

MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ

LÉKAŘSKÁ FAKULTA



SVĚTLO A OSVĚTLENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce:
MUDr. Tomáš Jurečka, Ph.D.

Autor: Ivana Sehnalová
Studijní obor: Optometrie

Brno, květen 2009

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Světlo a osvětlení jsem vypracovala samostatně s použitím literatury a internetových stránek, které jsem uvedla v seznamu.

V Brně dne 27. dubna 2009

.....

Ivana Sehnalová

Děkuji MUDr. Tomáši Jurečkovi, Ph.D. za poskytnutí odborných rad a literatury, které mně pomohly k vypracování bakalářské práce.

MASARYKOVA UNIVERZITA

LÉKAŘSKÁ FAKULTA



ANOTACE

JMÉNO:	Ivana Sehnalová
OBOR:	Optometrie
NÁZEV PRÁCE:	Světlo a osvětlení
VEDOUCÍ PRÁCE:	MUDr. Tomáš Jurečka, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na popis světla a rozdělení elektromagnetického spektra, jeho účinky na oko a možnosti poškození. Následně upozorňuje na léčbu těchto poškození a možnosti prevence. Rozebírá různé typy osvětlení a intenzitu světla potřebné k pohodlnému vnímání okolí, bez velké námahy zraku a rizika oslnění. Vysvětluje průchod světla jednotlivými médii oka s následným vytvořením obrazu na sítnici a vznikem světelného vjemu v korovém centru v mozku. Zaměřuje se na onemocnění oka a jejich závislost na intenzitě světla. V závěru práce podává informace o možnostech ochrany zraku před světelným zářením a to různými typy ochranných vrstev na brýlových čočkách.

MASARYK UNIVERSITY

FACULTY OF MEDICINE



ANNOTATION

NAME: Ivana Sehnalová
SPECIALIZATION: Optometry
THEME OF THE WORK: Light and lighting
LEADER OF THE WORK: MUDr. Tomáš Jurečka, Ph.D.

Bachelor's work is focused on the description of light and division of the electromagnetic spectrum, effects on the eye and the possibility of damage. Subsequently, refer to the treatment of these injuries and the possibility of prevention. Analyzes different types of lighting and light intensity needed for perception of comfortable surroundings, without much effort and risk of visual dazzle. Explains the passage of light through different eye media followed by the creation of the image on the retina and the emergence of light perception in the center of the brain cortex. Work is focused on eye diseases and their dependence on light intensity. At the close, the work gives information about the protection from light radiation and types of protective layers on the spectacle glasses.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SVĚTLA	9
2.1. TEORIE SVĚTLA	9
2.2. ELEKTROMAGNETICKÉ SPAKTRUM	11
2.2.1. Rozdělení elektromagnetického spektra	11
2.3. GEOMETRICKÁ OPTIKA VIDITELNÉHO SVĚTLA	14
2.3.1. Zákon odrazu	14
2.3.2. Zákon lomu	14
2.3.3. Fermatův princip	14
2.4. INTERFERENCE SVĚTLA	15
2.5. POLARIZACE SVĚTLA	16
2.6. PRŮCHOD SVĚTLA PROSTŘEDÍM	16
2.6.1. Absorpce	16
2.6.2. Průchod světla v nehomogenním prostředí	17
2.6.3. Průchod světla v anizotropním prostředí	17
3. OSVĚTLENÍ	18
3.1. SVĚTELNÉ JEDNOTKY	18
3.2. INTENZITA OSVĚTLENÍ	18
3.2.1. Osvětlení pracoviště	19
3.2.2. Práce s počítačem	19
3.3. KONTRAST JASU	20
3.4. SVĚTLENÉ ZDROJE	21
3.4.1. Lasery	22
3.5. OSLNĚNÍ	24
3.5.1. Doprava	25
3.6. BARVA SVĚTLE A BARVA PŘEDMĚTŮ	25
3.7. SLABOZRAKOST	26
4. FYZIOLOGIE VIDĚNÍ	27
4.1. ANATOMIE SÍTNICE	28
4.1.1. Smyslové buňky	29
4.1.2. Retinální okrsky	30
4.1.3. RPE	30
4.1.4. Změny zrkového pigmentu	31
4.1.5. Fyziologie zrkového vjemu	32

4.2. SPEKTRÁLNÍ CITLIVOST OKA	33
5. POŠKOZENÍ OKA ZÁŘENÍM	35
5.1. ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ	35
5.1.1. Účinky UV záření	35
5.1.2. Prevence a léčba	35
5.2. INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ	36
5.2.1. Účinky IF záření	36
5.2.2. Prevence	36
5.3. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ	36
5.3.1. Účinky	36
5.3.2. Prevence a léčba	37
5.4. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	37
5.4.1. Účinky slunečního záření	37
5.4.2. Léčba	37
5.5. LASEROVÉ ZÁŘENÍ	38
5.5.1. Účinky laserového záření	38
6. ONEMOCNĚNÍ OKA A JEJICH ZÁVISLOST NA INTENZITĚ SVĚTLA	39
6.1. VPMD	39
6.1.1. Formy VPMD	40
6.2. KATARAKTA	42
6.2.1. Typy katarakty	42
6.3. GLAUKOM	43
6.4. DIABETICKÁ RETINOPATIE	43
6.5. ALBINISMUS	44
6.6. ANIRIDIE	44
6.7. BARVOSLEPOST	44
7. OCHRANNÉ VRSTVY BRÝLOVÝCH ČOČEK	46
7.1. ANTIREFLEXNÍ VRSTVA	46
7.2. ZRCADLOVÁ VRSTVA	46
7.3. FOTOTROPNÍ VRSTVA	47
7.4. POLARIZAČNÍ VRSTVA	47
7.5. KONTAKTNÍ ČOČKY S UV FILTREM	47
8. ZÁVĚR	48
9. SEZNAM ZKRATEK	49
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51

1. ÚVOD

Světlo nám umožňuje vnímat okolí kolem nás. Pomáhá nám k orientaci v prostoru, k poznávání lidí a předmětů. Život bez něj nedokážeme představit.

V této práci se v první části zmiňuji o historických názorech „Co je vlastně světlo“ a následně rozdělením světelného spektra a základními fyzikálními a geometrickými vlastnostmi světla.

Fyziologie vidění je složitý proces, kdy paprsek prochází optickými médii oka s následným vznikem obrazu na sítnici, který je dále zpracováván a zrakovými drahami je veden do center v mozku.

Vznik těchto obrazů na sítnici a celkové vnímání okolí je závislé na druhu osvětlení. K určité činnosti je proto potřeba zvolit množství světla, které by poskytlo dostatečné pohodlí s co nejmenší námahou zraku.

Dobré fyziologické vlastnosti, jako transparentnost či zakřivení optických médií oka, jsou dalším předpokladem k vytvoření ostrého obrazu na sítnici.

Různé druhy světelného záření se využívají v technologii, astronomii, lékařství, oftalmologii a dalších. Při tomto využití je však důležité dbát na množství použitého záření, neboť při velké dávce působí záření škodlivě na lidský organismus. V této práci se zabývám zejména poškozením oka.

Podle typu onemocnění oka jsou kladeny i různé nároky na intenzitu světla. Je nutné chránit si zrak ochrannými pomůckami, které jsou v dnešní době opatřeny brýlovými čočkami se zušlechťujícími úpravami napomáhajícími ochranně zraku.

2. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI SVĚTLA

2. 1. TEORIE SVĚTLA

Nauka o světle vznikla jako reakce na otázku, proč člověk může vidět okolní předměty. K prvním poznatkům o světle dospěli již starořeční filozofové.

První mínění bylo, že světlo vychází z těles a dopadá do oka. Některá tělesa naopak světlo pohlcují a tím jsou viditelná. Vznikl tedy pojem „světlo“ jako objektivní jev, který působí na zrak a tím vyvolává subjektivní zrakovou reakci.

Později fyzika zpřesnila tento pojem a rozumí světlo jako šíření jistých objektivních jevů, ať už vyvolávají subjektivní zrakovou reakci nebo ne.

Už učenci ve starém Řecku poznali světlo jako *přímočaré šíření ve stejnorodém prostředí*. Na tomto principu byla zkonstruována tzv. tmavá komora neboli camera obscura. Jde v podstatě o skříňku, v jejíž jedné stěně je malý otvor. Paprsek postupuje přímočaře skrz tento otvor a na zadní stěně skříňky se objevuje obraz.

První zmínky o tomto přístroji položil už Aristoteles, ale až Leonardo da Vinci vytvořil předpoklady pro to, aby se tento úkaz stal v praxi použitelný.

Ke zdokonalení tohoto přístroje však došlo až kolem 17. století.



Obr. 1: Camera obscura byla původně přenosná kabina, ve které se pohyboval kreslíř a kopíroval promítané obrazy. (Tmavá komora od A.Kirchera z roku 1646)

Postupem času vznikla myšlenka, že světlo je proud částic pohybující se ve stejnorodém prostředí přímočaře a rovnoměrně.

Koncem 17. století Huygens napsal: „Uváží-li se, že světelné paprsky procházejí jeden druhým, aniž si překážejí, lze docela pochopit, že vidíme-li svítící předmět, nemůže to být přenosem hmoty letící k nám od toho předmětu jako koule nebo střely rozrážející vzduch“. [2]

Koncem 17. století vznikly dvě teorie světla, a to *teorie emanační*, jež považovala světlo za šíření vln v éteru, a *teorie korpuskulární*, jejíž podstatou je proud přímočaře letících částic vysílaných zdrojem.

V roce 1704 vydal velký zastávce korpuskulární teorie, Isaac Newton (1642-1729) knihu Optika, v níž se zmiňuje o korpuskulární i vlnové teorii.

Napsal: „Což nemohou v tom případě, kdy světelný paprsek dopadá na povrch nějakého průhledného tělesa a lomí se tam nebo se odráží, vzniknout následkem toho vlny nebo kmity...snad předstihují paprsky světla a když je předhoní, přivádějí je do stavu, kdy se mohou snadno odrážet nebo snadno procházet“.[2]

Christiaan Huygens (1629-1695), jako protivník korpuskulární teorie, zpracoval roku 1690 dílo Traktát o světle, v němž napsal: „Světlo se šíří stejně jako vzduch kulovými plochami a vlnami; nazývám tyto plochy vlnami pro jejich podobnost s vlnami, které lze pozorovat na vodní hladině, do níž byl hozen kámen.“[2]

Na začátku 19. století byla korpuskulární teorie v očích vědců zpochybněna, a to díky pokusům britského lékaře Thomase Younga (1773-1827). Jeho pokus, kdy světlo procházející dvěma otvory nevytvoří obraz dvou proužků, ale několika (viz Obr. 4).

Tato teorie, označená jako „Interference světla“ dokázala vlnovou povahu světla, ale Young tuto teorii neobhájil.

To se povedlo až Augustinovi Fresnerovi (1788-1827), který roku 1817 předkládá práci, v níž vysvětluje jev difrakce, a tím podává jasný důkaz o vlnové teorii světla.

Problémy s podstatou světla však pokračovaly stále.

James C.Maxwell (1831-1879) položil základy teorie světla jako elektromagnetické vlnění.

Albert Einstein (1879-1955) získal roku 1921 Nobelovu cenu za svou kvantovou teorii světla, ve které popisuje fotoelektrický jev, jehož předpokladem je, že elektromagnetické záření je vyzařováno a pohlcováno po kvantech, nazývané fotony.

To už je však příběh kvantové fyziky.

2. 2. ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Jeden z klíčových úspěchů Jamese Clerka Maxwella bylo zjištění, že světelný paprsek je vlna tvořená elektrickým a magnetickým polem.

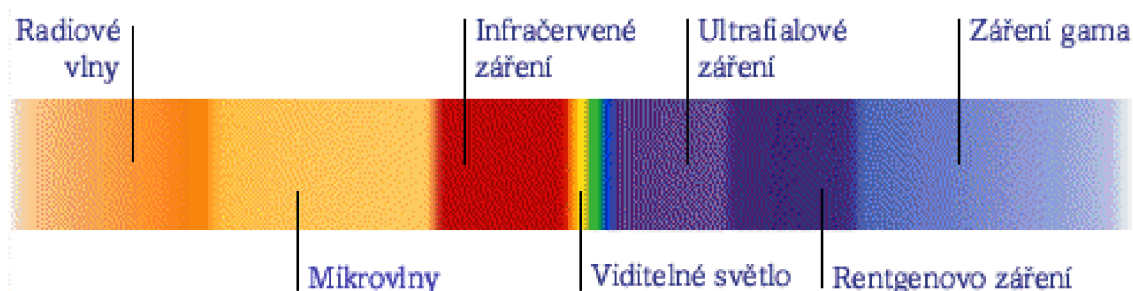
Elektromagnetické spektrum zahrnuje záření různých vlnových délek, tedy ukazuje různé druhy elektromagnetického vlnění. Toto elektromagnetické vlnění má dvě na sebe kolmé složky se souhlasnou fází (elektrická a magnetická). Částicí elektromagnetického vlnění je foton.

Elektromagnetické vlnění o vlnové délce λ , frekvenci f a energii fotonu E je popisováno vztahem:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{a} \quad E = hf$$

kde c je rychlost světla ve vakuu ($3 \cdot 10^8$ m/s) a h Planckova konstanta ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s).

2.2.1. Rozdělení elektromagnetického spektra



Obr. 2: Elektromagnetické spektrum

Radiové vlny

	frekvence	vlnová délka
extrémně dlouhé vlny (ELF)	0,3 - 3 kHz	$10^3 - 10^2$ km
velmi dlouhé vlny (VLF)	3 - 30 kHz	$10^2 - 10$ km
dlouhé vlny (DV)	30 - 300 kHz	10 - 1 km
střední vlny (SV)	0,3 - 3 MHz	1 - 0,1 km
krátké vlny (KV)	3 - 30 MHz	100 - 10 m
velmi krátké vlny (VKV)	30-300 MHz	10 - 1 m
ultra krátké vlny (UKV)	0,3 - 3 GHz	1 - 0,1 m

Tabulka 1: Frekvence a vlnová délka radiových vln

Radiové vlny se používají zejména v oblasti komunikace různých typů, od přenosu dat pomocí mobilních telefonů, rádií a televizí, až po přenos informací pod vodou, v dolech či ve vesmíru.

Mikrovlny

	frekvence	vlnová délka
SHF	3 - 30 GHz	100 - 10 mm
EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm

Tabulka 2: Frekvence a vlnová délka mikrovln

Mikrovlny se začaly užívat již v době 2. světové války jako radarové systémy. V této oblasti jsou mikrovlny užívané dodnes. Postupem času se začaly využívat k ohřívání a dnes pojem mikrovlnná trouba není nikomu neznámý. Dále lze mikrovlny využít např. v oblasti bezdrátové komunikace (WiFi).

Infračervené záření (IR)

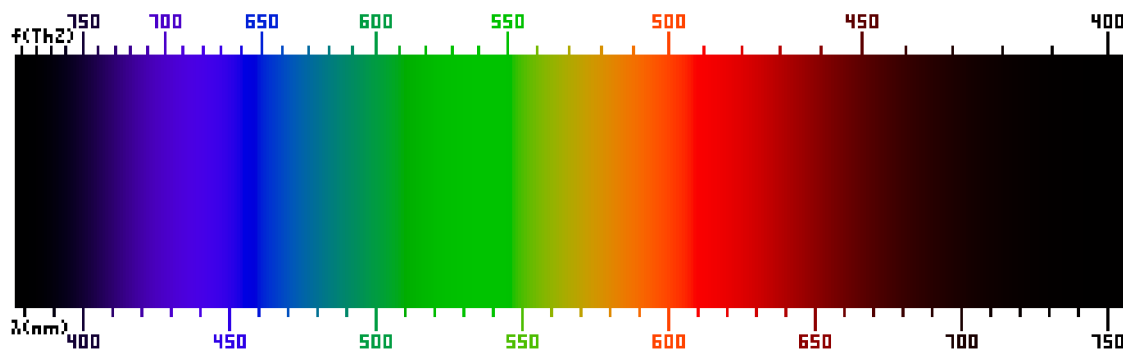
	frekvence	vlnová délka
IR	$10^{10} - 10^{14}$ Hz	1 mm - 1 μ m

Tabulka 3: Frekvence a vlnová délka IR

Rozdělení IR: IRA (1 – 1,4 μ m), IRB (1,4 – 3 μ m), IRC (3 – 15 μ m) a dlouhé IR (15 – 1000 μ m).

Infračervené záření též známé pod názvem tepelné záření je pro člověka neviditelné. Název je odvozen od latinského slova infra = pod, tedy záření ležící pod červeným světlem. IR se uplatňuje v elektronice (dálkové ovladače, mobilní telefony), telekomunikaci či oftalmologii (lasery).

Viditelné světlo (VIS)



Obr. 3: Rozdělení viditelného světla

	frekvence	vlnová délka
červená	~ 480 až 405 THz	~ 625 až 740 nm
oranžová	~ 510 až 480 THz	~ 590 až 625 nm
žlutá	~ 530 až 510 THz	~ 565 až 590 nm
zelená	~ 580 až 530 THz	~ 520 až 565 nm
azurová	~ 600 až 580 THz	~ 500 až 520 nm
modrá	~ 700 až 600 THz	~ 430 až 500 nm
fialová	~ 790 až 700 THz	~ 380 až 430 nm

Tabulka 4: Frekvence a vlnová délka viditelného světla

Viditelné světlo je část spektra viditelné lidským okem, přičemž největší citlivost má oko na světlo vlnové délky kolem 555nm. Jednotlivé části viditelného spektra vnímáme jako barvy, a to postupně od červené po fialovou. Jedno z hlavních využití je ve spektroskopii.

Ultrafialové záření

	frekvence	vlnová délka
UV	$10^{14} - 10^{16}$ Hz	400 – 10 nm

Tabulka 5: Frekvence a vlnová délka UV

Rozdělení UV: UVA (400 – 320 nm), UVB (320 – 280 nm) a UVC (pod 280 nm).

Název ultrafialové záření je odvozeno, obdobně jako IF, od latinského ultra = za, tedy spektrum za fialovým světlem. Hlavním zdrojem UV je Slunce. Fotony UV záření mají vysokou energii a mohou ničit chemické vazby. UV záření může poškodit DNA, což způsobí odumření buněk nebo jejich reprodukci (rakovina). Užívá se např. v laserové technologii, spektroskopii, k opalování (solária), v astronomii či k dezinfekci.

Rentgenové záření

	frekvence	vlnová délka
RTG záření	$10^{16} - 10^{19}$ Hz	10 – 0,1 nm

Tabulka 6: Frekvence a vlnová délka rentgenového záření

Rentgenové záření je typ ionizujícího záření užívající se především v lékařství (radiologie, tomografie).

Gama záření

	frekvence	vlnová délka
Gama záření	$10^{19} - 10^{24}$ Hz	$10^{-10} - 10^{-14}$ m

Tabulka 7: Frekvence a vlnová délka gama záření

Gama záření je ionizující záření vznikající při radioaktivních dějích. Pro svoji vysokoenergetickou povahu se užívá např. ke sterilizaci nástrojů, v neurochirurgii nebo k léčbě rakoviny, i když může být i její příčnou.

2. 3. GEOMETRICKÁ OPTIKA VIDITELNÉHO SVĚTLA

Základní principy geometrické optiky jsou postaveny na přímočarém šíření světla, vzájemné nezávislosti paprsků, záměnnosti chodu paprsků a zákonu lomu a odrazu.

2.3.1. Zákon odrazu

Definice zákona odrazu zní, že „Úhel odrazu je roven úhlu dopadu, přičemž odražené paprsky zůstávají v rovině dopadu.“ Odvození této definice je, že na rovinné rozhraní dopadá vlna, která se odráží zpět do původního prostředí. V místě dopadu paprsku vztyčíme kolmici (kolmice dopadu). Úhel mezi touto kolmicí a dopadajícím paprskem je nazýván úhlem dopadu. V přírodě se s tímto zákonem setkáváme při odrazu světla na hladkých plochách (např. na vodní hladině).

2.3.2. Zákon lomu (Snellův zákon)

Pro Snellův zákon platí vztah

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

který definujeme tak, že „Poměr sinů úhlu dopadu a lomu je pro určitá dvě prostředí stálý a rovný poměru velikosti rychlosti vlnění v jednotlivých prostředích.“

2.3.3. Fermatův princip

Pierre de Fermat shrnul zákony geometrické optiky do jedné věty:

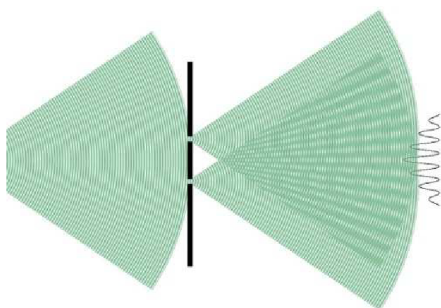
„Světlo se v prostoru šíří z jednoho bodu do druhého po takové dráze, aby doba potřebná k proběhnutí této dráhy nabývala extrémní hodnoty.“ [2]

Extrémní hodnota je většinou minimum. Fermatův princip lze odvodit z Huygensova principu, který byl doplněn A.J.Fresnelem a popisuje princip šíření světla tak, že každý bod vlnoplochy, do kterého dospělo vlnění v určitém okamžiku je zdrojem elementárního vlnění, které se z něho šíří v elementárních vlnoplochách.

Příkladem Fermatova principu je tzv. *Fata morgána*. Jev, který lze často vidět na sluncem rozpálených silnicích, jako „voda“. Ve skutečnosti vidíme zrcadlíci se oblohu na povrchu silnice. Princip tohoto jevu spočívá v tom, že nad silnicí je velmi horký vzduch a výše nad ní už chladnější. V horkém vzduchu se světlo šíří rychleji.

2. 4. INTERFERENCE SVĚTLA

Pojem interference světla popisuje jev skládání vlnění. Vzájemným skládáním vln se zesilují a zeslabují určité barvy ve spektru dopadajícího světla a objevují se střídavě tmavé a světlé pruhy (u monochromatického světla). Tento jev skládání paprsků poprvé vysvětlil T.Young, jehož pokus popisuje světlo vycházející z bodového zdroje a dopadající na dvojici štěrbin.



Obr. 4: Youngův pokus

Youngův pokus – za štěrbinami dochází k interferenci a na stínítku pozorujeme interferenční obrazec > maxima (světlé pruhy) vznikají v místech, kde vlnění mají stejnou fázi a naopak minima (tmavé pruhy) v místech s fází opačnou.

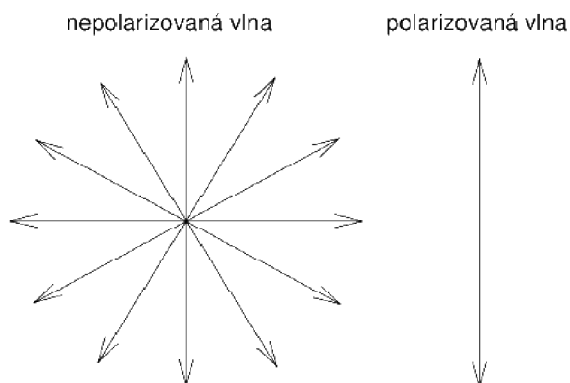
Nejčastěji lze interferenci pozorovat na tenkých vrstvách, kdy obecným příkladem je planparalelní vrstva, u které dochází, při dopadu vlny, k odrazu i lomu, což je příčinou vzniku interferenčního jevu.

S interferencí je úzce spojena difrakce neboli ohyb světla. Principem tohoto jevu je, že vlna dopadá na překážku s otvorem, jejíž rozměry jsou srovnatelné s vlnovou délkou. Část vlny, která otvorem projde, bude difraktovat (ohýbat se) do oblasti za stínítkem. Rozeznáváme dva druhy ohybu, a to Fresnelova difrakce (kulová vlna) a Fraunhoferova difrakce (rovinná vlna).

2. 5. POLARIZACE SVĚTLA

Nepolarizované světlo (přirozené) se skládá z vln s náhodnými směry kmitů.

Naopak polarizované světlo má vlny, jejichž vektor kmitá v jedné rovině (v rovině kmitů). Tento vektor světlené vlny je kolmý na směr šíření světla.



Obr. 5: Polarizovaná a nepolarizovaná vlna

Nepolarizované světlo můžeme polarizovat např. odrazem, lomem nebo průchodem přes tzv. polarizátory. Po průchodu polarizátorem se světlo zpolarizuje. Následně necháme takové světlo procházet tzv. analyzátozem (další polarizátor). Světlo může být propuštěno nebo zadrženo podle orientace těchto dvou filtrů vůči sobě. Je-li analyzátor orientován stejně jako polarizátor bude polarizovaná vlna analyzátozem procházet oslabená pouze o absorpční hodnotu těchto polarizátorů. Pokud bude analyzátor kolmý k polarizátoru, vlnění procházet nebude. V praxi využíváme tzv. polarizační filtry, které odstraňují odlesky a zvyšují sytost barev.

2. 6. PRŮCHOD SVĚTLA PROSTŘEDÍM

2.6.1. Absorpce

Jako další, důležitá, vlastnost světla je absorpce neboli pohlcení.

Světlo procházející libovolným prostředím, se v něm do jisté míry absorbuje.

Existují různé druhy absorpce, ale obvykle jde o absorpci *selektivní*, kdy se světlo různých vlnových délek absorbuje různě. Průhledné a bezbarvé látky mají malou absorpci světla všech vlnových délek viditelného záření. Je dáno, že skleněná deska tloušťky cca 1 cm, pohlcuje zhruba 1% záření jím procházející a silně pohlcuje IF a UV záření. U barevných materiálů dochází k selektivní absorpci. Např. červené sklo málo pohlcuje červené a oranžové paprsky, ale naopak silně absorbuje zelené, modré a fialové.

Tzv. Lambertův zákon říká, že při pohlcení energie světla může dojít k její přeměně na kinetickou energii, tedy na teplo. Tato pohlcená energie se může zpět přeměnit na světelnou energii, což se označuje jako luminiscence.

2.6.2. Průchod světla v nehomogenním prostředí

Nehomogenní prostředí je definováno, jako prostředí, které má v různých místech různé vlastnosti. Při průchodu světla takovým prostředím dochází k zakřivení paprsků a vlny se začnou šířit různou rychlostí. Příkladem nehomogenního prostředí je např. vysoká vrstva zemské atmosféry.

2.6.3. Průchod světla anizotropním prostředím

Při průchodu světla anizotropním prostředím závisí rychlost šíření na směru. Příkladem takového prostředí jsou *krystaly*. Krystaly mají své rozdělení, a to na jednoosé a dvojosé. Zmíním se však o islandském vápenci, který má své využití i v optice (tzv. Nikolův hranol). Obecný princip byl vypořádan již v 17. století a zní, že se světelný paprsek při průchodu islandským vápencem rozděluje ve dva. Tento úkaz byl nazván dvojlomem světla. Po výstupu paprsků z krystalu mají svazky rovnoběžný směr se směrem dopadajícího paprsku. Sledujeme-li směry obou paprsků, vznikající v krystalu dvojlomem, můžeme se přesvědčit, že jeden splňuje zákon lomu a je to tzv. *řádný* paprsek. Druhý tzv. *mimořádný* paprsek se obecně odchyluje od původního směru paprsku i při kolmém dopadu světla na stěnu krystalu.

Oba paprsky, řádný i mimořádný, jsou lineárně polarizovány, a to v rovinách navzájem kolmých.

3. OSVĚTLENÍ

Člověk, jako každý jiný tvor potřebuje světlo pro dobrou orientaci, práci a pocit pohodlí. Nejen, že je světlo námi vnímané prostředím a pomáhá nám v každodenní činnosti, ale také má účinky na lidské zdraví. Výzkumy ukazují, že dobře zvolený typ světla má blahodárný vliv na léčení určitých nemocí např. kožní onemocnění.

Velké množství světla snižuje vidění a může způsobit poškození zraku a naopak malé množství světla způsobuje únavu očí.

Tam, kde člověk potřebuje pouze orientaci v prostoru, je požadováno pouze malé množství světla. Naopak v případech, kde člověk požaduje rozlišení větších detailů, je požadavek na osvětlení vyšší.

První krok pro správné osvětlení je snaha naplnit požadavky na osvětlení pracovní plochy a okolí, za současného snížení energetické náročnosti světelných komponentů. Druhým krokem je kvalita světelných zdrojů.

3. 1. SVĚTELNÉ JEDNOTKY (fotometrické veličiny)

Světelný tok označuje světelnou energii, kterou zdroj vyzáří za 1 sekundu. Jednotkou toku je lumen (lm) a symbol veličiny je Φ .

Osvětlení je veličina, která vyjadřuje světelný tok dopadající na určitou plochu. Jednotkou osvětlení je lux (lx), což je světelný tok 1lm dopadající na plochu 1m².

Svítivost udává prostorovou hustotu světelného toku zdroje v různých směrech. Jednotkou svítivosti je kandela (cd) a symbol veličiny je I.

Osvit je veličina definována jako plošná hustota světla, která dopadne na plochu v časovém intervalu. Jednotkou je luxsekunda (lx.s) a symbol je H.

Jas je definován jako měrná veličina svítivosti. Jednotka jasu je kandela na m² (cd/m²) neboli 1 nit a označuje se L.

Světelná energie je část spektra elektromagnetického záření, kterou je člověk schopen zachytit zrakem. Jednotkou je lumensekunda (lm.s) a označuje se symbolem Q_v .

Světelná účinnost je poměr světelného toku k příslušnému zářivému toku.

Jednotkou účinnosti je lumen na watt (lm/W) a symbol je K.

3. 2. INTENZITA OSVĚTLENÍ

Běžná hodnota osvětlení v místnostech se pohybuje v rozmezí 100-2000lx.

Hodnota osvětlení na slunci je nad 70 000lx (v létě) a při zatažené zimní obloze 5000lx.

V noci je hodnota osvětlení do 0,5lx.

Lidské oko dokáže vnímat světelné podněty ještě při hladině 10^{-9} lx, ale bez možnosti rozlišovat předměty. Naopak při osvětlení kolem 10^8 lx, je člověk schopen číst zřetelně text.

Barevné vidění začíná při hodnotách nad 1 lx, ale většina lidí rozliší základní barevnost předmětů při hodnotách nad 10lx.

3.2.1. Osvětlení pracoviště

K dosažení dobré zrakové pohody je důležité dobré osvětlení pracoviště určené pro danou činnost. Osvětlení vnitřních prostor je normováno, udáváno v luxech a závislé na pracovní vzdálenosti.

Požadavky na osvětlení	Vzdálenosti potřebné pro práci		Osvětlení (lx)
	0,35 mm	1m	
mimořádné	0,1 mm	0,3 mm	více než 5000
velmi vysoké	0,1 - 0,2 mm	0,3 - 0,6 mm	2000 - 5000
vysoké	0,2 - 0,4 mm	0,6 - 1,2 mm	600 - 2000
průměrné	0,4 - 0,8 mm	1,2 - 2,3 mm	250 - 600
malé	0,8 - 1,5 mm	2,3 - 4,4 mm	100 - 250
velmi malé	1,5 - 3,0 mm	4,4 - 8,8 mm	25 - 100

Tabulka 8: Třídy osvětlení [6]

Tabulka udává třídy osvětlení pro vnitřní pracovní prostory. Lze se jí řídit např. při budování pracovišť. V případě nedostatečných světelných podmínek např. v místnosti bez přídavného denního světla nebo u starších lidí, je nutno osvětlení zvýšit.

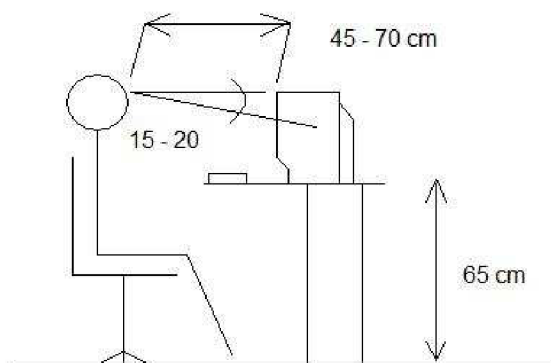
3.2.2. Práce s počítačem

V dnešní době jsou počítače pracovní náplní téměř každého člověka. Je dokázáno, že tito lidé si velmi často stěžují na četné potíže, a to od fyzických, které jsou příčinou stálého držení těla v jedné poloze až k problémům zraku, které vznikají až z 60% celkových potíží. Tomu lze, v menší míře zabránit např. změnou doby práce s přístrojem či změnou stálosti držení těla před obrazovkou. Mezi zrakové obtíže řadíme např. pálení očí, bolest hlavy, slzení, světloplachost či pocit suchého oka z důvodu malé frekvence mrkání. Častou změnou pracovní vzdálenosti je namáhána akomodace a adaptace oka.

Při práci s počítačem je důležitá dobrá zraková ostrost, jež patří společně s vyšetřením binokulárních funkcí mezi základní zkoušky k určení předpokladu dobré práce s počítačem s co nejmenšími potížemi. V první fázi je důležitá dobrá korekce i malých refrakčních vad, díky které jsou preventivně potlačeny některé astenopické potíže. Porucha binokulární spolupráce, akomodace či konvergence jsou další důvody vzniku astenopických potíží. Proto při dlouhodobé pracovní činnosti s počítačem je důležité dostatečné vyšetření nejen refrakční vady, ale i ostatních očních funkcí.

V případě vyšetření refrakce se užívají brýlová skla umožňující optimální korekci pro střední vzdálenosti (cca 50 cm) či bifokální nebo multifokální skla. Pacienta je též nutné upozornit na správnost osvětlení okolí počítače, aby nedocházelo k nepříznivému oslnění. Dále jsou nutné časté přestávky mezi celodenní prací s počítačem a vhodné uspořádání pracoviště.

Tím, že dnešní technika se stále zdokonaluje a vyrábí se stále nové druhy přístrojů, jsou displeje obrazovek zabezpečeny proti případným možnostem oslnění a nepříznivým účinkům záření. Tyto účinky jsou však pouze eliminovány, ne odstraněny, takže člověk musí dbát na zmíněné preventivní vyšetření a uspořádání pracoviště.



Obr. 6: Schéma uspořádání pracovního místa – výška stolu by se měla pohybovat kolem 65 cm, vzdálenost obrazovky od očí by měla být mezi 45 – 70 cm a úhel sklopení os vidění by měl být kolem 20° dolů.[6]

3. 3. KONTRAST JASU

Pro vidění je kromě osvětlení též důležitý kontrast jasu. Tento pojem popisuje možnost rozlišit zrakem osvětlený předmět, tím, že se nám v zorném poli objeví místa s rozdílnými jasy, tedy jiným kontrastem jasů.

Schopnost rozlišovat kontrast je závislá na adaptačním jasu, což je hodnota jasu, na kterou je oko přizpůsobeno při daném uspořádání zorného pole.

Adaptační doba při přechodu z většího jasu na menší je delší než při přechodu opačném. Při vyšších adaptačních jasech je možné rozlišovat i malé kontrasty, ale při nízkém adaptačním jasu rozliší oko jen vysoké kontrasty.

Vysoké kontrasty jasů kritických detailů

Kritický detail je předmět, viděné místo, které si oko přemístí do místa nejostřejšího vidění (fovey). Bezprostřední okolí tohoto detailu je zhruba 20°. Příkladem vysokého kontrastu je černý text na bílém podkladě.

Malé kontrasty jasů mezi středem pozorované plochy a jejím okrajem

Jestliže je pracovní plocha osvětlena silným světlem a její okolí je tmavé, unavují se oči častou adaptací na rozdílné jasy. Další chybou je používání žárovky, která je velmi blízko pozorovanému objektu a její vlákno svítí jen na malou část předmětu a směrem od ní světla ubývá. Rozdíl jasu jsou desítky luxů a přizpůsobování zraku je i zde velmi namáhavé.

3. 4. SVĚTELNÉ ZDROJE

Světelné zdroje vysílají viditelné záření pomáhající nám k vnímání okolního světa. Jsou rozděleny na přírodní (Slunce, Měsíc, oheň, blesk, světlušky, láva, atd.) a umělé (svíčka, plynová lampa, žárovka, atd.).

Během dne dokážeme vnímat věci kolem nás, což je dáno skutečností, že sluneční paprsky se odrážejí od okolního prostředí a poskytují nám dostatečné množství světla. V průběhu dne už nám sluneční světlo nestačí a začínáme si pomáhat umělými zdroji světla. Vedle svíčky, petrolejové lampy a jiných plamenných zdrojů jsou užívány zdroje elektrické, které nahrazují přirozené sluneční světlo tam, kde je ho třeba.

Elektrické zdroje světla jsou děleny na teplotní (žárovka) a luminiscenční neboli výbojové (zářivky). Žárovka je nejčastěji používaný umělý světelný zdroj, ve kterém vniká světlo důsledkem tepla. Elektrický proud, který protéká vláknem žárovky, ho rozžhává a mimo tepelného záření vysílá záření viditelné. Každé teplotě tělesa přísluší určitá energie ve viditelném spektru a tedy i určitá barva spektra. Barva zářiče, resp. barevný tón se vyjadřuje v kelvinech (K) jako tzv. teplota chromatičnosti.

Barvu rozdělujeme podle hodnoty chromatičnosti na:

800-900K	červená
3000K	žluto-bílá
5000K	bílá
8000-10000K	modro-bílá

Přímé sluneční světlo v poledne má teplotu chromatičnosti 4800K, směs přímého slunečního světla a světla rozptýleného oblohou 5600K, světlo v zataženém dni 7000K a světlo modré oblohy 10000K.

Podle teploty chromatičnosti lze rozdělit běžně používané umělé zdroje světla podle tónu bílé barvy na teple bílé (méně než 3300K), neutrálně chladně bílé (4000-4500K) a denní tón (5000-6500K).

Zdroje s nižší barevnou teplotou obsahují více červené složky světla a naopak zdroje s vyšší barevnou teplotou obsahují více modré složky spektra. Pacientům s pigmentovou degenerací, kataraktou a někdy i glaukomem, je doporučeno osvětlení s nízkou barevnou teplotou, protože červené dlouhovlnné části spektra lépe proniknou očním prostředím. Naopak lidem vetchozrakým, dalekozrakým a s degenerací sítnice se doporučují zdroje s vyšší teplotou barev, kde krátkovlnné části spektra zlepšují vidění.

U elektrických zdrojů světla vzniká světlo pohybem elektronů z vyšších hladin do nižších v elektronovém obalu atomu. Energie těchto fotonů má nespojitý průběh a je rozdělena do spektrálních čar. Tyto zdroje světla tedy nevyzařují bílé světlo, ale podle polohy svítivých částí spektra má zdroj určitou převažující barvu např. neonka, rtuťové a sodíkové výbojky.

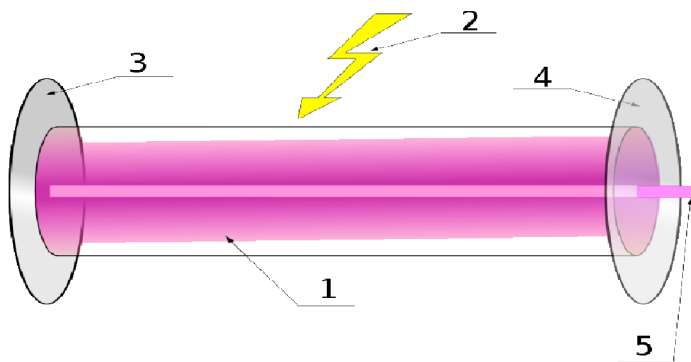
Při použití monochromatického (jednobarevného) zdroje světla člověk rozliší, který předmět je tmavší a který světlejší, ale nerozliší jakou barvu který má. Subjektivně je takové osvětlení nepříjemné a způsobuje zvýšenou únavu očí. Monochromatické světlo má i své příznivé účinky, které lidskému oku umožní rozlišit jemnější detaily a jasy předmětů, protože se zde neuplatňuje tzv. chromatická vada oční čočky (viz kapitola 3). Čistě monochromatické světlo vyzařuje laser.

3.4.1. Lasery

Laser, anglicky Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation, je definován jako zdroj elektromagnetického záření. Světlo je vyzařováno jako úzký monochromatický a koherentní (uspořádaný) svazek.

Laser je tvořen aktivním prostředím, rezonátorem (dutina se zrcadly) a zdrojem energie (např. výbojka).

Aktivní prostředí tvoří látka obsahující oddělené energetické hladiny elektronů, např. plyn, polovodič, organická barviva, volné elektrony atd.



Obr. 7: Konstrukce laseru

- Konstrukce laseru:
1. aktivní prostředí
 2. zdroj záření
 3. odrazné zrcadlo
 4. polopropustné zrcadlo
 5. laserový paprsek

<i>Typy laserů</i>	<i>Aktivní prostředí</i>	<i>Spektrální oblast</i>	<i>Použití</i>
Pevnolátkové			
Rubínový laser	rubín	červená	odstraňování tetování
YAG laser	YAG	IR	chirurgie, spektroskopie oftalmologie
Barviové			
Kumarin C30 laser	Kumarin C30	zelená	oftalmologie, chirurgie
Plynové			
Argonový laser	argon	modrá, zelená	oftalmologie, spektroskopie
Xenonový laser	xenon, neon, hélium	viditelné, IR	
Excimerový laser	ArF, KrCl, KrF, XeCl, XeF	UV	oftalmologie, laserová ablace
Polovodičové			
GaAs laser	GaAs	červená, IR	laserová ukazovátka

Tabulka 9: Některé běžné typy laserů

Lasery v očním lékařství

Oční lékařství bylo jedno z prvních odvětví, kde se začal používat laser působící na živou hmotu. S rozvojem nových druhů laserů se indikace laserů v oftalmologii zvýšila.

Užití laseru v očním lékařství:

- predikace zrakové ostrosti před operací katarakty (změří kvantitu zkalení a počet buněk v přední komoře)
- laserový sítnicový topograf
- optická koherentní tomografie = OCT (přínosné v diagnostice glaukomu a afekcí centrální krajiny)
- laserová pachymetrie (měření tloušťky rohovky)
- biometrie oka před operací katarakty
- laserová interferometrie (měření hloubky přední komory a axiální délky oka)
- Dopplerovská laserová velocimetrie (měření retinální cirkulace)
- laserové měření dioptrické hodnoty nitrooční čočky
- léčba glaukomu (ALT, SLT)
- laserová iridektomie (prevence akutního záchvatu glaukomu)
- léčba diabetické retinopatie

Lasery mají dále využití u rohovkové refrakční léčby. Principem těchto výkonů je změna zakřivení rohovky excimerovým laserem.

Excimerový laser – tento typ laseru je založen na vyzařování ultrafialového záření na oční tkáň, za jejího současného rozpadu. Nejznámější je argon-fluoridový excimerový laser hodně používaný v rohovkové chirurgii. Slouží k ablaci např. rohovkových zákalů, erozí a ke korekci refrakčních vad.

Laserní chirurgické metody:

- photorefractive keratectomy (PRK)
- laser in situ keratomileusis (LASIK)
- laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK, Epi-LASIK)

Argonový laser byl dříve nejvíce používán v léčbě zadního segmentu, ale dnes je nahrazován jinými typy laserů z důvodu většího poškození tkáně než ozáření.

3. 5. OSLNĚNÍ

Oslnění je stav zraku, který nastává při dopadu světla o velkém jasu do očí. Ruší zrakovou pohodu a zhoršuje vidění. Oslnění vzniká, když na sítnici dopadá světlo o větším jasu, než na jaký je sítnice přizpůsobená.

Podle psychofyzilogických následků rozdělujeme oslnění do tří stupňů: *rušivé*, které narušuje zrakové pohodlí, *omezující*, které ztěžuje rozeznávat detaily a *oslepující*, které znemožňuje vidění i na delší dobu než působí oslnění.

Absolutní oslnění nastává v případě, že na oko působí tak velký jas, že zrak není schopen se na něj adaptovat. Při denním světle je to asi 200 000 nitů a při umělém asi 3000 nitů.

Podle místa oslnění na sítnici rozdělujeme osově neboli centrální oslnění, foveální a oslnění okrajové neboli periferní. Důležité je doba trvání oslnění, kdy po krátkodobém a méně intenzivním oslnění se oko rychle zotaví a naopak při dlouhodobém, i když slabším oslnění, nastávají potíže, které mohou způsobit fyziologické problémy (např. injekce spojivky).

Hlavním předpokladem pro ochranu před oslněním je ztlumení či zaclonění světelného zdroje, změna jeho umístění či zvýšení jasů okolního prostředí. Sledujeme-li předmět, který je umístěn před oknem, jde o tzv. siluetový efekt, při kterém může také nastat oslnění, ale v případě nevidomých lidí jsou tyto obrysy dobré pro rozlišení předmětů či lidí.

3.5.1. Doprava

S problémem oslnění se velmi často setkáváme v dopravě, při řízení motorového vozidla. Možnou příčinou nehod je oslnění řidiče protijedoucím vozidlem nebo slunečními paprsky odraženými od povrchu vozovky či oken budov. Není to však jediný důvod nehod. Pro řízení automobilů je stanovená přesná norma, která udává způsobnost řidiče k řízení. Každý je tedy povinen podrobit se lékařské prohlídce a součástí prohlídky zraku je vyšetření zrakové ostrosti, barvocitu a zorného pole.

3. 6. BARVA SVĚTLA A BARVA PŘEDMĚTŮ

Fyziologicky vnímáme barevnost okolí jako barvu světla a pozorovaného předmětu.

Barevné vidění je bráno jako vidění za přirozeného denního světla, ale umělé světelné zdroje neposkytují osvětlení stejné spektrální citlivosti.

Barva okolí je dána spektrální charakteristikou světleného zdroje. Běžně používané žárovky a zářivky odpovídají přirozenému bílému světlu, ale je možná různá barevná reprodukce těchto zdrojů. Barva světla je téměř stejně důležitá jako jas zdroje, neboť oba tyto komponenty vytvářejí námi vnímané okolí a tedy i pocit pohodlí.

Všeobecně je dáno, že volba červených odstínů vytváří teplé prostředí a naopak modré a zelené barvy působí chladně. Je dobré přiblížit se barvě přirozeného denního světla, aby nedocházelo k rušivému barevnému zkreslení, vznikající umělými zdroji. Je tedy důležitá dostatečně velká intenzita světla.

3. 7. SLABOZRAKOST

Slabozrakost je porucha zraku, kdy zraková ostrost klesne pod 6/18, ale je nad 3/60. I s nejlepší možnou korekcí se však vízus nezlepší nad 6/18, což znemožňuje čtení běžné velikosti písma. Možnými projevy je rozostřené vidění, výpadky v zorném poli, zhoršená orientace v prostoru, potíže s viděním do blízka a vnímáním barev.

Bylo zjištěno, že se správným osvětlením se vidění, zejména na blízko, asi u 50 % lidí zlepšuje. Nároky na osvětlení jsou u každého jiné. Všeobecně je dáno, že osvětlení obytných prostorů je mezi 20 až 200lx. Osvětlení pracovních ploch je mezi 200 až 2000lx a pro dlouhou pracovní činnost by mělo být osvětlení kolem 2000lx. Starší a slabozrací lidé většinou potřebují 4 až 10 krát více osvětlení. Mimo správně zvolené osvětlení jsou konstruovány korekční pomůcky pomáhající slabozrakým.

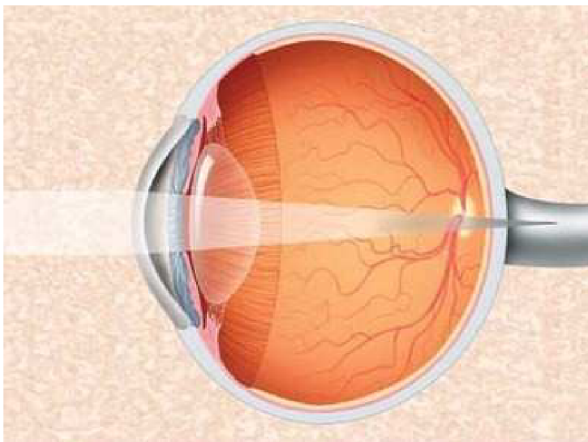
Pomůcky pro slabozraké

Základní zvětšovací pomůcky, které se užívají u pacientů se sníženou zrakovou ostroť, jsou lupové brýle nebo jednoduché lupy, dalekohledové brýle, bifokální zesilující skla či televizní lupy. Tyto přístroje však poskytují relativně malé zvětšení. Přístroje se silnějším zvětšovacím účinkem jsou prizmatické dalekohledové brýle, turmon, magnuskop či čtecí přístroj pro slabozraké. Ze začátku je doporučováno používání jednodušších pomůcek a po dostatečném nacvičení a zvyknutí se přistupuje ke složitějším pomůckám. Často se volí monokulární pomůcky snižující nežádoucí vliv konvergence, který vzniká z důvodu optických vlastností pomůcky, které nutí pracovat na krátkou pracovní vzdálenost.

4. FYZIOLOGIE VIDĚNÍ

Vidění je složitý fyziologický proces, který se skládá ze vzájemně na sebe navazujících pochodů. Světelné paprsky prochází optickými médii oka, u kterých je důležitá zejména jejich transparentnost, aby docházelo k co nejmenšímu rozptylu.

Světlo prochází rohovkou a přes komorovou vodu dopadá na čočku. Paprsky dále prochází sklivcem a společně se spojí na sítnici, kde dochází k vytvoření skutečného, převráceného a zmenšeného obrazu. Dále dochází k nervovému podráždění, které je vedeno zrakovými drahami do korových center v mozku.



Obr. 8: Průchod světla optickými médii oka

Rohovka (cornea) je transparentní pokračování bělimy o lámavosti kolem 43 Dpt. Je velmi důležité udržet její průhlednost. Rohovka se může zkalit působením různých činitelů od mechanických, toxických či zánětlivých. V udržení průhlednosti hraje důležitou roli obsah vody, jehož zvýšením dojde ke zkalení (edému) a tím zhoršenému průchodu světla.

Komorová voda (aqueous humor) je čirá tekutina vyplňující prostor mezi rohovkou a oční čočkou a zajišťuje jejich výživu. Je složena z 98% z vody a zbytek tvoří bílkoviny, cukry a aminokyseliny. Správná koncentrace a složení těchto substancí je důležitá pro její průhlednost a tedy i průchod paprsků.

Čočka (lens) je bikonvexní (dvojvypuklé) tělíčko o lámavosti kolem 20 Dpt. Důležitá vlastnost čočky je zaostření na různou vzdálenost, aby došlo k vytvoření ostrého obrazu na sítnici tj. akomodace. Čočka může být postižena především chromatickou nebo sférickou aberací.

Chromatická (barevná) aberace způsobí, že paprsky o různých vlnových délkách se neprotnou ve stejném místě na sítnici. Fyziologicky ji lze zmírnit spektrální citlivostí fotoreceptorů sítnice na žlutozelené světlo.

Sférická (otvorová) aberace je způsobena širokým svazkem paprsků, kdy periferní paprsky se lámou více než centrální. Tuto vadu však člověk může zmenšit přivřením oka a zúžením zornice.

Ve smyslu světelné clony pracuje duhovka (iris), v jejíž středu se nachází zornice (pupila). Šířka duhovky kolísá podle velikosti zornice, která se pohybuje mezi 2-8mm. Od duhovky k pupile se rozprostírají svalová vlákna tj. svěrač a rozvěrač zornice. Svěrač reaguje na silné osvětlení kontrakcí a dochází k mióze (zúžení). Při reakci rozvěrače zornice dochází k mydriáze (slabé osvětlení).

Sklivec (corpus vitreum) je čirá rosolovitá hmota. Tento prostor mezi čočkou, řasnatým tělískem a sítnicí je tvořena síťovinou kolagenních fibril, jejichž jemnost a velká vzdálenost mezi nimi umožňuje minimální rozptyl procházejícího světla

Vytvoření neostrého obrazu na sítnici je následkem nedokonalostí optického systému oka. Např. oční čočka může způsobit již zmíněné aberace, při dopadu světla na zornici může dojít k tzv. difrakci neboli ohybu. Velikost ohybu závisí na šířce zornice, přičemž optimální velikost k vytvoření nejostřejšího sítnicového obrazu je 2-3mm. Vlivem špatného zakřivení rohovky nebo čočky dochází k fyziologickému astigmatismu, kdy oko má v různých meridiánech jinou optickou mohutnost a paprsky se neprotínají v téže rovině. Dále může dojít k rozptylu a absorpci světla.

4. 1. ANATOMIE SÍTNICE

Sítnice je jemná transparentní blána, pokrývající vnitřní plochu oční koule. Volně je přiložena k cévnatce a pevně je fixována k papile a k ora serrata (zubovitá linie). Rozdělujeme ji na dvě části, a to na optickou část neboli pars optica retinae, která se rozprostírá od ora serrata až k papile a pokrývá tedy vnitřní povrch cévnatky. Od ora serrata k vnitřnímu povrchu řasnatého tělíska a zevní ploše duhovky, se rozprostírá slepá část neboli pars coeca retinae.

Úlohou sítnice je přijímání světelných paprsků a jejich změna v elektrické impulsy vedené k mozku. Ke splnění této úlohy je sítnice složená z 9 vrstev, z nichž každá má přesně definovanou funkci:

1. smyslové buňky (tyčinky a čípky)
2. membrána limitans externa (vrstva Mülerových buňek)
3. zevní jádrová vrstva

4. zevní plexiformní vrstva
5. vnitřní jádrová vrstva
6. vnitřní plexiformní vrstva
7. vrstva gangliových buněk
8. vrstva nervových vláken
9. membrána limitans interna

Tyčinky a čípky jsou těsně přiloženy k pigmentovému epitelu, jehož úkolem je látková výměna těchto smyslových buněk.

Dále je sítnice složena ze dvou neuronů. První neuron je tvořen buňkami bipolárními a druhý neuron buňkami gangliovými.

4.1.1. Smyslové buňky

V sítnici je asi 130 milionů smyslových buněk, které dělíme na tyčinky a čípky.

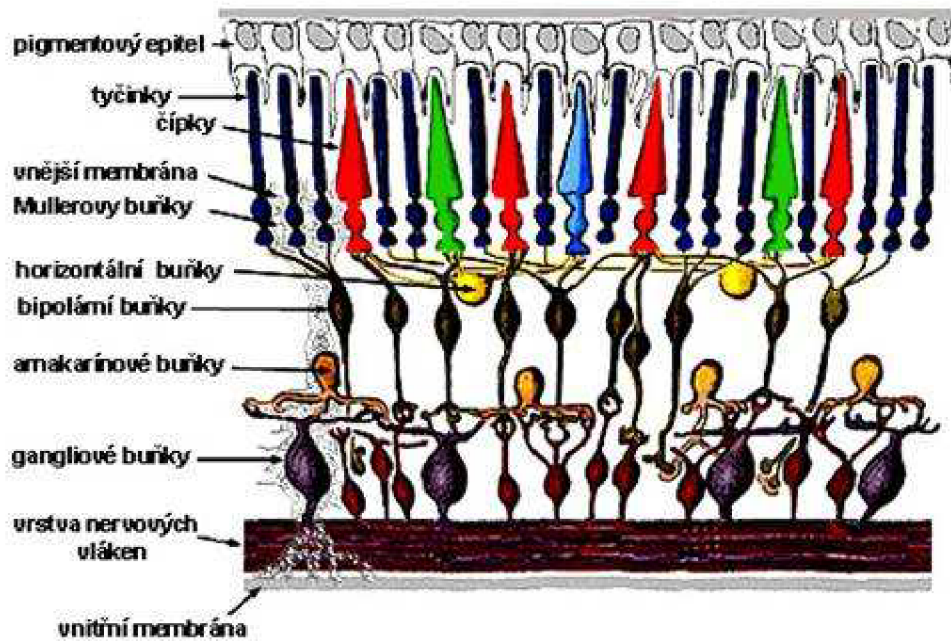
Čípky umožňují tzv. fotonické (barevné) vidění. Nejvíce čípků je v jamce nejostřejšího vidění (fovea centralis), a jejich počet směrem do periferie klesá. Množství čípků kolísá mezi 6 až 7 miliony, což je přibližně 5% z celkového množství fotoreceptorů. V lidském oku rozlišujeme tři druhy čípků, které absorbují různé druhy spektra, a to v červené, zelené a modré oblasti.

Tyčinky jsou určeny pro vidění za nízkých hladin osvětlení a jejich počet se pohybuje kolem 120 milionů. Je dáno, že prahová hodnota pro vznik světelného vjemu je podráždění kolem 10 000 tyčinek. Tyčinky mají velkou senzitivitu v modrozelené oblasti a umožňují tzv. skotopické (černobílé) vidění.

Stavba fotoreceptorů (čípky jsou větší než tyčinky) je rozdělena na vnější a vnitřní segment. Zevní segment fotoreceptorů je místo, kde dochází k přeměně světelné energie na elektrický signál. V tomto zevním segmentu jsou pigmentové buňky.

Tyčinky obsahují pigment rodopsin, který je citlivý na světlo. Tento rodopsin je rozdělen na dvě části, a to světlo absorbující retinal (příbuzný vitaminu A) a opsin. Buňky čípků obsahují červený, zelený a modrý pigment, které zajišťují barevné vidění. Modrý pigment maximálně absorbuje světlo o vlnové délce 420nm, zelený 535nm a červený 565nm. Ve vnitřním segmentu fotoreceptorů jsou umístěny buněčné organely společně s buněčným jádrem. Funkce vnitřního segmentu je syntéza proteinů fotoreceptorů.

Místo, které neobsahuje žádné fotoreceptory je tzv. slepá skvrna, což je oblast výstupu zrakového nervu nazálně od fovey.



Obr. 9: Stavba sítnice

4.1.2. Retinální okrsky

Fovea nazývaná též jamka nejostřejšího vidění představuje oblast zadního segmentu o velikosti asi 1,5mm. Nenacházejí se zde bipolární a gangliové buňky. V centru této jamky je **foveola**, která obsahuje velké množství čípků a její velikost je kolem 0,3mm. Střed foveoly je nazýváno jako **umbo**, kde je největší koncentrace čípků.

Jako **macula lutea** neboli žlutá skvrna se označuje oblast o velikosti kolem 5mm rozkládající se kolem fovey. Tato zóna je charakterizována více než jednou vrstvou gangliových buněk. Její žluté zbarvení je způsobeno pigmentem zvaným xantofylin. Toto žluté barvivo chrání oko před poškozením modrým světlem.

V oblasti fovey je sítnice zesílená, vlivem odtažení vnitřních vrstev sítnice do stran a tím dochází ke světelnému obloukovitému reflexu.

Dalším okrskem sítnice je **ora serrata** neboli zubovitá linie, kde se sítnice oplošťuje a přechází ze své optické části ve slepou. Pigmentový epitel a vnější hraniční membrána zde přechází na řasnaté tělísko a duhovku.

4.1.3. RPE

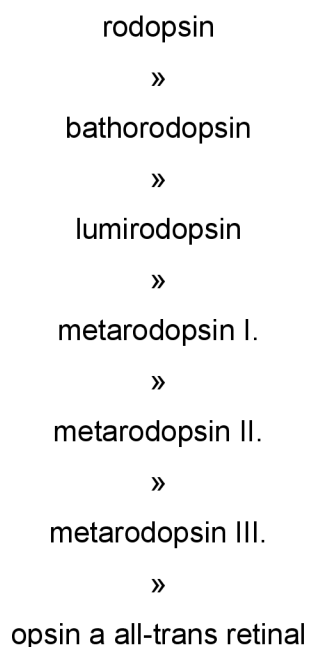
Retinální pigmentový epitel leží mezi kapilární sítí cévnatky a smyslovými buňkami. Je tvořen vrstvou pigmentových buněk začínajících při terči zrakového nervu a dále pokračujících k ora serrata, kde přechází do epitelu řasnatého tělíska. Největší hustota buněk RPE je v oblasti makuly.

Pigment těchto buněk se nazývá fuscín a je podobný pigmentu zvaný melanin, který dává buňkám hnědé zbarvení. Hlavní význam tohoto epitelu, mimo látkovou výměnu fotoreceptorů, je regenerace zrakového pigmentu ve výběžcích tyčinek.

Buňky RPE produkují růstový faktor VEGF, potřebný pro obnovu choroideální cirkulace. V průběhu stárnutí dochází k odumírání buněk epitelu, především v oblasti makuly. Ty jsou nahrazovány buňkami z periferie. V průběhu dalšího stárnutí se zvyšuje hustota těchto buněk a vznikají tzv. drúzy.

4.1.4. Změny zrakového pigmentu

Zrakový pigment tyčinek a čípků je uložen v jejich zevních segmentech. Zrakový pigment tyčinek neboli rodopsin je složený z retinalu (aldehyd vitamínu A) a proteinu opsin. V běžném stavu je retinal v tzv. 11 - cis formě, kdy se část jeho molekuly váže s opsinem. Při působení světla se rodopsin přeměňuje z cis-formy na trans-formu. K těmto změnám dochází prostřednictvím působení intracelulárních a extracelulárních proteinů a enzymů, které změní rodopsin na all-trans retinal a opsin. Tento all-trans retinal se odštěpí od opsinu a vstupuje do RPE. Za tmy dochází ke zpětné přeměně all-trans retinalu na 11 - cis retinal a znovuvytvoření komplexu opsin a 11-cis retinal. Tento pochod se nazývá Waldův cyklus a je podkladem adaptace na tmu, která trvá přibližně 30 minut.



Obr. 10: Přeměna rodopsinu [4]

Biochemie vidění

Opsin je bílkovinný nosič kódovaný geny patřících do skupiny receptorů nazývané receptory spřažené s G-proteinem. Signál je přenášen spojením s cytoplazmatickými celulárními přenašeči – G-poteiny neboli transduciny (u tyčinek a čípků).

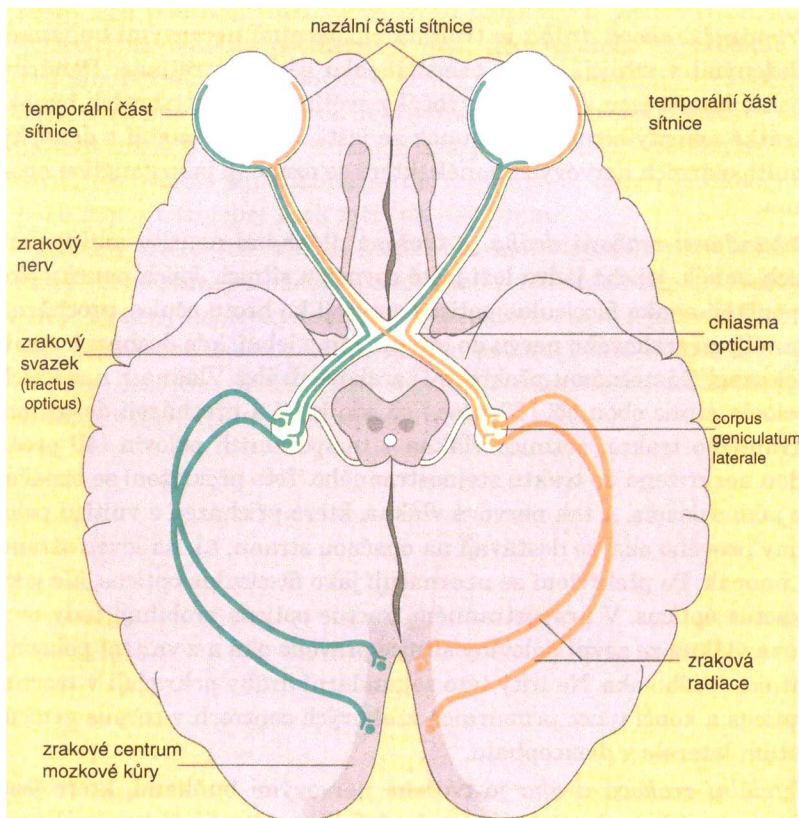
Při absorpci světla dojde ke změně rodopsinu, aktivuje se transducin, s následnou aktivací cGMP fosfodiesterázy. V další stádiu dochází k hydrolýze cGMP, uzavírá se Na^+ membránový kanál a dochází k hyperpolarizaci fotoreceptorů. Tato hyperpolarizace způsobí změnu v synapsi a začíná zpracovávání světelného signálu a zrakového vjemu.

4.1.5. Fyziologie zrakového vjemu

Světelné paprsky procházejí gangliovými buňkami a vnitřními vrstvami až ke smyslovým buňkám, kde dochází ke změně světelného stimulu na elektrochemický signál. Výběžky buněk fotoreceptorů se spojují v zevní plexiformní vrstvě s výběžky buněk ve vnitřní jádrové vrstvě (bipolární a horizontální buňky).

Bipolární buňky, které tvoří první neuron sítnice, se spojují s amakrinními nebo gangliovými buňkami. Tyto amakrinní buňky vysílají výběžky a dochází ke spojení jejich axonů s gangliovými buňkami. Axony gangliových buněk, tvořící druhý neuron sítnice, opouští bulbus jako zrakový nerv v tzv. lamina cribrosa sclerae. Tento zrakový nerv začíná na papile, postupuje tukovou tkání orbity dozadu do střední jámy lební k chiasmatu, kde dochází k částečnému překřížení nervových vláken.

Z chiasmatu vycházejí dva trakty, které postupují do corpus geniculatum laterale (primární zrakové centrum). Zde začíná pracovat třetí neuron zrakové dráhy, který prochází tzv. Gratioletovým svazečkem do okcipitálního laloku mozku. V kůře tohoto laloku jsou zraková centra nazývající se area striata (konečné přijímací místo zrakových impulsů) a area parastriata a peristriata (zpracovávají a vyhodnocují zrakové impulsy).



Obr. 11: Zraková dráha

4. 2. SPEKTRÁLNÍ CITLIVOST OKA

Schopnost rozeznávat barvy se nazývá barvocit. Jedná se o složitý proces, jehož předpokladem je neporušená činnost oka, zrakové dráhy a center v mozku.

Barvy, tedy světlo různé vlnové délky, vnímáme žlutou skvrnou, kde je nakupeno nejvíce čípků. Směrem do periferie čípků ubývá a schopnost rozeznávat barvy se zmenšuje. Periferie ale není plně barvoslepá, protože dokáže rozeznávat syté barvy.

Neschopnost rozpoznat barvy vzniká v důsledku příliš intenzivního světla a za šera.

Všechny barvy spektra lze získat smícháním tří základních monochromatických barev, a to červenou, zelenou a modrou. Jedná se o tzv. trichromatickou teorii. Autoři této teorie, Lomonson, Young a Helmholtz, dospěli v různých časových obdobích ke stejnému názoru míchání barev.

Předpokladem správného barvocitu je přítomnost tří druhů čípků v sítnici, absorbujících světlo v modré (420 - 440nm), zelené (530nm) a červené (560 - 570nm) oblasti spektra.

Člověk, který vnímá všechny tři základní barvy spektra je trichromat. Člověk s poruchou vnímání jedné z barev je anomální trichromat. Dichromat je člověk s absolutní neschopností vnímat jednu z barev a monochromat nevnímá žádnou barvu. (viz kapitola 5.7.)

Změně intenzity světla se přizpůsobuje zornice, která jako optická clona mění svůj průměr. Ten se fyziologicky pohybuje mezi 2-4mm (při světle se zužuje a za šera rozšiřuje). Dochází též k adaptaci sítnice, která se přizpůsobuje pomaleji. Citlivost se přitom mnohonásobně zvýší. Jestliže snižujeme intenzitu světla, tak se maximální citlivost oka posouvá směrem ke kratším vlnovým délkám světla. Jde o tzv. Purkyňův jev, kdy se při přechodu z fotopického (funkce čípků) vidění na skotopické (funkce tyčinek) posouvá citlivost sítnice na vlnovou délku z 555nm na 507nm.

Vlivem stárnutí dochází ke změnám barvocitu. Stárnoucí čočka absorbuje více světla v krátkovlnné oblasti spektra, čímž se na sítnici dostává menší množství krátkovlnného modrého světla. Z toho plyne získaná porucha v modré barvě.

U afakických očí se dostává naopak velké množství krátkovlnného modrého světla na sítnici, jehož následkem může být modrého vidění u těchto typů očí.

5. POŠKOZENÍ OKA ZÁŘENÍM

5.1. ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ

UV záření, které zaujímá oblast vlnových délek od 100 do 400nm, je součástí slunečního záření. Podle biologických účinků dělíme ultrafialové záření na UVA (315-400nm), UVB (280-315nm) a UVC (280-100nm). Zdroje UV, mimo zmíněného Slunce, jsou většinou zdroje umělé, jako elektrický oblouk nebo rtuťová výbojka (horského slunce). Záření o vlnové délce menší než 200nm je absorbováno vzduchem za vzniku ozónové vrstvy. Při porušení této vrstvy dochází ke zvýšené propustnosti tohoto záření a tím možnosti vzniku zdravotních potíží.

5.1.1. Účinky UV záření

Účinek záření je závislý na jeho dávce a délce působení. Kritickými orgány jsou spojivka, rohovka, čočka a sítnice. Rohovka je nejcitlivější na záření o vlnové délce kolem 260nm. Při dopadu záření na oko, se světlo resorbuje ve spojivce a epitelu rohovky a způsobuje jejich poškození. Účinky tohoto poškození se dostaví až po 6-12 hodinách, kdy pacient má pocit bolesti, cizího tělíska v oku, slzení, otok a zarudnutí víček.

Při dopadu ultrafialového záření (nečastěji UVC) na spojivku dochází ke vzniku keratokonjunktivitidy, což je zánětlivé onemocnění, projevující se injekcí spojivky a zvýšenou sekrecí slz.

U osob pracujících s elektrickým obloukem (např. svářeči), kteří nepoužívají ochranné brýle, vzniká tzv. keratitis fotoelektrická. Příznakem tohoto onemocnění je fotofobie a bolesti oka, které zpravidla zmizí během 48 hodin bez větších následků.

Podobné příznaky se vyskytují při pobytu ve vysokohorských zasněžených oblastech či při použití horského slunce. Vzniká tzv. keratitis nivalis neboli sněžná slepota.

UVA, které vyvolává fotochemické reakce oční čočky, zhoršuje zrakovou ostrost a tvorbu důležitých komponentů, které zabarví čočku do žluta. Toto zkalení způsobí omezení průniku světelných paprsků na sítnici a vzniká riziko vzniku katarakty.

U afakie je sítnice zcela nechráněná proti účinkům záření. Poškozuje buňky RPE, což může vést k atrofii fotoreceptorů a následně vzniku VPMD.

5.1.2. Prevence a léčba

Důležitá prevence před nepříznivými účinky záření je užívání ochranných brýlí, které zajišťují 100% ochranu zraku.

K léčbě se užívají epitelizační gely, antibiotika ve formě očních mastí nebo terapeutické kontaktní čočky. Většinou se však defekty zhojí do 24 hodin bez nutnosti terapie.

5. 2. INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ

IF záření, známé také pod názvem „tepelné záření“, zaujímá rozsah vlnových délek od 780nm až do 1mm. Je to tedy rozsah větší než viditelné spektru a menší než mikrovlnné záření. Zdroje IF, které mají škodlivé účinky na zdravotní stav, jsou např. sklářské či hutnické pece.

5.2.1. Účinky IF záření

Obdobně jako UV záření je IF po dopadu na oko absorbováno rohovkou, čočkou i sítnicí, kde vyvolává poškození tkáně. K poškození dochází nejčastěji u zaměstnanců pracujících u vysokých pecí a u sklářů. Vzniká tzv. sklářská katarakta, jejímž nálezem je odchlípnutí částí předního obalu čočky a zkalení v zadním pouzdru. Zkalení vzniká důsledkem působení IF na čočku a jejím zahříváním s následným vznikem zákalu.

5.2.2. Prevence

Ochrana oka před infračerveným zářením je obdobná jako u ultrafialového záření, kdy je důležitá prevence zraku ochrannými brýlemi.

5. 3. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

Ionizující záření je druh záření o vlnové délce kratší než UVC (280-100nm), tj. rentgenové záření, gama záření a kosmické záření. Dále toto záření rozdělujeme na alfa, beta a neutronové záření. Mezi přírodní zdroje řadíme Slunce a kosmické zdroje. Umělé zdroje jsou jaderné reaktory či rentgen. Tento typ záření má velké uplatnění ve vědě, technice i zdravotnictví.

5.3.1. Účinky

Při dopadu velkého množství ionizujícího záření na tkáň organismu, dochází k jeho absorpci a vzniku negativních účinků. Toto vstřebávání je závislé na celkovém stavu organismu (věkem, stavem CNS, atd.) a na vlastnostech radioaktivní látky. Poškození vzniká i jako následek ozařování pacientů s tumory.

Nejčastěji dochází k poškození kůže, spojivky a rohovky. Velmi citlivá je i oční čočka, která se může následkem záření zkalit, ale vznik katarakty se může objevit až po mnoha letech. Toto je závislé na množství působícího záření a věku pacienta. Je dáno, že čím je pacient mladší, tím je na ionizující záření více citlivý.

Známkou katarakty, která je způsobená účinkem ionizujícího a RTG záření, jsou tečkovité zákaly v zadním pouzdře čočky a peříčkovité v předním (subkapsulární katarakta).

5.3.2. Prevence a léčba

Prevence a léčba spočívá v aplikaci lubrikancia a krytí zraku ochrannými brýlemi a štíty.

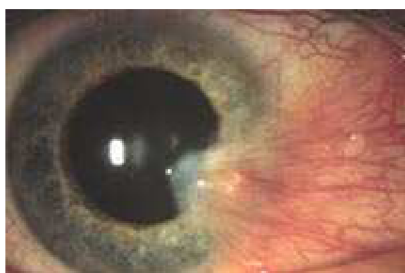
5. 4. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Sluneční záření je elektromagnetické záření, které se rozděluje na ultrafialové (pod 400nm), viditelné (400-760nm) a infračervené (přes 760nm). Viditelné záření představuje asi 50% celkového záření dopadající na povrch Země. Samotné sluneční záření je přímo využíváno pro výrobu elektrické energie, v zemědělství či vytápění. Jejich účinky však mohou způsobit zdravotní potíže.

5.4.1. Účinky slunečního záření

Poškození oka slunečním zářením též označujeme jako solární retinopatie.

Při dlouhodobém pohledu do Slunce bez užití ochranných brýlí dochází k poškození sítnice, a to ke koagulaci pigmentového epitelu v oblasti makuly. Následkem je trvalý centrální skotom a snížená zraková ostrost. Nejčastěji tento stav nastává při sledování zatmění Slunce, což je jev vznikající, když se měsíc dostane mezi Zemi a Slunce. Dále může dojít ke vzniku pterygia, který nejčastěji vzniká v jižních zemích zvýšeným působením slunečního záření. Jedná se o hyperplazii fibrovaskulární tkáně spojivky přerůstající na rohovku.



Obr. 12: Pterygium

5.4.2. Léčba

Léčba pterygia spočívá v chirurgickém odnětí s přenosem spojivky či rohovkové lamely. K uhlazení rohovky po operaci se užívá fotoablace excimerovým laserem. U recidivujících pterygií se používá keratoplastika.

5. 5. LASEROVÉ ZÁŘENÍ (viz kapitola 2.4.1)

Laserové záření je elektromagnetické záření, které je vyzařováno ze zdroje a při dopadu na biologickou tkáň dochází k jeho absorpci. Podle způsobu využití jsou jednotlivé lasery o různé spektrální oblasti, tedy pracují se světlem o různé vlnové délce.

5.5.1. Účinky laserového záření

Při použití laserů pracujících s infračerveným zářením v rozsahu vlnových délek větších než 1400nm, dochází k absorpci tohoto záření rohovkou a čočkou a současně může dojít k jejich poškození.

Naopak lasery užívající viditelné a ultrafialové záření v rozsahu vlnových délek cca 400-1400nm, mohou poškodit vrstvy sítnice. Nejzávažnější jsou poškození v oblasti makuly, které vedou ke vzniku jizev za současného snížení zrakové ostrosti.

Absorpce laserového záření melaninem v RPE a choroideou nastává popálení sítnice. Záření se přeměňuje v teplo a teplota RPE a choroidey náhle vzroste. Popálená sítnice je bělavá a s následným vznikem zánětu se vytváří jizva sítnice, RPE a choroidey, která se může zvětšovat.

6. ONEMOCNĚNÍ OKA A JEJICH ZÁVISLOST NA INTENZITĚ SVĚTLA

V souvislosti s některými refrakčními vadami se vyskytují komplikace, které kladou určité nároky na druh a množství světla.

Vyšší nárok na intenzitu světla většinou udávají lidé s postižením zraku jako VPMD, glaukom, diabetická retinopatie či s postižení zřakového nervu.

Naopak nižší nároky na světlo mají obvykle lidé s barvoslepostí, aniridií či albinismem.

6. 1. VPMD

Věkem podmíněná makulární degenerace je chronické onemocnění vyskytující se u pacientů ve věku nad 50 let. Zároveň je i nejčastější příčinou slepoty, diagnostikována více u žen než mužů. Dochází ke změnám na sítnici, které je nutné odlišit od běžných změn sítnice.

Mezi první příznaky patří postižení Bruchovy membrány (hranice mezi cévnatkou a RPE), kdy vznikají tzv. drúzy, což jsou okrouhlá žlutá ložiska v zevních vrstvách sítnice. Také dochází k postižení RPE a nerovnoměrnost pigmentace navodí zrnitost v makule.

V prvních stádiích degenerace dochází ke zhoršení zřakové ostrosti, mírně mlhavému vidění a nižšímu jasů barev. Dále dochází k tzv. metamorfopsii neboli deformaci předmětů a k centrálnímu skotomu, který vede k neschopnosti vidění na blízko a rozeznávání známých tváří.

V dalších progresích může dojít ke zhoršení zraku až na počítání prstů a k orientaci pouze periferním viděním. Onemocnění často začíná pouze na jednom oku a v průběhu několika let je postiženo i druhé.

Diagnostika nemoci zahrnuje běžné oftalmologické vyšetření začínající zjištěním rodinné a osobní anamnézy. Dále se provádí základní vyšetření zřakové ostrosti na optotypech, zjištění deformace předmětu na Amslerově mřížce, či vyšetření na perimetru, pro posouzení centrálního skotomu. K zjištění změn na sítnici se provádí vyšetření přímou a nepřímou oftalmoskopií. K diagnostice neovaskularizací sítnice zase FAG či ICG a zobrazení struktur sítnice z profilu (pomocí příčného řezu) nám umožní OCT.



Obr. 13: Ztráta centrálního vidění u VPMD

Mimo stárnutí mají na vznik VPMD vliv i jiné faktory, jako:

- genetické dispozice. Je udáváno, že příbuzní nemocného mají přibližně třikrát vyšší riziko vzniku VPMD.
- diabetes, ateroskleróza, hypovitaminóza A a C
- kouření. Další rizikový faktor, kdy je sníženo velké množství antioxidantů chránících makulu.
- světlá duhovka
- rasa. Běloši jsou více náchylní na vznik nemoci.
- vyšší působení modrého světla, viditelného světla a UV záření

Mnoho studií prokázalo, že záření způsobuje poškození buněk a tím i makuly, které vede ke vzniku VPMD. Lékaři proto doporučují chránit zrak ochrannými brýlemi.

6.1.1. Formy VPMD

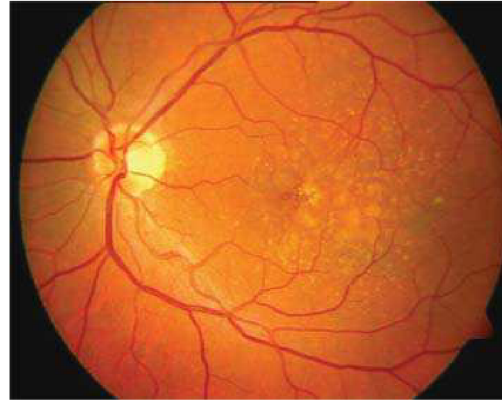
Věkem podmíněná makulární degenerace se vyskytuje ve formě suché (atrofické), která je asi u 80% nemocných a vlhké (exsudativní), která postihuje pouze 20% postižených pacientů, ale způsobuje velké zhoršení zraku.

Suchá forma VPMD

Příčinou suché formy je odumírání buněk RPE a fotoreceptorů sítnice s následným ztenčením makuly a dochází k hromadění odpadních produktů v drúzách Bruchovy membrány. Postup progrese je v průběhu několika let, kdy dochází ke zhoršení vidění až výpadkům v zorném poli. Přímá léčba suché formy neexistuje. Lékaři pacientům doporučují bohatou stravu s velkým obsahem vitamínů.



Obr. 14: Vidění u suché formy VPMD



Obr. 15: Suchá forma VPMD (nález na sítnici)

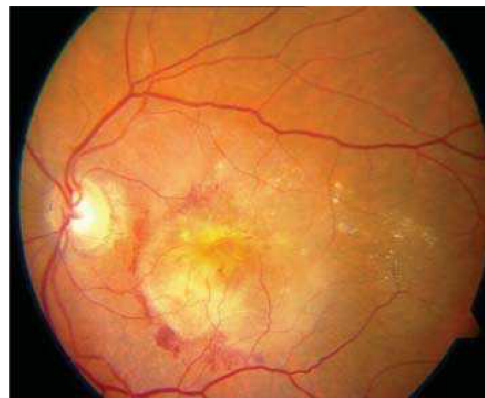
Vlhká forma VPMD

Příčinou vlhké formy je prorůstání novotvořených cév pod sítnicí, vznik puchýřků v oblasti makuly. Pro křehkost cév je nebezpečí krvácení do oblasti makuly s následným vznikem jizev. Průběh nemoci je velmi rychlý a během pár měsíců může být i následkem ztráty vidění (praktická slepota). Pacient má problémy s viděním na blízko, s vnímáním barev a velkými deformacemi obrazu.

Léčba spočívá v zamezení růstu novotvořených cév. Používá se farmakologická léčba tzv. anti-VEGF, kdy se intravitreálně aplikují léky potlačující efekt VEGF faktorů, způsobující novotvoření cév. Dále je možná léčba laserem, která zničí cévy pod i nad sítnicí, takže je třeba opatrnost v místě zřakového nervu. Pomocí laseru se provádí i tzv. fotodynamická léčba, jejímž následkem může být atrofie makuly.



Obr. 16: Vidění u vlhké formy VPMD



Obr. 17: Vlhká forma VPMD (nález na sítnici)

Lidé s VPMD mají vyšší nároky na intenzitu světla, zejména při práci na blízko a čtení. Stařecké změny RPE vedou ke snížení citlivosti sítnice na světlo a k tomu aby byl předmět dobře rozpoznán, je zapotřebí větší intenzita světla.

6. 2. KATARAKTA

Katarakta neboli šedý zákal je onemocnění způsobené zkalením oční čočky. Tato neprůhlednost způsobí zhoršený průchod světla na sítnici a tím vzniku neostrého obrazu a rozmazaného vidění. Kromě toho pociťuje člověk změny ve vnímání barev.

Příčiny vzniku šedého zákalu jsou např. poranění oka, stárnutí čočky, kouření, diabetes a ultrafialové sluneční záření. Může se tvořit společně s atopickým exémem, uveitidou či glaukomem.

Příznaky zákalu jsou snížení zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti, myopizace oka a tzv. glare (oslňování), které zhoršuje vidění vlivem silného rozptýlného světla dopadajícího na sítnici.

Diagnostika nemoci zahrnuje zjištění celkové anamnézy, zjištění zrakové ostrosti, vyšetření na štěrbinové lampě, měření NOT, a pokud je možná i přímá a nepřímá oftalmoskopie.

Léčba zákalu je chirurgická. Postup operace je založen na odstranění zkalené oční čočky a její nahrazení umělou nitrooční čočkou. Indikaci k operaci určuje lékař podle stupně zhoršeného vizu. Je důležité správné zvolení hodnoty a velikosti IOL. Provádí se proto preoperační vyšetření, jako biometrie oka, poskytující hodnotu axiální délky oka a keratometrie oka, měřící zakřivení rohovky. Pomocí naměřených výsledků a speciálních vzorců se vypočítá IOL, specifická pro každého pacienta.

6.2.1. Typy katarakty

Senilní katarakta – nejčastější typ zaklení čočky. V průběhu stárnutí dochází ke zvětšení hmotnosti, ztrátě elasticity a čočka se barví do žluta (Brunescentní katarakta – jádro čočky zbarvené do hněda). Senilní katarakta se dělí na korovou, jádrovou, zadní a přední miskovitou.

Traumatická katarakta – následkem mechanického poranění oka či chemickými vlivy

Léková katarakta – způsobená léky, jako kortikosteroidy, inzulin, adrenalin, atd.

Metabolická katarakta – při diabetu, dermatitidě, hypokalcémie, svalové dystrofie, aj.

Radiační katarakta – způsobená zářením o různých vlnových délkách (viz kapitola 4).

Podle typu katarakty mají pacienti velké nebo malé nároky na intenzitu světla.

Pacient je buďto citlivý na silné světlo a má obtíže např. při jízdě autem za šera nebo za tmy, kdy je oslňován protijedoucími vozidly. Je doporučováno chránit oči ochrannými brýlemi.

V jiných případech pacient žádá větší intenzitu světla, z důvodu zkalení oční čočky a malého množství světla dopadajícího do oka.

6. 3. GLAUKOM

Glaukom neboli zelený zákal je způsobený degenerací očního nervu, nejčastěji vlivem zvýšeného NOT. Mezi další rizikové faktory způsobující zelený zákal patří dědičnost, věk, poranění oka a refrakční vady oka (především vysoká myopie). Nemocný má výpadky v zorném poli, které mohou s progresí vést až ke ztrátě periferního vidění a při úplném odumření zrkového nervu může dojít ke ztrátě zraku.

U glaukomu lze pozorovat změny barvocitu v modré, modrozelené a modrožluté oblasti spektra.



Obr. 18: Vidění u glaukomu

Glaukom rozdělujeme na glaukom s otevřeným a uzavřeným úhlem. Glaukom s otevřeným úhlem může být primární, který je nejčastější, je bez zřetelných příznaků a zvýšení tlaku není v souvislosti s jiným onemocněním. Glaukom s uzavřeným úhlem, kdy nitrooční tekutina neodtéká do trabekulární tkáně, může být opět primární či sekundární.

Léčba je možná medikamentózní či chirurgická. K chirurgickému zákroku (např. trabekulektomie) se přistupuje při nedostatečné medikamentózní léčbě. V dnešní době se také užívá laser (trabekuloplastika, iridotomie). Není možné absolutní vyléčení glaukomu. Cílem léčby je snížení nitroočního tlaku a zabránění další progresi onemocnění.

Pacienti s glaukomem mají obvykle potíže s viděním při nízkém osvětlení. Vyžadují tedy vyšší nároky na intenzitu světla.

6. 4. DIABETICKÁ RETINOPATIE

Diabetická retinopatie je onemocnění sítnice vyskytující se u pacientů s cukrovkou. V důsledku vysoké hladiny cukru v krvi dochází ke změnám sítnicových cév. Prosakováním krevní plazmy dochází k otoku sítnice a ke vzniku neovaskularizací. DR se vyskytuje ve formě neproliferativní (ještě bez neovaskularizace) a proliferativní (s neovaskularizacemi), která je závažnější a může vést ke vzniku slepoty.

Další forma DR je diabetická makulopatie postihující oblast makuly. Příznaky nemoci jsou až v pokročilých stádiích, kdy dochází ke snížení zrakové ostrosti. V diagnostice je v první řadě důležitá léčba diabetu. Oční lékař následně provede vyšetření na štěrbínové lampě, vyšetření očního pozadí, fluorescenční angiografii a OCT. Léčba je laserová (laserová fotokoagulace sítnice) a chirurgická (pars plana vitrektomie). Pacienti s DR mají často větší nároky na intenzitu osvětlení.

6. 5. ALBINISMUS

Albinismus je onemocnění způsobené nedostatečným množstvím pigmentu (melaninu). Postihuje buď jen oči (oční albinismus) nebo oči, vlasy i kůži (okulokutánní albinismus). Nedostatek pigmentu způsobuje světloplachost, snížení zrakové ostrosti, nystagmus a strabismus. Nedostatečně vyvinutá fovea a jiná stavba a průběh nervových vláken v očním nervu jsou dalšími problémy spojené s nemocí.

Pacienti mají nižší nároky na osvětlení. Jsou citliví na prudké oslňující světlo. V místnosti je doporučováno umístit zdroj světla spíše za záda nemocného. Před přímým slunečním světlem se pacienti chrání slunečními brýlemi a zabarvenými kontaktními čočkami.

6. 6. ANIRIDIE

Aniridie je anomálie duhovky, která je zmenšena a v některých místech zcela chybí. Je tím zviditelněna oční čočka i se závěsným aparátem. Jde o dědičnou vrozenou vadu, jejímž následkem je velká světloplachost, při které se pacienti chrání slunečními brýlemi.

6. 7. BARVOSLEPOST

Barvoslepost je porucha barevného vidění.

Při úplné barvosleposti člověk nerozeznává žádnou barvu a okolí vnímá černobíle (monochromasie).

Při částečné barvosleposti člověk vnímá jen některé barevné tóny a rozděluje se podle toho, který z počitků ze tří základních barev chybí (dichromat). Při protanopii člověk nevnímá červenou barvu, při deuteranopii zelenou a při tritanopii modrou.

Člověk může mít pouze snížené vnímání jedné z těchto barev (anomální trichromat). Mluvíme o protanomálii, deuteranomálii a tritanomálii.

Poruchy barvocitu mohou být vrozené a získané. Získané poruchy mohou být způsobeny změnami na sítnici, kdy je zhoršeno vnímání modrožluté barvy, změnami zrakové dráhy, s následkem zhoršeného vnímání červenozelené barvy, či změnami průhlednosti optických prostředí.

K diagnostice se používají např. pseudoisochromatické tabulky, Holmgrenovy bavlnky, Nagelův anomaloskop, Daaova tabulka či Hue test.

Farnsworth-Munsell 100 Hue test je jednoduchá metoda stanovení barvocitu. Test se skládá ze sady čtyř zásobníků obsahujících 85 barevných terčů. Vyšetřovaný má za úkol seřadit škálu barev v každém zásobníku. Na konci každého zásobníku je barva, která udává rozsah barevného spektra daného řádku.

Sada obsahuje také bodovací počítačový program, který číselně a graficky zobrazí výsledky měření.



Obr. 19: Sada Hue testu

7. OCHRANNÉ VRSTVY BRÝLOVÝCH ČOČEK

Velkou úlohu v ochraně zraku před účinky záření hrají sluneční brýle. V různých variantách absorpčních filtrů, jako je materiál a barva, chrání náš zrak.

V dnešní době je mnoho zušlechťujících úprav brýlových čoček sloužících pro vytvoření optimálních optických i mechanických vlastností, mimo jiné i ochranné vrstvy.

7. 1. ANTIREFLEXNÍ VRSTVA

Antireflexní vrstva je ochranná vrstva ke snížení odrazivosti od povrchu čočky a tím zvýšení propustnosti pro viditelné světlo. Princip AR je založen na interferenci světla, kdy odražené světlo na rozhraní vzduch/vrstva a vrstva/sklo spolu interferují a tím se odrazivost zmenší. Je možná buďto jednovrstevná AR nebo vícevrstevná AR. U jednoduché neboli jednovrstevné vrstvy se volí parametry čočky, jako index lomu a tloušťka tak, aby došlo k utlumení odrazů světla v žlutozelené části spektra (550nm). Vícevrstevná AR minimalizuje odlesky světla různých vlnových délek, přičemž se pravidelně střídají vrstvy s vyšším a nižším indexem lomu a tloušťky jednotlivých vrstev.

Reflexy mohou vznikat ve třech možných variantách: při šikmém dopadu světla na pupilu se paprsky odrážejí a může docházet k dvojitému vidění. Dále dochází k odrazům mezi rohovkou a vnitřní plochou brýlové čočky. Rohovka má však nízkou odrazivost, takže tyto reflexy jsou méně rušivé. Třetí možností jsou reflexy od přední plochy brýlové čočky, které jsou rušivé jen pro okolí.

7. 2. ZRCADLOVÁ VRSTVA

Zrcadlová (reflexní) vrstva zvyšuje odrazivost a tím snižuje propustnost pro oblast viditelného světla. Tato odrazivost se zesiluje vlivem interference. K výrobě jsou užívané materiály s vysokým indexem lomu a zejména kovové vrstvy. Tyto vrstvy kovů obsahují volné elektrony, které vlivem světla začnou kmitat. Vytvoří se vlny, které začnou interferovat s dopadajícími vlnami. Část světla těchto dopadajících vln je kovovou vrstvou absorbována a mění se v tepelnou energii.

Zrcadlové vrstvy se využívají při výrobě sportovních brýlí, např. lyžařských nebo na cyklistiku.

7. 3. FOTOTROPNÍ VRSTVA

Fototropní vrstvy jsou využívány zejména lidmi s refrakční vadou s nutností stálého nošení dioptrických brýlí, pro svoji vlastnost zabarvování při silném osvětlení a odbarvování při sníženém osvětlení.

Fotochromické složky jsou nanášeny na přední plochu čočky, kde pronikají do hloubky cca 0,1 mm a stávají se součástí této čočky. Působením UV světla dochází ke změně chemické struktury těchto složek, kdy se mění jejich prostorové uspořádání, a zvětšuje se absorpce viditelné části spektra. Po odstranění působení UV světla se struktura mění do původního stavu a čočka se odbarvuje.

Na zabarvování má vliv i teplota okolí. Čím nižší je teplota a vyšší intenzita světla, tím je ztmavnutí rychlejší. Tedy v zimním období dochází k maximálnímu ztmavnutí. V motorových vozidlech čočka ztmavne méně, z důvodu absorpční vlastnosti předních skel automobilu.

7. 4. POLARIZAČNÍ VRSTVA

Polarizační vrstvy jsou dnes součástí téměř každých kvalitních slunečních brýlí. Polarizace odstraňuje odlesky a zvyšuje sytost barev okolních předmětů. V praxi se užívají polarizační filtry tzv. polaroidy. Jsou vyrobeny z materiálů složených z dlouhých molekul. Ty jsou seskládány tak, že jejich osy jsou rovnoběžné. Složky světla, procházející tímto filtrem, které jsou kolmé k ose molekul filtru, filtrem neprocházejí. Procházející světlo je tedy polaroidem oslabeno.

Vrstva eliminuje světlo odražené od vodorovných ploch např. vozovka či vodní plocha, které nás zejména v letním období nepříjemně oslňují, protože až o 50% znásobují množství světla dopadajícího na sítnici.

Polarizační vrstvy se vyrábí v mnoha barevných variantách: tmavě šedé a hnědé odstíny do slunce, světle šedé a žluté pro světloplaché a šeroslepé oči či pro rybáře.

7. 5. KONTAKTNÍ ČOČKY S UV FILTREM

Další možnou ochranou proti UV záření je použití kontaktních čoček s UV filtrem. Nevýhodou je však fakt, že není chráněna celá plocha oka, ale pouze místo o velikosti naaplikované KČ. Zbylá část oka je nechráněná. Tyto KČ tedy nenahrazují sluneční brýle ve smyslu ochranné pomůcky.

8. ZÁVĚR

Práci začínám rozdělením základních vlastností světla, z hlediska fyzikálního a geometrického.

Hlavním tématem je vliv různých typů záření na jednotlivé vrstvy oka. Využití záření je možné v diagnostice a léčbě očních onemocnění, ale nadměrné množství naopak může vést k poškození různých segmentů oka.

V bakalářské práci jsem se snažila nastínit klady i zápory světelného záření na funkci našeho vidění.

9. SEZNAM ZKRATEK

ALT	alaninaminotransferáza
AR	antireflex
c	rychlost světla ve vakuu
CNS	centrální nervová soustava
Dpt	dioptrie
DR	diabetická retinopatie
DV	dlouhé vlny (radiové vlny)
E	energie fotonu
ELF	extrémně dlouhé vlny (radiové vlny)
f	frekvence
FAG	fluorescenční angiografie
h	Planckova konstanta
H	osvit
I	svítivost
ICG	indocyaninová zeleň
IOL	nitrooční čočka
IR	infračervené záření
K	světelná účinnost
KV	krátké vlny (radiové vlny)
L	jas
LASEK	laser-assisted subepithelial keratectomy
LASIK	laser in situ keratomileusis
n	index lomu
NOT	nitrooční tlak
OCT	optická koherentní tomografie
PRK	fotorefrakční keratektomie
Q _v	světelná energie
RPE	retinální pigmentový epitel
RTG	rentgen
SHF,EHF	mikrovlny
SLT	selektivní laserová trabekuloplastika
SV	střední vlny (radiové vlny)
UKV	ultra krátké vlny (radiové vlny)
UV	ultrafialové záření

v	rychlost vlnění
VEGF	endotelový růstový faktor
VIS	viditelné světlo
VKV	velmi krátké vlny (radiové vlny)
VLF	velmi dlouhé vlny (radiové vlny)
VPMD	věkem podmíněná makulární degenerace
α_1	úhel dopadu
α_2	úhel lomu
λ	vlnová délka
φ	světelný tok

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. FEYNMAN, R. P. – *Feynmanovy přednášky z fyziky*
Nakladatelství FRAGMENT, 2000
2. FRIŠ, S. E. – TIMOREVA, A. V. – *Kurz fyziky III.*
Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1954
3. HALLIDAY, D. – RESNICK, R. – WALKER J. – *Fyzika, Část 4*
Nakladatelství Vutium, Brno 2000
4. KAUFMAN, P. L. - ALM A. – *Adler's physiology of the eye*
Nakladatelství Mosby, 2003
5. KUCHYNKA, P. a kolektiv – *Oční lékařství*
Nakladatelství Grada, Praha 2007
6. KVAPILÍKOVÁ, K. – *Práce a vidění*
1999
7. *Osvětlení a slabozrakost*
Nakladatelství Tyfloservis, 2002
8. POLÁŠEK, J. – *Technický sborník oční optiky*
Oční optika, Praha 1974
9. ROZSÍVAL, P. a spol. – *Oční lékařství*
Nakladatelství Galén, Praha 2006
10. VLKOVÁ, E. – PITROVÁ, Š. - F. VLK – *Lexikon očního lékařství*
Brno 2008

INTERNETOVÉ ZDROJE

11. <http://www.archiweb.cz>
12. <http://www.scienceworld.cz>
13. <http://www.wikipedia.cz>
14. <http://www.zeleny-zakal.cz>