

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO
V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

VLIV MODRÉHO SVĚTLA NA OKO

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Gabriela Horáková

Obor 5345R008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2015 /2016

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Eliška Najmanová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením
Mgr. Elišky Najmanové, za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 20. 4. 2016

Gabriela Horáková

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Mgr. Elišce Najmanové za vedení mé bakalářské práce, její vstřícný přístup a trpělivost. A v neposlední řadě můj největší dík patří mé rodině a mým blízkým, kteří mě podporovali nejen po dobu vypracovávání bakalářské práce, ale i po čas celého studia.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektu IGA PřF UP v Olomouci s názvem „Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2016_015.

Obsah

Úvod.....	6
1 Vybrané kapitoly z optiky	8
1.1 Paprsková (geometrická) optika.....	10
1.1.1 Základy paprskové optiky.....	10
1.2 Spektrum světla a jeho dělení	12
1.3 Modré světlo.....	14
1.4 LED technologie	15
1.4.1 Princip funkce	15
1.5 Přístroje vyzařující modré světlo, jejich výhody a nevýhody	17
1.5.1 LED osvětlení	17
1.5.2 LED osvětlení LCD displejů.....	18
2 Fyziologická interakce LED světla s celkovým organismem a okem.....	19
2.1 Celkový organismus.....	19
2.1.1 Cirkadiánní rytmus	19
2.1.2 Tvorba melatoninu a jeho vliv	20
2.2 Oko.....	21
2.2.1 Sítnice	22
2.2.2 Fotoreceptory	24
2.3 Onemocnění oka.....	26
2.3.1 Šedý zákal	26
2.3.2 VPMD.....	27
2.4 Prevence a princip správného využívání LED osvětlení.....	30
2.4.1 Strava	30
2.4.2 Režim užívání LED osvětlení a LCD technologii	31
2.4.3 Speciální povrchové úpravy brýlových skel.....	32

2.4.4	Aplikace	34
3	Závěr.....	35
4	Literatura	36

Úvod

Při současných trendech neustálého technického rozvoje, je také nezbytné využívat veškeré dostupné nástroje a informace k tomu, abychom se ochránili před různými vlivy. Zrak je jedním z nejdůležitějších smyslů člověka. Díky zraku přijímáme 70 % - 90 % všech informací z okolí. Umožňuje nám vnímat barvy, světlo, kontrast, tvary, apod. Proto je velmi důležité se o něj starat a pokud možno předcházet očním onemocněním a dalším komplikacím způsobeným negativními vlivy okolí.

Tématem této práce je vliv modrého světla na oko. Toto téma jsem se rozhodla zpracovat jako bakalářskou práci proto, že i když si to člověk neuvědomuje, tak své oči vystavuje mnoha vlivům a málokdy je obeznámen se všemi jejich následky. Jde-li o vliv modrého světla na oko, setkává se s ním člověk běžně. Negativní projevy mohou být subjektivně vnímané anebo jsou to projevy, které optometrista či oftalmolog objeví během základního vyšetření. Dalším důvodem, proč jsem se rozhodla zabývat tímto tématem, byl fakt, že se proti modrému světlu lze chránit.

Úvodní část práce se věnuje teoretickým vlastnostem elektromagnetického záření a vědě o světle. Obsahová část vychází především z odborné literatury. Jedná se o vymezení historického vývoje optiky, jakým směrem se ubírala a jaké postuláty byly vyřčeny. Dále obsahuje popis modrého světla, jeho vznik a využití v dnešní společnosti. Jedná se především o použití modrého světla jako světelného zdroje v kancelářích a domácnostech a i jako osvětlovací technika LED technologií.

Další kapitola je věnována stručné anatomii a fyziologii vybraných očních struktur, které podléhají patologiím v souvislosti s možným dopadem vlivu modrého světla a jsou právě zmíněny dále v práci. Jedná se o oční čočku, a sítnici, na nichž se později negativní vliv modrého světla projevuje nejvíce. Nejdůležitější částí práce je kapitola, kde je uveden právě vliv modrého světla na danou oční strukturu.

V poslední kapitole jsou vyjmenovány základní principy a možnosti jak předcházet negativním vlivům. Jsou zde uvedeny speciální povrchové úpravy brýlových skel, blokující modré spektru. Dále jsou zmíněny možnosti omezení vlivu správnou stravou bohatou na antioxidanty. Nejaktuálnější prevencí je využívání speciálních aplikací vyvinutých pro LED technologie, které potlačují záření modrého světla.

Cílem práce je seznámit se s negativními vlivy dnes a denně používané LED technologie vyzařující modré světlo na vybrané oční struktury a upozornit, jak těmto vlivům předcházet nebo se před nimi dostatečně a cíleně chránit.

1 Vybrané kapitoly z optiky

Optiku lze jednoduše popsat jako vědu zabývající se světlem. Zaměřuje se na zákonitosti světelných jevů, které se utváří při průchodu různými prostředími a i jejich rozhraními v různých podmínkách. Dále se zabývá studiem vzniku a zániku světla, jeho interakci s látkou a jeho detekcí. Světlo dnes chápeme a popisujeme jako elektromagnetické vlnění. Vlastnosti vlnění musíme studovat na základě teorie nestacionárního elektromagnetického pole – takové pole, jehož charakteristické veličiny se mění v čase. Popisujeme ho tak z hlediska klasické i z hlediska kvantové teorie.

Na základě řešení problémů v praxi, kdy často zahrnujeme do řešení jen ty stránky problému, které jsou pro řešení určitého typu úkolu nejdůležitější, je možno optiku rozdělit na tři hlavní okruhy. Rozdělení je realizováno, podle toho jaké metody jsou užity.

- Vlnová optika, se specifikuje na příčné vlnové vlastnosti záření. Tato část optiky řeší celou řadu optických jevů například interferenci, difrakci, polarizaci atd.
- Kvantová optika se zabývá ději, při nich se projevuje kvantový ráz světla. Jsou to především děje, při nichž dochází k vzájemné interakci mezi látkou a světlem.
- Paprsková (geometrická) optika, je oblast, kde se chod světelného záření vnímá jako přímočaré šíření. Tuto teorii lze použít, pouze pokud je splněna podmínka, která definuje rozměry tak, aby byly značně větší, než je vlnová délka světla.

Předchozí rozdělení hlavních oborů optiky souvisí především s historickým vývojem teorií a názorů. První teorie, kterou lze označit za vědeckou, vznikla v druhé polovině 17. století. Základy položil Christian Huygens svou vlnovou teorií. Byla založena na pojetí, že každý svítící bod koná rychlé mechanické kmitání. Toto kmitání se přenáší na okolní nehmotné prostředí (světelný éter) a dále se šíří všemi směry formou podélných vln. Druhá teorie, která byla upřednostňována až do 19. století, se shodovala s mechanikou. Základem byla Newtonova korpukulární teorie, která předpokládá, že světlo je proud rychle letících částic vyzářených ze zdroje. Pokud takto vyzářené částice dopadnou do oka, způsobí dojem vidění. Vysvětluje i všechny optické jevy přímočaré šíření světla, lom, odraz, aberace atd. Problém je při vysvětlení rychlosti světla v různých optických prostředích. Podle této teorie by se mělo světlo šířit hustějším prostředím rychleji, realita je však opačná.

Třetí teorie z počátku 19. století vedla k oživení Huygensovi vlnové teorie, ovšem podélné vlnění bylo Tomasem Youngem nahrazeno vlněním příčným.

Vlnové teorie postihují bohužel vždy jen jednu stránku podstaty světla. Nikdy nebyly přijaty jako obecné teorie. Roku 1863 nastoupila Maxwellova elektromagnetická teorie světla. Tato teorie popisuje světlo jako nestacionární elektromagnetické pole. Takovýto popis nám dává možnost, že není potřeba žádného nosného prostředí pro šíření vlny. Teorie bohužel nevysvětluje podstatu ovlivnění mezi zářením a látkou. Při této interakci se projevují jiné vlastnosti světla, které nejsou vlnové. V 20. století vznikla kvantová teorie světla tedy částicově - vlnový dualismus. Světlo můžeme chápat jako soubor kvant energií – fotonů. Chová se jako vlna, která nese množství energie. [1] [2]

1.1 Paprsková (geometrická) optika

Paprsková optika představuje podstatu světla ve formě přímek vycházejícího ze zdroje. Lze na ni aplikovat pojmy základní geometrie. Pracujeme zde se základními předpoklady, které zní:

- Světlo se šíří přímočaře formou světelných paprsků v homogenním izotropním prostředí. Takové prostředí má ve všech místech stejné vlastnosti a rychlost šíření nezávisí na směru. Zde lze považovat paprsky za geometrické přímky. Přímočarý chod paprsku znamená, že se šíří po nejkratší možné dráze mezi dvěma body.
- Paprsky tvoří tzv. homocentrický svazek paprsků. Pokud z jakéhokoliv svítícího bodu, který splňuje podmínku geometrického bodu, vycházejí paprsky, pak se tvoří takovýto svazek.
- Všechny homocentrické svazky paprsků na sobě nejsou závislé. Každý homocentrický svazek se šíří tak, jako by žádný jiný neexistoval.
- Na rozhraní dvou různých prostředí se světelné paprsky řídí zákony lomu a dorazu. [1] [2]

1.1.1 Základy paprskové optiky

Důležitou charakteristikou světla jako elektromagnetického vlnění jsou jeho veličiny. Rychlost šíření světelné vlny závisí na prostředí a na vlnové délce. Nejvyšší rychlost šíření světla je rychlost světla ve vakuu $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Při většině výpočtů se uvádí $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Tato hodnota je důležitá fyzikální konstanta a byla přijata jako přesná a neměnná. V látkovém prostředí je rychlost světla vždy menší. Velikost rychlosti je ovlivněna jak vlastnostmi prostředí, tak i frekvencí světla.

Základní charakteristikou prostředí, je index lomu n . Udává poměr rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí o dané vlnové délce. Platí vztah

$$n = \frac{c}{v}$$

Index lomu je však disperzní veličina, to znamená, že závisí na frekvenci f nebo na vlnové délce λ . Pro vlnovou délku pak můžeme použít tento vzorec

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Základním principem paprskové optiky je Fermantův princip. Ten udává, že se světlo šíří z jednoho bodu prostoru do druhého, po takové dráze, aby čas průchodu byl co nejmenší. Z tohoto principu vyplívá přímočaré šíření světla v homogenním prostředí, kde jak již bylo zmíněno, se paprsek pohybuje mezi dvěma body po přímkové spojnici.

Pro jednoznačný popis dráhy paprsku se využívá odvozená rovnice právě z Fermantova principu. Tato rovnice se nazývá paprsková rovnice a popisuje šíření paprsku v prostředí s proměnným indexem lomu

$$\nabla n = \frac{d}{ds} \left(n \frac{d\mathbf{r}}{ds} \right).$$

Z těchto znalostí jsme schopni odvodit Snellův zákon. Pokud bude předpokládat $\nabla n = 0$, dostáváme nulovou křivost v každém bodě, což odpovídá přímočarému šíření světla v homogenním izotropním prostředí, paprsky jsou přímky. Postupnou úpravou dostaneme definitivní znění Snellova zákonu popisující šíření vlnění, které přechází (tzv. lomem) přes rozhraní z jednoho prostředí do jiného prostředí, kde se skokově mění optické vlastnosti prostředí

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2. [1] [2] [3] [4]$$

1.2 Spektrum světla a jeho dělení

Světlo je součástí elektromagnetického záření. Jak již bylo zmíněno, nepotřebuje ke svému šíření žádné látkové prostředí. Charakteristickou veličinou je jeho vlnová délka. Podle vlnové délky, popřípadě podle frekvence elektromagnetického vlnění jsme schopni rozlišit několik druhů elektromagnetického záření. Souhrn všech druhů nám vytváří spektrum elektromagnetického záření. Někdy se toto spektrum nazývá Maxwelllova duha. Takovéto spektrum zahrnuje všechny možné vlnové délky. Elektromagnetické záření o vlnové délce λ_x má frekvenci f_x . Elektromagnetická vlna nese foton, který má energii E . Platí vztah, že čím je vyšší energie, tím je kratší vlnová délka. Mezi jednotlivými druhy elektromagnetického vlnění není ostrá hranice. Přejechy jsou plynulé nebo se oblasti záření vzájemně překrývají. Spektrum můžeme tedy rozdělit na tyto části:

- radiové vlny,
- mikrovlny,
- infračervené záření,
- viditelné světlo,
- ultrafialové záření,
- rentgenové záření,
- gama záření.

Pod námi známým pojmem světlo rozumíme pouze viditelnou oblast spektra elektromagnetického záření. Toto záření spadá do tzv. optického záření. Jako optické záření se označuje elektromagnetické vlnění v oblasti frekvencí od 10^{13} Hz do 10^{18} Hz. Toto rozmezí odpovídá vlnovým délkám $3 \cdot 10^{-5}$ m až $3 \cdot 10^{-8}$ m. Zahrnuje tedy infračervené záření, viditelné světlo a ultrafialové záření.

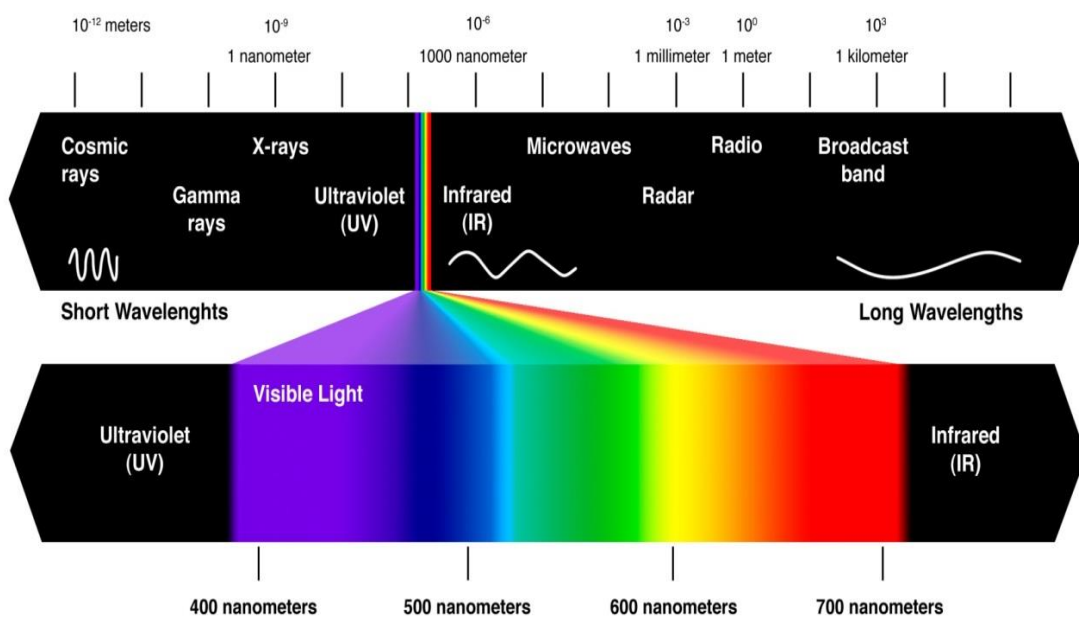
Záření	Frekvence [Hz]	Vlnová délka [m]
Infračervené záření	10^{13} až $4 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-5}$ až $7,6 \cdot 10^{-7}$
Viditelné světlo	$4 \cdot 10^{14}$ až $8 \cdot 10^{14}$	$7,6 \cdot 10^{-7}$ až $3,8 \cdot 10^{-7}$
Ultrafialové záření	$8 \cdot 10^{14}$ až $3 \cdot 10^{16}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$ až 10^{-8}

Tabulka č. 1 Rozdělení elektromagnetického spektra dle vlnových délek

Viditelnou část světla můžeme dále rozdělit podle barvy. Světlo určité vlnové délky charakterizuje barva světla. Světelný interval je vymezen fialovou barvou a červenou barvou. Toto rozdělení spektra je pouze orientační z důvodu ovlivnění individuálními vlastnostmi lidského zraku. Spektrum světla je spojitě, jeho vymezení je z důvodu přehlednosti. Oko je nejvíce citlivější na barvu žlutozelenou. [1] [3] [5] [6]

Barva	Vlnová délka [nm]
Fialová	380-425
Indigová	425-445
Modrá	445-500
Zelená	500-575
Žlutá	575-585
Oranžová	585-620
Červená	620-760

Tabulka č. 2 Přiřazení barev ke konkrétním vlnovým délkám [5]



Obrázek č. 1 Elektromagnetické spektrum [6]

1.3 Modré světlo

Modré světlo zasahuje do více oblastí. Lze ho ale charakterizovat vlnovou délkou 380 nm až 500 nm. Stává se z něj záření s nejkratší vlnovou délkou ve viditelném spektru, tedy největší energii, kterou nese elektromagnetická vlna.

Modré světlo je všudypřítomné. Zdrojem je slunce, digitální obrazovky (televizory, počítače, notebooky, chytré telefony, tablety), zářivky a LED osvětlení. Vývoj v technologiích digitálních displejů pokročil výrazně v průběhu let. Mnoho z dnešních elektronických zařízení používají technologii LED podsvícení, která pomůže zvýšit jas obrazovky a přehlednost. Tyto LED technologie vyzařují velmi silné modré světelné vlny. Mobilní telefony, počítače, tablety a televizory s plochou obrazovkou jsou zařízení, které používají tuto technologii. Vzhledem k jejich rozsáhlému využívání a rostoucí popularitě, jsme postupně vystaveni stále více a více zdrojům modrého světla a na delší dobu. Avšak největším zdrojem je stále slunce, které vysílá celé spektrum přes atmosféru. Zde se záření rozptyluje do všech částí. Rozptyl také způsobuje to, že nám zbarví oblohu do modré barvy.

Takové záření je nám prospěšné za denního světla. Přes den nám zvyšuje reakční čas, zvyšuje kognitivní funkce, pomáhá nám si lépe pamatovat, zlepšuje náladu a cítíme se více v pohodě. Nejvíce rušivé je zejména v noci. Modré světlo ovlivňuje celou řadu denních pochodů, především tvorbu melatoninu a serotoninu. Z dlouhodobého hlediska má modré světlo negativní dopad na zrak, na oko jako samostatný orgán a na celkový organismus. Dlouhotrvajícím vystavením se zvyšuje riziko poškození sítnice a vede k dřívějšímu projevu věkem podmíněné makulární degeneraci. Celou škálu negativních vlivů si dále ještě rozvedeme v nadcházející kapitole číslo 2. [3] [7] [8] [9]

1.4 LED technologie

Název LED technologie vychází z anglické zkratky Light Emitting Diode, tedy dioda vypuzující světlo. Toto zařízení je polovodičová elektronická součástka, která má schopnost vyzařovat viditelné světlo, případně infračervené nebo ultrafialové záření. Taková dioda se právě liší schopností vyzařovat i IR a UV část spektra od standardních diod. Oficiálním českým názvem je elektroluminiscenční dioda, můžeme se setkat i s pojmem světelná dioda, svítivá dioda anebo slangově ledka. [9] [10] [11]

1.4.1 Princip funkce

Při znovu – spojení páru elektron – díra se vyzáří energie. Uvolněná energie je ve formě světlené či tepelné. Aby se mohlo uvolnit světelné záření, musejí být použity speciální materiály. Právě použití různých speciálních materiálů nám udává barvu vyzářené energie ve formě viditelného světla. Nejjednodušší výroba LED diody je pro červenou barvu, která má nejnižší energii. Dnes se na trhu častěji objevuje LED dioda s modrým světlem. Takovéto zařízení odebírá velmi malý proud.

Pro správné zapojení a pro průchod proudu je nutné si uvést fyzikální podstatu přechodu P – N, na kterém pracuje dioda. Vytvoření přechodu je složitější, nežli jen přiložení dvou polovodičů typu P a typu N. Spojení musí být uskutečněno na mikroskopické úrovni. Abychom mohli pochopit tohoto spojení, je důležité si vysvětlit co je polovodič typu P a N. Obecně jsou to příměsové polovodiče.

- Polovodič typu N, je takový polovodič, kde majoritním nositelem náboje jsou elektrony e^- . Pokud přidáme do čistého křemíku se čtyřmi valenčními elektrony prvek o pěti valenčních elektronech, vznikne polovodič typu N. Příměsí, která má o jeden elektron navíc, se říká donor (dárce), protože daruje elektron. Darovaný elektron nemá s kým navázat vazbu, a tak se může snadno uvolnit z vazby s vlastním atomem. Takový elektron se může pohybovat prostorem krystalické mřížky.
- Polovodič typu P, je takový polovodič, kde majoritním nositelem náboje jsou elektronové vakance, tzv. díry h^- . Pokud do čistého křemíku s čtyřmi valenčními elektrony přidáme příměs pouze se třemi, vznikne polovodič typu P. Prvku příměsí, který má o jeden elektron méně, říkáme akceptor. Pokud spojíme takovéto dva prvky, kde chybí jeden elektron, nevytvoří se kovalentní vazba mezi elektrony. Prázdné místo po elektronu se chová jako díra. Pokud polovodič

zapojíme do obvodu se zdrojem napětí, elektrony emitované teplem budou přeskakovat do děr směrem od záporného pólu ke kladnému. Bude se nám zdát, že díry se pohybují od kladného pólu k zápornému.

Přechod P – N je tedy oblast na rozhraní příměsových polovodičů typu P a typu N. Takovýto přechod nám dovoluje průchod elektrického proudu pouze jedním směrem. Zapojení je možno provést v závěrném nebo propustném směru. V příměsovém polovodiči typu N, je přebytek volných záporných elektronů a v polovodiči typu P, je přebytek kladných děr.

Spojením těchto polovodičů, zaniknou volné nosiče nábojů, protože se rekombinuje elektron s dírou. Tato rekombinace prochází pouze na úzké šířce, která se nazývá vyprázdněná oblast neboli hradlová vrstva. Zbylé nepohyblivé částice zapříčiní vznik elektromagnetického pole. Pokud se zapojí přechod do elektrického obvodu tak, že polovodič typu P je připojen na kladný pól a polovodič typu N je připojen k zápornému pólu, oslabí se elektromagnetické pole přechodu P – N. Takto oslabené pole dovolí nosičům náboje přecházet přes hradlovou vrstvu a tím přechod propouští elektrický proud.

Pokud tímto způsobem konstruovanou diodou prochází elektrický proud, vyzařuje nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Pásmo spektra vyzařování diody je v závislosti na použité chemické sloučenině polovodiče. LED diody jsou konstruovány tak, aby vyzařovali ultrafialové světlo, barvy viditelného světla a infračervené pásmo.

Základní monokrystaly diod bývají překryty vrchlíkem kulového tvaru. Většinou se vyrábějí z epoxidové pryskyřice nebo akrylátového polyesteru. Modrou LED diodu v polovině devadesátých let vyvinul inženýr Shuji Nakamura z japonské firmy Nichia. V roce 2014 dostal za tento objev Nobelovu cenu za fyziku. Pro vytvoření modrého světla se převážně používají tyto chemické sloučeniny: ZnSe, InGaN, SiC, Si. Takovéto sloučeniny se poté používají i při výrobě velkoplošných obrazovek, displejů atd. [10] [11] [12] [13]

1.5 Přístroje vyzařující modré světlo, jejich výhody a nevýhody

Jak již bylo zmíněno, současný trend nás vede k stále markantnějšímu využívání zařízení, které vyzařují modré světlo. Lze také usoudit, že k masivnější výrobě této technologie došlo z důvodu zákazu výroby klasických žárovek s rozžhaveným vláknem. [9] [14]

1.5.1 LED osvětlení

Mezi nejpoužívanější zdroje vyzařující modré světlo je LED osvětlení. Laické označení je LED žárovka, toto označení je ale považováno za chybné. Pojmenování žárovka, vychází ze skutečnosti, že žárovkou prochází rozžhavené vlákno. Taková žárovka vydává velké množství tepelné energie. LED osvětlení nevyzařují téměř žádné teplo (povrchová teplota se pohybuje kolem 60 °C) a prakticky všechna energie jde do viditelného spektra světla.

LED osvětlení je několikrát účinnější, má větší svítivost než je u klasické žárovky a asi dva krát větší než zářivky. Tohoto jevu se užívá pro úsporu energií. Jiné zdroje uvádějí, že světelná účinnost klasické žárovky představuje asi 14 % účinnosti ledky. Dále mohou vyzařovat světlo v požadované barvě, bez složitého míchání filtrů. Jejich odolnost je vyšší než u klasických osvětlovacích technik. Zejména odolnost proti nárazu, vibracím a chladu. Obvyklý rozsah provozních teplot je -35 °C až +45 °C. Dalším kladem je extrémně dlouhá životnost. Výrobci uvádějí vypočítanou odhadovanou dobu životnosti mezi 10 000 až 100 000 hodin. Pro porovnání u zářivek je tento údaj v rozmezí od 8 000 – 12 000 hodin. Nicméně v tržním segmentu se ustanovilo, že LED žárovky pro domácí využití se vyrábí v životnosti okolo 15 000 hodin. Pro profesionální segment, se doba životnosti ustálila od 35 000 h do 50 000 hodin. Výhodou je také jejich rychlé rozsvícení.

U LED vyzařující červené světlo je doba rozsvícení v řádech mikrosekund. U chytrých telefonů, displejů atd., je tato rychlost ještě vyšší. V neposlední řadě hraje roli i jejich velikost. Ta se může velice různit, ale nejmenší diody lze zakomponovat i do desky plošných spojů. Nevadí jim ani časté zapínání a vypínání.

Prokazatelně mají negativní dopad na celkový organismus. Způsoben je typem záření, které produkuje a také přílišnou intenzitou. Touto problematikou se budeme zabývat v nadcházejících kapitolách.

Nevýhodou je i vyšší pořizovací cena. Musí být napájeny proudem správné polarity. Obvykle vyzařují světlo jen v jednom směru a v užším paprsku. Nelze je použít k směrovým účelům, zaměření předmětu jako je například laser. V moderním světě je LED technologie využívána k osvětlení domácností, tak i veřejných prostor. Dále se užívají jako indikátory stavu, označení nouzových východů, světla v motocyklech a na kolech. Nalezneme je ve svítelnách, automobilech, autobusech a nákladních automobilech, v brzdných světlech a předních reflektorech, informačních tabulích na letištích atd. V dálkovém ovládnání je například použita LED dioda, která vyzařuje záření infračerveného charakteru. [9] [14]

1.5.2 LED osvětlení LCD displejů

V současné době jsou diody stále natolik velké, že se z nich nedá vytvořit jednotlivé pixely do běžného televizoru. Využívají se pro mnohem větší obrazovky, jako jsou například ty, které jsou na sportovištích, nebo slouží jako reklamní plochy atd. Proto se využívají u technologií, které ke svému zobrazení používají LCD displeje. Do této kategorie se řadí drtivá většina televizních přijímačů, monitory počítačů stolních i osobních, chytré telefony, tablety a některé mp3 přehrávače.

Tato skupina využívá pro podsvícení obrazových bodů displeje LED technologii. Obrazové body se u těchto panelů skládají z tekutých krystalů (LCD). Způsob LED osvětlení se může různit.

- RGB LED – používají se čtyři skupiny diod s různou barvou. Jsou to barvy červená, modrá a dvě zelené. Diody jsou maticově rozmístěny po celé ploše panelu. Tam kde je třeba dosáhnout sytější černé barvy, můžeme jednotlivé diody ztlumit. Tato funkci se nazývá local dimming. Popsaným postavením lze dosáhnout vyšších hodnot barevného spektra.
- Direct LED – rozložení je stejné, jako u předcházejícího typu, avšak využita je jen bílá dioda. Taktéž má funkci local dimming. Tento způsob umožňuje vyšší kontrast.
- Edge LED – zde jsou bílé diody rozmístěny pouze na okrajích panelu. Pomocí speciální sítě světlovodů s odraznými plochami se záření z diod rovnoměrně rozptýlí za celým LCD panelem. Výhoda je menší počet použitých diod, což vede k snížení nákladů. Dále má výhodu z konstrukčního hlediska a to takový, že panel může být velice tenký. [9] [14] [15]

2 Fyziologická interakce LED světla s celkovým organismem a okem

Tato kapitola pojednává o přesném negativním dopadu na organismus. Jedná se především o vlivy na organismus jako celek a poté i ovlivnění určitých struktur v oku. Přesný dopad na každou strukturu bude uveden zvlášť. Poslední podkapitolou poté budou možnosti odstranění negativního vlivu a prevence.

2.1 Celkový organismus

Lidský organismus je ovlivněn modrým světlem, které nám snižuje tvorbu melatoninu. V nadcházejících kapitolách bude popsán proces a podmínky jeho vzniku. Melatonin je důležitý hormon, který se v lidském organismu podílí na spánkovém (cirkadiálním) rytmu.

2.1.1 Cirkadiální rytmus

Cirkadiální rytmus je biologický rytmus s periodou o délce 20–28 hodin. Je to jeden z biorytmů, kdy dochází ke kolísání aktivity a bdělosti nejčastěji s denní, měsíční nebo roční periodou. Jsou to biologické mechanismy, které zajišťují homeostázu, týká se to nejen spánku a bdění, ale i chemických, biologických, hormonálních pochodů a behaviorálních procesů téměř všech živých organismů. Cirkadiální rytmy jsou rytmy endogenní, vrozené a probíhají i ve zcela neperiodickém prostředí, například ve stálé tmě. Lze je pozorovat u celé řady organismů. U savců jsou řízeny párovými suprachiasmatickými jádry (SCN) nacházejícími se v předním hypotalamu přímo nad křížením zrakových nervů - chiasma opticum. Suprachiasmatická jádra mají přímé propojení se sítnicí, proto může být synchronizováno působením světla a tmy vnějším světem. Samotný průběh cirkadiálního rytmu se u jednotlivých lidí liší. Lidé se mohou obrazně rozdělovat na „skřivany“, u nichž je aktivita nejvyšší v ranních hodinách a „sovy“, což jsou lidé, aktivnější spíše v odpoledních a večerních hodinách. Cirkadiální rytmus udává organismu vnitřní časový harmonogram a umožňuje mu přizpůsobit se měnícím se podmínkám okolí a volit tak optimální životní strategii.

Syndrom odkládané spánkové fáze se řadí mezi poruchy cirkadiálního rytmu. Lidé trpící tímto syndromem obvykle usínají několik hodin po půlnoci a mají výrazné potíže s ranním vstáváním. K večeru jsou opět čilí. Díky čilosti zůstanou dlouho vzhůru, a začarovaný kruh se opakuje. Příčinou je vysoká expozice modrého světla, která se jim dostává při práci v noci za použití osvětlení či LCD technologií. Modré světlo produkující tyto zdroje inhibuje hormon navozující spánek a tím se posouvají cirkadiální hodiny. [16] [17] [18] [19]

2.1.2 Tvorba melatoninu a jeho vliv

Melatonin je hormon primárně syntetizován v epifyze, ale také v dalších tkáních jako např. v retině, kostní dřeni, střevě, kde má však pouze lokální účinky. U člověka je vzestup hladiny spojen s nutkáním spát. Jeho produkce je ovlivněna cirkadiálním rytmem s maximální produkcí v noci a nízkými hladinami přes den. Hlavní inhibitorem melatoninu je světlo a to především jeho modrá složka o vlnové délce od 380 nm do 500 nm. Melatonin působí na melatoninové receptory. U člověka byly nalezeny nejen v mozku v suprachiasmatických jádrech, ale i v podvěsku mozkovém, ledvinách a ve střevě a v sítnici. Výskyt těchto receptorů naznačuje, kde melatonin může fyziologicky působit. Schopnost tvorby melatoninu se s narůstajícím věkem postupně snižuje. Účinky jsou tedy regulace denního rytmu skrze SCN a sám je významným antioxidantním činidlem. Jeho negativní účinky byly objeveny u pacientů trpících depresi. Skutečnost, že je inhibován modrým světlem se využívá ve fototerapii.

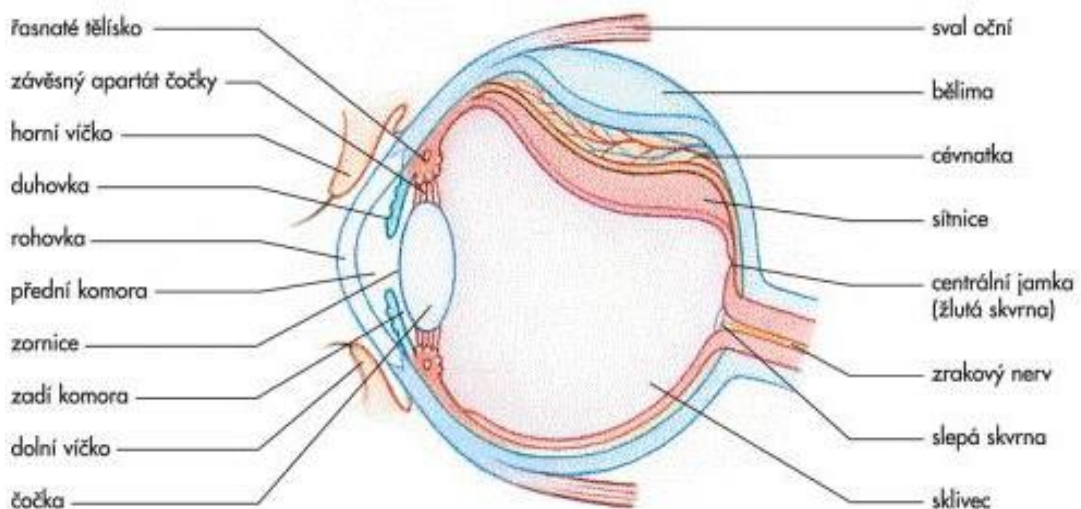
Další jeho funkcí je zastavení růst rakovinných buněk a jejich šíření, zastavuje tvorbu krevních vlásečnic v novém nádoru. Melatonin má vlastnosti, které umožňují blokovat účinky estrogenu na rakovinové buňky. Některé druhy estrogenu stimulují růst nádorů ovlivňovaných hormony, jako jsou rakovina prsu, dělohy, vaječníků nebo prostaty. Snížená hladina melatoninu u pracovníků na nočních směnách a u studentů, kdy není dodržena spánková hygiena, je považována za faktor pravděpodobně zodpovědný za zvýšený výskyt rakoviny. [8] [17] [18] [19] [20]

2.2 Oko

Oko je smyslový orgán zraku, který se skládá ze světločivné vrstvy obsahující specializované buňky a optického systému, který usměrňuje paprsky tak, aby dopadaly na sítnici. Má přibližně tvar koule o poloměru 12 mm. Z buněčného hlediska se na vidění obvykle uplatňují specializované světločivné buňky, tzv. tyčinky a čípky, které obsahují pigment. U člověka je to rodopsin a jodopsiny. Složitou kaskádou biochemických drah umožňují vznik nervového impulsu, který směřuje pomocí nervových buněk do mozku.

Zjednodušeně lze říci, že světlo před dopadem na fotoreceptory prochází postupně následujícími částmi oka:

- rohovka,
- bělima,
- žltnatka,
 - cévnatka,
 - řasnaté tělísko,
 - duhovka,
- přední a zadní komora,
- čočka,
- sklivec,
- sítnice. [21] [22] [23]



Obrázek č. 2 Schéma oka [22]

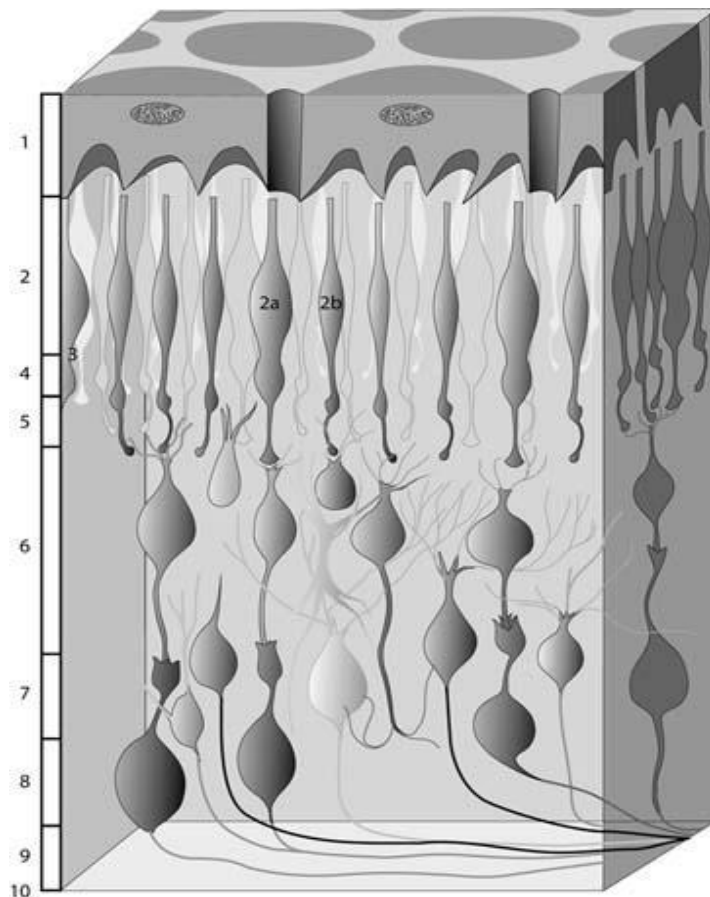
2.2.1 Sítnice

Sítnice je nejvnitřnější list stěny oční koule. Její tloušťka kolísá od 0,5 mm při papile a při okraji fovey k 0,2 mm. Rozeznáváme zde oblast makula lutea, neboli žlutá skvrna. V této oblasti je fovea a uvnitř foveola. Tato centra jsou místa nejostřejšího vidění. Opakem se pak stává papila zrakového nervu, slepá skvrna. V tomto místě opouští nervová vlákna oční kouli. V dospělém stavu rozlišujeme na sítnici dvě části:

- pars coeca retinae, která zůstává v podobě dvouvrstevného epitelu v její přední části a pokrývá vnitřní povrch řasnatého tělíska a zadní plochu duhovky,
- pars optica retinae, tato část pak slouží zrakové funkci.

Obě části jsou odděleny zubovitou linií ora serrata. Pars optica retinae se dále popisuje podle histologické skladby na 10 vrstev:

1. jednovrstevný pigmentový epitel,
2. vrstva fotoreceptorů (2a - tyčinek a 2b - čípků),
3. membrana limitans externa,
4. zevní jádrová (nukleární) vrstva,
5. zevní plexiformní vrstva,
6. vnitřní jádrová vrstva,
7. vnitřní plexiformní vrstva,
8. vrstva gangliových buněk,
9. vrstva nervových vláken,
10. membrana limitans interna. [21] [24]



Obrázek č. 3 Schéma sítnice [24]

Sítnice obsahuje tři vertikální neurony. První vertikální neuron tvoří vrstva receptorů. Druhý neuron je umístěn ve vnitřní nukleární vrstvě, jsou to bipolární buňky. Třetí neuron tvoří gangliové buňky. K synapsím dochází ve vnitřní i vnější plexiformní vrstvě. Světelné paprsky procházejí přes gangliové buňky k fotoreceptorům, kde dochází k převodu světelného stimulu na elektrochemický signál. Elongované axonální výběžky fotoreceptorů se spojují v zevní plexiformní vrstvě s výběžky bipolárních a horizontálních buněk. Jádra a těla bipolárních a horizontálních buněk jsou umístěna ve vnitřní jádrové vrstvě. Horizontální buňky tvoří komunikaci mezi buňkami fotoreceptorů. Bipolární buňky se spojují s amakrinními a gangliovými. Amakrinní buňky jsou primárně lokalizovány v části vnitřní nukleární vrstvy. Nukleární vrstvy vysílají výběžky k okolním amakrinním nebo bipolárním buňkám a dochází k synapsi jejich axonů s gangliovými buňkami. Axony gangliových buněk se sbíhají, tvoří vrstvu nervových vláken a opouští bulbus v tzv. lamina cribrosa sclerae jako zrakový nerv.

Nejzevnější vrstva, kterou tvoří zevní a vnitřní segmenty fotoreceptorů, odděluje od zevní jádrové vrstvy membrana limitans externa. Je tvořena pojíci se komplexy

odvozenými z nejzevnějších výběžků Müllerových buněk. Zevní jádrová vrstva obsahující jádra tyčinek a čípků, leží externě od zevní plexiformní vrstvy.

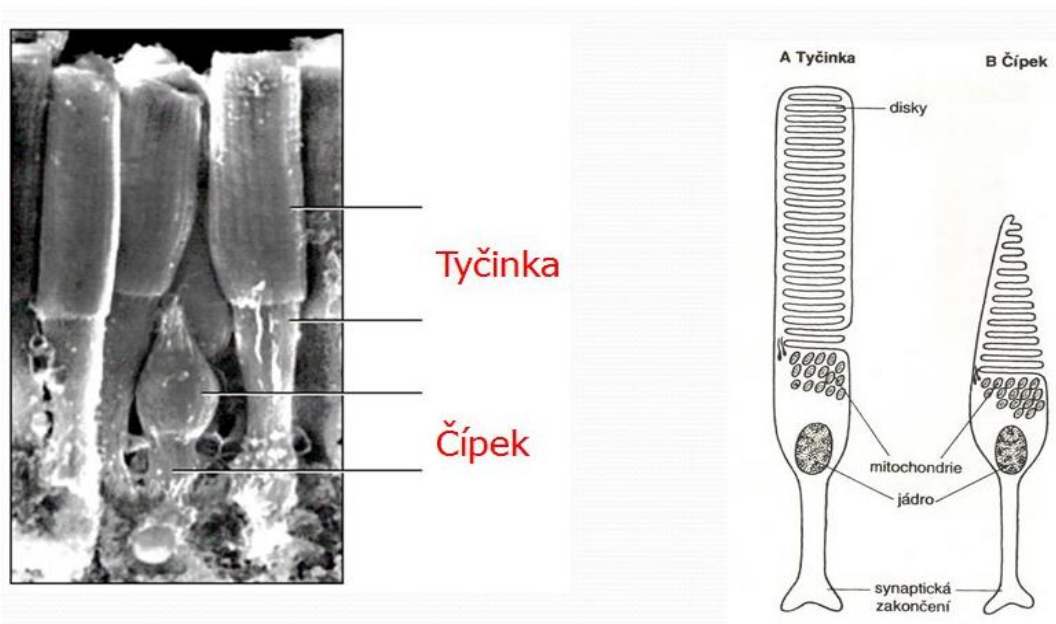
Jádra čípků jsou umístěna blíže k zevní limitující membráně než jádra tyčinek, rozdíl ve vzdálenosti je přemostěn spojujícími vlákny. Zevní dvě třetiny plexiformní vrstvy se skládají z axonů fotoreceptorů, zatímco vnitřní třetina je „pravá“ plexiformní vrstva. Hranici mezi nimi tvoří střední hraniční membrána, na jejímž rozhraní dochází k synapsím čípků a tyčinek s bipolárními a horizontálními buňkami. Tato membrána je důležitou fyzikální bariérou pro exsudáty a ohraničuje nejhlubší penetranci retinálních kapilár.

Vnitřní jádrová vrstva je bohatě vaskularizovaná retinálními kapilárami. Obsahuje jádra bipolárních, amakrinních, horizontálních a Müllerových buněk. Vnitřní plexiformní vrstva obsahuje axony bipolárních a amakrinních buněk, dendrity gangliových buněk a jejich synapse. Je zde více synaptických kontaktů než v zevní plexiformní vrstvě a větší variabilita buněčných interakcí. Vrstva gangliových buněk je složená ve většině periferní sítnice z jedné řady buněk, ale je mnohvrstevná v makulární krajině. Vrstvu nervových vláken tvoří svazky nemyelinizovaných axonů gangliových buněk. [23] [25] [26] [27]

2.2.2 Fotoreceptory

Lidská sítnice obsahuje dva různé fotoreceptory, které představují primární smyslové buňky. Proto je považujeme za první neurony v zrakové dráze. Jedním z nich jsou tzv. tyčinky – sferuly. Tyčinek je v jednom oku přibližně 100 – 140 milionů a dosahují délky okolo 50 μm . V průběhu života se jejich hustota snižuje až o 30%. Jediné místo, kde se nenacházejí je fovea centralis – místo nejostřejšího vidění.

Tyčinky mají vysokou senzitivitu v oblasti modrozeleného spektra. Specializují se pro vnímání světelných rozdílů i při velmi nízkých hladin osvětlení. Využíváme jich tedy převážně za šera, kdy se využívá skotopické vidění. Tento jev je způsoben obsahem pigmentu rodopsinu. Rodopsin, tzv. zrakový purpur je chromoprotein složený z proteinu opsinu a aldehydu vitamínu A retinalu. Rozložení rodopsinu tyto dvě látky vzniká při osvětlení a je reverzibilní. Pokud člověk trpí avitaminózou A projevuje se to poruchou vidění za šera, tedy šeroslepost.



Obrázek č. 4 Tyčinky a čípky [24]

Čípky, tzv. pedikuly jsou v oku zastoupeny o hodně menším počtem než tyčinky. Odhaduje se, že je jich v jednom oku na 6 až 7 milionů. Stárnutím se jejich počet nemění. Největší denzita je ve fovee. Ta obsahuje až 10% z celého počtu. Směrem od makuly počet rychle klesá, za hranicemi je ale obsah relativně konstantní. Čípky mají vliv na fotonické vidění a zajišťují nám tak barevné vidění a zrakovou ostrost. Pro takové vidění je důležitá trichromatická teorie barevného vidění. Je založena na existenci tří typů čípků pro základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Každý typ čípku obsahuje rozdílný typ opsinu, který absorbuje jinou vlnovou délku světelného spektra. Absorpční maxima jsou pro modrou barvu asi 445 nm, pro zelenou 555 nm a pro červenou 570 nm. Jsou to protáhlé buňky přesto mnohem tlustější než tyčinky, avšak jejich tvar není neměnný, různí se dle lokalizace. [23] [24] [25] [27]

2.3 Onemocnění oka

Jak bylo uvedeno v předešlých kapitolách, modré světlo má největší energii z viditelného spektra elektromagnetického vlnění. Oko je tímto zářením ovlivněno z toho důvodu, že je světlo pohlcováno z části čočkou a zbytek dopadá na sítnici. [16]

2.3.1 Šedý zákal

Katarakta je onemocnění čočky. Dochází při něm ke zhoršení vidění vlivem zakalení čočky. Postižený vidí, jako by se díval přes zamlžené či špinavé sklo. Dochází k chemickým změnám bílkovin, ze kterých je čočka složena, kdy se jinak průhledná tkáň čočky začne kalit. Navenek se jeví jako zblednutí či zešednutí prostoru zornice. Dalším příznakem může být nepříjemné oslňování a zvýšená citlivost na světlo.

Toto onemocnění je tzv. multifaktoriální, má tedy více příčin. Nejčastější příčinou bývá stárnutí. Již ve věku nad 65 let je znát určitý stupeň zkalení čočky až u 50 % obyvatel a nad 75 let šedým zákalem trpí až 70 % obyvatel. Častěji bývají postiženy ženy. Příčinou vzniku také bývají metabolické, systémové nebo oční onemocnění, při kterých je potřeba dlouhodobé užívání léků, nejčastěji kortikosteroidů. Může také vzniknout jako pooperační komplikace. Rizikový faktor je UVB záření a modré světlo, radiační působení, kouření a alkohol, genetická zátěž [16]

Léčba se dnes provádí jen operativní cestou a to nahrazením zakalené čočky umělou čočkou. Operace se realizuje speciálními řezy rohovky, kdy se aplikují anestetické kapky na rohovku a spojivku. Dochází ke znecitlivění oka a pacient je během operaci při plném vědomí. Zkalené jádro čočky se rozmělněním pomocí ultrazvuku a odsátím se odstraní části čočky. Do průhledného čočkového pouzdra se vkládá umělá nitrooční čočka vytvořená podle požadavků pacienta. Dioptrická hodnota implantované čočky pak kompenzuje dioptrickou sílu původní čočky a zároveň umožňuje ostré vidění po operaci i bez brýlí.

Dřívějšímu nástupu šedého zákalu můžeme předcházet. Lze tak dosáhnout ochranou očí především před zářením a vyváženou stravou bohatou na antioxidanty. Antioxidanty zpomalují stárnutí tkání, které chrání čočku před působením oxidantů. U čočky jsou to především vitamín A, C, E a lutein.

Lutein je žluté barvivo s antioxidačním účinkem. Přirozeně pohlcuje modré části viditelného světelného spektra. Lutein se objevuje i v jiných částech oka. O jeho obsahu a vlivu se budeme ještě zmiňovat v dalších kapitolách. Absorpční spektrum čočky se mění s věkem. U malých dětí se více než 80% z modrého světla přenáší na sítnici. Ve zhruba 25. roce života, se propustí pouze 20% světelné vlny mezi 300 nm až 400 nm a 50% vlnové délky mezi 400 nm až 500 nm. S přibývajícím věkem čočka absorbuje většinu modrého světla z důvodu nakumulovaných depozit. Lze tedy vyvodit, že šedý zákal je stále častěji vyskytující se onemocnění u starších lidí. Taková populace má vyšší počet depozit v čočce a tedy vyšší pravděpodobnost na degenerativní změny díky působení vysokoenergetického záření. [23] [26] [27] [28]

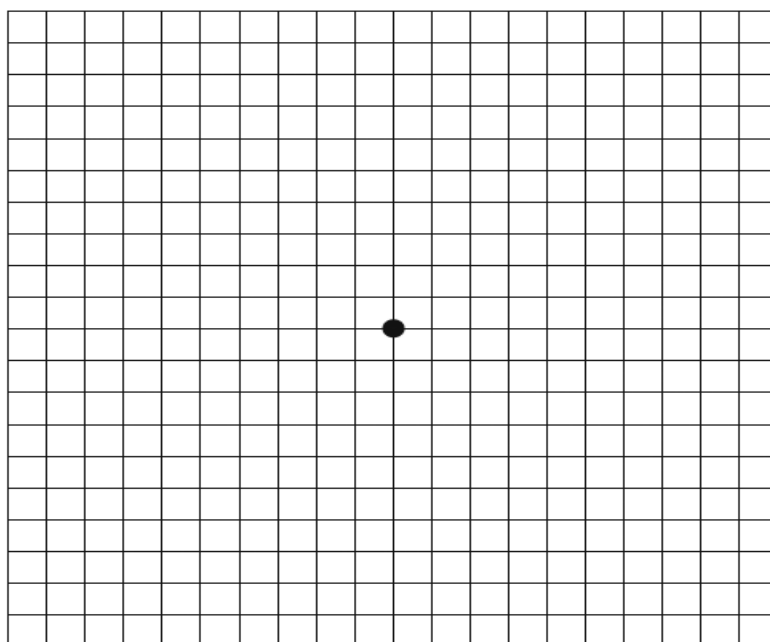
2.3.2 VPMD

Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD) je v rozvinutých zemích jednou z hlavních příčin postižení zraku u osob s vyšším věkem. WHO v roce 2004 uveřejnila, že v uvedených zemích představuje VPMD až 50 % případů příčin slepoty. VPMD je chronickým degenerativním onemocněním postihující sítnici vedoucí k těžkému postižení centrální zrakové ostrosti – makula lutea.

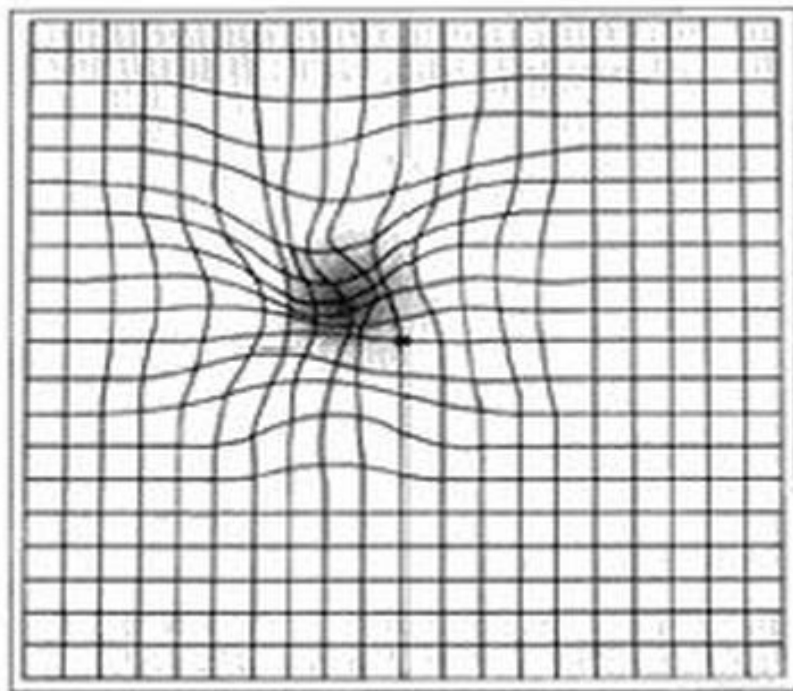
Vyskytují se dvě formy, suchá a vlhká. V necelých 20 % případů může přejít suchá forma ve vlhkou. Obě formy mají pro nemocného stejnou závažnost, jejich rozlišení je důležité pro volbu léčebné strategie. K časným projevům patří neostré vidění a zvlnění rovných linií předmětů. Tohoto jevu se využívá při orientační diagnostice pomocí Amslerovi mřížky viz obrázek č. 5. Postupně obraz v centru zorného pole šedne, až zcela vymizí a nahradí jej šedočerná skvrna. Postižený vidí pouze zkrácené obrazy na periférii zorného pole a v mnoha případech dochází k úplné ztrátě zraku. Pacient od raných stadií choroby není schopen číst, řídit automobil, orientovat se v terénu, výrazně tedy snižuje kvalitu života nemocného. [23]

Suchá atrofická forma VPMD spočívá v zániku pigmentových i světločivných buněk sítnice tyčinek a čípků s následným vznikem výpadků zorného pole, které postupují relativně pomalu. Vyskytuje se u 85 – 90 % pacientů VPMD. Průběh je velmi pozvolný v řádu několika let. První příznaky jsou rozmazané vidění, zhoršené vidění za tmy nebo za soumraku, zhoršení možnosti čtení nebo zaostření na jeden objekt. Bohužel neexistuje funkční léčba. Je doporučeno užívat potraviny s vyšším obsahem luteinu. Pro usnadnění života slabozrakých lidí existují různé pomůcky, jakou jsou lupy na čtení, televizní lupy, kapesní dalekohledy atd. [16] [26]

Vlhká exsudativní forma VPMD je charakterizována prorůstáním novotvořených cév ze spodních vrstev pod sítnicí. Spojením jejich prosakováním a s následným otokem sítnice může dojít k jejímu centrálnímu odchlípení a krvácením pod sítnicí. Poškození sítnice se následně hojí jizvou tvaru koláče. Průběh je velice rychlý až dramatický. Toto onemocnění vede k praktické slepotě během několika měsíců. Postihuje 10 – 15 % pacientů s VPMD a může se postupně vyvinout i ze suché formy. Příznakem je zprohýbané vidění, linie anebo obličeje člověk vidí vlnité. Na rozdíl od suché formy existuje možnost léčby. Cílem léčby je dosažení zastavení novotvorbě a může mít i vliv na kvalitu vidění. V současné době je zaměřená na potlačení růstu novotvořených cév tzv. anti – VEGF terapie. Tato terapie spočívá v injekčním podání účinných preparátů. Ve většině případů je nutná aplikace nejméně tří injekcí preparátu. Dále se využívá fotodynamická terapie (PDT). PDT je dvoustupňový proces, který spočívá v celkovém podání fotosenzibilizující látky s následnou aplikací záření o specifické vlnové délce vyvolávající lokální fotochemickou reakci. Reakcí na ozáření membrány speciálním diodovým laserem je porušení výstelky novotvořených cév, které se uzavřou. Membrána se pak hojí malou vazivovou jizvou. [27]



Obrázek č. 5 Amslerova mřížka bez deformace [31]



Obrázek č. 6 Amslerova mřížka s deformací typickou pro VPMD [31]

Rizikové faktory jsou vysoký věk, kouření tabákových výrobků. Tabák obsahuje nikotin, který zvyšuje oxidativní stres a snižuje tak hladinu antioxidantů. Dalším faktorem je nedostatek fyzického pohybu, vysoká hladina cholesterolu a nezdravé dietní návyky. Právě dietní návyky mohou částečně předejít brzkému propuknutí. Strava by měla být bohatá na antioxidanty. Jak již bylo zmíněno, zabraňují oxidativnímu poškození sítnice tedy rychlejšímu stárnutí. Především by měl být obsažen lutein. Lutein se nalézá jako ochranný žlutý pigment v sítnici. Jeho největší kumulace je ve žluté skvrně. Nevyvážená strava na obsah tohoto antioxidantu má pak degenerativní účinky. Pokud dochází k jeho úbytku, modré světlo není čím pohlcováno a proniká do dalších vrstev sítnice. Častější výskyt se eviduje i u pacientů po operaci zeleného zákalu. Kdy původní zakalená čočka blokovala vyšší procento škodlivého záření. [8] [28] [29] [30] [31]

2.4 Prevence a princip správného využívání LED osvětlení

V této kapitole si popíšeme pár základních kroků, které nám pomohou omezit negativní vliv záření a jak docílit správného množství absorbovaného světla. Existuje více variant. Lze se chránit speciálními pomůckami, stranit se zdrojům modrého světla nebo se zaměřit na určité látky obsažené v potravě.

2.4.1 Strava

Jedním ze základních bodů prevence by měla být vyvážená strava s bohatým obsahem antioxidantů. Je to skupinka látek, jejichž molekuly účinně omezuje aktivitu kyslíkových radikálů, tedy snižuje oxidační stres. Snižují pravděpodobnost jejich vzniku a také je převádějí do méně reaktivních forem. Radikál je látka, která má jeden nebo více nepárových elektronů. Zvyšuje oxidační charakter a tak napomáhá dřívějšímu rozpadu tkání. V těle vzniká v důsledku záření. Takové záření nemusí být jen vysokoenergetické, jako je ionizující záření. Na vytvoření určitého počtu volných radikálů stačí i modré světlo, které má největší energii z viditelného světla. [16] [28]

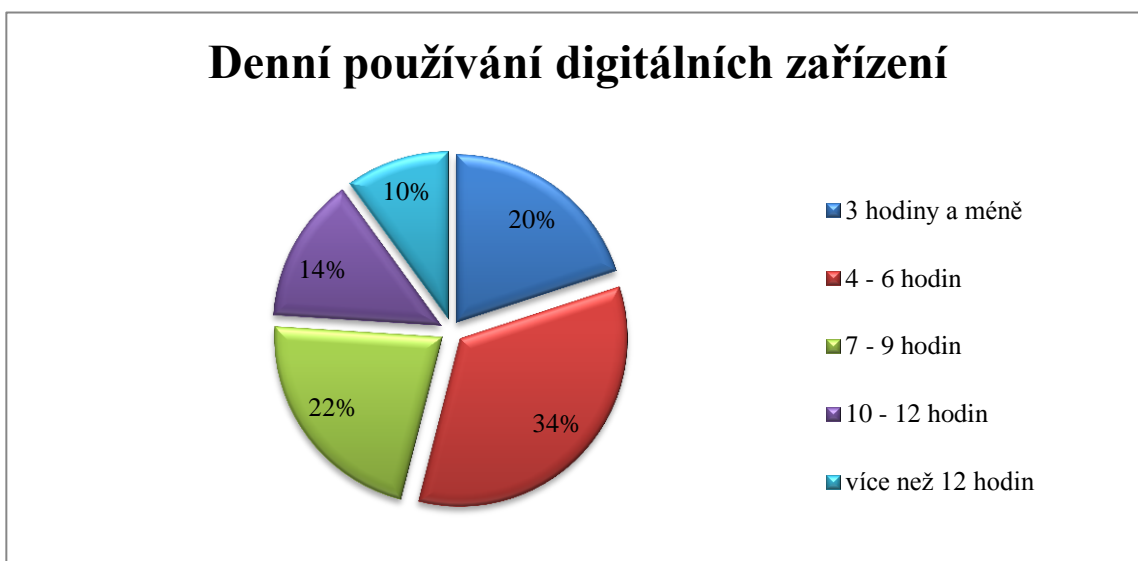
Jako jeden z nejdůležitějších antioxidantů se jeví lutein. Má totiž dvojí charakter. Přirozeně blokuje modré světlo a současně je to antioxidant. Je přirozeně obsažen v anatomických strukturách, jako je čočka a sítnice. Jeho úbytek pak má degenerativní účinky, jelikož nemá co pohltit elektromagnetické záření a zároveň se zvyšuje aktivita volných radikálů. Pokud je ho v těle málo modré světlo proniká do tkání, a tam vytváří další volné radikály. [29] [30]

Lutein patří do skupiny karotenoidů. Ty se pak dělí dle barvy, přičemž lutein svou žlutou barvou spadá do skupiny xantofyly. Barví se od žluta a při vyšších koncentracích do oranžovo-červena. Struktura luteinu může být popsán jako dlouhý uhlíkového řetězce se střídáním jednoduché a dvojité vazby uhlíku. Charakteristická struktura s devíti dvojnými vazbami je zodpovědná za absorbanci určité vlnové délky světla. Je produkován výhradně rostlinami a jeho největší obsah je v listové zelenině. Dále se vysoká koncentrace nachází ve smetánce lékařské. Můžeme ho tedy získat přímo ze stravy nebo nepřímo z uložených zásob v tucích.

Vyvážená strava musí být také i do obsahu tuků. Protože lutein je lipofilní molekula, rozpouští se v tucích. Pokud by se v jídelníčku nevyskytovaly lipidy, lutein by se neměl na co navázat a tak by nebylo možno ho transportovat do oka. V případě konzumace doplňků stravy, se tedy doporučuje jejich užívání až po jídle. Nejlepší vliv na prevenci onemocnění VPMD suché formy má 6 mg luteinu denně, jelikož snížil výskyt až o 43 %. [32] [33] [34]

2.4.2 Režim užívání LED osvětlení a LCD technologii

Vědecké výsledky o působení melatoninu potvrzují lidovou moudrost a to, že spánek léčí. Dodržování pravidelných rytmů spánku a vstávání, spánek ve tmě a v klidu představuje dosud nedostatečně oceňovaný jednoduchý způsob, jak si udržovat dobré zdraví do pokročilého věku. Hlavním nepřítelem je dlouhodobé pracování v noci. Práce nebo volnočasová aktivita, při které je využíváno umělé osvětlení a LED technologie, by měla být ukončena několik hodin před spánkem. Také je potřeba si opětovně navyknout na usínání v relativní tmě. Důležité je vypnutí všech zdrojů světla, zakrytí blikajících osvětlených budíků, pohotovostních světel u televizorů a počítačů. Při probuzení v noci, pokud musíme v noci vstát, jít na toaletu nebo se napít, pak se za těchto okolností doporučuje použít krátkodobé noční osvětlení. Takové světlo je červené nebo oranžové, které svou vlnovou délkou nenaruší tvorbu melatoninu v našem mozku. [8] [35] [36]



Graf č. 1 Denní používání digitálních zařízení [36]

2.4.3 Speciální povrchové úpravy brýlových skel

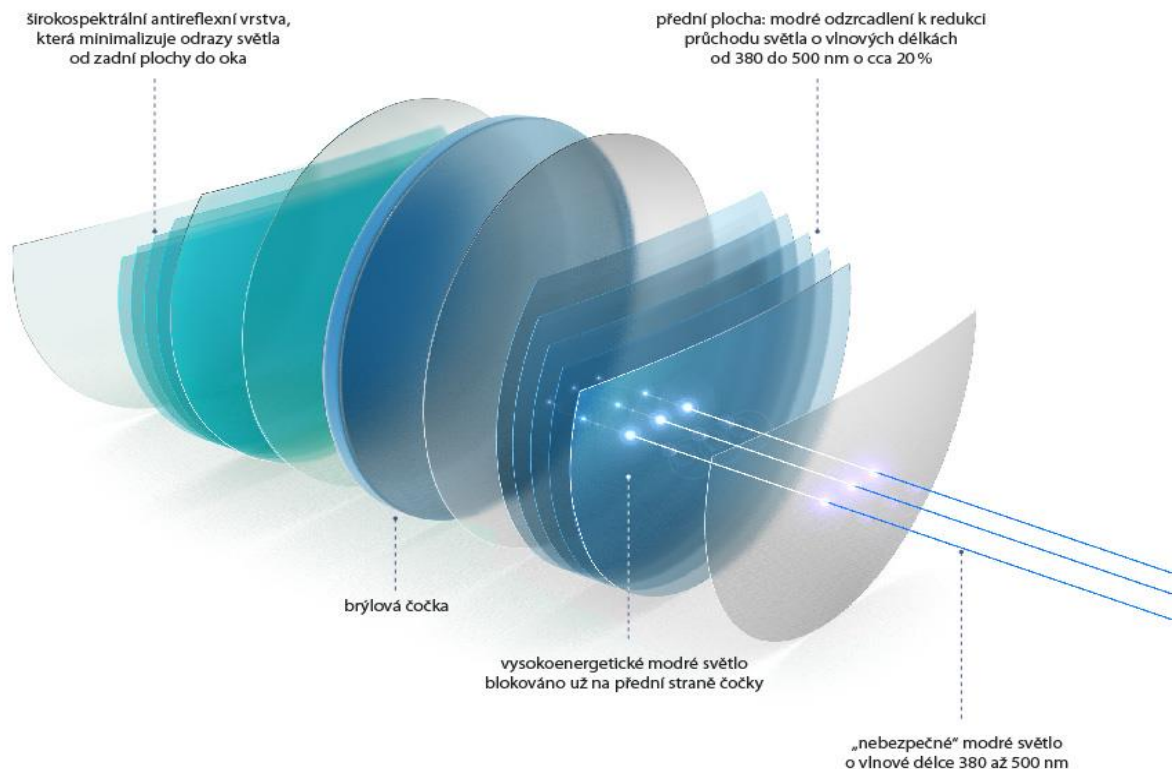
Jeden z nejdůležitějších možných kroků ochrany proti škodlivému záření, jsou ochranné filtry. Základem těchto filtrů je omezení vstupu paprsků do oka. Filtry se nanáší na dioptrické čočky ve formě povrchových úprav. Tyto úpravy se nanáší na již hotovou čočku, není to tedy omezeno rozsahem. Většina firem na trhu nabízí speciální povrchové úpravy na jednoohniskové i na multifokální. V této kapitole si uvedeme jednotlivé povrchové úpravy různých firem, které jsou v tomto momentu dostupné na trhu.

- Blue Protect

Tuto úpravu přináší Optika Čivice. Tato firma je jedním z největších výrobců a dodavatelů brýlových čoček v České republice. Na trhu má působnost od roku 2002. Je to ryze česká společnost, která si rychle získala a stále upevňuje kredit jednoho z nejvýznamnějších dodavatelů brýlové optiky v České republice.

Úprava Blue protect je řazena mezi antireflexní vrstvy. Přední strana čočky je opatřena modrým odzrcadlením, které redukuje propustnost modrého světla o vlnových délkách 380 nm až 500 nm až o 20 %. Zadní plocha skel je opatřena vysoce účinnou širokospektrální antireflexní vrstvou. Širokospektrální antireflexní vrstva na zadní ploše poté redukuje na minimum eventuální odrazy od zadní plochy do oka.

Firma nabízí skladové čočky v provedení BLUE PROTECT. Skladovou jednoohniskovou plastovou čočku s vysokým indexem lomu je schopna dodat do 4 pracovních dnů. Antireflexní vrstvu BLUE PROTECT nabízejí pro všechny typy výrobních čoček (jednoohniskové, progresivní, bifokální). Díky tomu můžete vrstvu BLUE PROTECT nabízet všem svým zákazníkům bez ohledu na jejich korekci. [37]



Obrázek č. 6 Schéma povrchových úprav [37]

- Blue Control

Firma HOYA nabízí speciální povrchovou úpravu jménem BlueControl. O vrstvě samotné udává pouze stručné informace a to, že neutralizuje modré světlo a další výhodou by mělo být i zlepšení kontrastu. Je k dostání v kombinaci s úpravami proti poškrábání, odpuzujícími vodu, špínu a prach a s antireflexem. Jako cílovou skupinu spotřebitelů udává matky v domácnosti, které si krátí čas využíváním LED technologií, studeny, milovníky her a technologií. Významnou skupinou jsou pak lidé pracující v kanceláři. [36]

- Light ScanTM

Je přelomová selektivní antireflexní technologie distribuována firmou Essilor. Je schopna zkombinovat tři klíčové vlastnosti současně. První funkce je filtrování škodlivého světla a tím snížení rychlosti odumírání buněk sítnice. Zároveň tak zvyšuje 25násobně ochranu před UV v porovnání s nechráněným okem. Druhou funkcí je umožnění proniknutí nezbytného viditelného světla, čímž se docílí celkové pohody a zatřetí je komplex úprav proti odleskům, škrábancům, otiskům, kapkám vody a prachem. Tato úprava je použita na produktech Crizal PREVENCIA a Eyezen. [38]

2.4.4 Aplikace

Nově se na trhu objevují různé aplikace do mobilních zařízení, tabletů a počítačů, které slouží jako „filtry“. Pokud je aplikace zapnuta, display vyzařuje světlo příjemnějších odstínů pro oči, jelikož je utlumena funkce modrých LED diod. Tyto aplikace, je možno stáhnout zdarma z internetu a jsou dostupné pro MacBook, Linux a Windows. Především se jedná o aplikace F.lux a Twilight, Night Shift nebo EyeFilter.

Smyslem aplikací je, že jim sdělíte svou přibližnou polohu na planetě. Podle toho je možné snadno vypočítat, kdy na onom konkrétním místě v konkrétní den vychází a zapadá slunce. Jakmile se zešeří, program začne postupně upravovat kalibraci barev na monitoru až po vámi nastavenou hodnotu. Další variantou je možnost nastavit časový horizont činnosti. Například mezi 11 hodinou večerní až 7 hodinou ranní, pokaždé když se přístroj zapne, bude jeho vyzařované spektrum upraveno tak, aby vyzařovalo co nejméně modrého světla. Tato funkce je užitečná, pokud se používá telefon či tablet jako budík, aby nedocházelo k oslepení.

Aplikace se na trhu objevily začátkem roku 2016. Jejich účinnost nebyla zcela prokázána žádnými studiemi, ale způsobila velké ohlasy od uživatelů. Někteří tvrdí, že se jejich spaní opravu zlepšilo. Přestože účinnost nebyla potvrzena lze usoudit, že pokud se eliminuje záření modrého světla, sníží se tak jeho expozice. Nižší expozicí se snižuje pravděpodobnost poškození očních struktur a zvyšuje se produkce melatoninu. Z vlastní zkušenosti je prvotní seznámení s aplikací velice zvláštní. Jasně barvy zmizí a vše je s nádechem oranžové. Avšak po delším využívání aplikace je útlum barev velice příjemný a ve večerních a ranních hodinách i vítaný. [39] [40]

3 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se snažila seznámit čtenáře s negativními vlivy modrého světla na vybrané oční struktury a upozornit je, jak těmto vlivům předcházet nebo se před nimi dostatečně chránit.

Úvodní část práce se věnuje teoretickým vlastnostem elektromagnetického záření a vědě o světle. Jedná se o vymezení historického vývoje optiky, jakým směrem se ubírala a jaké postuláty byly vyřčeny. V následující kapitole je uvedena fyziologická interakce LED světla s celkovým organismem a okem a z toho vznikající projevy negativních vlivu. U některých projevů na očních strukturách je zmíněna i léčba.

V poslední kapitole je zmíněna především prevence a možnosti snížení osvětlení a působení modrého světla. Tato opatření jsou důležitá hlavně pro lidi, vyskytující se v oblastech, kde jsou vystaveny expozici modrého světla.

Velkým přínosem při psaní této bakalářské práce pro mne bylo zpracování informací o negativních vlivech prostředí na vybrané oční struktury a možnostech léčby či prevence. Obohacením také byly informace o speciálních vrstvách na brýlových sklech, se kterými se již v běžném životě setkáváme. Byla bych ráda, kdyby tato práce byla přínosem i pro širokou veřejnost, jelikož modré světlo má vliv na naše oči neustále a je důležité vědět nejen, jak se projevuje, ale i jak se dostatečně chránit.

4 Literatura

- [1] VYŠŠÍN, I. a ŘÍHA, J. *Paprsková a vlnová optika*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3334-9.
- [2] LANK, V. a VONDRA, M. *Fyzika v kostce*. Praha: Nakladatelství Fragment, s.r.o., 2007. str. 84-93. ISBN 978-80-253-0523-2.
- [3] SVOBODA, E. a kol. *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Prometheus, 2005, str. 351-357, ISBN 80-7196-116-7.
- [4] BAJER, J. *Optika 1*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, str. 13-17, ISBN 978-80-244-4532-8.
- [5] SVOBODA, E. a kol. *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Prometheus, 2005, str. 395-397, ISBN 80-7196-116-7.
- [6] AUDIOLIGHT. *Elektrické přípojky* [online]. 2016 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://c.audiolightservice.cz/images/Spektrum.png>
- [7] REICHL, J. a VŠETIČKA, M. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2016 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/276-led>
- [8] FONTAINE, M. and FRENETTE, B. *Blue light exposed* [online]. 2016 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.bluelightexposed.com/#bluelightexposed>
- [9] OSRAM. *LED operating life: durable light quality* [online]. 2016 [cit. 2016-03-16]. Dostupné z: http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/led-home/professional-knowledge/led-basics/operating-life/index.jsp
- [10] LANK, V. a VONDRA, M. *Fyzika v kostce*. Praha: Nakladatelství Fragment, s.r.o., 2007, str. 64-65, ISBN 978-80-253-0523-2.
- [11] SCHOMMERS, A. *Elektronika tajemství zbavená*. Ostrava: HEL, 2002, str. 13 - 26, ISBN 80-86167-04-6.
- [12] REICHL, J. a VŠETIČKA, M. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2016 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/263-primesove-polovodice>

- [13] REICHL, J. a VŠETIČKA, M. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2016 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/265-fyzikalni-podstata-prechodu-pn>
- [14] NAKAMURA, S. *Background Story of the Invention of Efficient Blue InGaN Light Emitting Diodes* [online]. 2014 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/nakamura-lecture-slides.pdf
- [15] LOUCKÝ, M. *Podsvícení u LCD televizorů a proč má Samsung LED TV* [online]. 2010 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.digitalnidomacnost.cz/podsviceni-u-lcd-televizoru-a-proc-ma-samsung-led-tv/>
- [16] The SCENIHR. *Health Effects of Artificial Light, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks*. 17th meeting, 2012, pp. 16-58, Dostupné z: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_035.pdf
- [17] MARŠÁLEK, M. *Cirkadiální rytmy a deprese*. *Psychiatrie pro praxi*, roč. 13, 2012, č. 2, str. 50-53, Dostupné z: <http://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2012/02/02.pdf>, ISSN 1213-0508
- [18] RACEK, J. *Klinická biochemie*. Praha: Galén, 2006, str. 145-148, ISBN 80-7262-324-9.
- [19] LANGMEIER, M. a kol. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009, str. 271-274, ISBN 978-80-247-2526-0 .
- [20] STRASHEIM, C. *Natural News* [online]. 2011 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: http://www.naturalnews.com/033511_melatonin_cancer.html
- [21] PLUHÁČEK, F. *Sítnice – výukové materiály k předmětu Fyziologická optika*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2014.
- [22] ZDRAVÍ PRO OČI. *Zdraví pro oči* [online]. 2012 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.zdraviprooci.cz/?pg=clanky&clanek=anatomie%20lidskeho%20oka>
- [23] KUCHYŇKA, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2007, ISBN 978-80-247-1163-8.
- [24] NOVOTNÝ, I. a HRUŠKA, M. *Biologie člověka*. Praha: Fortuna, 2010, str. 155-158, ISBN 978-80-7373-007-9.

- [25] DURŠPEK, J. *Optika v přírodě* [online]. 2016 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://jandur.cz/optics/detekce.htm>
- [26] KALLONIATIS, M. and LUU, CH. *Part VIII: Psychophysics of Vision* [online]. 2016 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/>
- [27] ALGEVRE, P. and MARSHALL, J. and SEREGARD, S. *Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard* [online]. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 2006, pp. 4-15, Dostupné z: http://www.healingtheeye.com/Articles/maculopathy_blue_light_hazard.pdf
- [28] KIJLSTRA, A. et. al. *Progress in Retinal and Eye Research* [online]. 2012 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://guardionpro.com/wp-content/uploads/2014/06/Lutein-More-than-just-a-%EF%AC%81ter-for-blue-light.pdf>
- [29] REJMON, L. *Degenerace makul* [online]. 2008 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.degeneracemakuly.cz/priznaky-makularni-degenerace-VPMD>
- [30] CHOBDAR, A. *Senilní makulární degenerace* [online]. *Česká geriatrická revue*, roč. 2003, č. 3, str. 54-61, ISSN 1801-8661, Dostupné z: http://www.geriatrickarevue.cz/pdf/gr_03_03_08.pdf
- [31] ELLIOTT, D. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. London: Butterworth Heinemann Elsevier, 2007, pp. 44-45, ISBN 13:9780750688963.
- [32] RACEK, J. *Klinická biochemie*. Praha: Galén, 2006, str. 142-144, ISBN 80-7262-324-9.
- [33] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Bezpečnost potravin A - Z* [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92522.aspx>
- [34] ŠTROFOVÁ, H. *Věkem podmíněná makulární degenerace*. *Klinická farmakologie a farmacie*, roč. 27, 2013, č. 2, str. 68-74, ISSN 1801-2434, Dostupné z: <http://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2013/02/04.pdf>
- [35] ILLNEROVÁ, H. *Melatonin a jeho působení*. *Časopis vesmír*, roč. 75, 1996, č. 5, str. 82-83, Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/melatonin-a-jeho-pusobeni>, ISSN 0042-4544.
- [36] HOYA. *BlueControl* [online]. 2015 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.bluecontrol.eu>

- [37] OPTIKA ČIVICE. *Blue protect* [online]. 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.optikacivice.cz/blue_protect.aspx?langId=1
- [38] ESSILOR. *Crizal PREVENCIA* [online]. 2012 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.crizal.cz/>
- [39] BROŽ, F. *Co přináší nový noční režim v iOS 9.3 a jak pomáhá lidskému zdraví* [online]. 2016 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://jablickar.cz/co-prinasi-novy-nocni-rezim-v-ios-9-3-a-jak-pomaha-lidskemu-zdravi/>
- [40] F.LUX. *F.LUX* [online]. 2016 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <https://justgetflux.com/research.html>