

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

MAKULÁRNA DEGENERÁCIA A MODRÉ SVETLO

Bakalárska práca

VYPRACOVAL :

Lucia Husárová

Odbor 5345R008 Optometria

Školský rok : 2019/2020

VEDÚCI BAKALÁRSKEJ PRÁCE:

Mgr. Lucie Machýčková

Čestné prehlásenie:

Prehlasujem, že som predloženú bakalársku prácu na tému Makulárna degenerácia a modré svetlo vypracovala samostatne pod vedením Mgr. Lucie Machýčkovej a za využitia zdrojov, ktoré sú uvedené v závere práce.

V Olomouci, dňa

.....

Lucia Husárová

Pod'akovanie:

Svoje pod'akovanie by som chcela venovať Mgr. Lucii Machýčkovej, za cenné poradenstvo a čas, ktorý mi venovala počas písania tejto práce.

Táto práca bola vytvorená za podpory projektov IGA PŘF UP v Olomouci
č.IGA_PrF_2019_005 a IGA_PrF_2020_008

Obsah

Úvod.....	6
1 Sietnica.....	7
1.1 Macula lutea	7
1.2 Štruktúrna stavba sietnice	8
1.3 Fotoreceptory sietnice	9
1.4 Cievne zásobenie sietnice	11
2 Modré svetlo a jeho vplyv na ľudský organizmus.....	12
2.1 Viditeľné svetlo.....	12
2.2 Spektrum modrého svetla.....	13
2.3 Pozitívne vplyvy modrého svetla	13
2.4 Biologické hodiny verusus modré svetlo.....	14
3 Makulárna degenerácia	15
3.1 Formy makulárnej degenerácie	16
3.2 Prejavy VPMD v živote pacienta.....	18
3.3 Symptómy VPMD.....	19
3.4 Diagnostika VPMD.....	19
4 Faktory ovplyvňujúce vznik makulárnej degenerácie:	22
4.1 Vplyv genetiky, veku, rasy a pohlavia	22
4.2 Vplyv fajčenia, životosprávy, iných ochorení a oxidačného stresu.....	23
4.3 Vplyv slnečného žiarenia na VPMD.....	24
4.4 Nežiadúci vplyv modrého svetla.....	25
5 Prevencia a terapia VPMD	27
5.1 Preventívne a liečebné účinky stravy.....	27
5.2 Terapia suchej formy VPMD.....	28
5.3 Terapia vlhkej formy VPMD	29

5.4	Alternatívne možnosti liečby VPMD.....	30
6	Ochranné prvky voči modrej zložke svetla.....	33
6.1	Žltá vnútroočná šošovka	33
6.2	Blue-blocker okuliare.....	34
6.3	Ochranné zafarbené šošovky.....	34
6.4	Aplikácie digitálnych zariadení s filtrom modrého svetla	37
	Záver	39
	Zoznam použitých zdrojov	41

Úvod

Zrak je pomyselný spojovník medzi okolitým svetom a nami samotnými. Väčšina informácií a podnetov je prijímaná práve zrakom, preto je mu venovaná veľká pozornosť. Vekom podmienená makulárna degenerácia je v súčasnosti veľmi rozšírené ochorenie, ktoré môže viesť ku strate zraku. Makulárna degenerácia je ochorenie sietnice vyskytujúce sa najmä v progresívnych krajinách a býva diagnostikované u osôb nad 50 rokov. Je to problém týkajúci sa nielen staršej populácie, ale aj osôb produktívneho veku a má zásadný vplyv na kvalitu pracovného i súkromného života. Preto je dôležité oboznámiť sa s formami tohto ochorenia, jeho prvotnými prejavmi a možnosťami prevencie.

Podstatnú časť života trávime vo vnútornom prostredí, kde sa uprednostňuje umelé osvetlenie, ktoré nám predlžuje produktivitu počas dňa až do neskorých nočných hodín. Veľká popularita moderných digitálnych a elektronických zariadení, ktoré sú dnes neodmysliteľnou súčasťou bežného života vyspelej spoločnosti, vedie k preťaženiu očného aparátu. Modré svetlo vyžarované najmä týmito zariadeniami a umelým osvetlením, má na náš organizmus kladné i negatívne účinky. Práve modrá zložka svetla je jedným z rizikových faktorov podporujúcich vznik makulárnej degenerácie.

Dôležitým aspektom sú rôzne vyšetровacie metódy, ktoré umožňujú včasné odhalenie patológie na sietnici. Po presnej diagnostike môže byť stanovená vyhovujúca liečba určená očným lekárom. Medicína ponúka rôznorodé liečebné metódy, ako sú farmakologické, operačné a menej populárne alternatívne terapie.

Rovnaká pozornosť by sa mala prikladať prevencii, do ktorej môžeme zahrnúť najmä zdravú životosprávu a ochranu očí voči škodlivej zložke modrého svetla, ktorej sme dennodenne nadmieru vystavení.

Hlavným zameraním práce je odovzdať najnovšie znalosti z oblasti diagnostiky ochorenia, aktuálnych možnostiach liečby a taktiež dostať do povedomia viac informácií, ako eliminovať faktory podporujúce rozvoj ochorenia.

1 Sietnica

Sietnicu môžeme prirovnať k citlivému filmu, na ktorý sa zachytávajú svetelné vlny. Tie sú vedené cestou zrakového nervu až do zrakového centra v mozgovej kôre, kde sú následne tieto podnety vyhodnotené. Sietnica je voľne priložená na cievnatke, upevnená je len v periférií slepej škvorny (*papily*) a v mieste zubatej kružnice (*ora serrata*). Jej hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 0,1 mm až 0,25mm. Sietnica je priehľadná blanitá vrstva oka, ktorá je prirodzene rozdelená na dve časti. Prvá časť sietnice je neoptická a nachádza sa v prednom póle oka. Je nazvaná *pars coeca retinae* a jej súčasťou je dvojvrstvový epitel, ktorý prestupuje k vnútornej časti riasnatého telesa a k zadnej ploche dúhovky. Druhá časť je optická a nazýva sa *pars optica retinae*. Táto časť sa rozprestiera po celom vnútornom povrchu cievnatky. V druhej časti sietnice sa nachádzajú svetlocitlivé bunky (fotoreceptory), tyčinky a čapíky. V tejto oblasti sú obsiahnuté dôležité body ako žltá škvrna (*macula*), ktorá predstavuje miesto najostrejšieho videnia. Ďalej slepá škvrna (*papila*), je miestom kde sa nenachádzajú svetlocitlivé bunky a to preto, že týmto miestom prestupuje zrakový nerv a cievy. Tie ústia do miesta zvaného terč zrakového nervu. Optická časť sietnice je od tej neoptickej prirodzene predelená zubatou kružnicou . [11, 12]

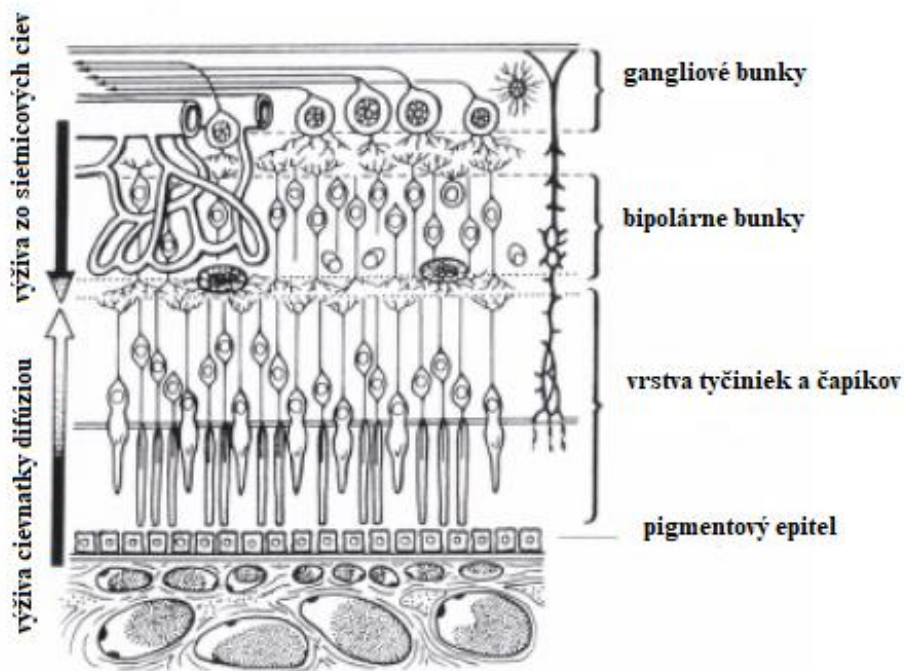
1.1 Macula lutea

Žltá škvrna, nazvaná podľa žltého pigmentu, ktorý je obsiahnutý v tejto oblasti, sa nachádza v centre sietnice. Jej priemer je približne 5,5 mm. Uprostred žltej škvorny je miesto zvané *fovea centralis* a jej priemer je 1,5 mm. V tomto mieste nastáva pokles sietnice, v dôsledku absencie vnútorných vrstiev sietnice. Toto miesto je bezcievne. V priehlbine fovey sa vyskytuje foveola, ktorá má priemer 0,35 mm a obklopuje oblasť umba. Je to taktiež miesto, kde je zahustený počet čapíkov a taktiež oblasť fixácie. Umbo je v centre foveoly a je tu najvyššia koncentrácia čapíkov až 300 000 na mm². Vlastné centrálné videnie však zabezpečuje ústredný zväzok čapíkov o počte 2500, pričom každý z čapíkov má svoju bipolárnu a gangliovú bunku. Práve preto je v tejto oblasti umožnená najlepšia rozlišovacia schopnosť oka. Smerom do periférie dochádza k poklesu rozlišovacej schopnosti. Je to dôsledok poklesu počtu čapíkov a nárastu počtu tyčínok v periférnej časti sietnice. [11]

1.2 Štruktúrna stavba sietnice

Sietnica je usporiadaná do 10 štruktúrnych vrstiev :

- Retinálny pigmentový epitel (RPE)
- vrstva tyčiniek a čapíkov
- Vonkajšia membrána (*limitans externa*, tvorená prepojujúcimi sa komplexmi vonkajších výbežkov Müllerových buniek)
- Vonkajšia jadrová vrstva (obsahuje jadrá tyčiniek a čapíkov)
- Vonkajšia plexiformná vrstva (slúži pre prepojenie buniek, vonkajšie dve tretiny sú zložené z výbežkov fotoreceptorov a zvyšok je pravá plexiformná vrstva)
- Vnútna jadrová vrstva (sú tu obsiahnuté jadrá bipolárnych a Müllerových buniek)
- Vnútna plexiformná vrstva (sprostredkováva prepojenie medzi bipolárnymi a gangliovými bunkami)
- Vrstva gangliových buniek
- Vrstva nervových vlákien (tvorená zväzkami axónov gangliových buniek)
- Vnútna membrána (*limitans interna*, zložená z bazálnej membrány, ktorá je modifikáciou sklovcového povrchu) [12, 13]



Obr.1- Prierez vrstvami sietnice [11 – upravené]

Vonkajšia vrstva sietnice

Táto vrstva sietnice je tvorená pigmentovým epitelom. Jeho podstatou je tvorba bariéry medzi neuroretinou a cievnatkou. Vrstvy retinálneho pigmentového epitelu a neuroretiny na seba naväzujú. Tlak sklovцovej výplne zabezpečuje priliehanie týchto vrstiev. Spája ich taktiež medzireceptorový metrix, ktorý obklopuje výbežky tyčíniek a čapíkov. Metrix sprostredkováva transport výživných látok (derivát vit. A retinol) z *choriokapiláris* cievnatky k fotoreceptorom. [11, 12]

Vnútorhá vrstva sietnice

Neuroretina je vnútorhá vrstva sietnica poskladaná do 3 podlaží. Prvé podlažie obsahuje senzoričký epitel, tyčinky a čapíky nadväzujúce na pigmentový epitel sietnice. Druhé podlažie je obsiahnuté bipolárnymi bunkami. Tretiu časť vytvárajú gangliové bunky, ktorých vlákna tvoria najvnútornejšiu časť sietnice a smerujú k papile kde sa prepájajú a umožňujú vniknutie druhému hlavovému nervu - *n.optici*. [11, 12]

1.3 Fotoreceptory sietnice

Rozlišujeme čapíkové a tyčinkové videnie. Podľa úroveň jasnosti osvetlenia nastupuje do funkcie jeden z týchto systémov svetlocitlivých buniek. [15]

Tyčinky

Každý fotoreceptor má zložku, v ktorej je obsiahnutý zrkavý pigment (vonkajší úsek) a časť ktorá slúži na metabolické procesy (vnútorňý úsek). Tyčinky obsahujú pigment *rhodopsin* (zrkavá červeň). Tento pigment je schopný zachytávať svetelné žiarenie a zabezpečuje vysokú citlivosť tyčíniek pri zmene hladiny osvetlenia. Tyčinky umožňujú videnie počas šera a tmy, takzvané skotopické videnie. Taktiež sú citlivé na pohyb z periférií zorného poľa. Na sietnici sa nachádza približne 140 miliónov tyčíniek. Ich zastúpenie však starnutím klesá až o 30 %. Jedna časť *rhodopsinu* je svetlo absorbujúci chromofor vitamín A aldehyd, nazývaná retinal. (chemicky príbuzný vitamínu A). Druhá zložka *rhodopsinu* je *opsin*. [14, 15]

Čapíky

Zabezpečujú farebné (fotopické) videnie a v druhom rade aj zrkavú ostrosť. Tento druh receptoru je funkčný pri jasnom osvetlení. V Čapíkoch sa nachádza zrkavý

pigment *iodopsin*. Na sietnici sa nachádzajú 3 typy čapíkov, ktoré sú citlivé na určitú vlnovú dĺžku svetla. [14]

S (short) čapík - tento typ čapíka obsahuje pigment *S-opsin*, ktorý má maximálnu citlivosť v oblasti vlnových dĺžok 420-450 nm (oblasť vnímania modrej farby)

M (medium) čapík - obsahuje pigment *M-opsin* a jeho maximálna citlivosť je v rozmedzí vlnovej dĺžky 530 -550 nm (oblasť zelenej farby)

L (long) čapík - obsahuje pigment *L-opsin* a jeho maximálna spektrálna citlivosť je v rozmedzí vlnovej dĺžky 565-580 nm (oblasť červenej farby) [15]

Najväčšie zastúpenie majú čapíky typu L a najmenej je čapíkov typu S. Typ S čapíkov sa nachádza najmä v periférií fovey. Typ L a M čapíkov sa nachádza v centre fovey. [14]

Existuje však veľmi nízke percento ľudí, ktorí majú štyri druhy čapíkov a sú nazývaní tetrachromati. Väčšina populácie má tri druhy čapíkov, ktoré sú považované za normu (normálny trichromat). Tetrachromati sú ľudia, ktorí majú jeden čapík navyše. Jedná sa o výnimočný jav, ktorý postihuje častejšie ženy a má na tom podiel genetická mutácia, ktorá je viazaná na X chromozóm. Zatiaľ čo bežný trichromat môže rozoznávať 1 milión farebných odtieňov, tetrachromat vie rozoznať až 100 miliónov rôznych farieb. [16]

Čapíky sa na sietnici nachádzajú vo väčšom počte ako tyčinky a ich tvar je masívnejší. Vo foveálnej oblasti sa čapíky podobajú tvarovo tyčinkám, majú skôr cylindrický tvar. Epicentrum sa nachádza vo fovey, ktorá obsahuje 10 % všetkých čapíkov sietnice. Ich počet sa smerom do periférie fovey postupne znižuje. [14, 15, 16]

Retinálny pigmentový epitel

Tento epitel má dôležitú funkčnú úlohu v štruktúre sietnice. Je v nej obsiahnutých 3,5 milióna špecializovaných pigmentových buniek. Vrstva buniek retinálneho pigmentového epitelu, skrátene RPE, má začiatok v oblasti zrkovitého nervu, pokračuje až k zubatej kružnici (*ora serrata*) a nadväzuje ako pigmentový epitel riasnatého telieska. Melanín, ktorý je v bunkách RPE chráni buncné jadrá voči svetelnému poškodeniu. Starnutím postupne ubúda počet buniek retinálneho pigmentového epitelu. Pigmentové granule časom ubúdajú, čo môže viesť k poruche

funkcie RPE. Medzi sietnicou a jej pigmentovým epitelom sa nachádza subretinálny priestor (pod sietnicový priestor). RPE udržuje tento subretinálny priestor relatívne dehydátovaný. RPE slúži najmä na syntézu a uskladňovanie zrkového pigmentu, ale taktiež prenos významných výživných látok (vitamín A) a odstránenie metabolického odpadu. Bazálne časti buniek tohto epitelu sa pevne pripájajú k Bruchovej membráne, ktorá je zložená z elastickej laminy *choroidey* a bazálnej membrány pigmentového epitelu. Tento pigmentový epitel sa podieľa aj na procesoch spojených so správnu funkciou fotoreceptorov. Taktiež má podstatnú úlohu v regulovaní výživných látok subretinálneho priestoru. Slúži ako vonkajšia hemoretinálna bariéra. Vnútorňa hemoretinálna bariéra je vytvorená endotelovými bunkami kapilár. Jedná sa o medzibunkové spoje a zábrany, ktoré obmedzujú prienik molekúl rozpustných vo vode do sietnice. Tieto bariéry sú dynamické a ich priepustnosť sa mení podľa fyziologických podmienok a pod vplyvom farmaceutických látok. [12, 14]

1.4 Cievne zásobenie sietnice

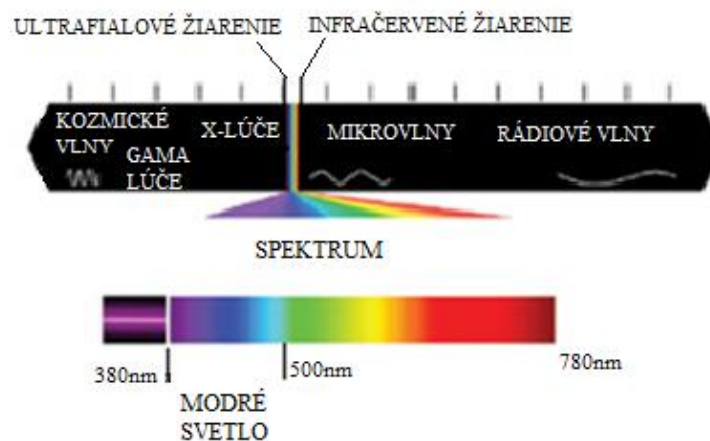
Sietnica je nervové tkanivo, ktoré je mimoriadne metabolicky zaťažené. Preto má pomerne veľkú spotrebu kyslíka. Výživa a metabolické potreby sietnice sú zabezpečená dvomi cievnyimi systémami, pomocou sietnicových a choroidálnych ciev. Oba tieto systémy majú spoločný zdroj, očné tepnu. Vetva sietnicového obehu (*arteria retinae centralis*) má na starosti vnútornú vrstvu sietnice, ku ktorej patria gangliové a bipolárne bunky. Krvné riečisko cievnatky (*Choriokapiláris*) vyživuje vonkajšie vrstvy sietnice, pigmentový epitel. Tyčinky a čapíky neobsahujú cievy a preto je ich výživa zabezpečená difúzne z cievnatky. Hraničná oblasť, ktorá predeľuje tieto dva cievne systémy je vonkajšia plexiformná vrstva sietnice. Jedna z vetiev ciliárnych artérií sa nachádza na okraji terča zrkového nervu a zásobuje malú oblasť sietnice. Odtok sietnice a prednej časti zrkového nervu zabezpečuje *véna centralis retinae*. [3, 11, 12]

2 Modré svetlo a jeho vplyv na ľudský organizmus

Modrá zložka svetla je súčasťou viditeľného svetla, ktoré je všadeprítomné a má na nás neustály vplyv. Táto časť svetelného spektra má kladný i negatívny dopad na naše zdravie vid' podkapitoly nižšie. Aspekty modrého svetla na sietnicu sú bližšie popísané v kapitole 4.4 Vplyv modrého svetla . [23]

2.1 Viditeľné svetlo

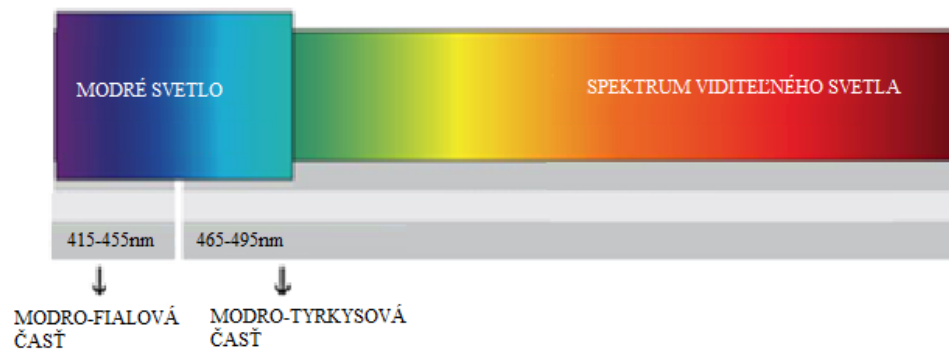
Jedná sa len o časť z celého elektromagnetického žiarenia, ktoré okrem viditeľného svetla obsahuje aj ultrafialové a infračervené žiarenie, röntgenové lúče, kozmické žiarenie a rozhlasové vlny. Viditeľné svetlo je elektromagnetické vlnenie, ktoré sme schopní vidieť pomocou zraku. Je vymedzené vlnovými dĺžkami v rozpätí od 390 nm po 760 nm (vo vákuovom prostredí). Prezývame ho taktiež biele svetlo a obsahuje všetky farebné zložky. Svetelný interval je vymedzený konkrétnymi farbami a to od fialovej zložky, ktorá počína vlnovou dĺžkou 390 nm, až po červenú zložku s vlnovou dĺžkou po 760 nm. Sú v ňom obsiahnuté všetky farby dúhy, červená, oranžová, žltá, zelená, modrá a fialová. Podľa rozpätia hodnoty vlnovej dĺžky vieme určiť danú farebnú zložku svetla. Zaujímavosťou je, že náš zrak je najcitlivejší pri vnímaní spektrálnej zložky svetla, ktorá má vlnovú dĺžku 550 nm a odpovedá žltozelenej farbe. [22, 23, 28]



Obr. 2 – Zobrazenie žiarení mimo viditeľné svetlo (kozmicke vlny, gama lúče, X-lúče, mikrovlny, rádiové vlny) a svetelné spektrum s vyhradenou zložkou modrého svetla. [23 – upravené]

2.2 Spektrum modrého svetla

Vlnová dĺžka modrého svetla sa nachádza v rozpätí 380 nm až 500 nm spektrálneho intervalu bieleho svetla. Modrá časť spektra obsahuje v medziach svojho rozpätia škodlivú modro-fialovú zložku, ktorá sa nachádza v rozmedzí 415 nm až 455 nm a prospešnú modro-tyrkysovú zložku s rozsahom 465 nm až 495 nm vlnovej dĺžky. Zdrojom modrého svetla je prirodzené slnečné svetlo, LED diódy ktoré sa využívajú samostatne ako žiarovky, alebo slúžia na podsvietenie obrazoviek mobilných telefónov, smartfónov, notebookov a veľkých počítačových obrazoviek. Všetky tieto spomenuté prostriedky spadajú do kategórie elektronických a digitálnych zariadení. Sú to prístroje, ktoré využívame každodenne, a v rôznych časových horizontoch. [24, 25, 26]



Obr.3 – Spektrum bieleho svetla, vyhradená modrá zložka svetla rozdelená na modro-fialovú a modro-tyrkysovú časť. [23 – upravené]

2.3 Pozitívne vplyvy modrého svetla

Týka sa to modro-tyrkysovej časti svetla, tá posilňuje a stimuluje spojenia určitých oblastí v mozgu, ktoré majú na starosti emócie, čo sa prejavuje v podobe lepšieho emocionálneho stavu a umožňuje nám regulovať náladu v priebehu času. Počas vystavenia tejto zložke svetla dochádza k významnému zníženiu rýchlosti dychu a diastolického krvného tlaku. Napomáha znížiť fyziologické vzrušenie, čo podporuje teóriu, že je možné využiť modré svetlo na vyvolanie fyziologického odpočinku. Pri liečbe nespavosti existuje možnosť takzvanej chromoterapie, ktorá používa vo svojej metóde tento druh svetla. [24, 29]

2.4 Biologické hodiny verzus modré svetlo

Okrem iného je potvrdený výrazný účinok tohto svetla na cirkadiálny rytmus, ktorý predstavuje vnútorné biologické hodiny nášho organizmu. Svetlo pôsobí na tento systém nepriamo, cez sietnicu pomocou jej vnútorných fotocitlivých gangliových buniek a tak ovplyvňuje reguláciu melatonínu v tele. Oko touto cestou sprostredkováva informáciu o množstve prijímaného svetla nášmu cirkadiánnemu systému, vďaka ktorému máme umožnený cyklus spánku a bdlosti. Štúdie potvrdili, že pôsobenie modrého svetla môže zvýšiť bdlosť a stimulovať kognitívne funkcie, akými sú napríklad schopnosť sústredenia alebo učenia, čo je pre denné potreby priaznivý aspekt. Práve nedostatok svetla s modrou zložkou má negatívny vplyv na náladu a môžu sa prejavovať sezónne afektívne poruchy. Vyžarovanie tohto spektra svetla najmä v nočných hodinách má však negatívny dopad na náš spánok. [23,26,27,29]

3 Makulárna degenerácia

Makulárna degenerácia je najčastejšou príčinou straty zraku vo vyspelých krajinách. Vyskytuje sa najmä u pacientov zrelého veku nad 65 rokov, no môže byť včasne diagnostikované aj v skoršom veku, okolo 50 roku života. Jedná sa o chronické degeneratívne ochorenie. Postihuje väčší počet pacientov ako šedý zákal alebo glaukóm. Makulárna degenerácia je v súčasnosti považovaná za nevyliciteľné ochorenie očí. [1, 17]

Podľa názvu môžeme usúdiť, že Postihuje *maculu luteu*, teda centrálnu časť sietnice. Makula je práve najcitlivejšia časť sietnice, preto majú patologické zmeny často fatálne následky. Makula, je zodpovedná najmä za ostré videnie v centre zorného poľa a zabezpečuje nám dobrú orientáciu v priestore a kvalitné vnímanie farieb. [1]

Strata zraku, spôsobená vplyvom vekom podmienenej makulárnej degenerácie, postihuje približne 6 % osôb starších ako 65 rokov a okolo 20 % osôb vo veku nad 75 rokov. Toto ochorenie má progresívny charakter. Zasahuje obojstranne, pričom nálezy na oboch očiach môžu byť symetricky rozdielne. Patológia na jednom sa môže prejavovať v inom časovom intervale ako na druhom. Jedná sa o ochorenie na ktorom sa podieľa mnoho faktorov. [2, 17, 18]

Vekom podmienená makulárna degenerácia, skrátene VPMD, býva vo svojich prvotných štádiách pomerne ťažko rozoznateľná od prirodzeného fyziologického procesu starnutia oka. Preto je dôležité dôsledné vyšetrenie sietnice, aby boli včasne rozoznané patologické procesy. [3]

Klinické prejavy prirodzeného starnutia sietnice:

Jedným z klinických prejavov starnutia sietnice je strata foveálneho reflexu. Dochádza k strate buniek vnútornej vrstvy sietnice v okolí foveoli a k zväčšeniu avaskulárnej foveálnej oblasti. Môžu sa tu vyskytovať menšie drúzy, ktoré zatiaľ nesignalizujú prítomnosť VPMD. Ďalej nastávajú pigmentové nepravidelnosti, ale stále je pri tom zachovaný fyziologický stupeň zrakovej ostrosti. Makulárna oblasť má menšiu intenzitu prekrvenia. Gangliové bunky sietnice znižujú svoju početnosť. Procesom starnutia dochádza k poklesu zrakových funkcií. Znížená schopnosť adaptácie na tmu, pokles funkčnosti stereopsie, kontrastnej citlivosti a farebného videnia. [3]

3.1 Formy makulárnej degenerácie

V zásade rozdeľujeme vekom podmienenú makulárnu degeneráciu na dve formy. Počas progresie ochorenia môže dôjsť ku kombinácií oboch foriem, suchej i vlhkej. [2]

Suchá (atrofická) forma makulárnej degenerácie

Suchá forma makulárnej degenerácie je najviac rozšírená a jej nástup je pomalý. Postihuje až 85 % pacientov so senilnou makulárnou degeneráciou. K stavu ťažkej slabozrakosti (ostrosť zraku menšia alebo $\leq 3/60$) dochádza po dlhšej dobe, ktorá môže trvať 5 až 10 rokov. Závažná porucha zraku sa vyskytuje len u 12-21 % pacientov s VPMD. [2, 4]

Jej charakteristické vlastnosti sú výskyt drúz, patologické zmeny na RPE, taktiež na fotoreceptoroch i *choriokapiláris*. S pribúdajúcimi rokmi klesá aktivita buniek retinálneho pigmentového epitelu. Časom tento epitel degeneruje a atrofuje. Dochádza k zániku pigmentových a svetlocitlivých buniek sietnice. Najprv má atfia ľahký priebeh a býva lokalizovaná, postupne sa rozširuje okolo fovey. Tým pádom RPE zaostáva vo svojej funkčnosti. Nie je zabezpečená dostatočná výživa sietnice a dochádza k hromadeniu odpadných látok (drúz), ktoré sú charakteristické pre túto formu makulárnej degenerácie. Ide o depozitá z nahromadených lipidov z buniek RPE, alebo z usadenín hyalinného materiálu v Bruchovej membráne. Tieto drúzy sa môžu vyskytovať najmä u starších pacientov, no nemusia byť vždy príčinou vzniku závažných foriem VPMD. [2, 6, 7, 8]

Drúzy môžu byť mäkké alebo tvrdé. Mäkké drúzy sa zhlukujú, majú neohraničený tvar a žltú alebo sivú farbu. Tvrdé drúzy sú menšie ohraničené žltobelasé depozitá. Drúzy sa vyskytujú vo všetkých štádiách VPMD a podľa ich charakteru sa taktiež hodnotí štádium ochorenia. [2, 6, 7, 8]

Prvotným závažným príznakom VPMD je práve nadmerná pigmentácia v makule a výskyt mäkkých drúz. V záverečnom štádiu nastáva geografická atfia (chradnutie vrstvy RPE), v tomto stave dochádza k poklesu zrakovej ostrosti. Sprievodné symptómy suchej formy makulárnej degenerácie sú zahmlené a rozmazané videnie a fádna farebnosť objektov v centre zorného poľa. Proces zhoršenia videnia až po praktickú slepotu prebieha v časovom rozmedzí 9 rokov od diagnostiky výskytu

geografickej atrofie. Väčšina pacientov s makulárnu degeneráciou majú v prvotnej fáze ochorenia suchú formu, ktorá môže neskôr vyústiť do vlhkej formy. [2, 6, 7, 8, 10]

Vlhká (exudatívna) forma makulárnej degenerácie

Vlhká forma má náhly nástup a vedie k rýchlemu poklesu zrakových schopností. Jej výskyt sa prejavuje u 10% celkových pacientov s makulárnou degeneráciou. Závažná strata zraku sa v tomto prípade vyskytuje až u 85 % pacientov postihnutých touto formou. [9]

Je pre ňu typické odchlípenie (ablácia) RPE od vyživujúcej *choriokapiláris*, choroidálna neovaskularizácia a krvácanie v subretinálnej (oblasť pod sietnicou) časti . Najpodstatnejším prejavom patofyziógie privlhkej forme VPMD je choroidálna neovaskulárna membrána. Jedná sa vlastne o novotvorbu choroidálnych ciev (vzrasty nových ciev cievnatky), ktoré prerážajú cez Bruchovú membránu až do RPE a neuroretiny. Tieto cievy sú priepustné a veľmi krehké, čo môže viesť ku krvácaniu v subretinálnej a retinálnej oblasti. Práve (CVN) choroideálna neovaskularizácia, inými slovami novotvorba ciev, spôsobuje náhly pokles centrálnej zrakovéj ostrosti. Pri intenzívnom presakovaní tekutín z kapilár CVN dochádza najskôr k odchlípeniu RPE. Ďalšia progresia vedie cez trhlinu v RPE až k sietnicovému edému. Zásadný vplyv v tejto oblasti má vaskulárny endotelový rastový faktor (VEGF, vascular endothelial growth factor). Pri zdravej funkcii sietnice je rovnováha medzi produkciou a potrebou tohto faktora. Vo vyššom veku dochádza k nadprodukcii VEGF faktoru sietnicou, čím sa stimuluje komplex neovaskularizácie. [9]

CVN rozdeľujeme podľa lokalizácie na :

- extrafoveolárne lézie (mimo foveálne poškodenie tkaniva) nachádzajúce sa okolo 200 mikrónov od fovey,
- juxtafoveolárne lézie (poškodenie tkaniva v blízkosti fovey) sú cca 1 až 199 mikrónov od foveálneho centra
- subfoveolárne lézie, ktoré sa nachádzajú pod stredom fovey.

Presná lokalizácia neovaskularizácií je podstatná pre voľbu vhodnej liečby. [2, 4]

formy CVN:

- Okultná forma- jej lokalizácia je pod RPE

- Klasická forma - lokalizovaná medzi neuroretinou a RPE
- Zmiešaná forma

V konečnom štádiu sa vytvorí disciformná jazva, ktorá spôsobuje ťažké poškodenie zraku. Jej zafarbenie môže byť biele, nažltlé alebo pigmentované. Pre túto formu makulárnej degenerácie je typický rapidný pokles zrakovkej ostrosti a ďalšie klinické prejavy ako metamorfopsia a skotómy, ktoré sú bližšie popísané vid' podkapitola 3.2 Symptómy VPMD. Táto forma vedie k invalidite, z hľadiska orientácie, mobility, ale i psychologického hľadiska. [2, 4]



Obr.4 - Sken 1. - fyziologická sietnica fotená pomocou školskej fundus kamery

Obr.5- Sken 2. - sietnica zasiahnutá makulárnou degeneráciou a s viditeľnými drúzami odфотографovaná pomocou školskej fundus kamery

3.2 Prejavy VPMD v živote pacienta

Pacienti s vekom podmienenou makulárnou degeneráciou strácajú v prvom rade schopnosť rozoznávať detaily a ich videnie je poznačené tak, že prestávajú rozoznávať známe tváre, či tvary objektov a majú zhoršené vnímanie farieb. V pokročilom štádiu strácajú pacienti schopnosť vykonávať bežné úkony, ako sú čítanie, sledovanie televízie, šoférovanie auta, nakupovanie. Pacienti sa v konečnom štádiu (praktickej slepoty) stávajú závislými na pomoci okolia. Makulárna degenerácia je ochorenie, ktoré má veľký vplyv aj na psychiku pacienta. Ľudia s týmto ochorením sa cítia často izolovaní, či na obtiaž svojmu okoliu. Môžu sa následne prejavovať depresívne stavy, ktoré sa vyskytujú až u 32 % pacientov s VPMD. So zhoršeným zrakom sa zvyšuje aj pravdepodobnosť úrazov. Taktiež sa zhoršuje pracovná produktivita, ktorá býva

dôvodom k odchodu na invalidný dôchodok a k potrebe sociálnej starostlivosti. Narastá ekonomická záťaž, ktorá sa zvyšuje spolu s nákladmi na nevyhnutné optické a kompenzačné pomôcky určené pre slabozrakých. [10]

3.3 Symptómy VPMD

Prvotné subjektívne vnímanie zhoršeného videnia sú najčastejším dôvodom k návšteve očného lekára. Pacient, u ktorého sú prítomné malé drúzy a minimálne pigmentové zmeny na sietnici, má vo väčšine prípadov stále zachované normálne hodnoty zrakovkej ostrosti. Ešte pred objektívnym stanovením diagnózy sa prejavujú pri makulárnej degenerácii typické symptómy. Pacient najskôr zaznamenáva zhoršené videnie na blízko. Pri čítaní im vypadávajú písmená alebo časti slov z textu. Tieto výpadky splývajú a vytvárajú takzvaný centrálny skotóm. Známe línie a tvary vnímajú pokrivené a deformované. Tento jav je prezývaný metamorfopsia. Časom dochádza k zhoršeniu zrakovkej ostrosti do diaľky. Pacient má tendenciu natáčať hlavu, aby jeho zachovaná časť sietnice mohla zaznamenať obraz. Vnímanie obrazu je v tomto prípade zabezpečené perifériou sietnice, táto oblasť ostáva bez postihnutia. Toto zachované periférne videnie poskytuje pacientom akú takú orientáciu v priestore, ktorá je v podstatnej miere narušená centrálnym výpadkom. [2]

3.4 Diagnostika VPMD

Najdôležitejšia časť diagnostiky je kvalitná anamnéza pacienta, vyhodnotenie jeho subjektívnych problémov s videním. Následne pacient podstupuje základné vyšetrenia, akými sú meranie zrakovkej ostrosti do diaľky a blízka. [2]

Biomikroskopia

Jednou z metód, ktorá poskytuje cenné informácie o stave sietnice je biomikroskopické vyšetrenie. Sledovaná je najmä makulárna oblasť v mydriáze, kedy je zrenica rozšírená pomocou špeciálnych očných kvapiek. Týmto spôsobom je možné odhaliť zmeny v neuroretine a PRE. Vyšetrenie je možné prevádzať na štrbinovej lampe s pomocou šošoviek o dioptrickej hodnote 90 dioptrií a 78 dioptrií, alebo za pomoci Goldmannovej šošovky. Oftalmoskop je často využívaná a obľúbená pomôcka na pozorovanie očného pozadia, ktorá sa používa súčasne s umelo vyvolanou mydriázou. [9, 15]

Amslerova mriežka

Je jednoduchou pomôckou pri identifikovaní a sledovaní makulárnej degenerácie. Jedná sa o štvorcovú sieť, ktorá ma uprostred bod, ktorý má vyšetrovateľ sledovať. Jednoduchosť tejto pomôcky umožňuje pacientovi samovyšetrenie a kontrolovanie progresu ochorenia. Vyšetrenie spočíva v tom, že sa pacient zameria jedným okom na tmavý fixačný bod v centre mriežky. Vyšetrovanie sa prevádza vo vzdialenosti 30 cm a s vlastnou korekciou na blízko. Týmto spôsobom je možné odhaliť deformácie a skotómy v centre zorného poľa. Defekty na sietnici sa prejavujú tak, že pacient vidí línie mriežky pokrútené a má výpadok niektorých častí mriežky. [9, 15, 17]

FAG

Ďalší typ vyšetrenia je fluorescenčná angiografia. Jedná sa zobrazovaciu metódu, ktorá je podstatná pri diagnostike vlhkej formy makulárnej degenerácie. Podáva informácie o priechodnosti choroidálneho a sietnicového riečiska. Umožňuje odlíšiť okultnú a klasickú formu choroidálnej neovaskularizácie. Pri výskyte okultnej formy CNV, nie je možné touto metódou zaznamenať jej celkový rozsah. Pri tomto vyšetrení je vpravovaný roztok s 10% sodnej soli fluoresceínu do kubitálnej žily. Fluoresceín pohlcuje modrú časť svetla 465 nm až 490 nm a podráždený fluoresceín vyžaruje lúče blízke zelenému spektru 520 nm až 530 nm. Približne 85 % fluoresceínu naväzuje na proteíny krvného séra a nereaguje na excitačné svetlo, ostatok je voľný a môžeme ho pozorovať ako fluorescenciu. Po približne 10 až 15 sekundách od vpravenia roztoku sa objavuje farbivo v zadnom segmente oka ako škvrnité fluorescenčné oblasti cievnatky a následne preteká cievny riečiskom. Farbivo prechádza stenami ciev *choriokapiláris* do priestoru pod retinálny pigmentový epitel, ktorý jeho fluorescenciu zamedzuje, pretože hemoretinálna bariéra je pre fluoresceín nepriepustná. Sietnicové kapilárne riečisko nemá póry a preto za bežných podmienok nedochádza k preniknutiu farbiva do sietnice. Pri patológií je možné na angiogramu vidieť oblasti nefyziologickej nadmernej alebo nedostatočnej fluorescencií na sietnici. Retinálna cirkulácia je odlišná od choroidálnej a preto sú hodnotené zvlášť. Obraz sietnice je sledovaný pomocou fundus kamery so špeciálnym filtrom. Suchá forma VPMD nevykazuje pri tomto type vyšetrenia žiadne známky presakovania ciev. [2, 9, 10, 17]

ICGA

Indocyanová angiografia je schopná zobrazit' cievne riečisko choroidey a odhaliť prítomné patológie v tejto oblasti. Tento spôsob zobrazovania je významný pre zistenie prítomnosti a určenie rozsahu okultnej formy CNV. Používa sa pri tom indocyaninová zeleň-trikarbocyanové farbivo, ktoré sa aplikuje injekčne do kubitálnej (lakt'ovej) žily. Trikarbocytové farbivo vysiela infračervené svetlo, ktoré preniká i sietnicovým pigmentom. Dobré sa viaže na proteín krvnej plazmy a úniky z cievneho riečiska choroidey sú minimálne, preto umožňuje dobré zobrazenie choroidálnych abnormalít. Snímanie sietnice prebieha pomocou fundus kamery spolu s infračerveným barierovým filtrom po dobu 20 až 40 minút. [2, 9]

OCT

Optická koherentná tomografia umožňuje neinvazívne a bezkontaktné vyšetrenie očného pozadia. Zobrazuje konkrétne sietnicu a jej okolité štruktúry v priečnom reze bez narušenia nadväznosti tkanív. Táto metóda podáva informácie o type makulárnej degenerácie, miere atrofie RPE a sietnice. Umožňuje identifikovať prítomnosť drúz, odlúpenie retinálneho pigmentového epitelu a presne určiť typ a lokalizáciu choroidálnej neovaskularizácie vzhľadom na RPE a neuroretinu. Vyšetrenie je pomerne rýchle, bez potreby mydriázy a aplikácie injekčných prípravkov. Zabezpečuje kvalitné zobrazenie tkaniva a má vysoké rozlíšenie. [2]

4 Faktory ovplyvňujúce vznik makulárnej degenerácie:

Jedná sa o ochorenie, ktoré ovplyvňuje mnoho vonkajších faktorov. Najrizikovejší faktor je vek, ďalej vplyv genetickej predispozície, rasa, pohlavie, kardiovaskulárne a metabolické ochorenia. Veľký podiel na rozvoji ochorenia má životný štýl, fajčenie cigariet, užívanie alkoholu, pohyb a výživa pacienta, chirurgia šedého zákalu. Existujú prípady, kedy je makulárna degenerácia spustená vedľajšími účinkami toxických látok akými sú napríklad antimalariká (chlorochín, fenothiazíny, chlorpromazín). Taktiež bolo potvrdené, že vystavenie buniek RPE svetlu rovnocennému s vyžarovaním z mobilných zobrazovacích zariadení spôsobuje zvýšenú produkciu voľných radikálov a zníženú životaschopnosť buniek sietnice. Kumulatívne vyžarovanie modrého svetla z týchto zdrojov môže vyvolať retinálnu toxicitu a potenciálne zvýšiť riziko vekom podmienenej makulárnej degenerácie. [2, 45]

4.1 Vplyv genetiky, veku, rasy a pohlavia

Genetika

Štúdie v súčasnosti potvrdzujú, že genetický základ a rodinná anamnéza je faktor, ktorý má vplyv na vznik makulárnej degenerácie. Výskum bol prevádzaný na súrodencoch, dvojčatách a iných rodinných príbuzných zdravých jedincov i pacientov s VPMD. Napríklad súrodenci pacientov s VPMD majú až štyrikrát vyššie riziko prepuknutia makulárnej degenerácie ako zvyšná populácia, u ktorej sa toto ochorenie nenachádza v rodinnej anamnéze. Výskumy odhaľujú percento možného výskytu makulárnej degenerácie v prvej línii príbuzenstva a to 23,7 %. [3]

Doktorka Neena Haider počas svojho postgraduálneho štúdia objavila gén zvaný NR2E3. Mutácia tohto génu vedie k úbytku fotoreceptorov sietnice a zodpovedá za stratu zraku. Podarilo sa jej identifikovať patologické gény, ktoré je možné chemicky preniesť z chromozómu a nahradiť ich zdravými génmi. Tento výskum bol prevádzaný na laboratórnych myšiach. Pokusné myši, ktorým bol implantovaný zdravý gén boli trvalo vyliečené. Jednalo sa o nápravu rovnakých buniek, ktoré sa nachádzajú aj v ľudskom oku. Doktorka Haider sa aktuálne venuje výskumu konkrétnych génov sietnice, ktoré majú súvislosť práve s makulárnou degeneráciou. Existujú teórie, ktoré potvrdzujú vplyv genetiky na spôsob spracovania vitamínu D. Niektoré gény dokonca

regulujú reakcie tela na rizikové faktory tohto ochorenia, ako napríklad fajčenie cigariet. [47]

Vek

Vek je hlavný rizikový faktor pri vzniku vekom podmienenej makulárnej degenerácie. Napríklad osoby vo veku 50 až 60 rokov tvoria približne 2 % pacientov s VPMD. U osôb vo veku vyššom ako 75 rokov je toto zastúpenie 30 %. Veková kategória nad 90 rokov tvorí až 40 % pacientov s týmto ochorením. [9]

Rasa

VPMD postihuje najčastejšie práve bielu rasu, na čom sa podieľa taktiež genetická záťaž. Vedci stále skúmajú súvislosť zafarbenia dúhovky a jej vplyv na ochranu oka voči UV žiareniu. Vo výsledkoch najnovších štúdií sa táto súvislosť stále nepreukázala. Pomocou štúdií sa vedci dopracovali k záveru, že prítomnosť drúz a zmien v RPE je u bielej i tmavej rasy má rovnakú frekvenciu ich výskytu. Napriek tomu bol pri klinických štúdiách zistený nižší výskyt vyššieho štádia VPMD u príslušníkov tmavej rasy. Súvisí to s vyšším obsahom melanínu (tmavé farbivo) v sietnici, ktorý zabezpečuje lepšiu ochranu sietnice voči nadmernej expozícii svetla. [2, 19]

Pohlavie

Príslušnosť k ženskému pohlaviu vedie k väčšiemu riziku vzniku tohto ochorenia. Je to prisudzované vynechaného ochranného účinku estrogénu v období menopauzy. Naopak pozitívny efekt na zníženie vzniku VPMD bol dokázaný pri substitučnej (náhradnej) hormonálnej liečbe. [19]

4.2 Vplyv fajčenia, životosprávy, iných ochorení a oxidačného stresu

Fajčenie

Fajčenie cigariet sa podieľa na vzniku makulárnej degenerácie. Tento konkrétny faktor znižuje hustotu makulárneho pigmentu a antioxidantný potenciál sietnice, obmedzuje prietok krvi a prívod kyslíka do sietnice. Dlhšia doba fajčenia cigariet zvyšuje riziko vzniku tohto ochorenia. Podľa správy British Medical Journal, od odborníkov na verejné zdravie na univerzite v Manchesteri, majú fajčiari až štyrikrát

väčšiu pravdepodobnosť než nefajčiar, že sa u nich objaví makulárna degenerácia. Zvýšené riziko sa vyskytuje aj u pasívnych fajčiarov. [19]

Životospráva

Správna životospráva je pri tomto ochorení kľúčová. Medzi negatívne vplyvy patrí určite nekvalitná strava, málo pohybu a obezita s ktorou súvisia taktiež cievne a metabolické ochorenia. [19]

Cievne a metabolické ochorenia

Na kvalitu životného štýlu nadväzujú cievne a metabolické ochorenia, ktoré vedú k vyššiemu riziku vzniku a progresie makulárnej degenerácie. Patria sem ochorenia ako hypertenzia, ischemická choroba srdca, diabetes mellitus. Pacienti s liečenou hypertenziou majú dvakrát častejšie diagnostikovanú neovaskulárnu makulárnu degeneráciu ako jedinci bez hypertenzie. Pri neliečenej hypertenzií je toto riziko až trojnásobne vyššie. Diabetes mellitus má negatívny vplyv na štruktúru a funkciu RPE, Bruchovu membránu a taktiež na choroidálnu cirkuláciu. [19]

Oxidačný stres

Oxidačný stres spôsobuje poruchu rovnováhy pri vzniku a zániku toxickej formy kyslíka. Nastáva pri nízkej antioxidačnej ochrane. Taktiež bol preukázaný negatívny dopad absencie antioxidantov v strave. Antioxidačné vitamíny a špecifické enzýmy majú za úlohu paralyzovať toxicitu kyslíka. Neúčinnosť týchto zložiek, ktoré sú zahrnuté v RPE vrstve sietnice prispieva ku vzniku makulárnej degenerácie. [8, 9, 10, 14]

4.3 Vplyv slnečného žiarenia na VPMD

Výsledok oficiálnych štúdií vyvodzuje záver, že slnečné žiarenie nepodporuje rozvoj makulárnej degenerácie. Posudzovala sa súvislosť medzi pokročilým stupňom makulárnej degenerácie a doba expozície na slnku, hodnotila sa úroveň vystavenia slnečnému žiareniu na základe času stráveného vonku. Štúdie boli založené na vypočítaných dávkach slnečného žiarenia a čase strávenom mimo slnka, zemepisná šírka v ktorej pacient prebýval. Bolo prevádzaných viacero štúdií v rôznych podmienkach, ktoré sú vyššie uvedené. Po analýze viacerých štúdií bolo nájdené v jednej konkrétnej vzorke respondentov spojenie medzi progresiou makulárnej

degenerácie a slnečným žiarením, ale v celkovom vyhodnotení sa táto spojitosť nepreukázala. Okrem toho sa vo výsledku ukázalo, že respondenti, ktorí pravidelne používali slnečné okuliare alebo klobúky, nemali znížené riziko progresie makulárnej degenerácie. Keďže expozícia na slnku je najdôležitejším zdrojom syntézy vitamínu D, obyvatelia nižších zemepisných šírok majú určite vyšší stav vitamínu D, ktorý napomáha odolnosti voči VPMD. [43]

4.4 Nežiadúci vplyv modrého svetla

Modrá časť svetla, teda krátkovlnné svetlo má vplyv na VPMD práve v podobe oxidačného stresu. Jedná sa vlastne o proces bunecnej smrti, podmienený modrým svetlom. Metabolický odpad hromadiaci sa v RPE (najmä vo vyššom veku) obsahuje molekuly zvané A2E. Tie nadmieru reagujú práve na modré svetlo. Pri tejto reakcii sa vytvárajú voľné radikály, ktoré sú toxické pre bunky RPE. Ak sú bunky pigmentového epitelu sietnice takto poškodené, nemôžu ďalej splňať svoju metabolickú funkciu voči fotoreceptorom. Vznik reaktívnych foriem kyslíka (ROS, Reactive Oxygen Species), teda pôsobenie oxidačného stresu a hromadenie lipofuscínu na sietnici má za následok celú škálu degeneratívnych chorôb sietnice, môže spôsobiť fotochemické poškodenie, čo vedie k apoptóze najskôr u buniek retinálneho pigmentového epitelu a neskôr smrť fotoreceptorov. Jedná sa o voľné radikály, peroxid vodíka alebo singletový kyslík, ktoré sú vysoko reaktívne a sú schopné poškodzovať miestne a okolité bunky a makromolekuly, ako sú proteíny, lipidy a DNA. Je potvrdené, že vyžarovanie modrého svetla znižuje expresiu antioxidantných enzýmov sietnice. [29, 42]

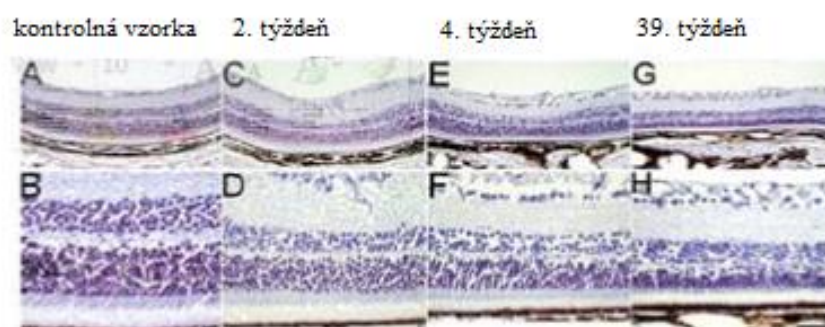
Výsledok štúdií vykazuje výsledok, že oxidačný stres sietnice môže byť vybudovaný svetelnou expozíciou už v rannom štádiu expozície. Poškodenie sietnice svetlom závisí od trvania expozície a úrovne osvetlenia. Patologický proces tiež závisí od vlnových dĺžok. Aj keď funkcia retinálneho pigmentového epitelu napomáha regenerovať zrkové pigmenty, ukladanie lipofuscínu má negatívny vplyv na tento proces. Lipofuscín je známy tiež ako starecký pigment a jeho nadmerné hromadenie v priebehu rokov môže viesť k trvalému poškodeniu buniek sietnice. [29]

Modré svetlo vyžarované LED diódami

Väčšinu nášho života trávime vo vnútorných prostrediach, takže sme vystavení dlhšiemu a intenzívnejšiemu vyžarovaniu umelého svetla ktorého súčasťou je aj zložka

modrého svetla. Epidemiologické štúdie naznačujú, že svetelná expozícia s krátkou vlnovou dĺžkou je vysoko riziková predispozícia ku vzniku vekom podmienenej makulárnej degenerácie. [29]

Využívanie LED diód, ktoré emitujú vyššie úrovne modrého svetla ako iné svetelné zdroje, sa v našej spoločnosti stáva čoraz populárnejšie a veľká časť svetovej populácie je dnes ožarovaná umelým svetlom po dobu od niekoľkých minút do niekoľkých hodín a to najmä v noci. Svetlo má kumulatívnu (hromadenie) schopnosť a mnoho rôznych charakteristík ako napríklad vlnová dĺžka, intenzita, doba expozície, denný čas kedy sme mu vystavení. Preto je dôležité sa zamyslieť nad spektrálnym výstupom svetelných zdrojov, ktoré vo veľkej miere využívame, aby sa minimalizovalo nebezpečenstvo spojené s nadmernou expozíciou potenciálne škodlivého modrého svetla. Pri štúdiách pôsobenia LED zariadení na sietnicu bola testovaná skupina kontrolných myší pomocou svetelného mikroskopu. Boli porovnávané sekcie kontrolných sietnic, bez vystavenia tomuto svetlu a osvetlených sietnic, ktoré boli zafarbené hematoxylínom. V kontrolných neosvietených sietniciach boli zaznamenané, fyziologicky normálne a nepoškodené fotoreceptorové jadrá (označené na Obr.6 ako A, B). Po 2 týždňoch intenzívneho vystavenia svetlu boli bunky fotoreceptorov vo vonkajšej jadrovej vrstve sietnice mierne zdeformované (C, D) a po 4 týždňoch bola hrúbka vonkajšej jadrovej vrstvy sietnice znížená (E, F). Po 39 týždňoch vystavovania svetlu nastalo výrazné stenčenie hrúbky vonkajšej jadrovej vrstvy sietnice a strata fotoreceptorových buniek (G, H). [26, 29, 30]



Obr.6 – kontrolná vzorka sietnice v porovnaní so sietnicami, ktoré boli ožarované po dobu 2,4 a 39 týždňov LED žiarovkou. [29 – upravené]

5 Prevencia a terapia VPMD

Niektoré nežiadúce faktory je možné eliminovať, napríklad zdravá strava, pravidelný pohyb, obmedzenie alkoholu a cigariet. Všetky tieto zmeny vedú k celkovému zlepšeniu zdravotného stavu a prevencií ďalších súvisiacich ochorení (hypertenzia, diabetes mellitus, obezita). Niektoré faktory, ako je obsah melanínu v očnom tkanive a genetický fond nie je možné obmedziť. Prevencia VPMD voči modrej zložke svetla je samostatne uvedená v kapitole 6. [19]

5.1 Preventívne a liečebné účinky stravy

Dôležitosť sa prikladá najmä strave, ktorá by mala byť bohatá najmä na vitamíny a minerály. Podľa výsledkov štúdie Agerelated Eye Disease Study, bol zaznamenaný pozitívny výsledok v súvislosti so znížením rizika výskytu vyššieho štádia VPMD, konkrétne choroidálnej neovaskularizácie a geografickej atrofie. V tomto prípade boli figurantovi podávané zvýšené dávky antioxidantov, konkrétne 500 mg vitamínu C, 15 mg β -karoténu, 400 IU vitamínu E, 80 mg zinku spolu v kombinácii s 2 mg medi. Ďalšie suplementy obsahovali luteín a zeaxantínu, alebo doplnenie omega polynenasýtených mastných kyselín s dlhým reťazcom. Taktiež bol preukázaný ochranný efekt antioxidantov v strave voči škodlivému účinku modrého spektra svetla na makulárne pigmenty. Naopak nedostatočný prísun antioxidantov v strave podporuje riziko vývinu makulárnej degenerácie sietnice. [9, 38]

Čučoriedka

Čučoriedka je potravina, ktorá má vysokú antioxidačnú aktivitu. Veľkým plusom tejto potraviny je jej protizápalový, antiagregačný (zabraňuje vzniku trombu), chemoprotektívny, vazoprotektívny (pomáha znížiť riziko kardiovaskulárnych ochorení) účinok. Hlavné účinné látky, ktoré sa využívajú na prevenciu a terapiu oftalmologických ochorení sú antokyány, ktoré sú zároveň prirodzeným farbivom tohto ovocia. [6]

Ginko dvojlaločné

Bol zaznamenaný pozitívny účinok po užívaní extraktu z listov ginka počas liečby makulárnej degenerácie. Flavonoidy, ktoré sú prítomné v tomto extrakte majú silný antioxidačný a protizápalový účinok. [6]

Očianka Rostkovova

Názov tejto rastliny vypovedá o jej využiteľnosti v liečbe očných ochorení. Je nápomocná ako pri makulárnej degenerácii, tak aj pri terapii očných zápalov, svetloplachosti, únave očí a funkčných poruchách oka (svalových a nervových). [6]

Karotenoidy

Z pohľadu chemickej stavby sa delia do viacerých skupín. Jedna skupina sú prekurzory A vitamínu, β -karotén a α -karotén. Do ďalšej skupiny patria xantofyly, konkrétne luteín a zeaxantín. Tieto látky si naše telo nie je schopné samo syntetizovať, preto je nutné ich dopĺňať z potravy. Najpopulárnejší zdroj β -karoténu je mrkva siata, ktorá je odporúčaná pacientom s očnými problémami, nedostatkom vitamínu A, a pri pigmentových anomáliach. Ďalším kvalitným zdrojom sú citrusy, taktiež kapusta, nechtík alebo špenát. Väčšina ovocia a zeleniny je bohatá na luteín. Zeaxantín je obsiahnutý najmä v žltku, ovocí žltej a oranžovej farby, paprike a v plodoch kustovnice cudzej, ktorá je známa pod menom godži. Práve tieto potraviny s vysokým obsahom karotenoidov majú ochranný účinok pri makulárnej degenerácii, vďaka ich schopnosti tlmenia kyslíkových radikálov. Zabezpečujú dostatok A vitamínu (retinolu) a makulárneho pigmentu, v ktorom je obsiahnutý zeaxantín a luteín, ktoré slúžia na filtráciu škodlivého UV žiarenia a modrej zložky svetla. Doporučená denná dávka luteínu a zeaxantínu je 10 mg. [6]

Významnými prírodnými liečivami v boji s makulárnou degeneráciou sú flavonoidy a antokyány. Zlepšujú cirkuláciu krvi, majú protizápalový a antioxidačný účinok, najmä na bunky sietnice. Viacero výskumov upovedomuje o interakciách flavonoidov a antokyánov s červeným farbivom na sietnici, rodopsinom a potvrdzuje pozitívne účinky na funkciu makulárneho pigmentu. [6]

5.2 Terapia suchej formy VPMD

Suchá forma makulárnej degenerácie je aj do dnešnej doby považovaná za trvalo nevyliciteľné ochorenie. Pri tejto forme degenerácie je potrebné sa zamerať na prevenciu, príčiny vzniku a urobiť opatrenia ktoré zamedzujú plnému rozvoju patológie. Najdôležitejšie tkanivá, ktoré si vyžadujú zvýšenú pozornosť a ochranu sú cievnatka, retinálny pigmentový epitel a vrstva fotoreceptorov. [2]

5.3 Terapia vlhkej formy VPMD

Pri vlhkej forme makulárnej degenerácie je cieľom liečby spomalenie rozvoja, rozbitie a odstránenie choroidálnej neovaskularizácie. Liečba je obmedzená rozsahom a miestnym výskytom choroidálnej neovaskularizácie. Najrozšírenejší spôsob farmakologickej terapie vlhkej formy VPMD je anti-VEGF prípravok. Jedná sa o liečivo, ktoré obsahuje inhibitory (látky ktoré blokujú vývoj) a protilátky voči rastovému faktoru VEGF, tie zabraňujú väzbe s prvkami, ktoré stimulujú rast choroidálnych ciev. Tieto protilátky zamedzujú novotvorbu ciev a blokujú presakovanie cievnych tekutín. Terapia anti-VEGF prípravkom je využiteľná pre všetky typy choroidálnej neovaskularizácie. Liek sa aplikuje do sklivcového priestoru intravitreálnou injekciou. Vo vzácnych prípadoch sa môžu vyskytovať lokálne nežiadúce účinky, ako odchlípenie sietnice, trhliny na sietnici a traumatické zakalenie šošovky. [2, 9]

Často využívané liečivo s anti-VEGF účinkom je sodná soľ pegaptanib, ktorá sa užíva v podaní 0,3 mg jedenkrát v priebehu 6 týždňov. Pacient podstupuje 9 injekcií ročne do sklovцovej dutiny. Efektívnosť liečby sa prejavuje už po 6 týždni aplikácie. Tento typ liečby sa odporúča pacientom, u ktorých sa vyskytuje odchlípenie retinálneho pigmentového epitelu a výrazné lézie. Medzi používané liečivá s protilátkou VEGF patria preparáty ako bevacizumab známi aj ako Macugen, ranibizumab (*Lucentis*) a aflibercept (*Eylea*), ktorý je aktuálne posledné schválené farmakologické liečivo predstavuje ďalší míľnik v liečbe makulárnej degenerácie. [2, 9, 20]

Farmakoterapia v začiatkových štádiách VPMD dokáže oddialiť rozvoj drúz a pozastaviť progresiu neskorších štádií. V súčasnosti stále prebiehajú štúdie, ktoré hodnotia účinnosť a bezpečnosť liečebných prípravkov, ktoré majú spomaliť progresiu fázy geografickej atrofie. Patrí sem prípravok AL-78898, ktorý má účinne potláčať zápal a spomaľovať komplement. Prídavný protizápalový liek nazvaný Sirolimus (*rapamicyn, Santen*), sa užíva ako silné imunopresívum. Liek s názvom MC-1101 (*MacuCLEARUSA*) slúži na zlepšenie choroidálnej cirkulácie. Zvyšuje prietok krvi choroideou a tým zabraňuje ischemii tkaniva. Udržiava celistvosť Bruchovej membrány a pomocou antioxidantného účinku obnovuje funkčnosť retinálneho pigmentového epitelu. Ciliárny neurotrofický faktor - CNTF (NT-501) je prípravok s neuroprotektívnym činidlom, chráni fotoreceptory a retinálny pigmentový epitel. Prípravok Fenretinide je

liečivo, ktoré ovplyvňuje zrakový cyklus, zabraňuje bunkám RPE vo vychytávaní retinolu a spomaľuje bunkovú smrť fotoreceptorov. [2, 9]

U vlhkej formy makulárnej degenerácie je možnosť terapie laserom, alebo je poskytovaná fotodynamická terapia s verterporfinom, ktorá sa aplikuje u pacientov s precitlivenou reakciou na anti-VEGF preparáty. Jedná sa o bezpečný spôsob terapie, ktorá je zameraná výhradne na patologické novotvorené cievy. Pri tejto metóde sa používa laser spolu so špeciálnou fotosenzibilujúcou látkou. Použitie fotosenzibilné farbivo, verterporfin, je aktivované po vystavení na určitom type svetla. Tento proces vedie k fotochemickému ničeniu novotvorených ciev. Táto metóda pomáha stabilizovať zrak a zabraňuje ťažkej strate zrakovej ostrosti. Nevedie však k návratu poškodených zrakových funkcií. [2]

Ďalšou možnosťou je fotokoagulácia laserom, ktorá je historicky prvou účinnou terapiou vlhkej formy makulárnej degenerácie a aplikuje sa od roku 1980. Používa sa v prípade, ak sa choroidálna neovaskularizácia nachádza mimo centrálnu oblasť sietnice a jedná sa o extrafoveálne lézie. Fotokoagulácia transformuje elektromagnetické vlnenie na teplo. Princíp aplikácie je založený na deštrukcii tkaniva teplom. Po aplikácii terapie nastáva odumretie ložiska CNV, ktorá môže zasiahnuť aj okolitú sietnicu. Z tohto dôvodu je potrebná vysoká miera opatrnosti počas tohto úkonu. Nevýhodou je opakovaný výskyt patológie po odstránení, ktorý sa prejavuje až u 50 % prípadov a nastáva do prvého roka od aplikácie liečby. [2]

Pri výskyte extrafoveálnych léziách sa používa taktiež Transpupilárna termoterapia. Využíva laser, ktorý preniká cez choroideu a RPE s minimálnym pohltením v neuroretine. Účinok spočíva v tom, že zvýšením teploty v cievnatke dôjde k termálnej zástave vývoja ciev. Po nástupe prípravkov s anti-VEGF účinkom, sa táto metóda prakticky nevyužíva. [2, 5]

5.4 Alternatívne možnosti liečby VPMD

Jedná sa o liečebné metódy, s ktorými sa v bežnej oftalmologickej ambulancii nestretávame, sú menej populárne, alebo slúžia ako doplnok k stávajúcej liečbe. Tieto druhy terapií sú veľmi špecifické a prevádzajú ich výhradne špecialisti. Niektoré z nižšie spomenutých metód liečby sú stále v procese testovania a skúmania, ale je tu predpoklad na ich uplatnenie v budúcnosti. [37]

Liečba homeopatikami

Jednou z ciest, ako liečiť VPMD, je homeopatia. Tejto kúre sa venuje prestížny americký oftalmológ a priekopník v homeopatickej liečbe očných ochorení Dr. Edward Kondrot, ktorý využíva pri uzdravovaní svojich pacientov s VPMD tieto nižšie spomenuté preparáty. Viac informácií o oftalmologickej homeopatii sa nachádza v knihe 10 Essentials to Save Your SIGHT, ktorej autorom je Dr. Edward Kondrot.

Príklad homeopatických preparátov:

- Calc flourica 8X – pôsobí ako posilňovač tkanív.
- Calchosphorica 6X - prispieva k stavbe buniek.
- Kaliosphorica 6X - slúži na nervovú výživu.
- Natrum muriaticum 6X – účinkuje ako distribútor tekutín. Tento prípravok je užitočný v prípade vlhkej makulárnej degenerácie. [21]

Terapia kmeňovými bunkami

Výskum s kmeňovými bunkami, ktorý bol prevádzaný na slepých pokusných myšiach, potvrdzuje možnosť úspešnej liečby makulárnej degenerácie. Kmeňové bunky boli pri týchto pokusoch vpravované injekčne do zadného pólu oka a dokázali nahradiť zničené fotoreceptory sietnice. Vedci využili vyspelejší druh kmeňových buniek od tých, ktoré boli použité v predošlých neúspešných výskumoch. Tieto bunky dokážu vytvoriť nové fotoreceptory schopné spojenia s nervami, ktoré vedú do zrakového centra v mozgu. Tento druh terapie je nádejou pre pacientov nielen s makulárnou degeneráciou, ale aj pri liečbe iných očných ochorení, ktoré súvisia s poškodením svetlocitlivých buniek sietnice. Pri transplantácii kmeňových buniek sa používajú vlastné bunky pacienta, čo umožňuje kladnú imunologickú reakciu a prijatie transplantátu. [35]

Reoferéza

Reoferéza je ambulantná terapeutická metóda využívaná na liečenie porúch mikrocirkulácie krvi. Krv pacienta sa odstráni z žily v jednom ramene, prefiltruje sa a je navrátená do žily druhého ramena. Cieľom je odstrániť látky, ktoré môžu prispievať k progresii makulárnej degenerácie, vrátane lipidov a zápalových proteínov. Klinické štúdie preukázali, že 8 až 10 ošetrení po dobu 10 až 21 týždňov vedie k trvalému

zlepšení prirodzeného priebehu suchej formy makulárnej degenerácie. Táto terapia je využívaná pacientami, ktorí nemajú iné alternatívne terapeutické možnosti. [36, 37]

Akupunktúra

Akupunktúra, ktorá je súčasťou tradičnej čínskej medicíny, funguje na princípe umiestňovaní ihlíc na konkrétne miesta v snahe dosiahnuť pozitívne účinky. Akupunktúru vykonávajú niektorí lekári pri liečbe makulárnej degenerácie, s cieľom zlepšiť prietok krvi sietnicou. Úspešnosť tohto liečebného postupu bola vedecky skúmaná. Počas výskumu boli akupunktúrne ihly ponechané pacientom v určených bodoch po dobu 30 minút a stimulované technikou rýchleho vpichovania. Terapia prebiehala každé dva dni po dobu troch mesiacov. Priaznivý efekt na makulárnu oblasť sietnice bol zaznamenaný u 83 % skúmaných respondentov. [37, 40]

Mikroprúdová terapia

Je to druh terapie, ktorá napomáha spomaleniu progresie u vlhkej i suchej formy makulárnej degenerácie. Jedná sa o frekvenčne špecifickú stimuláciu elektrickou energiou, pomocou elektród umiestnených na zavretých viečkach. Táto metóda využíva dve programovateľné dvojkanálové mikroprúdové jednotky (teda dve hodnoty frekvencií) dodávajúce pulzný mikroprúd pri 150 uA počas 35 minút raz týždenne. Vybraté páry frekvencií boli zamerané na tkanivá, ktoré sú typicky postihnuté ochorením a kombinované s frekvenciami, ktoré sa zameriavajú na procesy ochorenia. [37, 39]

6 Ochranné prvky voči modrej zložke svetla

Moderná doba nám ponúka rôznorodé možnosti ako chrániť svoj zrak voči nepriaznivému modrému svetlu. Optický trh ponúka riešenie tohto problému vo forme špeciálnych okuliarových šošoviek, ktoré filtrujú túto zložku svetla. Medicína pokročila natoľko, že je možné mať tento typ ochrany priamo v oku a to v podobe vnútroočných šošoviek. Ďalším riešením sú aplikácie korešpondujúce s digitálnymi zariadeniami, ktoré majú za úlohu eliminovať modrú zložku svetla. [33, 46]

6.1 Žltá vnútroočná šošovka

S pribúdajúcim vekom sa šošovka postupne zakaluje a stáva sa viac žltkastou, a tak pôsobí ako prirodzený ochranný filter proti modrému svetlu. Ak sa pacient rozhodne pre operáciu katarakty, teda šedého zákalu, jeho pôvodná zakalená šošovka bude odstránená a nahradená umelou vnútroočnou šošovkou, čo dramaticky zvyšuje priepustnosť žiarenia. [33]

Umelé vnútroočné šošovky zvyčajne blokujú UV žiarenie, ale v dnešnej dobe sú populárne a často využívané takzvané žlté vnútroočné šošovky, ktoré filtrujú modrú zložku svetla. Tieto žlté šošovky boli vyvinuté pre zlepšenie citlivosti na kontrast, na ochranu sietnice pred poškodením spôsobeným svetlom s krátkou vlnovou dĺžkou a na zabránenie rozvoja vekom podmienenej makulárnej degenerácie. Tieto žlté vnútroočné šošovky boli prvýkrát vyvinuté a vyrobené spoločnosťou Hoya Healthcare Corporation v Japonsku. [32, 33]

Štúdie na zvieratách preukázali významne vyššiu pravdepodobnosť smrti buniek RPE pri ožarovaní viditeľným svetlom s krátkou vlnovou dĺžkou v porovnaní s bunkami chránenými filtermi proti modrému svetlu. Pokusné zvieratá boli vystavené xenónovému svetlu, pričom jedno oko zvieratá bolo chránené žltým filtrom a druhé oko UV filtrom. Pri výskumných meraniach došlo k výrazne vyššiemu poškodeniu buniek neuroretíny a funkcií RPE v očiach s ochranným UV filtrom ako u očí chránenými filtrom voči modrému svetlu. [33]

Podľa výsledku štúdie Cataract & Refr.Surgery; Sept 2006, bolo dokázané, že vnútroočné šošovky s filtrom voči modrému svetlu, takzvaným žltým filtrom, chránia špeciálne bunky oka A2E (ARPE-19) efektívnejšie ako číre šošovky. Počas tejto štúdie boli bunky oka vystavené svetelnému žiareniu po dobu 48 hodín. Následne bol

vyhodnotený účinok ochrany u oboch typov šošoviek. Percentuálny výsledok v počte ochránených buniek oka tvorí 72 % v prípade žltej šošovky a 58 % v prípade čirej šošovky bez filtra. [34]

6.2 Blue-blocker okuliare

Dnes sú bežne dostupné okuliarové šošovky s filtrom voči modrému svetlu, takzvaný blue-blocker filter, ktorý tlmí svetlo s krátkou vlnovou dĺžkou. Tento typ šošoviek sa odporúča pacientom s cieľom zmierniť únavu očí pri používaní digitálnych zariadení, zlepšiť kvalitu spánku a poskytnúť ochranu pred fototoxicitou sietnice. Šošovky sú potiahnuté alebo priamo obsahujú farbivá, ktoré selektívne absorbujú modro-fialovú zložku svetla. Do šošoviek je pridaný žltý chromofor, ktorý slúži na zníženie alebo úplné zamedzenie priechodu modrého svetla. Antireflexné interferenčné povlaky aplikované na predné aj zadné povrchy šošoviek, zabezpečujú selektívne zoslabenie modro-fialovej časti spektra svetla, v rozsahu 415 nm až 455 nm, zatiaľ čo šošovka zostáva priehľadná pre ďalšie vlnové dĺžky viditeľného svetla. [45]

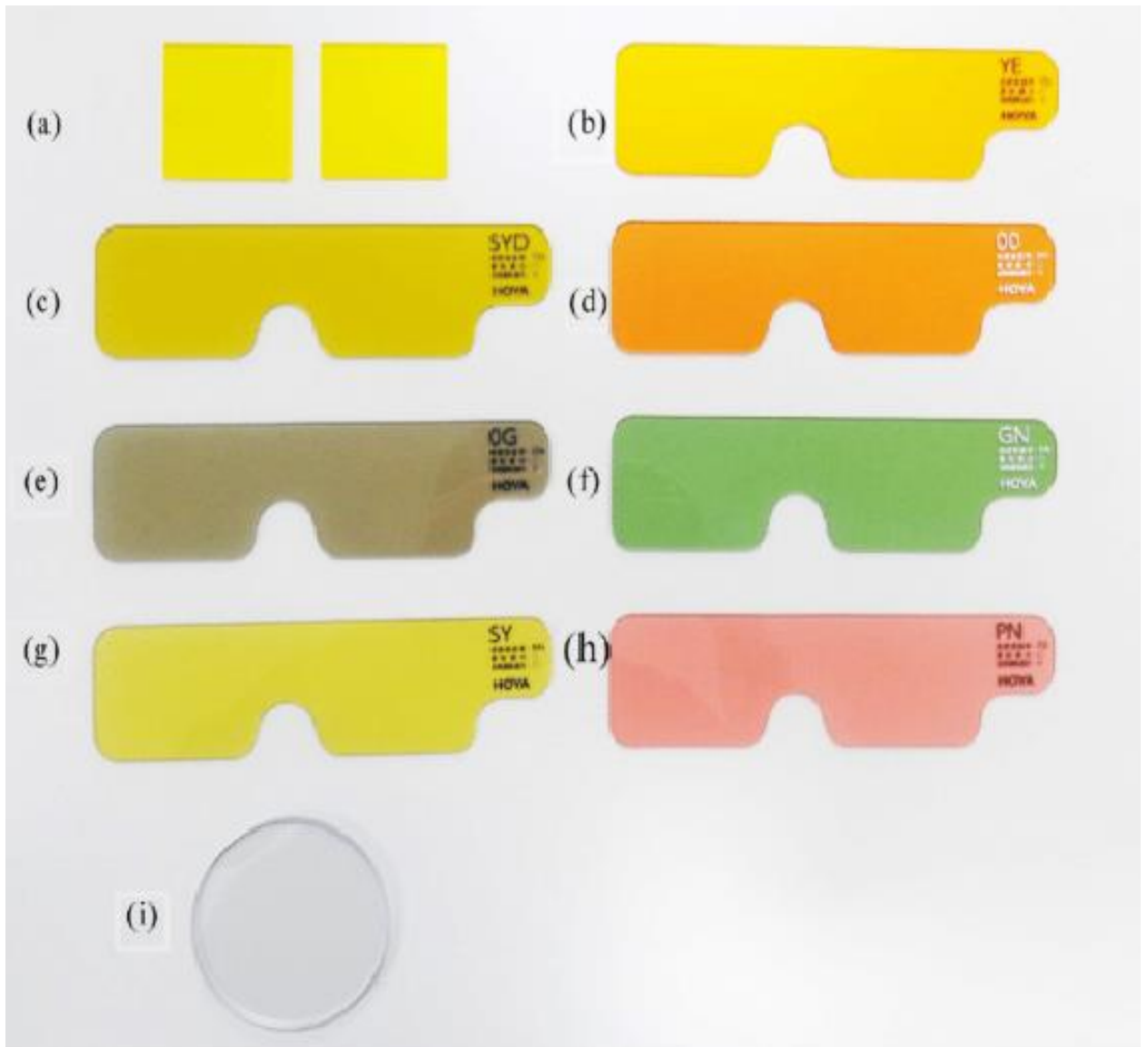
6.3 Ochranné zafarbené šošovky

Štúdie vyvodzujú záver, že farebne tónované šošovky poskytujú ochranu voči modrému svetlu. Zabraňujú cytotoxicite v RPE bunkách sietnice. Okuliarové šošovky ktoré boli testované pre poskytnutie ochrany voči modrému svetlu majú hnedý, sivý a modrý odtieň s rôznou úrovňou zafarbenia a s rôznou kapacitou filtrovania škodlivých vplyvov.

- Úroveň účinku, ktorý poskytujú šošovky s hnedým zafarbením je 6,9% ochrana pri 15% zafarbení šošovky a 49% ochranu pri 80% zafarbení.
- Šošovky v šedom prevedení sprostredkovávajú 43,4% ochranu pri 80% zafarbení šošovky.
- V prípade modro sfarbených šošoviek je ochranný účinok 20% pri úrovni 80% zafarbenia, pri zafarbení šošovky na 15 % a 50 % nebol preukázaný žiadny ochranný účinok. [31]

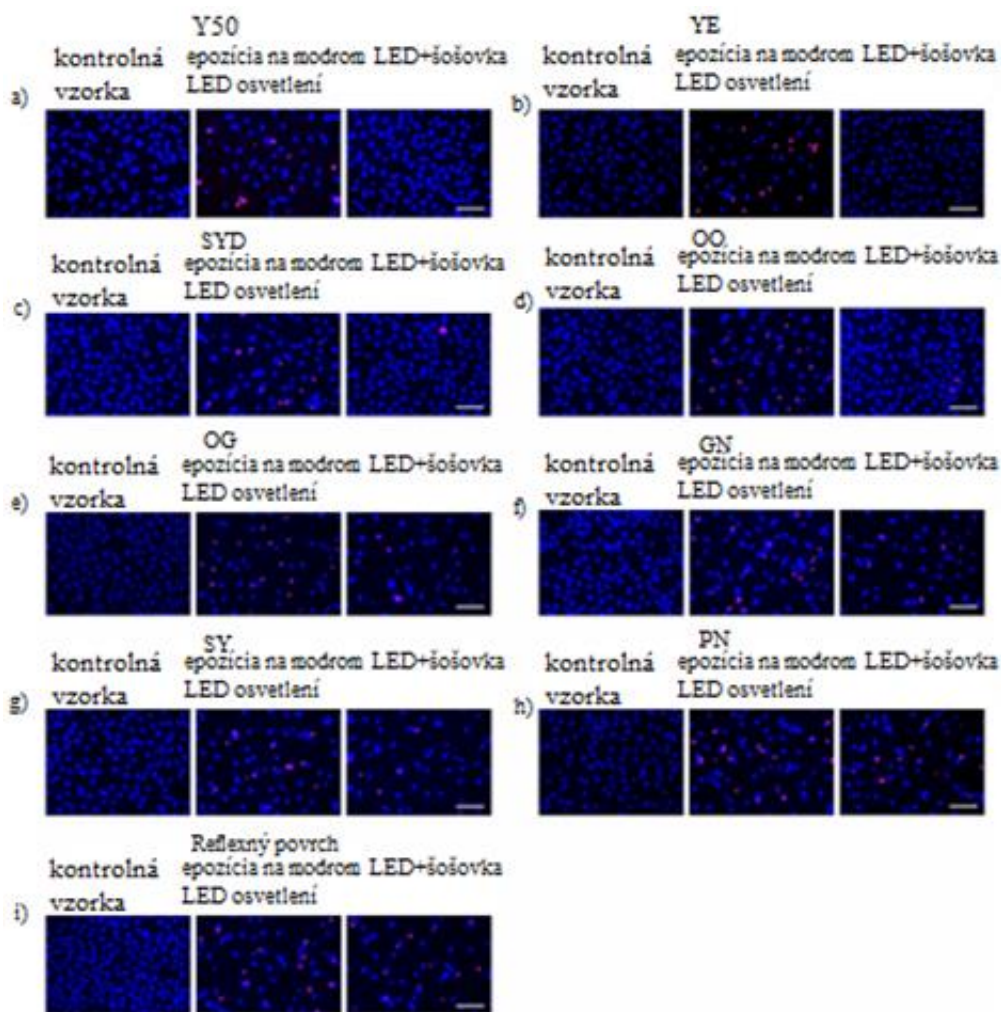
Jedným z cieľov výskumov v tejto problematike bolo hodnotenie životaschopnosti buniek sietnice po expozícií modrému svetlu z LED žiaroviek. Vzorky týchto kontrolných buniek sa porovnávali so vzorkou buniek ožarovanou LED žiarovku a vzorkou ožarovanou LED žiarovkou za aplikácie ochranného filtra a šošoviek. Počas

testovania boli využívané rôzne druhy a farebnosť šošoviek, ktoré majú svoje špecifické označenie a môžeme ich vidieť na Obr.7. Farebné šošovky zamedzujú bunkovej smrti potlačením oxidačného stresu sietnice. [44]



Obr. 7 - farebné filtre a šošovky použité v štúdiu : a) filter Y50, b) YE šošovka, c) SYD šošovka, d) OO šošovka, e) OG šošovka , f) GN šošovka, g) SY šošovka, h) PN šošovka a i) je šošovka s vrstvou antireflexnej povrchovej úpravy. [44]

Vyhodnotenie prebehlo na základe fluorescenčných mikroskopických snímok za použitia modrého a červeného farbiva. Živé bunky boli zafarbené pomocou modrého farbiva, odumreté bunky červeným farbivom. Výsledky testov sú zobrazené na Obr.8 [44]



Obr. 8 - Na obrázkoch je znázornená kontrolná vzorka buniek bez ožiarenia, vzorka po ožiarení modrou LED žiarovkou bez ochranného filtra a vzorka chránená farebnými šošovkami pri vystavení buniek modrej zložke LED žiarovky. [44 – upravené]

Šošovky s označením Y50, YE, SYD, OO, OG, GN, SY a PN zabezpečili znížený počet odumretých buniek. Konkrétne filter Y50 má najvyššiu absorpčnú kapacitu modrého svetla spomedzi všetkých testovaných farebných šošoviek. Antireflexná povrchová úprava nezabezpečila dostatočnú ochranu buniek voči modrému svetlu. [44]

Ďalšie štúdie potvrdzujú fototoxický účinok a zvýšený oxidačný stres po pôsobení modrej zložky svetla na sietnici, no postihnutá býva aj povrchová štruktúra oka rohovka. Počet životaschopných buniek rohovky sa po ožiarení modrým svetlom znižuje približne o 50 % v porovnaní s bunkami bez ožiarenia. Počas štúdie boli použité tri druhy ochranných odtieňov. Kontrolný odtieň umožnil priechod takmer všetkých

optických vlnových dĺžok svetla. Fialový odtieň (violet-blocking shade) zabezpečuje úplnú blokáciu UV žiarenia a čiastočne blokuje viditeľné svetlo v rozpätí 400 nm až 450 nm. Modrý odtieň (The blue-plus-blocking shade) úplne blokuje UV žiarenie a blokuje viditeľné svetlo okolo 400 nm až 450 nm efektívnejšie ako fialový blokovací odtieň. Výsledky pokusu vykazovali významný ochranný účinok na počet životaschopných buniek na povrchu oka. Výsledky testovania sú zhodné aj so štúdiami vykonávanými na bunkách sietnice. [41]

6.4 Aplikácie digitálnych zariadení s filtrom modrého svetla

Jedná sa o aplikácie, ktoré prispôsobujú jas monitora digitálneho zariadenia. Slúžia hlavne na elimináciu modrého svetla vyžarovaného týmito zariadeniami. Tým zabezpečujú očiam pohodu a zároveň ochranu pred negatívnym vplyvom tohto typu svetla. [46]

F.lux

Je to jedna z najpopulárnejších aplikácií s účelom zníženia expozície modrému svetlu a je dostupná k inštalácii do digitálneho zariadenia zadarmo. Táto aplikácia je navrhnutá tak, aby vyhodnotila množstvo svetla podľa denného času, berúc do úvahy geografickú polohu, deň v roku a dennú dobu. Na základe týchto informácií aplikácia reguluje odtieň obrazovky, obrazovka dostáva teplejší mierne jantárovo sfarbený odtieň, ktorý minimalizuje modré svetlo. [46]

Redshift

Je ďalšia populárna aplikácia na zníženie vyžarovania modrého svetla, ktorá upravuje farbu obrazovky podľa polohy slnka v mieste, kde sa nachádzate. V skorých ranných hodinách sa obrazovka sama postupne transformuje z nočného na denný režim zafarbenia, aby mali oči dostatok času prispôbiť sa. V nočných hodinách sa farba znova pomaly upraví tak, aby zodpovedala svetlu z lúčov a iného umelého osvetlenia v miestnosti, v ktorej sa nachádzate. [46]

Iris

Jedná sa o multiplatformovú aplikáciu, ktorá je schopná rozoznať dennú dobu a podľa toho upravuje farbu obrazovky tak, aby eliminovala modré svetlo. Nástroj má

širokú škálu prispôsobiteľných možností, ako sú teplota farieb, jas, manuálne aj automatické nastavenia a mnoho ďalšieho. [46]

Night Shift

Nejedná sa o aplikáciu, ktorú si môžete stiahnuť, ale je to funkcia priamo v digitálnom zariadení typu iOS. Okrem naplánovania konkrétneho času zapnutia funkcie, umožňuje upraviť aj teplotu odtieňa obrazovky a úroveň jas. [46]

Záver

Zámerom práce bolo poukázať na závažnosť makulárnej degenerácie a vysvetliť fakty o vplyve modrého svetla na vývoj tohto ochorenia. Snahou tejto práce je taktiež dostať túto problematiku do povedomia širšej verejnosti a oboznámiť čo najväčší počet čitateľov s príznakmi choroby a tým, ako je možné jej predchádzať.

V prvej kapitole sa môže čitateľ oboznámiť so sietnicou. Aká je jej štruktúra a úloha vo fyziológii videnia.

V kapitole číslo dva je popísané modré svetlo a jeho účinky na ľudský organizmus. Čitateľ sa v nasledujúcich dvoch podkapitolách dozvie viac o viditeľnom svetle a špecifikách modrej zložky svetla. Zvyšné dve podkapitoly sa zameriavajú na pozitívny vplyv modrej zložky svetla na náš organizmus a jeho súvislosť s biologickými hodinami.

Tretia kapitola je venovaná makulárnej degenerácii a obsahuje podkapitolu, ktorá rozoberá dve formy tohto ochorenia. V ďalšej podkapitole s názvom Prejavy VPMD v živote pacienta sa čitateľ dozvedá o úskaliach v živote osoby, ktorá je postihnutá makulárnou degeneráciou. Nasledujúce dve podkapitoly sú venované symptómom a diagnostike makulárnej degenerácie a popisujú zmeny videnia, metódy a prístroje, ktoré sú schopné odhaliť patológie na sietnici.

Kapitola štvrtá, pojednáva o faktoroch vplývajúcich na vznik makulárnej degenerácie. Táto časť obsahuje podkapitolu poukazujúcu na vplyv genetiky, veku, rasy a pohlavia pri rozvoji makulárnej degenerácie. Témou nasledujúcej podkapitoly je vplyv fajčenia cigariet, životosprávy, cievnych a metabolických ochorení i vplyv oxidačného stresu v otázke progresie ochorenia. Posledné dve podkapitoly popisujú nežiadúci vplyv modrého svetla a slnečného svetla na VPMD, kde sú zahrnuté výsledky štúdií o škodlivosti modrej zložky svetla .

Kapitola číslo päť je zameraná na prevenciu i terapiu VPMD a pozostáva z niekoľkých podkapitol. Prvá podkapitola je venovaná liečebným účinkom stravy a vyzdvihuje dôležitosť konkrétnych potravín, ktoré sú nápomocné pri ochrane nášho zraku. Ďalšie dve podkapitoly prezentujú najvyužívanejšie metódy v liečbe suchej a vlhkej formy VPMD. Jedná sa o farmakologickú liečbu, alebo terapiu laserom. Štvrtá

podkapitola poukazuje na alternatívne možnosti liečby tohto ochorenia, ktoré sú pomerne nové, alebo menej využívané v bežnej praxi.

Záverečná šiesta kapitola zoznamuje čitateľa s ochrannými prvkami voči modrej zložke svetla. Táto kapitola sa člení na štyri podkapitoly venujúce sa jednotlivo témam, ku ktorým patria vnútročné šošovky, okuliarové šošovky, filtre a aplikácie v digitálnych zariadeniach, ktoré slúžia k eliminácii škodlivej zložky modrého svetla.

Vyhotovenie tejto práce bolo pre mňa veľkým vedomostným prínosom. Verím, že tieto nahromadené poznatky využijem najmä v pracovnej oblasti, ale aj v praktickom živote, keďže sa toto ochorenie vyskytuje v mojej rodinnej anamnéze.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] What is Macular Degeneration? - AMDF. *American Macular Degeneration Foundation* [online]. [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: <https://www.macular.org/what-macular-degeneration>
- [2] ŠTROFOKOVÁ, H., Sedláček, K., Jarošová, A., & Dubská, Z. (2013). Věkem podmíněná makulární degenerace. *Klin Farmakol Farm*, 27(2), 68-74
- [3] KOLÁŘ, Petr, et al. *Věkem podmíněná makulární degenerace*. Grada Publishing as, 2008.
- [4] FIŠER, I., VĚKEM PODMÍNĚNÁ MAKULÁRNÍ DEGENERACE, ČES GER REV 2010; 8(1-2): 33-39
- [5] DUBSKÁ, Zora. Problematika věkem podmíněné makulární degenerace a současné možnosti její léčby se zaměřením na biologickou terapii. *Klinická farmakologie a farmacie*, 2009, 23.3: 125-137.
- [6] FIALOVÁ, Silvia. Degenerácia makuly – prírodná liečba a prevencia. *Praktické lekárnictvo*. 2012, 2(3), 108-111.
- [7] KORDA, Vladimír a Jiří SPÍŠEK. Věkem podmíněná makulární degenerace sítnice (VPMD) Vliv Avilutu tbl. na změny tloušťky makuly sítnice, na změny vizu. *Medicína pro praxi*. 2010, 7(11), 432-436.
- [8] GIANCINTOV, P. a A. GIANCINTOV. Suchá forma věkem podmíněné makulární degenerace a doplňky stravy, využití mikroperimetrie. *Praktický lékař*. 2018, 98(5), 203-208.
- [9] KOLÁŘ, P. Věkem podmíněná makulární degenerace. *Časopis lékařů českých*. 2005, 144(8), 516-520.
- [10] LIM, Laurence S., et al. Age-related macular degeneration. *The Lancet*, 2012, 379.9827: 1728-1738. [cit. 2020-01-3]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673612602827?casa_token=uoJCLb3jq44AAAAA:p5dUu9cpcCZJHKU5tnW4IGUHKNDaxZMY-A_-oI0qbJT2hPebAXr-noVqEA2Up0g4BdP1fQ1cA4-
- [11] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, c2006. ISBN 8072624040.

- [12] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-
- [13] PLUHÁČEK, F. *Štruktúra sietnice – výukové materiály k predmetu Fyziologická optika*, Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2017.
- [14] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024750798.
- [15] FREŠOVÁ, V. *Fotoreceptory sietnice – výukové materiály k predmetu Náuka o zraku*, Stredná zdravotnícka škola, Záhradnícka 44, Bratislava, 2013/2014.
- [16] JEWELL, Tim. Is Tetrachromacy Real? Definition, Causes, Test, and More. *Healthline* [online]. 24.10.2018. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/tetrachromacy>
- [17] ČERNÁK, Andrej, Branislav TRNAVEC, Jana NEKORANCOVÁ a Lucia ŠTÚROVÁ. Choroby oka a staroba. *Via practica*. 10(3-4), 127-130.
- [18] HARVARD HEALTH PUBLISHING. Macular degeneration. *Harvard Health* [online]. April 2015. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.health.harvard.edu/vision/macular-degeneration2>
- [19] KOLÁŘ, Petr. Epidemiologie věkem podmíněné makulární degenerace. *Česká a Slovenská oftalmologie*, 2010, 3.
- [20] PAPADOPOULOS, Zois. Aflibercept: A review of its effect on the treatment of exudative age-related macular degeneration. *European journal of ophthalmology*, 2019, 29.4: 368-378.
- [21] KONDROT, Edward. The Homeopathic Treatment of Macular Degeneration - Edward Kondrot. *Hpathy.com* [online]. 5.12.2012. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://hpathy.com/homeopathy-papers/the-homeopathic-treatment-of-macular-degeneration/>
- [22] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 4., upr. vyd. Praha: Prometheus, 2005. ISBN 978-80-7196-307-3.
- [23] KIRK, Smick. VILLETTE, Thierry. BOULTON, Michael E. BRAINARD George C. JONES, William. KARPECKI, Paul. MELTON, Ron. THOMAS, Randal. UV and

Blue-Violet Light, ocular risks and prevention. Points de Vue – International Review of Ophthalmic Optics. Special edition – Collection of articles from 2011 to 2015 [online]. © 2013 Essilor of America. [cit. 2020-4-25]. Dostupné z:

<http://www.pointsdevue.com/sites/default/files/uv-bluelight-e-book.pdf>

[24] HÖFEROVÁ, Tereza. BLUE LIGHT and its influence on our eye and body.

FACULTY OF BIOMEDICAL ENGINEERING, CZECH TECHNICAL

UNIVERSITY IN PRAGUE [online]. 2017.[cit. 2020-04-26]. Dostupné z:

https://www.ttk.ee/sites/tkk.ee/files/10.%20Tereza%20H%C3%B6ferov%C3%A1_ettek%20anne.pdf

[25] O'HAGAN, J. B.; KHAZOVA, M.; PRICE, L. L. A. Low-energy light bulbs,

computers, tablets and the blue light hazard. *Eye*, 2016, 30.2: 230-233. [cit. 2020-03-3].

Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/eye2015261>

[26] TOSINI, Gianluca; FERGUSON, Ian; TSUBOTA, Kazuo. Effects of blue light on

the circadian system and eye physiology. *Molecular vision*, 2016, 22: 61. [cit. 2020-03-

3]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4734149/>

[27] ŠMOTEK, Michal, Jana KOPŘIVOVÁ a Peter ŠÓŠ. Vliv modrého světla na

cirkadiánní systém, spánek a kognitivní výkonnost. *Psychiatrie*. 2016, 20(1), 6.

[28] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr, ed. *Fyzika*.

2., přeprac. vyd. Přeložil Miroslav ČERNÝ. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady

vysokoškolských učebnic. ISBN isbn9788021441231

[29] GOMES, Cristina Caramelo; PRETO, Sandra. Blue light: A blessing or a

curse?. *Procedia Manufacturing*, 2015, 3: 4472-4479. [cit. 2020-03-5]. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915004606>

[30] SHANG, Yu-Man, et al. White light-emitting diodes (LEDs) at domestic lighting

levels and retinal injury in a rat model. *Environmental health perspectives*, 2014, 122.3:

269-276. [cit. 2020-03-4]. Dostupné z:

<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.1307294>

[31] PARK, Sang-il; JANG, Young Pyo. The protective effect of brown-, gray-, and

blue-tinted lenses against blue led light-induced cell death in A2E-laden human retinal

pigment epithelial cells. *Ophthalmic research*, 2017, 57.2: 118-124. [cit. 2020-03-26].
Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/Abstract/452174#>

[32] ZAMBROWSKI, Olivia, et al. Sleep and mood changes in advanced age after blue-blocking (yellow) intra ocular lens (IOLs) implantation during cataract surgical treatment: a randomized controlled trial. *Aging & mental health*, 2018, 22.10: 1351-1356. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13607863.2017.1348482>

[33] WENZL, Elfriede; WIRTITSCH, Matthias G.; ARDJOMAND, Navid. Yellow Intraocular Lenses–To Block or Not to Block. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z:
<https://pdfs.semanticscholar.org/4f3d/bd4f64b4e3263b23c9c8f60593105d384e0d.pdf>

[34] CHLÁDKOVÁ, Miroslava. Medicontur CZ s.r.o.: Vision on experience. Brno, 2017.

[35] MURNAGHAN, Ian. Stem Cells to Treat Blindness. Stem Cells to Treat Blindness [online]. 24. April 2020. [cit. 2020-04-2]. Dostupné z:
<http://www.explorestemcells.co.uk/stem-cells-treat-blindness.html>

[36] KLINGEL, R. G., et al. Rheopheresis for Dry Age–Related Macular Degeneration (AMD)–RheoNet–Registry Update 2005/06. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2006, 47.13: 2179-2179. [cit. 2020-04-3]. Dostupné z:
<https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2392036>

[37] DUNAIEF, Joshua and SCHEIE EYE INSTITUTE. Alternative Medicine for Macular Degeneration: Does it Work? *BrightFocus Foundation* [online]. 3 December 2019. [cit. 2020-05-1]. Dostupné z:
<https://www.brightfocus.org/macular/article/alternative-medicine-macular-does-it-work>

[38] CHEW, Emily Y., et al. The Age-Related Eye Disease Study 2 (AREDS2): study design and baseline characteristics (AREDS2 report number 1). *Ophthalmology*, 2012, 119.11: 2282-2289. [cit. 2020-05-2]. Dostupné z :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0161642012004538>

[39] CHAIKIN, Laurie, et al. Microcurrent stimulation in the treatment of dry and wet macular degeneration. *Clinical ophthalmology (Auckland, NZ)*, 2015, 9: 2345. [cit. 2020-05-3]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4689270/>

- [40] LI, Guimin; SHAO, Yuhong; YIN, Jianquan. Early age-related macular degeneration treated with emayaoling acupuncture technique: a randomized controlled trial. *Zhongguo zhen jiu= Chinese acupuncture & moxibustion*, 2017, 37.12: 1294-1298. [cit. 2020-05-3]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/29354994>
- [41] NIWANO, Yoshimi, et al. Protective effects of blue light-blocking shades on phototoxicity in human ocular surface cells. *BMJ open ophthalmology*, 2019, 4.1: e000217. [cit. 2020-05-7]. Dostupné z: <https://bmjophth.bmj.com/content/4/1/e000217.abstract>
- [42] WU, Man-Ru, et al. Novel protective effects of Cistanche tubulosa extract against low-luminance blue light-induced degenerative retinopathy. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 2018, 51.1: 63-79. [cit. 2020-05-7]. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/Abstract/495162>
- [43] ZHOU, Hongjie, et al. Association between sunlight exposure and risk of age-related macular degeneration: a meta-analysis. *BMC ophthalmology*, 2018, 18.1: 331. [cit. 2020-05-8]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12886-018-1004-y>
- [44] HIROMOTO, Kaho, et al. Colored lenses suppress blue light-emitting diode light-induced damage in photoreceptor-derived cells. *Journal of Biomedical Optics*, 2016, 21.3: 035004. [cit. 2020-05-8]. Dostupné z: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Biomedical-Optics/volume-21/issue-3/035004/Colored-lenses-suppress-blue-light-emitting-diode-light-induced-damage/10.1117/1.JBO.21.3.035004.full?SSO=1>
- [45] LAWRENSON, John G.; HULL, Christopher C.; DOWNIE, Laura E. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the literature. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2017, 37.6: 644-654. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/opo.12406>
- [46] MOREAU, Elise. Try These 6 Apps That Reduce Blue Light to Protect Your Eyes. *Lifewire* [online]. 9 November 2019. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/reduce-eye-strain-with-blue-light-filter-apps-4134615>

[47] Research into the Genetics of Macular Degeneration. *AMDF - Saving Sight Through Research and Education* [online]. [cit. 2020-03-2]. Dostupné z: <https://www.macular.org/feature/research-code-breaker>