

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

OCHRANA ZRAKU PŘED UV ZÁŘENÍM

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Simona Slouková

Obor 534R008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2020/2021

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, DiS., Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lenky Musilové, DiS., Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 8. 5. 2021

.....

Simona Slouková

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Lence Musilové, DiS., Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za cenné rady a čas, který mi při psaní mé práce a konzultacích poskytla.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2020_008 a IGA_PrF_2021_012.

Obsah

Úvod.....	5
1 Elektromagnetické záření	6
1.1 Rádiové vlny a mikrovlny.....	7
1.2 Infračervené záření	7
1.3 Viditelné záření.....	7
1.4 Ultrafialové záření	8
1.5 Rentgenové a gama záření	9
2 Nežádoucí účinky UV záření na lidský organismus.....	10
2.1 Poškození pokožky UV zářením.....	10
2.2 Poškození zrakového aparátu UV zářením.....	12
2.2.1 Rohovka.....	12
2.2.1.1 Pterygium.....	13
2.2.1.2 Klimatická kapénková keratopatie.....	14
2.2.1.3 Fotokeratitida (Sněžná slepota)	16
2.2.2 Čočka	16
2.2.2.1 Radiační katarakta.....	16
2.2.3 Sítnice	18
2.2.3.1 Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD).....	18
3 Ochrana zraku před UV zářením	21
3.1 Sluneční brýle	21
3.2 Brýlové čočky	25
3.2.1 Speciální povrchové úpravy.....	26
3.3 Kontaktní čočky.....	33
3.4 Umělé nitrooční čočky.....	36
Závěr	40
Přehled použité literatury.....	41

Úvod

Ultrafialové záření se vyskytuje všude kolem nás. Při vyšší a dlouhodobé expozici může ultrafialové záření zanechat na organismu a očním aparátu různá poškození. Na kůži se v lehčích případech objeví jako spálení, ale může progredovat až na rakovinu kůže, která může být až smrtelná. Oko je také často vystavené UV záření a může poškodit oční struktury (rohovku, čočku, sítnici) které jsou důležité pro správné vnímání obrazu. Proto je důležité používat ochranné krémy, pokrývku hlavy, vhodný oděv, sluneční brýle a vyhýbat se přímým slunečním paprskům.

Tato práce se zaměřuje na ochranu zraku před UV zářením. V úvodní části je stručně popsáno elektromagnetické záření a jeho dělení. Jednotlivá spektra jsou teoreticky popsána, ale větší pozornost byla věnována UV a viditelnému záření.

Další kapitola se věnuje nežádoucím účinkům UV záření na lidský organismus. Následuje podrobnější popis poškození pokožky UV zářením, které se projevuje spálením, stárnutí kůže nebo rakovinou kůže. Důležitá je také připomínka prevence, jak se chránit slunečnímu záření, jaké jsou vhodné opalovací krémy nebo ochranné oděvy. Dále je popsána problematika vlivu UV záření na oko, a jakým způsobem se projevuje na očních strukturách. Krátký popis anatomie rohovky, čočky i sítnice a následný popis jednotlivých poškození.

Poslední kapitola je věnována ochraně zraku před UV zářením, která je pro tuto práci stěžejní. K ochraně zraku slouží kontaktní čočky, sluneční brýle, brýlové čočky i umělé nitrooční čočky. Firma Johnson&Johnson uvedla na trh nové kontaktní čočky s fotochromní úpravou, jejíž princip a výhody jsou popsány. Sluneční brýle jako ochranná pomůcka jsou samozřejmostí. Dále jsou uvedeny brýlové čočky, jejich fotochromní vlastnosti, princip nanášení vrstvy a následná reakce na UV záření. Povrchové úpravy např. barvení, UV filtr nebo polarizace jsou taktéž zmíněny. Uvedena je také problematika čelního skla automobilu a fotochromní úpravy. UV záření je jednou z příčin vzniku katarakty. Původní čočka se nahrazuje umělou, která je schopná blokovat nežádoucí UV paprsky.

1 Elektromagnetické záření

První zmínky o existenci elektromagnetického pole datujeme od poloviny 19. století. Mezi objevitele a průkopníka řadíme M. Faradaye, který myšlenku spojení elektřiny a magnetismu uvedl v život již v roce 1831. O pár let později se skotský fyzik James Clerk Maxwell zajímal o tuto teorii a potvrdil, že světelný paprsek je tvořen elektrickým a magnetickým polem (elektromagnetická vlna). Světlo je tedy součástí elektromagnetismu. Maxwell vypočetl rychlost šíření elektromagnetických vln ve vakuu, která se rovnala rychlosti světla. Také dospěl k závěru, že světlo je elektromagnetická vlna, kterou lze detekovat okem. Nejen výpočet, ale také elektromagnetické pole potvrdil v roce 1887 svým experimentem německý fyzik Heinrich Hertz. Mimo jiné během svého pokusu objevil existenci rádiových vln. Doposud bylo známé jen infračervené, viditelné a ultrafialové záření. V celém elektromagnetickém spektru se elektromagnetické vlny šíří rychlostí $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Obecně pro elektromagnetické vlny platí, čím kratší je vlnová délka, tím větší má energii a hrozí větší riziko poškození očí a kůže. [1, 34]

Tabulka 1 – Rozdělení frekvence a vlnové délky, pro jednotlivé části záření. [1]

	Frekvence [Hz]	Vlnová délka [m]
Rádiové záření	10^4 až 10^{11}	10^5 až 10^{-3}
Mikrovlny	10^9 až 10^{11}	10^{-1} až 10^{-3}
Infračervené záření	10^{11} až 10^{14}	10^{-3} až 10^{-6}
Viditelné záření	10^{14}	760 až 390 nm
Ultrafialové záření	10^{15} až 10^{17}	390 až 10 nm
Rentgenové záření	10^{17} až 10^{20}	10^{-9} až 10^{-12}
Gama záření	10^{20} až 10^{24}	10^{-12} až 10^{-16}

1.1 Rádiové vlny a mikrovlny

Rádiové vlny se nejvíce využívají jako nosič zvukových informací. Vlnová délka se pohybuje v rozmezí od 10^5 po 10^{-3} m. Obsahuje jakékoliv elektromagnetické vlny, které jsou produkovány ve vodičích a obvodech. Amplitudová modulace je jednou z částí rádiových vln a slouží k přenosu komerčních rádiových signálů. Je schopna přenášet dlouhé, střední a krátké vlny a televizní signály. Frekvenční modulace slouží také ke komerčnímu radiovému přenosu.

Vysokofrekvenční elektromagnetické vlny vytvořené proudy v makroskopických obvodech a zařízení se nazývají mikrovlny. Jejich specifickou vlastností je vysoká frekvence, ale krátká vlnová délka od 10^{-1} do 10^{-3} m. Nejen že mikrovlny nalezneme v mikrovlnných troubách, ale mají využití i pro přenos informací satelitem, radarem nebo mobilním telefonem. [1]

1.2 Infračervené záření

Z anglického infrared radiation (IR) se nachází na rozhraní mikrovlny a viditelného světla. Tedy s vlnovou délkou od 10^{-3} do 760 nm. Oblast infračerveného záření je produkováno tepelným pohybem, vibracemi, rotací atomů a molekul. K produkci záření dochází i elektronickým přechodem v atomech a molekulách. [1]

1.3 Viditelné záření

Paprsky viditelného světla jsou produkovány stejně jako IR. Tedy vibracemi, rotací, ale také elektronickými přechody uvnitř atomů a molekul. Pro viditelné záření je charakteristická vlnová délka v rozmezí od 760 nm do 390 nm. V krátkovlnné oblasti 390 - 500 nm, se nachází modré světlo, které nese nejvyšší množství energie z viditelného záření. Modré světlo může mít nepříznivý vliv mimo jiné na sítnici, proto je nezbytné chránit zrak před těmito paprsky. Paprsky jsou vyzařovány v přirozené nebo umělé formě. Přirozené modré světlo poskytuje slunce, za umělé zdroje lze považovat LED žárovky,

digitální obrazovky nebo zářivky. Dlouhodobé vystavení umělým zdrojům, může mít za následky poškození zraku i celého organismu. Modré světlo má taktéž pozitivní dopad na zrak a organismus. Denní expozice ovlivňuje cirkadiánní (spánkové) rytmy a sekreci melatoninu. [1, 23]

1.4 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (UV) má kratší vlnovou délku než viditelné světlo. Vlnová délka tohoto záření je od 390 nm do 10 nm. Ultrafialové záření vzniká deexcitací atomů, které jsou součástí plynu nebo pevné látky. Při deexcitaci dochází u atomu k přechodu z vyššího kvantového stavu na nižší a přemění se na foton. Foton má vysoký podíl energie, který způsobí ionizaci atomů a molekul. Sluneční UV záření se dále dělí do tří oblastí. První oblast se nazývá UV-A (320 – 390 nm), která má nejdelší vlnovou délku a nejmenší energii. Druhá oblast UV-B (290 - 320 nm) má střední vlnovou délku a současně energii. Třetí oblast UV-C má nejkratší vlnovou délku a nejvyšší energii. Obecně se udávají hodnoty pod 290 nm do 10 nm. Přírodním zdrojem UV záření je sluneční světlo. Mezi umělé zdroje se řadí solária, svářecí oblouky, blesky nebo halogenové stolní lampy.

Síla UV záření je ovlivněna nejen ozonovou vrstvou, ale také výškou slunce, denní dobou, mraky a opary, zeměpisnou šířkou a podnebím. Mezi nejdůležitější faktor patří čas a výška slunce. Když slunce zapadá a vychází, klesá zároveň jeho UV intenzita na všech vlnových délkách. Naopak nejsilnější intenzita bývá v poledne, kdy se slunce dostane do nejvyšší polohy. V zimě je potřeba používat více slunečních brýlí a ochranných krémů, protože bílý sníh odráží až 90 % paprsků. V letním období je odraz nižší. V případě zelené trávy se jedná pouze o 24 % odrazu a asfalt odráží 10 % paprsků. Příznivý vliv na snížení UV záření mají mraky, které utlumí záření až o 30 %. Klade se důraz na jejich množství mraků, tloušťku, vzájemnou polohu mraku a slunce, typ nebo jejich vrstvu. [1, 11]

- **UV-A**

Paprsky UV-A nejsou zcela pohlcené atmosférou. Důvodem částečného pohlcení je jejich delší vlnová délka, kdy zbylá část paprsků prochází dál na povrch země. Ozonová

vrstva pohlcuje asi 30 % těchto paprsků. Zbylé paprsky jsou důležité pro rostliny, zvířata a celou populaci. Pro bezobratlé, ryby, ptáky a některé savce jsou paprsky UV-A vhodné ke změně barevného vnímání. V dostatečné míře má záření pozitivní vliv na lidskou pokožku. Ale při opakovaném vystavení pokožky na slunci, často dochází ke stárnutí a vráscení pokožky. Proto je vhodné používat ochranné krémy, pokrývku hlavy či sluneční brýle. [1, 2]

- **UV-B a UV-C**

Sluneční záření kategorie UV-B a UV-C je absorbováno v horní části atmosféry. Ozonová vrstva zcela pohltí veškeré UV-C paprsky, protože obsahují fotony s nejvyšší energií. Paprsky UV-B o vlnové délce 290 – 300 nm, jsou taktéž pohlceny ozonovou vrstvou. Zbylé paprsky o delší vlnové délce a malé energii pronikají na zemi. Až u 20 % dospělé populace dochází vlivem UV-B paprskům k rakovině kůže. Pokud je rakovina včas zachycena, léčba bývá úspěšná. UV záření obecně poškozuje kolagenová vlákna, což může vést k rychlému opálení a spálení kůže. Paprsky o vlnové délce kratší než 300 nm, mají pozitivní vliv na kůži, tvorbou vitamínu D. Při opakovaném a dlouhodobém pobytu na slunci, může docházet ke vzniku katarakty. [1]



Obrázek 1 – Spektrum elektromagnetického záření a rozdělení UV záření; upraveno [2]

1.5 Rentgenové a gama záření

V polovině 19. století bylo objeveno záření o vlnové délce v rozmezí od 10^{-9} m do 10^{-12} m. Pro rentgenové záření je charakteristická nejen krátká vlnová délka, ale také vysoká energie, která se nejvíc uplatňuje v medicíně. Využívá se převážně v radiologii, k léčbě rakoviny nebo při letištních kontrolách jako sken zavazadel.

Pro gama záření je charakteristická vlnová délka menší než 10^{-12} m, přičemž gama paprsky navazují na rentgenové. Při vyšších frekvencích pronikají hlouběji a působí škodlivěji na živý organismus. [1]

2 Nežádoucí účinky UV záření na lidský organismus

Sluneční záření se skládá z ultrafialového záření (100 – 390 nm), viditelného světla (390 – 760 nm) a infračerveného záření (760 nm – 10^3 m). V rozsahu těchto vlnových délek nalezneme zdroj světla, tepla a energie, které jsou potřebné pro správný vývoj života. Kromě pozitivních dopadů na život, má sluneční záření škodlivý dopad na buněčnou strukturu, interferenci s biologickými procesy a DNA. UV záření nejvíce ovlivňuje DNA, která je nosičem genetické informace.

Záření o delší vlnové délce nepoškozuje organismus a oční struktury přímo, ale formou oxidačního stresu. Oxidační stres poškozuje tkáně, v důsledku aktivace volných radikálů. V organismu působí volné radikály v kombinaci s kyslíkem a vznikají působením záření UV-A v rozmezí 320 – 390 nm. Aby došlo k porušení, musí být přerušen rovnovážný stav mezi antioxidanty a oxidanty. Antioxidanty patří k přirozeným mechanismům, které zabraňují oxidačnímu stresu. Ty lze tělu dodávat ve formě vitamínů C, A, E a β – karotenu. Zatímco záření o krátké vlnové délce je přímo absorbováno v molekulách DNA a narušuje jejich základní stavbu. Porucha se projevuje špatnou čitelností DNA kódu, v důsledku změny tvaru a vláken šroubovice. Dochází ke vzniku vadných proteinů nebo k apoptóze buněk. Uvádí se tři mechanismy, které pomáhají zmírnit, či dokonce odstranit možné poškození UV zářením. Prvním mechanismem je odolnost DNA proti poškození UV paprsky, poté mechanismus k opravě poškozené DNA a v neposlední řadě apoptóza. [3, 44]

2.1 Poškození pokožky UV zářením

Ultrafialové záření může způsobit spálení pokožky, předčasné stárnutí kůže až rakovinu kůže. UV záření také prospívá lidskému organismu tím, že zprostředkovává syntézu vitamínu D a produkuje melanin. Nejvíce postiženou oblastí je kůže. Tvoří zhruba 16 % celkové tělesné hmotnosti a je rozdělena do dvou vrstev. Horní vrstva epidermis je v kontaktu s prostředím, obsahuje keratinocyty, které plní funkci ochrannou. Spodní vrstva dermis obsahuje kožní struktury, ve které lze najít vlasové folikuly, nervy, mazové a potní žlázy. Vrstva oddělující dermis od epidermis se nazývá bazální membrána. Do

spodní části pokožky se dostává delší záření UV-A, zatímco záření o kratší vlnové délce UV-B je absorbováno pokožkou. Součástí keratinocytů je melanin, který chrání pokožku před UV zářením. Ochranný faktor je určen množstvím a typem epidermálního melaninu. Je také součástí pigmentu pleti a vlasů, který může být světlý a tmavý. Lidé se světlým pigmentem jsou citlivější na UV záření, spálení kůže je rychleji viditelné a nastává vyšší riziko výskytu rakoviny kůže. V současné době jsou populární solária, která využívá více než 25 % Američanů. Solária produkují odlišné UV záření, pokožka je vystavena jinému než přirozenému světlu, které může zapříčinit dřívější nástup rakoviny kůže. Riziko rakoviny se zvyšuje s věkem a častým užíváním solárií. Rakovina kůže je ovlivněna UV zářením a pigmentací. Rozlišujeme melanomové a nemelanomové rakoviny kůže. Melanom bývá maligní a může být až smrtelně nebezpečný. Jeho výskyt se zvyšuje, ale neřadí se mezi častá onemocnění. Pokud se zachytí včas, jeho léčba může být úspěšná. Odstranění se provádí chirurgickou excizí. Nemelanomové rakoviny kůže se častěji vyskytují, ale jejich forma je snáze léčitelná. Patří sem bazocelulární karcinom a spinocelulární karcinom. Nemetastazují a mají lepší dlouhodobou prognózu. [44, 45]

Kůže má mimo jiné za úkol obnovit narušenou kožní homeostázu. Obnova probíhá ve spolupráci s kožním neuro-endokrinním systémem, který komunikuje s centrálním nervovým, endokrinním a imunitním systémem. UV záření přispívá k produkci vitamínu D, potřebného k regulaci homeostázy těla. Může také vyvolat lokální nebo systémovou imunosupresi. Pokud dojde k narušení homeostázy vlivem UV záření, k její ochraně a obnovení slouží pigmentový, lokálně neuroendokrinní a steroidogenní systém hypotalamu a hypofýzy. Neuroendokrinní systém produkuje lokálně i centrálně signální molekuly, které zajišťují přirozené vzájemné působení mezi vnitřními orgány a prostředím. [47]

Pro prevenci rakoviny kůže je vhodné používat ochranné krémy na opalování, správné oblečení, pokrývku hlavy, sluneční brýle nebo pravidelně absolvovat preventivní prohlídky u dermatologa. Některé oděvy jsou vyrobeny se speciálním ultrafialovým ochranným faktorem (UPF), který zabraňuje průchodu slunečního světla na pokožku. Označení UPF 30 propouští pouze $\frac{1}{30}$ UV záření. To znamená, že oděv blokuje 96,7 % UV záření. Minimální hodnota UPF 25 je přípustná. Ideální je označení UPF 40 nebo UPF 50. Nejběžněji používanými ochrannými prostředky jsou ochranné krémy. Opalovacích krémů je na trhu spousta a obvykle se liší přidanou přísadou. Výběr

opalovacích krémů závisí na typu pokožky, alergiích nebo věku člověka. Opalovací krémy jsou opatřeny slunečním ochranným faktorem (Sun Protection Factor - SPF). Na trhu jsou dostupné s ochranným faktorem SPF 15 (blokace 93 % paprsků), SPF 30 (blokace 97 % paprsků) nebo SPF 50 (blokace až 98 % paprsků). Vrstva krému by se měla aplikovat 20 až 30 minut před příchodem na slunce a znovu nanášet po 90 minutách. To platí i pro opalovací krémy vhodné do vody. [46]

2.2 Poškození zrakového aparátu UV zářením

Jak již bylo popsáno v kapitole 1.4, většina UV paprsků je pohlcena ozonovou vrstvou a zbytek se dostává na zemi. Jako přirozená ochrana proti záření, slouží vrstva slzného filmu a rohovkový epitel. Slzná vrstva má schopnost pohltit vlnovou délku do 300 nm a rohovkový epitel absorbuje vlnové délky pod 290 nm, ale i některé vlnové délky lehce nad 300 nm. Vlivem UV záření může vzniknout akutní nebo chronické poškození rohovky. Akutní forma poškození se vyznačuje otoky, zakalením epitelu rohovky, stromatu a endotelu. Často má nečekaný a rychlý průběh, ale onemocnění může být zcela vyléčitelné. Toto onemocnění se často označuje jako fotokeratitida nebo sněžná slepota. Chronické onemocnění má naopak pomalý nástup a vleklý průběh, které může trvat až několik let. Projevuje formou pterygia, pingueculy, katarakty, klimatické kapénkové keratopatie. Oční čočka blokuje část UV-A záření, které může způsobit zakalení oční čočky. [3,4,5]

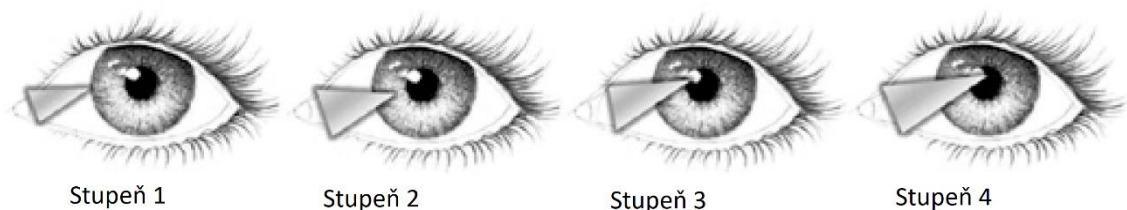
2.2.1 Rohovka

Rohovka (cornea) je průhledná optická tkáň, která tvoří asi 1/6 přední části oka. Má také funkci refrakční a její optická mohutnost se pohybuje okolo 43 dioptrií. Je složena z pěti vrstev. Povrchová vrstva epitelu je tvořena pěti až šesti vrstvami a tvoří 10 % rohovkové tloušťky. Má schopnost samostatné regenerace pomocí limbálních buněk. Bowmanova membrána je tenká vrstva, která odděluje epitel od stromatu. Rohovkové stroma obsahuje kolagenní fibrily, které jsou uspořádány do rovnoběžných lamel. Tvoří 90 % tloušťky rohovky. Descementova membrána je tvořena mřížkou kolagenních fibril

a odděluje stromální vrstvu od endotelové. Endotel rohovky má schopnost udržovat konstantní optickou mohutnost rohovky a je to nejvnitřnější vrstva rohovky. [3]

2.2.1.1 Pterygium

Pro pterygium je charakteristický trojúhelníkový tvar, spolu s hyperplazií fibrovaskulární tkáně bulbární spojivky, která sahá přes limbus až k povrchu rohovky. Příčina pterygia je zatím nejasná, ale jedna z hlavních příčin je dlouhodobé vystavení UV záření. Bylo prokázáno, že postihuje muže i ženy. Podle studií bylo zjištěno, že se pterygium objevuje nejvíce u pracovníků v přírodě. Byly u nich nalezeny shody s narůstajícím věkem a v některých oblastech bylo příčinou kouření, nízká vzdělanost a pohlaví. Mezi nejvíce zasažené oblasti patří Ghana, Nigérie, Etiopie, Brazílie, Indie, Thajsko a Singapur. V těchto zemích se vyskytuje pásmo s extrémně vysokým rizikem UV záření. Většinou se jedná o onemocnění způsobené dlouhodobým pobytem na slunci bez použití ochranných prostředků. Viso et al [27] provedli v roce 2011 výzkum v severozápadním Španělsku, v oblasti se středním rizikem UV záření. Bylo zkoumáno 619 subjektů starších 40 let, až 84 % z testovaných respondentů provádělo pracovní činnost ve formě rybolovu nebo zemědělství. Výskyt pterygia byl zjištěn pouze u 42 osob a významněji se projevil zejména u žen. Nejvíce postiženou věkovou skupinou byly osoby starší 60 let, bez ohledu na pohlaví. Lze usoudit, že narůstající věk spolu s venkovním zaměstnáním, jsou důležitými faktory u přítomnosti pterygia. [27]



Obrázek 2 – Klasifikace stupně pterygia; upraveno [6]

Většinou se jedná o kosmetický či benigní problém. Může dorůstat větších rozměrů a poté docházet k dráždivým příznakům, poruše zraku nebo k opakovaným zánětům. Vzniká obvykle nasálně. Vyšetření probíhá na šterbinové lampě, pomocí níž lze klasifikovat stupeň závažnosti. První stupeň je klasifikován jestliže fibrovaskulární tkáň

doroste k limbu (viz obrázek 2). Ve druhém stupni tkáň pokrývá zhruba polovinu duhovky (viz obrázek 3). Třetí stupeň nastává, pokud tkáň doroste k okraji zornice a ve čtvrtém stupni už zcela zasahuje do zornice. Pterygium ve velkém množství může být příčinou vzniku astigmatismu rohovky. Může být chirurgicky odstraněno, přestože nezpůsobuje závažnější potíže. Odstranění se provádí chirurgickou excizí a u recidivujících případů se k excizi aplikuje 2% mitomycin k závěru operace. Excizi je možné dělat přenosem bulbární spojivky nebo lamelou rohovky. Pro zarovnání rohovky se používá fotoablace s excimer laserem o vlnové délce 193 nm. [3, 6, 27]

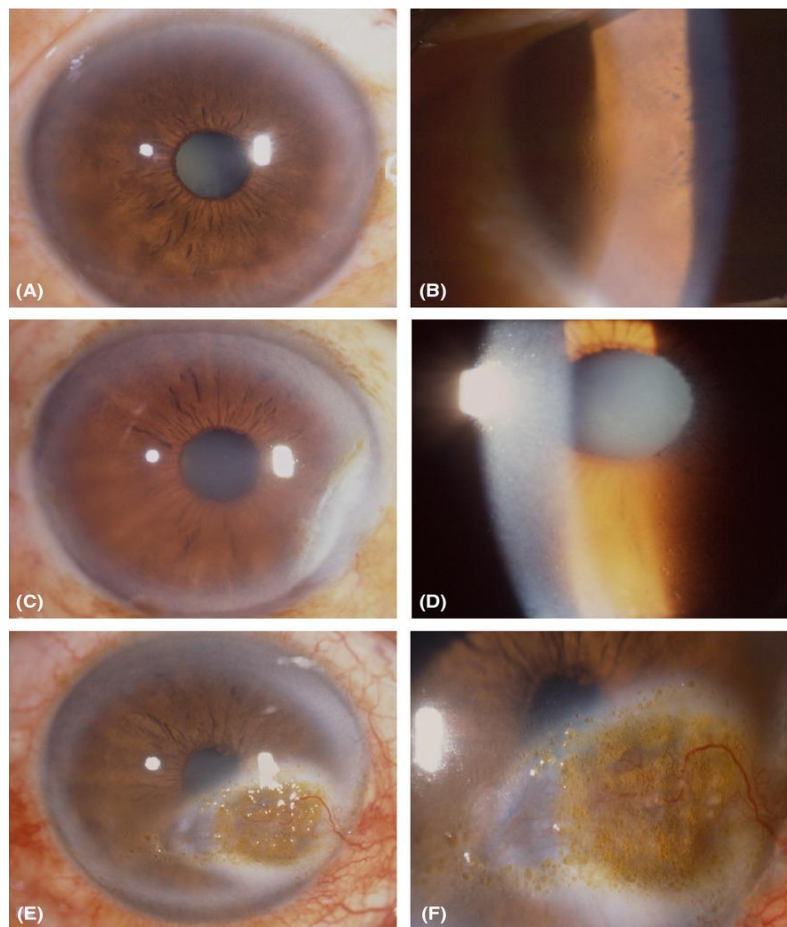


Obrázek 3 – Pterygium [3]

2.2.1.2 Klimatická kapénková keratopatie

První zmínka tohoto onemocnění byla zaznamenána již v roce 1898. V první polovině 20. století bylo zjištěno, že se poškození objevuje především u rybářů, venkovského obyvatelstva a populace žijící v blízkosti pobřeží. Onemocnění v této době vedlo k oslepnutí z důvodu zakalení a následné neprůhlednosti rohovky. Mezi rizikové faktory patří nízká vlhkost, vyšší povětrnostní podmínky, vysoké teplo spojené se suchem. Závažnější formy poškození se vyskytují v subtropických a tropických oblastech. V klimatické oblasti s nižší teplotou není výskyt až tak závažný. Klimatická kapénková keratopatie (z anglického climatic droplet keratopathy CDK), je degenerativní onemocnění rohovky, vyskytující se i bilaterálně. Častěji postihuje muže starší 40 let. Na onemocnění mají vliv také drobná poranění rohovky, nedostatečná ochrana zraku před UV zářením a oxidační stres. Na rohovce se CDK projevuje ve formě poškození tkáně a malých zákalků. Její závažnost lze rozdělit do tří stupňů klasifikace. [9]

Pro první stupeň jsou charakteristické subepiteliální depozity, které jsou drobné až splývavě průsvitné (obrázek 4). Mohou zasahovat do Bowmanovy membrány, v blízkosti temporálního nebo nasálního limbu. U druhého stupně dochází k šíření zákalu rohovky po 2/3 horní části, nastává ovlivnění centra rohovky a mírné zhoršení zrakové ostrosti. Pro třetí stupeň je charakteristická přítomnost subepiteliálních kapének v různých velikostech, seskupujících se do shluků. V případě narušení centrální rohovky může dojít k nenávratné ztrátě zraku. Vyšetření probíhá pomocí štěrbinové lampy s využitím největšího zvětšení. Farmakologická léčba není účinná, proto jediná forma léčby je transplantace rohovky. [8, 9]



Obrázek 4 – Snímky ze štěrbinové lampy třech stupňů CDK; (A) Pravé oko s počátečním periferním nasálním zkalením odpovídající 1. stupni. (B) Oko z (A) pod zvětšením. (C) Pravé oko znázorňující 2. stupeň, v dolní polovině rohovky mlhovina rozmazávající duhovku. (D) Oko z (C) se zvětšením. (E) Pravé oko s viditelnými subepiteliálními kapičkami charakteristické pro 3. stupeň. (F) Oko z (E) pod zvětšením. [9]

2.2.1.3 Fotokeratitida (Sněžná slepota)

Sněžná slepota, jak již název napovídá, je poškození rohovky způsobené vysokým přísunem UV-B a UV-C části. Při dlouhodobém vystavení UV záření, může docházet k vyššímu riziku vniknutí paprsků do oka. Zejména v zimě při lyžování, horolezectví nebo při opalování, bez použití ochranných prostředků. Projevuje se jako zánětlivý stav s příznaky zarudnutí, slzení, bolestí oka, oteklého víčka nebo rozmazaného vidění. Příznaky se obvykle projevují po 6 hodinách, po vystavení UV a zmizí do 48 hodin. Průběh bývá konstantní, bez dlouhodobých následků. Bylo zjištěno, že fotokeratitida způsobuje apoptózu buněk rohovky přímým poškozením buněčné membrány, poškozením DNA a indukcí reaktivních forem kyslíku. Výsledkem je již zmíněná zánětlivá reakce. Léčba bývá různorodá, ale příznaky po pár hodinách samovolně odezní. Jako první pomoc lze poskytnout chladivý obklad, oční kapky bez konzervačních látek nebo protizánětlivé léky. Doporučuje se zamezit kontaktu se slunečním zářením a zdržovat se na tmavších místech. [11]

2.2.2 Čočka

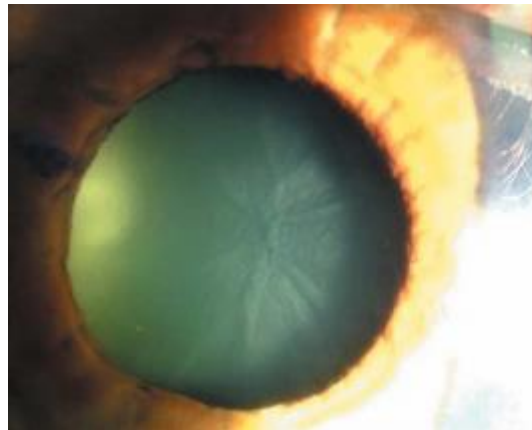
Čočka (lens) je průhledná tkáň bikonvexního tvaru, která má funkci refrakční, akomodační a udržitelnost transparentnosti. Optická mohutnost oční čočky se pohybuje okolo 20 dioptrií. Čočka leží mezi duhovkou a přední sklivcovou membránou a je zavěšena na závěsném aparátu, který je tvořen zonulárními vlákny a připojena k řasnatému tělísku. Na povrchu je čočka kryta pouzdrém. V přední části pouzdra se nachází vrstva čočkového epitelu a uvnitř je uloženo jádro čočky. [3]

2.2.2.1 Radiační katarakta

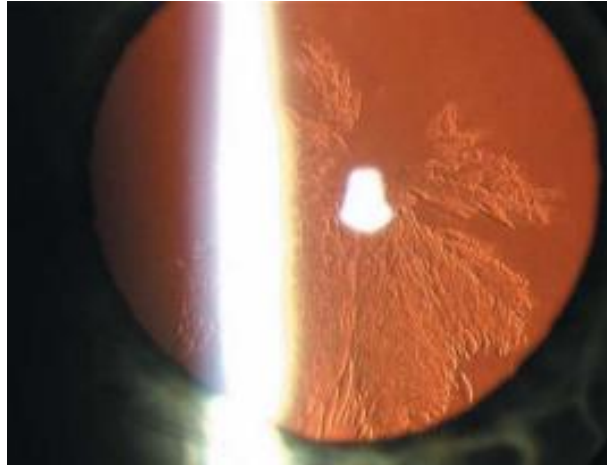
Katarakta je onemocnění, projevující se zakalením oční čočky. Pro čočku je charakteristická ztráta průhlednosti, elasticity a znemožnění rozptylu procházejícího světla. Katarakta se řadí mezi nejčastější příčiny slepoty ve světě. Postihuje obvykle osoby starší 60 let. Za hlavní příčiny se považuje dlouhodobé vystavení UV-B záření,

kouření, diabetes, alkohol, oxidační poruchy nebo přirozené stárnutí čočky. Kataraktu dělíme na senilní, lékovou, traumatickou, radiační a metabolickou. Léčba probíhá chirurgicky. Principem je odstranění zkalené oční čočky a následné nahrazení umělou nitrooční čočkou. Techniku chirurgie lze rozdělit na intrakapsulární (odstranění celé čočky i s pouzdrém) a extrakapsulární (odstraní se pouze čočka, pouzdro se ponechává). [3]

Z důvodu působení elektromagnetického záření, lze radiační kataraktu rozdělit podle účinku vlnové délky. Ionizující záření spolu s RTG zářením je pro čočku velice citlivé, ale katarakta se v tomto případě objevuje až po několika letech. Projevuje se zejména tečkovitými opacitami v zadním pouzdru a peříčkovitými opacitami v přední subkapsulární kataraktě. Infračervené záření způsobuje sklářskou kataraktu. Při ozáření dochází k odlupování částí předního pouzdra a bývá spojeno s kortikální kataraktou. Mikrovlnná radiace se projevuje převážně u zvířat ve formě opacit v předním a zadním kortexu. U člověka nebyl tento typ katarakty v důsledku ozáření zcela prokázán. Ultrafialové záření, především paprsky UV-B mohou způsobit kortikální a subkapsulární kataraktu. K prevenci proti ozáření slouží brýlová skla s UV filtry, sluneční brýle a pokrývka hlavy. [3]



Obrázek 5 – Přední subkapsulární katarakta [3]



Obrázek 6 – Zadní subkapsulární katarakta v nepřímém světle [3]

2.2.3 Sítňice

Sítňice (retina) je jemná blána vystýlající nejvnitřnější část bulbu. V zadní části obsahuje světločivé elementy tyčinky a čípky, které se nacházejí spolu s nervovými buňkami v optické části sítňice. Tyčinky obsahují rhodopsin a zajišťují skotopické vidění. Čípky slouží k vidění fotopickému a obsahují iodopsin. Zadní část sítňice se nazývá optická část, ve které se nachází bipolární a gangliové buňky. Přední část sítňice je slepá, nachází se zde vrstva pigmentových buněk. Slepá skvrna neobsahuje tyčinky ani čípky, sbíhají se zde nervová vlákna sítňice. U zadního pólu bulbu se nachází žlutá skvrna, která obsahuje pouze čípky a je místem nejostřejšího vidění. Přední a zadní část sítňice jsou odděleny zubovitou linií ora serrata. [3]

2.2.3.1 Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD)

Progresivní degenerativní onemocnění makuly, postihující starší osoby se nazývá makulární degenerace. Projevuje se ztrátou centrálního vidění v důsledku abnormalit retinálního pigmentového epitelu (RPE), Bruchovy membrány, fotoreceptorů nebo choriokapilaris. Příčiny vzniku se dělí na faktory sociodemografické, oční, systémové a environmentální. Do sociodemografické skupiny řadíme věk, rasu, pohlaví, dědičnost. Oční faktory jsou ovlivněny barvou duhovky, hypermetropií a kataraktou. Za systémové

faktory lze považovat kardiovaskulární onemocnění a hypertenzi. Vystavení slunečnímu záření, kouření, alkohol se řadí do skupiny environmentální.

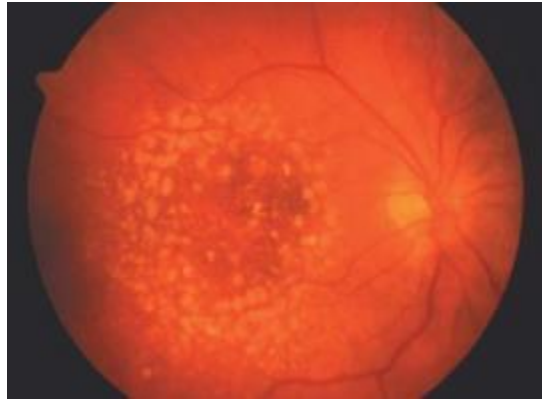
Atrofická (suchá) forma narušuje centrální zrakovou ostrost postupně, během několika měsíců, až let. Postihuje až 85% pacientů. Zpočátku se mezi RPE a Bruchovou membránou objevují hluboké, bělavě žluté výklenky, které se nazývají drúzy. Pro suchou VPMD jsou charakteristické tvrdé drúzy, které jsou kulaté, žluto bíle zbarvené a není problém s jejich rozeznáním. Tvrdé drúzy nemají schopnost se dál rozvíjet v podobě neovaskularizace. Tuto schopnost mají drúzy měkké, které jsou ploché, špatně ohraničené, barevně odpovídající žluté až šedavé barvě. V důsledku odumírání buněk RPE, nastává konečná fáze suché formy VMDP a to v podobě geografické atrofie (GA). Její průběh je pomalý a většinou nepostihuje přímo foveu. Projevuje se jako ohraničená oblast se sníženou tloušťkou sítnice. Může být doprovázena změnou barvy, hypopigmentací nebo hyperpigmentací. Centrální zraková ostrost je snížena a dotyčný má problémy s rozmazanými detaily při čtení. [3, 12]

Exsudativní (vlhká) forma rychle snižuje vízus a postihuje zbylých 15% osob. Prvním příznakem je odchlípení RPE, v jehož důsledku prosakuje suprachoroidální tekutina trhlinou v Bruchově membráně. Při odchlípení RPE dochází k růstu fibrovaskulární tkáně z choriokapilaris, které se dostávají přes Bruchovu membránu do subretinálního prostoru. Toto prorůstání se označuje jako choroidální neovaskularizace (CNV). Projevuje se sníženou centrální zrakovou ostroší. Z oftalmologického hlediska se jeví šedozeleně nebo je doprovázena krvácením. Disciformní jizva je poslední stupeň vlhké formy, pro kterou jsou charakteristické fibrovaskulární jizvy zasahující do okolí fovey až do jejího centra. Má žlutobílé zbarvení a často je obklopována subretinální hemoragií a ložisky lipidů. Způsobuje rozsáhlé a těžké poškození centrální zrakové ostroší.

K vyšetření VPMD slouží Amslerova mřížka, která při běžném vyšetření u oftalmologa upozorní na problém. S mřížkou může pacient pracovat sám. K dalšímu vyšetření se využívá optická koherenční tomografie (OCT), fluorescenční angiografie nebo indocyaninová angiografie (ICGA).

Léčba VPMD dokáže onemocnění pouze zastavit nebo zpomalit její progresi, nikoliv vyléčit. U suché formy se doporučuje změnit životosprávu, nekouřit, nekonzumovat alkohol a používat ochranné pomůcky proti slunečnímu záření.

V případě vlhké formy se užívá laseru nebo farmak ve formě léčiv VEGF (vascular endothelial grown factor), [3, 12]



Obrázek 7 – Měkké drúzy [3]

3 Ochrana zraku před UV zářením

Pro ochranu zraku se používá řada pomůcek, nejčastěji sluneční brýle, brýlové čočky, kontaktní čočky a umělé nitrooční čočky.

3.1 Sluneční brýle

Jednou z nejjednodušších možností ochrany zraku před UV záření, je použití slunečních brýlí. Populárními se staly sluneční brýle v 18. století. Začaly se vyrábět skla v odstínu modré a zelené barvy, které zlepšovaly vidění. Poté se přidaly odstíny žluté, tyrkysové, hnědé a šedé. Dostupnějšími se staly sluneční brýle až ve 20. letech 20. století. V tuto dobu se začaly rozrůstat známé firmy jako Foster Grand, RayBan nebo Polaroid. Větší popularity se slunečním brýlím dostalo v 70. letech. Jejich výroba se nesoustředila pouze na minerál, ale také na plastové čočky. Materiály polykarbonát a akrylát se v dnešní době hojně využívají k výrobě slunečních čoček. Na výrobu polarizovaných čoček se používá acetát butyrát celulózy. [24]

Sluneční brýle musí splňovat základní bezpečnostní podmínky, které nastavuje Evropská směrnice 89/686/EHS. Podle Evropské směrnice jsou sluneční brýle zařazeny mezi osobní ochranné pomůcky. Prodej slunečních brýlí musí splňovat normu EN ISO 12312-1, která zároveň udává, jaká propustnost světla je přípustná, aby nedošlo k poškození zraku. Propustnost je dána v procentech a vyjadřuje, kolik světla brýle propouští. Brýlové čočky jsou rozdělené do pěti kategorií, očíslovaných od 0 do 4. Kategorie 0 označuje sluneční brýle se světlým odstínem, které připomínají čirou čočku. Blokují UV záření a propouští až 100 % světelných paprsků. Jsou využívány jako módní brýle. Kategorie 1 propouští 80 % světla, ale zaručují určitou ochranu před UV zářením. Není doporučeno používat brýle s označením kategorie 1 jako sluneční. Maximálně 43 % propouští kategorie 2. Poskytují dobrou ochranu proti světelným paprskům, jsou vhodné na běžné nošení a blokují veškeré UV záření. Brýle označené kategorie 3 poskytují vysokou ochranu proti paprskům, jsou vhodné do auta i na běžné nošení. Propouští 18 % světla. Sluneční brýle nesoucí označení kategorie 4, propouští pouze 3 – 8 % paprsků. Nejsou vhodné do auta pro řidiče nebo sportovce, protože jejich odstín je velmi tmavý. Tento filtr je vhodné používat při aktivitách v zimě anebo u moře, kde je vysoký výskyt

UV paprsků (tabulka 2). Označení kategorie by mělo být uvedeno na vnitřní straně stranice. Pokud brýle splňují Evropskou normu, jsou označené písmeny CE, které jsou zaznamenány na stranici za označením kategorie ochrany. [24, 25]

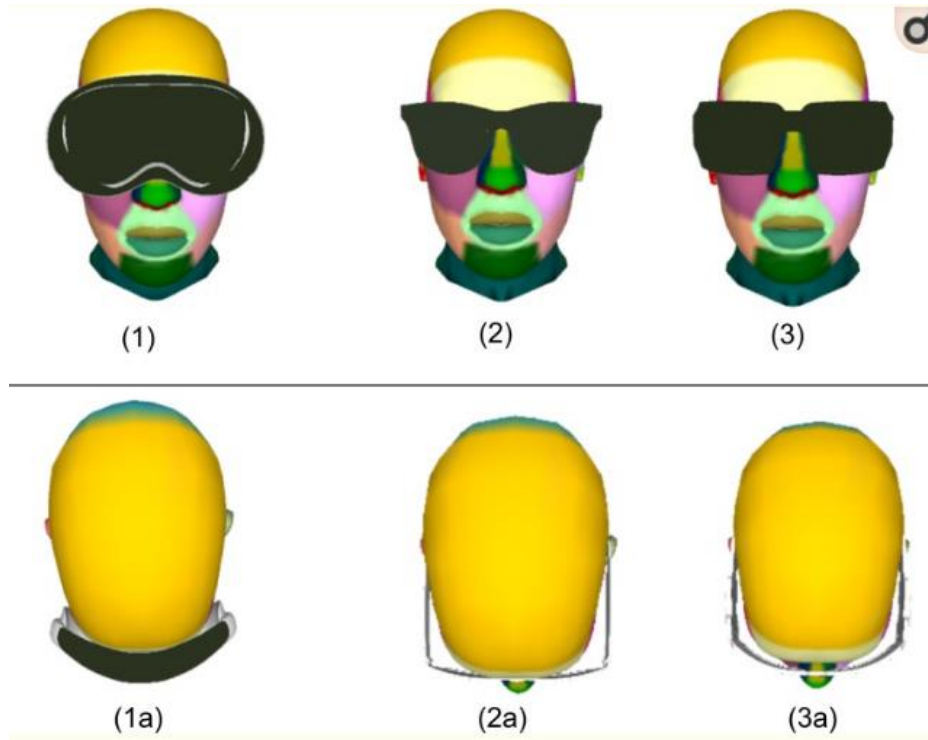
Tabulka 2 – Klasifikace propustnosti světla pro kategorie slunečních brýlí [25]

Kategorie	Propustnost světla (%)
0 (velmi světlý odstín)	81 – 100 %
1 (světlý odstín)	44 – 80 %
2 (střední odstín)	19 – 43 %
3 (tmavý odstín)	9 – 18 %
4 (velmi tmavý odstín)	3 – 8 %

Sluneční brýle musí mít vhodnou velikost, tvar, prohnutí a současně také splňovat ochrannou funkci. Odolnost vůči rozbití obruby nebo čoček je taktéž důležitá. Není přípustné, aby v čočkách byly viditelné jakékoliv zákalky, protože by bylo narušené vidění. Pokud se jedná o sluneční brýle s příslušnou korekcí, platí pro ně stejné podmínky jako pro čirou variantu. Jedná se o správnou dioptrickou hodnotu, pro zachování co nejlepší zrakové ostrosti. V případě vyšších dioptrií, lze využít možnosti vysokoindexových skel s příslušnou povrchovou úpravou. Prohnuté sluneční brýle mají vyšší zakřivení čočky, aby poskytovaly nejlepší ochranu před periferními paprsky.

Backes [43] et al provedli studii, jejímž cílem bylo posoudit dávky UV záření, skrze brýle prohnuté, střední a velké (obrázek 8). Studie byla prováděna pomocí 3D modelu hlavy, tří dostupných nepolarizovaných slunečních brýlí kategorie 3 (v barvách modrá, hnědá, zelená), UV záření a UV dozimetr. Posuzovala se ochrana před přímým, rozptýleným, odraženým světlem při pohybu 3D hlavy nahoru, dolů, do stran za letního a zimního období. Měření probíhalo v denním a poledním čase, kdy bývá intenzita záření nejvyšší. Ve výsledku všechny sluneční brýle plně absorbovaly přímé UV záření, ale nejlépe obstály prohnuté brýle. Blokovaly UV záření ze všech směrů. Nejméně se osvědčily sluneční brýle střední velikosti, které neblokovaly odražené světlo tak účinně jako brýle prohnuté. Je nutné si správně vybírat sluneční brýle, podle venkovní aktivity. Za denní expozice v zimním období poskytovaly střední brýle pouze 85 % ochrany. V letním období byly výsledky nejlepší u prohnutých brýlí. Slabší ochranu poskytovaly

střední brýle, které neblokovaly periferní světlo. Při polední expozici v letním i zimním období nejlépe obstály prohnuté brýle. [43]



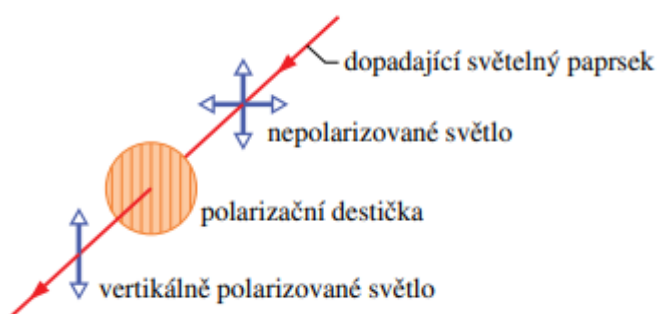
Obrázek 8 – 3D hlava se slunečními brýlemi. (1-3) Pohled zepředu. (1a – 3a) Pohled shora. (1) Prohnuté brýle přiléhající na oční oblast, (2) Střední sluneční brýle vzdálené od očnice, (3) Velké sluneční brýle vzdálené od očnice. [43]

Mezi nejčastější tónovaná skla patří odstíny šedé, hnědé, zelené, žluté a růžové. Pro běžné nošení se volí odstíny tmavší barvy. Způsobují minimální barevné zkreslení, které zaručuje bezpečnost při řízení. Obecně tmavší zbarvení snižuje prostupování viditelného světla, přes oční struktury až na sítnici. Platí, že za tmavými skly dojde k rozšíření zornice a pokud jsou rohovka a čočka v pořádku, zabrání škodlivému světlu, aby se dostávalo dál do očních struktur, resp. na sítnici. [24]

- **Polarizační filtr**

Denní světlo se v prostoru šíří všemi směry. Pokud paprsek dopadne na hladký povrch (vodní hladina, sklo) a odrazí se, lze předpokládat, že se světlo stane polarizovaným. Jeho vlny budou orientovány pouze na pohyb po vertikální a horizontální rovině. Při tomto

odrazu nastává nepříjemné oslnění od vodní hladiny, mokré silnice nebo kovových povrchů. Může se objevit zhoršená viditelnost anebo pocit nepohodlí, v důsledku ostrého světla s kombinací přivírání víček. Aby se zamezilo obtěžujícím odrazům, jsou využívány speciální polarizační filtry, které odfiltrují nežádoucí horizontální odražené světlo. Poloha filtru je orientovaná svisle aby procházelo světlo vertikální. Světlo horizontálně polarizované se tak vyruší a ztlumí se nežádoucí odlesky od vodních a silničních ploch. [33, 34]



Obrázek 9 - Ukázka nepolarizovaného světla po projití polarizační destičkou orientovanou svisle, následně vertikálně polarizované světlo [34]

Sluneční záření se projevuje nepříjemným oslněním a to zrcadlovým odrazem od lesklých povrchů, vodní hladiny nebo sněhu. Tyto odrazy pohltí brýlové čočky, které mají příslušnou polarizační vrstvu. Absorbují vlnové délky v rozsahu 300 až 380 nm. Oslnění se může projevovat především pocitem bolesti, způsobené silnou září ze světelných zdrojů. Polarizační filtr zajišťuje pohodlné, jasnější vidění a lepší vnímání barev. Standardně se na sluneční brýle nanáší UV filtr v kombinaci s polarizačním, které zajišťují ochranu zraku a pohodlí. Pokud není přítomen UV filtr, lze nanést na zadní plochu čočky antireflexní vrstvu, která eliminuje odlesky od zadní plochy. V oční optice je možnost výroby polarizovaného filtru kombinací fotochromní vrstvy s progresivními nebo jednoohniskovými čočkami. Nevýhodou polarizovaného filtru jsou nežádoucí fenomény při pohledu na přístrojovou desku automobilu, LCD monitoru nebo mobilního telefonu na bázi LCD. Nežádoucí fenomény se mohou projevit sníženým barevným kontrastem, jasem nebo až úplným zčernáním. Aby se vyrušily nežádoucí účinky, musí být pozice filtru pootočená do šikmého směru místo směru vertikálního. Z tohoto důvodu nejsou polarizační filtry zcela vhodné pro piloty, sjezdové lyžaře nebo vodáky. [33]

3.2 Brýlové čočky

Pro korekci refrakčních vad se nejčastěji používají brýlové čočky. Lze jimi korigovat myopii, hypermetropii, astigmatismus nebo presbyopii. Do první poloviny 19. století se na výrobu brýlových čoček využívalo hlavně sklo. Skleněný materiál se vyznačuje vysokou odolností proti oděru nebo chemikáliím. Také má výborné zobrazovací vlastnosti a je možné ho tenčit až do indexu lomu 1,9. Avšak nevýhodou je vysoká hmotnost a křehkost materiálu. Tudíž byly lehce náchylné na rozbití. V dnešní době se minerální skla téměř nepoužívají.

Populárními se staly plastové čočky, kvůli nízké hmotnosti (i při vyšších dioptriích) a jejich nerozbitnosti. Jejich nevýhodou je malá odolnost proti oděru. Začátkem 20. století byly první pokusy nahradit korunové sklo materiálem PMMA. Tyto čočky nebyly úplně vhodné, protože byly málo odolné vůči poškrábání. O pár let později byla vynalezena nová umělá hmota Columbia Resin 39 (CR 39), která se využívá dodnes. Mezi její přednosti patří nízká hmotnost, vyšší odolnost vůči rozbití, minimální odrazivost a nízká cena. Nevýhodou je snadné poškrábání, z důvodu malé tvrdosti materiálu. Standardní index lomu se udává 1,5 a lze pořídit čočky až s indexem lomu 1,74. V 70. letech začala výroba polykarbonátových čoček. Vyznačují se vyšší odolností vůči rozbití než CR 39. Jsou vhodné pro aktivní sportovce a riziková zaměstnání. Nanášení barev je složitější než u CR 39 a při výrobě se na polykarbonát nanáší speciální tvrzený povlak. Dalším odolným materiálem je trivex. Vyznačuje se pružností, lehkostí a nárazuvzdorností. Proto je vhodný do vrtaných a prohnutých obrub. [20, 21]

Aby měly brýlové čočky nejlepší optické a mechanické vlastnosti, je nutné nanést povrchové úpravy, které sníží vysokou odrazivost, špatnou mechanickou odolnost nebo zajistí lepší čištění a vyšší ochranu proti UV záření. Nejběžněji používané vrstvy jsou antireflexní, tvrzené a hydrofobní. Speciální povrchové úpravy se nanášejí ve formě barvení, UV filtru, reflexní a fotochromní vrstvy, polarizačního filtru (kapitola 3.1). [31]

Tabulka 3 – Srovnání vlastností materiálů na výrobu brýlových čoček [20]

	Sklo	CR 39	Trivex	Polykarbonát
Index lomu	1,523	1,498	1,53	1,586
Abbeovo číslo	58	58	43 – 45	32
UV absorpce	pod 300 nm	pod 340 nm	pod 394 nm	pod 385 m
AR-vrstva	ano	ano	ano	ano
Tvrzení	ano – chemicky, tepelně	ano - lak	ano - lak	ano - lak
Nárazuvzdornost	nízká	dobrá	vynikající	výborná
Barvení	ve sklovině, vakuově na povrch	ano	ano	omezeně

3.2.1 Speciální povrchové úpravy

Jak již bylo zmíněno ke konci kapitoly 3.2, je vhodné na brýlové čočky nanášet speciální povrchové vrstvy, které brání nežádoucímu světlu proniknout přes oční struktury do oka. S klimatickými změnami se mění ozonová vrstva, která slábne a na zemský povrch dopadá více paprsků UV záření. Existují také speciální filtry absorbující krátkovlnnou oblast viditelného záření.

- **Barvení**

Pro blokování přebytečných paprsků světla nebo při oslnění se doporučuje brýlovou čočku opatřit barevnou vrstvou. Mezi nejvíce používané barvy patří hnědá, šedá, hnědošedá a zelená, nicméně každá firma nabízí širokou škálu barevných odstínů. Barevné čočky se dělí do kategorie propustnosti světla (viz tabulka 2) nebo podle sportovní aktivity (viz tabulka 4). [31]

Minerální čočky mají barevné odstíny omezené. Většinou se jedná pouze o hnědou a šedou barvu. Barevná vrstva se nanáší nejčastěji pomocí vakuového napařování. Pro zachování správné absorpce se tloušťka vrstvy pohybuje maximálně do

jednoho mikrometru. Barvení plastových čoček se provádí pevným barvením (přidání barvy do monomeru při výrobě) nebo je možnost nanést barvu na povrch čočky. U materiálu CR39 proniká barevná vrstva do 10 mikrometrů pod povrch. Barva je tvořena modrým, žlutým, červeným pigmentem a při jejich správném poměru se docílí mnoha barevných odstínů. Před samotným procesem barvení, musí být čočka řádně očištěna a odmaštěna pomocí saponátu nebo alkoholu. Barva je rozehráta v destilované vodě na teplotu okolo 90 °C, čočky jsou upnuté v držácích, rozehráté taktéž na teplotu 90 °C a jsou ponořeny do barevné lázně. Barevný odstín závisí na délce ponoření čoček v lázni a na druhu smíchaného barevného pigmentu. Stejným způsobem se nanáší i čočky s povrchovou úpravou gradál. Tyto čočky se celé ponoří do lázně a pomalým vyjmutím vzniká jejich charakteristické zbarvení. Na horním okraji se nachází tmavý odstín, který se směrem dolů zesvětluje. U spodního okraje může být intenzita barvy nulová. [31]

Tabulka 4 - Použití barevných čoček u různých sportů. [31]

Sport	Zabarvení/úprava
Golf	Zelená
Tenis	Žlutá
Střelba	Oranžová
Rybaření	Polarizace
Lyžování	Oranžová, žlutá, polarizace
Potápění, plavání	Modrá, modro-šedá
Kriket	Oranžová, červená
Řízení motorového vozidla	Hnědá, polarizace
Cyklistika	Hnědá

- **UV filtr**

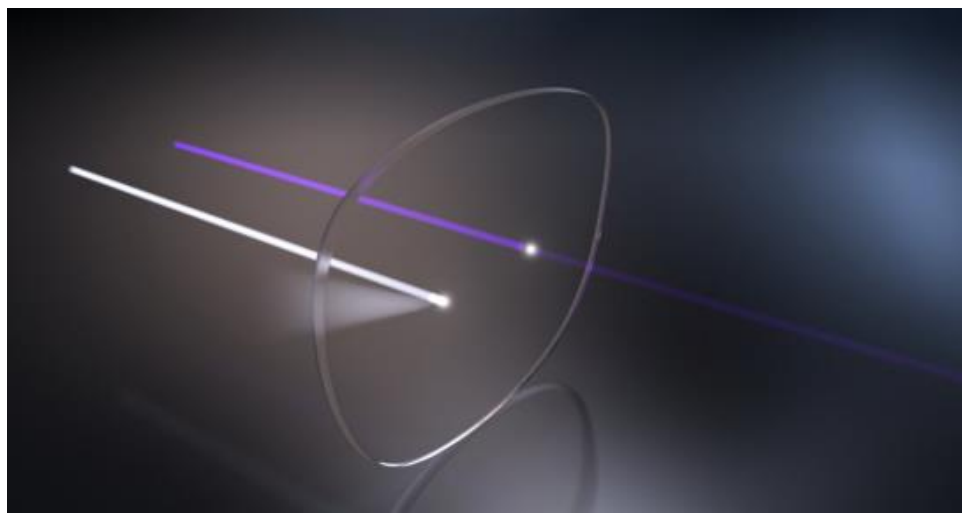
Pro zrak jsou škodlivé paprsky UV-A a UV-B, které pronikají skrze ozonovou vrstvu na zemský povrch (viz kapitola 1.4). Brýlové čočky bez povrchových úprav mají absorpci vlnových délek nízkou. Pouze materiály polykarbonát a trivex, jsou schopny UV záření absorbovat do 385 nm a 394 nm. V případě organického skla se jedná pouze o 300 nm a běžný plast CR39 po vlnovou délku 340 nm. Aby i běžné brýlové čočky měly schopnost

vyšší absorpce UV záření, musí být na povrch čočky nanesen speciální UV filtr. Filtr je obvykle součástí každé brýlové čočky, tedy čiré, celoplošně barvené i fotochromní. [21]

UV filtr se přimíchává do směsi při pevném barvení nebo se nanáší dodatečně před barvením čoček. Nejprve se musí povrch čočky dokonale očistit ethanolem a poté se ponoří do neutralizéru (součástí je saponát) o teplotě 50 °C. Následuje ponoření do lázně, ve které je roztok UV absorbéru o stejné teplotě jako neutralizér. Tento UV filtr je schopen absorbovat záření až do 400 nm. U výrobců brýlových čoček lze ochrannou povrchovou úpravu doobjednat. [31]

Firma Essilor nabízí UV filtr s technologií Eye Protect System, která zaručuje až třikrát vyšší ochranu před modrým světlem oproti běžným čočkám, 100% ochranu před škodlivým UV zářením a nenarušuje barevné vnímání nositele. Povrch brýlové čočky je čirý, bez známek žlutého odstínu. UV filtr poskytuje ochranu z přední i zadní plochy brýlové čočky. [38]

Technologie UVProtect od firmy ZEISS zaručuje blokaci přímého UV záření a zároveň nepřímého (odraženého) světla od zadní plochy čočky. UV filtr je na přední i zadní ploše čočky a blokuje UV paprsky až do 400 nm. Od roku 2018 je ochrana proti UV záření obsažena ve všech skladových čočkách. [39]



Obrázek 10 - Technologie Eye Protect System (Essilor) pohlcuje část škodlivého modrého světla a 100 % UV záření. [38]

- **Reflexní vrstva**

Reflexní (zrcadlová) vrstva se nanáší na přední plochu čočky, částečně odráží dopadající světelné paprsky a snižuje oslnění nositele. Zrcadlové vrstvy se nejčastěji používají u brýlí pro sportovce, kteří jsou vystaveni vyšší intenzitě slunečního záření (zimní nebo vodní sporty). Doporučuje se nanášet s minimálně 50 % barvením, z důvodu vyšší odrazivosti těchto vrstev. Výsledná barva, kterou nositel vnímá je složena z odstínu čočky a zrcadlové vrstvy. [31, 40]

- **Fotochromní vrstva**

Minerální fotochromatické čočky se začaly vyrábět v 60. letech 20. století. První sluneční čočky nesly název Bestlite. Čočka Umbramatic s fotochromní úpravou od firmy Zeiss byla uvedena na trh v roce 1970. V témže roce firma Rodenstock představila stejnou čočku s názvem Colormatic.

Brýlové čočky jsou vyráběné v borosilikátové sklovině, do které jsou vtaveny halogenidy stříbra (směs chlorid, bromid, jodid stříbrný). Výlisek prochází procesem zahřívání při vysoké teplotě, načež musí být zchlazen, aby došlo v materiálu k vytvoření mikrokrystallů halogenidů stříbra. Krystalky pak reagují na intenzitu krátkého UV záření. Principem ztmavení, je odpoutání elektronu z iontu chlóru, kterého se ujme iont stříbra. Vytvoří se neutrální atomy, kde atom stříbra absorbuje dopadající světlo a nastává proces ztmavnutí. Při snížení intenzity záření, dochází k uvolnění elektronu z atomu stříbra a vrací se zpět do původního atomu chlóru, který světlo propouští a zajišťuje proces blednutí. Barevné provedení se nabízí v hnědé, šedé nebo hnědošedé barvě. U silnějších fotochromních minerálních čoček, je nevýhodou nestejný barevný odstín po její ploše. Maximální absorpce se uvádí 75 %, minimální 15 %. [22, 31]

První výzkumy na fotochromatické plastové čočky se prováděly v 70. letech 20. století, ale na trh byly uvedeny až v 80. letech. Předním výrobcem se stala firma Transitions, která je dodnes nejpopulárnějším výrobcem fotochromatických skel. Barevná škála nánosu je širší, není omezená pouze na dvě barvy. Rozdíl mezi minerálními skly a plastovými čočkami, je v nanášení fotochromatické vrstvy. Halogenidy stříbra

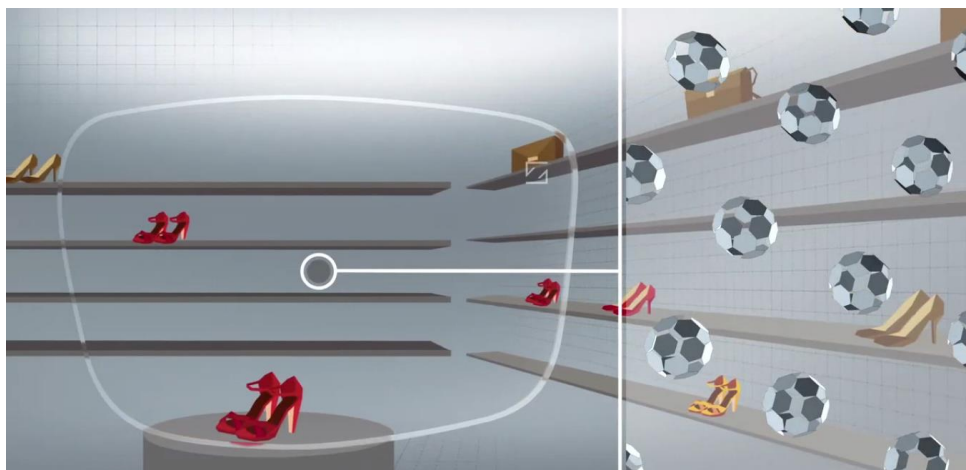
nelze používat na plastové čočky, které musí projít tepelnou úpravou. Proto se volí organické látky, které vlivem UV záření mění svoji prostorovou konfiguraci a pohltí procházející světlo. Vlivem záření se molekuly přeskupí do dvojitých vazeb, aby došlo k fotochromatické reakci. Při snížení intenzity se molekuly přeskupí do svých jednoduchých vazeb. Plastové čočky mohou obsahovat fotosenzitivní molekuly, které jsou rozptýlené v celé hmotě nebo jsou dodatečně vnášeny do hotových polotovarů (s přední plochou vyleštěnou a vytvarovanou do konečného tvaru). Fotosenzitivní molekuly pronikají pouze do 0,15 mm pod povrch přední plochy čočky. Pouze vysokoindexová skla nelze touto metodou upravit. Provádí se nanosením tenké povrchové vrstvy fotoaktivní látky. Je nutné nanést další ochranné vrstvy jako tvrzenou nebo antireflexní úpravu. Po reakci na UV záření, molekuly zareagují ztmavnutím. Čím vyšší je intenzita záření, tím více čočky ztmavnou. [22, 31]

Pro lepší účinnost fotochromní vrstvy, je vhodné zvolit další úpravu, a to antireflexní. Antireflexní vrstva se používá především pro zvýšení propustnosti světla v důsledku snížení odrazivosti. Zajišťuje ostré a jasné vidění, bez nežádoucích odrazů. Pokud není brýlová čočka opatřena antireflexní úpravou, může dojít k rušivému momentu vlivem odrazů světla. Charakteristickým znakem této vrstvy je zbytkový odraz, který se na čočce projeví v barvách zelené, fialové nebo modré. Doporučuje se na brýlovou čočku s vyšším indexem lomu dávat antireflexní vrstvu, z důvodu vyššího odrazu světla. Lze ji nanášet na přední a zadní stranu. V kombinaci s fotochromní vrstvou se zvyšuje jas a pohodlí pro zrak. Spolu s antireflexní vrstvou se běžně nanáší další povrchové úpravy, které zajišťují odolnost proti poškrábání, lepší čištění a menší ulpívání prachu na čočkách. [29, 30]

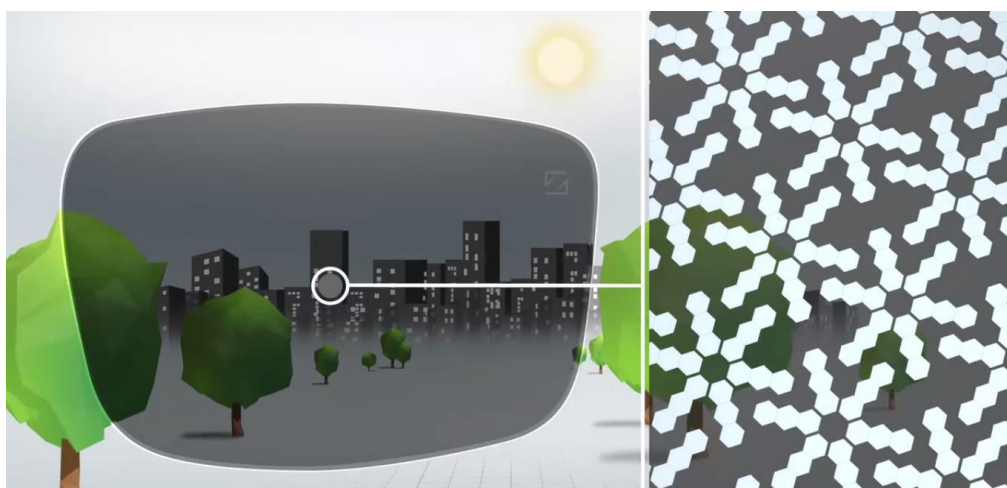
V roce 2020 uvedla firma Transitions na trh svoji novinku Transitions Signature GEN 8, jejíž předností je nanokompozitní technologie, která zajišťuje optimální vidění, pohodlí, ochranu zraku po celý den nošení a zvyšující fotochromní výkon. Brýlové čočky se ztmavují do 35 sekund při vystavení UV záření a vrací se do původního čirého stavu do 5 minut. Brýlové čočky Transitions blokují až 20 % modrého světla v interiéru a až 87 % ve venkovním prostředí. Garantují 100% blokaci UV záření. Lze je objednat v šedé, hnědé, grafitově zelené, modré, fialové a žluté barvě. [41]

Německá firma Zeiss přišla na trh s novou technologií, která nese název PhotoFusion. Hlavní předností této technologie je ztmavnutí brýlových čoček za maximálně 30 sekund a návrat do čirého stavu za 5 až 10 minut. Technologie PhotoFusion je založen na

molekulách citlivých na světlo, které reagují na intenzitu záření formou nabobtnáním (zvětšení) a následným ztmavením. Molekuly mají velikost 0,3 nm a jsou rozloženy po celé ploše. V čirém stavu mají tvar koule, složené z dvanácti šestiúhelníků. V ozáření se koule rozevře a molekuly se uskupí vedle sebe. Tím je nastartováno zbarvení. Čím vyšší intenzita UV záření dopadá na čočku, tím víc se molekuly zvětší a zajistí vyšší zbarvení (obrázek 12). V případě snížení intenzity záření, se molekuly zmenší, čočka se odbarví na původní čirou barvu (obrázek 11). [32]



Obrázek 11 – Ukázka molekul v čirém stavu [32]



Obrázek 12 – Ukázka molekul v aktivovaném stavu [32]

Nabídka barev je prozatím omezená pouze na šedou, hnědou, extra šedou, modrou a zelenošedou (tabulka 5). Využití těchto čoček je všestranné. Lze je využít při sportování, cestování nebo při vyšší citlivosti na světlo. Brýlové čočky PhotoFusion lze

objednat jako jednoohniskové nebo progresivní čočky, včetně základních povrchových úprav. [32]

Tabulka 5 – Srovnání absorpce technologie PhotoFusion [32]

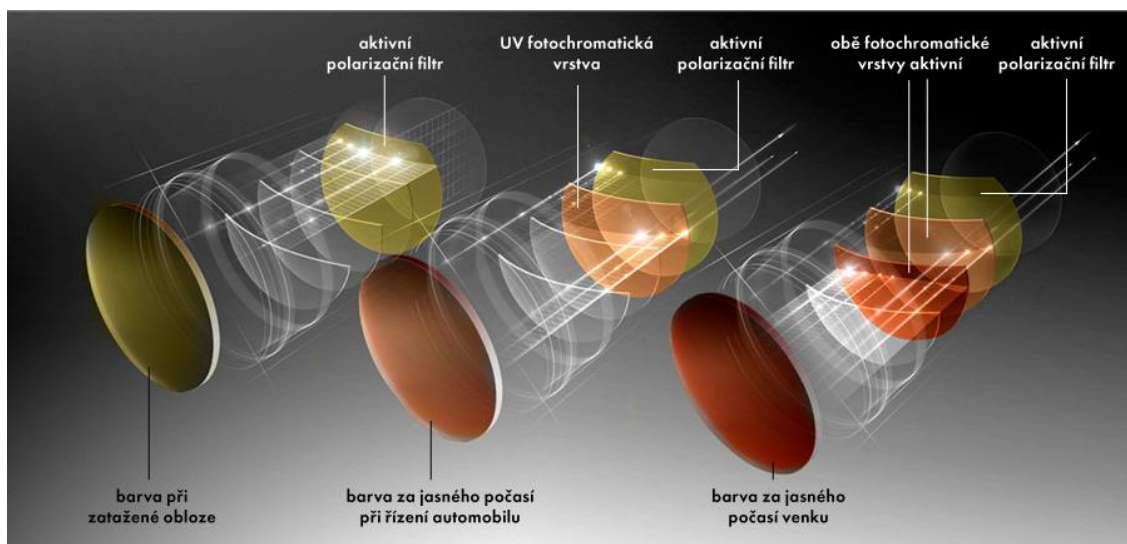
Barevný odstín	Čirá - Minimální absorpce [%]	Tmavá - Maximální absorpce [%]
Šedá	7	89
Hnědá	7	89
Extra šedá	9	92
Zelenošedá	7	91
Modrá	7	89

Maximální zabarvení čoček se udává 75 %, ale za čelním sklem automobilu nelze nikdy dosáhnout takového zbarvení. Samotná čelní skla jsou vyrobená z vrstveného skla, která blokují veškeré UV-B paprsky a propouští pouze 9 % UV-A paprsků. Tudiž přes toto sklo se dovnitř dostává minimum UV paprsků a fotochromatické čočky se nezabarví do plné barvy, ale získají jen barevný nádech. Proto se nanáší speciální fotochromní povrchová úprava, která se aktivuje i za čelním sklem. [21]

Transitions XTRActive reagují na UV záření a viditelné světlo ztmavením, které poskytuje ochranu v automobilu za čelním sklem nebo v místnosti. Jsou vhodné pro řízení ve dne i v noci. V čirém stavu blokují 100% UV záření, v interiéru až 36% modrého světla. V exteriéru za aktivovaného stavu absorbují 88 % modrého světla a stále veškeré UV záření. Dostupné jsou v šedých, hnědých, granitově zelených barevných odstínech nebo v šesti barevných odstínech zrcadel (stříbrný, modrý, zlatý, růžový, zelený, červený). [31]

Brýlové čočky DriveWear jsou fotochromní a zároveň polarizované, speciálně vyvinuté pro jízdu v automobilu i pro běžné nošení. Zajišťují komfortní vidění a zrakovou pohodu při náhlých změnách počasí. Pokud je obloha zatažená, čočky se za čelním sklem zbarví do kontrastního žlutozeleného odstínu, eliminují se rušivé odlesky, je zajištěno dokonalé rozlišení detailů a zvýší se kontrast barev. V neaktivním stavu je absorpce světla 63 %. V reakci na denní světlo se čočky v automobilu přemění do měděného odstínu za pomoci viditelného světla. Absorbují se až 75 % paprsků. Odstraní se nepříjemné oslnění

včetně odlesků a zajistí jasné a příjemné vidění. Pokud se člověk pohybuje venku a je vystaven ostrému slunci, čočky se zabarví do tmavě hnědého odstínu. Až 85 % světla se absorbuje. Vyruší se nechtěné odrazy a oslnění, zajištěna je také maximální ochrana proti UV záření. Transitions DriveWear lze nanést na plastové jednoohniskové čočky, progresivní nebo bifokální a také na polykarbonátové a trivex. [42]



Obrázek 13 – Průřez brýlové čočky Transitions DriveWear v reakci na zataženou oblohu, za jasného počasí při řízení automobilu, za jasného počasí venku. [42]

3.3 Kontaktní čočky

Kontaktní čočky (KČ) se využívají nejen ke korekci, ale také jako kosmetická nebo terapeutická pomůcka. Jejich aplikace je vhodná také z preventivních důvodů, při poleptání, popálení, ptóze nebo lagoftalmu. Aplikace je vhodná pro diagnostické důvody. Podle materiálu je lze dělit na tvrdé a měkké. Tvrdé KČ dále rozlišujeme pro plyny nepropustné (PMMA) a plynopropustné (RGP). Měkké na hydrofobní a hydrofilní (hydrogely). Silikon hydrogelové čočky jsou v dnešní době nejrozšířenější. Silikon zajišťuje vyšší propustnost pro kyslík a podporuje normální dýchání rohovky. Dostatečnou pohyblivost a pohodlí zajišťuje hydrogel. [13]

Zornice se v šeru (při nízkém osvětlení) roztáhne a nastanou aberace vyššího řádu. Naopak při nižším osvětlení se snižuje zraková ostrost a kontrastní citlivost. Přes den za jasného světla, bez použití slunečních prostředků, se zornice chová jako clona a stažením

reguluje paprsky vcházející do oka. Aby se omezil chod paprsků do oka, je nutné používat ochranné prostředky. K ochraně zraku neslouží jen brýlové čočky, ale i kontaktní, které jsou schopny absorbovat UV záření a část paprsků viditelného světla. Kontaktní čočky blokují více periferního světla, než běžné brýlové čočky. Aby byl zrak chráněn periferně i centrálně, je vhodné ve venkovním prostředí zároveň používat přijatelně prohnuté sluneční brýle (viz kapitola 3.1). [37]

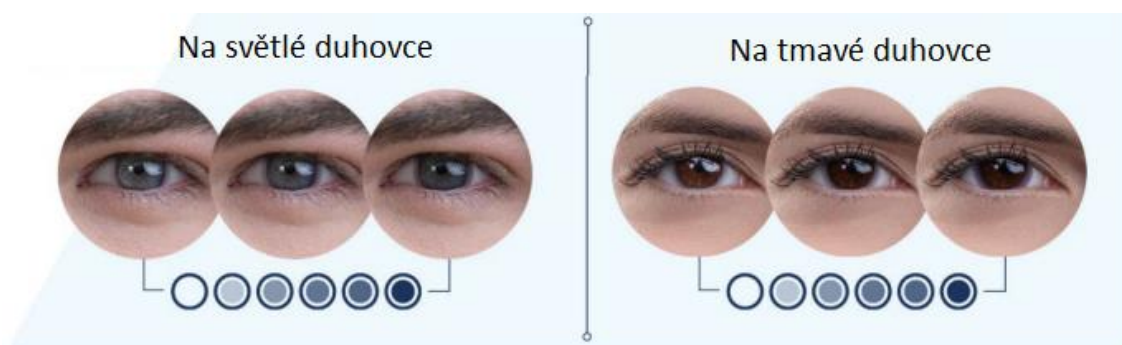
Americkým národním normalizačním institutem (ANSI) byly stanoveny standardy Z80.20, které zahrnují normy pro blokaci UV záření. Čočky byly rozděleny do dvou klasifikací, které blokují paprsky UV-A i UV-B. Kontaktní čočky třídy 1 blokují 90 % UV-A a 99 % UV-B paprsků. Zatímco třída 2 blokuje pouze 70 % UV-A a až 95 % UV-B paprsků. Z důvodu nižší ochrany proti UV záření, jsou čočky spadající do třídy 2 vhodné pro běžné venkovní prostředí. Studie [37] z roku 2015 provedla srovnání čtyř kontaktních čoček s UV filtrem a jejich propustnost pro UV záření. Byly použity čočky Acuvue Oasys, Acuvue 2, Zeiss CONTACT Day 30 a Sauflon 55 UV. Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce 6, ze které lze vyčíst, že nejnižší propustnost UV-A i UV-B paprsků prokázala čočka Acuvue Oasys. Podle standardů ANSI by měly kontaktní čočky propustit UV-B paprsků méně než 5 %, což splnily tři typy čoček. Propustnost UV-A paprsků byla přípustná pouze pro Acuvue Oasys. Z této studie je jasné, že Acuvue Oasys poskytují vhodnou ochranu proti UV záření. [37]

Tabulka 6 - Propustnost paprsků UV-B, UV-A čtyřmi testovanými kontaktními čočkami. [37]

	UV-B [%]	UV-A [%]
Acuvue Oasys	0,24 %	20,81 %
Acuvue 2	1,46 %	33,49 %
Zeiss CONTACT Day 30	10,37 %	44,03 %
Sauflon 55 UV	2,52 %	42,53 %

V roce 2019 byly uvedeny na trh kontaktní čočky od firmy Johnson & Johnson ACUVUE® OASYS with Transitions™. Společně s firmou Transitions Optical, která se specializuje na výrobu samozabarvujících skel, vyvinuli po deseti letech výzkumu kontaktní čočky s fotochromní technologií. Materiál čočky byl zvolen senofilcon A, režim výměny čtrnáctidenní. Výrobci vycházeli z kontaktní čočky ACUVUE® OASYS with HYDRACLEAR® PLUS, která při nošení vykazovala komfort, blokovala 90 %

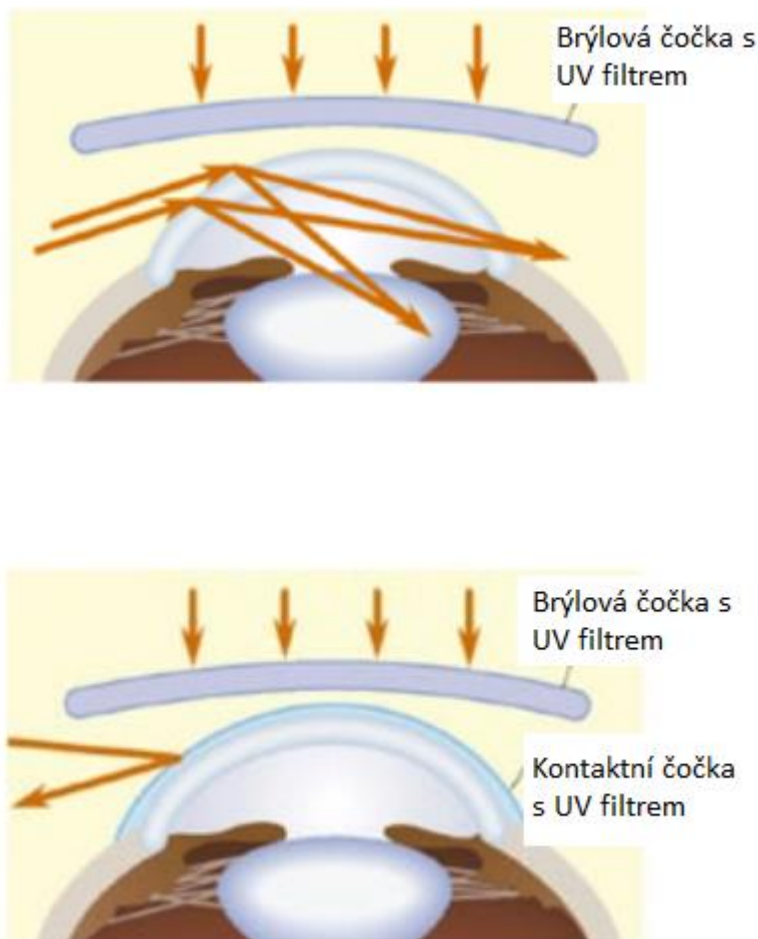
UV-A a 99 % UV-B paprsků a samozřejmostí byla dobrá viditelnost přes čočky. Technologie HYDRACLEAR® PLUS obsahuje v čočce smácedlo, které pracuje na principu mucinové vrstvy, vyskytující se v slzném filmu. Složka, která má funkci zvlhčující, se nazývá polyvinylpyrrolidon (PVP). Tuto složku lze nalézt v roztocích pro kontaktní čočky nebo v některých očních kapkách. ACUVUE with HYDRACLEAR pomáhají udržovat stabilitu slzného filmu a snížit pocit suchých očí. Aby byla zajištěna fotochromní reakce, byly do čoček přidány molekuly, které se vlivem UV záření otevřou a čočky automaticky změny barvu na tmavou. V této fázi nastává proces absorpce, při které se blokuje až 70 % viditelného světla, téměř 100 % UV-B a více než 99 % UV-A paprsků. Jakmile se paprsky utlumí, molekuly v čočce se uzavřou a vrátí se do původně čirého stavu. V čirém stavu čočka neustále pracuje a blokuje menší část paprsků, které by mohly vniknout do oka. Uvádí se, že je schopná v místnosti blokovat až 15 % světla. [14, 15]



Obrázek 14 – Zbarvení kontaktní čočky na tmavé a světlé duhovce; upraveno [14]

Fotochromní molekuly rozložené po celé ploše zaručují rovnoměrné zbarvení, které není závislé na okolní teplotě. Proces ztmavnutí začíná ihned při vystavení slunečnímu záření. Plná tmavost se dostavuje již při 45 sekundách a proces odbarvení netrvá déle než 90 sekund. Tyto kontaktní čočky jsou vhodné pro řízení za denního světla, v šeru i v noci. Zajišťují ostré vidění za různých světelných podmínek, snižují přivírání víček proti slunečnímu světlu a vylepšují barevný kontrast. ACUVUE® OASYS with Transitions™ nelze brát jako náhradu za sluneční brýle. Doporučuje se používat kombinaci kontaktních čoček a slunečních brýlí, aby bylo dosaženo co nejvyšší ochrany proti UV záření. Fotochromní kontaktní čočky neabsorbují jen přirozené světlo, ale také světlo umělé. ACUVUE® OASYS with Transitions™ spolu s ACUVUE® OASYS with

HYDRACLEAR® PLUS spadají do normy třídy 1, tudíž je u nich zaručena vysoká ochrana před UV zářením. Kontaktní čočky s technologií Transitions, navíc zlepšují barevný kontrast, snižují halo efekty kolem světel a poskytují vyšší ochranu před UV paprsky než jakékoliv jiné dostupné kontaktní čočky. [14, 15, 19]



Obrázek 15 – Porovnání procházejícího paprsku s brýlemi a UV-filtrem, v kombinaci brýle a kontaktní čočka; upraveno [2]

3.4 Umělé nitrooční čočky

Umělé nitrooční čočky (z anglického intra ocular lens - IOL) jsou používány jako náhrada, místo zkalené oční čočky. Operace katarakty se prvně začaly provádět od konce 40. let 20. století. První implantovaná IOL byla vyrobena z PMMA, která se roku 1949 implantovala do oka. První operace byla provedena extrakapsulární extrakcí a nová IOL byla vložena do čočkového pouzdra. U některých pacientů docházelo k uveální reakci

nebo dislokaci. Z tohoto důvodu se začala o pár let později IOL vsazovat do přední komory. Ani tato metoda nebyla ideální. Vznikaly komplikace ve formě dekompenzace rohovkového endotelu. Po tomto neúspěchu byly pokusy přichytit IOL fixací na duhovku, ale taktéž nastávaly komplikace. Proto se opět vracelo k extrakapsulární extrakci s iridokapsulární IOL, která se implantovala do čočkového pouzdra. V dnešní době probíhá operace formou fakoemulzifikace, při které se zkalené jádro čočky rozbije ultrazvukem a je postupně odsáváno. Do zbylého neporušeného pouzdra se vkládá nová IOL. [3]

Silikonové čočky patří mezi nejpoužívanější implantáty. Silikonové polymery jsou elastické, měkké a biokompatibilní. Při vkládání silikonové čočky stačí provést malý řez na rohovce, čočka se sroluje a po vložení do pouzdra se sama vrátí do původního stavu. [3, 18]

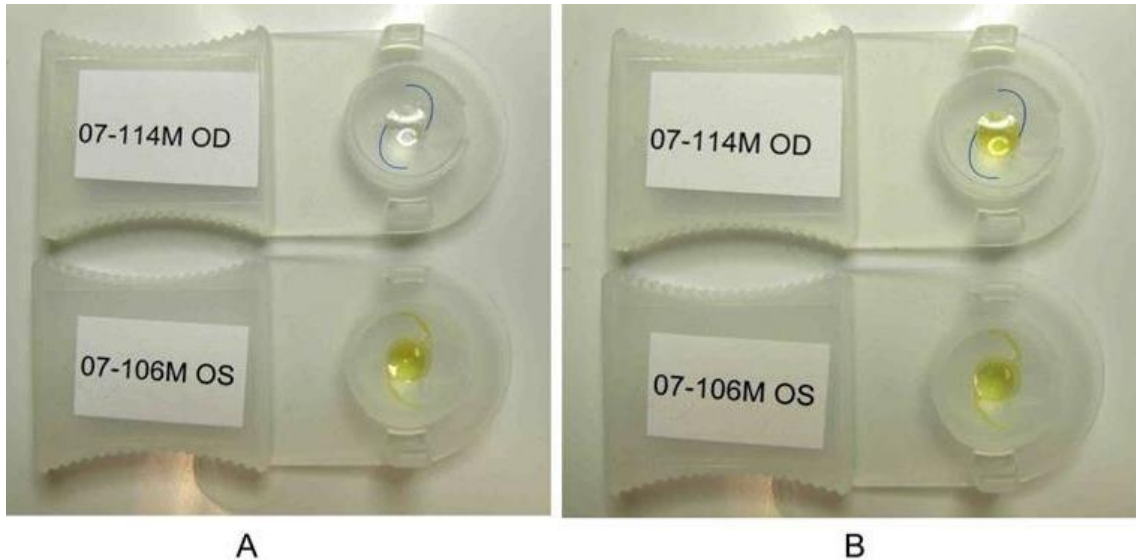
Nitrooční čočka se skládá z haptické a optické části. K fixaci slouží část haptická a optická nahrazuje funkci vyjmuté oční čočky. Pomocí IOL lze korigovat veškeré refrakční vady. Na trhu jsou monofokální i multifokální čočky. Aby čočka zabraňovala vniknutí nežádoucích krátkých vlnových délek světla na sítnici, začaly se začátkem 80. let 20. století vyrábět s ultrafialovými filtry (absorbují 290 – 390 nm) a v 90. letech i s modrým filtrem (absorpce 390 – 550 nm). Téměř všechny IOL se začaly vyrábět s UV filtrem, protože nezakalená oční čočka taktéž sloužila jako UV filtr. Cílem IOL s modrým filtrem (BFIOL) bylo snížit chromatickou aberaci i cyanopsii (člověk vidí v odstínech modré barvy) a poskytnout ochranu před krátkovlnnými paprsky, aby nevnikly na sítnici. Zlepšení kontrastní citlivosti a snížení oslnění za určitých podmínek je bráno jako pozitivum. Pro blokování co nejvíce modrého záření, se začalo do materiálu přidávat žluté barvivo, které filtruje dopadající modré světlo. Po implantaci UVFIOL se zraková ostrost, fotopické, skotopické a barevné vidění nijak nelišily od implantované BFIOL. Existují úvahy o potenciálu modrých filtrů snižovat postup geografické atrofie u VPMD, které zatím nejsou podložené. [16, 17]



Obrázek 16 - Umělá nitrooční čočka (single piece) [3]

Vědci z firmy Medennium (Kalifornie) vyvinuli monofokální fotochromní IOL s hydrofobním akrylovým materiálem, který se nazývá Matrix Aurium. Index lomu materiálu je 1,56. V přítomnosti UV záření je barva aktivována do 10 sekund. Proces odbarvení je kratší než 30 sekund. Za fotopických podmínek vlivem UV záření, se optická část zbarví do žluta a současně absorbuje modré světlo. V interiéru se IOL Aurium chová jako běžná nitrooční čočka filtrující UV záření a její optická část zůstává bezbarvá. Werner et al [35] potvrdili, že IOL Matrix Aurium se aktivuje do 7 sekund po vystavení UV záření. Při této studii se IOL aplikovaly na králičí modely očí. Fotochromní vlastnosti optického materiálu byly v procesu studií stabilní a po roční adaptaci se nijak nezměnily.

Také studie [36] z roku 2015 prokázala, že fotochromní IOL Matrix Aurium zajišťuje výrazně lepší vidění na dálku i blízko. Ve studii byly porovnány monofokální čočky AcrySof single piece, AcrySof IQ a Matrix Aurium, implantované do 153 očí (Matrix Aurium 52 očí, AcrySof single piece 48 očí, AcrySof IQ 53 očí). Cílem studie bylo prokázat zlepšené vidění na dálku, blízko nebo na obě vzdálenosti u jednotlivých implantovaných typů IOL. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 7, ze které lze vyčíst, že nejlepšího vidění na obě vzdálenosti bylo docíleno aplikací fotochromní IOL Matrix Aurium. Zatímco IOL AcrySof single piece a AcrySof IQ byly doporučeny pro pacienty, kteří preferují ostré vidění na jednu vzdálenost. [35, 36]



Obrázek 17 – Fotografie explantovaných IOL. (A) Nahoře fotochromatická IOL, dole kontrolní IOL plně zbarvená do žluta. (B) Po vystavení IOL UV lampě po dobu 7 sekund, nahoře aktivovaná fotochromatická, dole stejně zbarvená čočka jako v (A) [35]

Právě IOL Aurium byly uvedeny, jako vhodná náhrada za multifokální IOL. Při implantaci multifokální IOL dochází ke zlepšenému vidění na obě vzdálenosti. Nevýhodou jsou halo efekty, oslnění, snížená citlivost kontrastu a vyšší cena. Z těchto důvodů jsou přijatelnou náhradou výše zmíněné monofokální IOL Aurium. Fotochromní proces zajišťuje kvalitnější noční vidění (halo efekty a oslnění jsou utlumeny), vyšší kontrast, lepší zrakovou ostrost, blokace UV a modrého záření zajišťuje ochranu makuly. [36]

Tabulka 7 – Srovnání tří nitroočních čoček v závislosti zlepšeného vidění na dálku, blízko nebo obě vzdálenosti. [36]

	Dálka	Blízko	Dálka i blízko
Matrix Aurium	69 %	38 %	38 %
AcrySof single piece	48 %	33 %	33 %
AcrySof IQ	57 %	15 %	15 %

Závěr

Bakalářská práce se zaměřuje na ochranu zraku před UV zářením. V první kapitole je stručně popsán vývoj elektromagnetického záření, rozdělení a popis jednotlivých spekter. Větší důraz je kladen na popis viditelného a ultrafialového záření, jeho jednotlivých částí a dělení.

Následující kapitola je věnována vlivu UV záření na pokožku a zrak. Jedná se o princip poškození organismu dlouhovlnnými a krátkovlnnými paprsky UV záření. Počáteční fází bývá spálení, v horších případech může dojít až k rakovině kůže. Jako prevenci proti spálení je důležité používat ochranné opalovací krémy, ochranné oděvy a vyhýbat se přímému slunečnímu záření. Poškození zraku UV zářením se může projevit na rohovce, čočce i sítnici. V některých případech poškození samovolně odezní a někdy je potřeba chirurgického zákroku.

Poslední kapitola seznamuje s ochrannými pomůckami proti UV záření jako kontaktními čočkami, slunečními brýlemi, brýlovými čočkami i jejich modifikacemi a umělými nitroočními čočkami. Kontaktní čočky přišly v roce 2019 s novinkou ve formě fotochromní úpravy, která reaguje na intenzitu UV zářením ztmavením. Plná aktivace nastupuje do 45 sekund a zpětná reakce netrvá déle než 90 sekund. Pro výběr slunečních brýlí je vhodné se zaměřit na jejich tvar, barevný odstín, propustnost světla a prohnutí. Bylo zjištěno, že oční okolí je nejlépe chráněno prohnutými brýlemi než rovnými. Polarizační filtry jsou v kombinaci se slunečními brýlemi vhodné zejména pro aktivní řidiče nebo rybáře. Brýlové čočky bez povrchových úprav neblokují dostatečně UV záření. Proto jsou dodatečně nanášeny speciální povrchové úpravy formou barvení, UV filtru, polarizačního filtru nebo fotochromní vrstvy. Fotochromní úprava dokáže reagovat na intenzitu UV záření změnou odstínu barvy za čelním sklem automobilu, v interiéru i exteriéru. Po operaci katarakty je na místo zakalené čočky vložena umělá nitrooční čočka, která má v sobě zabudovaný modrý filtr pro blokování modré části viditelného záření nebo UV filtr, který blokuje UV záření. Jako ochranné štíty v automobilech fungují čelní skla, která blokují téměř veškeré UV záření.

Velkým přínosem při psaní této bakalářské práce pro mne bylo pochopení podstaty ultrafialové záření, nežádoucích účinků na organismus a zrak, jak lze tomuto poškození předcházet případně jak jej léčit.

Přehled použité literatury

- [1] URONE, P. P., HINRICHS, R., DIRKS, K., MANJULA, S. *College Physics*. Rice University, Houston, Texas, OpenStax [online], 2016, [cit. 2020-10-22]. ISBN 978-1-938168-00-0. Dostupné z: <https://openstax.org/details/college-physics>
- [2] WALSH, K. *UV radiation and the Eye*. Johnson & Johnson Medical Limited 2016 [online] 2016 [cit. 2020-11-22] Dostupné z: https://www.jnjvisioncare.co.uk/sites/default/files/public/uk/documents/tvci_uv_radiation_and_the_eye.pdf
- [3] KUCHYNKA, P. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [4] BASHIR, H., SEYKORA, J., LEE, V. *Invisible shield: Review of the corneal epithelium as a barrier to UV radiation, pathogens, and other environmental stimuli*. Journal of Ophthalmic and Vision Research [online]. 2017, [cit. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/28791065>
- [5] MALLET, J. D., DORR, M. M., DESGARNIER, D. M. C., BASTIEN, N., GENDRON, S. P., ROCHETTE P. J., SOBOL, W. R. *Faster DNA Repair of Ultraviolet-Induced Cyclobutane Pyrimidine Dimers and Lower Sensitivity to Apoptosis in Human Corneal Epithelial Cells than in Epidermal Keratinocytes*. PLOS ONE [online]. 2016, [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0162212>
- [6] WANZELER, A. C. V., BARBOSA, I. A. F., DUARTE, B. et al. *Mechanisms and biomarker candidates in pterygium development*. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia [online]. 2019, [cit. 2020-11-29]. Dostupné z: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492019005013105&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- [8] SUAREZ, M. F., PIQUERAS, M. C., CORREA, L., ESPOSITO, E., BARROS, M. F., BHATTACHARYA, K. S., URRETS-ZAVALIA, J. A., SERRA, M. H. *Phospholipidomic Studies in Human Cornea From Climatic Droplet Keratopathy*. Journal of Cellular Biochemistry [online]. 2017, 3920-3931 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5603377/>

- [9] SERRA, H. M., HOLOPAINEN, J. M., BEUERMAN, R., KAARNIRANTA, K., SUÁREZ F. M., URRETS-ZAVALÍA, J. A. *Climatic droplet keratopathy: an old disease in new clothes*. Acta Ophthalmologica [online]. 2015, [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aos.12628>
- [11] IZADI, M., JONAIIDI-JAFARI, N., POURAZIZI, M., ALEMZADEH-ANSARI, M. H., HOSEINPOURFARD, M. J. *Photokeratitis induced by ultraviolet radiation in travelers: A major health problem*. Journal of Postgraduate Medicine [online]. 2018, [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5820813/>
- [12] GHEORGHE, A., MAHDI, L., MUSAT, O. *Age – related macular degeneration* [online]. 2015 [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26978865/>
- [13] GOTTWALDOVÁ, P. *Kontaktní čočky*. Výukové materiály k předmětu Kontaktní čočky. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra optiky, Olomouc, 2019.
- [14] BUCH, J., HAMMOND, R. B., RUSTON, D. *The contact lenses that knows light* [online]. 2019 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: https://www.jnjvisionpro.com/sites/us/files/public/Products/Vision%20Care%20Resource%20Lib/Solace%20Article/gcc19037_190223_launch_article_2_branded_the_lens_th_at_knows_light_postcc11.pdf
- [15] LEVINE, H. *Contact lenses that darken when exposed to light? Check out the new Acuvue Oasys with Transitions light intelligent technology*. [online]. 2019 [cit. 2021-05-01] Dostupné z: <https://www.jnj.com/innovation/how-does-acuvue-oasys-with-transitions-light-intelligent-technology-work>
- [16] DOWNIE, E. L., BUSIJA, L., KELLER, R. P. *Blue-light filtering intraocular lenses (IOLs) for protecting macular health*. Cochrane Database of Systematic Reviews. [online]. 2018 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6494477/>
- [17] DOWNES, M. S. *Ultraviolet or blue-filtering intraocular lenses: what is the evidence?* [online]. 2016 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/eye2015267>

- [18] WERNER, L., NGUYEN, J. *Intraocular Lenses for Cataract Surgery* [online]. 2017 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481726/>
- [19] BUCH, R. J., CANNON, J., TOUBOUTI Y. *Randomized crossover trial evaluating the impact of senofilcon A photochromic lens on driving performance* [online]. 2019 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6946103/>
- [20] NAJMAN, L. *Dílenská praxe očního optika*. Vyd. 2., přeprac. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2010. ISBN 978-80-7013-529-7
- [21] PILLAY, R., HANSRAJ, R., RAMPERSAD, N. *Historical development, applications and advances in materials used i spectacle lenses and contact lenses* [online]. 2020 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7532918/>
- [22] NAJMAN, L. *Fotochromní (fototropní) čočky*, Výukové materiály k předmětu Technologie. Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická, Oční optik, Brno, 2017.
- [23] LEUNG, W. J., LI, W. R., KEE, CH. *Blue-light filtering spectacle lenses: Optical and clinical performances* [online]. 2017 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5207664/>
- [24] DAIN, J. S. *Sunglasses and sunglass standarts* Scholl of Optometry and vision Science, University of New South Wales [online]. 2003 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1444-0938.2003.tb03066.x#>
- [25] ALMUTAWA, F., VANDAL, R., WANG, Q. S., LIM, W. H. *Current status of photoprotection by window gladd, automobile glass, window films and sunglasses* [online]. 2013 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/phpp.12022>
- [26] AVALOS, G. *Two – Year Clinical Experience With a Photochromic IOL* [online]. 2008 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: https://crstodayeurope.com/articles/2008-jul/0808_4-php/

- [27] MODENESE, A., GOBBA, F. *Occupational Exposure to Solar Radiation at Different Latitudes and Pterygium: A Systematic Review of the Last 10 Years to Scientific Literature* [online]. 2017 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5800136/>
- [28] RODENSTOCK. *Mnohem víc než jen dobrý vzhled – zabarvená brýlová skla.* [online]. 2021 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.rodenstock.cz/cz14/cz/brylova-skla/slunecni-bryle/zabarvena-skla.html>
- [29] HEITING, G. *Anti-reflective coating: See better and look better.* In: All About Vision [online]. 2021 [cit. 2021-04-12] Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/lenses/anti-reflective.htm>
- [30] BEHAR-COHEN, F., BAILLET, G., KRUTMANN, J. et al. *Ultraviolet damage to the eye revisited: eye-sun protection factor (E-SPF), a new ultraviolet protection label for eyewear.* [online]. 2013 [cit. 2021-04-12] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3872277/>
- [31] VESELÝ, P., ŠIMOVIČ, P., PETROVÁ, S. *Konvenční a Free-Form technologie výroby brýlových čoček.* 1. vyd. Brno: národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2014. ISBN 978-80-7013-566-2.
- [32] ZEISS Vision Care. *Jedny brýle pro všechny příležitosti.* [online] [cit. 2021-04-15] Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/zeiss-vyrobky/slunecni-brylove-cocky/samozabarvovaci-brylove-cocky.html>
- [33] MORGAN, E. *Polarized sunglasses: Are they right for you.* In: All About Vision [online] 2021 [cit. 2021-04-15] Dostupné z: <https://www.allaboutvision.com/sunglasses/polarized.htm>
- [34] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky.* Brno: Vutium, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN isbn80-214-1869-9.
- [35] WERNER, L., ABDEL-AZIZ, S., PECK, C. C. et al. *Accelerated 20 – year sunligh exposure simulation of a pphotochromic foldable intraocular lens in a rabbit model* [online]. 2012 [cit. 2021-04-30] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3033600/>

- [36] SHETTY, V., HALDIPURKAR, S. S., GORE, R. et al. *A comparison of visual outcomes in three different types of monofocal intraocular lenses* [online]. 2013 [cit. 2021-04-30] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4651884/>
- [37] RAHMANI, S., NIA, M.M, BAGHBAN, A. A. et al. *Do UV-blocking soft contact lenses meet ANSI Z80.20 criteria for UV transmittance?* [online]. 2015 [cit. 2021-05-01] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4795395/>
- [38] ESSILOR. *Systém ochrany očí.* [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/eye-protect-system>
- [39] ZEISS. *Úplná UV ochrana v čirých brýlových čočkách.* [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/zeiss-vyroby/uplna-uv-ochrana-ve-vsech-cirych-brylovych-cockach-zeiss.html>
- [40] ZEISS. Produktový ceník
- [41] ESSILOR. *Transitions Signature GEN8.* [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://www.essilor.cz/brylove-cocky-essilor/transitions/transitions-signature>
- [42] DRIVEWEAR. *Technologie brýlových čoček DriveWear.* [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <http://www.drivewear.cz/techno.html>
- [43] BACKES, C., RELIGI, A. et al. *Sun exposure to the eyes: predicted UV protection effectiveness of various sunglasses* [online]. 2019 [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6803516/#MOESM1>
- [44] BERENS, P. J., MOLINIER, J. *Formation and recognition od UV-induced DNA damage within genome complexity* [online]. 2020 [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7555853/>
- [45] JARRETT, S. et al. *UV Radiation and the skin.* [online]. 2020 [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3709783/>
- [46] GUERRA, C. K., et al. *Skin Cancer Prevention* [online]. 2020 [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519527/>

[47] SLOMINSKI, T. A., ZMIJEWSKI, A. M. et al. *How UV light touches the brain and endocrine system through skin, and why* [online]. 2018 [cit. 2021-05-05] Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5905393/>

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Spektrum elektromagnetického záření a rozdělení UV záření [2]

Obrázek 2 – Klasifikace stupně pterygia; upraveno [6]

Obrázek 3 – Pterygium [3]

Obrázek 4 – Snímky ze štěrbinové lampy třech stupňů CDK; (A) Pravé oko s počátečním periferním nasálním zkalením odpovídající 1. stupni. (B) Oko z (A) pod zvětšením. (C) Pravé oko znázorňující 2. stupeň, v dolní polovině rohovky mlhovina rozmazávající duhovku. (D) Oko z (C) se zvětšením. (E) Pravé oko s viditelnými subepiteliálními kapičkami charakteristické pro 3. stupeň. (F) Oko z (E) pod zvětšením. [9]

Obrázek 5 – Přední subkapsulární katarakta [3]

Obrázek 6 – Zadní subkapsulární katarakta v nepřímém světle [3]

Obrázek 7 – Měkké drúzy [3]

Obrázek 8 – 3D hlava se slunečními brýlemi. (1-3) Pohled zepředu. (1a – 3a) Pohled shora. (1) Prohnuté brýle přiléhající na oční oblast, (2) Střední sluneční brýle vzdálené od očnice, (3) Velké sluneční brýle vzdálené od očnice. [43]

Obrázek 9 - Ukázka nepolarizovaného světla po projití polarizační destičkou orientovanou svisle, následně vertikálně polarizované světlo [34]

Obrázek 10 - Technologie Eye Protect System (Essilor) pohlcuje část škodlivého modrého světla a 100 % UV záření. [38]

Obrázek 11 – Ukázka molekul v čirém stavu [32]

Obrázek 12 – Ukázka molekul v aktivovaném stavu [32]

Obrázek 13 – Průřez brýlové čočky Transitions DriveWear v reakci na zataženou oblohu, za jasného počasí při řízení automobilu, za jasného počasí venku. [42]

Obrázek 14 – Zbarvení kontaktní čočky na tmavé a světlé duhovce; upraveno [14]

Obrázek 15 – Porovnání procházejícího paprsku s brýlemi a UV-filtrem, v kombinaci brýle a kontaktní čočka; upraveno [2]

Obrázek 16 - Umělá nitrooční čočka (single piece) [3]

Obrázek 17 – Fotografie explantovaných IOL. (A) Nahoře fotochromatická IOL, dole kontrolní IOL plně zbarvená do žluta. (B) Po vystavení IOL UV lampě po dobu 7 sekund, nahoře aktivovaná fotochromatická, dole stejně zbarvená čočka jako v (A) [35]

Tabulka 1 – Rozdělení frekvence a vlnové délky, pro jednotlivé části záření. [1]

Tabulka 2 - Klasifikace propustnosti světla pro kategorie slunečních brýlí [25]

Tabulka 3 – Srovnání vlastností materiálů na výrobu brýlových čoček [20]

Tabulka 4 - Použití barevných čoček u různých sportů. [31]

Tabulka 5 – Srovnání absorpce technologie PhotoFusion [32]

Tabulka 6 - Propustnost paprsků UV-B, UV-A čtyřmi testovanými kontaktními čočkami. [37]

Tabulka 7 – Srovnání tří nitroočních čoček v závislosti zlepšeného vidění na dálku, blízko nebo obě vzdálenosti. [36]