

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLMOUCI
KATEDRA OPTIKY**

VLIV UV ZÁŘENÍ NA OKO

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Aneta Čunderlová

Obor 5345R008 Optometrie

Studijní rok 2012/2013

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

MUDr. Pavlína Hrabčíková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením MUDr. Pavlíny Hrabčíkové, za použití literatury a dalších zdrojů uvedených v závěru práce.

V Olomouci

Čunderlová Aneta

Poděkování

Děkuji mé vedoucí práce MUDr. Pavlíně Hrabčíkové za její čas a trpělivost. Také bych ráda poděkovala Mgr. Martinu Falharovi, PhD za jeho čas a pomoc.

Obsah

Úvod.....	6
Použité zkratky.....	8
1. UV záření	9
1.1 UVA záření	9
1.2 UVB záření	10
1.3 UVC záření	10
1.4 Historie UV záření	10
1.5 Zdroje UV záření	10
1.6 Mechanismus účinku ultrafialového záření.....	11
1.7 Absorpce a přenos UV záření v oku.....	13
1.8 Riziko expozice.....	13
1.8.1 Ozonová vrstva.....	14
1.8.2 Solární úhel a denní doba.....	15
1.8.3 Mraky	15
1.8.4 Odraz od zemského povrchu.....	16
1.8.5 Nadmořská výška a zeměpisná šířka.....	16
1.8.6 Typ pro oční specialisty	17
1.9 Vysoce rizikové skupiny obyvatel	17
1.10 Užitečné účinky versus škodlivé účinky UV záření.....	18
1.11 PLF efekt (peripheral light focusing).....	18
1.11.1 Typ pro oční specialisty	20
1.12 Měření slunečního UV záření na území ČR.....	20
1.12.1 Dlouhodobé změny UV záření nad územím České republiky	21
1.13 UV fluorescenční fotografie.....	21
2 UV záření a jeho vliv na oční tkáně	23
2.1 Víčka	23
2.1.1 Bazocelulární karcinom (bazaliom)	23
2.2 Spojivka	25
2.2.1 Pinguecula.....	25
2.2.2 Pterygium	27
2.3 Rohovka	29
2.3.1 Keratopatie způsobená UV zářením.....	30
2.4 Přední komora	30
2.5 Čočka	30

2.5.1	Katarakta	31
2.6	Sítnice.....	33
2.6.1	Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD)	34
3	Ochrana oka před UV zářením.....	39
3.1	Sluneční brýle	39
3.1.1	Typ pro oční specialisty	39
3.1.2	Vliv antireflexní vrstvy na propustnost a odrazivost brýlových čoček	40
3.2	Ochrana před UV záření díky kontaktním čočkám	43
3.2.1	Výzkum kontaktních čoček blokujících UV záření	43
3.3	TheEye-Sun Protection Factor (E-SPF)	47
	Závěr	49
	Seznam použitých zdrojů	51

Úvod

Zrak je jeden z pěti smyslů, díky kterým jsme schopni vnímat svět okolo nás. Mnoho lidí ale bere zrak jako samozřejmost, stejně tak jako slunce. Jenomže bez slunce, které je největším přírodním zdrojem světla, by nám zrak byl k ničemu. Slunce nám dává světlo a teplo, ale je také významným zdrojem ultrafialového záření (dále jako UV). Negativní účinky UV záření na kůži jsou mezi lidmi dobře známy. Snad nikdo by nešel na pláž bez opalovacího krému s UV faktorem, který poskytuje ochranu kůže před spálením. Už ale daleko méně lidí si uvědomuje, že je důležité chránit před UV zářením také oči. A snad ještě méně lidí ví, jaké negativní účinky na oko může UV záření mít.

Záludnost UV záření je v tom, že ho lidé nevidí, a proto je často nenapadne, že by se měli před ním chránit. Jedním z největších mýtů o UV záření je, že když je slunce pod mrakem, tak na organismus UV záření nepůsobí. To ale není pravda, protože mraky mohou propouštět až 90 % UV záření. Záludnost tohoto jevu je v tom, že lidé se ve stínu méně před sluncem chrání. A přitom právě ve stínu, kdy se zornička díky sníženému osvětlení roztáhne, proniká UV záření snadněji do oka. Kontakt s UV zářením se neubrání nikdo, kdo tráví čas venku. 40 % UV záření proniká dokonce i 50 cm pod vodní hladinu.

Častou rekcí oka na ozáření UV zářením, vzniklým na sněhu nebo u vody, je keratitis nivalis (sněžná slepota). UV záření má také vliv na vznik pterygia pinguekuly. Profesor Minas Coroneo se postaral o techniku časného zjištění pterygia a pinguekuly UV fluorescenční fotografií. UV záření má také podíl na vzniku kortikální katarakty a věkem podmíněné makulární degenerace.

Mnoho velkých firem vyrábějící kontaktní a brýlové čočky se snaží o edukaci prodejců a zákazníků o vlivech UV záření na oko. Firma Essilor vytvořila E-SPF (Eye-Sun Protection Faktor), který usnadňuje zákazníkům i prodejcům lépe rozpoznat, jakou ochranu před UV zářením dané brýlové čočky představují. Tento hodnotící systém je vhodný pro číré, fotochromatické a sluneční čočky. Pro číré čočky se používá hodnot od 2 do 25, pro sluneční čočky jsou to hodnoty 50+.

Negativní účinky UV záření na zrak mnohdy lidé nevidí ani necítí, a proto jim nepřijde důležité, aby se proti nim chránili. Ale účinek jedovaté houby také není

na první pohled patrný, přes to si na ni lidé dávají pozor. Tato práce má za cíl srozumitelně shrnout účinky UV záření na oko, tak aby čtenář po přečtení této práce pochopil, jak je důležité chránit své oči před UV zářením. Dalším cílem této práce je, aby posloužila jako zdroj informací pro oční specialisty (tzn. pro optometry, oftalmology a optiky). Součástí textu jsou i podkapitoly nazvané *Typ pro oční specialisty*, ve které se dočtou jak informaci z předešlého odstavce využít v praxi.

Použité zkratky

UV	Ultrafialové záření
PLF	Peripheral light focusing (efekt periferní fokusace)
MMP	matrixové metaloproteináza
VPMD	Věkem podmíněná makulární degenerace
ANSI	American National Standards Institute
AR	Antireflexní vrstva
E- SPF	Eye-Sun Protection Faktor

1. UV záření

Elektromagnetické záření, které má kratší vlnovou délku než viditelné fialové světlo (400 nm), ale jeho vlnová délka je větší než vlnová délka rentgenového záření (10 nm), se nazývá ultrafialové záření, zkráceně UV záření. UV záření má méně energie než rentgenové záření, ale má více energie než viditelné světlo. A to díky tomu, že platí nepřímá úměra mezi vlnovou délkou a vytvořenou energií (čím kratší vlnovou délkou záření má, tím vyšší energii vytváří). Označení UV záření vyplývá z anglického Ultra Violet. Ultra značí záření za fialovým (violet) světlem. UV záření je pro lidské oko neviditelné.[1]

„UV záření můžeme dělit dle různých parametrů, standard ISO (21348 -2004) pro určení slunečního záření rozděluje spektrum UV záření následovně“ [2]

Spektrální podkategorie	Vlnová délka v nm	Název
UV	100- 400	UV
VUV	10- 200	Vakuové UV
EUV	10-121	Extrémní UV
H -lyman - α	121- 122	Hydrogen Lyman-alpha
FUV	122- 200	Daleké UV
UVC	100- 280	UVC
MUV	200- 300	Středně dlouhé UV
UVB	280- 315	UVB
NUV	300- 400	Blízké UV
UVA	315- 400	UVA

= používané dělení ve fyzice

= dělení dle biologických účinků

Tab. 1 [A]

1.1 UVA záření

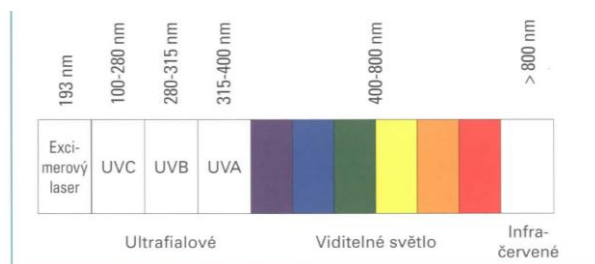
UVA záření je záření o vlnové délce 315 - 400 nm. UVA představuje 90-97 % z celkového UV záření dopadajícího na zemský povrch. Zároveň je to záření nejméně škodlivé pro lidské tkáně. Nepřímo ale dokáže způsobit rakovinu kůže, a to díky nepřímému poškození DNA. To znamená, že sice nepůsobí destruktivně rovnou na DNA, ale proniká hlouběji do kůže a tam vytváří vysoce reaktivní hydroxylové a kyslíkové radikály, které poškozují DNA. Toto záření také způsobuje známé krátkodobé zhnědnutí neboli opálení kůže, a to díky stimulaci melanocytů. UVA záření nezpůsobuje popálení kůže. UVA záření je zodpovědné za předčasné stárnutí kůže a ztrátu elasticity kůže, protože poškozují kolagen. [2]

1.2 UVB záření

UVB je záření o vlnové délce 280-315 nm. Je to záření, které způsobuje spálení kůže, a to i přesto, že tvoří jen 3-10 % z celkového UV záření dopadajícího na zemský povrch. A to proto, že energie tohoto záření je tak velká, že pronikne až do podkoží, kde fotochemickým účinkem a také díky nadměrné energii způsobí až genetické změny DNA. Tyto změny mohou způsobit nárůst různých mutací, což může vést k rakovině kůže. Při ozáření kůže paprsky UVB záření, kůže zčervená a může dojít k tvorbě puchýřů. Jakmile tyto příznaky odezní, kůže zhnědne a toto zhnědnutí vydrží po delší dobu. Vystavení kůže UVB záření napomáhá ke tvorbě vitamínu B3 (cholekalCIFerol), který má protirakovinné účinky, proto je pro život velice důležitý. [2]

1.3 UVC záření

Vlnová délka UVC záření je 100 až 280 nm. Toto záření je pohlcováno atmosférou. Na zemském povrchu se vyskytuje jen díky umělým zdrojům. Toto záření je vysoce bakteriocidní. UVC záření je také vysoce toxické a proniká hluboko do kůže. [2]



Obr. 1 Světelné spektrum dle vlnové délky [B]

1.4 Historie UV záření

Objev ultrafialového záření je od roku 1801 připisován německému fyzikovi Johannu Wilhelmu Ritterovi. UV záření bylo objeveno díky jeho pokusu, při kterém rozkládal sluneční světlo pomocí optického hranolu. Po rozložení světla kladl na různá místa spektra proužky papíru, které namočil do chloridu stříbrného. Tato sloučenina při kontaktu se světlem uvolňuje černé stříbro, a tudíž proužky zčernají. Ritter zjistil, že za fialovým koncem spektra proužky zčernají nejvíce. Z toho usoudil, že tam dopadá záření, které je pro lidské oko neviditelné a nazval jej „oxidační světlo“. V roce 1893 byl Victorem Schumannem učiněn objev UV záření o vlnové délce kratší než 200 nm. Teprve až koncem 19. století se začal používat název ultrafialové, tedy UV záření. [2]

1.5 Zdroje UV záření

Zdrojem ultrafialového záření jsou tělesa rozžhavená na vysokou teplotu vyzářující spojité spektrum. V přírodě je jeho zdrojem slunce. Přírodní sluneční záření je primární zdroj pozemského UV záření. Za normálních podmínek je UV záření

o vlnové délce kratší než 290 nm kompletně pohlceno ozonovou vrstvou. Takže solární UVC na zemský povrch prakticky nedopadá. Protože ozonová vrstva více absorbuje UV záření o kratších vlnových délkách než UV záření o delších vlnových délkách. UV záření, které dopadne na zem, je složeno z 95 % UVA a z 5 % UVB záření. [3]

Mezi uměle vytvořené zdroje ultrafialového záření patří především elektrický oblouk. Čím intenzivnější proud je do elektrody přiváděn, tím úměrně roste intenzita vytvářeného UV záření. S intenzitou ultrafialového záření roste i podíl škodlivého UVC záření. Dalšími zdroji ultrafialového záření jsou xenonové a rtuťové výbojky. Tyto výbojky musí být vyrobené z křemenného skla, protože normálně používané draselné sklo UV záření pohlcuje. Tyto výbojky se používají v kosmetice (horské slunce), nebo také k plošné dezinfekci. [4]

Podle usnesení bruselského europarlamentu mají do roku 2013 úsporné zářivky plně nahradit v České republice doposud nejčastěji používané wolframové žárovky. Primární UV záření vzniká v úsporných žárovkách díky fyzikálně chemickým vlastnostem molekul rtuti v plynném stavu. V trubicích těchto žárovek je nízký tlak kolem 1 Pa, při průchodu střídavého proudu těmito trubicemi dochází v plynu k výboji. Díky výboji se část elektrické energie volných elektronů přeměňuje na energii kinetickou. Následně dochází ke srážkám elektronů s atomy rtuti. Při srážce se část jejich kinetické energie přemění na energii záření krátkých vlnových délek. Nejvýše přístupná hodnota expozice UV záření z úsporných zářivek je stanovena nařízením vlády č. 1/2008 Sb. Tato hodnota je definována pro dvě spektrální oblasti první v oblasti 315 nm až 400 nm UVA záření (limit je roven absorpci oční čočky). Limitní hodnota pro tuto část spektra je dosažena za 25 hodin. Druhou oblastí je celý rozsah UV záření (180-400 nm), kde je limit dosažen za 686 hodin. [5]

Germicidní lampy jsou lampy, které byly díky bakteriocidním účinkům UV záření, dříve využívané ve zdravotnictví ke sterilizaci. Největší germicidní účinek mají tyto lampy při vlnové délce 254 nm. Tyto lampy vyzařují krátkovlnné UVC záření, díky kterému dochází k narušování buněčných struktur, tím ničí bakterie, plísňe a jejich spóry. Lampy se nejčastěji využívají ke sterilizaci vzduchu a povrchů. [6]

1.6 Mechanismus účinku ultrafialového záření

Mechanismus účinku UV záření úzce souvisí s vlnovou délkou tohoto záření. Energie vyzařovaného záření je nepřímo úměrná vlnové délce, z toho vyplývá,

že s poklesem vlnové délky se energie zvýší. Důsledkem toho je, že UV záření o kratší vlnové délce je větší hrozbou pro lidský organismus.[7] „*To potvrzuje fakt, že UV-B záření s vlnovou délkou 300 nm je přibližně 600x biologicky účinnější při poškozování oční tkáně než UV-A záření s vlnovou délkou 325 nm.*“ [7]Dále také platí, že čím delší je vlnová délka, tím hlouběji se UV záření dostane do živých tkání. Míra poškození tkáně UV zářením závisí na vlnové délce, na intenzitě a na délce trvání vystavení tkáně UV záření. [7]

„*UV záření poškozuje oční tkáně různými mechanismy jako například síťováním proteinů, dysfunkcí enzymů, inhibicí iontových pump, genetickými mutacemi a poškozením membrán.*“[8] K ničení buněk UV zářením dochází přímou i nepřímou cestou. Přímé ničení probíhá proniknutím UV záření do buňky, jejíž molekuly jsou schopny absorbovat záření. DNA, která snadno absorbuje UVB záření, je ničena touto cestou. Když jsou fotony UVB záření absorbovány molekulou DNA, předají jí energii a uvedou DNA molekulu do excitovaného stavu. To iniciuje fotodynamickou reakci, jejímž výsledkem jsou strukturální změny DNA. Jedna z typických strukturálních změn je formování thyminových dimerů. Thyminové dimerizace se dějí bezprostředně po absorbování UV záření molekulou DNA. Zničená molekula DNA může být opravena několikanásobnými závažnými kroky v organismu. Tyto ochranné mechanismy mohou být ochromeny náhlým vysokým stupněm radiace, nebo chronickým vystavením nízkému stupni UV záření. Neopravené léze mohou způsobovat deformace šroubovice DNA a chyby při transkripci mohou způsobovat chybnou replikaci, to nakonec vede k mutagenезi nebo buněčné apoptose. [3]

Při nepřímém ničení UV záření neabsorbují UV záření molekula DNA, ale jiné buněčné struktury. To může spustit fotochemickou reakci. Díky této reakci se vygenerují volné radikály, které v podstatě zničí všechny důležité buněčné komponenty zahrnující například buněčnou membránu, DNA, proteiny a důležité enzymy. [3] „*Volné radikály jsou látky, které mají ve vnějším orbitalu nepárový elektron, proto mají velkou snahu získat do páru jiný.*“ [9] Nejčastěji to pak jsou volné kyslíkové radikály. „*Mezi kyslíkové radikály patří superoxid O_2^- , hydroxylový radikál OH , singletový kyslík 1O_2 , peroxyhydroxylový radikál O_2H , nitroxidový radikál (OH) , event. $HOCl$, chloraminy.*“[9] Volné radikály mohou narušit buněčnou membránu, membránu mitochondrií a nukleové kyseliny. Také může dojít k depolarizaci kyseliny hyaluronové, zničení tkáně a degradaci kolagenu, tyto změny vedou ke stárnutí kůže

a zkapalnění sklivce v oku. [3] Tělo se může proti volným kyslíkovým radikálům chránit, a to díky enzymovým antioxidantům. Mezi enzymové antioxidanty patří cytochromy, superoxidodismutáza, kataláza, glutathionperoxidáza, vitamíny A, D, C, -karoten, transferin, albumin, ceruloplazmin, Cu, Zn, Mg. [9]

1.7 Absorpce a přenos UV záření v oku

Oko je bohaté na světlo absorbující pigmentové buňky, což jej činí obzvlášť náchylné na fotochemickou reakci. Sítnice je velmi náchylná k poškození UV zářením. I když dopadne jen 1 % z celkové intenzity UV záření, dochází k navození zdravotních komplikací. Převážná většina UV záření je odfiltrována díky ostatním očním strukturám, konkrétně rohovkou a čočkou. Absorpce UV záření očními tkáněmi záleží na vlnové délce. Rohovka absorbuje světlo o vlnové délce nižší než 295 nm, které zahrnuje UVC a částečně i UVB záření. UV záření je absorbováno v rohovkovém epitelu, ve stroma i v Bowmanově membráně. Další optická struktura, která absorbuje UV záření, je krystalická čočka. Absorpční schopnost čočky není díky zvyšujícímu se množství žlutého pigmentu konstantní. U dětí pod 10 let propouští čočka 75 % UV záření. Čočka u lidí starších 25 let má propustnost UV záření menší než 10 %. Proto je velmi důležité hlavně u dětí, aby byly jejich oči chráněny před UV zářením. Rohovka s čočkou tvoří výkonný filtrační systém, který je schopen odstranit celé UVC záření a také drtivou většinu UVA a UVB záření. [3]

Nitrooční filtrace UV záření očními tkáněmi

vlnová délka záření (v nm)	absorpce rohovkou	absorpce komorovou tekutinou	absorpce čočkou	absorpce sklivcem
< 280	100%			
300	92%	6%	2%	
320	45%	16%	36%	1%
340	37%	14%	48%	1%
360	34%	12%	52%	2%

Tab. 2 Nitrooční filtrace UV záření očními tkáněmi [C]

1.8 Riziko expozice

Existuje více faktorů, které určují intenzitu UV záření v prostředí, jež nás obklopuje. Úroveň výskytu ultrafialového záření je závislá na poloze, na ročním období, denní době, nadmořské výšce a počasí. Obecně platí, že děti a dospělí jsou vystaveni asi 2 až 4 % z celkového UV záření za rok, ale u dospělých pracujících venku je to až 10 %. Průměrná roční dávka UV záření se odhaduje na 20000 až 30000 J/m² v Evropě

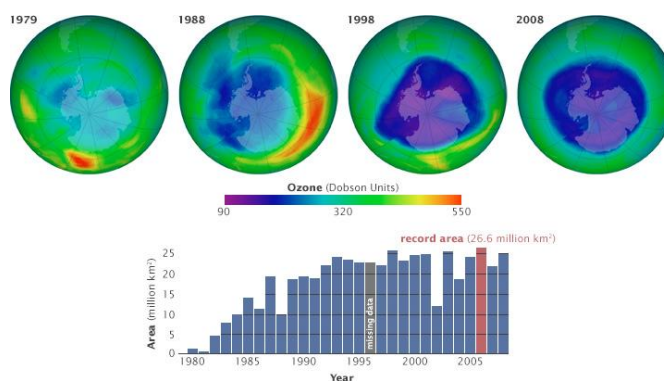
a 20000 až 50000 J/m² v Austrálii. Toto číslo nezahrnuje období prázdnin (červenec a srpen), kdy se tato dávka může zvýšit až o více jak 30 %. Na rozdíl od kůže je oko více chráněno přirozenými mechanismy, jako je například přivírání očí, zúžení zornic a geometrické faktory týkající se anatomie očí a postavením řas. [3]

podmínky	expozice slunečního světla v (Lx)	množství UV v(%) během roku
v místnosti	500	8%
oblačná obloha	5 000	5%
jasná obloha	25 000	30
letní obloha	100 000	58%

Tab. 3 Data byla naměřena u lidí pracujících ve městech na severní polokouli [D]

1.8.1 Ozonová vrstva

Ozonová vrstva absorbuje prakticky všechno sluneční UVC záření a více jak 90-97 % UVB záření. Tím poskytuje přirozenou ochranu proti UV záření. „Množství ozónu v horních vrstvách atmosféry, které závisí na poloze, roční době a denní době, určuje množství UV-B a kratší části UVA záření do 330nm, kterému jsme vystaveni na zemském povrchu.“ [10]V posledních třech desetiletích se hladina ozonové vrstvy díky lidské činnosti snížila. Mezi roky 2002 a 2005 ubylo ozonové vrstvy ve středních zeměpisných šířkách o 3 %. Od roku 1980 ubylo ozonové vrstvy na severní polokouli asi o 6 %. Předpokládá se, že úbytek ozónu bude zvyšovat vystavení lidského organismu UV záření. Odhaduje se, že každým snížením ozonové vrstvy o 1 % se bude penetrace UV záření pohybovat kolem 0,2 % až 2 %. Větší podíl penetrujícího UV záření bude tvořit UV záření o kratších vlnových délkách, které jsou normálně ozonovou vrstvou absorbovány. [3] „Po zákazu používání chlorofluorokarbonů (CFC) se odhaduje, že k obnovení hladiny ozónu nedojde dříve než v roce 2050.“ [10]



Obr. 2 Koncentrace ozónu v oblasti Antarktidy [E]

1.8.2 Solární úhel a denní doba

Solární úhel je jedním z nejdůležitějších determinantů UV intenzity. Největší intenzita slunečního záření dopadajícího na zemský povrch je, když je slunce na vrcholu, protože kolmé světlo dopadá na menší povrch než šikmé světlo, tudíž energie na jednom území má větší koncentraci. Když je slunce vysoko na obloze, sluneční světlo putuje menší vzdáleností atmosférou, než dorazí na zemský povrch, takže je méně rozptýleno. Proto se stupeň UV záření dopadající na zemský povrch mění v závislosti na denní době a ročním období a také na zeměpisné šířce. Intenzita UV záření je největší, když je solární úhel nejbližší kolmému stavu. To je vysvětlení, proč je výskyt pterygia nejběžnější v rovníkových oblastech a vysoce reflexních prostředích. [3]

V nedávné studii vypracované v Japonsku a prezentované na setkání American Academy of Optometry v roce 2009, kterou provedl Sasaki a kolektiv, byl představen vztah mezi solárním úhlem a expozicí UV na oku. Použitím speciálně upravené figuríny s UV senzory skupina měřila expozici UV záření během dne od září do prosince v Kanazawě v Japonsku. Překvapivě zjistili, že úroveň UV záření dopadajícího na oko brzy ráno od 8:00 do 10:00 a odpoledne od 14:00 do 16:00, je v Kanazawě skoro dvojnásobná než v době od 10:00 do 14:00 hodin, během většiny roku. [3]

Zatímco senzory umístěné na vrcholu lebky ukázaly, že expozice UV záření v této části lebky vzrůstala a snižovala se paralelně se sluneční výškou. Senzor na oku zaznamenal maximum expozice UV záření před a po poledni. [3]

Úhel slunce nad obzorem	< 35°	35- 45°	>45°
Expozice očí	Částečně vystavené	Plně ozářené	Zcela ve stínu
Zdroje UV	Rozptýlené UV záření odrazem od povrchů a rozptylem světla	Přímé UV záření, odražené a rozptýlené světlo	Nepřímé UV záření odrazem od povrchů a rozptylem světla
Léto	Časné ráno a pozdě odpoledne, ve všech zeměpisných šířkách	Dopoledne a odpoledne, v nižších a středních zeměpisných šířkách. V poledne v extrémních zeměpisných šířkách.	V poledne, v nižších až středních zeměpisných šířkách. Nevyskytuje se v extrémních zeměpisných šířkách.
Zima	Těsně před východem a západem slunce, ve všech zeměpisných šířkách	Téměř celý den, ve všech zeměpisných šířkách, kromě rovníku	Pouze v poledne, v rovníkových zeměpisných šířkách

Tab. 4 Solární úhel [F]

1.8.3 Mraky

Jsou složité, neustále se měnící a významně ovlivňují množství UV záření dopadajícího na zemský povrch. Zatímco silná oblaka výrazně snižují množství na zem dopadajícího UVA a UVB záření, tenké a rozbité mraky mají mnohem menší účinek.

Někdy mohou mraky dokonce množství ultrafialového záření dopadajícího na zem zvýšit, a to například kupovité mraky, které zvyšují dopad UVB záření až o 25-30 %, a to v důsledku odrazu od jejich okrajů. Ale i přes to mraky propouští až 90 % UV záření. Z toho tedy vyplývá, že lidský organismus je vystavován ultrafialovému záření i ve stínu. To je velice zálučné, protože reakcí na menší množství světla se roztáhne zornička a do oka dopadá až 90 % UV záření. [3]

1.8.3.1 Typ pro oční specialisty

Je dobré zákazníkům připomenout, že účinkům UV záření jsou vystavováni i ve stínu, a proto by neměli své ochranné pomůcky sundávat ani, když nejsou na přímém slunci.

1.8.4 Odraz od zemského povrchu

Odraz od země a okolních ploch známý jako albedo může výrazně navýšit okolní UV záření, obzvláště pak toho měřeného na oku. Mezi materiály, které výrazně odráží UV záření, patří například čerstvý sníh, který zpět do atmosféry odráží více jak 90 % dopadajícího UV záření. Písek může odrážet 8 % až 18 % přichozícího UV záření. Voda odráží 3 % až 13 % a zelená tráva odráží okolo 2 % až 5 %. [3]

materiál	odrazivost (%)
trávník v létě	2,0- 3,7
trávník v zimě	3,0- 5,0
louka	0,8- 1,6
úrodná půda	4,0- 6,0
chodník	10,0- 12,0
asfaltová cesta nová	4,1- 5,0
asfaltová cesta dva roky stará	5,0- 8,9
Atlantický oceán, pobřeží	8,0
sníh, starý	88,0
písek suchý	15,0- 18,0
písek mokrý	7,1

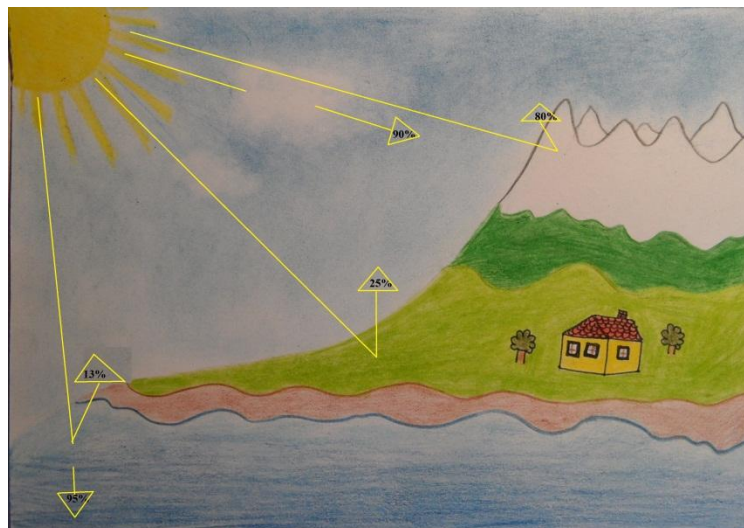
Tab. 5 [G]

1.8.5 Nadmořská výška a zeměpisná šířka

Vzhledem k tomu, že ultrafialové záření ve vyšších nadmořských výškách prochází menší vrstvou atmosféry, má menší šanci být absorbováno atmosférickými aerosoly. Důsledkem toho je, že populace žijící ve vyšších nadmořských výškách je vystavována většímu množství ultrafialového záření. V USA bylo pozorováno zvýšení koncentrace UV záření na každých 300 výškových metrů o 3,5 % až 4 %. [3] „Množství

UV záření se zvyšuje s klesající zeměpisnou šířkou, v oblasti rovníku je nejvyšší úroveň dopadající UV radiace.“ [10]

V říjnu 2011 byla na European Association for Eye and Vision Research v Řecku představena studie, která se uskutečnila v Chamonix ve Francii, která porovnávala poškození očních tkání, způsobené expozicí UV záření, u 96 vysokohorských průvodců a lidí žijících také v Alpách, ale nepobývajících tak dlouho dobu ve vysokých nadmořských výškách jako je tomu u průvodců. Předpoklad byl, že více času ve vyšší nadmořské výšce bude roven vyšší UV expozici. Studie ukázala, že výrazně vyšší výskyt pterygií, pingecul a kortikální katarakty byl mezi průvodci, kteří pobývali ve vyšší nadmořské výšce. To je dostatečným důkaz ukazující na spojitost výskytu těchto onemocnění v závislosti na zvýšené UV expozici. [3]



Obr. 3 Odrazivost UV záření od různých povrchů [H]

1.8.6 Typ pro oční specialisty

Je dobré si zhotovit barevný obrázek viz obr. 3. Díky obrázku klient snaze pochopí, že není ohrožován jen přímými paprsky přicházejícími od slunce, ale že velký vliv má i UV záření odražené od okolního prostředí.

1.9 Vysoce rizikové skupiny obyvatel

Každý člověk, který tráví čas venku, by měl učinit opatření k tomu, aby svůj zrak ochránil. Lidé tmavší kůže jsou méně náchylní ke spálení kůže nebo k rakovině kůže, než lidé se světlou kůží. Paradoxně je u lidí s tmavší kůží větší riziko vystavení očí UV záření. Tito lidé totiž obvykle méně dbají na ochranu proti slunečnímu záření než lidé se světlou kůží, kteří mají větší potřebu se chránit. [3]

Někteří lidé jsou obzvláště náchylní k poškození UV zářením. Jednou takovou skupinou jsou lidé trávící dlouhý čas venku nebo lidé pracující venku. Děti jsou náchylnější hned z několika důvodů - jednak většinou tráví více času venku a jejich krystalická čočka propouští daleko více záření o krátkých vlnových délkách než čočka u dospělého oka. Dále také mají daleko větší zorničku než dospělí lidé. [3]

Rohovka pohltí téměř 40% UV záření, které dopadá do oka. Patologické stavy nebo laserové refrakční operace vedoucí ke ztenčení rohovky míru této absorpce snižují. Onemocnění jako keratokonus a pellucidní marginální degenerace tak mají sekundárně patologický účinek ve vyšší expozici vnitřních struktur oka UV zářením. Obdobný závěr lze provést i u lidské čočky. Její extrakcí navodíme afakii a zároveň odstraníme velmi účinný UV filtr. Na toto riziko se pamatuje, takže všechny současné implantované nitrooční čočky mají účinný UV filtr. [3]

1.10 Užitečné účinky versus škodlivé účinky UV záření

Je již dlouho známo, že optimální vlnová délka pro syntézu vitamínu D v kůži je od 295 do 315 nm. Studiemi bylo zjištěno, zvýšení celosvětového nedostatku vitamínu D. Předpokládá se, že tento nedostatek je způsoben vyvarováním se slunečnímu záření jako prevencí proti vzniku rakoviny kůže. Zdá se, že jediné neshody mezi odborníky jsou ve fyziologii účinku UV záření. Například hodně dermatologů zabývajících se rakovinou kůže doporučuje vyvarovat se slunečnímu záření a raději přijímat vitamín D ve formě tablet. Jiné skupiny řeší otázku, zda lidskému tělu stačí jen vitamín D přijímaný ve formě tabletek. [3]

Užitečné je UVA využívané při metodě corneal cross linking při léčbě keratokonu. UV záření používají také zubaři při tvrzení bílých plomb. [3]

1.11 PLF efekt (peripheral light focusing)

Díky anatomickému uspořádání lidského obličeje máme velké temporální zorné pole, díky tomu velká část světla přichází na rohovku z temporální strany. Práce profesora Coronea a kolegů ukazuje, že záření z boční strany představuje velké riziko, protože díky mechanismu PLF je záření přicházející z temporální strany fokusováno na nasálním limbu. [3]

Světlo dopadající na rohovku ze strany je lámáno na periferii rohovky, světlo cestuje přes přední komoru a je fokusováno na nasálním limbu. [3] Účinnost limbální fokusace je určena především tvarem rohovky a hloubkou přední komory, což do jisté

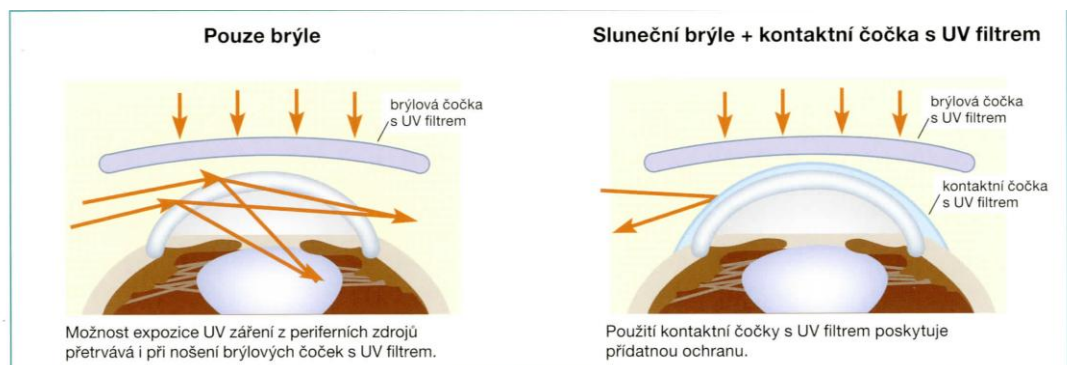
míry vysvětluje individuální postižení v různých prostředích. Tento efekt nastává většinou na temporální straně, protože na nasální stranu rohovky, díky nosu, nedopadá záření pod tak nízkým úhlem. Jinak je tomu například u Asiatů, kteří mají nízký kořen nosu, a tak fokusace nastává i na nazální straně. [7] Maximální PLF efekt na limbu nastává, když je úhel dopadajícího záření 104 stupňů od osy vidění. [3] Bylo vypočítáno, že efekt periferní fokusace zvyšuje vrchol intenzity světla v oblasti nasálního limbu přibližně 20x oproti intenzitě dopadajícího světla. [7]

Přesvědčivá epidemiologická evidence a laboratorní výsledky ukazují, že periferní fokusace světla hraje kritickou roli pro vývoj pterygia. Prevalence pterygia se zvyšuje o 2,5 % až 14 % s každým 1% nárůstem UV expozice. [7]

Dnes již známým faktem je i to, že PLF také ovlivňuje nasální ekvátor krystalické čočky, a to do té míry, že vrchol intenzity světla je 3,7 až 4,8 krát vyšší než má dopadající světlo. Předpokládá se tedy, že to má vliv na vznik kortikální katarakty. [3]



Obr. 4 Efekt periferní fokusace



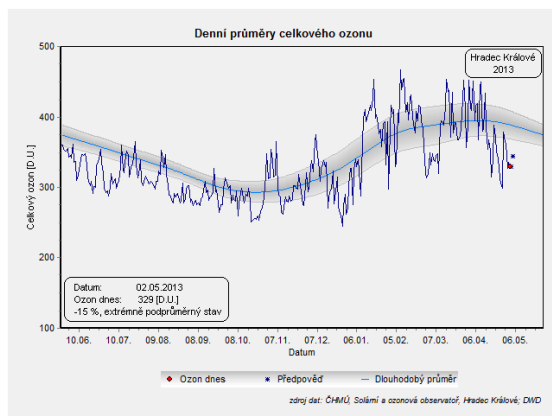
Obr. 5 PLF efekt [CH]

1.11.1 Typ pro oční specialisty

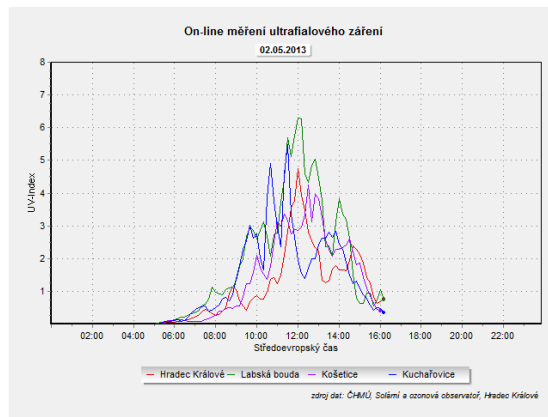
PLF efekt lze snadno nasimulovat přímo na pracovišti. Potřebujete k tomu jen tužkovou svítilnu, zrcadlo a přítmí. Klient se postaví před zrcadlo, tak aby v něm na sebe viděl. Svítilnou budete svítit na temporální stranu bulbu pod takovým úhlem, aby se rozsvítila nasální strana bulbu (viz obr. 4). Takto můžete klientovi lehce dokázat že PLF efekt opravdu existuje.

1.12 Měření slunečního UV záření na území ČR

Měření slunečního biologicky aktivního UV záření, které dopadá na zemský povrch, je velice technicky a finančně náročné. V České republice probíhá pravidelné měření ultrafialového záření od roku 1994, a to na Solární a ozónové observatoři ČHMÚ v Hradci Králové (SOO). Tato měření jsou realizována na speciálních radiometrech, které umí přesně změřit intenzitu radiačního toku v rozmezí šesti řádů. Dále se pro měření erytemového EUV záření používají UV- Biometry, konkrétně velmi často používaný je Roberts-Bergerův UV-Biometr od firmy Solar Light (USA). Tento typ UV-Biometru je používán od roku 1995 i v SOO Hradec Králové a od roku 2004 je používán i k měření na stanici Labská bouda v Krkonoších. Tyto radiometry dokáží změřit celkovou energii dopadající v určitém vlnovém pásmu. Proto se ještě používají spektrometry, které měří UV záření jednotlivých vlnových délek. V SOO Hradec Králové je používán Brewerův spektrometr od firmy Kipp&Zoner. [11]



Obr. 6 Denní průměr celkového ozonu v ČR [I]



UV INDEX	ROZSAH
Nizký	< 2
Střední	3 - 5
Vysoký	6 - 7
Velmi vysoký	8 - 10
Extremní	11 +

Obr. 7 On-line měření UV záření v ČR [I]

1.12.1 Dlouhodobé změny UV záření nad územím České republiky

Množství UV záření dopadajícího na území ČR je dán stavem ozonové vrstvy nad střední Evropou. Nejvíce slunečního UV záření dopadá na jihovýchodní Moravu, a to díky tomu, že tato oblast je nejméně ovlivňována frontální oblačností. Nejméně UV záření dopadá na oblast v pohraničních horách a v severozápadních Čechách. Tento nízký výskyt je dán větším výskytem oblačnosti a v minulosti i znečištěním průmyslovými emisemi. [11] „V zimním období však dopadá v horských oblastech nad inverzní vrstvou oblačnosti srovnatelné nebo i větší množství UV záření než v nížinách.“ [11]

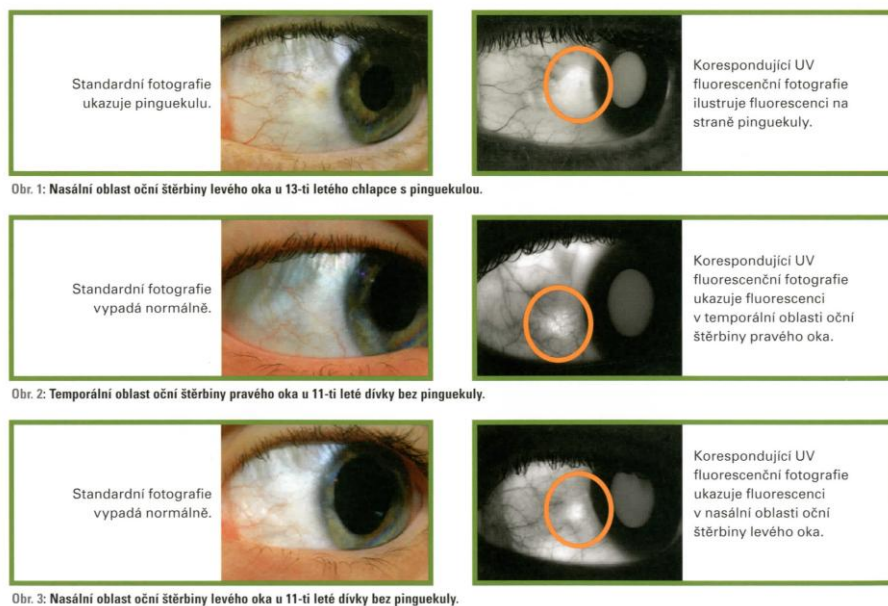
1.13 UV fluorescenční fotografie

Profesor Minas Coroneo uvedl technologii využívající UV fluorescenční fotografii k detekci patologických stavů oka, dříve, než jsou klinicky pozorovatelné. Fluorescenční fotografie se využívá v dermatologii k demonstraci poškozené kůže slunečním zářením a profesora Coronea napadlo, že by se tato technologie dala využít i pro sledování účinků UV záření na oko. [12]

System fluorescenčního fotoaparátu se skládá z digitální zrcadlovky, makro čočky a speciálně adaptovaného elektronického blesku s UV filtrem. Studie dětí školního věku v Austrálii ukazuje, že nejméně u jednoho dítěte ze tří (což odpovídá 20 %) ve věku od

9 do 11 a více než u osmi z deseti (81 %) dětí ve věku 12-15 let se ukazují fluorescenční tečky na limbu na jinak normálním zdravém oku. [12]

Nový přístup je potřebný pro změnu postoje k ochraně proti slunečnímu záření. UV fluorescenční fotografie je novou metodou, jak veřejnost varovat před nechtěnými vlivy UV záření. Reálné vizuální zobrazení poškození klientova oka je mnohem efektivnější, než pouhý slovní popis. [12]



Obr. 8 UV fluorescenční fotografie [J]



Obr. 9 UV fluorescenční fotografie zachycuje poškození kůže na obličeji, které je způsobeno celoživotním chronickým vystavením UV záření u 64 leté ženy. [J]

2 UV záření a jeho vliv na oční tkáň

2.1 Víčka

2.1.1 Bazocelulární karcinom (bazaliom)

Bazaliom je maligní tumor napadající buňky bazální vrstvy epidermis. Etiologie bazaliomu je spojená s nadměrnou expozicí UV záření. Další predispoziční faktory jsou ionizující radioaktivní záření a expozice arzenu. Ačkoli metastázy jsou vzácné, lokální invaze je běžná a může být velice destruktivní. [13]

Bazaliom je nejběžnější maligní tumor vyskytující se na víčkách a tvoří 85 % až 90 % ze všech maligních nádorů víček. Přes 99 % bazaliomů se vyskytuje u bělochů, okolo 95 % se vyskytuje mezi 40. a 79. rokem života. Průměrně je diagnostikována kolem 60. roku života. Vzácně ho můžeme také vidět u dětí. Pro vznik bazaliomu je UV záření nejdůležitějším faktorem, zvláště u lidí s velmi světlou kůží. [13]

Klinický obraz

Z 50 % až 60 % případů se bazaliom vyskytuje na dolním víčku. Vnitřní oční koutek bývá postižen ve 25 % až 30 % případů. Výskyt bazaliomu na vrchním víčku je kolem 15% a výskyt ve vnějším očním koutku je vzácný (něco okolo 5 %). Podle histopatologických projevů můžeme bazaliom rozdělit na čtyři základní typy. [13]

Nodulární typ bazaliomu má klasický projev růžového nebo perleťového pupenu nebo uzlu. Jak uzel roste, může se kolem něj tvořit ohraničení. [13]

Pigmentový bazaliom je morfologicky stejný jako nodulární typ bazaliomu, ale s hnědým nebo černým pigmentem. Tato léze reprezentuje nejběžnější pigmentový maligní nádor na očních víčkách a může být podobný malignímu melanomu. [13]

Morpea nebo sklerotizující typ bazaliomu se jeví jako plochý, ztvrdlý, žluto-růžový povlak se špatně rozlišitelnou hranicí. To může připomínat blefaritis nebo dermatitis. Jelikož je plochý, může být klinicky hůře rozpoznatelný. Tato forma bazaliomu se nachází v hlubších vrstvách epidermis. Charakteristicky se vyskytuje ve vnitřním očním koutku a může napadnout paranazální dutiny a orbitu. [13]

Superficialní bazaliom se jeví jako zarudnutí. Projevuje se jako skvrna se zvýšenou hranicí perleťové barvy. [13]



Obr. 10 Bazaliom [K]

Diagnóza

Diagnóza bazaliomu je zpočátku založená na vyzorovaných klinických projevech. Dobře rozpoznatelný je především nodulární typ, a to díky typické perleťové hranici. Definitivní diagnóza může být provedena pouze na základě histopatologického vyšetření z biopsie. [13]

Léčba

Cílem terapie je kompletní odstranění tumorových buněk a zachování nezasazených částí víček. Ačkoli neoperativní léčba jako třeba kryoterapie, elektrokauterizace a laserová ablace mají své zastánce, častěji se ale k léčbě bazaliomu používá chirurgické odstranění. Některé bazaliomy, konkrétně morphea, se mohou rozprostírat daleko od místa, kde je jejich klinický nález. Sekundární výskyt je obvykle ještě více agresivní, infiltrující a destruktivní než primární tumor. Proto je nezbytné histologické sledování tumorů. [13]

Chirurgie

Kompletní chirurgická excise bazaliomu je téměř vždy účinná, protože léze metastazují jen výjimečně. Neúplná primární resekce je hlavním rizikovým faktorem pro recidivu tumoru a je hlavně běžná u lézí ve vnitřním očním koutku. Výskyt metastáz se pohybuje od 0,028 do 0,55 %. Smrtící tumor je neobyčejně vzácným. Pokud tato situace nastane, je obvykle způsobena tím, že tumor přeroste přímo na orbitu nebo do lebky. [13]

Radioterapie

Radiologická terapie není obvykle doporučována k prvotní léčbě periokulárního bazaliomu. Může ale být užitečná v léčbě pokročilých nebo opakujících se lézí ve vnitřním víčku nebo jinde. Aplikuje se dávka v rozmezí 4000-7000 cGy. Radiologická terapie je méně efektivní v léčbě morphei. Pravděpodobnost recidivy po radiologické léčbě bývá vyšší než po chirurgické léčbě. Komplikace radioterapie je kožní atrofie a nekróza, jizevnaté entropium a ektropium, syndrom suchého oka, katarakta a rohovkové vředy. Radioterapie je kontraindikována v případě basal cell nevus syndrom a je spojená se závažnými komplikacemi u pacientů, kteří mají sklerodermii nebo AIDS. [13]

Kryoterapie

Kryoterapie je často používaná k léčbě bazaliomu v periorbitální oblasti. Je spojená s vyšší mírou recidivy než chirurgické zákroky. Kryoterapie je kontraindikována při lézích větších než 1 cm v průměru. [13]

2.2 Spojivka

„Spojivka může být snadno poškozena UV zářením, které aktivuje rozsáhlou sérii oxidativních reakcí, které mohou vést k úmrtí buněk.“ [7]

2.2.1 Pinguecula

Pinguecula je degenerativní onemocnění spojivky. Toto onemocnění je relativně časté a nemá typickou symptomatologii. Projevuje se zesílením spojivky se žlutavou, místy až bělavou barvou. Toto ztlustění se objevuje při limbu rohovky, v oblasti oční štěrbiny, přesněji v meridiánu 3 a 9 hodin. Z histologického hlediska se jedná o hyalíní degeneraci subepitelové kolagenové tkáně. [14]

Etiologie

Příčiny vzniku pingueculy nejsou známy, vzhledem k umístění na spojivce se uvažuje o vlivech zevního prostředí, především fyzikálním jevům, jako je vítr a UV záření. Neopomenutelná je také souvislost se stářím pacienta. [34] Pinguecula se často objevuje na očích po 70. roce života, po 80. roce života je přítomna skoro vždy. Časté vystavování očí slunečnímu světlu je také jedním z uvažovaných faktorů podmiňujících vznik pingueculy. Týká se to hlavně lidí pracujících venku a lidí žijících v rovníkové

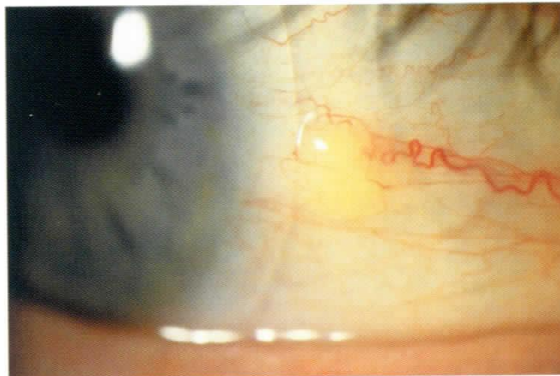
oblasti. Riziko pro vznik pingueculy také představuje sváření. U svářečů je zaznamenán vyšší výskyt tohoto onemocnění. UV záření zřejmě spouští mutaci genu p53. [13]

Klinický obraz

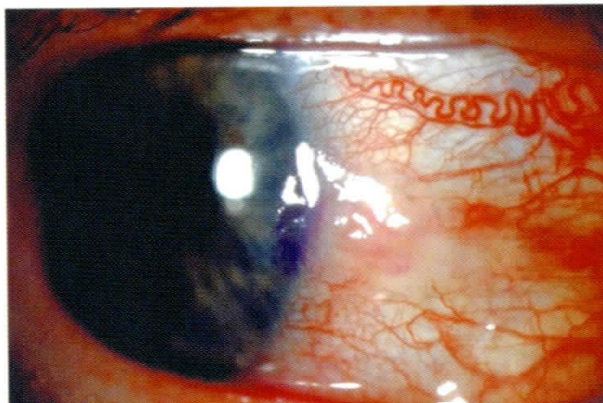
Klinickým obrazem pingueculy je již zmíněné žlutobělavě zbarvené ztlustění spojivky, které má charakter amorfních, subepitelových usazenin trojúhelníkovitého tvaru s bází u limbu. Díky typickému nálezu není diferenciální diagnostika obtížná. [14]

Léčba

Léčba pingueculy je nutná jen při akutní iritaci, v této situaci se musí lokálně podávat lubrikacia, ale jen po krátkou dobu. Dalším případem, kdy se přechází k terapii pingueculy, jsou chronické iritace. Při chronických iritacích jsou aplikovány steroidy. Pingueculu lze také odstranit chirurgicky. K tomuto typu léčby se přistupuje při kosmetických problémech nebo také při problémech souvisejících s nošením kontaktních čoček. [14]



Obr. 11 Pinguekula [L]



Obr. 12 Pinguekula [L]

2.2.2 Pterygium

Pterygium je další degenerativní onemocnění spojivky. Pterygium je hyperplazie fibrovaskulární tkáně spojivky trojúhelníkovitého tvaru. Histologicky to je hyalinní degenerace subepitelové kolagenní tkáně. Pterygium je tedy histologicky stejné jako pinguecula. Pterygium, které je bělavé a neprůhledné, dále přerůstá přes limbus na rohovku, a to tak, že hlavička pterygia šedé barvy postupně přerůstá směrem k centru rohovky. Růstem pterygia je poškozována Bowmanova membrána. [13] „Prevalence pterygia vznikajícího v oblasti nasální spojivky je vysvětlována fokusací periferního světla do mediální oblasti přední komory blízko rohovkových limbálních kmenových buněk. Aktivně se množící kmenové buňky mají nižší práh citlivosti k poškození než rohovkové epitelální buňky bez mitózy.“ [7]

Etiologie

V minulosti bylo za vznik a vývoj pterygia považováno porušení slzného filmu. Nové teorie se ale spíše přiklánějí k možnosti ničení limbálních buněk ultrafialovým zářením. Vyšší prevalence výskytu je zaznamenána v tropických oblastech blízko rovníku. V jižních zemích, kde je zvýšený výskyt slunečního záření, je pozorován zvýšený výskyt postižení oka pterygiem. V jižnějších státech Ameriky se výskyt pterygia odhaduje na více než 10 %, v Austrálii je postiženo celých 15 % starších občanů. Na ostrovech v Pacifiku je výskyt pterygia dokonce vyšší než 20 %. [3]

Zvýšený výskyt tohoto onemocnění je také pozorován u lidí pracujících venku na místech s větší reflektivitou světla (například práce u vody nebo na písčité pláži). Tito lidé musí nosit sluneční brýle a čepice jako ochranu před UV zářením. [3]

Klinický obraz

Klinickým obrazem pterygia na oku je fibrovaskulární tkáň trojúhelníkového tvaru v oblasti meridiánu 3 a 9 hodin. Daleko více se vyskytuje nasálně než temporálně, ale možný je i výskyt na nasální a temporální straně současně, tomuto jevu se říká dvojité pterygium. Fibrovaskulární tkáň přerůstá přes limbus na rohovku a invazivně narušuje povrch rohovky. Báze léze je na limbu a centrální části směřuje k centru rohovky. Pterygium menšího rozsahu nezpůsobuje žádné potíže. Pterygium velkého rozsahu může významně zasahovat do vidění a může navozovat rohovkový pravidelný nebo nepravidelný astigmatismus. Agresivní nebo znovu se objevující pterygium může

také způsobovat restriktivní strabismus a deformaci očního víčka. Pterygium je kosmeticky negativně vnímáno, právě díky své penetraci do zornice. U některých jedinců jsou také popisovány pocity tlaku a tahu při abdukci. Pterygium má tendenci k recidivám. Pterygium vyrůstá na rohovce obvykle nazálně od fibrovaskulární tkáně, která přechází na spojivku. [13]

UV záření aktivuje četné procesy, které přispívají k utváření pterygia. UV záření vyvolá oxidační stres, tím aktivuje receptor pro epidermální růstový faktor (EGF), to vede k produkci cytokinů, růstového faktoru, matrix metaloproteinázy. Efektor molekul sjednává příval zánětlivých buněk, angiogenezi, proliferaci, fibrózu, a degradaci extracelulární matrix, tyto jevy vedou ke vzniku pterygia. [13]

Léčba

K chirurgickému odstranění pterygia se přistupuje ještě předtím, než se pterygium začne dotýkat optické osy, při sníženém vidění jako výsledek astigmatismu navozeného pterygiem, operuje se také z kosmetických důvodů, při recidivách, které mohou růst agresivněji než primární pterygium. [15]

Při chirurgickém odstranění pterygia se nejdříve snese hlavička pterygia, dále se udělá částečná perilimbní peritomie, následuje odstranění těla pterygia, vzniklý defekt je kryt spojivkovou membránou. [15]

Pterygium lze rozdělit na tři typy podle toho, jak moc přerůstá na rohovku.

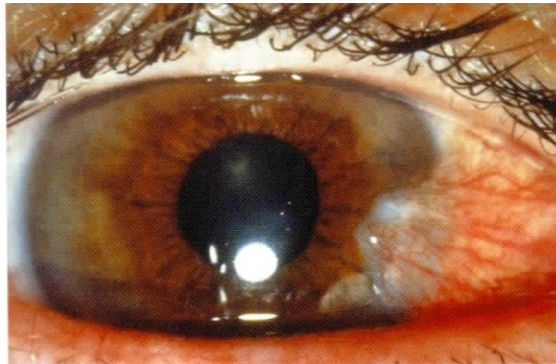
Typ 1 pterygium se rozprostírá méně než 2 mm na rohovce. Léze jsou často asymptomatické. Pacienti, kteří nosí měkké kontaktní čočky, mohou pociťovat symptomy dříve, protože čočka dře o hlavičku pterygia a tím oko dráždí. [15]

Typ 2 se týká pterygii, jejichž zásah do rohovky je maximálně do 4 mm. Tento typ pterygia se často objevuje jako recidiva po operaci. [15]

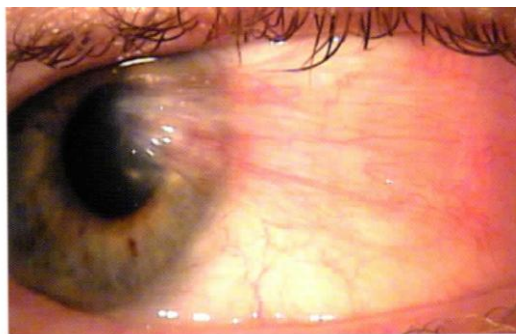
Typ 3 přerůstá z více než 4mm na rohovku a zasahuje až do míst optické osy. [15]

Na ostrově Norfolk studie, která měla prozkoumat spojitost mezi spojivkovou ultrafialovou autofluorescencí (UVA-F) a vznikem pterygia. Do studie byli pozváni všichni obyvatelé ostrova starší 15 let. Konečný počet účastníků byl 641. Všichni

účastníci museli projít vstupním vyšetřením na autorefraktometru a na štěrbinové lampě. Získané výsledky byly zpracovány počítačovou metodou. Jednoznačně byl zjištěn vyšší výskyt pterygia u mužů než u žen. Narůstající hodnota UVAF je spojena s větším rizikem pro vznik pterygia. Hodnota UVAF závisí na věku, pohlaví a na čase stráveném venku. Výsledkem studie bylo zjištění, že pterygium se vyskytne průměrně u jednoho z deseti obyvatelů ostrova Norfolk. Zvyšující se UVAF je spojený s vyšším výskytem pterygia. [16]



Obr. 13 Pterygium [M]



Obr. 14 Pterygium [M]

2.3 Rohovka

Náchylný k poškození je rohovkový epitel a endotel, který není schopen regenerace. Při zvýšené expozici UVB záření dochází k poškození rohovky a dalších očních tkání, a to díky tomu, že UVB záření ničí antioxidační ochranné mechanismy. Značná část UVB záření je na rohovce absorbována ve stromatu. Když je vrstva stromatu tenčí, například díky keratokonu, nebo po refrakční operaci, dostává se přes stroma více škodlivého UVB záření k čočce. [7]

2.3.1 Keratopatie způsobená UV zářením

Keratopatie způsobená UV zářením je keratitis fotoelectrica, která vzniká při neopatrném svařování bez ochranných brýlí, nebo také při použití horského slunce bez ochranných brýlí. Další keratopatii, vzniklé díky pobytu na sněhu vysoko v horách bez slunečních brýlí, je keratitis nivalis (sněžná slepota). Při těchto keratitidách jsou na rohovce malé tečkovité defekty, která dráždí nervová zakončení. Tyto keratitidy se projevují bolestí, pocitem písku v očích, fotofobií a blefarospasmem. Maximální bolestivost nastává 6 až 12 hodin po expozici. [14]

K terapii jsou předepisována lubrikacia ve formě gelu, epitelizancia, antibiotická oční mast nebo je aplikována terapeutická kontaktní čočka. [14]

2.4 Přední komora

Kyselina askorbová, která je antioxidant, se ve velkém množství vyskytuje v tekutině přední komory. Díky tomu, že tato kyselina eliminuje volné radikály v komorové tekutině, je čočka chráněna před změnami DNA, které vznikají díky UV záření. Kyselina askorbová inhibuje škodlivé účinky UV záření v přední komoře. Bylo dokázáno, že u pacientů s kataraktou je snížená hladina kyseliny askorbové v přední komoře. Také při vysoké expozici UV záření je množství kyseliny askorbové menší. [7]

2.5 Čočka

Čočka je schopna absorbovat UVA i UVB záření. Ve větší míře je čočkou absorbováno UVA záření než UVB záření. UVB záření je absorbováno na rohovce a komorovou tekutinou. Bylo zjištěno, že UVB záření má velký podíl na vzniku kortikální katarakty a předpokládá se i souvislost se vznikem subkapsulární katarakty. V očích starších pacientů se vyskytují žluté chromofory vázané na bílkoviny, kde chromofory slouží jako filtry UV záření. Když jsou chromofory vystaveny expozici UVA záření, začnou vytvářet reaktivní oxidační složky, které mohou způsobit poškození DNA. [7] „Denní expozice UV záření a následná tvorba reaktivních oxidačních složek vede ke vzniku katarakty.“ [7] Světová zdravotnická organizace předpokládá, že u 20 % z 12 až 15 miliónů lidí, kteří ročně oslepnou na kataraktu, je s největší pravděpodobností katarakta způsobena nebo alespoň zhoršena expozicí UV záření. S narůstajícím věkem čočka začne žloutnout, ubývá jí na průhlednosti a pružnosti, a to díky nevratným změnám proteinů, vrozenou predispozicí a kumulativnímu efektu UV záření. Existují důkazy o tom, že UV záření má vliv na vznik katarakty u zvířat a předpokládá se, že souvisí i s kataraktou u lidí. [7]

2.5.1 Katarakta

Katarakta je mezi lidmi známá spíše pod názvem šedý zákal. Jedná se o onemocnění, kterým ve věku vyšším než 65 let trpí až 50 % populace a až 91 % populace mezi 78. - 85. roky. Je to stav, kdy je čočka zakalená a na sítnici přes ni projde jen malá část světla. Mírné zakalení nebo nažloutnutí čočky můžeme pozorovat již u mladých lidí. Katarakta je také nejčastější příčinou slepoty na celém světě, a to díky tomu, že v nevyspělých zemích nebývá operována. Paradoxně bývá právě operace katarakty s implantací nitrooční čočky nejčastější a nejúčinnější operací v oftalmologii vůbec. Například na území České republiky bylo v roce 2006 provedeno 75 614 operací katarakty a ve Spojených státech je každoročně provedeno kolem 1,5 milionu těchto operací. Proběhlo již mnoho podrobných výzkumů, které se snažily vyvinout účinnou prevenci proti vzniku katarakty, zatím tedy bez úspěchu. Byly ale označeny některé rizikové faktory pro vznik katarakty. Mezi tyto faktory patří především kumulativní efekt UVB záření, nezdravý životní styl (do kterého patří kouření a alkohol), diabetes melitus, oxidativní poruchy a průjmová onemocnění. [14]

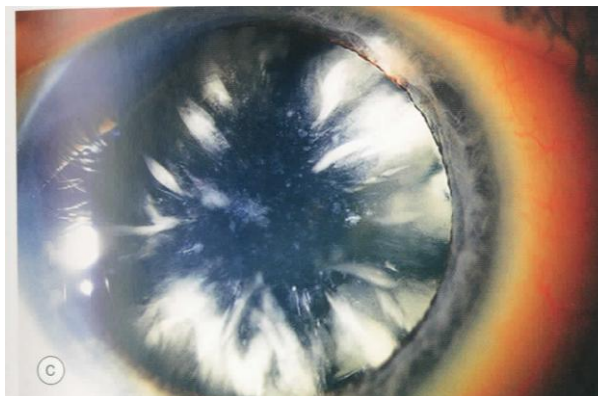
Senilní katarakta

S narůstajícím věkem čočka postupně ztrácí svou elasticitu, zvětšuje se a tloustne. Dále také v čočce probíhají chemické změny především ve tvorbě čočkových proteinů, tvoří se také pigmentace. V čočce ubývá draslíku a glutathionu a zvyšuje se koncentrace vápníku a sodíku, zvýšená je také hydratace čočky. Snižuje se schopnost akomodace. [17]

Kortikální katarakta

Kortikální katarakta patří pod senilní kataraktu. Ke kortikální kataraktě dochází kvůli poruchám iontové rovnováhy, díky kterým vzniká hydratace čočkových vláken. Progrese kortikální katarakty je různá. Někdy trvá jen pár měsíců, jindy se vyvíjí daleko pomaleji. Obvykle se kortikální katarakta nachází na obou očích zároveň, stupeň katarakty může ale být na každém oku jiný. Na subjektivní potíže způsobené kortikální kataraktou většina lidí narazí při řízení auta za šera nebo za tmy, kdy jsou oslňováni protijedoucími auty. [14] „*Biomikroskopicky se zpočátku projevuje malými vakuolami v předním nebo zadním kortexu, dále trojúhelníkovitými opacifikacemi s vrcholem mířícím do centra čočky (koneiformní katarakta), které mohou později splývat. V čočce se dále může hromadit voda, čočka bobtná a stává se intumescentní. Jestliže je celý*

kortex od pouzdra až po jádro opalescentní až bílý, stává se katarakta zralou – maturní.“ [14]



Obr. 15 Kortikální katarakta [N]

Vliv katarakty na zrakovou ostrost

Snížení zrakové ostrosti vzniklá díky kataraktě závisí na několika faktorech, jako je míra zakalení čočky, velikost zornice, umístění zákalků, množství světla a na pokročilosti krátkozrakosti. Zraková ostrost se vyšetřuje na optotypech, nejdůležitější je ale subjektivní vnímání pacienta, hlavně zda mu snížení zrakové ostrosti působí potíže v normálním životě. Následkem katarakty je také snížená kontrastní citlivost. Pacienti popisují sníženou schopnost rozeznat detaily v méně osvětleném prostředí. [14]

Glare

Glare je ostré světlo, které je při průchodu okem na sítnici rozptýleno. [14] „Rozptýlené světlo dopadá na sítnici jako závoj a snižuje kontrast sledovaného předmětu.“ [14] Glare je rozděleno do dvou kategorií podle míry oslnění, a to na nepříjemné oslnění a na oslnění, které způsobí zhoršené vidění. Mírné oslnění můžeme pozorovat na zasněžené louce za slunečného dne. Zrak zhoršující oslnění se projevuje například při řízení v noci, když v protisměru jede auto, které má rozsvícená světla. Glare vzniká, když je v zorném poli silný a ostrý zdroj světla a objekt, který sledujeme, má malý kontrast. Díky tomu, že zakalená čočka nejdříve zesiluje glare, než je neprůhledná, bývá právě glare první subjektivně pozorovatelnou známkou katarakty. Světlo je rozptýleno na defektech v průhledném materiálu, tak vzniká glare, které je tím silnější, čím více je čočka zakalená a čím blíže jsou tyto defekty v blízkosti zrakové osy. [14]

Myopizace oka

Myopizace oka začíná již v počátečním stadiu katarakty, zvyšuje dioptrickou hodnotu čočky a tím způsobuje myopii. To paradoxně na chvíli pomůže odložit brýle na dálku hyperopickým presbyopům, ale to jen dočasně, než samotné zkalení začne snižovat zrakovou ostrost. K myopizaci často dochází u nukleární katarakty. [14]

Monokulární diplopie

Tento stav nastává při napadení vnitřních vrstev jádra čočky, to vede k vytvoření více lomných ploch v čočce. Při dopadu světla vzniká dvojitý obraz, někdy doprovázený i vizuálními duchy. Duch je matný obrys okolo pozorovaného předmětu. [14]

Zkalení čočky je příčinou katarakty, toto zamlžení může zmenšit dávku světla dopadající na sítnici o 10 % až 90 %, tím pádem lidé s kataraktou potřebují pro práci nebo čtení více světla. Pro pohodlné čtení potřebuje člověk s kataraktou dvojnásobné až trojnásobné množství světla. Člověk se zdravým zrakem potřebuje okolo 70 kandela/m². Nová 100wattová žárovka obvykle produkuje 1570 luxu (125 kandela). Pacient, který má kataraktu, potřebuje okolo 1500 - 2500luxu (477- 795 kandela/metr²) pro čtení. [13]

Léčba katarakty

Léčba katarakty se provádí chirurgickou metodou, při které je fakoemulzifikací odstraněno zkalené jádro čočky, pouzdro čočky bývá obvykle zachováno. Čočka je následně nahrazena umělou nitrooční čočkou. Fakoemulzifikace se provádí přístrojem, který vykonává dvě funkce. Jednak pomocí ultrazvukové energie rozbíjí jádro čočky, které je následně odsáto, a také řídí dynamiku tekutiny. Tekutina obstarává to, aby byl zachován tlak a tím pádem i hloubka přední komory. Po odstranění jádra je do pouzdra čočky zasunuta umělá nitrooční čočka (IOL). IOL je sestavena z části haptické a části optické. Haptická část slouží k uchycení čočky a optická část obstarává optickou funkci umělé nitrooční čočky. IOL může být implantována do přední nebo do zadní komory. [14]

2.6 Sítnice

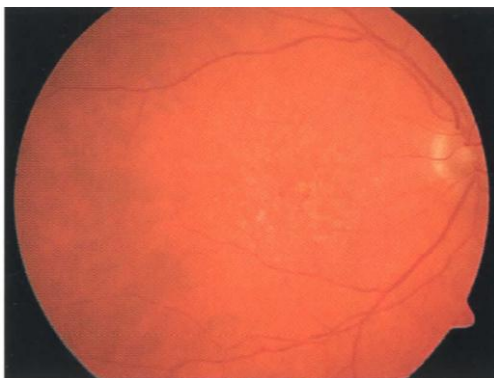
Díky tomu, že je UV záření z velké části odfiltrováno na rohovce a na čočce, dopadá na sítnici jen přibližně 1 % UV pod 340nm a 2 % v rozmezí od 340nm do 360nm. Některých studiích je uváděno, že dlouhodobá expozice UV záření má vliv na vznik věkem podmíněné makulární degenerace, jiné studie ale tuto možnost zavrhnou. [7]

2.6.1 Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD)

„Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD) je chronickým degenerativním onemocněním postihujícím primárně choriokapilaris, Bruchovu membránu a retinální pigmentový epitel.“ [14] Toto onemocnění představuje ve vyspělých zemích hlavní příčinu těžkého postižení centrální zrakové ostrosti u lidí nad 65 let. Až dvojnásobný výskyt tohoto onemocnění je zaznamenán u žen starších 75 let než u mužů stejného věku. K dalším rizikovým faktorům pro výskyt věkem podmíněné makulární degenerace je nezdravý životní styl (kouření a vliv nikotinu na snížení hladiny HDL cholesterolu), tmavé zbarvení duhovky, hypermetropie, expozice UV záření, hypertenze, vysoká hladina cholesterolu v krvi, genetické dispozice. [14]

Subjektivně pacienti pociťují výpadky nebo pokřivení písmen při čtení. Postupně se tyto výpadky začínou překrývat a vznikne jeden velký centrální skotom. Tento skotom nakonec naprosto znemožní jemnou práci na blízko, čtení a psaní. Nejdříve si pacienti pomáhají zvětšovacími pomůckami, postupem času už ale ani ty nejsou účinné. S úbytkem zrakové ostrosti do blízka se snižuje také zraková ostrost do dálky. Pacienti musí při pohledu do dálky natáčet hlavu, aby obraz dopadal mimo postižená místa. Nakonec je centrální zraková ostrost oslabena tak, že pacient rozeznává jen pohyb prstů před očima. Orientace v prostoru je velice snižena a funguje jen díky zachovanému perifernímu vidění. [14]

Věkem podmíněnou makulární degeneraci se dělí na suchou formu, která je častější, představuje asi 85 % z celkového výskytu. Tato forma způsobuje pozvolné zhoršování centrální zrakové ostrosti. Druhou formou je vlhká forma, která je typická náhlým úbytkem centrální zrakové ostrosti, tato forma je méně častá a představuje asi 15 % z celkového výskytu. [14]



Obr. 16 Suchá forma VPMD [O]



Obr. 17 Vlhká forma VPMD [O]

Existuje ještě jedno dělení VPMD, a to podle ARM Epidemiological Study Group. Ta dělí VPMD na věkem podmíněnou makulopatii (VPM), která představuje časnou formu, a na pozdní formu, nazývanou věkem podmíněnou makulární degenerací. [14]

„Časná forma – věkem podmíněná makulopatie – je charakterizovaná měkkými drůzami a abnormalitami retinálního pigmentového epitelu.“ [14]

Drůzy jsou žlutá ložiska na sítnici okrouhlého tvaru, která vzniknou zesílením vnitřní vrstvy Bruchovy membrány. Drůzy jsou dvojího typu - měkké a tvrdé. Tvrdé drůzy nebývají spojovány s VPMD, jsou pevně ohraničené, malé a mají žlutobílou barvu. Naproti tomu měkké drůzy, které jsou žlutošedé barvy jsou spojovány s rizikem přechodu do pozdního stadia VPMD. [14]

„Do pozdní formy – vlastní věkem podmíněné makulární degenerace - patří geografická atrofie retinálního pigmentového epitelu a exsudativní změny jako ablace retinálního pigmentového epitelu, choroidální neovaskularizace a fibrózní jizvení makuly.“ [14]

Při geografické atrofii dochází ke ztrátě buněk retinálního pigmentového epitelu, fotoreceptorů a choriokapiláris. Je typická pro konečnou fázi suché formy VPMD. Při odchlípení retinálního pigmentového epitelu prosakuje suprachoroidální tekutina prasklinou v Bruchově membráně. Nakonec může dojít k vytvoření disciformní jizvy, která se velice často rozprostírá přes foveu s následkem ztráty centrální zrakové ostrosti. U zhruba 10 % pacientů s VPMD dochází ke tvorbě choroidální neovaskularizace. [14] *„Je to jev, kdy „fibrovaskulární tkáň roste z choriokapilaris k zevní části Bruchovy membrány, elevuje retinální pigmentový epitel a šíří se eventuálně dále přes defekty*

v Bruchově membráně a v pigmentovém epitelu do subretinálního prostoru.“ [14] Pro choroidální neovaskularizaci je typický rychlý pokles centrální zrakové ostrosti. [14]

Laserkolagulace

Terapie laserkolagulací se používá při klasické extrafoveolární membráně. Při této metodě je využíván diodový, kryptonový laser nebo zelené světlo argonového laseru. Zákrok musí být prováděn s velkou opatrností, a to především v blízkosti terče zrakového nervu, kde hrozí riziko termální nekrózy a k poškození svazků zrakových vláken. Asi u 50 % pacientů dochází do jednoho roku po této terapii k recidivě. [14]

Transpupilární termoterapie (TTT)

Princip této léčby je založen na využití diodového laseru vyzařující infračervené záření o vlnové délce 810nm. Používá se široký paprsek (0,5- 3 mm) tohoto laseru, který ozařuje sítnici po dobu jedné minuty. Podprahová energie tohoto záření je nízká. Záření proniká do cévnatky retinálního pigmentového epitelu a při tom je absorpce v neuroretině malá. [14] „Sledování po dvou letech prokázalo ústup exsudativních změn v makule asi u 60 % léčených, zlepšení a stabilizaci vizu však jen u 37 %. TTT nezabránila vzniku a progresi chorioretinální atrofie a subretinální fibrózy.“ [14]

Fotodynamická terapie

Tato léčba je založena na předpokladu, že proliferující tkáň hromadí fotosenzitivní barvivo. Toto fotosenzitivní barvivo je následně aktivováno diodovým laserem o vlnové délce 689nm, díky této aktivaci se začnou vytvářet aktivní formy kyslíku a volné radikály, ty přivodí fotochemické poničení endotelu novotvořených cév a také spojování destiček, to vede k následnému ucpaní těchto cév. 60 % až 70 % pacientům se po této terapii stabilizuje vize a v 15 % až 20 % případech dojde dokonce ke zlepšení vizu. Tato metoda je díky tomu, že působí jen na nově vytvořené cévy, šetrná, ale na druhou stranu je i velice finančně náročná. [14]

Existují i chirurgické metody k léčbě VPMD. Patří mezi ně extrakce neovaskulární membrány pars plana vitrektomií. Tato metoda ale na sebe váže spoustu nevýhod, také nedokáže léčit poškozený sítnicový pigmentový epitel. Dalším využívaným chirurgickým zákrokem je makulární translokace. Při této metodě je makula odtočena od neovaskulární membrány a následně je ošetřena endofotokoagulací.

Nežádoucími účinky této metody bývá diplopie, proliferativní vitreoretinopatie a amoce sítnice. [14]

Farmakologická léčba

Bevacizumab (Avastin), ranibizumab (Lucentis) a pegaptanib (Macugen) jsou farmaka, která jsou aplikována intravitreálně. Tyto látky inhibují VEGF (vascular endothelial growth factor), který napomáhá růstu novotvořených cév. [14]

Od roku 1987 probíhala v The Beaver Dam ve Wisconsinu studie, která měla za cíl zjistit vliv slunečního záření na vznik věkem podmíněné makulární degenerace. Do studie se přihlásilo 5 925 lidí ve věku od 43 do 84 let. Z nich se k prvnímu vstupnímu vyšetření dostavilo 4 926 (83,1 %) z přihlášených lidí. Vstupní vyšetření probíhala od 1. března 1988 do 15. září 1990. [18]

Další vyšetření následovalo po 5 letech a probíhalo od roku 1993 do roku 1995, k tomuto vyšetření byly používány stejné metody jako při vstupním vyšetření. Tohoto vyšetření se zúčastnilo 3 684 (81,1 %) lidí. [18]

Účastníci výzkumu vyplňovali dotazník, do kterého zaznamenávali, kolik času tráví během svého volného času nebo pracovní doby venku, jak často a jestli vůbec nosí dioptrické brýle, jestli při pobytu venku nosí čepice s kšiltem a sluneční brýle. Při druhém vyšetření po 5 letech přibyly do dotazníku ještě otázky, zda nosili sluneční brýle, kšiltovky, kolik času trávili venku ve svém volném čase a kolik při práci v období jejich puberty 13-19 let a také mezi roky 30 až 39. [18]

Index UVB v okolním prostředí byl sestaven na základě dotazníku, ve kterém účastníci vyplnili, kolik času tráví venku ve Wisconsinu a poměr přítomnosti UVB záření v prostředí ve Wisconsinu během jednoho roku. [18]

K vyšetření věkem podmíněná makulární degenerace byla použita grading stereoscopic 30° color fundus photographs, tato metoda byla použita při každém vyšetření. Vždy byly pořízeny stereoskopické fotografie disku zřetivého nervu a makuly. [18]

Celkový výskyt časně VPMD byl zaznamenán u 8,2 % účastníků. Analýza výsledků ukázala, že výskyt časně VPMD byl významně vyšší u blondatých a zrzavých lidí než u lidí s černými nebo hnědými vlasy. Výskyt časně VPMD byl nižší u těch lidí,

kteří v době vstupního vyšetření (1988 - 1990) vždy při pobytu venku nosili kšiltovku a brýle. Dalším faktorem, který byl posuzován byl, jak působí na vznik VPMD nošení slunečních brýlí a kšiltovek, v období puberty (od 13 do 19 let) a také ve věku od 30 do 39 let. VPMD byla zjištěna u 6,9 % účastníků, kteří vypověděli, že v daném životním období nosili ochranné pomůcky skoro vždy, naproti tomu u účastníků, kteří ve stejném období nosili brýle a kšiltovky jen zřídka, byl výskyt VPMD 9,8 %. Vyšší výskyt VPMD byl také zaznamenán u těch účastníků, kteří tráví denně více než 5 hodin venku.

[18]

3 Ochrana oka před UV zářením

3.1 Sluneční brýle

Většina slunečních brýlí dokáže efektivně blokovat UV záření dopadající na přední plochu brýlové čočky. American National Standards Institute (ANSI) Z80.3 rozdělil sluneční čočky do dvou tříd podle toho, jak moc jsou propustné pro UV záření. 1. třída jsou čočky, které absorbují nejméně 90 % UVA a 99 % UVB záření. Do 2. třídy spadají čočky, které blokují více než 70 % UVA a 95 % UVB záření. Tato kritéria nejsou povinná, a proto je nemusí všichni výrobci dodržovat. Důležité je také brát v potaz UV záření, které na oko dopadá ze stran. Na množství tohoto UV záření má vliv tvar obrouček a také to, jak sedí brýle na obličeji. Měření na figuríně v Sasakiho ukázalo, že 14 % okolního UV záření dopadá na oko, když jsou sluneční brýle nošeny těsně u čela, ale více jak 45 % toku záření dopadá na oko, když je vzdálenost mezi okem a brýlemi 6 mm. [3]

Ochranné obroučky, které jsou v těsně blízkosti s obličejem, mohou efektivně snížit dopad záření přicházejícího z boční strany. Ale většina slunečních brýlí nedokáže ochránit oko před zářením přicházejícím z boku. Sluneční brýle bez ochrany před bočním zářením mohou vystavit nositele nebezpečné dávce UV záření. Například lyžař je vystaven velkému riziku expozice UV záření, protože velké dávky UV záření jsou odrazeny od sněhu. Lyžař, který sice má klasické sluneční brýle a myslí si, že je adekvátně chráněný před UV zářením, po delší době strávené na sjezdovce, při dostatečné intenzitě slunečního záření může trpět bolestivou keratitidou – doslova očním ekvivalentem spálení kůže, která je způsobená UV zářením dopadajícím z boku. Sluneční brýle, které dovolují světlu přijít ze strany, mohou ve skutečnosti zvýšit stupeň intenzity expozice UV záření. Tmavé čočky mohou snížit přirozený reflex přivírání víček a zvětšit velikost zorničky a tím zvýšit pronikání UV záření do oka. [3]

3.1.1 Typ pro oční specialisty

Můžete svým zákazníkům vysvětlit, že při malém osvětlení reflexivně dochází k roztažení zornice, aby na sítnici dopadalo více světla. S větším množstvím světlem, ale do oka proniká i více UV záření. Tato situace právě nastává, při nasazení tmavých brýlí. Pak už stačí jen zákazníkovi vysvětlit, že se vyplatí si připlatit a koupit si kvalitní brýle s garantovaným UV faktor, který UV záření odfiltruje. Než si koupit tmavé brýle na tržišti, které jsou sice levnější, ale nemusí mít tak dobrý UV faktor, a tudíž paradoxně před UV zářením nechrání, ale ještě mu usnadňují cestu do oka.

3.1.2 Vliv antireflexní vrstvy na propustnost a odrazivost brýlových čoček

Karl Citek se ve své studii věnuje vlivu antireflexní vrstvy na odrazivost a propustnost UV záření. Do této studie byly zahrnuty jak čočky číré s dioptrickou hodnotou, tak čočky zabarvené bez dioptrické hodnoty. Číré čočky byly poskytnuty Pacific University Family Vision Center. Byly vybrány čočky různých materiálů od různých firem s různými nanesenými vrstvami (viz tabulka). U zabarvených čoček nebyly žádné antireflexní vrstvy. [19]

Propustnost pro viditelné, UVA a UVB záření byla analyzována podle standardů pro americké sluneční brýle ANSI Z80.3-2001. Propustnost čířích čoček byla posuzována dle standardu ANSI Z80.1-2005. [19]

Požadavek na propustnost UVC záření není jasně obsažen v žádné studii. Nicméně propustnost pro UVC byla vypočítána použitím podobné rovnice jako při výpočtu propustnosti pro UVB a UVA záření uvedené ve standardu ANSI Z80.3. [19]

Reflexní vlastnosti nejsou také uvedené v žádné normě, ale byly analyzovány pro viditelné a UV záření za použití podobných principů jako při výpočtu propustnosti. [19]

	materiál	CR-39TM				Polycarbonát		
	fyzikální vlastnosti	optická moh. [D]	-3	-3	-3	0	-3	-3
výrobce		Hoya	Hoya	Hoya	Zeiss	Polycore	Polycore	Zeiss
vrstva		AR	UV400	SR	AR	AR	SR	AR
		HiVision™	(local lab)	Hilux Hard™	Teflon®	Mxplus™	Hardcoat	Teflon®
báze (1.53) D		3.50	3.50	3.37	3.37	3.50	3.37	3.37
zadní zakřivení (1.53) D		-6,87	-6,75	-6,75	-6,75	-6,37	-6,37	-6,37
propustnost		UV 315- 380nm	16.38%	0.11%	18.25%	7.8%	0.4%	0.02%
	UV 290- 315nm	0.02%	0.17%	0.33%	0.18%	0%	0%	0,15%
	UV 200- 315nm	0%	0.22%	0.23%	0.20%	0%	0%	0.19%
	UV 200- 290nm	0%	0.29%	0.24%	0.26%	0%	0%	0.23%
odrazivost	UV 315- 380nm	8.73%	4.20%	4.52%	21.76%	4.11%	4.90%	26.05%
	UV 290- 315nm	5.99%	4.80%	4.70%	29.68%	2.18%	5.70%	27.39%
	UV 200- 315nm	29.57%	5.69%	5.48%	24.72%	16.99%	6.84%	25.57%
	UV 200- 290nm	21.87%	6.67%	6.50%	16.29%	28.31%	7.95%	17.42%

Tab. 6 [P]

	materiál	Trivex		1.67 plast	1.7 plast	1.9 sklo	Crown sklo	Akryl
fyzikální vlastnosti	optická moh. [D]	-3	-3	-5,5	-4	-8,75	0	0
	výrobce	Hoya	Hoya	Essilor	Hoya asph	Zeiss		
	vrstva	AR	SR	AR	AR	AR		
		HiVisionTM	Super Hard	Crizal®	Super HiVisionTM	Gold ET		
	báze (1.53) D	3,12	3,12	2,37	0,62	2	6,65	6
	zadní zakřivení (1.53) D	-6,37	-6,37	-7	-4	-7,25	-6,65	-6
propustnost	UV 315-380nm	0%	0%	0%	0,12%	35,95%	76,74%	58,69%
	UV 290-315nm	0%	0%	0%	0,16%	0%	10,64%	51,50%
	UV 200-315nm	0%	0%	0%	0,17%	0%	2,55%	41,23%
	UV 200-290nm	0%	0%	0%	0,24%	0%	3,93%	22,24%
odrazivost	UV 315-380nm	16,69%	4,42%	23,69%	62,11%	4,21%	7,89%	6,24%
	UV 290-315nm	45,88%	5,13%	13,59%	76,89%	8,56%	6,60%	6,80%
	UV 200-315nm	32,79%	6,10%	26,68%	42,35%	14,72%	9,09%	7,46%
	UV 200-290nm	22,19%	7,33%	31,84%	27,79%	17,01%	11,97%	8,19%

Tab. 7 [P]

V tabulkách jsou zaznamenány fyzikální vlastnosti, propustné a odrazivé vlastnosti čirých čoček, různých materiálů s různými vrstvami. Políčka v tabulkách vyznačená zeleně značí nárůst přenosnosti UV záření - zanedbatelná UV propustnost. Oranžová políčka znázorňují zanedbatelnou, ale akceptovatelnou UV propustnost a zanedbatelnou (<10%) odrazivost. Červená políčka značí vysokou UV propustnost nebo odrazivost. [19]

fyzikální vlastnosti	materiál	Polykarbonát						Akryl
	výrobce	Nike	Nike	Nike	Nike	Nike	Walgreens	UV 500
	zabarvení	Hnědá	Oranžová	Zelená	Rumělková	Žlutá	Růžová	Hnědá
	báze (1.53) D	8	8	9	9	9	7,75	6,12
	zadní zakřivení (1.53) D	-8,12	-8,12	-9,25	-9,25	-9,25	-8,12	-6
propustnost	UV 315- 380nm	0%	0%	0%	0,40%	0,00%	0,00%	4,32%
	UV 290- 315nm	0%	0%	0%	0,06%	0%	0%	2,02%
	UV 200- 315nm	0%	0%	0%	0,08%	0%	0,21%	0,57%
	UV 200- 290nm	0%	0%	0%	0,10%	0%	0,25%	0,36%
odrazivost	UV 315- 380nm	4,40%	4,44%	4,37%	4,89%	4,88%	4,05%	4,09%
	UV 290- 315nm	5,13%	5,31%	5,14%	5,99%	5,98%	4,81%	4,81%
	UV 200- 315nm	6,34%	6,20%	6,38%	7,33%	7,38%	5,91%	5,87%
	UV 200- 290nm	7,15%	7,18%	6,92%	8,47%	8,42%	7,65%	6,79%

Tab. 8 [P]

Tabulka 8 nabízí srovnání zbarvených brýlových čoček. V této tabulce jsou fyzikální vlastnosti, propustnost a odrazivost čoček vyrobených z polykarbonátu a akrylu. Zeleně vyznačené hodnoty značí zanedbatelnou propustnost UV záření. Oranžové hodnoty nejsou zanedbatelné, ale ještě akceptované hodnoty UV propustnosti a nízké hodnoty odrazivosti (<10 %). Červená políčka upozorňují na zvýšenou propustnost UV záření. [19]

Všechny číré čočky kromě těch z korunového skla a akrylu, které neměly antireflexní vrstvu, prošly podmínkami pro propustnost. Podobně všechny zbarvené čočky, kromě hnědé, akrylové UV500 čočky, prošly požadavkem na propustnost vyplývajícím ze standardu ANSI Z80.3. Všechny CR-39™ čočky, kromě jedné s UV400 vrstvou a Zeiss 1.9-index sklo s Gold ET AR vrstvou, předávají zanedbatelnou, ale přijatelnou dávku UVA záření, dle standardu ANSI Z80.3. [19]

Jestliže standardy pro propustnost záření byly aplikovány v souladu s požadavky na odrazivost, žádná z testovaných čoček nemůže splnit všechny požadavky. Čočky s antireflexní vrstvou prokázaly snížení odrazivosti UV záření ze zdrojů za nositelem v porovnání s čočkami, které nemají antireflexní vrstvu. Některé z antireflexních vrstev odrazí až 40% z jedné nebo více složek UV spektra. Nositel musí být opatrný nejen na odrazy od čoček, ale také na záření, které vstupuje do oka odražené například od sněhu, vody, písku. [19]

3.2 Ochrana před UV záření díky kontaktním čočkám

Silikon-hydrogelové kontaktní čočky patří v dnešní době k nejpoužívanějším kontaktním čočkám. Silikon-hydrogelové čočky se podle toho, jak velkou představují ochranu před UV zářením, dělí do dvou tříd (třída 1 a třída 2). Nedávno zavedená první třída kontaktních čoček poskytuje vyšší stupeň ochrany před UV zářením. Nedávná studie ukázala, že senofilcon A a galyfilcon A, které jsou přítomny v silikon-hydrogelových čočkách, efektivně snižují propustnost UV záření. [20]

American National Standards Institute's (ANSI) vytvořila normy pro afakické a kosmetické kontaktní čočky. Dle těchto norem musí čočky třídy 1 blokovat 90 % UVA záření (316 - 400nm) a 99 % UVB záření (280 - 315nm). Čočky spadající do třídy 2 musí blokovat více než 70 % UVA záření a 95 % UVB záření. Kontaktní čočky, které UV záření neblokují, absorbují jen 10 % UVA a 30 % UVB záření. [20]

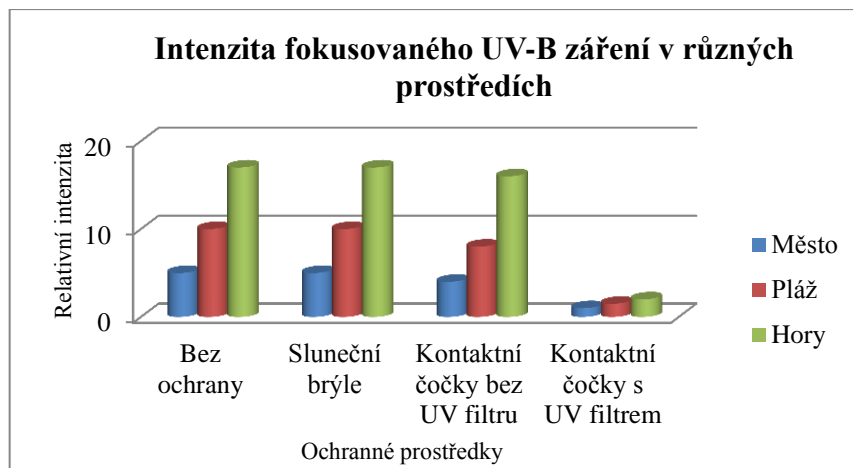
V současné době je na trhu pět typů kontaktních čoček spadajících do 1. třídy, které dostaly od American Optometric Association (AOA) certifikát založený na standardech FDA (Food and Drug Administration). Jsou to: ACUVUE® OASYS® HYDRACLEAR® Plus, ACUVUE® OASYS® pro ASTIGMATISMUS, ACUVUE ADVANCE® HYDRACLEAR®, ACUVUE® ADVANCE® pro ASTIGMATISMIS, 1 DAY ACUVUE® TruEYE™. [20]

Měkké kontaktní čočky mají také výhodu, že překrývají celou rohovku až k limbu, čímž chrání oko před UV expozicí. V roce 2005 byl Vistakon® Brand Health Monitoring Survey uskutečněn výzkum, ve kterém 57 % respondentů nevědělo, jestli jejich nynější kontaktní čočky poskytují ochranu před UV zářením a 39 % věřilo, že všechny kontaktní čočky poskytují dostatečnou UV ochranu. Tyto údaje poskytují silný podnět k edukaci zákazníků nosících kontaktní čočky o vhodné ochraně proti UV záření a o UV blokujících kontaktních čočkách. [20]

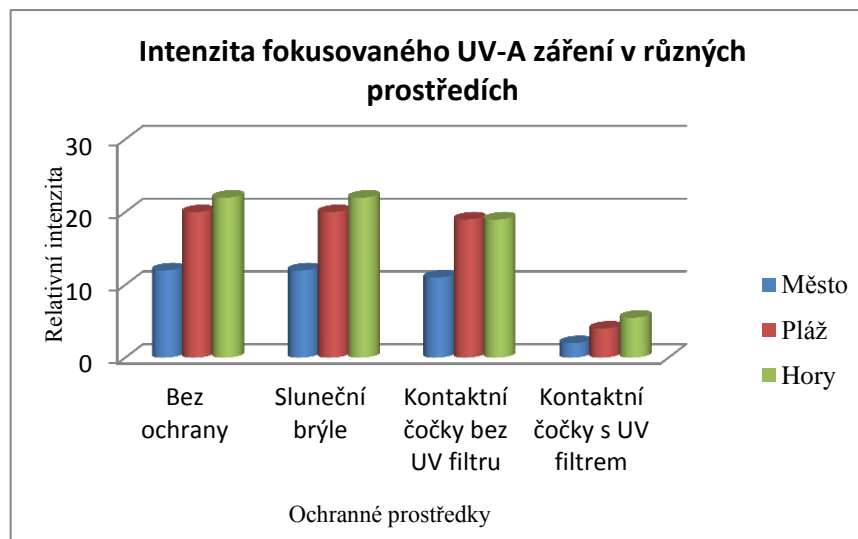
3.2.1 Výzkum kontaktních čoček blokujících UV záření

UV expozice je založena na mnoho faktorech, jako jsou například podmínky životního prostředí (nadmořská výška, geografie, oblačnost). UV blokující kontaktní čočky pomáhají zajistit ochranu proti škodlivé expozici UV záření. Nedávná studie podporuje hypotézu, že čočky blokující UV záření mohou zmírnit dávku periferně fokusovaného UV záření, které je rizikovým faktorem pro výskyt očních onemocnění, jako je například pterygium a kortikální katarakta. Vznik těchto onemocnění může být

zmenšen díky používání kontaktních čoček blokující UV záření. Tvrdé plynopropustné kontaktní čočky, které mají menší průměr, jsou schopny chránit jen centrální část rohovky před UV zářením, ale periferní část rohovky chráněná není. Měkké kontaktní čočky pokrývají celou rohovku a limbus, zvětšuje se možnost ochrany před UV zářením. To je velmi důležité, protože právě na periférii rohovky jsou epitelální kmenové buňky, které neustále nahrazují rohovkový epitel. [20]



Graf 1 Intenzita fokusovaného UVB záření v různých prostředích [Q]



Graf 2 Intenzita fokusovaného UVA záření v různých prostředích [Q]

Několik vědeckých studií prokázalo, že po akutní expozici UV záření je rohovka obzvlášť náchylná k poškození. Rohovka vystavená UV expozici, bez ochrany UV blokujícími kontaktními čočkami byla zakalená a objevil se edém v endotelu a stromatu, což vedlo ke změně rohovkové hydratace. Použití UV blokující kontaktní čočky nejen že zabraňuje těmto změnám, ale také ruší degeneraci a fragmentaci rohovkových

epiteliálních buněk a keratocytů. V rohovce, která byla vystavena akutnímu množství UV záření, byla prokázána exprese proteinů spojených se zánětem a se smrtí buněk. V dřívějších výzkumných studiích se UVB ukazuje jako přivozující indukci tkáňových metaloproteináz (MMP) na lidských rohovkových buňkách. Tato UV indukce produkce a aktivace MMP hraje roli v zahájení zvýšení proteolytické aktivity v rohovce s keratitidou. Díky keratitidě se zvyšuje množství zánětlivých buněk, což vede k zesílení MMP aktivity. Nová data dokazují, že užitím UV blokujících, silikon hydrogelových kontaktních čoček se významně sníží projev potenciálně škodlivých proteáz.[20]

Při expozici oka UVB zářením dochází na rohovce k odumírání buněk díky mechanismu apoptózy. Užívání UV blokujících kontaktních čoček se ukázalo jako významně snižující odumírání buněk na rohovce. Další pokusy byly založeny na ozáření očí nosících UV blokující kontaktní čočky. Tyto oči měly i po ozáření normální rohovku. Naproti tomu na očích, které nosí kontaktní čočky bez UV filtru, se po ozáření projeví změny v epitelu, stromatu a v endotelových buňkách. Plné zotavení po poškození způsobeném UV zářením je možné v rohovkovém epitelu, poškození stromálních keratocytů a endotelu je trvalé. To může mít důsledky při případném traumatu nebo při chirurgických zákrocích. S nárůstem nových dat týkajících se rohovkových změn vznikajících díky kumulativnímu efektu UV záření se přišlo na to, že dlouhodobá expozice slunečního UV záření může být hlavním faktorem v etiologii keratopatií a mohla by být zodpovědná za předčasné věkem podmíněné rohovkové změny. To poskytuje další opodstatnění pro ochranu rohovky UV blokujícími kontaktními čočkami. [20]

Byla provedena studie zabývající se propustností UV záření hydrogelových a silikon-hydrogelových čoček. Do této studie byly zahrnuty tyto čočky 1-DAY ACUVUE®MOIST™, ACUVUE®ADVANCE™, ACUVUE® OASYS™ (Johnson & Johnson Vision Care Inc.), FOCUS®DAILIES®, NIGHT & DAY™, O2 Optix™ (CIBA Vision), SofLens™ 1-day disposables, Purevision™ (Bausch & Lomb). O optické hodnotě -3D. Od každého typu bylo vzato pět kusů čoček. [21]

Spektrometr Perkin-Elmer1 Lambda900 byl použit pro měření propustnosti UV záření. Každá čočka byla měřena třikrát. Data ze spektrometru byly přesunuty do

MatLAB[®] (Mathworks Inc.), tento program byl napsán speciálně pro účel této studie. Tento program uspořádal data a ulehčil výpočet a grafické znázornění. [21]

Výsledky

Podobné hodnoty pro UV propustnost byly naměřeny u Focus[®] DAILIES[®] a SofLens[™] 1-day. Oba typy těchto čoček ukazují celkové snížení UV propustnosti. 1-DAYACUVUE[®] MOIST[™] propustnost těchto kontaktních čoček je v rozmezí vlnových délek 340 - 280nm jen okolo 5 %, ale v oblasti UVC záření (280 - 240nm) jejich propustnost stoupne až na 25 %. U silikon-hydrogelových čoček ACUVUE[®] ADVANCE[™] a ACUVUE[®] OASYS[™] byla naměřena propustnost mezi 360 - 280nm téměř nulová, velký nárůst v propustnosti byl u těchto čoček naměřen v oblasti okolo vlnové délky 260nm (UVC záření), kdy propustnost vzrostla až na 15 %. O2 Optix[™] a NIGHT & DAY[™] - u těchto čoček byly naměřeny velmi podobné hodnoty propustnosti. Ukazují míru zeslabení UV, nejvíce v oblasti UV záření a lineárně sníženy v oblasti UVB záření. Všechny silikon-hydrogelové čočky ukazují minimální propustnost v oblasti UVC. [21]

čočka	propustnost UV (%)
1-DAY ACUVUE [®] MOIST [™] (Johnson & Johnson Vision Care Inc.)	16.08 ± 0.58
FOCUS [®] DAILIES [®] , (CIBA Vision)	55.96 ± 0.19
SofLens [™] 1-day disposables (Bausch & Lomb)	58.29 ± 1.03
ACUVUE [®] ADVANCETM (Johnson & Johnson Vision Care Inc.)	9.98 ±0.26
ACUVUE [®] OASYS [™] (Johnson & Johnson Vision Care Inc.)	8.36 ± 0.28
NIGHT & DAY [™] (CIBA Vision)	54.47 ± 0.94
O2 Optix [™] (CIBA Vision)	50.31 ± 0.79
Purevision [™] (Bausch & Lomb)	38.18 ± 1.55

Tab. 9 Propustnost čoček pro UV záření. [R]

Hydrogelové kontaktní čočky

Pouze 1-DAYACUVUE[®] MOIST[™] splňují požadavky A.N.S.I. , kdy propustnost UVB záření musí být menší než 5 %. Dle naměřených hodnot denních kontaktních čoček žádné nesplňují podmínku A.N.S.I, kdy propustnost UVA záření musí být menší než 30%. Ačkoli 1-DAY ACUVUE[®] MOIST[™] se této normě velice blíží. [21]

čočky	UVA	UVB	UVC
1-DAY ACUVUE® MOIST TM	30.98%	2.19%	6.44%
FOCUS®DAILIES®	84.43%	61.39%	23.75%
SofLensTM 1-day disposables	86.57%	70.54%	23.43%

Tab. 10 Propustnost pro UVA,UVB a UVC záření u vybraných hydrogelových čoček. [R]

Silikon-hydrogelové kontaktní čočky

Nejmenší propustnost pro UV záření byla naměřena u ACUVUE® OASYS™. O něco vyšší propustnost mají ACUVUE®ADVANCE™. O2 Optix™ mají druhou nejvyšší propustnost pro UV záření mezi silikon-hydrogelovými čočkami. Největší propustnost pro UV záření mají NIGHT & DAY™. Z těchto silikon-hydrogelových čoček splňují standardy A.N.S.I. jen ACUVUE® OASYS™ a ACUVUE®ADVANCE™. [21]

čočky	UVA	UVB	UVC
ACUVUE® OASYS TM	18.35%	0.03%	1.49%
ACUVUE®ADVANCETM	21.07%	0.16%	2.58%
NIGHT & DAY TM	85.16%	68.64%	16.15%
O2 Optix TM	80.71%	62.89%	12.97%
PurevisionTM	69.90%	35.97%	5.85%

Tab. 11 Propustnost pro UVA,UVB a UVC záření u vybraných silikon-hydrogelových čoček. [R]

Měkké kontaktní čočky slouží jen k ochraně rohovky a limbu. Neposkytují ale ochranu spojivce a víčkám. Nošení těchto kontaktních čoček jako UV ochrany by mělo být doprovázeno slunečními brýlemi, které poskytují ochranu i pro víčka a spojivku. [21]

3.3 TheEye-Sun Protection Factor (E-SPF)

Vědci z Essiloru ve spojení s nezávislými experty vytvořili Eye-Sun Protection Factor (E-SPF), který je inspirován SPF (Sun Protection Factor), který se používá při klasifikaci opalovacích krémů. [22]

E-SPF je definován jako poměr UV záření vyskytující se na rohovce s a bez brýlových čoček. Jako u SPF vyšší hodnota E-SPF označuje větší stupeň ochrany proti UV záření. Například oči chráněné čočkou o E-SPF=25, jsou dvacetpětkrát více chráněny než oči bez této čočky. [22]

Díky E-SPF oční profesionálové a zákazníci budou konečně mít prostředek k porovnání stupeň UV ochrany. [22]

$$\text{ESPF} = \frac{\text{ozáření bez čočky}}{\text{ozáření s čočkou}}$$

$$\text{ESPF} = \frac{1}{T_{\text{UV}}^{0^\circ} + R_{\text{UV}}^{145^\circ}}$$

$T_{\text{UV}}^{0^\circ}$ = dávka UV záření přenesená ze zdrojů dopadajících svisle na čočky 0°

$R_{\text{UV}}^{145^\circ}$ = dávka UV záření odražený od zdroje ve 145°

Přímá expozice oka závisí na externích faktorech (tvar obruby, usazení obruby, atd.), které nejsou zahrnuty do ESPF indexu.

Tento hodnotící systém je vhodný pro číré, fotochromatické a sluneční čočky. Pro číré čočky se používá hodnot od 2 do 25, pro sluneční čočky jsou to hodnoty 50+. [22]



Obr. 17 Označení E-SPF [S]

Závěr

Práce je rozdělena na tři velké kapitoly. Cílem první kapitol je co nejsrozumitelněji popsat co je to UV záření, kdy s ním oko přichází do styku a jaké jsou mechanismy jeho účinku. Tato kapitola je také obohacena o pojmy jako je PLF efekt a UV fluorescenční fotografie. UV fluorescenční fotografie představuje zajímavou možnost jak monitorovat změny na očních tkáních. V kapitole se také čtenář dočte o tom, jak a kde se měří hladina UV záření v České republice.

Druhá kapitola je věnována vlivu UV záření na oční tkáň. Díky vlivu UV záření na víčka může vzniknout bazaliom. Bazaliom je nejběžnější maligní tumor vyskytující se na víčkách. Pinguecula a pterygium jsou patologie vyskytující se na spojivce. K jejich vzniku významně přispívá UV záření. Pterygium se častěji vyskytuje na nasální straně bulbu. Tento jev je vysvětlován díky PLF efektu. Dalším očním médiem, na které má UV záření vliv, je rohovka. Keratopatie způsobené UV zářením jsou keratitis fotoelectrica a keratitis nivalis, neboli sněžná slepota. Sněžná slepota je celkem běžná a vzniká díky pobytu na sněhu bez ochrany očí. Vliv UV záření má také svůj podíl na vzniku kortikální katarakty, která se projevuje jako trojúhelníkové opacifikace v kortexu čočky s vrcholem mířícím do centra čočky. Poslední oční tkání, na kterou má UV záření vliv je sítnice. Dlouhodobá expozice UV záření napomáhá vzniku VPMD, a to i přes to že díky filtraci rohovky a čočky se na sítnici dostane jen 1% UV záření o vlnové délce kratší než 340 nm.

Ochranou oka proti UV záření se zabývá poslední kapitola. První možností ochrany očí před UV zářením jsou brýle, a to jak sluneční, tak brýle s čirými skly. American National Standards Institut vytvořil kritéria ANSI Z80.3, podle kterých jsou sluneční brýle rozděleny do dvou tříd podle toho, jakou představují ochranu proti UV záření. Zajímavé ale je, že tyto kritéria nejsou výrobci povinni dodržovat. Pro zákazníky bude ale asi srozumitelnější faktor E-SPF (Eye-Sun Protection Factor), který vytvořili odborníci v Essiloru. Tento faktor určuje o kolik je ochrana před UV zářením větší s danými brýlovými skly, než bez nich.

Dnes se již standardně na čiré, ale i na zbarvené brýlové čočky nanáší antireflexní vrstvy. Karl Citek provedl studii, která se zabývá vlivem antireflexní vrstvy na propustnost a odrazivost UV záření brýlových čoček. Výsledkem této studie bylo, že skoro všechna testovaná skla s nanesenou antireflexní vrstvou, splňovala podmínky ANSI Z80.3 pro propustnost UV záření.

Kontaktní čočky představují další možnost jak chránit své oči před UV zářením. Měkké kontaktní čočky sice dokáží zabránit ničení rohovky a postupu UV záření hlouběji do oka, ale nepředstavují ochranu pro víčka ani spojivku. Proto je lepší kombinovat kontaktní čočky se slunečními brýlemi. Výhodou UV blokujících měkkých

kontaktní čoček, které překrývají celou rohovku a limbus, je že, snižují dávku periferně fokusovaného UV záření. Tuto schopnost nemají tvrdé kontaktní čočky, které překrývají jen centrum rohovky. American National Standards Institute opět dělí kontaktní čočky do dvou tříd dle jejich propustnosti pro UV záření.

Cílem této práce bylo varovat čtenáře před negativním vlivem UV záření. Práce je obohacená o barevné obrázky, názorné graf a tabulky, které mají pomoci čtenáři udělat si reálnější představu o tomto tématu. Dalším cílem této práce bylo obohatit oční specialisty o nové informace, které by mohli využít ve své praxi. Proto jsou v textu zařazeny kapitoly s názvem *Typ pro oční specialisty*. V těchto krátkých kapitolkách jsou rady a nápady na to, jak využít danou informaci v praxi.

Seznam použitých zdrojů

- [1] doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc, RNDr. Milan Bednařík, CSc, RNDr. Radmila Hyblová, *Fyzika pro střední školy*, Václavská 12, Praha 2, Prometheus Praha, 1993, ISBN 80- 901619-7-9
- [2] E. Vokatý, *Interakce laserového záření s lidskou tkání*, Praha, ČVUT fakulta biomedicínského inženýrství, katedra biomedicínské techniky, 2011
- [3] Citek K, Andre B, Butler JJ *et al.* *The eye and solar ultraviolet radiation: new understandings of the hazards, costs, and prevention of morbidity*. Report of a roundtable held at the American Optometric Association Meeting, June 2011.
- [4] informační leták: Mgr. Beáta Mikušová a MUDr. Jaroslav Baumruk, Praha, GEOPRINT, státní zdravotní ústav, 2003
- [5] MUDr. Ariana Lajčíková, CSc, doc. RNDr. Luděk Pekárek, DrSc., Ing. Petr Vrbík, Ing. Michael Waldman, CSc., *Vyjádření SZÚ Prahy k zdravotním aspektům svícení úspornými zářivkami v bytech*, SZÚ, 9. listopadu 2009
- [6] www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/zareni.pdf
- [7] Karen Wash, *UV záření a oko*, Česká oční optika, roč. 50, 2009, č. 3, ISSN 1211–233X
- [8] Heather L. Chandler a Jason J. Nichols, *Kontaktní čočky a ochrana proti UV záření*, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 17- 21
- [9] MUDr. Jana ROSTOVÁ, MUDr. Lenka BORSKÁ, Ph.D., doc. Ing. Zdenek FIALA, CSc., prof. RNDr. Jan KREJSEK, CSc. *Chronický účinek ultrafialového záření na organismu*, Vojenské zdravotnické listy, ROCNÍK LXXV, 2006, č. 3-4,
- [10] Karen Walsh, *UV záření a oko*, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 11- 16
- [11] RNDr. Michal Janouch, Ph.D., Doc.MUDr. Karel Ettler. CSc, *Dlouhodobé změny ultrafialového záření na území České republiky a jejich zdravotní rizika*, Hradec Králové 2009, ISBN 978-80-254-4695-9
- [12] *The canary in the coalmine*, The vision care institut, Johnson & Johnson Medical Ltd. 2012
- [13] Myron Yanoff, Jay S. Duker, *Ophthalmology* , MOSBY elsevier, 2009, ISBN 978-0- 323- 04332- 8
- [14] Prof. MUDr. Pavel Kuchyňka CSc., a kol. *Oční lékařství*, Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247- 1163-8.

[15] Jack J Kanski, *Clinical Ophthalmology*, Butterworth Heinemann elsevier, 2007, ISBN 978- 0- 08- 44969- 2

[16] Sherwin JC, Hewitt AW, Kearns LS *et al.* The association between pterygium and conjunctival ultraviolet autofluorescence: The Norfolk Island Eye Study. *Acta Ophthalmologica*. Published online 16 December 2011. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2011.02314.x

[17] prof. MUDr. Pavel Rozsival CSc., *Oční lékařství*, Praha, Galen, 2006, ISBN 80-7262- 404- 0

[18] Karen J. Cruickshanks, PhD; Ronald Klein, MD; Barbara E. K. Klein, MD; David M. Nondahl, MS *Arch Ophthalmol.* 2001;119(2):246-250. doi:10-1001/pubs.Ophthalmol.-ISSN-0003-9950-119-2-eeb00005.

[19] Karl Citek, *Anti-reflective coatings reflect ultraviolet radiation*, Pacific University, 3-1-2008, <http://commons.pacificu.edu/coofac/5/>

[20] UV Protection with contact lenses Chandler H & Nichols J. UV Protection with Contact Lenses. *Optometry Today* 2011 51:8 37

[21] Linda Moore, Jannie T. Ferreira ,Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses, *Contact Lens & Anterior Eye* 29 (2006) 115–122

[22] <http://www.espf.com>

[A] Tab. 1 zhotovena dle: E. Vokatý, *Interakce laserového záření s lidskou tkání*, Praha, ČVUT fakulta biomedicínského inženýrství, katedra biomedicínské techniky, 2011

[B] Obr.1 Karen Walsh, UV záření a oko, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 11- 16

[C] Tab.2 zhotovená dle: Karen Walsh, UV záření a oko, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 11- 16

[D] tab. 3 zhotovena dle: Citek K, Andre B, Butler JJ *et al.* *The eye and solar ultraviolet radiation: new understandings of the hazards, costs, and prevention of morbidity.* Report of a roundtable held at the American Optometric Association Meeting, June 2011

[E] Obr 2. <http://ucebnice3.enviregion.cz/ovzdusi/problem-ozonove-vrstvy/naruseni-ozonove-vrstvy>

[F] Tab. 4 Informační leták The Vision Care Institut of Johnson & Johnson s.r.o.

[G] Tab. 5 zhotovena dle: Citek K, Andre B, Butler JJ *et al.* *The eye and solar ultraviolet radiation: new understandings of the hazards, costs, and prevention of morbidity*. Report of a roundtable held at the American Optometric Association Meeting, June 2011

[H] Obr. 3 zhotoven dle Informační leták The Vision Care Institut of Johnson & Johnson s.r.o.

[CH] Obr. 5 Karen Walsh, UV záření a oko, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 11- 16

[I] Obr. 6, 7

http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_1_Pocasi/P10_1_1_Cesko/P10_1_1_11_Ozon_a_UV&last=false, 2.5.2013, se souhlasem RNDr. Zdeňka Šiftáře z ČHÚ Hradec Králové

[J] Obr. 8, 9 Karen Walsh, *UV záření a oko*, Eye Health Advisor TM, Johnson & Johnson Vision Care, edice čtvrtá 2010, str. 9-10

[K] prof. MUDr. Pavel Rozsival CSc., *Oční lékařství*, Praha, Galen, 2006, ISBN 80-7262- 404- 0

[L] Obr.11, 12 Jorge Schou Anderson, Ian P. Davis, Allan Kruse, Tom Lofdtrom, Lene Ringmann, *A handbook of contact lens managment*, Johnson & Johnosn Vision Care & Synoptik, 2006

[M] Obr. 13, 14 Jorge Schou Anderson, Ian P. Davis, Allan Kruse, Tom Lofdtrom, Lene Ringmann, *A handbook of contact lens managment*, Johnson & Johnosn Vision Care & Synoptik, 2006

[N] Obr. 15 Jack J Kanski, *Clinical Ophtalmology*, Butterworth Heinemann elsevier, 2007, ISBN 978- 0- 08- 44969- 2

[O] Obr. 16, 17 MUDr. Josef Hycl, CSc., MUDr. Lucie Valešková, *Atlas oftalmologie*, Praha, TRITON s.r.o., 2003, ISBN 80- 7254- 382- 2

[P] Tab. 6, 7, 8 zhotovena dle: Karl Citek, *Anti-reflective coatings reflect ultraviolet radiation*, Pacific University, 3-1-2008, <http://commons.pacificu.edu/coofac/5/>

[Q] Graf 1, 2 zhotoveny dle: UV Protection with contact lenses Chandler H & Nichols J. UV Protection with Contact Lenses. *Optometry Today* 2011 51:8 37

[R] Tab. 9, 10, 11 zhotovena dle: Linda Moore, Jannie T. Ferreira ,Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses, *Contact Lens & Anterior Eye* 29 (2006) 115–122

[S] <http://www.espf.com/wp-content/uploads/2012/03/indices.png> staženo 4.5.2013

