BIOLOGICKÝ ÚČINEK ULTRAFIALOVÉHO ZÁŘENÍ

12: 480–486, 2010
ISSN 1212-4117Zuzana Freitinger Skalická¹, Zdeněk Hon², Leoš Navrátil²¹Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, katedra radiologie a toxikologie²České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství v Kladně, katedra lékařských a humanitních oborů

ÚVOD

Kosmické záření se dělí na tři složky: galaktické záření, sluneční záření a záření radiačních (van Allenových) pásů Země. Galaktické záření pochází z hlubokých oblastí vesmíru a skládá se z protonů (85 %), jader helia (11 %), těžších jader prakticky všech prvků soustavy (1 %) a elektronů (3 %). Sluneční kosmické záření pochází především ze slunečních erupcí. Je tvořeno z 99 % protony, těžší nabitě částice představují méně než 0,1 % celkové intenzity. Radiační (van Allenovy) pásy jsou tvořeny protony a elektrony zachycenými magnetickým polem Země v určitých vzdálenostech od jejího povrchu; vnější pás je ve vzdálenosti 20 000 km, vnitřní pás ve vzdálenosti 3 000 km (Kuna, 2005). Ze Slunce na Zem dopadá mimo jiné optické záření, které je součástí elektromagnetického vlnění. Optické záření je složeno z 50 % viditelného světla, ze 45 % infračerveného záření a z 5 % UV záření. UV záření je elektromagnetické vlnění se stejnou fyzikální povahou jakou má světlo, liší se pouze vlnovou délkou,

která je menší než vlnové délky světla (Navrátil, Rosina, 2005).

Fyzikální vlastnosti UV záření

Slunce vyzařuje široké spektrum vlnových délek elektromagnetického záření – gama, RTG, UV, viditelné a infračervené záření (obr. 1). Terestriální záření (sluneční záření dopadající na zemský povrch) je filtrováno průchodem atmosférou a neobsahuje vlnové délky kratší než 290 nm (Kuna, 2005). Proto na zemský povrch dopadají především tři typy záření: UV záření o vlnových délkách 100–400 nm, viditelné záření o vlnových délkách 400–760 nm a infračervené záření o vlnových délkách 760–3 000 nm. Intenzita UV záření se výrazně zvyšuje odrazem z takových povrchů, jako je voda, sníh či písek. Například suchý plážový písek může odrazit 15–20 %, mořská vlna 10–20 % UV záření. Do hloubky půl metru pod vodou se dostává 40 % UV záření dopadajícího na vodní hladinu (Ultraviolet radiation and human health, 2009).

Obrázek 1 Spektrum elektromagnetického záření (převzato z www.wikipedia.org)

UV záření můžeme rozdělit podle biologických účinků do tří skupin (Kožní fototypy, 2008):

- Dlouhovlnné UVA záření ($\lambda = 315\text{--}400$ nm)

Tvoří 4 % z paprsků, které dopadají na zemský povrch. Toto záření způsobuje vznik erytému a pigmentace kůže. Oproti UVB záření proniká do hlubších vrstev kůže. Používá se mimo jiné v soláriích.

Toto pásmo může být ještě členěno: UVA – I ($\lambda = 340\text{--}400\text{ nm}$) a UVA – II ($\lambda = 320\text{--}340\text{ nm}$).

- Středněvlnné UVB záření ($\lambda = 280\text{--}315\text{ nm}$) je považováno za biologicky nejvýznamnější. Způsobuje erytém, vznik pigmentace kůže a také se podílí na vzniku různých typů kožních nádorů. V terestriálním záření tvoří necelé 1 %. Stejně jako UVA záření je využíváno k fototerapii.
- Krátkovlnné UVC záření ($\lambda < 280\text{ nm}$) je někdy nazýváno germicidním. Používá se například k dezinfekci operačních sálů. Oproti ostatním pásmům má nejvyšší energii, tomu také odpovídají jeho největší biologické účinky. Na zemský povrch se nedostává, protože je filtrováno ozonovou vrstvou. Jeho podíl na karcinogenezi je minimální.

Biologické účinky UV záření

Biologické účinky UV záření závisí na energii fotonů, intenzitě záření, době trvání ozáření, schopnosti absorpce záření tkání a na reaktivitě organismu.

Pozitivní účinky UV záření

Významným účinkem je syntéza vitamínu D, který se tvoří v kůži působením slunečního záření z provitaminu 7-dehydrocholesterolu, derivátu cholesterolu. UV záření štěpí B jádro sloučeniny za vzniku cholekalciferolu, tedy vitamínu D₃. Význam vitamínu D je v účasti při resorpci vápníku a fosfátu ze střeva, čímž přispívá k regulaci a optimalizaci hladiny těchto prvků v krvi, které jsou důležité pro stavbu kostí. Nedostatek vitamínu D se projevuje změknutím kostí v důsledku ztrát a nedostatečné resorpce vápníku a fosfátu. U dětí se tento nedostatek projevu jako křivice, u dospělých pak jako osteomalacie. Rovněž se projevuje i zvýšenou kazivostí zubů.

Negativní účinky UV záření

Mezi negativní účinky UV záření patří tzv. fotodermatózy, což je skupina onemocnění spojených s přecitlivělostí vůči UV záření. Dělí se na dvě hlavní skupiny – fotodermatózy vyvolané vnějšími faktory (fototoxické a fotoalergické reakce) a na syndromy spojené s nestabilitou

DNA (např. Xeroderma pigmentosum) (Xeroderma pigmentosum, 2007).

Fototoxické reakce mohou postihnout jakoukoli osobu a jejich vznik závisí na koncentraci vyvolávající látky. Principem je přímé poškození buněk chromoforem po jeho aktivaci zářením (nejvíce se uplatňuje UVA, méně UVB záření a viditelné světlo). Zpočátku vzniká vystupňovaná erytémová reakce, otok a puchýře, později se objevuje pigmentace. Jako chromofory se často uplatňují různé celkové či místně podávané léky (TTC – Tri-creatine citrate, anti-revmatika, barbituráty, acridin aj.). Vyvolavatelem může být také kontakt s některými rostlinami, jako je bolševník (Hanoušková, Plecháček, 2010) nebo aplikace parfémů (Rostová, 2006).

Fotoalergické reakce jsou daleko vzácnější a postihují jen vnímavé jedince. Jako fotoalergen se může uplatnit mnoho látek, zejména lokálně aplikovaných. Časté jsou antibakteriální látky (chlorhexidin), voňavky (santalový olej, syntetické pyžmo), ale i některé sunscreens (PABA) a léčiva (chlorpromazin). PABA (kyselina para-aminobenzoová) je vitamin, který zastupuje skupinu B komplexů. Účinná je po sloučení s kyselinou pantotenovou a je součástí kyseliny listové. Jako součást vitaminů ze skupiny B komplexu je rozpustná ve vodě. Chrání pokožku proti slunečnímu UV záření. Kromě toho brání mutaci těch epidermálních buněk, které mohou být nekancerogenní (Rostová, 2006).

„Photoaging“ zahrnuje makro- i mikroskopické kožní změny, které jsou způsobeny chronickým slunečním zářením. Nejedná se o prosté urychlení stárnutí jako u velmi starých lidí (90 let a více), kteří se celý život vyhýbali sluneční a jejich kůže je hladká, neposkvřená, vykazující ztenčení, ztrátu elasticity a prohloubení normálních ohybových rýh. Naproti tomu u padesátiletých lidí se světlou kůží, kteří se celý život vystavovali slunci, se vyskytuje velké množství vrásek, žlutavá, suchá kůže s různými benigními, premaligními nebo i maligními novotvarami (Ettler, 2009).

Maligní onemocnění

Nejzávažnější zdravotní dopad účinků UV záření na kůži představují kožní zhoubné nádory. Tzv. aktinické keratózy představují plošné rohové novotvary, které mohou být předstupněm pro vznik bazaliomu a spinaliomu. Zatímco bazali-

om roste destruktivně v místě vzniku, spaliom již metastazuje i do vnitřních orgánů. Oba nádory jsou závislé na celoživotní expozici UV zářením a objevují se většinou až ve stáří. Naproti tomu melanom, nádor z pigmentotvorných buněk, může vznikat na kůži po celý život (výjimečně i v dětství), a to spíše na základě akutních solárních popálení vedoucích až k puchýřům (Arenbergerová, Arenberger, 2005).

Nádory kůže se dělí:

- Melanomové (maligní melanom) – nádor vzniká z buněk produkujících pigment (melanocyty).
- Bazocelulární karcinom (BCC) – nádor vzniká z bazálních buněk.
- Spinocelulární karcinom (SCC) – nádor vzniká z buněk pokožky (keratinocyty).
- Ostatní – jiné druhy jsou méně časté.

Bazocelulární karcinom

Jde o nejčastější maligní kožní nádor. Jeho výskyt se v posledních 15 letech zdvojnásobil. Příčina onemocnění je stejně jako u dalších zhoubných onemocnění nejasná. Hlavním etiologickým faktorem je chronické, dlouhodobé vystavování kůže UV záření.

Spinocelulární karcinom

V malém procentu metastazuje především do regionálních lymfatických uzlin. Zvýšené riziko metastazování mají nádory větší než 2 cm, málo diferencované tumory, nádory rtu a boltce.

Maligní melanom

Je nejzhoubnější nádorové onemocnění kůže. Maligní melanom není častým onemocněním, představuje jen 5–7 % všech zhoubných kožních nádorů. Agresivita nádoru však řadí melanom mezi nejzávažnější maligní onemocnění vůbec. Rozlišují se čtyři základní morfologické formy maligního melanomu:

- 1) Povrchově se šířící maligní melanom
Patří k nejčastějším typům melanomu. Tvoří zhruba 65 % těchto nádorů. Roste nejprve povrchově a v pozdější fázi začne pronikat také do hlubších vrstev kůže. Na kůži se takový růst projevuje vytvořením hrbolku na tmavě hnědé až černé ploše.
- 2) Nodulární melanom
Pro tuto formu kožního melanomu je od počátku charakteristický patrný hrbol vyvý-

šený nad okolní kůži, který rovněž signalizuje, že nádor prorůstá do větší hloubky kůže. Tvoří zhruba 20 % všech melanomů.

3) Lentigo maligna melanom

Vzniká na kůži s patrnými známkami poškození slunečním zářením. Jedná se o plošná ložiska, na nichž se střídají světlejší a tmavší odstíny hnědé barvy. Nejčastěji se objevuje u starších osob.

4) Akrolentiginózní melanom

Akrolentiginózní melanom je forma, která vzniká především na periferních částech lidského těla, typicky na ploskách či dlaních nebo pod nehty. Je záluďná v tom, že může zpočátku vypadat jako bradavice, modřina či mozol (Arenbergerová, Arenberger, 2005).

Ochrana proti UV záření

Stínění a oděv jsou neefektivnější ochranou proti účinkům UV záření. Je však nutné počítat i s odraženým světlem. Ochrana oděvem je závislá na jeho barvě. Nejlépe chrání barevné oděvy, které pohlcují nejen více UV záření, ale i viditelného světla a infračerveného záření. Nevýhodou tohoto jevu je nepříjemné zahřívání oděvu. Tenké, bílé nebo dokonce vlhké tkaniny chrání méně. Syntetické materiály (nylon, dacron apod.) propouštějí méně UV záření než bavlněná vlákna. Některé oděvy mají dokonce od výrobce deklarovaný UPF (UV protecting factor), který udává propustnost pro UV záření. UPF nad 50 znamená vynikající ochranu. Je doporučovaný zejména u malých dětí, které se často pohybují na slunci.

Nejúčinnější ochranou očí jsou brýle s tzv. UV filtrem. Existují čtyři normalizované kategorie filtrů: kategorie 0 – bezbarvý nebo velmi světlý filtr; kategorie 1 – světlý filtr; kategorie 2 – středně tmavý filtr; kategorie 3 – tmavý filtr, nevhodný pro řízení motorových vozidel; kategorie 4 – velmi tmavý filtr, nevhodný pro řízení motorových vozidel (UV záření a kontaktní čočky, 2007).

Systémová ochrana

Tento způsob ochrany se ordinuje jen při některých fotodermatózách. Jedná se například o antimalarika, léky ovlivňující prostaglandiny a karotenoidy. Nejvíce se používá beta-karoten, který má současně i antioxidantní účinky. Podávání beta-karotenu je založeno na jeho selektiv-

ní akumulaci v podkožní tukové tkáni, která dovoluje, aby tento pigment (rozptýlený jak v epidermis, tak v dermis) účinkoval jako membránový stabilizátor a vychytávač různých forem reaktivního kyslíku, které jsou vyvolány UV ozářením (Ettler, 2001).

Aktivní ochrana

Mezi aktivní ochranu se řadí tzv. fotoprotektivní adaptace a fotochemoprotekce.

- Fotoprotektivní adaptace znamená opakované (6–10×) ozáření UV zářením těsně podprahovými dávkami, které podpoří přirozené mechanismy (Ettler et al., 1997).
- Fotochemoprotekce zahrnuje použití přípravku s nízkým obsahem látky 5-MOP a zároveň UV-B absorbujícího sunscreenu (SPF 6–8) spolu s expozicí přirozeným slunečním světlem nízkých dávek. 5-MOP (5-methoxypsoralen neboli bergapten) patří mezi furokumariny, fytotoxické látky, které jsou účinné jak v přímém kontaktu s pokožkou, tak po perorálním užití. Po ozáření UVB zářením ve vlnových délkách 230–380 nm se stávají pro člověka toxické. Kombinace všech tří faktorů vyvolá mírné

ztlustění stratum corneum (nejvrchnější vrstva epidermis) a produkci melaninu (Rostová, 2006).

Pasivní ochrana

Sunscreeny jsou látky, které ochraňují lidskou kůži před působením UV záření. Tyto přípravky jsou dodávány v podobě roztoků, gelů, krémů. Doporučení Evropské komise 2006/647/ES zavádí nové požadavky na způsob značení výše ochrany, který je srozumitelný pro spotřebitele. Nově musí každý prostředek zajistit nejen ochranu proti UVB záření, ale i ochranu proti UVA záření. Ochrana proti UVA záření musí představovat minimálně jednu třetinu hodnoty udávané pro ochranu proti UVB. Pro značení výše ochrany proti UVB se používají 4 kategorie: nízká (SPF 6–10), střední (SPF 15–25), vysoká (SPF 30–50) a velmi vysoká SPF (50+). Kromě značení kategorie je možno nadále uvádět i konkrétní hodnotu SPF (sun protection factor) (Ettler, 2006).

Pro dobrou srozumitelnost varování doporučuje Komise použít následující piktogramy (obr. 2) (převzato z <http://www.dolceta.eu/ceska-republika/Mod3/spip.php?article380>).

Chraňte se oděvem, klobouk a brýle poskytují další ochranu.

Vyvarujte se slunečnímu záření v době poledne.

Aplikujte ochranné prostředky v dostatečném množství a opakovaně

Nevystavujte kojence a malé děti přímému slunci.

Prostředek poskytuje ochranu proti UVA v požadované výši.

Obrázek 2 Piktogramy

Koží fototypy a přirozená ochrana

Je všeobecně známo, že reakce na slunění není u každého člověka zcela stejná. Lidská kůže vykazuje určité rasové odchylky, které se projevují zejména odlišnou barvou. Každý člověk by měl proto znát fototyp své kůže, aby se mohl účinně chránit. Podle jednotlivých typů je odvozen tzv. bezpečný čas pro první expozici na

slunci bez reakce. U prvního typu je to 5–10 minut, u druhého typu 10–20 minut, u třetího typu 20–30 minut a u čtvrtého typu až 40 minut. Tyto hodnoty platí pro dospělé osoby. Ko-jenci by měli být před sluncem chráněni a děti do tří let by měly být na slunci minimálně (Ettler, 2001).

Tabulka 1 Koží fototypy – typy kůže a jejich reakce na sluneční záření

Typ kůže	Označení	Reakce na slunění	Ochranná reakce kůže
I.			
(kůže nápadně světlá, pihy husté, vlasy rezavé, oči modré, zřídka hnědé, prsní bradavky velmi světlé)	Keltský typ (2 %)	vždy těžký	žádná, červená kůže bez pigmentace, za 1–2 dny se loupe
II.			
(kůže trochu tmavší než I., pihy řídké, vlasy blond až hnědé, oči modré, zelené, šedé, prsní bradavky světlé)	Evropan se světlou pletí (12 %)	vždy silný	velmi slabá pigmentace, kůže se loupe
III.			
(kůže světlá nebo světle hnědá, pihy žádné, pigmentové névy hnědé, prsní bradavky tmavší)	Evropan s tmavou kůží (78 %)	mírný	pigmentace
IV.			
(kůže světle hnědá nebo olivová, pihy žádné, pigmentové névy tmavé, vlasy tmavé, oči tmavé, prsní bradavky tmavé)	středomořský typ (8 %)	téměř nikdy	rychlá reakce, hluboká pigmentace

(Zdroj: Jirásková, M. Světlo 4, 2007)

Opalování v soláriích

Světová zdravotnická organizace se v srpnu 2004 obrátila na vlády zemí, které se nově staly členy EU s informací o své iniciativě v oblasti prevence poškozování zdraví vlivem UV záření při opalování v soláriích. Používané přístroje vyzařují UVA a UVB záření, obojí poškozují DNA v buňkách kůže. UVB o vlnové délce 295–320 nm má velmi dobře známé karcinogenní účinky a vede k rozvoji novotvarů na kůži. Současné vědecké studie dokazují, že vysoké dávky dlouhovlnného UVA záření se na tvorbě karcí-

nomu podílejí. V zásadě solária emitují především UVA a malou dávku UVB. V posledních letech jsou ozařovací lampy vyráběny tak, že produkují více UVB, aby se přiblížily slunečnímu spektru a urychlilo se opálení (Lajčíková, 2005). Nové studie prokazují závislost mezi užíváním solária a výskytem maligního melanomu, bazocelulárního karcinomu kůže a skvamózní formy karcinomu kůže. Je široce rozšířen omyl, že opálení získané v soláriu chrání kůži před spálením při letním pobytu na slunci. Ve skutečnosti toto opálení chrání proti slu-

nečinnému spálení jen v omezené míře. Opálení ze solária poskytuje ochranu srovnatelnou s nízkým ochranným faktorem (SPF 2–3).

Mezinárodní komise pro ochranu před neionizujícím zářením doporučuje vyhnout se návštěvě solária:

- lidem mladším než 18 let;
- těhotným ženám;
- lidem s teplotou nebo užívajícím jakékoliv léky (nutná konzultace s lékařem);
- osobám s pokožkou, která se špatně opaluje a je pokryta velkým počtem névů (více než 30);
- osobám, které mají tendenci k tvorbě pih a v minulosti se na slunci spálily;
- osobám s prekancerózami (např. solární keratózy) nebo které měly v minulosti maligní kožní léze či sluněním poškozenou pokožku (vrásky ve tváři, nepravidelné pigmentové skvrny na tváři či na rukou);
- nepoužívat v soláriích kosmetiku, která zvyšuje citlivost vůči UV záření (zejména parfémy) (Lajčíková, 2005).

ZÁVĚR

Schopností UV záření je rozkládat makromolekulární látky a v důsledku toho poškozovat živočišné buněčné struktury, včetně nosičů genetických informací DNA a RNA. UV záření může na lidské pokožce vyvolávat řadu chemických a biologických reakcí, které se v závislosti na celkové absorbované dávce projevují různým stupněm zánětu pokožky – od tvorby erytému přes vznik puchýřů až k nekróze tkáně. Proto je doporučováno lidem sledovat tzv. UV-index, což je mezinárodně standardizovaná bezrozměrná veličina charakterizující úroveň erytemového slunečního ultrafialového záření dopadající na zemský povrch, vyjadřující biologický efekt na lidské zdraví. Používá se k informovanosti obyvatelstva o možném negativním vlivu UV záření na lidský organismus (Ultraviolet radiation and human health, 2009). Dlouhodobé působení UV záření může na kůži vyvolat i chronické změny, které již mohou být do jisté míry nevratné – aktinické stárnutí kůže (photoageing) a narušení imunitních reakcí (fotoimunosuprese), které se mohou spolupodílet na rozvoji rakoviny kůže (fotokarcinogeneze). Nejzávažnější zdravotní dopad účinků UV záření na kůži představují kožní zhoubné nádory. Tzv. aktinické keratózy představují plošné

rohové novotvary, které mohou být předstupněm pro vznik bazaliomu a spinaliomu. Oproti tomu melanom, nádor z pigmentotvorných buněk, může vznikat na kůži po celý život spíše na základě akutních solárních popálení až do puchýřů. Je z kožních nádorů nejnebezpečnější, protože rychle metastazuje. Maligní melanom se vyskytuje stále častěji. Za posledních třicet let stoupl počet případů v ČR 4×. Muži a ženy jsou postiženi téměř stejnou měrou (někteří autoři uvádějí větší výskyt u žen v poměru 1,5:1 (Hercogová, 2010). Na základě výše uvedených skutečností je v současné době kladen velký důraz na prevenci a ochranu před UV zářením.

* Tento článek byl podpořen grantovou agenturou „Fond rozvoje vysokých škol Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR“. Název projektu: „Edukační materiál pro výuku předmětů se zaměřením na mechanismy účinků ionizujícího a neionizujícího záření“, číslo projektu 2/2010.

LITERATURA

- ARENBERGEROVÁ, M., ARENBERGER, P.: *Maligní melanom kůže*. [online]. 2005 [cit. 2010-09-15]. Dostupné z: <http://www.melanomy.cz/?touch=malignimelanom>
- Elektromagnetické spektrum* [online]. 2010 [cit. 2010-07-09]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:ElmgSpektrum.png>
- ETTLER, K.: *Ochrana kůže před účinky ultrafialového záření – Fotobiologické sekce* [online]. 2001 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z: http://www.lfhk.cuni.cz/dermat/verze_cz/sekce_fotobiologicka_abstrakta_01.htm
- ETTLER, K.: *Moderní fotoprotekce*. Zdravotnické noviny. [online]. 2006 [cit. 2010-09-14]. Dostupné z: <http://www.zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/moderni-fotoprotekce-173679>
- ETTLER, K.: *Návod k použití: UV záření a lidská kůže – Spektrum kožních obtíží je široké*. [online]. 2009 [cit. 2010-09-14]. Dostupné z: http://www.angis.cz/angis_revue_clanek.php?CID=96
- ETTLER, K., LÁZNÍČKOVÁ, P., NOŽIČKOVÁ, M.: Minimální erytemové dávky UV-B záření. *Cs. Derm.*, 1997, vol. 72, no 2, s. 60–62.
- HANOUSKOVÁ, I., PLECHÁČEK, J.: *Parsnip in the Environment*. [online]. 2010 [cit. 2010-07-27]. Dostupné z: <http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2001/zp2/hanousko.htm>
- HERCOGOVÁ, J.: *Co je melanom?* Česká akademie dermatovenerologie. [online]. 20 [cit. 2010-09-15]. Dostupné z: <http://www.dermanet.cz/cs/kozni-choroby/melanomy/>

Jaké jsou předpisy pro výrobky určené k ochraně proti slunečnímu záření? [online]. 2010[cit. 2010-09-09]. Dostupné z: <http://www.dolceta.eu/ceska-republika/Mod3/spip.php?article380>

KUNA, P., NAVRÁTIL, L. a kol.: *Klinická radiobiologie*. Praha, Manus 2005.

Kožní fototypy [online]. 2008[cit. 2010-06-12]. Dostupné z: <http://www1.szu.cz/chzp/koupani/slunce3.html>

LAJČÍKOVÁ, A.: *WHO k problematice opalování v soláriích* [online]. 2005 [cit. 2010-09-09]. Dostupné z: www1.szu.cz/svi/PDF/biblio2005.pdf

NAVRÁTIL, L., ROSINA, J.: *Medicínská biofyzika*. Praha, Grada 2005.

ROSTOVÁ, J. a kol.: Vybrané akutní účinky UV záření na organismus. *Vojenské zdravotnické listy*. 2006, vol. 75, no 1, s.17–24.

Xeroderma pigmentosum [online]. 2007[cit. 2010-07-10]. Dostupné z: http://www.medicabaze.cz/index.php?sec=term_detail&catId=9&cname=Dermatovenerologie&letter=X&termId=555&tname=Xeroderma+pigmentosum&h=empty#jump

UV záření a jeho vliv na oko [online]. 2007 [cit. 2010-07-20]. Dostupné z: <http://www.cocky-online.cz/uv-zareni-a-oko>

UV záření a kontaktní čočky [online]. 2007 [cit. 2010-07-24]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/kontakti-cocky/info/111-uvzareni>

Ultraviolet radiation and human health. World Health Organisation. [online]. 2009 [cit. 2010-09-14]. Dostupné z: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs305/en/>

Zuzana Freitinger Skalická et al.
zuzana.skalicka@centrum.cz