

НОВИНЕ У ПРОЦЕНИ И ТРЕТМАНУ ОСОБА СА ОШТЕЋЕЊЕМ ВИДА
ЗБОРНИК РАДОВА

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ЗА СПЕЦИЈАЛНУ ЕДУКАЦИЈУ И РЕХАБИЛИТАЦИЈУ –
ИЗДАВАЧКИ ЦЕНТАР (ИЦФ)

ЕДИЦИЈА: МОНОГРАФИЈЕ И РАДОВИ
НОВИНЕ У ПРОЦЕНИ И ТРЕТМАНУ ОСОБА СА ОШТЕЋЕЊЕМ ВИДА
ЗБОРНИК РАДОВА

Издавач

Универзитет у Београду
Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију
Издавачки центар Факултета (ИЦФ)

За издавача

Проф. др Јасмина Ковачевић

Главни и одговорни уредник

Проф. др Миле Вуковић

Уредници

Проф. др Бранка Ешкировић
Доц. др Драгана Станимировић

Рецензенти

Проф. др Станика Дикић, редовни професор
Универзитета у Београду у пензији
Проф. др Светислав Миленковић, редовни професор
Универзитета у Београду у пензији

Компјутерска обрада текста
Биљана Красић

Зборник радова ће бити публикован у електронском облику – CD

Тираж
200

ISBN 978-86-6203-062-7

*Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Факултета за специјалну
едукацију и рехабилитацију донело је Одлуку бр. 3/9 од 8.3.2008. године
о покретању едиције: Монографије и радови.*

*Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Факултета за специјалну
едукацију и рехабилитацију, на седници одржаној 25.11.2014. године,
Одлуком бр. 3/125 од 27.11.2014. године усвојило је рецензије рукописа тематског зборника
радова НОВИНЕ У ПРОЦЕНИ И ТРЕТМАНУ ОСОБА
СА ОШТЕЋЕЊЕМ ВИДА, групе аутора.*

**НОВИНЕ У ПРОЦЕНИ И
ТРЕТМАНУ ОСОБА СА
ОШТЕЋЕЊЕМ ВИДА**

ЗБОРНИК РАДОВА

Приредиле:

Бранка Ешкировић, Драгана Станимировић

Београд, 2015.

ФОТОТОКСИЧНОСТ СВЕТЛА – УТИЦАЈ НА ОКО

Драгомир М. Стаменковић^{*1}, Гордана Петковић^{**2}

¹Универзитет у Београду – Факултет за специјалну едукацију и рехабилитацију

²Optix d.o.o – Земун

Светлост представља један од многобројних облика електромагнетног зрачења чије таласне дужине леже у опсегу који је у стању да стимулише људски визуелни систем.

Многобројна истраживања поткрепљују тврдњу да светлост има токсични потенцијал и да може изазвати дегенеративне промене и повреде, нарочито мрежњаче, али и осталих ткива ока (дегенерација макуле, птериџијум, катаракта и др.). Као разлог наводи се управо апсорпција светлосних фотона различитих таласних дужина, како у рожњачи и сочиву (УВ зрачење), тако и у РПЕ-у (делови видљивог спектра). У разматрању фототоксичности најзначајнију улогу има штетни утицај УВ спектра на структуре ока али плава светлост видљивог дела спектра има енергетске потенцијале чији су ефекти кумулативни и који могу изазвати значајна фотохемијска оштећења очног сочива, а посебно мрежњаче. Рожњача и очно сочиво представљају природне филтре за УВ и плаво светло. Међутим, бројни су медицински докази да ни људска рожњача, ни сочиво, не пружају довољно заштите од плавог светла модерног доба и да продужено излагање плавом светлу може трајно оштетити неке структуре ока. Сматра се да оштећења настају када природни регулатори бивају „надјачани“. Фактор плаве светлости треба да буде од максималне важности особама које имају албинизам, афакију, ахроматопсију, колобом, суб-луксирана сочива, дегенерацију макуле и друга стања код којих светлост стиже до мрежњаче без филтрирања.

Да би се умањили негативни ефекти светла на структуре ока потребно је имати одговарајућу заштиту у виду сунчаних наочара или одговарајућих светлосних филтера.

Кључне речи: фототоксичност светла, плава светлост, оштећење ока, УВ заштита, светлосни филтери

* email: dstamenkovic@optixltd.com

** email: gpavlovic@optixltd.com

ФОТОТОКСИЧНОСТ СВЕТЛА – УТИЦАЈ НА ОКО

Светлост је апсолутни услов живота и без ње је немогућ опстанак живих бића и то не само зато што преноси енергију, већ зато што је светлост сродна материји од које су створене све органске и неорганске форме овог света. Светлост има велики значај за човека, јер осим што обезбеђује видном центру мозга информације, утиче и на регулационе органе вегетативног нервног система. Међутим, данас се зна да поред позитивних, сунчева светлост има и бројне негативне ефекте по здравље људи, што је довело до развоја и интензивног коришћења различитих механизма фотопротекције.

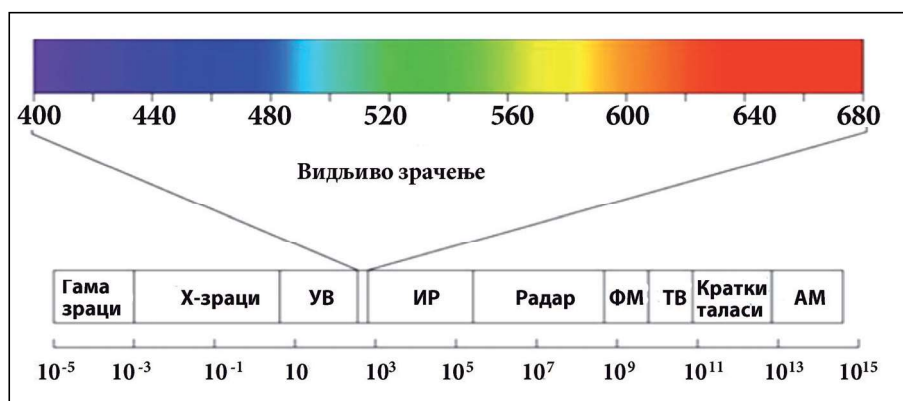
Још је Платон забележио Сократову опомену о штетности посматрања помрачења сунца (Норе-Ross et al., 1988), а ипак до данас, свест људи о проблему негативног утицаја зрачења на око и његово функционисање није у довољној мери побуђена. Галилео Галилеј је испитујући сунчеве пеге изгубио вид а Исак Њутн је као резултат гледања сунца директно кроз телескоп, описао визуелни скотом на мрежњачи сликом која се задржава данима (Youssef et al., 2011).

Прва клиничка испитивања соларног оштећења мрежњаче извели су 1916. године Дјук, Елнер и Мек Фаул и показали да треба избегавати предуго излагање сунчевим зрацима. Касније студије су показале да је оштећење мрежњаче могуће и под утицајем светла ниског интензитета као и да може настати због примене светла код офталмоскопије биомикроскопом или директне офталмоскопије. Ова истраживања су послужила као доказ о фототоксичности тј. могућем токсичном дејству светла на структуре нашег ока као и организма у целини (Youssef et al., 2011).

ПРИРОДА СВЕЛОСТИ

До нашег ока долази спектар електромагнетног зрачења које нас окружује и које потиче од Сунца, звезда и различитих вештачких извора светлости. Светлост представља један од многобројних облика електромагнетног зрачења чије таласне дужине леже у опсегу који је у стању да стимулише људски визуелни систем.

Електромагнетни спектар се пружа од зрачења кратких таласних дужина, као што су гама зраци, до зрачења дугих таласних дужина, као што је амплитудна модулација (АМ). Када кажемо светлост ми најчешће мислимо на видљиви део спектра тј. онај део електромагнетног зрачења који је људско око способно да детектује (слика бр. 1.), који се налази у опсегу таласних дужина од 400 до 680 nm. Друге таласне дужине нису видљиве или због тога што их очни медијуми не преносе или зато што их не апсорпују фотопигменти ретине.



Слика 1 – Електромагнетни спектар зрачења

Ультраљубичасто (ултравиолетно) зрачење (УВ) обухвата електромагнетно зрачење мањих таласних дужина од видљивог зрачења. Када се испитује његово деловање на људско здравље и околину, ультраљубичасто зрачење се обично дели на УВ-А или дуготаласно, УВ-Б или средњеталасно и УВ-Ц или краткоталасно. У спектру Сунчевог зрачења на ультраљубичасто зрачење отпада само 5% енергије. УВ-Ц-зраци врло мало продиру до површине Земље, па тако и до наше коже или очију, јер се апсорбују у озонском слоју атмосфере. УВ-А и УВ-Б зраци продиру кроз спољашњи слој коже или кроз структуре ока и могу да изазову различита оштећења и обољења: дегенеративне промене, опекотине, канцер, алергију и сл.

Инфрацрвено зрачење (ИЦ) обухвата електромагнетно зрачење већих таласних дужина од видљивог зрачења, испод црвеног светла. Њих емитују загрејана тела при чему се енергија инфрацрвеног

зрачења претвара у унутрашњу енергију материје, што резултира порастом њене температуре.

Електромагнетни таласи се крећу брзином светлости и они су носиоци енергије, чији интензитет зависи од њихове таласне дужине, односно фреквенције. Таласи мањих таласних дужина имају више енергије него таласи дужих таласних дужина. Ово је клинички важно, зато што кванти високе енергије производе више оштећења био-ткива када су апсорбовани него што је то случај са квантима ниже енергије. Због кратке таласне дужине ултраљубичасто зрачење (УВ) садржи много више енергије по кванту што може изазвати оштећење ћелија, укључујући мутације које воде малигности.

СВЕТЛОСТ И ОКО

Оптички систем ока је по природи пројектован тако да, помоћу преламања светлости, формира лик на мрежњачи и то је део улазне светлосне енергије која учествује у нашој визуелној перцепцији. Остатак улазне енергије бива апсорбован или расут у ткиву ока. Апсорбована светлосна енергија акумулира и потенцијални је узрочник различитих обојења. Молекул може апсорбовати фотон само ако је енергија фотона еквивалентна енергетској разлици између тренутног енергетског стања молекула и дозвољеног нивоа више енергије, познате као стање побуђивања. У случају таласних дужина у горњем делу видљивог спектра, као и за таласне дужине светла у делу ИЦ (600-1400 нм), вибрациона и ротациона енергетска стања доминирају над стањима побуђености. Управо зато је у овом делу спектра већа трансмисија него у делу спектра мањих таласних дужина (Youssef et al., 2011).



Слика 2 – Апсорпција ока

Апсорпција оптичке енергије је од фундаменталног значаја у одређивању токсичности светла на мрежњачи, јер управо тај део светлости не долази до мрежњаче. Најзначајнији извори апсорпције су рожњача и сочиво. На слици бр. 2 дат је дијаграм апсорпције појединих структура ока. Рожњача апсорбује потпуно УВ-Ц и већину УВ-Б зрачења (испод 290 nm). Сочиво апсорбује већину светла близу УВ-Б и све УВ-А зрачење (између 300 и 400 nm).

Као закључак можемо рећи да таласне дужине видљивог спектра и део ИЦ појаса пролазе кроз структуре ока, док се УВ и највећи део ИЦ скоро у потпуности апсорбују. Део спектра који пролази до мрежњаче и заузима појас од 400nm до 1.400 nm таласне дужине, због могућег штетног дејства, називамо регионом ризика мрежњаче.

ВИЗУЕЛНА ПЕРЦЕПЦИЈА

Наша визуелна перцепција у многоме зависи од нивоа светлости која долази до нашег чула вида и почиње у тренутку у ком светлост доспе до мрежњаче и претвара се из исијавајуће енергије у визуелну трансдукцију, односно претварање светлосног сигнала у електрични. Способност конвертовања светлосног стимуланса у употребљиву визуелну информацију се ослања на комплексну интеракцију између различитих структурних и функционалних компоненти ока и

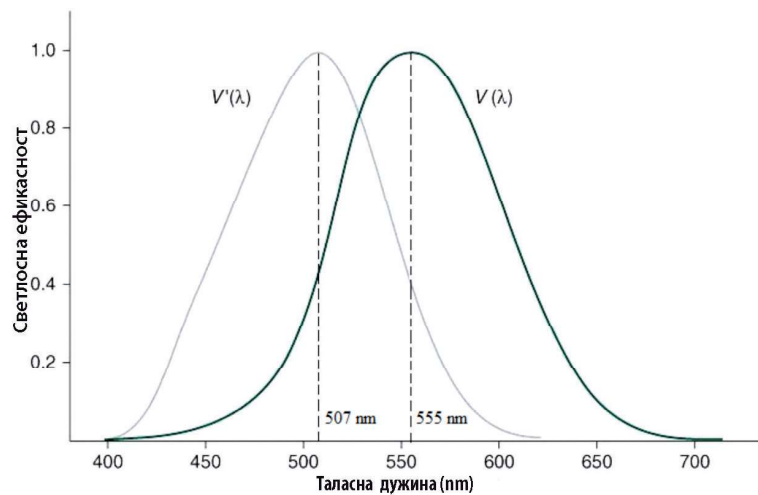
мозга. Наш осећај за светлост се јавља као последица стимулације фоторецептора – чепића и штапића на ретини и сигнала који се из њих преносе у визуелни центар мозга преко многобројних нервних ћелија и путева.

За вид је, свакако, најзначајнији слој фотоосетљивих ћелија, које се називају чепићи и штапићи. Њих укупно у мрежњачи има око 130 милиона и управо се у њима врши претварање светлости у слику. Приликом пада светлосних зрака на мрежњачу, било на чепић или штапић, у њима се покреће врло сложен физичко-хемијски процес, који као крајњи резултат има електрични сигнал. Хемијски део процеса који се одиграва у чепићима и штапићима одвија се захваљујући једном пигменту ретине под називом родопсин (видни пурпур). Родопсин се под дејством светлости разлаже, да би се у мраку поново синтетизовао. Чепићи су концентрисани у жутој мрљи, коју називамо и тачком најјаснијег вида. Они су задужени за уочавање ситних детаља и централни вид, као и распознавање боја. Штапића има много више и они покривају сву осталу површину мрежњаче, задужени су за периферни вид и не распознају боје. Намеће се закључак да чепићи служе за јасан вид, а штапићи више за оријентацију у простору – чепићима видимо оно што желимо, а штапићи нас обавештавају чега још има око нас (Паруновић, 1997).

Слику на ретини формира оптички систем ока, али у том процесу не учествује сва светлост која уђе у око (Стаменковић, 2012). Облик криве спектралног визуелног одговора (спектралне ефикасности) зависе од нивоа светлости која до ока долази од светлосног извора. Разликују се две екстремне форме криве спектралног одговора: једна за средње до високих нивоа светлости, а друга за ниске нивое светлости. За средње и високе нивое светлости доминантни су чепићи, па се одговор у боји и спектрални одговор називају фотопични одговор. За ниске нивое светлости доминантни су штапићи, што значи да не можемо разазнати боју, а спектрални одговор се назива скотопични одговор.

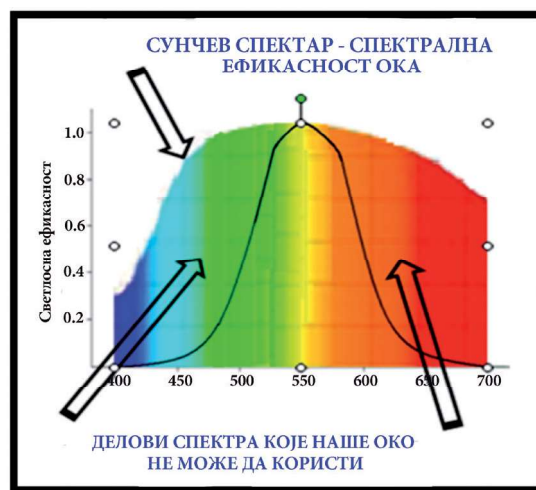
На слици бр.3 дати су упоредно дијаграми спектралне ефикасности ока у фотопичним и скотопичним условима. У фотопичним условима (дневне светлости) око је најосетљивије на стимулус од

555 nm (граница зелено-жута), а у скотопичним условима (сумрака) на стимулус од 507 nm (зелена).



Слика 3 – Скотопична и фотопична функција нацртане на истим координатама

Упоредивањем дијаграма сунчевог зрачења са дијаграмом спектралне ефикасности ока, добијају се две зоне светлосне енергије: она која је добијена од Сунца (лево и десно од дијаграма спектралне ефикасности), и она коју око не користи за визуелну перцепцију (Слика бр. 4).



Слика 4 – Степен ефикасности ока

На основу упоређивања може се закључити да значајна количина енергије видљивог дела спектра (блиско УВ и блиско ИЦ зрачење) пролази кроз структуре ока, долази до наше мрежњаче, а да је фоторецептори (чепићи и штапићи) не претварају у визуелни сигнал. По закону о одржању енергије ти фотони се не могу изгубити већ само претворити у друге видове енергије. Природа се побринула да ту функцију обавља ретинални пигментни епител (РПЕ), који апсорбује део „неискоришћене“ енергије видљивог спектра, по цену ризика за „здравље“ мрежњаче (Стаменковић, 2012).

ФОТОТОКСИЧНОСТ СВЕТЛА

Бројна су истраживања која поткрепљују тврђу да светлост има токсични потенцијал и да може изазвати дегенеративне промене и повреде, нарочито мрежњаче, али и осталих ткива ока (дегенерација макуле, птеригијум, катаракта и др.). Као разлог наводи се управо апсорпција фотона различитих таласних дужина, како у рожњачи и сочиву (УВ), тако и у РПЕ-у (делови видљивог спектра), (Стаменковић 2012.).

Светлост мањих таласних дужина реагује са молекулима хромофора, који се налазе у мрежњачи и РПЕ-у. Таква врста реакције изазива побуђено стање њихових електрона, па често и стварање слободних радикала. Ткива у којима постоји велика концентрација ћелијских мембрана, посебно су рањива на слободне радикале. Фоторецептори на мрежњачи, у својим спољним сегментима, поседују велику количине мембрана и зато су посебно осетљиви на овај тип оштећења. Такође се сматра да слободни радикали индукују оксидацију протеина, слично као оксидацију липида, и тако стварају повреде на неуросензорној мрежњачи и РПЕ-у (Стаменковић, 2012).

Оштећење мрежњаче светлошћу могу узроковати топлотни, механички, или хемијски ефекти, тј. фототермални, фотохемијски и фотомеханички механизми. Неискоришћена енергија је круцијална у разумевању или предвиђању типа механизма оштећења произведеног при одређеном зрачењу. Како се светлосна енергија преноси до мрежњаче, њен продор и апсорпцију у разне структуре ткива

ока одређује таласна дужина. Ткива снажне апсорпције ће тежити да «концентришу» светлосну енергију. Ефекат апсорбоване светлосне енергије у великој мери зависи од брзине таложења енергије, која је повезана са трајањем експозиције. Ако је стопа таложења енергије сувише ниска да произведе приметан пораст температуре у ткиву, онда свако оштећење ткива нужно доводи до хемијских (оксидативних) реакција изазваних апсорпцијом енергетских фотона (фотохемијско оштећење), (Glickman, 2002). Фотохемијска оштећења су најчешћа и настају као последица дужег времена излагања светлу нижих таласних дужина (више енергије) као што су УВ зрачење или „плави“ део видљивог спектра (од 400 до 500 nm), који често зовемо и „блиско-УВ“ зрачење.

Фототермално оштећење последица је трансфера енергије фотона од извора светлости до ткива мрежњаче. Повећање температуре на ћелијском и молекуларном нивоу узрокује денатурацију протеина, губитак терцијарне структуре молекула и флуидацију мембрана (Birngruber, 1985).

Фотомеханичка оштећења односе се на оштећења ткива, због механичких компресивних или затезних сила, насталих брзим увођењем енергије у меланозоме РПЕ-а. Последица су високих зрачења, у опсегу од мегавата или теравата по квадратном сантиметру, у времену излагања од наносекунде до пикосекунде (Youssef et al., 2011). Количина оштећења везана је за испоруку и количину апсорбоване енергије (Vogel et al., 1994). Дobar пример фотомеханичког деловања је употреба Nd-Yag ласера у третману пацијената са глаукомом затвореног угла или секундарном катарактом (Youssef et al., 2011).

УВ ЗРАЧЕЊЕ

У разматрању фототоксичности свакако да најзначајнију улогу има штетни утицај УВ зрачења на структуре ока:

1. УВ-А зрачење (400 до 315nm) може проћи кроз рожњачу, очно сочиво и допрети до мрежњаче. Ови таласи имају мању таласну дужину, што значи већу енергију и зато представљају

највећу опасност за здравље човека, а могу изазвати и највећу штету очима. Зато дуготрајно излагање УВ-А спектру може повећати опасност од катаракте и дегенерације жуте мрље, а посебно је значајно што су последице кумулативног карактера.

2. УВ-Б зрачење (315 до 280nm) чини тек 10% од укупног ултраљубичастог зрачења које долази до Земље, јер један његов део бива апсорбован у атмосфери. У малим дозама УВ-Б спектар стимулише стварање меланина (пигмента коже) који одређује боју коже код човека (недостатак меланина изазива албинизам). Превелико излагање УВ-Б зрачењу, међутим, може изазвати црвенило, опекотине, а кумулативно утицати и на стварање канцера коже. Рожњача у потпуности апсорбује УВ-Б зраке и зато они могу изазвати различите дегенерације на њој – најчешће пингвекеле (дегенерација вежњаче – коњунктиве) и птеригијум (дегенеративно измењено ткиво булбарне вежњаче преко лимбуса и површине слојева рожњаче), као и врсту упале рожњаче, која се назива фотокератитис (Кански, 2003).
3. УВ-Ц зрачење (280 до 100nm) блокира озонско омотач око Земље и не би требало да представља непосредну опасност за око. Ипак, сведоци смо све већег нарушавања заштитне структуре озонског омотача који слаби на појединим деловима атмосфере, па тако и УВ-Ц зрачење постаје све већа опасност по људско здравље, па и вид.

Свако ко проводи време на отвореном има ризик од оштећења ока УВ зрачењем. Фактори који се морају узети у обзир укључују:

- Географски положај – УВ зрачење је веће у тропским областима и близини екватора.
- Надморска висина – УВ зрачење је веће на већим надморским висинама.
- Доба дана – УВ зрачење веће када је сунце јако, од 10 часова до 2 поподне.
- Подлога – УВ зрачење је веће на отвореном простору, нарочито када су високо рефлектујуће површине присутне, као снег и песак.

- Излагање УВ зрацима је мање вероватно у урбаним срединама, где су високе зграде и има хладовине.
- Лекови – Неки лекови, као што су тетрациклин, лекови на бази сулфонамида, анти беби пилуле, диуретици и седативи, могу да повећају осетљивост организма на УВ зрачење.
- Облачност не утиче значајно на ниво УВ зрачења. Ризик од изложености УВ зрачењу може бити прилично висок чак и по магловитом или облачном дану.

Развијен је и међународни систем свакодневног предвиђања нива ултраљубичастог зрачења, увођењем УВ индекса, једноставном скалом од 1 до 11+, као и упозорења на ниво ризика, уз препоруке за адекватну заштиту (Табела бр. 1).

Табела 1 – Препоруке за УВ заштиту

ПРЕПОРУКЕ ЗА УВ ЗАШТИТУ		
УВ индекс	Ниво ризика	Препорука
2 или мање	Ниски	Носите наочаре са УВ заштитом Користите крем за сунчање са СПФ
3-5	Средњи	Носите наочаре Останите у хладу када је сунце најјаче
6-7	Висок	Носите шешир и наочаре за сунце Користите крем за сунчање са СПФ Смањите боравак на сунцу од 10 до 14h
8-10	Веома висок	Носите шешир и наочаре за сунце Користите крем за сунчање са СПФ Смањите боравак на сунцу од 10 до 14h
11+	Екстремни услови	Носите шешир и наочаре за сунце Нанесите крем (СПФ 15+) на свака два сата Покушајте да избегнете излагање сунцу од 10 до 16h
*СПФ – сунчани заштитни фактор		

Адекватна заштита од природних УВ зрачења која потичу од Сунца, посебно је важна код људи који доста времена проводе на отвореном простору: пољопривредници, спортисти и други. Интезитет УВ зрачења се посебно повећава рефлексијом, па су посебно ризични боравци на плажи или снегу, посебно у доба дана када је Сунце „високо”. Зато се препоручује употреба заштитних наочара, капа и слично. У раду са вештачким изворима, заштита од штетног

дејства УВ-зрачења се постиже постављењем одговарајућих екрана испред извора зрачења, ношењем наочара са одговарајућим филтером, повећањем растојања од извора зрачења и обезбеђењем добре вентилације.

Деци је потребна УВ заштита чак и више него одраслима. Код беба и мале деце природни УВ филтер није још увек „уграђен” у структуру очног сочива. Имајући ово у виду деца су посебно осетљива на оштећења мрежњаче од УВ зрачења. Потребно је подстицати дете да носи капу и заштитне наочаре, током сунчаних дана.

ПЛАВА СВЕЛОСТ

Наши домови и канцеларије често су осветљени хладним белим флуоресцентним цевима које емитују снажан сноп светла у опсегу плаве. Све више времена проводимо испред видео дисплејних терминала, рачунара и других уређаја, који такође емитују плаву светлост. Посебну опасност представљају тзв. „црне светиљке“ које емитују блиско УВ зрачење и врло мало видљиве светлости. То су оне лампе чију светлост „не видимо“, а користимо за стерилизацију простора или медицинског прибора, за полимеризацији зубних пломби, за читавање водених жигова на кредитним картицама, возачким дозволама и пасошима, за разне видове сензорне стимулације и тренирања вида и др. (Стаменковић, 2012).

Хам и сарадници су вршили експерименте на резус мајмунима, излажући њихове очи плавој светлости високог интензитета од 441 nm у трајању од 1000 секунди. Два дана касније формирале су се лезије на ретиналном пигментном епителу (РПЕ). Пошто меланин, уобичајни састојак РПЕ-а, снажно апсорбује плаву светлост, постоји разлог за сумњу да је мрежњача подложна фотохемијским озледама од плавог светла (Стаменковић, 2012).

Рожњача и очно сочиво представљају природне филтре за УВ и плаво светло. Међутим, бројни су медицински докази да ни људска рожњача, ни сочиво не пружају довољно заштите од плавог светла нашег модерног окружења и да продужено излагање плавом светлу

може трајно оштетити неке структуре ока. Сматра се да оштећења настају када природни регулатори бивају „надјачани.“

Очно сочиво младих људи, посебно деце, није довољно развијено и његова трансмисија плавог светла је значајна. После 20-те године живота очно сочиво почиње постепено да се исушује (губи воду), да добија благо жуту боју и тако постаје нека врста жутог филтера, који штити мрежњачу од УВ радијације, али истовремено и од плавог светла (Слика 5.) (Kitchel, 2000). Због тога су спровођена многа истраживања интеракције очног сочива са плавим светлом.



Слика 5 – Трансмисивност „младог“ и „старог“ сочива

Веровало се да је УВ-Б једина таласна дужина одговорна за катаракту. Међутим, сада, након бројних студија, дошло се до чињенице да штитећи мрежњачу од УВ радијације и плаве светлости, апсорбовањем штетног зрачења, сочиво постаје замућено. Долази се до закључка да и мрежњачу и сочиво треба штитити током живота, не само од УВ радијације већ и од плавог светла, како би се одложио почетак њиховог старења (Стаменковић, 2012).

Меланин, уобичајени састојак пигмента присутан у РПЕ-у, снажно апсорбује плаву светлост, па се може сматрати да је мрежњача подложна актинумској повреди од плавог светла. Истраживања спроведена на пацовима показала су да се цитохром оксидаза, кључни ензим у дисању мрежњаче, уништава дугорочним излагањем плавој светлости, те се отежава ћелијско дисање. Отежано

дисање праћено је дегенерацијом мрежњаче. Експерименти вршени на мрежњачама бабуна показали су обимно оштећење у РПЕ које је настало апсорпцијом енергије плаве светлости од стране меланина (Kitchel, 2000).

Плави фотони значајни су за функционисање штапића па недостатак плаве светлости може утицати на лошији скотопски вид и слабију контрастну сензитивност. Зато је и дошло до развоја „природно жutih“ материјала који блокирају углавном љубичасте фотоне, а плаву светлост добрим делом пропуштају. Плави део спектра се најједноставније блокира тзв. жутим филтрима (Kitchel, 2000).

ЗАШТИТА ОД ФОТОТОКСИЧНОСТИ

Као заштита најчешће се препоручују многи пластични материјали који, као особеност њихове молекулске структуре, имају способност да филтрирају УВ-А и УВ-Б светло. Безбојне поликарбонатне наочаре су сада доступне и означене су са „филтрирају 100% УВ“. Безбојна пластика, међутим, не филтрира плаву светлост. Да би се то постигло мора се обојити филтер. Жута је боја која преовладава, јер омогућава најбољи контраст за већину људи, а уједно нуди заштиту од УВ и плавог светла. Фактор плаве светлости треба да буде од максималне важности особама које раде са малом децом и са особама које имају албинизам, афакију, ахроматопсију, колобому, суб-луксирана сочива и друга стања код којих светлост стиже до мрежњаче без филтрирања или узрокује изузетну осетљивост на светлост.

СВЕТЛОСНИ ФИЛТЕРИ

Поред видљиве светлости наше очи долазе у контакт са инфрацрвеним и ултраљубичастим зрацима који могу бити штетни за наш вид. Плави део видљивог спектра смањује видну оштрину. Жути светлосни филтер 450nm (Слика бр.6) решава проблеме на тај начин што „сече“ плаве компоненте и на тај начин повећава контраст и смањује забљештавање.



Слика 6 – Наочаре са светлосним филтером 450 nm

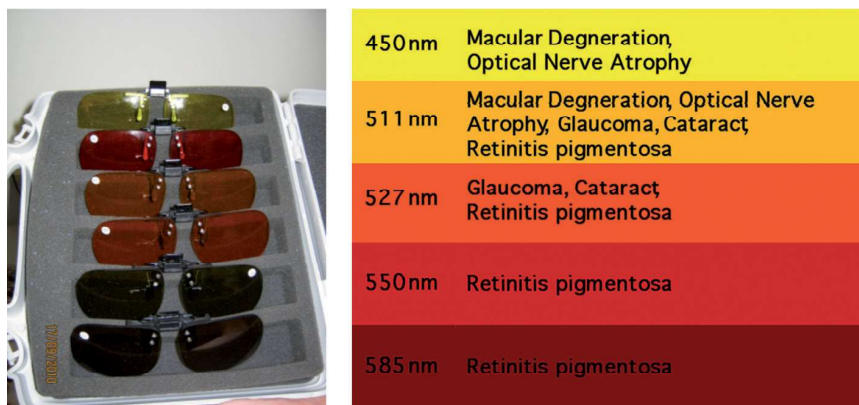
Стаменковић и Петковић у свом истраживању су дошли до закључка да код особа са дегенерацијом макуле коришћење светлосних филтера 450nm, са и без поларизације, значајно доводи до повећања контраста и смањења забљештавања, а самим тим и побољшања квалитета њиховог живота.

Највећа америчка епидемиолошка студија показује да свакодневна изложеност плавој светлости, у тинејџерским и тридесетим годинама, за 10 година помера унапред границу за почетак симптома макуларне дегенерације. Стручњаци који се баве дегенерацијом макуле препоручују наочаре, људима свих узраста, које блокирају плаву видљиву светлост.

У последњих 10 година, у Британији је постало уобичајно да се користе обојени филтери када хоћемо да коригујемо дисторзију текста [Jeanes 1997, Wilkins i Lewis 1999]. О ефекту прецизних светлосних филтера је писано у многим студијама [Wilkins 1995, 1994, 2002].

У једном истраживању (Y. Z. Rosenblum et al., 2000.) коришћени су: жути, амбер и наранџасти филтери који су били дизајнирани као затамњена стакла. Они су тестирани на 15 одраслих пацијената са делимичном катарактом и на 80. деце са урођеним обољењима (хипоплазија макуле, албинизам, афакија након урођене катаракте). Већина деце је имала нистагмус. Ефекти филтера су: повећање оштрине вида 11-43 %, повећање контрастне осетљивости 27-34 %, а за све фреквенције је добијено смањење забљештања. Сви пацијенти су доживели субјективно побољшање, укључујући и смањење фотофобије и осећаја нелагодности. Закључено је да обојени филтери могу да значајно допринесу рехабилитацији пацијената са оштећењем вида.

Генерално, светлосни филтери имају улогу да смање забљештање, омогуће бољи конфор и повећају контраст. Препоручују се особама са следећим обољењима ока: дегенерација макуле, глауком, дијабетична ретинопатија, албинизам, аниридија, атрофија оптичког нерва, ретинитис пигментоза, дистрофија рожњаче (Слика br.7).



Слика 7 – Светлосни филтери са терапеутском бојом и УВ заштитом

ПОЛАРИЗОВАНИ ФИЛТЕРИ

Сунчева светлост се простира у свим правцима подједнако. Када се рефлектује са хоризонталне површине, као што је асфалтни пут или вода, светлост постаје поларизирана у хоризонталној равни. Вертикална светлост је корисна за људско око. Она омогућава да видимо боје и контрасте, док концентрисана хоризонтална светлост ствара одбљесак.



Слика 8 – Поглед без и са поларизованим филтерима

Филтери са поларизацијом дозвољавају само корисној вертикалној светлости да допре до ока, стварајући на тај начин поглед без одблеска са природним бојама и контрастима (Слика 8.).

Код сунчаних наочара поларизациони филтери се праве од хемијске траке постављене преко пластике или провидног стакла. Разлози због којих носимо сунчане наочаре су одсјаји који потичу од хоризонталних површина. Када светлост удари о површину, рефлектовани зраци су поларизовани тако да се поклопе са углом те површине. Хоризонтална површина са високим степеном рефлексије (море или језеро), производиће много штетне хоризонтално поларизоване светлости. Због тога су поларизациона сочива у наочари за сунце фиксирана под углом који дозвољава само вертикално поларизованој светлости да прође кроз њих.

КОНТАКТНА СОЧИВА И СОЧИВА ЗА НАОЧАРЕ КАО ЗАШТИТА ОД УВ ЗРАЧЕЊА

Код особа које коригују вид контактним сочивима или наочарима, може се применити адекватна заштита од фототоксичности применом оптичких елемената израђених од оптичких материјала, који у себи имају укључене УВ блокаторе.

Добро је познато да акутно и хронично излагање УВ зрацима може довести до различитих офталмолошких патолошких стања предњег сегмента ока. Неколико научних студија је показало да је незаштићена рожњача подложна оштећењу: епитела, строме и ендотелних хелијских слојева. Контактна сочива са УВ блокаторима имају потенцијал да обезбеде заштиту од излагања штетним зрацима али је и даље потребно носити сунчане наочаре са УВ заштитом јер УВ зраци могу да оштете коњуктиву и друга ткива која нису обухваћена сочивом. Ношењем наочара за сунце штити се око али и кожа око очију од УВ оштећења.

ЗАКЉУЧАК

Сматрамо да у разматрању фототоксичности светла најзначајнију улогу има штетни утицај УВ спектра на структуре ока али не треба занемарити и утицај плавог светла. Многобројна истраживања су показала да постоје токсична дејства светла на структуре нашег ока као и организма у целини. Да би се умањили негативни ефекти светла потребно је имати одговарајућу заштиту у виду сунчаних наочара са УВ заштитом, одговарајуће светлосне филтере или контактна сочива или сочива за наочаре са УВ блоковима. Адекватна заштита од природних УВ зрачења која потичу од Сунца, посебно је важна код људи који доста времена проводе на отвореном простору: пољопривредници, спортисти и други. Интензитет УВ зрачења се посебно повећава рефлексијом, па су посебно ризични боравци на плажи или снегу, у доба дана када је Сунце „високо”. Заштита очију је посебно значајна код беба и мале деце, пошто природни УВ и плави филтер није још увек „уграђен” у структуру очног сочива. Као заштита најчешће се препоручују многи пластични материјали који, као особеност њихове молекулске структуре, имају способност да филтрирају УВ-А и УВ-Б светло. Безбојне поликарбонатне наочаре су сада доступне и означене су са „филтрирају 100% УВ”. Жути филтер је онај који преовладава, јер омогућава најбољи контраст за већину људи, а уједно нуди заштиту од УВ и плавог светла. Фактор плаве светлости треба да буде од максималне важности особама које имају албинизам, афакију, ахроматопсију, колобом, суб-луксирана сочива, дегенерацију макуле и друга стања код којих светлост стиже до мрежњаче без филтрирања.

ЛИТЕРАТУРА

1. Birngruber, R., Hillenkamp, F., Gabel, V.P. (1985). Theoretical investigations of laser therma retinal injury, *Health Phys*, Jun; 48(6):781-96.
2. Glickman, R. D. (2002). Phototoxicity to the retina: mechanisms of damage. *Int J Toxicol*, 21(6):473-90.
3. Hope-Ross, M., Travers, S., Mooney, D. (1988). Solar retinopathy following religious rituals. *British Journal of Ophthalmology*, 72, 931-934.

4. Jack, J., Kanski, (2003). Klinička oftalmologija, Data Status.
5. Kitchel, E. (2000). The effect of the blue light on ocular health. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 94(6):399.
6. Rosenblum, Y. Z., Zak 2, P. P., Ostrovsky, M. A., Smolyaninova, I. L., Bora, E. V., Dyadina, U. V., Trofimova, N. N. and Aliyev, A.-G. D. (2000). Spectral filters in low-vision correction. *Ophthalm. Physiol. Opt.* Vol. 20, No. 4, pp. 335-341.
7. Vogel, A., Capon, M. R., Asiyo-Vogel, M. N., Birngruber, R. (1994). Intraocular photodisruption with picosecond and nanosecond laser pulses: tissue effects in cornea, lens, and retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 35(7):3032-44.
8. Wilkins, A., Huang, J., Cao Y. (2007). Prevention of visual stress and migraine precision spectral filters. *NIH Public Drug Dev Res.*; 68(7): 469-475.
9. Youssef, P. N., Sheibani, N., Albert, D. M. (2011). Retinal light toxicity, *Eye*, 25, 1-14.
10. Паруновић, А. (1997). *Упознајте своје очи*. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
11. Стаменковић, Д. (2012). Истраживање и развој гаспропусних нанофотонских контактних сочива на бази полиметилметакрилата и фулерена. Докторска дисертација, Машински факултет Универзитета у Београду.
12. Стаменковић, Д., Петковић, Г. (2014). Употреба светлосних филтера у побољшању вида код дегенерације макуле, VIII Међународни научни скуп „Специјална едукација и рехабилитација данас”, Београд.

PHOTOTOXICITY OF LIGHT – IMPACT ON THE EYE

Dragomir Stamenković¹, Gordana Petković²

¹University of Belgrade – Faculty of special education and rehabilitation

²Optix d.o.o – Земун

SUMMARY

Brightness represents one of many forms of electromagnetic radiation whose wavelengths lie in the range that is able to stimulate the human visual system.

Many studies support the claim that the light has toxic potential and that it may cause degenerative changes and injuries, especially the retina, and the other eye tissues (macular degeneration, pterygium, cataracts, etc.). The absorption of light photons of different wavelengths is cited as the main reason, as in the cornea and lens (UV radiation), and in RPE-in (parts of the visible spectrum). In consideration of phototoxicity the most important role has harmful effect of the UV spectrum on the structure of the eye, but blue light of the visible part of the spectrum has energy potential whose effects are cumulative and could cause significant photochemical damage to the eye lens, especially retinal. Cornea and eye lens are natural filters for UV and blue light. However, there are a lot of medical evidence that neither the human cornea nor the lens, do not provide sufficient protection from the blue light of the modern age, and that prolonged exposure to blue light could permanently damage some structures of the eye. It is believed that the damage is created when natural regulators are "overwhelmed". Blue light factor should be of maximum importance to people who have albinism, aphakia, ahromatopsy, coloboma, sub-luxated lenses, macular degeneration and other conditions in which light reaches the retina without filtering.

In order to minimize the negative effects of light on the structure of the eye it is necessary to have adequate protection in the form of sunglasses or adequate light filters.

Key words: phototoxicity of light, blue light, eye damage, UV protection, light filters