

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

MONITORING DOZE ZA OČNO SOČIVO U INTERVENTNOJ RADIOLOGIJI I KARDIOLOGIJI

Olivera CIRAJ BJELAC, Danijela ARANĐIĆ, Predrag BOŽOVIĆ, Sandra ČEKLIĆ, Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ, Jelica KALJEVIĆ

*Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija,
ociraj@vinca.rs*

SADRŽAJ

Sledeći rezultate epidemioloških studija o efektu jonizujućih zračenja na očno sočivo, Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja revidirala je granicu izlaganja za očno sočivo, imajući u vidu da u slučaju dugotrajnog izlaganja malim dozama i malim jačinama doza na radnom mestu, katarakta može nastati na nivou doze daleko manjim od ranije utvrđenog praga. Ovakve situacije su tipične za profesionalna izlaganja u interventnoj kardiologiji i radiologiji. Cilj ovog rada je prikaz metodologije za donošenje odluke o potrebi za individualnim monitoringom za očno sočivo i prikaz rezultata pilot monitoringa u interventnoj kardiologiji pomoću namenskih dozimetara za očno sočivo kalibrisanim u dozimetrijskoj veličini lični dozni ekvivalent Hp(3).

1. UVOD

Vodeći se rezultatima brojnih epidemioloških studija o efektima jonizujućih zračenja na očno sočivo, Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja (ICRP) revidirala je prag doze i umanjila granicu izlaganja za očno sočivo. Epidemiološka osnova za ovakvu promenu jeste činjenica da radijaciona oštećenja ocnog sočiva na malim dozama (< 1 Gy) mogu nastati nakon latentnog perioda koji se meri godinama i obrnuto je srazmeran dozi [1]. Hronično izlaganje relativno maloj dozi ili jačini doze karakteristično je za profesionalna izlaganja u medicini. Pokazano je da efekat može nastati na bilo kojoj dozi u intervalu od 0 do 0,8 Gy, te je ICRP postavila novi prag za ovaj efekat koji iznosi 0,5 Gy za akutno i frakcionisano izlaganje a granicu izlaganja za očno sočivo umanjila 7,5 puta, sa 150 mSv na 20 mSv na godišnjem nivou [1-3]. Nova granica izlaganja za očno sočivo predmet je brojnih naučnih debata ali i značajan izazov sa stanovišta praktične dozimetrije [3-6]. Cilj ovog rada jeste prikaz i evaluacija metodologije za donošenje odluke o potrebi za individualnim monitoringom za očno sočivo u interventnim kardiološkim i radiološkim procedurama i prikaz rezultata pilot monitoringa pomoću namenskih dozimetara za očno sočivo kalibrisanim u dozimetrijskoj veličini lični dozni ekvivalent Hp(3).

2. METODE ZA PROCENU DOZE ZA OČNO SOČIVO

Za razliku od dozimetrije za celo telo, dozimetrija za očno sočivo predstavlja disciplinu koja se još uvek razvija. U proteklih nekoliko godina inicirana su brojna istraživanja koja tretiraju dozimetrijski i klinički aspekt ove problematike [6-10]. Dozimetrija za očno sočivo je između ostalog značajna za definisanje korelacije između efekata jonizujućih zračenja i doze, za verifikaciju usaglašenosti sa regulatornim limitima doze i generalno, za određivanje nivoa doza i efikasnu zaštitu od zračenja.

Prema preporukama Međunarodne komisije za radijacione jedinice i mere (ICRU), operativna dozimetrijska veličina lični dozni ekvivalent Hp(3) predstavlja najadekvatniju fizičku veličinu za ocenu doze za očno sočivo, pa je sledeći ovu preporuku razvijeno

nekoliko namenskih dozimetara za merenje doze za očno sočivo, odnosno ličnog doznog ekvivalenta Hp(3), uključujući odgovarajuće procedure za etaloniranje i tipsko ispitivanje [6,11,12]. Ukoliko namenski dozimetar etaloniran u fizičkoj veličini Hp(3) nije dostupan, lični dozni ekvivalent Hp(3) može biti ocenjen na osnovu dozimetara etaloniranih u operativnim dozimetrijskim veličinama Hp(10) i/ili Hp(0.07) [4], međutim, u ovom slučaju je merna nesigurnost procene doza značajno veća. Na primer, ukoliko se dozimetar etaloniran u Hp(0.07) koristi za procenu doze za očno sočivo, korekcionni faktor varira od 0,4 do 1,4 [13-14], u zavisnosti od karakteristika polja zračenja na mestu merenja i u zavisnosti od položaja glave operatera. Aktivni lični dozimetri predstavljaju korisno sredstvo za trenutno određivanje doze u cilju optimizacije prakse [9-10]; međutim, ovi dozimetri moraju ispuniti određene uslove za primenu u interventnim procedurama [15].

Alternativne metode za procenu doze za očno sočivo baziraju se na pokazateljima doze za pacijene, odnosno specifičnim dozimetrijskim veličinama koje su mera izloženosti pacijenata kao što je proizvod kerme i površine [7-9]. Tačnost ovakve procene uslovljena je kvalitetom informacije o radnim uslovima i načinjenih pretpostavki. Potencijalna korelacije između doze za očno sočivo i proizvoda kerme i površine zavisi od brojnih faktora, između ostalih, od orijentacije snopa, kolimacije, radne tehnike i upotrebe ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava. Bolje poznavanje lokalnih uslova implicira i tačniju procenu doze za očno sočivo. Pored pokazatelja doze za pacijente, za procenu doze za očno sočivo mogu biti upotrebljene i „tipčne“ vrednosti doze za različite procedure koje su dostupne u literaturi [7,16], pomoćne sa realnim brojem sprovedenih procedura i korigovane za atenuaciju usled primene ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava. Imajući u vidu varijabilnost doza i radnih rutina, nesigurnost ovakve procene može biti veoma velika.

3. NIVOI DOZE ZA OČNO SOČIVO

U proteklih nekoliko godina zabeležen je značajan porast istraživačkog interesa za problematiku dozimetrije za očno sočivo. Ovi radovi karakterišu se velikom raznovrsnošću u pogledu metodologije, dozimetrijskih veličina i vrednosti prikazanih rezultata, što svako poređenje čini veoma komplikovanim, dok je dostupnost relevantnih dozimetrijskih podataka veoma ograničena. Dozimetrijski podaci se uglavnom odnose na prvog operatera, retko na pomoćno osoblje i radiološke tehničare, dok je opseg doza za očno sočivo veoma širok i kreće se u intervalu od nekoliko μSv do nekoliko mSv po jednoj proceduri [5-7] kao što je prikazano u tabeli 1. Prikazane doze vezuju se za varijabilne radne uslove, različite projekcije i različite modalitete akvizicije za koje se jačina doze kreće od manje od 1 mSv/h do 235 mSv/h [5].

Faktori koji utiču na dozu za očno sočivo mogu biti grupisani u nekoliko kategorija, i to:

- Oriјentacija snopa, radna tehnika i modalitet akvizicije slike;
- Upotreba ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava;
- Radno opterećenje, obučenosť i spretnosť operatera.

Upotreba zaštitnih sredstava predstavlja najznačajniji faktor smanjenja doze, pri čemu upotreba pojedinačnog sredstva (plafonski ekran ili zaštitne naočare) može uticati na smanjenje doze za faktor 5-25, dok kombinacija različitih sredstava utiče na smanjenje doze za faktor 25 ili više, čak do faktora nekoliko stotina [6,7,17,18]. Na dozu za očno sočivo značajno utiču i svojstva zaštitnih naočara, pre svega dizajn i stepen prijanjanja uz

lice operatera (faktor smanjenja doze 1,4-10) kao i orijentacija snopa x-zračenja (3-7 puta veća doza karakteristična je za LAO projekciju u odnosu na RAO i PA) [7].

Tabela 1. Tipične vrednosti doze za očno sočivo u interventnim radiološkim i kardiološkim procedurama. Modifikovano na osnovu podataka objavljenih u radu Ciraj-Bjelac i saradnici [7]

Vrsta procedure	Doza za očno sočivo [μ Sv]	Komentar
Različite interventne radiološke procedure	47 (0-557)	Upotreba zaštitnih sredstava
Hemoembolizacija	270-1070/16-64	Bez zaštite/sa zaštitom
Ilijačna angioplastika	250-1110/15-66	Bez zaštite/sa zaštitom
Neoroembolizacija	1380-5600/83-336	Bez zaštite/sa zaštitom
TIPS	410-1860/25-112	Bez zaštite/sa zaštitom
Anesteziologija, različite procedure	44	-
Gastroenterologija, ERCP	90/10	Bez zaštite, cev iznad /cev ispod pacijenta
Vaskularna hirurgija, EVAR	10	Bez zaštite
Urologija, različite procedure	26-100	Bez zaštite
Ortopedija, različite procedure	50	Bez zaštite
CT fluoroskopija, različite procedure	7-48	-
Interventna kardiologija, prvi operater, različite procedure	3-1040	Sa zaštitom, različiti autori
Interventna kardiologija, prvi operater, različite procedure	300-2500	Bez zaštite

4. MONITORING DOZE ZA OČNO SOČIVO

Definisanjem nove granice izlaganja za očno sočivo od 20 mSv, značajno su porasle potrebe za odgovarajućim monitoringom [4]. Pre donošenja odluke o monitoringu, neophono je sprovesti aktivnosti kojima bi se utvrdili nivoi doza, odredio najadekvantini metod i interval monitoringa. Rutinski monitoring je neophodan ukoliko se pokaže da je procenjena doza veća od 3/10 godišnje granice izlaganja [4], odnosno 6 mSv na godišnjem nivou. Probni individualni monitoring u ograničenom periodu, najbolji je način za identifikaciju radnih mesta na kojima je permanentni monitoring neophodan, kao i na koji način on može biti sproveden. Tokom ovih merenja neophodno je odabrati najpovoljniju poziciju za dozimetar. Poželjno je da dozimetar bude u kontaktu sa kožom a detektor usmeren ka izvoru rasejanog zračenja. U interventnim radiološkim i kardiološkim procedurama, dozimetar mora biti na strani glave koje je bliža rendgenskoj cevi i ispod ili preko zaštitnih naočara. Ukoliko je dozimetar nošen preko zaštitnih naočara, neophodno je primeniti odgovarajući korekcionni faktor. Ukoliko upotreba namenskog dozimetra nije moguća, doza može biti procenjena na osnovu dozimetra nošenog preko zaštitne kecelje u predelu vrata. Ukoliko ni jedan vid individualnog monitoringa nije na raspolaganju, doza

za očno sočivo može biti procenjena i na osnovu proizvoda kerme i površine koristeći konverziona faktore od $1 \mu\text{Sv/Gycm}^2$ i $10 \mu\text{Sv/Gycm}^2$, za situacije sa primenom i bez primene zaštitnih sredstava, respektivno.

5. PREDLOG METODOLOGIJE ZA PORCENU DOZE ZA OČNO SOČIVO I DONOŠENJE ODLUKE O MONITORINGU

Ambijentalni dozni ekvivalent $H^*(10)$ je operaciona dozimetrijska veličina koja se koristi za dozimetrijsku karakterizaciju polja u okolini izvora zračenja. Ova veličina se meri tokom ambijentalnog monitoringa u okviru kontrole profesionalnih izlaganja. Na osnovu merenja ambijentalnog doznog ekvivalenta moguće je proceniti dozu za profesionalno izložena lica i stanovništvo. Ispitivanje jačine ambijentalnog doznog ekvivalenta koje se rutinski spovodi u Republici Srbiji u skladu sa Pravilnikom o granicama izlaganja i merenjima radi prpcene izlaganja pacijenata, profesionalno izloženih lica i stanovništva (Sl. glasnik R Srbije 86/11) mogu pružiti odgovarajuću inicijalnu informaciju o nivima doza ze očno sočivo. Za merenje se koristi prenosni dozimetar, etaloniran u jedinicama ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$. Merenje se obavlja u režimu snimanja i prosvetljavanja uz primenu vodenog fantoma dimenzija 20 cm x 20 cm x 15 cm. Jačina ambijentalnog doznog ekvivalenta meri se na rastojanju koje odgovara poziciji glave, grudi, gonada i ruku lica koja rukuju rendgen-aparatom uz primenu najnepovoljnijih uslova u pogledu faktora opterećenja.

Izmerena vrednost jačine ambijentalnog doznog ekvivalenta u visini glave može dalje biti upotrebljena za procenu doze za očno sočivo, uzimajući u obzir broj realizovanih procedura u određenom vremenskom intervalu, njihovo trajanje, doprinos različitih projekcija i konverziju dozimetrijske veličine $H^*(10)$ u $H_p(3)$ za odgovarajuće kvalitete snopova (blisko jediničnog vrednosti za N-60 i N-80 kvalitete snopa). Imajući u vidu nesigurnost poznavanja pojedinih parametara kao i valike varijacije u radnim navikama operatera i individualnim karaketristikama pacijeneta, primenjen je konzervativni pristup u proceni doze. Koristeći jonizacionu komoru pod pritiskom Victoreen 451P (Fluke Biomedical), izmerena je jačina ambijentalnog doznog ekvivalenta u okolini rendgen-aparata za intreventne procedures Axiom Artis (Siemens). Rezultati su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze u visini glave lekara

Projekcija	PA (sa paravanom i plafonskom zaštitom)		PA (sa paravanom)		PA cranial (sa paravanom i plafonskom zaštitom)		LAO (sa paravanom i plafonskom zaštitom)		Caudal (sa paravanom i plafonskom zaštitom)		RAO cranial (sa paravanom i plafonskom zaštitom)		SPIDER (sa paravanom i plafonskom zaštitom)	
	Fluoro (70 kV, 137 mA, 15 f/s)	Akvizicija (78 kV, 473 mA, 15 fps)	Fluoro (70 kV, 137 mA, 15 f/s)	Akvizicija (78 kV, 473 mA, 15 fps)	Fluoro (66 kV, 143 mA, 15 f/s)	Akvizicija (68 kV, 439 mA, 15 fps)	Fluoro (65 kV, 143 mA, 15 f/s)	Akvizicija (72 kV, 496 mA, 15 fps)	Fluoro (66 kV, 148 mA, 15 f/s)	Akvizicija (74 kV, 498 mA, 15 fps)	Fluoro (67 kV, 169 mA, 15 f/s)	Akvizicija (72 kV, 495 mA, 15 fps)	Fluoro (70 kV, 144 mA, 15 f/s)	Akvizicija (74 kV, 787 mA, 15 fps)
Uslovi akvizicije														
Glava lekara, $H^*(10)$ ($\mu\text{Sv/h}$)	600	500	1100	5000	42	300	50	190	41	140	35	250	80	480

Vodeći se podacima da se u pomoću datog rendgen-aparata godišnje obavi oko 1200 intrevnih hemodinamičkih procedura i to oko 600 koronarnih angiografija (CA) i oko 600 pekutanih koronarnih intrevencija (PCI), kao i da za potrebe procene ove procedure traju

oko 10 min i 45 min, respektivno, procenjena je doza u visini glave, odnosno doza za očno sočivo na godišnjem nivou od 220 mSv na godišnjem nivou, bez upotrebe zaštitnih naočara a uz primenu kolektivnih zaštitnih sredstava kao što je navedeno u tabeli 1. Uzimajući u obzir dužinu trajanja procedura, to je prosečna doza za očno sočivo tokom pojedinačne CA i PCI procedure procenjena na 70 μ Sv i 315 μ Sv, respektivno, ili prosečno na 180 μ Sv po jednoj proceduri za jednog operatera. Upotreba zaštitnih naočara umanjila bi ove vrednosti za faktor 10. Ukoliko intrentni kardiolog na mesečnom nivou relaizuje 30 CA i 20 PCI procedura, to bi doza za očno sočivo na mesečnom nivou bila oko 5 mSv, odnosno oko (50-60) mSv na godišnjem nivou, bez primene zaštinih sredstava ili oko 5 mSv uz primenu zaštitnih sredstava.

Imajući u vidu da procena implicira potrebu za probnim individualnim monitoringom, isti je relazovan u trajanju od dva meseca, pri čemu je sedam interventnih kardiologa istovermeno nosilo namenske dozimetre za očno sočivo kalibrisane u dozimetrijskoj veličini Hp(3) i dodatni dozimeter kalibrisan u veličini Hp(10) nošen preko zaštitne kecelje u visini grudi.

Za određivanje doze za očno sočivo, odabrani su dozimetri sa termoluminescentnim kristalom LiF:Mg,Cu,P čija je komercijalna oznaka DXT-100H. Ovi dozimetri su namenjeni za rutinski monitoring doze za ekstremitete, imaju male dimenzije i moguće ih je pomoću trake ili na drugi način fiksirati u blizini oka operatera. Pored toga, detektor sačinjen od LiF:Mg,Cu,P, je osetljiviji materijal u odnosu na rutinski korišćen materijal TLD-100 koji je namenjen za monitoring doze za celo telo. Dozimetri su kalibrisani u Laboratoriji za etaloniranje u okviru Laboratorije za radijaciona merenja (Laboratorija za zaštitu od zračenja Instituta Vinča) koristeći homogeni cilindrični fantom od polimetilmetakirlata (PMMA) prečnika 16 cm. Kao referentni standard za kermu u vazduhu korišćen je merni sklop koji čine elektrometar UNIDOS T10002-20767 i jonizaciona komora TW 32002-0310, etaloniran u polju x-zračenja. Kao referentni kvalitet korišćen je ISO N-80 snop x-zračenja u nultoj angulaciji. Za određivanje doze za celo telo korišćeni su dozimetri koji se sastoje od dva termoluminescentna detektora LiF:Mg,Ti (TLD-100TM), rutinski kalibrisani u veličini Hp(10). Svi dozimetri su očitani na čitaču „Harshaw Model 6600 PLUS Automated TLD Reader” (Thermofisher Scientific, USA). Rezultati su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Doze za levo i desno oko intrevenih kardiologa tokom dvomesečnom pilot monitoringa

Kardiolog	Hp(3) [mSv]		Hp(10) [mSv]	Hp(3)/Hp(10)		Broj procedura		Hp(3) [μ Sv]/procedura	
	Desno oko	Levo oko	Celo telo	Desno oko	Levo oko	PCI	CA	Desno oko	Levo oko
1	0,67	1,8	1,01	0,663	1,782	54	76	5	14
2	0,67	1,64	0,97	0,691	1,691	23	47	10	23
3	0,63	1,89	2,81	0,224	0,673	55	79	5	14
4	1,5	6,7	2,18	0,688	3,073	33	68	15	66
5	0,8	1,27	2,03	0,394	0,626	46	79	6	10
6	1,05	3,01	1,5	0,700	2,007	45	70	9	26
7	1,45	7,36	4,04	0,359	1,822	59	98	9	47

Imajući u vidu navedeno u tabeli 2 i tabeli 3, može se zaključiti sledeće:

- Doza za očno sočivo na osnovu ambijentnog monitoringa precenjena za faktor 2-3, imajući u vidu da je realan broj procedure na godišnjem nivou u intervalu 400-1000 (tabela 2); Individualne karakteristike operatera nisu uzete u obzir; Uprkos tome, ova infomacija je značajan pokazatelj nivoa doze za očno sočivo u

kontekstu donošenje odluke o individualnom monitoringu;

- Doze za leve oko značajno su veće u odnosu na doze za desno oko, imajući u vidu da se kod hemodinamičkih procedura izvor izlaganja sa leve strane operatera;
- Razlike u dozi za pojedine operatere posledica su distribucije i broja obavljenih procedura ali i razlike u primenjenoj radnoj tehnici;
- Vrednosti prikazane u tabeli 3 nisu korigovane za atenuaciju usled primene zaštitnih naočara, imajući u vidu poziciju dozimetara prilikom merenja; Ovakav podatak se može smatrati reprezentativnim usled činjenice da operateri ne koriste redovno zaštitne naočare a neki od njih ih uopšte i ne koriste;
- Rezultati pilot monitoringa ukazali su da doza za levo oko iznosi od 10 do 66 μSv po jednoj proceduri, odnosno da granica doze od 20 mSv može biti prekoračena nakon izvedenih 300 procedura ukoliko se ne koriste odgovarajuća lična zaštitna sredstva;
- U ovakvim okolnostima neophodan je monitoring doze za očno sočivo; Ukoliko je isti nepraktično realizovati putem namenskih dozimetara, dozu za očno sočivo moguće je oceniti na osnovu dozimetra za celo telo nošenog preko zaštitne kecelje i odnosa Hp(3)/Hp(10) određenog za svakog operatera tokom perioda pilot monitoringa;
- Formiranje baze podataka i vođenje evidencija o individualnom monitoringu za očno sočivo predstavlja poseban izazov.

6. ZAKLJUČAK

Dostupni dozimetrijski podaci ukazuju na velike varijacije u dozi i radnim uslovima kao i o značajnom uticaju modifikacionih faktora od kojih je najznačajnija primena ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava. U radu je prikazan pregled metoda za ocenu doze za očno sočivo za profesionalno izložena lica u inteventnim radiološkim i kardiološkim procedurama. Pored toga, prikazane su i dozimetrijske metode koje se potencijalno mogu primeniti za potrebe monitoringa doze za očno sočivo. Ukoliko direktan monitoring za očno sočivo nije moguć, doza, uz veću nesigurnost procene, može biti određena pomoću alterativnih metoda, odnosno dozimetara koji mere druge lične dozne ekvivalente.

7. ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, u okviru projekta broj III 43009. Deo istraživanja realizovan je u okviru projekta EURALOC (Open Project for the European Radiation Research Area – FP7 OPERRA-2013 Grant agreement number 60498).

8. LITERATURA

- [1] International Commission on Radiological Protection. ICRP statement on tissue reactions / early and late effects of radiation in normal tissues and organs e threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP Publication 118. Ann ICRP 2012;41(1/2).
- [2] European Commission. Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, Official Journal of the European Union, 17/1/2014.

- [3] Bouffler S, Ainsbury E, Gilvin P, Harrison J. Radiation-induced cataracts: the Health Protection Agency's response to the ICRP statement on tissue reactions and recommendation on the dose limit for the eye lens. *J Radiol Prot* 2012;32:479-88.
- [4] International Atomic Energy Agency. Implications for occupational radiation protection of the new dose limit for the lens of the eye. IAEA TECDOC No. 1731. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2013.
- [5] Ciraj-Bjelac O, Rehani M. Eye dosimetry in interventional radiology and cardiology: current challenges and practical considerations. *Radiat Prot Dosim*, (2014) 162 (3): 329-337
- [6] Carinou E, Ferrari P, Bjelac OC, Ginguame M, Merce MS, O'Connor U. Eye lens monitoring for interventional radiology personnel: dosimeters, calibration and practical aspects of Hp (3) monitoring. A 2015 review. *J Radiol Prot*. 2015 Sep;35(3):R17-34
- [7] Ciraj-Bjelac O, Carinou E, Ferrari P, Ginguame M, Sans Merce M, O'Connor U, Occupational Exposure of the Eye Lens in Interventional Procedures: How to Assess and Manage Radiation Dose, *Journal of American College of Radiology*, 2016, 13(11), pp. 1347-1353
- [8] Ciraj-Bjelac O, Rehani MM, Sim KH, Liew HB, Vano E, Kleiman NJ. Risk for radiation induced cataract for staff in interventional cardiology: is there reason for concern? *Catheter Cardiovasc Interv* 2010;76:826-34.
- [9] Antic V, Ciraj-Bjelac O, Rehani M, Aleksandric S, Arandjic D, Ostojic M. Eye lens dosimetry an interventional cardiology: results of staff dose measurements and link to patient dose levels. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;154:276-84.
- [10] Ciraj-Bjelac O, Antic V, Selakovic J, Bozovic P, Arandjic D, Pavlovic S. Eye lens exposure to medical staff performing electrophysiology procedures: dose assessment and correlation to patient dose. *Radiat Prot Dosimetry*. 2016 Dec;172(4):475-482
- [11] Bordy JM, Daures J, Denoziere M, et al. Proposals for the type tests criteria and calibration conditions of passive eye lens dosimeters to be used in interventional cardiology and radiology workplaces. *Radiat Meas* 2011;46:1235-8.
- [12] Ferrari P, Gualdrini G, Bedogni R, Fantuzzi E, Monteventi F, Morelli B. Personal dosimetry in terms of Hp(3): Monte Carlo and experimental studies. *Radiat Prot Dosimetry* 2007;125:145-8.
- [13] Martin CJ. Personal dosimetry for interventional operators: when and how should monitoring be done? *Br J Radiol* 2011;84:639-48.
- [14] Geber T, Gunnarsson G, Mattsson S. Eye lens dosimetry for interventional procedures: relation between the absorbed dose to the lens and dose at measurement positions. *Radiat Meas* 2011;46: 1248-51.
- [15] Clairand I, Bordy JM, Carinou E, et al. Use of active personal dosimeters in interventional radiology and cardiology: tests in laboratory conditions and recommendations - ORAMED project. *Radiat Meas* 2011;46:1252-7.
- [16] Vanhavere F, Carinou E, Domienic J, et al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: final results of the ORAMED project. *Radiat Meas* 2011;46:1243-7.
- [17] Van Rooijen BD, de Haan MW, Das M, et al. Efficacy of radiation safety glasses in interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014;37:1149-55.

- [18] Thornton RH, Dauer LT, Altamirano JP, Alvarado KJ, St Germain J, Solomon SB. Comparing strategies for operator eye protection in the interventional radiology suite. *J Vasc Interv Radiol.* 21, 2010, 1703-7.

EYE LENS MONITORING IN INTREVENATIONA CARDIOLOGY AND RADIOLOGY

Olivera CIRAJ BJELAC, Danijela ARANĐIĆ, Predrag BOŽOVIĆ, Sandra ČEKLIĆ, Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ, Jelica KALJEVIĆ

Vinca Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Serbia, ociraj@vinca.rs

ABSTRACT

Following recent epidemiological evidences on effects of ionizing radiation to the eye lens, International Commission on Radiological Protection has re-evaluated dose limit to the lens of the eye, owing that protracted exposure to the relatively small doses and dose rates may lead to the cataract at dose levels much lower than previously set dose thresholds. Such satiations are typical for occupational exposure in interventional cardiology and radiology. Occupational exposure from interventional x-ray procedures is an area in which increased eye lens exposure may occur. Accurate dosimetry is an important element to investigate the correlation of observed radiation effects with radiation dose, to verify the compliance with regulatory dose limits, and to optimize radiation protection practice. The papers presents the overview of practical methods for eye lens doses assessment as well as typical occupational eye lens dose levels in interventional procedures in cardiology and radiology. In addition, a methodology to assist decision making about need for specific eye lens individual monitoring using a dedicated passive dosimeters calibrated in terms of Hp(3) is presented in this paper.