

2013 METŲ INTERVENCINĖS RADIOLOGIJOS PROCEDŪRŲ METU DARBUOTOJŲ GAUTOS APŠVITOS DOZIŲ TYRIMŲ ATASKAITA

IVADAS

Intervencinės radiologijos (toliau – IR) procedūros, skirtos širdies, kraujagyslių, plaučių, virškinamojo trakto, urogenitalinių ir kitų susirgimų diagnostikai ir gydymui atlikti naudojant rentgeno įrangą. Pastaraisiais metais IR procedūrų skaičius didėja, kartu didėja medicinos darbuotojų, atliekančių šias procedūras ar dalyvaujančių jose, skaičius, taip pat didėja ir jų gaunama apšvita. Dėl darbo specifikos IR darbuotojai gauna didesnes išorinės apšvitos dozes, palyginti su darbuotojais, dirbančiais kitose medicinos srityse. IR darbuotojų atskirų kūno dalių gaunama apšvita pasiskirsto netolygiai, kadangi IR metu šviniėmis prijuostėmis uždengiama darbuotojų krūtinė, liemuo ir viršutinė kojų dalis, o akys, rankos ir apatinė kojų dalis nuo išsklaidytos rentgeno spinduliuotės lieka neapsaugotos. Jonizuojančioji spinduliuotė gali pakenkti medicinos darbuotojų, kurie IR procedūrų metu kas dieną po keletą valandų praleidžia intensyviame išsklaidytos rentgeno spinduliuotės lauke, akies lęšiukui ir kitoms neapsaugotoms kūno dalims. Didesnė pakenkimo rizika yra didesnį darbo krūvį turintiems darbuotojams, nenaudojantiems tinkamų apsaugos priemonių. Tokie darbuotojai turi didesnę riziką pasireikšti nulemtiesiems (radiodermitams, odos senėjimui, akies kataraktai, rankų plaukų slinkimui ir kt.) ar atsitiktiniams efektams (vėžiniams susirgimams).

Darbuotojams, dirbantiems su šaltiniais ir jonizuojančiosios spinduliuotės aplinkoje, atliekama individualiosios apšvitos stebėseną, vadovaujantis Lietuvos higienos normos HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ [1] bei Darbuotojų apšvitos ir darbo vietų stebėsenų atlikimo taisyklių [2] reikalavimais. Pagal minėtas taisykles, kai metinė išorinė apšvita sudaro ar gali sudaryti 10 proc. metinės dozės ribos odai ir (ar) galūnėms (plaštakoms ir pėdoms) bei akims, atliekama akių, odos ar galūnių išorinės apšvitos stebėseną. Šiuo metu Lietuvos higienos normoje HN 73:2001 [1] nustatytos lygiavertės ribinės dozės akies lęšiukui yra 150 mSv, galūnėms – 500 mSv.

Tarptautinė radiologinės saugos komisija (ICRP), remdamasi atliktais epidemiologiniais tyrimais, nustatė slenkstinę dozę 0,5 Gy akies lęšiuko pažeidimams išsivystyti. Remdamasi šiais duomenimis ICRP rekomendavo 20 mSv metinę ribinę lygiavertę dozę akies lęšiukui [3]. Vadovaujantis šiomis rekomendacijomis buvo patvirtinta Tarybos direktyva [4], kurioje nustatyta nauja ribinė dozė akies lęšiukui. Patvirtinta lygiavertė dozės riba akies lęšiukui – 20 mSv per metus arba 100 mSv per penkis metus, bet ne daugiau kaip 50 mSv vienerių metų laikotarpiui.

Ataskaitoje pateikiami „Intervencinės radiologijos darbuotojų grupės gaunamų akių ir rankų lygiaverčių dozių tyrimų programos“ (toliau – programa) metu išmatuotų akių ir rankų individualiosios dozės ekvivalentų ir surinktos informacijos analizės rezultatai. Rezultatai lyginami su šiuo metu Lietuvos norminiuose dokumentuose nustatytais ribinėmis dozėmis ir su Tarybos direktyvos naujai patvirtinta metine dozės riba akies lęšiukui.

TYRIMŲ TIKSLAS

Pagrindiniai programos tikslai: išmatuoti IR darbuotojų akių ir rankų gaunamas apšvitos dozes atskirų IR procedūrų metu; apskaičiuoti vidutinę akių ir rankų gaunamą dozę vienos IR procedūros metu; surinkus informaciją apie IR procedūras, atliekančių darbuotojų darbo krūvius, prognozuoti metinę lygiavertę akių ir rankų apšvitos dozę bei palyginti su nustatytais metinėmis ribinėmis lygiavertėmis dozėmis.

MATAVIMŲ METODAS

Matavimai atlikti naudojant akių ir rankų dozimetrus su MCP-N (LiF: Mg, Cu, P) termoluminescencinėmis tabletėmis. Paruošti matavimams dozimetrai ir juose sukauptos dozės nuskaitytos RADOS termoluminescencine dozimetrine sistema, kuri sukalibruota termoluminescencines tabletes apšvitinus Suomijos STUK nacionalinėje jonizuojančiosios spinduliuotės etalono laboratorijoje.

Akių dozimetras su viena termoluminescencine tablete buvo tvirtinamas prie darbuotojo kaktos. Šiuo dozimetru buvo matuojamas individualiosios dozės ekvivalentas $H_p(3)$.

Žiedo formos dozimetras su viena termoluminescencine tablete buvo maunamas ant darbuotojo rankos piršto. Šiuo dozimetru buvo matuojamas individualiosios dozės ekvivalentas $H_p(0,07)$.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

2013 m. programos vykdymo metu atlikta 6 asmens sveikatos priežiūros įstaigų (toliau – ASPĮ) 21 IR darbuotojo 40 individualiųjų dozių ekvivalento matavimų. Buvo atlikti 2 radiologijos technologų, 3 operacinės slaugytojų ir 16 IR gydytojų matavimai. Šiems darbuotojams buvo atlikta 21 akių individualiosios dozės ekvivalento $H_p(3)$ matavimas ir 19 rankų individualiosios dozės ekvivalento $H_p(0,07)$ matavimų.

IR darbuotojų akių ir rankų gaunamos lygiavertės dozės priklausė nuo daugelio veiksnių: įrangos tipo, IR darbuotojo padėties paciento atžvilgiu, rentgeno spinduliuotės krypties, naudojamų asmeninių apsaugos priemonių, IR darbuotojų igūdžių, medicininės procedūros rūšies ir jos sudėtingumo bei rentgenoskopijos trukmės IR procedūros metu. IR darbuotojai individualiuosius dozimetrus nešiojo atlikdami IR procedūras skirtingų modelių angiografais: Innova 2100 IQ, Innova 4100, Integris Allura, ADVANTX LCV+, Siemens Axiom Artis, Shimadzu. Daugelio IR procedūrų atvejų rentgeno vamzdis buvo po operaciniu stalu iš kairės darbuotojo pusės, todėl dozimetrai buvo segami kairėje pusėje. Buvo atkreiptas dėmesys, kad vienoje įstaigoje rentgeno vamzdžio padėtis operacijos metu yra kintama. Atliekant urologines IR procedūras rentgeno vamzdis buvo dešinėje darbuotojų pusėje, todėl šiuo atveju dozimetrai buvo prisegti dešinėje darbuotojo pusėje.

IR procedūrose dalyvaujančio personalo akių ir rankų dozės

Programos metu buvo matuotos 5 IR darbuotojų, dalyvaujančių procedūrose ir padedančių IR gydytojui, akių ir rankų apšvitos dozės. IR procedūrose dalyvaujančio personalo akių ir rankų išmatuotos lygiavertės dozės pateiktos 1 lentelėje. Dėl darbo specifikos IR procedūrose dalyvaujančių slaugytojų ir radiologijos technologų akių ir rankų lygiavertės dozės, palyginti su IR gydytojais, buvo žymiai mažesnės.

Didžiausia operacinės slaugytojos išmatuota akių lygiavertė dozė per dvi savaites buvo 0,24 mSv, šiuo atveju operacinės slaugytoja padėjo gydytojui urologui, atliekančiam intervencines urologines procedūras. Konservatyviai įvertinus šios operacinės slaugytojos akių metinę lygiavertę dozę, ji sudarytų apie 4 proc. higienos norma [1] nustatytos lygiavertės ribinės dozės (150 mSv) akies lęšiukui. Pagal patvirtintas taisykles [2] šiai darbuotojai nereikalinga nuolatinė akių apšvitos stebėseną.

Didžiausia rankų lygiavertė dozė buvo išmatuota radiologijos technologui – 2,06 mSv per vieno mėnesio laikotarpį. Šiuo atveju radiologijos technologas padėjo IR gydytojui, atliekančiam koronarografijos ir perkutaninės koronarinės intervencijos procedūras. Konservatyviai įvertinus šio radiologijos technologo rankų metinę lygiavertę dozę, ji sudarytų apie 5 proc. higienos norma [1] nustatytos lygiavertės ribinės dozės (500 mSv) galūnėms. Pagal patvirtintas taisykles [2] šiam darbuotojui nereikalinga nuolatinė rankų apšvitos stebėseną.

Mažesnes IR padedančiojo personalo akių ir rankų gaunamas lygiavertės dozės lėmė tai, kad šis personalas procedūrų metu buvo toliau nuo rentgeno aparato palyginti su IR gydytoju, o kai kuriais atvejais IR procedūros metu operacinėje buvo tik tada, kai rentgeno aparatas neįjungtas arba į operacinę įeidavo tik trumpam laikui. Šie veiksniai galėjo lemti tai, kad, esant ilgesnei rentgenoskopijos trukmei, buvo užregistruotos mažesnės akių ir rankų dozės (1 lentelė).

1 lentelė. IR procedūrose dalyvaujančio personalo akių ir rankų gautos lygiavertės dozės per vieną mėnesį

Eil. Nr.	Darbuotojo kodas	IR procedūrų skaičius	Rentgenoskopijos trukmė, min.	Akių lygiavertė dozė, mSv	Rankų lygiavertė dozė, mSv
1.	70	30	162	0,48	1,00
2.	68	15	171	0,16	0,29
3.	65	18	93	0,09	2,06
4.	53	6	23	0,05	0,01
5.	54	2	21	0,01	0,07

IR gydytojų akių ir rankų dozės

Programos metu IR gydytojų atliekamos procedūros buvo labai įvairios, apie 20 skirtingų pavadinimų, o registruotos šių IR procedūrų rentgenoskopijos trukmės buvo labai skirtingos (2 lentelė) ir priklausė nuo atliekamų IR procedūrų sudėtingumo. Tyrimų metu iš viso buvo atliktos 553 IR procedūros, kurių vidutinė rentgenoskopijos trukmė buvo 7 ± 5 min. Matuojant vienu dozimetru vidutiniškai buvo atlikta po 35 IR procedūras. Suskaičiuota vidutinė akių lygiavertė dozės vienos IR procedūros metu buvo $0,05 \pm 0,06$ mSv, o rankų – $0,11 \pm 0,12$ mSv.

2 lentelė. IR gydytojų akių ir rankų lygiavertės dozės per vieną mėnesį

Eil. Nr.	Darbuotojo kodas	IR procedūrų skaičius	Rentgenoskopijos trukmė, min.	Švinuoti apsauginiai akiniai	Akių lygiavertė dozė, mSv	Rankų lygiavertė dozė, mSv
1.	52	69	537	taip	6,62	5,12
2.	59	21	214	taip	5,15	8,17
3.	73	100	700	taip	2,83	-
4.	74	155	1050	taip	2,28	10,20
5.	61	22	126	taip	2,00	0,86
6.	72	60	600	taip	1,96	4,55
7.	64	27	136	ne	0,79	2,41
8.	69	18	112	ne	0,62	6,62
9.	66	7	130	ne	0,43	0,21
10.	55	12	16	ne	0,33	0,20
11.	57	4	21	ne	0,27	0,24
12.	56	10	21	ne	0,26	0,52
13.	58	6	34	ne	0,23	1,28
14.	50	17	64	taip	0,22	1,84
15.	71	10	158	ne	0,20	-
16.	63	29	59	ne	0,01	0,13

Didžiausias užfiksuotas individualiosios dozės ekvivalentas 6,62 mSv per mėnesį akims buvo intervencinės kardiologijos gydytojui. Per mėnesį šis gydytojas atliko 69 IR procedūras, atliktų procedūrų bendra rentgenoskopijos trukmė sudarė apie 9 val. Žinant, kad šis gydytojas naudojo apsauginius švinuotus akinius ir konservatyviai įvertinus šio gydytojo akių metinę lygiavertę dozę, ji sudarytų apie 11 proc. higienos norma [1] nustatytos

lygiavertės ribinės dozės (150 mSv) akies lęšiukui. Pagal patvirtintas taisykles [2] šiam gydytojui reikalinga nuolatinė akių apšvitos stebėseną, kuri ir atliekama viso kūno dozimetra nešiojant virš asmeninių apsaugos priemonių kaklo srityje.

Didžiausias užfiksuotas individualiosios dozės ekvivalentas 10,2 mSv per mėnesį rankoms buvo kitam intervencinės kardiologijos gydytojui. Per mėnesį šis gydytojas atliko 155 IR procedūras, atliktų procedūrų bendra rentgenoskopijos trukmė sudarė apie 17 val. Konservatyviai įvertinus šio gydytojo rankų metinę lygiavertę dozę, ji sudarytų apie 25 proc. higienos norma [1] nustatytos lygiavertės ribinės dozės (500 mSv) galūnėms. Tai rodo, kad pagal patvirtintas taisykles [2] šiam gydytojui reikalinga nuolatinė rankų apšvitos stebėseną.

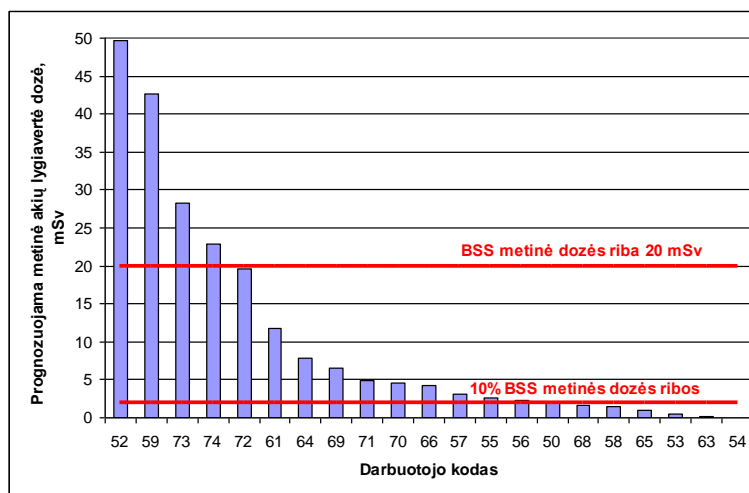
Gydytojams IR procedūrų metu buvo fiksuojamos skirtingos rentgenoskopijos trukmės bei gana skirtingos akių ir rankų lygiavertės dozės (2 lentelė). Tai parodo, kad darbuotojų akių ir rankų gaunamos lygiavertės dozės IR procedūrų metu priklauso ne tik nuo rentgenoskopijos trukmės, bet ir nuo kitų veiksnių, tokių kaip IR gydytojo padėtis paciento atžvilgiu, rentgeno spinduliuotės kryptis, naudojamos asmeninės apsaugos priemonės, IR gydytojo įgūdžiai, IR procedūros rūšis ar IR procedūros sudėtingumas.

IR procedūrų metu IR gydytojai yra veikiami trijų jonizuojančiosios spinduliuotės pluošto rūšių: pirminės, išsklaidytos ir nuotėkinės spinduliuotės. Pirmosios dvi daro didžiausią įtaką IR gydytojo gaunamai apšvitai, kuri IR procedūrų metu mažinama naudojant švinuotas prijuostas, apykakles, švinuotus akinius, specialius švinuotus ekranus bei švinuotas užolaidas po operaciniams stalais. Apie pusę programoje dalyvavusių gydytojų IR procedūrų metu naudojo apsauginius švinuotus akinius. Akinius naudojo didžiausius darbo krūvius ir didžiausias dozes (2 lentelė) gaunantys gydytojai. Ataskaitoje išmatuotos akių dozės pateikiamos neįvertinus nešiojamų apsauginių švinuotų akinių suteikiamos apsaugos.

Akių ir rankų metinių lygiavertė dozių prognozavimas

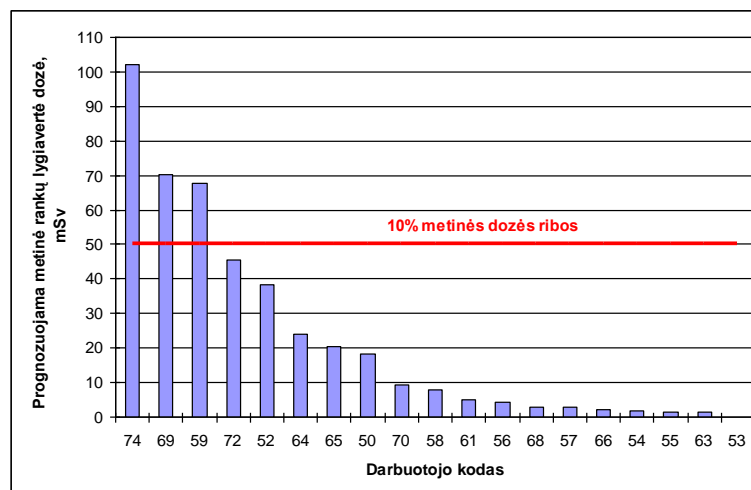
Siekiant apskaičiuoti ir prognozuoti akių ir rankų gaunamas lygiavertes metines išorinės apšvitos dozes, iš ASPĮ buvo surinkta informacija apie vidutinį darbo krūvį per mėnesį, t. y. suskaičiuota vidutinė mėnesio rentgenoskopijos trukmė atliekamų IR procedūrų metu. Atliekant metinių dozių skaičiavimus laikyta, kad darbuotojas per metus dirba 10 mėnesių. Likę du mėnesiai paprastai būna skirti atostogoms ir stažuotėms.

Atlikti tyrimų rezultatai ir skaičiavimai rodo, kad iš 21 darbuotojo 4 darbuotojams gali būti viršyta Tarybos direktyvos [4] nustatyta lygiavertė dozės riba akių lęšiukams (1 pav.), tačiau IR procedūrų metu gydytojui naudojant švinuotus akinius, akys apsaugomos nuo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Švinuoti akiniai akis pasiekiančią lygiavertę dozę galią sumažina nuo 5 iki 10 kartų [7, 16].



1 pav. Prognozuojama metinė akių lygiavertė dozė

IR procedūrų metu gydytojų rankos beveik visą laiką būna pirminės rentgeno spinduliuotės lauke, todėl akivaizdu, kad jos gauna didžiausias lygiavertes dozes (2 pav.). Rankos yra ta kūno dalis, kuri yra visiškai neapsaugota nuo rentgeno spinduliuotės. Higienos normoje [1] nustatyta metinė lygiavertė ribinė dozė odai, galūnėms (plaštakoms ir pėdoms) yra 500 mSv. Prognozuojami rezultatai rodo, kad IR gydytojų rankos gali gauti lygiavertes dozes, didesnes nei 10 proc. nustatytos metinės lygiavertės ribinės dozės. Šiems IR gydytojams, turintiems didesnius darbo krūvius, turėtų būti atliekama nuolatinė rankų apšvitos stebėseną.



2 pav. Prognozuojama metinė rankų lygiavertė dozė

Literatūros apžvalga

Per paskutiniuosius 20 metų angiografų pagalba valdomų IR procedūrų skaičius nuolat didėja daugelyje Europos šalių, Jungtinėse Amerikos valstijose ir kitose šalyse [5]. Keleto tarptautinių mokslinių tyrimų metu nustatyta, kad rizika išsivystyti kataraktai susidaro, kai akis gauna 1 Gy dydžio jonizuojančiosios spinduliuotės dozė. TATENA surinkta informacija rodo, kad slenkstinė dozė kataraktai išsivystyti yra 0,8 Gy. Pabrėžiama, kad katarakta išsivysto asmenims, patyrusiems jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, vidutiniškai nuo 45 metų amžiaus [16]. ICRP nustatytas slenkstis dar mažesnis – 0,5 Gy [3]. Po atliktų epidemiologinių tyrimų ir ICRP rekomendavus sumažinti akių ribinę dozę iki 20 mSv daugelyje pasaulio šalių atliekami intensyvūs tyrimai vertinant IR procedūras atliekančių darbuotojų dozes.

Pagal naujausius Belgijos specialistų publikuojamus rezultatus [6], vienos IR procedūros metu gydytojo kairės rankos pirštai gauna vidutiniškai 0,225 mSv dozę, o akys – 0,034 mSv. Serbijos specialistų nustatyta [7] vidutinė akių dozė vienos IR procedūros metu – 0,121 mSv. Mūsų programos metu gauti rezultatai (vienos procedūros metu IR gydytojo akių dozė buvo $0,05 \pm 0,06$ mSv, o rankų – $0,11 \pm 0,12$ mSv) neapibrėžčių ribose sutampa su užsienio autorių publikuojamais rezultatais.

Jungtinių Amerikos valstijų specialistų atlikti tyrimai parodė [8], kad IR procedūrų metu darbuotojų naudojami švinuoti akiniai akims tenkančią išsklaidytos rentgeno spinduliuotės dozės galią sumažina nuo 5 iki 10 kartų, o naudojami švinuoti ekranai dozės galią sumažina net iki 25 kartų. Jei IR darbuotojai naudoja tinkamas apsaugos priemones (švinuotus apsauginius akinius ir švinuotus ekranus), konservatyviai laikoma, kad išsklaidyta rentgeno spinduliuotė susilpnėja apie 90-95 proc.

REZULTATAI IR IŠVADOS

IR gydytojo akys, neatsižvelgiant į tai, ar naudojami švino akiniai, vidutiniškai vienos IR procedūros metu gauna $0,05 \pm 0,06$ mSv lygiavertę dozę. Naudojami švino akiniai akis pasiekiančią lygiavertę dozės galią mažiausiai sumažina 5 kartus.

IR gydytojo rankos vienos IR procedūros metu vidutiniškai gauna $0,11 \pm 0,12$ mSv lygiavertę dozę.

Padedančiojo personalo akių ir rankų lygiavertės dozės, palyginti su IR gydytojais, yra žymiai mažesnės ir nesiekė 10 proc. nustatytų ribinių dozių.

IR gydytojų prognozuojamos rankų gaunamos lygiavertės dozės buvo iki 102 mSv per metus. Prognozuojamos akių lygiavertės dozės buvo iki 49,7 mSv per metus. Naudojant švino akinius didžiausia prognozuojama akių gauta lygiavertė dozė būtų iki 9,9 mSv per metus.

Prognozuojami rezultatai rodo, kad intervencinės radiologijos gydytojų akys ir rankos gali gauti lygiavertes dozes, didesnes nei 10 proc. nustatytos ar Tarybos direktyvos naujai patvirtintos metinės lygiavertės ribinės dozės.

REKOMENDACIJOS

Programos metu gauti rezultatai rodo, kad IR gydytojams, atliekantiems IR procedūras, būtina rekomenduoti naudoti ekranus ir apsauginius akinius su švino ekvivalentu.

IR gydytojams, nenaudojantiems švino akinių, rekomenduoti akių gaunamos apšvitos dozių stebėseną atlikti naudojant specialius dozimetrus, skirtus akių apšvitos dozėms matuoti.

Rankų apšvitos stebėseną atlikti vadovaujantis teisės aktų nustatyta tvarka.

NAUDOTA LITERATŪRA

1. Higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ (Žin., 2002, Nr. 11-388).
2. Darbuotojų apšvitos ir darbo vietų stebėsenų atlikimo taisyklės (Žin., 2007, Nr. 120-4950).
3. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Statement on tissue reactions. Approved by the Commission on April 21, 2011. Available at www.idrp.org/docs/ICRP_Statement_on_Tissue_reactions.pdf.
4. Tarybos Direktyva, kuria nustatomi pagrindiniai saugos standartai siekiant užtikrinti apsaugą nuo jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitos keliamų pavojų, patvirtinta 2013 gruodžio 5 d.
5. D.L. Miller, Overview of contemporary interventional fluoroscopy procedures. *Health Phys* 95:638-644.
6. L. Struelens, W. Schoonjans, F. Schils, K. De Smedt and F. Vanhavere, Extremity and eye lens dosimetry for medical staff performing vertebroplasty and kyphoplasty procedures, *Journal of Radiological Protection*, 2013, Vol. 33 No. 3.
7. V. Antic, O. Ciraj-Bjelac, M. Rehani, S. Aleksandric, D. Arandjic, M. Ostojic, Eye lens dosimetry in interventional cardiology: results of staff dose measurements and link to patient dose levels, *Radiat Prot Dosimetry*, 2013, 154(3):276-84.
8. R.H. Thornton, L.T. Dauer, J.P. Altamirano, K.J. Alvarado, J. St Germain, S.B. Solomon. Comparing strategies for operator eye protection in the interventional radiology suite. *J Vasc Interv Radiol*. 2010 Nov;21(11):1703-7.
9. E. Vano, J. M. Fernandez, R. M. Sanchez, L.T. Dauer, Realistic approach to estimate lens doses and cataract radiation risk in cardiology when personal dosimeters have not been regularly used, *Health physics*, 2013, Vol. 105, No. 4, p. 330-338.

10. C. Koukorava, E. Carinou, P. Ferrari, S. Krim, L. Struelens Study of the parameters affecting operator doses in interventional radiology using Monte Carlo simulations. *Radiation Measurements*, 2011, 46(11), p. 1216-1222.
11. F. Vanhavere, E. Carinou, G. Gualdrini, ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff, EURADOS Report 2012-02
12. N. Theocharopoulos et. al. Occupational exposure in the electrophysiology laboratory: quantifying and minimizing radiation burden, *The British Journal of Radiology*, 79 (2006), 644–651
13. C. J. Martin, PhD, FIPEM Personal dosimetry for interventional operators: when and how should monitoring be done? *The British Journal of Radiology*, 84 (2011), 639–648
14. T. Geber et. al. Eye lens dosimetry for interventional procedures – Relation between the absorbed dose to the lens and dose at measurement positions, *Radiation Measurements*, 2011, 46(11), p. 1248-1251
15. F. Vanhavere, E. Carinou, et. al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project, *Radiation Measurements*, 2011, 46(11), p. 1243-1247
16. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/radiation-cataract/Radiation-and_cataract.htm.