

INTERVENCINĖS RADIOLOGIJOS PROCEDŪRŲ METU DARBUOTOJŲ GAUTOS APŠVITOS DOZIŲ TYRIMŲ 2012 METŲ ATASKAITA

ĮVADAS

Intervencinė radiologija (toliau – IR) yra viena iš labiausiai besivystančių šiuolaikinės medicininės radiologijos šakų. IR procedūrų metu naudojamais rentgeno prietaisais gaunami vaizdai padeda medicinos darbuotojams betarpiškai stebėti atliekamų procedūrų eigą. Darbuotojams, dirbantiems su šaltiniais ir jonizuojančiosios spinduliuotės aplinkoje turi būti 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. IR procedūrose dalyvaujantys darbuotojai, o ypač gydytojai, gauna žymiai didesnes išorinės apšvitos dozes, palyginti su kitomis darbuotojų kategorijomis, todėl šios srities darbuotojams didėja rizika atsirasti nulemtiesiems efektams (radiodermitams, odos pasenėjimams, akies kataraktai, rankų plaukų slinkimui ir kt.) ar atsitiktiniams efektams (vėžiniams susirgimams) [4]. IR procedūrų metu švinuotomis prijuostėmis uždengiama darbuotojų krūtinė, liemuo, kojų šlaunys, o rankos ir apatinė kojų dalis praktiškai neapsaugomos ir švitinamos išsklaidytos rentgeno spinduliuotės. Akių apšvitai mažinti, ne visada naudojami apsauginiai švinuoti akiniai ar ekranai. Pagal Darbuotojų apšvitos ir darbo vietų stebėsenų atlikimo taisykles [2], kai išorinė apšvita sudaro ar gali sudaryti 10% metinės dozės ribos odai ir (ar) galūnėms (plaštakoms ir pėdoms) bei akims turi būti viena mėnesį per metus matuojamos akių, odos ar galūnių išorinės apšvitos lygiavertės dozės ir pagal gautus rezultatus nustatomos ir prognozuojamos metinės išorinės apšvitos lygiavertės dozės.

Šiuo metu Lietuvos higienos normoje HN 73:2001 [1] nustatytos lygiavertės ribinės dozės akies lęšiukui yra 150 mSv, tačiau Tarptautinės radiologinės saugos komisijos (toliau – ICRP) rekomenduojama lygiavertė dozės riba yra 20 mSv per metus, vidutiniškai 5 metų laikotarpiui ir 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. Taip pat ataskaitoje pateikiami programos metu papildomai viso kūno dozimetrais atliktų matavimų ir suskaičiuotų efektinių dozių rezultatai.

TYRIMŲ TIKSLAS

Pagrindiniai programos tikslai – išmatuoti darbuotojų akių ir galūnių gaunamas išorinės apšvitos dozes atskirų IR procedūrų metu ir surinkus informaciją apie IR procedūras, atliekančių darbuotojų darbo krūvius, prognozuoti metinę lygiavertę dozę bei palyginti su nustatytomis ribinėmis lygiavertėmis dozėmis.

MATAVIMŲ METODAS

Matavimai atlikti naudojant specialius akių ir rankų dozimetrus su MCP-N (LiF: Mg, Cu, P) termoluminescencinėmis tabletėmis bei individualiuosius dozimetrus su MTS-N (LiF:Mg, Ti) termoluminescencinėmis tabletėmis. Dozimetrai buvo paruošti matavimams ir juose sukauptos dozės buvo nuskaitomos su RADOS termoluminescencine dozimetrine sistema, kuri buvo sukalibruota termoluminescencines tabletes apšvitinus Suomijos nacionalinėje jonizuojančiosios spinduliuotės etalono laboratorijoje (STUK). Kiekvienam IR darbuotojui individualiosios dozės ekvivalentai buvo matuojami keturiais termoluminescenciniais dozimetrais:

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

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

3. Vienas viso kūno dozimetras su dviem termoluminescencinėmis tabletėmis buvo tvirtinamas virš asmeninių apsaugos priemonių. Šiuo dozimetru buvo matuojamas individualiosios dozės ekvivalentas $H_p(10)_{\text{virš}}$.

4. Kitas viso kūno dozimetras su dviem termoluminescencinėmis tabletėmis buvo tvirtinamas po asmeninėmis apsaugos priemonėmis. Šiuo dozimetru buvo matuojamas individualiosios dozės ekvivalentas $H_p(10)_{\text{po}}$.

Pagal dozimetrų, nešiotų „virš“ ir „po“ asmeninėmis apsaugos priemonėmis, išmatuotas vertes buvo apskaičiuota efektinė dozė [9].

REZULTATAI

Programos metu iš viso atlikti 204 individualių dozių ekvivalento matavimai 4 asmens sveikatos priežiūros įstaigose (toliau-ASPĮ), kuriose atliekamos IR procedūros. Matavimai buvo atlikti 28 IR darbuotojams, iš jų 3 IR slaugytojams ir 25 IR gydytojams. Šiems darbuotojams buvo atlikta 56 akių individualiosios dozės ekvivalento $H_p(3)$ matavimai, 57 rankų individualiosios dozės ekvivalento $H_p(0,07)_r$ matavimai, 46 viso kūno individualiosios dozės ekvivalento $H_p(10)_{\text{virš}}$ matavimai ir 45 viso kūno individualiosios dozės ekvivalento $H_p(10)_{\text{po}}$ matavimai.

IR darbuotojų akių ir rankų gaunamos lygiavertės dozės priklauso nuo daugelio veiksnių: nuo įrangos tipo, IR darbuotojo padėties paciento atžvilgiu, rentgeno spinduliuotės krypties, naudojamų apsaugos priemonių, IR darbuotojų įgūdžių, medicininės procedūros rūšies ir jos sudėtingumo bei rentgenoskopijos trukmės procedūros metu [3], [5]. IR darbuotojai individualiuosius dozimetrus nešiojo, atliekant procedūras skirtingų modelių angiografais: INNOVA 2100, ADVANTX L+, Philips Integris Allura, INNOVA 4100, BRANSIST SAFIRE bei rentgeno diagnostikos aparatu SIEMENS SIREMOBIL Compact. Daugelio procedūrų atvejų rentgeno vamzdis buvo po operaciniu stalu iš kairės gydytojo pusės, todėl dozimetrai buvo segami kairėje pusėje. Dvi procedūros buvo atliekamos rentgeno vamzdžiui esant iš dešinės darbuotojo pusės, šiuo atveju dozimetrai buvo prisegti dešinėje pusėje.

Dėl darbo specifikos IR slaugytojų akių ir rankų lygiavertės dozės palyginus su IR gydytojais buvo žymiai mažesnės. Didžiausia IR slaugytojos gauta akių lygiavertė dozė buvo 0,10 mSv, šiuo atveju slaugytoja akių dozimetrą nešiojo vieną mėnesį. Įvertinus metinę lygiavertę dozę, ji sudarytų 6 proc. ICRP rekomenduojamos lygiavertės ribinės dozės (20 mSv) akių lęšiukams. Pagal patvirtintas taisykles [2] nuolatinė akių apšvitos stebėseną tokiu atveju nėra būtina. Tokias mažas IR slaugytojų akių ir rankų gaunamas lygiavertes dozes lemia tai, kad jos procedūrų metu operaciniame būna tik tada, kai rentgeno aparatas neįjungtas arba į operacinę įeina labai trumpam laikui ir būna daug toliau nuo rentgeno aparato palyginus su IR gydytoju. Tolesnė analizė bus tik tų dozių, kurios programos metu buvo išmatuotos IR gydytojams.

Programos metu registruotos IR procedūrų rentgenoskopijos trukmės buvo labai skirtingos ir priklausė nuo atliekamos procedūros sudėtingumo. Tyrimų metu iš viso buvo atliktos 187 IR procedūros, kurių rentgenoskopijos trukmės buvo nuo 1,5 min. iki 1 val. Vidutinė vienos IR procedūros rentgenoskopijos trukmė buvo apie 10 min. Vidutinis viso kūno dozimetru, nešiotu virš apsaugos priemonių, užfiksuotas individualiosios dozės ekvivalentas vienos IR procedūros metu buvo 0,18 mSv, akių dozimetru – 0,07 mSv, o rankų dozimetru – 0,42 mSv. Atliktų IR procedūrų skaičius buvo nuo 1 iki 6 per vieną matavimą. Keturi IR darbuotojai dozimetrus nešiojo po vieną mėnesį.

Tyrimų metu IR gydytojų atliekamos procedūros buvo labai įvairios, apie 20 skirtingų pavadinimų. Analizės metu IR procedūros buvo suskirstytos į dvi grupes: diagnostines IR procedūras (toliau – DIRP) ir gydomąsias IR procedūras (toliau – GIRP). GIRP buvo atlikta apie 10 kartų daugiau nei DIRP (1 lentelė). GIRP rentgenoskopijos trukmės buvo ženkliai ilgesnės lyginant su DIRP trukmėmis, todėl gydytojams išmatuoti individualiosios dozės ekvivalentai GIRP metu buvo žymiai didesni nei DIRP metu. Didžiausi užfiksuoti individualiosios dozės ekvivalentai buvo gydytojui-radiologui, kuris dozimetrus nešiojo visą mėnesį. Per mėnesį šio gydytojo atliktų procedūrų rentgenoskopijos trukmė sudarė 4,5 val. ir viso kūno dozimetru, nešiotu virš asmeninės apsaugos priemonių, išmatuotas individualiosios dozės ekvivalentas buvo 14,6 mSv, rankų dozimetru – 12,1 mSv, akių dozimetru – 1,8 mSv.

1 lentelė. Išmatuotų individualiųjų dozių ekvivalentų intervalai IR procedūrų metu.

IR procedūra	IR procedūrų skaičius	Rentgenoskopijos trukmė, s	Individualiųjų dozių ekvivalentų intervalai, mSv		
			$H_p(10)_{virš}$	$H_p(3)$	$H_p(0,07)_r$
GIRP	168	300-16954	0,04-14,6	0-1,8	0-12,1
DIRP	19	377-1812	0,18-0,33	0-0,19	0,20-1,44

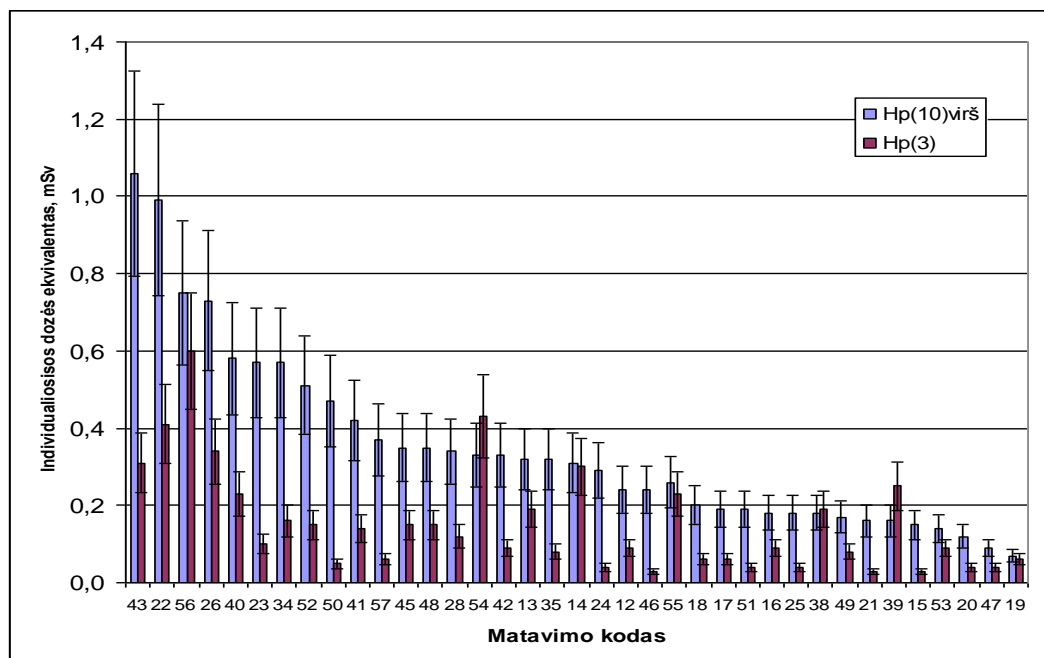
Skirtingų IR procedūrų metu buvo fiksuojamos skirtingos rentgenoskopijos trukmės bei gana dideli akių ir rankų lygiaverčių dozių intervalai (2 lentelė). Vienos IR procedūros metu darbuotojų akių ir rankų gautų lygiaverčių dozių analizei buvo atrinktos tik tos IR procedūros, kurių programos metu buvo atlikta daugiausiai. Ilgiausia rentgenoskopijos trukmė buvo užfiksuota, atliekant plaučių venų izoliavimą (NAVX sistema), šios vienos procedūros metu gautos akių lygiavertės dozės buvo 0,08-0,09 mSv, o rankų – 0,08-0,41 mSv. Didžiausios rankų lygiavertės dozės buvo gautos biventrikulinio elektrokardiostimulatoriaus (BV EKS) implantavimo metu – 0,24-3,10 mSv, o akių – 0,02-0,14 mSv. Mažiausios lygiavertės dozės gautos perkutaninės koronarinės intervencijos metu, nors rentgenoskopijos trukmė šios procedūros metu viena iš ilgiausių. Tai parodo, kad darbuotojų akių ir rankų gaunamos lygiavertės dozės procedūrų metu priklauso nuo daugelio faktorių, ne tik nuo rentgenoskopijos trukmės.

2 lentelė. Apskaičiuotų akių ir rankų lygiaverčių dozių intervalai vienos IR procedūros metu.

IR procedūra	IR procedūrų skaičius	Vidutinė rentgenoskopijos trukmė, sek	Akių lygiavertė dozė, mSv	Rankų lygiavertė dozė, mSv
Koronarografija – širdies kraujagyslių zondavimas (COG)	10	223-514	0-0,09	0,09-0,62
Perkutaninės koronarinės intervencijos - koronarinės arterijos spindžio praplėtimas (PKI)	3	1500-1943	0,04-0,08	0,05-0,33
COG+PKI	45	170-1160	0-0,15	0,04-0,84
Biventrikulinio elektrokardiostimulatoriaus (BV EKS) implantavimas	13	150-1380	0,02-0,14	0,24-3,10
Plaučių venų izoliavimas (NAVX sistema)	2	3498-3624	0,08-0,09	0,08-0,41

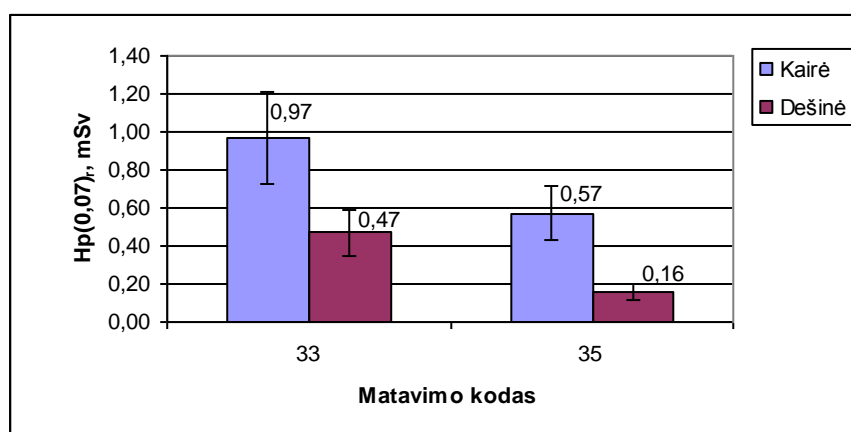
Programos metu gautų rezultatų analizė rodo, kad iš 37 individualiosios dozės ekvivalento matavimo atvejų tik 8 atvejais individualiosios dozės ekvivalentų $H_p(10)_{virš}$ ir $H_p(3)$ vertės neapibrėžčių ribose sutampa (1 pav.). Kitais atvejais vidutiniškai 70 proc.

individualiosios dozės ekvivalentas $H_p(3)$ yra mažesnis už individualiosios dozės ekvivalentą $H_p(10)_{\text{virš}}$. Toks skirtumas gautas, dėl skirtingų dozimetų prisegimo vietų (IR procedūros metu akių dozimetras yra toliau nuo rentgeno vamzdžio, nei viso kūno dozimetras), naudotų ekranų ir dėl termoluminescencinių tablečių fizikinių savybių skirtumo. Tokie rezultatai rodo, kad vertinant akių gaunamas lygiavertės dozės pagal dozimetru, nešiotą virš asmeninių apsaugos priemonių, rezultatus daugeliu atvejų akims užregistruota dozės vertė gali būti žymiai didesnė, nei ji būtų registruojama su specialiu akių apšvitai matuoti skirtu dozimetru.



1 pav. Išmatuotų individualiosios dozės ekvivalentų $H_p(10)_{\text{virš}}$ ir $H_p(3)$ palyginimas.

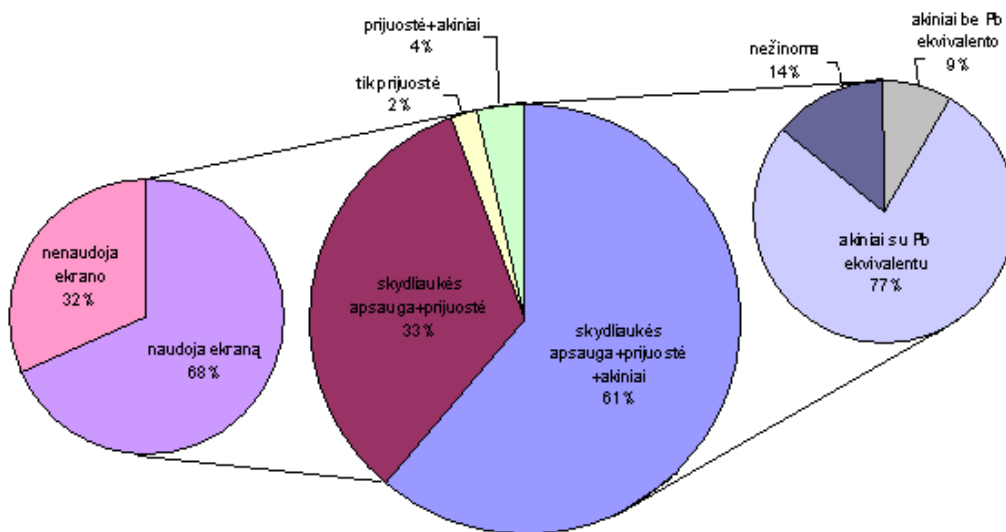
Du IR gydytojai vienos procedūros metu nešiojo po vieną žiedo formos dozimetą ant kairės ir dešinės rankų. Abiem atvejais rentgeno vamzdis buvo iš kairės IR gydytojo pusės. Abiem atvejais kairės rankos dozimetru buvo išmatuotas didesnis individualiosios dozės ekvivalentas nei dešinės rankos dozimetru (2 pav.).



2 pav. Kairės ir dešinės rankų dozimetrais išmatuotų individualiosios dozės ekvivalentų $H_p(0,07)_r$ palyginimas.

IR procedūrų metu medicinos personalas yra veikiamas trijų jonizuojančiosios spinduliuotės pluošto rūšių: pirminės, išsklaidytos ir nuotėkinės spinduliuočių. 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 užuolaidas po operaciniais stalais. Programos metu buvo surinkta informacija apie

IR gydytojų naudojamas apsaugos priemonės IR procedūrų metu (3 pav.). 61 proc. matavimų buvo atliekami, kai IR gydytojai naudojo švinuotas skydliaukės apsaugas, švinuotas prijuostes arba švinuotus sijono ir liemenės komplektus ir akinius. Iš visų registruotų atvejų, kada buvo naudojami akiniai, 77 proc. naudojamų akinių buvo su švino ekvivalentu. Tai yra žymiai didesnis procentas lyginant su užsienio šalimis. Pagal ORAMED 2008-2011 metų projekto apibendrintus duomenis, surinktus 6 Europos sąjungos šalyse, tik apie 30 proc. IR darbuotojų naudoja švinuotus akinius [4].

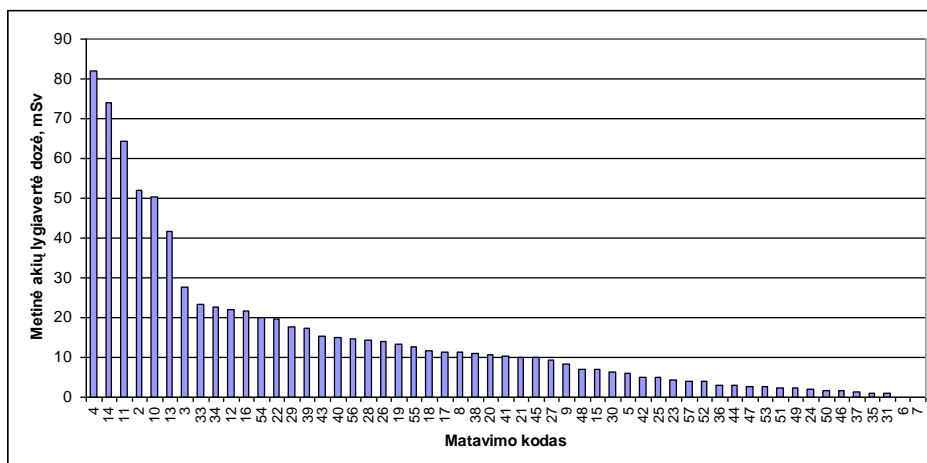


3 pav. Apsaugos priemonės, kurias naudojo IR gydytojai procedūrų metu.

Metinių dozių prognozė

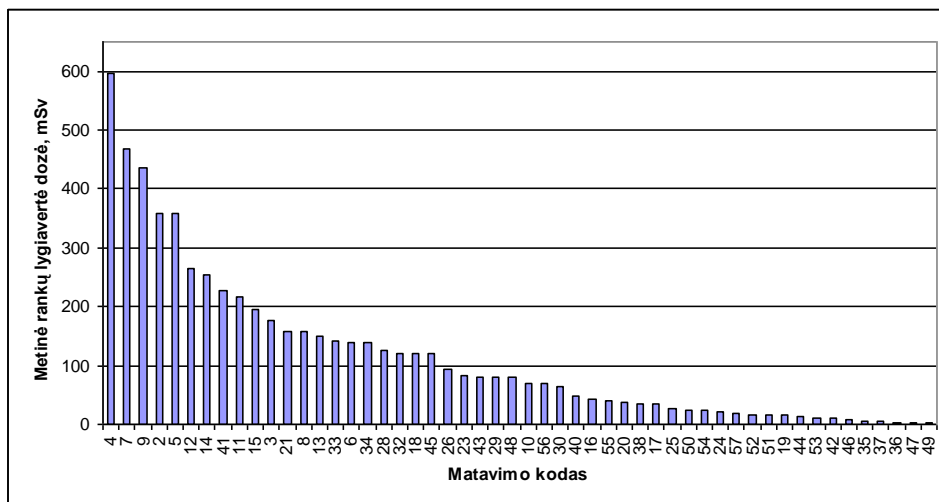
Siekiant apskaičiuoti ir prognozuoti akių ir rankų gaunamas lygiavertės bei efektines metines išorinės apšvitos dozes, iš ASPĮ buvo surinkta informacija apie vidutinę darbo krūvį per mėnesį, t.y. buvo suskaičiuota vidutinė mėnesio rentgenoskopijos trukmė, atliekamų IR procedūrų metu. Atliekant metinių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

Atlikti tyrimų rezultatai ir skaičiavimai rodo, kad iš 55 atvejų net 11 atvejų gali būti viršyta ICRP rekomenduojama lygiavertė dozės riba akių lęšiukams (4 pav.), tačiau daugeliu atvejų IR procedūros metu gydytojai naudoja švinuotus akinius, kurie apsaugo akį nuo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Švinuoti akiniai akis pasiekiančią lygiavertę dozės gali sumažinti nuo 5 iki 10 kartų [13].



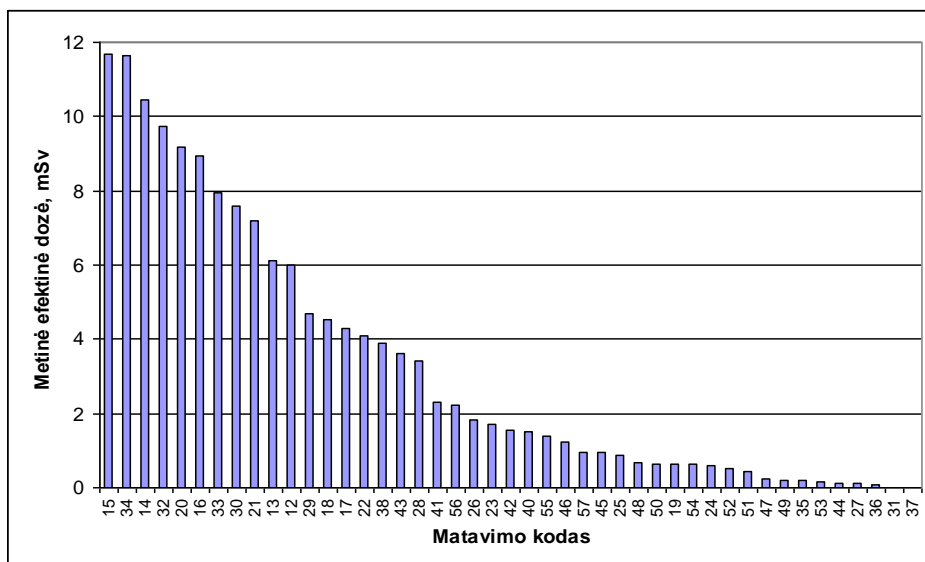
4 pav. Prognozuojama metinė akių gauta lygiavertė dozė.

IR procedūrų metu gydytojų rankos beveik visą laiką būna pirminės spinduliuotės zonoje, todėl akivaizdu, kad jos gauna didžiausias lygiavertes dozes (5 pav.). Rankos yra ta kūno dalis, kuri yra visiškai neapsaugota nuo rentgeno spinduliuotės. Šiuo metu Lietuvos higienos normoje HN 73:2001 [1] nustatyta lygiavertė ribinė dozė odai, galūnėms (plaštakoms ir pėdoms) yra 500 mSv. Prognozuojami rezultatai rodo, kad IR gydytojų rankos gali gauti lygiavertes dozes, didesnes nei nustatyta metinė lygiavertė ribinė dozė. Todėl IR gydytojams turėtų būti atliekama nuolatinė rankų apšvitos stebėseną.



5 pav. Prognozuojama metinė rankų gauta lygiavertė dozė.

Pagal viso kūno dozimetriją, nešiotų „virš“ ir „po“ asmeninėmis apsaugos priemonėmis, išmatuotas vertes buvo apskaičiuota efektinė dozė. Gauta, kad prognozuojama metinė vidutinė efektinė išorinės apšvitos dozė sudaro 16 proc. nustatytos metinės efektinės dozės ribos. Nė vienu atveju negauta, kad metinė efektinė dozė viršytų nustatytą efektinę dozės ribą. Didžiausia prognozuojama metinė efektinė išorinės apšvitos dozė siekė 11,7 mSv (6 pav.)



6 pav. Prognozuojama metinė efektinė išorinės apšvitos dozė.

IŠVADOS

IR gydytojo akys, neatsižvelgus į tai, ar naudojami švino akiniai, vidutiniškai vienos IR procedūros metu gauna 0,07 mSv lygiavertę dozę. Naudojami švino akiniai akis pasiekiančią lygiavertę dozės galią mažiausiai sumažina 5 kartus.

IR gydytojo rankos vienos IR procedūros metu vidutiniškai gauna 0,42 mSv lygiavertę dozę.

Prognozuojamos rankų gaunamos lygiavertės dozės buvo iki 596 mSv per metus. Prognozuojamos akių lygiavertės dozės buvo iki 82 mSv per metus. Naudojant švino akinius didžiausia prognozuojama akių gauta lygiavertė dozė būtų iki 16,4 mSv. Prognozuojama efektinė dozė buvo iki 11,7 mSv per metus. Gauti rezultatai rodo, kad prognozuojama didžiausia metinė efektinė išorinės apšvitos dozė sudaro 58 proc. nustatytos metinės efektinės ribinės dozės.

Prognozuojami rezultatai rodo, kad intervencinės radiologijos gydytojų akys ir rankos gali gauti lygiavertes dozes didesnes nei nustatytos ar ICRP rekomenduojamos metinės lygiavertės ribinės dozės.

REKOMENDACIJOS

Rekomenduojama visiems IR gydytojams, atliekant IR procedūras, naudoti apsauginius akinius su švino ekvivalentu. IR gydytojams, nenaudojantiems švino akinių, rekomenduojama akių gaunamos apšvitos dozių stebėseną atlikti naudojant specialius dozimetrus, skirtus akių apšvitos dozėms matuoti.

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. 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.
4. F. Vanhavere, E. Carinou, G. Gualdrini, ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff, EURADOS Report 2012-02
5. N. Theocharopoulos et. al. Occupational exposure in the electrophysiology laboratory: quantifying and minimizing radiation burden, *The British Journal of Radiology*, 79 (2006), 644–651
6. 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
7. 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
8. 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
9. E. W. Webster, “EDE for Exposure with Protective Aprons,” *Health Phys.*56:568-569, 1989.
10. <http://radiologija.lt/Radiologija/Intervencine-radiologija>.
11. http://www.vilniaustlk.lt/failai/gyventojams/doc/kainos/brang_tyrimai.pdf.
12. <http://www.kardiolita.lt/intervencine-radiologija>.
13. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/radiation-cataract/Radiation-and_cataract.htm.