



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS**

Aneta Bogdanovič

**INTERVENCINĖJE RADIOLOGIJOJE NAUDOJAMOS AKIŲ
APSAUGOS VERTINIMAS RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Dr. Rima Ladygienė

Konsultantas
Prof. dr. Diana Adlienė

KAUNAS, 2016



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS**

**INTERVENCINĖJE RADIOLOGIJOJE NAUDOJAMOS AKIŲ
APSAUGOS VERTINIMAS RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU**

Baigiamasis magistro projektas
Studijų programa: 621B92002 Medicinos fizika

Vadovas

Dr. Rima Ladygienė
2016-06-06

Konsultantas

Prof. dr. Diana Adlienė
2016-06-06

Recenzentas

Dr. Jurgita Laurikaitienė
2016-06-06

Projektą atliko

Aneta Bogdanovič
2016-06-06

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas

(Fakultetas)

Aneta Bogdanovič

(Studento vardas, pavardė)

Medicinos fizika 621B92002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Intervencinėje radiologijoje naudojamos akių apsaugos vertinimas radiacinės saugos požiūriu“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Anetos Bogdanovič** baigiamasis projektas tema „**Intervencinėje radiologijoje naudojamos akių apsaugos vertinimas radiacinės saugos požiūriu**“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjusi.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

| | |
|--|----|
| SANTRAUKA LIETUVIŲ IR ANGLŲ KALBOMIS..... | 9 |
| SANTRUMPOS..... | 11 |
| 1. ĮŽANGA..... | 12 |
| 2. LITERATŪROS APŽVALGA..... | 14 |
| 2.1. Pagrindiniai radiacinės saugos principai ir tikslai..... | 14 |
| 2.2. Neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis..... | 14 |
| Neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis akies lęšiukui, katarakta..... | 15 |
| Lęšiuko jautrumas jonizuojančiajai spinduliuotei..... | 16 |
| 2.3. Lietuvos medicinos srities darbuotojų, dirbančių su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, 2014 metų metinių individualiųjų dozių analizė..... | 17 |
| 2.4. Išskylantys sunkumai vertinant akies lęšiuko apšvitą..... | 19 |
| 2.5. Parametrai įtakoiantys akių apsaugą..... | 20 |
| 2.6. Akies lęšiuko apšvitos silpninimo koeficiento nustatymas, panaudojant Monte Carlo skaičiavimo modelį..... | 21 |
| 2.7. Apsauginių akinių parinkimas..... | 22 |
| 2.8. EURADOS tarptautinis (ORAMED) projektas..... | 23 |
| 2.9. Akių apsauginių švinuotų priemonių, naudojamų Lietuvos ASPI, apžvalga..... | 23 |
| Veido (akių) švinuotas skydelis, naudojamas Lietuvos ASPI..... | 24 |
| Švinuoti apsauginiai akiniai, naudojami Lietuvos ASPI..... | 24 |
| 3. MEDŽIAGOS IR TYRIMŲ METODAI..... | 26 |
| 3.1. Eksperimentinė įranga..... | 26 |
| 3.2. Matavimo metodika..... | 28 |
| 4. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS..... | 30 |
| 4.1. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtį darbo metu..... | 31 |
| 4.2. Apsaugos koeficiento kitimas, kairė ir dešinė akis..... | 32 |
| 4.3. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į tarpą tarp švinuotų apsauginių akinių ir veido. 33 | 33 |
| 4.4. Nustatytų apsaugos koeficiento verčių palyginimas su literatūroje pateiktomis vertėmis 33 | 33 |
| 5. IŠVADOS..... | 35 |
| LITERATŪROS SĄRAŠAS..... | 36 |

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

| | |
|---|----|
| 2.2.1 pav. Normalus regėjimas ir kataraktos paveiktas regėjimas | 16 |
| 2.2.2 pav. Lęšiuko dalys, kurios potencialiai gali būti paveiktos kataraktos | 16 |
| 2.2.3 pav. Kataraktos pasireiškimas (procentais) po tam tikro laiko tarpo, dviem skirtingoms amžiaus grupėms (jaunimas bei suaugę) | 17 |
| 2.3.1 pav. Atskirų profesijų grupių vidutinės metinės bendrosios efektinės dozės 2012–2014 m. | 18 |
| 2.3.2 pav. Kaklo srityje viso kūno dozimetrais išmatuotų intervencinės radiologijos ir kardiologijos gydytojų akių apšvitos dozių vertinimo rezultatai | 19 |
| 2.6.1 pav. Švinuotos apsauginės priemonės: a) apsauginiai švinuoti „apgaubiantys“ veidą akiniai; b) mobilus švinuotas ekranas. | 22 |
| 2.9.1 pav. Akių apsauginių švinuotų priemonių naudojamų Lietuvos ASPĮ švino ekvivalento verčių procentinis pasiskirstymas..... | 24 |
| 2.9.2 pav. Veido (akių) švinuotas skydelis, naudojamas Lietuvos ASPĮ | 24 |
| 2.9.3 pav. Švinuotų apsauginių akinių naudojamų Lietuvos ASPĮ atliekant intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūras lęšio plotas | 25 |
| 2.9.4 pav. Naudojamų ASPĮ apsauginių akinių modelių pavyzdžiai | 25 |
| 3.1.1 pav. Kilnojamas C – lanko medicinos rentgeno diagnostinis aparatas „Siremobil“ | 27 |
| 3.1.2 pav. Švinuoti apsauginiai akiniai su šonine švinuota apsauga, kurie buvo naudoti atliekant matavimus | 27 |
| 3.1.3 pav. Paciento kūno fantomas, atitinkantis standartinio svorio pacientą, kurio svoris 70 ± 10 kg | 27 |
| 3.2.1 pav. Akinių centras – intervencinės radiologijos specialisto fantomo atskaitos taškas | 28 |
| 3.2.2 pav. Generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinė ašis, esanti ties rentgeno vamzdžio išėjimu | 29 |
| 3.2.3 pav. Apsaugos koeficiento praktinio įvertinimo atvaizdavimas, tris darbo su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu galimos situacijos | 29 |
| 3.2.4 pav. d – oro tarpas tarp veido ir apsauginių akinių | 29 |
| 3.2.5 pav. TLD tablečių tvirtinimas kairei ir dešiniai akiai | 30 |
| 4.1.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas atsižvelgiant į galvos padėtį darbo metu su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu | 32 |
| 4.2.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas, kairė ir dešinė akis | 33 |
| 4.3.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į tarpą tarp švinuotų apsauginių akinių ir veido | 33 |

4.4.1 pav. Nustatyto apsaugos koeficiento vertės kairei akiai palyginimas su EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatytais apsaugos koeficiento vertėmis kairei akiai 34

LENTELIŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 2.4.1 lentelė. Nustatytas apšvitos dydis akies lęšiukui, vienos procedūros metu, kai nebuvo naudotos švinuotos apsaugos priemonės (mSv/procedūrą) | 20 |
| 2.7.1 lentelė. Išmatuotos akių apšvitos dozės bei nustatyti apsaugos koeficientai | 22 |
| 2.8.1 lentelė. Iširtas lęšiuko gaunamos apšvitos silpninimo koeficientas, su keturiais skirtingais švinuotų akinių modeliais | 23 |
| 4.1 lentelė. Nustatytos vidutinės apsaugos koeficiento vertės švinuotiems apsauginėms akiniams su šonine švinuota apsauga | 31 |
| 4.4.1 lentelė. Nustatytos vidutinės apsaugos koeficiento vertės palyginimas su EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatytais apsaugos koeficiento vertėmis | 34 |

PRIEDŲ SĄRAŠAS

| | |
|------------------------|-----------|
| 1 priedas | 39 |
|------------------------|-----------|

SANTRAUKA LIETUVIŲ IR ANGLŲ KALBOMIS

Bogdanovič, Aneta. Baigiamojo projekto pavadinimas. INTERVENCINĖJE RADIOLOGIJOJE NAUDOJAMOS AKIŲ APSAUGOS VERTINIMAS RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Dr. Rima Ladygienė; konsultantas Prof. dr. Diana Adlienė. Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Medicina ir sveikata, Biomedicinos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: apsaugos koeficientas, apsauginiai švinuoti akiniai, intervencinė radiologija, katarakta, metinė lygiavertė dozė akies lęšiukui.

Kaunas, 2016. 39 p.

SANTRAUKA

Intervencinės radiologijos darbuotojų ribinės dozės akies lęšiukui potencialiai gali būti viršytos, tai gali padidinti riziką išsivystyti kataraktai. Atlikto tyrimo metu buvo įvertinamas švinuotų apsauginių akinių su šonine švinuota apsauga apsaugos koeficientas, vertinama kaip efektyviai šie apsauginiai akiniai silpnina jonizuojančiąją spinduliuotę. Nustatant apšvitos dozės dydį naudota TLD metodika, tyrimo metu atsižvelgta į intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtį darbo metu bei oro tarpą tarp akinių ir veido. Nustatyta, kad didžiausią įtaką apsaugos koeficiento vertei daro jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio bei intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtis darbo metu. Kai intervencinės radiologijos specialisto galva buvo nukreipta į generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinę ašį, esančią ties rentgeno vamzdžio išėjimu, nustatytas apsaugos koeficientas kito nuo 2,8 iki 3,3. Pasukus intervencinės radiologijos specialisto galvą 45 laipsnių kampą, apsaugos koeficientas sumažėjo iki 1,2 – 2,0. Prie 90 laipsnių kampo apsauginiai akiniai visiškai neatliko savo paskirties, nustatytas apsaugos koeficientas siekė tik 0,7 – 1,1. Apsaugos koeficiento mažėjimą nulėmė mažas apsauginių akinių priekinių bei šoninių lęšių plotas, sklaida po apsaugine švinuota priemone.

Bogdanovič, Aneta. Master's thesis in EVALUATION OF PROTECTIVE EYEWEAR IN INTERVENTIONAL RADIOLOGY FROM THE RADIATION PROTECTION POINT OF VIEW supervisor Dr. Rima Ladygienė; consultant Prof. dr. Diana Adlienė. The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Medicine and Health, Biomedical Sciences.

Key words: Eyewear Protection Factor, protective eyewear, interventional radiology, cataract, occupational dose limit for the lens of the eye.

Kaunas, 2016. 39 p.

SUMMARY

Doses to the eyes of interventional radiology staff can exceed the occupational dose limit and potentially cause radiation – induced cataracts. A protective eyewear model with side shield was evaluated to determine the effectiveness level of protection from scattered radiation, Eyewear Protection Factor (EPF). A series of dose measurement has been performed using TLD method, taking into account operator head orientation during procedures and eyewear fit. EPF was strongly influenced by the position of a radiation source and operator head orientation. It was shown that EPF for the front beam incidence vary from 2,8 to 3,3, while in the case of 45⁰ beam incidence to the operator head factor values vary from 1,2 to 2,0 as well as for 90⁰ incidence from 0,7 to 1,1. The decrease of radiation protection effectiveness is explained by a small size of side shield and possible backscattering radiation from the head itself.

SANTRUMPOS

ASPI – Asmens sveikatos priežiūros įstaiga;

ICRP – Tarptautinė radiologinės saugos komisija;

TATENA (IAEA) – Tarptautinė atominės energijos agentūra;

TLD – termoluminescencinis dozimetras.

1. IŽANGA

Per pastaruosius dešimtmečius pastebėtas medicinos srities darbuotojų gaunamų apšvitos dozių padidėjimas, kuris asocijuojamas su visame pasaulyje atitinkamų ligų sergamumo dažnio bei darbo krūvio padidėjimu, taip pat minimas jonizuojančiosios spinduliuotės ir jos šaltinių panaudojimo diagnostikai ir gydymui padidėjimas. Pastaruoju metu ypatingas dėmesys skiriamas lęšiuko apšvitai, jo gaunamoms dozėms, šių dozių poveikio analizei. Jonizuojančioji spinduliuotė neigiamai veikia akies lęšiuką. Dažniausiai šis poveikis siejamas su užpakalinės lęšiuko dalies (kapsulės) drumstumu, kurio galutinis rezultatas – kataraktos išsivystymas.

Tiriant kataraktos išsivystymo riziką mažų jonizuojančiosios spinduliuotės dozių, buvo analizuojamos JAV radiologijos technologų profesinės akies lęšiuko apšvitos dozės, technologų amžius svyravo nuo 24 iki 44 metų. Gautos apšvitos dozės buvo vertinamos 20 metų periodu (1983-2004 m.). Tyrimo periodu užregistruoti 2382 kataraktos išsivystymo ir 647 ankstyvos stadijos lęšiuko pažeidimo atvejai. Nustatyta kataraktos išsivystymo rizika darbuotojams gavusiems didžiausią (60 mGy) ir mažiausią (5 mGy) akies lęšiuko apšvitą. Įvertinus gautus duomenis paaiškėjo, kad gavus mažą apšvitos dozę, kataraktos pasireiškimo tikimybė nemažėja, tačiau didesnė yra kataraktos išsivystymo rizika po tam tikro laikotarpio. Nustatyta, kad kataraktos išsivystymo tikimybė didėja augant apšvitos dozei, o atitinkamos slenkstinės dozės nestebimos. Šio tyrimo rezultatai prieštarauja iki to laiko ICRP plėtotai nuomonei, kad katarakta pasireiškia apšvitinus 2 Gy slenkstine jonizuojančiosios spinduliuotės doze [2, 10].

Atlikus surinktų duomenų, tiriant atominės bombos poveikį patyrusius gyventojus, analizę, buvo nustatytas kataraktos išsivystymo atvejų skaičiaus padidėjimas gavus mažesnes kaip 1 Gy apšvitos dozes. Įvertinus tyrimo rezultatus, pastebėtas 32 proc. kataraktos išsivystymo atvejų perteklius (linijinis dozės atsakas). Taikant nelinejinį dozės atsaką duomenys tapo statistiškai nereikšmingais. Tiksliausiai įvertinta 0,5 Gy (95 % pasiklivimo intervalas) apšvitos dozės riba, nuo kurios didėja kataraktos išsivystymo atėityje tikimybė. Esant didesnei apšvitos dozei nei 0,5 Gy, kataraktos išsivystymo rizika tampa aiškesnė, bet esant mažesnėms nei 0,2 Gy dozėms, rizika yra vis dar neištyrinėta ir neaiški [18].

Neseniai ICRP išnagrinėjo rezultatus, gautus tiriant branduolinius sprogdinimus patyrusius žmones, Černobylio atominės elektrinės avarijos aukų ūminės apšvitos atvejus, pacientų po diagnostikos ar gydymo procedūrų, kurių metu buvo naudota jonizuojančioji spinduliuotė, apšvitos dozės bei medicinos darbuotojų (intervencinės radiologijos, kardiologijos gydytojų ar atskirų profesijų gydytojų ir kt.) arba kitų darbuotojų, dirbančių su jonizuojančios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, apšvitos dozės. Įvertinus gautus duomenis paaiškėjo, kad apšvita mažomis dozėmis, nesumažina kataraktos pasireiškimo tikimybės, tačiau akies lęšiuko pažaidos

pasireiškia po tam tikro laiko tarpo. ICRP apžvelgė neseniai atliktų epidemiologinių tyrimų rezultatus, kurių metu nustatyta 0,5 Gy slenkstinė dozė akies lęšiuko pažeidimams išsivystyti. Prieš šiuos tyrimus buvo manyta, kad lęšiuko pažeidimai pasireiškia apšvitinus 2 Gy dozės jonizuojančiąja spinduliuote. Remdamasi šiais duomenimis, ICRP rekomendavo sumažinti apšitos dozės ribą nuo 5 Gy iki 0,5 Gy [10].

Intervencinės radiologijos, kardiologijos, atskirų profesijų gydytojai ir kiti medicinos srities darbuotojai, dirbantys su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, gali potencialiai gauti padidintą lęšiuko apšvitą, kuri gali būti kataraktos atsiradimo priežastimi. Šių tyrimų rezultatai sąlygojo ICRP rekomendacijų paskelbimą, dėl lygiavertės dozės ribos sumažinimo nuo 5 Gy iki 0,5 Gy. Vadovaujantis šiomis rekomendacijomis 2013 m. gruodžio 5 d. buvo patvirtinta Europos Tarybos direktyva 2013/59/Euratom, kurioje nustatytos naujos ribinės dozės akies lęšiukui. Nauji reikalavimai perkelti ir į TATENA bei dar penkių tarptautinių organizacijų saugumo standartus, kurie buvo išleisti 2014 m. liepos 19 d. Naujos ribinės dozės akies lęšiukui patvirtintos Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2014 m. rugsėjo 10 d. įsakymu Nr. V-951 „Dėl Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymo Nr. 663 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ patvirtinimo“ pakeitimo“. Darbuotojams ir studentams dirbantiems su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais Lietuvoje naujos ribinės dozės akies lęšiukui įsigaliojo nuo 2015 m. gegužės 1 d. Darbuotojų lygiavertė dozė akies lęšiukui sumažinta nuo 150 mSv iki 20 mSv per metus, 18 metų amžiaus ir vyresniems praktikantams ar studentams, kurie mokymosi metu turi dirbti su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais profesinio pasirengimo metu, lygiavertė dozė akies lęšiukui sumažinta nuo 50 mSv iki 15 mSv per metus, gyventojams lygiavertė dozė akies lęšiukui nepasikeitė, liko 15 mSv per metus [7, 14].

Remiantis aukščiau paminėtais faktais, šio **darbo tikslas** – apsauginių švinuotų akinių apsaugos koeficiento praktinis įvertinimas, keičiant galvos padėtį bei atsižvelgiant į oro tarpą tarp veido ir apsauginių švinuotų akinių.

Darbo tikslui įgyvendinti keliami tokie uždaviniai:

1. Atlikti apšvitos dozės matavimus, atsižvelgiant į intervencinės radiologijos specialisto galimas padėtis darbo metu bei oro tarpą tarp veido ir apsaugos priemonės, apskaičiuoti švinuotų apsauginių akinių apsaugos koeficientą atitinkamais atvejais.

2. Išanalizuoti gautus rezultatus, nustatyti tendencijas, gautus rezultatus palyginti su aprašytais literatūroje panašių tyrimų rezultatais.

3. Parengti išvadas ir rekomendacijas dėl apsauginių švinuotų akinių pasirinkimo.

Baigiamasis magistro darbas parengtas 2015 – 2016 metais Radiacinės saugos centre.

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Pagrindiniai radiacinės saugos principai ir tikslai

Pagrindinė radiacinės saugos užduotis – atsižvelgiant į socialinius ir ekonominius veiksnius, išvengti nulemtųjų jonizuojančiosios spinduliuotės efektų ir iki visuomenei priimtino lygio sumažinti atsitiktinių efektų skaičių, užtikrinant jų atsiradimą ribojančias priemones. Remiantis nuostata, bet kuri veikla su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais leidžiama bei vykdoma vadovaujantis pagrindiniais radiacinės saugos principais: jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinių naudojimo pagrįstumo, veiklos su šaltiniu optimizavimo, apšvitos ribojimo [1, 17].

Praktinė veikla ar apsaugomoji veikla turi būti pagrįsta. Vienas iš pagrindinių radiacinės saugos principų yra pagrįstumas, veikla, kurios metu naudojami dirbtinės ar gamtinės kilmės jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai, turi duoti daugiau naudos nei padaryti žalos. Šios veiklos žala gali būti: neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis sveikatai, visuomenės nepalankus požiūris ar žmonių nesaugumo pojūtis [1, 17].

Kitas radiacinės saugos principas – optimizavimas. Optimizavimo principas – dėl praktinės veiklos žmonių gaunamos apšvitos dozės, apšvitos veikiamų žmonių skaičius bei tikimybės, kad žmonės gaus papildomą apšvitą, turi būti tokios mažos, kokias tik įmanoma pasiekti, atsižvelgiant į socialinį ir ekonominį aspektą. Optimizuojant radiacinę saugą naudojami apribotosios dozės parametrai, kurių negalima viršyti. Nustatant jos dydį atsižvelgiama, kokie apšvitos šaltiniai veikia žmogų, šaltinių skaičius bei kokia jų įtaka yra bendrai apšvitos dozei. Optimizuoti gaunamos apšvitos dydį galima, paskirstant ir planuojant darbus, vykdant darbuotojų apmokymą, parenkant tinkamas patalpas, kuriose dirbama su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais, ar jų aplinkoje projektavimą, laiko praleisto jonizuojančiosios spinduliuotės veikimo zonoje trumpinimą bei mažinant dozės galios dydį [1,17].

Trečiasis radiacinės saugos principas yra apšvitos dozių ribojimas, darbuotojų ir gyventojų apšvitos dozių ribojimas. Metinė efektinė dozė – parametras naudojamas dozėms riboti, atsižvelgiant į išorinę bei vidinę apšvitą [1,17].

Taigi, pagrindiniais radiacinės saugos principais siekiama apsaugoti žmones nuo nepagrįsto kenksmingo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio, gaunant kuo didesnę naudą, esant kuo mažesnei galimos žalos tikimybei [1,17].

2.2. Neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis

Jonizuojančioji spinduliuotė, sąveikaudama su medžiaga, perduoda savo energiją medžiagos atomams. Įvyksta atomų sužadavimo ir jonizacijos procesai. Jonizuojančioji spinduliuotė sukelia pokyčius molekulėse, keičia sąveiką tarp molekulių bei tuo pažeidžia ląsteles. Jonizuojančioji spinduliuotė gali būti fotoninė (gama, rentgeno ir kt.) bei dalelių (alfa, protonai, sunkieji jonai ir

kt.). Jonizuojančiosios spinduliuotės biologinis poveikis gali būti tiesioginis ir netiesioginis. Netiesioginis biologinis jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis – jonizuojamos organizme esančios vandens molekulės, susidaro laisvieji radikalai, kurie sukelia molekulių struktūros ir cheminius pokyčius. Tiesioginio jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio atveju ląstelė jonizuojama ir pažeidžiama. Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio dydis priklauso nuo apšvitos dozės dydžio bei pasiskirstymo organizme [1, 15, 17].

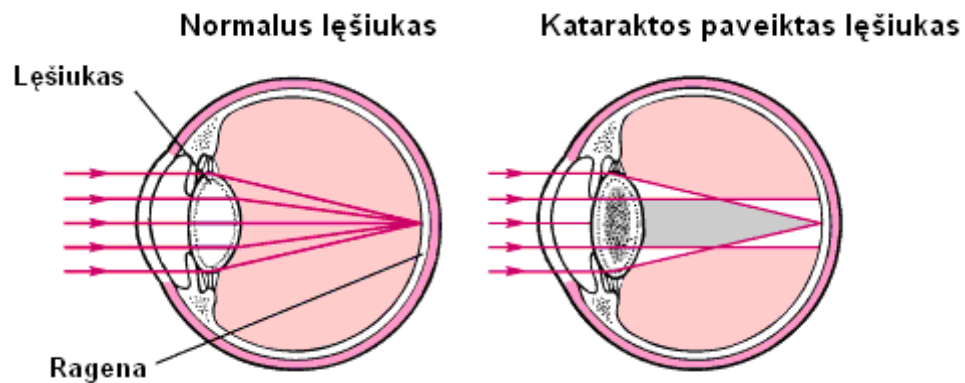
Neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis skirstomas į nulemtuosius bei atsitiktinius reiškinius. Nulemtieji (deterministiniai) reiškiniai pasireiškia gavus dideles dozes, nuo dozės dydžio priklauso poveikis sveikatai. Patyrus didelę apšvitą, ląstelės žūva arba yra pažeidžiamos. Žuvusios ląstelės neatsistato, pažeistos gali atsistatyti, jei pažeista ląstelė nesugeba tinkamai atsistatyti, iškyla ląstelės išsigimimo pavojus. Nedidelės apšvitos dozės potencialiai gali sukelti atsitiktinius (stochastinius) reiškinius, kaip vėžiniai ar genetiniai susirgimai, nuo dozės dydžio priklauso pasekmių pasireiškimo tikimybė [1, 15, 17].

Neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis akies lęšiukui, katarakta

Katarakta – akies dalies, vadinamos lęšiu, aptemimas, lęšiu drumstėjimas. Gali sukelti regėjimo problemų, įvardinama kaip viena iš pagrindinių grįžtamo aklumo priežasčių. Vystantis kataraktai akies lęšius pamažu netenka skaidrumo, o rega tampa neryški. Ligai progresuojant lęšius susidrumščia visai, žmogus pradeda skirti tik šviesą ir tamsą, vėliau gali prasidėti visiškas aklumas. Efektyviausias kataraktos gydymas – specialios operacijos [16, 27, 28].

Įvardijamos įvairios kataraktos priežastys, pavyzdžiui, senatvė. Katarakta taip pat gali būti įgimta, sukelta sisteminių ligų, akies traumos, žaibo ar elektros iškvos bei tokių veiksnių, kaip rūkymas, alkoholio vartojimas, tiesioginiai saulės spinduliai bei prasta mityba. Dar vienas kataraktą sukeliantis veiksnys – neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis [16, 27, 28].

Lęšius susideda iš vandens ir baltymų. Yra nustatyti įvairūs kataraktos rizikos veiksniai, tačiau kataraktos raida nėra visiškai aiški. Naujausiuose straipsniuose apibūdinamas kataraktos priežastinis mechanizmas yra vandenyje tirpių lęšiu baltymų oksidacinis pažeidimas. Vystantis kataraktai, vyksta baltymų konglomeracija, susidaro stambūs didelės molekulinės masės baltymai, struktūriškai pakinta lęšiu baltymai. Šių junginių susidarymas sukelia lęšiu refrakcinio indekso lūžio rodiklio ir skaidrumo pakitimus, kas daro įtaką optinių bangų registracijai. Pradinėje vystymosi stadijoje katarakta gali nesukelti problemų, tačiau laikui bėgant ji gali plėstis ir apimti vis didesnę lęšiu dalį. Tuomet gali pasireikšti tokie ligos simptomai, kaip: vaizdo galimybė skirti tik šviesa nuo tamsos, ryški šviesa akina, vaizdas dvejinasi ir kt. Katarakta – įvardinama kaip viena iš pagrindinių aklumo priežasčių [16, 27, 28].



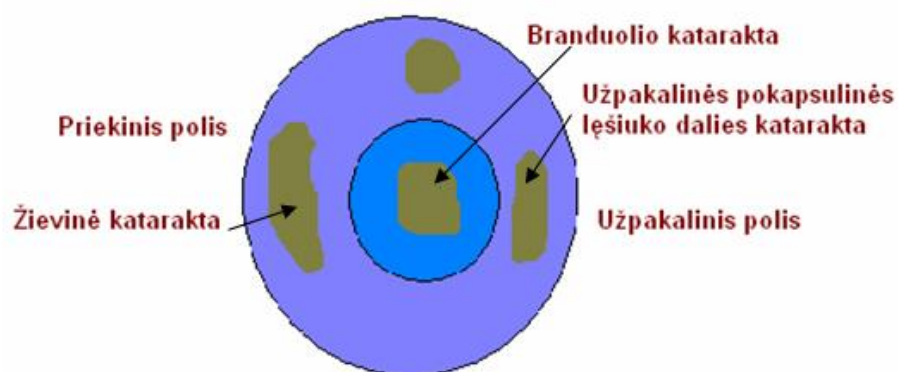
2.2.1 pav. Normalus regėjimas ir kataraktos paveiktas regėjimas [33]

Dažniausiai minimi kataraktos tipai:

- Branduolio katarakta sukelia laipsnišką regėjimo pablogėjimą, sudaro maždaug 70 proc. visų kataraktos atvejų. Atsiranda esant perdėtai branduolio sklerozei ir gelta, jos rezultatas – iškilosios centrinės lęšiuoko dalies nepermatumas bei rudumas.

- Žievinė katarakta – atsiranda įvykus joniniams struktūros pokyčiams lęšiuoko dangoje ir sutrikimams skaidulos aprūpinimo vandeniu, sudaro maždaug 25 proc. kataraktos atvejų. Gali sukelti simptomus, susijusius su blogu matymu: matomi žiedai aplink daiktus, dvigubinasi daikto atvaizdas vienoje akyje.

- Užpakalinės pokapsulinės lęšiuoko dalies katarakta – granuliniis ir pluoštelių drumstėjimas užpakalinėje lęšiuoko dalyje, sudaro apie 5 proc. visų kataraktos atvejų. Užpakaliniai pokapsuliniai lęšiuoko patamsėjimai gali pabloginti regėjimą, sukelti jautrumą ryškiai šviesai. Progresuojant drumstėjimui, rūkas akyse vis didėja. Lęšiuokui visai susidrumstus, regėjimas prarandamas [16, 27, 28].



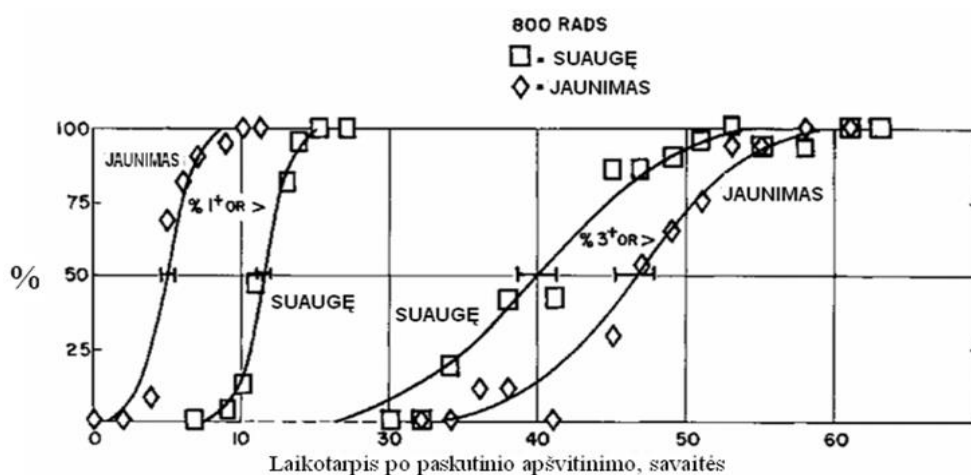
2.2.2 pav. Lęšiuoko dalys, kurios potencialiai gali būti paveiktos kataraktos

Lęšiuoko jautrumas jonizuojančiajai spinduliutei

Ląstelių jautrumas jonizuojančiajai spinduliutei yra nevienodas. J. Bergonie ir L. Tribondeau dėsnis teigia, kad jautrumas jonizuojančiosios spinduliutės poveikiui didėja, didėjant

ląstelių dalijimosi greičiui bei mažėja, didėjant diferenciacijos laipsniui, t.y. kuo ląstelės labiau specializuotos tam tikroms funkcijoms atlikti, tuo mažiau jos jautrios. Greitai augančios ląstelės yra žymiai jautresnės, nei esančios ramybės būsenoje. Pavojingiausi yra ląstelių dalijimąsi sutrikdantys pažeidimai, kadangi sutrinka gyvybiškai svarbūs procesai (diferenciacija, regeneracija ir kt.). Akies lęšiukas – vienas iš jautriausių jonizuojančiajai spinduliutei organų [15].

Daugelis eksperimentų (daugiausia su pelėmis ar triušiais) ir nukentėjusių nuo atominių ginklų sprogdinimų žmonių tyrimai parodė, kad organizmo jautrumas jonizuojančiajai spinduliutei priklauso nuo jo vystymosi stadijos. Tiriant lęšiuko jautrumo priklausomybę nuo žmogaus amžiaus buvo patvirtinta hipotezė, kad kataraktos vystymosi sparta bei kataraktos pažeidimų atsiradimo dažnis priklauso nuo lęšiuko amžiaus. Nustatyta, kuo jaunesnis eksperimento dalyvis, tuo lęšiukas jautresnis, t.y. jaunų žmonių rega prastėja greičiau [1, 9].



2.2.3 pav. Kataraktos pasireiškimas (procentais) po tam tikro laiko tarpo, dviem skirtingoms amžiaus grupėms (jaunimas bei suaugę) [9]

2.3. Lietuvos medicinos srities darbuotojų, dirbančių su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, 2014 metų metinių individualiųjų dozių analizė

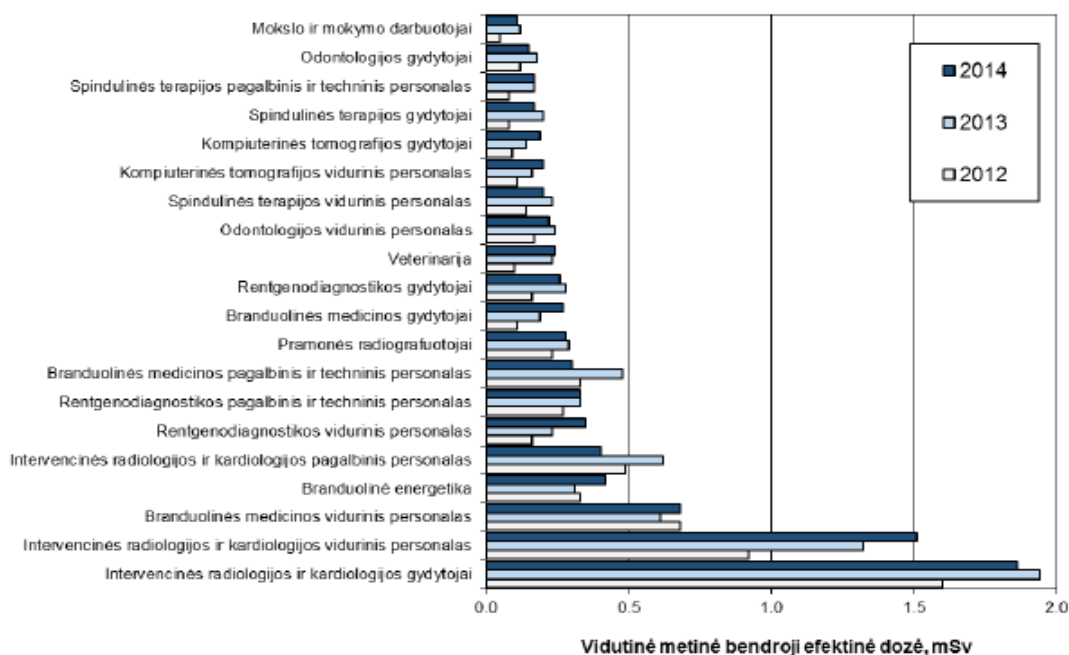
Darbuotojų, dirbančių su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, apšvitos stebėseną yra svarbi radiacinės saugos pobūdžiu. Darbo metu darbuotojų apšvita stebima turint tikslą ne tik nustatyti darbuotojų patiriamos apšvitos dydį, bet ir įvertinti, ar ji neviršija teisės aktuose nustatytų ribinių dozių. Įvertinama, ar radiacinės saugos požiūriu darbo sąlygos yra patenkinamos, nustatomos procedūros, kurių metu gaunamos didžiausios dozės, numatomos priemonės mažinti patiriamą apšvitą [22, 23].

2014 m. nustatyta vidutinė Lietuvos darbuotojų, dirbančių medicinos, branduolinės energetikos, pramonės, mokslo ir mokymo įstaigose, ir gauta dozė buvo 0,38 mSv. Didžiąją dalį darbuotojų, kuriems buvo atlikti apšvitos dozės matavimai, sudarė medicinos įstaigų darbuotojai, jų vidutinė metinė dozė buvo 0,39 mSv. Galime pastebėti, kad didžioji dalis gautų metinių dozių

buvo mažesnės už minimalų registruojamą lygį (1 mSv). Lietuvoje 2014 m. atlikus individualių dozių analizę didžiausios dozės užregistruotos intervencinės radiologijos ir kardiologijos darbuotojams (2.3.1 pav.) [22, 23].

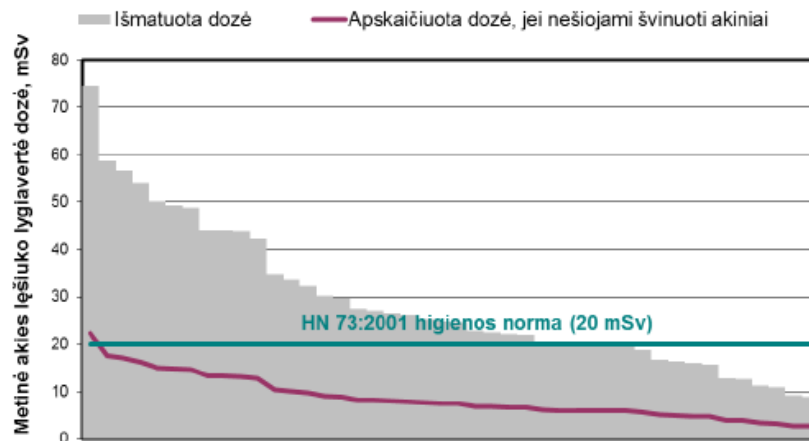
Intervencinė radiologija – viena iš labiausiai besivystančių šiuolaikinės medicininės radiologijos šakų. Šios procedūros metu naudojamais rentgeno prietaisais gaunami vaizdai padeda medicinos srities darbuotojams betarpiškai stebėti atliekamų procedūrų eigą. Tokios procedūros metu darbuotojai yra neapsaugoti nuo išsklaidytos jonizuojančiosios spinduliuotės, todėl jautrios apšvitai akys gali patirti palyginti didelę jonizuojančiosios spinduliuotės dozę [22, 23].

Palyginus 2012 – 2014 metų atskirų veiklos sričių vidutinės metinės dozes, stebima nežymi jų didėjimo tendencija, tai rodo, kad didėja darbuotojų darbo krūviai visose veiklos srityse. Taip pat, dažnai šio kitimo priežastys aiškinamos medicinos įstaigose atliekamų procedūrų skaičiaus padidėjimu, kurių metu naudojama jonizuojančioji spinduliuotė ar ją skleidžiantys šaltiniai bei naujų technologijų taikymo branduolinėje medicinoje atsiradimu [22, 23].



2.3.1 pav. Atskirų profesijų grupių vidutinės metinės bendrosios efektinės dozės 2012–2014 m. [22,23]

Dozimetrų, nešiotų kaklo srityje virš asmeninių apsaugos priemonių ir akių dozimetrų, nešiotų akių lygyje, parodymai naudoti įvertinant darbuotojų akių apšvitos dozes. 2014 m. intervencinės radiologijos gydytojų vidutinė metinė dozė, išmatuota virš asmeninių apsaugos priemonių buvo 10,8 mSv, o didžiausia – 75 mSv (gydytojo intervencinio kardiologo). Intervencinės radiologijos ir kardiologijos gydytojų akių apšvitos dozių vertinimas matuojant viso kūno dozimetrais rezultatai pateikti 2.3.2 pav. [22, 23].



2.3.2 pav. Kaklo srityje viso kūno dozimetrais išmatuotų intervencinės radiologijos ir kardiologijos gydytojų akių apšvitos dozių vertinimo rezultatai [22, 23]

Siekiant tiksliai įvertinti, kokią lygiavertę dozę gavo akių lęšiukas, remtasi konservatyvumo principu bei atsižvelgiant, kad darbuotojai nešioja švinuotus apsauginius akinius, kurie akis pasiekiančią dozės galią sumažina nuo 3,3 iki 7,7 kartų. Atsižvelgus į tai, įvertinta didžiausia gauta akies lęšiuko lygiavertė dozė būtų apie 22 mSv per metus, vidutinė – 3,24 mSv per metus [22, 23].

2014 metais nustatyta akies lęšiuko lygiavertė dozė neviršijo darbuotojų ribinės lygiavertės dozės (150 mSv per metus). Tačiau, nuo 2015 m. gegužės 1 d. įsigaliojo Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2014 m. rugsėjo 10 d. įsakymas Nr. V-951 „Dėl Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymo Nr. 663 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ patvirtinimo“ pakeitimo“, kuriame patvirtinta 20 mSv akies lęšiuko ribinė lygiavertė dozė [14, 22, 23].

Atsižvelgiant į 2014 m. rezultatų analizę atlikta akies lęšiuko lygiavertės dozės prognozė, kuri parodė, kad prognozuojama akių lęšiuko didžiausia gauta metinė lygiavertė dozė būtų apie 15 mSv per metus, vidutinė – 1,8 mSv per metus. Vertinant akių dozimetrais matuotą akių apšvitos vertę, su sąlyga, kad darbuotojai naudojo apsauginius švinuotus akinius, naujai įsigaliojusi 20 mSv ribinė akies lęšiuko dozė neviršyta. Šie dozimetriniai rezultatai, jų analizė bei prognozė įrodė, kad norint neviršyti įsigaliojusios akies lęšiuko ribinės lygiavertės dozės būtina saugoti savo akis nuo nepagrįstos kenksmingos jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio, taisyklingai pagal paskirtį naudoti asmenines švinuotas akių apsaugos priemones [22, 23].

2.4. Išskylantys sunkumai vertinant akies lęšiuko apšvitą

Vertinant gaunamas akies lęšiuko apšvitos dozes ir akies lęšiuko pažaidų išsivystymo riziką, dažnai susiduriama su neatitikimais, susijusiais su nepastoviu individualaus dozimetromis nešiojimu darbo metu, darbuotojui dirbant su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu ar jo aplinkoje. Taip pat profesinę apšvitą patiriantys asmenys dažnai darbo metu nenaudoja švinuotų apsaugos

priemonių ar naudoja jas nepastoviai, netinkamai. Todėl vertinant gaunamą akies lęšiuko lygiavertę dozę išskyla neatitikimų, kurie dažniausiai sietini su minėtomis aplinkybėmis.

Išmatuoti gaunamos apšvitos dydžiai vienos procedūros metu, kai yra naudojami jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai, ar dirbant jonizuojančiosios spinduliuotės aplinkoje, kai apsauginės priemonės nebuvo naudojamos, pateikta 2.4.1 lentelėje [26].

2.4.1 lentelė. Nustatytas apšvitos dydis akies lęšiukui, vienos procedūros metu, kai nebuvo naudotos švinuotos apsaugos priemonės (mSv/procedūrą) [26]

| Procedūra | Apšvitos dydis, mSv |
|--|---------------------|
| Embolizacija | 0,8 |
| Kardiologija | 0,5 |
| Endoskopinė retrogradinė cholangiopankreatografija | 0,5 |
| Tulžies latakų stentas/cholangiostominis drenas | 0,3 |
| Vertebroplastika | 0,1 |
| Galvos smegenų angiografija | 0,02 |

Tokiais atvejais gaunamos apšvitos dozės įvertinimui naudojamos kitos metodikos. Vienas iš būdų pasitelkiant mokslinėje literatūroje publikuotas apšvitos dozes, kai yra aprašytos atitinkamos darbo bei aplinkos sąlygos (pvz.: atitinkami spinduliuotės sklaidos kampai ar naudojamos energijos). Taip pat galima pasinaudoti jau atliktų eksperimentų rezultatais, kai matavimai buvo atlikti tam tikru atstumu, aprašyta matavimo patalpa ir gydytojo (intervencinės radiologijos ar kardiologijos gydytojo) pozicija atitinka tipinį aprašymą bei atkartojamos procedūros esant skirtingiems prietaisų nustatymams. Kitas būdas, pasinaudojant elektroniniu dozimetru, išmatuoti procedūrų metu išsklaidytos jonizuojančiosios spinduliuotės dozės galią. Pasinaudojant tokiais tyrimais galima įvertinti gaunamas akies lęšiuko apšvitos dozes (diagnostikos, spindulinės terapijos ar intervencinės fluoroskopijos metu ir kt.) [26].

Tokios akies lęšiuko gaunamų apšvitos dozių vertinimo metodikos leidžia įvertinti lęšiuko pakitimų išsivystymo riziką, kai individualūs dozimetrai nebuvo nešiojami nuolat.

2.5. Parametrai įtakoiantys akių apsaugą

Siekiant kokybiškai įvertinti, kokią lygiavertę dozę patiria akies lęšiukas, būtina atsižvelgti į darbuotojų švinuotų apsauginių akinių efektyvumą silpninti akis pasiekiančią apšvitą darbo metu. Švinuotų apsauginių akinių efektyvumui nustatyti dažnai skaičiuojamas apsaugos koeficientas. Apsaugos koeficientas nusako santykį tarp išmatuotos apšvitos dozės, nenaudojant apsauginės švinuotos priemonės ir ją naudojant, kuo apskaičiuotas koeficientas didesnis tuo apsauga akims efektyvesnė.

Pastaraisiais metais nemažai tyrimų atlikta tiriant akies lęšiuko gaunamas apšvitos dozes, neigiamą jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, jo mažinimo būdus bei apsauginių priemonių skirtų akių apsaugai koeficiento nustatymui. Akių apsaugos efektyvumą gali lemti daugelis

veiksnių: lęšio forma bei jo plotas, švino ekvivalentas, apsaugos priemonės pritaikymas veido formai, galvos padėtis, darbo su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu ar jos aplinkoje metu, jonizuojančiosios spinduliuotės sklaida ir pan.

Vieno atlikto tyrimo metu buvo vertinta įvairių apsauginių švinuotų akinių apsaugos koeficientas, nustatyta, kad jo vertė gali priklausyti nuo įvairių veiksnių. Nustatyta, šio veiksnio dydžiui didelę įtaką daro radioaktyviojo šaltinio buvimo vieta. Radioaktyviajam šaltiniui esant priešais darbuotoją, kuris dirba su radioaktyviuoju šaltiniu ar jo aplinkoje, didžiausią įtaką apsaugos efektyvumui daro apsauginės priemonės švino ekvivalentas. Šoninės apsaugos plotas buvo svarbus, kai šaltinis buvo lokalizuotas šone darbuotojo atžvilgiu [5, 12].

Gamintojai nepateikia priemonių apraše apsaugos koeficiento verčių įvairiems spindulių sklaidos kampams, o jie ypatingai svarbūs renkantis šias priemones darbui bei vertinant patiriamą akių lęšiuko apšvitą.

2.6. Akies lęšiuko apšvitos silpninimo koeficiento nustatymas, panaudojant Monte Carlo skaičiavimo modelį

Vieno tyrimo metu, panaudojant Monte Carlo skaičiavimo modelį, buvo vertinamas apsaugos priemonių efektyvumas mažinant apšvitos dozę, kurią potencialiai gali gauti akies lęšiukas intervencinės procedūros metu. Akies lęšiuko apšvitos dozės įvertinimas atliktas, atsižvelgus į galimus skirtingus apsauginių akinių modelius, kai lęšio forma, dydis bei švino ekvivalentas kinta. Esant skirtingoms darbo procedūroms su jonizuojančiąja spinduliuote aplinkybėms spindulių sklaidos kampai gali skirtis [13].

Šio modeliavimo rezultatai parodė, kad „apgaubiantys“ veidą akiniai efektyviausiai apsaugo akis, apšvitos dozė sumažinama 74 proc. kairei ir 21 proc. dešinei akiai. Nustatytas pirminis išsklaidytų spindulių šaltinis, tai – oro tarpas tarp akių ir apsaugos priemonės. Mobilūs švinuoti ekranai efektyviausi, kai išdėstyti arti paciento odos ir rentgeno spindulio lauko. Taikant tokias apsaugos priemones Hp(10) vertė sumažinama 47 proc. ties gerkle, 37 proc. – krūtine, 20 proc. – liemeniu ir Hp(3) vertė sumažinama 56 proc. abiem akims. Individualiaisiais termoluminescenciniais dozimetrais matuojami individualiosios dozės ekvivalentai Hp(10), Hp(0,07) ir Hp(3). Hp(10) – naudojamas viso kūno gautai apšvitai įvertinti, Hp(0,07) – galūnių bei odos, Hp(3) – akių lęšiukų [13].



2.6.1 pav. Švinuotos apsauginės priemonės: a) apsauginiai švinuoti „apgaubiantys“ veidą akiniai; b) mobilus švinuotas ekranas [30, 31]

Apžvelgus modeliavimo rezultatus paaiškėjo, kad įtampos vertė, kurios metu generuojami jonizuojantys spinduliai bei švino ekvivalentas mažai įtakoja gaunamą apšvitos dozę. Spindulio projekcija, galvos padėtis, taip pat atstumas tarp detektoriaus ir paciento labiausiai įtakoja akies lęšiuko gaunamos apšvitos dozės dydį [13].

2.7. Apsauginių akinių parinkimas.

Buvo ištirti trys skirtingi apsauginių švinuotų akinių modeliai bei nustatyta, kaip efektyviai jie apsaugo nuo jonizuojančiosios spinduliuotės. Išmatuotos akies lęšiuko lygiavertės apšvitos dozės gaunamos gydytojo intervencinės fluoroskopijos procedūros metu. Nustatytas apsauginių švinuotų akinių apsaugos koeficientas, kiekvienam akinių modeliui, esant trimis skirtingiems spinduliuotės kritimo kampams. Apsaugos koeficientas nusako santykį tarp išmatuotos apšvitos dozės nenaudojant akių apsauginių švinuotų priemonių ir jas naudojant įvertinimui, kuo apskaičiuotas dydis didesnis, tuo akių apsauga yra efektyvesnė [19].

2.7.1 lentelė. Išmatuotos akių apšvitos dozės bei nustatyti apsaugos koeficientai [19]

| Akių apsauginė švinuota priemonė | Švino ekvivalentas, mm | Lęšio plotas, (cm ²) | Vidutinė akių lęšiuko apšvitos dozė, (μSv) | | | Apsaugos koeficientas | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|--|-----|-----|-----------------------|-----|-----|
| | | | 0° | 45° | 90° | 0° | 45° | 90° |
| Nėra | | | 980 | 380 | 350 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Mažo svorio | 0,07 | 50 | 380 | 215 | 135 | 2,6 | 1,8 | 2,6 |
| Sportinė | 0,75 | 16 | 120 | 85 | 245 | 8,2 | 4,5 | 1,4 |
| Klasikinė | 0,75 | 28 | 105 | 75 | 90 | 9,3 | 5,1 | 3,9 |

Nustatyta, kad apšvitos silpninimui didelę įtaką daro jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinio pozicija, šaltiniui esant priešais intervencinės fluoroskopijos gydytoją, švino ekvivalento reikšmė buvo svarbi. Jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniui esant prie gydytojo šono, ypatingą reikšmę apšvitos silpninimui darė šoninės švinuotos apsaugos plotas [19].

2.8. EURADOS tarptautinis (ORAMED) projektas.

EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatyti veiksniai, silpninantys akies lęšiuko gaunamą apšvitos dozę. Tyrimo metu keturi skirtingi apsauginių švinuotų akinių modeliai buvo tirti:

- Mažo ploto lęšio, švino ekvivalentas 0,5 mm Pb;
- Mažo ploto lęšio, švino ekvivalentas 1 mm Pb;
- Didesnio ploto lęšio, švino ekvivalentas 0,5 mm Pb;
- Didesnio ploto lęšio, švino ekvivalentas 1 mm Pb [6].

2.8.1 lentelė. Ištirtas lęšiuko gaunamos apšvitos silpninimo koeficientas, su keturiais skirtingais švinuotų akinių modeliais [6]

| Kairė akis | Santykis su/be apsauginių akinių | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|
| | Priešais | Galva pasukta 20 laipsnio kampu |
| Mažo ploto lęšis (0,5 mm Pb) | 0,30 | 0,28 |
| Didelio ploto lęšis (0,5 mm Pb) | 0,15 | 0,14 |
| Mažo ploto, storas lęšis (1,0 mm Pb) | 0,26 | 0,25 |
| Didelio ploto, storas lęšis (1,0 mm Pb) | 0,14 | 0,13 |

Individualiųjų apsaugos priemonių lęšio švino ekvivalento viršijus reikšmę 0,5 mm Pb, akies lęšiuko apsauga žymiai nedidėja. Didesnis lęšio plotas suteikia geresnę apsaugą bei daro didesnę poveikį akies lęšiuko apšvitos dozės silpninimui [6].

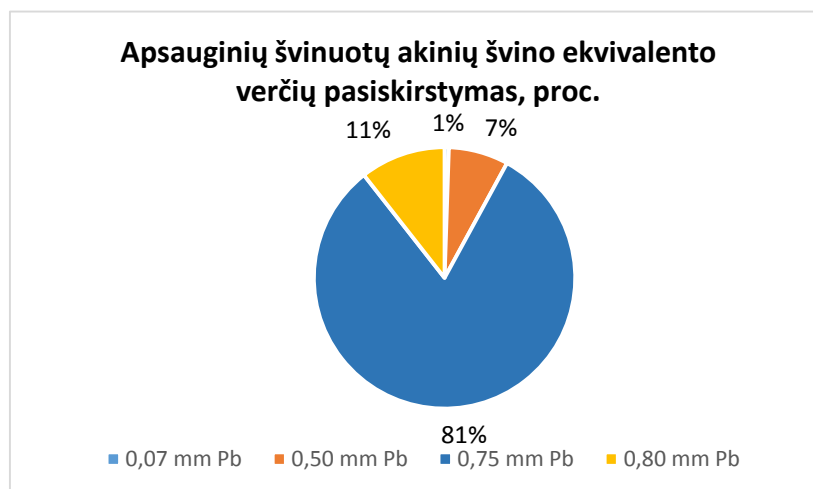
2.9. Akių apsauginių švinuotų priemonių, naudojamų Lietuvos ASPĮ, apžvalga

Siekiant išnagrinėti, akių apsaugines švinuotas priemones, kurios yra naudojamos Lietuvos ASPĮ, buvo sudaryta anketa (žr. 1 priedas). Anketa buvo skirta įstaigoms, kuriose atliekamos intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūros ir jų metu yra naudojamos apsauginės švinuotos priemonės, skirtos apsaugoti darbuotojų akis nuo neigiamo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio.

Anketa išsiųsta 11-ai Lietuvos ASPĮ, kuriose atliekamos intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūros ir jų metu yra naudojamos apsauginės švinuotos priemonės. Iš tų pačių 11 Lietuvos ASPĮ buvo gautos užpildytos anketos, gauti duomenys iš 12 ASPĮ skyrių, kuriose yra naudojamos šios švinuotos priemonės.

Gauta duomenų apie vieną veido (akių) švinuoto apsauginio skydelio modelį bei 25 skirtingus švinuotus apsauginių akinių modelius, kurie yra naudojami įstaigose atliekant intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūras. 13 proc. gautų anketų sudarė duomenys apie ASPĮ naudojamus veido (akių) švinuotus skydelius, o 87 proc. – įvairūs naudojami švinuoti

apsauginiai akiniai. Apsauginių švinuotų akinių švino ekvivalento vertė kito nuo 0,07 mm Pb iki 0,80 mm Pb, dažniausiai pasitaikoma švino ekvivalento vertė – 0,75 mm Pb.



2.9.1 pav. Akių apsauginių švinuotų priemonių, naudojamų Lietuvos ASPI, švino ekvivalento verčių procentinis pasiskirstymas

Veido (akių) švinuotas skydelis, naudojamas Lietuvos ASPI

Anketų analizės apibendrinti duomenys apie Lietuvos ASPI naudojamą akių apsaugos priemonę, veido (akių) švinuoto skydelio modelį, kuris saugo akis intervencinės radiologijos ir kardiologijos procedūrų metu. Skydelio švino ekvivalentas tik 0,10 mm Pb, todėl gaunamos akių apšvitos silpninimas mažesnis, nei daugelių atvejų naudojamų apsauginių akinių. Kitas šios priemonės trūkumas, tai jos svoris, kuris siekia net 505 g. Didelis apsaugos priemonės svoris gali sukelti sunkumų tinkamai ir greitai atlikti atitinkamas užduotis ar procedūras, prailginti jų atlikimo laiką. Tai gali pailginti ekspozicijos jonizuojančiai spinduliuotei laiką. Veido (akių) švinuotų skydelių privalumas – didelis apsaugos priemonės plotas, kuris uždengia akis bei suteikia šoninę švinuotą apsaugą.

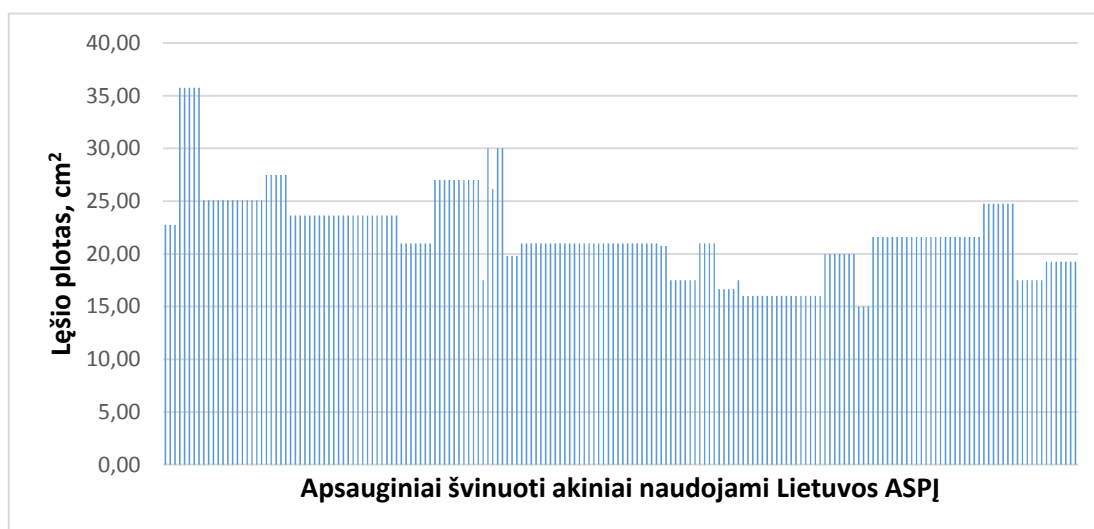


2.9.2 pav. Veido (akių) švinuotas skydelis, naudojamas Lietuvos ASPI [30]

Švinuoti apsauginiai akiniai, naudojami Lietuvos ASPI

Dažniausiai naudojama akių apsauginė priemonė – apsauginiai švinuoti akiniai. Apsauginių akinių švino ekvivalento vertės kinta nuo 0,07 mm Pb iki 0,80 mm Pb, populiariausi apsauginiai

akiniai, kurių švino ekvivalentas – 0,75 mm Pb. Apšvitos dozės silpninimo priklausomybė tampa nežymi, kai švino ekvivalento vertė 0,50 mm Pb ar didesnė.



2.9.3 pav. Švinuotų apsauginių akinių, naudojamų Lietuvos ASPĮ, atliekant intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūras, lėšio plotas

Kai jonizuojantys spinduliai krenta tiesiai į apsauginių akinių plokštumą, kuo didesnis apsauginių akinių lėšio plotas, tuo geriau jie uždengia akis ir patikimiau apsaugo akis nuo kenksmingos apšvitos poveikio. 2.9.3 pav. pavaizduotas naudojamų apsauginių akinių lėšio plotų pasiskirstymas, dažniausiai naudojami apsauginiai akiniai su vidutinio dydžio lėšiais (20 – 30 cm²).



2.9.4 pav. Naudojamų ASPĮ apsauginių akinių modelių pavyzdžiai [30]

Apie 39 proc. naudojamų apsauginių akinių turi švinuotą šoninę apsaugą. Šoninės ar švinuotos apsaugos iš apačios nebūvimas gali sumažinti apsaugos efektyvumą. Įvairių procedūrų metu galvos padėtis gali skirtis, taip pat aplinkos veiksniai, kaip šaltinio padėtis procedūros metu, gali sąlygoti akių lėšiuo apšvitos dozės bei dozės silpninimo koeficiento vertę. Apsauginės švinuotos priemonės dizainas, forma ar pritaikymas prie veido formos gali sąlygoti mažesnę apsaugos efektyvumą.

3. MEDŽIAGOS IR TYRIMŲ METODAI

Tyrimo metu buvo siekta įvertinti švinuotų apsauginių akinių efektyvumą, nustatyti apsaugos koeficientą akiniams. Apsaugos koeficientas nusako santykį tarp išmatuotos apšvitos dozės, nenaudojant akių apsauginės švinuotos priemonės, ir ją naudojant, kuo apskaičiuotas koeficientas didesnis, tuo apsauga akims efektyvesnė.

$$\text{Apsaugos koeficientas} = \frac{D_1}{D_2} \quad (1)$$

Čia: Apsaugos koeficientas – švinuotos apsaugos priemonės efektyvumas silpninant jonizuojamąją spinduliuotę; D_1 – apšvitos dozė nenaudojant švinuotos apsaugos priemonės, Sv; D_2 – apšvitos dozė naudojant švinuotą apsaugos priemonę, Sv.

Atlikto tyrimo metu siekta praktiškai įvertinti, kaip apsaugos koeficiento dydis priklauso nuo įvairių veiksnių:

- intervencinės radiologijos specialisto galvos padėties atžvilgiu generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos, esančios ties rentgeno vamzdžio išėjimu;
- apsaugos priemonės pritaikymo veidui, oro tarpo tarp veido ir akių.

Literatūroje yra paminėta, kad apsaugos efektyvumui didelę įtaką daro radioaktyviojo šaltinio būvimo vieta arba intervencinės radiologijos specialisto padėtis, atsižvelgiant į jonizuojančiąją spinduliuotę generuojantį įrenginį, nuo šio veiksnio priklauso, kuri kūno pusė patiria didesnę jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį. Jeigu naudojama švinuota akių apsaugos priemonė nėra tinkamai pritaikyta prie veido formos bei didesnis jonizuojančiosios spinduliuotės kiekis patekta po apsaugos priemone, tai įtakoja padidintą lęšiuko lygiavertę dozę, kadangi spinduliai pakartotinai yra sklaidomi po apsaugos priemone.

3.1. Eksperimentinė įranga

Darbo įrangą sudarė:

- 1) kilnojamas C – lanko medicinos rentgeno diagnostinis aparatas „Siremobil“ (3.1.1 pav.);
- 2) švinuoti apsauginiai akiniai su šonine švinuota apsauga – priekinių lęšių švino ekvivalentas – 0,75 mm Pb, šoninių lęšių švino ekvivalentas – 0,50 mm Pb, priekinio lęšio plotas apie 20 cm². Lęšio plotas apibūdinamas kaip mažo arba vidutinio dydžio (3.1.2 pav.);
- 3) fantomas 1 – paciento kūno fantomas, atitinkantis standartinio svorio pacientą, kurio svoris 70 ± 10 kg (3.1.3 pav.);
- 4) fantomas 2 – intervencinės radiologijos specialisto galvos fantomas (cilindro formos talpa pripildyta vandens, 20 cm diametro ir 20 cm aukščio);

5) termoluminescenciniai dozimetrai (TLD) – išorinės apšvitos individualios dozės matavimui atlikti, TL dozimetrai su LiF: Mg, Ti. TL dozimetrai paruošti matavimams ir juose sukauptos dozės nuskaitytos su RADOS termoluminescencine dozimetrine įranga. Dozimetre sukaupta dozė matuojama nuskaitytuvu. Kaitinant termoluminescencinę tabletę matuojamas išspinduliuotų šviesos kvantų skaičius, kuris yra tiesiogiai proporcingas sukauptai dozei. Dozimetrai tvirtinti intervencinės radiologijos specialisto fantomo akių srityje, jų parodymai naudoti akių gaunamai apšvitai įvertinti, apskaičiuoti naudotų švinuotų apsauginių akinių apsaugos koeficientą.



3.1.1 pav. Kilnojamas C – lanko medicinos rentgeno diagnostinis aparatas „Siremobil“



3.1.2 pav. Švinuoti apsauginiai akiniai su šonine švinuota apsauga, kurie buvo naudoti atliekant matavimus



3.1.3 pav. Paciento kūno fantomas, atitinkantis standartinio svorio pacientą, kurio svoris 70 ± 10 kg

3.2. Matavimo metodika

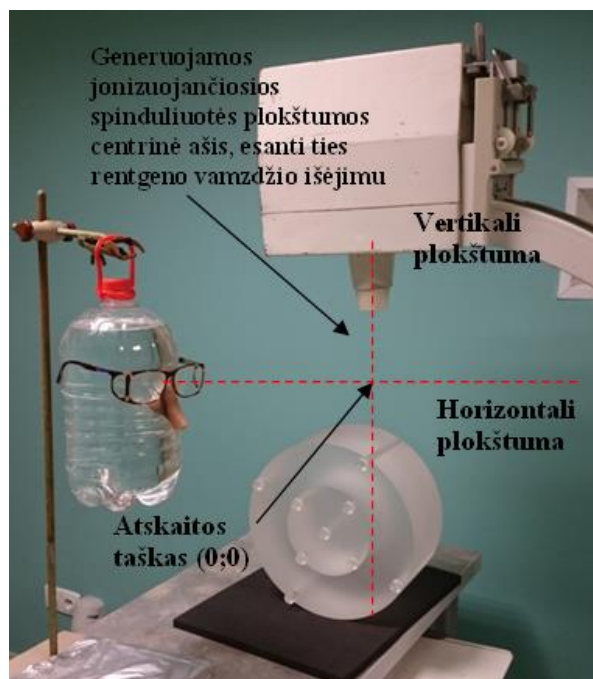
Švitinant intervensinės radiologijos specialisto galvos fantomas patalpinamas ant stovo, norint imituoti intervensinės radiologijos specialisto padėtį atliekant intervensinę procedūrą. Paciento kūno fantomas, taip pat atlieka rentgeno spindulių sklaidos funkciją. Atliktų matavimų metu stengtasi imituoti keletą skirtingų intervensinės radiologijos specialisto galvos galimų padėčių, galva sukama horizontalioje plokštumoje (3.2.2 pav.). Matavimo atskaitos taškai: akinių centras bei generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinė ašis, esanti ties rentgeno vamzdžio išėjimu (atskaitos taškas (0;0)).



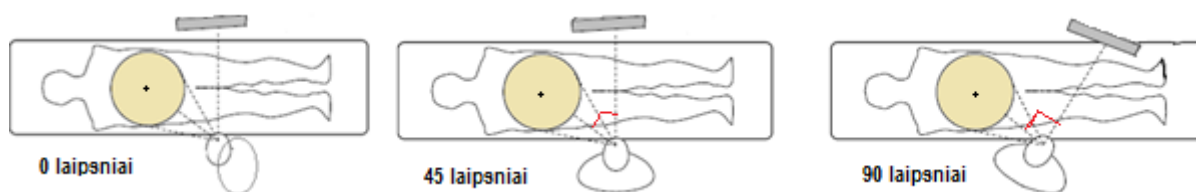
3.2.1 pav. Akinių centras – intervensinės radiologijos specialisto fantomo atskaitos taškas

Matavimai atlikti trimis atvejais:

- intervensinės radiologijos specialisto galva nukreipta į generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinę ašį, esančią ties rentgeno vamzdžio išėjimu, 0^0 kampas;
- intervensinės radiologijos specialisto galva 45^0 kampu pasukta nuo generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinės ašies, esančios ties rentgeno vamzdžio išėjimu;
- intervensinės radiologijos specialisto galva 90^0 kampu pasukta nuo generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinės ašies, esančios ties rentgeno vamzdžio išėjimu (3.2.3 pav.).

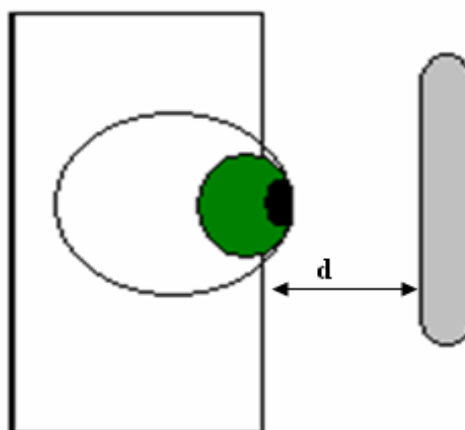


3.2.2 pav. Generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinė ašis, esanti ties rentgeno vamzdžio išėjimu



3.2.3 pav. Apsaugos koeficiento praktinio įvertinimo atvaizdavimas, trys darbo su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu galimos situacijos

Siekiant nustatyti, kaip pritaikymas prie veido formos, oro tarpai tarp veido ir apsauginės švinuotos priemonės, gali įtakoti priemonės efektyvumą mažinant patiriama apšvitą, oro tarpas buvo keičiamas nuo 0,5 iki 2,0 cm.

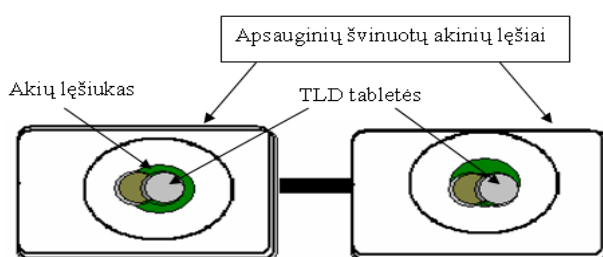


3.2.4 pav. d – oro tarpas tarp veido ir apsauginių akinių

Panaudotas kilnojamas C - lanko medicinos rentgeno diagnostinis aparatas „Siremobil“, darbo metu rentgeno vamzdžio darbo įtampa 75 kVp. Patiriama apšvitos dozė išmatuota taikant

TLD metodą. Naudotų TLD matuojamos dozės ribos nuo 0,01 mSv iki 10 Sv, o išplėstinė matavimų apibrėžtis neviršija 25 proc. Tyrimo metu siekiant patikimai nustatyti TLD sukauptą apšvitos dozę su C - lanko medicinos rentgeno diagnostiniu aparatu kiekvieno atskiro matavimo metu buvo atliktos 40 ekspozicijų, vienos ekspozicijos trukmė – 1 s.

TLD tabletės pritvirtinamos intervencinės radiologijos specialisto galvą imituojančiam fantomui apsauginių švinuotų akinių lęšių centre, horizontaliai lęšių plokštumai (3.2.5 pav.). Viena TLD tabletė tvirtinama prieš naudojamą apsauginių švinuotų akinių lęšį, kita – už apsauginio švinuotų akinių lęšio, ant intervencinės radiologijos specialisto akies lęšiuko. Abi TLD tabletės išdėstomos lygiagrečiai viena kitai, tokiu principu, taip TL dozimetrai buvo išdėstyti kairei bei dešinei akims. Vienos padėties tyrimo metu naudotos keturios TLD tabletės.



3.2.5 pav. TLD tablečių tvirtinimas kairei ir dešinei akiai

4. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Atliekant apsaugos koeficiento nustatymą buvo naudojami švinuoti apsauginiai akiniai su šonine švinuota apsauga. Nuskaityta virš šimto TL dozimetų, kurie buvo apšvitinti naudojant C - lanko medicinos rentgeno diagnostinį aparatą „Siremobil“, sukuriant atitinkamas sąlygas, kokiomis dirba intervencinės radiologijos ar kardiologijos gydytojai, kai darbo metu yra naudojami jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai.

Atlikto tyrimo rezultatai, vertinant apsauginių švinuotų akinių su šonine švinuota apsauga efektyvumą (mažinant akių lęšiuko patiriamą apšvitą), pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Nustatytos vidutinės apsaugos koeficiento vertės švinuotiems apsauginiams akiniams su šonine švinuota apsauga (95 % pasiklivimo intervalas)

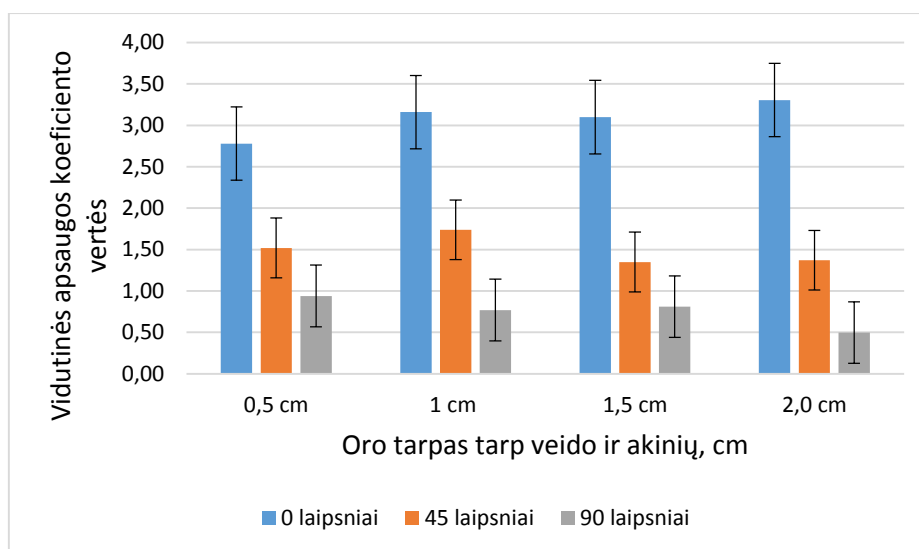
| Akinių modelis | Galvos padėtis, laipsniais | Oro tarpas, cm | Kairė | Dešinė |
|---|----------------------------|----------------|------------|------------|
| Švinuoti apsauginiai akiniai su šonine švinuota apsauga | 0 | 0,5 | 2,75±0,08 | 2,81±0,08 |
| | | 1,0 | 3,42±0,74 | 2,90±0,74 |
| | | 1,5 | 3,02±0,21 | 3,17±0,21 |
| | | 2,0 | 3,32± 0,08 | 3,29± 0,08 |
| | 45 | 0,5 | 1,60±0,23 | 1,44±0,23 |
| | | 1,0 | 1,98±0,69 | 1,49±0,69 |
| | | 1,5 | 1,49±0,40 | 1,21±0,40 |
| | | 2,0 | 1,15±0,24 | 1,59±0,24 |
| | 90 | 0,5 | 0,77±0,47 | 1,10±0,47 |
| | | 1,0 | 0,65±0,34 | 0,89±0,34 |
| | | 1,5 | 0,75±0,17 | 0,87±0,17 |
| | | 2,0 | 0,20±0,17 | 0,80±0,17 |

4.1. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtį darbo metu

Tyrimo metu nustatyta, kad didžiausią įtaką apsaugos koeficientui daro intervencinės radiologijos specialisto galvos pasukimo kampas nuo generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinės ašies, esančios ties rentgeno vamzdžio išėjimu (4.1.1 pav.). Efektyviausiai išsklaidyti jonizuojantys spinduliai silpninami, kai rentgeno spinduliai tiesiai yra nukreipti į intervencinės radiologijos specialisto veidą (0 laipsnių kampas), nustatytas apsaugos koeficientas kito nuo 2,8 iki 3,3. Didžiausią įtaką apsaugos efektyvumui šiuo atveju darė švinuotos apsauginės priemonės švino ekvivalentas bei priekinio lęšio plotas.

Esant 45 laipsnių kampui nustatytas apsaugos koeficientas sumažėjo iki 1,2 – 2,0. Tai nulėmė intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtis tyrimo metu bei nepakankamai efektyvi šoninė švinuota apsauga, mažas jos plotas bei oro tarpai tarp šoninio ir priekinio švinuoto lęšiuko (tarp apsaugos priemonės bei veido).

Prie 90 laipsnių kampo apsauginiai akiniai visiškai neatliko savo paskirties, nustatytas apsaugos koeficientas siekė tik 0,7 – 1,1. Tai reikštų, kad šiuo atveju apsauginiai švinuoti akiniai su šonine švinuota apsauga neefektyviai apsaugojo akies lęšiuką nuo kenksmingos jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Jonizuojantys spinduliai patekę po apsaugine švinuota priemone neigiamai veikė akies lęšiuką, buvo sklaidomi po apsaugine priemone bei dėl šios priežasties papildomai veikė akies lęšiuką. Šiuo atveju akies lęšiukas patyrė papildomą apšvitą dėl išsklaidytų spindulių po apsaugos priemone. Jonizuojantys spinduliai po apsaugine švinuota priemone gali būti sklaidomi nuo pačio žmogaus bei naudojamos apsaugos priemonės.



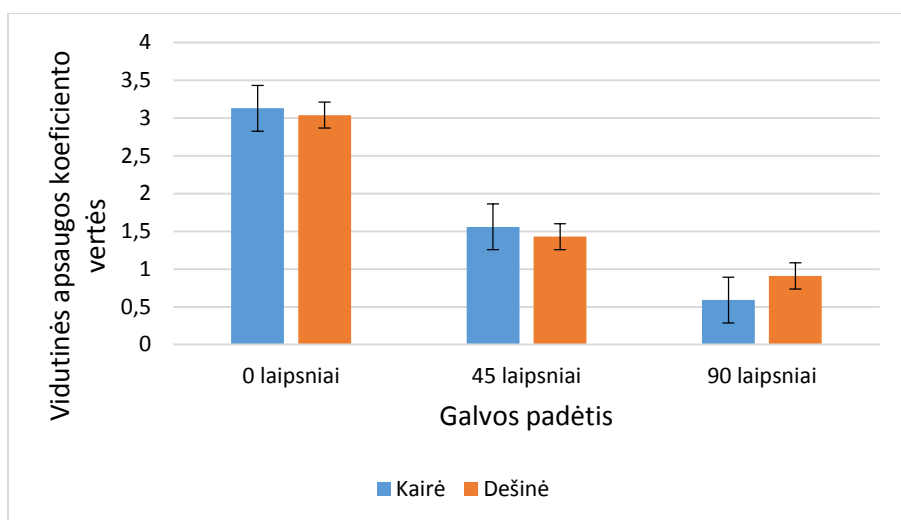
4.1.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į galvos padėtį darbo metu su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu (95 % pasiklovimo intervalas)

4.2. Apsaugos koeficiento kitimas, kairė ir dešinė akis

Nagrinėjant, kaip intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtis darbo metu gali nulemti apsaugos koeficiento dydį kairei bei dešinei akiai, nustatyta, kad esant 0 laipsnių kampui kairė ir dešinė akis yra apsaugotos beveik vienodai (4.2.1 pav.).

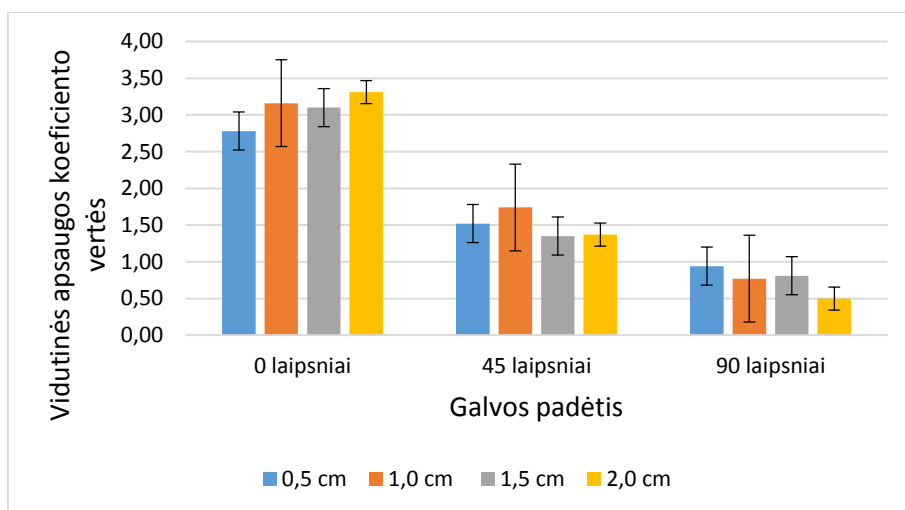
Intervencinės radiologijos specialisto galvos padėčiai esant 45 laipsnių kampui, dėl rentgeno vamzdžio padėties darbo metu, didesnis išsklaidytų rentgeno spindulių srautas nuo paciento kūno veikia kairę veido pusę, mažesnis poveikis tenka dešiniajai. Pažvelgus į 4.2.1 pav. galime pastebėti, kad kairioji akis yra apsaugoma geriau (apsaugos koeficientas didesnis) nei dešinioji. Tai galima būtų paaiškinti tuo, kad išsklaidytiems spinduliams patekus po apsaugine švinuota priemone, dalis spindulių neigiamai veikia akies lęšiuką, kita dalis gali būti papildomai sklaidomi po apsaugine priemone (sklaidoma intervencinės radiologijos specialisto galvos bei švinuotos apsauginės priemonės lęšių), taip papildomai darant neigiamą poveikį artimiausiai esančiam akies lęšiukui.

Prie 90 laipsnių kampo apsauginiai švinuoti akiniai su šonine švinuota apsauga neefektyviai apsaugo akies lęšiuką nuo kenksmingos jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio. Dešinė akis apsaugota geriau, tai sąlygojama intervencinės radiologijos specialisto galvos pozicijos. Didžioji dalis išsklaidytų rentgeno spindulių veikia kairę veido pusę, kairį akies lęšiuką. Šiuo atveju didžiausią įtaką apsaugos koeficientui daro šoninės apsaugos švino ekvivalentas bei šoninio švinuoto lęšio plotas. Esant nepakankamai šoninei švinuotai apsaugai (mažas švinuotų apsauginių akinių šoninis lęšio plotas), dalis spindulių patenka po apsaugos priemone, sklaidomi nuo intervencinės radiologijos specialisto veido bei švinuotų lęšių papildomai veikia artimiausią esančią akies lęšiuką. Papildomą apšvitą nuo išsklaidytos jonizuojančiosios spinduliuotės po apsaugine švinuota priemone patyrė kairysis akies lęšiukas.



4.2.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas, kairė ir dešinė akis (95 % pasiklovimo intervalas)

4.3. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į tarpą tarp švinuotų apsauginių akinių ir veido.



4.3.1 pav. Apsaugos koeficiento kitimas, atsižvelgiant į tarpą tarp švinuotų apsauginių akinių ir veido (95 % pasiklovimo intervalas)

Žymios priklausomybės nuo tarpo tarp veido ir akinių nenustatyta. Kai darbo metu su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu galva yra pasukta 45 laipsnių kampu, pastebėta nežymi apsaugos koeficiento mažėjimo tendencija, kai oro tarpas tarp veido ir apsaugos buvo didesnis kaip 1,5 cm. Gydytojui pasukus galvą 90 laipsnių kampu, pastebėta, apsaugos koeficiento mažėjimo tendencija, didinant oro tarpą tarp švinuotos apsaugos ir veido nustatomas apsaugos koeficiento mažėjimas.

4.4. Nustatytų apsaugos koeficiento verčių palyginimas su literatūroje pateiktomis vertėmis

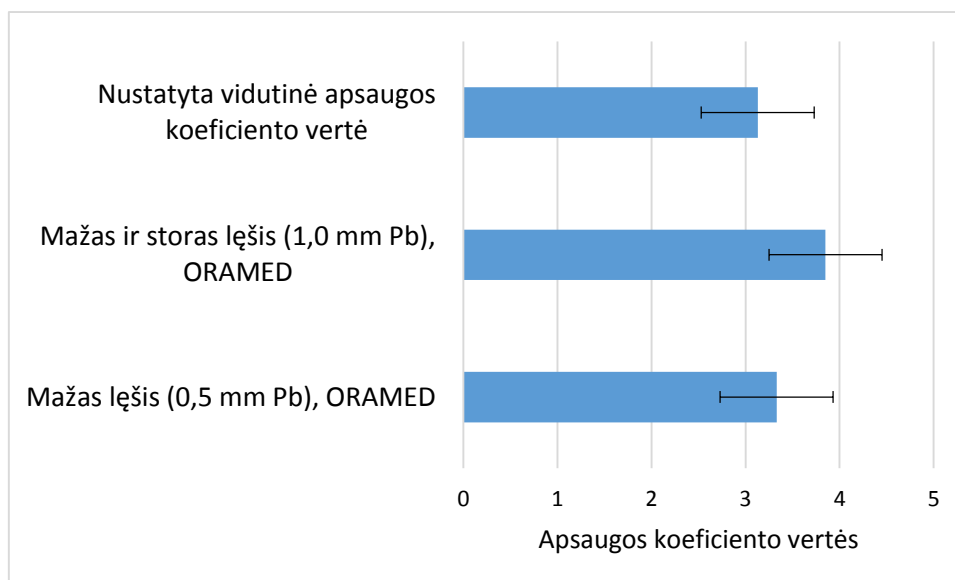
Atsižvelgiant į EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatytas apsaugos koeficiento vertes, palyginame jas su šio tyrimo metu nustatytomis vertėmis. Palyginimas atliktas mažo ploto lęšiui,

kai jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis buvo priešais. Apsaugos koeficiento palyginimas atliktas kairei akiai, kai ORAMED projekto metu mažo ploto lęšis (0,50 ir 1,00 mm Pb) naudotas, šio tyrimo metu naudotas 0,75 mm Pb švino ekvivalento mažo ploto lęšis.

4.4.1 lentelė. Nustatytos vidutinės apsaugos koeficiento vertės palyginimas su EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatytais apsaugos koeficiento vertėmis [6]

| Kairė akis | Apsaugos koeficiento vertė | |
|-----------------------------------|----------------------------|---|
| | ORAMED | Nustatyta vidutinė apsaugos koeficiento vertė |
| Mažas lęšis (0,5 mm Pb) | 3,33 | 3,13±0,30 |
| Mažas ir storas lęšis (1,0 mm Pb) | 3,85 | 3,13±0,30 |

Švinuotos apsaugos priemonės su mažo ploto lęšiu silpnina patiriamą akies lęšiuko apšvitos dozę apie tris kartus, ORAMED projekto nustatytos vertės koreliuoja su nustatyta šio tyrimo metu vidutine apsaugos koeficiento verte kairei akiai 3,13±0,30. ORAMED projekto mažo lęšio atveju apsaugos koeficiento vertė patenka į tyrimo metu nustatytos vidutinės apsaugos koeficiento vertės 95 % pasiklojimo intervalą. Individualiųjų apsaugos priemonių lęšio švino ekvivalentui viršijus 0,5 mm Pb reikšmę akies lęšiuko apsauga žymiai nedidėja. Didesnis lęšio plotas suteikia geresnę apsaugą bei daro didesnę poveikį akies lęšiuko apšvitos dozės silpninimui. Nedideli naudoto švinuotų apsauginių akinių lęšio ploto skirtumai su ORAMED projekto metu naudotomis apsaugos priemonių lęšių plotais galėjo lemti apsaugos koeficiento svyravimą (4.4.1 pav.).



4.4.1 pav. Nustatyto apsaugos koeficiento vertės kairei akiai palyginimas su EURADOS vykdyto tarptautinio (ORAMED) projekto „Medicinos darbuotojų radiacinės saugos optimizavimas“ metu nustatytais apsaugos koeficiento vertėmis kairei akiai (95 % pasiklojimo intervalas) [6]

5. IŠVADOS

1. Atlikto tyrimo metu, įvertinant apsauginių švinuotų akinių su šonine švinuota apsauga apsaugos koeficientą, nustatyta, kad didžiausią įtaką patiriamai akies lęšiuko apšvitai daro intervencinės radiologijos specialisto galvos padėtis darbo metu. Kai specialisto galva buvo nukreipta į generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinę ašį, esančią ties rentgeno vamzdžio išėjimu, nustatytas apsaugos koeficientas kito nuo 2,8 iki 3,3. Pasukus specialisto galvą 45 laipsnių kampu, apsaugos koeficientas sumažėjo iki 1,2 – 2,0. Prie 90 laipsnių kampo apsauginiai akiniai visiškai neatliko savo paskirties, nustatytas apsaugos koeficientas siekė tik 0,7 – 1,1. Apsaugos koeficiento mažėjimą nulėmė mažas apsauginių akinių priekinių bei šoninių lęšių plotas, sklaida po apsaugine švinuota priemone.

2. Kai intervencinės radiologijos specialisto galva nukreipta į generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinę ašį, žymios priklausomybės nuo oro tarpo nenustatyta. Specialistui pasukus galvą 90 laipsnių kampu nuo generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinės ašies, pastebėta, kad, didinant oro tarpą tarp švinuotos apsaugos ir veido, nustatoma apsaugos koeficiento mažėjimo tendencija.

3. Apsaugos koeficientas kairei ir dešinei akiai, kai intervencinės radiologijos specialisto galva nukreipta į generuojamos jonizuojančiosios spinduliuotės plokštumos centrinę ašį, beveik vienodas. Pasukus galvą 45 laipsnių kampu, dėl rentgeno vamzdžio padėties darbo metu didesnis išsklaidytų rentgeno spindulių srautas veikia kairę veido pusę, mažesnis poveikis tenka dešiniajai. Kairioji akis yra apsaugoma geriau (apsaugos koeficientas didesnis) nei dešinioji. Prie 90 laipsnių kampo, dešinė akis apsaugota geriau, tai lemia intervencinės radiologijos specialisto galvos pozicija.

4. EURADOS tarptautinio (ORAMED) projekto metu nustatyta vertė mažo lęšio atveju patenka į tyrimo metu nustatytą vidutinės apsaugos koeficiento vertės ($3,13 \pm 0,30$) 95 % pasiklovimo intervalą.

5. Remiantis rezultatais galima daryti prielaidą, kad nuo 2015 m. gegužės 1 d. Lietuvoje įsigaliojus naujoms dirbančiųjų su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais darbuotojų ir studentų ribinėms dozėms akies lęšiukui, kai kurių medicinos srities darbuotojų apšvitos dozės akies lęšiukui potencialiai gali būti viršytos. Todėl rekomenduojama darbuotojams dirbantiems su jonizuojančiąją spinduliuotę skleidžiančiais prietaisais ar jų aplinkoje optimaliai naudoti asmenines apsaugos priemones. Renkantis jas, būtina atsižvelgti į kūno bei galvos padėtį darbo metu, priekinio bei šoninio lęšio plotą, jų švino ekvivalentus bei pritaikymą prie veido formos.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. BUTKUS D., *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*, Vadovėlis. Vilnius: Technika, 2006. 292 p.
2. CHODICK G., BEKIROGLU N., HAUPTMANN M., ALEXANDER B. H., FREEDMAN D. M., DOODY M. M., CHEUNG L. C., SIMON S. L., WEINSTOCK R. M., BOUVILLE A., SIGURDSON A. J., *Risk of Cataract after Exposure to Low Doses of Ionizing Radiation: A 20-Year Prospective Cohort Study among US Radiologic Technologists*, American Journal of Epidemiology, 2008; 168: 620-631.
3. 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 76:826Y834; 2010.
4. CIRAJ-BJELAC O, REHANI M, MINAMOTO A, SIM KH, LIEW HB, VANO E. *Radiation-induced eye lens changes and risk for cataract in interventional cardiology*. Cardiol 123:168Y171; 2012.
5. DAUER L. T., *Exposed medical staff: challenges, available tools, and opportunities for improvement*, 2013 Health Physics Society, 217-224 p.
6. DONADILLE L., VANHAVERE F., CARINOU E., GUALDRINI G., CLAIRAND I., SANS MERCE M., GINJAUME M., NIKODEMOVA D., JANKOWSKI J., BORDY J-M., RIMPLER A., WACH S., MARTIN P., STRUELENS L., KRIM S., KOUKORAVA C., FERRARI P., MARIOTTI F., FANTUZZI E., ITIÉ C., RUIZ N., CARNICER A., FULOP M., DOMIENIK J., BRODECKI M., DAURES J., BARTH I., BILSKI P.. *ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff*. EURADOS Report 2012-02 European Radiation Dosimetry Group e. V. Braunschweig, April 2012.
7. European Commission 2014 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, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom Official J. 13 1–73.
8. GEORGE R. MERRIAM, JR., M.D., ELIZABETH F. FOCHT, PH.D., AND R. WAYNE PARSONS, B.A., *The Relative Radiosensitivity of the Young and the Adult Lens*, RSNA Radiology, April 1969, Volume 92, Issue 5.
9. HAM W. T., Jr., GEERAETS W. J., CLEARY S. F., WILLIAMS R. C., MUELLER H. A., RUFFIN R. S., BERRY E. R., GUERRY D., *A study of the comparative effects of ionizing radiation and aging on the mammalian lens of the eye*, Department of Biophysics and

Department of Ophthalmology, Medical College of Virginia, Richmond, Virginia, Health Physics Pergamon Press 1967, Vol. 13, pp. 681-700.

10. ICRP 2012. ICRP statement on tissue reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP publication 118 Ann. ICRP 41 11–12.

11. JACOB S, BOVEDA S, BAR O, BRE'ZIN A, MACCIA C, LAURIER D, BERNIER M-O. Interventional cardiologists and risk of radiation induced cataract: results of a French multicenter observational study. *Int J Cardiol* 167:1843Y1847; 2013. doi:10.1016/j.ijcard.2012.04.124.

12. JACOB S, DONADILLE L, MACCIA C, BAR O, BOVEDA S, LAURIER D, BERNIER M-O. *Eye lens radiation exposure to interventional cardiologists: a retrospective assessment of cumulative doses*. *Radiat Protect Dosim* 153:282Y298; 2013.

13. KOUKORAVA C., FARAH J., STRUELENS L., CLAIRAND I., DONADILLE L., VANHAVERE F., DIMITRIOU P., *Efficiency of radiation protection equipment in interventional radiology: a systematic Monte Carlo study of eyes lens and whole body doses*, *Journal of Radiological Protection*, IOP Publishing Ltd, 2014, *J. Radiol. Prot.* 34 (2014) 509-528 p.

14. Lietuvos higienos norma HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2001 m. gruodžio 21 d. įsakymu Nr. 663.

15. MORKŪNAS G., PILKYTĖ L., LADYGIENĖ R., GRICIENĖ B., *Radonas ir gamtinė apšvita*. – Vilnius: Leidybos įmonė “Kriveta”, 2009. – 120 p.

16. MRENA S, KIVELA T, KURTTIO P, AUVINEN A. *Lens opacities among physicians occupationally exposed to ionizing radiation*. The pilot study in Finland. *Scand J Work Environ Health* 37: 237Y243; 2011.

17. NEDVECKAITĖ T., *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Fizikos institutas. Vilnius, 2004, 240 p.

18. NERIISHI K, NAKASHIMA E, MINAMOTO A, FUJIWARA S, AKAHOSHI M, MISHIMA HK, KITAOKA T, SHORE RE. *Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors: radiation dose response and threshold*. *Radiat Res* 168:404Y408; 2007.

19. SANDISON A , MCVEY S.,, SUTTON D. G., *An Assessment of lead eyewear in interventional radiology*, *Radiation Physics*, Department of Medical Physics, Ninewells Hospital and Medical School, Dundee, DD1 9SY, UK., *J. Radiol. Prot.* 33 (2013) 647-659 p.

20. SHORE R. E., *Radiation impacts on human health: certain, fuzzy, and unknown*, 2013 Health Physics Society, 196-205 p.

21. STURCHIO G. M., NEWCOMB R. D., MOLELLA R., VARKEY P., HAGEN P. T., SCHUELER B. A., *Protective Eyewear Selection for Interventional Fluoroscopy*, Health 2013 Physics Society, 11-16 p.
22. URBONIENĖ A., *Lietuvos darbuotojų, dirbančių su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais arba jų aplinkoje, atskirų profesijų grupių 2013 metų metinių individualiųjų dozių vertinimo ir analizės ataskaita*, RSC ataskaita, 2014 m..
23. URBONIENĖ A., *2014 m. Lietuvos darbuotojų, dirbančių su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniais ar jų aplinkoje, atskirų profesijų grupių individualiųjų dozių analizės ir vertinimo ataskaita*, RSC ataskaita.
24. VANO E, KLEIMAN NJ, DURAN A, REHANI MM, ECHEVERRI D, CABRERA M. *Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel*. Radiat Res 174:490Y495; 2010.
25. VANO E, KLEIMAN NJ, DURAN A, ROMANO-MILLER M, REHANI MM. *Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments*. J Vasc Interv Radiol 24:197Y204; 2013.
26. VANO E., FERNANDEZ J. M., SANCHEZ R. M., DAUER L. T., *Realistic approach to estimate lens doses and cataract radiation risk in cardiology when personal dosimeters have not been regularly used*, 2013 Health Physics Society, 330-339 p.
27. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/radiation-cataract/Radiation-and_cataract.htm, 2014-10-23.
28. <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/News/reid-cataract-study.htm>, 2014-10-23.
29. https://en.wikibooks.org/wiki/Basic_Physics_of_Digital_Radiography/The_Image_Receptor, 2016-04-21.
30. <https://www.bar-ray.com/images/product>, 2016-04-21.
31. <http://www.eplabdigest.com/articles/Florida-Hospital-Zephyrhills>, 2016-04-21.
32. <http://www.rsc.lt/index.php/pageid/314/articlepage/0/articleid/1237>, 2015-01-19.
33. http://ligos.sveikas.lt/lt/ligos/akiu_ligos/katarakta, 2016-04-05.

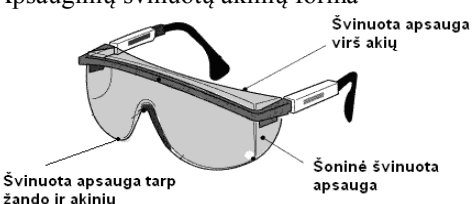
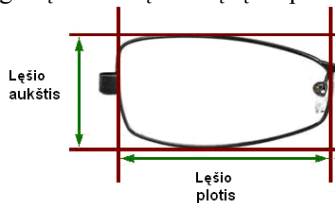
1 priedas

ANKETA Akių apsauginės švinootos priemonės

Anketa skirta įstaigoms, kuriose atliekamos intervencinės radiologijos bei kardiologijos procedūros ir jų metu yra naudojamos apsauginės švinootos priemonės, skirtos apsaugoti darbuotojų akis nuo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio.

Anketos duomenys bus naudojami darbuotojų akies lęšiuko gautos lygiavertės dozės įvertinimo metodikos parengimui.

Anketa pildoma atskirai kiekvienam akių apsaugai naudojamoms apsauginės švinootos priemonės modeliui.

| Eil. Nr. | Klausimai | Atsakymai |
|--|--|--|
| 1. | Akių apsauginė švinoota priemonė (toliau – priemonė) | <input type="checkbox"/> Švinooti akiniai <input type="checkbox"/> Veido (akių) švinootas skydelis <input type="checkbox"/> Mobilus švinootas ekranas <input type="checkbox"/> Kita _____ |
| 2. | Naudojamos priemonės modelio pavadinimas | |
| 3. | Priemonės gamintojas | |
| 4. | Ar yra galimybė nešioti akių dozimetą po šio modelio priemone? | <input type="checkbox"/> Taip <input type="checkbox"/> Ne |
| 5. | Priemonės švino ekvivalentas (mm) | |
| 6 ir 7 klausimai pildomi, jei apsauginė švinoota priemonė yra akiniai. | | |
| 6. | Apsauginių švinootų akinių forma  | <input type="checkbox"/> Šoninė švinoota apsauga <input type="checkbox"/> Švinoota apsauga virš akių <input type="checkbox"/> Švinoota apsauga tarp žando ir akinių |
| 7. | Apsauginių švinootų akinių lęšio plotas  | Lęšio aukštis _____ cm Lęšio plotis _____ cm |
| 8. | Intervencinės radiologijos sritis, kurioje naudojami šie apsauginiai švinooti akiniai Kardiologija Angiochirurgija Onkologija Endokrinologija Neurologija Neurochirurgija Urologija Kita | |
| 9. | Įstaiga, padalinys | |
| 10. | Pastabos | |

Iš anksto dėkojame už Jūsų atsakymus.

PADĒKA

Dēkoju baigiamojo magistro darbo vadovei dr. Rimai Ladygienei už pagalbą rengiant darbą, vertingus patarimus ir rūpestingą vadovavimą. Dēkoju konsultantei prof. dr. Dianai Adlienei už patarimus ir pastabas rengiant baigiamąjį magistro darbą.

Esu dėkinga Radiacinės saugos centro direktoriui Albinui Mastauskui už suteiktą galimybę derinti magistro studijas su darbu Radiacinės saugos centre.

Dēkoju Aušrai Urbonienei už vertingas pastabas ir patarimus.