

LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
MEDICĪNAS FAKULTĀTES  
PROFESIONĀLĀ BAKALaura STUDIJU PROGRAMMA  
“ RADIOGRĀFIJA”

**JONIZĒJOŠA STAROJUMA MONITORINGA  
PRINCIPI KODOLMEDICĪNĀ STRĀDĀJOŠIEM,  
VEICOT SKELETA SCINTIGRĀFIJU**

BAKALaura DARBS

Autors: Aleksandra Makarova,

Stud. apl. nr. ma18073

Darba vadītājs: Mg. ves. zin.,

Evita Bladiko

RĪGA 2019

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darba tēma ir “ Jonizējoša starojuma monitoringa principi kodolmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfiju”.

Bakalaura darbs sastāv no ievada, piecām daļām, secinājumiem un pielikumiem.

Tēmas aktualitāti nosaka strauji pieaugošs onkoloģisko saslimšanu skaits, kā arī arvien vairāk slimniekiem tiek ordinēta skeleta scintigrāfija. Turklāt, ne mazāk svarīgs ir regulārs jonizējošā starojuma monitorings, lai personālam samazinātos iespējamība saņemt palielinātu starojuma dozu.

Bakalura darba pētījumam tika izvirzīts sekojošs mērķis: noskaidrot jonizējoša starojuma monitoringa principus kodolmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfiju. Uzstādītais pētījuma jautājums: pieaugot onkoloģisko saslimšanu skaitam, pieaug arī nepieciešamība pēc skeleta scintigrāfijas, apstiprinājas pilnībā- uz to norāda gan Latvijas statistikas dati, gan arī veikto radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu, jo īpaši skeleta scintigrāfijas, skaita pieaugums. Tāpat apstiprinājās arī apgalvojums, ka ievērojot visus monitoringa principus atbilstoši noteikumiem, personālam samazinās iespējamība saņemt palielinātu starojuma dozu. Pētījuma beigās tika izstrādātas rekomendācijas un ieteikumi personālam, par to, kā situāciju varētu uzlabot nākotnē.

Atslēgvārdi: radionuklīdā diagnostika, skeleta scintigrāfija, radiofarmpreparāti, radiācijas aizsardzība, monitoringa pamatprincipi

## ANNOTATION

The subject of the bachelor's work is “Principles for monitoring ionising radiation in nuclear medicine for workers performing skeletal scintigraphy”.

The bachelor's work consists of an introduction, five parts, conclusions and attachments.

The topics are highlighted by a rapidly increasing number of oncological diseases, and skeletal scintigraphy is increasingly being administered to patients. In addition, regular monitoring of ionising radiation is not least important, so that staff are less likely to receive an increased dose of radiation.

The study of the Bachelor 's work had the following objective: to clarify the principles for the monitoring of ionising radiation in nuclear medicine for workers performing skeletal scintigraphy. The study question that has been set up: increasing the number of oncological diseases also increases the need for skeletal scintigraphy, confirmed in full, indicated by both Latvian statistics and the increase in the number of radiopharmaceutical diagnostic examinations performed, particularly skeletal scintigraphy. The claim that, in compliance with all the monitoring principles under the rules, staff will be less likely to receive an increased dose of radiation. At the end of the study, recommendations and recommendations to staff were developed on how the situation could be improved in the future.

Keywords: nuclear medicine, skeletal scintigraphy, radiopharmaceutical preparations, radiation protection, basic principles for monitoring

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

RTG- rentgenogrāfija

CT- datortomogrāfija

MR- magnētiskā rezonanse

ALARA- as low as reasonably achievable- tik maz, cik vien ir iespējams

RFP- radiofarmpreparāts

MBq- megabeķerelis

GBq- gigabeķerelis

RND- radionuklīdā diagnostika

Tc99m- radioaktīvais tehnēcijs

I131- radioaktīvais jods

Mo99- molibdēns

SPECT- single photon emitted computed tomography- viena fotona emisijas datortomogrāfija

LEHR kolimators- zemas enerģijas, augstas izšķirtspējas kolimators

TLD- termoluminiscences dozimetrs

$\mu$ Sv- mikroziverts

Sv/h- ziverts/ stundā

# SATURS

Apzīmējumu saraksts .....	4
Ievads .....	7
1. Radionuklīdā diagnostika.....	9
1.1. Metodes būtība, tās tehniskie pamatprincipi .....	9
1.2. Scintigrāfijā pielietojamie radiofarmpreparāti un radioizotopi.....	10
2. Skeleta scintigrāfija .....	12
2.1. Skeleta scintigrāfijas indikācijas un kontraindikācijas .....	12
2.2. Skeleta scintigrāfijas procedūrai nepieciešamais aprīkojums .....	13
2.3. Pacienta sagatavošana un skeleta scitigrāfijas izmeklējuma norise .....	15
3. Jonizējoša starojuma monitoringa pamatprincipi kodolmedicīnā.....	18
3.1. Radiācijas aizsardzības pamatprincipi .....	18
3.2. Jonizējoša starojuma dozas monitoringa principi kodolmedicīnā .....	19
4. Pētījuma metodoloģija .....	21
5. Pētījuma rezultāti, to analīze .....	22
Secinājumi.....	29
Izmantotā literatūra .....	31

Pielikumi .....	33
1. Pielikums.....	34
2. Pielikums.....	35
3. Pielikums.....	36
4. Pielikums.....	37

## IEVADS

Latvijā, līdzīgi kā visā pasaulē, strauji attīstās radionuklīdās diagnostikas nozare- scintigrāfija. Pateicoties jauno tehnoloģiju attīstībai, patoloģisko procesu diagnostika kļūst nesalīdzināmi precīzāka (11). Scintigrāfijas izmeklējumam tiek pielietoti īpaši radioaktīvi izotopi, kas, ievadīti cilvēka organismā, ļauj spriest par atsevišķu orgānu vai orgānu sistēmu funkcionālo aktivitāti. Rādītāji tiek nolasīti ar gamma kameru palīdzību(3). Skeleta patoloģisku procesu diagnostika tieši ar scintigrāfijas metodi dod iespēju diferencēt patoloģijas veidu, ļauj spriest par iepriekš pielietotas terapijas efektivitāti, ļauj izvērtēt netipisku atradni, veicot citus izmeklējumus, taču nedod pilnvērtīgu informāciju par anatomiju, tikai par orgānu lokalizāciju, formu un izmēru(6).

Zināms, ka onkoloģiskās saslimšanas ir viena no visbiežāk sastopamām un straujāk pieaugošajām slimībām. Pēc statistikas datu analīzes, vērojams ļaundabīgo saslimšanu pieaugums. Ja 2010. gada bija reģistrēti 11188 gadījumi, jeb 533,4 gadījumi uz 100 000 iedzīvotāju, tad 2017. gadā to daudzums sastādīja jau 11762 gadījumi, jeb 605,6 gadījumi uz 100 000 iedzīvotāju. Tāpat vērojams straujš krūts un prostatas ļaundabīgo audzēju pieaugums- tā piemēram, krūts vēža incidences biežums pieaudzis no 51,6 uz 58,8 gadījumiem uz 100 000 iedzīvotājiem, prostatas vēzis- no 105,5 uz 144,1 gadījumiem uz 100 000 iedzīvotāju(18). Pieaugot onkoloģisko saslimšanu skaitam, palielinās arī diagnostisko izmeklējumu nepieciešamība. Atsaucoties uz statistikas datiem, radionuklīdās diagnostikas izmeklējumi Latvijā ierindojas 4. vietā aiz RTG, CT un MR diagnostikas izmeklējumiem(17).

Kodolmedicīnas nodaļā fona radiācijas līmenis vienmēr ir augstāks nekā citās nodaļās, līdz ar to, ir nepieciešams vides un personāla dozas monitorings. Tā nepieciešamību nosaka Valsts likumdošana un nacionālie noteikumi (14) Monitoringa galvenais mērķis ir dozas noteikšana un tās līmeņa sagabāšana atbilstoši ALARA principam. Ievērojot visus monitoringa principus, personālam samazinās iespējamība saņemt paaugstinātu jonizējoša starojuma dozu (3, 16).

**Darba mērķis:**

Noskaidrot jonizējoša starojuma monitoringa principus kodolmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfijas izmeklējumus.

**Darba uzdevumi:**

1. Veikt literatūras analīzi par radionuklīdās diagnostikas metodi un tās būtību;
2. Analizēt literatūru par skeleta scintigrāfijas izmeklējuma un tā īpatnībām;
3. Veikt zinātniskās literatūras izpēti par radiācijas drošību un jonizējoša starojuma dozas monitoringa pamatprincipiem kodolmedicīnā.
4. Veikt dozimetriskos mērījumus visos RFP sagatavošanas- pielietošanas posmos.
5. Apstrādāt pētījuma laikā iegūtos datus, veikt secinājumus.

**Pētījuma jautājums:** pieaugot onkoloģisko saslimšanu skaitam, pieaug prasība pēc skeleta scintigrāfijas. Līdz ar to, ja monitoringa principi netiek ievēroti atbilstoši noteikumiem, personālam pieaug iespējamība saņemt lielāku jonizējoša starojuma dozu.

**Pētījuma metode:** prospektīvi- kvalitatīvā pētījuma metode.

**Pētījuma objekts:** kodolmedicīnā strādājošie speciālisti, kas veic skeleta scintigrāfijas izmeklējumus, dozimetriskie mērījumi.

**Pētījuma instruments:** novērošanas protokols, dozimetriskie mērījumi.

# 1. RADIONUKLĪDĀ DIAGNOSTIKA

## 1.1. Metodes būtība, tās tehniskie pamatprincipi

Ziņas par radioaktīvo marķieru pirmreizējo pielietojumu medicīnas praksē parādījās 1911. gadā, metodes atklājēja gods pieder ungāru radioķīmiķim Georgam Hevesijam (G. C. de Hevesy). Ap 1950. gadu tika iekļauta radionuklīdu pielietošana medicīnas praksē. Attīstoties radionuklīdai diagnostikai, jauns posms sākās ar scintilācijas gamma kameras izgudrošanu un ieviešanu, rezultātā metode ieguva nosaukumu- scintigrāfija. Scintigrāfijas pirmsākumi Latvijā datējas ar 1980. gadu(3).

Scintigrāfijā izmanto īpašus, ar radioaktīviem izotopiem iezīmētus farmakoloģiskus preparātus(1). Katrā kodolmedicīnas nodaļā jābūt vismaz vienai speciāli aprīkotai telpai, ko izmanto tikai radioizotopu laboratorijas vajadzībai. Laboratorijā veicami visi darbi, kas saistīti ar RFP dozēšanu, to sagatavošanu, kalibrēšanu un utilizēšanu. (3,4 ). Laboratorijas telpās vienmēr atrodas lielas radioizotopu aktivitātes, kā arī bioloģiskas vielas. Radioizotopiem atrodoties laboratorijā, palielinās radiācijas nelaiemes gadījumu risks laboratorijas telpās. Laboratorijai jāatrodas pēc iespējas tālāk no citām darba zonām, koridoriem, noteiktā attālumā no attēlošanas iekārtām un zemas aktivitātes mērījumu telpām, tā nedrīkst būt pieejama nevienam, izņemot darbiniekus. Izotopu laboratorijas telpas klasificē kā kontroles zonu (3, 14).

Radionuklīda enerģijai jābūt pietiekošai, lai tā varētu caurspiesties caur ķermeni, un detektors spētu to uztvert. Ja emitēta enerģija ir pārāk zema, tā absorbējas audos un gaisā, gamma kamera to neuztver. Pārāk augsta enerģija iziet caur detektoru un uztverošiem kristāliem un arī netiek uztverta. (9).

Gamma kamera ir visplašāk pielietota attēlošanas iekārta, kas ļauj pētīt radiofarmpreparāta telpisko sadalījumu orgānā noteiktā laika posmā. Gamma starojums ar kolimātoru projicējas uz detektoru, veidojas scintilācijas struktūra. Rezultātā detektora priekšā tiek iezīmēts radioaktivitātes sadalījums. Medicīnas praksē sastop viena, divu, pat trīs detektoru gamma kameras( 5,6). Latvijā scintigrāfijas izmeklējumi tiek veikti ar divu veidu- SPECT un SPECT/CT gamma kamerām. (3) SPECT kamerā, līdzīgi kā CT gentrījā, detektori rotē ap cilvēka ķermeni, rezultātā tiek iegūti attēli trīs dimensijās, pēc nepieciešamības var veikt arī 3D rekonstrukciju.

Scintigrāfijas metode dalās divās lielās daļās: dinamiskā un statiskā scintigrāfija. Dinamiskā scintigrāfijā tiek veikts pa 1 attēlam ik pēc 30- 60 sekundēm, iegūstot orgānu vai sistēmu radioaktīvo izmaiņu līkni un vizuālo attēlu sēriju. Atšķirībā no statiskās scintigrāfijas, dinamiskais izmeklējums sākas jau radiofarmpreparāta ievadīšanas brīdī, un automātiski, nepārtraukti tiek fiksēta informācija par preparāta dinamiku un tā koncentrācijas izmaiņām izmeklējamā objektā. Galvenokārt, dinamisko scintigrāfiju lieto, izmeklējot nieres. Statisku scintigrāfiju veic jau pēc preparāta ievadīšanas, paejot noteiktam laika posmam- no 20 minūtēm līdz pat 4- 6 stundām. Aparātā uzkrājoties statistiski nepieciešamam informācijas apjomam, tas tiek saglabāts datora atmiņā tālākai analīzei un iegūto datu apstrādei. (5, 6, 9).

Scintigrāfijas metode ļauj diagnosticēt vairogdziedzera patoloģijas, audzēju metastāzes muskulo- skeletālā sistēmā, limfmezglu patoloģijas krūts audzēju un melanomu gadījumos, var noteikt nieru un kardiovaskulārās sistēmas funkciju, plaušu apasiņošanu, siekalu dziedzeru un smadzeņu darbību, bet tās mērķis ir sniegt informāciju par asinsrites un vielmaiņas izmaiņām (7).

## **1.2.Scintigrāfijā pielietojamie radiofarmpreparāti un radioizotopi**

Diagnostikas nolūkos tiek pielietotas gamma- emitējošas radioaktīvas vielas, kas izdala gamma starojumu. (1, 2). Pacienta organismā tiek ievadīts radiofarmpreparāts un radioaktīvas pussabrukšanas procesā tas gamma starojuma veidā izdalās no organisma. Šajā gadījumā pacients, nevis aparātūra, ir starojuma avots. Gamma kameras detektori uztver un reģistrē radioaktīvo gamma starojumu no izmeklējamā objekta, rezultātā to pārvēršot attēlā (3, 7). Radiofarmpreparātu ievadīšanas ceļi ir dažādi – galvenokārt, RFP ievada intravenozi, iespējama perorāla ievadīšana, arī inhalācija.

Galvenokārt, radionuklīdi tiek iegūti kodolreaktoros. Uz kodolmedicīnas nodaļām tie tiek piegādāti speciālos ģenerātoros, kur nodaļa sev vajadzīgajā daudzumā iegūst radionuklīdus, tos eluējot. Tā, piemēram, tiek iegūts no molibdēna ģenerātorā Tc<sup>99m</sup>, kas ir visplašāk pielietojams radioizotops. (3, 8) Ir pieejami arī īpaši organotropi farmakoloģiski preparāti jeb kiti, kas tiek piegādāti flakonos, un paredzēti vienai vai dažām procedūrām. (15, 16,19) Pirms izmeklējuma nepieciešamais farmakoloģisks preparāts tiek savienots ar radionuklīdu, rezultātā iegūstot radiofarmpreparātu, un ir lietojams pēc noteikta laika.

Literatūrā minēts, ka pasaulē tiek pielietoti dažāda veida radionuklīdi. Latvijā radionuklīdas diagnostikas mērķiem pielieto divu veidu radionuklīdus- tehnēcija pertehnetātu Tc99m un nātrija jodīdu 131I (3). Tehnēcija pertehnetāta enerģija ir optimāla, lai gamma kamera spētu to uztvert. Tc99m pussabrukšanas periods ir 6 stundas, savukārt J131- 8 dienas. Tehnēcijam, salīdzinot ar nātrija jodīdu, ir būtiskas priekšrocības- īsāks pussabrukšanas periods un iespēja izmeklēt gandrīz jebkuru orgānu vai sistēmu, tāpēc to plaši pielieto diagnostikas nolūkos. Nātrija jodīda pielietojums jau ir specifiskāks- to iespējams pielietot tikai noteiktām procedūrām, kā piemēram, vairogdziedzera saslimšanu diagnostikai, vai joda terapijai (9, 19).

Tomēr, visiem radionuklīdiem un radiofarmpreparātiem ir jāatbilst noteiktām prasībām. Izvēloties RFP, priekšroka dodama preparātiem ar pēc iespējas īsāku pussabrukšanas periodu un ātrāku izvadīšanos no organisma. (14). Jāatceras, ka RFP nedrīkst atstāt nekādu ietekmi uz pacienta organismu, tas nedrīkst būt toksisks.

## 2. SKELETA SCINTIGRĀFIJA

Skeleta scintigrāfija ir radionuklīdās diagnostikas metode, kurā tiek pielietots īpašs organotrops radiofarmpreparāts. Organotrops preparāts jeb kits tiek iezīmēts ar radionuklīdu Tc99m, tālāk tiek ievadīts cilvēka organismā, un iesaistoties asinsritē, ļauj konstatēt un spriest par kaulu metabolo aktivitāti, kā arī tās izmaiņām.

### 2.1 Skeleta scintigrāfijas indikācijas un kontrindikācijas

Skeleta scintigrāfija tiek veikta ar mērķi konstatēt un izvērtēt kaulu metabolo aktivitāti, kā arī tās izmaiņas. Taču, atšķirībā no citām radioloģiskās diagnostikas metodēm, skeleta scintigrāfija nedod informāciju par anatomiju. (15, 19)

Pēc literatūras datiem, kā visbiežākā indikācija skeleta scintigrāfijai tiek minēta primāra vai sekundāra onkoloģiska saslimšana, jo īpaši ar metastātiskām īpašībām. Zināms, ka bieži tieši krūts, plaušu, prostatas, nieru audzējiem piemīt spēja izplatīt metastāzes uz kauliem. Šeit ir svarīgi pieminēt arī malignus procesus kaulaudos, jo skeleta scintigrāfija ļauj diagnosticēt patoloģiju pat 3- 12 mēnešus ātrāk, kā piemēram, izmeklējot pacientu ar RTG vai CT metodēm. (15, 20)

Skeleta scintigrāfijas izmeklējums labi noder arī tādos gadījumos, kad nepieciešams novērtēt jeb atdiferencēt jaunveidojumu no jau zināmiem bojājumiem. Metode noderīga arī primāru kaulu audzēju diagnostikai, ļauj diferencēt monostotisku ( viena kaula) audzēju no poliestotiska audzēja. (5, 15, 19).

Literatūrā minēts, ka skeleta scintigrāfijas metode ir būtiska arī pie tādiem patoloģiskiem stāvokļiem kā iekaisumi, kaulu deģeneratīvas izmaiņas, arī neskaidras etioloģijas sāpes. Piemēram, kad nepieciešama diferenciacija starp osteomielītu ( iekaisums kaulā un kaulu smadzenēs) un celulītu ( šūnu vai saistaudu iekaisums), tiek indicēta 3- fāžu skeleta scintigrāfija. Izmeklējums ļauj spriest par vaskularizāciju un osteoblastu aktivitāti. (16). Metode tiek pielietota arī pēc operācijām, piemēram, endoprotezēšanas, iekaisuma, avaskulāras nekrozes, bojājumu izvērtēšanai. Skeleta scintigrāfija var būt indicēta arī tad, ja nepieciešams diagnosticēt tādu lūzumu, kas nav redzams, izmeklējot ar citām metodēm- piemēram, lūzuma līnija neskaidra vai vispār nav redzama. (8).

Kā jau minēts iepriekš, scintigrāfijas metode ļauj spriest par kaulu metabolo aktivitāti. Līdz ar to, ir iespējams diagnosticēt un izvērtēt tādas kaulu metabolās slimības, kā piemēram, Pedžeta (*Paget's*) slimība, osteoporoze, osteomalācija, kā arī citas osteopātijas. (6)

Literatūras avotos tiek uzsvērtā skeleta scintigrāfijas nepieciešamība pēc izmaiņām analīžu rezultātos – īpaši onkomarķieros- piemēram, paaugstināts PSA, vai Ca<sup>2+</sup>. Skeleta scintigrāfija ļauj izvērtēt arī organisma atbildes reakciju pēc pielietotās terapijas- ķīmijterapija, radioterapija, antibakteriālā terapija . Sastopami gadījumi, kad scintigrāfiju veic pēc netipiskas atradnes, izmeklējot ar citām radioloģiskās diagnostikas metodēm, piemēram, pēc RTG, CT, PET- CT vai MR. (15, 16).

Pētot pieejamos informācijas avotus, rodas secinājums, ka absolūtu kontrindikāciju skeleta scintigrāfijas izmeklējumam nav. Kā viena no relatīvām kontrindikācijām tiek minēta grūtniecība.(8). Tomēr, vienmēr nepieciešams izvērtēt visus potenciālos ieguvumus, un visus iespējamus riskus, iespējams, aizvietojo ar konkrētu izmeklējumu ar kādu citu līdzvērtīgu diagnostikas metodi, kas būtu mazāk kaitīga, bet smiegtu nepieciešamo informāciju. Ja skeleta scintigrāfijas izmeklējums grūtniecei ir nepieciešams pēc vitālām indikācijām un nav aizvietoājams ar citu radioloģiskās diagnostikas metodi, šis jautājums tiek izskatīts konsīlijā, radiogrāfers patstāvīgi šādus lēmumus pieņemt nedrīkst(14). Izmeklējumu nepieciešams atlikt, ja 24- 48 h pirms plānotā scintigrāfijas izmeklējuma pacientam tika veikta RND procedūra ar Tc99m, vai arī veikts diagnostiskās radioloģijas izmeklējums ar kontrastvielas pielietojumu, piemēram, rentgenoskopija ar bārija sulfātu(20). Sievietēm laktācijas periodā skeleta scintigrāfiju veikt ir iespējams, vienīgais nosacījums ir izslēgt barošanu ar krūti.

## **2.2. Skeleta scintigrāfijas procedūrai nepieciešamais aprīkojums**

Kā jau tika minēts iepriekš, skeleta scintigrāfijas izmeklējuma veikšanai tiek pielietots īpašs organotrops radiofarmpreparāts, literatūrā saukts par kitu. Kits iesaistas asinsritē, rezultātā ļaujot spriest par kaulu metabolo aktivitāti, kā arī tās izmaiņām. Pēc literatūras avotu datiem, skeleta scintigrāfijas procedūrai tiek pielietoti fosforu saturoši organiskie savienojumi, piemēram, difosfonāti un polifosfonāti. Visbiežāk skelta scintigrāfijas izmeklējumam izvēlas difosfonātu MDP jeb metilēna difosfātu, iespējams pielietot arī HDP (skatīt 1. pielikumu) (4) Izmeklējuma veikšanai kits tiek iepriekš savienots ar radioizotopu Tc99m, sekojoši savienojumu pacientam ievada intravenozas injekcijas veidā.

Lai procedūra noritētu sekmīgi, iepriekš nepieciešams sagatavot visu nepieciešamo aprīkojumu, kā arī instrumentus. Pēc literatūras datiem, aprīkojums un instrumenti tiek sadalīti 2 lielās grupās- sterila un nesterila aprīkojums. (15, 20)

Sterilais aprīkojums:

- Šļirces- 2 ml, 5 ml, 10 ml- pa vienai no katras;
- Adatas- 21G, 23G;
- Vakuuma pudelīte;
- Līdzeklis ādas dezinfekcijai;
- Sol. NaCl 0,9%- 10 ml flakons;
- MDP/ HDP kits;
- Radionuklīds Tc99m, eluēts no molibdēna ģenerātorā.

Nesterilais aprīkojums un instrumenti:

- Nesterilie cimdi- 3-4 pāri;
- Tupferi;
- Plāksteris;
- Šļircu svina aizsargapvalki – attiecīgi, 2 ml, 5 ml, 10 ml šļircēm;
- Svina konteiners;
- Dozkalibrators;
- Fasēšanas skapis;
- Individuālās aizsardzības līdzekļi- vairogdziedzera aizsargs, svina aizsargbrilles, svina gumijas priekšauts;
- Individuālais TLD dozimetrs, TLD aproce, gredzens;
- Gamma kamera ar LEHR kolimatoru un darba staciju.

Lai arī scintigrāfija skaitās neinvazīva diagnostiskā manipulācija, tomēr nedrīkst aizmirst, ka RFP tiek ievadīts pacienta asinsritē injekcijas veidā. Līdz ar to, nepieciešams stingri ievērot sterilitātes pasākumus. Nevajadzīgas apstarošanas mazināšanai, darbinieku un pacientu pasargāšanai, jāievēro individuālo aizsarglīdzekļu pielietojums, kā arī visus nepieciešamos radiācijas drošības pasākumus.(3).

### 2.3. Pacienta sagatavošana un skeleta scitigrāfijas izmeklējuma norise

Viens no kvalitatīva skeleta scitigrāfijas izmeklējuma pamatnosacījumiem ir visa nepieciešamo instrumentu aprīkojuma sagatavošana, precīza, tēmēta pacienta anamnēzes ievākšana kā arī pacienta anketēšana. (5, 6)

Tātad, kā jau tika minēts iepriekš, lai veiktu skeleta scitigrāfiju, vispirms ir nepieciešams iegūt Tc99m eluātu, kas vēlāk tiek pievienots HDP kitam. Otrkārt, radiologa asistentam/ radiogrāferam nepieciešams veikt pacienta novērtēšanu- tas ir, vitālo rādītāju un līdzestības novērtējums; tāpat, nepieciešams noskaidrot un dokumentēt datus par lūzumiem, traumām; jānoskaidro, vai anamnēzē nav minētas onkoloģiskas slimības, kā arī vai pacientam nav veikta medikamentoza vai radioterapija. Svarīgi, lai pacientam līdzī būtu iepriekšējo izmeklējumu rezultāti, vai to apraksti- tas atvieglos skeleta scitigrāfijas attēlu interpretāciju un precīzas diagnozes uzstādīšanu- kā zināms, kvalitatīvs izmeklējums ir precīzas diagnozes bāze.(20).

Pirms skeleta scitigrāfijas izmeklējuma speciāla sagatavošana nav nepieciešama, bet tomēr jāņem vērā dažas nianšes. Pirmkārt, pacientu informē, ka izmeklējuma nolūkos viņa organismā tiks injicēts radioaktīvs preparāts Tc99m savienojumā ar kitu, kura aktivitāte pēc 6 stundām samazināsies uz pusi un daļa no preparāta izvadīsies ar urīnu. Preparāta ātrākai izvadīšanai no organisma ieteicams pastiprināti uzturā lietot šķidrumu- vislabāk negāzētu ūdeni. Izmeklējums tiks uzsākts 2- 3 stundas pēc injekcijas. (20) Radiācijas drošības nolūkos šajā laikā pacientam būs jāuzturas atsevišķā telpā, jo pacients uz noteiktu laiku ir radiācijas avots. Otrkārt, jānoņem jebkādi priekšmeti, kas varētu veicināt artefaktu rašanos- rotaslietas, pogas, metāla sprādzes. Jābrīdina, ka izmeklējuma laikā nedrīkst kustēties, ar šo panākot dinamisko artefaktu novēršanu. Svarīgs nosacījums ir iztukšot uīnpūsli tieši pirms izmeklējuma- pilns urīnpūslis rada artefaktus un apgrūtina iegurņa un tā struktūru izvērtēšanai. (15)

Pirms injekcijas veikšanas radiologa asitentam/ radiogrāferam nepieciešams sagatavot radiofarmpreparātu atbilstošā devā. Primāri, nepieciešams iegūt radionuklīdu Tc99m, ko vēlāk savieno ar kitu nepieciešamā daudzumā. Tc99m tiek iegūts no molibdēna ģeneratora eluācijas ceļā, un uzkrāts vakuuma pudelītē ( skatīt 1.pielikumu). (16)

Nākamais solis ir kita sagatavošana. Vispirms nepieciešams pārbaudīt preparāta derīguma termiņu, sekojoši to ievietojot fasēšanas skapī, svina aizsargkonteinerā. MDP/ HDP kitam pievieno Tc99m ar aktivitāti līdz 7 GBq. Pēc preparātu savienošanas nepieciešama atgaisošana, tātad, no pudelītes jāatvelkt tikpat daudz gaisa, cik mililitru Tc99m eluāta sākotnēji tika pievienots. Ķīmiska savienojuma daļiņu pilnīgai izšķīdināšanai pudelīti nepieciešams sakratīt (4).

Nākamajā posmā radiologa asistents/ radiogrāfers sagatavoto radiofarmpreparātu ievieto dozkalibrātorā, kopējās aktivitātes noteikšanai. Sekojoši jāveic marķējums, kurā norādā radiofarmpreparāta nosaukumu, kā arī kopējo aktivitāti mērījumu veikšanas brīdī. Pēc rekomendācijām, preparāts lietojams pēc 15 minūtēm, sagatavotais preparāta daudzums jāizlieto 8 stundu laikā.( 20,4).Ievērojot individuālās radiācijas aizsardzības pasākumus, radiologa asistents/ radiogrāfers šļircē ieviek radiologa- diagnosta nozīmēto RFP devu. (15,16,8) Atsaucoties uz MK noteikumiem Nr. 482 “ Par aizsardzību pret jonizējošo starojumu medicīniskajā apstarošanā”, vienam izmeklējumam paredzētā ievadāmās devas maksimālā pieļaujamā radioaktivitātē ir 600 MBq, SPECT izmeklējumam pieļaujams ievadīt 800 MBq. Vidēji skeleta scintigrāfijas veikšanai nepieciešamā aktivitāte sastāda 600- 700 MBq. (14). Radiofarmpreparāta aktivitātes precizēšanai, ievadāmo preparātu nepieciešams vēlreiz ievietot dozkalibrātorā. Pēc nepieciešamo mērījumu veikšanas, šļirce tiek ievietota svina aizsargkonteinerī un nogādāta injekciju telpā.

Pacients tiek aicināts injekciju telpā, kur vēlreiz saņem informāciju par izmeklējuma gaitu un nepieciešamajiem pasākumiem pēc procedūras. (20) Šļirci novieto dozkalibrātorā, lai veiktu mērījumus un atzīmētu radiofarmpreparāta aktivitāti. Sekojoši, šļirci ievieto šļircu svina aizsargapvalkā un ievada intravenozi. Izmantoto šļirci utilizē kā radioaktīvus atkritumus. Nepieciešams informēt pacientu, ka izmeklējums tiks uzsākts pēc 2- 3 stundām, jo preparātam nepieciešams laiks, lai uzkrātos skeletā. Radiācijas drošības nolūkos, šo laiku būs jāpavada atsevišķā telpā, izvairoties no kontakta ar citiem pacientiem, tādējādi mazinot radioaktīvā piesārņojuma iespējamību. (3) Pacientam atgādina, ka tieši pirms izmeklējuma nepieciešams iztukšot urīnpūsli.(20,4)

Darba stacijā tiek izvēlēts skeleta izmeklējuma protokols. Pieejami 2 veidu izmeklējumi- WHOLE BODY un WHOLE BODY- SPECT. Skeleta scintigrāfijas veikšanai tiek pielietoti LEHR ( *low energy high resolution*) kolimatori. Pēc izmeklējuma protokola izvēles, nepieciešams atzīmēt, kāda RFP deva tika ievadīta, kā arī jāizvēlas, ar kādu ātrumu šis

izmeklējums tiks veikts. (15, 20) Nepieciešams atzīmēt datus par pacienta augumu ( cm), kā arī orientācija ( Cranio- Caudal). (19) Pēc literatūras datiem, optimālākais izmeklējuma ātrums ir 10- 12 cm/ min.

Pacients tiek pozicionēts uz izmeklējumu galda, galvas uz muguras, rokas novietojot gar sāniem. (20) Izmeklējums vidēji ilgst 15- 25 minūtes, visu šo laiku nepieciešams gulēt mierīgi un nekustēties, jo kā jau zināms, tas noved pie dinamiskiem artefaktiem. Pirms izmeklējuma uzsākšanas nepieciešams vēlreiz pārbaudīt visus ievadītos datus. Izmeklējuma laikā tiek uzņemti attēli 2 projekcijās- AP un PA virzienos. Pielietojot WHOLE BODY izmeklējumu kombinācijā ar SPECT, iespējams iegūt 3D attēlus. (5). Izmeklējumam beidzoties, pacients tiek noņemts no izmeklējumu galda un informēts par tālāko rīcības taktiku.

### **3. JONIZĒJOŠA STAROJUMA MONITORINGA PAMATPRINCIPI KODOLMEDICĪNĀ**

#### **3.1. Radiācijas aizsardzības pamatprincipi**

Radiācijas drošības pamatprincipi, veicot skeleta scintigrāfiju, sastāv no vairāku pasākumu kopuma. (14) Kā vienu no vissvarīgākiem var minēt prasību visas darbības veikt telpā, kur ir nodrošināta radiācijas aizsardzība. Ne mazāk svarīga ir RFP sagatavošana un ievadīšana, tā notiek saskaņā ar nacionālo noteikumu izstrādātām metodikām. (3) Nacionālie noteikumi paredz, ka diagnostiskā radionuklīda doza saskan ar diagnostiskiem standartlīmeņiem un atbilst attiecīgam izmeklējuma veidam. (14) Ievadot RFP, pārbauda marķējumu uz konteinera, to salīdzinot ar radiologa nozīmējumu. Zem injekcijas vietas jau laikus tiek novietots absorbējošs materiāls. Pacienta vēnas ir jau laicīgi sagatavotas, ja tās ir grūti pieejamas, pielieto intravenozo katetru. Šis pasākums ļauj samazināt šļirces turēšanas ilgumu rokās. Ieteicams izmantot šļirces svina aizsargapvalku. (5). Atsaucoties uz literatūras datiem, pētījumos pierādīts, ka šļirces svina aizsargapvalks būtiski samazina personāla saņemto dozu. (8). Šļirce līdz izmeklējuma beigām atrodas svina konteinērī, izmeklējumam beidzoties, šļirci utilizē atbilstoši prasībām. Noteikumos minēts, ka obligāts pasākums ir sekojošas informācijas ierakstīšana pacienta protokolā: RFP nosaukums, ievadītā aktivitāte, ievadīšanas laiks un veids, ko apliecina ar parakstu.(14)

Scintigrāfijas nodaļā jābūt oficiāli apstiprinātai pacienta identifikācijas procedūrai, ko veic pirms RFP ievadīšanas. Šeit iekļauj mutiski apstiprinātu pacienta vārdu, uzvārdu un citus personas datus, sievietei reproduktīvajā vecumā uzdod jautājumu par iespējamu grūtniecību kā arī vai sieviete baro bērnu ar krūti. (20) Pēc literatūras avotu datiem, šo pasākumu kopums veicams, lai izvairītos no nepareiza RFP ievadīšanas pacientam un pasargātu no tādiem nelaimes gadījumiem kā nepareizi izvēlēts RFP, RFP ievadīts citam pacientam, nepareiza radionuklīda devas sadale un nepareizu ārsta nozīmējumu interpretāciju. (4,8). Negadījumu novēršanai, jāizveido atbilstoša procedūru sistēma, ar mērķi nodrošināt pareiza RFP ar pareizo aktivitāti saņemšanu pareizam pacientam pareizā laikā un pareizā ievadīšanas ceļā.

Radiācijas drošības apsvērumu dēļ, nodaļā tiek izveidotas divas pacientu uzgaidāmās telpas- viena ir domāta pacientiem pirms RFP ievadīšanas, savukārt otrā uzturās pacienti, kas gaida izmeklējumu pēc RFP ievadīšanas. Uzgaidāmai telpai ir jābūt tik lielai, lai būtu iespēja atdalīt pacientu krēslus, rezultātā samazinot saņemto dozu no blakus sēdošiem pacientiem.

Uzgaidāmā telpa pacientiem pēc RFP ievadīšanas ir ar uzraudzības zonas apzīmējumu, publiska pieeja tajā tiek stingri kontrolēta- ir ierobežota bērnu un pusaudžu pieeja, grūtniecēm šajā telpā uzturēties nedrīkst; nepieciešamības gadījumā pacienta pavadonis var atrasties uzgaidāmā telpā. Uzgaidāmajā telpā, personāla apstarošanu no pacientiem mazina distance, kā arī ekranizētas darba vietas un sienas. Zināms, ka daļa no ievadītā RFP izvadās dabīgā ceļā ar urīnu, tāpēc šim nolūkam nodaļas telpās ir jāizveido arī divas atsevišķas tualetes- viena pacientiem pirms RFP ievadīšanas, otra- pēc RFP ievadīšanas un pacientiem pēc izmeklējuma- ar mērķi mazināt radioaktīvā piesārņojuma daudzumu. (3, 14) Pacientu informē, ka tamponus, ausiņbiksītes un tamlīdzīgi radioaktīvi atkritumi jāievieto tikai tam paredzētajā atkritumu spainī. (20)

Domājot par pacientu, nedrīkst aizmirst arī par savu radiācijas drošību. Radiācija tiek saņemta gan RFP injekcijas laikā, gan kontakta laikā ar pacientu, gan veicot pacienta pozicionēšanu. Individuālai aizsardzībai kontakta un pacienta sagatavošanas laikā jāievēro noteikta distance, nedrīkst aizmirst arī par individuālās lietošanas aizsarglīdzekļu pielietojumu- vairogdziedzera aizsargs, svina gumijas priekšauts, svina aizsargbrilles. Saņemtās dozas uzskaitē tiek izmantots individuālas lietošanas TLD dozimetrs.(3).

### **3.2. Jonizējoša starojuma dozas monitoringa principi kodolmedicīnā**

Zināms, ka kodolmedicīnas nodaļās fona radiācijas līmenis vienmēr būs paaugstināts, to pašu radiācijas līmeni salīdzinot ar citām radioloģiskās diagnostikas nodaļām. Līdz ar to, ir nepieciešama radiācijas līmeņa monitorēšana, attiecināma kā uz vides ārējo radiāciju un radiācijas piesārņojumu, tā arī uz kodolmedicīnā strādājošiem speciālistiem. (3) Monitorēšana tiek veikta ar mērķi izvērtēt šī paaugstinājuma līmeni kā arī nodrošināt, lai radiācijas līmenis saglabātos tik zems, cik vien saprātīgi iespējams, saskaņā ar ALARA principu. Uzraudzības apjoms, kā arī uzskaites veids tiek noteikts saskaņā ar Valsts likumdošanu un nacionāliem noteikumiem. (14)

Lai monitoringa procedūras noritētu veiksmīgi, nepieciešami dažāda veida dozu uzskaites līdzekļi, kā individuālie, tā stacionārie. Literatūrā tiek minēti šādi monitoringa līdzekļi: individuālie TLD dozimetri, gredzeni, aproces, portatīvie dozimetri, Geiger monitori, Geiger-Muller skaitītāji, speciālas filmas ( skatīt 3. pielikumu) Monitoringa procedūra sevī ietver mērījumus no darba virsmām, personāla mērījumus, kā arī kontaminācijas mērījumus.( 8, 16). Detalizētāks mērījumu apraksts tiks apkopots zemāk.

Darba virsmu mērijumi veicami telpās ar augstu radioaktivitāti jeb radiofarmpreparātu sagatavošanas laboratorijās, fasētavās. Lai varētu brīdināt personālu par neparasti augstu radiācijas līmeni, tiek pielietoti detektori ar skaņas signālu. Zināms, ka visā nodaļā doza svārstās atkarībā no darba veikšanas vietas, kā arī no tā, kāda veida darbība tiek veikta konkrētajā telpā. Tādēļ, lai varētu veikt dozas novērtējumu, tiek pielietoti CoMo iekārtas. (15, 16)

Personāla mērijumi veicami saskaņā ar likumos noteiktām prasībām. Likums nosaka, ka individuālas dozas uzskaitē personālam nepieciešams individuālais dozimetrs. Individuāliem dozimetriem tiek veikta regulāra nomaiņa. (5) Pēc literatūras analīzes, optimālākā izvēle būtu plakanie TLD dozimetri. Pasaulē ir pieejami arī speciāli monitori, kas ļauj vienlaicīgi veikt gan visa ķermeņa, gan pirkstu dozas mērijumus un vēlāk šos mērijumus analizēt. Vadlīnijas nosaka, ka roku atveru tuvumā jābūt pieejamām monitorēšanas ierīcēm, lai varētu pārbaudīt iespējamo kontamināciju ar radionuklīdu, radiofarmpreparātu uz cimdziem, rokām un darba apģērba. (6) Geiger Muller skaitītāji ir pietiekami jutīgi piesārņojuma noteikšanai, ja tuvumā ir radioaktīvi pacienti, piemēram pēc RFP injekcijas. Individuālie TLD dozimetri tiek novietoti krūšu kurvja līmenī, un nav pietiekami jutīgi, lai mērītu ķermeņa piesārņojumu zemākajā līmenī. Līdz ar to, ir nepieciešams veikt arī visa ķermeņa dozas mērijumus vismaz reizi gadā, ja tas ir iespējams. (3) Piesārņojuma riska mazināšanai, atstājot nodaļas telpas, nepieciešams veikt dozas mērijumus no pēdām. (15) Pārbaudes veic radiācijas aizsardzības speciālists.

Kontaminācijas mērijumi- veicami, lai noteiktu, kur ir bijusi RFP noplūde, kāds bija noplūdes apjoms, vai dekontaminācija bijusi efektīva, kā arī noteikts, kāds ir piesārņojums. Turklāt, ar mērijumiem ir iespējams noteikt, vai starojums no radioaktīviem atkritumu nepārsniedz pieļaujamos līmeņus. (3, 16). Pēc literatūras datiem, veicot kontaminācijas mērijumus, būtu ieteicams detektoru apklāt ar speciālu apvalku, piemēram plēves, lai novērstu detektora kontamināciju. Svarīgi minēt, ka šis noteikums nedarbosies uz zemas enerģijas beta izstarotājiem, proti, apvalks nepasargās detektora virsmu no kontaminācijas. (15) Obligāts nosacījums ir šļircu svina aizsargapvalku, darba instrumentu un svina konteineru ārpusē kontaminācijas noteikšana pirms katras atkārtotas lietošanas. Ja nodaļā tiek veiktas kodolmedicīnas procedūras ar RFP inhalācijām ( aerosoli), nepieciešams veikt arī gaisa koncentrācijas mērijumus. Visiem monitoringa līdzekļiem obligāti ir jābūt kalibrētiem, ievērojot valsts noteiktos standartus. (14, 16).

Turpmāka pētījuma uzmanība vērsta uz jonizējoša starojuma monitoringa pamatprincipiem, veicot skeleta scintigrāfijas izmeklējumu. Īpaša uzmanība tiek akcentēta uz personāla mērījumiem, visos RFP sagatavošanas- pielietošanas posmos.

#### **4. PĒTĪJUMA METODOLOĢIJA**

Mūsdienās arvien vairāk pieaug vajadzība pēc pētniecības integrēšanas medicīnas speciālistu ikdienas darbā, uz pierādījumiem balstītas prakses pamatošanai, rezultātā uzlabojot darba kvalitāti. Profesionālai darbībai ir jābalstās ne tikai uz teoriju, bet arī uz pierādījumiem balstītu praksi. (10, 12, 13).

Bakalaura darbam nepieciešamie pētījuma materiāli iegūti vienā no klīniskās universitātes slimnīcām, laika posmā no 16. 04. 2019 līdz 30. 04. 2019. un ir pamats pētījuma veikšanai.

Pētījums veikts ar mērķi noskaidrot jonizējoša starojuma monitoringa principiem kodolmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfiju. Pētījuma uzmanība akcentēta uz personāla dozimetriskiem mērījumiem visos skeleta scintigrāfijas procedūru posmos.

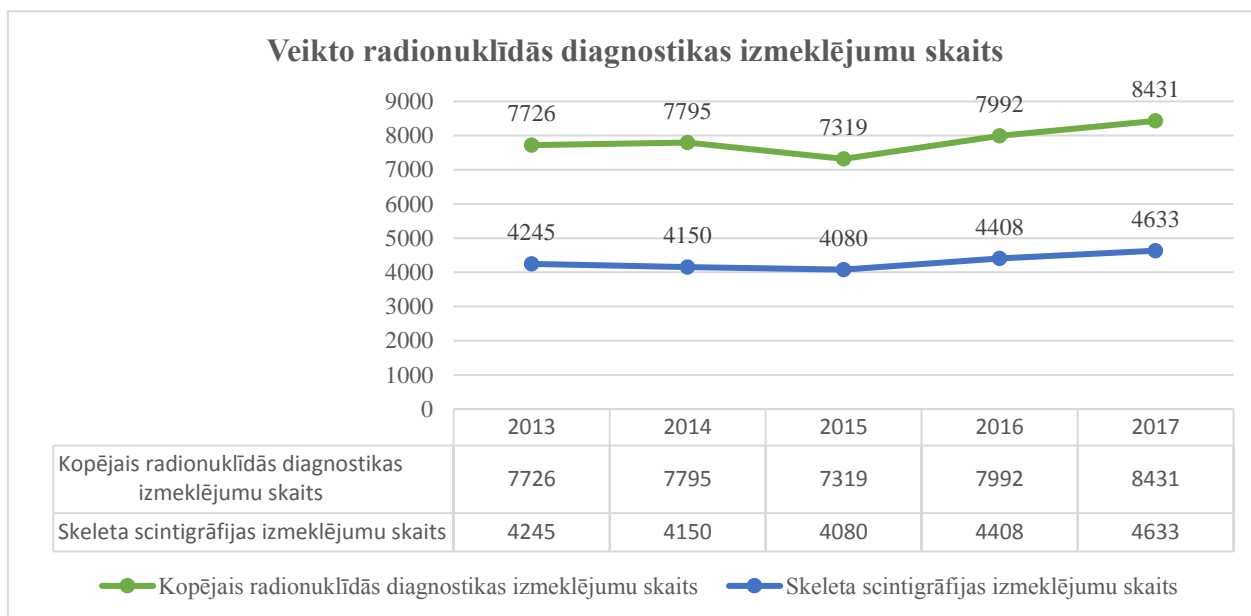
Pētījuma grupā tika iekļauti pēc randomizācijas metodes izvēlēti 25 skeleta scintigrāfijas izmeklējumi, kā arī 4 kodolmedicīnā strādājošie, kas piedalījās izmeklējuma veikšanā.

Bakalaura darbā pielietota prospektīvi- kvalitatīvā pētījuma metode. Pētījuma instruments- novērošanas protokols un personāla dozimetriskie mērījumi. Veicot iegūto materiālu analīzi, izlasē tika iekļauta informācija par izmeklējumam ievadāmo aktivitāti, dozu pie šļirces ar svina aizsargapvalku, saņemto starojumu radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī, saņemto starojumu radiofarmpreparāta injekcijas brīdī, saņemto starojumu 1 stundu pēc radiofarmpreparāta injekcijas. Iegūto materiālu analīzes rezultāti attēloti diagrammās, iekļaujot minimālās, maksimālās un vidējās vērtības, kā arī gadījumu skaitu, respektīvi, cik lielā daudzumā tika saņemti sekojoši rezultāti. Papildus veikta radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu skaita analīze, tai skaitā iekļaujot arī skeleta scintigrāfijas izmeklējumu skaitu.

Pētījuma datu ievākšanas gaitā iegūtie materiāli apkopoti 4. pielikumā un ir pamats pētījuma veikšanai.

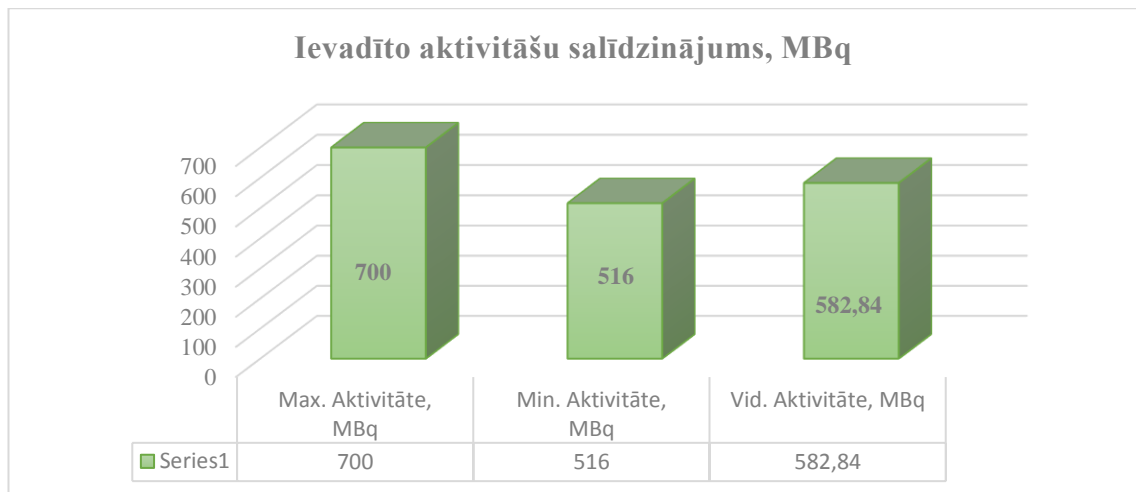
## 5. PĒTĪJUMA REZULTĀTI, TO ANALĪZE

Pētījuma laikā tika veikta mērķtiecīga datu atlase, veicot skeleta scintigrāfijas izmeklējumus. Nākamajā posmā tika veikta iegūto datu analīze.



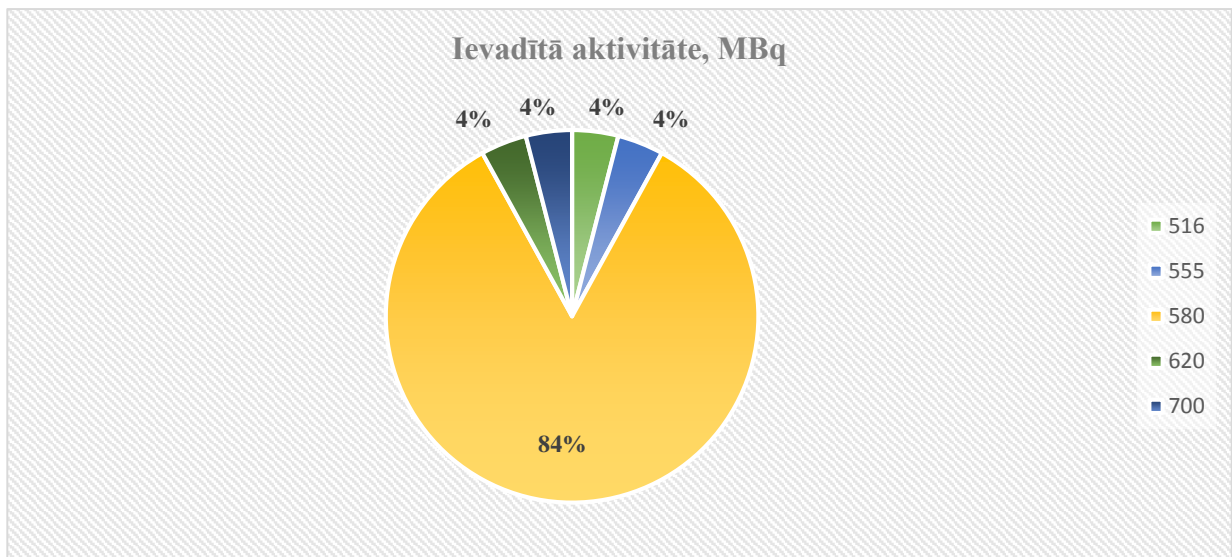
### 5.1 att. Veikto radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu skaits

Veicot veikto radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu skaita analīzi, 5.1. attēlā redzams, ka kopējais radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu skaits ar katru gadu pieaug. Tāpat vērojams arī skeleta scintigrāfijas izmeklējumu skaits pieaugums- ja 2013. gadā tika veikti 4245 skeleta scintigrāfijas izmeklējumi, tad 2017. gadā veikts jau 4633 izmeklējumi. Pētījuma dati, tāpat kā literatūras dati, pierāda, ka pieaugot onkoloģisko saslimšanu skaitam, pieaug arī prasība pēc radionuklīdās diagnostikas izmeklējumiem, un jo īpaši pēc skeleta scintigrāfijas. Šeit arī atrodam atbildi uz uzstādīto pētījuma jautājumu.



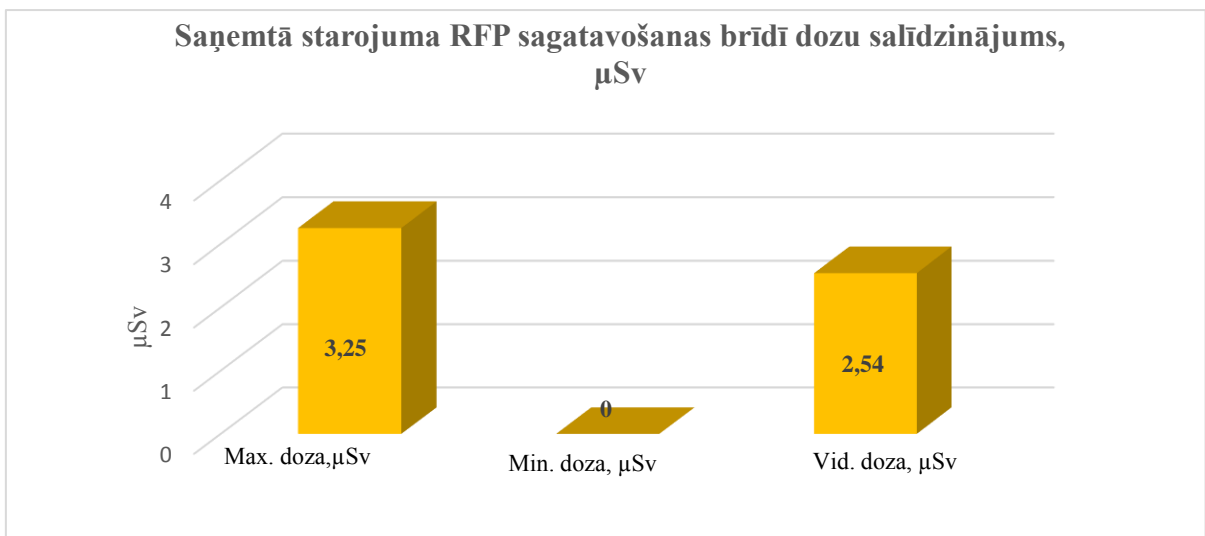
### 5.2. att. Ievadīto aktivitāšu salīdzinājums

Salīdzinot datus par ievadāmām aktivitātem skeleta scintigrāfijas izmeklējuma veikšanai, 5.2 attēlā redzams, ka maksimālā radiofarmpreparāta aktivitāte sastāda 700 MBq. Minimālā aktivitāte, kas nepieciešama skeleta scintigrāfijas izmeklējumam, ir 516 MBq. Saskaitot visas ievadāmās aktivitātes, iegūstam vidējo ievadāmo aktivitāti jeb 582, 84 MBq. Atsaucoties uz nacionāliem noteikumiem, pašlaik maksimālā pieļaujāmā ievadāmā radiofarmpreparāta aktivitāte ir 600 MBq vienam izmeklējumam. SPECT izmeklējumam maksimālā ievadāmā radiofarmpreparāta aktivitāte ir lielāka- 800 MBq. Pēc iegūto datu analīzes var secināt, ka ievadāmā aktivitāte nepārsniedz Valsts noteikto ievadāmās aktivitātes maksimumu.



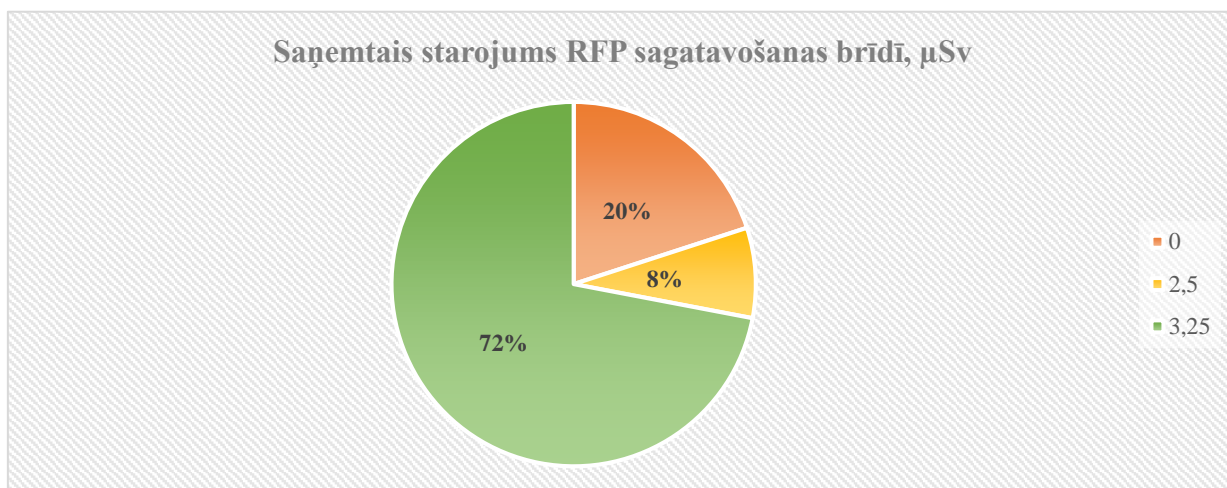
5.3 att. Ievadītā aktivitāte

Analizējot datus par ievadīto radiofarmpreparāta aktivitāti, 5.3 attēlā redzams, ka visbiežākā ievadāmā radiofarmpreparāta aktivitāte ir 580 MBq- novērojama 21 ( 84%) gadījumā. Pārejos gadījumos redzams, ka ievadāmā radiofarmpreparāta aktivitāte variē- vismazākā aktivitāte ir 516 MBq, savukārt vislielākā- 700 MBq. Tāpat var redzēt, ka vēl tika ievadītas sekojošas aktivitātes- 555 MBq, un 620 MBq. Katra no šīm aktivitātēm tika ievadīta 1 (4%) gadījumā. Kā jau tika minēts teorijas daļā, aktivitātes daudzumu nosaka radiologs- diagnosts. Kā iepriekš, tā arī šeit secinam, ka ievadāmā aktivitāte kopumā nepārsniedz Valsts noteikto ievadāmās aktivitātes maksimumu.



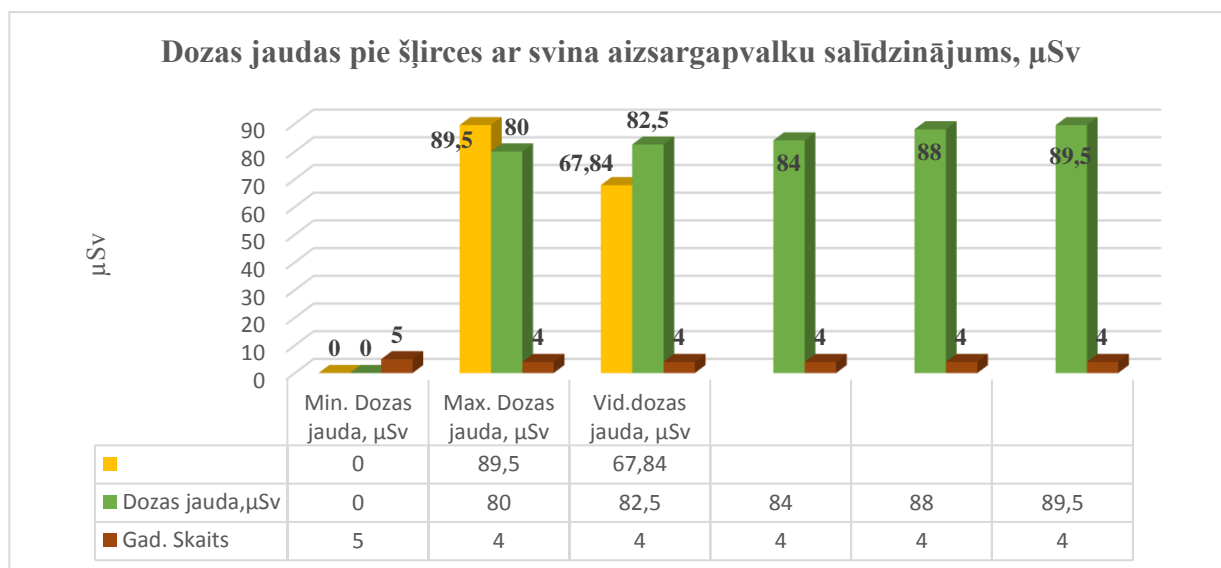
5.4. att. Saņemtā starojuma radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī dozu salīdzinājums,  $\mu\text{Sv}$

Salīdzinot datus par saņemtā starojuma radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī dozām, 5.4 attēlā redzams, ka maksimālā doza sastāda 3.25  $\mu\text{Sv}$ . Minimālā saņemtā starojuma radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī doza ir 0  $\mu\text{Sv}$ . Saskaitot visas saņemtā starojuma radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī dozu, iegūstam vidējo dozu jeb 2.54  $\mu\text{Sv}$ .



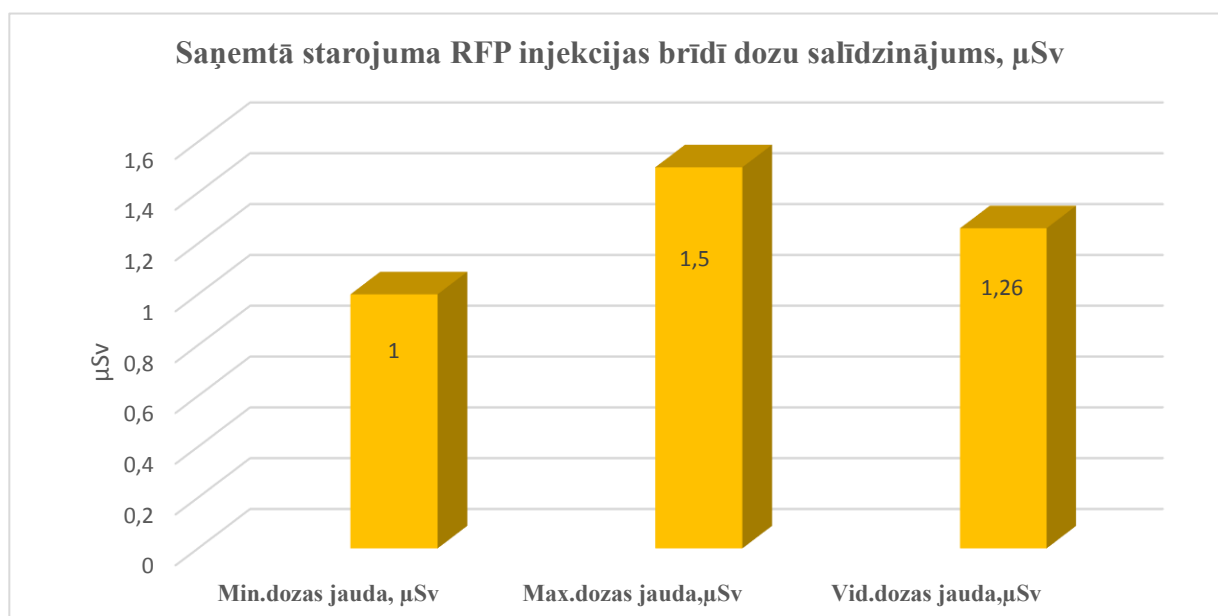
5.5. att. Saņemtā starojums radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī,  $\mu\text{Sv}$

Analizējot datus par saņemto starojumu radiofarmpreparāta sagatavošanas brīdī, 5.5 attēlā redzams, ka visbiežākais saņemtā starojums ir 3.25  $\mu\text{Sv}$ - novērojams 18 (72%) gadījumos. 2 (8%) gadījumos redzams, ka saņemtā starojums sastāda 2.5  $\mu\text{Sv}$ . 5 (20%) gadījumos personāla saņemtā starojums ir 0  $\mu\text{Sv}$ .



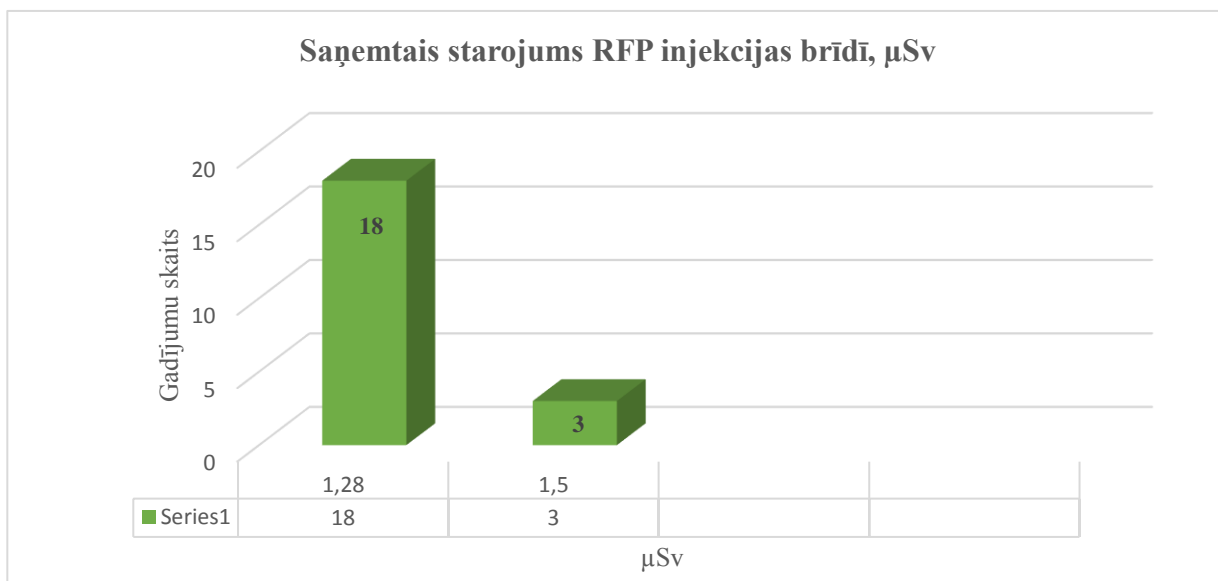
5.6. att. Dozas pie šļirces ar svina aizsargapvalku salīdzinājums

Salīdzinot datus par saņemtās dozas jaudām pie šļirces ar svina aizsargapvalku, 5.6 attēlā redzams, ka maksimālā dozas jauda sastāda 89.5 Sv/h . Minimālā dozas jauda pie šļirces ar svina aizsargapvalku ir 0 Sv/h. Saskaitot visas dozas jaudas pie šļirces ar svina aizsargapvalku, iegūstam vidējo dozas jaudu jeb 2.54 Sv/h. Pētot datus par dozas jaudām pie šļirces ar svina aizsargapvalku, 5.6 attēlā redzams, ka visbiežākais saņemtais starojums ir 0  $\mu$ Sv- novērojams 5 gadījumos. 4 gadījumos redzams, ka saņemtais starojums sastāda 80  $\mu$ Sv, tikpat daudzos gadījumos doza sastāda 82.5  $\mu$ Sv. Attiecīgi, 4 gadījumos, personāls saņēma 84  $\mu$ Sv. Vēl 4 gadījumos saņemtā starojuma doza sasniedza 88  $\mu$ Sv. Maksimālā saņemtā starojuma doza sastādīja 89.5  $\mu$ Sv, un bija novērojama 4 gadījumos. Kā jau redzam, saņemtais starojums pie šļirces ir liels, tāpēc, lai pasargātu sevi, nepieciešams lietot svina aizsargapvalkus. Pēc literatūras datiem, pētījumos ir pierādīts, ka šļircu svina aizsargapvalku lietošana būtiski samazina personāla saņemto dozu, īpaši rokām.



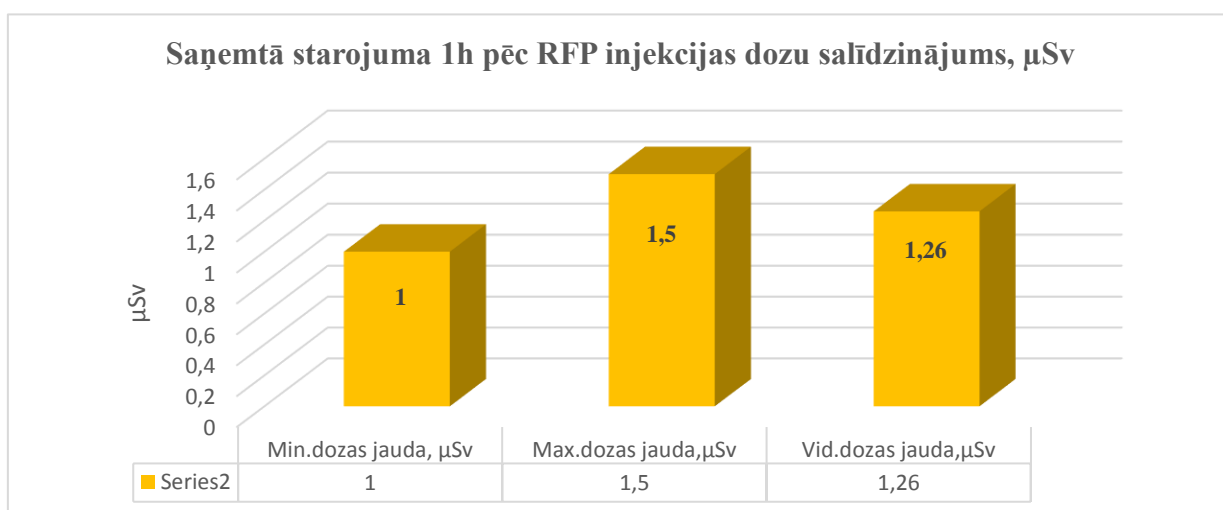
**5.7. att. Saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozu salīdzinājums**

Salīdzinot datus par saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozas jaudām, 5.7 attēlā redzams, ka maksimālā doza sastāda 1.5  $\mu$ Sv . Minimālā saņemtā starojuma doza radiofarmpreparāta injekcijas brīdī ir 1  $\mu$ Sv. Saskaitot visas saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozas, iegūstam vidējo dozu jeb 1.26  $\mu$ Sv.



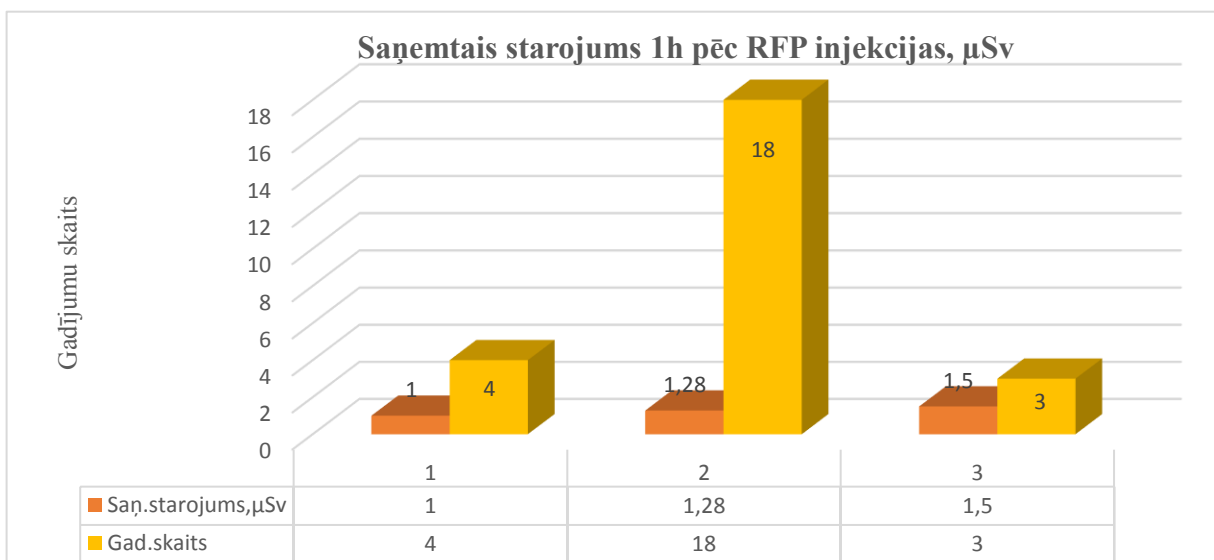
**5.8. att. Saņemtais starojums radiofarmpreparāta injekcijas brīdī**

Pētot datus par saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozas jaudām, 5.8 attēlā redzams, ka visbiežākais saņemtais starojums ir 1.28  $\mu\text{Sv}$ - novērojams 18 gadījumos. 3 gadījumos redzams, ka saņemtais starojums sastāda 1.5  $\mu\text{Sv}$ . Kaut arī saņemta starojuma doza nav liela, tomēr, jāievēro visi drošības noteikumi.



**5.9. att. Saņemtā starojuma 1 stundu pēc radiofarmpreparāta injekcijas dozu salīdzinājums**

Salīdzinot datus par saņemtā starojuma 1 stundu pēc radiofarmpreparāta injekcijas dozas jaudām, 5.9 attēlā redzams, ka maksimālā doza sastāda 1.5  $\mu\text{Sv}$ . Minimālā saņemtā starojuma doza radiofarmpreparāta injekcijas brīdī ir 1  $\mu\text{Sv}$ . Saskaitot visas saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozas, iegūstam vidējo dozu jeb 1.26  $\mu\text{Sv}$ . Varam secināt, ka doza nemainījās, salīdzinājumā ar saņemtā starojuma radiofarmpreparāta injekcijas brīdī dozu.



#### 5.10. att. Saņemtais starojums 1 stundu pēc radiofarmpreparāta injekcijas

Analizējot datus par saņemtā starojuma 1 stundu pēc radiofarmpreparāta injekcijas dozas jaudām, 5.10 attēlā redzams, ka visbiežākais saņemtais starojums ir 1.28  $\mu\text{Sv}$ - novērojams 18 gadījumos. 3 gadījumos redzams, ka saņemtais starojums sastāda 1.5  $\mu\text{Sv}$ . 4 gadījumos saņemtais starojums nepārsniedza 1  $\mu\text{Sv}$ . Izriet secinājums, ka visos gadījumos, jāstrādā atbilstoši drošības noteikumiem, ievērojot visas prasības.

## SECINĀJUMI

Bakalura darba pētījumam tika izvirzīts sekojošs mērķis: noskaidrot jonizējoša starojuma monitoringa principus kodlmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfiju. Uzstādītais pētījuma jautājums: pieaugot onkoloģisko slimību skaitam, pieaug arī nepieciešamība pēc skeleta scintigrāfijas, apstiprinājas pilnībā- uz to norāda gan Latvijas statistikas dati, gan arī veikto radionuklīdās diagnostikas izmeklējumu, jo īpaši skeleta scintigrāfijas, skaita pieaugums. Tāpat apstiprinājās arī apgalvojums, ka ievērojot visus monitoringa principus atbilstoši noteikumiem, personālam samazinās iespējamība saņemt palielinātu starojuma dozu.

1. Pateicoties tam, ka nepārtraukti attīstās tehnoloģijas, nemitīgi tiek optimizēta organisma patoloģisku procesu diagnostika, tās rezultāti kļūst nesalīdzināmi precīzāki, līdz ar to, iespējamās labākas terapeitiskās iespējas.

2. Radionuklīdā diagnostika dod iespēju diferencēt orgānu un sistēmu slimības, var izvērtēt funkcionālās izmaiņas, iespējams izvēlēties piemērotāko terapijas metodi, turklāt, metode ļauj spriest arī par pielietotās terapijas efektivitāti. Taču atšķirībā no citām radioloģiskās diagnostikas metodēm, radionuklīdā diagnostika nedod informāciju par anatomiju, vien par orgānu un sistēmu lokalizāciju, formu.

3. Vienam izmeklējumam paredzētā ievadāmās devas maksimālā pieļaujamā radioaktivitātē ir 600 MBq, SPECT izmeklējumam pieļaujams ievadīt 800 MBq. Vidēji skeleta scintigrāfijas veikšanai nepieciešamā aktivitāte sastāda 600- 700 MBq.

4. Monitorēšana tiek veikta ar mērķi izvērtēt radiācijas paaugstinājuma līmeni kā arī saglabāt to tik zemu, cik vien saprātīgi iespējams, saskaņā ar ALARA principu.

5. Pētījuma dati pierāda, ka pieaugot onkoloģisko slimību skaitam, pieaug arī prasība pēc radionuklīdās diagnostikas izmeklējumiem, un jo īpaši pēc skeleta scintigrāfijas.

6. Pēc pētījuma iegūto datu analīzes var secināt, ka ievadāmā aktivitāte nepārsniedz Valsts noteikto ievadāmās aktivitātes pieļaujamo maksimumu jeb 600 Mbq. Vienā izmeklējumā ievadāmā aktivitāte bija 700 MBq, tas skaidrojams ar SPECT metodes pielietojumu, kur maksimālā pieļaujamā ievadāmā aktivitāte sastāda 800 MBq.

7. Pēc pētījuma datiem redzams, ka saņemtais starojums pie šļirces ir liels, tāpēc, lai pasargātu sevi, nepieciešams lietot svina aizsargapvalkus. Pēc literatūras datiem, pētījumos ir pierādīts, ka šļircu svina aizsargapvalku lietošana būtiski samazina personāla saņemto dozu, īpaši rokām. Šis apgalvojums ir pierādījies arī praktiski.

Lai personālam samazinātos iespējamība saņemt paaugstinātu jonizējošā starojuma dozu, izstrādātas sekojošas rekomendācijas:

1. Vienmēr jāvelta pietiekošs laiks pacienta sagatavošanai un izgītošanai, uzsverot nepieciešamību laika posmā no injekcijas brīža līdz procedūras sākumam uzturēties tikai atsevišķā, speciāli norādītā telpā.

2. Personālam nepieciešams ievērot visus radiācijas aizsardzības pamatprincipus, lai pasargātu sevi no paaugstinātas jonizējoša starojuma dozas.

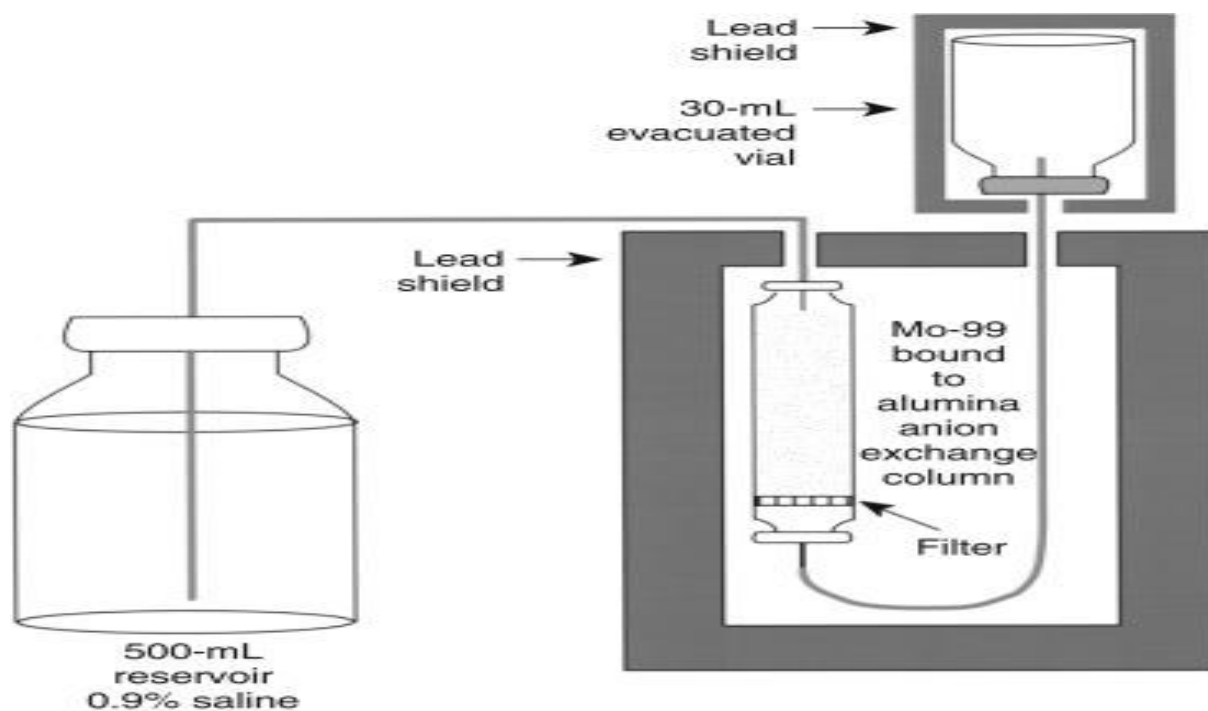
3. Pēc iespējas, jārīko papildus apmācības par jonizējoša starojuma monitoringa principiem un to nozīmi personāla ikdienas darbā.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. **Adler, A., Carlton R.,** *Introduction to Radiologic Sciences and Patient Care*. Fifth ed., 2012. ELSEVIER. 336- 347 p.
2. **Adler, A., Carlton, R.** *Introduction to Radiologic Sciences and Patient Care*. 4th Ed., 2016. ELSEVIER. 336- 347 p.
3. **Dehtjars, J.** ( red.) *Radiācijas drošība radiologu asistentiem*. Rīga: Rīgas Tehniskā Universitāte, 2006. 201. – 214. lpp
4. **EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE** *The radiopharmacy. A technologists guide.*, Vienna. 2012, 51 p.
5. **EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE** *Best practice in nuclear medicine. Nuclear Medicine Resources Manual*. Part 2. Vienna. 2013. 47 p.
6. **EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE** *European nuclear medicine guide*. Netherlands: Kloosterhof Neer BV, 2018. 384 p.
7. **Herring, W.** ( ed.) *Learning Radiology. Recognizing The Basics*. Third Ed. ELSEVIER. 2016. 5- 6 p.
8. **INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY** *Nuclear Medicine Resources Manual*. Vienna., 2006. 530 p.
9. **KANE, S.** *Introduction to physics in modern medicine*. Second Ed.. Boca Raton: CRC Press., 2009. 422 p.
10. **KRISTAPSONE, S.** *Zinātniskā pētniecība studiju procesā*. Rīga: SIA Biznesa augstskola “ Turība”, 2014. 350 lpp.
11. **LATVIJAS VESELĪBAS STATISTIKAS UN MEDICĪNAS TEHNOLOĢIJU VALSTS AĢENTŪRA** *Vadlīnijas diagnostiskās radioloģijas izmeklējumu izvēlē*. Rīga: SIA Trio- J, 2004. 114 lpp.
12. **Mārtinsons, K., Pipere, A.** ( red.) *Ievads pētniecībā: stratēģija, dizaini, metodes*. Rīga: RaKa., 2011. 284 lpp.
13. **Mārtinsons, K., Pipere, A., Kamerāde, D.** ( red.) *Pētniecība. Teorija un prakse*. Rīga: RaKa., 2016. 546 lpp.
14. **Noteikumi par aizsardzību pret jonizējošo starojumu medicīniskajā apstārošanā:** Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr.482 ( pieņemti 19. 08. 2014.)\ Latvijas Vēstnesis.- Nr. 165 ( 2014, 22. augusts).

15. **Schacket, P.** *Nuclear Medicine Technology: Procedures and Quick Reference. Second Ed.*, 2012. 330- 347 p.
16. **Sharp, P., Gemmell, H., Murray A.** ( ed.) *Practical nuclear medicine. Third Ed.* Springer., 2005. 384 p.
17. **SLIMĪBU PROFILAKSES UN KONTROLES CENTRS.** Statistikas dati diagnostiskajiem izmeklējumiem [ tiešsaiste] - [ atsauce 15.03.2019]  
Pieejams: [https://www.spkc.gov.lv/lv/statistika-un-petijumi/statistika/veselibas-aprupes- statistika1](https://www.spkc.gov.lv/lv/statistika-un-petijumi/statistika/veselibas-aprupes-statistika1)
18. **SLIMĪBU PROFILAKSES UN KONTROLES CENTRS.** Statistikas dati par onkoloģiskajiem pacientiem [ tiešsaiste] - [ atsauce 15.03.2019]  
Pieejams: <https://www.spkc.gov.lv/lv/statistika-un-petijumi/statistika/veselibas-aprupes-statistika1>
19. **Wilson, M.** ( ed.) *Textbook of Nuclear Medicine.* Philadelphia: Lippincot- Raven., 1998. 153- 187 p.
20. **RAKUS** Skeleta scintigrāfijas procedūras apraksts.

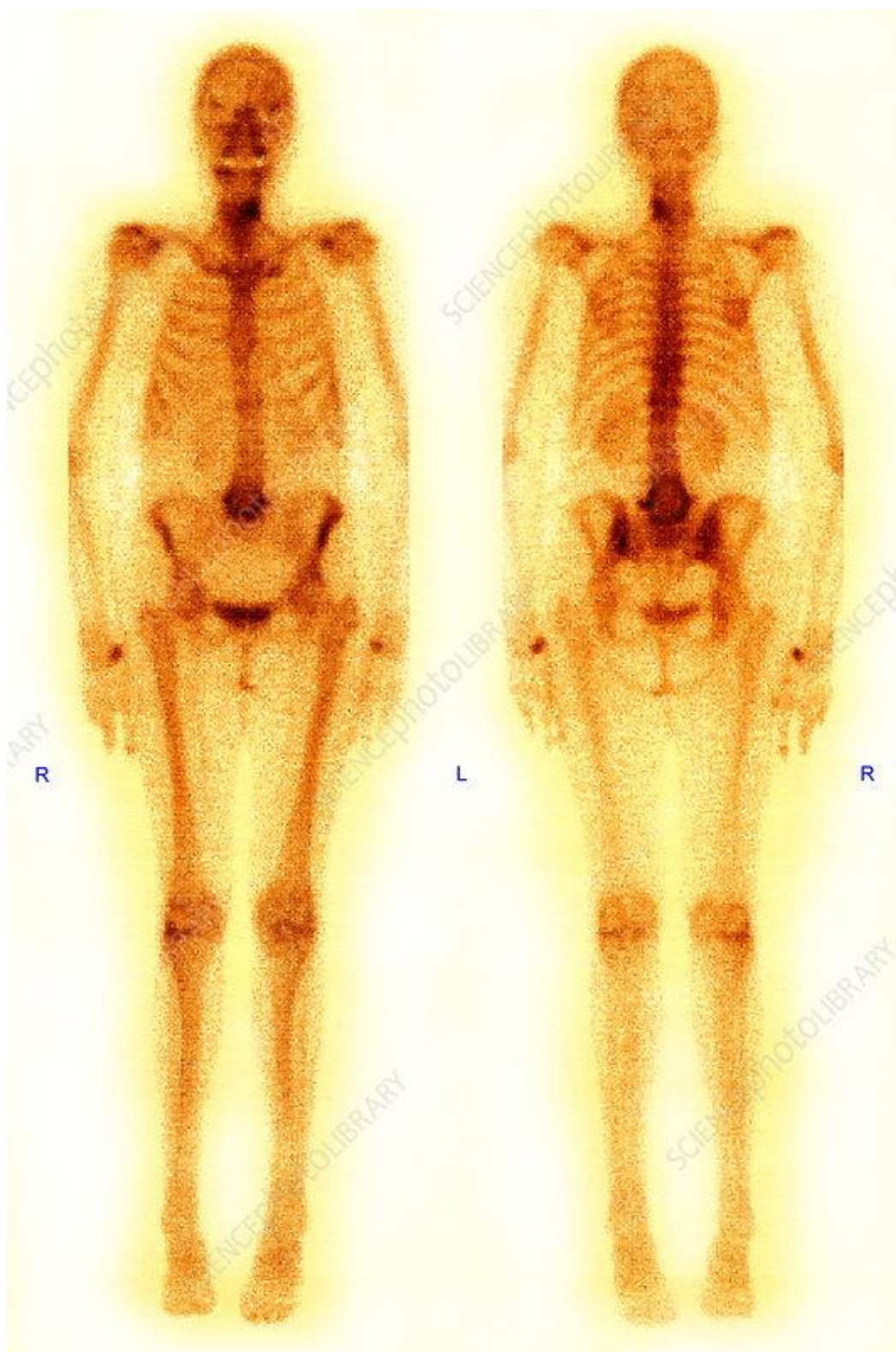
## **PIELIKUMI**



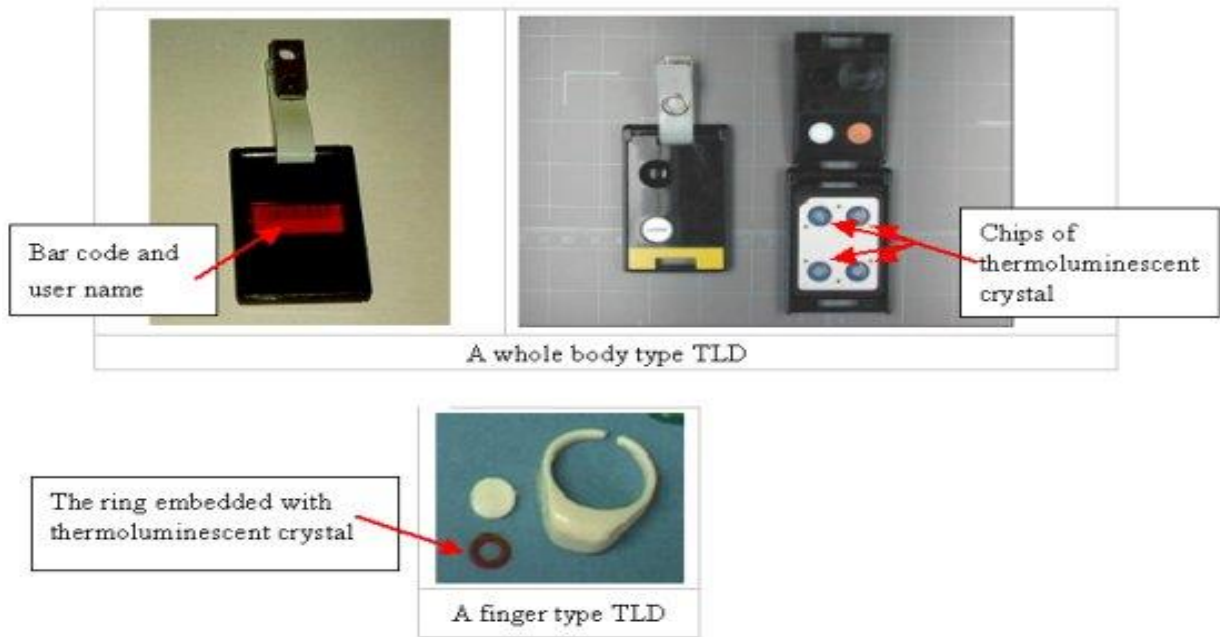
1.1 att. Molibdēna ģeneratora shēma



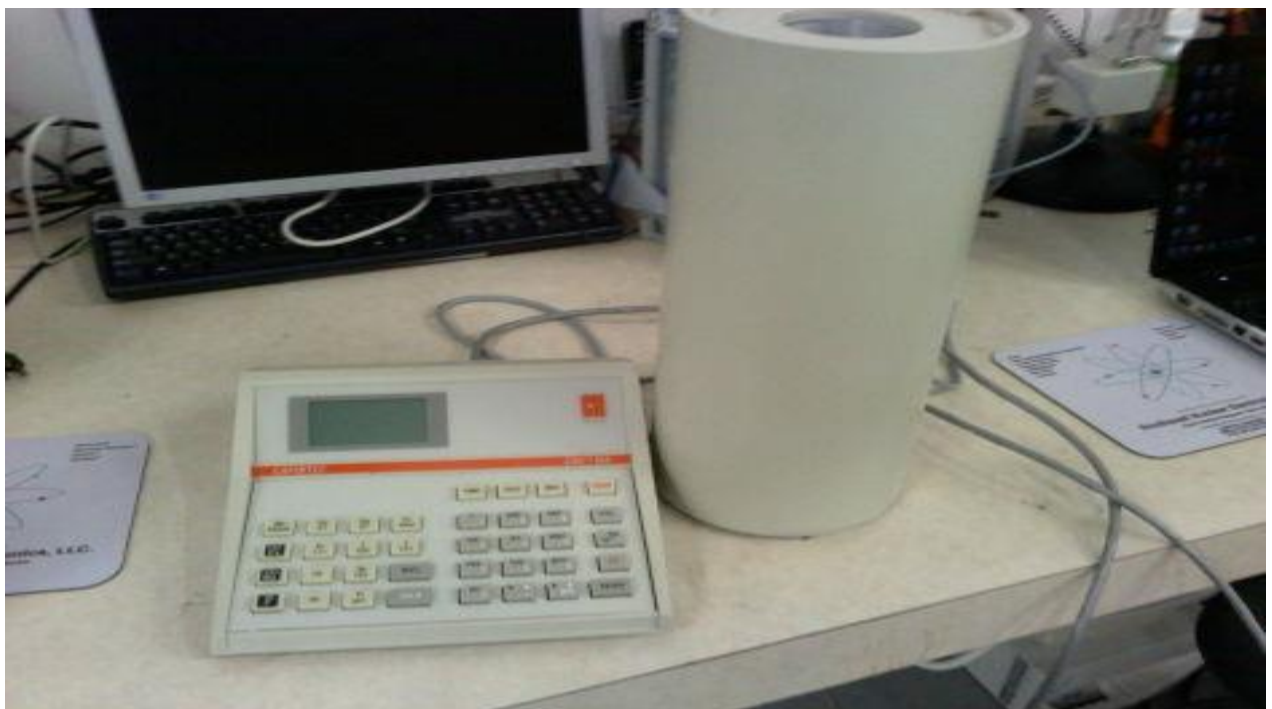
1.2. att. Skeleta scintigrāfijai pielietojamie radiofarmpreparāti



**2.1. att. Skeleta scintigrāfijas izmeklējuma paraugs**



*3.1. att. Individuālie dozimetri*



*3.2. att. Dozkalibrators*

4.1. tabula Pētījuma rezultātu apkopojums

Nr.p.k	Ievadītā aktivitāte, MBq	Saņemtais starojums RFP sagatavošanas brīdī, μSv	Doza pie šļirces ar svina aizsargapvalku, Sv/h	Saņemtais starojums RFP injekcijas brīdī, μSv	Saņemtais starojums 1h pēc injekcijas, μSv
1	580	0	0	0,29	1
2	580	0	0	0,29	1,5
3	580	0	0	0,29	1
4	580	0	0	0,29	1
5	580	0	0	0,29	1
6	580	2,5	89,5	0,29	1,5
7	620	2,5	89,5	0,40	1,5
8	555	3,25	84	0,39	1,28
9	516	3,25	84	0,26	1,28
10	700	3,25	84	0,45	1,28
11	580	3,25	84	0,39	1,28
12	580	3,25	88	0,39	1,28
13	580	3,25	82,5	0,39	1,28
14	580	3,25	82,5	0,39	1,28
15	580	3,25	82,5	0,39	1,28
16	580	3,25	82,5	0,39	1,28
17	580	3,25	89,5	0,39	1,28
18	580	3,25	89,5	0,39	1,28
19	580	3,25	88	0,39	1,28
20	580	3,25	88	0,39	1,28
21	580	3,25	88	0,39	1,28
22	580	3,25	80	0,39	1,28
23	580	3,25	80	0,39	1,28
24	580	3,25	80	0,39	1,28
25	580	3,25	80	0,39	1,28

## Dokumentārā lapa

Bakalaura darbs

„ Jonizējošā starojuma monitoringa principi kodolmedicīnā strādājošiem, veicot skeleta scintigrāfiju ”

izstrādāts LU Medicīnas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: \_\_\_\_\_ Aleksandra Makarova  
(personiskais paraksts) (vārds, uzvārds)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: pasniedzējs, veselības zinātņu maģistrs Evita Bladiko  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)

Recenzents: \_\_\_\_\_  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)

Darbs iesniegts LU Medicīnas fakultātē \_\_\_\_\_  
(datums)

Dekāna pilnvarotā persona: lietvede Mārīte Veldre \_\_\_\_\_  
(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

05.06.2019. protokola Nr. \_\_\_\_\_, vērtējums \_\_\_\_\_

Komisijas sekretāre: : \_\_\_\_\_  
(amats, grāds) (vārds, uzvārds, paraksts) (datums)