



Valsts digitālās
attīstības aģentūra



Valsts vides
dienests



Kopsavilkums par 2024. gadā veikto aptauju par pacientu saņemtajām dozām kodolmedicīnas izmeklējumiem Latvijas ārstniecības iestādēs diagnostikas standartlīmeņu noteikšanai

Ievads

Latvijas Medicīnas inženierzinātnes un fizikas biedrība (turpmāk – LMIFB) sadarbībā ar Valsts vides dienesta Radiācijas drošības centru (turpmāk – VVD RDC) projekta “Latvijas diagnostikas standartlīmeņu izstrāde rentgenogrāfijā un datortomogrāfijā pediatrijai un kodolmedicīnā” (reģ. Nr. 1-08/81/2023) veica aptauju par pacientu saņemto dozu aptauju Latvijas ārstniecības iestādēs.

2023. gada decembrī ārstniecības iestādēm tika izsūtītas aptaujas par pacientu saņemtajām dozām. Aptaujas mērķa grupa bija ārstniecības iestādes, kas veic kodolmedicīnas diagnostiskās manipulācijas. Aptaujā tika lūgts iesniegt datus (tai skaitā ievadīto radioaktivitāti un datortomogrāfijas daļā saņemto dozu (ja piemērojams)) par veiktajiem kodolmedicīnas izmeklējumiem pediatriskajiem un pieaugušajiem pacientiem. Pieaugušajiem pacientiem tika pieprasīti dati par standarta izmēra pacientiem (ķermeņa svars $70 \text{ kg} \pm 10 \text{ kg}$). Pediatriskajiem izmeklējumiem tika pieņemti dati par visiem pacientiem līdz 18 gadu vecumam (neieskaitot), norādot pacienta svaru. Aptaujā tika pieņemti arī vēsturiskie dati uz aptaujas veikšanas brīdi (pieaugušajiem pacientiem ne vecāki par diviem gadiem).

Aptaujas anketa tika izsūtīta visām Latvijas ārstniecības iestādēm, kas veic kodolmedicīnas diagnostiskās manipulācijas, kā arī tika izsūtīta iestādei, kas iepriekš ir veikusi šādas manipulācijas (no 2012. gada līdz 2019. gadam). Datus iesniedza piecas ārstniecības iestādes. Dati tika saņemti par 3 PET/CT, 4 SPECT/CT, 1 SPECT un 1 planāro gamma kameru.

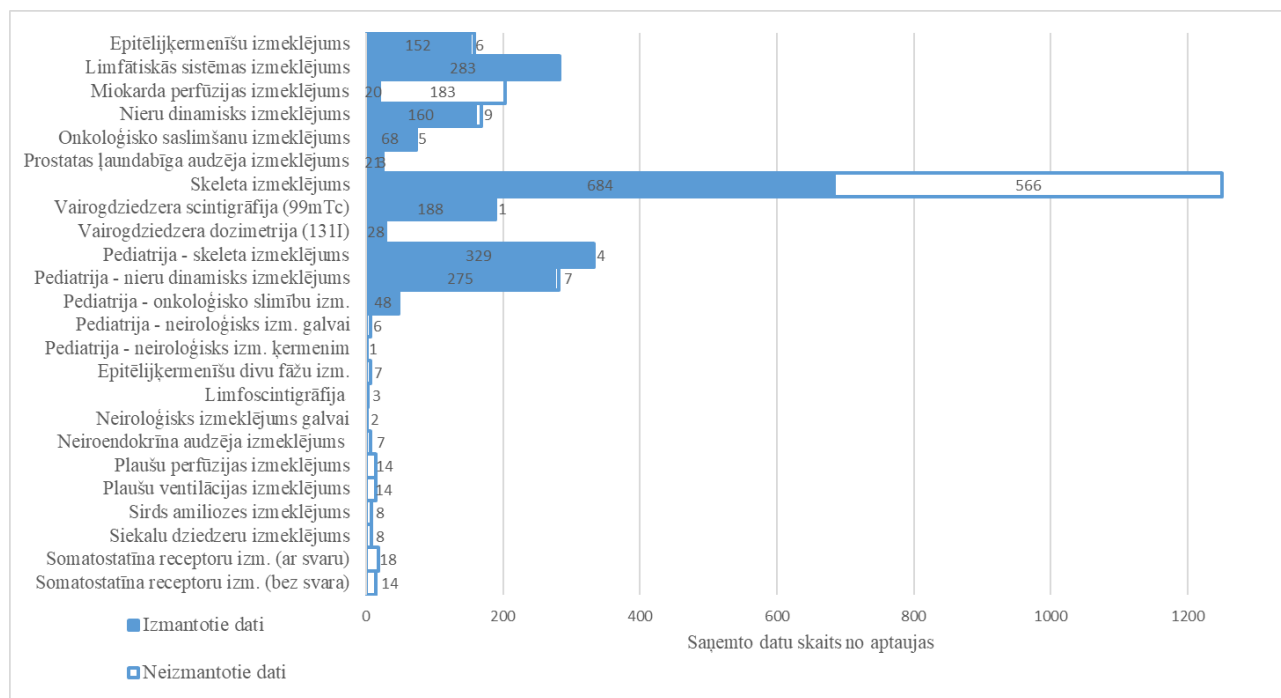
Divas no trim PET/CT iekārtām ir aprīkotas ar digitāliem fotonu skaitīšanas (*digital photon counting*, turpmāk - DPC) detektoriem un viena ar analogo kristālu detektoriem. Viena no četrām SPECT/CT iekārtām ir aprīkota ar 12 kadmija cinka telurīda (CdZnTe, turpmāk - CZT) detektoriem, pārējās ir konvenciālās divu detektoru SPECT/CT iekārtas ar NaI(Tl) scintilācijas kristālu detektoriem. Šādi digitālie jeb pusvadītāju detektori teorētiski ir ar augstāku jutību un potenciāli var ļaut samazināt ievadīto aktivitāti vai izmeklēšanas laiku. [1]

Balstoties uz iesniegtajiem datiem un to apjomu, tika noteikti ieteicamie tipiskie diagnostikas standartlīmeņi kodolmedicīnas diagnostiskām manipulācijām. Diagnostikas standartlīmeņu izstrāde tika balstīta uz ICRP publikāciju Nr.135 “Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging”. Rekomendētās vērtības ir balstītas uz trešās kvartiles vērtību

jeb ievadīto radioaktivitātes devu sadalījuma 75% vērtību (turpmāk 75% vērtība) visiem datiem, kas atbilda prasībām. Standartlīmenis tika izstrādāts izmeklējumiem, par kuriem saņemts pietiekošs skaits datu - vismaz 20 izmeklējumi pieaugušajiem un vismaz 30 izmeklējumi pediatriiskajiem pacientiem. Šiem izmeklējumiem tika noteiktas radioaktivitātes statistiskās vērtības: mediānā, minimālā, maksimālā, 75% vērtība un standartnovirze. Šāda pieeja tika izmantota arī, lai noteiktu tipiskos diagnostikas standartlīmeņus izmeklējumu datortomogrāfijas daļai.

No vienas iestādes saņemtie dati izmeklējumiem ar vienu SPECT un divām SPECT/CT iekārtām nesaturēja informāciju par pacientu svaru. Pirms šo datu izmantošanas standartlīmeņa izstrādāšanai tika izvērtēts, vai ievadītā radioaktivitāte konkrētam izmeklējumam ir atkarīga no pacienta svara. Ja izmeklējumam ievadītā radioaktivitāte nav atkarīga no pacienta svara, standartlīmeņa izstrādē tika izmantoti arī iesūtītie dati bez informācijas par pacienta svaru. Ja izmeklējumam ievadītā radioaktivitāte ir atkarīga no pacienta svara, šie dati netika izmantoti un standartlīmeņa izstrādāšanā tika izmantoti tikai dati no citām iekārtām.

1. attēlā apkopota informācija par saņemto datu apjomu no aptaujas, norādot izmantotos datus un neizmantotos. Galvenie iemesli, kas ierobežoja datu izmantošanu, bija nepietiekams saņemto datu skaits standartlīmeņa izstrādāšanai, informācijas trūkums par pacientu svaru, kā arī neprecizitātes datu ievadīšanā (piemēram, neizpildīta aile, nav norādīta aktivitāte, norādīts nepiemērots radiofarmaceutiskais preparāts konkrētam izmeklējumam u.c.).



Attēls Nr. 1. Aptaujā iegūto datu un izmantoto datu standartlīmeņu izstrādē skaits

Rekomendētos tipiskos diagnostikas standartlīmeņus bija iespējams noteikt pieaugušo pacientu kodolmedicīnas diagnostiskām manipulācijām sekojošiem izmeklējuma orgāniem vai izmeklējuma veidiem:

- epitēlijķermenīšu izmeklējums ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu,
- limfātiskās sistēmas izmeklējums ar ^{99m}Tc koloīdu,
- miokarda perfūzijas izmeklējums (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli) ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu,
- nieru dinamisks izmeklējums ar ^{99m}Tc DTPA,
- onkoloģisko saslimšanu izmeklējums ar ^{18}F FDG,
- prostatas ļaundabīga audzēja izmeklējums ar ^{18}F DCFPyL,
- skeleta izmeklējums ar ^{99m}Tc MDP,
- vairogdziedzera scintigrāfija ar ^{99m}Tc pertehnetātu,
- vairogdziedzera dozimetrija ar ^{131}I nātrija jodīdu.

Papildus tika noteikti standartlīmeņi kodolmedicīnas izmeklējumu datortomogrāfijas daļām šādiem izmeklējumiem:

- Skeleta SPECT/CT izmeklējuma datortomogrāfijas daļa starojuma vājināšanās korekcijai pieaugušajiem
- PET/CT ķermeņa izmeklējuma zemas dozas datortomogrāfijas daļa pieaugušajiem.

Pediatriskajiem pacientiem radiofarmaceutiskajiem preparātiem tika izvirzītas rekomendētās ievadāmās aktivitātes. Pietiekošs datu apjoms rekomendāciju izvirzīšanai tika saņemts par sekojošiem izmeklējumiem:

- skeleta izmeklējums ar ^{99m}Tc MDP,
- nieru dinamisks izmeklējums ar ^{99m}Tc DTPA,
- onkoloģisko slimību izmeklējums ar ^{18}F FDG.

Pediatriskajiem pacientiem netika saņemts pietiekošs informācijas apjoms datortomogrāfijas daļas standartlīmeņu izvirzīšanai.

Pieaugušo pacientu izmeklējumu 75. percentīles tika salīdzinātas ar Eiropas Nukleārās medicīnas asociācijas (*European Association of Nuclear Medicine*, turpmāk - EANM) rekomendācijām par ievadāmajām radioaktivitātēm konkrētam kodolmedicīnas izmeklējumam [1]. Vērtības tika salīdzinātas arī ar Lietuvas, Francijas, Itālijas un Šveices standartlīmeņiem [2;3;4;5], ja konkrētais izmeklējums bija norādīts. Papildus prostatas ļaundabīga audzēja izmeklējums ar ^{18}F DCFPyL tika salīdzināts ar ^{18}F -DCFPyL PET/CT vadlīnijām [6]. Pediatrijas pacientu izmeklējumos ievadītās radioaktivitātes tika salīdzinātas ar EANM vadlīniju dozu karti (versija 5.7.2016) [7]. Visas vērtības tika papildus salīdzinātas ar MK noteikumu Nr. 482 1. pielikumu [8].

Visiem izmeklējumiem, par kuriem tika saņemts pietiekošs datu skaits (vismaz 20 izmeklējumi pieaugušajiem un vismaz 30 izmeklējumi pediatriskajiem pacientiem), tika veikta statistiskā analīze, lai novērtētu, vai pastāv nozīmīga korelācija starp ievadīto preparāta aktivitāti un diagnozi. Nevienam izmeklējumam netika atrasta nozīmīga korelācija.

Izvirzītie standartlīmeņi pieaugušajiem ir apkopoti 1. pielikumā un 2. pielikumā ir apkopotas EANM rekomendētās ievadāmās radioaktivitātes kodolmedicīnas izmeklējumiem pieaugušiem pacientiem [1]. Izvirzītie Latvijas standartlīmeņi pediatrijas pacientiem dozu kartes veidā ir apkopoti 3. pielikumā. Aktuālā EANM dozu karte pediatrijas pacientiem (versija 5.7.2016) latviešu valodā izmeklējumiem, kam netika izvirzīts Latvijas standartlīmenis, ir skatāma 4. pielikumā [7].

1. Epitēlijķermenīšu izmeklējums ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu pieaugušajiem

Dati par epitēlijķermenīšu izmeklējumiem ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu saņemti no 2 iestādēm, 4 iekārtām. Kopā saņemti dati par 152 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam nav atkarīga no pacienta svara, tādēļ visi saņemtie dati izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Iesniegto datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības iekārtām, par kurām tika iesniegti dati, apkopotas 1.1. tabulā.

1.1. tabula. ^{99m}Tc tetrafosmīna radioaktivitāte epitēlijķermenīšu izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	13	662	608	700	674	20.73
Iekārta 2	5	700	700	700	700	0.00
Iekārta 3	30	634.5	608	658	642.5	12.98
Iekārta 4	104	632.5	600	641	640	11.21
Apkopojums	152	635	600	700	640	19.66

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām nav novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība. EANM rekomendācijās ir norādītas tikai ^{99m}Tc -2-methoxyisobutylisonitrile (^{99m}Tc -sestamibi) ievadāmās radioaktivitātes epitēlijķermenīšu kodolmedicīnas izmeklējumiem ar vienu marķieri (ieteicamā ievadāmā radioaktivitāte 500 - 700 MBq). Latvijā šis izmeklējums tiek veikts tikai ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu, taču ne EANM, ne citu valstu izstrādātajos standartlīmeņos nav aprakstītas ievadāmās aktivitātes ar šo preparātu.

Kā tipiskais standartlīmenis epitēlijķermenīšu izmeklējumam ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu tiek izvirzīts 640 MBq.

2. Limfātiskās sistēmas izmeklējums ar ^{99m}Tc koloīdu pieaugušajiem

Dati par limfātiskās sistēmas izmeklējumiem ar ^{99m}Tc koloīdu saņemti no 2 iestādēm, 4 iekārtām. Kopā saņemti dati par 283 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam nav atkarīga no pacienta svara, tādēļ visi saņemtie dati izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Iesniegto datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības iekārtām, par kurām tika iesniegti dati, apkopotas 2.1. tabulā.

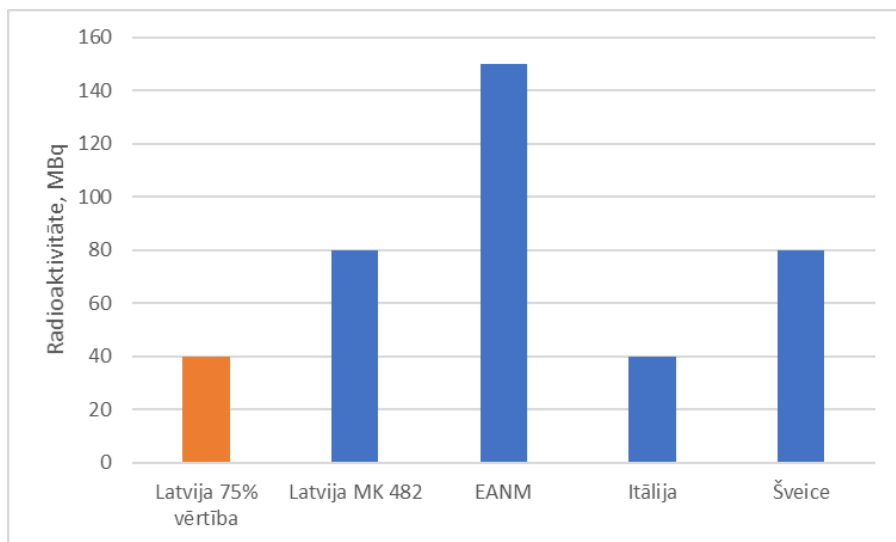
2.1. tabula. ^{99m}Tc koloīda radioaktivitāte limfātiskās sistēmas izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	153	39	31	43	40	1.83
Iekārta 2	4	40	40	41	40.25	0.43
Iekārta 3	12	33.5	23	37	35	3.55
Iekārta 4	114	34	10	51	36	9.93
Apkopojums	283	38	10	51	40	7.48

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām nav novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība. Ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo aktivitāti (150 MBq). Jāņem vērā, ka EANM rekomendācijās limfātiskās sistēmas izmeklējums (limfmezglu lokalizācija ar intraoperatīvo zondi) un limfoscintigrāfija (visa ķermeņa izmeklējums limfātiskās sistēmas funkcijas novērtēšanai) ir aprakstīti kopā un ieteiktā ievadāmā radioaktivitāte ^{99m}Tc koloīdam ir 10 - 150 MBq, atkarībā no izmeklējuma veida, taču sīkāk nav specificēts. Limfoscintigrāfija tiek veikta visam ķermenim un šim izmeklējumam ir nepieciešama lielāka radioaktivitāte, piemēram, Lietuvas izstrādātais nacionālais standartlīmenis šim izmeklējumam ir 200 MBq [2].

Salīdzinājums starp 75% vērtībām un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 2.1. attēlā. Kā tipiskais standartlīmenis ^{99m}Tc koloīda radioaktivitātei limfātiskās sistēmas izmeklējumos tiek izvirzīts 40 MBq.



Attēls Nr. 2.1. Aptaupā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{99m}Tc koloīda radioaktivitātei limfātiskās sistēmas izmeklējumos salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1;4;5;8]

3. Miokarda perfūzijas izmeklējums (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli) ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu pieaugušajiem

Dati par miokarda perfūzijas izmeklējumiem (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli) ar ^{99m}Tc tetrafosmīnu saņemti no 2 iestādēm, 2 iekārtām. Kopā saņemti dati par 201 izmeklējumu. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam ir atkarīga no pacienta svara, tādēļ saņemtie dati, kas nesatur informāciju par pacienta svaru, netika izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Standartlīmeņa izstrādē izmantoti dati no 1 iestādes, 1 iekārtas, kopā 20 izmeklējumi. Datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības apkopotas 3.1. tabulā.

3.1. tabula. ^{99m}Tc tetrafosmīna radioaktivitāte miokarda perfūzijas izmeklējumos (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli)

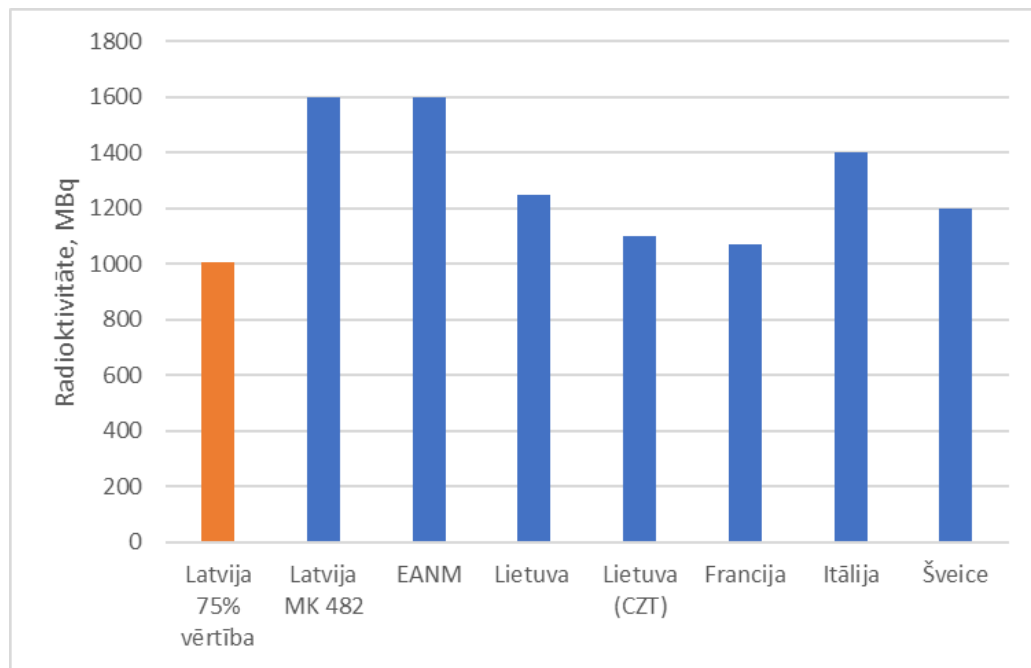
Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	20	959	950	1012	1008	27.24
Apkopojums	20	959	950	1012	1008	27.24

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo radioaktivitāti (1600 MBq (250 - 400 MBq pirmajai injekcijai, 3 reizes vairāk otrajai injekcijai)). Salīdzinājums starp 75% vērtību un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 3.1.

attēlā. Lietuvā ir izvirzīti divi standartlīmeņi miokarda perfūzijas izmeklējumam - konvencionālām iekārtām un CZT detektoru iekārtām. Tā kā iekārta nr. 1 tabulā nr. 3.1 ir CZT detektoru SPCET/CT, salīdzinājumā iekļauts arī Lietuvas CZT iekārtu standartlīmenis.

Kā tipiskais standartlīmenis ^{99m}Tc tetrafosmīna radioaktivitātei miokarda perfūzijas izmeklējumos (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli) tiek izvirzīts 1010 MBq.



Attēls Nr. 3.1. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{99m}Tc tetrafosmīna radioaktivitātei miokarda perfūzijas izmeklējumos (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli) salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1;2;3;4;5;8]

4. Nieru dinamisks izmeklējums ar ^{99m}Tc DTPA pieaugušajiem

Dati par nieru dinamiskiem izmeklējumiem ar ^{99m}Tc DTPA saņemti no 2 iestādēm, 3 iekārtām. Kopā saņemti dati par 160 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam nav atkarīga no pacienta svara, tādēļ visi saņemtie dati izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības apkopotas 4.1. tabulā.

4.1. tabula. ^{99m}Tc DTPA radioaktivitāte nieru dinamiskos izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	45	170	166	178	172	3.14

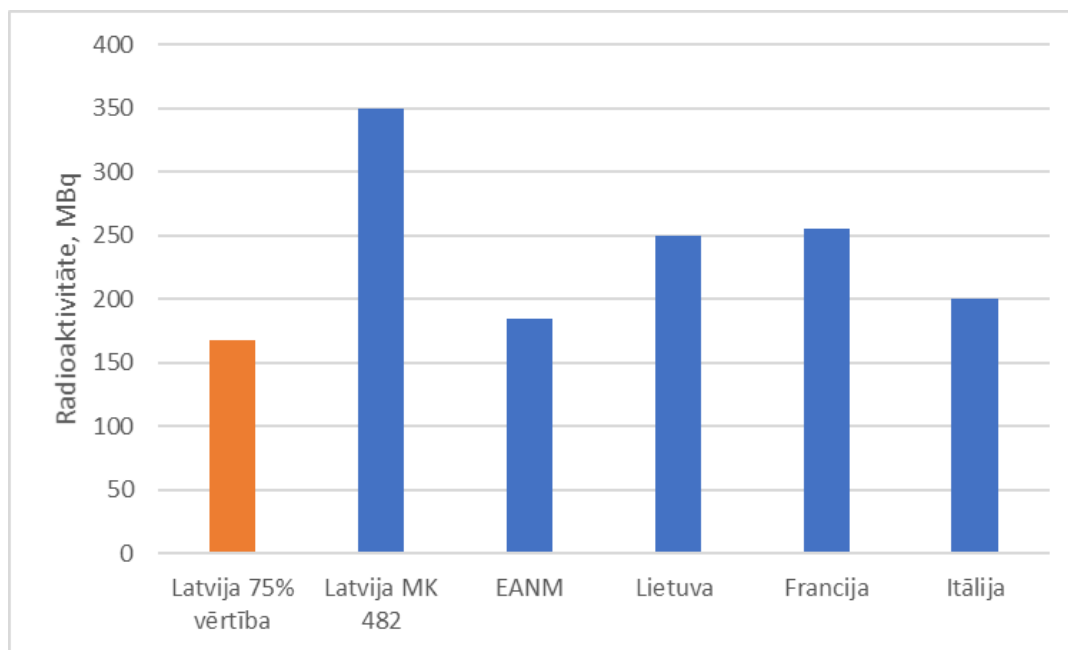
Iekārta 2	15	95	88	102	97	3.63
Iekārta 3	99	94	85	108	97	4.16
Apkopojums	160	96	85	178	167.25	34.47

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām ir novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība (gandrīz divas reizes). Iekārtas 2 un 3 ir no viena operatora, iekārta 1 - no cita. No iesniegtajiem datiem nav iespējams izvērtēt, kādēļ šāda atšķirība pastāv. Visas ievadītās radioaktivitātes iekļaujas EANM rekomendētajā ievadāmās radioaktivitātes diapazonā 37 - 185 MBq. Šie dati liecina, ka ir iespējams iegūt kvalitatīvu nieru dinamiska izmeklējuma attēlu, strādājot ar zemākām ievadītajām radioaktivitātēm, nekā strādā 1. iekārtas operators. Tiek ieteikts izvērtēt iespēju samazināt ievadīto radioaktivitāti darbā ar 1. iekārtu, kā arī veicināt sadarbību starp operatoriem, lai uzlabotu izmeklējumu optimizāciju.

Nevienai no iekārtām, kā arī kopā visiem datiem ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo radioaktivitāti (185 MBq). Salīdzinājums starp 75% vērtību un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 4.1. attēlā.

Kā tipiskais standartlīmenis ^{99m}Tc DTPA radioaktivitātei nieru dinamiskos izmeklējumos tiek izvirzīts 170 MBq.



4.1.attēls. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{99m}Tc DTPA radioaktivitātei nieru dinamiskiem izmeklējumiem salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1, 2, 3, 4, 5, 8]

5. Onkoloģisko saslimšanu izmeklējums ar ¹⁸F FDG pieaugušajiem

Par onkoloģisko saslimšanu izmeklējumiem ar ¹⁸F FDG tika saņemti dati no visām iestādēm, kuras veic PET/CT izmeklējumus. Kopā informācija tika saņemta no divām iestādēm par trim iekārtām. Divas no tām ir aprīkotas ar DPC detektoriem un viena ar analogo kristālu detektoriem. Kopā saņemta informācija par 68 izmeklējumiem. Iesniegto datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības iekārtām, par kurām tika iesniegti dati, apkopotas 5.1. tabulā.

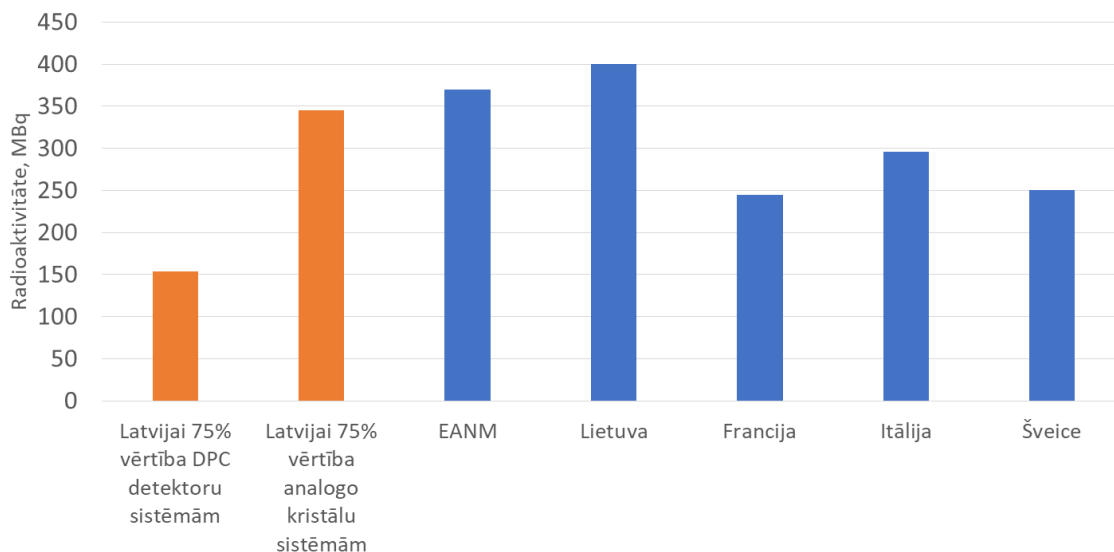
5.1. tabula. ¹⁸F FDG radioaktivitāte onkoloģisko saslimšanu izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	30	142	131	163	149.5	8.42
Iekārta 2	10	154	138	165	161.5	8.88
Iekārta 3	28	331	211	369	345.5	33.60
Apkopojums DPC detektoru iekārtām	40	142.5	131	165	154	9.50
Apkopojums analogo detektoru iekārtām	28	331	211	369	345.5	33.60

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība, kas skaidrojama ar iekārtu detektoriem. Analogā tipa detektoriem novērojama zemāka jutība, līdz ar to ir jāievada lielāka radioaktivitāte nepieciešamās diagnostiskās informācijas iegūšanai. [1]

Abu tipa detektoru gadījumā ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo radioaktivitāti (370 MBq). Būtisko detektoru atšķirību dēļ, tiek rekomendēts noteikt atsevišķus tipiskos standartlīmeņus DPC (160 MBq) un analogiem detektoriem (360 MBq). Salīdzinājums starp 75% vērtībām un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 5.1. attēlā.



5.1.attēls. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{18}F FDG radioaktivitātei onkoloģisko saslimšanu izmeklējumos salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1, 2, 3, 4, 5]

6. Prostatas ļaundabīga audzēja izmeklējums ar ^{18}F DCFPyL pieaugušajiem

No visām iestādēm, kuras veic PET/CT izmeklējumus ar ^{18}F DCFPyL prostatas ļaundabīgām saslimšanām. Informācija par izmeklējumiem tika saņemta no trim PET/CT iekārtām. Divas no tām ir aprīkotas ar digitāliem fotonu skaitīšanas detektoriem un viena ar analogo kristālu detektoriem. Kopā saņemta informācija par 21 izmeklējumu. Iesniegto datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības iekārtām, par kurām tika iesniegti dati, apkopotas 6.1. tabulā.

6.1. tabula. ^{18}F DCFPyL radioaktivitāte prostatas ļaundabīga audzēja izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	17	147	123	164	152	11.19
Iekārta 2	3	146	141	152	149	4.50
Iekārta 3	1	245	245	245	245	0
Apkopojums DPC detektoru iekārtām	20	146.5	123	164	152	10.47

Apkopojums analogo detektoru iekārtām	1	245	245	245	245	0
---------------------------------------	---	-----	-----	-----	-----	---

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība, kas skaidrojama ar iekārtu detektoriem. Tomēr tika saņemta informācija tikai par vienu izmeklējumu analogo detektoru iekārtai.

Izmeklējumiem ar ^{18}F DCFPyL informācija par rekomendētajām aktivitātēm pieejama tikai atsevišķās vadlīnijās un ražotāju aprakstos. Vadlīnijās [6] rekomendētais radioaktivitātes diapazons ir no 296 līdz 370 MBq. Visām iekārtām maksimālā radioaktivitāte ir zemāka par šo diapazonu. Izmeklējumu skaits ļauj izvirzīt tipisko standartlīmeni DPC detektoru PET/CT sistēmām: 160 MBq.

7. Skeleta izmeklējums ar $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MDP pieaugušajiem

Dati par skeleta izmeklējumiem ar $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MDP saņemti no 2 iestādēm, 5 iekārtām. Kopā saņemti dati par 1241 izmeklējumu. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam ir atkarīga no pacienta svara, tādēļ saņemtie dati, kas nesatur informāciju par pacienta svaru, netika izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Standartlīmeņa izstrādē izmantoti dati no 1 iestādes, 2 iekārtām, kopā 684 izmeklējumi. Datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības apkopotas 7.1. tabulā.

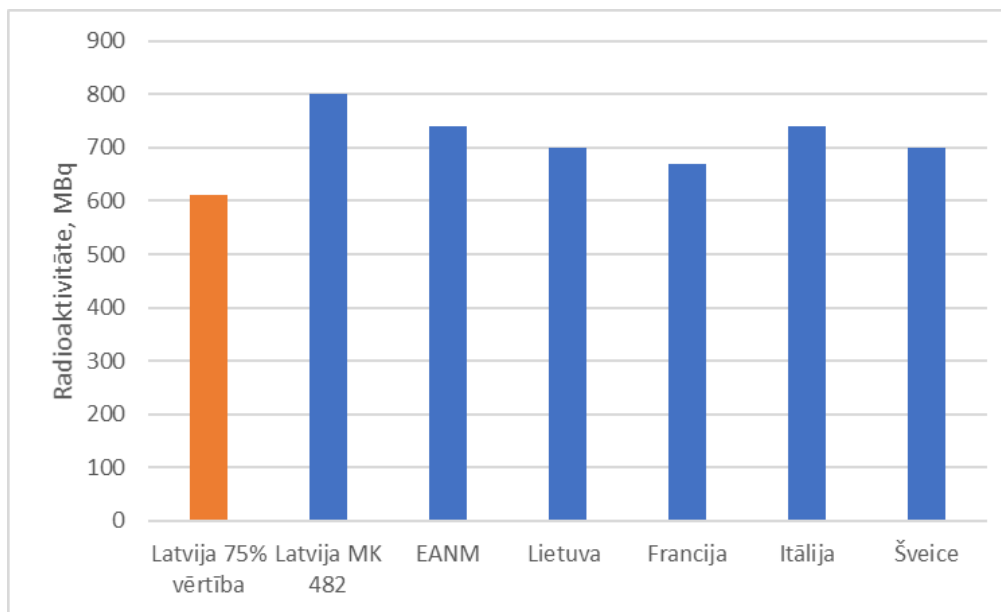
7.1. tabula. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MDP radioaktivitāte skeleta izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	344	608.5	580	630	615	9.01
Iekārta 2	340	600	565	629	606	10.59
Apkopojums	684	604	565	630	611	10.84

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām nav novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība. Nevienai no iekārtām, kā arī kopā visiem datiem ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo radioaktivitāti (740 MBq). Salīdzinājums starp 75% vērtību un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 7.1. attēlā.

Kā tipiskais standartlīmenis ^{99m}Tc MDP radioaktivitātei skeleta izmeklējumos tiek izvirzīts 615 MBq.



7.1. attēls. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{99m}Tc MDP radioaktivitātei skeleta izmeklējumiem salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1, 2, 3, 4, 5, 8]

8. Vairogdziedzera scintigrāfija ar ^{99m}Tc pertehnetātu pieaugušajiem

Dati par vairogdziedzera izmeklējumiem ar ^{99m}Tc pertehnetātu saņemti no 2 iestādēm, 5 iekārtām. Kopā saņemti dati par 188 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam nav atkarīga no pacienta svara, tādēļ visi saņemtie dati izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības apkopotas 8.1. tabulā.

8.1. tabula. ^{99m}Tc pertehnetāta radioaktivitāte vairogdziedzera izmeklējumos

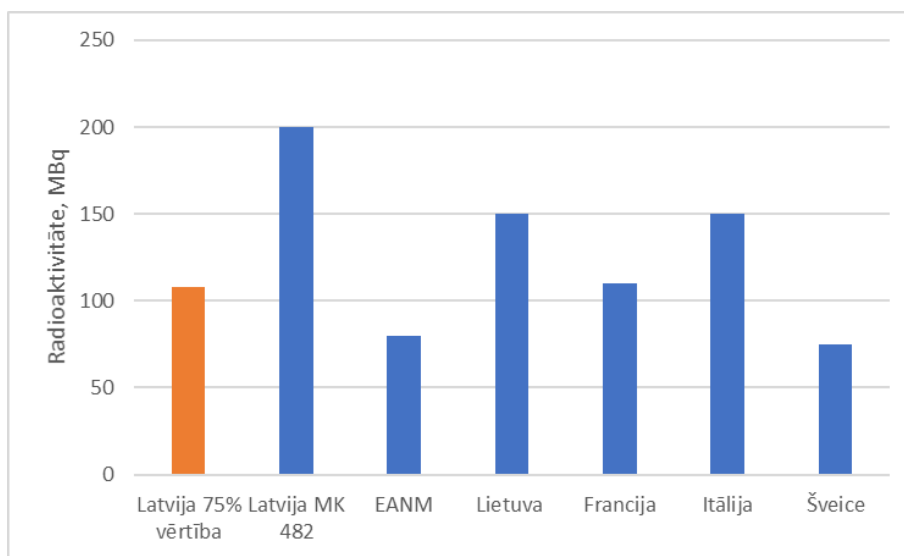
Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	25	113	101	119	114	5.04
Iekārta 2	29	114	105	115	115	2.68
Iekārta 3	20	102	94	111	106	4.44

Iekārta 4	33	97	92	115	99	4.88
Iekārta 5	81	96	89	100	99	3.57
Apkopojums	188	100	89	119	108	7.88

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām nav novērojama būtiska ievadītās radioaktivitātes atšķirība. Katrai iekārtai, kā arī kopā visiem datiem ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība pārsniedz EANM rekomendēto maksimālo aktivitāti (80 MBq), kā arī Šveices nacionālo standartlīmeni (75 MBq). Salīdzinājums starp 75% vērtību un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 8.1. attēlā.

Kā tipiskais standartlīmenis ^{99m}Tc pertehnetāta radioaktivitātei vairogdziedzera izmeklējumos tiek izvirzīts 110 MBq.



8.1.attēls. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ^{99m}Tc pertehnetāta radioaktivitātei vairogdziedzera izmeklējumiem salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem un EANM rekomendācijām [1, 2, 3, 4, 5, 8]

9. Vairogdziedzera dozimetrija ar ¹³¹I nātrija jodīdu pieaugušajiem

Vairogdziedzera terapija ar radioaktīvo jodu (¹³¹I nātrija jodīdu) tiek veikta tikai vienā vietā Latvijā, kur veic arī vairogdziedzera dozimetrijas izmeklējumus ar ¹³¹I nātrija jodīdu. Izmeklējumu veic pirms terapijas, lai aprēķinātu optimālu ¹³¹I devu terapijai. Dati par vairogdziedzera izmeklējumiem ar ¹³¹I nātrija jodīdu saņemti no 1 iestādes, 1 iekārtas. Kopā saņemti dati par 28 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam nav atkarīga no pacienta svara. Datu ievadītās radioaktivitātes statistiskās vērtības apkopotas 9.1. tabulā.

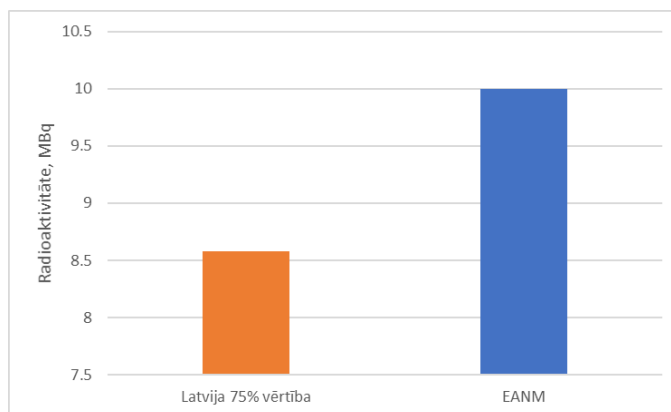
9.1. tabula. ¹³¹I nātrija jodīda radioaktivitāte vairogdziedzera dozimetrijas izmeklējumos

Iekārta*	Izmeklēju- mu skaits	Mediānā radioakt., MBq	Minimālā radioakt., MBq	Maksimālā radioakt., MBq	75% vērtība, MBq	Standartnovirze, MBq
Iekārta 1	28	8.58	4.68	10.44	8.58	1.49
Apkopojums	28	8.58	4.68	10.44	8.58	1.49

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Ievadīto radioaktivitāšu 75% vērtība nepārsniedz EANM rekomendēto maksimālo radioaktivitāti (10 MBq, ja tiek izmantota gamma kamera). Salīdzinājums starp 75% vērtību un EANM rekomendēto maksimālo vērtību sniegts 9.1. attēlā.

Kā tipiskais standartlīmenis ¹³¹I nātrija jodīda radioaktivitātei vairogdziedzera dozimetrijas izmeklējumos tiek izvirzīts 9 MBq.



9.1. attēls. Aptaujā iegūtās 75% vērtības ievadītajai ¹³¹I nātrija jodīda radioaktivitātei vairogdziedzera dozimetrijas izmeklējumos salīdzinājums ar EANM rekomendācijām [1]

10. Skeleta SPECT/CT izmeklējuma datortomogrāfijas daļa starojuma vājināšanās korekcijai pieaugušajiem

Tomogrāfiska izmeklējuma laikā ar SPECT/CT iekārtu parasti tiek veikts arī datortomogrāfijas izmeklējums, lai iegūtu informāciju par pacienta anatomisko uzbūvi un iekārta varētu veikt uz to balstītu vājināšanās korekciju. No aptaujā iegūtajiem SPECT/CT izmeklējumu datiem datortomogrāfijas daļas dozu salīdzinājums veikts skeleta SPECT/CT izmeklējumiem, jo citiem izmeklējumiem informācija par datortomogrāfijas daļu ir mazāk nekā 20 datiem.

Datortomogrāfijas daļai skeleta SPECT/CT izmeklējumiem tika saņemti dati no 2 ārstniecības iestādēm, 4 iekārtām.

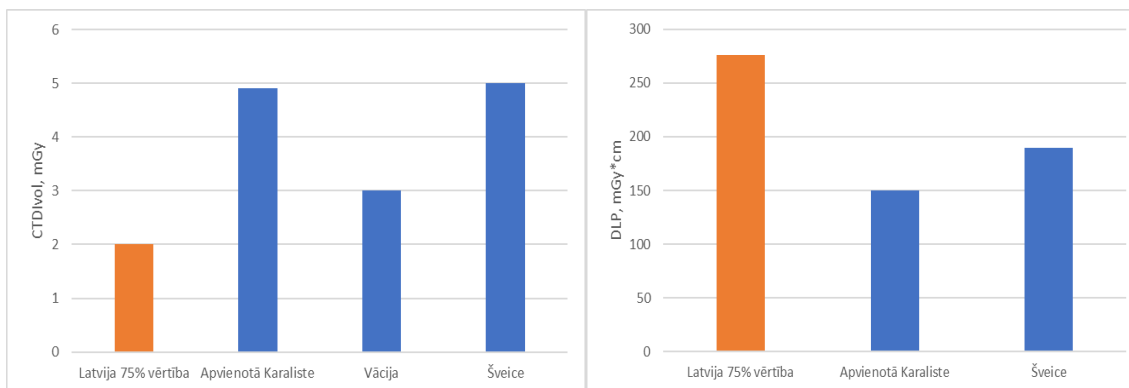
Kopā saņemta informācija par 394 izmeklējumiem, no kuriem 335 ietvēra informāciju par vienas manipulācijas (daudzu griezumu) vidējā jonizējošā starojuma dozu (turpmāk - CTDIvol) un 394 ietvēra informāciju par jonizējošā starojuma dozas un garuma reizinājumu (turpmāk - DLP). Iesniegto datu CTDIvol un DLP statistiskās vērtības iekārtām apkopotas 10.1. tabulā.

10.1. tabula. CTDIvol un DLP skeleta SPECT/CT izmeklējumiem vājināšanās korekcijai

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā vērtība	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība	75% vērtība	Standartnovirze
CTDIvol, mGy						
Iekārta 1	333	1.84	1.64	2.37	1.99	0.18
Iekārta 2	2	6.44	5.85	7.03	6.735	0.59
Apkopojums	335	1.84	1.64	7.03	2	0.40
DLP, mGy·cm						
Iekārta 1	333	254.48	63.46	344.87	275.47	27.88
Iekārta 2	2	276.4	251.16	301.64	289.02	25.24
Iekārta 3	55	241	78	401	296	64.70
Iekārta 4	4	210	79	306	266.25	86.27
Apkopojums	394	253	63.46	401	275.91	37.29

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Salīdzinājums starp aptaujā iegūtajām CTDIvol un DLP 75% vērtībām un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 10.1. attēlā. Salīdzinājumam izmantoti Apvienotās karalistes, Vācijas un Šveices standartlīmeņi, jo šī informācija bija pieejama. Pārsvārā publikācijās, kas apraksta nacionālos standartlīmeņus, nav norādīti standartlīmeņi datortomogrāfijas daļai kā SPECT/CT izmeklējuma papildinājumam.



10.1.attēls. Aptaujā iegūtās CTDIvol (pa kreisi) un DLP (pa labi) 75% vērtību skeleta SPECT/CT izmeklējumiem vājināšanās korekcijai salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem [3, 5, 9, 10]

10.1 attēlā atspoguļots, ka CTDIvol 75% vērtība skeleta SPECT/CT izmeklējumiem vājināšanās korekcijai ir zemāka par citu valstu standartlīmeņiem. Balstoties uz aptauju rezultātiem tiek rekomendēts izvirzīt tipisko CTDIvol standartlīmeni pieaugušajiem pacientiem skeleta SPECT/CT izmeklējumu datortomogrāfijas daļai vājināšanās korekcijai 2 mGy.

75% vērtība DLP ir augstāka par Apvienotās karalistes un Šveices standartlīmeņiem, iemesls varētu būt skenēšanas garums, kas netika prasīts aptaujās. Balstoties uz aptauju rezultātiem tiek rekomendēts izvirzīt tipisko DLP standartlīmeni pieaugušajiem pacientiem skeleta SPECT/CT izmeklējumu datortomogrāfijas daļai vājināšanās korekcijai 276 mGy·cm, bet nākotnē veikt sīkāku pētījumu un standartlīmeņu aktualizēšanu, savāktajos datos iekļaujot precīzu informāciju par skenēšanas garumu un skenēto reģionu. Tiek rekomendēts ārstniecības iestādēm šo informāciju reģistrēt katram izmeklējumam, kam tiek veikta datortomogrāfijas daļa.

11. PET/CT ķermeņa izmeklējuma zemas dozas datortomogrāfijas daļa pieaugušajiem

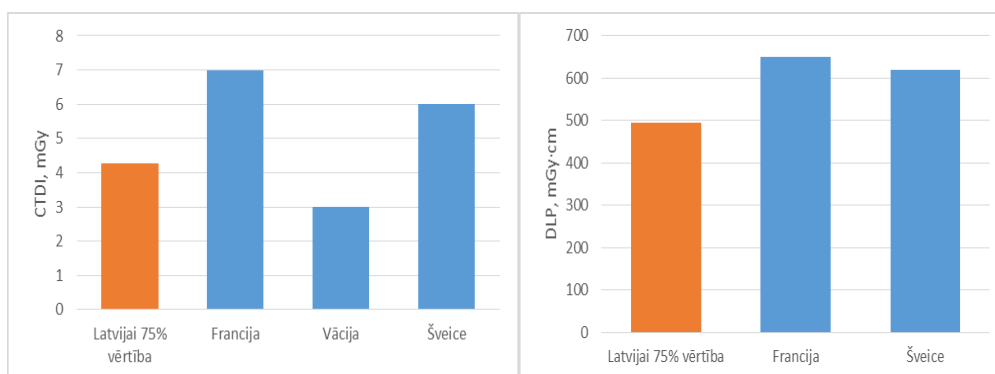
Datortomogrāfijas daļai PET/CT izmeklējumiem ķermenim tika saņemti dati no visām Latvijas ārstniecības iestādēm, kuras veic PET/CT izmeklējumus. Kopā saņemta informācija par trim iekārtām. Divas no iekārtām ir aprīkotas ar 128 detektoru rindām, viena ar 64. Kopā saņemta informācija par 74 izmeklējumiem, no kuriem 74 ietvēra informāciju par jonizējošā starojuma dozas un garuma reizinājumu (turpmāk - DLP) un 49 ietvēra informāciju par vienas manipulācijas (daudzu griezumam) vidējā jonizējošā starojuma dozu (turpmāk - CTDIvol). Iesniegto datu CTDIvol un DLP statistiskās vērtības iekārtām apkopotas 11.1. tabulā.

11.1. tabula. CTDIvol un DLP PET/CT zemas dozas izmeklējumiem ķermenim

Iekārta*	Izmeklējumu skaits	Mediānā vērtība	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība	75% vērtība	Standartnovirze
CTDIvol, mGy						
Iekārta 1	28	3.9	3.1	4.8	4.0	0.4
Iekārta 2	21	3.9	2.1	12.9	5.27	2.58
Apkopojums	49	3.9	2.1	12.9	4.26	1.74
DLP, mGy·cm						
Iekārta 1	42	396.3	297.4	667	433.98	59.53
Iekārta 2	11	382.6	353.2	504.1	401.05	42.96
Iekārta 3	21	562.7	344.56	1374.6	676.7	213.31
Apkopojums	74	423.1	297.4	1374.6	494.18	159.45

*Iekārta ar attiecīgo numerāciju šajā tabulā neatbilst tai pašai iekārtai citās tabulās

Starp iekārtām novērojama atšķirība CTDIvol un DLP vērtībām. Tomēr būtisku ietekmi rada skenēšanas reģions un garums. Salīdzinājums starp aptaujā iegūtajām CTDIvol un DLP 75% vērtībām un citu valstu standartlīmeņiem sniegts 11.1. attēlā.



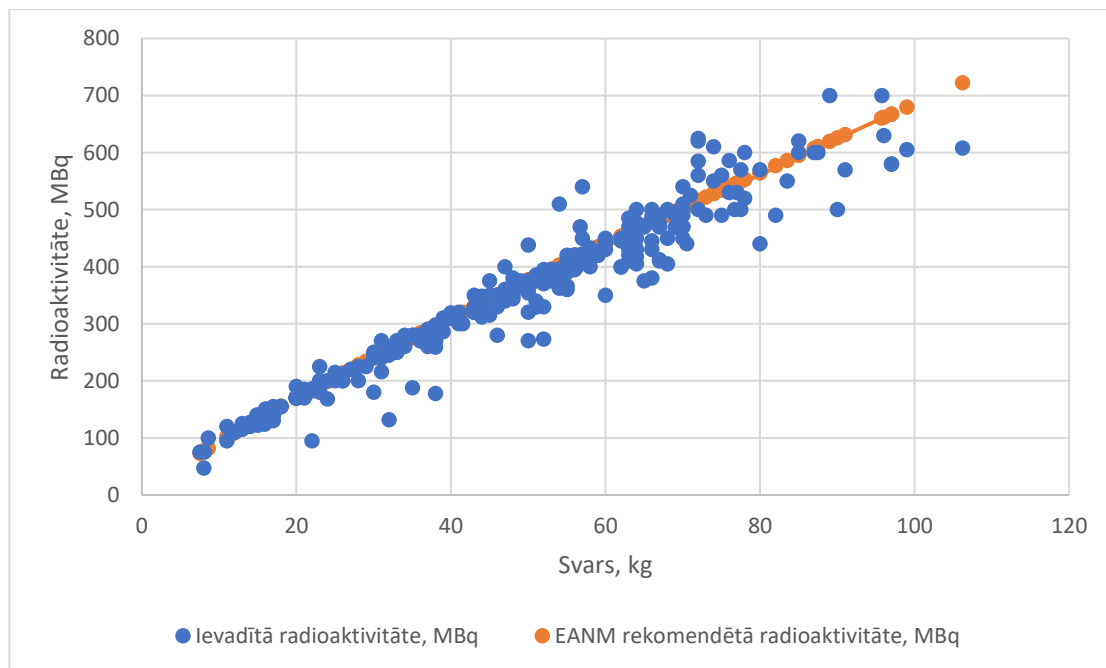
11.1.attēls. Aptaujā iegūtās CTDIvol (pa kreisi) un DLP (pa labi) 75% vērtību PET/CT zemas dozas izmeklējumiem ķermenim salīdzinājums ar citu valstu standartlīmeņiem [3, 5, 9]

Balstoties uz aptauju rezultātiem tiek rekomendēts izvirzīt tipisko CTDIvol (4.3 mGy) un DLP (495 mGy·cm) standartlīmeni pieaugušajiem pacientiem PET/CT izmeklējumu datortomogrāfijas daļas zemas dozas izmeklējumiem ķermenim.

12. Pediatrijas izmeklējums skeletam ar ^{99m}Tc MDP

Dati par pediatrijas skeleta izmeklējumiem ar ^{99m}Tc MDP saņemti par 3 iekārtām. Kopā saņemti dati par 333 izmeklējumiem. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam ir atkarīga no pacienta svara, tādēļ saņemtie dati, kas nesatur informāciju par pacienta svaru, netika izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Standartlīmeņa izstrādē izmantoti 329 izmeklējumi.

Ievadītās radioaktivitātes tika salīdzinātas ar EANM dozu kartes [7] ieteiktajām vērtībām. Rezultāti aplūkojami grafikā 12.1 attēlā.



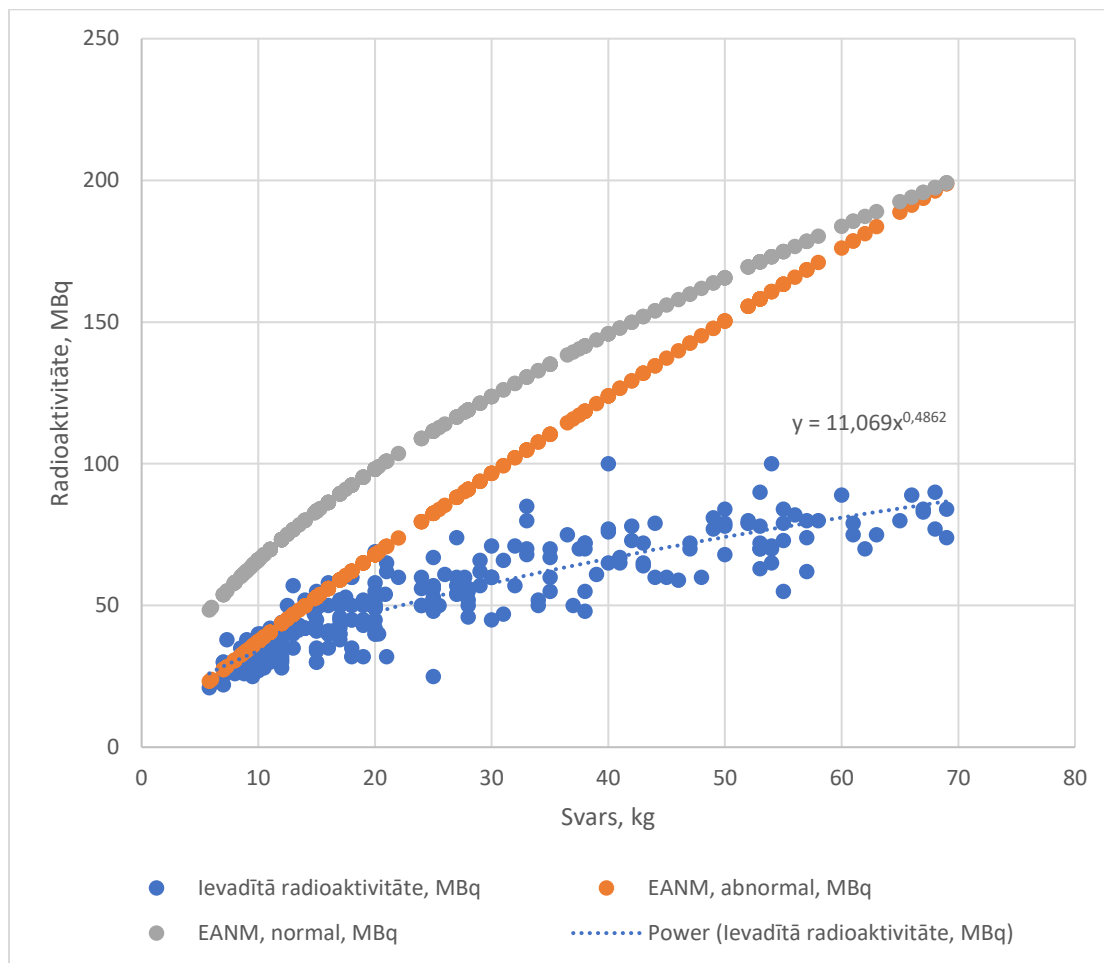
12.1.attēls. Aptaujas rezultātu ievadītajai ^{99m}Tc MDP radioaktivitātei pediatriskajiem pacientiem salīdzinājums ar EANM rekomendētajām radioaktivitātēm

Ievadītās radioaktivitātes precīzi atbilst EANM rekomendētajām, līdz ar to kā standartlīmeni ieteikts izmantot EANM dozu kartes [7] noteiktās vērtības. Rekomendētās vērtības apkopotas 13.1 tabulā.

13. Pediatrijas izmeklējums nierēm (dinamisks izmeklējums) ar ^{99m}Tc DTPA

Dati par nieru dinamiskiem izmeklējumiem ar ^{99m}Tc DTPA saņemti par 3 iekārtām. Kopā saņemti dati par 282 izmeklējumu. Ievadāmā radioaktivitāte šim izmeklējumam ir atkarīga no pacienta svara, tādēļ saņemtie dati, kas nesatur informāciju par pacienta svaru, netika izmantoti standartlīmeņa izstrādē. Standartlīmeņa izstrādē izmantoti 275 izmeklējumi.

Ievadītās radioaktivitātes tika salīdzinātas ar EANM dozu kartes [7] ieteiktajām vērtībām. Rezultāti aplūkojami 13.1 attēlā.



13.1.attēls. Aptaujas rezultātu ievadītajai ^{99m}Tc DTPA radioaktivitātei pediatriiskajiem pacientiem salīdzinājums ar EANM rekomendētajām radioaktivitātēm

Ievadītās radioaktivitātes ir zemākas nekā EANM rekomendētās [7], tāpēc ieteikts izveidot radioaktivitāšu tabulu, kas atbilst reālai situācijai Latvijā. Apkopojumu rekomendētajām ievadāmām ^{99m}Tc DTPA, MDP un pertehnetāta radioaktivitātēm pediatriisko pacientu izmeklējumos skatīt 13.1 tabulā.

13.1. tabula. Rekomendētā ievadāmā ^{99m}Tc radiofarmpreparātu radioaktivitāte pediatriisko pacientu izmeklējumos

Svars, kg	Rekomendētā radioaktivitāte, MBq		
	DTPA	MDP	Pertehnetāts**
3	19	40	10
4	22	40	10
6	26	60	10

8	30	75	12
10	34	95	15
12	37	110	18
14	40	125	20
16	43	140	22
18	45	155	25
20	47	170	27
22	50	185	30
24	52	200	32
26	54	215	34
28	56	225	36
30	58	240	38
32	60	255	41
34	61	270	43
36	63	280	45
38	65	295	47
40	67	310	50
42	68	320	51
44	70	335	54
46	71	350	56
48	73	360	58
50	74	375	60
52	76	395	63
56	78	420	67
60	81	445	71
64	84	470	75
68	86	490	78

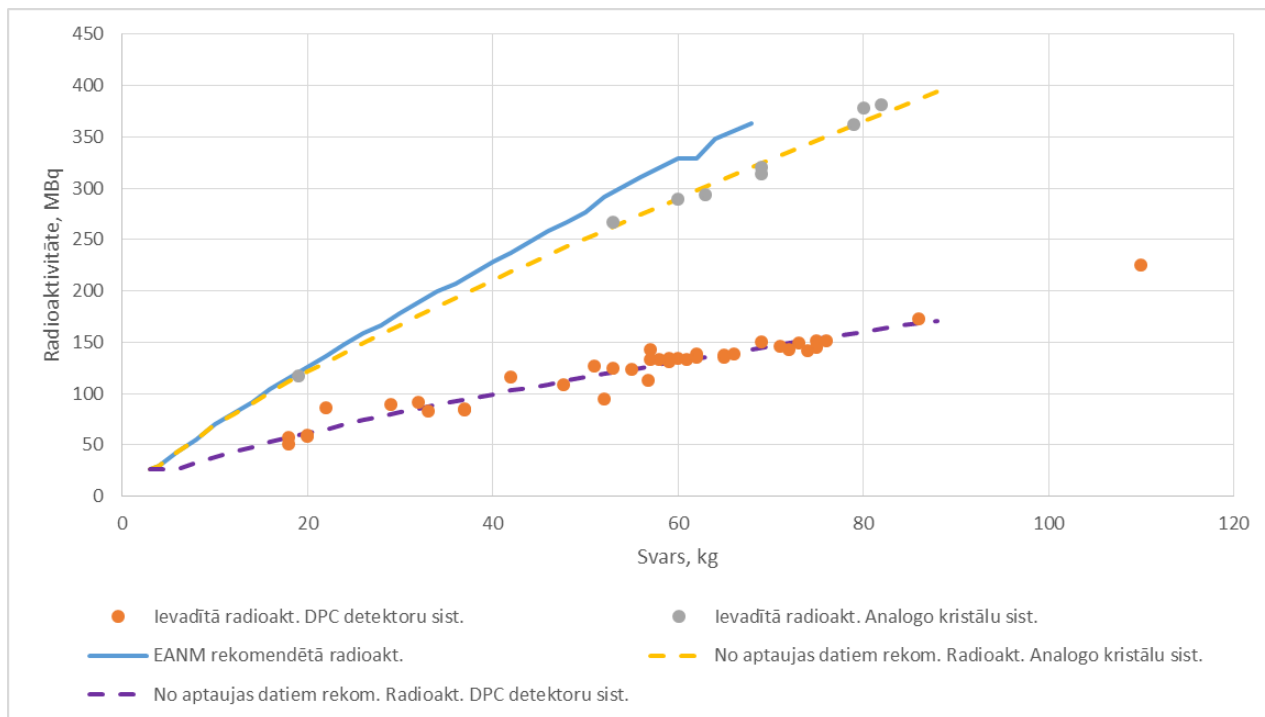
**Rekomendācijas ievadāmai ^{99m}Tc pertehnetāta radioaktivitātei vairogdziedzera izmeklējumiem ir izstrādātas, balstoties uz 2013. gadā izveidota apkopojuma par pediatrijas pacientu izmeklējumiem VSIA “Bērnu klīniskā universitātes slimnīca”.

Tā kā pietiekama daudzuma datu par cita veida izmeklējumiem pediatrijā nebija pieejami, tad visos citos gadījumos ieteikts izmantot EANM vadlīniju dozu karti (4. pielikums).

14. Pediatrijas onkoloģisko slimību izmeklēšana ar ^{18}F FDG

Par onkoloģisko saslimšanu izmeklējumiem pediatriiskajiem pacientiem ar ^{18}F FDG tika saņemti dati no visām iestādēm, kuras veic PET/CT izmeklējumus. Kopā informācija tika saņemta no divām iekārtām. Viena no tām ir aprīkota ar DPC detektoriem un viena ar analogo kristālu detektoriem. Kopā saņemta informācija par 48 izmeklējumiem. Iesūtītie dati tika salīdzināti ar EANM dozu kartes [7] rekomendācijām. 14.1 attēlā sniegts

salīdzinājums starp EANM rekomendētajām radioaktivitātēm un aptaujā iesniegtajām vērtībām. Visi iesniegtie dati ir zemāki par EANM rekomendētajām radioaktivitātēm.



14.1.attēls. Aptaujas rezultātu ievadītajai ^{18}F FDG radioaktivitātei onkoloģisko saslimšanu izmeklējumos salīdzinājums ar EANM rekomendētajām radioaktivitātēm pediatriiskajiem pacientiem

Dati tika izdalīti atbilstoši iekārtas detektoru veidam un tika veikta regresijas analīze, uz kā pamata tika izstrādātas divas līknes rekomendētajām radioaktivitātēm analogo kristālu un DPC detektoru sistēmām. Uzmanība tika pievērsta, lai izvirzītās aktivitātes nebūtu zemākas par EANM minimālo rekomendēto radioaktivitāti ^{18}F FDG: 26 MBq. 14.1 tabulā sniegts apkopojums rekomendētajām radioaktivitātēm pediatriiskajiem pacientiem atkarībā no svara.

14.1. tabula. Rekomendētā ievadāmā ^{18}F FDG radioaktivitāte onkoloģisko saslimšanu izmeklējumos pediatriiskajiem pacientiem

Svars	Rekomendētā radioakt. analogo kristālu detektoru PET/CT sistēmām	Rekomendētā radioakt. DPC detektoru PET/CT sistēmām	Svars	Rekomendētā radioakt. analogo kristālu detektoru PET/CT sistēmām	Rekomendētā radioakt. DPC detektoru PET/CT sistēmām
3	26	26	42	219	103

4	30	26	44	226	106
6	44	26	46	235	109
8	55	33	48	243	113
10	70	38	50	251	116
12	80	44	52	259	119
14	91	48	54	266	122
16	101	53	56	274	125
18	112	57	58	282	129
20	122	62	60	290	132
22	130	65	62	298	134
24	140	70	64	306	137
26	149	74	68	321	143
28	158	78	70	328	146
30	167	82	72	336	149
32	176	85	74	343	152
34	185	89	76	350	155
36	193	93	78	358	157
38	202	96	80	365	160
40	210	99			

Literatūras avoti

1. Castelluci, P., Deandereis, D., Krizsan, A., Mirzaei, S. *European Nuclear Medicine Guide*. A Joint Publication by EANM and UEMS/EBNM. HGP Vullers, 2020.
2. Skovorodko, K., Komiagienė, R., Maciusovič, M., et.al. *Nationwide survey on radiation doses received by patients in nuclear medicine imaging procedures*. Journal of radiological protection : official journal of the Society for Radiological Protection, 42(3), 2022.
3. Institut de et de Surete Nucleaire - IRSN, Pole Sante et Environnement, Direction de la Sante, 31 av. de la division Leclerc, 92260 Fontenay-aux-Roses (France). *Analysis of data for updating diagnostic reference levels in radiology and nuclear medicine 2019-2021 report* (INIS-FR--23-1385). France, 2023.
4. Padovani, R., Compagnone, G., D'Ercole, L., et.al *Livelli diagnostici di riferimento per la pratica nazionale di radiologia diagnostica e interventistica e di medicina nucleare diagnostica*. Aggiornamento del Rapporto ISTISAN, 17, 33., 2020.
5. Federal Department of Home Affairs EDI, Federal Office of Public Health FOPH, Radiation Protection Division *Diagnostische Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen*, 2023.
6. Cardo, A. G., Casas, J. V., Garzón, J. G., et.al. *18F-DCFPyL PET/CT guidelines*. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (English Edition), 42(3), 2023. - 203-208.
7. European Association of Nuclear Medicine guidelines - *dosage card* (version 5.7.2016), Vienna, European Association of Nuclear Medicine, 2016. – 2 pages.
8. Ministru kabineta noteikumi Nr.482 *Noteikumi par aizsardzību pret jonizējošo starojumu medicīniskajā apstarošanā*, 2014
9. Federal Office For Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz) *Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen*, 2021
10. UK Health Security Agency *National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 13 October 2022*, 2022 Pieejams: www.gov.uk

PATEICĪBA. Izsakām pateicību ārstniecības iestādēm, kas iesaistījās datu vākšanā:

*VSIA "Bērnu klīniskā universitātes slimnīca",
AS "Latvijas Jūras medicīnas centrs",
SIA "Medicīnas sabiedrība "ARS",
VSIA "Paula Stradiņa klīniskā universitātes slimnīca",
SIA "Rīgas Austrumu klīniskā universitātes slimnīca".*

*Kopsavilkumu sagatavojusi Latvijas medicīnas inženierijas un fizikas biedrība,
2024.*

1.pielikums.

Latvijas tipiskie standartlīmeņi kodolmedicīnā pieaugušiem pacientiem

Nr.p. k.	Izmeklējamais orgāns vai izmeklējuma veids	Radionuklīds	Ķīmiskā forma	Latvijas standartlīmenis, MBq
1	Epitēlijuķermenīšu izmeklējums	^{99m} Tc	Fosfonāti un fosfātu savienojumi (Tetrafosmīns)	640
2	Limfātiskās sistēmas izmeklējums	^{99m} Tc	Koloīds	40
3	Miokarda perfūzijas izmeklējums (vienas dienas protokols ar miera un slodzes stāvokli)	^{99m} Tc	Fosfonāti un fosfātu savienojumi (Tetrafosmīns)	1010
4	Nieru dinamisks izmeklējums	^{99m} Tc	Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	170
5	Onkoloģisko saslimšanu izmeklējums (digitāliem fotonu skaitīšanas detektoriem)	¹⁸ F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	160

6	Onkoloģisko saslimšanu izmeklējums (analogiem detektoriem)	^{18}F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	360
7	Prostata ļaundabīga audzēja izmeklējums (digitāliem fonu skaitīšanas detektoriem)	^{18}F	DCFPyL	160
8	Skeleta izmeklējums	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	MDP	615
9	Vairogdziedzera scintigrāfija	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Pertehnetāts	110
10	Vairogdziedzera dozimetrija	^{131}I	Nātrija jodīds	9

CT daļai

Izmeklējums	CTDI, mGy	DLP, mGy*cm
Skeleta SPECT/CT izmeklējums vājināšanās korekcijai	2	276
PET/CT zemas dozas izmeklējumiem ķermenim	4.3	495

2.pielikums.
Rekomendētās ievadāmās radioaktivitātes kodolmedicīnā pieaugušiem pacientiem [1]

Nr. p. k.	Izmeklējamais orgāns vai izmeklējuma veids	Radionuklīds	Ķīmiskā forma	Rekomendētās ievadāmās radioaktivitātes vienam izmeklējumam (MBq) ¹
1.	Centrālā nervu sistēma			
1.1.	Cisternogrāfija	¹¹¹ In	Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	20
1.2.	Galvas smadzenes	^{99m} Tc	Heksametilpropilēna amīna oksīms (HMPAO)	740
			Etilcisteīna dimērs (ECD)	
		¹²³ I	Ioflupāns	150-250
		¹⁸ F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	150-250
			Fluorodopa (FDOPA)	150-250
			Fluoretils (FET)	250
			Florbetapīrs	370
			Flutemetamols	185
		Florbetabēns	300	
¹¹ C	Metionīns (MET)	200-250		
2.	Elpošanas orgānu sistēma			

2.1.	Plaušas	^{81m}Kr	Ūdens šķīdums	6000
		^{99m}Tc	Cilvēka seruma albumīns (makroagregāti vai mikrosfēras, MAA)	40-120
		^{99m}Tc	Oglekļa suspensija (Technegas)	20-30
		^{99m}Tc	Dietilēn-triamino-penta-acetāta (DTPA) aerosols	30-50
		^{99m}Tc	Koloīds	2
3.	Endokrīnā sistēma			
3.1.	Epitēlijķermenīšu izmeklējums ar vienu radiofarmaceitisko preparātu	^{99m}Tc	Izonitriļi (Sestamibi)	500-700
		^{18}F	Fluoroholīns (FCH)	100-370
		^{11}C	Holīns	370
			Metionīns	370-1100
3.2.	Epitēlijķermenīšu izmeklējums ar diviem radiofarmaceitiskiem preparātiem	^{99m}Tc	Izonitriļi (Sestamibi)	185-444
		^{99m}Tc	Pertehtetāts	75-150
		^{123}I	Nātrija jodīds	7.5-22
3.2.	Vairogdziedzeris	^{99m}Tc	Nātrija pertehnetāts	80
		^{99m}Tc	Izonitriļi (Sestamibi)	370
		^{123}I	Nātrija jodīds	8
		^{131}I	Nātrija jodīds	75-185
4.	Gremošanas sistēma			

4.1.	Aknu funkcija	^{99m}Tc	Iminodiacetāta atvasinājumi (HIDA)	111-185
4.2.	Barības vada pasāža	^{99m}Tc	Sēra koloīds	37-50
4.3.	Barības vada atvilnis	^{99m}Tc	Sēra koloīds	18-185
4.4.	Kuņģa iztukšošanās	^{99m}Tc	Sēra koloīds	18-37
4.5.	Kuņģa un zarnu trakta asiņošana	^{99m}Tc	Eritrocīti	550-1110
4.6.	Mekela divertikuls	^{99m}Tc	Nātrija pertehnetāts	200
4.7.	Siekalu dziedzeri	^{99m}Tc	Nātrija pertehnetāts	37
4.8.	Zarnu trakts	^{111}In	Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	3.7-10
			Hlorīds	3.7-10
		^{67}Ga	Citrāts	3.7-7.4
5.	Hematopoētiskā un limfātiskā sistēma			
5.1.	Liesa	^{99m}Tc	Denaturēti eritrocīti (HDRBC)	74-185
5.2.	Limfoscintigrāfija un sarglimfmezglu lokalizācija	^{99m}Tc	Iezīmēts koloīds (Albumīns)	10-150
			Iezīmēts koloīds (Rēnija sulfīds)	
			Iezīmēts koloīds (Tilmanocept)	37-74
5.3.	Trombocītu dzīvotspēja	^{111}In	Iezīmēti trombocīti	10-18.5
6.	Infekcijas un iekaisumi			

6.1.	Infekcijas/iekaisumi	^{99m}Tc	Iezīmētie leikocīti	185-370
			Iezīmētas antivielas	400-800
		^{111}In	Iezīmēti leikocīti	10-18
		^{18}F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	175-350
7.	Kauli			
7.1.	Skelets	^{99m}Tc	Fosfāti un citi fosfora savienojumi (HMDP, HDP, DPD)	300-740
		^{18}F	Nātrija fluorīds (NaF)	185-370
8.	Onkoloģija			
8.1.	Audzējs	^{99m}Tc	FAPI	500
		^{99m}Tc	Izonitrili (sestamibi)	740-1110
		^{111}In	Pentetreofīds	220
		^{123}I	Meta-jod-benzil-guanidīns (MIBG)	185-370
		^{131}I	Meta-jod-benzil-guanidīns (MIBG)	40-80
		^{18}F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	110-370
			Fluoroholīns (FCH)	50-400
			Fluciklovīns (FACBC)	370
FDOPA	50-400			

			FAPI	200-300
		^{11}C	Holīns	400-600
		^{68}Ga	Prostatas specifisks membrānas antigēns (PSMA)	100-200
			Somatostatīna analogi	100-200
			FAPI	200-300
		^{124}I	Nātrija jodīds	20-185
9.	Sirds un asinsvadu sistēma			
9.1.	Miokards – vienas dienas protokols (vienfotona emisijas datortomogrāfija SPECT)	^{201}Tl	Hlorīds	74-111, atkārtota injekcija 37
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Fosfonāti un fosfātu savienojumi (Tetrafosmīns)	250-400, atkārtotām 750-1200
			Izonotriili (Sestamibi)	250-400, atkārtotām 750-1200
		^{123}I	Meta-jod-benzil-guanidīns (MIBG)	111-185
9.2.	Miokards – divu dienu protokols (vienfotona emisijas datortomogrāfija SPECT)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Fosfonāti un fosfātu savienojumi (Tetrafosmīns)	350-700
			Izonotriili (Sestamibi)	
9.3.	Miokards (pozitronu emisijas tomogrāfija PET)	^{82}Rb	Hlorīds	1110
		^{13}N	Amonjaks	370-925
		^{15}O	Ūdens šķīdums	400

		^{18}F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	185-400
9.4.	Sirds amiloidoze	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Fosfonāti un fosfātu savienojumi (HMDP, DPD, PYP)	740 (555-925)
9.5.	Sirds funkcija/ERNA	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Cilvēka seruma albumīns	555-1110
			Iezīmēti eritrocīti	
			Nātrija pertehnetāts	
9.6.	Sirds funkcija/FPRNA	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Nātrija pertehnetāts	555-1110
			Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	
			Iezīmēti eritrocīti	
			Cilvēka seruma albumīns	
			Izonotriili (Sestamibi)	
			Fosfonāti un fosfātu savienojumi (Tetrafosmīns)	
9.7.	Sirds metabolisms	^{18}F	Fluorodeoksiglikoze (FDG)	185-400
10.	Urīnorgānu sistēma			
10.1.	Nieres	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Dimerkaptosukcīnskābe (DMSA)	70
10.2.	Nieru funkcija	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	37-185
			Betiatīds (MAG3)	75

10.3.	Urīnceļu cistogramma	^{99m}Tc	Sēra koloīds	20
			Dietilēn-triamino-penta-acetāts (DTPA)	
			Nātrija pertehnetāts	

¹ Castelluci, P., Deandereis, D., Krizsan, A., Mirzaei, S. European Nuclear Medicine Guide. A Joint Publication by EANM and UEMS/EBNM. HGP Vullers (2020)

3.pielikums.

Latvijas tipiskie standartlīmeņi kodolmedicīnā pediatrijas pacientiem

Svars, kg	Rekomendētā radioaktivitāte, MBq				
	^{99m} Tc DTPA	^{99m} Tc MDP	^{99m} Tc nātrija pertehnetāts	¹⁸ F FDG (ķermenim) veicot izmeklējumu ar analogo kristālu detektoru PET/CT sistēmām	¹⁸ F FDG (ķermenim) veicot izmeklējumu ar DPC detektoru PET/CT sistēmām
3	19	40	10	26	26
4	22	40	10	30	26
6	26	60	10	44	26
8	30	75	12	55	33
10	34	95	15	70	38
12	37	110	18	80	44
14	40	125	20	91	48
16	43	140	22	101	53
18	45	155	25	112	57
20	47	170	27	122	62
22	50	185	30	130	65
24	52	200	32	140	70
26	54	215	34	149	74
28	56	225	36	158	78
30	58	240	38	167	82
32	60	255	41	176	85
34	61	270	43	185	89
36	63	280	45	193	93
38	65	295	47	202	96
40	67	310	50	210	99
42	68	320	51	219	103
44	70	335	54	226	106
46	71	350	56	235	109
48	73	360	58	243	113
50	74	375	60	251	116
52	76	395	63	259	119
56	78	420	67	274	125
60	81	445	71	290	132
64	84	470	75	306	137
68	86	490	78	321	143

4.pielikums.

Rekomendētās ievadāmās radioaktivitātes kodolmedicīnā pediatrijā [7]

Pediatriskajiem pacientam ievadāmo radioaktivitāti rekomendēts aprēķināt pēc bāzes radioaktivitātes, vērtību reizinot ar daudzkārstāju (koeficientu) atbilstoši rekomendētai radiofarmaceutiskai klasei.

Ievadāmā radioaktivitāte [MBq]= Bāzes radioaktivitāte x daudzkārstājs

Gadījumos, kad aprēķinātā radioaktivitāte ir mazāka nekā minimālā rekomendētā radioaktivitāte, piemērojama minimālā radioaktivitāte.

Radiofarmaceutiskais preparāts	Klase	Bāzes radioaktivitāte aprēķiniem (MBq)	Minimālā rekomendētā radioaktivitāte¹ (MBq)
¹²³ I (Vairogdziedzeris)	C	0,6	3
¹²³ I Amfetamīns (Smadzenes)	B	13,0	18
¹²³ I HIPURAN (Patoloģiska nieru darbība)	B	5,3	10
¹²³ I HIPURAN (Normāla nieru darbība)	A	12,8	10
¹²³ I mIBG	B	28,0	37
¹³¹ I mIBG	B	5,6	35
¹⁸ F FDG-PET smadzenes	B	14,0	14
¹⁸ F Nātrija fluorīds	B	10,5	14
⁶⁷ Ga Citrāts	B	5,6	10
⁶⁷ Ga-marķētie peptīdi	B	12,8	14
^{99m} Tc Albumīns (Sirds)	B	56,0	80
^{99m} Tc Koloīds (Kuņģa refluksa)	B	2,8	10

^{99m} Tc Koloīds (Aknas/Liesa)	B	5,6	15
^{99m} Tc Koloīds (Kaulu smadzenes)	B	21,0	20
^{99m} Tc DMSA	B	6,8	18,5
^{99m} Tc ECD	B	51,8	100
^{99m} Tc HMPAO (Smadzenes)	B	51,8	100
^{99m} Tc HMPAO (Baltie asins ķermenīši)	B	35,0	40
^{99m} Tc IDA (Žultsvads)	B	10,5	20
^{99m} Tc MAA/Mikrosfēras	B	5,6	10
^{99m} Tc MAG3	A	11,9	15
^{99m} Tc Pertehnetāts (Cistogrāfija)	B	1,4	20
^{99m} Tc Pertehnetāts (Ektopiskā kuņģa gļotāda)	B	10,5	20
^{99m} Tc Pertehnetāta (Sirds)	B	35,0	80
^{99m} Tc RBC (Asinsrites sistēma)	B	56,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (Onkoloģiska saslimšana)	B	63,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (2 dienu protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma miera fāzes minimālā radioaktivitāte)	B	42,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (2 dienu protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma miera fāzes maksimālā radioaktivitāte)	B	63,0	80

^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (2 dienu protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma stresa fāzes minimālā radioaktivitāte)	B	42,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (2 dienu protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma stresa fāzes maksimālā radioaktivitāte)	B	63,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (Vienas dienas protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma miera fāze)	B	28,0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmīns (Vienas dienas protokola miokarda perfūzijas izmeklējuma stresa fāze)	B	84,0	80
^{99m} Tc Denaturēts RBC (Liesa)	B	2,8	20
⁹⁹ Tc TECHNEGAS (Plaušu ventilācija) ²	B	49,0	100

¹ Minimālās rekomendētās radioaktivitātes aprēķinātas biežāk izmantotām gamma kamerām un pozitronu emisijas tomogrāfiem. Zemākas radioaktivitātes var tikt ievadītas, ja izmanto sistēmas ar augstāku skaitīšanas efektivitāti.

² Radioaktivitāte, kas nepieciešama, lai sagatavotu ventilācija iekārtu. Ieelpotas radioaktivitātes daudzums būs zemāks.

Bāzes aktivitātes daudzkārtotājs (koeficients)

Svars, kg	Klase A	Klase B	Klase C	Svars, kg	Klase A	Klase B	Klase C
3	1	1	1	32	3,77	7,29	14,00
4	1,12	1,14	1,33	34	3,88	7,72	15,00
6	1,47	1,71	2,00	36	4,00	8,00	16,00
8	1,71	2,14	3,00	38	4,18	8,43	17,00
10	1,94	2,71	3,67	40	4,29	8,86	18,00
12	2,18	3,14	4,67	42	4,41	9,14	19,00

14	2,35	3,57	5,67	44	4,53	9,57	20,00
16	2,53	4,00	6,33	46	4,65	10,00	21,00
18	2,71	4,43	7,33	48	4,77	10,29	22,00
20	2,88	4,86	8,33	50	4,88	10,71	23,00
22	3,06	5,29	9,33	52-54	5,00	11,29	24,67
24	3,18	5,71	10,00	56-58	5,24	12,00	26,67
26	3,35	6,14	11,00	60-62	5,47	12,71	28,67
28	3,47	6,43	12,00	64-66	5,65	13,43	31,00
30	3,65	6,86	13,00	68	5,77	14,00	32,33