

GR 13:02

**Mat á geislaálagi sjúklinga
vegna notkunar geislavirkra efna við
sjúkdómsgreiningu á Íslandi 2008**

**Assessment of doses due to diagnostic use of
radiopharmaceuticals in Iceland in 2008**

Sigurður Emil Pálsson

Mars 2013
Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími: 4408200 fax: 5528202
www.geislavarnir.is
gr@gr.is

ISBN 978-9935-9117-2-8



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

Efnisyfirlit

Samantekt	3
Abstract	3
Töflur (tables)	4
Myndir (figures).....	4
1 Inngangur	5
1.1 Stærðir og einingar	5
1.2 Upplýsingar sem dreift var til ábyrgðarmanna.....	5
2 Gögn til úrvinnslu	8
2.1 Magn efna gefið sjúklingum í hverri rannsókn.....	8
2.1.1 Magn gefið fullorðnum.....	8
2.1.2 Magn gefið börnum.....	8
2.1.3 Mat magns í hverri rannsókn á LSH-F og SA.....	9
2.2 Eðlisgeislabyrði hveggjar rannsókna	9
2.3 Fjöldi rannsókna	10
2.3.1 Aldursdreifning sjúklinga á LSH (Hringbraut og Fossvogi).....	10
3 Niðurstöður	13
3.1 Áhrif aldursháðrar inngjafar og eðlisgeislabyrði á geislabyrði rannsókna	13
3.2 Mat á geislabyrði hveggjar tegundar rannsókna.....	15
3.2.1 Landspítalinn háskólasjúkrahús (LSH)	15
3.2.2 Læknisfræðileg myndgreining (LM).....	15
3.2.3 Sjúkrahúsið Akureyri (SA)	15
3.2.4 Heildarniðurstöður allra rannsóknastofanna	16
3.3 Niðurstaða	17
3.4 Samanburður við niðurstöður í öðrum löndum	19
3.4.1 Bretland	19
3.4.2 Samantekt Vísindanefndar Sameinuðu þjóðanna (UNSCEAR)	20
4 Lokaorð og þakkir	20
Viðauki: Skilgreining mælistærða	21

Samantekt

Þessi skýrsla inniheldur samantekt mats á geislabyrði af völdum inngjafar geislavirkra efna til sjúklinga vegna greininga sjúkdóma á Íslandi árið 2008. Með *geislabyrði* er átt við það *geislaálag* sem hlýst af inntökunni. Birtar eru niðurstöður um dæmigert magn efnis sem notað er í hverri rannsókn, hversu margar rannsóknir voru gerðar (í heild og á hverja þúsund íbúa), meðgeislabyrði hvernar tegundar rannsóknar, meðalgeislabyrði hvers íbúa landsins og hópgeislaálag. Með því að bera saman aldursháða skömmtun í inngjöf og aldursháða eðlisgeislabyrði (hversu mikið geislaálag einn einingarskammtur, t.d. 1 MBq, hefur í för með sér) sést að aldursáhrif þessara tveggja þátta eru gagnstæð, einn þáttur vegur annan upp að verulegu leyti. Geislaálag af völdum rannsóknar er því tiltölulega lítt háð aldri og það rýrir því heildarniðurstöður lítið þótt aldur sé ekki tekinn með í heildarúttekt. Notkun geislavirkra efna til lækninga var ekki tekin með í þessari úttekt, enda forsendur notkunar allt aðrar og réttlætning notkunar helgast af lækningagildi fyrir viðkomandi sjúkling. Heildarfjöldi rannsókna vegna sjúkdómsgreiningar var 3447 og hópgeislaálag af völdum þeirra 15,6 mannsv. Fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa var 10,8. Beinaskönn voru stór hluti rannsóknanna (6,0 á hverja þúsund íbúa) og meðalgeislaálag af völdum hvernar slíkrar rannsóknar 4,2 mSv. Meðalgeislalag á hvern íbúa Íslands af völdum rannsókna þar sem geislavirk efni eru notuð við sjúkdómsgreiningu var einungis 0,049 mSv og niðurstöður sýna því að framlegð þessarar tegundar sjúkdómsgreininga er lítið miðað við aðra notkun jónandi geislunar við sjúkdómsgreiningu og einnig lítið miðað við náttúrulega geislun. Vegna þess að það er almennt vitað að geislaálag af völdum þessara rannsókna er lítið, þá hefur tiltölulega lítil áhersla verið erlendis á að gera ítarlegar úttektir á þeim. Það stendur þó til bóta, til dæmis er von á niðurstöðum evrópskrar úttektar síðar á árinu 2013. Niðurstöður þessarar úttektar voru bornar saman við niðurstöður úr breskum rannsóknum og samantekir á vegum vísindanefndar (UNSCEAR) á vegum Sameinuðu þjóðanna. Íslensku niðurstöðurnar gáfu almennt svipaða niðurstöður, að svo miklu leyti sem unnt var að bera niðurstöðurnar saman.

Abstract

This report contains an assessment of the diagnostic use of radiopharmaceuticals in Iceland during the year 2008: the typical amount used in each investigation at the largest hospital (LSH-H) and a Nuclear Medicine laboratory (LM) (Table 2), the number of investigations of each type (Table 4), summary of results from each laboratory (Table 5); summary for each type of procedure of the national estimates of number of examinations, number of examinations per thousand inhabitants, average committed effective dose and collective committed effective dose (Table 6, Table 7 gives the main results sorted by the collective committed effective dose). The data used in this study come mainly from a database of records of individual administrations of the radionuclides. The data for medical use is recorded using a five digit classification code for types of investigations that is specific for Iceland. Part of the data was a summary of total number of investigations of each type along with typical amounts administered. Using the data from the database it was possible to study the effect of age of the patient on the committed effective dose received. The age dependency of the administered amount in the main types of investigations involving children and teenagers (Figure 4) is partially compensated by the age dependency of the committed effective dose per unit intake (Figure 3). The result is that committed effective dose for these investigations is relatively little age dependent (Figure 5). For estimation of collective committed effective dose the investigations involving children and teenagers were thus treated as if involving adults.

Therapeutic procedures using radiopharmaceuticals were not included in this study. If these are to be included, then the study should deal with doses received by organs other than that being treated in each case. For this estimate more detailed data would need to be collected and the addition to the collective committed effective dose would be relatively small.

The total number of diagnostic nuclear medicine examinations in 2008 was 3447 and the committed collective effective dose 15.6 manSv. The number of investigations corresponds to 10.8 investigations per 1000 inhabitants (the number of inhabitants in Iceland 1 January 2009 was 319 368). The average per caput committed effective dose for the total population of Iceland was 0.049 mSv. The average number of investigations per 1000 inhabitants and the average committed effective dose are similar as for other European countries. Bone scans are a major contributor to the committed collective effective dose, with 6.0 investigations per 1000 inhabitants and an average committed effective dose per examination of 4.2 mSv.

Töflur (tables)

Tafla 1 Efnasambönd til viðmiðunar (úr ritum ICRP).....	7
Tafla 2 Magn efna gefið sjúklingum í hverri rannsókn hjá LSH-H og LM.....	8
Tafla 3 Eðlisgeislabyrði (í mSv/MBq) efnasambanda sem voru í notkun	9
Tafla 4 Fjöldi kjarnlæknisfræðilegara rannsókna af hverri gerð á íslenskum rannsóknastofum.....	10
Tafla 5 Samantekt á niðurstöðum hvernar rannsóknastofu	16
Tafla 6 Fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa, meðalgeislabyrði og hópgeislaálag.....	17
Tafla 7 Hópgeislaálag rannsókna – raðað eftir hópgeislaálagi	18

Myndir (figures)

Mynd 1 Aldursdreifing sjúklinga á LSH í hverri tegund rannsóknar	11
Mynd 2 Aldursdreifing sjúklinga yngri en 20 ára í rannsóknum Landspítalans.....	12
Mynd 3 Aldursháð eðlisgeislabyrði (mSv/GBq) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000	13
Mynd 4 Aldursháð inngjöf (MBq) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000 hjá LSH-H.....	14
Mynd 5 Aldursháð meðalgeislabyrði (mSv) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000 hjá LSH-H	14

1 Inngangur

Í lögum um geislavarnir segir í 5. grein að Geislavarnir ríkisins skuli annast reglubundið mat á geislaálagi sjúklinga af læknisfræðilegri geislun hérlendis.

Í reglugerð nr. 809/2003 segir í 80. gr. að *Geislavarnir ríkisins annist mat á geislaálagi sjúklinga vegna rannsókna þar sem opnum geislalindum er beitt, sbr. 5. tl. 1. mgr. 5. gr. laga nr. 44/2002 um geislavarnir. Slíkt mat skal fara fram á fimm ára fresti. Þeir sem hafa með höndum slíka starfsemi skulu, sbr. 5. mgr. 5. gr. sömu laga, láta stofnuninni í té nauðsynlegar upplýsingar, sbr. 81. gr., til þess að matið verði eins raunhæft og kostur er. Í 81. gr. segir að fyrir hverja tegund læknisfræðilegra rannsókna þar sem opnum geislalindum er beitt, skal reikna meðaltal inngjafar, skrá og varðveita. Skráning skal vera með þeim hætti að unnt sé að meta meðalgeislaálag sjúklinga með sem raunhæfustum hætti.*

Geislavarnir ríkisins öfluðu gagna til þessa mats í samvinnu við ábyrgðarmenn á kjarnlækningastofum sem hafa leyfi til inngjafar á geislavirkum lausnum til sjúklinga í greiningaskyni. Árið 2008 var valið til viðmiðunar. Aðgangur fékkst að rafrænt skráðum gögnum fyrir **Landspítala – háskólasjúkrahús** við **Hringbraut (LSH-H)** og í **Fossvogi (LSH-F)**. Frá **Læknisfræðilegri myndgreiningu ehf. (LM)** Domus Medica barst eigin samantekt og einnig bárust gögn frá **Sjúkahúsinu á Akureyri (SA)**, en notkun þar er lítil. Markmið þessarar samantektar og greiningar er ekki einungis að meta meðalgeislaálag og hópálag vegna þessarar tegundar sjúkdómsgreiningar, heldur einnig að meta hvaða þættir það eru sem skipta mestu í þessu mati svo unnt sé að framkvæma það með sem einföldustum hætti í framtíðinni.

Við úrvinnslu gagna þurfti að vita magn viðkomandi kjarntegundar, efnasamband (til að vita hegðun efnis í líkama) aldur sjúklings og jafnvel ástand (t.d. virkni skjaldkirtils, hversu mikið skjaldkirtill tæki upp). Við frumúrvinnslu gagna kom í ljós að í flestum rannsóknum var geislaálagið lítið, minna en í mörgum röntgenrannsóknum. Einstaka rannsóknir með geislavirku joði gáfu mest geislaálag og þar var jafnvel óvissan í mati geislaálagsins mest, því matið er mjög háð forsendum um starfsemi skjaldkirtils viðkomandi sjúklinga. Við úrvinnslu var ákveðið að sleppa þessum rannsóknum, enda var það staðfest að þær tengdust geislalækningum og því ekki við hæfi að taka þær með niðurstöðum vegna greiningar.

1.1 Stærðir og einingar

Magn geislavirkra efna í þessari samantekt er tilgreint sem *virgni* þeirra, hér með einingunni „MBq“. Oft minnst á stærðirnar *geislaálag* og *geislabyrði*, sem báðar hafa eininguna „mSv“. *Geislaálag* er mælikvarði á heilsufarslega áhættu af völdum geislunar, *geislabyrði* sjúklinga vegna inntöku geislavirkra efna er það geislaálag sem inntakan hefur í för með sér. Með hugtakinu *geislabyrði* er allt ókomið geislaálag vegna inntöku geislavirks efnis bókfært strax sem áhætta, óháð því hvenær geislunin á eftir að koma fram. Í þessari samantekt eru bæði hugtökin notuð sem jafngild. *Hópgeislaálag* er samsvarandi mat á heilsufarsáhættu hóps, þessi stærð hefur eininguna „mannSv“. Hugtakið *eðlisgeislabyrði* er notað yfir hversu mikil geislabyrði fylgi einum einingarskammti (1 MBq) af geislavirku efni, eining stærðarinnar er „mSv/MBq“. Nánari umfjöllun um þessar stærðir og einingar má finna í viðauka.

1.2 Upplýsingar sem dreift var til ábyrgðarmanna

Sett var upp vefsíða með upplýsingum sem fram koma í þessum undirkafla. Þegar sjúklingi eru gefin geislavirk lyf vegna sjúkdómsgreiningar er skylt að leggja mat á það geislaálag/hópgeislaálag sem af því leiðir. Við mat á geislaálagi sjúklinga í greiningu þar sem notuð eru geislavirk efni er best að byggja beint á ritum Alþjóðageislavarnaráðsins, ICRP. Í þessu tilviki er það ICRP-106 *Radiation Dose to*

Patients from Radiopharmaceuticals og eftir því sem við á, samsvarandi eldri rit, ICRP-80 og ICRP-53 (sem oft hefur verið vísað til í erlendum samantektum). Rit ICRP frá síðari árum má nálgast ókeypis hér á landi á rafrænu formi í gegnum *Science Direct*:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453>

Í ritum **ICRP-106**, **ICRP-80** og **ICRP-53** eru töflur yfir eðlisgeislabyrði (mSv/MBq). Það er síðan mismunandi eftir efnasamböndum hvar upplýsingar er að finna um þær í þessum ritum. Yfirlit um helstu efnasambönd sem notuð eru í kjarnlækningum er að finna er í **viðauka B í ICRP-106**, samtals eru þetta 56 efnasambönd. Þarna er jafnframt tekið fram í hverju ritanna ICRP-53, ICRP-80 og ICRP-106 fá má nánari upplýsingar. Þátttakendur í könnuninni fengu töflu yfir þessi 56 efnaheiti þar sem hverju þeirra hafði verið gefið raðnúmer til að einfalda úrvinnslu. Mögulegir efnaflokkar sem geta verið notaðir við kjarnrannsóknir eru auðvitað fleiri, í ICRP 80, kafla 5 (bls. 113-120), er að finna ítarlegri lista sem má nota til viðmiðunar ef efni er ekki á grunnlistanum. Við söfnun gagna kom fram að 3 efnasambönd vantaði á grunnlistann, þeim var bætt á hann þannig að lokum voru 59 efnasambönd höfð til viðmiðunar í samantektinni.

Breyturnar sem þarf að þekkja til að geta lagt mat á geislaálag sjúklinga af völdum inntöku geislavirkra lyfja eru:

1. Kjarntegund og efnasamband sem hún er bundin við
2. Aldur sjúklings (flokkun í: Fullorðinn eða unglingur/barn: 15, 10, 5 eða 1 árs)
3. Síðan þarf auðvitað að þekkja magnið (í MBq) til að geta reiknað geislaálagið (í mSv). Magnið sem er gefið er venjulega háð aldri sjúklings.

Séu þessar breytur breytur séu skráðar á tölvutækt form við inngjöf, þá er einfalt að meta þetta, jafnvel fyrir hvern sjúkling.

Rit **ICRP-106** á rafrænu formi:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453/38/1-2>

Rit **ICRP-80** á rafrænu formi:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01466453/28/3>

Rit **ICRP-53** [*Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*. ICRP Publication 53, Annals of the ICRP, 18, Pergamon Press, Oxford (1987) (1–4)] er ekki fáanlegt ókeypis á rafrænu formi (landsaðgangur nær ekki til eldri eintaka af þessu riti en frá 1995), það er hins vegar að finna sem prentað rit á bókasafni Geislavarna ríkisins. Í töflu 1 á næstu síðu má sjá að af þessum kjarntegundum eru það í reynd aðeins mismunandi samsætur af hreinu jöði sem er einungis að finna í ICRP-53 (merkt með skærgulum grunni í töflu). Þar sem notkun þessara efnasambanda er bundin við lækningar, þar sem jafnframt eru notaðir mun stærri skammtar eru notaðir, þá virðist ekki þörf á að sækja í rit ICRP-53 við mat geislaálags sjúklinga vegna kjarnlæknisfræðilegrar greiningar á Íslandi.

Tafla 1 Efnasambönd til viðmiðunar (úr ritum ICRP)

Nr	Efnaheiti ICRP	ICRP rit
1	³ H-neutral fat, free fatty acids	80
2	¹¹ C-acetate	106
3	¹¹ C-amino acids (generic model)	106
4	¹¹ C-brain receptor substances (generic model)	106
5	¹¹ C-methionine	106
6	¹¹ C-thymidine	80
7	¹¹ C (realistic maximum model)	106
8	¹⁴ C-neutral fat, free fatty acids	80
9	¹⁴ C-urea	80
10	¹⁵ O-water	106
11	¹⁸ F-amino acids (generic model)	106
12	¹⁸ F-brain receptor substances (generic model)	106
13	¹⁸ F-FDG	106
14	¹⁸ F-L-dopa	106
15	¹⁸ F (realistic maximum model)	106
16	⁵¹ Cr-EDTA	80
17	⁶⁷ Ga-citrate	80
18	⁶⁸ Ga-EDTA	80
19	⁷⁵ Se-amino acids	106
20	⁷⁵ Se-HCAT	80
21	^{99m} Tc-apiticide	106
22	^{99m} Tc-colloids (small)	106
23	^{99m} Tc-EC	106
24	^{99m} Tc-ECD	106
25	^{99m} Tc-furifosmin	106
26	^{99m} Tc-HIG	80
27	^{99m} Tc-HM-PAO	80
28	^{99m} Tc-IDA derivatives	80
29	^{99m} Tc-MAA	80
30	^{99m} Tc-MAG3	80
31	^{99m} Tc-markers, non-absorbable	80
32	^{99m} Tc-MIBI	80
33	^{99m} Tc-monoclonal antibodies/fragments	106
34	^{99m} Tc-pertechnegas	80
35	^{99m} Tc-pertechnetate	80
36	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	80
37	^{99m} Tc-RBC	80/53
38	^{99m} Tc-Technegas	80
39	^{99m} Tc-tetrofosmin (rest/exercise)	106
40	^{99m} Tc-WBC	80
41	¹¹¹ In-HIG	80
42	¹¹¹ In-monoclonal antibodies/fragments	106
43	¹¹¹ In-octreotide	80
44	¹²³ I-iodide	53
45	¹²³ I-fatty acids (BMIPP/IPPA)	106
46	¹²³ I-brain receptor substances (generic model)	106
47	¹²³ I-iodo hippurate	80
48	¹²³ I-MIBG	80
49	¹²³ I-monoclonal antibodies/fragments	106
50	¹²⁴ I-iodide	53
51	¹²⁵ I-iodide	53
52	¹³¹ I-iodide	53
53	¹³¹ I-iodo hippurate	80
54	¹³¹ I-monoclonal antibodies/fragments	106
55	¹³¹ I-norcholesterol	80
56	²⁰¹ Tl-ion	106
57	^{99m} Tc-DMSA	80
58	^{99m} Tc-DTPA	80
59	¹³¹ I-MIBG	80

2 Gögn til úrvinnslu

Sundurliðuð gögn fyrir hverja rannsókn bárust frá LSH-H og LSH-F, frá LM og SA bárust samantektir.

2.1 Magn efna gefið sjúklingum í hverri rannsókn

Mat á magni efna sem sjúklingum var gefið í hverri rannsókn var fengið úr gögnum frá LSH-H og LM, sjá töflu 2 að neðan. Magntölurnar í dálkunum til hægri eru gefnar sem virkni í MBq. Frumtölur virkni frá LSH-H voru gefnar í mCi (1 mCi = 37 MBq) og því margfaldaðar með 37 áður en þær voru settar inn í töfluna (og geta því virst gefnar upp af meiri nákvæmni en frumgögn gefa tilefni til).

Tafla 2 Magn efna gefið sjúklingum í hverri rannsókn hjá LSH-H og LM

Kóði	Heiti rannsóknar	Nr. efnafl.		LSH-H					LM
		ICRP	Enskt efnaheiti	1 árs	5 ára	10 ára	15 ára	fullo.	
72000	Nýru, Renografía-MAG3 eða DTPA	30	99mTc-MAG3					188	
72000	Nýru, Renografía-MAG3 eða DTPA	58	99mTc-DTPA						185
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	46	123I-brain receptor substances (generic model)						167
73400	Ísótóparannsókn beinayfirlit	36	99mTc-phosphates and phosphonates	222	344	381	751	766	
73403	Ísótóparannsókn beinayfirlit-SPECT	36	99mTc-phosphates and phosphonates				459	821	
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	29	99mTc-MAA		85	274		281	
73600	Lungnaskönnun, loftfylling (ventilation)	38	99mTc-Technegas					37	
73700	Hjartavirkni (MUGA)	37	99mTc-RBC					925	
74000	Ísótóparannsókn munnvatnskirtlar	35	99mTcO4					204	200
74100	Hjartavöðvablóðfæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	32	99mTc-MIBI					833	
74200	Hjartavöðvablóðfæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	32	99mTc-MIBI					807	
74400	Ísótóparannsókn liðir	35	99mTcO4					603	
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	59	131I-MIBG					78	
75000	Nýrnabarkarskann (DMSA)	57	99mTc-DMSA	38	37	63	89	96	111
75400	Ísótóparannsókn heila með Ceretec	27	99mTc-HM-PAO					1243	740
75500	Ísótóparannsókn skjaldkirtill	35	99mTcO4	11			52	48	222
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	32+35	99mTc-MIBI + 99mTcO4					1358	
76500	Lymfueitlar	22	99mTc-colloids (small)					56	
76700	Æxlisskann með gallium eða jóð 131	17	67Ga-citrate					218	
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	36	99mTc-phosphates and phosphonates					825	
77700	Beinaskönnun, tvífasa	36	99mTc-phosphates and phosphonates					799	
77800	Beinaskönnun, þrífasa	36	99mTc-phosphates and phosphonates					799	666
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	43	111In-octreotide					222	
78700	Bakflæði magi-véiinda (mjólkurskann, salivagram)	22	99mTc-colloids (small)				33		
78800	Magatæming - vökvi	22	99mTc-colloids (small)		17				
79000	Meltingarfærablæðingarskann með rauðum blóðkornu	37	99mTc-RBC					921	
79200	Meckelsscann	35	99mTcO4					592	370
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	40	99mTc-WBC				211	244	
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	28	99mTc-IDA derivatives					200	
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	28	99mTc-IDA derivatives					200	200
78900	Magatæming - föst fæða	22	99mTc-colloids (small)					30	
76800	Nýrnaskann, t.d. m. lasix	58	99mTc-DTPA						185

2.1.1 Magn gefið fullorðnum

Samanburður á tölum frá **LSH-H** og **LM** sýna að magnið sem er gefið fullorðnum sjúklingum er svipað í þeim tilvikum þar sem gögn eru frá báðum um sömu tegundir rannsókna. Undantekningar eru (a) rannsókn 79200 (*Meckelsscann*, tölur á daufgulum grunni í töflu), þar sem nær helmingi minni skammtur var notaður hjá **LM** og (b) 75500 (*Ísótóparannsókn skjaldkirtill*, tölur á skærgulum grunni í töflu), þar sem skammturinn á **LSH-H** er tæplega fimmtungur af því sem hefur tíðkast hjá **LM**. Þegar þessu var fylgt eftir með fyrirspurn kom í ljós að á **LSH-F** tíðkaðist einnig að gefa álíka stóra skammta og hjá **LM**, en þegar starfsemi var sameinuð **LSH-H** var hin lága skammtastærð **LSH-H** höfð til viðmiðunar (um 50 MBq).

Athygli vekja einnig tiltölulega háir skammtar í rannsóknum 75400 (1243 MBq) og 75600 (1358 MBq) hjá **LSH-H** (báðar stærðir eru feitiletraðar í töflu). Þetta virðist meira magn er algengt er að gefa og því ástæða til að skoða nánar hvort ekki sé unnt að komast af með minna magn í hverri rannsókn.

2.1.2 Magn gefið börnum

LSH-H sundurliðaði mat á hversu mikið magn væri gefið börnum, hjá **LM** fengust þær upplýsingar að magn gefið börnum væri í hlutfalli við massa þeirra.

2.1.3 Mat magns í hverri rannsókn á LSH-F og SA

Gert var ráð fyrir að sama magn væri gefið í sambærilegum rannsóknum á LSH-F og LSH-H. Við áætlun á mati til sjúklinga á SA var stuðst við vegið meðaltal (fjöldi sjúklinga notaður sem vægistölu) fyrir viðkomandi rannsókn á LSH-H og LM. Sjálfstæðar kjarnlækningastofur eru ekki reknar lengur á LSH-F og SA.

2.2 Eðlisgeislabyrði hveirrar gerðar rannsóknar

Í framangreindum ritum ICRP má finna upplýsingar um hversu mikil geislabyrði (geislaálag) hlýst af inntöku mismunandi efnasambanda með geislavirkum kjarntegundum og sem gefin eru sjúklingum vegna læknisfræðilegrar greiningar. Stuðlarnir í töflunni að neðan eru gefnir í *eðlisgeislabyrði* (mSv/MBq), þ.e. hversu mikið geislaálag (í mSv) á eftir að hljótast af inngjöf 1 MBq skammts af viðkomandi efnasambandi. Meðalgeislaálag (í mSv) fyrir viðkomandi gerð rannsóknar má síðan finna með því að margfalda meðalskammt (í MBq) sem gefinn er í rannsókninni og viðeigandi stuðul í töflunni að neðan.

Tafla 3 Eðlisgeislabyrði (í mSv/MBq) efnasambanda sem voru í notkun

Kóði	Heiti rannsóknar	Efnaf.	Efnasamb.	mSv/MBq				
				fullorðinn	15 ára	10 ára	5 ára	1 árs
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	30	^{99m} Tc-MAG3	0,007	0,009	0,012	0,012	0,022
72100	Nýru, Króm-EDTA-clearance (51-Cr)	16	^{99m} Tc-DTPA	0,002	0,0026	0,0034	0,0039	0,0071
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	46	⁵¹ Cr-EDTA	0,05	0,061	0,096	0,15	0,32
73400	Ísotóparannsókn beinayfirlit	36	¹²³ I-brain receptor substances (generic n	0,0057	0,007	0,011	0,014	0,027
73403	Ísotóparannsókn beinayfirlit-SPECT	36	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	0,0057	0,007	0,011	0,014	0,027
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	29	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	0,011	0,016	0,023	0,034	0,063
73600	Lungnaskönnun, loftfylling (ventilation)	38	^{99m} Tc-MAA	0,015				
73700	Hjartavirkni (MUGA)	37	^{99m} Tc-Technegas	0,007	0,0089	0,014	0,021	0,039
74000	Ísotóparannsókn munnvatnskirtlar	35	^{99m} Tc-RBC	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
74100	Hjartavöðvablóðfæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	32	^{99m} TcO ₄	0,009	0,012	0,018	0,028	0,033
74200	Hjartavöðvablóðfæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	32	^{99m} Tc-MIBI	0,009				
74400	Ísotóparannsókn liðir	35	^{99m} Tc-MIBI	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	59	^{99m} TcO ₄	0,14				
75000	Nýrnabarkarskann (DMSA)	57	¹³¹ I-MIBG	0,0083	0,0108	0,0179	0,0265	0,0468
75400	Ísotóparannsókn heila með Ceretec	27	^{99m} Tc-DMSA	0,0093	0,011	0,017	0,027	0,049
75500	Ísotóparannsókn skjaldkirtill	35	^{99m} Tc-HM-PAO	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	32+35	^{99m} TcO ₄	0,011				
76500	Lymfueitlar	22	^{99m} Tc-MIBI + ^{99m} TcO ₄	0,002	0,0024			
76700	Æxlisskann með gallium eða jóð 131	17	^{99m} Tc-colloids (small)	0,1	0,13	0,2	0,33	0,64
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	36	⁶⁷ Ga-citrate	0,0057	0,007	0,011	0,014	0,027
77700	Beinaskönnun, tvífasa	36	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	0,0057	0,007	0,011	0,014	0,027
77800	Beinaskönnun, þrífasa	36	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	0,0057	0,007	0,011	0,014	0,027
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	43	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	0,054	0,071	0,1	0,16	0,28
78700	Bakflæði magi-vélinda (mjólkurskann, salivagram)	22	¹¹¹ In-octreotide	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
78800	Magatæming - vökví	22	^{99m} Tc-colloids (small)	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
79000	Meltingarfærablæðingarskann með rauðum blóðkornur	37	^{99m} Tc-colloids (small)	0,007	0,0089	0,014	0,021	0,039
79200	Meckelscann	35	^{99m} Tc-RBC	0,013	0,017	0,026	0,042	0,079
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	40	^{99m} TcO ₄	0,011	0,014	0,022	0,034	0,062
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	28	^{99m} Tc-WBC	0,017				
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	28	^{99m} Tc-IDA derivatives	0,017				
78900	Magatæming - föst fæða	22	^{99m} Tc-IDA derivatives	0,002	0,0024			
76800	Nýrnaskann, t.d. m. lasix	58	^{99m} Tc-colloids (small)	0,0049				
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	58	^{99m} Tc-DTPA	0,0049				

Varðandi 73600 Lungnaskönnun, loftfylling var gefið upp að 20-40 mCi væri sett í úðara (nebulizer), en bara örlítið af því færi inn í líkama við öndun, um 1 mCi. Eðlisgeislabyrði vegna inntöku Tc-99m í lungu fer að verulegu leyti eftir því á hvaða formi efnið er. Fyrir fullorðna eru eftirfarandi gildi gefin hjá ICRP (sjá ICRP-80, bls 117):

- ^{99m}Tc-pertechnegas (efnaflokkur 34 í töflu) 0,012 mSv/MBq
- ^{99m}Tc-Technegas (efnaflokkur 38 í töflu) 0,015 mSv/MBq
- ^{99m}Tc Tc-labelled aerosols (substances with slow clearance) 0,014 mSv/MBq
- ^{99m}Tc Tc-labelled aerosols (substances with fast clearance) 0,0061 mSv/MBq

Gildin fyrir (a)-(c) eru svipuð, gildið fyrir efnaform (d) er mun lægra. Í ljósi óvissu um flokkun var því miðað við (b) hér (efnaflokk 38 í töflu), sem er varfærnasta viðmiðið (leiðir til hæsta gildis á mati).

2.3 Fjöldi rannsókna

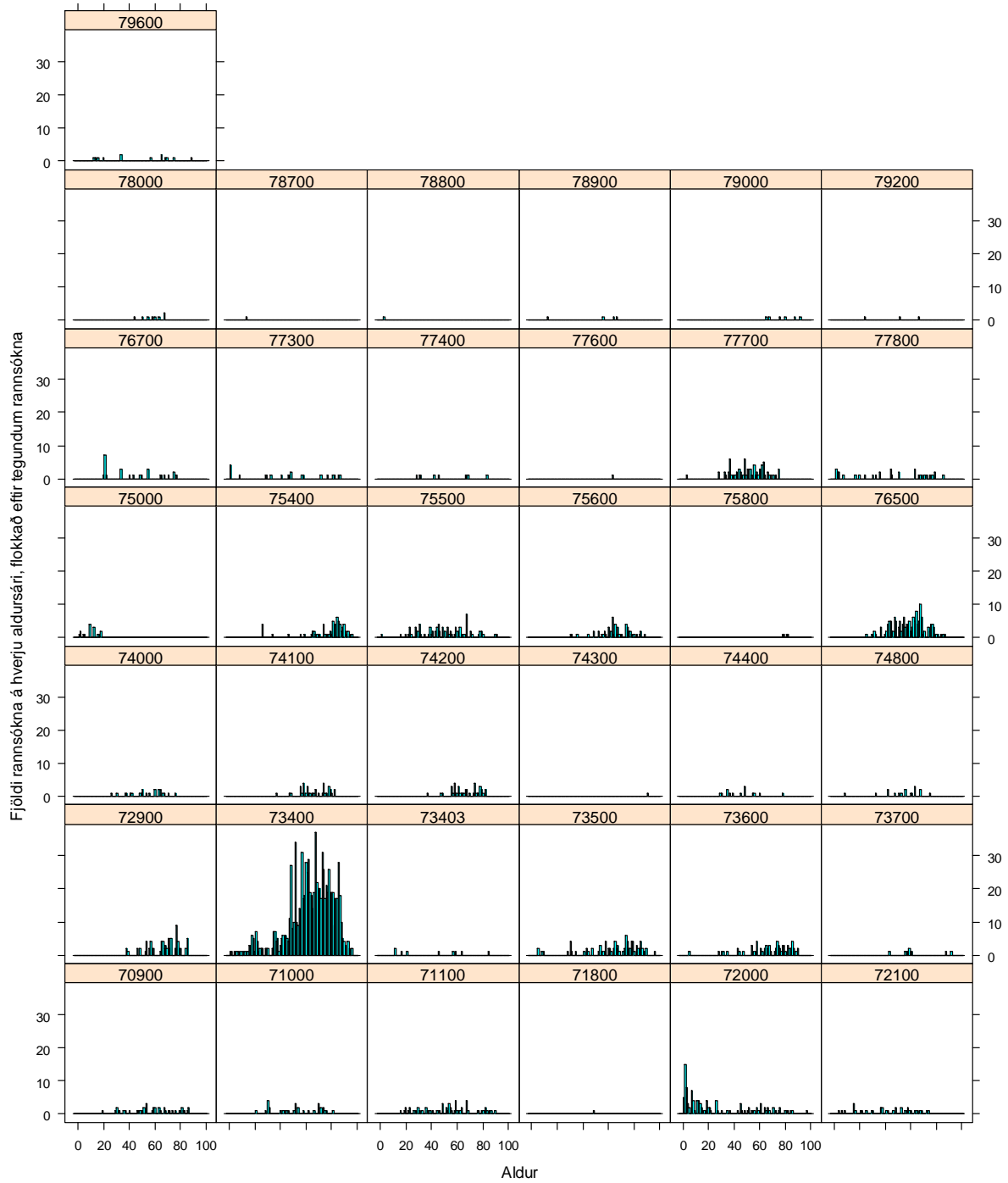
Fjöldi rannsókna af hverri gerð má sjá í töflunni hér að neðan. Tölur fyrir LSH-H og LSH-F hafa verið teknar saman undir „LSH“.

Tafla 4 Fjöldi kjarnlæknisfræðilegara rannsókna af hverri gerð á íslenskum rannsóknastofum

Kóði	Heiti rannsóknar	Enskt heiti efnaambands (skv. ICRP)	Fjöldi			Heildar- fjöldi
			LSH	LM	SA	
73400	Ísotóparannsókn beinayfirlit	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	895	157	92	1144
77800	Beinaskönnun, þrífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	35	648	12	695
75400	Ísotóparannsókn heila með Ceretec	^{99m} Tc-HM-PAO	72	353	6	431
76500	Lymfueitlar	^{99m} Tc-colloids (small)	150			150
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-MAG3	115		2	117
75500	Ísotóparannsókn skjaldkirtill	^{99m} TcO ₄	81	16	13	110
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	^{99m} Tc-MAA	88	1		89
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	^{99m} Tc-IDA derivatives	21	55	11	87
77700	Beinaskönnun, tvífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	74			74
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	¹²³ I-brain receptor substances (generic model)	72			72
73600	Lungnaskönnun, loftfylling (ventilation)	^{99m} Tc-Technegas	69			69
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	^{99m} Tc-MIBI + ^{99m} TcO ₄	54			54
74200	Hjartavöðvablóðfæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	40			40
75000	Nýrnbarkarskann (DMSA)	^{99m} Tc-DMSA	16	7	17	40
74100	Hjartavöðvablóðfæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	37			37
72100	Nýru, Króm-EDTA-clearance (51-Cr)	⁵¹ Cr-EDTA	36			36
76800	Nýrmaskann, t.d. m. lasix	^{99m} Tc-DTPA		19	12	31
76700	Æxlisskann með gallium eða jóð 131	⁶⁷ Ga-citrate	26			26
74000	Ísotóparannsókn munnvatnskirtlar	^{99m} TcO ₄	22	1		23
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	^{99m} Tc-IDA derivatives	9	1	11	21
74400	Ísotóparannsókn liðir	^{99m} TcO ₄	14	5		19
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	¹³¹ I-MIBG	17			17
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	^{99m} Tc-WBC	13			13
79200	Meckelscann	^{99m} TcO ₄	3	8		11
73700	Hjartavirkni (MUGA)	^{99m} Tc-RBC	10			10
73403	Ísotóparannsókn beinayfirlit-SPECT	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	9			9
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	¹¹¹ In-octreotide	8			8
79000	Meltingarfærablæðingarskann með rauðum blóðkornum	^{99m} Tc-RBC	6			6
78900	Magatæming - föst fæða	^{99m} Tc-colloids (small)	4			4
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	1			1
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-DTPA		1		1
78800	Magatæming - vökví	^{99m} Tc-colloids (small)	1			1
78700	Bakflæði magi-vélinda (mjólkurskann, salivagram)	^{99m} Tc-colloids (small)	1			1

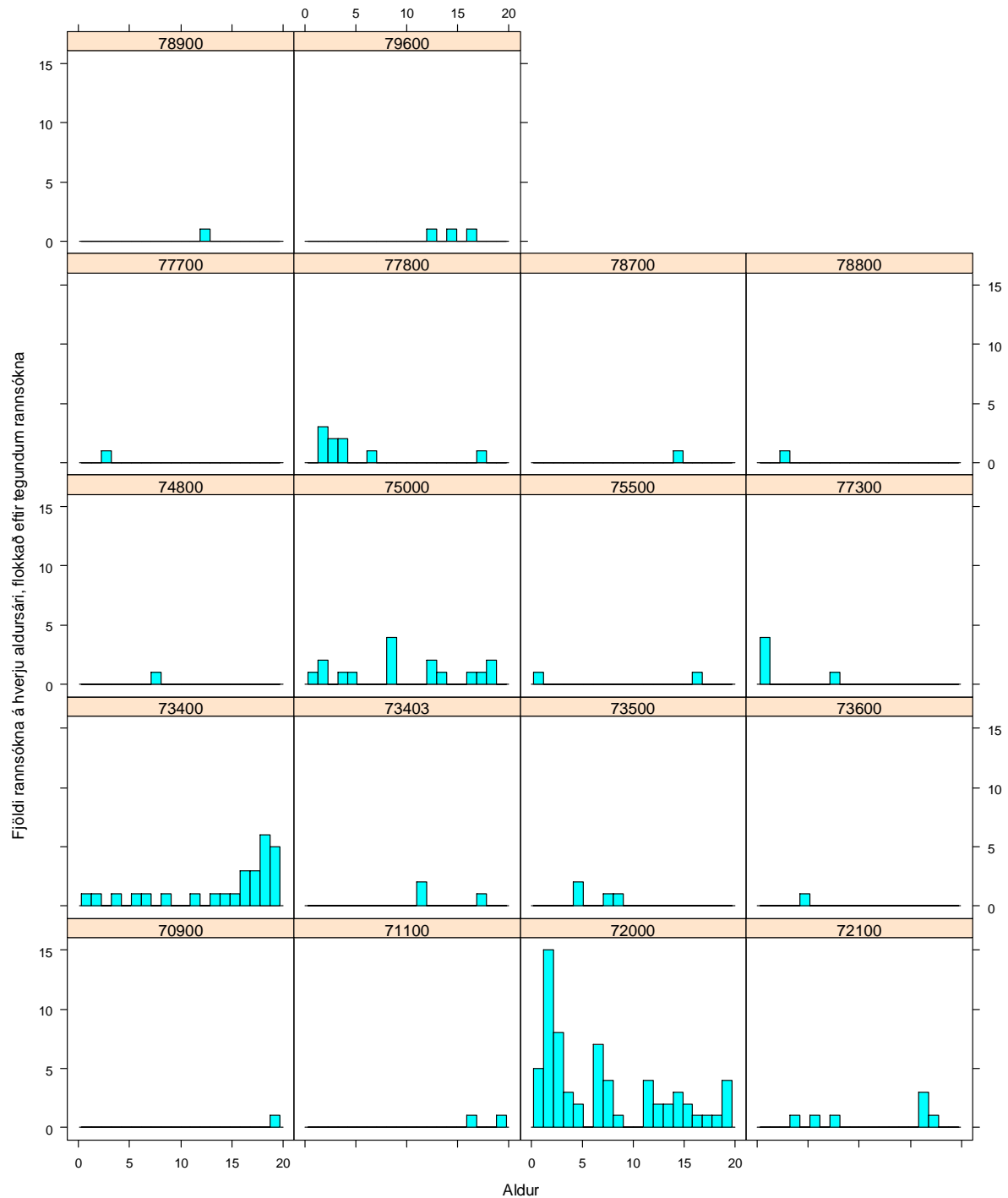
2.3.1 Aldursdreifning sjúklinga á LSH (Hringbraut og Fossvogi)

Þar sem LSH lét í té gögn um einstakar rannsóknir og ekki einungis meðaltöl, þá var unnt að greina gögnin betur, meðal annars að skoða aldursdreifingu sjúklinga í hverri gerð rannsókna. Það má sjá á Trellis-súluritinu á Mynd 1 á næstu síðu.



Mynd 1 Aldursdreifing sjúklinga á LSH í hverri tegund rannsóknar

Það er sértaklega áhugavert að skoða nánar þær rannsóknir þar sem sjúklingar yngri en 20 ára koma við sögu. Það er gert í Trellis-súluritinu á Mynd 2 á næstu síðu.



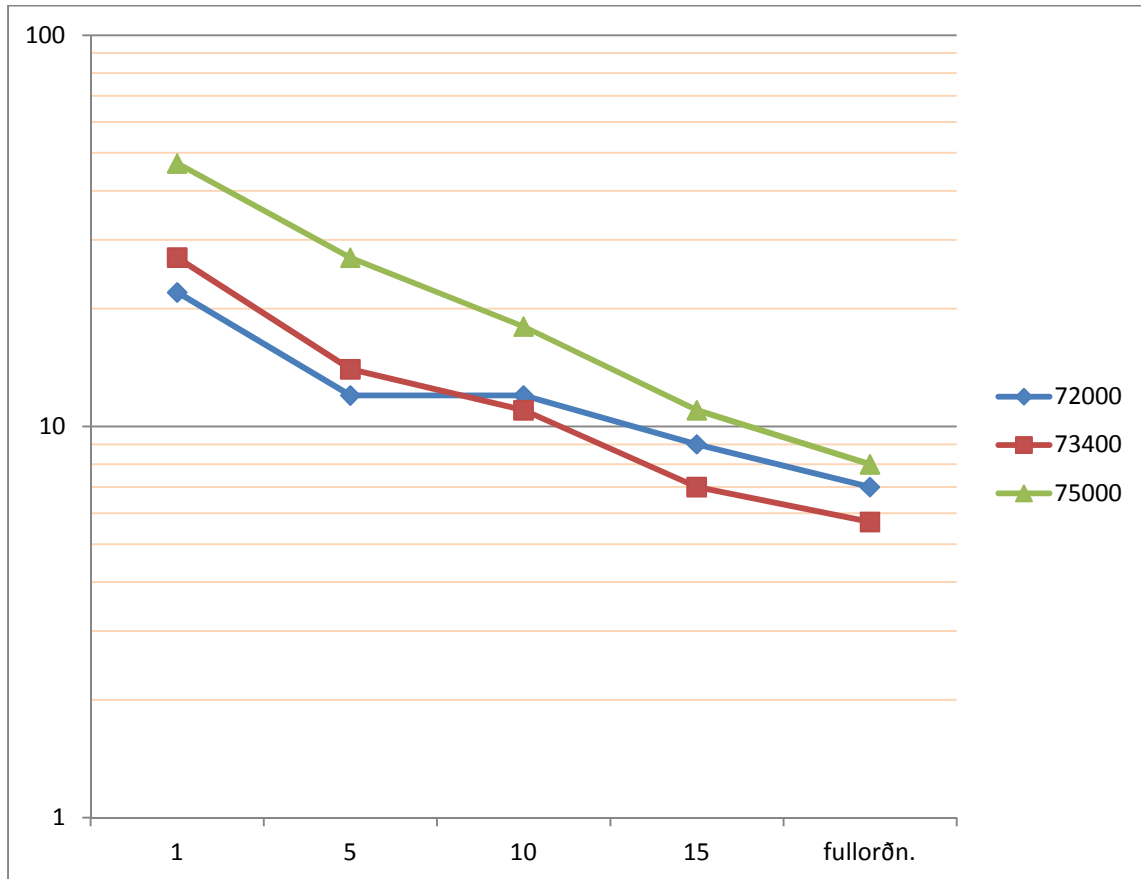
Mynd 2 Aldursdreifing sjúklinga yngri en 20 ára í rannsóknum Landspítalans

Á Mynd 2 er auðséð að það eru einkum rannsóknir 72000, 73400 og 75000 sem skipta máli við mat á geislaálagi ungmenna yngri en 20 ára.

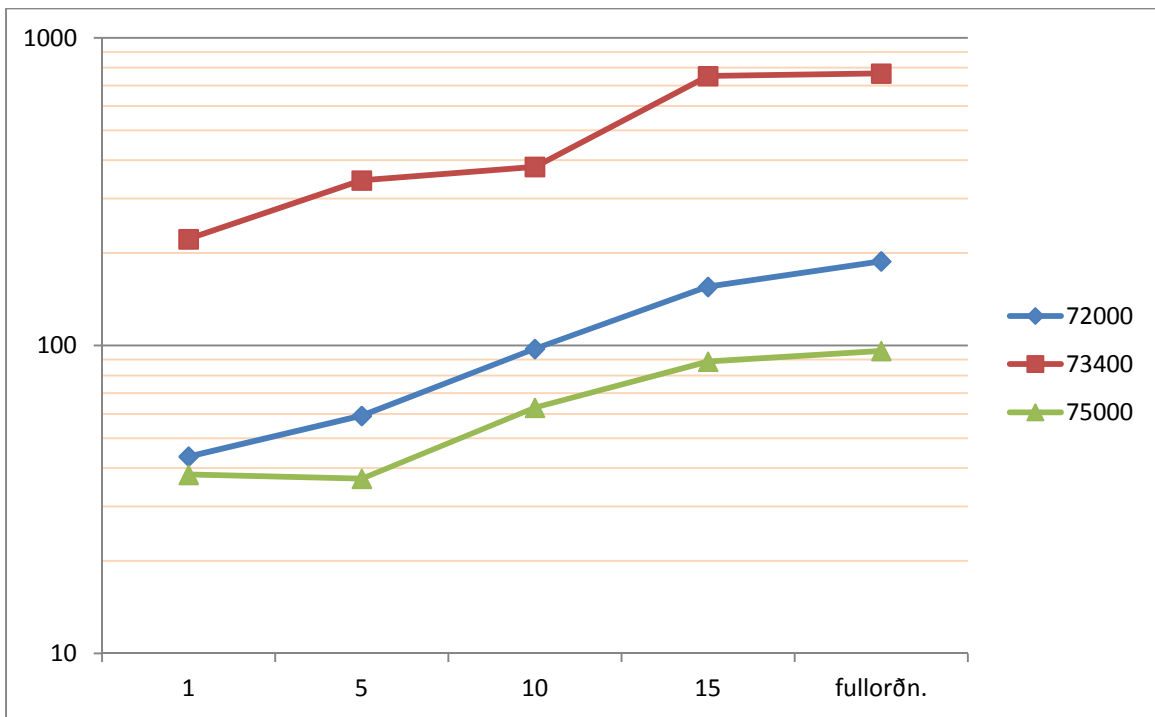
3 Niðurstöður

3.1 Áhrif aldursháðrar inngjafar og eðlisgeislabyrði á geislabyrði rannsókna

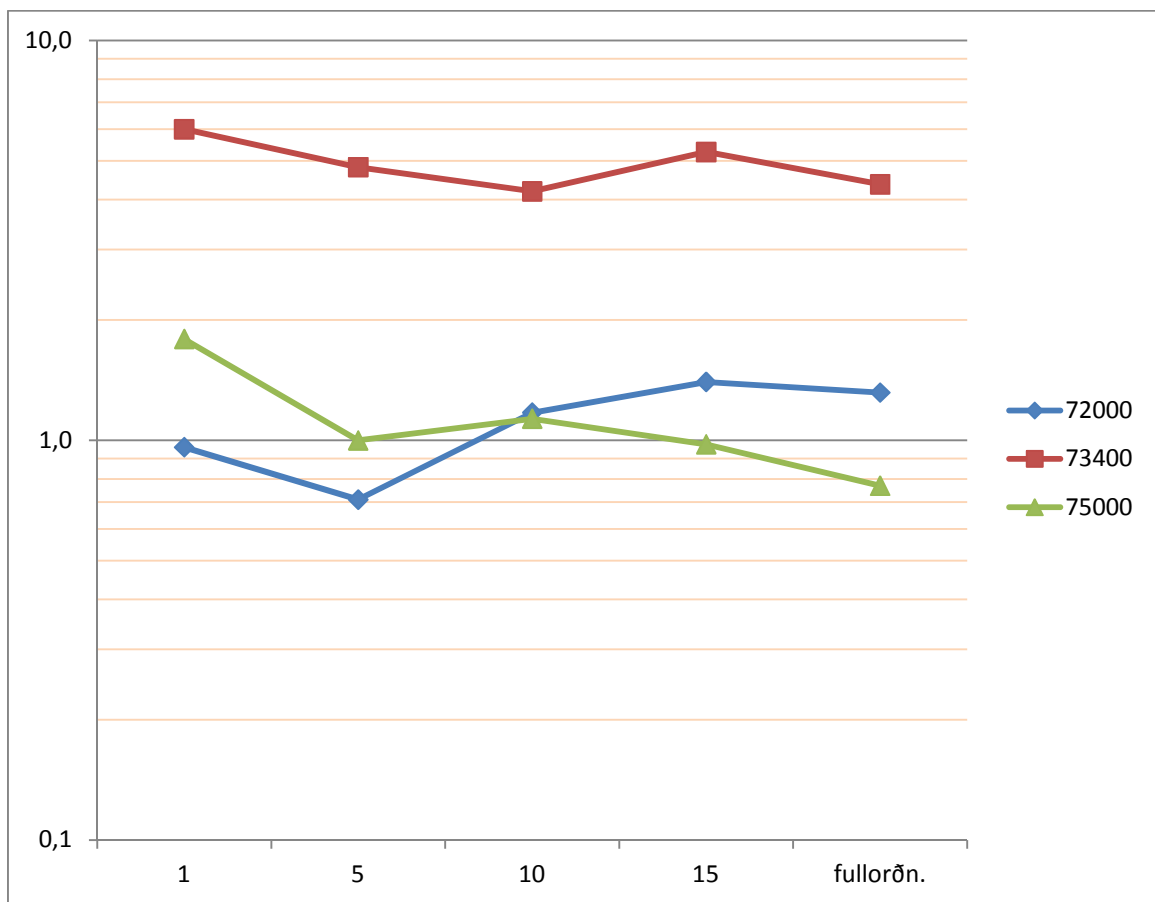
Það er einkum í rannsóknum 72000, 73400 og 75000 sem ungmennum yngri en 20 ára eru gefin geislavirk efni. Þótt magn inngjafar (sjá Mynd 4) og eðlisbyrði (sjá Mynd 3) séu mjög háð aldri, þá sýnir Mynd 5 að þessi aldursáhrif vega hvort annað upp að verulegu leyti þannig að meðalgeislabyrði rannsókna er tiltölulega lítt háð aldri.



Mynd 3 Aldursháð eðlisgeislabyrði (mSv/GBq) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000



Mynd 4 Aldursháð inngjöf (MBq) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000 hjá LSH-H



Mynd 5 Aldursháð meðalgeislabyrði (mSv) í rannsóknum 72000, 73400 og 75000 hjá LSH-H

Í fyrstu nálgun má því nota gera ráð fyrir að allir sjúklingar séu fullorðið fólk, minni skammtar efnis til barna vega að mestu upp meiri eðlisgeislabyrði þeirra. Þetta einfaldar gagnasöfnun og úrvinnslu verulega. Sé óskað eftir nákvæmara mati er unnt að gera það eins og að framan er lýst, en þá verður einnig að huga vel að nákvæmni annarra frumstærða (mati á inngjöf, að miðað sé við viðeigandi eðlisbyrði með hliðsjón af því efnasambandi sem notað er). Það er hins vegar rétt að fylgjast áfram vel með geislabyrði ungmenna vegna kjarnlækninga, því þar ber sérstaklega að draga úr geislabyrði eftir því sem kostur er.

3.2 Mat á geislabyrði hverrar tegundar rannsókna

Mati á geislabyrði rannsókna var skipt eftir rannsóknastofum:

- a) Landspítalinn háskólasjúkrahús (LSH) (gögn frá Hringbraut og Fossvogi tekin saman)
- b) Læknisfræðileg myndgreining (LM)
- c) Sjúkrahúsið á Akureyri (SA)

3.2.1 Landspítalinn háskólasjúkrahús (LSH)

Í ljósi niðurstaðna kafla 3.1 var ákveðið að meta geislabyrði allra rannsókna út frá gögnum um fullorðna einstaklinga, nema fyrir rannsóknir sem beindust eingöngu að ungmennum. Skilgreint var viðmiðunargildi geislabyrði (í mSv) fyrir hverja rannsókn, sem fundið var með því að margfalda saman meðalskammt (í MBq) fyrir fullorðna í viðkomandi rannsókn og eðlisgeislabyrði (í mSv/MBq) hennar fyrir fullorðna. Væri eingöngu um ungmenni að ræða var margfaldað saman meðalskammtur gefinn viðkomandi aldurshóp og eðlisgeislabyrði hans.

3.2.2 Læknisfræðileg myndgreining (LM)

Viðmiðunargildi geislabyrði (í mSv) var reiknað með sama hætti og fyrir Landspítalann í þeim tilvikum þar sem inngefinn meðalskammtur var þekktur. Í þeim tilvikum þar sem hann var óþekktur var notað sama viðmiðunargildi geislabyrði fyrir viðkomandi rannsókn og á Landspítala.

3.2.3 Sjúkrahúsið Akureyri (SA)

Þar sem upplýsingar um inngefinn meðalskammt (í MBq) lágu ekki fyrir, þá var reiknað vegið meðaltal viðmiðunargilda geislabyrði LSH og LM, þar sem fjöldi rannsókna á hvorum stað var notað sem vægisstuðull.

3.2.4 Heildarniðurstöður allra rannsóknastofanna

Í töflu Tafla 5 hér að neðan eru teknar saman niðurstöður, þar sem hópgeislaálag fyrir hvern stað er reiknað út frá viðmiðunargeislaálagi (sem er sama og áætlað meðalgeislaálag eða geislabyrði af völdum rannsóknarinnar) og fjölda viðkomandi rannsókna.

Tafla 5 Samantekt á niðurstöðum hverrar rannsóknastofu

Kóði	Heiti rannsóknar	Enskt heiti efnasambands (skv. ICRP)	Viðmið (mSv)			Fjöldi			Hópgeislaálag (mannSv)			Heild
			LSH	LM	LSH	LM	SA	LSH	LM	SA		
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-MAG3	1,3		115		2	0,151	0,001	0,003	0,155	
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-DTPA		0,9		1			0,001		0,001	
72100	Nýru, Króm-EDTA-clearance (51-Cr)	⁵¹ Cr-EDTA	0,0		36			0,001			0,001	
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	¹²³ I-brain receptor substances (generic model)	8,3		72			0,599			0,599	
73400	Ísótóparannsókn beinayfirlit	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	4,4		895	157	92	3,907	0,685	0,402	4,994	
73403	Ísótóparannsókn beinayfirlit-SPECT	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	4,7		9			0,042			0,042	
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	^{99m} Tc-MAA	3,1		88	1		0,272	0,003		0,275	
73600	Lungnaskönnun, loffylling (ventilation)	^{99m} Tc-Technegas	0,6		69			0,038			0,038	
73700	Hjartavirkni (MUGA)	^{99m} Tc-RBC	6,5		10			0,065			0,065	
74000	Ísótóparannsókn munnavatnskirtlar	^{99m} TcO ₄	2,6	2,6	22	1		0,058	0,003		0,061	
74100	Hjartavöðvablóðflæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	7,5		37			0,277			0,277	
74200	Hjartavöðvablóðflæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	7,3		40			0,290			0,290	
74400	Ísótóparannsókn liðir	^{99m} TcO ₄	7,8		14	5		0,110	0,039		0,149	
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	¹³¹ I-MIBG	10,9		17			0,185			0,185	
75000	Nýrnabarkarskann (DMSA)	^{99m} Tc-DMSA	0,8	0,9	16	7	17	0,013	0,006	0,014	0,033	
75400	Ísótóparannsókn heila með Ceretec	^{99m} Tc-HM-PAO	11,6	6,9	72	353	6	0,832	2,429	0,069	3,331	
75500	Ísótóparannsókn skjaldkirtill	^{99m} TcO ₄	0,6	2,9	81	16	13	0,051	0,046	0,008	0,105	
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	^{99m} Tc-MIBI + ^{99m} TcO ₄	14,9		54			0,807			0,807	
76500	Lymfueitlar	^{99m} Tc-colloids (small)	0,1		150			0,017			0,017	
76700	Æxlisskann með gallium eða jóð 131	⁶⁷ Ga-citrate	21,8		26			0,568			0,568	
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	4,7		1			0,005			0,005	
77700	Beinaskönnun, tvífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	4,6		74			0,337			0,337	
77800	Beinaskönnun, þrífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	4,6	3,8	35	648	12	0,159	2,460	0,055	2,674	
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	¹¹¹ In-octreotide	12,0		8			0,096			0,096	
78700	Bakflæði magi-vélinda (mjólkurskann, salivagram)	^{99m} Tc-colloids (small)	0,6		1			0,001			0,001	
78800	Magatæming - vökv	^{99m} Tc-colloids (small)	0,7		1			0,001			0,001	
79000	Meltingarfærablæðingarskann með rauðum blóðk.	^{99m} Tc-RBC	6,4		6			0,039			0,039	
79200	Meckelscann	^{99m} TcO ₄	7,7	4,8	3	8		0,023	0,038		0,062	
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	^{99m} Tc-WBC	2,7		13			0,035			0,035	
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	^{99m} Tc-IDA derivatives	3,4		21	55	11	0,071	0,187	0,037	0,296	
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	^{99m} Tc-IDA derivatives	3,4	3,4	9	1	11	0,031	0,003	0,037	0,071	
78900	Magatæming - föst fæða	^{99m} Tc-colloids (small)	0,1		4			0,000			0,000	
76800	Nýrnaskann, t.d. m. lasix	^{99m} Tc-DTPA		0,9		19	12		0,017	0,011	0,028	
Hópgeislaálag allra rannsókna (mannSv):									9,08	5,92	0,64	15,64

3.3 Niðurstaða

Í alþjóðlegum samantektum er niðurstöður oft teknar saman, þannig að tilgreindur er fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa, meðalgeislabyrði (í mSv) í hverri tegund rannsóknar og hópgeislaálag (hér er heiti stytt í „hópálag“) hennar. Það er gert í Tafla 6 hér að neðan.

Tafla 6 Fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa, meðalgeislabyrði og hópgeislaálag

Kóði	Heiti rannsóknar	Enskt heiti efnasambands (skv. ICRP)	Fjöldi	ranns. á þús. íbúa	meðal-geislabyrði	Hópálag (mannSv)
73400	Ísótóparannsókn beinayfirlit	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	1144	3,58	4,4	5,0
77800	Beinaskönnun, þrífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	695	2,18	3,8	2,7
75400	Ísótóparannsókn heila með Ceretec	^{99m} Tc-HM-PAO	431	1,35	7,7	3,3
76500	Lymfueitlar	^{99m} Tc-colloids (small)	150	0,47	0,1	0,017
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-MAG3	117	0,37	1,3	0,16
75500	Ísótóparannsókn skjaldkirtill	^{99m} TcO ₄	110	0,34	1,0	0,105
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	^{99m} Tc-MAA	89	0,28	3,1	0,28
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	^{99m} Tc-IDA derivatives	87	0,27	3,4	0,30
77700	Beinaskönnun, tvífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	74	0,23	4,6	0,34
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	¹²³ I-brain receptor substances (generic model)	72	0,23	8,3	0,60
73600	Lungnaskönnun, loftfylling (ventilation)	^{99m} Tc-Technegas	69	0,22	0,6	0,038
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	^{99m} Tc-MIBI + ^{99m} TcO ₄	54	0,17	14,9	0,81
74200	Hjartavöðvablóðfæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	40	0,13	7,3	0,29
75000	Nýrnabarkarskann (DMSA)	^{99m} Tc-DMSA	40	0,13	0,8	0,033
74100	Hjartavöðvablóðfæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	37	0,12	7,5	0,28
72100	Nýru, Króm-EDTA-clearance (51-Cr)	⁵¹ Cr-EDTA	36	0,11	0,0	0,001
76800	Nýrnaskann, t.d. m. lasix	^{99m} Tc-DTPA	31	0,097	0,9	0,028
76700	Æxlisskann með gallium eða jóð 131	⁶⁷ Ga-citrate	26	0,081	21,8	0,57
74000	Ísótóparannsókn munnvatnskirtlar	^{99m} TcO ₄	23	0,072	2,6	0,061
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	^{99m} Tc-IDA derivatives	21	0,066	3,4	0,071
74400	Ísótóparannsókn liðir	^{99m} TcO ₄	19	0,059	7,8	0,15
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	¹³¹ I-MIBG	17	0,053	10,9	0,18
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	^{99m} Tc-WBC	13	0,041	2,7	0,035
79200	Meckelscann	^{99m} TcO ₄	11	0,034	5,6	0,062
73700	Hjartavirkni (MUGA)	^{99m} Tc-RBC	10	0,031	6,5	0,065
73403	Ísótóparannsókn beinayfirlit-SPECT	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	9	0,028	4,7	0,042
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	¹¹¹ In-octreotide	8	0,025	12,0	0,096
79000	Meltingarfærablóðingarskann með rauðum blóðkornum	^{99m} Tc-RBC	6	0,019	6,4	0,039
78900	Magatæming - föst fæða	^{99m} Tc-colloids (small)	4	0,013	0,1	0,0002
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	1	0,003	4,7	0,005
72000	Nýru, Renografa-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-DTPA	1	0,003	0,9	0,001
78800	Magatæming - vökví	^{99m} Tc-colloids (small)	1	0,003	0,7	0,001
78700	Bakflæði magi-vélinda (mjólkurskann, salivagram)	^{99m} Tc-colloids (small)	1	0,003	0,6	0,001
			3447	10,8		15,6

Niðurstöðum í töflunni að ofan er raðað eftir fjölda rannsókna eins og oft er gert í sambærilegum samantektum erlendis. Þá er einnig tilgreind hlutfallsleg rannsóknatíðni, það er fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa. Samkvæmt vef Hagstofunnar bjuggu 319.368 manns á Íslandi 1. janúar 2009 (lok þess tímabils sem þessi könnun nær yfir). Hlutfallsleg tíðni rannsókna er tilgreint í næsta dálki, heildartíðni allra rannsókna í þessari könnun er 10,8 rannsóknir á hverja þúsund íbúa.

Meðalgeislabyrði hvernar tegundar rannsóknar var reiknað sem vegið meðaltal viðmiðunargilda frá LSH og LM í Tafla 5, þar sem fjöldi rannsókna á hvorum stað var notaður sem vægistala.

Geislaþyngstu rannsóknirnar (þær sem gefa geislaálag meira en 10 mSv á þá einstaklinga sem fara í þær) eru merktar með stækkuðu feitletri og á skærgulum grunni. Rannsóknir sem gefa 6 – 10 mSv eru feitletraðar og á daufgulum grunni. Þótt huga beri sérstaklega að því hvort unnt sé að lækka geislabyrði þessara rannsókna, þá byggja allar þessar rannsóknir á grunnviðmiði réttlætningar: Ábati sjúklings af rannsókn skal ætíð vera meiri en sú áhætta sem hún veldur honum, það er engin ástæða til að véfengja að svo sé hér. Hópgeislaálag viðkomandi rannsóknar er tilgreint lengst til hægri og hópálag sem gefur meir en 0,5 mannSv er á daufgulum grunni. Hópgeislaálagið er margfeldi

meðalgeislabyrði hverrar rannsóknar margfaldað með fjölda rannsókna. Sjá má að hér ræðst hópálagið einkum af fjölda rannsókna því breytileiki í fjölda er mun meiri en breytileiki í meðalgeislabyrði. Í Tafla 7 er hópálagi raðað eftir stærð (hæstu gildi efst) og bætt er við dálki þar sem reiknað er meðalgeislabyrði viðkomandi rannsóknar á hvern íbúa (ekki sjúkling) Íslands.

Tafla 7 Hópgeislaálag rannsókna – raðað eftir hópgeislaálagi

Kóði	Heiti rannsóknar	Enskt heiti efnasambands (skv. ICRP)	Fjöldi	Hópálag (mannSv)	Geislabyrði á íbúa (mSv)
73400	Ísótóparannsókn beinayfirlit	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	1144	5,0	0,016
75400	Ísótóparannsókn heila með Ceretec	^{99m} Tc-HM-PAO	431	3,3	0,010
77800	Beinaskönnun, þrífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	695	2,7	0,008
75600	Kalkkirtlaskönnun (parathyreoidea)	^{99m} Tc-MIBI + ^{99m} TcO ₄	54	0,81	0,003
72900	Basal ganglia (BETA - CIT - 123 - I)	¹²³ I-brain receptor substances (generic model)	72	0,60	0,002
76700	Æxlisskann með gallium eða joð 131	⁶⁷ Ga-citrate	26	0,57	0,002
77700	Beinaskönnun, tvífasa	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	74	0,34	0,0011
77300	Gallrennsli (HIDA-skönnun)	^{99m} Tc-IDA derivatives	87	0,30	0,0009
74200	Hjartavöðvablóðfæði m. álagi (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	40	0,29	0,0009
74100	Hjartavöðvablóðfæði í hvíld (Cardiolite, Myoview)	^{99m} Tc-MIBI	37	0,28	0,0009
73500	Lungnaskönnun, blóðflæði (perfusion)	^{99m} Tc-MAA	89	0,28	0,0009
74800	MIBG (pheochromocytoma o.fl.) 131-I	¹³¹ I-MIBG	17	0,18	0,0006
72000	Nýru, Renografía-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-MAG3	117	0,16	0,0005
74400	Ísótóparannsókn liðir	^{99m} TcO ₄	19	0,15	0,0005
75500	Ísótóparannsókn skjaldkirtill	^{99m} TcO ₄	110	0,105	0,0003
78000	Æxliskönnun (Octreotide, 111-In)	¹¹¹ In-octreotide	8	0,096	0,0003
77400	Gallrennsli (HIDA-skönnun) m CCK eða fitumáltíð	^{99m} Tc-IDA derivatives	21	0,071	0,0002
73700	Hjartavirkni (MUGA)	^{99m} Tc-RBC	10	0,065	0,0002
79200	Meckelscann	^{99m} TcO ₄	11	0,062	0,0002
74000	Ísótóparannsókn munnvatnskirtlar	^{99m} TcO ₄	23	0,061	0,0002
73403	Ísótóparannsókn beinayfirlit-SPECT	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	9	0,042	0,0001
79000	Meltingarfærablæðingarskann með rauðum blóðkornum	^{99m} Tc-RBC	6	0,039	0,0001
73600	Lungnaskönnun, loftfylling (ventilation)	^{99m} Tc-Technegas	69	0,038	0,0001
79600	Sýkingarskann með merktum hvítum blóðkornum	^{99m} Tc-WBC	13	0,035	0,0001
75000	Nýrnabarkarskann (DMSA)	^{99m} Tc-DMSA	40	0,033	0,0001
76800	Nýrnaskann, t.d. m. lasix	^{99m} Tc-DTPA	31	0,028	0,0001
76500	Lymfueitlar	^{99m} Tc-colloids (small)	150	0,017	0,0001
77600	Beinaskönnun, þrífasa + tvífasa (liðir)	^{99m} Tc-phosphates and phosphonates	1	0,005	0,00001
72100	Nýru, Króm-EDTA-clearance (51-Cr)	⁵¹ Cr-EDTA	36	0,001	0,000005
72000	Nýru, Renografía-MAG3 eða DTPA	^{99m} Tc-DTPA	1	0,001	0,000003
78800	Magatæming - vöki	^{99m} Tc-colloids (small)	1	0,001	0,000002
78700	Bakflæði magi-vélinda (mjólkurskann, salivagram)	^{99m} Tc-colloids (small)	1	0,001	0,000002
78900	Magatæming - föst fæða	^{99m} Tc-colloids (small)	4	0,0002	0,000001
			3447	15,6	0,049

Í töflum 6 og 7 að framan eru rannsóknir sundurgreindar með sama hætti og í frumgögnum. Mismunandi tegundir beinaskanna (73400, 77800, 77700, 73403 og 77600) má taka saman, enda metin geislabyrði svipuð (3,8 – 4,7 mSv). **Heildartíðni beinaskanna er þá 6,0 á þúsund íbúa** og vegið meðaltal (með fjölda rannsókna sem vægistölu) **geislabyrði er 4,2 mSv**. Það má einnig taka saman hjartaskönn (74100 og 74200), því flestir sem fara í aðra rannsóknina fara einnig í hina.

Meðalgeislabyrði (þ.e. meðaltal eftirfylgjandi geislaálags) íbúa á Íslandi vegna kjarnlæknisfræðilegra rannsókna til sjúkdómsgreininga sem gerðar voru á landinu árið 2008 er því um **0,049 mSv**. Í úttekt¹ sem gerð var á geislaálagi vegna röntgenrannsókna á Íslandi árið 2008 var áætlað árlegt meðalgeislaálag á íbúa um 1,4 mSv, geislaálag vegna sneiðmyndarannsókna (CT) um 1,1 mSv. Til samanburðar má einnig nefna að meðaltal árlegrar náttúrulegrar geislunar hérlendis er um 1 mSv.

¹ Rit Geislavarna ríkisins: GR-11:02 *Geislaálag vegna röntgenrannsókna við læknisfræðilega myndgreiningu á Íslandi 2008*.

Meðalgeislabyrði íbúa á Íslandi vegna kjarnlæknisfræðilegra sjúkdómsgreininga er því lítil í samanburði við aðra læknisfræðilega greiningu og í samanburði við náttúrulega geislun.

3.4 Samanburður við niðurstöður í öðrum löndum

Tiltölulega fáar skýrslur hafa verið birtar um geislaálag sjúklinga vegna notkunar geislavirkra efna til greininga. Það er trúlega vegna þess að vitað er að þessi gildi eru almennt lág og því ekki verið lögð áhersla á að gera ítarlegt mat á hver þau eru. Til samanburðar þurfti því að láta nægja annars vegar skýrslur frá Bretlandi og hins vegar skýrslu vísindanefndar á vegum Sameinuðu þjóðanna (UNSCEAR). Von er á evrópski skýrslu um þetta efni á árinu 2013.

3.4.1 Bretland

Bretar hafa verið framarlega á þessu sviði, nýjasta skýrsla² *Radiation Protection Division of the Health Protection Agency (RPD)*³ er þó frá 2005 og tekur til árána 2003-2004. Í formála skýrslunnar kemur fram að þetta sé fyrsta heildarúttekt stofnunarinnar sem birt hafi verið í tvo áratugi, en árið 1985 var birt grein⁴ með slíkri úttekt í bresku vísindarit og byggði hún á gögnum frá 1982. Árið 1989-90 var gerð könnun á vegum annarra og niðurstöður þeirrar könnunar voru birtar⁵ 1993. Í hinni nýju skýrslu RPD eru inngjafir vegna lækninga taldar með, þær eru um 2% af heildarfjölda. Fjöldi rannsókna á hverja þúsund íbúa reyndist vera um 11 og var það töluverð hækkun frá því sem áður hafði sést, 6,8 árið 1982 og 7,6 árið 1989. Hlutfallslegur fjöldi rannsókna í Bretlandi árin 2003-2004 var því nær sá sami og á Íslandi 4-5 árum síðar. Algengustu rannsóknir í Bretlandi voru beinaskönn (29% rannsókna) og lungnaskönnun blóðflæði (*perfusion*) (14% rannsókna). Á Íslandi voru beinaskönn ríkjandi tegund rannsókna (56%⁶), lungnaskönnin⁷ voru hins vegar hlutfallslega mun færri en í Bretlandi, aðeins um 3%. Í síðari skýrslu RPD (frá 2005) er einnig að finna samantekt yfir ráðlagt inngengið magn og hversu mikið var gefið í reynd að meðaltali (sjá töflu 6 í skýrslunni). Samanburður við fyrri rannsóknir sýnir að litlar breytingar hafa orðið á meðalmagni í helstu rannsóknum (sjá töflu 7). Upplýsingar um geislaálag og hópgeislaálag af völdum rannsókna er að finna í kafla 3.3. Þar er einnig skýrt hvernig geislaálag vegna inngjafa af völdum lækninga var reiknað. Stærðin *geislaálag* er mat á líkum á *slembisköðum* (þ.e. tilviljunarkenndum sköðum) á heilsu (aðallega krabbameini) og eru líkur lagðar saman fyrir mismunandi líffæri líkamans. Þegar geislavirkt efni er gefið sjúklingi í lækningaskyni, þá er gefið það mikið magn að sýktur vefur deyr (slík áhrif kallast *vísir skaðar*). Það er merkingarlaust að reikna líkur á því að krabbamein birtist síðar í vef sem búið er að deyða. Það er einkum joð-131 sem er notað með þessum hætti til að lækna krabbamein í skjaldkirtli. Í skýrslunni er sagt að við mat á geislaálagi vegna þessara lækninga hafi hlutgeislaálag skjaldkirtils **ekki** verið tekið með, einungis áhætta *annarra* líffæra af völdum þessarar inngjafar.

Séu niðurstöður í bresku skýrslunni bornar saman við niðurstöður í þessari skýrslu (t.d. töflu 6) sést að geislabyrði vegna beinaskanna er svipað (4,2 mSv hér og 3 mSv í bresku skýrslunni). Þessi gerð rannsókna var ríkjandi þáttur hópgeislaálags í báðum löndum. Sú rannsókn á Íslandi sem gefur mesta geislabyrði (í einstökum rannsóknum) er 76700 – æxlisskann, 21,8 mSv. Meðalgeislabyrði í Bretlandi er einungis helmingur af þessu gildi, 13,8 mSv. Ekki verður farið lengra í samanburði á milli landa hér, enda þurfa rannsóknir ekki að vera sambærilegar. Það er þó brýnt að þeir sem stýra rannsóknum hérlandis, þar sem geislavirkt efni eru notuð, kynni sér þessar niðurstöður og hugi að hvort tilefni sé til endurskoðunar einhverra viðmiða við inngjöf hérlandis.

² HPA-RPD-003 D Hart and B F Wall: *A Survey of Nuclear Medicine in the UK in 2003/04* <http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/HPARPDSeriesReports/HpaRpd003/> (HPA verður hluti af *Public Health England* frá og með 1 apríl 2013, slóð gæti breyst í kjölfarið).

³ RPD tók við af Geislavarnastofnun Bretlands, *National Radiological Protection Board, NRPB*

⁴ Wall BF, Hillier MC, Kendall GM and Shields RA (1985). Nuclear medicine activity in the United Kingdom. *Br J Radiol*, 58, 125-130.

⁵ Elliott AT and Shields RA (1993). UK nuclear medicine survey 1989/90. *Nucl Med Commun* 14, 360-364.

⁶ Hér er miðað við að til beinaskanna teljist rannsóknir 77600, 73403, 77700, 73400 og 77800.

⁷ Rannsókn 73500.

3.4.2 Samantekt Vísindanefndar Sameinuðu þjóðanna (UNSCEAR)

Vísindanefnd Sameinuðu þjóðanna um áhrif jónandi geislunar (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, UNSCEAR) gefur reglulega út samantektir um notkun jónandi geislunar og líffræðileg áhrif hennar. Í skýrslu nefndarinnar frá 2008, *Sources and Effects of Ionizing Radiation*⁸ er í viðauka C við Annex A⁹ fjallað um þróun geislabyrði í kjarnlækningum (*Levels and Trends of Exposure in Nuclear Medicine*). Í töflu C25 (bls. 168) eru teknar saman upplýsingar um fjölda rannsókna á hverja 1000 íbúa, geislabyrði í hverri rannsókn og samsvarandi hópgeislabyrði. Ríkjum er skipt í flokka eftir umfangi heilbrigðiskerfis og er Ísland í hópi „Level I“ ríkja. Heildarfjöldi rannsókna á hverja 1000 íbúa er 19, þar af eru beinaskönn algengust, 6,2. Heildartíðni rannsókna er ögn lægri hérlendis (10,8) en tíðni beinaskanna svipuð (6,0). Meðalgeislabyrði vegna beinaskanna er einnig svipuð, 4,7 mSv í skýrslu UNSCEAR en 4,2 mSv hérlendis. Í skýrslu UNSCEAR eru það hjartarannsóknir (*cardiovascular examination*) með ²⁰¹Tl sem gefa mesta geislabyrði (40,7 mSv), slíkar rannsóknir eru ekki framkvæmdar hérlendis enda hefur efnið skamman helmingunartíma (73 klukkustundir).

4 Lokaorð og þakkir

Samantektin sýnir að lítið geislaálag fylgir flestum kjarnlæknisfræðilegum rannsóknum og þeim fylgir lítil aukning á meðalgeislaálagi þjóðarinnar, miðað við það sem fyrir er af völdum náttúrunnar og annarrar læknisfræðilegrar notkunar. Umfang notkunar og geislabyrði rannsókna virðist svipað og tíðkast hjá sambærilegum heilbrigðiskerfum erlendis. Hins vegar er ætíð þarft að skoða hvar má bæta og draga frekar úr geislaálagi. LSH-H hefur sýnt gott fordæmi við að nota lítið magn geislavirks efnis í rannsóknum af gerð 75500, „ísótóparannsókn skjaldkirtill“. Hins vegar er þörf að skoða nánar hvort unnt sé að lækka efnismagn í rannsóknum 75400 og 75600. Sérstaklega ber að huga að þeim rannsóknum þar sem ungmennum eru gefin geislavirk efni, þótt samantektin sýni að geislaálagið sé lítið.

Geislavarnir vilja þakka rannsóknastofunum sem lögðu til gögnin í þessa úttekt og sérstaklega þeim Eysteini Péturssyni (LSH-H), Jónínu Guðjónsdóttur (LM) og Höllu Halldórsdóttur (LSH-F og nú LSH-H) fyrir að hafa komið með gagnlegar samantektir og athugasemdir á ýmsum stigum vinnslunnar.

⁸ http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html

⁹ http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_A.pdf, sjá blaðsíður 139-145

Viðauki: Skilgreining mælistærða

Virgni, geislavirgni (*activity*)

Virgni kjarntegundar er:

$$\text{Meðalfjöldi kjarnbreytinga á tímaeiningu, } A = \frac{dN}{dt}$$

SI-eining: bekerel (becquerel), Bq

Eldri eining: kúrí (curie), Ci, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Geislaálag (*effective dose*)

Geislaálag gefur beint mat á áhættu einstaklings vegna jónandi geislunar í lágum skömmtum. Geislaálag er reiknað sem:

Vegið meðaltal hlutgeislaálags líffæra líkamans, þar sem hvert líffæri hefur vægisstuðul í samræmi við hlut þess í heildaráhættu líkamans, $E = \sum_T w_T \cdot H_T$

Eldra heiti á ensku og tákn: Effective dose equivalent, H_E .

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir hlutgeislaálag)

Eldri eining: rem $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

Geislabyrði (*committed effective dose*)

Geislavirkt efni sem berst inn í líkama getur valdið geislaálagi löngu eftir inntökuna. Geislabyrði er:

Heildargeislaálag af völdum allrar geislunar á gefnu tímabili τ frá geislavirku efni sem berst inn í líkamann.

$$E(\tau) = \int_0^{\tau} \dot{E}(t) dt$$

Almennt er miðað við 50 ára tímabil fyrir starfsfólk sem vinnur við geislavirk efni. Geislabyrði er þá táknuð $E(50)$. Fyrir aðra er almennt miðað við geislaálag til 70 ára aldurs. Geislabyrði af völdum geislavirks efnis er háð því með hvaða hætti það berst inn í líkamann (um öndunar- eða meltingarveg). Það getur einnig verið háð efnafræðilegum eiginleikum þess efnasambands sem geislavirka efnið er bundið í. Sé viðmiðunartímabil ekki tilgreint, þá hefur venjulega verið miðað við 50 ár.

Geislabyrði hefur einnig verið nefnd: Eftirfylgjandi geislaálag

Eldra heiti á ensku og tákn: Committed effective dose equivalent, $H_{E,50}$

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir geislaálag)

Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (*dose coefficient* eða *committed effective dose per unit intake*)

Eðlisbyrði af völdum kjarntegundar í tilteknu efnasambandi er:

Geislabyrði af völdum einingarskammts af kjarntegund, sem berst með tilteknum hætti inn í líkamann

$$e(\tau) = \frac{E(\tau)}{A} \quad \begin{array}{l} \text{(Hér tákna } A \text{ virgni kjarntegundarinnar)} \\ \text{SI-eining: sívert/bekerel, Sv/Bq} \end{array}$$

Hópálag, hópgeislaálag (*collective effective dose*)

Hópálag er mat á heildaráhættu hóps af völdum geislunar. Hópálag er:

$$\text{Meðalgeislaálag einstaklinga í hópi margfaldað með fjölda þeirra } S = \bar{E} \cdot N$$

Með svipuðum hætti má skilgreina hópbyrði (meðalgeislabyrði í hópi margfaldað með fjölda í honum).

Venjulega þarf einnig að tiltaka viðmiðunarhóp og sé um hópbyrði að ræða, þá þarf að tiltaka tímabilið.

Einstaklingarnir í hópnum þurfa ekki að vera uppi á sama tíma. Við mat á umhverfisáhrifum geislaálagunar er oft miðað við hópbyrði í tíu þúsund ár. Oft er ekki gerður greinarmunur á hvort um hópálag eða hópbyrði er að ræða, sérstaklega ef reiknað er með báðum þáttum.

Eining: mannsívert (manSv)

Eldra heiti á ensku: Collective effective dose equivalent, S_E

Algengur misskilningur er að skilgreina megi hópálag sem summu geislaálags einstaklinganna í hópnum.

Geislaálag er eðlislæg (á ensku *intrinsic*) stærð eins og hiti, þrýstingur og eðlismassi. Merkingarlaust er að

reikna samtölu eðlislægra stærða fyrir hóp (t.d. að finna heildarhita ákveðins hóps einstaklinga). Meðalgildi eðlislægra stærða eru hins vegar vel skilgreind (samanber meðalhiti).