

Geislavarnir ríkisins

Icelandic Radiation Protection Institute

Geislaálag vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja við sjúkdómsgreiningu

Guðlaugur Einarsson, röntgentæknir
Tord Walderhaug, eðlisfræðingur

Reykjavík, júlí 1998

Efnisyfirlit

1. Inngangur	2
1.1 <i>Fjórði áfangi rannsóknaráætlunar Geislavarna ríkisins</i>	2
1.2 <i>Markmið og tilgangur</i>	2
2. Framkvæmd	3
2.1 <i>Tölvusneiðmyndataeki og notkun þeirra á Íslandi</i>	3
2.2 <i>Gagnasöfnun</i>	6
2.3 <i>Framkvæmd geislaálag</i>	7
3. Niðurstöður	10
3.1 <i>Fjöldi TS-rannsókna á Íslandi</i>	10
3.2 <i>Framkvæmd TS-rannsókna</i>	12
3.3 <i>Geislaálag TS-rannsókna</i>	14
4. Umræða	18
4.1 <i>Geislaálag TS-rannsókna</i>	18
4.2 <i>Leiðir til lækkunar á geislaálagi</i>	20
5. Lokaorð	22
Tilvísanir og heimildir	23
Viðauki 1	24
Viðauki 2	35
Ritaskrá Geislavarna ríkisins	41

1. Inngangur

1.1 Fjórði áfangi rannsóknaráætlunar Geislavarna ríkisins

Með þessari skýrslu er að ljúka fjórða áfanga í rannsókn Geislavarna ríkisins, sem hefur það markmið að kortleggja geislaálag íslensku þjóðarinnar vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu. Fyrri áföngum var lokið með birtingu skýrslna, árið 1994 um geislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við almennar tannlækningar⁽¹⁾, árið 1996 um geislaálag vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja⁽²⁾ og sama ár skýrsla um geislaálag vegna notkunar almennra röntgentækja við sjúkdómsgreiningu⁽³⁾. Í ár hefur rannsókn farið fram á notkun og umfangi rannsókna sem gerðar eru með tölvusneiðmyndataekjum, svokallaðar TS-rannsóknir. Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir framkvæmd þessa áfanga, þeim mælingum sem gerðar voru og niðurstöðum.

1.2 Markmið og tilgangur

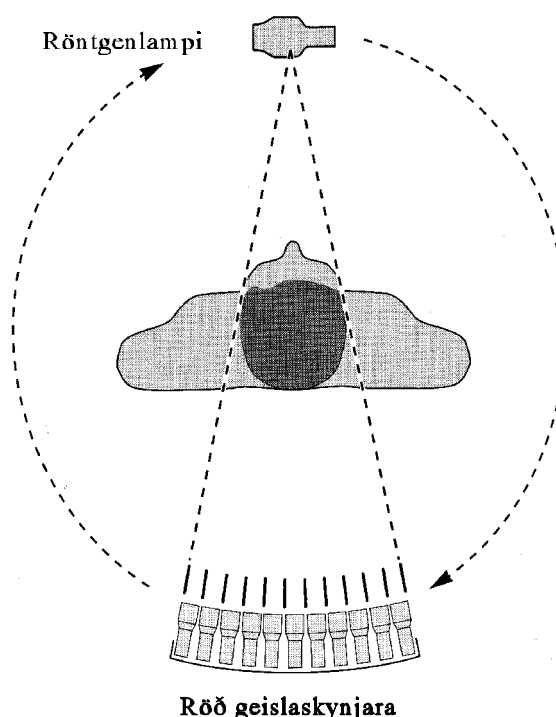
Þessi rannsókn er í grundvallaratriðum tvíþætt. Annars vegar að kortleggja notkun TS-tækja í samvinnu við notendur. Fá upplýsingar um fjölda rannsókna, tegundir rannsókna og framkvæmd þeirra, en framgangsmátinn er mikilvægur þegar geislaálag einstakra rannsókna er metið. Hins vegar að safna tæknilegum upplýsingum um einstök tölvusneiðmyndataeki og framkvæma geislaálag á staðlaðan hátt þannig að þær ásamt upplýsingum um framkvæmd rannsókna og fjölda þeirra gefi mynd af geislaálagi einstakra rannsókna fyrir einstök tæki og geislaálag þjóðarinnar vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja við sjúkdómsgreiningu á Íslandi.

2. Framkvæmd

2.1 Tölvusneiðmyndataeki og notkun þeirra á Íslandi

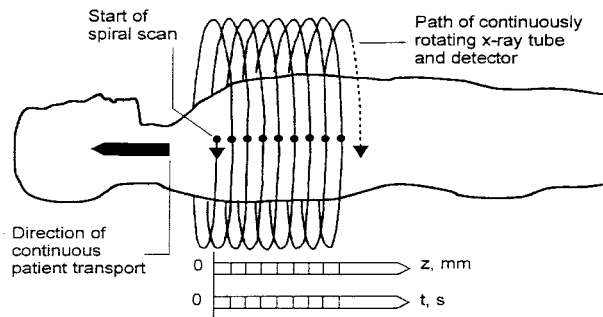
Upphaf þeirrar myndgerðartækni sem hér um ræðir er rakin til G. Hounsfield sem þróaði og byggði fyrsta TS-tækið árið 1973 fyrir EMI fyrirtækið. Í byrjun hét þessi tækni CAT á frummálinu (Computer Assisted Tomography), en með tímanum hefur “A”ið dottið út og skammstöfunin CT (Computed Tomography) notuð og sem þýtt hefur verið sem tölvusneiðmyndir á íslensku (TS).

Tölvusneiðmyndarannsóknir er myndgerðartækni sem er notuð til þess að búa til þversniðsröntgenmyndir af sjúklingum með röntgengeislun (sjá mynd 1). Sjúklingur er staðsettur í tæki á milli röntgenlampa og raðar af geislaskynjurum. Röntgenlampinn og skynjararnir snúast í hring (360° eða minna) fyrst réttsælis og síðan til baka umhverfis sjúklinginn. Um leið og röntgenlampinn fer af stað er mismunandi mjór keilulaga geisli sendur í gegnum sjúklinginn að geislaskynjurunum. Út frá þeim upplýsingum sem geislaskynjararnir gefa er með aðstoð tölvu hægt að byggja upp þversniðsmynd af því svæði í sjúklingnum sem röntgengeislinn fór í gegnum. Sneiðmyndin er samsett af myndeiningum (pixels) þar sem hver eining hefur mismunandi TS-númer sem er í réttu hlutfalli við deyfingu geislans í viðkomandi rúmeiningu í fyrirmyndinni. Ólík TS-númer er síðan hægt að sjá sem mismunandi grátóna á sjónvarpsskjá tækisins. Helstu þáttum TS-rannsókna má skipta í þrennt, þ.e. gagnasöfnun (data acquisition), myndvinnsla (image reconstruction) og myndýning (image display).



Mynd 1. Afstaða röntgenlampa og geislaskynjara í tölvusneiðmyndataeki.

Í svokölluðum spíral- eða “Helical” tölvusneiðmyndataekjum snýst röntgenlampinn stöðugt umhverfis sjúklinginn og um leið er sjúklingnum hliðrað hornrétt á snúningsstefnuna, með jöfnum hraða inn í tækið (sjá Mynd 2. Spíral-tölvusneiðmyndun. mynd 2).



Mynd 2. Spíral-tölvusneiðmyndun.

Geislaskammtur* er ekki jafndreifður í rúmmáli hvernar sneiðar í TS-rannsókn. Hann er hæstur við yfirborð og fer minnkandi inn að miðju þar sem hann er lægstur. Allt að tvöfaldur munur getur verið á geislaskammti á milli yfirborðs og miðju. Það eru margir þættir sem hafa áhrif á geislaskammtinn, svo sem notuð háspenna (kV), straumur í röntgenlampanum (mA) og geislunartíminn (sek). Einnig er hann háður þáttum sem snúa að tækinu og byggingu þess, svo sem þeirri geislasíun sem notuð er og rúmfræðilegum þáttum eins og fjarlægð á milli fókus og geislanema, fjarlægð á milli fókus og miðju hringferilsins. Geislaálag sjúklings er á sama hátt háð ofangreindum þáttum, ásamt þáttum sem snúa að framkvæmd rannsóknarinnar, þ.e. sneiðþykkt, fjölda sneiða, bili milli sneiða og því líkamssvæði sem verið er að geisla. Geislaálag fyrir sömu rannsókn getur því verið misjafnt á milli tækja og á milli staða eftir því hvernig framkvæmdin er^(4,5).

Við TS-rannsóknir eru teknar yfirlitsmyndir, svonefnd “scanograms”, sem notaðar eru til þess að skipuleggja rannsóknina, þ.e. fjölda sneiða, byrjunarstað og hvar er endað. Geislaálag vegna þessara yfirlitsmynda er það lítið að það er ekki tekið með í þessari rannsókn.

Á þeim 25 árum sem liðin eru frá því byrjað var að nota tölvusneiðmyndataeknina við greiningu sjúkdóma og við meðferð, hefur tækniþróunin leitt af sér hraðari rannsóknartækni, með betri myndgæðum og meira greiningargildi, sem valdið hefur því að rannsóknartíðnin er stöðugt vaxandi. Notkun tölvusneiðmyndataekja hefur mikil áhrif á greiningu og meðferð sjúkdóma, en um leið fer geislaálag af þeirra völdum stöðugt vaxandi, ef til vill án þess að notendur séu þess

* Sjá viðauka 2, Grunnstærðir og einingar geislavarna

áskynja. Tilkoma spíraltækja síðustu ár hefur einnig aukið notkunina mjög mikið, þar sem möguleikarnir til greiningar og meðferðar með slíkum tækjum, svo og hraði rannsókna er mun meiri. Á móti kemur að ný tæki eru með betri og næmari geislaskynjara sem þurfa lægri geislun, sem leiðir til minna geislaálags sjúklunga. Fastlega má gera ráð fyrir verulegri aukningu í rannsóknartíðni þegar eldri TS-tæki eru endurnýjuð með spíraltækjum.

Fyrsta TS-tækið á Íslandi var sett upp á röntgendeild Borgarspítalans haustið 1981 og var það keypt notað frá Noregi (EMI 5005, árgerð 1978). Ári síðar var sett upp nýtt tæki á röntgendeild Landspítalans (General Electric, ST 8800 Scanner). Tækið á Borgarspítalanum var síðan endurnýjað árið 1988 (Toshiba TCT-600S). Árið 1990 bættist svo TS-tæki á röntgendeild FSA í hópinn (Hitachi W400) og ári síðar tæki á Landakotsspítala (Toshiba TCT-500S). Árið 1992 var nýtt tæki sett upp á Landspítalanum (GE Sytec 3000), en eldra tækið var þó áfram í notkun til 1996, en fyrst og fremst við undirbúning geislameðferðar. Árið 1993 tók Læknisfræðileg Myndgreining til starfa í Domus Medica með spíral-tæki (Toshiba Xpress). Þegar þessi skýrsla er skrifuð hefur notkun Toshiba TCT-600S tækisins á Borgarspítalanum verið hætt og nýtt spíraltæki verið tekið í notkun þar (Toshiba Xpress).

2.2 Gagnasöfnun

Fyrsti hluti verkefnisins var að safna upplýsingum um heildarfjölda TS-rannsóknna sem framkvæmdar voru á árinu 1996, ásamt upplýsingum um fjölda einstakra rannsókna. Hver staður var beðinn um lista yfir fjölda rannsókna miðað við rannsóknarnúmer 800 - 870, samkvæmt því kerfi sem spítalarnir nota við skráningu rannsókna. Einnig voru þeir beðnir um að greina þennan fjölda samkvæmt aldri og kyni sjúklinganna.

Í framhaldi var síðan gerð athugun á hverjum stað, hvernig einstakar rannsóknir eru framkvæmdar með aðstoð þeirra röntgentækna og röntgenlækna sem stjórna starfi á viðkomandi TS-tækjum. Leitað var eftir sem nákvæmustum upplýsingum um þá tækni sem beitt er við algengustu rannsóknirnar (8-10 á hverjum stað) miðað við eftirfarandi þætti:

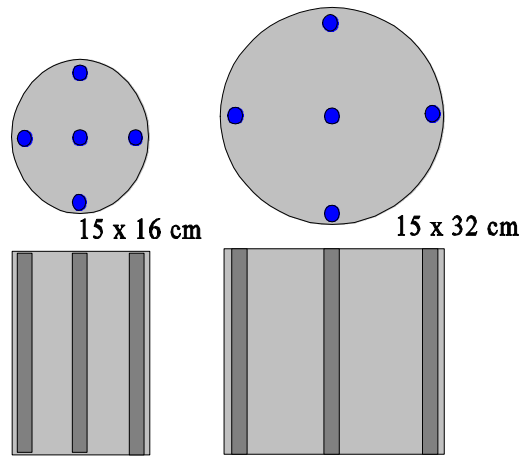
1. Háspenna - kV
2. Straumur í röntgenlampa - mA
3. Sneiðtími - sek
4. Sneiðþykkt - mm
5. Færsla á milli sneiða (lengd færslu f. spiraltæki)
6. Fjöldi sneiða að meðaltali (fyrir önnur tæki en spiral) - meðalfjöldi
7. Fjöldi áfanga og mun á milli þeirra
8. Notkun skuggaefnis

Hvað varðar tæknilegan útbúnað hvers tækis, voru kannaðir þættir eins hvort valin stærð á skoðunarsvæði (FOV=field of view) hefði áhrif á fókus-skynjara fjarlægð, þar sem breyting á þeirri fjarlægð hefur áhrif á geislaskammt. Einnig var kannað hvort sneiðhringur væri minni en 360° í einhverjum tilfellum, sem reyndist vera í nokkrum tækjum við stutta sneiðtíma.

2.3 Framkvæmd geislaælinga

Geislaælingar voru framkvæmdar með sívölu jónunarhyli (type 20X5-3CT) tengt við mælitæki af gerðinni Model 2026 Radiation Monitor frá fyrirtækinu Radcal Corporation (California, USA). Einnig voru notuð sívalingslaga plexiglerlíkón (PMMA), í samræmi við leiðbeiningar IEC⁽⁶⁾, sem eru 15 cm að lengd. Annað er 16 cm í þvermál (líkir eftir höfði) og hitt er 32 cm í þvermál (líkir eftir bók). Í þessi plexiglerlíkón hafa verið boraðar holur fyrir jónunarhylið og er staðsetning þeirra þannig að eitt er í miðju og fjögur í 1 cm dýpt undir yfirborði (sjá mynd 3). Kvörðun á mælibúnaðinum er samkvæmt “certificate of conformance” no: 9124 frá Radcal Corp..

Með þessum búnaði voru framkvæmdar geislaælingar á öllum TS-tækjum við flestar þær tæknilegu aðstæður sem fyrir koma við daglega notkun þeirra. Mæld var svokölluð “lengdargeislun” sem hefur eininguna mGy*mm og er sú jónun sem verður í 100 mm löngu jónunarhyli við geislun. Þessi stærð er síðan notuð við að reikna út meðalgeislaskammt fyrir hverja sneið sem tekin er með TS-tækinu. Til viðbótar voru teknar mælingar þar sem jónunarhylið er staðsett í miðju geislasviðinu án plexiglerlíkans.



Mynd 3. Plexiglerlíkón

Í gegnum árin hefur CTDI (Computer Tomography Dose Index) eða TS-geislustuðull, verið notaður til þess að skilgreina geislaskammt við TS-rannsóknir:

$$CTDI = \frac{1}{d} \int_{\Delta d}^{\Delta d} D(x) dx \quad (1)$$

Þar sem **d** stendur fyrir sneiðþykkt og **D** fyrir geislaskammt. Með CTDI er hægt að reikna geislaskammt fyrir margar sneiðar út frá mælingu á lengdargeislun fyrir eina sneið. Þau jónunarhyli sem notuð eru í þessar mælingar eru löng (10 eða 14 sm.) og því er tryggt að sú

dreifing sem verður í geislanum þegar hann fer í gegnum líkanið lendir öll á hylkinu. Sú hleðsla sem mælist þá í jónunarhylkinu er þá í réttu hlutfalli við $D(x)$ í jöfnu 1. Með því að nota jöfnu 1 er lengdargeislun breytt í CTDI, þ.e. CTDI er heildun fyrir þá geislun sem mælist með jónunarhylkinu deilt með sneiðþykktinni sem notuð er.

Við mat á geislaálagi við framkvæmd tölvusneiðmyndarannsókna í þessu verkefni var notuð aðferð sem þróuð hefur verið af starfsmönnum sænsku geislavarnastofnunarinnar SSI (Statens Strålskyddsinstitut)⁽⁴⁾. Aðferðin felst í því að mæla svokallaðan handhægan TS-geislustuðul (PCTDI = Pactical Computed Tomography Dose Index) :

$$PCTDI = \frac{1}{d} \int_{K_{\eta}}^{K_{\eta}} D(x) dx \quad (2)$$

PCTDI er heildi yfir þá geislun sem mælist með 100 mm jónunarhylki deilt með sneiðþykktinni sem notuð er. Munurinn á jöfnu 1 og 2 er sá að CTDI er skilgreint fyrir lengdargeislun einnar sneiðar frá mínus $7 \cdot d$ til plús $7 \cdot d$, deilt með d (þar sem d er sneiðþykktin sem notuð er). PCTDI miðast við mínus 50 mm til plús 50 mm deilt með d , þ.e. miðast við notkun á 100 mm löngu jónunarhylki. Lítil munur er á milli þessara aðferða fyrir mælingar í lofti (“free in air”), en við mælingar í líkönum getur PCTDI orðið 4 sinnum hærra (fyrir þunnar sneiðar) og allt að 20% lægri (fyrir þykkar sneiðar) en CTDI⁽⁴⁾.

Út frá PCTDI er síðan hægt að reikna meðalgeislaskammt (D_{AVG}) í hverri sneið:

$$D_{\Pi\acute{\alpha}\Sigma} = \frac{1}{3} PCTDI_P \quad \frac{2}{3} PCTDI_{\chi} \quad (3)$$

Þar sem $PCTDI_C$ er handhægur TS-geislustuðull í miðju plexiglerlíkani og $PCTDI_P$ er handhægur TS-geislustuðull í jaðri líkansins. Geislaálag sjúklingsins fyrir hverja sneið ($E_{(A,d)}$), með ákveðna sneiðþykkt (d) og á ákveðnu svæði á líkamanum (A), er þá hægt að reikna á eftirfarandi hátt:

$$E_{\gamma\Pi\epsilon\delta\Delta} = D_{\Pi\acute{\alpha}\Sigma} \cdot d \cdot \Pi \cdot \left(\frac{1}{L_{\Pi}}\right) \quad (4)$$

Þar sem L_A er vigtunarstuðull geislaálagsins fyrir viðkomandi líkamssvæði, L_A er lengd

viðkomandi líkamssvæðis og d er sneiðþykktin sem notuð er. Vigtunarstuðlar (Λ) eru fengnir úr heimild (4), sem miðar við að stærð sjúklinga sé mjög lík stærð plexiglerlíkananna. Vigtunarstuðlarnir í töflu 1 eru því einföldun á vigtunarstuðlum sem gefnir eru í ICRP 60⁽⁷⁾.

Tafla 1. Vigtunarstuðull og stærð líkamssvæða við mat á geislaálagi TS-rannsókna⁽⁴⁾

Líkamssvæði, A	Λ	Lengd (mm)	Þvermál (mm)	Þyngd (kg)
Höfuð	0.04	170	160	3.4
Háls	0.05	85	160	1.7
Búkur	0.9	700	320	56

Meðalgeislaskammtur (D_{avg}) í hverri sneið er mismunandi eftir tækjum og liggur það í mismunandi byggingu þeirra, geislasíun og mismunandi fókus-skynjara fjarlægð. Einnig miðast hann við þá háspennu sem notuð er. Ofangreind aðferð gefur möguleika á því að reikna umbreytingarstuðul ($\Lambda_{(A,S)}$) fyrir hvert TS-tæki, sem notendur tækjanna geta beitt til þess að reikna út geislaálag rannsókna um leið og rannsóknaraðferðir eru skipulagðar, samkvæmt jöfnunni:

$$E = \Pi \Omega \cdot d \cdot N \cdot C \quad (5)$$

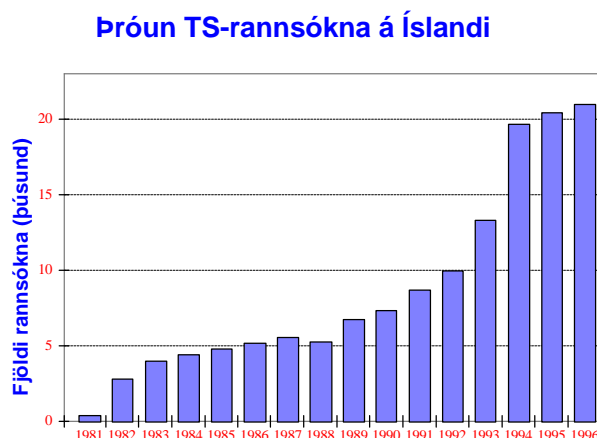
Þar sem d er sneiðþykkt, N er fjöldi sneiða og C er stilltir mAs fyrir hverja sneið. Umbreytistuðullinn ($\Lambda_{(A,S)}$) er tækjaháður og gefur í raun meðalgeislaálag fyrir eina sneið á líkamssvæðinu A , per stillt **mAs-gildi**, þar sem S stendur fyrir ákveðna stillingu tókugilda þ.e. kV, FOV og fjarlægð fókus frá geislanema.

3. Niðurstöður

3.1 Fjöldi TS-rannsókna á Íslandi

Til þess að hægt sé að meta hópgeislaálag vegna notkunar TS-tækja þurfa að liggja fyrir upplýsingar um fjölda rannsókna sem framkvæmdar eru. Með aðstoð yfirmanna röntgendeilda og tölvudeilda sjúkrahúsanna fengust mjög góðar upplýsingar um heildarfjölda rannsókna á hverjum stað allt frá því að notkun á slíkum tækjum hófst. Einnig fengust upplýsingar um fjölda einstakra rannsókna, svo og upplýsingar um aldurs- og kyndreifingu.

Samfara mjög örri þróun í tækjabúnaði hefur fjöldi TS-rannsókna vaxið ört og með tilkomu nýrra tækja vex fjöldi rannsókna mjög hratt (sjá mynd 4). Fjöldi rannsókna hefur tvöfaldast á tímabilinu 1986 til 1992 og aftur á tímabilinu 1992 til 1995.



Mynd 4. Fjöldi TS-rannsókna á Íslandi frá 1981

Fjöldi TS-rannsókna hefur einnig farið vaxandi sem hlutfall af heildarfjölda röntgenrannsókna sem framkvæmdar eru á landinu (sjá töflu 2).

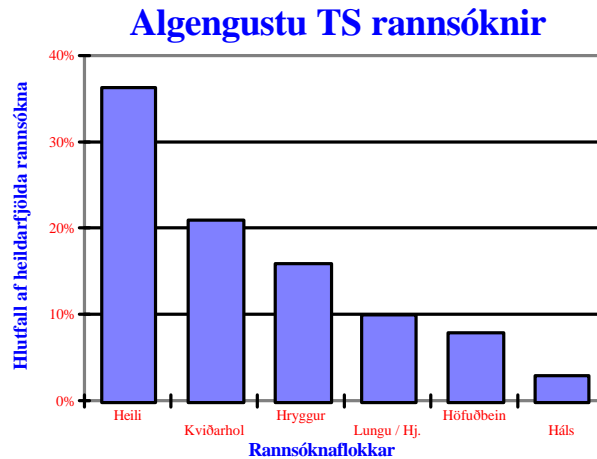
Tafla 2. Hlutfall TS-rannsókna af heildarfjölda röntgenrannsókna

Ár	Heildarfjöldi röntgenrannsókna	TS-rannsóknir	Hlutfall af heildarfjölda
1984 ⁽⁸⁾	135,400	4,384	3.2 %
1993 ⁽⁹⁾	151,051	13,312	8.8 %
1996*	~163,000	20,415	12.5 %

* Fjöldi rannsókna fyrir 1996 er áætlaður út frá þróun síðustu ára

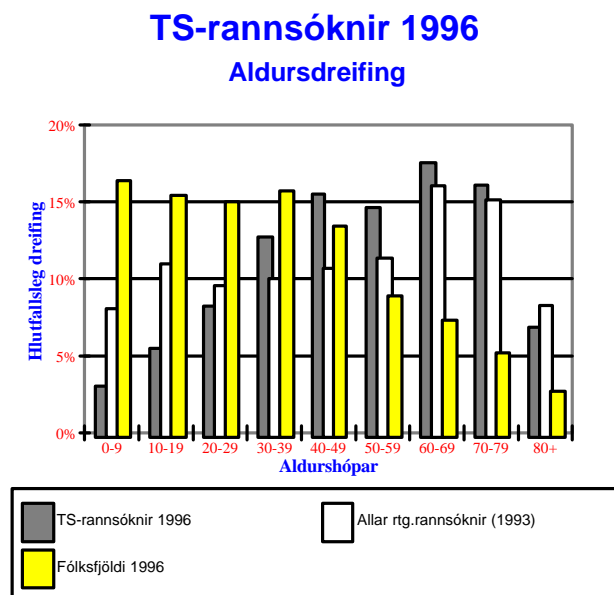
Í upphafi voru TS-tæki nær eingöngu notuð við rannsóknir á höfði og heila, en með betri tækjabúnaði hefur greiningargildi rannsókna farið vaxandi og gagnsemi slíkra rannsókna náð til fleiri og fleiri líffærakerfa. Sem fyrr eru rannsóknir af heila algengustu rannsóknirnar (sjá mynd

5). Rannsóknarflokkarnir ná í nokkrum tilfellum til margra rannsóknarnúmera og eru t.d. rannsóknir af abdomen, abdomen (efri hluti) og abdomen (neðri hluti) sett í sama flokk, þ.e. “Kviðarhol”. Einnig Lungu og Lungu/Mediastinum, sett í “Lungu/Hjarta”.



Mynd 5. Algengustu TS-rannsóknir 1996

Aldursdreifing TS-rannsókna er frábrugðin aldursdreifingu fyrir hefðbundnar röntgenrannsóknir (sjá mynd 6). Á myndinni sést dreifing hefðbundinna röntgenrannsókna (tölur frá 1993) og aldursamsetning þjóðarinnar (tölur frá 1996).



Mynd 6. Aldursdreifing TS-rannsókna

3.2 Framkvæmd TS-rannsóknna

Sá þáttur sem hefur mest áhrif á geislaálag TS-rannsóknna er hvernig þær eru framkvæmdar með tilliti til kV, mAs, fjölda sneiða, bils milli sneiða og FOV (í sumum tilfellum). Á hverju tæki eru settar upp vinnuleiðbeiningar um það hvernig framkvæma eigi einstakar rannsóknir og eru þær byggðar á leiðbeiningum framleiðanda annars vegar og reynslu og þekkingu notenda hins vegar. Þessar leiðbeiningar segja til um það m.a. hvaða sneiðþykktir, bil milli sneiða, FOV, mA og sneiðtíma eigi að nota fyrir hverja rannsókn. Valin gildi eiga að miðast við það að fá myndir með fullnægjandi myndgæðum og greiningargildi og með sem lægstum geislaskammti. Þetta eru þó eingöngu leiðbeiningar, því í raun þarf að sníða rannsókn að hverju sjúkdómstílfelli, með tilliti til þess hvers er leitað og einnig að hverjum sjúklingi (stærð, lögun og ástand). Það sem birtist í töflum staðanna í viðauka 1 er þó nálægt því að vera meðaltöl fyrir viðkomandi flokka. Þessir þættir í framgangsmáta rannsóknar eru síðan notaðir til þess að reikna geislaálag sjúklinga á hverjum stað svo og hópgeislaálag eins og fram kemur í næsta kafla.

Í þessari rannsókn kemur í ljós að töluverður munur getur verið á framkvæmd TS-rannsóknna á milli staða og liggur bæði í mismunandi mAs gildum, sneiðþykkt og fjölda af sneiðum. Í töflu 3 eru teknar saman tölur um framkvæmd nokkura rannsóknna, en í viðauka 1 er hægt að sjá nánar hvernig einstaka rannsóknir eru framkvæmdar á viðkomandi stöðum.

Tafla 3. Framkvæmd einstakra TS-rannsóknna

Heiti rannsóknar	Staður	Fjöldi áfang a	kV	mAs	FOV heiti eða sm	Sneiðþykkt (mm)	Færsla (mm)	Áætlaður fjöldi sneiða.	Samtals fjöldi sneiða
Höfuð/Heili	LSP	4	120	720/ 351 / 270/ 216	23	3/10/10/10	5/10/10/10	9/5/2/2	18
	BSP	2	120	600/360	S1	2/5	5/8	7/12	19
	DM	2	130/120	400/300	S1	3/10	5/10	6/8	14
	FSA	2	120	477/382	20 (25)	2/10	5/10	6/9	15
	LDK	2	120	320	24	2/5	5/8	20/12	32

Lungu	LSP	1	120	351	33	10	10	30	30
	BSP	1	120	300	M	10	10	25	25
	DM	2	120	225	M	10	9/10	30	30
	FSA	1	120	286	35	10	10	20	20
	LDK	1	120	750	30-39	10	10	30	30

Hryggur	LSP	1	120	720	15	5	5	15	15
	BSP	1	120	600	S2	5	4	27	27
	DM	1	120	400	M	3	3	21	21
	FSA	1	120	477	16 (20)	5	5	19	19
	LDK	1	120	440/800	24/30	5	4/3	10/25	10/25

Abdomen	LSP	1	120	351	35	10	10	40	40
	BSP	1	120	400	L/M	10	10	30	40
	DM	2	120	225	M	10	8/9	50	50
	FSA	1	120	350	35	10	10	35	40
	LDK	1	120	440	30/39	10	10	30	30

Abd. Efra	LSP	1	120	351	35	10	10	20	20
	BSP	2	120	400	L/M	5/5	5/8	18/24	42
	DM	1	120	300	M	5	4,5	20	20
	FSA	1	120	358	35	10	10	18	18
	LDK	3	120	320/440	30/39	5	8/5/8	25/15/25	65

Abdome Neðra	LSP	1	120	351	35	10	10	20	20
	BSP	1	120	400	L/M	10	10	23	23
	DM	1	120	225	M	10	7	15	15
	FSA	1	120	394	35	10	10	18	18
	LDK	1	120	320	35	10	20	25	25

3.3 Geislaálag TS-rannsóknna

Framkvæmdar voru mælingar með líkani og jónunarhyliki á öllum TS-tækjunum á tímabilinu apríl-júní 1997. PCTDI var mælt í miðju líkani og við yfirborð þess. Út frá þeim mælingum var reiknaður umreiknistuðull (meðalgeislaálag fyrir stillta mAs og hverja sneið á ákveðnu líkamssvæði) fyrir öll tækin og eru þeir birtir í töflum 4 til 8, hér að neðan. Misjafnt er eftir tækjum hvaða þættir krefjast sérstaks umreiknistuðuls, svo sem kV, FOV, sneiðtími og sneiðþykkt.

Tafla 4. Umreiknistuðull fyrir Toshiba Xpress - Domus Medica*

Líkamssvæði	Háspenna (kV)	Sneiðþykkt	$\alpha_{(A,S)}$
Höfuð	130	> 1mm	$4,2 \cdot 10^{-5}$
	120	> 1mm	$3,1 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$7,8 \cdot 10^{-5}$
Háls	120	> 1mm	$7,8 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$19,5 \cdot 10^{-5}$
Búkur	120	> 1 mm	$8,2 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$20,4 \cdot 10^{-5}$

* Sneiðhorn er = 229° , þegar sneiðtími er = 1 sek. og 360° þegar sneiðtími er > 1 sek

Dæmi um útreikning:

TS-rannsókn á búksvæði - Tökugildi: 10 mm sneiðþykkt
300 mAs
200 mm færsla (20 sneiðar, 10 mm á milli)

$$\text{Formúla: } E = \Pi_{\Omega} \cdot d \cdot N \cdot C$$

$$E = 8,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 20 \cdot 300 = 4,9 \text{ mSv}$$

Umbreytingarstuðull er sóttur í töfluna, röð fyrir búksvæði, þar sem sneiðþykkt er stærri en 1 mm. Sú tala er síðan margfölduð með sneiðþykktinni sem notuð er, með fjölda sneiða og að lokum með stilltum mAs. Í þessu dæmi er gert ráð fyrir því að teknar séu 20 sneiðar með 10 mm færslu á milli sneiða. Við spiral-rannsókn samsvarar það 200 mm færslu með 10 mm sneiðþykkt. Á þennan hátt er hægt að reikna geislaálag fyrir hverja rannsókn sem framkvæmd er með þessu tæki.

Tafla 5. Umreiknistuðull fyrir Toshiba TCT-600S - Borgarspítali*¹

<i>Líkamssvæði</i>	<i>Háspenna (kV)</i>	<i>FOV *²</i>	$\alpha_{(A,S)}$
Höfuð	120	S1 / S2	$4,5 \cdot 10^{-5}$
		M	$3,1 \cdot 10^{-5}$
		L1	$2,1 \cdot 10^{-5}$
Háls	120	S1 / S2	$11,1 \cdot 10^{-5}$
		M	$7,8 \cdot 10^{-5}$
		L1	$5,2 \cdot 10^{-5}$
Búkur	120	S1 / S2	$10,0 \cdot 10^{-5}$
		M	$7,3 \cdot 10^{-5}$
		L1	$5,1 \cdot 10^{-5}$

*¹ Sneiðtími er ávallt 3,0 sek., en þá er sneiðhorn = 360°

*² Fókus-geislanemafjarlægð breytist með FOV (Field of view)

Tafla 6. Umreiknistuðull fyrir Toshiba TCT-500S - Landakotsspítali *

<i>Líkamssvæði</i>	<i>Háspenna (kV)</i>	<i>Sneiðtími</i>	$\alpha_{(A,S)}$
Höfuð	120	2,4 sek.	$3,0 \cdot 10^{-5}$
		4,0 sek.	$3,0 \cdot 10^{-5}$
Háls	120	2,4 sek.	$7,4 \cdot 10^{-5}$
		4,0 sek.	$7,6 \cdot 10^{-5}$
Búkur	120	2,4 sek.	$6,9 \cdot 10^{-5}$
		4,0 sek.	$6,7 \cdot 10^{-5}$

* Sneiðhorn er = 228°, þegar sneiðtími er < 4 sek. og 360° þegar sneiðtími er 4 sek.

Tafla 7. Umreiknistuðull fyrir GE Sytec 3000 - Landspítali *

<i>Líkamssvæði</i>	<i>Háspenna (kV)</i>	<i>Sneiðþykkt</i>	$\alpha_{(A,S)}$
Höfuð	120	> 1mm	$5,3 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$6,6 \cdot 10^{-5}$
Háls	120	> 1mm	$13,0 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$16,3 \cdot 10^{-5}$
Búkur	120	> 1mm	$14,0 \cdot 10^{-5}$
		= 1mm	$17,5 \cdot 10^{-5}$

* Sneiðtími er ávallt 3,0 sek., en þá er sneiðhorn = 360°

Tafla 8. Umreiknistuðull fyrir Hitachi W400 - FSA *

<i>Líkamssvæði</i>	<i>Háspenna (kV)</i>	<i>Sneiðtími</i>	$\alpha_{(A,S)}$
Höfuð	120	> 2,8 sek.	$3,3 \cdot 10^{-5}$
Háls	120	> 2,8 sek.	$8,2 \cdot 10^{-5}$
Búkur	120	> 2,8 sek = 2,8 sek.	$7,7 \cdot 10^{-5}$ $8,0 \cdot 10^{-5}$

* Sneiðhorn er = 221°, þegar sneiðtími er = 2,8 sek. og 360° þegar sneiðtími er > 2,8 sek.

Ofangreindir stuðlar ásamt upplýsingum um framgangsmáta einstakra rannsókna voru síðan notaðir til þess að reikna geislaálag sjúklinga vegna þessara rannsókna á hverjum stað. Ítrekaður skal sá fyrirvari sem getið er um áður, um nákvæmni upplýsinga um framgang rannsókna og ber að skoða eftirfarandi tölur í því ljósi. Í töflu 9 sjást niðurstöður útreikninga á geislaálagi fyrir algengustu rannsóknirnar.

Tafla 9. Meðalgeislaálag (mSv) við einstakar TS-rannsóknir á Íslandi 1996

<i>Rannsóknarflokkur</i>	<i>LSP</i>	<i>BSP</i>	<i>FSA</i>	<i>DM</i>	<i>LDK</i>
Höfuð/Heili	2.5	1.31	1,3	0.4	1.1
Lungu/Hjarta	14.6	5.5	4,4	5.6	7.7
Kviðarhol (allt)	19.4	8.1	11,1	9.2	8.9
Kviðarhol (efri hluti)	9.7	4.3	5,0	2.5	9.0
Kviðarhol (neðri hluti)	9.7	4.6	6,0	2.8	5.4
Nýru	7.3	2.8	-	2.8	6.9
Lumbal hryggur	7.5	8.2	3,5	2.1	3.2
Andlitsbein/Sinusar	1.6	1.2	0,7	0.13	0.6
Háls (mjúkpantar)	4.6	7.7	4,4	3.6	3.6
Meðalgeislaálag á rannsókn (mSv)	9.6	3.3	3,0	3.0	5.6

Hópgeislaálag var síðan reiknað með því að margfalda meðalgeislaálag hverrar rannsóknar með fjölda framkvæmdra rannsókna á hverjum stað, síðan er reiknað vegið meðalgeislaálag fyrir hvern rannsóknarflokk og þannig áætlað hópgeislaálag vegna allra TS-rannsókna á Íslandi 1996,

sem reyndist vera **89 manSv** *. Fjöldi framkvæmdra rannsókna er misjafn á milli staða og þar af leiðandi er hlutdeild þeirra í hópgeislaálagi mjög mismunandi. Í töflu 9 er einnig reiknað meðalgeislaálag pr. rannsókn, en þá er fjöldi rannsókna deilt í hópgeislaálag á hverjum stað. Í viðauka 1 eru töflur fyrir hvern stað þar sem sýndur er útreikningur á geislaálagi fyrir hvern rannsóknarflokk á hverjum stað, ásamt upplýsingum um framkvæmd einstakra rannsókna.

Í töflu 10 er sýnd samantekt á umreiknistuðlum allra tækjanna, ásamt geislastuðli (PCTDI) þeirra og sést þá vel munurinn á tækjunum með tilliti til þess hvað geislastuðullinn er breytilegur á milli tækja.

Tafla 10. Umreiknistuðlar og geislastuðull allra TS-tækja

TS - tæki	kV	sneiðþykktir mm	$\alpha_{(A,S)} (10^{-5} \text{ mSv/mm} \cdot \text{mAs})$			PCTDI /100mAs
			Búksvæði	Háls	Höfuð	
Toshiba	120	3..10	3.1	7.8	8.2	6.4
Xpress						
Toshiba 600S	120	2..10	2.1 - 4.5	5.2 - 11	5.1 - 10	7.8
Toshiba 500S	120	2..10	3.0	7.5	6.8	5.0
GE Sytec 3000	120	3..10	5.3	13.1	13.8	11.0
Hitachi W400	120	2..10	8.0	8.2	3.3	6.0

Notkun skuggaefna er það breytileg við framkvæmd einstakra rannsókna að ekki gekk að safna góðum upplýsingum um þann þátt og er honum því sleppt í þessum niðurstöðum.

* Sjá viðauka 2 Grunnstærðir og einingar geislavarna

4. Umræða

4.1 Geislaálag TS-rannsóknna

Niðurstaða þessarar rannsóknar kemur að vissu leyti á óvart. Þróun í nágrannalöndum okkar benti til þess að hlutur TS-rannsókna í hópgeislaálagi Íslendinga gæti verið 20-25% og tíðni á bilinu 3-5% af heildarfjölda röntgenrannsókna. Miðað við niðurstöður um hópgeislaálag almennra röntgenrannsókna⁽³⁾ er hópgeislaálag vegna TS-rannsókna um 50% af heildinni. Samkvæmt töflu 2 (bls. 10) fór tíðni TS-rannsókna yfir 8% strax árið 1993 og var áætluð hátt í 13% á árinu 1996. Tíðni þessara rannsókna tvöfaldast á tímabilinu 1992 til 1994, en á þeim tíma er tekið í notkun fyrsta spíral TS-tækið. Þetta fyrsta spíral-tæki virðist ekki aðeins koma til móts við ákveðna rannsóknarþörf sem hefur verið til staðar í umhverfinu, heldur skapast nýir rannsóknarmöguleikar sem valda nýrri þörf, auk þess að tækið er mun hraðvirkara en önnur tæki í notkun. Tíðni rannsókna vex síðan lítið á milli árána 1994 til 1996 og getur það bæði verið merki um að rannsóknarþörfinni sé mætt eða að afkastageta þeirra tækja sem í notkun eru sé fullnýtt.

Í töflu 11 er gerður samanburður við nágrannalönd Íslands á fjölda TS-tækja, tíðni rannsókna, geislaálagi og hópgeislaálagi.

Tafla 11. Fjöldi tækja og hópgeislaálag í nágrannalöndum

	Ísland 1996	Svíþjóð ⁽¹⁰⁾ 1995	Danmörk ⁽¹¹⁾ 1995	Noregur ⁽⁴⁾ 1994	Finnland ⁽¹²⁾ 1994
Fjöldi TS-tækja	5	126	~ 45	70	-
Fjöldi per 10 ⁶ íbúa	18,5	14.5	9	16.1	-
Fjöldi rannsókna pr. 10 ³ íbúa	77	40	24	41	26
Hlutfall af fjölda allra röntgenrannsókna %	12.5	4-5	4.7	6.7	6.2
Hópgeislaálag vegna TS tækja (manSv)	89	2000	-	1000	470
Hlutfall af hópgeislaálagi allra röntgenrannsókna %	51	30	~ 30	30	20
mSv / íbúa vegna TS	0.33	0.23	-	0.2	0.09

Greinilegt er að fjöldi TS-tækja, svo og tíðni notkunar er umtalsvert meiri hérlandis nú miðað

við nágrannalönd okkar og þar af leiðandi er geislaálag á hvern íbúa 50% hærra en t.d. í Noregi og Svíþjóð. Þó skal tekið fram að svona samanburður er ekki nákvæmur þar sem erlendu tölurnar eru mismunandi gamlar.

Eins og fyrr er getið þarf að taka útreikninga á geislaálagi einstakra rannsókna með fyrirvara um nákvæmni þeirra upplýsinga sem fyrir liggja um framgangsmáta rannsókna. Samanburður á meðalgeislaálagi TS-rannsókna hérlandis við tölur frá öðrum löndum (sjá töflu 12) sýnir að meðalgeislaálag er svipað á milli landanna. Sem staðfestir að það er fyrst og fremst mikill fjöldi rannsókna sem veldur jafn háu hópgeislaálagi og raun ber vitni.

Tafla 12. Meðalgeislaálag TS-rannsókna á Íslandi miðað við nágrannaþjóðir (mSv).

<i>Rannsóknar- flokkar</i>	<i>Ísland 1996</i>	<i>Noregur ⁽⁵⁾ 1994</i>	<i>Bretland ⁽¹³⁾ 1993</i>	<i>Svíþjóð ⁽¹⁴⁾ 1992</i>	<i>Danmörk ⁽¹¹⁾ 1989</i>
<i>Höfuð</i>	1.5	2.0	1.8	2.1	0.9
<i>Lungu</i>	8.9	11.5	7.8	10	5.8
<i>Kviðarhol</i>	13.2	12.8	7.6	10	6.7
<i>Hryggur</i>	3.4	4.5	3.3	6	4.0
<i>Efri hluti kviðarhols</i>	8.0	11.9	7.2	10	-
<i>Nýru</i>	5.3	9.9	6.3	10	4.7
<i>Neðri hluti kviðarhols</i>	6.1	9.8	7.1	10	3.6

4.2 Leiðir til lækkunar á geislaálagi

Í töflu 9 kemur fram að geislaálag er mismunandi fyrir sömu rannsókn á milli staða og er munurinn yfirleitt tvö- til fjórfaldur og allt að tífoldur. Meðalgeislaálag TS-tækjanna er misjafnt eins og sést í töflum 3 til 7 og er munurinn á bilinu tvö til sexfoldur. Lægst meðalgeislaálag hafa tækin á Akureyri og í Domus Medica, en hæst hefur tækið á Landspítala og samsvarar það vel meðalgeislaálagi á TS-rannsókn eins og fram kemur í töflu 9. Munur í geislaálagi sömu rannsókna á milli staða skýrist einnig með mismunandi rannsóknaraðferðum eins og sést á töflu 3 (einnig nánar í viðauka 1) og þá fyrst og fremst með fjölda sneiða og stilltu mAs gildi.

Myndsuð og mAs gildi

Þegar leitað er leiða til þess að lækka geislaálag vegna TS-rannsókna er eðlilegast að líta strax á þær stærðir sem notaðar eru til þess að reikna það út sbr. formúlu 5. Fyrst er um að ræða tækjaháðan umreiknistuðul, sem ekki verður breytt til lækkunar nema með aukinni síun röntgenlampa. Sneiðþykkt og fjöldi sneiða (eða færslulengd) gefur upplýsingar um hvað stórt rúmmál líkamssvæðis er geislað. Valið mAs gildi vegur þyngst í útreikningi á geislaálagi og um leið hefur það afgerandi áhrif á myndgæði, þar sem magn myndsuðs (image noise) er háð því hvað margar ljóseindir komast í gegnum fyrirmyndina og að geislanemunum. “Þumalputtaregla” um samband myndsuðs og mAs-gildis, segir að ef mAs gildið er tvöfaldað þá lækkar myndsuð um 1.4 ($\sqrt{2}$). Á sama hátt má búast við því að myndsuð aukist þegar mAs gildi er lækkað. Þessi ávinningur í myndgæðum að hækka mAs til þess að lækka myndsuð jafnast út þegar skammtasuð í kerfinu verður lægra en bakgrunnssuð þess, þ.e. hærri mAs gildi leiðir ekki til betri myndgæða, áhrifin jafnast út. Oft virðast stillt mAs gildi vera valin þannig að þau veiti fullnægjandi myndgæði fyrir flesta sjúklinga, án þess að taka tillit til þess að hægt er að nota mun minni mAs á granna sjúklinga heldur en feita (litla sjúklinga / stóra sjúklinga). Geislun í gegnum sjúkling minnkar um það bil 50% fyrir hverja 4 cm í þykktaraukningu og áætlað hefur verið að myndsuð tvöfaldist fyrir hverja 8 cm í þykktaraukningu. Til þess að vega upp tvöföldun í myndsuði þarf að fjórfalda mAs gildið. Á sama hátt má minnka mAs verulega fyrir granna sjúklinga, án þess að myndsuð aukist meira en ásættanlegt var fyrir feitari sjúklinga. Með því að lækka mAs-gildið um helming er geislaálagið lækkað um helming.

Sneiðþykkt og skörun

Myndsúð vex ört með minnkandi sneiðþykkt, en um leið vex upplausn og aðgreiningarhæfni. Með því að minnka sneiðþykkt úr 10 mm í 5 mm (annað óbreytt), þá fækkar þeim ljóseindum sem taka þátt í myndgerðinni um 50% og myndsúðið vex um 1,4. Þynnri sneið þarf hærri mAs gildi til þess að halda myndsúði í skefjum. Skoða þarf fyrir hvern rannsóknarflokk, hvort stærri sneiðþykktir (og þ.a.l. lægri mAs gildi) séu ásættanleg m.t.t. greiningargildis rannsóknanna. Samkvæmt töflu 3 er mismunandi á milli staða hvaða sneiðþykktir eru notaðar fyrir sama rannsóknarflokk. Einnig er eitthvað um það að skörun sneiða er notuð og eykur það einnig geislaálag. Með spirál-tækjum minnka líkur á því að skörun sé notuð.

Mismunandi líkamssvæði

Upplýsingar um stillt mAs gildi við framkvæmd rannsókna (sjá töflu 3 og viðauka 1) bendir ekki til þess að þeim sé breytt með tilliti til stærðar eða þykktar myndefnisins, eða að tekið sé tillit til mismunandi þéttni líkamssvæða. Lungnasvæðið er t.d. mun þynnra (lægri meðalsætistala og því minna um samverkun geislunar og efnis) en t.d. kviðarholssvæðið og því fara hlutfallslega fleiri ljóseindir í gegnum myndefnið og lenda á geislanemunum, þannig að myndsúð ætti að vera töluvert minna. Á þessu svæði ætti að vera mögulegt að nota mun lægri mAs gildi en t.d. notuð eru á kviðarholssvæðinu. Í töflu 3 kemur fram að notaðir eru sömu eða jafnvel hærri mAs gildi fyrir þetta svæði en kviðarholssvæðið.

Fullorðnir / Börn

Ekki var í þessari rannsókn safnað upplýsingum um framkvæmd rannsókna á börnum, þannig að ekki er hægt að benda á mismun í tókugildum eftir stöðum. Hér hljóta þó að gilda sömu lögmál og ætti að duga að nota mun lægri mAs gildi fyrir börn en fullorðna, án þess að myndgæðum sé fórnað.

5. Lokaorð

Í þessum áfanga í rannsóknaráætlun stofnunarinnar vegna hópgeislaálags þjóðarinnar af notkun röntgenbúnaðar í læknisfræði, hefur verið aflað upplýsinga um hópgeislaálag vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja. Hlutfall tölvusneiðmyndataekninnar í hópgeislaálagi þjóðarinnar er mjög mikið og umtalsvert meira en það sem gerist í löndunum í kringum okkur. Mikilvægt er að finna leiðir til að stemma stigu við þessari þróun á þann veg að þessi nýja tækni nýtist sem best og að dregið verði úr óþarfa rannsóknum.

Í þessari skýrslu er bent á nokkrar raunhæfar leiðir sem notendur geta beitt til þess að lækka geislaálag einstakra rannsókna. Notendur TS-tækja fá einnig verkfæri til þess að meta geislaálag sjúklinga vegna TS-rannsókna, jafnóðum og rannsókn er skipulögð og er vonast til þess að það megi stuðla að lækkun geislaálags sjúklinga.

Við framkvæmd mælinganna voru gerðar mælingar á lengdargeislun í miðju geislasviði (án prófunaráhalds) og verða þær niðurstöður notaðar til samanburðar við eftirlitsmælingar í framtíðinni. Stefnt er að því að gefa út fyrir lok 1998 skýrslu með samantekt þar sem niðurstöður allra áfanga rannsóknarinnar eru dregnar saman og heildarmynd gefin af hópgeislaálagi þjóðarinnar vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu.

Geislavarnir ríkisins vilja að lokum þakka öllum þeim er veittu ómetanlega aðstoð við öflun gagna og framkvæmd mælinga, röntgentæknum og röntgenlæknum sem starfa við TS-tækin, starfsfólki tölvudeilda spítalanna og tæknimönnum deildanna. Einnig forstöðulæknum röntgendeildanna fyrir aðstoð og góðar leiðbeiningar.

Tilvísanir og heimildir

1. Geislavarnir ríkisins. *Pósteftirlit með tannröntgentækjum 1991- 93*, GR 94:05.
2. Geislavarnir ríkisins. *Geislaálag vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja*, GR 96:05.
3. Geislavarnir ríkisins. *Geislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu*, GR 96:07.
4. W. Leitz, B. Axelson and G. Szendrö. *Computed Tomography Dose Assessment - A Practical Approach*. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 57, Nos 1-4, pp. 377-380 (1995)
5. Olerud H.M., Finne I.E.. *Computer-tomografi ved norske sykehus*. Stråleverns Rapport 1995: II. Østerås: Statens Strålevern, 1995
6. International Electrotechnical Commission. *Evalutaion and Routine Testing in Medical Imaging Departments. Constancy Tests - X-ray Equipment for Computed Tomography*. Publication IEC 1223-2-6 (1994).
7. International Commission on Radiological Protection. *Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60*. Oxford Pergamon Press 1990.
8. Ásmundur Brekkan. *Þróun röntgenrannsókna 1979-1984*. Læknablaðið 1986; 72: 61-63. Læknafélag Íslands.
9. Guðlaugur Einarsson og Ásmundur Brekkan. *Röntgen- og aðrar myndgreiningarránnsóknir á Íslandi 1993. Yfirlit og samanburður við fyrri ár*. Læknablaðið 1995; 81: 790-797. Læknafélag Íslands.
10. Szendrö G, Axelson B, Leitz W. *Uppfölgning av datortomografianvöndningen i Sverige*. Proceedings, Nordisk Selskap for Strålevern, det 11. ordinære møtet, 26.-29. August 1996, Reykjavik, Island (p. 161-164). ISBN 9979-60-351-1. Geislavarnir ríkisins 1997.
11. Hjordemaal, Ole. Statens Institut for Strålehygiejne, Danmark. *Personal communication*.
12. Rannikko S, Karila KTK, Toivonen M. Patient and Population Doses of X-ray Diagnostics in Finland. STUK A144. Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland 1997.
13. NRPB, *Protection of the Patient in X-ray Computed Tomography*. Documents of the NRPB (Volume 3, No 4, 1992). National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxen OX11 ORQ, UK.
14. Szendrö G, Axelson B, Leitz W. *Patientdoser vid datortomografi med lathund for beräkning av effektiv dos*. SSI-rapport 95-29. Statens strålskyddsinstitut 1995.

Viðauki 1

Framkvæmd TS-rannsókna og umreiknistuðlar

GE Sytec 3000, Útreikningur á umreiknistuðli (LSP)

Búkur										
kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	Meðaltal
120	160	10	35	1,8	288	1,63	3,64	29,72	1,33E-04	
	160	3	35	1,8	288	0,51	1,13	30,86	1,38E-04	
	160	5	35	1,8	288	0,85	1,89	30,80	1,37E-04	
	160	10	35	2,7	432	2,57	5,74	46,79	1,39E-04	
	160	10	35	4,5	720	4,30	9,60	78,35	1,40E-04	
	130	10	35	1,8	234	1,39	3,10	25,27	1,39E-04	
	100	10	35	1,8	180	1,08	2,40	19,59	1,40E-04	
	80	10	35	1,8	144	0,85	1,90	15,47	1,38E-04	
	160	10	25	1,8	288	1,70	3,79	30,96	1,38E-04	
	160	10	42	1,8	288	1,71	3,83	31,23	1,39E-04	1,38E-04
	160	1	35	1,8	288	0,21	0,47	38,08	1,70E-04	

Haus										
kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	
120	130	10	25	2,7	351	7,44	8,02	78,25	5,25E-05	

Háls										
kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	
120	130	10	25	2,7	351	7,44	8,02	78,25	1,31E-04	

Landsspítalinn - Framkvæmd rannsókna og útreikningur á geislaálagi

Númer	Fjöldi	Tegund	Seríur Skuggaefni	Áfangi	kV	FOV (cm)	mA	sek	mAs	Sneiðþykkt mm	Færsla mm	Meðal- fjöldi sneiða	Umreikni- stuðull Alfa (A,S)	Geisla- álag E (mSv)
810		Heili 2/5 mm	-	1	120	23	160	4,5	720	3	5	9	5,25E-05	1,02
			+	2	120	23	130	2,7	351	10	10	5	5,25E-05	0,92
			+/-	3	120	23	100	2,7	270	10	10	2	5,25E-05	0,28
				4	120	23	80	2,7	216	10	10	2	5,25E-05	0,23
													Samtals:	2,45
815		Cran/andlitsb.	-		120	15	130	2,7	351	5	5	17	5,25E-05	1,56
818		Háls	+		120	20	130	2,7	351	5	5	20	1,31E-04	4,60
824		Hryggur lumb.			120	15	160	4,5	720	5	5	15	1,38E-04	7,46
832		Lungu	+/-		120	33	130	2,7	351	10	10	30	1,38E-04	14,55
833		Lungu/Med	+		120	33	130	2,7	351	10	10	30	1,38E-04	14,55
840		Abdomen	+/-		120	35	130	2,7	351	10	10	40	1,38E-04	19,40
841		Abdomen efri hluti	+/-		120	35	130	2,7	351	10	10	20	1,38E-04	9,70
850		Nýru	+/-		120	35	130	2,7	351	10	10	15	1,38E-04	7,27
855		Abdomen neðri hluti	+/-		120	35	130	2,7	351	10	10	20	1,38E-04	9,70

Samtals: [REDACTED]

Hópgeislaálag :
Meðalgeislaálag pr. rannsókn :

43,3 manSv
9,6 mSv

Toshiba TCT 600S, Útreikningur á umreiknistuðli (BSP)

Búkur

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time</i>	<i>mAs</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>	<i>Meðaltal</i>
	150	5	S1	6	360	0,96	1,62	28,03	1,00E-04	
	250	5	S1	6	600	1,55	2,61	45,10	9,66E-05	
	400	5	S1	6	960	2,47	4,17	72,02	9,65E-05	
	150	5	S1/10°	4	240	0,63	1,05	18,21	9,75E-05	
	150	5	S1/15°	4	240	0,62	1,05	18,15	9,72E-05	
	150	2	S1	4	240	0,27	0,45	19,59	1,05E-04	
	150	10	S1	4	240	1,36	2,30	19,87	1,06E-04	
	150	5	S2	4	240	0,65	1,09	18,85	1,01E-04	
	150	5	S2	6	360	0,97	1,63	28,11	1,00E-04	1,00E-04
	150	1	S1	4	240	0,27	0,45	39,33	2,11E-04	
	150	5	L1	4	240	0,33	0,55	9,50	5,09E-05	
	150	5	M	4	240	0,47	0,79	13,58	7,27E-05	

Haus/háls

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time</i>	<i>mAs</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D ave</i>	Haus		Háls	
									<i>Alfa(A,S)</i>		<i>Alfa(A,S)</i>	
	150	5	S1	4	240	2,111	2,345	45,336	4,44E-05		1,11E-04	
	150	2	S1	4	240	0,881	0,979	47,301	4,64E-05	4,54E-05	1,16E-04	1,14E-04
	150	5	S2	4	240	2,122	2,357	45,572	4,47E-05		1,12E-04	
	150	5	L1	4	240	0,983	1,092	21,111	2,07E-05		5,17E-05	
	150	5	M	4	240	1,485	1,649	31,892	3,13E-05		7,82E-05	

Borgarspítalinn - Framkvæmd rannsókna og útreikningur á geislálagi

Númer	Fjöldi	Tegund	Seríur Skuggaefni	Áfangi	kV	FOV	mA	sek	mAs	Sneið- þykkt mm	Færsla mm	Meðal fjöldi sneiða	Umreikni- stuðull Alfa (A,S)	Geisla- álag E (mSv)
810		Heili 2/5 mm	+/-	1	120	S1	250	6	600	2	5	7	4,54E-05	0,38
				2	120	S1	150	6	360	5	8	11,5	4,54E-05	0,94
1,32														
815		Andlitsb/Sin	-	1	120	S1	150	4	240	5	5	21,5	4,54E-05	1,17
818		Háls	+	1	120	S1	250	6	600	5	5	22,5	1,14E-04	7,66
832		Lungu		1	120	M	250	3	300	10	10	25	7,27E-05	5,45
832.1		Lungu / Med	+	1	120	L (M)	250	3	300	10	10	25	5,09E-05	3,82
840		Abdomen	+	1	120	L (M)	250	4	400	10	10	40	5,09E-05	8,14
841		Abdomen efri hluti	+ +/-	1	120	L(M)	250	4	400	5	5	18	5,09E-05	1,83
				2	120	L(M)	250	4	400	5	8	24	5,09E-05	2,44
850		Nýru	+/-	1	120	L(M)	250	4	400	5	5	27,5	5,09E-05	2,80
855		Abdomen neðri hluti	+/-	1	120	L(M)	250	4	400	10	10	22,5	5,09E-05	4,58
824		Hryggur Lumb.		1	120	S2	250	6	600	5	4	27	1,00E-04	8,16
825		Hr. Myeloqr.	+	1	120	S2	250	6	600	5	4	27	1,00E-04	8,16

Samtals: [redacted]

Hópgeislaálag : 20,1 manSv
Meðalgeislaálag pr. rannsókn : 3,7 mSv

Toshiba Xpress, Útreikningur á umreiknistuðli (LM/DM)

Búkur

kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	Meðaltal
120	200	10	L		2	400	1,85	3,17	27,31	8,78E-05
	300	10	L		2	600	2,70	4,63	39,88	8,55E-05
	100	10	L		2	200	0,91	1,56	13,40	8,62E-05
	100	10	L		6	600	2,41	4,15	35,68	7,65E-05
	100	10	L		4	400	1,62	2,78	23,94	7,69E-05
	100	10	M		2	200	0,93	1,60	13,79	8,86E-05
	100	10	S		2	200	0,80	1,38	11,89	7,65E-05
	100	5	S		2	200	0,41	0,70	12,13	7,80E-05
	100	3	S		2	200	0,26	0,45	13,02	8,37E-05
	100	1	S		2	200	0,22	0,37	31,81	2,04E-04

8,22E-05

Haus

kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	
120	150	10	S		2	300	3,85	4,03	39,67	3,11E-05
130	200	3	S		2	400	2,09	2,17	71,29	4,19E-05

Háls

kV	mA	Slice	FOV	Time	mAs	Central	Periph.	D ave	Alfa(A,S)	
120	150	10	S		2	300	3,85	4,03	39,67	7,78E-05

Domus Medica - Framkvæmd rannsókna og útreikningur á geislaálagi

Númer	Fjöldi	Tegund	Seríur Skuggaefni	Áfangi	kV	FOV	mA	sek	mAs	Sneiðþykkt mm	Færsla mm	Meðal- fjöldi sneiða	Umreikni- stuðull Alfa (A,S)	Geisla- álag E (mSv)
810		Heili 2/5 mm	+	1	130	S	200	2	400	3	5	6	4,19E-05	0,30
				2	120	S	150	2	300	10	10	8	3,11E-05	0,75
Samtals:														1,05
812		Orbita	-	1	120	S	150	1,5	225	2	2	18	3,11E-05	0,25
815		Andlitsb/Sin	-	1	120	S	150	1,5	225	3	2,8	6	3,11E-05	0,13
816		Innra eyra	+	1	120	S	150	1,5	225	2	1,2	10	3,11E-05	0,14
				2	120		150	1,5	225	2	1,2	4	3,11E-05	0,06
				3	120		150	1,5	225	2	1,2	7	3,11E-05	0,10
Samtals:														0,29
818		Háls	+	1	120	S	150	1,5	225	3	3	20	8,22E-05	1,11
				2	120	L	200	1,5	300	5	4,5	20	8,22E-05	2,47
				Samtals:										
820		Háls hryggur	-	1	120	M	200	2	400	2	2	24	8,22E-05	1,58
824		Hryggur lumb.	-	1	120	M	200	2	400	3	3	21	8,22E-05	2,07
828		Sacroiliacal.	-	1	120	M	150	1,5	225	5	7	10	8,22E-05	0,92
832		Lungu	-	1	120	M	150	1,5	225	10	10	30	8,22E-05	5,55
833		Lungu/Med	+	1	120	M	150	1,5	225	10	9	30	8,22E-05	5,55
840		Abdomen	-	1	120	M	150	1,5	225	10	8	50	8,22E-05	9,24
841		Abdomen efri hluti	+	1	120	M	200	1,5	300	5	4,5	20	8,22E-05	2,47
855		Abdomen neðri hluti	+	1	120	M	150	1,5	225	10	7	15	8,22E-05	2,77
850		Nýru	+	1	120	M	150	1,5	225	5	4,7	30	8,22E-05	2,77

Samtals

Hóppeislaálag : 16,3 manSv
Meðalgeislaálag pr. rannsókn 2,3 mSv

Hitachi W400 - 20A, Útreikningur á umreiknistuðli (FSA)

Búkur

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time *</i>	<i>mAs *</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>	<i>Meðaltal</i>
120				4,5 og 6					7,72E-05	7,72E-05
	200	10	300	2,8	178	0,71	1,35	11,32	8,18E-05	
	200	2	350	2,8	178	0,16	0,30	12,82	9,26E-05	
	200	5	350	2,8	178	0,36	0,68	11,48	8,29E-05	
	350	5	350	2,8	312	0,64	1,23	20,65	8,52E-05	
	100	5	350	2,8	89	0,16	0,30	5,13	7,41E-05	
	150	5	350	2,8	134	0,26	0,49	8,18	7,87E-05	
	250	5	350	2,8	223	0,44	0,72	12,55	7,25E-05	
	300	5	250	2,8	267	0,55	0,90	15,67	7,54E-05	8,04E-05

* Geislun er púlserandi og því er geislunartími margfaldaður með 0.318, sem gefur þá raunverulegan tíma og raunverulega mAs

Haus

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time*</i>	<i>mAs*</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>
120	200	10	250	4,5	286	3,80	4,07	39,77	3,27E-05

Háls

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time*</i>	<i>mAs*</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>
120	200	10	250	4,5	286	3,80	4,07	39,77	8,17E-05

Akureyri, Framkvæmd rannsókna og útreikningur á geislaálagi (FSA)

Númer	Fjöldi	Tegund	Seríur Skuggaefni	Áfangi	kV	FOV (cm)	mA	sek	mAs	Sneiðþykkt mm	Færsla mm	Meðal- fjöldi sneiða	Umreikni- stuðull Alfa (A,S)	Geisla- álag E (mSv)
810		Heili 2/5 mm	-	1 2	120 120	20 20	250 200	6 6	477 382	2 10	5 10	6 9	3,27E-05 3,27E-05	0,19 1,12 1,31
810.1		Heili 2/5	+	1 2	120 120	20 20	250 200	6 6	477 382	2 10	5 10	6 9	3,27E-05 3,27E-05	0,19 1,12 1,31
815		Cran/andlitsb./sinusar	-	1	120	16	200	6	382	5	5	11	3,27E-05	0,69
818.1		Háls (mjúkpartar)	+	1	120	16	200	6	382	10	10	14	8,18E-05	4,37
832		Lungu	+/-	1	120	35	200	4,5	286	10	10	20	7,72E-05	4,42
832.1		Lungu/Med	+	1	120	35	200	4,5	286	10	10	20	7,72E-05	4,42
840		Abdomen	-		120	35	250	4,5	358	10	10	14	7,72E-05	3,87
840.1		Abdomen	+	1	120	35	250	4,5	358	10	10	40	7,72E-05	11,05
841		Abdomen efri hluti	-	1	120	35	250	4,5	358	10	10	14	7,72E-05	3,87
841.1		Abdomen efri hluti	+	1	120	35	250	4,5	358	10	10	18	7,72E-05	4,97
855		Abdomen neðri hluti	-	1	120	35	300	4,5	429	10	10	18	7,72E-05	5,96
855.1		Abdomen neðri hluti	+	1	120	35	300	4,5	429	10	10	18	7,72E-05	5,96
824		Hryggur lumb.	-	3	120	16	250	6	477	5	5	19	7,72E-05	3,50
827		Hryggur Myel	-	1	120	16	300	6	572	5	5	14	7,72E-05	3,09

Samtals

Hóppeislaálag : 4,4 manSv
Meðalgeislaálag pr. rannsókn : 3,0 mSv

Toshiba TCT 500S - Útreikningur á umreiknistuðli (Landakotsspítali)

Búkur

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time</i>	<i>mAs</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D_ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>	<i>Meðaltal</i>
120	110	10	30 (M)	4	440	1,63	2,60	22,75	6,65E-05	6,71E-05
	110	5	30 (M)	4	440	0,83	1,33	23,21	6,78E-05	
	110	5	30 (M)	2,4	264	0,50	0,81	14,11	6,87E-05	
	110	5	24 (S)	2,4	264	0,50	0,81	14,14	6,88E-05	
	80	5	30 (M)	2,4	192	0,38	0,62	10,73	7,19E-05	
	200	5	30 (M)	2,4	480	0,97	1,57	27,39	7,34E-05	
	110	10	30 (M)	2,4	264	0,98	1,60	13,92	6,78E-05	
	110	10	39 (L)	2,4	264	0,97	1,59	13,81	6,73E-05	
	110	2	30 (M)	2,4	264	0,21	0,34	14,69	7,15E-05	

Haus

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time</i>	<i>mAs</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D_ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>	
120	110	10	24 (S)	4	440	5,34	5,67	55,06	2,97E-05	3,03E-05
	110	10	24 (S)	2,4	264	3,39	3,41	34,01	3,03E-05	
	110	10	30 (M)	2,4	264	3,40	3,41	34,05	3,03E-05	
	110	10	39 (L)	2,4	264	3,40	3,41	34,05	3,03E-05	

Háls

<i>kV</i>	<i>mA</i>	<i>Slice</i>	<i>FOV</i>	<i>Time</i>	<i>mAs</i>	<i>Central</i>	<i>Periph.</i>	<i>D_ave</i>	<i>Alfa(A,S)</i>	
120	110	10	24 (S)	4	440	5,34	5,67	55,60	7,43E-05	7,59E-05
	110	10	24 (S)	2,4	264	3,39	3,41	34,01	7,59E-05	
	110	10	30 (M)	2,4	264	3,40	3,41	34,05	7,59E-05	
	110	10	39 (L)	2,4	264	3,40	3,41	34,05	7,59E-05	

Landakotsspítalinn - Framkvæmd rannsókna og útreikningur á geislaálagi

Númer	Fjöldi	Tegund	Seríur Skuggaefni	Áfangi	kV	FOV	mA	sek	mAs	Sneið- þykkt mm	Færsla mm	Meðal fjöldi sneiða	Umreikni- stuðull Alfa (A,S)	Geisla- álag E (mSv)
810		Heili 2/5 mm		1	120	24	80	4	320	2	5	20	2,97E-05	0,38
				2	120	24	80	4	320	5	8	12	2,97E-05	0,57
													Samtals:	0,95
832		Chest	+	1	120	39	250	3	750	10	10	30	6,93E-05	15,59
833		Chest/Med	alltaf	1	120	30/39	110	4	440	10	10	15	6,71E-05	4,43
				2	120	30/39	80	4	320	10	10	15	6,71E-05	3,22
													Samtals:	7,65
812		Orbita 1	alltaf		120	24	80	4	320	2	3	18	2,97E-05	0,34
		Orbita 2	alltaf		120	24	80	4	320	5	5	18	2,97E-05	0,86
													Samtals:	0,60
818		Háls (mjúkp)		1	120	24	110	3	320	5	8	30	7,58E-05	3,64
840		Abdomen	alltaf	1	120	30/39	110	4	440	10	10	30	6,71E-05	8,86
841		Abdomen efri hluti	já	1	120	30/39	110	4	440	5	8	25	6,71E-05	3,69
				2	120	30/39	80	4	320	5	5	15	6,71E-05	1,61
				3	120	30/39	110	4	440	5	8	25	6,71E-05	3,69
													Samtals:	9,00
850		Nýru	já	1	120	30/39	110	4	440	5	8	27	6,71E-05	3,99
				2	120	30/39	80	4	320	5	5	27	6,71E-05	2,90
													Samtals:	6,89
855		Abdomen neðri hluti	já	1	120	30/39	80	4	320	10	10	25	6,71E-05	5,37
824		Hryggur	aldrei	1	120	24/30	110	4	440	5	4	10	6,71E-05	1,48
					120	24/30	110	4	440	5	4	10	6,71E-05	1,48
					120	24/30	200	4	800	5	3	25	6,71E-05	6,71
													Samtals:	3,22
828		Sacroiliaca	aldrei	1	120	24/30	110	4	440	5	5	20	6,71E-05	2,95
Samtals														
													Hópgeislaálag : 5,4	manSv
													Meðalgeislaálag pr. rannsókn : 5,6	mSv

Viðauki 2

Grunnstærðir og einingar geislavarna

Alþjóðleg hugtök í geislavörnum hafa einkum verið mótuð af alþjóðlegri nefnd vísindamanna, Alþjóða geislavarnaráðinu, ICRP (*International Commission on Radiological Protection*). Árið 1991 gaf ráðið út nýjar meginleiðbeiningar um geislavarnir í ritinu ICRP-60 og var þar heitum ýmissa stærða breytt, heiti mælieininga breyttust hins vegar ekki. Flest lönd og öll alþjóðasamtök nota nú SI-einingar við stærðir tengdar geislavörnum. Eldri einingar eru þó víða enn notaðar (t.d. í Bandaríkjunum) og þær er að finna í mörgum ritum og töflum.

Í eftirfarandi samantekt eru nokkrar grunnstærðir geislavarna tilgreindar og mælieiningar þeirra. Ensk (alþjóðleg) heiti á stærðum og mælieiningum eru gefin, bæði þau nýju og gömlu. Jafnframt er gefin einföld skilgreining eða skýring á viðkomandi stærð. Fæst íslensku heitanna hafa unnið sér sess í tungunni og verður því reynslan að skera úr um hversu vel þau reynast.

Heiti	Stærð		Mælieining	
	Tákn	Tákn	Íslenskt heiti (alþjóðlegt í sviga)	SI grunn-einingar
Virkni, geislavirkni (<i>activity</i>)	A	Bq	bekerel (becquerel)	1 / s
Raffræðilegur geislaskammtur (<i>exposure</i>)	X	(R)	(röntgen)	C / kg
Geislaskammtur (<i>absorbed dose, tissue dose</i>)	D	Gy	grei (gray)	J / kg
Hlutálag, hlutgeislaálag (<i>equivalent dose</i>)	H _T	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislaálag (<i>effective dose</i>)	E	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislabyrði (<i>committed effective dose</i>)	E(τ)	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (<i>dose coefficient</i>)	e(τ)	Sv / Bq		J / kg · s
Hópálag, hópgeislaálag (<i>collective effective dose</i>)	S	manSv	mannsívert (mansievert)	J / kg

Hér koma nánari skilgreiningar á ofangreindum stærðum. Ensk (alþjóðleg) heiti eru gefin í sviga. Þar eru einnig gefin eldri heiti stærða og eininga, sem enn eru í notkun sums staðar,

t.d. í Bandaríkjunum. Einingin “röntgen” er ekki hluti hins alþjóðlega einingakerfis (SI), $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C / kg$

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, $1 Ci = 3,7 \cdot 10^{10} Bq$

Geislaskammtur (*absorbed dose, tissue dose*)

Geislaskammtur jónandi geislunar í efni er:

$$\text{Meðalorkuaukning efnis á massaeiningu vegna jónandi geislunar, } D = \frac{\bar{de}}{dm}$$

Geislaskammtur jónandi geislunar í tilteknum vef eða líffæri (sem auðkennt er með T) er:

Heildarorkuaukning vefs (eða líffæris) vegna jónandi geislunar, deilt með

$$\text{massa vefsins, } D_T = \frac{e_T}{m_T}$$

SI-eining: grei (gray), Gy

Eldri eining: rad, $1 rad = 0,01 Gy$

(Stundum er einingin “cGy” notuð. Í reynd er þá verið að halda í gömlu eininguna rad því $1 cGy = 1 rad$)

Raffræðilegur geislaskammtur (*exposure*)

Raffræðilegur geislaskammtur er:

Sá skammtur röntgen- eða gammageisla sem leiðir til myndunar einingarskammts af jónum af hvoru formerki fyrir sig (+ og -) í massaeiningu af lofti.

Þessari mælistærð hefur ekki verið gefin sérstök eining í SI-kerfinu. Reynt hefur verið að láta mælistærðina *geislaskammt* koma í stað *raffræðilegs geislaskammts*.

Stærðirnar meta mismunandi áhrif jónunar á massaeiningu:

Geislaskammtur: Meðalorkuaukning á massaeiningu

Raffræðilegur geislaskammtur: Magn jónunar í massaeiningu

Mælistærðin *raffræðilegur geislaskammtur* er engu að síður enn mikið notuð, enda lýsir hún beint því sem mörg mælitæki mæla.

Eining í gamla kerfinu: röntgen, R $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C / kg}$

Hlutálag, hlutgeislaálag (*equivalent dose*)

Hlutálag geislunar í ákveðnum vef (eða líffæri), auðkenndum með tákni T , er:

Geislaskammtur líffæris T margfaldaður með vægisstuðli viðkomandi geislunar,

$$H_T = w_R \cdot D_T$$

Vægisstuðull geislunar, w_R , miðast við líffræðilega virkni hennar. Þessi stuðull er 1 fyrir fótónur og rafeindir (beta-geislun), en 20 fyrir alfa-geislun.

SI-eining: sívert (sievert), Sv

Eldra heiti á ensku: *dose equivalent*

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

Áður var vægisstuðull “Q” notaður í stað “ w_R ”. Töluleg gildi voru þau sömu.

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 *geislaskammtsjafnagildi*)

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 t frá geislavirku efni sem berst inn í líkamann.

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

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

$$e(t) = \frac{E(t)}{A}$$

(Hér táknar A virkni kjarntegundarinnar)

SI-eining: sívert/bekerel, Sv/Bq

Hópálag, hópgeislaálag (*collective effective dose*)

Hópálag er mat á heildaráhættu hóps af völdum geislunar.

Hópálag er:

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).

Ritaskrá Geislavarna ríkisins

<u>Útgáfuár</u>	<u>Merki</u>	<u>Heiti rits / höfundar:</u>
1972		Geislaælingar á röntgenrannsóknardeild
1972		Röntgenbúnaður og geislavarnir hjá tannlæknum
1986	86:01	Eftirlit með tannröntgentækjum árið 1985. Skýrsla um ástand og samanb. við fyrri ár.
1986	86:02	Notkun geislavirkra efna við kennslu. Leiðbeiningar um geislavarnir.
1986	86:03	Rannsóknir á geislavirkni í umhverfi. Maí 1986.
1987	87:01	Skýrsla um eftirlit með röntgentækjum.
1987	87:02	Geislavarnareglur við notkun færanlegra öryggisröntgentækja.
1987	87:03	Geislavarnareglur vegna notkunar mælitækja af gerðinni TROXLER.
1987	87:04	Reglur vegna geislatækja við hæðar- og eðlismassamælingar í iðnaði.
1988	88:01	Reglur um útbúnað og notkun tannröntgentækja (<i>fallið úr gildi</i>)
1988	88:02	Reglur vegna notkunar opinna geislalinda á rannsóknarst. og sjúkrahúsum. (<i>f. úr gildi</i>)
1988	88:03	Leiðbeiningar varðandi notkun opinna geislalinda á rannsóknarstofum og sjúkrahúsum.
1990	90:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu röntgent. við sjúkdómsgreiningu. (<i>f. úr gildi</i>)
1990	90:02	Yfirlit yfir röntgentæki og ástand þeirra eftir skoðun 1989. Febrúar 1990.
1990.	90:03	Gæðatrygging á myndgreiningardeild. Úrkastgreining á röntgendeild Bsp. Apríl 1990.
1991	91:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu tannröntgentækja. (<i>fallið úr gildi</i>)
1991	91:02	Röntgenframköllun og fáar filmur.
1991	91:03	Skýrsla um röntgenbúnað Sjúkrahúss Suðurlands Selfossi.
1991	91:04	Geislaskammtamælingar í Mammógrafíu. Lýsing á og áætlun um framkvæmd.
1992	92:01	Cesín-137 í sjó, þangi og sjávarfangi. Summis áfangaskýrsla. Maí 1992.
1993	93:01	Geislaskammtar við brjóstamyndatökur. Febrúar 1993.
1993	93:02	Myndgæði í brjóstamyndatöku. Lýsing á og áætlun um framkvæmd rannsóknar á myndgæðum á röntgendeild Krabbameinsfélags Íslands.
1994	94:01	Tilfærsla 137Cs úr jarðvegi og gróðri í hreindýr. Niðurstöður rannsókna árin 1990-93.
1994	94:02	Leiðbeiningar um geislavarnir sjúklinga við röntgengreiningu.
1994	94:03	Eftirlit með framköllunarvélum á röntgendeildum 1991-93.
1994	94:04	Pósteftirlit með tannröntgentækjum 1991-93.
1994	94:05	Mælingar á geislaálagi í hafinu umhverfis Ísland og þróun nýrra mæliaðferða.
1995	95:01	Eftirlit með framköllunarvélum - Leiðbeiningar.
1995	95:02	Eftirlit með röntgentækjum tannlækna - Verklagsreglur.
1995	95:03	Geislaskammtar starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1994.
1995	95:05	Breyting á eftirliti með röntgenbúnaði í heilbrigðiskerfinu.
1996	96:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu tannröntgentækja.
1996	96:02	Reglur vegna notkunar á lokuðum geislalindum.
1996	96:03	Geislaskammtar starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1995
1996	96:04	Leiðbeiningar um innra eftirlit með röntgenbúnaði.
1996	96:05	Geislaálag vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja.
1996	96:06	Röntgenreglur. Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu röntgentækja við sjúkdómsgreiningu

- 1996 96:07 Geislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu.
- 1996 96:08 Reglur vegna notkunar á opnum geislalindum á rannsóknarstofum.
- 1996 96:09 A Reconnaissance of Geological Scenarios for the Disposal of Radioactive Waste in Iceland. Jóhann Helgason PhD.
- 1997 97:01 Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1996.
- 1997 97:02 Geislaálag vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja við sjúkdómsgreiningu.

Norraæn geislavarnarit

útgáfuár **"Flagg-bækur"**

- 1977 Report on the Application of International Radiation Protection. Recommendations in the Nordic Countries.
- 1979 Application in the Nordic Countries of ICRP Publication 26.
- 1983 Radiation Protection Information. Naturally Occurring Radiation in the Nordic Countries - Levels
- 1986 Naturally Occurring Radiation in the Nordic Countries - Recommendations.
- 1986 Application in the Nordic Countries of International Radioactive Waste Recommendations.
- 1987 Nordic Recommendations on Radiation Protection in Industrial Radiography.
- 1989 Nordic Recommendations on Protection of the Embryo and Foetus in X-ray Diagnostics.
- 1989 Disposal of High Level Radioactive Waste. Consideration of Some Basic Criteria. A Consultative Document.
- 1992 Nordic Recommendations on Radiation Protection for Radionuclide Gauges for Permanent Installation.
- 1993 Disposal of High Level Radioactive Waste. Consideration of Some Basic Criteria.

Report on Nordic Radiation Protection Co-Operation.

Nordisk rapportserie i Ståleskyddsfrågor

- 01:1990 Mammography. (Om Mammografi. Kvalitetssikring vid Mammografi - Prestanda- och Konstanskontroller)
- 02:1994 Shielding of Gonads. Protection of Patients in X-ray Diagnostics.
- 03:1994 Kvalitetskontroll og Tilsyn med Medicinsk Røntgendiagnostisk Udstyr. En Oversigt.
- 04:1995 Glandular Tissue Dose in Film-Screen Mammography
- 05:1996 Nordic Guidance Levels for Patient Doses in Diagnostic Radiology
- 06:1996 Radiograf Uddanningen i Norden - innhold av realfag og strålehygiene.