

GR 23:01

Geislun í tölvusneiðmyndum og landsviðmið

Leiðbeiningar

Júlí 2023

Geislavarnir ríkisins

Rauðarárstíg 10

105 Reykjavík

sími: 440 8200 netfang: gr@gr.is

www.geislavarnir.is

ISBN 978-9935-9521-3-4



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

Efnisyfirlit

SAMANTEKT	3
1. INNGANGUR	4
2. GEISLUN OG GEISLAÁLAG Í TÖLVUSNEIÐMYNDUM	5
2.1 AÐFERÐ VIÐ SÖFNUN UPPLÝSINGA GEISLUN	5
2.2 NIÐURSTÖÐUR: LENGDARGEISLUN OG DÆMIGERT GEISLAÁLAG FYRIR ALGENGAR ÁBENDINGAR	6
2.3 UM NIÐURSTÖÐURNAR	9
3. LANDSVIÐMIÐ 2023	11
4. HEIMILDIR	12

Samantekt

Stærstur hluti geislaálags vegna læknisfræðilegrar myndgreiningar er vegna tölvusneiðmynda. Þeir sem taka tölvusneiðmyndir eiga að fylgjast með geisluninni og grípa til ráðstafana ef hún er yfir landsviðmiðum sem Geislavarnir ríkisins setja.

Árið 2020 var safnað upplýsingum um lengdargeislun frá öllum tölvusneiðmyndataækjum á landinu og í þessu riti eru birt ný landsviðmið sem byggð eru á þeim gögnum.

Í ljós kom töluverður munur, á milli staða, á lengdargeislun fyrir sömu ábendingu, eða allt að tífaldur.

Miðgildi lengdargeislunar var frá 50 mGy cm (skútabólga) til 880 mGy cm (heili, almennar ábendingar) og dæmigert geislaálag var frá 0,1 mSv (skútabólga) til 12,9 mSv (lungu og kviður, æxli/meinvörp).

Miðgildi lengdargeislunar fyrir allt landið var undir evrópskum viðmiðum fyrir allar ábendingar og ný landsviðmið (2023) eru lægri en þau sem fyrir voru (2019).

Landsviðmið 2023 eru, ólíkt eldri landsviðmiðum, ekki aðeins tengd þeim líkamshluta sem myndaður er heldur einnig ástæðu rannsóknar (ábendingu).

1. Inngangur

Tölvusneiðmyndir eru mikilvægar við sjúkdómsgreiningar og notkun þeirra fylgir óhjákvæmilega geislaálag sem nauðsynlegt er að hafa í huga [1]. Geislaálag er stærð sem túlkar áhættu vegna geislunar og hentar ágætlega til að bera saman mismunandi rannsóknir, til dæmis röntgenmynd af lungum annars vegar og tölvusneiðmynd hins vegar, eða til að meta uppsafnaða áhættu sjúklings vegna margra rannsókna [2].

Dæmigert geislaálag í rannsókn er í þeim tilgangi reiknað með einföldum, en ekki mjög nákvæmum hætti. Niðurstaða slíkra útreikninga gefur því aðeins gróft mat á áhættu vegna geislunar við ákveðna rannsókn og hana á ekki að nota til mats á áhættu einstakra sjúklinga [3].

Þar sem stærstur hluti geislaálags vegna læknisfræðilegrar myndgreiningar er vegna tölvusneiðmynda [4], er til nokkurs að vinna ef hægt er að minnka það. Alþjóða geislavarnaráðið (International Commission on Radiological Protection, ICRP) leggur áherslu á að fylgst sé með geislaskömmtum og þeir bornir saman við geislaskammtaviðmið (e. diagnostic reference levels (DRLs)), til dæmis landsviðmið eða evrópsk viðmið, til þess að beina sjónum þangað sem úrbætur skipta mestu máli [5]. Þetta er rökrétt þar sem tölvusneiðmyndataeki bjóða upp á mikla möguleika til að stilla myndgæði, og þar með geislun, eftir þörfum hverju sinni [6]. Í raun ber notendum tækja skylda til að fylgjast með geislun þar sem ávallt skal tryggja að geislun sé eins lítil og unnt er með tilliti til markmiðs geislunarinnar [7].

Tölvusneiðmyndataeki sýna og vista lengdargeislun (e. dose length product (DLP)) rannsókna og er sú stærð bæði hentugur og aðgengilegur mælikvarði fyrir geislaskammt, og þar með geislaálag, sjúklinga í tölvusneiðmyndum [8].

Samkvæmt reglugerð eiga þeir sem framkvæma læknisfræðilega geislun að meta geislaálag sjúklinga í algengum rannsóknum á minnst þriggja ára fresti [9] og því eiga upplýsingar um geislaálag að liggja fyrir á hverjum og einum stað þar sem tölvusneiðmyndataeki eru í notkun. Sé meðalgeislaálag sjúklinga yfir útgefnum landsviðmiðum skal leita orsakanna og gera viðeigandi ráðstafanir til lækkunar undir landsviðmið með skynsamlegu tilliti til aðstæðna [9].

Það er hlutverk Geislavarna ríkisins að setja landsviðmið fyrir geislaálag fyrir Ísland¹ og í þessu riti eru birt viðmið fyrir lengdargeislun í algengum tölvusneiðmyndum.

¹ Reglugerð nr. 1299/2015, 46. grein

2. Geislun og geislaálag í tölvusneiðmyndum

Árin 2020 til 2021 gerði Sigurbjörg Sigurðard. Michelsen, í samstarfi við Geislavarnir ríkisins, rannsókn á algengustu ábendingum og geislun í tölvusneiðmyndarannsóknnum á Íslandi. Eitt meginmarkmið rannsóknarinnar var að undirbúa setningu landsviðmiða.

Hér á eftir fylgir stutt lýsing á aðferðum við öflun upplýsinga um geislaskammta og helstu niðurstöður. Nánar má lesa um niðurstöðurnar í meistararitgerð Sigurbjargar [10] og í greininni *CT doses based on clinical indications. New national DRL's in Iceland* í tímaritinu *Physica Medica* [11].

Mikill munur getur verið á geislun í sambærilegum rannsóknnum á mismunandi stöðum, jafnvel þó leiðrétt sé fyrir mismunandi aldri tækja og fleiri atriðum sem þekkt er að hafa áhrif á geislun [12]. Nýlega hefur sjónum einnig verið beint meira að því hve mikil myndgæði eru nauðsynleg; sumum spurningum er til dæmis hægt að svara með því að nota minni geislun en í öðrum tilvikum eru meiri myndgæði, og þar með meiri geislun, nauðsynleg [13]. Í þeim anda er geislun tengd tiltekinni ábendingu, það er að segja spurningu um sjúkdóm eða áverka, frekar en aðeins líkamshlutanum sem myndaður er.

2.1 Aðferð við söfnun upplýsinga geislun

Á Íslandi eru 10 fyrirtæki og stofnanir sem gera hefðbundnar tölvusneiðmyndarannsóknir, þau eru með samtals 15 tölvusneiðmyndataeki á 14 starfsstöðvum. Í árslok 2020 var óskað eftir upplýsingum um lengdargeislun fyrir öll þessi 15 tæki, fyrir allar rannsóknaraðferðir sem notaðar voru oftast en 50 sinnum á ári í hverju þeirra um sig. Fyrir hverja rannsóknaraðferð var óskað eftir upplýsingum um í hvaða tilvikum rannsóknaraðferðin var notuð (ábendingu) og einnig, fyrir hverja rannsóknaraðferð, upplýsingum um lengdargeislun (samanlögð lengdargeislun fyrir heila rannsókn), aldur og kyn fyrir að minnsta kosti 50 raunverulegar rannsóknir af fullorðnum (>18 ára) einstaklingum. Engum persónugreinanlegum upplýsingum var safnað.

Á Íslandi eru einnig tölvusneiðmyndataeki sem eingöngu eru notuð við undirbúning geislameðferðar eða sem eru hluti af jáeindaskanna (e. PET) eða sindurskanna (e. SPECT) og voru þau ekki með í þessari rannsókn.

Farið var yfir öll gögnin og útlagar fjarlægðir, sem og gögn sem ekki uppfylltu skilyrði, til dæmis ef um var að ræða rannsóknir af börnum. Hver og ein rannsóknaraðferð var tengd ábendingu og dæmigerð lengdargeislun var reiknuð fyrir algengar ábendingar. Dæmigerður lengdargeislun fyrir ábendingu er miðgildi miðgilda lengdargeislunar frá öllum tækjum fyrir rannsóknaraðferð sem notuð var fyrir viðkomandi ábendingu. Hugtakið „almennar ábendingar“ var notað þegar um var að ræða rannsóknaraðferð, t.d. tölvusneiðmynd af heila, sem var mikið notuð við rannsóknir af ákveðnum líkamshluta (t.d. höfði) en, í mörgum tilvikum, ekki tengd neinni ákveðinni ábendingu (líklega vegna þess að rannsóknaraðferðin var notuð fyrir nánast allar ábendingar). Dæmigerð lengdargeislun var reiknuð fyrir ábendingar sem hægt var að tengja tiltekinni rannsóknaraðferð í meira en helmingi tækja (> 6). Einnig var reiknuð dæmigerð lengdargeislun fyrir kransæðarannsóknir þó aðeins fjögur

tæki væru að baki þeim gögnum, þar sem kransæðarannsóknir eru aðeins gerðar í þeim fjórum tækjum.

Dæmigert geislaálag var reiknað með því að margfalda dæmigerða lengdargeislun með umreiknistuðlum (mSv/mGy cm) fyrir viðkomandi líkamshluta [3].

2.2 Niðurstöður: Lengdargeislun og dæmigert geislaálag fyrir algengar ábendingar

Upplýsingar um lengdargeislun bárust frá öllum 15 tölvusneiðmyndatækjunum sem voru í notkun við almenna sjúkdómsgreiningu árið 2020, fyrir alls 8129 rannsóknir. Fyrir hvert tæki var gögnum skilað fyrir allt frá fjórum og upp í 19 rannsóknaraðferðir (fyrir 200-950 einstaklinga). Mikill munur var á því milli staða hve margar ábendingar voru tengdar hverri rannsóknaraðferð. Af gögnunum að dæma voru færri rannsóknaraðferðir notaðar í tækjum þar sem heildarfjöldi rannsókna var lítill.

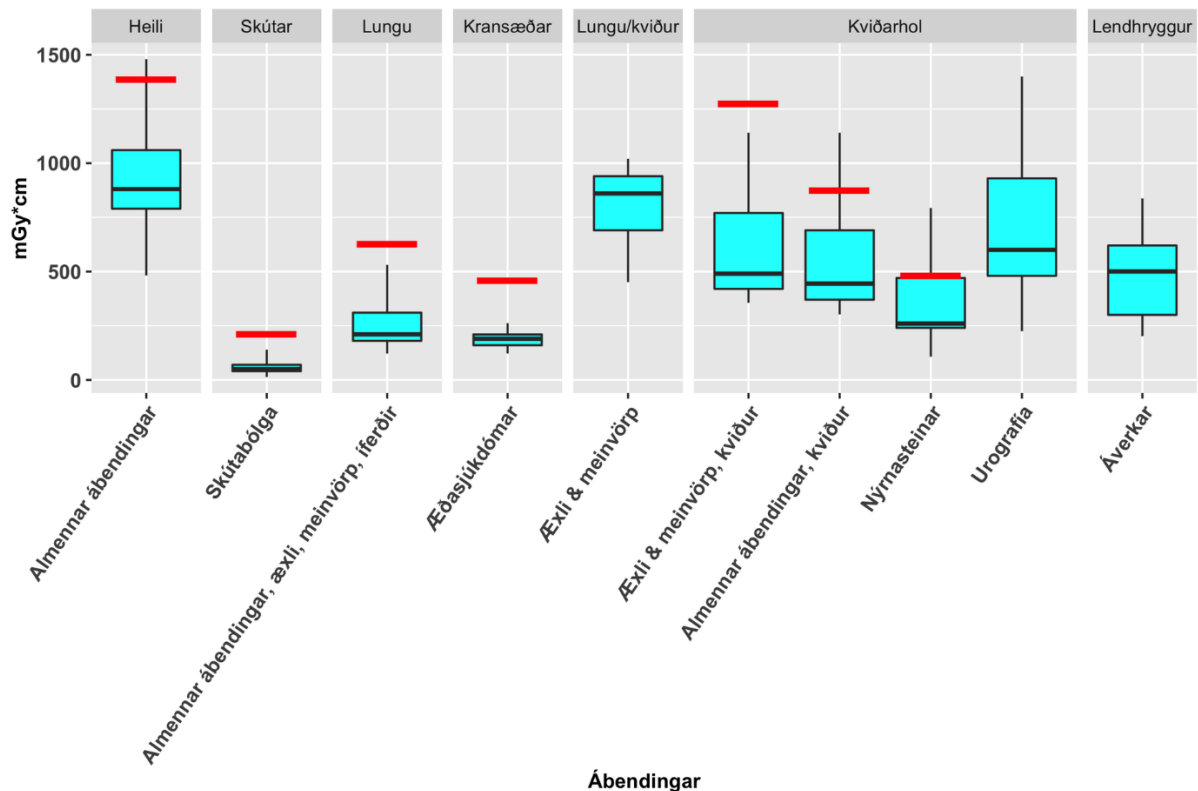
Tafla 1 sýnir tíu algengar ábendingar og heildarfjölda tækja og sjúklinga sem liggja að baki niðurstöðunum fyrir hverja ábendingu, meðalaldur sjúklinga og kynjahlutfall.

Tafla 1. Heildarfjöldi tækja og sjúklinga í gagnasafni, meðalaldur og hlutfall kvenna í úrtaki, fyrir algengar ábendingar.

	Fjöldi tækja	Fjöldi sjúklinga	Meðalaldur	Hlutfall kvenna
Heili, almennar ábendingar ^{a)}	15	739	63,5 ár	54%
Skútar, skútabólga	13	739	51,4 ár	62%
Lungu, almennar ábendingar, æxli, meinvörp, íferðir	15	741	63,5 ár	50%
Kransæðar, æðasjúkdómar	4	195	59,5 ár	50%
Lungu og kviður, æxli eða meinvörp	7	352	65,0	47%
Kviður, almennar ábendingar ^{b)}	15	750	60,5 ár	56%
Kviður, æxli, meinvörp ^{c)}	15	751	61,0 ár	56%
Nýru, æxli (úrográfía)	8	394	59,5 ár	48%
Nýrnasteinar	13	648	53,2 ár	44%
Lendhryggur, áverkar	8	395	59,9 ár	50%

^{a)} rannsókn án skuggaefnis ^{b)} einn eða tveir skuggaefnisfasar ^{c)} einn, tveir eða þrjú skuggaefnisfasar.

Mynd 1 sýnir dæmigerða lengdargeislun (miðgildi miðgilda lengdargeislunar) fyrir tölvusneiðmyndarannsóknir vegna algengra ábendinga. Á Mynd 1 sést að tölurverður munur var á miðgildum lengdargeislunar fyrir sömu ábendingu á milli tækja.



Mynd 1. Kassarnir sýna, fyrir hverja ábendingu, miðgildi miðgilda lengdargeislunar frá öllum tækjum (línur inni í kössum), efri og neðri fjórðungamörk miðgilda (efri og neðri brúnir kassa) og hæstu og lægstu miðgildi (efri og neðri endar á lóðréttum línum). Láréttar rauðar línur sýna evrópsk geislaskammtaviðmið (EUCLID).

Hlutfallslegur munur á miðgildi lengdargeislunar milli tækja, það er að segja frá lægsta til hæsta miðgildis, var töluverður og mestur í tölvusneiðmynd af skútum þar sem hann var rúmlega tífaldur, lægsta miðgildi var 13 mGy cm en hæsta 139 mGy cm. Í rannsókn vegna nýrnasteina var rúmlega sjöfaldur munur á lægsta (107 mGy cm) og hæsta (793 mGy cm) miðgildi. Minnsti munur á milli tækja var í tölvusneiðmyndarannsókn á kransæðum, þar sem hann var rúmlega tvöfaldur, enda voru þær aðeins gerðar í fjórum tækjum.

Höfuð, brjósthol og kviðarhol voru þeir líkamshlutar sem algengast var að tölvusneiðmynda. Algengast var að rannsókn á heila væri eitt skann án skuggaefnis, eins og gert var í öllum tilfellum þegar um var að ræða almennar ábendingar. Dæmi um ábendingar fyrir tölvusneiðmynd af heila þar sem tilgreind var aðferð frábrugðin því sem notuð er fyrir almennar ábendingar voru heilablóðfall/heilablæðing (n=1), æxli og meinvörp (n=4), æðagúll (n=4) og áverkar (n=2). Þessar ábendingar eru ekki í *Töflu 1* þar sem gögn tengd þeim bárust frá færri en sjö tækjum.

Allir 15 staðirnir notuðu í meginatriðum sömu rannsóknaraðferð hvort sem um var að ræða almennar ábendingar, íferðir, æxli eða meinvörp í lungum, að því undanskildu að munur var á milli staða hvort að jafnaði var notað skuggaefni við rannsóknina eða ekki. Dæmi um ábendingar fyrir tölvusneiðmynd af lungum þar sem tilgreind var aðferð, frábrugðin þeirri sem notuð var fyrir almennar ábendingar, voru áverkar (n=1) og blóðtappi (n=6).

Þegar um var að ræða almennar ábendingar fyrir tölvusneiðmynd af kvið var algengast að mynda aðeins í einum skuggaefnisfasa, en gerð var tveggja fasa rannsókn (sama svæði myndað tvisvar í mismunandi skuggaefnisfasa) í fjórum tækjum af 15. Ef ábendingin var æxli eða meinvörp gerðu fleiri (sjö af 15) tveggja eða þriggja fasa rannsókn og miðgildi lengdargeislunar því hærra. Þegar ábendingin var nýrnasteinar var í 13 af 15 tækjum notuð rannsóknaraðferð með minni geislaskammti. Átta skiluðu geislaskömmum fyrir urografíu sem er ítarleg rannsókn á þvagfærum þar sem myndað er bæði með og án skuggaefnis.

Tafla 2 sýnir dæmigert geislaálag og samanburð lengdargeislunar við evrópsk geislaskammtaviðmið. Umreiknistuðlar eru mismunandi milli líkamshluta vegna mismunandi geislanæmis líffæra og því var mesta geislaálagið (12,9 mSv) í rannsókn á lungum og kvið en ekki í rannsókn af höfði sem gefur þó mesta lengdargeislun (880 mGy cm). Minnst lengdargeislun og minnst geislaálag var í rannsókn á skútum vegna skútabólgu, 50 mGy cm og 0,1 mSv.

Tafla 2. Dæmigert geislaálag tölvusneiðmyndarannsókna (algengar ábendingar á Íslandi), miðgildi heildar lengdargeislunar borið saman við evrópsk viðmið (EUCLID) fyrir sambærilegar ábendingar.

	Dæmigert geislaálag (mSv)	Miðgildi (mGy cm)	EUCLID viðmið (mGy cm)	EUCLID ábending
Heili, almennar ábendingar	1,8	880	1386	Stroke ^{a)}
Skútar, skútabólga	0,1	50	211	Sinusitis
Lungu, almennar ábendingar, æxli, meinvörp, íferðir	2,9	210	628	Lung cancer
Kransæðar, æðasjúkdómar	2,7	190	459	Coronary angiography
Lungu og kviður, æxli / meinvörp	12,9	860		
Kviður, almennar ábendingar	6,7	444	874	Appendicitis ^{b)}
Kviður, æxli, meinvörp	7,4	490	1273	Oncological staging
Urografía	9,0	600		
Nýrnasteinar	3,9	260	480	Cholic (stone)
Lendhryggur, áverkar	7,5	500		

^{a)} Heilablóðfall var rannsakað með sömu aðferð og almennar ábendingar í 13 tilvikum af 14 sem létu ábendingarinnar getið.

^{b)} Í öllum tilvikum sem botnlangabólga var tilgreind sem ábending var notuð sama rannsóknaraðferð og fyrir almennar ábendingar í kvið.

2.3 Um niðurstöðurnar

Dæmigerð lengdargeislun í tölvusneiðmyndum á Íslandi reyndist í öllum tilvikum undir evrópskum geislaskammtaviðmiðum þar sem þau voru til staðar (*Tafla 2*), en Evrópuráðið gaf nýlega út slík geislaskammtaviðmið og eru þau kennd við EUCLID [15].

Dönsk landsviðmið frá 2022 [14] eru í mörgum tilvikum lægri en þau evrópsku (sem eru frá 2021) og dæmigerðir geislaskammtar á Íslandi voru neðan þeirra dönsku í öllum tilvikum nema einu (höfuð, almennar ábendingar).

Mikill munur á geislun milli tækja (sjá *Mynd 1*) er umhugsunarefni, en hann getur stafað af ýmsu, t.d. mismunandi aldri tækja, en rannsóknir hafa þó sýnt að oft verði munur á geislaskömmtum ekki skýrður með öðru en því hvernig tæki eru stillt á hverjum stað fyrir sig, það er að segja að notendur hafi mismunandi skoðun á því hve mikil myndgæði þarf og hvernig best sé að framkvæma rannsóknir [12]. Munur á geislun milli tækja í þessari rannsókn var álíka og í niðurstöðum rannsókna sem ná til margra landa [15].

Ekki var kannað til hlítar hvort rannsóknir vegna tiltekinna ábendinga voru gerðar með sömu aðferð og almennar ábendingar án þess að þeirra væri getið, eða þær gerðar sjaldan eða alls ekki í hverju tæki um sig. Á stöðum þar sem fjöldi rannsókna er meiri, eru einnig fleiri sérhannaðar rannsóknaraðferðir fyrir tilteknar ábendingar. Ljóst er, annars vegar, að sumar rannsóknaraðferðir eins og til dæmis kransæðarannsókn, eru ekki í boði alls staðar vegna tæknilegra takmarkana, og hins vegar, að til eru ábendingar sem eru rannsakaðar með sérstakri aðferð í einu tæki en almennri aðferð (það er að segja eins og almennar ábendingar) í öðru. Einnig má ætla að sumar rannsóknir, eins og til dæmis vegna æðagúls í höfði, séu gerðar á fleiri stöðum en þeim sem skiluðu gögnum þar sem aðeins var óskað eftir gögnum rannsókna sem voru framkvæmdar oftár en 50 sinnum á ári á hverjum stað.

Í rannsókninni var ekki lagt neitt mat á myndgæði, en samræmda mælikvarða á myndgæði vantar [15].

Í ljós kom að fyrir sömu ábendingu, æxli eða meinvörp í kvið, var myndað í einum, tveimur eða þremur skuggaefnisfösum, allt eftir því í hvaða tæki rannsókn var gerð. Þekkt er að oft skýrir mismunandi fjöldi fasa og mismunandi langt geislað svæði mun á geislaskömmtum [15].

Skýr ábending (spurning á beiðni) fyrir tölvusneiðmynd eykur líkur á því að rétt rannsókn sé gerð, til dæmis var dæmigert geislaálag þegar spurt var um nýrnasteina aðeins tæplega 60% af því sem hlaut af rannsókn sem gerð var af kvið vegna almennra ábendinga. Nákvæm spurning getur þannig minnkað geislaálag.

Aðferðin sem notuð var til að reikna geislaálag í þessari rannsókn byggir á umreiknistuðlum sem eru komnir til ára sinna og hefur Alþjóða geislavarnaráðið meðal annars endurskoðað mat á geislanæmi líffæra síðan þeir voru gefnir út [5]. Nokkrir hafa gert tillögur að nýjum umreiknistuðlum og væru þeir notaðir myndi geislaálag fyrir rannsóknir af höfði reiknast lægra en sýnt var í *Töflu 2* og geislaálag vegna rannsókna af brjósthóli og kviðarholi herra [16]. Einnig hefur verið gerð tillaga að umreiknistuðli fyrir kransæðarannsóknir [17] sem er nærri tvöfalt hærri en sá sem notaður var í *Töflu 2*.

Geislaálag í einstökum tölvusneiðmyndarannsóknnum er lítið, til dæmis svara 10 mSv til um fjögurra ára af náttúrulegri geislun eins og hún er að meðaltali á heimsvísu [18]. Á hinn bóginn getur geislaálag einstakra sjúklinga sem þurfa á mörgum rannsóknum að halda orðið umtalsvert og leita þarf leiða til að minnka uppsafnað geislaálag þeirra með því að gera aðeins nauðsynlegar rannsóknir auk þess að athuga hvort minnka megi geislaálag í rannsóknum sem oft þarf að gera endurtekið [19]. Við hvort tveggja eru kerfi sem safna og greina geislaskammtagögn mjög mikilvæg [15, 20].

3. Landsviðmið 2023

Dæmigerð lengdargeislun í heilli rannsókn ætti að jafnaði að vera minni en landsviðmið, en séu hún meiri skal leita leiða til að minnka hana.² *Tafla 3* sýnir ný landsviðmið og *Tafla 4* sýnir eldri landsviðmið til samanburðar.

Tafla 3. Landsviðmið lengdargeislunar fyrir tölvusneiðmyndir 2023.

Líkamshluti, ábending	Lengdargeislun (heil rannsókn) mGy*cm
Höfuð, heili, blæðing eða blóðþurrð ^{a)}	1060
Höfuð, ennis- og kinnholubólga	70
Brjósthol, millivefssjúkdómar, meinvörp, æxli	310
Brjósthol, kransæðar (æðarannsókn)	210
Brjóst og kviðarhol, krabbameinseftirlit	940
Kviður, botnlangabólga	690
Kviður, æxli, meinvörp	770
Nýru, æxli (urografía)	930
Nýru, steinar	470
Lendhryggur, áverkar	620

^{a)} heili án skuggaefnis

Áður voru í gildi landsviðmið frá 2019, og eins og sjá má í *Töflu 4* voru þau ekki tengd ábendingum og í báðum tilfellum eru ný landsviðmið lægri.

Tafla 4. Landsviðmið lengdargeislunar fyrir tölvusneiðmyndir 2019.

Líkamshluti	Lengdargeislun (heil rannsókn) mGy*cm
Höfuð	1220
Kviður	820

² Reglugerð 1299/2015, 46. grein

4. Heimildir

1. European Commission. *Radiation protection N° 180 Medical Radiation Exposure of the European Population*. Luxemburg: European Union; 2014.
2. Harrison JD, Balonov M, Martin CJ, et al. *Use of effective dose*. Ann. ICRP 2016; 45: 215-224.
3. European Commission. *Radiation protection N° 154 European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures*. Luxemburg: European Union; 2008.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *UNSCEAR 2020/2021 Report to the general assembly, with scientific annexes volume I Scientific annex A. Evaluation of medical exposure to ionizing radiation*. New York: UNCEAR; 2022.
5. International Commission on Radiological Protection. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103*. Ann ICRP 2007; 37(2-4): 1-332.
6. Samei E, Pelc NJ, ed. *Computed Tomography Approaches, Applications, and Operations*. Switzerland: Springer; 2020.
7. Reglugerð um geislavarnir vegna notkunar geislatækja sem gefa frá sér jónandi geislun 1299/2015.
8. International Commission on Radiological Protection. *Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135*. Ann. ICRP 2017; 46(1).
9. Reglugerð um geislavarnir vegna notkunar geislatækja sem gefa frá sér jónandi geislun 1299/2015.
10. Sigurbjörg Sigurðard. Michelsen. *Algengustu ábendingar í tölvusneiðmyndataækni á Íslandi og geislaskammtar þeirra: Undirbúningsvinna fyrir setningu landsviðmiða*. Reykjavík: Háskóli Íslands; 2021.
11. Jónína Guðjónsdóttir, Sigurbjörg Sigurðard Michelsen, Guðlaug Björnsdóttir, Valdís Klara Guðmundsdóttir. *CT doses based on clinical indications. New national DRL's in Iceland*, Phys Med 2023; 109: 102576.
12. Smith-Bindman R, Wang Y, Chu P et al. *International variation in radiation dose for computed tomography examinations: prospective cohort study*. BMJ 2019 (364) k4931.
13. Rob S, Bryant T, Wilson I, Somani BK. *Ultra-low-dose, low-dose, and standard-dose CT of the kidney, ureters, and bladder: is there a difference? Results from a systematic review of the literature*. Clin Radiol 2017; 72(1):11-15.
14. Sundhedsstyrelsen. *Patientdosimetri ved CT-skanninger af voksne Indsamling og vurdering af patientdoser til sammenligning med referencedose*. Kaupmannahöfn: Sundhedsstyrelsen; 2020.
15. European Commission. *European study on clinical diagnostic reference levels for X-ray medical imaging EUCLID*. Luxemburg: European Union; 2021.
16. Lee SK, Kim JS, Yoon SW, Kim JM. *Development of CT Effective Dose Conversion Factors from Clinical CT Examinations in the Republic of Korea*. Diagnostics 2020; 10(9): 727
17. Trattner S, Halliburton S, Thompson CM et al. *Cardiac-Specific Conversion Factors to Estimate Radiation Effective Dose From Dose-Length Product in Computed Tomography*. JACC Cardiovasc Imaging 2018; 11(1): 64-74.

18. United Nations Environment Programme. *Radiation: Effects and sources*. United Nations Environment Programme; 2016.
19. Brambilla M, Vassileva J, Kuchcinska A, Rehani MM. *Multinational data on cumulative radiation exposure of patients from recurrent radiological procedures: call for action*. *Eur Radiol* 2020; 30(5): 2493-2501.
20. Loose RW, Vano E, Mildemberger P et al. *Radiation dose management systems- requirements and recommendations for users from the ESR EuroSafe Imaging initiative*. *Eur Radiol* 2021; 31(4): 2106-2114.