



# **Geislunarvísar og bestun í stafrænni röntgenmyndagerð**

Karin Elisabeth Pálsson

**Ritgerð til meistaragraðu  
Háskóli Íslands  
Læknadeild  
Námsbraut í Geislafræði  
Heilbrigðisvísindasvið**



**HÁSKÓLI ÍSLANDS**

# Geislunarvísar og bestun í stafrænni röntgenmyndagerð

60 e

Karin Elisabeth Pálsson

Ritgerð til meistaragráðu í geislafræði

Umsjónarkennari: Guðlaug Björnsdóttir

Meistaránámsnefnd: Jónína Guðjónsdóttir og Hildur Ólafsdóttir

Læknadeild

Námsbraut í Geislafræði

Heilbrigðisvísindasvið Háskóla Íslands

Október 2017

# Exposure indicators and optimization in digital radiography

60 e

Karin Elisabeth Pálsson

Thesis for the degree of Master of Science

Supervisor: Guðlaug Björnsdóttir

Masters committee: Jónína Guðjónsdóttir and Hildur Ólafsdóttir

Faculty of Medicin

Department of Radiography

School of Health Sciences

October 2017

Ritgerð þessi er til meistaragraðu í geislafræði og er óheimilt að afrita ritgerðina á nokkurn hátt nema með leyfi rétthafa.

© Karin Elisabeth Pálsson 2017

Prentun: Háskólaprent

Reykjavík, Ísland 2017

## Ágrip

Í dag er nær öll röntgenmyndagerð stafræn. Það þýðir að erfiðara er að meta hvort röntgenmynd sé rétt geisluð aðeins með því að horfa á hana. Til að leysa þetta vandamál hafa röntgentækjaframleiðendur þróað svokallaða geislunarvísa. Geislunarvísir er tala sem birtist á skjá röntgentækis og gefur til kynna hversu geisluð myndin er. Upphaflega var hver tækjaframleiðandi með sinn eigin geislunarvísi. Árið 2008 var kynntur til sögunar nýr og samræmdur geislunarvísir sem fékk heitið Exposure Index (EI). Mælt er með að öll ný röntgentæki bjóði upp á möguleikann á því að birta EI á skjá röntgentækis.

Á Íslandi eru í dag sjö nýleg föst röntgentæki. Af þeim bjóða sex upp á möguleikann á því að birta EI. Hér var kannað hvernig gengið hefur að innleiða notkun á þessum nýju og samræmdu geislunarvísium á Íslandi. Hvort geislunarvísar, sérstaklega EI, væru notaðir í gæðastarfi á þeim röntgendeildum sem eru með nýleg röntgentæki. Einnig var kannað hvort mögulegt væri að notkun á geislunarvísium, í daglegu starfi og gæðastarfi leiddi af sér lækkun á geislaskömmtum.

Gerð var spurningakönnun sem var send á þær röntgendeildir á Íslandi sem hafa tekið ný röntgentæki í notkun eftir árið 2009 og var svörun 100%. Spurt var um atriði sem varpa ljósi á það hvort og hvernig geislunarvísar eru notaðir, hvort þeir eru notaðir í tengslum við gæðastarf og hvort notkunin hefur einhverjar afleiðingar. Til að athuga hvort notkun á EI geti leitt til lækkunar á geislaskömmtum var einnig safnað upplýsingum um flatargeislun.

Innleiðing á Exposure Index á Íslandi er ekki langt komin. Þrátt fyrir að mælt sé með að nýji og samræmði geislunarvísinn, Exposure Index, eigi að vera í öllum röntgentækjum yngri en 8 ára reyndist svo ekki vera. Allar röntgendeildir, nema ein, gáfu þó jákvætt svar við spurningunni hvort geislunarvísar, þá aðallega EI, væru notaðir af geislafræðingum í daglegu starfi. Samband var á milli meðalflatargeislunar (DAP) og þess hversu mikil notkun á geislunarvísium var. Ein deild var búin að fara í gegnum vinnuna við að ákvarða Target Exposure Index (EI<sub>T</sub>) og hefur einnig sett fram leiðbeiningar varðandi það hvernig eigi að bregðast við háum og lágum Deviation Index (DI) gildum. Á þeim röntgendeildum þar sem innleiðing og notkun á EI er lengra komin mældist marktækt lægri meðalflatargeislun fyrir flestar gerðir rannsókna. Þetta bendir til þess að notkun á geislunarvísium geti stuðlað að lækkun á geislaskömmtum.

Mikil vinna er eftir þegar kemur að því að innleiða notkun á EI Íslandi. En notkun á geislunarvísium, þá aðallega EI, virðist hafa skilað tilsettum árangur þar sem innleiðing og notkun, bæði í daglegu starfi og í gæðastarfi, er hafin.

## Abstract

Exposure indicator is a number which reflects the amount of radiation falling on the image receptor and is designed as a tool to determine appropriate exposure. In the early days of digital radiography every producer had their own exposure indicator. In 2008 a new and standardized indicator, called Exposure Index (EI), was introduced. Iceland has today seven x-ray equipments that gives the possibility to show EI on the screen after every single exposure. It is unclear how much EI is used in the radiographers daily work and in the quality work at the medical imaging departments.

A questionnaire was sent out to seven medical imaging departments in Iceland that have been taken new x-ray equipment in use after year 2009. Answers were received from all departments. Questions were asked about the use of exposure indicators in general, especially EI, both in the daily work and quality work. To find out if the use of EI can have an impact to reduce the radiation dose the collected data included information about Dose Area Product (DAP).

EI is not yet introduced in all medical imaging departments with new x-ray equipment in Iceland. However all departments, except one, gave a positive answer to the question whether exposure indicators, mainly EI, were used by radiographers in their daily work. There was a correlation between mean DAP and the extent of the use of exposure indicators. One department had gone through the work to determine Target Exposure Index ( $EI_T$ ) and has also provided instructions on how to respond to high and low Deviation Index (DI) values. The medical imaging departments which use exposure indicators in daily work and in quality assurance had lower average DAP for most types of exams. This gives an indication about that the use of exposure indicators may contribute to a reduction of the radiation dose.

A lots of work is left in introducing the use of EI in medical imaging departments in Iceland. The use of exposure indicators, specially EI, in daily work and in quality assurance, as far as it has come until now seemed to give an improvement in lowering radiation doses.

## **Þakkir**

Verkefni þetta var unnið sem lokaverkefni til meistaraþrófs í geislafræði við læknadeild Háskóla Íslands. Ég vil þakka meistaraprófsnefndinni sem samanstóð af Guðlaugu Björnsdóttur, umsjónakennara og Jónínu Guðjónsdóttur og Hildi Ólafsdóttur, leiðbeinendum. Fyrst og fremst vil ég þakka Jónínu Guðjónsdóttur, sem átti hugmyndina að verkefninu, fyrir frábæra leiðsögn og góðan stuðning í gegnum allt ferlið.

Ég vil þakka geislafræðingum á þeim röntgendeildum sem tóku þátt í rannsókninni fyrir að taka sér tíma og veita mér nauðsynlegar upplýsingar til að geta framkvæmt þessa rannsókn.

Einnig vil ég þakka Björk Baldursdóttur og Guðrúnu Hálfhánsdóttur, geislafræðingum, fyrir yfirlestur og góð ráð.

Að lokum vil ég þakka Halldóri Arinbjarnar, sambýlismanni mínum fyrir góðan stuðning, þolinmæði og hvatningu í gegnum allt námið.

# Efnisyfirlit

|  |    |
|--|----|
| Ágrip .....  | 5  |
| Abstract.....  | 6  |
| Þakkir.....  | 7  |
| Efnisyfirlit .....   | 8  |
| Myndaskrá .....  | 9  |
| Töfluskrá.....   | 9  |
| Listi yfir skammstafanir .....                                   | 11 |
| 1 Inngangur.....   | 13 |
| 1.1 Gerð röntgenmynda og stafrænir myndnemar .....               | 14 |
| 1.2 Flatargeislun og mat á geislaálagi.....                      | 16 |
| 1.2.1 Viðmiðunargeislaskammtar .....                             | 16 |
| 1.3 Geislunarvísar.....  | 18 |
| 1.4 Exposure Index.....  | 19 |
| 1.4.1 Target Exposure Index .....                                | 22 |
| 1.4.2 Deviation Index.....                                       | 23 |
| 1.5 Gæðastarf.....   | 24 |
| 1.5.1 Geislunarvísar og gæðaeftirlit.....                        | 25 |
| 1.6 Innleiðing nýjunga í röntgenmyndagerð .....                  | 26 |
| 2 Markmið.....   | 27 |
| 3 Efni og aðferðir .....   | 28 |
| 3.1 Spurningar .....   | 28 |
| 3.2 Úrvinnsla.....   | 29 |
| 4 Niðurstöður .....  | 31 |
| 4.1 Notkun og innleiðing á geislunarvísunum og gæðaeftirlit..... | 31 |
| 4.2 Flatargeislun .....  | 35 |
| 5 Umræða.....  | 39 |
| 6 Ályktanir .....  | 45 |
| Heimildaskrá.....  | 46 |
| Fylgiskjöl.....  | 48 |



## Myndaskrá

|  |    |
|--|----|
| Mynd 1. Röntgenmyndir af lungum teknar á filmu.....  | 13 |
| Mynd 2. Dæmigert birtudreifingarrit fyrir röntgenmynd af lungum.....   | 21 |
| Mynd 3. Meðal-flatargeislun fyrir tæki 1, 2, 3 og 5 a og b. ....   | 36 |
| Mynd 4. Samband á milli Target Exposure Index ( $EI_T$ ) og meðal-flatargeislunar (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 1. ....                  | 37 |
| Mynd 5. Samband á milli Target Exposure Index ( $EI_T$ ) og meðal-flatargeislun (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 5 a og b. ....             | 37 |
| Mynd 6. Samband á milli ráðlagðra gilda fyrir DEI (Detector Exposure Index) og meðal-flatargeislun (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 3. .... | 38 |

## Töfluskrá

|  |    |
|--|----|
| Tafla 1. Landsviðmið viðmiðunargeislaskammta (DRL) fyrir nokkur nágrannalönd og leiðbeinandi viðmiðunargeislaskammta frá EES (Evrópusambandinu). Viðmiðunargeislaskammtar fyrir Noreg eru aðeins fyrir flatskynjara. *Gildi frá Danmörku fyrir lungu er aðeins fyrir AP-mynd ekki lateral. **Gildi frá Svíþjóð fyrir mjaðmagrind og mjaðmalið eru fyrir báðar rannsóknirnar saman..... | 18 |
| Tafla 2. Dæmi um geislunarvísa frá mismunandi framleiðendum röntgentækja og hvernig þau eru fundin miðað við magn geislunar (X) (19). ....   | 19 |
| Tafla 3. Geislamagn á myndnema miðað við geislunarvísa frá nokkrum mismunandi framleiðendum röntgentækja og samræmdur geislunarvísinn Exposure Index (EI) (2). ....  | 19 |
| Tafla 4. Frávik frá Target Exposure Index ( $EI_T$ ), magn geislunar í %. *DI (Deviation Index).....   | 24 |
| Tafla 5. Nýleg föst röntgentæki á Íslandi.....   | 31 |
| Tafla 6. Svör við spurning 1. Hvaða geislunarvísar birtast á skjá röntgentækis? Geislunarvísar sem birtast eru Exposure Index (EI), Deviation Index (DI) og REX (Reached Exposure Value).....  | 32 |
| Tafla 7. Svör varðandi notkun á Exposure Index (EI). Fjöldi sem svaraði já eða nei við spurningum varðandi notkun geislunarvísa og innleiðingu EI og DI (Deviation Index).....   | 32 |
| Tafla 8. Svör varðandi notkun á EI (Exposure Index) og endurskoðun á $EI_T$ (Target Exposure Index) í gæðastarfi.....  | 33 |
| Tafla 9. Svörun varðandi uppruna og uppsetningu á $EI_T$ (Target Exposure Index). Hvernig $EI_T$ var ákveðið í hverju prógrammi fyrir sig í upphafi þegar tæki var tekið í notkun. Í tæki 3 eru ráðlögð gildi ekki $EI_T$ heldur DEI (Detector Exposure Index). *REX (Reached Exposure Value) .....  | 34 |
| Tafla 10. $EI_T$ (Target Exposure Index) fyrir þau tæki sem birta DI (Deviation Index) á skjá röntgentækis. ....   | 34 |
| Tafla 11. Ráðlögð DEI (Detector Exposure Index) fyrir tæki 3. ....   | 35 |

|   |    |
|---|----|
| Tafla 12. Meðal-flatargeislun (DAP) í völdum rannsóknum fyrir tæki 1, 2, 3 og 5a og 5b.....   | 36 |
| Tafla 13. Gildi á Exposure Class í tveimur gömlum CR röntgentækjum frá AGFA sem bæði voru tekin úr notkun árið 2016 og EI <sub>T</sub> (Target Exposure Index) gildi frá Canon, sem fylgdi með í uppsetningu á DR tæki í apríl 2016, til samanburðar..... | 42 |
| Tafla 14. Meðal-flatargeislun (meðal-DAP) fyrir tæki 1, 2, 3 og 5 a og b og landsviðmið DRL (viðmiðunargeislaskammta) fyrir Noreg.....  | 44 |

## Listi yfir skammstafanir

|                  |  |
|------------------|--|
| AAPM             | American Association of Physicists in Medicine       |
| ADC              | Analog to Digital Converter                          |
| AI               | Ál   |
| ALARA            | As Low As Reasonably Achievable                      |
| CR               | Computed Radiography                                 |
| DAP              | Flatargeislun (ensk. Dose Area Product)              |
| DEI              | Detector Exposure Index                              |
| DI               | Deviation Index                                      |
| DICOM            | Digital Imaging and Communications in Medicine       |
| DQE              | Detective Quantum Efficiency                         |
| DR               | Direct Radiography                                   |
| DRL              | Viðmiðunargeislaskammta (ensk. Dose Reference Level) |
| EI               | Exposure Index                                       |
| EI <sub>T</sub>  | Targe Exposure Index                                 |
| ESD              | Entrance Surface Dose                                |
| EXI              | Exposure Index                                       |
| FFF              | Fókus filmu fjarlægð                                 |
| GE               | General Electric                                     |
| HVL              | Helmingunarþykkt (ensk. Half Value Layer)            |
| IEC              | International Electrotechnical Commission            |
| ISO              | International Organization for Standardization       |
| K <sub>cal</sub> | Air kerma after calibration                          |
| K <sub>IND</sub> | Indicated Equivalent Air Kerma                       |
| K <sub>std</sub> | Standardized Radiation Exposure                      |
| kV               | Kilóvolt   |
| kVp              | Kilovolt peak  |
| Lat.             | Lateral  |
| LEAN             | Lean manufacturing eða Lean production               |
| LgM              | Log of Median  |
| mA               | Milli Ampere   |
| mAs              | Milli Ampere Seconds                                 |
| mR               | Milli Röntgen  |
| NRT              | Nordisk Röntgen Teknik                               |

|                |   |
|----------------|---|
| PA             | Posterior-Anterior staða                                  |
| PACS           | Picture Archiving and Communication System                |
| PSP            | Ljósörvandi ljómefni (ensk. Photo Stimulating Phosphorus) |
| REX            | Reached Exposure Value                                    |
| ROI            | Áhugasvæði (ensk. Region Of Interest)                     |
| S-value        | Sensitivity value   |
| $\mu\text{Gy}$ | Micro Gray  |
| VOI            | Áhugagildi (ensk. Value Of Interest)                      |

# 1 Inngangur

Við upphaf röntgenmyndgerðar voru myndir teknar á filmur, en nú til dags er nær öll röntgenmyndgerð á Íslandi stafræn. Að mestu leyti er myndgerðin svipuð, þó eru nokkur atriði sem munar um. Hér verða einungis rædd þau atriði sem skipta máli fyrir þessa rannsókn. Aðal markmið við röntgenmyndgerð er að taka mynd sem er nægjanlega góð til greiningar með sem minnstri geislun. Talað er um ALARA regluna (ensk. Low As Reasonably Achievable) sem segir að ávallt skuli nota minnstu mögulegu geislun, hvað varðar starfsmenn og sjúklinga, sem þarf til að búa til röntgenmynd sem hægt er að nota til greiningar. Ástæðan fyrir þessu er að röntgengeislun er jónandi geislun og getur valdið skaða á vefjum og erfðaefni. Því lægri geislaskammtur því minni eru líkurnar á því að geislunin valdi skaða.

Munur er á lýsingarsviði röntgenmynda sem teknar eru á filmu og stafræna myndnema. Lýsingarsvið er það bil af geislun (minnsta og mesta magn) sem hægt er að nota til að fá góða röntgenmynd. Lýsingarsviðið er mun stærra fyrir stafræna nema sem þýðir að hægt er að taka stafrænar röntgenmyndir með bæði minni og meiri geislun en röntgenmyndir á filmu. Eins og sést á Mynd 1 er hægt að sjá á röntgenmynd, sem hefur verið tekin á filmu hvort hún sé yfir- eða undirgeisluð. Undirgeisluð mynd er of ljós og yfirgeisluð mynd er of dökk. Ástæðan fyrir því að erfiðara er að sjá hvort stafræn röntgenmynd sé hæfilega mikið geisluð er sú að lýsingarsvið stafrænna myndnema er mun stærra en fyrir filmur og tölva leiðréttir birtustig í stafrænu myndinni eftir að hún hefur verið tekin.



**Mynd 1. Röntgenmyndir af lungum teknar á filmu. Mynd A er undirgeisluð, mynd B er hæfilega geisluð og mynd C er yfirgeisluð (1).**

Ekki er hægt að laga birtustig á röntgenmynd sem tekin er á filmu eftir að myndin hefur verið tekin. Stafræna mynd er hins vegar hægt að leiðrétta í tölvu með eftirvinnslu, að minnsta kosti upp að vissu marki. Í flestum tilvikum er auðveldara að laga mynd sem hefur verið tekin með of mikilli geislun en of lítilli. Ef geislun er það mikil að myndnemi mettast, þ.e. ef geislunin er það mikil að hún fellur fyrir utan lýsingarsvið nemans, þá er ekki hægt að laga stafrænu röntgenmyndina. Hins vegar þarf mynd að vera mikið yfirgeisluð til að stafrænn myndnemi mettist. Ef stafræn röntgenmynd er undirgeisluð verður svokallað skammtasuð (ensk. quantum mottle) í myndinni. Skammtasuð stafar af því að of fáar ljóseindir hafa farið í gegnum myndefnið og nýst til að búa til röntgenmyndina. Það að auðveldara sé að laga yfirgeislaða stafræna röntgenmynd heldur en undirgeislaða mynd með eftirvinnslu hefur leitt til fyrirbæris

sem er þekkt sem skammtaskrið (ensk. dose creep). Það felur í sér að geislafræðingar hafa tilhneigingu til að hækka smám saman tökugildi til að eiga ekki í hættu á því að það verði skammtasuð í myndinni og þar af leiðandi ófullnægjandi myndgæði (2).

Þar sem möguleiki er á að laga stafræna röntgenmynd með eftirvinnslu þá var haldið að eftir að stafræn röntgenmyndgerð kom til sögunnar myndi brottkast ónothæfra röntgenmynda minnka. Ýmsar rannsóknir hafa hins vegar sýnt fram á að brottkast mynda hefur dregist mun minna saman en reiknað var með (3). Ástæðan fyrir brottkasti mynda hefur hins vegar breyst. Þegar röntgenmyndir voru teknar á filmu var röng geislun algengasta ástæðan fyrir brottkasti og endurtekningu rannsókna. Það er að segja mynd var yfir- eða undirgeisluð og þess vegna ónothæf til greiningar. Eftir innleiðingu stafrænnar tækni er röng innstilling sem ástæða fyrir brottkasti algengast, en dregið hefur úr því að röng geislun sé ástæða brottkasts. Þar af leiðandi hefur brottkast röntgenmynda og endurtekning rannsókna nánast staðið í stað (4), (5).

## 1.1 Gerð röntgenmynda og stafrænir myndnemar

Röntgenmynd verður til með þeim hætti að röntgengeislun úr röntgenlampa fer í gegnum myndefni. Hluti geislunar stoppar í myndefninu þegar hún rekst á atóm. Sá hluti geislunar sem kemst alla leið í gegn, án þess að rekast á neitt á leiðinni, lendir á myndnema. Það er sú geislun sem nýtist við að búa til röntgenmyndina. Magn geislunar sem nær til myndnema ræðst af margvíslegum þáttum, svo sem orku röntgengeislans, fjarlægð á milli lampa og myndnema svokölluð fókus-filmu-fjarlægð (FFF), notkun á dreifigeislasíu (ensk. beam filtration), þykkt, lögun og efnasamsetningu myndefnis. Efnasamsetning myndefnisins ræður svokallaðri röntgenþéttni, þ.e. hversu auðveldlega röntgengeislunin kemst í gegnum myndefnið. Það sem ræður röntgenþéttni er fjöldi rafeinda í efninu. Því hærri eðlisþyngd sem efni hefur, því meiri er röntgenþéttin og það þarf því orkuríkari röntgengeislun til að komast alla leið í gegnum efnið (1).

Til að röntgenmynd verði til þá þarf ákveðið magn af geislun að fara alla leið í gegnum myndefnið og lenda á myndnemanum. Ef myndefni er þykkt og/eða með háa röntgenþéttni, eða FFF er mikil þarf að nota meiri geislun til að nægjanlegt magn af ljóseindum nái alla leið í gegn. Þar að leiðandi þarf meiri geislun við myndatöku á þykkum líkamshlutum eins og lungum, kviðarholi, mjaðmagrind og hrygg heldur en til að mynda útlími svo sem ökkla og úlniði.

Upphaflega var myndneminn filma sem þurfti að framkalla. Filmur hafa mismunandi eiginleika eftir því úr hvaða efni þær eru og hvernig þær eru byggðar upp. Það skiptir máli hversu þykkt næmnilag er og hvort notað er svo kallaðri mögnunarþynnu í filmuhylkinu. Filmur fyrir röntgen eru flokkaðar eftir því hversu næmar þær eru fyrir geislun. Í hvaða næmniflokki (ensk. speed class) filma er segir til um hversu næm hún er fyrir geislun.

$$\text{Næmniflokkur (Film Speed)} = 1 / \text{Geislun (Exposure)}$$

Hröð filma hefur þykkara næmnilag og þar af leiðandi er hún með meiri næmni fyrir geislun og þarf minni geislun til að fá mynd. Þykkara næmnilag leiðir af sér minni flatarupplausn. Ef filma er í háum næmniflokki, með þykkara næmnilag, minnkar flatarupplausnina vegna ljósdreifingar. Röntgenmyndir teknar af útlimum, þar sem krafan um flatarupplausn er meiri, voru þess vegna teknar á filmur með minni hraða þ.e. filmur með þynnra næmnilag, og með hlutfallslega meiri geislun (6).

Einn röntgentækjaframleiðandi, AGFA, byggir sína eigin geislunarvísa, LgM-tala, á hugmyndinni um næmniflokka. AGFA kallar það Exposure Class. Valið er fyrirfram á hvaða Exposure Class mynd á að vera gerð. Yfirleitt er það ákveðið og stillt fyrirfram fyrir alla prótokolla í tækinu. Hæfilega geisluð mynd á að vera með LgM um 1,9 óháð því á hvaða Exposure Class hún er tekin. Til að fá töluna 1,9 fyrir mynd sem hefur verið tekin með lægra Exposure Class þarf meiri geislun en fyrir mynd sem er tekin með hærra Exposure Class (2). Til að mynda þá eru röntgenmyndir af útlimum teknar með lægri Exposure Class og hlutfallslega hærri geislun til að fá betri flatarupplausn.

Stafræn röntgenmyndgerð getur farið fram bæði á flatskynjara (ensk. flat-panel), einnig kallað DR, eða á lausum myndplötum, kallaðar kassettur eða CR. Myndplötur þarf að setja í lesara til að lesa af myndinni og birta hana á tölvuskjá. Myndplatan er hylki með efni úr fosfór og PSP-kristöllum (Ljósörvandi ljómefni). Myndplötur virka þannig að geislun lendir á PSP þynnu eftir að hafa farið í gegnum myndefnið. Þegar geislun lendir á PSP þynnuni þá örvast rafendur í henni. Hversu mikið fer eftir magni geislunar. Þannig myndast analog merki sem geymir upplýsingar til að búa til mynd. Myndplatan er sett í lesara þar sem merkið sem skráð er í PSP efnið er lesið með ljósi og analog-to-digital-breytir (ADC) breytir analog merki í stafrænt merki. Myndlesari les af merkinu og eyðir því um leið þannig að hægt er að nota nemann í aðra myndatöku. Merkið verður til þar sem örvaðar rafeindir fara til baka í „hvíldarstöðu“ og gefa þá frá sér sýnilegt ljós. Þetta ljós breytist í stafrænt merki. Upplýsingarnar í stafræna merkinu birtast svo sem mynd á skjá (1). Tölvun lagar hráu myndina áður en hún birtist á skjánum, svo sem að breyta gráskala, kontrast og birtustigi.

Flest ný röntgentæki á Íslandi eru hins vegar með flatskynjara. Þeir virka þannig að geislun fer í gegnum myndefnið og lendir á nemanum. Hver díll í nemanum geymir merki og fer styrkur merkisins eftir magni geislunar á hvern díl. Merkinu er breytt í rafmerki sem er síðan gert stafrænt. Stafræna merkinu er svo breytt í mynd sem birtist á skjá. Einnig eru til flatskynjarar þar sem umbreytingin er óbein. Geislunin breytist þá fyrst í ljós og svo í rafrænt merki. Rafræna merkið breytist í stafrænt merki sem birtist svo í mynd á skjá (6). Líkt og með myndir teknar á myndplötu, þá lagar tölvun hráu myndina áður en hún birtist á skjánum.

Mismunandi efni getur verið í flatskynjaranum og hefur það áhrif á eiginleika hans til þess að búa til mynd. Efnið í nemanum, sem sér um að breyta geislun í rafmerki, hefur mest áhrif á það hversu næmur neminn er. Næmnin er mæld með svokölluðu DQE (ensk. Detective Quantum Efficiency). DQE segir til um hversu næmur myndneminn er fyrir geislun. Einföld útskýring á DQE er að ákveðið magn geislunar lendir á nema og segir DQE til um hversu stór hluti af þessari geislun nemans nýtist við að búa til mynd, þ.e. hversu mikla geislun þarf til að ákveðið magn af suði verði í mynd.

$DQE = \text{geislun sem nýtist við að búa til mynd} / \text{geislun sem lendir á nema}$

Fyrir fullkominn nema er hlutfallið 100%, það er að segja DQE er 1 (6). Því hærrí DQE því minni geislun þarf að lenda á nema til að búa til mynd og þar af leiðandi þarf minni geislun að fara í gegnum myndefnið. Stafrænir nemar hafa yfirleitt betri næmni fyrir geislun en filmur (7). Myndplötur (CR) eru venjulega með DQE í kringum 0,3 sem þýðir að 30% af geisluninni sem lendir á nemanum nýtist við að búa myndina til. Bestu flatskynjararnir geta verið með DQE upp að 0,8. Algengustu óbeinu nemarnir eru úr CsI:Tl (thallium-doped cesium iodide) eða Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb (terbium-doped gadolinium oxysulfide), og eru nemar með CsI:Tl með hærrí DQE en nemar úr Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb (8). Ástæðan fyrir því að ekki alltaf eru valdir myndnemar úr efni sem gefur hæsta DQE er sú að nemar eru með bestu upplausn við mismunandi kV. Það er misjafnt eftir gerð rannsókna með hversu hárrí spennu myndir eru teknar. Einnig eru nemar með hærrí DQE yfirleitt dýrari. Tegund flatskynjara er því valin meðal annars með tilliti til þeirra rannsókna sem á að framkvæma og hver kostnaðaráætlunin er. Geislaálagið sem þarf á myndnema fyrir hefðbundna röntgenmyndatöku er yfirleitt á bilinu 1,5 – 5 µGy (2).

## 1.2 Flatargeislun og mat á geislaálagi

Flatargeislun (ensk. Dose Area Product) er geislaskammtur margfaldaður með því flatarmáli sem er geislað. Það er skammstafað DAP og er oftast gefið upp með einingunni Gy·cm<sup>2</sup>, mGy·cm<sup>2</sup> eða cGy·cm<sup>2</sup>. Tiltölulega auðvelt er að mæla flatargeislun og eiga öll nýrrí röntgentæki að birta flatargeislun fyrir hverja tekna röntgenmynd. Sum tæki eru með DAP-mæli, sem er jónunarhyliki staðsett fyrir neðan röntgenlampan. Önnu tæki reikna flatargeislun út frá tókugildi, afblendun og fjarlægð frá myndefni.

Þar sem geislað svæði hefur áhrif á flatargeislunina þá skiptir afblendun máli, vegna þess að því stærra svæði sem geislað er því hærrí verður geislaskammturinn. Annað sem hefur áhrif á flatargeislun er tókugildi (kVp, mAs). Samhengi er á milli flatargeislunar og geislaálags (ensk. effective dose) sem sjúklingur verður fyrir við röntgenmyndatöku (9), (10). Það er að segja með því að mæla flatargeislun er hægt að segja til um geislaskammta og áætla geislaálag sem sjúklingur verður fyrir (11). Vitað er að munur er á geislaskömmtum á milli röntgendeilda og einnig mismunandi eftir tækjum á sömu deild, sérstaklega ef tækin eru af mismunandi gerð eða frá mismunandi framleiðendum. Einnig eru gerðar mismunandi kröfur til myndgæða, það er að segja hversu mikið suð er ásættanlegt í myndinni. Þess vegna er mjög líklegt að einnig sé munur á því magni geislunar sem þarf á nema á milli röntgendeilda og á milli tækja, aðallega á milli tækja með mismunandi gerð nema. Í þessu tilviki skiptir DQE nemans miklu máli. Nemar með hærrí DQE þurfa minni geislun til að fá mynd með ásættanlegt suð og þar af leiðandi verður flatargeislun á nema með hátt DQE lægri fyrir sambærilegar rannsóknir.

### 1.2.1 Viðmiðunargeislaskammtar

Viðmiðunargeislaskammtur er geislaskammtur fyrir ákveðna rannsókn/innstillingu á sjúklingi í meðalstærð, sem samkvæmt leiðbeiningum frá Evrópusambandinu er 70 ± 15 kg (55-85 kg) (12). Samkvæmt reglugerð nr. 1299 um geislavarnir vegna notkunar geislatækja sem gefa frá sér jónandi



geislun 46. gr (13) eiga „Geislavarnir ríkisins gefa út landsviðmið fyrir geislaálag við geislagreiningu fyrir algengar og geislaþungar rannsóknir. Viðmiðin skulu byggja á niðurstöðum reglubundins mats á geislaálagi sjúklinga sbr. 45. gr., sem og norrænum og evrópskum viðmiðum.“ Þessi viðmiðunargildi eru á ensku nefnd Diagnostic Reference Levels (DRL). Viðmiðunargildin eru sett þannig að flatargeislun flestra röntgenrannsókna sem fara fram á eðlilegan hátt af sjúklingi í meðalstærð eiga að vera þar fyrir neðan. Algengast er að viðmiðunargildið sé við efri (þriðja) fjórðungsmark meðal-geislaskammta. Það er að segja miðað við meðal-geislaskammt, er geislaskammtur 75% röntgenrannsókna fyrir neðan viðmiðunargildin. Þær deildir þar sem meðal-geislaskammtur er fyrir ofan viðmiðunargildi ættu að skoða aðferðir, vinnubrögð og tæki sín sérstaklega með tilliti til hvort bæta megi vinnubrögð og/eða tækjakost og lækka þannig geislaskammta. Viðmiðunargildin eru engu að síður aðeins leiðbeinandi gildi og setja ekki takmörk á einstakar rannsóknir þar sem stundum getur verið þörf á því að nota hærri geislaskammta, til dæmis vegna stærðar sjúklings eða ef þörf er á betri myndgæðum en fyrir meðalrannsókn. Viðmiðunargeislaskammtar fyrir almennt röntgen eru gefnir upp annað hvort sem Entrance Surface Dose (ESD) eða sem flatargeislun (DAP). Í þessu verkefni eru allir viðmiðunarskammtar gefnir upp sem flatargeislun.

Mælt er með því að öll Evrópulönd ákvarði svokölluð landsviðmið geislaskammta (ensk. National DRL) (14). Ekki hefur verið ákvarðað landsviðmið geislaskammta fyrir Ísland, en verið er að safna gögnum til að geta ákvarðað DRL fyrir Íslandi. Vafasamt getur verið að bera saman viðmiðunargildi og meðal-geislaskammta frá ólíkum landssvæðum. Ástæða þess er mismunandi vinnubrögð og aðstæður við röntgenrannsóknir og einnig vegna þess að meðalstærð sjúklinga getur verið mismunandi. Sem dæmi er meðalstærð Asíubúa minni en meðalstærð Evrópubúa. Hins vegar ætti að vera óhætt að bera íslenskar tölur saman við nágrannalönd, þar sem aðstæður eru nokkurn veginn þær sömu.

Landsviðmið geislaskammta eiga ekki að vera endanleg heldur þarf að uppfæra þau reglulega. Með bættri tækni og endurskoðun vinnubragða ættu geislaskammtar að minnka og viðmiðunar geislaskammta að lækka með tímanum. Sem dæmi má nefna Noreg þar sem landsviðmið voru gefin út með nokkurra ára millibili, árin 2007, 2009 og 2012. Tölurnar frá árinu 2012 eru lægri en þær frá 2007 og 2009 (15). Tafla 1 sýnir landsviðmið geislaskammta sem nú eru í gildi fyrir Noreg, Svíþjóð, Danmörku, Finnland og einnig viðmiðunargeislaskammta gefna út af Evrópusambandinu. Þeir viðmiðunargeislaskammtar sem nú eru í gildi á Norðurlöndunum eru allir lægri en þeir sem Evrópusambandið gaf út í skýrslu frá árinu 1999 (sjá Tafla 1). Mismunandi er á milli landa fyrir hvaða rannsóknir viðmiðunargeislaskammta eru til. Sum lönd, til dæmis Noregur, hafa gefið upp viðmiðunargeislaskammta fyrir bæði röntgenrannsóknir almennt og fyrir röntgenmyndatökur með flatskynjara (16). Viðmiðunargeislaskammtar fyrir Noreg sem koma fram í Tafla 1 eru fyrir flatskynjara.

**Tafla 1. Landsviðmið viðmiðunargeislaskammta (DRL) fyrir nokkur nágrennalönd og leiðbeinandi viðmiðunargeislaskammta frá EES (Evrópusambandinu). Viðmiðunargeislaskammtar fyrir Noreg eru aðeins fyrir flatskynjara. \*Gildi frá Danmörku fyrir lungu er aðeins fyrir AP-mynd ekki lateral. \*\*Gildi frá Svíþjóð fyrir mjaðmagrind og mjaðmalið eru fyrir báðar rannsóknirnar saman.**

| Rannsókn              | Noregur (15)<br>(Gy·cm <sup>2</sup> ) | Svíþjóð (17)<br>(Gy·cm <sup>2</sup> ) | Danmörk (16)<br>(Gy·cm <sup>2</sup> ) | Finnland (18)<br>(Gy·cm <sup>2</sup> ) | EES (12)<br>(Gy·cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Lungnu AP og LAT      | 0,5                                   | 0,6                                   | 0,3*                                  | 0,3                                    | 1                                 |
| Kviðarhol             | 5,5                                   | -                                     | -                                     | 1,6                                    | -                                 |
| Mjaðmagrind           | 2,5                                   | 10**                                  | 1,5                                   | -                                      | 4                                 |
| Mjaðmaliður           | 1,5                                   | 10**                                  | -                                     | -                                      | -                                 |
| Lendhryggur AP og LAT | 8                                     | 4                                     | -                                     | 3,1                                    | 10                                |

### 1.3 Geislunarvísar

Eins og áður hefur verið nefnt er erfitt að meta hvort stafræn röntgenmynd sé hæfilega mikið geisluð. Til að leysa þetta vandamál hafa framleiðendur röntgentækja þróað svokallaða geislunarvísa (ensk. exposure indicators). Geislunarvísir er tala sem birtist á skjá stafræns röntgentækis fyrir hverja mynd og segir til um hversu mikil geislun hefur verið notuð við gerð myndarinnar. Hún segir ekki til um hversu mikil geislun hefur lent á myndefninu heldur hversu mikil geislun fór alla leið í gegn og lenti á myndnema. Það er að segja það magn geislunar sem notað var til að búa til röntgenmyndina. Upphaflega þróaði hver röntgentækjaframleiðandi sína eigin geislunarvísa og var framleiðandinn Philips fyrstur (6). Eins og fram kemur í Tafla 2 var lítið sem ekkert samræmi á geislunarvísunum á milli tækjaframleiðanda (19). Þetta getur valdið ruglingi þar sem geislafræðingar vinna oft með tæki frá fleiri en einum framleiðanda. Auk þess gerir það notkun á geislunarvísunum í gæðaeftirliti erfiðari þar sem það býður ekki upp á samanburð á milli tækja og röntgendeilda. Algengt er að miða við það að ef mynd er hæfilega geisluð þá eiga 2,5 µGy að hafa náð til myndnema (2). Það er að segja það þarf 2,5 µGy til að búa til mynd með ásættanlega miklu suði í. Þetta er þó aðeins breytilegt þar sem stundum þarf betri myndgæði og stundum er hægt að sætta sig við lakari myndgæði, auk þess sem DQE nema er misjöfn. Tafla 3 sýnir gildi geislunarvísa frá mismunandi framleiðendum röntgentækja miðað við að 1,5 til 10 µGy geislun hefur farið í gegnum myndefnið og lent á nema. Þar sést að lítið sem ekkert samræmi er á milli mismunandi geislunarvísa (20).

**Tafla 2. Dæmi um geislunarvísa frá mismunandi framleiðendum röntgentækja og hvernig þau eru fundin miðað við magn geislunar (X) (19).**

| Framleiðandi  | Heiti                   | Skammstöfun | Exposure dependence                             |
|---------------|-------------------------|-------------|---|
| Agfa          | Log of median           | lgM         | $lgM+0.3=2X$                                    |
| Canon         | Reached exposure value  | REX         | Brightness=c1, Contrast=c2,<br>$REX \propto X1$ |
| Carestream    | Exposure Index          | EI          | $EI+300=2X$                                     |
| Fujifilm      | S value                 | S           | $200/S \propto X$ (mR)                          |
| Konica        | Sensitivity number      | S           | $200/S \propto X$ (mR)                          |
| GE Healthcare | Detector exposure index | DEI         | Stillt af notandi                               |
| Philips       | Exposure Index          | EI          | $1000/X$ ( $\mu$ Gy)                            |
| Siemens       | Exposure index          | EXI         | $X(\mu$ Gy)=EI/100                              |

**Tafla 3. Geislaamagn á myndnema miðað við geislunarvísa frá nokkrum mismunandi framleiðendum röntgentækja og samræmdur geislunarvísinn Exposure Index (EI) (2).**

| Geislaamagn   | AGFA<br>Exposure<br>Class 200 | AGFA<br>Exposure<br>Class 400 | Siemens | Philips | EI   |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------|
| 1,25 $\mu$ Gy | 1,3                           | 1,6                           | 190     | 800     | 125  |
| 2,5 $\mu$ Gy  | 1,6                           | 1,9                           | 380     | 400     | 250  |
| 5 $\mu$ Gy    | 1,9                           | 2,2                           | 760     | 200     | 500  |
| 10 $\mu$ Gy   | 2,2                           | 2,5                           | 1520    | 100     | 1000 |

Samkvæmt tilskipun frá Evrópusambandinu verða öll röntgentæki sem notuð eru fyrir hefðbundið röntgen (ensk. conventional x-ray) að birta geislunarvísi sem gerir notanda tækisins kleift að leggja mat á hvort hæfilegt magn geislunar hafi verið notað við rannsóknina (21).

## 1.4 Exposure Index

Nýr og samræmdur geislunarvísir, kallaður Exposure Index (EI), var þróaður og kynntur til sögunnar árið 2008 af IEC (*International Electrotechnical Commission*) (22). Ári seinna gaf AAPM (*the American Association of Physicists in Medicine*) einnig út skýrslu þar sem mælt var með EI sem samræmdum geislunarvísi (19). Það var smá munur á EI sem þróaður var af þessum tveimur stofnunum. EI frá AAPM

var gefið upp með einingunni  $\mu\text{Gy}$ , en EI frá IEC var tala án einingar. Deviation Index (DI) frá AAPM var gefið upp með einum aukastaf. En frá IEC var þetta ekki eins nákvæmt. Unnið hefur verið að því að samræma geislunarvísan og er það EI sem flestir framleiðendur nota í dag gefið upp án einingar og DI er með einum til tveimur aukstöfum (22).

Mælt er með því að öll ný röntgentæki bjóði upp á möguleikann á því að birta þessa nýju og samræmdu geislunarvísa. Á skjá röntgentækis sem býður upp á notkun samræmdra geislunarvísa birtast tölur fyrir EI og efúið er að setja upp svo kallað Target Exposure Index ( $\text{EI}_T$ ) birtast einnig Deviation Index (DI). EI segir til um magn geislunar sem hefur náð til myndnema og DI segir til um hversu nálægt mynd er að vera fullkomlega geisluð miðað við þær forsendur þ.e. að segja hversu nálægt EI er  $\text{EI}_T$ .

Á Íslandi eru nokkur nýleg röntgentæki sem bjóða upp á þann möguleika að birta samræmda geislunarvísa, bæði föst röntgentæki og færarleg tæki (ensk. mobile x-ray). Óljóst er hvernig staðan er þegar kemur að notkun og þekkingu á EI meðal starfandi geislafræðinga í landinu og hversu langt vinnan er komin með að ákvarða og setja upp  $\text{EI}_T$  í tækin.

$K_{\text{STD}}$  (Standardized Radiation Exposure) er geislun í lofti, mæld við yfirborð myndnema við staðlaðar aðstæður (23).  $K_{\text{IND}}$  (Indicated Equivalent Air Kerma) segir til um magn geislunar sem hefur lent á myndnema við eina geislun (6). Air Kerma er orka geislans tekin upp í 1 kg af lofti.  $K_{\text{IND}}$  er reiknað út í röntgentæki út frá magni geislunar á hvern díl, það er að segja út frá gildum fyrir hvern díl á nemanum. Þetta er ekki gert eins í öllum tækjum og notar hver framleiðandi sína aðferð. Algengast er að aðeins hluti nemans sé inni í þessum útreikningi (24).

EI segir, eins og forverar hans, ekki til um hversu mikilli geislun myndefnið varð fyrir heldur hversu mikil geislun náði til myndnemans. Talan hefur enga einingu, en er í línulegu samhengi við magn geislunar. Framleiðendur röntgentækja reikna ekki öll EI á nákvæmlega sama hátt. Í flestum tilvikum er það þó reiknað út frá birtudreifingarriti (ensk. histogram) og byggist á sjálfvirku vali á áhugasvæði (ensk. Region of Interest, ROI).

Birtudreifingarrit er mynd sem sýnir fjölda díla með ákveðið gildi fyrir grátón. Hver röntgenmynd hefur ákveðið birtudreifingarrit sem sýnir hversu margir dílar eru með ákveðinn grátón. Hver tegund rannsóknar hefur sitt dæmigerða birtudreifingarrit sem segir til um fjölda díla í ákveðnum grátón fyrir dæmigerða röntgenmynd af ákveðnum líkamshluta. Mynd 2 sýnir dæmigert birtudreifingarrit fyrir röntgenmynd af lungum.



**Mynd 2. Dæmigert birtudreifingarrit fyrir röntgenmynd af lungum.**

Áhugasvæði er það svæði á mynd sem tæki ákvarðar að tilheyri myndefninu. Það er gert með því að greina mynd og ákvarða blendubrúnir. Við ákvörðun á EI er svo gildi hvers díls sem fellur innan áhugasvæðisins notað. Ýmislegt getur haft áhrif á það hvað tækið telur tilheyra áhugasvæðinu, svo sem tökugildi, þykkt og lögun myndefnis, tegund rannsóknar og myndvinnsla. Þar af leiðandi getur verið vafasamt að bera saman EI á milli mismunandi rannsókna og innstillinga (24). Hlutfallsleg stærð áhugasvæðis af heildar myndnema getur verið mismunandi, þó er mælt með að að minnsta kosti 40% af flatarmáli myndnemans sé notað við útreikning á EI (24) (25). Erfitt getur reynst að bera saman EI á milli nema með mjög ólík DQE vegna þess að namar með hærri DQE þurfa minni geislun til að fá mynd með ásættanlegt suð (9). Það kemur líka fyrir að gildi díla, sem eru mikið frábrugðin dæmigerðu birtudreifingarriti fyrir rannsóknina, t.d. mjög dökk og stafa af því að ódeyfð geislun lendir á myndnema, eru útilokuð við útreikning á EI. Þau dílagildi sem eru tekin með í útreikninginn eru nefnd áhugagildi (ensk. Value of Interest, VOI) (24).

Allt það sem hefur áhrif á magn geislunar sem nær til myndnema hefur einnig áhrif á EI. Þetta eru tökugildi (kV og mAs), afblendun, þykkt og lögun myndefnis, röntgenþetni myndefnis, FFF og dreifigeislasía. Þekkt er að málmur, eins og gerviliðir, geta lækkað EI þar sem hluti sem eru mjög röntgenþéttir hleypa minna magni af geislun í gegnum sig. Stór blenda sem veldur því að aukið magn ódeyfðrar geislunar lendir á myndnema getur hækkað EI (26), (6). Einnig getur tæki misreiknað EI, t.d. með því að áætla rangt áhugasvæði. Það er að segja að taka svæði sem ekki er hluti af myndefninu með í útreikninginn, svo sem ódeyfða geislun eða hluta af blývörn. Ef tækið misreiknar blendubrúnir getur orðið svokölluð birtudreifingar greiningar villa (ensk. histogram analysis error). Það þýðir að tækið birtir of dökka mynd, en geislunarvísirinn segir að myndin sé undirgeisluð miðað við eðlilegt birtudreifingarrit. Tækið birtir þá dökka mynd þar sem það reynir að leiðrétta fyrir undirgeislun samkvæmt greiningu á birtudreifingarritinu (6).

Mælt er með því að röntgentæki sé kvarðað fyrir EI. Bæði við uppsetningu tækisins áður en það er tekið í notkun og svo reglulega sem hluti af gæðaeftirliti. Bæði AAPM og IEC hafa gefið út einfaldar og ítarlegar leiðbeiningar um hvernig á að kvarða tæki fyrir EI (23). Rétt kvarða tæki á að gefa EI = 100  $K_{cal}$ . Þar sem  $K_{cal}$  er air kerma mælt í  $\mu\text{Gy}$  eftir að tæki hefur verið kvarðað fyrir EI. Bæði AAPM og IEC notar RQA5 standard sem viðmið fyrir gæði geislans við kvörðun fyrir EI:

- 70 kVp
- RQR5 pre-filtered beam (70 kV og 2,6 mm Al)
- 21 mm Al sía
- 6,8 mm Al HVL

### 1.4.1 Target Exposure Index

Target Exposure Index ( $EI_T$ ) er það gildi sem fullkomið EI fær við ákveðnar aðstæður fyrir tiltekna rannsókn. Það er að segja þegar mynd er rétt geisluð.  $EI_T$  getur verið breytilegt á milli röntgendeilda og tækja þar sem munur getur verið á milli myndnema með tillit til þess hversu næmir þeir eru fyrir geislun. Það er eðlilegt að vera með mismunandi  $EI_T$  fyrir myndnema með mismunandi DQE. Myndnemi með hátt DQE þarf minni geislun til að búa til mynd. Þar af leiðandi ætti  $EI_T$  að vera lægra fyrir þannig myndnema.

Einnig getur verið misjafnt eftir hvaða myndgæðum er sóst eftir. Mælt er með að hver röntgendeild ákvarði og stilli  $EI_T$  fyrir hvert röntgentæki og fyrir hverja rannsókn (og innstillingu) og að regluleg endurskoðun á  $EI_T$  sé hluti af gæðastarfi röntgendeilda (27).

Ekki eru til nákvæmar leiðbeiningar um hvernig eigi að ákvarða  $EI_T$  og hafa mismunandi leiðir verið kynntar og notaðar. AAPM mæla með að framleiðendur röntgentækja gefi út leiðbeinandi gildi og að hver röntgendeild endurskoði svo gildin út frá aðstæðum og þeim myndgæðum sem sóst er eftir. Mælt er með að þessi gildi endurspegli  $K_{IND}$  fyrir myndnemann. Það sem hefur mest áhrif á  $K_{IND}$  er gerð myndnema, það er að segja úr hvaða efni hann er. Myndnemi með hátt DQE, hæfileiki myndnemans í að breyta orku röntgeislans í mynd, gefur yfirleitt lægra  $K_{IND}$  (25).

Ein leið til að ákvarða  $EI_T$  er að taka meðaltal EI fyrir fjölda mynda sem hafa verið teknar við kjöraðstæður af meðalstórum sjúklingum og metnar eru hæfilega mikið geislaðar. Þetta byggir á huglægu mati á myndgæðum. Önnur leið er að taka meðaltal EI fyrir ákveðinn fjölda mynda án þess að leggja mat á myndgæðin eða velja gildi fyrir sjúklinga í meðalstærð (20). Spurning er þá hversu mikinn fjölda mynda þarf til að áhrifin af „óeðlilegum“ rannsóknum hverfi. Einnig er þekkt að framleiðendur röntgentækja gefi út leiðbeinandi gildi fyrir  $EI_T$ , eins og AAPM mælir með, og að þessi gildi séu sett upp í tækið þegar það er tekið í notkun. Einnig er hægt að nota gildi frá sams konar röntgentækjum. Önnur leið er að skoða geislaskammta, svo sem flatargeislun (DAP), fyrir myndir teknar af meðalstórum sjúklingum og ákvarða  $EI_T$  út frá þeim EI gildi sem koma við ákveðna geislaskammta. Þessi aðferð byggir á því að það er samband á milli flatargeislunar og EI. Líklegt er að þannig samband sé til staðar fyrir myndefni í meðalstærð og verður það kannað í þessari rannsókn. Sýnt hefur verið fram á að ákveðið samband sé til staðar á milli geislaskammta og EI, þó að EI sé ekki beint mat á geislaskömmtum (24).

Þegar  $EI_T$  er ákvarðað þarf að hafa allt það í huga sem hefur áhrif á EI. Eitt atriði sem getur skipt máli er ef sjálfvirk geislunarstýring er illa stillt eða ekki með rétt kammer á myndnema miðað við hvar sjálfvirka

geislunarstýringin á að rjúfa. Þetta getur gefið meiri geislun en þörf er á og leitt til óþarflega hás  $E_{IT}$ . Tæki sem upphaflega var gert fyrir röntgenmyndagerð með filmutækni er líklegt til að gefa hærri mAs þó að lægri kV sé notuð við sjálfvirka geislunarstýringu og þar af leiðandi gefa hærri EI (23). Hinsvegar ættu flest öll tæki sem bjóða upp á notkun á EI að vera gerð fyrir starfræna röntgentækni þar sem þetta er frekar nýtt.

Hugmyndin með  $E_{IT}$  er ekki alveg ný. Geislunarvísirinn frá röntgentækja framleiðandanum General Electric, DEI (Detector Exposure Index), byggir á samskonar hugmynd og Deviation Index (DI). Þau gefa út ráðlögð DEI-gildi sem byggja á tölfræði. Það er að segja greiningu gagna og miðgildi fyrir rannsóknir af mismunandi líkamshlutum og innstillingar við staðlaðar aðstæður við röntgenmyndatöku. Gildin verða mismunandi meðal annars vegna mismunandi krafna um kontrast, það er til að mynda munur á milli æskilegs kontrasts á milli röntgenmynda af lungum og mjaðmagrind. Einnig verður munur á gildum eftir því hvaða kammer eru notuð í sjálfvirkri geislunarstýringu (ensk. Automatic Exposure Control, AEC). Í leiðbeiningum frá General Electric eru gildin ekki endanleg, heldur er mælt með að þau séu endurskoðuð reglulega, alveg eins og mælt er með þegar kemur að  $E_{IT}$ . Einnig er bent á að aðeins eitt gildi sé gefið upp fyrir hverja rannsókn, en þau eru eðlilega öðruvísi fyrir barnaprótókolla og fyrir færanleg röntgentæki (28).

## 1.4.2 Deviation Index

Deviation index (DI) er reiknað út sjálfvirkt í vinnslutölvunni fyrir röntgenmyndataekið samkvæmt formúlunni:

$$DI = 10 \times (\text{Log}_{10} (EI / E_{IT}))$$

Ef EI er jafnt og  $E_{IT}$  verður  $DI = 0$  (23). Þetta auðveldar geislafræðingum að nota geislunarvísa þar sem einungis þarf að stefna á að fá DI sem næst 0 til að fá mynd sem er hæfilega geisluð og gildir það fyrir allar rannsóknir óháð líkamshluta, innstillingu, gerð tækis og fleira. Einungis þarf að muna þetta eina gildi óháð því hvaða rannsókn er framkvæmd.

Erfitt getur reynst að taka mynd sem er með  $DI = 0$ , þar sem ýmislegt annað en bara tókugildi hefur áhrif á hversu mikil geislun nær til myndnemans og það er heldur ekki markmiðið. Heldur einungis að vera nálægt DI 0.

Mismunandi leiðbeiningar hafa verið gefnar út varðandi notkun á DI. En almennt er talið að DI á bilinu -1 til 1 sé hæfilega geisluð mynd (25). Ekki er talið tilefni til að endurtaka mynd ef DI er á bilinu -3 til 3. Ef DI er yfir 3 þarf að meta hvort þörf sé á endurtekingu með tilliti til mettunar á myndnema (29). Einnig getur verið minni kontrast í yfirgeislaðri mynd vegna aukinnar dreifigeislunar. Fyrir utan það að hættan á því að myndnemi verði mettaður ef geislamagn er óeðlilega mikið og kontrast getur minnkað vegna dreifigeislunar, þýðir 100% meiri geislun en talið er nauðsynlegt að ALARA reglunni hefur ekki verið fylgt eftir (6). Ef DI er undir -3 þarf að leggja mat á það hvort þörf sé á að endurtaka mynd vegna

undirgeislunar sem getur leitt til skammtasuðs. En líklegt er að skammtasuð sjáist í myndinni ef geislunarmagn er 50% undir því sem hæfilega mikið geisluð mynd þarf (6).

Eins og fram kemur í Tafla 4 þýðir DI -3 að 50% minni geislun en mælt er með hefur náð til myndnemans. DI 3 þýðir að 100% meiri geislun en talin er nauðsynleg til að fá hæfilega geislaða mynd hefur náð til myndnemans (29).

Skilyrði fyrir notkun á DI er að  $EI_T$  hafi verið sett upp í tækið og að vandað hafi verið til við val á gildi.

**Tafla 4. Frávik frá Target Exposure Index ( $EI_T$ ), magn geislunar í %. \*DI (Deviation Index)**

| DI* | Frávik frá $EI_T$ (%) |
|-----|-----------------------|
| 3   | +100%                 |
| 2   | +58%                  |
| 1   | +26%                  |
| 0   | 0                     |
| -1  | -21%                  |
| -2  | -37%                  |
| -3  | -50%                  |

## 1.5 Gæðastarf

Upphaf gæðaeftirlitsins er hægt að rekja til ársins 1950 þegar þrír Bandaríkjamenn fóru til Japans til að aðstoða við að koma á nýjum stjórnunarháttum í iðnaði. Japan var orðið mikilvægt þegar kom að ódýrri og skilvirkri framleiðslu. Gæðastjórnun var tæki til að tryggja gæði framleiðslunnar. Lengri tíma eða allt að þrjú áratugi tók það gæðaeftirlit að ryðja sér til rúms á Vesturlöndum (30). Í gæðaeftirliti felst allt sem hefur eftirlit með starfsemi, framleiðslu og veittri þjónustu. Það er öflugt og nauðsynlegt tæki til að tryggja gæði, öryggi og hafa eftirlit með starfsemi á skipulagðan hátt. Mælingar, gagnasöfnun og gagnaskoðun, staðlaðir vinnuferlar, endurskoðun og endurbætur á vinnuferlum og úttekt á mismunandi þáttum starfseminnar er allt hluti af gæðastarfi. Markmið með gæðaeftirliti er að finna galla og veikleika í starfseminni og tryggja að öll vinna fari fram á réttan hátt samkvæmt stöðlum og reglugerðum. Það er ekki bara gert til að auka afköst og skilvirkni, heldur einnig til að tryggja öryggi og koma í veg fyrir bæði mannleg og tæknileg mistök (31). Öryggið er sérstaklega mikilvægt þegar kemur að starfsemi sem snýr að heilbrigðisþjónustu, sem röntgenmyndagerð er hluti af. Hér skiptir gæðaeftirlit miklu máli til þess að uppfylla ALARA regluna um að nota minnsta mögulegu geislun til að fá greiningahæfa mynd. Einnig er mikilvægt að myndgæðin séu það góð að engin sjúkdómsenkenni yfirsjáist í greiningarferlinu. Að sýna fram á árangur af gæðaeftirliti og gæðavinnu og kynna árangurinn fyrir starfsfólki auðveldar því að virkja starfsfólkið í gæðastarfinu og að ná árangri (32). Gagnasöfnun og mælingar eru mikilvægur hluti af gæðastarfi. Til að getað lagað og breytt vinnuferlum til hins betra verða að vera til upplýsingar um hvernig staðan er bæði fyrir og eftir breytingar og innleiðingu nýrra verkferla (32).



Þróaðar hafa verið margar aðferðir við gæðaeftirlit svo sem ISO-staðlar (ensk. International Organization for Standardization) og LEAN (Lean manufacturing). ISO-staðlar eru staðlar sem alþjóðlegu ISO-samtökin gefa út. Til að fyrirtæki eða stofnanir geta gefi út að þau vinni samkvæmt ISO-stöðlum þarf að uppfylla ákveðin skilyrði við starfsemina sem hafa verið sett fram af alþjóðlegu ISO-stofnuninni. LEAN er gæðakerfi sem upphaflega var þróað fyrir Toyota bílaframleiðandann til að hámarka afköst og gæði við vinnu á færribandi. LEAN er eitt þeirra gæðakerfa sem hafa verið notuð innan heilbrigðiskerfa og hefur verið innleitt á sumum sviðum Landspítalans. Markmið mismunandi gæðastjórnunarkerfa eru í heildina eins þó að þau feli í sér mismunandi aðferðir við vinnu og skipulag. Það sem þarf að hafa í huga við alla gæðavinnu óháð aðferð er sannfæring yfirstjórnenda, áhersla á ánægju viðskiptavina, hóp- og samvinna, stöðugar umbætur, stjórnun ferla og mælanleiki, þátttaka starfsmanna og starfsgleði þeirra, menntun og þjálfun (30).

Samkvæmt reglugerð um geislavarnir vegna notkunar geislatækja sem gefa frá sér jónandi geislun nr. 1299/2015 verður áætlun um gæðaeftirlit að hafa verið samþykkt áður en leyfi fyrir notkun röntgentækis er veitt (13). Eitt af því sem gæðaeftirlit á að fela í sér er mat á geislaálagi sjúklinga við myndgreiningarannsóknir. Geislavarnir ríkisins gefa út leiðbeiningar varðandi gæðaeftirlit með tækjum sem gefa frá sér jónandi geislun og eiga röntgendeildir að veita upplýsingar sem gera Geislavörnum ríkisins kleift að leggja mat á geislaálag sjúklinga á fimm ára fresti. Öll tæki eiga að vera með DAP-mæli eða reikna út geislaálag til þess að geta birt tölur um geislaálag á aðgengilegan hátt. Á nýlegum röntgentækjum er yfirleitt geislunarmælir sem mælir flatargeislun og tölur birtast á skjá röntgentækis fyrir hverja tekna röntgenmynd. Fyrir eldri tæki, sem eru ekki með DAP-mæli eða reiknar út geislaálag sjálfvirk, á að skrá mAs, kV og aðrar upplýsingar sem auðveldar útreikning á geislaskömmtum.

### 1.5.1 Geislunarvísar og gæðaeftirlit

Gæðaeftirlit með röntgenmyndatökum var reglulegt á tíma filmunnar. Myndir sem ekki voru nægilega góðar voru taldar og flokkaðar. Þar sem endurtaka þurfti bæði undir- og yfirgeislaðar myndir, vegna þess að þær voru of ljósar eða of dökkar, þá lentu þessar myndir í talningu og flokkun (33). Þegar stafræn röntgenmyndgerð kom til sögunnar féll þetta gæðaeftirlit að hluta til niður. Það var í mörgum tilvikum hægt að laga undir- og yfirgeislaða myndir, þannig að það varð erfiðara að fylgjast með hvort notuð var hæfilega mikil geislun. Einnig er auðveldara að eyða ónothæfum myndum sem eru á tölvutæku formi og að endurtaka mynd er einfaldara og krefst minni vinnu en þegar þurfti að framkalla allar röntgenmyndir. Þar sem vantað hefur áreiðanlegan geislunarvísi sem er einfaldur í notkun hefur eftirlit með skammtaskriði reynst erfiðara. Vonandi mun innleiðing nýrra samræmdra geislunarvísar auðvelda geislafræðingum að leggja mat á hvort röntgenmynd sé hæfilega mikið geisluð og einnig auðvelda gæðaeftirlit þegar kemur að því að uppgötva skammtaskrið og minnka geislaskammta og þar með draga úr óþarfa geislun á sjúklinga (34).

Þegar kemur að röntgenmyndgerð eru geislunarvísar gott verkfæri til að nota við gæðaeftirlit óháð því hvernig gæðastarfið er skipulagt. Meðal annars hefur verið bent á að geislunarvísar geti verið gott

verkfæri til að koma auga á skammtaskrið (35). Þar mun samræmdur geislunarvísir eins og EI nýtast vel (20). Til eru tölvuforrit sem geta safnað miklum fjölda geislunarvísa og auðvelt er að skoða mikið gagnamagn aftur í tímann með tiltölulega lítilli fyrirhöfn (36). EI og DI eiga að fylgja DICOM myndum og eiga þessi gögn að vera aðgengileg í PACS-forriti fyrir DICOM myndir. Uppsetning, framkvæmd og endurskoðun á gæðaeftirliti eiga að vera í samvinnu eðlisfræðinga, geislafræðinga og röntgenlækna (27). Röntgenlæknar ættu þannig að koma að vinnunni við ákörðun á EI þar sem það byggir á mati á myndgæðum. Notkun á samræmdum geislunarvísi, eins og EI og DI, auðveldar gæðaeftirlit þar sem samanburður á milli tækja frá mismunandi framleiðendum og röntgendeildum kemur við sögu. Til að samanburður á milli tækja og röntgendeilda verði marktækur þarf vönduð uppsetning á EI að hafa farið fram.

Þó að EI gefi ekki beint upp geislaskammta á sjúklinga, heldur leggi einungis mat á geislun sem hefur náð til myndnema, getur hún gefið til kynna ef hæfilega mikil geislun er notuð við röntgenmyndagerð miðað við þau myndgæði sem sóst er eftir (27).

## 1.6 Innleiðing nýjunga í röntgenmyndagerð

Þar sem tækispróun hefur verið afar hröð innan röntgentækninnar þá hafa ýmsar nýjungar verið innleiddar í gegnum árin. Mesta byltingin hefur líklega verið stafræn röntgenmyndgerð og að hverfa frá filmutækni. Tækniþróunin innan stafrænnar tækni hefur einnig verið hröð og ættu geislafræðingar því að vera opnir fyrir nýjungum eins og EI og DI. Hins vegar þarf að kynna þetta fyrir notendum nýrra tækja og til að hámarka nýtingu á þessu þarf að vanda til kennslu og kynninga á nýjum geislunarvísnum. Til að ný tækni verði tekin í notkun er æskilegt að hún sé ekki of flókin eða tímafrek og það þurfa að vera til einfaldar og aðgengilegar leiðbeiningar.

Kostnaður má heldur ekki vera of hár þar sem það getur komið í veg fyrir að stofnanir og fyrirtæki sjái sér hag í að innleiða nýja tækni. Ef þörf er á utanaðkomandi og aðkeyptri þjónustu við innleiðingu nýjunga getur það hægt á ferlinu.

Virkt gæðaeftirlit er mikilvægur þáttur við innleiðingu á nýju tæki og nýjum vinnubrögðum. Bæði til að gæði starfseminnar haldist óbreytt (eða batna) og að hægt sé að fylgjast með árangri af innleiðingu (32). Þegar kemur að innleiðingu á tækninýjungum í heilbrigðiskerfinu þarf að hafa öryggi sjúklinga í fyrirrúmi og einnig er eftirfylgni, kennsla og endurmenntun starfsmanna mikilvægur þáttur.

Þessi rannsókn mun vonandi leiða til að aukinnar þekkingar á EI, nýjum og samræmdum geislunarvísnum, og stuðla að aukinni notkun þeirra. Meðal annars stuðla að því að EI verði nýtsamlegt verkfæri í gæðastarfi í röntgenmyndatökum. Virk notkun á geislunarvísnum gæti stuðlað að auknum gæðum röntgenmynda og minni geislaskömmtum. Í kjölfarið dregur úr geislaálagi á sjúklinga á sama tíma og myndgæðin batna.

## 2 Markmið

Markmið rannsóknarinnar var að kanna hvernig innleiðing á nýjum, stöðluðum geislunarvísnum hefur gengið á Íslandi. Einnig er athugað hvernig notkun Exposure Index hefur nýst til bestunar í stafrænni röntgenmyndagerð og hver árangurinn hefur verið. Athugað var hvort notkun á geislunarvísnum stuðli að lægri geislaskömmtum. Þá er leitast við að finna einfalda og áreiðanlega leið við að ákvarða Target Exposure Index sem er mikilvægur hluti notkunar á Exposure Index.

### 3 Efni og aðferðir

Send var fyrirspurn á Geislavarnir ríkisins til að fá upplýsingar um þau röntgentæki sem eru í notkun á landinu, aldur þeirra og frá hvaða framleiðendum þau eru.

Gerð var spurningakönnun (sjá viðauka). Spurningar voru sendar í tölvupósti til þeirra röntgendeilda á Íslandi þar sem ný röntgentæki hafa verið tekin í notkun eftir að EI kom til sögunnar, eftir árið 2009 (25). Spurt var um atriði sem varpa ljósi á það hvort og hvernig geislunarvísar eru notaðir, hvort þeir eru notaðir í tengslum við gæðastarf og hvort notkunin hefur einhverjar afleiðingar. Það er að segja spurningar um innleiðingu og notkun EI í daglegu starfi, notkun í gæðastarfi og spurningar um flatargeislun.

Aðstoð var veitt við svörum og frekari útskýringar á spurningum í þeim tilvikum sem óskað var eftir því. Upplýsingar um DAP eiga að birtast á skjá röntgentækis með hverri tekinni röntgenmynd. EI birtist á skjá röntgentækis ef tæki býður upp á möguleikann og DI birtist ef búið er að setja upp EI. Þetta eru einnig upplýsingar sem eiga að fylgja öllum DICOM myndum.

Engin tilskilin leyfi þurfti fyrir rannsóknina þar sem engin sjúkragögn eða persónuupplýsingar komu við sögu.

#### 3.1 Spurningar

Tilgangur fyrri hluta spurningalistans var að kanna innleiðingu og notkun á nýjum og samræmdum geislunarvísam og voru spurningar varðandi birtingu EI og DI á skjá röntgentækis og uppsetning á EI. Hvort búið væri að setja upp leiðbeiningar varðandi notkun á EI og DI fyrir þá geislafræðinga sem vinna við tækin. Einnig var spurt um notkun á öðrum geislunarvísam. Spurt var um kvörðun á EI, bæði við uppsetningu tækisins og hvort það hefði verið kvarðað reglulega eftir það.

Spurt var eftir virkri notkun á EI við gæðaeftirlit, reglulegri endurskoðun á EI og hvernig EI var ákvarðað í upphafi, við uppsetningu tækisins. Tilgangur spurningarinnar var að varpa ljósi á notkun geislunarvísa í gæðaeftirliti. Óskað var eftir EI gildi fyrir ákveðnar rannsóknir. Ef ekki voru til aðgengileg EI gildi var beðið um að skrá EI og DI fyrir eina rannsókn af hverri gerð.

Tilgangur seinni hluta spurningalistans var að kanna samband á milli flatargeislunar og EI og einnig sambandið á milli geislaskammta og notkunar á geislunarvísam, fyrst og fremst EI, bæði í daglegu starfi og í gæðaeftirliti. Til að sjá hvort notkun á geislunarvísam hafi áhrif á geislaskammta var óskað eftir upplýsingum um meðal-flatargeislun fyrir fyrirfram ákveðnar rannsóknir, þær sömu og óskað var eftir EI gildi fyrir. Upplýsingar um flatargeislun og samband hennar við EI getur gefið til kynna hvort notkun á geislunarvísam stuðli að minni geislaskömmtum.

Ef ekki voru til staðar upplýsingar um meðal-flatargeislun var óskað eftir DAP fyrir 10 röntgenmyndir af hverri rannsókn. Ef EI var ekki uppsett í tækið var einnig óskað eftir EI fyrir sömu rannsóknir og DAP var skráð fyrir. Álitid var hæfilegt að óska eftir 10 rannsóknnum af hverri gerð til að fá marktækar niðurstöður án þess þó að vera of íþyngjandi fyrir svarendur (9).

Valdar voru rannsóknir sem skipta mestu máli vegna geislaálags, bæði vegna þess að þetta eru algengar rannsóknir og hafa áhrif á líffæri sem eru viðkvæm fyrir jónandi geislun. Auk þess voru þær valdar með það í huga hvort til væri landsviðmið geislaskammta frá nágrannalöndum okkar fyrir þessar tilteknu rannsóknir.

**Eftirfarandi rannsóknir voru valdar:**

Lungu PA (Post-Ant)

Lungu Lat. (Lateral)

Mjaðmagrind (pelvis)

Kviðarhol AP (Ant-Post)

Kviðarhol horizontal

Lendhrygg AP (Ant-Post)

Lendhrygg Lat. (Lateral)

### 3.2 Úrvinnsla

Út frá svörun við þeim hluta spurningarlistans sem tengdist innleiðingu og notkun á EI og uppsetningu á EI<sub>T</sub>, var fundinn fjöldi röntgendeilda sem voru búnar að innleiða notkun á nýja og samræmda geislunarvísinum. Einnig var fundið hvernig og hversu mikil sú notkun væri. Spurningar tengdar notkun í gæðaeftirliti og uppsetningu og endurskoðun á EI<sub>T</sub> gefa upplýsingar um notkun geislunarvísa (aðallega EI) í gæðastarfi.

Svör við spurningum varðandi flatargeislun bást á mismunandi formi og með mismunandi einingum. Svörin voru aðlöguð til að auðvelda samanburð. Öll gildi voru umreiknuð í eininguna mGy·cm<sup>2</sup>. Útf rá þeim svörum sem bást sem DAP fyrir 10 röntgenmyndir fyrir hverja rannsókn var reiknað meðaltal fyrir hverja rannsókn/innstillingu. Kannað var hvort samband væri á milli EI og meðalflatargeislun fyrir algengustu rannsóknirnar. Fyrir þær rannsóknir sem svör um gildi á EI<sub>T</sub> bást á formi EI og DI var EI<sub>T</sub> reiknað út með formúlunni:

$$EI_T = EI / 10^{(DI/10)}$$

Athuguð var fylgni á milli EI<sub>T</sub> og DAP og hvort möguleiki væri á að áætla hæfilegt EI<sub>T</sub> út frá DAP-gildi.

DAP-gildin voru einnig borin saman við landsviðmið (DRL) frá nágrannalöndum okkar. Þessi samanburður gæti gefið til kynna hvort geislaálag íslenskra sjúklinga er sambærilegt við það sem er algengt á Norðurlöndunum.

Unnið var úr niðurstöðunum í Microsoft Excel með „Data Analysis Tools“. Notað var ANOVA til að athuga hvort munur væri á milli tækja þegar kom að meðal-flatargeislun. Gert var T-próf til að athuga milli hvaða tækja væri munur á flatargeislun. Marktektarmörk voru sett við  $p < 0,05$ . Aðhvarfsgreining var gerð til að kanna fylgni á milli EI og DAP.

## 4 Niðurstöður

Samkvæmt upplýsingum frá Geislavörnum ríkisins eru sjö föst röntgentæki til myndatöku á Íslandi sem hafa verið tekin í notkun eftir árið 2009, sjá Tafla 5, og eru þau staðsett á sex röntgendeildum. Svör bárust frá öllum sex röntgendeildunum og var svörun þess vegna 100%. Óskað var eftir aðstoð og frekari útskýringum á spurningum frá tveimur röntgendeildum. Eitt af þessum sjö tækjum birti ekki neina geislunarvísa. En samkvæmt upplýsingum frá umsjónarmanni tækisins stendur til að bæta úr því með nýrri uppfærslu á hugbúnaði á næstunni. Svör við þeim hluta spurningalistans sem tekur fyrir innleiðingu og notkun geislunarvísa og notkun þeirra í gæðastarfi bárust frá fimm röntgendeildum. Svör við spurningum tengdum flatargeislun og EI bárust frá fjórum röntgendeildum.

### Staðsetning nýrra röntgentækja á Íslandi:

- Landspítali Fossvogi, Röntgen- og myndgreiningardeild
- Heilbrigðisstofnun Suðurlands, Sjúkrahús Suðurlands, Selfossi
- Sjúkrahúsið á Akureyri, myndgreiningardeild
- Röntgen Orkuhúsið, Íslensk myndgreining ehf.
- Domus Medica, Læknisfræðileg myndgreining ehf.
- Heilbrigðisstofnun Norðurlands, Sjúkrahúsið á Siglufirði

Tafla 5. Nýleg föst röntgentæki á Íslandi

| Tæki Nr. | Tekið í notkun (ár) | Framleiðandi                  |
|----------|---------------------|-------------------------------|
| 1        | 2016                | NRT (hugbúnaður frá Canon)    |
| 2        | 2016                | NRT (hugbúnaður frá Canon)    |
| 3        | 2013                | GE medical                    |
| 4        | 2014                | NRT (hugbúnaður frá Canon)    |
| 5a       | 2015                | Delft (hugbúnaður frá Canon)  |
| 5b       | 2016                | Arcoma (hugbúnaður frá Canon) |
| 6        | 2014                | Swissray Medical              |

### 4.1 Notkun og innleiðing á geislunarvísam og gæðaeftirlit

Öll tæki nema eitt birtir einn eða fleiri geislunarvísa á skjá röntgentækis, (sjá Tafla 6). Tæki 6 frá Swissray Medical birtir ekki neina geislunarvísa og er þess vegna ekki tekið með hér á eftir. Svörun við spurningum varðandi notkun á EI kemur fram í Tafla 7. Tæki 3 frá General Electric Medical birtir ekki EI heldur

einungis DEI, sem er General Electrics eigin geislunarvísir. Tæki 5 a og b eru staðsett á sömu röntgendeild og barst aðeins eitt svar við hverri spurningu sem gildir fyrir bæði tækin.

**Tafla 6. Svör við spurning 1. Hvaða geislunarvísar birtast á skjá röntgentækis? Geislunarvísar sem birtast eru Exposure Index (EI), Deviation Index (DI) og REX (Reached Exposure Value).**

| Tæki     | Geislunarvísar sem birtast á skjá tækis |
|----------|---|
| 1        | EI, DI, REX                             |
| 2        | REX, EI                                 |
| 3        | DEI                                     |
| 4        | EI                                      |
| 5 a og b | EI, DI, REX                             |

Eins og fram kemur í Tafla 7 svörðuðu allar röntgendeildir að EI væri notað í daglegu starfi. Í ljós kom að tæki 3 birtir ekki nýja og samræmda geislunarvísa (EI), heldur var henni ruglað saman við annan geislunarvísi. Það tæki birtir aðeins DEI sem er General Electrics eigin geislunarvísir.

**Tafla 7. Svör varðandi notkun á Exposure Index (EI). Fjöldi sem svaraði já eða nei við spurningum varðandi notkun geislunarvísa og innleiðingu EI og DI (Deviation Index).**

| Spurningar (2-4)                      | Já | Nei |
|---------------------------------------|----|-----|
| EI notað í daglegu starfi             | 5  |     |
| Annar geislunarvísir notaður          | 2  | 3   |
| Reglur/leiðbeininga fyrir notkun á DI | 1  | 4   |
| EI kvarðað reglulega                  |    | 5   |
| EI kvarðað við uppsetningu tækis      |    | 5   |

Ekkert tæki var kvarðað fyrir EI, hvorki við uppsetningu eða síðar. Búið var að setja upp EI í þrjú tæki. Þar af eru tvö tæki staðsett á sömu röntgendeild og eru með eins EI gildi fyrir allar rannsóknir.

Aðeins ein deild gaf jákvætt svar varðandi hvort búin hefði verið til regla um hvernig ætti að bregðast við hárrí eða lágrí DI tölu og var það svar eftirfarandi:

*Almenna reglan er að horfa á myndina út frá myndgæðum (suði). Ef DI er - eða + tala gilda svipaðar reglur og í gamla filmukerfinu. DI = -2 þýðir t.d. að mynd er undirlýst um 2 stepp skv. punktakerfinu. DI = -3 jafngildir 50% undirlýsingu og þarf oftast að endurtaka.*



Þó bárust tvö svör til viðbótar við spurningunni varðandi notkun á EI og geislunarvísunum almennt. Eftirfylgjandi svar barst frá röntgendeild þar sem aðeins EI birtist á skjá röntgentækis, en ekki DI:

*Flestir geislafræðingar bregðast við óeðlilegu gildi á geislunarvísunum með því að breyta tókugildi, þó að ekki hafi verið gefnar upp beinar leiðbeiningar varðandi það.*

Önnur röntgendeild, sem er með uppsett gildi fyrir EI<sub>T</sub>, er með leiðbeiningar fyrir EI þar sem segir: *Beinamyndir EI 300-600 (optimal ca. EI 250-300). Lungnamyndir EI 100-200 (optimal myndgæði eru nær EI 200).*

Miðað við uppsett EI<sub>T</sub> gildi í þessu tæki gefur það DI 0-3,4 (optimal DI -0,4 - +0,4) fyrir beinamyndir og DI 0 – 3,0 (optimal nær DI 3,0) fyrir lungnamyndir.

Svör við spurningum tengum gæðastarfi koma fram í Tafla 8. Engin deild var með endurskoðun á EI<sub>T</sub> sem hluta af gæðastarfi. Þó svaraði ein deild að það stæði til að innleiða reglulega endurskoðun á EI<sub>T</sub> og notkun á EI í tengslum við gæðaeftirlit. Ein röntgendeild sagðist:

*Nota EI við reglulegt gæðaeftirlit og nota skoðun á EI í sambandi við mælingu á fantomi við reglubundið eftirlit (digrad).*

Ekki fylgdi nánari útskýring á hvernig það færi fram. Ein deild er að nota aðra geislunarvísa en EI við reglulegt eftirlit. Þar sér utanaðkomandi tæknimaður um það starf og ekki fylgdu nánari upplýsingar um hvernig það færi fram.

**Tafla 8. Svör varðandi notkun á EI (Exposure Index) og endurskoðun á EI<sub>T</sub> (Target Exposure Index) í gæðastarfi.**

| Spurningar (5 og 6)                      | Já | Nei |
|--|----|-----|
| Er EI notað í reglulegu gæðaeftirliti    | 1  | 4   |
| Er EI <sub>T</sub> endurskoðað reglulega |    | 5   |

Eins og kemur fram í Tafla 9 hefur EI<sub>T</sub> verið sett upp í þremur tækjum á tveimur röntgendeildum. Tafla 10 sýnir EI<sub>T</sub> gildi í þeim tækjum sem birtir DI. Tafla 11 sýnir gildi fyrir ráðlögð gildi á DEI í tæki 3 sem birti DEI en ekki EI. Þar af leiðandi eru þær tölur aðeins öðruvísi en EI<sub>T</sub> gildin fyrir tæki 1 og 5 a og b.

**Tafla 9. Svörun varðandi uppruna og uppsetningu á EI<sub>T</sub> (Target Exposure Index). Hvernig EI<sub>T</sub> var ákveðið í hverju prógrammi fyrir sig í upphafi þegar tæki var tekið í notkun. Í tæki 3 eru ráðlögð gildi ekki EI<sub>T</sub> heldur DEI (Detector Exposure Index). \*REX (Reached Exposure Value)**

| Tæki    | Uppruni EI <sub>T</sub>  |
|---------|--|
| 1       | Kom frá framleiðanda, sem fékk það úr tæki frá öðrum framleiðanda.   |
| 2       | Ekki búið að setja upp EI <sub>T</sub>   |
| 3       | Ekki búið að setja upp EI <sub>T</sub> . Þó eru ráðlögð gildi fyrir DEI, sem komu frá framleiðanda, uppsett. |
| 4       | Ekki búið að setja upp EI <sub>T</sub>   |
| 5a og b | Tekið var miðgildi 10-20 rannsókna með ásættanlegum myndgæðum (sjónrænt mat) og viðunandi EI / REX*          |

**Tafla 10. EI<sub>T</sub> (Target Exposure Index) fyrir þau tæki sem birta DI (Deviation Index) á skjá röntgentækis.**

| Rannsókn             | EI <sub>T</sub> Tæki 1 | EI <sub>T</sub> Tæki 5 a og b |
|----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Lungu PA             | 100                    | 100                           |
| Lungu Lat.           | 100                    | 200                           |
| Mjaðmagrind          | 300                    | 220                           |
| Kviðarhol AP         | 300                    | 290                           |
| Kviðarhol Horizontal | 300                    | 200                           |
| Lendhryggur AP       | 300                    | 200                           |
| Lendhryggur Lat.     | 300                    | 250                           |

**Tafla 11. Ráðlögð DEI (Detector Exposure Index) fyrir tæki 3.**

| Rannsókn             | DEI Tæki 3 |
|----------------------|------------|
| Lungu PA             | 102,2      |
| Lungu Lat.           | 134,7      |
| Mjaðmagrind          | 352,5      |
| Kviðarhol AP         | 248,6      |
| Kviðarhol Horizontal | -          |
| Lendhryggur AP       | 296,4      |
| Lendhryggur Lat.     | 435,6      |

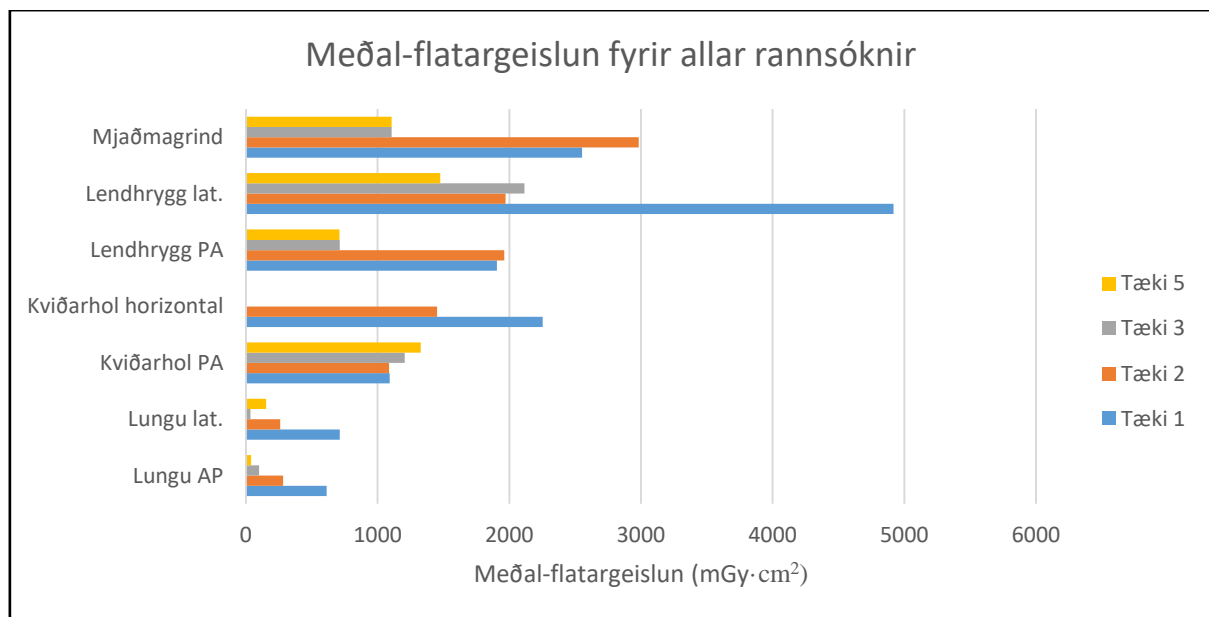
## 4.2 Flatargeislun

Upplýsingar um meðal-flatargeislun fengust frá 4 röntgendeildum. Eins og fram kemur í Tafla 12 er meðal-flatargeislun fyrir tæki 1 hæst, en lægst fyrir tæki 5 a og b. Mesti munurinn er fyrir rannsókn af lungum og lendhrygg, þar sem meðal-flatargeislun er mun hærri fyrir tæki 1. Það munar allt að 40% á milli hæsta og lægsta DAP á milli tækja fyrir ákveðnar rannsóknir og er marktækur munur á meðaltal-flatargeislun á milli tækja 1 og 5 a og b og tækja 2 og 5 a og b ( $p < 0,05$ ). Mest áberandi er munurinn fyrir rannsókn af lungum á tækjum 1 og 5 a og b og fyrir Lat. mynd af lendhrygg, þar sem er mun hærra meðal-flatargeislun á tæki 1 en fyrir hin tækin.

Mynd 3 gefur skýra mynd af breytileika á meðal-flatargeislun á milli deilda og sýnir einnig hvaða rannsóknir eru geislaþyngstar. Lægsta meðal-flatargeislun fyrir flestar rannsóknir (nema lungu Lat. og kviðarhol AP) er í tæki 5 a og b. Í flestum tilvikum er meðal-flatargeislun hæst í tæki 1. Horizontalmyndir þ.e. myndir með láréttri geislastefnu, af kviðarholi eru ekki teknar á þeim röntgendeildum þar sem tæki 3 og 5 a og b eru staðsett og þar af leiðandi vantar tölur fyrir það.

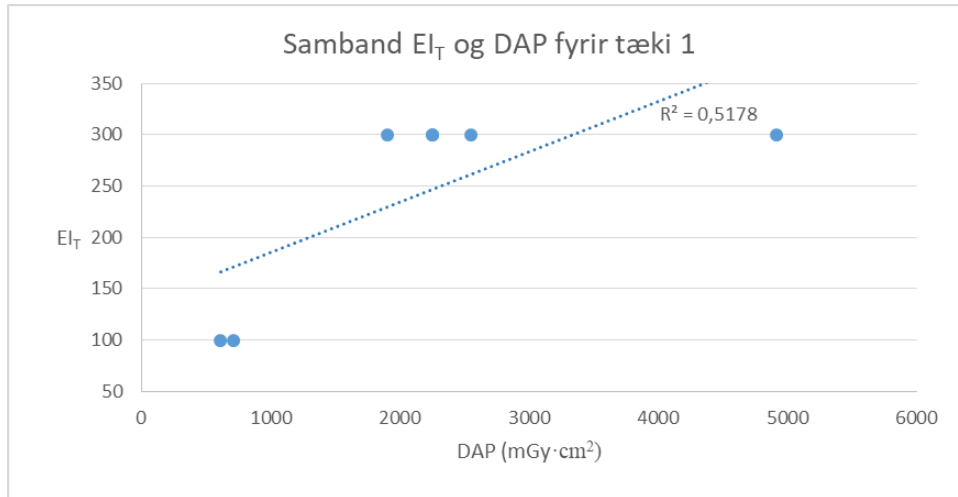
Tafla 12. Meðal-flatargeislun (DAP) í völdum rannsóknum fyrir tæki 1, 2, 3 og 5a og 5b.

| Rannsókn             | DAP Tæki 1<br>mGy·cm <sup>2</sup> | DAP Tæki 2<br>mGy·cm <sup>2</sup> | DAP Tæki 3<br>mGy·cm <sup>2</sup> | DAP Tæki 5 a og b<br>mGy·cm <sup>2</sup> |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Lungu PA             | 614                               | 282                               | 99                                | 39                                       |
| Lungu Lat.           | 712                               | 261                               | 33                                | 154                                      |
| Mjaðmagrind          | 2553                              | 2984                              | 1106                              | 1106                                     |
| Kviðarhol AP         | 1091                              | 1087                              | 1207                              | 1328                                     |
| Kviðarhol Horizontal | 2254                              | 1452                              | -                                 | -  |
| Lendhryggur AP       | 1907                              | 1963                              | 712                               | 710                                      |
| Lendhryggur Lat.     | 4919                              | 1971                              | 2116                              | 1476                                     |

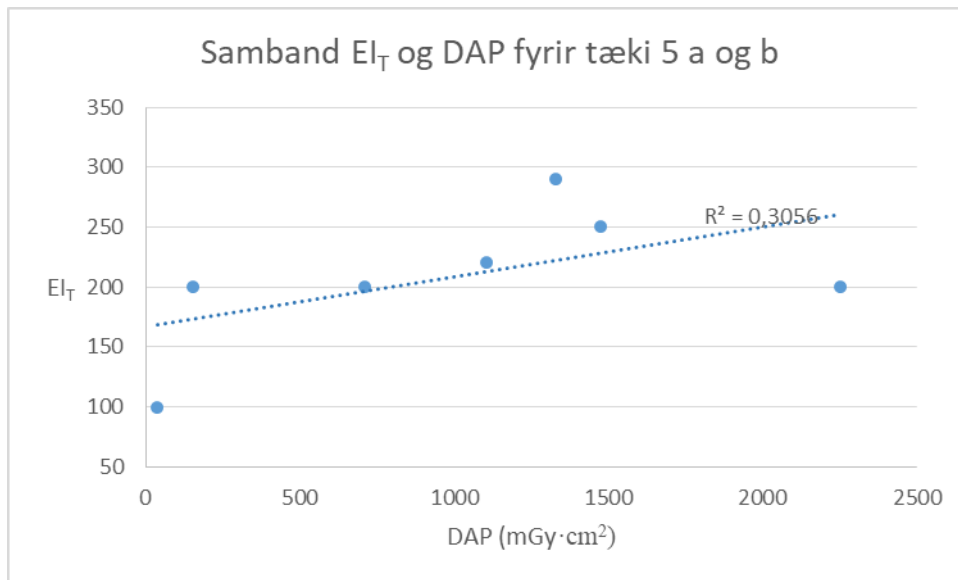


Mynd 3. Meðal-flatargeislun fyrir tæki 1, 2, 3 og 5 a og b. Hæsta meðal-flatargeislun er fyrir rannsókn af lendhrygg á tæki 1. Tæki 5 a og b eru oftast með lægstu meðal-flatargeislunina þ.e. í öllum rannsóknum nema fyrir lat. mynd af lungum.

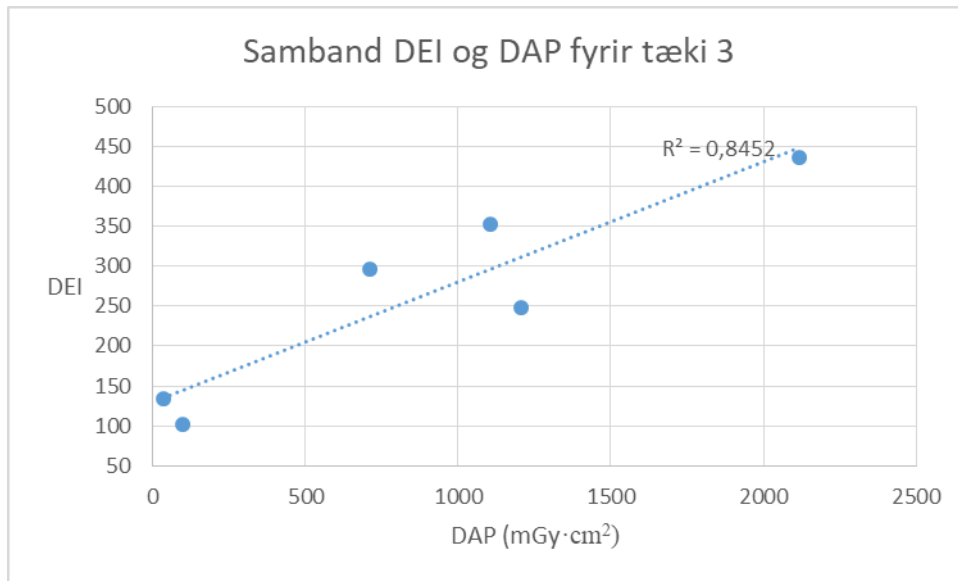
Aðeins tvö tæki voru með uppsett  $EI_T$ . Mynd 4 og Mynd 5 sýna samband á milli DAP og  $EI_T$  fyrir þau tæki sem voru með uppsett gildi fyrir  $EI_T$ . Fyrir tæki 3 eru það ráðlögð gildi fyrir General Electrics eigin geislunarvísa, DEI, en ekki  $EI_T$  sem er sett upp í tækinu. Eins og Mynd 6 sýnir er þar mestu fylgnin á milli uppsetts gildis og DAP.



**Mynd 4. Samband á milli Target Exposure Index ( $EI_T$ ) og meðal-flatargeislunar (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 1.**



**Mynd 5. Samband á milli Target Exposure Index ( $EI_T$ ) og meðal-flatargeislun (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 5 a og b.**



**Mynd 6. Samband á milli ráðlagðra gilda fyrir DEI (Detector Exposure Index) og meðalflatargeislun (DAP) fyrir allar rannsóknir sem hér voru skoðaðar fyrir tæki 3.**

## 5 Umræða

Þrátt fyrir að mælt sé með að nýji og samræmði geislunarvísirinn, EI, eigi að vera í öllum röntgentækjum yngri en 8 ára reyndist svo ekki vera. Meira að segja var eitt tæki sem birti ekki neina geislunarvísa. Jafnvel þó að sum tækin sem hér voru skoðuð hafi verið í notkun í allt að 4 ár eru möguleikarnir sem geislunarvísar bjóða upp á lítið nýttir.

Allar röntgendeildir, nema ein, gáfu þó jákvætt svar við spurningunni hvort geislunarvísar, þá aðallega EI, væru notaðir af geislafræðingum í daglegu starfi. Fjögur tæki birtu fleiri en einn geislunarvísi og getur það verið ruglandi fyrir þau sem nota tækin.

Þrjú tæki voru með uppsett gildi fyrir EI<sub>T</sub>, þar af voru tvö þeirra staðsett á sömu röntgendeild og þar voru sömu gildi á EI<sub>T</sub> fyrir allar rannsóknir í báðum tækjum. Eitt tæki var með uppsett ráðlögð gildi fyrir DEI, sem er geislunarvísir General Electrics. Þó að það tæki noti ekki EI virðist sú röntgendeild samt vera að nota geislunarvísar meira en þær deildir þar sem tæki 1 og 2 eru staðsett. Þrátt fyrir að tæki 1 og 2 birti bæði EI. Þegar aðeins eitt tæki er á röntgendeild og ekki er þörf á samanburði við aðrar deildir, ætti ekkert að vera því til fyrirstöðu að nota gamla geislunarvísa. DEI byggir auk þess á sömu hugmynd og EI, að vera með viðmiðunargildi sem tekur mið af því hvaða rannsókn er framkvæmd. Einnig er hægt að leggja mat á myndgæði og geislaskammta við ákvörðun viðmiðunargildisins. Þó komu ráðlögð gildi fyrir DEI frá framleiðanda tækisins.

Misjafnt er hvaðan gildin fyrir EI<sub>T</sub> sem hér voru notuð komu. Eitt tæki er með gildi beint frá framleiðanda tækisins, eins og mælt er með þegar ný tæki eru tekin í notkun (23). Það tæki hefur verið í notkun síðan í apríl 2016. Sú deild sem var með tvö nýleg röntgentæki skar sig úr þegar kom að notkun á EI og þar virðist vinnan við það að innleiða notkun á EI og DI vera komin mun lengra en á öðrum deildum. Sú deild er með tvö nýleg röntgentæki sem tekin voru í notkun árin 2015 og 2016. Þetta var eini staðurinn á Íslandi þar sem búið var að endurskoða EI<sub>T</sub> gildin sem voru upphaflega í tækinu. Endurskoðuð gildi voru í flestum tilvikum lægri en gildin frá framleiðanda. Ekki var þó hægt að sýna fram á marktækan mun á EI<sub>T</sub> gildi á milli röntgendeilda þar sem fjölda tækja sem voru með uppsett EI<sub>T</sub> voru svo fá. Sú deild sem er búin að fara í gegnum vinnuna við að ákvarða EI<sub>T</sub> hefur einnig sett fram leiðbeiningar varðandi það hvernig eigi að bregðast við háum og lágum DI gildum fyrir einstaka myndir og eru þær leiðbeiningar í samræmi við þær sem mælt er með frá AAPM (6).

Marktækur munur var á meðal-flatargeislun (DAP) á milli tækja fyrir allar rannsóknir, nema fyrir AP mynd af kviðarholi. Í flestum rannsóknum var meðal-flatargeislun lægst fyrir það tæki þar sem notkun á EI og DI var mest. Þetta bendir til þess að notkun á EI og DI geti stuðlað að lægri geislaskömmtum og þar af leiðandi minna geislaálagi á sjúklinga.

Þegar kemur að því að ákvarða EI<sub>T</sub> þá eru ekki til neinar skýrar leiðbeiningar og er það undir hverri röntgendeild komið að ákvarða hvernig sú vinna fer fram. Líklegt er að flestar röntgendeildir munu til að byrja með nota EI<sub>T</sub> gildi sem framleiðendur tækjanna gefa upp sem leiðbeinandi gildi. Eins og staðan er í dag eru aðeins þrjú röntgentæki á Íslandi með uppsett gildi fyrir EI<sub>T</sub>. En ef staðan breytist í framtíðinni og fleiri tæki munu birta DI væri áhugavert að skoða breytileikan í EI<sub>T</sub> gildum á milli röntgendeilda. Ekki

var safnað gögnum um DI í þessari rannsókn og hugsanlegt er að meðal DI sé ekki nálægt 0 í sumum rannsóknnum, eins og er ráðlagt (25). Það gæti skýrt undarlegt samhengi á milli DAP og EI<sub>T</sub> í sumum rannsóknnum.

Fyrir það tæki þar sem EI<sub>T</sub> beint frá framleiðandi tækisins er í notkun, hafa verið settar fram leiðbeiningar fyrir notkun á EI, án þess að talað sé um DI, sem gefur til kynna að EI<sub>T</sub>, meðal annars fyrir lungnamyndum þyrfti að vera hærra. Uppsett EI<sub>T</sub> fyrir PA mynd af lungum er þar 100, en samkvæmt leiðbeiningar til geislafræðinga á deildinni er ráðlagt gildi á EI nær 200 sem gefur DI = 3,0, sem þýðir 100% meiri geislun en ef DI = 0. Ef geislafræðingar sem vinna á þessu tæki fylgja leiðbeiningar varðandi EI mun meðal DI þess vegna vera nær 3 en 0. Þessar misvísandi leiðbeiningar gera það einnig erfiðara fyrir geislafræðinga að nota EI og DI í daglegu starfi.

Ýmsar skýringar geta verið á mismun á uppsettu EI<sub>T</sub> frá framleiðanda og æskilegu EI. Ein skýring er að EI<sub>T</sub> gildin séu fyrir aðra gerð af nema með hærra DQE. Við hærra DQE þarf minni geislun til að búa til mynd og þar af leiðandi lægra EI<sub>T</sub>, ef óskað er eftir sömu myndgæðum. Önnur skýring er að aðrar kröfur séu gerðar til myndgæða á deildinni heldur en það sem EI<sub>T</sub> frá framleiðanda tækisins miðar við. Hærri EI<sub>T</sub> geta hins vegar leitt til hærri geislaskammta. Enda var þetta sama tæki með marktækt hærri meðal-flatargeislun fyrir flestar rannsóknir en það tæki sem var með lægri og endurskoðuð EI<sub>T</sub> gildi. Í þessu tilviki væri ráðlagt að meta hvort hærri geislaskammtar skili betri myndgæðum og, ef svo er, hvort raunveruleg þörf væri á því. Ýmsar rannsóknir hafa sýnt fram á að í mörgum tilvikum er hægt að lækka geislaskammta án þess að það kom niður á greiningarhæfni. Hér skipta myndvinnsla og greiningaskjáir einnig máli (37).

Svörin hér benda til þess að geislunarvísar, og þá aðallega EI, séu lítið notaðir í gæðaeftirliti röntgenrannsókna á Íslandi. Aðeins á einum stað var búið að fara í virka vinnu við að ákvarða EI<sub>T</sub>. Þar var farin sú leið að skoða og leggja mat á myndgæði til að ákvarða EI<sub>T</sub>. Þetta er þekkt aðferð sem áður hefur verið lýst (25). Hægt er að líta á þá vinnu sem hluta af gæðastarfi og virðist þetta hafa skilað sér í lægri gildum en komu frá framleiðanda tækisins. Á þeirri deild, sem búið var að endurskoða og ákvarða EI<sub>T</sub>, er einnig í undirbúningi að bæta reglulega endurskoðun á EI<sub>T</sub> inn í gæðastarfið, sem er þróun í jákvæða átt. Ákvörðun og endurskoðun á EI<sub>T</sub> getur verið mikilvægur hluti af gæðastarfi. Það að fara í vinnuna við að ákvarða EI<sub>T</sub> getur einnig talist til gæðastarfs. Eins og sýnt hefur verið fram á hér getur það leitt til lækkunar á geislaskömmum. Annar ávinningur af þessari aðferð við að ákvarða EI<sub>T</sub> er að hún gefur einnig tækifæri á því að meta og leggja mat á hvaða myndgæði eru æskileg í mismunandi rannsóknnum fyrir þá deild þar sem vinnan fer fram. Þetta krefst hins vega náinnar samvinnu á milli geislafræðinga og röntgenlækna. Eins og áður hefur verið nefnt er í mögum tilvikum hægt að lækka geislaskammta án þess að fá lakari myndgæði og að það komi niður á greiningarhæfni myndanna (38), (37). Þetta á sérstaklega við ef skammtaskriði hefur átt sér stað án þess að uppgötvast.

Ekki var kannað hvort þær röntgendeildir sem hér tóku þátt notuðu aðrar aðferðir við gæðaeftirliti til að fylgjast með geislaskömmum og skammtaskriði. Þó að bent hafi verið á í erlendum rannsóknnum að geislunarvísar, og þá sérstaklega EI, er gott verkfæri til að hafa eftirlit með skammtaskriði og við að finna



afbrigðilegar breytingar á geislaskömmtum yfir tíma eru til aðrar aðferðir (39). Þær aðferðir eru hins vegar í flestum tilvikum flóknar og tímafrekar (20). Ein þekkt leið til að fylgjast með skammtaskriði er að skoða frávik á tökugildum (kV og mAs) miðað við það sem eru forstillt gildi fyrir hverja einstaka rannsókn. Þetta er tímafrek aðferð sem er flókin í framkvæmd. Þessi aðferð tekur heldur ekki tillit til breytileika á stærð sjúklunga, fjarlægð á milli lampa og nema o.fl. Með því að skoða DI er hægt að fylgjast með breytingum á geislaskömmtum yfir tíma og einnig bera saman fleiri tæki. Notkun á DI auðveldar einnig samanburð á milli fleiri röntgendeilda, að því gefnu að markviss vinna við uppsetningu á EI<sub>T</sub> hafi farið fram. Ef þau gildi fyrir EI<sub>T</sub> sem eru uppsett í tækinu eru áreiðanleg er DI jafnvel betra til samanburðar en EI. Þar sem DI er óháð breytingum í kV, síun (ensk. Beam filtration), breytileika í stærð og lögun líkamshluta og misjöfnu DQE fyrir mismunandi nema.

Ekkert tæki hafði verið kvarðað fyrir EI, hvorki við uppsetningu né síðar. Ekki var til áætlun um reglulega kvörðun. Eins og áður hefur verið bent á er mælt með að kvarða tæki fyrir EI, bæði við uppsetningu og við reglulegt viðhald. Hægt er að líta á reglulega kvörðun fyrir EI sem hluta af gæðastarfi (23).

Það að hafa geislunarvísa eins og DI, sem tekur mið af því að þörf er á mismunandi geislaskömmtum fyrir mismunandi rannsóknir, auðveldar geislafræðingum að nota geislunarvísa. Þessi hugsun er ekki ný og var LgM-talan frá AGFA þróuð á svipaðan hátt. Þar var svokölluðum Exposure Class stillt fyrir hverja rannsókn. Ef Exposure Class var „rétt“ valinn ætti LgM-talan að vera sem næst 1,9. Öfugt samræmi er á milli Exposure Class og EI<sub>T</sub>. Þess vegna ætti þar sem áður voru gömul röntgentæki frá AGFA að vera hægt að hafa stillingar fyrir Exposure Class til hliðsjónar við ákvörðun á EI<sub>T</sub>. Tafla 13 sýnir dæmi um stillingar á Exposure Class frá tveimur eldri CR, röntgentækjum frá AGFA, frá tveimur mismunandi röntgendeildum. Bæði þessi tæki voru tekin úr notkun árið 2016 og í staðinn voru DR tæki, sem bjóða upp á að birta EI og DI, tekin í notkun. Tölurnar sýna að Exposure Class var ekki eins stilltur á öllum deildum, eins og raunin er einnig með EI<sub>T</sub>. Búast má við meiri breytileiki á EI<sub>T</sub> meðal gilda sem hafa verið ákvörðuð af röntgendeildum. Eins og fram kemur í Tafla 13 eru gildi sem koma beint frá framleiðanda röntgentækis frekar einsleitt.

**Tafla 13. Gildi á Exposure Class í tveimur gömlum CR röntgentækjum frá AGFA sem bæði voru tekin úr notkun árið 2016 og EI<sub>T</sub> (Target Exposure Index) gildi frá Canon, sem fylgdi með í uppsetningu á DR tæki í apríl 2016, til samanburðar.**

| Rannsókn      | Exposure Class úr tæki tekið úr notkun september 2016 | Exposure Class úr tæki tekið úr notkun febrúar 2016 | EI <sub>T</sub> frá framleiðandi (Canon) |
|---------------|---|---|--|
| Lungu PA      | 600   | 400   | 100                                      |
| Kviðarhol AP  | 600   | 400   | 100                                      |
| Mjaðmagrind   | 400   | 400   | 300                                      |
| Lærleggur     | 400   | 200   | 300                                      |
| Öxl           | 400   | 400   | 300                                      |
| Upphandleggur | 400   | 400   | 300                                      |
| Úlnliður      | 50  | 100   | 300                                      |
| Hné           | 50  | 200   | 300                                      |
| Olnboga       | 50  | 100   | 300                                      |

Að ákvarða og setja upp EI<sub>T</sub> getur verið tímafrek aðgerð sem krefst þekkingar á því hvernig EI virkar. Huga þarf að öllum þeim þáttum sem hafa áhrif á EI<sub>T</sub>, svo sem tegund rannsóknar og innstillingu, tókugildi, síunotkun, gerð myndnema og hversu mikið suð er ásættanlegt í myndinni (40). Hugsanlegt er að röntgendeildir þurfi að kaupa utanaðkomandi þjónustu við kvörðun á EI og uppsetningu á EI<sub>T</sub> og þá er þetta líka spurning um aukinn kostnað. Bæði aukin vinna og kostnaður við að kaupa utanaðkomandi þjónustu getur tafið innleiðingu nýrrar tækni.

DAP er mæling á þeirri geislun sem fer á sjúkling og EI segir til um geislun sem nær til myndnema. Fylgni á milli DAP og EI ætti aðeins að koma fram fyrir sjúklinga í sama stærðarflokki (meðalstærð) og sömu rannsókn/innstillingu. Hinsvegar er líklegt að ef geislaskammtar hækka, og þar með DAP, vegna til dæmis skammtaskriðs, þá hækkar einnig meðal EI ef úrtakið er nægjanlega stórt. Þannig er hægt að hafa það í huga að hækkan á DAP gæti kallað á endurskoðun á EI<sub>T</sub>.

Það villir stundum fyrir að bæði er talað um meðal-flatargeislun (DAP) og viðmiðunargildi (DRL). Meðal-flatargeislun er meðaltal af flatargeislun fyrir ákveðna rannsókn. Viðmiðunargildi er það geislamagn sem flestar rannsóknir ættu að vera fyrir neðan.

Ekki voru til tölur fyrir meðal-flatargeislun á öllum röntgendeildum sem rannsóknin náði til. En út frá þeim tölum fyrir flatargeislun sem hér var safnað var hægt að reikna út meðal-flatargeislun fyrir hvert og eitt röntgentæki. Upplýsingar fengust fyrir öll röntgentækin nema tvö, það er að segja fyrir fimm tæki af sjö. Líklegt er að meðal-flatargeislun sé öðruvísi fyrir þær deildir þar sem fleiri röntgentæki eru í notkun

ef skoðuð er meðal-flatargeislun fyrir deildina sem heild, en ekki aðeins ákveðin tæki eins og hér var gert. Meðal-flatargeislun var skoðuð með tilliti til þess hvort munur væri milli tækja eftir því hvort virk notkun var á geislunarvísunum og þá aðallega EI og DI. Þau tæki þar sem mesta notkun var á EI og DI og höfðu farið í ákvörðun á EI voru með allt að 40% lægri meðal-flatargeislun fyrir ákveðnar rannsóknir miðað við það tæki sem var með hæsta meðal-flatargeislun. Þar sem ákveðið samhengi er á milli DAP og geislaskammta (11), þýðir það að sjúklingar hafi orðið fyrir lægri geislaskömmtum þar sem notkun á geislunarvísunum, bæði í daglegu starfi og í gæðastarfi er meiri.

Mesti munur var á meðal-flatargeislun fyrir lungu. Hæstur var geislaskammturinn fyrir tæki 1 og lægstur fyrir tæki 3 og 5 a og b. Ein hugsanleg ástæða fyrir hærri flatargeislun í PA-mynd af lungum er að sjálfvirka geislunarstýringin sé að rjúfa á miðkammer en ekki á kammerinn til hliðar. Það þýðir að röntgentækið gefur hærri geislaskammt til að komast í gegnum beinin í brjóstshryggnum. Fyrir utan að þetta gefur hærri geislaskammt á sjúkling getur það leitt til þess að kontrastinn í myndinni verður ekki æskilegur með tilliti til greiningar á lungnavef þar sem lungnavefurinn yrði yfirgeislaður (41), (42).

Ýmsar skýringar geta verið á því að innleiðing á nýjum og samræmdum geislunarvísunum á Íslandi er ekki lengra komin. Frekar stutt er síðan röntgentæki sem bjóða upp á möguleikan á því að birta EI og DI voru tekin í notkun á Íslandi og líklegt er að ekki hafi gefist tími til að kanna allar nýjungar sem tækin bjóða upp á. Einnig er líklegt að það hafi áhrif að notkun á gömlum geislunarvísunum hafi ekki verið virk þegar kemur að gæðastarfi. Í erlendum heimildum hefur verið bent á að notkun á geislunarvísunum sé öflugt verkfæri til að koma auga á skammtaskrið og lækka geislaskammta (38), (43). En hér kom hvergi fram í svörum að geislunarvísar hefðu verið notaðar til þess. Annað sem getur skipt máli þegar kemur að innleiðingu nýjunga eins og EI er að flestir geislafræðingar sem vinna við tækin í dag hafa farið í gegnum námið áður en EI var kynnt til sögunnar. Þær ættu þó að þekkja gömlu geislunarvísana og þar sem þróun innan röntgentækninnar hefur verið frekar hröð undanfarna áratugi, meðal annars með innleiðingu stafrænnar röntgentækni, ættu geislafræðingar að vera opnir fyrir og fljótir að tileinka sér nýjungar. En til að ný tækni eins og EI verði innleidd þá þurfa bæði framleiðendur tækja og þeir aðilar sem sjá um endurmenntun að vera virkir í því að kynna hana fyrir geislafræðingum sem vinna daglega við tækin og einnig fyrir aðilum sem sjá um gæðaeftirlit.

Munur er á eðli starfsemi þeirra röntgendeilda sem hér voru skoðaðar og getur það einnig skýrt eitthvað af muninum á flatargeislun á milli tækja. Sem dæmi má nefna að sú deild sem er með lægstu meðal flatargeislun er einkarekin göngudeild þar sem megnið af rannsóknunum eru framkvæmdar á dagvinnutíma. En sú deild sem er með hæstu meðal-flatargeislun er deild á ríkisreknum spítala sem meðal annars sinnir bæði sjúklingum af bráðamóttöku og mikið veikum inniliggjandi einstaklingum. Þar er einnig virk starfsemi alla daga ársins allan sólarhringinn. Þekkt er að mismunur á sjúklingahópum og eðli starfseminar getur einnig að hluta til skýrt muninn á geislaskömmtum (44). Ef óeðlileg gildi á EI eða DI kæmi í ljós í gæðaeftirliti þá væri hægt að rekja þau gildi sem skæru sig úr, bæði til ákveðins tíma sólarhrings, dags eða lengra tímabils (20).

Flatargeislun var einnig skoðuð með tilliti til landsviðmiða DRL í nágrannalöndum. Tafla 14 sýnir meðal-flatargeislun í samanburði við norsk landsviðmiðvið DRL. Öll meðaltöl eru lægri en viðmiðunargildin frá Noregi, nema lungu fyrir tæki 1 og mjaðmagrind fyrir tæki 1 og 2. Þetta er þó of lítið úrtak til að áætla meðal-flatargeislun fyrir allt Ísland. Athyglisvert verður að sjá hvaða viðmiðunargildi munu koma fyrir Ísland þegar þeirri vinnu er lokið.

**Tafla 14. Meðal-flatargeislun (meðal-DAP) fyrir tæki 1, 2, 3 og 5 a og b og landsviðmið DRL (viðmiðunargeislaskammta) fyrir Noreg.**

| Rannsókn         | DRL<br>Noregi<br>Gy·cm <sup>2</sup> | Meðal DAP<br>tæki 1<br>Gy·cm <sup>2</sup> | Meðal DAP<br>tæki 2<br>Gy·cm <sup>2</sup> | Meðal DAP<br>tæki 3<br>Gy·cm <sup>2</sup> | Meðal DAP<br>tæki 5 a og b<br>Gy·cm <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------------------------|---|---|---|--|
| Lungu PA og Lat. | 0,5                                 | 1,3                                       | 0,5                                       | 0,1                                       | 0,2  |
| Kviðarhol        | 5,5                                 | 3,3                                       | 2,5                                       | 1,2                                       | 1,3  |
| Mjaðmagrind      | 2,5                                 | 2,6                                       | 3,0                                       | 1,1                                       | 1,1  |
| Lendhrygg        | 8                                   | 6,9                                       | 3,9                                       | 2,8                                       | 2,2  |

Til að innleiða og ná sem mestum ávinningi við notkun á EI þarf að fara í undirbúningsvinnu á röntgendeildunum. Það er að kvarða tæki fyrir EI og ákvarða og setja upp EI<sub>T</sub>. Það þarf að vera samvinna á milli geislafræðinga, röntgenlækna og tæknimanna. Einnig þarf að skoða hvaða leið hentar best fyrir hvern og einn stað við ákvörðun á EI<sub>T</sub>. Það þarf að huga að endurmenntun fyrir þá sem vinna við tækin. Einnig þurfa framleiðendur og seljendur röntgentækja að kynna möguleikann á notkun EI. Þegar kemur að notkun EI í gæðaeftirliti væri auðveldara að hafa tölvuforrit þar sem hægt væri að geta skoðað mikinn fjölda gagna afturvirk (40). Spurning er þó hversu vel þannig forrit virka og þau fela einnig í sér ákveðinn aukakostnað. Í sumum löndum hefur verið til umræðu að setja upp gagnagrunn með EI-gildi og EI<sub>T</sub> til að auðvelda innleiðingu á EI þegar ný tæki eru tekin í notkun og einnig til að auðvelda samanburð á milli röntgendeilda þegar kemur að gæðaeftirliti (40).

## 6 Ályktanir

Innleiðing á nýjum og samræmdum geislunarvísnum, svo kölluðum Exposure Index (EI), er ekki langt komin á Íslandi. Fyrir þau tæki þar sem innleiðing er hafin er meðal-flatargeislun lægri, sem gefur vísbendingu um að notkun á EI, bæði í daglegu starfi og í gæðastarfi, leiði af sér lægri geislaskammta. Ekki er þó hægt að fullyrða að þetta stafi eingöngu af notkun á EI.

Á meðan þessi rannsókn stóð yfir bættist við eitt nýtt röntgentæki á Íslandi sem býður upp á notkun á EI og mjög líklegt er að þeim mun fjölga enn meira á næstu árum, sem mun vonandi ýta undir notkun á EI, bæði í daglegu starfi geislafræðinga og í gæðaeftirliti. Einnig eru líkur á því að þeir geislafræðingar sem eru að klára námið á næstu árum hafi kynnst EI og DI í sínu námi og taki þá þekkingu með sér í starfið.

Nýir og samræmdir geislunarvísar eru til staðar í flestum nýjum röntgentækjum á Íslandi. Hins vegar vantar mikið upp á að þeir séu nýttir til fulls. Þar sem geislunarvísar eru markvisst notaðir í daglegu starfi og gæðastarfi þar eru geislaskammtar á sjúklinga lægri. Lítil sem engin notkun er á EI<sub>T</sub> á meirihluta röntgendeildanna sem rannsóknin náði til, sem leiðir til þess að ekki er hægt að finna marktækt samhengi EI<sub>T</sub> og flatargeislunar. Möguleikarnir sem EI<sub>T</sub> gefur til að ákvarða myndgæði eru lítið nýttir. Áhugavert væri að skoða og bera saman EI<sub>T</sub> gildi ef fleiri röntgendeildir yrðu með uppsett og ákvörðuð gildi. Einnig væri áhugavert að skoða hvað veldur því að deildir ákvarða mismunandi gildi á EI<sub>T</sub>. Hvort munur væri á ásættanlegum myndgæðum og hvort mismunandi aðferðir við ákvörðun á EI<sub>T</sub> skipti meginmáli eða eitthvað annað.

Þegar kemur að því að skoða DI þarf að hafa í huga að allar rannsóknir munu ekki lenda innan marka sem DI setur. Einstaka rannsóknir munu alltaf lenda undir eða yfir þeim gildum sem eru álitin eðlileg þar sem sjúklingar geta verið bæði mun stærri og mun minni en meðalstærð og einnig eru aðstæður við rannsóknir ekki alltaf samkvæmt kennslubókinni.

Svörun í þessari rannsókn var 100%, en Ísland er lítið svæði með tiltölulega fá nýleg röntgentæki og fræðilega séð er þetta lítið úrtak. Það styrkir þó rannsóknina að allar stærstu röntgendeildir landsins eru með í úrtakinu og á þeim fer stórt hlutfall af öllum röntgenrannsóknum á landinu fram.

Áhugavert væri að skoða hvernig staðan á notkun EI er erlendis, hvernig sú notkun fer fram og hvernig innleiðingin hefur gengið fyrir sig. Þannig upplýsingar gætu verið nytsamlegar við áframhaldandi vinnu við innleiðingu á EI á Íslandi. Einnig væri hjálplegt að útbúa leiðbeiningar og upplýsingar um EI og DI á íslensku og kynna efnið fyrir starfandi geislafræðingum, aðallega þeim sem hafa umsjón með gæðaeftirliti.

## Heimildaskrá

1. Bushong SC. Radiologic science for Technologists. 10 ed. Houston, Texas: Elsevier; 2013.
2. Uffmann M, Schaefer-Prokop C. Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose. *Eur J Radiol.* 2009;72(2):202-8.
3. Peer S, Peer R, Giacomuzzi SM, Jaschke W. Comparative reject analysis in conventional film-screen and digital storage phosphor radiography. *Radiat Prot Dosimetry.* 2001;94(1-2):69-71.
4. Andersen ER, Jorde J, Taoussi N, Yaqoob SH, Konst B, Seierstad T. Reject analysis in direct digital radiography. *Acta Radiol.* 2012;53(2):174-8.
5. Waaler D, Hofmann B. Image rejects/retakes--radiographic challenges. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010;139(1-3):375-9.
6. Seeram E. Digital radiography : an introduction. Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning; 2011.
7. Carey E, Floyd J, Warp RJ, James T, Dobbins I, Chotas HG, Baydush AH, Vargas-Voracek R, et al. Imaging Characteristics of an Amorphous Silicon Flat-Panel Detector for Digital Chest Radiography. *Radiology.* 2001;218(3):683-8.
8. Spahn M. Flat detectors and their clinical applications. *Eur Radiol.* 2005;15(9):1934-47.
9. Janssens A. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures, No 154. Luxembourg: European Commission; 2008.
10. Kim S, Toncheva G, Anderson-Evans C, Huh BK, Gray L, Yoshizumi T. Kerma Area Product Method for Effective Dose Estimation During Lumbar Epidural Steroid Injection Procedures: Phantom Study. *American Journal of Roentgenology.* 2009;192(6):1726-30.
11. Kisielewicz K, Truszkiewicz A, Wach S, Wasilewska-Radwanska M. Evaluation of dose area product vs. patient dose in diagnostic X-ray units. *Phys Med.* 2011;27(2):117-20.
12. Frigren S. Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposure, No. 109. European commission, Nuclear safety and civil protection; 1999.
13. Reglugerð nr. 1299 um geislavarnir vegna notkunar geislatækja sem gefa frá sér jónandi geislun., (2015).
14. Wall B. European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures, No 45. Oxfordshire, UK: European Commission; 2008.
15. Widmark A. Representative doser i Norge – 2006–2009, Resultater fra første nasjonale innrapportering. Revisjon av nasjonale referanseverdier. Østerås: Statens strålevern; 2014.
16. Vejledning om patientdoser og referencedoser for røntgenundersøgelser. Konventionelle røntgenundersøgelser, No 1-5110-27/1. Danmark: National Board of Health; 2012.
17. Almén A BJ, Håkansson M, et.al. Översyn av systemet med diagnostiska referensnivåer. Strålsäkerhetsmyndigheten; 2014.
18. Tiippana P. KE. Reference levels for the patient's radiation exposure for conventional X-ray examinations of adults. Helsinki: STUK, Radiation and Nuclear Safety Authority; 2014.
19. Seibert JA, Morin RL. The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population. *Pediatr Radiol.* 2011;41(5):573-81.
20. Cohen MD, Cooper ML, Piersall K, Apgar BK. Quality assurance: using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates. *Pediatr Radiol.* 2011;41(5):592-601.
21. Janssens A. Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy, No 162. Luxembourg: European Commission; 2012.
22. Medical electrical equipment - Exposure index of digital X-ray imaging systems - Part 1: Definitions and requirements for general radiography, No 62494-1:2008-08. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, (IEC); 2008.
23. An Exposure Indicator for Digital Radiography, AAPM REPORT No. 116. American Association of Physicists in Medicine; 2009.
24. Seeram E, Brennan PC. Radiation protection in diagnostic x-ray imaging. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning; 2017.
25. Shepard SJ, Wang J, Flynn M, Gingold E, Goldman L, Krugh K, et al. An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (executive summary). *Med Phys.* 2009;36(7):2898-914.
26. Pálsson K. Áhrif innstillingar og afblendunar á geislunarvísa í röntgenmynd af lungum. Reykjavík: Háskóli Íslands; 2016.

27. Jones AK, Heintz P, Geiser W, Goldman L, Jerjian K, Martin M, et al. Ongoing quality control in digital radiography: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151. *Med Phys.* 2015;42(11):6658-70.
28. Jeon S. Detector Exposure Indicator in GE x-ray systems. Buckinghamshire, UK: General Electric Healthcare; 2014.
29. Don S, Whiting BR, Rutz LJ, Apgar BK. New exposure indicators for digital radiography simplified for radiologists and technologists. *AJR Am J Roentgenol.* 2012;199(6):1337-41.
30. Bergþórsdóttir B. Gæðastjórnun, eðli hennar og tilgangur. Reykjavík; 1998.
31. Drummond H. Gæðastjórnun, leið til betri árangurs. Reykjavík: Framtíðarsýn hf.; 1993.
32. Ingason HP. Gæðastjórnun Samræmi, samhljómur og skipulag. Reykjavík: JPV útgáfa; 2015.
33. Hofmann B, Rosanowsky TB, Jensen C, Wah KH. Image rejects in general direct digital radiography. *Acta Radiol Open.* 2015;4(10):2058460115604339.
34. Jones AK, Heintz P, et al. Ongoing quality control in digital radiography: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151. *Med Phys.* 2015;42(11).
35. Mothiram U, Brennan PC, Lewis SJ, Moran B, Robinson J. Digital radiography exposure indices: A review. *Journal of Medical Radiation Sciences.* 2014;61(2):112-8.
36. Kallman HE, Halsius E, Olsson M, Stenstrom M. DICOM Metadata repository for technical information in digital medical images. *Acta Oncol.* 2009;48(2):285-8.
37. Veldkamp WJ, Kroft LJ, Geleijns J. Dose and perceived image quality in chest radiography. *Eur J Radiol.* 2009;72(2):209-17.
38. Warren-Forward H, Arthur L, Hobson L, Skinner R, Watts A, Clapham K, et al. An assessment of exposure indices in computed radiography for the posterior-anterior chest and the lateral lumbar spine. *Br J Radiol.* 2007;80(949):26-31.
39. Kallman HE, Halsius E, Folkesson M, Larsson Y, Stenstrom M, Bath M. Automated detection of changes in patient exposure in digital projection radiography using exposure index from DICOM header metadata. *Acta Oncol.* 2011;50(6):960-5.
40. Don S, Goske MJ, John S, Whiting B, Willis CE. Image Gently pediatric digital radiography summit: executive summary. *Pediatr Radiol.* 2011;41(5):562-5.
41. Bontrager KL, Lampignano, J.P. Radiographic Positioning and related anatomy. 7 ed. Missouri: Elsevier; 2010.
42. Carlton RC, Adler, A.M. . Principles og Radiographic Imaging, An Art and a Science. 4 ed. New York: Delmar Cengage Learning; 2006.
43. Willis CE. Computed radiography: a higher dose? *Pediatr Radiol.* 2002;32(10):745-50; discussion 51-4.
44. Mothiram U, Brennan PC, Robinson J, Lewis SJ, Moran B. Retrospective evaluation of exposure index (EI) values from plain radiographs reveals important considerations for quality improvement. *J Med Radiat Sci.* 2013;60(4):115-22.

## Fylgiskjöl

### Könnun á notkun Exposure Index

Ég er geislafræðingur í MSc námi og er að rannsaka notkun geislunarvísa í nýlegum stafrænum röntgentækjum.

Megin rannsóknarefnið er hvernig innleiðing nýrra samræmdra geislunarvísa (EI, DI og EI<sub>T</sub>) gengur. Því er spurt hvort og hvernig þeir eru notaðir á hverjum stað og hvernig vali á gildum og viðmiðum var háttað þegar tækið var sett upp.

Einnig er skoðað hver flatargeislun (DAP) er í völdum rannsóknum til þess að athuga samhengi EI<sub>T</sub> og flatargeislunar.

Rannsóknin er liður í því að leita leiða til þess að auka skilning á geislunarvísnum og einfalda val á EI<sub>T</sub>.

Vonandi sjáið þið ykkur fært að veita mér þessar upplýsingar. Ef ykkur vantar aðstoð við að svara spurningunum eða viljið fá frekari upplýsingar má hafa samband í tölvupósti við mig: [kep8@hi.is](mailto:kep8@hi.is) eða leiðbeinandann minn, Jónínu Guðjónsdóttur geislafræðing: [joninag@hi.is](mailto:joninag@hi.is)

### Spurningar

- 1) Hvaða geislunarvísar birtast á skjá röntgentækis? (Dæmi: EI, REX, S, IgM.....)

---

- 2) Er EI (Exposure Index) notað í daglegu starfi á deildinni?

Já  Nei

Er einhver annar geislunarvísir en EI notaður?

Já Hver? \_\_\_\_\_  Nei

- 3) Ef DI (Deviation Index) notað í daglegu starfi á deildinni? Hefur verið búin til regla um hvernig bregðast eigi við óvenju hárrí eða óvenju lágri DI tölu?

Já  Nei

Ef svo er hvernig er þá reglan / önnur notkun DI:

---

---



4) Er EI (Exposure Index) tækis kvarðað reglulega?

Já  Nei

Var EI kvarðað við uppsetningu tækisins?

Já  Nei

5) Er EI notað í reglulegu gæðaeftiliti?

Já  Nei

Ef já, hvernig er EI notað?

---

---

6) Er endurskoðun á EI<sub>T</sub> (Target Exposure Index) hluti af reglulegu gæðastarfi?

Já  Nei

Ef já, hvernig fer endurskoðun á EI<sub>T</sub> fram?

---

---

7) Hvernig var EI<sub>T</sub> í hverju prógrami fyrir sig ákvarðað í upphafi?

- Kom frá framleiðanda.
- Gildi notuð frá samskonar tæki (frá sama framleiðanda).
- Gildi notuð fyrir tæki frá öðrum framleiðanda.
- Gert var mat á myndgæðum á deildinni og EI<sub>T</sub> ákvarðað eftir því.
- Lagt var mat á geislaskammta rannsókna og EI<sub>T</sub> ákvörðuð eftir því.
- Önnur aðferð notuð við að ákvarða EI<sub>T</sub>, nánara útskýring á því:

---

---

8) **Upplýsingar um EI<sub>T</sub> (í prógrammi tækis) .**

Óskað er eftir upplýsingum um EI<sub>T</sub> fyrir nokkrar algengar rannsóknir:

Ef ekki tekst að finna EI<sub>T</sub>, vinsamlegast skráið þá EI og DI fyrir eina mynd af hverri gerð. Þær tölur getum við notað til þess að reikna út EI<sub>T</sub>.

| Rannsókn             | EI <sub>T</sub> | EF EI <sub>T</sub> finnst ekki, skráið: |    |
|----------------------|-----------------|---|----|
|                      |                 | EI                                      | DI |
| Lungu PA             |                 |   |    |
| Lungu lat            |                 |   |    |
| Mjaðmagrind          |                 |   |    |
| Kviðarhol AP         |                 |   |    |
| Kviðarhol Horizontal |                 |   |    |
| Lendhryggur AP       |                 |   |    |
| Lendhryggur LAT      |                 |   |    |

DI birtist ekki á skjá röntgentækis

9) **Meðal flatargeislun (DAP) í völdum rannsóknum**

Óskað er eftir upplýsingum um flatargeislun (DAP). Að baki hvernar tölu þurfa að vera a.m.k. 10 rannsóknir af meðalstórum (50-90 kg) sjúklingum. Séu þessar tölur ekki fyrir hendi biðjum við ykkur vinsamlegast að skrá fyrir okkur flatargeislun fyrir 10 sjúklinga, sjá mæliblöð sem fylgja.

| Rannsókn             | Flatargeislun | Mælieining |
|----------------------|---------------|------------|
| Lungu PA             |               |            |
| Lungu LAT            |               |            |
| Mjaðmagrind          |               |            |
| Kviðarhol AP         |               |            |
| Kviðarhol Horizontal |               |            |
| Lendhryggur AP       |               |            |
| Lendhryggur LAT      |               |            |

**Mæliblöð:**

Ef meðal DAP og EI<sub>T</sub> er óþekkt má skrá DAP og EI fyrir um 10 myndir af hverri rannsókn.

Vinsamlegast skráið gildi fyrir meðalstóra sjúklinga eftir því sem hægt er og skráið fyrir hverja rannsókn (neðst á blaði) hvernig þið teljið úrtakið vera.

**Lungu Post-Ant**

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Lungu LAT**

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

DAP og EI í töflum fyrir RTG lungu eru úr rannsóknum af sjúklingum sem eru:

Nærri allir meðalstórir (áætlað 60-90 kg)

Aðeins hluti meðalstórir; nokkuð margir stærri  eða nokkuð margir minni

### Mjaðmagrind

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

### Kviðarhol Ant-Post:

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

### Kviðarhol Horizontal

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

DAP og EI í töflum fyrir RTG lungu eru úr rannsóknum af sjúklingum sem eru:

Nærri allir meðalstórir (áætlað 60-90 kg)

Aðeins hluti meðalstórir; nokkuð margir stærri  eða nokkuð margir minni

### Lendhrygg AP

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

### Lendhrygg Lateral

DAP

EI

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

DAP og EI í töflum fyrir RTG lungu eru úr rannsóknum af sjúklingum sem eru:

Nærri allir meðalstórir (áætlað 60-90 kg)

Aðeins hluti meðalstórir; nokkuð margir stærri  eða nokkuð margir minni