

Opinnäytetyö AMK

Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Röntgenhoitaja

2016

Jessi Grönberg

SÄDESUOJEN
KÄYTTÖ JA
POTILAAN
PINTA-ANNOS
NATIIVIRÖNTGEN-
KUVAUKSISSA

Jessi Grönberg

SÄDESUOJIEN KÄYTTÖ JA POTILAAN PINTA-ANNOS NATIIVIRÖNTGENKUVAUKSISSA

Röntgenhoitajan tulee toimia niin, että potilaalle aiheutuu säteilystä mahdollisimman vähän haittaa. Yhtenä keinona vähentää potilaan saamaa sädeannosta on sädesuojien käyttö. Sädesuojilla tarkoitetaan säteilyä läpäisemättömiä suojia, joissa lyijy on yleisimmin käytetty materiaali. Tutkimusten mukaan käytössä ei ole tarpeeksi selkeitä ja yhtenäisiä ohjeita siitä, miten sädesuojia tulisi käyttää.

Röntgensäteily on ionisoivaa säteilyä, jolla on terveydelle haitallisia vaikutuksia. Röntgentutkimusten potilasannoksen määrittämisessä voidaan käyttää fantomia, mallia, joka vastaa ominaisuuksiltaan keskimääräistä potilasta. Säteilyannoksen mittaamiseksi ja ilmaisemiseksi tarvitaan tarkasti määritellyt suuret, joista yksi on pinta-annos. Opinnäytetyössä mitattiin fantomin avulla potilaan pinta-annoksen muuttumista ESD –mittarilla, muuttamalla sädesuojan etäisyyttä kuvakentästä. Mittaukset toteutettiin keuhkojen ja lannerangan röntgenkuvauksia vastaavissa tilanteissa.

Thorax-kuvaukset ovat yleisimpiä radiologisia tutkimuksia ja lannerangan kuvausalue on lähellä säteilylle herkkiä elimiä, joten säteilynsuojelun huomioiminen on erityisen tärkeää. Tutkimuskohteina thorax-projektiot olivat seisten PA-suunnan kuva, sekä makuultaan AP-kuva. Lannerangan kuvauksen projektiot olivat PA-suunnan kuva seisten sekä AP-suunnan kuva makuultaan. Sädesuojan ja ESD-mittarin etäisyyttä kuvakenttään vaihdettiin kohteiden mittauksissa viidesti, etäisyydet olivat: 0cm, 3cm, 5cm, 10cm, 15cm.

Sädesuojan käytön hyöty on parhaimmillaan heti sädekentän rajalla. Kuvakentän rajalla pinta-annos oli lähes kaikissa projektioiden ilman sädesuojaa noin kuusi kertaa suurempi kuin sädesuojan kanssa. Etäisyyttä kasvatettaessa suojausvaikutus heikkeni, ja yli 5 cm etäisyyden päästä kuvakentästä sädesuojalla ei ole enää suurta merkitystä pinta-annokseen. Kuvakentästä 3 - 5 cm etäisyyden jälkeen, riippuen kuvausarvoista ja kohteesta, sädesuojan vaikutus pinta-annokseen ei ole enää huomattava. STUK:n ohjeistuksen mukaan sädesuojia tulisi käyttää vähintään 4cm etäisyydellä kuvakentän rajasta, opinnäytetyön mittauksissa saadut tulokset viittaavat samaan kuin STUK:n ohjeistus. Pidemmällä etäisyydellä mitattaessa, 170cm ja 200cm, ei ole käytännössä eroa siinä, käytetäänkö sädesuojaa vai ei. Kaikilla mittauksissa mukana olleilla kohteilla oli yhtenäinen linja siinä, että kuvakentän rajalta 3cm etäisyyteen pinta-annoksen pieneneminen oli huomattava, jonka jälkeen pinta-annos vaimeni tasaisesti.

ASIASANAT:

röntgenkuvaus, thorax, lanneranka, pinta-annos, sädesuoja, säteilynsuojelu.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Radiography and Radiotherapy | Radiographer

6/2016 | 36 + 7 pages

Jessi Grönberg

LEAD SHIELDING AND PATIENT'S ENTRANCE SURFACE DOSE IN X-RAY IMAGING

Radiographer will work in such a way that the patient's dose is as low as possible. One of the ways to reduce patient's dose is using the shields. Shields means radiation impervious blanket and lead is the most commonly used material. According to studies, there is not enough clear and consistent guidance on how the shields should be used.

X-ray is ionizing radiation, which is harmful to health effects. The determination of patient's dose in x-ray examinations can be used by phantom, the model that corresponds to the characteristics of the average patient. To express the dose of radiation need to clearly defined quantities, one of these is ESD. This Bachelor's thesis was measured using phantom to find out the change of the patient's dose around of the field, by changing the shields distance from the field. The measurements were the thorax and the lumbar spine x-rays.

Thorax is the most common radiological studies. Description of the area of the lumbar spine is close to the radiation-sensitive organs, so consideration of radiation protection is particularly important. Research items in the thorax projections were standing in PA direction and laying down in AP direction. The lumbar spine projections were in the PA direction by standing and AP laying down. Shield and ESD-meter distance from the field were changed to measure items in five times, the distances were: 0 cm, 3 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm.

Radiation protection is the best when shield is in the border of the field. Dose in border line was almost all of the projections without the shield six times larger than with the shield. The distance from the impact of raising the security deteriorated, and more than 5 cm distance to get to the picture in the field of radiation protection is no longer the major importance of the size of the dose. In the field of 3-5 cm distance, depending on the values and a description of the item, radiation protection effect on the size of the dose is no longer significant. STUK guidance for shields is that the distance should be maximum 4 cm from the field, the results of the thesis measurements refer to the same as the STUK. In the longer distance measuring, 170 cm and 200 cm, there is no different in dose of using shield or not. From the border of the image field to the 3 cm distance of it ESD change was large.

KEYWORDS:

x-ray imaging, thorax, lumbar spine, entrance surface dose, lead shield, radiation protection.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 NATIIVIRÖNTGENKUVAUS	8
2.1 Thorax-kuvaus	8
2.2 Lannerangan kuvaus	9
3 RÖNTGENSÄTEILY	10
3.1 Säteilyn biologiset vaikutukset	10
3.2 Säteilyn mittaaminen	11
3.2.1 Pinta-annos	12
3.2.2 Säteilyannoksen ja pinta-alan tulo	12
3.2.3 Fantom-mittaus	13
4 SÄTEILYSUOJELU	15
4.1 Sädesuojat	15
4.2 Sädesuojien hyödyllisyys	16
4.3 Sädesuojien käytön ohjeistus	17
5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	19
6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN	20
7 TULOKSET	24
7.1 Thorax PA seisten –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen	25
7.2 Thorax AP maaten –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen	26
7.3 Lannerangan PA –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen	27
7.4 Lannerangan AP –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen	28
7.5 ESD-annoksen vaimeneminen	29
8 POHDINTA	30
8.1 Tulosten tarkastelu	30
8.2 Eettisyys ja luotettavuus	33
LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. Saatekirje ja tutkimuslupa.

Liite 2. Mittaustulokset.

KUVAT

Kuva 1. Thorax-fantom ja ESD-mittari pystytelineellä.	21
Kuva 2. Lannerangan fantom ja ESD-mittari buckypöydällä.	21
Kuva 3. Lannerangan fantom ja sädesuoja buckypöydällä.	22

KUVIOT

Kuvio 1. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.	25
Kuvio 2. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.	26
Kuvio 3. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.	27
Kuvio 4. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.	28
Kuvio 5. Säteilyn vaimeneminen kuvakentän ulkopuolella ilman sädesuojainta.	29

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ALARA	"As Low As Reasonable Achievable", optimointiperiaate (STUK 2013).
AP	Anteroposteriorinen, etukuva (Duodecim 2015).
DAP	"Dose area product", annoksen ja pinta-alan tulo (mGy·m ²) (Miettinen ym. 2000, 101).
ESD	"Entrance surface/skin dose", pinta-annos (mGy) (Miettinen ym. 2000,102).
Gy	"Gray", absorboituneen säteilyn mittayksikkö, ionisoivan säteilyn kohteeseen luovuttaman energian määrä. 1 Gy = 1J/kg (STUK 2013).
ICRP	International Commission on Radiological Protection, kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (Paile 2000, 151).
kV	Kilovoltti, ilmaisee kuvaus- eli putkijännitettä (STUK 2004a).
LAT	Lateraalinen, sivusuunnasta tuleva, sivukuva (Miettinen Ym. 2004, 125).
mAs	Milliampeerisekunti, koostuu putkivirran (mA) ja kuvausajan (s) tulosta (Whitley yms. 2005, 28).
mmPb	Lyijyekvivalentti (Jaquith 2014).
PA	Posteroanterorinen, takakuva (Duodecim 2015).
Sv	Sievert, säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa ilmaiseva yksikkö (STUK 2013).
STUK	Säteilyturvakeskus.

1 JOHDANTO

Röntgenhoitaja on lääketieteellisen kuvantamisen ja säteilynkäytön ammattilainen. Hänen tulee tietää miten toimia niin, että potilaalle aiheutuu säteilystä mahdollisimman vähän haittaa. Yhtenä keinona vähentää potilaan saamaa sädeannosta on sädesuojien käyttö.

On olemassa erilaisia ohjeita sädesuojien käytöstä, mutta niiden hyödyistä ei ole laajasti näyttöä. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia sädesuojien käytön vaikutusta potilaan pinta-annokseen natiiviröntgentutkimuksissa. Tuloksiin viitaten röntgenhoitajat pystyvät perustelemaan sädesuojien käyttöä sekä yhtenäistämään toimintaansa. Opinnäytetyössä mitataan sädesuojan suojausvaikutusta etäisyyden kasvaessa kuvakentästä ja lisäksi selvitetään miten potilaan pinta-annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä.

Opinnäytetyön tulokset perustuvat fantomin avulla tehtyihin ESD-mittauksiin, jotka toteutettiin Rauman kuvantamisen yksikössä yhteistyössä Satakunnan sairaanhoitopiirin SataDiag:n fyysikon kanssa. Mittauskohteet ovat keuhkojen ja lannerangan röntgenkuvaukset, koska ne ovat yleisiä kuvauskohteita. Lisäksi näiden projektoiden kuvausalue on lähellä säteilylle herkkiä elimiä, joten säteilysuojelun huomioiminen on erityisen tärkeää.

2 NATIIVIRÖNTGENKUVAUS

Röntgenkuva on kaksiulotteinen varjokuva, joka muodostuu kehon vaimentamasta säteilystä. Röntgenkuva on mustavalkoinen kuva, jossa säteilyä voimakkaasti vaimentavat kohteet näkyvät vaaleampana ja säteilyä hyvin läpäisevät kehon osat tummina. Natiivikuvauksella tarkoitetaan ilman varjoainetta suoritettavaa kuvantamistutkimusta. (Miettinen ym. 2004, 14.)

2.1 Thorax-kuvaus

Thorax-kuvaukset ovat yleisimpiä radiologisia tutkimuksia. Thorax on vaativa kuvauskohde sen anatomian vuoksi, koska säteitä tulee hyvin läpäisevältä alueelta (keuhkot) ja huonosti läpäiseviltä alueilta (sydän ja luusto). Kuvattavan kohteen suuri koko, sekä sydämen liike voivat joskus aiheuttaa ongelmia kuvan ottamisessa. Kuvausta varten potilasta pyydetään hengittämään sisäänpäin ja pidättämään hengitystä, keuhkojen tulisi täyttyä mahdollisimman hyvin. Thorax-kuvan projektiot ovat etu- ja sivukuva, nämä pyritään aina ottamaan seisten. Jos potilas ei pysty seisomaan, voidaan kuvat ottaa istuen. Jos kyseessä on huonokuntoinen tai yhteistyökyvytön potilas, thorax-kuvat voidaan ottaa makuultaan ja silloin kuvataan vain AP-kuva. (Järvenpää 2005, 93-95.)

PA-kuvassa, potilaan rinta on kuvauslevyä vasten ja hänen tulee seisoa suorassa, olkavarret kierrettyinä ulospäin, näin lapaluut eivät häiritse kuvan tulkintaa. Sivukuvassa vasen kylki on kuvalevyä vasten ja kädet kohotettuina ylös. AP-kuvassa potilaan selän alle laitetaan kuvalevy ja säteet tulevat rinnan puolelta, toisin kuin PA-kuvassa ne tulevat selän puolelta. Kuvaan tulee merkitä edellämainituista kuvaussuunta ja kuvausasento. (Järvenpää 2005, 93-95.)

2.2 Lannerangan kuvaus

Lanneranka on yksi yleisimmistä röntgentutkimuksista ja se otetaan usein selkävun syyn selvittämiseksi. Lanneranka voidaan kuvata joko seisten tai maaten ja kuvauksessa otetaan yleensä etu- ja sivukuva. AP-projektiossa potilaan vatsa on röntgenputkea päin. Etukuva voidaan ottaa myös PA-kuvana, jolloin potilaan selkä on röntgenputkea päin. (Marttinen 2005, 596.)

Etukuvassa potilas seisoo suorassa, kädet vartalon molemmin puolin. Kun etukuva otetaan maaten, potilaan tulee koukistaa polvensa, jotta selkäranka saadaan parempaan asentoon. Sivukuvassa potilas makaa kyljellään tai seisoo kylki vasten kuvaustelinettä, kädet tulee ojentaa eteen. Makuultaan otetussa sivukuvassa, potilaan tulisi koukistaa polvet ja pitää jalat päällekkäin. Jos potilas ei pysty makaamaan kyljellään, voidaan sivukuva ottaa käyttäen horisontaalisia säteitä, potilaan maatessa selällään. Sivukuvassa potilaan tulee puhalttaa keuhkot mahdollisimman tyhjiksi, jotta ne nousevat ylemmäs, eivätkä häiritse rangan näkyvyyttä. (Marttinen 2005, 596.)

3 RÖNTGENSÄTEILY

Lääketieteellisessä diagnostiikassa röntgensäteilyn käyttö perustuu sen kykyyn läpäistä kehon kudoksia. Röntgensäteily vaimenee kudoksissa riippuen niiden alkuainekoostumuksesta ja tiheydestä. Röntgensäteily on ionisoivaa säteilyä, jolla on terveydelle haitallisia vaikutuksia. (Miettinen ym. 2004, 14.)

3.1 Säteilyn biologiset vaikutukset

Röntgensäteilyn haitat ovat seurausta fotonien aiheuttamasta molekyylien ionisaatiosta. Yksittäisen solun vastaanottama sädeannos saattaa olla solun toimintaa haittaava riippumatta siitä, kuinka suurta säteilyannosta on käytetty. On vaikeaa ennakoida yksittäisen solun tasolla säteilyn aiheuttamia vaikutuksia, koska sädekvantit jakautuvat kudoksessa epätasaisesti. Säteilykentän alueelle tulevasta säteilystä jotkut soluista ei vastaanota säteilyä lainkaan ja jotkut voivat saada suuriakin annoksia. Laskennallinen tai mitattu annos kudoksessa voi olla pieni, mutta yksittäisen solun annos voi siitä huolimatta olla vaarallisen suuri. (Mustonen & Salo 2002, 29–30.)

Vaarallisinta solulle on kun ionisoiva säteily kohdistuu solun tumassa olevaan DNA:han. Kun säteily kulkee tuman läpi voi se atomeita ionisoidessaan katkoa kemiallisia sidoksia ja nämä katkokset voivat vaurioittaa DNA:ta vakavasti. Vaurioiden vakavuus riippuu siitä, kuinka hyvin solut pystyvät niitä korjaamaan. (Mustonen & Salo 2002, 31.) Suurin osa vaurioista korjaantuu itsestään, mutta joskus vaurio kromosomin osassa jää pysyväksi mutaatioksi. Vaurio DNA:ssa voi johtaa perimän vaurioitumiseen, solun muuntumiseen syöpäsolun esiasteeksi, jakaantumiskyvyn menetykseen tai solun kuolemaan (Mustonen & Salo 2002, 31). Sukurauhaset kuuluvat kaikkein säteilyherkimpiin elimiin sekä miehellä että naisella. Jo 150 milligrayn äkillinen annos aiheuttaa siittiösolujen vähenemisen noin kuukauden kuluttua altistuksesta. Parin grayn annos johtaa kuukausia tai vuosia kestävään steriliteettiin. Jos annos on yli seitsemän graytä, miehen steriliteetti on yleensä pysyvä. Naisilla pysyvään steriliteettiin johtava annos vaihtelee iän mukaan. (Paile 2002b, 61.)

Säteilyn terveydelle haitalliset vaikutukset jaetaan suoriin vaikutuksiin ja satunnaisiin vaikutuksiin (Mustonen ym. 2007). Suorat eli deterministiset haittavaikutukset ovat suuren sädeannoksen aiheuttamasta laajasta solutuhosta seuranneita kudosaivourioita (STUK 2009b, 2). Suorat vaikutukset esiintyvät vakavien onnettomuuksien tai sädehoidon yhteydessä. Yleisimpiä seuraamuksia deterministisistä vaikutuksista ovat säteilytauti luuydin- ja suolistovaurioineen, sädepneumoniitti, säteilypalovamma, harmaakaihi ja sikiövaurio. (Paile 2002a, 44.) Satunnaiset eli stokastiset haittavaikutukset ovat yhdessä solussa tapahtuneita perimään kohdistuneita muutoksia. Ne voivat saada alkunsa miten pienestä sädealtistuksesta tahansa. (STUK 2009b, 2.) Sädeannoksen kasvaessa ainoastaan haittavaikutuksen syntymisen todennäköisyys suurenee. Suuri kerta-annos ei suurena yksilön riskiä saada stokastisia vaikutuksia, vaan riskin suuruusluokan määrää koko eliniän aikana saatu kumulatiivinen annos, joten jokainen röntgentutkimus tuo mukanaan lisäriskin. Stokastiset vaikutukset jaetaan karkeasti syöpäriskin suurenemiseen ja perinnöllisiin haittoihin. (Paile 2002a, 45.)

3.2 Säteilyn mittaaminen

Säteilyannoksen mittaamiseksi ja ilmaisemiseksi tarvitaan tarkasti määritellyt suureet. Kun puhutaan annosten suuruudesta on selkeästi ilmaistava, mistä suureesta on kysymys. Potilaan annoksen määrittämisen tavoitteena on arvioida potilaalle säteilystä haittaa, siksi potilaan annoksen ilmaisemiseen käytetyn suureen tulisi olla haittaa tai riskiä kuvaava. (Mustonen ym. 2007.)

Absorboitunut annos tarkoittaa säteilystä aineeseen siirtynyttä energiaa jaettuna ainemäärän massalla. Sen yksikkö on gray (Gy). Gray on niin suuri yksikkö, että usein on luontevaa käyttää sen tuhannesosaa eli milligrayta (mGy) tai miljoonasosaa eli mikrograyta (μ Gy). Röntgentutkimuksissa ei usein esiinny deterministisiä haittoja, koska vaurioon tarvittavaa vähimmäisannosta ei ylitetä, joten yleensä mitataan säteilyn

aiheuttamia stokastisia riskejä. (Miettinen ym. 2004, 135.) Opinnäytetyössä seurataan pinta-annosta, joka on potilasannoksen seurantasuure. Lisäksi mittauksissa kirjattiin ylös säteilyannoksen ja pinta-alan tuloa kuvaava suure.

3.2.1 Pinta-annos

Pinta-annos (ESD) on potilasannoksen seurantasuure. ESD:n ilmaisemiseen käytetään yksikkönä mGy. Pinta-annos ei kuvaa potilaan kokonaisaltistusta, vaan vain paikallista absorboitunutta annosta potilaan iholla. ESD sisältää primääriseen säteilyyn ja potilaasta takaisin sironneen säteilyyn. Kun mittaus tehdään ilman potilasta tai fantomia, annos on pienempi, koska potilaasta takaisin sironnut säteily ei sisälly annosmittaukseen.

ESD:n mittaus on yksinkertainen, eikä sen avulla vertailu ole säteilyn haittavaikutusten kannalta tarkka, jos tutkimuksessa käytetyt säteily-spektrit, geometriset tekijät, potilaiden koot tai kuvien projektiot eroavat toisistaan merkittävästi. ESD-annos voidaan määrittää joko säteilykeilan alueelle asetettavalla ulkoisella mittarilla tai laskennallisesti. Laskennalliseen määrittämiseen tarvitaan säteilymittari, joka asetetaan sopivalle etäisyydelle fokuksesta. Laskennalliseen tapaan tarvitaan myös röntgenputken yksilöllinen säteilyntuottokerroin kaikilla putkijännitteillä ja suodatuksen yhdistelmillä, sekä säteilytyksen yhteydessä kirjatut käytetty sähkömäärä (mAs) ja mittarin näyttämä säteilyannos. (Miettinen ym. 2004, 137-138.)

3.2.2 Säteilyannoksen ja pinta-alan tulo

Säteilyannoksen ja pinta-alan tuloa kuvaavasta suureesta käytetään lyhennettä DAP ja sitä ilmaistaan yksiköllä mGy·m². Se on tietyllä etäisyydellä keilassa mitatun ilmaan absorboituneen keskimääräisen annoksen ja samalla etäisyydellä mitatun säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-alan tulo. Kun ESD:stä tarkasteltiin potilaan pinnalle kohdistuvien kvanttien tiheyttä, niin DAP kuvaa potilaan pinnalle kohdistuvien kvanttien kokonaislukumäärää.

DAP:n suora mittaus toteutuu käyttämällä röntgenputken kaihtimiin säteilykeilan eteen kiinnitettävää ionisaatiokammiota, DAP-mittaria. Ionisaatiokammion herkkyys on tasainen koko kammion alueella. Koska säteilykeila peittää vain osan kammion suur-takin kenttäkokoa käytettäessä, mittari näyttää suoraan annoksen ja pinta-alan tulo ilman, että mittaajan tulee suorittaa mitään laskutoimituksia. Annoksen ja pinta-alan tulo on pinta-annosta parempi suure, kun tarkoituksena on selvittää potilaan tutkimuksesta saamaa säteilyaltistusta ja stokastista riskiä. DAP-mittauksella voidaan kuvailla yhdellä arvolla koko tutkimuksen aiheuttamaa altistusta. (Miettinen ym. 2004, 141-143.)

3.2.3 Fantom-mittaus

Röntgentutkimusten potilasannoksen määrittämisessä voidaan käyttää fantomia, mal-lia, joka vastaa ominaisuuksiltaan keskimääräistä potilasta. Fantom-mittaus voidaan tehdä joko käyttämällä valotusautomaattia tai käsiarvoilla. (Miettinen ym. 2003, 32.) STUK on määrittänyt standardit eri tutkimuksissa käytettäville fantomeille. Keuhko-kuvauksen PA-projektiossa käytettävä fantomi koostuu vedellä täytetystä, jä-ykkäseinäisestä, suorakulmaisen särmiön muotoisesta muovilaatikosta, jonka poikkileikkauskoko on 26 cm x 26 cm ja kokonaispaksuus säteilykeilan suunnassa 10 cm. Fantomin seinämät ovat 0,6 cm paksuista muovia, joten säteilykeilan suunnassa sisuksen vesitilan paksuus on 8,8 cm. Säteilyn vaimenemista säteilykeilan suunnassa kasvatetaan lisäämällä fantomin päälle 0,5 cm paksuinen pleksilevy. Fantomin ai-kaansaama säteilyn vaimeneminen vastaa säteilyn vaimenemista potilaan keuhkoalueella. (STUK 2004, 23.)

Lannerangan AP-projektiossa käytettävä fantomi koostuu kahdesta vedellä täytetystä jäykkäseinäisestä muovilaatikosta. Laatikon koko on 26 cm x 26 cm ja yhteenlaskettu kokonaispaksuus säteilykeilan suunnassa 20 cm. Fantomin seinämät ovat 0,6 cm pak-suista muovia, joten säteilykeilan suunnassa sisusten vesitilan yhteenlaskettu paksuus on 17,6 cm. Säteilyn vaimenemista säteilykeilan suunnassa kasvatetaan lisäämällä fantomin päälle 3,3 cm paksuinen pleksilevy. Fantomin aikaansaama säteilyn

vaimeneminen vastaa säteilyn vaimenemista potilaan lannerangan alueella. (STUK 2004, 23.)

4 SÄTEILYSUOJELU

Säteilysuojelun ja säteilynkäytön tulisi noudattaa kolmea säteilylaissa määritettyä Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICRP:n hyväksymää periaatetta:

- 1) toiminnalla saavutettava hyöty on suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta (oikeusperiaate);
- 2) toiminta on siten järjestetty, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista (optimointiperiaate);
- 3) yksilön säteilyaltistus ei ylitä asetuksella vahvistettavia enimmäisarvoja (yksilönsuojaperiaate). (Säteilylaki 27.3.1991/592.)

Säteilysuojelulla yritetään vähentää satunnaisten terveysvaikutusten eli syövän ja perinnöllisten haittojen syntymistä. Pienikin annossäästö potilaalle on aina perusteltua, jos siitä ei aiheudu haittaa tutkimuksen tulkinneille. (STUK 2009a.) Säteilyn suorat haitat tulee torjua joka tilanteessa ja satunnaishaitat rajoittaa mahdollisimman vähäisiksi (STUK 2009b, 11). Potilaan säteilyturvallisuuden varmistaminen kuuluu röntgenhoitajan tehtäviin. Tutkimusmenetelmien optimoinnin ja röntgenlaitteiden toiminnasta huolehtimisen lisäksi säteilyturvallisuuteen kuuluu sädesuojien järkevä käyttö. (Jantunen ym. 2006, 9–10.)

4.1 Sädesuojat

Sädesuojilla tarkoitetaan säteilyä läpäisemättömiä suojia, joissa lyijy on yleisimmin käytetty materiaali. Lyijyllä on suuri vaimentamiskerroin, sen tiheys ja suuri atomiluku tekevät lyijystä sopivan materiaalin röntgensäteilyltä suojautumisessa (Jaquith 2014). Sädesuojan tehokkuus vaihtelee käytetyn materiaalin vaimentamiskertoimen, paksuuden ja käytetyn energiaspektrin mukaan (McCaffrey ym. 2007, 530). Kun lyijysuojia valmistetaan, voidaan materiaalia kerrostaa siten, että sädesuojalle saadaan haluttu paksuus ja vaadittu lyijyekvivalentti (Jaquith 2014). Lyijyekvivalentti (mmPb) kuvaa

kuinka paksua lyijykerrosta materiaalin säteilyn vaimentamiskyky vastaa. Yleensä sädesuojien lyijyekvivalentti on 0,25 mmPb, 0,35 mmPb tai 0,5 mmPb. (Jaquith 2014). Lyijy vaimentaa röntgensäteilyä tehokkaasti: 0,25 millimetriä lyijyä vähentää primaarisäteilyn noin kolmasosaan ja 1 millimetrin kerros lähes sadasosaan (STUK 2005, 2–4).

Röntgentutkimuksissa on käytössä malliltaan erilaisia lyijysädesuojia ja lisäksi miesten sukupuolielinten alueella käytettäviä gonadisuojia. Gonadisuojat ovat suunniteltu ja muotoiltu suojaamaan kiveksiä ja niitä voidaan käyttää myös kuvausalueen sisällä. Lyijysädesuojia ei voida käyttää kuvausalueen sisällä, koska ovat suurempia, mutta ne antavat suojaa hajasäteilyltä, joka tulee kuvattavan alueen ulkopuolelle. (Clancy ym. 2010, 131-135.)

4.2 Sädesuojien hyödyllisyys

Käytännössä säteilysuojauksen toteuttaminen sädesuojilla on rajallista ja ne eivät estä kehon sisällä vaikuttavaa sironnutta säteilyä (STUK 2009a). Sädesuojiin perustuvan sädesuojelun rooli annoksen pienentämisessä voi olla merkittäväkin. Irlantilaisen tutkimuksen mukaan lyijysädesuojan käyttö lannerangan AP-projektiossa vähensi miesten sukupuolielinten saamaa sädeannosta 42 prosenttia. Sivuprojektiossa ympärikedottavalla sädesuojalla ei ollut vastaavaa merkitystä, se laski sädeannosta vain 12 prosenttia. Kyseisessä tutkimuksessa lannerangan kuvauksessa naisten sukupuolielinten sädeannoksessa ei todettu merkittävää eroa siinä, käytettiinkö sädesuojaa vai ei. (Clancy ym. 2010, 131-135.) Säteilyturvakeskuksen katsauksen mukaan gonadisuojan antama annossäästö miesten sukupuolielimille voi olla 95 prosenttia (STUK 2009a).

Toisen irlantilaisen tutkimuksen mukaan keuhkojen röntgenkuvauksessa ympärikedottava sädesuoja antaa korkeamman säteilysuojauksen kuin muut sädesuojat. PA- ja sivuprojektioissa, annos väheni jopa 88% verrattuna ilman sädesuojaa mitattuun annokseen. Keuhkojen PA-projektiossa kaikilla tutkimuksessa käytetyillä eri sädesuojilla oli sukupuolirauhasiin kohdistuva annos edelleen selvästi havaittavissa, sisäisen siron-

nan takia. Tämän vuoksi on korostettava muitakin sädesuojaavia tekijöitä. (Brennan ym. 2006, 390-394.)

Irlantilaisessa tutkimuksessa on myös selvitetty lannerangan röntgenkuvauksessa sädesuojien sijainnin vaikutusta annokseen. Lannerangan AP-projektiossa kun sädesuoja sijaitsee kuvan vastaanottimen puolella, ei sädeannokseen ollut vaikutusta. Kun sädesuoja oli sijoitettu kuvausalueen alareunaan ja röntgenputken puolelle, niin todettiin 42 prosenttia pienempi sädeannos. (Clancy ym. 2010, 131-135.)

4.3 Sädesuojien käytön ohjeistus

Röntgentutkimuksissa sädesuojeluun kuuluu erilaisten sädesuojien käyttö, mutta sädesuojien käytön vaikutuksista potilaan pinta-annokseen ei irlantilaisen tutkimuksen mukaan löydy riittävästi tutkimusnäyttöä. Tutkimuksessa tehdyn kyselyn mukaan käytössä ei ole tarpeeksi selkeitä ja yhtenäisiä ohjeita siitä, miten sädesuojia tulisi käyttää. (Kelly ym. 2014.) Myös toisessa irlantilaisessa tutkimuksessa pohditaan sädesuojien erilaisten käyttötapojen johtuvan sädesuojien käytön ohjeiden ja selkeän opastuksen puutteesta. (Clancy ym. 2010, 131-135.) Suomessa röntgentoimipaikoissa on käytävissä paikkakohtaiset ohjeet sädesuojien käytöstä. Ohjeiden tulkinta ja käytännön toteutus voivat kuitenkin aiheuttaa epätietoisuutta hoitajien keskuudessa. (Niemi 2006, 78.)

Keuhkojen röntgenkuvauksessa voidaan käyttää vatsan alueella lannesädesuojaa, koska alue ei ole sädekentän sisällä. Lannerangan röntgenkuvauksissa sädesuojia voidaan käyttää jos ne eivät vaikuta kuvanlaatuun tai haittaa tutkimusta. (Tolonen 2011, 8.) STUK:n röntgentutkimusohjeiston mukaan lyijysuojia on tarkoitus käyttää tarkasti säteilykeilan reunassa, sillä ne eivät suojaa yli 4 cm etäisyydellä reunasta. (STUK 2005, 2–4.) Potilaiden kannalta paras hyöty sädesuojista saadaan suojaamalla aina kun mahdollista säteilylle erityisen herkeit elimet ja kudokset. ICRP:n määrittelyssä sädeherkät elimet ovat sukurauhaset, punainen luuydin,

paksusuoli, keuhkot, mahalaukku, virtsarakko, rintarauhanen, maksa, ruokatorvi ja kilpirauhanen. (STUK 2009a.)

Lasten tutkimuksissa sädesuojien käyttöön tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä lapsuuden aikainen altistus ionisoivalle säteilylle aiheuttaa suuremman riskin terveydelle kuin vastaava annos aikuisiässä (STUK 2005, 4). Lasten herkkyys säteilylle johtuu pienestä koosta, jolloin elimet ovat lähempänä ihoa, joten oman kehon antama suoja on huomattavasti vähäisempi kuin aikuisella. Lähes kaikki pienten lasten luut sisältävät lisäksi punaista luuydintä, joka on säteilylle herkkää kudosta. (Husso 2008.) Vastasyntyneitä kuvattaessa lapsen keho tulee suojata tarkasti säteilykentän reunaan asetettavalla sädesuojalla (STUK 2009a).

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää sädesuojien käytön vaikutusta potilasnokseen keuhkojen ja lannerangan natiivikuvantamistilanteissa. Tavoitteena on tuottaa tietoa röntgenhoitajille optimointikäytäntöjen yhtenäistämiseksi. Tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten ESD annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä?
 - 1.1 Miten ESD annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa?
 - 1.2 Miten ESD annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa?
 - 1.3 Miten ESD annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa?
 - 1.4 Miten ESD annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa?
2. Miten säteily vaimenee kuvakentän ulkopuolella ilman sädesuojainta?
3. Mikä on sädesuojan suojausvaikutus etäisyyden kasvaessa kuvakentästä?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

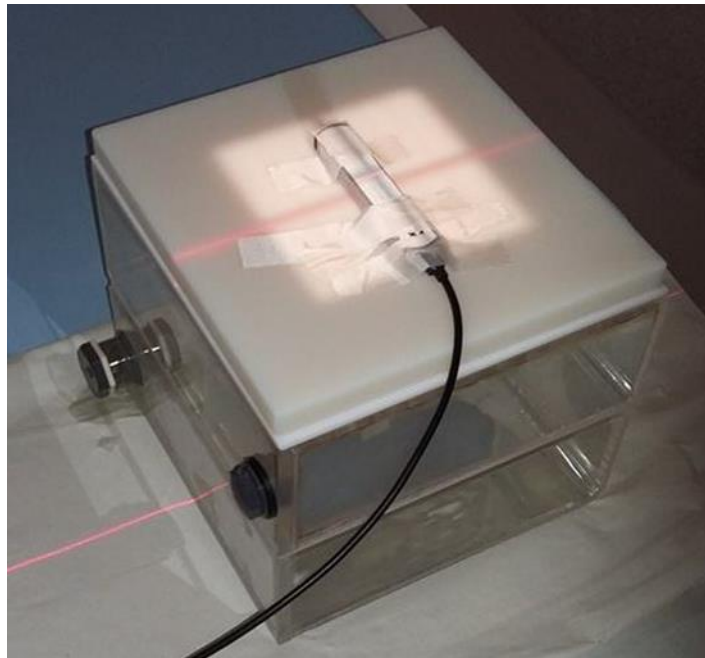
Opinnäytetyö on tutkimuksellinen ja toteutettiin tekemällä potilasannosten mittauksia. Mittauksien avulla tutkittiin säteilyn vaimenemista poispäin mentäessä kuvakentästä. Tutkimuskohteina ovat thorax ja lanneranka. Thorax-projektiot ovat seisten PA-suunnan kuva, sekä makuultaan AP-kuva (Järvenpää 2005, 93). Lannerangan kuvauksen projektiot ovat PA-suunnan kuva seisten sekä AP-suunnan kuva makuultaan (Marttinen 2005, 596).

Mittaukset suoritettiin Satakunnan sairaanhoitopiirin Rauman kuvantamisen yksikössä yhdessä SataDiag:n fyysikon kanssa. Opinnäytetyön toteutusta varten haettiin tutkimuslupa sairaanhoitopiiriltä (Liite 1). Mittauksien suorittamiseksi tarvittiin päivän ajan yksi kuvaushuoneista, jossa tarvittaessa keskeytettiin mittaukset potilaskuvauksien takia, ja niin opinnäytetyön toteuttaminen ei vaikuttanut yksikön normaaliin toimintaan. Mittaukset suoritettiin kaikki samalla laitteella, Canon Arcoma 0072-T2 (s/n 1004) ja käytössä oli seisten projektioissa Arco Wall –pystyteline sekä maaten projektioissa Arco Table –buckypöytä. Putkena Varian A-292, jossa kokonaissuodatus 3,2 mmAl ja mahdolliset lisäsuodatukset 0,1, 0,2 ja 0,3 mmCu. Thorax-mittauksissa käytettiin 0,2 mmCu lisäsuodatusta.

Mittauksia varten rakennettiin vesisäiliöistä ja pleksilevystä fantomit STUK:n ohjeiden mukaisesti. STUK on määrittänyt standardit eri tutkimuksissa käytettäville fantomeille (STUK 2004b, 23). Thorax-fantom (Kuva 1) oli kooltaan 25 cm x 25 cm. Kokonaispaksuus oli 10 cm, josta fantomin seinät olivat 1 cm paksut, joten vesitilan paksuus 8 cm. Lisäksi fantomissa oli 0,5 cm paksuinen pleksilevy. Lannerangan mittauksia varten fantomiin (Kuva 2) lisättiin vielä toinen vesisäiliö. Yhteenlaskettu kokonaispaksuus oli 20 cm, josta vähentämällä neljä 1 cm paksuista seinää, saatiin vesitilan paksuudeksi 16 cm. Fantomissa käytettiin ohjeiden mukaisesti 3,5 cm paksuinen pleksilevyä.



Kuva 1. Thorax-fantom ja ESD-mittari pystytelineellä.
(Kuva: Jessi Grönberg, 2015)



Kuva 2. Lannerangan fantom ja ESD-mittari buckypöydällä.
(Kuva: Jessi Grönberg, 2015)

Mittauksissa käytettiin sädesuojana lasten lannesädesuojaa (Kuva 3), jossa lyijyä 0,5 mmPb. Ennen mittauksia huomattiin, että lyijyä ei ole sädesuojan reunassa asti. Suojan reuna taitettiin, jotta mittari saatiin varmasti lyijysuojan, eikä pelkästään kankaan alle.



Kuva 3. Lannerangan fantom ja sädesuoja buckypöydällä.
(Kuva: Jessi Grönberg, 2015)

Opinnäytetyössä valittiin ESD-annoksen mittaamiseksi ulkoinen siirrettävä mittari, Unfors RaySafe Xi, jonka toimivuuden ennen mittauksia oli tarkistanut sairaanhoitopiirin fyysikko. Mittarin detektori Radiografia/Fluoroskopia R/F, jossa kaksi sensoria, R/F high ja R/F low. Keskeltä kuvakenttää tehdyissä mittauksissa käytettiin R/F high –toimintamoodia, jossa mittausalue 10 μ Gy - 9999 Gy. Mittaukset kuvakentän ulkopuolelta tehtiin R/F low –toimintamoodilla, jonka mittausalue 0,010 μ Gy – 9999 Gy.

Mittaustuloksien tallentamiseen laadittiin taulukkopohjat (Liite 2), joihin otsikoitiin valmiiksi kaikki mitä mittauksien aikana täytyi kirjata ylös. Taulukot nimettiin kuvauskohteiden mukaan: thorax seisten PA-suunta, thorax maaten AP-suunta, lanneranka

seisten PA-suunta ja lanneranka maaten AP-suunta. Mittauksissa selvitettiin ESD-annokset ulkoisen mittarin avulla ja DAP-arvot saatiin kuvauslaitteeseen integroidulla mittarilla, nämä lukemat kirjattiin valmiisiin taulukkopohjiin. Edellä mainittujen lisäksi kirjattiin eri kuvausprojektioista ylös: mAs, kV, suodatukset, kuvakentän koko ja kuvausetäisyys sekä päiväys.

Mittaukset toteutettiin ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa. Aluksi jokaisesta kohteesta mitattiin säteilyannos keskeltä kuvakenttää. Luotettavuuden lisäämiseksi päätettiin mitata sama kohta aina kahdesti. Kuvauskenttä oli jokaisessa kohteessa sama, 20 cm x 20 cm. Suodatukset, kV ja kuvausetäisyys tehtiin samoilla arvoilla, millä Rauman kuvantamisessa on ohjeistettu potilaita kuvaamaan.

Sädesuojan ja ESD-mittarin etäisyyttä kuvakenttään vaihdettiin kohteiden mittauksissa viidesti, etäisyydet olivat: 0cm, 3cm, 5cm, 10cm, 15cm. Pystytelineellä otetuista mittauksista päädyttiin jättämään 15cm etäisyydeltä oleva mittausta pois, sillä tutkimusongelma näytti selvinneen jo ilman sitä. Makuultaan otettavassa thorax-kuvassa otettiin lisäksi mittaukset pidemmällä etäisyydellä, jotka ovat 170 ja 200 cm, nämä kertovat osastolla kuvattavan potilaan viereisessä sängyssä olevan potilaan säteilyannoksesta, sekä kuvauksen suorittavan röntgenhoitajan säteilyannoksesta.

Mittaukset suoritettiin 6.8.2015, jolloin tulokset kirjattiin taulukkopohjiin (Liite 2). Tämän jälkeen laskettiin jokaisesta kohteesta kahdesti otetun mittauksen keskiarvo ja vertailtiin sädesuojalla ja ilman sädesuojaa kirjattuja keskiarvoja keskenään. Vertailuita selvittämään tehtiin kaaviot.

7 TULOKSET

Opinnäytetyön mittauksien tuloksia tarkastellaan tutkimuskysymyksittäin. Tulosten avulla selvitetään miten pinta-annos vaimenee etäisyyden kasvaessa kuvakentästä eri kuvauskohteissa sädesuojalla ja ilman. Lisäksi mitattiin miten säteily vaimenee kuvakentän ulkopuolella ja selvitettiin mikä on sädesuojan vaikutus etäisyyden kasvaessa kuvakentästä.

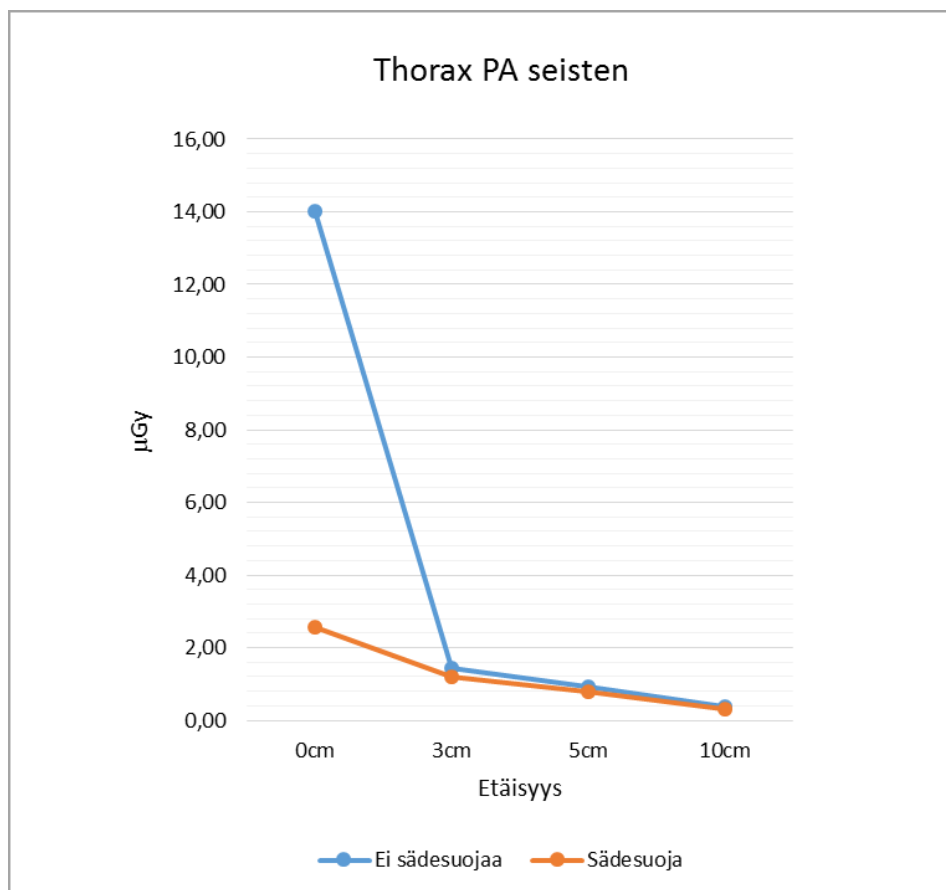
Mittausten tuloksia tarkastellessa tulee muistaa, että on vaikeaa ennakoida yksittäisen solun tasolla säteilyn aiheuttamia vaikutuksia, koska sädekvantit jakautuvat kudoksessa epätasaisesti. Laskennallinen tai mitattu annos kudoksessa voi olla pieni, mutta yksittäisen solun tai tuman annos voi siitä huolimatta olla vaarallisen suuri. (Mustonen & Salo 2002, 29.) Lisäksi on tärkeää huomioida, että mittauksissa on keskitytty ainoastaan potilaan pinta-annokseen, elinkohtaista annosta ei ole huomioitu.

Yhtenä osana mittauksia oli tarkoitus selvittää, miten säteily vaimenee pidemmällä etäisyydellä kuvakentästä, käytännössä tämä vastaa osastokuvautilanteita. Mittausetäisyydet olivat 170 ja 200 cm kuvakentän rajasta. Nämä vastaavat osastolla kuvattavan potilaan etäisyyttä viereiseen sänkyyn ja röntgenhoitajan etäisyyttä osastolla kuvattavaan potilaaseen. Mittaustulosten perusteella pinta-annokset thorax-kuvausta vastaavissa tilanteissa olivat näillä etäisyyksillä erittäin pieniä. Kun etäisyys oli 170 cm kuvakentän rajasta, annos ilman sädesuojaa oli 0,035 μGy ja sädesuojan kanssa 0,033 μGy . Etäisyyden ollessa 200 m annokset olivat 0,028 μGy ilman sädesuojaa ja 0,028 μGy sädesuojalla.

7.1 Thorax PA seisten –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen

Pystytelineellä otetuissa thorax-kuvausta vastaavissa tilanteissa kuvausalueen rajalle asetetulla sädesuojalla mitattiin sen vaikutusta pinta-annokseen (Kuvio 1). Kuvakentän rajalla mitattu pinta-annos ilman sädesuojaa oli 14 μGy ja sädesuojalla 2,55 μGy . 3 cm etäisyydeltä rajasta pinta-annos oli ilman sädesuojaa 1,43 μGy ja sädesuojalla 1,21 μGy . Kun siirrettiin mittaria 5 cm etäisyydelle tulokset olivat 0,91 μGy ilman sädesuojaa ja 0,78 μGy sädesuojalla. Etäisyyden ollessa 10 cm kuvakentän rajasta, mittaustulos oli 0,39 μGy sädesuojalla ja 0,31 μGy ilman sädesuojaa.

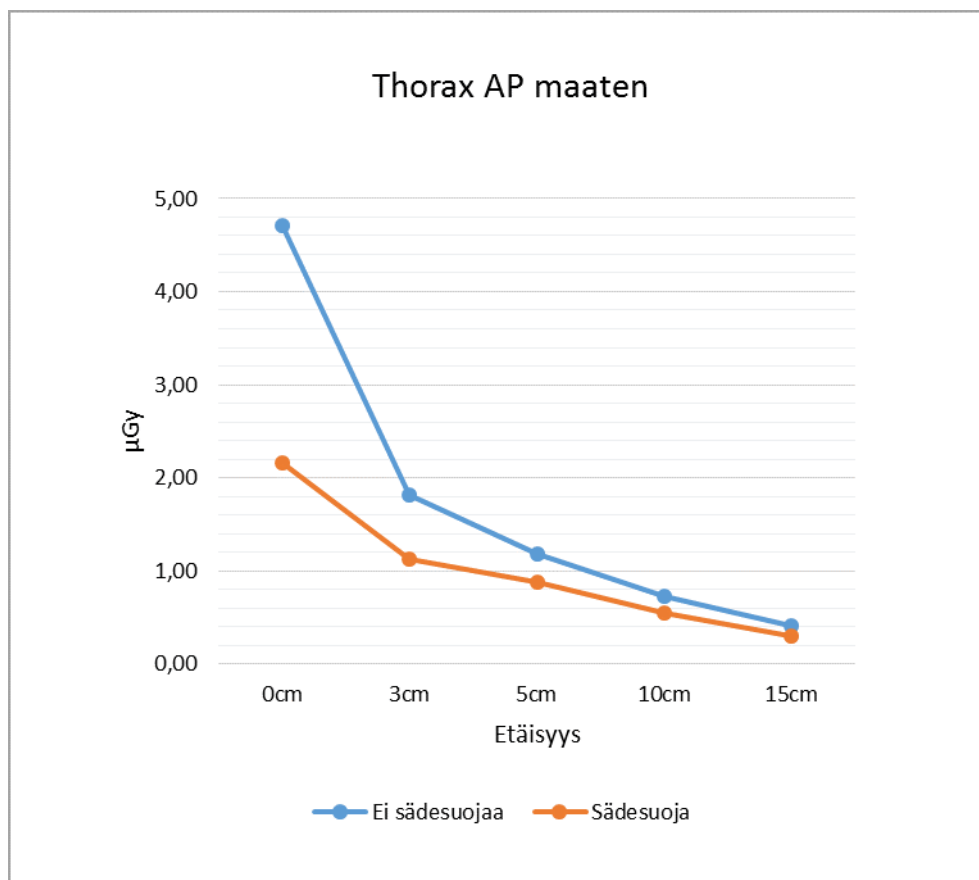
Kuvio 1. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.



7.2 Thorax AP maaten –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen

Mittaukset thorax-kuvausta vastaavista tilanteista tehtiin myös buckypöydällä. Kuvakentän rajalta mitattaessa ilman sädesuojaa tulos oli 4,71 μGy ja sädesuojan kanssa 2,16 μGy (Kuvio 2.). Etäisyyttä kasvattaessa mittaustulokset 3 cm kohdalla olivat 1,81 μGy ilman sädesuojaa ja 1,12 μGy sädesuojalla. 5cm etäisyydellä kuvakentän rajasta tulos oli 1,18 μGy ilman sädesuojaa ja 0,87 μGy sädesuojalla. Kun mitattiin 10 cm etäisyydeltä kentän rajasta tulokset olivat 0,72 μGy ilman sädesuojaa ja 0,55 μGy sädesuojalla. Vielä 15 cm etäisyydeltä mitattaessa tulokset olivat ilman sädesuojaa 0,41 μGy ja sädesuojalla 0,30 μGy .

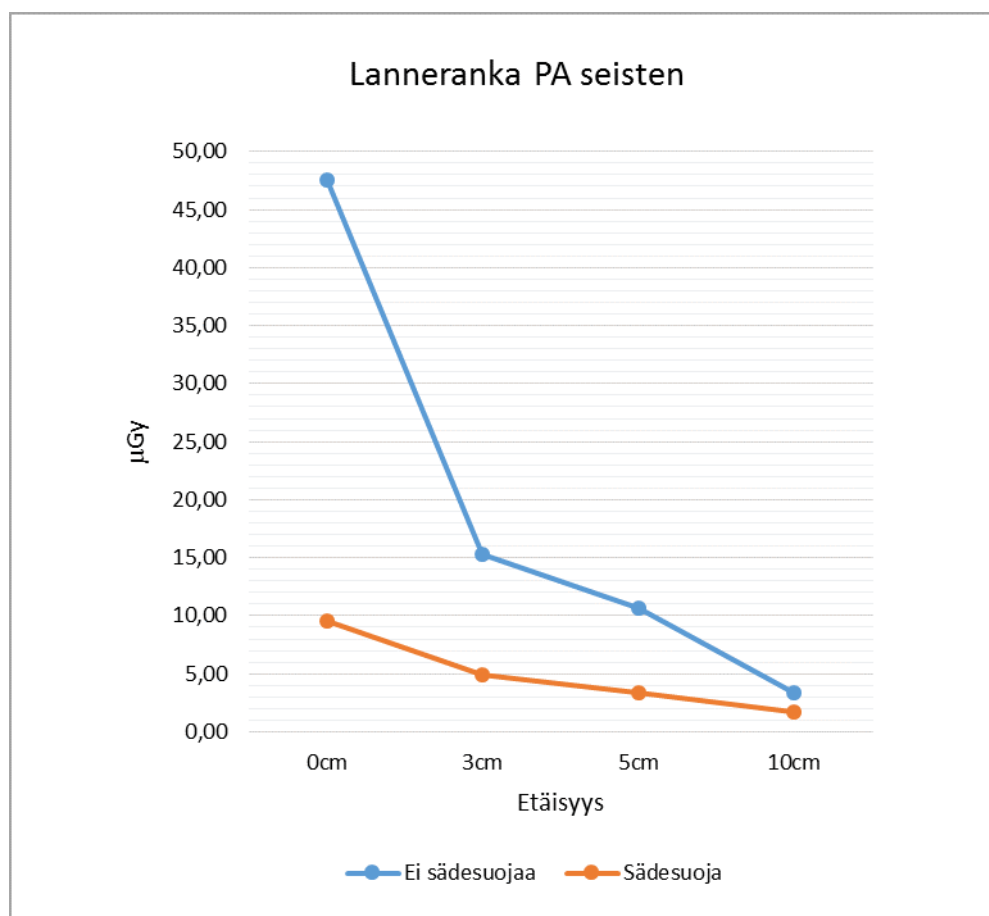
Kuvio 2. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä thorax AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.



7.3 Lannerangan PA –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen

Mitattaessa lannerankakuvausta vastaavaa tilannetta käytettiin paksumpaa fantomia kuin thorax –projektioissa. Mittaukset tehtiin neljällä eri etäisyydellä (Kuvio 3). Tulokset olivat kuvakentän rajalla 47,50 μGy ilman sädesuojaa ja 9,50 μGy sädesuojalla. Etäisyyttä kasvatettaessa kentästä, 3 cm kohdalla ero oli noin kolminkertainen, 15,30 μGy ilman sädesuojaa ja 4,96 μGy sädesuojalla. 5 cm kohdalla eroa oli edelleen, ilman sädesuojaa 10,70 μGy ja sädesuojalla 3,37 μGy . 10 cm etäisyydessä annos oli 3,40 μGy ilman sädesuojaa ja 1,73 μGy sädesuojalla.

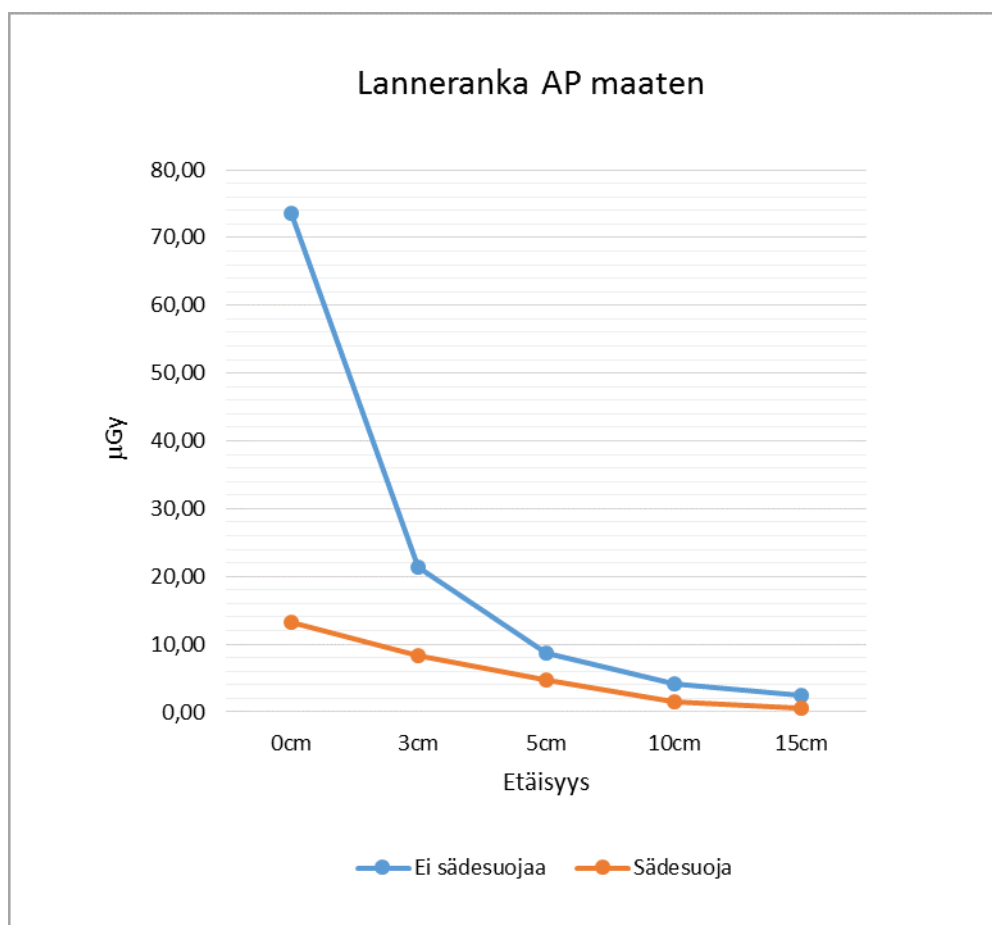
Kuvio 3. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan PA seisten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.



7.4 Lannerangan AP –projektiossa ESD-annoksen vaimeneminen

Lannerankakuvausta vastaavasta tilanteesta tehtiin mittaukset myös buckypöydällä (Kuvio 4). Ilman sädesuojaa annos oli kuvakentän rajalla 73,50 μGy kun taas sädesuojalla samasta kohtaa mitattuna 13,30 μGy . Etäisyyttä kasvatettaessa kentästä 3 cm ja tulokset olivat ilman sädesuojaa 21,30 μGy ja sädesuojalla 8,41 μGy , sädesuojalla annos yli puolet pienempi. 5 cm kohdalla annos oli edelleen noin puolet pienempi kun käytettiin sädesuojaa, 8,74 μGy ilman sädesuojaa ja 4,81 μGy sädesuojalla. Tulokset 10 cm etäisyydeltä olivat 4,23 μGy ilman sädesuojaa ja 1,46 μGy sädesuojalla. Tehtiin mittaukset vielä 15 cm etäisyydeltä ja siinä tulokset ilman sädesuojaa 2,49 μGy ja sädesuojalla 0,59 μGy .

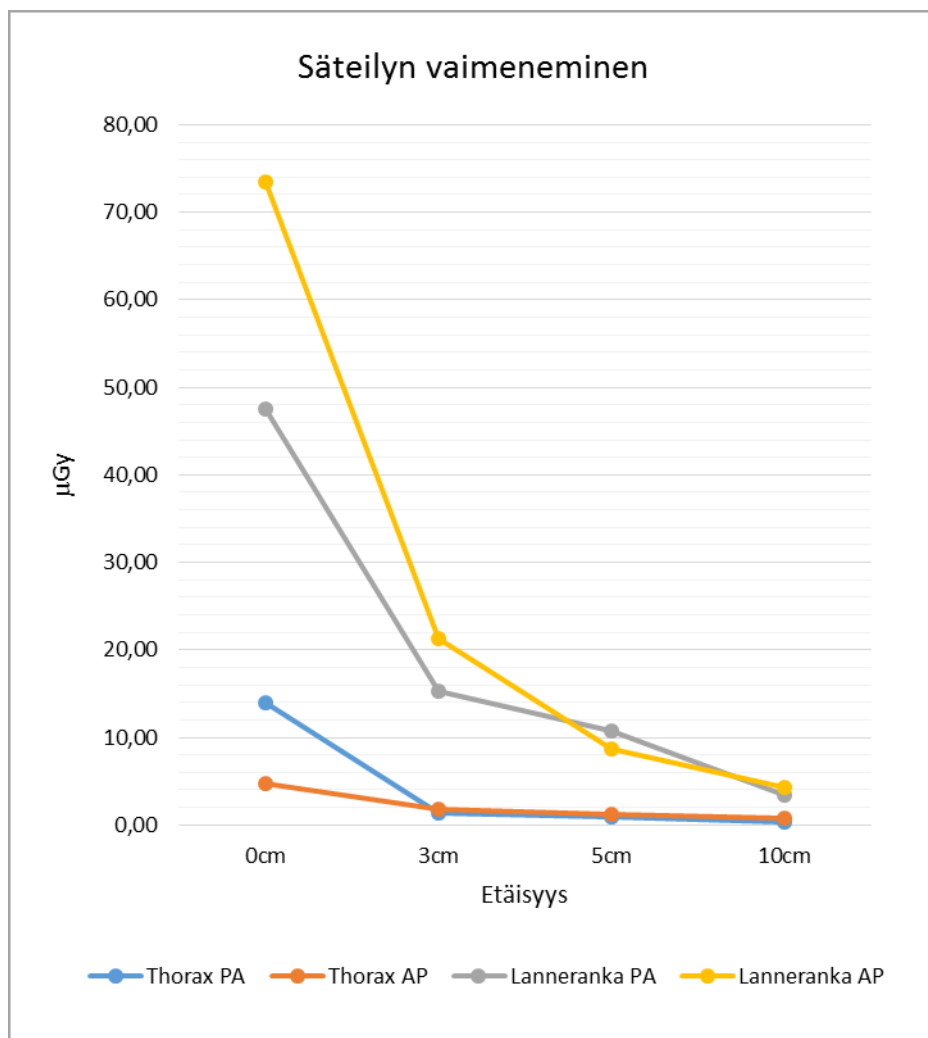
Kuvio 4. ESD-annoksen vaimeneminen etäisyyden kasvaessa kuvakentästä lannerangan AP maaten projektiossa ilman sädesuojaa ja sädesuojan kanssa.



7.5 ESD-annoksen vaimeneminen

Kun mitattiin pinta-annoksia eri kohteista, eri etäisyyksillä ja arvoilla, selvitettiin samalla miten säteily vaimenee kuvakentästä kauemmas mentäessä (Kuvio 5). Kaikilla mitauksessa mukana olleilla kohteilla oli yhtenäinen linja, kuvakentän rajalta 3 cm päähän annoksen pieneneminen oli huomattava. Kun edettiin kauemmas kuvakentästä lukemat eivät enää pienentyneet niin jyrkästi. 15 cm etäisyyden kohdalla kaikkien kohteiden pinta-annos määrät olivat jo alhaiset.

Kuvio 5. Säteilyn vaimeneminen kuvakentän ulkopuolella ilman sädesuojainta.



8 POHDINTA

Pohdintaosuudessa tarkastellaan keskeisiä tutkimustuloksia suhteessa aikaisempaan tietoon. Lisäksi esitetään kehittämisehdotuksia säteilynsuojien käyttämiseksi sekä jatkokäytöksiä ja tarkastellaan myös opinnäytetyön luotettavuutta ja eettisyyttä. Tuloksia tarkastellessa tulee muistaa, että sädesuojia on tärkeä käyttää jos säteilylle herkät elimet ovat lähellä kuvakenttää, pienikin annossäästö on potilaan etu.

8.1 Tulosten tarkastelu

Pystytelineellä otetuissa thorax-kuvausta vastaavissa tilanteissa mitattiin pinta-annos neljällä eri etäisyydellä kuvakentän rajasta. Kuvakentän rajalla mittaustulos oli ilman sädesuojaa lähes kuusi kertaa suurempi kuin sädesuojan kanssa. Kun siirryttiin 3 cm etäisyydelle rajasta pinta-annos oli 0,22 μGy suurempi ilman sädesuojaa. Kasvatettiin mitausetäisyys 5 cm kuvakentän rajasta ja eroa oli enää 0,13 μGy . Kun otettiin vielä 10 cm etäisyyden mittaukset, ero laski jo 0,08 μGy eli tulokset ilman sädesuojaa ja sen kanssa olivat lähellä toisiaan. Tämän 10 cm tuloksen seurauksena päätettiin jättää 15 cm etäisyys kokonaan pois, koska johtopäätös oli jo selvillä. Etäisyyden ollessa 10 cm kuvakentästä, sädesuojan suojausvaikutus potilaan pinta-annokseen on vähäinen. Thorax PA seisten mittauksissa sädesuojan suojaus oli 3 cm asti merkittävä, jonka jälkeen pinta-annoksessa ei ole enää suurta eroa siinä käytettiinkö sädesuojaa vai ei.

Mittaukset thorax-kuvausta vastaavista tilanteista tehtiin vertailun vuoksi myös buckypöydällä. Käytössä oli sama fantom kuin pystytelineellä, mutta kuvausetaisyys sekä kuvausarvot olivat erit. Kuvakentän rajalta mitattaessa ilman sädesuojaa tulos oli noin puolet enemmän kuin sädesuojan kanssa. Etäisyyttä kasvattaessa mittaustulokset pienenivät ja lähenivät toisiaan, 3 cm kohdalla eroa oli 0,69 μGy . 5cm etäisyydellä ero puolittui ja se oli 0,31 μGy . Kun mitattiin 10 cm etäisyydeltä kuvakentän rajasta tuloksissa oli edelleen eroa keskenään 0,17 μGy , joten päätettiin mitata vielä 15 cm etäisyydeltä. Näin saataisiin lähemmäs se erotus, mikä pystytelineeltä otetuissa mittauksissa tuli. Tulokset 15 cm olivat ilman sädesuojaa 0,11 μGy suurempi pinta-annos

kuin sädesuojan kanssa. Thorax AP maaten mittauksissa vastaava erotus, joka saatiin pystytelineellä 3 cm etäisyydellä tuli vasta 10 cm etäisyydellä. Tähän vaikuttivat kuvausarvot ja kuvausetäisyys. Makuultaan otetussa projektiossa sädesuojan hyöty on suurempi pidemmällä etäisyydellä kuin seisten otetussa.

Irlantilaisen tutkimuksen mukaan thorax-mittauksissa PA-projektioissa annos väheni jopa 88% verrattuna ilman sädesuojaa mitattuun annokseen (Brennan ym. 2006, 390-394). Opinnäytetyössä tehdyssä mittauksessa tulos oli vastaava kuin irlantilaisessa tutkimuksessa. Thorax PA-projektion mitattu pinta-annos oli ilman sädesuojaa 14 μGy ja sädesuojalla vain 2,55 μGy .

Thorax kohteen lisäksi tehtiin mittaukset lannerangan kuvausta vastaavista tilanteista. Käytettiin STUK:n määrittämää, paksumpaa fantomia kuin thorax –projektioissa. Mittaukset tehtiin pystytelineellä neljällä eri etäisyydellä. Kuvakentän rajalla otetuissa Lannerangan PA mittauksissa oli huomattava ero, sädesuojalla 9,50 μGy ja 47,50 μGy ilman sitä mitattaessa. Etäisyyttä kasvatettaessa kentästä, 3 cm kohdalla ero oli noin kolminkertainen. 5 cm kohdalla eroa oli edelleen noin kolminkertainen määrä. Vasta 10 cm etäisyydessä pinta-annos oli enää puolet pienempi sädesuojaa käytettäessä.

Lannerankakuvausta vastaavasta tilanteesta tehtiin mittaukset myös buckypöydällä. Ilman sädesuojaa pinta-annos oli kuvakentän rajalla lähes kuusi kertaa suurempi kuin sädesuojan kanssa. Etäisyyttä kasvatettaessa kentästä 3 cm sädesuojalla annos yli puolet pienempi. 5 cm kohdalla annos oli edelleen noin puolet pienempi kun käytettiin sädesuojaa. 10 cm etäisyydellä sädesuojan kanssa pinta-annos oli kolme kertaa pienempi. Tehtiin mittaukset vielä 15 cm etäisyydeltä ja ero ei kaventunut. Lannerangan seisten ja maaten otetuissa mittauksissa 10 cm etäisyys antoi lähes samat lukemat keskenään, toisin kuin thorax –mittauksissa.

Kaikissa eri projektioissa toistui sama tulos, heti kuvakentän rajalla pinta-annos oli huomattavasti suurempi ilman sädesuojaa kuin sädesuojan kanssa. Lannerangan kuvauksissa vielä 5 cm etäisyydellä kuvakentästä sädesuojalla voi olla hyötyä vaikka thorax –kuvauksissa sädesuojien merkittävä hyöty jää 3 cm etäisyydelle.

STUK:n röntgentutkimusohjeiston mukaan suoja tulisi käyttää vähintään 4 cm etäisyydellä kuvakentän rajasta. Etäisyyden kasvaessa suuremmaksi, suojen hyöty ei ole enää merkittävää. (STUK 2005, 2–4.) Mittauksissa saadut tulokset viittavat samaan kuin STUK:n ohjeistus. Sädesuojan käytön hyöty on parhaimmillaan heti sädekentän rajalla. Mitä kauemmas suoja siirretään sädekentästä, sitä huonompi sen hyöty on. Kuvakentästä 3 - 5 cm etäisyyden jälkeen, riippuen kuvausarvoista ja kohteesta, sädesuojan vaikutus pinta-annokseen ei ole enää huomattava. STUK:n mukaan 0,25 millimetriä lyijyä vähentää primaarisäteilyn noin kolmasosaan (STUK 2005, 2–4). Mittauksissa oli käytössä puolet enemmän lyijyä ja thorax seisten sekä lanneranka maaten projektioidissa lyijy vähensi pinta-annosta kuusi kertaa pienemmäksi.

Mittauksissa oli käytössä lannesädesuoja, jonka nimi viittaa siihen, että sitä tulisi käyttää lantion kohdalla. Tulokset osoittavat, että suoja tulisi asettaa sädekentän rajalle, joka keuhkokuvaa otettaessa on lähempänä potilaan kylkiluiden alaosaa kuin lantiota. Tämän perusteella lannesädesuojan käyttökohta on huomattavasti ylempänä kuin mitä sen nimi antaa olettaa. Lisäksi tulee huomioida, että kuvakentän rajauksella on suuri merkitys säteilysuojelun kannalta. Kuten mittaustuloksissa todettiin, 3 cm etäisyydellä kuvakentästä pinta-annos on jo huomattavasti pienempi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, jos kuvausalueen rajaus on laajempi kuin olisi tarvetta, tämä 3 cm etäisyys jää jo kuvakentän sisälle. Silloin pinta-annos on siinä kohtaa paljon suurempi kuin oikean kokoisella kuvakentän rajauksella.

Thorax-kuvausta vastaavista tilanteista tehtiin vielä pidemmällä etäisyydellä olevat mittaukset. Etäisyydet olivat 170 cm ja 200 cm. Tulokset olivat niin pieniä, ettei niitä voida tulkita luotettaviksi, koska käytössä olleen mittarin mittausalueen raja oli lähellä näitä edellä mainittuja tuloksia. Käytännössä ei ole eroa 170 cm etäisyydellä siinä, käytetäänkö sädesuojaa vai ei. Jatkokehittämisasiheena voisi olla lyhyemmät etäisyydet kuten 100 cm tai 150 cm. Lisäksi olisi mielenkiintoista verrata sädesuojien vaikutusta pinta-annokseen vielä laajemmalla otoksella, muillakin projektioidilla kuin näillä opinnäytetyössä käytetyissä. Mielestäni tietoa lisäämällä, voitaisiin saada röntgenhoitajille selkeämpi ja yhtenäisempi ohjeistus sädesuojien käyttöön. Tämä helpotaisi käytännössä röntgenhoitajan työtä sekä toisi potilaalle turvallisuuden tunnetta.

8.2 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön mittauksia varten haettiin Satakunnan sairaanhoitopiiriltä lupa käyttää heidän tilojaan ja laitteita. Mittaukset suoritettiin niin, etteivät ne vaikuttaneet yksikön normaaliin toimintaan. Mielestäni opinnäytetyön aihe on kokonaisuudessaan eettisesti merkittävä, koska siinä tarkastellaan sitä miten potilaalle saataisiin mahdollisimman pieni haitta röntgentutkimuksesta. Tämän opinnäytetyön tulokset voivat mahdollisesti auttaa pienentämään potilaiden saamaa säteilyannosta.

Mittarin mittausalue ei riittänyt enää 200 cm etäisyydellä, koska annos oli jo niin pieni kyseiselle mittarille. Tämän vuoksi 200 cm etäisyyden mittaukset eivät ole täysin luotettavia. Luotettavuutta vähentää myös mahdollisuus siitä, että suuria numeromääriä kirjattaessa Excel taulukoihin voi tapahtua kirjausvirhe.

Opinnäytetyön tutkimuksellinen osuus sujui mielestäni hyvin. Ennen mittauksia oli tehty tarkat valmistelut siitä, miten toimitaan ja mitä asioita kirjataan ylös. Etukäteen tehdyt taulukkopohjat helpottivat ja nopeuttivat mittauksien suorittamista sekä lisäsivät mitausten luotettavuutta. Jokaisesta kohdasta tehtiin mittaus kahdesti, joka myös lisäsi tuloksen luotettavuutta. Mukana mittauksia tekemässä oli SataDiagin fyysikko, hän seurasi, että kaikki sujui suunnitellusti. Mittausten aikana todettiin, että sädesuojassa voi olla sentin paksuinen kankainen reuna, ennen kuin lyijyosa alkaa. Tämä otettiin mittauksissa huomioon taittamalla reuna. Käytännössä asiaa ei välttämättä huomata, vaikka suojauksen hyödyn kannalta se tulisi mielestäni ehdottomasti huomioida.

LÄHTEET

Brennan, P. C.; Jackson, G. 2006. Radio-protective aprons during radiological examinations of the thorax: an optimum strategy. *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 121, No. 4, 390-394.

Clancy, C. L.; O'Reilly, G; Brennan, P. C. & McEntee, M. F. 2010. The effect of patient shield position on gonad dose during lumbar spine radiography. *Radiography* Vol. 16, No. 2/2010, 131-135.

Duodecim 2015. Terminologian tietokannat. Viitattu 20.4.2015
http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/terveysportti/rex_terminologia.koti

Husso, M. 2008. Sädesuojien käyttö. Luento Suomen Röntgenhoitajaliiton Radiografiapäivillä Lahdessa 22.5.2008

Jantunen, H; Aakula, U-M. 2006. Henkilökunnan ja potilaan säteilysuojelu lääketieteellisessä säteilyn käytössä. Suomen Röntgenhoitajaliitto, 9-10.

Jaquith, K. 2014. 3 Different types of Radiation Shielding Materials. Universal Medical. Viitattu 24.4.2016. <http://blog.universalmedicalinc.com/3-different-types-radiation-shielding-materials/>

Järvenpää, R. 2005. Thorax. Teoksessa Soimakallio, S; Kivisaari, L; Manninen, H; Svedström, E & Tervonen, O. (toim.) *Radiologia*. WSOY, 93-95.

Kelly, A.; Toomey, R. 2014. Protocols and guidelines for mobile chest radiography in Irish public hospitals. *Radiography* Vol. 21. 3-6.

Marttinen, E. 2005. Selkäranka. Teoksessa Soimakallio, S; Kivisaari, L; Manninen, H; Svedström, E & Tervonen, O. (toim.) *Radiologia*. WSOY, 596-599.

McCaffrey J.P.; Shen, H; Downton, B & Mainegra-Hing, E. 2007. Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments. *Medical Physics*. Vol. 32. 530.

Miettinen, A. 2003. Potilasannoksen mittauksissa käytettävät fantomit. Teoksessa Järvinen, H (toim.) *Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa*. Vantaa: Säteilyturvakeskus, 32-34.

Miettinen, A; Pukkila, O & Tapiovaara, M. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, O. (toim.) *Säteilyn käyttö*. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 13-188.

Miettinen, A; Servomaa, A. & Toivonen, M. 2000. Potilasannoksen määrittäminen: annoksen pinta-alan tulon mittaaminen ja pinta-annoksen laskeminen. Säteilyturvakeskus, 100-102.

Mustonen, R. & Salo, A. 2002. Säteily ja solu. Teoksessa Paile, W. (toim.) *Säteilyn terveystaikutukset*. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 27-43.

Mustonen, R; Sjöblom, K-L; Bly, R; Havukainen, R; Ikäheimonen, T.K; Kosunen, A; Markkanen, M. & Paile, W. 2007. Säteilysuojelun perussuosituksset. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. STUK.

Niemi, A. 2006. Röntgenhoitajien turvallisuuskulttuuri säteilyn lääketieteellisessä käytössä: kulttuurinen näkökulma. Akateeminen väitöskirja. Oulu: Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Hoitotieteen ja terveyshallinnon laitos.

Paile, W. 2002a. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 43-46.

Paile, W. 2002b. Säteilyvammat. Teoksessa Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 50-61.

Paile, W. 2000. ICRP:n näkemys säteilyn riskeistä ja suojeluperiaatteista. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 151-165.

STUK 2004a. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, O. (toim.) Säteily ja ydinturvallisuus –kirjasarja. Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus. Viitattu 24.4.2016 http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja4/_files/12222632510021055/default/kirja4_01.pdf

STUK 2004b. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen. STUK tiedottaa 1/2004.

STUK 2005. Lasten röntgentutkimusohjeisto. STUK tiedottaa 1/2005. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

STUK 2009a. Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa. Säteilyturvakeskuksen katsaus 1995. Verkkodokumentti. Päivitetty 2.7.2009. Viitattu 24.4.2016 <http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/julkaisuja/potilassuojaimet/fi_FI/potilassuojaimet/>.

STUK 2009b. Säteilyn terveysvaikutukset. Säteily ja ydinturvallisuuskatsauksia. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

STUK 2013. Sanasto. Viitattu 20.4.2015 http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi_FI/sanasto/

Säteilylaki 27.3.1991/592.

Tolonen, K. 2011. Potilaan suojaaminen, ulkoisten säteilysuojien käyttö. Säteilyturvakeskus

Whitley, A, S.; Sloane, C.; Hoadley, G.; Moore, A, D.& Alsop, C, W. 2005. Clark's positioning in radiography. 12th edition. USA, NY. Oxford University Press Inc. 28.

SAATEKIRJE JA TUTKIMUSLUPA

Hyvä osastonhoitaja!

Röntgenhoitajan tulee noudattaa optimointiperiaatetta työssään ja yhtenä osana sädesuojelua on erilaisten sädesuojien käyttö. On olemassa monia ohjeita sädesuojien käytöstä, mutta niiden hyödystä ei löydy riittävästi näyttöä. Opinnäytetyöni aihe on **sädesuojien käytön vaikutus potilasannokseen natiiviröntgenkuvauksessa – thorax ja lanneranka**. Thorax on yksi yleisimmistä röntgentutkimuksista ja siksi valitsin sen tutkimuskohteekseni. Lannerangan kuvausalue sijaitsee lähellä sukupuolielimiä, jotka ovat säteilylle erityisen herkkiä, joten mielestäni se on tärkeä tutkimuskohde. Tarkoitukseni on selvittää opinnäytetyöni tutkimusongelmaa mittaamalla sädeannoksia sädesuojalla sekä ilman ja vertaamalla tuloksia. Mittauksien avulla tutkitaan säteilyn vaimenemista pois päin mentäessä kuvakentästä. Suoritan tuloksia tarkentavia lisämittauksia sädesuojien ja ESD-mittarin eri etäisyyksillä kuvakentästä.

Pyydän lupaa käyttää SataDiagin Rauman kuvantamisen tiloja ja laitteita mittausten tekemiseen. Mittaukset tullaan tekemään kesän 2015 aikana ja siten, etteivät ne häiritse yksikön toimintaa. Mittauksissa on mukana SataDiagin fyysikko Minna Huuskonen. Valmis opinnäytetyö toimitetaan Satakunnan sairaanhoitopiiriin Rauman kuvantamisen yksikköön luettavaksi ja haluttaessa Satakunnan keskussairaalaan tai muihin yksiköihin.

Jos mieleesi tulee kysyttävää opinnäytetyöhöni liittyen, ota yhteyttä!

Opinnäytetyöni ohjaavina opettajina toimivat radiografian ja sädehoidon koulutusohjelman yliopettaja Leena Walta (leena.walta@turkuamk.fi)
opettaja Jarmo Huhtanen (jarmo.huhtanen@turkuamk.fi)

Kiitos jo etukäteen!

Ystävällisin terveisin

Jessi Grönberg
röntgenhoitajaopiskelija
jessi.gronberg@edu.turkuamk.fi
0445220636



Hakija	Nimi Jessi Janika Grönberg	Opiskelupaikka Turun ammattikorkeakoulu
	Puhelinnumero: 0445220636 Osoite: Puutarhakatu 46 B 16 Postinumero: 20100 Postitoimipakka: TURKU Email: jessi.gronberg@edu.turkuamk.fi	Opinnäytetyö/tutkimus <input checked="" type="checkbox"/> opinnäytetyö/AMK <input type="checkbox"/> ylempi AMK <input type="checkbox"/> pro gradu tutkielma <input type="checkbox"/> lisensiaatin tutkielma <input type="checkbox"/> väitöskirjatutkimus <input type="checkbox"/> muu
Kuvaus	OPINNÄYTETYÖN TIIVISTETTY KUVAUS. Sädesuojien käytön vaikutus potilasannokseen natiiviröntgenkuvauksessa – thorax ja lanneranka Tavoitteena on tuottaa tietoa röntgenhoitajille optimointikäytäntöjen yhtenäistämiseksi. Opinnäytetyö on tutkimuksellinen ja toteutetaan tekemällä annosmittauksia sädesuojalla ja ilman. Fantom-mitauksien avulla tutkitaan säteilyn vaimenemista poispäin mentäessä kuvakentästä. LIITTEET: opinnäytetyösuunnitelma	
Aiheen valinta	Opinnäytetyöstä on keskusteltu sairaanhoitopiirin edustajan kanssa ja olen saanut periaatteellisen hyväksynnän opinnäytetyön valmistelun käynnistämiseksi. <input checked="" type="checkbox"/> Kyllä, kenen kanssa: Stina Myllyniemi, osastonhoitaja <input type="checkbox"/> Ei	
Oppilaitoksen ohjaajat ja yhteystiedot	Päiväys <u>24.8.2015</u> Allekirjoitus ja nimenselvennys Leena Walta E-mail: leena.walta@turkuamk.fi Puh: 0449075475	Päiväys <u>28.8.2015</u> Allekirjoitus ja nimenselvennys Jarno Huhtanen E-mail: jarno.huhtanen@turkuamk.fi Puh: 0403550411
Opiskelijan sitoumus	Sitoudun noudattamaan sairaanhoitopiirin ohjeistusta salassapitovelvollisuudesta ja hyvää tutkimuskäytäntöä. Sitoudun toimittamaan opinnäytetyön/tutkimuksen tuloksista raportin sairaanhoitopiiriin joko sähköisesti tai paperiversiona. Päiväys: <u>28.8.2015</u> Allekirjoitus ja nimenselvennys Jessi Grönberg	



Hoitotyön kehittämis- ryhmän lausunto	<input checked="" type="checkbox"/> Lupaa puolletaan <input type="checkbox"/> Lupaa ei puollata, perustelut liitteessä <input type="checkbox"/> Pyydetään lähettämään eettiselle toimikunnalle <input type="checkbox"/> Pyydetään lisäselvityksiä: <u>25.9.2015</u> <u>Maarit Kuumari</u> Päiväys: Allekirjoitus ja nimenselvennys <u>MAARIT KUUMARI</u> <u>LOH/HH</u>	
Eettinen toimikunta	<input type="checkbox"/> Eettisen toimikunnan lausunto saatu (liitteenä) _____ <input checked="" type="checkbox"/> Eettisen toimikunnan lausuntoa ei tarvita.	
Tutkimus- luvan myöntämi- nen	Sairaanhoidopiirin toimialueen / yksikön tutkimus- tai kehittämishanke, johon opinnäytetyö / tutkimus liittyy (luvan myöntäjä täyttää): <input checked="" type="checkbox"/> Myönnetty <input type="checkbox"/> Ei myönnetä, perustelut:	
Ylihoitaja Palvelupääl- -liikkö	Päiväys: <u>28.9.2015</u> <u>Tuula Huumonen</u> Allekirjoitus ja nimenselvennys <u>Tuula Huumonen YH HOITAJA</u>	Päiväys: _____ Allekirjoitus ja nimenselvennys
Yliääkäri	Päiväys: _____ Allekirjoitus ja nimenselvennys	Päiväys: _____ Allekirjoitus ja nimenselvennys

MITTAUSTULOKSET

Thorax PA seisten										
MITTARIN ETÄISYYS		0cm	0cm	3cm	3cm	5cm	5cm	10cm	10cm	kuvakentästä
SÄDESUOJA		EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	
ESD	1.	14,30	2,48	1,50	1,21	0,94	0,79	0,39	0,31	µGy
	2.	13,70	2,61	1,36	1,20	0,88	0,77	0,38	0,30	µGy
DAP	1.	21,2	21,3	21,9	20,7	21,6	22,0	21,3	21,1	mGy·m ²
	2.	21,4	21,3	20,8	20,9	21,7	21,6	21,4	21,5	mGy·m ²
mAs	1.	3,7	3,6	3,8	3,6	3,7	3,7	3,6	3,7	
	2.	3,7	3,7	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	
KVAUSETÄISYYS		KUVAKENTTÄ		kV	SÄDESUOJA			KUVAKENTÄN KESKIOSA		
200m		20x20		130	0,5Pb/mm			ESD		73,0 µGy
SUODATUS		LISÄSUODATUS		LAITE		PÄIVÄYS		DAP		24,5 mGy·m ²
3,2mm Al		0,2mm Cu		Arcoma 0072-T2		6.8.2015		mAs		4,2

Liite 2 (2)

Thorax AP maaten																
MITTARIN ETÄISYYS	0cm	0cm	3cm	3cm	5cm	5cm	10cm	10cm	15cm	15cm	170cm	170cm	200cm	200cm		
SÄDESUOJA	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ		
ESD	1.	4,68	2,17	1,76	1,13	1,18	0,87	0,70	0,55	0,43	0,30	0,037	0,033	0,028	0,028	μGy
	2.	4,74	2,15	1,86	1,11	1,18	0,87	0,73	0,55	0,38	0,30	0,033	0,033	0,027	0,028	μGy
DAP	1.	28,9	28,8	29,1	28,8	29,1	29,1	29,2	29,4	29,0	29,0	28,8	28,3	29,3	29,3	mGy·m ²
	2.	29,0	29,0	29,1	29,0	29,2	29,2	29,5	29,5	29,2	29,2	29,2	28,3	29,3	29,3	mGy·m ²
mAs	1.	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
	2.	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
KUVAUSETÄISYYS	KUVAKENTTÄ		kV	SÄDESUOJA		KUVAKENTÄN KESKIOSA										
120m	20x20		130	0,5Pb/mm		ESD	81,1	μGy								
SUODATUS	LISÄSUODATUS		LAITE	PÄIVÄYS		DAP	29,0	mGy·m ²								
3,2mm Al	0,2mm Cu		Arcoma 0072-T2	6.8.2015		mAs	1,6									

Lanneranka PA seisten										
MITTARIN ETÄISYYS		0cm	0cm	3cm	3cm	5cm	5cm	10cm	10cm	kuvakentästä
SÄDESUOJA		EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	
ESD	1.	46,00	9,24	15,30	4,88	10,90	3,36	3,44	1,68	μGy
	2.	49,00	9,75	15,20	5,03	10,50	3,37	3,35	1,78	μGy
DAP	1.	349,2	355,9	352,3	351,6	355,6	347,4	350,6	345,1	mGy·m ²
	2.	352,0	352,0	351,7	347,6	347,6	347,4	350,1	352,1	mGy·m ²
mAs	1.	33,8	34,0	33,8	33,8	34,2	33,6	33,6	33,0	
	2.	33,8	34,0	33,8	33,5	33,4	33,6	33,3	33,6	
KUVAUSETÄISYYS		KUVAKENTTÄ		kV	SÄDESUOJA		KUVAKENTÄN KESKIOSA			
150m		20x20		85	0,5Pb/mm		ESD			1620,0 μGy
SUODATUS		LISÄSUODATUS		LAITE	PÄIVÄYS		DAP			488,6 mGy·m ²
3,2mm Al		EI		Arcoma 0072-T2	6.8.2015		mAs			46,9

Liite 2 (4)

Lanneranka AP maaten												
MITTARIN ETÄISYYS		0cm	0cm	3cm	3cm	5cm	5cm	10cm	10cm	15cm	15cm	kuvakentästä
SÄDESUOJA		EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	
ESD	1.	73,80	13,40	21,20	8,33	8,71	4,73	4,24	1,44	2,52	0,59	μGy
	2.	73,30	13,10	21,40	8,49	8,77	4,88	4,21	1,47	2,42	0,59	μGy
DAP	1.	358,1	360,3	352,9	355,8	356,4	354,6	361,5	350,9	360,7	355,7	mGy·m ²
	2.	356,2	353,8	358,7	364,2	359,4	361,2	361,8	359,8	358,4	354,1	mGy·m ²
mAs	1.	25,2	25,2	24,9	25,1	25,0	25,1	25,3	24,7	25,2	25,0	
	2.	25,1	24,8	25,1	25,5	25,1	25,3	25,3	25,1	25,1	24,8	
KUVAUSETÄISYYS		KUVAKENTTÄ		kV	SÄDESUOJA		KUVAKENTÄN					
120m		20x20		80	0,5Pb/mm		KESKIOSA					
							ESD	2495,0			μGy	
SUODATUS		LISÄSUODATUS		LAITE	PÄIVÄYS		DAP	529,5			mGy·m ²	
3,2mm Al		EI		Arcoma 0072-T2	6.8.2015		mAs	36,9				