

Opinnäytetyö (AMK)

Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Röntgenhoitaja

2012

Samuli Nieminen

POTILASANNOKSET LANNERANGAN NATIIVIRÖNTGEN- KUVAUKSESSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Nieminen

POTILASANNOKSET LANNERANGAN NATIIVIRÖNTGENKUVAUKSESSA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten kuvauslaite ja kuvaustapa (maaten tai seisten) vaikuttavat LS-rankaröntgenkuvauksen aiheuttamaan sädeannokseen. Tavoitteeseen päästiin keräämällä LS-rangan röntgentutkimuksen aiheuttamia sädeannoksia tietyllä aikavälillä ja vertailemalla aineistoa painoindeksin avulla. Lisäksi testattiin laitteistoja fantom-mittauksilla. Tutkimus toteutettiin Satakunnan keskussairaalan röntgenosastoilla.

Opinnäytetyön viitekehyksessä esitellään yleisesti hyväksytyt ja *Satakunnan kuvantamiskeskuksen* käyttämät lannerangan röntgentutkimuksen kuvausprotokollat. Viitekehyksessä perehdytään myös säteilyn vaikutuksiin ihmisessä, sen aiheuttamiin haittavaikutuksiin ja niiden todennäköisyyksiin sekä lannerangan röntgentutkimuksen tuottamiin sädeannoksiin. Viitekehyksessä tarkastellaan myös aiempaa tutkimusta, joka tarkastelee painoindeksin käyttöä mittarina sädeannosten vertailussa.

Potilasannosten määrittämiseksi kerättiin tietoja potilaiden kuvantamistilanteista (n=41), jotka toteutettiin kolmella eri kuvantamislaitteella. Potilasannoksien määrittämisessä käytettiin laitekohtaisia DAP-mittareita, joiden antamaa tulosta käytettiin vertailussa. Fantom-mittausten toteuttamista varten käytettiin omaa fantomia ja mittauksissa kerättiin sekä DAP-annos että ESD-annos. ESD mitattiin pinta-annosmittarilla. Aineisto käsiteltiin tutkimusongelmien mukaisesti ja saaduista tuloksista tehtiin havainnolliset kaaviokuviot.

Tulosten perusteella voidaan sekä kuvauslaitteella että kuvaustavalla sanoa olevan vaikutus potilaan LS-rangan röntgenkuvauksessa saamaan sädeannokseen. Painoindeksin mukaan järjestelty potilasannoskeräys osoittautui lupaavaksi menetelmäksi sen joustavuuden takia. Tulevaisuudessa olisi järkevää tutkia mahdollisuuksia käyttää sitä tietynlaisissa potilasannoskeräyksissä tai annosten vertailuissa. Havaittiin myös, että LS-rangan röntgenkuvauksissa AP-projektion potilaalle tuottama sädeannos kasvaa LAT-projektion tuottamaa annosta suuremmaksi suurella osalla tutkimuksia, joissa potilaan painoindeksi ylittää 28.

ASIASANAT:

Lanneranka, natiiviröntgenkuvaus, radiografia, röntgentutkimus, röntgenhoitaja.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Radiography and radiotherapy | Radiographer

May 2012 | 45 + 12 pages

Instructor(s): Leena Walta

Samuli Nieminen

PATIENT DOSES IN THE LUMBAR SPINE X-RAY

Purpose for this Bachelor's thesis was to find out how the used x-ray device and imaging method (upright position or supine) effects on the radiation dose caused by x-ray study of the lumbar spine. The results were achieved by gathering results from a certain timespan and comparing them by using body mass index. Used x-ray equipment were also tested using a lumbar spine phantom. The study was performed in x-ray departments of *Central Hospital of Satakunta*.

In the context of this bachelor's thesis clinically approved examination protocols for a x-ray study of lumbar spine used in the *Medical Imaging Central of Satakunta* are explained. The effects of radiation in human being and damage caused by radiation and it's possibility to occur will also be studied. Last but not least, average radiation dose caused by lumbar spine x-ray is explained, as well as a earlier study concerning the body mass index and can it be used as a tool to compare radiation doses.

The main method to gather patient doses was to gather information from lumbar spine x-ray studies (n=41), which were executed with three different devices. DAP-counters installed in the X-ray-devices were used, and information was gathered in dose gathering forms. A phantom was build to perform a phantom study, where DAP and ESD doses were measured. The research material was studied, and diagrams were drawn.

According to the results of the study, it can be said that examination position has effect on the radiation received by the patient in a x-ray examination of the lumbar spine, regardless of the equipment used. Arranging the results by body mass index turned out to be a promising method to compare radiation doses, because of its flexibility. In the future it would be reasonable to study the body mass index comparison method further, to use it in some kinds of patient dose studies. In addition, the results show that in most of the cases AP-projection of lumbar spine x-ray examination produces bigger radiation dose than the LAT-projection, when the body mass index is above 28, and smaller when the index is below 28.

KEYWORDS:

Lumbar spine, radiography, native x-ray imaging, radiographer.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	3
1 JOHDANTO	7
2 LANNERANGAN NATIIVIKUVANTAMINEN	8
2.1 Kuvausindikaatit ja määrät Suomessa	8
2.2 Lannerangan kuvausprotokollat	9
2.3 Lannerangan kuvantaminen SK kuvantamisessa	10
3 LANNERANGAN TUTKIMUSTEN SÄDEANNOKSIA	12
3.1 Säteilysuojelu	12
3.2 Säteilyn biologiset vaikutukset	14
3.3 Säteannokset ja niistä käytetyt yksiköt	15
3.4 Säteannoksen määrittäminen	17
3.5 Säteannosten vertailu painoindeksin mukaan	17
3.6 Fantom-mittausten teoriaa	18
4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	21
5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN	22
5.1 Aineiston keruu	22
5.1.1 Käytetyt lomakkeet	22
5.1.2 Käytetyt mittarit	22
5.1.3 Aineiston keruun käytännön toteutus	24
5.2 Aineiston käsittely ja analyysi	27
6 TULOKSET	28
6.1 Potilasannosmittaukset maaten ja seisten	28
6.2 Potilasannosmittaukset painoindeksin mukaan	31
6.3 Fantom-mittausten tulokset	33
7 TULOSTEN TARKASTELUA	34
7.1 Potilasannosmittaukset maaten ja seisten	34
7.2 Potilasannosmittaukset painoindeksin avulla	34
7.3 Fantom-mittaukset	35
8 LUOTETTAVUUS JA EETTISYYS	36
9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITTÄMIS-EHDOTUKSET	39
10 POHDINTA	43
LÄHTEET	44

LIITTEET

- Liite 1. SK kuvantamisen röntgenlaitteistot.
- Liite 2. Aineistonkeruulupa.
- Liite 3. Lannerangan potilasannosten keräyslomake huonesisiin N1 ja N3.
- Liite 4. Lannerangan potilasannosten keräyslomake huoneeseen K0.
- Liite 5. Fantom-mittauksissa käytetty keräyslomake.
- Liite 6. Fantomin rakentaminen.
- Liite 7. Potilasannoskeräysten kaaviokuvat sädeannoksilla.

KUVAT

- | | |
|--------------------------------------|----|
| Kuva 1. Vesifantom sekä ESD-mittari. | 24 |
| Kuva 2. Pleksilevy fantomien päällä. | 26 |

KUVIOT

- | | |
|--|----|
| Kuvio 1. Sädeannokset huoneessa K0, seisten (n=4). | 29 |
| Kuvio 2. Sädeannokset huoneessa K0, maaten (n=3). | 29 |
| Kuvio 3. Sädeannokset huoneessa N1, seisten (n=9). | 30 |
| Kuvio 4. Sädeannokset huoneessa N1, maaten (n=8). | 30 |
| Kuvio 5. Sädeannokset huoneessa N3, seisten (n=17). | 31 |
| Kuvio 6. Fantom-mittausten tuottamat pinta-annokset (ESD). | 33 |
| Kuvio 7. Fantom-mittausten tuottamat pinta-alan ja annoksen tulot (DAP). | 33 |

TAULUKOT

- | | |
|---|----|
| Taulukko 1. Lannerangan natiivikuvauksen kuvausarvoja SK kuvantamisessa projektioittain. (SataDiag kuvantaminen 2010). | 11 |
| Taulukko 2. Fantom-mittausten kuvausarvot (STUK 2009b). | 25 |
| Taulukko 3. Kaikkien tutkimusten kokonaismäärä huoneittain. | 27 |
| Taulukko 4. Tutkimusten määrä eri huoneissa sen mukaan kummalla projektiolla on suurempi sädeannos, painoindeksin ollessa pienempi kuin 28. | 32 |
| Taulukko 5. Tutkimusten määrä eri huoneissa sen mukaan kummalla projektiolla on suurempi sädeannos, painoindeksin ollessa suurempi kuin 28. | 32 |

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

a_k	Röntgenputken ilmoittama kenttäkoko kuvanlukijan kohdalla cm x cm.
ALARA-periaate	As Low As Reasonable Achievable, optimointiperiaate (STUK 2011b).
AP	Anteroposteriorinen, etukuva (Duodecim 2012).
BMI	Body mass index, eli painoindeksi (Duodecim 2012).
DAP	Dose area product, annoksen ja pinta-alan tulo ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2$) (Miettinen ym. 2000, 101).
ESD	Entrance surface dose, pinta-annos (mGy) (Miettinen ym, 102).
FDD	Focus to detector distance, fokuksen etäisyys detektoriin senttimetreinä (STUK 2004, 7).
FSD	Focus to Skin Distance, etäisyys fokuksesta potilaan iholle (STUK 2004, 20).
Gy	Gray, absorboituneen säteilyn mittayksikkö, ionisoivan säteilyn kohteeseen luovuttaman energian määrä. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ (STUK 2011b).
K0	Päivystysröntgenin natiivikuvaushuone.
LAT	Lateraalinen, sivusuunnasta tuleva, sivukuva (Miettinen Ym. 2004, 125).
m	Milli, suuruusluokkaa kuvaava suure. $1 \text{ Gy} = 1000 \text{ mGy}$.
N1	Natiivikuvaushuone 1.
N3	Natiivikuvaushuone 3.
Q	Sähkömäärä, mAs (Jurvelin 2005, 32, 24; STUK 2004).
Sv	Sievert, säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa ilmaiseva yksikkö (STUK 2011b).
STUK	Säteilyturvakeskus.
U	Kuvauksessa käytettävä röntgenputken putkijännite kilovoltteina, kV.
μ	Mikro, suuruusluokkaa kuvaava suure. Esimerkiksi $1 \text{ mGy} = 1000 \mu\text{Gy}$ ja $1 \text{ Gy} = 1\,000\,000 \mu\text{Gy}$.

1 JOHDANTO

Radiografiatyössä röntgenhoitajan rooli liittyy useimmiten diagnostiikkaan röntgensäteilyä tuottavien laitteitten tai isotooppien avulla. Lannerangan röntgenkuvauksessa tavoitteena on saada mahdollisimman hyvä ja informatiivinen röntgenkuva mahdollisimman pienellä määrällä säteilyä. Sädeannosta optimoimalla voidaan potilaan saamaa sädeannosta pienentää, ja tavanomaisessa kuvaustilanteessa optoimintia voidaan toteuttaa esimerkiksi olosuhteisiin vaikuttamalla. Optimoimaton röntgentutkimus voi tuottaa potilaalle suuremman sädeannoksen ja saattaa johtaa myös huonompaan kuvanlaatuun.

Lannerangan röntgentutkimus tuottama sädeannos on tavanomaisien natiiviröntgentutkimuksien joukossa yksi suurimmista ja vastaa keskimääräisestä pään tietokonetomografiatutkimuksesta aiheutuvaa sädeannosta. Lannerangan röntgentutkimus on indikaatioiltaan yksi yleisistä röntgenkuvauksista Suomessa, ja lähes jokainen selkäkipuinen tai tapaturmaan joutunut suomalainen lähetetään jossain elämän vaiheessa sellaiseen. Siksi lannerangan röntgenkuvauksen tuottama sädeannos on Suomessa huomattava ja sen optimointi on kansan sädeannosta ajatellen tärkeää.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään yhden organisaation (SK kuvantaminen) eri LS-kuvaustapojen sädeannoksia. Työssä testataan myös Suomessa suhteellisen tuntematonta tapaa selvittää sädeannoksia painoindexin avulla. Tämä menetelmä saattaa helpottaa yleisesti röntgentutkimuksen sädeannoksen optimointia ja tilastointia. Lisäksi testataan laitteiston vaikutusta sädeannokseen tekemieni fantom-mittausten avulla. Tällä tavalla saatiin viitettä siitä, miten suuri osa sädeannoksesta tulee potilaan muodoista ja miten suuri osa laitteistosta.

2 LANNERANGAN NATIIVIKUVANTAMINEN

Natiivikuvauksella tarkoitetaan ilman varjotainetta suoritettavaa kuvantamistutkimusta (STUK 2011a). Erilaisen tiheyden omaavat kohteet erottuvat natiivikuvantamisessa toisistaan ja ovat siksi otollisia kohteita (Suramo 1998, 29). Luusto näkyy vaaleana, pehmytkudokset harmaina ja kaasutummana tai mustana (Kiuru 1991, 14). Natiivikuvantaminen onkin käypä tutkimus juuri luuston kuvantamiseen. Yleissääntönä kuvauskohteesta pyritään saamaan mahdollisimman laaja kokonaiskuva; yleensä kohteesta otetaan etu- (AP-projektio) ja sivukuvat (LAT-projektio) mutta tietyissä tutkimuksissa halutaan vielä esimerkiksi viistoprojektioita. (Suramo 1998, 28-29; Kornamo 1991, 344.)

2.1 Kuvausindikaatiot ja määrät Suomessa

Suomessa tehdään vuosittain noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joiden joukossa lannerangan röntgentutkimus on 130 000 tutkimuksen vuotuisella määrällään yksi yleisimmistä. Sen tuottama efektiivinen sädeannos on noin 2,3 mSv, mikä vastaa keskimäärin yhden pään tietokonetomografiatutkimuksen sädeannosta. Lannerangan röntgentutkimuksen aiheuttama sädeannos onkin melko suuri muihin natiiviröntgentutkimuksiin verrattuna. (STUK 2010.)

Lannerangan röntgentutkimuksen yleisimpänä kuvausindikaationa on lähes jokaisen suomalaisen jossain vaiheessa potema vaiva, selkäkipu. (Riihimäki 1999, 1665.) LS-rangan natiivikuvaus onkin ensisijainen röntgentutkimus alaselän kipua selvitellessä (Käypä hoito 2008, 2237). Muita indikaatioita ovat esimerkiksi epäily vamman aiheuttamasta nikamamurtumasta, synnynnäinen lanneselän luisen kehityksen anomalia tai selän skolioositasapainon arviointi. Lannerangan taivutusröntgen tulee kyseeseen esimerkiksi jos aiemmissa kuvissa havaitaan nikaman reilua liukumaa tai nikaman degeneratiivista siirtymää. (Tunnenen, 2008.)

2.2 Lannerangan kuvausprotokollat

Lannerangan röntgenkuvaksen toteuttaa röntgenhoitaja. Kohteesta otetaan yleensä AP- ja LAT-projektiot. AP-projektioilla eli etukuvalla tarkoitetaan kuvaa, jossa potilas on vatsa röntgenputkeen päin. Vaihtoehtoisesti AP-projektio voidaan ottaa PA-projektiona, jolloin potilas on selkä röntgenputkeen päin. LAT- eli lateraaliprojektiossa potilas on kylki röntgenputkeen päin jolloin lannerangasta saadaan sivukuva. (Möller & Reif 1997, 57-59; SataDiag kuvantaminen 2010) Sekä AP- että LAT-projektio voidaan ottaa joko maaten tai seisten tilanteesta, potilaan kunnosta, pyydetyistä tutkimuksesta sekä kuvausindikaatiosta riippuen.

Potilas riisuu ennen kuvauksen suorittamista päällimmäiset vaatteet ja poistaa metalliesineet kuvausalueelta. Mikäli AP-projektio otetaan selällään maaten, potilaan jalkoja tulee koukistaa jotta selkärangan tyypillinen lordoottinen taipuminen saadaan minimoitua. (Eisenberg ym. 1995, 192-193; SataDiag kuvantaminen 2010.) Lordoottisuus tarkoittaa selkärangan pyrkimystä taipua selän asennon mukaan, jolloin esimerkiksi lannerangan nivelrakojen erottaminen hankaloituu ja rangon etäisyys detektorista kasvaa lordoottisuuden asteen mukaan. Etäisyyden kasvaminen lisää kuvassa esiintyvää optista virhettä. Potilas voi polvien koukistamisen lisäksi painaa alaselkää kuvauspöytää vasten, jolloin nivelrakojen erotettavuus paranee ja optinen virhe vähenee. (Clark 1964. 202–203.) Polvien koukistamista voidaan helpottaa asettamalla tyyny potilaan polvitaiteiden alle. Pään asennon tulee olla suorassa jotta rankaan ei syntyisi turhaa kiertoliikettä. Seisten otetussa AP-projektiossa potilas seisoo suorassa, hyvässä ryhdissä eikä hänellä tule olla kenkiä jalassa. Kädet ovat rennosti suorina vartalon molemmin puolin sekä maaten että seisten. Keskisäteen paikka kohdistetaan lonkkaharju palpoimalla neljännen lannenikaman kohdalle. (Eisenberg ym. 1995, 18, 192-193; SataDiag kuvantaminen 2010.)

Suorassa sivukuvassa (LAT) potilas joko makaa kyljellään bucky-pöydällä tai seisoo kylki kuvaustelinettä vasten. Maaten otetussa kuvassa potilaan jalat ovat koukussa ja kädet nostettuna pois rangon tieltä siten, että potilaalla on hyvä

asento. Hartiat, polvet, lonkat ja nilkat ovat päällekkäin. Seisten otetussa kuvassa potilas seisoo ilman kenkiä jalat harallaan, kädet ojennettuna eteen rangan tieltä tuen avulla tai nostettuna pään yläpuolelle. Keskisäde kohdistetaan etukuvan tavoin neljännen lannenikaman kohdalle. (Eisenberg ym. 1995, 196-197; SataDiag kuvantaminen 2010) Mikäli potilas ei pysty olemaan kyljellään, voidaan sivukuva ottaa horisontaalisia säteitä käyttäen potilaan maatessa selällään polvet koukussa. (SataDiag kuvantaminen 2010)

2.3 Lannerangan kuvantaminen SK kuvantamisessa

SataDiag on Satakunnan sairaanhoitopiirin liikelaitos johon kuuluvat esimerkiksi patologia, kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede sekä kuvantaminen. Kuvantamisen vastuualueella on toimipisteitä Satakunnan keskussairaalassa (SK), Rauman aluesairaalassa, Porin kaupunginsairaalassa sekä Ulvilan ja Noormarkun terveyskeskuksissa. SK kuvantamisen voi karkeasti jakaa kahteen osaan, klo 7.30-16.00 avoinna olevaan ajanvarausröntgeniin, sekä ympäri vuorokauden toiminnassa olevaan päivystysröntgeniin. (SataDiag 2012; SataDiag kuvantaminen 2012)

Tämän opinnäytetyön annoskeräykset sijoittuvat Satakunnan keskussairaalan ajanvaraus- ja päivystysröntgenyksiköiden lannerangan tutkimuksia suorittaviin natiivikuvaushuoneisiin. Käytän näistä kahdesta yksiköstä yhteisnimitystä Satakunnan keskussairaalan kuvantaminen, tai pelkkä SK kuvantaminen.

SK kuvantamisessa on 3 natiivikuvaushuonetta, joissa toteutetaan lannerangan natiiviröntgentutkimuksia. Nämä huoneet ovat ajanvarausröntgenyksikön natiivikuvaushuoneet 1 ja 3, sekä päivystysröntgenyksikön natiivikuvaushuone. Työssä kuvaushuoneista käytetään lyhenteitä N1 & N3 (natiivikuvaushuoneet 1 ja 3), sekä K0 (päivystysröntgenin natiivikuvaushuone). Kussakin kuvaushuoneessa on natiivikuvauksiin tarkoitetut laitteistot (liite 1).

Lannerangan röntgentutkimus kuvataan seisten mikäli vain mahdollista. Tutkimus suoritetaan kuitenkin maaten potilaan kunnon niin vaatiessa, ja kuvattaessa metastaasihakuja ja -kontrolleja. Irtohilaa ei käytetä. (SataDiag

kuvantaminen 2010.) AP- ja LAT-projektoiden asettelu noudattaa SK kuvantamisen protokollia (taulukko 1).

Taulukko 1. Lannerangan natiivikuvauksen kuvausarvoja SK kuvantamisessa projektioittain. (SataDiag kuvantaminen 2010).

Projektio	Huone	Kuvuas- jännite (kV)	Etäisyys FDD (cm)	Fokus- koko	Lisä- suodatus	Mitta- kammio
AP	K0	83	115	Iso	1 mm Al + 0,1 mm Cu	Keski
	N1	81	115	Iso	0,1 mm Cu	Keski
	N3	81	116	Iso	0,1 mm Cu	Keski
LAT	K0	90	115	Iso	1 mm Al + 0,1 mm Cu	Keski
	N1	90	115	Iso	0,1 mm Cu	Keski
	N3	90	116	Iso	0,1 mm Cu	Keski

3 LANNERANGAN TUTKIMUSTEN SÄDEANNOKSIA

Tässä luvussa käsitellään yleisesti säteilysuojelua, lannerangan röntgentutkimuksille säädettyjä kansainvälisiä ja suomalaisia vertailutasoja sekä mittaustuloksia. Luvussa kuvataan myös sädeannosten vertailun ja annosten ymmärtämisen kannalta välttämättömiä käsitteitä.

3.1 Säteilysuojelu

Säteilysuojelun ja säteilynkäytön optimoinnin lähtökohtana voidaan pitää kolmea säteilylaissa määritettyä kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP) hyväksymää yleistä periaatetta:

- 1) toiminnalla saavutettava hyöty on suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta (oikeutusperiaate);
- 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.)

Säteilyn stokastisten haittojen ollessa käytännössä sattumanvaraisia, potilaalle aiheutuvien haittojen tilastollinen todennäköisyys tulee minimoida. Tätä pyritään toteuttamaan yksilöön kohdistuvilla annosrajoituksilla. Säteilyn lääketieteellisessä käytössä säteilyturvallisuudella pyritään varmistamaan, ettei potilaalle aiheuteta tuloksetonta ja tarpeetonta säteilyaltistusta. (Euroopan komissio 1999, 5.) Tämä on erityisen tärkeää esimerkiksi fertiili-ikäisien naisten kohdalla. Heidän kohdallaan raskauden mahdollisuus tulee selvittää ennen tutkimusta. Potilaan ollessa raskaana sikiön sädeannos tulee minimoida tarkoittaen käytännössä tutkimuksen siirtämistä raskauden jälkeen tai muuhun kuin ionisoivaan säteilyyn perustuvan tutkimusmenetelmän käyttämistä. Mikäli kuvaus on pakko toteuttaa, tulee sikiön sädeannostus pyrkiä saamaan mahdollisimman pieneksi. (Paile 2002b, 138.)

Sädesuojelua toteutetaan röntgentutkimuksissa toiminnallisesti myös erilaisten sädesuojusten avulla. Lantion ja lannerangan alue on siinä mielessä herkkä, että sukurauhaset sijaitsevat juuri tällä alueella. Lannerangan röntgentutkimuksissa suojaimia pystytään käyttämään kuitenkin vain jos ne eivät kohtuuttomasti vaikuta kuvanlaatuun tai haittaa tutkimusta. Poikkeuksena gonadisuojat, joiden pitäisi olla aina käytössä ja joilla voidaan merkittävästi vähentää kivesten sädeannosta lantionalueen tutkimuksissa. (STUK 2006, 4; Tolonen 2011, 8.)

Muita lannerangan tutkimuksissa käytettäviä sädesuojuksia ovat rintojen sädesuojain tai lyijyhanska, jolla potilas voi itse suojata rintansa sekä lyijypeitto sädekentän ylä- tai alapuolelle. Joissain lasten tutkimuksissa voidaan käyttää pinta-annosta vähentävää vismuttisuojaa kohdealueen päällä. (Tolonen 2011, 9.)

Sädesuojaimiin perustuvan sädesuojelun rooli annoksen pienentämisessä on merkittävä, sillä esimerkiksi lyijyesiliinan käyttäminen vähentää tutkimuksien mukaan AP-kuvassa gonadi-alueen sädeannosta jopa 42 %. Toisaalta esimerkiksi LAT-projektiossa siitä ei ole mainittavaa apua. (Clancy ym. 2010.) Kuten mainittua, gonadisuoja lukuun ottamatta sädesuojaimia tulisi käyttää vain kun niiden käyttö ei varmasti aiheuta haittaa. Esimerkiksi tilanteessa jossa sädesuojain joutuu kuvattavan alueen päälle ja peittää sen suojaimen käytöstä on enemmän haittaa kuin hyötyä. Kuvatunlaisessa tapahtumassa projektio jouduttaisiin todennäköisesti uusimaan ja potilaan saama annos kasvaisi huomattavasti.

Tärkeä osa sädesuojelua on sädeannoksen optimoiminen ALARA-periaatteen mukaisesti. Tämä tapahtuu ensisijaisesti rajaamalla säteilykeila huolellisesti. (STUK 2006, 4.) Muilla tavoin potilaan saama säteily riippuu paljon teknisistä ja fysikaalisista tekijöistä kuten kuvausarvoista sekä ylimääräisen säteilyn suodattamisesta (Innanmaa ja Petäjäjärvi 2002, 15). Kuvauksen tuottaman sädeannoksen suuruuteen vaikuttavat esimerkiksi kV-arvon ja mAs-arvon muuttaminen, röntgenputken liikuttaminen pituussuunnassa potilaaseen nähden

sekä kohteen kompressio ja röntgenlaitteessa käytettävä suodatus. (Innanmaa ja Petäjäjärvi 2002, 81-86.)

3.2 Säteilyn biologiset vaikutukset

Solun elämänkaari on tarkasti säädelty. Geenit ja DNA ohjaavat solun toimintoja, elämää ja tarvittaessa aiheuttavat apoptoosin, ohjatun solukuoleman. Ionisoivalla säteilyllä on ionisaatiota aiheuttavia vuorovaikutuksia solun molekyyleissä. Säteilyn aiheuttamat vaikutukset yksittäisen solun tasolla ovat sädekvanttien epätasaisesta jakautumisesta johtuen vaikeasti ennakoitavissa. Jotkut solut eivät vastaanota säteilykentän alueella säteilyä lainkaan, jotkut saavat suuriakin annoksia. Säteilyannoksen suuruudesta riippumatta yksittäisen solun vastaanottama sädeannos saattaa olla kuitenkin solun toimintaa haittaava. (Mustonen & Salo 2002, 28–30.)

Ionisoivan säteilyn käytön kannalta vaarallisimmassa tapauksessa säteilyn kohteena on solun tumassa oleva perimäainne eli DNA. Tuman läpi kulkiessaan säteily voi atomeita ionisoidessaan katkoa kemiallisia sidoksia. Nämä katkokset voivat vaurioittaa DNA:ta vakavasti. Olennaisinta on kuitenkin se, pystyykö solu korjaamaan säteilyn synnyttävät haittavaikutukset. Korjauksen epäonnistuessa DNA-vaurio voi johtaa solun kuolemaan tai syöpäsolun esiasteen syntymiseen. (Mustonen & Salo 2002, 31.)

Säteilyn haitalliset vaikutukset jaetaan kahteen osaan.

- 1) Suorat (deterministiset) vaikutukset
- 2) Satunnaiset (stokastiset) vaikutukset (Havukainen ym. 2007,18.)

Tärkein suorat ja satunnaiset vaikutukset toisistaan erottava tekijä on yhdellä kertaa saatava absorboitunut sädeannos. Suorissa vaikutuksissa kertaannoksen pitää olla huomattavasti suurempi kuin satunnaisissa, koska säteilyn satunnaisen luonteen takia välittömään varmaan kudostuhoon tarvittava annos on huomattavan korkea. (Havukainen ym. 2007,17.)

Suorat haittavaikutukset ovat haitallisia kudoksetta johtuvat suurten annosten aiheuttamista solukuolemista tai solujen toiminnan häiriintymisestä (Havukainen ym. 2007,16). Yleisimpiä determinististen vaikutusten aiheuttamia ongelmia ovat muun muassa säteilytauti luuydin- ja suolistovaurioineen, säteilypalovamma, sädepneumoniitti, harmaakahi ja sikiövaurio (Paile 2002, 44). Mikäli annos ei ylitä suorien haittavaikutusten sädeannoksen vähimmäisarvoa, deterministisiä vaurioita ei synny. Vähimmäisarvon ylittyessä ja annoksen yhä kasvaessa haitta-aste kasvaa jyrkästi. Yksilöllinen sädeherkkyys vaikuttaa haittojen syntymiseen hyvin vähän. Deterministisiä vaikutuksia voidaan estää suojaamalla potilas huolellisesti erilaisilla sädesuojaimilla. (Paile 2002, 44.)

Satunnaiset vaikutukset saattavat saada alkunsa periaatteessa miten pienestä annoksesta tahansa. Sädeannoksen kasvaessa ainoastaan haittavaikutuksen syntymisen todennäköisyys suurenee. Suuri kerta-annos ei siis suurena yksilön riskiä saada stokastisia vaikutuksia, vaan riskin suuruusluokan määrää koko eliniän aikana saatu kasaantuva annos – jokainen röntgentutkimus vaikuttaa. (Paile 2002, 45.)

Stokastiset vaikutukset jaetaan karkeasti syöpäriskin suurenemiseen ja perinnöllisiin haittoihin. Epidemiologisilla ja kokeellisilla tutkimuksilla on todettu säteilyn aiheuttama syöpäriski jo alle 100 mSv:n suuruisilla annoksilla. Perinnöllisten haittojen syntymisestä ei ole suoraa tutkimustulosta, mutta kokeelliset tulokset todistavat että riski on olemassa. (Havukainen ym. 2007, 17.) Lannerangan röntgentutkimusten kohdalla tarkoituksenmukaisinta on tarkastella stokastisten vaikutusten mahdollisuutta.

3.3 Sädeannokset ja niistä käytetyt yksiköt

Säteilyasetuksen (1512/1991 2§) mukaan sädeannoksella tarkoitetaan säteilyaltistuksen suuruutta kuvaavaa mittasuureta, joka kuvaa säteilyaltistuksesta aiheutuvaa terveydellistä haittavaikutusta joka määritellään joko efektiivisenä tai ekvivalenttiannoksena.

Vertailutaso tarkoittaa ”etukäteen määriteltä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa tai isotooppitutkimuksen aktiivisuustasoa, jonka ei oleteta ylittyvän normaalikokoiselle potilaalle hyvän käytännön mukaan tehdyssä toimenpiteessä” (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä 10.5.2000/423).

STUK on määrittänyt aikuisten yleisimmille röntgen-tutkimuksille sädeannosten vertailutasot. Lannerangan röntgentutkimuksissa efektiivinen annos on STUK:n mukaan 2 mSv (STUK 2009a). Vertailutaso pinta-annoksille on AP-projektioille 5 mGy ja LAT-projektioille 15 mGy. Pinta-alan ja annoksen tulon vertailutaso lannerangan AP + LAT-tutkimukselle on 6 Gy*cm². (STUK 2011a.)

Ekvivalentti- ja efektiivisellä annoksella kuvataan potilaan kudoksiin ja elimiin absorboitunutta sädeannosta. Niiden laskennassa otetaan huomioon elimille tyypilliset painotuskertoimet, kudoksiin ja elimiin siirtynyt energia potilaan massaan nähden ja niitä kuvataan yhteisellä yksiköllä sievert (Sv). (Säteilyasetus 20.12.1991/1512.) Ekvivalentti- ja efektiivinen annos rajataan työssä tarkastelun ulkopuolelle ja keskitytään projektiio- ja kuvaustapakohtaisiin sädeannoksiin, jotka mitattiin laitekohtaisilla DAP-mittareilla.

STUK:n ilmoittama lannerangan tutkimuksen 2 mSv:n efektiivinen sädeannos (vertailutaso) on vertailuna käytettyyn keuhkojen PA-kuvaan nähden 70-kertainen. Yksi lannerangan tutkimus vastaa siis 70 keuhkojen etukuvaa. Luonnon taustasäteilylle altistumiseen verrattuna lannerangan tutkimus vastaa noin 8 kuukauden ulkona oloa. (STUK 2009c.)

STUK:n säteilyannosten keskiarvojen mukaan keskimääräinen efektiivinen annos lannerangan röntgentutkimukselle on 2,3 mSv (STUK 2010.) Pinta-annoksen (ESD) keskiarvo oli suomessa lannerangan AP-projektiossa 8,8 mGy ja LAT-projektiossa 18,2 mGy. Röntgenlaitteitten ilmoittama annoksen ja pinta-alan tulo eli DAP-arvo oli keskimäärin 8,3 Gy*cm². (Innanmaa & Petäjäjärvi 2002, 18-20.) Lannerangan tutkimusten aiheuttama sädeannos onkin Suomen väestölle yhteisvaikutukseltaan natiivikuvauksista suurin (Laasonen 1999, 1375-1383).

3.4 Sädeannoksen määrittäminen

ESD ja *DAP* ovat potilasannoksen seurantasuureita. *DAP*:lla tarkoitetaan annoksen ja pinta-alan tuloa (dose area product) ja se on riippumaton potilaan ihon etäisyydestä fokukseen. *DAP* kuvaa dynaamisen röntgentutkimuksen ja esimerkiksi radiologisen toimenpiteen tai natiiviröntgentutkimusten potilaalle aiheuttamaa kokonaissädeannosta. Moniprojektioisissa natiivitutkimuksissa (esimerkiksi lannerangan röntgenkuvaus) *DAP*-arvo tulisi kirjata jokaiselle projektiolle erikseen, jotta sitä voisi verrata *ESD*-tuloksiin. *DAP*-annos määritetään laitteistokohtaisella, röntgenputken kaihdikkoon kiinnitetyllä mittarilla. (Miettinen ym. 2000, 101.)

ESD eli pinta-annos (entrance surface dose) on annos potilaan pinnan välittömässä läheisyydessä. *ESD* sisältää sekä primäärisen säteilyn että potilaasta takaisin sironneen säteilyn ja on vahvasti riippuvainen fokuksen etäisyydestä iholle. *ESD* soveltuu parhaiten natiivitutkimusten yksittäisten projektoiden annosten tarkkailuun. *ESD*-annos määritetään joko säteilykeilan alueelle asetettavalla ulkoisella mittarilla tai laskennallisesti. Laskennalliseen määrittämiseen tarvitaan myös säteilymittari, joka asetetaan sopivalle etäisyydelle fokuksesta. Laskennalliseen tapaan tarvitaan lisäksi röntgenputken yksilöllinen säteilyntuottokerroin kaikilla putkijännitteen ja suodatuksen yhdistelmillä, sekä säteilytyksen yhteydessä kirjatut käytetty sähkömäärä (mAs) ja mittarin näyttämä säteilyannos. (Miettinen ym. 2000, 102.)

3.5 Sädeannosten vertailu painoindeksin mukaan

On löydettävissä jonkin verran tutkimusta siitä, onko BMI eli painoindeksiin suhteutettu sädeannos perustellumpi tapa tarkastella sädeannoksia verrattuna potilaan painon perustuvaan tarkasteluun, jota Iluksen tutkijaryhmä (1999) on käsitellyt julkaisussa ”Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa”.

Painoindeksi voi olla hyvinkin lupaava väline sädeannosten vertailuun, koska se kuvaa potilaan kokoa paremmin kuin pelkkä potilaan paino. Samanpainoisilla

potilailla jo 3 cm paksuuden lisääntyminen saattaa jopa kaksinkertaistaa kokonaissädeannoksen, mikä tarkoittaa sitä että samanpainoisista mutta eripituisista henkilöistä lyhyempi saa periaatteessa suuremman sädeannoksen vatsan kasvaessa syvyysuunnassa. Näin kahden samanpainoisen potilaan sädeannoksen välillä olisi huomattava ero, mikä saattaisi aiheuttaa painon perusteella suoritettavassa vertailussa poikkeamaa. Jos vertailuun käytettäisiin painoindeksiä, tulokset eivät vääristyisi niin paljoa koska lyhyt henkilö sijoittuisi painoindeksin mukaan korkeammalle tasolle kuin samanpainoinen pidempi, samanpainoinen henkilö. (Ilus, ym. 1999, 149-155.)

Ilus:n ym. mukaan (1999) painon avulla toteutettavien annosvertailujen ongelmana ovat paino- ja pituusvaatimukset, jotka on kansallisesti säädetty ja joista potilas ei saa liiallisesti poiketa. Nämä rajoitukset karsivat heti huomattavan määrän potilaita pois vertailuista, ja ”ihannepotilaiden” keräämiseen saatetaan tarvita todella suuri potilasaineisto. (Ilus ym. 1999, 150.) Tällä hetkellä STUK:n suositus on painovertailuissa käyttää 55-85 kg painoisia potilaita siten, että keskiarvoksi tulee noin 70 kg (STUK 2011a).

Vaikka BMI-vertailu ei ole vielä vuonna 1999 muulla tavoin laajamittaisesti testattu, se on osoittautunut lupaavaksi keinoksi pienentää tarvittavaa potilasaineistoa (Ilus ym. 1999, 162). Opinnäytetyöni kaltaisessa pienimuotoisessa keräyksessä aineisto on liian pieni, jotta järkevä painoon perustuva vertailu voitaisiin toteuttaa ja siksi aionkin käyttää vertailuissani BMI:tä.

3.6 Fantom-mittausten teoriaa

Fantomilla tarkoitetaan röntgentutkimusten kohdalla potilasannoksen määrittämiseen tarkoitettuja malleja, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan keskimääräistä potilasta. Fantomin tehtävänä on esimerkiksi tietyn röntgenkuvauksen potilasannoksen määrittäminen kuvauksen kohdetta ja sen ominaisuuksia mahdollisimman tarkasti vastaavan fantomin avulla. (Miettinen 2003, 32; STUK 2004, 22.)

Fantomin paksuuden tulee vastata potilasta siten, että tavamomaisilla arvoilla kuvattaessa mAs-arvo on fantomia käytettäessä mahdollisimman lähellä keskimääräistä potilaskuvauksissa saatavaa mAs-arvoa. Valotusautomaattia käytettäessä fantomin sironta-ominaisuuksien tulee vastata mahdollisimman hyvin potilasta. Mittaus voidaan tehdä kuitenkin myös käsiarvoilla, jolloin fantomin ominaisuuksien eivät ole yhtä tärkeitä: potilaan kanssa samankaltaiset takaisinsirontaominaisuudet riittävät. (Miettinen 2003, 32; STUK 2004, 22.)

Fantom-mittauksissa tulisi käyttää samaa kuvaustekniikkaa kuin normaalikokoista potilasta tutkittaessa. Esimerkiksi valotusautomaattia käytettäessä mittakammioina on samat kammiot, kuin potilasta kuvattaessa ja mittakammioiden on jäätävä kokonaan sädekeilan alle. Tämä tarkoittaa myös sitä, että fantomin on käytännössä oltava mittakammioita suurempi. Säteilykeilan koon tulisi vastata kuvattavassa kohteessa käytetyn keilan kokoa. Säteilykeilan suhteen on kuitenkin tehtävä kompromisseja, sillä detektorille ei saisi osua säteilyä joka ei ole vaimentunut oikeassa suhteessa kulkiessaan koko ”potilaan syvyyden” fantomin läpi. (Miettinen 2003, 32; STUK 2004, 22.)

Suomessa laadunvalvontaa on perinteisesti harjoitettu mittaamalla potilasannoksia röntgenlaitteitten tarkastusten yhteydessä. Näissä seurannoissa on käytetty keskikokoista potilasta vastaavaa vesifantomia ja ionisaatiokammiota. Laadunvalvontatestit ovat omiaan tarkasteltaessa laitteitten toimintaa, sillä vesifantomien tasaisuudesta johtuen tulokset toistuvat lähes samoina. Samankokoisella keskiverto-potilaalla vaihtelu voi olla huomattavaa potilaan anatomiasta johtuen, mikä otetaan huomioon seurantojen tulosten tarkastelussa. (Miettinen ym. 2000, 100.)

Lannerangan tutkimusten fantom-mittauksissa käytetään samoja kuvausarvoja kuin kuvattaessa keskikokoista LS-ranka-potilasta mittauksen tekevässä kuvausyksikössä. Mittauksien perusteina voidaan pitää seuraavia valintoja, jotka määrittyvät tyypillisen potilaskuvaksen arvoilla: Etäisyys fokuksesta detektoriin (Focus to Detector Distance), suodatus, fokuskoko, kuvausarvot (kuvausjännite, käytetäänkö automaattia), mittakenttä sekä mahdolliset +/- säädöt kuvattavan kaltaisen potilaan tavoin. Mittauksen jälkeen otetaan ylös

lukemat mAs/ms, digitaaliselta detektorilta annosindikaattori sekä mitattu annos/annosnopeus. (Tenkanen-Rautakoski 2011, 11.)

STUK on määrittänyt eri tutkimuksissa käytettäville fantomeille standardit. Lannerangan AP-projektiossa käytettävä fantomi on poikkileikkaukseltaan noin 26 cm x 26 cm. Säteilykeilan suunnassa fantomi on 20 cm syvä, johon sisältyy 0,6 cm paksuiset seinämät (4 kappaletta), sekä niiden välissä oleva vesimassa. Lisäksi fantomin päälle asetetaan säteilykeilan suuntaisen säteilyn vaimenemista kasvattamaan 3,3 cm paksuinen PMMA-levy (pleksilevy). Kuvatunlaisen fantomin säteilyn vaimentaminen vastaa säteilyn vaimenemista lannerangan alueella. (Miettinen 2003, 32-33; STUK 2004, 23; Tenkanen-Rautakoski 2011, 11.)

4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla Satakunnan sairaanhoitopiirin SataDiag-liikelaitoksen kuvantamiskeskuksessa eri tavalla toteutettavien lannerangan röntgentutkimusten sädeannoksia. Tavoitteena on kehittää potilaan sädeannoksen optimointia. Tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Miten potilaan sädeannokset eroavat kuvattaessa potilasta eri kuvaushuoneissa makuu- tai pystyasennossa?
- 2) Miten potilaan sädeannos muuttuu suhteessa painoindeksiin?
- 3) Miten potilaan sädeannokset eroavat eri kuvauslaitteiden välillä?

5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön tutkimuskysymysten mukaisten potilasannosmittausten ja fantom-mittausten käytännön toteutusta ja siihen tarvittavia mittareita.

5.1 Aineiston keruu

Aineiston keräämiseksi haettiin kirjallisesti lupa SataDiag-liitelaitoksen henkilöstöpäälliköltä. Opinnäytetyön yhteyshenkilöksi nimettiin SK kuvantamisen osastonhoitaja. Lupa saatiin 13.2.2012 (liite 2) jonka jälkeen aineiston keräys toteutettiin potilasannos- ja fantom-mittauksina.

5.1.1 Käytetyt lomakkeet

Opinnäytetyön tutkimusongelmien ratkaisemiseksi kerättiin aineistoa sekä aidoista potilaskuvaustilanteista että tekemällä fantomimittauksia. Annosten tallentamiseksi käytetyt lomakkeet (liitteet 3-5) kehitettiin yhteistyössä kohdeorganisaation asiantuntijan ohjauksessa. Lomakkeet perustuivat aikaisemmin potilasannosmittauksissa käytettyihin lomakkeisiin.

Potilasannosten vertailussa kerättiin potilaasta, suoritetusta tutkimuksesta ja kuvausolosuhteista tiedot, joiden perusteella oli mahdollista arvioida potilaskohtainen sädeannos. Fantom-mittausten kohdalla kerättiin ESD-mittarin sekä röntgenlaitteen ohjauskonsolin ilmoittamat sädeannokset.

5.1.2 Käytetyt mittarit

Potilasannosmittauksissa sädeannoksen DAP-arvot kerättiin röntgenhoitajan toimesta suoraan röntgenlaitteiston ohjauskonsolilta. Laitteisto rekisteröi säteilyttämisen aikana DAP-annoksen röntgenputkessa olevalla mittarilla ja käytettynä yksikkönä on $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$. Käytetyt DAP-mittarit löytyvät liitteen x taulukosta. (Miettinen ym. 2000, 101.)

Ennen fantom-mittausten toteuttamista valittiin käytettäväksi sopiva fantom. STUK testasi Satakunnan keskussairaalan kuvantamisen röntgenlaitteita kesällä 2009 ja mittauksista tehtyyn tarkastuspöytäkirjaan kirjattuja ESD- ja DAP-tuloksia käytettiin fantomin valintaan johtavien mittausten ohjeena. STUK:n käyttämää LS-rangan vesifantomia ei ollut saatavilla, joten jouduttiin itse rakentamaan sitä vastaava fantom.

LS-rangan AP-kuvan arvoilla, thorax-telineellä ja kuvaushuoneessa N1 toteutetusta fantom-mittauksesta saaduksi pinta-annokseksi (ESD) oli kirjattu 1,3 mGy (STUK 2009b). Pyrittiin siis rakentamaan fantom, jolla päästiin thorax-telinettä käyttäen mahdollisimman lähelle pöytäkirjan pinta-annosta. Exponoinneissa käytetyt kuvausarvot ovat identtiset pöytäkirjassa mainittujen kanssa.

Toinen mainittu fantom-mittaus oli LS-ranka AP maaten. Tässä tutkimuksessa oltiin pöytäkirjan mukaan käytetty kuvaushuoneen N1 kuvauspöytää ja LS-ranka AP seisten tutkimuksen kanssa identtisiä kuvausarvoja jolloin pinta-annokseksi oltiin saatu 2,0 mGy. (STUK 2009b.) LS-ranka AP seisten-mittauksessa hyväksytty fantomi testattiin myös kuvauspöydällä, jolloin pyrittiin saamaan mahdollisimman lähellä pöytäkirjan 2,0 mGy:tä oleva pinta-annos. Varsinaisiin fantom-mittauksiin valittiin fantom, joka tuottaa sekä thorax-telineellä että bucky-pöydällä lähimpänä haluttua olevan annoksen, eli vastaa ominaisuuksiltaan parhaiten STUK:n mittauksissaan käyttämää fantomia. Fantomin rakentaminen on kuvattu liitteessä 6. Fantom-mittausten yhteydessä pinta-annokset mitattiin ESD-mittarilla: *Unfors Mult-O-Meter, Type 587L*.

Fantom-testeissä saatujen tulosten perusteella päädyttiin käyttämään fantom-mittauksissa vesikanisterista ja pleksi-levystä koottua vesifantomia (kuva 1). Tähän ratkaisuun päädyttiin siksi, että pinta-annokset saatiin luotettavan oloisesti samalle tasolle kuin STUK:n käyttämän fantomin kanssa. Vastaavasti parhaitenkaan STUK:n tuloksiin sopinut pleksi-fantomi ei antanut vesifantomiin verrattavissa olevaa annoskehitystä, kun siirryttiin thorax-telineeltä bucky-pöydälle (STUK:n mittauksissa ja vesifantomilla pinta-annoskehitys oli positiivinen, pleksi-fantomilla negatiivinen).



Kuva 1. Vesifantom sekä ESD-mittari.

5.1.3 Aineiston keruun käytännön toteutus

Potilasannosten keräys toteutettiin antamalla SataDiag SK kuvantamisen ajanvarausröntgenyksikön natiivikuvaushuoneisiin N1 ja N3 annoskeräyslomake (liite 3). Myös SK kuvantamisen päivystysröntgenosaston natiivikuvaushuoneeseen K0 annettiin keräyslomake (liite 4) täytettäväksi. Potilasannosten aineistonkeruu ajoitettiin aikavälille 3.-24.2.2012, jolloin keräysaikaa oli 3 täyttä työviikkoa. Jokaisesta huoneesta oli tarkoitus kerätä aluksi 10 tutkimuksen tiedot, jonka jälkeen tutkimuksien keräystä jatkettiin niin kauan kuin keräysaikaa riitti. Kerättyäessä aineistoa kuvaushuoneista N1 ja N3

lannerankakuvaukset keskitettiin näihin huoneisiin. Lomakkeen käyttöön perehdytetyt röntgenhoitajat kirjasivat tiedot toteutetuista kuvauksista.

Potilasannosten keräys järjestettiin seuraavasti:

- 1) Annettiin keräyslomake huoneeseen N1. Kerättiin 10 tutkimuksen tiedot siten, että kaikki lannerankojen tutkimukset oli tänä aikana keskitetty kyseiseen huoneeseen.
- 2) Kun huoneen N1 keräys oli valmis, kerättiin 10 tutkimusta huoneesta N3 omalle keräyslomakkeelleen. Tällöin lannerangan tutkimukset oli keskitetty huoneeseen N3.
- 3) Kun huoneista N1 ja N3 oli saatu 10 tutkimuksen aineistot, lannerangan röntgentutkimusten toteuttamista jatkettiin taas osaston normaalin tavan mukaisesti.
- 4) Päivystyshuoneessa kerättiin potilasannoksia koko aineistonkeruu aika.

Fantom-mittaukset tehtiin huoneissa N1, N3 ja K0. Mittauksissa käytettiin pystykuvassa thorax-telinettä ja makuukuvassa bucky-pöytää ja ne toteutettiin lannerangan AP-projektion kuvausarvoilla (taulukko 2). Kenttäkokoa lukuun ottamatta kuvausarvot ovat Satakunnan keskussairaalan kuvantamisessa käytettävästä protokollasta. (SataDiag Kuvantaminen 2010.) Jokaisella telineellä suoritettiin 2 eksponointia, joista ensimmäinen on mittausta varten ja toinen varmistamaan mittaustulos. Tiedot koottiin erilliselle lomakkeelle (liite 5).

Taulukko 2. Fantom-mittausten kuvausarvot (STUK 2009b).

Huone	Kuvuas- jännite (kV)	Etäisyys FDD (cm)	Kenttä- koko (cm)	Fokus- koko	Lisä- suodatus	Mitta- kammio
K0	83	115	20 x 20	Iso	1 mm Al + 0,1 mm Cu	Keski
N1	81	115	20 x 20	Iso	0,1 mm Cu	Keski
N3	81	116	20 x 20	Iso	0,1 mm Cu	Keski

STUK:n tarkastuspöytäkirjan (2009) mukaisissa mittauksissa kenttäkoko oli 25 x 25 cm. Kenttäkoolla tarkoitetaan säteisiin nähden kohtisuoralta pinnalta mitattavaa sädekentän kokoa potilaan pinnan tasolla (Tietäväinen & Turkka 2008). Opinnäytetyön fantom-mittausten tapauksessa potilaan ihon pinnan taso tarkoittaa fantomin pintaa, sillä fantomien päällä voidaan STUK:n ohjeiden perusteella olettaa olevan suora pleksi-levy.

Fantom-mittauksissa käytetyt pleksi-levyt ovat kooltaan 25 x 25 cm, mikä tarkoittaa sitä että STUK:n käyttämä 25 x 25 cm kenttäkoko menisi fantomin reunojen yli. STUK:n ohjeessa (2004, 22) mainitaan, että kenttäkoko voi kuitenkin vaihtaa jos kenttäkoko ulottuu fantomin reunojen yli. Jos kenttä ylittää fantomin reunat, valotusautomaatille saattaa langeta tutkimustelineeseen osuneesta suorasta, vaimentamattomasta säteilystä peräisin olevaa hajasäteilyä. Hajasäteilyn estämiseksi fantom-mittauksessa kenttäkooksi valittiin 20 x 20 cm. Kenttäkoko mitattiin viivottimella ja merkittiin päällimmäisenä käytettyyn pleksiin teipillä (kuva 2).



Kuva 2. Pleksilevy fantomien päällä.

5.2 Aineiston käsittely ja analyysi

Aineiston keruun aikana toteutettiin yhteensä 41 lannerangan natiivikuvausta (taulukko 3).

Taulukko 3. Kaikkien tutkimusten kokonaismäärä huoneittain.

Kuvaushuone	K0		N1		N3		Yht.
Kuvaustapa	seisten	maaten	seisten	maaten	seisten	maaten	
Kuvausmäärät	4	3	9	8	17	0	41

Aineistoa käsiteltiin tutkimuskysymysten perusteella seuraavasti:

- 1) Potilasannosmittauksissa saatu aineisto syötettiin Excel®-taulukkolaskenta-ohjelmaan ja tulokset järjestettiin huoneittain tutkimuksen järjestysnumeron mukaan. Maaten ja seisten toteutetut tutkimukset eroteltiin ja niistä saatuja sädeannoksia (DAP) vertailtiin keskenään sekä projektioittain että kokonaissädeannoksittain.
- 2) Tutkimuskysymyksen 1 tulosten käsittelyn jälkeen jokaiselta potilaalta laskettiin pituuden ja painon perusteella painoindeksi. Tämän jälkeen sädeannokset (DAP) järjestettiin taulukkolaskentaohjelmalla huoneittain painoindeksin mukaisessa järjestyksessä pienimmästä suurimpaan. Järjestetyistä tuloksista tehtiin pylväskuviot, jotka on eroteltu huoneittain sekä sen mukaan onko tutkimus suoritettu maaten vai seisten.

Painoindeksin laskukaava on:

$$\text{Kehonpaino (kg) / Pituuden neliö (m}^2\text{)} = \text{BMI (Mustajoki 2011)}.$$

- 3) Fantom-mittauksissa saadut tulokset lajiteltiin kuvaushuoneittain. Fantom-mittauksista tehtiin kuviot siten, että tulokset jaoteltiin pystytelineellä ja pöydällä otettujen projektoiden mukaan. Kuvioista näkee, kehittyvätkö annokset fantom-mittauksissa samansuuntaisesti laitteesta riippumatta.

6 TULOKSET

Tässä luvussa opinnäytetyön tulokset esitetään tutkimuskysymyksittäin ja niitä havainnollistetaan taulukoiden avulla. Lisäksi potilasannosmittauksista saadut kuviot on esitelty sädeannosten kanssa liitteessä 7.

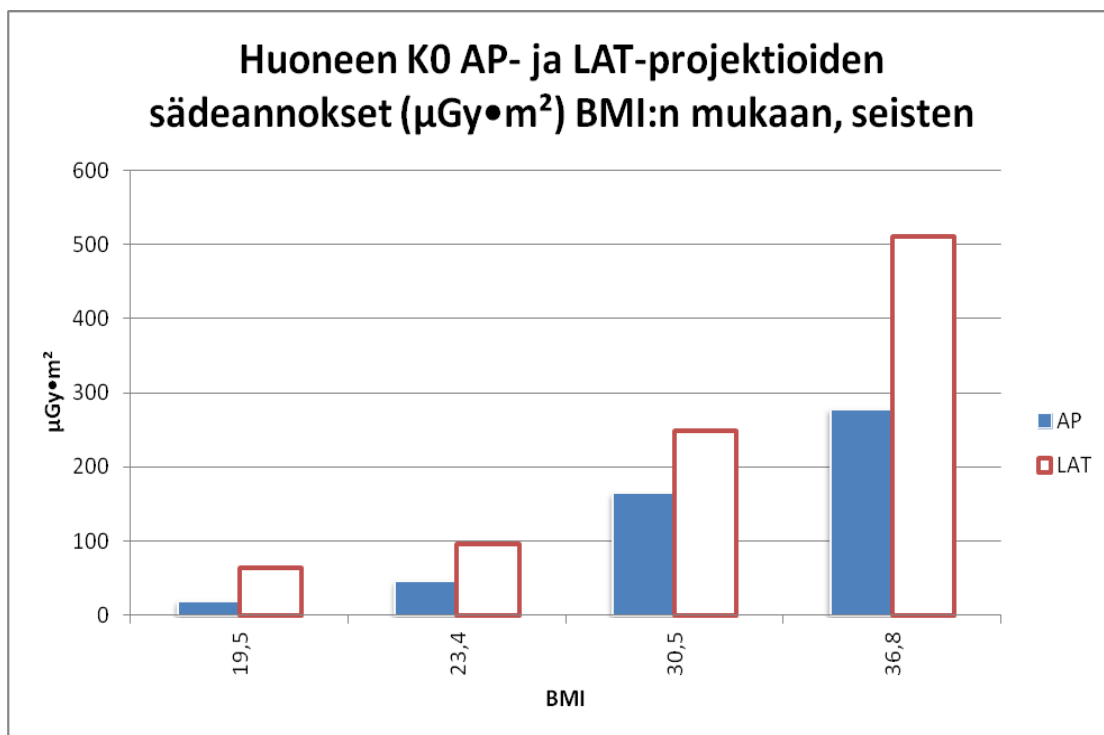
6.1 Potilasannosmittaukset maaten ja seisten

Tässä luvussa esitellään tulokset varsinaisista tutkimuskysymyksen 1 mukaisista potilasannosmittauksista. Kaikki tulokset on lajiteltu painoindexin mukaan kasvavassa järjestyksessä. Tuloksista voidaan tehdä havaintoja annosten kehittymisestä painoindexin mukana, sekä sädeannosten eroista kun potilasta on kuvattu maaten tai seisten. Kuvioita lukiessa tulee huomata, että sädeannosten skaala vaihtelee kuvioiden välillä.

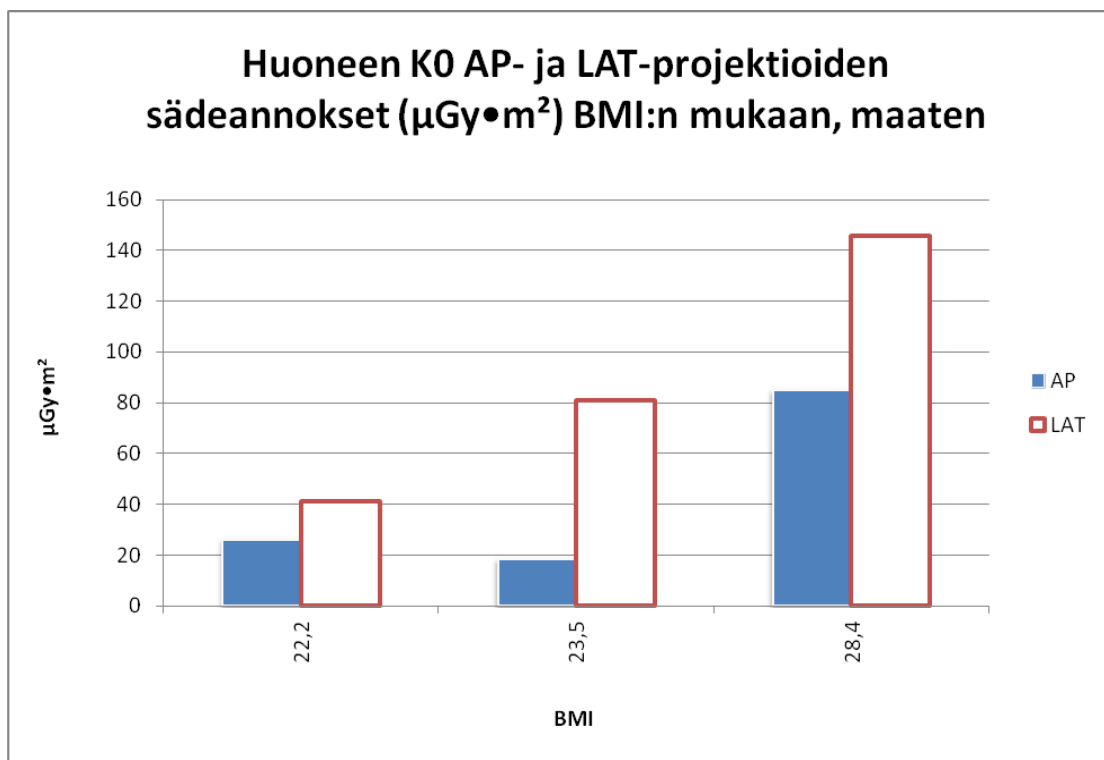
Huoneessa K0 otettiin 4 kuvaa seisten ja 3 kuvaa maaten (kuviot 1 ja 2). Potilaan kokonais-sädeannoksen minimiarvo seisten oli $82 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ja maaten $67 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$. Maksimiarvo oli seisten $787 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ja maaten $231 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$.

Huoneessa N1 otettiin 9 kuvaa seisten ja 8 kuvaa maaten (kuviot 3 ja 4). Potilaan kokonais-sädeannoksen minimiarvo seisten oli $71 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ja maaten $70 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$. Maksimiarvo oli seisten $363 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ja maaten $1278 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$.

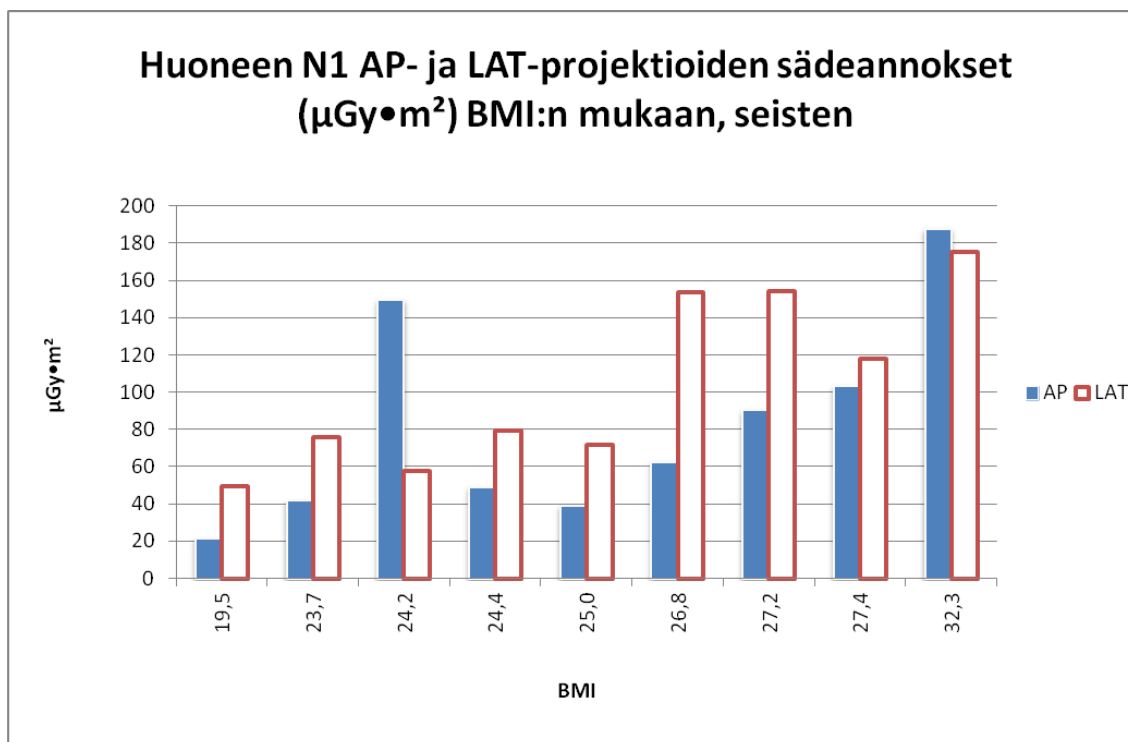
Huoneessa N3 otettiin 17 kuvaa seisten ja eikä yhtään maaten (kuvio 5). Potilaan kokonais-sädeannoksen minimiarvo oli $905 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ja maksimiarvo $70 \mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$.



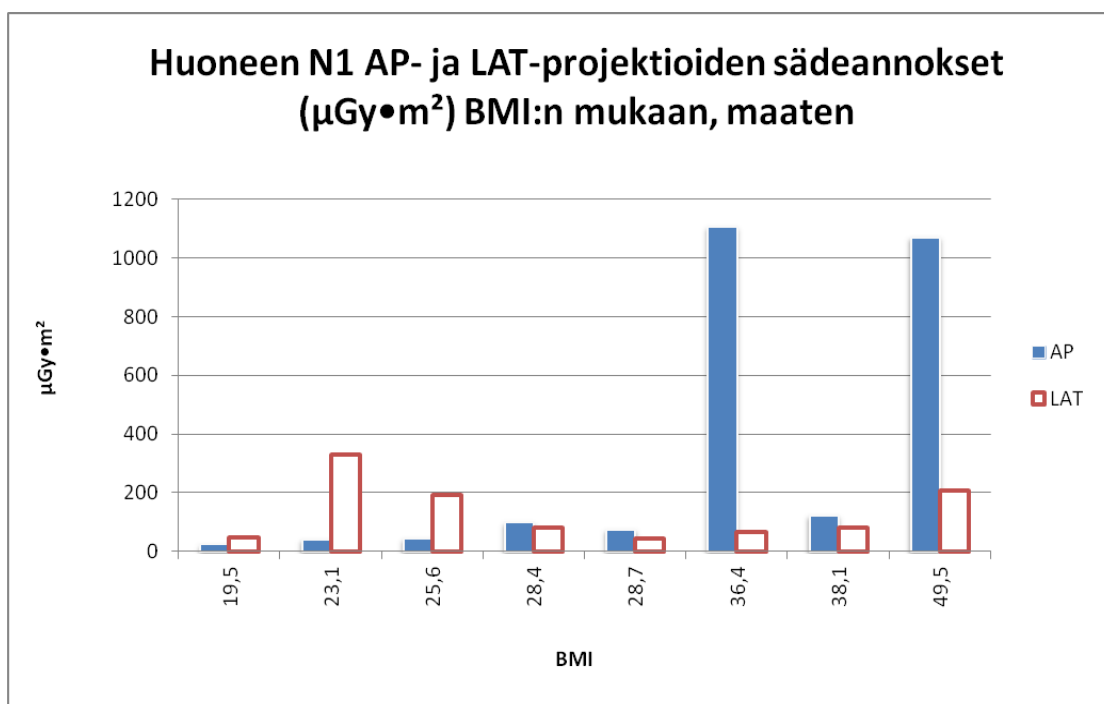
Kuvio 1. Sädeannokset huoneessa K0, seisten (n=4).



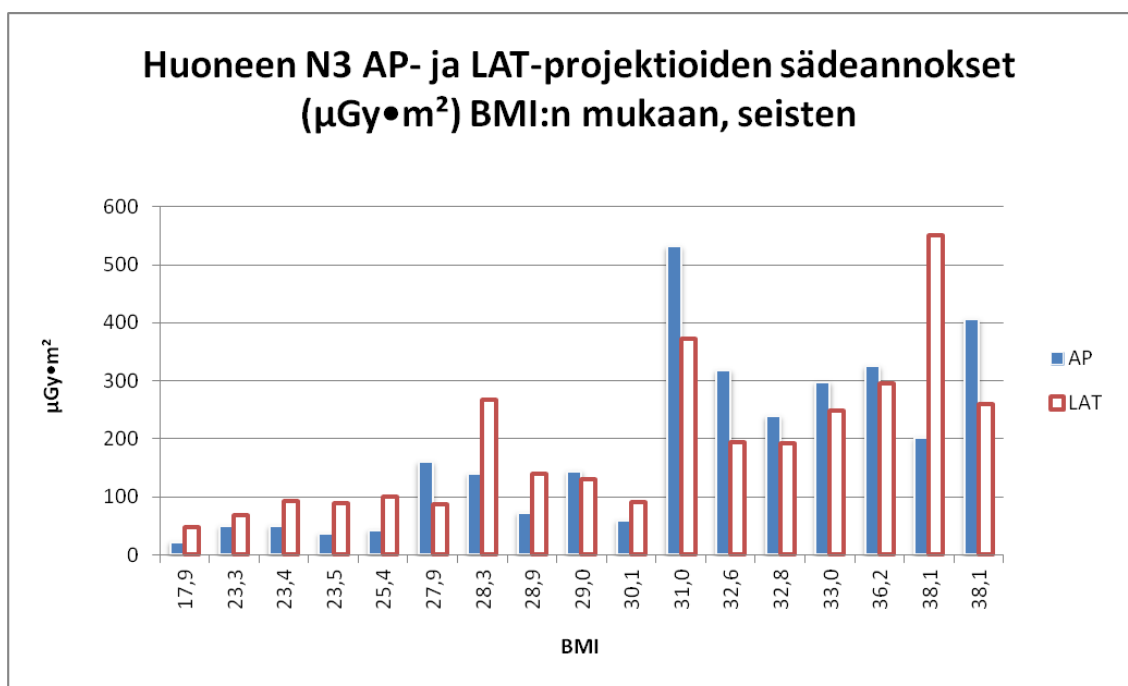
Kuvio 2. Sädeannokset huoneessa K0, maaten (n=3).



Kuvio 3. Sädeannokset huoneessa N1, seisten (n=9).



Kuvio 4. Sädeannokset huoneessa N1, maaten (n=8).



Kuvio 5. Sädeannokset huoneessa N3, seisten (n=17).

6.2 Potilasannosmittaukset painoindeksin mukaan

Tässä luvussa on tarkennettu erikseen tutkimuskysymyksen 2 mukaisia tuloksia taulukoiden avulla. Sädeannokset on nähtävissä luvussa 6.1 löytyvistä kuvioista. Taulukot 4 ja 5 kuvaavat AP- ja LAT-projektioiden sädeannosten suuruuseroja painoindeksin ollessa suurempi tai pienempi kuin 28.

Painoindeksin ollessa $\text{BMI} < 28$, LAT-projektio tuotti huoneessa K0 suuremman sädeannoksen kaikissa tutkimuksissa seisten (n=2) ja maaten (n=2). Huoneessa N1 LAT-projektio tuotti seisten suuremman annoksen 7:ssä tutkimuksessa ja AP-projektio yhdessä tutkimuksessa (n=8). LAT-projektio tuotti maaten suuremman sädeannoksen kaikissa tutkimuksissa (n=3). Huoneessa N3 LAT-projektio tuotti seisten suuremman annoksen 5:ssä tutkimuksessa ja AP-projektio yhdessä tutkimuksessa (n=6). Näissä tapauksissa huoneen N3 tutkimus jossa AP-projektio tuotti suuremman sädeannoksen tehtiin potilaalle painoindeksillä $\text{BMI} = 27,9$, toisin sanoen oltiin hyvin lähellä painoindeksin $\text{BMI} = 28$ rajaa.

Painoindeksin ollessa BMI>28, LAT-projektio tuotti huoneessa K0 suuremman sädeannoksen kaikissa tutkimuksissa seisten (n=2) ja maaten (n=1). Huoneessa N1 AP-projektio tuotti seisten suuremman annoksen kaikissa tutkimuksissa (n=1) ja maaten kaikissa tutkimuksissa (n=5). Huoneessa N3 AP-projektio tuotti seisten suuremman sädeannoksen 7:ssä tutkimuksessa ja LAT-projektio 4:ssä (n=11).

Taulukko 4. Tutkimusten määrä eri huoneissa sen mukaan kummalla projektiolla on suurempi sädeannos, painoindeksin ollessa pienempi kuin 28.

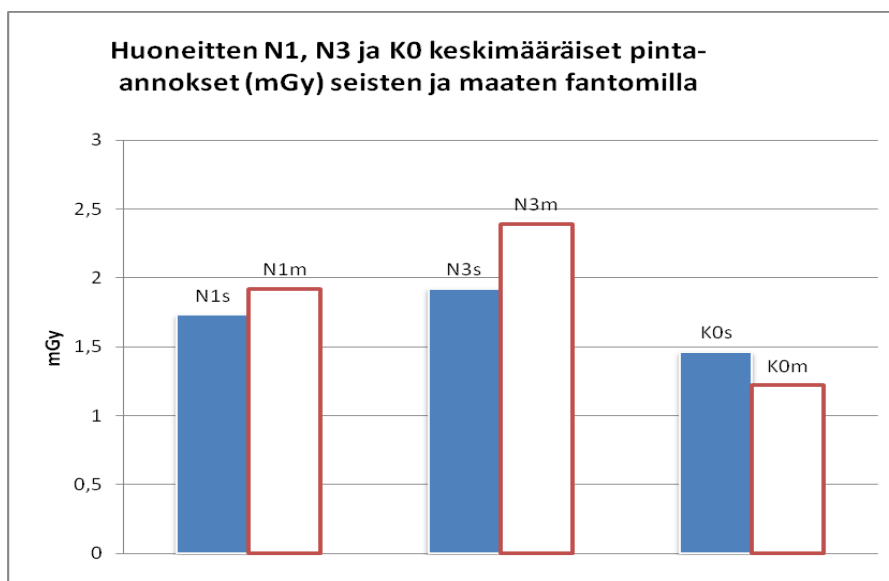
BMI < 28	K0 seisten	K0 maaten	N1 seisten	N1 maaten	N3 seisten
AP > LAT	0	0	1	0	1
LAT > AP	2	2	7	3	5
Yht.	2	2	8	3	6

Taulukko 5. Tutkimusten määrä eri huoneissa sen mukaan kummalla projektiolla on suurempi sädeannos, painoindeksin ollessa suurempi kuin 28.

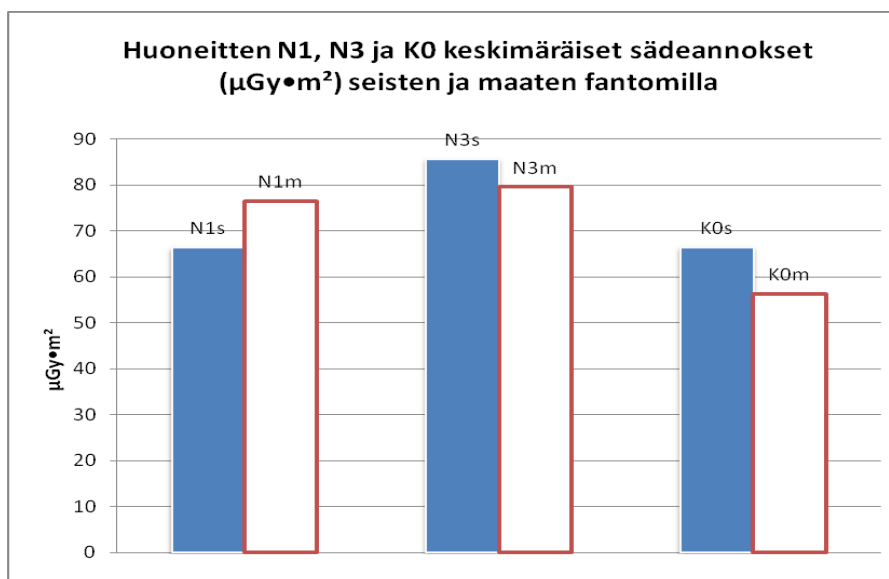
BMI > 28	K0 seisten	K0 maaten	N1 seisten	N1 maaten	N3 seisten
AP > LAT	0	0	1	5	7
LAT > AP	2	1	0	0	4
Yht.	2	1	1	5	11

6.3 Fantom-mittausten tulokset

LS-rangan fantom-mittausten pinta-annosten (ESD) sekä pinta-alan ja annoksen tulon (DAP) perusteella on löydettävissä eroja huoneitten ja kuvaustapojen välillä (kuviot 6 ja 7). Kuvaustapa on mainittu kuvioissa (m=maaten ja s=seisten).



Kuvio 6. Fantom-mittausten tuottamat pinta-annokset (ESD).



Kuvio 7. Fantom-mittausten tuottamat pinta-alan ja annoksen tulot (DAP).

7 TULOSTEN TARKASTELUA

7.1 Potilasannosmittaukset maaten ja seisten

Seisten- ja maaten-tutkimusten kohdalla on havaittavissa pieniä eroja sädeannoksissa. Seisten toteutettujen kuvausten kokonaissädeannokset näyttävät osassa tapauksia olevan hitusen suurempia kuin maaten suoritetuissa tutkimuksissa, kun verrataan saman suuruusluokan painoindeksejä. Tämä johtuu todennäköisesti potilaan vatsan kompressiosta ja sitä myötä ihon pinnan etäisyyden muuttumisesta fokukseen kun tutkimus suoritetaan maaten. Eroja sädeannoksissa oli sekä kuvaushuoneessa K0 että kuvaushuoneissa N1 ja N3 laitteistoilla, joskin Siemensin laitteistolla annoksien jakautumista oli vaikea tulkita. Sädeannoksien väliset erot eivät olleet Siemensin laitteistolla muutenkaan kovinkaan suuria, ja osa saman painoindeksiluokan annoksista oli lähes samaa suuruusluokkaa sekä seisten että maaten. Vähäisestä tutkimusten määrästä huolimatta Philipsin laitteistolla oli havaittavissa suurempia eroja sädeannosten välillä.

7.2 Potilasannosmittaukset painoindeksin avulla

Huoneessa K0 (n=7) havaitaan, että painoindeksin lisääntyessä sädeannos kasvaa. AP-projektion sädeannos pysyy LAT-projektioon verrattuna pienempänä sekä maaten että seisten. Huoneissa N1 (n=17) ja N3 (n=17) seisten suoritetuissa tutkimuksissa nähdään tiettyyn pisteeseen asti samankaltainen kehitys. Painoindeksin ollessa suhteellisen pieni AP- projektion sädeannos pysyy pienempänä kuin LAT-projektion. Painoindeksin kasvaessa AP-projektion sädeannos kuitenkin kohoaa ja kuvaushuoneissa N1 ja N3 BMI=28 kohdalla sädeannos näyttää kasvavan suurella osalla tapauksia suuremmaksi kuin LAT-projektion annos.

7.3 Fantom-mittaukset

Fantom-mittausten tuloksista nähdään, että huoneessa N1 sekä pinta-annoksen että DAP-annoksen kehitys oli samansuuntaista. Myös huoneessa K0 kehitys oli samansuuntainen, joskin bucky-pöydällä saatiin pienemmät annokset thorax-telineeseen verrattuna. Huoneessa N3 pinta-annoksen ja DAP-annoksen kehitys oli päinvastainen toisiinsa nähden. ESD:n kohdalla pystykuva tuotti pienemmän annoksen, kun DAP-mittauksissa saatiin suurempi sädeannos. Ilmiötä ei voi selittää etäisyyden eroilla, koska DAP- ja ESD-annokset mitattiin samoista projektioista. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että fantom-mittausten perusteella huoneesta N3 tulee suurimmat annokset, ja huoneessa K0 pienimmät.

Fantom-mittauksista saadut annosten suuruusluokkien suhteet toteutuvat jossain määrin potilasannosmittauksissa. Voidaan sanoa, että huoneessa N3 saadaan suurempia annoksia kuin huoneessa N1 erojen korostuessa painoindeksin kasvun myötä. Toisaalta tulee huomioida huoneen N1 maaten-tutkimusten epämääräinen sädeannoksen kehitys, mikä nostaa paikoin huoneen N1 annoksen huomattavasti huoneen K0 annosta suuremmaksi. Verrattaessa huonetta N3 seisten huoneeseen K0, nähdään että varsinkin suuremmilla painoindexeillä päivystyshuoneen sädeannos (Philips) on suurempi kuin huoneen N3 annos (Siemens), mikä ei vastaa fantom-mittausten tuloksia.

8 LUOTETTAVUUS JA EETTISYYS

Työni luotettavuuteen vaikuttaa kaikista eniten neljä seikkaa. Näistä ensimmäinen on työssä käytetyt lomakkeet, jotka mahdollistivat tietojen järjestelmällisen keräyksen asiantuntijoiden kanssa valittujen tutkimuksista kirjattavien arvojen muodossa. Lomake helpotti röntgenhoitajan tehtävää kirjata pyydetty tiedot niiden ollessa loogisia, toisaalta luotettavuutta saattaa hieman vähentää kerättävien tietojen suuri määrä. Myös hoitajalle epäselvät kohdat vähentävät luotettavuutta, toisaalta perehdytys lomakkeen käyttöön poistaa tämän tekijän. Luotettavuutta lisää se, että jokaiseen huoneeseen jaettiin oma yksilöity lomake.

Toinen luotettavuuteen vaikuttava suuri tekijä on inhimillinen tekijä, eli röntgenhoitaja ja potilas. Röntgenhoitajat ovat alansa ammattilaisia ja rutinoituneita tekemään lannerangan röntgentutkimuksia samalla tavalla kerta toisensa jälkeen. Potilas vaikuttaa luotettavuutta vähentävästi siinä määrin, että hoitajan on joskus vaikea saada häntä rentoutumaan tutkimuksen aikana ja mahdolliset liikkeet asettelun jälkeen ovat aina mahdollisia. Toisaalta tätä ei voi oikein pitää ongelmana, sillä täysin liikkumaton ja ko-opperoiva potilas on sairaalamaailmassa melko harvinainen tapaus. Mahdollisissa tulevaisuuden tutkimuksissa potilasaineisto tulee myös todennäköisesti olemaan tavanomaista, eli yhteistyökyvyltään vaihtelevaa ja tutkimustuloksien epäluotettavuutta lisäävää. Aineistonkeräyslomakkeitten täyttämistä ajatellen inhimilliset virheet heikentävät luotettavuutta, sillä röntgenhoitaja voi kirjata väärin ja potilas voi yksinkertaisesti valehdella painonsa ja pituutensa niitä kysyttäessä.

Kolmantena seikkana on aineiston analyysi, joka on tässä työssä täysin tekijän harteilla. Luotettavuutta lisäävät selkeät tutkimuskysymykset, ja analyysi niiden perusteella. Myös keräyslomake ja siitä suoraan Excel©-taulukkolaskenta-ohjelmaan syötetyt tiedot lisäävät luotettavuutta, vaikkakin on myös mahdollista että analysoija on jossain vaiheessa kirjannut väärin tietoja taulukkolaskentaohjelmaan syötettäessä. Luotettavuutta lisää tietojen

tuplatarkistus. Tuloksista tehtiin selkeät kaaviot kirjattujen tietojen perusteella, ja raakadataan on aina mahdollista päästä tarkastelemaan jälkikäteen. Toisaalta juuri analyysin ja kaaviokuvioiden osalta luotettavuus kärsii, sillä analysoijalla ei ole mitään Ammattikorkeakoulun tilastokursseja syvempää tilastollista koulutusta. Luotettavuutta lisää se, että analyysissä ei ole yritetty päästä pintaa syvemmälle esimerkiksi tilastojen kanssa, vaan pysyteltiin turvallisella alueella ja pohdittu tuloksia yleisellä tasolla. Luotettavuutta lisää myös se, että joistakin tutkimustuloksista oli jo aiemmissa tutkimuksissa saatavilla samansuuntaista tietoa, mikä viittaa tulosten paikkaansapitävyyteen. Fantom-mittauksien tulosten tulkinnan ja mittausten suorittamisen kohdalla luotettavuutta vähentää selkeästi se, että fantom jouduttiin tekemään itse, eikä mittauksissa siis pystytty käyttämään standardisoitua ja testattua fantomia.

Neljäntenä seikkana on SK-kuvantamisesta saatu asiantuntijoiden, eli sairaalafyysikon ja laadunvalvontahoitajan, tarjoama apu. He osallistuivat varsinkin fantom-mittausten suorittamiseen ja olivat läsnä tekemässä mittauksia, mikä lisää luotettavuutta. Annoskeräyslomakkeet suunniteltiin heidän kanssaan valmiin pohjan avulla ja keskustelua käytiin testien aikana. Toisaalta luotettavuus kärsii koska keskustelun käyminen loppui sen jälkeen, kun opinnäytetyön aineiston keräys oli saatu valmiiksi ja opinnäytetyön raportointi aloitettua.

Eettisistä näkökulmista mainittakoon ensimmäiseksi aineiston keruulle hankittu ja SataDiag:in myöntämä aineistonkeruulupa. Lomakkeitten ja aineiston keruun suhteen toimittiin potilaitten kanssa vapaan tahdon mukaisesti, eli potilaalta kysyttiin lupa ennen aineiston keruuta. Jokaisella potilaalla oli mahdollisuus vastata kieltävästi, eikä ketään pakotettu osallistumaan.

Koko työn luonne on eettisesti merkittävä, sillä perustasolla röntgentutkimuksen suorittaminen itsessään lähtee siitä eettisestä ongelmasta onko röntgenkuvauksesta saatava hyöty suurempi kuin haitta ja onko tutkimus indikaatioittensa perusteella oikeutettu. Tämän työn lopputulos ja mahdolliset tulevaisuuden tutkimustulokset saattavat pienentää potilaan saamaa sädeannosta ja siten tehdä lannerangan röntgentutkimuksen suorittamisesta

potilaalle vähemmän haitallista ja siten vähentää tutkimuksen suorittamisen kynnystä. Toisaalta se, väheneekö tutkimuksen suorittamisen kynnys on kuitenkin eettisesti ajateltuna tarkastelun arvoinen asia, koska tutkimuksen tarkoituksena on lähtökohtaisesti vähentää potilaan saamaa sädeannosta. Jos aiheeseen liittyvän tutkimusten ansiosta lannerangan röntgentutkimusten kynnys pienenee, tutkimusten kokonaismäärä ja siten väestön saama sädeannos voi kasvaa merkittävästi, voidaan kysyä ollaanko loppujen lopuksi päästy parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen – potilaan sädeannoksen keskimääräiseen pienemiseen. Vaikka jokainen tutkimus saattaa johtaa diagnoosiin, on myös olemassa se riski että turhien röntgentutkimusten määrä tulee kasvamaan kynnyksen pienentyessä. On kuitenkin järkevämpää luottaa siihen, että klinikko joka tapauksessa määrää tutkimuksen vain jos ja kun se on tarpeellinen, eikä sen takia että sen pystyy tekemään.

Tutkimustuloksien analyysi ja käsittely on myös syytä ottaa suurennuslasin alle, sillä tuloksien manipulointi tilastollisella tasolla on erittäin helppoa ja ”epämieluisia” tuloksia on mahdollista jättää pois. Tässä työssä ollaan toimittu rehellisesti tuloksien kirjaamisessa ja käsittelyssä, sillä mitään ei jätetty pois. Kaikki keräyslomakkeista saadut tulokset kirjattiin taulukkokäsittelyyn ja niiden pohjalta tehtiin kokonaisvaltaiset kaaviot. Kaavioiden tulkinta on myös ottanut huomioon niin ”hyviltä” kuin ”huonoilta” näyttävät tulokset, vaikka se onkin käytännössä hankaloittanut päättelyä.

Opinnäytetyön raportin olen pyrkinyt tekemään silmälläpitäen sitä, että olen kirjannut ylös käytännössä kaiken mitä olen tehnyt työni eteen ja etten ole jättänyt mitään olennaista pois. Mutta vasta valmistuvan ja kokemattoman röntgenhoitajan tekemässä työssä on aina vaarana se että jokin kokemattomuudesta johtuva seikka vaikuttaa sekä työn luotettavuuteen että eettisyyteen. Aloittelevalla röntgenhoitajalla ei voi olla saman tasoista eettistä silmää ja ammattimaista otetta aineiston käsittelyyn ja keräämiseen kuin valmiilla, kokeneella konkarilla.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITTÄMIS- EHDOTUKSET

Painoindeksin mukainen, AP-projektoiden sädeannosta suhteessa enemmän lisäävä annoskehitys esiintyi ainoastaan Siemensin laitteistoilla. Philipsin laitteistoissa sekä AP- että LAT-projektoiden kohdalla nähdään tasaisempi, mutta sädeannokseltaan hieman suurempi kehitys painoindeksin kasvaessa.

Seisten toteutetuissa tutkimuksissa annokset jakautuivat siten, että pienemmillä painoindekseillä laitteitten väliset kokonaissädeannokset olivat samaa suuruusluokkaa. Painoindeksin kasvaessa Philipsin laitteiston tuottamat kokonaissädeannokset nousivat Siemensin vastaavia suuremmiksi. Painoindeksin ollessa BMI>28 Siemensin laitteistolla AP-projektoiden tuottamat annokset olivat pääsääntöisesti suurempia kuin LAT-projektoiden ja paikoin suurempia kuin Philipsin laitteistolla saadut AP-projektoiden annokset. LAT-projektoiden annokset olivat Philipsillä kuitenkin käytännössä aina Siemensin vastaavia suuremmat.

Maaten toteutetuissa tutkimuksissa laitteitten välistä vertailua oli vaikea toteuttaa, koska sädeannokset jakautuivat Siemensin laitteistolla satunnaisen oloisesti, kehityksen ollessa Philipsin laitteistolla huomattavasti ennalta-arvattavampaa. Siemensin laitteistolla potilas sai makuulla Philipsin laitteistoon verrattuna lähes aina suuremman kokonaissädeannoksen, mikä on päinvastainen tulos seisten toteutettuihin tutkimuksiin verrattuna. Ero saattaa johtua Bucky-pöydän etäisyydestä fokukseen, sillä etäisyydet detektorin ja pöytälevyn välillä vaihtelivat laitteistoittain.

Potilaan vatsan muodon syventyminen ja paksuuntuminen ovat todennäköisesti merkittävimmät AP-projektion sädeannosta lisäävät tekijät. Potilaan painoindeksin kasvaessa vatsa usein paksuuntuu, eikä kyljille välttämättä keräänny suhteessa yhtä paljon ylimääräistä rasvaa. Ilus ym. (1999) sanovat potilaan paksuuden vaikuttavan merkittävästi sädeannoksen kasvuun, mikä tukee esittämäni ajatusta AP-projektion sädeannoksen kehityksen syyksi.

Myös LAT-projektion kohdalla esiintyy sädeannoksen kasvamista painoindeksiin nähden, mutta varsinkin Siemensin laitteistolla kasvu on vähäisempää kuin AP-projektiossa. Potilaan vatsan kompressio onkin

Sädeannosten kehityksen tarkastelua hankaloittavat joidenkin annosten suuruusluokkien huomattavat eroja suunnilleen samoissa painoindeksiluokissa. Erot korostuvat Siemensin laitteistoilla, ja etenkin huoneen N1 maaten suoritetuissa tutkimuksissa. Ilus ym. (1999) pohtivat artikkelissaan potilaan erilaisten kudosten ja rangan osumista valotuskammioiden kohdalle ja sen vaikutusta, mikä kuulostaa järkevältä sädeannosten vaihtelevuutta aiheuttavalta tekijältä. Voi hyvinkin olla, että potilaan rangan ja kuvauskentän paikka valotuskammioihin nähden vaikuttaa putken tuottamaan säteilymäärään niin paljon, että potilaan saama sädeannos muuttuu ratkaisevasti. Tässä asiassa on merkittävä vaikutus kuvauspisteellä. Jos esimerkiksi ajatellaan potilaan asettelua thorax-telineelle seisten, voidaan sanoa että potilas saadaan helposti aseteltua keskelle kuvaustelinettä. Myös potilaan keskikohta on suhteellisen helposti nähtävissä, koska vatsa laskeutuu ainakin periaatteessa alaspäin potilaan ollessa seisten.

Kun taas ajatellaan saman kuvauksen suorittamista maaten, huomataan että vatsa ei etukuvassa laskeudu välttämättä aivan tasaisesti vasemmalle ja oikealle, vaan esimerkiksi navan paikka saattaa muuttua vatsan liikkeen myötä huomattavasti hämäten asettelijaa. Tällöin potilas ei päädy välttämättä kammioihin nähden aivan oikeaan asemaan, jonka seurauksena säteilyntuotto ei välttämättä ole optimaalinen. Myös sivukuvassa voidaan törmätä samankaltaiseen ongelmaan, vaikka sivukuvien sädeannokset olivat maaten hyvin samankaltaisia toisiinsa verrattuna, ainakin Siemensin laitteistolla.

Jatkotutkimusaiheena Siemensin laitteistoja kannattaisi kuvauspöydän kanssa testata ja kerätä sädeannostilastoa. Maaten saadut annokset heittelivät niin paljon, että laitteiston annostuottoa kannattaisi tilastoida tulevaisuudessa laajemmin. Toisaalta tällöin pitäisi ottaa myös huomioon potilaan koko ja muoto, sillä osa heitosta saattaa johtua erimuotoisista vatsoista.

Myös potilasannosvertailuita LS-ranka maaten ja seisten-tutkimuksista olisi tarpeellista suorittaa tulevaisuudessa. Jo tässä tutkielmassa on nähtävissä pieniä eroja sädeannoksissa, ja tulevaisuuden tutkimus kannattaisi kohdentaa huomattavasti suuremmalle aineistolle ja vielä systemaattisemmin. Tutkimuksessa tulisi ottaa huomioon käytettävät laitteistot ja olisi järkevintä kohdentaa suoritettava annoskeräys esimerkiksi pelkästään samoille laitemalleille, koska laitteitten välillä näyttää olevan jonkin verran luotettavuutta heikentäviä eroja. Tutkimus kannattaisi toteuttaa joko tiettyyn painoindeksihaarukkaan osuvalla potilasaineistolla, tai sitten vertaillen erilaisia painoindeksejä keskenään ja tarkastelemalla myös annoskehitystä eri painoisilla potilailla. Keskeisenä tavoitteena olisi hyvä selvittää myös onko laitteistolla olosuhteita suurempi vaikutus sädeannokseen.

Ajatuksena siitä, mikä aiheuttaa sädeannosten kehittymisen eroja fantom-mittausten ja potilasannosmittausten välillä, on fantomin rakenteen ja koon erilaisuus potilaan muotojen ja kudosten tiheyden kanssa. Philipsin laitteeseen keskittyen voidaan ajatella, että keskimääräisellä päivystyshuoneessa tutkitulla potilaalla on ollut suhteessa enemmän massaa kuin fantomilla ja sädeannos on tästä syystä noussut korkeammaksi. Fantom-mittauksissa on myös muistettava että käytettävä fantom vastaa ainoastaan yhdenkokoista potilasta ja fantomin koosta eroavien potilaiden kanssa sädeannoksen kehitys fantomin annoskehitykseen nähden voi olla erilainen. Jos haluttaisiin tehdä kattavia fantom-vertailuita potilasannosmittauksiin nähden, olisi kannattavaa tutkia enemmän sitä miten erilaiset fantomit saataisiin vastaamaan erikokoisia potilaita. Tällaisen tutkimuksen jälkeen fantom-mittausten tuloksia voitaisiin helposti vertailla oikeankokoisiin potilaisiin, kun kokojen vastaavuudet tunnettaisiin.

On otettava myös huomioon kovan, muotoaan muuttamattoman fantomin ja tiettyyn painoindeksiluokkaan sijoittuvan potilaan välinen ero potilaan vatsan asettumisen suhteen. Fantom on kummassakin kuvauspisteessä jatkuvasti samankokoinen kaikissa suunnissa, kun taas kookkaan potilaan vatsa saattaa olla täysin eri muotoinen seisten ja maaten kuvattuna. Fantom- ja

potilasannosten vertailussa pitäisikin luotettavuuden kannalta selvittää fantomin paksuus ja valita sekä maaten että seisten suoritettuihin tutkimuksiin potilaat, joiden vatsa on kummassakin kuvauspisteessä yhtä suuri. Tällöin saataisiin huomattavasti luotettavammin vertailtua kehittykö sädeannos fantomin ja potilaan kanssa samalla tavalla.

10 POHDINTA

Tutkimukseni pääasiallisena hyötynä voidaan tulosten tulkitsemisen jälkeen pitää painoindeksiin pohjautuvan vertailun suorittamista. Käsitykseni mukaan painoindeksiin liittyviä tutkimuksia ei juuri ole tehty, mikä tarkoittaa sitä että opinnäytetyöni osui mielenkiintoiselle melko tuntemattomalle alueelle. Mielestäni tulos siitä, että painoindeksin suureneminen johtaa useimmissa tapauksissa sädeannoksen kasvuun on merkittävä. Tästä olisi järkevintä siirtyä tutkimaan lisää aihetta sillä tähtäimellä, että tulevaisuudessa painoindeksi-vertailua pidettäisiin mahdollisesti ensimmäisenä tilastointitapana. Toisaalta on muistettava, että STUK:n aiemmin harjoittamalla tilastointitavalla painon perusteella on varmasti joissain tutkimuksissa paikkansa – joskin voidaan ajatella olisiko sittenkin järkevää toteuttaa esimerkiksi tietyn painoisten potilaitten annosvertailut ja vastaavat tulevaisuudessa painoindeksin avulla. Periaatteessa painoindeksi kuitenkin kertoo aivan samat asiat kuin potilaan valitseminen mallipotilaan kokoluokasta.

Jos mietitään aikaisempaa tapaa suorittaa annosvertailua tietyn kokoisten potilaitten kanssa, voidaan todeta että painoindeksin mukaan suoritettu vertailu vähentäisi tarvittavaa aineistoa huomattavasti. Todennäköisesti oikeaan painoindeksiluokkaan sopivia potilaita on paljon helpompi löytää kuin oikeanpainoisia ja –pituisia. Toisaalta täytyy ottaa huomioon se seikka, että saman painoindeksiluokan potilaat eivät välttämättä ole aivan samankokoisia, koska esimerkiksi painoindeksillä 24 potilas voi olla joko 160 senttimetriä tai 200 senttimetriä pitkä. Järkevästi ajatellen voidaan sanoa suoraan, että kaksimetrinen potilas tulee saamaan jonkin verran suuremman annoksen kuin 160-senttinen, vaikka potilaan painoindeksi onkin sama.

Opinnäytetyötäni ajatellen fantom-mittausten suorittaminen ei välttämättä olisi ollut aivan välttämätöntä, mutta tuloksia tulkitessa havaitsin hyvin nopeasti sen että mittaustuloksista oli kuitenkin hyötyä potilasannoksia pohdittaessa. Voidaan sanoa, että fantom-mittaukset olivat hyvä tapa vahvistaa annosten jakautumisen suhteita ja potilasannoksia.

LÄHTEET

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.

Clark, K. C. 1964. *Positioning in Radiography*. Eight edition. London: Ilford limited.

Duodecim 2012. Terminologian tietokannat. Viitattu 15.2.2012
http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/terveysportti/rex_terminologia.koti.

Eisenberg, R. L., Dennis, C. A. & May, C. R. 1995. *Radiographic positioning*. 2. painos. Boston: Little Brown and Company.

Euroopan komissio 1999. Säteilysuojelu 109. Ohjeita lääketieteellisessä säteilyaltistuksessa sovellettavista diagnostisista vertailutasoista. Ympäristön, ydinturvallisuuden ja väestönsuojelun pääosasto.

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

Ilus, T.; Servomaa, A. & Toivonen, M. 1999. Kuvaustutkimusten potilasannos-seuranta: mittaustulokset ja vertailuarvot yhteensopiviksi potilaan painoindeksiin avulla. Teoksessa Servomaa, A. (toim.) Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1999. STUK-A163. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 149-163.

Innanmaa, L. & Petäjäjärvi, M. 2002. Lääketieteellisen säteilyn aiheuttama säteilyannos lannerangan röntgentutkimuksessa. Pro Gradu. Hoitotieteen ja terveyshallinnon laitos. Oulu: Oulun yliopisto.

Jurvelin, J. 2005. Magneettikuvaus. Teoksessa Soimakallio, S; Kivisaari, L; Manninen, H; Svedström, E & Tervonen, O. (toim.) *Radiologia*, 32-42. WSOY.

Kiuru, A. 1991. Kuvauskoohde. Teoksessa Standertskjöld-Nordenstam, C-G.; Suramo, I. & Pamilo, M. (toim.) *Radiologia*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy, 13-16.

Kornamo, M. 1991. Selkäranka. Teoksessa Standertskjöld-Nordenstam, C-G.; Suramo, I. & Pamilo, M. (toim.) *Radiologia*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy, 342-358.

Laasonen, E. M. 1999. Selkäranka diagnostisena haasteena. *Lääkärilehti* 54 (11), 1375-1383.

Miettinen, A. Potilasannoksen mittauksissa käytettävät fantomit. 2003. Teoksessa Järvinen, H (toim.). 2003. Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa. STUK-C2. Vantaa: Säteilyturvakeskus, 32-34.

Miettinen, A; Pukkila, O & Tapiovaara, M. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, O. (Toim.) Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 13-182.

Miettinen, A; Servomaa, A. & Toivonen, M. 2000. Potilasannoksen määrittäminen: annoksen pinta-alan tulon mittaaminen ja pinta-annoksen laskeminen. STUK a174_6. STUK, 100-102.

Mustajoki, P. 2011. Lääkärikirja Duodecim. Painoindeksi (BMI). Viitattu 29.2.2012.
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01001/.

Mustonen, R. & Salo, A. 2002. Säteily ja solu. Teoksessa Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus, 27-41.

Möller, T. B. & Reif, E. 1997. Pocket Atlas of Radiographic Positioning. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Paile, W. 2002. 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, 43-46.

SataDiag 2012. Viitattu 7.2.2012 <http://www.satadiag.fi/>.

SataDiag SK kuvantaminen 2003. Nat3. Siemens Aristos Fx. Laadunvarmistus. Selvitys röntgenlaitteesta. Säteilyturvakeskus.

SataDiag SK kuvantaminen 2007. Nat1. Siemens Aristos Fx Plus. Laadunvalvonta. Selvitys röntgenlaitteesta. Säteilyturvakeskus.

SataDiag SK kuvantaminen 2009. Nat0. Philips digital diagnost. Laadunvalvonta. Selvitys röntgenlaitteesta. Säteilyturvakeskus.

SataDiag kuvantaminen 2010. Lannerangan natiiviröntgen maaten. Lannerangan natiiviröntgen seisten.

SataDiag kuvantaminen 2012. Viitattu 7.2.2012 <http://www.satadiag.fi/yksiköt/kuvantaminen/etusivu/>.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä 10.5.2000/423.

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

STUK 2006. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. Viitattu 28.4.2011. <http://www.finlex.fi/data/normit/25457-ST3-3.pdf>.

STUK 2009a. Röntgentutkimusten säteilyannokset. Viitattu 28.4.2011. http://stuk.fi/sateilyn_kaytto/terveydenhuolto/rontgen/fi_FI/annoksia/.

STUK 2009b. Tarkastuspöytäkirja 2041/T42/09, 2.6.2009.

STUK 2009c. Tavanomaisten röntgentutkimusten vertailutasot aikuisille. Viitattu 28.4.2011. http://stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/esitteet/_files/12222632510021109/default/vertailutasot_020109.pdf.

STUK 2010. Röntgentutkimuksella selviää vamma tai sairaus. Viitattu 28.4.2011. http://stuk.fi/sateilyn_kaytto/terveydenhuolto/rontgen/fi_FI/index/.

STUK 2011a. Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot aikuisten tavanomaisissa röntgentutkimuksissa.

STUK 2011b. Sanasto. Viitattu 15.2.2012. http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sanasto/fi_FI/sanasto/.

Säteilyasetus 20.12.1991/1512.

Säteilylaki 27.3.1991/592.

Tenkanen-Rautakoski, P. 2011. Viranomaistoiminnasta. STUK, 11.

Tietäväinen, A. & Turkka, R. 2008. Annokset röntgentutkimuksissa. Säteilyturvakeskus.

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

SK kuvantamisen röntgenlaitteistot

Lannerangan tutkimuksiin SK kuvantamisessa käytettävien, kuvaushuoneiden N1, N3 ja K0 laitteistojen tiedot (SataDiag SK kuvantaminen 2003, 2007, 2009).

	N1	N3	K0
Generaattori	<i>Polydoros LX 80</i>	<i>Polydoros LX 50</i>	<i>Optimus 50 CXA</i>
Generaattorin valmistaja	<i>Siemens AG</i>	<i>Siemens AG</i>	<i>Philips</i>
Suurin käyttöjännite (kV), virta enimmillään (mA)	<i>150 kV, 530 mA</i>	<i>150 kV, 330 mA</i>	<i>150 kV, 330 mA</i>
Suurin teho (kW), jolloin jännite (kV) ja virta (mA)	<i>80 kW, 100 kV, 800 mA</i>	<i>50 kW, 100 kV, 500 mA</i>	<i>50 kW, 100 kV, 500 mA</i>
Asennusviikko/päivä	<i>51/2007</i>	<i>49/2003</i>	<i>7-22.10.2009</i>
Röntgenputki	<i>Optilix 150/40/80HC-100</i>	<i>Optilix 150/30/50HC-100</i>	<i>Philips SRO 09 21, 150 kV</i>
Kokonaissuodatus	<i>2,9 mm Al</i>	<i>3,0 mm Al</i>	<i>2,8 mmAl</i>
Fokuskoot (mm x mm)	<i>0,6 x 1,0 1,0 x 1,0</i>	<i>0,6 x 0,6 1,0 x 1,0</i>	<i>0,3 x 0,3 1,0 x 1,0</i>
Röntgentutkimusteline	<i>Aristos FX Plus</i>	<i>Aristos FX</i>	<i>Bucky Diagnost CS-4 kattoteline</i>
Tutkimustelineen lisälaitteet	<i>Kuvauspöytä</i>	<i>Kuvauspöytä</i>	<i>Digital Diagnost TH2-kuvauspöytä ja VS-thorax-teline</i>
	<i>Trixell- suoradigitaalinen detektori</i>		<i>Trixell- suoradigitaalinen detektori</i>
DAP-mittari	<i>Caremax-pinta-ala- annosmittari (DAP)</i>	<i>Caremax FD-pinta- ala-annosmittari (DAP)</i>	<i>Laskennallinen pinta-ala- annosmittaus (DAP)</i>
STUK on hyväksynyt tiedot	<i>17.02.2007</i>	<i>19.11.2003</i>	<i>4.9.2009</i>

Satayunnan sairaahtopointi | Sairaalatie 3, 28500 Pori | puh. (02) 627 71 | fax (02) 627 7799 | etunimi.sukunimi@sathp.fi | www.sathp.fi

[illegible]

SÄIRAAHOITOPHILIN YHDYSSEKTIÖN NIMEÄMINEN	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
Vierostiedot (pubt email)	<u>LAMMA NURMIO, CH</u>	<u>aldehydihius nimet selvitys</u>	<u>(yhtiönä nimeltä)</u>
	<u>Oy P733520, jama nime @schwing.fi</u>		

Lannerangan potilasannosten keräyslomake huoneisiin N1 ja N3

[illegible]

Fantom-mittauksissa käytetty keräyslomake

Huone, kenttäkoko = 20 x 20 cm	Otos	ESD (mGy)	DAP ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$)	mAs	mS
N1, seisten.	1				
	2				
N1, maaten.	1				
	2				
N3, seisten.	1				
	2				
N3,maaten.	1				
	2				
K0, Thorax- teline seisten.	1				
	2				
K0, bucky-pöytä maaten.	1				
	2				

Käytetty ESD-mittari:

Unfors Instruments: *Unfors Mult-O-Meter, Type 587L.*

Fantomin rakentaminen

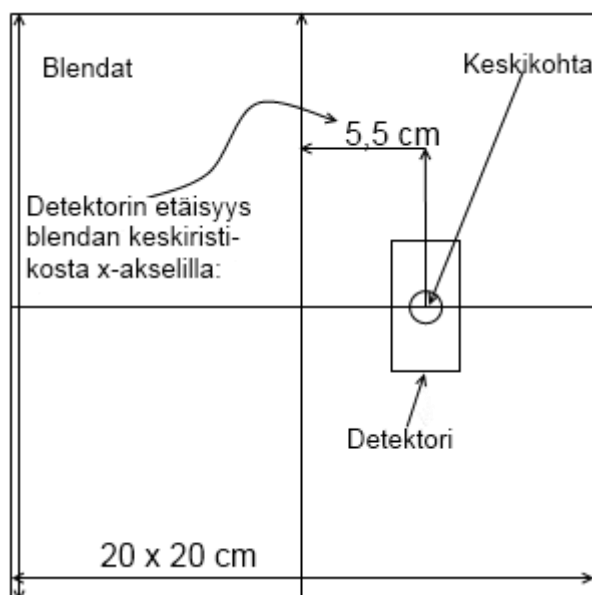
Fantom-mittauksia varten rakennettiin oma fantom, koska STUK:n käyttämää fantomia ei ollut saatavilla. SK kuvantamisen röntgenputkien tarkastuspöytäkirjan (STUK 2009b) mukaan vesifantom-mittausten pinta-annos oli lannerangan AP-kuvassa thorax-telineellä 1,3 mGy ja bucky-pöydällä 2,0 mGy. Pöytäkirjan mittauksissa käytetty fantom oli STUK:n standardien mukainen, säteiden suunnassa kokonaispaksuudeltaan 23,3 cm paksuinen lanneranka-fantom. Kokonaispaksuudesta vettä oli 17,6 cm, muovia 2,4 cm ja 3,3 cm PMMA-, eli pleksilevyä. (STUK 2004, 23.) Lanneranka-fantom-standardin perusteella suunniteltiin kokeilua varten 2 erilaista fantomia:

- 1) Erillisistä 9, 4 ja 2 cm:n paksuisista plekseistä koottu pleksifantomi.
- 2) Vesikanisterista ja 2 cm:n pleksilevystä rakennettu vesifantomi.

STUK:n tarkastuspöytäkirjan fantom-mittaukset oli suoritettu huoneessa N1, joten myös suunnitellut fantomit testattiin samassa huoneessa. Testeissä käytettiin ESD-annosmittaria, jonka antamaa tulosta verrattiin STUK:n tuloksiin. Mittarin valmistaja ja malli olivat:

Unfors Instruments: *Unfors Mult-O-Meter, Type 587L*.

Annosmittarin mittauspää sijoitetaan joka mittauksessa samalle tasolle siten, että mittauspään keskikohta on 5,5 cm päässä sädekentän keskikohdan ristikosta. Sijainti on fokukseen nähden aina sillä puolen sädekenttää, mille puolelle mittauspää sijoittuu thorax-telinettä käytettäessä. Mittapään paikka on esitelty seuraavassa kuvassa:



Kuva 3. ESD-detektorin vastaanotinpään keskikohdan sijoittuminen fantom-mittauksissa blendan keskiristikkoon nähden.

Fantom-mittauksissa käytetty vesi-fantom rakennettiin Satakunnan keskussairaalan huollosta saadusta suurin piirtein STUK:n lanneranka-fantomin paksuisesta vesikanisterista ja 2 cm paksuisesta pleksilevystä. Kanisterin mitat olivat syvyysuunnassa 22 cm (vesi), johon pleksilevy lisättiin kohtisuoraan säteisiin nähden. Pleksi kiinnitettiin röntgenputken puolelle, eli säteet törmäsivät ensin levyyn ja vasta sitten vesikanisteriin. Tällöin vesifantomien syvyys oli noin 24 cm.

Pleksilevy kiinnittäminen tapahtui teippaamalla se tiiviisti ja mahdollisimman suorasti vesikanisterin kuvausalueelle. Pleksiä ei irrotettu kanisterista mittausten välillä, jotta tulos pysyisi mahdollisimman luotettavana.

Havaittiin, että vesikanisteri + pleksi-fantom tuotti käytännössä samat pinta-annokset kuin STUK:n mittauksissa käytetty fantom. STUK:n ilmoittamassa suuruusluokassa mGy:n kymmenyksen tarkkuudella pyöristettynä tulokset olivat itse asiassa täsmälleen samat kuin STUK:n mittauksissa (taulukko 6). Taulukoissa 7 ja 8 lisäksi pleksifantomien ja vesifantomien testauksissa saadut tarkat mittaustulokset

Taulukko 6. Vesifantomilla suoritettut mittaustulokset.

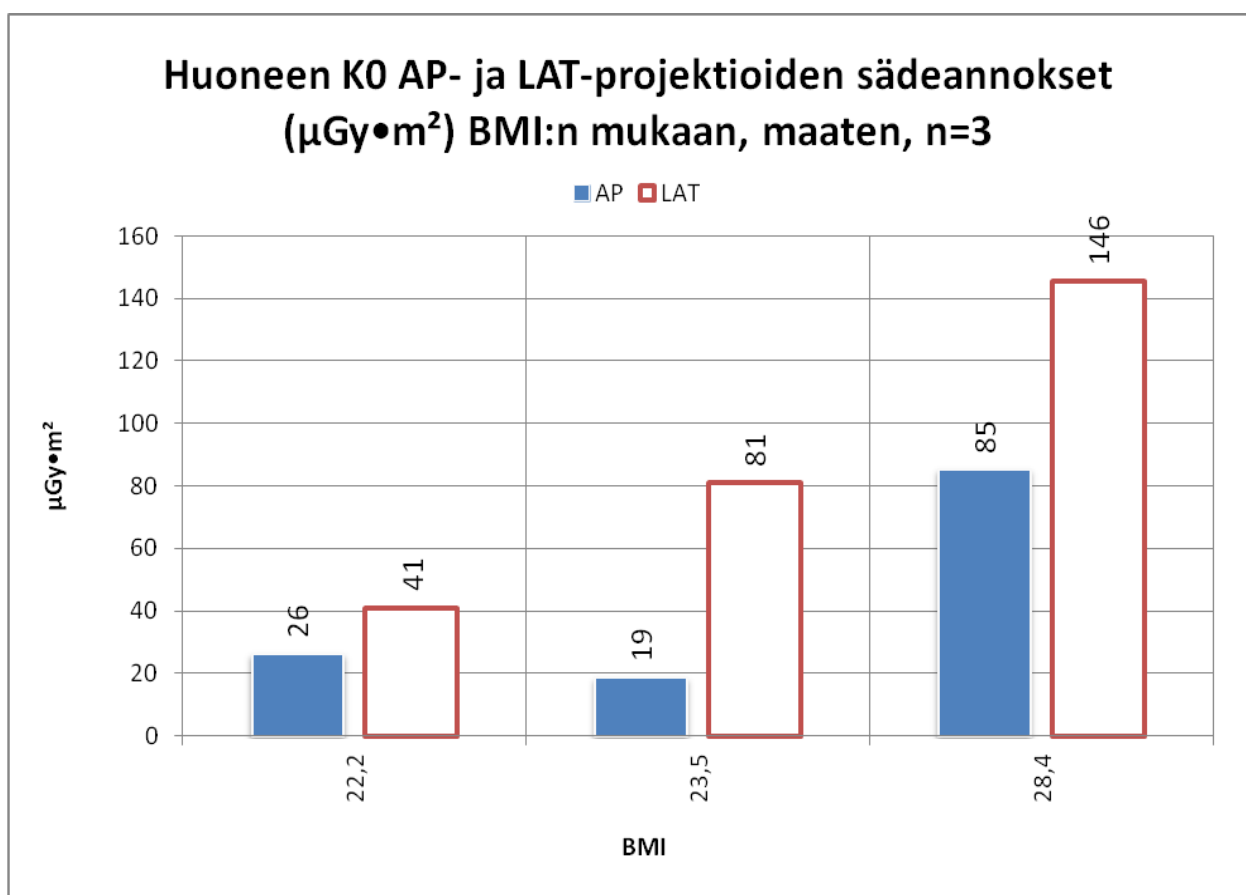
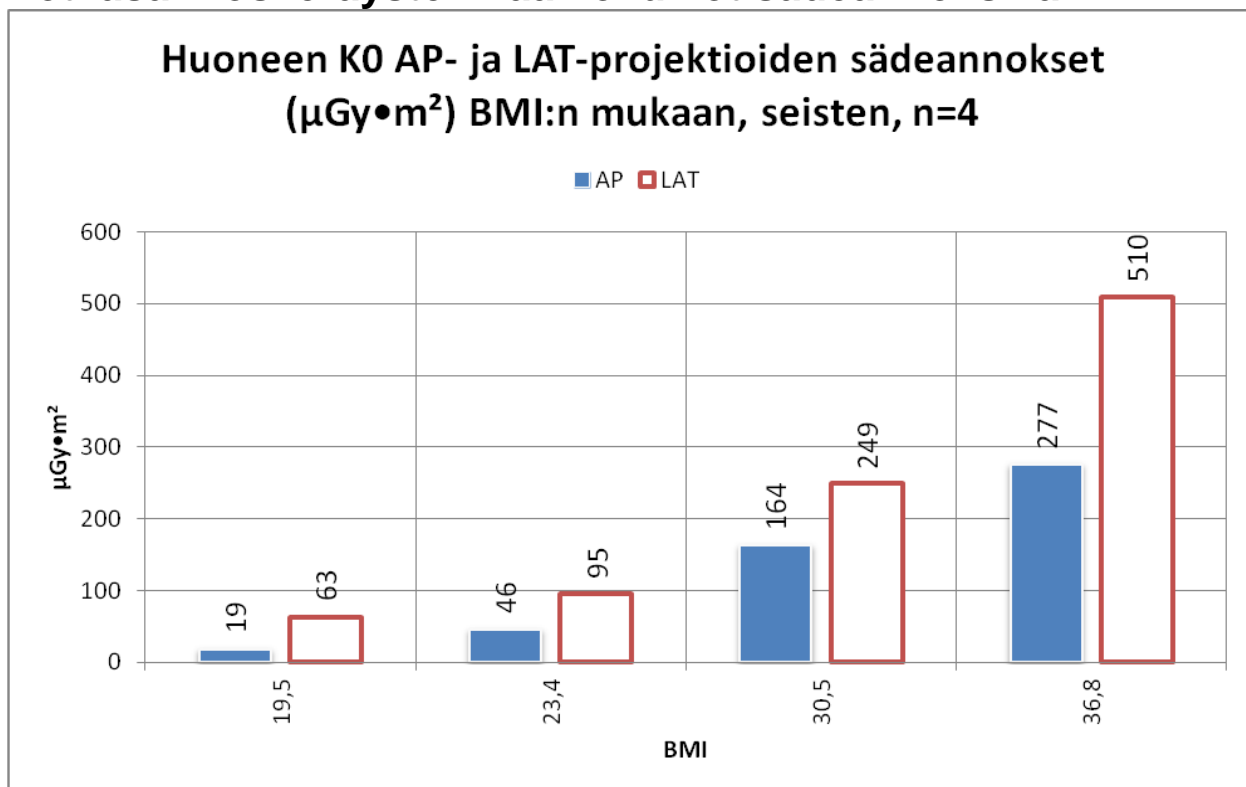
	Saatu ESD seisten (mGy)	Saatu ESD maaten (mGy)
Mittaus	1,34	1,99
STUK	1,3	2,0

Taulukko 7. Pleksifantomien testauksesta kerätyt röntgenputken ohjauskonsolin ilmoittamat arvot sekä pinta-annokset.

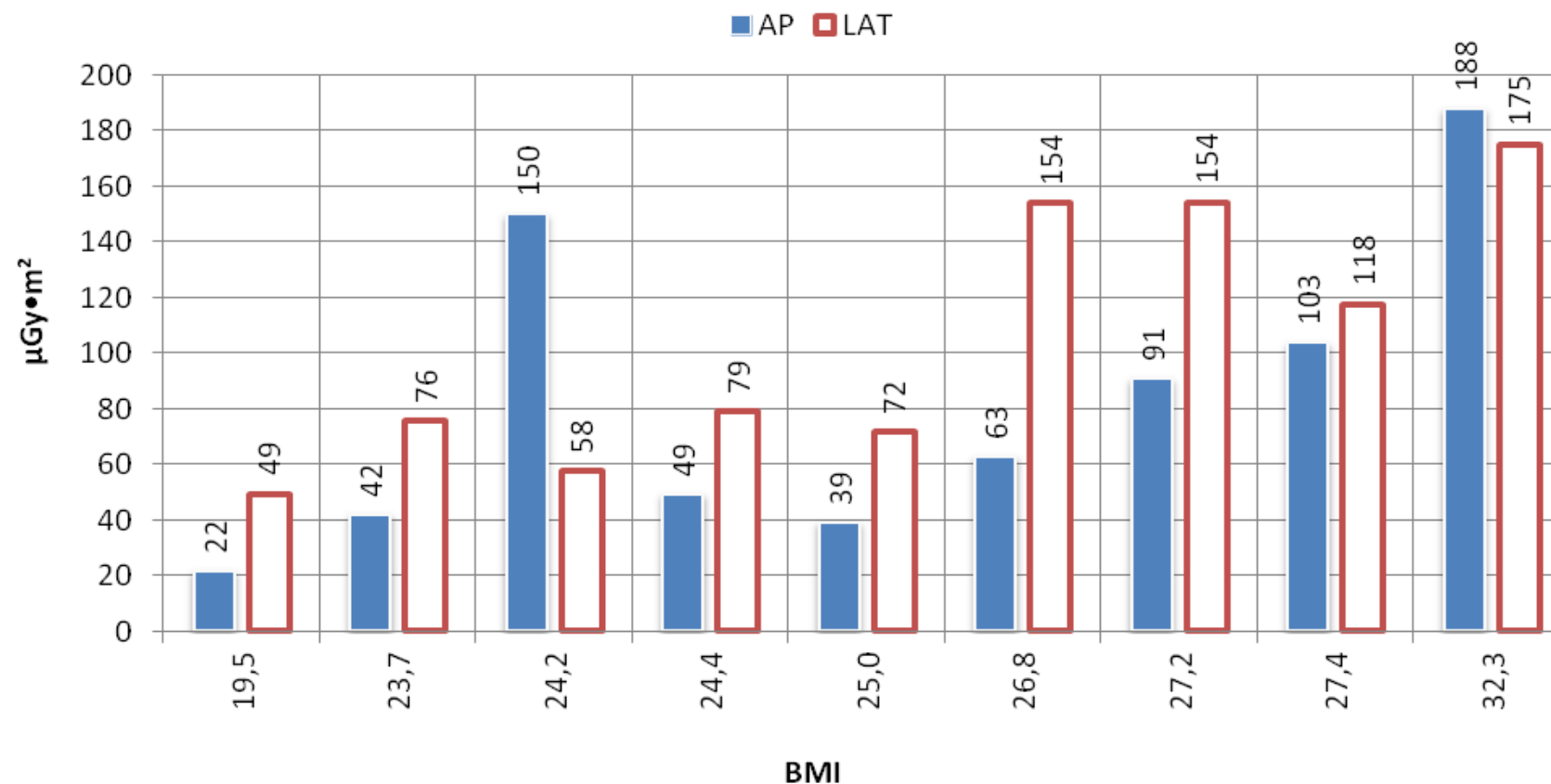
	mAs	Kuvausaika (ms)	DAP ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$)	ESD (mGy)
Seisten	33,72	44,2	50,9	1,401
Maaten	29,66	38,7	42,3	1,264

Taulukko 8. Vesifantomien testauksesta kerätyt röntgenputken ohjauskonsolin ilmoittamat arvot sekä pinta-annokset.

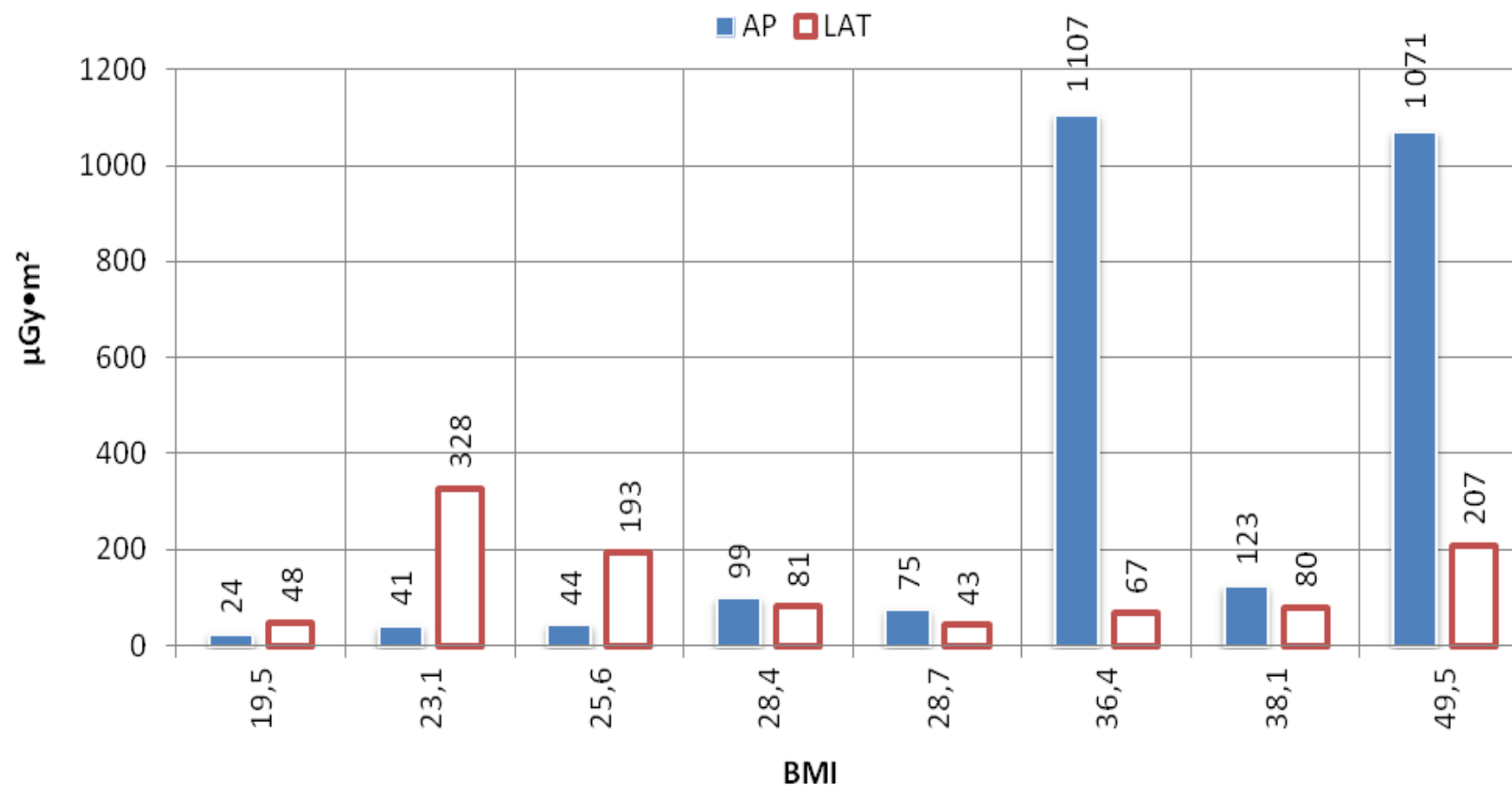
	mAs	Kuvausaika (ms)	DAP ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$)	ESD (mGy)
Seisten	31,96	42,1	48,5	1,34
Maaten	43,27	56,6	62,2	1,99

Potilasannoskeräysten kaaviokuviot sädeannoksilla

Huoneen N1 AP- ja LAT-projektoiden sädeannokset ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$) BMI:n mukaan, seisten, n=9



Huoneen N1 AP- ja LAT-projektiodien sädeannokset ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$) BMI:n mukaan, maaten, n=8



Huoneen N3 AP- ja LAT-projektioiden sädeannokset ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$) BMI:n mukaan, seisten, n=18

