

AIKUISTEN SÄTEILYANNOKSET KEUHKOJEN RÖNTGENTUTKIMUKSEN MAKUUPROJEKTIOSSA

Jenni Kiviniemi
Katja Penttilä

Opinnäytetyö
Lokakuu 2010
Radiografian ja sädehoidon
koulutusohjelma
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

KIVINIEMI, JENNI & PENTTILÄ, KATJA:
Aikuisten säteilyannokset keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

Opinnäytetyö 36 s., liitteet 4 s.
Lokakuu 2010

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvailla aikuisille suoritettavien keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytettäviä radiologisten laitteiden laitetekniikoita. Lisäksi tarkoituksena oli kuvailla tutkimuksissa saatuja aikuisten säteilyannoksia keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä sekä liikuteltavia radiologisia laitteita että röntgenosastolla olevaa kiinteästi asennettua radiologista laitetta.

Tutkimusongelmat olivat: Millaisia radiologisia laitetekniikoita käytetään aikuiselle tehtävissä keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektioissa käytettäessä liikuteltavaa radiologista laitetta tai röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta? Minkä suuruisia pinta-annoksia (ESD) aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä liikuteltavaa radiologista laitetta tai röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta? Minkä suuruisia elinkohtaisia (rintarauhanen, kilpirauhanen ja luuydin) säteilyannoksia aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä liikuteltavaa radiologista laitetta tai röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta? Minkä suuruisia efektiivisiä annoksia aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä liikuteltavaa radiologista laitetta tai röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta?

Opinnäytetyö toteutettiin kvantitatiivisena eli määrällisenä tutkimuksena Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksen eräässä röntgenyksikössä. Opinnäytetyöaineisto kerättiin aikuisille (yli 18-vuotiaita) ja normaalipainoisille (70 kg \pm 15 kg) potilaille suoritettavista keuhkojen röntgentutkimuksista makuuprojektiossa. Aineistoa kerättiin lisäksi kolmelta eri radiologiselta laitteelta, joista kaksi oli liikuteltavia ja yksi röntgenosastolla oleva laite. Opinnäytetyön kohderyhmä koostui 30 potilaasta. Kerätyt tiedot analysoitiin tilastolaskentaohjelma Tixeliä ja annoslaskentaohjelma PCXMC:tä hyödyntäen.

EU:lla on suositukset radiologisesta laitetekniikasta keuhkojen röntgentutkimusten PA- ja LAT-projektioihin. Tässä opinnäytetyössä käytettyjen radiologisten laitteiden laitetekniikat olivat lähestulkoon EU:n suositusten mukaiset. Radiologisilta laitteilta saadut säteilyannokset olivat liikuteltavilla laitteilla pääsääntöisesti suurempia kuin röntgenosastolla olevalla laitteella. Pinta-annosten (ESD) keskiarvot liikuteltavilla radiologisilla laitteilla olivat (Laitte 1) 0,27 mGy ja (Laitte 2) 0,37 mGy. Röntgenosastolle kiinteästi asennetulla radiologisella laitteella (Laitte 3) pinta-annosten (ESD) keskiarvo oli 0,20 mGy.

Asiasanat: Keuhkojen röntgentutkimus, makuuprojektio, radiologinen laite, säteilyannos, pinta-annos (ESD), elinkohtainen annos, efektiivinen annos.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiotherapy

KIVINIEMI, JENNI & PENTTILÄ, KATJA:
Radiation Doses to Adult Patients from Chest X-ray Examination in AP Supine
Projection

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 4 pages
October 2010

The purpose of this thesis was to describe what kind of radiological techniques are used when performing chest X-ray examinations to adult patients in AP (anterior-posterior) supine projection. This thesis was also aimed at describing what kind of radiation doses (entrance surface dose, organ dose and effective dose) adult patients receive from chest X-ray examinations in AP supine projection when using either mobile radiological equipment or radiological equipment permanently installed in the radiological ward.

The method of this thesis was quantitative. The data were gathered from two pieces of mobile radiological equipment (Equipment 1 and Equipment 2) and one radiological piece of equipment (Equipment 3) permanently installed in the radiological ward. With each of the radiological pieces of equipment, the data were collected from 10 adult patients in AP supine projection of chest X-ray examinations. The patients were adults (over 18 years old) and normal sized (weighing $70 \text{ kg} \pm 15 \text{ kg}$). The data were analyzed using Tixel and PC program for X-ray Monte Carlo (PCXMC).

The results of the thesis were the following. The radiological techniques differed a little from the guidelines that the European Union has set for the radiological technique in chest X-ray examinations in PA (posterior-anterior) projection. The results indicated that the radiation doses for adult patients from chest X-ray examinations in AP supine projection are mainly higher when using mobile radiological equipment than when using radiological equipment permanently installed in the radiological ward. For example, the averages of the entrance surface doses (ESD) were 0.27 mGy in Equipment 1, 0.37 mGy in Equipment 2, and 0.20 mGy in Equipment 3.

Keywords: Chest x-ray examination, AP supine projection, radiological equipment, radiation dose, Entrance Surface Dose (ESD), organ dose, effective dose.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KEUHKOJEN RÖNTGENTUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	7
2.1 Keuhkojen röntgentutkimus	7
2.2 Radiologinen laitetekniikka keuhkojen röntgentutkimuksissa.....	9
3 POTILAAN PINTA-ANNOS JA SEN MÄÄRITTÄMINEN.....	11
3.1 Annosmittauksia koskeva lainsäädäntö.....	11
3.2 Potilaan säteilyannos ja sen määrittäminen.....	12
3.3 Säteilyn aiheuttamat haittavaikutukset.....	13
3.4 Pinta-annoksen (ESD) laskeminen ja annokseen vaikuttavat tekijät	14
4 AIKAISEMPI TUTKIMUS	16
5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT	17
6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN.....	18
6.1 Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä	18
6.2 Aineistonkeruulomakkeiden laadinta ja luotettavuus	19
6.3 Opinnäytetyöaineiston keruu ja analysointi	19
7 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET	21
7.1 Keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytetty radiologisten laitteiden laitetekniikka	21
7.2 Tutkimuksen taustatiedot	22
7.3 Pinta-annos (ESD) aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.....	24
7.4 Rintarauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.....	25
7.5 Kilpirauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.....	26
7.6 Luuytimen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.....	27
7.7 Efektiivinen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.....	28
8 POHDINTA	29
8.1 Opinnäytetyön tulosten tarkastelu.....	29
8.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys.....	31

8.3 Opinnäytetyöprosessin pohdinta ja omat oppimiskokemukset	32
8.4 Jatkotutkimusaiheet.....	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	37

1 JOHDANTO

Suomessa röntgentutkimuksia tehdään vuosittain noin 4,2 miljoonaa, joista keuhkojen röntgentutkimusten osuus on noin 1,4 miljoonaa (STUK 2009). Lääketieteellisen säteilyn käyttöä ohjaavat kolme peruseriaatetta, joiden tulee täytyä, jotta säteilyn käyttö on hyväksyttävää. Näitä peruseriaatteita ovat oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaate. (Säteilylaki 1991.) Ennen kuin röntgentutkimus voidaan suorittaa, tulee potilaan saada lääkäritä lähete tutkimukseen. Hoitava lääkäri arvioi, onko tutkimus oikeutettu, eli onko tutkimuksen hyöty suurempi kuin haitta. (Mustajoki & Kaukua 2008.)

Euroopan unionin potilasturvallisuusdirektiivi eli niin kutsuttu MED-direktiivi velvoittaa kaikkia röntgentutkimuspaikkoja suorittamaan potilaiden säteilyannosten mittauksia ja mittaustulosten vertaamista kansainvälisiin vertailuarvoihin (97/43/EURATOM). Säteilyturvakeskus (STUK) määrittää Suomessa käytössä olevat vertailutasot ja huolehtii vertailutasojen tarkastamisesta ja päivittämisestä. (STUK 2004, 3). Potilaiden säteilyannoksia voidaan seurata joko määrittämällä laskennallisesti pinta-annos (ESD, Entrance Surface Dose) tai laskemalla annoksen ja pinta-alan tulo (DAP, Dose Area Product) (STUK 2004, 6).

Tässä opinnäytetyössä kerätään potilaskohtaisia tietoja sekä käytettyjen radiologisten laitteiden laiteteknisiä tietoja, joiden avulla voidaan määrittää aikuisten potilaiden saamia säteilyannoksia (ESD, elinkohtainen sekä efektiivinen) keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa. Radiologisten laitteiden laiteteknisiä tietoja kerätään kahdelta liikuteltavalta laitteelta ja yhdeltä röntgenosastolla olevalta laitteelta. Tässä opinnäytetyössä keuhkojen röntgentutkimuksella tarkoitetaan keuhkojen natiiviröntgentutkimusta ja radiologisella laitteella röntgenkuvauslaitetta oheislaitteineen. Yhteistyökumppanina on Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus.

2 KEUHKOJEN RÖNTGENTUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

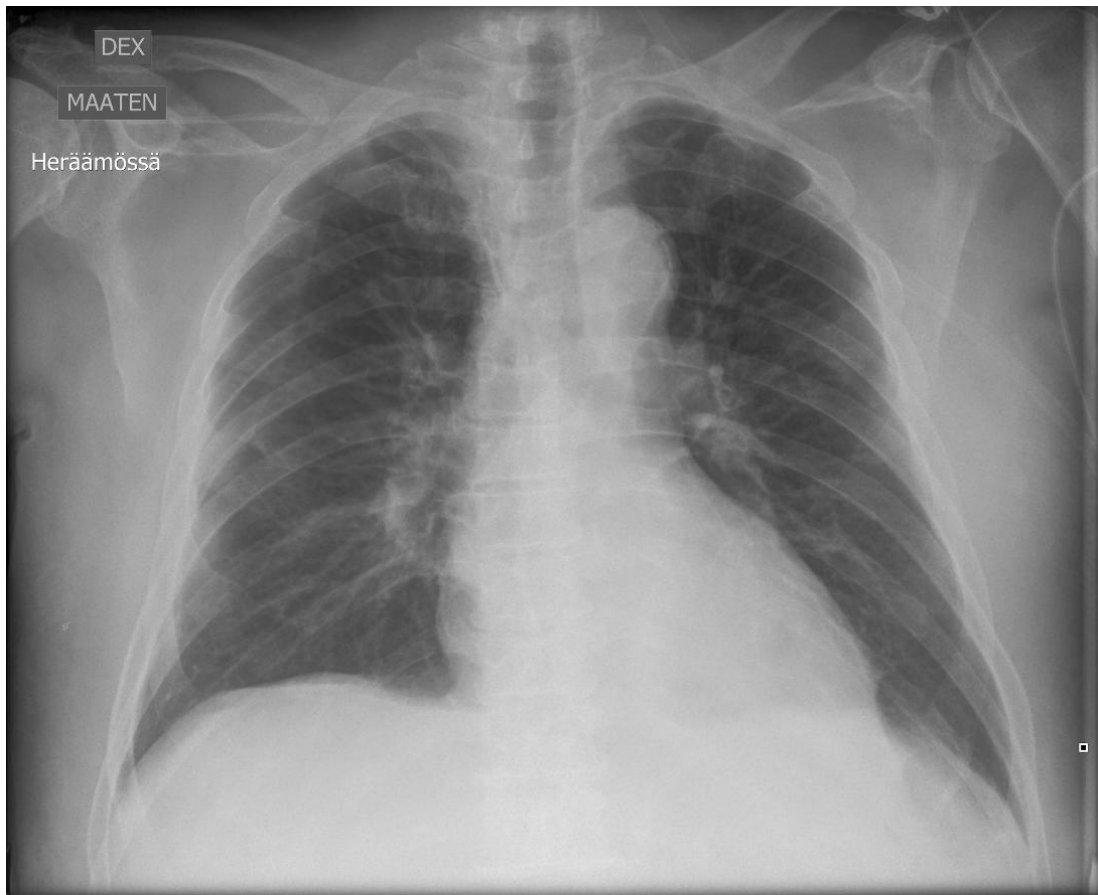
2.1 Keuhkojen röntgentutkimus

Keuhkojen röntgentutkimus on yksi yleisimpiä röntgentutkimuksia. Keuhkojen röntgentutkimuksella voidaan selvittää potilaan oireita ja diagnosoida sairauksia sekä seurata hoidon vastetta. Keuhkojen röntgentutkimus asettaa haasteita, koska kuvattava alue on suuri ja se sisältää eri tavalla säteilyä läpäiseviä kudoksia. Säteily läpäisee eri tavalla esimerkiksi luuta ja keuhkokudosta. Lisäksi haastetta tuovat sydämen ja siitä lähtevien suurten suonten jatkuva liike. Jotta eri kudosten välille saadaan aikaan kontrastia, tulee kuvausjännitteen olla vähintään 120 kV. Sydämen ja suonten liikkeen aiheuttamaa liike-epätarkkuutta pystytään vähentämään nopeilla kuvausajoilla. Keuhkokuvia otettaessa tulee kuvausetäisyyden olla kaksi metriä. Mikäli kahden metrin etäisyys ei ole mahdollinen, tulee etäisyyden olla kuitenkin mahdollisimman suuri. Etäisyyden pitäminen vakiona mahdollistaa kuvien vertailukelpoisuuden eri kuvauskerroilla. (Järvenpää 2005, 93-95.)

Röntgenkuville on asetettu tiettyjä yleis- ja erityiskriteereitä, joiden tulee täytyä. Yleiskriteereinä kuvista tulee käydä ilmi potilaan nimi, sosiaaliturvatunnus, kuvauspaikka, päivämäärä ja kellonaika sekä tarvittaessa lisämerkinnät esimerkiksi kuvausasennosta. Kuvissa ei saa olla artefaktoja tai liike-epätarkkuutta ja kuvan kontrastin sekä kirkkauten tulee olla hyvät. Jotta otetut keuhkokuvat ovat riittävän diagnostisia, tulee kuvien täyttää seuraavat erityiskriteerit. Diagnostisessa keuhkokuvassa tulee olla riittävä inspiarium eli sisäänhengitys ja kuvan tulee olla oikein rajattu, riittävän suora sekä oikein valotettu. (Järvenpää 2005, 93-97; Cornuelle & Gronefeld 1998, 46.)

Keuhkojen röntgenkuvassa sisäänhengitys on riittävä, kun vähintään kymmenen taempaa kylkiluuta kuvautuu pallean kaarten yläpuolelle. Kuva tulee rajata siten, että keuhkojen kärjet ja sopet näkyvät kokonaan. Kuvan suoruutta voidaan arvioida tarkastelemalla anatomisia rakenteita, kuten selkärangan suoruutta sekä hilusseudun ja solisluiden symmetrisyyttä. Kuva on valotettu oikein, kun pallean kaaret, sydän, aortankaari sekä henkitorven varjot näkyvät kuvassa. Kuvan valottaminen oikein on tärkeää, jotta vältetään virheellisiltä diagnosoinneilta. Liian tummasta kuvasta voi jäädä jotakin oleellista

huomaamatta, kun taas liian vaalea kuva voi korostaa normaaleja rakenteita liikaa. (Järvenpää 2005, 93-97; Cornuelle & Gronefeld 1998, 46.)



KUVA 1. Keuhkojen röntgenkuva makuuprojektiossa (TAYS 2010)

Tavallisesti keuhkoja kuvattaessa otetaan kaksi projektiota, yksi taka-etu-suunnassa eli posterio-anterio-projektiossa (PA) ja toinen sivusuunnassa eli lateraaliprojektiossa (LAT). Mikäli seisten tai istuen otettava keuhkokuva ei ole mahdollinen, voidaan huonokuntoisten tai yhteistyökyvyttömien potilaiden kohdalla keuhkokuva ottaa selinmakuulla (kuva 1) tai puoli-istuvassa asennossa. Otettaessa keuhkokuva makuulla, otetaan yleensä yksi projektio etu-taka-suunnassa eli anterio-posterio-projektiossa (AP). Makuuasennossa otetussa keuhkokuvasssa potilaan selän taakse asetetaan röntgentutkimuksissa käytettävä kuvareseptori. Makuuasennossa kuvattaessa kuvausetäisyys vaihtelee potilaiden välillä ja usein etäisyys jääkin alle EU:n suositusten (taulukko 1). Etäisyys pyritään kuitenkin aina saamaan mahdollisimman lähelle optimaalista etäisyyttä. Mikäli keuhkokuva on otettu istuen tai makuulla, tulee kuvaan merkitä kuvausasento. (Doty 2006, 48-49; Järvenpää 2005, 95.)

Keuhkojen röntgentutkimuksia voidaan suorittaa röntgenosastolle kiinteästi asennetulla radiologisella laitteella tai liikuteltavalla radiologisella laitteella. Radiologinen laitteisto koostuu röntgengeneraattorista ja –putkesta sekä telineistä, joilla saadaan pidettyä putki ja kuvareseptori paikallaan. Liikuteltava radiologinen laite mahdollistaa röntgenkuvien ottamisen röntgenosaston ulkopuolella, koska röntgenlaitetta on vaivatonta siirrellä paikasta toiseen. (Tapiovaara, Pukkila & Miettinen 2004, 40, 50.)

2.2 Radiologinen laitetekniikka keuhkojen röntgentutkimuksissa

Keuhkojen röntgentutkimuksissa käytettävälle radiologiselle laitteistolle ja laitetekniikalle on määritelty tietyt vaatimukset. Säteilylaki (1991) määrää laitteita koskevat vaatimukset. Säteilylaki (1991) velvoittaa muun muassa tietyin väliajoin radiologisille laitteille suoritettavat mittaukset, joiden avulla voidaan varmistaa laitteiden turvallisuus. Lisäksi radiologiselle laitetekniikalle on omat EU:n asettamat suosituksensa (taulukko 1). EU on määritellyt suositukset radiologisesta laitetekniikasta pystytelineellä otettavalle keuhkojen röntgentutkimukselle, mutta suosituksia voidaan käyttää suuntaa antavina myös makuuprojektiossa. (European Commission 1996; STUK 2006b, 2.)

Keuhkojen röntgentutkimuksen kokonaissuodatuksiksi EU on suositellut ≥ 3.0 mAs, mutta STUK on määritellyt, että Suomessa radiologisten laitteiden kokonaissuodatuksen on oltava vähintään 2,5 mAs (European Commission 1996; STUK 2006b, 2). Suodatuksen tarkoitus on poistaa matalaenerginen säteily, jolla ei kuvanmuodostuksessa ole merkitystä. Suodatuksella myös vähennetään potilaaseen absorboitunutta annosta eli energiamäärää, jonka säteily jättää potilaaseen massayksikköä kohden.

TAULUKKO 1. EU:n suositukset radiologisesta laitetekniikasta keuhkojen röntgentutkimuksessa (European Commission 1996)

Radiologinen laite		
	PA	LAT
Laite	Pystyteline liikkuvalla tai kiinteällä hilalla	Pystyteline liikkuvalla tai kiinteällä hilalla
Fokus koko	≤ 1.3 mm	≤ 1.3 mm
Kokonaissuodatus	≥ 3.0 mmAl	≥ 3.0 mmAl
Hila	r = 10; 40/cm	r = 10; 40/cm
Filmi-vahvistuslevy-yhdistelmän suhteellinen nopeus	400	400
Fokus-filmi-etäisyys FFD (cm)	180 (140-200)	180 (140-200)
Jännite (kV)	125	125
Valotusautomaatti	Oikea sivukammio	Keskikammio
Eksponointiaika (ms)	< 20	< 40
Sädesuoja	Standardisuojaus	Standardisuojaus

Tavanomaisessa röntgenkuvauksessa röntgenputkella tuotettava säteily kohdistetaan potilaaseen, jonka säteily läpäisee. Läpäistessään potilaan säteily vaimenee. Säteilyn vaimenemisen määrään vaikuttaa potilaan kudosten tiheys ja paksuus sekä säteilyn spektri. Kuvareseptori, joka on asetettu potilaan toiselle puolelle, havaitsee säteilyn ja muodostaa sen avulla digitaalisen kuvan. Digitaalisessa kuvauksessa kuvamatriisin pikseleihin syntyy säteilyn vaikutuksesta varauksia, jotka kuvanlukijalla puretaan numeroarvoiksi. Numeroarvot kertovat kuvamatriisin kunkin kohdan kirkkaustiedot ja näistä tiedoista muodostuu kuva. Eri kirkkausvaihteluiden vuoksi kuvassa voidaan havaita potilaan kehon eri rakenteita. (Tapiovaara ym. 2004, 61-62.)

Röntgenkuvat ovat kaksiulotteisia, koska eri syvyyksillä olevat rakenteet kuvautuvat päällekkäin. Koska kehon eri rakenteet ovat eri etäisyyksillä kuvareseptorin pinnasta, kuvautuvat reseptoria lähempänä olevat kohteet pienempinä kuin kuvareseptorista kauempana olevat. Etäisyyksistä johtuvat vääristymät tuleekin huomioida röntgenkuvia tulkittaessa. Vääristymiä kuvassa voidaan vähentää asettelemalla kohde mahdollisimman lähelle kuvareseptoria ja lisäämällä kuvausetäisyyttä. (Tapiovaara ym. 2004, 61-62.)

3 POTILAAN PINTA-ANNOS JA SEN MÄÄRITTÄMINEN

3.1 Annosmittauksia koskeva lainsäädäntö

Lääketieteellisen säteilyn käyttöä ohjaavat Säteilylaissa (1991) määritellyt oikeutus- ja optimointiperiaatteet. Oikeutusperiaatteella tarkoitetaan, että säteilyn käytöstä saatavan hyödyn tulee olla suurempi kuin säteilyn aiheuttama haitta. Oikeutusperiaate on jaettu kolmeen osaan: säteilyn käytön tulee olla yhteiskunnallisesti hyväksyttyä, sen tulee olla määritetty tiettyyn toimenpiteeseen sekä oikeutettu potilaskohtaisesti ja tiettyyn tarkoitukseen. Säteilyn optimointiperiaate täyttyy, kun säteilyä annetaan niin vähän kuin mahdollista, mutta kuitenkin siten, että diagnostisesti optimaalinen kuva saavutetaan. (Mustonen ym. 2009, 96-98.)

Laki säteilylain muuttamisesta (1998) määrää, että röntgentutkimukseen lähettävän lääkärin tulee harkita, onko kyseessä oleva tutkimus oikeutettu. Lähetettä laatiessaan lääkärin tulee hankkia tutkimukseen lähettämiseen liittyvät tarvittavat tiedot potilaasta, esimerkiksi aiemmat tutkimukset. Tarvittaessa lähettävän lääkärin on konsultoitava asiantuntijoita ennen lähetteen kirjoittamista. Lääkärin kirjoittamasta läheteestä tulee käydä ilmi seuraavat asiat: potilaan oireet ja löydökset, laboratoriotutkimukset, mikä tutkimus halutaan suorittavan, mitä sairautta epäillään sekä mitä tutkimuksella halutaan selvittää. (Mustajoki & Kaukua 2008.)

Euroopan unionin potilasturvallisuusdirektiivi eli niin kutsuttu MED-direktiivi velvoittaa kaikkia röntgentutkimuspaikkoja suorittamaan potilaiden säteilyannosten mittauksia ja mittaustulosten vertaamista kansainvälisiin vertailuarvoihin (97/43/EURATOM). STUK määrittää Suomessa käytössä olevat vertailutasot. Vertailutasolla tarkoitetaan säteilyannosrajaa, jonka ei oleteta ylittyvän hyvän käytännön mukaan tehdyssä röntgentutkimuksessa normaalikokoisen (70 kg ± 15 kg) potilaan ollessa kohteena. (STUK 2004, 33.) Mikäli vertailuarvot toistuvasti ylittyvät, tulee selvittää, mistä vertailuarvojen ylittyminen johtuu ja suorittaa tarvittavat korjaustoimenpiteet (97/43/EURATOM).

3.2 Potilaan säteilyannos ja sen määrittäminen

Potilaiden säteilyannoksia voidaan määrittää mittaamalla pinta-annosta (ESD, Entrance Surface Dose) tai laskemalla annoksen ja pinta-alan tuloa (DAP, Dose Area Product). ESD:llä tarkoitetaan säteilykeilan keskiakselin ja potilaan etupinnan leikkauspisteessä ilmaan absorboitunutta annosta. ESD sisältää takaisinsirontakertoimen eli BSF:n (backscatter factor), toisin sanoen ESD sisältää primäärisäteilyn ja potilaasta siroavan säteilyn. ESD lasketaan aina projektiokohtaisesti ja siitä käytetään yksikköä milligray (mGy). Pinta-annoksia voidaan vertailla eri radiologisten laitteiden välillä, mutta projektioiden tulee silloin olla aina samansuuntaisia. (STUK 2004, 11, 18-19; Tapiovaara ym. 2004, 119-123.)

DAP saadaan röntgenlaitteen annosnäytöstä, mikäli laitteessa sellainen on. Annosnäyttö tulee kalibroida vähintään viiden vuoden välein, jotta mittaustulokset pysyvät luotettavina. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erillistä DAP-mittaria tai laskea annoksen ja pinta-alan tulo keräämällä siihen tarvittavat tiedot (kenttäkoko iholla cm^2 ja ESD mGy). Saatuja säteilyannosten mittaustuloksia voidaan verrata STUK:n määrittelemiін vertailutasoihin yleisimmissä röntgentutkimuksissa. (Laarne 2007, 13-15; STUK 2004, 9-10.)

Säteilyn aiheuttamia terveysvaikutuksia voidaan kuvata efektiivisellä annoksella. Efektiivisellä annoksella tarkoitetaan säteilyannossuuretta, joka kuvaa potilaan saamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Efektiivisen annoksen laskemiseksi tarvitaan kunkin elimen tai kudoksen absorboitunut annos, haittakertoimet eri säteilylajeille sekä elinkohtaiset painotuskertoimet säteilyherkkyyttä kuvaamaan. Efektiivisen annoksen yksikkönä käytetään Sievertiä (Sv). (Tapiovaara ym. 2004, 127-129.) Efektiivisiä annoksia voidaan hyödyntää erilaisissa tutkimuksissa saatujen suhteellisten annosten ja toisiaan vastaavien radiologisten laitteiden vertailussa. Vertailu edellyttää, että tutkimuksessa käytettävät potilasryhmät vastaavat iältään ja sukupuoleltaan toisiaan tai käytetään samanlaista fantomia. (Mustonen ym. 2009, 98.)

Elinkohtaisia sädeannoksia ei voida suoraan mitata, mutta niitä voidaan laskennallisesti arvioida. Elinkohtaisia ja efektiivisiä annoksia voidaan tavallisesti arvioida ESD:n tai DAP:n avulla käyttämällä eri tutkimustilanteisiin laskettuja elinkohtaisia muunnoskerroimia. Elinkohtaisia ja efektiivisiä annoksia voidaan laskea myös niin sanotulla Monte Carlo – menetelmällä. STUK on kehittänyt PC program for X-ray Monte Carlo

(PCXMC) – laskentaohjelman, joka helpottaa Monte Carlo – menetelmän käyttöä. (Tapiovaara 2007, 20; Tapiovaara ym. 2004, 128-129.)

3.3 Säteilyn aiheuttamat haittavaikutukset

Säteilystä aiheutuvat haitat jaetaan deterministisiin eli suoriin haittavaikutuksiin sekä stokastisiin eli epäsuoriin haittavaikutuksiin. Deterministiset haittavaikutukset ilmenevät saadun suuren säteilyaltistuksen seurauksena hyvin nopeasti. Näitä esiintyy yleensä sädehoidon sekä säteilyonnettomuuksien yhteydessä. Haittavaikutuksina voi esiintyä muun muassa palovammoja, luuydin- ja suolistovaurioita tai säteily sairaus. Deterministinen haittavaikutus on varma, mikäli säteilyannos ylittää määritellyn kynnsarvon. Yksilötasolla kynnsarvo ei juuri vaihtelee. Suuren säteilyannoksen jakautuessa pidemmälle aikavälille kynnsarvo on korkeammalla ja näin haitat jäävät vähäisemmiksi. (Paile 2002, 44-46.)

Stokastinen haittavaikutus voi syntyä hyvin pienestäkin sädeannoksesta, joka alkaa oireilla vasta pidemmän ajan kuluttua altistuksesta. Stokastisille haittoille ei ole määritelty mitään kynnsarvoa, vaan haitan todennäköisyys kasvaa säteilyannoksen mukana. Annosnopeus ei kuitenkaan lisää riskiä haittavaikutuksille, toisin kuin koko elämän aikana saatu säteilyannoksen määrä. Todennäköisyys stokastisille haittavaikutuksille kasvaa, kun siirrytään tarkastelemaan yksilötasolta väestötasolle eli säteilyannos, jonka on saanut yksi henkilö, ei ole niin merkityksellinen haittojen suhteen väestötasolla tarkastellessa kuin jos säteilyannoksen on saanut suuri ihmisjoukko. (Paile 2002, 45.)

Haluttaessa selvittää tutkimuksesta aiheutuvaa säteilyaltistusta ja stokastista riskiä, on DAP ESD:tä parempi suure, koska DAP huomioi muutokset kenttäkoossa, eli kun kenttäkoko kasvaa myös DAP kasvaa samassa suhteessa. Kun taas halutaan arvioida deterministisiä haittoja, on ESD havainnollistavampi, sillä se pysyy muuttumattomana vaikka kenttäkoko muuttuu. Vertailtaessa annostasoja eri röntgentutkimuspaikoissa tai eri aikoina otetuissa röntgenkuvissa on ESD hyödyllinen suure. (Tapiovaara ym. 2004, 119, 125.)

3.4 Pinta-annoksen (ESD) laskeminen ja annokseen vaikuttavat tekijät

ESD voidaan laskea kahdella eri tavalla, joko hyödyntäen säteilytuottoa tai annoksen ja pinta-alan tuloa. Röntgenputken säteilytuotolla (mGy/mAs) tarkoitetaan röntgenputken fokuksesta yleensä yhden metrin etäisyydelle ilmaan absorboitunutta annosta, joka jaetaan sähkömäärällä. (STUK 2004, 25.) Laskettaessa pinta-annos säteilytuotosta on kerättävä seuraavat tiedot: käytettävän röntgenputken säteilytuotto käytetyillä kuvausjännitteillä ja kokonaissuodatuksilla, käytetyt kuvausetäisyydet, varaukset ja takaisinsirontakerroin. Mikäli ESD halutaan laskea annoksen ja pinta-alan tulon perusteella, tarvitaan DAP-lukema sekä potilaan iholta säteilyn tulosuunnasta mitattu säteilykeilan poikkeileikkauksen pinta-ala ja takaisinsirontakerroin. (STUK 2004, 6-7.)

ESD:n laskeminen säteilytuoton ja kuvausparametrien avulla:

$$ESD = Y(U,F) \cdot (FDD/FSD)^2 \cdot Q \cdot BSF, \text{ jossa}$$

- Y tarkoittaa säteilytuottoa, U kuvausjännitettä ja F kokonaissuodatusta
 - FDD tarkoittaa fokus-mittari-etäisyyttä ja FSD fokus-iho-etäisyyttä
 - Q tarkoittaa varausta (mAs) ja BSF takaisinsirontakerrointa
- (STUK 2004, 6-7.)

ESD:n laskeminen DAP:ia hyödyntäen:

$$ESD = (DAP/A) \cdot BSF$$

- DAP annoksen ja pinta-alan tulo
 - A tarkoittaa säteilykentän alaa (leveys x korkeus)
 - BSF tarkoittaa takaisinsirontakerrointa
- (STUK 2004, 6-7.)

Potilaan säteilyaltistusta voidaan vähentää monin eri keinoin, kuten rajaamalla säteilykeila riittävän pieneksi, käyttämällä säteilysuojaimia mahdollisuuksien mukaan, tarkkailemalla potilasta tutkimuksen aikana, tarkkailemalla radiologista laitetta ja sen oheislaitteita sekä niiden kuntoa niin tutkimusta suoritettaessa kuin laadunvarmistustoimenpiteissä. Pinta-annokseen vaikuttavat röntgenputken säteilytuotto (mGy/mAs), joka on laskettu juuri kyseessä olevalle tutkimukselle, sekä käytetyt kuvausjännite ja kokonais-

suodatus. Lisäksi pinta-annokseen vaikuttavat fokus-mittari-etäisyys ja fokus-iho-etäisyys sekä käytetty varaus (mAs). (STUK 2004, 7; STUK 2006a.)

4 AIKAISEMPI TUTKIMUS

Kettusen ja Servomaan (2003) tutkimuksessa tutkittiin, kuinka potilaiden säteilyannokset muuttuivat kuvareseptorin muuttuessa. Tutkimus oli suoritettu teho-osastolla liikuttavalla radiologisella laitteella keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa. Tutkimuksessa käytettiin STUK:n suositusta painorajoista, eli potilaat olivat painoltaan $70 \text{ kg} \pm 15 \text{ kg}$. Tutkimusaineistoa kerättiin viiden vuoden ajan. (Kettunen & Servomaa 2003, 316-319.)

Tutkimuksessa käytettiin kuvareseptoreina Kodakin filmi-vahvistuslevy yhdistelmää (film-screen), Fujin kuvalevyjä kahta eri kokoa, pientä (digital1) ja suurta (digital1a ja digital1b) sekä Agfan kuvalevyä (digital2) (taulukko 2). Taulukosta 2 selviää tutkimustulokset: potilaiden painoindeksin (BMI) keskiarvo, ESD:n keskiarvo ja vaihteluväli sekä efektiivisen annoksen (E eff) keskiarvo ja vaihteluväli jokaisella kuvareseptorilla. (Kettunen & Servomaa 2003, 316-319.)

TAULUKKO 2. Potilaiden säteilyannosten muuttuminen kuvareseptorin muuttuessa (Kettunen & Servomaa 2003, 317)

Image receptor	BMI	ESD (mGy)		E eff (mSv)	
	Average	Average	Range	Average	Range
film-screen	29,9	0,67	0.26-1.03	0.14	0.054-0.25
digital1	26	0,74	0.38-1.37	0.16	0.085-0.27
digital1a	17,1	0,82	0.22-1.52	0.17	0.069-0.36
digital1b	26,5	1,07	0.39-3.39	0.20	0.07-0.67
digital2	24,7	0,66	0.27-1.30	0.12	0.03-0.26

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla aikuisille suoritettavien keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytettäviä radiologisia laitetekniikoita. Lisäksi tarkoituksena on kuvailla tutkimuksissa saatuja aikuisten säteilyannoksia keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä sekä liikuteltavia radiologisia laitteita että röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta. Säteilyannosmittausten kohteena ovat aikuiset (yli 18-vuotiaat) normaalikokoiset ($70 \text{ kg} \pm 15 \text{ kg}$) potilaat. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tietoa keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa saatavista aikuisten säteilyannoksista yhteistyökumppanille. Yhteistyökumppani voi tarvittaessa hyödyntää mittaustuloksia optimoidessaan säteilyannoksia.

Tutkimusongelmat:

1. Millaisia radiologisia laitetekniikoita käytetään aikuisille tehtävissä keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektioissa käytettäessä
 - a. liikuteltavaa radiologista laitetta?
 - b. röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta?
2. Minkä suuruisia pinta-annoksia (ESD) aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä
 - a. liikuteltavaa radiologista laitetta?
 - b. röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta?
3. Minkä suuruisia elinkohtaisia (rintarauhanen, kilpirauhanen ja luuydin) säteilyannoksia aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä
 - a. liikuteltavaa radiologista laitetta?
 - b. röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta?
4. Minkä suuruisia efektiivisiä annoksia aikuiset potilaat saavat keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa käytettäessä
 - a. liikuteltavaa radiologista laitetta?
 - b. röntgenosastolle kiinteästi asennettua radiologista laitetta?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

6.1 Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä

Tämä opinnäytetyö on muodoltaan kvantitatiivinen eli määrällinen. Kvantitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jonka kerätty tieto muodostuu luvuista ja prosentiosuuksista. Kvantitatiivista tutkimusmenetelmää käytettäessä saadaan vastauksia kysymyksiin kuinka paljon tai miten usein. Kvantitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on mitata ja näin tehdä eroja eri havaintoyksiköiden (esim. asia tai ihminen) välille, eli havaintoyksiköiden ominaisuuksia mitataan valituilla muuttujilla (esim. sukupuoli tai ikä). (Heikkilä 2008, 16, 69; Vilka 2005, 73-80; Vilka 2007, 13-17, 36-37.)

Tutkimus tulee toteuttaa hyvien tapojen mukaisesti siten, että kenenkään tutkittavan yksityisyyttä eikä liike- tai ammattisalaisuutta tuoda yleiseen tietoon. Lisäksi tutkijan tulee huolehtia siitä, että tutkimukseen osallistuvia ei voida tunnistaa saaduista tutkimustuloksista. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkittava tieto kerätään yleensä aineistonkeruulomakkeen avulla. Kvantitatiivinen menetelmä on objektiivinen, eli tutkimustulos on tutkijasta riippumaton. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa aineistonkeruulomakkeet voidaan joko lähettää tutkimuspaikkaan täytettäväksi tai tutkija voi olla itse mukana kirjaamassa tutkimuksen aineistoa. Tutkimuksen otanta voidaan toteuttaa esimerkiksi satunnaisotantana tai systemaattisena otantana. Kerätystä tutkimusaineistosta kirjoitetaan tutkimusraportti, joka sisältää tietoa tutkimuksen suorittamisesta sekä saadut tutkimustulokset. (Heikkilä 2008, 16, 32, 69; Vilka 2005, 73-80; Vilka 2007, 13-17.)

Tämän opinnäytetyön menetelmäksi valittiin kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä, koska tarkoituksena on kuvailla aikuisten saamia säteilyannoksia keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytettäessä eri radiologisia laitteita. Kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä saadaan vastaus kysymykseen: kuinka paljon? Lisäksi Säteilyannoksia kuvailtaessa on numeerinen esitystapa kuvaavin, ja koska kvantitatiivisessa tutkimusmenetelmässä kerätty tieto muodostuu luvuista, on se tähän opinnäytetyöhön sopivin tutkimusmenetelmä.

6.2 Aineistonkeruulomakkeiden laadinta ja luotettavuus

Kvantitatiivisen tutkimuksen kokonaisluotettavuus koostuu reliabiliteetista eli kyvystä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia sekä validiteetista eli siitä, että mitataan sitä mitä on tarkoituskin mitata. Toisin sanoen tutkimuksen validius toteutuu, kun tutkija saa vietyä teorian käsitteet ja ajatuskokonaisuuden aineistonkeruulomakkeeseen. (Heikkilä 2008, 29-31; Vilka 2007, 149-150.) Aineistonkeruulomakkeita laadittaessa on aina tiedettävä tarkalleen, mitä tutkitaan, koska lomakkeet laaditaan teoriaan perustuen. Teoria tuleekin esittää siinä muodossa, että sitä on mahdollista mitata. Lomakkeet sisältävät valmiita vastausvaihtoehtoja eikä niihin sisällytetä avoimia kysymyksiä. Aineistonkeruulomakkeet ovat standardoituja eli vakioituja. Vakioimisella tarkoitetaan sitä, että lomakkeet ovat kaikille sisällöltään samanlaisia. (Vilka 2007, 13-17, 36-37.)

Tässä opinnäytetyössä aineiston keruuta varten laadittiin aineistonkeruulomakkeet teoriatietoon sekä opinnäytetyön tarkoituksiin ja ongelmiin perustuen. Lisäksi opinnäytetyön aineistonkeruulomakkeita laadittaessa hyödynnettiin Euroopan unionin ja STUK:n suosituksia laitetekniikasta, teoriatietoa säteilyannosten laskemisesta sekä aiemmin tehdyissä vastaavan laisissa mittauksissa käytettyjä lomakkeita. Opinnäytetyöntekijät selvittivät teoriasta kaikki ne tiedot, mitä tarvitaan, kun halutaan määrittää ESD, elinkoh- taisia annoksia sekä efektiivinen annos. Säteilyannosten määrittämiseksi tarvittiin radiologisia laitteita koskevia teknisiä tietoja sekä joitakin potilaskohtaisia taustatietoja, joita olivat ikä, paino, pituus ja sukupuoli. Lomakkeet opinnäytetyöntekijät laativat itse. Toi- nen lomake oli kuvaus- ja potilastietojen keräämiseen ja toinen lomake radiologisten laitteiden laitetekniikkaa varten. Kaikki aineisto kerättiin samoja lomakkeita käyttäen. (Liite 1 ja 2.)

6.3 Opinnäytetyöaineiston keruu ja analysointi

Opinnäytetyön aineiston keruu toteutettiin Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamis- keskuksen eräässä röntgenyksikössä. Opinnäytetyön tekijät suorittivat mittaukset itse. Säteilyannosten määrittämistä varten tarvittavia tietoja kerättiin sen jälkeen, kun tutki- muslupa oli myönnetty. Aineistoa kerättiin kevään ja syksyn 2010 aikana. Liikuteltavil- la radiologisilla laitteilla aineistoa kerättiin 14.-20.4.2010 ja röntgenosastolla olevalla radiologisella laitteella 14.4.-17.9.2010. Opinnäytetyöaineisto koottiin kolmelta eri ra-

diologiselta laitteelta siten, että jokaiselta laitteelta kerättiin tiedot 10:stä aikuiselle potilaalle suoritettavasta keuhkojen röntgentutkimuksesta makuuprojektiossa. Mittaajasta johtuvat eroavaisuudet mittaustilanteissa yritettiin minimoida siten, että opinnäytetyöntekijät suorittivat kaikki mittaukset itse. Tällä pyrittiin siihen, että kaikki mittaukset toteutuisivat samalla tavalla ja yhtä tarkasti.

Kerätty aineisto tallennettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaa apuna käyttäen ja aineistoa analysoitiin tilastolaskentaohjelma Tixelin versiolla 8.32. Elinkohtaisia ja efektiivisiä annoksia laskettiin hyödyntäen annoslaskentaohjelma PCXMC:tä. Opinnäytetyössä analysoidut säteilyannokset (ESD, elinkohtaiset ja efektiiviset annokset) on esitetty keskiarvoina sekä annosten vaihteluväleinä kuvio- ja taulukkomuodossa. Lisäksi käytössä olleiden radiologisten laitteiden laitetekniikat on esitetty tässä opinnäytetyössä taulukkona.

7 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET

7.1 Keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytetty radiologisten laitteiden laitetekniikka

Opinnäytetyön aineistoa kerättiin kolmelta eri radiologiselta laitteelta (taulukko 3). Radiologisista laitteista kaksi oli liikuteltavia laitteita ja yksi röntgenosastolla oleva kiinteästi asennettu laite. Liikuteltava radiologinen laite Mobile Art Plus Shimadzu on otettu käyttöön vuonna 2007 ja liikuteltava GE medical systems vuonna 1997. Röntgenosastolle kiinteästi asennettu radiologinen laite Philips Digital Diagnost on otettu käyttöön vuonna 2000. Röntgenyksikössä, jossa aineisto kerättiin, kaikki kuvalevyt luettiin samalla kuvelukijalla. Kuvalevyjen suhteellinen nopeus oli 400. Sädesuojien suhteen röntgenyksikössä oli käytäntönä suojata fertiili-ikäiset potilaat lanteille asetettavalla sädesuojalla keuhkojen röntgentutkimuksissa. Aineistonkeruussa Laitteella 1 fertiili-ikäisiä potilaita oli kaksi ja heidän kohdallaan käytettiin sädesuojaa.

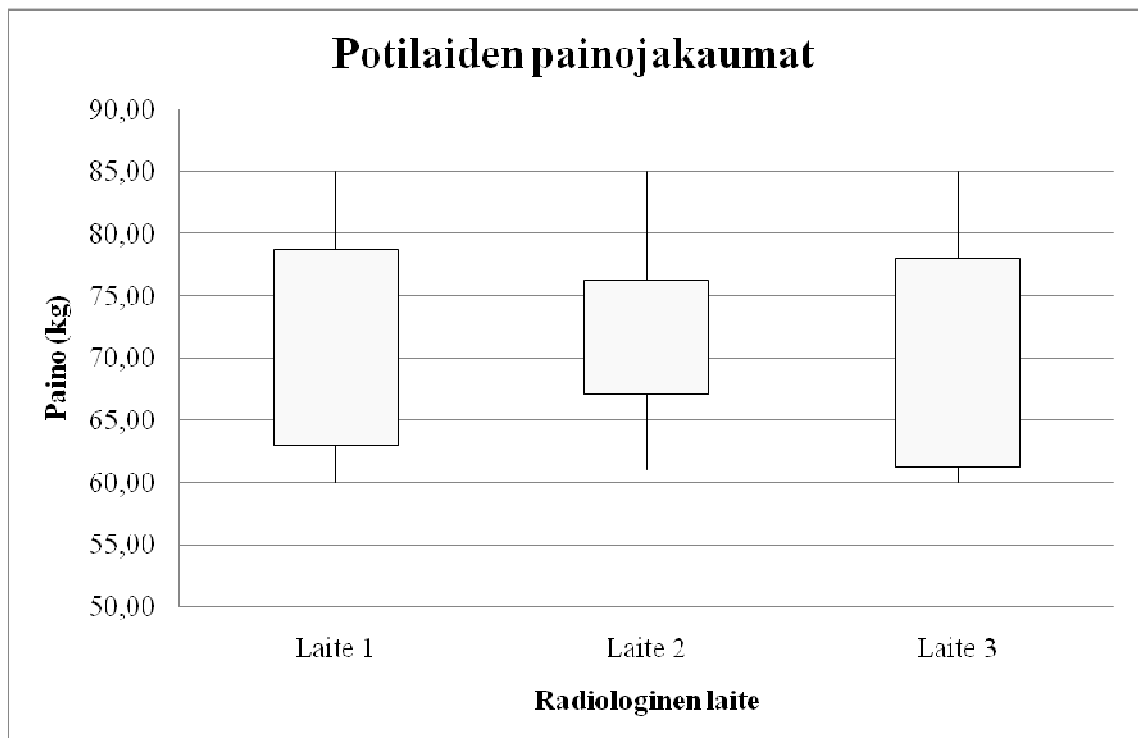
TAULUKKO 3. Aikuisille potilaille tehtävien keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa käytetty radiologinen laitetekniikka

Radiologisten laitteiden laitetekniikka			
	Laite 1	Laite 2	Laite 3
Laite	Mobile Art Plus Shimadzu	GE medical systems	Philips Digital Diagnost
Fokuskoko	0,7 mm	0,8 mm	1,0 mm
Kokonaissuodatus	2,5 mmAl	3,0 mmAl	3,7 mmAl + 0,1 Cu
Anodilautasen kulma	14°	15°	15°
Digitaalisen järjestelmän herkkyys/nopeus	S400	S400	S400
Fokus-filmi-ettäisyys FFD (cm)	Vaihteli välillä 124-136	Vaihteli välillä 120-133	Vaihteli välillä 123-150
Valotusautomaatti	Ei	Ei	Ei
Hila	r = 6; 70/cm	r = 6; 70/cm	r = 6; 70/cm
Kuvausjännite (kV)	125	125	125
Sädesuoja	Kahdella potilaalla	Ei	Ei

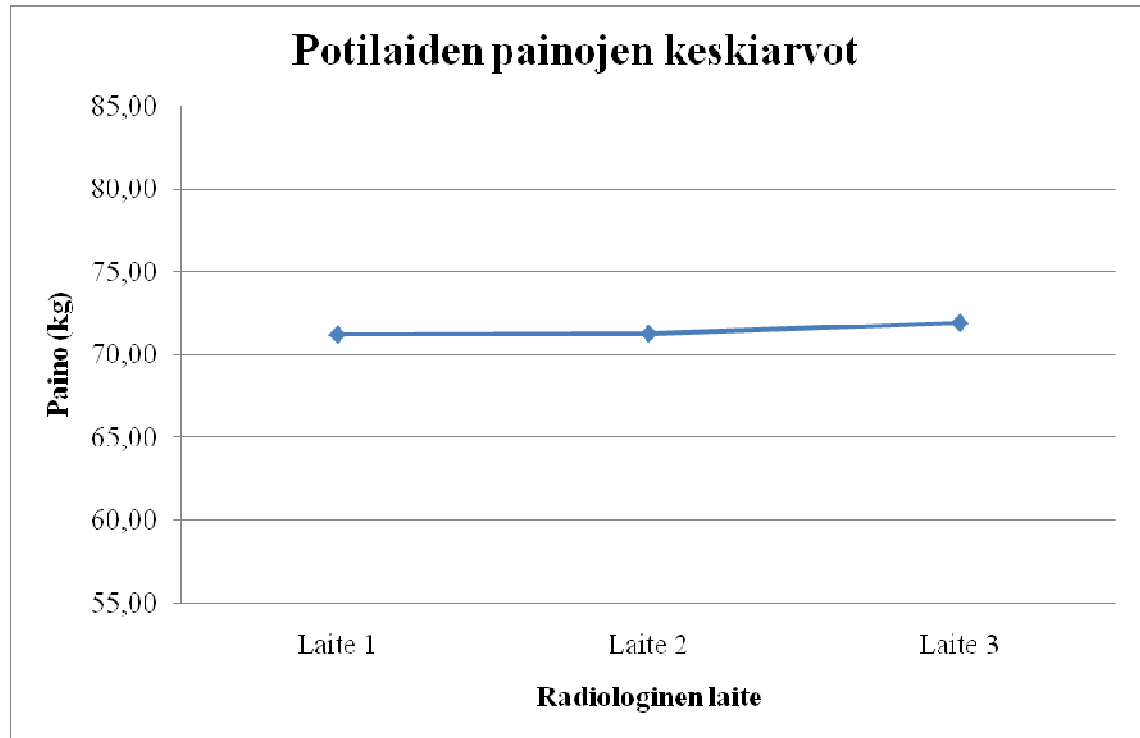
7.2 Tutkimuksen taustatiedot

Opinnäytetyö toteutettiin Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksen eräissä röntgenyksiköissä. Opinnäytetyöaineistoa kerättiin liikuteltavalta Mobile Art Plus Shimadzu-laitteelta (Laitte 1) 14.4.2010 ja 15.4.2010, liikuteltavalta GE medical system-laitteelta (Laitte 2) 16.4.2010 ja 20.4.2010 sekä röntgenosastolla olevalta Philips Digital Diagnost-laitteelta (Laitte 3) aikavälillä 14.4.-17.9.2010.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin 30:sta aikuiselle (yli 18-vuotias) ja normaalikokoiselle ($70 \text{ kg} \pm 15 \text{ kg}$) potilaalle suoritetusta keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektios- ta. Jokaiselta laitteelta kerättiin tiedot kymmenen potilaan kohdalla. Laitteella 1 miehiä oli kuusi ja naisia neljä. Potilaiden painojakauma Laitteella 1 oli 60-85 kg keskiarvon ollessa 71,2 kg. Laitteella 2 miehiä oli seitsemän ja naisia kolme. Potilaiden painoja- kauma Laitteella 2 oli 61-85 kg keskiarvon ollessa 71,25 kg. Laitteella 3 miehiä oli kuu- si ja naisia neljä. Potilaiden painojakauma Laitteella 3 oli 60-85 kg keskiarvon ollessa 71,9 kg. (Kuvio 1 ja 2; liite 3, taulukko 4.) Tarvittavien tietojen keräämiseksi oli laadittu valmiiksi tietojenkeruulomakkeet (liite 1 ja 2).



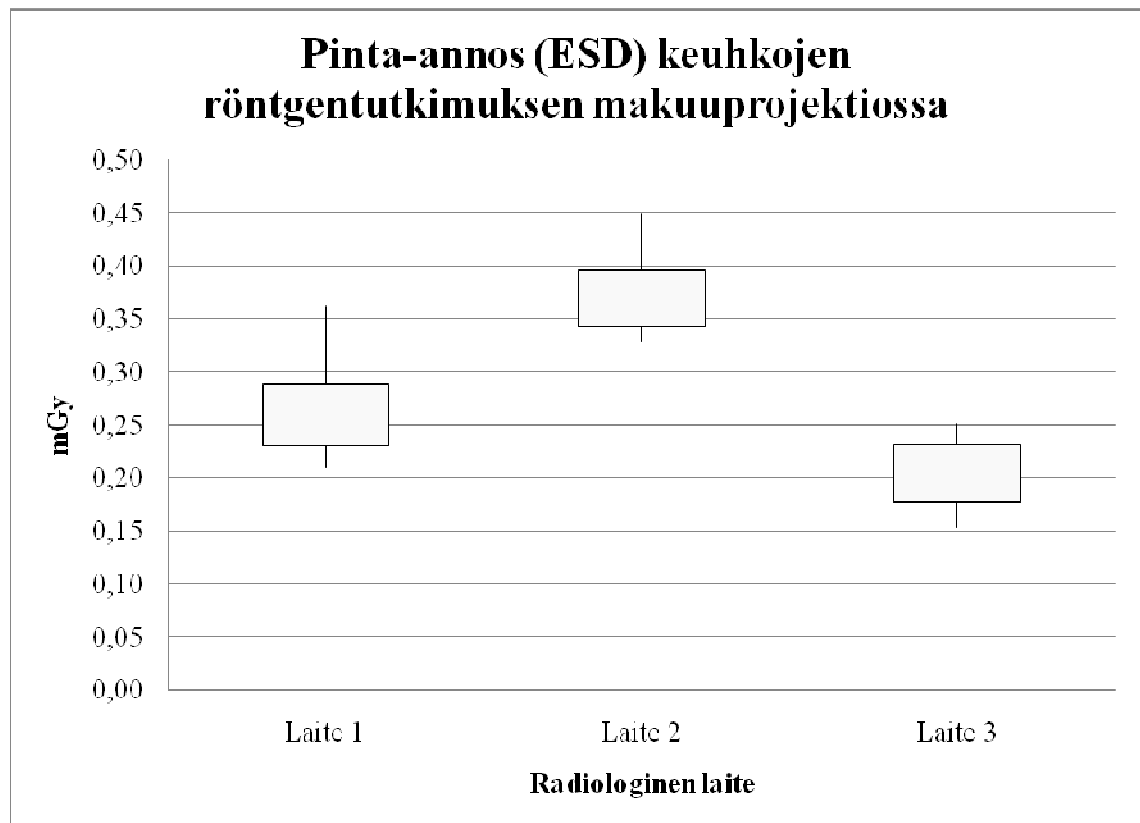
KUVIO 1. Potilaiden painojakaumat keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa laitteittain



KUVIO 2. Potilaiden painojen keskiarvot keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa laitteittain

7.3 Pinta-annos (ESD) aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

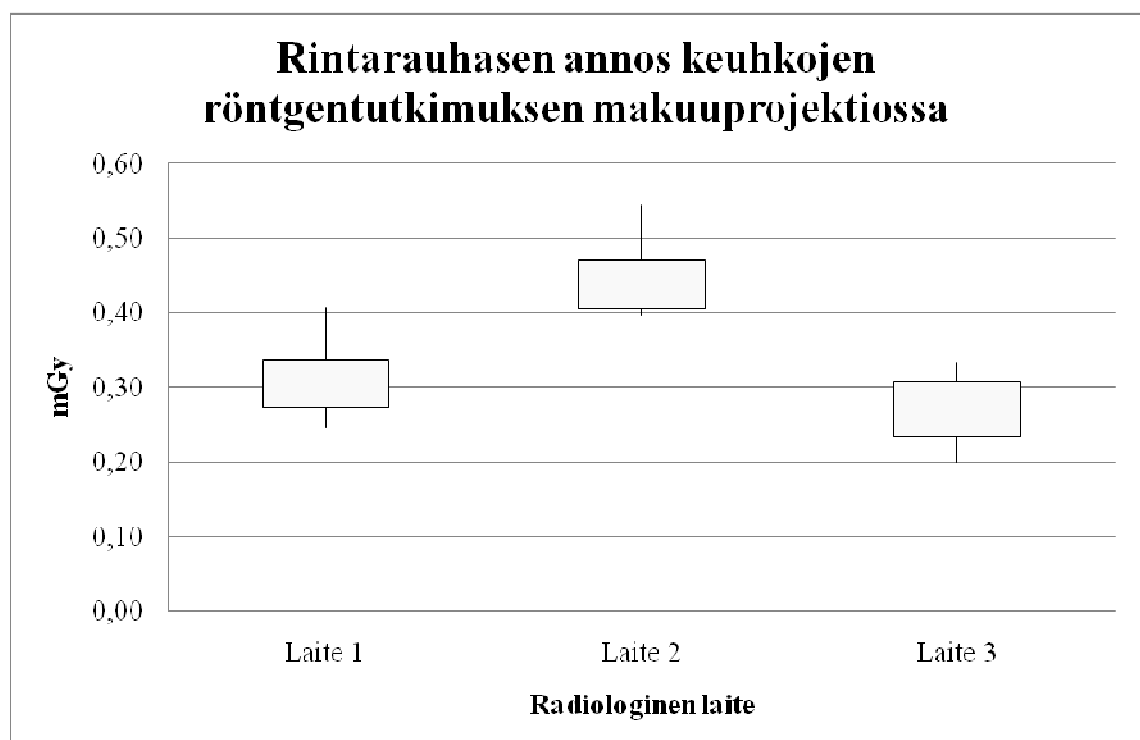
Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksessa aikuisille potilaille suoritettujen keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa pinta-annosten keskiarvo oli Laitteella 1 0,27 mGy vaihteluvälin ollessa 0,21-0,36 mGy. Pinta-annosten keskiarvo Laitteella 2 oli 0,37 mGy vaihteluvälin ollessa 0,33-0,45 mGy ja Laitteella 3 pinta-annosten keskiarvo oli 0,20 mGy vaihteluvälin ollessa 0,15-0,25 mGy. (Kuvio 3; liite 3, taulukko 5.)



KUVIO 3. Pinta-annos (ESD) aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

7.4 Rintarauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

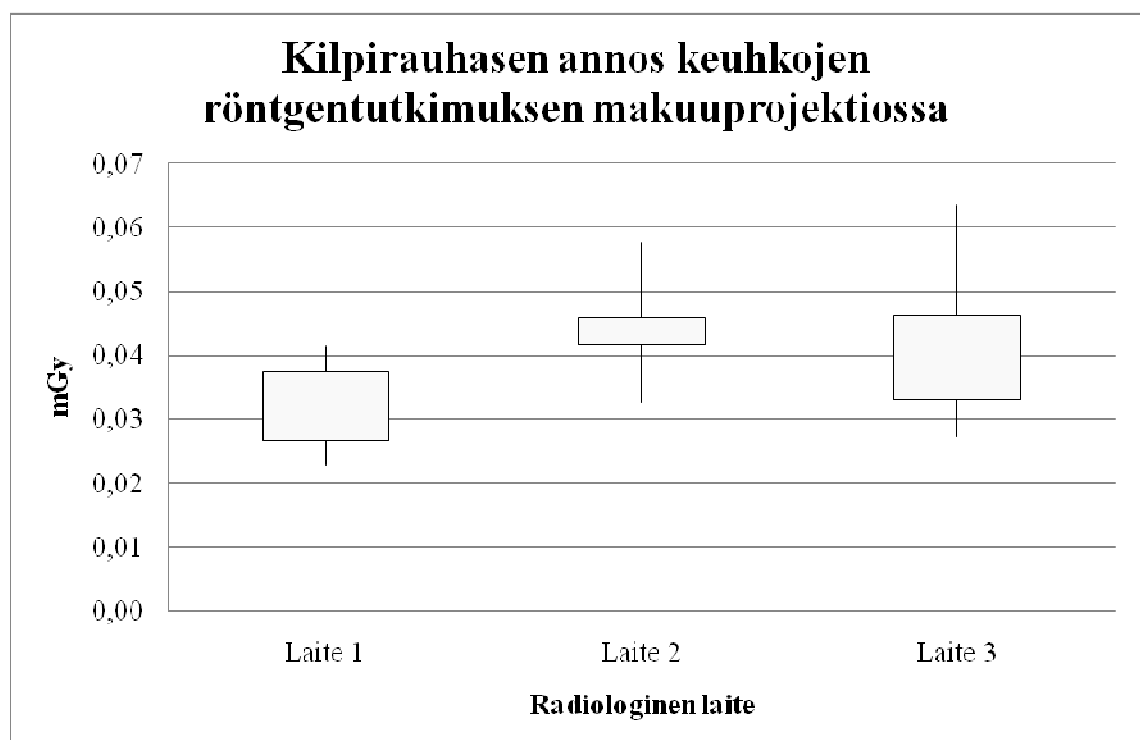
Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksessa aikuisille potilaille suoritettujen keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa rintarauhasen annosten keskiarvo oli Laitteella 1 0,31 mGy vaihteluvälin ollessa 0,25-0,41 mGy. Rintarauhasen annosten keskiarvo Laitteella 2 oli 0,44 mGy vaihteluvälin ollessa 0,40-0,54 mGy ja Laitteella 3 rintarauhasen annosten keskiarvo oli 0,27 mGy vaihteluvälin ollessa 0,20-0,33 mGy. (Kuvio 4; liite 3, taulukko 6.)



KUVIO 4. Rintarauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

7.5 Kilpirauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

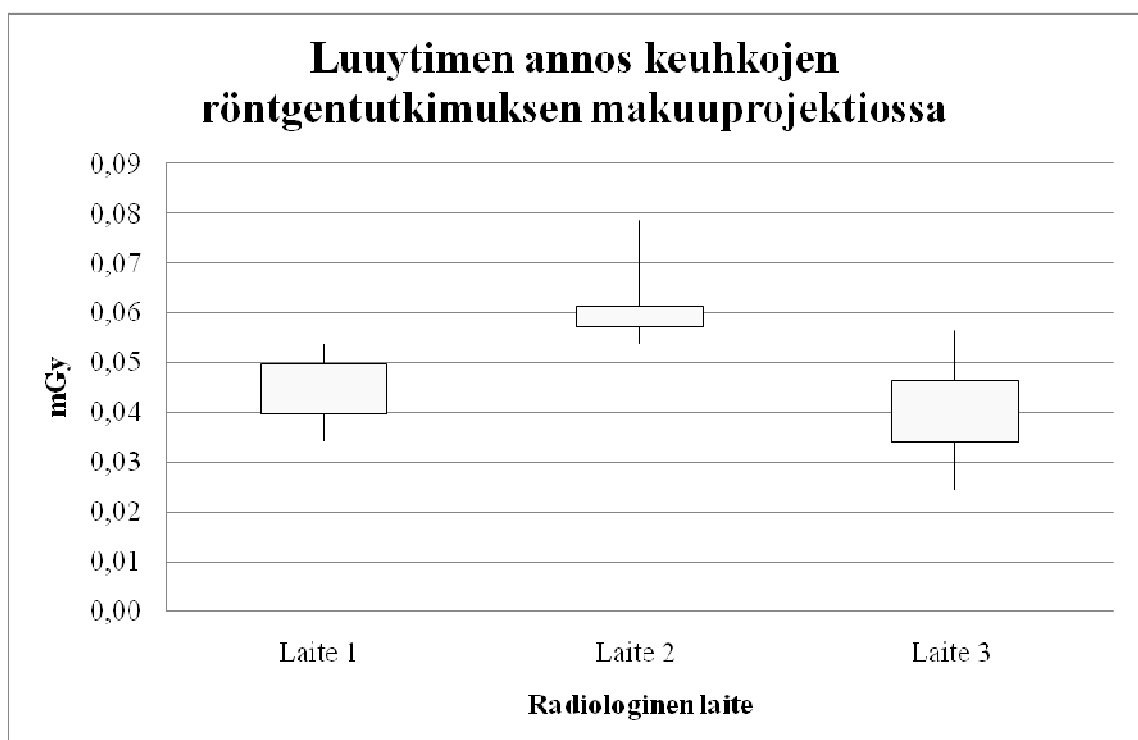
Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksessa aikuisille potilaille suoritettujen keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa kilpirauhasen annosten keskiarvo oli Laitteella 1 0,03 mGy vaihteluvälin ollessa 0,02-0,04 mGy. Kilpirauhasen annosten keskiarvo Laitteella 2 oli 0,04 mGy vaihteluvälin ollessa 0,03-0,06 mGy ja Laitteella 3 kilpirauhasen annosten keskiarvo oli 0,04 mGy vaihteluvälin ollessa 0,03-0,06 mGy. (Kuvio 5; liite 3, taulukko 7.)



KUVIO 5. Kilpirauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

7.6 Luuytimen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

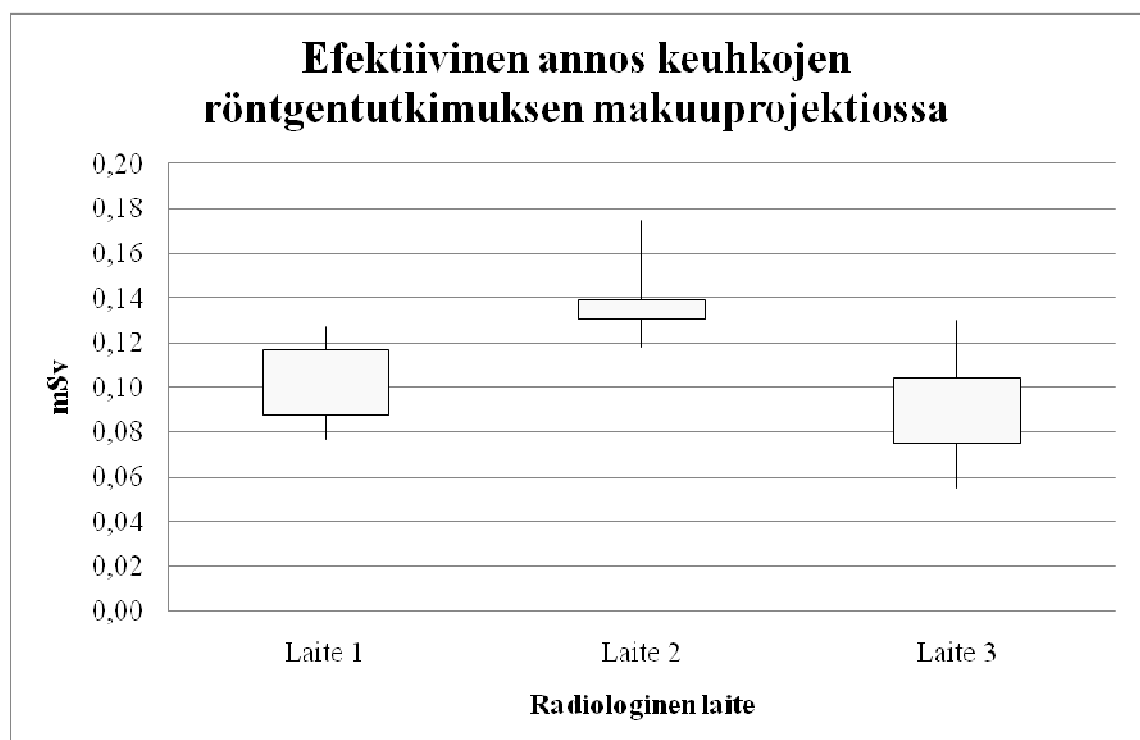
Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksessa aikuisille potilaille suoritettujen keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa luuytimen annosten keskiarvo oli Laitteella 1 0,04 mGy vaihteluvälin ollessa 0,03-0,05 mGy. Luuytimen annosten keskiarvo Laitteella 2 oli 0,06 mGy vaihteluvälin ollessa 0,05-0,08 mGy ja Laitteella 3 luuytimen annosten keskiarvo oli 0,04 mGy vaihteluvälin ollessa 0,02-0,06 mGy. (Kuvio 6; liite 3, taulukko 8.)



KUVIO 6. Luuytimen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

7.7 Efektiivinen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa

Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskuksessa aikuisille potilaille suoritettujen keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa efektiivisten annosten keskiarvo oli Laitteella 1 0,10 mSv vaihteluvälin ollessa 0,08-0,13 mSv. Efektiivisten annosten keskiarvo Laitteella 2 oli 0,14 mSv vaihteluvälin ollessa 0,12-0,17 mSv ja Laitteella 3 efektiivisten annosten keskiarvo oli 0,09 mSv vaihteluvälin ollessa 0,05-0,13 mSv. (Kuvio 7; liite 3, taulukko 9.)



KUVIO 7. Efektiivinen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

8 POHDINTA

8.1 Opinnäytetyön tulosten tarkastelu

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, millaisia radiologisia laitteita ja laitetekniikoita käytettiin aikuisille potilaille tehdyissä keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektioissa. Lisäksi selvitettiin, millaisia pinta-annoksia sekä elinkohtaisia (rintarauhanen, kilpirauhanen ja luuydin) ja efektiivisiä annoksia potilaat saivat eri radiologisilla laitteilla. Verrattaessa opinnäytetyössä käytettyjen radiologisten laitteiden laitetekniikoita EU:n suosituksiin laitetekniikasta aikuisille potilaille tehtävissä keuhkojen röntgentutkimuksissa, huomataan, että liikuteltavien radiologisten laitteiden (Laitte 1 ja 2) laitetekniikka poikkesi jonkin verran EU:n suosituksista. Sen sijaan röntgenosastolla olevan radiologisen laitteen (Laitte 3) laitetekniikka oli lähes yhteneväinen EU:n suositusten kanssa.

Laitte 1 poikkesi radiologiselta laitetekniikaltaan eniten EU:n suosituksista. Kokonaissuodatus keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektioissa Laitteella 1 oli 2,5 mAs, Laitteella 2 3,0 mAs ja Laitteella 3 3,7 mAs + 0,1 Cu. Laitteen 1 kokonaissuodatus jäi alle EU:n suosituksen ($\geq 3,0$ mAs), mutta oli kuitenkin STUK:n radiologisille laitteille määrittelemän kokonaissuodatuksen ($\geq 2,5$ mAs) rajoissa. Kaikilla tutkimuksessa käytetyillä radiologisilla laitteilla hilasuhteet olivat EU:n suosittelemaa hilasuhdetta 12 pienempiä. Lisäksi kaikilla tutkimuksessa käytetyillä radiologisilla laitteilla lamellien määrä oli suurempi kuin EU:n suosituksissa oli määritetty.

Fokus-filmi-etäisyys (FFD) jäi Laitteella 1 ja 2 suoritetuissa keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektioissa EU:n suositteleman alarajan (140 cm) alapuolelle, mutta Laitteella 3 päästiin joidenkin tutkimusten kohdalla alarajan yläpuolelle. Fokus-filmi-etäisyys pyrittiin saamaan mahdollisimman suureksi röntgenputkea nostamalla. Röntgenosastolle kiinteästi asennetulla radiologisella laitteella etäisyyttä pystyttiin kasvattamaan myös potilaan sänkyä laskemalla. Sängyn laskeminen ei ollut turvallisuussyistä mahdollista kuvattaessa liikuteltavilla radiologisilla laitteilla, koska kuvattavat potilaat olivat kytkettyinä useisiin seurantalaitteisiin. Tutkimuksessa käytettyjen radiologisten laitteiden laitetekniikoita tarkastellessa voidaan olettaa, että laitetekniikoiden poik-

keavuudet (kokonaissuodatus ja FFD) toisistaan ovat osaltaan voineet vaikuttaa saatujen säteilyannosten eroavaisuuksiin laitteiden välillä.

Tutkimuksessa käytettyjen radiologisten laitteiden käyttöönottovuodet olivat Laitteella 1 2007, Laitteella 2 1997 ja Laitteella 3 2000. Laitteella 2 saadut säteilyannokset olivat pääsääntöisesti suurempia kuin Laitteilla 1 ja 3. Koska radiologisten laitteiden ominaisuudet ovat voineet kymmenessä vuodessa muuttua, on Laitteen 2 aikaisemmalla käyttöönottoaajankohdalla saattanut olla merkitystä saatuihin säteilyannoksiin.

Tämän opinnäytetyön ESD:tä koskevien tulosten mukaan näyttäisi siltä, että aikuisten potilaiden saamat säteilyannokset keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa ovat suurempia liikuteltavilla radiologisilla laitteilla kuin taas röntgenosastolla olevalla radiologisella laitteella saadut annokset. Kettusen ja Servomaan (2003) tutkimuksessa aineisto oli kerätty keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektioista liikuteltavilla radiologisilla laitteilla. Tutkimuksessa oli kerätty tietoa potilaista, jotka olivat aikuisia (yli 18-vuotias) ja normaalikokoisia (70 ± 15 kg). Aineistonkeruussa oli käytetty viittä eri kuvareseptoria, joista jokaisesta oli esitetty ESD:n keskiarvot ja vaihteluvälit reseptorin vaihtuessa.

Kettusen ja Servomaan (2003) tutkimuksessa suurin pinta-annosten keskiarvo 1,07 mGy oli saatu käytettäessä kuvareseptorina digital1b:tä. Pienin pinta-annosten keskiarvo 0,66 mGy oli saatu käytettäessä kuvareseptorina digital2:sta. (Taulukko 2.) Tässä opinnäytetyössä suurin pinta-annosten keskiarvo 0,37 mGy saatiin Laitteella 2. Pienimmäksi pinta-annosten keskiarvo jäi Laitteella 3 keskiarvon ollessa 0,20 mGy. Näyttäisikin siltä, että saadut keskiarvot ovat Kettusen ja Servomaan (2003) tuloksia pienempiä.

Tässä opinnäytetyössä elinkohtaiset annokset olivat pääsääntöisesti Laitteella 3 matalampia kuin Laitteilla 1 ja 2. Kilpirauhasen säteilyannosten kohdalla Laitteella 1 saadut annokset olivat kuitenkin alhaisempia kuin Laitteella 3. Kilpirauhasen säteilyannoksen suuruuteen on voinut vaikuttaa säteilykeilan ylärajan määrittäminen kuvaustilanteessa ja/tai tulosten analysointivaiheessa, kun aineiston keruussa saatuja tietoja syötettiin PCXMC-annoslaskentaohjelmaan.

Tässä opinnäytetyössä aikuisten potilaiden saamat efektiiviset annokset keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa olivat Laitteilla 1 ja 3 melko lähellä toisiaan. Lait-

teen 2 efektiiviset annokset olivat jonkin verran suurempia kuin esimerkiksi Laitteella 1, vaikka Laitteen 2 suodatus oli Laitteen 1 suodatusta suurempi. Olisiko Laitteella 2 saatuihin efektiivisiin annoksiin voinut vaikuttaa se, että Laite 2 on huomattavasti vanhempi kuin Laite 1?

Kettusen ja Servomaan (2003) tutkimuksessa suurin efektiivisten annosten keskiarvo 0,20 mSv oli saatu käytettäessä kuvareseptorina digital1b:tä. Pienin efektiivisten annosten keskiarvo 0,12 mSv oli saatu käytettäessä kuvareseptorina digital2:sta. Tässä opinnäytetyössä suurin efektiivisten annosten keskiarvo 0,14 mSv saatiin Laitteella 2. Pienimmäksi efektiivisten annosten keskiarvo jäi Laitteella 3 keskiarvon ollessa 0,09 mSv. Tässä opinnäytetyössä suurin efektiivisten annosten keskiarvo on hieman suurempi, kuin Kettusen ja Servomaan (2003) tutkimuksessa saatu pienin efektiivisten annosten keskiarvo.

8.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyön luotettavuus on toteutunut siinä, että sen valideetti ja reliabiliteetti toteutuivat. Opinnäytetyötä tehdessä mitattiin sitä, mitä oli tarkoituskin mitata ja mittaukset on mahdollista toistaa myöhemmin uudelleen. Saatuihin tuloksiin on kuitenkin voinut vaikuttaa mittauksissa käytetyn tekniikan tarkkuus, koska esimerkiksi potilaan paksaus mitattiin mittanauhalla. Lisäksi saatujen säteilyannosten suuruuteen on voinut vaikuttaa keuhkojen röntgentutkimuksia suorittaneiden hoitajien toiminta. Keuhkojen röntgentutkimukset potilaille suorittivat siis röntgenyksikön röntgenhoitajat, ja opinnäytetyöntekijät tekivät ainoastaan mittaukset. Ovatko röntgenhoitajat voineet muuttaa normaaleja toimintatapojaan röntgentutkimusta tehdessään, kun he ovat tietäneet, että samanaikaisesti kerätään aineistoa potilaiden säteilyannosten määrittämiseksi? Opinnäytetyössä saatujen tulosten oikeellisuuteen on voinut myös vaikuttaa se, että osa potilaiden painoista ja pituuksista oli potilaalta saatuja ja osa osastolla arvioituja eli ne ovat voineet hieman poiketa potilaiden todellisista mitoista.

Hyvän tutkimuksen edellytys on, että sen teossa on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä. Näitä hyviä käytänteitä on muun muassa se, että tutkimus toteutetaan rehellisesti ja huolellisesti. Tutkimusaiheen valinta on jo itsessään eettinen ratkaisu, koska tutkimuskohteen ja ongelman valinnassa on mietittävä, miksi juuri tämä tutkimus on tärkeä. Tut-

kimuksen lähtökohtana on ihmisarvon kunnioittaminen ja näin ollen tutkimukseen osallistuvilla tulee olla mahdollisuus päättää siitä, haluavatko tutkimukseen osallistua. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 23-25.)

Opinnäytetyön eettisyys mittauksia suoritettaessa toteutui siten, että jokaiselta potilaalta kysyttiin lupa mittausten tekemiseen. Mikäli potilas olisi kieltäytynyt mittauksista, niitä ei olisi suoritettu. Lisäksi kaikille potilaille, joiden kohdalla aineistoa kerättiin, kerrottiin mittausten tarkoitus. Potilailta kerättiin vain sellaiset tiedot, mistä potilasta ei voi jälkikäteen tunnistaa. Kaikki kerätyt tiedot olivat luottamuksellisia ja tiedot hävitettiin asianmukaisesti opinnäytetyön valmistuttua. Mittaustilanteesta huolimatta potilaiden säteilyaltistukset eivät poikenneet normaalista kuvaustilanteesta. Eettisyys toteutui lisäksi siinä, että opinnäytetyöntekijät eivät pyrkineet vaikuttamaan siihen, missä asennossa potilaat kuvataan. Eli kaikki potilaat, jotka oli mahdollista kuvata seisten tai istuen, myös kuvattiin seisten tai istuen.

8.3 Opinnäytetyöprosessin pohdinta ja omat oppimiskokemukset

Opinnäytetyön aihe valittiin maaliskuussa 2010. Yhteistyökumppanin ja opinnäytetyön ohjaajan kanssa käytiin neuvotteluja opinnäytetyön aiheesta maaliskuun 2010 aikana, jolloin lopullinen aihe saatiin rajattua. Opinnäytetyön teoriaosuutta työstettiin maaliskuusta lokakuuhun 2010. Tutkimuslupa myönnettiin 9.4.2010, jonka jälkeen opinnäytetyöaineistoa alettiin kerätä. Aineiston keruu jatkui syyskuulle 2010 asti.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä hyödynnettiin teoretietoa sekä röntgenyksikössä tehtyä aineiston keruuta. Opinnäytetyön aihe muotoutui aiemman opinnäytetyöaiheen, joka käsitteli potilaiden suojaamista säteilyltä keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa, ja yhteistyökumppanin kanssa käytyjen keskusteluiden pohjalta. Lisäksi opinnäytetyön tekijät kokivat tärkeäksi potilaiden säteilyannosten tarkastelun, koska sillä pystytään vaikuttamaan potilaiden säteilyannosten optimointiin.

Röntgenyksikössä tapahtuneen aineiston keruun jälkeen saaduista tiedoista tehtiin havaintomatriisit Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Tämän jälkeen annoslaskentaohjelma PCXMC:llä laskettiin elinkohtaiset sekä efektiiviset annokset kultakin laitteelta erikseen ja nämä annostiedot sijoitettiin aiemmin tehtyihin havaintomatriiseihin. Lopuksi havain-

tomatriisien ja tilastolaskentaohjelma Tixelin avulla muodostettiin tuloksia havainnollistavia kuvioita ja taulukoita. Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon mahdollisuus, että tietoja käsin syötettäessä havaintomatriiseihin ja muihin apuna käytettyihin ohjelmiin on voinut sattua lyöntivirheitä. Tämän välttämiseksi tiedot tarkistettiin kahteen kertaan. Mikäli lyöntivirheitä on kuitenkin sattunut, ovat ne voineet vaikuttaa hieman saatuihin tuloksiin säteilyannoksista.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi oli mielenkiintoinen ja antoisa. Opinnäytetyötä tehdessä pystyttiin hyödyntämään aiemmin opittua tietoa ja syventämään omaa osaamista. Opinnäytetyön haasteellisimmaksi osuudeksi osoittautui aineiston keruu röntgenosastolle kiinteästi asennetulla laitteella (Laitte 3), koska tämän laitteen kohdalla potilasmateriaali oli harvoin kaikki kriteerit täyttävää. Lisäksi aineiston keruuta hidastivat opinnäytetyötekijöiden omat kesätyöt, joiden aikana mittauksia ei ehditty tekemään. Opinnäytetyö oli rajattu selkeästi ja sopivan laajaksi ja saadut tulokset vastasivat asetettuihin tutkimusongelmiin. Myös opinnäytetyön tavoite toteutui, koska yhteistyökumppanille saatiin tuotettua tietoa aikuisten säteilyannoksista keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa.

Ennen opinnäytetyöaiheen valintaa opinnäytetyön tekijät suorittivat kurssin potilaan säteilyaltistuksen optimoinnista, mikä osaltaan vaikutti aiheen valintaan. Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja selkeä, jonka vuoksi opinnäytetyön tekeminen oli mielekäs koko prosessin ajan. Koska opinnäytetyön tekijöitä oli kaksi, oli prosessin aikana mahdollista keskustella opinnäytetyöhön liittyvistä asioista ja näin löytää erilaisia näkökulmia aiheeseen. Opinnäytetyöprosessin aikana opinnäytetyön tekijät kokivat saaneensa paljon syvemmän käsityksen säteilyannoksista ja niiden mittauksista. Lisäksi opinnäytetyön tekijät kokivat prosessin aikana oppineensa hallitsemaan aineiston analysoinnissa ja raportoinnissa käyttämiään ohjelmistoja. Kokonaisuudessaan oppimiskokemuksena opinnäytetyön tekeminen antoi tekijöilleen paljon.

8.4 Jatkotutkimusaiheet

Tämän opinnäytetyön tulosten perusteella säteilyannokset aikuisille tehtävissä keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektioissa vaihteli jonkin verran liikuteltavien radiologisten laitteiden ja röntgenosastolle kiinteästi asennetun radiologisen laitteen välillä. Tästä syystä mielenkiintoiseksi opinnäytetyön jatkotutkimusaiheeksi nousi vastaavalaisten säteilyannosmittausten suorittaminen myös muissa röntgenyksiköissä. Vaihtoehtoisesti säteilyannosmittauksia voitaisiin suorittaa lapsille tehtävissä keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektioissa.

LÄHTEET

- Cornuelle, A. G. & Gronefeld, D. H. 1998. Radiographic anatomy positioning, An Integrated Approach. Connecticut: Appleton & Lange.
- Doty, S. 2006. Chest and abdomen. Teoksessa Greathouse, J.S. (toim.) Radiographic Positioning & Procedures. New York: Thomson.
- 97/43/EURATOM. COUNCIL DIRECTIVE of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom.
- European Commission. 1996. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260 EN, Luxembourg. <http://www.med.unibo.it>.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Järvenpää, R. 2005. Thorax. Teoksessa Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E. & Tervonen, O. (toim.) Radiologia. Helsinki: WSOY, 93-178.
- Kettunen, A. & Servomaa, A. 2003. The effect of image receptor change on radiation exposure to patients in the intensive care of chest X-ray examinations. Teoksessa Paile, W. (toim.) Radiation Protection in the 2000s – Theory and practice. STUK-A195. Vantaa: Dark Oy, 316-319.
- Laarne, P. 2007. Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot. Teoksessa Järvinen, H. (toim.) Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2007. STUK-C6. Helsinki: Edita Prima Oy, 13-17.
- Laki säteilylain muuttamisesta. 1998. 23.12.1998/1142.
- Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2008. Lähete kuvaukseen. Julkaistu 9.7.2008. Luettu 2.3.2010. <http://www.terveyskirjasto.fi>.
- Mustonen, R., Sjöblom, K-L., Bly, R., Havukainen, R., Ikäheimonen, T.K., Kosunen, A., Markkanen, M. & Paile, W. 2009. Säteilysuojelun perussuosituksen 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. STUK-A235 / Helmikuu 2009. Luku 7. Luettu 23.10.2009. <http://www.stuk.fi>.
- Paile, W. 2002. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa Paile, W. (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino, 43-46.
- TAYS. 2010. PACS-kuva-arkisto.
- STUK. 2004. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen. STUK tiedottaa 1/2004.
- STUK. 2006a. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. Ohje ST 3.3. Vantaa: Dark Oy.

STUK. 2006b. Terveydenhuollon röntgenlaitteiden käytönaikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset. Röntgenkuvaus- ja läpivalaisulaitteet ja tietokonetomografialaitteet. Päivitetty 17.8.2006. Luettu 18.10.2010. <http://www.stuk.fi>.

STUK. 2009. Röntgentutkimuksella selviää vamma tai sairaus. Päivitetty 8.10.2009. Luettu 27.1.2010. <http://www.stuk.fi>.

Säteilylaki. 1991. 27.3.1991/592.

Tapiovaara, M., Pukkila, O. & Miettinen, A. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, O. (toim.) Säteilyn käyttö. Hämeenlinna: Kariston Oy:n kirjapaino, 13-180.

Tapiovaara, M. 2007. Efektiivisen annoksen laskenta PCXMC-ohjelmalla. Teoksessa Järvinen, H. (toim.) Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2007. STUK-C6. Helsinki: Edita Prima Oy, 18-22.

Vilka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa, Määrällisen tutkimuksen perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kuvaus- ja potilastietojen keruulomake

Laite:

Potilaan numero	
Sukupuoli	
Ikä	
Paino + pituus	

Projektio	AP
Kenttäkoko iholla (L*K cm)	
FSD (cm)	
Potilaan paksuus (cm)	
kV	
mAs	
Sädesuoja	

Potilaan numero	
Sukupuoli	
Ikä	
Paino + pituus	

Projektio	AP
Kenttäkoko iholla (L*K cm)	
FSD (cm)	
Potilaan paksuus (cm)	
kV	
mAs	
Sädesuoja	

Potilaan numero	
Sukupuoli	
Ikä	
Paino + pituus	

Projektio	AP
Kenttäkoko iholla (L*K cm)	
FSD (cm)	
Potilaan paksuus (cm)	
kV	
mAs	
Sädesuoja	

Radiologisten laitteiden laitetekniikkalomake

Käytetty laitetekniikka, liikuteltava 1 =

Anodilautasen kulma	
Fokuskoko	
Ominaisuusodatus	
Lisäsuodatus	
Kokonaissuodatus	
Hilasuhde / lamellitiheys	
Säteilytuotto	
Herkkyyys	

Käytetty laitetekniikka, liikuteltava 2 =

Anodilautasen kulma	
Fokuskoko	
Ominaisuusodatus	
Lisäsuodatus	
Kokonaissuodatus	
Hilasuhde / lamellitiheys	
Säteilytuotto	
Herkkyyys	

Käytetty laitetekniikka, kiinteä röntgenlaite =

Anodilautasen kulma	
Fokuskoko	
Ominaisuusodatus	
Lisäsuodatus	
Kokonaissuodatus	
Hilasuhde / lamellitiheys	
Säteilytuotto	
Herkkyyys	

TAULUKKO 4. Potilaiden painojakaumat keuhkojen röntgentutkimusten makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiil i</i>	<i>Ylä-kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus</i>	<i>Luottamus</i>
									<i>välin</i>	<i>välin</i>
									<i>alaraja</i>	<i>yläraja</i>
									<i>(95%)</i>	<i>(95%)</i>
Laite 1	10	71,20	69,00	9,58	60,00	63,00	78,75	85,00	64,35	78,05
Laite 2	10	71,25	69,00	7,94	61,00	67,13	76,25	85,00	65,57	76,93
Laite 3	10	71,90	75,00	9,78	60,00	61,25	78,00	85,00	64,90	78,90

TAULUKKO 5. Pinta-annos (ESD) aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiil i</i>	<i>Ylä-kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus</i>	<i>Luottamus</i>
									<i>välin</i>	<i>välin</i>
									<i>alaraja</i>	<i>yläraja</i>
									<i>(95%)</i>	<i>(95%)</i>
Laite 1	10	0,27	0,26	0,05	0,21	0,23	0,29	0,36	0,23	0,30
Laite 2	10	0,37	0,38	0,04	0,33	0,34	0,40	0,45	0,35	0,40
Laite 3	10	0,20	0,20	0,04	0,15	0,18	0,23	0,25	0,18	0,23

TAULUKKO 6. Rintarauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiil i</i>	<i>Ylä-kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus</i>	<i>Luottamus</i>
									<i>välin</i>	<i>välin</i>
									<i>alaraja</i>	<i>yläraja</i>
									<i>(95%)</i>	<i>(95%)</i>
Laite 1	10	0,31	0,31	0,05	0,25	0,27	0,34	0,41	0,27	0,35
Laite 2	10	0,44	0,44	0,05	0,40	0,41	0,47	0,54	0,41	0,48
Laite 3	10	0,27	0,27	0,05	0,20	0,23	0,31	0,33	0,24	0,30

TAULUKKO 7. Kilpirauhasen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiil i</i>	<i>Ylä-kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus</i>	<i>Luottamus</i>
									<i>välin</i>	<i>välin</i>
									<i>alaraja</i>	<i>yläraja</i>
									<i>(95%)</i>	<i>(95%)</i>
Laite 1	10	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
Laite 2	10	0,04	0,04	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05
Laite 3	10	0,04	0,04	0,01	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05

TAULUKKO 8. Luuytimen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski- arvo</i>	<i>Medi- aani</i>	<i>Keski- hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala- kvartiil i</i>	<i>Ylä- kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus välin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamus välin yläraja (95%)</i>
Laite 1	10	0,04	0,04	0,01	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05
Laite 2	10	0,06	0,06	0,01	0,05	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07
Laite 3	10	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,05

TAULUKKO 9. Efektiivinen annos aikuisten potilaiden keuhkojen röntgentutkimuksen makuuprojektiossa laitteittain

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<i>Keski- arvo</i>	<i>Medi- aani</i>	<i>Keski- hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala- kvartiil i</i>	<i>Ylä- kvartiil i</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Luottamus välin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamus välin yläraja (95%)</i>
Laite 1	10	0,10	0,10	0,02	0,08	0,09	0,12	0,13	0,09	0,11
Laite 2	10	0,14	0,14	0,02	0,12	0,13	0,14	0,17	0,13	0,15
Laite 3	10	0,09	0,09	0,02	0,05	0,07	0,10	0,13	0,07	0,11