



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

KEUHKOJEN NATIIVIRÖNTGEN- TUTKIMUKSEN POTILASANNOSMITTAUKSET

Toteutusohje opiskelijoiden ja ohjaajien avuksi

TEKIJÄT: Ilona Lehtiö
Johanna Mäkelä
TR14S

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Ilona Lehtiö, Johanna Mäkelä			
Työn nimi Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen potilasannosmittaukset - Toteutusohje opiskelijoiden ja ohjaajien avuksi			
Päiväys	14.12.2017	Sivumäärä/Liitteet	40/2
Ohjaaja(t) Lehtori Kaija Laitinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) HUS-Kuvantaminen, Kotka			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomessa tehdään vuosittain noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joista 1 040 000 on keuhkojen röntgentutkimusta. Keuhkojen natiiviröntgentutkimus on natiiviröntgentutkimuksista yleisin.</p> <p>Röntgentutkimuksissa tulee seurata potilaiden säteilyannoksia ja verrata niitä kansallisesti määriteltäviin vertailutasoihin. Vertailutasot esitetään pinta-annoksina (ESD) ja annoksen ja pinta-alan tulona (DAP). Suomessa vertailutasot tyypillisimmille röntgentutkimuksille määrittää Säteilysuojelukeskus (STUK), uusimmat vertailutasot on annettu vuonna 2017. Potilasannosmittausten perusteella voidaan arvioida ja tarkastella optimoinnin keinoja sekä toimintamalleja.</p> <p>Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa voidaan mitata ilmaan absorboitunutta annosta potilaan pinnalla (ESD, entrance surface dose) tai annoksen ja pinta-alan tuloa (DAP, dose-area product). Pinta-annos voidaan määrittää myös laskennallisesti röntgenputken säteilytuoton tai DAP-arvon perusteella. ESD soveltuu parhaiten natiivitutkimusten yksittäisten projektioiden tarkkailuun. DAP on pinta-annosta parempi suure, kun tarkoituksena on selvittää potilaan tutkimuksessa saamaa säteilyaltistusta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella ja tuottaa ohje keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen potilasannosmittauksista röntgenhoitajaopiskelijoille ja opiskelijaohjaajille. Työn tavoitteena oli, että ohje tukisi röntgenhoitajaopiskelijoiden potilasannoksiin liittyvää oppimista ensimmäisillä natiiviröntgentutkimusten harjoittelujaksolla. Tavoitteena oli myös, että opiskelijaohjaajat saisivat ohjeesta tukea opiskelijoiden perehdytykseen.</p> <p>Opinnäyte toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tuotoksena oli ohje sähköisenä Word-tiedostona HUS-kuvantamisen Kotkan keskussairaalan kuvantamisyksikön käyttöön. Opinnäytetyötä varten luotiin teoreettinen viitekehys, johon ohjeen sisältö perustuu. Työhön etsittiin tietoa potilasannosten määrittämisestä sekä kotimaisista että kansainvälisistä tietokannoista. Opinnäytetyössä potilasannosmittausten käsittely rajattiin keuhkojen natiiviröntgentutkimuksiin, koska keuhkojen röntgentutkimus on yleisin röntgenhoitajan toteuttama röntgentutkimus Suomessa ja myös yleisin potilasannosmittausten kohde.</p> <p>Jatkotutkimuksena voisi selvittää, onko ohje edistänyt röntgenhoitajaopiskelijoiden oppimista ensimmäisillä natiiviröntgentutkimuksen harjoittelujaksolla tai ovatko opiskelijaohjaajat kokeneet saaneensa ohjeesta tukea opiskelijoiden ohjaukseen potilasannoksiin liittyen.</p>			
Avainsanat			
potilasannos, säteilysuojelu, natiiviröntgentutkimus, vertailutaso, ohje			

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiation therapy			
Author(s) Ilona Lehtiö, Johanna Mäkelä			
Title of Thesis Patient dosimetry in Chest X-ray Examinations – Instruction booklet for students and tutors			
Date	14.12.2017	Pages/Appendices	40/2
Supervisor(s) Lecturer Kaija Laitinen			
Client Organisation /Partners Imaging Department of Hospital District of Helsinki and Uusimaa, Kotka			
<p>Abstract</p> <p>Approximately 3.9 million x-ray examinations are made every year in Finland, of which 1,040,000 are Chest X-ray Examinations. The chest x-ray examination is the most common of the plain radiographic examinations.</p> <p>Patient dosimetry should be performed in radiographic examinations and doses should be compared to nationally defined reference levels. The reference levels are presented as surface doses (ESD) and as Dose-area products (DAP). In Finland, the reference levels for the most typical X-ray examinations are determined by Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), the latest benchmarks were issued in 2017. Patient dose measurements can be used to evaluate and examine the means of optimization and operating models.</p> <p>In Chest X-ray examinations the entrance surface dose (ESD) and the dose-area product (DAP) can be measured. The entrance surface dose can also be calculated computationally based on X-ray tube radiation or DAP. The ESD is best suited for observing individual projections of x-ray examinations. DAP is better than the entrance surface dose in order to investigate the patient's radiation exposure.</p> <p>The purpose of the thesis was to design and produce an instruction booklet about patient dosimetry in chest X-ray examinations for the radiographer students and their tutors. The aim of the thesis was to support the learning of the radiographer students during their first X-ray examination training periods. The aim was also to provide student tutors support material for student induction.</p> <p>The thesis was carried out as a functional thesis. The output of this thesis was an instruction booklet for the use of the Imaging Department of Hospital District of Helsinki and Uusimaa at Kymenlaakso Central Hospital Kotka. For the thesis, a theoretical framework was created, on which the contents of the guidebook were based. Information on the determination of patient doses was sought both in domestic and international databases. In the final thesis, the patient dosimetry was limited to chest X-ray examinations because the chest X-ray examination is the most common X-ray examination in Finland and also the most common target for patient dosimetry.</p> <p>Further studies could look into whether the instruction booklet has enhanced the radiography students' learning during the first x-ray training periods or whether the tutors have found the instruction booklet helpful in guiding students in patient dosimetry.</p>			
Keywords			
chest x-ray examination, entrance surface dose, radiography, reference levels, instruction booklet			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	KEUHKOJEN NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUS	6
2.1	Keuhkokuvaan asetteleminen	7
2.2	Hyvän kuvan kriteerit.....	7
3	SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN	9
3.1	Säteilysuojelu	9
3.2	Säteilyn suureet	10
3.3	Pinta-annos, ESD	11
3.4	Pinta-annoksen (ESD) määrittäminen laskennallisesti	12
3.5	Annoksen ja pinta-alan tulo, DAP	14
3.6	Vertailutasot.....	15
4	KEUHKOJEN NATIIVITUTKIMUSTEN POTILASANNOSMITTAUKSET	17
4.1	Aiemmat tutkimukset.....	18
4.2	Potilasannokseen vaikuttavat tekijät	22
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE	25
6	TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUKSEN VAIHEET	26
6.1	Opinnäytetyön taustat ja menetelmät.....	26
6.2	Tarpeen tunnistaminen ja tehtävän määrittely.....	26
6.3	Ohjeen suunnittelu ja laatiminen.....	28
7	POHDINTA.....	30
7.1	Tuotos ja sen arviointi	30
7.2	Eettisyys ja luotettavuus	32
7.3	Ammatillinen kasvu	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	35
	LIITE 1: SÄTEILYTUOTTOKÄYRÄN MÄÄRITTÄMINEN.....	39
	LIITE 2: SWOT-ANALYYSI	40

1 JOHDANTO

Keuhkojen röntgentutkimus on yleisin röntgentutkimus Suomessa, hammasröntgenkuvauksen jälkeen. Suomessa tehdään vuosittain noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joista 1 040 000 on keuhkojen röntgentutkimusta. Keuhkojen röntgentutkimuksen tuottama efektiivinen sädeannos on noin 0,07 mSv (PA- ja LAT-kuva), mikä vastaa noin 8 päivän altistumista taustasäteilylle. Luonnon taustasäteily koostuu avaruudesta peräisin olevasta säteilystä sekä maaperän ja rakennusmateriaalien aiheuttamasta säteilystä. Vuotuisesta säteilyannoksestamme noin neljäsosa, eli vajaan millisievertin suuruinen annos, aiheutuu luonnon taustasäteilystä. (Säteilyturvakeskus 2015a, 2015b, 2017a.)

Lääketieteelliseen säteilyaltistukseen ei sovelleta annosrajoja, mutta röntgentutkimuksissa tulee kuitenkin seurata potilaiden säteilyannoksia ja verrata niitä kansallisesti määriteltäviin vertailutasoihin. Potilaan säteilyaltistuksen seuranta kuuluu toiminnanharjoittajan velvollisuuksiin ja on osa laadunvarmistusta. Seurannalla estetään kohtuuttoman suuren säteilyaltistuksen kohdistuminen potilaaseen. Suomessa vertailutasot tyypillisimmille röntgentutkimuksille määrittää Säteilyturvakeskus (STUK), uusimmat vertailutasot on annettu vuonna 2017. Vertailutasot esitetään pinta-annoksina (ESD) sekä annoksen ja pinta-alan tulona (DAP). (Säteilyturvakeskus 2004, 3; 2017b.)

Potilaan säteilyannosta voidaan arvioida mittaamalla säteilykeilassa ilmaan absorboitunutta annosta. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa voidaan mitata ilmaan absorboitunutta annosta potilaan pinnalla (ESD, entrance surface dose) tai annoksen ja pinta-alan tulona (DAP, dose-area product). Pinta-annos voidaan määrittää myös laskennallisesti röntgenputken säteilytuoton tai DAP-arvon perusteella. (Säteilyturvakeskus 2004, 6.) Euroopan komission ja European Society of Radiology:n (ESR) laatiman ohjeistuksen mukaan säteilysuojelun opetuksen tulisi selvittää röntgenhoitajaopiskelijoille potilasannosten ja niihin vaikuttavien tekijöiden suhde, sekä muun muassa suodatuksen vaikutus röntgenkuvauksessa. Opiskelijan tulisi osata selittää potilasannos, sen arvot ja yksiköt ja niiden merkitys omassa työssään. Opiskelijan tulisi myös osata määrittää potilasannoksia DAP-mittarilla ja verrata tuloksia kansallisiin vertailutasoihin. (European commission 2014, 66–68.)

Opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella ja tuottaa ohje keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen potilasannosmittauksista röntgenhoitajaopiskelijoille ja opiskelijaohjaajille. Työn tavoitteena on, että ohje tukee röntgenhoitajaopiskelijoiden potilasannoksiin liittyvää oppimista ensimmäisillä natiiviröntgentutkimusten harjoittelujaksoilla. Tavoitteena on myös, että opiskelijaohjaajat saavat ohjeesta tukea opiskelijoiden perehdytykseen. Opinnäyte toteutetaan toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tuotoksena on ohje sähköisenä Word-tiedostona HUS-kuvantamisen Kotkan keskussairaalan kuvantamisyksikön käyttöön. Työn lähtökohtana on HUS-kuvantamisen Kotkan yksikön toive ohjeesta. Opinnäytetyössä rajataan potilasannosmittaukset keuhkojen natiiviröntgentutkimuksiin, koska keuhkojen röntgentutkimus on yleisin röntgenhoitajan toteuttama tutkimus Suomessa ja myös yleisin potilasannosmittausten kohde.

2 KEUHKOJEN NATIIVIRÖNTGENTUTKIMUS

Röntgentutkimukset ovat radiologisia kuvantamistutkimuksia, joihin kuuluvat röntgentutkimusten lisäksi ultraääni-, magneetti- ja isotooppitutkimukset. Natiivitutkimus tarkoittaa ilman varjoainetta toteutettavaa röntgentutkimusta. Muita röntgentutkimuksia ovat tietokonetomografiatutkimukset, angiografiat ja varjoainetutkimukset. Näissä tutkimuksissa varjoaineen käyttö on oleellinen osa tutkimuksen onnistumista. (Jurvelin 2005, 11–15.)

Keuhkojen natiiviröntgentutkimus on yleisin yksittäinen röntgenhoitajien kuvaama natiivitutkimus. Suomessa tehdään vuosittain noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joiden joukossa keuhkojen röntgentutkimus on 1 040 000 tutkimuksen vuotuisella määrällään yleisin, hammasröntgenkuvauksen jälkeen. (Säteilyturvakeskus 2015a.) Keuhkojen natiiviröntgentutkimusta käytetään potilaan oireiden selvittämisessä, mahdollisen sairauden diagnostiikassa sekä hoidon seurannassa (Järvenpää 2005, 93).

Thorax on vaativa kuvauskohde anatomiansa vuoksi; säteitä tulee sekä hyvin läpäisevältä alueelta (keuhkot), että huonosti läpäiseviltä alueilta (sydän ja luusto). Kuvattavan kohteen suuri koko, sekä sydämen liike voivat vaikeuttaa kuvan ottamista. Thorax-kuva on tutkimuksellisesti laaja ja edullinen. Se antaa hyvää informaatiota potilaan rintaonteloiden sisärakenteiden anatomiaa. (Järvenpää 2012.)

Aikuisten keuhkojen natiiviröntgentutkimus toteutetaan yleisesti kuvausjännitteellä 120–135 kV, käyttäen hila ja isoa fokusta. Peruskuvauksen projektiot ovat etu- ja sivukuva ja kuvausetäisyys on 180–200 cm. Röntgenputken kiinteänsuodatuksen lisäksi voidaan käyttää laitekohtaista lisäsuodatusta, esimerkiksi 0,2 mmCu (taulukko 1). (HUS-kuvantaminen 2017a, 2017b.)

TAULUKKO 1. Kuvaustekniikka aikuisten keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa (HUS-kuvantaminen 2017a, 2017b.)

Kuvaustekniikka aikuisten keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa	
Kuvausjännite	120–135 kV
Fokus	Iso
Hila	Käytetään
Peruskuvauksen projektiot	Seisten PA ja sivu
Kuvausetäisyys	180–200 cm
Suodatus	Lisäsuodatus esim. 0,2 mmCu
Valotusautomaatti AEC	Sivukammiot

2.1 Keuhkokuvaan asetteleminen

Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa kuvan onnistumisen kannalta on tärkeää potilaan oikeanlainen ohjaaminen ja asetteleminen tutkimukseen. Keuhkojen alue on yksi haastavimmista kuvauskohteista anatomiansa vuoksi. (Järvenpää 2005, 93.)

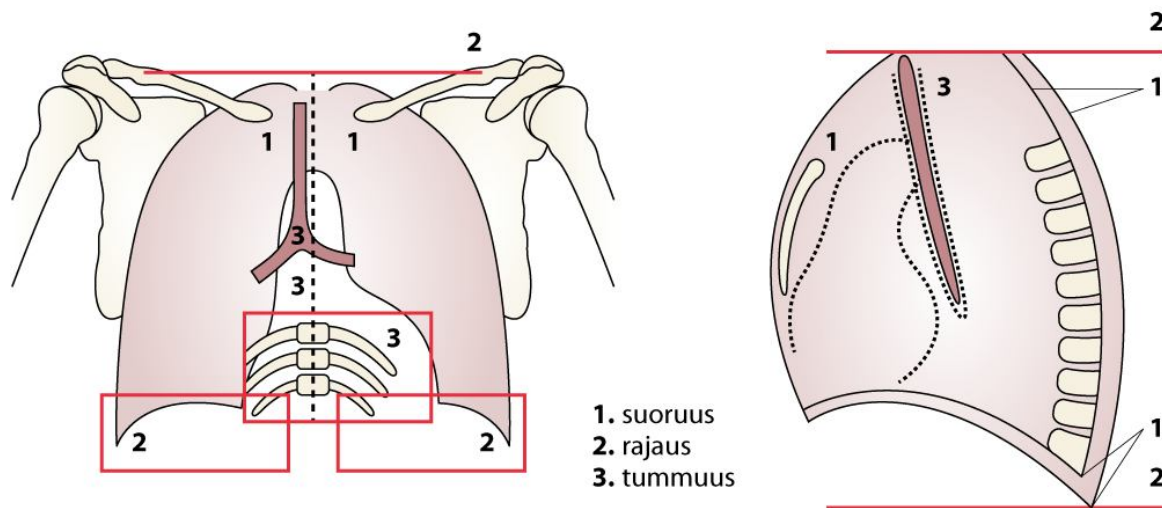
Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa otetaan mahdollisuuksien mukaan potilaasta seisten etu- ja sivukuva. Mikäli potilas on huonovointinen, voidaan kuvaus suorittaa istuen tai maaten. Maaten kuvattaessa otetaan vain AP-projektio eli anterior posteriorinen, joka tarkoittaa kuvaussuuntaa edestä taakse päin, eli säteet tulevat potilaan etusuunnasta. Seisaallaan otettavassa etukuvassa potilaan rintakehä asetellaan vasten thorax-telinettä ja tarkistetaan potilaan suoruus. Potilaan leuka asetetaan yläviistoon, hartiat lasketaan rennoiksi ja käsivarret asetetaan detektorin ympärille niin, etteivät lapaluut kuvautuisi keuhkojen päälle. Kuva otetaan PA-projektiona, eli posterior anteriorisesti, jolloin röntgenputki sijaitsee potilaan selkäpuolella. (Järvenpää 2005, 93–95.) Kuvausalue rajataan niin, että keskisäde on keskellä selkärankaa, lapaluiden alareunassa. Kuvausalueen yläreuna on noin C7-nikaman kohdalla, alareuna viimeisen kylkiluun kohdalla ja sivuista enintään 2 cm keuhkojen ulkopuolella. (HUS-kuvantaminen 2017b.)

Sivukuvassa asetellaan potilaan vasen kylki thorax-telinettä vasten, ylävartalo hieman etukumarassa ja kädet kehoitetaan nostamaan ylös eteen tukikahvalle. Potilaan suoruus tarkistetaan ja nostetaan leukaa hieman ylös. (Järvenpää 2005, 95.) Kuvausalueen yläreuna on noin C7-nikaman kohdalla, alareuna viimeisen kylkiluun kohdalla. Etupuolelta kuvausalueen rajausta kulkee rintakehän edessä, jolloin naisilla saadaan rajattua rintoja pois kuva-alueesta. Takaa rajataan niin, että kylkiluut kuvautuvat kokonaan. (HUS-kuvantaminen 2017b.)

2.2 Hyvän kuvan kriteerit

Thorax-kuvan onnistumista arvioidaan hyvän kuvan kriteereitä apuna käyttäen. Kuvasta tarkastellaan kuvan suoruutta, sisäänhengityksen riittävyyttä, rajausta ja kuvausarvojen oikeaa valintaa (kuva 1). (Lehtimäki 2015, 68.)

Hyvän kuvan kriteerien mukaan PA-kuvassa keuhkot näkyvät kärjistä soppiin ja solisluut kuvautuvat samassa horisontaalisessa tasossa. Kuvan suoruutta voidaan havainnoida tarkastelemalla solisluiden mediaalipäiden etäisyyttä keskiviivasta (kuva 1). Okahaarakkeet ja henkitorvi kuvautuvat keskilinjaan. Kylkiluut ovat symmetriset vastakkaisella puolella. Riittävä sisäänhengitys aikuisella on silloin, kun 6. kylkiluun etuosa tai 10. kylkiluun takaosa näkyvät palleakaaren yläpuolella. Sivukuvassa suoruutta tarkastellaan siten, että keuhkosopet ja kylkiluun takakaaret kuvautuvat päällekkäin, keuhkoportti asettuu kuvan keskelle, rintalasta kuvautuu suorassa profiilissa ja palleankaaret ovat vaakatasossa (kuva 1). (HUS-kuvantaminen 2017c; Järvenpää 2016.) Kuvassa tulisi näkyä kuvausasento (seisten, maaten, istuen), sillä asennolla on diagnostiikan kannalta suuri merkitys. Eri asennoissa otetuissa kuvissa asento vaikuttaa rakenteiden geometriseen vääristymään sekä painovoimavaikutuksen suuntaan potilaassa. (Lehtimäki 2015, 68.)



KUVA 1. Thorax-kuvan arviointikeinoja (Järvenpää 2016.)

3 SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN

Säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetussa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (423/2000) säädetään, että röntgentutkimuksista aiheutuvia säteilyannoksia tulee säännöllisesti mitata tai arvioida laskennallisesti. Saadut annostiedot tallennetaan ja niitä tulee vertailla Säteilyturvakeskuksen asettamiin vertailutasoihin. Säteilyannosten vertailemisen ansiosta voidaan huomata laitevioista ja käytännöistä johtuvia ylimääräisiä säteilyaltistuksia. Jos vertailutasot toistuvasti ylittyvät potilasannosmittauksissa, tulee ylitysten syyt selvittää ja toimintatapoja muuttaa säteilyaltistuksen pienentämiseksi. Potilaiden säteilyaltistus pitää määrittää vähintään kerran kolmessa vuodessa ja aina kun säteilyaltistukseen vaikuttavia muutoksia tehdään tutkimuskäytäntöön tai laitteistoon. Säteilyaltistus määritetään kullakin tutkimustelineellä tehtävissä yleisimmissä tutkimustyypeissä, joille on annettu vertailutaso, ja vähintään yhdessä kuvausprojektiossa. Vähintään kerran vuodessa varmistetaan, ettei säteilyaltistus ole muuttunut. Varmistus toteutetaan määrittämällä altistukset jokaisella tutkimustelineellä, ainakin yhden kuvaustyyppin yhdessä projektiossa, jolle vertailutaso on asetettu. Potilasannosmittausten tuloksia voidaan käyttää tutkimusten optimointiin ja laadunvarmistukseen sekä kollektiivisen säteilyaltistuksen tilastolliseen arviointiin. (Mannila 2005, 7, 12–13; Säteilyturvakeskus 2017b.)

Säteilyn mittaaminen perustuu säteilyn ja aineen vuorovaikutukseen, jossa säteily ionisoi ja virittää väliaineen atomeja menettäen energiaansa ja tuottaen lämpöä. Väliaine voi olla kiinteää ainetta, nestettä tai kaasua. Ionisoiva säteily siis vaimenee kulkiessaan väliaineen läpi erilaisten vuorovaikutusprosessien takia. Säteilyn vaimenemiseen vaikuttaa kudoksen vaimenemiskerroin ja sen paksuus. Vaimenemiskerroin taas riippuu väliaineen koostumuksesta ja säteilyn energiasta. Väliaineessa tapahtuvia muutoksia voidaan havaita ja mitata. (Klemola 2015, 2; Lammentausta 2016.) Mitattavat annosuureet, esimerkiksi ESD ja DAP, eivät ilmaise tarkasti potilaalle säteilystä aiheutuvaa riskiä. Mitattavien annosuureiden avulla voidaan kuitenkin määrittää elinten annokset ja efektiivinen annos, jotka antavat paremman arvion tutkimuksen säteilyriskistä. Elinten annosten ja efektiivisen annoksen avulla taas voidaan verrata eri tutkimusmenetelmiä ja vertailla tutkimusten säteilyriskiä muihin elämän riskeihin. (Mannila 2005, 7.)

3.1 Säteilysuojelu

Säteilysuojelulla pyritään estämään ja rajoittamaan säteilystä aiheutuvia terveydellisiä haittavaikutuksia, rajoittamatta kuitenkaan ihmisille hyödyllisiä säteilytoimintoja. Terveystieteiden tutkimuksessa säteilysuojelun tärkeimpänä tavoitteena on suojella potilaita, sivullisia ihmisiä ja säteilyä työssään käyttäviä työntekijöitä ionisoivan säteilyn haittavaikutuksilta. (Säteilylaki 592/91, 1§, 38§.) Säteilysuojelun periaatteena on, että kaikissa tilanteissa tulee torjua säteilyn aiheuttamat suorat eli deterministiset haitat. Annosrajojen sekä säteilysuojelun periaatteiden avulla pyritään rajoittamaan säteilyn satunnaisia- eli stokastisia haittoja. Lääketieteellisen säteilyn käytössä säteilyaltistus on aina pidettävä niin alhaisena kuin käytännön toimin on mahdollista. (Säteilyturvakeskus 2015a.) Edellä mainittuihin tavoitteisiin pääsemiseksi säteilylakiin on kirjattu kolme peruseriaatetta: oikeutus, optimointi ja yksilönsuoja. Näiden periaatteiden on täytyttävä, jotta säteilyn käyttö on hyväksyttävää. (Säteilylaki 592/91, § 39.)

Oikeutusperiaatteen mukaisesti toimenpiteellä saavutetun hyödyn on oltava suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta. Hoitava lääkäri ja viime kädessä radiologi päättää tutkimuksen oikeutuksesta. (Säteilylaki 592/91, § 39). Optimointiperiaatteen mukaan säteilylle altistavat tutkimukset tulee toteuttaa siten, että tutkimusten tavoite täyttyy, mutta säteilyaltistus pysyy mahdollisimman pienenä (Järvinen 2005, 84). Röntgenhoitaja toteuttaa optimointia muun muassa varmistamalla oikeat kuvausarvot ja kuvausetäisyyden, potilaan huolellisella asettelulla sekä ohjaamisella oikean hengityksen varmistamiseksi ja liike-epätarkkuuden välttämiseksi, sekä rajaamalla kuvausalueen huolellisesti. Säteilysuojaimia käytetään tarpeen mukaan potilaalla tai mahdollisilla kiinnipitämiseen osallistuvilla henkilöillä. (Jauhiainen 2007, 25.) Yksilönsuojaperiaatteen mukaan taas työntekijän ja väestön yksilön säteilyaltistus ei saa ylittää vahvistettuja enimmäisarvoja eli annosrajoja (Säteilylaki 592/91, 2§).

Suomessa säteilyn käyttöä valvoo Säteilylain (592/91) nojalla Säteilyturvakeskus (STUK). Toiminnanharjoittajan velvollisuuksiin kuuluu Säteilylain mukaan toteuttaa ja ylläpitää turvallisuustaso vaatimusten ja määräysten mukaisesti. Natiiviröntgentutkimuksissa eksponoinnin ajaksi hoitajat ja sivulliset siirtyvät säätötilan puolelle, jossa seinien paksuudet ja lyijylasien rakenteet ovat määritelty rakenteellisen säteilysuojelun periaatteiden mukaisiksi. (Tapiovaara, Pukkila ja Miettinen 2004, 157–158.) Röntgenlaitteiden käyttötilat, laitteet, turvajärjestelmät ja työskentelytavat tulee järjestää siten, etteivät säteilysuojelua koskevat säteilyaltistuksen annosrajat ylitä missään olosuhteissa. (Järvinen 2005, 84.)

3.2 Säteilyn suureet

Kerma (Kinetic Energy Released per unit Mass) soveltuu varauksettomien hiukkasten, esimerkiksi fotonien tai neutronien, tuottaman säteilyn mittaamiseen. Kerma määrittää kineettisen energian, joka siirtyy varauksettomilta hiukkasilta varatuille sekundaarihiukkasille, energian massayksikköä kohden. Kerma siis mittaa vuorovaikutuksen tapahtumapaikalta poistuville (sekundaari) hiukkasille luovutettua energiaa. Kerman yksikkö on [J/kg] ja nimitys on gray (Gy). (Marttila 2004, 69–70.)

Absorboitunut annos (D) on säteilysuojelussa annoksen perussuure, joka kuvaa ionisoivan säteilyn aiheuttamaa todellista säteilyannosta kohdeaineessa. Absorboituneella annoksella ilmoitetaan, kuinka suuren energiamäärän säteily on jättänyt kohdeaineeseen massayksikköä kohden. Absorboituneen annoksen yksikkö on [J/kg] ja nimitys on gray (Gy). (STUK-A235, 38.) Eri säteilylajien samansuuruisilla absorboituneilla annoksilla on erilaiset biologiset vaikutukset. Absorboitunut annos ei siis sellaisenaan riitä kuvaamaan säteilylle alttiiksi joutumisesta aiheutuvaa terveydellistä haittaa, vaan tähän tarkoitukseen on määritelty ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos. (Marttila 2004, 76.)

Ekvivalenttiannoksella (H) kuvataan säteilyn tietylle elimelle tai kudokselle aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Ekvivalenttiannos ei ole fysikaalisesti mitattavissa, vaan se lasketaan absorboituneesta annoksesta säteilyn luonteesta riippuvien painotuskertoimien avulla. Ekvivalenttiannoksen yksikkö on Sievert [Sv]. (STUK-A235, 39.)

Efektiivinen annos (E) kuvaa säteilyn yksilölle aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Efektiivinen annos määritetään kertomalla säteilylle altistuneiden kudosten ja elinten ekvivalenttiannokset niiden

painokertoimilla, ja laskemalla saadut tulot yhteen. Kullekin kudokselle määrätty painokerroin kuvaa kyseisen kudoksen säteilyherkkyyttä. Efektiivista annosta käytetään esimerkiksi syövän ja perinnöllisyysvaurioiden riskin arviointiin ja eri tutkimusten väliseen vertailuun. Myös efektiivisen annoksen yksikkö on Sievert [Sv]. (Niittymäki 2007, 13; STUK-A235, 43–44.)

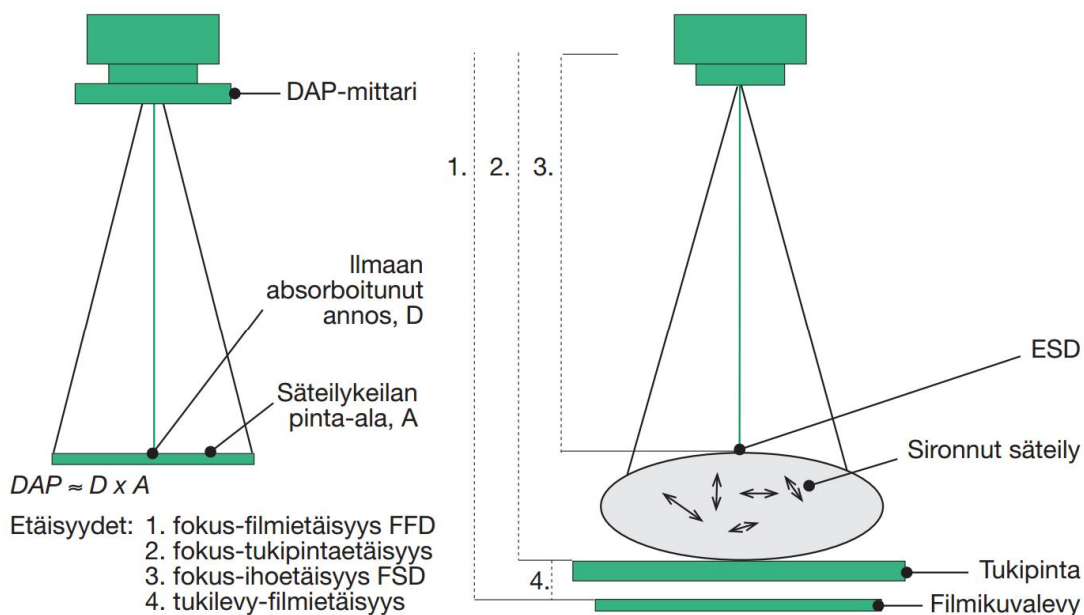
Kollektiivinen efektiivinen annos (S) tarkoittaa säteilystä jollekin ihmisryhmälle aiheutuvaa efektiivistä kokonaisannosta tarkasteltavana ajanjaksona tai toimenpiteen aikana, ja sen yksikkö on mansievert [manSv]. Kollektiivinen efektiivinen annos lasketaan kertomalla ihmisryhmän keskimääräinen efektiivinen annos ryhmään kuuluvien ihmisten lukumäärällä. Kollektiivinen annos on otettu käyttöön pääasiassa työperäisen altistuksen säteilysuojelun optimointia varten. (STUK-A235, 52.)

3.3 Pinta-annos, ESD

Pinta-annos eli ESD (entrance surface dose) on ilmaan absorboitunut annos potilaan pinnalla. Yksikkönä käytetään [mGy]. Se sisältää sekä primäärisäteilyn että potilaasta takaisin siroavan säteilyn annoksen. ESD on riippuvainen fokus-ihoetäisyydestä (kuva 2). ESD soveltuu parhaiten natiivitutkimusten yksittäisten projektioiden tarkkailuun eikä projektioiden pinta-annoksia voi laskea yhteen. (Pöyry 2004, 10.)

ESD määritetään laskennallisesti röntgenputken säteilytuoton perusteella tai mitataan esimerkiksi termoloistedosimetrillä potilaan iholta tai potilasta vastaavan fantomin pinnalta. Laskennallisessa määrittämisessä tulee tuntea röntgenputken säteilytuottokerroin (Y) kaikilla tarpeellisilla putkijännitteen ja suodatusten yhdistelmillä. Pinta-annos voidaan laskea myös annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) perusteella. (Pöyry 2004, 10; Säteilyturvakeskus 2004, 6.)

Yksittäisestä röntgenkuvasta aiheutuva pinta-annos voidaan mitata asettamalla annosmittari suoraan potilaan iholle, säteilykeilan keskelle. Annosmittaria asetettaessa tulee huolehtia, ettei mittari peitä tutkittavaa aluetta ja tarvittaessa kuvaan tulee merkitä annosmittarin paikka. Termoloistedosimetri (TL-dosimetri) soveltuu hyvin ESD:n suoraan mittaamiseen, koska se on pienikokoinen ja vähäkontrastinen. Etuna on myös se, että sen näkyvyys röntgenkuvassa on olematon. Käytön esteenä voi kuitenkin olla sen luentaan ja käsittelyyn liittyvä hankaluus. Keuhkojen tutkimuksissa pinta-annokset ovat pieniä, joilloin tarvitaan tavallista herkempiä TL-dosimetrejä. TL-dosimetrit tulee yleensä kalibroida yksilöllisesti mittauksia varten. (Niittymäki 2007, 15; Säteilyturvakeskus 2004, 6–7.)



KUVA 2. Annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) ja pinta-annoksen (ESD) mittaaminen (Säteilyturvakeskus 2004, 18.)

3.4 Pinta-annoksen (ESD) määrittäminen laskennallisesti

Pinta-annoksen laskeminen soveltuu tavanomaisen röntgentutkimuksen yhden kuvausprojektion säteilyaltistuksen määrittämiseen. Pinta-annos voidaan laskea röntgenputken säteilytuoton perusteella, kun tiedetään kuvauksessa käytetty kuvausjännite U [kv], sähkömäärä Q [mAs], kuvausetäisyys FSD [cm] ja röntgenputken säteilytuotto Y [mGy/mAs]. Säteilytuotto tulee olla määritetty potilaan kuvauksessa käytettävällä kuvausjännitteellä, fokuksella ja röntgenputken kokonaissuodatuksella. Lisäksi tarvitaan tutkimuskohtainen takaisinsirontakerroin (BSF), joka huomioi potilaasta siroavan säteilyn aiheuttaman annoksen. Kuvausetäisyys voidaan mitata mittaamalla etäisyys fokuksesta potilaan iholle tai vähentämällä kuvausetäisyydestä potilaan paksuus. (Säteilyturvakeskus 2004, 7, 25.)

ESD säteilytuoton perusteella lasketaan kaavasta:

$$ESD = Y \cdot \left[\frac{FDD}{FSD} \right]^2 \cdot Q \cdot BSF$$

Y on röntgenputken säteilytuotto [mGy/mAs]

FDD on säteilymittarin etäisyys fokuksesta säteilytuottomittauksessa (yleensä 100 cm)

FSD on etäisyys fokuksesta potilaan iholle säteilykeilan keskellä

Q on tutkimuksessa käytetty sähkömäärä

BSF on kuvauskohteesta riippuva takaisinsirontakerroin

Pinta-annos voidaan laskea myös annoksen ja pinta-alan tulosta (DAP), kun tiedetään säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-ala A_i [cm²] potilaan ihon tasolla säteilyn tulosuunnassa. Säteilykeilan pinta-

ala voidaan mitata potilaan ihon pinnalta, tukipinnalta eli thorax- tai bucky-telineeltä tai kuvauksen jälkeen kuvamonitorilta. Jos mittaus tehdään ihon tasalta tai tukipinnalta, on varmistettava, että kenttäkoko mitataan säteilykeilaa kohtisuoraan olevalta tasolta. Kuvasta mitattaessa tulee ottaa huomioon, että kuvassa näkyy koko kuva-ala. Kuvasta saatu pinta-ala muunnetaan vastaamaan säteilykeilan pinta-alaa FSD- eli fokus-ihoetäisyydellä. (Säteilyturvakeskus 2004, 8–9; Tapiovaara ym. 2004, 125.)

ESD annoksen ja pinta-alan tulon perusteella lasketaan kaavasta:

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

Kuvasta mitattu pinta-ala muunnetaan vastaamaan säteilykeilan pinta-alaa fokus-ihoetäisyydellä:

$$A_i = (FSD / FFD)^2 \cdot A_k$$

A_i on säteilykeilan pinta-ala potilaan ihon tasolla

FSD on fokus-ihoetäisyys

A_k on säteilykeilan pinta-ala filmillä tai monitorilta mitattuna

FFD on fokus-filmietäisyys

Takaisinsirontakerroin eli BSF (Back Scatter Factor) riippuu säteilylaadusta, kenttäkoosta ja kohteesta. Säteilyannoslaskennassa tarvitaan tutkimuskohtainen takaisinsirontakerroin, joka huomioi potilaasta siroavan säteilyn aiheuttaman annoksen. Tyypillisessä röntgendiagnostiikkatilanteessa BSF:n suuruus on noin 1,3–1,4. (Tapiovaara ym. 2004, 120.) Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen sivuprojektiossa takaisinsirontakerroin on 1,40 ja PA-projektiossa 1,41 (taulukko 2) (Säteilyturvakeskus 2004, 9).

TAULUKKO 2. Esimerkkejä takaisinsirontakertoimista (Säteilyturvakeskus 2004.)

Tutkimus, projektio	BSF
Vatsa, AP	1,40
Lanneranka, AP	1,35
Lanneranka, LAT	1,34
Lanneranka L5 - S1, LAT	1,28
Keuhkot, LAT	1,40
Keuhkot, PA	1,41
Lantio, AP	1,40
Virtsatiet, AP	1,35
Kallo, PA	1,27
Kallo, LAT	1,27

Röntgenputken säteilytuottoa voidaan käyttää hyväksi pinta-annoksen laskennallisessa määrittämisessä, kun tiedetään kuvausetäisyys, kuvausjännite ja sähkömäärä. Säteilytuottokertoimen [mGy/mAs] taulukkoarvot on määritettävä kaikille niille suodatuksen ja putkijännitteen yhdistelmille, joita potilasannoslaskennassa tarvitaan. Röntgenputken säteilytuotto mitataan laadunvalvontamittausten yhteydessä säteilyttämällä annosmittari yhden metrin etäisyydellä fokuksesta ja lukemalla sen jälkeen annosmittarin näyttämä sekä säteilytyksessä käytetty virta [mA] ja aika [ms] tai virta-aikatulo [mAs]. Säteilytuottomittauspöytäkirjan avulla voidaan piirtää säteilytuottokäyrä esimerkiksi Excel-ohjelman avulla ja käyrältä voidaan määrittää säteilytuotto myös muilla kuin mittauksissa käytetyillä jännitteillä. (Säteilyturvakeskus 2004, 7, 25–27.)

Röntgenputken säteilytuottokäyrää määritettäessä mittauspöytäkirjan tuloksista poimitaan tarvittavat arvot. Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen ollessa kyseessä, mittaustulokset tarvitaan käytetyllä lisäsuodatuksella ja isolla fokuksella mitattuina. Mittaustuloksista lasketaan säteilytuotto jakamalla mitattu ilmakerma [mGy] käytetyllä sähkömäärällä [mAs]. Tulosten perusteella voidaan piirtää säteilytuottokäyrä joko Excel-ohjelman avulla tai millimetripaperille. Kymenlaakson keskussairaalassa Canon-laitteistolla käytetään keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa kuvausjännitettä 133 kV ja lisäsuodatuksena röntgenputkessa on 0,2 mmCu. (Hus-kuvantaminen Kotka 2017a.) Kuvausjännitettä 133 kV vastaava säteilytuotto saadaan luettua Excel-ohjelman avulla piirretyltä säteilytuottokäyrältä (liite 1). (Säteilyturvakeskus 2004, 7, 25–27.)

3.5 Annoksen ja pinta-alan tulo, DAP

Annoksen ja pinta-alan tulo eli DAP (dose area product) kuvaa potilaan saamaa säteilyannosta pinta-annoksen ja säteilykeilan pinta-alan tulona. Mittayksikönä käytetään [$\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$]. Annoksen ja pinta-alan tulo ilmaisee ilmaan absorboituneen annoksen. DAP on riippumaton käytetystä kuvausetäisyydestä, koska röntgenputken pistemäisestä fokuksesta tulevan säteilyn intensiteetti on kääntäen verrannollinen, ja keilan pinta-ala suoraan verrannollinen etäisyyden neliöön, jolloin nämä etäisyysvaikutukset kumoavat toisensa. Eli säteilykeilan pinta-alan kasvaessa säteilyn intensiteetti eli annos pienee samassa suhteessa. (Tapiovaara ym. 2004, 123.) Potilaan säteilyaltistus voidaan määrittää DAP-mittarilla yksittäisissä kuvausprojektioiden, useita projekteja sisältävissä tutkimuksissa ja läpivalaisu-tutkimuksissa. Tutkimuksen eri projektioiden DAP-arvot voidaan siis laskea yhteen. Esimerkiksi keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa potilaan säteilyaltistus voidaan määrittää DAP-mittarilla; pinta-alan ja annoksen tulo saadaan suoraan DAP-mittarin näytöltä. (Pöyry 2004, 18; Säteilyturvakeskus 2004, 9–11.)

DAP-arvo määritetään joko mittaamalla laitteen kaihdinkoppaan kiinnitettyllä DAP-mittarilla (kuva 2), tai laskennallisesti projektiokohtaisen pinta-annoksen ja säteilykentän pinta-alan perusteella. DAP-mittarina käytetään yleensä läpinäkyvää, tasomaista ja ilmatäytteistä ionisaatiokammiota, jonka sivun pituus on noin 15 cm. Mittakammio on rakenteeltaan ohut ja hento, koska se ei saa lisätä säteilyn suodatusta merkittävästi. Mittari voi olla kiinteästi asennettu tai tilapäisesti kiinnitetty. Joissain röntgenlaitteissa DAP-arvo lasketaan kuvausarvoista ja säteilykeilan rajauksesta, eikä ionisaatiokammiota käytetä. (Pöyry 2004, 15–17; Säteilyturvakeskus 2004, 9–11.)

3.6 Vertailutasot

Vertailutasolla tarkoitetaan ennalta määritettyä röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei tulisi ylittyä normaalikokoisilla potilailla, hyvän käytännön mukaisessa tutkimuksessa. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (423/2000) säädetään, että toiminnan harjoittajan on otettava käyttöön vertailutasot yleisimmille röntgentutkimuksille. Vertailutasoja ei ole tarkoitettu käytettäväksi yksittäisten potilaiden säteilyannosten rajoittamiseen, vaan ne on tarkoitettu normaalirakenteisten ja keskikokoisten potilaiden keskimääräisen annostason vertailuun. Vertailutasot toimivat diagnostisen säteilynkäytön optimointikeinona, niiden avulla voidaan löytää laitevikoja tai käytäntöjä, joista aiheutuu tavanomaista suurempaa potilaiden säteilyaltistusta. Vertailutasot ilmoitetaan etukäteen asetettuina arvoina, joita verrataan valitun potilasjoukon keskimääräiseen säteilyaltistukseen. Organisaatio voi vertailutasojen lisäksi asettaa myös omat annostasot, jotka eivät saa olla suuremmat kuin Säteilyturvakeskuksen asettamat vertailutasot ovat. (STM 423/2000 §16, §17; Säteilyturvakeskus 2014, 2017b.)

Suomessa terveydenhuollosta aiheutuvan säteilyn käyttöä seuraa ja valvoo sosiaali- ja terveysministeriön alainen Säteilyturvakeskus (STUK). Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on potilaiden säteilyaltistusta koskevien valtakunnallisten arvioiden tekeminen ja väestöannoksen määrittäminen. STUK myös määrittelee vertailutasot. Uusimmat vertailutasot STUK on antanut vuonna 2017 (taulukko 3). Vertailutasot on annettu sekä pinta-annoksena (ESD, Entrance Surface Dose) että annoksen ja pinta-alan tulona (DAP, Dose Area Product). (Säteilylaki 592/1991 §6; Säteilyturvakeskus 2017b.)

TAULUKKO 3. Tavanomaisten röntgentutkimusten vertailutasoja pinta-annoksina sekä annoksen ja pinta-alan tulona aikuisille (Säteilyturvakeskus, 2017b.)

Kuvausprojektio	Pinta-annos / projektio (ESD) ^{*)} [mgy]	Annoksen ja pinta-alan tulo (DAP) ^{**)} [Gy · cm ²]
Thorax PA	0,12	0,1
Thorax LAT	0,5	0,2
Lanneranka AP tai PA	3,5	1
Lanneranka LAT	10	2,1
Natiivivatsa AP tai PA	3,5	1,6
Hammaskuvaus, ylämolaari	2,5	
Hampaiston ja leuan pano- raamatografia		0,12
Nenän sivuonteloiden natiiviröntgen, yksi suunta (esim. kuutamokuva)		0,09
^{*)} Pinta-annoksella tarkoitetaan absorboitunutta annosta iholla (ESD). ^{**)} Säteilykeilan poikkileikkauksen annoksen ja pinta-alan tulo (DAP).		

Säteilyturvakeskus antaa nykyisin taulukuvailmaisintekniikkaa käyttäville röntgenlaitteille myös saavutettavissa olevat annostasot. Ne kuvaavat taulukuvailmaisintekniikkaa käyttävien röntgenlaitteiden suorituskyvyn mahdollistamia annostasoja. Uusilla taulukuvailmaisintekniikkaa käyttävillä röntgenlaitteilla samanlainen, tai jopa parempi kuvanlaatu kuin aikaisemmin voidaan saavuttaa huomattavan paljon pienemmillä säteilyannoksilla. Esimerkiksi kuvausprojektiossa thorax PA pinta-annoksen vertailutaso on 0,12 mGy ja saavutettavissa oleva taso on huomattavasti pienempi, 0,05 mGy. (Säteilyturvakeskus, 2017b.)

4 KEUHKOJEN NATIIVITUTKIMUSTEN POTILASANNOSMITTAUKSET

Potilasannosmittauksen toteuttaminen aloitetaan tiedon keräämisellä (kuva 3). Jokaisesta tutkimushuoneesta kerätään potilasannoksia määrätyistä tutkimuksista. Säteilyturvakeskuksen ohjeen mukaan aikuisten natiiviröntgentutkimuksissa annosmittaukseen valitaan vähintään 10 potilasta, joiden painot ovat välillä 55–85 kg ja painojen keskiarvo on noin 70 kg. Keskiarvon laskentaan otetaan mukaan normaalin käytännön mukaisesti sujuneet tutkimukset. Mittaustulosten keskiarvoja verrataan annettuun vertailutasoon. Tarkempia annosmittauksia saadaan tehtyä, kun otetaan huomioon potilaiden sukupuoli, jakeuma, pituus, paino ja potilaan paksuus. Tarvittavat tiedot riippuvat potilasannoksen määritysmenetelmästä. Kerätyt ”ylimääräiset” tiedot voivat auttaa selvittämään jälkikäteen annosten muuttumiseen johtaneet tai tietojen käsittelyssä mahdollisesti tapahtuneet virheet. (Säteilyturvakeskus 2004, 5, 26.)

Potilasannosten seurantalomake

Tutkimushuone: _____
 Aika: _____
 Tutkimus: Thorax

Ohje: 10 potilasta, paino välillä 55-85kg, PA ja sivukuva Tarkastanut ja kuitannut mittaustulokset: _____

Potilas	Pituus (cm)	Paino (kg)	Painoindeksi BMI	Kammio	kV	mAs (PA)	mAs (SS)	fokus	exp.lkm	DAP (summa)	EI-indeksi	AC-numero
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Vesifantomi												
ka.												

Summa: _____ mGycm²
 10 potilaan ka: _____ mGycm²
 STUK vertailutaso: _____ mGycm²

Kommentit:

KUVA 3. Esimerkki potilasannosten seurantalomakkeesta. Lisäksi lomakkeessa on mainittu: sairaala/terveyskeskus, tutkimushuone, tutkimusteline, kuvareseptori, tutkimus ja kuvausprojektiio, tietojen keräysaika, mittausten ja laskennan vastuuhenkilö, röntgenputken säteilytuottomittaukset, tuloksista lasketut potilaiden painojen keskiarvo ja tuloksista laskettu ESD-arvojen keskiarvo. (Mukaillen HUS-kuvantaminen, Kotka 2017b.)

Potilasannosmittaus voidaan toteuttaa myös potilasta mallintavan fantomin avulla. Näissä mittauksissa käytetään keskikokoista potilasta vastaavaa vesifantomia. Fantom-testit sopivat hyvin laitteiden toiminnan tarkasteluun, sillä vesifantomien tasaisuudesta johtuen tulokset toistuvat lähes samoina. Samankokoisella todellisella potilaalla taas vaihtelu voi olla huomattavaa potilaan anatomiasta johtuen. (Miettinen, Servomaa ja Toivonen 2000, 100.) Fantomia käytettäessä fantomin tulee olla kyseiseen röntgentutkimukseen hyvin soveltuva ja keskimääräistä potilasta vastaava (Säteilyturvakeskus 2004, 5). Thorax-kuvauksessa käytettävän fantomin aikaansaaman säteilyn vaimenemisen tulee vastata säteilyn vaimenemista potilaan keuhkoalueella, thorax-kuvauksessa käytetään noin 10–12 cm paksuista vesifantomia. Kuvaustekniikka on sama kuin normaalikokoisen potilaan tutkimuksessa, käytetään

muun muassa samaa valotusautomaatin mittakammiota kuin vastaavissa potilaiden tutkimuksissa. Käytettävän mittakammion on oltava kokonaisuudessaan säteilykeilassa. Poikkeus todellisen potilaan tutkimukseen voi kuitenkin olla säteilykentän koossa. Se on joskus rajattava pienemmäksi kuin todellisissa potilaiden tutkimuksissa, koska säteilykeila ei saa ylittää fantomia missään suunnassa, jotta valotusautomaatin kammiolle ei päätyisi tutkimustelineeseen osuneesta, vaimentumattomasta säteilystä peräisin olevaa sironnutta säteilyä. (Niittymäki 2007, 15; Säteilyturvakeskus 2004, 22.)

4.1 Aiemmat tutkimukset

Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen muodostamisen avuksi kerättiin laaja-alaisesti tutkimuksia, jotka sivuuttavat potilasannosmittauksia ja niihin liittyviä toimenpiteitä. Ensimmäisessä tutkimusartikkelissa selvitetään optimoinnin merkitystä digitaalisessa kuvantamisessa. Tutkijat vertaavat ESD- ja DAP-annoksia ennen ja jälkeen optimointitoimenpiteitä. Tutkimus suoritettiin sadalle normaalikokoiselle eurooppalaiselle potilaalle ja rajattiin viiteen osa-alueeseen: rintakehän, vatsan, lannerangan, kallon ja lantion kuvantamiseen. (Zhang ja Chu 2011.)

Zhangin ja Chun (2011) tutkimuksessa selvitetään optimoinnin vaikutusta digitaalisessa kuvantamisessa, jolloin kuvan laatua pystytään parantamaan ja asetteleminen on vapaampaa. Optimoinnin avulla pystytään vähentämään potilaan säteilyannosta ja tutkijoiden tavoitteena oli vahvistaa kokeellisesti tämän tiedon oikeellisuus. Jotta vertailua pystytään tekemään, tutkijat mittasivat potilasannoksia ennen optimointiprosessia ja prosessin jälkeen. Tutkimustuloksena optimointi vaikuttaa suuresti potilasannokseen. Lisäksi digitaalinen kuvantaminen mahdollistaa kuvien muokkaamisen, jolloin kuvaa ei mahdollisesti tarvitse uusia. Optimoinnin keinot ovat merkittäviä myös digitaalisessa kuvantamisessa. (Zhang ja Chu 2011.)

Seuraava tutkimusartikkeli käsittelee yleisesti säteilysuojelun keinoja ja tärkeyttä useimpien tunnettujen tutkimusten pohjalta. Engel-Hillsin (2005) artikkelin tarkoituksena on esitellä tiivistetyssä muodossa säteilyn vaikutuksia sekä säteilyannoksen muodostumista ja laskemista, joiden pohjalta säteily-suojelua tulee toteuttaa. Säteilyannosten laskemisessa voi olla hyvin paljon eroavaisuuksia eri organisaatioiden välillä, koska laitteet ja käytännöt ovat usein erilaisia. Tällöin potilasannokset eivät ole vertailukelpoisia ja antavat vääränlaista tietoa potilasannoksista. Luotettava potilasannosmittaus suoritetaan DAP- tai TLD- mittareilla. Säteilysuojelu perustuu kolmeen peruskäsitteeseen: optimointiin, yksilösuojaan ja oikeutukseen. Röntgenhoitaja pystyy toiminnallaan vaikuttamaan potilaan saamaan säteilyannokseen. Röntgenhoitajan optimoinnin keinoja ovat kuvausalueen rajaaminen, kuvausarvot, suodatus, kuvausetäisyys, laitteiston kunnon ja toimivuuden tarkistaminen, oikeanlainen asetteleminen sekä kuvauskohteen immobilisaatio. (Engel-Hills 2005.)

Kuvausalueen rajaamisen avulla pystytään suoraan pienentämään potilaaseen kohdistuvaa säteilyannosta. Säteilykentän kasvaessa myös säteilyannos kasvaa. Oikeanlaisilla kuvausarvoilla saadaan diagnostisesti mahdollisimman hyvän laatuinen kuva. Suurella kV-arvolla annos on pienempi, sillä säteily on silloin läpitukenutuvampaa ja säteilyä absorboituu kudokseen vähemmän. Kuitenkin kuvauskohteeseen sopivalla kV-arvolla saadaan kudosten erotuskykyä eli kontrastia parannettua, ja tämän vuoksi

kV-arvo ei voi olla kuvantamisessa kovin suuri kohteesta riippuen. Kuvausarvoja säädettäessä on tehtävä kompromissi potilasannoksen ja kuvanlaadun välillä. Tarkoituksena on pitää potilasannos mahdollisimman pienenä, mutta kuvanlaatu diagnostisesti riittävänä. kV-arvon, suodatuksen ja kuvausetäisyyden avulla voidaan suoraan vaikuttaa potilaan saamaan säteilyannokseen. Artikkelin mukaan suodatuksen ja kuvausetäisyyden tulisi olla mahdollisimman suuret, kuitenkin huomioiden käytännöllisyyden ja kuvan laadun. (Engel-Hills 2005.)

Artikkelin lopputuloksena nousi esiin, että potilaan annoksen pienentämisessä on ensiarvoisen tärkeää radiologien ja hoitajien tieto säteilyn vaikutuksista sekä säteilysuojelun keinoista. Säännöllisellä annostarkkailulla pystytään saavuttamaan turvallisen lääketieteellisen säteilyn käyttäminen, jolloin tutkimuksesta aiheutuva säteilyannos on mahdollisimman pieni ja kuitenkin diagnostisesti riittävä. Säteilyannosmittaukset ovat osa optimointia. Optimoinnin keinoiksi tutkimusartikkelissa esitetään laitteiston kunnan tarkistaminen, potilasannosmittausten tasaisuus ja tarkkuus, kuvaus alueen rajaaminen, kuvausarvot, suodatus, kuvausetäisyys, potilaan ohjaaminen ja hänen paikallaan pysyminen sekä asetteleminen projektiioon ohjeistuksen mukaisesti. Yhdenmukaiset toimintatavat ja käytänteet varmistavat potilasannosmittausten vertailukelpoisuuden, jolloin mittaustulosten arviointi ja päätelmät ovat luotettavia. Potilasannosmittausten perusteella voidaan arvioida ja tarkastella optimoinnin keinoja sekä toimintamalleja. (Engel-Hills 2005.)

Edellä mainittujen tutkimusten perusteella potilasannosten mittaaminen on yksi optimoinnin keino, jonka avulla pystytään arvioimaan ja tarkastelemaan optimoinnin toteutuksen onnistumista. Ladian ym. (2016) tutkimuksen mukaan myös potilaan paksuudella ja painoindeksillä on vaikutusta potilasannosmittaustuloksiin. Tutkimuksen mukaan aikaisemmat tutkimukset ovat keskittyneet annosmonitorointiin, jossa ei ole otettu huomioon potilaan BMI:n (painoindeksin) vaikutusta potilasannosmittauksiin. Lasten kuvantamistutkimuksia suositellaan tehtävän potilaan painon mukaisilla protokollilla, kuitenkin useasti tutkimusarvot valitaan potilaan iän mukaan. (Ladia ym. 2016.)

Tutkimuksen perustana on lasten koon mukaisten protokollien tärkeys ja BMI:n vaikutus potilasannoksiin. Tutkimusalueena oli lasten keuhkojen ja vatsanalueen tutkimukset. Vertailussa käytettiin normaali- ja ylipainoisten lasten potilasannoksia. Potilasannosmittauksissa otettiin huomioon seuraavat määreet: pinta-annos ESD (Entrance Surface Dose), elimiin kohdistuva annos, efektiivinen annos ED (Effective Dose) ja altistumisriskin vaikutus syövän aiheuttavaan kuolemaan REID (Risk Of Exposure induced cancer Death). Potilasannosmittausta tehdessä otetaan huomioon potilaan paino ja pituus. Tutkimustulosten luotettavuuteen vaikuttavat: laitteiston kuuluu olla tarkastettu ja huollettu hyvin, valitaan oikea kuvausohjelma, asetellaan tutkimusprotokollan mukaisesti ja kerätään jokaisesta potilaasta samat tiedot. Potilasannostiedot kerätään taulukkoon vertailua helpottamaan. Lasten potilasannosmittauksia tehdään samalla tavalla kuin aikuistenkin. Lasten kuvantamisessa on erityisen tärkeää valita oikea kuvausohjelma ja oikeat arvot. Saman ikäiset lapset voivat olla hyvin erikokoisia, jolloin sädeannos iänmukaisilla arvoilla voi nousta kovin suureksi kuvattaessa valotusautomaatilla. Painon mukaisesti tehty tutkimus pienentää pienikokoisten lasten potilasannosta ja ylipainoisilla lapsilla sopeuttaa säteilyannoksen mahdollisimman sopivaksi. Tällöin saadaan diagnostisesti laadukkaita kuvia, kuitenkin säteilyannoksen pysyessä pienenä. (Ladia ym. 2016.)

Samasta aihealueesta löydettiin Malmströmin ja Saarisen (2011) tutkimus ”Vastasyntyneiden rintakehän paksuuden vaikutus sädeannoksiin thorax-kuvauksessa – Annosvertailua vastasyntyneiden kesken Jorvin sairaalassa”. Tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko vastasyntyneiden keuhkojen röntgenkuvauksessa sädeannosta pienentää. Vastasyntyneet ovat erikokoisia ja tutkimuksessa selvitettiin sädeannoksen suuruutta silloin, kun kuvausarvot valitaankin potilaan rintakehän paksuuden mukaan, painon sijaan. Tutkimustulosten sädeannosten pinta-annokset tutkijat laskivat laskukaavojen avulla ja vertasivat laskutuloksia painon mukaan tehtyjen tutkimusten potilasannoksiin. Potilasannosmittauksissa kerättiin taulukkoon seuraavat tiedot: AC-numerot, potilaan paino, paksuus ja pituus, kuvauslaitteiston tiedot esim. suodatus, sukupuoli ja tutkimuksen tiedot, kuten kuvausarvot ja etäisyys. Potilastietojen sekä kuvauksen teknisten tietojen kerääminen tapahtui röntgenhoitajien toimesta. Tutkimuksessa tietojen keruuta suoritettiin noin vuoden ajalta Jorvin röntgenissä vastasyntyneiden thorax-kuvauksissa. (Malmström ja Saarinen 2011.)

Tutkimusten vertailussa ESD:n lisäksi tutkijat vertailivat myös s-arvojen vaikutusta potilasannoksiin. S-arvo kertoo kuvalevylle tulleen säteilyn määrän. Suuri s-arvo kertoo säteilyn vähäisestä käytöstä eli säteilyannoksen puoliintuessa, s-arvo kaksinkertaistuu. Arvon perusteella voidaan arvioida kuvausarvojen suuruutta. S-arvojen vaihteluun tutkimuksen mukaan vaikutti potilaiden koon vaihtelut sekä FFD:n vaihtelut tutkimuksissa. Tutkimustuloksena potilaiden rintakehän ja painon suhde ei ollut tasainen. Eri painosilla potilailla saattoi olla kuitenkin hyvin saman paksuiset rintakehät. Etäisyydellä on siis suuri merkitys säteilyannoksen optimoinnissa. Kuvausetäisyyden kasvattaminen vaimentaa säteilyä ja vähentää absorboituvan säteilyn määrää. Kuitenkin tutkimustuloksena tutkijat pohtivat, että ei voida esittää yhtä ainutta menetelmää vastasyntyneiden säteilyannoksen pienentämiseksi. Optimaalisin menetelmä on suorittaa jokainen tutkimus yksilöidysti jokaiselle potilaalle. Kuvausarvot tulisi suunnitella vertailemalla potilaan painoa sekä rintakehän paksuutta. Tärkeimmäksi säteilyannoksen optimoinniksi tutkimustulosten mukaan osoittautui kuvausetäisyys eli FFD. Säteilyannokseen vaikuttavat kuvauksen suoritustapa, etäisyys, potilaan paksuus ja paino sekä potilaan anatomian tuomat vaikutukset ja poikkeavuudet säteilyannoksiin. (Malmström ja Saarinen 2011.)

Aittokummun ja Lamminpään (2012) tutkimuksessa ”Säteilyannokset lasten keuhkojen röntgentutkimuksessa” selvitetään, minkä suuruisia potilasannoksia lapset saavat keuhkojen röntgentutkimuksen anterior -posteriorisessa ja lateraali projektiossa, sekä miten vertailutasot toteutuvat Suomen suositusten mukaan. Työn tavoitteena on saada tietoa lasten saamista säteilyannoksista keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa. Tutkimusaineisto koostui alle 10-vuotiaista, keuhkojen röntgentutkimukseen tulleista lapsista. Tutkimusaineiston kerääminen tapahtui Kuvantamiskeskuksen röntgenhoitajien toimesta opinnäytetyön tekijöiden laatimalle aineistonkeruulomakkeelle. (Aittokumpu ja Lamminpää 2012.)

Lasten keuhkojen röntgentutkimus vaatii aina yksityiskohtaista suunnittelua. Onnistuneen kuvantamistutkimuksen edellytyksenä on laitteiden toimivuus, ammattitaitoinen henkilökunta, tutkimuksen työvaiheiden huolellinen suunnittelu, lapsipotilaan ohjaaminen sekä vanhempien ohjeistaminen. Lasten keuhkojen kuvantamiseen on asetettu omat hyvän kuvan kriteerit, joiden avulla arvioidaan kuvan

riittävyttä. Lisäksi lasten tutkimuksia varten on säädetty omat vertailutasot, jotka on annettu vertailutasokäyrinä. Jokaisesta lapsipotilaasta tutkijat kirjasiivat tärkeitä potilas- ja tutkimustietoja, kuten päivämäärä, tutkimuspaikka, tutkimushuone, potilasnumero, sukupuoli, syntymävuosi, pituus, paino, kenttäkoko tukipinnalla, fokus-iho-etäisyys (FSD), fokus-tukipinta-etäisyys, kuvausjännite [kV], kuvausvirta [mAs], käytetty fokus, valotusautomaatti, sädesuojien käyttö sekä annoksen ja pinta-alan tulo (DAP). Laitetietolomakkeeseen he keräsivät seuraavia tietoja: laitteen nimi, fokuskoko mm, kokonaissuodatus, hila, kuvareseptorin herkkyys, fokus-filmi-etäisyys (FFD), anodilautasen kulma, takaisinsirontakerroin sekä säteilyntuotto. Tutkimustuloksena kuvausarvojen optimoinnilla voidaan vähentää potilasannoksia. Kuvausarvot valitaan tutkimuskohtaisesti ja huomioiden potilaan ikä, sairaus ja koko. (Aittokumpu ja Lamminpää 2012.)

Opinnäytetyössä käsitellään myös säteilyannosta pienentäviä asioita. Kuvausetäisyyttä kasvattamalla saadaan vähennettyä säteilyannosta, sillä säteily vaimenee etäisyyden kasvaessa. Oikeanlaisella suodatuksella taas saadaan minimoitua potilaaseen absorboituvan pehmeän säteilyn määrä. Säteilysuojainten käyttö on tärkeää. Se tulee asettaa primäärikentän rajalle niin, että suoja ei tule kuvattavalle alueelle. Tutkimustulosten perusteella potilaan koolla ei ole varsinaisesti vaikutusta pinta-annokseen, mutta annoksen ja pinta-alan tulo kasvaa potilaan koon kasvaessa, sillä kenttäkoko kasvaa. (Aittokumpu ja Lamminpää 2012.)

Ekpon, Hobanin ja McEnteen (2014) tekemän tutkimuksen mukaan viime vuosikymmeninä potilaiden säteilyannokset ovat laskeneet kaikissa muissa radiografisissa tutkimuksissa, paitsi keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa. Osaksi tämä aiheutuu rintakehän päällekkäisten rakenteiden aiheuttamasta anatomisesta häiriöstä ja sädekeilan differentiaalisesta vaimenemisesta, joka vaikuttaa kuvan laatuun. Digitaaliseen kuvantamiseen siirtyminen on tuonut paljon teknologisia hyötyjä, mutta silti säteilyannos on pysynyt suhteellisen korkeana. Tämän vuoksi on tarpeen pyrkiä laskemaan annosta säilyttäen kuitenkin kuvan laatu hyvänä. Optimointiin kuuluu tasapaino säteilyannoksen ja kuvan laadun välillä, ja tämä voidaan saavuttaa sädekeilan suodatuksen avulla. Suodatuksen tarkoitus on parantaa röntgensäteilyn laatua poistamalla vähäenerginen hajasäteily, joka nostaa potilaan pinta-annosta. Lisäsuodatuksen käyttö vähentää huomattavasti potilaan pinta-annosta. Monissa tutkimuksissa on käynyt ilmi lisäsuodatuksen hyödyt potilasannoksen vähentämisessä ja kuvan laadussa, mutta vielä on keskusteltava siitä, mikä lisäsuodatus on paras aikuisen keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa. (Ekpo ym. 2014.)

Tutkimus pyrki arvioimaan lisäsuodatuksen (Cu) vaikutusta DRX-1-detektorilla kuvan laatuun ja sädeannokseen käyttämällä simuloitua anatomista fantomia. Röntgenputken vakiosuodatus vastasi 2,5 mm alumiinia ja säteilytyksessä käytettiin automaattia säätämään mAs-arvot, jotta detektorin annokset pysyivät samana kaikissa tilanteissa. Lisäsuodatuksena käytettiin kuparia, paksuudeltaan 0,1 mm, 0,3 mm ja 0,5 mm. Tutkimuksen tuloksena 0,3 mm:n kuparilisäsuodatuksella saatiin 37 %:n alenema potilasannokseen, kuvan laadun kärsimättä. Myös muut aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet vertailukelpoisia annoksen vähennyksiä sekä kuvan laadun heiketessä tai pysyessä hyvänä, vaihtelevan paksuisilla kuparisuodatuksilla. (Ekpo ym. 2014.)

4.2 Potilasannokseen vaikuttavat tekijät

Säteilyannokseen pystytään vaikuttamaan optimoinnin keinojen avulla (taulukko 5). Annosoptimoinnilla pyritään saavuttamaan pienimmällä mahdollisella säteilyannoksella haluttu diagnostinen informaatio. (Ruohonen 2013, 37.) Kuvausketju tulee optimoida alusta loppuun kuvausarvoista parametreihin, kuvankatselumonitoreihin sekä kuvankatseluolosuhteisiin asti. Lisäksi säännöllisellä laadunvalvonnalla pystytään takaamaan koko kuvausketjun oikeanlainen toiminta. Kuvauksen onnistumisen arvioinnissa tärkeää on kalibroidut katselumonitorit ja oikeanlaiset katseluolosuhteet. (Zhang ja Chu 2011.)

Potilaan saama säteilyannos on yhteydessä röntgenkuvien laatuun. Jos tyydytään vaatimattomampaan kuvanlaatuun, myös säteilyannos jää pienemmäksi. Tämän vuoksi ei ole tarkoitus pyrkiä kaikissa tutkimustilanteissa parhaaseen mahdolliseen kuvanlaatuun, vaan on löydettävä tutkimusta varten riittävä kuvanlaatu, jolloin kuvan tulee olla myös diagnostisesti riittävällä tasolla. (Tapiovaara ym. 2004, 145.) Kuvanlaatua tarkastellaan kuvassa näkyvien yksityiskohtien havaittavuuden avulla. Kuvanlaatuun ja potilasannoksiin vaikuttavat kontrasti ja kohina. Nämä tekijät ovat sidoksissa toisiinsa, esimerkiksi kontrastia lisättäessä myös kuvassa oleva kohina on paremmin havaittavissa. (Tapiovaara ym. 2004, 82.) Kuvan kontrastilla tarkoitetaan kuvan harmaan eri sävyjen tummuusvaihtelua. Kontrastia pyritään optimoimaan suhteessa säteilyannokseen; putkijännitteen, hilan valinnan sekä suodatuksen avulla. (Kortesniemi 2008.)

Kuvan arvioimisessa kannattaa käyttää hyväksi myös kuvaussysteemin annosindikaattorin lukemia, jotka kuvaavat saavutetta valotusaikaa (esim. S-, IgM- ja EI-arvoja). (Tapiovaara 2004, 35–36.) Esimerkiksi Kymenlaakson keskussairaalan Canon kuvantamislaitteistossa käytetään EI-valotusindeksiä. EI-arvo eli Exposure Index kertoo detektorille päätyvän säteilyn määrän. Arvot ovat viitteellisiä laitevalmistajan asettamia arvoja, joita käytetään säteilyannoksen ja kuvanlaadun vertailussa. Tavoitearvojen avulla pystytään saavuttamaan optimaalinen kuvanlaatu. Keuhkokuvantamisessa yhdelle projektiolle suositeltu EI-arvo on 100-300. EI-arvoon vaikuttaa säteilyn määrä (mAs), säteilyn vaimeneminen kuvauskohteesta riippuen, kuva-alan suuruus, kuvaussuunta sekä keskisäteen oikeanlainen kohdistus. (Hermann ym. 2012.)

Putkijännitettä (kV) kasvatettaessa röntgensäteilyn sironta kasvaa, ja näin ollen myös kuvan kontrasti pienenee. Tällöin säteilyannos on pienempi, sillä kudokseen absorboituu vähemmän säteilyä. kV-arvon pienentämisellä saadaan parannettua kuvan kontrastia, jolloin kuvasta saadaan paremmin erotettua kudoksien eri harmaan sävyjä. Kuvausarvoja valittaessa tehdään kompromisseja potilasannoksen ja kuvanlaadun välillä. (Tapiovaara ym. 2004, 84–86.)

Suodatuksen avulla pystytään minimoimaan potilaaseen absorboituvan pehmeän säteilyn määrä. Suodatus (mmAl, mmCu) riippuu tutkimuksesta sekä käytettävästä putkijännitteestä. (Aittokumpu ja Lamminpää 2012, 14.) Sopivalla putkijännitteen valinnalla ja oikeanlaisella suodatuksella saadaan vähennettyä säteilyn sirontaa, jolloin saadaan parannettua kuvan kontrastia. Säteilyn läpäisevyys kasvaa

kasvatettaessa jännitettä ja suodatusta, tällöin saadaan pienennettyä potilaan saamaa säteilyannosta. (Tapiovaara ym. 2004, 147.)

Kuvausalueen rajaaminen tulee tehdä mahdollisimman tarkasti, sillä säteilykentän kasvaessa myös säteilyannos kasvaa. (Engel-Hills 2005). Lisäksi tarkan rajaamisen avulla pystytään vähentämään säteilyn sironnan määrää ja näin ollen minimoimaan säteilyannosta. (Ruohonen 2013.) Näin ollen tarkan rajaamisen ansiosta parannetaan samalla myös kuvanlaatua, sillä potilaassa siroavan säteilyn määrä jää vähäisemmäksi. (Tapiovaara ym. 2004, 147.)

Hajasäteilyhilan avulla saadaan pienennettyä kuvaan tulevan sironneen säteilyn määrää, jolloin kuvan kontrasti paranee. Toisaalta hilan käyttö vaatii suurempaa putkivirtaa ja samalla kasvattaa potilaan säteilyannosta. (Jurvelin 2005, 40.) Hilarä käytetään silloin, kun tutkimuskohde on paksu ja kenttäkoko on suhteellisen suuri, tällöin hilan käyttö on yleensä väistämätöntä kuvanlaadun kannalta. (Tapiovaara ym. 149.) Hila koostuu hyvin ohuista säteilyä absorboivista lyijylamelleista, joiden välissä on säteilyä helposti läpäisevää materiaalia. Hilasuhteella kuvataan hilan kykyä poistaa sironnutta säteilyä. Mitä suurempi hilasuhde on, sitä tehokkaammin hila vaimentaa sironnutta säteilyä. Myös lamellien määrä senttimetriä kohti vaikuttaa siihen, kuinka tehokkaasti hila suodattaa hajasäteilyä. (Tapiovaara ym. 2004, 66.)

Putkivirran (mA) ja kuvausajan (s) tai mAs-valinnoilla voidaan vaikuttaa kuvan kohinaisuuteen. Kohina aiheuttaa röntgenkuviin epätarkkuutta, mutta toisaalta röntgenkuvassa tulisi aina näkyä jonkin verran kohinaa, sillä muuten säteilyannos on liian suuri. Kuvausarvojen lisääminen vähentää kohinaa kuvassa, mutta samalla lisää potilaan saamaa säteilyannosta. Signaali-kohinasuhteella (SNR) tarkoitetaan kontrastin ja kohinan suhdetta röntgenkuvassa. (Tapiovaara ym. 2004, 148.)

Kuvausetäisyyden kasvaessa säteilyannos pienenee. Tämä perustuu säteilyn neliölakiin, jonka mukaan etäisyyden kaksinkertaistuessa, potilaan saama säteilyannos pienenee neljäsosaan. (Engel-Hills 2005; Miettinen ym. 2000, 102.)

Kuvausprojektiolla on myös merkitystä potilaan säteilyaltistukselle. Säteilyle herkät vatsan alueen elimet sijaitsevat yleensä lähempänä potilaan vatsan ihon pintaa. PA-projektiossa, jossa röntgenputki on potilaan takana, aiheutuva efektiivinen annos on vain puolet verrattuna AP-projektioon, jossa röntgenputki on potilaan etupuolella. (Tapiovaara ym. 2004, 150.)

TAULUKKO 5. Potilasannokseen ja kuvanlaatuun vaikuttavat tekijät. (Jurvelin 2005, 42; Tapiovaara ym. 2004, 147–150.)

Toimenpide	Toimenpiteen vaikutus	Vaikutus säteilyannokseen
Putkijännitteen (kV) lisäys	Säteilyn läpäisevyys lisääntyy Kontrasti huononee	Pienenee
Putkivirran (mA) lisäys	Valotusaika lyhenee	Suurenee

	Liikeartefaktujen mahdollisuus piene- nee Kuvan tummuus lisääntyy	
Valotusajan (s) lisäys	Liikeartefaktujen mahdollisuus lisään- tyy	Suurenee
Kuvausetäisyyden (FSD) lisäys	Geometriset virheet vähenevät	Pienenee
Hilan käyttö	Kuvan kontrasti paranee Paikkaerotuskyky paranee	Suurenee
Suodatuksen lisäys	Vähentää potilaaseen absorboituvan pehmeän säteilyn määrää	Pienenee
Kuvausprojektion oikea valinta	PA-suunta vähentää säteilyherkkien elinten säteilyannosta	Pienenee
Kuva-alueen rajaaminen (blendaus)	Säteilyn sironna vähenee Kuvanlaatu paranee	Pienenee
Säteilysuojaimet	Asetetaan säteilykentän reunaan Vähentää siroavaa säteilyä	Pienenee

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella ja tuottaa ohje keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen potilasannosmittauksista röntgenhoitajaopiskelijoille ja opiskelijaohjaajille. Työn tavoitteena on, että ohje tukee röntgenhoitajaopiskelijoiden potilasannoksiin liittyvää oppimista ensimmäisillä natiiviröntgentutkimusten harjoittelujaksoilla. Tavoitteena on myös, että opiskelijaohjaajat saavat ohjeesta tukea opiskelijoiden perehdytykseen.

Työn taustakysymys on:

Mitä asioita röntgenhoitajaopiskelijoiden on tärkeää tietää potilasannosmittauksista?

6 TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUKSEN VAIHEET

Toiminnallinen opinnäytetyö on työelämän kehittämistyö. Sen tavoitteena on käytännön toiminnan ohjeistaminen, opastaminen, järjestäminen tai järjeistäminen ammatillisessa kentässä. Siinä yhdistyvät käytännön toteutus ja sen raportointi tutkimusviestinnän keinoin. Opinnäytetyön tuotoksena voi olla esimerkiksi käytännön työelämään suunnattu ohje, opastus tai jokin muu tuotos/tuote/produkti tai projekti. Se voi olla myös jonkin tilaisuuden tai tapahtuman suunnitteleminen tai järjestäminen. Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksen tulisi aina pohjata ammattiteorialle ja opinnäytetyöraportin tulisi sisältää teoreettinen viitekehysosuus. (Vilka ja Airaksinen 2004; 9–10, 30, 42–43.) Tämä opinnäytetyö koostuu kirjallisesta teoriaosasta ja tuotoksesta. Opinnäytetyön tuotos on ohje, jonka teoreettisena viitekehysenä käytetään asiantuntijatiotoon perustuvaa kirjallisuutta.

6.1 Opinnäytetyön taustat ja menetelmät

Opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella ja tuottaa ohje röntgenhoitajaopiskelijoille ja opiskelijaohjajille keuhkojen natiiviröntgentutkimuksen potilasannosmittauksista. Aiheen ja toimeksiannon opinnäytetyöllemme saimme HUS-kuvantamisen Kotkan yksiköltä. Kotkan yksikössä ei ole olemassa kuvantamishuoneisiin yksilöityä potilasannosmittausten toteutusohjetta. Toimeksiantaja toivoo ohjetta, jossa kerrotaan potilasannosmittauksiin liittyvää teoriaa, laitetekniikkaa, laskukaavoja ja mittausten toteuttamisen ohjeistusta. Opinnäytetyön tuotoksena on ohje, joka toimii opiskelijaohjauksen tukena ja röntgenhoitajaopiskelijoiden opiskelumateriaalina. Ohje kootaan teorian ja kuvantamisyksikön toiveiden ja palautteen pohjalta. Ohje luovutetaan toimeksiantajalle sähköisenä Word-tiedostona, jolloin sitä on helppo muokata tarvittaessa ja tulostaa työpisteille.

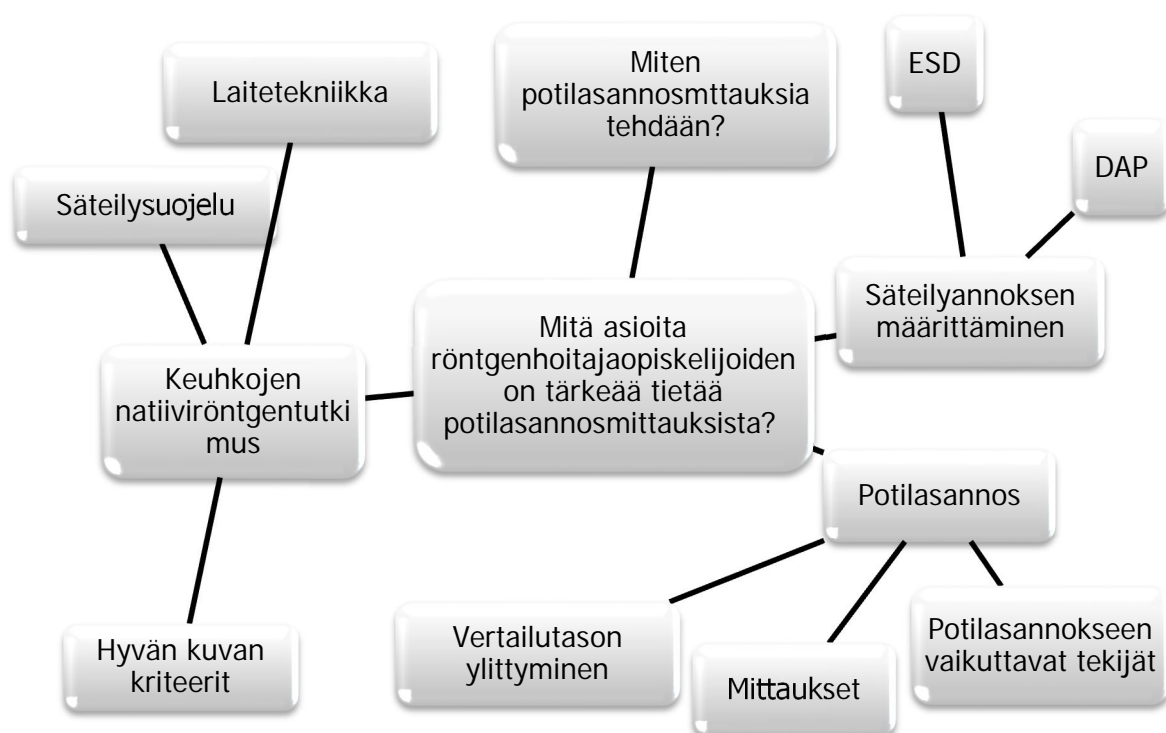
6.2 Tarpeen tunnistaminen ja tehtävän määrittely

Päädyimme rajaamaan työn keuhkojen natiiviröntgentutkimukseen, sillä se on yleisin röntgentutkimus ja potilasannosmittauksissa käytetyin tutkimus. Työssä selvitämme, mitä asioita röntgenhoitajaopiskelijan on tärkeää tietää potilasannosmittauksista, sekä miten potilasannosmittauksia tehdään.

Opinnäytetyön tiedonhakuprosessi alkaa järjestelmällisellä tiedonhaulla. Opinnäytetyön edetessä tiedonhankinta tarkentuu ja rajautuu mielenkiinnonkohteiden mukaisesti. Tiedonhaun prosessi on luova prosessi, jossa tiedon löytäminen vaikuttaa niin tehtävän aiheen tarkentumiseen, kuin uusien näkökulmien muodostumiseen, jolloin tiedonlähteiden etsiminen sekä löytäminen helpottuvat. Järjestelmällisessä tiedonhaussa kannattaa käyttää aikaa tiedonhaun suunnitteleamiseen, tällöin säästyy aikaa hakutulosten seulomisessa. Tarkkaan harkitut hakusanat karsivat aiheeseen kuulumattomat tulokset pois. Tiedonhaun prosessi muodostuu tiedonhaun suunnittelusta, tiedonhaun toteutuksesta, hakuprosessin arvioinnista, saadun tiedon arvioinnista ja tiedon soveltamisesta. (Tuomi ja Latvala 2014.)

Tiedonhaun suunnittelu alkaa tiedontarpeen ja tiedon käyttötarkoituksen määrittelyllä. Valitaan tietolähteet käytettävissä olevien resurssien ja luotettavuuden ja niiden sisällön perusteella. Hakusanoista muodostetaan kuhunkin tietokantaan toimivat hakulausekkeet. Hakusanojen mietinnässä avuksi voi olla käsitekartta tai miellekartta. (Tuomi ja Latvala 2014.)

Opinnäytetyön teorian kokosimme asiantuntijalähteistä, alan kirjallisuudesta ja kuvantamisosaston materiaaleista. Kirjallisuushaut suoritimme tunnetuimmista lääketieteellisen alan tietokannoista aihepiiriä käsittelevän tutkimusnäytön hankkimiseksi. Käytettäviä tietokantoja olivat muun muassa Cinahl, Medic, Terveystietä, Theseus sekä näyttöön perustuvaan aineistoon keskittyvä Cochrane Library -tietokanta. Tiedonhaun suunnitteluvaiheessa teimme käsitekarttoja (kuva 4.) helpottamaan hakusanojen muodostamista. Suomenkieliseksi hakusanoiksi valikoituivat muun muassa potilasannos, säteilyannos, optimointi, säteilysuojelu, pinta-annos, vertailutaso, DAP, ESD ja englanninkielisiksi patient dose, optimization, chest, radiation protection ja patient dose assessment. Hakusanoja yhdistelimme ja katkaisimme kunkin tietokannan vaatimalla tavalla. Tiedonhaussa huomioimme lähteistä saadun tiedon laadun, oikeellisuuden, virheettömyyden ja ajantasaisuuden.



KUVA 4. Käsitekartta hakusanojen muodostamisen apuna.

Englanninkielisiä tutkimusartikkeleita etsimme esimerkiksi Cinahl Complete -tietokannasta, joka on kansainvälinen hoitotieteen ja hoitotyön viitetietokanta. Tietokanta sisältää terveydenhuollon hallintoa ja koulutusta, kuntoutusta ja fysioterapiaa käsittelevää aineistoa. Tietokantaan on linkitetty myös keskeisten hoitotieteellisten lehtien kokotekstiartikkeleita. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2017.)

Taulukossa 6. esitetään Cinahl Complete -tietokannasta saadut hakutulokset. Aluksi hakutuloksia tuli yli 124 000, joista rajasimme lisähakusanojen avulla hakutuloksia. Otsikon perusteella valitsimme tutkimuskysymykseen mahdollisesti liittyvät artikkelit, joista luimme tiivistelmät. Tiivistelmän perusteella valitsimme parhaiten tutkimuskysymykseen vastaavia artikkeleita lähempää tarkasteluun. Hakutulosten joukossa oli runsaasti tietokonetomografia- ja isotooppitutkimuksiin suuntautuvia artikkeleita ja niukemmin haettuihin natiiviröntgentutkimuksiin liittyviä. Lisäksi rajasimme maksulliset artikkelit pois.

TAULUKKO 6. Hakutulokset Cinahl Complete -tietokannasta.

Hakusanat	Hakutulokset
Radiography	124 010
+ dose	313
+ chest	64
Radiation protection	513
+ medical imaging	15
Optimization	6 559
+ radiation protection	22

6.3 Ohjeen suunnittelu ja laatiminen

Ohjeen suunnittelun aloitimme haastattelemalla työn tilaajan, HUS-kuvantamisen Kotkan yksikön röntgenhoitajaa, joka kuuluu yksikön laatutiimiin. Hänen kanssaan kävimme läpi osaston tarpeita ja toiveita ohjetta kohtaan, sekä osaston potilasannosmittausten suorittamisen käytäntöjä. Työn tilaajan toiveena oli informatiivinen ohjeistus potilasannosmittauksista. Ohjeeseen toivottiin lisäksi lyhenteiden ja termien selityksiä. Ohjeen tulee muun muassa selkiyttää lukijalle, mitä tietoja potilaasta on kirjattava kuvaustilanteessa ylös potilasannosten määrittystä varten. Lisäksi ohjeeseen tulee teoriaa potilasannosmittauksiin liittyen sekä esimerkkilaskuja: ESD:n laskeminen röntgenputken säteilytuotosta ja ESD:n laskeminen DAP-arvosta. Ohjeeseen liitetään myös kohdat potilasmittausten tulosten tulkinnaasta sekä potilasannoksiin vaikuttavista tekijöistä. Haastattelusta saimme ohjeelle hyvän rungon, jonka ympärille aloimme suunnitella ohjeeseen tulevaa teoriaa, kuvia ja laskuja. Osastonhoitajalta saimme kirjallisen luvan ottaa valokuvia röntgenlaitteistoista, kuvat tulevat elävöittämään ja havainnoillistamaan ohjeen teoriaosiota. Ohjeen tekstiosuuden suunnittelussa tulee huomioida myös kohderyhmän ikä, asema, tietämys aiheesta ja tuotteen käyttötarkoitus (Vilka ja Airaksinen 2003, 129). Työssä teksti on asiatyylillä, sillä se perustuu asiantuntijatietoon. Ohje on suunnattu röntgenhoitajaopiskelijoille ja röntgenhoitajille, joten heillä oletetaan olevan perustiedot esimerkiksi röntgensäteilyn synnystä.

Seuraava vaihe oli ohjeen ulkomuodon suunnittelu. Päätimme toteuttaa ohjeen Microsoft Office Wordilla, sillä se on meille tuttu sovellus. Word-dokumenttia on myös tarvittaessa helppo muokata myöhemminkin. Kirjoitetun tekstin lisäksi sisältöön kuuluu myös muita viestinnän keinoja. Tekstin asettelulla ja oikeanlaisella kirjasintyyppillä on vaikutusta luettavuuteen ja selkeyteen. (Pesonen 2007, 33.) Ymmärrettävässä kirjallisessa ohjeessa on selkeästi luettava kirjaisintyyppi, sopiva fonttikoko (vähintään 12) sekä selkeä tekstin jaottelu ja asetteleminen (Kyngäs ym. 2007, 127). Teemaksi valitsimme ”Piiri”-nimisen Word-asiakirja teeman. Fontiksi valitsimme Calibrin, sillä se on selkeä ja helposti luettava fontti. Tekstissä käytämme fonttikokoa 12 ja taulukoissa kokoa 11. Ohjeen ulkomuodon pyrimme pitämään selkeänä ja helppolukuisena. Kaavioiden, kuvien ja taulukoiden asemoinnin vuoksi päätimme kääntää ohjeen vaakasuuntaiseksi A4-arkiksi. Vaakasuuntaisen ohjeen totesimme myös helppolukuisemmaksi ja teoriaosuudet jakautuivat selkeämmin yhdelle sivulle.

Seuraavaksi aloimme suunnitella ohjeen sisällön järjestystä. Järjestystä lähestyimme potilasannosmittausten suorittamisen kulun näkökulmasta: "Mitä asioita opiskelijan täytyy tietää ennen potilasannosmittausten tekemistä?" ja "Mitä tietoja opiskelija tarvitsee potilasannosmittausten tekemiseen?". Torkkolan, Heikkisen ja Tiaisén (2002, 39) mukaan hyvässä ohjeessa tärkein sanoma tulee ensimmäisenä, sillä lukijan mielenkiinto ei välttämättä säily loppuun asti. Ohjeen alkuun sijoitimme "lyhenteet ja määritelmät" -osion, mikä mielestämme helpottaa ohjeen lukemista. Seuraavaan osioon, "Säteilyannosten määrittäminen", kokosimme teoriaa ESD:stä ja DAP:sta, sekä ESD:n laskennallisen määrittämisen menetelmät.

Torkkolan ym. (2002) mukaan hyvässä ohjeessa kuvat havainnollistavat sisältöä. Ohjeessa esiintyvät kuvat on syytä esitellä yksinkertaisina ja selkeinä. Hyvät kuvat ovat ymmärrettäviä ilman kuvatekstiä. Onnistuneet kuvat, jotka täydentävät ja selittävät tekstiä lisäävät ohjeen mielenkiintoa, luotettavuutta ja ymmärrettävyyttä. (Torkkola ym. 2002, 40.) Laitteistosta lisäsimme muutaman itse ottamamme valokuvan selkiyttämään muun muassa DAP-mittarin rakennetta ja sijaintia. Pesosen ja Tarvaisen (2005, 47–51) mukaan kuvaa kannattaa käyttää silloin, kun se tuo olennaista lisätietoa tai tuo asiaan uuden ja kiinnostavan näkökulman.

Ohjeiden ja ohjeistuksien tekstiä kutsutaan ohjailevaksi tekstiksi. Ohjailevalla tekstillä on tarkoitus muuttaa lukijan toimintatapoja, helpottaa toimia tai edesauttaa omien toimintatapojen kriittisempää arviointia. Ohjaileva teksti pyrkii suoraan ohjaamaan lukijan toimintaa. Toimintaohjeet tulee olla yleensä siinä muodossa, kuin ne suoritetaan. (Niemi, Nietosvuori ja Virikko 2006, 161.) "Tietojen kerääminen potilasannosmittauksia varten" -osioon tiivistimme potilasannosseurantalomakkeeseen kerättävät tiedot sekä potilasannoksen laskemiseen tarvittavat tiedot. Myös ohjeeseen liitetty potilasannosseurantalomakkeen kuva selkeyttää lukijalle, mitä tietoja hänen on kerättävä annosten määrittämistä varten kuvaustilanteessa. Seuraavaan osioon liitimme tietoa vertailutasoista. Potilasannosmittausten tuloksia verrataan Säteilyturvakeskuksen asettamiin vertailutasoihin, joiden avulla pystytään tulkitsemaan säteilyannosten suuruutta sekä mahdollisia ylityksiä (Säteilyturvakeskus 2017b).

"Potilasannoksiin vaikuttavat tekijät" -osio auttaa opiskelijaa ymmärtämään, mitkä tekijät vaikuttavat potilasannoksen muodostumiseen, sekä miten pystytään suorittamaan annosoptimointia. Potilasannosmittausten tiedonkeruun jälkeen lasketaan potilasannosten keskiarvo hyvän käytännön mukaan sujuneista tutkimuksista. (Säteilyturvakeskus 2004, 5.) Mikäli potilasannokset ylittyvät on ryhdyttävä toimenpiteisiin, joiden avulla selvitetään ylityksen syyt. "Potilasannosmittausten tulosten tulkinta" -osiossa selviää, mitä asioita röntgenhoitaja huomioi tarkastellessaan tutkimuksia, joissa vertailutaso on ylittynyt. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen, 423/2000 § 17, mukaan vertailutason ylityksen syy tulee tutkia ja selvittää mahdolliset toimenpiteet, joiden avulla saadaan pienennettyä säteilyaltistusta. Ohjeen loppuun lisäsimme liitteiksi ESD:n laskennalliseen määrittämiseen kaksi esimerkkilaskua, kuvaushuoneeseen X piirretyn säteilytuottokäyrän ja yksikönmuunnostaulukon ESD- ja DAP-arvojen muuntamisen avuksi. Kustannuksia opinnäytetyöstä ei syntynyt, koska opinnäytetyön tuotos eli ohje tehtiin sähköisenä versiona toimeksiantajalle.

7 POHDINTA

Opinnäytetyöprosessi alkoi keväällä 2016, kun valitsimme opinnäytetyön aiheen HUS-kuvantamisen Kotkan yksikön tarjoamista opinnäytetyön aihevaihtoehtoista. Aiheen valintaamme ohjasivat valitun aiheen työelämälähtöisyys ja halumme oppia enemmän potilasannosten määrittämisestä. Aiheen valinnan jälkeen laadimme aihekuvauksen osana Tutkin, oivallan ja kehitän-opintojaksoa ja aloitimme työsuunnitelman tekemisen. Valmiin työsuunnitelman esittelimme työsuunnitelmapajassa ja se hyväksyttiin syksyllä 2016. Tämän jälkeen laadimme ohjaus- ja hankkeistamissopimuksen ja haimme opinnäytetyölupaa HUS-organisaatiolta. Tutkimusluvan saamisen jälkeen jatkoimme opinnäytetyön työstämistä. Opinnäytetyön raportin sisällysluettelo ja työn sisältö muuttuivat useaan kertaan työn edetessä. Tiedon haku ja prosessointi vaativatkin yllättävän paljon aikaa ja resursseja. Teoriatiedon rajaaminen ja muokkaaminen selkeään muotoon vei myös aikaa. Lisäksi toimeksiantaja toivoi kuvaushuoneiden laitetekniikan lisäämistä ohjeeseen, mitä oli haastavaa muokata luettavaan muotoon. Opinnäytetyön haastavin osa-alue oli varmasti tiedon rajaaminen. Piti varmistaa, ettei ohjeesta puutu mitään tärkeää, ja samalla pitää se selkeänä ja helppolukuisena. Rajasimme ohjeen keuhkojen natiiviröntgentutkimuksiin, sillä se on yleisimpiä röntgentutkimuksia ja myös yleisin potilasannosmittausten kohde.

Työsuunnitelmapaiheessa arvioimme opinnäytetyöprosessiin liittyviä riskejä SWOT-analyysin avulla (liite 2). Lyhenne SWOT tulee englannin kielen sanoista Strengths (vahvuudet), Weaknesses (heikkoudet), Opportunities (mahdollisuudet) ja Threats (uhat). SWOT-analyysi on väline, jolla helpotetaan oppimisen analysointia. Se on jaettu sisäisiin (vahvuudet ja heikkoudet) ja ulkoisiin tekijöihin (mahdollisuudet ja uhat). Analyysin pohjalta pystytään tunnistamaan oppimisen ja prosessin ongelmat, sekä vahvuudet ja mahdollisuudet. (Opetushallitus 2017.) Vahvuuksinamme opinnäytetyöprosessissa pidimme hyvää motivaatiotamme työn tekemiseen sekä keskinäistä yhteistyötämme. Olimme tehneet paljon ryhmätöitä yhdessä röntgenhoitajakouluksen aikana, joten toisen työskentelytavat olivat entuudestaan tuttuja. Myös aiheen työelämälähtöisyyden koimme vahvuudeksi. Heikkouksiksi arvioimme kiireiset aikataulumme, yhteisen ajan löytäminen voisi olla haastavaa. Prosessin mahdollisuuksina pidimme yhteistyötä työelämän kanssa ja syventävää oppimista potilasannosmittauksista. Mahdollisuutena näimme myös opinnäytetyön tuotoksesta aiheutuvan konkreettisen hyödyn opiskelijoille ja opiskelijaohjaajille. Uhiksi koimme aikataulun pettämisen, motivaation loppumisen ja teoriatieto-osion painumisen. Opinnäytetyöprosessin loppuvaiheessa huomasimme, että vaikka olimme arvioineet kompastuskivet osuvasti jo prosessin alkuvaiheessa, emme pystyneet näitä täysin välttämään. Aikataulu ja tiedon rajaaminen osoittautuivat meille haastaviksi osa-alueiksi. Kuitenkin riskiarvion ansiota oli mahdollisesti se, että ongelmat saatiin pidettyä aisoissa, kun ongelmakohdat tiedostettiin.

7.1 Tuotos ja sen arviointi

Työn arviointi täydentää oppimisprosessia. Arvioinnissa on tärkeää käydä läpi asetettujen tavoitteiden saavuttamista; saavutettiinko asetetut tavoitteet vai olisiko jotain voinut tehdä toisin. Kohderyhmältä saatu palaute auttaa saavutettujen tavoitteiden arviointia, jolloin arviosta ei tule liian subjektiivinen. (Vilka ja Airaksinen 2003, 154–157). Ohjeen sisällöstä ja valmiista ohjesta pyysimme palautetta työn

tilaajalta ennen julkaisua. Palautteen mukaan teimme muutoksia ohjeeseen. Saimme sekä hyvää palautetta että lisäsehdotuksia työhömmä. Palautteen ansioista saimme muokattua ohjetta paremmin tilaajan tarpeiden ja toiveiden mukaiseksi. Palautteessa tuli ilmi myös hyviä huomioita, joita meillä oli jäänyt huomaamatta. Lisäsimme ohjeeseen Säteilyturvakeskuksen määräyksen potilasannosten suorittamisen ajoituksista. Lisäsimme myös maininnan potilasannostamittauksen suorittamisen informoimisesta potilaalle, sekä potilaalta luvan kysymisen tietojen keräämisestä. Potilaan tulee tietää mitä tehdään ja mitä varten tietoja kerätään. Lisäksi tulee muistaa potilaan tietosuoja ja kertoa, että kerättäviä tietoja ei lisätä potilastietoihin vaan ovat osa laatumittauksia. Vertailutaso kappaleeseen lisäsimme maininnan annostasoista. Vertailutasoja pienempiä annostasoja voidaan määrittää organisaatiokohdaisesti, jolloin jokainen kuvantamisyksikkö voi asettaa omat annostasonsa. Lisäsimme myös pyynnöstä kappaleen vesifantomien käytöstä potilasannostamittauksen vertailussa. Tilaajan mukaan ohjeen tulee olla siisti ja selkeä ja saimme hyväksynnän ohjeen ulkoasulle.

Ohjeen rakenteen muodostamisessa pyrimme miettimään potilasannostamittauksen suorittamisen vaiheita ja mielestämme ohje eteneekin loogisessa järjestyksessä. Ohjeen alkuun on kerätty lyhenteet ja määritelmät -osio, josta on helppo nopeasti silmäillä esimerkiksi aiheeseen liittyvien lyhenteiden merkitystä. Sisältöä suunnitellessamme yritimme saada tiivistettyyn muotoon kaiken teorian tiedon perustan, jota opiskelija mielestämme tarvitsee potilasannostamittauksiin liittyvillä opintojaksoillaan. Työhön valittiin teoriaa myös sen perusteella, mitä itse pidimme tärkeinä asioina röntgenhoitajan kannalta. Ohjeen tiivistäminen olikin mielestämme hyvin haasteellista, ensimmäiset versiot ohjeesta olivat hyvin pitkiä. Tarpeelliseksi katsomamme tiedon määrä ja sen tiivistäminen ymmärrettävään muotoon muodosti meille suuria haasteita. Lisäksi laitetekniikan sulauttaminen työhön lisäsi ohjeen pituutta. Ohjeessa käytettiin jonkin verran kuvia ja taulukoita, sillä koimme niiden tukevan työtä ollen selkeitä ja informatiivisia.

Ohjeen teorian tieto-osio potilasannostamista luo mielestämme pohjan potilasannostamittauksen suorittamiselle, ja selvittää myös miksi potilasannostamista mitataan. Potilasannostamiseen vaikuttavat tekijät -osio lisää opiskelijan tietoa annostamittauksen keinoista ja toteutuksesta. Röntgenhoitajan on mielestämme tärkeää tietää mitkä asiat vaikuttavat potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen. Potilasannostamittauksen tulkinta -osion tarkoitus on lisätä ymmärrystä siitä, miksi potilasannostamista on tärkeä seurata ja toimia runkona toimenpiteille joihin ryhdytään, mikäli potilasannostamittauksissa toistuvasti ylittyvät. Ohjeesta tuli sivumäärältään melko pitkä, mikä voi vaikuttaa halukkuuteen tutustua ohjeeseen. Ohjeen sivut ovat kuitenkin suhteellisen väljät ja selkeät, jolloin luettavuus säilyi mielestämme hyvänä. Käytimme myös kuvia ja taulukoita havainnollistamaan ja keventämään teoriaosuuksia.

Opinnäytetyöstä hyötyvät röntgenhoitajaopiskelijat sekä opiskelijoita käytännön harjoittelun jaksolla ohjaavat röntgenhoitajat. Ohjeesta opiskelijat saavat perustiedon potilasannostamittauksen määrittämisestä. Ohje onkin hyvä itseopiskelumateriaali koulun opintojaksoja tukemaan ensimmäisen natiiviröntgen-tutkimusten harjoittelujakson aikana. Opiskelijaohjaaja taas voi ohjeen avulla palauttaa mieleensä aihepiiriin teorian tietoa opiskelijoita harjoittelussa ohjatessaan.

7.2 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyötä tehdessä tulee toimia tutkimusetiikan mukaan. Tämä tarkoittaa hyvän tieteellisen käytännön noudattamista. Hyvä tieteellinen käytäntö tarkoittaa, että opinnäytetyöntekijät toimivat rehellisesti ja noudattavat yleistä huolellisuutta sekä tarkkuutta opinnäytetyöprosessin jokaisessa vaiheessa. Yksi keskeisimpiä periaatteita on, ettei toisen kirjoittamaa tekstiä saa lainata ilman asianmukaisia lähdemerkintöjä, eli plagioida. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2009, 23, 25–26.) Opinnäytetyö pyrittiin kirjoittamaan ilman suoria lainauksia, omin sanoin. Tämän koimme haastavaksi varsinkin säteilyannoksen määrittämistä käsittelevässä luvussa kolme, jossa teoria oli paljon fysiikkaan pohjaavaa. Onnistuimme kuitenkin mielestämme esittämään asiat omana tekstinämme, selkeästi ja ymmärrettävästi. Myös oma ymmärryksemme aiheesta syveni huomattavasti, kun jouduimme prosessoimaan teoriatietoa perusteellisesti. Lähdemerkinnät teimme huolellisesti Savonia-ammattikorkeakoulun kirjallisen raportointiohjeen mukaan.

Työn eettisyyden vastuullisuus koostuu laadukkaan tutkimusaineiston hankkimisesta sekä työn vaiheiden tarkan ja rehellisen toteuttamisen kautta. Eettisyyttä lisäävät työtä koskevat valinnat sekä valintojen perustelut. Lisäksi työn etiikan tulee olla sopusoinnussa hoitotyön etiikan kanssa. (Hoitonetti 2017.) Valintojamme perustelimme mielestämme hyvin. Luotettavuuden näkökulmaa lisää toimeksiantajan kanssa tekemämme yhteistyö opinnäytetyön prosessin aikana. Saimme varmuutta ohjeen sisällön rakentamisesta toimeksiantajalta, jolloin ohje mahdollisesti palvelee tilaajaa paremmin.

Ohjeeseen liitetyt röntgenlaitteistosta otetut kuvat otimme itse ja niiden käyttämiseen saimme luvan osastonhoitajalta. Muut opinnäytetyössä käytetyt kuvat olivat Oppiportin ja Säteilyturvakeskuksen aineistoa. Näiden kuvien käyttöoikeudet selvitimme lähteiden internet-sivustoilta. Oppiportin käyttöehdoissa kerrotaan, että ”Loppukäyttäjä on oikeutettu käyttämään yksittäisiä kuvia ei-kaupallisissa tieteellisissä opinnäytetöissään tai muissa tieteellisissä kirjoituksissaan selventämään tai havainnollistamaan kirjoituksensa tekstiä. Edellytyksenä mainitulle käytölle on, että kuvan lähde ilmoitetaan.” (Oppiportti 2017.) Säteilyturvakeskuksen internet-sivuilta löytyi osio Tekijänoikeudet ja vastuut, missä oli tieto, että ”Verkkopalvelussa olevia tietoja sekä STUKin omia kuvia ja videoita saa käyttää lähde mainiten, mutta niitä ei saa muokata eikä liittää harhaanjohtavaan asiayhteyteen.” (Säteilyturvakeskus 2017c.)

Opinnäytetyön luotettavuutta lisää tarkka selvitys sen toteuttamisen vaiheista (Hirsjärvi ym. 2009, 232). Tässä raportissa opinnäytetyöprosessi esitetään Toiminnallisen opinnäytetyön toteutuksen vaiheet -luvussa, joka käsittelee toiminnallisen opinnäytetyön etenemistä vaiheittain. Toteutimme toiminnallisen opinnäytetyön toimeksiantajan toivomasta aiheesta. Haimme hyvän käytännön mukaisesti luvan työn tekemiseen, jonka jälkeen aloitimme opinnäytetyön työstämisen, samalla tarkasti dokumentoiden prosessin vaiheet.

Opinnäytetyöprosessissa lähdekritiikki on välttämätöntä työn luotettavuuden kannalta. Lähdeaineistoa tarkasteltaessa tulee huomiota kiinnittää lähteiden laatuun. Opinnäytetyössä pyritään käyttämään tuoreita lähteitä, jolloin tutkimustieto olisi ajantasaista. Lähteiden tulee olla alkuperäisiä julkaisuja, jolloin

tieto on alkuperäistä, eikä ensisijaisen lähteen tulkintaa. (Vilka ja Airaksinen 2003, 72–73.) Lähde- materiaalin laadullisuutta arvioimme näyttöön perustuvuuden näkökulmasta. Tiedon oikeellisuutta ja luotettavuutta arvioimme lähdetietokantojen luotettavuuden perusteella; käytimme tieteellisistä ja tunnetuista tietokannoista löytyviä julkaisuja ja artikkeleita. Iso osa opinnäytetyön teoriasta perustuu Säteilyturvakeskuksen julkaisuihin, joiden perustana ovat lainsäädännöt ja asetukset. Käytimme työs- sämme suurimmaksi osaksi alkuperäislähteitä, mikä lisää opinnäytetyön luotettavuutta. Pyrimme käyt- tämään myös mahdollisimman tuoreita lähteitä, mutta esimerkiksi yksi tärkeimmistä lähteistämme oli vuodelta 2004; Säteilyturvakeskuksen julkaisu ”Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyal- tistuksen määrittäminen”. Arvioimme julkaisun iästään huolimatta luotettavaksi ja ajantasaiseksi läh- teeksi; osa teorian tiedosta ei ole muuttunut ajan saatossa, eikä Säteilyturvakeskus ole vastaavaa uu- dempaa opasta julkaissut.

7.3 Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön tarkoituksena on tukea opiskelijan ammatillista kasvua ja työelämän asiantuntijuuden kehittymistä. Työelämän asiantuntijuus muodostuu ammattispesifeistä taidoista ja tiedoista, yleisistä työelämävalmiuksista sekä itsesäätelyvalmiuksista. Opinnäytetyöprosessi vahvisti kohdallamme kaik- kia kolmea osa-aluetta. Työelämän valmiutemme kehittyivät opinnäytetyön etenemisen ja työn pro- sessorinnin hallinnan myötä. Itsesäätelyvalmiuksilla tarkoitetaan organisointikykyä ja oman oppimisen kehittymistä, jotka molemmat vahvistuivat opinnäytetyöprosessin edetessä. Tietomme varsinkin poti- lasannoksiin liittyen lisääntyivät huomattavasti. (Virtuaaliammattikorkeakoulu 2012.)

Opinnäytetyölle pohjana toimivat omat kokemuksemme ensimmäisen lukuvuoden röntgenhoitajaopis- kelijoina sekä myös keskustelut muissa ammattikorkeakouluissa opiskelevien röntgenhoitajaopiskeli- joiden kanssa. Potilasannoksiin liittyvät tehtävät miellettiin yleisesti ehkä hieman hankaliksi ja aihe epäkiinnostavaksi. Röntgenhoitajan on kuitenkin tärkeää tietää, miksi ja millä menetelmillä potilasan- noksia seurataan, ja millä asioilla on vaikutusta potilaalle aiheutuvaan säteilyannokseen. Röntgenhoi- taja voi myös työssään joutua vastaamaan potilasta askarruttaviin kysymyksiin säteilyannoksista tai tutkimusten haitallisuudesta. Tällöin on tärkeää, että potilaalle voidaan vastata luotettavasti ja asian- tuntevasti. Koemme, että oma asiantuntijuutemme varsinkin potilasannosten määrittämiseen ja optimointiin liittyen kasvoi huomattavasti opinnäytetyöprosessin myötä.

Opinnäytetyöprosessi kokonaisuudessaan vahvisti myös oppimisen taitojamme; taidot tiedon hankin- nassa ja kriittisessä arvioinnissa kehittyivät prosessin edetessä. Lisäksi otimme vastuuta omasta oppi- misestamme sekä opitun tiedon jakamisesta toisillemme. Opinnäytetyön eri vaiheissa asetimme ta- voitteita, jotka saavutimme. Opinnäytetyön aihe tuli työn tilaajalta ja opinnäytetyö oli työelämälähtöi- nen. Opinnäytetyön käytännönläheisyys ja yhteistyö työn tilaajan kanssa vahvistivat työelämälähtöi- syyttä ja auttoi meitä yhdistämään teorian tietoa käytäntöön. Työelämän valmiutemme kehittyivät opin- näytetyön etenemisen ja työn prosessorinnin hallinnan myötä. Viestintä- ja vuorovaikutustaitomme kehittyivät kiireisen aikataulun myötä, kun aikatauluja täytyi sovittaa, jotta löytyisi aikaa yhteiselle työstämiselle. Yhdessä työn prosessorinnin koimme tärkeäksi työskentelymuodoksi, ajatusten vaihtaminen ja aiheesta keskustelu auttoivat työn eteenpäin viemisessä. Englannin kielen taitomme

ja kansainvälisyysosaamisemme kehittyivät opinnäytetyössä käytettyjen kansainvälisten lähteiden myötä. Opinnäytetyöprosessin edetessä englanninkielisen lähdekirjallisuuden lukeminen helpottui huomattavasti ja ammattisanasto karttui. Tulevaisuudessa kynnys hakea tietoa englanninkielisistä lähteistä on huomattavasti pienempi kuin ennen opinnäytetyöprosessia.

Parantamisen varaa opinnäytetyön prosessista löytyy ajan käytön suunnittelusta. Aikataulun tehokkaampi ja yksityiskohtaisempi suunnittelu olisi voinut auttaa meitä pysymään paremmin aikataulussa. Toisaalta työskentelemme molemmat tehokkaimmin pienen kiireen ja stressin vallitessa, joten aikataulun tiukkuus loppua kohden ei aiheuttanut suurta ongelmaa. Myös tiedon rajaaminen osoittautui haastavaksi osa-alueeksi. Tuntui hankalalta jättää tärkeinä pitämiämme asioita käsittelemättä. Vaikka kuitenkin teimme rajaamista, tuli ohjeesta silti melko laaja kokonaisuus. Olennaisimman tiedon poimimisen taidossa jäi siis vielä kehittämisen varaa.

Jatkotutkimuksena voisi selvittää, onko ohje edistänyt röntgenhoitajaopiskelijoiden oppimista ensimmäisillä natiiviröntgentutkimuksen harjoittelujaksoilla tai ovatko opiskelijaohjaajat kokeneet saaneensa ohjeesta tukea opiskelijoiden ohjaukseen potilasannoksiin liittyen. Potilasannostietoja voitaisiin kerätä myös sähköisesti. Nykyään on tarjolla automaattisia annoskeräysjärjestelmiä, jotka liitetään kuvauslaitteeseen. Järjestelmä toimii taustalla huomaamatta ja kerää, tallentaa ja laskee annostietoja automaattisesti. Annoskeräysjärjestelmän avulla voidaan muun muassa seurata potilaiden annoshistoriaa eri laitteilta ja tarkastaa potilaskohtaisesti ja tutkimuskohtaisesti kuvausparametrit ja annostiedot sekä vertailla tutkimusten annostasoja kansallisiin vertailutasoihin. Automaattisen annoskeräysjärjestelmän avulla voitaisiin seurata myös optimoinnin toteutumista entistä tarkemmin sekä käyttöpaikka- että aluekohtaisesti. (Ruohonen 2015, 2–5.)

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- AITTOKUMPU, Susanna ja LAMMINPÄÄ, Henna 2012. Säteilyannokset lasten keuhkojen röntgen tutkimuksessa [verkkojulkaisu]. Tampereen ammattikorkeakoulu. Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2017-11-07.] Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/50799/Aittokumpu_Susanna_Lamminpaa_Henna.pdf?sequence=1
- EKPO, Ernest U., HOBAN, Alishja C. ja McENTEE, Mark F. 2014. Optimisation of direct digital chest radiography using Cu filtration. *Radiography*, Nov2014; 20(4): 346-350. (5p) [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-04-26.] Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S1078817414001011>
- ENGEL-HILLS, Penelope 2005. Radiation protection in medical imaging. *Radiography* (2006) 12, 153-160, julkaisijana Elsevier [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-04-29.] Saatavissa: [http://www.radiographyonline.com/article/S1078-8174\(05\)00066-0/fulltext](http://www.radiographyonline.com/article/S1078-8174(05)00066-0/fulltext)
- EUROPEAN COMMISSION 2014. Radiation protection no 175. Guidelines on radiation protection education and training of medical professionals in the european union [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-11-12.] Saatavissa: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/175.pdf>
- HERMANN, Tracy L., FAUBER, Terri, GILL, Julie, HOFFMAN, Colleen, ORTH, Denise K. PETERSON, Paulette A. PROUTY, Randy R., WOODWARD, Andrew P. ja ODLE, Teresa G. 2012. Best Practices in Digital Radiography. American Society of radiologic technologists [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-11-13.] Saatavissa: https://www.asrt.org/docs/default-source/publications/whitepapers/asrt12_bstp-racdigradwhp_final.pdf
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.
- HOITONETTI 2007. Vuorovaikutuskulttuuri hoitotyössä, Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-11-21.] Saatavissa: http://hoitonetti.turkuamk.fi/Hoitonetti/2005_Vuorovaikutuskulttuuri/Tutkimuksenluotettavuus.html
- HUS-KUVANTAMINEN 2017a. Natiiviröntgentutkimusten yleisohje [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-11-15.] Saatavissa: [http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi MO yleinen/Natiiviröntgentutkimusten_yleisohje.pdf](http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi%20yleinen/Natiiviröntgentutkimusten_yleisohje.pdf)
- HUS-KUVANTAMINEN 2017b. Thoraxin natiiviröntgen [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-11-15.] Saatavissa: [http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi kaulan ja rintakehän menettelyohjeet/Thoraxin natiiviröntgen.pdf](http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi%20kaulan%20ja%20rintakehn%20oppaat/Thoraxin%20natiiviröntgen.pdf)
- HUS-KUVANTAMINEN 2017c. Thorax natiiviröntgen, hyvän kuvan kriteerit [verkkojulkaisu]. HUS-kuvantaminen. [Viitattu 2017-03-21.] Saatavissa: <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/Natiivi%20%20kaulan%20ja%20rintakehn%20oppaat/Thoraxin%20natiiviröntgen,%20hyv%C3%A4n%20kuvan%20kriteerit.pdf>
- HUS-KUVANTAMINEN, KOTKA 2017a. Laadunvalvontamittauspöytäkirja. Huonekansio. Kotkan keskussairaalan HUS-kuvantamisen yksikkö.
- HUS-KUVANTAMINEN, KOTKA 2017b. Potilasannosmittausten tiedonkeruulomake. Huonekansio. Kotkan keskussairaalan HUS-kuvantamisen yksikkö.
- JAUHIAINEN, Jukka 2007. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus, tietokonetomografia [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-12-16.] Saatavissa: <http://www.tekniikka.oamk.fi/~jjauhiai/opetus/mittalaitteet/mittalaitteet07-v1.1.pdf>
- JURVELIN, Jukka S. 2005. Radiologisen kuvantamisen fysiikka ja tekniikka sekä varjoaineet. Teoksessa: SOIMAKALLIO, Seppo, KIVISAARI, Leena, MANNINEN, Hannu, SVEDSTRÖM, Erkki ja TERVONEN, Osmo (toim.) *Radiologia*. Porvoo: WSOY 11 – 43

- JÄRVENPÄÄ, Ritva 2005. Thorax. Teoksessa: SOIMAKALLIO, Seppo, KIVISAARI, Leena, MANNINEN, Hannu, SVEDSTRÖM, Erkki ja TERVONEN, Osmo (toim.) Radiologia. Porvoo: WSOY, 93 – 95.
- JÄRVENPÄÄ, Ritva 2012. Thoraxkuva tänään. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-01-04.] Saatavissa: <http://www.duodecim-aikakauskirja.fi/lehti/2012/22/duo10626>
- JÄRVENPÄÄ, Ritva 2016. Thoraxkuva ja sen tulkinta. Duodecimin julkaisussa Kliininen Radiologia [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-03-22.] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/krd00301/do>
- JÄRVINEN, Hannu 2005. Säteilysuojelu. SOIMAKALLIO, Seppo, KIVISAARI, Leena, MANNINEN, Hannu, SVEDSTRÖM, Erkki ja TERVONEN, Osmo (toim.) Radiologia. Porvoo: WSOY, 77 – 89.
- KORTESNIEMI, Mika 2008. Digitaalinen röntgenkuvaus ja säteilyannokset [verkkojulkaisu]. Physico-Medicae. [Viitattu 2017-11-20.] Saatavissa: <https://www.physicomedicae.fi/uncategorized/digitaalinen-rontgenkuvaus-ja-sateilyannokset/>
- KYNGÄS, Helvi, KÄÄRIÄINEN, Maria, POSKIPARTA, Marita, JOHANSSON, Kirsi, HIRVONEN, Eila ja RENFORS, Timo 2007. Ohjaaminen hoitotyössä. Helsinki: WSOY.
- LADIA, Arsenoi P., SKIADOPOULOS, Spyros G., KARAHALIOU, Anna N., MESSARIS Gerasimos A.T., ELIS, Harry B. ja PANAYIOTAKIS, George S. 2016. A method to derive appropriate exposure parameters from target exposure index and patient thickness in pediatric digital radiograph [verkkojulkaisu]. European Journal of Radiology 85 (2016), 1689–1694. Elsevier. [Viitattu 2017-11-07.] Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0720048X16302194>
- LAMMENTAUSTA, Eveliina 2016. Ionisoivan säteilyn fysiikka. Duodecimin julkaisussa Kliininen Radiologia [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-03-22.] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/krd01402/do#s2>
- LAMMI, Seppo 2015. Säteilyn ilmaisimet [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-01-05.] Saatavissa: https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja1_4.pdf/3f6c3115-afa3-4b1e-9fb6-8cba27fb2a1a
- LEHTIMÄKI, Tiina-Talvikki 2015. Millainen on hyvä thoraxkuva tulkitsijan kannalta? [verkkojulkaisu]. Sädeturvapäivät. [Viitattu 2017-03-23.] Saatavissa: <http://www.sadeturvapaivat.fi/file.php?970>
- MALMSTRÖM, Christel ja SAARINEN, Satu 2011. Vastasyntyneiden rintakehän paksuuden vaikutus sädeannoksiin thorax-kuvauksessa, Annosvertailua vastasyntyneiden kesken Jorvin sairaalassa [verkkojulkaisu]. Metropolia AMK. Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2017-11-07.] Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26869/OPINNAYTE-TYOsatujaChristel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MANNILA, Vilma 2005. Potilaan säteilyaltistus röntgentutkimuksissa. Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen ja vertailutasot. Säteilyturvakeskuksen julkaisussa Säteilyturvallisuus ja laatu röntgen diagnostiikassa 2005, Järvinen, Hannu (toim.) [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-01-06.] Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/122867/stuk-c4.pdf?sequence=1>
- MARTTILA, Olli J. 2004. Suureet ja yksiköt. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.) Säteily ja ydinturvallisuus –kirjasarja. 1. Säteily ja sen havaitseminen. Säteilyturvakeskus. [Viitattu 2016-02-01.] Saatavissa: https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja3_1.pdf/a825da96-784a-4868-80a7-3a3d33549257
- MIETTINEN, Asko, SERVOMAA, Antti ja TOIVONEN, Matti 2000. Säteilyturvallisuus ja laatu röntgen diagnostiikassa 2000 [verkkojulkaisu]. Säteilyturvakeskus STUK-A174. [Viitattu 2016-02-16.] Saatavissa: <http://julkari.fi/bitstream/handle/10024/123379/stuk-a174.pdf?sequence=1>
- NIEMI, Terttu, NIETOSVUORI, Leena ja VIRIKKO, Helena 2006. Hyvinvointialan viestintä. Helsinki: Edita Prima.
- NIITTYMÄKI, Henri 2007. Potilasannoksen mittausmenetelmä postitse tapahtuvaan säteilyn käytön valvontaan. Pro gradu –tutkielma. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Fysikaalisten tieteiden laitos. Helsingin yliopisto. [Viitattu 2017-10-16.] Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20981/potilasa.pdf?sequence=2>

- OPETUSHALLITUS 2017. SWOT-analyysi [verkkosivusto]. [Viitattu 2017-11-25.] Saatavissa: http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/laadunhallinnan_tuki/wbl-toi/menetelmia_ja_tyovalineita/swot-analyysi
- OPPIPORTTI 2017. Käyttöehdot ja rekisteriseloste [verkkosivusto]. [Viitattu 2017-11-25.] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/koti>
- PESONEN, Elisa 2007. Julkaisijan käsikirja. Jyväskylä: WSOY
- PESONEN, Soili ja TARVAINEN, Juha 2005. Julkaisun tekeminen. Porvoo: WS Bookwell.
- PÖYRY, Paula 2004. Annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) mittaaminen röntgendiagnostiikassa ja DAP-mittareiden kalibrointi. Pro gradu –tutkielma. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Fysiikkaalisten tieteiden laitos. Helsingin yliopisto. [Viitattu 2016-02-16.] Saatavissa: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/fysik/pg/poyry/annoksen.pdf>
- RUOHONEN, Jyrki 2013. Säteilyannoksen optimointi ja kuvankäsittely [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-11-15.] Saatavissa: <http://www.sadeturvapaivat.fi/file.php?743>, 37-38.
- RUOHONEN, Jyrki 2015. Automaattiset annoskeräysjärjestelmät – yleisesittelyä ja käytännön hyödyntämistä kentällä. Terveydenhuollon röntgentoiminnan asiantuntijoiden neuvottelupäivät [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-11-11.] Saatavissa: <http://www.stuk.fi/documents/12547/152964/RuohonenJyrki-Siikaranta-RT2015.pdf/37760c1d-40eb-4158-b8aa-706cbe721dad>
- SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2017. Kirjasto. Oppaat. Tietokannat aakkosittain [verkkosivusto]. [Viitattu: 2017-11-15.] Saatavissa: <http://libguides.savonia.fi/az.php?a=c>
- STM 423/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus säteilyn lääketieteellisestä käytöstä. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2016-11-16.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000423>
- STUK-A235. Säteilysuojelun perussuositukset 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. [Viitattu 2016-01-31]. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124335/stuk-a235.pdf?sequence=1>
- SÄTEILYLAKI. L 1991/592. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2016-11-12]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910592>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2004. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2016-12-16]. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125145/rontgensateily.pdf?sequence=1>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2014. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa [verkkajulkaisu]. ST-ohje 3.3. [Viitattu 2017-11-29]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/26677-ST3-3.pdf>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2015a. Säteily terveydenhuollossa [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2016-11-12]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2015b. Luonnon taustasäteily [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-12-02]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-ymparistossa/luonnon-taustasateily>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2017a. Säteily terveydenhuollossa [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-12-02]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2017b. Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot aikuisten tavanomaisissa röntgentutkimuksissa [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-09-16]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/documents/12547/476916/Paatos-11-3020-2017-vertailutasot-aikuisten-tavom-r-tutkimusissa.pdf/8ef349b0-52f4-3419-ec4a-886e950d2b38>
- SÄTEILYTURVAKESKUS 2017c. Tietoa STUKista. Tekijänoikeudet ja vastuut [verkkosivu]. [Viitattu 2017-11-25]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/tietoa-stukista/tietoa-palvelusta>
- TAPIOVAARA, Markku 2004. Digitaalinen kuvantaminen, Potilaan säteilyaltistuksen optimointi [verkkajulkaisu]. Säteilyturvakeskuksen julkaisussa Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa,

- Järvinen, Hannu (toim.). [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/123501/stuk-c3.pdf?sequence=1>
- TAPIOVAARA, Markku, PUKKILA, Olavi ja MIETTINEN, Asko 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.) Säteily ja ydinturvallisuus –kirjasarja. 3. Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus. [Viitattu 2017-11-01]. Saatavissa: http://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja3_1.pdf/a825da96-784a-4868-80a7-3a3d33549257
- TORKKOLA, Sinikka, HEIKKINEN, Helena ja TIAINEN, Sirkka 2002. Potilasohjeet ymmärrettäväksi: Opas potilasohjeiden tekijöille. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- TUOMI, Sirpa ja LATVALA, Eila 2014. Opinnäytetyön ohjaajan käsikirja, opinnäytetyön tiedonhankinta [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2017-11-15]. Saatavissa: <https://oppimateriaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/opinnaytetyo-prosessina/tiedonhankinta/>
- VILKKA, Hanna ja AIRAKSINEN, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi Oy
- VIRTUAALI AMMATTIKORKEAKOULU 2012. Asiantuntijuuden kehittyminen [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2017-11-21]. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/030906/1113558655385/1113561758365/1154602211756/1154602921246.html>
- ZHANG, Menglong ja CHU, Cunkun 2011. Optimization of the Radiological Protection of Patients Undergoing Digital Radiography. Society for Imaging Informatics in Medicine (2012) 25:196–200 [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2017-04-28]. Saatavissa: <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.savonia.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=556550b7-4b23-477c-ae81-04875eb5cd5e%40sessionmgr104&vid=4&hid=115>

LIITE 1: SÄTEILYTUOTTOKÄYRÄN MÄÄRITTÄMINEN

Röntgenputken säteilytuotto mitataan laadunvalvontamittausten yhteydessä säteilyttämällä annosmittari yhden metrin etäisyydellä fokuksesta ja lukemalla sen jälkeen annosmittarin näyttämä sekä säteilytyksessä käytetty virta-aikatulo (mAs). Säteilytuottomittauspöytäkirjan avulla voidaan piirtää säteilytuottokäyrä esimerkiksi Excel-ohjelman avulla ja käyrältä voidaan määrittää säteilytuotto myös muilla kuin mittauksissa käytetyillä jännitteillä. (Säteilyturvakeskus 2004, 7, 25–27.)

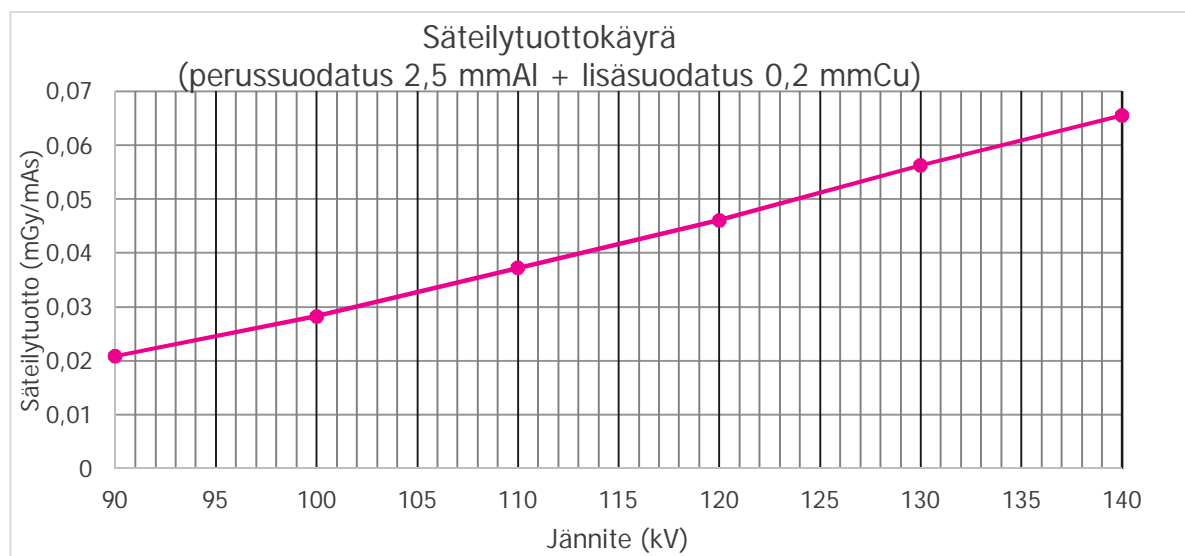
Lisäsuodatus 0.2 mmCu

Kenttäkoko m	Fokus	mAs-aset.	kV-aset.	Unfors μGy	lask. μGym ²	DAP μGym ²	DAP Virhe%:		
0,2000	X	0,2000	iso	10	90	208,500	8,34	8,80	5,5
0,2000	X	0,2000	iso	10	100	282,300	11,29	11,30	0,1
0,2000	X	0,2000	iso	10	110	372,200	14,89	14,30	-3,9
0,2000	X	0,2000	iso	10	120	460,700	18,43	16,80	-8,8
0,2000	X	0,2000	iso	10	130	562,200	22,49	19,7	-12,4

Kuva 6. Ote kuvaahuone X:n laadunvalvontamittauspöytäkirjasta, lisäsuodatus 0,2 mmCu. (HUS-kuvantaminen, Kotka 2017a.)

TAULUKKO 6. Säteilytuotto lisäsuodatuksella 0,2 mmCu, (ilmakerma muutettu mGy:ksi)

Kuvausjännite (kV)	Ilmakerma (mGy) / Sähkömäärä (mAs)	Säteilytuotto (mGy/mAs)
90	0,2085 / 10	0,02085
100	0,2823 / 10	0,02823
110	0,3722 / 10	0,03722
120	0,4607 / 10	0,04607
130	0,5622 / 10	0,05622



KUVIO 1. Kuvaahuoneen X säteilytuottokäyrä kokonaissuodatuksella 2,5 mmAl + 0,2 mmCu.

LIITE 2: SWOT-ANALYYSI

S I S Ä I N E N	VAHVUUDET - Työelämälähtöisyys; työlle on tarve - Tekijöiden motivaatio - Tekijöiden keskinäinen yhteistyö	HEIKKOUEDET - Tekijöiden aikataulut / ajan puute
U L K O I N E N	MAHDOLLISUUDET - Yhteistyö työelämän kanssa - Konkreettinen hyöty opiskelijoille ja opiskelijaohjaajille - Syventävä oppiminen potilasnottomittauksista	UHKAT - Aikataulun pettäminen - Motivaation loppuminen - Teoriatieto-osion paisuminen