



**VASTASYNTYNEIDEN RINTAKEHÄN  
PAKSUUDEN VAIKUTUS SÄDEANNOKSIIN  
THORAX-KUVAUKSESSA**

Annosvertailua vastasyntyneiden kesken Jorvin sairaalassa

Radiografian ja sädehoidon  
koulutusohjelma,  
röntgenhoitaja  
Opinnäytetyö  
7.4.2011

---

Christel Malmström  
Satu Saarinen

Koulutusohjelma	Suuntautumisvaihtoehto	
Radiografian ja sädehoidon ko.	Radiografian ja sädehoidon ko.	
Tekijä/Tekijät		
Christel Malmström ja Satu Saarinen		
Työn nimi		
Vastasyntyneiden rintakehän paksuuden vaikutus sädeannoksiin thorax-kuvauksessa.		
Työn laji	Aika	Sivumäärä
Opinnäytetyö	Kevät 2011	31+7 liitettä
TIIVISTELMÄ		
<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia, voidaanko vastasyntyneiden lasten thorax-kuvauksesta aiheutuvaa säteilyannosta pienentää. Kaikki lapset ovat rakenteeltaan hieman eri kokoisia, vaikka painaisivatkin yhtä paljon. Tutkimuksen tarkoitus oli verrata eri lasten säteilyannoksia ja miettiä voidaanko säderasitusta pienentää valitsemalla kuvausarvot potilaan paksuuden mukaan, painon sijasta. Tutkimuksen työstämiseen kuului muun muassa annoslaskujen laskeminen, niiden arvioiminen kerättyä tutkimusmateriaalia hyväksikäyttäen ja perehtyminen säteilyn erilasiin vaikutuksiin niin vastasyntyneillä kuin yleiselläkin tasolla.</p> <p>Kun tarkastelimme painoja ja rintakehän paksuuksia, totesimme, että rintakehän paksuus ei kasva lineaarisesti suhteessa painoon. Emme siis voi olettaa että tietynpainoisella lapsella rintakehän paksuus olisi tietty ja kasvanut painon mukaan. Havaitimme, että samankokoisten vauvojen rintakehän paksuuksissa on eroja. Tämän vuoksi tulimme pohdinnoissamme lopputulokseen, että ei voida yksiselitteisesti nimetä menetelmää, jolla vastasyntyneet tulisi kuvata.</p> <p>Kiinnitimme huomiota annoslaskuja laskiessamme niiden poikkeavuuksiin. Toisinaan, vaikka kyseessä oli kaksi tarkalleen samankokoista vauvaa, saattoi tutkimuksesta aiheutuneet annokset poiketa toisistaan selvästi. FFD:llä (Film Focus Distance) oli tutkimuksessamme vahva merkitys, sillä se ei ollut jokaisessa tutkimuksessa vakio. Tämä vääristi tutkimustuloksia, sillä etäisyyden muutoksella on dramaattinen vaikutus säteilyannokseen. Vertasimme kyseisen paikan säteilyannosia lasten thorax-tutkimusten vertailutasoihin. Pohdimme myös potilaiden tutkimusten s-arvoja. Vertasimme niitä FFD-etäisyyksiin ja tutkimuksista saatuihin sädeannoksiin. Huomasimme, että FFD vaikuttaa suoraan myös s-arvoon. Pohdimme s-arvon kautta myös tutkimuksessa käytettyä säteilynmäärää.</p> <p>Tutkimukselle oli vahva tarve, sillä säteily on aina vaarallista. Erityisen tästä tutkimuksesta tekee se, että kuvattavat potilaat olivat vastasyntyneitä vauvoja, joita kuvataan yleensä paljon. Kuvantamisessa on äärimmäisen tärkeää noudattaa optimointiperiaatetta, jonka mukaan säteilynkäytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin alhaisena kuin kohtuudella on mahdollista.</p>		
Avainsanat		
Vastasyntynyt lapsi, sädeannos, keuhkokuvaus, rintakehän paksuus, säteilynvaikutus		

Degree Programme in		Degree
Radiography and Radiotherapy		Bachelor of Health Care
Author/Authors		
Christel Malmström and Satu Saarinen		
Title		
The Influence of the Thickness of Babies' Chest to the Radiation Dose in a Thorax-Examination		
Type of Work	Date	Pages
Final project	Spring 2011	31 + 7 appendices
<p>ABSTRACT</p> <p>The purpose of this study was to study if you can reduce the radiation dose for newborn babies in the thorax-examination. All children are of different sizes, even though they have the same weight. The goal was to compare different radiation doses of the newborn babies and to figure out if it is possible to reduce the radiation dose by choosing the technical values according to the thickness of the babies' chest instead of the weight.</p> <p>The study included counting the radiation doses, assessing them with the help of the study material and learning about the effect of the radiation for newborn babies in general.</p> <p>As we were studying the weight and the thicknesses of the chests, we noticed that the thickness of the chest does not grow linearly with the weight. We noticed that babies with the same weight had differences in the thickness of the chest.</p> <p>We came to the conclusion that you not can only choose one way of choosing the technical values for the newborn babies. The best way is to choose the technical values by looking at the thickness of the chest and the weight of the newborn. In this way, the technical values are optimal considering the radiation dose and the image.</p> <p>When counting the radiation doses, we paid attention to their differences. In some cases, when there were two babies of the same size, the radiation doses were clearly different from each other. The FFD (Focus Film Distance) had a big importance in our study because it was not standard in every case. This distorted our study because the variation in the distance has a huge impact on the radiation dose. We compared the radiation doses of this particular hospital to the comparing standards.</p> <p>This study had a strong need, because radiation is always dangerous. What made this study very special was that the studied patients were newborn babies who are examined with a lot of radiation. It is extremely important to follow the optimization principle that shows that the exposure to radiation must be kept as low as reasonably possible.</p>		
Keywords		
newborn baby, radiation dose, thorax-examination, chest thickness, radiation effect		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄ	2
3	SÄTEILY	2
3.1	Ionisoiva säteily	2
3.2	Annosnopeus ja annos	3
4	SÄTEILYN VAIKUTUKSET	4
4.1	Säteilyn vaikutus soluihin ja DNA:n	4
4.2	Deterministiset ja stokastiset vaikutukset	5
4.3	Säteily ja raskaus	5
4.4	Sikiön syöpäriski	7
4.5	Lasten säteilyvaikutukset	8
4.6	Sikiöille ja vastasyntyneille lapsille röntgentutkimuksesta aiheutuva säteilyaltistus ja -riski	8
5	KEUHKOJEN ANATOMIA	9
6	VASTASYNTYNEIDEN KEUHKOSAIRAUDET	10
6.1	Adaptaatiohäiriö, ”märkäkeuhkosyndrooma”, ”wet lung”	10
6.2	Hengitysvaikeusoireyhtymä, RDS; Respiratory Distress Syndrome	11
6.3	Mekoniumaspiraatioyndrooma	11
6.4	Synnynäinen keuhkokuume	12
7	VASTASYNTYNEEN THORAX-KUVAUS	13
7.1	Tutkimuksen kulku	13
7.2	Hyvän kuvan kriteerit thorax-kuvauksessa	13
7.3	Lasten säteilysuojelu	14
7.4	Etiikka röntgenhoitajan työssä	15
8	TUTKIMUSPROSESSI	17
8.1	Menetelmät, aineiston keruu ja analyysi	17
8.2	Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä	18
8.3	Annoslaskenta	18
8.4	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys	19
9	TUTKIMUSTULOKSET	19
10	POHDINTA	25
10.1	Tulosten pohdinta	25
10.2	Työn pohdinta	27

LIITTEET

Liite 1	Tutkimuslupa
Liite 2	Ohje aineistonkeruuta varten
Liite 3	Aineistonkeruulomakkeet
Liite 4	Potilasannoksen laskenta säteilyntuoton perusteella
Liite 5	Annoslaskut
Liite 6	Huoltokirjat
Liite 7	Lasketut säteilyntuotot käytetyille kuvausjännitearvoille

## 1 JOHDANTO

Monia vastasyntyneitä lapsia kuvataan röntgenissä päivittäin. Yleisin vastasyntyneiden lasten röntgenkuvaus on keuhkokuvaus eli thorax. Kaikki ylimääräinen lapsuudessa saatu säteilyannos on terveydelle haitallista ja voi aikuisiässä aiheuttaa terveystriskin. Vastasyntyneet lapset ovat säteilyherkimpiä ja sen takia on hyvin tärkeää saada röntgen-tutkimuksessa säteilyannos niin pieneksi kuin mahdollista. Säteilyturvakeskuksen ALARA-periaatteen, tarkemmin optimointiperiaatteen mukaan säteilyn käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista. Lasten thorax-kuvauksessa säteilyannos on kohtalaisen pieni, mutta pienelläkin säteilyannoksen vähentämisellä voi olla suuri merkitys. (Säteilyturvakeskus 2009.)

Teimme yhdessä Jorvin sairaalan HUS-röntgenin kanssa tutkimuksen. Tutkimus lähti liikkeelle HUS-röntgen Jorvin sairaalan aloitteesta. Tutkimusmenetelmänä oli aineistonkeruu lapsipotilaiden thorax-tutkimuksista ja tulosten perusteella annoslaskenta. Tutkimukseen otettiin mukaan tutkimukseen sopivia potilaita 33. Tuotimme kirjallista materiaalia aineistokeruun ajan. Tutkimus ei aiheuttanut tutkimukseen osallistuville potilaille ylimääräistä säteilyrasitusta, vaan tutkimukseen otettiin potilaita, joille tutkimus olisi tehty joka tapauksessa. Erityisen tärkeää on huomioida, että tutkimukseen kerätty potilasmateriaali on ehdottoman anonyymiä ja sitä käytettiin ainoastaan tässä tutkimuksessa.

Olemme koonneet tähän kirjalliseen tuotokseen tietoa säteilystä, sen käyttötarkoituksista ja haittavaikutuksista. Olemme myös perehtyneet lasten yleisimpiin sairauksiin, joiden hoidossa thorax-kuvauksella on suuri merkitys. Niiden toivomme selventävän, miksi lapsia kuvataan niin paljon ja miksi säteilynkäytön optimointi on niin tärkeää huomioida.

## 2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia, voidaanko lasten thorax-kuvauksen säteilyannosta pienentää. Tarkoitus oli verrata lasten säteilyannoksia ja miettiä voidaanko säderasitusta pienentää valitsemalla kuvausarvot potilaan paksuuden mukaan, painon sijaan. Kaikki lapset ovat rakenteeltaan erikokoisia, vaikka painaisivatkin yhtä paljon. Potilaiden röntgentutkimuksissa pyritään saamaan pienimmällä mahdollisella säteilymäärällä taudin määrittämisen kannalta mahdollisimman hyviä röntgenkuvia ja hoitotuloksia. (Säteilyturvakeskus 2010). Tutkimustehtävänäme on vastata kysymykseen ”Voidaanko vastasyntyneiden lasten thorax-kuvauksista aiheutuvia sädeannoksia pienentää valitsemalla kuvausarvot rintakehän paksuuden mukaan, painon sijaan?”.

Aihe tutkimukseemme lähti Jorvin sairaalan röntgenosastolta. Ollessamme työharjoittelussa Jorvin sairaalan HUS-röntgenissä meille ehdotettiin opinnäytetyöaihetta. Tutkimuskysymys on ollut esillä jo pitkään. Tutkimuskysymykseen haluttiin saada vastaus, joten päätimme tehdä kyseisestä aiheesta opinnäytetyömme. Aiheemme ja tutkimustuloksemme hyödyttävät suuresti työelämää, niin Jorvin sairaalan röntgenosastoa, kuin muitakin HUS-röntgenin toimipisteitä. Päätimme tehdä tutkimuksen kyseisestä aiheesta, sillä se on erittäin tärkeä ja röntgenhoitajan ydinosaamisaluetta. Tutkimuksen työstämiseen kuului muun muassa annoslaskujen laskeminen, niiden arvioiminen kerättyä tutkimusmateriaalia hyväksikäyttäen ja perehtyminen säteilyn erilisiin vaikutuksiin niin vastasyntyneillä, kuin yleiselläkin tasolla.

## 3 SÄTEILY

### 3.1 Ionisoiva säteily

Ionisoiva säteily on säteilyä, jolla on riittävästi energiaa irrottamaan säteilyn kohteeksi joutuvan aineen atomeista elektroneja tai rikkomaan aineen molekyyliä. Röntgenlaitteet tuottavat ionisoivaa säteilyä, lisäksi radioaktiiviset aineet lähettävät ionisoivaa säteilyä. (Säteilyturvakeskus 2010.) Ionisoiva säteily jaetaan hiukkassäteilyyn ja sähkömagneettiseen säteilyyn. Sähkömagneettinen säteily voidaan jakaa kahteen tyyppiin: gam-

ma- ja röntgensäteilyyn. Röntgensäteily on läpätunkevaa sähkömagneettista säteilyä, jota voidaan tuottaa esimerkiksi röntgenputkella. Gammasäteily, joka on nopeaa sähkömagneettista aaltoliikettä, on röntgensäteilyä läpätunkevampaa. (Hyvä tietää säteilystä 2003: 5-6.)

Radioaktiivinen säteily jaetaan kolmeen säteilylajiin: alfa-, beeta- ja gammasäteilyyn. Alfa- ja beetasäteily ovat hiukkassäteilyä. Alfasäteily voi olla vaarallista vain, jos alfasäteilyä lähettäviä radioaktiivisia aineita joutuu elimistöön esimerkiksi hengitysilman mukana. Beetahiukkaset ovat läpäisykykyisempiä ja pystyvät tunkeutumaan esimerkiksi ihoon. Beetasäteilyä lähettävät aineet ovat vaarallisia iholla tai päästessään elimistöön. (Säteilyturvakeskus 2010.)

Ionisoivaa säteilyä tulee luonnostaan muun muassa luonnosta, ei siis pelkästään tuottamalla sitä esimerkiksi röntgenlaitteilla. Avaruudesta tuleva kosminen säteily sekä maaperästä uraanin hajoamistuotteena syntyvä radon-kaasu ovat ionisoivaa säteilyä. Poikkeuksena ovat kuitenkin erittäin harvinaiset säteilyonnettomuudet, joista esimerkkeinä ovat Hiroshiman ja Nagasakin atomipommit. Näissä tapauksissa sädeannokset nousivat kohtalokkaan suuriksi.

Röntgenhoitajan toiminnassa säteilyaltistus on hyvin pieni. Röntgenhoitaja voi työssään altistua säteilylle esimerkiksi ollessaan kiinnipitäjänä kuvauksessa. Lyijysuojat sekä oikeanlainen työskentely estävät säteilylle altistumisen. Dosimetreja käytetään joissain paikoissa mittaamaan työntekijän saamaa säteilyaltistusta.

### 3.2 Annosnopeus ja annos

Säteilyannos kuvaa sitä haittaa, jonka säteily aiheuttaa ihmiselle. Säteilyannosta laskettaessa huomioidaan kudokseen absorboituneen säteilyn määrää. Laskettaessa säteilyn aiheuttamaa haittaa on huomioitava eri elimet ja kudokset, sillä niille on omat painotuskertoimensa. Jotkut elimet tai kudokset saattavat sietää paremmin säteilyä kuin toinen. Näin ollen ei voida pelkän altistumisen perusteella arvioida aiheutunutta vaurioita. Suurimmat painotuskertoimet ovat tärkeillä kudoksilla, kuten sukerauhasilla, punaisella luuytimellä, keuhkoilla ja mahalaukulla. (ICRP-103.)



Säteilyannoksen yksikkö on sievert (Sv). Yksi sievert on suuri määrä säteilyä. Usein annokset jäävätkin sievertin tuhannesosiin (mSv) tai miljoonaosiin ( $\mu$ Sv). Yhdestä thorax-kuvauksesta (PA- ja sivukuva) aiheutuu aikuiselle ihmiselle keskimäärin 0.1 mSv:n annos, kun taas keuhkojen tietokonetomografia aiheuttaa 9 mSv: annoksen, mikä puolestaan vastaa 300:aa PA-keuhkokuvaa. (Säteilyturvakeskus 2010.)

Annosnopeus kertoo säteilyaltistuksesta tietyn ajan kuluessa. Annosnopeuden yksikkö on sievertiä tunnissa, eli Sv/h. Mikäli henkilö altistuu hyvin suurelle kerta-annokselle ja annos ylittää kynnsarvon, on vakavan haitan riski todennäköinen. Annosnopeus vaikuttaa merkittävästi sekä kynnsarvoon että haitta-asteeseen, sillä annoksen haitta riippuu ajasta, jonka kuluessa se on saatu. (ICRP-103.)

## 4 SÄTEILYN VAIKUTUKSET

### 4.1 Säteilyn vaikutus soluihin ja DNA:n

Ihmisen solut jakautuvat koko ajan, niiden aineenvaihdunta pitää elämää yllä. Ionisoiva säteily saattaa aiheuttaa soluisin geenivaurioita (Hyvä tietää säteilystä 2003: 19). Solun toimintaa ja rakennetta uhkaa sekä ulkoiset että sisäiset tekijät. Solut ovat herkkiä vaurioille, jolloin ionisoiva säteily on hyvä esimerkki soluja vaarantavista tekijöistä. Ionisoiva säteily vahingoittaa makromolekyylejä solussa ja hyvinkin pieni säteilyn määrä voi aiheuttaa paljon vahinkoa. Säteily jakaantuu hyvin epätasaisesti, jolloin on vaikeata arvioida yksittäisen solun vaikutuksia säteilystä. Mitattu annos voi olla pieni, mutta silti yksittäinen solu on mahdollisesti saanut paljon säteilyä muihin soluihin verrattuna. Mikäli ionisoiva säteily osuu solun tumaan, DNA voi vaurioitua. Solun DNA:n vaurioitumisen vakavuus riippuu kuitenkin siitä, kuinka hyvin solut pystyvät korjaamaan vaurioita. DNA:n vaurio voi johtaa solun kuolemaan, perimän vaurioitumiseen, muuntumiseen syöpäsolun esiasteeksi, jakaantumiskyvyn menetykseen tai vaurioiden korjaamiseen ja normaaliin toiminnan jatkumiseen. Yleensä solu pystyy korjaamaan vauriot DNA:ssa, mutta mikäli vaurion suuruus on liian suuri, solu kuolee. Tämän voi aiheuttaa monenlaiset tekijät, esimerkiksi myrkylliset lääkeaineet, säteily ja virukset. Mikäli solu saa voi-

makkaan ulkoisen säderasituksen, se kuolee. Tätä menetelmää käytetään sädehoidossa kun halutaan syöpäsoluista eroon. (Säteilyturvakeskus 2002.)

#### 4.2 Deterministiset ja stokastiset vaikutukset

Deterministisillä vaikutuksilla tarkoitetaan vaikutuksia, jotka syntyvät hyvin suurten kerta-annosten kohdalla. Tällaisia vaikutuksia saattaa ilmetä vakavien onnettomuuksien tai sädehoidon kohdalla. Deterministisiin vaikutuksiin luetaan säteily sairaus, säteilypaloamat, sädepneumoniitti, harmaakahi ja sikiö vaurio. (Duodecim 2010.)

Mikäli saatu annos jää kynnyksarvon alapuolelle, ei haittaa synny, mutta annoksen ylittäessä kynnyksarvon on deterministinen vaikutus varma. Tämä tarkoittaa että sitä suurempi on haitta, mitä suurempi annos on saatu lyhyessä ajassa, toisin sanoen annosnopeus vaikuttaa merkittävästi sekä kynnyksarvoon, että haitta-asteeseen. Jos suuri säteilyannos saadaan pitkän ajan kuluessa, kynnyksarvo haitan syntymiselle on suurempi ja haitta jää pienemmäksi. Toisin kuin stokastisessa, deterministisessä vaikutuksessa haitta voidaan lähes aina yhdistää tiettyyn altistukseen, sillä vaikutukset liittyvät aina suuriin äkillisiin muutoksiin. (Paile 2002: 44, 46.)

Stokastiselle vaikutukselle ei ole olemassa kynnyksarvoa eli se voi saada alkunsa miten pienestä altistuksesta tahansa. Koko ihmisen elinaikana saatu annos määrää kokonaisriskin eikä annosnopeudella ole vaikutusta tähän. (Paile 2002: 45) Tästä hyvänä esimerkkinä ovat röntgentutkimukset. Yksittäinen röntgentutkimus ei vaikuta ihmiseen juurikaan, mutta kun tutkimuksia tehdään koko ihmisen eliniän ajan useita, on haitta-aste jo kokonaisuudessaan suurempi. Yksikin tutkimus tuo lisäriskin, joka on riippumaton aikaisemmasta säteilyaltistuksesta.

#### 4.3 Säteily ja raskaus

Raskausaikana sikiölle aiheutunut säteilyrasitus on erityisen haitallista, sillä sikiön solujen jakautuminen on vilkasta. Säteilyn vaikutus raskauden aikana riippuu säteilyannoksesta, säteilyn annosnopeudesta ja raskauden vaiheesta. Yleisesti on tiedossa, että raskauden ensimmäinen kolmannes on kaikkein riskialteinta aikaa sikiön kehittymisen kannalta. Raskauden katsotaan alkaneen jo kahta viikkoa ennen hedelmöitymistä eli

viimeisten kuukautisten viimeisenä päivänä. Raskauden alkuviikkoina, ensimmäisellä ja toisella raskausviikolla hedelmöitys ei kuitenkaan ole vielä tapahtunut.

Raskausviikot 5-9 ovat vilkkaan kehityksen aikaa, jolloin sikiön ulkoinen muoto ja kaikki elinsysteemit muodostuvat pääpiirteiltään. Tämän vaiheen aikana useat ulkoiset ja sisäiset asiat saattavat vaikuttaa sikiön kehitykseen, aiheuttamalla esimerkiksi epämuodostumia ja kehityshäiriöitä. (Paile 2002:134.)

Jakautuvat solut ovat herkkiä säteilylle, joten alkion kehitys keskeytyy helposti jo ennen kuin se on ehtinyt kiinnittyä kohdun seinämään. Wendlan kirjassa *Säteilyn terveysvaikutukset* (2002) mainitaan eläinkokeet, joista saadun kokemuksen mukaan kolmannella ja neljännellä raskausviikolla säteily vaikuttaa alkioon niin, että raskaus ei joko ala ollenkaan eli se keskeytyy ennen kuin sitä on edes todettu tai sikiö kehittyy jatkossa normaalisti ja lapsi syntyy terveenä. (Paile 2002: 133.)

Yllä mainitussa kirjassa mainitaan raskauden aikaisesta sädehoidosta seuraavaa: lapselle, jonka äiti on saanut raskauden alkuvaiheessa sädehoitoa, aiheutuu yleensä usean Grayn sädeannos. Tällöin lapsi on yleensä pienikokoinen, sillä on pieni, pyöreä pää ja usein myös pienet silmät. Joissakin tapauksissa lapsella on ollut myös muita häiriöitä, kuten harmaakaihia ja muita silmämuutoksia sekä luustomuutoksia tai sukuelinten muutoksia. Kymmenennestä raskausviikosta eteenpäin raskauden loppuun saakka kestävä vaihetta kutsutaan sikiövaiheeksi, jolloin tapahtuu sekä sikiön kasvu, että sen hermoston kehitys. Samalla kehittyy myös aivojen tukikudos. (Paile 2002: 134.)

Syntymättömään lapseen kohdistuvaa säderasitusta voidaan pienentää monin eri tavoin. Kuvattaessa odottavaa äitiä on tärkeää huomata optimointiperiaate eli se, ettei turhia kuvia oteta eikä kuvia uusita turhaan. Äidin suojaus ja kuvauskentän rajaaminen auttavat myös pienentämään lapseen kohdistuvaa annosta. Mikäli tutkimus voidaan siirtää ajankohtaan raskauden jälkeen, on niin tehtävä. Hätätilanteessa, jossa äidin henki on vaarassa tai hän on tajuttomana, voidaan tehdä säteilytutkimuksia. Tällaisessa tapauksessa on tutkimuksen tai hoidon tekniset tiedot säilytettävä, jotta syntymättömään lapseen kohdistuva riski voidaan arvioida. (Euroopan komissio 1999: 13–14.)

#### 4.4 Sikiön syöpäriski

Otimme yhdeksi tutkimuksen kirjalliseksi osuudeksi sikiön syöpäriskin, sillä se on aina säteilyä käytettäessä mahdollinen. Halusimme nostaa sen esille, sillä mikäli lapsi altistuu jo sikiöaikana kohdussa säteilylle sekä heti syntymän jälkeen, on riski saada säteilyn aiheuttama syöpä suurempi kuin normaalisti, ilman vastaavia tutkimuksia. Tässä kappalessa on kerrottu tarkemmin sikiön syöpäriskistä, sekä sikiön säteilysuojelusta.

Mikäli odottavalle äidille joudutaan antamaan sädehoitoa, on syntymättömälle lapselle aiheutuva annos arvioitava huolellisesti. Kuitenkin äidin hoito asetetaan etusijalle, vaikka lapselle aiheutuva annos onkin huomattavan suuri. Mikäli äiti on saanut aikana, jolloin hän imettää lastaan radionuklidihoidon tai hänelle on tehty isotooppitutkimus, on olemassa mahdollisuus, että lapsi saa radioaktiivista ainetta itsekkin. Radioaktiivista ainetta erittyy potilaan hien, syljen, uloshengityksen ja virtsan mukana. Lapsi voi saada ainetta hengityksen tai ravintonsa kautta ja sädeannos saattaa kasvaa jopa silloin, kun äiti pitää lastaan sylissä hänelle itselleen suoritetun radioaktiivisen toimenpiteen jälkeen. Toisin sanoen moni muukin kuin pelkästään lapselle itselleen tehtävä röntgentutkimus lisää lapsen saamaa säderasitusta. Tämä asia on osa säteilyn stokastista vaikutusta. (Euroopan komissio 1999: 11.)

Euroopan komission julkaisun 'Ohjeita syntymättömien ja vastasyntyneiden lasten suojelemiseksi vanhempien altistuessa säteilylle lääketieteellisessä tarkoituksessa' (Säteily-suojelu 100), mukaan henkilöillä, jotka ovat altistuneet säteilylle kohdussa, syövän ilmenemisriski lapsuudessa ja aikuisena on yleensä sama kuin henkilöillä, jotka ovat saaneet säteilyä alle 10-vuotiaana (Euroopan komissio 1999: 10).

Pailen teoksessa Säteilyn terveysvaikutukset mainitaan, että sikiön mahdollisuus saada syöpä raskauden aikaisen altistuksen vuoksi on noin 6 % yhtä sievertiä kohden. Riski olisi noin 1:17 000, kun sikiö on saanut 1 millisievertin annoksen. On myös arvioitu että syöpäriski kasvaa 30 % 10 millisievertin annoksen jälkeen. Äidin altistuminen säteilylle saattaa vaikuttaa sikiön syöpärisktiin, mutta riippuu kuitenkin raskauden vaiheesta, millaisesta vauriosta puhutaan. Kuitenkin satunnainen geneettinen muutos jo pelkästään yhdessä solussa saattaa luoda kloonin, jossa syntyy syöpä normaalia todennäköisemmin (lapsuuden aikana tai myöhemmin) sen takia, että ensimmäinen geneettinen askel kohti syöpää on jo otettu. (Paile 2002: 137.)

#### 4.5 Lasten säteilyvaikutukset

Lapsuudessa saatu säteilyaltistus aiheuttaa suuremman lisäriskin kuin vastaava altistus aikuisiässä. Lasten vasta kehittyvät luut ja elimet ovat suuremmassa vaarassa oltaessa tekemisissä säteilyn kanssa, kuin aikuisten. Lapsilla pitkät luut kasvavat niiden päissä olevista kasvulevyistä jatkuvasti uusiutuvat luuytimen avulla. Säteily tuhoaa luuydintä estäen näin ollen luun normaalin kasvun. Myös vasta kehittymässä olevat elimet ja kudokset saattavat vaurioitua säteilystä. Lasten röntgentutkimuksissa on äärimmäisen tärkeää suojata tarvittavin säteilysuojin kaikki ne luut ja elimet, jotka on mahdollista suojata.

#### 4.6 Sikiöille ja vastasyntyneille lapsille röntgentutkimuksesta aiheutuva säteilyaltistus ja -riski

Anja Kettusen väitöskirjan aiheena on sikiöille ja vastasyntyneille lapsille röntgentutkimuksesta aiheutuva säteilyaltistus ja -riski. Aihe on hyvin läheinen opinnäytetyömme aiheen kanssa ja on siksi osa opinnäytetyötämme.

Kettusen väitöskirjassa tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 423/2000 vaatimusten täyttymistä säteilyherkempien ryhmien, pienten lasten ja sikiöiden osalta. Tutkimuksessa kartoitettiin sukukypsässä olevien naisten lantion- ja alavatsan alueen röntgentutkimuksiin liittyviä käytäntöjä ja niiden toteutumista sekä arvioitiin odottavan äidin lantion röntgentutkimusten suorittamiseen liittyviä käytäntöjä Suomessa. Tutkimuksessa selvitettiin myös teho-osastolla olevien vastasyntyneiden röntgentutkimuksista aiheutuvaa säteilyannosta ja -riskiä. Tutkimukseen otettiin mukaan 43 vastasyntynyttä lasta, joiden säteilyannosta ja -riskiä tutkittiin. Vastasyntyneet lapset olivat hoidossa teho-osastolla ja heistä otettiin yhteensä 118 keuhkokuvaa vuosien 1998–2001 aikana. (Anja Kettunen 2004.)

Tutkimuksen mukaan painolla, pituudella ja paksuudella vastasyntyneen keuhkokuvauksessa oli merkittävä korrelaatio ja varsinkin paksuudella oli positiivinen korrelaatio. Kuvauksien aikana kerättiin dataa, jonka avulla tutkimuksessa laskettiin ESD AP-keuhkokuvauksesta ja AP keuhko-abdomen-kuvauksesta. ESD vaihteli näissä tutkimuksissa 24,8 – 191,9  $\mu$ Gy. Keskimääräinen säteilyannos vastasyntyneille oli; 1000g –

0,0419 mGy, 2000g – 0,0546 mGy, 3000g – 0,0747 mGy. Pituudella ja efektiivisellä annoksella ei näyttänyt olevan yhteyttä, kun taas vastasyntyneen paksuus ja ESD korreloi kevyesti, mutta alue näytti olevan laaja kahden saman paksuisen vastasyntyneen välillä. (Kettunen 2004.)

## 5 KEUHKOJEN ANATOMIA

Ihmisen keuhkot koostuvat kahdesta elimestä, jotka sijaitsevat oikealla ja vasemmalla rintakehässä ja joihin keuhkoputket päättyvät. Keuhkoja suojaa rintakehässä sijaitsevat kylkiluut, jotka liikkuvat hengityksen mukana. (Pharmatech 2000.)

Keuhkot koostuvat pleurasta eli keuhkopussista, segmenteistä, bronkusuusta sekä keuhkojen lohkoista. Pleura peittää keuhkojen lohkoja, joita on yhteensä 5. Oikeassa keuhkossa on ylä-, ala-, sekä keskilohko. Näiden lohkojen väleissä kulkee lohkorajat. Vasemmassa keuhkossa on ainoastaan päälohkoraja. Lohkorajat näkyvät thorax-kuvassa, mikäli röntgensäteet ovat samansuuntaisia. Segmentit ovat alueita lohkon sisällä, joissa verisuonet, neste sekä ilma kulkevat vapaasti. Segmentteihin tulevat omat bronkushaarat. Bronkusuusto koostuu kahdesta osasta, jossa toinen kuljettaa ilmaa ja toinen on keskittynyt veren hapettamiseen. Pääbronkukset jakautuvat pienemmiksi, kunnes lopulta menettävät rustoiset rakenteet ja muuttuvat bronkioleiksi. Bronkiolit ovat keskittyneet kaasujen käsittelyyn. (Standertskjöld-Nordenstam ym. 1991: 93–94.)

Keuhkot kiinnittyvät keuhkoportin välityksellä ympäristöönsä. Keuhkoportin kautta kulkevat keuhkoputket, verisuonet, imusuonet ja hermot keuhkoihin. Keuhkojen välissä oleva tila on nimeltään välikarsina, eli mediastinum. Välikarsinassa sijaitsevat kaikki muut rintaontelon elimet. Keuhkokudos koostuu alveoleista, eli keuhkorakkuloista, joita on noin 300 miljoonaa aikuisen ihmisen keuhkoissa.

Sisäänhengityksessä käytetään sisäänhengitysilhaksia, joista tärkeimmät ovat pallea ja kylkivälilihakset. Uloshengityksessä pallea ja kylkivälilihakset veltostuvat. Hengityksessä ilman mukana keuhkoihin siirtyy pääasiassa happi ja hiilidioksidi. Elimistö tarvitsee happea solujen toiminnan ylläpitämiseksi. (Pharmatech 2000.)

## 6 VASTASYNTYNEIDEN KEUHKOSAIRAUDET

Vastasyntyntä lasta tarkkaillaan synnytyssalissa ja varmistetaan siitä, että verenkierto, sydän ja hengitys toimivat normaalisti. Hengityksen pitäisi käynnistyä 30–60 sekunnin sisällä syntymästä. Sikiöaikana lapsen keuhkot ovat täynnä lapsivettä ja lapsen syntyessä neste vähenee keuhkoista nopeasti. Tilavuus keuhkoissa laajenee ja keuhkoverenkierto lisääntyy. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 38–39.)

Noin 10 % kaikista vastasyntyneistä tarvitsee sairaalahoitoa jonkun ongelman vuoksi. Ongelmat liittyvät usein joko hengitykseen, verenkiertoon tai keuhkotoiminnan häiriöihin. Vastasyntyneen keuhkokuvauksen syynä on yleensä hengitysvaikeus ja keuhkokuuvan perusteella voidaan nähdä onko lapsella jokin keuhkosairaus. Seuraavaksi on esiteltynä vastasyntyneiden lasten yleisimpiä sairauksia, joissa thorax-kuvaus on yleensä oleellinen osa diagnostiikkaa. (Therapia Fennica 2004.)

### 6.1 Adaptaatiohäiriö, ”märkäkeuhkosyndrooma”, ”wet lung”

Adaptaatiohäiriö, ”märkäkeuhkosyndrooma” tai ”wet lung” on hengitysvaikeus, jossa ensimmäisen vuorokauden aikana vastasyntyneen hengitys on nopeutunut. Vastasyntyneen lapsen yleistila on kuitenkin hyvä ja lapsi on oireeton. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 160.) Tämä hengitysvaikeus on tilapäinen ja hyvänlaatuinen ja voi kehittyä melkein täysiaikaiselle tai täysiaikaiselle lapselle. Tauti ei saa kestää yli 48 tuntia. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 116.) Yleensä synnytystapana on ollut joko keisarileikkaus tai perätilasyntyminen, jolloin lapsi hengittää ja on lisähapen tarpeessa. Syynä voi olla myös äidin diabetes tai sikiöaikainen hidas keuhkonesteen poistuminen.

Vastasyntyneen thorax-kuvassa näkyy ilmapitoisuuden lisääntyminen, sameat keuhkotentät, palleankaaret ovat matalalla, palleakupolien kaari on litteä, sydän on hieman suurempi ja keuhkojen verekyys on korostunut (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 160). Pleurasopissa voi myös joskus näkyä nestettä. Taudin muutoksia on vaikea erottaa muista hengitysongelmista, kuten RDS:stä, pneumoniasta ja verenkierron aiheuttamasta hengitysongelmasta. Tautia hoidetaan lisähapella ja tarvittaessa nenälipainehoidolla. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 116.)

## 6.2 Hengitysvaikeusoireyhtymä, RDS; Respiratory Distress Syndrome

Hengitysvaikeusoireyhtymä on tavallisin syy hengitysongelmaan vastasyntyneellä lapsella, mutta on melko harvinainen täysikasvuissa vastasyntyneillä lapsilla. Taudin syyinä on keuhkojen epäkypsyys ja keuhkojen pinta-aktiivisen aineen, eli surfaktantin puute. Taudin diagnoosi saadaan kliinisillä löydöksillä, epäkypsän lapsiveden surfaktantiprofiililla ja röntgenkuvan löydöksen avulla. Taudin hoitoon käytetään lisähapetta ja nenäylipainehengitystä. RDS-taudin ongelmana voi ilmaantua ilmarinta, krooninen keuhkotauti tai keskosilla aivoverenvuoto. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 116–117.)

Tämän taudin ongelma kehittyy ensimmäisten hengenvetojen jälkeen, kun keuhkoissa on liian vähän surfaktantia, joka pitää alveolit auki ja muuttavat nesteen ja kaasun pintajännitystä. Thorax-kuvassa löydöksenä on yleisesti alentunut keuhkojen ilmapitoisuus ja melko homogeeninen varjostus molemmilla puolilla keuhkoa. Hoito aloitetaan mahdollisimman nopeasti, jolloin thorax-kuva voi olla vielä normaali ja kuvassa näkyy vain vähäisiä muutoksia. Tämän taudin komplikaationa ovat aivojen, sydämen sekä munuaisten hapenpuutevauriot sekä keuhkojen ulkopuolelle päässeen ilman aiheuttamat ongelmat. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 157–158.)

RDS-tautia voidaan ennaltaehkäistä antamalla äidille uhkaavassa ennenaikaisessa synnytyksessä beetametasonia, joka kulkeutuu sikiöön istukan kautta ja kiihdyttää surfaktantin kypsymistä. Tällä tavalla saadaan merkittävästi vähennettyä RDS-oireyhtymän esiintyvyyttä. (Therapica Fennica 2004.)

## 6.3 Mekoniumaspiraatioyndrooma

Mekoniumaspiraatioyndrooma kehittyy, mikäli lapsi on syntymähetkellä vetänyt voimakkaan sisäänhengityksen yhteydessä keuhkoihinsa mekoniumia sisältävää lapsivettä. Mekoniumia voi päästä lapsiveteen, mikäli lapsella on hapenpuute. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 159.) Hapenpuute aiheuttaa peräaukon sulkijalihaksen relaksoitumisen ja lisää suoliston peristaltiikkaa. Lapsivesi muuttuu vihreäksi ja jos vettä on vähän, se muuttuu puuromaiseksi. (Therapica Fennica 2004.) Mekonium aiheuttaa atelektaaseja, ilmasalpausta ja kemiallisen pneumoniitin. Tätä tautia esiintyy



noin 10–20 % täysiaikaisilla, 30 % yliaikaisilla ja noin 1-2 % näistä kehittyy syndrooma. Mekonium aiheuttaa yleensä hengitystukoksen, koska se täyttää keuhkoputket ja alveolit. Mekonium ärsyttää myös keuhkoparenkyymiä sekä hengitysteitä, joka aiheuttaa pneumoniaa sekä bronkospasmia. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 159.)

Tautia pyritään ehkäisemään välttämällä yliaikaisuutta ja sikiön hapenpuutetta. Kun lapsen pää on syntynyt, hengitystiet imetään välittömästi puhtaiksi mekoniumista. Mikäli syndrooma kehittyy, tehohoito aloitetaan mahdollisimman nopeasti. Hoitoon käytetään yleensä mikrobihoitoa, korkeataajuusventilaatiota ja sydämen sekä verenkierron tukilääkitystä. Tarvittaessa käytetään myös keuhkovaltimopainetta alentavaa lääkitystä. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 117.)

Thorax-kuvassa näkyy keuhkojen hyperinflaatio, eli voimakkaasti lisääntynyt ilmamäärä keuhkoissa. Keuhkoparenkyymissä näkyy molemmilla puolilla epäsäännöllisiä varjostumia, jotka ovat hyperinflaatiovyöhykkeiden ympäröimiä. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 159.)

#### 6.4 Synnynnäinen keuhkokuume

Synnynnäinen keuhkokuume on harvinainen tauti, jonka esiintyvyys on noin 0,1 % (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo, 2010: 117). Tavallisesti taudin aiheuttajana on B-ryhmän streptokokki, joka on peräisin joko synnytyskanavasta, istukan kautta saadusta infektiosta tai syntymänjälkeiseltä ajalta. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 158.)

Mikrobilääkkeen anto perustuu lapsen oireisiin, eikä laboratoriolöydöksiin, koska vastasyntyneellä on harvoin laboratoriolöydöksiä heti syntymän jälkeen. Hoito on aloitettava mahdollisimman nopeasti, koska tautiin voi liittyä tulehdus tai siitä voi kehittyä henkeä uhkaava sepsis tai meningiitti. (Rajantie – Mertsola – Heikinheimo 2010: 117.)

Thorax-kuvassa löydöksenä epätarkkarajaisia tiivistymiä, joiden erottaminen RDS:n muutoksista on hyvin vaikeata. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 159.)

## 7 VASTASYNTYNEEN THORAX-KUVAUS

### 7.1 Tutkimuksen kulku

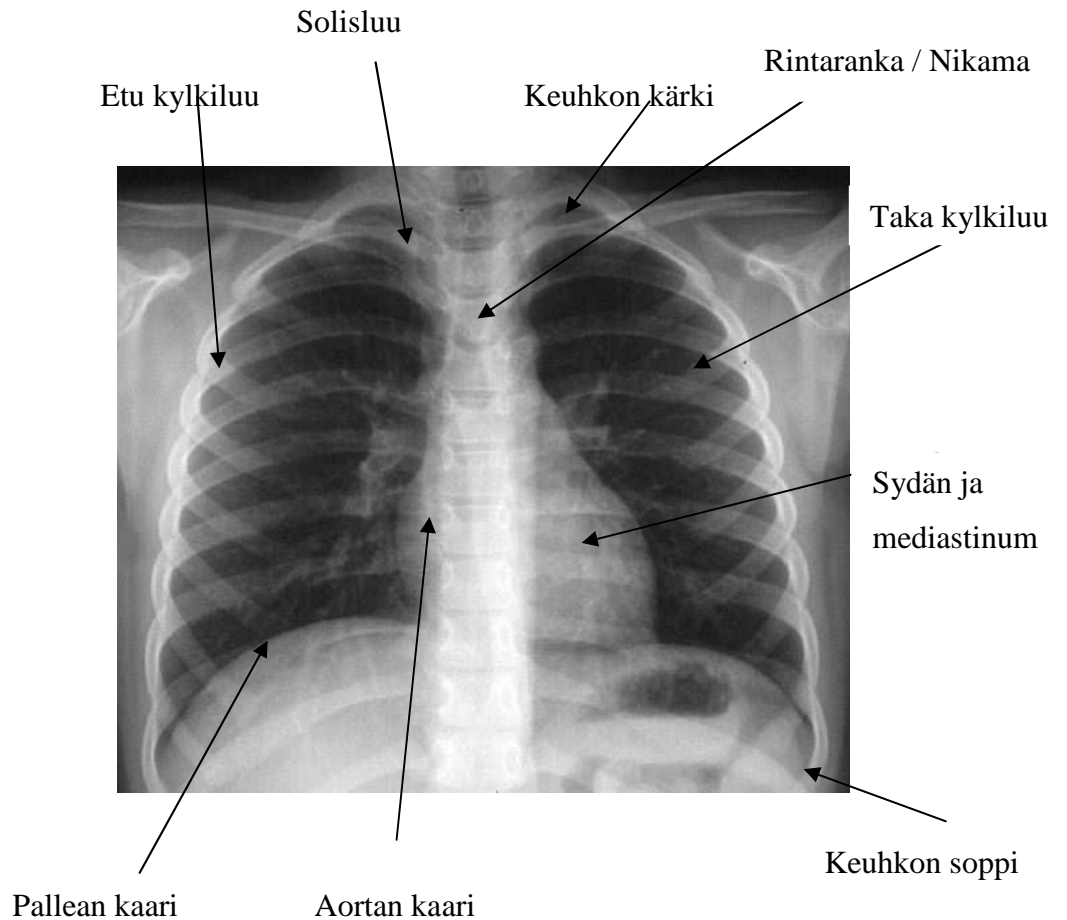
Lapsen thorax-kuvaus suoritetaan yleensä pystyasennossa, joko ”roikottaen” lasta käsistä tai kaukalokuvauksella. Kuvauksesta tulee optimaalinen, kun potilas on pystyasennossa. Kuvauksessa on oltava mukana kiinnipitäjä, jotta lapsi ei liikkuisi kuvauksen aikana. Keskoskaapissa olevat vauvat kuvataan yleensä AP-projektiona lapsen maatessa sängyllä.

Lapselle laitetaan lyijysuoja lantiolle, jotta vältettäisiin turhilta säderasituksilta. Kuvaamista pyritään rajaamaan mahdollisimman pieneksi, kuitenkin ottamalla huomioon lapsen mahdollinen liike kuvauksen aikana. Kuvassa tulisi näkyä keuhkot kokonaan. Hengitysvaiheen kuvia on vaikea saada, koska lapselle ei pystytä antamaan hengitysohjeita. Keuhkojen ilmapitoisuuden arvioiminen voi huonossa sisäänhengityksessä olla hankalaa. Mahdollisuuksien mukaan on kuitenkin pyrittävä ottamaan kuva sisäänhengityksen aikana.

Vastasyntyneiden thorax-kuvaukset tehdään yleensä teho-osastolla, lapsen ollessa kiinni hoito- sekä valvontalaitteissa. Tavallisesti otetaan pelkästään AP-kuva, mutta joissain tilanteissa myös sivukuva. Lapsia kuvattaessa pyritään kuitenkin ottamaan pelkkä AP-kuva mikäli mahdollista, säderasituksen minimoimiseksi. Thorax-kuvassa tulisi näkyä mahdolliset potilaan hengityspotki, kanyylit sekä katetri. (Standertskjöld-Nordenstam – Suramo – Pamilo 1991: 157.)

### 7.2 Hyvän kuvan kriteerit thorax-kuvauksessa

Thorax-kuvassa tulisi näkyä keuhkot kokonaisuudessaan, keuhkojen sopet ja kärjet, 6-8 etu- ja 8-10 takakylkiluuta, selkänikamien hahmot ja aortta. Keuhkojen tulisi olla kuvassa täynnä ilmaa. Lisäksi solisluiden päiden tulisi näkyä symmetrisesti olkahaarakehän kanssa.



**Kuvio 1: Aikuisen ihmisen thorax-kuva (Université de Technologie de Compiègne 2008).**

### 7.3 Lasten säteilysuojelu

Säteilysuojelu vastasyntyneen lapsen thorax-kuvauksessa on erittäin tärkeää. Lapset ovat hyvin säteilyherkkiä verrattuna aikuisiin ja mitä nuorempi lapsi, sen säteilyherkempi hän on. Vastasyntyneet ovat pienikokoisia, jolloin kaikki elimet ovat lähellä ihoa ja kehon antama suoja on pieni. Pienikokoisen ihmisen kuvantamisessa on kuitenkin se etu, että kuvakenttä on pieni, jolloin säteilynmäärä on myös vähäinen.

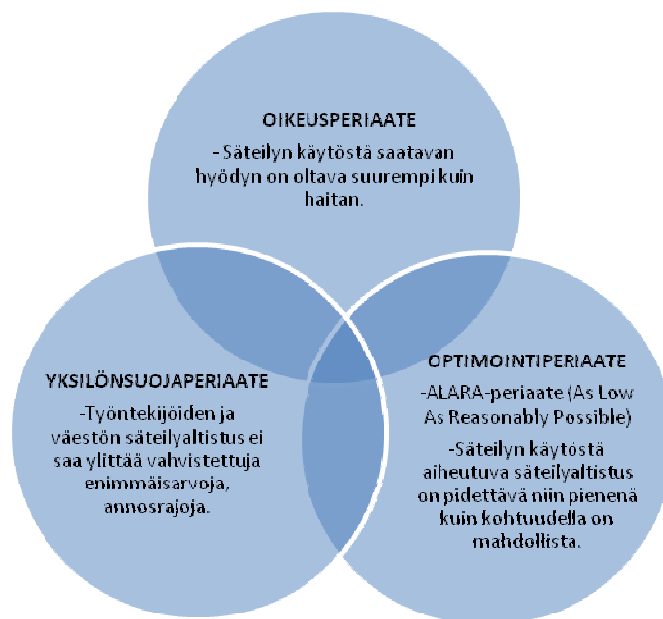
Säteilysuojelussa pyritään vähentämään ylimääräistä säteilyrasitusta. Vastasyntyneen thorax-kuvauksessa pyritään rajaamaan kuva-alue hyvin ja valitsemalla oikeat kuvausarvot. Säteilysuojelussa käytetään suojana lyijyä, joka vähentää sekundaarisäteilyä. Lyijysuojaa käytetään suojaamaan säteilyherkkiä elimiä, joita thorax-kuvauksessa ovat

lantion alue. Lyijysuoja asetetaan kuvakentän rajalle lantion päälle suojaksi. Lasten thorax-kuvauksessa tarvitaan usein kiinnipitäjää, joka saa suojaksi lyijyesiliinan, kilpirauhassuojan ja lyijyhanskat. Kiinnipitäjä ei saa olla raskaana, hänen on oltava yli 18-vuotias ja kiinnipitäjä on yleensä ensisijaisesti lapsen vanhempi tai muu vapaaehtoinen, mieluiten ei kuitenkaan henkilökuntaa. (Säteilyturvakeskus 2005.)

#### 7.4 Etiikka röntgenhoitajan työssä

Röntgenhoitajan työtä ohjaavat eettiset ohjeet. Työn luonne huomioon ottaen eettisillä ohjeilla on keskeinen merkitys kuvantamisessa. Eettiset ohjeet tukevat ammatillista pohdintaa ja ohjaavat päivittäisessä päätöksenteossa. Suomen Röntgenhoitajaliiton eettisten ohjeiden mukaan työn keskeisinä periaatteina ovat ihmisarvo, itsemäärääminen, oikeudenmukaisuus, luottamuksellisuus, vastuullisuus, turvallisuus ja korkeatasoinen ammatillinen toiminta. (Suomen röntgenhoitajaliitto 2000.)

Röntgenhoitajalla on oikeus kieltäytyä suorittamasta tutkimusta, mikäli hän katsoo sen ristiriitaiseksi ammattietiikkansa kanssa. Röntgenhoitajan velvollisuus on huolehtia, että potilaalle suoritettava säteilylle altista toimenpide on oikeutettu. Tämä on osa säteilyn-suojelu periaatetta, joka koostuu yhteensä kolmesta osasta; oikeutus-, optimointi-, ja yksilönsuojaperiaate.



**Kuvio 2. Säteilynsuojeluperiaatteet (Säteilyturvakeskus 2009.)**

Oikeutusperiaatteen mukaan säteilyn käytöstä saatavan hyödyn on oltava suurempi kuin siitä aiheutuvan haitan. Tämä tarkoittaa sitä, että potilaalle määrätty säteilylle altistava toimenpide on arvioitava, jotta vältytään turhalta säteilyrasitukselta. Röntgenhoitaja määrittää oman ammattietiikkansa perusteella, onko tutkimus potilaalle oikeutettu. Tähän saattaa vaikuttaa muun muassa puutteellinen lähete tai epäselvä indikaatio. Optimointi- eli ALARA-periaatteella (As Low As Reasonably Achievable) tarkoitetaan sitä, että säteilyn käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista. Tämä siis tarkoittaa käytännössä sitä, että röntgenhoitajan on arvioitava kuvat hyvän kuvan kriteerien mukaisesti ja päätettävä onko kuva diagnostinen. Mikäli ei ole, on uusintakuvaus oikeutettu. Tämä on optimointia. Se että kuvaus uusitaan, altistaa potilasta suuremmalle määrälle säteilyä. Tarpeetonta säteilyaltistusta ei tule koskaan hyväksyä. Yksilönsuojaperiaatteen mukaan työntekijöiden ja väestön yksilön säteilyaltistus ei saa ylittää vahvistettuja annosrajoja. Säteilyaltistus on aina pidettävä niin pienenä kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. (Säteilyturvakeskus 2009.)

Lasten kuvantamisessa eettisellä toiminnalla on erityinen painoarvo, vaikka jokaista potilasta ikään katsomatta on suojeltava säteilyltä hyväksyttävien menetelmin. Koko ihmisen elinaikana saatu annos määrää kokonaisriskin, joten oikeutusperiaatteella on suuri merkitys jo vastasyntyneen kohdalla. Usein säteilylle altistuminen alkaa jo sikiövaiheessa, jolloin odottavaa äitiä joudutaan kuvaamaan. Vaikka annokset ovat usein pieniä, määrää kaikki eliniän aikana saadut säteilyannokset kokonaisannokseen, jolla sitten saattaa olla terveydellisiä vaikutuksia myöhemmässä iässä.

Etiikka on tärkeä asia terveydenhuollossa. Lääkärit kohtaavat usein vastasyntyneiden hoidossa eettisiä ongelmia, joiden ratkaisemiseen hänen tulee pohtia asiaa niin, että toimenpiteistä olisi eniten hyötyä potilaalle ja vähiten haittaa. Vastasyntynyt ei pysty itse päättämään itseään koskevia asioita, jolloin päätöksen hyväksymistä kysytään lapsen vanhemmilta. Välillä lapsen ja vanhempien edut ovat ristiriidassa ja lääkärin on pohdittava asiaa lapsen kannalta. Vastasyntyneen lapsen eettisissä kysymyksissä pohditaan ja tehdään ratkaisu jokaisen potilaan kohdalla yksilöllisesti. (Lääkäriliitto 2005.)

Säteilyn käytössä tulisi etiikkaa pohtia hyvin tarkasti varsinkin lasten tutkimuksissa. Säteilyä tulisi käyttää turvallisesti ja säteilysuojelun periaatteita noudattaen. Säteilysuojelun periaatteet perustuvat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP, Interna-

tional Commission on Radiological Protection) suosituksiin ja ne ovat saaneet kansainvälisen hyväksynnän. (Säteilyturvakeskus 2009.)

## 8 TUTKIMUSPROSESSI

### 8.1 Menetelmät, aineiston keruu ja analyysi

Menetelmänä oli kerätyn aineiston pohjalta tuottaa kirjallista tietoa, jonka avulla mahdollisesti pystytään pienentämään pienten lasten säderasituksia. Laskimme annoslaskujen avulla ESD:n, eli potilaille aiheutuneet säteilyannokset ja vertasimme niitä painon mukaan kuvattuihin säteilyannoksiin.

Tutkimukseen otettiin joukko vastasyntyneitä vauvoja. Tarkoitus oli ottaa mukaan noin 30–50 riippuen siitä, kuinka monta potilasta tutkimukseen ehdittiin aineiston keruulle osoitettuna ajankohtana kerätä. Jorvin sairaalan fyysikon Toni Ihalaisen mukaan tähän tutkimukseen riittävä määrä potilaita on 30, jotta tutkimus on luotettava. Loppujen lopuksi potilasmääräksi muodostui 33 potilasta. Tutkimukseen valittiin potilaat sattumanvaraisesti, kuitenkin niin, että mukaan pyrittiin ottamaan jokainen vastasyntynyt kuvattavana oleva vauva. Thorax-kuvauksen tutkimuksista otettiin talteen kuvien AC-numerot, potilaan paino, paksuus ja pituus, kuvauslaitteiston tiedot (suodatus ym.), sukupuoli ja tutkimuksen tiedot (arvot, etäisyys ym.). Osastoilla (L1-3) käytössä on Mobi-lett-osastokuvauslaite. Kuvalevyt ovat Fujin IP CASSETTE D/ST-BD. Ne ovat pediatriasia kasetteja, joissa on kaksipuolinen luenta. Kuvanlukija on Fuji Profect CR-IR 363.

Aineistona käytettiin, HUS-röntgen Jorvin henkilökunnan, tarkemmin röntgenhoitajien L1- L3-osastoilla keräämiä säteilytietoja. Alkuperäinen suunnitelma oli ottaa mukaan vain L2 ja synnytysosasto, mutta koska synnytysosaston otanta jäi niin pieneksi (yksi potilas), päätimme jättää sen pois. Sen sijaan otimme mukaan myös osastoilta L1 ja L3 potilaita, jotka sopivat tutkimuskriteereihimme. Hoitajat keräsivät röntgentutkimuksen yhteydessä sekä kuvauksen teknisiä tietoja että potilaan anatomisia mittoja. Näiden tietojen avulla pystyimme laskemaan potilaan saaman annoksen. Alkuperäinen suunnitelma oli pyytää radiologin arvio kuvista ja niiden laadusta, mutta päädyimme jättämään tämän osion pois työstämme.

L2-osastolla on lapsia vastasyntyneestä eteenpäin kuitenkin ylittämättä ensimmäistä ikävuotta. Siellä on myös vauvoja keskoskaapissa. L2-osastolta on kerätty suurin osa tutkimuksen potilasmateriaalista. L1- osasto on kirurginen osasto ja L3-osasto on infektio-osasto. Viimeiseksi mainituilta kahdelta osastolta mukaan otetut potilaat ovat olleet alle vuoden ikäisiä.

## 8.2 Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä

Käytimme tutkimuksessamme kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusotetta. Sen tarkoituksena on, että kerätyn aineiston perusteella pyritään selvittämään tutkimuskysymyksiin perusteltuja vastauksia. Kerätyllä aineistolla pystymme seuraamaan muuttujia ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Määrällisen tutkimuksen tavoite on, että tutkija kerää itselleen kokemusperäistä havaintoaineistoa, jota tarkastelemalla pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Tutkimus perustuu yleensä havainnointiin ja mittauksiin. (Taanila Aki 2011.)

Määrällisen tutkimuksen kohteena on yleensä suurempi joukko. Yleensä koko joukkoa ei pystytä ottamaan mukaan tutkimukseen, joten tutkimukseen mukaan otettavat valitaan otannalla. Tutkimuskohteita ei tarkastella yksilöinä kaikkine ominaisuuksineen, vaan tutkittavasta ilmiöstä pyritään luomaan yleisempi malli, josta käyvät ilmi eri tekijöiden väliset yhteydet ja vaikutukset. (Tampereen yliopisto, hoitotieteen laitos 1999.)

## 8.3 Annoslaskenta

Tässä tutkimuksessa dataa kerättiin noin vuoden verran Jorvin röntgenissä. Dataa kerättiin taulukkoon vastasyntyneiden thorax-kuvauksista, ja siihen on kerätty tietoja tutkimuksesta, jonka avulla laskimme tutkimuksista aiheutuvat ESD:t, eli yhtä kuvaa vastaavat pinta-annokset.

Kuvausjännitettä käytetään röntgenkuvauksessa nostattamaan putken jännitettä, jolloin säteilyn energia ja läpäisy kasvavat. Riippuen kudoksen paksuudesta ja koostumuksesta, tarvitaan kohteen mukainen kuvausjännite. Mikäli kuvausjännitettä lisätään, röntgenkuvan filmi valottuu nopeammin, mutta se heikentää kuvan kontrastia. Kuvausjännitteen

lisäys lisää myös hajasäteilyä, jolloin hilan käytön merkitys korostuu. (Saloheimo 2007.)

Tutkimuksemme osallistuvien potilaiden tutkimuksissa kuvausjännitteet olivat 77–85 kV:n väliltä ja mAs-arvot 0,63–1 väliltä. mAs tarkoittaa sekä kuvausvirta (mA) ja kuvausaika (s). mAs:lla nostetaan putkessa menevien elektronien määrää ja se kertoo elektronien määrän tietyssä ajassa. mAs vaikuttaa säteilyn määrään ja kuvan tummuuteen, se myös kertoo kuvausajan ja on suoraan verrannollinen potilaan saamaan sädeannokseen (Saloheimo 2007.)

#### 8.4 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tutkimukseen otettiin henkilöitä, joille röntgentutkimus olisi tehty muutenkin. Tutkimus ei vaikuttanut merkittävästi röntgenhenkilökunnan toimintaan, eikä aiheuttanut ylimääräistä säderasitusta tutkimushenkilöille. Tutkimuksessa käytettävä potilasdata on anonyymiä, mutta kuvat löytyvät tarvittaessa AC-numeron avulla. AC-numero haluttiin säästää sen myöhempää mahdollista tarvetta varten ja ne löytyvät Jorvin sairaalan röntgen-osastolta. Tietoja käytetään ainoastaan tähän tutkimukseen.

Keräsimme aineistoa keuhkokuvaustutkimuksista itse laatimaamme kaavioon, liite 3. Kaavion otsakkeeseen merkittiin kaikki tärkeät kerättävät tiedot, jotka tarvitaan annoslaskujen laskemisessa, kuten esimerkiksi käytetyt arvot, säteilytuottokäyrät, potilaan pituus ja paino ym. Tämän jälkeen laskimme annoslaskut. Sovimme jo tutkimussuunnitelmavaiheessa että fyysikko Toni Ihalainen tarkistaa laskemamme annoslaskut. Tällä tavoin varmistimme, että tutkimus saa luotettavan suunnan ja että sitä voidaan hyödyntää. Pidimme erityisen tarkasti huolta siitä, että koko Jorvissa kerätty aineisto ja meidän keräämämme tieto olivat ajan tasalla ja luotettavaa. Koko tutkimuksen ajan käytimme hyväksemme apua, jota saimme niin Jorvin sairaalan röntgenin, kuin koulunkin henkilökunnalta.

## 9 TUTKIMUSTULOKSET

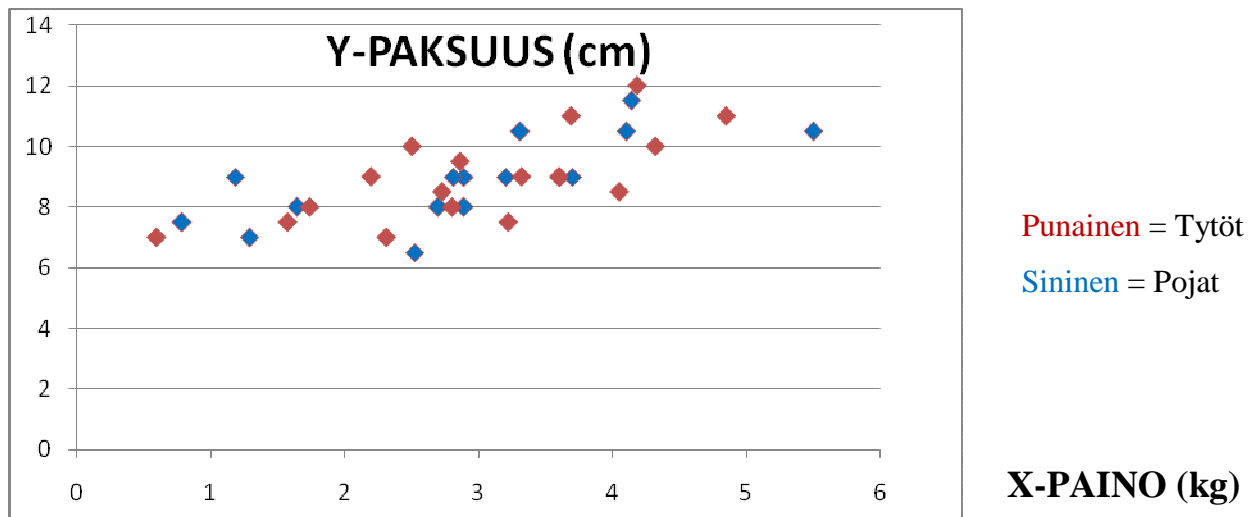
Tutkimustulokset saatiin laskemalla annokset ja vertailemalla tuloksia toisiinsa. Nume-roimme jokaisen potilaamme helpottamaan tulosten analysointia. Katsomalla tuloksen-



keruulomakkeesta kyseisen potilaan kohdalta saa varsin helposti selville juuri kyseisen potilaan tutkimustiedot. Vertasimme useampaa samankokoista potilasta keskenään, jotta saisimme tutkimukseemme vakaamman pohjan.

Tutkimukseen osallistuvista potilaista 16 oli poikia ja 17 tyttöjä kokonaispotilasmäärän ollessa 33 potilasta (n=33). Sukupuolesta aiheutuvaa kokoeroa emme pitäneet niin merkittävänä, ettei eri sukupuolta olevia, mutta samanpainoisia potilaita olisi voinut verrata keskenään. Tässä esimerkkinä potilaat 4, 22 ja 23, jotka ovat suurin piirtein samanpainoisia, n. 2,8 kg. Heillä myös rintakehän paksuudet ovat keskenään lähestulkoon samat, 8-9,5 cm. Näistä kolmesta potilaasta potilaat 4 ja 23 olivat tyttöjä ja potilas 22 poika. Kuten voimme päätellä, sukupuolesta johtuvaa kokoeroa ei juuri ole havaittavissa.

Kun tarkastelemme tutkimuksessa mukana olleiden vastasyntyneiden painoja ja rintakehän paksuuksia, voimme todeta, että rintakehän paksuus ei kasva lineaarisesti suhteessa painoon, eikä toisinpäin. Alapuolella on kaavio havainnoimaan potilaiden kokoeroja. Taulukkoon on merkitty kaikki tutkimukseen osallistuvat potilaat ja heidän painonsa ja pituutensa.



**Kaavio 1. Kokoerojen havainnointia.**

Alla olevaan taulukkoon olemme keränneet painojärjestyksessä joitakin potilaita havainnoimaan kokoeroja. Kyseessä on satunnainen otanta eri painoluokista, ei siis kaikkia potilaita. Painon jälkeen on rintakehän paksuus ja lopuksi kyseessä oleva potilas. Tarkempi listaus liitteissä 3 ja 5.

**TAULUKKO 1. Painojärjestyksessä potilaiden säteilyannoksia, ei kaikkia tutkimukseen osallistuvia potilaita.**

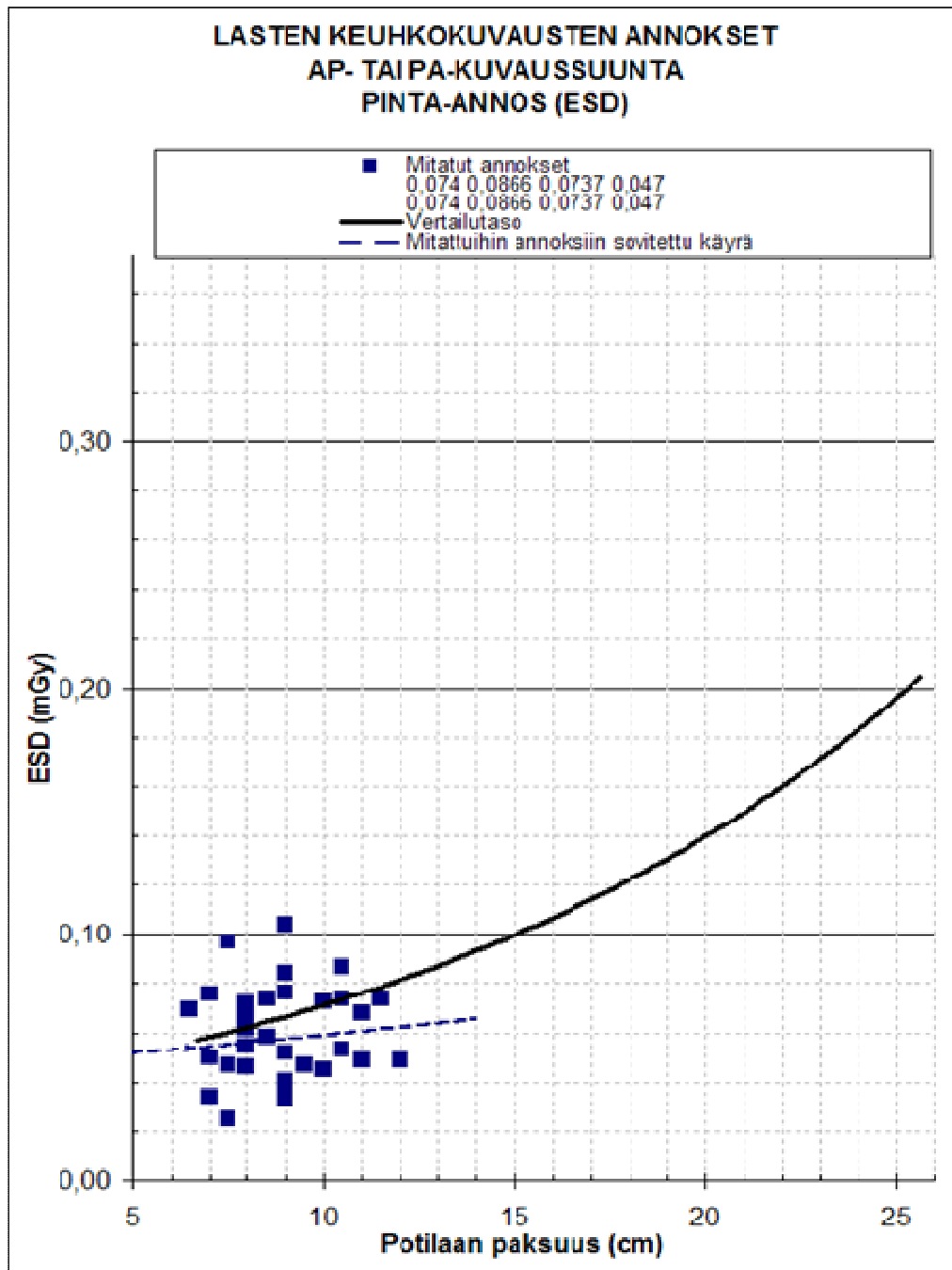
Paino kg	Rintakehä cm	Potilas N	Sädeannos mGy
0,5 kg	7 cm	potilas 30	0,0339 mGy
0,7 kg	7,5 cm	potilas 16	0,0252 mGy
1.1 kg	9 cm	potilas 24	0,0407 mGy
1.2 kg	7 cm	potilas 27	0,0756 mGy
1,6 kg	8 cm	potilas 14	0,0657 mGy
2,1 kg	9 cm	potilas 12	0,0523 mGy
2,3 kg	7 cm	potilas 11	0,0500 mGy
2,8 kg	9 cm	potilas 22	0,0763 mGy
3,1 kg	9 cm	potilas 21	0,0764 mGy
3.2 kg	7,5 cm	potilas 31	0,0470 mGy
3,2 kg	9 cm	potilas 32	0,1042 mGy
3,6 kg	9 cm	potilas 18	0,0329 mGy
4,0 kg	8,5 cm	potilas 28	0,0584 mGy
4,1 kg	12 cm	potilas 25	0,0487 mGy
4,3 kg	10 cm	potilas 33	0,0726mGy

Tarkastelimme myös tutkimusten s-arvoja ja vertasimme niitä potilaiden annoksiin. S-arvo heijastaa suhteellista sädeannosta ja tarkoittaa järjestelmäherkkyyttä (sensitivity). S-arvo kertoo suhteellisesta sädeannoksesta eli se kertoo kuvalevylle tulleen säteilyn määrän. Suuri s-arvo tarkoittaa sitä, että säteilyä on käytetty vähän. Siihen, mikä tutkimuksen s-arvoksi tulee, vaikuttaa moni asia. Näitä ovat mm. kuvakentän rajaus ja sen koko, keskitys ja valitut kuvausarvot. S-arvon avulla voidaan miettiä, onko esimerkiksi kuvausarvot valittu oikein. Mitä suurempi on lukema, sitä vähemmän on käytetty arvoja

ja päinvastoin. S-arvo luukuvauksissa on yleensä 100–300:n luokkaa ja thorax-kuvauksessa jopa 800. Jos s-arvo on esimerkiksi alle 100, on kuvalevyllä tullut huomattavasti liikaa säteilyä. Kun säteilyannos puoliintuu, s-arvo kaksinkertaistuu. Pohdimme työssämme s-arvoja ja vertasimme niitä tutkimukseen osallistuvien potilaiden sädeannoksiin. S-arvot sijoittuivat 241–836:n välille.

Thorax-kuvauksessa s-arvo saattaa hyvinkin nousta jopa 800:aan, joten sen puolesta lukemat olisivat melko kohdallaan. Joillain potilailla s-arvo tosin oli melko pieni, joten voidaan arvella että säteilyä on käytetty melko paljon. Täytyy kuitenkin tarkastella kyseisen potilaan kuvauksessa käytettyjä arvoja sekä saamaa sädeannosta ennen kuin voidaan vetää johtopäätöksiä. Tarkastelimme s-arvoja ja poimimme lomakkeesta potilaita, joiden s-arvo oli tasan 400 tai jäi sen alle. Näihin potilaisiin kuuluivat potilaat 6, 14, 17, 22 ja 29. Näillä kyseisillä potilailla säteilyannokset ja koot vaihtelivat. Kaikilla paitsi yhdellä kyseisistä potilaista (potilas 6) oli FFD-etäisyyttä melko vähän. Potilaan 6 s-arvo oli tasan 400 ja totesimme, että hänellä oli myös FFD eniten, 115 cm.

Saimme tutkimuksen avulla käsityksen Jorvin sairaalan röntgenosaston vastasyntyneiden keuhkokuvausten sädeannoksista. Vertailimme säteilyturvakeskuksen laskentaohjelman avulla säteilyannoksia vertailutasoihin ja tulimme siihen lopputulokseen, että Jorvin sairaalassa vastasyntyneiden lasten keuhkokuvauksista aiheutuneet säteilyannokset noudattavat melko hyvin vertailutasoja. Tietysti yksittäisiä poikkeamia löytyi, mutta pääasiassa annoksista kertova käyrä menee vertailutasokäyrän kanssa yksiin. Yleensä kuvaustilanteet ovat hektisiä ja niissä pyritään mahdollisimman nopeasti saamaan potilaasta diagnostiset kuvat. Etäisyys saattaa olla silmämääräinen, eikä tilanne ole aina optimaalinen aineistonkeruuta ajatellen. Seuraavaksi on vielä kaavio lasten keuhkokuvausten vertailutasoista, joista käy ilmi myös annosjakauma.



**Kaavio 2. Lasten vertailutasot (Säteilyturvakeskus 2007.) Siniset neliöt ovat tutkimuksista aiheutuneita annoksia. Käyrä tarkoittaa vertailutasoa.**

Huomasimme, että potilailla, joilla on saman paksuinen rintakehä, voi kuitenkin paino vaihdella potilaiden välillä. Esimerkkinä potilaat 30 ja 31. Potilas 30 on selvästi äärimmäisen pieni vauva, sillä hänen painonsa on ainoastaan 0,590 kg, kun taas potilas 31 painaa 3,2 kg. Vaikka painoero on näin merkittävä, on heillä siitä huolimatta lähes saman paksuinen rintakehä: toisella 7 cm ja toisella 7,5 cm. Pituuseroa heillä on 10 cm.

Pienemmälle vauvalle, eli potilaalle 30 aiheutunut sädeannos oli 0,0339 mGy, kun taas potilaalle 31 aiheutunut annos oli hieman enemmän, 0,0470 mGy. Vaikka sädeannoksissa on ero, olisi kuitenkin ollut kokoeroa tarkasteltaessa oletettavaa, että ero sädeannosten välillä olisi ollut paljon suurempi.

Potilailla 14 ja 28 rintakehän paksuus on melkein sama, toisella 8 cm (potilas 14) ja toisella 8,5 cm (potilas 28). Potilaiden painoissa on suuri ero. Potilas 14 painaa vain 1,6 kg kun taas potilas 28 painaa tasan 4 kg. Tässä siis rintakehän paksuuden ollessa sama, painoissa on suuri ero. Potilaiden sädeannokset eivät kauheasti poikkea toisistaan. Potilas 14 sai 0,0657 mGy annoksen ja potilas 28 sai 0,0584 mGy annoksen. Tässä tilanteessa painavampi potilas (28) sai hieman pienemmän annoksen.

Potilaat 1 ja 7, jotka painavat molemmat 4,1 kg. Potilaan 1 rintakehän paksuus on 11,5 cm ja potilaan 7 on 10,5 cm. Kuitenkin, huolimatta potilaiden samasta koosta, sai potilas 1 suuremman annoksen kuin potilas 7. Potilas 1 sai 0,0740 mGy annoksen ja potilas 7 puolestaan sai tutkimuksesta 0,0531 mGy annoksen. Paino on potilailla lähes sama, samoin kuin rintakehän paksuus, mutta annoksessa on silti hieman eroa. Tähän voi tietysti vaikuttaa useat eri asiat, kuten esimerkiksi tutkimuksessa käytetty FFD (Film Focus Distance) joka potilaan 1 kohdalla oli 91 ja potilaan 7 kohdalla 110. S-arvo potilaalla 1 oli 552 kun taas potilaalla 7 se oli 504. Voimme huomata, että etäisyyseroista huolimatta s-arvo on lähes sama kummallakin potilaalla.

Kahdella potilaalla on paino lähes sama, mutta rintakehän paksuudessa on ero. Esimerkkinä potilaat 25 ja 28, jota molemmat ovat tyttöjä. Potilas 25 painaa 4,1 kg kun taas potilas 28 painaa 4,0 kg. Rintakehän paksuudessa heillä on merkittävä ero, sillä potilaan 25 rintakehä on 12 cm, mutta potilaan 28 rintakehä on vain 8,5 cm. Ero rintakehän paksuudessa on siis 3,5 cm, vaikka paino on lähes sama. Tarkastellaan seuraavaksi kyseisten potilaiden sädeannoksia. Molempien potilaiden tutkimuksesta saamat sädeannokset ovat lähestulkoon samat, pientä eroa lukuun ottamatta. Potilaan 25 rintakehä oli siis paksumpi kuin potilaan 28, mutta silti potilas 25 sai vähemmän annosta, yhteensä 0,0487 mGy. Potilas 28 sai tutkimuksesta 0,0584 mGy säteilyä. Tässä tilanteessa paksuuden rintakehän omaava potilas sai pienemmän annoksen. FFD potilaan 25 tutkimuksessa oli 110 ja potilaalla 28 etäisyyttä oli 98. Ero etäisyyksissä tuo oman vaikutuksensa annoseroavuuksiin.

## 10 POHDINTA

### 10.1 Tulosten pohdinta

Kuvantamisessa on äärimmäisen tärkeää, että noudatetaan optimointiperiaatetta, jonka mukaan säteilynkäytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin alhaisena kuin koh- tuudella on mahdollista. On kuitenkin syytä kiinnittää kuvausarvoihin huomiota myös kuvanlaadun puolesta; kuvan on oltava riittävän diagnostinen, jotta vältytään uusintaku- vaukselta. Kuitenkin on helposti pääteltävissä, että pienempi säteilyannos tulee, jos ker- ralla kuvauksessa käytetään riittävän suurta säteilyannosta, verrattuna siihen, että tutki- mus jouduttaisiin uusimaan.

Pienempi etäisyys aiheuttaa suuremman annoksen, ja kuten tiedämme, etäisyyden kas- vattaminen on osa säteilysuojelua. Säteilylähteen ja ihmisen välisen etäisyyden kasvat- taminen vaimentaa säteilyä ja vähentää absorboituvan säteilyn määrää. Huomasimme, että aineistonkeruulomakkeeseen kerätty FFD ei aina ollut sama eri potilaiden kohdalla. Olimme kirjanneet taulukon sarakkeeseen kohtaan FFD lukeman 110 cm, jotta etäisyys filmin ja fokuksen välillä olisi mahdollisimman vakio. Kuitenkin nyt kun tutkimuksissa käytettiin melko vaihtelevia etäisyyksiä, on tutkimustuloksista vaikea antaa yhtenevää johtopäätöstä. Etäisyyden muutoksella on suuri vaikutus sädeannoksiin, joten koska tutkimuksessamme etäisyydet vaihtelevat merkittävästi, optimaalisinta olisikin nyt ver- rata potilaita, joilla paino ja FFD ovat samat. Näin saisimme totuudenmukaisemman kuvan todellisista rintakehän paksuuksista ja säteilyannoksista. Huomasimme, että FFD vaikuttaa suoraan myös s-arvoon.

Hajonta painon ja FFD:n suhteen oli tutkimuspotilaillamme laaja, eikä potilaita, joilla olisi ollut sama paino ja FFD, juurikaan ollut. Emme voineet verrata tällä menetelmällä kuin kahta potilasta. Kyseessä oli siis potilaat 7 ja 25. Molemmilla oli tutkimuksen FFD 110 cm. Paino oli myös kyseisillä potilailla sama, 4,1 kg. Rintakehässä oli hieman eroa. Potilaan 7 rintakehä oli 10,5 cm ja potilaan 25 oli 12 cm. Annoksissa ei kuitenkaan ollut kovin suurta eroa, vaikka ne vähän poikkesivatkin toisistaan, potilas 7 sai annosta 0,0531 mGy ja potilas 25 sai 0,0487 mGy. S-arvo oli myöskin potilailla lähes sama, potilaan 7 lukema oli 504 ja potilaan 25 oli 515. Tarkastelemalla näitä tuloksia voimme huomata, että potilas 7, jolla oli ohuempi rintakehä, sai hieman suuremman annoksen.

Tähän verrattuna optimaalisinta olisi mahdollisesti ollut valita kuvausarvot rintakehän paksuuden mukaan. Emme voi tietenkään puhua tästä yleisellä tasolla, sillä tämä koskee tässä tapauksessa vain näitä kahta potilasta.

Toiseen esimerkkiin otetaan melko huomiota herättävä tilanne. Potilaat 18 ja 32, joilla molemmilla on saman paksuinen rintakehä eli 9 cm. Painokin on lähes sama, potilas 18 painaa 3,6 kg ja potilas 32 3,2 kg eli voimme todeta näiden kahden lapsen olevan suunnilleen samankokoisia. Kuitenkin tutkimuksesta aiheutunut sädeannos poikkesi hyvin paljon näiden kahden potilaan välillä, sillä potilas 18 sai 0,0329 mGy annoksen kun taas potilas 32 sai 0,1042 mGy annoksen. Ero on todella iso, varsinkin kun vauvoilla ei muuten kokoeroa ole. Kummankin potilaan tutkimuksessa mAs oli sama, mutta kV:ssa oli pieni ero. Selittäväksi tekijäksi jääkin todennäköisesti FFD, joka potilaan 32 tutkimuksessa oli vain 76 cm, kun taas potilaalla 18 se oli 120 cm. Tällöin voidaan arvella, että annosero on etäisyydestä johtuva, eikä kokoerosta. Potilaan 18 tutkimuksen s-arvo oli 745 ja potilaan 32 oli 439. Koska potilaalla 18 FFD-etäisyys oli 120, on tutkimuksen s-arvo sen takia korkeampi kuin potilaalla 32. Koska s-arvo on ollut noin korkea, on säteilyä tullut vähän, sillä kun säteilyannos puolitetaan, s-arvo tuplaantuu. Huomaamme FFD:n merkityksen sädeannoksen määrittelyssä. Potilaalla 32 s-arvo oli jonkun verran pienempi, mutta arvelemme sen johtuvan lyhyemmästä etäisyydestä. S-arvo on mielestämme kuitenkin melko optimaalinen.

Potilaalla 29 oli s-arvo kaikista pienin. Hänellä oli s-arvo 241 ja FFD 77 cm. Totesimme, että kyseinen potilas sai toiseksi eniten säteilyannosta kaikista tutkimukseen osallistuvista potilaista, eli 0,0968 mGy. Näin ollen voimme päätellä, että FFD on suoraan verrannollinen s-arvoon ja sitä kautta sädeannokseen.

Kun vertasimme Anja Kettusen väitöskirjan säteilyannoksia meidän tutkimuksen annoksiin, huomasimme, että ne olivat vastaavia meidän säteilyannoksiemme kanssa. Laskeessamme keskiarvoa noin kolmekiloisten vauvojen säteilyannoksille, saimme tulokseksi 0,0707 mGy. Kettusen keskiarvo samaiselle vertailulle oli 0,0747 mGy. Tästä huomaamme, että annokset ovat lähellä toisiaan.

## 10.2 Työn pohdinta

Pohdimme tulosten luotettavuutta ja tulisimme siihen tulokseen, että tulokset voidaan lukea luotettaviksi. Annoslaskut tarkistutettiin asiantuntevalla taholla, Jorvin sairaalan fyysikko Toni Ihalaisella, ja todettiin oikein lasketuiksi ja siten luotettaviksi. Myös tutkimuksen muiden tekijöiden, kuten s-arvon ja potilaiden anatomisten mittojen voidaan katsoa olevan oikeellisia. S-arvo on nähtävissä kuvassa heti kuvankehityksen jälkeen. Mitä tulee aineistonkeruulomakkeisiin, on vain luotettava siihen että thorax-tutkimusten tiedot ylös kirjanneet hoitajat ovat kirjanneet tarvittavat asiat muistiin luotettavasti. Useat eri tekijät tutkimuksen alusta lähtien varmistivat, että tutkimus saa luotettavan suunnan. Koko tutkimuksen ajan olimme yhteydessä tutkimuksen pyytäneeseen tahoon. Arvioimme käyttämiämme lähteitä kriittisesti ja pohdimme niiden luotettavuutta, ennen kuin käytimme materiaalia tutkimuksessamme.

Kaiken mietinnän ja pohdinnan jälkeen tulimme siihen lopputulokseen, että ei voida valita yksiselitteisesti menetelmää, jolla vastasyntyneitä tulisi kuvata. Kaikkein optimaalisin menetelmä olisikin valita kullekin potilaalle arvot vertailemalla sekä painoa että rintakehän paksuutta ja valitsemalla optimaalisin etäisyys eli FFD. Tällä tavalla saisimme optimaalisimmat arvot sekä säteilyannosta, että kuvanlaatua ajatellen. Annostuloksiin vaikuttaa niin moni asia, joten on vaikea päätellä, mikä menetelmä olisi kaikista optimaalisin. Kuvauksen suoritustapa, etäisyys, potilaan paksuus ja paino, sekä potilaan anatomia tuo omat vaikutuksensa säteilyannoksiin ja niiden poikkeavuuksiin. Voimme siis päätellä, että kuvausarvojen valinta on loppujen lopuksi monen tekijän summa.

Työ oli opettavainen ja antoisa kokemus. Opimme paljon uutta säteilysuojelusta sekä säteilyfysiikasta. Syvensimme myös tietämystämme säteilynkäytön saralla sekä tutustuimme erilaisiin pienten lasten sairauksiin, joista tärkeimpänä jäi mieleen syöpäriski. Työmme oli haastava ja pitkäkestoinen prosessi. Saimme paljon arvokasta tietoa, jonka toivomme hyödyntävän muitakin tahoja HUS-röntgenissä.



## LÄHTEET

Duodecim 2010. Ionisoivan säteilyn haitat. Verkkodokumentti.

<[http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p\\_p\\_id=dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_\\_spage=%2Fportlet\\_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&\\_dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_tunnus=duo91423&\\_dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_p\\_auth](http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/etusivu?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo91423&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth)>. Luettu 14.08.2010.

Energia-ala keskusliitto ry Finergy 2003: Hyvä tietää säteilystä.

Euroopan komissio 1999: Säteilysuojelu 100, ohjeita syntymättömien ja vastasyntyneiden lasten suojelemiseksi vanhempien altistuessa säteilylle lääketieteellisessä tarkoituksessa.

Fellman Vineta – Järvenpää Anna-Liisa. Vastasyntynyt. Therapia Fennica 2004. Verkkodokumentti.

<<http://www.therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Vastasyntynyt>>. Luettu 20.09.2010.

Kettunen Anja 2004. Väitöskirja Radiation dose and radiation risk to foetuses and newborns during x-ray examinations. Verkkodokumentti.

<<http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-a/stuk-a204.pdf>>. Luettu 1.12.2010.

Kettunen Anja 2004. Väitöstilaisuus Oulun yliopistossa. Verkkodokumentti.

<<http://www.hallinto.oulu.fi/viestin/vaitos04/kettunen.html>>. Luettu 30.09.2010.

Mannila Vilma 2008. Potilasannosmäärityksen koulutusiltapäivä: Potilasannoksen laskenta säteilyntuoton perusteella.

Mustonen Riitta – Salo, Aki. Säteily ja solu. Säteilyturvakeskus 2002. Verkkodokumentti.

<[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja4/\\_files/12222632510021056/default/kirja4\\_luku2.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja4/_files/12222632510021056/default/kirja4_luku2.pdf)>. Luettu 20.09.2010.

Paile, Wendla 2002: Säteilyn terveystvaikutukset. Hämeenlinna: STUK.

Pharmatech. Keuhkojen rakenne ja toiminta Tossavainen, Hanne. Verkkodokumentti.  
<[http://www.pharmtech.helsinki.fi/kurssit/590016/phantom\\_wanha/phantom2000/keuhkojen%20rakenne%20ja%20toiminta.pdf](http://www.pharmtech.helsinki.fi/kurssit/590016/phantom_wanha/phantom2000/keuhkojen%20rakenne%20ja%20toiminta.pdf)>.

Rajantie, Jukka – Mertsola, Jussi – Heikinheimo, Markku - (toim.). 4. uudistettu painos 2010. Duo-decim. Lastentaudit. Kariston Kirjapaino Oy.

Standertskjöld-Nordenstam – Suramo, Ilkka – Pamilo, Martti, Toimittajat C.-G 1991. Duodecim. Radiologia. ISBN.

Saloheimo Tuomo 2007. Röntgenlaite ja muuta tarpeellista fysiikkaa ja laiteoppia radiografian opiskelijoilla. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki

Suomen Lääkäriliitto 2005. Lääkärin etiikka. Verkkodokumentti.  
<<http://www.laakariliitto.fi/files/Etiikka05.pdf>>. Luettu 20.09.2010.

Suomen röntgenhoitajaliitto 2000. Röntgenhoitajan ammattietiikka. Verkkodokumentti.  
<<http://www.suomenrontgenhoitajaliitto.fi/doc/eettisetohjeet.pdf>>. Luettu 26.09.2010.

Säteilyturvakeskus 2002. Säteily ja raskaus.. Verkkodokumentti.  
<[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja4/\\_files/12222632510021063/default/kirja4\\_09.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja4/_files/12222632510021063/default/kirja4_09.pdf)>. Luettu 11.08.2010.

Säteilyturvakeskus 2005. Lasten röntgentutkimusohjeisto. Verkkodokumentti.  
<[http://www.stuk.fi/julkaisut/katsaukset/pdf/lasten\\_rontgentutkimusohjeisto.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut/katsaukset/pdf/lasten_rontgentutkimusohjeisto.pdf)>..Luettu 20.09.2010.

Säteilyturvakeskus 2007. Säteilysuojelun periaatteet. Verkkodokumentti.  
<[http://www.stuk.fi/proinfo/vaatimukset\\_kaytolle/fi\\_FI/sateilysuojelun\\_periaatteet/](http://www.stuk.fi/proinfo/vaatimukset_kaytolle/fi_FI/sateilysuojelun_periaatteet/)>.  
Luettu 26.09.2010.

Säteilyturvakeskus 2009. Pienelle potilaalle mahdollisimman pieni säteilyannos. Verkkodokumentti. <[http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2008/fi\\_FI/news\\_478/](http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2008/fi_FI/news_478/)>. Luettu 25.07.2010

Säteilyturvakeskus 2009. Säteilysuojelun periaatteet. Verkkodokumentti. <[http://www.stuk.fi/sateilyn\\_kaytto/fi\\_FI/suojelu/](http://www.stuk.fi/sateilyn_kaytto/fi_FI/suojelu/)>. Luettu 20.09.2010.

Säteilyturvakeskus 2009. Säteilysuojelun perussuositukset 2007. Verkkodokumentti. <[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/tiivistelmat/a\\_sarja/fi\\_FI/stuk-a235/\\_files/81687360018055623/default/stuk-a235.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a235/_files/81687360018055623/default/stuk-a235.pdf)> Luettu 13.2.2011

Säteilyturvakeskus 2010. Ionisoiva säteily. Verkkodokumentti <[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi\\_FI/ionisoiva/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/mitaonsateily/fi_FI/ionisoiva/)>. Luettu 25.07.2010.

Säteilyturvakeskus 2010. Säteilyn käyttö terveydenhuollossa. Verkkodokumentti. <[http://www.stuk.fi/sateilyn\\_kaytto/terveydenhuolto/fi\\_FI/index/](http://www.stuk.fi/sateilyn_kaytto/terveydenhuolto/fi_FI/index/)>. Luettu 30.09.2010.

Säteilyturvakeskus (vuosiluku ei tiedossa). Potilassuojainten käyttö röntgentutkimuksissa. Verkkodokumentti. <<http://www.stuk.fi/julkaisut/potilassuojaimet.html>>. Luettu 4.10.2010.

Taanila Aki 2011. Määrällisen aineiston kerääminen. Verkkodokumentti. <<http://myy.helia.fi/~taaak/t/suunnittelu.pdf>> Luettu 13.3.2011.

Tampereen yliopisto, hoitotieteen laitos, 1999. Empiiriset aineistot ja analysoinnin kysymykset. Verkkodokumentti. <<http://www.uta.fi/laitokset/hoito/wwwoppimateriaali/luku5a.html>>. Luettu 28.10.2010.

Université de Technologie de Compiègne 2008. Tigre de l'étude: Mise en place du contrôle de qualité en radiodiagnostic. <[http://www.med.univ-rennes1.fr/~medelez/ARC/imagerie/radio/thorax/radio\\_thorax\\_nourrisson.jpg](http://www.med.univ-rennes1.fr/~medelez/ARC/imagerie/radio/thorax/radio_thorax_nourrisson.jpg)>. Luettu 6.10.2010.

Kuvio 2. Säteilysuojelun periaatteet. Säteilyturvakeskus 2009. Verkkodokumentti.

[http://www.stuk.fi/sateilyn\\_kaytto/fi\\_FI/suojelu/](http://www.stuk.fi/sateilyn_kaytto/fi_FI/suojelu/). Luettu 20.09.2010.

Kaavio 2. Lasten keuhkokuvausten vertailutasot. Säteilyturvakeskus 2007. Verkkodokumentti.

[http://www.stuk.fi/proinfo/muuta\\_tietoa/ohjelmat/fi\\_FI/keuhkokuvaukset](http://www.stuk.fi/proinfo/muuta_tietoa/ohjelmat/fi_FI/keuhkokuvaukset)

# LIITTEET

## Liite 1 Tutkimuslupa

Satu Saarinen, 0800502 TUTKIMUSLUPA-ANOMUS  
Christel Malmström, 0800495  
Röntgenhoitaja (AMK)  
Metropolia Ammattikorkeakoulu 19.2.2010

1/1

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri  
HUS-Röntgen  
Johtava ylihoitaja Helena Nevantaus

Sädeannoksen optimointi vastasyntyneiden thorax-kuvauksissa

### Tutkimuslupa-anomus

Opiskelemme röntgenhoitajiksi radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmassa Helsingin ammattikorkeakoulu Metropoliaassa. Olemme tekemässä opinnäytetyönämme tutkimustyötä pienten lasten säderasituksesta ja -optimoinnista. Teemme tutkimuksen Jorvin sairaalaan, HUS-röntgeniin. Tutkimustyön tarkoituksena on arvioida, voidaanko säderasitusta pienentää valitsemalla kuvausarvot potilaan paksuuden mukaan, painon sijaan. Tutkimuksen on määrä olla valmis viimeistään toukokuussa 2011.

Tutkimuksen tarkoituksena on osoittaa, kuinka paljon vähemmän säteilyä lapsi saa kyseisellä menetelmällä ja onko muutos oikeutettu kuvan laatuun nähden. Haluamme osoittaa tutkimuksellamme, että eri painoisten lasten kohdalla on huomioitava lapsen todellinen koko kuvausarvoja valittaessa, jotta lapsi ei joudu turhaan liian suuren säteilyrasituksen kohteeksi.

Tutkimusta varten kerätään aineistoa kuvaustiedoista (projektiot, arvot, etäisyys), potilaan pituudesta ja painosta. Tutkimusta varten tekemäämme kaavioon merkitään myös tutkimuksen AC-numero ja potilaan sukupuoli. Tutkimuksessa käytettävä potilasdata on anonyymiä, mutta kuvat löytyvät tarvittaessa AC numeron avulla. Tietoja käytetään ainoastaan tähän tutkimukseen.

Koska tutkimuksemme on työelämälähtöinen, anomme sitä varten tutkimuslupaa.

Kunnioitavasti


  
Satu Saarinen  
Röntgenhoitajaopiskelija  
satu.saarinen@metropolia.fi

  
Christel Malmström  
Röntgenhoitajaopiskelija  
christel.malmstrom@metropolia.fi

Työn ohjaajat

  
Antti Niemi  
Lehtori  
antti.niemi@metropolia.fi

  
Kirsi Pellikka  
osastosihteeri  
kirsi.pellikka@hus.fi

  
Helena Nevantaus  
HUS-röntgen  
Johtava ylihoitaja

Tutkimuslupa myönnetty / eväty 5 / 3 2010

## Liite 2

### Ohje aineistonkeruuta varten

Satu Saarinen  
Christel Malmström  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
Röntgenhoitaja amk

Opinnäytetyö  
24.3.2010

Datan kerääminen opinnäytetyötä varten- ohje  
HUS-röntgen, Jorvin sairaala

#### Sädeannoksen optimointi vastasyntyneiden thorax-kuvauksissa

Tutkimustyön tarkoituksena on arvioida, voidaanko säderasitusta pienentää valitsemalla kuvausarvot potilaan paksuuden mukaan, painon sijaan. Kaavioon kerätään dataa potilaan (lapsen) thorax-kuvauksesta, joiden perusteella lasketaan sädeannokset. Tutkimuksen tarkoituksena on osoittaa, kuinka paljon vähemmän säteilyä lapsi saa kyseisellä menetelmällä ja onko muutos oikeutettu kuvan laatuun nähden.

Tutkimukseen valitaan mukaan vastasyntyneitä **L2-osastolta ja synnytysosastolta. Kuvaukset suoritetaan Fujin IP-kasetti ST-BD:lle (kaksipuolinen luenta).**

Dataa kerätään n. ½ vuotta ja tutkimuksen on kokonaisuudessaan määrä olla valmis toukokuussa 2011.

Kaavioon merkitään:

- ❖ sukupuoli
- ❖ AC-numero
- ❖ paksuus **tai** FSD (fokus-iho-etäisyys)
- ❖ paino
- ❖ pituus
- ❖ osasto (L2 tai syn.)
- ❖ FFD (fokus-filmi-etäisyys)
- ❖ kV
- ❖ mAs
- ❖ S-arvo

Tietoja käytetään ainoastaan tähän tutkimukseen, mutta kuvat löytyvät tarvittaessa AC-numeron avulla, myös tutkimuksen valmistuttua.

Työelämän ohjaajamme on Kirsi Pellikka, jolta voi kysellä lisätietoja tarvittaessa. Kysyä voi myös Timo Vänniltä.

Kiittäen,

Satu Saarinen (satu.saarinen@metropolia.fi)  
Christel Malmström (christel.malmstrom@metropolia.fi)

Liite 3 Aineistonkeruulomakkeet 2 kpl

Vastasyntyneiden rintakehän paksuuden vaikutus sädeannoksiin thx-kuvauksessa

1/2

Sukupuoli	AC-numero	L1-L3	Paino (kg)	Pituus (cm)	Paksuus (cm)	FFD	kV	mAs	S-avo
♂		L3	4.170	52	11,5	91	81	0,8	552
♂		L2	3.310	49	10,5	84	81	0,8	492
♂		L7	5,5	51	10,5	95	81	0,9	540
♀		L2	2.860	46	9,5	121	81	1,0	515
♀		L2	2,5	46	10	106	81	0,71	439
♀		L7	4,85	58	11	115	81	0,9	400
♂		L2	4,100	52	10,5	110	81	0,9	504
♂		L2	2,700	49	8	90	81	0,71	481
♀		L2	1,735	42	8	103	81	0,71	540
♀		L2	2,890	49	8	94	77	0,8	578
♀		L2	2,308	43	7	97	77	0,8	504
♀		L2	2,194	41,5	9	97	77	0,8	664
♀		L2	3,690	50	11	94	81	0,8	605
♀		L2	1,640	40,5	8	82	77	0,71	393
♀		L2	2,520	48	6,5	84	81	0,71	429
♀		L2	0,985	41,5	7,5	120	77	0,63	836
♀		L2	2,890	47	9	90	85	0,9	297

♀ = 17 kpl  
 ♂ = 16 kpl  
 = 33 kpl

Säteilytuotot  
 käytötyille  
 kuvauksjärjittäm-  
 ivoille

77 kV  $\gamma = 0,039$   
 80 kV  $\gamma = 0,044$   
 81 kV  $\gamma = 0,045$   
 85 kV  $\gamma = 0,047$   
 mGy/mA

2/2

## Västäsyttyneiden rintakehän paksuuden vaikutus sädelaanoksiin thx-kuvauksessa

	Sukupuoli	AC-numero	L1-L3	Paino (kg)	Pituus (cm)	Paksuus (cm)	FFD	kV	mAs	S-arvo
18	♀		L2	3,610	-	9	120	77	0,8	745
19	♀		L2	3,320	50	9	103	77	0,63	649
20	♂		L2	3,600	50	9	104	77	0,71	798
21	♂		L2	3,700	46	9	96,5	81	1,0	435
22	♂		L2	2,810	46	9	89	85	0,8	333
23	♀		L2	2,800	48	8	84	81	0,71	409
24	♂		L2	1,182	37,9	9	110	81	0,71	348
25	♀		L2	4,184	54	12	110	81	0,8	515
26	♀		L2	2,725	47	8,5	88	81	0,8	365
27	♂		L2	1,286	36,8	7	76	77	0,71	419
28	♀		L2	4,050	50	8,5	98	81	0,8	592
29	♀		L2	1,570	39,5	7,5	77	81	0,8	241
30	♀		L2	0,590	39	7	110	77	0,71	439
31	♀		L2	3,220	49	7,5	95	77	0,71	762
32	♂		L2	3,2	47	9	76	81	0,8	439
33	♀		L2	4,320	51	10	92	85	0,8	592

♀ = 17 kpi

♂ = 16 kpi

Säteilytuotot  
käytetyille  
kuvauksijämikearvoille77 kV  $\gamma = 0,039$ 80 kV  $\gamma = 0,044$ 81 kV  $\gamma = 0,045$ 85 kV  $\gamma = 0,047$   
mGy/mA



## Liite 4

Potilasannoksen laskenta säteilyntuoton perusteella

Potilasannoksen laskentaan käytetään alla olevaa kaavaa. Kaavan kirjaimet on selvitetty alempana.

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

$Y(U, F)$  = Säteilyntuotto (mGy/mAs) FDD (cm) etäisyydellä fokuksesta U:n ollessa käytetty kuvausjännite (kV) ja F suodatus

FDD= Fokus-säteilynilmaisinetäisyys, jota käytetty säteilyntuottomittauksessa. Vakio 100 cm

FSD= Film Skin Distance, fokuksen ja potilaan ihon välinen etäisyys (cm)

Q= Tutkimuksessa käytetty sähkömäärä eli mAs

BSF= Takaisinsirontakerroin

Lähde Vilma Mannila 2008/ Potilasannosmäärityksen koulutusiltapäivä

Lasketuissa annoslaskuissa Y on usein vaihtuva, sillä se muodostuu käytetyn kuvausjännitteen (kV) ja suodatuksen mukaan. Alla on lueteltu Y eri kV arvoille. Liitteenä millimetripaperille lasketut säteilyntuotot käytetyille kuvausjännitearvoille.

77 kV      Y= 0,039 mGy/mAs

80 kV      Y= 0,044 mGy/mAs

81 kV      Y= 0,045 mGy/mAs

85 kV      Y= 0,047 mGy/mAs

## Liite 5

### Vastasyntyneiden vauvojen sädeannosten optimointi thorax-kuvauksessa Annoslaskut

$$1. 0,045 \times (100/79,5)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0740 \text{ mGy}$$

$$2. 0,045 \times (100/73,5)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0866 \text{ mGy}$$

$$3. 0,045 \times (100/84,5)^2 \times 0,9 \times 1,3 \\ = 0,0737 \text{ mGy}$$

$$4. 0,045 \times (100/111,5)^2 \times 1,0 \times 1,3 \\ = 0,0470 \text{ mGy}$$

$$5. 0,045 \times (100/96)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0450 \text{ mGy}$$

$$6. 0,045 \times (100/104)^2 \times 0,9 \times 1,3 \\ = 0,0486 \text{ mGy}$$

$$7. 0,045 \times (100/99,5)^2 \times 0,9 \times 1,3 \\ = 0,0531 \text{ mGy}$$

$$8. 0,045 \times (100/82)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0617 \text{ mGy}$$

$$9. 0,045 \times (100/95)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0460 \text{ mGy}$$

$$10. 0,039 \times (100/86)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0548 \text{ mGy}$$

$$11. 0,039 \times (100/90)^2 \times 0,8 \times 1,3$$

$$= 0,0500 \text{ mGy}$$

$$12. 0,039 \times (100/88)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0523 \text{ mGy}$$

$$13. 0,045 \times (100/83)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0679 \text{ mGy}$$

$$14. 0,039 \times (100/74)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0657 \text{ mGy}$$

$$15. 0,045 \times (100/77,5)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0691 \text{ mGy}$$

$$16. 0,039 \times (100/112,5)^2 \times 0,63 \times 1,3 \\ = 0,0252 \text{ mGy}$$

$$17. 0,047 \times (100/81)^2 \times 0,9 \times 1,3 \\ = 0,0838 \text{ mGy}$$

$$18. 0,039 \times (100/111)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0329 \text{ mGy}$$

$$19. 0,039 \times (100/94)^2 \times 0,63 \times 1,3 \\ = 0,0361 \text{ mGy}$$

$$20. 0,039 \times (100/95)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0398 \text{ mGy}$$

$$21. 0,045 \times (100/87,5)^2 \times 1,0 \times 1,3 \\ = 0,0764 \text{ mGy}$$

$$22. 0,047 \times (100/80)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0763 \text{ mGy}$$

$$23. 0,045 \times (100/76)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0719 \text{ mGy}$$

$$24. 0,045 \times (100/101)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0407 \text{ mGy}$$

$$25. 0,045 \times (100/98)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0487 \text{ mGy}$$

$$26. 0,045 \times (100/79,5)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0740 \text{ mGy}$$

$$27. 0,039 \times (100/69)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0756 \text{ mGy}$$

$$28. 0,045 \times (100/89,5)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0584 \text{ mGy}$$

$$29. 0,045 \times (100/69,5)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0968 \text{ mGy}$$

$$30. 0,039 \times (100/103)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0339 \text{ mGy}$$

$$31. 0,039 \times (100/87,5)^2 \times 0,71 \times 1,3 \\ = 0,0470 \text{ mGy}$$

$$32. 0,045 \times (100/67)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,1042 \text{ mGy}$$

$$33. 0,047 \times (100/82)^2 \times 0,8 \times 1,3 \\ = 0,0726 \text{ mGy}$$

Liite 6 Huoltokirjat, säteilyntuottokäyrät

Laitteen nro  
LJ302481 - 960001  
Mobilett (last.)

ISTUSMITTAUS

jä: R. Eskola

s Xi/140014

s Xi/140014

.....hi

Tulokset:

putki 1	kV virhe %	<u>2</u>	Hyväksymisrajat:	+/- 6%
	Toistettavuus %	<u>0</u>	Hyväksymisrajat:	+/- 10%
	Lineaarisuus %	<u>2</u>	Hyväksymisrajat:	+/- 10%
	Fokus vertailu %	<u>          </u>	Hyväksymisrajat:	+/- 10%

Valotusautomaatti:

teline 1	Toistettavuus % Huomiot:	<u>          </u>	Hyväksymisrajat:	+/- 10%
teline 2	Toistettavuus % Huomiot:	<u>          </u>	Hyväksymisrajat:	+/- 10%

Laitteen kunto:

Käyttöohje:	<u>ok</u>
Jarrut:	<u>ok</u>
Kaapelit:	<u>ok</u>
Kuvauskytkin:	<u>ok</u>
Suuntaus:	<u>ok</u>
Merkivalot:	<u>ok</u>

Kommentit: Laadunvalvontahuolto tehty



Liite 7

Lasketut säteilytuotot käytetyille kuvausjännitearvoille

