



Salla Hartonen, Lauri Kelloniemi

Ulkoisten säteilysuojien käyttö röntgentutkimuksissa – tarpeen vai ei

Näkökulmana vauvapotilaan tarve sädesuojapeitelle thoraxkuvauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja (AMK)

Radiografia ja sädehoito

Opinnäytetyö

12.4.2022

Tekijä	Hartonen Salla, Kelloniemi Lauri
Otsikko	Ulkoisten säteilysuojien käyttö röntgenkuvauksissa – tarpeen vai ei
Sivumäärä	22 sivua
Aika	12.4.2022
Tutkinto	Röntgenhoitaja
Tutkinto-ohjelma	Radiografia ja sädehoito
Ohjaajat	Lehtori Heli Patanen Lehtori Ulla Nikupaavo
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida ulkoisten säteilysuojien käytön tarpeellisuutta tämänhetkisten ohjeistusten sekä oman säteilyannosmittaustutkimuksen pohjalta. Aiheesta on käyty laajaa keskustelua, ja työelämässä aihe herättää edelleen erimielisyyttä ammatinharjoittajien välillä.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusaineistoksi on haettu kansainvälisiä alkuperäistutkimuksia sosiaali- ja terveysalan tietokannoista. Tutkitut ohjeistukset ja suositukset ovat kansainvälisten organisaatioiden virallisia nykypäiväisiä julkaisuja. Teoriaosuuden tukemiseksi suoritimme Metropolian Ammattikorkeakoulun osatoröntgenlaitteella ja vauvaikäistä potilasta vastaavalla fantomilla säteilyannosmittauksen, jossa selvitimme sädesuojapeiton tehoa kuvakentän reunan ulkopuolella. Mittauksen menetelmä on dokumentoitu ja sitä voi hyödyntää sekä kehittää jatkotutkimuksissa.</p> <p>Tieteellinen ymmärrys ja röntgenlaitteiden tekninen kehitys on lisääntynyt viime vuosien aikana, mutta tämänpäiväiset kansainväliset ohjeistukset ja suositukset säteilysuojien käytöstä ovat edelleen epätarkkoja tai toisistaan poikkeavia. Kuvakentän reunan ulkopuolelle aiheutuvat säteilyannokset ovat pieniä ja sädesuojan käytön vaikutusta potilassuojauksen optimoinnissa tulee verrata muihin sädeannoksen optimointiin vaikuttaviin muuttujiin.</p> <p>Työstä käy ilmi, että 0–1-vuotiaiden potilaiden röntgentutkimuksissa käytetyn sädesuojan tarve ei ole perusteltu ajankohtaisilla tutkimuksilla. Tämänhetkiset ohjeistukset jättävät tämän spesifisen potilasryhmän ulkoisen sädesuojan käytön tarpeellisuuden terveydenhuoltolaitosten sekä ammatinharjoittajien päätettäväksi. Tärkeintä on ymmärtää potilaan saaman säteilyannoksen määrään vaikuttavat tekijät ja kerätä lisää dataa ulkoisen säteilysuojan konkreettisesta hyödyistä.</p>	
Avainsanat	Keuhkokuvaus, säteilysuojelu, ulkoiset säteilysuojat, säteilyturvallisuus-kulttuuri, oikeutusperiaate, optimointiperiaate

Author	Hartonen Salla, Kelloniemi Lauri
Title	Use of external radiation shields in X-ray examinations – necessary or not
Number of Pages	22 pages
Date	12 April 2022
Degree	Radiographer
Degree Programme	Radiography and Radiotherapy
Instructors	Heli Patanen, Principal Lecturer Ulla Nikupaavo, Principal Lecturer
<p>The purpose of the thesis was to evaluate the need for the use of external radiation shields based on current guidelines and own radiation dose measurement research. There has been broad discussion of the subject and it lacks a consensus among practitioners.</p> <p>The research material of the thesis has been gathered from social and health care databases. The guidelines and recommendations examined in this thesis are from current official publications of international organizations. To support the theoretical part of the thesis, we conducted a radiation dose measurement at Metropolia University of Applied Sciences with a mobile X-ray machine and a phantom representing an infant patient. The purpose of the measurements was to investigate the effectiveness of radiation shielding outside of the image field. The method of measurement is documented in the thesis, and it can be utilized and developed in further research.</p> <p>Scientific understanding and the technical development of X-ray equipment have increased in recent years, but today's international guidelines and recommendations for the use of radiation shields are still imprecise or divergent. The radiation doses measured outside of the image field are small. The effect of the use of a radiation shield in optimizing patient protection should be considered along with other variables relevant to radiation dose optimization.</p> <p>In conclusion, current research does not support the use of a radiation shield during X-rays of 0–1-year-old patients. The current guidance leaves health institutions and practitioners to determine if a radiation shield should be used on this specific patient group. It is most important to understand the factors that affect the amount of radiation dose the patient receives. More data is needed to be collected on the concrete benefits of the external radiation shield.</p>	
Keywords	Chest X-ray, radiation protection, external radiation shields, radiation safety culture, principle of justification, principle of optimization

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Vauvaikäisten keuhkojen natiiviröntgentutkimukset	1
2.1	Vauvaikäisten indikaatiot	2
2.2	Vauvaikäisten thoraxkuvantaminen	2
3	Röntgensäteily	2
3.1	Vauvaikäisen säteilyannosrajat	3
3.2	Säteilyn biologiset vaikutukset	5
4	Säteilysuojelu	6
4.1	Ulkoiset sädesuojat	7
4.2	Säteilyturvallisuuskulttuuri	7
4.3	Epäselvyydet säteilysuojakäytännössä	8
5	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	9
6	Opinnäytetyön menetelmät	10
7	Tulokset	13
8	Johtopäätökset	15
8.1	Pohdinta	15
8.2	Eettisyys ja luotettavuus	16
8.3	Kehittämisehdotukset	17
	Lähteet	19

1 Johdanto

Useiden vuosien ajan radiologisissa tutkimuksissa säteilystä aiheutuvien vaikutusten ja riskien lieventämiseksi on käytetty säteilysuojia. Aiemmin tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet säteilysuojien pienentävän yksittäisten elimien sädeannosta merkittävästi ja yleisessä mielessä säteilysuojien käyttö on korostanut ionisoivan säteilyn vaaroja. Röntgenlaitteiden tekninen kehitys sekä uusi tieteellinen ymmärrys säteilysuojien hyödyistä ja riskeistä on johtanut laajaan keskusteluun säteilysuojien käytön tarpeellisuudesta. (Hiles ym. 2021.)

Tämä on myös johtanut konflikteihin potilaiden ja ammatinharjoittajien välillä sekä kansainvälisesti useiden terveydenhoitolaitosten työntekijöiden keskuudessa (Hiles ym. 2021). Yhdysvaltalaisen tutkimusten mukaan, jos säteilysuojien käyttö lakkautettaisiin kokonaan, useat tutkimukseen vastanneista radiologian ammatinharjoittajista käyttäisivät säteilysuojia joka tapauksessa. (Marsh & Silosky 2019.)

Tämä opinnäytetyö käsittelee sädesuojapeiton tarpeellisuutta 0–1-vuotiaan vauvan keuhkojen natiiviröntgentutkimuksessa. Olemme tutkineet nykypäiväisiä vertaisarvioituja artikkeleita 0–1-vuotiaiden potilaiden thorax AP-projektion säteilyannoksen optimoinnista sekä kansainvälisistä säteilyannoksista. Työssä on myös selvitetty sädesuojapeiton tehoa mittamalla suojan absorboimaa pinta-annosta primäärisäteilykeilan kuvakentän reunassa ja sen ulkopuolella. Säteilyannosmittaus on suoritettu Metropolian Ammatikorkeakoulun natiiviröntgenluokassa.

Tarkoituksemme oli tutkia sädesuojapeiton tehoa kuvakentän reunan ulkopuolella. Ionisoivan säteilyn käyttö täytyy olla optimointiperiaatteen mukaista, mutta kuinka iso rooli siinä on sädesuojapeitolla? Opinnäytetyössämme käy ilmi tämänpäiväisen kansainvälisesti julkaistun tutkimuksen tiedon tilanne sädesuojapeiton merkityksestä 0–1-vuotiaiden potilaiden keuhkojen natiiviröntgenissä. Esitettyä aineistonkeruumenetelmää voi hyödyntää ja kehittää jatkotutkimusta varten.

2 Vauvaikäisten keuhkojen natiiviröntgentutkimukset

Keuhkojen natiivikuvaus tai keuhkokuvaus on yleisin lapsille tehty röntgentutkimus ja noin kolmannes kuvista on pelkkiä etukuvia. Sillä saadaan nopeasti tietoa kaikista rinta-kehän alueen elimistä ja niiden ongelmista. Yli puolet alle vuoden ikäisten kuvauksista tehdään radiologisten osastojen ulkopuolella, kuten valvonta- ja teho-osastoilla. (Korppi

& Seuri 2016.) Säteilyturvakeskus kerää dataa säännöllisin väliajoin radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden lukumääristä. Esimerkiksi radiologian yksikön ulkopuolella tehtyjä 0–1-vuotiaiden keuhkokuvauksia tehtiin 12 242 vuonna 2011 ja 9754 vuonna 2018. (Säteilyturvakeskus 2013, 2019.)

2.1 Vauvaikäisten indikaatiot

Lasten ja vauvaikäisten keuhkokuvauksen indikaatioita ovat muun muassa keuhkokuume-epäily tai keuhkokuumeen aiheuttamien komplikaatioiden epäily, todetun keuhkosairauden seuranta, rintakehän vamma tai rakennepoikkeavuus, epäily sydänviasta tai todetun sydänvian seuranta sekä synnynnäisen kehityshäiriön epäily. Näiden lisäksi vierasesine-epäilyissä, keuhko-oireiden ja hengitysvaikeuksien selvittelyissä ja rintakehän alueen toimenpiteen jälkeisten komplikaatioiden poissulkemisessa sekä hoitovälineiden paikan varmistamisessa käytetään keuhkokuvausta. Myös kasvainten ja etäpesäkkeiden diagnostiikka on indikaatio kuvaukselle. (STUK 2008.)

2.2 Vauvaikäisten thoraxkuvantaminen

Thorax AP-projektiolla tarkoitetaan keuhkojen natiiviröntgentutkimusta. Thorax AP-projektiossa kuvakenttä rajataan korkeussuunnassa niin, että äänihuulitaso ja pallea näkyvät kuvassa sekä sivuttaissuunnassa raja-alue on enintään 2 cm keuhkojen ulkopuolella. Maaten suoritettava kuvaus tehdään usein liikuteltavilla röntgenlaitteilla röntgenosastojen ulkopuolella. Kuvaus suoritetaan ilman hilaa sekä valotusautomaattia ja kuvausetäisyys on 110 cm tai enemmän. Kupari lisäsuodatusta käytetään, jos se on valittavissa. (STUK 2005.) Kuvauksessa potilaalta otetaan kuva-alue paljaaksi ja kuvalevy on sijoitettu tämän selän alle. Jos kuva otetaan potilaan sängyllä, tulee sängyn olla vaakasuorassa. Pienellä lapsella kädet asetellaan pään päälle haulipusseilla tukien tai kiinnipitäjän avulla. Jalat asetellaan paikoilleen myös haulipussein. Sädesuojaa käyttäessä suoja asetellaan kuva-alueen reunaan. Kuva otetaan sisäänhengitysvaiheessa. (PPSHP 2021.)

3 Röntgensäteily

Röntgensäteily on ionisoivaa sähkömagneettista säteilyä (STUK 2020b). Säteilyn potilaalle aiheuttamaa terveydellistä haittaa eli efektiivistä annosta kuvataan yksiköllä sievert (Sv). Röntgentutkimuksista aiheutuvien efektiivisen annoksen kerrannaisyksiköinä

käytetään yleisesti sievertin tuhannesosaa millisievert (mSv) ja miljoonasosaa mikro-sievert (μSv). (STUK 2019.) Esimerkiksi tavallisen aikuisen thorax PA-projektion efektiivinen annos on 0.1 mSv (STUK 2021). Tutkimuksesta aiheutunutta absorboitunutta annosta kuvataan mittayksiköllä gray (Gy). Sillä ilmaistaan ionisoivan säteilyn luovuttamaa energiaa kohdeaineeseen. Grayn kerrannaisyksiköinä käytetään grayn tuhannesosaa milligray (mGy) ja grayn miljoonasosaa mikrogray (μGy). (STUK 2019.)

3.1 Vauvaikäisen säteilyannosrajat

DRL:t (diagnostic reference levels) ovat radiologisen kuvantamisen potilassuojauksen optimoinnin tärkeä työkalu. Kansainvälisen säteilysuojelukomission (ICRP, International Commission on Radiological Protection) suosittelimia DRL-arvoja käytetään tunnistamaan ne kuvaustoimenpiteet, joista aiheutuu epätavallisen suuria potilasannoksia. EU:n perusturvallisuus standardeissa DRL-arvojen on todettu antavan standardinmukaisen potilasryhmien tai fantomeiden annostietoisuutta ja edistävän tarvittavan kuvanlaadun aikaansaantia. DRL-arvot ovat tutkimuskohtaisia. Pienien potilaiden paino- ja ikäsuositukset ovat vastasyntyneet > 5 kg tai 0–3 kuukautta vanhat, vauvat ja taaperot 5–15 kg tai 3 kuukautta – 1 vuosi. Keskoskaapissa olevia > 5 kg potilaita varten tulisi kuitenkin olla oma potilassuojauksen optimointi, sillä erilaiset keskoskaapit vaikuttavat eri tavalla sädeannokseen. (European Commission 2018.)

International Atomic Energy Agency:n (IAEA) mukaan DRL-arvojen asettamiseksi ja niiden kansainvälisen vertailtavuuden helpottamiseksi radiologiassa tulisi käyttää suuretta P_{KA} , jolla tarkoitetaan ilmakerman ja pinta-alan tuloa. Suureen perusyksikkö on $\text{Gy}\cdot\text{m}^2$, mutta yleisesti röntgentutkimuksissa kerrannaisyksikkönä käytetään $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$. Lisäksi absorboitunut annos iholla (ESD) on perusarvo potilasannoksen mittauksessa sekä todettu hyväksi kansainvälisten DRL-arvojen vertailussa. Sen yksikkönä käytetään mGy. (IAEA.) ESD:tä voi mitata säteilyannosmittarilla asettamalla mittari potilaan ihon tai fantomin pinnalle tai laskemalla ESD matemaattisesti (Alghou & Abdalla & Abubaker 2017).

DRL-arvot ovat jaettu kolmeen alalajiin; paikallinen DRL (LDRL) on paikallisen sairaalan tai sairaanhoitopiirin asettama arvo, jota voidaan käyttää vertaillessa paikallisia optimoinnin saavutuksia. (European Commission 2018.) Esimerkiksi Jimma University Hospitalin (JUSH) erikoissairaalassa tehdyssä mittaustutkimuksessa vertailtiin 0–1-vuotiai-

den potilaiden thorax AP-kuvauksista saatua paikallista DRL-arvoa ESD:n avulla kansainvälisesti julkaistujen vastaavien tutkimusten kesken. Keskimääräinen ESD tutkimuksessa oli 1.82 mGy. Tutkimuksessa todettiin JUSH:n potilaiden saavan suurempia pinta-annoksia verrattuna Nigeriaan (0.642 mGy) ja Brasiliaan (0.062 mGy). (Zewdu & Kadir & Berhane 2017.)

Kansallinen NDRL on maan sisäisen arvovaltaisen tahon, kuten terveysministeriön asettama potilasannos arvo, jonka avulla maan sisäiset terveydenhuoltolaitokset voivat verrata omia potilasannoksia ja kehittää optimointia maan sisäisesti. (European Commission 2018.) Esimerkiksi Irlannissa terveyden- ja sosiaalihuollon järjestelmien turvallisuutta ja laatua valvova Health Information and Quality Authority (HIQA) on laatinut ionisoivalle säteilylle altistavien toimenpiteiden kansallisiksi arvoiksi >5 kg 9 mGy·cm² ja 5–15 kg 17 mGy·cm². (HIQA 2021.) Taulukossa 1 on esitetty eri Euroopan maiden DRL-arvoja 0–1-vuotiaiden thorax AP-projektioista.

TAULUKKO 1. Eri Euroopan maissa asetettuja thorax AP-projektioiden NDRL-arvoja. (European Commission 2018)

Maa	ikä/paino	P _{KA,r} mGy·cm ²
Itävalta	0 v 1 v	17 23
Belgia	<1 v 1-<5 v	20 35
Espanja	0 v 1-5 v	40 50
Ranska	3.5 kg 10 kg	10 20
Saksa	n.1000 g n.3000g 10±2kk	3 5 15

EDRL on Euroopan komission antama suositus arvo, jota voi maan sisäisesti käyttää esimerkiksi tilanteessa, jossa omalla maalla ei ole NDRL-arvoja. Euroopan komission säteilysuojelu ohjeistuksessa N° 185 asetetut suositukset ovat > 5 kg potilailla 15 mGy·cm² ja 5-15 kg potilailla 22 mGy·cm² (European Commission 2018.)

3.2 Säteilyn biologiset vaikutukset

Säteilystä aiheutuvat haittavaikutukset voidaan jakaa deterministisiin eli suoriin vaikutuksiin ja stokastisiin eli satunnaisiin vaikutuksiin. Deterministiset vaikutukset johtuvat laajasta solutuhosta. Stokastiset vaikutukset taas aiheutuvat satunnaisesta yhdessä solussa tapahtuvasta geneettisestä muutoksesta. (Paile.)

Deterministisiin vaikutuksiin liittyy hyvin suuret kerta-annokset. Yleensä nämä vaikutukset ilmenevät lyhyen ajan sisällä, mutta ne voivat myös ilmaantua myöhemmin. Deterministisiä vaikutuksia ovat muun muassa säteilypalovamma, sädepneumoniitti ja säteily sairaus. Tämänkaltaisia vaikutuksia ei kuitenkaan synny, jos säteilyannos jää määrätyn kynnsarvon alapuolelle. Kuitenkin haitta on varma annoksen ollessa tarpeeksi suuri. Haitta-aste kasvaa jyrkästi annoksen kasvaessa. Kynnsarvoon sekä haitta-asteeseen vaikuttaa ratkaisevasti annosnopeus. Kynnsarvo haitan kehittymiselle on korkeampi mutta haitta jää pienemmäksi, jos suuri säteilyannos saadaan pitkän ajan kuluessa. (Paile.)

Stokastiset vaikutukset taas voivat saada alkunsa kuinka pienestä altistuksesta tahansa eli niillä ei ole kynnsarvoa. Näiden vaikutusten kohdalla haitta-aste ei siis riipu saadusta sädeannoksesta vaan pelkästään haitan todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa. Stokastisia vaikutuksia ovat syöpä ja perinnölliset haitat. Stokastisten vaikutusten haitat eivät kuitenkaan ilmaannu heti vaan ne käyvät ilmi vasta useamman vuoden kuluttua. Annosnopeus ei vaikuta riskiin suuresti vaan kokonaisriskin määrää koko elinaikana kertynyt kumulatiivinen annos. (Paile.)

Kun kyseessä on vauvaikäisen röntgenkuvaus, on todella tärkeätä, että kuvaaminen suoritetaan onnistuneesti ja oikein. Mitä nuorempi lapsi on kuvattavana, sitä herkempi tämä on säteilylle eli säteilyriski on suurempi. Lapsen pienen koon takia oman kehon suoja on vielä vähäisempi kuin aikuisella, joten sädeherkät elimet ovat lähempänä ihon pintaa. (Liukkonen 2019.) Säteilylle herkkiä elimiä ovat maksa, keuhkot, paksusuoli,

ruokatorvi, vatsa, iho, virtsarakko, kilpirauhanen, punainen luuydin, rinnat sekä sukupuolirauhaset (Balonov & Shrimpton). Lapsilla myös solunjakautumisnopeus on suurempaa ja solut voivat vaurioitua tämän prosessin aikana. Heillä on myös suurempi vesipitoisuus kehossa, josta johtuen he absorboivat enemmän säteilyä. (Lakhwani & Dalal & Jindal & Nagala 2019.)

4 Säteilysuojelu

Säteilysuojelun peruskäsitteitä ovat etäisyys, aika ja suojaus, jotka kaikki koskevat kaikenlaista ionisoivaa säteilyä. Tässä opinnäytetyössä paneudumme näistä kolmesta käsitteestä suojaukseen, sillä aiheenamme on ulkoiset säteilysuojaimet. Suojaus siis tarkoittaa sitä, että säteilyn lähteen ja suojattavan alueen väliin laitetaan jotakin, joka absorboi eli sitoo itseensä säteilyä. Se perustuu vaimennusperiaatteeseen, jossa energian intensiteetti häviää asteittain väliaineen kautta. Esimerkiksi lyijy toimii vaimentavana materiaalina esteenä ja vähentää säteilyn vaikutusta pysäyttämällä, sitomalla itseensä sekä kimmottamalla hiukkasia. Kun röntgenfotonit ovat vuorovaikutuksessa lyijyn kanssa, niiden määrä pienenee alkuperäisestä röntgensäteilystä. Röntgensäteilyn ja lyijyn välisistä vuorovaikutuksista, joihin kuuluu absorptio sekä sironta, seuraa vaimennus. Kun kVp eli putkijännite pienenee, differentiaalinen absorptio kasvaa. Mitä suurempi ja parempi suojaus säteilylähteen ympärillä on, sitä pienempi on säteilylle altistuminen. (Jaquith.)

Säteilysuojelussa on myös merkittävää ottaa huomioon kolme perusperiaatetta: oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaate. Oikeutusperiaate tarkoittaa sitä, että säteilystä saatava hyöty on korkeampi, kuin säteilystä aiheutuva haitta. Se liittyy myös optimointiperiaatteeseen ”As Low As Reasonably Achievable” (ALARA-periaate), joka tarkoittaa sitä, että terveydelle haitallista säteilyaltistusta on pidettävä mahdollisimman alhaisena. Yksilönsuojaperiaatteessa työntekijöiden ja väestön yksilöiden säteilyaltistus ei saa ylittää vahvistettuja annosrajoja eli enimmäisarvoja. Näiden periaatteiden tarkoituksena on ennaltaehkäistä säteilystä aiheutuvien terveyshaittojen syntymistä sekä varmistaa turvallinen säteilyn käyttö. (STUK 2020a.)

Lapsi-ikäisen säteilysuojelun optimoinnissa tulee huomioida lapsen koko ja muut erityispiirteet, jotka liittyvät tutkimukseen. Tutkimus, jossa lapsi altistuu säteilylle, on suunniteltava yksilöllisesti ja siinä tulee käyttää laitetta, jolla alhaisin säteilyaltistus on koh-

tuudella saavutettavissa. (STUK S/4/2019.) Säteilystä aiheutuvia vaurioita voidaan vähentää muun muassa sopivan menetelmän valinnalla, röntgenlaitteen asetuksilla esimerkiksi matala putkijännite ja röntgenputken kohdistus eli kollimaatio ja käyttämällä aina ylimääräistä putkisuodatusta, joka on 1 mm alumiinia ja 0.1–0.2 mm kuparia sekä myös käyttämällä säteilysuojaimia. (Lakhwani ym. 2019.)

4.1 Ulkoiset sädesuojat

Ulkoisiin sädesuojoihin kuuluvat muuan muassa lyijystä tai sitä vastaavasta materiaalista tehdyt essut, liivit, peitot sekä hanskat ja kilpirauhassuoja (Universal Medical). Useimmiten käytetyin materiaali suojissa on lyijy. On arvioitu, että 0,25 mm lyijyä vaimentaa primaarisäteilyn noin kolmasosaan ja 1 mm lyijyä taas lähes sadasosaan. Säteilysuojaimia suositellaan käytettäväksi niin, että ne ovat aseteltuna aivan säteilykeilan reunan. Kuitenkin, jos suoja on yli 4 senttimetrin etäisyydellä reunasta, sillä ei ole enää suojaavaa vaikutusta. (STUK 2005.)

4.2 Säteilyturvallisuuskulttuuri

Säteilyturvallisuuskulttuurissa näkee säteilysuojelun peruseriaatteiden toteuttamista: on tärkeitä varmistaa, että ammatinharjoittajat ovat asianmukaisesti päteviä, koulutettuja ja oikeutettuja. Tällä voidaan taata se, että säteilyn ja säteilysuojainten parissa työskentelevä tietää näiden käytöstä, suojainten asettelusta sekä säteilyn ja suojainten vaikutuksista. Lisäksi jokainen yksittäinen tutkimus täytyy olla oikeutettu eli sen hyödyn tulee olla suurempi kuin haitan. Tutkimus pitää suorittaa asianmukaisimmalla tutkimusmenetelmällä ottaen huomioon kaikki mahdolliset modaliteetit mukaan lukien ne, joissa ei käytetä ionisoivaa säteilyä. Myös säteilyaltistus tulee optimoida, jonka avulla voidaan varmistaa, että potilasannokset pysyvät mahdollisimman alhaalla. Tähän kuuluvat altistusparametrit sekä laitteiden huolto. (BIR 2020.)

Kuitenkin, kun näitä periaatteita sovelletaan, tulee ymmärtää se, että säteilysuojelussa ei ole kyse säteilyannoksen minimoimisesta vaan hyötyjen ja haittojen tasapainottamisesta. Se siis edellyttää potilaan annoksen hallintaa toteutettavassa lääketieteellisessä tutkimuksessa. Esimerkiksi säteilysuojaimen käyttö samalla lisäten riskiä, jossa tärkeät diagnostiset tiedot jäävät sen alle, on hyvän lääketieteellisen käytännön vastaista eikä se ole myöskään järkevää säteilysuojelua. Useimmiten myös oletetaan, että säteilysuojaimen käyttö parantaa potilaan turvallisuutta, mutta näin ei aina ole. Siksi joka kerta

säteilysuojaimien käyttöä tulisi ohjata siten, että se on näyttöön perustuvaa ja keskipisteenä on se, mikä on potilaan kannalta turvallisinta. (BIR 2020.)

4.3 Epäselvyydet säteilysuojakäytännössä

Annostasot ja arviot elimien ja iän riskeistä ovat muuttuneet vuosien aikana ja sen takia ammatinharjoittajilta vaaditaan jatkuvaa käytännön tarkastelua nykyisen tiedon ja ohjeiden mukaisiksi. Säteilysuojien hyöty koskee vain pientä osaa kaikista potilaista. Yksi tärkeimmistä näkökohdista on tarve ymmärtää mistä potilaalle aiheutuva ionisoiva säteilyannos tulee. Potilaalle aiheutuvan säteilyn päälähde on primäärisäteilykeila ja sekundäärinen lähde röntgenputken hajasäteily sekä erinäiset sironnan lähteet. Suurin osa säteilyannoksesta absorboituu kuvattavalla alueella oleviin sisäelimiin ja kudokseen, joita ei yleisesti suojata. Sädesuojat eivät myöskään suojaa sisäisesti absorboituneelta sironnalta. (Hiles ym. 2021; Candela-Juan ym. 2021.)

Säteilyannoksen lähteiden suhteellisen vaikutuksen ja sen ymmärtämisen tulisi ohjata säteilysuojakäytäntöä. Primäärisäteilykeilan sädeannos on huomattavasti suurimmassa roolissa sädeannoksessa. Tärkein rooli potilaan saaman säteilyannoksen rajoittamisessa on röntgenputken kollimaatiolla ja kuvausprojektion optimoinnilla. Näillä toimilla on paljon suurempi vaikutus potilaan saamaan annokseen, kuin yrityksillä vähentää säteilyaltistusta sekundaarisista säteilyn lähteistä. (Candela-Juan ym. 2021.)

Säteilysuojien käyttö ja sen merkityksen juuret johtavat pitkälle historiassa. Vuonna 2019 tehdyssä yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa 86 % radiologian ammatinharjoittajista käyttäisi säteilysuojia tutkimuksissa joka tapauksessa, vaikka instituutissa otettaisiin säteilysuojien käyttämättömyys politiikka. Yksi prosentti vastanneista olisi valmis mieluummin lopettamaan työnsä, kuin sädesuojien käytön. (Marsh & Silosky 2019.)

Keuhkojen natiiviröntgentutkimuksissa säteilylle ylimääräistä altistumista aiheuttaa yleisesti liian iso kenttäkoko. Saudi-Arabialaisessa tutkimuksessa 85:stä keski-ikältään 34 kuukautta vanhasta potilaasta otettiin 400 thorax AP kuvausta lasten sairaalan tehosastolla. Siinä huomattiin, että 399 kuvauksessa kenttäkoko oli liian suuri ja näin potilaat saivat ylimääräistä altistumista säteilylle. Suurimmassa osassa kuvauksista ylimääräistä sädeannosta tuli ylävatsaan, yläraajoihin sekä niskan alueelle. (Temsah ym. 2021.)

Lisäksi uusimmat tutkimukset ovat lisänneet näyttöä, että säteilysuojat voivat aiheuttaa ylimääräistä riskialttiutta haitoille, kuten suojan aiheuttamille artefakteille ja potilashygieniaan liittyville infektioille. Myös mitä suurempi väli potilaan ihon päällä olevalla sädesuojalla ja säteilyherkällä elimellä on, sitä vähemmän sädesuojasta on potilaalle hyötyä. Tietoon perustuvassa yhteisymmärryksessä on edelleen paljon kehittämistarpeita, sillä edelleen on suuri määrä ohjeistuksia, joissa kuvakentän ulkopuolista säteilysuojan käyttöä joko suositellaan tai ei suositella. Lisäksi on paljon ohjeistuksia, jotka eivät ole tarpeeksi tarkasti laadittuja. (Candela-Juan ym. 2021.)

2021 julkaistussa erittäin laajassa katsauksessa analysoitiin nykyisiä ohjeistuksia, suosituksia ja lainsäädäntöasiakirjoja kuvakentän ulkopuolelle sijoitettavasta säteilysuojasta. Analysoiduista asiakirjoista saatu tulos on, että useimpien maiden lainsäädännölliset asiakirjat eivät ole tarpeeksi tarkasti laadittuja. Esimerkiksi Slovenian ohjeistuksessa on vain määrätty röntgenhoitajan käyttävän ”asianmukaisia keinoja potilaiden suojaamiseksi”. Sveitsin lainsäädännössä määrätään, että sairaaloissa tulee olla tarpeelliset säteilysuojat käytettävissä, mutta päätös käyttää niitä on ammatinharjoittajalla. Katsauksen mukaan Islannin lainsäädännöllisessä asiakirjassa on määrätty, että tiloissa, joissa röntgenlaitteita sijaitsee, tulee olla asianmukaiset lyijyessut, mutta niistä ei ole tarkempia käyttöön liittyviä suosituksia. Suomen lainsäädännössä sädesuojia tulisi käyttää, jos niiden avulla pystytään huomattavasti vähentämään potilaan saamaa säteilyannosta, mutta enempiä informaatiota asiasta ei ole kerrottu eikä asiakirjaan ole määritelty mitä huomattavalla tarkoitetaan. (Candela-Juan ym. 2021.)

5 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on arvioida ulkoisten säteilysuojien käytön tarpeellisuutta tämänhetkisten ohjeistusten sekä oman säteilyannosmittauksen pohjalta. Rajasimme työmmme aiheen 0–1-vuotiaisiin lapsiin ja thorax AP- projektiioon. Tutkimuskysymyksenämme on ”tarvitseeko vauvaikäisen thoraxkuvauksessa sädesuojapeittoa”. Tavoitteenamme on tutkia sädesuojapeiton tehoa mittaustutkimuksen avulla ja verrata kansainvälisiä toimintatapoja sekä sädeannosmääriä 0–1-vuotiaiden thorax AP-projektioissa.

6 Opinnäytetyön menetelmät

Toteutimme opinnäytetyömme kvantitatiivisena tutkimuksena, sillä suoritimme mittaustutkimuksen sädesuojapeiton tehokkuudesta ja saimme täten numeraalista dataa analysoitavaksi. Mittaustutkimuksen vaiheet on raportoitu tarkasti opinnäytetyöhön ja tuloksia läpikäyty. Tekemämme tutkimuksen luotettavuutta on arvioitu eettisyys ja luotettavuus -osiossa. Mittaustutkimuksen lisäksi tässä opinnäytetyössä olemme avanneet aiheeseen liittyviä käsitteitä sekä käyneet läpi aiempia tutkimuksia ja keskusteluja. Myös aiheen nykytilaa, kohderyhmää ja toimintaympäristöä on kuvailtu. Työmme tavoitteita, tarkoitusta ja tutkimuskysymystä ohjaa teoreettinen viitekehys. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2009: 140; Lumme & Vuorijärvi 2014.)

Teimme mittaustutkimuksemme Metropolian Ammattikorkeakoululla. Röntgenlaitteena käytimme Carestream osastokonetta. Vauvaikäistä potilasta kuvastavana fantomina toimi fyysikon valmistama 5 litran kanisteri, joka oli täytetty vedellä. Fantomi sijoitettiin kuvareseptorin päälle. Kuvareseptorina käytimme 35 cm x 43 cm kokoista digitaalista irtoreseptoria. Säteilysuojana käytimme lyijytäytteistä sädesuojapeittoa, jonka lyijyn paksuus on 0,5 mm. Säteilymittarinamme oli Unfors Mult-O-Meter, joka mittasi kuvakentän reunalta fantomin saaman pinta-annoksen, eli ESD:n.



Kuva 1. Kuvassa käyttämämme säteilymittari Unfors Mult-O-Meter



Kuva 2. Kuvassa kanisteri, jota käytimme fantomina kuvastamaan vauvaikäistä potilasta



Kuva 3. Kuvassa sädesuojapeitto, joka oli materiaaliltaan lyijyä ja sen paksuus säteily-suojassa 0,5 mm

Kuvasohjelmana käytimme pienikokoisen potilaan thorax AP-projektiota (AP Thx) ja potilaan asento oli maaten. Putkijännite (kVp) oli kaikissa mittauksissa 71, putkivirran ja kuvausajan tulo (mAs) 0.5 ja annoksen ja pinta-alan tulo (DAP) 0.01.

Suoritimme annosmittaukset kolmelta eri säteilymittarin ja kuvakentän etäisyydeltä (0 cm, 3 cm, 5 cm) röntgenputken fokuksen ja kuvareseptorin välin (FFD) ollessa 110 cm ja 140 cm. Otimme mittaustulokset näillä etäisyyksillä ilman sädesuojapeittoa ja sen kanssa. Toistimme jokaisen mittauksen kolmeen kertaan.

Dokumentoimme tutkimuksen vaiheet ja käytetyt menetelmät ottamalla valokuvia tutkimuksen eri vaiheista sekä kirjaamalla tutkimuksen tulokset sekä kuvausparametrit käsin vihkoon ja tietokoneelle valmiiseen Excel-taulukkoon. Tupla varmistimme kirjatut tulokset ja liitimme tarkastetun taulukon opinnäytetyöhön (ks. kuva 6).



Kuva 4. Kuvassa Carestream osastokone, fantomi sekä säteilymittari. Tässä kuvasimme fantomia ilman säteilysuojaa



Kuva 5. Tässä kuvassa sama asettelu kuin viime kuvassa, mutta lisätynä sädesuoja-
peitto. Havainnollistaa siis tilannetta, jossa kuvasimme annoksia säteilysuojan kanssa

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1 säteilymittarin etäisyys kuvakentästä (cm)	0	0	0	3	3	3	5	5	5		0	0	0	3	3	3	5	5	5
2 kuvausetäisyys	110cm	110cm	110cm	110cm	110cm	110cm	110cm	110cm	110cm		140cm	140cm	140cm	140cm	140cm	140cm	140cm	140cm	140cm
3 säteilysuojaimen kanssa (Pb 0,50mm)																			
4 kV	71	71	71	71	71	71	71	71	71		71	71	71	71	71	71	71	71	71
5 DAP (dGy.cm2)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6 ESAK																			
7 mAs	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
8 säteilymittari (mikro Gy)	0.02	0.023	0.02	0.008	0.004	0.002	0	0	0		0.024	0.03	0.029	0	0.03	0.025	0.026	0	0
9 ilman säteilysuojainta																			
10 kV	71	71	71	71	71	71	71	71	71		71	71	71	71	71	71	71	71	71
11 DAP (dGy.cm2)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12 ESAK																			
13 mAs	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
14 säteilymittari (mikro Gy)	0.166	0.171	0.173	0.136	0.14	0.133	0.1	0.102	0.101		0.098	0.098	0.095	0.07	0.07	0.071	0.053	0.055	0.056
15 FSD	97	97	97	97	97	97	97	97	97		127	127	127	127	127	127	127	127	127

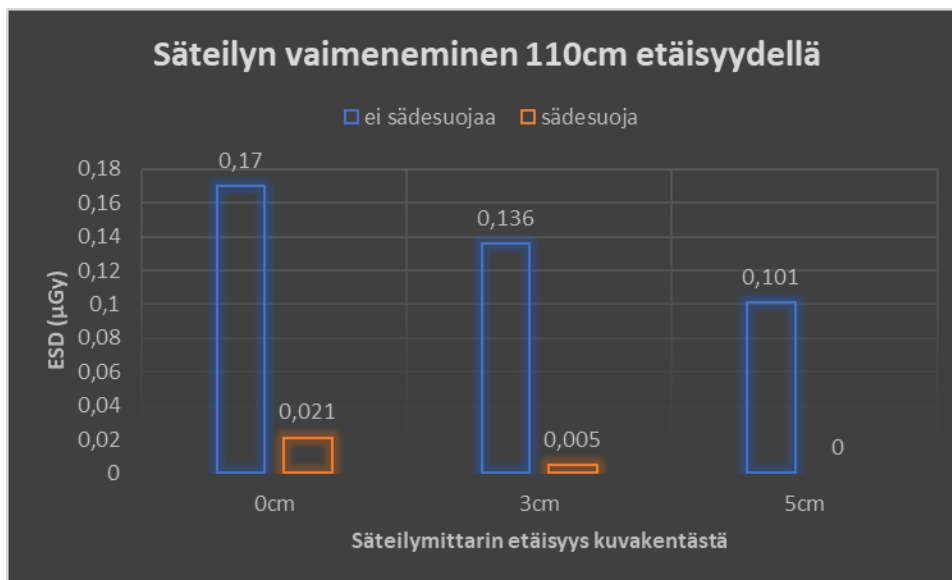
Kuva 6. Kuvassa Excel-taulukko, johon kirjassimme mittaustulosten tuloksia

Mittaustulosten tulokset antoivat meille konkreettista dataa sädesuojan hyödyllisyydestä kuvakentän ulkopuolella. Laskimme saaduista tuloksista keskiarvot ja teimme niistä kuviot 1 ja 2, joiden avulla pystyimme selkeästi vertailemaan sädesuojan vaikutusta potilaan saamaan pinta-annokseen.

7 Tulokset

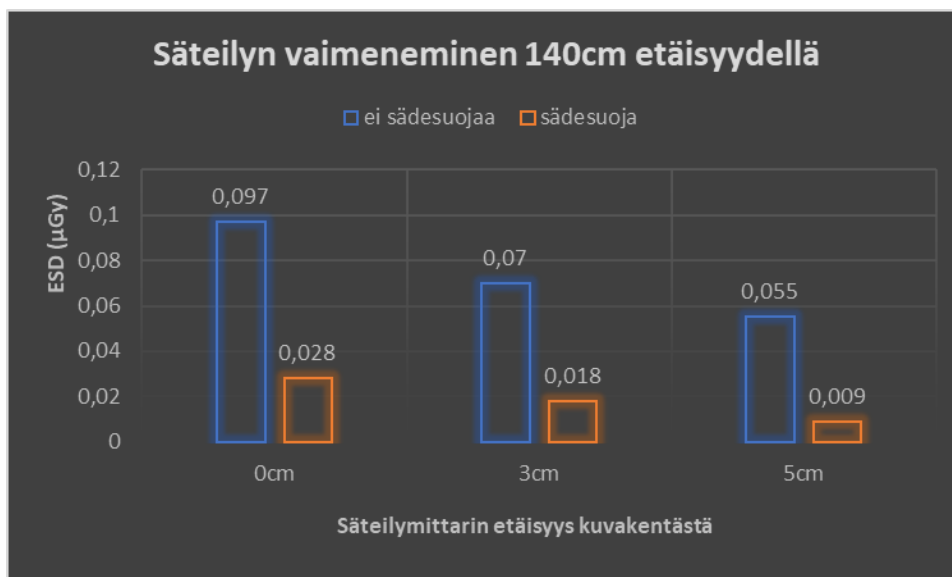
Mittaukset suoritettiin kolmeen kertaan jokaiselta etäisyydeltä ja kaavioihin on laskettu mittausten keskiarvot, jotka ovat pyöristetty kolmeen desimaaliin. Säteilysuojan tehoa,

eli sen vaimentamaa pinta-annosta on kuvattu prosentteina ja prosentit ovat laskettu tarkoista alkuperäisistä annoksista.



Kuvio 1. Mittaustulosten keskimäärien pinta-annokset 110 cm FFD pyöristettynä 3 desimaalin tarkkuuteen.

110 cm etäisyydellä röntgenputken fokuksesta kuvareseptorin pinnalle, 97 cm FSD:llä kuvakentän reunassa sädesuojan keskimääräinen pinta-annoksen vaimennus oli 87,65 %. Mittarin ollessa 3 cm etäisyydellä sädesuojan vaimennus oli 96,58 % ja 5 cm etäisyydellä saimme sädesuojan tehon tulokseksi 100 %.



Kuvio 2. Mittaustulosten keskimäärien pinta-annokset 140 cm FFD:llä pyöristettynä 3 desimaalin tarkkuuteen.

140 cm etäisyydellä röntgenputken fokuksesta kuvareseptorin pinnalle, 127 FSD:llä säteilysuoja vaimensi 71.48 % pinta-annoksesta säteilymittarin ollessa kiinni kuvakentän reunassa. Mittarin ollessa 3 cm etäisyydellä kuvakentästä, säteilysuoja vaimensi pinta-annosta 73.91 %. 5 cm etäisyydellä kuvakentästä säteilysuojan teho oli 84.15 %.

8 Johtopäätökset

Uusissa yhteisymmärryksellisissä ohjeistuksissa ei ole perusteltu säteilysuojien tarpeellisuutta tarpeeksi selkeästi 0–1-vuotiaiden potilaiden natiiviröntgentutkimuksissa. Tutkittu tieto radiologian alalla on lisääntynyt eikä teoriapohjaisia perusteluja ole julkaistu sädesuojien käytön tukemiseksi. Yhtenäisissä ohjeistuksissa ei ole kerrottu 0–1-vuotiaiden potilaiden natiiviröntgenkuvantamiseen liittyviä sädesuojakäytäntöjä. Sädesuojien käyttö on edelleen eri maiden ja niiden arvovaltaisten tahojen tai jopa terveydenhuolto-laitosten ja ammatinharjoittajien vastuulla.

Mitatut sädeannokset ovat erittäin pieniä, sillä käyttämämme osastoröntgenkuvauslaite on uusi ja sillä asetetun kuvausalueen rajaus on tarkka. Siitä ei tule paljoa hajasäteilyä kuvakentän ulkopuolelle. Säteilyannosmittarin mitaamat säteilyannokset olivat pienempiä, mitä kauemmaksi kuvakentänrajasta sitä siirrettiin. Säteilysuojan teho oli prosentuaalisesti suuri sekä se kasvoi annosmittaria kauemmaksi siirrettäessä. Röntgenputkenfokuksen ja kuvareseptorin etäisyyttä kasvattaessa säteilymittarin mitaamat säteilyannokset olivat pienempiä. Tämä laski sädesuojapeiton tehoa prosentuaalisesti. Tämä on viite potilassuojauksen peruskäsitteistä etäisyyden merkitykseen potilaan säteilyannoksen optimoinnissa.

8.1 Pohdinta

Opinnäytetyön kokeellista tutkimusta suunniteltaessa huomasimme, että vastaavanlaisia kuvakentän ulkopuolelle sijoitetun sädesuojan tehon tutkimuksia ei ole tehty mielestämme tarpeeksi tai niitä ei ole julkaistu ilmaiseksi. Useat pienten potilaiden vertaisarvioidut tutkimukset ovat maksullisia. Suunnittelimme opinnäytetyömme mittaustutkimuksen vertailemalla aiempia säteilyannosmittauksia ja niissä käytettyjä arvoja ja niiden yksiköitä ja perustelimme tutkimuksen tarpeen säteilysuojien käyttöön liittyviin epäsel-

vyiksiin. Käyttämämme tutkimusmenetelmä aineistonkeruuseen sopi tutkimusongelman selvittämiseen. Vertailukelpoinen data lisäsi tietoa sädesuojapeiton tehosta kuvakentän reunan ulkopuolelta. Kuitenkin sädesuojapeiton tarpeellisuuden toteaminen vaatii lisää kerättyä dataa ja teoreettista tutkimista.

Opinnäytetyön teoriaosuudesta voi huomata, että tällä hetkellä useissa maissa kansainvälisesti 0–1-vuotiaiden saamat efektiiviset annokset sekä pinta-annokset ylittävät Euroopan komission ohjeistamat DRL-arvot. Arvojen ylityksen syynä pidetään muun muassa kollimaatiota sekä sitä, että käytettävät thorax AP-projektiot eivät ole optimoitu tarpeeksi tarkasti. Vauvapotilaat liikkuvat helposti kuvauksen aikana, joten kuvakenttä rajataan usein automaattisesti liian isoksi kuvanleikkaamisen ja sitä kautta uusintakuvien pelossa. Tällöin varsinkin ylävatsa ja yläraajat sekä niskan alue saa ylimääräistä säteilyannosta. Sädesuojan tarpeellisuutta ei ole aiemmissa tutkimuksissa perusteltu niin ikään teoriassa, vaan enemmän sen käyttöä on pidetty selvyytenä, sillä pienet potilaat ovat moninkertaisesti aikuiseen verrattuna herkempiä säteilylle ja heidän diagnostiikkansa seuraamisessa tarvitaan yleensä useita keuhkojen kuvauksia.

0–1-vuotiaiden keuhkojen natiiviröntgentutkimusten sädeannoksia on mitattu kansainvälisesti ja niitä on verrattu keskenään kuvakentän rajauksen sisäpuolelta, mutta sädesuojapeiton tehoa ei ole mitattu kuvakentän reunan ulkopuolelta. Kansainväliset ohjeistukset perustuvat laajalti säteilynkäytön optimoimiseen kuvausprotokollan ja -parametrien perusteella, mutta sädesuojan käytön perustelu on sivuutettu aiemmissä tutkimuksissa lähes kokonaan.

8.2 Eettisyys ja luotettavuus

Noudatimme opinnäytetyön toteutuksessa eettisyyttä muuan muassa olemalla perehtyneitä opinnäytetyön aiheeseen, tutustumalla tutkimuseettisiin ohjeistuksiin sekä henkilötietojen käsittelyyn ja tietosuojaan liittyviin periaatteisiin. Käytimme työssä luotettavia ja ajan tasalla olevia lähteitä. Hallitsimme koko opinnäytetyöprosessin ajan hyvän tieteellisen käytännön. Saimme hyvät ja tarpeelliset tiedot HTK-ohjeesta. Se pitää sisällään mallin hyvästä tieteellisestä käytännöstä, sen edistämisestä sekä epärehellisyyden ennaltaehkäisemisestä. Lisäksi saimme opinnäytetyön toteutettua suunnitellussa aikataulussa. (TENK.)

Otimme vastuun tieteellisistä käytännöistä, ihmisiin kohdistuvista tutkimuksen yleisistä periaatteista sekä suoritimme eettistä ennakoarviointia ennakoarviointimenettelyn avulla. Juridisten ja eettisten kysymysten tunnistamisessa ja ratkaisemisessa käytimme myös ammattikorkeakoulun tarjoamaa ohjeistusta. Ymmärsimme, että opinnäytetyö tarkistetaan plagiaatintunnistusjärjestelmällä ennen arviointia. Käytimme järjestelmää myös apuvälineenä lainausten ja lähdeviittausten hyvän tieteellisen käytännön sekä tekijänoikeuslain mukaisessa käytössä. (Arene ry 2019.)

Ymmärsimme myös moraaliset velvoitteemme esimerkiksi tutkimusyhteisöä, ammattialaa sekä yhteiskuntaa kohtaan. Ymmärsimme meitä koskevat säännökset lääketieteellisessä tutkimuksessa esimerkiksi liittyen henkilötietojen käsittelyyn ja tutkittavan edun ja hyvinvoinnin asettamisen aina tieteen ja yhteiskunnan etujen edelle. Ymmärsimme ja noudatimme myös tekijänoikeuslakia, kuten tutkimusaineistoja, tuloksia sekä julkaisuja koskevia tekijänoikeuslain säännöksiä. (Arene ry 2019.)

Tekemämme mittaustutkimus koulullamme suoritettiin myös luotettavuutta ajatellen. Olimme perehtyneet mittauksen tekoon muun muassa miettimällä tarvittavat tarvikkeet, mitä parametrejä käytämme, yleisesti mittaustutkimuksen kulun sekä luomalla valmiiksi Excel-taulukkopohjan, johon kirjasimme tuloksia. Taulukkopohja auttoi selkeyttämään tulosten seurantaan ja toi lisää luotettavuutta tutkimukseen. Lisäksi kirjasimme käsin mittauksen tuloksia, jonka avulla tupla tarkistimme, että tulokset kirjataan oikein. Mittauksen luotettavuutta lisäsi myös se, että toistimme mittauksen kolmeen kertaan molemmissa etäisyyksissä (110 cm ja 140 cm) säteilymittarin ollessa kolmessa eri etäisyydessä kuvakentästä (0 cm, 3 cm ja 5 cm). Lisäksi tutkimuksen alussa meitä kävi ohjeistamassa kaksi opettajaamme, joiden kautta saimme varmistuksen, että mittaukset lähtevät toteutumaan oikein.

8.3 Kehittämisehdotukset

ESD ja sen työssämme käyttämämme yksikkö mGy·cm² on todettu kansainvälisesti hyväksi arvoksi tämän kaltaisissa tutkimuksissa. Tutkimuksen tuloksia ja käytettyjä menetelmiä voi hyödyntää ja kehittää jatkossa toteutettavissa säteilyannosmittauksissa.

Aiempia tutkimuksia vertaillen huomaisimme 0–1-vuotiaiden potilasryhmän olevan melko laaja, sillä vauvojen biologinen kehitys on nopeaa ja röntgentutkimusten käytännöt vaihtelevat esimerkiksi ennenaikaisesti syntyneiden, vastasyntyneiden ja yli kolme

kuukautta vanhojen potilaiden kohdalla. Seuraavissa tutkimuksissa voisi kohdistaa potilasryhmää vielä tarkemmin. Lisäksi nimenomaan säteilysuojien käyttöä voisi perustella laajemmin teorialla sekä kerätä lisää vertailtavaa dataa toteuttamalla vastaavanlaisia tutkimuksia, jossa säteilymittari asetettaisiin kuvakentän ulkopuolelle, sädesuojapeiton alle.

Lähteet

Alghoul, Abubaker & Abdalla, Mustafa Mohamed & Abubaker, Hamed Mohamed 2017. Mathematical evaluation of entrance surface dose (ESD) for patients examined by diagnostic x-rays. <<https://medcraveonline.com/OAJS/mathematical-evaluation-of-entrance-surface-dose-esd-for-patients-examined-by-diagnostic-x-rays.html>>.

Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. <<https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/AMMATTIKORKEAKOULU-JEN%20OPINN%20C3%84YTET%20C3%96IDEN%20EETTISET%20SUOSITUKSET%202020.pdf?t=1578480382>>.

Balonov, M.I. & Shrimpton, P.C. Effective dose and risks from medical x-ray procedures. <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1016/j.icrp.2012.06.002>>.

BIR (The British Institute of Radiology) 2020. Guidance on using shielding on patients for diagnostic radiology applications. <https://www.bir.org.uk/media/416143/final_patient_shielding_guidance.r1.pdf>.

Cadavid, Lina Marcela & Poveda, Jairo Fernando & Palacio, María Isabel & González, John Fernando & Saldarriaga, María Fernanda 2020. Reference Levels of Radiation Dose for Imaging in Pediatrics. <<http://contenido.acronline.org/Publicaciones/RCR/RCR31-2/RCR-31-2-02-Radiaci%C3%B3n-EN.pdf>>.

Candela-Juan, Cristian & Ciraj-Bjelac, Olivera & Merce, Marta Sans & Dabin, Jérémie & Faj, Dario & Gallagher, Aoife & de las Heras Gala, Hugo & Knezevic, Zeljka & Malchair, Françoise & De Monte, Francesca & Simantirakis, George & Theodorakou, Chrysoula 2021. Use of out-of-field contact shielding on patients in medical imaging: A review of current guidelines, recommendations and legislative documents. ScienceDirect. Verkkodokumentti.

Carestream 2016. Yksi detektori. Lukuisia ratkaisuja. <<https://www.carestream.com/drxFamilyBrochure-M1-424fi.pdf>>.

Davoodi, Roya & Eydian, Mohammad Reza & Rezazadeh-Farokh, Reza & Maraei, Asma 2020. Entrance Surface Dose (ESD) Measurement During Pediatric Chest X-Rays. <<https://openaccesspub.org/article/1503/jrnm-20-3288.pdf>>.

European Commission 2018. Radiation Protection. European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging. <http://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2018/09/rp_185.pdf>.

German Commission on Radiological Protection 2018. Use of patient radiation protection equipment in the diagnostic application of X-rays on humans. <https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2018/2018-12-13Patient_E.pdf?__blob=publicationFile>.

Health Information and Quality Authority (HIQA) 2021. Diagnostic Reference Levels. Guidance on the establishment, use and review of diagnostic reference levels for medical exposure to ionizing radiation. <https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2021-07/Diagnostic-Reference-Levels_Undertaking-guidance.pdf>.

Hiles, Peter & Gilligan, Patrick & Damilakis, John & Briers, Eric & Candela-Juan, Cristian & Faj, Dario & Foley, Shane & Frija, Guy & Granata, Claudio & de las Heras Gala, Hugo & Pauwels, Ruben & Sans Merce, Marta & Simantirakis, Georgios & Vano, Eliseo 2021. European consensus on patient contact shielding. <<https://insightsimaging.springeropen.com/articles/10.1186/s13244-021-01085-4>>.

Hirsjärvi, Sirkka & Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Diagnostic Reference Levels (DLRs) in medical imaging. <<https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/nuclear-medicine/diagnostic-nuclear-medicine/diagnostic-reference-levels-in-medical-imaging>>.

Jaquith, Kevin. Radiation Shielding: A Key Radiation Protection Principle. <https://blog.universalmedicalinc.com/lead-shielding-one-key-principles-radiation-protection/?utm_source=blog&utm_medium=blog&utm_term=radiation%20protection%20resources&utm_campaign=radiation%20protection>.

Korppi, Matti & Seuri, Raija 2016. Milloin otan lapselta keuhkokuvan?. Aikakauskirja Duodecim. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo12921>>.

Lakhwani, O.P. & Dalal, Vipin & Jindal, Mohit & Nagala, Ashok 2019. Radiation protection and standardization. ScienceDirect. Verkkodokumentti.

Liukkonen, Mimmi 2019. Lasten säteilysuojelu. Essote. <<https://www.essote.fi/wp-content/uploads/sites/2/2019/12/lasten-sateilysuojelu-mimmi-liukkonen.pdf>>.

Lumme, Riitta & Vuorijärvi, Aino 2014. Opinnäytetyön kriittiset kohdat. Opinnäytetyö määrällisin menetelmin. PDF-tiedosto.

Marsh, Rebecca M. & Silosky, Michael 2019. Patient Shielding in Diagnostic Imaging: Discontinuing a Legacy Practice. <<https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.18.20508>>.

Paile, Wendla. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. <https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4_03.pdf/450f57ef-5060-492f-b22c-325e640c375b>.

Pohjois-Pohjanmaan Sairaanhoidopiiri (PPSHP) 2021. Rintakehän alueen natiivikuvaukset lapset. Ohje. Saatavilla sähköisesti dokumentin nimellä haettaessa.

STUK 2005. Lasten röntgentutkimusohjeisto. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125016/lasten_rontgentutkimusohjeisto.pdf?sequence=1>.

STUK 2008. Lasten röntgentutkimuskriteerit. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125243/STUK-tiedottaa-1-2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

STUK S/4/2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Määräys. <<https://www.stuklex.fi/maarays/stuk-s-4-2019>>.

STUK 2019. Sanasto. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sanasto>>.

STUK 2020a. Terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>>.

STUK 2020b. Ionisoiva säteily. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/ionisoiva-sateily>>.

STUK 2021. Esimerkkejä säteilyannoksista. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-vaara/esimerkkeja-sateilyannoksista>>.

Säteilyturvakeskus 2013. Radiologisten tutkimusten määrät Suomessa 2011 -aineisto. <<https://www.stuk.fi/avoin-data/radiologisten-tutkimusten-maarat-suomessa>>.

Säteilyturvakeskus 2019. Radiologisten tutkimusten määrät Suomessa 2018 -aineisto. <<https://www.stuk.fi/avoin-data/radiologisten-tutkimusten-maarat-suomessa>>.

Temsah, Mohamad-Hani & Al-Eyadhy, Ayman & Alsohime, Fahad & Nassar, Saeed Majed & AlHoshan, Talal Nabil & Alebdi, Hatim Abdullah & Almojel, Faisal & AlBattah, Muath Abdullah & Narayan, Omendra & Alhaboob, Ali & Hasan, Gamal Mohamad & Abujamea, Abdullah 2021. Unintentional exposure and incidental findings during conventional chest radiography in the pediatric intensive care unit. <https://journals.lww.com/md-journal/Fulltext/2021/03050/Unintentional_exposure_and_incidental_findings.36.aspx>.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). <<https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>>.

Universal Medical. Radiation Protection Resources. <<https://blog.universalmedicalinc.com/radiation-protection-resources/>>.

Yu, Ligeng & Bruesewitz, Michael R. & Vrieze, Thomas J. & McCollough, Cynthia H. 2019. Lead Shielding in Pediatric Chest CT: Effect of Apron Placement Outside the Scan Volume on Radiation Dose Reduction. <<https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.17.19405>>.

Zewdu, Mesfin & Kadir, Elias & Berhane, Melkamu 2017. Assessment of pediatrics radiation dose from routine x-ray examination at Jimma University Hospital, Southwest Ethiopia. <<https://www.ajol.info/index.php/ejhs/article/view/160289>>.