



SAVONIA

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

DETERMINISTISTEN TERVEYSHAITTOJEN MÄÄRITTÄMINEN KARDIOLOGISSA LÄPIVALAISUTOIMENPITEISSÄ

Ammatillinen posterit Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydäntoimenpideyksikköön

TEKIJÄ: Karri Turunen

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Karri Turunen			
Työn nimi Determinististen terveyshaittojen määrittäminen kardiologisissa läpivalaisutoimenpiteissä			
Päiväys	11.11.2019	Sivumäärä/Liitteet	44/3
Ohjaaja(t) Lehtori Pirjo Leppäsaari, sairaalafyysikko Minna Husso			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion yliopistollinen sairaala, Sydänkeskus, Sydäntoimenpideyksikkö			
Tiivistelmä			
<p>Oireellisen sydämen tilaa voidaan parantaa verisuonen sisäisesti kardiologisilla röntgenläpivalaisutoimenpiteillä. Toimenpiteissä röntgenläpivalaisua käytetään useasta eri suunnasta ja päällekkäin asettuvien säteilykenttien kohdalle muodostuu suurempi säteilyannos, jonka määrittäminen on haastavaa. Haastavat toimenpiteet voivat pitkittyä, jolloin potilaan maksimi-ihoannos PSD (Peak Skin Dose) voi kasvaa suureksi ja potilaan riski saada deterministinen terveyshaitta kasvaa. Deterministinen terveyshaitta on säteilyn suora haitta, joka ilmenee tietyn absorboituneen annoksen kynnyksarvon ylityttyä. Yleisimpiä kardiologisia läpivalaisutoimenpiteitä ovat sepelvaltimoiden pallo-laajennukset sekä tahdistimien asennukset.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ammatillinen posterit kardiologisten toimenpiteiden determinististen terveyshaittojen kynnyksarvoista Sydäntoimenpideyksikön toiseen toimenpidesaliin. Posterista ilmenee toimenpidenäytöllä näkyvän annosparametrin DAP:n (Dose Area Product) yhteys maksimi-ihoannokseen PSD sekä mahdolliseen deterministiseen haittaan. Posterin tavoitteena on lisätä henkilökunnan tietoisuutta determinististen säteilyhaittojen kynnyksarvoista toimenpiteen edetessä sekä parantaa säteilyturvallisuuksia toimenpidesaleissa. Posterit toimii apuvälineenä toimenpidesalissa toimenpiteen aikana.</p> <p>Projektiluonteeltaan opinnäytetyö oli sisäinen kehittämistyö, joka toteutui kvantitatiivisin menetelmin. Opinnäytetyö sisältää raportin sekä tuotoksena syntyneen posterin. Työn tilaajana toimi Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikkö. Tutkimustulosten saavuttamiseksi keräsin vuoden 2018 kesäkuusta vuoden 2019 helmikuuhun saakka sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden säteilyannoksia Sydäntoimenpideyksikön toisesta toimenpidesalista. Aineiston perusteella laskin suureiden DAP:n ja PSD:n välille tilastomatematiikan regression avulla riippuvuuden, jonka avulla annosparametrien välille oli mahdollista laskea deterministisen terveyshaitan kynnyksarajat.</p> <p>Posterissa olen osoittanut sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden annostaulukoissa annossuureen DAP yhteyden maksimi-ihoannokseen PSD ja mahdolliseen deterministiseen haittaan. Tutkimustulokset on jaoteltu sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden mukaisesti, johtuen toimenpiteiden erilaisesta säteilyn käytöstä. Johtopäätöksenä posterissa totean sepelvaltimoiden toimenpiteissä deterministisen haitan mahdollisuuden saavutettavan huomattavasti alemmilla DAP-arvoilla kuin tahdistimien toimenpiteissä. Posterit tuotettiin koossa A2 (594 x 420mm), joten se on luettavissa noin metrin etäisyydeltä KYS:n Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toisen toimenpidesalin seinältä.</p> <p>Jatkotutkimusaiheena vastaavanlaisen posterin voisi toteuttaa myös muille läpivalaisutoimenpiteille tai toimenpidesaleille. Tämän opinnäytetyön tuotoksena syntyneitä posterit ei voi hyödyntää toisen laitevalmistajan tai eri sukupolven angiografialaitteen kanssa. Jatkotutkimusaiheet on suunnattu röntgenhoitajaopiskelijoille opinnäytetyön aiheeksi.</p>			
Avainsanat Deterministinen terveyshaitta, maksimi-ihoannos, kardiologiset läpivalaisutoimenpiteet, posterit			

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiation therapy			
Author(s) Karri Turunen			
Title of Thesis Defining deterministic health hazards in cardiac interventions			
Date	11.11.2019	Pages/Appendices	44/3
Supervisor(s) Lecturer Pirjo Leppäsaari, Medical Physicist Minna Husso			
Client Organisation /Partners Kuopio University Hospital, Heart Center, Cardiac Unit			
<p>Abstract</p> <p>Symptomatic cardiac status can be cured intravascularly by cardiac interventions. In these procedures, X-rays are used from several different directions and a higher absorbed dose is formed at the overlapping radiation fields. Defining the absorbed dose in these overlapping fields is difficult. Challenging interventions may be prolonged, which may increase the patient's peak skin dose (PSD) and increase the patient's risk of having a deterministic health hazard. A deterministic health hazard is a direct effect of radiation that occurs when a certain absorbed dose threshold is exceeded. The most common cardiac interventions include percutaneous coronary interventions and pacemaker installations.</p> <p>The purpose of this thesis was to produce a professional poster of the thresholds on deterministic health hazards for cardiologic interventions to the second catheterization laboratory room of the Cardiac Unit. The poster shows the relationship between the dose parameter dose area product (DAP) displayed on the catheterization laboratory room monitor and the peak skin dose PSD as well as the potential deterministic health hazard. The aim of the poster is to increase the staffs' awareness of the deterministic radiation exposure thresholds as the intervention progresses and to improve radiation safety in the catheterization laboratory. The poster serves as an aid in the catheterization laboratory during the intervention.</p> <p>The thesis project was an internal development project, which was implemented using quantitative methods. The thesis includes a report and a poster. The client organisation of the work was the Cardiac Unit of the Heart Center of Kuopio University Hospital. To achieve the results of the study, the author collected radiation doses from June 2018 to February 2019 from coronary artery and pacemaker installation interventions from the second catheterization laboratory room of the Cardiac Unit. Based on the data, the correlation between DAP and PSD was calculated with statistical mathematical regression, which made it possible to calculate the thresholds of the deterministic health hazard between the dose parameters.</p> <p>The poster shows the connection between DAP and PSD dose parameters and possible deterministic health hazard. The results of the study are divided into coronary artery and pacemaker interventions due to the different use of radiation in these interventions. In conclusion, the possibility of a deterministic health hazard in coronary artery interventions can be achieved with significantly lower DAP values than in the pacemaker interventions. The poster was produced in size A2 (594 x 420mm), so it can be read in one meter off the wall of the second catheterization laboratory room of the Cardiovascular Unit of the Heart Center of Kuopio University Hospital.</p> <p>For further research a similar poster could also be made for other cardiac interventions or catheterization laboratories. The poster created as a result of this thesis cannot be used with another manufacturer's device or an angiography device of different generations. These topics for further study are aimed for radiography students as potential subjects of their thesis.</p>			
<p>Keywords Deterministic health hazard, peak skin dose, cardiac interventions, poster</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	RÖNTGENSÄTEILYÄ AIHEUTUVAT DETERMINISTISET TERVEYSHAITAT	6
2.1	Röntgensäteilyn aiheuttamat deterministiset terveyshaitat.....	6
2.2	Röntgensäteilyn vaikutukset solussa.....	7
2.3	Säteilysuojelu	8
3	KARDIOLOGISET LÄPIVALAISUTOIMENPITEET	11
3.1	Röntgensäteily.....	11
3.2	Läpivalaisu menetelmänä	12
3.3	Sydämen endovaskulaariset toimenpiteet	12
4	SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN KARDIOLOGISISSA LÄPIVALAISUTOIMENPITEISSÄ....	14
4.1	Säteilyannosta kuvaavat suureet.....	14
4.2	Säteilyannoksen määrittäminen läpivalaisutoimenpiteissä	15
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUOTOS.....	18
6	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	19
6.1	Kehittämistyö	19
6.2	Projektityön tarpeen tunnistaminen ja määrittely	19
6.3	Projektityön suunnittelu.....	20
6.4	Projektityön toteutus ja posterin sisältö	22
6.5	Valmis posterit ja sen arviointi	27
7	POHDINTA.....	28
7.1	Tutkimustulosten analysointi ja jatkotutkimusaiheet.....	28
7.2	Luotettavuus	29
7.3	Eettisyys.....	31
7.4	Opinnäytetyöprosessin arviointi	31
7.5	Oma ammatillinen kasvu	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	35
	LIITE 1: SWOT-ANALYYSI	38
	LIITE 2: POSTERIN RAAKAVERSIO.....	39
	LIITE 3: POSTERI – DETERMINISTISET HAITAT KARDIOLOGISISSA TOIMENPITEISSÄ.....	40

1 JOHDANTO

Kuopion yliopistollisen sairaalan (KYS) Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toimenpidesaleissa tehdään vuosittain tuhansia sydämen suonensisäisiä röntgenlöpivalaisututkimuksia ja -toimenpiteitä. Kardiologisissa eli sydämen löpivalaisututkimuksissa ionisoivaa röntgensäteilyä käytetään aktiivisesti tutkimuksen tai toimenpiteen aikana. (PSSH s. a.) Suurimmat säteilyannokset potilaalle tulevat haastavista pallolaajennustoimenpiteistä. Toimenpiteet voivat pisimmillään kestää jopa useita tunteja ja röntgenlöpivalaisua käytetään useasta eri suunnasta. (Picano ja Vano 2011, 5.) Vierekkäiset säteilykentät voivat peittää toisiaan, jolloin päällekkäisten sädetyskenttien kohdalle tulee suurempi säteilyannos, jonka määrittäminen on haastavaa. Säteilyannosta voidaan määrittää löpivalaisulaitteen kaihdinkoppaan kiinnitetyllä DAP-mittarilla (Dose Area Product). DAP-mittari ilmoittaa vain potilaaseen kohdistuneen säteilyn kokonaismäärän kaikilta eri säteilytetyiltä suunnilta. DAP tarkoittaa annoksen ja pinta-alan tuloa. Toimenpidesaleissa DAP-suure tutkimusnäytöllä säteilyannoksen ymmärtämiseen ei ole selkeä, koska kaikilla laitteilla potilaan pinta-annosta ESD (Entrance Skin Dose) tai ihon saamaa maksimiannosta PSD (Peak Skin Dose) ei selkeästi esitetä. (Jones ja Pasciak 2011, 233 - 235.)

KYS:n Sydäntoimenpideyksikön toimenpidesalissa uusin angiografialaite osaa itse laskea potilaan ihon maksimiannoksen, kun kuvauslaitteelle syötetään potilaan pituus ja paino ennen toimenpiteen aloitusta. Kahdessa vanhemmassa toimenpidesalissa on vanhemman sukupolven kuvauslaitteet, joissa tätä ominaisuutta ei ole. Näissä toimenpidesaleissa kardiologin on vaikea tietää miten korkea maksimihoannos PSD toimenpiteen edetessä on. KYS:llä on käytössä automaattinen potilaiden annoskeräysohjelmisto Radimetrics, jonka avulla potilaiden PSD voidaan määrittää ja visuaalisesti esittää värikoodien avulla säteilyannoksen jakautuminen potilasmallilla. (Husso 2018.)

Sydäntoimenpideyksikön ehdottama opinnäytetyön aihe Determinististen terveyshaittojen määrittäminen kardiologisissa löpivalaisutoimenpiteissä kiinnosti minua, sillä se keskittyy säteilyn terveydellisiin haittavaikutuksiin. Aihe on tärkeä ammatilliselle kasvulleni röntgenhoitajaksi, koska voin syvällisemmin perehtyä säteilyn haittavaikutuksiin, säteilybiologiaan sekä kardiologian tutkimuslaitteisiin ja toimenpiteisiin. Yhteistyöstä KYS:n Sydäntoimenpideyksikön kanssa sain työkokemusta tiimimäisestä yhteistyöstä työryhmissä ja kokemusta kehittämistyön toteuttamisesta.

Työn tilaajana toimi Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikkö. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ammatillinen posterit kardiologisten toimenpiteiden determinististen terveyshaittojen kynnsarvoista Sydäntoimenpideyksikön toiseen toimenpidesaliin. Posterista ilmenee toimenpidenäytöllä näkyvän annosparametrin DAP:n yhteys ihon maksimiannokseen PSD sekä mahdolliseen deterministiseen haittaan. Tavoitteena posterilla on lisätä henkilökunnan tietoisuutta determinististen säteilyhaittojen kynnsarvoista toimenpiteen edetessä sekä parantaa säteilyturvallisuutta toimenpidesaleissa. Posterit toimii apuvälineenä toimenpidesalissa toimenpiteen aikana.

2 RÖNTGENSÄTEILYSTÄ AIHEUTUVAT DETERMINISTISET TERVEYSHAITAT

Säteilyn terveydelliset haittavaikutukset voidaan jakaa deterministisiin ja stokastisiin haittavaikutuksiin. Deterministiset eli suorat säteilyn vaikutukset ovat varmoja haittavaikutuksia, jotka johtuvat laajasta solutuhosta ja ilmenevät pian säteilyaltistuksen jälkeen. Stokastiset eli satunnaiset haittavaikutukset ovat satunnaisia yhden tai useamman solun geneettisiä muutoksia. Stokastisia haittoja voi esiintyä jo hyvin pienen säteilyaltistuksen seurauksena. Satunnaiset vaikutukset alkavat elävässä solussa soluperimän mutaationa. Perimämuutoksien riskitodennäköisyyttä pidetään hyvin pienenä, vaikka annos olisi melko korkea. Stokastiset haitat eivät näy heti elimistössä, sillä ne vaativat yleensä muutaman vuoden latenssiajan. Haitat tulevat ilmi vasta vuosien kuluttua. Deterministisissä haittavaikutuksissa näkyvät terveysvaikutukset tulevat esille muutaman viikon kuluessa. (Nieminen ja Oikarinen 2017, 472-473.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain röntgensäteilyn deterministisiin terveyshaittoihin, sillä kardiologisissa toimenpiteissä röntgenlöpivalaisun säteilyaltistus voi haasteellisen toimenpiteen vuoksi kasvaa suureksi, jolloin deterministisen terveyshaitan riski suurenee.

2.1 Röntgensäteilyn aiheuttamat deterministiset terveyshaitat

Deterministisiä eli säteilyn suorita haittoja esiintyy vain suurilla kerta-annoksilla. Suuria kerta-annoksia voi ilmetä vakavien säteilyonnettomuuksien, sädehoidon tai pitkittyneen radiologisen röntgenlöpivalaisutoimenpiteen yhteydessä. Deterministisiä haittavaikutuksia esiintyy vain, kun tietty annosraja ylittyy. Mikäli sädeannos jää esiintyvän haitan kynnsarvon alapuolelle, ei haittavaikutuksia synny ollenkaan. Annoksen ylittäessä kynnsarvon haitta on varma. (Nieminen ja Oikarinen 2017, 472 - 473.)

Röntgenlöpivalaisussa säteilyn deterministiset haitat potilaalle voidaan saavuttaa noin tunnin löpivalaisuaajassa riippuen kuvausparametreistä, annoksesta potilaalle, tutkimustyyppistä ja potilaan koosta. Ensimmäiset deterministiset eli suorat haittavaikutukset ovat eryteema eli verisuonten laajenemisesta johtuva ihon punoitus (säteilypalovamma), ihokarvojen lähtö ja erilaiset ihovammat. (Rehani ja Ortiz-Lopez 2005, 148.) Kardiologisissa toimenpiteissä maksimi-ihoannokset voivat muodostaa korkean, kumulatiivisesti jopa usean Grayn (Gy) annoksen. Säteilyn annosnopeutta joudutaan nostamaan sitä korkeammaksi, mitä kookkaampi potilas on kyseessä. Potilaan annokseen vaikuttaa kaikkein eniten toimenpiteen vaikeustaso. Pinta-annoksen toimenpidenäytöllä ylittyessä 1,5 Gy tai DAP-arvon 150 Gy·cm², tulisi toimenpidettä suorittavaa kardiologia huomauttaa annoksen suuruudesta. (STUK 2018, 35 - 38.)

Säteilyturvakeskus on julkaissut löpivalaisututkimusten pinta-annoksien kynnsarvot, joilla ihohaittoja ilmenee. 2 Gy:n pinta-annos on kynns varhaiselle punoitukselle ja kutinalle, kun taas 3 Gy:n annos johtaa jo väliaikaiseen ihokarvojen lähtöön. Varsinainen punoitus ilmenee 6 Gy:n annoksen ylittyessä ja pysyvä hiustenlähtö 7 Gy:n jälkeen. Kuivan hilseilyn ilmenemiseen tarvitaan n. 10 Gy:n annos ja kosteaan hilseilyyn 15 Gy. Sekundäärinen haavauma tarvitsee 20 Gy:n pinta-annoksen. Ihokarvat voivat pudota noin muutaman viikon kuluessa, jos ihoannos ylittää 3 Grayn annoksen. Mikäli ihoannos ylittää 6-7 Grayn annoksen, eivät ihokarvat enää kasva takaisin. Mikäli ihokarvat kasvavat takaisin, ne ovat ohuempia ja väriltään vaaleampia tai harmaita. (Pirinen 2014.)

Suoritetun toimenpiteen jälkeen potilaan annostiedot kirjataan potilastietojärjestelmiin ja potilasta informoidaan mahdollisista ihomuutoksista, mikäli annos ylittää 2 Gy:n ihon maksimiannoksen (PSD). PSD:n ollessa 0-2 Gy ei potilasta tarvitse informoida mahdollisista ihon haittavaikutuksista. Mikäli ihomuutoksia tulee, niitä hoidetaan oirekuvan perusteella. PSD:n ollessa 2-5 Gy täytyy potilaalle informoida mahdollisista ihomuutoksista, jotka ilmenevät seuraavien 2-3 viikon kuluessa. Potilaan kannattaa olla yhteydessä lääkäriin, mikäli ihomuutokset aiheuttavat epämukavuuden tunnetta. Kun toimenpiteestä aiheutunut ihon maksimiannos on 5-10 Gy, tule potilaan itse seurata ihomuutoksia 2-10 viikon ajan. Ihomuutokset ilmenevät vain sädetetyllä alueella. Ihon muutoksista tulee olla yhteydessä lääkäriin ja ilmoittaa niiden mahdollisesti johtuvan suoritetusta toimenpiteestä. 10-15 Gy annoksissa terveydenhuollon asiantuntijan seuranta on suositeltavaa ja ihosairauksien erikoislääkäriin kannattaa olla yhteydessä sekä ilmoittaa toimenpiteestä aiheutuneesta säteilyaltistuksesta. Ihon maksimiannoksen ylittäessä 15 Gy:n annoksen, on lääketieteellinen seuranta aiheellista. Säteilystä aiheutunut ihovamma voi johtaa haavaumaan tai nekroosiin eli kuolioon. (Wunderle ja Gill 2015, 158 - 160.)

2.2 Röntgensäteilyn vaikutukset solussa

Säteilykvantti aiheuttaa yleensä kudokseen osuessaan erilaisia vuorovaikutuksia. Vuorovaikutuksessa säteilyn energiaa siirtyy väliaineeseen. Valosähköinen ilmiö on eräs näistä vuorovaikutuksista, jossa säteilykvantti osuu atomin elektroniin ja elektroni irtoaa elektronikuorelta. Osa kvantin energiasta kuuluu elektronin irrottamiseen elektronikuorelta ja loppu energia siirtyy elektronille liike-energiaksi. Atomille on tällöin tapahtunut ionisaatio. Eräs toinen yleinen vuorovaikutus ionisoivasta säteilystä on nimeltään Compton-sironta. Compton-sironnassa säteilykvantti osuu atomin elektroniin ja irrottaa elektronin ja atomi ionisoituu. Kvantti ei kuitenkaan luovuta kaikkea energiaansa, vaan jatkaa etenemistä suunnasta poikenneena pienempi energisenä ja voi aiheuttaa lisää ionisaatioita. (Lammentausta 2017, 419 - 420.)

Suurin haittavaikutus tapahtuu, kun säteily vahingoittaa solun perimää, DNA:ta (deoksiribonukleiinihappo), suorasti tai epäsuorasti. Suorassa vaikutuksessa ionisoiva säteily aiheuttaa ionisaatioita ja virityksiä molekyyliissä ja atomeissa. Nämä voivat muutamassa pikosekunnissa (10^{-13}) muuttua vapaiksi radikaaleiksi. Nämä vapaat radikaalit ovat herkkiä reagoimaan vierekkäisten molekyylien kanssa ja muodostamaan epähaluttuja molekyyliyhdisteitä solun sisällä. Vapaat radikaalit ovat molekyyliä, joilla on pariton elektroni. Nämä vapaat radikaalit ovat lyhytikäisiä, sillä ne reagoivat hyvin herkästi solun molekyyliihin. (IAEA 2010, 24.) Vaikka DNA:ssa voi syntyä paljon erilaisia vaurioita, on solulla yleensä kyky korjata vauriot. Mikäli vauriota ei saada DNA:ssa korjattua tai se korjautuu väärin, syntyy mutaatio. Tällöin solun jakautuessa mutaatio siirtyy solulta toiselle ja virhe periytyy tytärsolujen DNA:han. (Kansikas, Nyström ja Peltomäki 2017, 259 - 260.)

Epäsuorat vaikutukset tapahtuvat vapaiden radikaalien vaikutuksesta. Soluista noin 80 % on vettä ja on hyvin todennäköistä, että säteily absorboituu solun vesimolekyyliin. Säteilyn absorboituessa vedessä, tapahtuu useita komplekseja muutoksia. Tätä prosessia kutsutaan veden radiolyysiksi. Radiolyysissä veteen absorboitunut säteily on aiheuttanut vesimolekyylin H_2O ionisaatiota ja virityksiä.

H₂O voi muuttua säteilystä H₂O⁺ radikaalikationeiksi, nopeiksi elektroneiksi ja virittyneiksi vesimolekyyleiksi (H₂O⁺). H₂O⁺ ionit ja virittyneet vesimolekyylit (H₂O⁺) ovat epävakaata ja hajoavat pikosekunnissa hydroksyyli- OH• ja vety- H• radikaaleiksi. (IAEA 2010, 24 - 25.)

Hydroksyyli- radikaalilla on pariton elektroni ja se on erittäin reaktiivinen. Hydroksyyli- radikaali voi yhdistyä toisten radikaalien kanssa. Osa yhdistyneistä radikaaleista on hyvin toksisia solun sisällä. Eräs vahva hapettaja on vetyperoksidi H₂O₂, joka on reaktiivinen hapettaja ja voi rikkoa soluorganellien molekyyli- rakenteita. Vetyperoksidi on yksi radikaalien reaktioiden lopputuotteista. (IAEA 2010, 25.)

2.3 Säteilysuojelu

Säteilysuojelulla tarkoitetaan kaikkia toimia, joiden tavoitteena on suojella ihmisiä ja yhteiskuntaa säteilyn haitallisilta vaikutuksilta. Lääketieteessä säteilysuojelulla pyritään pitämään säteilyaltistus asetettujen annosrajojen alapuolella (IAEA 2010, 120). Kardiologisissa läpivalaisu- toimenpiteissä säteilysuojelu korostuu huomattavasti verrattuna muihin röntgenkuvaus- modaliteetteihin. Toimenpiteessä säteilylle altistuu potilas ja toimenpidettä suorittava henkilökunta. Toimenpiteessä säteilyltä suojataan potilasta ja henkilökuntaa usein eri menetelmin. Toimenpidehenkilökunnan säteilyaltistusta voidaan pienentää tehokkaasti käyttämällä säteilysuojaimia kuten lyijyesiiliinoja, suojalaseja, lyijyhansikkaita ja lyijylasisermejä. Potilasta suojataan myös säteilysuojaimilla mahdollisuuksien mukaisesti. (Nieminen 2017, 426.)

Suomessa säteilyn käyttöä ja muuta säteilytoimintaa valvoo Säteilyturvakeskus (STUK) säteilylain (859/2018) nojalla. Säteilylain tarkoituksena on rajoittaa ja estää säteilystä aiheutuvia terveydellisiä haittavaikutuksia. Säteilyn käytöstä on laadittu yleiset säteilysuojelun periaatteet, jotka ovat oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaate. Oikeutusperiaate tarkoittaa, että säteilykäytöstä saavutettava hyöty on oltava suurempi kuin siitä aiheutuva haitta. Optimointiperiaatteessa säteilyaltistus tulee pitää niin alhaisena kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Yksilönsuojaperiaate tarkoittaa, että työntekijöiden ja väestön säteilyaltistus ei ylitä altistukselle vahvistettuja enimmäisarvoja. (Säteilylaki 859/2018 § 5-7.)

Oikeutusperiaatteen mukaisesti toiminnasta saavutettava hyödyn tulee aina olla suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta. Oikeutusta tehdään pääasiallisesti röntgenlähetteen avulla. Potilaan voi lähettää röntgentutkimukseen vain lääkäri, jolla on perustiedot säteilyn terveydellisistä haittavaikutuksista ja tieto potilaan säteilyaltistuksesta. Lähetteen antavalla lääkärillä tulee myös olla saatavilla aikaisempia tutkimuksia sekä mahdollisia toimenpiteitä koskeva olennainen tieto ja nämä tulee hankkia ennen lähetteen laatimista. (Säteilylaki 859/2018 § 109, 113.)

Oikeutuksen jälkeen säteilytoiminta optimoidaan. Toiminta tulee optimointiperiaatteen mukaan järjestää siten, että siitä aiheutuva terveydellinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Toiminnanharjoittajan on verrattava potilaalle aiheutuvaa keskimääräistä säteilyaltistusta vertailutasoon vähintään kerran kolmessa vuodessa ja aina, mikäli säteilyannos oleel-

lisesti muuttuu. (Säteilylaki 859/2018 § 112.) Vertailutasolla tarkoitetaan toimenpiteen säteilyaltistukselle etukäteen määriteltyä arvoa. Keskimääräinen säteilyaltistus tulee määrittää vähintään kymmenen normaalikokoisen potilaan annoksen otoksen mediaanina laskennallisen arvion tai mittauksen perusteella. (Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa S/4/2019 § 10.)

Yksilönsuojaperiaatteen mukaan yksilön säteilyaltistus ei saa ylittää valtioneuvoston asetuksen asettamia enimmäisarvoja. Tätä periaatetta käytetään ohjaamaan säteilytyötä tekevien säteilyannosta (Säteilylaki 859/2018 § 7). Säteilytyöntekijälle aiheutuva efektiivinen annos ei saa ylittää vuoden aikana 20 mSv (Sievert) (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018 § 13).

Toimenpiteissä, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä, on toiminnanharjoittajalla oltava toimenpiteen laadun edellyttämä pätevyys ja kokemus. Toimenpidettä suorittavan toiminnanharjoittajan vastuulla on myös varmistaa, että säteilylähteen varojärjestelmät ovat kunnossa ja laitteet toimivat moitteetta. Potilas tulee olla asianmukaisesti suojattu ja säteilyaltistus tulee olla rajattu vain niihin kehon osiin, joihin säteily on tarkoitus kohdistaa. (Säteilylaki 859/2018 § 114.)

Kardiologi voi toimenpidettä suorittaessaan pienentää potilaan säteilyaltistusta usein eri keinoin. Läpivalaisulaitteessa käytetään valotusautomaattikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että potilaan läpi tullut säteily aistitaan mittakammioilla, joka säättää kuvausjännitettä ja annosnopeutta potilaan koon mukaan. Pulsimainen säteilyntuotto on suoraan verrannollinen potilaan säteilyaltistukseen. Tämän vuoksi on tärkeää optimoida pulsointinopeus tutkimuskohtaisesti. Useissa kardiologisissa toimenpiteissä suuri pulsointinopeus on välttämätöntä tarkkojen diagnostisten kuvien muodostamiseksi. Potilaan säteilyaltistuksen optimoimiseksi ja kuvan tarkkuuden optimoimiseksi kuva-ala tulee rajata mahdollisimman pieneksi. Röntgenputki tulisi sijoittaa mahdollisimman kauas ja kuvailmaisimman mahdollisimman lähelle potilasta. Säteilytyssuuntaa tulisi vaihtaa toimenpiteen edetessä useita kertoja, että sädekentät jakautuisivat suuremmalle pinta-alalle potilaan iholla ja ehkäisivät determinististen haittojen syntyä. Mikäli säteilytyssuunta pysyy jatkuvasti samassa asennossa, potilaan iholle muodostuu vain yksi säteilylle altistunut alue, jonka annos voi kumulatiivisesti nousta yli deterministiseen terveyshaittaan vaadittavan kynnyksarvon yli. (Nieminen 2017, 426.)

Säteilylaki velvoittaa toiminnanharjoittajan toteuttamaan säteilytoiminnasta kirjallisen turvallisuusarvion, jossa esitetään säteilytoimintaa koskevat luokitukset ja arvioidaan säteilyaltistusta ja niiden mahdollisia poikkeamia. Toiminnanharjoittajan tulee arviossaan esittää säteilyturvallisuuden varmistamiseen ja säteilysuojeluun käytettävät toimet sekä säteilyturvallisuuspoikkeamien ennaltaehkäisemisen keinot. (Säteilylaki 859/2018 § 26.) Säteilytoimintaa koskevat luokitukset tehdään erikseen lääketieteelliselle, työperäiselle ja väestön altistukselle. Luokitusta varten toiminnanharjoittajan on tarkasteltava potentiaalista säteilyturvallisuuspoikkeamaa sekä normaalista toiminnasta aiheutuvaa säteilyaltistusta (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018 § 16). Opinnäytetyö ajankohdaltaan asettuu juuri säteilysuojelulainsäädännön uudistuksen vaihteeseen. Opinnäytetyön tuotoksena syn-

tyvä posteritukeen uuden säteilylain vaatimaa turvallisuusarviota, sillä posterin avulla toimenpidekardiologi voi ennaltaehkäistä suuria säteilyturvallisuuspoikkeamia, kun toimenpidenäytön annosparametri DAP voidaan selkeyttää ihon maksimiannokseksi PSD:ksi.

Yksilönsuojan periaatteen näkökulmasta henkilökunnan säteilyaltistusta voidaan pienentää asettamalla röntgenputki tutkimuspöydän alapuolelle ja käyttämällä pöytään kiinnitettyjä säteilysuojia mahdollisuuksien mukaan. Toimenpiteen suorittajan tulisi sijoittua kuvailmaisimen puolelle, sillä vain vähäinen osa tuotetusta röntgensäteilystä läpäisee potilaan ja sironneen säteilyn määrä on kuvailmaisimen puolella huomattavasti vähäisempää kuin röntgenputken puolella. Toimenpidettä suorittavan henkilökunnan tulee pitää etäisyys röntgenputkeen niin pitkänä kuin mahdollista, koska säteily vaimeenee etäisyyden neliön funktiona. Toimenpidehuoneessa olevan henkilökunnan tulee suojautua säteilyltä säteilysuojaimiin, kuten lyijyessuun ja kilpirauhassuojaan. Kardiologin tulisi myös käyttää liikuteltavia lyijylasilevyjä ja -seiniä suojaamaan itseänsä ja muuta toimenpidehenkilökuntaa säteilyltä. (Gautam ja Syed 2016.)

3 KARDIOLOGISET LÄPIVALAISUTOIMENPITEET

Kardiologisissa röntgenlöpivalaisututkimuksissa sydäntä voidaan kuvata varjoainetehosteisesti. Sydämen löpivalaisututkimukset eivät välttämättä ole vain diagnostisia tutkimuksia, vaan verisuonen sisäisesti sydämen sairauden tilaa voidaan toimenpiteen avulla parantaa. Toimenpiteissä esimerkiksi ahautunutta verisuonta tai läppää voidaan laajentaa erilaisten katetrien avulla. Toimenpidekatetrit sydämeen kuljetetaan endovaskulaarisesti pienen ihoviillon kautta. Endovaskulaarinen tarkoittaa verisuonen sisäisesti tapahtuvaa tutkimusta. Tutkimukset ja toimenpiteet ovat mini-invasiivisia, eli ne suoritetaan pienen ihoviillon kautta, eikä potilas tarvitse suurta sydämen avoleikkausta. Kardiologisia löpivalaisutoimenpiteitä saa tehdä vain erikoiskoulutettu henkilökunta ja tutkimukset tehdään löpivalaisutoimenpidesaleissa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden determinististen terveyshaittojen määrittämiseen. (Harbron ym. 2016, 132.)

3.1 Röntgensäteily

Röntgensäteily on yksi sähkömagneettisen säteilyn muodoista ja sen aaltoliike on poikittaista. Ionisoivalla sähkömagneettisella säteilyllä on kuitenkin aaltoliikkeen lisäksi hiukkasluonne. Säteily muodostuu ”pienistä energiapaketeista”, joita kutsutaan kvanteiksi. Sähkömagneettisen säteilyn spektriin kuuluu paljon myös muita säteilyn lajeja, kuten radioaallot, mikroaallot, näkyvä valo, ultraviolettisäteily ja gammasäteily. Röntgensäteilyn aallonpituus on huomattavasti näkyvän valon aallonpituutta lyhyempi, joten sillä on enemmän energiaa. Röntgensäteilyn energiaspektri sijoittuu ultraviolettisäteilyn ja gammasäteilyn väliin. Röntgensäteilyn aallonpituus voi kuitenkin vaihdella jopa gammasäteilyn aallonpituudelle. Erona näiden kahden säteilyn välillä on se, että röntgensäteilyä synnytetään kiihdyttämällä elektroneja ja gammasäteilyä syntyy spontaanisti virittyneissä atomiytimissä. Lääketieteessä käytetty röntgensäteily on ionisoivaa sähkömagneettista säteilyä, ja sillä on riittävästi energiaa rikkomaan molekyyliarakenteita elimistössä tai aiheuttamaan atomien virityksiä irrottamalla elektroneja. (Lucas 2015.)

Lääketieteessä röntgensäteilyä synnytetään röntgenputkella, joka sijaitsee lasityhjiössä lyijyvaipan sisällä. Lasityhjiössä hehkukatodilta elektroneja kiihdytetään sähkövirran avulla. Korkeajännitteen avulla elektronit kiihdytetään lähes valonnopeuteen ja törmäytetään metalliseen anodilautaseen. Kiihdytettyjen elektronien ja anodilautasen atomien vuorovaikutuksen ollessa sopiva, syntyy jarrutussäteilyä. Anodilautasen kaltevan reunan avulla syntynyt jarrutussäteily voidaan suunnata röntgenputken vaiPASSA sijaitsevan ikkunan kautta hyötykäyttöön kuvantamisessa. Syntyneen jarrutussäteilyn energiajakauma on jatkuva ja maksimienergia riippuu käytetystä putkijännitteestä. Tapahtumassa syntyy myös karakterista röntgensäteilyä, mikäli elektronien energia riittää irrottamaan anodimateriaalin atomien elektroneja alimmalta elektronikuorelta ja ylemmän tason elektronit täyttävät alemman tason tyhjentyneet paikat. (Starck 2014, 1.)

Jarrutussäteily syntyy anodilautasen materiaalin sisällä ja säteilyn intensiteetti vaimenee sen kulkiessa anodimateriaalista anodin ulkopuolelle. Säteilyintensiteetti on siis suurempi anodimateriaalin sisäpuo-

lolla kuin ulkopuolella. Tämä aiheuttaa epätasaisuutta syntyneen säteilyn intensiteetissä. Säteilyintensiteetin epätasaisuuksia vähennetään röntgenputken sisäisellä suodatuksella. Suodatuksessa käytetään yleisimmin alumiinilevyä, joka on paksuudeltaan 2,5 mm. (Starck 2014, 75 - 76.)

3.2 Lämpivalaisu menetelmänä

Lämpivalaisu on eräs lääketieteellisen kuvantamisen muoto, jossa hyödynnetään röntgensäteilyä. Lämpivalaisu näyttää kuvassa reaaliaikaista röntgenkuvaa kehosta halutulta alueelta. Kudoksista saadaan eroteltua tiettyjä rakenteita, kuten verisuonia, jodivarjoaineen avulla. (Hahn ja Eberhard 2012.) Röntgenlämpivalaisuissa röntgensäteily ei ole jatkuvasti päällä, vaan röntgensäteitä tuotetaan pulssimaisesti röntgenputkesta. Kuvaslaitteesta riippuen pulsointinopeus voidaan asettaa 0,5 – 30 pulssin sekuntinopeuteen. (Nieminen 2017, 426.)

Kuvaslaitteena toimii angiografialaite, jota ulkomuotonsa vuoksi kutsutaan C-kaareksi. C-kaaren rungon toisessa päässä on röntgenputki ja toisessa päässä kuvailmaisin. Angiografialaitteistoon kuuluu myös liikutettava tutkimuspöytä, monitori ja ohjauskonsoli. Ohjauskonsolin avulla C-kaarta voidaan liikuttaa kaikkiin eri suuntiin ja myös rotaatiot eli kallistukset ovat mahdollisia. Angiografialaitteisto täytyy sijoittaa laitteistolle soveltuvalle säteilysuojattuun toimenpidehuoneeseen. Huoneessa on kuvaslaitteistolle erillinen säteilysuojattu säätötila sekä valmiudet anestesiaa varten. (STUK 2018, 76.)

Lämpivalaisuututkimuksissa muodostunutta digitaalista kuvaa voidaan muokata ja suodattaa. Digitaalisessa subtraktioangiografiassa (DSA) potilaasta otetaan ilman varjoainetta yksi kuva, jota kutsutaan maskikuvaksi. Varjoaineruiskutuksen jälkeen otetaan lisäkuvia, jolloin tietokone poistaa logaritmisesti maskikuvan anatomisen taustan ja kuvassa näkyy vain ruiskutettu varjoaine. Tämä mahdollistaa paremman näkyvyyden ja kontrastin varjoaineen näkyvyydelle. (Nieminen 2017, 426.)

3.3 Sydämen endovaskulaariset toimenpiteet

Endovaskulaarisesti tehtäviä kardiologisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi sepelvaltimoiden pallolaajennus, sydämen tahdistimen asennus, rytmihäiriöiden katetriablaatio eli radiotaajuushoito, tai läppävikojen korjaus (Vainikainen 2016). Sydämen aortan alkuosasta haarautuvat oikea ja vasen sepelvaltimo, joiden tehtävänä on kuljettaa hapekasta verta sydänlihakselle. Sepelvaltimoiden varjoainekuvasauksen avulla saadaan selville sepelvaltimon läpimitta ja ahtaumien sijainti. (Syväne ja Hekkala 2018.) Varjoainekuvasauksen yhteydessä ahtautunut sepelvaltimo voidaan pallolaajentaa. Pallolaajennus suoritetaan endovaskulaarisesti katetriteitse tapahtuvan pallolaajennuskatetrin avulla. Pallolaajennuskatetri vieään verisuoniteitse ahtautumakohtaan ja katetri laajennetaan paineen avulla ahtauman kohdalta. Laajentunut pallolaajennuskatetri puristaa ahtaumaa verisuonen seinää vasten ja avaa suonen. Pallolaajennuksen yhteydessä suoneen voidaan jättää ahtaumakohtaan metalliverkko eli stentti. Stentit estävät verisuonen ahtautumista uudelleen. (Ylitalo ja Pietilä 2013, 287-288.)

Sydämentahdistin voidaan asentaa potilaalle, jos potilas kärsii sydämen rytmihäiriöistä. Tahdistimen toimintapa perustuu sähköiseen impulssiin, joka ohjataan sydänlihakseen. Sähköiset pulssit saavat

sydänlihaksen supistumaan ja ylläpitämään sydämen normaalia supistumistahtia ja pulssia. Sydämen tahdistin koostuu pulssigeneraattorista, joka tunnistaa sydämen sähköisiä potentiaaleja ja stimuloi sydämen supistumista. Tahdistimen asennus tapahtuu toimenpidesaleissa ja asennuksen aikana käytetään avuksi röntgenläpivalaisua. Pulssigeneraattori asennetaan rintaan ihon alle ja sähköiset elektrodit johtoineen asennetaan katetriteitse endovaskulaarisesti sydämeen. Perkutaaninen suoniyhteys avataan useimmiten solislaskimoon, josta sähköiset elektrodit johdetaan solisvaltimoa pitkin yläonttolaskimon kautta sydämeen. Tahdistin asennetaan ihon alle subkutaanisesti ja elektrodijohdot asennetaan läpivalaisun avulla oikeaan kohtaan sydämessä. (Kotsakou ym. 2015, 42 - 44.)

Kardiologisissa sepelvaltimoiden läpivalaisutoimenpiteissä valtimosuoniyhteys avataan useimmiten arteria radialiksesta eli rannevaltimosta. Laajemmissa toimenpiteissä valtimokanylointi tehdään nivuseudusta löytyvään arteria femoralikseen eli reisivaltimeen. Toimenpidevälineistö voidaan kuljettaa tällöin varttinävaltimoreittejä tai reisivaltimoreittejä pitkin sydämeen. Valtimokanylointikohtaan asetetaan sisäänviejä, jonka kautta toimenpidevälineistö kulkeutuu suonien sisälle. (Kajander, Ilveskoski ja Jussila 2016, 622.)

4 SÄTEILYANNOKSEN MÄÄRITTÄMINEN KARDIOLOGISISSA LÄPIVALAISUTOIMENPITEISSÄ

Potilasannos ei ole yksiselitteisesti määritelty ja sillä voidaan tarkoittaa potilaan annosta (elinannos, efektiivinen annos) tai tutkimuskohtaista fysikaalista annosta (DAP, pinta-annos, kerma). Fysikaalisen annoksen mitattava suure on pyritty määrittelemään siten, että sen perusteella voidaan verrata samantyyppisten tutkimusten annoksia laitteiden välillä ja määrittämään potilaan annos riittävällä tarkkuudella. (STUK 2018, 69.)

4.1 Säteilyannosta kuvaavat suureet

Säteilyaltistuksen mittaamisen perussuure on absorboitunut annos. Absorboitunut annos on säteilystä aineeseen siirtynyt energia jaettuna ainemäärän massalla ja sen tunnus on D ja yksikkö Gray, Gy (Järvinen 2005, 8). Ilmakerma on toinen perussuure, jolla mitataan hiukkasten tuottamien sekundäärihiukkasten saamaa liike-energiaa syntyhetkellä. Varauksettomia hiukkasia ovat fotonit ja neutronit, sekundäärihiukkasilla tarkoitetaan pääasiassa elektroneita. Ilmakerma on siis säteilyenergian muuntumista kuvaava suure. Kerma tunnus on K ja yksikkö Gray, Gy. (Marttila 2002, 69 - 70.)

Ekvivalenttiannos on säteilyannosta kuvaava suure, joka kuvaa säteilyn tietylle elimelle tai kudokselle aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Sen yksikkö on myös Sievert (Sv). Ekvivalenttiannosta ei voida fysikaalisesti mitata, vaan se lasketaan, kun absorboitunut annos on määritetty. Elimen tai kudoksen (T) ekvivalenttiannos ($H_{T,R}$) lasketaan keskimääräisen absorboituneen annoksen ($D_{T,R}$) säteilyn luonteesta riippuvien painotuskertoimien (w_R) avulla:

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$$

Missä

- w_R on painotuskerroin säteilyn säteilylaadulle R
- $D_{T,R}$ on säteilylaadusta R aiheutuva kudoksen tai elimen T absorboitunut annos. (ST-ohjeet 7.2 2014, Liite A.)

Efektiivinen annosekvivalentti on säteilyannossuure, joka kuvaa säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaisuutta. Sen yksikkö on Sievert (Sv). Efektiivinen annos voidaan laskea kudoksen tai elimen saaman säteilyn ekvivalenttiannoksen ja kullekin kudokselle määrätyn painotuskertoimen avulla. Kudoksen painotuskerroin kuvastaa kudoksen säteilyherkkyyttä. (ST-ohjeet 7.2 2014, Liite A.) Kollektiivinen efektiivinen annos tarkoittaa säteilystä jollekin tietylle ihmisryhmälle aiheutunutta efektiivistä kokonaisannosta. Sen yksikkö on mansievert (manSv) (Rantanen, Savolainen ja Lampinen 2000).

Potilaan pinta-annos ESD (Entrance Skin Dose) tarkoittaa potilaan saamaa ihoannosta siltä alueelta, jolta säteilykeila läpäisee potilaan (Taha, Al-Ghorabie, Kutbi ja Saib 2015, 100). Säteilyaltistuksen määrittämiseen käytettäviä suureita on DAP (Dose Area Product) tai KAP (Kerma Area Product) ja K (Kerma). DAP suuretta käytetään usein PSD annoksen korvikkeena suuntaa antavana annossuureena. Läpivalaisututkimuksissa PSD (Peak Skin Dose) on hyödyllisin säteilyannoksen suure determinististen

säteilyhaittojen määrittämiseen. PSD tarkoittaa ihon saamaa suurinta annosta, joka muodostuu läpivalaisututkimuksissa useista eri suunnista tulevien säteilykenttien päällekkäisyyksinä. PSD on kuitenkin erittäin haastava määrittää tarkasti. (Jones ja Pasciak 2011, 231 - 232.)

Säteilylain (859/2018) 59 § ensimmäisen momentin mukaan mittayksikköjärjestelmän on jäljiteltävä kansainvälistä vertailutaulukkoa. Säteilyturvakeskuksen antaman määräyksen (S/6/2018) mukaan pinta-annos ESD vaihtuu säteilylain uudistuksen myötä kansainväliseen annosparametriin ilmakermaan pinnalla ESAK (Entrance Surface Air Kerma). Suureen yksikkö on Gray, Gy. Ilmakerma pinnalla on ilmakerma säteilykeilan keskiakselissa pinnalla. ESAK sisältää myös potilaan sisältä siroavan säteilyn potilaan ihon pinnalle. Annoksen ja pinta-alan tulo DAP vaihtuu lain uudistuksessa kansainväliseen ilmakerman ja pinta-alan tulon KAP (Kerma Area Product). Suureen yksikkö on Gy·cm². (Säteilyturvakeskuksen määräys säteilymittauksista S/6/2018, Liite 2.) Tässä opinnäytetyössä käytän yksinkertaisuuden vuoksi vanhoja kansainvälisiä käsitteitä ESD ja DAP. Toimenpidenäytöllä näkyvä annosparametri on DAP-muodossa, joten posterin teossa annossuurena käytetään DAP:ia. Radimetrics-annostietokannassa pinta-annoksena on toistaiseksi käytössä ESD.

4.2 Säteilyannoksen määrittäminen läpivalaisutoimenpiteissä

Potilasannoksien määrittämiseen läpivalaisutoimenpiteissä käytetään yleisesti annoksen ja pinta-alan tuloa DAP tai nykyisin uudistuneen säteilylain (859/2018) seurauksena Kerman ja pinta-alan tuloa KAP. Näillä annosparametreilla arvioidaan potilaan säteilyaltistusta röntgentutkimuksissa. DAP ja KAP voidaan määrittää röntgenputken kaihtimiin asennetulla ionisaatiokammioimittarilla, joka elektrometrimillä mittaa säteilyn ionisaatiovirtaa. (Toroi, Komppa ja Kosunen 2008, 8 - 9.) KAP ja DAP ilmoitetaan Gy (Gray) annosyksikössä. KAP määritetään ilmakerman tulona säteilykeilan pinta-alan keskiakselia vastaan kohtisuoraa tasoa kohden (Gy·cm²). KAP ilmoittaa vain kokonaissäteilytetyn määrän ja KAP:ia yleisesti verrataankin annoksen ja pinta-alan tulon DAP:iin. (Huda 2014, 565 - 567.)

Pinta-annos (ESD) on mahdollista laskea annoksen ja pinta-alan tulosta DAP, kun tiedetään säteilykeilan pinta-ala (A) (STUK 2004, 7 - 8).

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

Pinta-annos voidaan laskea myös röntgenputken säteilyntuoton perusteella. Pinta-annos ESD lasketaan silloin kaavalla:

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

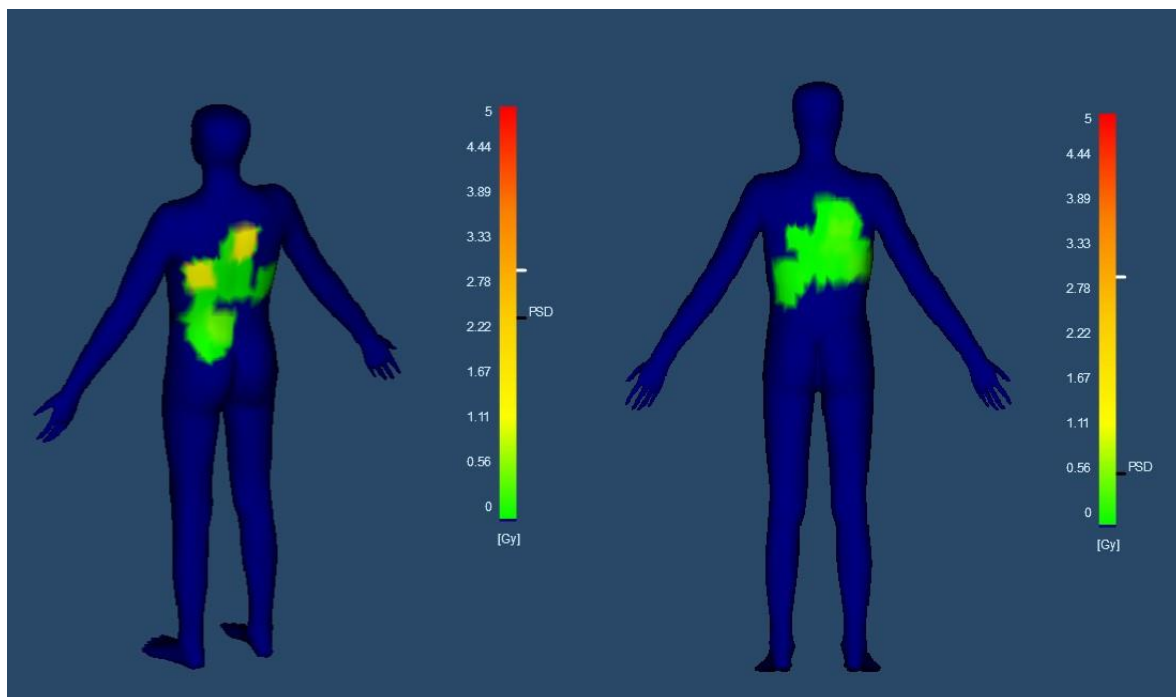
Missä

· Y (U, F) on röntgenputken säteilytuotto (mGy/mAs), eli ilmaan absorboitunut annos jaettuna sähkömäärällä, mitattuna etäisyydellä FDD (cm) fokuksesta, potilastutkimuksessa käytetyllä kuvausjännitteellä U ja kokonaissuodatuksella F.

- FSD on etäisyys (cm) röntgenputken fokuksesta potilaan iholle säteilykeilan keskellä.
- Q on potilastutkimuksessa käytetty sähkömäärä (mAs).
- BSF on takaisinsirontakerroin. (STUK 2004, 6 - 7.)

Ihon maksimiannos PSD ilmoittaa potilaan ihon saaman maksimiannoksen ja on sen vuoksi tärkein annosparametri determinististen säteilyhaittojen arvioinnissa. Ihon maksimiannoksen määrittäminen on kuitenkin ollut haaste jo pitkään röntgenlöpivalaisutoimenpiteissä. PSD voitaisiin suoraan määrittää kuvauslaitteen annostietojen perusteella, mutta nämä annosparametrit eivät huomioi geometrisiä asioita kuten C-kaaren vaihtuvaa kuvauskulmaa, pöydän korkeutta ja liikettä tai potilaan ihon kaarevuutta ja kuvakentän sijaintia. PSD olisi myös mahdollista määrittää tutkimuksen jälkeen annosparametrien avulla, mutta luotettavan ihon maksimiannoksen määrittäminen vaatii uusimman sukupolven kuvauslaitteen. Jälkikäteen tuotettavan maksimiannoksen tekemiseen täytyy potilaasta tuottaa 3D-suuntainen potilasmalli tietokoneella ja tietää tarkat primääriset säteilykeilan suunnat tutkimuksesta. Nykyään kuvauslaitteiden teknologian kehittyessä laitevalmistajat ovat saaneet lisättyä ominaisuuksia kuvauslaitteeseen siten, että maksimiannoksen määrittäminen on mahdollista. (Saaring ja Kepler 2015, 43 - 44.)

KYS:llä säteilyannokset kerääntyvät annosarkistointiohjelmaan Radimetricsiin, johon tallentuu kaikkien radiologisten tutkimusten säteilyannokset yksilöllisesti sekä tutkimuskohtaisesti. Radimetrics kerää säteilyannosdataa ja ohjelmassa voidaan muodostaa säteilyannoksista useita erilaisia hyödyllisiä tilastoja ja vertailuja. Ohjelmisto kerää myös potilaan saaman kumulatiivisen annoksen eli tutkimuksesta tai toimenpiteestä kertyneen kokonaisannoksen, jolloin saatu säteilyannos on helpompi käsittää kokonaisuutena. (BAYER 2014.) Ohjelmisto on uusi Kuopion yliopistollisessa sairaalassa ja tullut käyttöön kesäkuun alussa 2018. Kuvauslaitteilta lähetetään Radimetricsiin paljon kuvaustapahtumaan liittyviä tietoja. Esimerkiksi löpivalaisututkimuksista ja –toimenpiteistä lähetetään jokaisen säteilytystapahtuman annostiedot, kuvakentän koko sekä kuvauslaitteen telineistön sen hetkinen asento. Näillä tiedoilla ohjelma pystyy laskemaan varsin tarkasti säteilyn jakautumisen potilaan iholle. Toimenpiteen annosjakauma voidaan esittää värikuviollisella potilasannoskartalla (KUVA 1). Potilaan tiedoista Radimetrics tallentaa henkilötunnuksen, pituuden, painon, iän ja sukupuolen. Tutkimuksesta tallentuvia tietoja ovat tutkimuksen suorituspaikka, kellonaika ja päivämäärä. (Husso b 2018.)



KUVA 1. Potilasannoskartta.

Sepelvaltimon toimenpiteen (vasen) säteilyjakauma potilasannoskartassa (KUVA 1) maksimi-ihoannos (PSD) on ylittänyt deterministisen säteilyhaitan kynnyksarvon 2 Gy. Potilaan iholle on havainnollistettu keltaisen värin avulla, mihin kohtaan maksimiannos iholla sijoittuu. Tahdistimen toimenpiteen annoskartassa (oikea) ihon maksimiannos ei ole ylittänyt 2 Gy:n annosta, joten determinististä terveyshaittaa ei synny. Vihreä väri potilaan iholla osoittaa, mille alueelle säteilyä on absorboitunut.

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUOTOS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ammatillinen posterit kardiologisten toimenpiteiden determinististen terveyshaittojen kynnyksarvoista Sydäntoimenpideyksikön toiseen toimenpidesaliin. Posterista ilmenee toimenpidenäytöllä näkyvän annosparametrin DAP:n yhteys ihon maksimiannokseen PSD sekä mahdolliseen deterministiseen haittaan. Tavoitteena posterilla on lisätä henkilökunnan tietoisuutta determinististen säteilyhaittojen kynnyksarvoista toimenpiteen edetessä sekä parantaa säteilyturvallisuutta toimenpidesaleissa. Posterit toimii apuvälineenä toimenpidesalissa toimenpiteen aikana.

Opinnäytetyötä ohjasivat seuraavat taustakysymykset:

1. Millä annostasoilla deterministisiä säteilyn terveyshaittoja ilmenee?
2. Miten tuotettu posterit edistää toimenpidesalin säteilyturvallisuutta ja vähentää potilaan riskiä saada deterministisiä säteilyn terveyshaittoja?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

6.1 Kehittämistyö

Tämä opinnäytetyö on projektiluonteeltaan sisäinen kehittämistyö, jossa tiedonkeruu toteutettiin kvantitatiivisin menetelmin. Sisäisessä kehittämistyössä pyritään saamaan toimivampi vaihtoehto johonkin aiemmin todettuun haasteeseen tai ongelmaan organisaatiossa. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkiminen keskittyy muuttujien mittaamiseen, tilastollisiin menetelmiin ja niiden käyttöön sekä muuttujien välisten yhteyksien analysointiin. Projektiluontoinen kehittämistyö on kertaluontoinen, kestäviin tuloksiin pyrkivä kokonaisuus, jonka toteutuksesta vastaa sitä varten perustettu organisaatio tai toimija. Opinnäytetyössä hyödynnetään Kettusen projektityömenetelmää, jonka toteuttamisen vaiheisiin kuuluu työn tarpeen tunnistaminen ja määrittely, suunnittelu, toteutus sekä projektin päättäminen. (Kettunen 2009, 18, 54.)

Kehittämistyössä on aina hyödynsaajia, joita voi olla kaksi eri ryhmää: kohderyhmä ja välitön kohderyhmä. Kohderyhmä tutkimuksessa tarkoittaa tärkeintä ryhmää, jolle hankkeen varsinaiset hyödyt kohdentuvat. Kohderyhmän saamat hyödyt voidaan saavuttaa välittömän kohderyhmän kautta. Koska tässä opinnäytetyössä pyritään kehittämään Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toimintaa toimenpidesalissa säteilyaltistuksen kasvaessa, on välittömänä kohderyhmänä toimenpidekardiologit. Toimenpidekardiologien tietoisuutta säteilyaltistuksen kasvaessa pyritään tukemaan toimenpiteen aikana tämän opinnäytetyön tuotoksen avulla. Varsinaiseksi kohderyhmäksi tällöin asettuvat kardiologiseen toimenpiteeseen osallistuvat potilaat. (Silfverberg s. a., 39.)

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi ammatillinen posterit, jonka avulla säteilyannospaarametri DAP voidaan ymmärtää selkokielisempänä ihon maksimiannoksena PSD kardiologisessa toimenpidesalissa. Apuna projektissa minulla oli ohjausryhmä, johon kuului Kuopion yliopistollisen sairaalan sairaalafyysikko, Sydäntoimenpideyksikön röntgenhoitaja sekä Savonia-ammattikorkeakoulun radiografian lehtori. Ohjausryhmä ohjasi työtä ja avusti työn toteutuksessa kuitenkin siten, että päävastuu oli opiskelijalla. Ohjausryhmän merkitys opinnäytetyön toteutuksessa oli merkittävä sen vuoksi, että opiskelijana sain tarvittaessa kysyä apua opinnäytetyöhön liittyen. Työtä teimme yhteistyössä Sydäntoimenpideyksikön kanssa ja ilman ohjausryhmää olisi ollut haastavampaa selvittää toteutuksen suorittamiseen liittyvät asiat ja selvittää askarruttavat tai epäselvät asiat työn etenemisestä.

6.2 Projektityön tarpeen tunnistaminen ja määrittely

Jokainen projekti alkaa projektin tarpeen tunnistamisesta, jonka tekee projektin omistaja. Tarpeen tunnistamisen vaiheessa tulee tarkkaan pohtia, miksi projekti tehdään, mitä projektilta odotetaan ja miten suurilla resursseilla projekti tuotetaan. Tarpeen tunnistamisen jälkeen työ etenee työn määrittelyyn ja määrittelystä työn suunnitteluun ja toteutuksesta projektin päättämiseen. (Kettunen 2009, 49–50.)

Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikössä säteilyannoksien ymmärtäminen potilaan determinististen terveyshaittojen kannalta tutkimusnäytöltä todettiin haastavaksi. Toimenpidehuoneen tutkimusnäytöllä on näkyvissä potilasannosmittari, joka ilmoittaa potilaan toimenpiteen aikana saadun kumulatiivisen säteilyannoksen. Tutkimusnäytöllä näkyvä potilasannos on DAP suureena ja yksikössä $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$. DAP annosparametrinä ei ilmoita suoraan potilaan saamaa ihoannosta ESD tai ihon saamaa maksimiannosta PSD. Potilaan säteilystä saaman terveydellisen haitan arvioimiseksi Sydäntoimenpideyksikkö on toivonut toimenpidehuoneeseen posteria, jossa DAP annosuure olisi yhteytettynä potilaan saamaan ihon maksimiannokseen PSD ja mahdolliseen säteilyn deterministiseen terveyshaittaan. PSD-annokset ovat yksilöllisiä ja ovat riippuvaisia toimenpiteen luonteesta ja käytetyistä säteilysuunnista. Tämän vuoksi PSD-annoksen yhteyden määrittäminen DAP-annokseen ei ole yksioikoista ja tähän ongelmaan apuna on käytettävissä Radimetrics -potilasannosjärjestelmä.

Ohjausryhmän kanssa käytiin alkupalaverissa läpi aiheen alustava rajaus ja opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite. Kyseisen palaverin pohjalta tein aihekuvauksen, joka hyväksyttiin toukokuussa 2018. Työsuunnitelman aloitusta varten käytiin toinen ohjauspalaveri toukokuussa 2018, jossa opinnäytetyölle asetettiin selkeät raamit, aikataulu ja kuinka työtä lähdetään toteuttamaan.

Resursseina opinnäytetyö on opiskelijalle 15 opintopisteen kokonaisuus. Savonia-ammattikorkeakoulussa 1 opintopiste tarkoittaa 27 tuntia opiskelijan tekemää työtä. Nämä opintopisteet koostuvat kolmesta viiden opintopisteen kurssista; Opinnäytetyön suunnittelu, Opinnäytetyön toteutus sekä Opinnäytetyön viimeistely. Muita käytössä olevia resursseja minulla oli ohjausryhmä, erilaiset tiedonhakupalvelut, kirjastot sekä mahdollisuus työelämälähtöiseen havainnointiin. Ohjausryhmän resursseissa täytyi ottaa huomioon, ettei opinnäytetyön ohjaaminen ole heidän pääprioriteettinsa. Ohjausryhmän henkilöt ovat työssäkäyviä asiantuntijoita, joilla oma työ on prioriteettina. Opinnäytetyötä ohjaavan opettajan resurssi on 24 tuntia/ opinnäytetyö.

6.3 Projektityön suunnittelu

Projektityössä suunnittelun vaihe on työn yksi tärkeimmistä vaiheista. Suunnitteluvaiheessa projektille luodaan suunnitelma työn toteutuksesta, resursseista, aikataulutuksesta, projektin tavoitteista ja päättämisestä. Suunnitelman laatiminen helpottaa projektiorganisaation jäseniä hahmottamaan projektin kokonaisuuden ja työn etenemisen. Suunnitelmaa tehdessä projektin toteuttajan ja tilaajan tulee viimeistään olla yhtä mielisiä projektin lopputuloksesta. Suunnitelman tekovaihe on projektin yksi laajimmista osa-alueista, joten sen toteuttamiseen projektin tekijän on varattava riittävästi aikaa. (Kettunen 2009, 54.)

Työsuunnitelmaa tehdessä suunnitelman tekijä pyrkii yhdistämään asiantuntijanäkemykset ja hyödynsaajien intressit ja tarpeet. Hyödynsaajat osallistuvat ideointiin ja päätöksentekovaiheisiin omalla panoksellaan. Suunnitelmaa tehdessä kannattaa perustaa moniammatillinen suunnitteluryhmä, sillä ryhmässä ideointi tuo useasti parempia tuloksia ja näkökulmia. Kehittämiseen liittyvissä projekteissa yh-

teistyö sidosryhmiin ja hyödynsaajiin on välttämätöntä. Mikäli työsuunnitelma tehtäisiin ilman sidosryhmän ja hyödynsaajien yhteistyötä, voisi suunnitelma perustua virheelliseen tai puutteelliseen tietoon tai vääriin käsityksiin ongelmien luonteesta. (Silfverberg 2004, 31–32.)

Esisuunnitteluvaiheessa erilaiset taustaselvitykset ovat hyödyllisiä ja projektin alussa tein riskianalyysin (liite 1.) eli SWOT-analyysitaulukon. SWOT tulee sanoista Strengths (vahvuudet), Weaknesses (heikkoudet), Opportunities (mahdollisuudet) ja Threats (uhat). Riskianalyysin tarkoituksena on ymmärtää hanketyön mahdollisuudet ja uhat kokonaisuudessa. Vahvuuksiksi opinnäytetyölleni nousi motivaatio työn valmiiksi saamiseen ja mielenkiinto aihetta kohtaan. Aiheesta löytyi paljon tieteellistä kirjallisuutta, jota pystyin hyödyntämään hyvin työssäni. Heikkouksia opinnäytetyön toteuttamiselle oli posterin suunnittelu ja tuottaminen, josta minulla ei ollut aiempaa kokemusta sekä kirjallisen raportin kirjoittaminen, josta oli myös hyvin vähäinen kokemus. (Silfverberg s. a., 17.)

Opinnäytetyön esisuunnittelu alkoi aiheen valinnalla ja perehtymisellä työn tarpeeseen sekä tuottamalla aihekuvaus. Hyväksytyt aihekuvaus sisälsi rajatun aiheen esittelyn ja hyödynsaajien toiveet posterista. Suunnitelman aloitusta varten on ohjausryhmän kanssa käyty ohjauspalavereita, missä on keskusteltu työn etenemisestä sekä suunnitelman eri vaiheista ja aikataulusta. Ohjauspalavereissa sovittiin työsuunnitelmalle ja opinnäytetyön aiheelle aikataulu ja etenemisen vaiheet.

Suunnitteluvaiheessa loin opinnäytetyölleni teoreettisen viitekehysten. Viitekehystä tehdessäni käytin hyödyksi useita eri tietokantoja, joihin pääsin Savonia-ammattikorkeakoulun kirjaston Finnan opiskelijalisenssin kautta. Lisenssin avulla sain enemmän lukuoikeuksia viitetietokannoista eri ammattialojen julkaisuihin. Tietokannoista eniten käytin PubMediä ja ScienceDirectiä. Muina tietokantoina hyödynsin Googlea, Duodecimiä sekä Savonian kirjastoa.

Posterin suunnitelmaa tehdessä pohdimme ohjauspalavereissa parasta mahdollista keinoa toteuttaa posterin aineistonkeruu, annoslaskenta sekä analysointi. Usean avioriihen tuloksena paras keino tuottaa luotettavia tuloksia on kerätä toimenpideyksikön potilaiden säteilyannoksia sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteistä. Potilasannoksista päätimme muodostaa regressiivinen annoslaskennan DAP ja PSD annossuureiden välille, selvittääksemme näiden kahden eri annosparametrin riippuvuuden.

Posterista suunnittelimme mahdollisimman yksinkertaisen ja helposti ymmärrettävän. Alustavasti luonnostelimme annostaulukon rakenteen (taulukko 1.) posteria varten. Annostaulukossa värien avulla voidaan korostaa tiettyjä elementtejä helpommin esille. Punainen väri annostaulukossa indikoi suurta ja potilaan terveyttä vaarantavaa säteilyaltistusta. Oranssi väri puolestaan tarkoittaisi potilaalle aiheutuvaa ohimenevää determinististä haittaa. Keltainen väri kuvailee lievää haittaa ja vihreä väri tarkoittaisi, että potilaalle ei ilmene determinististä säteilyhaittaa.

(TAULUKKO 1.) Esituotos posterista. (Pirinen 2014.)

DAP Dose Area Product	PSD Peak Skin Dose	Deterministinen terveys- haitta
DAP, mGy*cm ²	1 Gy	Ei haittaa.
DAP, mGy*cm ²	1,5 Gy	Ei haittaa.
DAP, mGy*cm ²	2 Gy	Eryteema.
DAP, mGy*cm ²	2,5 Gy	Eryteema, mahdollinen ihokarvojen lähtö.
DAP, mGy*cm ²	3 Gy	Ihokarvojen väliaikainen lähtö.
DAP, mGy*cm ²	6 Gy	Ihon varsinainen punoitus.
DAP, mGy*cm ²	7 Gy	Ihokarvojen pysyvä lähtö.
DAP, mGy*cm ²	10 Gy	Ihon kuiva hilseily.
DAP, mGy*cm ²	15 Gy	Kostea hilseily.
DAP, mGy*cm ²	20 Gy	Sekundäärinen haavauma.

Opinnäytetyön suunnitelman tekeminen oli yksi pitkäkestoisimpia vaiheita prosessin aikana. Suunnitelman valmistumista pitkitti röntgenhoitajan viransijaisena suoritettavat kesätyöt, ammatilliset opinnot ja ammattitaitoa edistävät työharjoittelut. Työsuunnitelma hyväksyttiin joulukuussa 2018 ja hyväksytyllä työsuunnitelmalla opinnäytetyölle haettiin tutkimuslupaa KYS:n Sydänkeskukselta.

6.4 Projektityön toteutus ja posterin sisältö

Toteuttaminen projektityössä Kettusen (2009, 156.) mukaan tarkoittaa työn toteuttamisen aloittamista aiemmin toteutetun suunnitelman mukaisesti. Tässä vaiheessa tekijällä on jo tiedossa, kuinka työ tulee aloittaa ja millä resursseilla se tuotetaan. Kvantitatiivisen tutkimustyön toteutuksessa empiirinen vaihe käsittää aineistonkeruun, analysoinnin, tulosten tulkinnan ja tulosten raportoinnin. Aineistonkeruu voi tapahtua haastattelun, kyselomakkeen tai potilasasiakirjojen analysoinnin avulla. Tutkimusaineisto analysoidaan tutkimusluonteen mukaisesti ja käytetään laadullista analyysimenetelmää. Tutkimustulosten raportoinnissa tutkijan kannattaa käyttää hyödyksi tulostaulukoita. Näiden tulkitsemiseen lukijalle on hyvä tulkita alaviitteessä, kuinka tuloksia tulkitaan, mikä on tutkimustulosten vaihtoväli ja mihin tutkimustulokset voivat viitata. Tutkimustulokset raportoidaan esimerkiksi opinnäytetyönä, tieteellisissä lehdissä tai konferenssijulkaisuissa. (Kankkunen ja Vehviläinen-Julkunen 2013, 84.)

Projektin virallinen päättäminen tapahtuu ohjausryhmän yhteisestä päätöksestä. Projektin lopussa ohjausryhmälle esitetään työn tulokset. Tarvittaessa ohjausryhmä voi vaatia täydennyksiä työhön tai hyväksyä tulokset ja päättää projektin. Työn tulosten luovuttamisesta on sovittu jo ennen työn toteuttamisen aloitusta, tällöin varmistetaan tilaajan ja työn tekijän yksimielisyys projektin tulosten luovutuksesta ja tilaajalla on mahdollisuus hyväksyä ja tarkastaa tuotos. (Kettunen 2009, 182.)

Opinnäytetyön prosessin toteutus alkoi aineistonkeruulla. Tarvittava aineisto oli tarkoitus kerätä KYS:llä helmikuussa 2019 pidetyn ohjauspalaverin yhteydessä. Aineistonkeruuta ei kuitenkaan aloitettu suunnitellusti, sillä emme päässeet näkemään Radimetricsistä suoritettun läpivalaisutoimenpiteen laatua tai tutkimuskoodia. Asiaa selvitettiin Sydäntoimenpideyksiköstä ja ilmeni, että Sydäntoimenpideyksikkö tallentaa tutkimukset ja toimenpiteet Radimetricsiin vain yhdellä Kuntaliiton koodilla. Ilman oikeaa tutkimukselle tai toimenpiteelle tarkoitettua Kuntaliiton koodia emme voineet Radimetricsistä tietää, mikä toimenpide potilaalle on suoritettu. Kuntaliiton koodi on radiologisille tutkimuksille ja toimenpiteille tehty luokittelujärjestelmä. Luokitus mahdollistaa tutkimusten luokittelun, laadunvalvonnan, tiedonsiirron, tilastoinnin, kustannusseurannan, hinnoittelun sekä laskutuksen. (Kuntaliitto 2019.) Tarkemmat tutkimustiedot Sydäntoimenpideyksikkö tallentaa Orbit-potilastietojärjestelmään. Orbitissa sijaitsevien Kuntaliiton koodien vuoksi täytyi työn tutkimuslupa ja eettinen käytäntö arvioida uudelleen. Tutkimusluvan myöntänyt ylihoitaja kehotti olemaan yhteydessä johtajaylilääkäriin eettisen käytännön ja tietosuojasioiden vuoksi.

Lupa-asiaa selvittäessä olimme yhteydessä KYS:n Tiedepalvelukeskuksen tutkimushallintokoordinaattoriin. Tutkimushallintokoordinaattorin ohjeita seuraten olimme yhteydessä KYS:n tietosuojavastaavaan. Tiedepalvelukeskukselta saimme luvan käyttää Orbit-tukea ja kerätä aineiston opinnäytetyöhön siten, että opiskelija ei saa olla läsnä aineistonkeruussa tietosuojaan liittyvien rajoitusten vuoksi. Tiedepalvelukeskuksen ohjeiden mukaan opiskelija ei saa käsitellä tietoja, joista potilaan voisi tunnistaa. Tämä tarkoitti potilaiden henkilötunnuksen ja nimen näkymistä Radimetrics-ohjelmistossa. Tästä syystä aineiston keräsi opinnäytetyötä ohjaava sairaalafyysikko kahdessa eri osassa anonymisti numerisina kokonaisuuksina Excel-taulukkoon. Ensimmäinen osa aineistosta sisälsi sepelvaltimoiden toimenpiteiden annostiedot ja toinen osa käsitti tahdistinpotilaiden toimenpiteiden annostiedot. Radimetricsistä kerätyt parametrit olivat sukupuoli, ikä, paino, pituus, toimenpiteen kiireellisyys, toimenpidekoodi, läpivalaisuaika, DAP, ESD ja PSD. Potilaan muut tiedot, kuten henkilötunnus, nimi, sairauskertomukset tai anamneesit eivät ole tutkimuksen kannalta oleellisia, joten niitä ei tutkimuksessa tarvittu eikä niitä kerätty tai tilastoitu millään tavalla. Kerätty aineisto ei sisältänyt tietoja, joista potilas voitaisiin tunnistaa.

Korrelaatioanalyysi tutkii ja mittaa kahden eri muuttujan välistä riippuvuutta toisiinsa. Tutkimusaineistossa DAP ja PSD välille laskin korrelaatiokertoimen ja tarkan riippuvuuden suureiden regressiivisen tilastomatemattisen mallin avulla. Korrelaatioista muodostin kaksi taulukkoa, jotka osoittavat sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden annossuureiden korrelaatiot lineaarisesti. Determinististen haittojen tarkat kynnyksrajat laskin regressiokaavaan sijoittamalla DAP-arvoja ja tuloksena syntynyt PSD-arvo, joka oli sama kuin deterministisen haitan annosraja oli yhteys DAP:n ja PSD:n välillä. Kaavaan sijoittamalla laskin DAP ja PSD väliset kynnyksarvot 2:lle, 3:lle, 4:lle, 5:lle, 6:lle ja 7:lle Gy:lle. Tutkimustulosten luotettavuuden varmistamiseksi sairaalafyysikko suoritti vielä tulosten tarkistamisen, että tuotetut tutkimustulokset ovat tieteellisesti oikein. (Kananen 2011, 108-110.)

Tulosten raportointi on tutkijan velvollisuus tutkimusprosessissa. Raportoinnin avulla tuotetut tulokset saadaan julkiseen arviointiin, jolloin tutkimusala pääsee kehittymään. Tulokset voidaan raportoida esi-

merkiksi opinnäytetyönä, tieteellisinä julkaisuina tai konferensseissa ja kokouksissa. Terveystieteellisten tutkimusten raportoinnissa on tärkeää, millä tavalla ja missä tuloksia julkaistaan. (Kankkunen ja Vehviläinen-Julkunen 2013, 172.)

Tutkimusaineisto kerättiin Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydäntoimenpideyksikön toisesta toimenpidesalista. Sydäntoimenpideyksikössä on kolme käytössä olevaa toimenpidesalia. Tässä opinnäytetyössä annosparametrit kerättiin vain toisesta toimenpidesalista. Ensimmäisen salin angiografialaite on sukupolveltaan vanhin ja siellä tehdään vähiten toimenpiteitä. Kolmannessa toimenpidesalissa on uusimman sukupolven angiografialaite, missä tehdään eniten haastavimpia toimenpiteitä. Toisessa toimenpidesalissa on aiemman sukupolven angiografialaite ja tässä salissa toimenpiteitä toteutetaan toiseksi eniten. Kerätty aineisto sisältää sepelvaltimoiden kuvaukset ja toimenpiteet sekä sydämen tahdistimien toimenpiteet. Annostiedot kerättiin vuoden 2018 kesäkuun alusta vuoden 2019 helmikuun loppuun. Orbit-tuesta saadun potilaslistan avulla aineisto kerättiin Radimetrics-annostietojärjestelmästä. Kerätty aineisto sisälsi sukupuolen, tutkimuksen kiireellisyyden (elektiivinen tai päivystys), potilaan iän, toteutuneen toimenpiteen kuntaliiton koodin, painon, pituuden, läpivalaisajan, DAP-annosparametrin ($Gycm^2$), ESD-annosparametrin (mGy) ja PSD-annosparametrin (mGy). Tahdistimien toimenpiteiden annostiedot ei sisältänyt sukupuolta. Taulukossa (taulukko 2.) on kuvattu kerätyn aineiston potilaiden lukumäärät ja annostiedot.

TAULUKKO 2. Aineiston kuvaus.

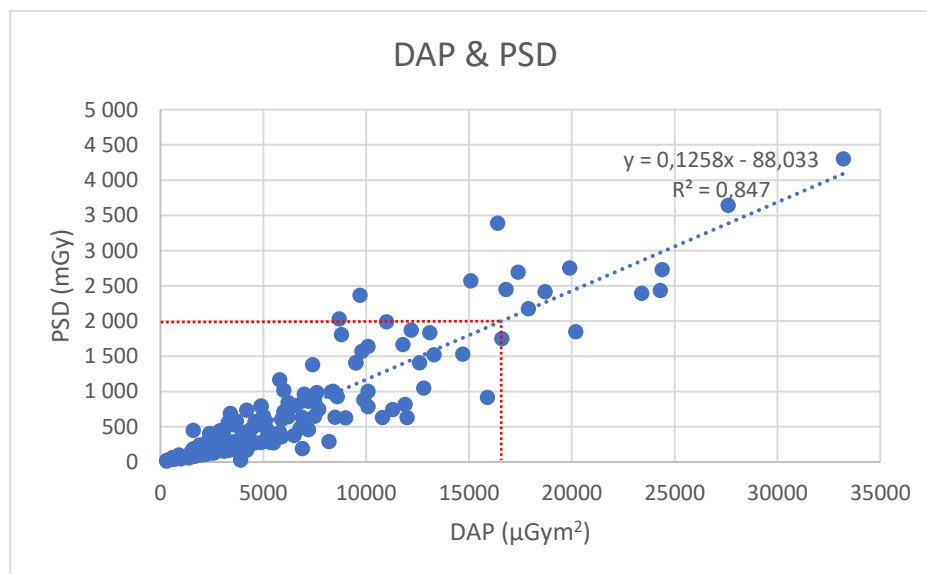
	Sepelvaltimoiden toimenpiteet	Tahdistimien toimenpiteet
Potilaiden lukumäärä	n=184	n=169
Elektiiviset	n=121	n=104
Päivystykset	n=63	n=65
Miehiä	n=121	Ei tiedossa
Naisia	n=63	Ei tiedossa
Pienin DAP-arvo	300 $\mu Gy m^2$	7 $\mu Gy m^2$
Suurin DAP-arvo	33200 $\mu Gy m^2$	22060 $\mu Gy m^2$
DAP keskiarvo	5720 $\mu Gy m^2$	1670 $\mu Gy m^2$
DAP keskihajonta	5630 $\mu Gy m^2$	3520 $\mu Gy m^2$

Kahden eri muuttujan välisen yhteyden selvittämisessä pelkkä ristiintaulukointi ei ole riittävä ennustetta tai aineiston rakennetta kuvaava tunnusluku. Ristiintaulukointi voi antaa viitteitä muuttujien välisistä riippuvuuksista, mutta korrelaatio- ja regressioanalyysin avulla yhteyttä voidaan selvittää tarkemmin. Korrelaatioanalyysi tutkii ja mittaa kahden eri muuttujan välistä riippuvuutta toisiinsa. Korrelaatioanalyysissä valitaan ilmiön kannalta oleelliset muuttujat. Korrelaatio kuvaa lineaarista riippuvuutta positiivisesti tai negatiivisesti asteikolla (+1-(-1)). Asteikossa korrelaation voimakkuudesta $>0,8$ kuvastaa voimakasta korrelaatiota. Kohtalainen voimakkuus on $0,4-0,8$ ja $<0,4$ kuvaa, ettei riippuvuutta ole. Korkea korrelaatio kuvastaa siis voimakasta riippuvuutta muuttujien välillä. Täsmällisemmät tulokset riippuvuudesta saadaan regressioanalyysin avulla. (Kananen 2011, 108-110.)

Regressioanalyysin avulla selvitetään riippuvuuden tarkempi matemaattinen arvo. Regressiossa pyritään residuaalin eli jäännösarvojen jäävän mahdollisimman pieneksi ja näin riippuvuudelle saadaan paras mahdollinen suora. Regressiokertoimen avulla voidaan selittää, mitä selitettävälle muuttujalle tapahtuu muutettaessa selittävää muuttujaa. Kerroin toimii analyysissä suoran kulmakertoimena. (Kananen 2011, 111-112.)

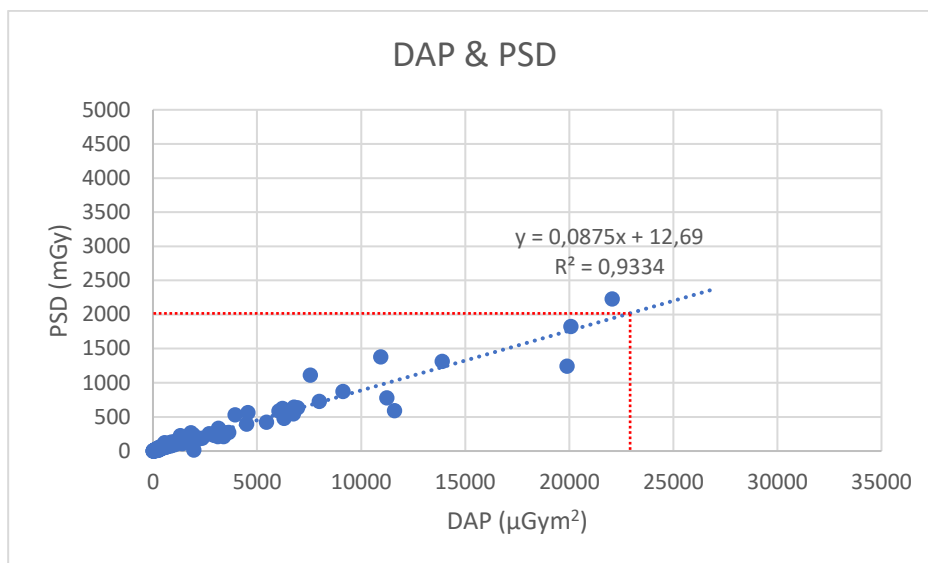
Sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden tutkimusaineisto pidettiin toisistaan erillään, sillä näiden eri toimenpiteiden säteilyannokset erosivat toisistaan. Sepelvaltimoiden annoksista muodostettiin aluksi pistekaavio Excelissä DAP:n ja PSD:n välille, joka osoitti jo taulukossa vahvaa lineaarista korrelaatiota. DAP:n ja PSD:n välille laskettiin tarkka korrelaatio ja regressiokaavan avulla selvitettiin tarkat kynnyksrajat determinististen haittojen syntymiselle. Sepelvaltimoiden annosten DAP:n ja PSD:n välinen korrelaatio on esitetty taulukossa (taulukko 3). Taulukossa on esitetty determinististen terveyshaittojen kynnyksarvo 2000 mGy punaisella katkoviivalla. Sepelvaltimoiden toimenpiteissä deterministisen terveyshaitan syntymiseen vaadittava säteilyaltistus DAP suurena on 16600 μGym^2 .

TAULUKKO 3. Sepelvaltimoiden toimenpiteiden korrelaatio DAP & PSD välillä. Punainen viiva graafissa osoittaa 2000 mGy tason.



Tahdistimien annokset käsiteltiin samalla tavalla, muodostaen ensin pistekaavio DAP:n ja PSD:n välille. Pistekaaviokin osoitti jo ennakoivasti vahvaa lineaarista korrelaatiota. Korrelaatio laskettiin suureiden välille ja tarkempi riippuvuus saatiin regressiokaavaa hyödyntämällä. Regressiokaavan avulla laskettiin tarkat kynnyksarvot deterministisille haitoille. Tahdistimien toimenpiteiden annossuureiden välinen korrelaatio on osoitettu taulukossa (taulukko 4). Taulukossa on esitetty determinististen terveyshaittojen kynnyksarvo 2000 mGy punaisella katkoviivalla. Tahdistimien toimenpiteissä deterministisen terveyshaitan syntymiseen vaadittava säteilyaltistus DAP suurena on 23000 μGym^2 .

TAULUKKO 4. Tahdistimien toimenpiteiden korrelaatio DAP & PSD välillä. Punainen viiva graafissa osoittaa 2000 mGy tason.



Molempien aineistojen ristiintaulukointi osoitti jo ennakoivasti vahvaa lineaarista korrelaatiota suureiden välillä. Aineistoille lasketut korrelaatiokertoimet todistivat vahvan korrelaation ($>0,8$) olemassaolon. Excel-taulukossa korrelaatioisuuden antaman kaavan avulla DAP-suurelle pystyttiin laskemaan tarkka regressio eli lineaarinen riippuvuus. Regressiokaavaan sijoittamalla eri DAP-arvoja saatiin determinististen säteilyhaittojen kynnyksrajat laskettua Excelissä. Kynnyksarvot laskettiin siten, että DAP-arvo pysyy kolmen merkittävän numeron suureena ja laskettu PSD on yhden merkittävän numeron tarkkuudella.

Ammatillisen posterin luonnostelun aloitin Microsoft Office Publisher-ohjelmassa huhtikuussa 2019. Posterista tein kaksi versiota, pysty- ja vaakaversiot A0-koossa (1189 x 841mm). Raakaversioihin (liite 2) tein alustavasti tekstikenttien ja annostaulukoiden luonnostelmat. Posterin raakaversiot esitin Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön aamupalaverissa, jonka palautteiden perusteella posterin kooksi valittiin A2 (594 x 420mm) ja vaakaposteri todettiin toimivammaksi vaihtoehdoksi.

Posterin (liite 3) annostaulukot erittelin sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden mukaisesti, mihin lisäsin niille lasketut kynnyksarvot ihon maksimiannoksesta. Annostaulukossa on pysty- ja vaakasarakeinen taulukko, joiden ylärivillä on kolme otsikkoa. Ensimmäinen otsikko on DAP, joka tarkoittaa toimenpidenäytöllä näkyvää suuretta toimenpidesalissa. Keskimmäinen otsikko on PSD, joka on deterministisen haitan kynnyksarvo. Kolmas otsikko on Deterministinen haitta, joka ilmaisee, mikä deterministinen haitta ilmenee kynnyksarvon ylityttyä.

Opinnäytetyöprosessi päättyi marraskuussa 2019, jolloin työn toteuttaminen oli saatu päätökseen ja työn tuotoksena syntynyt ammatillinen posterit oli viimeistelty viimeiseen muotoonsa. Tutkimustulosten analysoinnin ja posterin teon jälkeen tutkimustulosten kirjoittaminen työhön alkoi ja työ viimeisteltiin lopulliseen muotoon. Valmis posterit esitettiin KYS:n Kardiologian osaston aamupalaverissa. Työn englanninkielinen tiivistelmä eli abstract kirjoitettiin työn loppuvaiheessa. Abstraktin tekstiasun tarkasti Savonian englannin kielen lehtori.

6.5 Valmis posterit ja sen arviointi

Opinnäytetyön tuotoksena syntynyt ammatillinen posterit ”Deterministiset haitat kardiologisissa toimenpiteissä” (liite 3) on värillinen kokonaisuus, josta ilmenee toimenpidenäytöllä näkyvän annosparametrin DAP yhteys ihon maksimiannokseen PSD sekä mahdolliseen deterministiseen haittaan. Tavoitteena posterilla on lisätä henkilökunnan tietoisuutta determinististen säteilyhaittojen kynnyksarvoista toimenpiteen edetessä. Posterit tuotettiin koossa A2 (594 x 420 mm) ja se sijoitettiin Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toiseen toimenpidesaliin.

Posterin ensimmäisessä tekstilaatikossa on kerrottu, mitä deterministiset terveyshaitat ovat ja kuinka ne syntyvät. Työn tarkoitus ja tavoite on kuvattu samassa tekstiosuudessa. Tämän jälkeen posterissa lukijan katse kiinnittyy kahteen taulukkoon, jotka on jaoteltu sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden mukaisesti. Taulukoissa molemmille toimenpiteille on laskettu determinististen terveyshaittojen annoksen kynnyksarvo, jonka jälkeen haitat ilmenevät. Molempien taulukoiden rakenne on samanlainen, pystysarakkeiden vasemmalta oikealle ollessa DAP (annoksen ja pinta-alan tulo), PSD (ihon maksimiannos) ja deterministinen haitta. DAP-sarakkeen alle on regressiivisen annoslaskennan avulla laskettu tarkat DAP-arvot sitä vastaavaan ihon maksimiannosta PSD ja determinististä haittaa kohden. Annostaulukossa on vihreää, keltaista, oranssia ja punaista väriä. Värit osoittavat deterministisen terveyshaitan vakavuutta. Vihreä väri tarkoittaa, ettei determinististä terveyshaittaa synny. Keltainen väri tarkoittaa lievää, oranssi keskivakavaa ja punainen vakavaa terveyshaittaa. Posterin oikeassa reunassa on kuvattu annosten väliset johtopäätökset. Posterin alaosassa on KYS:n ja Savonia ammattikorkeakoulun logot, lähteet ja tekijä.

Posterin avulla toimenpidettä suorittava kardiologi voi toimenpiteen aikana arvioida, milloin potilaan saama säteilyaltistus lähenee deterministisen terveyshaitan kynnyksrajaa. DAP-suureen lähestyessä deterministisen terveyshaitan kynnyksrajaa, tulisi kardiologin kiinnittää huomiota säteilyn käytön optimointiin. Kun toimenpidettä suorittava kardiologi kiinnittää huomiota optimoinnin keinoihin tarpeeksi ajoissa, myös potilaan riski saada deterministinen terveyshaitta vähenee.

Palautetta posteriin sain työn edetessä ohjausryhmältäni ja Sydäntoimenpideyksikön henkilökunnalta. Posterin edistymisen eri vaiheita lähetin ohjausryhmälle ja palautteena sain korjausehdotuksia posteriin. Posterin raakaversiosta esitin Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön aamupalaverissa, jossa läsnä oli useita toimenpidekardiologeja. Palautteen keräsin vapaan sanan muodossa, missä Toimenpideyksikön henkilökunta sai vapaasti kommentoida korjausehdotuksia posterille. Palautteen perusteella posteriin sovittiin koko, suunta ja tekstikenttien kohdat. Tärkein palaute posteriin oli tilaajan antama palaute, koska posterit on kohdennettu heille. Posterin arviointi toteutuu käytännössä, sillä posterin käytettävyyden arviointi tapahtuu käytännön työssä kardiologien toimesta.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Kuopion yliopistollisen sairaalan Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toiseen toimenpidesaliin ammatillinen posterit, jonka avulla annosparametrin DAP yhteys ihon maksimiannokseen PSD, sekä deterministiseen terveyshaittaan voidaan paremmin ymmärtää. Työn tavoitteena on lisätä toimenpidesalin työntekijöiden tietoisuutta determinististen säteilyhaittojen kynnsarvoista toimenpiteen edetessä. Opinnäytetyön tuotoksena tuotettiin ammatillinen posterit, jossa sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden DAP-annoksille laskettiin tarkat kynnsarvot deterministisen terveyshaitan syntymiselle.

7.1 Tutkimustulosten analysointi ja jatkotutkimusaiheet

Vertailllessani sepelvaltimoiden ja tahdistimien annoksia keskenään, voin todeta suurempien annoksien sijoittuvan sepelvaltimoiden annostietoihin. Korkein laskettu maksimi-ihoannos (PSD) sepelvaltimoiden toimenpiteissä oli 4,3 Gy, vastaavasti tahdistimien toimenpiteissä korkeimmalle yltänyt PSD oli 2,2 Gy. Sepelvaltimoiden annoksissa annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) keskiarvo oli 5720 μGym^2 ja mediaani 3700 μGym^2 . Tahdistimien toimenpiteissä annoskeskiarvo jäi 1670 μGym^2 tasolle ja mediaani oli 340 μGym^2 . Verratessani annoskeskiarvoja Säteilyturvakeskuksen määrittämiin vertailutasoihin, kardiologisille pallolaajennuksille vertailutasoksi on asetettu 7500 μGym^2 . Näin ollen sepelvaltimoiden toimenpiteissä vertailutaso alittui niin keskiarvillisesti kuin mediaanisesti. Tahdistimien asennuksista (pois lukien CRT-tahdistimien asennukset) Säteilyturvakeskus on asettanut vertailutasoksi 350 μGym^2 ja elektrofysiologisen eteisvärinän hoidoissa vertailutaso on 2500 μGym^2 . Tahdistimien annoksissa mediaani alitti tahdistimien asennusten vertailutason, mutta keskiarvo ylittyi. Eteisvärinän hoitoon asetettuun vertailutasoon nähden annoskeskiarvo ja mediaani alittui. CRT-tahdistimien asennuksille (2200 μGym^2), elektrofysiologisille eteislepatusten hoidoille (1600 μGym^2) ja elektrofysiologisille eteiskammiosolmukkeen kiertoaktivaatiotakykardian hoidoille (600 μGym^2) Säteilyturvakeskus on määrittänyt vain suuntaa-antavat annostiedot, joilla ei ole vertailutasoa. (Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa S/4/2019, Liite 5.)

Opinnäytetyötäni ohjasi seuraavat taustakysymykset:

1. Millä annostasoilla deterministisiä säteilyn terveyshaittoja ilmenee?
2. Miten tuotettu posterit edistää toimenpidesalin säteilyturvallisuutta ja vähentää potilaan riskiä saada deterministisiä säteilyn terveyshaittoja?

Sepelvaltimo- ja tahdistintoimenpiteissä 2 Gy:n annostaso saavutetaan erilaisilla DAP-lukemilla. Sepelvaltimoiden toimenpiteissä deterministisen terveyshaitan syntymiseen vaadittava 2 Gy:n kynnsarja DAP annosparametrinä oli 16600 μGym^2 , tahdistimien toimenpiteissä 2 Gy:n kynnsarja oli huomattavasti korkeampi, DAP:n ollessa 23000 μGym^2 . Ero annostasoissa toimenpiteiden välillä johtuu eroavaisuuksista säteilyn käytössä. Tahdistimien asennuksissa useimmiten matala pulsointinopeus

(3,75 – 7,5 kuvaa/s) ja matala kuvanlaatu riittää toimenpiteen suorittamiseen. Tyypillisesti läpivalaisu-aika toimenpiteessä on 2-10 minuuttia ja erillisiä kuvasarjoja ei tarvitse ottaa. Sepelvaltimoiden toimenpiteissä tarvitaan suurempaa tarkkuutta läpivalaisulta, joten pulsointinopeus on 7,5 – 15 kuvaa/s. Sepelvaltimoiden toimenpiteissä otetaan myös kuvasarjoja, jolloin kuvasarjoissa pulsointinopeus on 15 kuvaa/s. Haastavammissa tahdistintoimenpiteissä, kuten CRT-tahdistimien (vajaatoimintatahdistin) toimenpiteissä pulsointinopeus joudutaan nostamaan 7,5-15 kuvaa/s tasolle. Mitä korkeampi pulsointinopeus on käytössä, sitä suurempi on myös potilaan säteilyaltistus. (STUK 2018, 49-51.)

Toimenpidesalissa posterin avulla toimenpidekardiologi voi arvioida, milloin potilaan säteilyaltistus lähenee deterministisen terveyshaitan rajaa. Toimenpidekardiologi voi säteilyannoksen lähentyessä deterministisen haitan rajaa optimoida säteilyn käyttöä pienentämällä pulsointinopeutta, kuvalaataua tai pienentämään läpivalaisu-aikoja. Tällöin posterin edistää säteilyturvallisuutta toimenpidesalissa ja myös vähentää deterministisen terveyshaitan riskiä potilaalle.

Sepelvaltimoiden toimenpiteissä 7,6% potilaiden ihon maksimiannos ylitti deterministisen terveyshaitan 2 Gy:n kynnyksärajan. Tahdistimien toimenpiteissä vastaava luku oli vain 0,6%. Tämä tarkoittaa, että sepelvaltimoiden toimenpiteiden 14 potilaan annostaso on ollut niin korkea, että siitä on mahdollisesti aiheutunut deterministinen terveyshaitta. Tahdistimien toimenpiteistä 1 potilaan annostaso ylitti deterministisen terveyshaitan kynnyksärajan. Tämän työn aineiston perusteella sepelvaltimoiden toimenpiteissä on todennäköisempää ylittää deterministisen terveyshaitan kynnyksäraja ihon maksimiannoksen ylittäessä 2 Gy.

Tuotettujen tutkimustulosten ohella syntyi myös paljon muita tilastollisia tietoja kerätystä aineistosta. Kaikkien potilaiden pituuden ja painon perusteella pystyin laskemaan potilaille henkilökohtaisen painoindeksin. Painoindeksin ja ihon maksimiannoksen välille tein ristiintaulukoinnin ja siihen laskin korrelaatiokertoimen. Tämän tarkoituksena oli arvioida indikoiko korkea painoindeksi riskiä saada suurempi säteilyaltistus kardiologisessa toimenpiteessä? Sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden annoksissa korrelaatio painoindeksin ja PSD:n välillä oli lähes 0, joten korkea painoindeksi ei yksin indikoi riskiä korkeampaan ihon maksimiannokseen sepelvaltimoiden tai tahdistimien toimenpiteissä.

Jatkotutkimusaiheena vastaavanlaisen posterin voisi toteuttaa myös muille läpivalaisu-toimenpiteille tai toimenpidesaleille. Eri toimenpiteissä säteilyn käyttö eroaa esimerkiksi pulsointinopeuden tai kuvalaadun vuoksi. Tämän opinnäytetyön tuotoksena syntyneitä posteria ei voi hyödyntää toisen laitevalmistajan tai eri sukupolven angiografialaitteen kanssa. Laitevalmistajien ja eri sukupolven laitteistojen välillä säteilyannoksen optimoinnin keinot voivat muuttua ja tällöin potilasannokset eivät ole samankaltaisia.

7.2 Luotettavuus

Kehittämistyössä pyritään kehittämään organisaation toimintaa aiemmin todetun ongelman suhteen, joten on tärkeää, että tuotetut tutkimustulokset ovat luotettavia ja työ on toteutunut hyvän tieteellisen

käytännön mukaisesti. Työn toteuttamisen aikana olin kriittinen ja tarkka läpi työn, eivätkä tutkimustulokset ole sattumanvaraisia tai tekaistuja. Kehittämistyön lähteinä käytin mahdollisimman uusia kansainvälisiä ja suomenkielisiä lähteitä. Lähteen luotettavuutta arvioin julkaisun iän ja kirjoittajan luotettavuuden mukaan siten, että julkaisu olisi alle kymmenen vuotta vanha ja julkaistu luotettavassa tieteellisessä viitetietokannassa tai aikakauslehdessä. Luotettavaksi kirjoittajiksi valitsin oman alansa ammattilaisia sekä suosin kirjoittajia, joilla oli myös aiempia julkaisuja samassa viitetietokannassa. Lähteinä olen käyttänyt myös vanhempia lähteitä, joiden teoriatieto ei ole vanhentunut nykyhetkeen mennessä. Teksti on kirjoitettu omin sanoin lähteisiin perustuen, joten plagiointia ei tapahtunut. (TENK 2012, 6-9).

Kehittämistyön tutkimusaineisto koottiin kvantitatiivista tiedonkeruumenetelmää käyttäen keräämällä Sydänkeskuksen Sydäntoimenpideyksikön toisen salin potilasannoksia luotettavien tuloksien saavuttamiseksi. Käytettäessä oikeita potilasannoksia, tutkija saa käytettäväkseen todenmukaista tietoa kehittämistyön toteutukseen. Luotettavuuden varmistamiseksi kvantitatiivisessa tutkimuksessa tulee otannan olla laaja ja edustava osa perusjoukkoa. Kerätty aineisto (taulukko 2) käsittää numeerisesti suuren joukon potilaiden annoksia ja on edustava otos sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteiden annoksista. Aineisto kerättiin pitkältä aikaväliltä; vuoden 2018 kesäkuusta vuoden 2019 helmikuun loppuun saakka. Aineistoon ei valittu potilasannoksia, joista puuttui pituus ja paino, koska puuttuvat tiedot vaikuttavat Radimetricsissä potilasannoksen määrittämiseen ja tällöin tulokset eivät olisi todenmukaisia. Kehittämistyöhön valitsin kahden eri toimenpiteiden annostiedot analysoitavaksi, koska näitä toimenpiteitä suoritetaan eniten toisessa toimenpidesalissa, johon työn tuotoksena syntynyt posterit sijoitettiin. (Heikkilä 2001, 30.)

Kehittämistyön tutkimustulokset on tuotettu Microsoft Office Excel -ohjelmalla käyttämällä analysointimalleja kuten keskiarvo, mediaani, keskihajonta, korrelaatio ja tilastokaaviot. Kerätyn aineiston annostiedot laskin tilastotieteellisen regressiomallin avulla. Käyttämällä Excel:n valmiita laskentakaavoja varmistan, että laskukaava on oikein. Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi lasketut annostiedot tarkastettiin vielä sairaalafysiikan toimesta. Annostiedot jaoin sepelvaltimoiden ja tahdistimien annoksiin johtuen toimenpiteiden luonteen erilaisuudesta. Pitämällä annostiedot erillään toisistaan, sain laskettua tarkemman ja luotettavamman riippuvuuden sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpideannoksille. Toteuttamalla kahden eri toimenpiteen annoslaskennan, pystyin vertailemaan tuotettuja tuloksia myös STUK:n määrittämiin kansallisiin vertailutasoihin. Luotettavuuden näkökulmasta on luotettavampaa vertailla kahden toimenpidetyypin annoksia kansallisiin vertailutasoihin yhden toimenpidetyypin sijasta. Kehittämistyön tulokset ovat samansuuntaisia kansallisen vertailutason kanssa. Luotettavan tutkimuksen vaatimuksena on tulosten toistettavuus samantyyppisillä tuloksilla ja yhteneväisyys samankaltaisten tutkimusten kanssa. (Heikkilä 2001, 30.)

Opinnäytetyön tuotos on syntynyt tarkoin tuotetun annoslaskennan perusteella ja posteriin on kiitetty kehittämistyön tärkeimmät tutkimustulokset. Yhteys DAP ja PSD suureiden välillä on osoitettu kahdessa eri annostaulukossa mahdollisimman lyhyesti ja ytimekkäästi. Posterin tekstien lähteinä olen käyttänyt kansainvälistä asiantuntijatietoa sekä Säteilyturvakeskuksen julkaisua säteilyn käytöstä kardiologiassa.

7.3 Eettisyys

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) on opetus- ja kulttuuriministeriön asettama neuvottelukunta, jonka tavoitteena on edistää suomalaisen tieteellisten tutkimusten tieteellistä käytäntöä ja ennaltaehkäistä tutkimusvilppiä. Kehittämistyössä on noudatettava hyvän tieteellisen käytännön ohjeita, jolloin tutkimus voidaan todeta olevan eettisesti hyväksyttävä ja tuloksiltaan luotettava. (TENK 2012, 4-6.) Kehittämistyö ei varsinaisesti ole tieteellistä tutkimustyötä, mutta se noudattaa samoja eettisiä periaatteita. Lääketieteellisen tutkimuksen lain (9.4.1999/488, § 10d) mukaan kehittämistyötä voidaan eettisesti katsoen pitää hyväksyttävä, jos tutkimustyölle on myönnetty tutkimuslupa ennen työn toteuttamisen aloittamista. Kehittämistyön tutkimusluvan myönsi Sydänkeskuksen ylihoitaja. Tutkimusluvan myötä sekä tekijä että tilaaja ovat sitoutuneet työn toteuttamisesta ja tuotoksen luovutuksesta. Opinnäytetyön tutkimuslupaa ei liitetty työn raporttiosuuteen, koska tutkimusluvassa näkyvät tiedot olivat tietoturvan näkökulmasta salaisia. Tutkimusluvassa esillä olevat nimet, allekirjoitukset, osoitteet ja puhelinnumerot eivät saa olla saatavilla julkisesti (Tietosuojalaki 1050/2018, § 31).

Kehittämistyön eettisyyttä on työn edetessä arvioitu useaan otteeseen ja arvioinnissa on hyödynnetty asiantuntijoiden apua ja ohjausta. Asiantuntija-apua olen saanut Kuopion yliopistollisen sairaalan Tutkimuseettiseltä toimikunnalta, Tiedepalvelukeskukselta sekä Tutkimuskoordinaattorilta. Myönnetyn tutkimusluvan jälkeen jouduin tekemään tutkimuksen toteuttamistapaan muutoksen, josta olin välittömästi yhteydessä luvan myöntäjään ja pyysin arvioimaan työn eettisyyden näkökulmasta uudestaan. Työn toteutusta jatkettiin kunnioittamalla annettuja ohjeita siten, että potilaiden henkilökohtaiset tiedot pysyivät tietosuojan mukaisesti salaisina. Kehittämistyö ei aiheuttanut potilaille lisätutkimuksia ja tutkimusluvan mukaisesti opinnäytetyö on toteutettu kunnioittamalla potilaiden oikeuksia ja potilaat säilyivät tutkijalle anonyymeinä. (Leino-Kilpi 2013, 368-369.)

Hyvässä tieteellisessä käytännössä noudatetaan rehellisyyttä, tarkkuutta sekä huolellisuutta. Tutkimuksen toteutuksessa tulee käyttää tieteellisesti sekä eettisesti kestäviä tutkimus-, tiedonhankinta-, arviointi- ja raportointimenetelmiä. Tulosten julkaisemissa tulee noudattaa ehdotonta avoimuutta ja rehellisyyttä. (Leino-Kilpi 2013, 365.) Opinnäytetyön lähteinä olen käyttänyt useita lähteitä ja viitannut lähteisiin tekstissä Savonia-ammattikorkeakoulun raportointiohjeen mukaisesti. Teksti on kirjoitettu omin sanoin, jolloin plagiointia ei ole tapahtunut. Opinnäytetyön tuotos esitettiin tilaajalle rehellisesti, eikä tutkimustuloksia muokattu tai tekaistu. Työn tuotoksena syntyneen posterin käyttöoikeus luovutettiin Sydäntoimenpideyksikölle.

7.4 Opinnäytetyöprosessin arviointi

Opinnäytetyön prosessi kokonaisuutena on ollut monivaiheinen, ajaltaan pitkäkestoinen prosessi röntgenhoitajan opinnoissa. Aiheen valinnasta opinnäytetyön lopulliseen arviointiin kesti noin 1,5 vuotta. Työn alkuvaiheessa tein aihekuvauksen, jossa kuvasin aihealueen sekä opinnäytetyön tarkoituksen ja tavoitteen. Tämän jälkeen aloitin toteuttamaan työsuunnitelmaa, jossa työ sai teoreettisen viitekehyk-

sen ja toimintasuunnitelman työn toteuttamista varten. Viitekehystä luodessa opin olemaan lähdekriittisempi ja tieteellisen kirjoittamisen taito kehittyi. Viitekehys toi työlle vahvan teoreettisen pohjan, johon opinnäytetyö perustuu.

Suunnittelun vaiheessa työlle valittiin ohjausryhmän kanssa työn toteuttamisen keinot. Kehittämistyön tavoitteiden saamiseksi valitsimme parhaaksi toteutustavaksi kerätä potilaiden annostietoja Radimetrics-ohjelmasta ja laskea annostiedoille riippuvuus regressiivisen analyysimallin avulla. Riippuvuuden laskeminen oikeiden potilasannoksien avulla oli paras keino selvittää DAP ja PSD annosparametrien yhteys. Mikäli kehittämistyössä ei olisi käytetty oikeita potilasannoksia, olisi toisena vaihtoehtona ollut laskea riippuvuus annosparametrien välille potilasfantomin avulla. Säteilyannokset olisi tällöin tuotettu toteuttamalla potilasfantomille kuvaussarjoja ja läpivalaisua sepelvaltimoiden tai tahdistimien toimenpiteiden mukaisesti. Potilasfantomilta mitattuja annoksia ei kehittämistyön näkökulmasta olisi voinut pitää luotettavina.

Työn toteutuksen vaiheessa aiempi käyttökokemukseni Microsoft Office Excelin käytöstä perustui erään kurssin opetustunteihin, joten perehdyin lisää Excelin käyttöön netistä löytyvien opetusvideoiden avulla ja niiden kautta aiemmin opittu tieto Excelin käytöstä palasi nopeasti muistiin. Minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta korrelaation laskemisesta tai regressiivisen analyysimallin käyttämisestä, joten laskin potilasannokset Excelin valmiiden laskukaavojen ja opetusvideoiden avulla. Annoslaskennan toteuttaminen ei alkuvaikeuden jälkeen ollutkaan kovinkaan vaikeaa ja onnistuneet laskutoimitukset tarkistutin vielä sairaalafysikolla.

Annoslaskennan jälkeen ohjelman valitseminen posterin tekoa varten oli haastavaa, sillä suuri osa harkitsemistani ohjelmistoista vaati kuukausimaksullisen lisenssin. Ilmaisena ohjelmana päädyin käyttämään opiskelijalisenssiin kuuluvaa Microsoft Office Publisheria, jossa pystyin luomaan tyhjälle tiedostopohjalle tekstikenttiä ja taulukoita. Publisher osoittautua tarpeeksi monipuoliseksi, mutta samalla helpon tutuksi Office-ohjelmaksi käytettäväksi posterin tekoon. SWOT-analyysissä (liite 2) olin heikkouksiini kirjannut, ettei minulla ole aiempaa kokemusta posterin teosta. Tämän opinnäytetyön myötä olen oppinut posterin teon eri vaiheet.

Tuotoksena muodostunut ammatillinen posterit on mielestäni onnistunut kokonaisuus. Annostaulukoissa on selkeästi kuvattu annosparametrien yhteys toisiinsa ja mahdollinen deterministinen haitta eri annosasoilla. Johtopäätöksiä tekstilaatikossa on kiteytetty kehittämistyön tärkeimmät johtopäätökset ja niiden perustelut. Posterin ulkonäkö on hillitty, eikä liian räväkää väreiltään tai silmään pistävä. Annostaulukoiden värien avulla lukijan mielenkiinto ohjautuu posterin käyttötarkoituksen kanalta tärkeimpään kohtaan, annosparametrien väliseen yhteyteen ja mahdolliseen deterministiseen haittaan.

7.5 Oma ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön toteuttaminen kuuluu röntgenhoitajan opintoihin ja prosessissa korostuu ammatillisen kasvun kehittäminen eri osa-alueilla. Ammatillista kasvu arvioidaan yleisten pätevyysien eli kompetenssien ja ammattispesifisten kompetenssien avulla. Ammattispesifiset kompetenssit koostuvat ohjaamis- ja hoitamisosaamisesta sekä menetelmä- ja turvallisuusosaamisesta. Yleiset kompetenssit koostuvat eettisen, työyhteisö-, innovaatio- ja kansainvälisyysosaamisen sekä oppimisen osaamisen kompetensseista. Opinnäytetyö on ollut pitkä ja monivaiheinen prosessi, joka on eri vaiheissa haastanut osaamistani kompetenssien eri osa-alueilla. (Savonia ammattikorkeakoulu 2019.)

Radiografiassa ohjaamis- ja hoitamisosaaminen käsittää potilaan hoitopolun toteuttamista sekä potilaan ja henkilökunnan ohjaamista radiografian osaamisalueeseen liittyvissä asioissa. Opinnäytetyön toteuttaminen on kehittänyt omaa osaamisaluettani erityisesti säteilyn terveyshaitoista ja niiden syntymistavoista. Posterin avulla voin jakaa osaamisaluettani Sydäntoimenpideyksikön henkilökunnalle säteilyn deterministisistä terveyshaitoista ja niiden määrittämisestä sepelvaltimoiden ja tahdistimien toimenpiteissä. Ennen työn toteuttamista minulla oli vähäinen tietopohja ja kokemus kardiologisista läpivalaisutoimenpiteistä. Teoreettista viitekehystä kirjoittaessani olen lähteiden avulla perehtynyt yleisimpiin toimenpiteisiin ja niiden menetelmiin. Tämä kehitys kuuluu röntgenhoitajan menetelmäosaamisen kompetenssiin. (Savonia ammattikorkeakoulu 2019.)

Röntgenhoitajan turvallisuusosaamisen kompetenssi käsittää lääketieteellisen säteilyn käytön turvallisuutta ja kykyä perustella omaa toimintaa säteilytyössä. Kehittämistyössä olen käsitellyt säteilyturvallisuutta potilasturvallisuuden ja säteilyn käytön periaatteiden näkökulmasta. Käyttämieni lähteiden perusteella olen syventänyt aiempaa tietopohjaani eri tekijöiden vaikutuksista absorboituneen annoksen suuruudessa sekä säteilyannoksen optimoinnin keinoissa läpivalaisutoimenpiteissä. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2019.)

Röntgenhoitajan eettiseen osaamiseen liittyy kyvyt toimia ammattietiikan periaatteiden mukaisesti, ottamaan vastuu omasta toiminnastaan ja kunnioittamaan tasa-arvoa. Opinnäytetyö on toteutettu hyvän tieteellisen käytännön ohjeiden mukaisesti ja työn eettisyyttä on arvioitu prosessin edetessä useita kertoja. Koska työssä on tutkittu oikeita potilasannoksia, olemme ohjausryhmäni kanssa kysyneet Kuopion yliopistollisen sairaalan Tutkimuseettisesta neuvottelukunnalta, kuinka työ toteutetaan siten, että työ toteutuu eettisten käytäntöjen mukaisesti. Työn luotettavuuden kannalta tutkija saa luotettavampia tuloksia tutkimalla oikeita potilasannoksia ja toteuttamalla annoslaskennan niiden perusteella. (Savonia ammattikorkeakoulu 2019.)

Työyhteisöosaaminen tarkoittaa röntgenhoitajan kykyä toimia moniammatillisissa viestintä- ja vuorovaikutustilanteissa, toimia työyhteisön jäsenenä ja taito tehdä päätöksiä ennakoimattomissa tilanteissa. Opinnäytetyöprosessin aikana olen jatkuvasti viestinyt ja tehnyt yhteistyötä eri ammattialojen kanssa. Työn ohjausryhmään kuului sairaalafyysikko, radiografian lehtori ja röntgenhoitaja. Työn eettisyyttä arvioitiin Tutkimuseettisen toimikunnan kautta ja työlle haettiin tutkimuslupa Sydänkeskuksen ylihoitajalta. Työn tuotos on suunnattu toimenpidekardiologeille ja tuotokseen palautteen keräsin

heiltä Toimenpideyksikön aamupalaverissa. Moniammatilliset yhteistyötaitoni ovat kehittyneet prosessin aikana ja olen itsevarmempi viestiessäni eri ammattialojen edustajien kanssa. Tutkimuslupien selvittämisessä kesti hieman yli kolme kuukautta ja posteria pääsin toteuttamaan vasta huhtikuussa 2019. Prosessia olisi nopeuttanut riskien huomioon ottaminen aikaisemmassa vaiheessa. Aiemmissa ohjauspalavereissa ei perehdytty kardiologisten toimenpiteiden annostietojen tallentamismetodeihin, joten asiaan ei osattu varautua ennen tiedonkeruun aloitusta. Tutkimusluvan odottelun vaihe opetti olemaan kärsivällinen sekä varautumaan vastaavanlaisiin haasteisiin tulevaisuudessa. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2019.)

Innovaatio-osaamisen kompetenssiin kuuluu röntgenhoitajan taito toimia projekteissa ja kyky toteuttaa kehittämishankkeita sekä soveltaa alasta olemassa olevaa tietoa. Pitkäjänteinen työskentely ja näyttöön perustuvan työn hyödyntäminen teoreettista viitekehystä luodessa on kasvattanut innovatiivisia projektityöskentelytaitojani. Etsiessäni näyttöön perustuvaa tietoa kansainvälisistä viitetietokannoista, englanninkielen tieteellisen tekstin lukeminen, ymmärtäminen ja lähdekritiinen arvioiminen oli ajoittain aivonystyröitä kuluttavaa toimintaa, jolloin liian heikko vireystaso ei riittänyt tuottavan työskentelyn toteuttamiseen. Opinnäytetyön alkuvaiheessa englanninkieliset tieteelliset julkaisut olivat raskaita luettavia, mutta monien luettujen julkaisujen saatossa kielitaito kehittyi ja tekstin ymmärtäminen oli mutkattomampaa. Kansainvälisten tieteellisten julkaisujen ymmärtäminen on ollut merkittävä virstanpylväs ammatillisessa kasvussa. Hyvän ja monipuolisen kielitaidon osaaminen liittyy myös röntgenhoitajan kansainvälisyysosaamisen kompetenssiin ja on elintärkeä osaamistaito radiografiantyössä. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2019.)

Oppimisen taidot ovat opinnäytetyön prosessin mukana muuttuneet olosuhteisiin sopivaksi, sillä olen oppinut suunnittelemaan ajankäytön hallintaa. Opinnäytetyön suunnitelman SWOT-analyysissä (liite 2.) arvioin ennen työn aloittamista vahvuuksiani ja heikkouksia työn toteuttamiselle. Heikkouksiin ja uhkiin olin arvioinut oman jaksamisen hiipuvan samanaikaisten harjoitteluiden ohella. Opinnäytetyön toteuttamisen aikana tämä heikkous muuttui vahvuudeksi, koska kehittyneellä ajankäytön suunnittelulla olen saanut hyödynnettyä tehokkaat työtunnit työn tekemiseen. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2019.)

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- BAYER Health Care 2014. The consistent quality of connected radiology. Radimetrics [verkkojulkaisu]. Bayer Health Care. [Viitattu 2018-03-24.] Saatavissa: https://www.radiologysolutions.bayer.com/static/media/PDFs/2-1-2-1_Radimetrics_Enterprise_Platform/REP_SeamslesslySmart.pdf
- GAUTAM, Kumar, SYED, Tanveer Rab 2016. Radiation Safety for the Interventional Cardiologist—A Practical Approach to Protecting Ourselves From The Dangers of Ionizing Radiation [verkkoartikkeli]. American College of Cardiology. [Viitattu 2018-10-02.] Saatavissa: <https://www.acc.org/latest-in-cardiology/articles/2015/12/31/10/12/radiation-safety-for-the-interventional-cardiologist>
- HAHN, M.D., EBERHARD Kuon 2012. Angiography [verkkoartikkeli]. Medical Radiation. [Viitattu 2018-03-28.] Saatavissa: <https://www.medicalradiation.com/types-of-medical-imaging/imaging-using-x-rays/angiography/>
- HARBON, R.W., DREUIL, S., BERNIER, M.-O., PEARCE, M.S., THIERRY-CHEF, I., CHAPPLE, C.-L., BAYSSON, H., 2016. Patient radiation dose in paediatric interventional cardiology procedures: a review. Journal of Radiological Protection 2016, 36(4), 131-144.
- HEIKKILÄ, Tarja 2001. Tilastollinen tutkimus. 3. uudistettu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
- HUDA, Walter 2014. Kerma-Area Product in Diagnostic Radiology. American Journal of Roentgenology 2014;203: 565-569.
- HUSSO, Minna 2018-05-29. Sairaalfyysikko. [Ohjauspalaveri.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen sairaala.
- HUSSO b, Minna 2018-10-25. Sairaalfyysikko. [Ohjauspalaveri.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen sairaala.
- IAEA, International Atomic Energy Agency 2010. Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students. Vienna: IAEA.
- JONES, Kyle, PASCIAK, Alexander 2011. Calculating the peak skin dose resulting from fluoroscopically guided interventions. Part I: Methods. Journal of Applied Clinical Medical Physics 2011, Volume 12, Issue 4: 231-244.
- KAJANDER, Olli, ILVESKOSKI, Erkki, JUSSILA, Risto 2016. Sepelvaltimon kroonisen totaalityöksen perkutaaninen hoito [verkkojulkaisu] 2016;132(7):618-26. [Viitattu 2019-06-18.] Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2016/7/duo13064>
- KANANEN, Jorma 2011. Kvantti: Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- KANKKUNEN, Päivi, VEHVILÄINEN-JULKUNEN, Katri 2013. Tutkimus hoitotieteessä. 3. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- KANSIKAS, Minttu, NYSTRÖM, Minna, PELTOMÄKI, Päivi 2017. DNA:n korjausmekanismien häiriöt ja niiden lääketieteellinen merkitys. Duodecim 2017;133(3):259-65
- KETTUNEN, Sami 2009. Onnistu projektissa. 2. uudistettu painos. WSOYpro OY.
- KOTSAKOU, Maria, KIOUMIS, Ioannis, LAZARIDIS, ... ZAROGULIDIS, Paul 2015. Pacemaker Insertion. Annals of Translational Medicine 2015, Volume 3, Issue 3, 42-50.
- KUNTALIITTO 2019. Radiologinen tutkimus- ja toimenpideluokitus [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-02-22.] Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/sosiaali-ja-terveysasiat/radiologisen-tutkimus-ja-toimenpideluokitus>
- LAMMENTAUSTA, Eveliina 2017. Ionisoivan säteilyn fysiikka. Julkaisussa: SEQUIEROS, Roberto (toim.) Kliininen radiologia. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 418-420.

- LEINO-KILPI, Helena 2014. Hoitotyöntekijä ja tutkimusetiikka. Julkaisussa: LEINO-KILPI, Helena, VÄLIMÄKI, Maritta (toim.) Etiikka hoitotyössä. 8. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 361-375.
- LUCAS, Jim 2015. What Are X-Rays? [verkkojulkaisu]. livescience.com [Viitattu 2018-05-19.] Saatavissa: <https://www.livescience.com/32344-what-are-x-rays.html>
- MARTTILA, Olli 2002. Suuret ja yksiköt. Julkaisussa: IKÄHEIMONEN Tarja (toim.) Säteily ja sen havaitseminen. Hämeenlinna: Karisto Oy
- NIEMINEN, Miika 2017. Röntgensäteilyyn perustuvat menetelmät. Julkaisussa: SEQUIEROS, Roberto (toim.) Kliininen radiologia. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 421-427.
- NIEMINEN, Miika, OIKARINEN, Heljä 2017. Säteilysuojelu ja optimointi. Julkaisussa: SEQUIEROS, Roberto (toim.) Kliininen radiologia. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 471-476.
- PIRINEN, Markku 2014. Röntgentoiminnan nykytila viranomaisen silmin. Läpivalaisututkimukset. [verkkojulkaisu]. stuk.fi [Viitattu 2018-03-25.] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/documents/12547/156609/Pirinen-RD2014.pdf/559f9769-549b-47fd-bfd2-63bd4bd68393>
- PICANO, Eugenio ja VANO, Eliseo 2011. The Radiation Issue in Cardiology: the time for action is now. Cardiovascular Ultrasound. 2011, Nov 21;9:35
- PSSH s. a. Kardiologia [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-05-16.] Saatavissa: <https://www.pssh.fi/hoitopalvelut/sydankeskus/kardiologia>
- RANTANEN, Minna, SAVOLAINEN, Sauli, LAMPINEN Juha 2000. Sädeturvaluento, Käsitteitä [verkkojulkaisu]. sry.fi [Viitattu 2018-07-25.] Saatavissa: <https://www.sry.fi/index.php?44>
- REHANI, M., Madan ja ORTIZ-LOPEZ, Pedro 2005. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions—keeping them under control. International Journal of Cardiology 2005, Vol. 109, Issue 2, 147-151.
- SAARING, Juhan, KEPLER, Kalle 2015. Estimation of peak skin dose in interventional cardiology procedures. Medical Physics in the Baltic States 2015, Vol. 12, 43-47.
- SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2019. Osaamistavoitteet. [verkkojulkaisu]. Savonia-ammattikorkeakoulu. [Viitattu 2019-10-06.] Saatavissa: <https://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetus-suunnitelmat?yks=KS&krtid=1025&tab=2>
- SILFVERBERG, Paul 2004. Projektiopas. Osa II: Projektisuunnittelun käsikirja. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- SILFVERBERG, Paul s. a.. Ideasta Projektiksi. Projektinvetäjän käsikirja. Konsulttitoimisto Planpoint Oy [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-04-17]. Saatavissa: http://www.helsinki.fi/urapalvelut/materiaalit/liitetiedostot/ideasta_projektiksi.pdf
- STARCK, Tuomo 2014. Digitaalisen kuvan synty ja anatomia. Sädeturvapäivät 6.10.2014, 75-77.
- STUK 2004. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyannoksen mittaaminen [verkkojulkaisu]. Stuk.fi [Viitattu 2018-1-21.] Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125145/rontgensateily.pdf?sequence=1>
- ST-ohjeet 7.2. 2014. Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet. Stuklex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-09-21.] Saatavissa: <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST7-2>
- STUK 2018. Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-11-26.] Saatavissa: <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136835/STUK-opastaa-Kardiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SYVÄNNE, Mikko, HEKKALA, Anna-Mari 2018. Sydän- ja verisuonitautien tutkimukset [verkkootikeli]. Sydan.fi [Viitattu 2018-11-28.] Saatavissa: <https://sydan.fi/fact/sydan-ja-verisuonitautien-tutkimukset/>

SÄTEILYLAKI. L 15.12.2018/859. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2018-11-29.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN MÄÄRÄYS OIKEUTUSARVIOINNISTA JA SÄTEILYSUOJELUN OPTIMOINNISTA LÄÄKETIETEELLISESSÄ ALTISTUKSESSA. S/4/2019. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-09-24.] Saatavissa: <https://stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-4-2019>

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN MÄÄRÄYS SÄTEILYMITTAUKSISTA. S/6/2018. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-08-23.] Saatavissa: <https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-6-2018>

TAHA, M.T., AL-GHORABIE, F.H., KUTBI, R.A., SAIB, W.K. 2015. Assessment of entrance skin doses for patients undergoing diagnostic X-ray examinations in King Abdullah Medical City, Makkah, KSA. Journal of Radiation Research and Applied Sciences 2015, Vol 8, Issue 1, 100-103.

TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje [verkkajulkaisu]. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. [Viitattu 2018-10-09.] Saatavissa: http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

TIETOSUOJALAKI. L 05.12.2018/1050. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-10-23.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181050>

TOROI, Paula, KOMPPA, Tuomo, KOSUNEN, Antti 2008. Annoksen ja pinta-alan tulon mittaaminen. DAP-mittarin kalibrointi röntgensäteilykeilassa. Helsinki: Edita Prima Oy.

VAINIKAINEN, Tuula 2016. Sydäntoimenpiteiden valikoima kasvaa [verkkajulkaisu]. Sydan.fi [Viitattu 2018-05-19.] Saatavissa: <https://sydan.fi/sydansairaudet-ja-hoito/sydantoimenpiteiden-valikoima-kasvaa>

VALTIONEUVOSTON ASETUS IONISOIVASTA SÄTEILYSTÄ. L 22.11.2018/1034. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-08-18.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181034#Pidp447949248>

YLITALO, Antti, PIETILÄ, Mikko 2013. Akuutin ST-nousuinfarktin hoito pallolaajennuksella [verkkajulkaisu] Duodecim 2013;129(3):285-92 [Viitattu 2019-06-18.] Saatavissa: <https://www.duodecim-lehti.fi/lehti/2013/3/duo10787>

LIITE 1: SWOT-ANALYYSI

	VAHVUUDET	HEIKKOUEDET
NYKY- HETKI	<ul style="list-style-type: none"> -Sisäinen motivaatio opinnäytetyön toteuttamiselle -Kiinnostava ja ajankohtainen aihe -Sairaalafyysikon, röntgenhoitajan ja radiografian lehtorin ohjaus saatavilla -KYS:llä käytössä automaattinen annoskeräysohjelma Radimetrics -Aiheesta paljon olemassa olevaa tieteellistä kirjallisuutta 	<ul style="list-style-type: none"> -Ensimmäinen opinnäytetyö -Toteuttamisen kanssa samaan aikaan suoritan ammattia edistäviä harjoitte-luita, joten energiaa täytyy riittää myös kirjoittamiselle -Vähäinen kokemus tieteellisestä kirjoit-tamisesta -Excel-ohjelman käytöstä vähäinen koke-mus -Ei kokemusta posterin tuottamisesta
	MAHDOLLISUUDET	UHAT
TULE- VAI- SUUS	<ul style="list-style-type: none"> -Tutkimuseettinen lupa myönnetään ja työ voidaan toteuttaa suunnitelman mukaisesti -Opinnäytetyö tukee uutta säteilylakia, joka tuli voimaan 15.12.2018 -Artikkelin kirjoittaminen tuotoksesta Ra-diografia-lehteen -Tieteellisen tiedonhaun, lähdekritiikin ja tie-teellisen kirjoittamisen kehittyminen -Tuotoksen esittäminen ECR:ssä, (European Congress of Radiology) 	<ul style="list-style-type: none"> -Opinnäytetyön ohjaajilla opinnäytetyön ohjaaminen ei ole pääprioriteetti -Oman ajankäytön hallinta opinnäyte-työtä tehdessä -Energiavarojen hyödyntäminen opinnäy-tetyön tekoon harjoittelujen ohella

LIITE 2: POSTERIN RAAKAVERSIO

LIITE 3: POSTERI – DETERMINISTISET HAITAT KARDIOLOGISISSA TOIMENPITEISSÄ