

Eero Näätänen & Kaapo Rossi

**LYIJYKIVESSUOJAN VAIKUTUS SÄTEILYANNOKSEEN VATSAN ALUEEN
TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUKSESSA**

Annosmittaukset fantomilla Siemens SOMATON Definition Flash TT-laitteella

LYIJYKIVESSUOJAN VAIKUTUS SÄTEILYANNOKSEEN VATSAN ALUEEN TIETOKONETOMOGRAFIATUTKIMUKSESSA

Annosmittaukset fantomilla Siemens SOMATON Definition Flash TT-laitteella

Eero Näätänen
Kaapo Rossi
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Radiografian ja sädehoidon tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma

Tekijät: Eero Näättänen & Kaapo Rossi

Opinnäytetyön nimi: Lyijykivessuojan vaikutus säteilyannokseen vatsan alueen tietokonetomografiatutkimuksissa

Työn ohjaaja: Aino-Liisa Jussila & Karoliina Paalimäki-Paakki

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2017

Sivumäärä: 42+4

Lyijykivessuojia käytetään suojaamaan primäärisädekeilan ulkopuolella sijaitsevia kiveksiä tietokonetomografiatutkimuksissa aiheutuvalta siroavalta säteilyltä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää lyijykivessuojan vaikutusta kivesten säteilyannokseen, sekä lyijykivessuojan asetteluun ajoituksen vaikutusta kivesten säteilyannokseen vatsan alueen tietokonetomografiatutkimuksessa Siemens SOMATON Definition Flash TT- laitteella. Tutkimuksen tarve tuli Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) röntgenosastolta; he halusivat selvittää onko lyijykivessuojan käytöllä vatsan alueen TT-tutkimuksessa hyötyä kivesten säteilyannoksen vähentämiseen. Tutkimuksessa käytettiin 1mm:n paksuista kukkaromallista Mavig lyijykivessuojaa. Tutkimus suoritettiin kolmella yleisimmällä kuvausprotokollalla. Käytössä olleet annosmodulointitekniikat olivat Siemensin CARE-Dose4D reaaliaikainen putkivirran (mA) modulointi ja CARE kV putkijännitteen modulointi. Säteilyannoksen mittaamisen käytettiin RaySafe Xi -dosimetria. Kuvauksessa käytettiin fantomia, jolla mallinnettiin ihmiskehoa.

Lyijykivessuojan käytön hyöty riippuu käytettävästä tutkimusprotokollasta. Lyijykivessuojan asettelu ennen suunnittelukuvia nosti säteilyannosta vain yhdessä kolmesta tutkittavasta tutkimuksesta. Lyijykivessuojan asettelu suunnittelukuvan jälkeen pienensi säteilyannosta kahdessa tutkimuksessa kolmesta. Ilman lyijykivessuojia toteutettu vatsanalueen TT-tutkimus antoi suurimman säteilyannoksen kahdessa kolmesta tutkimuksesta. Lyijykivessuojan antama annossäästö oli kuitenkin suhteellisen pieni, joten sen käyttöä tulee harkita tutkimuskohtaisesti.

Tutkimuksen tavoitteena oli lisätä tutkimustietoa lyijykivessuojan käytön vaikutuksista kivesten säteilyannokseen ja näin olla apuna laadittaessa ohjeita lyijykivessuojien käytöstä ja säteilyannoksen optimoinnissa tietokonetomografiatutkimuksissa Siemens SOMATON Definition Flash TT-laitteella. Johtuen erilaisista tutkimusprotokollista voi lyijykivessuojien käytön vaikutuksesta olla hyötyä tai haittaa. Jatkotutkimushaasteina ovat lyijykivessuojan asetteluun kuluva aika, sekä lyijykivessuojan mahdollisesti aiheuttama kuvausartefakta Siemen SOMATON Definition Flash TT-laitteella. Mahdollista olisi myös tutkia metallireduktio-ohjelmien vaikutusta tutkimuksissa, eli olisi ko mahdollista käyttää lyijykivessuojia kuvakentässä.

Asiasanat: Lyijykivessuoja, TT-kuvantaminen, annosoptimointi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Radiography and Radiation Therapy

Authors: Eero Näätänen & Kaapo Rossi

Title of thesis: The effect of gonad lead shield to radiation dose of abdomen examination computed tomography. Dose measurements with Siemens SOMATOM Definition Flash CT

Supervisors: Aino-Liisa Jussila & Karoliina Paalimäki-Paakki

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2017

Number of pages: 42 + 4 appendices

The need for the study came from the University of Oulu Hospital radiology department who were interested in finding out if the use of lead gonad shielding helped reduce radiation dose to the gonads in abdominal CT scans. The results of the study can be helpful when designing instructions on the use of the lead gonad shielding and radiation dose optimization in computer tomography with Siemens SOMATOM Definition Flash CT equipment.

The aim of the study was to investigate the effect use of lead gonad shielding, and of the placement of the shielding, has on the radiation dose to the gonads in abdominal CT scans performed with Siemens SOMATOM Definition Flash CT equipment.

In the study, a 1 mm Mavic lead gonad shielding was used. The examination was done by using three most common imaging protocols. Dose modulating technique was Siemens' CARE-Dose4D real-time tube current (mA) modulation and CARE tube voltage (kV) modulation. To measure the radiation dose, a RaySafe Xi dosimeter was used. A phantom was used to model the human body.

The use of lead gonad shielding depends on the research protocol. The use of the lead gonad shielding before the preliminary images increased the radiation dose in only one of the three examinations. The use of the lead gonad shielding after the preliminary images decreased the radiation dose in two out three examinations. An abdominal CT scan performed without lead gonad shielding gave the highest radiation dose in two out of three examinations.

The dose reduction from the use of shielding is relatively low, so use should be considered on case-by-case basis. Depending on the protocol, use of the shielding can be either beneficial or harmful.

Further research could include examining how the time spent on the placement of the shielding affects the image, and the potential imaging artifact caused by the shielding in Siemens SOMATOM Definition Flash CT scanning. It would also be possible to study the effect of metal reduction programs in examinations, i. e. if it is possible to use lead gonad shielding in the primary field.

Keywords: lead gonad shield, CT imaging, dose optimization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LYIJYKIVESSUOJAN KÄYTTÖ VATSAN ALUEEN TT-TUTKIMUKSESSA.....	7
2.1	Säteilyn haittavaikutukset.....	7
2.2	Säteilysuojelun periaatteet	9
2.3	Lyijykivessuojat ja niiden käyttö tietokonetomografiatutkimuksessa.....	9
2.4	Säteilyannoksen optimointi TT-Tutkimuksessa	12
3	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET SEKÄ TUTKIMUSONGELMAT.....	17
4	TUTKIMUSMETODOLOGIA.....	18
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	19
5.1	Kuvaussarjat ja tutkimusprotokollat	25
5.2	Mittaustulosten analysointi	28
6	TULOKSET.....	29
6.1	Lyijykivessuojan vaikutus kivesten säteilyannokseen.....	29
6.2	Lyijykivessuojan asettelun ajoituksen vaikutus säteilyannokseen	29
6.2.1	Vatsa vena – kuvausprotokolla	30
6.2.2	Urografia – kuvausprotokolla	31
6.2.3	Virtsatiekivi – kuvausprotokolla	32
7	TULOSTEN YHTEENVETO	35
8	POHDINTA	36
8.1	Tulosten tarkastelu	37
8.2	Luotettavuuden arviointi	39
8.3	Jatkotutkimushaasteet ja omat oppimiskokemukset.....	41
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	48

1 JOHDANTO

Vuonna 2015 Suomessa tehtiin noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joista 11 % oli TT-tutkimuksia. Vuoden 2011 TT-tutkimusten määrään kasvua oli 35,1 %. Säteilyannos TT-tutkimuksista on 50 % lääketieteellisten kuvantamistutkimusten aiheuttamasta kokonaisannoksesta. Vatsatutkimusten määrä on kasvanut 50 % kolmessa vuodessa. (Suutari 2016, 17–18.) Harjoittelujaksoilla tekemiemme havaintojen mukaan kivessuojien käyttö tutkimuksissa on vähäistä. Tarve oppinäytetyölle syntyi PPSHP:n pyynnöstä, koska osastoilla kaivataan lisätietoa lyijykivessuojan hyödyistä/haitoista vatsan alueen TT-tutkimuksissa.

Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata säteilyn määrä kivesten alueelle vatsan alueen tietokonetomografiatutkimuksessa ja kartoittaa kuinka paljon lyijykivessuojien käytöllä voidaan vähentää kivesten säteilyrasitusta. Tutkimuksen tavoitteena oli antaa tietoa siroavan säteilyn määrästä ja kertoa osastoille olisiko lyijykivessuojaa hyödyllistä käyttää vatsan alueen TT-tutkimuksissa.

Yleisenä ohjeena pidetään sitä, ettei lyijysuojia käytetä primaarisädekeilan alueella, koska ne aiheuttavat artefaktaa ja lisäävät sädeannosta tietokonetomografiatutkimuksissa. Kivekset kuitenkin tiedetään säteilyherkiksi elimiksi ja niiden rajaaminen kuvausalueelta on haastavaa. Joissain tapauksissa kivekset jäävät kuvausalueelle, kun joissain ne saadaan rajattua ulkopuolelle. Säteilyaltistusta kiveksille tulee suoraan ja sironneena säteilynä. TT-tutkimuksissa sädeannokset ovat kohtuullisen suuret. Tutkimuksella halusimme selvittää sen, onko kivessuojien käytöllä mahdollista vähentää kivesten säteilyrasitusta merkittävästi ja näin antaa tietoa osastoille siitä, olisiko suojaimien käyttö hyödyllistä ja olisiko sen avulla mahdollista optimoida potilaiden saamaa säteilyannosta.

Tutkimuksessa mitattiin annosmittarilla säteilyä kivesten alueella fantomia kuvaamalla. Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla säteilyannoksen määrää vatsanalueen TT-tutkimuksessa kiveksille ilman suojia ja annoksen suuruutta lyijykivessuojia käytettäessä. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda näyttöön perustuvaa tietoa lyijykivessuojien vaikutuksesta vatsanalueen TT-tutkimuksissa sekä vaikuttaa Pohjois-pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuvantamisyksiköiden käytäntöihin lyijykivessuojien käytöstä. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää laadittaessa toimintaohjeita vatsanalueen TT-tutkimuksiin ja optimoida potilaiden saamaa säteilyannosta.

2 LYIJYKIVESSUOJAN KÄYTTÖ VATSAN ALUEEN TT-TUTKIMUKSESSA

Vuonna 2015 Suomessa tehtiin noin 3,9 miljoonaa röntgentutkimusta, joista 11 % oli TT-tutkimuksia. Vuoden 2011 TT-tutkimusten määrään kasvua oli 35,1 %. Säteilyannos TT-tutkimuksista on 50 % lääketieteellisten kuvantamistutkimusten aiheuttamasta annoksesta. Vatsatutkimusten määrä on kasvanut 50 % kolmessa vuodessa (Taulukko 1). (Suutari 2016, 17–18.) TT-tutkimusten määrän kasvuun vaikuttavat laitteiden tekninen kehitys, jonka myötä kuvausalue on kattavampi ja diagnostiikka parempi. (Kortesniemi & Lantto 2015, Viitattu 20.1.2017.)

Säteilyä hyödyntävät radiologiset tutkimukset aiheuttavat potilaalle vaihtelevia säteilyaltistuksia. Osa tutkimuksien altistuksista vastaa muutaman päivän taustasäteilyä. Vatsanalueen tietokone-tomografiatutkimukset vastaavat kuitenkin noin kahden vuoden taustasäteilyannosta (Säteilyturvakeskus 2017, viitattu 5.11.2017). Vatsanalueentutkimukset keskimäärin aiheuttavat suurimmat efektiiviset annokset potilaille (Jartti, Lantto, Rinta-Kiikka & Vuorte 2012. Viitattu 23.7.2016).

TAULUKKO 1. Tietokonetomografiatutkimusten määrät. (Suutari 2015, 17–18.)

Tutkimusnimike	Lukumäärä vuonna 2015 (kpl)	Muutos vuodesta 2011 vuoteen 2015 (%)	Suhteellinen osuus TT-tutkimuksista (%)
Pään TT	139 134	18,5	31,3
Vatsan laaja TT	38 664	50,9	8,7

2.1 Säteilyn haittavaikutukset

Ihminen altistuu säteilylle myös ilman teollista tai lääketieteellisessä tutkimuksessa käytettävää säteilylähdettä. Maaperässä on radioaktiivisia aineita, ja avaruudesta tulee säteilyä. Lääketieteessä käytettävä säteily aiheuttaa yleensä pienemmän altistuksen kuin luonnonsäteily. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos on vuosittain noin 3,7 mSv. Tšernobylin ydinonnettomuuden laskeuman on mitattu aiheuttavan vuosittain 0,02 mSv keskimääräisen altistuksen suomalaiselle (Säteilyturvakeskus 2009, viitattu 3.11.2017.) Tämän on arvioitu aiheuttavan 80 vuoden aikana

joitakin syöpäkuolemia, kun samaan aikaan syöpään kuolee miljoona suomalaista muista syistä. (Säteilyturvakeskus 2017, viitattu 4.11.2017). Säteilyn haittavaikutusten arviointi on vaikeaa, etenkin pienten annosten kohdalla. Arvioitavia kohderyhmiä ja tarkkaa tietoa altistumisista on rajallisesti. Merkittävin tutkimusaineisto säteilyn haittavaikutuksia tutkittaessa on edelleen Hiroshiman ja Nagasakin atomipommeista selvinneet ja heidän jälkeläisensä (Mustonen, Salomaa & Kiuru 2002, 72–74.).

Säteilyn biologiset vaikutukset voidaan jakaa kahteen ryhmään: deterministisiin ja stokastisiin. Deterministinen eli suora vaikutus johtuu laajasta solutuhosta, stokastinen eli satunnainen vaikutus on yhden solun geneettinen muutos. (Paile 2002, 44–46.) Stokastinen vaikutus eroaa deterministisestä siten, että se voi syntyä kuinka pienestä säteilyannoksesta tahansa. Ionisoivan säteilyn hiukkanen tai fotonin pystyy katkaisemaan kemiallisen sidoksen ja näin aiheuttaa DNA-molekyylin katkoksen. Useimmiten elimistö korjaa katkoksen, mutta sen epäonnistuminen on myös mahdollisuus. DNA:n saamat osumat ovat harvassa ja kriittisen vaurion synty on hyvin epätodennäköinen, mutta täysin riskittömään tutkimukseen päästään vain nolla-annoksella. (Paile 2005, 79–81.) Satunnaiset vaikutukset ovat tilastollisia haittavaikutuksia, jotka johtuvat perimämuutoksesta yhdessä solussa, eli haitan todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa. Mikäli yksittäisen solun perimässä tapahtuu muutoksia ja solu pystyy jakautumaan tytärsoluiksi, voi syntyä kokonainen solukko, jossa virheellisen perimän omaavat solut kehittyvät myöhemmin syöpäkasvaimiksi. (Säteilyturvakeskus 2009, viitattu 3.11.2017).

Ihmisen sukusoluissa tapahtuneiden mutaatioiden periytymistä jälkeläisille kutsutaan geneettisiksi eli periytyviksi haitoiksi. Vanhempien soluissa tapahtuneen mutaation seurauksena jälkeläisen jokainen solu on muuttunut ja voi periä seuraaville sukupolville. Tutkimuksia säteilyn aiheuttamista perinnöllisistä sairauksista on tehty, mutta terveyshaittojen ja säteilyaltistuksen yhteyttä ei ole voitu osoittaa. Nagasakin ja Hiroshiman atomipommien räjähdykselle altistuneiden jälkeläisiä on seurattu ja verrattu ei-altistuneiden jälkeläisiin. Selkeää yhteyttä yhdenkään yksittäisen periytyvän haitan osalta ei ole voitu osoittaa, mutta kokonaisannosvasteen osalta kulmakerroin on lievästi positiivinen. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö säteily voisi aiheuttaa periytyviä haittoja ja sairauksia. (Salomaa 2002, 122–127.)

Deterministinen vaikutus on kudosisvaurio, joka tulee esille nopeasti suuren säteilyaltistuksen jälkeen. Vamman vaikeuteen ja kynnyksiarvoon vaikuttavat säteilyannos ja säteilylaji, altistunut kudos ja altistuneen alueen laajuus sekä annoksen ajallinen jakautuminen. Yleisin deterministinen sätei-

lyvamma on ihovaurio. Deterministinen vaurio syntyy silloin, kun kokokehoannos ylittää 1 Gy (n. 1 Sv). (Säteilyturvakeskus 2014, viitattu 6.3.2017). Tietokonetomografiassa vatsanalueen tutkimusten keskimääräinen säteilyannos on 12,4 – 16,1 mSv, joten TT-tutkimusten haittavaikutukset ovat stokastisia (Karppinen & Järvinen 2006a, 29).

2.2 Säteilysuojelun periaatteet

Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (International commission on radiological protection, ICRP) on antanut suosituksia, jotka ovat saaneet laajan hyväksynnän ja jotka on huomioitu Suomen säteilylaissa. Kolmen peruseriaatteen on täyttyvä, jotta säteilyn käyttö on hyväksyttävää. Nämä ovat oikeutusperiaate, optimointiperiaate ja yksilönsuojaperiaate.

Oikeutusperiaate tarkoittaa sitä, että säteilyn käytöstä saatavan hyödyn on oltava suurempi kuin haitan. Sairaanhoidossa siis kuvantamisen antaman diagnostiikan tulee olla potilaan kannalta hyödyllisempää kuin potilaan saaman säteilyannoksen riskit.

Optimointiperiaatteella tarkoitetaan sitä, että potilaalle tehtävien tutkimusten kuvanlaadun tulee olla vain niin hyvä kuin tarvitaan diagnoosiin. Kuvanlaadun ei tule olla parempi kuin tarvitaan, ja pyritään käyttämään mahdollisimman pieniä säteilyannoksia. Optimointiperiaatteesta käytetään myös nimeä ALARA-periaate (As Low As Reasonably Achievable). (Hohl, Manken, Klotz, Das, Stargardt, Muchelbrunch, Schmidt, Gunther & Wildberger 2005, 128–130.)

Yksilönsuojaperiaate on tehty väestön ja säteilytyöntekijöiden altistusta ajatellen. Säteilyturvakeskus valvoo säteilyn käyttöä säteilylain (592/91) nojalla. Säteilyaltistus ei saa ylittää vahvistettuja enimmäisrajoja eikä annosrajoja. (Säteilyturvakeskus 2017, viitattu 20.1.2017.)

2.3 Lyijykivessuojat ja niiden käyttö tietokonetomografiatutkimuksessa

Säteilysuojaus perustuu säteilyn intensiteetin vähenemiseen väliaineessa. Kun röntgensäteilyn fotonit ovat vuorovaikutuksessa väliaineen kanssa, on fotonien määrä aineen läpäistyään pienempi kuin primaarisäteilykeilassa. (Jaquith 2014, viitattu 2.2.2017). Lyijy vaimentaa säteilyä tehokkaasti, riippuen käytetystä jännitteestä 0,25 mm lyijyä vaimentaa säteilyä kolmasosan ja 1,0

mm lyijyä lähes kokonaan. Lyijy onkin käytetyin materiaali röntgensäteilyn vaimentamiseksi. (Säteilyturvakeskus 2005, 4).

Iball ja Brettle (2011, 1020–1026) toteuttivat tutkimuksen fantomille, joka vastaa 70 kg painavaa miestä. He eivät käyttäneet CARE Dose4D – modulointia, koska halusivat minimoida mAs – arvojen vaihtelevuuden mahdollisimman pieneksi kolmen mittausarjan ajaksi. Kuvausarvot olivat 120 kV ja 150 mAs. He suorittavat kolme erilaista kuvasta ensimmäinen sarja ilman suoja, toinen sarja tavalliset 0,35mm paksuiset lyijyliinat fantomin molemmin puolin ja kolmas sarja toteutettiin käyttämällä uudenlaista lyijykumisuoja. Merkittävää eroa annokseen ei eri suojien välillä havaittu. Keskimääräinen annossäästö käyttäessä lyijysuojaa oli kiveksille 77 %. Tutkimuksessaan he tulivat johtopäätökseen annossäästöön eniten vaikuttavaa suojattavan elimen sijainti kuvausalueen reunalta. Lyijykumisuoja he kuitenkin suosittelevat käytettävän normaalien lyijysuojien sijasta, koska niiden paino on kevyempi verrattaessa tavallisiin lyijyliinoihin. He suosittelevat lyijysuojia käytettävän, koska on todettu efektiivisen annoksen olevan yhteydessä syöpään. Lyijysuojia tulisi kuitenkin käyttää niin, etteivät ne sijaitse kuvausalueella, eivätkä heikennä diagnostista kuvanlaatua.

Hohl ym. suorittivat tutkimuksen 66 miespotilaalle. Kuvausalue rajattiin palleasta häpyliitokseen. Tutkimuksessa 32 potilasta kuvattiin ilman että he käyttivät lyijykivessuojaa ja 34 potilasta käyttivät lyijykivessuojia kuvauksen aikana. Käytetty lyijykivessuoja oli 1 mm:n paksuisesta lyijystä valmistettu suoja. Tutkimuksessa käytetyt kuvausarvot olivat 120 kV ja 150 mAs. Tutkimuksessa saatiin 87 %:n annossäästä käytettäessä lyijykivessuojia vatsan alueen TT-tutkimuksessa. Tutkimuksessa todettiin myös, että lyijykivessuoja ei aiheuttanut kuvanlaadun heikkenemistä. (Hohl ym. 2005, 128–130.)

Dauer ym. mittasivat tutkimuksessaan suoran ja siroavan säteilyn vaikutusta kiven absorboituneeseen annokseen. Kuvausarvoina tutkimuksessa käytettiin 120 kV ja 194 mAs. Tutkimuksessa he kuvasivat fantomia, ja käytettävä lyijykivessuoja oli 1mm paksuista ympärille kiedottavaa lyijyliinaa. Mitattaessa siroavan säteilyn määrää lyijykivessuojat sijaitsivat 5-10 cm kuvausalueen ulkopuolella. Käytettäessä lyijysuojaa kuvausalueella saadaan suuri annossäästö, mutta erittäin huono kuvanlaatu, joten niiden käyttöä kuvasalueella ei suositella. Käytettäessä lyijykivessuojaa kuvausalueen ulkopuolella saadaan 58 % - 42 % annossäästö riippuen sädesuojan koosta. Suojien käyttöä kuvausalueen ulkopuolella ei ole perusteltua pienen absoluuttisen säästön takia, ellei

potilaalle ole tiedossa useampia TT-tutkimuksia jatkossa. (Dauer, Casciotta, Erdi & Rothenberg 2007, viitattu 9.11.2017.)

Lyijykivessuojien antamaan annossäästöön vaikuttavat monet tekijät. Kivesten sijainti kuvausalueen reunasta, käytettävä lyijykivessuoja ja kuvausprotokolla vaikuttavat merkittävästi kivesten saamaan säteilymäärään. (Iball & Brettle 2011, 1020–1026; Grobe, Sommer, Hieschold, Henninger & Abolmaami, 2008, 1156-1160).

Lyijysuojia voidaan käyttää kuvausalueen ulkopuolella, jolloin ne suojaavat potilasta siroavalta säteilyltä. Primaarisädekeilassa sijaitsevat lyijykivessuojat antavat hyvän suojan, mutta eivät ole käyttökelpoisia, koska heikentävät kuvanlaatua huomattavasti. Kivesten ollessa 5 cm etäisyydellä primaarisäteilykeilasta, voidaan ne suojata säteilyltä, kuitenkin niin ettei suojaaminen heikennä kuvien diagnostista tietoa. (Dauer ym. 2007, viitattu 31.10.2017.)

Tutkimustiedon lisääntyessä on suojainten käyttöä alettu lisäämään TT-tutkimuksissa. Lyijykivessuojilla voidaan pienentää kivesten ekvivalenttiannosta abdomen/pelvis – alueen TT-tutkimuksissa suurimmillaan 93 %, jolloin kivekset ovat 30 cm:n päässä kuvausalueen reunasta ja käytetään kivesten ympärille laitettavaa lyijysuojaa, joka peittää kivekset kauttaaltaan (Kuvio 1). (Iball & Brettle 2011, 1020–1026; Hohl ym. 2007, 128–130.)

Section number	Distance from inferior edge of scan (cm)	No lead	Lead aprons		New shielding device	
		Average dose per scan (μ Gy)	Maximum point dose saving (%)	Average dose saving (%)	Maximum point dose saving (%)	Average dose saving (%)
25	7.5	2444	19.0	-6.5	29.3	-4.8
26	10.0	1544	53.4	6.5	46.0	5.1
27	12.5	978	41.0	16.1	47.5	10.8
28	15.0	624	61.5	25.3	42.3	18.7
29	17.5	397	78.0	28.4	68.2	29.2
30	20.0	289	81.3	47	75.6	41.8
31	22.5	207	86.1	55.3	83.3	50.6
32	25.0	147	88.1	60.8	86.5	57.3
33	27.5	112	90.6	71	89.0	65.3
34	30.0	92	93.1	77.6	91.9	73.6

KUVIO 1. Kivesten etäisyys primaarisädekeilasta ja sen vaikutus säteilyannokseen. (Iball & Brettle 2011, viitattu 2.11.2017)

Käytettäessä kauttaaltaan lantion peittävää lyijyessua voidaan saada 58 % pienempi annos, kun lyijysuoja sijaitsee kuvausalueen ulkopuolella (Dauer ym. 2007, viitattu 31.10.2017). Annossääs-

töön vaikuttavat myös käytettävä lyijysuoja, sen koko sekä kuvausprotokolla. Mavigin kukkaromallin lyijykivessuojalla saadaan 42 % - 58 % annossäästö, kun sitä käytetään kuvausalueen ulkopuolella (Grobe ym. 2008, 1159).

Kivesten keskimääräinen mitattu annossäästö käytettäessä lyijysuojaa vatsan ja lantion alueen tutkimuksessa on 72 %. Suurimmillaan saatiin 87 %:n annossäästö, jolloin käytettiin kuppimallista lyijykivessuojaa, joka peitti kivekset kauttaaltaan. Hohl ym. tekivät tutkimukset oikeille potilaille ja saivat suurimman annossäästön. Annossäästön eroavuuteen vaikuttavat todennäköisesti suoja-tyyppi, asetukset, kuvausprotokolla, röntgenputken spektri, geometria ja mittaustekniikat. (Iball & Brettle, 2011, 1020–1026 ; Hohl ym. 2007 128–130.)

Kuvausalueen ulkopuolella sijaitseva lyijysuoja antaa pienen annossäästön, joten suojien käyttöä tulee harkita niiden asettelun vaikeuden vuoksi, sekä aiheutuvan artefaktan takia. Suojausta voidaan kuitenkin suositella silloin, jos potilaalla on tiedossa tulevia TT-kuvauksia, jolloin kokonais-säteilyannos voi nousta suureksi. (Dauer ym. 2007, viitattu 31.10.2017; Iball & Brettle 2011, 1020–1026.)

Australialaisen tutkimuksen mukaan kuvantamisyksiköissä työntekijöiden suhtautuminen kives-suojien käyttöön on myönteinen. Tutkimuksen mukaan kuitenkin suoja käytetään harvoin. Yleisin syy tähän on, että suojat tulevat kuvausalueelle häiritsemään tutkittavaa kohdealuetta. Noin kuudesosassa tutkimuksia, joissa suoja ei käytetä, henkilökunta jättää käyttämättä suoja kiireen takia tai suoja ei osata käyttää. (MacKay, Hancy, Crowe, D`Rozario & Ng 2012, 35–39.) Kuvantamishenkilökunnan ammattitaidossa lyijykivessuojien käytössä on huomattu puutteita myös muissa maissa ja koulutusta lyijykivessuojien käytöstä olisi syytä lisätä. (Fawcett & Barter 2009, 369).

2.4 Säteilyannoksen optimointi TT-Tutkimuksessa

Nykyaikaiset ietokonetomografialaitteistot ovat monileikelaitteita. Monileikelaitteissa on useampia vierekkäisiä detektoririvejä, jotka mahdollistavat useiden leikkeiden samanaikaisen kuvaamisen. Nykyaikaisissa laitteissa on myös käytössä helikaalikuvaustekniikka, tämä tarkoittaa, että pöytä liikkuu tasaisesti gantryn läpi röntgenputken ja detektorien pyöriessä. Tämän kuvaustekniikan

etuna on se, ettei mikään kuvaudu kahdesti ja että kaikki kuvaustasot tulee kuvatuksi. (Järvenpää 2004, 103.) Spiraali eli helikaalikuvauksessa kuvauspöytä liukuu Z-akselilla ja röntgenputki ja detektori pyörivät potilaan ympäri tasaisesti säteilytyksen ajan. Pitch-parametri kertoo, kuinka monta leikepaksuutta pöytä liikkuu yhden pyörähdysajan aikana. Tämän tekniikan etuja ovat, että kaikki tasot tulevat kuvatuksi, eikä mikään kohta kuvaudu kahdesti. (Jurvelin, 2005, 41; Järvenpää 2005, 93–105)

Tietokonetomografiatutkimuksissa merkittävää on, kuinka pieniä yksityiskohtia kuviin voidaan saada (paikkaerotuskyky) ja kuinka pieniä tiheyseroja kuvista saadaan (matalan kontrastin erotuskyky). Kontrasti ja erotuskyky ilmentävät yksiselitteisesti kuvanlaatua. Kuvauksessa pyritään samanaikaisesti hyvään kontrastiin ja erotuskykyyn, ne kuitenkin ovat riippuvaisia toisistaan, toisen parantuessa toinen huononee. (Jurvelin 2005, 24–26.) Täydellisessä tietokonetomografiakuvassa on mahdollisimman pieni rakeisuus ja suurin mahdollinen kontrasti ja paikkaerotuskyky. Rakeisuuteen vaikuttaa kuvauksessa käytettävä säteilyannos ja sen pienentäminen taas huonontaa kuvanlaatua, koska pienet tiheyserot jäävät rakeisuuden alle. Tämä tulee huomioida kuvaukskohdetta valittaessa, koska esim. vatsaa kuvattaessa pienten tiheyserojen havaitseminen on tärkeää. Kun pienetkin yksityiskohdat havaitaan ja kudosten ja aineiden väliset pienet erot saadaan kuviin ja lisäksi kuvan rakeisuus saadaan minimiin, on kuvanlaatu huipussaan. Tämä kuitenkin kasvattaa säteilyannosta merkittävästi. Säteilyannosta vähennettäessä kuvassa esiintyvä kohina lisääntyy ja pienet yksityiskohdat peittyvät kohinan alle ja tiheyserotuskyky heikkenee. Tutkimusten oikeutuksesta vastaavien tuleekin ottaa huomioon kuvattava kohde ja kuvausindikaattorit. (Kortesniemi & Lantto 2015; McCollough, Chen, Kalender, Leng, Samei, Taguchi, Wang, Yu & Pettigrew 2012, 570-577.)

Hyvä kuvanlaatu on subjektiivinen, ja epätarkka määre kuvan luettavuudesta. Objektiviset määreet, kuten kohinan määrä ja kohina-kontrasti suhde saadaan mitattua helposti, mutta eivät välttämättä kerro kaikkea oleellista tietoa oikean diagnoosin tekemiseen. Kuvanlaadun määrittäminen voi olla vaikea tehtävä, jossa kvantitatiiviset määreet ja kuvan tarkastelijan tekemät havainnot yhdistyvät. Kuvanlaadun määrittämisen yksinkertainen lähestymistapa on asettaa tarkat kohinarvot jokaiselle tutkimukselle. (McCollough ym. 2012, 577.)

Tehdyissä suosituksissa tutkimukset ovat karkeasti jaettu neljään luokkaan kuvanlaadun mukaan (Taulukko 2). Nämä ovat korkea, keskitasoinen, tyydyttävä ja välttävä kuvanlaatu. Vatsan alueen tutkimuksissa korkeaa kuvanlaatua tarvitaan esimerkiksi haiman tai maksan tuumoriepäilyissä.

Näissä tutkimuksissa kohinan tulee olla vähäistä ja tämä kasvattaa sädeannosta. Keskitasoista kuvanlaatua vaaditaan syöpäkontrolleissa ja kuvan kohinatasa saa olla keskitasoista. Korkean kuvanlaadun tutkimusten säteilyannos onkin 25 % korkeampi, jos verrataan keskitasoiseen. Vatsanalueen kuvausindikaatiot ovat lisääntyneet ja osassa tutkimuksista diagnostinen vaatimustaso on noussut. On tärkeää valita tutkimusprotokolla indikaation mukaisesti. Oikeutus on tärkeää, sillä väärät indikaatiot tai huolimaton diagnosointi voivat lisätä potilaan säteilyaltistusta. Radiologit ja kliinikot vastaavat TT-tutkimusten oikeutuksesta. Kliinikoiden ja lääkäreiden on oltava huolellisia tutkimusten indikaatioiden suhteen ja kuvaavien röntgenhoitajien on hallittava käytössä olevat kuvausohjelmat ja protokollat. (Jartti ym. 2012,3). Teoreettisesti on olemassa annostaso, jonka jälkeen kuvanlaatu ei enää parane, tätä tasoa olisi hyvä olla ylittämättä säteilyrasituksen vuoksi. Riittävä kuvanlaatu riippuu useasti vaikeasti ennalta määritettävistä asioista. Kliiniseen kuvanlaatuun vaikuttaa kiinnostuksen kohteen koko, tiheys ja kontrasti. (Niinimäki 2009, viitattu 20.10.2016.)

TAULUKKO 2. Kuvanlaadun neljä luokkaa (Jartti ym., 2012)

Kuvanlaatu	Kohinan määrä	Sädeannos	Indikaatio
Korkea	Matala	+25 % keskitasoon	Esim. maksatumori
Keskitasoinen	Keskitasoinen		Syöpäkontrollit
Tyydyttävä	Runsaasti	- 25 % keskitasoon	Esim. akuuttivatsa
Välttävä	Hyvin runsaasti	- 65 % keskitasoon	Esim. Virtsatiekivi

Kortesniemi & Lantto (2015) mukaan potilaan TT:stä saama säteilyaltistus vaihtelee sairaaloiden välillä. Säteilyannokseen vaikuttavat laitteiden tekniset erot ja laitteiden käyttötavat. Kuvausohjelmien puutteellinen optimointi vaikuttaa potilaan saamaan säteilyannokseen. (Karla, Maher, Toth, Schmidt, Westerman, Morgan & Saini 2004, 649 - 657).

Potilaan efektiivisen annoksen vähentämiseen on kehitelty erilaisia tekniikoita säteilysuojien lisäksi. Näitä keinoja ovat automaattinen virransäätö (AEC), joka ottaa huomioon potilaan koon pituus- ja paksuussuunnassa. Muita optimointikeinoja ovat muun muassa säteilykeilan rajaimet ja spiraalikuvauksen automaattiset kollimaattorit. Yleistä keinoja ovat myös iteratiivinen rekonstruktio, jolla saadaan poistettua kohinaa matemaattisten algoritmien avulla. Näiden optimointi-

keinojen avulla annosta saadaan vähennettyä jopa 40 % huonontamatta kuvanlaatua. (McCollough ym. 2012, 569.) Elinspesifisellä putkivirran moduloinnilla usein pyritään korvaamaan säteilysuojien käyttö. Putkivirtaa lasketaan pinnallisten säteilyherkkien elinten kohdalla ja kuvanlaadun tasaamiseksi putkivirtaa nostetaan kehon vastakkaisella puolella. (Foley, McEntee & Ranford 2013, 447.) AAPM (American Association of Physicists in Medicine) ei suosittele automaattisen putkivirran modulointia yhdistettynä säteilysuojien käyttöön. Suojat voivat vaikuttaa kuvanlaatuun heikentävästi ja voivat myös lisätä säteilyannosta. Jos suoja asetetaan ennen suunnittelukuvausta, voi putkivirta nousta kuvattaessa, kun automaatio huomioi suojan kuvausalueella. (Foley ym. 2013, 447.)

CARE-Dose4D on automatisoitu kuvauksenhallintatoiminto. Se muokkaa putken virtaa potilaan anatomisten ominaisuuksien mukaan tasaisen diagnostisen kuvanlaadun aikaansaamiseksi. Potilaan aiheuttama vaimennus määritetään suunnittelukuvista, joita yleensä otetaan lateraali- ja AP/PA -suunnassa. Näiden suunnittelukuvien perusteella CARE-Dose4D laskee z-suunnan moduloinnin. Reaaliaikainen modulointi tapahtuu käyttämällä projektiokulman modulointia, jolloin putken virta vaihtelee eri kulma-asennoille riippuen osan muodosta. CARE-Dose4D määrittää sähkömäärän suunnittelukuvien perusteella. (Siemens, SOMATOM käyttöohje, 225–227.)

CARE-kV ehdottaa sopivaa kuvausjännitettä ja siihen sopivaa Quality Ref mAs-arvoa. Käytettäessä CARE-kV – modulointia on tarkistettava, ettei se nosta kuvausjännitettä tarpeettoman korkeaksi. CARE-kV optimointikeinolla saavutetaan optimaalinen kontrastin ja kohinan välinen suhde. CARE-Kv moduloinnilla on kolme eri herkkyyttä, On, Off ja Semi. Tutkimuksen ajan putkijännite pysyy samana. (Siemen, SOMATOM käyttöohje, 227–229.)

Potilasannoksen optimoinnissa ei keskitytä pelkästään potilaan saamaan annokseen vaan keskitytään myös elinten yksittäisiin annoksiin. IRCP on määrittänyt painotuskertoimet, jotka kuvaavat elimen suhteellista säteilyherkkyyttä painotuskertoimella, mitä suurempi kerroin on, sitä säteilyherkempi elin on. Kertoimia käytetään efektiivistä annosta laskettaessa. Säteilyherkkiä elimiä ovat rinnat, punainen luuydin, keuhkot, paksusuoli, sylkirauhaset, mahalaukku ja sukuelimet. Rintojen painotuskerroin on 0,12 ja kivesten painotuskerroin on 0,08. (Zancfa, Demeter, Oyen & Bosmans, 2011; ICRP 2007 viitattu 21.11.2017, 65; Mustonen ym. 2009, 43 - 44.)

Efektiivinen annos on säteilylle altistuneiden elinten sekä kudosten painotettu ekvivalenttiannos. Efektiivinen annos kuvaa säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Laskenta muodostuu absorboituneesta annoksesta sekä kunkin elimen painotuskertoimesta. Absorboitunut annos kertoo, kuinka paljon aineeseen on siirtynyt energiaa säteilystä jaettuna ainemäärän massalla. (Rantanen 2000, Viitattu 13.11.2017). Efektiivinen annos määritetäänkin siis kertomalla säteilylle altistuneet elimet niiden painotuskertoimilla ja laskemalla saadut tulot yhteen. Painotuskertoimet perustuvat vertailuväestöön, joka edustaa molempia sukupuolia ja laajaa ikäjakaumaa. (Säteilyannoksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet, viitattu 2.2.2017.) Vatsaa kuvattaessa kuvausalue on liian suuri 80 %:ssa tutkimuksista, jonka takia kuvausalueen reunamilla säteilyherkkien elinten efektiivinen annos kasvaa huomattavasti. (Zancfa ym. 2011).

3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET SEKÄ TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla säteilyannoksen määrää vatsanalueen TT-tutkimuksessa kiveksille ilman suoja ja annoksen suuruutta lyijykivessuojia käytettäessä. Tutkimuksen tavoitteena oli tuoda näyttöön perustuvaa tietoa lyijykivessuojien vaikutuksesta vatsanalueen TT-tutkimuksissa sekä vaikuttaa sairaalan kuvantamisyksiköiden käytäntöihin lyijykivessuojien käytöstä. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää laadittaessa toimintaohjeita vatsanalueen TT-tutkimuksiin, potilaiden säteilyannoksen optimoinnissa ja turvallisuuskulttuurin kehittämisessä.

Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää tehdessä toimintaohjeita vatsanalueen tietokonetomografiatutkimuksessa. Tutkimusta tehdessä kehittyy oma ammatillinen osaaminen, ja tuloksista hyötyvät henkilökunta sekä potilaat.

Tutkimuskysymykset:

1. Millainen vaikutus lyijykivessuojan käytöllä on kivesten säteilyannokseen vatsan alueen TT-tutkimuksessa?

1.1 Kuinka paljon vatsanalueen TT-tutkimuksessa potilaan kivekset saavat säteilyä ilman lyijykivessuojaa?

1.2 Kuinka paljon vatsanalueen TT-tutkimuksessa potilaan kivekset saavat säteilyä lyijykivessuojaa käytettäessä?

2. Miten lyijykivessuojan asetteluun ajoitus suunnittelukuvan yhteydessä vaikuttaa säteilyannokseen automaattista putkivirranmodulointia käytettäessä?

2.1 Kuinka suuri kivesten säteilyannos on ennen vatsanalueen TT-tutkimuksen suunnittelukuvaa asetetun lyijykivessuojan yhteydessä?

2.2 Kuinka suuri kivesten säteilyannos on vatsanalueen TT-tutkimuksen suunnittelukuvan jälkeen asetetun lyijykivessuojan yhteydessä?

4 TUTKIMUSMETODOLOGIA

Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan kokeellinen empiirinen tutkimus. Tutkimusmetodologiaksi valittiin kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa aineisto muokataan matemaattiseen muotoon, ja näin pyritään esittämään tutkimuksen tulokset. Säteilyannoksen selvittämiseksi on tehtävä kokeellisia mittauksia ja tilastollisia menetelmiä. Mikä tahansa tilastollinen menetelmä ei sovi käsiteltävään aineistoon, vaan sen tulee olla sovelias ja toimiva käsiteltävään aineistoon. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 1997, 130–131; Holopainen & Pulkkinen 2003, 17–18, 24.)

Mittaamisen laatua arvioidaan reliabiliteetin ja validiteetin mukaan. Reliabiliteetti on korkea, jos eri mittauskerroilla saadaan lähellä toisia olevia mittaustuloksia samanlaisesta aineistosta. Reliabiliteetti siis kuvaa mittauksen luotettavuutta eli kykyä tuottaa ei-sattumanvaraisia mittaustuloksia. Validiteetti ilmaisee sen, että on saatu mitattua sitä, mitä lähdettiinkin mittaamaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi, että kivesten annoksen mittaukseen käytettävät anturit ovat kivesten kohdalla, eivätkä niiden ulkopuolella. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 16–17.)

Terveydenhuollossa kehittämishankkeet käynnistyvät, kun huomataan kehittämisen tarve, etsitään ongelmille ratkaisuja ja pyritään saamaan uusia asioita selville. Muutos voi tapahtua työikäntännön ongelman ratkaisemisena ja kehittämisenä. Oulun yliopistollisen sairaalan työntekijät ovat huomanneet puutteita lyijykivessuojan käytössä. Tämän opinnäytetyön avulla he tietävät onko suojan käytöstä hyötyä potilaan saaman säteilyannoksen vähentämisessä. Kun halutaan päästä kehittämishankkeessa parhaaseen mahdolliseen tulokseen, tulee silloin keskittyä todelliseen ongelmaan tai tarpeeseen. Jotta tähän päästään, on jo alkuvaiheessa perehdyttävä jo olemassa oleviin tutkimuksiin, jotta saadaan ajankohtaista tietoa, joka auttaa ongelman ratkaisemisessa. (Heikkilä, Jokinen & Nurmela 2008, 60–61; Kaakkuri-Knuutila & Heinlahti 2006, 12.)

Tutkimuksessa oli tarkoitus kerätä aineistoa kuvaamalla fantomia ja mittaamalla säteilyannos kivesten kohdalla. Tutkimustulosten perusteella pystytään kertomaan, olisiko lyijykivessuojien käytöstä selkeää hyötyä vatsan alueen TT-tutkimuksissa säteilysuojelun kannalta.

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tietoperustan ja tutkimussuunnitelman tekeminen aloitettiin kesällä 2016. Tutkimuksen kohteena oli lyijykivessuojan käyttö vatsan alueen TT-tutkimuksessa. Tutkimussuunnitelma valmistui touku-kuussa 2017. Tutkimussuunnitelma ja lupahakemukset toimitettiin operatiivisen puolen opiskelija-koordinaattorille, joka hyväksyi tutkimussuunnitelman. Tutkimusluvan saaminen kesti viikon, jonka jälkeen sovittiin mittauspäivät, jotka kuitenkin muuttuivat mittareiden lähtiessä Ruotsiin kesäksi kalibroitavaksi.

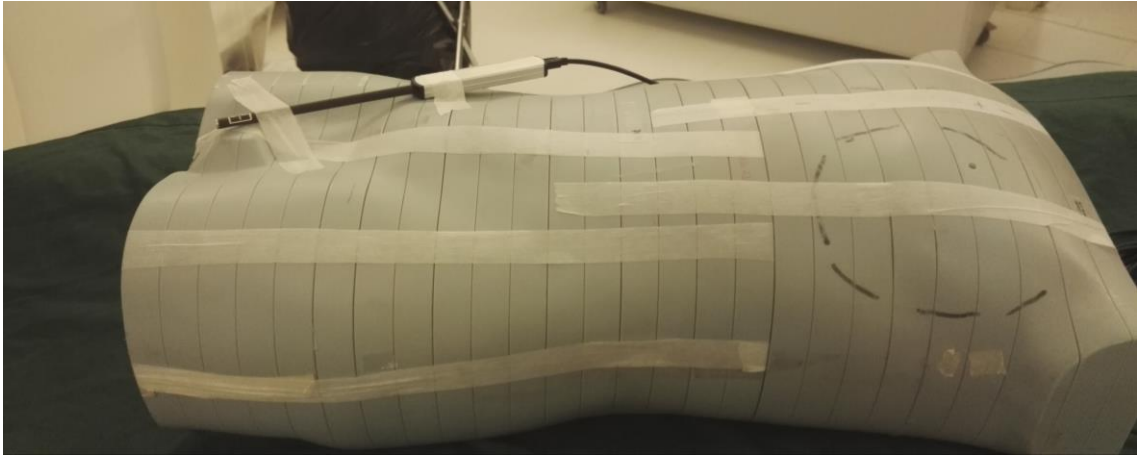
Mittaukset suoritettiin kolmena iltana elo-syyskuussa 2017 Oulun yliopistollisen sairaalan keskus-röntgenissä. Mittauksissa olivat mukana molemmat opinnäytetyön tekijät, keskusröntgenin työn-tekijä sekä fyysikko. Tutkimus rajattiin koskemaan kivesten säteilyannosta vatsan alueen TT-tutkimuksessa. Mittaukset suoritettiin iltaisin, eikä se vaikeuttanut henkilökunnan toimintaa.

Hirsjärvi, Remes ja Sajavaaran mukaan tutkimusmenetelmien pitäisi olla sellaiset, joilla saadaan vastaus parhaiten tutkimusongelmaan. Tutkimuksen suorittivat radiografian ja sädehoidon opiske-lijat, yhdessä opettajan kanssa, ja mittaukset suoritettiin sairaalafysiikan avustamana.

Tutkimustapana oli kokonaistutkimus, jolloin jokainen mittaamamme tulos otettiin huomioon tu-loksia analysoitaessa, kokonaistutkimus on järkevä valita silloin, kun perusjoukko on pieni (ks. Holopainen & Pulkkinen 2008, 29–30).

Tutkimuksessa kerättiin tietoa kuvaamalla fantomia Oulun yliopistollisen sairaalan röntgenosas-tolla Siemens SOMATON Definition Flash CT – laitteella ja kolmella yleisimmin käytetyllä vatsan alueen kuvausparametreillä. Fantom kuvattiin jokaisella kuvausprotokollalla viisi kertaa luotetta-van tuloksen saamiseksi.

Tutkimuksessa säteilytettiin kuvattavaa antropomorphista fantomia (701 Adult ATOM male). Fantomi vastaa kooltaan 170cm pitkää ja 73kg painavaa miestä ja se on viipaloitu 25mm:n pak-suisiin leikkeisiin, jotka ovat mahdollista irrottaa toisistaan. (Kuva 1).



KUVA 1. Tutkimuksessa käytetty CIRS-fantomi (kuva Kaapo Rossi)



Kuva 2. RaySafe Xi detektorin ja Mavig lyijykivessuojan asettelua (kuva Kaapo Rossi)



Kivessuojat teipattiin kiinni fantomiin ja suojen kohta fantomissa merkittiin tussilla, jotta suojen paikka pysyisi jokaisella kerralla samassa kohtaa ja tutkimustulos olisi luotettava. (Kuva 3)(kuva Kaapo Rossi)



KUVA 4. Anturin sijoittaminen ja fiksointi (kuva Kaapo Rossi)

Siemens SOMATON Definition Flash TT-laitteella on käytössä kolme erilaista annosmodulaatiotekniikkaa. Nämä ovat X-CARE-, CARE-kV ja CARE-Dose4D. Tutkimuksessa käyttämämme annosmodulointitekniikoina CARE-Dose4D ja CARE-kV.

Tutkimuksessa käytettiin mittalaitteena Raysafe Xi – mittalaitetta (Kuva 5), joka soveltuu valmistajan mukaan tietokonetomografiamittauksiin, koska se ei häiritse automaattista putkivirran modulointia, jonka vuoksi annoksen mittaaminen iholta on helppoa. Mittalaitteen oikean sijoittelupaikan varmistimme TT-kuvauksella (Kuvio 4), jonka jälkeen merkitsimme mittarin sijainnin kynällä fantomin pinnalle ja teippasimme sen kiinni, jolla varmistimme, ettei se liiku kuvausten aikana (Kuva 4). Lyijykivessuojina käytimme Mavigin ns. kukkaromallin lyijykivessuoja (Kuvio 6). Lyijykivessuoja on 1mm paksuista lyijyä. Anturi sijoitettiin sen sisälle kivesten tapaan.



KUVA 6. Mavig lyijykivessuoja (kuva Kaapo Rossi)



KUVA 7. Anturin paikan varmistus (kuva Kaapo Rossi)

5.1 Kuvaussarjat ja tutkimusprotokollat

Kuvaussarjat suoritettiin kolmella eri kuvausohjelmalla, joissa oli erilaiset modulointikeinot, putkivirta ja kuvausalue (Taulukko 3), jotka olivat vatsa vena, urografia ja virtsatiekivi. Nämä kuvausohjelmat valittiin yhdessä fyysikon ja röntgenin henkilökunnan kanssa, koska nämä ovat yleisimmin käytettävät vatsan alueen tietokonetomografiatutkimukset. Kuvaussarjoissa lyijykives-

suojat aseteltiin paikalleen eri vaiheissa kuvausta, jotta saatiin selville onko asetteluun ajoituksella vaikutusta kivesten saamaan säteilyannokseen. Kuvauksen suoritettiin keskusröntgenin kuvausohjeiden mukaisesti.

Vatsa vena – kuvaussarjaa käytetään Oysin keskusröntgenissä epäselvien kipuoireiden, epäselvien infektioiden hakemiseen, hypovaskulaaristen tuumoreiden ja – metastaasien hoitovasteen seurantaan, sekä tilanteissa joissa tarkempaa kohde elintä ei ole tiedossa. Tutkimuksen annostaso on keskitasoinen ja suoja ohjeistetaan käyttämään suunnittelukuvien jälkeen. Tutkimuksessa käytetään varjoainetta. Lyijykivessuojien käyttöä ei ohjeisteta. (Rautio, Ylitalo & Riikola 2017, 85–86.)

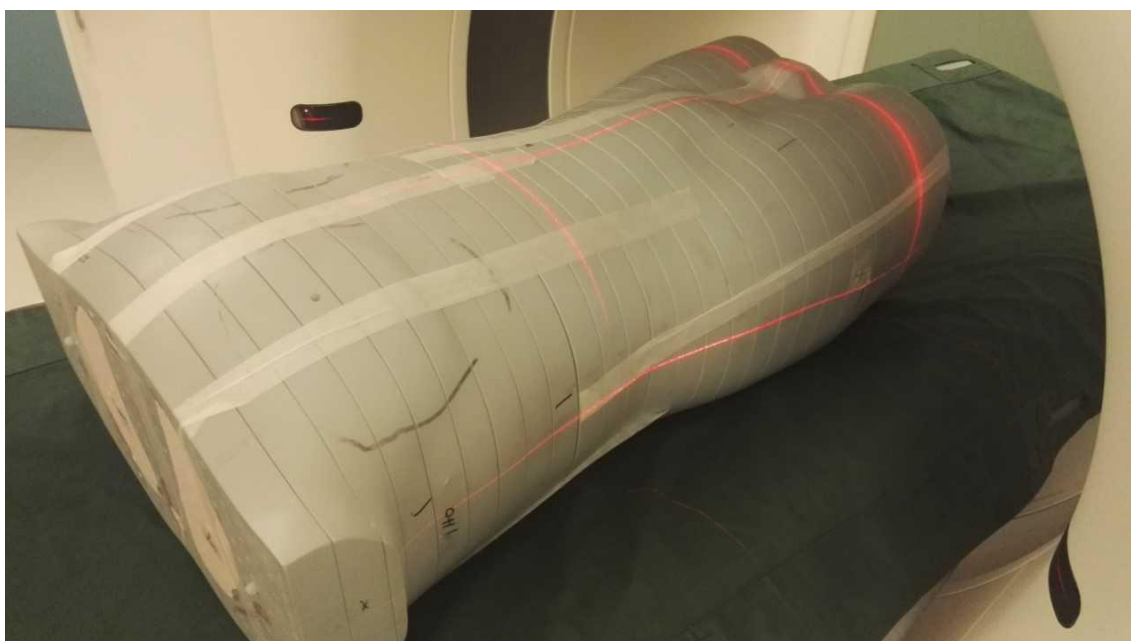
Urografia pitkä protokolla – kuvaussarjan indikaatiot ovat hydronefroosin tai hematurian selvittely, kun maligniteetti todennäköinen. Lisäksi protokollalla selvitetään medullaarista tai papilaarista nekroosia. Annostaso tutkimuksessa on keskitasoinen. Suoja ohjeistetaan käyttämään suunnittelukuvien jälkeen. Tutkimuksessa käytetään varjoainetta. Lyijykivessuojia ei ohjeisteta käyttämään. (Rautio ym. 2017, 101.)

Virtsatiekivi protokollaa käytetään ainoastaan virtsatiekivi selvittelyyn. Annostaso tutkimuksessa on välttävä. Lähetä on näytettävä radiologille aina ennen kuvausta, sillä tutkimus voidaan mahdollisesti korvata säteettömällä tutkimuksella. Suoja ohjeistetaan käyttämään suunnittelukuvien jälkeen. Lyijykivessuojia ei ohjeisteta käyttämään. (Rautio ym. 2017, 94–95.)

TAULUKKO 3. Tutkimuksessa käytetyt kuvausprotokollat.

Kuvaus- protokollat	Modulointikeinot	Referens- si mAs	Referens- si kV	Pyörähdysaika (s)	Kuvau- saika (s)	Pitch	Kuvausalue
Vatsa vena	CARE Care kV Dose4D, On	230	120	0,5	3,85	0,85	Palleasta istuinkyhmyihin
Urografia	CARE Care kV Dose4D, semi	210	120	0,5	8,37	0,6	Munuaisten yläpoolin tasalta istuinkyhmyihin
Virtsat- iekivi	CARE Care kV Dose4D, semi	50	120	0,5	5,15	0,6	Munuaisten yläpoolin tasalta istuinkyhmyihin

Fantomi (Kuva 7.) aseteltiin keskelle kuvauspöytää kuvauksen tapahtuessa jalat edellä. Keskitys leveys suunnassa tapahtui keskelle fantomia ja ylä-alasuunnassa keskelle kehoa. Nämä keskityskohdat merkkasimme kynällä, jotta keskitys olisi joka kuvauskerralla täysin sama. Kuvausalue rajattiin kunkin kuvausohjelman ohjeiden mukaisesti. Jokaisen kuvaussarjan kuvauksessa varmistettiin, että rotaatioaika ja pitch pysyivät samana.



KUVA 7. Fantomi ja sen asettelu tutkimuspöydälle. (kuva Kaapo Rossi)

5.2 Mittaustulosten analysointi

Jokainen kuvaussarja toistettiin viisi kertaa ja jokaisen toiston jälkeen kirjattiin mittarin säteilyannosarvo ylös (μGy) ja annoksista laskettiin keskiarvo. Tällä menetelmällä saatiin kiveksien keskimääräinen absorboitunut säteilyannos. Mittaustulosten luotettavuuden varmentamiseksi mittaukset kirjattiin ylös molempien tutkijoiden toimesta. Mitatut tulokset kirjattiin taulukkopohjiin tietokoneelle sekä paperiselle versiolle. (Liite 1)

6 TULOKSET

Tuloksissa esiintyvät annokset ovat suoria mittaustuloksia. Tutkimusaineisto analysoitiin tutkimuskohtaisesti, jotta tutkimustuloksia olisi helpompi vertailla toisiinsa. Analysoinnissa vertailtiin kivesten saamaa säteilyannosta eri tutkimusprotokollissa sekä lyijykivessuojan ajoituksen vaikutusta kivesten saamaan säteilyannokseen.

6.1 Lyijykivessuojan vaikutus kivesten säteilyannokseen

Lyijykivessuojilla on säteilyannokseen pienentävä vaikutus kahdessa kolmesta toteutetusta kuvausprotokollasta. Suojia käyttämällä saatiin suurimmillaan 71 % pienempi annos verrattaessa kuvaukseen, kun suojia ei käytetty. Ilman lyijykivessuojaa kivekset saivat suurimmillaan 2,00 μGy :n säteilyannoksen, kun lyijykivessuojaa käyttäessä suurin säteilyannos kiveksille oli 1,24 μGy .

6.2 Lyijykivessuojan asettelun ajoituksen vaikutus säteilyannokseen

Lyijykivessuojan asettelu suunnittelukuvaan vähensi kiveksien saamaa säteilyannosta kahdesta kolmessa tutkimuksessa verrattaessa siihen, ettei lyijykivessuojia käytetty ollenkaan. Aseteltaessa lyijykivessuoja jo suunnittelukuvaan saatiin suurimmillaan 38,26 % pienempi annos verrattaessa ettei lyijykivessuojia käytetty. Yhdessä tutkimuksessa säteilyannos kiveksille kasvoi 56,65 % kun lyijykivessuojat aseteltiin jo suunnittelukuvaan. Aseteltaessa lyijykivessuojat jo suunnittelukuvaan saivat kivekset suurimmillaan 1,24 μGy :n annoksen.

Suunnittelukuvan jälkeen asetetut lyijykivessuojat vähensivät kivesten säteilyannosta kahdessa tutkimuksessa kolmesta. Suurimmillaan suunnittelukuvan jälkeen asetetut lyijykivessuojat vähensivät kivesten säteilyannosta 53,46 %. Kivesten säteilyannos aseteltaessa lyijykivessuojat suunnittelukuvan jälkeen oli suurimmillaan 0,93 μGy .

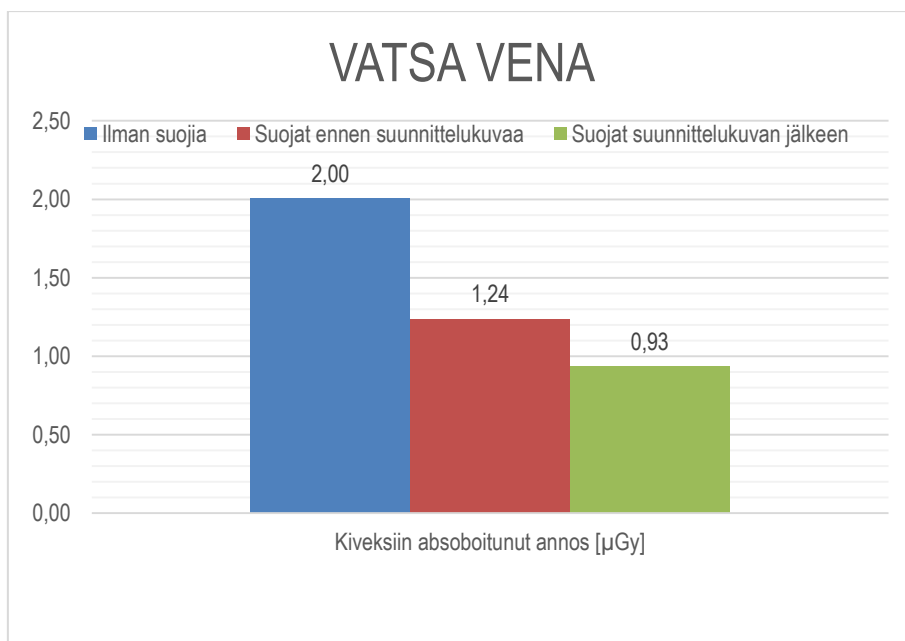
6.2.1 Vatsa vena – kuvausprotokolla

Taulukossa 3 on lyijykivessuojan asetteluun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen käytettäessä vatsavena kuvausprotokollaa.

TAULUKKO 3. Lyijykivessuojien asetteluun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen vatsa vena -kuvauksessa.

	Kiveksiin absorboitunut annos [μ Gy]		
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnittelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	1,87	1,46	1,24
2	2,06	1,37	0,92
3	1,88	1,25	0,80
4	2,01	1,12	0,88
5	2,20	0,98	0,83

Kuviossa 1 nähdään kiveksiin keskimääräisesti absorboituneet annokset vatsa vena kuvausohjelmalla. Annokset ovat viideltä eri kuvauskerralta sekä annos eri suojan asetteluajankohtien osalta.



KUVIO 1. Lyijykivessuojien asetteluun ajoituksen vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen vatsa vena -kuvauksessa.

Mittaustulosten mukaan suurin annos kiveksille tuli, kun lyijykivessuojia ei käytetty lainkaan. Matalin annos saatiin, kun lyijykivessuojat aseteltiin suunnittelukuvan jälkeen ennen varsinaista kuvausta. Lyijykivessuojan asettelu suunnittelukuvan jälkeen pienentää kivesten säteilyannosta verrattuna suurimpaan säteilyannokseen 53,46 %.

6.2.2 Urografia – kuvausprotokolla

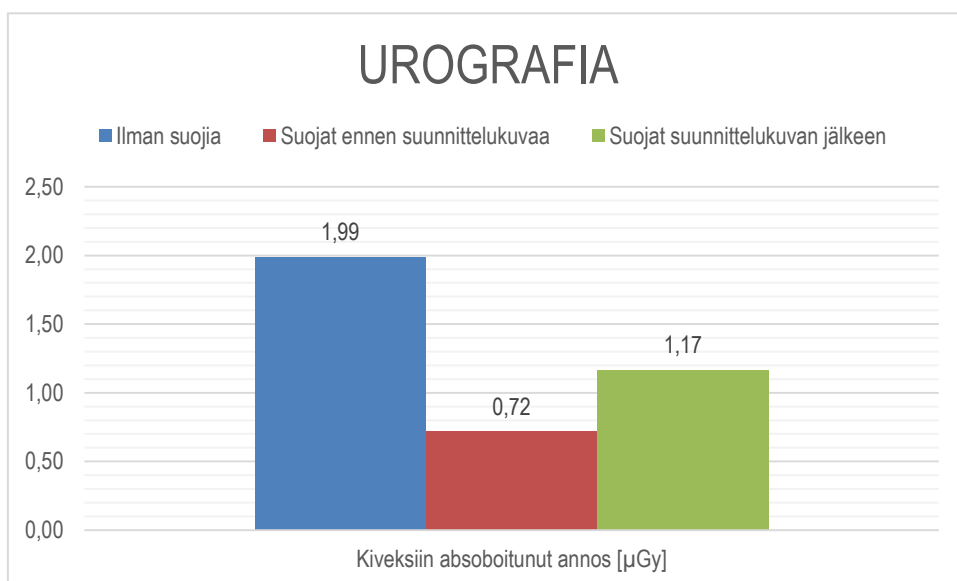
Taulukossa 2 on lyijykivessuojan asettelun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen käytettäessä urografia kuvausprotokolla.

TAULUKKO 2. Lyijykivessuojien asettelun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen urografia -kuvauksessa.

Kiveksiin keskimäärin absorboitunut annos [μ Gy]			
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnittelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	2,08	0,75	1,17
2	2,18	0,68	1,01
3	1,84	0,71	1,17
4	1,92	0,73	1,19
5	1,92	0,72	1,30

Kuviossa 2 nähdään kiveksiin keskimääräisesti absorboituneet annokset urografia kuvausprotokollalla. Annokset ovat viideltä eri kuvauskerralta sekä annos eri suojan asetteluajankohdan osalta.

KUVIO 2. Lyijykivessuojien asettelun ajoituksen vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen urografia-kuvauksessa.



Mittaustulosten mukaan korkeimmat annokset kiveksille saatiin, kun lyijykivessuojia ei käytetty ollenkaan. Matalimmat annokset saatiin, kun lyijykivessuojat olivat paikoillaan jo ennen suunnittelukuvaa. Kivesten absorboitunut annos pieneni 63,87 % verrattaessa suurimpaan säteilyannokseen, joka saatiin kun suojia ei käytetty ollenkaan.

6.2.3 Virtsatiekivi – kuvausprotokolla

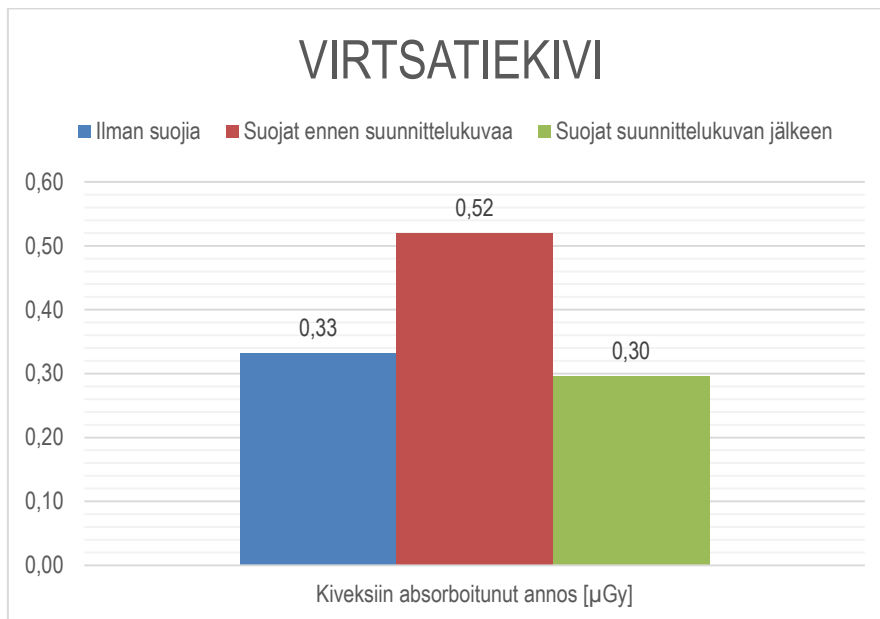
Taulukossa 3 on lyijykivessuojan asettelun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen käytettäessä virtsatiekivi-kuvausprotokollaa.

TAULUKKO 3. Lyijykivessuojien asettelun vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen virtsatiekivi-kuvauksessa

	Kiveksiin keskimäärin absorboitunut annos [μGy]		
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnittelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	0,32	0,51	0,31
2	0,31	0,53	0,28
3	0,34	0,51	0,29

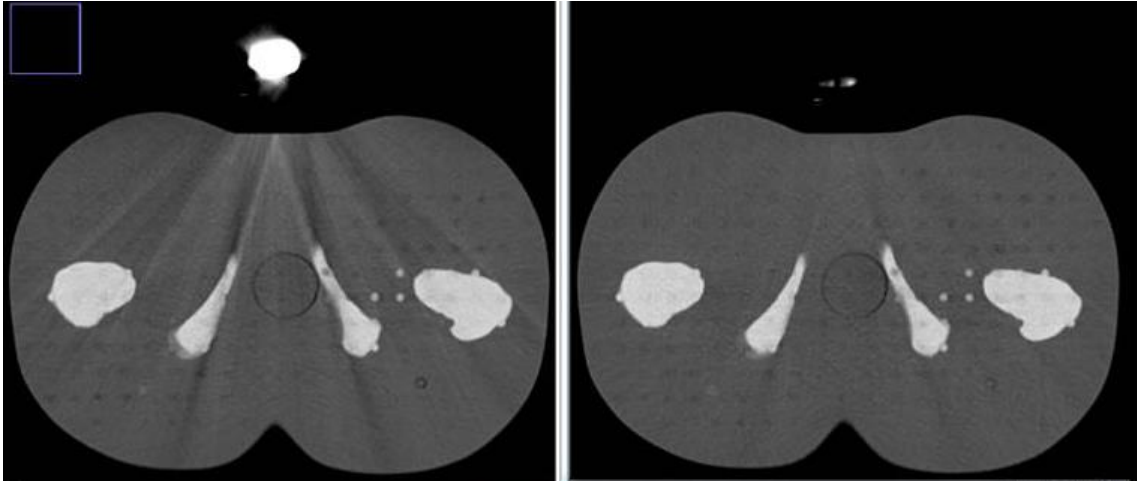
4	0,35	0,53	0,29
5	0,35	0,53	0,32

Kuviossa 3 nähdään kiveksiin keskimääräisesti absorboituneet annokset virtsatiekivi-kuvausprotokollalla. Annokset ovat viideltä eri kuvauskerralta sekä annos eri suojan asetteluajan kohtien osalta.



KUVIO 3. Lyijykivessuojien asetteluun ajoituksen vaikutus kivesten absorboituneeseen annokseen virtsatiekivi -kuvauksessa.

Mittaustulosten mukaan korkeimmat annokset tulivat, kun lyijykivessuojat aseteltiin suunnittelukuvia ennen. Tähän mittaustulokseen vaikutti se, että lyijykivessuoja jäi meidän asetteluvirheestämme 6-9 mm ylemmäs kuin suoja joka laitettiin vasta suunnittelukuvan jälkeen (Kuvio 4). Tämä nosti mAs – arvoa. Matalin annos saatiin, kun lyijykivessuojat aseteltiin paikoilleen suunnittelukuvan jälkeen. Kivesten absorboitunut säteilyannos pieneni 43,16 % verrattaessa suurimpaan annokseen, joka saatiin lyijykivessuojien ollessa koko ajan paikoillaan.



KUVIO 4. Lyijykivessuojan sijainti aseteltuna ennen suunnittelukuvausta.

7 TULOSTEN YHTEENVETO

Lyijykivessuojilla on vatsan alueen tietokonetomografiatutkimuksissa alentava vaikutus kivesten säteilyannokseen kahdessa kolmesta suorittamastamme kuvausprotokollasta. Potilaan kivesten saama säteilyannos vatsan alueen tietokonetomografiatutkimuksessa ilman lyijykivessuojaa oli tutkimuksessamme 0,33 μGy – 2,00 μGy riippuen tutkimusprotokollasta. Käytettäessä lyijykivessuojaa potilaan kiveksien saama säteilyannos oli 0,30 μGy – 1,24 μGy . Potilaan kivesten saama säteilyannos ilman lyijykivessuojaa ja käytettäessä lyijykivessuojaa oli riippuvainen tutkimusprotokollasta.

Kun lyijykivessuoja aseteltiin ennen suunnittelukuvaa, laski kivesten säteilyannosta vatsa vena- ja urografia- kuvausprotokollalla, verrattaessa ettei lyijykivessuojia käytetty. Ennen suunnittelukuvaa asetettu lyijykivessuoja antoi 0,72 μGy – 1,24 μGy annoksen, joka vähensi kivesten säteilyannosta korkeimmillaan 63,87 %. Virtsatiekivi-tutkimusprotokollalla suojiin asettelu ennen suunnittelukuvaa nosti kivesten saamaa säteilyannosta 56,65 %.

Suunnittelukuvan jälkeen asetettu lyijykivessuoja antoi matalimman säteilyannoksen kiveksille vatsa vena- ja virtsatiekivi-tutkimusprotokollalla, säteilyannokset olivat 0,30 μGy – 0,93 μGy . Näissä tutkimusprotokollissa saatiin kiveksille suurimmillaan 53,46 % pienempi säteilyannos. Urografia -tutkimusprotokollassa suunnittelukuvan jälkeen asetettu lyijykivessuoja antoi 38 % suuremman annoksen säteilyannoksen verrattaessa, että suoja olisi asetettu ennen suunnittelukuvaa.

8 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvailla kivesten saamaa säteilyannosta vatsan alueen TT-kuvauksessa ja lyijykivessuojan asettelun ajoituksen vaikutusta kivesten säteilyannokseen. Tutkimuksessa saatiin tarkkaa tietoa kivesten säteilyannoksesta kolmella yleisimmin käytetyllä vatsan alueen kuvausprotokollalla. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää laadittaessa toimintaohjeita vatsan alueen TT-tutkimuksiin, potilaiden säteilyannoksen optimoinnissa ja turvallisuuskulttuurin kehittämisessä.

Suomalaisen keskimäärin saama säteilyannos on noin 3,7 mSv. Tšernobylin ydinonnettomuuden on arvioitu aiheuttavan 0,02 mSv altistuksen suomalaisille vuosittain (Säteilyturvakeskus 2009, 3) ja 2 mSv altistuksen 80 vuoden aikana. Tällä aikavälillä altistuksen on arvioitu aiheuttavan joitain syöpäkuolemia. Samalla aikavälillä suomessa kuolee syöpään noin miljoona ihmistä muihin syihin (Säteilyturvakeskus 2017, viitattu 4.11.2017). Lyijykivessuojien käytöllä tutkimuksessa saimme parhaimmillaan 0,00127 mGy annossäästön. Huomioitaessa, että 1 Gy on noin 1 Sv, voidaan todeta annossäästön olevan suhteessa luonnon taustasäteilyyn minimaalista (Säteilyturvakeskus 2014, viitattu 6.3.2017).

Tutkimuksen kohteesta ja kuvattavasta henkilöstä johtuen kivessuojat voi olla vaikeaa rajata kuvausalueelta. Tutkimusten mukaan kuvaushenkilöstön ammattitaidoissa suojien käytössä on mahdollisesti paljon parannettavaa (Mackay ym. 2012, 35–39; Fawcett & Barter 2009, 369). Lyijysuojat kuvausalueella aiheuttavat artefaktia ja kuvan diagnostinen laatu voi liian heikko indikaatioihin nähden (Niinimäki 2009, viitattu 20.10.2016). Mikäli potilas joudutaan kuvaamaan uudelleen saadaksemme indikaatioita vastaavan kuvanlaadun, aiheutamme potilaalle moninkertaisen säteilyannoksen suojauksella saatavaan annossäästön nähden. Vatsan alueen TT-tutkimuksen keskimääräinen annos on 12 - 16 mSv (Säteilyturvakeskus 2015, viitattu 6.3.2017). Suojien käyttö tutkimuksissa voi siis vaikuttaa radiologin tai klinikon tekemään tulkintaan tai muuttaa kuvanlaatua indikaatioiden vaatimaa tasoa heikommaksi aiemmin hyväksi todetuilla kuvausmenetelmillä ja kuvausarvoilla. Röntgenhoitajien koulutuksessa tulisi siis suojienkäytön opetusta lisätä, jotta saataisiin onnistuneet kuvat suurella varmuudella. Epävarmuus suojien käytössä johtaa potilaiden ylimääräisiin säteilyannoksiin.

TT-tutkimusten haittavaikutukset ovat stokastisia. Suoria haittavaikutuksia ei voida siis tarkkaan osoittaa, mutta voidaan arvioida säteilyn aiheuttavan mutaatioita solutasolla ja näin mahdollisesti aiheuttavan syöpäkasvaimien synnyn. Syövän aiheuttamisen lisäksi tutkimusten säteily voi saada aikaan geneettisiä muutoksia ja aiheuttaa seuraaville sukupolville perinnöllisiä sairauksia. (Salomaa 2002, 122–127.)

Lyijykivessuojien käyttöä tulisi siis pohtia monesta näkökulmasta. Potilaan ikä ja kuinka usein potilasta tullaan kuvaamaan, ovat merkittäviä tekijöitä. Säteilyn aiheuttamat stokastiset haitat ja syövän syntyminen vaativat solujen jakautumista. Nuoret jakautumisvaiheessa olevat solut ovat siis herkempiä säteilylle ja näin ollen nuoret ihmiset ovat herkempiä stokastisille haitoille ja heidän kohdalla optimointi on erityisen tärkeää. Iäkkäämmillä ihmisillä mahdolliset syöpäkasvaimet eivät ehdi kasvaa haitaksi asti (Ks. Mustonen ym 2002.).

8.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimusaineiston suurin säteily määrä 2,0 µGy mitattiin vatsa vena – kuvausprotokollalla jolloin lyijykivessuojia ei käytetty lainkaan. Lyijykivessuojat vähentävät kivesten säteilyannosta, mutta eivät merkittävän suuresti. Vatsan alueen TT-tutkimuksessa kivekset rajataan ulos kuvausalueelta, lyijykivessuojia tulee kuitenkin käyttää kivesten sijaitessa 5cm:n etäisyydellä primaarisädekeilasta. Kuvausalueen rajauksella onkin suuri merkitys kivesten säteilyannokseen. Mitä kauemmas kivekset sijoittuvat kuvausalueen reunasta, sitä pienempi säteilyannos on. (Iball & Brettle 2011, 1020–1026, Dauer ym. 2007, viitattu 31.10.2017.)

Iball ja Brettlen, sekä Dauer ym tekemät tutkimuksissa saadut tulokset ovat vastaavia, kuin teke-mässämme tutkimuksemme. Iball ja Brettle mittasivat kivesten keskimääräiseksi säteilyannossäästöksi 77 %, eri suojien välillä he eivät havainneet merkittävää eroa annossäästöissä. (Iball & Brettle 2011, 1020–1026). Dauer ym saivat tutkimuksessaan 42–58 % säteilyannossäästöön kiveksille, kun ne sijaitivat kuvausalueen ulkopuolella. Säteilyannossäästöön vaikutti käytetyn lyijykivessuojan koko. (Dauer ym. 2007, Viitattu 9.11.2017). Tutkimuksessamme annossäästö vaihteli 43 % - 72 %:n välillä riippuen kuvasprotokollasta.

Hohl ja kumppanit saivat tutkimuksessaan 87 % pienemmän säteilyannoksen kiveksille käyttäessään lyijykivessuojaa. (Hohl ym. 2005, 129–130). Tässä kuvauksessa kivekset sijaitsivat kuvausalueen ulkopuolella ja käytettävä lyijykivessuoja oli kuppimainen. Vastoin kuin aiemmissa tutkimuksissa, mittaukset suoritettiin oikeille ihmisille. Tässä tutkimuksessa säteilyä mittaavat mittarit asennettiin lyijykivessuojan sisäpuolella ja suojan ulkopuolelle mahdollisimman lähelle toista kivestä, ja näin laskettiin saavutettavissa oleva annossäästö. Muissa tutkimuksissa fantomille suoritettiin kuvaus ilman lyijykivessuojia ja lyijykivessuojan kanssa, joka voi vaikuttaa tutkimustulokseen. Annossäästöön voi myös vaikuttaa suojatyyppi, asetukset, kuvausprotokolla, röntgenputken sädespektri, geometria ja mittaustekniikat.

Tulokset poikkesivat toisistaan kuvausprotokollien välillä. Tämä yllätti meidät. Vaikkei asia ihan suoraan olekaan tutkimuskysymyksissä on meistä tarpeellista käsitellä asiaa. Oletuksemme oli, että annokset olisivat pienimmät ja annossäästö suurin, kun lyijykivessuojat aseteltaisiin suunnitelukuvien jälkeen. Näin ei kuitenkaan ollut Urografia-protokollan yhteydessä. Eri kuvausten välillä on kuvausparametreissa eroja. Pieniä eroja oli tutkimusprotokolliin asetetuilla elinkohtaisilla modulaatioasetuksilla. Erot olivat kuitenkin pienet ja emme tarkkoja eroja nähneet kuvauslaitteelta vaan asetukset on tehty laitteelle protokollaa suunniteltaessa ja näihin emme päässeet käsiksi. Voimme kuitenkin päätellä saamistamme tiedoista, että Vatsavena- ja Urografiaprotokollilla on sama pyörähdysaika, mutta eri pitch ja merkittävästi eroava kuvausaika. Näistä voimme analysoida, että Urografiaprotokollassa primäärisädekeila on kapeampi ja pitchin ollessa pienempi sädekeila kulkee enemmän limittäin. Tästä voimme tehdä päätelmän, että dosimetrin läheisyydessä on mahdollisesti enemmän siroavaa säteilyä ja sen määrään suojien aiheuttama annosmodulointi tässä tapauksessa vaikuttaa enemmän kuin Vatsavenaprotokollan yhteydessä. Emme osaa ja pysty tulosta kuitenkaan täysin selittämään. Virtsatiekivi-protokollan kohdalla teimme aseteluvirheen (katso kappale 6.2.3). Sen tulokset eivät siis ole täysin verrattavissa, mutta tuloksista voidaan päätellä, että suojien käytöllä ei ole juurikaan merkitystä annokseen, sillä annos on muutenkin erittäin pieni.

Tulosten pohjalta olemme samaa mieltä kuin Dauer kumppaneineen (Ks. Dauer ym. 2007), että suojia tulisi käyttää vain, jos tutkimuksia on tulossa useampia ja niiden onnistumisesta lyijykivessuojien käytön yhteydessä saadaan riittävä varmuus. Yksittäisten tutkimusten yhteydessä käytöstä ei ole merkittävää hyötyä ja haittariski on selkeästi suurempi.

8.2 Luotettavuuden arviointi

Tutkimuksessa on noudatettu hyvää tutkimusetiikkaa, joka tarkoittaa hyvän tieteellisen käytännön noudattamista. Tutkimuksessa on käytetty kansainvälisiä ja kotimaisia lähteitä. Jokainen tutkimuksessa käytettävä lähde on arvioitu etukäteen, jolla on taattu hyvä lähdekritiikki (Vilkkä 2005, 30–35). Tärkeää on, että tutkija raportoi lähtökohdista, sitoumuksista ja raportoinnista niin, että lukijan on mahdollista arvioida tehtyjen ratkaisujen eettisyyttä (Ketola & Mattila 1995, 20–21). Tutkimuksessa on käytetty eettisesti kestäviä tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä. Tämän tutkimuksen etiikkaa voidaan tarkastella kahdesta tutkijoiden itsensä työlle asettamista vaatimuksista sekä tutkimustietojen julkistamisesta. Tärkeää on, että tutkija raportoi lähtökohdista, sitoumuksista ja raportoinnista niin, että lukijan on mahdollista arvioida tehtyjen ratkaisujen eettisyyttä (Ketola & Mattila 1995, 20–21).

Mittaustulokset kirjattiin niitä vääristelemättä. Tutkimuslupa tutkimukseen haettiin Oulun yliopistolaiselta sairaalalta, ja se toimitettiin keskusröntgeniin. Henkilökunta sai tutustua siihen etukäteen. Mittaustulokset kirjattiin ylös suoraan mittarin näytöltä niitä vääristelemättä. Tutkimustuloksia analysoidessa on käytetty asiaan kuuluvia lähdeviitteitä.

Kuvausohjelman valinta, fantomin asettelu ja kuvausalueen rajausta varmistettiin ppshp:n ohjeista ja kuvauksia valvoneilta osaston laitevastaavilta röntgenhoitajilta. Tehdyistä tutkimuksista ja saaduista tuloksista raportoitii Oysin TT-laitteista vastaavalle sairaalafyysikolle. Fyysikko ei päässyt valvomaan mittauksia, mutta pyrimme varmistamaan jatkuvalla raportoinnilla tulosten oikeellisuuden ja luotettavuuden.

Mittaamisen laatua arvioidaan reliabiliteetin ja validiteetin mukaan. Reliabiliteetti on korkea, jos eri mittauskerroilla saadaan lähellä toisia olevia mittaustuloksia samanlaisesta aineistosta. Reliabiliteetti siis kuvaa mittauksen luotettavuutta, eli kykyä tuottaa ei-sattumanvaraisia mittaustuloksia. Tutkimuksen toteutus on kuvattu niin, että se on toistettavissa. Mittaustuloksia purettaessa molemmat tutkijat kirjasivat lukemat ylös näytöltä, jolloin varmennettiin tulosten yhdenmukaisuus.

Tutkimuksen reliabiliteettiä heikentää uusimpien tutkimusten vaikea saatavuus. Tietoperustaa rakentaessa ja tutkimustietoa etsiessämme törmäsimme usein maksullisiin artikkeleihin. Uusimmat tutkimukset ja artikkelit, jotka käsittelivät meidän kiinnostuksen kohdetta, olivat usein maksullisia ja emme halunneet maksaa artikkeleista. Jouduimme etsimään korvaavia tutkimuksia ja

usein ne eivät tuoneet niin tuoretta tietoa kuin halusimme. Onneksi säteilyfysiikan perusasiat eivät ole radikaalisti muuttuneet. Pyrimme kuitenkin tarkistamaan lähteiden luotettavuuden ja tarkistimme julkaisijoiden tai www-sivustojen ylläpitäjän luotettavuuden.

Validiteetti ilmaisee sen, että on saatu mitattua sitä, mitä lähdeinkin mittaamaan. Validiteetti varmennettiin kuvaamalla anturin sijainti, jotta varmistuttiin sen sijaitsevan kivesten kohdalla (Holopainen & Pulkkinen 2008,16–17). Tutkimuskysymykset ovat selkeästi määriteltä. Etukäteen oli sovittu, mitä asioita mitataan ja kirjataan ylös. On kuitenkin mahdollista, että jotakin on kirjattu väärin.

Kaikki mittaukset suoritettiin samalla TT-laitteella kuvantaen samaa fantomia ja käyttäen samaa lyijykivessuojaa ja annosmittaria. Annosmittarit kalibroitiin ennen niiden käyttämistä ja toimintakunto testattiin samaisella TT-laitteella ennen mittausten aloittamista. Tutkimuksen toteutus dokumentoitiin kuvien ja pöytäkirjan avulla. Mittalaitteen toimintakunto tarkastettiin aina ennen jokaista kuvauskertaa.

Tutkimus on luotettava, koska 35 mittausta saatiin tehtyä ja jokainen mittausta suoritettiin samalla tavalla. Mittari oli aina samassa paikassa ja samalla tavalla asetettuna fantomin pinnalle, lyijykivessuojan sisälle. Tutkimus on toistettavissa suunnitelman mukaisesti. Kuvausalueen pituus on käyttäjistä riippuvainen ja on otettava huomioon luotettavuuden arvioinnissa. Teimme ensimmäisen kuvan yhteydessä kuvan rajauksen ja päätimme käyttää samaa rajausta kaikissa saman protokollan kuvauksissa. Alarajana toimivat istuinkyhmyt ja ylärajat määritettiin kuvausohjeen mukaisesti rajaamalla samaan kylkiluu riviin jokaisella kuvauskerralla (Katso kuvio 4).

Tallennusvaiheessa tapahtuvat virheet aiheuttavat mittaustulosten virheitä, jolla on vaikutusta tulosten luotettavuuteen. Näitä virheitä pyrimme estämään kirjoittamalla tulokset ylös kahteen kertaan, kahden eri toimijan puolesta. Tutkimuksen tulokset kirjattiin sähköisesti taulukoihin ja paperille. Tutkimuksen kulku kirjattiin ylös paperille sekä lopulliseen tutkimusraporttiin. Tutkimus on toistettavissa suhteellisen hyvin. Ongelmia toistettavuuden kannalta ovat fantomin ja mitta-anturin asettelu täysin samaan kohtaan, mikäli merkkiviivat eivät ole säilyneet.

Johtuen fantomin mallista ja käytettävästä mavigin suojasta emme pystyneet tutkimuksessa asettelemaan lyijykivessuojia samaan asentoon kuin se tulisi olemaan oikealla ihmisellä. Lyijykivessuojat aseteltiin anatomisesti oikeaan kohtaan, mutta niiden suuaukko jäi AP suuntaisesti. Oikeal-

le ihmiselle asetellessa suojien suuaukko olisi enemmän kaudo-kranialisesti. Mikäli lyijykivessuojat olisi aseteltu kuten oikealle ihmiselle, olisivat ne tulleet selkeästi kauemmas primäärisädekeilasta. Pidimme tärkeämpänä tutkimuksen kannalta oikeaa etäisyyttä (Ks. Iball & Brettle 2011). Tästä syystä tuloksemme voivat vaihdella muihin tutkimuksiin nähden ja voi osaltaan selittää miksi ihmisillä tehdyssä tutkimuksessa on saatu suuremmat säästöt kuin meidän tutkimuksessa tai muissa fantomilla tehdyissä tutkimuksissa (Ks. Hohl ym. 2005). Pidimme kuitenkin huolen, että lyijykivessuojat aseteltiin tutkimuksessamme samalla tavalla jokaisessa kuvauksessa, lyijykivessuojien asennon tarkistimme kuvapakoista. Virtsatiekivi-protokollan kohdalla teimme asetteluvirheen (katso kappale 6.2.3). Sen tulokset eivät siis ole täysin verrattavissa, mutta tuloksista voidaan päätellä, että suojien käytöllä ei ole juurikaan merkitystä annokseen, sillä annos on muutenkin erittäin pieni.

8.3 Jatkotutkimushaasteet ja omat oppimiskokemukset

Lyijykivessuojan vaikutusta kuvanlaatuun olisi hyvä tutkia enemmän. Olisi myös hyvä tutkia lyijykivessuojan asetteluun kuluva aikaa ja aseptiikkaa sen käytössä. Mikäli suoja käytettäisiin osana tutkimuksia, vähenisikö päivän aikana tehtävien tutkimusten määrä ja pitenisikö tutkimuksiin tulevien jonotusaika merkittävästi. Mahdollista olisi myös tutkia metallireduktio-ohjelmien vaikutusta tutkimuksissa, eli olisiko mahdollista käyttää suoja kuvakentässä. Tehdyn tutkimuksen aineisto olisi voinut olla laajempi ja valittuina olisi voinut olla useampi kuvausprotokolla. Mittausten tekemiseen käytettävä aika yllätti meidät. Ensimmäisellä mittauskerralla saimme neljän tunnin aikana kirjattua 5 mittaustulosta. 35 mittauksen tekemiseen meni meillä muutama kuukausi, ja tutkimus mahdollisuuksia rajoitti osaston aukioloajat. Saimme tehdä mittauksia iltavuorojen aikaan, joita ei osastolla joka viikko ollut.

Tuloksia analysoidessa tuli mieleen useita jatkotutkimushaasteita. Tekniikan kehittyessä voi tulla ajankohtaiseksi tutkia metallireduktio-ohjelmien vaikutus tutkimuksissa, joiden indikaatiot eivät vaadi korkeaa kuvanlaatua eli olisiko mahdollista käyttää suoja kuvakentässä ja saada silti diagnostisesti riittäviä kuvia. Tämä vaatisi yhteistyötä röntgenosaston radiologien kanssa ja uskoiimme sen olevan mielenkiintoinen tutkimusaihe.

Tutkimuksen aikana opimme aiheen rajaamisen tärkeyden. Lisäksi opimme tiedonhausta ja eri tiedonhakumenetelmistä. Työläin osuus oli tietoperustan kirjoittaminen ja siihen vaadittavan tutkimustiedon etsiminen. Tutkimuksien etsimisestä opimme paljon ja osaamme nyt käyttää tietokantoja paremmin ja myös arvioida paremmin lähteiden luotettavuutta. Törmäsimme usein lähteisiin, jotka olivat maksullisia tai niiden alkuperä ei ollut luotettava. Tuoreen tutkimustiedon hankkiminen ei ollutkaan niin yksinkertaista.

Ryhmätyötaidot korostuivat työtä tehdessä. Työn tekeminen tuli yhdistää työhön ja muuhun elämään. Tutkimuksen aikana toinen tekijöistä muutti työn perässä eri paikkakunnalle, ja toinen sai perheenisäystä. Yhteistyö vaati ponnistelua ja suunnittelua. Työtä tehtiin Skypeen ja sähköpostin välityksellä. Tiedostoa muokattiin vuorotellen lähettäen uusin versio aina toiselle. Olosuhteisiin nähden yhteistyö sujui kiitettävästi.

Opimme tutkimusta tehdessä, että tutkimuksen ideointi ja tutkimuksen toteuttaminen käytännössä saattavat poiketa toisistaan. Meille yllätyksenä tuli, kuinka vaikeaa on saattaa tutkimustieto muotoon, jossa vastataan tutkimuskysymyksiin, tai se missä muodossa tutkimuskysymykset tulisi asettaa. Saimme mittaustulokset ilman suuria ongelmia, mutta niiden raportointi ja hyvän tutkimuksen mukainen analysointi, oli vaativaa.

LÄHTEET

CIRS Tissue Simulation & Phantom Technology. 2013. Dosimetry Verification Phantoms. Viitattu 16.9.2017.

http://www.cirsinc.com/file/Products/701_706/701%20706%20DS%20080715.pdf

McCollough, C. H., Chen, G. H., Kalender, W., Leng, S., Samei, E., Taguchi, K., Wang, G., Yu, L. & Pettigrew, R. I. 2012. Achieving Routine Submillisievert CT Scanning: Report from the Summit on Management of Radiation Dose in CT. *Radiology* 264 (2), 567-580.

<https://doi.org/10.1148/radiol.12112265>

Dauer, L., Casciotta, K., Erdi, Y., Rothenberg, L., 2007. Radiation dose reduction price: the effectiveness of male gonadal shield during helical CT scans. *BMC Medical Imaging* 2007, 7:5 Viitattu 6.2.2017.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1831769/>

Fawcett, S. L. & Barter, S. J. 2009. The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs. *BJR* 82 (977), 363-370.

<https://doi.org/10.1259/bjr/86609718>

Foley, S., McEntee, M. & Rainford, L. 2013, An evaluation of in-plane shields during thoracic CT. *Radiation protection dosimetry*, 155, 439–450.

Grobe, H., Sommer, M., Koch, A., Hietschold, V., Henniger, J. & Abolmaali, N. 2009. Dose reduction in computed tomography: the effect of eye and testicle shielding on radiation dose measured in patients with beryllium oxide-based optically stimulated luminescence dosimetry. *European radiology* 19 (5), 1156-1160.

Heikkilä, A., Jokinen, P. & Nurmela, T., 2008. Tutkiva kehittäminen. WSOY

Hirsjärvi S., Remes P. & Sajavaara P. 2004. Tutki ja kirjoita. Tammi.

Hohl, C., Mahnken, A. H., Klotz, E., Das, M., Stargardt, A., Muchelbrunch, G., Schmidt, T., Gunther, R. W., Wildberger, J. E., Radiation Dose Reduction to the Male Gonads During MDCT: The Effectiveness of a Lead Shield. *American Journal of Roentgenology* 2005 184:1, 128-130.
<http://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/ajr.184.1.01840128>

Holopainen, M., & Pulkkinen, P. 2003. *Tilastolliset menetelmät*. Helsinki: WSOY

Iball, G. R., & Brettle, D. S. 2011. Organ and effective dose reduction in adult chest CT using abdominal lead shielding. *The British Journal of Radiology*, 84(1007), 1020–1026.
<http://doi.org/10.1259/bjr/53865832>

ICRP. 2007. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. Viitattu 21.11.2017
http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_2-4

Jaquith, K., 2014. Radiation shielding: A Key Radiation Protection Principle. Viitattu 2.2.2017.
<http://blog.universalmedicalinc.com/lead-shielding-one-key-principles-radiation-protection/>

Jartti, A., Lantto, E., Rinta-Kiikka, I. & Vuorte, J. 2012. *VATSAN TT-TUTKIMUKSET – SUOSITUKSET OMIEN KUVAUSKÄYTÄNTÖJEN KEHITTÄMISEEN*. Viitattu 23.7.2016.
<https://www.sry.fi/file.php?557>.

Jurvelin, J. 2005. *Kuvausmenetelmät*. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, M. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.), *Radiologia*, 1. painos Helsinki: WSOY, Werner Söderström Osakeyhtiö

Jurvelin, J. 2005. *Lääketieteellinen kuvankäsittely*. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, M. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.), *Radiologia*, 1. painos Helsinki: WSOY, Werner Söderström Osakeyhtiö

Järvenpää, R. 2005. *Tutkimusmenetelmät*. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, M. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.), *Radiologia*, 1. painos Helsinki: WSOY, Werner Söderström Osakeyhtiö

Kaakkuri-Knuutila, M-L. & Heinlahti, K., 2006. Mitä on tutkimus? Argumentaatio ja tieteenfilosofia. Gaudeamus.

Karppinen J, Järvinen H. Tietokonetomografialaitteiden käytön optimointi. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2006.

<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/123757/stuk-a220.pdf?sequence=1>

Karla, MK., Maher, MM., Toth TL., Schmidt B., Westerman BL., Morgan HT., Saini S., Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT. Radiology 2004, 649-657.

Ketola, O., Mattila, K., 1995. Tutkimus ja terveydenhuolto. Painosalama OY.

Kortesniemi, M. & Lantto, E. 2015. Tietokonetomografioiden optimointi. Lääketieteellinen Aikakausikirja Duodecim. Viitattu 20.1.2017.

http://www.terveysportti.fi.ezp.oamk.fi:2048/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=duo12009&p_haku=tietokonetomografioiden%20optimointi

Mustonen, R., Salomaa, S. & Kiuru, A. Säteily ja syövän synty 2002. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Säteilyturvakeskus 72-74.

MacKay, M. Hancy, C. Crowe, A. D'Rozario, R. & Ng, C. (2012). Attitudes of Medical Imaging Technologists on Use of Gonad Shielding in General Radiography. The Radiographer. 59. 35-39.

Niinimäki, J., 2009. Kliinisen kuvan laatu. Sädeturvapäivät 5.11.2009. Viitattu 20.10.2016. http://www.sadeturvapaivat.fi/index.php?id=688&cat_ids=x14xx67x#cat67

Paile, W.. 2005. Säteilysuojelu. Teoksessa S. Soimakallio, L., Kivisaari, M., Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.), Radiologia, 1. painos Helsinki: WSOY, Werner Söderström Osakeyhtiö, 79-81.

Paile, W. 2002. Säteilyn haittavaikutustenluokittelu. Teoksessa W. Paile. Säteilyn terveysvaikutukset. Hämeenlinna: Karisto Oy, 44-46.

Rantanen, M., 2000. Sädeturvaluento. Sairaallalääkäriseminaari 28.9.2000. Viitattu 19.1.2017.
<https://www.sry.fi/index.php?44>

Rautio, J., Ylitalo, K. & Riikola, J. 2017. TT-tutkimusten yleisohjeet kaikille laitteille (aikuiset).
Pohjois-Pohjanmaan Sairaanhoidopiiri: Oys/Kuvantaminen.

RaySafe Xi Transparent detector. Tuotekuvaus. Viitattu 4.10.2017
<http://www.raysafe.com/en/Products/Equipment/RaySafe%20Xi/RaySafe%20Xi%20Transparent%20detector>

Salomaa, S. Säteilyn geneettiset vaikutukset 2002. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteilyn terveys-
vaikutukset. Hämeenlinna: Karisto Oy, 122–127.

SIEMENS, Siemens SOMATOM Definition Flash käyttöohje 2012

Suutari, J. 2015. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät 2015. Säteilyturvakeskus.
Viitattu 20.1.2017
<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131372/stuk-b207.pdf?sequence=3>

Säteilyannoksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet. 2014. ST-
ohje 7.2. Säteilyturvakeskus. Helsinki.
<https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST7-2>

Röntgentutkimusten säteilyannoksia. 2015. Säteilyturvakeskus. Viitattu 20.1.2017.
<http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia/>

Säteilyn terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla. 2015. Säteilyturvakeskus. Viitattu
20.1.2017.
<http://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>

Lasten röntgentutkimusohjeisto. 2005. Säteilyturvakeskus. Helsinki. 4.

Viitattu

2.2.2017

https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125016/lasten_rontgentutkimusohjeisto.pdf?sequence=1

Säteilyn terveysvaikutukset 2017. Säteilyturvakeskus. Viitattu 3.11.2017.

<http://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sateilyn-terveysvaikutukset>

Mustonen, R., Sjöblom, K-L., Bly, R., Havukainen., Ikäheimonen, T.K., Kosunen, A., Markkanen, M., & Paile, W. 2009. Säteilysuojelun perussuositukset 2007. Säteilyturvakeskus. Viitattu 29.10.2017

<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124335/stuk-a235.pdf?sequence=1>

Säteilyn terveysvaikutukset. 2009. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Säteilyturvakeskus. Viitattu 3.11.2017.

<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125172/katsaus-sateilyn-terveysvaikutukset-8-2009.pdf?sequence=1>

Vilka, H., 2005. Tutki ja kehitä. Tammi

Zanca, F., Demeter, M., Oyen, R., Bosmans, H., Excess radiation and organ dose in chest and abdominal CT due to CT acquisition beyond expected anatomical boundaries.

LIITTEET

LIITE 1

TAULUKKO VATSA VENA MITTAUSLUKEMISTA [μ Gy]

Kiveksiin keskimäärin absorboitunut annos [μ Gy]			
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnitelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	1,87	1,46	1,24
2	2,06	1,37	0,92
3	1,88	1,25	0,80
4	2,00	1,12	0,88
5	2,20	0,98	0,83

LIITE 2

TAULUKKO UROGRAFIA PITKÄ PROTOKOLLA MITTAUSLUKEMISTA [μ Gy]

Kiveksiin keskimäärin absorboitunut annos [μ Gy]			
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnitelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	2,08	0,75	1,17
2	2,18	0,68	1,01
3	1,84	0,71	1,17
4	1,92	0,73	1,19
5	1,92	0,72	1,30

LIITE 3

TAULUKKO MITTAUSSARJOJEN KESKIMÄÄRÄISESTÄ SÄHKÖMÄÄRÄSTÄ [mAs]

Mittaus	mAs
1	193,34
2	198,38
3	196,60
4	121,56
5	123,53
6	122,28
7	29,34
8	28,34
9	28,20

LIITE 4

TAULUKKO VIRTSATIEKIVI MITTAUSLUKEMISTA

Kiveksiin keskimäärin absorboitunut annos [μGy]			
	Suojia ei käytössä	Suojat ennen suunnitelukuvaa	Suojat suunnittelukuvan jälkeen
1	0,32	0,51	0,31
2	0,32	0,53	0,28
3	0,34	0,51	0,29
4	0,35	0,53	0,29
5	0,35	0,53	0,32