



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mika Nieminen

Tekoälypohjaiset ratkaisut tietokone- mografian annosoptimoinnissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja YAMK

Sosiaali- ja terveysalan palvelujen ja liiketoiminnan johtaminen

Opinnäytetyö

27.11.2023

Tekijä Otsikko	Mika Nieminen Tekoälypohjaiset ratkaisut tietokonetomografian annosoptimoinnissa
Sivumäärä Aika	25 sivua + 2 liitettä 27.11.2023
Tutkinto	Röntgenhoitaja YAMK
Tutkinto-ohjelma	Sosiaali- ja terveysalan palvelujen ja liiketoiminnan johtaminen
Ohjaajat	Dosentti, FT, RH, Yliopettaja Eija Metsälä FL, sairaalafyysikko Teemu Mäkelä
<p>Potilaiden saamat sädeannokset tietokonetomografiatutkimuksissa vastaavat jopa puolesta lääketieteellisessä kuvantamisessa käytetystä säteilyn määrästä. Tutkimusmäärien kasvaessa on kiinnitetty yhä enemmän huomiota erityisesti sädeherkkien elinten saamiin sädeannoksiin. Tekniikan kehittyminen on mahdollistanut erilaisten optimointikeinojen lisäämisen TT-laitteille sädeannoksen pienentämiseksi. Eri optimointikeinojen optimaalinen toiminta vaatii, että potilas on aseteltu juuri oikeaan kohtaan tutkimuspöydällä tutkimusta varten. Myös potilaan asettelua varten on kehitetty uusia tekniikoita tarkemman asettelun saavuttamiseksi.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tekoälypohjaisia optimointikeinoja tietokonetomografiatutkimuksissa ja niiden vaikutusta sädeannokseen. Tutkimuskysymykset olivat; 1) Kuinka paljon ja miksi sädeannokset ovat pienentyneet aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään potilasasettelukameroita? ja 2) Kuinka paljon ja miksi sädeannokset ovat pienentyneet aikuisilla ja fantomilla tehdyissä pään alueen TT-tutkimuksissa, kun käytetään elinkohtaista annosmodulaatiota?</p> <p>Menetelmänä käytettiin scoping-katsausta ja aineistoa etsittiin tutkimuskysymykseen 1 tietokannoista, Cinahl, Pubmed ja Proquest. Neljä julkaisua täytti sisäänotto- ja poissulkukriteerit sekä laadunarvioinnin, joista yksi julkaisu saatiin manuaalisella haulla. Tutkimuskysymykseen 2 aineistoa etsittiin tietokannoista Cinahl, Proquest ja Science-Direct, joista kuusi julkaisua täytti sisäänotto- ja poissulkukriteerit sekä laadunarvioinnin. Näistä neljä julkaisua valittiin mukaan manuaalisella haulla.</p> <p>Tulokset osoittivat elinkohtaisen annosmodulaation olevan tehokas optimointikeino sädeherkkien elinten sädeannoksen pienentämiseksi. Tutkimukset osoittivat myös, että potilas on aseteltava oikein tutkimusta varten optimaalisen sädeannoksen ja kuvanlaadun saavuttamiseksi. Potilasasettelukamerat osoittautuivat kaikissa tutkimuksissa mahdollistavan potilaan tarkemman asettelun tutkimukseen ja näin ollen sädeannoksen paremman optimoinnin.</p> <p>Optimointikeinot pystyvät pienentämään sädeannoksia huomattavasti TT-tutkimuksissa, jos potilas on aseteltu oikein tutkimusta varten. Annossäästöön pyrkivät menetelmät voivat kuitenkin väärästä asettelusta tai keskityksestä johtuen kasvattaa potilaan sädeannosta ja heikentää kuvanlaatua. Potilasasettelukameroiden avulla pystytään tarkempaan potilaan asetteluun ja optimaalisempaan säteilyn käyttöön. Viime kädessä hoitaja aina varmistaa, että potilaan asettelu on oikein tutkimusta varten.</p>	
Avainsanat	annosoptimointi, tietokonetomografia, potilaan asettelu

Author Title	Mika Nieminen AI-based solutions in computed tomography optimization
Number of Pages Date	25 pages + 2 appendices 27.11.2023
Degree	Master of Healthcare
Degree Programme	Master's degree in Service and Business Management in Healthcare and Social Services
Instructors	Dosent, PhD, RT, Principal Lecturer Eija Metsälä Physicist Teemu Mäkelä
<p>Radiation exposures in computed tomography (CT) contribute up to 50 % to the annual radiation in medical examinations. As the number of CT studies increases, more attention has been paid to the radiation doses received by the most radiation-sensitive organs. The development of technology has made it possible to add various optimization methods to CT devices to reduce the radiation dose. The optimal functioning of the different optimization means requires that the patient is placed in exactly the right position on the examination table for the examination. Computer vision-based methods have been developed for positioning the patient to achieve a more precise positioning.</p> <p>This thesis investigates artificial intelligence-based optimization methods in computed tomography studies and their effect on radiation dose. These were the research questions 1) How much and why have radiation doses been reduced in CT examinations performed on adults when patient positioning cameras are used? 2) How much and why have radiation doses been reduced in CT examinations of the head area performed on adults and phantoms when organ-specific dose modulation is used?</p> <p>A scoping review was used as the method, and material was searched for research question 1. in databases, Cinahl, Pubmed and Proquest. Four studies met the exclusion criteria within the quality assessment, and one was obtained by manual search. For research question 2, material was searched in the databases Cinahl, Proquest and ScienceDirect, of which six studies met the inclusion and exclusion criteria and the quality assessment. Four of these were selected by manual search.</p> <p>The results showed that organ-specific dose modulation is an effective optimization method to reduce the radiation dose of radiosensitive organs. The studies also showed that the patient must be positioned correctly for the examination to optimize the patient radiation dose and image quality. Radiation to the right place for the patient. In all examinations, the patient positioning cameras proved to enable a more precise positioning of the patient for the examination and thus a better optimization of the radiation dose.</p> <p>Optimization methods can significantly reduce radiation doses in CT examinations if the patient is positioned correctly for the examination. If the patient is positioned or centered incorrectly, dose saving techniques may increase radiation exposure and decrease image quality. With the help of patient positioning cameras, more precise positioning of the patient and more optimal use of radiation is possible. Ultimately, however, the radiographer ensures that the patient's position is correct for the examination.</p>	
Keywords	dose optimization, Computed Tomography, patient positioning

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tekoäly ja sen sovellukset tietokonetomografiassa	2
2.1	Tekoäly (Artificial Intelligence, AI)	2
2.2	Tietokonetomografia	3
2.3	Annosoptimointi	3
2.4	Elinkohtainen putkivirran modulaatio	4
2.5	Potilasasettelukamerat	4
3	Opinnäytetyön tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset	5
4	Tutkimuksen metodologia	5
4.1	Scoping-katsaus	5
4.2	Aineiston hakuprosessi	6
4.2.1	Hakusanat ja hakustrategia	7
4.2.2	Sisäänotto- ja poissulkukriteerit	7
4.2.3	Aineiston valinta	9
4.3	Laadunarviointi	12
4.4	Aineiston analysointi	12
5	Tulokset	12
5.1	Sädeannosten pienentyminen aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään potilasasettelukameroita	13
5.1.1	Annosoptimointi	14
5.1.2	Asettelu	14
5.1.3	Potilasryhmä	15
5.2	Sädeannosten pienentyminen aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään elinkohtaista annosmodulaatiota	15
5.2.1	Annosoptimointi	16
5.2.2	Pään TT-kuvaus	16
5.2.3	Tutkimuskohde	17
6	Pohdinta	18
6.1	Tulosten tarkastelu	18
6.2	Luotettavuus	20
6.3	Eettisyys	20

6. Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset	21
Lähteet	22
Liitteet	
Liite 1. Aineiston laadunarviointi	
Liite 2. Artikkeleiden kuvaus	

1 Johdanto

Säteilyä käytetään terveydenhuollossa terveyden edistämiseen ja ihmisten tutkimiseen. Lääketieteellisessä kuvantamisessa säteilyä käytetään esimerkiksi röntgentutkimuksissa. Säteilystä saadun hyödyn lisäksi se aiheuttaa ihmisille myös haittaa minkä takia sen käytöstä aiheutuvan hyödyn on oltava aina isompi kuin siitä aiheutuva haitta. Tämä oikeutusperiaate on yksi kolmesta säteilyn käytön peruseriaatteesta. Toinen periaate on optimointiperiaate, joka tunnetaan myös ALARA-periaatteena (As Low As Reasonably Achievable). Sen mukaan toiminnasta aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimin on mahdollista. Lääketieteellinen altistus rajataan vain välttämättömään tavoitellun tutkimus- ja hoitotuloksen saavuttamiseksi tai toimenpiteen suorittamiseksi. Kolmas periaate on yksilönsuojaperiaate, jonka mukaan työntekijöiden tai väestön altistus ei ylitä vahvistettuja enimmäisarvoja tai annosrajoja. (Säteilylaki, 2. luku, §5–7.) Ihmiselle aiheutuvan säteilyannoksen määrä ilmoitetaan yksiköllä sievert (Sv). Annos on niin suuri, että se ilmoitetaan usein yksikön tuhannesosina eli millisievertinä (mSv) tai miljoonasosina eli mikrosievertinä (μSv). (Rantanen 2000.) Säteilynkäyttöä ohjaa Suomessa säteilylaki ja sen käyttöä valvoo Säteilyturvakeskus (STUK).

Röntgentutkimusten määrä Suomessa oli vuonna 2021 5,7 miljoonaa. Laskua esimerkiksi vuoteen 2018 oli 4,8 %. Näistä tutkimuksista tavanomaisia ja varjoainetutkimuksia oli 47 %, 39 % hammasröntgentutkimuksia, 11 % tietokonetomografiatutkimuksia, 1 % läpivalaisu- tai tietokonetomografiaohjattuja toimenpiteitä, 0,8 % verisuonten varjoainetutkimuksia ja 0,7 % KKT-tutkimuksia. (STUK 2022.) Yleisimmät TT-tutkimukset ovat pään-, vatsan- ja vartalon tutkimukset (Suutari, 2015). TT-tutkimuksesta saatava sädeannos on kymmeniä, jopa satoja kertoja suurempi kuin tavallisesta röntgenkuvasta saatu sädeannos (STUK 2017). Tästä syystä myös annsoptimointiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota TT-tutkimusta suoritettaessa. TT-laitteiden tekniset ominaisuudet ovat kehittyneet paljon viimeisen kymmenen vuoden aikana mahdollistaen nopeamman ja tarkemman kuvauksen ja lisännyt TT:n käyttöä diagnostiikassa. Myös annsoptimointiin on tullut uusia sovelluksia kehittyneen tekniikan myötä ja sillä on tärkeä osa lääketieteellisessä kuvantamisessa. Optimoinnilla pyritään aina mahdollisimman hyvään kuvanlaatuun mahdollisimman pienellä sädeannoksella, johon vaikuttavat esimerkiksi potilaan ikä, koko ja varjoaineen käyttö kuvauksessa. (Kortesniemi & Lantto, 2015.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia, millä tavalla annosoptimointia hyödynnetään tietokonetomografiatutkimuksissa nimenomaan tekoälyä apuna käyttäen. Työ on osa Metropolian AI based solutions in dose management (Dosis) -hanketta, joka tehdään yhdessä Singapore Institute of Technology-yliopiston kanssa.

Tekoäly on laaja käsite ja se sisältää menetelmiä, sovelluksia ja ohjelmistoja. Siitä puhutaan ja kirjoitetaan tällä hetkellä paljon ja sen tuomat mahdollisuudet ovat merkittäviä. Sitä koitetaan hyödyntää eri aloilla niin liiketoiminnassa kuin terveydenhuollossakin. Se on ympärillämme esimerkiksi puheentunnistuksessa tai kielten käännöksessä (tekoäly-aika.fi). Tekoälyn käyttöä radiologiassa on tutkittu paljon viime vuosina ja yhtenä esimerkkinä sen käytöstä on optimointi (Huhtanen, Nyman, Karlsson, Hirvonen, 2020). Tämän systemoidun kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään tuomaan esiin ne keinot, joilla tietokonetomografiatutkimusten sädeannoksia optimoidaan tekoälypohjaisten keinojen avulla.

2 Tekoäly ja sen sovellukset tietokonetomografiassa

2.1 Tekoäly (Artificial Intelligence, AI)

Tekoälystä puhutaan ja kirjoitetaan tänä päivänä paljon ja se on käsitteenä laaja ja moniulotteinen kokonaisuus. Tarkan määritelmän antaminen sille on hankalaa ja eri aikakausina siitä on käytetty eri määritelmiä. Käsitteenä Artificial Intelligence mainittiin ensimmäisen kerran vuonna 1956 Dartmouth Collegessa USA:ssa professoreiden McCarthy ja Minskyn toimesta. Heidän määritelmänsä tuolloin oli ”koneiden mahdollisuus ymmärtää, ajatella ja oppia ihmisten tavoin” (Pan, 2016). Termi tekoäly viittaa käsitteenä älykkyyteen. Koneiden ja ihmisten älykkyydestä puhuttaessa se on kuitenkin epämääräinen käsite, joten tekoälytutkijat käyttävät mieluummin termiä rationaalinen. (Ala-Pietilä ym. 2019.) Alan Turing esitti vuonna 1950 artikkelissaan ajatuksen koneen ajattelukyvyistä sekä Turingin testin, joka vastaa kysymykseen ”voivatko koneet ajatella?” (Turing, 1950). Kyseistä artikkelia pidetään tärkeänä osana tekoälyn historiaa. Parin viime vuosikymmenen aikana tekoäly on kehittynyt huimaa vauhtia tekniikan kehittyessä ja nykyään sitä on kaikkialla ympärillämme ja sitä käytetään useilla eri tieteenaloilla. Se ei ole yksi teknologia vaan siihen kuuluu eri menetelmiä, sovelluksia ja tutkimussuuntia. (Ailisto, Heikkilä, Helaakoski, Neuvonen, Seppälä, 2018). Tänä päivänä tekoälystä käytetään esimerkiksi määritelmää; ”Keinotekoinen älykkyys, jolla voidaan ratkaista

monimutkaisia ongelmia koneiden avulla”. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018.) Se voidaan jakaa myös kapeaan ja vahvaan tekoälyyn. Tämänhetkinen käytössä oleva tekoäly on kapeaa tekoälyä. Vahvaa tekoälyä ovat toiminnot, missä tekoäly pystyy suorittamaan useita samoja toimintoja kuin ihmisetkin. Tekoälypohjaiset järjestelmät voivat toimia ohjelmistopohjaisesti ja virtuaalisesti (puheohjaus, kasvojentunnistus, hakukoneet) tai se voi olla sisällä laitteistossa (dronit, kehittyneemmät robotit). Tekoäly saavuttaa rationaalisen toimintamallin esimerkiksi havaitsemalla ympäristöä antureiden kautta tai keräämällä ja tulkitsamalla tietoa. Tekoälyjärjestelmät voivat oppia numeerisia malleja tai käyttää symbolisia sääntöjä ja pystyvät myös mukauttamaan käyttäytymistään analysoimalla aikaisemman toimintansa vaikutusta ympäristöön. (Ala-Pietilä ym. 2019.)

2.2 Tietokonetomografia

Tietokonetomografia on lääketieteellinen kuvantamismenetelmä, jossa potilaasta kuvataan poikkileikekuvia. Röntgensäteet kollimoidaan viuhkamaiseksi säteilykeilaksi ja kohdetta kuvataan monesta eri suunnasta. Säteilyn vaimenemista mitataan vastakkaisella puolella olevilla ilmaisinelementeillä. Ilmaisinelementeistä muodostuu ilmaisirivejä, joita on vierekkäin useita kymmeniä tai muutamia satoja. Näin yhdellä pyörähdyksellä saadaan kuvattua useiden senttimetrien levyinen alue. Kudoksilla on eri lineaariset vaimenemiskertoimet, joiden vaikutuksesta alkuperäinen fotonikeila vaimenee. Kuvaukskohteesta saatavat vaimenemisprofiilit sisältävät informaation, josta rekonstruoidaan leikekuva. Leikekuvista muodostetaan yksityiskohtaisia kuvia, joissa elimet eivät kuvaudu päällekkäin kuten kaksiulotteisissa kuvissa. Helikaalikuvauksessa pöytä liikkuu tasaisesti säteilytyksen aikana ja aksiaalikuvausessa pöytä liikkuu säteilytysten välissä. (Nieminen, 2017a.)

2.3 Annosoptimointi

Säteilyn käyttö röntgentutkimuksissa on oltava mahdollisimman pientä, mutta kuitenkin niin riittävää, että tutkimuksen tavoite täyttyy. Oikeutusperiaatteen mukaan tutkimuksesta saadun hyödyn pitää olla suurempi kuin terveydelle aiheutuva haitta. Lääkärin on harkittava tutkimuksen oikeutusta, kun hän laatii lähetteen ja noudatettava erityistä harkintaa, kun tutkimusta suunnitellaan lapselle tai raskaana olevalle naiselle. Optimointiperiaatteen mukaan terveydelle haitallinen säteilyaltistus on pidettävä toimenpiteisiin nähden mahdollisimman pienenä. Lähetteestä on käytävä ilmi tutkimusindikaatio ja tarpeelliset tiedot optimaalisen tutkimuksen suorittamiseen. Sädeannoksen optimointiin

vaikuttavia seikkoja ovat laitteen valinta, potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen, laadunvarmistus sekä toimenpiteen tekotapa riittävän diagnostisen tiedon saamiseksi. (Soinmakallio, Kivisaari, Manninen, Svedström, Tervonen, 2005:83, Stuklex, 2014.)

Yleisimpiä keinoja annosoptimoinnille ovat muun muassa putkijännitteen valinta, kehon koon mukaan valittu tutkimusprotokolla, putkivirran modulaatio, ylimääräisten kuvasarjojen välttäminen ja kuvausalueen rajaaminen vain tarvittavalle alueelle (Woo Goo Hyun, 2012, Kortnesniemi & Lantto, 2015:131).

2.4 Elinkohtainen putkivirran modulaatio

Sädeherkkien elinten suojaamiseksi ylimääräiseltä säteilyltä on useita erilaisia keinoja. Tällä annosmodulointikeinolla pyritään vähentämään sädeherkkien elimien annosta TT-kuvauksen aikana. GE:n käyttämä ODM-tekniikka pienentää sädeannosta putkivirtaa pienentämällä putken pyörähtäessä potilaan etupuolella (180 asteen alue vartalon kuvauksissa, 90 asteen alue pään kuvauksissa), mutta ei lisää putkivirtaa potilaan takapuolella. (Kelly, May, Bujila, 2018.) Siemensin käyttämä X-Care-tekniikka alentaa putkivirtaa yksinomaan 120 asteen alueella potilaan etupuolella ja lisää putkivirtaa potilaan takapuolella, jotta saavutetaan jotakuinkin vastaava putkivirran ja kuvausajan tulo, eikä kuvanlaatu myöskään heikkene (Hoang ym. 2012, Dua ym. 2011).

2.5 Potilasasettelukamerat

Potilaan asettelussa apuna käytettävät asettelukamerat mahdollistavat potilaan tarkan asettelun TT-tutkimusta varten. Tutkimuspöydän yläpuolella ”kanturin (gantryn)” edessä on kattoon kiinnitetty 3D-kamera, mikä määrittää potilaan anatomisten ääriviivojen perusteella potilaan sijainnin, muodon, pituuden ja korkeuden tutkimuspöydällä. Potilaan ollessa tutkimuspöydällä, painamalla gantryssa kiinni olevasta paneelin napista, hoitaja käynnistää 3D-kameran kuvauksen ja tietokone alkaa analysoimaan sitä. Kehon ääriviivoista keskitysohjelma muodostaa syvyyskuvan ja laskee potilaan keskipisteen korkeussuunnassa. Valitun kuvausohjelman sekä kehon muotojen perusteella ohjelma määrittää kuvausalueen, minkä jälkeen tutkimuspöytä ajetaan haluttuun aloituskohtaan ja oikealle korkeudelle. (Gang ym. 2020, Booij, Budde, Dijkshoorn & van Straaten, 2019.)

3 Opinnäytetyön tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, kuinka paljon ja miksi tekoälypohjaiset optimointikeinot pienentävät sädeannosta tietokonetomografiatutkimuksissa. Tarkoitus on systemoidun kirjallisuuskatsauksen avulla kuvata tämänhetkinen tutkimustieto kahdesta eri optimointikeinosta ja selvittää millaisia optimointituloksia on saatu eri annosoptimointikeinoilla.

Tutkimuskysymykset

1. Kuinka paljon ja miksi sädeannokset ovat pienentyneet aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään potilasasettelukameroita?
2. Kuinka paljon ja miksi sädeannokset ovat pienentyneet aikuisilla ja fantomilla tehdyissä pään alueen TT-tutkimuksissa, kun käytetään elinkohtaista annosmodulaatiota?

4 Tutkimuksen metodologia

4.1 Scoping-katsaus

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä toimi parhaiten scoping-katsaus. Sen etuna on, että siihen voidaan sisällyttää erityyppistä kirjallisuutta, joka ei rajoitu pelkästään tutkimustuloksiin (Peters ym. 2020). Useista kirjallisuuskatsaustyypeistä huolimatta, niissä kaikissa on tiettyjä yhteneväisyyksiä työvaiheissa. Jokainen sisältää kirjallisuuden haun, arvioinnin sekä aineiston perusteella tehdyn synteetin ja analysoinnin. (Suhonen, Axelin, Stolt, 2016:8.) Arksey & O`Malley (2005:21) mukaan yksi syy scoping-katsauksen valintaan, on tehdä yhteenvetoa tutkimustuloksista ja jakaa sitä tietoa eteenpäin. Opinnäytetyöstä saadusta tiedosta on hyötyä kliinisen työn tekijöille annosoptimoinnista TT-tutkimuksissa, mikä tukee myös Suhosen ym. (2016:11) mukaan scoping-katsauksen valintaa tutkimusmenetelmänä.

Katsauksessa käytettiin Joanna Briggs Instituten (JBI) kehittämää viitekehystä (taulukko 1), jossa työvaiheet on jaettu yhdeksään eri osaan. Alkuperäisen version ovat luoneet Arksey & O`Malley (2005), minkä jälkeen sitä on kehitetty nykyiseen muotoonsa.

Taulukko 1. JBI viitekehys

1. Tutkimuksen tarkoituksen ja tutkimuskysymysten määrittely
2. Sisäänottokriteerien määrittely
3. Tiedonhaun suunnittelu
4. Tiedonhaku
5. Tutkimusten valinta
6. Tutkimusten taulukointi
7. Aineiston analysointi
8. Tulosten esittely
9. Tulosten yhteenveto, johtopäätökset ja kehitysehdotukset

4.2 Aineiston hakuprosessi

Tutkimuskysymyksiä muokattiin lopulliseen muotoonsa tekemällä ensin testihakuja eri hakusanoilla eri tietokannoista. Apuna aiheen jäsentämiseen käytettiin PICO-menetelmää, joka tulee sanoista (P = patient, kohde mitä tutkitaan, I = interventio, menetelmä, millä ongelmaa tutkitaan, C = comparison, vertailtava toimenpide, O = outcome, tulokset, mitä halutaan selvittää). Suhosen ym. (2016:36) mukaan PICO voi auttaa aiheen jäsentämisessä ja sen avulla voidaan tunnistaa tutkimuskysymyksen osat. Taulukossa 2 on esitetty tutkimuskysymysten apuna käytettyä PICO-menetelmää.

Taulukko 2. PICO

	P	I	C	O
Tutkimuskysymys 1	Pää	elinperusteinen putkivirran modulaatio	pään alueen TT-tutkimukset	sädeannoksen pienentyminen
Tutkimuskysymys 2	Pää	potilasasettelukamerat	pään alueen TT-tutkimukset	sädeannoksen pienentyminen

4.2.1 Hakusanat ja hakustrategia

Tutkimuskysymyksissä käsitellään kahta eri annosoptimointikeinoa, joille molemmille tehtiin omat aineiston haut hieman eri tietokantoja käyttäen. Tutkimuskysymyksissä oli aluksi mukana myös rintakehän alueen tutkimukset, mutta työn laajuuden takia aihe rajattiin koskemaan vain pään alueen tutkimuksia. Annosoptimoinnista käytetään hieman eri termejä riippuen, minkä valmistajan laitteesta on kysymys, tämän takia koehakuja tietokannoista tehtiin useita. Stoltin ym. (2016:37) mukaan sanojen ideointiin kannattaa käyttää mitä tahansa lähdettä, josta saa aiheeseen liittyviä sanoja. Näitä sanoja etsittiin mm. valmistajien (Siemens, GE) kotisivuilta. Elinperusteisesta putkivirran modulaatiosta käytetään mm. nimityksiä organ-specific dose-reduction (OSDR), organ-based tube current modulation (OBTCM) tai organ dose modulation (ODM). Lisäksi eri valmistajilla on eri nimitykset samalle optimointitekniikalle. Eri tietokannoissa osumia löytyikin hieman eri hakusanoja käyttämällä ja toiseen tietokantaan käytetyt hakusanat eivät välttämättä antaneet yhtään osumaa jossakin toisessa tietokannassa. Ongelmana olikin, että hakusanat antoivat joko todella paljon osumia tai hyvin vähän. Apuna käytettiin myös Metropolian informaattikkoa ennen lopullisten hakujen tekemistä. Tietokannoiksi tässä työssä valikoitui tutkimuskysymykseen 1 Pubmed, Proquest ja Cinahl sekä tutkimuskysymykseen 2 Cinahl, Proquest ja ScienceDirect. Lopulliset hakutermit ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Hakusanat.

Tutkimuskysymys 1.	Tutkimuskysymys 2.
computed tomography	computed tomography
ct	organ based tube current modulation
3D camera	adults
patient positioning	head
radiation dose reduction	phantom

4.2.2 Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Tämän työn sisäänottokriteereinä olivat tieteelliset, tiivistelmän sisältävät julkaisut, jotka koskivat aikuispotilaita. Annosoptimointi on kehittynyt paljon viimeisen kymmenen vuoden aikana, joten julkaisujen ajankohta rajattiin 2010 jälkeen ilmestyneisiin tutkimuksiin.

Ajankohdan rajausta kyseisille vuosille helpotti myös tieto siitä, milloin kyseisiä optimointikeinoja on otettu käyttöön eri valmistajilla. Aineiston kokoa voidaankin hallita mm. rajaamalla tutkimusten julkaisuvuosia (Stolt ym. 2016: 26). Aineiston haussa haasteena oli löytää juuri pään aluetta koskevia tutkimuksia. Suurin osa haluttua optimointikeinoa koskevasta aineistosta kohdistui rintakehän alueelle. Potilasasettelukamerat ovat optimointikeinoista uudempi, joten niitä koskevia tutkimuksia etsittiin vuosien 2015–2022 väliltä. Näitä koskevaa tutkimusaineistoa olikin huomattavasti vaikeampi löytää ja tutkimuksia ei ole tehty kovin montaa. Lisäksi esimerkiksi koko tekstin saatavuus kriteerinä saattoi rajata pois aineistoon muuten soveltuvaa aineistoa.

- Suomen- tai englanninkielinen julkaisu
- Tieteellinen julkaisu
- Sisältää tiivistelmän
- Kohdeikäryhmä yli 18-vuotiaat
- 2010 tai sen jälkeen tehdyt julkaisut (tutkimusk. 2.)
- 2015 tai sen jälkeen tehdyt julkaisut (tutkimusk. 1.)
- Käsittelee tietokonetomografiatutkimusta
- Koko teksti saatavilla

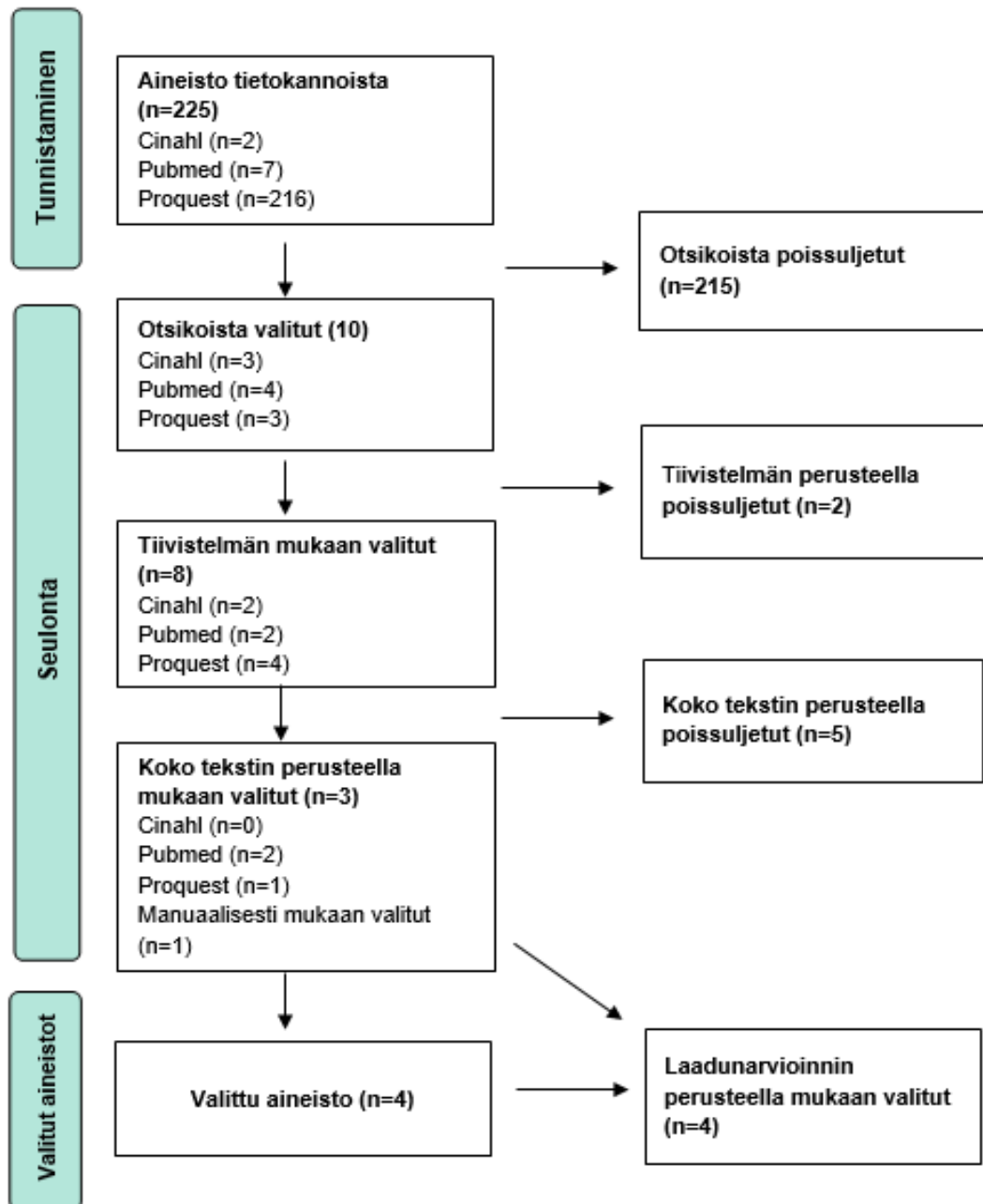
Kuvio 1. Sisäänottokriteerit

- Julkaisu on muu kuin suomen- tai englanninkielinen
- Koko tekstiä ei ole saatavilla
- julkaisu on liian vanha
- Kohderyhmä liian nuoria
- Ei tieteellinen julkaisu
- Ei käsittele tietokonetomografiatutkimusta
- Koko teksti ei saatavilla

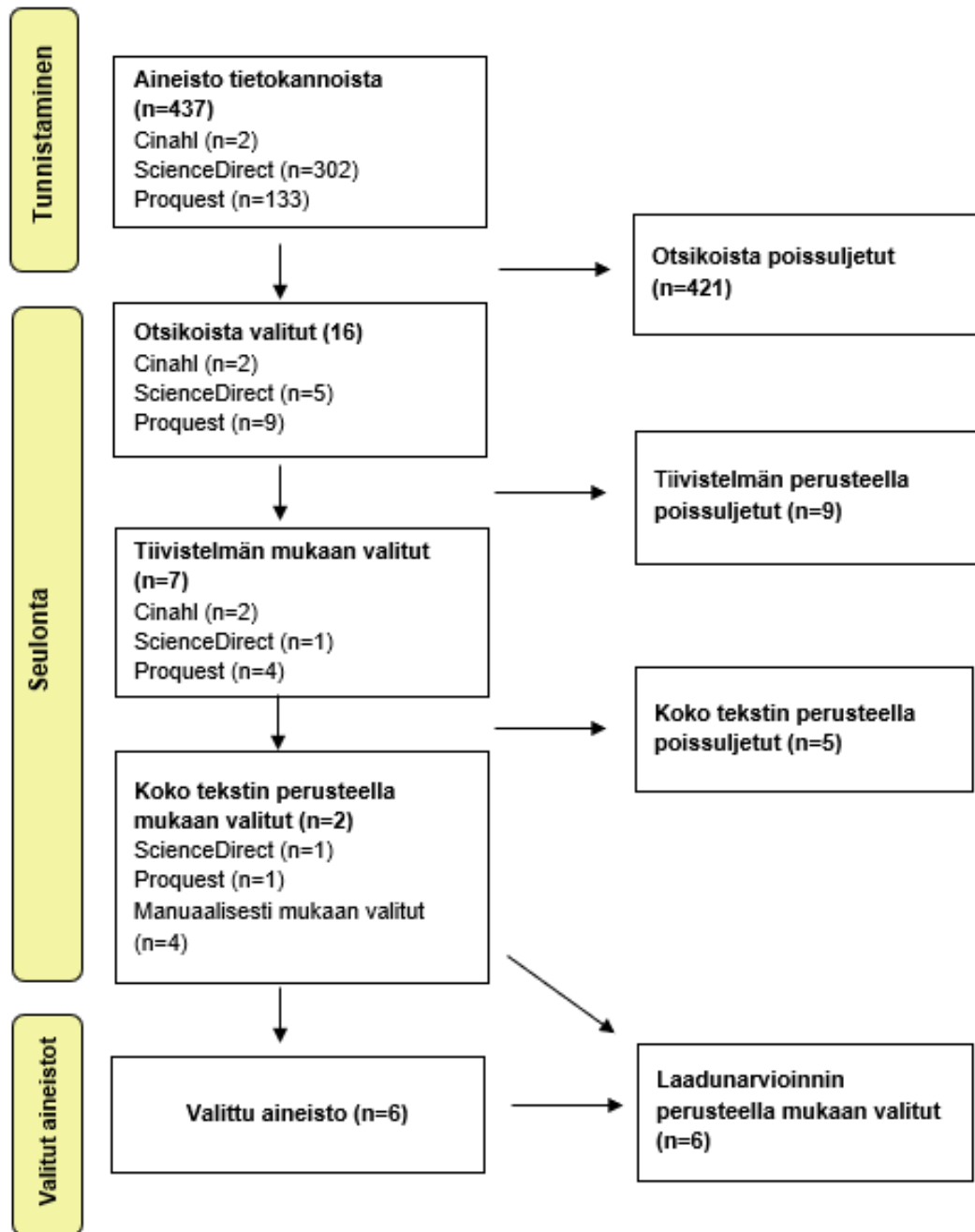
Kuvio 2. Poissulkukriteerit

4.2.3 Aineiston valinta

Aineiston valinta aloitettiin käymällä julkaisuja otsikkotasolla läpi. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen kohdalla ScienceDirect antoi huomattavasti enemmän osumia kuin muut tietokannat ja toisen tutkimuskysymyksen kohdalla vastaavasti Proquest. Siinä kriteerinä oli pään alueen tutkimukset, mutta julkaisuissa oli annosmääriä tutkittu paljon vatsan ja rintakehän alueelta ja niissäkin alue rajattu vielä esimerkiksi keuhkoihin tai rintoihin. Mukaan otetut pään alueen annosoptimointia koskevat tutkimukset käsitelivät silmien saamaa annosta tietokonetomografiatutkimuksissa niiden ollessa säteilyherkkiä elimiä, joten tämän tutkimuskysymyksen kohdalla vertaillaan nimenomaan silmiä koskevaa optimointia. Laadunarviointiin päätyi lopulta tutkimuskysymys 2:n kohdalla vain kaksi julkaisua koko tekstin perusteella ja nämä täyttivät myös laadunarvioinnin kriteerit. Cinahl tietokannasta ei lopulliseen vertailuun päätynyt yhtään julkaisua. Stoltin ym. (2016: 27) mukaan tietokantojen lisäksi julkaisuja voidaan hakea myös manuaalisesti. Tähän työhön manuaalisella haulla lähdeluetteloiden kautta saatiin neljä julkaisua, mitkä täyttivät myös laadunarvioinnin kriteerit. Aineistojen valinnat on esitetty PRISMA-diagrammeina kuvioissa 3 ja 4.



Kuvio 3. Prismadiagrammi tutkimuskysymys 1.



Kuvio 4. Prismadiagrammi tutkimuskysymys 2.

4.3 Laadunarviointi

Kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta pyritään lisäämään laadunarvioinnilla ja sillä määritellään myös minimilaatutaso tutkimuksille (Johansson, Axelin, Stolt, Ääri, 2007:101). Systemaattisen harhan välttämiseksi arvioinnissa on hyvä käyttää systemaattista menetelmää, esimerkiksi tarkistuslistaa apuna käyttäen (Johansson ym. 2007:102). Tässä työssä käytettiin Metsälän ym. (2018) laatimaa 10-asteikkoista arviointikriteeristöä (liite 1.), vaikka Arkseyn & O`Malley'n (2005) mukaan laadunarviointia ei scoping-katsauksessa ole pakko tehdä. Jokaisen tutkimuksen kohdalla käytiin kriteeristö tarkkaan läpi ja ne täyttivät arviointikriteerit pääosin täysin tai vähintään osin. Harhalähteiden mahdollisuutta ei kuitenkaan tutkimuksissa juurikaan tarkasteltu. Mitään tutkimuksista ei tarvinnut jättää pois laadunarvioinnin takia. Tutkimuskysymys 1:tä koskevassa aineistossa vain kaksi tutkimusta vastasi suoraan myös tutkimuskysymykseen, mikä sai pohtimaan, onko tutkimuskysymys asetettu oikein ja onko sitä syytä muuttaa. Muut tutkimukset keskittyivät vertailemaan hoitajien ja asettelukameroiden keskinäistä tarkkuutta potilaiden asettelussa. Kaikki tutkimukset päätettiin sisällyttää kuitenkin mukaan valittuun aineistoon, koska asettelun tarkkuudella on kuitenkin vaikutusta sädeannokseen ja siihen, kuinka paljon hyötyä tai haittaa on, jos käytetään elinperusteista annosmodulaatiota tai muita optimointikeinoja.

4.4 Aineiston analysointi

Tutkimusaineisto on analysoitu yksinkertaisella sisällön erittelyllä. Aineistosta kerättiin samaan aihepiiriin kuuluvia sanoja alateemoiksi ja näistä muodostettiin yläteemoja. Molemmille tutkimuskysymyksille tehtiin oma sisällön erittely ja niille saatiin kolme eri yläteemaa kummallekin aineistossa toistuneiden käsitteiden pohjalta, jotka toimivat alateemoina. Analysointi aloitettiin lukemalla aineisto kertaalleen läpi. Toisella lukukerralla aineistosta poimittiin tutkimuskysymyksiin liittyviä termejä ja ne alleviivattiin omilla väreillä. Samaan aihepiiriin kuuluvia alateemoja kerättiin yhteen ja näitä yhdistävistä tekijöistä muodostettiin yläteemoja. Pääteemoina toimivat tutkimuskysymykset.

5 Tulokset

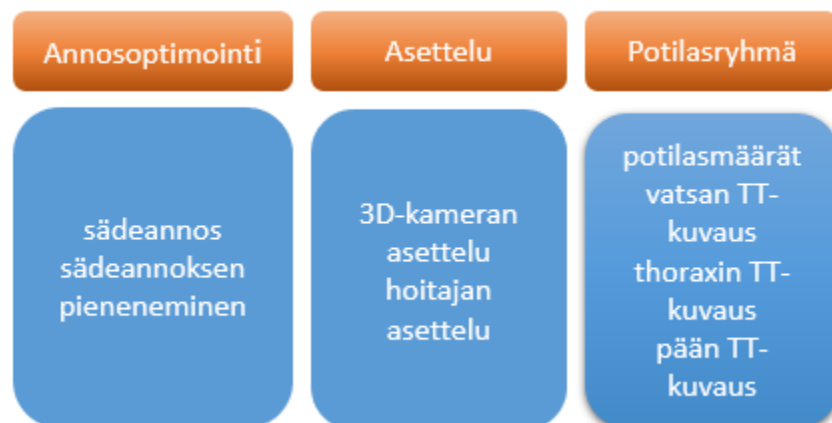
Elinperusteista annosmodulointia koskevissa aineistoissa yhdeksi yläteemaksi muodostui annosoptimointi. Se muodostettiin aineistosta esiintyvistä alateemoista;

elinperusteinen putkivirran modulaatio, X-Care-tekniikka, sädeannoksen pieneneminen ja ODM-tekniikka. Toinen yläteema oli pään TT-kuvaus, koska tutkimuskysymys kohdistui pään alueen tutkimuksiin ja aineistosta nousi alateemaksi silmien linssien sädeannoksen pieneneminen. Kolmantena yläteemana oli tutkimuskohde. Se muodostui aineiston tutkimuksissa käytetyistä tutkittavista kohteista, ja alateemoiksi tulivat potilaat tai fantomit.

Potilasasettelukameroita koskevissa aineistossa yhdeksi yläteemaksi muodostui myös annosoptimointi. Siihen liittyviä alateemoja oli aineistossa sädeannos ja sädeannoksen pieneneminen. Toinen teema oli asettelu ja sitä koskevia alateemoja aineistossa olivat 3D-kameran asettelu ja hoitajan asettelu. Asettelu oli selkeä valinta yläteemaksi, kun tarkastellaan sen tarkkuutta TT-kuvauksessa. Kolmantena yläteemana on potilasryhmä. Siihen liittyviä alateemoja olivat potilasmäärät, vatsan TT-kuvaus, thoraxin TT-kuvaus ja pään TT-kuvaus. Tällä temalla tuotiin esiin, kuinka monta potilasta tutkimukseen osallistui ja mikä kuvaus heille tehtiin.

5.1 Sädeannosten pienentyminen aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään potilasasettelukameroita

Lopullinen aineisto koostui neljästä tutkimusartikkelista, mitkä täyttivät sisäänottokriteerit sekä laadunarvioinnin kriteerit. Tutkimukset ovat julkaistu vuosina 2018–2023. Aineistoa haettiin kolmesta eri tietokannasta sekä manuaalisella haulla, jonka kautta saatiin yksi tutkimusartikkeli. Tutkimuskysymyksen ylä- ja alateemat on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Tutkimuskysymyksen ylä- ja alateemat.

5.1.1 Annosoptimointi

Mukana olleista tutkimuksista vain kahdessa oli tutkittu myös asettelun vaikutusta sädeannokseen. Gang ym. (2020) tutkimuksessa samoille potilaille tehtiin sama tutkimus kahteen kertaan, jolloin oli helppo vertailla myös sädeannoksia. Erot asettelussa johtivat myös siihen, että kameran avulla tehtyjen asettelujen kohdalla sädeannos pieneni keskimäärin 16 % (kameran asettelu $6,1 \text{ mSv} \pm 1,3$, hoitajan asettelu $7,3 \text{ mSv} \pm 1,2$) ja kuvakohina keskimäärin 9 % keuhkojen perifeeristen alueiden leesioissa. Heidän tutkimuksessaan potilailla oli COVID-19 tartunta, joilla keuhkovauriot ovat usein keuhkojen perifeerisellä alueella. Näin ollen pienempi kohinatasa kameralla tehdyissä asetteluissa johti parempaan kuvanlaatuun sekä pienempään sädeannokseen niillä alueilla.

Manavan ym. (2023) tutkimuksessa kameralla tehdyissä tutkimuksissa keskimääräinen DLP oli $321,1 \text{ mGy}\cdot\text{cm}$ (SD $266,6 \text{ mGy}\cdot\text{cm}$) ja keskimääräinen CTDI_{vol} $0,4 \text{ mGy}$ (SD $4,3 \text{ mGy}$). Vastaavat arvot hoitajien tekemillä asetteluilla olivat DLP $342 \text{ mGy}\cdot\text{cm}$ (SD $280,7 \text{ mGy}\cdot\text{cm}$) ja CTDI_{vol} $6,8 \text{ mGy}$ (SD $4,6 \text{ mGy}\cdot\text{cm}$).

5.1.2 Asettelu

Kaikissa tutkimuksissa verrattiin röntgenhoitajien asettelun tarkkuutta potilasasettelukameroiden tarkkuuteen. Jokainen tutkimus osoitti asettelukameralla tapahtuvan potilasasettelun olevan tarkempaa kuin hoitajien tekemän asettelun. Booijn, Budden, Dijkshoorin ja Stratenin (2018) tutkimuksessa hoitajien asettelut erosivat keskiarvosta keskimäärin $13,2 \text{ mm}$ ja kameran avulla tehdyt asettelut vain $6,1 \text{ mm}$. Samassa tutkimuksessa mainittiin keskittämisen haasteet pään kuvauksen asettelussa. Asettelyä varten on erilaisia pään tukia, missä takaraivoa ei näe asettelun jälkeen, jolloin keskiliinjaa on vaikeampi määrittää. Saltybaevan, Schmidtin, Wimmerin, Flohrin ja Alkadhin (2018) tutkimuksessa laskettiin lisäksi, kuinka monen potilaan asettelu ylitti 20 mm eron isosentristä, koska fantom tutkimusten mukaan sädeherkkien elimien saama sädeannos voi kasvaa jopa 38 % sen eron ylittyessä. (Saltybaeva & Alkadhi, 2017.) Kameralla tehdyt asettelut eivät ylittäneet kertaakaan 15 mm eroa, kun taas hoitajien tekemillä asetteluilla melkein 50 %:ssa tutkimuksista 20 mm ero ylittyi. Manavan ym. (2023) tutkimuksessa määritettiin ensin ohjelmallisesti potilaan isosentri ja sen jälkeen sitä verrattiin laitteen isosentriin. Heillä oli myös potilasmäärältään laajin tutkimus (3118 potilasta) ja siinä kameralla tehdyt asettelut poikkesivat isosentristä keskimäärin $3,8 \text{ mm}$ ja hoitajien tekemät asettelut $10,9 \text{ mm}$. Gang ym. (2020) mittasivat tutkimuksessaan myös asettelujen nopeutta. Sen

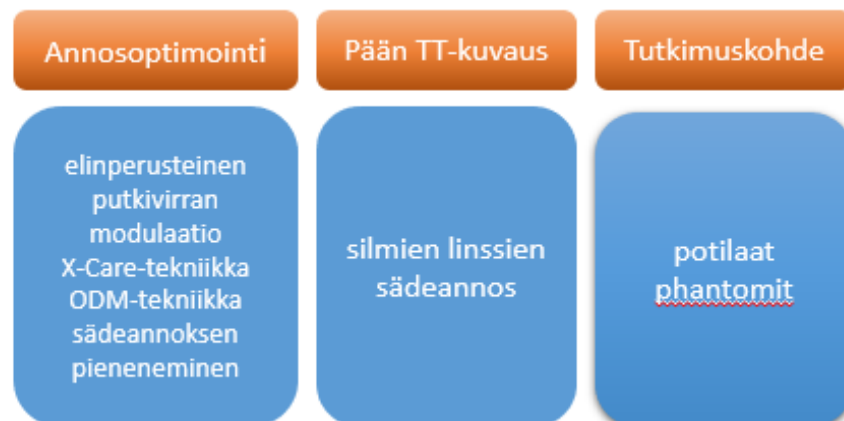
mukaan asettelu kameran avulla keuhkojen kuvaukseen kesti keskimäärin $29 \text{ s} \pm 7 \text{ s}$ ja hoitajien suorittamat asettelut keskimäärin $40 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

5.1.3 Potilasryhmä

Tutkimuksiin osallistuneet potilaat olivat kaikki aikuisia ja kuvauskohteina olivat pää, keuhkot ja vatsa (Booij ym. 2018), keuhkot ja vatsa (Saltybaeva ym. 2018), keuhkot ja/tai vatsa (Manava, 2023) sekä keuhkot (Gang ym. 2020). Tutkimuksiin osallistuneiden potilaiden määrä vaihteli 120:sta (Saltybaeva ym. 2018) 3118:een (Manava, 2023). Gang ym. (2020) tutkimuksessa potilaat (127) olivat COVID-19 tartunnan saaneita ja kävivät kahdesti keuhkojen TT-tutkimuksessa, joista toisessa asettelu tehtiin kameralla ja toisessa hoitajan toimesta. Booij ym. (2018) oli ainoa tutkimus, jossa mukana oli myös pään TT-tutkimus. Kameran asettelua käytettiin 254 potilaalla, joista pään kuvauksia oli 45 (17,7 %). Hoitajien asettelemia potilaita oli 423 ja niistä pään kuvauksia oli 73 (17,3 %).

5.2 Sädeannosten pienentyminen aikuisilla tehdyissä TT-tutkimuksissa, kun käytetään elinkohtaista annosmodulaatiota

Lopullinen aineisto koostui kuudesta tutkimuksesta. Aineistoa haettiin kolmesta eri tietokannasta, mutta vain Proquestista ja ScienceDirectista saatiin yksi tutkimus kummastakin, mitkä täyttivät sisäänottokriteerit sekä laadunarvioinnin. Manuaalisella haulla saatiin kuitenkin vielä neljä tutkimusta mukaan aineistoon. Tutkimukset ovat julkaistu vuosina 2011–2020. Tutkimuskysymyksen ylä- ja alateemat on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Tutkimuskysymyksen ylä- ja alateemat.

5.2.1 Annosoptimointi

Tutkittava optimointitekniikka oli kaikissa tutkimuksissa elinperusteinen putkivirran modulaatio. Tutkimukset suoritettiin GE:n ja Siemensin TT-laitteilla ja niiden tekniikka poikkeaa hieman toisistaan. Lisäksi tekniikasta käytetään hieman eri nimityksiä (GE:llä Organ Dose Modulation (ODM) tai organ-based tube current modulation (TCM) ja Siemensillä esim. Organ-specific dose reduction (OSDR tai X-Care). Siemensin tekniikka optimoi annosta, niin että potilaan anteriorisella- eli etupuolella puolella sädeannos on pienempi 120 asteen alueella ja posteriorisella- eli takapuolella annos vastaavasti kasvaa. GE:llä optimointi tapahtuu joko 90 (pään) tai 180 asteen (vartalon) alueella, mutta annos ei kasva posteriorisella puolella. Molemmista tekniikoissa anteriorisen puolen sädeherkkiä elimiä säästetään turhalta säteilyltä. Useissa tutkimuksissa verrattiin samalla myös muita optimointitekniikoita yhdessä ja erikseen elinperusteisen putkivirran modulaation kanssa. Nikupaavo ym. (2015) tarkastelivat myös silmien bismuthsuojan ja TT-laitteen putken kallistuksen vaikutusta sädeannokseen sekä näiden yhdistelmiä yhdessä OBTCM:n kanssa. Kosaka ym. (2020) tutki niin ikään silmien päällä käytettävän volframipäällysteisen paperin vaikutusta silmien sädeannokseen yhdessä ja ilman TCM-tekniikan kanssa.

Gandhin ym. (2015) tutkimus suoritettiin GE:n laitteella ja siinä ODM-tekniikalla suoritettuja kuvauksia verrattiin kuvauksiin, missä oli käytetty SmartmA-tekniikkaa, joka optimoi annosta x-, y- ja z-suunnissa. Muissa tutkimuksissa mainittiin, että vertailu tehtiin kuvauksiin, joissa ei käytetty lainkaan putkivirran modulaatiota.

5.2.2 Pään TT-kuvaus

Kaikki tutkimukset osoittivat elinperusteisen putkivirran modulaation pienentävän silmien linssien sädeannosta. Vaihtelua annoksissa oli kuitenkin paljon. Suurimman prosentuaalisen eron vertailututkimusten välille sai Reiman ym. (2012). Fantomilla mitattuna X-Care-tekniikkaa käyttämällä saavutettiin jopa 59 % pienempi annos (2,4 mGy vs. 5,9 mGy) silmien linseille kuin ilman kyseistä tekniikkaa. Potilaille tehdyssä tutkimuksessa annos oli X-Care-tekniikalla parhaimmillaan 54 % pienempi kuin ilman sitä. Fantomin takapuolen annos oli lähes yhtä paljon X-Carella kuin ilman (6 mGy vs. 6,3 mGy). Potilaiden saama annos pään takapuolelle jopa laski hieman (ka. 5,04 mGy). Kosakan ym. (2020) tutkimuksessa annokset olivat vasemmassa silmässä 14,7 % pienemmät ja oikeassa silmässä 12,5 % pienemmät heidän käyttämällään GE:n TCM ohjelmalla kuin ilman

sitä. TCM ohjelman on todettu pienentävän annosta enemmän vasemman silmän kuin oikean silmän kohdalla. Duan ym. (2011) saivat vasempaan silmään 27,4 % (30,9 mGy vs 22,5 mGy) ja oikeaan silmään 30,2 % (31,9mGy vs 22,2mGy) pienempiä annoksia Siemensin X-Carella. Annoksen kasvua fantomin takapuolella tai syitä silmien annosten eroille ei mainittu X-Carea käytettäessä. Nikupaavon ym. (2015) tutkimuksessa fantomien annokset silmille olivat 32 % (ATOM) ja 24 % (RANDO) pienemmät Siemensin X-Care ohjelmalla kuin ilman ohjelmaa käytettäessä. Fantomit olivat malliltaan erilaisia mikä selittää erot annoksissa. Fantomien takapuolella annokset kasvoivat 17 % (ATOM) ja 27 % (RANDO). Schimmöllerin ym. (2013) tutkimus keskittyi pääasiassa X-Caren vaikutukseen kuvanlaadussa pään- ja kaulan TT-angio tutkimuksessa, mutta myös X-Caren vaikutusta sädeannokseen tutkittiin. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu juurikaan eroa annosten välillä (26,9 mGy vs 27,7 mGy), X-Caren käytöstä huolimatta. Duanin ym. (2011) mukaan elinkohtainen annosmodulointi vähensi sädeannosta enemmän pieni- kuin isokokoisilla potilailla.

5.2.3 Tutkimuskohde

Kuudesta tutkimuksesta kahdessa kuvauksia suoritettiin myös potilaille. Schimmöllerin ym. (2012) tutkimukseen osallistui 62 aikuista, joista 31 kuvattiin OSDR-tekniikalla ja 31 ilman sitä. Tutkimuksessa tarkasteltiin OSDR:n vaikutusta kuvanlaatuun pään- ja kaulan TT-angiografiatutkimuksissa, mutta myös sen vaikutusta silmien sädeannokseen. Reimann ym. (2012) tutkimukseen osallistui 16 aikuista potilasta, jotka kuvattiin SODAR-tekniikkaa käyttäen. Vertailuryhmänä käytettiin 16 potilasta, jotka muodostettiin kuvaarkistosta etsityistä potilaista, jotka vastaavat iän ja sukupuolen perusteella vertailuryhmää ja, jotka ovat kuvattu samalla laitteella samaa protokollaa käyttäen.

Muissa tutkimuksissa annoksia mitattiin pään fantomeilla ja osassa myös keuhkojen alueen annoksia ylävartalon fantomilla. Nikupaavo ym. (2015) käyttivät kahta erilaista pään fantomia (ATOM ja RANDO), jolla saatiin enemmän tutkimustietoa eri kokoisista ja mallisista fantomeista. Molempiin oli kiinnitetty yhdeksän dosimetria mittaamaan annoksia. Kaksi dosimetreista asetettiin silmien kohdalle mittaamaan silmien linssien annoksia. Gandhi ym. (2015) kuvasivat pään fantomiaan viisi kertaa ODM-tekniikalla sekä viisi kertaa SmartmA-tekniikalla muiden kuvausparametrien pysyessä samoina.

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin scoping-katsausta käyttämällä kahden eri annosoptimoitikeinon vaikutusta potilaan saamaan sädeannokseen. Molempia tutkittiin omien tutkimuskysymysten kautta ja molempien aineisto koostui tieteellisistä tutkimuksista (tutkimuskysymys 1; neljä tutkimusta, tutkimuskysymys 2; kuusi tutkimusta).

Potilaiden saamia sädeannoksia TT-tutkimuksissa on pyritty pienentämään useilla eri keinoilla vuosien varrella tekniikan kehittyessä ja tutkimusmäärien noustessa (Duan ym. 2011). TT-tutkimusten optimoinnin päätarkoitus on säilyttää diagnostinen kuvanlaatu mahdollisimman pienellä säteilymäärällä (Kaasalainen ym. 2014). Usein TT-laitteella onkin käytössä samaan aikaan useampia annossäästötekniikoita. Tässä työssä mukana olleista optimointikeinoista elinperusteinen annosmodulaatio on ollut käytössä jo yli kymmenen vuotta ja potilasasettelukameratkin jo noin kahdeksan vuotta.

Potilasasettelukameroita koskevista tutkimuksista vain kahdessa mitattiin myös asettelun vaikutusta sädeannokseen. Kaikki tutkimukset kuitenkin osoittivat selkeästi, että kameroiden avulla tehdyt asetellut TT-tutkimukseen olivat tarkempia kuin hoitajien tekemät asetellut. Potilaiden keskitys väärään kohtaan on yleinen ongelma ja keskitys tapahtuu yleensä liian alas isosentriin nähden (Oladunni ym. 2019). Potilaan oikean keskityksen merkitystä sädeannokseen ja kuvanlaatuun ei voi kuitenkaan liikaa korostaa. Edellytys annosoptimoitikeinojen optimaaliselle käytölle on, että potilas on aseteltu tutkimuspöydälle oikein. Saltybaevan & Alkadhin (2017) fantomilla tehty tutkimus osoitti, että 50 mm virhe potilaan korkeussuunnan keskityksessä isosentriin voi nostaa sädeherkkien elinten annosta 19–38 % eikä automaattinen putkivirran jännite optimoi enää annosta oikein. Samanlaiseen tulokseen päätyivät myös Habibzadeh ym. (2012) tutkiessaan fantomilla keskityksen vaikutusta annokseen. Heidän tutkimuksessaan fantom keskitettiin 2, 4 ja 6 cm keskiviivan alapuolelle ja sen pinta-annos kasvoi 13 %, 33 % ja 51 %.

Asettelukameroiden etuna on myös potilaan nopeampi asetteleminen tutkimukseen mikä johtaa sujuvampaan työnkulkuun ja mahdollistaa hoitajan vähemmän kosketuksen potilaaseen (Gang ym. 2020). He suorittivat tutkimuksen COVID-19 potilailla, joiden kohdalla korostui potilaan ja hoitajan välisen ristikontaminaation minimoiminen. Mikäli kamerat eivät tulkitse potilaan ääri viivoja oikein esimerkiksi potilaan päällä olevan peiton takia

eikä kuvattava alue näytä ruudulla oikealta, hoitaja viime kädessä tarkistaa kameran avulla tehdyn asettelun.

Tutkimukset elinkohtaisesta annosmoduloinnista osoittivat sen olevan tehokas keino sädeherkkien elimien suojaamiseen ylimääräiseltä säteilyltä ja Schimmöllerin ym. (2013) tutkimusta lukuun ottamatta sädeannos pieneni kaikissa tutkimuksissa. Monessa tutkimuksessa tutkittiin samalla myös muiden optimointikeinojen vaikutusta sädeannokseen yhdessä ja erikseen elinkohtaisen annosmoduloinnin kanssa. Eri optimointikeinot tukevatkin toisiaan, kun pyritään potilaan sädeannoksen pienentämiseen TT-tutkimuksissa (Nikupaavo ym. 2015, Kosaka ym. 2020).

Osassa tutkimuksista selvitettiin myös elinkohtaisen annosmoduloinnin vaikutusta rintojen saamaan sädeannokseen (Duan ym. 2011, Gandhi ym. 2015). Vaikka tämä opinnäytetyö käsitteli optimointikeinon vaikutusta silmien annokseen, on mielestäni hyvä mainita myös sen vaikutuksesta rintojen sädeannokseen, koska keuhkojen alueen TT-tutkimukset ovat yksi yleisimmistä TT-tutkimuksista maailmassa (Mäkelä ym. 2022). Duan ym. (2011) fantomtutkimus osoitti sädeannoksen pienenevän rintojen alueella, mutta X-Care-ohjelman nostama putkivirran jännite potilaan takapuolella nostaa keuhkojen saamaa sädeannosta, joka on yhtä sädeherkkä elin kuin rinnatkin. Tämä nostaa mahdollisesti potilaan riskiä sairastua keuhkosityöpään. Mäkelä ym. (2022) ovat tutkineet fantomilla keskityksen vaikutusta rintojen annokseen, kun käytetään elinkohtaista annosmodulaatiota sekä Siemensin että GE:n laitteilla. Heidän tutkimuksessaan fantom keskitettiin eri korkeuteen (6 cm alle ja 3 cm yli) referenssikorkeudesta. Tulokset osoittivat rintojen sädeannoksen pienenevän jopa 30 %, mutta liian alas keskitettynä sädeannokset saattoivat kasvaa rintojen reuna-alueilla.

Jotta erilaiset optimointikeinot toimisivat optimaalisesti, on potilaan asettelu ja keskittäminen tutkimukseen oikein ratkaisevassa roolissa (Mäkelä ym. 2022). Kuten Manavan ym. (2023) laaja tutkimus osoitti, potilasasettelukameralla tehdyt asettelut olivat tarkempia kuin yli 10 vuoden työkokemuksen omaavilla TT-hoitajilla. Booij ym. (2018) tulivat tutkimuksessaan siihen lopputulokseen, että potilasasettelukamerat toimivat hoitajien tukena asettelussa ja kyse on enemmänkin hoitajien ja teknologian välisestä yhteistyöstä. Lisäksi kamerat antavat mahdollisuuden hoitajille keskittyä enemmän potilaan vointiin ja nopeuttavat kokonaisuudessaan tutkimuksen kulkua. Hoitajilla on siis edelleen tärkeä rooli varsinkin haastavien potilaiden asettelussa ja asettelun oppiminen vaatii huomion keskittämistä käytännön harjoitteluun sekä koulutukseen.

6.2 Luotettavuus

Hyvään tutkimuskäytäntöön kuuluu tutkimuksen luotettavuuden arviointi. Luotettavan tutkimuskäytännön mukaisesti on perusteltava myös, miksi tutkimusta voidaan pitää luotettavana (Aaltio & Puusa, 2020). Tämä kirjallisuuskatsaus on tehty scoping-katsauksena ja työn eri vaiheet on kuvattu yksityiskohtaisesti ja selvästi. Tällä pystytään lisäämään tutkimuksen luotettavuutta (Aaltio & Puusa, 2020). Yksityiskohtainen prosessin dokumentointi mahdollistaa lisäksi tutkimuksen toistamisen (Arksey & O`malley, 2005). Työssä käytettyjen hakusanojen ja lopullisten tutkimuskysymysten muodostamiseksi apuna käytettiin PICO-menetelmää sekä tiedonhakuun apuna myös Metropolian informaattikkoa. Aineiston valinnassa käytettiin sisäänotto- ja poissulkukriteerejä. Vain tieteelliset julkaisut olivat yhtenä sisäänottokriteerinä, millä lisättiin myös katsauksen luotettavuutta. Näiden kriteerien täyttämien tutkimusten kriittinen laadunarviointi on tärkeä osa kirjallisuuskatsausta (HOTUS, 2020). Lopullinen aineisto saatiin noudattamalla PRISMA-protokollaa ja sen laatu arvioitiin 10-asteikkoisella kriteeristöllä. Laadunarvioinnilla vahvistetaan tutkimuksen luotettavuutta ja vähennetään tutkimusharhaa. (HOTUS, 2020). Laadunarviointia ja tutkimuksen luotettavuutta heikentävä seikkana voidaan pitää sitä, että sen on tehnyt vain yksi henkilö suositellun kahden henkilön sijasta ja se on opinnäytetyön tekijän ensimmäinen kirjallisuuskatsaus.

6.3 Eettisyys

Tässä opinnäytetyössä on pyritty noudattamaan hyvän tieteellisen käytännön edellyttämiä keinoja ja näin pyritty saamaan eettisesti hyväksyttäviä ja uskottavia tuloksia. Tutkimusaineiston hankinnassa ja sen arvioinnissa on noudatettu eettisesti kestäviä menetelmiä ja tutkimuksen eri vaiheet on esitetty avoimesti. (TENK 2012.) Tutkimuksen aihe kiinnosti tekijää oman työnsä puolesta ja mahdollisuutena lisätä tietoa tuloksista omassa työyhteisössä. Tutkijan tuleekin olla aidosti kiinnostunut tutkittavasta aiheesta (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013:211). Työn tekemisessä on noudatettu rehellisyyttä, eikä tutkimustietoa ole väärennetty tai luotu tyhjästä (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013:211–212, TENK 2012). Muiden tutkijoiden tekemiin tutkimuksiin on viitattu oikein ja näin pyritty ottamaan heidät asianmukaisesti huomioon (TENK 2012).

6. Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

Tämä opinnäytetyö osoittaa annosoptimointikeinojen parantuneen tekniikan kehittyessä ja niistä olevan todellista hyötyä, kun tavoitellaan pienempiä sädeannoksia potilaille, kuvanlaadun silti pysyessä vaaditulla tasolla. Tässä työssä tutkittu elinkohtainen annosmodulointi pienensi sädeherkkien elimien sädeannosta huomattavasti, joskin vastaavasti potilaan takapuolelle saama korkeampi sädeannos rintakehän aluetta kuvattaessa nosti tutkimusten mukaan riskiä sairastua keuhkosityöpään.

Optimaalisesti toimiakseen elinkohtainen annosmodulointi, niin kuin myös muut TT-tutkimuksissa käytetyt optimointikeinot, vaativat potilaan tarkkaa asettelua tutkimuspöydälle. Kuten tutkimukset potilasasettelukameroiden ja hoitajien välisestä asettelueroista osoitti, on tekoälystä suuri hyöty myös asettelun tarkkuuden kannalta. Kameroiden avulla tehdyt asetelut olivat tarkempia, jolloin riski potilaiden saamalle ylimääräiselle säteilylle virheellisen asettelun takia on pienempi. Kameroiden avulla tehtyjen asetteluiden osoitettiin myös olevan nopeampia, mikä lyhentää potilaan tutkimukseen käytettyä aikaa ja sujuvoittaa näin työnkulkua. Virheellisen asettelun mahdollisuus on kuitenkin kameroilakin olemassa, mikäli potilaan päällä on esimerkiksi peitto tai muuta ylimääräistä tai jos potilaan alla on traumapatja, jonka päällä hänet kuvataan. Nämä tekijät vaikeuttavat kameroiden tulkintaa potilaan ääri viivoja tunnistettaessa. Hoitajan onkin varmistettava, että kameran avullakin tehty asettelu on oikeanlainen eikä sitä voi jättää pelkästään kameroiden varaan.

Kuvaustekniikan kehittyessä laitevalmistajat kehittelevät myös annosoptimointikeinoja sädeannosten pienentämiseksi. Näiden vaikutusta potilaiden saamaan sädeannokseen on tärkeä tutkia tulevaisuudessakin eri valmistajien laitteiden osalta. Jatkotutkimusehdotuksena voisi tutkia myös uudempien optimointikeinojen yhteisvaikutusta sädeannokseen. Tämän työn aineisto koostui pääasiassa fantomeilla tehdyistä tutkimuksista, mutta potilailla tehtävät tutkimukset antaisivat enemmän tietoa optimoinnin vaikutuksesta erikokoisiin potilaisiin.

Potilasasettelukameroiden vaikutus asettelun tarkkuuteen oli kiistaton. Jatkotutkimuksena voisi tutkia, onko hoitajien ja 3D-kameroiden välinen tarkkuusero kaventunut mahdollisen lisäkoulutuksen ja kokemuksen myötä. Lisäksi jatkotutkimuksena voisi tarkastella asettelun vaikutusta TT-tutkimuksen suoritusnopeuteen eri kuvauksissa, jota oli tutkittu vain yhdessä tässä opinnäytetyössä käytetyissä julkaisuissa.

Lähteet

Aaltio, Iiris & Puusa, Anu, 2020. Mitä laadullisen tutkimuksen arvioinnissa tulisi ottaa huomioon? Teoksessa Puusa, Anu & Juuti, Pauli (toim.) Laadullisen tutkimuksen menetelmät ja näkökulmat, 2020. E-kirja. Gaudeamus. Luku 11. Viitattu 2.10.2023.

Ailisto, Heikki (toim.), Heikkilä, Eetu, Helaakoski, Heli, Neuvonen, Anssi, Seppälä, Timo 2018. Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus-loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 4/2019. Verkkodokumentti. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-632-4>> viitattu 20.4.2021.

Ala-Pietilä ym. 2019. A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines. Definition developed for the purpose of the AI HLEG's deliverables. European Commission, B-1049, Brussels. <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/node/2226>> s. 1-9. Viitattu 13.5.2021.

Arksey, Hillary & O'Malley, Lisa, 2005. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8 (1). s. 19-32.

Booij, R., Budde, R., Dijkshoorn, M., Straten, M., 2018. Accuracy of automated patient positioning in CT using a 3D camera for body contour detection. <DOI: 10.1007/s00330-018-5745-z> s. 2079-2088. Viitattu 10.8.2023

Duan, X., Wang, J., Christner J., Leng, S., Grant, K., McCollough, C., 2011. Dose reduction to anterior surfaces with organ-based tube-current modulation: Evaluation of performance in a phantom study. <DOI: 10.2214/AJR.10.6061> s. 689-695. Viitattu 12.8.2023

Gandhi, D., Crotty, D., Stevens, G., Schmidt, T., 2015. Technical note: Phantom study to evaluate the dose and image quality effects of a computer tomography organ-based tube current modulation technique. <DOI: 10.1118/1.4933197> s. 6572-6578. Viitattu 12.8.2023

Gang, Y., Chen, X., Li, H., Wang, H., Li, J., Guo, Y., Zeng, J., Hu, Q., Hu, J., Xu, H., 2020. A comparison between manual and artificial intelligence-based automatic positioning in CT imaging for Covid-19 patients. < DOI: 10.1007/s00330-020-07629-4> s. 6049–6058. Viitattu 2.10.2023.

Habibzadeh, M., Ay, M., Kamali Asl, A., Ghadiri, H., Zaidi, H., 2012. Impact of mis-centering on patient dose and image noise in x-ray CT imaging: Phantom and clinical studies < DOI: 10.1016/j.ejmp.2011.06.002> s. 191-199. Viitattu 15.10.2023

Hiroyuki, K., Monzen, H., Amano, M., Tamura, M., Hattori, S., Kono, Y., Nishimura, Y., 2020. Radiation dose reduction to the eye lens in head CT using tungsten functional paper and organ-based tube current modulation. <DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.108814> s. 1-6. Viitattu 15.10.2023.

Hoang Jenny, Yoshizumi Terry, Choudhury Kingshuk Roy, Choudhury, Giao B Nguyen, Greta Toncheva, Andreia R Gafton, James D Eastwood, Carolyn Lowry, Lynne M Hurwitz 2012. Organ-based dose current modulation and thyroid shields: techniques of radiation dose reduction for neck CT. <DOI: 10.2214/AJR.11.7445> s. 1132-1138. Viitattu 16.10.2023.

HOTUS- Hoitotyön tutkimussäätiö, 2020. Tutkimustiedon laadun arvioiminen. Verkkodokumentti. <<https://www.hotus.fi/tutkimustiedon-laadun-arvioiminen/>> Viitattu 22.11.23.

Huhtanen, Heidi, Nyman, Mikko, Karlsson, Antti, Hirvonen, Jussi, 2020. Tekoäly radiologiassa. Teoksessa Duodecim. E-kirja. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo15753>> s. 1957–1964. Viitattu 13.3.2022.

Hyun Woo Goo, 2012. CT Radiation Dose Optimization and Estimation: An Update for Radiologists <DOI: 10.3348/kjr.2012.13.1.1> s. 1-11. Viitattu 1.11.2023.

Johansson, Kirsi, Axelin, Anna, Stolt, Minna, Ääri, Riitta-Liisa 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus sen tekeminen. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja A:51 Turun Yliopisto. s.101–102. Viitattu 15.6.2023.

Kaasalainen, T., Palmu, K., Reijonen, V., Kortnesniemi, M., 2014. Effect of Patient Centering on Patient Dose and Image Noise in Chest CT. <DOI: 10.2214/AJR.13.12028> s. 123–130. Viitattu 22.10.2023.

Kankkunen, Päivi, Vehviläinen-Julkunen, Katri, 2013. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: Sanoma Pro Oy. s. 167, 211–212. Viitattu 12.9.2023.

Kelly, Eileen, May, Mathias, Bujila, Robert, 2018. Organ based tube current modulation to reduce radiation dose to superficial radiosensitive organs. Verkkodokumentti. <https://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2015/09/CT-WG_TipsTricks10_final.pdf> Viitattu 13.10.2023.

Kortnesniemi, Mika & Lantto, Eila, 2015. Tietokonetomografioiden optimointi. Teoksessa Duodecim. E-kirja. s. 42-48. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo12009#s7>> Viitattu 7.6.2021.

Manava, P., Galster, M., Ammon, J., Singer, J., Lell, M., Rieger, V., 2023. Optimized camera-based patient positioning in CT. < DOI: 10.1097/RLI.0000000000000904> s. 126-130. Viitattu 3.9.2023.

Moor, James, 2003. The Turing Test, The Elusive Standard of Artificial Intelligence. <DOI:10.1162/089120104773633420> s. 115-116. Viitattu 12.3.2022.

Mäkelä, T., Kortnesniemi, M., Kaasalainen, T., 2022. The impact of vertical off-centering on image noise and breast dose in chest CT with organ-based tube current modulation: A phantom study. <<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.06.014>> s. 153–163. Viitattu 20.9.2023.

Nikupaavo, U., Kaasalainen, T., Reijonen, V., Ahonen, S-M., Kortensniemi, M., 2015. Lens dose in routine head CT: Comparison of different optimization method with anthropomorphic phantoms. <DOI:10.2214/AJR.14.12763> s. 117–123. Viitattu 5.8.2023.

Nieminen, M. 2017a. Röntgensäteilyyn perustuvat menetelmät. Teoksessa Kliininen radiologia. E-kirja. Viitattu 26.2.2021. <<https://www.oppiportti.fi/op/krd01403/do>>

Oladunni, O., Akintayo, A., Alexander, L., Neill, R., Krupinski, E. ym. 2019. Prevalence and Severity of Off-Centering During Diagnostic CT: Observations From 57,621 CT scans of the Chest, Abdomen, and/or Pelvis. <DOI: 10.1067/j.cpradiol.2018.02.007> s. 229-234. Viitattu 20.8.2023.

Pan, Yunhe, 2016, Heading toward Artificial Intelligence 2.0. Verkkodokumentti. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917300772>> Viitattu 14.3.2022.

Pennachin, C. & Goerzel, B., 2007. Contemporary Approaches to Artificial General Intelligence. AGIRI – Artificial General Intelligence Research Institute, 1-30. <<https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4>> s 7. Viitattu 30.9.2023.

Peters, Micah – Marnie, Casey – Tricco, Andrea – Pollock, Danielle – Munn, Zachary – McInerney, Patricia – Godfrey, Patricia – Khalil, Hanan, 2020. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews, JBI Evidence Synthesis: Volume 18 - Issue 10 - p 2119-2126. Verkkodokumentti. <DOI: 10.11124/JBIES-20-00167> s. 2119–2126. Viitattu 16.9.2023.

Rantanen, Erkki, 2000. Säteilyn ja radioaktiivisuuden suureet ja yksiköt sekä annoksen mittaaminen. Teoksessa Duodecim. E-kirja. <<https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo91422.pdf>> s. 657–659. Viitattu 5.4.2021.

Reimann, A., Davison, C., Bjarnason, T., Yogesh, T., Kryzmyk, K., Mayo, J., Nicolau, S., 2012. Organ-based computed tomography (CT) radiation dose reduction to the lenses: Impact on image quality for CT of the head. <DOI: 10.1097/RCT.0b013e318251ec61> s. 334–338. Viitattu 16.9.2023.

Salminen, Ari 2011. Mikä on kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisohtaminen 4. <https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf> Viitattu 20.10.2022.

Saltybaeva, Natalia, Alkadhi, Hakim, 2017. Vertical off-centering affects organ dose in chest CT: Evidence from Monte Carlo simulations in anthropomorphic phantoms <https://doi.org/10.1002/mp.12519> s. 5697-5704. Viitattu 20.10.2023.

Saltybaeva, N., Schmidt, B., Wimmer, A., Flohr, T., Alkadhi, H., 2018. Precise and automatic patient positioning in computed tomography: Avatar modeling of the patient surface using 3-dimensional camera. <DOI: 10.1097/RLI.0000000000000482> s. 641-646. Viitattu 16.10.2023.

Schimmöller, L., Lanzman, R.S., Heusch, P., Dietrich, S., Miese, F., Aissa, J., Heusner, T.A., Antoch, G., Kröpil, P., 2012. Impact of organ-specific dose reduction on the image quality of head and neck CT angiography. <DOI: 10.1007/s00330-012-2750-5> s. 1503–1509. Viitattu 16.9.2023.

Soimakallio, Kivisaari, Manninen, Svedström, Tervonen, 2005 Radiologia. Helsinki. Sanoma Pro Oy. s. 86. Viitattu 10.5.2021.

Stolt, Minna & Axelin, Minna & Suhonen, Riitta (Toim.) 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turun Yliopisto. s. 26–27, 37, 101. Viitattu 5.5.2021.

Stuklex, 2014. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa, ST 3.3. Verkkodokumentti. <<https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST3-3>> Viitattu 7.6.2021.

Säteilylaki. 859/2018. 2. luku, § 5–7. Finlex. Lainsäädäntö. Verkkodokumentti. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180859#L2>> Viitattu 9.3.2021.

Ruonala, Verner (toim.). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021. STUK-B 295, 2022. Verkkodokumentti. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/145428/STUK-B-295-Radiologisten-tutkimusten-m%c3%a4%c3%a4r%c3%a4t-vuonna-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> s. 3. Viitattu 20.9.2023

tekoalyaika.fi. Verkkodokumentti. <<https://www.tekoalyaika.fi/raportit/tekoalyajan-tyo/liite-2-tekoalyn-maarittelya/>> Viitattu 22.2.2022.

Tuomi, Jouni, Sarajärvi, Anneli, 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi. s. 123-124. Viitattu 20.8.2023.

Turing, Alan, 1950. Computing Machinery and Intelligence. Teoksessa Mind, sarja 59, Nro. 236, s. 433–460. Verkkodokumentti. <<http://www.jstor.org/stable/2251299>> Viitattu 12.4.2022.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkauseräilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. Luetta-
vissa myös sähköisesti osoitteessa <https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf> s. 6–7. Viitattu 3.10.2023.

Vähäkainu, Petri, Neittaanmäki, Pekka, 2018. Terveydenhuollon alustat ja tekoäly. Julkaistu sarjassa Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja. Nro 48. Jyväskylän Yliopisto. <https://www.jyu.fi/it/fi/tutkimus/julkaisut/tekesraportteja/terveydenhuollon_alustat_ja_tekoaly.pdf> Viitattu 30.3.2022.

Aineiston laadun arviointi (Tutkimuskysymys 1.)										
Arviointikriteerit										
Kirjoittajat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gang, Chen, Li, Wang, Li J., Guo, Zeng, Hu Q, Hu J, Xu, 2020	**	**	**	**	**	**	X	**	**	**
Manava, Galster, Ammon, Singer, Lell, Rieger, 2023	**	*	**	**	**	**	X	**	*	**
Saltybaeva, Schmidt, Wimmer, Flohr, Alkadhi, 2018	**	*	**	**	**	**	X	**	X	**
Booij, Budde, Dijkshoorn, Van Straten, 2018	**	**	**	*	**	**	*	**	*	**

Aineiston laadun arviointi (Tutkimuskysymys 2.)										
Arviointikriteerit										
Kirjoittajat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hiroyuki, Hajime, Morikazu, Mikoto, Shota, Yuki, Yasumasa 2020	**	**	**	**	**	**	X	**	**	**
Nikupaavo, Kaasalainen, Reijonen, Ahonen, Kortesianiemi 2015	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**
Schimmöller, Lanzman, Heusch, Dietrich, Miese, Aissa, Heusner, Antoch, Krpil 2013	**	**	**	**	**	**	-	**	-	**
Reimann, Davison, Bjarnason, Yogesh, Kryzmyk, Mayo, Nicolau 2012	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**
Duan, Wang, Christner, Leng, Grant, McCollough 2011	**	**	**	**	**	**	*	**	-	**
Gandhi, Crotty, Stevens, Schmidt 2015	**	**	**	**	**	**	X	**	X	**

1. Tutkimuksen tausta ja teoreettinen viitekehys on selkeästi ilmaistu
2. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja tutkimusongelmat on selkeästi määritelty
3. Tutkimusasetelma on selkeästi kuvattu
4. Tutkimusympäristö ja -olosuhteet on kuvattu asianmukaisesti
5. Tutkittavat muuttujat niiden mittaaminen on kuvattu
6. Aineisto ja analyysimenetelmät on kuvattu selkeästi
7. Harhalähteiden mahdollisuutta on arvioitu
8. Tutkimuskysymyksiin vastattu selkeästi
9. Tutkimuksen rajoituksia ja yleistettävyyttä on käsitelty
10. Relevanssi aiheen kannalta

** Täyttää arviointikriteerit täysin

* Täyttää arviointikriteerit osin

- Täyttää arviointi kriteerit välttävästi tai ei lainkaan

x arviointikriteeri ei täyty

Taulukko x. Artikkeleiden kuvaus.				
Kirjoittaja ja vuosiluku	Maa, jossa kirjoitettu	Tavoite	Aineisto ja menetelmät	Tulokset
Ronald Booij & Ricardo P.J. Budde & Marcel L. Dijkshoorn & Marcel van Straten, 2018.	Hollanti	Vertailla potilaiden asetelun tarkkuutta 3D kameran ja hoitajien tekemän asetelun välillä	423:sta potilaasta kuvattiin pään, thx/vatsan tai keuhkojen TT-tutkimus, jotka aseteltiin tutkimukseen hoitajan toimesta. 254 potilasta aseteltiin tutkimukseen 3D potilasasettelukameran avulla.	3D kameran avulla tehdyt asetellut olivat tarkempia kuin hoitajien tekemät. Hoitajien asetellujen keskiarvo vatsan kuvauksessa oli 12 mm, pään kuvauksessa 12,2 mm, thx/vatsan kuvauksessa 13,4 mm ja thoraxin kuvauksessa 14,7 mm keskiviivasta. Kameralla tehdyt asetellut olivat 6,3 mm vatsan, 9,5 mm pään, 6 mm thx/vatsan ja 5,4 mm thoraxin alueen kuvauksessa.
Gang Yadong; Chen, Xiongfeng, Li; Huan, Wang Hanlun; Li, Jianying, Guo, Ying; Zeng Junjie; Hu, Qiang, Hu Jinxiang, Xu, Haibo, 2021.	Kiina	Analysoida ja vertailla TT- kuvauksen työnkulkua, sädeannosta ja kuvanlaatua Covid-19 potilailla kun potilas asetellaan joko 3D kameran avulla tai hoitajan asettelemana.	127 potilaasta kuvattiin Thoraxin TT ensin hoitajien tekemän asetelun avulla ja sen jälkeen 3D kameran avulla tehdyn asetelun avulla.	Potilasasettelukameran avulla tehdyt asetellut olivat 28% nopeampia, asetelun tarkkuus kameroilla 99%, kun hoitajien tarkkuus oli 92 %. Sädeannos pieneni kameroilla tehtävillä asetelluilla 16 %.
Saltybaeva, Natalia; Schmidt, Bernhard; Wimmer, Andreas; Flohr, Thomas; Alkadhi, Hatem, 2018.	Saksa	Vertailla potilaiden asetelun tarkkuutta 3D kameran ja hoitajien välillä thoraxin ja vatsan alueen TT-tutkimuksissa.	120 potilasta kuvattiin (thorax 68 potilasta, vatsa 52 potilasta). 52 potilasta kuvattiin hoitajien asettelemana ja 68 potilasta kameran asettelemana.	Kameroiden avulla tehdyt asetellut olivat huomattavasti tarkempia. Kameroilla ero isosentriin oli 5 ± 3 mm, kun taas hoitajille ero oli 19 ± 10 mm. Pöydän korkeuden ero isosentriin ei missään tutkimuksessa ylittänyt 15 mm kameralla tehdyillä asetelluilla.

Manava, Panagiota; Galster, Marco; Ammon, Josefin; Singer, Julian; Lell, Michael M.; Rieger, Vera, 2023.	Saksa	Arvioida onko 3D kameralla tehtyt asetelut tarkempia kuin hoitajien tekemät ja johtaako se pienempään sädeannokseen potilaalla.	3118 potilaasta kuvattiin thoraxin ja/tai vatsan TT-tutkimus. 1557 potilasta aseteltiin 3D kameran avulla ja 1561 potilasta asetteli hoitajat.	Kameralla tehdyt asetelut olivat tarkempia kuin hoitajien tekemät asetelut. Pöydän korkeus asetelussa oli kameroiden avulla $165,6 \pm 16,2$ mm ja hoitajilla $170 \pm 20,4$ mm. Sädeannos pieneni myös kameroiden avulla tehdyissä aseteluisissa ($321,1 \pm 266,6$ mGy vs $342 \pm 280,7$ mGy).
Ulla Nikupaavo, Touko Kaasalainen, Vappu Reijonen, Sanna-Mari Ahonen, Mika Kortnesniemi, 2015.	Suomi	Tarkoitus vertailla eri optimointikeinoja silmien linsien annoksen pienentämiseksi pään TT-tutkimuksissa. (Siemens)	Kahdella eri pään fantomilla tutkittiin eri optimointikeinoja pään TT-tutkimuksissa. Yksi optimointikeinoista oli elinkohtainen annosmodulointi.	Elinkohtainen annosmodulointi pienensi silmien linsien sädeannosta 32 Suurin annossäästö (75 %) tuli kuitenkin kääntämällä gantrya kuvauksessa niin että vain aivot tulevat kuvaukseen mukaan. Gantrya kääntämällä ja elinkohtaista annosmodulointia käyttämällä saatiin 70 % annossäästö.
Hiroyuki Kosakaa, Hajime Monzena, Morikazu Amanob, Mikoto Tamuraa, Shota Hattoria, Yuki Konoc, Yasumasa Nishimurad, 2020.	Japani	Sädeannoksen pieneminen silmien linseille, kun käytetään volframipäälysteistä silmäsuojaa, elinkohtaista annosmodulointia tai näiden yhdistelmää. (GE)	Tutkimus suoritettiin kuvaamalla pään fantomia pään rutiini TT-protokollalla.	Sädeannos pieneni 13,6 %, kun käytettiin elinkohtaista annosmodulointia. Volframipäälysteisellä suojalla annos pieneni 17,6 % ja näiden yhdistelmällä 27,7 %. Kuvan kohina kasvoi silmäsuojaa käytettäessä sekä silmäsuojan ja annosmoduloinnin yhdistelmällä, mutta ei silloin kun käytettiin vain annosmodulointia.
Xinhui Duan, Jia Wang, Jodie A. Christner, Shuai Leng, Katharine L. Grant, Cynthia H. McCollough, 2011.	USA	Arvioida fantom tutkimuksella (GE) elinkohtaisen annosmodulaation vaikutusta sädeannoksen pienemiseen ja kuvanlaatuun pään ja thoraxin TT-tutkimuksissa.	Tutkimuksessa käytettiin kolmea eri fantomia joihin kiinnitettiin dosimetreja mittaamaan annoksia pään ja keuhkojen alueella.	Riippuen fantomista (pää vai thorax) ja fantomin koosta, sädeannos pieneni 27–50 % fantomin etupuolella. Kuvan kohina ei muuttunut merkittävästi, vaikka käytettiin annosmodulointia. Huomiota kiinnitettiin takapuolelle tulevaan sädeannoksen lisäykseen, joka altistaa keuhkot ylimääräiselle säteilylle ja lisää keuhkosyövän riskiä.
Schimmöller, L; Lanzman, R S; Heusch, P; Dietrich, S; Miese, F; Aissa, J; Heusner, T A; Antoch, G; Kröpil, P, 2013.	Saksa	Arvioitiin elinkohtaisen annosmodulaation vaikutusta sädeannokseen ja kuvanlaatuun pään ja kaulan TT-angio tutkimuksessa.	62 potilasta kuvattiin (Siemens), joista 31 kohdalla käytettiin elinkohtaista annosmodulaatiota ja 31 kohdalla ei.	Sädeannoksissa ei ollut juurikaan eroa tutkimusryhmien välillä ($26,91$ mGy ilman optimointia ja $27,72$ mGy optimoinnin kanssa). Annosmodulointi ei vaikuttanut kuvanlaatuun negatiivisesti. johtopäätöksenä oli, että elinkohtaista annosmodulointia voi hyvin käyttää pään ja kaulan TT-angio tutkimuksissa.

Reimann, Anja Judith; Davison, Chris; Bjarnason, Thor; Yogesh, Thakur; Kryzmyk, Karl; Mayo, John; Nicolaou, Savvas, 2012.	Kanada	Arvioitiin elinkohtaisen annosmodulaation vaikutusta sädeannokseen ja kuvanlaatuun pään TT-tutkimuksessa. (Siemens)	Ennen potilailla suoritettavaa tutkimusta kuvattiin pään fantomia annosmodulointiohjelmaa käyttäen sekä ilman annosmodulointia. Tämän jälkeen 16 potilaasta (7 miestä, 9 naista) kuvattiin pään TT-tutkimus ja heidän tuloksiaan verrattiin arkistosta otettuihin 16 potilaan annoksiin, jotka vastasivat iän ja sukupuolen osalta vertailuryhmää.	Fantomilla tehdyt kuvaukset osoittivat pään annoksen olevan keskimäärin 2,4 mGy annosmoduloinnilla ja 5,9 mGy ilman sitä. Fantomin takapuolen annos oli annosmoduloinnilla 6 mGy ja 6,3 mGy ilman sitä. Annos pieneni siis moduloinnin avulla jopa 59 %. Potilailla tehdyt tutkimukset osoittivat annoksen pienenevän 54 % kun käytetään annosmodulointia.
Gandgi, Diksha, Crotty, Dominik, Stevens, Grant, Schmidt, Taly, 2015.	Englanti	Verrattiin elinkohtaisen annosmoduloinnin ja smartmA:n vaikutusta sädeannokseen ja kuvanlaatuun pään ja thoraxin TT-tutkimuksissa. (GE)	Pään ja thoraxin fantomeilla mitattiin elinkohtaisen annosmoduloinnin ja smartMA- tekniikan välistä eroa sädeannokseen sekä kuvan kohinaan. Fantomeja kuvattiin viisi kertaa smartMA-tekniikkaa käyttäen sekä viisi kertaa annosmodulointia käyttäen.	Annosmodulointi pienensi sädeannosta kaikilla alueilla fantomissa. Annos pieneni rintojen kohdalla 31 %, 21 % keuhkojen kohdalla, 21 % sydämen kohdalla, 6 % selkärangan kohdalla, 19 % silmien linssien kohdalla ja 11 % aivojen kohdalla. Kuvan kohina kasvoi annosmoduloinnilla sekä pää että thoraxin fantomeilla.