



Pauli Jokiniemi ja Minna Niskanen

# Pienten säteilyannosten aiheuttama syöpäriski potilaalle nykytiedon mu- kaan

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja (AMK)

Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

12.4.2022

Tekijät	Pauli Jokiniemi, Minna Niskanen
Otsikko	Pienten säteilyannosten aiheuttama syöpäriski potilaalle nykytiedon mukaan
Sivumäärä	30 sivua + 2 liitettä
Aika	12.04.2022
Tutkinto	Röntgenhoitaja (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Radiografia ja sädehoito
Ohjaajat	Lehtori Heli Patanen Lehtori Ulla Nikupaavo
<p>Röntgentutkimuksissa käytetään ionisoivaa säteilyä, jonka tiedetään aiheuttavan geenimutaatioita ja kromosomimuutoksia. Kirjallisuudessa pieneksi säteilyannokseksi on määritelty alle 100 mSv annokset, mutta niiden aiheuttamasta syöpäriskistä ei ole tarkkaa näyttöä. Tavanomaisesta keuhkojen röntgenkuvauksesta aiheutuu potilaalle noin 0,07 mSv säteilyannos. Pienten säteilyannosten aiheuttamaa syöpäriskiä on tutkittu paljon etenkin sen vuoksi, että säteilyä käyttävien kuvantamistutkimusten määrä on ollut kasvussa. Suomessa etenkin tietokonetomografiatutkimusten (TT) määrä on kasvanut.</p> <p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena ja sen tarkoituksena oli kuvata millaisen syöpäriskin pienet säteilyannokset aiheuttavat potilaalle röntgentutkimuksissa. Aineiston haussa käytettiin Pubmed- ja Medline-tietokantoja. Yksi aineisto valittiin manuaalisen haun perusteella Google Scholarista. Aineistoa rajattiin ennalta määrättyjen sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui yhdeksän aineistoa. Kirjallisuushaun tavoitteena oli vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin: 1. Millainen on pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski potilaalle ja 2. Miten säteilyannokseen ja syöpäriskiin vaikuttavia tekijöitä kuvataan kirjallisuudessa. Aineisto käsiteltiin induktiivisen sisällönanalyysin avulla ja tutkimuskysymyksiin vastaavat tulokset pelkistettiin, jonka jälkeen niistä muodostettiin yläluokkia ja edelleen pääluokkia. Tällä tavalla muodostui seitsemän yläluokkaa ja kaksi pääluokkaa, jotka ovat kuvattu taulukkomuodossa.</p> <p>Tulosten perusteella pienet säteilyannokset aiheuttavat pienen, lähes mitättömän syöpäriskin potilaalle. Syöpäriski oli selkeästi korkeampi lapsilla ja nuorilla aikuisilla, minkä vuoksi nuorten säteilysuojeluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tutkimukset käyttivät syöpäriskin määrittelyssä LAR-arvoa (lifetime attributable risk), joka kuvaa ionisoivan säteilyn aiheuttamaa ylimääräistä riskiä syövän kehittymiselle. Tuloksissa huomioitiin myös tekijöitä, jotka vaikuttavat potilaan säteilyannokseen ja täten syöpäriskiin. Nämä tekijät luokiteltiin sisällönanalyysissä alaluokkiin, jotka olivat potilaan ikä, sädeherkät elimet, sukupuoli, paino ja muut syyt. Opinnäytetyön tuloksista voivat hyötyä röntgenhoitajat ja röntgenhoitajaopiskelijat, jotka ovat kiinnostuneita pienten säteilyannosten aiheuttamasta syöpäriskistä.</p>	
Avainsanat	röntgensäteily, pieni säteilyannos, syöpäriski

Authors	Pauli Jokiniemi, Minna Niskanen
Title	Cancer Risk Caused by Low Radiation Doses in Patients According to Current Knowledge: A Literature Review
Number of Pages	30 pages + 2 appendices
Date	12 April 2022
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Radiography and Radiotherapy
Instructors	Heli Patanen, Senior Lecturer Ulla Nikupaavo, Senior Lecturer
<p>Ionizing radiation is used in radiological examinations and it is known to cause gene mutations and chromosome aberrations in humans. In literature low radiation dose is described as doses under 100 mSv. There is no certainty that low radiation doses cause cancer. One native thorax x-ray exam causes approximately 0,07 mSv dose to the patient. The effect of low dose radiation on cancer induction has been researched a lot because the amount of radiological examinations has been increasing. In Finland especially the amount of computer tomography scans has increased in the last years.</p> <p>The purpose of this thesis was to describe what is the cancer risk caused by low radiation dose in patients. This thesis is a descriptive literature review. Two databases were used (Medline and Pubmed) and one manual search was done on Google Scholar. A total of nine studies were selected for content analysis. The purpose of the literature review was to answer the following research questions: 1. What is the cancer risk of low radiation doses in patients and 2. What are the factors described in literature that affect the radiation dose and cancer risk in patients. Data were analyzed by using the inductive content analysis. The results that answered our research questions were reduced and after that they were divided into sub classes and main classes. This way seven sub classes and two main classes were formed. They are presented as a table.</p> <p>The results of this literature review showed that the cancer risk caused by low radiation doses is generally small. However the cancer risk was higher in pediatric patients and young adults. All studies described the cancer risk by using LAR (lifetime attributable risk), which is a risk model that describes the additional probability of cancer induction over the lifetime caused by radiation. In the results the factors affecting patient dose and thus the cancer risk were also described. These factors were the patient's age, radiation sensitive organs, sex, weight and other factors. Radiographers and radiography students who are interested in cancer risk caused by small radiation doses can benefit from the results of our study.</p>	
Keywords	x-ray, low radiation dose, cancer risk

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Röntgensäteily ja pieni säteilyannos	2
2.1	Röntgensäteily	2
2.2	Säteilyannossuureet ja säteily suojele	3
2.3	Säteilyn käytön oikeutus, optimointi ja yksilönsuojaperiaate	4
2.4	Pieni säteilyannos ja syöpäriski	4
3	Säteily ja syövän syntymekanismit	5
3.1	Syöpäsairaudet ja syöpätutkimus	5
3.2	Syövän syntymekanismit	7
3.3	Ionisoivan säteilyn vaikutus soluun ja DNA:han	8
3.4	Säteilyn haittavaikutukset	9
4	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	10
5	Opinnäytetyön toteutus	10
5.1	Kuvaileva kirjallisuuskatsaus	11
5.2	Aineiston hankinta ja sisäänottokriteerit	12
5.3	Aineiston analysointi	15
6	Tutkimustulokset	16
6.1	Pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski	16
6.2	Potilaan säteilyannokseen ja syöpäriskiiin vaikuttavat tekijät	19
7	Pohdinta	20
7.1	Tulosten tarkastelu	20
7.2	Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	22
7.3	Hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset	24
7.4	Ammatillinen kehittyminen	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. Tutkimusaineiston analyysitaulukko	
	Liite 2. Sisällönanalyysi taulukkona	

# 1 Johdanto

Vuonna 2018 Suomessa tehtiin kuusi miljoonaa röntgentutkimusta, joista 88,3 % oli tavanomaisia röntgen- ja varjoaineainetutkimuksia. Etenkin tietokonetomografia- eli TT-tutkimusten määrä on ollut nousussa Suomessa. (Ruonala 2019: 11.) Röntgentutkimuksissa käytetään ionisoivaa säteilyä, jonka tiedetään aiheuttavan geenimutaatioita ja kromosomimuutoksia, jotka voivat johtaa syövän kehittymiseen (Piotrowski ym. 2017). Ionisoiva säteily on lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä, jolla on tarpeeksi suuri energia irrottamaan elektroneja sen törmätessä väliaineeseen eli ionisoimaan väliainetta (Nieminen & Oikarinen 2017).

Kansainvälisen säteilysuojelukomission (ICRP, International Commission on Radiological Protection) vuoden 2007 raportin mukaan pienen säteilyannoksen rajaksi on määritetty 100 mSv. Raportin mukaan alle 100 mSv säteilyannosten vaikutuksista syövän kehittymiseen ei ole tarkkaa näyttöä. (ICRP 2007: 50–51.) Pienten säteilyannosten biologiset vaikutukset ovat olleet tärkeä tutkimuskohde, koska diagnostisen säteilyn käyttö sekä sädehoitojen määrä on kasvanut viime vuosien aikana (Piotrowski ym. 2017). Etenkin lasten ja nuorten säteilysuojelu on tärkeää ja perusteltua, koska heidän sädeherkkyytensä on paljon suurempi (Nieminen & Oikarinen 2017).

Tarkastelemme tässä opinnäytetyössä tutkimuksia, joissa potilaan saama säteilyannos on ollut alle 100 mSv tai alle 100 mGy. Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata pienten säteilyannosten vaikutusta syöpäriskiin. Tavoitteena on, että röntgenhoitajat ja röntgenhoitajaopiskelijat saavat tuloksista ajankohtaista tietoa pienten säteilyannosten vaikutuksesta potilaan syöpäriskiin. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsittelemme röntgensäteilyä, säteilysuojelun periaatteita sekä syövän kehittymistä ionisoivan säteilyn vaikutuksesta.

## 2 Röntgensäteily ja pieni säteilyannos

Röntgensäteilyä käytetään terveydenhuollossa ihmisten tutkimiseen ja hoitamiseen. Sädehoidossa kohdetta säteilytetään ulkoisesti tai sisäisesti ja tavoitteena on usein syöpäkasvaimen tuhoaminen. Isotooppihoidoilla voidaan esimerkiksi hoitaa kilpirauhasen liikatoimintaa. Tavanomaisen natiivikuvantamisen ja tietokonetomografian lisäksi ionisoivaa säteilyä käytetään myös mammografiassa ja hammaskuvantamisessa. Diagnostiikassa käytettävät magneettikuvaus ja ultraääni ovat ei-ionisoivia kuvantamismenetelmiä. (Nieminen 2017a; STUK 2016.)

### 2.1 Röntgensäteily

Röntgendiagnostiikassa käytetään röntgenputkea ja -generaattoria säteilyn tuottamiseen. Tyhjiönä toimivan lasiputken sisällä olevaa hehkulankaa (katodi) kuumennetaan, jolloin siitä irtoaa elektroneja. Irronneet elektronit kiihdytetään 10–150 kV jännitteen avulla kohti viistottua ja nopeasti pyörivää anodilautasta, josta syntyvä säteily saadaan suunnattua kohti röntgenputken säteilyikkunaa. Törmätessään anodilautaseen kiihdytetyt elektronit menettävät liike-energiansa. Valtaosa elektronien liike-energiasta muuntuu lämpöenergiaksi, ja vain pieni osa vuorovaikutuksesta johtaa liike-energian vapautumiseen röntgensäteilynä. Näin syntynyt röntgensäteily voidaan jakaa karekteristiseen säteilyyn sekä jarrutussäteilyyn. Yhteistä näille syntytyvoille on muutos elektronien energiatilassa. (Lammentausta 2017.)

Säteilysuojelun vuoksi syntyvästä röntgensäteilystä suodatetaan pois pienienergiset fotonit. Ilman suodatusta pienienergiset fotonit absorboituisivat potilaan kudoksiin aiheuttaen turhaa säderasitusta. Suodatuslevy sijaitsee säteilyikkunan edessä, ja yleisimmin käytetyt suodatinmateriaalit ovat kupari ja alumiini. Säteilyikkunassa sijaitsevat myös kaihtimet, jolla rajataan säteilykeilan kokoa. Rajaamalla säteilykeila oikean kokoiseksi vähennetään ylimääräistä potilaan säteilyrasitusta. (Nieminen 2017a.)

Itse röntgenkuvan muodostuminen riippuu siitä, miten säteily vaimenee potilaassa. Diagnostiikassa tärkeimmät röntgensäteilyn vuorovaikutusmekanismit aineen kanssa ovat valosähköinen ilmiö ja Compton-sironta. Potilaan ominaisuuksista kudoksen vaimenemiskerroin ja paksuus vaikuttavat säteilyn vaimenemiseen. Vaimenemiskertoimeen taas vaikuttavat väliaineen koostumus ja käytetyn säteilyn energia. Esimerkiksi

lihaksella on pienempi vaimennuskerroin kuin kovalla luulla. Kuvattavan kohteen ominaisuudet vaikuttavat myös kuvausjännitteen valintaan, jotta kuvaan saataisiin optimaalinen kontrasti kudosten välille. Liian suuri kuvausjännite heikentää kuvakontrastia ja liian pienellä kuvausjännitteellä kohteeseen absorboituu liikaa fotoneja ja riittävän diagnostista kuvaa ei muodostu. (Lammentausta 2017; Nieminen 2017a.)

## 2.2 Säteilyannossuureet ja säteilysuojelu

Vuonna 2018 röntgentutkimuksista ja -toimenpiteistä aiheutui keskimäärin 0,72 mSv efektiivinen annos kansalaista kohden. Annos on kasvanut 10 vuoden aikana etenkin TT-tutkimusten määrän lisääntymisen johdosta. (Siiskonen 2020: 32.) Efektiivinen annos on suure, jota käytetään kuvaamaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaisuutta (STUK 2019a). Efektiivinen annos huomioi elinten suhteelliset säteilyherkkyydet painotuskertoimen avulla. Erityisen herkkiä elimiä säteilylle ovat keuhkot, luuydin, rinnat ja paksusuoli. Näiden painotuskerroin on 0,12, kun taas esimerkiksi ihon painotuskerroin on 0,01. (Nieminen & Oikarinen 2017.)

Absorboitunut annos (D) kuvaa kohteeseen siirtynyttä energiaa massayksikköä kohti ja sen yksikkö on gray (Gy). Tällöin 1 Gy vastaa 1 joulea kilogrammaa kohden (1/kg). Absorboitunut annos voidaan mitata suoraan säteilymittarilla. Ekvivalenttiannos ( $H_T$ ) voidaan määritellä absorboituneen annoksen ja tilastollisen painotuskertoimen avulla, joka huomioi säteilyn laadun ja sen ionisoimiskyvyn. Painotuskerroin röntgenfotoneille on 1. Ekvivalenttiannoksesta käytetään yksikköä Sievert (Sv). (Nieminen & Oikarinen 2017.)

Potilaan säteilyaltistukseen vaikuttaa säteilyn kohdistumisen lisäksi potilaan ikä, koko ja sukupuoli. Lasten ja nuorten säteilysuojelu on erityisen tärkeää, koska nuorena iässä solukko jakautuu edelleen runsaasti ja on näin herkempää säteilylle. Myös odotettu elinikä, jonka aikana syöpä voisi kehittyä on nuorilla pidempi. Potilaalle säteilyaltistuksesta voidaan kertoa suhteuttamalla säteilyannos luonnon taustasäteilyyn. Esimerkiksi yhdestä thoraxtutkimuksesta (PA- ja LAT-kuva) saatava efektiivinen annos on 0,07 mSv, joka vastaa 8 päivän luonnon taustasäteilylle altistumista. Yhdestä pään TT-kuvauksesta saatava annos on noin 1,2 mSv, joka vastaa 4,5 kuukauden verran luonnon taustasäteilyä. (Nieminen & Oikarinen 2017; STUK 2017.)

### 2.3 Säteilyn käytön oikeutus, optimointi ja yksilönsuojaperiaate

Ionisoivan säteilyn käyttöä ohjaavat säteilylaki ja säteilyasetukset. Säteilylain tarkoituksena on suojata säteilyn aiheuttamilta haitoilta sekä vähentää säteilyn käytöstä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Suomessa Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo säteilylain, säännösten ja määräysten noudattamista. Ionisoivan säteilyn käyttö vaatii turvallisuusluvan hakemista, jonka myöntää Säteilyturvakeskus. (Nieminen 2017b; Säteilylaki 859/2018 § 1.)

Oikeutusperiaatteen mukaan säteilytoiminta on oikeutettua, jos saavutettava kokonaisyöty ylittää siitä aiheutuva haitat (Säteilylaki 859/2018 § 5). Lähettävä lääkäri arvioi tutkimuksen oikeutuksen ottamalla huomioon tutkimuksen tarkoituksen, tavoitteet ja potilaan ominaisuudet. Tärkeää on myös selvittää potilaan aikaisemmat tutkimukset, jottei tutkimuksia uusita turhaan. Raskauden mahdollisuus selvitetään sukukypsässä iässä olevalta naiselta. Mikäli kyseessä on raajojen, hampaiston tai pään alueen röntgentutkimus eikä säteily kohdistu lähelle lantion tai vatsan aluetta, selvitystä ei tarvitse tehdä. Raskaana olevan henkilön säteilyn käytön oikeutusarvioinnissa tulee harkita vaihtoehtoisia lääketieteellisiä menetelmiä säteilyn käytölle tai tutkimuksen siirtoa myöhemmäksi, mikäli sikiölle aiheutuisi suuri altistus säteilyn käytön takia. (Nieminen & Oikarinen 2017; STUKlex 2019.)

ALARA (as low as reasonably achievable) eli optimointiperiaate tarkoittaa, että lääketieteellinen altistus säteilylle on pidettävä niin vähäisenä kuin se on mahdollista tarkoitettun tutkimus- tai hoitotuloksen saavuttamiseksi (Säteilylaki 859/2018 § 6). Yksilönsuojaperiaatteen mukaisesti työntekijän ja väestön yksilön säteilyannos ei saa ylittää annosrajoja (Säteilylaki 859/2018 § 7). Väestön ja säteilytyöntekijöiden annosrajat ovat määritelty säteilyasetuksissa (Nieminen 2017b).

### 2.4 Pieni säteilyannos ja syöpäriski

International Commission on Radiological Protectionin (ICRP) mukaan pieneksi säteilyannokseksi määritellään alle 100 mSv suuruiset annokset. Sen mukaan alle 100 mSv säteilyannosten vaikutuksista syövän kehittymiseen ei ole tarkkaa näyttöä. (ICRP 2007: 50.)



Tubiana & Aurengo & Averbeck (2006) vertailivat kahden raportin tuloksia, joissa tutkittiin pienten, alle 100 mSv säteilyannosten aiheuttamaa syöpäriskiä. Raportit olivat amerikkalainen BEIR VII -raportti (Biological Effects of Ionizing Radiation) sekä The Joint Report of the French National Academies of Science and of Medicine vuodelta 2005. BEIR VII -raportin mukaan alle 100 mSv suuruisen säteilyannoksen aiheuttamasta syöpäriskistä ei ole sellaista dataa, joka toteaisi pienen säteilyannoksen aiheuttavan karsinogeenisen vaikutuksen. Ranskalaistutkimus puolestaan huomioi, että syöpäriskin arvioinnissa käytetty LNT-malli saattaa yliarvioida pienen säteilyannoksen aiheuttaman karsinogeenisen vaikutuksen. Alle 10 mSv suuruisilla annoksilla yliarvioivan vaikutuksen todettiin olevan vielä suurempi. LNT eli linear-no-threshold on annos-vas-temalli, jonka mukaan syöpäriskin ja säteilyannoksen suhde on vakio.

Suzuki & Yamashita (2012) kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin alle 100 mSv efektiivisen säteilyannoksen aiheuttamaa karsinogeenistä vaikutusta. Data säteilyn aiheuttamasta syöpäriskistä on kerätty suurimmaksi osaksi tutkimalla suurille säteilylähteille altistuneita ihmisiä, kuten vuoden 1945 Japanin atomipommi-iskuista selvinneitä. Tällä tavalla kerätty epidemiologinen data soveltuu suurille säteilyannoksille, joten pienten säteilyannosten laskennassa on käytetty UNSCEAR-komitean kehittämää DDREF-kerrointa (dose and dose rate effectiveness factor). Vaikka epidemiologiset tutkimukset todentavat yhteyden suurten säteilyannosten ja syövän kehittymisen välillä, alle 100 mSv annosten kohdalla ei löydetä tilastollisesti merkitsevää yhteyttä.

Syöpäriskin arvioinnissa käytetään yleensä LAR-arvoa (lifetime attributable risk), joka on riskinarviointimalli. Se on arvio säteilyn aiheuttamasta syövän kehittymisen todennäköisyydestä koko eliniän aikana. Sen arvoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ikä altistumisen aikana, altistumisesta kulunut aika ja edellä mainittu DDREF-kerroin. (Calabrese & O'Connor 2014.)

### **3 Säteily ja syövän syntymekanismit**

#### **3.1 Syöpäsairaudet ja syöpätutkimus**

Syöpäsairaudet ovat osa kasvainsairauksia. Kasvainsairauksille ei ole vakiintunutta määritelmää. Kasvaimille eli neoplasioille on kuitenkin yhteistä solukon tai kudoksen

epänormaali kasvu, joka on pääosin riippumatonta ulkoisista kasvuärsykkeistä ja kasvaimen isäntäelimistölle turhaa ja vahingollista. Kasvainsairaudet voidaan luokitella hyvän- ja pahanlaatuisiin kasvaimiin. Hyvänlaatuiset (benignit) kasvaimet ovat paikallisia ja hidaskasvuisia. Vaikka niitä ei hoidettaisikaan, ne eivät pääsääntöisesti johda potilaan kuolemaan. Pahanlaatuiset (malignit) kasvaimet eli syöpäkasvaimet kasvavat yleensä nopeammin, tosin joidenkin syöpäkasvainten varhaisvaiheet voivat kestää hyvinkin pitkään. Syöpäkasvaimille on tyypillistä, että ne leviävät eli muodostavat etäpesäkkeitä ympäristöönsä. Ne johtavat usein kuolemaan. (Isola & Kallioniemi 2013b.)

Edelleenkään ei varmuudella tiedetä mistä syöpä johtuu. Käsitykset syöpää aiheuttavista tekijöistä ja syntymekanismeista perustuvat kliinisiin ja epidemiologisiin havaintoihin, koe-eläintutkimuksiin sekä solu- ja molekyylibiologiaan. Näillä eri lähestymistavoilla on oma käsityksensä syövän syntymekanismeista. Eri näkökulmista saatua tietoa on kuitenkin vaikea yhteensovittaa niin, että syövän synnystä saataisiin jokin yleinen teoria. Yhteistä niille on, että syöpäkasvaimen tiedetään syntyvän vaiheittain eri mekanismien kautta. (Isola & Kallioniemi 2013a.)

Kliiniset eli potilaan hoidon aikana syntyvät havainnot muodostavat pohjan käsityksille siitä, miten syöpä syntyy. Yleensä potilaan syöpä voidaan todeta vasta, kun kasvain on jo saavuttanut tietyn koon eli yleensä vasta sairauden loppupuolella. Kliinisillä havainnoilla on yhteys kokeelliseen syöpätutkimukseen, koska useimmiten tutkimuksen kohteena olevat oletukset eli hypoteesit perustuvat potilaan hoidosta saatuihin havaintoihin. Epidemiologinen näkökulma tarkastelee mahdollisia syöpää aiheuttavia tekijöitä tilastollisin menetelmin. Syövän esiintymisessä on suurta vaihtelua eri väestöryhmissä, iän, sukupuolen, rodun, elintapojen, sosiaaliluokan ja ympäristön altisteiden ym. mukaan. Epidemiologisia havaintoja testataan kokeellisin tutkimuksin. Epidemiologisin menetelmin on voitu tunnistaa monia syöpää aiheuttavia ympäristötekijöitä kuten tupakointi (keuhkosyöpä), asbesti (keuhkopussin mesitelioma), UV-säteily (ihosyövät) ja hormonaaliset tekijät (rintasyöpä). (Isola & Kallioniemi 2013a.)

Soluviljelyssä keskeinen syöpäsolun syntymiseen johtava ilmiö on immortalisaatio. Sillä tarkoitetaan syöpäsolun kykyä jakautua soluviljelmässä loputtomasti, kun taas normaali solu jakautuu noin 40 kertaa. Normaalisolussa ilmiö liittyy kromosomien päiden eli telo-

meerien lyhenemiseen kunkin solun jakaantumisen yhteydessä. Syöpäsolussa taas telomeerien lyheneminen estyy, jolloin solut voivat jatkaa loputtomasti jakaantumistaan. (Isola 2013d.)

### 3.2 Syövän syntymekanismit

Syövän synty eli karsinogeneesi voidaan jakaa koe-eläintutkimuksen perusteella kolmeen eri vaiheeseen: initiaatio, promotio ja progressio. Initiaativaiheella tarkoitetaan jonkin DNA-vaurion (mutaation) ilmestymistä yksittäisessä solussa, minkä seurauksena solu herkistyy muutoksille. Syövän synnyn kannalta oleellista on, että DNA-vaurion korjaus solussa epäonnistuu ja DNA-rakenteeseen jää virhe. Seuraavassa eli promotiovaiheessa vaurioitunut solu hankkii kasvuedun muihin soluihin nähden ja alkaa jakaantua aktiivisemmin. Tämä vaihe voi kestää jopa vuosia ja sen seurauksena solu muuttuu pahanlaatuiseksi eli syöpäsoluksi. Kolmannessa eli progressiovaiheessa solu muuttuu yhä pahanlaatuisemmaksi. Uusiin syntyviin soluihin kertyy lisää DNA-vaurioita. Syntyneet mutaatiot altistavat uusille muutoksille, sillä heikentynyt solu ei pysty enää korjaamaan DNA-vaurioita. Solukon kasvu ei enää riipu ulkoisista kasvutekijöistä ja solukko pystyy lähettämään etäpesäkkeitä. (Isola 2013d; Isola & Kallioniemi 2013c; Mustonen & Salomaa & Kiuru 2002.)

Lähes aina syövät saavat alkunsa yhdestä vaurioituneesta solusta (Alberts, Johnson, Lewis ym. 2002). Ne ovat siis monoklonaalisia. Solun jakautumisen tuloksena syntyvä kasvainsolukko on yleensä huomattavan heterogeenistä. Syöpäkasvaimissa voi olla myös huomattavia eroja mm. kromosomimuutosten, immunologisten ominaisuuksien ja metastointikyvyn eli etäpesäkkeiden muodostumisen suhteen. Heterogeenisuus johtuu vilkkaasti jakaantuvassa syöpäsolukossa tapahtuvista satunnaisista mutaatioista. Syöpähoitokin voi synnyttää hoitoa paremmin sietäviä soluklooneja, mikä voi johtaa siihen, että hoito ei tehoa enää kasvaimen. Tämä vaikuttaa syöpäkasvainten hoidon suunnitteluun. (Isola & Kallioniemi 2013c.)

Syövän kantasoluilla on keskeinen merkitys syövän synnystä. Syövän kantasoluteorian mukaan syövän kantasolu voi syntyä kahdella tapaa. Normaali kantasolu voi ensinnäkin muuttua syövän kantasoluksi mutaatioiden seurauksena. Toinen tapa on, että syövän kantasolu syntyy erilaistuneiden solujen mutaatioiden seurauksena. (Stewart 2010.)

Ihmisen elimistössä tapahtuu jatkuvasti DNA-vaurioita. Vain poikkeuksellisesti ne johtavat syöpäkasvaimen kehittymiseen. Tämä johtuu siitä, että elimistössä on korjausmekanismeja, jotka pyrkivät korjaamaan DNA-vaurioita. Mekanismeja on kahta päätyyppiä: mismatch repair, joka korjaa vastamuodostuneet DNA-juosteeseen syntyneet virheelliset nukleotidit sekä nucleotide excision repair, joka korjaa DNA:n kahdentumista riippumattomia laajempia vaurioita. Kasvunrajoitegeeni p53 tukee korjausmekanismien toimintaa. Se pysäyttää solunjakautumissyklin, jotta korjausentsyymit voivat korjata DNA-vaurioita. Sen tehtävänä on myös aktivoida apoptoosi eli solukuolema niissä soluissa, joissa DNA korjaus ei onnistunut. (Isola 2013b.)

### 3.3 Ionisoivan säteilyn vaikutus soluun ja DNA:han

Ihminen altistuu elämänsä aikana monenlaiselle säteilylle, mutta vain osan tiedetään aiheuttavan syöpäkasvaimia. Ionisoivan säteilyn ja UV-säteilyn tiedetään varmuudella aiheuttavan syöpää. (Isola 2013c.)

Ionisoiva säteily on vaarallista siksi, että sen sisältämä energiamäärä on niin suuri, että se kykenee irrottamaan säteilyn kohteeksi joutuvan aineen atomeista elektroneja tai rikkomaan aineen molekyylejä (STUK 2019b). Ionisoiva säteily vapauttaa kudoksen vesimolekyyleistä elektroneja, jotka johtavat niin sanottujen vapaiden happiradikaalien muodostumisen. Tätä tapahtumaa kutsutaan ionisaatioksi. Ionisaation seurauksena vapaat radikaalit alkavat vaurioittaa DNA-juosteita, mikä voi johtaa kromosomimuutoksiin. Ionisoiva säteily vaikuttaa kudokseen jo sekunneissa, mutta voi kehittyä syöväksi vasta vuosien kuluttua. (Isola 2013b.)

Säteily voi ionisoida suoraan tai epäsuoraan. Suoraan ionisoivalla säteilyllä tarkoitetaan sitä, että säteily osuu suoraan DNA-molekyyliin ja aiheuttaa muutoksen sen rakenteessa. Epäsuorasti ionisoivalla säteilyllä taas tarkoitetaan sitä, että säteily osuu solun vesimolekyyliin ja reaktiona syntyy vapaita radikaaleja. Vapaille radikaaleille on ominaista, että niiden rakenteessa on pariton elektroni, joka on hyvin reaktiivinen ja siksi reagoi DNA-molekyylien kanssa aiheuttaen niissä rakenteellisia vaurioita. (Desouky & Ding & Zhou 2015.)

Kaikkiaan säteilystä johtuvia DNA-vaurioita on löydetty yli sata erilaista. Näiden vakaavuus riippuu siitä, miten hyvin solut pystyvät korjaamaan niitä. DNA:n vaurioitumisesta

voi seurata perimän vaurioituminen mutaatioiden seurauksena, solukuolema, solun muuntuminen syöpäsolun esiasteeksi tai sen jakaantumiskyvyn menetys. Vaurio voi myös korjaantua ja toiminta jatkua normaalisti. (Mustonen & Salo 2002.)

DNA-vaurioita voi näkyä yhdessä tai molemmissa DNA:n juosteissa. Juosteessa voi olla katkoksia tai rakenteellisia muutoksia. Katkosten arvellaan olevan haitallisempia, kuin rakenteellisten muutosten. Eniten haittoja aiheuttavat molemmissa juosteissa ilmevät kaksoisjuostekatkokset. (Mustonen & Salo 2002.)

Säteilyn energiansiirtokyky (LET, Linear Energy Transfer) kuvaa säteilyn biologista vaikutusta soluissa. Mikäli kyseessä on tiheään ionisoiva säteily, sillä on suuri energiansiirtokyky, jolloin se aiheuttaa paljon ionisaatioita kulkiessaan solun läpi. Harvaan ionisoivalla säteilyllä on taas pieni energiansiirtokyky ja pienempi ionisoiva vaikutus. Harvaan ionisoiva säteily kulkee kuitenkin elimistössä yleensä pidemmän matkan kuin tiheään ionisoiva säteily. Esimerkiksi gammasäteet voivat kulkea elimistössä jopa useita senttimetrejä ennen kuin ne saavat aikaan ionisoivaa säteilyä, joka vahingoittaa soluja. Alfahiukkaset sen sijaan ionisoivat tiuhaan koko matkansa ajan, josta aiheutuu vaikeasti korjattavia ja laajoja soluvaurioita. (Mustonen & Salo 2002.)

Yksittäisen solun tasolla vaurioita on kuitenkin vaikea ennustaa. Tämä johtuu siitä, että säteily jakautuu epätasaisesti: toiset solut eivät saa säteilyä lainkaan, kun taas toiset saavat sitä hyvinkin paljon. Kudoksen laskennallinen tai mitattu säteilyannos voi olla erittäin pieni, mutta yksittäisen solun tai tuman saama annos voi olla silti vaarallisen suuri. Tämä johtuu siitä, että varauksiset hiukkaset ionisoivat atomeja vain lähellä kulureittiään ja osuvat niihin vain satunnaisesti ja epäsäännöllisin välimatkoin. (Mustonen & Salo 2002.)

### 3.4 Säteilyn haittavaikutukset

Säteilyn haittavaikutuksia on kahta tyyppiä: deterministiset ja stokastiset haittavaikutukset (Desouky ym. 2015). Deterministiset eli suorat vaikutukset ovat varmoja haittavaikutuksia, joiden syynä on laaja solutuho. Stokastiset eli satunnaiset haitat ovat tilastollisia haittavaikutuksia ja niiden taustalla on yhdessä solussa tapahtunut geneettinen muutos. (Paile 2002.)

Deterministiset vaikutukset ovat yhteydessä säteilyn suuriin kerta-annoksiin esimerkiksi onnettomuuksien tai sädehoidon tapauksessa. Niihin luokiteltavia haittavaikutuksia ovat säteily sairaus luuydin- ja suolistovaurioineen, säteily palovamma, sädepneumoniitti, harmaakaihi ja sikiövaurio. Tällaisia haittoja ei synny lainkaan, jos säteilyannos jää alle tietyn kynnsarvon. (Paile 2002.) Kynnsarvolla tarkoitetaan säteilyannosta, jonka alapuolella determinististä haittavaikutusta ei esiinny (Paile 2000). Sen sijaan haitta syntyy varmasti, kun annos on tarpeeksi korkea ja haitat lisääntyvät nopeasti annosten lisääntyessä. Suojautuminen deterministisiltä haitoilta onkin hyvin tärkeää. (Paile 2002.)

Stokastiset haitat voivat syntyä jo pienestäkin säteilyaltistuksesta eikä niillä ole kynnsarvoa. Haittojen määrä ei automaattisesti lisäännä annoksen kasvaessa mutta haitan todennäköisyys kasvaa. (Desouky ym. 2015.) Vaikka yksittäinen säteilyannos ei muodostaisikaan riskiä yksilön kannalta, kokonaisriski määräytyy koko elinajan kertyneistä säteilyannoksista. Tästä syystä esimerkiksi turhia röntgenkuvauksia pyritään välttämään. (Paile 2002.)

## **4 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata pienten säteilyannosten vaikutusta syöpäriskiin. Tavoitteena oli, että röntgenhoitajat ja röntgenhoitajaopiskelijat saisivat ajankohtaista tietoa pienten säteilyannosten vaikutuksesta potilaan syöpäriskiin.

Kirjallisuuskatsausta ohjaavat tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Millainen on pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski potilaalle.
2. Miten säteilyannokseen ja syöpäriskiin vaikuttavia tekijöitä kuvataan kirjallisuudessa.

## **5 Opinnäytetyön toteutus**

Kirjallisuuskatsauksen teko alkoi aiheen valitsemisen jälkeen kirjallisuuskatsauksen suunnittelulla syksyllä 2021. Alussa keräsimme tietoa röntgensäteilystä ja syövän syn-

tymisestä sekä kirjallisuuskatsauksen rakenteesta. Keväällä 2022 jatkoimme kirjallisuuskatsauksen tekoa tekemällä kirjallisuushaun Metropolian LibGuides-palvelun kautta kahdesta eri tietokannasta. Lisäksi suoritimme manuaalisen haun Google Scholar tietokannassa.

## 5.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on tutkimustekniikka, jossa analysoidaan jo tehtyjä tutkimuksia. Siinä kerätään yhteen eri tutkimuksien tuloksia, jotka ovat pohjana uusille tutkimustuloksille. (Salminen 2011: 1.) Kirjallisuuskatsauksessa on tarkoitus kehittää teoreettista ymmärrystä sekä arvioida jo olemassa olevaa teoriaa (Suhonen, Axelin & Stolt 2016: 7). Tyypillisesti katsauksen tekoon kuuluu tutkimusongelman määrittäminen, kirjallisuushaku ja sen perusteella tehty aineiston valinta, valittujen tutkimusten arviointi, analyysi ja synteesi sekä tutkimustulosten raportointi. Katsaus tulee suorittaa systemaattisesti niin, että jokainen vaihe kuvataan yksiselitteisesti. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 23, 33.)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus, myös nimeltään narratiivinen kirjallisuuskatsaus, on yksi yleisimpiä kirjallisuuskatsauksen muotoja. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tutkittavaa ilmiötä voidaan kuvata laaja-alaisesti eivätkä aineiston valintaan vaikuta metodiset säännöt. Tutkimuskysymykset tai -ongelmat voivat olla myös väljempiä kuin systemaattisessa katsauksessa. Hyvä tutkimuskysymys ei ole liian suppea ja se keskittyy valittuun aiheeseen. Tavallisesti tarkasteluun valitaan julkaistuja, tieteellisiä sekä vertaisarvioituja tutkimuksia. (Salminen 2011: 6; Suhonen yms. 2016: 9; Niela-Vilén & Hamari 2016: 24.)

Tutkimuskysymyksen muodostamisen jälkeen alkaa kirjallisuuden haku ja aineiston valinta. Aineiston hankinta suoritetaan eri tietokannoista etukäteen päätetyillä hakusanoilla ja hakulausekkeilla. Aineiston hakustrategiaan liittyy myös mukaanotto- ja pois-sulkukriteerien määrittäminen, jotka ovat apuna aineistojen karsinnassa. Aineiston koosta ja ajankohtaisuutta voidaan hallita myös määrittämällä julkaisuvuodet. Aineiston hakuprosessin jokainen vaihe tulee kuvata tarkasti toistettavuuden vuoksi. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 25–27.)

Kun tutkimukset kirjallisuuskatsausta varten on valittu, niihin perehdytään arvioimalla ne systemaattisesti. Riippuen siitä ovatko tutkimukset määrällisiä vai laadullisia, arvioinnissa painotetaan eri asioita. Raportissa tulee määritellä nämä käytetyt arviointiperusteet. Arvioinnissa voidaan esimerkiksi kuvata valittujen tutkimusten tutkimusongelmat, aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät sekä kohdejoukot. Tutkimusten kohderyhmän arviointi on oleellista, koska se voi yhtenä tekijänä selittää eri tutkimusten vaihtelevia tuloksia. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 28–30.)

Neljäs vaihe kirjallisuuskatsauksen teossa on aineiston analyysi ja synteesi, jonka tarkoituksena on järjestellä tutkimusten tuloksia ja tehdä niistä yhteenvetoja. Analyysin ensimmäisessä vaiheessa tutkimuksen oleellisinta sisältöä kuvataan (muun muassa kirjoittajat, otos, päätulokset). Analyysivaihe muistuttaa tutkimuksen arviointia, ja se voidaan nähdä osana sitä. Seuraavaksi katsauksen tekijä lukee aineistoa sekä jäsentää tutkimusten sisällöstä luokkia tai teemoja, joiden avulla tutkimuksista voidaan löytää eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä. Aineiston synteessissä löytyneistä yhtäläisyyksistä ja eroavaisuuksista muodostetaan loogisia kokonaisuuksia. Tarkoitus on luoda yksittäisistä tutkimustuloksista laajempi kokonaiskuva sekä esitellä ristiriidat. Apuna voidaan käyttää kuvioita ja taulukoita. Tulosten raportointi eli itse katsauksen kirjoittaminen on viimeinen osa kirjallisuuskatsausta. Tulokset voidaan esittää muodostuneiden teemojen ja luokkien mukaisesti. Tulosten pohdinnassa on huomioitava kriittisyyden lisäksi tulosten hyödynnettävyys eri näkökulmien avulla. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 30–32.)

## 5.2 Aineiston hankinta ja sisäänottokriteerit

Aloitimme aineiston haun keväällä 2022. Tietokantoina englanninkielisten artikkelien haussa käytimme PubMed ja Cinahl tietokantoja, jotka avasimme Metropolian Libguides-palvelun kautta. Käytetyt hakusanat muodostettiin testihakujen ja tutkimuskysymyksen perusteella, ja eri tietokannoissa oli hieman erilaiset hakusanat. Apua hakusanojen muodostukseen saatiin myös tietokantojen sivuilta, sekä tarkastelemalla eri tutkimusten avainsanoja. Boolean operaattoria AND käytettiin yhdistämään hakutulokset (Lehtiö & Johansson 2016: 40). Hakutuloksia saattoi aluksi tulla yli 10 000, joten lisäsimme tarvittaessa NOT-operaattorin erottamaan niitä tekijöitä, joita ei toivottu tähän kirjallisuuskatsaukseen mukaan. Lisäksi suoritimme manuaalisen haun Google Scholarista ja valitsimme yhden tutkimuskysymyksiin vastaavaan artikkelin kirjallisuuskatsaukseen.

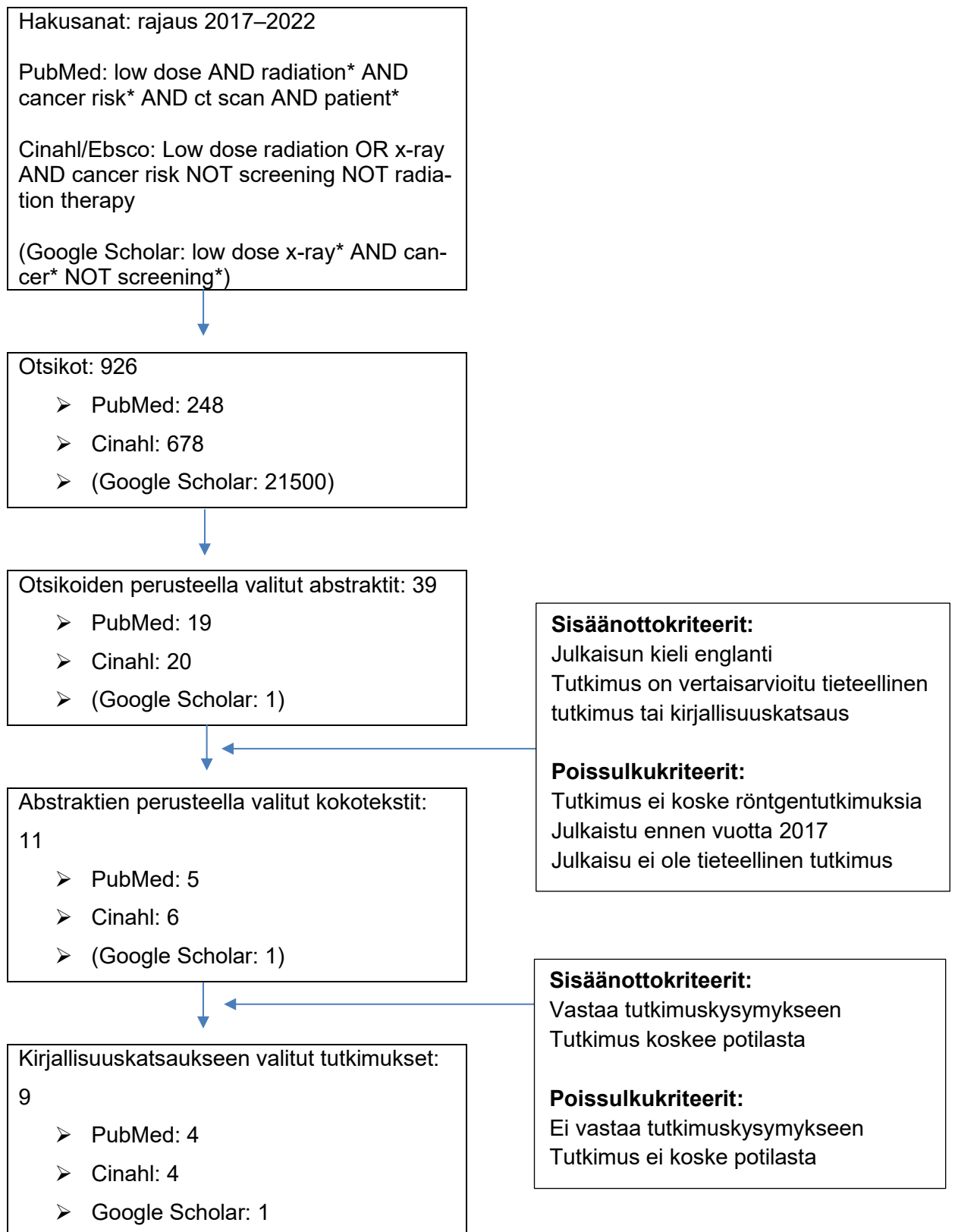


Sisäänottokriteereinä oli, että artikkelien tuli olla englanninkielisiä sekä vertaisarvioituja alkuperäistutkimuksia. Kirjallisuuskatsaukset huomioitiin, mikäli ne olivat vertaisarvioituja. Artikkelin tuli olla myös maksuton ja koko tekstin tuli olla luettavissa. Haku rajattiin vuosille 2017–2022 jokaisessa tietokannassa, jotta tulokset vastaisivat nykytietoa. Haussa huomioitiin ne diagnostiikan modaliteetit, jotka käyttivät röntgensäteilyä ja jossa potilaan saama efektiivinen säteilyannos oli alle 100 mSv tai alle 100 mGy. Sädehoitoon tai seulontatutkimuksiin liittyviä tutkimuksia ei hyväksytty. Tutkimuksen tuli myös koskea potilasta eikä tutkimuksen tekijää. Aineiston haku ja valinta on kuvattu taulukossa 1.

PubMed-tietokannasta haimme artikkeleita hakusanoilla low dose AND radiation\* and cancer risk\* AND ct scan AND patient\*. Tällöin osumia tuli 248. Otsikoiden perusteella valittiin tarkasteltavaksi 35, joista abstraktien tarkastelun jälkeen valitsimme 19 tutkimusta sisällön arviointiin. Kirjallisuuskatsaukseen valitsimme koko tekstin perusteella 4 artikkelia. Cinahl-tietokannasta haimme artikkeleita taas hakusanoilla low dose radiation OR x-ray\* AND cancer risk\* NOT screening\* NOT radiation therapy\*. Osumia tuli tällöin 678. Näistä otsikoiden perusteella valikoitui 20 artikkelia abstraktien tarkasteluun. Abstraktien tarkastelusta valikoitui 6 artikkelia sisällön arviointiin, joista valitsimme koko tekstin perusteella 4 tutkimusta kirjallisuuskatsaukseen.

Valitsimme vielä manuaalisesti yhden artikkelin kirjallisuuskatsaukseen Google Scholar-tietokannasta. Haimme artikkelin hakusanoilla low dose x-ray\* AND cancer\* NOT screening\*. Hakutulokset rajattiin vuosille 2017–2022. Osumia tuli 21500.

Taulukko 1. Aineiston haku ja valinta tietokannoista



### 5.3 Aineiston analysointi

Käytimme opinnäytetyössämme laadullista eli induktiivista sisällönanalyysiä. Sen tarkoituksena oli kuvata artikkelien sisältöä sanallisesti. Analyysin vaiheet voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: pelkistäminen eli redusointi, ryhmittely eli klusterointi sekä teoreettisten käsitteiden luominen. Pelkistämällä aineistosta karsitaan kaikki epäolennainen tieto ja tutkimuskysymyksiin liittyvä olennainen tieto tiivistetään. Ryhmittelyllä yhdistetään yhtenäisiä käsitteitä eri luokiksi eli yksittäisiä tekijöitä jaetaan yleisempiin käsitteisiin. Käsitteellistäminen eli abstrahointi tarkoittaa yleiskäsitteiden luomista alkuperäisistä ilmaisuista. (Tuomi & Sarajärvi 2009: 106–111.)

Artikkelien lukuvaiheessa käytimme hyväksi olennaisten tietojen sekä tulosten alleviivausta. Muodostimme artikkeleiden keskeisistä tuloksista taulukon (Liite 2) suomentamalla ja pelkistämällä alkuperäisiä ilmaisuja alaluokkiin ja edelleen yläluokkiin. Tällä tavalla syntyi seitsemän yläluokkaa ja kaksi pääluokkaa. Taulukossa 2 on esimerkki yläluokan syntyisestä alkuperäisen ilmaisun kääntämisen, pelkistymisen ja alaluokan syntyamisen jälkeen.

Taulukko 2. Esimerkki yläluokan syntyisestä

Alkuperäinen ilmaisu	Käännös	Alaluokka	Yläluokka
"Radiosensitivity of many organs such as the breast has been observed to decrease with age"	Rintojen säteilyherkkyyden on todettu laskevan iän mukana.	Rintarauhaset ovat säteilyherkät.	Säteilyherkät elimet
"The breast tissue of young women is one of the most radiation sensitive tissues in a human body."	Nuorten naisten rintakudos on ihmisen säteilyherkimpiä kudoksia.		

## 6 Tutkimustulokset

Kirjallisuuskatsauksemme valittu aineisto koostuu kahdeksasta alkuperäisestä tutkimuksesta sekä yhdestä vertaisarvioidusta kirjallisuuskatsauksesta. Tutkimusartikkelit oli julkaistu seuraavissa maissa: Espanja (1), Iran (1), Iso-Britannia (3), Italia (1), Palestiina (1), Saksa (1) ja Yhdysvallat (1).

Jokaisessa tutkimuksessa potilaan saama säteilyannos oli alle 100 mSv. Joissakin tutkimuksissa tarkasteltiin saman potilaan saamia säteilyannoksia useista kuvantamistutkimuksista, mutta kumuloitunut säteilyannos oli alle 100 mSv tai alle 100 mGy. Lähes kaikki aineistoissa kuvatut tutkimukset olivat TT-tutkimuksia, mutta osassa olivat mukana myös natiiviröntgentutkimukset. Yksi tutkimuksista käsitteli ainoastaan natiiviröntgentutkimusten säteilyannoksia ja syöpäriskiä. Tutkimusten menetelmät, tarkoitus ja keskeisimmät tulokset ovat esitelty tarkemmin liitteessä 1.

### 6.1 Pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski

Aineistoissamme oli mukana tutkimus (Schultz ym. 2020), jossa oli analysoitu yhteensä 4382 tieteellisen artikkelin käyttämiä tutkimusmenetelmiä. Menetelmät oli arvioitu ja pisteytetty ja tuloksena valikoitui 25 korkealuokkaista tutkimusta. 21 tutkimuksessa ei voitu osoittaa selvää yhteyttä syövän ja pienten, alle 100 mGy:n säteilyannosten välillä.

Useat tutkimukset antavat kuitenkin viitteitä siitä, että alle 20-vuotiailla lapsilla ja nuorilla syöpäriski on korkeampi (Meulepas ym. 2019). Bosch de Basea ym. (2018) tutkimuksessa lapsuusiän säteilyaltistus oli yhteydessä lisääntyneeseen syöpäriskiin etenkin aivosyöpien, leukemian sekä rinta- ja kilpirauhassyövän tapauksessa. Kyseisessä tutkimuksessa arvioitiin espanjalaisten alle 21-vuotiaiden syöpäriskiä eri säteilytutkimusten vaikutuksesta. Suurin yksittäinen osa (38,6 %) tutkimuksessa ennustetuista syöpätapauksista arvioitiin johtuvan pään ja vartalon TT-kuvauksesta. Pään TT-tutkimuksesta saatava annos oli suhteellisen pieni, mutta suurin osa tutkimuksessa mukana olleista tutkimuksista oli pään TT-kuvauksia (62,6 %). Tutkimuksessa oli huomiotavaa myös se, että tutkimusdatasta jätettiin pois ne nuoret, joiden tiedettiin sairastavan syöpää tai joiden eliniäksi arvioitiin alle viisi vuotta. Tällöin voitiin olettaa, että mukana olleet potilaat olivat perusterveitä. Tulosten mukaan TT-tutkimukset nuorella iällä aiheuttavat pienen lisäriskin syövän kehittymiselle, ja säteilyn käytön optimointiin ja oikeutukseen tulisi kiinnittää huomiota nuorten kohdalla.

Wylie ym. (2018) tutkimuksessa arvioitiin nuorten aikuisten syöpäriskiä lonkan alueen röntgentutkimuksista sekä TT-tutkimuksista. Laskettu LAR-arvo 20-vuotiaalle natiiviröntgentutkimuksesta oli miehelle ja naiselle 0.006 % ja 0.011 % ja vastaavasti TT-tutkimukselle 0.105 % ja 0.177 %. Tulosten mukaan potilaan lonkan ja lantion alueen röntgenkuvaukset, joissa oli mukana TT-tutkimus, aiheuttivat 20-vuotiaalle pienen ylimääräisen riskin syövän syntymiselle (0.034 %-0.177 %). Vertaamalla 15-vuotiaan ja 30-vuotiaan saamaa yhtä suurta säteilyannosta, 15-vuotiaalla potilaalla oli lähes kaksinkertainen riski syövän syntymiseen LAR-arvon perusteella. Verrattuna altistumiseen muille säteilylähteille koko elämän aikana, TT-kuvantamisesta aiheutuva syöpäriski on kuitenkin erittäin pieni.

Hollantilaisessa kohorttitutkimuksessa (Meulepas ym. 2019) tutkittiin alle 18-vuotiaita lapsia, jotka ovat käyneet yhdessä tai useammassa TT-tutkimuksessa vuosien 1979–2012 välillä. Aivojen saama kumulatiivinen säteilyannos oli keskimäärin 38.5 mGy. Säteilyannoksen ja aivosyövän välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys. Sen sijaan leukemian kohdalla vastaavaa yhteyttä ei voitu osoittaa. Tilastollisesti merkittävä syöpäriski tulosten perusteella oli muun muassa peräsuolelle, paksusuolelle, luulle ja kilpirauhaselle. Huomion arvoista tutkimuksessa oli, että MDS eli myelodysplastinen oireyhtymä rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle. Kun MDS oireyhtymää ei oteta huomioon, leukemian ja säteilyannoksen välillä ei näyttäisi olevan yhteyttä muissakaan tutkimuksissa (Meulepas ym. 2019).

Teheranilaisten tutkijoiden ryhmä selvitti tutkimuksessaan (Vafaei ym. 2019) päivystysklinikan 93 traumapotilaan eri elinten saamia säteilyannoksia ja niiden mahdollista yhteyttä syöpään. Kyseessä olivat pään ja kaulan alueen TT-tutkimukset. Tutkimuksessa havaittiin merkittäviä säteilyannoksia ei ainoastaan silmän verkkokalvon ja kilpirauhasen tapauksessa, vaan myös rintakehän alueella. Kilpirauhasesta mitattu keskimääräinen annos oli korkein kaulan TT-tutkimuksessa, ja silmän verkkokalvon saama annos pään TT-tutkimuksessa. Kuten tutkimuksessa oli oletettukin, säteilyä johtuva syöpäriski oli merkittävästi korkeampi nuorilla kuin vanhoilla potilailla, lähes kaksinkertainen. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin LAR-arvojen perusteella kohonnut kilpirauhasesyövän riski molemmissa TT-tutkimuksissa nuorilla naisilla verrattuna saman ikäisiin miehiin. Rinnan LAR-arvo oli kuitenkin molemmissa TT-tutkimuksissa nuorilla miehillä ja nuorilla naisilla lähes sama.

Kritsaneepaiboon & ym. 2018 tutkimuksessa selvitettiin monitraumapotilaiden saamaa säteilyaltistusta ja siihen liittyvää syöpäriskiä. Tutkimuksen kohdejoukkona oli 328 monitraumapotilasta, jotka kävivät TT-tutkimuksissa vuonna 2013. Keskimääräinen säteilyannos potilasta kohden oli 19.4 mSv. 63.7 % potilaista sai alle 20 mSv:n säteilyannoksen ja vain 5 potilasta sai yli 100 mSv. Tutkituista yli puolet luokiteltiin kuuluvaksi ryhmään, jonka kumulatiivinen efektiivinen säteilyannos oli matala. Lähes kaikkien potilaiden LAR-arvolla mitattu syöpäriski oli matala. Korkein syöpäriski oli alle 30-vuotiailla monitraumapotilailla, joille oli tehty useita toistuvia TT-tutkimuksia vartalon alueelle. Myös Wylie ym. (2018) syöpäriski nousi sen mukaan, mitä enemmän TT-tutkimuksia potilaalle tehtiin ja mitä suurempia säteilyannokset olivat.

Tutkimuksen Lahham & ALMasri & Kameel (2018) tuloksena oli, että rintasyövän kehittymisen riski naisilla on keuhkojen TT-tutkimuksen takia pieni ja potilaan säteilyannokset matalia. Tutkimus esittää, että elinkohtaisen absorboituneen annoksen tarkastelu syöpäriskin määrittelyssä olisi parempi vaihtoehto kuin potilaan kokokehoannoksen tarkastelu. Vaikka TT-tutkimus aiheuttaa tavanomaiseen natiiviröntgentutkimukseen verrattuna suuremman potilaan säteilyannoksen, annokset olivat pienempiä kuin ne säteilyannokset, joiden on todistettu lisäävän syöpäriskiä. Myös Wylie ym. 2018 toteavat lonkan alueen TT-tutkimuksesta aiheutuvan syöpäriskin olevan erittäin pieni verrattuna elinikäiseen säteilyaltistukseen ja syöpäriskiin. Kuitenkin nuorten aikuisten lonkan TT-tutkimusten lisääntymisen myötä riski on otettava huomioon.

Ghetti & Ortenzia & Maddalo & Altabella & Sverzellati (2020) tutkivat Covid-19-potilaiden keuhkojen TT-tutkimusten säteilyannoksia ja syöpäriskiä. Huomioiden tutkimuksessa käytetyn metodin, joka yliarvioi syövän syntymisen riskin, LAR-arvot olivat pienet ja keuhkojen TT-tutkimus on hyvin perusteltu osa Covid-19-potilaiden hoitopolkua.

Tutkimuksessa Achuka & Aweda & Usikalu 2018 arvioitiin pään alueen röntgenkuvauksista johtuvaa syöpäriskiä. Tutkimukseen valittiin 20 potilasta kahdesta eri yliopistotasoin terveydenhuollon laitoksesta lounais-Nigeriassa ja heiltä röntgenkuvattiin pään alue. Tutkimuksen mukaan nuorilla aikuisilla oli korkeampi syöpäriski kuin vanhemmilla aikuisilla, sillä maailmanlaajuisten standardien mukaan yli 16-vuotiaat luokitellaan aikuisiksi, joten heidän röntgenkuvauksissaan käytettiin samoja säteilyparametrejä kuin aikuisten kuvauksissa. Tutkimuksen johtopäätöksenä onkin, että ikä tulisi huomioida nuorten aikuisten säteilyannosta määriteltäessä.

## 6.2 Potilaan säteilyannokseen ja syöpäriskiin vaikuttavat tekijät

Aineistojen perusteella potilaan säteilyannokseen vaikuttavia tekijöitä olivat iän lisäksi potilaan sukupuoli, säteilyherkät elimet ja paino. Lisäksi laitetekniset syyt sekä erilaiset kuvausprotokollat voivat vaikuttaa yksilön sädeannoksen ja syöpäriskin määrittelyyn. Keskityimme tuloksissa kuitenkin potilaaseen liittyviin ominaisuuksiin sekä tekijöihin, jotka voivat väärentää tutkimustuloksia.

Sädeherkkien elinten erilaiset painotuskertoimet liittyivät sukupuolten välisiin eroihin LAR-arvoissa ja syöpäriskin määrittelyssä. Sädeherkkien elinten herkkyys laskee myös iän kasvaessa, mikä huomioitiin tutkimuksissa. Tutkimusaineistomme mukaan säteilylle herkkiä elimiä tai kudoksia olivat erityisesti rintakudos, keuhkot, kilpirauhanen ja silmän verkkokalvo. (Bosch de Basea ym. 2018; Vafei ym. 2019.)

Säteilyherkkien elinten herkkyuden todettiin laskevan sen mukaan, mitä vanhempia potilaita tutkittiin (Kritsaneepaiboon ym. 2018). Bosch de Basea ym. 2018 totesivat, että riski aivosyövän kehittymiselle laski vanhemmilla nuorilla (15–20-vuotiaat). Myös rintojen sädeherkkyys laski iän mukana (Lahham ym. 2018).

Keuhkojen TT-kuvausta koskevassa tutkimuksessa todettiin keuhkosyövän riskin pienenävän iän kasvaessa niin naisilla kuin miehilläkin. Naisilla oli kuitenkin suurempi riski saada keuhkosyöpä kuin miehillä, vaikka potilaan saama säteilyannos pysyi samana kummallakin sukupuolella. Tämän arvioitiin johtuvan laskennallisesti siitä, että naisilla keuhkojen säteilyherkkyys on suurempi kuin miehillä. (Ghetti ym. 2020.) Myös Wylie ym. (2018) sekä Kritsaneepaiboon ym. (2018) tutkimuksissa syöpäriskiä kuvaavat LAR-arvot olivat naisilla korkeammat. Meulepas ym. (2019) mukaan aivosyövän ja leukemian kohdalla annosvasteeseen ei ollut merkittävää vaikutusta potilaan iällä, sukupuolella tai TT-tutkimusten määrällä.

Suurimmat syöpäriskit koskivat niitä elimiä, jotka olivat kuvausalueella eli saivat eniten säteilyä. Ghetti ym. (2020) mukaan keuhkojen TT-tutkimus aiheuttaa suurimman syöpäriskin keuhkosyövälle niin naisilla kuin miehillä. Lisäksi naisilla rintasyövän riski nousi huomattavasti muihin syöpiin verrattuna. Miehillä seuraavaksi suurin LAR-arvo oli virtsarakolla. Lahham ym. (2018) huomioivat, että säteilyn kohdistuessa rintarauhasiin naisilla, rintasyövän kehittymisen riski oli suurempi kuin muiden syöpien.

Potilaan paino oli sädeannokseen vaikuttava tekijä, mistä johtuen tutkimuksen potilaiden keskinäisissä säteilyannoksissa voi olla suuria heittoja. Suurikokoisten potilaiden kohdalla tietokonekuvauslaite käyttää enemmän säteilyä kattamaan koko kuvausalueen aiheuttaen myös kasvun potilasannoksessa. (Lahham ym. 2018; Wylie ym. 2018.) Myös Ghetti ym. 2020 tutkimuksessa ylipainoiset potilaat saivat suurimmat säteilyannokset.

Ghetti ym. 2020 tutkimukseen valitut Covid-19 potilaat olivat suurikokoisempia verrattuna annoslaskennassa käytettyyn dataan, joka on standardoitu normaalikokoiselle potilaalle. LAR-arvot eri ikäluokilla olivat yliarvioituja myös sen vuoksi, että tutkimuksessa mukana olleet potilaat olivat iäkkäämpiä kuin vertailutasona käytetyn BEIR VII -raportin malliväestö. Vafaei ym. 2019 tutkimuksessa todettiin, että syövän LAR-arvoa on voitu aliarvioida, koska tutkimuksessa ei otettu huomioon tupakointia, geneettisiä tekijöitä, perhettä, yms. tekijöitä.

Hollantilaisessa tutkimuksessa (Meulepas ym. 2019) selvitettiin myös sosioekonomisen aseman vaikutusta syöpäriskiin. Vaikka sosioekonominen asema vaikuttaa leukemiaan sairastumiseen ja todennäköisyyteen, potilaan tutkiminen TT-kuvantamisella ei itsessään lisää syöpäriskiä tutkimuksen mukaan.

Potilaasta riippumattomat säteilyannokseen liittyvät tekijät liittyivät erilaisiin käytettyihin kuvausprotokoliin, laiteteknisiin tekijöihin, kuvausparametreihin sekä röntgenhoitajan työsuoritukseen. Potilasannosta voi lisätä esimerkiksi se, että käytössä ei ole optimoitua kuvausprotokollaa tutkimusta varten (Lahham ym. 2018). Achuka ym. (2018) tutkimuksessa kahden eri sairaalan välisten säteilyannosten eron arveltiin johtuvan siitä, että toisessa sairaalassa röntgenhoitajat olivat kokeneempia, jolloin potilaan säteilyannokset olivat pienempiä.

## **7 Pohdinta**

### **7.1 Tulosten tarkastelu**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvailla pienten säteilyannosten vaikutusta potilaan syöpäriskiin. Tarkastelemamme tutkimusaineiston pääjohtopäätös oli se, että pienet säteilyannokset diagnostiikassa aiheuttavat pienen, lähes mitättömän ylimääräisen



riskin syövän kehittymiselle. Tulokset lasten ja nuorten aikuisten korkeammasta syöpäriskistä vastasivat hyvin aiempaa tutkimustietoa. Täten etenkin lasten ja nuorten aikuisten säteilysuojeluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Vaihtelua potilaiden saamassa säteilyannoksessa oli eri tutkimusten välillä, mutta kaikissa tutkimuksissa potilaan saama säteilyannos oli alle 100 mSv. Yksittäisten TT-tutkimusten säteilyannokset vaihtelivat noin 1–20 mSv välillä. Tärkeä huomio tutkimuksissa oli se, että etenkin TT-tutkimuksia määräävän lääkärin on tärkeä huomioida säteilyn aiheuttamat riskit ja välttää tarpeettomia tutkimuksia.

Tutkimuksista suurin osa koski TT-tutkimuksista aiheutuvaa syöpäriskiä. Tavanomaiseen natiiviröntgentutkimukseen verrattuna TT-tutkimus aiheuttaa suuremman potilaan säteilyannoksen, mutta annokset ovat edelleen hyvin pieniä verrattuna niihin säteilyannoksiin, joiden on todettu aiheuttavan syöpää (Lahham ym. 2018).

Lasten ja nuorten aikuisten syöpäriski oli selkeästi korkeampi muuhun väestöön verrattuna. TT-tutkimukset nuorilla voivat aiheuttaa pienen ylimääräisen riskin syövän kehittymiselle (Bosch de Basea ym. 2018). Nuorten lonkkakipu-potilaiden röntgentutkimusten lisääntyessä tulee arvioida TT-tutkimusten tarpeellisuutta (Wylie ym. 2018). Syöpäriski nuorilla aikuisilla oli myös sitä korkeampi, mitä enemmän potilaalle tehtiin TT-tutkimuksia, mitä suurempi säteilyannos oli ja mitä nuorempi potilas oli (Wylie ym. 2018). Alle 30-vuotiaiden useat tai useasti toistetut TT-kuvaukset etenkin ylävartalon alueella aiheuttivat merkittävän syöpäriskin (Kritsanepaiboon ym. 2018).

Tutkimusten tulokset syöpäriskistä vaihtelivat myös sen mukaan, minkälaisia röntgentutkimuksia tarkasteltiin tutkimuksissa. Keuhkojen TT-tutkimusta koskevissa tutkimuksissa yhteys säteilyn ja syöpäriskin välillä koski eniten keuhkosyöpää kummallakin sukupuolella ja naisilla lisäksi rintasyöpää (Ghetti ym. 2020; Lahham ym. 2018). Pään ja vartalon alueen TT-kuvauksilla havaittiin yhteys kasvaneeseen syöpäriskiin aivosyövän, leukemian, rinta- ja kilpirauhassyövän tapauksessa (Bosch de Basea ym. 2018).

Potilaan sädeannokseen ja syöpäriskiin vaikuttavia tekijöitä olivat potilaan iän lisäksi sukupuoli, paino ja sädeherkät elimet. Sukupuolen ja sädeherkkien elinten suhde huomioitiin useimmissa tutkimuksissa. (Lahham ym. 2018). Naisilla esimerkiksi keuhkosyövän riski oli laskennallisesti suurempi kuin miehillä, koska naisilla keuhkojen sädeherkkyys on suurempi (Ghetti ym. 2020). Myös lantion alueella naisilla sädeherkillä eli-

millä oli suurempi painotuskerroin (Wylie ym. 2018). Myös kilpirauhassyövän riski oli tulosten mukaan nuorilla naisilla suurempi kuin saman ikäisillä miehillä pään ja kaulan alueen TT-tutkimuksissa (Vafei ym. 2019).

Lahham ym. (2018) tutkimuksessa todettiin, että syöpäriskiä tarkastellessa tulisi mieluummin kiinnittää huomiota elinkohtaiseen absorboituneeseen annokseen kuin kokokehon annokseen, jota yleensä käytetään säteilyannoksen ja syöpäriskin määrittelyyn.

Suurikokoisten ja ylipainoisten potilaiden kohdalla säteilyannokset ja arvioitu syöpäriski oli suurempi normaalikokoisiin potilaisiin verrattuna, koska TT-laite käyttää tällöin enemmän säteilyä (Lahham ym. 2018; Wylie ym. 2018). Potilaskohtaisten tekijöiden lisäksi myös sairaaloiden erilaiset kuvausprotokolat ovat vaikuttaneet potilaiden erisuuruisiin säteilyannoksiin tutkimuksen sisällä (Kritsaneepaiboon ym. 2018; Wylie ym. 2018). Myös röntgenhoitajan pidempi työkokemus vaikutti potilaan natiiviröntgentutkimuksen säteilyannoksiin niitä pienentäen (Achuka ym. 2018). Optimoitujen kuvausprotokollien tarpeellisuus huomioitiin myös säteilyannosten minimoimisessa (Lahham ym. 2018).

Aineistojen tutkimustuloksiin ovat voineet vaikuttaa käytetyt menetelmät syöpäriskin arvioinnissa ja laskennassa. Vaikka jokaisessa tutkimuksessa käytettiin syöpäriskin laskennassa BEIR VII -raportin ehdottamaa mallia, sitä myös kritisoitiin. LNT-mallin todettiin yliarvioivan syöpäriskiä pienten säteilyannosten kohdalla. LAR-arvo saattoi esimerkiksi yliarvioitua, jos tutkimuksen potilasdata ei täysin vastannut BEIR VII-raportin malliväestön rakennetta, jonka mukaan säteilyannokset lasketaan. (Ghetti ym. 2020.) LAR-arvot saattoivat myös tulla aliarvioituksi, jos tutkimuksessa ei ollut otettu huomioon esimerkiksi tupakointia, geneettisiä tekijöitä ja perhettä (Vafei ym. 2019). Myöskään sosioekonomisella asemalla ei todettu olevan yhteyttä säteilyn ja syövän välillä (Meulepas ym. 2019).

## 7.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Noudatimme opinnäytetyössämme Tutkimuseettisen neuvottelukunnan laatimaa ohjetta hyvästä tieteellisestä käytännöstä. Ohjeen tarkoituksena on edistää hyvää tieteellistä käytäntöä sekä ehkäistä tieteellistä epärehellisyyttä kuten plagiointia. Opinnäytetyön tulee noudattaa tarkkuutta ja huolellisuutta, sekä tekijöiden tulee käyttää tiedonhankinnassa kriteerien mukaisia menetelmiä. Viittaukset muihin tutkimuksiin tulee

tehdä asianmukaisesti. (TENK 2012.) Opinnäytetyössä tulee soveltaa reliabiliteetin ja validiteetin käsitteitä. Edellinen tarkoittaa, että tutkimustulokset analysoidaan johdonmukaisesti ja mittaustulokset voidaan toistaa. Jälkimmäinen taas tarkoittaa sitä, että käytetään aineistoon soveltuvia mittareita. (Jyväskylän yliopisto 2021.) Tähän kirjallisuuskatsaukseen ei tarvinnut hakea tutkimuslupaa eikä tutkimuksessa käsitelty henkilöitä.

Teimme TURNITIN-ohjelman kautta plagiointitunnistuksen. Ohjelman laskema vastinenäkymien määrä oli 17 %. Siihen sisältyi kuitenkin kaikki käyttämämme lähteet, joiden osuus oli noin 12 %. Loppuosa noin 5 % koostui suurelta osin otsikoista, nimistä tai muista vastaavista lauseista, joita ei voida pitää suorina lainauksina.

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta on keskeistä mittarin sisältövaliditeetti. Vaikka tutkimuksen luotettavuus olisi muilta osin asianmukainen, tuloksiin ei voida luottaa, jos mittari ei ole oikea tai se ei mittaa haluttua asiaa. Sisältövaliditeettia voidaan arvioida seuraavilla kriteereillä: mittaako mittari sitä mitä sen on tarkoitus mitata, onko valittu oikea mittari, onko käsitteet operationalisoitu luotettavasti sekä millainen on sen rakennevaliditeetti eli teoreettinen rakenne. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2017.) Ionisoivan säteilyn aiheuttaman syöpäriskin mittaamiseen on kehitetty erilaisia laskentamalleja. Luotettavuutta lisää, että jokaisessa katsauksemme sisältyneessä tutkimuksessa oli käytössä BEIR (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations) VII-komitean suositusten mukainen, laajasti sovellettu laskentamalli.

Kirjallisuuskatsauksen laatuun voi vaikuttaa heikentävästi se, että katsaus ei ota kantaa valittujen aineistojen luotettavuuteen (Suhonen ym. 2016). Opinnäytetyömme luotettavuutta lisää kuitenkin se, että käytimme katsauksessamme vain vertaisarviointiprosessin läpikäyneitä tutkimuksia. Tulosten raportoinnissa tulee pohtia katsauksen eri vaiheiden luotettavuutta eli kaikkia tekijöitä, jotka ovat voineet vaikuttaa tuloksiin. Olemme pyrkineet myös siihen, että lukija saa laadukkaasti tehdystä kirjallisuuskatsauksesta selkeän kuvan aiheen tutkimuksista ja tuloksista. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 26, 32–33.) Kirjallisuuskatsauksen aineiston hakuvaiheessa kuvasimme jokaisen työvaiheen niin, että haku olisi toistettavissa. Rajasimme haun viidelle vuodelle (2017–2022), jotta tulokset vastaisivat mahdollisimman hyvin nykykäsitystä. Luotettavuutta on lisännyt myös se, että katsauksen tekijöitä on ollut kaksi, joten olemme voineet arvioida tutkimuksia ja tuloksia yhdessä.

Päätimme valita katsaukseen artikkelia, jotka koskevat diagnostisia röntgentutkimuksia eikä sädehoitoa tai seulontatutkimuksia. Ennen kirjallisuuskatsauksen tekoa ainut tutkimuskysymyksemme oli ”Millainen on pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski potilaalle”. Kirjallisuutta lukiessamme huomasimme, että aineistoista nousee esille tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat yksilön syöpäriskin määrittelyyn. Jotta voisimme kuvata aihetta monipuolisemmin ja aineistolähtöisesti, lisäsimme tutkimuskysymyksen ”Miten säteilyannokseen ja syöpäriskiin vaikuttavia tekijöitä kuvataan kirjallisuudessa”. Vaihtoehtoisesti olisimme voineet pitää vain yhden tutkimuskysymyksen, mutta mielestämme oli parempi jakaa nämä kysymykset erikseen, jotta voisimme erotella tuloksia järkevästi.

Kirjallisuuskatsausta kirjoittaessamme keskityimme niihin tuloksiin, jotka vastasivat tutkimuskysymyksiimme. Yksittäisiä tuloksia on voitu jättää mainitsematta, mikäli ne eivät vaikuttaneet oleellisilta. Kiinnostuksen kohteena ei myöskään ollut säteilyparametreihin tai kuvaustekniikkaan liittyvien tekijöiden tarkastelu, joskin näitä on sivuutettu tuloksia tarkastellessa. Keskityimme niihin tekijöihin, joita oli kuvattu eniten aineistoissa ja joista löytyi yhtäläisyyksiä aineistojen kesken. Näitä olivat erityisesti potilaan ominaisuuksiin liittyvät tekijät. Olimme tietoisia siitä, että tutkimusten tulokset pohjautuivat laskentamalleihin (BEIR VII), joten siinä mielessä niitä ei voida pitää varmoina totuuksina. Myös lukijan on hyvä huomioida tämä tuloksia lukiessa. Jotta meiltä huomaamatta jääneet mahdolliset virheet saataisiin korjattua, pyysimme työn loppuvaiheessa ulkopuolista lukijaa lukemaan tulokset-osion. Valitsimme kirjallisuuskatsaukseen vain englanninkielisiä tutkimuksia, joten mahdolliset tulkinta- ja käännösvirheet ovat voineet vaikuttaa opinnäytetyön tuloksiin.

### 7.3 Hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyömme tuloksista voivat hyötyä niin röntgenhoitajat kuin röntgenhoitajaopiskelijat ja muut aiheesta kiinnostuneet. Tulokset vastaavat hyvin aikaisempaa tietoa siitä, että lasten ja nuorten säteilysuojelu on hyvin perusteltua ja ionisoivaa säteilyä heidän tulisi käyttää harkiten ja optimoiden nuorten kohdalla. Vaikka syöpäriski tavannaisten natiiviröntgentutkimusten kohdalla on lähes olematon, riski on kuitenkin aina olemassa.

Näkemyksemme mukaan Suomessa noudatetut säteilysuojelun periaatteet ovat hyvin linjassa tutkimusten suositusten kanssa. Koemme, että työkentällä lasten ja nuorten

säteilysuojeluun kiinnitetään erityistä huomiota. Kirjallisuuskatsauksen tulosten mukaan pienen säteilyannoksen riskimalli ei täysin sovellu pienille säteilyannoksille, joten yksi tutkimuskohde voisi olla se, löytyykö pienen säteilyannoksen syöpäriskille parempaa riskimallia tai voitaisiinko sellainen kehittää. Lisäksi voisi olla mielenkiintoista tutkia säteilyn aiheuttamaa syöpäriskiä rajaamalla aineisto tarkemmin esimerkiksi mammografiatutkimuksiin, jotka eivät olleet edustettuna tässä kirjallisuuskatsauksessa.

#### 7.4 Ammatillinen kehittyminen

Ennen opinnäytetyön tekoa meillä ei juurikaan ollut kokemusta kirjallisuuskatsauksen teosta. Olemme tehneet kirjallisia töitä, mutta opinnäytetyön työstäminen oli hyvin erilaista ja aikaa vievää. Aineiston hakuvaiheessa opimme lukemaan kirjallisuutta kriittisellä otteella ja käytimme paljon aikaa artikkelien arviointiin ja valintaan kirjallisuuskatsausta varten. Aineiston tulosten kirjoittaminen tuotti aluksi vaikeuksia, koska tuloksista oli vaikea koota looginen kokonaisuus. Koimme, että tuloksissa oli tärkeä huomioida tutkimusten konteksti, eli minkälaisia potilaita kuvattiin ja millä tavoin. Sisällönanalyysitaulukon tekemisestä oli apua, kun yritimme valita artikkeleista niiden tärkeimmät tutkimustulokset.

Kirjallisuuskatsauksen tekemisen jälkeen ymmärrämme entistä paremmin ionisoivan säteilyn vaikutuksen ihmisessä sekä säteilysuojelun tärkeyden etenkin lasten ja nuorten aikuisten kohdalla. Röntgenhoitajan ammatissa on tärkeä ymmärtää säteilysuojelun periaatteet ja toteuttaa parasta mahdollista säteilysuojelua. Näitä oppeja voidaan käyttää hyväksi myös silloin, kun potilaat ovat kiinnostuneita ionisoivan säteilyn riskeistä. Myös säteilytutkimukseen lähettävän tahon tulee tuntea säteilyn aiheuttamat riskit ja pyrkiä välttämään tarpeettomia säteilytutkimuksia.

## Lähteet

- Achuka, J. A. & Aweda, M. A. & Usikalu, M. R. 2018. Cancer risks from head radiography procedures. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 173. 2018. IOP Publishing Ltd. Saatavilla myös verkossa. <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/173/1/012038/pdf>>. Viitattu 08.04.2022.
- Alberts, Bruce & Johnson, Alexander & Lewis, Julian & Raff, Martin & Roberts, Keith & Walter, Peter 2002. Cancer as a Microevolutionary Process. Molecular Biology of the Cell, 4th edition. Garland Science. Saatavilla myös sähköisesti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26891/>>. Viitattu 06.04.2022.
- Bosch de Basea, Magda & Moríña, David & Figuerola, Jordi & Barber, Ignasi & Murchart, Jordi & Lee, Choonsik & Cardis, Elisabeth. 2018. Subtle excess in lifetime cancer risk related to CT scanning in Spanish young people. Environment International 120. 1-10. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.020>>. Viitattu 15.3.2022.
- Calabrese, Edward & O'Connor, Michael. Estimating Risk of Low Radiation Doses – A Critical Review of the BEIR VII Report and its Use of the Linear No-Threshold (LNT) Hypothesis. Radiation Research. 182 (5). 463–474. <<https://doi.org/10.1667/RR13829.1>>. Viitattu 7.4.2022.
- Desouky, Omar & Ding, Nan & Zhou, Guangming. 2015. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation. Journal of Radiation Research and Applied Sciences 8 (2). 247-254. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850715000333#sec3>>. Viitattu 21.10.2021.
- Ghetti, C & Ortenzia, O & Maddalo, M & Altabella, L & Sverzellati N. 2020. Dosimetric and radiation cancer risk evaluation of high resolution thorax CT during COVID-19 outbreak. Physica Medica 80. 119–124. <<https://doi.org/10.1016/J.EJMP.2020.10.018>>. Viitattu 16.3.2022.
- ICRP. 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4). 50–51.
- Isola, Jorma. 2013a. Kemiallinen karsinogeneesi. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.
- Isola, Jorma. 2013b. Säteily syövän aiheuttajana. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.
- Isola, Jorma. 2013c. DNA-vaurioiden korjausmekanismit syövän synnyssä. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Isola, Jorma. 2013d. Karsinogeneesi koe-eläintutkimusten valossa. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Isola, Jorma & Kallioniemi, Anne. 2013a. Miten syöpä syntyy. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Isola, Jorma & Kallioniemi, Anne. 2013b. Kasvainsairauksien määritelmä ja jaottelu. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Isola, Jorma & Kallioniemi, Anne. 2013c. Syövän Klonaalisuus. Teoksessa Joensuu, Heikki & Roberts, Peter J. & Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa & Jyrkkiö, Sirkka & Kouri, Mauri & Lyly, Teppo (toim.). Syöpätaudit. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Jyväskylän yliopisto 2021. Koppa. Tutkimuksen toteuttaminen. Tutkimustulosten luotettavuus ja pätevyys. <<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi/tutkimuksen-toteuttaminen>>. Viitattu 21.10.2021.

Kankkunen, Päivi & Vehviläinen-Julkunen Katri. 2017. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kritsaneeapaiboon, S. & Jutiyan, A. & Krisanachinda, A. 2018. Cumulative radiation exposure and estimated lifetime cancer risk in multiple-injury adult patients undergoing repeated or multiple CTs. *European Journal of Trauma & Emergency Surgery*. 44(1): 19–27. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Viitattu 08.04.2022.

Lahham, Adnan & AlMasri, Hussein & Kameel, Saleh. 2018. Estimation of Female Radiation Doses and Breast Cancer Risk From Chest CT Examinations. *Radiation Protection Dosimetry*. 179 (4). 303–309. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29237054/>>. Viitattu 15.3.2022.

Lammentausta, Eveliina. 2017. Ionisoivan säteilyn fysiikka. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen K., Seppo & Aronen, Hannu & Lunbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). *Kliininen radiologia*. 2.10.2017. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Lehtiö, Leeni & Johansson, Elise. 2016. Järjestelmällinen tiedonhaku hoitotieteessä. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta. *Kirjallisuuskatsaus Hoitotieteessä*. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. A:73/2016. 40.

Meulepas, Johanna M & Ronckers, Cécile M & Smets, Anne M J B & Nievelstein, Rutger A J & Gradowska, Patrycja & Lee, Choonsik & Jahnen, Andreas & van Straten, Marcel & de Wit, Marie-Claire Y & Zonnenberg, Bernard & Klein, Willemijn M & Merks, Johannes H & Visser, Otto & van Leeuwen, Flora E & Hauptmann Michael. 2018. Radiation Exposure From Pediatric CT Scans and Subsequent Cancer Risk in the Netherlands. *JNCI*:

Journal of the National Cancer Institute. 111 (3). 256–263. Oxford University Press. Saatavilla myös verkossa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6657440/>>. Viitattu. 08.04.2022.

Mustonen, Riitta & Salo, Aki. 2002. Säteily ja Solu. Teoksessa Paile, Wendla (toim.). Säteilyn terveysvaikutukset. Säteilyturvakeskus. Saatavilla myös sähköisesti. <[https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4\\_luku2.pdf/1946f746-2f35-42bd-8d04-90e5853850da](https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4_luku2.pdf/1946f746-2f35-42bd-8d04-90e5853850da)>. Viitattu 20.10.2021.

Mustonen, Riitta & Salomaa, Sisko & Kiuru, Anne 2002. Säteily ja syövän synty. Teoksessa Paile, Wendla (toim.). Säteilyn terveysvaikutukset. Säteilyturvakeskus. Saatavilla myös sähköisesti. <[https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4\\_05.pdf/d32486b8-c075-44c9-b75d-66a4d127ff12](https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4_05.pdf/d32486b8-c075-44c9-b75d-66a4d127ff12)>. Viitattu 4.11.2021.

Niela-Vilén, Hannakaisa & Hamari, Lotta. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta. Kirjallisuuskatsaus Hoitotieteessä. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. A:73/2016. 23–33.

Nieminen, Miika. 2017a. Röntgensäteilyyn perustuvat menetelmät. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen K., Seppo & Aronen, Hannu & Lunbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). Kliininen radiologia. E-Kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Nieminen, Miika. 2017b. Säteilysuojelusäädöstö. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen K., Seppo & Aronen, Hannu & Lunbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). Kliininen radiologia. E-Kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Nieminen, Miika & Oikarinen, Heljä. 2017. Säteilysuojelu ja optimointi. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen K., Seppo & Aronen, Hannu & Lunbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). Kliininen radiologia. E-Kirja. Kustannus Oy Duodecim.

Paile, Wendla 2000. Ionisoivan säteilyn haitat. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 6/2000. Kustannus Oy Duodecim.

Paile, Wendla 2002. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. Teoksessa Paile, Wendla (toim.). Säteilyn terveysvaikutukset. Säteilyturvakeskus. Saatavilla myös sähköisesti. <[https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4\\_03.pdf/450f57ef-5060-492f-b22c-325e640c375b](https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4_03.pdf/450f57ef-5060-492f-b22c-325e640c375b)>. Viitattu 20.10.2021.

Piotrowski, Igor & Kulcenty, Katarzyna & Suchorska, Wiktoria Maria & Skrobała, Agnieszka & Skórska, Małgorzata & Kruszyna-Mochalska, Marta & Kowalik, Anna & Jackowiak, Weronika & Malicki, Julian. 2017. Carcinogenesis induced by low-dose radiation. *Radiology and Oncology* 5 (4). 369-377. <<https://doi.org/10.1515/raon-2017-0044>>. Viitattu 4.11.2021.



Ruonala, Verner. 2019. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2018. STUK-B 242. Helsinki 2019. 11. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/138743/STUK-B242.pdf?sequence=1>>. Viitattu 5.10.2021.

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopiston julkaisuja. Verkkodokumentti. 1, 6. <[https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)>. Viitattu 10.9.2021.

Schultz, Carl H & Fairley, Romeo & Suk-Ling Murphy, Linda & Doss, Mohan. 2020. The Risk of Cancer from CT Scans and Other Sources of Low-Dose Radiation: A Critical Appraisal of Methodologic Quality. *Prehospital & Disaster Medicine*. 35(1): 3–16. Cambridge University Press. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32009606/>>. Viitattu 08.04.2022.

Siiskonen, Teemu 2020. Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018. STUK-A263. Helsinki 2020. 32. <[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139611/Suomalaisten\\_keskima%20a%20ra%20inen\\_efektiivinen\\_annos\\_vuonna\\_2018.pdf?sequence=6](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139611/Suomalaisten_keskima%20a%20ra%20inen_efektiivinen_annos_vuonna_2018.pdf?sequence=6)>. Viitattu 3.11.2021.

Stewart, Sell 2010. On the Stem Cell Origin of Cancer. *American Journal of Pathology*. 176 (6). 2584–2494. *The American Journal of Pathology*. Saatavilla myös verkossa <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2877820/>>. Viitattu 06.04.2022.

STUK. 2016. Mitä säteily on? Päivitetty 19.8.2016 <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sateilyn-kayttokohteita>>. Viitattu 14.9.2021.

STUK. 2017. Röntgentutkimusten säteilyannoksia. Päivitetty 18.9.2017. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>>. Viitattu 6.10.2021.

STUK. 2019a. Sanasto. Päivitetty 2.12.2019. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sanasto>>. Viitattu 3.11.2021

STUK. 2019b. Mitä säteily on. Päivitetty 18.12.2019. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on>>. Viitattu 20.10.2021

STUKLEX. 2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. 4 § Sikiöön ja lapseen kohdistuvan lääketieteellisen altistuksen oikeutusarviointi. <<https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-4-2019#P2>>. Viitattu 18.10.2021.

Suhonen, Riitta & Axelin, Anna & Stolt, Minna. 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta. *Kirjallisuuskatsaus Hoitotieteessä*. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. A:73/2016. 7-9.

Suzuki, Keiji & Yamashita, Shunichi. 2012. Low-dose Radiation Exposure and Carcinogenesis. *Japanese Journal of Clinical Oncology* 42 (7). 563–568. <<https://doi.org/10.1093/jjco/hys078>>. Viitattu 19.10.2021.

Säteilylaki 859/2018. Annettu Helsingissä 9.11.2018. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>>. Viitattu 19.10.2021.

Tubiana, M & Aurengo, A & Averbeck, D & Masse, R. 2006. Recent reports on the effect of low doses of ionizing radiation and its dose–effect relationship. *Radiation and Environmental Biophysics*. 44. 245–251. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00411-006-0032-9>>. Viitattu 25.3.2022.

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 5. painos. Helsinki: Tammi 106–111

Tutkimuseettinen neuvottelukunta TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). <<https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>>. Viitattu 21.10.2021.

Vafaei, Ali & Khosravi, Nafiseh & Barjouei, Nazli Shojaei & Sendani, Neda Gholizadeh & Sadeghi, Ali & Oloumi Akhtari, Amin Shams. 2019. Radiation Organ Dose Measurement and Cancer Risk Estimation in CT Examination on Trauma Patients. *Middle East Journal of Cancer*. 10 (3). 206–213. Viitattu 08.04.2022.

Wylie, James & Jenkins, Peter & Beckmann, James & Peters, Christopher & Aoki, Stephen & Maak, Travis. 2018. Computed Tomography Scans in Patients With Young Adult Hip Pain Carry a Lifetime Risk of Malignancy. *Arthroscopy* 34 (1). 155–163. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29100768>>. Viitattu 16.3.2022.

## Liite 1. Tutkimusaineiston analyysi

Tekijät, vuosi, maa	Julkaisupaikka	Tutkimusmenetelmät ja aineisto	Tutkimuksen tarkoitus	Keskeisimmät tulokset
Lahham ym. 2018  Palestiina	Radiation Protection Dosimetry. 2018 June; 179(4). 303–309.	<p>Aineistoa varten kerättiin 200 naispuolisen potilaan saama säteilyannos yhdestä TT-tutkimuksesta 10 eri palestiinalaisessa sairaalassa.</p> <p>Rintarauhasten saama absorboitunut säteilyannos sekä efektiivinen annos määritettiin VirtualDose™ -laskentaohjelman avulla. LAR-arvot laskettiin BEIR VII -raportin mukaisesti.</p>	Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida rintarauhasten saama efektiivinen säteilyannos sekä määrittää rintasyövän kehittymisen riski potilaalle, jolle tehtiin keuhkojen alueen TT-kuvaus.	Tutkimuksen potilaiden saama keskimääräinen efektiivinen annos oli 7 mSv. LAR-arvo oli sitä pienempi, mitä vanhempi potilasryhmä oli kyseessä. Säteilyannosten perusteella riski rintasyövän kehittymiselle on matala ja tulokset vastaavat aikaisempia tutkimuksia aiheesta.
Schultz ym. 2020  Iso-Britannia	Prehospital & Disaster Medicine. 2020. February; 35(1). 3–16.	Tarkastelun kohteena oli aluksi 4382 artikkelia, niistä 62 tutkimusta täyttivät toivotut kriteerit. Näistä 62 tutkimuksesta kvantitatiivisen arvioinnin jälkeen valikoitui 25 korkealaatuista tutkimusta. Näistä 25 tutkimuksesta ylivoimainen enemmistö 21 kpl ei löytänyt yhteyttä syövän ja pienten säteilyannosten välillä.	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää syy-seuraus-suhdetta pienten säteilyannosten ja syövän välillä. Tarkastelun kohteena oli joukko tutkimuksia, jotka perustuvat korkea laatuisiin tutkimusmenetelmiin.	Selvä enemmistö artikkeleista, jotka pohjautuivat korkea laatuisiin menetelmiin, ei löytänyt suurentunutta syöpäriskiä matalasta säteilyannoksesta. Näytön perusteella syöpäriski ei kasva, jos tietokone-tomografia tai muiden säteilytutkimusten kumulatiivinen annos on alle 100 mSv ja mahdollisesti jopa 200 mSv.

<p>Meulepas ym. 2018  Iso-Britannia</p>	<p>Journal of the National Cancer Institute 2019 March; 111(3). 256–263.</p>	<p>Tutkimusainesto koostui 168394 hollantilaisen, alle 18-vuotiaan lapsen kohortista, jolle tehtiin tietokonetomografia tutkimus vuosina 1979–2012. Aineistoa tutkittiin tilastollisin menetelmin.</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tietokonetomografia tutkimuksessa saadun säteilyn, aivokasvainten sekä leukemian mahdollista yhteyttä erityisesti lasten kohdalla.</p>	<p>Tutkijat löysivät näyttöä siitä, että tietokonetomografiasta syntyvä säteily kasvattaa aivokasvaimen riskiä mutta ei leukemian riskiä. Normaali väestöön verrattuna aivokasvainten esiintyvyys oli korkeampi lasten kohortissa, jotka olivat olleet tietokonetomografia tutkimuksissa. Tulos vaatii vielä lisäselvittelyjä.</p>
<p>Vafaei ym. 2019  Iran</p>	<p>Middle East Journal of Cancer. 2019 July; 10(3). 206–213.</p>	<p>Aineisto koostui 93 päivystyspotilaasta, jolle tehtiin TT-tutkimus. Elin-kohtaiset säteilyannokset laskettiin dosimetrin avulla. Syövän LAR-arvo laskettiin BEIR VII -raportin mallin mukaisesti.</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata säteilyannoksia eri elimissä ja laskea säteilystä aiheutuvaa syöpäriskiä kaulan ja pään alueen tietokonetomografioissa trauma-potilailla.</p>	<p>Tehdyissä mittauksissa eri elimissä löytyi merkittäviä säteilyannoksia. Ei ainoastaan kilpirauhasesta ja silmän verkkokalvoilta vaan myös muista elimistä. Merkittävä korrelaatio löytyi efektiivisen annoksen sekä putkijännitteen välillä. Nuorten syöpäriski oli korkeampi kuin vanhojen potilaiden.</p>

<p>Kritsaneepaiboon ym. 2018</p> <p>Saksa</p>	<p>European Journal of Trauma &amp; Emergency Surgery. February 2018; 44(1). 19–27.</p>	<p>Aineisto koostui 328 aikuisesta monivammapotilaasta, jotka kävivät TT-tutkimuksessa vuonna 2013. Jokaisen potilaan kumulatiivinen säteilyannos mitattiin ja sen pohjalta laskettiin LAR-arvo koskien mahdollista syöpää BEIR VII-metodologiaa käyttäen.</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tietokonetomografia tutkimuksesta kertyneen säteilyn ja syövän mahdollista yhteyttä.</p>	<p>Yli puolet monivammapotilaista luokiteltiin ryhmään, jotka olivat saaneet matalan alle 20mSv:n säteilyannoksen. Melkein kaikilla potilailla syövän LAR-riski oli alhainen. Suurin syöpäriski oli alle 30-vuotiailla potilailla, joille oli toistuvasti tehty etenkin vartalon alueen TT-tutkimuksia.</p>
<p>Wylie ym. 2018</p> <p>Yhdysvallat</p>	<p>Arthroscopy. 2018 January; 34(1). 155–163.</p>	<p>415 TT-tutkimuksen ja 3863 natiiviröntgentutkimuksen efektiiviset säteilyannokset laskettiin Monte Carlo -menetelmällä (PCXMC 2.0.1.5). LAR-arvot laskettiin BEIR VII -raportin mukaisesti 10–60-vuotiaille naisille ja miehille.</p>	<p>Tarkoituksena oli määrittää, kuinka suuri riski syövän kehittymiselle syntyy nuorille aikuisille, jotka käyvät lonkkakivun takia röntgentutkimuksissa. Säteilyannosten ja syöpäriskin eroa tutkittiin sen välillä, tehtiinkö potilaalle pre- ja postoperatiivinen TT-tutkimus vai ei. Myös lonkan TT-tutkimuksen ja natiiviröntgen protokollan säteilyannoksia vertailtiin keskenään.</p>	<p>Keskimääräinen potilaan saama efektiivinen annos lonkan röntgentutkimuksesta vaihteli 0.03 mSv ja 0.21 mSv välillä. Lonkan TT-tutkimuksesta saatu efektiivinen annos vaihteli 2.86–5.06 mSv välillä. Lantion tai lonkan kuvantamistutkimukset, joissa on mukana TT-tutkimus aiheuttaa 20-vuotiaalle pienen ylimääräisen riskin syövän kehittymiselle eliniän aikana (0.034 %-0.177 %).</p>

<p>Ghetti ym. 2020  Italia</p>	<p>Physica Medica. 2020 October; 80. 119–124.</p>	<p>Kahden kuukauden ajalta kerättiin Covid-19-potilaiden high-resolution keuhkojen TT-tutkimuksen säteilyarvoja Parman yliopistollisessa sairaalassa (n=3224).</p> <p>Potilaan elinten saama säteilyannos sekä efektiivinen annos arvioitiin. LAR-arvo keuhkosyövälle sekä muille yleisille syöville laskettiin säteilyannoksen ja BEIR VII -raportin ohjeistuksen mukaan.</p>	<p>Tarkoituksena oli määrittää Covid-19-taudin puhkeamisen seurauksena lisääntyneiden keuhkojen TT-tutkimusten aiheuttaman säteilyrasituksen vaikutus syöpäriskiin.</p>	<p>Tulosten mukaan potilasannokset pysyivät hyvin matalana käyttäessä high resolution low dose-kuvausprotokollaa. Syöpäriski määriteltiin matalaksi.</p>
<p>Bosch de Basea ym. 2018  Espanja</p>	<p>Environment International. 2018 July; 120. 1–10.</p>	<p>Säteilyparametrit alle 21-vuotiailta kerättiin vuosilta 2010–2013 DICOM-palvelusta käyttäen PerMoS-sovellusta 9 espanjalaisesta sairaalasta.</p> <p>Syövän ilmaantuvuutta arvioitiin LAR-mallilla ja syöpäriski laskettiin 17 olennaiselle elimelle ja kehonosalle. Tutkimusdatasta jätettiin pois potilaat, joilla oli tai epäiltiin syöpää sekä jos tiedettiin, että potilas ei elä viittä vuotta pidempään.</p>	<p>Tarkoituksena oli arvioida TT-tutkimuksessa käytettävän ionisoivan säteilyn vaikutuksesta syntyvien syöpätapausten määrä nuorilla aikuisilla ja lapsilla.</p>	<p>Laskennallisen arvion mukaan noin 168,6 syöpätapausta voisi ilmaantua TT-tutkimuksen johdosta (n=105 802). TT-tutkimuksista johdettu ylimääräinen syöpäriski oli 0.43 %. Riski on pieni, mutta ionisoivan säteilyn käyttöä nuorten kuvantamistutkimuksissa tulee harkita ja arvioida riski-hyötysuhteen mukaan.</p>

<p>Achuka ym. 2018 Iso-Britannia</p>	<p>IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 173. 2018.</p>	<p>Tutkimukseen valittiin 20 potilasta kahdesta eri korkea-asteisesta terveydenhuollon laitoksesta lounais-Nigeriassa, joilta röntgenkuvattiin pään aluetta. Potilaiden saama pinta-annos (ESD) määritettiin käyttämällä dosimetria. Vastaava efektiivinen annos laskettiin käyttämällä PCXMC-menetelmää. Syöpäriskit arviotiin BEIR VII-mallin mukaan.</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pään alueen röntgenkuvauksiin liittyvää syöpäriskiä.</p>	<p>Riskimallin mukaan ikä on verrannollinen säteilystä aiheutuviin riskeihin. Maailman standardien mukaan yli 16-vuotiaat luokitellaan aikuisiksi, joten heidän röntgenkuvauksissaan käytettiin samoja säteilyparametreja kuin aikuisten kuvauksissa. Tästä aiheutuu nuorille aikuisille korkeampi syöpäriski kuin vanhemmilla aikuisilla.</p>
--	---	---	---	--

## Liite 2. Sisällönanalyysi taulukkona

Alaluokka	Yläluokka	Pääluokka	
Lähes kaikilla potilailla oli matala syöpäriski LAR-arvolla mitattuna TT-tutkimusten takia.	Syöpäriski on matala	Pienen säteilyannoksen aiheuttama syöpäriski	
Syöpäriski ei kasva, jos kumulatiivinen annos on alle 100 mSv tai mahdollisesti jopa 200 mSv.			
Syöpäriski keuhkojen TT-tutkimuksesta on pieni.			
Lisääntyneet TT-tutkimukset kasvattavat säteilyherkkien elinten syöpäriskiä erityisesti nuorten tapauksessa.	Nuorten ja lasten syöpäriski on korkeampi		
Yli 16-vuotiaat saavat saman säteilyannoksen kuin aikuiset, mikä kasvattaa nuorten syöpäriskiä.			
Korkein syöpäriski oli alle 30-vuotiailla, joille oli tehty useita TT-tutkimuksia etenkin vartalon alueella.			
Syöpäriski nousi huomattavasti alle 30-vuotiailla.			
Pään ja kaulan TT-tutkimuksessa huomattavan säteilyannoksen saivat kilpirauhanen, silmänverkkokalvo ja rinta.	Säteilyherkät elimet		Syöpäriskiin vaikuttavat tekijät potilaassa
Naisilla lantion alueen säteilyherkkien elinten painotuskertoimet olivat suuremmat.			
Rintarauhaset ovat säteilyherkät.			
Keuhkosyövän riski laskee miehillä sekä naisilla iän noustessa.	Verrattuna muuhun väestöön lapsilla on korkeampi riski sairastua aivosyöpään TT-tutkimuksen seurauksena.		
Verrattuna muuhun väestöön lapsilla on korkeampi riski sairastua aivosyöpään TT-tutkimuksen seurauksena.			



LAR-arvo laski huomattavasti vanhemmilla potilailla.	Potilaan ikä
Lisääntyneet TT-tutkimukset kasvattavat säteilyherkkien elinten syöpäriskiä erityisesti nuorten tapauksessa.	
Korkein syöpäriski oli alle 30-vuotiailla, joille oli tehty useita TT-tutkimuksia etenkin vartalon alueella.	
Suurimmat säteilyannokset mitattiin ylipainoisilta potilailta.	Potilaan koko ja paino
Suurikokoisilla potilailla käytettiin suurempia säteilyannoksia.	
Kilpirauhassyövän riski on korkeampi nuorilla naisilla kuin nuorilla miehillä TT-tutkimuksissa.	Potilaan sukupuoli
Naisilla keuhkosityövän riski oli suurempi kuin miehillä.	
LAR-arvot olivat suuremmat naisilla.	
Erilaiset kuvausprotokollat aiheuttivat eri suuruisia säteilyannoksia.	Muut syyt
Röntgenhoitajan pidempi työkokemus liittyi matalampiin potilaan säteilyannoksiin.	
Käytettävää kuvausprotokolaa ei ole optimoitu.	