



# Tekoäly röntgenhoitajan työssä

Juuso Pyyny

Marja Riekki

Kirsi Tuohioja

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2024

Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

PYYNY, JUUSO; RIEKKI, MARJA & TUOHIOJA, KIRSI:  
Tekoäly röntgenhoitajan työssä

Opinnäytetyö 62 sivua, joista liitteitä 17 sivua  
Marraskuu 2024

---

Tekoällyn käyttö kuvantamisessa on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi ja erilaisia tekoälysovelluksia käytetään jo nyt röntgenhoitajan työssä. Opinnäytetyössä oli tavoitteena tuottaa tietoa tekoällyn käytöstä röntgenhoitajan työssä ja tarkoitus oli tuottaa kansainvälisistä artikkeleista suomenkielistä tietoa. Aihe on rajattu koskemaan natiiviröntgentutkimuksia, tietokonetomografiatutkimuksia (TT) sekä magneettitutkimuksia (MK). Aihetta käsitellään röntgenhoitajan näkökulmasta tutkien, miten tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön ja millaista tekoälyä röntgenhoitajan työssä ja kuvantamisessa sovelletaan.

Opinnäytetyö on toteutettu kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuskysymykset ovat: 1. Millaista osaamista, kokemuksia ja odotuksia röntgenhoitajilla on tekoällyn käyttämisestä työssään? ja 2. Millaista tekoälyä röntgenhoitajat käyttävät työssään leikekuvantamisessa? Tutkimusmateriaalina käytettiin 13:a englantinkielistä vertaisarvioitua tutkimusartikkelia vuosilta 2019–2024. Tutkimukset on kerätty Medline/PubMed ja Science Direct -tietokannoista.

Tuloksista selvisi, että tietokonetomografiatutkimuksissa tekoälyä käytetään tällä hetkellä potilaan sädeannoksen pienentämiseen sekä varjoaineannoksen määrän ja virtausnopeuden laskemiseen. Magneettitutkimuksissa tekoälyä pyritään hyödyntämään tutkimuksen nopeuttamiseksi, hoitojonojen lyhentämiseksi ja taloudellisten säästöjen saavuttamiseksi. Magneettitutkimuksissa tekoällyn hyödyntämistä on tutkittu myös potilaan riskien tarkastamiseen PACS:ssa olevien kuvien perusteella, sekä selvitetty tekoällyn mahdollisuuksia röntgenhoitajan kouluttamisessa ahtaanpaikankammoa kokevan potilaan kohtaamiseen.

Tekoälyä hyödynnetään röntgenhoitajan työssä esimerkiksi työnkulun avustamisessa, diagnoosin tekemisessä, hoidon suunnittelussa, potilaan tunnistamisessa ja automaattisessa asemoinnissa. Tutkimuksessa havaittiin myös, että röntgenhoitajille tekoäly on varsin uusi asia, eikä monellakaan ole tekoällyn käyttöön koulutusta. Suurin osa röntgenhoitajista suhtautui tekoällyn positiivisesti, vaikka pelkoja esimerkiksi työpaikan säilymisen tai tekoällyn eettisyyden suhteen esiintyi.

Tekoällyn käyttö röntgenhoitajan työssä vaatii kaikkien työntekijöiden sitoutumista sen käyttämiseen ja kouluttautumiseen. Jatkotutkimusehdotuksena voisi tutkia, millaisen tekoällyn röntgenhoitajat kokevat tai kokisivat eniten hyödyksi työssään ja miten röntgenhoitajia parhaiten voisi motivoida tekoällyn opiskeluun ja sen hyödyntämiseen.

---

Asiasanat: tekoäly, röntgenhoitaja, tietokonetomografia, magneettitutkimus

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Radiography and Radiotherapy

PYYNY, JUUSO; RIEKKI, MARJA & TUOHIOJA, KIRSI:  
Use of artificial intelligence in radiography

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 17 pages  
November 2024

---

The aim of this thesis was to produce information on the use of AI in the work of a radiographer and the purpose was to produce information from international articles in Finnish. The topic is limited to plain X-ray examinations, computed tomography examinations (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). The topic is discussed from the radiographer's point of view, examining how AI affects the work of radiographers and what kind of AI is applied in the work of radiographers and in X-ray equipment.

The thesis was conducted as a literature review. The data of the thesis consisted of 13 peer-reviewed research articles in English from 2019 to 2024. The research questions were formed so that the first question was "What kind of expertise, experiences and expectations do radiographers have about using AI in their work?" and the second question was "What kind of AI do radiographers use in their work in cross-sectional imaging?". The research studies have been collected from Medline/PubMed and Science Direct databases.

The results showed that in CT artificial intelligence is currently used to reduce the patient's radiation dose and to calculate the amount and the flow rate of contrast media dose. In MRI AI is used to speed up examinations, to shorten care queues and achieve financial savings. The benefits of AI have also been examined when analyzing the patient's risks based on the images in PACS and investigated the possibilities of AI training radiographers to confront patients experiencing claustrophobia, has too been investigated.

AI is used in the work of a radiographer, for example, in assisting the workflow, making a diagnosis, planning treatment, identifying the patient and automatically positioning the patient. The thesis also shows that AI is quite a new concept to radiographers and many of them have no training to use it. Most radiographers have a positive attitude to artificial intelligence, although there were fears about the preservation of the workplace or the ethics of AI.

The use of AI in radiography requires commitment of all employees to its use and training. Further research of the subject could explore what kind of AI radiographers find most useful in their work and how to motivate radiographers best to use and study AI.

---

Keywords: artificial intelligence, radiographer, computerized tomography, magnetic resonance imaging

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS .....	6
3	RÖNTGENHOITAJAN TYÖ .....	7
	1.1. Röntgenhoitajan työ natiiviröntgentutkimuksissa .....	7
	1.2. Röntgenhoitajan työ tietokonetomografiatutkimuksissa .....	8
	1.3. Röntgenhoitajan työ magneettitutkimuksissa .....	9
	1.4. Säteilysuojelu röntgenhoitajan työssä .....	12
	1.5. Ergonomia röntgenhoitajan työssä .....	13
	1.6. Röntgenhoitajan mukautuminen teknologian kehitykseen .....	14
4	MITÄ TEKOÄLY ON? .....	15
	1.1. Tekoälyn eettisyys röntgenhoitajan työssä .....	15
	1.2. Tekoäly radiografiassa .....	16
5	MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT .....	18
	1.1. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus .....	18
	1.2. Aineiston valintaprosessi ja laadun arviointi .....	20
	1.3. Aineiston analyysi .....	23
6	TULOKSET .....	25
	1.1. Työpaikkakulttuurin vaikutukset röntgenhoitajiin Suomessa .....	25
	1.2. Röntgenhoitajien osaaminen ja tietämys tekoälystä .....	25
	1.3. Röntgenhoitajien mukautuminen tekoälyyn .....	28
	1.4. Tekoälyn hyödyntäminen magneettitutkimuksissa .....	30
	1.5. Tekoälyn hyödyntäminen tietokonetomografiassa .....	33
7	POHDINTA .....	35
	1.1. Tulosten yhteenveto .....	35
	1.2. Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus .....	37
	1.3. Opinnäytetyöprosessin ja oman oppimiskokemuksen arviointi ....	38
	1.4. Jatkotutkimusehdotukset .....	39
	LÄHTEET .....	40
	LIITTEET .....	45
	Liite 1. Käytettyjä hakulausekkeita .....	45
	Liite 2. Hakutuloksia .....	46
	Liite 3. Analyysitaulukko .....	48
	Liite 4. Artikkelitaulukko .....	52

## 1 JOHDANTO

Erilaisten tekoälymenetelmien ja –sovellusten kehittyminen on nopeaa ja niiden käyttö yleistyy myös lääketieteessä jatkuvasti. Yleensä tekoälyllä tarkoitetaan algoritmeja, jotka pyrkivät jäljittelemään ihmisen älykästä toimintaa, esimerkiksi päätöksentekoa ja ongelmanratkaisua. (Huhtanen, Nyman, Karlsson & Hirvonen, 2020, 1957.)

Kuvantamisprosesseissa tekoälyä voidaan hyödyntää monessa vaiheessa, aina resurssien ja kuvausprotokollien optimoinnista kuvan laadun parantamiseen ja strukturoituun raportointiin. Erilaisten havainnointi- ja luokittelutehtävien tulokset ovat kuitenkin saaneet eniten huomiota, kuten kuvien tarkastelu. (Huhtanen ym. 2020, 1960.)

Röntgenhoitaja tarvitsee työssään viestintä- ja vuorovaikutustaitoja, sekä taitoja soveltaa matemaattisluonnontieteellistä tietoa, esimerkiksi säteilybiologiaa ja -fyysiikkaa, tekoälysovelluksia ja terveysteknologiaa. Röntgenhoitajan tehtävä on ohjata potilasta ennen tutkimusta, tutkimuksen aikana ja tutkimuksen jälkeen, suunnitella, toteuttaa sekä arvioida yhdessä potilaan kanssa potilaan hoitoa. Röntgenhoitaja suorittaa työnsä turvallisesti ja laadukkaasti, sekä huolehtii eettisyyden ja tietoturvan toteutumisesta. Röntgenhoitaja toimii muuttuvissa sosiaali- ja terveystieteiden ympäristöissä, joten itsensä johtamisen ja jatkuvan oppimisen taidot ovat tarpeen. (Metsälä, Patanen, Törnroos, et.al. 2023, 10–13.)

Opinnäytetyön tarkoitus on koota kansainvälistä tutkimustietoa ja selvittää tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia röntgenhoitajan työssä leikekuvantamisessa, sekä sitä millaista osaamista, kokemuksia ja odotuksia röntgenhoitajilla on tekoälyn käyttämisestä työssään. Aihe on rajattu koskemaan natiiviröntgentutkimuksia, tietokonetomografiatutkimuksia (TT) sekä magneettitutkimuksia (MK).

Opinnäytetyö on luonteeltaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja yhteistyötahona on Pirkanmaan hyvinvointialueen kuvantamiskeskus, verisuonitoimenpiteet ja apteekkipalvelut.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tietoa tekoälyn käytöstä röntgenhoitajan työssä. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää työelämässä laitteiden käytössä ja laitteiden käyttökoulutuksessa. Tarkoitus on tuottaa kansainvälisistä artikkeleista suomenkielistä tietoa.

Tutkimuskysymykset:

1. Millaista osaamista, kokemuksia ja odotuksia röntgenhoitajilla on tekoälyn käyttämisestä työssään?
2. Millaista tekoälyä röntgenhoitajat käyttävät työssään leikekuvantamisessa?

### 3 RÖNTGENHOITAJAN TYÖ

Röntgenhoitaja on säteilynkäytön asiantuntija, jonka työnkuva on hyvin monipuolinen. Työssä käytetään erilaisia teknisiä tutkimus- ja hoitolaitteita, joten tekninen osaaminen on ammatissa erittäin tärkeää. Vähintään yhtä tärkeitä taitoja röntgenhoitajan ammatissa ovat ihmissuhde- ja vuorovaikutustaidot tutkimus- ja hoitotilanteissa. Röntgenhoitajan työ voi olla päivä- tai vuorotyötä ja työpaikka voi olla erikoissairaanhoidon, perusterveydenhuollon tai yksityisen sektorin piirissä. Röntgenhoitajan työnkuvaan kuuluu röntgen-, ultraääni-, magneetti- ja isotooppi-tutkimukset ja niihin liittyvät toimenpiteet sekä sädehoito. Röntgenhoitajan työssä on useita erilaisia prosesseja, joista keskeisimpiä ovat radiografiatyön prosessit eli kuvantamistutkimusten, toimenpiteiden tai sädehoidon suunnittelu-, toteutus- ja arviointitoiminnot, joiden tavoitteena on potilaan tutkiminen ja/tai hoitaminen. Lisäksi röntgenhoitajan työhön kuuluu myös muita prosessinomaisia toimintoja, kuten laadunhallintaprosessit, erilaiset kehitysprosessit sekä ohjaus- ja perehdytysprosessit. (Sorppanen 2006, 72.; Tolonen 2015.)

#### 3.1 Röntgenhoitajan työ natiiviröntgentutkimuksissa

Potilaan tutkimuksen suunnitteluvaiheeseen kuuluu lähetteen tarkistaminen, tutkimuksen kannalta oleellisten laboratoriotulosten sekä muiden riskitietojen kartoitus. Näiden tietojen pohjalta röntgenhoitaja suunnittelee tutkimuksen potilaalle ja valmistelee tutkimushuoneen, tarvittavat laitteet sekä apuvälineet sen mukaisesti. Potilaan tiedot lähetetään kuvauslaitteelle ja valmistellaan kuvausohjelma ja kuvausarvot tehtävän tutkimuksen mukaisiksi. Myös potilaan valmistelu tutkimukseen kuuluu suunnitteluvaiheeseen ja tässä on tärkeää luoda potilaaseen hyvä vuorovaikutussuhde ja selvittää potilaalle tutkimuksen kulku, siten että potilas ymmärtää ja osaa tehdä hoitoaan koskevat päätökset tietoisesti ja omien oikeuksiensa mukaisesti. (Sorppanen 2006, 72–73.)

Potilaan tutkimuksen toteutusvaiheessa röntgenhoitaja ohjaa ja asettelee potilaan tutkimusasentoon kertoen samalla tutkimuksen etenemisestä potilaalle. Röntgenhoitaja huolehtii myös toiminnan aseptisuudesta koko tutkimuksen ajan. Potilasta tarkkaillaan koko tutkimuksen ajan. Tarvittaessa annetaan lääkehoitoa

radiologin ohjeistuksella ja myös kivunhoitoa tai jopa ensiapua. Lopuksi röntgenhoitaja tarkastaa kuvien onnistumisen ja lähettää ne arkistoon sekä huolehtii vielä, että potilas tietää jatkohoidostaan ja tarvittaessa ohjaa potilaan olemaan yhteydessä lähettävään yksikköön asian tiimoilta. Viimeisenä toteutusvaiheen toimenpiteenä röntgenhoitaja tekee tutkimuksen kirjaukset ja kirjaa myös tarvittaessa jatkohoito-ohjeet vuodeosastoille. (Tolonen 2015; Sorppanen 2006, 73.)

Potilaan hoidon arviointia tehdään sekä potilaan että röntgenhoitajan näkökulmasta. Tärkein arviointikriteeri onkin potilaan tyytyväisyys saamaansa kohteluun. Lisäksi arvioidaan yksikön tiimityöskentelyä, toimintaa ja tutkimuksen onnistumista. Röntgenhoitaja käy läpi omaa työskentelyään yksilönä tutkimuksen aikana ja arvioi toimintaansa tutkimuksen eri vaiheissa, sekä miettii mahdollisia kehittämiskohteita. (Sorppanen 2006, 74.)

### **3.2 Röntgenhoitajan työ tietokonetomografiatutkimuksissa**

TT-tutkimuksen säteilylähde ja kuvailmaisoin pyörivät potilaan ympäri tutkimuspöydän liikkua kuvaputken läpi, joka mahdollistaa erilaisten rakenteiden erottamisen tiheyksien perusteella kolmiulotteisesti. TT-tutkimuksen avulla kytetään saamaan tarkasti ja herkästi suuresta elinjoukosta tietoja. Säderasitus on kuitenkin suurempi kuin natiiviröntgentutkimuksessa, mutta nykyään sädeannokset ovat pienemässä automaattisen annoslaskennan ja annoksen määrää rajoittavien kovalaskentatekniikoiden ansiosta. (Syväranta, Vuorinen & Tokola 2021, 973; Aronen ym. 2017, 11.)

TT-tutkimukset voidaan tehdä varjoaineella tai ilman. Varjoaine parantaa pehmytkudosten välistä kontrastia, sekä antaa paremmin tietoa verenkierrosta kuvattavalla alueella. Munuaisten vajaatoiminta voi altistaa munuaisvaurioille varjoainekuvauksissa, joten ennen kuvausta riskipotilailta mitataan glomerulusten las-kennallinen suodatusnopeus (eGFR), paitsi henkeä uhkaavissa tilanteissa. Rajana pidetään tavallisesti < 30 ml/min, tällöin kuvaus tehdään tutkimuksen huomomasta diagnostisesta arvosta huolimatta ilman varjoainetta. Tutkimukseen lähettävä lääkäri tekee riskiarvion. Lähettävän yksikön on huolehdittava potilaan riittävästä nesteytyksestä, koska varjoaineen poistumista elimistöstä munuaisten

kautta on hyvä edistää. Jos potilaalla epäillään varjoaineyliherkkyyttä ja tutkimuksen kannalta varjoaineen antamisesta olisi hyötyä diagnostisesti, on suositeltavaa ohjata potilas allergologian asiantuntijoiden tutkittavaksi. Monesti varjoaineesta saatavat allergiset reaktiot ovat lieviä ja kuvauksen yhteydessä annettu histamiini ja kuvauksen jälkeinen seuranta riittävät. (Syväranta ym. 2021, 973–974.)

TT-tutkimukset vaativat röntgenhoitajalta harkintaa ja vastuuta diagnoosissa käytettävien kuvien saamisesta. Tutkimusprosessi koostuu kolmesta vaiheesta; suunnittelu, kuvien tuottaminen ja arviointi. Ensimmäisessä vaiheessa röntgenhoitaja tekee päätöksen valita tietynlaisen kuvausmenetelmän huomioiden potilaan yksilönä. Tässä vaiheessa röntgenhoitajan on luettava ja arvioitava lähete, tarkkailla ja haastatella potilasta, sekä tunnistaa riskitekijät. Toisessa vaiheessa röntgenhoitaja ottaa vastuun oikean kuvausprotokollan valitsemisesta kuvan luomiseksi. Röntgenhoitaja valitsee radiologin määräämät kuvausprotokollat, asettelee potilaan kuvauspöydälle, kertoo potilaalle kuvauksen kulusta ja ottaa kuvat. Kolmanneksi röntgenhoitaja arvioi kuvan laatua ja varmistaa kuvauskohteen olevan oikealta anatomiselta alueelta sekä huomioi riittävän diagnostisen kuvanlaadun. Lopulta röntgenhoitaja hyväksyy kuvat lähetettäväksi kuva-arkistoon. (Lundvall, Dahlgren & Wirell 2014, 50–51.)

### **3.3 Röntgenhoitajan työ magneettitutkimuksissa**

Magneettikuvauksessa (MK) hyödynnetään magneettikenttää ja radioaaltoja tutkittaessa kehon eri osia, joten tutkimuksissa ei käytetä röntgensäteilyä. Tutkittavalta alueelta otetaan leikekuvia kuten TT-tutkimuksissa, vaikka kuvanmuodotuksessa käytetään erilaista tekniikkaa (Pirkanmaan Hyvinvointialue n.d.). Leikkeiden sijainti ja paksuus valitaan jokaiselle leikkeelle erikseen, ja ne rajataan kiinnostuksen kohteeseen. Radiologi lukee aina lähetteen, laatii siihen kuvausohjeen klinisen kysymyksenasettelun perusteella, ja röntgenhoitajat suorittavat kuvaukset sekä varjoainetta käytettäessä varjoaineen annon kuvauksen aikana itsenäisesti. (Syväranta, Vuorinen & Tokola 2021, 974.)

Potilaan anamneesi ja ajankohtaisen tautitilan kannalta oleelliset status- ja laboratoriolöydökset ovat keskeisiä oikean kuvausprotokollan valinnassa. Radiologi päättää lähetteen perusteella sopivasta kuvaustavasta, sekvensseistä ja kontrastiaineen käytöstä. (Vaara ym. 2021, 2687.) Radiologi voi tarvittaessa ohjata potilaan kysymyksenasettelun kannalta pyydettyä tarkoituksenmukaisempaan tutkimukseen, mikäli potilaan esitiedot ja kliininen tilanne käyvät lähetteestä riittävästi ilmi. Radiologi voi myös lausunnossaan tarvittaessa suositella jatkotutkimuksia. (Syväranta ym. 2021, 975.)

Yleensä MK-tutkimuksessa käytetään erilaisia valmiiksi suunniteltuja kuvausprotokollia, mutta tarvittaessa ohjelmat voidaan räätälöidä yksilöllisesti. Joskus päätös esimerkiksi varjoaineen käytöstä tai kuvaussuunnista tehdään vasta kuvauksen aikana. Muissa kuin päivystyksellisissä tilanteissa röntgenhoitajat voivat tehdä osan kuvauksista ilman radiologin konsultaatiomahdollisuutta ilta- ja viikonlopputyönä, jotta laitteita hyödynnettäisiin tehokkaasti. (Vaara ym. 2021, 2687–2688.)

MK-tutkimukseen voi liittyä huomattava turvallisuusriski, jos potilaalla on kehon sisäisiä ferromagneettisia vierasesineitä tai jokin elektroninen laite, kuten sydämentahdistin. Siksi onkin tärkeää selvittää potilaassa olevat vierasesineet ja niiden riskit ennen MK-tutkimusta. Selvittely voi viedä aikaa, joten vierasesineestä olisi syytä olla tarkat tiedot jo lähetteessä. (Saunavaara & Saunavaara 2018, 635.) Potilaalle lähetetään kutsukirjeen mukana esitietolomake, jossa kysytään mahdollisista vierasesineistä yksityiskohtaisesti. Tutkimukseen tullessaan potilas tuo täytetyn esitietolomakkeen, jonka röntgenhoitaja käy vielä potilaan kanssa yhdessä läpi ennen tutkimusta. (Tunninen, Ryymin & Kauppinen 2008, 19.) Potilas ohjataan tarvittaessa vierasesineselvitykseen, mikäli hänellä on sydämentahdistin tai esimerkiksi metallisiru kudoksessa onnettomuuden seurauksena, koska osa vierasesineistä estää kuvauksen tai potilas voidaan kuvata vain erityisjärjestelyin (Vaara ym. 2021, 2688). Sairaalafyysikko voi tarvittaessa tehdä vierasesineselvityksen. Harvat proteesit tai sydämentahdistimet estävät nykyään MK-tutkimuksen kokonaan. (Syväranta ym. 2021, 974–975.)

MK-tutkimuksessa on erinomainen pehmytkudoskontrasti ja esimerkiksi vatsan elimiä voidaan tutkia magneettikuvauksella. Verisuonia kuvannettaessa näkyy

yleensä pelkkä luumen. Liikkuvia kohteita kuten suolistoa, keuhkoja ja sydäntä voidaan myös kuvata erityistekniikoin. (Syväranta ym. 2021, 974.) TT-tutkimukseen verrattuna magneettikuvaus on merkittävästi hitaampaa ja siitä syystä magneettikuvat eivät ole anatomisesti yhtä tarkkoja kuin TT-kuvat, jos kuvausalueella on potilaan levottomuudesta aiheutuvaa tai fysiologista liikettä, kuten hengitysliekkettä tai peristaltiikkaa. (Vaara ym. 2021, 2683.)

Viime aikoina on otettu teknisiä edistysaskeleita, joiden ansiosta kuvaus on nopeutunut ja tarkentunut sekä liikkeen aiheuttamat haasteet vähentyneet (Vaara, ym. 2021, 2683). MK-tutkimuksen rutiinikäyttöä on nopeuttanut ja kuvanlaatua parantanut laitteiston osien kehittyminen, esimerkiksi edistyneet signaalinkeräystechniikat ja kuvanmuodostusmenetelmät. Tekniikka, jolla voidaan samanaikaisesti kuvata useampaa leikettä, vähintäänkin puolittaa monien tavanomaisten sekvenssien kuvausaikoja. Viime aikoina kudosten magneettisten ominaisuuksien kvantifiointiin perustuvat kuvantamistekniikat ovat olleet vilkkaan tutkimuksen kohteena. (Korvenoja 2020, 982.)

Magneettikuvaus vaatii potilaalta ja röntgenhoitajalta hyvää yhteistyökykyä, sillä kuvausputki on ahdas ja voi aiheuttaa ongelmia suurikokoisille tai ahtaan paikan kammaa poteville potilaille. Kuvauspöydän painoraja on yleensä 250 kg, mutta useammin rajoittavaksi tekijäksi osoittautuu putken 60–70 cm:n läpimitta. Röntgenhoitajan on huolehdittava, että potilas pystyy olemaan kuvauksen ajan paikallaan. Levottoman tai kivuliaan potilaan kuvaamiseen magneettikuvaus ei sovellu juuri missään kysymyksenasettelussa ilman sedaatiota tai riittävää kivunlievitystä. Myös lasten kuvauksissa tarvitaan usein sedaatiota. Korkea kuume on este kuvaukselle, ja se tulee lääkittää hyvin ennen tutkimusta, sillä kehon lämpötila saattaa kuvauksen aikana nousta noin asteen verran. Tutkimuksen käyttöä rajoittavat myös muita kuvausmenetelmiä keskimäärin kalliimpi hinta ja huonompi saataavuus. (Syväranta ym. 2021, 975; Vaara, ym. 2021, 2688.)

Liian suppeasti kuvattu potilas saatetaan joutua pyytämään täydennyskuviin ja taas liian kattavassa kuvauksessa potilaalle koituu epämukavuutta pitkästä ajasta kuvausputkessa (Vaara ym. 2021, 2688). Nuorten potilaiden toistuvissa kuvauksissa pyritään käyttämään magneettikuvausta sädeannoksen kumuloitumisen välttämiseksi (Syväranta ym. 2021, 974.)

### 3.4 Säteilysuojelu röntgenhoitajan työssä

Säteilytoiminnassa on turvallisuuden kannalta tärkeää, että työntekijällä on riittävä osaaminen ja ymmärrys säteilystä ja sen ominaisuuksista sekä käytettävistä säteilylähteistä ja niiden käyttötavoista. Lisäksi tarvitaan osaamista säteilyltä suojaumisesta ja turvallisuuteen liittyvistä menettelyistä. Työnantajan pitää huolehtia siitä, että kukin säteilylähteiden käyttöön osallistuva osaa ja hallitsee tarvittavat asiat säteilyturvallisuudesta. Röntgenhoitajan tehtävänä on tarkistaa ennen toimenpidettä, että käytettävät laitteet toimivat moitteettomasti ja säteilylähteen varo- ja suojausjärjestelmät ovat kunnossa, sekä säteilyaltistus on rajattu niihin kehon osiin, joihin säteily on tarkoitus kohdistaa. (STUK n.d.)

Potilaan lääketieteellisestä tutkimuksesta saamalle säteilyannokselle ei ole annettu enimmäisrajoja, koska annosta rajoittamalla ei haluta estää potilaan terveydelle hyödyllisen toimenpiteen tekoa. Röntgentutkimuksen suorittamista koskee kuitenkin kaksi säteilysuojelun yleistä pääperiaatetta. Oikeutusperiaatteen mukaan toimenpiteen hyödyn tulee olla suurempi kuin siitä keskimäärin aiheutuva haitta ja optimointiperiaatteen mukaan säteilyaltistus tulee pitää niin pienenä kuin kohtuudella on mahdollista ilman, että tavoiteltu hyöty menetetään. Annosten seuraaminen saattaa paljastaa myös röntgenlaitteeseen tulleita vikoja, väärin toimivan laitteen tai säteilyaltistuksen kannalta huonon tutkimustekniikan. (Pukkila 2004, 117.)

Röntgensäteilyn tuottamiseen ja havaitsemiseen liittyvä tekniikka, sekä kuvan muodostamisen ja käsittelyn menetelmät ovat kehittyneet huomattavasti viime vuosikymmeninä. Tämän seurauksena yhä pienempi määrä säteilyä riittää diagnostisen kuvan muodostamiseksi, jonka lisäksi merkittävää hyötyä saadaan laitteen annosautomaatiikalla, oikealla kuvaussuunnalla, sekä kuvan rajaamisella ja potilaan hyvällä valmistelulla tutkimukseen. (STUK 2024, 6.)

Natiiviröntgentutkimuksissa säteilyaltistus rajoittuu hyvin tarkasti kuvausalueelle ja annosautomaatiikka mittaa potilaan läpi tulevaa säteilyä ja katkaisee säteilyn silloin, kun kuvailmaisimelle tullut säteily määrä saavuttaa tavoitetason. Kuvankä-

sittelyn osuus lopullisen kuvan muodostamisessa on huomattava. Potilaan säteilyannoksen suuruus on verrannollinen kuvakentän pinta-alaan. Toisaalta liian tiukkoja rajoituksia ei tule käyttää, koska riskinä on uuden kuvauksen tarve. Projektiosuunnat tulee valita niin, että säteilylle herkemmat elimet rajautuvat kuvausalueen ulkopuolelle tai että ne ovat kuvatussa säteilyn tulosuuntaan nähden vastakkaisella puolella kehoa. (STUK 2024, 8–9.)

TT-tutkimusten säteilyannokseen vaikuttavat lukuisat seikat, kuten tutkimukseen tarvittava kuvanlaatu, potilaan asettelu, kuvausalueen rajausta ja potilaan koko. TT-tutkimusten kuvanlaatu säädetään usein potilaan koon mukaan automatiikan avulla. TT-tutkimuksia optimoimalla voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä ja protokollien optimoinnissa on hyvä huomioida esimerkiksi kuvausindikaatioon ja potilaan kokoon sopiva putkijännite (kV), putkivirran säätäminen, pitch, pyörähdysaika ja varjoaineruiskutus. (STUK 2024, 10.)

Epäonnistuneiden kuvien uusiminen on joskus välttämätöntä ja tavallisimpia syitä kuvien uusintaan ovat valotusvirheet, potilaan asetteluvirheet ja potilaan liikkuminen kuvauksen aikana. Ennen uusintakuvausta on syytä harkita, saadaanko tarvittava tieto jo otetusta kuvasta. Analysoimalla epäonnistuneiden kuvien syy on usein mahdollista pienentää uusintakuvien määrää tulevaisuudessa. (Pukkila 2004, 145.)

### **3.5 Ergonomia röntgenhoitajan työssä**

Suomen Ergonomiayhdistyksen mukaan ergonomia voidaan jakaa kolmeen osaluokkaan: fyysinen ergonomia, kognitiivinen ergonomia ja organisatorinen ergonomia. Kokonaisvaltaisella ergonomialla saadaan työn ja toiminnan kannalta paras tulos. Siinä fyysinen ergonomia tukee kehon toimintaa ja kognitiivinen ergonomia tukee työtehtäviä, joissa käytetään, jaetaan, työstetään ja tuotetaan tietoa erilaisissa työtilanteissa ja työskennellään keskittyen, oppien ja ajatellen. Teknologiset muutokset synnyttävät tarvetta ymmärtää, miten tuetaan ihmisen työskentelyä automaattisten ja autonomisten järjestelmien rinnalla. (Työterveyslaitos n.d.)

Kuvantamislaitteissa on otettu huomioon ergonomiset tekijät, jolloin laitteiden käyttö on fyysisesti aikaisempaa kevyempää. Digitaalinen tiedon käsittely sekä näyttöpäätetyöskentely asettavat omia vaatimuksiaan työhyvinvoinnille. Näyttöpäätetyöskentelyn osalta työn tauottamista pidetään keinona vähentää työstä aiheutuvaa kuormitusta. Diagnostisen radiografian fyysinen vaativuus ja kuormittavuus antavat aiheen tutkia erilaisia ergonomisia tekijöitä ja röntgenhoitajan työskentelytapoja ja -tottumuksia. (Walta 2012, 96.)

### **3.6 Röntgenhoitajan mukautuminen teknologian kehitykseen**

Röntgenhoitajalta vaaditaan joustavaa asennetta, sitkeyttä, kriittistä ajattelukykyä ja ongelmanratkaisukykyä sekä jatkuvaa ammatillista kehitystä. Epävarmassa ja monimutkaisessa työympäristössä röntgenhoitajan pitää sopeutua jatkuvasti uusien tutkimusten ja näyttöön perustuvien käytäntöjen tuomiin muutoksiin. Elinikäinen oppiminen ja uudenlaisten roolien omaksuminen tulevat olemaan myös tärkeitä röntgenhoitajan työssä. (Friedrich-Nel 2022, 6.)

Metsälän, Blomqvistin ja Patasen (2020) tutkimuksessa tutkittiin röntgenhoitajien ja bioanalyttikkojen käsityksiä tekoälystä terveydenhuollossa. Kyselyssä tekoälyn mahdollisuuksina nousivat esiin muun muassa potilaan tilan arviointi, tutkimuksen nopeutuminen ja laadun paraneminen. Haasteet tekoälyn käytössä liittyivät terveysalan ammattilaisten asenteisiin, kokemuksiin ja osaamiseen, sekä huoleen potilaskeskeisyyden vähenemisestä. Tutkimuksen vastauksissa nousi esiin pelkoja vaikutuksista henkilöstön työn laatuun ja röntgenhoitajien työllisyyteen tulevaisuudessa tekoälyn käytön lisääntyessä. Huolta esiintyi myös tekoälyn eettisyydestä, vastuista ja turvallisuudesta. (Metsälä, Blomqvist & Patanen 2020. 11–12.)

2023 vuonna julkaistussa röntgenhoitajien kompetenssikuvauksessa korostetaan asiakas- ja yksilölähtöisyyttä. Työssä tärkeää on näyttöön perustuva, turvallinen ja laadukas, sekä eettisesti kestävä toiminta. Röntgenhoitajalla tulee olla tekoälyosaamista ja kyky itsensä johtamiseen, sekä työhyvinvoinnista huolehtimiseen jatkuvien muutosten keskellä. Röntgenhoitajien koulutuksen pitää sisältää radiografian ydin jatkossakin, mutta lisäksi pystyä muuttumaan erityisesti teknologian ja pedagogiikan mukaisesti. (Metsälä, Patanen & Törnroos et.al. 2023)

## 4 MITÄ TEKOÄLY ON?

Tekoäly on otettu käyttöön jo 1950-luvulla. Sen kehitys ei ole ollut tasaista. Vasta viime vuosina kehityksen vauhti on kasvanut. Tekoälyn kehityksessä on viime vuosina päästy tasolle, joka mahdollistaa tekoälyn laajemman käytön. Tekoäly avustaa kuvien luomisessa, ohjaa internet-hakuja ja internet-videoiden katselua ja tekee taidetta tekstiohjeen perusteella. Tekoäly voi keskustella useista eri aiheista eri kielillä ja kykenee tuottamaan sisältöä artikkeleihin. (Kolari & Kallio 2023, 17, 26.)

Tekoälyohjelmien tarkoituksen mukainen toiminta vaatii yleensä päättelykykyä ohjelmalta, sekä erilaista tietoa päättelyn pohjaksi. Mitä suppeampi ohjelman tarkoitus on, sitä helpompi on saada se toimimaan tarkoituksenmukaisesti. Myös mitä suppeampi ohjelman tarkoitus on, niin sitä rajoittuneempi on sen tarkoituksenmukaisuus. Eli älykkyydelle ja tekoälylle ei ole olemassa vain yhtä kaavaa. Joissain tapauksissa tekoäly esimerkiksi kykenee tunnistamaan kasvaimen ja toisessa tuottamaan tekstiä. Ei ole yhtä tekoälyä, joka osaisi tehdä molempia. (Toivonen 2023, 33, 93.)

Kolarin & Kallion (2023) mukaan monet ihmiset ovat huolissaan siitä, että he menettävät työnsä, kun ihmisen tilalle tulevat tekoäly ja robotit. Monissa työtehtävissä on kuitenkin heidän mukaansa todennäköisempää, että tekoäly ja robotit tulevat tehostamaan työtehtäviä ja tuottavuutta tekemällä yhteistyötä ihmisten kanssa. (Kolari & Kallio 2023, 121.) Tekoälyalgoritmit eivät myöskään vielä pysty ihmisen kaltaiseen tehokkaaseen toiminnanohjaukseen, missä toimintamallit puuttuvat, vaan se vaatii aiemmin opittuja toimintamalleja. (Huhtanen ym. 2020, 1961.)

### 4.1 Tekoälyn eettisyys röntgenhoitajan työssä

Tekoäly on arvoneutraali, mutta sen nopea kehitys nostaa esiin eettisiä kysymyksiä (Kolari & Kallio 2023, 14). Lainsäädäntöä tekoälyalgoritmin tekemien päätösten vastuusta ei ole, joten eettisiä kysymyksiä on syytäkin pohtia. Datapohjai-

sessä päätöksenteossa toistettavuus ja tarkkuus saattaisivat parantua, mutta lopulta ihmisasiantuntija hyväksyisi tekoälyn ehdottamat ratkaisut. Menetelmien tuottamien tulosten tulkittavuus on ensisijaista. (Mirtti ym. 2020, 1946.)

Tekoälyyn liittyy mahdollisuus käyttää sitä väärin, joko tahattomasti tai tahallaan. Myös virheiden mahdollisuus on aina tekniikan ollessa kysymyksessä olemassa. Tekoälyn tehdessä virheen, vastuullisen löytäminen voi olla vaikeaa. (Kolari & Kallio 2023, 16.)

Tekoäly tarjoaa monia mahdollisuuksia yksilöiden ja yhteiskunnan näkökulmasta. Se voi tukea yhteiskuntaa erilaisissa haasteissa, kuten väestön ikääntyminen. Potilaasta aiemmin kerättyjä terveystietoja voisi hyödyntää esimerkiksi tarkempien diagnoosien ja yksityiskohtaisempien hoitosuunnitelmien tekoon, jolloin tekoäly voisi muuttaa hoitoa älykkäämmäksi ja tehokkaammaksi. Haaste tässä on, että erilaisten tekoälyratkaisujen avulla voidaan kerätä ihmisistä paljon sellaisia tietoja, jota useimmat eivät kuitenkaan haluaisi itsestään muille antaa. (Hänninen 2022, 304.)

Röntgenhoitajan ammattietiikkaa ohjaa yleisesti terveydenhuollon etiikka. Työhön liittyvien ohjeiden ja suositusten lisäksi etiikkaa ohjaat myös lainsäädäntö, asetukset ja määräykset. Röntgenhoitajan on toimittava ammatillisesti, osana työyhteisöä ja potilaan parhaaksi, sekä toteuttaa työtään turvallisesti. Röntgenhoitajan täytyy toimia työssään niin, että tutkimuksesta saatu hyöty on haittaa suurempi. Röntgenhoitajalla on vastuu omasta osaamisestaan ja sen pitämisestä ajantasalla kouluttautumalla. (Suomen röntgenhoitajaliitto 2020).

## **4.2 Tekoäly radiografiassa**

Mirtin ym. (2020) mukaan lääketieteen asiantuntijat pitivät diagnostiikkaa ja päätöksenteon tukea vahvimpina alueina, joissa tekoälyä nykyisin sovelletaan (Mirtti ym. 2020, 1). Erityisesti erikoisalojen, joilla tietopohjaisista ja toisaalta luovaan yhdistelykykyyn perustuvista digitaalisista ratkaisuista tulee arkipäiväisiä, ajatellaan hyötyvän tekoälystä. Tekoälyn avulla ihmisen suorittamia toistettavia rutiinitehtäviä voitaisiin korvata esimerkiksi radiologiassa. (Mirtti ym. 2020, 1945.)

Tekoäly voi auttaa radiologian ison datamäärän kanssa: se voi vähentää virheitä tarkkailemalla kuvia, tehostaa toimintaa ja pienentää kustannuksia esimerkiksi nopeuttamalla magneettikuvauksia sekä tuottaa kuvantamispalveluja sellaiseen aikaan tai paikkaan, kun asiantuntijaa ei ole saatavilla (Huhtanen ym. 2020, 1960).

Vaikka tekoälyalgoritmit tuottavat suuren määrän informaatiota nopeasti ja melko luotettavasti, on niistä saatava tieto hyvin kapea-alaista ja altista virheille (Huhtanen ym. 2020, 1962). Tekoäly selviää opetusdatan kaltaisesta aineistosta hyvin, mutta hämääntyy pahoin esimerkiksi mittauslaitteen kalibroinnin muuttumisesta. Kliininen käyttö vaatii vielä vahvempaa näyttöä, ja lääketieteen puolella on tois- taiseksi harvoja oikeita tekoälysovelluksia, joilla olisi viranomaishyväksyntää. (Mirtti ym. 2020, 1946.)

Viime vuosina on kehitetty erityisesti syvän koneoppimisen tekniikoita, jotka kykenevät automaattisesti löytämään kuva- ja tekstiaineistoista tavoitteen kannalta tärkeät piirteet (Mirtti ym. 2020, 1947). Radiologian alalla suurin osa menetelmistä liittyy kuvien automaattiseen analysointiin, kuten poikkeavien löydösten tunnistukseen. (Huhtanen ym. 2020, 1957.)

Sairauksia havaitakseen röntgenkuvien perusteella, on tekoällyn tarkasteltava opetellessaan satojatuhansia sairauskertomuksia ja käyttää niistä tietoa diagnosoiden tekemiseen. Tekoäly voi tunnistaa erilaisia syöpiä tarkemmin kuin lääkärit. Tällöin asiakas pääsee nopeammin hoitoon, mikä voi pelastaa hänen henkensä. Jo nyt tutkijat hyödyntävät tekoälyä diagnosoidakseen ja parantaakseen muun muassa kohdunkaulan- ja eturauhassyöpiä. Myös uusien syöpähoitojen kehittämiseen käytetään tekoälyä. (Kolari & Kallio 2023, 98-99.)

Huhtanen ym. (2020) mukaan röntgenkuvien lisäksi tekoälyalgoritmeja on kehitetty leikekuvantamisen analytiikkaan, lähinnä TT- ja MK-kuvaukseen. Algoritmit voivat osoittautua erittäin käyttökelpoisiksi triage-työkaluiksi päivystystilanteessa, jossa radiologin on nopeasti käytävä läpi suuri määrä tutkimuksia ja tehtävä niistä merkittäviä päätöksiä. (Huhtanen ym. 2020, 1957.)

## 5 MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT

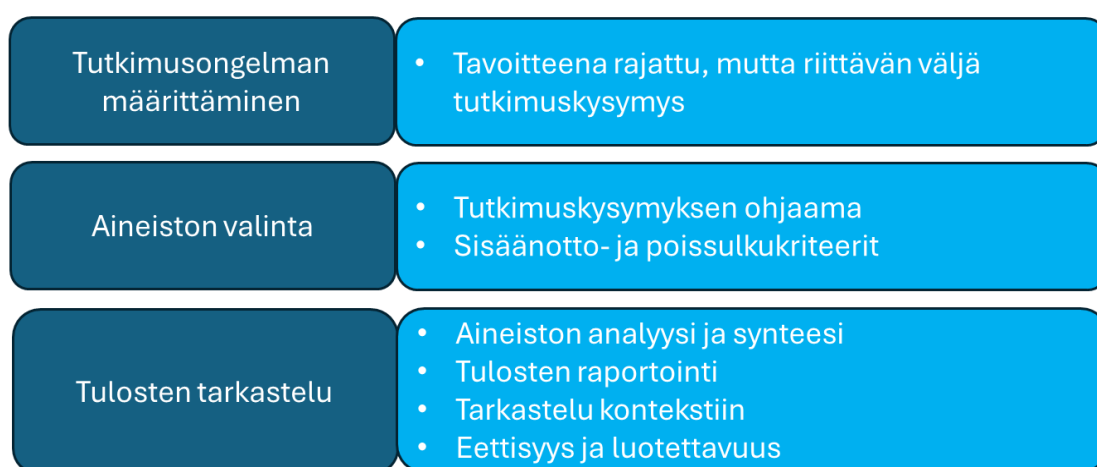
### 5.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Tämä opinnäytetyö on tehty kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsaus on tutkimustekniikka ja metodi, jossa kootaan tuloksia eri tutkimuksien eli tehdään tutkimusta jo olemassa olevista tutkimuksista ja tavoitteena on luoda kokonaiskuva kyseessä olevasta asiakokonaisuudesta. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yleisimpiä käytetyistä kirjallisuuskatsauksen tyypeistä. Sitä voi luonnehtia yleiskatsaukseksi ilman tarkkoja tai tiukkoja sääntöjä. Aineistot, joita on käytetty ovat laajoja ja aineiston valintaa eivät rajaa järjestelmälliset säännöt. Tutkittava ilmiö voidaan kuitenkin kuvailla laaja-alaisesti ja tarvittaessa luokitella tutkitavan ilmiön ominaisuuksia. Tutkimuskysymykset ovat laajempia kuin systemaattisessa katsauksessa tai meta-analyysissä. (Salminen 2011, 6-7.)

Kirjallisuuskatsauksen esittely on jaettu kolmeen perustyyppiin; kuvaileva kirjallisuuskatsaus, systemaattinen katsaus ja meta-analyysi sekä kvalitatiivisena että kvantitatiivisena tyyppinä (Salminen 2011, 7). Kirjallisuuskatsaus toteutetaan katsaustyyppistä riippumatta samankaltaisin vaihein, joita ovat tutkimuksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen, kirjallisuushaku ja aineiston valinta, tutkimusten arviointi, aineiston analyysi ja synteesi sekä tulosten raportointi (Suhoonen, Axelin, & Stolt 2016, 32–33).

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keskeinen ja koko tutkimusprosessia ohjaava tekijä on tutkimusongelma, joka on usein kysymyksen muodossa ja jota voidaan tarkastella yhdestä tai useammasta näkökulmasta. Onnistuneen tutkimuskysymyksen edellytyksenä on kuitenkin, että se on riittävän täsmällinen ja rajattu, jotta sitä on mahdollista tarkastella syvällisesti. Toisaalta tutkimuskysymys voi olla laaja, jolloin sitä voidaan tarkastella monista näkökulmista. (Kangasniemi ym. 2013, 295.)

Tässä opinnäytetyössä alkuperäiset tutkimuskysymykset muodostettiin yhteistyötahon kanssa pidetyn palaverin jälkeen siten, että niiden avulla löytyisi vertaisarvioituja tutkimusartikkeleita koskien tekoälyn käyttöä röntgenhoitajan työssä, kuinka tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajiin ja millaista tekoälyä röntgenhoitajan työssä ja röntgenlaitteissa sovelletaan. Modaliteeteiksi valittiin natiiviröntgentutkimukset, TT- ja MK-tutkimukset. Kirjallisuuskatsaus tehtiin seuraavia vaiheita noudattaen; Katsauksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen, kirjallisuushaku ja aineiston valinta, aineiston analyysi ja synteesi ja lopuksi tulosten raportointi. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen vaiheet (mukaillen Kangasniemi ym. 2013, 294).

Opinnäytetyön alussa määriteltiin tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tarkoitus, jonka pohjalta tutkimuskysymykset muodostettiin. Opinnäytetyötä aloittaessa tutkimuskysymyksiksi valittiin ”Kuinka tekoälyä hyödynnetään röntgenhoitajan työssä?” ja ”Minkälaista tekoälyä röntgenhoitajan työssä ja röntgenlaitteissa sovelletaan”. Tietokantahakuja tehtiin valituilla hakusanoilla, mutta tutkimuskysymyksiin vastaavia artikkeleita oli vähän. Valituista tutkimusartikkeleista luettiin abstraktit ja tässä vaiheessa päätettiin vielä pitää valitut tutkimuskysymykset.

Artikkeleita analysoitiin tarkemmin ja huomattiin, että artikkelit eivät vastanneet tarkalleen tutkimuskysymyksiin, joten tarkan harkinnan ja opinnäytetyönohjaajan ehdotuksesta päätettiin muokata tutkimuskysymyksiä, jotta valitut artikkelit vastaisivat paremmin niihin. Uusiksi tutkimuskysymyksiksi valittiin ”Millaista osaa-

mista, kokemuksia ja odotuksia röntgenhoitajilla on tekoälyn käyttämisestä työssään?” ja ”Millaista tekoälyä röntgenhoitajat käyttävät työssään leikekuvantamisessa?”. Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus eivät muuttuneet tutkimuskysymysten vaihtuessa.

## 5.2 Aineiston valintaprosessi

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineiston valintaa ohjaa tutkimuskysymys. Aineiston valinta ja analyysi ovat aineistolähtöistä ja ne tapahtuvat osittain samanaikaisesti. Aineiston valinnassa kiinnitetään huomio jokaisen alkuperäistutkimuksen rooliin suhteessa tutkimuskysymykseen vastaamiseen. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineiston riittävyden määrää tutkimuskysymyksen laajuus. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineisto muodostuu aiemmin julkaistuista, tutkimusaiheen kannalta merkityksellisistä tutkimustiedoista. Merkittävin kriteeri on, että sen avulla asiaa voidaan tarkastella ilmiölähtöisesti ja tarkoituksenmukaisesti suhteessa tutkittavaan kysymykseen. (Kangasniemi ym. 2013, 295.)

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineiston kokoamisessa keskeinen painoarvo ei ole ennalta asetettujen ehtojen mukaisella hakemisella, vaan aineiston valinta on jatkuvaa ja vastavuoroista reflektointia suhteessa tutkimuskysymykseen, jolloin sekä tutkimuskysymys että siihen vastaamaan valittu aineisto tarkentuvat koko prosessin ajan (Kangasniemi ym. 2013, 296).

Tässä opinnäytetyössä suunnitteluvaiheessa sisäänotto- ja poissulkukriteerit valittiin sillä perusteella, että haluttiin löytää kansainvälisiä vertaisarvioituja tutkimusartikkeleita. Kriteereinä oli myös, että koko teksti on saatavilla maksutta ja artikkeli on julkaistu aikaisintaan 2019. Lisäksi vertaisarvioidun tutkimusartikkelin oli vastattava tutkimuskysymykseen. Poissuljettiin maksulliset, opinnäytetyön teko-ohjelmilla yli 5-vuotta vanhat artikkelit. Myös artikkelit, jotka eivät vastanneet tutkimuskysymykseen ja artikkelit, jotka keskittyivät muihin modalityetteihin kuin natiivi-, TT- ja MK-kuvantamiseen suljettiin pois hakuvaiheessa. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Julkaistu 2019–2024	Julkaistu ennen 2019
Englannin- tai suomenkielinen julkaisu	
Vertaisarvioitu tutkimusartikkeli	
Koko teksti saatavilla maksutta	Koko tekstiä ei saatavilla
Vastaa tutkimuskysymykseen	Ei vastaa tutkimuskysymykseen

Tietokannoiksi valittiin Cinahl, Medline ja ScienceDirect, koska näistä tietokannoista löytyi tutkimuskysymysten perusteella muodostetuilla hakusanoilla koe-hauissa parhaiten ilmaisia ja kokonaisia artikkeleita, jotka vastasivat tutkimuskysymyksiin. Käytetyt hakusanat ja varsinkin hakulausekkeet muokkautuivat lopullisten hakujen aikana. Tekoälystä yleisesti radiografiassa löytyi useita satoja artikkeleja jokaisesta tietokannasta, mutta kun hakua rajattiin koskemaan röntgenhoitajia, artikkeleja ei välttämättä löytynyt enää yhtään. Hakuja tehdessä havaittiin myös, että suurin osa artikkeleista löytyi useammasta kuin yhdestä käytetyistä tietokannoista. Tietokannoista Cinahl oli käytetyillä hakusanoilla tulosten suhteen suppein, lopulta sieltä ei valikoitunut yhtään artikkelia kirjallisuuskatsaukseen. Artikkelien valintaprosessi tietokantakohtaisesti on esitetty taulukon muodossa (liite 2).

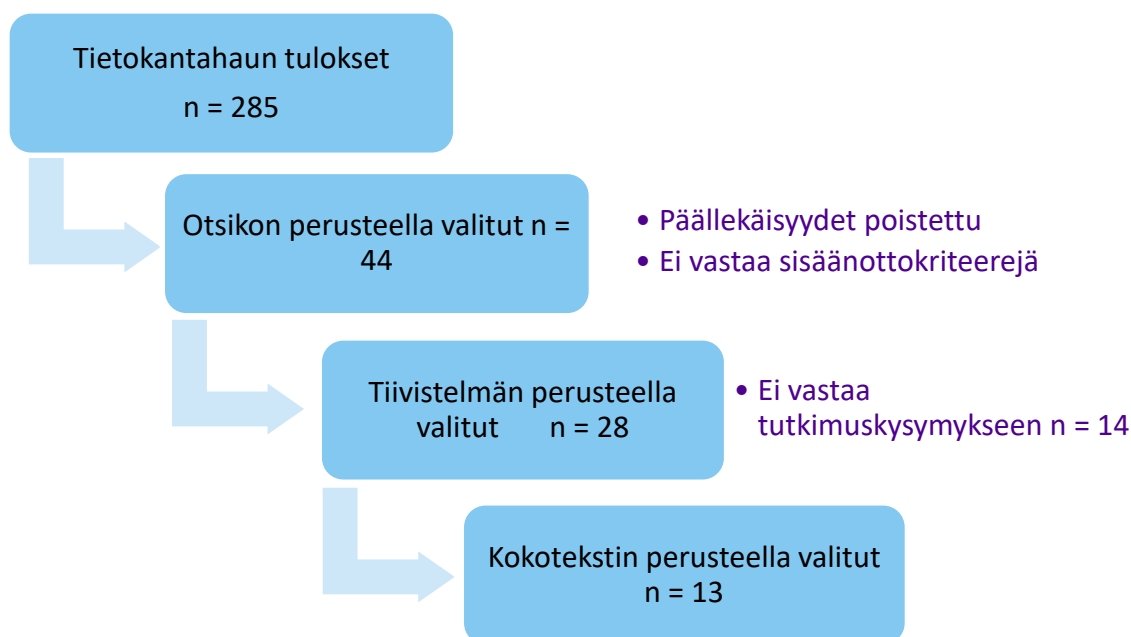
Koska opinnäytetyössä on tarkoitus koota kansainvälistä tutkimustietoa, hakujen aikana lopullisiksi hakusanoiksi (taulukko 2) valittiin: "radiographer", "diagnostic imaging", "radiography", "CT", "computed tomography", "MRI", "Magnetic Resonance Imaging", "Artificial Intelligence", "ai" ja "a.i", koska näillä löytyi parhaiten otsikon perusteella tutkimuskysymyksiä vastaavia artikkeleita. Tietokantahauissa käytetyt hakulauseet on esitelty (liite 1).

Taulukko 2. Käytettyjä hakusanoja ja lausekkeita.

Hakusanoja suomeksi	Hakusanoja englanniksi
Röntgenhoitaja	"radiographer"
Kuvantaminen, radiologia, röntgen	"diagnostic imaging" "radiography" "radiology"
Tietokonetomografia	"CT" "computed tomography"
Magneettikuvantaminen	"MRI" "Magnetic Resonance Imaging"
Tekoäly	"Artificial Intelligence" "ai" "a.i"

Varsinaisessa valintaprosessissa tietokantahakujen tulokset käytiin läpi ja otsikoiden perusteella arvioitiin tutkimuksen soveltuvuus. Tietokantahakujen jälkeen käsiteltävänä oli 285 artikkelia, joista 44 hyväksyttiin otsikoiden perusteella ja joiden tiivistelmät luettiin seuraavaksi läpi. Tiivistelmien perusteella jatkoon valittiin 28 artikkelia ja valitut artikkelit järjestettiin selkeyden vuoksi taulukkoon. Tämän jälkeen jokainen opinnäytetyön tekijä luki sovitut artikkelit läpi, sekä arvioi tutkimuksen soveltuvuutta tähän kirjallisuuskatsaukseen, eli täytyivätkö sisäänottokriteerit ja vastasiko artikkeli tutkimuskysymykseen. Hakurajauksista huolimatta osasta artikkeleista ei ollut koko tekstiä joko saatavilla ollenkaan, tai artikkeli olisi ollut maksullinen.

Tämän jälkeen valitut artikkelit käytiin vielä yhteisesti läpi ja artikkeleille suoritettiin arviointi, jossa tarkastettiin vielä kerran, että sisäänottokriteerit täytyivät ja tutkimus vastasi vähintään toiseen tutkimuskysymykseen. Lopullisesti tähän opinnäytetyöhön valittiin kolmetoista tutkimusartikkelia. Kirjallisuuskatsaukseen valitut julkaisut on esitelty Liitteessä 4. Julkaisut on numeroitu yhdestä kolmeentoista lukemisen helpottamiseksi. Artikkelien valintaprosessi on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Kirjallisuuskatsauksen aineiston valintaprosessi

### 5.3 Aineiston analyysi

Laadullisessa tutkimuksessa analyysillä tavoitellaan oman aineiston syväoppimista niin, että hajanaiselta tuntuva aineisto tiivistyy ja täsmentyy. Monesti opinäytetyössä ensimmäinen luokittelu toteutetaan niin, että aineistosta etsitään vastauksia tutkimuskysymyksiin (Vilka 2021, 109). Aineiston analyysissä päämääränä on huolellinen ja tasapuolinen katsaus sisällytettyjen tutkimusten ja teoreettisten aineistojen tulosten tulkinta sekä yksittäisten tutkimustulosten synteesi. Aineiston analysointi olisi hyvä suunnitella jo ennen kuin katsausta ryhdytään käytännössä suorittamaan, sillä analysointivaihe on kaikkein vaikein ja virheille alttein katsauksen vaihe. (Suhonen ym. 2016, 112.)

Sisällönanalyysi on tapa, jota käytetään kirjallisuuskatsauksissa riippumatta siitä, analysoidaanko tutkimuskohteissa laadullista vai määrällistä tietoa. Sisältöanalyysin menetelmällisyys tarkoittaa erilaisten taulukoiden tai kuvioiden luomista tiedon jäsentämiseksi, tiivistämiseksi ja analyysin tueksi. (Vilka 2023, 70.)

Sisällönanalyysillä voidaan analysoida dokumentteja systemaattisesti ja objektiivisesti. Näin pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus tiivistetyssä ja yleisessä muodossa. (Sarajärvi & Tuominen 2018 ,87). Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen analyysin muoto on kuvaileva synteesi, jonka yhteenveto on tehty ytimekkäästi ja johdonmukaisesti. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen kautta hankittu tutkimusaineisto ei ole käynyt läpi erityisen systemaattista seulaa, silti sillä on mahdollista päätyä johtopäätöksiin, joiden luonne on kirjallisuuskatsausten mukainen synteesi. (Salminen 2011, 7.)

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineisto analysoidaan laadullisesti, mutta analyysin tukena käytettiin tässä opinnäytetyössä taulukkoa (liite 3) aineiston selkeyttämistä varten ja helpottamaan opinnäytetyöaineiston tulosten tarkastelua. Artikkelien analyysiä varten muodostettiin taulukko (liite 5), johon valittiin viisi artikkelissa esiintyvää pääteemaa, jotka vastaavat vähintään toiseen tutkimuskysymyksistä. Nämä viisi pääteemaa ovat **röntgenhoitajien asenteet ja kokemukset tekoälystä, röntgenhoitajien tietämys tekoälystä ja tekoälykoulutus, tekoälyn vaikutus työnkuvaan, millaista tekoälyä röntgenhoitajat käyttävät leikekuvantamisessa sekä röntgenhoitajan työtä helpottavaa tekoälynkäyttöä tulevaisuudessa.**

Tämän jälkeen artikkelit käytiin läpi yksi kerrallaan ja jokaisesta artikkelista haettiin pääteemojen alle erilaisia tarkentavia käsitteitä. Taulukkoon merkittiin mistä artikkelista löytyvät tutkimuskysymykseen vastaavat tarkentavat käsitteet, kuten esimerkiksi teknologian ja hoitotyön yhdistäminen, eettisyys/oikeellisuus ja MRI turvallisuustarkastus.

Taulukon tarkoituksena oli saada kokonaiskuva eri tutkimusartikkeleissa esiintyvistä tutkimuskysymyksiin vastaavista teemoista. Taulukosta voidaan huomata, että suuri osa kirjallisuuskatsaukseen valituista tutkimusartikkeleista käsittelee samoja teemoja ja tutkimuskysymysten muokkaamisen jälkeen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen saatiin kattavasti vastauksia. Toisen tutkimuskysymyksen kohdalla tutkimuskysymykseen vastaavia sisäänottokriteereitä vastaavia artikkeleja löytyi vähemmän, mutta tähänkin tutkimuskysymykseen saatiin vastauksia.

## **6 TULOKSET**

### **6.1 Työpaikkakulttuurin vaikutukset röntgenhoitajiin Suomessa**

Suomessa tehdyssä röntgenhoitajien työtä koskevassa tutkimuksessa todetaan teknologian kehityksen vaikuttaneen röntgenhoitajien työhön tuomalla uudenlaisia tehtäviä, mikä vaatii röntgenhoitajilta uudenlaista ammattitaitoa. Tämä on muuttanut työn luonnetta. Tutkimuksessa todetaan myös teknologian ja hoitotyön yhdistämisen haastavan röntgenhoitajia ammattikuntana ja herättävän kysymyksiä siitä, kumpaa pitäisi korostaa, teknistä osaamista vai hoitoprosessia. (Lohikoski, Roos & Suominen 2019, 115.)

Tutkimuksessa ei kysytty suoraan teknologian vaikutuksesta työhyvinvointiin, koettuun stressiin tai viihtyvyyteen, mutta tutkimuksen tuloksissa todetaan röntgenhoitajien olevan Suomessa yleisesti melko tyytyväisiä työhönsä ja suhtautuvan työympäristöönsä jonkin verran myönteisesti (Lohikoski ym. 2019, 115). Kaikista stressaantuneimpia kokivat olevansa suurilla osastoilla, keskipitkän uran (6–15 vuotta) tehneet ja vuorotyötä tekevät röntgenhoitajat. Stressin koettiin johtuvan pääasiassa työmäärästä. Tutkimukseen osallistuneet röntgenhoitajat kokivat myös, että heillä oli vähäiset mahdollisuudet vaikuttaa työhönsä, mutta he halusivat silti pysyä nykyisessä työssään. Hoitaja-lääkärisuhteeseen ja hoitotyön johtoon vastaajat suhtautuivat kielteisimmin. (Lohikoski ym. 2019, 116.)

Tutkimuksen lopussa todetaan myös, että röntgenhoitajien työkenttä laajenee ja kehittyy koko ajan, joten olisi tärkeää kehittää röntgenhoitajien rinnalla työyksiköitä, käytäntöjä ja työtapoja, jotta ammatti yleensä, sekä röntgenhoitajien ammattitaito kehittyisi vastaamaan uusia vaatimuksia. (Lohikoski ym. 2019, 117.)

### **6.2 Röntgenhoitajien osaaminen ja tietämys tekoälystä**

Useissa tutkimusartikkeleissa (1,3,4,5,6,7,8,10) todettiin, että tekoälyä hyödynnetään lääketieteellisessä kuvantamisessa jo nyt erilaisissa järjestelmissä ja pro-

sesseissa, joten röntgenhoitajien on omaksuttava tämä edistys. Tekoälyä kohtaan tunnetaan jonkin verran myös pelkoa tai kyynisyyttä, mikä todennäköisesti johtuu eniten niin sanotusta tuntemattoman pelosta ja tekoälyä koskevan koulutuksen puutteesta. Tutkimuksien osallistujat ajattelivat, että potilaat hyväksyisivät tekoälyn käytön, jos he kokisivat sen parantavan heidän hoitoaan. (Coakley ym. 2022, 944; Ng ym. 2022, 554.)

Röntgenhoitajat olivat samaa mieltä siitä, että tekoäly helpottaisi röntgenhoitajan työtä. Vielä on kuitenkin kiistaa siitä, mitä tekoäly voisi tarkalleen tehdä ja esimerkiksi pelko väärin positiivisten diagnoosien lisääntymisestä. Vastanneet myös pohtivat tekoälyn vaikutusta potilaskeskeisyyteen. Johdonmukainen käytäntö ei välttämättä ole potilaalle räätälöityä, potilaskeskeistä tai potilaan ja hänen perheensä tarpeita vastaavaa. Röntgenhoitajat kokivat teknologian käyttöönoton vähentävän opittujen tietojen käyttämistä ammatissa. Kuitenkin röntgenhoitajat kokivat tekoälyn parantavan turvallisuutta, kuvanlaatua, kuvankäsittelyä, suunnittelua ja hoidon standardointia. (Rainey ym. 2022, 358; Ryan, O'Donovan & McNulty 2021, 581)

Ymmärryksen puute lisää käyttäjien epäröintiä mahdollisista järjestelmän virheistä, konevirheiden mahdollisuuksista, eettisistä ja oikeudellisista, sekä luottamuskymsyksistä kuvantamisessa. (Rainey ym. 2022, 348.)

Odotukset	Asenteet	Huolet	Hyödyt
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Teknologian kehityksen vaikutus röntgenhoitajan työhön/ammattiin</li> <li>•Teknologian ja hoitotyön yhdistäminen</li> <li>•Lisääntyneen teknologian vaikutus työtyytyväisyyteen ja koettuun stressiin</li> <li>•Työnkuvan muuttuminen</li> <li>•Potilaan kokemus/asenteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tekoälyllä merkittävä rooli työssä</li> <li>•Röntgenhoitajien työkentän laajeneminen/uudet työtehtävät</li> <li>•Positiivinen suhtautuminen</li> <li>•Epäileväinen suhtautuminen</li> <li>•Vähäinen huoli</li> <li>•Täynnä mahdollisuuksia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ammatin kuolema/tekoäly korvaa röntgenhoitajan</li> <li>•Liiallinen riippuvuus tekoälystä/keskittymien digitaalisiin tuloksiin</li> <li>•Vähentää opittujen taitojen käyttämistä/automaation vinouma</li> <li>•Huoli tekoälyn luotettavuudesta/algoritmien vinoumat</li> <li>•Huoli potilaskeskeisyydestä/vähentynyt inhimillisuus</li> <li>•Huoli: Eettisyys/oikeudellisuus/tietosuojat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Helpottaa röntgenhoitajien työtä</li> <li>•Vähentää työmäärää</li> <li>•Nopeutta tutkimusta</li> <li>•Kustannussäästö</li> <li>•Parantaa turvallisuutta</li> </ul>

KUVIO 3. Röntgenhoitajien odotukset ja asenteet tiivistelmä

Stogiannos ym. (2024) toteavat tutkimuksessaan, että heidän tutkimuksensa tulokset korostavat röntgenhoitajien kouluttamisen tarvetta. Korkeakoulujen tulisi reagoida nopeasti uuteen aikakauteen ja sen tuomaan koulutustarpeeseen tekoälyn suhteen. Saatavilla olevaa koulutusta ei ole vielä räätälöity tukemaan kliinisiä rooleja, ja röntgenhoitajat toivovat koulutukseen sisällytettävän esimerkiksi asiantuntemusta tekoälyn hallintokehyksistä, validoinnista ja kliinisen arvioinnin strategioista. Tekoölyyn liittyvä koulutus on edelleen pääosin itseohjautuvaa verkossa tapahtuvaa opiskelua, joten koulutuksen parantamiseksi olisi tutkimuksen mukaan perustettava korkea-asteen oppilaitosten periaatteisiin perustuva koulutus. (Stogiannos ym. 2024, 619.)

Kyselytutkimuksissa (5, 6, 10) röntgenhoitajien tietämyksestä, asenteista ja odotuksista tekoälystä selvitettiin kyselyyn vastanneiden röntgenhoitajien ymmärrystä tekoälystä monivalintakysymyksillä. Kyselyyn vastanneita oli yhteensä 96 kappaletta, joista 38 vastasi väärin johonkin näistä indeksikysymyksistä. Iällä ja sukupuolella oli tilastollista merkitystä, sillä 71 % väärin vastanneista oli naisia ja ikäryhmillä 20–29-vuotiaat ja 40–49-vuotiaat oli korkein väärinvastaamisprosentti. (Coakley ym. 2022.) Maailmanlaajuisessa kyselytutkimuksessa vain noin 34 % vastaajista koki olevansa tarpeeksi tai erittäin luottavainen sen suhteen, että osaa tekoälyn taustalla olevan terminologian (Akudjedu ym. 2023, 112).

Kun röntgenhoitajien tietämystä, näkökulmia ja odotuksia tutkittiin maailmanlaajuisesti, todettiin tutkimustuloksissa vastaajien toivovan tekoälykoulutuksen sisällyttämistä röntgenhoitajakoulutuksen opetussuunnitelmaan, koska he kokivat, ettei tällä hetkellä ole tarjolla tarpeeksi tekoälykoulutusmahdollisuuksia. Noin puolet vastaajista oli sitä mieltä, että he ovat hyvin valmistautuneita ottamaan käyttöön uusia tekoälyteknologioita. (Akudjedu ym. 2023, 114.)

Tutkimukset (4, 11) osoittivat, että pohjoismaiset röntgenhoitajat ovat yleisesti myönteisiä tekoälyn käytöstä kuvantamisessa, vaikka 26 % olikin huolissaan tekoälyn käytöstä, koska siitä ei ole tarpeeksi tietämystä ja asiantuntemusta. Tutkimus korostaa tarvetta yhtenäiselle linjalle tekoälyn käyttöönotossa ja tekoälyn integroimiseksi opetussuunnitelmiin ja käytännön koulutuksiin. (Pedersen ym. 2024, 782.)

Tietämys tekoälystä	Tekoälykoulutus
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekoälyn käyttäminen työssä</li> <li>• Iän ja sukupuolen vaikutus</li> <li>• Oikeudelliset kysymykset/vastuu</li> <li>• Termien tunnistaminen</li> </ul>	<p>Koettu koulutustarve/halukkuus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekoälykoulutusta ei ole tarpeeksi työelämässä</li> <li>• Tekoälykoulutusta ei ole tarpeeksi/ollenkaan saatavissa opinnoissa</li> <li>• Tekoälykoulutusta oli saatavilla vain verkossa</li> <li>• Tekoälykoulutuksen sisällyttäminen jo opintoihin</li> </ul>

KUVIO 4. Röntgenhoitajien tietämys tekoälystä ja tekoälykoulutus

### 6.3 Röntgenhoitajien mukautuminen tekoälyyn

Isossa-Britanniassa röntgenhoitajat ovat olleet innokkaita mukautumaan ja integroimaan uutta tekniikkaa. Osa on kuitenkin suhtautunut epäilevästi lisääntyvään tekoälyn käyttöön ja sen integroimisesta röntgenhoitajan työhön viimeisen viiden vuoden aikana. Osa ennustaa röntgenhoitajan ammatin katoavan tekoälyn myötä, kun taas toiset näkevät tekoälyn tulevaisuudessa täynnä mahdollisuuksia. Covid-pandemian jälkeinen talouden elpyminen, lääketieteellisen kuvantamisen ja raportoinnin ruuhkautuminen mahdollisesti nopeuttavat tekoälyn käyttöönottoa alalla. Tällä hetkellä on ajankohtaista arvioida ammattilaisten käsityksiä tekoälystä ja sen vaikutuksista ammattiin. (Rainey ym. 2022, 348.)

Pohjoismaissa tehdyssä kyselyssä röntgenhoitajilta ja opiskelijoilta kyseltiin näkemyksiä ja mielipiteitä, kuinka tekoäly voi vaikuttaa radiologian alalla. Kyselyyn osallistui 656 vastaajaa, joista mukaan laskettiin lopulta 586. Valtaosa vastaajista oli röntgenhoitajia. 88 % vastaajista oli kiinnostunut tekoälykoulutukseen osallistumisesta, 26 % uskoi, että tekoäly parantaisi raportointia, 17 % uskoi, että tekoälyn myötä potilaiden hoitoon tulisi enemmän aikaa ja 15 % uskoi, että potilaiden säteilyannos pienenesi. Suurin osa vastaajista oli tietoinen tekoälyn mahdollisista käyttötavoista kuvantamisessa (82,8 %) ja loput (17,2 %) eivät olleet tietoisia. (Pedersen ym. 2024, 777-778.)

Kuvantamisyhteisössä tekoäly on herättänyt huomiota varsinkin koneoppimisen ja syväoppimisen osalta. Tekoälyratkaisujen integroinnista on tullut nykyään yleinen aihe, joka jakaa mielipiteitä. Osa epäröi tekoälyn käyttöönottoa ja osa taas näkee tekoälyssä tulevaisuuden. Epäröinti johtuu tekoälyn vaikutuksesta kliiniseen käytäntöön ja uusien teknologioiden nopeasta kehityksestä ja näiden yhteisvaikutuksesta röntgenhoitajien työpaikkoihin tulevaisuudessa. Kuitenkin tekoäly on jo läsnä terveydenhuollossa ja kliiniseen käytäntöön vaikuttavia uusia sovelluksia on jo kehitteillä. Vielä on selvittämättä, että hyödyttääkö vai haittaako tekoälyn käyttö klinisen työn kulkua. (Rainey ym. 2022, 348; Ryan, O'Donovan, McNulty 2021, 578)

Tekoälysovellukset ovat käytössä työnkulun avustamisessa, diagnoosin teossa ja hoidon suunnittelussa. Tekoälysovellukset perustuvat algoritmeihin, eivätkä käyttäjät aina ymmärrä kuinka ne toimivat. Tutkimukseen osallistuneista röntgenhoitajista suurin osa vastasi uskovansa päivittäisen klinisen työn muuttuvan tekoälyn käyttöönoton myötä. Röntgenhoitajille tarvitaan lisää ymmärrystä ja käsitystä tekoälyn vaikutuksesta röntgenhoitajan uraan, jotta varmistetaan asianmukainen rekrytointi ja henkilöstön pysyvyys. Oletetaan, että muutoksia tulee tapahtumaan työrooleissa ja hoidon suunnittelussa, koska tekoälyn kehittyessä työvuorosuunnittelu muuttuu ja työssä syntyy ja kehittyy uusia rooleja. Tekoälyn onnistuva käyttöönotto edellyttää hyvin koulutettua henkilöstöä, joka hallitsee tekoälyjärjestelmien käytön. (Rainey ym. 2022, 349; Ng ym. 2022, 555)

Tekoälyä testataan yhä enemmän potilaisiin suunnatuissa tehtävissä, kuten potilaan tunnistamisessa, automaattisessa asemoinnissa, säteilyannoksen optimoinnissa, sekä varjoaineen annoksen ja virtausnopeuden laskemisessa. Röntgenhoitajat ovat selviytyneet hyvin teknologian nopeista muutoksista. Keskeisinä käyttäjinä heillä on erinomaiset mahdollisuudet osallistua tekoälyn käytön kehittämiseen. Tutkimus osoittaa kuitenkin, että tekoälyn kone- ja syväoppimisesta röntgenhoitajilla ei ole riittävästi tietoa. Useat kouluttajille ja työnantajille suunnatut uudet opaskirjat pyrkivät valmistelemaan röntgenhoitajia ja muita radiologian ammattilaisia tulevaisuuteen ja tekoälyn käyttämiseen. (Rainey ym. 2022, 349.)

Tekoälyn vaikutus työnkuvaan
Tutkimusten/työnkulun nopeuttaminen <ul style="list-style-type: none"><li>• Avustaa potilaan asettelussa/ergonomia<ul style="list-style-type: none"><li>• automaattinen asemointi</li></ul></li><li>• Kuvanlaadun paraneminen/ Kuvankäsittely</li><li>• Säteilyannoksen optimointi</li><li>• Avustaminen hoidon/tutkimuksen suunnittelussa/työnkulun suunnittelu</li><li>• Turvallisuuden paraneminen</li><li>• Potilaan tunnistaminen</li></ul>

KUVIO 5. Röntgenhoitajien ajatuksia tekoälyn vaikutuksesta työnkuvaan

#### 6.4 Tekoälyn hyödyntäminen magneettitutkimuksissa

Magneettikuvaus on yksi kalleimmista ja monipuolisimmista, sekä diagnostisesti arvokkaimmista radiologian välineistä. Suurin haaste magneettikuvauksissa on skannauksen kesto ja tutkimusaika. Viime aikoina on alettu käyttää tekoälyn syväoppimisen rekonstruktiota (DLR) nopeuttamaan kuvausaikaa ja parantamaan kuvanlaatua tietyissä tutkimuksissa. (Brix ym. 2024, 2.)

Brix ym. (2024) tutkivat Deep Resolve Boost (DRB) tekoälyn syväoppimisen menetelmää kolmen kuukauden ajan Siemensin 3T Magnetom Vida Fit magneettikuvauslaitteella Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirissä. Tutkimusta varten valittiin ja optimoitiin MK-tutkimukset ja DRB-sekvenssit moniammatillisen tiimin kanssa ja DRB:n taloudellista kannattavuutta verrattiin muihin kapasiteettiä lisääviin vaihtoehtoihin. Vaihtoehdot suunniteltiin tuottamaan kuuden MRI-laitteen kapasiteetti, joita käytetään arkisin 14 tuntia. Laitteille laskettiin 2 röntgenhoitajaa, joiden tuntipalkat ja vuorolisät huomioitiin laskelmissa. Kustannusarviossa käytettiin 2,5 %:in lainankorkoa. Nettokykäarvo ja vaihtoehtojen eri kustannukset määriteltiin kahdeksan vuoden aikaikkunalla, jota käytetään tavallisesti magneettikuvauslaitteen elinkaaren arviona. Lisäksi on raportoitu, kuinka paljon tutkimushintoja voitaisiin alentaa ja saavuttaa sijoitusvaihtoehtoille ei-negatiivinen nettoarvo. (Brix ym. 2024, 3.)

On osoitettu, että DLR:n käyttöön ottamisella magneettikuvantamisen rutiineihin liittyy rahallisia säästöjä ja tuottavuuden kasvua. Tuotot ja kulut perustuvat eri osastojen kustannusrakenteisiin ja kansallisiin korvausrakenteisiin. Havaittava kapasiteetin kasvu organisaatiossa riippuu kuitenkin työntekijöiden aktiivisesta osallistumisesta DLR:n optimointiprosessiin. Myös asianmukaisen koulutuksen huomattiin olevan kriittinen tekijä käyttöönotossa. Tekoälyyn perustuvien menetelmien käyttöönotossa ja laadunvarmistuksessa on tärkeää huomioida systemaattinen ja standardoitu käyttöönotto henkilökunnan kanssa. Lopputuloksena DLR:n käyttöön ottaminen viidellä uudella magneettikuvauslaitteella mahdollistaisi saman kapasiteetin, kuin kuudella laitteella, mikä toisi 399 000 €:n vuosittaiset säästöt. (Brix ym. 2024, 4.)

Stanfordin yliopistossa vuonna 2022 tehdyssä tutkimuksessa on arvioitu tekoälyn tarkkuutta metallisten esineiden havaitsemisessa PACS:iin tallennetuista digitaalisista röntgenkuvista. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, voisiko tekoäly helpottaa magneettitutkimuksen turvallisuustarkastuksen tekemistä. Tutkimuksessa on keskitytty yläraajan tuki- ja liikuntaelimestön röntgenkuva-aineistoon, joka koostuu 8 940 röntgentutkimuksesta. Anatomisina kohteina tutkimuksessa on ollut kyynärpäätä, sormi, käsi, olkaluu, kyynärvarsi, olkapää ja ranne. Stanfordin sairaalan radiologit sekä yksi kokenut röntgenhoitaja ovat merkinneet kuvat normaaleiksi tai epänormaaleiksi sen perusteella, oliko kuvassa metallia vai ei. Tämän jälkeen tekoäly on luokitellut kuvat metallia sisältäviin ja metallittomiin. Lopuksi on arvioitu tekoälyn tarkkuutta metallin havaitsemisessa. (Lie & Lysdahlgaard 2022, 467.)

Tutkimuksen tuloksena on todettu, että tekoäly havaitsee metalliset esineet PACS:iin tallennetuista röntgenkuvista erittäin tarkasti. Käsikuvista ei kuitenkaan tämän tutkimuksen tuloksena voitu luoda tietokantaa, koska metallia sisältäviä kuvia oli määrällisesti liian vähän. Tekoälyä on vielä koulutettava muihinkin anatomisiin kohteisiin metallisten esineiden havaitsemisessa, jotta sitä voidaan hyödyntää magneettitutkimusten turvallisuustarkastusten tekemisessä nopeammin. (Lie & Lysdahlgaard 2022, 467, 471.)

Italialaisessa vuonna 2024 valmistuneessa tutkimuksessa on käytetty OpenAI:n kehittämiä kielimalleja simuloimaan röntgenhoitajan ja klaustrofobiasta kärsivän

potilaan välisiä keskusteluja magneettikuvauksen yhteydessä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten tekoälyn avulla voitaisiin parantaa röntgenhoitajien viestintätaitoja. Kielimallit perustuivat Transformer-nimellä tunnettuun neuroverkkoarkkitehtuuriin, jonka avulla ne voivat tuottaa korkealaatuisia luonnollista tekstiä vastauksena sarjaan kehoitteita. (Bofitto ym. 2024, 738.)

Tutkimuksessa hyödynnettiin kahta eri versiota ChatGPT:n kielimalleista ja vertailtiin myös niiden eroavaisuuksia tuloksissa. Tutkimukseen osallistui kuusi työkokemukseltaan eritasoista röntgenhoitajaa: kaksi kokenutta röntgenhoitajaa, joilla oli vähintään 15 vuoden kokemus magneettikuvantamisesta; kaksi keskitaso röntgenhoitajaa, joilla oli vähintään viiden vuoden kokemus ja kaksi aloittelevaa röntgenhoitajaa, joilla oli alle 5 vuoden kokemus. Lisäksi osallistujien sukupuolipariteetti oli varmistettu siten, että osallistujissa oli 3 naista ja 3 miestä. Asiantuntemuksen monimuotoisuuden ansiosta tutkimuksessa on myös tutkittu, miten ammatillinen kokemus vaikuttaa röntgenhoitajan vuorovaikutuskykyyn keino-tekkoisen kielimallin kanssa simuloitussa kliinisessä ympäristössä. (Bofitto ym. 2024, 738.)

Simulaatioiden aikana röntgenhoitajien vastauksista 70,2 % luokiteltiin tukiohjeiksi, 18,3 % musiikkiterapiaksi, 6,7 % kevyeksi nukutukseksi, 4,8 % hengitystekniikaksi ja 0 % virtuaalitodellisuudeksi. Asiantuntijat käyttivät pääasiassa tukiohjeita ja hengitystekniikoita. Keskitaso röntgenhoitajat suosivat musiikkiterapiaa ja aloittelevat röntgenhoitajat turvautuivat usein kevyeen nukutukseen. Onnistumisprosentteja ja vastauksia arvioitiin seuraavasti: Simulaatioita tehtiin yhteensä 60 ja niiden onnistumisprosentti oli 96,7 %. Eroavaisuudet kahden eri kielimallin välillä olivat selkeät: Vanhempi versio osoitti virheitä 40 % simulaatioista; uudempi versio ei osoittanut lainkaan virheitä. (Bofitto ym. 2024, 739–740.)

ChatGPT:n hyödyntäminen röntgenhoitajien kouluttamisessa osoittautui arvokkaaksi välineeksi ammattilaisten valmiuden arvioinnissa ja parantamisessa. Tämä parantaa viime kädessä myös potilaan saamaa hoitoa. Simulaatioita hyödyntämällä saatiin myös kattava analyysi röntgenhoitajien tietämyksestä klaustrofobisten potilaiden hoidossa MRI-tutkimuksissa. Yhteenvetona onkin todettu kehittyneiden tekoälytekniikoiden olevan hyödyllisiä koulutustarkoituksessa sekä

koulutuksen olevan merkityksellistä terveydenhuollon henkilöstön taitojen ylläpitämisessä ja uusien taitojen oppimisessa. (Bofitto ym. 2024, 740.)

### **Tekoälyn hyödyntäminen magneettitutkimuksissa**

- Kuvausajan nopeuttaminen
- Kuvanlaadun parantaminen tietyissä tutkimuksissa
- Taloudellinen säästö
- Tuotannon kasvu
- Metallin tunnistaminen PACS:n kuvista
- RH:n viestintätaitojen parantaminen ChatGP:n avulla
- Dialogiharjoittelu klaustrofobisen potilaan kohtaamisen helpottamiseksi

KUVIO 6. Tekoälyn hyödyntäminen magneettitutkimuksissa.

## **6.5 Tekoälyn hyödyntäminen tietokonetomografiassa**

Tietokonetomografiassa annoksen optimointi on tärkeää potilaiden säteilyriskin pienentämiseksi. Annosten optimoinnin tavoitteena on minimoida potilaan säteilyannos TT-kuvauksissa ja säilyttää samalla hyväksyttävä kuvanlaatu. Kuvantamisessa on pyritty vähentämään annosta eri toimenpiteillä, kuten muuttamalla kuvausarvoja ja säteilytysaikaa. Tämä kuitenkin voi heikentää kuvan laatua, kuten aiheuttaa kohinaa tai muuttaa kontrastia ja resoluutiota heikommaksi. (Immonen ym. 2022, 209.)

Viime vuosina on tehty merkittäviä edistysaskelia tekoälyn kanssa. Tekoäly on otettu mukaan kuvantamiseen ja sen kone- ja syväoppivia algoritmeja on hyödynnetty ongelmien ratkaisussa mm. matala-annos TT-kuvauksissa. TT-kuvauksen annosta pidetään matala-annoksisena, kun annos on vain 1mSv tai sen alle. Ultra matala-annoksista TT-kuvauksessa voidaan saavuttaa niinkin alhainen säteilyannos, kuin natiivikeuhkokuvalla. (Immonen ym. 2022, 209.)

Syväoppimista voidaan käyttää potilaiden säteilyannoksen optimoinnissa, kun saadaan laadukkaampaa kuvaa pienemmällä säteilyannoksella. Matala-annos TT:ssa kuvanlaatu on huonompaa, kuin tavallisessa TT-kuvassa, mutta tekoälyn

syväoppimisen avulla voidaan parantaa kuvanlaatua vastaamaan tavallista TT kuvanlaatua esimerkiksi vähentämällä kuvan kohinaa. Radiologeilla ja röntgenhoitajilla tulee olla asianmukainen koulutus ja tietämys käytettävästä tekniikasta. (Immonen ym. 2022, 209, 213.)

### **Tekoälyn hyödyntäminen tietokonetomografiassa**

- Säteilyannoksen optimointi
- Kuvanlaadun parantaminen
- Kohinan vähentäminen

KUVIO 7. Tekoälyn hyödyntäminen TT-tutkimuksissa.

## 7 POHDINTA

### 7.1 Tulosten yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutkimusaineisto koostuu kolmestatoista vertaisarvioidusta tutkimusartikkelista, jotka olivat opinnäytetyön tekohetkellä enintään viisi vuotta vanhoja. Artikkeleista saatiin vastauksia tutkimuskysymyksiin. Artikkelit sivusivat hyvin paljon toisiaan sisällöiltään, mutta karkeasti jaoteltuna yhdeksän artikkelia vastasi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen käsitellen pääasiassa röntgenhoitajien kokemuksia, odotuksia ja osaamista tekoälystä. Loput neljä artikkelia vastasivat toiseen tutkimuskysymykseen käsitellen tekoälyn hyödyntämistä magneettikuvantamisessa metallisten kohteiden tunnistamisessa ja tekoälyn käyttämistä apuna koulutettaessa röntgenhoitajia ahtaanpaikankammoisen potilaan kohtaamiseen sekä tekoälyn vaikutusta magneettikuvauslaitteen suorituskykyyn ja tekoälytekniikoiden vaikutusta tietokonetomografiassa kuvanlaatuun ja potilaan saamaan sädeannokseen.

Sorppasen (2006) mukaan potilaan tiedot lähetetään kuvauslaitteelle ja kuvausohjelma ja kuvausarvot valmistellaan tehtävän tutkimuksen mukaisiksi. Iso-Britannialaisen tutkimuksen (1) mukaan tekoälyä testataan jatkuvasti enemmän potilaisiin suunnatuissa tehtävissä, kuten esimerkiksi potilaan tunnistamisessa, jotta tulevaisuudessa on odotettavissa helpotusta varmasti myös potilastietojen tarkistamiseen. Tutkimuksen (1) mukaan tekoälyä testataan myös varjoaineen annoksen ja virtausnopeuden laskemisessa, mutta tulevaisuudessa röntgenhoitajan tehtäviin kuuluisi kuitenkin edelleen varjoaineen antoa varten potilaan kanylointi, kuten Syvärannan ym. (2021) mukaan tälläkin hetkellä, sekä varjoaineen valmistelu tutkimusta varten ja varmasti myös tekoälyn tekemien laskelmien varmistaminen.

Myös säteilyannoksen optimointiin on jo testattu tekoälyn käyttöä edellä mainitussa tutkimuksessa (1). Aronen ym. (2017) ovat myös todenneet sädeannosten olevan nykyään pienemässä automaattisen annoslaskennan ja annoksen määrää rajoittavien kuvalaskentatekniikoiden ansiosta. Myös matala-annostietokonetomografiaan keskittyvässä tutkimuksessa (13) on todettu tekoälyn auttavan

optimoimaan potilaan saamaa säteilyannosta ja parantavan myös kuvanlaatua, jottei sen vuoksi säteilyannosta tarvitse lisätä tutkimuksessa.

MK-tutkimukseen liittyvän turvallisuusriskin vuoksi on tärkeää selvittää potilaassa olevat vierasesineet ja niiden riskit ennen MK-tutkimusta (Saunavaara & Saunavaara 2018). Yhdessä tutkimuksessa (2) onkin selvitetty, voisiko tekoäly helpottaa magneettitutkimuksen turvallisuustarkastuksen tekemistä tunnistamalla PACS:iin tallennetuista kuvista metallisia vierasesineitä. Tutkimuksessa (2) oli kuitenkin keskitytty vain yläraajan tuki- ja liikuntaelimityöhön, joten tutkimusta pitäisi vielä laajentaa ennen käyttöönottoa, vaikka tulokset olivatkin lupaavia. Toisessa tutkimuksessa (3) selvitettiin tekoälyn mahdollisuuksia röntgenhoitajan kouluttamisessa ahtaanpaikankammoa kokevan potilaan kohtaamiseen. Tekoälyllä luotuja dialogeja voisi kehittää varmasti koko sosiaali- ja terveysalan koulutuskäyttöön.

Röntgenhoitajien työkenttä laajenee ja kehittyy koko ajan. Tekoälyä hyödynnetään lääketieteellisessä kuvantamisessa jo nyt erilaisissa järjestelmissä ja prosesseissa, joten röntgenhoitajien on omaksuttava tämä edistys. On myös tärkeää, että röntgenhoitajien ammattitaito kehittyy vastaamaan uusia vaatimuksia. Tekoälyn sovelluksia on käytössä esimerkiksi työnkulun avustamisessa, diagnoosin tekemisessä, hoidon suunnittelussa, potilaan tunnistamisessa, automaattisessa asemoinnissa, säteilyannoksen optimoinnissa, sekä varjoaineen annoksen ja virtausnopeuden laskemisessa. Yksi merkittävä etu tekoälyn käytössä röntgenhoitajan työssä on se, että sen avulla voidaan oikein optimoituna keventää työtaakkaa ja antaa enemmän aikaa potilaille. Tekoälyn käyttö röntgenhoitajan työssä vaatii kuitenkin kaikkien työntekijöiden sitoutumista sen käyttämiseen ja kouluttautumiseen.

Yleisesti ottaen röntgenhoitajat olivat myönteisiä suhtautumisessaan tekoälyn käyttämiseen työssään. Tekoälyn uskotaan muun muassa parantavan raportointia ja tekoälyn myötä potilaiden hoitoon uskotaan tulevan enemmän aikaa ja potilaiden säteilyannoksen pienenevän sekä turvallisuuden paranevan.

Röntgenhoitajien tietämys tekoälyn käytöstä on hiljalleen lisääntymässä, mutta osa röntgenhoitajista suhtautuu skeptisesti tekoälyn käyttöön työssään. Ymmärryksen puute lisää käyttäjien huolta mahdollisista järjestelmän virheistä, sekä eettisistä ja oikeudellisista kysymyksistä kuvantamisessa. Röntgenhoitajat ovat huolissaan liiallisesta teknologiariippuvuudesta, ammattitaidon heikentymisestä, sekä vähentyvästä inhimillisyydentunteesta ja keskittymisestä digitaalisiin tuloksiin potilaan sijaan, eli tekoälyn vaikutuksesta potilaskeskeisyyteen. Röntgenhoitajat kokivat myös teknologian käyttöönoton vähentävän opittujen tietojen ja taitojen käyttämistä ammatissa.

Tutkimusten tulokset korostavat röntgenhoitajien kouluttamisen tarvetta. Korkeakoulujen tulisi reagoida nopeasti uuteen aikakauteen ja sen tuomaan koulutustarpeeseen tekoälyn suhteen. Saatavilla olevaa koulutusta ei ole vielä räätälöity tukemaan kliinisiä rooleja. Tekoälyyn liittyvä koulutus on edelleen pääosin itseohjautuvaa verkossa tapahtuvaa opiskelua, joten koulutuksen parantamiseksi tutkimuksissa ehdotetaan perustettavan korkea-asteen oppilaitosten periaatteisiin perustuva koulutus.

## **7.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus**

Työn hyvästä tutkimuseetiikasta vastaa ensisijaisesti jokainen tutkimuksen tekijä tai tekijät. Myös korkeakoulun johto ja opinnäytetyön ohjaajat ovat eettisten ohjeiden noudattamisesta vastuussa (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012, 7). Opinnäytetyöprosessin aikana on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä keräämällä ja käsittelemällä tutkimusaineistoa asianmukaisella tavalla ja tutkimuseetiikka huomioiden. Työssä on noudatettu tarkkuutta ja rehellisyyteen, eikä työssä ole plagioitu toisten tekstiä.

Kirjallisuuskatsauksessa tiedonhaku on luotettavuuden kannalta merkittävä vaihe, joten tiedonhaussa on tärkeää käyttää luotettavia tietokantoja ja lähteitä. Tätä opinnäytetyötä tehdessä on huolehdittu lähteiden luotattavuudesta käyttämällä Tampereen ammattikorkeakoulun kirjaston sivuilla erityisesti röntgenhoitajille suunnatussa tiedonhaun oppaassa suositeltuja tietokantoja, ensin testihakuja

tehdessä ja sitten myöhemmin lopullisissa tietokantahauissa. Tiedonhaussa tehtiin ensin useita testihakuja moniin eri tietokantoihin, yrittäen löytää sopivimmat tietokannat ja hakusanat. Lopullinen aineisto kerättiin käyttämällä Cinahl, Medline ja ScienceDirect tietokantoja.

Tulosten luotettavuudesta on huolehdittu myös sillä, että jokainen tekijä on itsenäisesti tarkistanut valittujen artikkelien vastaavuuden määriteltyihin sisäänotto-kriteereihin. Tutkimusartikkelien valintaa on ohjannut artikkelien saatavuus (koko teksti ilmaiseksi saatavilla), lopullinen tietokantavalinta sekä valitut hakusanat ja lausekkeet. Näistä syistä myös merkittäviä tutkimusartikkeleja on voinut jäädä pois kirjallisuuskatsauksen aineistosta.

Tutkimuskysymykset vaihtuivat ensimmäisten tietokantahakujen jälkeen, koska alkuperäisiin tutkimuskysymyksiin vastaavia artikkeleja ei löytynyt. Uudet tutkimuskysymykset muodostettiin kuitenkin niin, että opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus säilyivät käytännössä samana, samaten kuin hauissa käytetyt hakusanat ja lausekkeet. Huomattiin myös, että koska tekoäly röntgenhoitajan työssä on vielä melko uusi ja vähän tutkittu aihe, niin aihetta koskevia tutkimuksia tehdään ja niitä koskevia tutkimusartikkeleja ilmestyy käytännössä koko ajan lisää.

### **7.3 Opinnäytetyöprosessin ja oman oppimiskokemuksen arviointi**

Opinnäytetyötä tehtiin pääosin itsenäisesti kaikkien tekijöiden toimesta ja säännöllisin väliajoin pidettiin palavereita, joissa pohdittiin aikataulua ja käytiin läpi mitä kukin oli tehnyt ja tekisi seuraavaksi. Erilaisia näkemyksiä ratkottiin keskustelemalla ja päädyttiin melko helposti yhteisymmärrykseen asioista. Palavereita olisi voitu pitää tiheämpäänkin, sillä välillä työ ei edennyt, koska tietyt valinnat vaativat kaikkien tekijöiden hyväksyntää.

Yhdellä tekijöistä oli jo aikaisempaa kokemusta opinnäytetyön tekemisestä ja kahdelle opinnäytetyön tekeminen oli uutta. Opettajien ohjausta olisi voitu hyödyntää enemmänkin opinnäytetyön tekemisessä ja noudattaa aikataulutusta paremmin, koska kaikille tuli lopulta yllätyksenä opinnäytetyön suuri työmäärä ja aikataulun venyminen. Kirjallisuuskatsauksen tekeminen oli ennestään vieras

prosessi kaikille ja heti alussa jo olisi pitänyt paneutua paremmin sen tekemisen eri vaiheisiin ja menetelmäkirjallisuuteen.

Opinnäytetyön tekeminen syvensi tietämystä tekoälyn käytöstä röntgenhoitajan työssä ja tekoälyn käytön huomattiin painottuneen TT- ja MK-kuvantamiseen. Röntgenhoitajille tekoäly on varsin uusi konsepti työssä, eikä monellakaan ole tekoälyn käyttöön koulutusta, jota kovasti kaivattaisi. Myös hakuja tehdessä huomattiin, kuinka samoilla hakusanoilla löytyi kuukausittain yhä useampi artikkeli. Tästä pääteltiin, että tekoälyn käyttö tulee lisääntymään kuvantamisessa käytettävissä laitteissa, koska kehitys on nopeaa ja viime vuosina tekoäly on alkanut levitä useille eri aloille.

#### **7.4 Jatkotutkimusehdotukset**

Tässä kirjallisuuskatsauksessa ei löytynyt röntgenhoitajan ergonomiaa suoranaisesti helpottavia tekoälyratkaisuja, mitä lähtökohtaisesti odotettiin löytyvän. Mutta muutamassa röntgenhoitajien kokemuksia käsittelevässä tutkimusartikkelissa mainittiin röntgenhoitajien kokevan tekoälyn tuovan helpotusta fyysiseen työkuormaan ja tämän vuoksi teoriaosuuteen jätettiin osio myös ergonomiasta. Varsinkin natiiviröntgentutkimuksissa olisi paljon kehittämistä juuri ergonomian näkökulmasta. Jatkossa voisi olla hyvä tutkia sitä millaisen tekoälyn röntgenhoitajat kokevat tai kokisivat eniten hyödyksi työssään ja miten röntgenhoitajia parhaiten voisi motivoida tekoälyn opiskeluun ja tekoälyn hyödyntämiseen.

## LÄHTEET

- Akudjedu, T.N., Torre, S., Khine, R., Katsifarakis, D., Newman, D. & Malamateniou, C. 2023. Knowledge, perceptions, and expectations of Artificial intelligence in radiography practice: A global radiography workforce survey *Journal of medical imaging and radiation sciences*, 2023-03, Volume 54 (1), p.104-116. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1939865422006750>
- Aronen, Blanco Sequeiros, Koskinen, Lundbom, Tervonen & Vanninen 2017. *Kliininen radiologia*. 1. painos, 11–13. Helsinki: Duodecim. Viitattu 12.3.2024.
- Brix, M., Järvinen, J., Bode, M., Nevalainen, M., Nikki, M., Niinimäki, J. & Lammentausta, E. 2024. Financial impact of incorporating deep learning reconstruction into magnetic resonance imaging routine. *European Journal of Radiology*, 2024, Volume 175. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0720048X24001505?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8a490eeeda208dd1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0720048X24001505?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8a490eeeda208dd1)
- Bofitto, G. R., Roletto, A., Savardi, M., Fasulo, S. V., Catania, D. & Signoroni, A. 2024. Harnessing ChatGPT dialogues to address claustrofobia in MRI – A radiographers’ education perspective. *Radiography* 2024 (30), p. 737-774.
- Coakley, S., Young, R., Moore, N., England, A., O'Mahony, A., O'Connor, O.J., Maher, M. & McEntee, M.F. 2022. Radiographers’ knowledge, attitudes and expectations of artificial intelligence in medical imaging. *Radiography*, 2022, Volume 28, Issue 4, p.943-948. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817422000931>
- Friedrich-Nel, H. 2022. The future roles of a radiographer. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. Volume 53, Issue 4, Supplement 1 p.5-6. [https://www.jmirs.org/article/S1939-8654\(22\)00399-X/fulltext](https://www.jmirs.org/article/S1939-8654(22)00399-X/fulltext)
- Huhtanen, H. Nyman, M. Karlsson, A. & Hirvonen, J. 2020. Tekoäly radiologiassa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim*, 136, (17), s.1957-1964. <https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo15753.pdf>
- Hänninen, P. 2022. *Robottiikka ja tekoäly*. 9.5 Tekoälyn tulevaisuus. Tammer-tekniikka/Amk-Kustannus oy.
- Immonen, E.; Wong, J.; Nieminen, M.; Kekkonen, L.; Roine, S.; Törnroos, S.; Lanca, L.; Guan, F. & Metsälä, E. 2020. *Radiography* (London, England. 1995), 2022-02, Vol.28 (1), p.208-214. <https://www-sciencedirect-com.lib-proxy.tuni.fi/science/article/pii/S1078817421000900>
- Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S.-M., Pietilä, A.-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon/Narrative literature review: from a research question to structured knowledge. *Hoitotiede*, 25, 4, s. 291–301.
- Kolari, J. Kallio, A. 2023. *Tekoäly 1-2-3*. Matkaopas tulevaisuuteen. Docento.

Kortesniemi, M. Kaasalainen, T. 2022. Fotoneita laskeva tietokonetomografia – hypeä vai mullistus?. Duodecim 2022;138:1161

Korvenoja, A. 2020. Kolme, seitsemän, kymmenen teslaa. Duodecim 2020, 136(9), s.982-983. <https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo15544.pdf>

Lundvall, L-L. Dahlgren, M.A. Wirell, S. 2014. Professionals' experiences of imaging in the radiography process - A phenomenological approach. Radiography 2014, Volume 20, p.48-52 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107881741300117X#sec4>

Lie, S. O. & Lysdahlgaard, S. 2022. Detection of metallic objects on digital radiographs with convolutional neural networks: A MRI screening tool. Radiography 2022 (28), p.467-471.

Lohikoski, K., Roos, M. & Suominen, T. 2019. Workplace culture assessed by radiographers in Finland. Radiography, Volume 25, Issue 4, 2019, p.115-117. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817419300604>

Metsälä, E., Blomqvist, P. & Patanen, H. 2020. Röntgenhoitajien ja bioanalytiikojen sekä alojen opiskelijoiden käsitykset tekoälystä terveydenhuollossa. Journal of Clinical Radiography and Radiotherapy, 1/2020, Volume 18, p.4-13. [https://sorf.fi/wp-content/uploads/2022/08/Kliininen\\_1\\_2020\\_VALMIS2.pdf](https://sorf.fi/wp-content/uploads/2022/08/Kliininen_1_2020_VALMIS2.pdf)

Metsälä, E., Patanen, H., Törnroos, S. et.al. 2023. Osaamista tulevaisuuteen - Röntgenhoitajan päivitettyt kompetenssikuvaukset. Kliininen radiografiatiede, 21(1). s.5-16. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/809850/Osaamista\\_tulevaisuuteen\\_Rontgenhoitajan\\_paivitettyt\\_kompetenssikuvaukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/809850/Osaamista_tulevaisuuteen_Rontgenhoitajan_paivitettyt_kompetenssikuvaukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mirtti, T. Lahdenne, P. ja Pitkänen, E. 2020. Tekoälyä ja älytekoja. Duodecim 2020, 136, s.1945–1947.

Ng, C.T., Roslan, S.N.A., Chng, Y.H., Choong, D.A.W., Chong, A.J.L., Tay, Y.X., Lanca, L. & Chua, E.C. 2022. Singapore radiographers' perceptions and expectations of artificial intelligence - A qualitative study. Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, 2022. 53 (4), p.554-563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1939865422003393>

Pedersen, M.R.V., Kusk, M.W., Lysdahlgaard, S. Mork-Knudsen, H. Malamateniou, C & Jensen, J. 2024. Nordic radiographers' and students' perspectives on artificial intelligence – A cross-sectional online survey. Radiography, 5/2024, Volume 30, Issue 3, p.776-783. [Nordic radiographers' and students' perspectives on artificial intelligence – A cross-sectional online survey - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817424000339)

Pedersen, M.R.V., Kusk, M.W., Lysdahlgaard, S., Mork-Knudsen, H., Malamateniou, C & Jensen, J. A. 2024. Nordic survey on artificial intelligence in the radiography profession – Is the profession ready for a culture change? Radiography (London, England. 1995), 2024-07, Vol.30 (4), p.1106-1115. <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S107881742400097X>

Pirkanmaan Hyvinvointialue. n.d. Magneettitutkimukset. Verkkosivu. Viitattu 26.8.2024. <https://www.pirha.fi/palvelut/sairaalat-tays/laboratorio-ja-kuvantaminen/magneettitutkimukset>

Pukkila, O (toim). 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Säteily- ja ydinturvallisuus –kirjasarja. Kirja 3. Vantaa: STUK. <https://stuk.fi/documents/150192312/162661266/kirja3-1-sateilyn-kaytto-rontgensateily-diagnostiikassa.pdf/e699244b-3620-cde2-bd33-11c9077e01fa/kirja3-1-sateilyn-kaytto-rontgensateily-diagnostiikassa.pdf?t=1684851448411>

Rainey, C., O'Regan, T., Matthew, J., Skelton, E., Woznitza, N., Chu, K-Y., Goodman, S., McConnell, J., Hughes, C., Bond, R., Malamateniou, C. & McFadden, S. 2022. An insight into the current perceptions of UK radiographers on the future impact of AI on the profession: A cross-sectional survey. Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, 2022, Volume 53, Issue 3, p.347-361. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S193986542200282X?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8a4911a389118dc5](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S193986542200282X?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8a4911a389118dc5)

Ryan M.-L., O'Donovan T. & McNulty J.P. 2021. Artificial intelligence: The opinions of radiographers and radiation therapists in Ireland. Radiography, 2021, 27, p. S74-S82. <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S1078817421001024>

Salminen A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopiston julkaisut. <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/7961>

Sarajärvi, A. & Tuomi, J. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi: Uudistettu laitos. Helsinki: Tammi

Saunavaara, J. & Saunavaara, V. 2018. Milloin vierasesine estää magneettikuvauksen?. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 134, 6, s.635-640. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14229>

Sorppanen, S. 2006. Kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohde. Väitöskirja. Lääketieteellinen tiedekunta. Oulun yliopisto. Viitattu 13.3.2024. <http://jultika oulu.fi/files/isbn951428058X.pdf>

Stogiannos, N., O'Regan, T., Scurr, E., Litosseliti, L., Pogose, M., Harvey, H., Kumar, A., Malik, R., Barnes, A., McEntee, M.F. & Malamateniou, C. 2024. AI Implementation in the UK Landscape: Knowledge of AI Governance, Perceived Challenges and Opportunities, and Ways Forward for Radiographers. Radiography (London, England. 1995). 2024, 30.2, s.612–621. <https://www.sciencedirect-com/libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S1078817424000324>

STUK. 2024. STUK opastaa – Suositus potilaan suojaamisesta röntgentutkimuksissa. Vantaa: STUK. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/148097/STUK-opastaa-Suositus-potilaan-suojaamisesta-ro%cc%88ntgentutkimuksissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

STUK. n.d. Säteilysuojelukoulutus ja kelpoisuudet. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2024. <https://stuk.fi/sateilysuojelukoulutus-ja-kelpoisuudet>

Suhonen, R., Axelin, A. & Stolt, M. 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. (toim.) Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto, 9

Syväranta, S. Vuorinen, A-M ja Tokola, A. 2021. Radiologisen kuvantamisen perusteet. Duodecim 2021, 137(9), s.969-976. <https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo16215.pdf>

Suomen röntgenhoitajaliitto. 2020. Röntgenhoitajan ammattieettiset ohjeet. Verkkosivu. Viitattu 23.9.2024. <https://sorf.fi/wp-content/uploads/2022/05/Rontgenhoitajan-ammattieettiset-ohjeet.pdf>

Toivonen, H. 2023. Mitä tekoäly on? 100 kysymystä ja vastausta. Helsinki: Teos.

Tolonen, K. 2015. Röntgenhoitajan työ. Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveysyhtymä, kuvantamisen tulosalue. Päijät-Hämeen hyvinvointialue. Verkkosivu. Viitattu 2.4.2024. <https://www.youtube.com/watch?v=GSD-dlUX-bs>

Tunninen, V., Ryymin, P. & Kauppinen, T. 2008. Magneettikuvauksen riskit ja vasta-aiheet. Tabu - Lääketietoa Lääkelaitokselta (5) 2008. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134439/tabu\\_5\\_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134439/tabu_5_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Helsinki: TENK.

Työterveyslaitos. n.d. Kokonaisvaltainen ergonomia. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2024. <https://www.ttl.fi/teemat/tyohyvinvointi-ja-tyokyky/kokonaisvaltainen-ergonomia>

Vaara, S. Syväranta, S ja Peltonen, J. 2021. Radiologin salakieli auki kirjoitettuna. Magneettikuvauksen ABC: T1, T2, fat sat, DWI ynnä muut. Duodecim 2021, 137, s.2681–2689. <https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo16593.pdf>

Vilka, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. E-kirja. Helsinki: Art House,

Walta, L. 2012. Potilaan hoitaminen diagnostisessa radiografiassa ja sen kuormittavuus röntgenhoitajan arvioimana – tavoitteena inhimillinen ja turvallinen kuvantamistapahtuma. English summary. TURUN YLIOPISTO. <https://www.utu-pub.fi/bitstream/handle/10024/76839/AnnalesC337Walta.pdf?sequence=1>

**LIITTEET**

## Liite 1. Käytettyjä hakulausekkeita

(artificial intelligence or ai or a.i.) AND radiographer AND (computed tomography or ct or x-ray computed tomography)

(magnetic resonance imaging or mri or mri scan) AND (artificial intelligence or ai or a.i. )

(artificial intelligence or ai or a.i.) AND radiographer

## Liite 2. Hakutuloksia

	<b>Tekoäly röntgenhoitajan työssä</b>		
Tietokanta		Otsikon perusteella valitut	Valitut tutkimukset
Cinahl	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography"	40	0
Medline	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography"	64	3
Science direct	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography"	36	7
Yhteensä		N=140	N=10
	<b>Tekoäly Magneettikuvantamisessa</b>		
Tietokanta		Otsikon perusteella valitut	Valitut tutkimukset
Cinahl	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "mri or Magnetic resonance imaging"	3	0
Medline	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "mri or Magnetic resonance imaging"	3	1
Science direct	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "mri or Magnetic resonance imaging"	5	1
Yhteensä		N=11	N=2

	<b>Tekoäly Tietokonetomografiassa</b>		
Tietokanta		Otsikon perusteella valitut	Valitut tutkimukset
Cinahl	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "ct or computed tomography"	8	0
Medline	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "ct or computed tomography"	16	0
Science direct	"artificialintelligence or a.i" and "diagnostic imaging or radiographers or radiography" and "ct or computed tomography"	16	1
Yhteensä		N=40	N=1

## Liite 3. Analyysitaulukko

Tutkimuksen numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Röntgenhoitajien asenteet ja kokemukset tekoälystä													
- Teknologian kehityksen vaikutus röntgenhoitajan työhön/ammattiin	x			x	x		x	x	x	x	x	x	
- Teknologian ja hoitotyön yhdistäminen	x		x	x	x	x	x	x		x			
- Lisääntyneen teknologian vaikutus työtyytyväisyyteen ja koettuun stressiin							x			x			
- Tekoälyllä merkittävä rooli työssä				x	x							x	
- Röntgenhoitajien työkentän laajeneminen/uudet työtehtävät	x			x	x	x	x	x	x	x	x		
- Positiivinen suhtautuminen	x			x	x			x		x	x		
- Epäileväinen suhtautuminen	x			x	x				x	x	x		
- Vähäinen huoli				x									
- Täynnä mahdollisuuksia	x			x				x			x		
- Helpottaa röntgenhoitajien työtä				x	x	x		x	x	x	x	x	
- Ammatin katoaminen/tekoäly korvaa röntgenhoitajan				x				x	x	x	x		
- Vähentää työmäärä					x	x		x	x	x	x		

- Liiallinen riippuvuus tekoälystä/keskittyminen digitaalisiin tuloksiin										X	X		
- Vähentää opittujen taitojen käyttämistä/automaation vinouma						X		X		X	X		
- Huoli tekoälyn luotettavuudesta/algoritmien vinoumat								X	X		X		
- Työnkuvan muuttuminen				X	X				X	X	X	X	
- Potilaan kokemus/asenteet			X				X	X	X	X			
- Huoli potilaskeskeisyydestä/vähentynyt inhimillisyys				X			X	X		X	X		
- Huoli: Eettisyys/oikeudellisuus/tietosuojat				X	X	X	X	X	X		X		
Röntgenhoitajien tietämys tekoälystä ja tekoälykoulutus													
- Termien tunnistaminen				X	X			X		X		X	
- Tekoälyn käyttäminen työssä			X	X	X	X			X	X		X	
- Iän ja sukupuolen vaikutus				X	X	X							
- Oikeudelliset kysymykset/vastuu				X	X				X		X		
- Koettu koulutustarve/halukkuus			X		X			X	X	X	X		
- Tekoälykoulutusta ei ole tarpeeksi työelämässä				X	X	X		X			X		
- Tekoälykoulutusta ei ole tarpeeksi/ollenkaan saatavissa opinnoissa				X	X			X		X	X		





Liite 4. Artikkelitaulukko

1	<p>An insight into the current perceptions of UK radiographers on the future impact of AI on the profession: A cross-sectional survey</p>	<p>Rainey, C. O'Regan, T. Matthew, J. Skelton, E. Woznitza, N. Chu, K.Y. Goodman, S. McConnell, J. Hughes, C. Bond, R.J.C. Malamateniou, C. McFadden, S.</p> <p>Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences Osa 53, numero 3, syyskuu 2022, sivut 347-361</p>	<p>Tutkimuksen tarkoitus oli kartoittaa röntgenhoitajien näkemyksiä tekoälystä Isossa-Britanniassa ja tutkia nykyisiä tekoälysovelluksia ja tulevaisuuden teknologisia odotuksia röntgenhoitajilta.</p>	<p>Röntgenhoitajien tekoälyasiantuntijoiden ryhmä suunnitteli verkkokyselyn, jonka e-linkki jaettiin kirjoittajien ammatillisiin verkostoihin Isossa-Britanniassa.</p> <p>Tutkimus jaettiin kuuteen osioon: (1) väestötiedot, (2) tekoälyosaaminen, (3) taidot ja luottamus AI:hin, (4) käsitykset AI:n vaikutuksesta käytäntöön, (5) tulevaisuuden odotukset AI:lta ja (6) AI:n vaikutus kuvan hahmottamiseen ja raportointiin. Kysymyksiä oli yhteensä 91. Tässä artikkelissa on käsitelty kyselyn osioiden 1, 4 ja 5 tuloksia, loput tuloksista on esitelty erillisessä tutkimuksessa.</p>	<p>Vastauksia kerättiin yhteensä 411 (80 % diagnostiikan puolelta ja 20 % sädehoidosta). Vastaajat olivat tietoisia, miten tekoälyteknologiaa nykyisin käytetään ja miten sitä voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa. Diagnostiikan puolella AI:n ajateltiin vaikuttavan voimakkaasti raportointiin, sädehoidossa hoidon suunnitteluun. Näihin odotettiin myös tulevan kehitystä lisää tulevaisuudessa. Vastaajat olivat epävarmoja AI:n vaikutuksesta uraansa, sillä heille oli epäselvää, miten röntgenhoitajan rooli tulisi muuttumaan. Vain pieni vähemmistö vastaajista koki AI:n vievän heiltä työn kokonaan. Röntgenhoitajat saattavat olla epävarmoja AI:tulevaisuudesta ja sen vaikutuksista potilaskeskeisyyteen, mutta suurin osa uskoi kuitenkin AI:n mahdollistavan standardoinnin joillekin potilashoidon ja –turvallisuuden osaluille sekä röntgenhoitajan työn teknisille näkökohdille. Tutkimuksen mukaan AI:ta käytetään aktiivisesti lääketieteellisessä kuvantamisessa ja sädehoidossa ja röntgenhoitajan koetaan olevan keskeisessä roolissa yhdistämässä tekoälyn avulla tietoa käytännön potilastyön ja teknologian välillä.</p>
---	---	---	---	---	--

2	Detection of metallic objects on digital radiographs with convolutional neural networks: A MRI screening tool	Lie, S. O. Lysdahlgaard, S.  Radiography Osa 28, numero 2, toukokuu 2022, sivut 466-472	Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, voisiko tekoälyä opettaa tunnistamaan metallisia kohteita PACS:iin tallennetuista röntgenkuvista.	<p>Tutkimuksessa on arvioitu tekoälyn tarkkuutta metallisten esineiden havaitsemisessa PACS:iin tallennetuista digitaalisista röntgenkuvista.</p> <p>Tutkimuksessa on keskitytty yläraajan tuki- ja liikuntaelimestön röntgenkuva-aineistoon, jossa on ollut mukana 14 863 röntgenkuvaa.</p> <p>Anatomisina kohteina tutkimuksessa on ollut kyynärpää, sormi, käsi, olkaluu, kyynärvarsi, olkapää ja ranne.</p>	<p>Tutkimuksen tuloksena on todettu, että tekoäly havaitsee metalliset esineet PACS:iin tallennetuista röntgenkuvista erittäin tarkasti.</p> <p>Kun tekoälyä koulutetaan vielä muihinkin anatomisiin kohteisiin, voidaan magneettitutkimusten turvallisuustarkastus tehdä nopeammin.</p>
---	---	---	--	---	--

3	<p>Harnessing ChatGPT dialogues to address claustrophobia in MRI - A radiographers' education perspective</p>	<p>Bonfitto, G. R. Roletto, A. Savardi, M. Fasulo, S. V. Catania, D. Signoroni, A.</p> <p>Radiography Osa 30, numero 3, toukokuu 2024, sivut 737-744</p>	<p>Tutkimuksen tarkoitus oli käyttää tekoälyä dialogin kautta röntgenhoitajan kouluttamiseen ahtaanpaikankammoisen potilaan kohtaamisessa.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli käyttää ChatGPT:tä simuloimaan röntgenhoitajan ja klaustrofobiasta kärsivän potilaan välisiä keskusteluja magneettikuvauksen yhteydessä ja täten selvittää, miten tekoälyn avulla voitaisiin parantaa röntgenhoitajien viestintätaitoja.</p>	<p>Tutkimuksessa on hyödynnetty kahta eri versiota ChatGPT:stä ja vertailtu niiden eroavaisuuksia tuloksissa. Tutkimukseen valittiin kuusi työkokemukseltaan eritasoista röntgenhoitajaa: kaksi kokenutta röntgenhoitajaa, joilla oli vähintään 15 vuoden kokemus magneettikuvantamisesta; kaksi "keskitason" röntgenhoitajaa, joilla oli vähintään 5 vuoden kokemus sekä kaksi aloittelevaa röntgenhoitajaa, joilla oli alle 5 vuoden kokemus.</p>	<p>Onnistumisprosentteja ja vastauksia analysoitiin seuraavasti: Simulaatioita tehtiin yhteensä 60, ja onnistumisprosentti oli 96,7 % (58/60). ChatGPT-3.5 osoitti virheitä 40 % (12/30) simulaatioista, kun taas ChatGPT-4 ei osoittanut virheitä.</p> <p>Röntgenhoitajien kommunikoinnissa simulaatioiden aikana 70,2 % vastauksista luokiteltiin "tukeviksi ohjeiksi", minkä jälkeen "musiikkiterapia" oli 18,3 %. Asiantuntijat käyttivät pääasiassa "tukiohjeita" (82,2 %) ja "hengitystekniikoita" (9,7 %). Keskitason osallistujat suosivat "musiikkiterapiaa" (26 %), kun taas aloittelijat käyttivät usein "lievää sedaatiota" (15,4 %).</p> <p>Kliinisten skenaarioiden simulointi ChatGPT:n avulla osoittautuu arvokkaaksi röntgenhoitajien viestintätaitojen arvioinnissa ja testaamisessa, erityisesti klaustrofobisten potilaiden hoidossa magneettikuvauksen aikana. Tämä pilottitutkimus korostaa ChatGPT:n potentiaalia prekliinisessä koulutuksessa, tunnistaen erilaiset koulutustarpeet eri ammattikokemuksilla.</p>
---	---	--	--	---	--

4	Nordic radiographers' and students' perspectives on artificial intelligence – A cross-sectional online survey	<p>Pedersen, M.R.V. Kusk, MW. S. Lysdahlgaard, S. Mork-Knudsen, H. Malamateniou, C. Jensen, J</p> <p><b>Radiography</b> Osa 30, numero 3, toukokuu 2024, sivut 776-783</p>	<p>Tutkimuksen tarkoitus oli tuoda esille röntgenhoitajien ja röntgenhoitajaopiskelijoiden näkemyksiä tekoälystä pohjoismaissa.</p>	<p>Tutkimuksessa 29 kohdan verkkokysely jaettiin sosiaalisen median kautta pohjoismaisille röntgenhoitajaopiskelijoille sekä röntgenhoitajille Tanskassa, Norjassa, Ruotsissa, Grönlannissa, Islannissa ja Färösaarilla. Kysely sisälsi väestötietoja, opiskelustausta sekä näkemyksiä ja tietämystä tekoälystä. Kysymykset olivat suljettuja ja skaalattuja, ja niihin pystyi vastaamaan tarvittaessa myös vapaalla tekstillä.</p>	<p>Tutkimuksessa kyselyyn vastasi kaikista pohjoismaista yhteensä 586 vastaajaa, 26,8 % miehiä, 72,1 % naisia ja 1,1 % ei-binaarisia tai eivät halunneet kertoa. Vastaajien keski-ikä oli 37,2 vuotta, keskihajonnan ollessa <math>\pm 12,1</math> vuotta. Keskiarvo vuosille töissä pätevyyden saavuttamisen jälkeen oli 14,2 KH <math>\pm 10,3</math> vuotta. Kaikkiaan 43 % (n = 254) vastaajista ei ollut saanut mitään koulutusta tekoälyn kliniseen käyttöön. Kun taas 13 % (n = 76) oli saanut tekoälykoulutusta röntgenhoitajakoulutuksen aikana. Yhteensä 77,9 % (n = 412) ilmaisi mielenkiintonsa tekoälykoulutusta kohtaan. Valtaosa vastaajista oli tietoisia tekoälyn mahdollisesta käytöstä (n = 485, 82,8 %) ja 39,1 % (n = 204) ei ollut varautunut tekoälyn suhteen.</p>
5	Radiographers' knowledge, attitudes and expectations of artificial intelligence in medical imaging	<p>Coakley, S. Young, R. Moore, N. England, A. O'Mahony, A. O'Connor, O.J. Maher, M. McEntee, M.F.</p> <p><b>Radiography</b> Osa 28, numero 4, marraskuu 2022, Sivut 943-948</p>	<p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia röntgenhoitajien käsityksiä, tietoja ja odotuksia tekoälystä lääketieteellisessä kuvantamisessa ja määrittää tekoälykoulutuksen nykytila sekä tarve.</p>	<p>Tutkimus toteutettiin Euroopassa asuville röntgenhoitajille suunnattuna kvantitatiivisena poikkileikkaustutkimuksena verkossa. Kerätyt tiedot sisälsivät osallistujien käsityksiä ja tietoja tekoälystä, odotuksia tekoälystä ja tekoälyyn liittyviä koulutustaustoja. Saatujen tietojen analysointiin käytettiin sekä kuvailevia että päätteleviä tilastollisia tekniikoita.</p>	<p>Tutkimuksen mukaan 64 % tunnisti tekoälyn todellisen määritelmän oikein eri vaihtoehdoista, mutta vain 37 % ymmärsi täysin tekoälyn, koneoppimisen ja syväoppimisen välisen eron. Suurin osa osallistujista vastasi olevansa innoissaan tekoälyn kehityksestä, vaikka 29%: n keskuudessa oli edelleen pelkoja tekoälyä kohtaan. Tekoälyä koskevassa koulutuksessa havaittiin vakavia puutteita, sillä vain 8 prosenttia osallistujista oli saanut opetusta tekoälystä, joten teknisen ymmärryksen ja koulutuksen puute aiheuttaa epävarmuutta. Lisää AI-koulutusohjelmia tarvitaan.</p>

6	AI implementation in the UK landscape: Knowledge of AI governance, perceived challenges and opportunities, and ways forward for radiographers	<p>Stogiannos, N. O'Regan, T. Scurr, E. Litosseliti, L. Pogose, M. Harvey, H. Kumar, A. Malik, R. Barnes, A. McEntee, M.F. Malamateniou, C.</p> <p>Radiografia Osa 30, numero 2, maaliskuu 2024, sivut 612-621</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää tekoälyosaamista omaavien röntgenhoitajien käsityksiä alan kannalta merkityksellisistä kysymyksistä. Selvitettiin muun muassa tietämystä tekoälyn hallinnosta ja hankinnoista, käsityksiä mahdollisuuksista ja haasteista, sekä tulevista tekoälyn käyttöönoton kohteista.</p>	<p>Tutkimus tehtiin verkkokyselyinä, joka suunniteltiin ja jaettiin Yhdistyneessä kuningaskunnassa toimiville röntgenhoitajille. Tutkimuskysymykset liittyivät tekoälyn koulutukseen, tekoälyn hallintokehysten tuntemukseen, tietosuojamenettelyihin, tekoälyn käyttöönottoon liittyviin näkökohtiin ja tekoälyn käytön prioriteetteihin.</p>	<p>Tutkimuksen tulosten mukaan röntgenhoitajat toivoivat selkeämpiä ohjeita tekoälyn käytöstä, runsaasti aikaa tekoälyn turvalliseen käyttöönottoon käytännössä, riittävää rahoitusta, tehokasta johtajuutta ja kohdennettua tukea. Tekoälykoulutusta, vanikkoja hallintokehysiksi sekä potilaiden osallistamista pidettiin ensisijaisina tavoitteina, jotta röntgenhoitajat voisivat toteuttaa tekoälyn käyttöönoton onnistuneesti. Tekoälyn käyttöönotto etenee radiografiassa, mutta ilman räätälöityä koulutusta, selkeämpää hallintoa, keskeisten sidosryhmien sitouttamista ja sopivien uusien roolien luomista on vaikea hyödyntää sen etuja ja minimoida siihen liittyviä riskejä.</p>
---	---	--	---	--	--

7	Workplace culture assessed by radiographers in Finland	<p>Lohikoski, K. Roos, M. Suominen, T.</p> <p>Radiography Osa 25, numero 4, marraskuu 2019, sivut e113-e118</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli kuvata suomalaista työpaikkakulttuuria röntgenhoitajien näkökulmasta.</p>	<p>Tutkimuksen tiedonkeruu toteutettiin vuonna 2017 strukturoidulla sähköisellä kyselyllä. Kohderyhmänä olivat työikäiset röntgenhoitajat (N = 1808) ja vastausprosentti 38 % (n = 689). Kysely sisälsi taustakysymyksiä sekä Slaterin ja McCormackin kehittämän The Nursing Context Index -instrumentin</p>	<p>Tutkimuksen tuloksissa todetaan teknologian kehityksen vaikuttaneen röntgenhoitajien työhön tuomalla uudenlaisia tehtäviä, mikä vaatii röntgenhoitajilta uudenlaista ammattitaitoa. Tämä on muuttanut työn luonnetta. Teknologian ja hoitotyön yhdistäminen haastaa röntgenhoitajia ammattikuntana ja herättää kysymyksiä siitä, kumpaa pitäisi korostaa, teknistä osaamista vai hoitoprosessia.</p> <p>Tutkimuksen tuloksissa todetaan röntgenhoitajien olevan Suomessa yleisesti melko tyytyväisiä työhönsä ja suhtautuvan työympäristöönsä jonkin verran myönteisesti. Kaikista stressaantuneimpia kokivat olevansa suurilla osastoilla, keskipitkän uran (6–15 vuotta) tehneet ja vuorotyötä tekevät röntgenhoitajat. Stressin koettiin johtuvan pääasiassa työmäärästä. Tutkimukseen osallistuneet röntgenhoitajat kokivat myös, että heillä oli vähäiset mahdollisuudet vaikuttaa työhönsä, mutta he halusivat silti pysyä nykyisessä työssään. Hoitaja-lääkärisuhteeseen ja hoitotyön johtoon vastaajat suhtautuivat kielteisimmin.</p>
---	--	---	--	--	---

8	Singapore radiographers' perceptions and expectations of artificial intelligence - A qualitative study	<p>Ng, C.T Roslan, S Chng, Y.H Choong, D.A.W Chong, A. J. L Tay, Y. X Lança, L Chua, E.C</p> <p>Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences Osa 53, numero 4, joulukuu 2022, sivut 554-563</p>	Tutkimuksessa selvitettiin singaporelaisten röntgenhoitajien käsityksiä ja odotuksia tekoälystä (AI) lääketieteellisessä kuvantamisessa.	Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena. Aineistosta nousi esiin neljä teemaa: (1) tieto tekoälystä ja sen sovelluksista, (2) käsitykset tekoälyn käytöstä röntgenkuvauksessa, (3) potilaiden käsitykset röntgenhoitajien näkökulmasta ja (4) tekoälyn mahdolliset sovellukset ja odotukset.	Tutkimuksessa todettiin, että osallistajat osoittivat rajallista tietämystä tekoälystä. Heidän käsityksensä tekoälystä olivat ristiriitaisia: he tunnistivat sen hyödyt tehokkuuden lisäämisessä ja potilaiden hoidon parantamisessa, mutta olivat myös tietoisia sen rajoituksista. Osallistujat kokivat, että potilaat hyväksyisivät tekoälyn käytön, jos he kokisivat sen parantavan heidän hoitoaan. Osallistujat ajattelivat tekoälyn mahdollisuuksina mm. ajanvarauksen, potilaan paikannuksen, kielen kääntämisen ja artefaktujen poistamisen. Röntgenhoitajien roolin ja uramahdollisuuksien osalta jotkut osallistujat näkevät röntgenhoitajille mahdollisuuksina erikoistumisen tekoälyyn, osallistumisen algoritmien kehittämiseen ja sen kliiniseen toteuttamiseen.
9	Artificial intelligence: The opinions of radiographers and radiation therapists in Ireland	<p>Ryan, M.-L. O'Donovan, T. McNulty, J.P</p> <p>Radiography Osa 27, täydennysosa 1, lokakuu 2021, sivut S74-S82</p>	Tutkimuksen tavoitteena oli diagnostiikassa ja sädehoidossa työskentelevien röntgenhoitajien näkemysten ymmärtäminen, sekä heidän kokemuksensa ja odotuksensa muutoksista nykyisiin tehtäviinsä.	Tutkimus toteutettiin verkkokyselynä, joka sisälsi teemoja: roolimutokset, tekoälyn kliiniset prioriteetit, potilashyödyt ja kouluus.	Tutkimuksen tulokset osoittivat, että suurin osa osallistujista suhtautui myönteisesti AI:n käyttöönottoon, mutta oli huolissaan työpaikkojen vähenemisestä ja teknisten taitojen menettämisestä. AI:n kehittämisen ja käyttöönoton prioriteettialueet nousivat esiin vastauksissa ja vastaajat korostivat tarvetta selkeille poluille AI:n integroimiseksi röntgenhoitajan työnkuvaan potilasturvallisuuden varmistamiseksi.

10	<p>Knowledge, perceptions, and expectations of Artificial intelligence in radiography practice: A global radiography workforce survey</p>	<p>Akudjedu, T. Torre, S. Khine, R. Katsifarakis, D. Newman, D. Malamateniou, C.</p> <p>Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences Osa 54, numero 1, maaliskuu 2023, sivut 104-116</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia maailmanlaajuisesti radiografian ammattilaisten tietoja, käsityksiä ja odotuksia tekoälyteknologian suhteen.</p>	<p>Tutkimus toteutettiin verkkokyselynä ja siinä haettiin sekä määrällistä että laadullista tietoa ajankohtaisista kysymyksistä. Tutkimus koostui sekä suljetuista että avoimista kysymyksistä, jotka jaettiin kolmeen pääosiin: osallistujien väestötietoihin, tietoon/havaintoihin/kokemuksiin ja odotuksiin tekoälyn käytöstä radiografiassa. Saadut tiedot analysoitiin käyttämällä yhteiskuntatieteiden tilastopakettia (SPSS) (v. 26) ja kuusivaiheista temaattista analyysimenetelmää.</p>	<p>Kyselyn vastaajista 54,1 % oli pohjois-amerikkalaisia, 23,8 % aasialaisia, 9,6 % afrikkalaisia, 9,3 % eurooppalaisia, 2,4 % australialaisia ja 0,2 % eteläamerikkalaisia. Yli puolet (54,1 %) vastaajista eivät käytä tekoälyä työssään päivittäin. Kuitenkin yli 70 % vastanneista on luottavaisia tekoälyn käyttöön päivittäisessä työssään, vaikka 22,8 % ei tällä hetkellä käytä työssään tekoälyä ja 11 % ei ole lainkaan varma tekoälyn käytöstä.</p> <p>Tekoälyn uskotaan muuttavan työnkuvaa ja vähentävän työmäärää. Tekoälyn odotetaan myös tuovan yhdenmukaisemmat standardit potilasturvallisuuteen. Tekoälyn käyttöönoton ja käytön uskotaan lisäävän johdonmukaisuutta potilaiden hoidossa, mutta kuitenkin pelätään taitojen ja potilaskeskeisen hoidon vähenemistä liiallisen teknologiariippuvuuden myötä.</p> <p>Tutkimuksen tulokset osoittivat myös, että tekoälylle ominainen kieli on puutteellisesti ymmärrettyä ja sen koulutusta ei ole tällä hetkellä tarjolla riittävästi, mutta koulutusta toivotaan sisällytettävän radiografian koulutusohjelmiin.</p>
----	---	---	--	---	---

11	A Nordic survey on artificial intelligence in the radiography profession – Is the profession ready for a culture change?	Pedersen, M.R.V. Kusk, M.W. Lysdahlgaard, S. Mork-Knudsen, H. Malamateniou, C. Jensen, J.  Radiography Osa 30, numero 4, heinäkuu 2024, sivut 1106-1115	Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli tutkia pohjoismaisten röntgenhoitajien näkemyksiä tekoälystä keskittyen näkökulmiin, sitoutumiseen ja tekoälyn tunteemukseen.	Tutkimus toteutettiin verkkokyselynä, johon pohjoismaiset röntgenhoitajat kutsuttiin sosiaalisen median alustojen kautta osallistumaan maaliskesäkuussa 2023. Kysely käsitti 29 kohtaa ja sisälsi 4 osiota a) väestötiedot, b) tekoälyn esteet ja mahdollistajat, c) tekoälyn näkökulmat ja kokemukset sekä d) tieto tekoälystä radiografiassa.	Tutkimuksen tulokset osoittivat, että pohjoismaiset röntgenhoitajat suhtautuvat tekoölyyn yleisesti ottaen myönteisesti, mutta sen käyttämiseen liittyy edelleen epävarmuutta. Tulokset korostavat näiden haasteiden ymmärtämisen tärkeyttä tekoölyjärjestelmien vastuullisen käyttöönoton kannalta. Tekoälyn odotettujen vaikutusten huolellinen punnitseminen tukee tekoälyn saumatonta integrointia röntgenhoitajien työhön, mikä hyödyttää paitsi potilaita myös radiografian ammattilaisia.
12	Financial impact of incorporating deep learning reconstruction into magnetic resonance imaging routine	Brix, M.A.K. Järvinen, J. Bode, M.K. Nevalainen, M. Nikki, M. Niinimäki, J. Lammentausta, E.  European Journal of Radiology Osa 175, kesäkuu 2024.	Tutkimuksen tarkoitus oli parantaa magneettikuvauslaitteen suorituskykyä ja tutkia uutta syvän oppimisen rekonstruktioalgoritmin (DLR) hyödyllisyyttä tähän tarkoitukseen. Tekoälyn syväoppimisen menetelmää (DRB) kokeiltiin Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirissä kolmen kuukauden ajan. Valitut tutkimukset ja DRB-sekvenssit optimoitiin monialaisessa tiimissä.	DRB:n taloudellista kannattavuutta verrattiin muihin kapasiteettiä lisääviin vaihtoehtoihin, jotka suunniteltiin tuottamaan kuuden MRI-laitteen kapasiteettiä, joita käytetään arkisin 14 tuntia. Laitteille laskettiin 2 röntgenhoitajaa, joiden tuntipalkat ja vuorolisät huomioitiin laskelmissa. Kustannusarviossa käytettiin 2,5 %:in lainankorkoa. Nettokykyarvo ja vaihtoehtojen eri kustannukset määriteltiin kahdeksan vuoden aikaikkunalla, jota käytetään tavallisesti magneettikuvauslaitteen elinkaaren arviona. Lisäksi arvioitiin, kuinka paljon tutkimushintoja voitaisiin alentaa.	Tutkimus osoittaa, että DLR:n käyttöön ottamisella magneettikuvauslaitteen ruutiineihin liittyy rahallisia säästöjä ja tuottavuuden kasvua. Nämä kuitenkin riippuvat työntekijöiden aktiivisesta osallistumisesta DLR:n optimointiprosessiin. Myös asianmukaisen koulutuksen huomattiin olevan kriittinen tekijä käyttöönotossa. Tekoölyyn perustuvien menetelmien käyttöönotossa ja laadunvarmistuksessa on tärkeää huomioida systemaattinen ja standardoitu käyttöönotto henkilökunnan kanssa. Lopputuloksena DLR:n käyttöön ottaminen viidellä uudella magneettikuvauslaitteella mahdollistaisi saman kapasiteetin, kuin kuudella laitteella, mikä toisi 399 000 € vuosittaiset säästöt.

13	The use of deep learning towards dose optimization in low-dose computed tomography: A scoping review	<p>Immonen, E. Wong, J. Nieminen, M. Kekkonen, L. Roine, S. Törnroos, S. Lanca, L. Guan, F. Metsälä, E.</p> <p>Radiography Osa 28, numero 1, helmikuu 2022, sivut 208-213</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli osoittaa, että tekoälytekniikat, erityisesti syväoppiminen, voi auttaa parantamaan matala-annos tietokonetomografian kuvanlaatua ja optimoimaan potilaan saamaa sädeannosta.</p>	<p>Tutkimus tehtiin kirjallisuushakuja etsimällä vuosien 2015 ja 2020 välillä julkaistujen tutkimusartikkeleita ProQuestista, PubMedista, Cinahlist, ScienceDirectista, EbscoHost Ebook Collectionista ja Ovidista. Lisäksi manuaalisia hakuja tehtiin SweMed+:sta, SwePubista, NORasta, Taylor &amp; Francis Onlinesta ja Medici-</p>	<p>Tutkimustulokset osoittavat, että syväoppimista voidaan käyttää useilla tavoilla helpottamaan annoksen optimointia tietokonetomografian matala-annoskuvauksissa. Syväoppimisen avulla matala-annoksista tietokonetomografian kuvanlaatua voidaan parantaa vastaamaan tavallisen tietokonetomografiakuvan laatua. Tulosten useimmat artikkelit käsitelivät kuvan kohinan vähentämistä tietokonetomografian matala-annoskuvauksissa.</p>
----	--	---	---	--	---