



OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Risto Anttonen & Heikki Kukkonen

TEKOÄLY RÖNTGENHOITAJAN TYÖSSÄ

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

TEKOÄLY RÖNTGENHOITAJAN TYÖSSÄ

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Risto Anttonen & Heikki Kukkonen
Opinnäytetyö
Syksy 2024
Hyvinvoinnin digitaaliset ratkaisut
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Röntgenhoitaja YAMK, Hyvinvoinnin digitaaliset ratkaisut

Tekijät: Risto Anttonen & Heikki Kukkonen

Opinnäytetyön nimi: Tekoäly röntgenhoitajan työssä - systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Työn ohjaajat: Hilikka Korpi & Karoliina Paalimäki-Paakki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: 24 + 1 liite

Tekoälyjärjestelmien käyttöönotto lääketieteellisen kuvantamisen alueella on herättänyt paljon keskustelua radiologin rooliin ja vastuisiin liittyen, mutta tekoälyjärjestelmien vaikutusta röntgenhoitajien työhön on tutkittu vähemmän. Tekoäly on innovatiivinen työkalu, jota röntgenhoitajat tarvitsevat varmistaakseen turvallisen ja tehokkaan työskentelyn kuvantamisessa ja sädehoidossa. Korkeakoulujen on mukautettava opetussuunnitelmiaan niin, että ne voivat tarjota kuvantamisen ja sädehoidon röntgenhoitajille tarvittavat tiedot, taidot ja pätevyyden, jotta he voivat työskennellä tulevaisuudessa, jossa tekoäly on keskeinen osa potilaan diagnosointia ja hoitoa. Teknologioiden käyttöönotto on parantanut potilaiden diagnosointia ja hoitoa, se on myös vaikuttanut röntgenkuvauskäytäntöihin ja muuttanut röntgenhoitajan työnkuvaa.

Tutkimus toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Systemaattisen katsauksen tietoperusta, tiedonhaku, aineiston valinta, tulokset on koottu englanninkieliseen artikkeliin, jota tarjotaan julkaisuprosessiin kesällä/syksyllä 2024. Tutkimus toteutettiin JBI:n kriteerejä noudattaen, katsausta oli tekemässä kaksi tutkijaa. Molemmat tutkijat kävivät itsenäisesti läpi aineiston valinnan sekä laadunarvioinnin. Aineistonhaku suoritettiin käyttäen CINAHL, Medline ja Medic -tietokantoja. Aineiston läpikäymiseen käytettiin systemaattiseen katsaukseen tarkoitettua Covidence®-ohjelmistoa. Valittujen artikkeleiden lähdeluettelot ja niihin viittanneet artikkelit käytiin läpi muiden mahdollisten tutkimusten varalta. Katsaukseen valikoitui ennalta määriteltujen sisään- ja poissulkukriteerien mukaisesti (8) englannin kielistä tutkimusartikkeliä.

Kehittämisosuutena teimme englanninkielisen artikkelin tuloksista. Artikkelissa koottiin yhteen tutkimustietoa siitä, mitä tekoälyllisiä menetelmiä röntgenhoitajat käyttävät päivittäisessä työssään diagnostisessa kuvantamisessa. Tekoälyä hyödynnetään parantamaan kuvien laatua poistamalla mm. kohinaa ja artefakteja, nopeuttamaan ja automatisoimaan rekonstruktio tekniikoita, tehostamaan työnkulkua ja pienentämään potilaan saamaa säteilyannosta.

Tekoälyn avulla pystytään automatisoimaan monia eri lääketieteellisen kuvantamisen työvaiheita ja parantamaan tutkimusten laatua. Röntgenhoitajien on kuitenkin osattava valvoa tekoälyn tekemiä päätöksiä. Katsauksen tuloksia voidaan hyödyntää koulutuksessa, jatkotutkimuksissa ja sairaaloiden laitehankinnoissa.

Asiasanat: kirjallisuuskatsaus, lääketieteellinen kuvantaminen, radiografia, röntgenhoitaja, tekoäly

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Well-being Digital Solution, Master's Degree

Authors: Risto Anttonen & Heikki Kukkonen

Title of thesis: Artificial Intelligence in Radiographer's Work – Systematic Literature Review

Supervisors: Hilikka Korpi & Karoliina Paalimäki-Paakki

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2024

Number of pages: 24 + 1 appendix

The use of artificial intelligence (AI) has gained significant attention in the field of radiology, but its effect on radiographer's daily work is usually overlooked. New technologies have had an effect on patient diagnosis and treatment, but they have also made a huge difference in clinical work.

This thesis was conducted as a systematic literature review using a well-defined process and search procedure. The aim was to find peer-reviewed articles that show what kind of concrete AI tools radiographers use in their day-to-day work. This study was limited to only include studies concerning diagnostic imaging. Eight studies were eligible for the review.

A review article was written of the results. The article contains the main points of the literature review: artificial intelligence can help the radiographer to reduce scan times, reduce radiation dose, produce better quality images and help with patient positioning.

The results of this study can be used in education and further studies. Organizations also can use the results when seeking new AI tools for their radiology department.

Keywords: artificial intelligence, literature review, medical imaging, radiographer, radiography

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TEKOÄLY RÖNTGENHOITAJAN TYÖN TUKENA.....	7
2.1	Tekoäly lääketieteellisessä kuvantamisessa	7
2.2	Tekoälyn eettinen käyttö	9
2.3	Lääketieteellinen kuvantaminen	10
2.4	Aiemmat kirjallisuuskatsaukset	11
3	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	12
4	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN	13
4.1	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	13
4.2	Tutkimuksen valintakriteerit.....	13
4.3	Aineiston hakuprosessi, valinta ja laadun arviointi	15
4.4	Aineiston analysointi	17
4.5	Opinnäytetyön aikataulu.....	17
5	OPINNÄYTETYÖN LUOTETTAVUUDEN JA EETTISYYDEN TARKASTELU	19
6	TULOKSET	20
7	POHDINTA	21
	LÄHTEET.....	22
	LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Tekoälyjärjestelmien käyttöönottoaminen lääketieteellisen kuvantamisen alueella on herättänyt paljon keskustelua radiologin rooliin ja vastuisiin liittyen, mutta tekoälyjärjestelmien vaikutuksesta röntgenhoitajan työhön ei keskustella juurikaan. Vaikka teknologioiden käyttöönottoaminen onkin parantanut potilaiden diagnosointia ja hoitoa, se on myös vaikuttanut röntgenkuvauksen käytäntöihin ja muuttanut röntgenhoitajan työnkuvaa. Röntgenhoitajat ovat hyväksyneet automatisoidut tekniikat työssään, minkä jotkut saattavat nähdä aiheuttaneen ydintaitojen, vastuiden ja itsenäisen päätöksenteon mahdollisuuksien vähenemistä (Hardy & Harvey 2020.)

Tekoäly on innovatiivinen työkalu, jota röntgenhoitajat tarvitsevat varmistaakseen turvallisen ja tehokkaan työskentelyn kuvantamisessa ja sädehoidossa. Korkeakoulujen on mukautettava opetussuunnitelmiaan niin, että ne voivat tarjota kuvantamisen ja sädehoidon röntgenhoitajaopiskelijoille tarvittavat tiedot, taidot ja pätevyyden, jotta he voivat työskennellä tulevaisuudessa, jossa tekoäly on keskeinen osa potilaan diagnosointia ja hoitoa (Malamateniou ym. 2021a.)

Terveystieteidenhuollossa radiografia on yksi teknologiaa eniten hyödyntävä ala ja tekoälyä on siinä otettu käyttöön yhä enenevässä määrin (Malamateniou ym. 2021a, 1192, 1196). Näissä keskusteluissa röntgenhoitajan rooli jää yleensä huomioimatta, sillä eniten keskitytään tekoälyn vaikuttavuuteen radiologin työhön (Hardy & Harvey 2020). Röntgenhoitajan ammatin on pysyttävä potilaskeskeisenä. Tekoälyjärjestelmät eivät kykene täysin automatisoituun keskusteluun eivätkä tarjoa samaa varmuutta ja hoitoa kuin potilas tarvitsee koulutetuilta terveystieteidenhuollon ammattilaisilta, joten automatisaation lisääntyminen kasvattaa röntgenhoitajan roolia toimia potilaskeskeisesti. Röntgenhoitajalla voi myös olla suurempi vastuu kuvantamistutkimuksiin liittyvien säteilyriskien neuvonnasta, määrittelystä ja lääketieteellisen säteilyaltistuksen ilmoittamisesta määräysten ja ohjeiden mukaisesti (Hardy & Harvey 2020.)

2 TEKÖÄLY RÖNTGENHOITAJAN TYÖN TUKENA

2.1 Tekoäly lääketieteellisessä kuvantamisessa

Tekoäly (Artificial Intelligence, AI) tarkoittaa laitteita, ohjelmistoja ja järjestelmiä, jotka pystyvät oppimaan ja tekemään päätöksiä ihmisten tavoin. Koneet, laitteet, ohjelmistot, järjestelmät ja palvelut pystyvät tekoälyn avulla toimimaan tehtävän ja tilanteen mukaan järkevästi (Työ- ja elinkeinoministeriö 2019, 15–16.) Tekoäly on ohjelmointia, matematiikkaa ja tilastotiedettä. Tekoäly koostuu useista eri tekniikoista ja menetelmistä, kuten neuroverkot, koneoppiminen ja ohjelmistorobotiikka. Tekoäly voi olla yksi monimutkainen algoritmi tai monimutkainen järjestelmä, joka sisältää erilaisia tekoälytekniikoita (Kananen ym 2019, 27.)

Tekoäly voidaan jakaa kahteen ryhmään, sen mukaan miten haastaviin tehtäviin se kykenee. Heikko tekoäly kykenee tekemään vain sille suunniteltuja tiettyjä toimintoja. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi videopelit. Vahva tekoäly kykenee tekemään ihmisen kaltaisia tehtäviä, kuten kehittämään toimintojaan ja ratkaisemaan ongelmatilanteita. Tämän kaltaisia tekoälysovelluksia pystytään käyttämään myös lääketieteellisessä kuvantamisessa ja leikkausaleissa (Frankenfield 2022.)

Tekoäly toimii algoritmien avulla, joiden avulla tapahtuu koneoppimista. Lääketieteessä käytetään usein syväoppimisen tekniikoita. Syväoppiminen on koneoppimista, jossa oppiminen tapahtuu hermoverkkojen välityksellä. Syväoppimisen algoritmeja voidaan opettaa tunnistamaan esimerkiksi soluja tai potilaan oleellisia tietoja potilaskirjauksista. Tekoäly tarvitsee suuren datamäärän, jotta sitä voidaan opettaa toimimaan oikein. Tekoäly saattaa olla herkkä muutoksille ja lääketieteellisessä käytössä potilasturvallisuus on tärkeintä, mikä on huomioitava tekoälyä käyttöön otettaessa (Mirtti, Lahdenne & Pitkänen 2020.)

Tekoälyn hyödyntämisestä lääketieteellisessä käytössä ajatellaan hyötyvän eniten erikoisalojen, joilla tietopohjaisista ja luovaan yhdistelykykyyn perustuvista digitaalisista ratkaisuista tulee arkipäivää. Näitä aloja katsotaan olevan erityisesti syöpätaudit, ensi- ja tehohoito sekä patologia. Lisäksi ihmisten suorittamia rutiinitehtäviä voitaisiin korvata erityisesti silmätautien ja radiologian aloilla. Erityisesti sellaisia syvän koneoppimisen tekniikoita on kehitetty, jotka kykenevät löytämään kuva- ja tekstiaineistoista tavoitteen kannalta tärkeät piirteet. Tällaisia piirteitä ovat diagnoosin kannalta tärkeät solut histopatologisissa kuvissa tai avaintietoa sisältävät lauseet potilaskertomuksissa (Mirtti, Lahdenne & Pitkänen 2020.)

Tekoälyä voidaan hyödyntää lääketieteellisessä kuvantamisessa monessa eri vaiheessa, aina resurssien ja kuvausprotokollien optimoinnista radiologisten tutkimusten kuvanlaadun optimointiin ja strukturoituun raportointiin. Tekoäly voi auttaa radiologian suuren datamäärän kanssa. Tekoäly voi vähentää virheitä, tehostaa toimintaa, pienentää kustannuksia sekä mahdollistaa kuvantamispalvelujen tuottamisen sellaiseen paikkaan ja aikaan, kun radiologia ei ole saatavilla. Syväoppimisen hermoverkkoja tullaan hyödyntämään yhä enemmän radiologiassa monimutkaisen datan käsittelyyn (Huhtanen, Nyman, Karlsson & Hirvonen 2020.)

Tekoälyllä on potentiaalia parantaa potilaiden hoitoa ja lääketieteellistä kuvantamista. Röntgenhoitajan työ on yksi teknologisimmista ammateista terveydenhuollossa. Tekoälyn kehittäminen on lääketieteellisen kuvantamisen kannalta tärkeää, koska tekoälyn avulla voidaan helpottaa kliinistä päätöksentekoa, parantaa kuvantamistutkimusten laajuutta sekä helpottaa radiologisten ja röntgenhoitajien työtä. Tekoälyä integroidaan paljon kuvantamislaitteisiin ja tämä vaikuttaa röntgenhoitajien työhön paljon. Henkilökunnan on kyettävä arvioimaan ja valvomaan tekoälypohjaisen kuvantamislaitteen toimintaa ja laatua (Malamateniou ym. 2021a.) Lisääntyvä tekoälyn käyttö lääketieteellisessä kuvantamisessa muuttaa röntgenhoitajien roolia ja on tärkeää, että röntgenhoitajat ovat mukautuvia ja ottavat vastaan uusia tietoja, taitoja ja uusia toimintatapoja. Tekoälyn kehityksen ja sovellusten ymmärtäminen edes perustasolla auttaa röntgenhoitajia ymmärtämään tekoälyn mahdollisia riskejä ja hyötyjä sekä valvomaan tekoälyn toimintaa.

Tekoälyn käytön lisääntyminen haastaa myös röntgenhoitajien koulutusta. Tekoälyn opettaminen tulisi ottaa mukaan opetussuunnitelmaan ja röntgenhoitajien koulutusta on päivitettävä, jotta ymmärrystä ja tietämystä tekoälyn käytöstä saadaan syvennettyä. Röntgenlääkärien on oltava myös mukana kaikissa tekoälytyökalujen kehittämisessä ja arvioinneissa, koska röntgenlääkärit ovat keskeisessä roolissa potilasturvallisuudessa, potilaan hoidossa, käyttäjäkokemuksessa sekä hoidon tuloksissa. Röntgenhoitajilla tulee olla riittävästi tietoa tekoälytekniikoista ja sovelluksista, mutta heidän ei sovi unohtaa kuvantamisen peruseriaatteita, jotta he voivat toimia tekoälytekniikoiden validoijina. Näiden taitojen avulla röntgenhoitajat voivat osallistua myös tekoälypohjaisten kuvantamislaitteiden tai ohjelmistojen laadunvarmistukseen ja laadunvalvontaan (Malamateniou ym 2021b.)

2.2 Tekoälyn eettinen käyttö

Etiikassa olennaista on tehdä hyvää ja välttää pahaa. Etiikan avulla perustellaan hyviä, oikeita tapoja elää ja olla ihmisten kanssa. Etiikka sisältää arvoja ja periaatteita. Arvot ovat ihmisen päämääriä, joita kohti ihminen pyrkii ja joiden avulla perustellaan omaa toimintaa. Arvojen avulla tiedetään, mikä on hyvää ja tavoiteltavaa. Etiikka kertoo taas sen, mikä on oikein. Arvot ja etiikka ohjaavat jokapäiväistä tekemistämme niin arjessa kuin työelämässä. Työntekijöiden toiminnalle perustan luo organisaation arvot ja eettiset periaatteet. Kaikki työntekijät, asiakkaat, potilaat ja organisaation johtajat luovat yhdessä yhteistä arvomaailmaa. (Laitinen & Sinkkonen 2020, 111.) Hoitotyön etiikka tarkastelee hyvän ja pahan sekä oikean ja väärän kysymyksiä hoitotyössä. Hoitaminen on inhimillistä toimintaa, jonka avulla pyritään hyvään. Tavoiteltava hyvä on terveys. Hoitaminen on luonnollista silloin kun ihmiset hoitavat itseään tai läheisiään ja ammatillista silloin kun terveydenhoitoalan koulutuksen saanut ammattihenkilö käyttää ammatilliseen tietoon perustuvia auttamismenetelmiä terveyspalvelujen käyttäjien terveyshyvän edistämiseksi. Hoitotyön tehtävänä on tukea terveyspalvelujen käyttäjiä eri elämäntilanteissa. Kaikki hoitotyön toiminnot ovat terveys- ja ihmislähtöisiä, ja yhdistävät toiminnan tavoitteen sekä toimijan. Etiikka hoitotyössä kattaa koko hoitotyön toiminta-alueen ja se on laaja yhteiskunnallinen kokonaisuus (Leino-Kilpi & Välimäki 2012, 23,392.)

Teknologia on nähty yleisesti vapaana eettisistä kysymyksistä ja jopa vastakohtaisena inhimillisen toiminnan tuloksena. Tämän tapainen ajattelu on kuitenkin väistymässä ja jokaisella teknologisen sovelluksen kohdalla pitää huomioida siihen liittyvät eettiset näkökulmat. Tekniikka antaa välineitä ihmisyyden toteuttamiselle, mutta niillä on oltava selkeät päämäärät, jotta teknologia ei aiheuta negatiivisia ja tuhoisia vaikutuksia ihmisen hyvän toteuttamisen sijasta, joten teknologian kehittämisessä onkin kyse ihmisten oikeuksista (Leikas 2008, 74-75.) Teknologian käytössä on huomioitava hoitotyön eettiset periaatteet, eikä teknologiasta saa aiheutua potilaalle rasitetta. Henkilökunnan on huolehdittava eettisten periaatteiden noudattamisesta ja avustettava potilaita heidän tarvitsemallaan tavalla. Tekoälyn eettinen käyttö edellyttää, että aineisto kerätään, käsitellään ja jaetaan tavalla, joka kunnioittaa yksilöiden yksityisyyttä (Coeckelbergh 2021, 101-102.)

Tekoälyn etiikasta on välttämätöntä keskustella avoimesti, ja päättää mikä on oikeaa ja mikä väärää, mitä arvoja edistetään ja mitä normeja noudatetaan sekä täsmentää eri periaatteiden tarkoitus teknologioiden suunnittelussa ja käytössä sekä altistaa etiikka julkisesti käytävälle

keskustelulle. On mietittävä myös uhkia, joita eettiset periaatteet voivat aiheuttaa ja mitä seurauksia niistä voi olla teknologialle (Koivisto ym 2019, 10) Tekoälyn eettisyys liittyy päätöksen tekoon ja ihmisinä meidän on puututtava eettisiin haasteisiin. On etsittävä käytännönläheisiä haasteita ja asioita, jotta tekoälyn etiikka ei ole vain tarkistuslista. Tekoälytyöjärjestelmät ovat työkaluja ihmisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Eettiset normit voivat vaihdella paikasta ja henkilöstä toiseen, joten on tärkeää, että järjestelmien suunnittelijat muistavat, että päätöksenteko ei ole vain mustavalkoista. Tekoälyn on ymmärrettävä ja pystyttävä jäljittelemään sen kulttuurin moraalikieltä, jossa sitä käytetään (Coeckelbergh 2021, 55-60)

2.3 Lääketieteellinen kuvantaminen

Lääketieteellisellä kuvantamisella tarkoitetaan eri tekniikoin toteutettuja säteilytekniisiä kuvauksia, joilla saadaan tuotettua kliinisesti relevanttia tietoa ja kuvadataa ihmisen sisäisistä rakenteista (Meyer-Baese & Schmid 2014, 1; Britannica 2023). Kuvien muodostuksessa käytetään joko ionisoivaa säteilyä (perinteiset röntgenkuvat, tietokonetomografiakuvaus, isotooppikuvaus) tai muita ei-ionisoivaa säteilyä käyttäviä tekniikoita (ultraäänitutkimukset, magneettitutkimukset) (Ostensen 2001, 6–9). Tekoälyn rooli lääketieteellisessä kuvantamisessa on kasvanut vuosi vuodelta, varsinkin diagnostiikassa. Tämä näkyy myös tieteellisissä julkaisuissa: viimeisen 15 vuoden aikana tekoälyn ja kuvantamiseen liittyvien julkaisujen määrä on kasvanut räjähdysmäisesti. (Tang 2019.) Koska ionisoiva säteily on ihmiselle vaarallista, tekoälyn avulla yritetään optimoida potilaan säteilyannosta.

Ionit ovat atomeita tai partikkeleita, joilla on positiivinen tai negatiivinen varaus johtuen atomin elektronien epätasapainosta. Tapahtumaa, jossa ioneita muodostuu, kutsutaan ionisaatioksi ja ionisoivalla säteilyllä tarkoitetaan sellaista säteilyä, joka aiheuttaa atomissa tätä ionisaatiota. Molekyylin sisällä tapahtuva ionisaatio vahingoittaa solua, joka johtaa joko solukuolemaan, solun onnistuneeseen korjaukseen tai syöpäsolun muodostukseen, johtuen solun epäonnistuneesta itsekorjauksesta. (Iowa State University; REMM 2023; WHO 2023) Se, että kuinka paljon ionisoivaa säteilyä kuvantamistutkimuksissa käytetään ja kuinka paljon tätä säteilyä menee kuvattavaan kohteeseen, riippuu kuvaustavasta (esim. perinteinen keuhkojen röntgenkuva vs. vatsan tietokonetomografiakuva), kuvauslaitteen asetuksista ja teknisistä ominaisuuksista ja kuvattavan kohteen paksuudesta (Holmes, White & Gaffney 2019). Kohteen läpäisevät röntgensäteet osuvat kohteen takana olevaan detektoriin, joka muodostaa röntgenkuvan (Nakasima & Duong 2023).

Ionisoivan säteilyn vaikutuksia on tutkittu jo pitkään ja tutkitaan edelleen: MEDLINE-tietokannasta hakusanalla "ionizing radiation" löytyy yli 14000 julkaisua viimeiseltä kymmeneltä vuodelta. Tutkimuksia on tehty mm. siitä, kuinka tekoälyn avulla potilas voitaisiin asetella paremmin kuvaukseen, kuinka protokollia voitaisiin hienosäätää (Lell & Kachelrieß 2023), kuinka säteilyannosta ja kuvanlaatua saataisiin optimoitua paremmin tietokonetomografiatutkimuksissa (Grieffer ym. 2022; Yang ym. 2023) ja kuinka potilaaseen injektoitavan sisäisen säteilylähteen määrää voitaisiin optimoida positroniemissiotomografiakuvauksia (PET-TT) varten saman kuvanlaadun saamiseksi (Katsari ym. 2021).

Osa lääketieteellisistä kuvantamismuodoista ei hyödynnä ionisoivaa säteilyä, vaan saatu kuva muodostetaan jollain muilla tekniikoilla. Vaikka ei-ionisoiva säteily ei sinänsä ole vaarallista, isot annokset saattavat aiheuttaa esimerkiksi kudonvaurioita kuumuuden takia (CDC 2015). Perinteisimpiä ei-ionisoivaa säteilyä käyttäviä kuvantamismuotoja ovat ultraäänitutkimukset ja magneettitutkimukset, joissa nimensä mukaisesti röntgensäteiden sijaan käytetään ultraääntä ja magnetismia kuvanmuodostuksessa (NHS 2021). Tekoälyä on käytetty näissä kuvantamismuodoissa mm. magneettitutkimusten kuvaussekvenssien nopeuttamiseen (Yoon ym. 2023; Shimron & Perlman 2023). Ultraäänitutkimuksissa tekoälyä ja koneoppimista pyritään hyödyntämään kuvanlaadun parantamiseen sekä mahdollisesti uusien ultraäänimodaliteettien luomiseen (Tenajas ym. 2023).

2.4 Aiemmat kirjallisuuskatsaukset

Kirjallisuuskatsaukset tekoälystä lääketieteellisessä kuvantamisessa, kuten muutkin tieteelliset julkaisut aiheesta, ovat pitkälti keskittyneet diagnostiikkaan. Tässä kirjallisuuskatsauksessa haluamme kuitenkin keskittyä siihen, miten tekoäly ja koneoppiminen näkyy röntgenhoitajan jokapäiväisessä työssä. Aiheesta löytyi mm. Potočnikin, Foleyn & Thomaksen (2023) kuvaileva kirjallisuuskatsaus liittyen tekoälyn hyödyntämiseen käytännössä lääketieteellisessä kuvantamisessa. Current and potential applications of artificial intelligence in medical imaging practice -tulokset koostaneen kirjallisuuskatsauksen tuloksista käy ilmi, että tekoälyä hyödynnetään jo hyvin ja lisää tekoälyllisiä ratkaisuja on tulossa. Tekoälystä on hyötyä useissa työnkuissa, mutta röntgenhoitajan tulee olla perehtynyt tekoälyn käytänteisiin, jotta hän voi eettisesti vaikuttaa sen tekemiin valintoihin.

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa systemaattisella kirjallisuuskatsauksella minkälaisia tekoälyllisiä menetelmiä röntgenhoitajat käyttävät päivittäisessä työssään diagnostisessa kuvantamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on koota yhteen ja tuottaa uutta tietoa tekoälyn vaikutuksista röntgenhoitajan työhön. Tietoa voidaan käyttää röntgenhoitajan työn ja koulutuksen kehittämisessä sekä jatkotutkimuksissa. Lisäksi organisaatiot, esim. sairaalat voivat käyttää tietoa tehdessään uusia laite- ja ohjelmistohankintoja liittyen tekoälyyn röntgenhoitajan työssä.

Opinnäytetyön tutkimuskysymys on:

Minkälaisia tekoälyllisiä menetelmiä röntgenhoitajat käyttävät päivittäisessä työssään diagnostisessa kuvantamisessa?

4 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

Kirjallisuuskatsaus on tutkimusmenetelmä, jonka tarkoituksena on koota tutkimuksen kohteena olevaa aihetta koskevaa aikaisempaa tutkimustietoa yhteen. Kirjallisuuskatsaukset sisältävät tietyt vaiheet, jotka tekevät aikaisempaan kirjallisuuteen perehtymisestä katsauksen. Kirjallisuuskatsauksen perimmäisenä tarkoituksena on muodostaa kokonaiskuva aiemmasta tutkimuksesta. Katsauksessa pyritään systemaattisuuteen ja sen vaiheet on kuvattava niin, että lukija voi arvioida jokaisen vaiheen toteutustapaa ja luetettavuutta. (Stolt, Axelin & Suhonen 2016, 7, 23.) Tämän opinnäytetyön menetelmänä on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, joka on yksityiskohtaiseen menetelmään perustuva yhteenveto aikaisemmasta tutkimustiedosta. (Kangasniemi ym 2013, 292–294.)

4.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa käytetyt menetelmät ovat tarkoin määriteltäviä ja se toteutetaan tarkoin määritellyn suunnitelman mukaisesti. Raportoinnin ja menetelmien määrittelyn tulee olla niin tarkkaa, että kirjallisuuskatsaus voidaan halutessaan toistaa (Oulun Ammattikorkeakoulu.) Kirjallisuuskatsauksessa on tarkoin määriteltävä tutkimuskysymys/kysymykset, sisäänotto- ja poissulkukriteerit, valitut tietokannat ja hakusanat. Lisäksi on määriteltävä ne menetelmät, miten tulosta analysoidaan. Näiden lisäksi kaikki työvaiheet on kuvattava tarkoin: hakuprosessi, tutkimusten valinta ja laadun arviointi. Oulun ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaisesti Master-tasoiseen kirjallisuuskatsausopinnäytetyöhön sisältyy myös kehittämisosuus, joka riippuu katsauksen laajuudesta ja opinnäytetyöryhmästä (sama).

4.2 Tutkimuksen valintakriteerit

Kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin vain artikkeleita ja tutkimuksia, jotka olivat sisäänottokriteerien mukaiset (taulukko 1). Lopulliset hakusanat määriteltiin Oulun ammattikorkeakoulun kirjaston informaattikon kanssa. Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin PICO-strategiaa tutkimuskysymysten ja hakutermin määrittämiseen: P (Participants) tutkittava kohde, I (Interventions) tutkittava

interventio, C (Comparison) interventioiden vertailu ja O (Outcomes) tulokset (Pudas-Tähkä & Axelin 2007, 47.)

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys oli: Minkälaisia tekoälyllisiä menetelmiä röntgenhoitajat käyttävät päivittäisessä työssään diagnostisessa kuvantamisessa? PICO-strategian mukaisesti: P = diagnostiikassa työskentelevät röntgenhoitajat, I = tekoälymenetelmät röntgenhoitajan työssä diagnostiikassa, C= muut kuin tekoälymenetelmät röntgenhoitajan työssä diagnostiikassa ja O = tekoälyn vaikutukset röntgenhoitajan työhön diagnostisessa kuvantamisessa. Alla on esitelty aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit (taulukko 1).

Taulukko 1. Kirjallisuuskatsauksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteeri	Poissulkukriteeri
Tutkimus/artikkeli on julkaistu vuosien 2013–2023 aikana	Tutkimus/artikkeli on julkaistu ennen vuotta 2013
Aineisto on luettavissa/saatavissa ilman lisäkustannuksia opinnäytetyön tekijöille	Aineistoa ei ole saatavissa ilman lisäkustannuksia
Aineiston kieli on joko suomi tai englanti	Aineisto on muun kielinen kuin suomi tai englanti
Tutkimus on vertaisarvioitu	Tutkimusta ei ole vertaisarvioitu
Julkaisu on tieteellinen tutkimus tai artikkeli, väitöskirja, asiantuntijaraportti tai YAMK-tasoinen opinnäytetyö	Julkaisua ei voi luokitella edellä mainittuihin kategorioihin

4.3 Aineiston hakuprosessi, valinta ja laadun arviointi

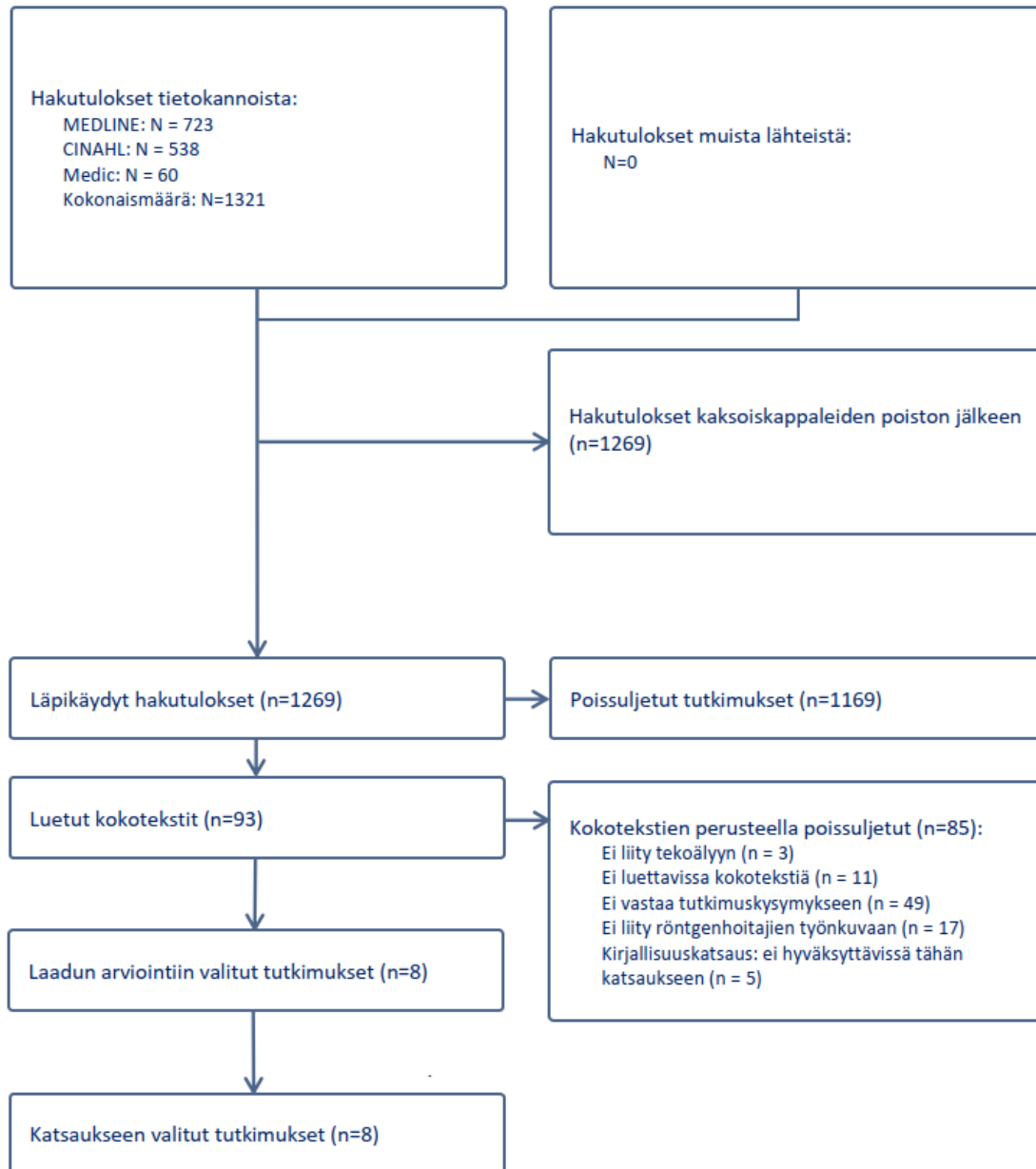
Kirjallisuuskatsauksen tiedonhaut suunniteltiin ja toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulun informaation kanssa, joka auttoi asiasanojen valitsemisessa sekä manuaalisen hakulausekkeen muotoilussa. Hakuun otettiin mukaan englannin- ja suomenkieliset vertaisarvioidut alkuperäistutkimukset, jotka oli julkaistu aikavälillä 2013–2024. Hakutermeinä käytettyjä sanoja ja sanayhdistelmiä on kuvattu taulukossa 2.

Taulukko 2. Käytetyt tietokannat ja hakulausekkeet

Tietokanta	Hakusanat
Medline (n=723)	(MH "Artificial Intelligence") OR "artificial intelligence" OR ai OR "machine learning" OR "deep learning" (MH "Radiography/MT") OR ((radiographer* OR "radiological technologist" OR radiography* OR "radiologic technologist*" OR xray* OR x-ray*) N4 (work* OR practice* OR method* OR technique*))
CINAHL (n=538)	(MH "Artificial Intelligence") OR "artificial intelligence" OR ai OR "machine learning" OR "deep learning" (MH "Radiography/MT") OR ((radiographer* OR "radiological technologist" OR radiography* OR "radiologic technologist*" OR xray* OR x-ray*) N4 (work* OR practice* OR method* OR technique*))
Medic (n=60)	tekoäly* koneoppimi* syväoppimi* "artificial intelligence" ai "machine learning" "deep learning" kuvantami* radiografia* röntgen* radiographer* "radiological technologist" radiography imaging

Tiedonhakua varten valitut tietokannat olivat Medline, CINAHL ja Medic. Valitsimme kyseiset tietokannat niiden laajan artikkelimäärän, kansainvälisyyden ja käytettävyyden vuoksi.

Aineiston valintaprosessi on kuvattu kuviossa 1: haku tuotti 1321 osumaa, ja julkaisut tuotiin Covidence-katsausohjelmaan, jossa kaksoiskappaleet (n=52) poistettiin. Kaksi tutkijaa arvioi itsenäisesti ennalta määriteltujen sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella ensin otsikot ja tiivistelmät (n=1269) ja lopulta kokotekstit (n=93). Kokoteksteistä valittiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella 8 artikkelia laadunarviointivaiheeseen. Valittujen artikkelien lähdeluettelot käytiin läpi muiden mahdollisten tutkimusten varalta.



KUVIO 1. Kirjallisuuskatsauksen aineiston valinta- ja poissulkuprosessi.

Alkuperäistutkimusten laadun arvioi itsenäisesti kaksi opinnäytetyön tekijää käyttäen standardoitua kriittisen arvioinnin JBI-työkalua. Kriteeristö on jaettu useaan osa-alueeseen riippuen aineiston tyypistä ja siinä annetaan pisteet arvioimalla eri väittämiä (Hotus 2019). Samaa kriteeristöä voidaan myös käyttää arvioidessa tämän kirjallisuuskatsauksen laatua, kun se on valmis. Katsaukseen sisällytettiin tutkimukset, jotka saivat vähintään 60 % pisteistä. Yhtäkään artikkelia ei jouduttu hylkäämään liian vähäisen pisteytyksen vuoksi.

4.4 Aineiston analysointi

Opinnäytetyöhön valittu aineisto analysoitiin induktiivisella sisällönanalyysillä. Katsaukseen hyväksytyjen artikkeleiden tiedot uutettiin eli taulukoitiin Center for Reviews and Dissemination -tietovaatimusten täyttämiseksi. Taulukko löytyy liitteestä 1. Taulukointi on tehty molempien opinnäytetyöntekijöiden yhteistyössä. Sisällönanalyysin tavoitteena oli kuvata tutkimusaineisto tiivistetyssä, pelkistetyssä ja yleisessä muodossa. Laadullisen sisällönanalyysin avulla voidaan analysoida lähes kaikki materiaali, joka voidaan dokumentoida kirjalliseen muotoon ja se mahdollistaa systemaattisen, luotettavan, toistettavissa olevan ja objektiivisen aineiston analyysin. Sisällönanalyysin päävaiheet ovat valmistelu-, analysointi- ja raportointivaihe. Analyysin etenemistä ohjaavat tutkimukseen asetetut tutkimuskysymykset. Kun aineisto on kerätty ja muutettu kirjalliseen muotoon, siitä etsitään tutkimuskysymyksiin vastauksia sisällönanalyysin avulla. Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset on muotoiltava siten, että niihin voidaan vastata sisällönanalyysin avulla. Sisällönanalyysit yleisesti jaetaan induktiivisiin ja deduktiivisiin analyysieihin. Induktiivinen analyysi etenee yksittäisestä yleiseen ja siinä edetään aineiston ehdoilla. Deduktiivinen analyysi etenee yleisestä yksittäiseen ja siinä tutkijat tekevät itse aiempien tutkimuksien perusteella rungon, johon etsitään sisällöllisesti sopivia asioita (Elo ym 2022, 216–219.)

4.5 Opinnäytetyön aikataulu

Opinnäytetyö eteni pääsääntöisesti aikataulun mukaisesti. Aikataulu perustui Oulun ammattikorkeakoulun Hyvinvoinnin digitaaliset ratkaisut -tutkinto-ohjelman opetussuunnitelmaan (2023) sekä opinnäytetyön tekijöiden henkilökohtaiseen aikatauluun. Master-opinnäytetyö on oma kurssinsa, joka alkoi aikataulun mukaisesti Kick off -osiolla syyslukukaudella 2022. Samana

syksynä oli myös opinnäytetyön varsinainen aloitus ja ideointi, jonka jälkeen alkoi opinnäytetyön suunnitteluosuus kevätlukukaudella 2023. Ohjeellisesti toteutus, raportointi ja kypsyysnäyte tulisi toteuttaa toisen opiskeluvuoden syyslukukauden loppuun mennessä, mutta opinnäytetyön tekijöiden henkilökohtaisen aikataulujen takia nämä työvaiheet menivät osittain kevätlukukaudelle 2024 sekä syyslukukaudelle 2024. Opinnäytetyön aikataulu on esitetty kuviossa 2, missä syksyllä tarkoitetaan syyslukukautta ja keväällä tarkoitetaan kevätlukukautta.



Kuvio 2. Opinnäytetyön aikataulu

Opinnäytetyön budjetti perustui laskennalliseen arvioon. Henkilöstökuluja tuli opinnäytetyön tekijöiden työpanoksesta ja ohjaajien työpanoksesta sekä tiedonhaussa auttavan informaation työpanoksesta. Opinnäytetyöhön käytettävä tuntimäärä määräytyi opintopisteiden mukaisesti. Yksi opintopiste vastaa noin 27 tuntia (Valtioneuvoston asetus yliopistojen tutkinnoista 294/2004 1:5 §) ja opinnäytetyön laajuudeksi on merkattu 30 opintopistettä (Oulun Ammattikorkeakoulu 2023). Materiaalikuluja ei ollut, sillä yhtenä ehtona oli, että kaikki opinnäytetyössä käytettävä materiaali tuli olla käytettävissä ilman lisäkustannuksia. Lisäksi opinnäytetyö toteutettiin täysin sähköisesti, joten tulostuskustannuksia ei ollut. Opinnäytetyön tekeminen tapahtui etänä käyttäen Oulun ammattikorkeakoulun tarjoamia, opiskelijoille maksuttomia työkaluja (Office 365-työkalut, Moodle) sekä muita maksuttomia palveluita, joten matkakustannuksia eikä ohjelmistokuluja ei ollut. Muita, määrittelemättömiä kuluja ei ollut.

5 OPINNÄYTETYÖN LUOTETTAVUUDEN JA EETTISYYDEN TARKASTELU

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus toteutettiin hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti. Tutkimusta tehdessä noudatettiin yleistä tarkkuutta ja huolellisuutta, siten että kirjallisuushaku on toistettavissa. Tutkijoiden julkaisuja käytettäessä noudatettiin oikeaoppisia viittauksia ja arvostetaan muiden tutkijoiden työtä. Tutkimus suunniteltiin ja toteutettiin sekä raportoitiin tutkimuksessa syntyneet tietoaaineistot tieteelliselle tiedolle asetettujen vaatimusten mukaisesti (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2020.) Mukaan valitut tutkimukset olivat englannin tai suomenkielisiä, joka voi aiheuttaa kieliharhaa. Tutkimusten valinnan otsikko-, tiivistelmä- ja kokotekstitasolla sekä laadunarvioinnin JBI:n kriteereillä toteuttivat kaksi toisistaan riippumatonta opinnäytetyön tekijää (Aromataris & Munn, 2020.)

Katsauksen luotettavuutta lisää se, että tutkimuksen toteutti kaksi aiheeseen perehtynyttä tutkijaa (Aromataris & Munn. 2020). Aineisto kerättiin ennalta määriteltujen hakukriteerien mukaan yhteistyössä informaattikon kanssa. Selkeästi laaditut mukaanotto- ja poissulkukriteerit estivät systemaattisten virheiden syntyä ja ne kuvattiin tarkasti ja täsmällisesti. Mukaanotto- ja poissulkukriteerit olivat tarkoituksenmukaiset tutkittavan aiheen kannalta. Standardoidun JBI-laadunarviointityökalun käyttö lisäsi tutkimuksen luotettavuutta. Kirjallisuushaussa käytettiin vain virallisia tietokantoja, mikä voi aiheuttaa julkaisuharhaa, koska mukaan hyväksyttiin vain tutkimuksia, jotka on julkaistu tieteellisissä aikakauslehdissä. Hakua täydennettiin käymällä läpi manuaalisesti hyväksytyjen artikkelien lähdeluettelot ja niihin viittanneet artikkelit sekä internetin hakukonehauulla (Aromataris & Pearson, 2014.)

Aineisto analysointi toteutettiin induktiivisella sisällönanalyysillä. Analyysin luotettavuutta paransi se, että analyysin tekee kaksi opinnäytetyöntekijää erikseen. Raportoinnissa hyödynnettiin PRISMA-ohjeistusta.

Tutkimuksen kaikissa vaiheissa noudatettiin hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteita, joita ovat eurooppalaisen tutkimuseettisen ohjeistuksen mukaan luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkantaminen. Koko tutkimusprosessin ajan noudatettiin tarkkuutta, ja lähdeviittaukset merkattiin muiden tutkijoiden työtä kunnioittaen (Tenk 2023.) Tiedonhankinnan luotettavuutta paransi se, että hakusanat käytiin läpi informaattikon kanssa ennen haun aloittamista.

6 TULOKSET

Opinnäytetyön tulokset on raportoitu tieteellisenä englanninkielisenä artikkelina "How is Artificial Intelligence Utilized in Radiographer's Work? A Systematic Review" jota tarjotaan julkaistavaksi Kliininen radiografiatiede lehteen syksyllä 2024.

7 POHDINTA

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekeminen oli opettavainen prosessi. Opinnäytetyön prosessi opetti meille tieteellisestä kirjoittamisesta sekä opimme hakemaan tietoa luotettavista lähteistä ja arvioimaan löytämiämme lähteitä. Myös kyky lukea englanninkielisiä tieteellisiä artikkeleja kehittyi samalla. Opinnäytetyön prosessin ansiosta meillä on hyvät valmiudet hakea tietoa ammattialamme aiheista. Aiheen saimme Oulun ammattikorkeakoululta. Opinnäytetyön prosessi oli pitkä ja työläs, kun lähes kaikki hakutuloksemme olivat englanninkielisiä. Opinnäytetyön prosessia kävimme läpi yhdessä ohjaajiemme kanssa sekä saimme apua kirjaston informaattikolta hakulausekkeiden valintaan ja hakukoneiden käyttöön liittyen. Saamamme ohjaus ohjaavilta opettajilta oli riittävää, kannustavaa ja laadukasta.

Tekoälyä käytetään laajasti lääketieteellisessä kuvantamisessa ja tutkimuksessamme nousi esille, että esimerkiksi tietokonetomografiassa tekoälysovelluksia on käytössä kaikissa kuvauksen vaiheissa. Tekoälyä hyödynnetään parantamaan kuvien laatua, poistamalla kuvista kohinaa, rekonstruktio tekniikoiden automatisointiin, poistamaan kuvista artefakteja, tehostamaan työnkulkua ja pienentämään potilaan saamaa säteilyannosta. Kaikki nämä vaikuttavat röntgenhoitajan työhön oleellisesti ja muuttavat röntgenhoitajan roolia. Tekoälyn avulla tutkimuksia pystytään automatisoimaan ja tällöin röntgenhoitajalla on enemmän aikaa olla vuorovaikutuksessa itse potilaan kanssa. Röntgenhoitajien on kyettävä ottamaan vastaan uusia työskentelytapoja sekä oltava mukautuvia nopeasti kehittyvällä alalla. Röntgenhoitajan on valvottava tekoälyn tekemiä päätöksiä ja tekoälyn lisääntyvä käyttö olisi syytä huomioida myös ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmissa ja jatkokoulutuksissa (Malamateniou ym 2021b.)

LÄHTEET

Aromataris E, Munn Z 2020. JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI, 2020. Available from <https://synthesismanual.jbi.global>. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-01>

Aromataris, E. & Pearson, A 2014. The systematic review: an overview. AJN The American Journal of Nursing, 114 (3), 53–58. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000444496.24228.2c>

Britannica 2023. Diagnostic imaging. Hakupäivä 7.9.2023. <https://www.britannica.com/science/diagnostic-imaging>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2015. The Electromagnetic Spectrum: Non-ionizing Radiation. Hakupäivä 10.10.2023. https://www.cdc.gov/nceh/radiation/nonionizing_radiation.html

Coeckelbergh, Mark 2021. Tekoälyn etiikka. Helsinki: Libris/Painoliber Oy.

Elo, Satu., Tohmola, Anniina., Kajula, Outi & Kääriäinen, Maria 2022. Laadullisen sisällönanalyysin vaiheet ja eteneminen. Hoitotiede 2022, 34 (4), 215-218. <https://journal.fi/hoitotiede/article/view/128987/78028>

Frankenfield, Jake 2022. Artificial Intelligence: What It Is and How It Is Used. Hakupäivä 9.9.2023 [Artificial Intelligence: What It Is and How It Is Used \(investopedia.com\)](https://www.investopedia.com/artificial-intelligence-what-it-is-and-how-it-is-used/)

Grieffer, Joel, Si-Mohammed, Salim, Loisy, Maeliss, de Oliveira, Fabien, Beregi, Jean Paul & Dabli, Djamel 2022. Impact of an artificial intelligence deep-learning reconstruction algorithm for CT on image quality and potential dose reduction: A phantom study. Medical Physics. 2022;49(8):5052–5063. Luettavissa <http://ezp.oamk.fi:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=158572813&site=ehost-live> Vaatii käyttöoikeudet.

Hardy, Maryann & Harvey, Hugh 2020. Artificial Intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. The British Journal of Radiology 93 (1108). Hakupäivä 21.12.2023. <https://www.birpublications.org/doi/epub/10.1259/bjr.20190840>

Holmes, Edward, White, George & Gaffney, David 2019. Ionizing radiation and medical imaging. Hakupäivä 10.10.2023. <https://emedicine.medscape.com/article/1464228-overview?form=fpf#a4>

Hotus 2019. JBI: Arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle. Hakupäivä 6.11.2023 <https://www.hotus.fi/wp-content/uploads/2019/03/jbi-kriteerit-ja-selosteosa-jarjestelmallinen-katsaus-final.pdf>

Huhtanen, H., Nyman, M., Karlsson, A & Hirvonen, J 2020. Tekoäly radiologiassa. Hakupäivä 9.9.2023. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2020/17/duo15753?keyword=tekoaly>

Iowa State University. The Atom and the Elements: Ionization. Hakupäivä 10.10. 2023. <https://www.nde-ed.org/Physics/AtomElements/index.xhtml>

Järvelin, Kalervo & Sormunen, Eero 2019. Tiedon tallennus ja haku. <https://sites.tuni.fi/uploads/2019/03/9653a882-jarvelin-sormunen-tiedon-tallennus-ja-haku.pdf>.

Kananen, H & Puolitaival, H 2019. Tekoäly: Bisneksen uudet työkalut. Alma Talent Bisneskirjasto. Hakupäivä 9.9.2023. <https://bisneskirjasto-almatalent-fi.ezp.oamk.fi:2047/teos/BAXBBXATCBIED#piste:tU>

Kangasniemi, Mari., Utriainen, Kati., Ahonen, Sanna-Mari., Pietilä, Anna-Maija, Jääskeläinen, Petri & Liikanen, Eeva 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: Eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenttyn tietoon. Hoitotiede 25 (4). Helsinki: Sairaanhoidajien koulutussäätiö

Katsari, Katia, Penna, Daniele, Arena, Vincenzo, Polverari, Guilia, Ianniello, Annarita, Italiano, Domenico, Milani, Ronaldo, Roncacci, Alessandro, Illing, Rowland & Pelosi, Ettore 2021. Artificial intelligence for reduced dose 18F-FDG PET examinations: a real-world deployment through a standardized framework and business case assessment. EJNMMI Physics. 2021;8(1):1–15.
Luettavissa

<http://ezp.oamk.fi:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=149151602&site=ehost-live> Vaatii käyttöoikeudet.

Koivisto, R., Leikas, J., Auvinen, H., Vakkuri, V., Saariluoma, P., Hakkarainen, J., Koulumäki, R. 2019. Tekoäly viranomaistoiminnassa – eettiset kysymykset ja yhteiskunnallinen hyväksyttävyys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:14. Hakupäivä 14.10.2023. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161345/14-2019-Tekoaly%20viranomaistoiminnassa.pdf>

Laitinen, Heleena & Sinkkonen, Merja 2020. Sote-järjestelmä ja etiikka. Teoksessa Sosiaali- ja terveydenhuollon järjestelmä (toim. Hannele Laaksonen, Heleena Laitinen & Heikki Hiilamo). Helsinki: Sanoma Pro Oy, 110–131.

Leikas, Jaana 2008. Ikääntyneet, teknologia ja etiikka. Näkökulmia ihmisen ja teknologian vuorovaikutustutkimukseen ja –suunnitteluun. VTT. Hakupäivä [1.10.2023](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2008/W110.pdf) <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2008/W110.pdf>

Leino-Kilpi, Helena & Maritta, Välimäki 2012. Etiikka hoitotyössä

Lell, M & Kachelrieß, M. Computed Tomography 2.0: New Detector Technology, AI, and Other Developments. Investigative radiology. 2023;58(8):587–601. Luettavissa <http://ezp.oamk.fi:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=37378467&site=ehost-live> Vaatii käyttöoikeudet.

Malamateniou, C., Knapp, KM., Pergola, M., Woznitza, N & Hardy, M 2021b. Artificial Intelligence in radiography: Where are we now and what does the future hold? City Research Online <https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/26874/3/>

Malamateniou, C., McFadden, S., McQuinlan, Y., England, A., Woznitza, N., Goldworthy, S., Currie, C., Skelton, E., Chu, K-Y., Alware, N., Matthews, P., Hawkesford, R., Tucker, R., Town, W., Mathew, J., Kalinka, C & O'Regan, T 2021a. Artificial Intelligence: Guidance for clinical imaging and therapeutic radiography professionals, a summary by the Society of Radiographers AI working group. ScienceDirect. Radiography. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.07.028>

Mirtti, T., Lahdenne, P & Pitkänen, E 2020. Tekoälyä ja älytekoja. Lääketieteellinen Aikauskirja Duodecim 136 (17), 1945–7 <https://www.duodecimlehti.fi/duo15752>

Meyer-Baese, Anke & Schmid, Volker 2014. Pattern Recognition and Signal Analysis in Medical Imaging (Second Edition). Academic Press. Hakupäivä 21.9.2023. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409545-8.00001-7>.

Nakashima, Justyn & Duong, Hieu 2023. Radology, Image Production and Evaluation. Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553145/>

National School of Healthcare Science (NHS) 2021. Imaging (non-ionising). Hakupäivä 10.10.2023. <https://nshcs.hee.nhs.uk/healthcare-science/healthcare-science-specialisms-explained/physical-sciences/imaging-non-ionising/>

Ostensen, Harald 2001. Diagnostic Imaging: What is it? When and how to use it where resources are limited? Maaailman Terveysjärjestön julkaisu. Hakupäivä 7.9.2023. <https://www.who.int/publications/i/item/diagnostic-imaging-what-is-it>

Oulun Ammattikorkeakoulu. Kirjallisuuskatsaus Master-opinnäytetyössä. Hakupäivä 6.11.2023. <https://moodle oulu.fi/mod/resource/view.php?id=888731> Vaatii käyttöoikeuden.

Oulun Ammattikorkeakoulu 2023. Hyvinvoinnin digitaaliset ratkaisut: Opetussuunnitelma. Hakupäivä 7.11.2023 <https://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opetussuunnitelmat?koulutus=hyd2023s-sote&lk=s2023>

Pudas-Tähkä, Sanna-Mari & Axelin, Anna 2007. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaaminen, hakutermit ja abstraktien arviointi. Teoksessa Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. (toim. Kirsu Johansson, Anna Axelin, Minna Stolt & Riitta-Liisa Ääri). Turku: Digipaino Turun Yliopisto

Potočnik, Jaka, Foley, Shane & Thomas, Edel 2023. Current and potential applications of artificial intelligence in medical imaging practice: A narrative review. Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences 54 (2) 376–385. Luettavissa <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1939865423000796>

Radiation Emergency Medical Management (REMM) 2023. Ionization – Animations. Hakupäivä 10.10.2023. <https://remm.hhs.gov/ionization.htm>

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopiston julkaisuja. Luettavissa https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Shimron, E. & Perlman, O. 2023. AI in MRI: Computational Frameworks for a Faster, Optimized, and Automated Imaging Workflow. Bioengineerin 2023; 10(4), 492. Hakupäivä 22.1.2024. <https://www.mdpi.com/2306-5354/10/4/492>

Stolt, Minna, Axelin, Anna & Suhonen, Riitta 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. 2. korjattu painos. Turku: Turun yliopisto.

Tampereen yliopiston kirjasto 2023. Systemaattinen tiedonhaku. Hakupäivä 6.11.2023. <https://libguides.tuni.fi/systemaattinen-tiedonhaku>

Tang, Xiaoli 2019. The role of artificial intelligence. The British Institute of Radiology 2,1. <https://doi.org/10.1259/bjro.20190031>

Tenajas, R., Miraut, D., Illana, C.I., Alonso-Gonzales, R., Arias-Valcayo, F. & Herraiz, J.L. 2023. Recent Advances in Artificial Intelligence-Assisted Ultrasound Scanning. Applied Sciences 2023; 13(6), 3683. Hakupäivä 22.1.2024. <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/6/3693>

Tieteen termipankki 2016. Metodologia. Hakupäivä 6.11.2023. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Filosofia:metodologia>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Hakupäivä 2.1.2024 https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2020. Hyvä tieteellinen käytäntö. Hakupäivä 4.1.2024. <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2019. Edelläkävijänä tekoälyaikaan. Tekoälyohjelman loppuraportti. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161447/23_19_Tekoalyraportti.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Valtioneuvoston asetus yliopistojen tutkinnoista 749/2004. Hakupäivä 7.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20040794#Pidm46494955940672>

World Health Organization (WHO) 2023. Ionizing radiation and health effects. Hakupäivä 10.10.2023. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>

Yang, L., Liu, H., Han, J., Xu, S., Zhang, G., Wang, Q., Du, Y., Yang, F., Zhao, X. & Shi, G. 2023. Ultra-low-dose CT lung screening with artificial intelligence iterative reconstruction: evaluation via automatic nodule-detection software. Clinical Radiology. 2023;78(7):525–531. Luettavissa <http://ezp.oamk.fi:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=163974465&site=ehost-live>. Vaatii käyttöoikeudet.

Yoon, S., Nakamori, S., Amyar, A., Assana, S., Cirillo, J., Morales, M.A., Chow, K., Bi, X., Pierce, P., Goddu, B., Rodriguez, J., Ngo, L.H., Manning, W.J. & Nezafat, R. 2023. Accelerated Cardiac MRI Cine with Use of Resolution Enhancement Generative Adversarial Inline Neural Network. Radiology 2023; 307(5). Hakupäivä 22.1.2024. <https://doi.org/10.1148/radiol.222878>

Tekijä(t) , vuosi	Nimi	Julkaisutyyppi	Tutkimustyyppi	Tutkittava kohde	Vertailukohde	Tulokset	Laadunarviointi (JBI)
Dane, B. ym. 2021	Radiation dose reduction, improved isocenter accuracy and CT scan time savings with automatic patient positioning by a 3D camera	Tieteellinen artikkeli, alkuperäinen tutkimus	Kvantitatiivinen tutkimus	Potilaan asento TT-kuvauksessa 3D-kameran avulla	Potilaan asento TT-kuvauksessa silmämääräisesti aseteltuna hoitajan toimesta	Vaihtelu kuvauksen isosentristä oli $6,8 \pm 6,1$ mm kameran avulla aseteltuna ja ilman kameraa $16,3 \pm 14$ mm. SSDE väheni kameran avulla 21-31%.	10/10
Yoo, H. ym. 2023	Deep learning-based reconstruction for acceleration of lumbar	Tieteellinen artikkeli, alkuperäinen julkaisu	Kvantitatiivnen tutkimus	DL-pohjainen kuvanrekonstruktio kuvauskiihdytettyihin MRI-kuviin	TSE-pohjainen MRI ja perinteinen kuvanrekonstruktio	DL-pohjainen kuvanrekonstruktio oli 32,3 % nopeampi kuin standardikuvauks. Kuvanlaatu ko. rekonstruktioissa	10/10

	spine MRI: a prospective comparison with standard MRI					a oli vastaava tai parempi kuin perinteisin menetelmin rekonstruktoitu kuva.	
Lee, J. ym. 2023	Highly accelerated knee magnetic resonance imaging using deep neural network (DNN)-based reconstruction: prospective, multi-reader, multi-vendor study	Tutkimus artikkeli	Prospektiivinen tutkimus	DNN-pohjaiset rekonstruktiot polven MRI kuvauksissa 3T-voimakkaisissa laitteissa käyttäen kuvauskiihtytystä	FSE-pohjaiset MRI-kuvaukset ja perinteiset kuvarekonstruktiot	DNN-pohjaiset rekonstruktiot nopeuttivat kuvausaikoja keskimäärin 41 %. Kuvanlaatu oli verrattavissa perinteisiin kuvauksiin.	10/10
Bash, S. &	Deep Learning :	Tutkimus artikkeli	Kuvaileva tutkimus	Tekoälymenetelmin paranneltu	Perinteisin menetelmin	Tekoälymenetelmin voidaan vähentää	8/10

Tanenbaum, L. 2021	Promising to Revolutionize Image Reconstruction			kuvausnopeus, kuvanlaatu, potilaskokeemus	toteutetut kuvaukset	kuvausaikaa ja samalla parantaa potilasmukavuutta sekä parantaa kuvanlaatua uusien rekonstruktioalgoritmein	
Nagayama, Y. ym. 2022	Radiation dose optimization potential of deep learning-based reconstruction for multiphase hepatic CT: A clinical and phantom study	Tieteellinen artikkeli	Kvantitatiivnen tutkimus	Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida syvään oppimiseen perustuvan rekonstruoinnin (DLR) vaikutusta kuvanlaatuun ja sen säteilyannoksen optimointikykyä monivaiheissa maksan TT:ssä	Hybridi iteratiivinen rekonstruktio (HIR)	Tutkimuksessa kuvanlaadun arviointi fantomin avulla paljasti, että 53 % pienemmällä säteilyannoksella saatujen DLR-kuvien subjektiivinen ja objektiivinen kuvanlaatu oli parempi kuin HIR	9/10
McCollough, C.H. & LengVie	Use of artificial intelligence in	Tieteellinen artikkeli	Kvalitatiivinen tutkimus	Tieteellisiin artikkeleihin perustuva artikkeli,	Tekoälyä hyödyntömättömät sovellukset	Konvoluutiohermoston (CNN) perustuvaa	6/10

w, S. 2020	compute d tomogra phy dose optimisa tion			jossa kuvataan tekoäly tekniikoiden vaikutuksia säteilyanno kseen ja kuvanlaatu n.	tietokoneto mografia kuvauksess a	syväoppimista hyödyntävän tekiikan avulla saadaan kuvattua potilas 75% pienemmällä säteilyannoksell a ja silti saadaan riittävän korkealaatuisia kuvia hyväksyttävällä kohina tasolla	
Saltyba eva, N. ym 2018	Precise and Automat ic Patient Positioni ng in Comput ed Tomogr aphy: Avatar Modelin g of the Patient Surface Using a 3-	Tieteellin en artikkeli	Kvalitatii vinen tutkimus	Potilaan asento TT- kuvauksess a 3D- kameran avulla	Potilaan asento TT- kuvauksess a silämäärä isesti aseteltuna hoitajan toimesta	Vaihtelu kuvauksen isosestristä oli rintakehän kuvauksessa 19 mm 7 millimetriin ja vatsan alueen kuvauksessa 18 millimetristä 4 millimetriin kun käytettiin 3D kameraa	9/10

	Dimensi onal Camera						
Malamat eniou, C. ym 2021	Artificial intellige nce in radiogra phy: Where are we now and what does the future hold?	Tieteellin en artikkeli	Kvalitatii vinen tutkimus	Potilaan asento TT- kuvauksess a 3D- kameran avulla	Potilaan asento TT- kuvauksess a silämäärä isesti aseteltuna hoitajan toimesta	Potilaan asettelu on paljon tarkempaa, kun apuna käytetään 3D kameraa. Lisäksi saavutetaan parempi kuvanlaatu, kun potilas on aseteltu läheimmäs isosentriä.	8/10