

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

TEKOÄLY RÖNTGENHOITAJAN TYÖSSÄ LEIKEKUVANTAMISESSA

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

TEKIJÄT Eerika Helasjärvi
Eveliina Huhtilainen
Sanni Savolainen

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Tutkinto-ohjelma Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Eerika Helasjärvi, Eveliina Huhtilainen ja Sanni Savolainen	
Työn nimi Tekoäly röntgenhoitajan työssä leikekuvantamisessa	
Päiväys 21.11.2022	Sivumäärä/Liitteet 37/3
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia ammattikorkeakoulu, Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tekoälyn hyödyntäminen ja sen käyttö radiografiassa on lisääntynyt suuresti viime vuosien aikana. Tekoälyllä tulee olemaan tulevaisuudessa merkittävä rooli terveydenhuollossa ja lääketieteessä. Vaikka tekoäly pystyy tulkitsemaan monimutkaisia tietoja paremmin, ylittämään tiedon ja taidon suhteen ihmisen, ei se täysin pysty korvaamaan röntgenhoitajan tai radiologin työtä.</p> <p>Tässä kirjallisuuskatsauksena toteutetussa opinnäytetyössä selvitettiin, miten tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön leiketutkimusten eri vaiheissa. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda ajankohtaista ja luotettavaa tietoa tekoälystä röntgenhoitajaopiskelijoille sekä röntgenhoitajille. Lisäksi tavoitteena on kehittää röntgenhoitajaopiskelijoiden ja röntgenhoitajien osaamista sekä valmiutta hyödyntää tekoälyä työssään.</p> <p>Tutkimus toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksen tulokset esitettiin infograafin muodossa, infograafi toimii opetuksen tukena Savonia-ammattikorkeakoulussa Evidence-Based Clinical Radiography- opintojaksolla. Aineistoa tutkimukseen haettiin eri lääketieteellisiä artikkeleita sisältävistä tietokannoista kuten PubMed sekä hyödyntäen alan kirjallisuutta. Tutkimusaineisto saatiin koottua yhdeksästä kansainvälisestä tieteellisestä, vertaisarvioidusta artikkelista. Aineistohakua rajattiin eri valintakriteerein.</p> <p>Aiheeseen liittyen voisi tehdä jatkotutkimusta tekoälysovelluksista, joita röntgenhoitajan työssä jo hyödynnetään. Tutkimuksia voisi tehdä myös tekoälyn eettisyydestä, röntgenhoitajan ja tekoälyn rooleista tulevaisuudessa sekä tekoälyn vaikutuksesta röntgenhoitajan kliniseen osaamiseen.</p>	
Avainsanat Tekoäly, röntgenhoitaja, leikekuvantaminen	

Field of Study Social Services, Health and Sports	
Degree Programme Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy	
Author(s) Eerika Helasjärvi, Eveliina Huhtilainen ja Sanni Savolainen	
Title of Thesis Artificial intelligence in the work of a radiographer in slice imaging	
Date 21.11.2022	Pages/Appendices 37/3
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences, Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy	
<p>Abstract</p> <p>The utilization of artificial intelligence within radiography has greatly increased during recent years, and it will have a significant role in the future of healthcare and medicine. Even though artificial intelligence has the capability to understand complex data and perform at a level higher than humans, it cannot completely replace the role of radiographers or radiologists.</p> <p>The purpose of this study was to find out how artificial intelligence affects the work of a radiographer during magnetic resonance imaging and computed tomography imaging. The goal of the study was to provide radiographers and radiography students with reliable and up-to-date information regarding artificial intelligence and a resource to support development of know-how and readiness to utilize artificial intelligence within the medical imaging industry.</p> <p>The study was carried out as a descriptive literature review, utilizing medical research and articles from databases such as PubMed among other industry publications. The research material was compiled from nine international scientific, peer-reviewed articles. The material utilized was limited by suitability, publication date and availability. The results of the study were presented in the form of an infographic, to be used as supportive material during the Evidence-Based Clinical Radiography -course at the Savonia University of Applied Sciences.</p> <p>Based on this study, further research on artificial intelligence applications, which are already used in the work of radiologists is required. Research could also be done on the ethics of artificial intelligence, the roles of radiographers and artificial intelligence in the future, and the impact of artificial intelligence on the clinical skills of radiographers.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Artificial intelligence, radiographer, CT, MRI,</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LEIKEKUVANTAMINEN	8
2.1	Tietokonetomografia	8
2.2	Magneettikuvantaminen	8
3	RÖNTGENHOITAJAN TYÖ LEIKEKUVANTAMISESSA	10
3.1	Röntgenhoitaja	10
3.2	Röntgenhoitajan rooli leikekuvantamisessa	11
4	TEKOÄLY LEIKEKUVANTAMISESSA.....	12
4.1	Tekoäly	12
4.2	Tekoälyn eettisyys	13
4.3	Tekoälyn lähtökohdat	13
4.4	Tekoäly kuvantamisessa	14
4.5	Terveydenhuolto, röntgenhoitaja ja tekoäly	15
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE	16
6	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	17
6.1	Kuvaileva kirjallisuuskatsaus	17
6.2	Aineiston keruu.....	17
6.3	Aineiston analyysi	18
6.4	Tutkimuksien näytönaste.....	19
6.5	Ammatillinen posterit	20
7	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET.....	21
7.1	Potilaan asettelu 3D-kameralla.....	21
7.2	Pituuden ja painon määrittämisen algoritmi	21
7.3	MRI skannausaika	22
7.4	Tekoälyn integrointi MRI kuvantamiseen.	23
7.5	Röntgenhoitajan rooli	23
8	POHDINTA.....	25
8.1	Tulosten tarkastelu	25
8.2	Eettisyys ja luotettavuus.....	26
8.3	Ammatillinen kasvu	27
8.4	Hyödynnettävyys ja kehittämisideat	27

9 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	30
LIITE 1: INFOGRAAFI	34
LIITE 2: TIEDONHAKU	34
LIITE 3: TUTKIMUKSET.....	35

1 JOHDANTO

Tekoäly on tällä hetkellä ajankohtainen aihe, koska se yleistyy ja kehittyy koko ajan. Tekoälyä voidaan monin tavoin hyödyntää röntgenhoitajan työssä. Sen avulla voidaan helpottaa röntgenhoitajan työtä siten, että jää enemmän aikaa potilaille kuten nopeuttamalla tutkimuksia. Tekoälyä voidaan hyödyntää myös sädeannoksien pienentämisessä ja kuvanlaadun parantamisessa. Röntgenhoitajia on tärkeää kouluttaa tekoälyn käyttöön, jotta he pystyvät varmistamaan, että tekoäly toimii kunnolla, jotta tutkimus voidaan suorittaa potilasturvallisesti. Tekoälyä käytettäessä on edelleen tärkeää tehdä laadunvarmistusmittauksia, jotta voidaan varmistaa hoitojen ja tutkimusten toimivuus. Tekoälyn yleistyessä röntgenhoitajien on hyvä ylläpitää ja kehittää osaamistaan, jotta he voivat varmistaa tekoälyn toiminnan tutkimuksen eri vaiheissa. (ISRRT 2020.)

Tekoäly osaa käyttää hyödykseen erilaisia keinoja, kuten loogista ajattelua sekä uusien taitojen opettelua ja kehittämistä algoritmien avulla. Tekoälyn tavoitteena on päästä tiettyyn ratkaisuun. Löytääkseen ratkaisun tekoäly voi muokata itseään ja toimintaansa oppimalla uutta ympäristöstään. Muokkaamalla toimintaansa tarkastelemalla aikaisemman toimintansa seurauksia tekoäly pystyy lopulta löytämään parhaan tavan toimia ja korjata ongelmakohdat. Tekoäly pystyy toimimaan itsenäisesti koko prosessin ajan. (Euroopan parlamentti 2020.)

Tässä opinnäytetyössä leiketutkimuksilla tarkoitetaan tietokonetomografia- ja magneettitutkimuksia. Näissä tutkimuksissa kuva saadaan muodostettua eri paksuisten leikkeiden avulla kohteesta. Tietokonetomografiatutkimuksella (TT) kohteesta saadaan 3D-kuvaa röntgensäteilyn avulla. Kuvaus pyritään suorittamaan mahdollisimman pienellä sädeannoksella. Kuva saadaan muodostettua tutkittavan kohteen erilaisten kudostyyppien ominaispiirteiden avulla. TT-kuvissa on hyvä kontrasti ja varjoaineen avulla voidaan parantaa pehmytkudosten erotuskykyä. Tutkimus on nopea, jolloin voidaan kuvata myös huonovointisia potilaita. Magneettitutkimuksissa (MRI) ei käytetä ionisoivaa säteilyä. Tästä syystä sitä on turvallista käyttää kaikenikäisille, koska potilas ei saa tutkimuksesta säteilyä. MRI-kuva saadaan muodostettua kudosten magneettisia ominaispiirteitä hyödyntämällä. Tutkimus on pitkäkestoinen ja sen aikana on pysyttävä paikoillaan, jotta kuvaus saadaan onnistumaan. Tämän vuoksi se ei sovellu kaikille potilaille ilman rauhoittavaa lääkitystä tai nukutusta. MRI-kuvissa on hyvä pehmytkudoskontrasti, jonka vuoksi se soveltuu hyvin esimerkiksi aivojen kuvantamiseen. Tutkimuksissa voidaan käyttää tehosteainetta kudosten erotuskyvyn parantamiseen. (Syväranta, Vuorinen & Tokola 2021.)

Leiketutkimukset eli tietokonetomografia- ja magneettitutkimukset ovat tärkeitä potilaan diagnoosin kannalta, niiden avulla voidaan tutkia kattavasti koko vartalo. Leiketutkimuksien yhteydessä saatetaan löytää samalla sattumalöydöksiä. Suurin osa löydöksistä on hyväläatuksia mutta osan kohdalla voi olla tarvetta lisätutkimuksille. Tällä tavoin voidaan ehkäistä vakavia sairauksia, tehdä tarvittaessa jatkotutkimuksia, seurata vaarattomia muutoksia ja ohjata potilas jatkohoitoon. (Pääkkö & Jartti 2015.) Leiketutkimuksilla on tärkeä rooli syövän diagnoosissa ja levinneisyyden määrittämisessä. Tietokonetomografialla voidaan selvittää, onko syöpä mahdollisesti uusiutunut tai ovatko hoidot tehonneet. Tietokonetomografiatutkimuksella voidaan myös selvittää, onko syöpä lähettänyt etäpesä-

keitä eripuolille kehoa. Magneettitutkimuksen avulla voidaan nähdä paremmin tietyt syövät verrattuna tietokonetomografiatutkimukseen, kuten esimerkiksi eturauhassyöpä. Luihin ja aivoihin levinneet etäpesäkkeet ovat myös paremmin nähtävissä magneettitutkimuksella. (Stallard 2019.)

Tämän kirjallisuuskatsauksena toteutetun opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla, miten tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön leiketutkimusten eri vaiheissa. Kirjallisuuskatsauksen tulokset esitetään infograafin muodossa. Infograafi toimii opetuksen tukena Evidence-Based Clinical Radiography- opintojaksolla. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tuoda ajankohtaista ja luotettavaa tietoa tekoälystä röntgenhoitajaopiskelijoille sekä röntgenhoitajille. Lisäksi tavoitteena on kehittää röntgenhoitajaopiskelijoiden ja röntgenhoitajien osaamista ja valmiutta hyödyntää tekoälyä työssään.

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö toteutetaan kuvailvana kirjallisuuskatsauksena. Tilaajan edustajana toimii tekoälyn vastuopettaja.

2 LEIKEKUVANTAMINEN

2.1 Tietokonetomografia

Tietokonetomografiakuvaus tarkoittaa tutkimusta, jossa potilaan ympärillä pyörivä röntgenputken lähettämä röntgensädekeila lävistää potilaan kehon. Säteily, joka on kulkeutunut potilaan kehon läpi, mitataan röntgenputkea vastapäätä olevalla kuvailmaisimella, joka pyörii synkronoidusti röntgenputken kanssa. Poikkileikekuva saadaan muodostumaan, kun rekisteröidään kehon läpäissyt säteilyn määrän muutos. Tietokonetomografialaitteet pystyvät kuvaamaan kohdetta jatkuvalla pyörivällä liikkeellä, samalla kun pöytä liikkuu säteilylähteen lävitse. Verrattuna röntgenkuviin, tietokonetomografia kuvissa vaihteluväli harmaissa sävyissä on laajempi. Kudoskohtaista tiheyden vaihtelua voidaan tarvittaessa tehostaa käyttämällä varjoainetta. Tietokonetomografiakuvia tarkastellaan usein kaksiulotteisena leikekuvana leike kerrallaan, yleensä aksiaali suunnasta eli potilaan jalkopäästä katsoen. Tutkimusten avulla saadaan yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi luustosta, lihaksista, elimistöstä ja verisuonistosta. (Aronen ym. 2017, 11.) Tietokonetomografiakuvauksia voidaan hyödyntää myös neste- ja kudoksiopsioissa, osana leikkaukseen tai hoitoon valmistautuessa. (Johns Hopkins Medicine 2021.)

Tietokonetomografiakuvausten suurin etu on siinä, että kuvauksen avulla saadaan herkästi ja tarkasti tietoja suuresta elinjoukosta. Haittapuolena on taas se, että kuvattavan potilaan säderasitus on suurempi kuin tavallisessa röntgenkuvauksessa. Sädeannokset ovat kuitenkin pienenemässä automaattisen annoslaskennan ja annoksen määrää rajoittavien kovalaskentatekniikoiden ansiosta. Tietokonetomografiakuvaukset ovat myös kalliimpia kuin esimerkiksi röntgenkuvaukset. Kehittynyt kuvausteknologia mahdollistaa kolmiulotteisen kuvan. (Aronen ym. 2017, 11.)

2.2 Magneettikuvantaminen

Magneettikuvantaminen tarkoittaa kuvantamismenetelmää, joka perustuu protoneiden eli elimistön vety-ytimien käyttäytymiseen ulkoisessa magneettikentässä. Magneettikuvaussignaaliin osallistuvat vain kaikista herkkäliikkeisimmät kudoksen sekä rasvan protonit. Kuvauksen aikana muokataan protonien spinien eli vety-ytimien pyörimisen suuntaa, palautetaan ne alkuperäiseen tasapainotilaan ja seurataan vuorovaikutusta. Tämän vuorovaikutuksen aikana välittyy tietoa kudoksen kiinteästä suuresta molekyyli-massasta sekä sen tautitilan muutoksista. (Aronen ym. 2017, 11–12.) Magneettikenttä voi aiheuttaa lämpenemistä kudoksissa, tätä kudosten lämpenemistä valvotaan SAR-arvolla (Huurto 2000). Erilaisten painotusten avulla saadaan erilaisia näkymiä tutkittavista kohteista, esimerkiksi T1-painotteisessa kuvauksessa saadaan paremmin tietoa makromolekyyleistä eli rakenteista, joka sisältävät paljon toistuvia rakenneyksiköitä, kuten proteiini ja T2-painotteisessa kuvauksessa saadaan paremmin tietoa kudosturvotuksesta sekä tulehduksista. Erilaisten tehosteiden ja menetelmien avulla saadaan muutettua näkymää tarkemmaksi, eroteltua paremmin verisuonia, löytämään tulehduksia sekä kuvaamaan laskimovirtausta ilman tehostetta. Magneettikuvauksen signaalin keruuta voidaan herkistää esimerkiksi löytämään akuutti aivoiskemia eli aivoverenkiertohäiriö varhain tai maligneja eli pahalaatuisia pesäkkeitä, joilla on tiivis solurakenne. Magneettikuvauksissa pehmytkudoskontrasti on huomattavasti parempi kuin tietokonetomografiakuvauksissa, mutta pienet murtumat saattavat jäädä huomaamatta magneettikuvissa. Magneettikuvausten vahvuuksia ovat

sydämen ja verisuonten kuvaukset, sappi- ja haimateiden diagnostiikka. Yleisemmin käytössä olevat magneettikuvaus laitteiden kenttävoimakkuudet ovat 1,5 tai 3 teslaa. Mitä voimakkaampi kenttä on, sitä parempaa kuvatasoa saadaan aikaan. (Aronen ym. 2017,11–12.)

Magneettikuvauksissa ei ole käytössä ionisoivaa säteilyä kuten esimerkiksi tietokonetomografiassa, tämän vuoksi on se parempi vaihtoehto toistuviin lasten ja nuorten tutkimuksiin. Magneettikuvaukset kestävät pidempään ja ne ovat kalliimpia, haittana voi myös pitää järjestelyjä voimakkaan magneettikentän vuoksi ja kovat äänet kuvauksen aikana. Näistä seikoista huolimatta, magneettikuvaukset ovat tietokonetomografia tutkimusten ohella tärkein lääketieteellisen kuvantamisen muoto. Magneettikuvauslaite kannan kasvu on mahdollistanut magneettikuvausten yleistymisen. (Aronen ym. 2017, 11–12.)

3 RÖNTGENHOITAJAN TYÖ LEIKEKUVANTAMISESSA

Röntgenhoitajan tutkinnon voi suorittaa ammattikorkeakoulussa ja röntgenhoitaja on Valviran laillistama terveydenhuollon ammattilainen. Röntgenhoitajat ovat pieni, mutta tärkeä ammattiryhmä potilaan diagnostiikan kannalta. Röntgenhoitaja vastaa lähetteen pohjalta kuvantamistutkimuksista pääsääntöisesti itsenäisesti, joten röntgenhoitajan on tärkeää pystyä ottamaan vastuu omasta toiminnastaan. Työssä tapahtuu paljon moniammatillista yhteistyötä eri alan hoitajien ja lääkäreiden kanssa, joten röntgenhoitajalta edellytetään hyviä ryhmätyötaitoja. Röntgenhoitajan työssä tapahtuu jatkuvaa kehitystä, joten röntgenhoitajan on pidettävä yllä omaa ammattitaitoaan kouluttautumalla. (Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon a.)

3.1 Röntgenhoitaja

Röntgenhoitaja on lääketieteellisen säteilynkäytön ammattilainen. Röntgenhoitajat työllistyvät tavallisin sairaaloihin ja terveyskeskuksiin sekä yksityiselle sektorille. Röntgenhoitajat voivat työskennellä myös asiantuntijana, esimiestehtävissä, kaupallisissa yrityksissä tai säteilyvalvonnassa. Röntgenhoitajat voivat työskennellä kolmella eri säteilynkäytön menetelmällä, joita ovat sädehoito, isotooppilääketiede ja kuvantaminen. Kuvantamisen sisällä on useita eri kuvantamismenetelmiä, joita ovat esimerkiksi natiiviröntgen-, tietokonetomografia- ja magneettikuvantaminen. Röntgenhoitajan työ voi olla todella vaihtelevaa ja monipuolista, koska on paljon erilaisia vaihtoehtoja missä työskennellä. (Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon a; Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon b.)

Röntgenhoitajia arvostetaan muiden terveydenhuollon henkilökunnan keskuudessa, sillä lähes 70 % asiakkaiden sairauksista ja vaivoista selviää diagnostisella kuvantamisella (Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon b). Vaikka röntgenhoitajat ovatkin säteilynkäytön asiantuntijoita, säteilynkäytöstä vastaa toiminnanharjoittaja. Röntgenhoitaja voi työskennellä toiminnanharjoittajan apuna säteilysuojelun toteutumisesta, jolloin hänellä täytyy olla säteilyturvallisuuvastaavan (STV) pätevyys. Aiemmin STV:na pystyi olemaan vain lääkäri tai sairaalafyysikko, mutta uuden säteilylain mukaan myös röntgenhoitaja voi toimia STV:na. (Säteilylaki 859/2018, 41 §.) Röntgenhoitajan työtä ohjaavat ammattieettiset ohjeet, joiden avulla röntgenhoitaja tekee työelämässään jokapäiväisiä päätöksiä. Yhtenä eettisenä perustana on moniammatillinen yhteistyö, joka on tärkeä osa röntgenhoitajan päivittäistä työtä. Eettiset ohjeet kertovat muille terveydenhuollon ammattilaisille ja asiakkaille, miten röntgenhoitajat toimivat työssään säteilynkäytön asiantuntijoina. (Suomen röntgenhoitajaliitto 2020.) Valviran myöntämän ammattinimikkeen vaatimuksia säädetään lailla, joka määrittää röntgenhoitajan työtä. Lain mukaan röntgenhoitajan ammattitoiminnan päämäärä on terveyden ylläpitäminen ja edistäminen, sekä sairauksien ehkäiseminen ja parantaminen. Röntgenhoitajien on noudatettava ammattitoiminnassaan yleisesti hyväksyttyjä ja kokemuseräisiä perusteltuja menetelytapoja koulutuksensa mukaisesti. Työssään röntgenhoitaja tulee ottaa huomioon ammattitoiminnastaan asiakkaalle koituvat hyödyt ja sen mahdolliset haitat. (Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 1994/559, 15 §.)

Röntgenhoitajalta edellytetään hyviä sosiaalisia taitoja, sillä työssä potilaskontaktit ovat tavallisesti lyhyitä ja työssä kohdataan monen ikäisiä ja kuntoisia asiakkaita. Potilaskontaktien ollessa lyhyitä,

täytyy luottamus potilaaseen saada luotua nopeasti. Työssä tarvitaan myös joustavuutta ja kykyä asettaa potilaan asemaan, sillä kokemus ei ole potilaalle aina mieleinen. Röntgenhoitajan työssä luovuudesta ja kolmiulotteisesta hahmottamiskyvystä on paljon hyötyä kuvantamistilanteissa, sillä asettelu kuvaukseen on joka asiakkaan kohdalla hieman erilainen. Asettelussa ja kuvien riittävyyden arvioinnissa, röntgenhoitajan anatomian osaaminen on tärkeässä roolissa. Röntgenhoitajan työ vaatii myös tarkkuutta ja muuntautumiskykyä, sillä tilanteet voivat äkillisesti muuttua. (Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon.)

3.2 Röntgenhoitajan rooli leikekuvantamisessa

Röntgenhoitaja vastaa toiminnallaan kuvantamistutkimuksen kokonaisuudesta. Röntgenhoitajan vastuulla on potilas ja potilasturvallisuus tutkimuksen aikana sekä tutkimuksen suorittaminen onnistuneesti. Röntgenhoitajat toteuttavat työskentelyssään radiografiatyöprosessia, minkä avulla voi suorittaa tutkimuksen kokonaisuudessaan niin, että kaikki tarvittavat asiat tulee huomioitua. Prosessiin kuuluu suunnittelu, toteutus ja arviointi vaiheet. (Sorppanen 2006, 72.)

Suunnitteluvaiheessa röntgenhoitaja valmistautuu tutkimuksen suorittamiseen. Röntgenhoitaja hakee tietoa potilaan terveydentilasta lähetteestä ja tekee tarvittavia esivalmisteluita. Potilaan vointia ja yleistilannetta havainnoidaan ja seurataan koko tutkimuksen ajan. Voinnissa tapahtuvat muutokset otetaan huomioon ja mahdollisesti vaihdetaan toimintatapoja. Suunnitteluvaiheessa röntgenhoitaja valmistelee potilaan tutkimusta varten sekä kertoo potilaalle tutkimuksen etenemisestä ja mitä tutkimuksen aikana tapahtuu. Tässä korostuvat röntgenhoitajan vuorovaikutus- ja potilasohjaustaidot. Potilasta on tärkeää kuunnella ja ottaa hänet huomioon. (Sorppanen 2006, 72–73.)

Toteutusvaiheessa röntgenhoitaja toteuttaa potilaan tutkimuksen. Röntgenhoitajan pitää ottaa monta asiaa huomioon tutkimuksen suorittamisessa. Potilaskontaktissa röntgenhoitaja huolehtii aseptiikasta koko tutkimuksen ajan. Röntgenhoitajan vastuulla on potilaan voinnin tarkkailu tutkimuksen aikana, samalla, kun suoritetaan tutkimusta kuvantamislaitteella. Tutkimuksen alussa röntgenhoitaja asettelee potilaan tutkimuspöydälle ja huolehtii samalla potilasturvallisuudesta mahdollisissa potilassiirroissa. Potilaalle on hyvä vielä kerrata tutkimuksen kulku ja varmistaa, että potilas on ymmärtänyt mitä tutkimuksen aikana tapahtuu ja miten potilaan pitää toimia tutkimuksen aikana, jotta tutkimus saataisiin onnistuneesti suoritettua. Röntgenhoitaja huolehtii myös potilaan lääkehoidosta tutkimuksen aikana. Mahdollisissa voinnin muutoksissa ja ensiaputilanteissa röntgenhoitaja aloittaa ensiavun antamisen. Tutkimuksen jälkeen röntgenhoitaja huolehtii potilaan voinnin tarkastamisen ja kertoo jälkihoito-ohjeet. Tärkeää on varmistaa, että potilas on tietoinen jatkohoidosta. Lopuksi röntgenhoitaja puhdistaa tutkimushuoneen ja käytetyt välineet sekä kirjaa tutkimuksen valmiiksi. (Sorppanen 2006, 73.)

Arviointivaiheessa käydään läpi tutkimustilannetta monesta eri näkökulmasta sekä arvioidaan koko yksikön toimintaa ja tiimityöskentelyä. Arvioidaan tutkimuksen onnistumista ja potilaan asemaa tutkimuksessa. Röntgenhoitaja käy yksilönä läpi omaa työskentelyään tutkimuksen aikana ja itsearvioi toimintaansa eri tutkimuksen vaiheissa sekä miettii mahdollisia kehittämiskohteita. Tärkeää on myös huomioda potilailta tuleva palaute. (Sorppanen 2006, 74.)

4 TEKOÄLY LEIKEKUVANTAMISESSA

Tekoäly on ollut osana diagnostista kuvantamista 1960-luvulta asti ja sen käyttö yleistyy koko ajan. Radiologien työssä tekoäly on ollut mukana kauemman aikaa, mutta uusia tekoälysovelluksia ollaan kehittämässä avuksi myös röntgenhoitajille. Tekoällyn tutkiminen radiologiassa on lisääntynyt, joka mahdollistaa uusien tekoälysovellusten kehittämisen. Monet radiologiassa ja kuvantamisessa käytetyt tekoälysovellukset toimivat syväoppimisella. Syväoppimisessa käytettyjen hermoverkkojen kasvaessa laajemmiksi voidaan tekoälyä soveltaa ja kehittää ratkaisemaan monitasoisempia tehtäviä. Tekoällyn avulla voidaan parantaa ja tehostaa erilaisia prosesseja, tietenkin huomioiden potilasturvallisuus. Tekoällyn tulo kuvantamiseen ei kuitenkaan tarkoita radiologien tai röntgenhoitajien korvaamista, vaan tekoälyllä voidaan tehostaa työskentelyä ja vähentää virheitä. Tekoällyn tuomat mahdollisuudet kuvantamisessa ovat luoneet uusia mahdollisuuksia ja vievät alaa nopeasti eteenpäin. (Huh-
tanen, Nyman, Karlsson & Hirvonen 2020.)

4.1 Tekoäly

Tekoälyllä (Artificial intelligence, AI) yksinkertaisimmillaan viitataan järjestelmiin tai koneisiin, jotka jäljittävät ihmisälyä. Tekoäly termistä on tullut yleistermi sovelluksille, jotka suorittavat aiemmin ihmisille tarkoitettuja tehtäviä. Tekoäly koostuu koneoppimisesta (ML) ja syväoppimisesta, jotka ovat tekoällyn oppimismuotoja. Tekoäly pyrkii toistamaan ihmisen kognitiivisia eli älykkäitä toimintoja ja kehittyessään tekoäly pystyy myös ylittämään ihmisen älykkyyden. Tekoäly kehittyy huimaa vauhtia ja siksi aiempia tekoäly sovelluksia ei välttämättä enää määritetä tekoälyksi, sillä niiden sovellusten tuomaa toimintoa pidetään itsestäänselvyytenä. Tekoäly sovelluksia on kehitetty jo loputtomasti ja niitä tullaan kehittämään vielä lisää tulevaisuudessa. Tekoälysovelluksia on jo käytössä diagnostiikassa ja uusia sovelluksia kehitetään ja testataan röntgenhoitajien ja radiologien avuksi. (Frankenfield 2022.)

Tekoäly voidaan jakaa kahteen eri luokkaan, sen mukaan kuinka haastaviin tehtäviin se pystyy. Heikko tekoäly on suunniteltu suorittamaan vain tiettyä toimintoa. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi videopelit ja asiakaspalvelu robotti. Vahva tekoäly pystyy suorittamaan ihmisen kaltaisia tehtäviä, kuten kehittämään toimintojaan ja ratkaisemaan ongelmatilanteita. Tämänkaltaisia tekoälysovelluksia voidaan käyttää esimerkiksi lääketieteellisessä kuvantamisessa ja leikkaussaleissa. (Frankenfield 2022.)

Tekoäly toimii algoritmien avulla, joiden avulla tapahtuu koneoppimista. Lääketieteessä on usein käytössä syväoppimisen tekniikoita. Syväoppiminen on koneoppimisen alalaji, jossa oppiminen tapahtuu laajojen hermoverkkojen välityksellä. Syväoppimisen algoritmeja voidaan opettaa tunnistamaan esimerkiksi erilaisia soluja tai potilaan oleelliset tiedot potilaskirjauksista. Tekoäly tarvitsee suuren opetusdatamäärän, jotta sitä voidaan opettaa toimimaan oikein. Tämä tekee tekoällyn toimimisesta monipuolisesti haastavaa, koska jokaiseen eri toimintoon tarvitaan tällä hetkellä vielä oma ohjelmointi. Tekoäly saattaa olla myös herkkä muutoksille ja lääketieteessä toimiessa tärkeintä on kuitenkin potilasturvallisuus, mikä pitää ottaa huomioon tekoälyä käyttöön ottaessa. (Mirtti, Lahdenne & Pitkänen 2020.)

4.2 Tekoälyn eettisyys

Tekoälyn käyttäminen terveydenhuollossa tuo esiin eettisiä kysymyksiä, sillä tekoäly vaikuttaa potilaiden kuvantamiseen joko suorasti tai epäsuorasti. Kuvantamiseen opetettu algoritmi voi toistaa ihmisen tekemän virheen tai harhan, jolloin kuvantaminen ei tapahdu optimaalisella tavalla. Tämän takia on tärkeää varmistaa tekoälyn toiminta ennen kuin se otetaan potilaskäyttöön ja valvoa tekoälyn toimivuutta käytön aikana. Tekoälyn tullessa osaksi kuvantamista, herääkin kysymys röntgenhoitajan ja radiologin roolista ja vastuusta kuvantamisesta. Vaikka tekoäly ei korvaakaan terveydenhuollon henkilökunnan tarvetta kuvantamisesta, muuttaa tekoäly väistämättä hieman rooleja. (Metsälä, Blomqvist & Patanen 2020.)

Potilaat saapuvat kuvantamiseen usein jonkin vaivan vuoksi, joten potilaan toiveet on otettava huomioon kuvantamisesta. Tekoälyn käyttöönoton ollessa vasta alussa on tärkeää saada potilaan suostumus, jos hänen tietojansa ja kuvia käytetään osana tekoälyn opettamiseen tai kuvien diagnosointiin käytetään tekoälypohjaista menetelmää. Koska tekoälysovellusten kehittämisessä käytetään paljon potilaiden kuvamateriaaleja ja potilastietoja, on tärkeää kiinnittää huomiota tietosuojaan. Potilaalle on oikeus kieltäytyä, jos hän ei halua luovuttaa hänen tietojansa pohjaksi tekoälyn opettamiselle tai tekoälyn tekemän diagnosointia hänen kuvistaan. Samaan aikaan on yhtä tärkeää, että kuunnellaan potilasta tekoälyn käytöstä kuin se että, että tekoälyä käyttävät työntekijät saavat oman mielipiteensä kuuluviin. Tekoäly on uutta teknologiaa, joten ennen sen käyttöönottoa on sitä käyttävän henkilökunnan hyväksyttävä sen käyttöönotto. Tekoälyn hyväksyntään potilaiden ja henkilökunnan vaikuttaa paljon millainen mielikuva tekoälystä annetaan ja mikä heidän tietämyksensä on. Tekoälyn ollessa uusi asia monelle on siitä tärkeä puhua avoimesti, että tietämys niin henkilökunnalla kuin potilailla lisääntyy. (Metsälä ym. 2020.)

Terveydenhuollon eettinen periaate on, ettei potilaalle koituisi lisää vahinkoa. Tekoälysovellusten käyttöperiaate tulisi olla myös sen mukainen, että potilas hyötyisi tutkimuksesta. Tekoälysovellusten kehitys on ollut nopeaa viime vuosien aikana, ettei aikaa ole aina riittänyt varmistamaan sovellusten turvallisuutta ja suorituskykyä. Ilman luotettavia ja tehokkaita sovelluksia terveydenhuolto ei pysty takaamaan turvallisia palveluita potilaille. (Topol 2019.) Tekoälyllä ei kuitenkaan ole vastuuta potilaille aiheutuvista mahdollisista haittavaikutuksista. Henkilökunta on edelleen vastuussa kuvantamistutkimuksista, joten henkilökunnalta edellytetään riittävää tekoälyn hallintaa ja ymmärrystä. (Goodman, Zandi, Reis & Vayena 2020.)

4.3 Tekoälyn lähtökohdat

Nykypäivänä tekoäly on kehittynyt entisestään tehokkaimpien koneiden sekä paremman tekoälyn tuntemisen ansiosta, joten dataa on pystytty hyödyntämään algoritmien sekä tehokkaiden laskentaohjelmien kouluttamiseen. Diagnostisen kuvantamisen määrän lisääntyessä on alettu miettimään voisiko tekoälyllä tehostaa kuvantamisen toimintaa, sillä tekoäly on ottanut merkittäviä edistysaskeleita algoritmien ja syväoppimisen kehittymisen ansiosta. Viimeaikaisten havaintojen pohjalta on huomattu tekoälyn pystyvän koneiden avulla tulkitsemaan monimutkaisia tietoja paremmin, joka on johtanut uusien tekoälysovelluksien kehittämiseen. Uudet tekoälyn mahdollistamat tehtäväkohtaiset sovellukset pystyvätkin vastaamaan tai jopa ylittämään ihmisen. Diagnostisessa kuvantamisessa ra-

diologit tulkitsevat ja lausuvat kuvia omien aistien varassa, joka perustuu heidän saamaansa koulutukseen ja kokemukseen. Tekoälyä on alettu käyttämään apuna kuvien tulkinnassa ja sen on huomattu olevan erinomainen tunnistamaan muutoksia kuvista ja tarjoamaan oman arvionsa. Tällä hetkellä tekoäly on radiologin apuna kuvien tulkinnassa, eikä sitä ole integroitu kliiniseksi työkaluksi ihmisen kuvantamiseen. (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz & Aerts 2018.)

Tekoäly ei ole vain radiologien apuna, vaan myös röntgenhoitajan työssä on apua tekoälystä. Ensimmäisenä tekoälysovelluksena pidetään valotusautomaatiikkaa, vaikka se ei tulkinnutkaan kuvia. Röntgenhoitajan työssä tekoäly tällä hetkellä näkyy kuvaamisessa automaattisena kuvanmuodostuksena ja tallentumisessa, sillä aiemmin on tarvittu kuvanlukijaa kuvanmuodostumiseen. Tekoälysovellus mahdollistaa kuviin myös automaattiset kuvan merkinnät, kuten puolenmerkin ja kuvaussuunnan. Potilaan asettelussa röntgenhoitajan avuksi on kehitelty tekoälysovelluksia, joiden avulla potilas voidaan asettaa optimaalisesti. (Metsälä ym. 2020.)

Tekoälysovellukset kehittyvät ja tulevaisuudessa röntgenhoitajienkin työssä tekoäly tulee olemaan osana päivittäistä työtä. Tällä hetkellä tekoälysovelluksissa on vielä puutteita, mutta kehityksen ja uusien innovaatioiden avulla niistä saadaan tarkempia, halvempia ja monikäyttöisempiä. Tekoälysovelluksilla tavoitellaan potilaskeskeistä hoitoa ja tehostusta kuvantamistutkimuksiin kasvavan potilasmäärän takia. (Malamateniou, Knapp, Pergola, Woznitza & Hardy 2021.)

4.4 Tekoäly kuvantamisessa

Tekoäly on lupaava innovaatio lääketieteellisessä kuvantamisessa ja sen tutkiminen on lisääntynyt myös kirjallisuudessa. Painotus tekoällyn mahdollisuuksissa kuvantamisessa on ollut MRI- ja TT-kuvantamisessa, sillä ne yhdessä kattavat 50 % tutkitusta kirjallisuudesta. Kuvantamisessa radiologit ovat aiemmin vain silmämääräisesti havainnoineet kuvia, mutta nyt kuvantaminen on siirtymässä tekoälyavusteiseen kuvien tulkintaan. Radiologit ovat olleet tekoällyn käyttöönoton eturintamassa kuvantamisessa. (Pesapane, Codari & Sardanelli 2018.) Tekoällyn ensisijainen tehtävä on parantaa kuvantamisen tehokkuutta, sekä minimoida virheitä ja tarjota päätöksenteko apua. Tekoälyä voidaan hyödyntää kuvantamisen eri vaiheissa, aina protokollan valinnasta kuvantulkintaan. Tällä hetkellä tekoälyalgoritmeja on opetettu vain rajattuihin tehtäviin. Leikekuvantamisessa tekoälyalgoritmeja on esimerkiksi koulutettu tunnistamaan natiivi-TT:stä kallonsisäinen verenvuoto tai tuore aivoinfarkti ja magneettikuvantamisessa esimerkiksi tunnistamaan polven eturistisiteen repeämän. Nämä algoritmit ovat osoittautuneet hyödyllisiksi radiologin työssä. Kuvantaminen on lisääntynyt viime vuosien aikana, joten dataa uusien ja entisten algoritmien opettamiselle on runsaasti saatavilla. (Huhtanen ym. 2020.)

Tällä hetkellä on olemassa myös tekoälysovelluksia, jotka ovat avuksi röntgenhoitajan työssä, mutta niitä on huomattavasti vähemmän kuin radiologeille. Kun tarkastellaan tekoälyä tarkemmin, huomataan sen olleen röntgenhoitajien apuna jo vuosikymmeniä, kun käyttöön on tullut valotusautomaatiikka. Valotusautomaatiikan tullessa käyttöön röntgenhoitaja pystyi itse valitsemaan kilovoltti (kV) arvon, mutta automaatiikka osasi itse määrittää milloin filmi oli saavuttanut riittävästi säteilyä, jolloin saatiin riittävän diagnostinen kuva. Nykyisin tekoälyä voidaan hyödyntää kognitiivisempiin eli tiedollisempiin tehtäviin ja näitä toimintoja voidaan automatisoida. Jotta tekoälytoimintoja voidaan nykyisin

ottaa käyttöön, täytyy niistä olla näyttöön perustuvaa tietoa niiden toimivuudesta. Tekoälytoimintoja verrattaessa toimintoihin ilman tekoälyä on havaittu tekoälystä olevan hyötyä röntgenhoitajan ammatissa. (Hardy & Harvey 2020.)

4.5 Terveysthuolto, röntgenhoitaja ja tekoäly

Kuvantamisen määrän lisääntyä on alettu tutkimaan keinoja, joiden avulla kuvantamisen palveluita saataisiin tehostettua. Tekoäly on osoittautunut potentiaalisesti tehostamisen keinoksi, mutta ensin tekoälyn toimivuutta on tutkittava ja valvottava ennen sen ottamista potilaskäyttöön. Tärkeää on myös tunnistaa tekoälyyn liittyvät riskit. (Hardy ja Harvey 2020.) Tekoälysovellusten aiheuttamista haitoista ja potilasturvallisuudesta ovat vastuussa terveydenhuollon ammattilaiset, jolloin heiltä edellytetään riittävää ymmärrystä tekoälyn toimivuudesta. Tekoälyn luotettavuuden lisäksi oikeudenmukaisuus ja tasavertaisuus nähdään haasteena, vaikka muut eettiset velvollisuudet täytyisivät. Jos tekoälyjärjestelmät voivat yhdenmukaisesti parantaa tasavertaisuutta, on myös vaatimus, että ne eivät pahenna eriarvoisuutta. Tämän potentiaalin hyödyntäminen edellyttää kuitenkin parhaiden käytäntöjen ja kansainvälisten eettisten ohjeiden laatimista yhteistyössä ihmisiä korvaaville teknologioille. (Goodman ym. 2020.) Tekoälyllä tulee olemaan tulevaisuudessa merkittävä rooli terveydenhuollossa. Tekoälyä hyödynnetään tällä hetkellä terveydenhuollossa esimerkiksi lääkekehityksessä, diagnostiikassa ja sairaalan hallinnassa ja tekoälystä on havaittu olevan hyötyä. (Hosny, Parmar, Quackenbush, Schwartz & Aerts 2018.)

Tekoäly on uusi asia kuvantamisessa, joten tämä on otettava huomioon työkuormittavuudessa. Kuvantamisen määrän lisääntyminen tarkoittaa potilasmäärien lisääntymistä, mikä kuormittaa röntgenhoitajia. Vaikka tekoälyllä on tarkoitus tehostaa kuvantamisen toimintaa ja kuvantamiskapasiteettia, on otettava huomioon työntekijöiden jaksaminen työelämässä. Tekoäly ei pysty informoimaan työntekijöiden rasituksesta tai siitä, milloin potilaita on liikaa. Röntgenhoitajat valvovat tekoälyn toimintaa ja ovat potilastyössä mukana, joten vastuu kuvantamistutkimuksesta on edelleen röntgenhoitajalla. (Hardy & Harvey 2020.)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän kirjallisuuskatsauksena toteutetun opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla, miten tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön leiketutkimusten eri vaiheissa. Kirjallisuuskatsauksen tulokset esitetään infograafin muodossa. Infograafi toimii opetuksen tukena Evidence-based clinical radiography- opintojaksolla. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tuoda ajankohtaista ja luotettavaa tietoa tekoälystä röntgenhoitajaopiskelijoille sekä röntgenhoitajille. Lisäksi tavoitteena on kehittää röntgenhoitajaopiskelijoiden ja röntgenhoitajien osaamista ja valmiutta hyödyntää tekoälyä työssään.

Tutkimuskysymyksiä, joihin etsimme vastauksia tässä kirjallisuuskatsauksessa ovat:

Kuinka tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön leiketutkimusten eri vaiheissa? Mitä hyötyä tai mahdollista haittaa tekoälystä voi olla?

6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

6.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Narratiivisessa eli kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tarkoituksena on kertoa ja kuvata valitun aiheen aikaisemmista tutkimuksista. Katsauksessa tuodaan esille tutkimuksen menetelmän vaiheet sekä kerrotaan, miten eettisyys ja luotettavuus toteutuu tutkimuksessa. Tutkimus toteutetaan tutkimusasetelman avulla. Tutkimusasetelmana käytetään ennen aineistohakua päätettyjä tutkimuskysymyksiä, joihin haetaan vastausta tutkimuksen avulla. (Stolt, Axelin & Suhonen 2015.)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus voidaan esittää eri tavoilla, kuten kuvailemalla menettelytapoja ja tutkimusprosessia tai tuomalla esille tutkimusaiheen menetelmällisiä tutkimuselementtejä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan erityisesti vertaisarvioituja tutkimuksia. Katsauksessa voidaan tuoda esille tutkimuksen tulokset yleiskatsauksena, kertomalla tuloksien laajuudesta, määrästä ja yleistettävyydestä. Kuvailevan katsaustyyppin kysymyksenasettelu on tyypillisesti laaja, mutta se voi sisältää erilaisia rajoituksia. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on prosessi, joka sisältää materiaalin hankinnan, tekstinaineiston taulukoinnin ja analyysin tutkimuksen arvon osoittamiseksi. (Stolt ym. 2015.)

6.2 Aineiston keruu

Kaikki kirjallisuuskatsaukset sisältävät tietyt samat vaiheet, jotka tekevät katsauksen valitun tutkimusaiheen kirjallisuuteen. Kokonaiskuvan muodostaminen aikaisemmista tutkimuksista on kirjallisuuskatsauksen perimmäisin tarkoitus. Kirjallisuuskatsauksen viisi välttämätöntä vaihetta ovat katsauksen tarkoituksen ja tutkimusongelman määrittäminen, kirjallisuushaku ja aineiston valinta, tutkimusten arviointi, aineiston analyysi ja synteesi sekä lopuksi tulosten raportointi. (Stolt ym. 2015.)

Opinnäytetyöhön valittavien lopullisten tutkimuksien löytämiseksi, jouduttiin käymään läpi useita artikkeleita. Jotta artikkeleita oli helpompi löytää tietokannoista, käytimme täsmäntäviä hakusanoja. Käytetyt tietokannat, hakusanat ja rajoitukset on esitetty liitteenä olevassa tiedonhaku- ja hakutaulukossa (liite 2: tiedonhaku). Etsimme tietoa erilaisista tietokannoista mutta lopulliseen työhön valitsemamme tutkimukset löysimme Pubmed ja Medic tietokannoista. Pubmedistä löysimme parhaiten tutkimuksemme sopivia tutkimuksia, kun muista tietokannoista niitä ei välttämättä löytynyt. Pubmed sisältää tutkimuksia lääketieteenaloilta, johon aiheemme kuuluu. Pubmedissa on myös monipuolisesti tutkimuksia erilaisista näkökulmista. Missään vaiheessa tutkimuksia ei löytynyt mitenkään ylitse pääsemättömän paljon, joten oli suhteellisen helppo valita, mitä tutkimuksia otimme tarkempaan tarkasteluun ja mitkä jätimme pois. Vaikeutena oli ennemminkin löytää aiheeseemme sopivia tutkimuksia. Halusimme valita mahdollisimman tuoreita tutkimuksia, jotta saisimme ajankohtaista tietoa tutkimastamme aiheesta. Melkein kaikki löytämämme tutkimukset olivat englanninkielisiä, joten teimme artikkeleiden käännöksen huolella, jottei tutkimustieto muuttunut.

Tiedonhaun alussa otimme tarkempaan läpikäymiseen tutkimukset, joissa käsiteltiin jostain näkökulmasta tekoälyä. Tällä tavoin pääsimme alkuun tiedonhaussa ja saimme tietoa, siitä minkä verran tutkimuksia on löydettävissä sekä millaisilla hakusanoilla tutkimuksia olisi hyvä etsiä. Seuraavilla tiedonhakukerroilla osasimme valita hakusanat paremmin, jotta löytäisimme juuri aiheeseemme sopivia tutkimuksia. Valitessamme lopullisia tutkimuksia poissuljimme tutkimukset, jotka eivät käsitelleet

aihetta röntgenhoitajan näkökulmasta sekä mitkä eivät vastanneet tutkimuskysymyksiimme. Rajasimme tarkemmin aihetta tilaajan edustajan kanssa. Rajasimme aiheen selkeämmin ja keskityimme leiketutkimuksiin eli tietokonetomografia ja magneettitutkimuksiin, jotta lopullista työtä pystyisi hyödyntämään opetusmateriaalina loppuvaiheen röntgenhoitajaopiskelijoille Evidence-Based Clinical Radiography -nimisellä opintojaksolla. Poissuljimme myös tutkimukset, joissa ei käsitelty aihetta leiketutkimuksien näkökulmasta.

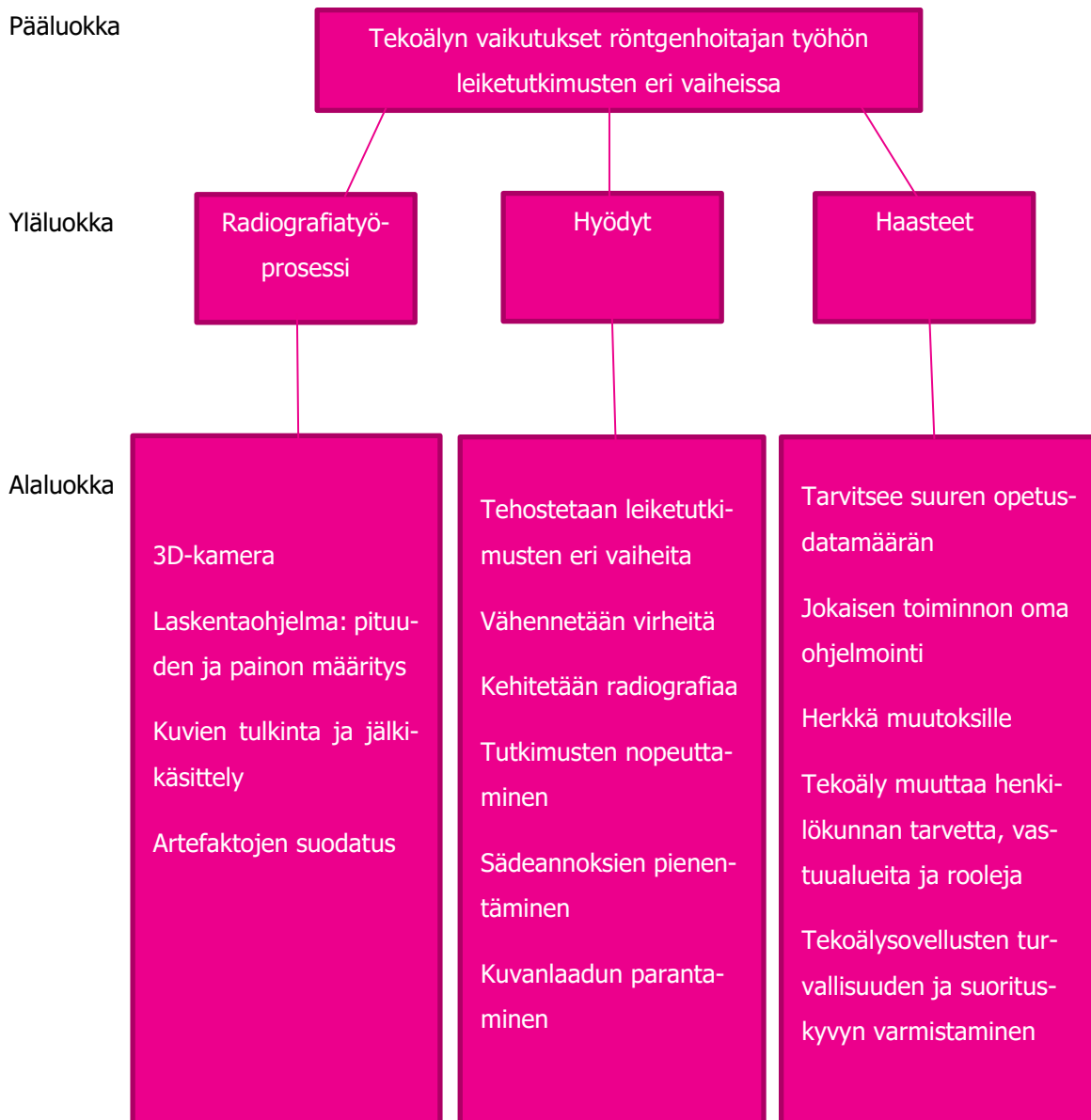
6.3 Aineiston analyysi

Kirjallisuuskatsauksen yhtenä tärkeänä vaiheena on tutkimuksien perusteella tehdä yhteenvetoa ja analysoida löydettyjä tutkimuksia niiden tuloksien perusteella. Lopuksi kirjallisuuskatsauksen tekijät kirjoittavat ja tulkitsevat tuloksia siten, että niistä muodostuu ymmärrystä lisäävä kokonaisuus. Tärkeää on kertoa tutkimuksien oleelliset tiedot niin tekijät kuin julkaisuaikat, tarkoitukset, menetelmät sekä muut tiedot, se on analyysikohdan ensimmäinen vaihe. Toisessa analysoinnin vaiheessa kirjallisuuskatsauksen tekijät lukevat valitsemiaan aineistoja ja tekevät niiden pohjalta muistiinpanoja. Kolmannessa analysoinnin vaiheessa kerätystä materiaalista muodostetaan kokonaisuus. (Stolt ym. 2015.)

Aineiston sisällönanalyysillä pyritään vertailemaan ja jaottelemaan saatuja tutkimustuloksia. Analyysillä on tarkoituksena saada selkeä kokonaisuus tutkimuksista, ja mitkä ovat tärkeimmät näkökulmat tuloksien kannalta. Aineiston luokittelun avulla pyritään saamaan teksti tiiviiseen muotoon, kuitenkin kadottamatta sisällön tarkoitusta. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 42.) Valitsemamme tutkimukset analysoimme käymällä läpi niiden sisällön ja tarkastelemalla minkälaista tietoa niissä oli tekoälystä. Alkuun meillä oli haasteita löytää tutkimuksia, joilla saisimme tietoa tutkimastamme aiheesta sekä haluamastamme röntgenhoitajan näkökulmasta. Analysoimme tutkimuksia aineistolähtöisesti tutkimuskysymyksemme avulla. Analysointi luokittelun pääluokkana on tutkimuskysymyksemme. Tämän jälkeen erottelimme aineistosta, millaisista erilaisista näkökulmista löysimme tietoa tekoälystä. Luokittelimme näkökulmat kolmeen eri yläluokkaan selvittämään analysointia ja koostamaan eri ryhmiin löytämämme tärkeimmät tutkimustulokset sekä aineistosta nousseet tekoälyn hyödyt ja haasteet. Luokittelun yläluokat rakennettiin huomioiden röntgenhoitajan näkökulma, mihin tutkimuskysymyksellä etsimme vastauksia. Seuraavaksi analysoimme mihin eri yläluokkiin löytämämme tulokset liittyivät. Näistä tutkimustuloksista muodostui alaluokat. Alaluokissa on esitelty kaikki tärkeimmät tutkimuslöydöksemme. Analyysin luokittelun avulla pystyimme esittämään analysoinnin ja löytämämme aineiston tulokset tiiviissä muodossa (taulukko 1). Analysoimalla pystyimme myös tutki-
maan, saisimmeko tutkimustuloksilla vastausta aikaisemmin valitsemiimme tutkimuskysymyksiin vai pitäisikö niitä muuttaa saadun aineiston takia, jotta niihin saataisiin tutkimuksessa vastaus. Saimme tutkimuksien avulla hyvin vastauksia tutkimuskysymyksiimme erilaisista näkökulmista. Tuloksien avulla pystyimme yhtenäistämään löytämäämme tietoa ja selvittämään olivatko tulokset yhdenmu-
kaisia. Saatujen tuloksien perusteella pystyimme tekemään johtopäätöksiä, siitä millaista tutkimus-
tietoa tällä hetkellä on olemassa aiheestamme sekä millaisia tekoälysovelluksia on jo käytössä. Pys-
tyimme myös tekemään johtopäätöksiä, millaisia tutkimuksia pitäisi vielä tehdä lisää tulevaisuudessa

sekä miten tekoäly kehittyy ja millaisia tekoälysovelluksia voi olla tulevaisuudessa tulossa. Johtopäätöksissä tärkeimpänä oli päätellä, millaisia muutoksia tekoäly oli jo tuonut, ja on vielä tulevaisuudessa tuomassa röntgenhoitajan työhön.

TAULUKKO 1. Analyysin luokittelu.



6.4 Tutkimuksien näytönaste

Tutkimuksien näytönasteella arvioidaan tutkimuksien luotettavuutta. Näytönasteen ollessa hyvä, voidaan luottaa, että tutkimustieto on todenmukaista ja sitä pystytään hyödyntämään jatkotutkimuksissa. Tutkimuksen näytönastetta arvioidessa otetaan huomioon, millaisia tutkimuksia ja tutkimusmenetelmiä on käytetty. Arvioidessa myös määritellään tulosten yhteneväisyyttä, miten hyvin löydetty tulokset vastaavat tutkimuskysymyksiin ja pystytäänkö tuloksia käyttämään tulevaisuudessa lisätutkimuksissa. (Hotus julkaisuaika tuntematon.)

Lopulliseen tutkimukseen, valitsemamme tutkimukset olivat näytönasteeltaan vaihtelevia. Niissä oli käytetty hyvin erilaisia tutkimusmenetelmiä. Tutkimusasetelmat vastasivat tutkittaviin kohteisiin ja antoivat todenmukaisia tuloksia tutkittavasta aiheesta. Osassa tutkimuksissa oli hyvä ja tarpeeksi

suuri tutkimusotanta, joten tulokset olivat luotettavia (Geissler ym. 2021; Booij, Budde, Dijkshoorn & van Straten 2021). Osassa oli hieman pienempi tutkimusotanta, mikä huononsi tuloksien luotettavuutta mutta kuitenkin tutkimuksessa oli käytetty tutkimukseen sopivaa tutkimusmenetelmää (Metsälä ym. 2020). Tutkimuksissa oli käytetty tutkimusmenetelmänä esimerkiksi haastatteluita, joissa oli haastateltu röntgenhoitajia (Metsälä ym. 2020; Ryan ym. 2021). Tällaisesta tutkimusasetelmasta saadaan tietää monipuolisesti juuri meidän kiinnostuksemme kohteena olleiden röntgenhoitajien ajatuksia tekoälystä. Tuloksista sai tällöin hyvän kuvan, miten käytännön työssä tekoäly näkyy ja mitä mielipiteitä se herättää. Tutkimustulokset olivat yhtenäisiä sen suhteen, miten tekoäly vaikuttaa nyt ja tulevaisuudessa röntgenhoitajan työhön. Tutkimuksista pystyi hyödyntämään hyvin niissä esiintyviä tulokset ja pystyi luottamaan niihin. Tulevaisuudessa varmasti lisääntyy tutkimustieto tästä aiheesta, kun tekoäly vielä enemmän yleistyy käytännössä. Röntgenhoitajien näkökulmasta pitäisi saada enemmän tutkimustietoa, koska he ovat niitä, jotka työssään käyttävät tekoälyä ja valvovat sen toimivuutta. Luotettavuutta tutkimukseemme olisi saanut lisättyä sillä, että olisimme löytäneet enemmän tutkimuksia, jolloin olisimme saaneet tutkimustuloksia enemmän ja monipuolisemmin. Kaikki käyttävämme tutkimukset olivat vertaisarvioituja. Tutkimuksien näytönaste oli kokonaisuudessaan kohtalainen.

6.5 Ammatillinen poster

Ammatillisen posterin avulla saadaan tiivistettyä tietoa tutkitusta aiheesta. Posterin on hyvä olla ulkonäöltään selkeä ja mielenkiintoa herättävä. Posterin avulla tutkimuksesta saa esiteltä helposti kaikki tärkeimmät tutkimustulokset tiiviissä muodossa. Posterin avulla lukija saa tietää helposti, mistä tutkimuksesta on kyse ja mitä tietoa tutkimuksesta saa. Posterissa on hyvä olla kuvia ja tekstiä sopivassa suhteessa, jotta se ei ole liian sekava eikä posterin tarkoitus katoa. Tekstin ja taustan on tärkeää erottua tarpeeksi toisistaan, jotta teksti on helposti luettavissa. Kirjainkoon on oltava suurimmillaan otsikossa, jotta se olisi silmiinpistävä ja tuloksien tulee vastata tutkimuskysymykseen, joka on esitetty. Posterissa on tärkeää olla kuvia, koska niillä saadaan monesti lukija kiinnostuneeksi. Kuvien on tärkeää liittyä aiheeseen, kuten esimerkiksi tutkimustuloksiin. (Gundogan, Koshy, Kurar & Whitehurst 2016.) Tässä infograafina toteutetussa posterissa valittiin pääväriksi keltainen, sillä keltaisen värin erottaa hyvin ja se herättää huomiota.

Posterimme on tehty Affinity Publisher 2 -ohjelmalla, kaikille posterissa käytetyille kuvamateriaaleille on käyttöoikeus. Kuvakkeiden lähteet on merkitty infograafin oikeaan alareunaan julkaisijan Flaticon ohjeiden mukaisesti. Taustakuva ja robotin kuva ovat Pexels-kuvapankista ja kuville on täydet käyttöoikeudet.

7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET

7.1 Potilaan asettelu 3D-kameralla

Tietokonetomografiatutkimusten määrä on viime vuosina lisääntynyt. Röntgenhoitajat käyttävät potilaan asettelussa apunaan lasereita, joiden avulla tarkistetaan potilaan asento ja keskipiste. Potilaan asettelu on riippuvainen katsojasta, joten potilaan asettelussa on vaihtelua röntgenhoitajien välillä. Leikekuvantamisessa potilaan tarkka asettelu on tärkeää, hyvän kuvanlaadun ja optimaalisen säteilyannoksen saavuttamiseksi. Tietokonetomografiatutkimuksessa potilas saa suuremman säteilyannoksen verraten esimerkiksi luukuvantamiseen. Siksi TT tutkimuksissa potilaan saama sädeannos tulee pitää niin matalana kuin mahdollista. TT:n annosoptimointiin on olemassa erilaisia optimointitekniikoita, kuten automatisoitu putkivirtamodulaatio (ATMC) ja automatisoitu putkivirran valinta. (Raman, Johanson, Deshmukh, Grant & Fishman 2003.) Potilaan asettelulla voidaan vaikuttaa myös annoksen optimointiin, vaikka se voi vaikuttaa vähäpätöiseltä. Potilaan asettelun avuksi röntgenhoitajille on kehitelty infrapunakameralla varustettu 3D-kamera, joka tunnistaa potilaan ääriviivat. Kamera on yhdistetty skanneriin ja aseteltu potilaan yläpuolelle, jolloin kamera ei näe potilasta kuin yläsuunnasta. Potilas asetellaan kuvauspöydälle protokollan mukaiseen asentoon, jonka jälkeen 3D-kameralla otetaan suunnittelukuva, jonka pohjalta algoritmi luo avatarin eli tilastollisen muotomallin. Avatar omaksuu potilaan asennon ja kehon mittasuhteet. Röntgenhoitajien ja 3D-kameran avulla asettelua vertailtiin keskenään. Tutkimuksiksi valikoitiin vatsan ja pään alueen TT-tutkimukset, joissa asettelua vertailtiin. (Booij ym. 2019.)

3D-kameran asettelua verrattiin röntgenhoitajien asetteluun TT:ssä, jossa 3D-kameralla asettelu havainnoitui tarkemmaksi vaikkakaan ei täydelliseksi. Vastanalueen tutkimuksessa pöydän korkeuden poikkeama röntgenhoitajien ja 3D-kameran välisessä asettelussa oli merkittävin ero. Röntgenhoitajilla pöydän korkeuden mediaani vaihteli 9,5 mm kun 3D-kameralla aseteltuna mediaani oli 6,8 mm. Kaikkia tutkimukseen valikoituja kuvauksia tarkasteltiin ja havaittiin, että röntgenhoitajat ja 3D-kamera olivat asettelleet 79,1 % potilaista liian ylös ja vastaavasti 20,9 % potilaista liian alas. Pään TT:ssä asetteluero ei ollut niin merkittävä kuin muiden tutkimukseen valikoitujen kohteisen asetteluissa. Tutkimuksessa huomattiin 3D-kameran pystyvän asettelemaan potilaat tarkemmin kuin röntgenhoitajat isosentripisteeseen. Vaikka 3D-kamera on röntgenhoitajan apuna asettelussa, täytyy röntgenhoitajan edelleen valvoa ja arvioida 3D-kameran asettelua. 3D-kameran haasteita asettelussa on, ettei se pysty vielä tunnistamaan käsiä tai voimakkaasi taipuneita raajoja. Haastavilla potilailla 3D-kameraa ei pystytä vielä käyttämään, joten näissä tapauksissa asettelun suorittaa röntgenhoitaja. Tutkimukseen ei myöskään valittu potilaita, jotka liikkuvat 3D-kameran ääriviivojen havaitsemisen jälkeen. Tutkimuksesta jätettiin pois haastavasti aseteltavat potilaat. Röntgenhoitajien asettelua voidaan helpottaa tällaisen tekoälyn avulla, vaikka parhain tulos tulee röntgenhoitajan ja tekoälyn toimiessa yhdessä. (Booij ym. 2019.)

7.2 Pituuden ja painon määrittämisen algoritmi

Geisslerin ja kumppaneiden (2021) tekemässä tutkimuksessa tavoitteena oli kehittää algoritmi, jonka avulla voidaan arvioida potilaan pituus ja paino sekä arvioida varjoaineannostus TT:llä hyödyntäen 3D-kameraa. 3D-kameralla pystyy tallentamaan potilaan pinta- ja syvyystietoja infrapunatekniikalla,

jonka avulla potilaan pituuden ja painon määrittäminen on mahdollista. Tutkimuksen lähtökohtana oli algoritmin, potilaan arvion ja hoitohenkilökunnan arvioiden tulisi poiketa merkittävästi toisistaan. Tutkimukseen valikoitiin satunnaisesti 321 21–92-vuotiaasta potilasta. Potilaat punnittiin kalibroidulla vaa’alla ja mitattiin seinään kiinnitettävällä mittanauhalla, joihin tuloksia verrattiin. (Geissler ym. 2021.) 3D-kameran toiminnan periaate on sama kuin asettelussa.

Geisslerin ja kumppaneiden tutkimuksessa algoritmi pystyy tunnistamaan potilaan asennon ja anatomiset rakenteet, kuten esimerkiksi hartiat, polvet ja nilkat. Anatomisten rakenteiden avulla avatar sovitetaan syvyystietoihin, avatar on kuitenkin tilastollinen mittasuhteisiin. Rajoitteita mittasuhteiden määrittämiseen ovat leveät vaatekappaleet, peitot ja niskatuet, jotka häiritsevät mittasuhteiden määrittämistä. Avatarista saadaan määriteltyä pituus vertaamalla kehon korkeuteen ja paino ihmiskudoksen tiheydestä. Algoritmile määriteltiin tietty vakioasento ja erikseen alaryhmä, johon määriteltiin toinen kuvausasento jonka mukaan algoritmi arvio potilaan pituuden ja painon. Tuloksia tarkastellessa ei havaittu merkittävää eroa mitattujen ja arvioitujen pituuden ja painon välillä, sillä kaikilla ryhmillä oli taipumus arvioida painoa $5 \text{ kg} \pm$. 3D-kameran arvioita tarkemmin tarkastellen huomataan sen laskevan 25 % potilaista liian kevyiksi ja 10 % liian painaviksi, mutta tulos on kuitenkin 33 % parempi kuin röntgenhoitajilla. Kameran havaittiin arvioivan paremmin potilaiden painon, joilla on normaali painoindeksi (BMI). Algoritmin avulla pystyttäisiin määrittelemään tulevaisuudessa varjoaineen määrä, mutta algoritmi tarvitsee vielä kehittelyä, jotta se toimisi luotettavasti. (Geissler ym. 2021.)

7.3 MRI skannausaika

Magneettikuvantaminen on TT kuvantamiseen verraten huomattavasti hitaampaa kuvaustekniikan myötä. Kuvasajan pituuteen vaikuttaa kuvassekvenssien määrä sekä eri kuvaussuunnat kohteesta, joista radiologi haluaa kuvia. (Aronen ym. 2017, 11–12.). MRI kuvantamisesta ei saada yhtä nopeaa kuvantamismenetelmää kuin TT:stä, mutta tekoälyn avulla sitä voidaan nopeuttaa hieman. Magneettitutkimuksissa potilaan täytyy olla mahdollisimman paikallaan kuvauksen ajan, jotta kuvista tulisi selkeitä ja tarkkoja. Magneettikuvat ovat herkkiä erilaisille artefaktoille eli kuvan vääristymille, jonka voi aiheuttaa esimerkiksi potilaan liikkuminen. Diagnosoinnin kannalta olisi tärkeää, että kuvista erottaisiin paremmin artefaktat muista löydöksistä, kuten esimerkiksi kasvaimista. (Piazza 2018.)

Tutkijat halusivat kehittää sovelluksen, joka pystyisi automaattisesti prosessoimaan kuvia. Koulutettujen neuroverkkojen avulla tutkijat pystyivät luomaan jälleenrakennusprosessin, jonka nimeksi annettiin AUTOMAP. Neuroverkkojen opettamiseen käytettiin 50 000 aivojen MRI-kuvaa, jonka jälkeen testattiin, kuinka hyvin sovellus pystyi rekonstruoimaan eli jälkikäsittelemään kuvia oikealla MRI-laitteella. AUTOMAP-sovelluksen toimivuutta testattiin käytännössä magneettitutkimuksissa ensin terveillä potilailla. Tutkimuksessa todettiin, että sovelluksen avulla saadaan laadukkaampia kuvia, sillä sovelluksen avulla kuvissa esiintyi vähemmän kohinaa sekä kuvien signaali-kohinasuhde (SNR) oli parempi kuin MRI-laitteen tekemissä muokkauksissa. Sovelluksen SNR-arvo oli 21,6 verrattuna MRI-laitteen 17,6 arvoon. Sovelluksen havaittiin tekevän myös vähemmän virheitä ja se oli nopeampi jälkikäsittelemään kuvat. Sovelluksen avulla kuvien rekonstruktio kestää ainoastaan kymmeniä millisekunteja. Tällä hetkellä käytössä olevat ohjelmistot joutuvat käyttämään hidasta matemaattista

laskentaa kuvien muokkaamiseen. Tämän takia välillä joudutaan turvautumaan uusiin magneettitutkimuksiin, koska löydöstä ei pystytä tunnistamaan reaaliaikaisesti tutkimuksen aikana. Automapin avulla voitaisiin reaaliaikaisesti muokata kuvia ja saada näin luotettavampaa tietoa löydöksestä, mikä auttaisi diagnosoimisessa sekä näin ollen välttyttäisiin lisätutkimuksilta. (Piazza 2018.)

7.4 Tekoälyn integrointi MRI kuvantamiseen

Abuzaidin ja kumppaneiden (2021) kyselyssä röntgenhoitajilta kysyttiin mielipidettä tekoälyn integroinnista osaksi MRI kuvantamista ja keinoja, joilla tekoäly voisi kehittää heidän työtään. Tekoälyn integroiminen osaksi magneettikuvantamista on vielä aluillaan ja röntgenhoitajien ääni on tärkeä saada kuuluviin. Tutkimukseen osallistui 98 MRI röntgenhoitajaa, joiden vastausten pohjalta tulokset koottiin. Vastaava tutkimus oli suoritettu vuonna 2020, jolloin röntgenhoitajat tunsivat vain tekoälyn perusteet. Tällöin suhtautuminen tekoälyn integroiminen MRI kuvantamiseen ei ollut niin myönteistä kuin viimeisimmän tutkimuksen tulokset osoittivat. Kyselyyn vastanneista 91,8 % ajattelivat tekoälystä olevan hyötyä protokollan valinnassa. (Abuzaid, Tekin, Reza, Elhag & Elshami 2021.) MRI protokollat koostuvat erilaisista sekvensseistä, jotka on suunniteltu juuri tietylle kehon alueelle optimaalisen kuvauksen onnistumiseksi (Bell 2022). Automaattisen protokollan valinnan avulla saataisiin tehostettua MRI kuvantamisen suorituskyyä. MRI- protokollan valinnan katsotaan olevan radiologin ja röntgenhoitajan yhteisellä vastuulla, mutta tekoäly voi olla auttaa määrittämään sopivan protokollan ja sekvenssit tietyille kohteille. (Abuzaid ym. 2021.)

79,5 % kyselyyn vastanneista ajattelivat, että tekoälyn avulla saataisiin parannettua kuvien jälkikäsittelyä. (Abuzaid ym. 2021.) MRI kuvien jälkikäsittelyllä voidaan MRI kuvista saada enemmän informaatiota määrittämällä eri rakenteita ja havainnoimaan vaurio kohtia tarkemmin (Wang & Alexopoulos 2016). MRI kuvien jälkikäsittelyä tehdään jo automaattisesti, mutta tekoälyn avulla voidaan tehostaa kuvien jälkikäsittelyä ja kuvanmuodostusta. Kolmantena kyselyssä 65,8 % vastanneista nostivat esiin skannausajan lyhentämisen tekoälyn avulla. (Abuzaid ym. 2021.)

7.5 Röntgenhoitajan rooli

Tekoälyn tulo osaksi radiologiaa, on herännyt keskustelua terveydenhuollon henkilökunnan rooleista kuvantamisessa. Aiemmin keskustelun kohteena ovat olleet radiologit, mutta nyt keskusteluun ovat tulleet mukaan myös röntgenhoitajat. Tekoälyteknologian lisääntyminen ei kuitenkaan tarkoita näiden ammattiryhmien poistumista, sillä tekoäly ei pysty kaikkiin ammattiryhmien tehtäviin. Ammattiryhmien rooli voi sen sijaan muuttua ja kehittyä tekoälyn kykyjen mukaan. Kuvantamisen kysynnän määrä on viime vuosina lisääntynyt, joka on johtanut osittain alan kehitykseen. Vaikka tekoälyä ollaan tuomassa osaksi kuvantamista, ei se ainoastaan muokkaa röntgenhoitajan ammattia. Muutokset ja kehitysaskeleet vuosien varrella ovat jo muokanneet ammattia, sillä ala kehittyy jatkuvasti. (Hardy & Harvey 2020.)

Röntgenhoitajat ovat hyväksyneet automaatiotekniikoita vuosien varrella aiemminkin. Ensimmäinen merkittävin tekoälyn edistysaskelista 1980-luvulla oli valotusautomaatiikka. Nykyiset tekoälysovellukset tarjoavat samankaltaista päätöksenteko apua, mutta nykysovelluksilla on suurempi potentiaali automatisoida korkeamman tason päätöksenteko tehtäviä. Nykyiset tekoälysovellukset tarvitsevat

kuitenkin edelleen röntgenhoitajan hyväksynnän ja valvontaa. Tekoälyllä voidaan auttaa röntgenhoitajan työtä merkittävästi ja tekoäly pystyykin automatisoimaan paljon röntgenhoitajan tehtäviä kuvantamisen eri vaiheissa. Tekoälyn automatisaatio kuvantamisen eri vaiheissa, voisi kuitenkin vähentää röntgenhoitajan roolia ja vastuuta. Röntgenhoitajien onkin opittava tulevaisuudessa olemaan vuorovaikutuksessa tekoälysovellusten kanssa ja valvomaan niitä. (Hardy & Harvey 2020).

Röntgenhoitajat ovat suorassa vuorovaikutuksessa potilaan kanssa ennen kuvantamista sekä sen aikana ja jälkeen. Ennen potilaan saapumista kuvaukseen on osana käytäntöä perehtyä pyydettyyn tutkimukseen ja indikaatioihin eli syyhyn, jonka vuoksi potilasta tutkitaan. Potilaan ja röntgenhoitajan välistä vuorovaikutusta ei voida korvata tekoälyn avulla. Tekoälysovellus voi kuitenkin röntgenhoitajan valvonnan alaisena auttaa tarkistamaan lähetteitä ja tunnistetietoja. Tekoälysovellusten tulo röntgenhoitajan avuksi ei kuitenkaan poista röntgenhoitajan vastuuta kuvantamisen toteutuksesta. Vaikka tekoälysovellukset tuovat apua potilaan asettelussa ja protokollan valinnassa TT- ja MRI-tutkimuksissa, on röntgenhoitaja edelleen vastuussa kuvantamisen teknisestä toteutuksesta. (Hardy & Harvey 2020).

Röntgenhoitajien asenne tekoälyn tuloon osaksi heidän työtään on myönteinen ja kiinnostunut. Röntgenhoitajien tietämys tekoälystä on viime vuosina lisääntynyt, joka edesauttaa myönteistä suhtautumista siihen. Röntgenhoitajilla täytyy kuitenkin olla riittävä tietotaito tekoälyn kanssa työskentelyyn, jotta he pystyvät käyttämään tekoälyä turvallisesti työssään. Röntgenhoitajat ovatkin nostaneet esille tekoälykoulutuksen puutteen ja kaipaivat sitä lisää, jolloin tietämys tekoälystä ja sovellusten toiminnasta lisääntyisi. Tekoälykoulutusta tulisi integroida osaksi röntgenhoitajan tutkinto-ohjelmaa, jotta tulevaisuuden röntgenhoitajat olisivat tietoisia tekoälystä ja sen tuomista mahdollisuuksista. (Ryan, O'Donovan & McNulty 2021.)

Tekoälysovellusten kehittäminen tarjoaa röntgenhoitajille mahdollisuuden olla mukana kehittämässä alaa eri kehitysvaiheissa, kuten suunnittelussa ja toteutuksessa (Hardy ja Harvey 2020.) Röntgenhoitajan mukana olo kehitysvaiheessa ja toteutuksessa on tärkeää, sillä heillä on työkokemuksen ansiosta näkemys siitä mihin suuntaan sovelluksia tulisi kehittää ja mikä on hyödyllistä. Röntgenhoitajilla täytyy olla riittävä tieto tekoälystä, jotta he voivat osallistua tekoälysovellusten kehittämiseen ja valvoa sovellusten toimivuutta ennen kliinistä toteutusta. Tekoälysovellusten toimivuuden lisäksi röntgenhoitajat valvovat, että tekoälysovellusten tutkiminen ja testaus suoritetaan eettisesti oikein, koska algoritmien opettamiseen käytetään potilaiden tietoja ja kuvia. Röntgenhoitajat osaavat parhaiten arvioida tekoälysovellusten potilasturvallisuuden. Erilaisia tekoälysovelluksia kehitellään avuksi röntgenhoitajien työtä ja tehostamaan kuvantamisen palveluita. Kehitysvaiheessa on hyvä olla mukana ammattilaisia, joilla on käytännönkokemusta, sillä he osaavat arvioida millaiset sovellukset ovat tarpeen ja valvoa sovellusten turvallisuutta. (International Society of Radiographers and Radiological Technologists 2020.)

8 POHDINTA

8.1 Tulosten tarkastelu

Tulosten tarkastelu on osa työn luotettavuutta. Tulosten on oltava avoimia ja ne ovat tärkeä käydä kriittisesti läpi. (THL 2020.) Opinnäytetyössämme tarkastelimme aineistoa ja analysoimme sitä ennen työn aloittamista. Tutkimusaineistomme koostui yhdeksästä vertaisarvioidusta tutkimusartikkelista, joiden tulosten pohjalta löysimme vastaukset tutkimuskysymyksiimme. Saamamme tulokset olivat linjassa keskenään, siitä että tekoäly tulee muokkaamaan röntgenhoitajan työtä ja työympäristöä. Kehitteillä on tekoälysovelluksia, jotka voivat avustaa ja automatisoida röntgenhoitajan työtä. Röntgenhoitajan apuna asettelussa TT tutkimuksissa voidaan käyttää 3D-kameraa kuvalasereiden sijaan (Booij ym. 2019). Tekoälyn avulla asettelusta saadaan tarkempaa verrattuna silmämääräiseen ja tekijä riippuvaiseen asetteluun. Kehitteillä olevan algoritmin avulla voitaisiin 3D-kameralla määrittää potilaan pituus ja paino ja tutkimuksen varjoainemäärä, joka joissakin protokollissa pohjautuu painoon (Geissler ym. 2021). Algoritmista olisi hyötyä ja se toimisi röntgenhoitajan apuna tilanteissa, joissa potilas vuodekuntoinen tai ei pysty kommunikoimaan. Algoritmin avulla tarkkaan määritelty paino edesauttaa tutkimuksen sujuvuutta ja säästää potilaan saamaa sädeannosta. Lasereiden avulla potilaan asettelu on röntgenhoitaja kohtaista, sillä potilas asetellaan silmämääräisesti isosentripisteeseen. Vaikka 3D-kamera on asettelun apuna, on röntgenhoitajan tärkeää osata arvioida asettelua, sillä kyseessä on tekoälysovellus.

Tutkimusaineiston tuloksista löysimme tietoa tekoälyn hyödyntämisestä myös magneettitutkimuksissa. Tekoälyn avulla MRI kuvauksen skannausaikaa voidaan lyhentää AUTOMAP nimisen sovelluksen avulla (Piazza 2018). Skannausajan lyheneminen ei suoraan vaikuta röntgenhoitajan työhön, mutta sen avulla kuvausaikaa saadaan lyhennettyä. Tämä voisi tehostaa MRI kuvauksen onnistumista, sillä potilaan ei tarvitsisi olla niin kauaa magneettiputkessa. Potilaan ollessa kauemman aikaa magneettiputkessa, lisää se liikkeen todennäköisyyttä. Liikeartefakta on yleisin MRI kuvauksen uusinnan aiheuttaja, joten kuvausajan lyhentämisellä kuvausten uusinnalta voitaisiin välttyä paremmin. Röntgenhoitajille suunnatussa kyselyssä tekoälyn integrointiin liittyen kysyttiin röntgenhoitajien tietämystä ja mielipidettä tekoälystä. Röntgenhoitajat ajattelivat tekoälyn auttavan protokollan valinnassa, kuvien jälkikäsittelyssä ja skannausajan lyhentämisessä (Abuzaid ym. 2021). Protokollan valinnasta voisi olla hyötyä haastavissa tutkimuksissa, joissa tekoäly oman vaihtoehtonsa protokollan valintaan. Kuvien tehokkaampi jälkikäsittely tekoälyn avulla auttaisi röntgenhoitajaa näkemään nopeammin MRI kuvien lopputuloksen ja arvioimaan niiden onnistumista. Ilman tekoäly avusteista kuvien jälkikäsittelyä kuvien lopputulos nähdään myöhemmin, joten jos kuvat eivät olekaan onnistuneita joutuu potilas tulemaan uusintakuvaukseen. Tehokkaampi kuvien jälkikäsittely säästäisi resursseja ja olisi myös potilasystävällisempi. AUTOMAP:n avulla skannausajan lyhentäminen lyhentäisi varsinaista kuvausaikaa, jolloin potilaan ei tarvitsisi olla niin kauaa magneettiputkessa. Näin todennäköisyys liikeartefaktalle voisi pienentyä, jolloin kuvaussarjojen uusimista voitaisiin välttää. Kuvausajan lyheneminen on myös potilasystävällisempää.

Röntgenhoitajien tietämys viime vuosina tekoälystä lisääntynyt, joka näkyy myönteisempänä suhtautumisena tekoölyyn (Abuzaid ym. 2021). Tekoälyn tarkoituksena on tehostaa kuvantamista ja olla röntgenhoitajan apuna, eikä korvata röntgenhoitajan ammattia. Tekoäly ei kykene potilaskohtaamisiin empatiakyvyn puutteen vuoksi. Potilaskohtaamisissa tarvitaan röntgenhoitajaa, joka on vastuussa tutkimuksen toteutuksesta. Tekoäly voi tarjota röntgenhoitajille uusia mahdollisuuksia esimerkiksi mahdollisuuden olla mukana kehittämässä uusia tekoälysovelluksia. Tekoäly tulee vaikuttamaan tulevaisuudessa röntgenhoitajan työhön, joten on tärkeää, että röntgenhoitajien ajatuksista tekoälystä on kysely. Tekoäly tulee muuttamaan kuvantamista ja on tärkeää röntgenhoitajien saavan ajanmukaista koulutusta. Tekoälyn tuntemus auttaa röntgenhoitajia valvomaan tekoälyn toimintaa paremmin ja auttaa heitä antamaan palautetta tekoälyn toimivuudesta. Tekoälyllä voidaan automatisoida röntgenhoitajan nykyisiä työtehtäviä. Liiallisen automatisaation seurauksena röntgenhoitajien päätöksentekokyky voisi mahdollisesti heikentyä, samoin kuin kliiniset taidot.

Tekoäly on vielä kehitteillä ja sen toimivuutta testataan. Tekoälystä tehdyt tutkimukset eivät aina anna realistista tulosta sovelluksen toimivuudesta kaikilla potilailla, sillä tarkastelemissamme tutkimuksessa usein rajattiin pois tiettyjä potilasryhmiä. Kuvantamisessa käy monen ikäisiä ja kuntoisia potilaita, joten tekoälyn toimivuutta kaikilla potilailla ei voida määrittää.

8.2 Eettisyys ja luotettavuus

Tutkimusten suorittaminen eettisesti säädetään lailla ja tutkijayhteisön sääteleminä. Tutkijalla on eettisiä ja moraalisia velvoitteita ja pakotteita kun aloittaa tutkimuksen tekemisen. Tutkimuksen alussa tehty suunnitelma ja työn toteutus sekä lopullinen julkaistava tutkimus pitää tallentaa tieteellisen tiedon asettamien sääntöjen mukaisesti. Tutkimuksesta pitää osoittaa, ettei sitä ole tehty vilpillisin keinoin. (TENK 2012.) Ammattikorkeakoulujen eettisten ohjeiden mukaisesti opinnäytetyön toteuttamisessa pitää käyttää eettisesti hyväksyttyjä toimintatapoja. Näiden ohjeiden mukaisesti opinnäytetyön tekijöiden on hallittava tieteellinen vastuu omasta työstään sekä toteuttaa työ eettisten normien mukaisesti. (ARENE 2019.) Opinnäytetyömme on toteutettu eettisten ja tieteellisten käytäntöjen mukaisesti. Jotta tämä toteutui, kiinnitimme huomiota valitsemiimme lähteisiin. Eettisyys huomioitiin työssämme merkitsemällä valitut lähteet lähdemerkintöjen mukaisesti. Aihetta valitessamme teimme eettisen valinnan. Valitsemastamme aiheesta ei ole vielä montaakaan opinnäytetyötä, joten valitsemamme aihe on ajankohtainen. Olemme myös pohtineet omaa ammatillista kasvuamme ja samalla itsearvioineet käyttämiämme toimintatapoja. Ennen opinnäytetyön julkaisua varmistimme, että lähdeviittauksemme eivät ole suoraan kopioituja palauttamalla työn Turnitin plagioinnin tarkastuspalveluun.

Tutkimuksen tulee olla luotettava ja siinä täytyy olla uskottavat tutkimustulokset. Toimintatapoja, joilla näihin tuloksiin päästään on rehellisyys, huolellisuus, tarkkuus tutkimusta tehdessä ja tulosten tallentaminen. Tutkimusta voidaan silloin pitää luotettavana, kun sen tekemiseen on käytetty hyviä tieteellisiä toimintatapoja. (TENK 2012.) Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida sen rakenteesta. Rakenteessa tulee olla esitettyä johdanto, teoriaosuus, tutkimusmenetelmät ja -tulokset sekä pohdinta. Jokaiselle kohdalle on annettu tietyt kriteerit, joiden avulla niitä voidaan arvioida. (Aira 2005.) Tekijänoikeudella suojellaan teoksen tekijän oikeuksia. Teoksen tekijällä on yksinoikeus päättää, miten teosta hyödynnetään. Tekijänoikeus antaa muille mahdollisuuden käyttää teoksen

näkökulmaa, tutkimustietoa ja teoksessa käytettyä teoretietoa vapaasti. Tekijänoikeudella turvataan teoksen ilmaisumuoto, jota ei saa sellaisenaan kopioida. (Tekijänoikeus.fi julkaisuaika tuntematon.) Tutkimuksemme rakenne on laadullisen tutkimuksen arviointikriteereiden mukainen. Tiedonhaku toteutettiin käyttämällä tieteellisesti luotettavia tietokantoja ja käytetystä tietokannasta löytyi aiheeseemme luotettavaa ja ajankohtaista tietoa. Tiedonhausta, sisään- ja poissulkukriteereistä on kerrottu, mikä osoittaa luotettavuutta ja mahdollistaa sen toistettavuuden. Lähteiden valinnassa kiinnitimme huomiota, julkaisuaikaan ja tiedon rehellisyyteen sekä siihen, että käyttämämme tutkimukset olivat vertaisarvioituja. Analysoimme lähteiden soveltavuutta tutkimuksemme tarkoitukseen. Tuotimme kirjallisuuskatsauksen rinnalle myös infograafin. Infograafissa käytettävissä kuvissa täytyi huomioida tekijänoikeudet. Sovimme ohjaussopimuksen koskien opinnäytetyötä ohjaajan kanssa.

8.3 Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tekoälyn hyödyntäminen röntgenhoitajan työssä leikekuvantamisessa, koska aihe on uusi ja halusimme tulevan ammattimme puolesta saada tietoa, kuinka tekoäly mahdollisesti muuttaa tulevaa ammattiamme. Opinnäytetyö oli paljon aikaa vievä monivaiheinen prosessi, jonka työstämiseen ja aiheeseen sopivien lähteiden etsimiseen meni paljon aikaa. Työn realistisen aikatauluttamisen suhteen sekä lähteiden löytämisessä oli eniten haastetta. Jokaisesta opinnäytetyön prosessi vaiheessa oli jotain opettavaista. Vaikka opintojen aikana on tehty kirjallisia tehtäviä, opeteltu eri alamme tietokantojen käyttöä lähteiden etsinnässä, oli tämän tutkimuksen tekeminen silti uutta ja opettavaista. Opinnäytetyön tekeminen kuuluu osaksi ammattikorkeakoulututkintoa ja se tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaisesti.

Opinnäytetyössä hyödynnettyjen tutkimusten ja lääketieteellisen kirjallisuuden lukeminen opetti uutta tietoa tekoälystä kuvantamisessa. Samalla sai hyvää kertausta niin teoriassa kuin jo käytännön puolelta opittuihin asioihin ja taitoihin magneettikuvantamisesta sekä tietokonetomografiakuvauksista. Tutkimusmateriaali oli pääosin englanninkielistä, joten oma kielitaito kehittyi etenkin ammattisanaston suhteen.

Yhteistyö opinnäytetyön tekijöiden kesken oli tärkeässä osassa tutkimuksen työstämisen ja etenemisen suhteen. Röntgenhoitajan työssä työskennellään yhdessä, joten yhteistyötaidot ovat tärkeä hallita moniammatillisella alalla. Opinnäytetyön tekeminen kehitti jokaista työn tekijää yksilönä, jokainen huomasi omat kehityskohteensa ja omat vahvuutensa.

Reflektiota voidaan suorittaa oman alan pätevyysvaatimuksiin eli kompetensseihin peilaten. Röntgenhoitajan kompetensseihin kuuluu yleiset kompetenssit ja ammattispesifit kompetenssit. Yleiset pätevyudet on määritelty ammattikorkeakoulututkinnon suorittaneille ammattikorkeakoulujen rehtorineuvoston eli ARENE:n kannanoton mukaisesti. (Savonia-ammattikorkeakoulu julkaisuaika tuntematon.)

8.4 Hyödynnettävyys ja kehittämisideat

Opinnäytetyötä ja infograafia pystyy hyödyntämään Evidence-based clinical radiography- opintojaksolla Savonia-ammattikorkeakoulussa. Sillä tekoälyä hyödynnetään jo nyt paljon lääketieteessä, niin röntgenhoitajan kuin radiologin työssä, vaatii siihen perehtymistä ja tekoälyn tutkimista.

Aiheeseen liittyen voisi tehdä jatkotutkimusta tekoälysovelluksista, joita röntgenhoitajan työssä jo hyödynnetään. Tutkimuksia voisi tehdä myös tekoälyn eettisyydestä, röntgenhoitajan ja tekoälyn rooleista tulevaisuudessa sekä tekoälyn vaikutuksesta röntgenhoitajan kliiniseen osaamiseen.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tällä hetkellä tutkimustieto tekoälyn tuomista mahdollisuuksista ja haasteista röntgenhoitajan työhön on vähäistä, sillä tekoälyn käyttö on vielä kehitteillä. Tekoäly on jo nyt osana röntgenhoitajan työtä, mutta sen käyttö on vielä vähäistä. Tekoäly ei ole vielä merkittävästi muuttanut röntgenhoitajan roolia tai työnkuva. Tulevaisuudessa tekoälysovellukset kehittyvät, jolloin ne voivat olla enemmän apuna röntgenhoitajan työssä ja tehostaa teknistä osaamista. Tekoäly vaatii vielä aikaa kehittyäkseen sille tasolle, että sitä voitaisiin hyödyntää kaikilla potilailla. Löytämässämme tutkimuksissa usein rajattiin pois esimerkiksi liikuntarajoitteiset eli henkilöt, joilla on liikkumista rajoittava vamma. Tulevaisuudessa tarvitaan lisää tutkimuksia valitsemastamme aiheesta. Tekoäly kehitys on nyt pinnalla ja uutta tutkimustietoa ilmestyy, joten ajankohtaista tietoa on tärkeä olla saatavilla.

LÄHTEET

- Abuzaid, M.M, Tekin, H.O., Reza, M.I., Elhag, R. & Elshami, W. 2021. Assessment of MRI technologists in acceptance and willingness to integrate artificial intelligence into practice. *Radiography* 27, 83–87. <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S1078817421000870?via%3Dihub>. Viitattu 13.11.2022.
- Aira, Marja 2005. Laadullisen tutkimuksen arviointi. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 121 (10), 1073–1077. <https://www.duodecimlehti.fi/duo94977>. Viitattu 15.11.2022.
- ARENE 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. Pdf-tiedosto. Julkaistu 12.9.2019. <http://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/AMMATTIKORKEAKOULU-JEN%20OPINN%c3%84YTET%c3%96IDEN%20EETTISET%20SUOSITUK-SET%202020.pdf?t=1578480382>. Viitattu 15.11.2022.
- Aronen, Blanco Sequeiros, Koskinen, Lundbom, Tervonen & Vanninen 2017. *Klininen radiologia*. 1. painos, 11–13. Helsinki: Duodecim. Viitattu 29.9.2022.
- Bell, Daniel 2022. MRI protocols. *Radiopedia*. Verkkojulkaisu. <https://radiopaedia.org/articles/mri-protocols>. Viitattu 14.11.2022.
- Booij, Ronald, Budde, Ricardo P.J, Dijkshoorn, Marcel L. & van Straten, Marcel 2018. Accuracy of automated patient positioning in CT using a 3D camera for body contour detection. *European Radiology* 29, 2079–2088. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5745-z>. Viitattu 13.11.2022.
- Euroopan parlamentti 2020. Mitä tekoäly on ja mihin sitä käytetään. Verkkojulkaisu. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20200827STO85804/mita-tekoaly-on-ja-mihin-sita-kaytetaan>. Viitattu 9.5.2021.
- Frankenfield, Jake 2022. Artificial Intelligence: What It Is and How It Is Used. Verkkojulkaisu. <https://www.investopedia.com/terms/a/artificial-intelligence-ai.asp> Viitattu 17.11.2022.
- Geissler, Frederik, Heiß, Rafael, Kopp, Markus, Wiesmüller, Marco, Saake, Marc, Wuest, Wolfgang, Wimmer, Andreas, Prell, Veronika, Uder, Michael & May, Matthias Stefan 2021. Personalized computed tomography – Automated estimation of height and weight of a simulated digital twin using a 3D camera and artificial intelligence. *RöFo* 193(04): 437–445 <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/a-1253-8558>. Viitattu 14.11.2022.
- Goodman, Kenneth, Zandi, Diana, Reis, Andreas & Vayena, Effy 2020. Balancing risks and benefits of artificial intelligence in the health sector. *Bull World Health Organ* 98 (4): 230-230A. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7133475/>. Viitattu 14.11.2022.
- Gundogan, Buket, Koshy, Kiron, Kurar, Langhit & Whitehurst, Katharine 2016. How to make an academic poster. *Annals of Medicine and Surgery* 11, 69–71. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2049080116301303?via%3Dihub>. Viitattu 14.11.2022.
- Hardy, Maryann & Harvey, Hugh. 2020 Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. *The British Journal of Radiology* (93) 1108. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7362930/>. Viitattu 14.11.2022.
- Hosny, Ahmed, Parmar, Chintan, Quackenbush, John, Schwartz, Lawrence ja Aerts, Hugo J. W. L. 2018. Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer* 18, 500–510. <https://www.nature.com/articles/s41568-018-0016-5>. Viitattu 14.11.2022.
- Hotus julkaisuaika tuntematon. Näytönasteen määrittäminen. Verkkojulkaisu. <https://www.hotus.fi/naytonasteen-maarittaminen/>. Viitattu 13.11.2022.

Huhtanen, Heidi, Nyman, Mikko, Karlsson, Antti ja Hirvonen, Jussi 2020. Tekoäly radiologiassa. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 163 (17), 1957–1964. <https://www.duodecimlehti.fi/duo15753>. Viitattu 20.9.2022.

Huurto, Laura & Toivo, Tim 2000. Terveysthuollon laadunhallinta magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus. Lääkelaitoksen julkaisusarja 1/2000. https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1_magneettitutkimukset.pdf. Viitattu 15.11.2022.

International Society of Radiographers and Radiological Technologists 2020. Artificial Intelligence and the Radiographer/Radiological Technologist Profession: A joint statement of the International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. *Radiography* 26 (2) 93-95. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S1078817420300377?via%3Dihub>. Viitattu 15.11.2022.

ISRRT 2020. Artificial Intelligence and the Radiographer/Radiological Technologist Profession: A joint statement of the International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. *Radiography* 26 (2), 93–95. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.03.007>. Viitattu 7.5.2022.

Johns Hopkins Medicine 2021. Computed Tomography (CT) Scan. Verkkojulkaisu. <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/computed-tomography-ct-scan>. Viitattu 12.11.2022.

Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 1994/559. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940559>. Viitattu 3.11.2022.

Malamateniou, Christina, Knapp, Karen M., Pergola, Maren, Woznitza Nick & Harby M. 2021. Artificial intelligence in radiography: Where are we now and what does the future hold? *Radiography* 27 58–62. Viitattu 14.11.2022.

Metsälä, Eija, Blomqvist, Päivi & Patanen, Heli 2020. Röntgenhoitajien ja bioanalytiikkojen sekä alojen opiskelijoiden käsitykset tekoälystä terveydenhuollossa. *Journal of Clinical Radiography and Radiotherapy* 18 (1), 4–13. <https://docplayer.fi/184289324-Kliininen-radiografiatiede-1-2020-journal-of-clinical-radiography-and-radiotherapy-vol-18.html>. Viitattu 02.10.2022.

Mirtti, Tuomas, Lahdenne, Pekka & Pitkänen, Esa 2020. Tekoälyä ja älytekoja. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 136 (17), 1945–1947. <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2020/17/duo15752>. Viitattu 6.10.2022.

Pesapane, Filippo, Codari, Marina & Sardanelli, Francesco 2018. Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental* 35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6199205/> Viitattu 15.11.2022.

Piazza, Geri 2018. Artificial intelligence enhances MRI scans. National Institutes of Health. NIH research matters 10.4.2018. <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/artificial-intelligence-enhances-mri-scans>. Viitattu 14.11.2022.

Pääkkö, Eija & Jartti, Airi 2015. Radiologinen sattumalöydös. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 131 (22), 2141–2148. <https://www.duodecimlehti.fi/duo12536>. Viitattu 7.5.2022.

Raman, Siva P., Johanson, Pamela T., Deshmukh, Swati, Mahesh, Mahadevappa & Grant, Katharine 2013. CT Dose Reduction Applications: Available Tools on the Latest Generation of CT Scanners. Journal of the American College of Radiology 10 37–41. [https://www.jacr.org/article/S1546-1440\(12\)00375-4/fulltext#%20](https://www.jacr.org/article/S1546-1440(12)00375-4/fulltext#%20) Viitattu 15.11.2022.

Ryan, Marie-Louise, O'Donovan, Theresa & McNulty, Jonathan 2021. Artificial intelligence: The opinions of radiographers and radiation therapists in Ireland. Radiography 27 (1) 74–82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817421001024#>. Viitattu 14.11.2022.

Savonia-ammattikorkeakoulu julkaisuaika tuntematon. TR19SP Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma: Osaamistavoitteet. <https://www.savonia.fi/opiskele-tutkinto/tutkinnot-ja-hakeminen/opetussuunnitelmat/?yks=KS&krtid=1244&tab=2>. Viitattu 17.11.2022.

Sorppanen, Sanna 2006. Kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohde. Väitöskirja. Lääketieteellinen tiedekunta. Oulun yliopisto. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn951428058X.pdf>. Viitattu 13.11.2022.

Stallard, Jim 2019. CT Scan vs MRI: What's the Difference? And How Do Doctors Choose Which Imaging Method to Use? Verkkajulkaisu. Memorial Sloan Kettering Cancer Center. News & information/ in the news 10.5.2019. <https://www.mskcc.org/news/ct-vs-mri-what-s-difference-and-how-do-doctors-choose-which-imaging-method-use>. Viitattu 26.5.2022.

Stolt, Minna, Axelin, Anna & Suhonen, Riitta 2015. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Tutkimustieteellinen Aikakauskirja Turun yliopisto 9, 23–24, 30–32. Viitattu 18.05.2022.

Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon a. Röntgenhoitajaksi. Verkkajulkaisu. <https://sorf.fi/rontgenhoitaja/rontgenhoitajan-ammatti/koulutus/>. 2.11.2022.

Suomen röntgenhoitajat julkaisuaika tuntematon b. Urapolku. Verkkajulkaisu. <https://sorf.fi/rontgenhoitaja/rontgenhoitajan-ammatti/urapolku/>. Viitattu 2.11.2022.

Suomen röntgenhoitajaliitto 2020. Röntgenhoitajan ammattieettiset ohjeet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 11/2020. <https://sorf.fi/wp-content/uploads/2022/05/Rontgenhoitajan-ammattieettiset-ohjeet.pdf>. Viitattu 3.11.2022.

Syväranta, Suvi, Vuorinen, Aino-Maija & Tokola, Anna 2021. Radiologisen kuvantamisen perusteet. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 137 (9), 969–976. <https://www.duodecimlehti.fi/duo16215>. Viitattu 7.5.2022.

Säteilylaki 859/2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>. Viitattu 13.11.2022.

Tekijanoikeus.fi julkaisuaika tuntematon. Mitä on tekijänoikeus? Verkkajulkaisu. <https://tekijanoikeus.fi/tekijanoikeus/>. Viitattu 15.11.2022.

TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkauksien käsitteleminen Suomessa. Pdf-tiedosto. Julkaistu 14.11.2012. https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf. Viitattu 10.11.2021.

THL julkaisuaika tuntematon. Tulosten tulkitseminen. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Verkköjulkaisu. <https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/kouluterveyskysely/tulosten-hyodyntaminen/tulosten-tulkitseminen>. Viitattu 13.11.2022.

Topol, Eric 2019. Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2/2019. <https://topol.hee.nhs.uk/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf>. Viitattu 10.11.2022.

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi. Uudistettu laitos. Viitattu 17.11.2022.

Wang, Irene Z. & Alexopoulos, Andreas V. 2016. MRI Post-processing in Pre-surgical Evaluation. Current Opinion in Neurology 29(2), 168-174. https://journals.lww.com/co-neurology/Abstract/2016/04000/MRI_postprocessing_in_presurgical_evaluation.10.aspx. Viitattu 14.11.2022.

LIITE 1: INFOGRAAFI

Vain opinnäytetyön tilaajan käyttöön.

LIITE 2: TIEDONHAKU

Tietokanta	Hakusanat	Rajaukset	Tulokset	Hyväksytty, tiivistelmä	Hyväksytty, koko teksti	Lopullinen valinta
Pubmed	"Artificial Intelligence" AND ("Tomography, X-Ray" OR "X-Ray Tomography") OR "Magnetic Resonance Imaging" OR MRI) AND ("Radiologic Technologist*" OR radiographer* OR "Radiology Personnel" OR "radiography professional*" OR "Radiologic and Imaging Nursing" OR "Radiological Nursing" OR "radiologic nurse*" OR "Allied Health Personnel")	2018–2022, ilmainen koko teksti	11	5	3	3
Medic	Tekoäly and röntgenkuvaus	2018–2022, koko teksti	3	1	1	1
Pubmed	Artificial intelligence and diagnostic imaging and radiography	2020–2022, ilmainen koko teksti, kliininen tutkimus	148	18	7	1
Pubmed	"Artificial Intelligence" AND ("Tomography, X-Ray" OR "X-Ray Tomography") AND ("Radiologic Technologist*" OR radiog-	2020–2022, koko teksti	6	2	2	1

	rapher* OR "Radiology Personnel" OR "radiography professional*" OR "Radiologic and Imaging Nursing" OR "Radiological Nursing" OR "radiologic nurse*" OR "Allied Health Personnel")					
Pubmed	artificial intelligence and benefits and risks	2018–2022, ilmainen koko teksti, kliininen tutkimus	35	6	3	1
Pubmed	automated and patient and computed tomography and radiation dosage	2018–2022, koko teksti	64	12	4	1

LIITE 3: TUTKIMUKSET

Artikkeli	Maa	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimusmenetelmä	Keskeiset tulokset
M.-L. Ryan, T. O'Donovan & J.P. McNulty. Artificial intelligence: The opinions of radiographers and radiation therapists in Ireland. 2021.	Irlanti	Tutkia, mitä röntgenhoitajat ja radiologit olivat mieltä tekoälystä.	Verkkohaastattelu, esitettiin erilaisia skenearioita/rooleja, missä tekoälyä voitaisiin hyödyntää.	Röntgenhoitajat ja radiologit toivat esille tärkeimmät kehitysalueet tekoälyn osalta, mitä oli esimerkiksi laadunvarmistus ja sädeannoksen pienentäminen. Potilaskohtaamisissa tekoälyn käyttöä vastustettiin. Suurin osa piti tekoälyä positiivisena asiana.
Eija Metsälä, Päivi Blomqvist & Heli Patainen. Röntgenhoitajien ja bioanalytiikkojen sekä alojen opiskelijoiden käsitykset tekoälystä terveydenhuollossa. 2020.	Suomi	Kuvata, mitä ajatuksia röntgenhoitajilla ja bioanalytiikoilla sekä alan opiskelijoilla on tekoälystä terveydenhuollon diagnostiikassa.	Sähköinen kyselylomake, analyysi tuloksista tehtiin erikseen ammattilaisille ja opiskelijoille.	Molemmat tutkimusryhmät pitivät tekoälyä työtä helpottavana asiana. Hyötyinä pidettiin työn kuormittavuuden helpottaminen, tutkimuksen nopeampi suoritus ja laadun parantaminen. Haasteina pidettiin luotettavuutta ja turvallisuutta sekä miten tekoäly toimisi potilaskeskeisessä ympäristössä.

M.M. Abuzaid, H.O. Tekin, M. Reza, I.R. Elhag & W. Elshamia. Assessment of MRI technologists in acceptance and willingness to integrate artificial intelligence into practice. 2021.	Arabieriimi-kunnat	Selvittää röntgenhoitajien tietoja ja halukkuutta tekoälyn käyttöä magneettitutkimuksissa.	Kysely ja ryhmäkeskustelut.	Asenteet tekoälyä kohtaan olivat positiivisia. Tietämystä aiheesta löytyi hyvin. Röntgenhoitajien mielestä tekoäly voisi auttaa protokollan valinnassa, nopeuttaa kuvausta ja parantaa kuvien jälkikäsittelyä.
C. Malamateniou, K.M. Knapp, M. Pergola, N. Woznitza & M. Hardy. Artificial intelligence in radiography: Where are we now and what does the future hold? 2021.	Iso-Britannia	Kertoo tekoälyn tämänhetkisestä asemasta ja periaatteista radiografiassa sekä tuoda esille ajatuksia, miten tekoäly voisi kehittyä tulevaisuudessa.	Artikkelikatsaus.	Tekoäly on alkanut yleistymään radiografiassa ja tulevaisuudessa tulee olemaan vielä enemmän tekoälysovelluksia. Röntgenhoitajien työnkuvan muutos pitää olla selkeä koskien tekoälyä ja tarvitaan riittävää koulutusta.
Maryann Hardy & Hugh Harvey. Artificial intelligence in diagnostic imaging: impact on the radiography profession. 2019.	Iso-Britannia	Tutkia, miten tekoäly vaikuttaa röntgenhoitajan työhön.	Artikkelikatsaus.	Tekoäly tulee vaikuttamaan radiografiantyöprosessin eri vaiheisiin leiketutkimuksissa.
Kenneth Goodman, Diana Zandi, Andreas Reisc & Effy Vayenad. Balancing risks and benefits of artificial intelligence in the health sector. 2020.	Yhdysvallat	Tuoda esille tekoälyn hyötyjä riskejä terveydenhuollossa.	Artikkelikatsaus.	Tekoäly on tällä hetkellä yleistymässä paljon ja tulevaisuudessa kehittymässä lisää osaksi terveydenhuoltoa. Tekoälyn käyttö pitää pohjautua näyttöön perustuvaan tietoon. Pitää varmistaa tekoälyn turvallisuus.
Frederik Geissler, Rafael Heiß, Markus Kopp, Marco Wiesmüller, Marc Saake, Wolfgang Wuest, Andreas Wimmer, Veronika Prell, Michael Uder & Matthias Stefan May. Personalized computed tomography – Automated estimation of height and weight of a simulated digital twin using a 3D camera and artificial intelligence. 2021.	Saksa	Kehittää algoritmi arvioidaan potilaan pituus ja paino TT-tutkimuksessa.	Algoritmin koulutus 200 potilaan datalla. Algoritmin saamia tuloksia verrattiin referenssiarvoihin ja potilaan omaan ja radiologin arvioon.	Tarkimmat pituus ja paino tiedot saatiin potilastiedoista, joiden jälkeen tehtiin algoritmin avulla arvio. Algoritmin avulla saatiin tarkempi arvio varjoainemäärästä verrattuna hoitohenkilökunnan arvioon.
Ronald Booij, Ricardo P.J. Budde, Marcel L. Dijkshoorn & Marcel	Alankomaat	Tutkia, miten tarkasti 3D-kameran avulla saadaan ase-	Vertailututkimus, 3D-kameran kanssa tehty aset-	3D- kameran avulla saatiin tarkempi isosentriin kohden-nettu asettelu vatsan, pään,

van Straten. Accuracy of automated patient positioning in CT using a 3D camera for body contour detection. 2018.

teltua potilas TT-tutkimuksessa verrattuna röntgenhoitajan lasereiden avulla tekemään asetteluun.

telu verrattuna silmämääräiseen ja tekijä riippuvaiseen asetteluun.

vartalon alueilla verrattuna röntgenhoitajiin.