



Riku Toiviainen, Abdalla Abdirahman Mohamed

Liikkuvien kuvantamispalveluiden nykytila, sovellukset ja haasteet ter- veydenhuollossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja

Radiografian ja Sädehoidon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

7.11.2024



Metropolia

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Riku Toiviainen, Abdalla Abdirahman Mohamed
Otsikko:	Liikkuvien kuvantamispalveluiden nykytila, sovellukset ja haasteet terveydenhuollossa
Sivumäärä:	41 sivua + 0 liitettä
Aika:	7.11.2024
Tutkinto:	Röntgenhoitaja
Tutkinto-ohjelma:	Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t):	Julia Dolk Sanna Törnroos

Diagnostiset kuvantamistekniikat, mukaan lukien kannettavat röntgenlaitteet, ultraäänilaitteet ja magneettikuvauslaitteet, ovat mullistaneet kuvantamispalvelujen toimituksen tuomalla ne suoraan potilaiden ulottuville. Tämä edistys mahdollistaa nopean diagnoosin ja hoidon aloittamisen ilman, että potilasta on siirrettävä. Viime vuosien aikana nämä mobiilikuvantamispalvelut ovat kokeneet huomattavan kasvun ja tarjoavat olennaista apua useilla terveydenhuollon aloilla.

Tämän työn tarkoituksena on antaa kattava kuvaus mobiilikuvauspalvelujen nykytilasta ja tutkia sen laajempia sovellusmahdollisuuksia terveydenhuollossa. Kuvaamme, kuinka näitä palveluita voidaan käyttää tehokkaammin ja miten ne edistävät terveydenhuollon kehitystä. Toivomme, että tämä tutkimus avaa tien syvemmälle keskustelulle ja jatkotutkimukselle mobiilikuvauspalvelujen roolista terveydenhuollossa.

Tutkimuskysymys 1:	Mitä erilaisia liikkuvia kuvantamispalveluita on saatavilla, ja miten ne eroavat toisistaan?
Tutkimuskysymys 2:	Miten liikkuvia kuvantamispalveluita on hyödynnetty?

Avainsanat: Liikkuvat kuvantamispalvelut, Terveydenhuolto, saavutettavuus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Riku Toiviainen, Abdalla Abdirahman Mohamed
Title: The Current state, applications and challenges of mobile imaging services in healthcare
Number of Pages: 41 pages + 0 appendices
Date: 7th November 2024

Degree: Radiographer
Degree Programme: Degree program in radiography and radiotherapy
Instructor(s): Julia Dolk
Sanna Törnroos

Diagnostic imaging technologies, including portable X-rays, ultrasounds, and MRIs, have revolutionized the delivery of imaging services by bringing them directly to patients. This advance allows rapid diagnosis and initiation of treatment without the need to move the patient. Over the past few years, these mobile imaging services have experienced significant growth and provide essential assistance in several areas of healthcare.

The purpose of this work is to provide a comprehensive description of the current state of mobile imaging services and to explore its wider application possibilities in healthcare. We describe how these services can be used more efficiently and how they contribute to the development of healthcare. We hope that this study opens the way for deeper discussion and further research on the role of mobile imaging services in healthcare.

Research question 1: What are the different types of mobile imaging services available, and how do they differ?
Research question 2: How have mobile imaging services been utilized?

Keywords: Mobile imaging services, Healthcare, Accessibility

The originality of this thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Liikkuvien kuvantamispalveluiden teknologinen kehitys	3
2.1	Kuvantamislaitteiden toiminta ja käyttö	3
2.2	Kuvantamispalveluiden kehitys ja potentiaali terveydenhuollossa	6
2.3	Haasteet ja mahdollisuudet	7
3	Tavoitteet ja tarkoitus sekä tutkimuskysymykset	7
4	Toteutustapa ja analyysimenetelmä	8
4.1	Kirjallisuuskatsaus	8
4.2	Aineiston haku ja valinta	8
4.3	Analysointi ja Analyysin eteneminen	17
5	Tulokset	20
5.1	Liikkuvien kuvantamispalveluiden lajit ja erot	23
5.1.1	Mobiiliröntgen	23
5.1.2	Ultraäänilaitteet	24
5.1.3	Siirrettävä tietokonetomografia (TT)	25
5.1.4	Mobiili magneettikuvaus (MRI)	26
5.1.5	Läpivalaisu	26
5.1.6	Mammografia	27
5.2	Liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttö eri terveydenhuollon ympäristöissä	27
5.2.1	Kotihoito ja hoitokoti	28
5.2.2	Ensihoito ja hätätilanteet	29
5.2.3	Syrjäiset alueet ja vähäresurssiset ympäristöt	29
5.3	Mobiiliröntgenlaitteiden riskien hallinta	29
6	Pohdinta	30
6.1	Tulosten tarkastelu	30
6.2	Eettisyys	31
6.3	Luotettavuus	32
6.4	Ammatillinen kehittyminen	32
7	Lähteet	33

1 Johdanto

Tässä johdannossa syvennymme liikkuvien kuvantamispalveluiden merkitykseen ja kehitysnäkymiin nykyaikaisessa terveydenhuollossa. Kannettavat röntgenlaitteet ja muut liikkuvat kuvantamisvälineet ovat viime vuosina tulleet yhä tärkeämmiksi osiksi potilaan hoitosuunnitelmaa, erityisesti haasteellisissa ympäristöissä ja tilanteissa, joissa perinteiset kuvantamispalvelut eivät ole välittömästi saatavilla (Montalto & Le 2015). Tämä oppinnäytetyö tarkastelee, miten voimme hyödyntää näitä palveluita entistä tehokkaammin, kun otetaan huomioon väestön ikääntyminen ja tehopotilaiden määrän kasvu.

Alussa katsahdamme saatavilla oleviin liikkuvien kuvantamispalveluiden ja niiden sovelluskohteisiin, keskittyen erityisesti terveydenhuollon tarpeisiin. Tavoitteenamme on selvittää, miten nämä palvelut voivat parantaa potilashoitoa ja miten niiden käyttöä voidaan laajentaa ja monipuolistaa. Tehokas käyttö voi vähentää tarvetta siirtää potilaita ja nopeuttaa diagnoosien saantia, mikä on keskeistä hoidon laadun ja tehokkuuden kannalta.

Liikkuvalla kuvantamisella tarkoitetaan teknologioita ja palveluita, jotka mahdollistavat diagnostisten kuvantamistutkimusten suorittamisen potilaan luona, riippumatta siitä, missä potilas fyysisesti sijaitsee. Liikkuvat kuvantamispalvelut viittaavat lääketieteellisiin kuvantamispalveluihin, tämä voi tarkoittaa esimerkiksi röntgen tai magneettikuvauksrekkaa. Vaikka liikkuvat kuvantamispalvelut ovat monelle tuttuja, niiden täysi potentiaali on vielä hyödyntämättä. Liikkuvat kuvantamispalvelut mahdollistavat diagnostisten tutkimusten suorittamisen potilaan luona riippumatta potilaan fyysisestä sijainnista, mikä on erityisen hyödyllistä hauraiden potilaiden kohdalla sairaalan ulkopuolella. Tämä teknologia tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia sekä potilaiden hoidossa että kustannustehokkuudessa (Teng ym. 2012).

Tämä työ nojaa olemassa olevaan tutkimukseen ja kirjallisuuteen, kartoittaen niiden historiallista kehitystä, nykytilaa ja mahdollisuuksia. Pyrimme myös ymmärtämään, miten ne voivat laajemmin tukea terveydenhuoltoa.

Tutkimuksessa käydään läpi liikkuvien kuvantamispalveluiden keskeisiä haasteita ja mahdollisuuksia. Eriävät palvelut, niiden kehitys ja sovellusalat terveydenhuollossa ovat keskiössä (Meittunen & Spence, 2004.) Menetelmänä käytämme kirjallisuuskatsausta, jonka avulla pyrimme luokittelemaan ja tarkastelemaan aihetta koskevaa tietoa.

Tämän työn tavoitteena on antaa kattava kuvaus liikkuvien kuvantamispalveluiden nykytilasta ja niiden laajempien sovellusmahdollisuuksien tutkimisesta terveydenhuollossa. Esitämme, miten näitä palveluita voidaan hyödyntää tehokkaammin ja miten ne voivat edistää terveydenhuollon kehitystä. Toivomme, että tutkimus avaa tietä syvemmälle keskustelulle ja jatkotutkimuksille liikkuvien kuvantamispalveluiden roolista terveydenhuollossa.

2 Liikkuvien kuvantamispalveluiden teknologinen kehitys

Liikkuvien kuvantamispalveluiden ymmärrys ja hyödyntäminen ovat olennainen osa nykyaikaista terveydenhuoltoa, erityisesti kun otetaan huomioon väestön ikääntyminen ja tehopotilaiden määrän kasvu. Nämä palvelut, kuten kannettavat röntgenlaitteet, tarjoavat arvokkaita etuja potilaan hoitosuunnitelman kehittämisessä, mahdollistaen nopeat ja tehokkaat diagnoosit vaikeasti saavutettavissa olevissa ympäristöissä (Kjelle & Lysdahl 2017).

2.1 Kuvantamislaitteiden toiminta ja käyttö

Alempi taulukko kokoaa yhteen keskeiset liikkuvat kuvantamisteknologiat, niiden toimintaperiaatteet sekä käytännön sovellukset, esittäen näin konkreettisesti niiden roolin nykyterveydenhuollossa.

Taulukko 1. Keskeiset liikkuvat kuvantamisteknologiat ja käyttökohteet (Hussain ym. 2022).

Kuvantamisteknologia	Toimintaperiaate	Tekniikka	Käyttökohteet
Röntgen	Käyttää röntgensäteitä luomaan kuvia kehon sisäisiä rakenteista, kuten luista ja nivelistä	MAS (milliampeeriskenunti) vaikuttaa säteilyn määrään ja kuvan kirkkauteen; KV (kilovoltti) säätää säteiden	Murtumien diagnosointi, keuhkosairauksien kuten keuhkokuumeen havaitseminen, potilaat, jotka eivät voi liikkua sairaalaan. Käytetään hoitokohdeissa, kotihoidossa ja hätätilanteissa

		tunkeutumissyvyttänosointi, keuhkosairaudet, käytetään erityisesti hoitokodeissa ja kotisairaanhoidossa	
Ultraääni	Käyttää korkea-taajuisia ääniaaltoja luodakseen kuvia pehmytkudoksista reaaliajassa.	Taajuus vaikuttaa kuvan tarkkuuteen ja läpäisykykyyn. Korkeampi taajuus tuottaa tarkempia kuvia, mutta tunkeutuu matalammalle	Raskaana olevien naisten sikiön seuranta, sisäelinten kuten maksan ja munuaisten kuvantaminen, verisuonten tutkiminen, käytetään erityisesti ensihoidossa, syrjäisillä alueilla ja kotisairaanhoidossa.
Tietokonetomografia (TT)	Röntgensäteiden avulla luodaan tarkkoja poikkileikkauksia kehon rakenteista 3D-muodossa	KV-arvo vaikuttaa röntgensäteiden tunkeutumiskykyyn. TT tuottaa enemmän säteilyä kuin tavallinen röntgen, mutta kuvat ovat tarkempia	Laajat trauma- ja monivammatilanteet, aivohalvauspotilaiden nopea diagnoosi, kasvainten ja sisäelinten yksityiskohtainen kuvantaminen, käytetään myös liikkuvissa yksiköissä suuronnettomuuksien tai luonnonkatastrofien aikana.

Magneettikuvaus (MRI)	Käyttää voimakkaita magneettikenttiä ja radioaajuuspulsseja tuottaakseen kuvia pehmytkudoksista	Magneettikentän voimakkuus (tesla-arvo) vaikuttaa kuvan tarkkuuteen ja skannauksen kestoon	Neurologisten sairauksien, kuten MS-taudin ja aivovaurioiden, diagnoosi, nivelten ja pehmytkudosten kuten selkäytimen ja lihasten tarkka kuvantaminen. Käytetään paikoissa, joissa tarvitaan säteilyvapaa vaihtoehto, kuten pediatriassa tai syövän seurannassa
Läpivalaisu (röntgenfluoroskopia)	Käyttää jatkuvaa röntgensäteilyä reaaliaikaisten kuvien tuottamiseen kehon liikkeistä ja toiminnoista	KV- ja MAS-arvojen reaaliaikainen säätö optimoi kuvanlaadun ja säteilyaltistuksen toimenpiteen aikana	Käytetään invasiivisissa toimenpiteissä, kuten katetrien asentamisessa, sydämen ja verisuonten toimenpiteissä sekä ortopedisissä leikkauksissa. Soveltuu reaaliaikaiseen ohjaukseen leikkauksissa ja muissa toimenpiteissä
Mammografia	Käyttää matalaenergiaista röntgensäteilyä rintakudoksen kuvantamiseen	Alhainen KV-arvo (25-35 kV) sopii rintakudoksen kuvantamiseen. Pieni säteilyannos ja tarkka kuvantaminen	Rintasyövän seulonta ja diagnoosi, käytetään erityisesti syrjäisillä alueilla tai liikkuvissa yksiköissä. Mobiilimammografiayksiköt mahdollistavat seulontakampanjat, joissa pyritään tavoittamaan laajoja väestöryhmiä

Työssä keskityimme tutkimaan liikkuvien kuvantamispalveluiden laajentamisen mahdollisuuksia ja haasteita sairaalan sisällä sekä ulkopuolella.

2.2 Kuvantamispalveluiden kehitys ja potentiaali terveydenhuollossa

Liikkuvat kuvantamispalvelut, kuten kannettavat röntgenlaitteet, ultraäänilaitteet sekä magneettikuvaus yksiköt ovat diagnostisia kuvantamisen teknologioita, jotka ovat tuoneet kuvantamispalvelut suoraan potilaan luokse, mahdollistaen nopeat diagnoosit ja hoidon aloittamisen ilman tarvetta siirtää potilaita. Nämä liikkuvat kuvantamispalvelut ovat kehittyneet merkittävästi viime vuosien aikana, tarjoten kriittistä tukea terveydenhuollon eri sektoreille. Nämä palvelut mahdollistavat lääkärin suorittamaan kuvantamistutkimuksia potilaan luona, vähentäen tarvetta siirtää potilaita ja nopeuttaen diagnosiprosessia (Toppenberg & Christiansen & Damsgaard & Rasmussen & Nielsen 2020.)

Tällainen joustavuus on erityisen arvokasta haastavissa olosuhteissa, kuten pandemian aikana tai syrjäisillä alueilla, joissa perinteiset kuvantamispalvelut eivät ole helposti saatavilla

Koronapandemia on osoittanut, kuinka kriittinen rooli liikkuvilla kuvantamispalveluilla voi olla terveydenhuollon kriisitilanteissa, tarjoten oivalluksia siitä, miten näitä palveluita voidaan kehittää ja hyödyntää tulevaisuudessa. Vaikka pandemia ei enää ole keskeinen huolenaihe, on selvää, että liikkuvilla kuvantamispalveluilla on potentiaalia parantaa terveydenhuollon vastetta monenlaisiin terveysongelmiin, kuten keuhkokuumeeseen ja muihin akuutteihin sairauksiin (Ieracitano ym. 2022). Erityisen merkityksellistä olisi löytää ja ymmärtää uusia keksintöjä ja teknologioita, jotka voivat auttaa parantamaan sairaanhoitoa ja potilaiden hoitoa uusilla tavoilla.

Väestön ikääntyminen ja kasvava tarve tehohoitoon ovat keskeisiä ongelmia, jotka nykyaikaisen terveydenhuollon tarvitsee kohdata. Näiden haasteiden vuoksi tarvitaan entistä enemmän paikasta riippumattoman, liikkuvan diagnostiikan merkityksen korostamista. Tämä lähestymistapa tarjoaa mahdollisuuden toimittaa nopeita ja luotettavia tutkimustuloksia suoraan potilaan luona, mikä on olennaisen tärkeää monimutkaisten terveyshaasteiden, kuten terveyskriisien aikana, syrjäisillä alueilla toimittaessa ja erittäin sairaiden potilaiden hoidossa (Montalto ym. 2015). Tutkimuksemme sisältää tiedonhaun liikkuvien diagnostiikkapalvelujen käytöstä terveydenhuollon eri sektoreilla, korostaen näiden palveluiden mahdollisuuksia. Keskitymme ymmärtämään, miten liikkuvaa diagnostiikkaa voidaan hyödyntää tehokkaammin, tuoden esille sen merkityksen erityisesti haastavissa olosuhteissa ja tarjoamalla katsauksen sen käytön mahdollisuuksiin.

2.3 Haasteet ja mahdollisuudet

Liikkuvien kuvantamispalveluiden tarkasteluun sisältyy niiden teknologinen kehitys, käyttökohteet terveydenhuollossa ja mahdolliset haasteet ja mahdollisuudet (Meittunen ym. 2004.)

Kuvantamispalveluiden käyttöönotto ja laajentaminen kohtaavat useita haasteita, jotka vaihtelevat teknisistä operatiivisiin haasteisiin ja eettisistä lainsäädännöllisiin kysymyksiin. Teknisiin haasteisiin kuuluu laitteiden kustannukset, huolto ja päivystystarpeet, mitkä luonnostaan rajoittavat palveluiden saatavuutta ja käytettävyyttä (Meittunen ym. 2004.) Keskeisiä tekijöitä henkilöstön koulutus ja osaamisen kehittäminen liikkuvien kuvantamispalveluiden tehokkaassa käytössä. Lainsäädännöllisiin ja eettisiin kysymyksiin kuuluu potilastietojen suojaaminen sekä kuvantamistietojen käsittelyiden turvallisuus, jotka vaativat huolellista jatkuvaa päivystystä. Mahdollisuudet ovat aina merkittäviä, kun on kyse jatkuvasti tarvittavasta palvelusta, erityisesti potilashoidon nopeuden ja tehokkuuden kannalta. Liikkuvien kuvantamispalveluiden avulla voitaisiin parantaa potilaiden hoitoa syrjäisillä alueilla, mihin perinteiset kuvantamispalvelut eivät ole saatavilla (Kufel ym. 2022.)

3 Tavoitteet ja tarkoitus sekä tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on, miten liikkuvien kuvantamispalveluita voidaan hyödyntää tehokkaammin potilaan hoidon parantamiseksi sekä sairaalassa että sen ulkopuolella, erityisesti hoitokodeissa ja kotisairaanhoidossa. Tavoitteena on tutkia palveluiden laajempaa käyttöä ja selvittää, kuinka teknologian kehitys tukee diagnostiikan saatavuutta.

Tutkimuskysymykset, joihin työssä haetaan vastauksia, ovat seuraavat:

1. Mitä erilaisia liikkuvia kuvantamispalveluita on saatavilla, ja miten ne eroavat toisistaan?
2. Miten liikkuvia kuvantamispalveluita on hyödynnetty?

4 Toteutustapa ja analyysimenetelmä

4.1 Kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmin käytetyistä kirjallisuuskatsauksen perustyypeistä. Sitä voi luonnehtia yleiskatsaukseksi ilman tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Käytetyt aineistot ovat laajoja ja aineiston valintaa eivät rajaa metodiset säännöt. Tutkittava ilmiö pystytään kuitenkin kuvaamaan laaja-alaisesti ja tarvittaessa luokittelemaan tutkittavan ilmiön ominaisuuksia. Tutkimuskysymykset ovat väljempinä kuin systemaattisessa katsauksessa tai meta-analyysissä. Kuvaileva katsaus – joskus nimityksenä on traditionaalinen kirjallisuuskatsaus – toimii itsenäisenä metodina, mutta sen katsotaan myös tarjoavan uusia tutkittavia ilmiöitä systemaattista kirjallisuuskatsausta varten. (Kangasniemi & Pietilä & Utriainen & Jääskeläinen & Ahonen & Liikanen 2013.)

4.2 Aineiston haku ja valinta

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineiston valintaa ohjaa tutkimuskysymys, ja tarkoituksena on löytää mahdollisimman relevantti aineisto siihen vastaamiseksi. Aineiston valinnassa tulemme kiinnittämään huomiota jokaisen alkuperäistutkimuksen rooliin suhteessa tutkimuskysymykseen vastaamiseen, kuten siihen, miten ne täsmentävät, jäsentävät, kritisoivat tai avaavat tutkimuskysymystä. (Kangasniemi ym. 2013.)

Tietoa haettiin käyttäen hakusanoja eri tietokannoista. Valitsimme Pubmedin, ScienceDirectin sekä Cinahlin tietokannoiksemme. Opinnäytetöitä emme käyttäneet aineistona, mutta opinnäytetöiden lähdeluetteloä käytimme ajoittain aineistonhaussa. Suurin osa aineiston hausta tapahtui englannin kielellä aineiston saatavuuden takia.

Hakutuloksista valittiin artikkeleita otsikoiden perusteella, ja näiden tiivistelmät luettiin tarkemmin, hakuprosessissa käytettiin päähakusanoja sekä suomeksi että englanniksi, mutta enemmän painotettiin englanninkielisiä, koska aiheen luonteen takia niistä löytyi enemmän relevantteja tuloksia.

Hakutuloksista valittiin artikkeleita otsikoiden perusteella, ja näiden tiivistelmät luettiin tarkemmin, hakuprosessissa käytettiin päähakusanoja sekä suomeksi että englanniksi, mutta enemmän painotettiin englanninkielisiä, koska aiheen luonteen takia niistä löytyi enemmän relevantteja tuloksia.

Tietokannoista haimme ainestoa näillä hakusanoilla:

1. mobile AND mri
2. mobile AND x-ray
3. mobile AND ct

Taulukko 2. Aineiston sisäänotto – ja poissulkukriteerit

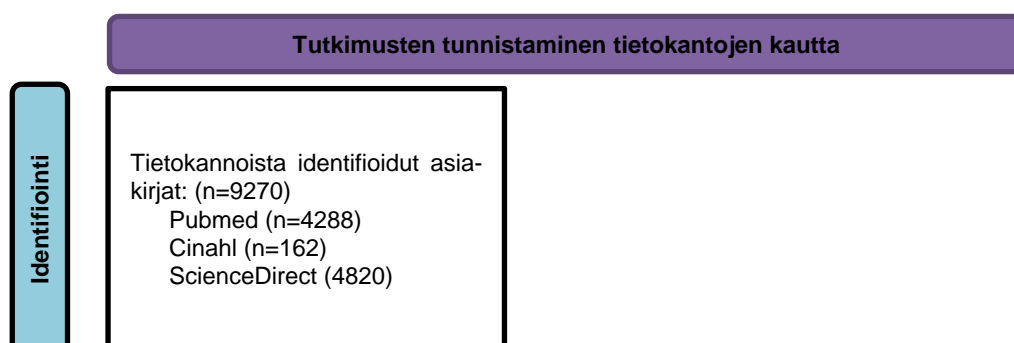
Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Tutkimus tai artikkeli on julkaistu vuonna 2012 tai sen jälkeen	Tutkimus tai artikkeli on mielellään julkaistu ennen vuotta 2012
Kielenä Suomi tai englanti	Muut kuin suomenkieliset ja englanninkieliset julkaisut
Väitöskirjat, tieteelliset artikkelit ja julkaisut sekä pro gradut	Artikkelit, joilla ei ole mitään tekemistä liikkuvien kuvantamispalveluiden kanssa.

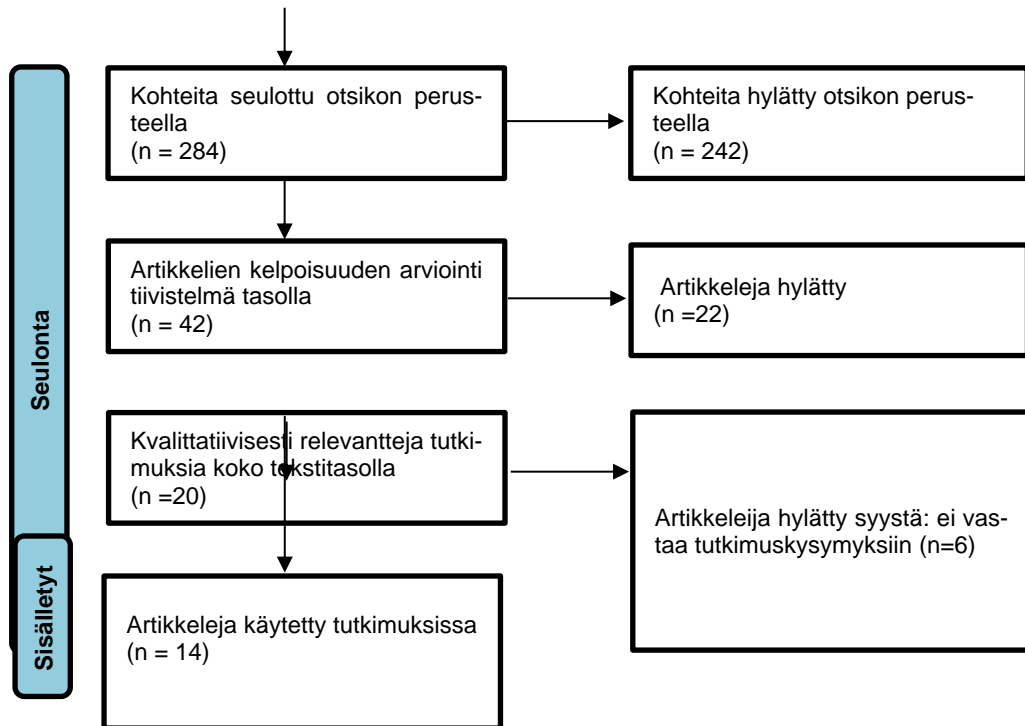
Tietokannoista Pubmed ja Cinahl (ebSCO) etsiessämme aineistoa rajasimme sitä valitsemalla sivulta seuraavat vaihtoehdot:

1. Range: 2012–2024
2. Peer reviewed
3. Free full text

ScienceDirect tietokannassa valitsimme seuraavat vaihtoehdot:

1. Range: 2012-2024
2. English
3. Research articles
4. Open access & Open archive
5. Medicine and Dentistry





Prisma flow chart aineiston hausta

Taulukko 3. Liikkuvien kuvantamispalveluiden hakusanat suomeksi ja englanniksi

Käsitteet	Hakusanat suomeksi	Hakusanat englanniksi
Kuvantaminen	Liikkuvat kuvantamispalvelut, liikkuva radiologia, liikkuvat kuvantamislaitteet, liikkuvat diagnostiset laitteet	Impact of mobile imaging services, mobile imaging, mobile x-ray, portable x-ray machine, mobile radiography, mobile radiology, mobile CT-scan, mobile imaging services, moving xray-machine, accessibility, roaming radiology services, advanced radiography machines, new imaging solutions

Kuvantamistapa	Röntgen-rekka, magneettirekka, TT-rekka, Ultraäänirekka, PET-rekka, Liikkuva mammografiailaitteisto, Liikkuva fluoroskoopialaite, Liikkuva isotooppikuvantamisyksikkö	X-ray truck, x-ray car, CT scanner truck, Ultrasound truck, PET scanner truck, Mobile MRI unit, Mobile mammography unit, Mobile fluoroscopy unit, mobile nuclear medicine unit
Kuvantamisteknologia	Röntgen, magneettikuvaus, ultraäänikuvaus, tietokonetomografia	X-ray, magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound imaging, computed tomography (CT)

Artikkeleiden tiivistelmät käytiin läpi huolellisesti lukemalla ja arvioimalla, miten hyvin vastasivat hakutulosten perusteella esille nousseeseen tutkimuskysymyksiin tai aiheeseen. Kiinnitimme erityistä huomiota siihen, miten tiivistelmässä kohdassa esiteltiin tutkimuksen tavoitteet, menetelmät, tulokset ja johtopäätökset. Näin varmistimme, että valitut artikkelit olivat olennaisia ja soveltuivat tarkasteltavaan aiheeseen. Haettu aineisto koottiin hakutaulukkoon.

Taulukko 4. Tutkimuksessa käytetyt artikkelit

Kirjoittajat ja julkaisuvuosi	Tarkoitus	Keskeiset tulokset
Bisgaard, M., Andersen, P. A. B., Jensen, A. T., Sørensen, C. B., Larsen, T. S., Jensen, J. M., & Precht, H. 2022	Exploring radiographers' experience with mobile X-ray of patients in their homes.	Liikkuvässä röntgenyksikössä työskennelleet röntgenhoitajat saivat uutta osaamista, kuten paremmat kommunikaatio- ja luovat paikannustaidot.
Datta, B., Hazarika, A., Shewade, H. D., Ayyagari, K., & Kumar, A. M. 2017	Digital chest X-ray through a mobile van: public-private partnership to detect sputum-negative pulmonary TB.	Nykyisen pilottitoimenpiteen rajoituksista huolimatta Medantan tarjoama digitaalinen röntgenkuva mobiiliyksikön kautta johti infrastruktuurivajeen täyttymiseen. Se ei kuitenkaan eri syistä parantanut

		smearnegatiivisen keuhkotuberkuloosin havaitsemista piiritasolla.
Zanardo, M., Schiaffino, S., & Sardanelli, F. 2020	Bringing radiology to patient's home using mobile equipment: A weapon to fight COVID-19 pandemic. Clinical Imaging	Työssä arvioitiin, miten liikkumisrajoitukset ja resurssipula pandemian aikana vaikuttivat rintasyövän seulonnan ja varhaisen diagnostiikan saavutettavuuteen. Lisäksi tarkasteltiin liikkuvien kuvantamisyksiköiden mahdollisuuksia ylläpitää palvelujen saatavuutta poikkeusoloissa sekä annettiin suosituksia näiden palveluiden laajemmasta hyödyntämisestä tulevissa terveystilanteissa.
John, S., Stock, S., Cerejo, R., Uchino, K., Winners, S., Russman, A. 2016	Brain Imaging Using Mobile CT: Current Status and Future Prospects.	Käytiin läpi mobiili-CT:n mahdollisuuksia aivokuvantamisessa, erityisesti akuuteissa aivohalvauksitilanteissa. Keskeiset tulokset osoittavat, että mobiili-CT voi nopeuttaa merkittävästi aivohalvauksen diagnosointia ja siten nopeuttaa potilaiden hoitoa. Mobiililaitteet mahdollistavat kuvantamisen potilaan sijaintipaikassa, kuten ambulanssissa, mikä voi vähentää hoidon aloittamiseen kuluvaa aikaa.

<p>Vigeland, E., Bøhm, R. E., Rostad, A., & Lysdahl, K. B. 2017</p>	<p>Mobile X-ray service for nursing homes.</p>	<p>Mobiiliröntgenpalvelut vähentävät potilaiden tarvetta sairaalasiirtoihin, mikä keventää heille aiheutuvaa rasitusta ja parantaa hoidon saavutettavuutta, erityisesti haavoituville ryhmille. Palvelu osoittautuu kustannustehokkaaksi ja vapauttaa sairaalaresursseja, mutta vaatii säteilysuojauksen ja turvallisuustoimenpiteiden tarkkaa huomioimista eri ympäristöissä.</p>
<p>Illemann, N.M. & Illemann, T.M. 2024</p>	<p>Mobile imaging trailers: A scoping review of CT and MRI modalities. Radiography,</p>	<p>Siirrettävät CT- ja MRI-yksiköt tarjoavat joustavan ja saavutettavan vaihtoehdon erityisesti alueilla, joissa kiinteät kuvantamisyksiköt eivät ole mahdollisia. Näitä yksiköitä käytetään usein sairaaloiden tukena sekä maaseudulla ja liikkuvissa terveyskeskuksissa. Siirrettävät MRI-laitteet ovat kuitenkin raskaita ja vaativat enemmän resursseja ja teknistä tukea, mikä rajoittaa niiden käyttöä haastavissa ympäristöissä. Lisätutkimusta tarvitaan näiden yksiköiden taloudellisesta vaikutavuudesta ja teknologian</p>

		kehittämisestä optimaalisen käytön varmistamiseksi.
Kim, T., Noh, S., Wilson, S. R., Kono, Y., Piscaglia, F., Jang, H., Lyshchik, A., Dietrich, C., Willmann, J., Vezeridis, A., & Sirlin, C. 2017	Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) liver imaging reporting and data system (LI-RADS) a review of important differences compared to the CT/MRI system. Clinical and Molecular Hepatology	tutkimuksessa osoitettiin, että mobiililaitteilla, kuten mobiili-CT:llä ja CEUS-tekniikalla, voidaan merkittävästi nopeuttaa diagnostiikkaa ja hoitoa erityisesti akuuteissa tilanteissa, kuten aivohalvauksissa tai maksan kasvainten arvioinnissa. Nämä laitteet tuovat kuvantamispalvelut suoraan potilaan luo, mikä vähentää hoitoon kuluva aikaa ja parantaa hoitotuloksia.
Mohammadshahi & Noorafkan & Yazdani & Aghdam 2019	Cost-effectiveness of mobile versus fixed computed tomography scanning for stroke patients in a resource-limited setting: A decision-analytic modeling study	Mobiili-CT on kustannustehokkaampi kuin kiinteä CT erityisesti alueilla, joilla resurssit ovat rajalliset. Mobiililaitte vähentää matkakuluja ja nopeuttaa hoidon aloitusta, mikä parantaa hoitotuloksia.
Hofvind, S., Holen, Å., Aase, H., Houssami, N., Sebuødegård, S., Moger, T., Haldorsen, I., & Akslen, L. 2019	Two-view digital breast tomosynthesis versus digital mammography in a population-based breast cancer screening programme (To-Be): A randomised, controlled	Tavoitteena oli arvioida, kuinka liikkuvat kuvantamispalvelut voivat parantaa rintasyövän seulonnan saavutettavuutta syrjäisillä alueilla ja vähentää diag-

	trial. The Lancet. Oncology,	nostiikan esteitä, kuten pitkiä välimatkoja, tarjoten samalla suosituksia niiden tehokkaasta hyödyntämisestä osana seulontastrategiaa.
Kjelle, E., & Lysdahl, K. B. 2017	Mobile radiography services in nursing homes: a systematic review of residents' and societal outcomes	Työssä todettiin, että liikkuvat kuvantamispalvelut paransivat diagnostiikan ja seulonnan saavutettavuutta syrjäisillä alueilla, lisäsivät potilastyytyväisyyttä ja vähensivät alueellista epätasa-arvoa terveydenhuollossa.
Palazzetti, V., Gasparri, E., Gambini, C., Sollazzo, S., Saric, S., & Salvolini, L. 2013	Chest radiography in intensive care: an irreplaceable survey	Tämä työ osoitti, että liikkuvat kuvantamispalvelut parantavat syöpäseulontojen saavutettavuutta syrjäisillä alueilla, lisäävät seulontaan osallistuvien määrää ja auttavat vähentämään alueellista terveydenhuollon eriarvoisuutta.
Salimi, Z., Mashadi, M., Simms, K., & Chen, A. 2022	Ultrasound Image Quality Comparison Between a Handheld Ultrasound Transducer and Mid-Range Ultrasound Machine.	Työssä todettiin, että siirrettävät ultraäänilaitteet, kuten Butterfly iQ, tarjoavat helppokäyttöisyyttä ja joustavuutta erityisesti päivystyksessä, vaikka niiden kuvanlaatu on joissakin sovelluksissa keskitasoa heikompi. Korkeataajuisilla asetuksilla tarkkuus para-

		nee, mutta läpäisykyky vähenee, joten käyttäjän asiantuntemus on tärkeää optimaalisen kuvan saavuttamiseksi
Bernardi, D., Macaskill, P., Pellegrini, M., Valentini, M., Fanto, C., Ostilio, L., Tuttobene, P., Luparia, A., & Houssami, N. 2016	Breast cancer screening with tomosynthesis (3D mammography) with acquired or synthetic 2D mammography compared with 2D mammography alone (STORM-2): A population-based prospective study. The Lancet. Oncology	3D-tomosynteesi yhdessä 2D-mammografian kanssa on osoittautunut tehokkaaksi rintasyövän havaitsemisessa, vähentäen samalla turhia jatkotutkimuksia. Tämä yhdistelmä soveltuu erityisen hyvin liikkuviin seulontayksiköihin, joissa se parantaa seulontojen saavutettavuutta ja diagnostiikan tarkkuutta
Gulino, R. A., Giansanti, D., Lepri, G., & Oddi, F. 2024	Reimagining Radiology: A Comprehensive Overview of Reviews at the Intersection of Mobile and Domiciliary Radiology over the Last Five Years	Työ osoittaa, että liikkuvien kuvantamismenetelmien kehitys, kuten langattomat detektorit ja kompaktit TT- ja MRI-laitteet, on parantanut kuvantamisen saavutettavuutta ja laatua hoitoympäristöissä. Näin kuvantaminen on siirtynyt lähemmäs potilaita, vähentänyt kuljetustarpeita ja tukenut nopeaa hoitoa erityisesti hätätilanteissa.

4.3 Analysointi ja Analyysin eteneminen

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen viimeinen ja päättävä mutta vähän huomiota saanut vaihe on tulosten tarkastelu. Se sisältää sekä sisällöllisen että menetelmällisen pohdinnan sekä tutkimuksen etiikan ja luotettavuuden arvioinnin. (Kangasniemi & Pietilä & Utriainen & Jääskeläinen & Ahonen & Liikanen 2013.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla mitä erilaisia liikkuvia kuvantamispalveluita on saatavilla, ja miten liikkuvia kuvantamispalveluita on hyödynnetty, mukaan lukien sairaalat, terveysasemat ja kotisairaanhoido.

Laadullisen analyysin valinnassa on tärkeää ottaa huomioon tutkimuksen lähestymistapa ja tutkimuskysymykset, sillä analyysimenetelmä vaikuttaa aineiston käsittelyyn ja tulkintaan. Tämän opinnäytetyön realistinen tarkastelutapa keskittyi aineiston sisältöön ja siihen, mitä se kertoo liikkuvista kuvantamispalveluista ja niiden soveltamismahdollisuuksista (Günther & Juhila, 2024).

Aineistolähtöisessä analyysissä ei ole valmista luokittelurunkoa, jonka mukaisesti aineistoa analysoidaan, vaan tutkija tuottaa luokittelun itse aineistoonsa perustuen (Elo & Kajula & Tohmola & Kääriäinen 2022).

Aineistoanalyysin lähtökohtana oli tarkastella valittuja artikkeleita avoimesti ja aineistolähtöisesti ilman ennalta määrättyjä teemoja. Prosessin aikana artikkeleista tunnistettiin toistuvia käsitteitä, havaintoja ja merkityksiä, jotka nostivat esiin keskeisiä kysymyksiä ja teemoja liittyen liikkuviin kuvantamispalveluihin. Analyysin kulku eteni seuraavien vaiheiden kautta. Aineiston analyysi perustui toistuvien käsitteiden ja merkitysten tunnistamiseen, joiden kautta rakentui tutkimuksen keskeiset teemat.

Tiedonhaku toteutettiin systemaattisesti käyttäen useita eri tietokantoja (PubMed, Cinahl ja ScienceDirect) sekä erilaisia hakusanoja, jotka liittyivät liikkuviin kuvantamispalveluihin, kuten "mobile AND ct", "mobile AND x-ray" ja "mobile AND mri". Haun perusteella valittiin joukko artikkeleita, jotka käsitelivät liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttöä, haasteita ja mahdollisuuksia eri terveydenhuollon ympäristöissä. Artikkelit valittiin ensisijaisesti otsikoiden perusteella, ja tiivistelmät käytiin läpi arvioiden, kuinka relevantteja ne olivat tutkimuksen kannalta.

Valitut artikkelit luettiin huolellisesti, ja niistä kerättiin havaintoja merkityksellisistä käsitteistä ja ilmiöistä. Tässä vaiheessa analyysiä ei ohjannut mikään tietty ennako-oletus tai teema, vaan tavoitteena oli tarkastella, mitä käsitteitä aineistosta nousi toistuvasti esiin. Esimerkiksi monet artikkelit mainitsivat käsitteitä, kuten ”teknologinen kehitys” ja ”saavutettavuus”, jotka vaikuttivat toistuvan eri tutkimuksissa.

Kun analyysissä nousi esiin toistuvia käsitteitä, nämä ryhmiteltiin ja niiden välinen yhteys analysoitiin. Tässä vaiheessa huomattiin, että osa käsitteistä liittyi vahvasti toisiinsa ja alkoi muodostaa yhtenäisiä teemoja, kuten ”teknologinen kehitys” ja ”saavutettavuus”. Näin esiin nousivat myös muut merkittävät teemat, kuten ”logistiset ja taloudelliset haasteet” sekä ”eettiset kysymykset”. Nämä teemat syntyivät luonnollisesti aineiston pohjalta, eivätkä ne olleet ennakkoon valittuja, mikä korostaa aineistolähtöisen analyysin joustavuutta.

Tämän jälkeen analyysissä keskityttiin tarkemmin teemoihin liittyviin ilmiöihin ja yksityiskohtiin. Esimerkiksi teknologisen kehityksen teemassa aineistosta nousi toistuvasti esille innovaatiot, kuten tekoälyn ja koneoppimisen hyödyntäminen mobiilidiagnostiikassa. Saavutettavuuden teemassa korostui liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttö syrjäseuduilla ja kotisairaanhoidossa. Logistisista ja taloudellisista haasteista keskusteltiin aineistossa usein energiantarpeen ja kuljetuskapasiteetin yhteydessä, mikä osoitti, että mobiiliteknologia vaatii erityisiä resursseja, jotka voivat rajoittaa sen käyttöä. Näin syvempi tarkastelu toi esiin, miten yksittäiset käsitteet liittyivät laajempiin kokonaisuuksiin. Lopuksi analyysiä syvennettiin arvioimalla, miten nämä teemat liittyivät toisiinsa ja miten ne muodostavat kokonais kuvan liikkuvien kuvantamispalveluiden mahdollisuuksista ja haasteista.

Näiden vaiheiden kautta muodostuivat aineistolähtöisesti keskeiset teemat, jotka on tiivistetty alla olevassa Taulukossa 5: Liikkuvien kuvantamispalveluiden keskeiset teemat. Taulukko vastaa tutkimuskysymyksiin esittämällä eri teemat, kuten teknologisen kehityksen, saavutettavuuden, logistiset haasteet sekä eettiset ja turvallisuuskysymykset, jotka kuvaavat, millaisia liikkuvia kuvantamispalveluita on olemassa ja miten niitä on hyödynnetty eri terveydenhuollon ympäristöissä.

Teema	Kuvaus	Esimerkki	Lähteet

Teknologiset innovaatioita	Teknologiset innovaatiot, kuten tekoälyn ja koneoppimisen hyödyntäminen diagnostiikassa, parantavat kuvantamispalvelujen nopeutta ja tarkkuutta.	Tekoälyn käyttö kuvantamisessa parantaa kliinisiä päätöksiä.	Bisgaard, M. ym. (2022). Exploring radiographers' experience with mobile X-ray of patients in their homes. <i>Radio-graphy</i> , 28 (1), 102-106.
Saavutettavuus ja käytettävyys	Liikkuvat kuvantamispalvelut parantavat saavutettavuutta erityisesti syrjäisillä alueilla ja kotisairaanhoidossa, vähentäen potilaiden siirtämistarvetta.	Mobiiliradiografiapalvelut tarjoavat diagnostiikkapalveluja hoitokodeissa ja kotisairaanhoidossa.	Kjelle, E., Lysdahl, K. B., & Olerud, H. M. (2019). Impact of mobile radiography services in nursing homes on the utilisation of diagnostic imaging procedures. <i>BMC Health Services Research</i> , 19(1), 428.
Logistiset ja taloudelliset haasteet	Laitteiden siirrettävyys, huolto ja energiantarpeet muodostavat merkittäviä logistisia haasteita, samoin kuin korkeiden investointikustannusten kattaminen.	Kannettavien röntgenlaitteiden käyttö sairaalan ulkopuolella vaatii merkittävää logistiikkaa.	Datta, B. ym. (2017). Digital chest X-ray through a mobile van: public-private partnership to detect sputum-negative pulmonary TB. <i>BMC Research Notes</i> , 10(1), 96.
Eettiset kysymykset	Potilastietojen suojaus ja oikeudenmukainen resursien jakaminen	GDPR eli (tietosuojasetus) ja potilastietojen käsittelyn turvallisuus	Yanar, E., & Saydam, N. K. (2019). Risk Evalu-

	ovat keskeisiä eettisiä kysymyksiä liikkuvien kuvantamispalvelujen käyttöönotossa.	ovat huomionarvoisia eettisiä tekijöitä.	ation and Management of Mobile X-ray Devices. 2019 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), 1–4.
--	--	--	--

5 Tulokset

Analyysin yhteydessä muodostuneet keskeiset teemat (ks. taulukko 5) toimivat lähtökohtana tulosten tarkastelulle. Näiden teemojen avulla saatiin kattava ymmärrys liikkuvien kuvantamispalveluiden mahdollisuuksista ja haasteista eri terveyden ympäristöissä. Seuraavissa alaluvuissa teemoja syvennetään ja tarkastellaan niiden vaikutuksia konkreettisesti.

Tähän työhön on valittu artikkeleita, jotka käsittelevät kattavasti liikkuvien kuvantamispalveluiden nykytilaa, sovelluksia ja haasteita terveydenhuollossa. Valitut tutkimukset tarjoavat näkökulmia liikkuvien kuvantamispalveluiden hyödyntämiseen eri ympäristöissä, kuten syrjäseuduilla, hoitokodeissa ja akuuttihoitotilanteissa, joissa palveluiden saatavuus ja nopeus ovat kriittisiä tekijöitä. Artikkeleissa tarkastellaan muun muassa, kuinka liikkuvat röntgen ja ultraäänilaitteet lisäävät diagnostiikan saavutettavuutta potilaiden kotona, vähentävät tarvetta potilassiirroille ja nopeuttavat hoitoon pääsyä. Lisäksi niissä pohditaan mobiililaitteiden kustannustehokkuutta, turvallisuutta ja erityisosaamisen vaatimuksia terveydenhuollon henkilöstölle.

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen keskeiset havainnot, jotka vastaavat esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskysymyksinä olivat:

1. Mitä erilaisia liikkuvia kuvantamispalveluita on saatavilla, ja miten ne eroavat toisistaan?
2. Miten liikkuvia kuvantamispalveluita on hyödynnetty eri terveydenhuollon ympäristöissä?

Alemmassa taulukossa on kuvattu, miten perinteiset diagnostiset liikkuvat kuvantamislaitteistot ovat kehittyneet.

Taulukko 6. Liikkuvien kuvantamispalveluiden aiemmat haasteet ja nykyiset Innovaatiot (Gulino & Giansanti & Lepri & Oddi 2024)

Liikkuvat kuvantamispalvelut	Aiemmat haasteet	Nykyiset innovaatiot
Röntgen	Suuret, kiinteät laitteet, raskaat kaapelit	Langattomat, litteäpaneeliset detektorit
	Aikaisemmin röntgenlaitteet olivat kiinteitä ja isoja, ne vaativat raskaat kaapelit.	Nykyään langattomat litteäpaneeliset detektorit ovat keventäneet röntgenlaitteita, mikä tehnyt niistä helposti siirrettäviä ja käytökelpoisia eri hoitoyksiköissä, kuten hoitokotissa ja kotisairaanhoidossa.
Ultraääni	Manuaalinen analysointi, isot laitteet	Kannettavat laitteet, reaaliaikainen analysointi
	Ennen ultraäänen kuvantaminen perustui täysin manuaaliseen analysointiin, mikä oli aikaa vievää.	Nyt laitteet ovat entistä kannettavampia ja kevyempiä näin ovat kehittyneet merkittävästi kehittyneellä tekoälyllä, mikä on mahdollistanut nopeiden ja tarkkojen reaaliaikaisten kuvantamisen.

Tietokonetomografia (TT)	Kiinteät laitteet, potilaan kuljetustarve	Liikkuvat TT-yksiköt, korkean resoluution 3D-kuvat
	TT-laitteet (tietokonetomografia) olivat raskaampia ja potilaita tuli kuljettaa sairaalaan kuvantamista varten	Nykyisin liikkuvat TT-laitteet, kuten mobile stroke units (aivohalvauksyksiköt), sisältävät kompakteja ja kevyitä TT-skannereita, jotka mahdollistavat korkean resoluution 3D-kuvantamisen suoraan potilaan luona esimerkiksi hätätilanteissa. Tämä mahdollistaa hoidon aloittamisen paikan päällä ilman hidastusta.
Magneettikuvaus (MRI)	Suuret, kiinteät laitteet	Kompaktit, energiatehokkaat laitteet
	Aiemmin magneettikuvauslaitteet olivat suuria ja vähemmän liikuteltavia	Nykypäivänä energiatehokkaat tiiviit magneettikuvauslaitteet hyödyntäessään alhaisen kenttävoimakkuuden magneetteja, mahdollistaa korkealaatuisen magneettikuvauksen ilman säteilyaltistuksen vaaraa. Näiden laitteiden siirrettävyys on parantunut merkittävästi.
Läpivalaisu (röntgenfluoroskopia)	Vähemmän liikuteltavat, isot laitteet	Litteäpaneeliset detektorit, parempi siirrettävyys
	Aikoinaan läpivalaisulaitteet olivat vähemmän liikuteltavia ja suurikokoisia	Tämänpäiväinen läpivalaisu laitteiden kehitettävyys näyttäytyy niin, että ne ovat

		helposti siirrettävissä leikkaussalein ja toimenpidehuoneiden välillä. Uusimmat laittaa jopa tarjoavat litteäpaneelisia detektoreita, joiden avulla saadaan korkealaatuisia kuvantamista invasiivisissä toimenpiteissä.
Mammografia	Kookkaita laitteita aiemmin	Laitteet pienentyneet, helpommin siirrettäviä
	Kehittynyt kohti pienempiä ja siirrettävämpiä laitteita	Uusimpien teknologisten innovaatioiden ansiosta mammografialaitteista on tullut pienempiä ja kevyempiä, mikä mahdollistaa niiden liikuteltavuuden ja käytön myös liikkuvissa terveydenhuollon yksiköissä, kuten mobiilissa seulontayksiköissä ja kotikäynneillä

5.1 Liikkuvien kuvantamispalveluiden lajit ja erot

Tutkimuksessamme havaittiin, että liikkuvia kuvantamispalveluita on saatavilla useita eri tyyppisiä. Jokaisella kuvantamispalvelulla on omat vahvuutensa ja rajoitteensa riippuen käytetystä teknologiasta, käyttötarkoituksesta sekä siitä, millaisissa ympäristöissä niitä käytetään. Tärkeimpiä liikkuvia kuvantamispalveluita ovat mobiiliröntgen, ultraäänilaitteet, tietokonetomografiarekka (TT) ja magneettirekka (MRI). Näitä palveluita käytetään pääasiassa sairaalan ulkopuolella, jolloin potilaiden siirtäminen on haastavaa tai ei toivottavaa. Seuraavassa esitetään kunkin palvelun ominaisuudet ja erot.

5.1.1 Mobiiliröntgen

Mobiiliröntgen on yksi yleisimmistä liikkuvista kuvantamispalveluista, jota käytetään muun muassa hoitokodeissa, kotihoidossa sekä ensihoitotilanteissa. Mobiiliröntgen

mahdollistaa luuston ja rintakehän tutkimisen nopeasti ilman, että potilasta tarvitsee siirtää sairaalaan. Tämä on erityisen hyödyllistä, kun kyseessä ovat potilaat, joilla on liikkumisrajoitteita tai jotka ovat liian heikossa kunnossa siirtyäkseen terveydenhuollon yksikköön.

Tutkimusten mukaan mobiiliröntgen vähentää sairaalasiirtojen tarvetta ja nopeuttaa hoitopäätösten tekemistä erityisesti iäkkäiden ja heikkokuntoisten potilaiden kohdalla. Erityisesti hoitokodeissa röntgenkuvien ottaminen paikan päällä on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi diagnosoida murtumia, keuhkosairauksia ja muita tuki- ja liikuntaelämistön ongelmia (Zanardo, 2020). Mobiiliröntgenlaitteiden siirrettävyys tekee niistä myös ihanteellisia kriisitilanteissa, kuten pandemioissa, joissa röntgenpalveluiden tarjoaminen suoraan potilaiden luona voi olla elintärkeää.

Mobiiliröntgenin käytössä on kuitenkin omat haasteensa. Vaikka laitteet ovat kevyitä ja helposti siirrettäviä, niiden säteilyhallinta vaatii erityistä tarkkuutta, erityisesti kun kuvantamista tehdään ei-sairaalaolosuhteissa. Lisäksi mobiiliröntgenin kuvanlaatu ei ole yhtä tarkka kuin kiinteiden röntgenlaitteiden, mikä voi rajoittaa niiden käyttöä erityisen tarkkaa kuvantamista vaativissa tilanteissa (Bisgaard ym. 2022). Liikkuvaa röntgeniä on kuitenkin useiden vuosien ajan käytetty rutiininomaisesti sellaisten potilaiden kuvantamiseen, jotka ovat liian huonokuntoisia kuljetettavaksi radiologian osastolle tutkimuksiin sairaalan sisällä diagnostisten päätösten tekemistä varten (Palazzetti ym. 2013). Mobiilitutkimukset ovat osoittautuneet kustannustehokkaiksi vaikeasti tavoitettavissa olevissa väestöryhmissä esimerkiksi tuberkuloosiseulonnassa ja matala- tai keskitaloisissa maissa (Datta ym. 2017).

5.1.2 Ultraäänilaitteet

Ultraäänilaitteet ovat erittäin monipuolisia ja turvallisia kuvantamispalveluita, joita käytetään laajalti liikkuvina palveluina. Ultraääni on erityisen hyödyllinen pehmytkudosten, verisuonien ja elinten kuvantamisessa, ja se tarjoaa reaaliaikaista kuvantamista, mikä mahdollistaa nopeiden diagnoosien tekemisen. Ultraääntä käytetään myös laajalti raskauden seurannassa sekä hätätilanteissa, kuten vatsaontelon verenvuotojen ja traumojen diagnosoinnissa.

Ultraäänilaitteiden etuna on niiden ionisoimattomuus, eli ne eivät aiheuta säteilyriskiä potilaalle, toisin kuin röntgen- ja TT-kuvantaminen. Tämä tekee ultraäänestä ihanteellisen vaihtoehdon tilanteissa, joissa säteilylle altistumisen välttäminen on tärkeää, kuten raskauden aikana tai toistuvissa tutkimuksissa. Lisäksi ultraäänilaitteet ovat kevyitä ja

helposti siirrettäviä, mikä tekee niistä ihanteellisia käyttöön ensihoitotilanteissa ja syrjäseuduilla, joissa perinteiset kuvantamispalvelut eivät ole saatavilla. Näissä olosuhteissa ultraäänilaitteet voivat nopeuttaa hoitopäätöksiä ja vähentää tarvetta potilaiden siirtämiseen sairaaloihin (Kim ym. 2017).

Vaikka ultraäänilaitteet ovat erittäin hyödyllisiä ja turvallisia, niillä on myös teknisiä rajoituksia. Kuvanlaatu voi vaihdella riippuen laitteen taajuudesta ja asetuksista, mikä tekee niiden käytöstä haasteellista joissakin tilanteissa. Korkeataajuiset ultraäänilaitteet tuottavat tarkempia kuvia, mutta niiden läpäisykyky on heikompi, mikä rajoittaa niiden käyttöä syvemmällä sijaitsevien rakenteiden kuvantamisessa. Matalampitaajuiset laitteet taas pystyvät kuvantamaan syvemmältä, mutta kuvan tarkkuus voi olla huonompi. Tämä vaatii laitteen käyttäjältä erityistä osaamista, jotta tutkimus voidaan suorittaa luotettavasti.

Kädessä pidettävät ultraäänilaitteet, kuten Butterfly iQ, tuovat lisää joustavuutta ja siirrettävyyttä, sillä niitä voidaan käyttää suoraan potilaan vieressä esimerkiksi päivystyksessä tai synnytysyksiköissä. Liikkuvina kuvantamispalveluina ne tarjoavat nopean ja vaivattoman ratkaisun kuvantamiseen silloin, kun suurempien kiinteiden laitteiden käyttö ei ole mahdollista. Vaikka kädessä pidettävien laitteiden kuvanlaatu voi olla joissakin sovelluksissa heikompi, niiden tarjoama joustavuus ja siirrettävyys tekevät niistä erittäin hyödyllisen työkalun tilanteissa, joissa kuvantaminen tarvitaan nopeasti ja lähellä potilasta. Kokeneen käyttäjän rooli korostuu etenkin silloin, kun siirrettävän laitteen asetuksia on säädettävä erilaisiin potilastilanteisiin sopiviksi (Salimi ym 2022).

Lisäksi ultraäänilaitteet eroavat merkittävästi muista kuvantamistekniikoista, kuten tietokonetomografiasta (TT) ja magneetikuvantamisesta (MRI). Vaikka TT ja MRI tarjoavat erittäin korkearesoluutioisia kuvia, ne ovat usein sidoksissa kiinteisiin sairaalalaitteisiin, jotka vaativat raskasta infrastruktuuria ja kalliita laitteita. Ultraäänilaitteet sen sijaan ovat paljon siirrettävämpiä, ja ne tarjoavat riittävää kuvantamiskykyä moniin klinisiin tarpeisiin ilman säteilyä tai erityisiä suojausvaatimuksia (Kim ym. 2017).

5.1.3 Siirrettävä tietokonetomografia (TT)

Siirrettävät TT-laitteet ovat kehittyneet huomattavasti viime vuosina ja niitä käytetään yhä useammin akuuttien sairauksien, kuten aivohalvausten, sekä monivamma- ja traumatopotilaiden hoidossa. TT-laitteet tuottavat tarkkoja poikkileikkauksuvia, jotka mahdollistavat monimutkaisten sairauksien diagnosoinnin suoraan paikan päällä ilman, että potilasta täytyy kuljettaa sairaalaan. Mobile stroke unit -yksiköissä käytettävät TT-laitteet ovat olleet merkittävä innovaatio erityisesti aivohalvauspotilaiden hoidossa. Ne

mahdollistavat aivojen kuvantamisen ja hoitopäätösten tekemisen paikan päällä, mikä nopeuttaa hoidon aloittamista ja vähentää aivohalvauksen aiheuttamia pitkäaikaisia vaurioita (John ym. 2016).

Siirrettävien TT-laitteiden suurimpia haasteita ovat niiden vaatimat energiantarpeet ja suurempi koko, mikä rajoittaa niiden käyttöä syrjäisillä alueilla ja mobiiliyksiköissä, joissa infrastruktuuri voi olla rajallinen. Liikkuvat TT-laitteet sijoitetaan usein rekkoihin tai kontteihin, jolloin ne voidaan siirtää helposti sairaaloiden, terveyskeskusten tai syrjäisten alueiden välillä tilapäistä kuvantamistarvetta varten.

5.1.4 Mobiili magneettikuvaus (MRI)

Magneettikuvaus on yksi kehittyneimmistä kuvantamismenetelmistä, ja sen avulla voidaan luoda erittäin tarkkoja kuvia pehmytkudoksista, kuten aivoista ja nivelistä, ilman ionisoivaa säteilyä. Mobiilit MRI-laitteet ovat kuitenkin huomattavasti raskaampia ja monimutkaisempia kuin mobiiliröntgen tai ultraäänilaitteet, mikä tekee niiden käytöstä haastavaa kenttäolosuhteissa. Siirrettävistä magneettikuvauslaitteista, kun puhutaan niihin ne ovat rekkoja tai siirrettäviä kontteja

Vaikka siirrettävät MRI-laitteet ovat kehittyneet merkittävästi, ne vaativat edelleen suuria resursseja ja teknistä tukea, mikä rajoittaa niiden käyttöä syrjäisissä tai vähäresursisissa ympäristöissä. Lisäksi mobiili MRI on vielä harvinaisempaa kuin mobiiliröntgen ja TT-laitteet, mutta sen käyttöalue laajenee jatkuvasti (Illemann & Illemann, 2024)

5.1.5 Läpivalaisu

Läpivalaisu, eli röntgenfluoroskopia, on kuvantamismenetelmä, joka tarjoaa reaaliaikaista kuvaa kehon rakenteista ja toimii erityisesti invasiivisissa toimenpiteissä, kuten leikkauksissa ja ortopedisissa toimenpiteissä. Modernit liikkuvat fluoroskopiaalaitteet hyödyntävät litteäpaneelisia detektoreita, jotka parantavat kuvanlaatua ja vähentävät säteilyaltistusta. Tämä tekee menetelmästä käyttökelpoisen myös liikkuvissa yksiköissä, kuten hätätilanteissa ja kenttäsairaaloissa. Läpivalaisu on erityisen hyödyllinen, kun halutaan seurata potilaan kehon liikkeitä ja toimintoja reaaliajassa, esimerkiksi silloin, kun tehdään kardiologisia toimenpiteitä (John y m.2016).

Läpivalaisuun suurin ero muihin liikkuviin kuvantamismenetelmiin, kuten mobiiliröntgeeniin ja ultraääneen, on sen kyky tarjota jatkuvaa ja reaaliaikaista kuvaa kehon sisäisistä rakenteista, mikä mahdollistaa dynaamisten prosessien, kuten sydämen tai nivelten liikkeen, tarkkailun. Toisin kuin ultraäänellä, läpivalaisu käyttää ionisoivaa säteilyä,

mikä asettaa rajoituksia sen käyttöiheydelle ja turvallisuudelle pitkäaikaisessa käytössä (John ym. 2016).

5.1.6 Mammografia

Liikkuva mammografia on viime vuosina kehittynyt merkittävästi, ja nykyaikaiset digitaaliset menetelmät, kuten digitaalinen tomosynteesi (3D-mammografia), ovat parantaneet kuvantamisen tarkkuutta erityisesti tiheärintaisilla naisilla. Digitaalinen tomosynteesi tarjoaa kolmiulotteisen näkymän rinnan kudoksista, mikä mahdollistaa kasvainten havaitsemisen tarkemmin ja vähentää uusintakuvauksien tarvetta verrattuna perinteiseen digitaaliseen mammografiaan. Tämä parantaa seulonnan tarkkuutta ja nopeuttaa rintasyövän havaitsemista varhaisessa vaiheessa, mikä parantaa hoitotuloksia (Hofvind ym. 2019).

Liikkuvaa mammografiaa käytetään erityisesti rintasyövän seulonnassa alueilla, joissa perinteisiin sairaalapalveluihin pääsy on rajallista. Tämä tekee siitä erityisen hyödyllisen välineen syrjäisille ja matalatuloisille alueille, joissa seulonnan saatavuus on usein haasteellista. Liikkuvat yksiköt, joissa käytetään sekä perinteistä mammografiaa että digitaalista tomosynteesiä, voivat tuoda kuvantamispalvelut suoraan potilaiden luokse, vähentäen matkustustarvetta ja lisäten seulontakattavuutta näillä alueilla (Bernardi 2016).

Mammografian suurin ero muihin liikkuviin kuvantamismenetelmiin, kuten ultraääneen ja röntgeniin, on sen kyky havaita rintasyövän varhaisia merkkejä, joita ei ole mahdollista palpoida. Vaikka mammografia käyttää ionisoivaa säteilyä, digitaalinen tomosynteesi vähentää säteilyaltistusta verrattuna perinteiseen kahden kuvan digitaaliseen mammografiaan, mikä tekee siitä turvallisemman valinnan erityisesti tiheärintaisille naisille ja toistuvissa seulontatutkimuksissa (Hofvind ym. 2019)

5.2 Liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttö eri terveydenhuollon ympäristöissä

Mobiilit kuvantamispalveluiden käyttö sairaaloissa on monipuolista ja auttaa erityisesti niillä osastoilla ja yksiköissä, joissa potilaita ei voida helposti siirtää tai joissa kuvantaminen on tarpeen toimenpiteen aikana. Esimerkkinä teho-osastolla hoidettavien potilaiden kohdalla liikkuvat röntgenlaitteet mahdollistavat säännöllisen ja nopean kuvantami-

sen suoraan potilaan vuoteen vieressä. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää hengityskoneissa kiinni oleviin potilaisiin sekä liikuntarajoitteisiin, koska heidän siirtonsa voisi aiheuttaa haastavuutta ja vaaratilanteita. Kyse on juuri tämänlaisista tilanteista, jolloin korostuu mobiilien röntgenlaitteiden käyttö, ne osoittautuvat korvaamattomiksi vähentämällä potilaan tilan heikentymisen riskiä siirron aikana ja mahdollistavat toistuvia kuvantamisen ilman, että potilaan tarvitsisi siirtyä osastolta (Vigeland ym. 2017) Potilaiden saavutettavuuden parantamiseksi pilotoitiin Osllossa vuonna 2004 mobiiliradiografiapalvelu vanhainkotiin. Röntgenhoitaja toi mukanaan kannettavan röntgenlaitteen ja teki tavallisia röntgenkuvia (luuranko-, rinta- tai vatsa) asukkaiden huoneissa.

Tutkimuksessa havaittiin, että liikkuvia kuvantamispalveluita hyödynnetään laajasti eri terveydenhuollon ympäristöissä, kuten hoitokodeissa, kotihoidossa, ensihoidossa ja syrjäisillä alueilla. Näiden palveluiden käytön lisääntyminen on johtanut sairaalasiirtojen vähentymiseen ja hoidon nopeutumiseen, erityisesti iäkkäiden ja heikkokuntoisten potilaiden kohdalla.

5.2.1 Kotihoito ja hoitokoti

Hoitokodeissa ja kotihoidossa liikkuvat kuvantamispalvelut, kuten mobiiliröntgen ja ultraääni, ovat osoittautuneet erittäin hyödyllisiksi. Ne vähentävät merkittävästi potilaiden siirtotarvetta sairaaloihin, mikä on erityisen tärkeää iäkkäille ja liikuntarajoitteisille potilaille, joille sairaalasiirrot voivat olla raskaita tai jopa riskialttiita. Esimerkiksi mobiiliröntgenin avulla voidaan diagnosoida hoitokodeissa murtumia ja keuhkosairauksia paikan päällä, mikä nopeuttaa hoitopäätöksiä ja vähentää sairaalahoidon tarvetta (Zanardo & Schiaffino & Sardanelli 2020).

Lisäksi liikkuvat kuvantamispalvelut voivat vähentää terveydenhuollon kustannuksia merkittävästi. Kaakkois-Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan mobiilien röntgenpalveluiden käyttöönotto hoitokodeissa lisäsi diagnostiikkapalveluiden saatavuutta ja vähensi potilaiden tarvetta sairaalakäynteihin. Erityisesti logistisesti haastavissa ja riskialttiissa tilanteissa nämä palvelut osoittautuivat arvokkaiksi ikääntyneiden ja liikuntarajoitteisten potilaiden hoidossa (Kjelle ym. 2019).

Hoitokodeissa ja kotisairaanhoidossa liikkuvat kuvantamislaitteet voivat myös vähentää merkittävästi terveydenhuollon kustannuksia. Tällä hetkellä liikkuvia kuvantamispalveluita on Australiassa, Italiassa, Norjassa, Ruotsissa ja Sveitsissä. Kaakkois-Norjassa tehty tutkimus tarkasteli mobiilien röntgenpalveluiden vaikutuksia hoitokodeissa. Tutkimuksen mukaan liikkuvien röntgenpalveluiden käyttöönotto lisäsi merkittävästi

diagnostisten kuvantamistutkimusten saatavuutta ja vähensi potilaiden tarvetta sairaalaan siirtymistä. Logistisesti haastavissa ja riskialttiissa tilanteissa, mobiilit kuvantamispalvelut olivat erityisen hyödyllisiä ikääntyneille ja liikuntarajoitteisille potilaille (Kjelle ym. 2019)

5.2.2 Ensihoito ja hätätilanteet

Liikkuvia kuvantamispalveluita on hyödynnetty tehokkaasti myös ensihoidossa ja hätätilanteissa, joissa diagnoosien nopeus ja tarkkuus ovat kriittisiä. Siirrettävät TT-laitteet ja ultraäänilaitteet mahdollistavat nopean kuvantamisen suoraan tapahtumapaikalla, mikä vähentää potilaiden siirtämiseen kuluva aikaa ja parantaa hoitotuloksia. Erityisesti mobile stroke unit -yksiköissä siirrettävät TT-laitteet ovat osoittautuneet hyödyllisiksi aivohalvausten hoidossa, sillä ne mahdollistavat nopean diagnoosin ja hoidon aloittamisen (John ym. 2016)

5.2.3 Syrjäiset alueet ja vähäresurssiset ympäristöt

Syrjäisillä alueilla, joissa terveydenhuollon infrastruktuuri on rajallinen, liikkuvat kuvantamispalvelut ovat elintärkeitä diagnostiikan ja hoidon tarjoamisessa. Ultraäänilaitteet ovat erityisen hyödyllisiä, koska ne eivät vaadi suurta teknistä tukea ja ovat helposti siirrettäviä. Mobiiliröntgeniä käytetään myös laajasti keuhkosairauksien, kuten keuhkotuberkuloosin, diagnosointiin syrjäisillä alueilla (Datta ym. 2017).

Kehitys liikkuvien kuvantamispalveluissa on mahdollistanut monipuolisemmat ja tehokkaammat kuvantamispalvelut suoraan potilaan luona. Tämä on ollut erityisen tärkeää tilanteissa, joissa potilaiden kuljettaminen sairaalaan on haastavaa tai joissa terveydenhuollon resurssit ovat rajalliset, kuten syrjäseuduilla (Mohammadshahi & Noorafkan & Yazdani & Aghdam 2019).

5.3 Mobiiliröntgenlaitteiden riskien hallinta

Riskienhallinta mobiiliröntgenlaitteissa Vigeland ym. (2017) tutkivat mobiiliröntgenlaitteiden käytön riskejä ja turvallisuuskysymyksiä ja korostivat säteilyturvallisuuden merkitystä. Mobiiliröntgenlaitteiden käytössä on huomioitava olosuhteet, erityisesti hoitokohteissa ja potilaiden kotona, missä valmiit suojaukset eivät välttämättä ole käytettävissä.

Tutkimuksessa todettiin, että mobiiliröntgenlaitteiden riskejä voidaan hallita tehokkaasti noudattamalla turvatoimenpiteitä, kuten laitteiden säännöllistä huoltoa ja henkilöstön

koulutusta. Oikein käytettynä mobiiliröntgenlaitteet tarjoavat merkittäviä hyötyjä hoitotilanteissa, mutta niiden käytössä säteilyturvallisuus on keskeistä potilaiden ja henkilöstön suojaamiseksi eri ympäristöissä (Vigeland ym. 2017).

Mobiiliröntgenlaitteiden turvallinen käyttö edellyttää säännöllistä huoltoa ja henkilöstön jatkuvaa koulutusta säteilyturvallisuusprotokollien osalta. Näin voidaan vähentää riskejä erityisesti vaihtelevissa työympäristöissä. Mobiiliröntgen on parantanut keuhkotuberkuloosin havaitsemista alueilla, joissa infrastruktuuri on rajallinen. Kuitenkin lisämenetelmiä, kuten laboratoriotestejä, tarvitaan diagnosoinnin täydentämiseksi (Datta ym. 2017).

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että liikkuvien kuvantamispalveluiden, kuten mobiiliröntgen, ultraäänilaitteiden ja siirrettävien tietokonetomografian (TT), käyttö voi merkittävästi parantaa diagnostiikan savutettavuutta ja nopeuttaa hoitoprosesseja etenkin ympäristöissä, joissa potilaiden siirtäminen on vaikeaa tai riskialtista. Hoitokodeissa ja kotihoidossa liikkuvien röntgenlaitteiden avulla voidaan diagnosoida luuston murtumia, keuhkosairauksia, ja muita tavallisia ongelmia potilaan omassa ympäristössä, mikä vähentää sairaalasiirtojen tarvetta ja nopeuttaa hoitopäätösten tekoa. Tämä on erityisen hyödyllistä iäkkäiden ja liikuntarajoitteisten potilaiden kohdalla, joille ylimääräinen liikkuminen voi aiheuttaa fyysistä kuormitusta ja stressiä.

Toinen merkittävä havainto tuloksista on liikkuvien kuvantamispalveluiden teknologisten innovaatioiden vaikutus palveluiden käytettävyyteen ja sovellusmahdollisuuksiin. Uusien kevyiden ja langattomien litteäpaneelisten detektorien sekä kehittyneiden mobiili TT ja MRI-laitteiden ansiosta diagnostiikka voidaan toteuttaa yhä monimutkaisemmissa tapauksissa, kuten neurologisten häiriöiden ja tuki liikuntaelimestön vammojen tutkimuksessa suoraan potilaan luona. Esimerkiksi liikkuvat TT-rekat ovat osoittautuneet hyödyllisiksi akuuteissa tilanteissa, kuten aivohalvauksen diagnosoinnissa, jolloin hoito voidaan aloittaa paikan päällä viivytyksittä.

Liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttö tuo mukanaan käytännön haasteita, jotka vaativat erityistä huomiota. Erityisesti mobiiliröntgenlaitteiden säteilyturvallisuuden hallinta edellyttää tarkkaa valvontaa ja erityisiä järjestelyjä, varsinkin sairaalaympäristön ulkopuolella, missä perinteisiä suojausmekanismeja ei ole saatavilla, laitteiden turvallisen ja

tehokkaan käytön takaamiseksi on välttämätöntä järjestää säännöllisiä huoltotoimenpiteitä sekä jatkuvaa henkilöstökoulutusta turvallisuusohjeita ja säteilysuojelusta. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan varmistaa sekä potilaiden että terveydenhuollon ammattilaisten turvallisuus erilaisissa olosuhteissa.

Tulokset osoittavat, että liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttöönotto voi olla erityisen hyödyllistä terveydenhuollon yksiköissä, joissa infrastruktuuri on rajoitettua tai joissa potilaiden siirtäminen on haasteellista. Tämä kehitys voi merkittävästi parantaa diagnostiikkaa etenkin syrjäisillä alueilla ja vähäresurssisissa ympäristöissä. Esimerkiksi ultraäänilaitteiden käyttö ensihoitotilanteissa ja syrjäseuduilla on tuonut diagnostiikkaa lähemmäksi potilaita, mikä mahdollistaa nopeammat hoitopäätökset myös tilanteissa, joissa perinteiset kuvantamispalvelut eivät ole helposti saatavilla. Lisäksi tuloksista ilmenee, että liikkuvien kuvantamispalveluiden avulla voidaan vähentää terveydenhuollon kustannuksia. Kun sairaalasiirrot vähenevät, säästetään sekä potilaskuljetuksista aiheutuvia kustannuksia että terveydenhuollon resursseja, jotka voidaan suunnata kiireellisempiin potilastapauksiin. Näin ollen liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttöönotto voi auttaa parantamaan terveydenhuollon toimivuutta ja potilastyytyväisyyttä kokonaisvaltaisesti.

Liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttöönotto tuo terveydenhuoltoon uusia mahdollisuuksia, jotka parantavat diagnostiikan saavutettavuutta, hoidon sujuvuutta ja potilasturvallisuutta. Tällaiset palvelut vähentävät potilaiden tarvetta siirtymisiin ja nopeuttavat hoitoprosesseja, mikä on erityisen hyödyllistä iäkkäille ja liikuntarajoitteisille potilaille. Teknologinen kehitys, kuten kevyet, langattomat detektorit ja kehittyneet mobiili TT ja MRI rekät, ovat laajentaneet liikkuvien kuvantamispalveluiden käyttömahdollisuuksia ja mahdollistaneet entistä tarkemman diagnostiikan haastavissakin tilanteissa. Näiden palveluiden yleistyminen voi tuoda huomattavia hyötyjä etenkin resursseiltaan rajallisille ja syrjäisille alueille, joissa perinteinen kuvantaminen on rajoitettua. Kun sairaalasiirtoja tarvitaan vähemmän ja hoitopäätöksiä voidaan tehdä nopeammin, terveydenhuollon resursseja voidaan käyttää tehokkaammin. Tämä parantaa sekä kustannustehokkuutta että potilaiden tyytyväisyyttä, edistäen kokonaisvaltaisesti terveydenhuollon toimivuutta.

6.2 Eettisyys

Hyvä tieteellinen tutkimus vaatii tekijöiltä rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuuta tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa. Tutkimuksessa tulee soveltaa tieteellisen tutkimuksen kriteerien mu-

kaisia ja eettisesti kestäviä tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmiä. Tutkimuksessa toteutetaan tieteellisen tiedon luonteeseen kuuluvaa avoimuutta ja vastuullista tiedeviestintää tutkimuksen tuloksia julkaistaessa. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

Tutkimuksessamme viittaukset tehtiin asianmukaisesti, kunnioittaen jokaisen tutkimuksen ja tutkijan arvoa. Tärkeää oli tallentaa kaikki projektissa käytetty tieto eettisten vaatimusten mukaisesti sekä suunnittelu-, toteutus- että raportointivaiheessa, ja käsitellä niistä syntyneet tietoaineistot asianmukaisesti. Aineiston valinnassa ja rajauksessa käytimme sisään- ja poissulku kriteerejä. Kävimme kaikki valitut aineistot läpi yhdessä poissulkeaksemme yksittäiset mielipiteet ja pysyäksemme mahdollisimman neutraalina aineistoa valittaessa.

6.3 Luotettavuus

Olemme noudattaneet opinnäytetyön aikana hyvää tieteellistä käytäntöä ja välttäneet plagiointia. Plagioinnilla eli luvattomalla lainaamisella tarkoitetaan toisten tekemän työn tai tutkimusideoiden käyttämistä ilman lupaa tai viittausta. Tällöin loukataan myös alkuperäisten tekijöiden oikeuksia näiden omaan tieteelliseen työhön. Plagiointia on sekä suora että mukaillen tehty kopiointi. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023.) Opinnäytetyömme on myös tarkastettu turnitin-plagiaatintunnistusohjelmalla. Tästä ohjelmasta saimme tulokseksi 21 %.

Uskomme, että sisään- ja poissulkukriteerimme lisäävät luotettavuutta tutkimukseemme koska aineisto on tuoretta ja kaikkien saatavilla. Olemme myös viitanneet aineistoon aina kun se on ollut tarpeellista.

Opinnäytetyömme luotettavuutta saattaa heikentää se, että kaikki artikkelimme olivat englanninkielisiä ja virheet kääntämisessä ovat mahdollisia. Tämä on myös saattanut vaikuttaa aineiston analyysivaiheeseen.

6.4 Ammatillinen kehittyminen

Opinnäytetyömme on tarjonnut meille mahdollisuuden syventyä liikkuvien kuvantamispalveluiden monipuolisuuteen ja niihin liittyviin haasteisiin terveydenhuollon eri ympäristöissä. Tieteellisen aineiston laaja-alainen läpikäynti oli vaativa, mutta palkitseva prosessi, joka kehitti kriittistä ajatteluamme ja paransi valmiuksiamme soveltaa tutkimustietoa käytännön terveydenhuollon tarpeisiin.

Työn aikana olemme ymmärtäneet, kuinka tärkeää on ylläpitää ja päivittää osaamistaan erityisesti teknologian nopean kehityksen myötä. Esimerkiksi mobiiliröntgen- ja ultraäänilaitteiden käyttö syrjäseuduilla ja ensihoidossa toi esille uusia sovellusmahdollisuuksia ja haasteita, jotka vaativat jatkuvaa teknistä osaamista ja säteilysuojelun hallintaa.

Tulevaisuudessa tavoitteenamme on kehittää laiteosaamistamme ja perehtyä syvemmin uusiin innovaatioihin, kuten tekoälyn hyödyntämiseen diagnostiikassa. Tämä opinnäytetyö on luonut vahvan perustan, jolta voimme jatkaa ammatillista kehittymistä erityisesti mobiilikuvantamispalveluiden parissa. Mielestämme liikkuvien kuvantamislaitteiden käytettävyyttä voisi parantaa keventämällä laitteita, lisäämällä akkukestoa ja kehittämällä tahatonta käyttöliittymiä. Tämä helpottaisi laitteiden siirtämistä ja nopeaa käyttöönottoa monenlaisissa olosuhteissa, erityisesti syrjäseuduille ja hätätilanteissa.

7 Lähteet

Bernardi, D., Macaskill, P., Pellegrini, M., Valentini, M., Fanto, C., Ostillio, L., Tuttobene, P., Luparia, A., & Houssami, N. (2016). Breast cancer screening with tomosynthesis (3D mammography) with acquired or synthetic 2D mammography compared with 2D mammography alone (STORM-2): A population-based prospective study. *The Lancet Oncology*, 17(8), 1105-1113. <[https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(16\)30101-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(16)30101-2/fulltext)>. Viitattu 18.9.2024

Bisgaard, M., Andersen, P. A. B., Jensen, A. T., Sørensen, C. B., Larsen, T. S., Jensen, J. M., & Precht, H. (2022). Exploring radiographers' experience with mobile X-ray of patients in their homes. *Radiography*, 28(1), 102-106. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1078817421001308>>. Viitattu 5.9.2024

Datta, B., Hazarika, A., Shewade, H. D., Ayyagari, K., & Kumar, A. M. (2017). Digital chest X-ray through a mobile van: public-private partnership to detect sputum-negative

pulmonary TB. *BMC Research Notes*, 10(1), 96. <<https://bmresnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-017-2423-1>>. Viitattu 2.9.2024

Elo, S., Kajula, O., Tohmola, A., & Kääriäinen, M. (2022). Laadullisen sisällönanalyysin vaiheet ja eteneminen. *Hoitotiede*, 34(4), 215-225. <<https://journal.fi/hoitotiede/article/view/128987>>. Viitattu 10.9.2024

Günther, K., Hasanen, K., & Juhila, K. Johdanto: Analyysi ja tulkinta. Analyysitavan valinta ja yleiset analyysitavat. <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopeutus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/analyysi-ja-tulkinta/>>. Viitattu 16.7.2024

Gulino, R. A., Giansanti, D., Lepri, G., & Oddi, F. (2024). Reimagining Radiology: A Comprehensive Overview of Reviews at the Intersection of Mobile and Domiciliary Radiology over the Last Five Years. *Bioengineering*, 11(3), 216. <<https://www.mdpi.com/2306-5354/11/3/216>>. Viitattu 16.10.2024

Hofvind, S., Holen, Å., Aase, H., Houssami, N., Sebuødegård, S., Moger, T., Hall-dorsen, I., & Akslen, L. (2019). Two-view digital breast tomosynthesis versus digital mammography in a population-based breast cancer screening programme (To-Be): A randomised, controlled trial. *The Lancet Oncology*, 20(6), 795-805. <[https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(19\)30187-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(19)30187-5/fulltext)>. Viitattu 24.10.2024

Hussain, S., Mubeen, I., Ullah, N., Shah, S. S. U. D., Khan, B. A., Zahoor, M., Ullah, R., Khan, F., & Sultan, M. A. (2022). Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and Risk Factors in the Medical Field: A Review. *BioMed Research International*. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9192206/>>. Viitattu 29.10.2024

Ieracitano, C., Mammone, N., Versaci, M., Varone, G., Ali, A., Armentano, A., Calabrese, G., Ferrarelli, A., Turano, L., Tebala, C., Hussain, Z., Sheikh, Z., Sceni, G., Hussain, A. & Morabito, F. C. (2022). A fuzzy-enhanced deep learning approach for early detection of Covid-19 pneumonia from portable chest X-ray images. *Neurocomputing*, 481, 202–215. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231221012487>>. Viitattu 30.10.2024

Illemann, N.M., & Illemann, T.M. (2024). Mobile imaging trailers: A scoping review of CT and MRI modalities. *Radiography*, 30, 431-439. <[https://www.radiography-online.com/article/S1078-8174\(23\)00248-1/fulltext](https://www.radiography-online.com/article/S1078-8174(23)00248-1/fulltext)>. Viitattu 27.10.2024

- John, S., Stock, S., Cerejo, R., Uchino, K., Winners, S., Russman, A. (2016). Brain Imaging Using Mobile CT: Current Status and Future Prospects. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26593629/>>. Viitattu 5.10.2024
- Kangasniemi, M., Pietilä, A.-M., Utriainen, K., Jääskeläinen, P., Ahonen, S.-M., & Liikainen, E. (2013). Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenetettyyn tietoon. *Hoitotiede*. <<https://journal.fi/hoitotiede/article/view/128286/77409>>. Viitattu 10.9.2024
- Kim, T., Noh, S., Wilson, S. R., Kono, Y., Piscaglia, F., Jang, H., Lyshchik, A., Dietrich, C., Willmann, J., Vezeridis, A., & Sirlin, C. (2017). Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) liver imaging reporting and data system (LI-RADS) 2017 – a review of important differences compared to the CT/MRI system. *Clinical and Molecular Hepatology*, 23(3), 280-289. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5760002/>>. Viitattu 27.10.2024
- Kjelle, E., Lysdahl, K. B., & Olerud, H. M. (2019). Impact of mobile radiography services in nursing homes on the utilisation of diagnostic imaging procedures. *BMC Health Services Research*, 19(1), 428. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6595684/>>. Viitattu 10.10.2024
- Kjelle, E., & Lysdahl, K. B. (2017). Mobile radiography services in nursing homes: a systematic review of residents' and societal outcomes. *BMC Health Services Research*, 17. <<https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-017-2536-3>>. Viitattu 10.10.2024
- Kufel, J., Bargieł, K., Koźlik, M., Czogalik, Ł., Dudek, P., Jaworski, A., Magiera, M., Bartnikowska, W., Cebula, M., Nawrat, Z., & Gruszczyńska, K. (2022). Usability of Mobile Solutions Intended for Diagnostic Images—A Systematic Review. *Healthcare*, 10(10), 2040. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9602351/>>. Viitattu 9.9.2024
- Manukyan, N. V., & Tamamyán, G. N. (2023). A Review of Challenges and Prospects of Mobile Mammography Screening in Developing Countries. *Radiologic Clinics of North America*, 48(5), 917-929. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033838923001017>>. Viitattu 30.10.2024

Meittunen, E., Graham, K., & Spence, D. (2004). Evaluation of a hidden occupational healthcare risk: the portable X-ray. *Radiology Management*, 26(6), 44-50, 52-53. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15633510/>>. Viitattu 10.9.2024

Mohammadshahi, M., Noorafkan, Z., Yazdani, S., & Aghdam, S. R. (2019). Cost-effectiveness of mobile versus fixed computed tomography scanning for stroke patients in a resource-limited setting: A decision-analytic modeling study. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7145907/>>. Viitattu 21.10.2024

Palazzetti, V., Gasparri, E., Gambini, C., Sollazzo, S., Saric, S., & Salvolini, L. (2013). Chest radiography in intensive care: an irreplaceable survey? *La Radiologia Medica*, 118(5), 744-751. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23090247/>>. Viitattu 1.10.2024

Salimi, Z., Mashadi, M., Simms, K., & Chen, A. (2022). Ultrasound Image Quality Comparison Between a Handheld Ultrasound Transducer and Mid-Range Ultrasound Machine. *POCUS Journal*, 7(1), 15052. <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9979954/>>. Viitattu 29.10.2024

Teng, C.-C., Green, C., Johnson, R., Jones, P., & Treasure, C. (2012). Mobile ultrasound with DICOM and cloud connectivity. *Proceedings of 2012 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics*, 667-670. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6211735>>. Viitattu 14.10.2024

Toppenberg, M. D., Christiansen, T. E. M., Rasmussen, F., Nielsen, C. P., & Damsgaard, E. M. (2020). Mobile X-ray outside the hospital: a scoping review. *BMC Health Services Research*, 20. <<https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-020-05313-4>>. Viitattu 22.8.2024

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2012). Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkauseräilyjen käsitteleminen Suomessa. <https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf>. Viitattu 20.10.2024

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2023). Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkauseräilyjen käsitteleminen Suomessa. <https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK_ohje_2023.pdf>. Viitattu 20.10.2024

Yanar, E., & Saydam, N. K. (2019). Risk Evaluation and Management of Mobile X-ray Devices. *2019 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 1-4. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8769058>>. Viitattu 15.7.2024

Zanardo, M., Schiaffino, S., & Sardanelli, F. (2020). Bringing radiology to patient's home using mobile equipment: A weapon to fight COVID-19 pandemic. *Clinical Imaging*, 68, 99-101. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899707120302212>>. Viitattu 6.9.2024