



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

# **Tekoälyn hyödyntäminen- ja sen vaikutus työnkuvaan terveydenhuollossa**

**The use of artificial intelligence in healthcare and its  
impact on healthcare work**

Kandidaatintyö

Elina Paunonen

## TIIVISTELMÄ

**Tekijä: Elina Paunonen**

**Työn nimi: Tekoälyn hyödyntäminen- ja sen vaikutus työnkuvaan terveydenhuollossa**

**Vuosi: 2018**

**Paikka: Lappeenranta**

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

37 sivua, 7 kuvaa ja 1 taulukko

Tarkastaja: Lea Hannola

**Hakusanat:** tekoäly, tekoäly terveydenhuollossa, terveydenhoito ja robotiikka

**Keywords:** artificial intelligence, artificial intelligence in healthcare, healthcare and robotics

Työn tavoitteena on selvittää miten tekoäly vaikuttaa terveydenhuoltoon ja työnkuvan muutoksiin nyt ja tulevaisuudessa. Tarkoituksena on siis tunnistaa tekoälyn luomat mahdollisuudet terveydenhuollon keskeisiin ongelmiin sekä tunnistaa siihen kohdistuvat ongelmakohdat ja uhat. Työssä pyritään antamaan kattava kuva tekoälyn ja robotiikan vaikutuksista myös terveydenhuollon sidosryhmiin ja heidän suhtautumiseen robotiikan hyödyntämisestä terveydenhuollossa. Työssä tarkastellaan myös yleisesti eri ammattien piirteiden korvattavuutta robotiikan ja automatiikan keinoin.

Työ on kirjallisuuskatsaus, jonka lähteenä on käytetty aihetta käsitteleviä ajankohtaisia artikkeleita ja kirjallisuutta. Työn tuloksena voidaan todeta, että tekoälystä on tullut yhä merkittävämpi keino liiketoiminnan tehostamisessa. Tekoäly ja robotiikan hyödyntäminen luo monia mahdollisuuksia ja ratkaisuja varsinkin terveydenhuollon toiminnan ja palvelujen laadun kehittämiseen. Tekoälyn uskotaan olevan ratkaisu terveydenhuollon ongelmiin kuten väestön ikärakenteen nousuun ja työvoimapulan kasvuun. Pitkällä aikavälillä palvelurobotiikan yleistymisen uskotaan tuovan huomattavia muutoksia koko sosiaali- ja terveysalalle, mutta robotiikan hyödyntämisen haasteina on kuitenkin eettisten, lainsäädännöllisten sekä sosiaalisten tekijöiden keskeinen asema.

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	3
1.1	Työn tausta.....	3
1.2	Työn tarkoitus ja tutkimuskysymykset .....	4
1.3	Työn tavoitteet ja rajaukset.....	5
2	TEKOÄLY.....	6
2.1	Tekoäly käsitteenä .....	6
2.2	Tekoälyn toimintaperiaate ja osa-alueet .....	6
2.3	Tekoälyn vaikutus eri aloihin.....	9
2.4	Tekoälyn hyödyntäminen eri aloilla .....	11
3	TEKOÄLY TERVEYDENHUOLLOSSA .....	13
3.1	Hoitotyössä käytettävä robotiikka.....	13
3.2	Tekoälyn hyödyntäminen omahoidossa.....	14
3.3	Lääketieteen robotiikka.....	17
3.4	Organisaation robotiikka ja kustannukset.....	19
4	TEKOÄLYN VAIKUTUS TULEVAISUUDEN TYÖNKUVAAN .....	22
4.1	Hoitotyön työtehtävien jakautuminen ja korvattavuus robotiikalla.....	22
4.2	Tekoäly ja terveydenhuollon työntekijät .....	24
4.3	Potilaan näkökulma tekoälyn hyödyntämisestä terveydenhuollossa .....	25
4.4	Tekoälyn hyödyntämisen haasteet terveydenhuollossa .....	27
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
	LÄHTEET.....	32

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Tekoäly on yksi tärkeimmistä tulevaisuuden työkaluista ja sen kehitys kiihtyy nopeaa tahtia eteenpäin. Hyödynämme alkeellista tekoälyä jo nyt varsin paljon, ja se on jo osa ihmisten jokapäiväistä elämää arjessa ja työelämässä (Rousku et al. 2017, s. 18). Puhetunnistin kuten Applen Siri, Amazonin online-tilausjärjestelmä ja lentoyhtiöiden automatisoidut puhelinpalvelut ovat esimerkkejä yksinkertaisesta tekoälyn hyödyntämisestä arkielämässä. Tekoälyn nopea kehitys tulee kuitenkin vaikuttamaan elämäämme huomattavasti merkittävämmiin ja voimakkaammin tulevaisuudessa. (Solum 2014, s. 69) Varsinkin organisaatiot hyödyntävät tekoälyä suuremmissa mittakaavoissa kuin ennen. Tulevaisuudessa tekoäly tulee vaikuttamaan työelämään voimakkaasti, sillä tekoälylle annetaan yhä enemmän valtaa organisaation toiminnan lisäksi myös päätöksenteossa. (Rousku et al. 2017, s. 19) Tekoäly on mahdollistanut rutiininomaisen työn korvaamisen, mutta tekoälyn kehityksen myötä tekoälyn luovalla ajattelulla voidaan lisätä myös älyllistä ja ymmärrykseen liittyvää kapasiteettia (Tikka 2016, s. 59).

Tekoälyn ja robotiikan mahdollisuudet herättävät ihmisissä paljon ahdistusta, sillä niillä on jo nyt suuri vaikutus työelämään (Kasriel 2017). Grayn (2016) mukaan jopa 5 miljoonaa työpaikkaa tulee katoamaan 2020-lukuun mennessä. Morgan kirjoittaa tekoälyn mahdollisuuksista ja väittää, ettei ole syytä olla huolissaan, sillä koneet ovat vieneet työmme jo 1960-luvulta lähtien. Tekoäly poistaa rutiininomaisia töitä, mutta samalla luo uudenlaisia työpaikkoja ja mahdollisuuksia, joita ei tule sivuuttaa. (Morgan 2017)

Tikka väittää, että tekoälyn ymmärryskapasiteetin kasvattamisen myötä robotiikalla pystytään kokonaisuudessaan paljon enempään kuin ihmisten tekemien asioiden paranteluun - kaikilla toimialoilla ja työpaikoilla. Tikan mukaan tekoälyn avulla voidaan myös hakea ratkaisua ongelmaan, johon meillä ei ole vielä ratkaisua tai johon olemassa oleva ratkaisu on huono. (Tikka 2016, s. 59) Lehtisen (2015) mukaan Suomessa robotiikan pitkän aikavälin kehityskohteina on hoiva- ja terveysteknologia. Myös Apunen (2016) esittää, että hoiva on yksi robotiikan suurimpia lähitulevaisuuden sovellusalueita. Väestön ikääntyminen, hoitotarpeiden

kasvaminen ja terveydenhuollon työntekijöiden todennäköinen puute ovat suuria yhteiskunnallisia haasteita useissa länsimaissa, minkä takia robottien hyödyntäminen kasvaa myös terveydenhuoltojärjestelmässä (PR Newswire Association LLC 2017). Dahlin & Bouloksen (2013) mukaan robotit, jotka palvelevat eri terveydenhuollon ja lääketieteen tehtäviä, muodostavat yhden tärkeimmistä 2000-luvun teknisistä innovaatioista.

## 1.2 Työn tarkoitus ja tutkimuskysymykset

On selvää, että tekoäly tulee olemaan suuri osa tulevaisuutta. Elektrobitin perustaja, Juha Hulkko esitti tekoäly-seminaarissa, että tekoäly tulee olemaan isompi vallankumous kuin digitalisaatio (Valtioneuvosto 2016). Pekka Ala-Pietilä taas väittää tekoälyn olevan uusi sähkö, jonka vaikutukset kasvavat nopeasti –niin yksilöille, yrityksille kuin koko yhteiskunnalle (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017). Tuotannon tehostaminen robotiikan kehittymisen myötä antaa ihmisille mahdollisuuden keskittyä luovempiin töihin, kasvattaen vaurautta ja hyvinvointia yhteiskunnassa (Kauhanen 2016, s. 26). Tekoäly tulee muuttamaan tulevaisuuden työnkuvaa ja ihmisten tulee sopeutua muuttuvaan teollisuuteen. On siis tärkeää ymmärtää teknologisen kehityksen seuraukset, jotta niihin osataan vastata parhaimmalla mahdollisella tavalla. Tässä työssä tarkastellaan tekoälyn hyödyntämistä terveydenhuollossa sekä tekoälyn vaikutusta tulevaisuuden työnkuvan muutoksiin terveydenhuollossa. Työ vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten tekoäly vaikuttaa eri aloihin?
- Miten tekoälyä hyödynnetään terveydenhuollossa?
- Miten tekoäly vaikuttaa terveydenhuollon työnkuvaan?

Työn ensimmäisessä pääluvussa esitellään tekoäly käsitteenä ja havainnollistetaan tekoälyn osa-alueita ja taustaa. Ensimmäinen pääluku käsittelee myös tekoälyn hyödyntämistä tämän päivän liiketoiminnassa sekä sen vaikutuksia työnkuvan muutoksiin yleisesti. Toisessa pääluvussa käsitellään tekoälyn hyödyntämistä eri terveydenhuollon osa-alueissa ja kolmannessa pääluvussa keskitytään tekoälyn vaikutuksiin työntekijöiden työtehtävien muutoksissa. Kolmannessa pääluvussa käsitellään myös potilaiden näkökulmia ja yleisiä haasteita tekoälyn hyödyntämisestä terveydenhuollossa.

### 1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

On välttämätöntä valmistautua teknologian luomiin muutoksiin pysymällä uusista teknologioista ajan tasalla sekä yleisesti että työelämässä (Kasriel 2017). Tämän työn tavoitteena on tarkastella miten tekoäly vaikuttaa terveydenhuollon toimintaan, työtilanteeseen ja työtehtäviin nyt ja tulevaisuudessa. Koska tekoäly on valtavan laaja ja ajankohtainen aihepiiri, tämän työn tarkoituksena on saada lukija tietoiseksi tekoälyn luomista kehityksen virtauksista ja tulevaisuuden suuntauksista keskittyen nimenomaan terveydenhuoltoon. Työssä tarkastellaan tekoälyä hyödyntävien ratkaisujen vaikutusta hoitotyöntekijöihin ja potilaisiin omahoidossa, lääketieteessä sekä organisaatiotasolla. Koska tekoälyn vaikutus on ollut voimakas ja erilainen eri terveydenhuollon osa-alueisiin, tässä työssä on jätetty huomioimatta esimerkiksi tekoälyn vaikutukset hammaslääketieteeseen ja farmasiaan.

## 2 TEKOÄLY

### 2.1 Tekoäly käsitteenä

Tekoäly kehittyy jatkuvasti ja on käsitteenä niin laaja, että sille ei ole varsinaisesti vakiintunut yleisesti hyväksyttävää määritelmää. Tekoäly käsite on kuitenkin lähtöisin 1956 luvulta, jolloin John McCarthy keksi tekoäly -eli Artificial Intelligence määritelmän järjestäessään kesäseminaarin esitelläkseen Logic Theorist –ohjelmaansa yhdessä tekoälyn edelläkävijöiden Minskyn, Shannonin ja Rochesterin kanssa (Haikonen 2017, s. 27). Tekoäly sai nimensä, minkä jälkeen näkemykset tekoälystä jakautuvat eri kirjoittajien mukaan. Yleisimmin puhutaan AI:sta (Artificial Intelligence), tekoälystä ja keinoälystä. Vaikka tekoälylle on useita määritelmiä, lähtökohtaisesti kaikissa tarkoitetaan tietokoneen tai ohjelmiston kykyä reagoida erilaisiin tilanteisiin ihmisälyn kaltaisesti. (Seikku 2018) Yleisesti tekoälyä voidaan siis pitää ohjelmistojärjestelmänä, joka jäljittelee ihmisen älyllistä toimintaa konetekoisesti. Boranan (2016, s. 64) mukaan tekoäly voidaan määritellä keinotekoisena älykkyytenä, joka mahdollistaa monimutkaisten ongelmien ratkaisemisen koneen tai järjestelmän avulla. Merilehto (2018, s. 18) sen sijaan kuvailee tekoälyn olevan koneen suorittamaa toimintaa, joka ihmisen tekemänä olisi älykstä. Ailiston et al. (2017, s. 3) mukaan tekoäly koostuu joukosta teknologioita, joiden avulla koneet voivat oppia, havainnoida ympäristöään, päätellä loogisesti ja ennakoida, eli siis toimia tavalla, joka vaikuttaa älykkäältä. He esittävät myös, että tekoäly pakenee jatkuvasti määrittelyä: tekoälyn oletetaan olevan ratkaisu jonkin lähes mahdottoman asian saavuttamiseksi, kunnes tutkimus tuottaa tarpeeseen teknologisen ratkaisun, sitä ei enää pidetä tekoälynä. Toisin sanoen tekoälyn voidaan ajatella olevan sitä, mitä ei vielä pystytä ohjelmoimaan tietokoneelle. (Ailisto et al. 2017, s. 2)

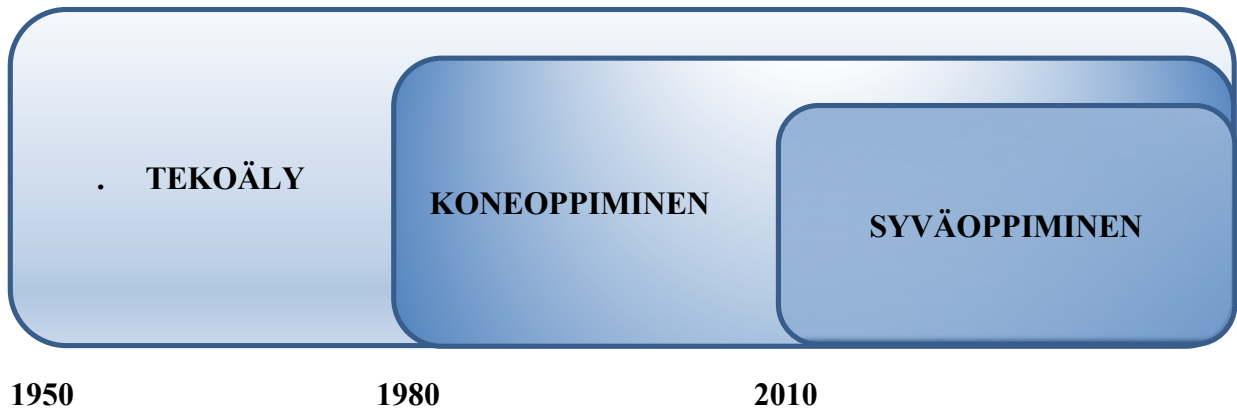
### 2.2 Tekoälyn toimintaperiaate ja osa-alueet

Tekoälyn toiminta perustuu koneoppimiseen ja algoritmeihin. Algoritmi tarkoittaa yksityiskohtaista ohjetta tai kuvausta siitä, miten tehtävä tai prosessi suoritetaan. (Merilehto 2018, s. 17) Käytännössä tekoäly tarkoittaa koneen suorittamaa toimintaa, joka sille on opetettu. Tavoitteena on kuitenkin kehittää tekoälyä sille tasolle, että se kykenee ymmärtämään ympäristönsä ja pystyy päättämään suorittamansa toimenpiteet keinotekoisien hermoverkon

avulla. (Sharma & Srivastava 2017, s. 187) Tekoälyn kehitys on jakanut tekoälyn eri osa-alueisiin; koneoppimiseen ja syväoppimiseen. Tekoälyn ominaisuuksien ja suorituskyvyn mukaan tekoäly voidaan taas jakaa heikkoon ja vahvaan tekoälyyn. (Merilehto 2018, s. 17-18) Käytännössä kaikki tällä hetkellä käytössä oleva tekoäly on heikkoa tai kapeaa tekoälyä. Heikko tekoäly kykenee ratkaisemaan yhtä tehtävää, johon se on opetettu ja kapea tekoäly kuvaa sitä, että tekoäly ei pysty laajentamaan osaamistaan muille alueille. (Merilehto 2018, s.23) Kapea tekoäly toimii siis hyvinkin rajoitetussa tehtävässä, kuten esimerkiksi tietyssä pelissä tai jonkin sairauden diagnosoinnissa, mutta sillä ei ole omaa tietoisuutta, tahtoa tai ymmärrystä oman alansa ulkopuolella (Ailisto et al. 2017, s. 7). Vahvan tekoälyn periaate on se, että koneet pystyisivät ajattelemaan ja toimimaan kuin ihmiset. Käytännössä koneilla olisi kyky ajatella ja toimia itsenäisesti ihmisten kaltaisella älykkyydellä. Nykyisten tutkimusten mukaan tekoälyn kehitys ei kuitenkaan ole vielä saavuttamassa vahvan tekoälyn tasoa, ja on myös kyseenalaistettu, onko se edes mahdollista. (Borana 2016, s. 64) Ailisto et al. (2017, s. 7) kuvailevat vahvan tekoälyn olevan laajan ymmärryksen ja ihmisen kaltaisen tietoisuuden omaavaa tekoälyä ja Merilehdon (2018, s. 18) mukaan vahva tekoäly kykenee ratkomaan laajasti erilaisia ongelmia, ajamaan autoa, kokkaamaan tai ymmärtämään eri kieliä.

Koneoppinen on yksi keskeinen tekoälyn osa-alue. Sen toiminta perustuu datan oppimiseen ja siihen, että luotu ohjelmisto osaa itsenäisesti päätyä haluttuun lopputulokseen ilman ennalta määriteltyä algoritmia. Koneoppiminen käyttää toimiessaan algoritmeja, jotka oppivat käytössä olevasta datasta ja käyttävät tätä dataa päästäkseen haluttuun lopputulokseen. Verkkokaupan ostosuositukset tai Netflixin suosittelujärjestelmä ovat esimerkkejä koneoppimisen toiminnasta. (Merilehto 2018, s. 32) Syväoppiminen on koneoppimisen muoto, joka toiminnassaan optimoi syviä neuroverkkoja haastavien ongelmien ratkaisemiseksi. Neuroverkot tarkoittavat käytännössä kokoelmaa operoivia, matemaattisia yksiköitä, jotka kykenevät oppimaan havainnoimalla. Keinotekoinen hermoverkko tarkoittaa toisiinsa kytkeytyneitä neutroneita, jotka ovat harjoitelleet jotain toimintaa ison datamäärän avulla. Oppimisen myötä neuroverkko saavuttaa tiettyjä tavoitteita ja nykyään ne muun muassa osaavat tunnistaa ja nimetä valokuvista eläimiä, rakennuksia ja esineitä. Syväoppiminen tapahtuu neuroverkkokerroksissa, jotka toimivat yhdessä. (Merilehto 2018, s. 45-47) Neuroverkkojen etu on suurien datamäärien käsitteleminen, niiden laaja sovellettavuus ja sen kykeneminen oppimaan myös raakadatatista. Syväoppimista hyödynnetään paljon kuvan tunnistuksissa ja sen

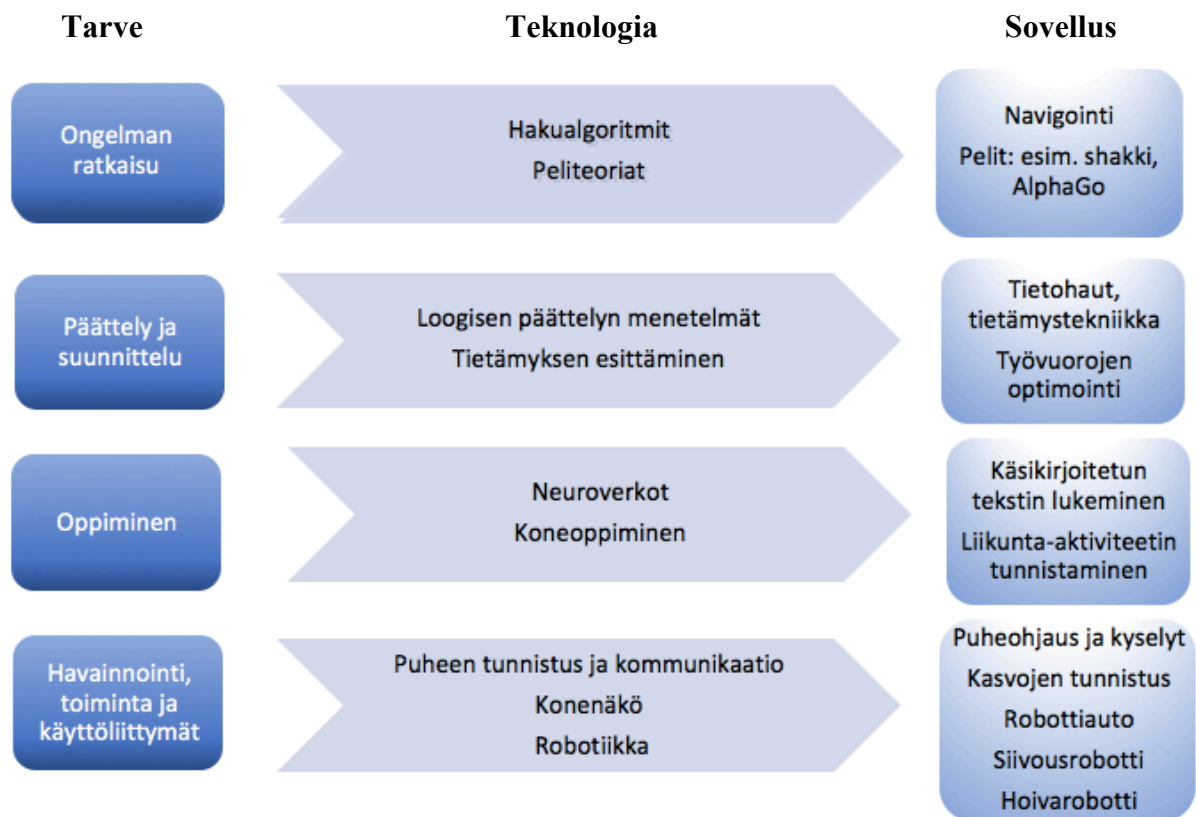
avulla voidaan esimerkiksi tunnistaa syöpä ja tulkita potilaskuvia. (Merilehto 2018, s. 32) Alla olevassa kuvassa 1. on kuvattu tekoälyn kehityskulku koneoppimisesta syväoppimiseen.



Kuva 1. Tekoälyn kehityskulku (Mukaiillen Merilehto 2018, s. 17)

Robottiikkaa voidaan pitää tieteenalana, jossa hyödynnetään robotteja ja automaatiota erilaisten suoritusten tekemiseen. Lehtisen (2015) mukaan robottiikka on monitieteellistä insinööritiedettä, jonka kivijalkana on ollut tietotekniikka, sähkötekniikka ja konetekniikka. Hämäläinen et al. (2016, s. 53) kuvaavat, että robotit ovat laitteita, jotka suorittavat monimutkaisia tehtäviä joko suoraan ihmisen käskyttämänä, osittain ihmisten käskyttämänä, ihmisten valvonnan alaisena tai täysin autonomisesti. Heidän mukaansa robotti muuttaa digitaalista tietoa fyysisiksi teoiksi ja tulevaisuudessa tulee yhä useammin myös muuttamaan fyysistä maailmaa digitaalisempaan muotoon. Ainasvuoren ja Pitkäsen (2017) mukaan ohjelmistorobottiikka tarkoittaa käytännössä teknologiaa, joka mahdollistaa rutiinitöiden automatisoinnin ilman muutoksia olemassa oleviin tietojärjestelmiin. Robottiikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi rutiininomaisissa, tarkkuutta vaativissa, likaisissa tai pitkäestoisissa työtehtävissä (Kauhanen 2016, s. 14). Lehtisen mukaan robottiikka on jaettu teollisuus- ja palvelurobottiikkaan. Perinteinen teollisuusrobottiikka on ollut käytössä jo vuosikymmeniä esimerkiksi tuotannon kokoonpanolinjoilla. Palvelurobottiikka tekee vasta tuloaan ja robottiikan kehityksen myötä robottiikkaa voidaan hyödyntää myös pienemmissä yrityksissä. (Lehtinen 2015)

Ailiston et al. (2017, s. 3) mukaan tekoälyn menestys perustuu suuren datamäärän, laskentatehon ja algoritmien yhdistämiseen. Tekoälyä voidaan hyödyntää eri ympäristön tarpeisiin eri tavoin. Jo toteutuneita tekoälyn ratkaisuja ovat muun muassa konenäkö, autonomiset ajoneuvot ja automaattinen kielenkääntäminen. Kuvaan 2. on koottu keskeisimmät tekoälyteknologiat ja sovellusesimerkit.

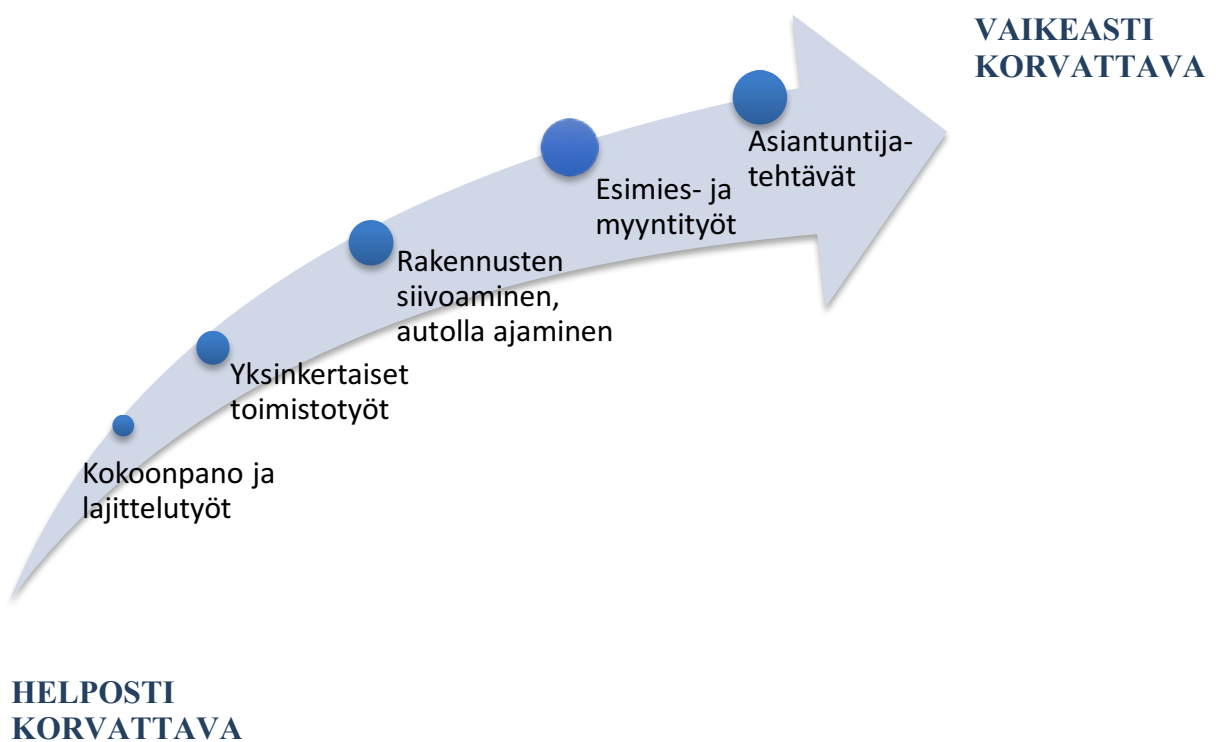


Kuva 2. Tekoälyteknologiat ja sovellusesimerkit (Mukaiillen Ailisto et al. 2017, s. 3)

### 2.3 Tekoälyn vaikutus eri aloihin

Tekoälyn vaikutus tulee olemaan eri ammateissa ja eri työtehtävissä erilainen. Mitä rutiinomaisemmasta tehtävästä on kyse, sitä todennäköisemmin se on korvattavissa tekoälyn avulla. Vaikeammin korvattavissa olevat tehtävät ovat tilannetajua ja ihmisten välistä viestintää vaativat työtehtävät. (Kauhanen 2016, s. 14) Tutkimusten mukaan keskiarvollisesti OECD:n 21 maasta noin 9 prosenttia töistä on automatisoitavissa (Arntz et al. 2016, s. 4) ja Suomessa

automatisoituminen uhkaa noin seitsemää prosenttia työpaikoista 20 vuoden kuluessa. Suomessa luku jää muita maita pienemmäksi, koska Suomessa hyödynnetään jo nyt varsin paljon automatisointia ja työvoima on korkeasti koulutettua. (Kauhanen 2016, s. 12) Voimakkaimmin tekoäly tulee vaikuttamaan matalan- ja keskitason koulutuksen työtehtäviin, joita on helppo automatisoida (Arntz et al. 2016, s. 19). Suurempi vaikutus on kuitenkin keskitason työntekijöihin, sillä taloudellinen hyöty on näin suurempi (Kasriel 2017). Suurta osaa matalan koulutustason työpaikoista on kuitenkin vaikea automatisoida, sillä varsinkin palvelualoilla viestintä ja kommunikaatio ovat vahvasti läsnä, ja tätä tekoälyn on vaikea korvata (Autor and Dorn 2013). Automaation uhka on käytännössä sitä suurempi, mitä rutiininomaisempaa työnmuoto on. Prosessityöntekijän ja kirjanpitäjän työ on helposti korvattavissa, sillä työ pitää sisällään selvät toimintaohjeet, manuaaliset rutiinitehtävät ja toistuvan menetelmän. Tarjoilijan ja tuotekehittäjän tehtävät ovat huomattavasti vaikeampi korvata, sillä tarjoilijan työ koostuu tilannetajullisesta toiminnasta ja viestintätaidoista, kun taas tuotekehittäjän työssä vaaditaan ongelmanratkaisukykyä ja luovaa ideointia. (Kauhanen 2016, s. 16-17) Kuvassa 3. on kuvattu eri ammattien piirteiden korvattavuus robotiikan ja automatiikan keinoin.



Kuva 3. Ammattien korvattavuuden todennäköisyydet robotiikan ja automatiikan keinoin (Mukaiillen Kauhanen 2016, s. 17)

Kauhasen (2016, s. 11) mukaan massatyöttömyyttä on kuitenkin turha pelätä, sillä roboteilla pystytään korvaamaan yksittäisiä työtehtäviä ammattien sijasta. Teknologian hyödyntäminen etenee hitaasti, jolloin sopeutuminen tilanteeseen ja uusiin työtehtäviin on mahdollista. Lehtisen mukaan robotiikka on viime aikoina ollut kovassa nousussa, mutta robottien kehittäminen on hidasta, sillä on paljon asioita, joita ei vielä tiedetä. Robottien kehitystä hidastaa myös lainsäädännölliset ongelmat sekä ymmärryksen puute teknologian vaikutuksista. (Lehtinen 2015) Vaikka robottien kehitys on aiheuttanut huolta ihmisten keskuudessa, taloushistoriasta kuitenkin tiedämme, että teknologian kehitys on aiheuttanut enemmän työpaikkoja kuin tuhonnut niitä. Teknologian kehitys synnyttää myös täysin uusia työtehtäviä ja muuttaa työmuotoa rutiininomaisista työtehtävistä luovan ajattelun tehtäviin. Teknologinen kehitys ja innovaatiot synnyttävät ja tuhoavat *työpaikkoja*, mutta ne eivät kuitenkaan tuhoa *työtä*, minkä takia työpaikkoja voi jopa syntyä enemmän kuin niitä tuhoutuu. (Kauhanen 2016, s. 11-14)

#### **2.4 Tekoälyn hyödyntäminen eri aloilla**

Tekoälyn erilaisia käyttökohteita on paljon ja monet yritykset ovat jo ottaneet tekoälyn mukaan liiketoimintaansa eri tavoin. Esimerkiksi Lappeenrannan kaupungilla on käytössään kaksi robottia, joista toinen kierrättää ostolaskuja ja toinen tekee rutiininomaiset työtehtävät, jotka sille on määrätty. Robotit kykenevät työskentelemään 24 tuntia vuorokaudessa ja myös viikonloppuisin, jolloin sen työpanos on kattavaa, kun rutiininomaisia tehtäviä on riittävän paljon. (Ora 2017) Stora Enso hyödyntää Microsoftin kehittämää pilvipalvelualustaa älypakkauksissaan, mikä mahdollistaa tuotteiden paikantamisen, seuraamisen sekä koskemattomuuden todentamisen koko toimitusketjun läpi (Luukkari 2017). Finanssialalla tekoälyä hyödynnetään esimerkiksi rahoitusneuvonnassa, luottopäätösten valinnoissa ja salkunhoidoissa. Tekoäly parantaa luottopäätösten laatua ja ajankohtaisen datan nopea analysointi edesauttaa päätöksiä nopeasti muuttuvassa markkinaympäristössä. (Nortio 2017) Esimerkiksi American Expressin luottoanalyysin käyttämän asiantuntijajärjestelmän myötä väärin luottopäätöksien määrä tippui 15 prosentista neljään prosenttiin (Bahrammirzaee 2010, s. 1174) ja amerikkalaisen finanssilaitoksen JP Morganin käytössä oleva oppiva tekoälyjärjestelmä, COIN, analysoi saman määrän dataa muutamissa sekunneissa, mikä veisi ihmiseltä noin 360 000 tuntia (Nortio 2017).

Tekoälyä on käytetty hyvin monella sovellusalueella, joista alun perin tunnetuimpia ovat kenties puolustuksen ja avaruuden tutkimuksen alueet (Kannan 2017). Tietotekniikan kehitys laskentatehon, muistin ja muun kapasiteetin kasvun myötä on kuitenkin vienyt tekoälyä nopeasti eteenpäin myös monille muille eri osa-alueille. Samalla kun tekniikka on halventunut erityisesti matkapuhelimien ja muun kuluttajaelektroniikan yleistymisen myötä, myös robottien tutkiminen, kehittäminen ja valmistaminen on aiempaa helpompaa. (Lehtinen 2015) Tunnetuista yrityksistä muun muassa Google, Apple ja Facebook hyödyntävät tekoälyä toimintansa parantamiseksi. Esimerkiksi Google pyrkii parantamaan palveluitaan tekoälyn keinoin, Facebook Messenger kehittää käyttäjälähtöisempää virtuaalista avustajaa tekoälyn avulla ja Apple hyödyntää kuvantunnistusta kasvojen tunnistamiseen. (Patrizio 2018) Vaikka tekoäly tuo yrityksille uusia ratkaisuja toiminnan tukemiseksi muun muassa tehokkuuden lisäämisen ja kustannuslaskennan myötä, tekoälyn suuri hyötysegmentti on kuitenkin tekoälyllisiä ratkaisuja tarjoavat startupit. Tekoäly on uusi valtava markkinasegmentti, joka luo monia mahdollisuuksia tietotekniikan alan yrityksille. Suurin osa tekoälyä hyödyntävistä yrityksistä on ostanut palvelun tekoälyä tuottavalta startupilta ja esimerkiksi Google on investoinut 12:een eri tekoäly-startuppiin viimeisen neljän vuoden aikana. (Patrizio 2018)

### **3 TEKOÄLY TERVEYDENHUOLLOSSA**

Terveydenhuollon robotiikka on nouseva ala, jonka odotetaan vähentävän väestörakenteen muutoksen ja odotettavassa olevan henkilöstöpuutteen ongelmia sekä parantavan terveydenhuollon toimintaa ja varsinkin vanhuksien ja liikuntarajoitteisten elämänlaatua (Gelderblom 2009). Palveluntarjoajat ovat kiinnostuneita roboteista, koska heillä on mahdollisuus vähentää hoitokustannuksia, helpottaa henkilöstön työtehtäviä, parantaa toistuvien tehtävien tarkkuutta ja mahdollistaa tehokkaampia hoitomuotoja robotiikan avulla (PR Newswire Association LLC 2017). Tekoäly luo uusia mahdollisuuksia lääketeollisuuden parantamiseksi ja terveydenhuollon kehittämiseksi ja vaikutukset ovat merkittävät eri terveydenhuollon sektoreihin kuten esimerkiksi syöpätutkimuksiin, lääketutkimuksiin, diagnosointiin, hoitotyöhön ja leikkauksiin (Kannan 2017). Tekoälyn hyödyntäminen on kuitenkin hyvin erilaista eri sosiaali- ja terveydenhuollon osa-alueissa. Koska tekoäly luo hyvin erilaisia ratkaisuja eri terveydenhuollon ongelmiin, tässä työssä tekoälyn vaikutusten tarkastelu on jaettu neljään eri terveydenhuollon osa-alueeseen; hoitotyöntekijöiden työn robotiikkaan, potilaan omahoitoon, lääketieteen robotiikkaan sekä organisaation toimintaan koskeviin ratkaisuihin.

#### **3.1 Hoitotyössä käytettävä robotiikka**

Hoitotyön ammattilaisten käytettävissä oleva robotiikka soveltuu nykyään lähinnä lääkkeiden annosteluun ja jakeluun, potilaiden ja tarvikkeiden kuljettamiseen sekä potilaiden elintoimintojen seurantatietojen tallentamiseen (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 36). Suuri aika sairaanhoitajan työajasta kuluu tavaroiden siirtelyyn ja hakemiseen. Logistiikkarobotit vähentävät kuljetukseen kuluva aikaa ja tehostaa näin hoitajien työskentelyä. (Kataja 2016, s. 60) Seinäjoen keskussairaalassa otettiin käyttöön kaksi ensimmäistä TUG-kuljetusrobotia, jotka kuljettavat muun muassa ruuat, liinavaatteet, näytteet ja lääkkeet henkilökunnan tilatessa robotin joko älypuhelimellaan tai erilaisia kiinteitä päätteitä käyttäen. TUG-robotti pystyy väistämään ihmisiä ja esteitä sairaalan käytävillä sekä avaamaan oven ja käyttämään hissiä. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 41) Myös Helsingin Meilahteen rakenteilla olevaan lastensairaalaan tulee logistisia ratkaisuja kuten esimerkiksi kolme varastoautomaattia, jotka kuljettavat muun muassa sänkyjä, lääkintälaitteita ja leluja. Tavarat kulkevat koko talon

läpäiseviä kuiluja pitkin, jolloin sairaanhoitajan ei tarvitse hakea tavaroita varastosta pitkien matkojen päästä. (Kataja 2016, s. 63) Myös potilaiden kuljetukseen on kehitetty robottiavusteinen sänky, Flexbed, joka muun muassa auttaa potilaiden nostoissa ja liikkuu itsenäisesti. Stepowska & Sharkeyn mukaan potilasta liikutetaan keskimäärin seitsemän eri sängyn kautta matkallaan ambulanssista heräämööseen. Robottiavusteinen sänky sisältää seitsemän erilaista toimivuutta ja kokoa eri tilanteisiin sopeutuvaksi. Lisäksi sängyllä on omat ajo-ominaisuudet, joten se pystyy liikkumaan koodattujen vetopyörien, lasertunnistimien, seurantakameroiden ja Wi-Fi-ohjauksen myötä itsenäisesti esimerkiksi leikkaussaliin. (Stepowska & Sharkey 2014)

Robottiikkaa hyödynnetään myös lääkeannoksien jakelussa. Esimerkiksi Kalifornian yliopiston Medical Centerissä on apteekki, jossa valtava automatisoitu järjestelmä huolehtii tuhansien eri lääkkeiden valmistelusta, lajittelusta ja pakkaamisesta. Viivakoodilla varustetusta lääkepussista selviää lääkitys sekä potilas, jolle lääke on määrätty. Kone osaa myös järjestää potilaiden lääkkeet sen mukaan, missä järjestyksessä ne on otettava. Tämän jälkeen lääkitystä valvovan sairaanhoitajan tulee lukea lääkepussista ja potilaan rannekkeesta viivakoodi, ja jos lääkkeet eivät täsmää, soi hälytin. (Ford 2017 s. 167) Lääkitysprosessin automaation oletetaan vähentävän lääkitysvirheiden lukumäärää ja lääkkeiden annostelun automatisoituessa hoitotyön henkilökunnalle jää myös enemmän aikaa potilaalle (Baril et al. 2014, s. 2). Toinen hoitotyössä merkittävä tekoälyn hyödyntämisen osa-alue on sähköisten palveluiden ja tiedon nopean saannin mahdollistaminen. Esimerkiksi virtuaali- ja ohjelmistorobotit voivat hyödyntää tehokkaasti internetiä ja pilvipalvelujen laskentatehoa (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 38). Tämä helpottaa lääkäreiden ja hoitotyöntekijöiden työtä, kun tiedon tehokkaampi dokumentoiminen, tallentaminen ja analysoiminen on mahdollista (Kannan 2017).

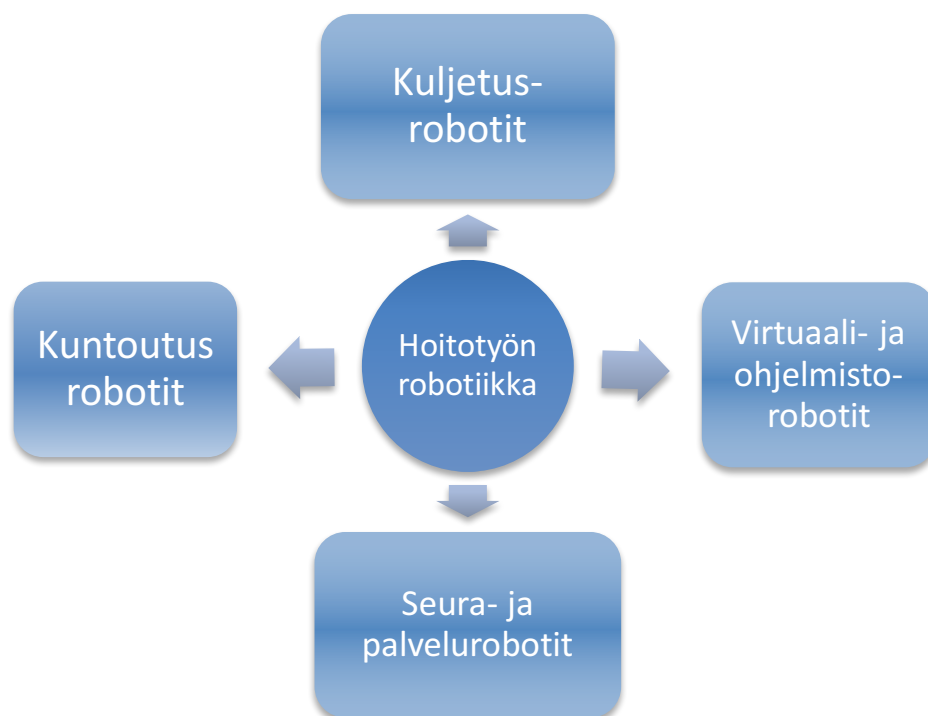
### **3.2 Tekoälyn hyödyntäminen omahoidossa**

Omahoito tarkoittaa terveydenhuollon fyysistä, kognitiivista ja sosiaalista sekä kuntoutuksellista apua ja huolenpitoa. Käytännössä omahoito pitää sisällään muun muassa vanhustenhoidon liikkumista ja elämistä tukevia toimenpiteitä, kuntoutuksen avustamista ja sosiaalista kanssakäymistä. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 44) Omahoitoa tukevia erilaisia henkilökohtaisia palvelurobotteja on kehitetty jo noin 500, joista suurin osa on

suunnattu vanhustenhoitoon (Kataja 2016, s. 60). Fordin mukaan vanhustenhoitoroboteissa on tällä hetkellä suurimpana ongelmana se, että ne eivät tee kovinkaan paljoa (Ford 2017, s. 169). Kehitysaskeleet omahoidossa ovat esimerkiksi vauvahyljerobotti Paron kaltaiset terapiarobotit, joiden tarkoituksena on pitää potilaalle seuraa stimuloimalla vuorovaikutusta, puhetta, tunteita ja muistoja. Paron hinta on kuitenkin Suomessa noin 4000-5000 euroa, joka on vielä suhteellisen korkea tavalliselle kuluttajalle. Suomessa Paroa on kuitenkin käytetty palvelukodeissa ja vammaispalveluissa ja Paron on havaittu innostavan muistisairaita asukkaita puhumaan ja kommunikoidaan aikaisempaa enemmän. (Mansikkamäki 2017) Myös muut terapiarobotit, joista Paron lisäksi tunnetuimmat, Zora- ja Nao, tarjoavat erilaisia kognitiivisten taitojen ylläpitäviä toimenpiteitä. Näitä vuorovaikutus-, seura-, ja terapiarobotteja on otettu käyttöön esimerkiksi Helsingissä ja Lahdessa (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 44) ja niistä eurooppalaisista, jotka ovat hankkineet avustavan tai seurustelurobotin kotiinsa, 82% oli tyytyväinen robottiinsa (Special Eurobarometer 427 2015, s.16).

Toisenlaiset hoitorobotit kykenevät nostamaan ja liikuttamaan vanhuksia, mikä säästää monia hoitajia rasitukselta. Ne kuitenkin voivat olla rakenteeltaan niin painavia, että käyttäminen rajoittuu lähinnä hoitokoteihin ja sairaaloihin. Ford väittää, että on haaste tuottaa robotteja, jotka olisivat edullisia, mutta tarpeeksi näppäriä avustamaan vanhuksia henkilökohtaisessa hoidossa. Koska tekninen haaste on niin suuri, harvat tekoälyä tuottavat startup-yritykset keskittyvät suunnittelemaan vanhustenhoitorobotteja, vaikka markkinarako on valtava. (Ford 2017, s. 170) Yksityisille markkinoille suunnattuja avustavia kodinhoitotöitä tekeviä palvelurobotteja on kuitenkin kehitetty ja esimerkiksi Hobbit-robotti on otettu käyttöön Ruotsissa. Hobbit-robotti muun muassa toimii vanhuksen tukena, annostelee lääkkeitä, poimii ja kuljettaa tavaroita ja tekee pieniä askareita kotona. Hobbit-projektissa on korostettu huolenpitoa ja yhteisen hoivan-konseptia, jossa asiakkaan ja robotin välinen vuorovaikutus nousee esille. Toistaiseksi hoitorobotit ovat kuitenkin hyvin kalliita ja valtaosa nykyään kodeissa avustavista roboteista kykenee vain yksittäiseen toimintaan. Teollisuusmaiden vanheneva väestörakenne kuitenkin mahdollistaa suuret markkinoiden kasvunäkymät vanhusten hoivaan tähtääville roboteille ja varsinkin Japani on toiminut edelläkävijänä terveydenhuollon robotiikka ratkaisuisissa. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 45-46)

Kuntoutuksen apuvälineet ja kuntoutuslaitteet ovat viimeaikaisen robotiikan tutkimuksen lupaava ja kasvava markkinasegmentti. Kasvava kiinnostus kuntoutukseen liittyvään robotiikkaan johtuu yhteiskunnallisten tarpeiden lisäksi robotiikan kyvystä tukea toiminnallisuutta ja subjektiivista harjoittelua. (Beckerle 2017) Kuntoutuksen robotiikka koskee avustavien laitteiden käyttöä vanhuksille ja liikuntarajoitteisille ihmisille. Esimerkkejä tällaisista laitteista ovat älykkäät pyörätuolit, keinotekoiset raajat, eksoskeletoinit ja omat liitännät, joihin liittyy heikentyneiden toimintojen korvaaminen kehittyneiden proteesien ja ortesien avulla (Olanrewaju et al. 2013). Käytössä olevia fysioterapiarobotteja on muun muassa erilaiset kävelyrobotit, jotka on kehitetty kuntoutuksen tueksi kävelemisen uudelleenopettelua varten. Kävelyrobotin avulla potilas pystyy harjoittelemaan täydellistä symmetristä kävelymallia, ja vaikkei tieteellisiä tutkimustuloksia kävelyrobotin vaikutuksista vielä ole, tulokset ovat lupaavia. Jopa vaikeasti vammautuneet potilaat ovat onnistuneet saamaan kävelykykynsä takaisin robottiaivusteisen kävelyharjoittelun myötä. On myös todettu, että harjoittelu on tehokkainta, kun se aloitetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näin kuntoutuksen hyöty on suurempi, ja koska kuntoutuksessa ja siihen pääsemisessä on alueellisia eroja, robotiikkaa hyödyntävällä nopealla ja tehokkaalla kuntoutuksella saatettaisiin säästää myös kuluissa. (Rosvall 2013) Kuvassa 4. on esitetty hoitotyössä hyödynnettyjä robotiikan osa-alueita.



Kuva 4. Hoitotyön robotiikan jaottelu

### 3.3 Lääketieteen robotiikka

Lääketieteessä käytetty tekoäly ja robotiikan hyödyntäminen on jo nyt varsin yleistä. Lääketieteen tueksi on kehitetty monia menetelmiä, joista tunnetuimpana tarjoajana voidaan pitää IBM Watsonia. Watson on IBM:n (International Business Machines Corporation) kehittämä tekoälyjärjestelmä, joka sai lähtönsä projektista, jossa tarkoituksena oli kehittää laskentajärjestelmä amerikkalaisen televisiotietokilpailun Jeopardy:ssa pelaamiseen. Kilpailussa Watsonin tuli ymmärtää kysymys, sen konteksti ja siihen liittyvä aihepiiri sekä muotoilla vastaus oikein. Kehityksen myötä vuonna 2011 IBM Watson-supertietokone voitti kaikki vastustajansa. Watson-projektin todellinen hyöty ja tarkoitus oli kuitenkin kehittää luonnollisen kielen prosessointia, kognitiivista laskentatehoa sekä viedä tekoälyä ja koneoppimista eteenpäin. Tämä avasi tietä Watsonin hyödyntämiselle myös terveydenhuollossa, johon IBM panostaa voimakkaasti. (Freiherr 2015)

IBM:n tarjoaa tuotteita pääsääntöisesti kahteen eri kokonaisuuteen: ratkaisuja terveydenhuoltoon sekä yritysten liiketoimintaan. Vuonna 2015 lanseerattu terveydenhuoltoon painottuva IBM Watson Healthin missiona on edistää elämänlaatua ja antaa toivoa tarjoamalla asiantuntevia teknologisia ratkaisuja terveydenhuollon haasteiden ratkaisemiseksi (IBM Watson Health 2018). IBM Watson-tekoälyä käytetään muun muassa jo 16 syöpäinstituutissa ja se on onnistunut useissa eri lääketieteellisissä diagnosoinneissa, kuten esimerkiksi japanilaisen naisen harvinaisen leukemian diagnosoinnissa, jossa tavanomaiset ihmisresursseja hyödyntävät menetelmät eivät ole onnistuneet (Ziden 2016). IBM on myös kehittänyt koneoppimiseen perustuvan algoritmin, joka pystyy ennustamaan sydämen vajaatoiminnan jo kaksi vuotta aikaisemmin kuin se tyypillisesti diagnosoidaan (Waltz 2017).

Tekoäly tarjoaa tehokkaita ratkaisuja varsinkin robottikirurgiaan ja diagnostiikkaan. Robottikirurgiaa on hyödynnetty jo 1983 lähtien, kun ensimmäinen leikkausrobotti, Arthrobot, kehitettiin ortopedisiin operaatioihin. Arthrobot kykeni pitämään operoitavaa raajaa paikallaan koko leikkauksen ajan, jolloin kirurgi pystyi keskittymään vain leikkaukseen. Arthrobot pystyi tunnistamaan käskyjä ja toimimaan pääkäyttäjän tohtori Brian Dayn äänikomentojen mukaisesti pitämällä raajaa tietyssä asennossa, kunnes Day antoi seuraavan käskyn. (Lechky 1985) Leikkaussalien ensimmäiset robotit toimivat pääsääntöisesti monotoimisissa

avustustehtävissä. Nykyään leikkausrobotteja on kehitetty huomattavasti haastavampiin toimenpiteisiin. Erilaisia leikkausrobotteja on koko ajan kehitteillä, mutta tällä hetkellä da Vinci- leikkausrobotilla on lähes monopoliasema. Da Vinci on Intuitivi Surgical-yhtiön vuonna 1999 kehittänyt leikkausrobotti yleiskirurgian operaatioihin. Vuonna 2000 yritys sai luvan markkinoida da Vinciä laparoskopia-operaatioihin, mutta nykyään robotilla on lupa suorittaa muun muassa gynekologisia, urologisia ja pediatria toimenpiteitä. (Intuitive Surgical 2018)

Suomessa ensimmäinen leikkausrobotti otettiin käyttöön vuonna 2008 Tampereelle eturauhassyöpien leikkauksiin (Järvi 2008). Nykyään leikkausrobotteja on kaikissa Suomen yliopistollisissa sairaaloissa ja niitä käytetään monenlaisissa toimenpiteissä. Esimerkiksi Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirissä on käytössä kaksi Da Vinci –robottia, joissa lääkäri ohjaa robottikäsivarsia konsolista leikkauksen aikana. Leikkausrobotin ansiosta ihmisen sisälle tunkeudutaan mahdollisimman vähän, jonka takia verensiirtojen tarve on vähentynyt, potilas toipuu nopeammin ja on vähemmän aikaa sairaalassa, jolloin myös sairausloman tarve on lyhyempi. Esimerkiksi urologiassa eturauhasen poistoon liittyvien hoitajaksojen pituus on lyhentynyt 4-7 päivästä 1-2 päivään. (Kataja 2016, s. 60)

Vaikka tekoäly on ottanut suuria edistysaskelia terveydenhuollon eri osa-alueissa, sen ehkä suurin menestys tähän mennessä on ollut sairauden diagnosointi, mikä perustuu sen kykyyn käsitellä valtavaa määrää dataa ja analysoida niitä syväoppimisen avulla (Ziden 2016). Nykyisten tutkimusten mukaan noin 88% diagnosointitilanteissa pyydetään arviota toiselta lääkäriltä tai lääketieteen ammattilaiselta. 17% diagnosointivirheistä johti komplikaatioihin ja 10% johti potilaiden kuolemaan, vaikkakin sairauksien ymmärrys ja lääketeollisuuden kehitys on kehittynyt jatkuvasti. Tekoälyn koneoppisen ja syväoppimisen käyttäminen diagnosointitilanteissa lisää tarkkuutta, tehokkuutta ja kustannussäästöjä potilaille, lääkäreille ja sairaaloille. (13D Research 2017) Syväoppimisen hyödyntäminen lääketeollisuudessa perustuu käytännössä sen kykyyn käsitellä valtavaa määrää dataa. Esimerkiksi Google Brain –tutkijat testasivat verkkokalvon sairauden, retinopatian tunnistamista syväoppimisen tuottaman algoritmin kautta ja vertasivat tulosta 7 silmälääkärin lausuntoon. Tekoälyn opettamiseen käytettiin 150 000 kuvaa ja 1 000 000 lausuntoa, jonka jälkeen algoritmin tunnistamiskyky oli silmälääkäreiden lausuntoja tarkempi. (Merilehto 2018, s. 58)

### 3.4 Organisaation robotiikka ja kustannukset

Palvelurobottien uskotaan tuovan uusia mahdollisuuksia hyvinvointi- ja terveystalouteen lisäämällä tuottavuuden kasvua ja kehittämällä palvelujen laatua uusien liiketoimintamahdollisuuksien kautta (Kyrki et al. 2015). Tainion mukaan sairaalan käyttökustannuksia pystytään pienentämään jopa 10-20% teknisillä ratkaisulla, jolloin henkilökunnan resursseja vapautetaan potilaiden tehokkaaseen hoitoon. Integroidut kiinteistön ja potilashoidon järjestelmät mahdollistavat tehokkaamman toiminnan ja esimerkiksi Yhdysvalloissa keskitetyn kutsujärjestelmän avulla hoitajille on onnistuttu vapauttamaan yli viidennesosa työajasta lisää potilaiden hoitoon. (Tainio 2014) Myös Kangasniemi & Andersson väittävät, että jos robotiikan hyödyntäminen yleistyisi, laskennallisesti lähihoitajat ja sairaanhoitajat selviäisivät nykytöistään viisipäiväisen työviikon sijaan nelipäiväisellä työviikolla, jolloin vaihtoehtoisesti voidaan ajatella, että nykyisten 136 000 hoitotyöntekijän määrää voitaisiin vähentää 27 000:lla. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 37)

Suomen potilasturvallisuusyhdistyksen puheenjohtajan, Haaviston, arvion mukaan Suomessa joka kymmenessä hoitajaksossa tapahtuu hoitovirhe. Terveystalouden ja Hyvinvoinnin laitoksen (THL) mukaan hoitovirheistä aiheutuneet korvaukset ovat yhteiskunnalle noin miljardi euroa vuodessa ja Haavisto arvioi, että hoitovirhekustannukset ovat kaikista terveydenhuollon kustannuksista noin neljä prosenttia. (Hurme 2013) Fordin väittää, että parhaisiin hoitomenetelmiin perehtyneen tekoälyjärjestelmän toinen mielipide voisi vähentää vaatimuksiin johtavia virheitä, jolloin myös korvausvaatimukset vähenisivät ja tekoälystä hyötyisivät sekä potilas että terveydenhuoltojärjestelmä. (Ford 2017, s. 164)

Yli 200 yritystä on jo aktiivinen terveydenhuollon robotiikan markkinoiden eri osa-alueilla, ja ne tarjoavat erittäin erikoistuneita laitteita monenlaisiin sovelluksiin. Tractica ennustaa, että terveydenhuollon robottien siirrot kasvavat 2016 vuoden 3 400 yksiköstä noin yli 10 500 yksikköön vuoteen 2021 mennessä. Arvion mukaan terveydenhuollon robottien markkinat, mukaan lukien kirurgiset robotit, sairaalavieraat ja kuntoutusrobotit, kasvavat 9,7 prosentin vuotuisella kasvuvauhdilla. (Tractica 2016) Vaikka terveydenhuollon robotiikan oletetaan kasvavan nopeasti, investointi robotiikan laitteisiin on kallista. Esimerkiksi Seinäjoen keskussairaalan kahdeksan TUG-kuljetusrobotin investointi maksaa noin 1,4 miljoonaa euroa.

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri arvioi kuitenkin investoinnin maksavan itsensä takaisin noin seitsemässä vuodessa ja TUG-robotit valmistaneen yrityksen mukaan vastaavat investoinnit ovat maksaneet itsensä takaisin noin 3-4 vuodessa. (Haavisto 2016 s. 41)

Lääketieteessä uuden menetelmän tulisi olla laadullisesti vähintään yhtä hyvä kuin aiemmat, ja sen käyttöönoton tuoma mahdollinen lisäkustannus tulisi voida perustella. Robottivusteisessa leikkauksessa on monia käytännöllisiä hyötyjä, mutta laitteiston hankkiminen on kuitenkin erittäin kallista. Esimerkiksi robottivusteisessa urologisessa kirurgiassa Suomessakin käyttöön otettu laitteisto maksaa noin 1,6 miljoonaa euroa ja arvioidaan, että laitteen hankinta kannattaa, jos sillä tehdään vähintään 300 leikkausta vuodessa. Silti robotin tuoma lisäkustannus leikkausta kohti on noin 1 000–2 000 euroa, mikä pitää voida perustella potilaan nopeammalla toipumisella ja toimenpiteen paremmalla laadulla verrattuna perinteiseen avoleikkaukseen tai tähystysleikkaukseen. (Kaipia & Petas 2012) Robottivusteinen leikkaus on normaalia avoleikkausta kalliimpaa, sillä robottikirurgisen leikkauksen kustannukset voivat yltyä jopa 4000 euroon ja robotin vuosittaiset huoltokustannukset voivat olla noin 200 000 euroa (Milne et al. 2016). Robottivusteisella leikkauksella toipumisaika on kuitenkin lyhyempi ja esimerkiksi vuonna 2010 Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirissä robottivusteisen kirurgian myötä arvioitiin säästyneen 1 149 vuodeosaston hoitovuorokautta, mikä tekee euroissa noin 735 000 euron säästön. (Kataja 2016, s. 59). Kuvassa 5. on hahmotettu robotiikan ja tekoälyn hyödyntämisen jaottelu sosiaali- ja terveydenhuollon eri osa-alueisiin.



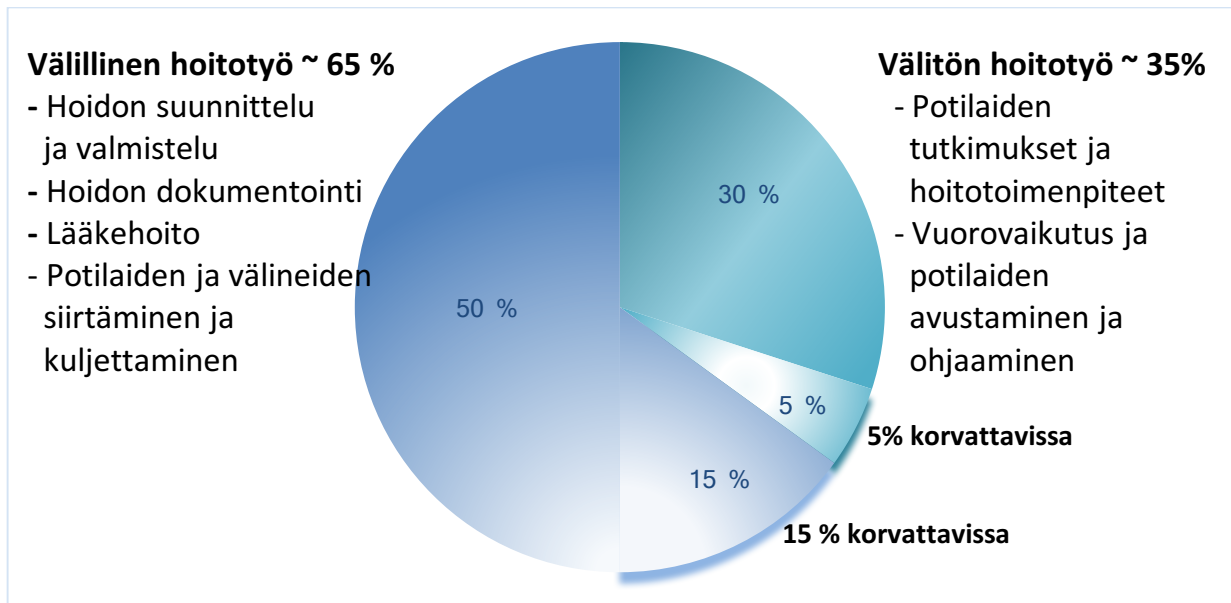
Kuva 5. Sosiaali- ja terveydenhuollon robotiikan osa-alueet (Mukaiillen Kangasniemi & Andersson 2016, s. 44)

## 4 TEKOÄLYN VAIKUTUS TULEVAISUUDEN TYÖNKUVAAN

### 4.1 Hoitotyön työtehtävien jakautuminen ja korvattavuus robotiikalla

Tekoälyä hyödynnetään ihmisten tarpeiden mukaan ja sen avulla pyritään ratkaisemaan ihmisten kohtaamat haasteet ja näin ollen helpottamaan ihmisen tekemää työtä. Terveysteknologioiden työntekijöistä kuten sairaanhoitajista ja yleislääkäreistä on maailmanlaajuinen pula, jonka takia tekoälyn ja robotiikan tuomat ratkaisut voivat lieventää ongelmaa vähentämällä työhön kuluvaa aikaa ja näin ollen tehdä työstä tehokkaampaa (Ford 2017, s. 169). Varsinkin vanhustenhoitoon pyritään tuomaan teknologisia ratkaisuja työvoimapulan ratkaisemiseksi. Suomessa 2026 vuoteen mennessä koko terveydenhuollon työvoimatarpeen on arvioitu kasvavan noin kymmenen prosenttia ja vanhuspainotteisten hoivapalvelujen jopa lähemmäs 20 prosenttia. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 37) Tämän takia sairaanhoitajien ja lähihoitajien määrän vähentäminen on hyvin epätodennäköistä. Työntekijöiden vähentämisen sijaan robotiikka ja automatiikka todennäköisemmin muuttavat hoitotyöntekijöiden työn sisältöä, työtehtäviä ja työhön käytettävää aikaa (Ohashi et al. 2010).

Sen sijaan, että pelättäisiin tekoälyn syrjäyttävän työpaikat, tulisi enemmän kiinnittää huomiota siihen, mihin osa-alueisiin ja työtehtäviin tekoäly tulee vaikuttamaan eniten. Koska robotiikan hyödyntämistä ja vaikutuksia koskevia tutkimuksia on kansainvälisesti tarkasteltuna vielä vähän, täsmällisiä arvioita robotiikan ja automatiikan vaikutuksista hoitotyöntekijöiden työn sisältöön on vaikea arvioida. Haasteellista arvioinnista tekee myös se, että terveydenhuollon toimialalle tulee terveysteknologian sovelluksia jatkuvasti ja hyödyntäminen on toimialoittain ja valtakunnallisesti hyvin epätasaista. Kangasniemi & Andersson ovat kuitenkin tehneet karkean arvion siitä, kuinka robotiikka ja automaatio tulee vaikuttamaan hoitotyön työnkuvaan. Arvio on tehty aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella erittelemällä hoitotyön työtehtäviä ja niihin kuluvaa työaikaa sekä arvioimalla jo käytössä olevista ja markkinoille tulevista robotiikan ja automaation sovelluksista perustuen aihealueen tutkimuksiin. (2016, s.37, 49-50) Kuvassa 6. on arvio hoitotyön työtehtävien jakautumisesta ja korvattavuudesta robotiikalla.



Kuva 6. Arvio hoitotyön työtehtävien jakautumisesta ja korvattavuudesta robotiikalla (Mukaiillen Kangasniemi & Andersson 2016, s. 39)

Tutkimuskirjallisuudessa hoitotyön tehtävät voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri osa-alueeseen välilliseen- ja välittömään hoitotyöhön sekä muihin työtehtäviin. Välittömään hoitotyöhön voidaan luokitella potilaiden hoitoon suoraan liittyvät tehtävät kuten potilaan tai lähiomaisten kanssa käytävä vuorovaikutus, potilaiden tutkimukset ja hoitotoimenpiteet. Tutkimuksen mukaan noin 5% välittömästä hoitotyöstä olisi korvattavissa robotiikan ja automaation keinoin. Vaikutus on huomattavasti välillistä hoitotyötä pienempi, sillä välitön huolenpito vaatii vuorovaikutusta ja inhimillistä hoivaa, jota on robotiikalla vaikea korvata. Välilliseen hoitotyöhön kuuluu käytännössä kaikki potilaan hoitoon epäsuorasti liittyvät tehtävät kuten hoidon suunnittelu, tulosten ja asiakirjojen tarkastelu, toimenpiteiden valmistelu sekä potilaiden ja tavaroiden siirtäminen ja kuljettaminen. Tutkimuksen mukaan noin 15% välillisestä hoitotyöstä olisi korvattavissa robotiikan keinoin. Laskelma on kuitenkin vain suuntaa antava, sillä hoitotyöntekijöiden työ on sisällöllisesti monimuotoista, eikä laskelma kuvaa robotiikan mahdollisuuksia korvata hoitotyötä kaikissa erikoissairaanhoidon yksiköissä tai vanhusten hoitolaitoksissa. Toisin sanoen robotiikka ja automatiikka eivät siis sovellu kaikille toimialoille samanlaisena. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 39-40, 49-50)

Väestön ikärakenteen vanhenemisen odotetaan kasvattavan hoitotyöntekijöiden tarvetta, ja koska väestörakenteen epätasapaino kasvaa nopeasti koko maailmassa, tämä luo oivan tilaisuuden robottien kehitykselle ja hyödyntämiselle (Ford 2017, s. 169). Tekoäly tulee helpottamaan sairaaloiden ja lääkäreiden toimintaa huomattavasti ja vaikka tulevaisuudessa sairaala ei vaadi yhtä monta lääkäriä, on epätodennäköistä, että lääkäreiden määrä tulisi muuttumaan ensimmäisenä. Lähitulevaisuudessa lääkärit tulevat kuitenkin tarvitsemaan erilaisia taitoja kuin tämän päivän lääkärit. Teknologian ymmärtäminen on välttämätöntä ja heidän on opittava tietoteknisiä taitoja aikaisempaa enemmän. (Jaiprakash et al. 2016)

## **4.2 Tekoäly ja terveydenhuollon työntekijät**

Tekoälyn soveltamisen lääketieteellisessä diagnoosissa odotetaan auttavan lääkäreitä rutiinitehtävissä parantamalla diagnoosin tasoa ja lieventämällä työn paineita merkittävästi. Monet teknologiayritykset, kuten Baylabs ja Enitic ovat kehittäneet tekoälyyn perustuvia lääketieteellisiä diagnooseja syövän varhaiseen havaitsemiseen ja yleisen sairauden nopeaan diagnosointiin. Tämä auttaa terveydenhuollon ammattilaisia havaintotuloksien ja hoitojen päätöksissä ja näin ollen tekee työstä tarkempaa ja tehokkaampaa. (Fan et al. 2018) Myös Ford esittää kirjassaan, että tekoälyn mahdollistama toinen johdonmukainen ja laadukas mielipide voi tukea lääkäreitä päätöksenteossa ja vähentää hoitovirheen mahdollisuutta, jolloin myös lääkäreiden hoitovirhesyytteet ja korvausvaatimukset vähenisivät. (Ford 2017, s. 164)

Leikkausrobottien myötä lääkäreiden työasento leikkauksissa on mukavampi. Robottivusteisessa leikkauksessa myös näkyvyys on huomattavasti parempi kahden kameran tuottaman 3D-kuvan myötä, ja tämä helpottaa työtä varsinkin toimenpiteissä, joissa näkyvyys avoleikkauksessa olisi huono. (Kataja 2016, s. 59) Kirurgit käyttävät leikkausrobotteja leikkauksen apuvälineenä ja täysi kontrolli on kirurgilla. Leikkausrobotit eivät siis ole valtaamassa kirurgien työtä vaan niiden rooli on enemmänkin olla apuna. Leikkausrobottien kehittymisen myötä on kuitenkin mahdollista, että robotti saa enemmän valtaa ja on jopa vastuussa koulutetun teknikon valvoessa leikkausta. (Jaiprakash et al. 2016)

Ford esittää, että tulevaisuudessa olisi myös mahdollista luoda uusi lääketieteen ammattilaisten ryhmä, joka olisi koulutettu ennen kaikkea tutkimaan potilaita ja olemaan heidän kanssaan

kanssakäymisessä, minkä jälkeen he välittäisivät tiedon standardisoituun diagnoosi- ja hoitojärjestelmään. Näin ollen uudet ja pienikustanteisemmat ammatinharjoittelijat kykenisivät hoitamaan monia rutiinitapauksia ja ohjaamaan erikoistuneempaa hoitoa tarvitsevat potilaat lääkärin vastaanotolle. (Ford 2017, s. 165)

### **4.3 Potilaan näkökulma tekoälyn hyödyntämisestä terveydenhuollossa**

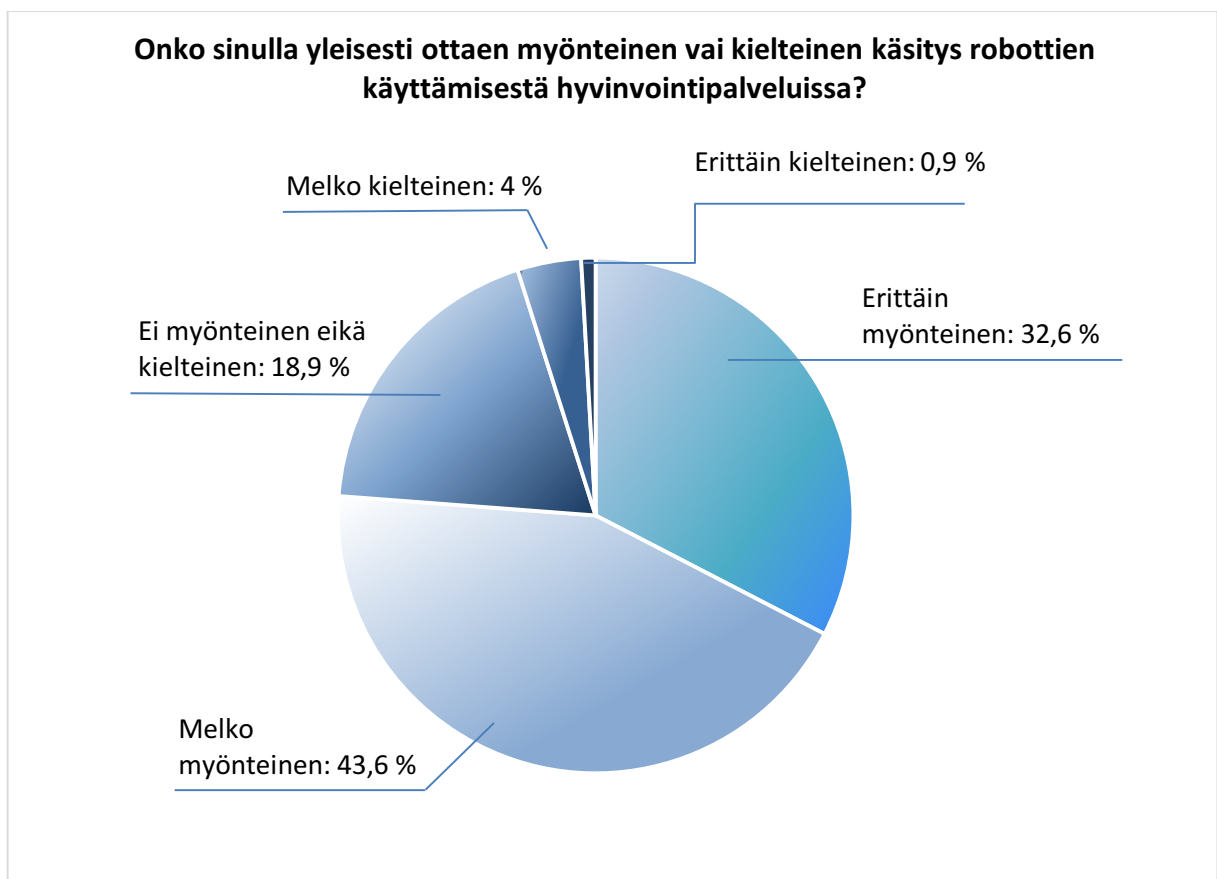
Syneos Health Communications julkaisi raportin, joka tarjoaa näkökulmia potilaan ajatteluprosesseihin, kun he kohtaavat tulevaisuuden tekoälyä hoidoissaan. On tehty paljon tutkimuksia tekoälyn hyödyntämiseksi terveydenhuollossa, mutta tähän asti tämän tekoäly-terveydenhuollon keskustelun puuttuva osa on ollut potilaan ja hoitajan näkökulma asiaan. Tutkimuksessa tutkittiin 800 eurooppalaisen ja amerikkalaisen eteisvärinä, tyyppin 2 diabetes, rintasyöpä ja Parkinsonin tautia sairastavien henkilöiden mielipide hoidon laadusta tekoälyn avulla. (Raleigh 2018)

Tutkimuksessa potilaille ja hoitajille nousi esiin seuraavia ajatuksia:

- Pahimpana pelkona ihmisen valvonnan puute ja mahdolliset konevirheet, jotka johtavat heidän terveytensä huonoon hallintaan
- Lääkäri ei ole korvattavissa tekoälyn avulla
- Vahva suositus tekoälyn hyödyntämisestä hoitajien tueksi

Myös kulttuurilla on suuri vaikutus siihen, kuinka avoimesti kansa hyväksyy robotit osaksi työyhteisöä. Käytännössä mitä hyväksyvämpi kansa on, sitä paremmin robotiikan tuomat hyödyt pystytään ottamaan käyttöön. Eurobarometrin kyselyn mukaan 61% eurooppalaisista suhtautuu robotteihin myönteisesti ja 30% vastaajista suhtautui robotteihin kielteisesti. Kyselyyn vastasi 27 901 kansalaista 28 Euroopan maasta. Samaisessa kyselyssä kansalaisilta kysyttiin, kuinka myönteisesti he suhtautuisivat robotin suorittamaan lääketieteelliseen operaatioon. 26% vastanneista sanoi olevansa myönteinen robotin suorittamaan operaatioon, noin 18%:lle ajatus oli kohtalaisen myönteinen ja 51%:lle ajatus oli epäilyttävä. Verrattuna kuitenkin vuonna 2014 suoritettuun kyselyyn, kielteisesti ajattelevia ihmisiä oli nyt 5% vähemmän. (Special Eurobarometer 460 2017)

Ihmiset ovat huolissaan myös siitä, että robotit korvaavat terveydenhuollon työntekijöitä ja vaarantavat siten hoidon laadun, eettiset periaatteet ja nykyiset standardit (Beedholm et al. 2015). Yleensä miehet, nuoret aikuiset ja korkeakouluopiskelijat ovat halukkaampia hyväksymään robotteja (De Graaf & Ben Allouch 2013). Tutkimukset terveydenhuollon ammattilaisten asenteista robotteihin ovat kuitenkin harvinaisia. Aikaisemmat havainnot viittaavat siihen, että sairaanhoitajat arvostavat robotteja apuvälineinä ja valvontalaitteina, mutta eivät sellaisissa tehtävissä, jotka edellyttävät sosiaalista vuorovaikutusta (Alaiad & Lina 2014). Lappeenrannan teknillisen yliopiston vuonna 2017 toteutetun kyselyn mukaan suurin osa vastaajista suhtautui kuitenkin myönteisesti robotiikan hyödyntämiseen hyvinvointipalveluissa. Kyselyyn vastasi 250 henkilöä laajasti eri ammattikunnista. (Tuisku et al. 2017) Alla olevasta kuvasta 7. näkee vastanneiden näkemykset robottien käyttämisestä hyvinvointipalvelussa.



Kuva 7. Mielenpiteiden jakautuminen robotiikan hyödyntämisestä hyvinvointipalveluissa (Mukaiillen Tuisku et al. 2017, s. 16)

#### 4.4 Tekoälyn hyödyntämisen haasteet terveydenhuollossa

Vaikka tekoälyn hyödyt ovat suuret, terveydenhuollon tieto- ja hallintajärjestelmät - yhdistyksen vuonna 2017 tekemä tutkimus osoitti, että vain 4,7 prosenttia kyselyyn 85:stä vastanneista on käyttänyt tekoäly tekniikoita sairaaloissa (Sullivan 2017). Tekoälyn käyttöönotto, varsinkin terveydenhuollossa, voi olla haasteellista ja hidasta esimerkiksi erilaisten lainsäädäntöjen ja sopeutumisen takia. Kun erilaisia tekoäly ratkaisuja kuitenkin päätetään hyödyntää terveydenhuollossa, terveydenhuollon ammattilaiset vaativat asianmukaista koulutusta tekoäly-pohjaisten ratkaisujen käyttämiseen. Vaikeampi haaste on kuitenkin varmistaa, että he arvostavat tekniikan rajoituksia ja tunnistavat, missä ihmisen toiminta on tarpeen. Yliriippuvaisuus tekoälyn toiminnasta, erityisesti lääkäreiden koulutuksessa, voi vaikuttaa kielteisesti ammattipätevyyteen. Lisäksi ihmiset, jotka käyttävät tekoäly-pohjaisia ratkaisuja, tarvitsevat usein tekniikkaa, kuten älypuhelin tai mobiilidatayhteyttä pilvipalveluun pääsemiseksi. On olemassa vaara, että näiden resurssien saatavuutta tai asiantuntemusta ei oteta riittävästi huomioon, jolloin ne voivat vahingossa laajentaa sosioekonomisia ja ikään liittyvää eriarvoisuutta terveydenhuollossa. (Buch et al. 2018)

Ongelmana voi olla myös luottamuksen puute uuteen teknologiaan. Erityisesti terveydenhuollon ammattilaisilla kestää aina kauan aikaa käyttää uutta terveydenhuoltojärjestelmää päivittäisissä kliinisissä töissä sen jälkeen, kun se on kehitetty. Lääketieteellinen diagnoosi vaikuttaa merkittävästi ihmisten terveyteen ja elämään ja terveydenhuollon ammattilaisten on otettava vastuu potilaistaan. Siten terveydenhuollon ammattilaiset voivat olla varovaisempia kuin muilla aloilla työskentelevät ammattilaiset, kun he harkitsevat, ottavatko uutta palvelua tai tuotetta käyttöön päivittäisessä työssään. (Fan et al. 2018)

Vaikka terveydenhuoltoalle suunniteltujen tekoäly- ja robottisovellusten kehitys on ollut nopeaa ja viimeisimmät versiot ovat olleet vaikuttavia, eivät ne ole vielä kovin pitkällä sairaalakuluihin liittyvien ongelmien ratkaisemisessa (Ford 2017, s. 174). Tekoälyä hyödyntävien ratkaisujen kehittämisestä sen käyttöönottoon ja toiminnan omaksumiseen on pitkä prosessi ja kustannukset ovat suuret. Esimerkiksi vuonna 2013 MD Anderson Cancer Center käynnisti

"Moon Shots" –projektin, jossa diagnosoitiin ja suositeltiin tiettyjä syöpätyyppejä koskevia hoitosuunnitelmia IBM:n Watson-kognitiivisen järjestelmän avulla. Vuonna 2017 projekti oli kuitenkin pidätetty, kun kustannukset ylittivät 62 miljoonaa dollaria - ja järjestelmää ei vielä ollut käytetty potilaille. (Davenport & Ronanki 2018)

Tekoälyn ja robotiikan hyödyntämisessä on otettava myös eettiset kysymykset huomioon. Robotiikan, kuten minkään muunkaan hoitotoimen käyttö, ei saa lisätä asiakkaiden ja potilaiden eriarvoisuutta tai heikentää palvelun tai hoidon saatavuutta tai laatua. (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 47) Käytettävyys ja käyttäjän hyväksyntä ovat erittäin tärkeitä robottiratkaisun onnistumiselle. Ihanteellisten robottiratkaisujen on katettava kaikki yksilölliset tarpeet ja otettava huomioon käyttäjien yhteiskunnallis-demografiset profiilit. (Dahl & Boulos 2013) Mitä pidemmälle robotiikka kehittyy, sitä enemmän robotiikan hyödyntämistä on arvioitava eettisestä näkökulmasta (Kangasniemi & Andersson 2016, s. 48) Sharkey ja Sharkey (2012) luettelevat vanhempien ihmisten robotinhuollon eettisiä kysymyksiä, joita on käsiteltävä kaikissa tämän ikäryhmän kohdennetuissa robottiratkaisuissa. Näihin huolenaiheisiin sisältyvät:

- Ikääntyneen henkilön ihmissuhteiden mahdollinen väheneminen
- Vanhemman henkilön sosiaalinen eristyneisyys tai arvokkuuden menettäminen
- Vanhemman henkilön hallinnan ja vapauden menetyksen lisääntyminen
- Yksityisyyden heikkeneminen

Myös Kangasniemi & Andersson pohtivat eettisiä kysymyksiä robotiikan hyödyntämisestä terveydenhuollossa. Heidän mukaan potilaalla ja asiakkaalla on oikeus hyvään hoitoon, ja näin ollen voidaankin kysyä, että jos robotin käyttö esimerkiksi parantaa potilasturvallisuutta, onko epäeettistä olla käyttämättä sitä? Heidän mukaansa potilaan ja asiakkaan hyvän hoidon ja palvelun varmistamiseksi robotiikan käyttöä on arvioitava sekä yksilön että ryhmän kannalta, mutta myös eri sosiaali- ja terveydenhuollon alojen suhteen. Vaikka robotiikka yleistyisi terveydenhuollossa, hoidon vastuu ei siirry robotille, sillä robotti voi noudattaa ihmisen sille ohjelmoituja periaatteita, mutta se ei kykene määrittelemään, mikä periaate tai toimintatapa on eettisesti oikea. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että päätös hoidosta ja robottien toiminnasta pysyy ihmisen käsissä – terveydenhuollon ammattilaisella ja potilaalla itsellään. (Kangasniemi

& Andersson 2016, s. 47-48) Taulukossa 1. on esitetty tekoälyn hyödyntämiseen liittyviä vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia sekä uhkia terveydenhuollossa.

Taulukko 1. SWOT-analyysi tekoälyn vaikutuksista hoitoalan työntekijöihin ja potilaisiin

<p><b>Vahvuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potilaiden hoitamiseen lisääntyvä aika</li> <li>• Tarkemmat diagnoosit</li> <li>• Virheiden väheneminen</li> <li>• Selkäkipujen väheneminen ja fyysisten olosuhteiden paraneminen</li> </ul>	<p><b>Heikkoudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhimillisen arvioinnin puute</li> <li>• Eettiset ongelmat</li> <li>• Epäilevät asenteet</li> <li>• Robotiikan ja leikkauksien kallis hinta</li> </ul>
<p><b>Mahdollisuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Työn ja palvelun laadullinen lisäarvo</li> <li>• Tehokkuuden lisääntyminen</li> <li>• Kustannusedut pitkällä aikavälillä</li> </ul>	<p><b>Uhat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Virheiden vastuun jakautuminen</li> <li>• Työntekijöiden korvautuminen</li> <li>• Teknologian toimimattomuus</li> </ul>

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tekoäly on ollut viime aikoina paljon puhuttu aihe ja tekoälyn vaikutukset herättävät ihmisissä paljon keskustelua ja huolenaiheita esimerkiksi työtilanteen muutoksiin liittyen. Tässä työssä käsiteltiin tekoälyn ja robotiikan vaikutuksia tulevaisuuden työnkuvan muutoksiin keskittyen nimenomaan terveydenhuoltoon. Työn tarkoituksena on saada lukija tietoiseksi tekoälyn ja robotiikan vaikutuksista terveydenhuoltoon ja sen sidosryhmiin. Työssä vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten tekoäly vaikuttaa eri aloihin?
- Miten tekoälyä hyödynnetään terveydenhuollossa?
- Miten tekoäly vaikuttaa terveydenhuollon työnkuvaan?

Robotit ja teknologia kehittyvät nopeasti, mutta mahdollisuudet siihen, että robotit vievät kaikki työpakkamme, ovat kuitenkin hyvin pienet. Tekoälyn kehityksillä pyritään parantamaan olemassa olevaa toimintaa ja tehostamaan autonomisia tehtäviä, jotta ihmiset pääsevät rutiininomaisista työtehtävistä luovemman ajattelun tehtäviin. Tekoälyn mahdollisuuksista puhutaan paljon, mutta todellisuudessa tällä hetkellä käytössä oleva tekoäly on varsin heikkoa, yksitoikkoihin toimenpiteisiin kykenevää tekoälyä ja robotit, jotka pystyvät oppimaan ihmisten reaktiosta, ovat vasta tulevaisuutta. Tekoälyn edistysaskeleet ovat kuitenkin olleet vaikuttavia lyhyen ajan sisällä, joten sen mahdollisuuksia ei tule sivuuttaa. Tekoäly ja robotiikan jatkuva kehitys tulevat vaikuttamaan tulevaisuuden liiketoimintaan, mutta vaikutus tulee olemaan eri ammateissa ja eri työtehtävissä erilainen. Käytännössä mitä rutiininomaisempaa työ on, sen helpommin se on korvattavissa automaation keinoin. Robotilla on omat etunsa ihmiseen verrattuna, mutta useissa työtehtävissä ihmistä on kuitenkin mahdotonta korvata. Robotiikan hyödyntäminen sopii erilaisiin tarkkuutta vaativiin rutiininomaisiin työtehtäviin, sillä robotti ei väsy työnteossa samalla tavalla kuin ihminen. Robotiikan avulla voidaan korvata selkeitä toistuvia tehtäviä, mutta roboteilta puuttuu kuitenkin kyky luovaan ajatteluun ja empatiaan, mikä ihmisillä on luonnostaan. Robottien yleistymiseen vaikuttaa myös teknologiset haasteet, lainsäädännölliset ongelmat sekä ihmisten asenteet teknologiaan ja robottien hyödyntämiseen.

Terveydenhoidon yksi ongelma nykypäivänä on tiedon suuri määrä ja ajanpuute, sillä lääkäreiden ja hoitotyöntekijöiden käytettävissä oleva aika tiedon sulattamiseen on rajattu. Tekoälyn mahdollistama potilastietojen ja tutkimustuloksien tarkempi ja nopeampi analysoiminen tukee terveydenhuollon työntekijöitä, potilaita sekä koko terveydenhuollon toimintaa. Robotiikan ratkaisut helpottavat hoitotyöntekijöiden työtä esimerkiksi nostotyössä ja työn logistisissa toimenpiteissä ja erilaisten palvelurobottien hyödyntäminen on tukenut myös vanhustenhoitoa. Myös robottikirurgiset leikkaukset ovat edistäneet potilaan nopeampaa toipumista ja helpottaneet kirurgien työskentelyolosuhteita. Tekoäly on tehnyt monia edistysaskelia terveydenhuollon ja lääketieteen kehittämiseksi, ja vaikka tulokset ovat merkittäviä, niistä ei ole vielä syntynyt arkipäiväisiä toimenpiteitä. Haasteina robotiikan hyödyntämisessä terveydenhuollossa on eettisten, lainsäädännöllisten ja sosiaalisten tekijöiden lisäksi robottien kallis hinta sekä ihmisten yleisesti epäilevät asenteet robotteja kohtaan.

Oletus, että robotiikka tulisi korvaamaan työntekijät täysin ja viemään ihmisten työpaikat, on väärä. Varsinkin terveydenhuollossa väestön ikärakenteen nousun oletetaan kasvattavan työvoimapulaa, jolloin hoitotyöntekijöiden ja lääkäreiden työvoimatarve kasvaa. Terveydenhuollon työtehtävien osittainen korvaaminen ja tehostaminen robotiikan ratkaisuilla ei siis todennäköisesti vähennä työntekijöiden määrää, vaan tehostaa työskentelyä. Tekoälylliset menetelmät on kehitetty ihmisten kohtaamien haasteiden ratkaisemiseksi. Vaikka robotti oppisi toiminnastaan ja ympäristöstään ja pystyisi ottamaan vastuuta työstään, täytyy kuitenkin muistaa, että ihminen määrittelee rajat robotin autonomiselle toiminnalle. Käytännössä tekoäly ei tule korvaamaan terveydenhuollon työntekijöitä, vaan se tulee muuttamaan työnkuvaa teknologisempaan suuntaan. Tekoälyn hyödyntäminen varsinkin diagnoosien tukena ja lääketieteen kehityksessä, on merkittävä edistys terveydenhuollon toiminnan ja laadun parantamiseksi. Jotta tekoälyn ratkaisuja osattaisiin hyödyntää parhaimmalla mahdollisella tavalla, työntekijöiden ja potilaiden tulisi suhtautua käytössä olevaan teknologiaan avarakatseisesti ja sopeutua uusiin teknologioihin, vaikka se vaatisikin aikaisempien käytänteiden muutosta.

## LÄHTEET

13D Research. 2017. Artificial Intelligence in on the precipice of revolutionizing medical diagnosis. [WWW-dokumentti]. [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <https://latest.13d.com/artificial-intelligence-is-on-the-precipice-of-revolutionizing-medical-diagnosis-be6427239f58>

Ailisto, H., Helaakoski, H., Dufva, M. & Tuikka, T. 2017. Tuottoa ja tehokkuutta Suomeen tekoälyllä. VTT – Policy Brief No. 1/2017.

Ainasvuori, O & Pitkänen, P. 2017. Robottiikka ja automaatio ovat tehokkaita digitalisaation edistämisen ja asiantuntijuuden syventämisen välineitä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.3.2018]. Saatavissa: <https://aditro.com/julkishallinnolle/tietojarjestelmat/robotiikka-ja-automatio-ovat-tehokkaita-digitalisaation-edistamisen-ja-asiantuntijuuden-syventamisen-valineita/>

Alaiad, A. & Lina, Z. 2014. The determinants of home healthcare robots adoption: An empirical investigation. *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 83, nro. 11, s. 825-840.

Apunen, M. 2016. Robotit töihin. Koneet tulivat—mitä tapahtuu työpaikoilla? s. 5-6. Helsinki: Taloustieto Oy. EVA Raportti 2/2016.

Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. 2016. *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A COMPARATIVE ANALYSIS*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), nro. 189, s. 34.

Autor, D.H. & Dorn, D. 2013. How technology wrecks the middle class. *The New York Times*, Vol. 24.

Bahrammirzaee, A. 2010. A comparative survey of artificial intelligence applications in finance: artificial neural networks, expert system and hybrid intelligent systems. *Neural Computing and Applications*, Vol. 19, nro. 8, s. 1165-1195.

Baril, C. 2014., Viviane, G. & Christel, B. 2014. Impact of Technological Innovation on a Nursing Home Performance and on the Medication-use Process Safety. *Journal of Medical Systems*, Vol. 38, nro. 3, s. 1-12.

Beckerle, P. 2017. A Human–Robot Interaction Perspective on Assistive and Rehabilitation Robotics. *Frontiers in Neurorobotics*, Vol. 11.

Beedholm, K., Fredreriksen, K., Fredreriksen, A.M.S & Lomborg, K. 2015. Attitudes to a robot bathtub in Danish elder care: A hermeneutic interview study. *Nursing & Health Sciences*, Vol. 17, nro. 3, s. 280-286.

Borana, J. 2016. Applications of artificial intelligence & associated technologies. *Science [ETEBMS-2016]*, Vol. 5, nro. 6.

Buch, V. Varughese, G. & Maruthappu, M. 2018. Artificial intelligence in diabetes care. *Diabetic Medicine*, Vol. 35, nro. 4, s. 495-497.

Dahl, T.S. & Boulos, M.N.K. 2013. Robots in health and social care: A complementary technology to home care and telehealthcare? *Robotics*, Vol. 3, nro. 1, s. 1-21.

Davenport, T.H. & Ronanki, R. 2018. Artificial Intelligence for the Real World. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.3.2018]. Saatavissa: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/deloitte-analytics/us-deloitte-analytics-hbr-ai-for-the-real-world.pdf>

De Graaf, M.M.A. & Ben Allouch, S. 2013. Exploring influencing variables for the acceptance of social robots. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 61, nro. 12, s. 1476-1486.

Fan, W. Liu, J. Zhu, S. & Pardalos, P.M. 2018. Investigating the impacting factors for the healthcare professionals to adopt artificial intelligence-based medical diagnosis support system (AIMDSS). *Annals of Operations Research*. s. 1-26.

Ford, M. 2017. *Robottien kukoistus: Teknologia ja massatyöttömyyden uhka*. Turku, Kustannusosakeyhtiö Sannakko. 332 s.

Freiherr, G. 2015. Artificial Intelligence: Humankind's Best Chance for a Healthier Future. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2018]. Saatavissa: <https://www.cio.com/article/2997174/big-data/artificial-intelligence-humankinds-best-chance-for-a-healthier-future.html>

Gelderblom, G.J. 2009. Rehabilitation robotics in robotics for healthcare. A roadmap study for the Europe European Commission. s. 834.

Gray, A. 2016. 5 Million jobs to be lost by 2020. [WWW-dokumentti]. [viitattu 16.2.2018]. Saatavissa: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/5-million-jobs-to-be-lost-by-2020/>

Haavisto, I. 2016. Robotit töihin. Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla? s. 41. Helsinki: Taloustieto Oy. EVA Raportti 2/2016.

Haikonen, P.O.A. 2017. *Tietoisuus, tekoäly ja robotit*. Helsinki: Art House. 295 s.

Hurme, H. 2013. Hoitovirheisiin kuolee enemmän ihmisiä kuin liikenteessä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <https://www.kansanuutiset.fi/artikkeli/2935836-hoitovirheisiin-kuolee-enemman-ihmisia-kuin-liikenteessa>

Hämäläinen, V. Maula, H. & Suominen, K. 2016. *Digiajan strategia*. Helsinki, Alma Talent. 240 s.

IBM Watson Health. 2018. Empowering Heroes, Transforming Health. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <https://www.ibm.com/watson/health/#solutions>

Intuitive Surgical. 2018. Company Profile. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <https://www.intuitivesurgical.com/company/profile.php>

Jaiprakash, A. Crawford, R. & Roberts, J. 2016. Robots in Healthcare could lead to a Doctorless Hospital. *Scientific Computing*.

Järvi, U. 2008. Leikkausrobotti töihin Tampereella. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2018]. Saatavissa: <http://www.laakarilehti.fi/ajassa/ajankohtaista/leikkausrobotti-toihin-tampereella/>

Kaipia, A & Petas, A. 2012. Robottikirurgia yleistyy urologiassa. *Suomen Lääkärilehti* 44/2012.

Kangasniemi, M & Andersson, C. 2016. Enemmän inhimillistä hoitoa. Teoksessa Robotit töihin. Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla? EVA-raportti 2/2016. Helsinki: Taloustieto Oy. s. 34-55.

Kannan, P.V. 2017. Artificial Intelligence – Applications in healthcare. [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.3.2018]. Saatavissa: <https://www.asianhmm.com/technology-equipment/artificial-intelligence>

Kasriel, S. 2017. 6 ways to make sure AI creates jobs for all and not the few. [WWW-dokumentti]. [viitattu 16.2.2018]. Saatavissa: <https://www.weforum.org/agenda/2017/08/ways-to-ensure-ai-robots-create-jobs-for-all>

Kataja, M.P. 2016. Robotiikka tarvitsee lisää osaajia. Teoksessa Teknologia sosiaali- ja terveydenhuollossa. Hoitotyön vuosikirja 2016. Helsinki: Fioca Oy. s. 57–71.

Kauhanen, A. Uusi työnjako – Viisi syytä, miksi robotisoituminen ei johda työn loppumiseen. Teoksessa Robotit töihin. Koneet tulivat–mitä tapahtuu työpaikoilla? s. 9-33. EVA Raportti 2/2016. Helsinki: Taloustieto Oy.

Kyrki, V., Coco, K., Hennala, L., Laitinen, A., Lehto, P., Melkas, H., Niemelä, M & Pekkarinen, S. 2015. Robotit ja hyvinvointipalvelujen tulevaisuus. (ROSE-konsortio). [WWW-dokumentti]. [viitattu 18.3.2018]. Saatavissa: [https://www.aka.fi/globalassets/33stn/tilannekuvaraportit/stn2015-hankeet/tech-kyrki-robotiikkahyvinvointi-jaterveyspalveluissa\\_20160104.pdf](https://www.aka.fi/globalassets/33stn/tilannekuvaraportit/stn2015-hankeet/tech-kyrki-robotiikkahyvinvointi-jaterveyspalveluissa_20160104.pdf)

Lechky, S. 1985. World's first surgical robot in B.C. The Maclean Hunter newspaper for the Canadian medical profession. *The Medical Post*, Vol. 21, nro. 23.

Lehtinen, J. 2015. Robotiikka vaatii monitieteellisyyttä. *Tieteessä tapahtuu*, Vol. 33, nro. 5, s. 42-44.

Luukkari, E. 2017. Stora Enso ja Microsoft yhteistyöhön älypakkauksissa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2018]. Saatavissa: <https://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/teknologia/stora-enso-ja-microsoft-yhteistyohon-alypakkauksissa>

Mansikkamäki, E. 2017. Voiko hoivarobotti korvata hoitajan? – "Liian kalliita tavallisille kuluttajille". [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <https://www.aamulehti.fi/kotimaa/voiko-hoivarobotti-korvata-hoitajan-liian-kalliita-tavallisille-kuluttajille-24207641/>

- Merilehto, A. 2018. *Tekoäly: Matkaopas johtajalle*. Helsinki: Alma Talent. 206 s.
- Milne, V., Tierney, M. & Doig, C. Is robotic surgery worth the cost? [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.3.2018]. Saatavissa: <http://healthydebate.ca/2016/10/topic/robotic-surgery>
- Morgan, J. 2017. Robots have been taking our jobs for 50 years, so why are we worried? [WWW-dokumentti]. [viitattu 16.2.2018]. Saatavissa: <https://www.weforum.org/agenda/2017/07/robots-have-been-taking-our-jobs-for-50-years-so-why-are-we-worried-now/>
- Nortio, J. 2017. Tekoäly parantaa finanssialan luotonantoa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.5.2018]. Saatavissa: <https://profit.lindorff.fi/tekoaly-toimii-luotonannossa-ihmista-tehokkaammin/>
- Ohashi, K., Ota, S., Ohno-Machado, L. & Tanaka, H. 2010. Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology. *Computers in biology and medicine*, Vol. 40, nro. 6, s. 545-554.
- Olanrewaju, O.A., Faieza, A.A., Syakirah, K. 2013. Current trend of robotics application in medical. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 46, nro. 1.
- Ora, U. 2017. Robotti käsittelee Lappeenrannan kaupungin laskuja - ”Se on hoitanut työnsä tarkasti”. [WWW-dokumentti]. [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <https://www.lappeenrannanuutiset.fi/artikkeli/495405-robotti-kasittelee-lappeenrannan-kaupungin-laskuja-se-on-hoitanut-tyonsa-tarkasti>
- Patrizio, A. 2018. Top 25 Artificial Intelligence Companies. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.5.2018]. Saatavissa: <https://www.datamation.com/applications/top-25-artificial-intelligence-companies.html>
- PR Newswire Association LLC. 2017. Healthcare Robotics: Surgical Robots, Hospital Logistics Robots, Rehabilitation Robots, Robot Nurses, Telepresence Robots, and Diagnostics Robots: Global Market Analysis and Forecasts. PR Newswire.
- Raleigh, N.C. 2018. When It Comes to Artificial Intelligence in Healthcare, Patients Fear the Replacement of Doctors, Yet Are Open to AI Nurse Support. [WWW-dokumentti]. [viitattu 6.4.2018]. Saatavissa: <https://www.syneoshealth.com/news/press-releases/when-it-comes-artificial-intelligence-healthcare-patients-fear-replacement>
- Rosvall, M. 2013. Kävelyrobotti voi auttaa liikuntakyvyn palautumisessa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2018]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-6990669>
- Rousku, K., Linturi, R., Andersson, C., Stenfors, S., Lähteenmäki, I., Kärki, T. & Linnéll, J. 2017. *Pilkahduksia tulevaisuuteen - digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet*. Helsinki: Valtiovarainministeriö. Valtiovarainministeriön julkaisuja 10/2017.

Seikku, E. 2018. Mikä ihmeen tekoäly, koneoppiminen ja ennakoiva analytiikka? [WWW-dokumentti]. [viitattu 8.4.2018]. Saatavissa: [https://www.tivi.fi/Kumppaniblogit/hewlett\\_packard\\_enterprise/mika-ihmeen-tekoaly-koneoppiminen-ja-ennakoiva-analytiikka-6699339](https://www.tivi.fi/Kumppaniblogit/hewlett_packard_enterprise/mika-ihmeen-tekoaly-koneoppiminen-ja-ennakoiva-analytiikka-6699339)

Sharkey, A. & Sharkey, N. 2012. Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, Vol. 14, nro. 1, s. 27-40.

Sharma, L. & Srivastava, V. 2017. Performance enhancement of information retrieval via Artificial Intelligence. *IJSRSET*, Vol. 3, s. 187-192.

Solum, L. 2014. ARTIFICIAL MEANING. *Washington Law Review*, Vol. 89, nro. 1, s. 69-86.

Special Eurobarometer 427. 2015. Autonomous systems. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs\\_427\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_427_en.pdf)

Special Eurobarometer 460. 2017. Attitudes towards the impact of digitisation and automation on daily life. European Commission.

Stepowska, J & Sharkey, K. 2014. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <http://newsroom.uts.edu.au/news/2014/11/bed-robots-future-patient-transportation>

Sullivan, T. 2017. Half of hospitals to adopt artificial intelligence within 5 years. [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2018]. Saatavissa: <http://www.healthcareitnews.com/news/half-hospitals-adopt-artificial-intelligence-within-5-years>

Tainio, J. 2014. Tulevaisuuden sairaala mukautuu potilaiden tarpeisiin. [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2018]. Saatavissa: <https://www.talouselama.fi/uutiset/tulevaisuuden-sairaala-mukautuu-potilaiden-tarpeisiin/80742e13-ad31-3f41-879d-5f65b69f7c44>

Tikka, T. 2016. Kun kone ottaa ohjat – Tekoäly litistää organisaatiot, mutta myös voimaannuttaa työntekijät. Teoksessa Robotit töihin. Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoilla? s. 57-80. Helsinki: Taloustieto Oy. EVA Raportti 2/2016.

Tractica. 2016. Healthcare Robotics. [WWW-dokumentti]. [viitattu 4.5.2018]. Saatavissa: <https://www.tractica.com/research/healthcare-robotics/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2017. Suomi tekoällyajan kynnyksellä. Yrityskatsaus, nro. 2. TEM Elinkeino- ja innovaatio-osasto.

Valtioneuvosto. 2016. Tekoällyn uskotaan mullistavan yhteiskuntaa. [WWW-dokumentti]. [viitattu 16.2.2018]. Saatavissa: [http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/10616/tekoalyn-uskotaan-mullistavan-yhteiskuntaa](http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/10616/tekoalyn-uskotaan-mullistavan-yhteiskuntaa)

Waltz, E. 2017. IBM, Intel, Stanford Bet on AI to Speed up Disease Diagnosis and Drug Discovery. [WWW-dokumentti]. [viitattu 11.4.2018]. Saatavissa: <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/diagnostics/ibm-intel-stanford-bet-on-ai-to-speed-up-disease-diagnosis-and-drug-discovery>

Ziden, K. 2016 The Future of AI in Healthcare: No Doctors Required. [WWW-dokumentti]. [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <https://potomacinstituteceo.wordpress.com/2016/09/12/the-future-of-ai-in-healthcare-no-doctors-required/>