

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 50/2018

Toni Alho, Pekka Neittaanmäki,
Pasi Hänninen ja Olli Tammilehto

Palvelurobotiikka



Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 50/2018

Editor: Pekka Neittaanmäki

Covers: Petri Vähäkainu ja Matti Savonen

Copyright © 2018

Petri Vähäkainu ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-7481-7 (verkkokj.)

ISSN 2323-5004

Jyväskylä 2018

Palvelurobotiikka

Toni Alho
Pekka Neittaanmäki
Pasi Hänninen
Olli Tammilehto

Tämä julkaisu on toteutettu osana Watson Health Cloud-hanketta, johon Jyväskylän yliopisto on saanut rahoituksen Business-Finlandilta.

Business Finland-hanke: Watson Health Cloud

LYHENNELUETTELO

AI	Artificial Intelligence eli tekoäly
Big Data	Suurten tietomassojen keräämistä ja analysoimista
HRI	Human-Robot Interaction eli ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus
IOT	Internet of Things eli asioiden Internet
RPA	Robotic Process Automation eli ohjelmistorobotiikka
Eksoluuranko	Moottoroitu päällepuettava kone, joka tehostaa liikkumista
Konnektionismi	Tekoälyn lähestymistapa, jossa älykkään toiminnan ja mielen sisältöjen oletetaan kumpuavan yksinkertaisten yksikköjen muodostamien verkkojen yhteistoiminnan tuloksena.
Ohjelmistorobotiikka	Automaatio-ohjelmisto, joka tekee rutiininomaista tietotyötä samoilla välineillä kuin ihminen
Palvelurobotiikka	Robotiikan osa-alue, johon (määritelmästä riippuen) kuuluvat kaikki ei-teollisuusrobotit
Symbolismi	Tekoälyn ”klassinen” lähestymistapa, jonka mukaan älykäs toiminta saadaan aikaan manipuloimalla symboleja logiikan keinoin.

KUVIOT

KUVIO 1 ROBOTTIEVOLUUTIO.....	3
KUVIO 2 ROBOTTIEN LUOKITTELUA.....	4
KUVIO 3 ROBOTIIKKA SOTESSA.....	12
KUVIO 4 LOKOMAT	15
KUVIO 5 HAL 5 REWALK 6.0	15
KUVIO 6 DA VINCI XI –JÄRJESTELMÄ.....	19
KUVIO 7 ARVIO HOITOTYÖN TYÖTEHTÄVIEN JAKAUTUMISESTA JA KORVATTAVUUDESTA ROBOTIIKALLA	20
KUVIO 8 SOSIAALINEN ROBOTTI RUBI	22
KUVIO 9 PARO ON KEHITTYNUT SOSIAALISESTI VUOROVAIKUTTEINEN ROBOTTI	23
KUVIO 10 TUG-LOGISTIIKKAROBOTTEJA.....	24

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	1
2 Robotiikasta yleisesti	3
2.1 Robottien määrittely ja luokittelu	3
2.2 Robotiikka sosiaali- ja terveystaloudessa	5
3 Tekoäly robotiikassa	7
3.1 Tekoälyn määrittely	7
3.2 Teoria tekoälyn taustalla	7
3.3 Lähestymistapoja tekoälyyn	8
3.4 Robotti tekoälyn alustana	8
3.5 Älykkään robotin ominaisuuksista ja opettamisesta	9
4 Teollisuusrobotit	10
5 Palvelurobotit	12
5.1 Omahoidon robotit	13
5.1.1 Kuntoutusrobotiikka	13
5.1.2 Kotiapurobotit	16
5.2 Lääketieteen robotiikka	18
5.3 Hoitotyöntekijöiden työn robotiikka	19
5.3.1 Hoitajarobotit	20
5.3.2 Sosiaaliset robotit	21
5.4 Organisaation robotiikka	23
5.5 Opetusrobotit	24
6 Ohjelmistorobotit	26
7 Yhteenveto	27
LÄHTEET	28
Lisätietoa	36

1 JOHDANTO

Suomen, kuten monien muidenkin länsimaisten hyvinvointivaltioiden rakenteet ovat tulevina vuosina rajujen demografisten, rakenteellisten ja teknisten muutosten alla. Kasvavan ja pidempi-ikäisen eläkeläissukupolven sekä muiden hoitoa vaativien suhde vähenevään työssäkäyvien määrään vaatii sosiaali- ja terveysalalta tehokkaampia toimintatapoja. Lisäksi suuri yksin ja syrjäisillä alueilla asuvien ihmisten määrä kannustaa kehittämään keinoja tarjota hoivapalveluita kodeissaan asuville.

Suomessa tapahtuvat sosiaali- ja terveysalaa koskevat rakenteelliset muutokset ajavat palveluiden tehostamista ja kustannusten laskemista. Käsillä oleva SOTE-uudistus pyrkii uudelleenjärjestelemään sektorin toimintoja samalla pyrkimyksenään parantaa niiden saatavuutta, kustannustehokkuutta, sekä niihin liittyvää valinnanvapautta. Tämä osaltaan kannustaa uusien teknologioiden käyttöönottoa sekä omaksumista sosiaali- ja terveyspalveluissa, mikä edelleen on tehokasta reagoitua mainittuihin väestörakenteen muutoksiin. Nämä uudet teknologiat, kuten tekoäly (artificial intelligence, AI), palvelurobotiikka (service robotics), esineiden internet (Internet of Things, IoT) ja Big Data muokkaavat välttämättä sektorin toimintatapoja ja niiden kehitystä. (Hennala, Koistinen, Kyrki, Kämäräinen, Laitinen, Lanne, Lehtinen, Leminen, Melkas, Niemelä, Parviainen, Pekkarinen, Pieters, Pirhonen, Ruohomäki, Särkikoski, Tuisku, Tuominen, Turja, & Van Aerschot, 2017, 13.)

Robotit ja hyvinvointipalvelujen tulevaisuus (ROSE-hanke) konsortio on luonut tiekartan robotiikan käyttämiseksi hoiva-alaa ja itsenäistä elämistä varten suomalaisessa kontekstissa (Hennala ym., 2017, 13). Tiekartassa keskitytään erityisesti ikääntyneeseen väestöön. Tiekartalle on annettu tavoitteeksi tuoda faktoja ja näkökulmia keskusteluun, sekä myös osallistua siihen.

Tiekartan mukaan hoivassa käytettävä robotiikka voidaan jakaa neljään kategoriaan:

1. Henkilökunnan työn tukemiseen
2. Kuntoutukseen ja proteeseihin
3. Henkilökohtaiseen fyysiseen apuun
4. Henkilökohtaiseen kognitiiviseen tai sosiaaliseen apuun

(Hennala ym., 2017, 10)

Hyvin määritellyissä tehtävissä robotit tarjoavat hyviä mahdollisuuksia henkilökunnan työn tukemiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi sairaalalogistiikka, potilaiden siirto ja lääkkeiden jakelu, sekä mahdollisesti myös etäläsnäolo robottia käyttämällä. Kuntoutuksen ja proteesien alalla on käytettävissä robottiaivusteisia kuntoutusharjoituksia, ylä- ja alavartalon liikkuvuuden avustamisessa voidaan käyttää robotisoituja proteeseja. Potilaiden fyysiseen avustamiseen voidaan käyttää

tulevaisuudessa esimerkiksi monenlaisia robotisoituja apuvälineitä tai älyratkaisuja, kuten pyörätuoleja ja rollaattoreja. Henkilökohtaisia apuvälineitä tulevat olemaan myös siivoukseen sekä henkilökohtaisen hygienian avustamiseen tarkoitetut robotit. (Hennala ym., 2017, 2.)

ROSE-hankkeessa saavutettujen tuloksien mukaan robottien käyttöönottamista hyvinvointipalveluissa tulee vauhdittamaan esimerkiksi niiden tarjoama mahdollisuus ikäihmisille parempaan ja itsenäisempään elämänlaatuun. Tärkeimmäksi tekijäksi robottien käyttöönottamiseksi tulee kuitenkin nousemaan taloudelliset syyt, ainakin niissä maissa, joissa on yhteiskunnan järjestämät SOTE-palvelut (engl. public healthcare system). (Hennala ym., 2017, 2.)

Suurena haasteena robottien käyttöönottamiseksi kuitenkin on robotiikan ympärille rakentuva ekosysteemi, joka on vielä tällä hetkellä "lapsenkengissään". Robotiikan käyttöönottamiseksi on ratkaisevan tärkeää myös loppukäyttäjien, eli terveyspalveluissa asiakkaiden, hyväksyntä.

Robottien käyttöönottamiseksi tarvitaan uudenlaista tietoa useilta eri alueilta:

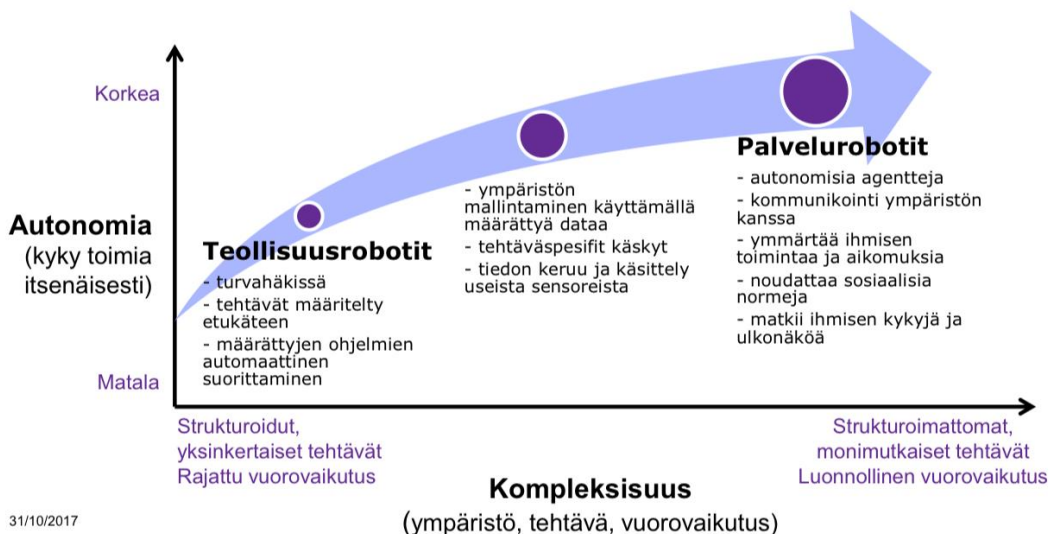
- Taloudellisten ja sosiaalisten tekijöiden vaikutus uuden teknologian käyttöönottoon
 - Tarvitaan pitkäaikaisia pilottihankkeita
- Teknologiat, jotka vaativat syvällisempää ymmärrystä (engl. further understanding):
 - manipulointi/käsittely (engl. manipulation)
 - pitkän aikavälin toiminta ja autonomia (engl. long-term operation and autonomy)
 - ihmisen ja robotin sosiaalinen vuorovaikutus (engl. social human-robot interaction)
- Robottien käytettävyys ja intuitiivinen ihmisen ja robotin vuorovaikutus
- Robottien tarjoaman tuen integrointi hoitoympäristöihin ja hoitojärjestelmiin

Suomessa on käynnissä useita robotteihin liittyviä pienimuotoisia pilottihankkeita, mutta tarvittaisiin laajempaa tutkimusta (pitkäaikaisia pilottihankkeita) robottien pitkänajan vaikutuksista (engl. long-term impacts). Julkista rahoitusta tulisi suunnata pienimuotoisten pilottihankkeiden sijaan pitempiaikaisiin pilotteihin, joissa olisi vahvempaa näyttöä suuremmista vaikutuksista kuin pienemmillä pilottihankkeilla. (Hennala ym., 2017, 2.)

2 ROBOTIIKASTA YLEISESTI

Robottiikka on kehittynyt 1960-luvun teollisuusympäristössä hyödynnetyistä vähäisen autonomian ja vähäisen vuorovaikutteisuuden roboteista itsenäisiin, tietoa kerääviin ja ympäristöään havainnoiviin, sekä sen kanssa kommunikoiviin, älykkäisiin robotteihin. Ne ovat siirtyneetkin omista eristetyistä toimintaympäristöistään täysin avoimeen ympäristöön ihmisten joukkoon. Tämä mahdollistaa ennen toteutuskelvottomilta vaikuttaneiden, monimutkaisten ja strukturoimattomien tehtävien antamisen roboteille. Jatkuvasti kehittyvät kyvyt luonnolliseen vuorovaikutukseen mahdollistaa edistyneempää ihmisen ja robottien välistä vuorovaikutusta. (Niemelä, 2017, 2.)

Robottievoluutio Haidegger & al. (2013) mukailien



KUVIO 1 Robottievoluutio (Niemelä, 2017, 2)

2.1 Robottien määrittely ja luokittelu

Vuonna 2012 päivitetty ISO-8373 -standardi (ISO, 2012) määrittää robotin seuraavasti:

” actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks ”

Standardi siis korostaa robotin ohjelmoitavuutta, autonomisuutta, sekä kykyä suorittaa sille annettuja tehtäviä. Robotin määrittely puolestaan teollisuus- tai palvelurobotiksi määräytyy robotin käyttötarkoituksen mukaan. Standardi määrittelee myös robotiikan tarkoitettavan robottien suunnitteluun, valmistamiseen ja käyttämiseen liittyvää tiedettä ja toimintaa. Näitä määritelmiä noudattaa myös kansainvälinen robotiikan keskusjärjestö IFR (International Federation of Robotics).

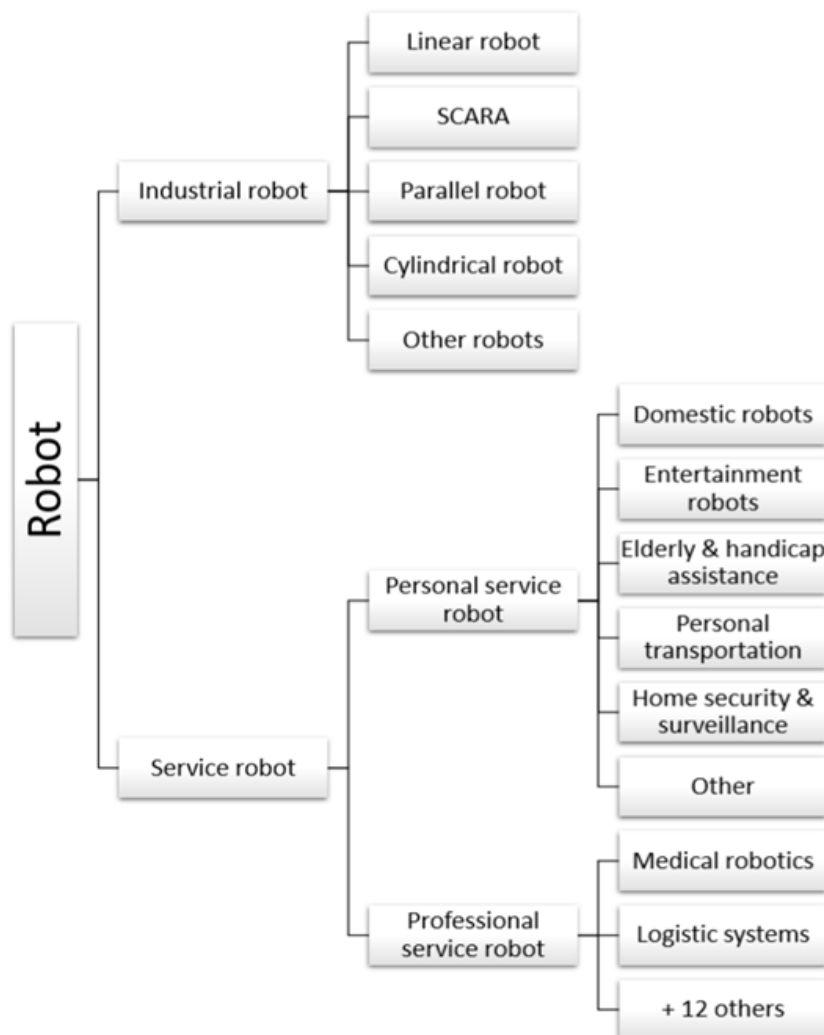
IFR (2016a, 25) määrittelee teollisuusrobotin ISO-8373 perusteella seuraavalla tavalla:

“automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes”

Sekä palvelurobotin (IFR, 2016b, 9):

“robot that performs useful tasks for humans or equipment excluding industrial automation applications”

Teollisuusrobottien ja palvelurobottien tarkempi luokittelu eroaa toisistaan. Siinä missä palvelurobottien luokittelu tehdään yhä niiden käyttötarkoituksen perusteella, teollisuusrobotit luokitellaan vain niiden mekaanisen rakenteen perusteella. Palvelurobottien luokittelussa robotit myös jaotellaan ensin yksityiskäyttöisiin (personal service robot) ja ammattikäyttöisiin (professional service robot) robotteihin, joiden alla ovat tarkemmat luokittelut käyttötarkoituksen mukaan. (IFR, 2016b, 9.)



KUVIO 2 Robottien luokittelua (IFR, 2016a, 26-27; IFR, 2016b, 10)

Tämä tapa luokitella robotteja ei välttämättä ole ihanteellisin, ja joissakin yhteyksissä robotteja saatetaankin luokitella eri tavoin. Esimerkiksi sotilasrobotit saatetaan monissa luokitteluisissa asettaa omaksi luokakseen teollisuusrobottien ja palvelurobottien lisäksi, kuten kuvassa 3 (katso sivu 13). Standardeihin perustuva, sekä IFR:n käyttämä luokittelu kuitenkin on vakiintunein ja kattavin tapa luokitella robotteja.

Koska raportissa käsitellään opetusrobotiikkaa, voidaan se myös määritellä erikseen tarkemmin. Täyttääkseen opetusrobotin määritelmän, robotin tulee 1. kyetä liikuttamaan joitakin sen komponentteja käyttäen aktuaattoreita (ts. toimilaite/toimielin, engl. actuators), 2. kyetä toimimaan ympäristössään käyttäen efektoreita (engl. effectors), 3. kyetä tunnistamaan ympäristöään käyttäen sensoridataa (engl. sensory data), ja 4. olla automaattisesti kontrolloitu/ohjattu (engl. automatically controlled). (Virnes, 2014, 5-6.)

Robotiikasta erillinen, mutta tässä raportissa käsiteltävä asia on myös ohjelmistorobotiikka (robotic process automation, RPA), joka nimestään huolimatta ei ole edellä esiteltyä robotiikkaa. Sen sijaan RPA on (prosessien) automaatiota, jonka tuote on tyypillisesti tietokoneohjelmisto. (Owen-Hill, 2017; Pertilä, 2017.)

Ohjelmistorobotiikkaa voidaan toki verrata varsinkin teollisuusrobotteihin, molemmat tekevät jatkuvasti ja toisteisesti varsin yksinkertaisia tehtäviä. Ohjelmistorobotti vain tekee sen kokoonpanolinjan sijasta tietokoneen käyttöliittymällä, samoin kuin ihminen tekisi. Merkittävin ohjelmistorobotiikan tehtävä on vapauttaa ihmisiä toistuvista yksinkertaisista rutiinitehtävistä, kuten kirjaamisista, tuottavampiin tehtäviin. Ohjelmistorobotti myös tekee nämä tehtävät merkittävästi ihmistä nopeammin, tarkemmin ja varmemmin. (Barkin, 2016.)

2.2 Robotiikka sosiaali- ja terveystaloudessa

Palvelu- ja ohjelmistorobotiikalla on tunnistettu olevan erityisen suuri vaikutus sosiaali- ja terveystalouden prosesseihin ja rakenteisiin. Ne tulevat vaikuttamaan liki kaikkiin mahdollisiin alan toimintoihin ja oikein hyödynnettynä osaltaan ratkaisemaan sosiaali- ja terveystalouden tunnistettuja tulevaisuuden haasteita ja uhkakuvia.

Merkittävimpiä robotiikan vaikutuksia hoitotyössä on hoitotyöntekijöiden tekemän välillisen hoitotyön vähentäminen, ts. hoitajien välittömän hoitotyön tekemisen lisääminen. Elinkeinoelämän valtuuskunnan julkaisussa "Robotit Töihin" on arvioitu seuraavaa: "Hoitotyöntekijän viisipäiväisestä työviikosta välitöntä potilastyötä on nykyisin arviolta alle kolme päivää. Jo käytettävissä olevan robotiikan avulla se voitaisiin nostaa liki neljään työpäivään viikossa." Nykyisin käytettävissä oleva robotiikka kykenisi

hoitamaan varsinkin logistisia ja diagnostisia sekä raportointiin liittyviä tehtäviä. (Andersson, Haavisto, Kangasniemi, Kauhanen, Tikka, Tähtinen & Törmänen, 2016, 36.)

Robottiikan hyödyntämiseen liittyy kuitenkin merkittäviä ratkaisemattomia kysymyksiä, erityisesti eettisiä ja lainsäädännöllisiä. Lisäksi kulttuurinen viive (cultural lag) on haaste robottien hyödyntämisen suhteen ja näkyy esimerkiksi Lappeenrannan yliopiston toteuttamassa kyselyssä, jossa selvitettiin muun muassa hoiva-alan henkilöstön mielipidettä siihen, mikä eniten hidastaa robottien käyttöönottoa Suomessa. Eniten vaikuttavina asioina nähtiin hoiva- ja hoitokulttuuri, muutosvastarinta sekä pelko robotteja kohtaan. Suurimpina haasteina robottien käytöstä itse hoitotyössä puolestaan nähtiin olevan inhimillisen kosketuksen puute sekä vuorovaikutuksen väheneminen. Raportista tosin käy ilmi, että vastaajien suhtautuminen robotteihin on suurilta osin positiivista ja myös 54 % tapauksista on muuttunut positiivisimmiksi. (Tuisku, Pekkarinen, Hennala & Melka, 2017, 27.)

3 TEKOÄLY ROBOTIIKASSA

Tekoäly on robotiikan ohella tunnistettu toiseksi yhteiskuntaa ravistelevaksi muutostekijäksi, jonka vaikutukset myös sosiaali- ja terveysalaan ovat merkittäviä. Suomessa tekoälyn merkitys on tunnistettu aina valtiollisella tasolla asti, minkä myötä työ- ja elinkeinoministeriö on muun muassa teettänyt raportin ”Suomen Tekoälyaika”. Raportissa mainitaan tekoälyn ja robotiikan välisen rajan hämärtyneen, sekä nostetaan esille näiden mullistavat vaikutukset niin sosiaali- ja terveysalan kuin muunkin julkisen sektorin rakenteisiin ja toimintatapoihin. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017, 15-34.)

Tämän raportin tarkastelemassa ympäristössä tekoäly näkyy erityisesti ohjelmistorobotiikassa, ollen oleellinen osa sitä, sekä älykkäissä roboteissa, joilta edellytetään ihmisenkaltaista päätöksentekoa ja toimintaa sekä oppimista.

3.1 Tekoälyn määrittely

Tekoäly voidaan määritellä keinotekoiseksi kokonaisuudeksi, joka kykenee älykkäiksi laskettaviin tai älykkäiltä vaikuttaviin toimintoihin. Tekoälyn piirissä älykkyydellä voidaan tarkoittaa useita eri asioita, kuten toimimista ympäristöön nähden joustavasti ja tarkoituksenmukaisesti, tai kykyä suoriutua perinteisesti 'älykkäiksi' nähdyistä toiminnoista, kuten hahmon- ja puheentunnistuksesta sekä monimutkaisesta päättelystä. Tekoäly jaetaan yleensä heikkoon ja vahvaan tekoälyyn. Vahva tekoäly on ihmisenkaltainen, tietoisuudella varustettu yleinen äly, joka kykenee todelliseen ajatteluun. Heikko tekoäly sen sijaan on järjestelmä, joka kykenee kapea-alaiseen ja älykkäältä näyttävään toimintaan ajattelematta käsitteiden tai olioiden merkityksiä lainkaan. Tekoäly on vahvasti monitieteinen sovellusala, jonka juuret yltävät muun muassa filosofiaan, kognitiotieteeseen, matematiikkaan, kielitieteeseen, kybernetiikkaan ja neurotieteeseen. Tekoälytekniikoita ovat muun muassa koneoppiminen, luonnollisen kielen prosessointi, konenäkö, neuroverkot ja sääntöpohjaiset järjestelmät. (Lappi, Rusanen, Pekkanen, 2018; Borana, 2016, 64.)

3.2 Teoria tekoälyn taustalla

Teoreettisella tasolla älykkäiden koneiden taustalla toimii ainakin kaksi toisiaan täydentävää teoriaa mielen, kuului se sitten ihmiselle tai koneelle, toiminnasta: symbolinen ja konnektionistinen paradigma. Symbolisen paradigman mukaan jokainen älykäs järjestelmä toimii manipuloimalla laskennallisia yksiköitä, symboleja, tiettyjen loogisten sääntöjen mukaan. Konnektionistisessa paradigmassa verkkomainen rakenne suorittaa laskennallisia toimintoja painottamalla verkon yksittäisten jäsenten saamia arvoja eri tavoin syötteiden pohjalta. Älykkyys kohoaa kerroksittaisten neuronien vuorovaikutuksista (Sun, 2000, 1-10). Paradigmat näkyvät tekoälysovellusten toteutustavoissa. Konnektionistisen lähestymistavan malliesimerkkinä voidaan pitää

biologiasta inspiraationsa saaneita neuroverkkoja. Symbolisen paradigman sovelluksia ovat muun muassa asiantuntijajärjestelmät, ontologiat ja sääntöpohjainen päättely.

3.3 Lähestymistapoja tekoälyyn

Tekoälyä voidaan myös luonnehtia niiden toiminnallisuuteen keskittyvien lähestymistapojen kautta.

Luonnehdinnat jakautuvat neljään kategoriaan:

1. Ihmismäinen ajattelu
2. Ihmismäinen toiminta
3. Rationaalinen ajattelu
4. Rationaalinen toiminta

Lähestymistavat sisältävät erilaisia vaatimuksia ja oletuksia tekoälyyn liittyen: halutaanko tutkia ajattelua vai käyttäytymistä, mallintaa ihmistä vai rakentaa 'ideaalisia' järjestelmiä vailla inhimillisiä heikkouksia. Ihmismäinen lähestymistapa vaatii täsmällistä ymmärrystä ihmisten ajattelusta ja toiminnasta, vaatien syvällistä perehtymistä ihmisen havaintoprosesseja ja mentaalisia toimintoja tutkiviin tieteisiin kuten psykologiaan ja neurokognitiivisiin tieteisiin. Se mikä on täsmällisesti kuvattu, voidaan mallintaa ohjelmallisesti. Tällaista ohjelmaa tai mallia voidaan pitää ihmismäisenä tekoälynä. Rationaalisen ajattelun ja toiminnan tapauksessa käännyimme puhtaasti logiikan puoleen. Näissä lähestymistavoissa pyritään rakentamaan keinotekoisia agentteja, jotka joko päättävät tai toimivat niihin ohjelmoidun rautaisen logiikan mukaan. Esimerkiksi asiantuntijajärjestelmät ovat rationaalisen ajattelun lähestymistapa, jossa yhdistetään tietopohjana toimiva tietämyskanta ja päättelymekanismit, joiden mukaan järjestelmä toimii. Rationaaliset toimijat, eli agentit, ovat toinen logiikkapohjainen lähestymistapa. Siinä agentille määritetään ongelmien kenttä, jossa sen tulee selviytyä parhaalla mahdollisella tavalla suhteessa sen saamiin kriteereihin ja ärsykkeisiin. (Russel & Norvig, 2016, 1-29.)

3.4 Robotti tekoälyn alustana

Tekoäly on olennainen osa robotiikkaa, sillä siinä hyödynnetään lähes kaikkia tekoälyn osa-alueita konenäöstä ja luonnollisen kielen prosessoinnista aina tiedonhakuun, koneoppimiseen ja päättelysääntöihin (Roos, 2016, 2-5). Osa-alueita sovelletaan laajasti riippuen robotin käyttötarkoituksesta ja käyttöympäristöstä. Lisäksi robotti vaatii liikkeen säätelyn sekä sensorisen datan integroinnin toteuttavan arkkitehtuurin. Robotin voikin nähdä kokonaisuutena, johon kuuluvat mieli ja ruumis: mielen hoitaa sovelluspohjainen tekoäly, ruumiin koostavat mekatroniikan ja elektroniikan järjestelmät. Tekoäly onkin robotiikassa tarpeen, sillä perinteisesti robotit ovat soveltuneet suorittamaan vain hyvin määritellyjä tehtäviä muuttumattomissa ja

tarkkaan rajatuissa ympäristöissä, kuten teollisuudessa. Siirryttäessä tehdashallien ulkopuolelle muuttuu ympäristö vaihtelevammaksi ja epämääräisemmäksi vaatien roboteilta kykyä sopeutua tarkoituksenmukaisesti uusiin tilanteisiin ei-selkeiden tehtävien suorittamiseksi. (Lappi ym., 2018.) Koneilta vaaditaan siis älykästä ja itsenäistä toimintaa.

3.5 Älykkään robotin ominaisuuksista ja opettamisesta

Keskeisiä tapoja, joilla roboteille saadaan opetettua älykästä toimintaa ovat:

- Vahvistusoppiminen
- Esimerkeillä opettaminen
- Ihmisen imitointi

(Kyrki, Rusanen, Huotilainen & Toivonen, 2017).

Moniagenttijärjestelmät ovat myös eräs tutkimuksessa käytetty vuorovaikutteinen tapa opettaa robotteja. Moniagenttijärjestelmät koostuvat useasta robotista, jotka jakavat tietoja keskenään ja opettavat toisiaan omien havaintojensa ja malliensa pohjalta. (Hardesty, 2014.)

Eri opetustekniikoista huolimatta taidot eivät välttämättä yleisty opetusesimerkkien ulkopuolelle. Imitointi ei toimi tilanteissa, joissa robotin keho on hyvin erilainen ihmiseen verrattuna: sylinterimäistä robottia ei voi opettaa istumaan tuolilla. Suurimman haasteen robottien yleistämisessä erilaisiin ja muuttuviin ympäristöihin tuovat niiden kykenemättömyys toimia vaihtoehtoisilla tavoilla, käsitellä merkityksiä ja tehdä tulkintoja: todellisessa maailmassa symbolit eivät ole yksikäsitteisiä vaan monitulkkintaisia. Tarvitaan siis ihmistä antamaan symboleille merkityksiä. Roboteille ei ole vielä mahdollista antaa laaja-alaista ja tilannesidonnaista 'yleistä' älyä vaan yksittäisiä älykkäitä toimintoja. Algoritmin rajat ovat robotin rajat. (Kyrki ym., 2017.)

Tekoälyllä varustetulla robotilla tulisi siis olla seuraavanlaisia ominaisuuksia toimiakseen mielekkäällä tavalla kohdeympäristössä:

- Tarkoituksenmukainen toiminnanohjaus
- Avoimen ympäristön havainnointi, mallintaminen ja ymmärtäminen (tiedon representoiminen, eli esittäminen)
- Kyky olla vuorovaikutuksessa ihmisten ja toisten robottien kanssa (luonnollisen kielen ymmärrys)
- Kyky oppia malleja ja toimintatapoja edellisten ominaisuuksien toteuttamiseksi sekä yleistää oppimaansa opetusaineiston ulkopuolelle (koneoppiminen)
- Kykyä yhdistää näitä toiminnallisuuksia mukautuvaan ja kestäväan robottiarkkitehtuuriin. (automaattinen päätöksenteko, osa-alueiden integrointi)

4 TEOLLISUUSROBOTIT

Perinteiset, jo pitkään teollisuuden palveluksessa toimineet teollisuusrobotit ovat palvelurobottien ohella eräs robottien alalaji. Ne ovat ohjelmoitavia, monitoimisia mekaanisia laitteita, jotka ovat suunniteltu teollisiin ympäristöihin suorittamaan ihmisille liian raskaita, vaarallisia, paljon toistoa vaativia ja epämiellyttäviä teollisen tuotannon tehtäviä. Tällaisia tehtäviä ovat esimerkiksi materiaalien liikuttelu paikasta toiseen, juottaminen ja purseenpoisto (Tirloni, Fassi & Legnani, 2012, 2).

Teollisuusrobotteja voidaan jakaa toimintaympäristönsä ja fyysisen rakenteensa mukaan erilaisiin luokkiin.

Yleisimmät luokittelut teollisuusroboteille ovat:

- Karteesiset robotit
- Sylinterimäiset ja SCARA-robotit
- Delta-robotit
- Antropomorfiset robotit (käsivarsirobotit)

(Tirloni ym., 2012, 4-9).

Robotit sisältävät moottoroituja niveliä jotka ohjaavat robotin liikkeitä ja määräävät sen mekaanisen vapausasteen. Vapausaste on luku joka kuvaa robotin mahdollisia liikesuuntia. Vapausaste vaihtelee robotin rakenteen mukaan.

Tehtaissa robotit ovat sijoitettuina turvakaarien tai muiden vaara-alueiden sisälle, jotta niistä ei koituisi ihmisille vahinkoa. Ohjelmointi voi tapahtua perinteisin menetelmin, graafisella simuloinnilla tai ohjaamalla robottia manuaalisesti suorittamaan haluttu toiminto käyttämällä erityistä opetusvälinettä (teaching pendant), minkä jälkeen robotti ryhtyy suorittamaan ohjelmoituja käskyjä. Robotin suunnittelussa tulee ottaa huomioon käyttötarkoitus, tehtävän laatu ja ympäristö.

Suuria teollisuusrobotiikkaa hyödyntäviä aloja ovat:

- Autoteollisuus
- Elektroniikkateollisuus
- Metalliala
- Kemianteollisuus
- Ruokateollisuus

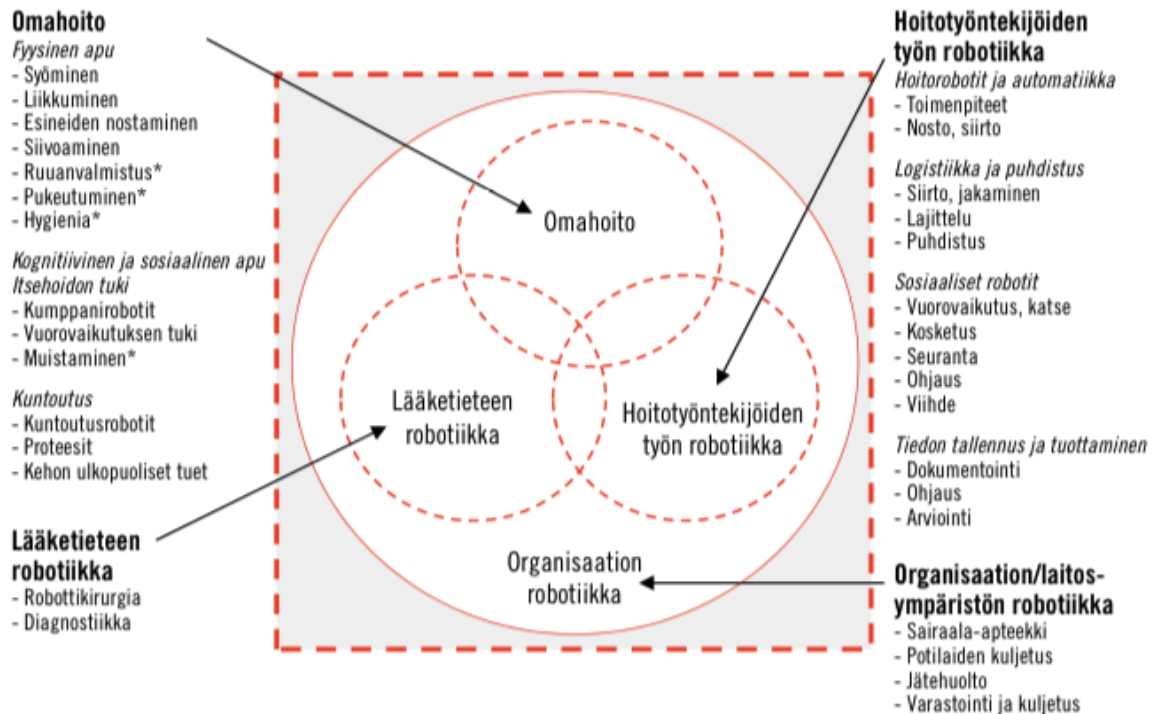
(IFR, 2017).

Yleisimmät automatisoidut teolliset prosessit ovat ei-jalostettujen raaka-aineiden tuotto ja prosessointi, kokoaminen, maalaaminen sekä tavaroiden paketointi ja lastaus (Tirloni ym., 2012, 10).

Tulevaisuuden mahdollisuuksia teollisuuden kentällä ovat esimerkiksi yhteistoiminnallisten robottien, IoT-laitteiden ja koneoppimisen hyödyntäminen tuotannon tehostamiseksi. Älykkäät robotit voisivat hyödyntää pilviteknologioita ohjelmistojen joustavassa käytössä. Ihmisen kanssa myös yhteistyötä tekevät kevyet apurobotit tulevat osaksi arkea.

5 PALVELUROBOTIT

Palvelurobotit siis voidaan luokitella ensin henkilökohtaisiin/ammattikäyttöisiin ja toiseksi käyttötarkoituksensa mukaisiin luokkiin. Koska sosiaali- ja terveysala käsittää kaikkia näitä luokkia, tarkastelemme raportissa robotiikkaa jaoteltuna vain käyttökohteensa mukaisesti sote-kentässä, kuvan 3 mallia mukailen.



KUVIO 3 Robotiikka sotessa (Andersson ym., 2016, 44)

Valvira (2017, 1-2) mukaan robotit ovat jo tuttu näky monissa terveydenhuollon eri tehtävissä ja tulevaisuudessa niiden merkitys tulee vain kasvamaan ja laajenemaan, esimerkiksi vanhustenhuollossa. Hoito- ja hoivatyön robotisaatio sisältää mahdollisuuksien lisäksi myös haasteita. Lisäksi tietojärjestelmien toimimattomuus ja kyberuhka lisäävät uuden teknologian tuomia haasteita ja uhkia. Ongelmallinen on robotiikan alan yritysten luonne, sillä ne ovat lähinnä pieniä start-up -yrityksiä. Yhtenäinen ja laajasti käytössä oleva ekosysteemi robottien tehokkaalle kehittämiselle puuttuu. Robotisaatio ja automaatio tarjoavat kuitenkin mahdollisuuden tarjota hoivaa ja hoitoa yhä suuremmalle joukolle vapauttaen muun muassa henkilöstöresursseja kohdennettavaksi sinne, jossa niitä enemmän tarvitaan. (Valvira, 2017, 1-2.)

5.1 Omahoidon robotit

5.1.1 Kuntoutusrobotiikka

Kuntoutusroboteilla tarkoitetaan vammautumisen tai operaation jälkeiseen hoivaan osallistuvia vuorovaikutteisia robotteja, jotka tehostavat paranemista tai toimivat menetetyin ruumiintoiminnon korvikkeena. Tähän luokkaan kuuluvia robotteja ovat muun muassa:

- Robotisoidut proteesit (Modular Prosthetic Limb, BeBionic, Open Bionics)
- Eksoluurangot (HAL, ReWalk, WYSS - Soft Exosuit)
- Kävelyrobotit (Lokomat)
- Yläraajojen kuntoutusrobotit (Armeo, MIT-Manus)

Luokkaan kuuluvat myös muut välineet, jotka harjoittavat, tukevat tai korvaavat vammautumisen johdosta heikentyneitä toimintoja tai rakenteita. Välineitä käytetään kliinisissä ja ei-kliinisissä ympäristöissä. (SPARC, 2016, 28-32.)

Robotiikka tarjoaa lupaavia ratkaisuja fyysisen toimintakyvyn kuntoutuksessa ja parantamisessa, sillä ne mahdollistavat yksilöllisiin tarpeisiin räätälöityjä harjoitteita ja voivat tulevaisuudessa avustaa päivittäistä liikkumista (Holanda, Silva, Amorim, Lacerda, Simão & Morya, 2017). Teknologiasta hyötyvät etenkin henkilöt, joiden itsenäinen liikkumiskyky on heikentynyt, kuten ikääntyneet, CP-vammaiset ja neurologisista sairauksista kärsivät potilaat. Laitteesta riippuen potilas voidaan nostaa seisoma-asentoon kävelyrobotin kyytiin, tai hänet voidaan pukea ulkoiseen, mekaanisesti avustavaan tukirankaan, eksoluurankoon. Robottien kuntoutuskäytön on todettu olevan turvallinen ja käytännöllinen ratkaisu neurokuntoutuksessa (Federici, Meloni, Bracalenti & De Filippis, 2015).

Kävelyrobotit

Kävelyrobotit, kuten paikkaan sidottu Lokomat-järjestelmä, ovat kuntoutukseen tai itsenäisen kävelyn avustamiseen tarkoitettuja laitteita, jotka voivat koostua juoksumaton ja tukirakenteiden muodostamasta kokonaisesta kuntoutuslaitteistosta tai päällepuettavasta eksoluurangosta. Laitteesta riippuen alaraaja-avusteet saavat potilaan kävelemään oikeanlaisella askellustyyllillä, mikä vahvistaa ja ylläpitää oikeanlaisen kävelyn hermoratoja aivoissa. Esimerkiksi lokomatilla saadaan aikaan hurjasti oikeanlaisen askelluksen toistoja verrattuna perinteiseen fysioterapiaan, mikä tehostaa kävelykyvyn palautumista neurologisilla potilailla. Selkäydinvammapotilailla Lokomat-kuntoutuksen on todettu vähentävän hermosärkyä (Mäkinen, 2016). Tutkimusten mukaan myös cp-vammaiset hyötyvät kävelyrobottivälineistä kuntoutuksesta, sillä saadaan kuntoutuksen aikana korjatuksi jalkojen virheasentoja ja virheaskellusta (Federici ym., 2015). Yksikään perinteinen fysioterapiamuoto ei,

esimerkiksi aivoinfarktiin sairastuneella potilaalla, mahdollista jo lapsena opittua biomekaanisesti hyvää kävelyä. Kävelyrobotteja on tällä hetkellä Suomessa noin kolme kappaletta. (Poukanville, 2014.)

Eksoluurangot

Eksoluurangot ovat päällepuettavia teknologialla ja moottoroiduilla nivelillä varustettuja bionisia ortooseja. Tyypillisesti ne sisältävät tietokoneen, joka saa tietoa askelluksesta ja ympäristöstä useaan kohtaan laitetuista ja asennetuista sensoreista. Datalla tietokone ohjaa robottiin kytkettyjä aktuaattoreita, jotka puolestaan ohjaavat nivelkohdissa olevia moottoreita, hydraulisia pumppuja tai pneumaattisia lihaksia liikuttaen robottia ja sitä myötä ihmistä (Yang, She, Lu, Fukuda & Shen, 2017). Niitä voidaan käyttää avustavana tai kuntouttavana välineenä muun muassa:

- Neurologisilla potilailla (Louie, Eng & Lam, 2015)
- Halvaantuneilla (Chen, Zhong, Zhao, Ma, Guan, Li, Liang, Cheng, Qin, Law & Liao, 2017)
- Cp-vammaisilla (Lerner, Damiano & Bulea, 2017)

Eksoluurangolla voidaan kuntouttaa neurologisia potilaita lisäten toistojen määrää ja oikeanlaista askellusta. Siinä missä Lokomatin kaltainen kävelyrobotti on paikkaan sidottu, on eksoluurangko helposti liikuteltavissa soveltuen erilaisiin ympäristöihin, kuten portaikkoon. Riittävän tukevalla eksoluurangolla voidaan kävelyttää halvaantuneita potilaita omassa kodissaan tai tehostaa itsenäistä liikkumista. Millerin, Zimmermannin ja Herbertin (2016) meta-analyysin mukaan moottoroidut eksoluurangot mahdollistavat selkäydinvammapotilaiden turvallisen ja pitkäkestoiseen liikkumisen arkielämän ympäristöissä terveyttä edistäviä vaikutuksia unohtamatta. Laitteilla voidaan myös tukea raskaita fyysisiä suoritteita, kuten potilassiirtoja tai pelastustehtäviä (Burgess, 2016). Vaikka osa luurangoista on jo markkinoilla, kuten Lokomat, HAL ja ReWalk, ovat useimmat niistä vielä kehitteillä. Kehityskohteita ovat laitteiden rakenteet, ohjausjärjestelmät, kinematiikka ja dynamiikka, optimaaliset energianlähteet, sensoriteknologia sekä ihmis-robotti-fuusio (Yang ym., 2017). Kuluttajanäkökulmasta laitteistojen hinnat ovat todella korkeita (Hruska, 2016).



KUVIO 4 Lokomat (Hocoma, 2016)



KUVIO 5 HAL 5 ReWalk 6.0 (ReWalk Robotics, 2018)

Yläraajojen kuntoutusrobotit

Robotisoidussa yläraajojen kuntoutuksessa tarkoituksena on vammasta riippuen harjoittaa molempien käsien olka- ja kyynärniveliä, ranteiden tai koko käden liikkeitä. Laitteet mahdollistavat useiden oikeanlaisten toistojen suorittamisen, joka tavallisesti tapahtuu fysioterapeutin avustamana. Kuntoutus voidaan laitteistolla sovittaa yksilön tarpeiden mukaan.

Kuntouttavan robotin on havaittu edistävän aivoverenkiertohäiriön jälkeistä kuntoutusta (Romo, 2014, 10-11). Laitteen pääasiallinen hyöty juontuu kyvystä saada aikaan lukuisia yksilöllisellä kuormitustasteella säädeltyjä toistoja. Tulevaisuudessa käsirobotti voisi kerätä dataa jokaiselta kuntoutettavalta henkilöltä ja verrata tätä yleiseen tietokantaan kuntoutuksen eri tasojen kartoittamiseksi. Terapeutin on myös mahdollista ohjata useampaa potilasta samaan aikaan laitteilla suoritettavien itsenäisten harjoitteiden avulla, mikä voi lisätä palveluiden tarjontaa.

Yläraajojen kuntoutusrobotteja on useita erilaisia. Yleensä ne koostuvat tuolista ja siihen kiinnitetystä liikuteltavasta robottikädestä, jonka kyytiin potilas asettaa kätensä. Jotkin laitteet sisältävät näytöllä pyöriviä erilaisia kuntoutuspelejä, joiden myötä laitteella suoritettavat harjoitteet monipuolistuvat (Maciejasz, Eschweiler, Gerlach-Hahn, Jansen-Troy & Leonhardt, 2014). Pelit ohjaavat harjoitteiden suorittamista ja niiden koetaan lisäävän kuntoutuksen motivaatiota suorittaa harjoitteita.

Useiden tutkimusten mukaan robottiväestöinen kuntoutus voi parantaa potilaiden liikkuvuuden, liikkeiden hallinnan ja toiminnallisuuden palautumista (Sale, Franceschini, Mazzoleni, Palma, Agosti & Posteraro, 2014; Fitle, Pehlivan & O'Malley, 2015; Thomson, 2000, 4960).

5.1.2 Kotiapurobotit

Monitoimisten kotiapurobottien käyttöönotto voisi pidentää ikääntyneiden ja liikuntarajoitteisten itsenäisyyttä, eli mahdollistaa kotona asumisen nykyistä useammalle. Kotiapurobottien avulla voitaisiin myös aikaistaa potilaiden kotiutumista sairaalasta. Jo tällä hetkellä on olemassa robotteja ikääntyneiden arkielämän tueksi, näitä ovat muun muassa elintoimintojen tarkkailuun ja poikkeavien tilanteiden hälytystoimintoihin kykenevät robotit, jotka ovat verkkoyhteydessä terveydenhuollon yksiköihin tai omaisiin. Nämä robotit saattavat sisältää myös muita ominaisuuksia, kuten kyvyn ojentaa tavaroita, tarjota tukea liikkumiselle, muistuttamiselle ja yleiseen tiedonhakuun. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 45.)

Ruotsissa on käytössä tällaisia verkkoyhteyttä hyödyntäviä robotteja, sekä läsnäolorobotteja. Ruotsissa on myös testattu yksin asuvien vanhusten tueksi tarkoitettua Hobbit-robottia, joka kykenee lääkkeiden jakamiseen, pienten tavaroiden keräämiseen ja antamiseen, sekä pitämään seuraa. Hobbit-robotti on siten myös sosiaalinen robotti. Väestörakenteen vanhetessa tällaisten vanhusten hoivaan tähtäävien robottien markkinoilla on varsin huimat kasvunäkymät. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 45.)

Kotiapuun on suunniteltu monia robotisoituja ratkaisuja erilaisin suunnittelulähtökohdin. Ratkaisut eroavat kokonaisvaltaisista kotiautomaatiojärjestelmistä (Tsai, Fan, Lo & Huang, 2017; Chen, Ma, Ullah, Cai & Song, 2013), monitoimiroboteista (Gross, Schroeter, Mueller, Volkhardt, Einhorn, Bley, Langner, Merten, Huijnen, van den Heuvel & van Berlo, 2012, 1) ja niiden yhdistelmistä yksinkertaisiin, yhtä toimintoa suorittaviin robotteihin. Käyttötarkoitus myös vaihtelee eri ratkaisujen välillä.

Älykodiksi kutsutaan kotia, jonka lämmitys, ilmanvaihto, kodinkoneet ja muut kodin tietoverkkoon yhdistetyt laitteet toimivat automaattisesti ilman suurta vaivaa käyttäjältä. Parhaimmillaan järjestelmät ovat ääniohjattavia. Älykoteihin voidaan liittää sensoreita, jotka mittaavat haluttuja asioita, kuten asukkaan liikettä ja unta. Tiedot voidaan tallentaa esimerkiksi pilvipalveluun, jossa ne ovat helposti analysoitavissa. Siksi älykodit ovat herättäneet innostusta vanhustenhoidon piirissä.

Euroopan unionin rahoittaman GiraffPlus-projektin Giraff-järjestelmä on hyvä esimerkki kotiin asennettavista sensoreista ja etäläsnäölorobotista koostuvasta kokonaisuudesta, jolla voidaan seurata asukkaan verenpainetta, verensokeria ja muuta terveysdataa. Etäläsnäölorobotilla voidaan ottaa puhelinyhteys asukkaaseen, tarkastella asukkaan terveystietoja, tehdä yleiskatsaus asunnon kuntoon ja tarjota konsultointiapua. Järjestelmä kykenee ottamaan yhteyden terveydenhuollon ammattilaisiin akuuteissa tapauksissa, kuten kaatumisissa tai verensokerin tippuessa kriittiselle tasolle. (Coradeschi, Cesta, Cortellessa, Coraci, Gonzalez, Karlsson, Furfari, Loutfi, Orlandini, Palumbo, Pecora, von Rump, Stimec, Ullberg, & Otslund, 2013, 578.)

Moni kotiapurobotti on suunniteltu sosiaalisesti avustavaksi. Ne käyvät keskustelua asukkaiden kanssa muistuttaen sovituista tapaamisista, päälle jääneestä uunista, avoimista ikkunoista tai lääkkeiden ottoajankohdista. Robotit voivat myös kehottaa asukkaita harjoittamaan liikuntaa tai kognitiivisia toimintoja ylläpitäviä tehtäviä, ohjaten näissä toimissa tarpeen vaatiessa (McColl, Geoffrey-Louie & Nejat, 2013, 75). Sosiaalisesti avustavat robotit voivatkin olla erinomainen tuki kognitiivista haitoista, kuten muistin- tai toiminnanohjauksen ongelmista kärsiville henkilöille. Esimerkiksi EU-rahoitteisen CompanionAble-projektin kehittämä robotti kykenee liikkumaan asunnossa, väistämään esineitä, tunnistamaan kasvoja, käymään keskustelua luonnollisella kielellä, soittamaan läheisille sekä hälyttämään apua. (Gross ym., 2012, 3.)

Fyysisesti avustavat robotit ovat yleensä suunniteltu avustamaan tai korvaamaan henkilölle hankalia toimia, kuten peseytymistä, ruokailua tai tavaroiden kantamista. Ne lisäävät iäkkäiden ja vammautuneiden henkilöiden itsenäisyyttä, auttaen heitä arjen askareissa. Robottien kirjo on laaja ja ratkaisut monituisia. On pyörätuoleihin

kiinnitettyjä manipulaattoreita (Lu & Wen, 2015, 447), robotisoituja suihkuja (Larsson, 2015), robotti-imureita, syöttämiseen (Camanio Care AB (a)) ja juottamiseen (Camanio Care AB (b)) kykeneviä laitteita sekä liikkumista muuten avustavia robotteja, kuten älykkäitä rollaattoreita (LEA) ja pyörätuoleja. Panasonic on kehittänyt sairaalakäyttöön robotisoituja sänkyjä, jotka voivat muuttua pyörätuoliksi tarvittaessa (Panasonic, 2014).

Tulevaisuudessa älykodit ja kotiapurobotit muodostavat yhdessä kokonaisuuden, joka kerää ja ohjautuu pilvipalveluun kerätyn datan perusteella. Tällöin kotiapuroboti voi tarjota automaattisesti tarpeenmukaisia palveluita asukkaille, mahdollistaen iäkkäille ja vammaisille sekä itsenäisemmän kotona asumisen, että itsenäisemmän elämän. (Tsai ym., 2017; Chen ym., 2013, 217.)

5.2 Lääketieteen robotiikka

Lääketieteen robotiikka on tyypillisimmillään robotiikka-avusteista kirurgiaa, jolloin robotti toimii ihmisen avustajana ja suurelta osin ihmisen jatkuvan ohjaamisen ja valvonnan alaisena. Robottien avulla tehtyä kirurgiaa kutsutaankin myös kuvaavammin robottiaavusteiseksi kirurgiaksi. Robottiaavusteisen kirurgian suurimpia etuja ovat muun muassa muuten avoleikkausta vaativien operaatioiden toteuttaminen tähyystyyleikkauksen kaltaisena ("Minimally Invasive") leikkauksina, kirurgin parantunut toimintakyky tarkempien liikkeiden ja paremman näkyvyyden ansiosta sekä mahdollisuus etäkirurgiaan. Tämä mahdollistaa ennen kaikkea potilaiden lyhyemmät toipumisajat ja laaja-alaisemman vaativan sairaalahoidon tarjoamisen. (NYU Langone Health, 2018.)

Leikkaussalirobotiikka on ensimmäisiä sosiaali- ja terveydenalan kohteita, missä robotiikkaa on todella alettu hyödyntää. Sen on mahdollistanut leikkaussaliroboteilta vaadittavat ominaisuudet, joita on kyetty toteuttamaan ennen muita palvelurobotteja, jo vuosituhannen vaihteessa. Vaikka monien muiden robotiikan osa-alueiden ratkaisut ovat edelleen kokeiluvaiheessa ja vähäisessä käytössä, esimerkiksi useammassa kuin joka kolmannessa yhdysvaltalaisessa sairaalassa on vähintään yksi leikkausrobotti. Toisaalta leikkaussalirobotiikan hyödyntäminen myös muuttaa sen käyttäjien työtä ja vaatimuksia paljon muuta palvelurobotiikkaa enemmän. (Beane, 2018.)

Tällä hetkellä tunnetuin ja merkittävin leikkaussalirobotiikan tuote on yhdysvaltalaisen Intuitive Surgicalin da Vinci -leikkausjärjestelmä. Järjestelmä julkaistiin vuonna 2000, ollen ensimmäinen leikkauskäyttöön hyväksytty robotti. Nykyään järjestelmiä on käytössä yli 4200 ja niillä on tehty yli 3 miljoonaa leikkausta. Suomen ensimmäinen da Vinci -järjestelmä saapui 2008 TAYS:iin. Esimerkkinä da Vincin hyödyistä on ollut eturauhassyövän hoidossa, jossa eturauhasen poistoleikkauksella on pystytty vähentämään leikkausvuoto vähäiseen 200-300 millilitraan (puoleen verenluovutuksen

määrästä) ja parhaimmillaan kotiuttamaan leikkauspotilas jo leikkausta seuraavana päivänä. (iCope, 2018.)

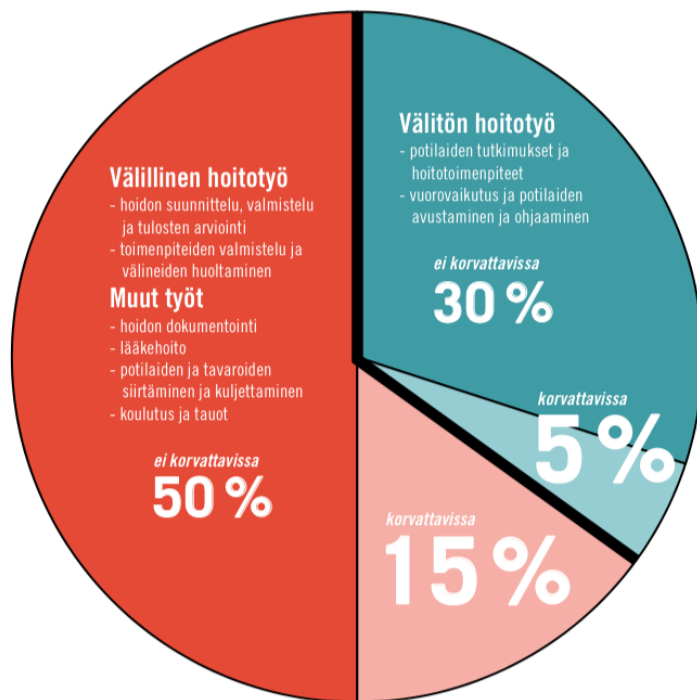


KUVIO 6 da Vinci Xi –järjestelmä (Intuitive Surgical, Inc, 2018)

5.3 Hoitotyöntekijöiden työn robotiikka

Hoiva- ja hoitotyöhön soveltuvat robotit ovat osa uutta ja modernia robotiikkaa (engl. advanced robotics), jotka toimivat yhteistyössä ja vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa. Ne ovat uuden aallon palvelurobotteja ja poikkeavat klassisista kokoonpano- ja hitsausroboteista, joita käytetään paljon teollisuudessa. Hoiva- ja hoitotyöhön soveltuvat robotit omaavat kehittyneet ohjaus- ja aistinjärjestelmät, ja ne voivat toimia ääni-, kuva- tai kosketusohjauksella. Niiden toimintaa voidaan myös personoida käyttäjän mukaan. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 38.)

Jo olemassa olevan robotiikan soveltuvuudesta hoitotyöhön on tehty tutkimusta. Hoitotyöhön liittyvät tehtävät voidaan jakaa karkeasti välittömään ja välilliseen hoitotyöhön, sekä muihin tehtäviin. Näistä erityisesti välillinen hoitotyö ja muut työtehtävät soveltuvat toteutettaviksi robotiikalla. Välillistä hoitotyötä ovat muun muassa toimenpiteiden valmistelu, sekä hoitotarvikkeiden kuljettaminen ja huoltaminen. Muihin tehtäviin kuuluu esimerkiksi potilaiden ja laitteiden siirtäminen, lääkehoito, sekä hoidon dokumentointi. Arvioiden mukaan välillisestä hoitotyöstä ja muista työtehtävistä voidaan korvata nykyisellä robotiikalla ja automatiikalla ainakin 15 prosenttia. Välittömästä hoitotyöstä voitaisiin korvata ainakin 5 prosenttia. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 40.)



KUVIO 7 Arvio hoitotyön työtehtävien jakautumisesta ja korvattavuudesta robotiikalla (Kangasniemi & Anderson, 2016, 39)

Japani robotiikan edelläkävijämaana tavoittelee robotiikkastrategiansa mukaan robotiikan tuomista viidelle eri toimialalle: teollisuuteen, palveluihin, hoitoalalle ja lääketieteeseen. Hoitoalan ja lääketieteen toimialojen tavoitteena on tuoda markkinoille vuosina 2015-2020 yli sata uutta robotiikkaa hyödyntävää apuvälinettä, muuttaa kansalaisten asenteita myönteisemmiksi hoitoalan robotteja kohtaa, vähentää hoitotyöntekijöiden työn kuormittavuutta ja terveysongelmia potilaita siirtävien ja kuljettavien robottien avulla, sekä kasvattaa merkittävästi kotimaisten kirurgisten robottien markkinaosuutta. Tavoitteena Japanilla on siis keventää hoitotyöntekijöiden työtaakkaa ja parantamaan hoitajien työtyytyväisyyttä, parantamaan hoitotyön tehokkuutta ja laatua. Tavoitteena on myös tulevaisuudessa vähentää hoitotyöntekijöiden määrää robotiikkaa hyödyntämällä. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 46.)

5.3.1 Hoitajarobotit

Robotiikkaa ja automatiikkaa hyödyntämällä voitaisiin tehdä jo nyt ainakin 20 prosenttia niistä työtehtävistä, joita tällä hetkellä tekevät sairaaloiden sairaanhoitajat ja vanhusten pitkäaikaishoidon lähihoitajat. Robotiikkaa voitaisiin hyödyntää terveydenhuollossa erityisesti yksitoikkosiin, raskaisiin ja terveydelle vaarallisiin työtehtäviin. Näitä tehtäviä ovat esimerkiksi potilaiden ja tarvikkeiden kuljettaminen, lääkkeiden annostelu ja jakelu, sekä potilaiden elintoimintojen seurantatietojen tallentaminen. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 36.)

Robottiikan vapauttamia henkilöstöresursseja voitaisiin kohdistaa aiempaa enemmän välittömään potilastyöhön. Viisipäiväistä työviikkoa tekevältä hoitajalta kuluu tällä hetkellä alle kolme päivää välittömään potilastyöhön, mutta jo nyt käytettävissä olevan robotiikan avulla se voitaisiin nostaa liki neljään päivään. Robotiikan käyttöönottoaminen ei tietäisi hoitohenkilökunnan vähentämistä, sillä työvoimatarve lisääntyy väestön jatkuvan ikääntymisen johdosta. (Kangasniemi & Anderson, 2016, 36.)

Tärkeimpiä robotiikan käyttöönoton tuomia hyötyjä on sen tarjoama mahdollisuus elämänlaadun parantamiseen. Robotiikan ja automatiikan hyötyjen arvioinnista tulisi siis huomioida asiakkaan ja potilaan kokemat muutokset hoidon laadussa ja tuloksissa, sekä niiden tuottama mahdollinen lisäarvo. Tällaista lisäarvoa robotit voivat tarjota potilaan kognitiivisten taitojen, omatoimisuuden ja itsenäisyyden ja yksityisyyden kannalta.

5.3.2 Sosiaaliset robotit

Sosiaaliset robotit (engl. social robots) ovat eräs autonomisten robottien luokka. Sosiaaliset robotit kykenevät tunnistamaan toisensa, kommunikoimaan ja käynnistämään sosiaalisen kanssakäymisen (Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn, 2003, 23-24). Ne voidaan myös määritellä sellaiseksi robottiluokaksi, jossa ihmiset ihmisenkaltaistavat (engl. anthropomorphize) niitä kommunikoidakseen niiden kanssa (Fong ym., 2003, 145). Sosiaalisia robotteja on yleensä tutkittu tutkimuksissa, joissa pyritään tutkimaan ihmisen ja robotin välistä vuorovaikutusta (HRI). Ihmisen ja robotin välinen vuorovaikutus (HRI) koulutusympäristössä voidaan mainita potentiaalisena soveltamisalueena. (Virnes, 2014, 28.)

Sosiaalisten robottien yhteydessä ollaan sovellettu myös tekoälyn käyttämistä opetuksessa. Tällöin painopiste on ollut lapsen ja robotin vuorovaikutuksen tutkiminen. Koulutuksellisissa kontekstissa sosiaalinen robotti vuorovaikuttaa ja kommunikoi lasten kanssa niiden sosiaalisten käyttäytymisen ja pedagogisten sääntöjen kautta, jotka sille on annettu. Fong ym., (2003, 145-146) mukaan on useita tekijöitä, jotka määrittävät sosiaalisia robotteja. Sosiaaliset robotit muun muassa:

- Voivat ilmaista ja tarkkailla tunteita
- Kommunikoida käyttäen korkean tason vuoropuhelua
- Muodostavat ja pitävät yllä sosiaalisia suhteita
- Omaavat selvästi erottuvan persoonallisuuden ja luonteen
- Voivat oppia / kehittää sosiaalisia kompetensseja

Sosiaaliset robotit voidaan luokitella sosiaalisesti avustaviksi roboteiksi (SAR, engl. socially assistive robots) ja sosiaalisesti vuorovaikuttaviksi (ts. sosiaalisesti interaktiivisiksi) roboteiksi (SIR, socially interactive robots) (Feil-Seifer & Mataric, 2009, 50-51). Sosiaaliset robotit voidaan luokitella myös ihmisten taipumuksesta robottien ihmisenkaltaistamiseksi seuraaviin luokkiin: sosiaalisesti "eloisiksi" (engl. socially evocative), sosiaalisesti kommunikoiviksi (engl. socially communicative), sosiaalisesti reagoiviksi (engl. socially responsive) ja seurallisiksi roboteiksi (engl. sociable robots) (Breazeal, 2003, 169).

Sosiaalisesti vuorovaikuttavista roboteista hyvä esimerkki on RUBI (kts. kuvio 8), joka on taaperoiden opetukseen suunniteltu robotti. Sitä on käytetty myös vieraan kielen opettamiseen lapsille. (Virnes, 2014, 81.)



KUVIO 8 Sosiaalinen robotti RUBI (Movellan, Eckhardt, Virnes & Rodriguez, 2009, 307)

Toinen tunnettu esimerkki sosiaalisesti vuorovaikutteisesta robotista on robottihylje PARO, jonka on todettu vähentävän potilaiden stressiä ja ikääntyneiden potilaiden tarvetta hoitajille. PARO:n on todettu myös aktivoivan potilaita ja vähentävän tarvetta lääkityksille. (Robokeskus Oy, 2018; PARO Robots U.S., Inc, 2014.)



KUVIO 9 PARO on kehittynyt sosiaalisesti vuorovaikutteinen robotti (PARO Robots U.S., Inc, 2014)

5.4 Organisaation robotiikka

Organisaation robotiikka suorittaa ennen kaikkea logistisia tehtäviä, kuten ruoka/lääke/jäte/vaatekuljetuksia sekä lääkejakelua. Nämä ovat yleensä hoitajien suorittamia välillisiä hoitotehtäviä, joiden korvaaminen roboteilla vapauttaisi käytetyn ajan tärkeämpään ja vaikeammin korvattavaan välittömään hoitotyöhön. Lisäksi organisaation robotiikalla voidaan merkittävästi vähentää varsinkin lääkkeisiin liittyviä virheitä ja väärinkäytöksiä.

Seinäjoen keskussairaalassa on aloitettu ROSE-hankkeeseen liittyen syksyllä 2016 logistiikkarobottijärjestelmän kokeilu. Sairaalaan hankittiin kaksi yhdysvaltalaisen Aethonin valmistamaa TUG-robottia ja järjestelmää laajennetaan 2018 aikana kokonaisuudessaan kahdeksaan robottiin. Logistiikkarobotit ovat kykeneviä kulkemaan ihmisten seassa sairaalan käytävillä ja käyttämään hissejä sekä ovia. Sairaalan henkilökunta voi tilata ja seurata robotteja älypuhelimilla tai erillisillä päätteillä. Vain puolen vuoden kokeilun jälkeen kahden robotin järjestelmän todettiin tuoneen hyötyä paremman tarvikkeiden saatavuuden ja vähentyneen ruuhkan muodossa. Kokeilu on myös edistänyt positiivista suhtautumista sairaalarobotteihin niin Seinäjoen keskussairaalan sisällä kuin ulkopuolellakin. (Lappalainen, Talja & Niemelä, 2017; Andersson ym., 2017, 41.)



KUVIO 10 TUG-logistiikkarobotteja (newventuris.com.)

5.5 Opetusrobotit

Opetusrobotit (tai vaihtoehtoisesti: koulutusrobotit, engl. educational robotics) ovat Virneksen (2014, 5-6) määritelmän mukaan robotteja, joita käytetään koulutuksen alalla opetukseen ja oppimiseen.

Robottien käyttämisessä apuna opetuksessa, on tehty useita erilaisia pienimuotoisia tutkimuksia. Reich-Stiebertin ja Eysselin (2016, 679-680) 59 saksalaiselle opettajalle tehdyn tutkimuksen mukaan opettajat suhtautuvat varsin negatiivisesti opetusrobotteihin (engl. education robots). Tulosten mukaan teknologian käyttämisen ja opettajien asenteen välillä on havaittavissa korrelaatiota eli riippuvuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että opettajat, jotka ovat tottuneet käyttämään uutta käytettävissä olevaa teknologiaa, käyttävät mielellään myös robotteja apunaan opetuksessa. Teknologian vastaisuus tuntuu siis riippuvan opettajan omasta asennoitumisesta teknologiaa kohtaan.

Reich-Stiebertin ja Eysselin (2016, 678-680) mukaan opettajat käyttävät robotteja mieluiten tieteeseen, teknologiaan, tekniikkaan ja matematiikkaan liittyvissä aiheissa. Opettajien opetusrobotteihin liittämien odotuksien mukaan roboteista olisi hyötyä opetuksessa niiden tarjotessa motivaationlähteen, tiedonlähteen, sekä helppokäyttöisyyden ansiosta. Huolia opettajille aiheuttavat kuitenkin robottien mahdollisesti aiheuttama häiriö tunneilla, lisääntyvä työtaakka, sekä pelko siitä, että robotit saattavat korvata ihmistenvälisen vuorovaikutuksen.

Amerikkalaisessa julkisessa esikoulussa (engl. public preschool) tutkittiin kahden kuukauden ajan opettajien ja opetusavustajien suhtautumista sosiaalisten robottien

käyttämiseen esikoulun opetuksessa. Tutkimuksen tulosten perusteella opettajat olivat erityisen tyytyväisiä siitä, että robotit eivät aiheuttaneet heidän omien odotusten mukaisesti häiriötä. Opettajat myös yllättyivät siitä, että lapset suhtautuivat niin positiivisesti robottien kanssa toimimiseen, erityistä iloa aiheutti lasten innostuminen niistä. Kaikki lapset eivät kuitenkaan kokeneet robotin kanssa toimimista mielekkääksi, joten myös tällaisen toiminnan ulkopuolelle jäävät lapset tulee ottaa huomioon. Robottien käyttämisen suhteen on tärkeää myös pohtia sitä, kuinka niiden käyttäminen voisi tukea olemassa olevaa opetussuunnitelmaa. Suurin osa opettajista koki robottien käyttämisen mielekkääksi ja hyödylliseksi, mutta kaikki eivät olleet varmoja asiasta, lähinnä liian lyhyenä pidetyn kokeilujakson takia. Opettajat myös tuntuivat keksivän paljon uusia ideoita robottien käyttämiseksi opetuksellisesti hyödyksi. (Westlund, Gordon, Spaulding, Lee, Plummer, Martinez, Das & Breazeal, 2016, 383-390.)

6 OHJELMISTOROBOTIT

Ohjelmistorobotiikka (robotic process automation, RPA) on prosessien automatisointia ohjelmistoilla, jotka tekevät asioita ihmisten kaltaisesti ja samoilla käyttöliittymillä. Vaikka kyseessä ei ole robotiikan sovellutus, tässä raportissa on luontaista käsitellä myös ohjelmistorobotiikkaa, myös monessa varsinkin sosiaali- ja terveysalan muutokseen liittyvässä julkaisussa robotiikkaa ja automaatiota käsitellään yhdessä samankaltaisina tekijöinä.

Tämän sinänsä nuoren ja nopeasti kehittyvän teknologian voidaan mieltää perustuvan kolmeen hieman vanhempaan teknologiaan: ruudun raavintaan (screen scraping), työnkulun automatisoinnin työkaluihin (workflow automation tools) sekä tekoälyyn (artificial intelligence). Ruudun raavinta on yksinkertaisesti näytöllä esitetyn tiedon lukemista ja kääntämistä koneluettavaan muotoon. Työnkulun automatisointi puolestaan pääasiassa ohjelmiston suorittamaa tiedon hakua ja syöttöä. (Ostdick, 2016.)

Ohjelmistorobotiikka tulee vaikuttamaan sosiaali- ja terveysalaan organisaation robotiikan tavoin, vapauttamalla hoitohenkilöstöä välillisestä työstä välittömään hoitotyöhön. Ohjelmistoroboteille voidaan jättää suurin osa raportointiin, dokumentointiin, tallentamiseen ja analysointiin liittyvistä tehtävistä. Toistaiseksi ohjelmistorobotiikka on vaikuttanut eniten talous-, palkka- ja henkilöstöhallinnon kaltaisiin tehtäviin, joissa on helpoiten kyetty korvaamaan ihmisten suorittamia rutiinitehtäviä. Esimerkiksi Espoon kaupungin vanhustenhoitopalveluiden kotihoidon yksikkö on ottanut Digital Workforcen pilvipalveluna tuotetun ohjelmistorobotti Ropsun käyttöönsä. Ropsu suunnittelee, tilaa ja seuraa hoitohenkilön työvoiman tarvetta yhdistelemällä neljän eri järjestelmän tietoja. (Digital Workforce, 2017; Espoon kaupunki, 2017.)

Ohjelmistorobotiikka soveltuu sellaisiin tehtäviin, jotka ovat pilkottavissa tarkkoihin, säännönmukaisiin ja samanlaisina toistuviin osiin, eli töihin joille voidaan määritellä selkeät säännöt. Robotin kykenemättömyys jalostaa dataa ja käsitellä rutiinista poikkeavia tilanteita vaativat asiantuntijan huoltamaan robottia ja kehittämään poikkeuskäsittelijöitä. Tästä huolimatta ohjelmistorobotiikka on oiva ratkaisu pakollisten ja rutiininomaisten kirjoitustöiden tekemiseen nykyajan suurille datamassoille. (Lhuer & Willcocks, 2016.)

Huomioonotettavia tekijöitä ohjelmistorobotiikan käyttöönotossa ovat:

- RPA-strategian suunnittelu
- Automoitavan prosessin valinta
- Muutosjohtaminen
- Kypsän ympäristön kehittäminen RPA:ta varten (Lhuer & Willcocks, 2016)

7 YHTEENVETO

Tässä raportissa käsiteltiin robotiikan, varsinkin palvelurobotiikan hyödyntämistä sosiaali- ja terveysalalla, sekä sen eri sovellutuksia. Robotiikan hyödyntäminen on edellytys sosiaali- ja terveysalan toimintojen tehokkuuden takaamiseksi tulevaisuudessa, mutta myös palveluiden laadun takaamiseksi ja parantamiseksi. Sillä kyetään siirtämään hoito- ja hoivahenkilöstön työpanosta välillisestä hoitotyöstä tärkeämpään, välittömään hoitotyöhön.

Robotiikkaa hyödynnetään sosiaali- ja terveysalalla vielä varsin vähäisesti, yleisimpiä sovellutuksia ovat vähäisen autonomian robotit kuten leikkaussalirobotit. Myös organisaation robotiikka ja ohjelmistorobotiikka ovat jo osoittaneet käyttökelpoisuutensa ja tuottaneet säästöjä sekä tehostaneet toimintoja monissa sairaaloissa maailmalla, Suomessa nämä tosin ovat edelleen tekemässä tuloaan. Vielä vähäisessä käytössä olevia kognitiivisia ja älykkäitä robotteja kehitetään ja kokeillaan monilla tavoin ja niiden voidaan odottaa yleistyvän jatkuvasti enemmän määrin.

Sosiaali- ja terveysalan robotisaatiota hidastaa paitsi nuori, kehitystä vaativa teknologia, myös muutosvastarinta ja jopa pelko robotteja kohtaan. Robottien hyödyntämiseen liittyy edelleen myös ratkaisemattomia eettisiä kysymyksiä, varsinkin vähenevän inhimillisen kontaktin kysymys. Osin myös kehityksen perässä hitaasti uudistuva lainsäädäntö saattaa asettaa esteitä robottien tehokkaalle hyödyntämiselle sosiaali- ja terveysalalla.

Robotiikan nopean kehityksen ja tunnistetun tarpeen myötä on oletettavaa, että erilaiset palvelurobotit tulevat ennen pitkää olemaan oleellinen osa sosiaali- ja terveysalan toimintoja niin Suomessa kuin muissakin kehittyneissä maissa. Niiden avulla vähenevä työvoima pystyy vastaamaan kasvavan sosiaali- ja terveyspalveluiden asiakasmäärän tarpeisiin ja pitämään palveluiden laatua yllä kustannustehokkaasti.

LÄHTEET

Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L. & Törmänen, A. 2016. Robotit töihin. Eva-raportti 2/2016. Helsinki: Nextprint Oy. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Robotit-t%C3%B6ihin.pdf>

Barkin, I. 2016. What is RPA? A Guide to Robotic Process Automation. Symphony Ventures Blogin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://blog.symphonyhq.com/what-is-rpa>

Beane, M. 2018. Young doctors struggle to learn robotic surgery – so they are practicing in the shadows. The Conversationin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://theconversation.com/young-doctors-struggle-to-learn-robotic-surgery-so-they-are-practicing-in-the-shadows-89646>

Borana, J. 2016. Applications of Artificial Intelligence & Associated Technologies. *Proceeding of International Conference on Emerging Technologies in Engineering, Biomedical, Management and Science*. Saatavilla: 2.5.2018 http://www.sdtechnocrates.com/ETEBMS2016/html/papers/ETEBMS-2016_ENG-EE7.pdf

Breazeal, C. 2003. Toward sociable robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 4/2003. Saatavilla: 2.5.2018 <https://robotic.media.mit.edu/wp-content/uploads/sites/14/2015/01/Breazeal-RAS-03.pdf>

Burgess, M. 2016. Watch Panasonic's power-lifting exoskeletons in action. Wiredin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.wired.co.uk/article/panasonic-robot-suit-exoskeleton>

Camanio Care AB (a). Bestic. Camanio Care AB:n internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.camanio.com/en/products/bestic/>

Camanio Care AB (b). Drinc. Camanio Care AB:n internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.camanio.com/en/products/drinc/>

Chen, B., Zhong, C-H., Zhao, X., Ma, H., Guan, X., Li, X., Liang, F-Y., Cheng, JCY., Qin, L., Law, S-W. & Liao, W-H. 2017. A wearable exoskeleton suit for motion assistance to paralysed patients. *Journal of Orthopaedic Translation*, 11(7-18). Saatavilla: 2.5.2018 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214031X16303023>

Chen, M., Ma, Y., Ullah, S., Cai, W. & Song, E. 2013. ROCHAS: robotics and cloud-assisted healthcare system for empty nester. *Proceeding BodyNets '13 Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks*. Saatavilla: 2.5.2018 <https://dl-acm-org.ezproxy.jyu.fi/citation.cfm?id=2555365>

Coradeschi, S., Cesta, A., Cortellessa, G., Coraci, L., Gonzalez, J., Karlsson, L., Furfari, F., Loutfi, A., Orlandini, A., Palumbo, F., Pecora, F., von Rump, S., Stimec, A., Ullberg, J. & Otslund, B. 2013. GiraffePlus: Combining social interaction and long term monitoring for promoting independent living. *Human System Interaction (HSI), 2013, The 6th International Conference on*. Saatavilla: 2.5.2018 <https://ieeexplore.ieee.org/document/6577883/>

Digital Workforce. 2017. Case Ropsu – Espoon väsymätön digiduunari. Digital Workforcen internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <https://digitalworkforce.fi/case-ropsu-espoo-vasymaton-digiduunari/>

Espoon kaupunki. 2017. 2017. Kotihoidon Ropsu-robotti palkittiin kansainvälisessä innovaatiokilpailussa. Espoon kaupungin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 [http://www.espoo.fi/fi-FI/Sosiaali_ja_terveyspalvelut/Kotihoidon_Ropsurobotti_palkittiin_kansa\(113487\)](http://www.espoo.fi/fi-FI/Sosiaali_ja_terveyspalvelut/Kotihoidon_Ropsurobotti_palkittiin_kansa(113487))

Federici, S., Meloni, F., Bracalenti, M. & De Filippis, ML. 2015. The effectiveness of powered, active lower limb exoskeletons in neurorehabilitation: *A systematic review*. *NeuroRehabilitation*. Saatavilla: 2.5.2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26529583>

Feil-Seifer, D. & Mataric, M. 2008. Robot-assisted therapy for children with autism spectrum disorders. *In: ACM Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children*. Saatavilla: 2.5.2018 http://delivery.acm.org/10.1145/1470000/1463716/p49-feil-seifer.pdf?ip=130.234.158.134&id=1463716&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=74A0E95D84AAE420%2E06A1DC718DC957B2%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&acm_=1528309322_b25aa1a19efdad09c2d0c341d3a4daec

Fitle, K., Pehlivan, A. & O'Malley, M. 2015. A robotic exoskeleton for rehabilitation and assessment of the upper limb following incomplete spinal cord injury. *Robotics and Automation (ICRA)*. Saatavilla: 2.5.2018
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7139888/>

Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. 2003. A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems* 42/2003. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.cs.cmu.edu/~illah/PAPERS/socialroboticssurvey.pdf>

Gross, H-M., Schroeter, Ch., Mueller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Bley, A., Langner, T., Merten, M., Huijnen, C., van den Heuvel, H. & van Berlo, A. 2012. Further Progress towards a Home Robot Companion for People with Mild Cognitive Impairment. Saatavilla: 2.5.2018
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6377798/>

Hardesty, L. 2014. Collaborative learning – for robots. MIT News Office, MIT News.
<http://news.mit.edu/2014/collaborative-learning-for-robots-0625>

Hennala, I., Koistinen, P., Kyrki, V., Kämäräinen, J-K., Laitinen, A., Lanne, M., Lehtinen, H., Leminen, S., Melkas, H., Niemelä, M., Parviainen, J., Pekkarinen, S., Pieters, R., Pirhonen, J., Ruohomäki, I., Särkikoski, T., Tuisku, O., Tuominen, K., Turja, T. & Van Aerschot, Z. 2017. Robotics in Care Services: A Finnish Roadmap. ROSE consortium (full list of contributors at the end of document). Robotics in Care Services: A Finnish Roadmapin raportti. Saatavilla: 2.5.2018
<http://roseproject.aalto.fi/images/publications/Roadmap-final02062017.pdf>

Hocomat. 2016. Lokomat Product Presentation. Youtube-video. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.youtube.com/watch?v=cXyeXT--Kbs>

Holanda, LJ., Silva, PMM., Amorim, TC., Lacerda, MO., Simao, CR. & Morya, E. 2017. Robotic assisted gait as a tool for rehabilitation of individuals with spinal cord injury: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29202845>

Hruska, J. 2016. A new budget exoskeleton could help paraplegics walk at a drastically lower price. ExtremeTech. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.extremetech.com/extreme/222396-a-new-budget-exoskeleton-could-help-paraplegics-walk-at-a-drastically-lower-price>

iCope. Robottiaivusteinen eturauhasen poistoleikkaus. Saatavilla: 3.3.2018
https://www.icope.fi/?/tietoa-eturauhassyovasta/paikallisen-eturauhassyovan-hoito/Robottiaivusteinen_eturauhasen_poistoleikkaus

IFR International Federation of Robotics. 2017. Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots. (15-24). Saatavilla: 2.5.2018
https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

IFR International Federation of Robotics. Industrial Robots 2016a, 25-34. Saatavilla: 2.5.2018
https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

IFR International Federation of Robotics. Service Robots 2016b, 9-12. Saatavilla: 2.5.2018
https://ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

International Organization for Standardization. 2012. ISO 8373:2012. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.iso.org/standard/55890.html>

Intuitive Surgical, Inc. 2018. Intuitive Surgical. da Vinci Surgical System. Intuitive Surgical, Inc:n internetsivusto. Saatavilla: 21.5.2018
<https://www.intuitivesurgical.com/products/da-vinci-xi/>

ISO. 2012. ISO 8373:2012 (en). ISO:n internetsivusto. Saatavilla: 29.5.2018
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>

Kangasniemi, M. & Andersson, C. Eva-raportti. Saatavilla: 2.5.2018
<http://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Enemmän-inhimillistä-hoivaa.pdf>

Kyrki, V., Rusanen, A-M., Huutilainen, M. & Toivonen, H. 2017. Robotit vs. Ihmiset. Tieteen Päivät. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.youtube.com/watch?v=gBIM9HGJY44>

Lappalainen, I., Talja, H. & Niemelä, M. 2017. Robotit haastavat koko sairaalan työn tekemisen systeemin. ROSE-konsortio. Saatavilla: 2.5.2018
<http://roseproject.aalto.fi/fi/blog/32-blog8>

Lappi, O., Rusanen, A-M. & Pekkanen, J. 2018. Tekoäly ja ihmiskognitio. *Tieteessä tapahtuu* 36(1). Saatavilla: 29.5.2018
<https://journal.fi/tt/article/view/69278/30737>

Lerner, Z., Damiano, D. & Bulea, C. 2017. The Effects of Exoskeleton Assisted Knee Extension on Lower-Extremity Gait Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity in Children with Cerebral Palsy. *Nature, Scientific Reports*. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.nature.com/articles/s41598-017-13554-2>

Lhuer, X. & Willcocks, L. 2016. The next acronym you need to know about: RPA (robotic process automation). McKinsey & Companyn internetsivusto. Saatavilla: 31.5.2018
<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-next-acronym-you-need-to-know-about-rpa>

Louie, D., Eng, J., Lam, T. & SCIRE Research Team. 2015. Gait speed using powered robotic exoskeletons after spinal cord injury: a systematic review and correlational study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2015, 12:82. Saatavilla: 2.5.2018
<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-015-0074-9>

Lu, L. & Wen, J. 2015. Human-Robot Cooperative Control for Mobility Impaired Individuals. *American Control Conference (ACC)*. Saatavilla: 2.5.2018
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7170776/>

Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A. & Leonhardt, S. 2014. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2014, 11:3. Saatavilla: 2.5.2018
<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-3#Abs1>

McColl, D., Geoffrey-Louie, W-Y. & Nejat, G. 2013. Brian - Brian 2.1: A socially assistive robot for the elderly and cognitively impaired. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 20(74-83). Saatavilla: 2.5.2018 <http://ieeexplore.ieee.org/document/6476702/>

Miller, L., Zimmermann, A. & Herbert, W. 2016. Clinical effectiveness and safety of powered exoskeleton-assisted walking in patients with spinal cord injury: systematic review with meta-analysis. *Medical Devices: Evidence and Research*. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4809334/>

Movellan, J., Eckhardt, M., Virnes, M. & Rodriguez, A. 2009. Sociable robot improves toddler vocabulary skills. *HRI'09, March 11–13, 2009, La Jolla USA*. Saatavilla: 2.5.2018
http://delivery.acm.org/10.1145/1520000/1514189/p307-movellan.pdf?ip=130.234.241.106&id=1514189&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=74A0E95D84AAE420%2E06A1DC718DC957B2%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&_acm_=1527781460_d2b4411e09a5120b546292fbc2fc3568

Mäkinen, T. 2016. Vammautuneen rauhanturvaajan valamarssi – katso video. Tehylehti. Saatavilla: 2.5.2018 <https://www.tehylehti.fi/fi/ihmiset/vammautuneen-rauhanturvaajan-valamarssi-katso-video>

Newventuris.com. Solving everyday delivery challenges. Saatavilla: 2.5.2018 <http://newventurist.com/wp-content/uploads/2012/09/All-Tugs-5.jpg>

Niemelä, M. 2017. Robotit hoiva- ja hoitotyössä. Future Care 2017. Saatavilla: 2.5.2018 http://www.easyfairs.com/fileadmin/groups/7/2017/Future_Care_2017_Helsinki/Mar_ketta_Niemela.pdf

NYU Langone Health. What is robotic surgery? Robotic Surgery Center. Saatavilla: 2.5.2018 <https://med.nyu.edu/robotic-surgery/physicians/what-robotic-surgery>

Ostdick, N. 2016. The Evolution of RPA: Past, Present and Future. UiPath. Saatavilla: 2.5.2018 <https://www.uipath.com/blog/the-evolution-of-rpa-past-present-and-future>

Owen-Hill, A. 2017. What's the Difference Between Automation and Robotics. Robotiq-blog. Saatavilla: 2.5.2018 <https://blog.robotiq.com/whats-the-difference-between-automation-and-robotics>

Panasonic. 2014. Care Service Robot is First in the World to Obtain ISO13482, News Panasonic. Saatavilla: 2.5.2018 <https://news.panasonic.com/global/topics/2014/26411.html>

PARO Robots U.S., Inc. 2014. PARO Therapeutic Robot. PARO Robots U.S., Inc:n internetsivusto Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.parorobots.com/>

Pertilä, T. 2017. Robotic Process Automation – lyhyt oppimäärä. Saatavilla: 2.5.2018 <https://timopertila.com/2017/01/19/robot-process-automation-lyhyt-oppimaara/>

Poukanoukanville. 2014. Toiminnan esittely. Poukanoukanvillen internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://terveyskoti.fi/terveyskoti/>

Reich-Stiebert, N. & Eysel, F. 2016. Robots in the Classroom: What Teachers Think About Teaching and Learning with Education Robots. *International Conference on Social Robotics*. Saatavilla: 2.5.2018 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-47437-3_66

ReWalk Robotics. 2018. ReWalk Roboticsin, Inc:n internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018
<http://rewalk.com/about-technology/>

Robokeskus Oy. 2018. Robokeskus Oy:n internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018
<http://www.innohoiva.fi/tuote/paro-hyljerobotti/>

Romo, L. 2014. Aivoverenkiertohäiriöpotilaan yläraajapainotteinen robottiaivusteinen terapia. Opinnäytetyö, Savonia-Ammattikorkeakoulu. Saatavilla: 2.5.2018
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/84102/Romo_Lassi.pdf?sequence=1

Roos, T. 2016. Johdatus Tekoälyyn: luento 11 – Robotiikka. Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan tietojenkäsittelytieteen osasto, Helsingin Yliopisto. Saatavilla: 2.5.2018
<https://www.cs.helsinki.fi/u/ttonteri/ai/2016/luennot/luento11.pdf>

Russell, S. & Norvig, P. 2016. Artificial Intelligence: A Modern Approach 3rd. Malaysia: Pearson. Saatavilla: 2.5.2018
http://thuvien.thanglong.edu.vn:8081/dspace/bitstream/DHTL_123456789/4010/1/CS503-2.pdf

Sale, P., Franceschini, M., Mazzoleni, S., Palma, E., Agosti, M. & Posteraro, F. 2014. Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2014, 11:104. Saatavilla: 2.5.2018
<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-11-104>

SPARC – The Partnership for Robotics in Europe. 2016. Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe. Saatavilla: 2.5.2018
https://www.eu-robotics.net/cms/upload/topic_groups/H2020_Robotics_Multi-Annual_Roadmap_ICT-2017B.pdf

Sun, R. 2000 Artificial Intelligence: Connectionist and Symbolic Approaches. Rensselaer Cognitive Science Department. Saatavilla: 2.5.2018
<http://www.cogsci.rpi.edu/~rsun/sun.encyc01.pdf>

Thomson, E. 2000. MIT-Manus robot aids physical therapy of stroke victims. MIT Newsin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018
<http://news.mit.edu/2000/manus-0607>

Tirloni, L., Fassi, I. & Legnani, G. 2012. Robotics: State of the Art and Future Trends. *Computer Science, Technology and Applications*.

Tsai, Y-T., Fan, C-L., Lo, C-L. & Huang, S-H. 2017. SmartLohas: A Smart Assistive System for Elder People. *Pervasive Systems, Algorithms and Networks & 2017 11th International Conference on Frontier of Computer Science and Technology & 2017 Third International Symposium of Creative Computing (ISPAN-FCST-ISCC), 2017 14th International Symposium on*. Saatavilla: 2.5.2018 <https://ieeexplore.ieee.org/document/8121798/>

Tuisku, O., Pekkarinen, S., Hennala, L. & Melkas, H. 2017. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Robotit Innovaatioina Hyvinvointipalveluissa. Saatavilla: 2.5.2018 https://www.lut.fi/documents/10633/479354/lut_robotit_innovaationa_hyvinvointipalveluissa_lowres.pdf/a62efb8e-102e-4514-9e45-7bc9bebb25d2

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2017. Tekoälyohjelman ohjausryhmä. Suomen tekoälyaika. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Ministeriö 41/2017. Saatavilla: 2.5.2018 http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80849/TEMrap_41_2017_Suomen_teko%C3%A4lyaika.pdf

Valvira. 2017. Lausunto hyvinvointialan robotiikan tilanteesta ja mahdollisuuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavilla: 2.5.2018 http://www.valvira.fi/documents/14444/92813/Lausunto_robotiikan_hyodyntaminen.pdf/f0745d7f-a9ee-4777-a73e-3099a0347bb8

Virnes, M. 2014. Four Seasons of Educational Robotics: Substantive Theory on the Encounters between Educational Robotics and Children in the Dimensions of Access and Ownership. Publications of the University of Eastern Finland Dissertations in Forestry and Natural Sciences No 16. Joensuu: University of Eastern Finland. Saatavilla: 2.5.2018 http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1652-5/urn_isbn_978-952-61-1652-5.pdf

Westlund, J., Gordon, G., Spaulding, S., Lee, J., Plummer, L., Martinez, M., Das, M. & Breazeal, C. 2016. Lessons from teachers on performing HRI studies with young children in schools. *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*.

Yang, X., She, H., Lu, H., Fukuda, T. & Shen, Y. 2017. State of the Art: Bipedal Robots for Lower Limb Rehabilitation. *Applied Sciences* 2017, 7(11). Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.mdpi.com/2076-3417/7/11/1182/htm>

LISÄTIETOA

Da Vinci Surgery. 2018. *da Vinci*® Surgery: Minimally Invasive Surgery. Intuitive Surgical, Inc:n internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.davincisurgery.com/>

Poukanville. 2018. Neurokuntoutuksen tulevaisuus – robotit ja lääkkeet avuksi. Poukanvillen internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://terveyskoti.fi/lokomat/tutkimukset/>

Robot care systems. 2018. It's Time to take a challenge again. Robot care systemsin internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <https://www.robotcaresystems.com/>

Robotdalen. 2018. Poseidon – the world's first hygiene robot. Robotdalen internetsivusto. Saatavilla: 2.5.2018 <http://www.robotdalen.se/en/article/en-poseidon-worlds-first-hygiene-robot>

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu
No. 50/2018

ISBN 978-951-39-7481-7 (verkköj.)
ISSN 2323-5004