

# Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia



Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja  
No. 43/2018

---

Editor: Pekka Neittaanmäki

Covers: Petri Vähäkainu ja Matti Savonen

Copyright © 2018

Petri Vähäkainu ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-7356-8 (verkkoj.)

ISSN 2323-5004

Jyväskylä 2018

# Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia

---

Petri Vähäkainu  
Pekka Neittaanmäki

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

Business Finland-hanke: Watson Health Cloud



## LYHENNELISTA

<b>AI</b>	Artificial Intelligence eli tekoäly
<b>ALS</b>	Amyotrophic Lateral Sclerosis eli motoneuronisairaus, joka rappeuttaa sekä ylempiä että alempia liikehermoja
<b>BI</b>	Business Intelligence eli liiketoimintatiedon hallinta
<b>BMI</b>	Body Mass Index eli painoindeksi
<b>CGM</b>	Continuous Glucose Monitoring eli jatkuva glukoositasapainon monitorointi
<b>CPOE</b>	Computerized Provider Order Entry eli tietokoneavusteinen tutkimusten ja toimenpiteiden järjestelmä
<b>CT</b>	Computer Tomography eli tietokonetomografiakuvaus kuvantamisessa
<b>DCNN</b>	Deep Convolutional Neural Network eli konvoluutiollinen syvä neuroverkko
<b>EHR</b>	Electronic Health Record eli digitaalinen potilaskertomusjärjestelmä
<b>EKG</b>	Elektrokardiografia eli sydänfilmi
<b>EMR</b>	Electronic Medical Record eli digitaalinen potilasjärjestelmä
<b>EPM</b>	Enterprise Performance Management eli yrityksen suorituskyvyn hallinta
<b>ERP</b>	Enterprise Resource System eli toiminnanohjausjärjestelmä
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration eli Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto
<b>GASB</b>	Governmental Accounting Standards Board on lähde US GAAPin standardisoimisprosessissa
<b>HCM</b>	Human Capital Management eli inhimillisen pääoman hallinta
<b>HIS</b>	Hospital Information System eli sairaalan tietojärjestelmä
<b>IFRS</b>	International Financial Reporting Standard eli kansainvälinen standardi tilinpäätösten julkaisuun
<b>IDN</b>	Integrated Delivery Network eli integroitu toimitusverkko (sairaalaympäristössä)
<b>IOT</b>	Internet of Things eli asioiden Internet
<b>JASC</b>	Judgement Correlation System eli korrelaatioiden arviointijärjestelmä
<b>LIS</b>	Laboratory Information System eli laboratorion tietojärjestelmä
<b>mHealth</b>	Mobile Health eli mobiili terveysteknologia
<b>MRI</b>	Magnetic Resonance Imaging eli magneettikuvaus
<b>MRP</b>	Material Requirements Planning eli materiaalivaatimusten suunnittelu
<b>PLM</b>	Product Lifecycle Management eli tuotteen elinkaaren hallinta
<b>RIS</b>	Radiology Information System eli radiologian tietojärjestelmä
<b>ROI</b>	Return on Investment eli sijoitetun pääoman tuottoaste
<b>TOGAF</b>	The Open Group Architecture Framework tarkoittaa On The Open Group-säätiön kehittämää yritysarkkiteuurin viitekehystä
<b>UI</b>	User Interface eli käyttöliittymä
<b>US GAAP</b>	Generally Accepted Accounting Principles eli USA:ssa käytetty tilinpäätösstandardi
<b>WHO</b>	World Health Organization eli maailman terveysjärjestö

## KUVIOT

KUVIO 1. DIGITAALISEN TERVEYDEN YHTEYS TEKNOLOGIAAN JA KLIINISIIN KOKEISIIN.	1
KUVIO 2. DIGITAALINEN SAIRAALA, LÄÄKÄRIN VASTAANOTTO JA ETÄHOITO.	2
KUVIO 3. DIGITAALINEN REAALIAIKAINEN POTILASINFORMAATION HYÖDYNTÄMINEN PAREMMAN HOIDON TARJOAMISEKSI.	6
KUVIO 4. DIGITAALINEN SAIRAALAYMPÄRISTÖ.	7
KUVIO 5. PARKLAND MEMORIAL-SAIRAALAN ÄLYSÄNKY.	15
KUVIO 6. HUONEKYLTTI, JOKA TUNNISTAA POTILAAN JA POTILAAN TILAN.	16
KUVIO 7. POTILAAN TILAN ILMOITTAVA NÄYTTÖ.	16
KUVIO 8. AUSTRALIALAISEN PAH-SAIRAALAN DIGITAALINEN POTILASTIETOJÄRJESTELMÄ (EMR).	18
KUVIO 9. TIETOKONETOMOGRAFIALAITTEISTO (CT-SCAN) JA SISUSTUSELEMENTIT.	21
KUVIO 10. TERVEYDENHUOLLON ERP JA SEN TOIMINTOJA.	25
KUVIO 11. TÄYDELLINEN INTEGROITU TERVEYDENHUOLLON ERP-JÄRJESTELMÄ.	26
KUVIO 12. YLEISKUVA INFOR CLOUD SUITE ERP-RATKAISUSTA.	28
KUVIO 13. ORACLE PLATFORM AS A SERVICE-TASO TERVEYDENHUOLLOSSA.	34
KUVIO 14. PÄÄLLE PUETTAVA TEKNOLOGIA JA SEN SOVELLUSALUEITA.	44
KUVIO 15. PÄÄLLE PUETTAVA TEKNOLOGIA KEHOLLA.	45
KUVIO 16. PÄÄLLE PUETTAVA TEKNOLOGIA, POTILASDATA JA POTILASREKISTERI.	47
KUVIO 17. SYITÄ PÄÄLLE PUETTAVIEN LAITTEIDEN HYLKÄÄMISEEN.	48
KUVIO 18. ACTIGRAPH GT9X LINK ÄLYKELLO.	49
KUVIO 19. ACTIGRAPH ACTILIFE-SOVELLUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ.	49
KUVIO 20. JAWBONE UP3 SEURANTALAITTE.	50
KUVIO 21. JAWBONE UP3 ÄLYKÄS UNIANALYYSI JA SEURANTA.	50
KUVIO 22. JAWBONE UP3 SMARTCOACH-TOIMINTO AKTIIVISUUDEN SEURANTAAN.	50
KUVIO 23. BIOIMPEDANSSISENSOREIDEN MITTAAMA REAALIAIKAINEN SYDÄMEN SYKE.	51
KUVIO 24. NEURO:ON ÄLYKÄS NAAMIO NUKKUMISEEN.	51
KUVIO 25. QUARDIOCORE EKG-MONITORI.	52
KUVIO 26. QARDIOCORE EKG-MONITORIN KÄYTTÖLIITTYMÄ.	53
KUVIO 27. QUELL RELIEF ÄLYVYÖ.	54
KUVIO 28. QUELL RELIEF ÄLYVYÖN MOBIILISOVELLUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ.	55
KUVIO 29. IHON PINNALLE ASENNETTAVA TERVEYSMONITORI.	55
KUVIO 30. WITHINGS PULSE OX JA IOS-SOVELLUS.	56
KUVIO 31. PÄÄLLE PUETTAVA MUISTIA AVUSTAVA IFLASHBACK-JÄRJESTELMÄ.	59
KUVIO 32. MICROSOFT SENSECAM-PROTOTYYPPI.	60
KUVIO 33. SENSECAM-KAMERALLA OTETTUJA ESIMERKKIKUVIA.	60
KUVIO 34. SENSECAM-KAMERAN KATSELU- JA HALLINTAOHJELMISTO.	60
KUVIO 35. GOOGLLEN ÄLYLASIT.	63
KUVIO 36. GOOGLLEN ÄLYLASIT.	64
KUVIO 37. YBRAIN-RANNEKE.	65
KUVIO 38. SAFEWANDER-PROTOTYYPPI JA MOBIILISOVELLUS.	66
KUVIO 39. GPS SMART SOLE ÄLYPOHJALLISEN TOIMINTA.	67
KUVIO 40. ERILAISIA PÄÄLLE PUETTAVIA TERVEYDENHUOLLON LAITTEITA.	68
KUVIO 41. ABBOT GLUCOSE MONITORING SYSTEM.	69

KUVIO 42. BIOSTAMPRC-SENSORI.	69
KUVIO 43. BIOSTAMPRC-SENSORIN KIINNITYSPAIKKOJA KEHOSSA.	70
KUVIO 44. CYRCADIA HEALTH ITBRA.	71
KUVIO 45. GOOGLEN ÄLYKÄS KONTAKTILINSSI DIABETEKSEN HOITAMISEEN.	72
KUVIO 46. EMBRACE MONITOR KOHTAUKSIEN, UNEN JA AKTIVITEETIN MITTAAMISEEN.	73
KUVIO 47. EMBRACE MONITOR SYSTEM TOIMINTAKAAVIO.	74
KUVIO 48. HEALTHPATCH MD BIOSENSORILAASTARI.	74
KUVIO 49. ISONO 3D ULTRAÄÄNISENSORI RINTAKUDOKSEN TUTKIMISEEN.	75
KUVIO 50. ISONO HEALTH ULTRAÄÄNISENSORIN MOBIILISOVELLUS.	76
KUVIO 51. ISONO HEALTH SENSORIN KÄYTTÖPROSESSI.	77
KUVIO 52. LEAF HEALTHCARE POTILAINEN MONITOROINTIJÄRJESTELMÄ.	77
KUVIO 53. LEAF--SENSORI JA TIEDONVÄLITYS KOJELAUTOIHIN (DASHBOARD).	78
KUVIO 54. JOUSTAVAT RAPORTOINNIN OMINAISUUDET.	79
KUVIO 55. NEUROVERKKOJEN PÄÄSOVELLUSALUEITA LÄÄKETIETEESSÄ.	81
KUVIO 56. JOHTAVAT KUOLINSYYT MAAILMASSA.	82
KUVIO 57. HAVAINTOKUVA IHOLEESIESTA.	86
KUVIO 58. EVE-TUTKIMUSROBOTTI.	88
KUVIO 59. NANOTEKNOLOGIAAN PERUSTUVAN PUHALLUSLAITTEEN TOIMINTAPERIAATE.	91
KUVIO 60. GRAAFINEN ESITYS SAIRAUKSIEN TODENNÄKÖISYYKSISTÄ.	93
KUVIO 61. ESIMERKKEJÄ TUNNISTUSMUISTITESTIN NÄYTTÄMISTÄ KUVISTA.	96
KUVIO 62. NEURORACER-PELI JA SEN LOGIIKKA.	97
KUVIO 63. NEURORACER-PELI KOEOLosuhteissa sekä harjoitteissa.	98

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Raportin rakenne	3
2	Digitaaliset sairaalat	5
2.1	Digitaalinen sairaala ja sen ominaisuudet	5
2.2	Digitaalisen sairaalan hyödyt	7
2.3	Esimerkkejä digitaalisista sairaaloista	8
2.3.1	Alter Hey Cognitive Hospital	8
2.3.2	Fletcher Allen Healthcare	9
2.3.3	Humber River Hospital	10
2.3.4	New Odense University Hospital	12
2.3.5	Parkland Health & Hospital System (Memorial)	14
2.3.6	Princess Alexandra Hospital	17
2.3.7	St Stephen's Hospital	19
2.3.8	Suleiman AL-Habib	20
3	Terveydenhuollon ERP-järjestelmät	21
3.1	Yleistä terveydenhuollon ERP-järjestelmistä	22
3.2	Terveydenhuollon ERP-järjestelmien hyötyjä	22
3.3	Terveydenhuollon ERP-järjestelmien haittoja	24
3.4	Terveydenhuollon ERP-järjestelmät	25
3.4.1	Cerner Clinical Solutions	26
3.4.2	Infor Cloud Suite	28
3.4.3	McKesson	29
3.4.4	Microsoft Dynamics MedAX	30
3.4.5	Oracle Health Cloud	32
3.4.6	SAP	35
3.4.7	Syspro ERP lääketieteellisille laitteille	36
3.4.8	Workday	38
4	Ennakoiva terveydenhuolto ja päälle puettava teknologia	41
4.1	Ennakoivan terveydenhuollon määritelmä	41
4.2	Ennakoivan terveydenhuollon trendit	42
4.3	Yleistä päälle puettavasta teknologiasta	43
4.4	Päälle puettavien terveydenhuollon teknisten laitteiden omaksuminen	45



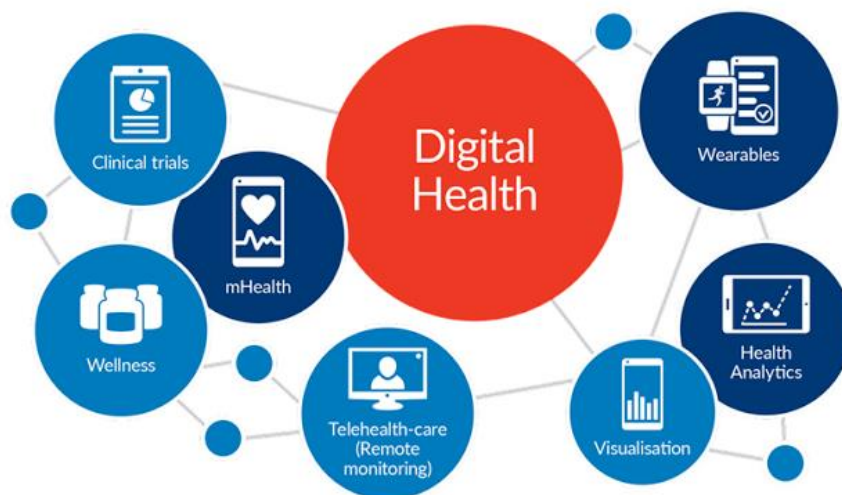
4.5	Unidiagnostiikkaan liittyviä päälle puettavia teknologioita	48
4.5.1	ActiGraph	48
4.5.2	JawBone UP3	49
4.5.3	Neuro:On	51
4.5.4	QardioCore Wearable ECG Monitor	52
4.5.5	Quell Relief	53
4.5.6	Wearable Crystals	55
4.5.7	Withings Pulse Ox	56
4.6	Muistitoimintoihin liittyviä päälle puettavia teknologioita	56
4.6.1	Wearable memorization aid for human memory augmentation	58
4.6.2	Microsoft SenseCam päälle puettava kamera Alzheimerin hoidon apuna	59
4.6.3	Google Glass ja koneoppiminen muistiongelmiaisten apuvälineinä	62
4.6.4	Ybrain-ranneke Alzheimerin hoidossa	64
4.6.5	SafeWander-sensori Alzheimerpotilaiden seurantaan	65
4.6.6	GPS Smart Sole älypohjalliset Alzheimer-potilaiden seurantaan	66
4.7	Muita lääketieteellisiä päälle puettavia teknologioita	67
4.7.1	Abbot FreeStyle Libre Flash Glucose Monitoring System	68
4.7.2	BioStampRC	69
4.7.3	Cyrcadia Health's iTBra	71
4.7.4	Google Smart Contact Lens	72
4.7.5	Embrace Monitor	73
4.7.6	HealthPatch MD	74
4.7.7	ISono Health Wearable Sensor	75
4.7.8	Leaf Healthcare Patient Ulcer Sensor	77
5	Tekoäly ja kognitiivinen arviointi diagnosoinnissa	80
5.1	Tekoäly keuhkosairauksien diagnosoinnissa	82
5.1.1	Tekoäly hyödyntäminen keuhkotoimintotestien diagnosoinnissa	83
5.1.2	Tekoäly diagnosoi tuberkuloosin	84
5.2	Tekoäly syöpätapausten diagnosoinnissa	84
5.2.1	Tekoäly diagnosoi ihosyövän älypuhelimella	85
5.2.2	Tekoäly rintasyövän diagnosoinnissa	86
5.3	Tekoäly lääketutkimuksessa ja suunnittelussa	87
5.3.1	Tekoälyä hyödyntävä tutkimusrobotti 'Eve' lääketutkimuksessa	88
5.3.2	Tekoäly ja koneoppiminen lääkkeiden ja algoritmien kehityksessä	89

5.4	Tekoäly ja sairauksien diagnosointi nanoteknisellä puhalluslaitteella	90
5.5	Kognitiivinen arviointi muistisairauksien diagnosoinnissa	93
5.5.1	Puheen analysointi	94
5.5.2	Silmän liikkeen analysointi	95
5.5.3	Tietokonepeli suorituskyvyn mittarina	96
6	Yhteenveto	99
	LÄHTEET	101

## 1 JOHDANTO

Tämän raportin tarkoituksena on tutkia digitaalista terveydenhuoltoa, johon kuuluu muun muassa digitaaliset sairaalat maailmalla, IT-järjestelmät (kuten terveydenhuollon ERP-toiminnanohjausjärjestelmät), päälle puettava (Wearables) lääketieteellinen teknologia, ennakoiva terveydenhuolto ja lisäksi tekoälyn ja kognitiivisen arvioinnin hyödyntäminen sairauksien diagnosoinnissa, lääketutkimuksessa ja suunnittelussa. Raportissa käsitellään kursorisesti myös ennakoivan terveydenhuollon trendejä ja päälle puettavien teknisten laitteiden sisäistämistä yleisellä tasolla.

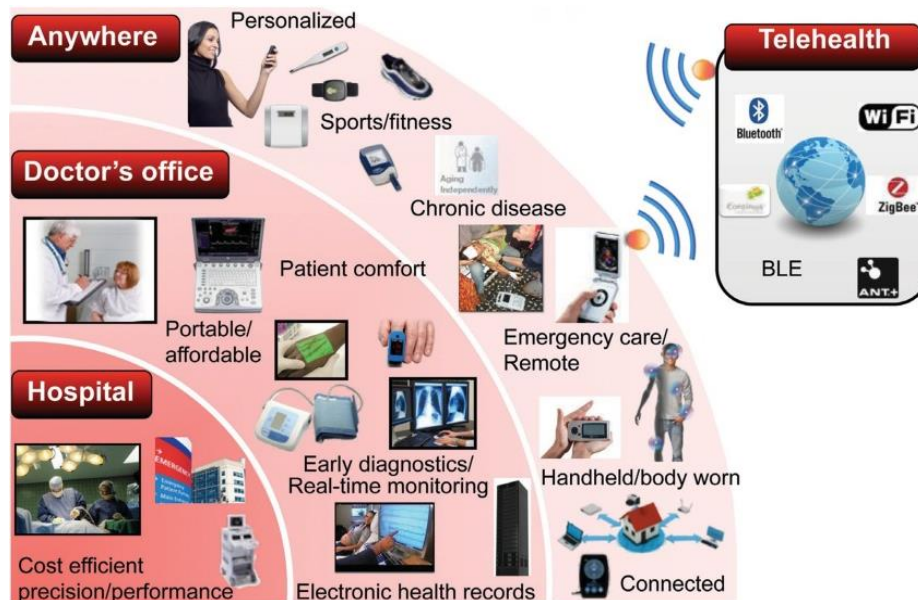
Digitaalinen terveydenhuolto on tätä päivää ja kehittyy valtavalla vauhdilla. Käsitteeseen digitaalinen terveydenhuolto sisältyy digitaalinen terveys (Kuvio 1), johon liittyy edellä mainitut päälle puettavat laitteet, älylaitteita hyväksi käyttävä mobiiliterveys (mHealth), kliiniset kokeet, hyvinvointi, etänä suoritettava telelääketiede (Telehealth-care) ja mitatusta terveysdatasta muodostettu analytiikka ja sen visualisointi. Digitaaliseen terveydenhuoltoon tulee lähitulevaisuudessa (ja jo osin nykyään) liittymään tekoäly ja kognitiivisen arvioinnin toiminnot sairauksien diagnosoinnissa sekä ennakoiva terveydenhuolto.



**KUVIO 1. Digitaalisen terveyden yhteys teknologiaan ja kliinisiin kokeisiin. (Iqbal, 2016)**

Digitaaliseen terveydenhuoltoon kuuluvat digitaaliset sairaalat ovat kustannustehokkaampia kuin aiemmat perinteiset sairaalat ja ne tähtäävät parempaan tarkkuuteen sekä suorituskykyyn hoitoprosesseissa ja myös sairauksien diagnosoinnissa. Digitaalinen sairaalaympäristö hyödyntää digitaalisia potilaskertomusjärjestelmiä (EHR), joka on yksi sen keskeisimpiä funktioita. Sairaala keskittyy tekemään potilaiden viihtyvyydestä mahdollisimman hyvän hyödyntäen uusinta teknologiaa ja innovatiivisia ratkaisuja. Digitaalinen sairaala voi hyödyntää aikaisen vaiheen diagnostiikkaa ja reaaliaikaista monitorointia, jolloin potilaan kotihoito voi jatkua pidempään. Kotihoidon tehostamisesta ja kotijaksojen pidentämisestä voi olla merkittävää hyötyä muun muassa muistisairauksista

kärsiville, kuten alkuvaiheen Alzheimer-potilaille, joilla väliaikaiset sairaalajaksot, joita seuraa kotiinpaluu, sekoittavat muistia ja aiheuttavat hämmennystä. Lisäksi yhteiskunta säästää suuria summia sillä, että senioriväestö kykenee asumaan kotona pidempään. Kotioloissa tapahtuva avohoito, on toimiva ratkaisu myös nuoremmillekin sukupolville ja kehittynyt terveysteknologia (esimerkiksi päälle puettavat lääketieteelliset sensorit, instrumentit ja muut laitteistot) ja uudet innovatiiviset ratkaisut voivat auttaa tässä prosessissa. Kuviossa 2 on jaoteltu digitaaliset sairaalat, lääkärin vastaanotto ja sairaalan ulkopuolinen etä- ja avohoito omiksi sektoreikseen.



**KUVIO 2. Digitaalinen sairaala, lääkärin vastaanotto ja etähoito. (Vasanth, 2013)**

Raportissa käsitellään hieman myös kognitiivista arviointia diagnosoinnissa. Sitä ollaan käytetty onnistuneesti etenkin muistisairauksien diagnosointiin. Se on yksi oleellisimmista ikääntyneille potilaille tehtävistä arvioinneista, sillä kognitiiviset toiminnot määrittävät sen, miten potilas voi oppia ja muistaa informaatiota, käyttää kieltä, havainnoida ympäristöä ja suorittaa laskutoimituksia. Kognitiivisia arviointeja voidaan tehdä puheesta, silmän liikkeiden perusteella tai tarkkailemalla suorituskykyä esimerkiksi soveltuvien tietokonepelien suhteen. Kognitiivinen arviointi ja tekoäly yhdistettynä voivat tuoda uusia tehokkaita palveluita digitaalisen terveydenhuollon yhteyteen ja ne voivat toimia lääkärin apuna muun muassa diagnosoinnissa ja hoitosuunnitelmien teossa.

Tekoälyn hyödyntäminen digitaalisen terveyden ja sairaanhoidon alueella on vielä suhteellisen uusi innovaatio. Tutkimustulokset ovat varsin lupaavia. Tekoälyn avulla supertietokone voi käydä lävitse miljoonia lääketieteellisiä artikkeleita, materiaaleja ja muuta soveltuvaa dataa ja olla apuna sairauksien diagnosoitivaiheessa. Tekoälyn hyödyntämisestä diagnosoinnissa on jo näyttöä, sillä tekoälyn avulla on onnistuttu diagnosoimaan syöpätapauksia, kuten leukemian, jota lääkärit eivät onnistuneet tunnistamaan. Tapauksessa Watson-supertietokoneeseen syötettiin 20 miljoonaa syöpätutkimukseen liittyvää artikkelia,

jonka jälkeen diagnoosi valmistui 10 minuutissa aineiston läpikäynnin jälkeen (NG, 2016). Tämä on vain yksi esimerkki siitä, mihin tekoäly jo nykyiselläänkin pystyy ja mihin lääketieteen teknologian kehityksen suunta on menossa tulevaisuudessa.

## 1.1 Raportin rakenne

Luvussa 2 tarkasteltavina kohteina ovat digitaaliset sairaalat. Luvussa määritellään lyhyesti, mitä digitaalinen sairaala tarkoittaa ja mitkä ovat sen ominaisuuspiirteet sekä hyödyt. Luvussa myös käydään lävitse esimerkein edistyneitä digitaalisia sairaaloita maailmalla ja niiden toimintaa, ominaisuuksia ja teknologiaa. Luku antaa yleiskäsityksen digitaalisten sairaaloiden nykytilasta ja tulevaisuudesta. Digitaaliset sairaalat ovat konsepti, johon esimerkiksi liittyvät IT-järjestelmät, päälle puettava teknologia ja tulevaisuudessa myös ennakoiva terveydenhuolto, tekoäly sekä kognitiivinen arviointi.

Luku 3 keskittyy terveydenhuollon ERP (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmiin. Luvussa käsitellään terveydenhuollon ERP-järjestelmiä yleisellä tasolla, niiden hyötyjä sekä haittoja ja esitellään tunnetuimpia terveydenhuollon ERP-järjestelmiä. Nämä järjestelmät käsittävät useita eri osa-alueita. Sairaala suurena organisatorisena ympäristönä tarvitsee terveydenhuollon sektorin lisäksi myös esimerkiksi finanssiasioiden, rekrytoinnin, toimitusketjun, varaston sekä rekrytoinnin osa-alueiden hallinnan IT-järjestelmässään.

Luvussa 4 tarkastellaan ennakoivaa terveydenhuoltoa ja päälle puettavaa (Wearables) teknologiaa. Luvussa määritellään ennakoiva terveydenhuolto ja käsitellään lyhyesti ennakoivan terveydenhuollon trendejä. Luvun suurempi aihealue on päälle puettava teknologia, jota käsitellään ensin yleisesti, sitten päälle puettavien teknisten laitteiden sisäistämisen näkökulmasta. Keskitytään myös muistitoimintoihin ja unidiagnostiikkaan sekä esitellään lisäksi muita lääketieteellisiä päälle puettavia teknologioita, jotka liittyvät diabetekseen, sydäntauteihin ja syöpätapauksien diagnostiikkaan, hoitoihin sekä monitorointeihin.

Luvussa 5 käsitellään tekoälyä (AI eli Artificial Intelligence) ja kognitiivista arviointia diagnosoinneissa. Luvussa tarkastellaan ihmisillä eniten esiintyviä sairauksia, suurimpia ongelma-alueiden aiheuttajia, joihin ihmiset menehtyvät, kuten keuhkosairaudet ja syöpätapaukset. Lisäksi luvussa käsitellään tekoälyä ja sairauksien diagnosointia nanoteknisellä teknologialla muistisairauksia ja niiden diagnosointia käyttäen apuna kognitiivista arviointia. Luku ottaa kantaa kursorisesti myös tekoälyn hyödyntämiseen lääketutkimuksessa ja lääkkeiden suunnittelussa.

Luvussa 6 on yhteenvetoluku. Siinä koostetaan raportissa esitelty digitaalinen sairaalaympäristö, terveydenhuollon ERP-järjestelmät, ennakoiva terveydenhuolto ja päälle

puettava teknologia sekä tekoäly ja kognitiivinen arviointi diagnooseissa yhteen. Aihealue on hyvin laaja ja käsittää useita erilaisia teknologioita kuin myös lääketieteen osa-alueita, joiden tulee toimia yhdessä onnistuneen hoitokokemuksen mahdollistumiseksi nykypäivänä ja tulevaisuudessa.

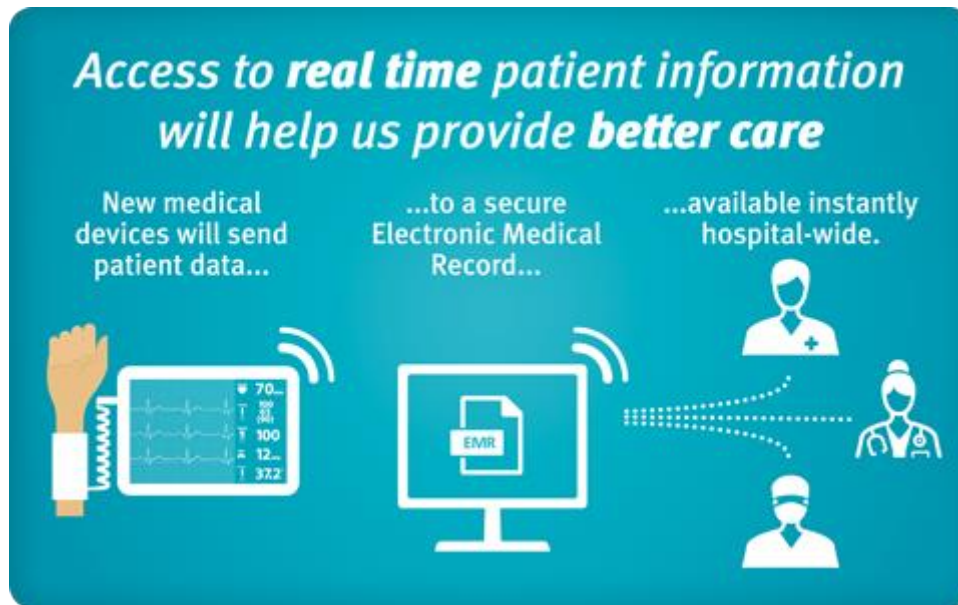
## 2 Digitaaliset sairaalat

Tässä luvussa käsitellään sähköistä sairaalaa: määritellään digitaalinen sairaala lyhyesti, esitellään sen hyviä puolia sekä muutamia esimerkkejä digitaalisista sairaaloista maailmalla. Digitaalinen sairaala voi kuulostaa lähinnä vain tekniseltä ratkaisulta, mutta se on paljon enemmän. Se ei ole vain sähköisestä potilastietojärjestelmästä ja paperittomasta toimistoympäristöstä koostuva informaatioteknologinen sairaalaympäristö eikä sen toteuttamisessa ole vain yhtä ja ainoa oikeaa ratkaisua. Digitaalinen sairaala painottuu asiakkaiden arvojen toteutukseen ja tarjoaa perinteisille ja globaaleillekin asiakkailleen laadukkaamman ja miellyttävämmän asiakaskokemuksen kuin vierailu paikallisella lääkärin vastaanotolla tai ensiavussa.

Digitaalisen sairaalan toiminnot ovat ratkaisseet ongelmia, kuten potilaiden hoidon viivästyistä, mitkä ovat aiheuttaneet turhautumisia niin terveydenhuoltoalan henkilöstölle kuin potilaillekin. Digitaalinen sairaala mahdollistaa uudenlaisen kommunikaation hoitohenkilöstön sekä potilaiden välillä. Yhdistämällä toimintoja sopivasti BI-analytiikkaan, terveydenhuoltohenkilöstö voi tehdä laaja-alaisia analyysejä havaitakseen ruuhkautumat, tasapainottaakseen työnkulkua ja parantaakseen prosesseja. Mobiilikommunikaatio, oikeanlainen hoitoprosessin mallintaminen ja analytiikka yhdessä voivat luoda toimivan toimintamallin, joka antaa potilaille tarkkaa informaatiota heidän hoitoprosesseistaan ja sairaalajaksoistaan, jolloin sairaalaympäristöä voidaan hallita paremmin ja hoitohenkilöstö sekä potilaat ovat tyytyväisempiä.

### 2.1 Digitaalinen sairaala ja sen ominaisuudet

Digitaalisessa sairaalassa lääkäreillä, hoitajilla ja terveydenhuollon henkilöstöllä on pääsy potilaiden lääketieteelliseen informaatioon (esimerkiksi henkilöllisyys, hoitoon tulon syy, lääketieteellinen historia ja allergiat) ja mahdollisuus dokumentointiin käyttäen hyväksi informaatioteknologiaa papereiden sijasta. Digitaalinen sairaala mahdollistaa elintoimintojen automaattisen seurannan (verenpaine, lämpötila, sydämen syke), informaation tietoturvallisen lähettämisen terveydenhuollon informaatiojärjestelmiin ja henkilöstölle pääsyn siihen. (Digital Hospital, 2016) Kuviossa 3 havainnollistuu, miten sähköisessä sairaalassa hyödynnetään potilasinformaatiota hoidon parantamiseksi.



**KUVIO 3. Digitaalinen reaaliaikainen potilasinformaation hyödyntäminen paremman hoidon tarjoamiseksi. (Digital Hospital, 2016)**

Digitaalinen sairaala hakee avainelementtejä sähköiseen potilasrekisteriin (EMR) suoraan potilasdatasta, erilaisista monitorointijärjestelmistä ja diagnostiikan toimittajilta, mikä säästää aikaa ja auttaa vähentämään virheitä dokumentoinnissa. Se tarjoaa automatisoidun ympäristön hyödyntäen EMR:ää, joka yhdistää erilaiset hoitopolut ja päätöksen tukemisen perustuen kansainvälisiin käytäntöihin. Tämä mahdollistaa optimaaliset kliiniset päätöksenteot, jotka johtavat parempaan hoidon lopputulokseen. Digitaalinen sairaala mahdollistaa myös lääkäreiden ja hoitajien käsin kirjoitetut reseptit, joka estää käsin kirjoituksessa tapahtuvien virheiden syntymisen. Mahdollista on myös sähköisten määräysten tarjoamisen diagnostiikkapalveluiden tarjoajille, kuten radiologia ja patologia. Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös ajankohtaisen potilasrekisterin lähettämisen useille terveydenhuollon työntekijöille useissa eri sijainneissa. (Unitingcare)

Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu lääkäreiden ja hoitohenkilöstön havaintojen dokumentointi sähköisesti käyttäen useita erilaisia laitteistoja potilashoidon alueella sekä lisäksi potilas-, yhteisö ja lääketieteen portaalit. Digitaalinen sairaala on myös yhteydessä ulkoisiin resursseihin, lääketieteen konsultteihin, julkisiin sairaaloihin ja diagnostiikan tarjoajiin. Sairaala tarjoaa viihdejärjestelmiä, internetin, elokuvia ja koulutuksellista materiaalia valmistauduttaessa kotoutukseen. Sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös jäljityspalvelut koskien laitteistoja ja potilaita sekä henkilökunnan ja lääkäreiden äänentunnistusta. (Unitingcare)

Täysin digitaaliset palvelut sairaalaympäristöissä eivät merkitse vain robotteja vaan myös potilaiden osallistumista sähköisiin palveluihin rakennuksien ulkopuolella. Automaatiota pidetään arkipäiväisenä asiana, mutta silti digitaalisen sairaalan kokemuksen luomisessa ollaan oltu hitaita ja ihmisille on yhä vaikeaa saada lääketieteellistä hoitoa heidän oman



aikataulunsa mukaisesti kiireellisen hoidon palveluiden ulkopuolella. Lisäksi kommunikointi potilaiden kanssa ennen heidän saapumistaan sairaalaan on yhä puutteellista. Nykyisin ollaan kuitenkin siirtymässä sähköisiin palveluihin, jotka ovat potilaille paremmin käytettävissä ja tehokkaampia, jolloin lääkäri-potilas-vuorovaikutus on laajempi kuin vain 10 minuutin tapaamisaika. Mahdollista on myös virtuaalilääkäreiden käyttäminen ohjaamaan potilaita monimutkaisten lääketieteellisten päätöksiin yli. Vuorovaikutuksessa voidaan käyttää hyväksi uusinta teknologiaa kuten virtuaalitodellisuutta, jolloin potilaat voivat olla vuorovaikutuksessa asiantuntijoiden kanssa luonnollisemmalla tavalla. (Kutcher, 2016)

Digitaalinen sairaala voi olla kuvion 4 kaltainen, jossa ensin kirjaututaan sisään sairaalaan käyttäen lentokentän tapaisia itsepalvelutiskejä, jotka myös opastavat potilasta. Sairaala käyttää älykkäitä teknologioita, kuten älylasit, telelääketiede, etäkuntoutus potilasportaalin kautta kotioloissa ja kooditageja, kuten QR-koodit tai RFID. Digitaalinen sairaalaympäristö on kehittymässä voimakkaasti ympäri maailmaa ja siihen tulee liittymään myös kognitiivisen arvioinnin ja tekoälyn komponentteja sekä erilaisia etähoidon palveluista.



KUVIO 4. Digitaalinen sairaalaympäristö.(Fujitsu Forum, 2015)

## 2.2 Digitaalisen sairaalan hyödyt

Digitaalisen sairaalan hyötyjä ovat muun muassa (Unitingcare):

- Potilaskokemuksen paraneminen tehokkaiden potilas-keskeisten prosessien kautta
- Laadun ja turvallisuuden paraneminen parantuneen tiedonsaannin kautta, joka lisää hoitoon sitoutumista standardeilla prosesseilla sekä parantaa jäljitysketjuja ja dokumentointia
- Hoitohenkilöstön ja lääkäreiden työtyytyväisyyden koheneminen parantuneen tehokkuuden ja työvälineiden ansiosta, sillä lääkärit voivat viettää enemmän aikaa potilaiden kanssa

- Paremmat linkitykset hoidon jatkuvuuden suhteen ja informaation siirto julkisen ja yksityisten terveydenhuollon palveluiden tarjoajien välillä
- Sidokset yliopistojen ja suurkaupunkien sairaaloiden välillä, jotta koulutusta voidaan lisätä ja asiantuntemusta parantaa.
- Paremmat työllisyysnäkömät sekä kyky houkutella ja pitää terveydenhuollon työntekijät alueella

## 2.3 Esimerkkejä digitaalisista sairaaloista

Tässä luvussa esitellään muutamia digitaalisia sairaaloita, joissa informaatioteknologia ja uudet innovaatiot ovat vahvasti mukana. Digitaaliset sairaalat ovat verrattain uusi, vahvasti tekninenkin, terveydenhuollon alue, jossa kehitys on nopeaa. Keskeistä kaikille sähköisille sairaaloille on digitaalinen potilastietojärjestelmä ja integroitu tietojärjestelmä (esimerkiksi ERP), joiden pohjalle potilashoitoa voidaan rakentaa. Pyrkimys täysin paperittomaan toimintaan on peruseriaate sähköisessä sairaalaympäristössä. Sähköisissä sairaaloissa on käytössä ja kokeilussa kuitenkin myös muita innovatiivisia teknisiä ratkaisuja, kuten robotiikka, sensoriteknologia, 3D-tulostus, avohoitoa varten rakennettu etäterveydenhuolto, virtualisointi, sairaalaympäristöön integroidut innovatiiviset teknologiset IT-ratkaisut (kuten virtuaalien elintoimintojen mittaaminen).

### 2.3.1 Alter Hey Cognitive Hospital

Alder Hey on Iso-Britannian ensimmäinen kognitiivinen sairaalaprosjekt, joka tähtää globaaliksi liikkeelle panevaksi voimaksi lasten terveydenhuollon innovoinnissa. Alder Heyn tarkoituksena on valjastaa peliteknologian, uuden sensoriteknologian, nanoteknologian ja kognitiivisen tietojenkäsittelyn voima, jotta on mahdollista luoda todellinen digitaalinen, elävä sairaalaympäristö, joka voi aistia ja tuntea, mitä sairaalassa on tapahtumassa, ja toimia sen mukaisesti. Kyetäkseen toimimaan kyseisellä tavalla sairaalan on käytettävä hyväkseen digitaalista teknologiaa, joka kykenee ajattelemaan, aistimaan ja huolehtimaan potilaista. (Alder Hey, 2015)

Alder Hey tekee yhteistyötä Iso-Britannian kehittyneimmän Daresburyssä sijaitsevan kognitiiviseen tietojenkäsittelyyn erikoistuneen keskuksen, The Hartree Centren, kanssa. Sairaalaympäristössä tuotetaan jatkuvasti valtava määrä dataa, jota voidaan hyödyntää diagnosoinnissa. Tietoja voidaan tallentaa valtaviksi tietokannoiksi ja kehittää verkostoja, jotka voivat ennustaa sairauksien etenemisen polkuja. Kliinistä informaatiota voidaan yhdistää henkilökohtaiseen informaatioon, jotta yleiskatsaus potilaan tilasta saavutetaan. (Alder Hey, 2015)

Sensoriteknologiaa ei ole vielä käytetty laajalti terveydenhuollossa, mutta sen potentiaali potilaiden terveydenhoidon lopputuloksien ja kokemusten parantamiseksi voi olla merkittävä. Sensoriteknologia tarjoaa lääkäreille mahdollisuuden monitoroida potilaita

reaaliajassa heidän ollessa sairaalan ympäristössä tai kotonaan. Sensoriteknologian hyödyntäminen tarjoaa valtavia hyötyjä, kuten mahdollisuuden reagoida potilaiden tilan muutokseen välittömästi. Tämä poistaa tarpeen potilaiden jäämiseen sairaalaan pitkiksi ajoiksi ja siten mahdollistaa paremmin kotihoidon sekä tarjoaa tärkeää dataa, jonka avulla lääketieteellisiä tilanteita voidaan ymmärtää paremmin. Sensoriteknologian avulla voidaan tulevaisuudessa korvata verikokeita tai helpottaa lasten sairauksien diagnosointia, sillä silloin ei ole tarvetta johdotettujen diagnosointilaitteistojen käyttöön, mikä tuo varmasti mukavuutta. (Alder Hey, 2015)

Erikoisuutena Alder Heyn sairaalaprojektissa on sairaalan työskentely yhteistyössä sovellus- ja peliteollisuuden kanssa luoden sovelluksia, joiden kautta on mahdollista siirtää henkilökohtaista tietoa tietoturvallisesti henkilökunnalle jo ennen hoidettavaksi saapumista. Henkilökohtainen tieto tässä tapauksessa voi olla tietoa lemmikeistä, perheestä ja siitä mistä potilas pitää tai ei pidä. Sovelluksen avulla on mahdollista toteuttaa virtuaalisia vierailuja sairaalaan ja sen tiloihin diagnostointilaitteistoihin, kuten magneettikuvaus (MRI), teattereihin, makuuhuoneisiin, puistoihin. Sovellus myös mahdollistaa personoitujen avatarien luomisen, joiden avulla on mahdollista kysyä kysymyksiä puheen ja tekstin välityksellä. Tämänkaltainen toimintamalli auttaa niin lapsia kuin sairaalan henkilökuntaakin kehittämään luottamuksellisia suhteita, mikä voi vähentää hoidon stressiä ja parantaa nopeutta. (Alder Hey, 2015)

Tutkimuksien mukaan sopivanlainen harhautus saa lapset selviämään paremmin hoidoista ja se myös vähentää ahdistuksen kokemista. Sen on myös todettu vähentävän tarvetta nukutusaineen, rauhoittavien- tai kipulääkkeiden käyttöön. Peliteollisuuden yhteistyö Alder Heyn kanssa sopivanlaisen harhauttavan immersion aikaansaamiseksi on tärkeää. Se mahdollistuu yhdistämällä sopivassa määrin henkilökohtaista informaatiota kliiniseen informaatioon, jolloin pelejä ja muita digitaalisia sovelluksia on mahdollista kehittää auttamaan potilaiden hoidossa. Pelien ja elokuvien toteuttaminen voi auttaa potilaita ymmärtämään sairauksiaan, ottamaan hallinnan niistä ja esimerkiksi taistelemaan virtuaalisesti syöpäsoluja vastaan. Sovellukset myös selittävät, mitä on tapahtumassa potilaan perheelle ja ystäville. (Alder Hey, 2015)

### **2.3.2 Fletcher Allen Healthcare**

Fletcher Allen Health Care kuuluu niiden 3 - 4 % yhdysvaltalaisen terveydenhuollon organisaation joukkoon, joissa on täysin integroitu sähköisen terveydenhuollon tietojärjestelmä (Electronic Health Record, EHR). Fletcherin potilastieto- ja informaation hallintajärjestelmä (Patient Record and Information Systems Management, PRISM) parantaa esimerkiksi potilaiden hoitoa, luottamuksellisuutta, kommunikaatiota, tietoturvallisuutta. Hoitajien on muun muassa mahdollista nähdä potilaiden koko hoitohistoria (kuten viimeisin lääkitys, elintoiminnot, allergiat, testitulokset) potilaiden sairaalasängyn vieressä olevasta

monitorista yhdessä näkymässä. Vuonna 2010 järjestelmä kattoi Fletcher Allenin 45 laitosta ja klinikkaa, sisältäen noin 1100 palveluntarjoajaa. (Sapardanis, 2010)

CSC:n toteuttaman PRISM-järjestelmän avulla on kyetty muuntamaan Fletcher Allenin kliinisen hoidon tarjoaminen aiemmista paperipohjaisista prosesseista täysin sähköiseksi ja se on vaikuttanut henkilöstöön tutkimuksien mukaan positiivisella tavalla. Järjestelmä auttaa henkilöstöä hakemaan kaiken tarvitsemansa tiedon potilaan hoitoa varten potilaan sairaalasängyn äärellä, jotta hoito voidaan tarjota tehokkaasti ja parhaalla mahdollisella tavalla. Aiemmin informaatio kirjattiin yhteen tai kahteen potilaskaavioon, joista toinen sijaitsi oven luona ja toinen oli lääkärin tai muun terveydenhuollon henkilön mukana. (Sapardanis, 2010)

Aluksi PRISM-järjestelmää sovellettiin laitoksiin, kuten sairaalapotilaat, apteekit ja ensiapu. Seuraavassa vaiheessa palveluja tarjottiin myös liikkuviin klinikoihin, onkologiaan ja MyChart-palveluun, joka tarjoaa potilaille tietoturvallisen pääsyn tietoihinsa sähköisessä terveydenhuollon järjestelmässä Webin kautta. Järjestelmän ominaisuuksiin kuuluu CPOE-prosessi (Computerized Provider Order Entry), jonka avulla lääkärit, hoitajat sekä muu terveydenhuollon henkilöstö voi tehdä tilauksia koskien hoitoja. Tilaukset allekirjoitetaan ja siirretään verkon läpi osastoille, jotka ovat vastuussa tilauksen täyttämisestä, kuten apteekki, laboratorio ja radiologia. CPOE vähentää tilausten valmistumisesta johtuvia viiveitä, vähentää käsin- ja puhtaaksi kirjoituksen virheitä, sallii tilauksien tekemisen hoito paikassa tai muussa ympäristössä ja tarjoaa virheen tarkastuksen kaksinkertaisen tai virheellisen lääkityksen sekä kokeiden suhteen. Järjestelmä myös yksinkertaistaa inventaariota ja laskujen lähetystä. Muita PRISM-järjestelmän hyötyjä on mahdollisuus tarkastella lääkitystä ja tietoja allergioista (listat), digitaalinen resepti, kliiniset dokumentoinnit ja korkealaatuinen raportointi. Järjestelmän avulla voidaan terveystietoja vaihtaa sähköisesti muun muassa järjestelmän ja julkisen terveydenhuollon organisaatioiden välillä. (Sapardanis, 2010)

### **2.3.3 Humber River Hospital**

Useimpien sairaaloiden ollessa hitaita omaksumaan uutta teknologiaa, Humber River Hospital oli avautuessaan ensimmäinen täysin digitaalinen sairaala Pohjois-Amerikassa avautuessaan vuonna 2016. Sairaalan pinta-ala on yli 167 000 neliometriä ja se käsittää uusia innovaatioita, paperittoman terveydenhuollon, robottivälineistöiset leikkaukset, pesulapalvelut, aterioiden valmistukseen jne. Sairaala on edistynyt aivan uudelle tasolle potilasrekistereistä tai telelääketieteestä paperittomaan, yhtenäiseen kokonaisuuteen potilaille, hoitohenkilökunnalle ja lääkäreille, eikä se enää tunnu sairaalalta. Niukat (lean), vihreät (green) ja digitaaliset (digital) elementit yhdessä tarjoavat pohjan erinomaiselle potilaskeskeiselle hoidolle. Kaikki edellä mainitut elementit ovat integroituja, yhteydessä toisiinsa ja informoivat toinen toisiaan. (Chenoweth, 2017)

Humber Riverin sairaalassa on 656 potilaspaikkaa ja 450 000 potilasta vuosittain, joten resurssit ovat niukat. Lean innovaatiot ovat johtaneet tilanteeseen, jossa lentokentän esiselvitysprosessin kaltainen kirjautumisprosessi sairaalaan alkaa jo ennen potilaan saapumista paikan päälle. Hän voi aloittaa prosessin verkossa. Selvitysprosessissa itsepalvelukioskit aktivoivat potilasrekisterin potilaan saapuessa. Erilaiset klinikat on merkitty kirjaimilla, joten potilaat voivat helposti löytää alueen, johon rekisteröityä. Lean-suunnittelua on myös sovellettu työvoimaan, jotta voidaan vähentää aikaa ja käyttökustannuksia matkareittien lyhentyessä. Helppokäyttöisyys on ollut ensimmäisenä mielessä suunnitteluprosessin aikana. Yksi avainpäätöksistä on ollut potilaskokemuksen parantaminen rakentamalla erilliset sisäänpääsyä korkeaa valmiustilaa ylläpitäville klinikoille. (Chenoweth, 2017)

Vihreät elementit, kuten energiatehokkuus on avainalueita Humber River sairaalan strategiassa, koska sen kustannukset operaatioille ovat suuret. Sairaala on käyttänyt useita ympäristöystävällisiä metodeita, kuten matalampia ilmanvaihdon nopeuksia, suurempia kanavien kokoja, tehokasta laitteistojen valintaa ja älykästä valojärjestelmää. Sairaala on asennuttanut viherkattoja. Luonnollisen valon määrä on myös maksimoitu sekä 100 % raikas ilma, paremman sisäilman tuottamiseksi. Hukkalämmön talteenotto on myös olennainen elementti kestävässä strategiassa, erityisesti ankarien talvien aikana. (Chenoweth, 2017)

Humber River sairaalan digitaalinen strategia ei ole elementeistä vähäisin vaan se on johtanut merkittävästi parempaan hoidon laatuun. Sairaalan käyttämä informaatio, kommunikaatio- ja automaatioteknologia (kuten ICat), joiden avulla perinteiset erilliset järjestelmät voidaan saada toimimaan yhteen yleisen verkon kautta, joka jakaa informaatiota rakennuksen, hallinnollisen ja operationaalisten järjestelmien lävitse. Automaatiota ja integraatiota sovelletaan kaikilla sairaalan osa-alueilla. Esimerkiksi potilassängyn äärellä olevien kommunikointi- ja viihdeportaalien kautta potilaat voivat kontrolloida valoja ja lämpötilaa, tilata ruokaa tai jopa keskustella Skypellä sukulaisten kanssa. (Chenoweth, 2017) Kyseessä ei ole vain sairaalan sisäiset informaatiojärjestelmät ja automaatio vaan muutokset ulottuvat koteihin asti mahdollistaen potilaiden ympärivuorokautisen seurannan hoitohenkilöstön toimesta. (Kutscher, 2016)

Aikaa säästävät parannukset mahdollistavat potilaisiin keskittymisen arkipäiväisten, mutta tarpeellisten toimien, kuten lounastarjoitusten kuljettamisen tai lääkkeiden lajittelun, sijasta. Kuljettamisen voi hoitaa automaattisesti ohjautuvat tarkoitukseen soveltuvat robotit. Pneumaattinen jätteiden ja liinavaatteiden käsittelyjärjestelmä huolehtii pyykin ja verinäytteiden kuljetuksesta. Ehkäpä merkittäväntä on viimeisintä tekniikkaa edustava robotti, joka voi auttaa leikkauksissa korvaamalla ihmiskädet robotin käsillä tehden prosessista vähemmän häiritsevää. Lisäksi mobiiliteknologia ja reaaliaikaiset paikannuspalvelut voivat paikantaa hoitohenkilökuntaa tai auttavat omaisia paikantamaan sairaalassa olevia perheenjäseniään sekä tarjoavat nopeammat diagnosoinnin ja hoidon

palvelut, laajemman asiakaspalvelun sekä paremman asiakastyytyväisyyden. (Chenoweth, 2017)

Eräänä avainkomponenttina digitaalisessa strategiassa on dynaaminen lasi, joka yhdistää Lean-ajattelun, vihreät arvot ja digitaaliset periaatteet ja tarjoaa älykkään ikkunajärjestelmän sekä teknologian kontrolloinnin potilashuoneissa. Dynaaminen lasi sisältää älykkäitä kontroleja, jotka automaattisesti sävyttävät paneeleita säilyttämään optimaalisen sisäympäristön potilaille.

Dynaamisen lasin hyötyjä ovat:

- Algoritmit, jotka optimoivat päivänvaloa, lämpöviihtyvyyttä ja vähentävät häikäisyä
- Potilaat voivat kontrolloida toimintoja sairaalasängyn äärestä
- Lyhyempi elinkaari ja ylläpito
- Infektiokontrolli (infektioiden määrät ovat pudonneet merkittävästi)
- Parantunut energiatehokkuus

#### **2.3.4 New Odense University Hospital**

Tanskassa on käytetty yli 10 miljardia euroa 16 uuden sairaalan rakentamisprojekteihin. New Odense University Hospital on yksi suurimmista Tanskassa toteutuksessa olevista digitaalisen sairaalan projekteista 1,3 miljardin euron budjetilla. Sairaalassa on 714 sairaalapaikkaa, 52 operaatiohuonetta erilaisia toimenpiteitä varten. Uusi sairaala rakennetaan alusta saakka uudelleen ja se on suunniteltu valmistuvan vuonna 2022. Pinta-ala tulee olemaan suunnilleen 250 000 neliometriä. Sairaala on niin sanottu megaluokan projekti ja se tulee korvaamaan aiemman Odense University Hospitalin (OUH). (Gøtze, 2017)

New Odense University Hospitalin (NOUH) visiona on olla korkean teknologian tietointensiivinen organisaatio, jonka toiminta perustuu optimaalisesti hyötykäytettyyn jaettuun informaatioon, joka tähtää potilaiden hoitoon ja tutkimukseen. Tiedon tulee olla jaettavissa vapaasti sairaalan verkoissa ja tärkeiden toimijoiden välillä sekä sen täytyy olla käytettävissä kaikkina aikoina ja sellaisessa muodossa, että sitä voidaan hyödyntää välittömästi. Tämä on myös yksi digitaalisen sairaalan elementti, joka määrittää sen, että digitaalisuuden täytyy olla läsnä kaikkialla sairaalan prosesseissa ja lisäksi, että sairaala ymmärtää visionsa sekä osaa käyttää tietoa optimaalisella tavalla. Digitaalinen sairaala käsitteenä on siten edellytys uuden Odensen yliopistollisen sairaalan tietämyksen rakentumiselle. (Gøtze, 2017)

Digitaalisten ratkaisujen tulee tukea kaikkia sairaalan palveluiden ja toimintojen käyttäjiä. Nykyisin digitaaliset ratkaisut auttavat muuntamaan dataa tiedoksi hyödyntämällä tiedon jakamista, hoitoja, huolenpitoa ja tutkimusta. Digitaalisen ratkaisun täytyy lisäksi tukea informaation vaihtoa eri käyttäjien välillä tavalla, joka informaatiota etsivälle relevantti.

Digitaalisen tiedon täytyy olla aina saatavilla ja tukea käyttäjänsä millä tahansa hetkellä, kun tietoa tarvitaan huolimatta ajasta ja paikasta. Esimerkiksi leikkausoperaation aikana kirurgi voi saada elintärkeää tietoa ja tämä tieto on sitten myös tutkijoiden käytettävissä huolimatta siitä, ovatko he läsnä sairaalassa, yliopistossa tai ulkopuolella. (Gøtze, 2017)

NOUH-sairaalaprosjektissa IT-prosessien viitekehystenä käytetään tunnettua TOGAF-viitekehystä, joka on suunnitteluprosesseissa liikkeelle paneva voima ja joka tulee varmistamaan johdonmukaisen ja ajantasaisen IT-arkkitehtuurin, kun sairaala on valmistumassa vuonna 2022. Sairaala tekee yhteistyötä University of Southern Denmark kanssa parantaakseen tutkimuksen ja kliinisen hoidon välistä yhteyttä. Projektiorganisaatio ja koko eteläisen Tanskan alue toimii yhteistyössä kuvaillakseen, analysoidakseen, hankkiakseen ja toteuttaakseen IT ja teknologisia ratkaisuja, jotka parantavat tarjolla olevaa terveydenhuoltoa, tukevat kliinistä visiota ja tekevät päivittäisestä kliinisestä käytännöstä toimintakykyistä. Tätä kutsutaan digitaaliseksi sairaalaksi. (Knudsen, 2015)

Odense University of Hospital tekee yhteistyötä University of Southern Denmark (Department of Entrepreneurship and Relationship Management) ja Sundshedspressen sekä kuuden pienyrityksen kanssa ePatient-projektissa, joka tähtää parantamaan informaatiota sekä kommunikaatiota sairaalan ja potilaiden välillä. Vuosien 2016 – 2018 välillä ePatient-projektissa toteutetaan 25 kehitys- ja testausprosessia Odense University Hospitalissa, jotta on mahdollista löytää uusia digitaalisia ratkaisuja, jotka antavat potilaille paremman ymmärryksen sairauksistaan ja säästää myös sairaalan resursseja. (Thiel, 2016)

Useat potilaat menettävät potilasinformaation kadotessa tärkeän yleiskatsauksen ja ymmärryksen omasta hoidostaan, jolloin he eivät tiedä, milloin ja miksi heidän tulee ottaa tietty lääke ja miksi lääkäri on sen määrännyt. Seurauksena krooniset potilaat ottavat ainoastaan 50 % määrätystä lääkkeitä ja useat potilaat eivät saavu sovittuihin konsultaatioihin, leikkauksiin avohoidon hoitoihin ja kuntoutuksiin. Tämä on sairaaloille erittäin kallista, sillä pelkästään tanskalaiset sairaalat peruvat 25 000 sovittua operaatiota vuosittain, sillä potilaat eivät tule paikalle, joka tekee sairaalan potilasvirran suunnittelusta ja resurssien käytöstä vaikeaa. Potilaille se merkitsee, että he voivat menettää tärkeän leikkauksen, koska mahdollisesti joutuvat odottamaan kauan seuraavaa tapaamista. Useimmissa tapauksissa on suora yhteys hyvän potilaiden informoinnin terveydenhuollon ammattilaisten suosituksien noudattamisen välillä. (Thiel, 2016)

Yksi tapa, jolloin potilasinformaatiota voi hukkaa on, kun potilaat vastaanottavat tietoa vihkojen välityksellä. Vihkoja on helppo kadottaa ja usein ne eivät myöskään sisällä informaatiota, jota potilas tarvitsee, eivätkä välitä tietoa, jota potilas voisi ymmärtää. Ratkaisu tähän ongelmaan on eHealth, jossa digitaalinen kommunikaatio tukee potilasta hoidon ja taudin kulun läpi. Digitaalisten ratkaisujen, kuten sovelluksien, avulla voidaan päästä irti vanhasta tekstipohjaisesta ajattelutavasta ja keskittyä johonkin, johon potilas voi paremmin

samaistua, kuten grafiikka, ääneen lukeminen, videot ja suora kommunikaatio terveydenhuollon henkilöstön kanssa. Esimerkiksi mallipotilaan tapauksessa hän voi lähteä sairaalasta 10 erilaisen informaatiivihkosen kanssa, jotka eivät sisällä vaihtelevaa informaatiota. Sovelluksen avulla on mahdollista ajoittaa informaatio sopivaksi, jolloin tarvittava informaatio on aina saatavilla. (Thiel, 2016)

ePatient-alusta ratkaisee kommunikaation haasteita tarjoamalla uusia kommunikaatiotyökaluja terveydenhuollon ammattilaisille. Työkalut helpottavat terveydenhuollon ammattilaisia auttamaan potilaita tunnistamaan ja ymmärtämään sairauttaan sekä motivoimaan heitä ottamaan tarvittavat lääkitykset tai tulemaan paikalle sovittuun leikkaukseen tai muuhun toimenpiteeseen. Uudet kommunikaatiotyökalut auttavat potilaita saamaan avoimemman lähestymistavan hoitoihinsa, jossa he voivat tarjota terveydenhuollon ammattilaisille tarvittavan informaation, jotta hoidot voisivat onnistua parhaalla mahdollisella tavalla. (Thiel, 2016)

ePatient kehittää eHealth ratkaisua, joka vastaa potilaiden näkökulmasta oleviin haasteisiin ja auttaa heitä seuraamaan hoitoaan. Ratkaisu tarjoaa yksinkertaisen ja suoraviivaisen tavan kerätä informaatiota potilailta ja potilaille sekä terveydenhuollon ammattilaisille. Uudet digitaaliset ePatient työkalut antavat potilaille tietynlaisen omistusoikeuden hoitoihinsa, joten he ovat motivoituneita toimimaan terveydenhuollon henkilöstön suositusten mukaisesti (esimerkiksi lääkitykset ja toimenpiteet). Projekti myös optimoi sairaalan resursseja ja parantaa työtyytyväisyyttä terveydenhuollon ammattilaisten keskuudessa. (Thiel, 2016)

### **2.3.5 Parkland Health & Hospital System (Memorial)**

Parkland Health & Hospital System on sijainnut jo kauan (vuodesta 1894) Dallasissa, Texasissa, USA:ssa ja se on Dallasin piirin terveydenhuollon tarjoaja kaupungin ilman terveystakuusta oleville ihmisille tarjoten siten turvaverkon vähävaraisille, huonompiosaisille ihmisille. Sairaalan toimiessa jo niin pitkän aikaa, vanhenevan rakennuksen fyysiset ja tekniset ominaisuudet eivät enää riittäneet vaan modernin lääketieteellisen teknologian sekä infrastruktuurin vaatimukset kasvoivat niin suuriksi, että uuden rakennuksen rakentamisesta tehtiin päätös, jolloin myös nimi muutettiin Parkland Memorial Hospital-sairaalaksi. Uusi vuonna 2015 avattu sairaala on suunniteltu alusta asti uutta kehittynyttä nykypäivän teknologiaa silmällä pitäen. (Kull, 2017)

Dallasin piirikunnan uusi julkinen 17-keroksinen Parkland-sairaala maksoi 1,3 miljardia USA:n dollaria ja on yksi ensimmäisistä digitaalisista sairaaloista USA:ssa. Sairaalan uusi kampusalue on täynnä teknologiaa, jollaista ei osattu kuvitellakaan, kun sairaalan suunnittelu alkoi vuonna 2002. Sairaalan digitaalinen teknologia maksoi 80 miljoonaa USA:n dollaria ja sen pitäisi parantaa potilaiden hoitoa, yksinkertaistaa kirjaamista, parantaa turvallisuutta ja saada Parkland toimimaan tehokkaammin. (Jacobson, 2014)



Sairaalan vierailijat kirjautuvat sisään kosketusnäyttökioskien avulla, jotka opastavat heidät aulasta sairaalan julkisilla alueilla oleviin kohteisiin. Potilailla on käytössään älysängyt (Kuvio 5), jotka voivat punnita heidät ja hälyttää hoitajia, jos potilaat nousevat sängystä silloin kuin heidän ei niin tulisi tehdä. Vauvojen sijainti jäljitetään napanuoraan kiinnitettävillä laitteilla. Sairaalan käytävillä on videokameroita, jotka kykenevät tunnistamaan liikettä joka suuntaan. Parlandin sairaala poikkeaa teknologialtaan muista, sillä sen järjestelmä on täysin integroitu ja sen avulla voidaan kontrolloida lähes kaikkea sairaalan toiminnoista. Sairaala on isommassa mittakaavassa samankaltainen kuin älykodit, jossa kaikki samaan keskukseen kytkettävät laitteet voivat kommunikoida toistensa kanssa. USA:ssa on tutkittu 5500 sairaalaa ja vain 44 %:lla niistä on samankaltaisia teknologisia valmiuksia (kuten digitaaliset potilasjärjestelmät), joka Parklandin sairaalassa on perusasia. Lopullisena tavoitteena on saavuttaa korkein mahdollinen laatu potilaiden hoidossa. (Jacobson, 2014)



**KUVIO 5. Parkland Memorial-sairaalan älysänky. (Jacobson, 2014)**

Hoito sairaalassa alkaa Footwall-järjestelmän esittelyllä potilaalle. Footwall on interaktiivinen järjestelmä, joka on kiinnitetty seinään potilaan sairaalasängyn jalkopäähän ja se löytyy jokaisesta potilashuoneesta. Potilas kontrolloi Footwall-järjestelmää sängystään, käyttämällä intuitiivista kaukosäädintä, joka on samankaltainen kuin TV:n kaukosäädin, joka on useimmille tuttu jo entuudestaan. Footwall tarjoaa huomattavan määrän erilaisia palveluita tavanomaisesta TV:stä ja viihteestä aina koulutusvideoihin saakka, jotka voidaan räätälöidä hoitajien suositusten mukaisesti. Koulutusvideot voivat auttaa potilaita kysymään kysymyksiä, joita he eivät muuten osaisi lääkäriltä kysyä ja ovat myös sillä tavoin hyödyllisiä. Järjestelmä ilmaisee hoitajille, mitä videoita potilas on katsonut, joten hoitaja voi sitten keskustella potilaan kanssa kyseisestä aihealueesta. Potilas voi myös ilmaista kipupisteensä Footwall-järjestelmän kautta, jolloin siitä lähtee ilmoitus hoitajien mobiililaitteisiin. Sairaalan

järjestelmä lisäksi kerää ja analysoi potilaan dataa koko potilaan elinkaaren ajan, jolloin potilaan potentiaaliset terveysriskit voidaan määrittää. Tulevaisuudessa Footwall tulee tukemaan myös videokonferenssia, jolloin hoitajat voivat kommunikoida potilaan kanssa, vaikka ovatkin liikkeellä muualla. Järjestelmä voi myös rohkaista potilasta tekemään harjoitteita ja siten sitoutumaan enemmän hoitoonsa. Footwall antaa myös yleistietoa, kuten kuka on potilaan lääkäri tai hoitaja. (Optum, 2016)

Parkland-sairaalassa ei enää käytetä kotitekoisia kylttejä (Kuvio 6 ja 7) varoittamaan infektoriskeistä potilaiden ovissa, eikä sairaalassa enää täytetä isoja pinoja papereita, joihin potilaiden asioita kirjataan. Hoitajat eivät myöskään enää vastaa kutsupainikkeisiin, kuten aiemmin on sairaaloissa ollut tapana. Sen sijaan 2500 hoitajaa saavat kädessä pidettävät mobiililaitteet, jotka hälyttävät heitä potilaiden tarpeen mukaan, yhdistyvät lääketieteellisiin rekistereihin ja mahdollistavat kommunikaation muiden hoitoa tarjoavien ammattilaisten kanssa. Potilaiden kutsun sijasta hoitajat saavat hälytyksen huoneessa olevan monitorointilaitteiston kautta. Laitteen kautta selviää esimerkiksi, jos potilaan verenpaine on kohoamassa ja muut lääketieteelliset mittaustulokset. Hälytys voi muodostua myös siitä, jos joku esimerkiksi vie vauvan hissiin, johon hänen ei kuulu mennä. Tällöin järjestelmä voi myös lukita hissin oven turvallisuussyistä. (Jacobson, 2014)



**KUVIO 6. Huonekyltti, joka tunnistaa potilaan ja potilaan tilan. (Jacobson, 2014)**



**KUVIO 7. Potilaan tilan ilmoittava näyttö. (Jacobson, 2014)**

Parkland Memorial-sairaala käyttää toiminnoissaan kehittyneintä nykypäivän teknologiaa, mukaan luettuna langatonta kommunikointiteknologiaa varmistaakseen, että sairaala pysyy mukana teknologian kehityksen vaatimuksissa tulevana vuosikymmeninä. Sairaala on täysin digitaalinen ja se sisältää teknologiaa, jota ei ollut vielä saatavilla, kun sairaalan suunnitteluprosessi alkoi vuonna 2008. Yhtenä teknologioista sairaalan arkkitehtuuri käyttää VMWaren virtuaalisen työpöydän ratkaisua ja kyseinen teknologia tarjoaa useita etuja sairaalalle. (Kull, 2017)

Digitaaliseen terveydenhuoltoon siirtyminen ei vaadi mittavia uusia muutoksia infrastruktuuriin. Virtualisointi antaa sairaaloille joustavuutta, jotta ne voivat lisätä uutta kapasiteettia hyödyntämällä aiempia järjestelmiä tarpeen mukaan. VMWare tarjoaa lääkäreille ja muille terveydenhuollon ammattilaisille yksinkertaisen ratkaisun, jossa käyttäjän tarvitsee vain napauttaa ruutua, jolloin vuorovaikutus potilaan kanssa voi alkaa. Potilaiden, hoitajien ja lääkäreiden välillä ei näin ollen ole välimatkaa tai eroa. Kehittyneen teknologian avulla terveydenhuollon ammattilaiset kykenevät työskentelemään tehokkaammin ja antamaan potilaalle enemmän aikaa ja yksilöllisempää hoitoa. (Kull, 2017)

### **2.3.6 Princess Alexandra Hospital**

Princess Alexandra Hospital (PAH) on yksi kolmesta korkea-asteen laitoksista Australian Queenslandissa ja se on myös yksi Australian johtavista opetus- ja tutkimussairaaloista. Sairaala tarjoaa osavaltion laajuisia palveluita sekä palveluita akuutin terveyden kysymyksissä, kuten aivovauriot, raajan amputaatiot, selkäydin, munuais- ja maksasiirännäiset sekä siirtymäkauden kuntoutus. PAH:ssa on myös oma apteekkilaitos, joka on kansallisesti johtava esimerkiksi kliinisissä toteutuksissa, lääkkeiden jakelun innovatiivisissa käytänteissä, tutkimuksessa, koulutuksessa. (Connell)

Princess Alexandra Hospital:sta tuli vuonna 2015 ensimmäinen suuren mittakaavan digitaalinen sairaala Australiassa. Tuleminen digitaaliseksi sairaalaksi saattoi PAH:n terveydenhuollon innovaatioiden ja teknologian kärkipäähän, joiden on tarkoitus johtaa parempaan hoidon tasoon potilaille (Digital Hospital, 2016). PAH:ssa työskentelee 6529 henkilökunnan jäsentä ja sairaalassa on 833 sairaalasänkyä yöpymistä varten. Sairaala hoitaa yli puoli miljoonaa potilasta vuosittain. Sullivanin ym. (2016) mukaan ajatuksena oli rakentaa integroitu digitaalinen sairaala, joka tarjoaa hoitoa kaikilla alueilla, kuten esimerkiksi ensiavussa, sairaalajaksoilla ja avohoidossa. Sairaalassa on digitalisoitu elintoimintojen monitorointi sekä EKG ja niiden mittaama informaatio lähetetään EMR:lle (Kuvio 8) Wi-Fi:n välityksellä välitöntä katselua varten.



**KUVIO 8. Australialaisen PAH-sairaalan digitaalinen potilastietojärjestelmä (EMR).  
(Mitchell-Whittington, 2016)**

Terveydenhuollon tarjoajat ja sairaalat yleensäkin, ovat yhä laajalti riippuvaisia vanhanaikaisista paperipohjaisista järjestelmistä. USA:n ulkopuolella hyvin harvoilla toimijoilla on digitaalinen potilastietojärjestelmä (EMR). Digitaaliset järjestelmät vähentävät inhimillisistä virheistä johtuvia riskejä ja leikkaavat kustannuksia. Potilaiden elintoimintoja monitoroivat laitteet lähettävät mittausdataa lääkäreille ja voivat tehdä hälytyksiä. Tällöin terveydenhuollon henkilökunta voi vastata nopeasti ja tehdä informoidumpia päätöksiä. EMR-järjestelmät voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, mikäli ne toteutetaan väärin esimerkiksi vähentämällä hoitohenkilöstön moraaliala, hoidon laatua ja tehokkuutta. (Momentum)

Alexandran sairaalassa potilaille annetaan tulostetut rannekkeet, joissa on yksilöllinen viivakoodi ja samanaikaisesti elintoimintoja monitoroidaan ja mitattu informaatio tallennetaan ja lähetetään lääketieteelliseen tietueisiin Wi-Fi:n välityksellä. Potilaan data on nyt saatavilla sairaalasängyn äärestä reaaliajassa, EKG- ja tärkeät elintoiminnot kerätään sähköisesti hoitopisteessä ja kerätty data sitten auttaa tukemaan päätöksen tekoa. Todelliset hyödyt voidaan nähdä, kun dataa voidaan käyttää parantamaan hoidon laatua ja terveydenhuollon tehokkuutta. (Momentum)

Princess Alexandra-sairaalassa on otettu käyttöön 3D-tulostus monimutkaisten traumapotilaiden tarpeettomien leikkausten vähentämiseksi. Kirurginen suunnittelu koostuu laajasta murtumien analysoinnista, jotta voidaan vähentää monimutkaisia komplikaatioita ja lisäleikkauksien tarvetta sekä vähentää potilaiden paranemisaikaa. 3D-mallinnuksen avulla lääkärit voivat visualisoida monimutkaisia murtumia ja kohtia, mihin ruuvit ja levyt tulee sijoittaa, jotta on mahdollista pitää luu oikeassa asennossa paranemisprosessin ajan. Pitkälle kehitetty kuvantamisteknologia yhdistettynä 3D-malleihin voi muuttaa lopputulosta yksittäisille potilaille. PAH tutkii 3D-tulostuksen toimivuutta myös muissa tarkoituksissa,

kuten kruunuissa, suukirurgiassa, yksilöllisissä tulostetuissa proteeseissa ja kliinisiin harjoituksiin sopivissa kirurgisissa malleissa. (Innovate)

### 2.3.7 St Stephen's Hospital

UnitingCare on avannut Australian ensimmäisen täysin integroidun digitaalisen sairaalan Hervey Bayhin Queenslandin Frazer-rannikolle. Liittovaltion terveydenhuollon rahasto tuki kyseistä huippuluokan tulevaisuuden sairaalahanketta ja rahallinen tuki oli 47 miljoonaa arvioidusta 87,5 miljoonasta Australian dollarista ja se koostui rakentamisen ja sähköisen terveydenhuollon kuluista. Uusi sairaala avattiin vuonna 2014 ja se on osoittanut potilaille ja lääkäreille, kuinka teknologia voi muuttaa terveydenhuollon kokemuksia. (UnitingCare)

Aluksi sairaalassa on 96 potilaspaikkaa, kuusi munuaisdialyysipaikkaa ja kuusi paikkaa onkologiaa varten. Jatkossa sairaalaa on tarkoitus laajentaa niin, että petipaikat lisääntyvät 132 paikkaan ja jatkossa tulee 180 lisäpaikkaa. Sairaala tarjoaa elintärkeitä lääketieteellisiä ja kirurgisia palveluita sekä ennennäkemättömän potilashoitomallin, joka hyödyttää paljon ympäröivää aluetta. (UnitingCare)

St Stephenin sairaalan ja sähköisen terveydenhuollon projektin tavoitteet ovat:

1. Toimia linjassa osa- ja liittovaltioiden terveydenhuollon aloitteiden kanssa, erityisesti sähköisen terveydenhuoltojärjestelmien alueella.
2. Auttaa UnitingCarea ymmärtämään strategiset tavoitteensa, erityisesti potilasturvallisuuteen ja tyytyväisyyteen liittyvät.
3. Edistää sähköisen terveydenhuollon kehitystä koko UnitingCaren organisaatiossa huippuluokan sähköisen terveydenhuollon ratkaisun avulla.
4. Vakiinnuttaa UnitingCare kansalliseksi sähköisen ja edistyneen terveydenhuollon johtavaksi organisaatioksi.

Uuden digitaalisen sairaalan ominaisuuksia ovat:

- Automaattiset syötteet, jotka siirtävät avainelementtejä potilasdatasta suoraan monitorointijärjestelmistä sähköisiin potilaskertomuksiin (Electronic Medical Record, EMR)
- Reaaliaikaiset liikkuvan klinikan hälytykset koskien allergioita, lääkitystä ja epänormaaleita elintoimintoja ja tuloksia
- Viivakoodilukijat potilaiden lääkitystä varten
- Paikallinen- ja etäyhteys potilaskaavioihin mobiililaitteiden ja tablettien kautta
- Digitaalisen lounaan sekä viihdejärjestelmän tilaus

St Stephenin sairaalan teknisen infrastruktuurin faktoja:

- Yli 2100 datapistettä laitoksessa
- Yli 100 km datakaapelointia
- 11 kommunikaatiohuonetta
- 1 päädatakeskus
- Noin 150 langatonta tukiasemaa
- Noin 1000 sairaalaverkkoon yhdistyvää laitetta
- Kaikilla verkon kytkinlaitteistoilla, kommunikaatiohuoneilla ja datakeskuksilla on kaksoisvirtalähde vikatilanteiden varalta
- Sairaalalla on kaksi generaattoria tärkeimpien teknologisten laitteistojen voiman takaamiseksi vikatilanteissa
- Sairaalassa on myös videokonferenssimahdollisuus
- Potilaiden viihdejärjestelmä sisältää internet-yhteyden, television katselun, videokonferenssit ja aterian tilaamisen sängystä
- Laaja IT-turvallisuus, joka sallii ainoastaan auktorisoitujen laitteiden yhdistämisen sairaalan verkkoon

### **2.3.8 Suleiman AL-Habib**

Suleiman Habibin sairaalaa Dubaissa voidaan pitää hyvänä esimerkkinä tulevaisuuden sairaalasta, sillä kyseinen sairaala hoitaa potilaitaan viimeisimmillä ja parhailla teknologioilla, joita lääketieteellä on käytössään. Esimerkiksi MRI- tai tietokonetomografiakuvauksissa voidaan tunnelmaa parantaa mahdollistamalla erilaisten sisustuselementtien (Kuvio 9) valinnan potilaille. Menettely voi parantaa viihtyvyyttä ja helpottaa tutkimuksien tekemistä, mikäli potilailla on mahdollisia fobioita lääketieteellisiä tutkimusinstrumentteja ja tutkimuksia kohtaan. Viihtyvyyden lisäksi uusinta teknologiaa on sisällytetty kaikkiin 200 sairaalan huoneeseen diagnosoinnin ja suorituksen parantamiseksi, kustannusten laskemiseksi ja ylipäänsä sairaalaympäristön rakentamiseksi paremmaksi paikaksi lääkäreille, radiologeille ja potilaille. (Ge Healthcare)



**KUVIO 9. Tietokonetomografialaitteisto (CT-scan) ja sisustuselementit. (Ge Healthcare, 2016)**

Potilaita ensiapuun kuljettavat sairaankuljettajat käyttävät Googlen laseja kommunikoidessaan paikalla olevien lääkäreiden kanssa reaaliaikaisesti videon ja puheluiden avulla, jotta potilaan tilaa koskeva ajankohtainen tieto voidaan toimittaa ennen kuin potilas saapuu ensiapuun, jolloin tarvittavat valmistelut voidaan tehdä etukäteen. Teollisen internetin voiman hyödyntäminen, lääketieteellisten laitteiden integrointi, digitaalinen data ja IT-järjestelmät antavat lääkäreille voimakkaita työkaluja, joiden avulla potilaiden hoidon lopputulosta ja sairaalassaolon aikaa voidaan parantaa. Lääkärit voivat muun muassa jakaa lääketieteellisen kuvantamisen tuloksia ja muuta diagnostiikkadataa asiantuntijoiden kanssa ympäri maailman toisen mielipiteen saamiseksi, jotta mahdollisimman tarkka diagnosoinnin tulos ja parhaat hoitomuodot potilaille voidaan saavuttaa. Sähköisessä sairaalassa potilastietorekisteri, testitulokset, hoitosuunnitelmat ja muu informaatio ovat tietoturvallisia, mutta kuitenkin terveydenhuollon henkilöstön hyödynnettävissä. (Ge Healthcare, 2016)

### **3 Terveydenhuollon ERP-järjestelmät**

Tässä luvussa käsitellään Enterprise Resource Planning (ERP)-järjestelmiä, jolla tarkoitetaan ohjelmistoteknologiaa, joka helpottaa kommunikaatiota osastojen tai laitoksien välillä organisaatiossa. ERP:n tarkoituksena on saada työntekijät työskentelemään paremmin parantamalla tuottavuutta. Aiemmin ERP-järjestelmiä käytettiin muun muassa valmistavassa teollisuudessa, koska ne ohjelmoitiin ratkaisemaan ongelmia tuotannossa. Nykyään ERP-järjestelmiä kuitenkin käytetään myös muilla teollisuuden alueilla, joista yksi on terveydenhuolto.

### 3.1 Yleistä terveydenhuollon ERP-järjestelmistä

ERP-järjestelmät ovat parantaneet tehokkuutta ja päätöksentekoa maailmassa viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Erityiset räätälöidyt terveydenhuollon ERP-järjestelmät ovat tekemässä vaikutuksen terveydenhuollon organisaatioiden johtoon parannuksilla, jotka ulottuvat aina HR:stä varaston hallintaan. Yhä nousevat kustannukset ja paineet laadun parantamisesta, turvallisuudesta ja pääsystä terveydenhuoltoon ovat vain muutamia haasteita, joita terveydenhuollon organisaatiot kokevat päivittäin. Vanhentuneet paperipohjaiset tietovarastot ja internetistä erillään olevat tietoverkot voivat tehdä terveydenhuollon organisaatioita koskevien haasteiden ratkaisusta lähes mahdotonta. Älykäs ja tehokas tiedon hallinta on siten elintärkeää, jotta terveydenhuollon organisaatiot voivat onnistua olennaisten palveluiden tarjoamisessa. (ThinkTank)

Nykyään ja erityisesti aivan viime aikoina ERP-järjestelmien tarve on nähty yhä kasvavana terveydenhuollon teollisuudessa. HIMMS Analytics Research-tutkimuksen mukaan ERP-markkina-alue on kasvussa ja vain noin 20 % terveydenhuollon organisaatioista on implementoinut ERP-järjestelmän. Tämä ERP-järjestelmien omaksumisprosessin tyhjiö antaa mahdollisuuden ERP-toimittajille myydä ERP-järjestelmiään, taloudellisia sovelluksia ja liiketoimintatiedon (BI eli Business Intelligence) paketteja. Aivan kuin jakelu- ja valmistava teollisuus, sairaaloilla on myös intresseissä parantaa operationaalista tehokkuutta samaan aikaan kuin ne vähentävät työvoima- ja varastokustannuksia. Sairaaloille on myös elintärkeää parantaa informaatio- ja kommunikaatiovirtaa osastojen ja lääkäreiden välillä kyetäkseen tarjoamaan ajankohtaista ja oikeaa hoitoa. Toisin kuin monessa perinteisessä teollisuudessa, epätarkka tai puuttuva informaatio voi terveydenhuollossa maksaa ihmishenkiä. (Cullen, 2017)

### 3.2 Terveydenhuollon ERP-järjestelmien hyötyjä

Terveydenhuollossa ERP-järjestelmät antavat sairaaloille, klinikoille ja pitkäaikaisia terveydenhuollon palveluja tarjoaville laitoksille työkalun tehostaa ja hallita datan keräämistä tehokkaalla ja intuitiivisella tavalla. Tämä antaa kaikille työntekijöille mahdollisuuden hyötyä paremmasta pääsystä elintärkeään informaatioon kuin myös laajentaa kommunikaatiovalmiuksia läpi koko organisaation.

ERP:in avainhyötyjä (ThinkTank) ovat muun muassa:

- HR:n hallinnollisten järjestelmien yksinkertaistaminen, mikä pitää sisällään palkkahallinnon ja HR:n raportit, joiden avulla voidaan työntekijän läsnäoloa ja palkkoja seurata
- Parannettu potilashallintojärjestelmä, joka sisältää räätälöityjä järjestelmiä tapaamisien ajoittamiseen, laskujen prosessointeihin ja potilaiden siirtoihin ja kotiutuksiin



- Integroidut varastonhallinnan kyvyt, jotka mahdollistavat pienemmät varastokatkokset ja kustannukset
- Parannettu toimitusten seuranta käyttäen viivakoodeja, viimeistä käyttöpäivää ja sijaintitietoja

ERP-järjestelmien hyötyjä Cullenin mukaan ovat:

- **Liiketoimintatiedon hallinta (BI):** BI-ohjelmistot auttavat mittaamaan sairaalan operationaalista suorituskykyä tarjoamalla avaininformaatiota budjeteista päättävälle johtajille sekä tietoa tilauksien tilasta ja potilaiden analytiikkatietoa potilaiden vierailuista. Lääkärit voivat myös kokea BI-työkalut arvokkaana etuna oikeanlaisen hoidon tarjoamisessa potilaille oikeaan aikaan.
- **Parempi potilaishoito:** Uusia sairaaloita aukeaa suurin määrin eri puolilla Pohjois-Amerikkaa, joten potilaat (asiakkaat) voivat valita, missä sairaalassa haluavat asioida. Tämä kilpailutilanteen muutos on pakottanut sairaalat ERP-järjestelmän valintaprojekteihin, jolloin he voivat käyttää uusimpia tietokonejärjestelmiä. Tehokas sairaala tulee lopulta parantamaan potilaiden viihtyvyyttä ja tyytyväisyyttä, joka johtaa uusien asiakkaiden saamiseen.
- **Operationaalisten kustannusten väheneminen:** Sairaalat ovat myös liiketoimintaa ja voittoa tuottava organisaatioita. Niiden täytyy kontrolloida operationaalisia kuluja ja kasvattaa voittoja hyödyntäen erilaisia mahdollisuuksia. Sairaalan ERP-järjestelmät auttavat vähentämään yleiskustannuksia integroimalla kokonaisuuksia, kuten laskutusta, rahoitusta, varastoa, tarvikkeita ja HR:aa.
- **Integraatio:** Monet terveydenhuollon järjestelmät (noin 75 – 80 %) käyttävät yhä hyvin vanhoja, hajautettuja ohjelmistojärjestelmiä. Näillä vanhoilla järjestelmillä on monia mukautettuja käyttöliittymiä, jotka ovat vanhentuneita, vaikeita ylläpitää ja kalliita. Tarvetta on integroiduille ERP-järjestelmille, jotka tehostavat informaatiota sairaalan osastojen läpi.

Terveydenhuollon ERP-järjestelmät voivat tehdä elämästä helpompaa sekä työntekijöille että potilaille kaikenkokoisissa terveydenhuollon organisaatioissa. ERP:in hyödyt voivat käsittää niin laadun parantamista kuin pääsyn tiettyihin palveluihin tai kommunikointikanaviin. Yleinen ihmisten terveys ja hyvinvointi ovat epäilemättä tärkeimpiä huolenaiheita. Terveydenhuollon yritysjohto haluaa mahdollistaa lääkäreiden, tutkijoiden ja hoitajien mahdollisimman tehokkaan yhteistoiminnan ja työn korkealaatuisen sekä edullisen terveydenhuollon tarjoamiseksi. Tämä on terveydenhuollon ERP-tarjoajien tärkeimpänä päämääränä. (ThinkTank)

ERP ei ole vain ohjelmistoratkaisu, joka mahdollistaa tiedon tallentamisen tietokoneelle ja sen helpon hakemisen vaan se on paljon enemmän. ERP:n avulla kaikki relevantti tieto on keskitettyä, joka tekee ajan tasalla olevien esimerkiksi liiketoiminnallisten faktojen ja graafien käsittelystä helpompaa. Integroitu menetelmä on turvallisempi kuin useat eri järjestelmät, joihin tietoa on tallennettu, sillä tieto voi kadota sitä siirrettäessä. Lisäksi tiedon analysointi

eri järjestelmistä on aikaa vievää ja kallista. ERP-järjestelmissä kaikki tarvittava tieto voi sijaita yhdessä paikassa, joka tekee tiedon käsittelystä helpompaa. (Inside-ERP, 2016)

Ajan tasalla pidettävät potilaiden tiedot voidaan ERP-järjestelmien avulla tallentaa ja niitä voidaan siirtää terveydenhuollon organisaatioiden välillä, kuten lääkärin vastaanottohuone, ensiapu tai muu sairaalan osasto. Tämä auttaa lääkäreitä tekemään oikeat diagnoosit ja tarjoamaan parasta hoitoa erilaisiin tilanteisiin. Lisäksi datan kerääminen potilaiden tapaamisista, laboratoriotuloksista ja menettelyistä nopeuttaa maksujen saamista vakuutusyhtiöiltä, koska kaikki tarpeellinen informaatio on valmiina saatavilla. (Inside-ERP, 2016)

ERP on myös tehokas työkalu, jonka avulla johtajat voivat tehdä strategisia suunnitelmia, sillä ohjelmisto kykenee näyttämään alueet, joissa parannuksia on mahdollista tehdä, jotta voidaan säästää kuluja ja parantaa yleistä organisaation tehokkuutta. ERP auttaa lääketieteen teollisuutta myös hallinnoimaan talousasioita paremmin. Ohjelmisto pitää kirjaa potilaiden maksuista ja toimitusten sekä palveluiden kuluista. Johtajat voivat vähentää kuluja, jotka ovat aiheutuneet hallinnollisista tai varaston virheistä, koska ERP voi monitoroida varaston tasoja ja varallisuutta tarkasti. Lisäksi ERP kykenee hallinnoimaan hankinta- ja jakelutehtäviä, jotka tavanomaisesti hoitaisi lääkäri tai hoitaja. ERP:n hoitaessa näitä tehtäviä, säästyy terveydenhuollon henkilökunnan aikaa, jota he voivat käyttää potilaiden hoitoon. (Inside-ERP, 2016)

### **3.3 Terveydenhuollon ERP-järjestelmien haittoja**

ERP-järjestelmillä on hyötyjen lisäksi myös haittoja, kuten tiukkojen rutiinien seuraaminen ja määriteltujen prosessien käyttäminen, jotka eivät välttämättä rohkaise muiden vaihtoehtojen käyttämiseen. Organisaatioissa voi myös työntekijöiden keskuudessa esiintyä vastustusta uuden järjestelmän, kuten ERP:in käyttöönotossa. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa uuden teknologian omaksuminen ja etujen ymmärtäminen vievät huomattavan määrän aikaa, jolloin budjetit voivat ylittyä. Virheiden havaitseminen ERP-järjestelmissä voi olla myös vaikeaa ja ne voivat jäädä huomaamatta. Lisäksi ERP on usein kallis hankinta organisaatiolle ja sen hankinta voi sisältää piilotettuja kuluja, kuten henkilökunnan koulutus, integroidun järjestelmän testaaminen, järjestelmän räätälöinti lisäosilla jne. (Mucheleka ym. 2015)

ERP-järjestelmän haittoja (Mucheleka ym. 2015) voivat olla:

- ERP-järjestelmillä saattaa olla liian paljon ominaisuuksia ja moduuleita, joita käyttäjien tulee harkita, vaikka ottavat käyttöön vain tärkeimmät.
- ERP-järjestelmät ovat kalliita toteuttaa ja toteutus voi epäonnistua, mikä voi tulla yritykselle taloudellisesti kalliiksi ja vie resursseja.
- ERP-järjestelmän ylläpito on kallista, koska se vaatii koko järjestelmän ylläpitämistä yhtenä yksikkönä.

- Organisaatiot ovat usein riippuvaisia ERP-palvelutarjoajista, joista riippuvat järjestelmän ylläpito ja tulevat päivitykset.

ERP-järjestelmiä käyttävät organisaatiot ottavat tietoisesti riskin, että heidän ERP-järjestelmänsä hajoaa, joka voi aiheuttaa keskeytyksiä useissa palveluissa.

### 3.4 Terveysthuollon ERP-järjestelmät

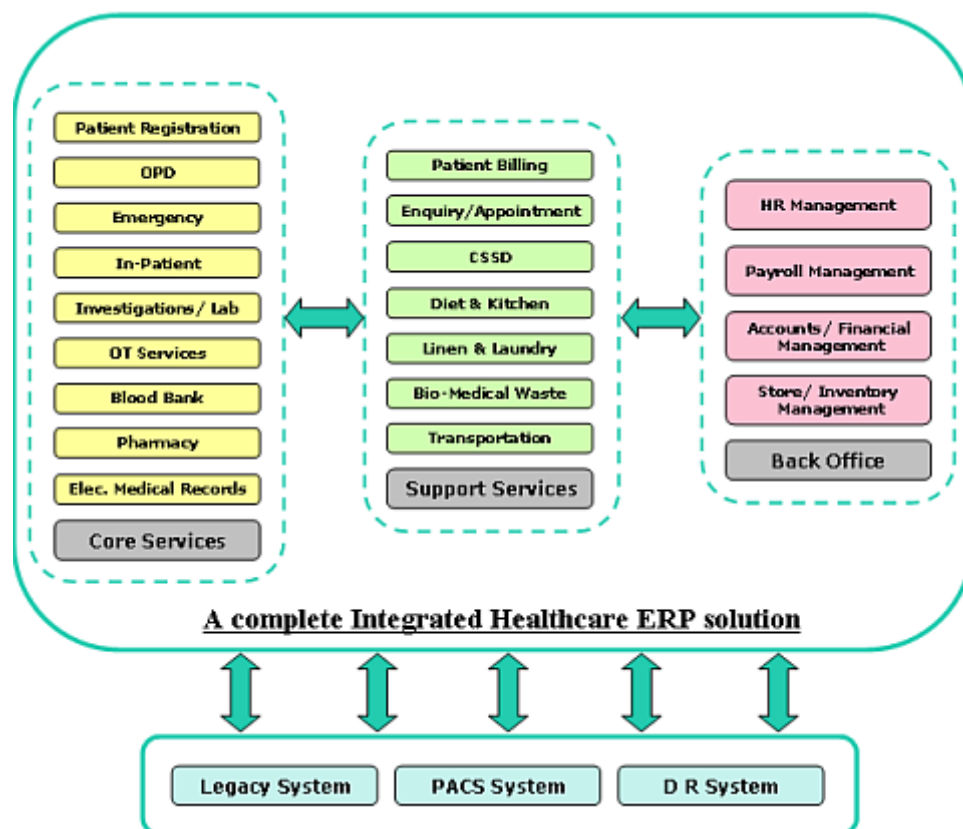
ERP on tulossa yhä suosittumaksi ratkaisuksi useilla eri sektoreilla, eikä terveydenhuolto tee siinä asiassa poikkeusta. Sairaalat tarvitsevat yhä enemmän yhteyksiä, koska informaation kulku on elintärkeää ja sen on tapahduttava oikeaan aikaan. Lisäksi terveydenhuollossa on kyse ihmishengistä, toisin kuin monen muun sektorin alueella voi olla tilanne.

Terveydenhuollon teollisuus on keskittynyt parantamaan terveydenhuollon laatua ja operationaalista tehokkuutta samanaikaisesti vähentämällä kustannuksia ja optimoimalla taustalla olevia (back-end) kustannuksia. Voittojen maksimointi, kustannusten vähentäminen ja saumattoman terveydenhuollon jatkumon saavuttaminen vaatii tehokkuuden parantamista back-end liiketoiminnoissa koko toimitusketjun alueella, varaston hallinnassa, potilassuhteissa, HR:ssä, taloudessa ja laskutuksessa. Se on mahdollista liiketoimintaprosesseja optimoimalla ja käyttämällä teknologiaa, kuten ERP:ta (Kuvio 10) ja implementoimalla ratkaisua. (Profmax)



KUVIO 10. Terveysthuollon ERP ja sen toimintoja. (The Gemini)

Terveydenhuollon integroitu ERP-järjestelmä (Kuvio 11) voi olla seuraavan kaltainen:



**KUVIO 11. Täydellinen integroitu terveydenhuollon ERP-järjestelmä. (Profmax)**

### 3.4.1 Cerner Clinical Solutions

Cerner tarjoaa yhtenäisen sähköisen ratkaisun, joka virtaviivaistaa kliinistä työnkulkua sekä hallintoa, vähentää kuluja, parantaa potilasturvallisuutta ja auttaa palveluntarjoajia huolehtimaan potilaista hoitaessaan liiketoimintaansa. Cernerin ratkaisu mahdollistaa lääkäreiden, hoitajien ja muiden valtuutettujen käyttäjien jakamaan dataa ja virtaviivaistamaan prosesseja koko organisaatiossa. Ratkaisu sisältää liikkuvan sairaanhoidon, kriittisen hoidon, sairaalaoperaatiot, laboratorion, kuvantamisen, infektiön kontrollin, sairaanhoidon, onkologian, pediatrian, farmasian, virtuaalisen sairaanhoidon, naisten terveyden, ensiavun jne.

Cernerin liikkuvan sairaanhoidon ratkaisu tukee potilaita ennakoimaan terveyttään ja terveydenhoitoaan integroimalla digitaalinen potilaiden terveystietojärjestelmän (EHR) ja potilasrekisterin yhteen, jotta kommunikaatio eri palveluntarjoajien kanssa mahdollistuu tietoturvallisten viestien kautta. Cernerin PowerChart EHR varmistaa, että lääkäreillä on oikea informaatio oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa, jotta paras mahdollinen hoitoa koskeva päätöksenteko toteutuu. Järjestelmä mahdollistaa myös turvalliset hoitojen varaukset, tapaamisten muutokset ja kliinisen informaation katselemisen sekä resursoinnit. (Cerner, 2017)

Onkologiassa Cernerin ratkaisu on integroitu EHR-järjestelmään ja ratkaisun avulla palveluntarjoajat pääsevät käsiksi aiempiin liikkuvan terveydenhoidon ja akuutin hoidon kirjauksiin, testituloksiin, kuvantamisdataan, lääkityksiin ja muuhun kliiniseen informaatioon. Kuvantamisratkaisussa tuodaan yhteen lähes reaaliaikainen data ja kuvantamisdata (sydänsairaudet, radiologia ja kliininen data jne.), jotta kokonaisvaltainen kuva potilaan tilanteesta voi muodostua. Cernerin laboratorioratkaisussa tähdätään segmentteihin, jotka ovat kliininen, anatominen patologia ja molekyyli diagnostiikka. Laboratoriotulokset ovat tärkeä alue, sillä 80 % diagnostiikkapäätöksistä perustuu niihin. Laboratorioissa henkilöstö voi käyttää hyväksi RFID-seurantaa, joka auttaa henkilöstöä päivittäisissä operaatioissa, kuten tunnistaminen. Cernerin ratkaisuihin kuuluu myös lääketieteellisiä mobiilisovelluksia, kuten CareAware Connect, FetaLink+, Mobile eSignature ja PowerChart Touch. (Cerner, 2017)

CareAware Connect on lääketieteellinen mobiilisovellus (Apple IOS), joka tukee nopeaa kommunikaatiota, ryhmätyöskentelyä ja älykkäitä hälytyksen hallinnan toimenpiteitä. Sovellus tarjoaa rooleihin perustuvan kokemuksen, joka laajentaa sovelluksen kliinistä arvoa lääketieteen ammattilaisten ja palveluntarjoajien keskuudessa. Sovellus tarjoaa intuitiivisen työkulun, joka tukee puheviestintää, tekstiviestejä ja hälytyksiä. CareAware helpottaa hoitotiimin kommunikaatiota mahdollistamalla nopeat tekstiviestit (quick messages), soitot hoitotiimin jäsenille yksikköpohjaisesta hakemistosta, mahdollisuuden selata hakemistoa ja tarkastaa hoitajan saatavuustilanne sekä vastaanottaa hälytyksiä ja ilmoituksia erilaisista lääketieteellisistä laitteista, sähköisestä terveystietojärjestelmästä tai hoitajien soittojärjestelmistä.

FetaLink+ on lääketieteellinen mobiilisovellus (Apple IOS), joka tarjoaa mobiilin tavan tarkastella Cernerin sairaalajärjestelmän valvontatietoja, jotka ovat saatavilla myös potilaan sängyn ääreltä. Sovellus tarjoaa kattavan potilaslistan, dataa koskien synnytyksiä sekä sikiötä ja äitiä (kuten elintoiminnot). Se mahdollistaa palveluntarjoajille tavan tarkastella kaikkea monitorointidataa tietyltä ajanjaksolta. Sovellus näyttää tiedot myös esimerkiksi lääkityksistä ja terveydenhuollon henkilöstön merkinnöistä.

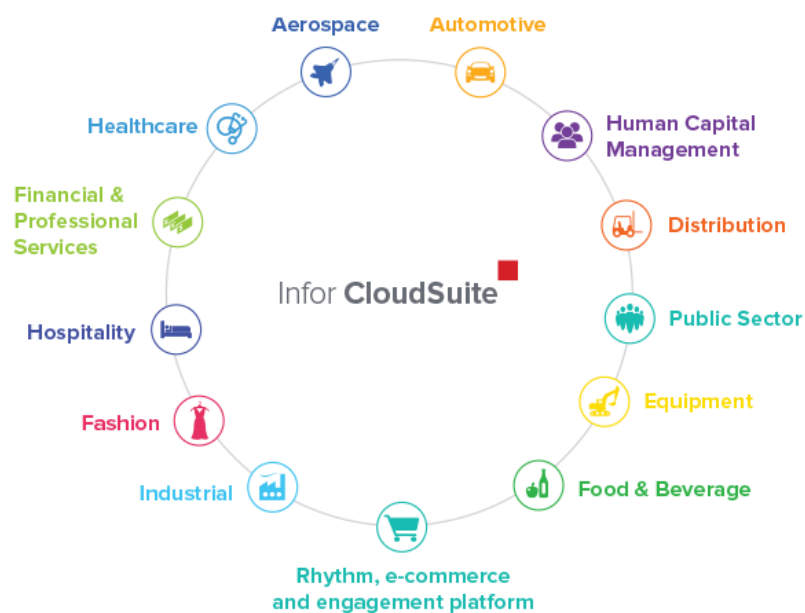
Mobile eSignature (Apple IOS) on mobiilisovellus, joka tarjoaa sähköisen allekirjoituspalvelun ja tukee nopeaa, helppoa ja älykästä työkulkua. Sovellus tarjoaa potilaille tavan allekirjoittaa potilaan hoitoa koskevia tärkeitä suostumuksia. Ominaisuuksia sovelluksessa ovat muun muassa sijaintiin perustuva potilaslista, kaavakkeen valintalista, allekirjoitukset, todistajien leima, yhteenveto jne.

PowerChart Touch (Apple IOS) tukee nopeaa, helppoa ja älykästä työkulkua ja se toimii niin sairaalaympäristön kuin liikkuvan sairaanhoidon alueella. Ominaisuuksia ovat muun muassa ilmoitusten luominen ja allekirjoitus, aikataulujen, potilaslistojen ja potilasgraafien sekä demografisen informaation sekä allergioiden tarkastelu, kuvan ottaminen potilaasta, tilausten tekeminen ja lääketieteellisten tilausten tarkastus. Sovelluksen avulla voidaan myös

määrätä ja uusia reseptit ja tulostaa ne tarvittaessa. Lisäksi sovellus käyttää kliinistä tarkastusta tarkastaa lääkityksien suhteen, jotta ne ovat turvallisia. PorweChart Touch tukee myös sanelutoimintoa, jossa on puheentunnistus. Sovelluksessa on myös tietoturallinen tapa sähköiseen terveystietojärjestelmään kenttäolosuhteissa.

### 3.4.2 Infor Cloud Suite

Infor Cloud Suite (Kuvio 12) on ketterä, tietoturallinen ja joustava pilvipalveluratkaisu, joka tarjoaa ratkaisun myös terveydenhuollon palveluntarjoajille, jotka tarvitsevat ratkaisuja talouden, toimitusketjun, henkilöstöresurssien ja analytiikan sekä BI:n (Business Intelligence) hallintaan. Infor Cloud Suite on USA:ssa laajalti käytetty ERP-ratkaisu ja sitä käyttää 100 terveydenhuollon organisaatiota ja asiakaskunta kattaa yli miljoona käyttäjää. (Infor)



**KUVIO 12. Yleiskuva Infor Cloud Suite ERP-ratkaisusta. (CRM Consulting)**

Infor Cloud Suiten avulla asiakas voi:

- Ajankäytön nopeutumisen ymmärtäminen arvon tuottamisessa: toisin kuin perinteiset järjestelmät, pilvipalveluiden käyttöönotto voidaan toteuttaa viikoissa tai kuukausissa, ei vuosissa
- Innovaatioiden hyödyntäminen: liiketoiminnallisten prosessien muunnos ja optimointi täydellisimpien terveydenhuoltoon erikoistuneiden ratkaisujen avulla
- Parantaa suorituskykyä: automaattiset päivitykset varmistavat ajan tasalla olevat, optimoidut ratkaisut, jotka voivat vastata muuttuvan ympäristön vaatimuksiin

- Tukea usean laitoksen tai osaston operaatioita: ratkaisu tukee reaaliaikaisen datan käyttöä, johon pääsee käsiksi, milloin vain, mistä vain ja joka on helposti laajennettavissa
- Vähentää järjestelmän omistuksen kokonaiskustannuksia: järjestelmän ollessa pilvessä, kalliiden asiakkaan omissa tiloissa olevien servereiden ja laitteistojen ylläpitokustannukset henkilöstökulujen kanssa poistuvat
- Varmistaa tietoturvallisuus ja luotettavuus: pilvipalvelutarjoaja hoitaa verkkojen ja operaatioiden tietoturvallisuuden ja monitoroinnin

Infor Cloud Suiten ominaisuuksia ovat muun muassa organisaation talouden hallinta esimerkiksi projektin laskentatoimi, käteisvarojen hallinta, laskutuksen automaatio), HR (muun muassa työvoiman hankinta ja suorituskyvyn hallinta, automatisoitu palvelutuotanto ja työvoiman hallinta), syväanalytiikka terveydenhuollossa (toimitusketjun, henkilöstön, talouden ja operaatioiden suorituskyvyn monitorointi sekä BI-analytiikka ja Dashboardit), toimitusketjujen hallinta ja toimeenpano (esimerkiksi hankinnasta maksuun prosessin automatisointi, kuljetus, varastointi ja logistiikka), käyttöomaisuuden elinkaaren hallinta (muun muassa varaston kontrollointi, ennakoiva ylläpito, osien hallinta, resurssien ajoitus, ylläpitosuunnitelmien yksityiskohtainen kuvaus, työvoiman käyttö, palvelusopimukset) ja seuraavan sukupolven suorituskyvyn hallinta (strateginen hallinta, suunnittelu ja budjetointi, ennustus, taloudellinen raportointi). (Infor)

### 3.4.3 McKesson

McKesson (McKesson, 2017) ERP-ratkaisu tarjoaa terveydenhuollon organisaatiolle ERP-ratkaisun, jossa on oleellisia toimintoja:

- Kustannustehokas sairaalan toimitusketjun hallinta
- Tiukka fiskaalinen kontrollointi
- Virtaviivainen HCM (Human Capital Management) eli inhimillisen pääoman hallinta

Nykyään toimitusketjujen täytyy olla tehokkaita, sillä budjetit ovat varsin tiukkoja, myös sairaalamaailmassa. Tehottomuus edustaa valtavia vaihtoehtokustannuksia ja kliinisesti se kuluttaa resursseja varsinaisesta hoitotoiminnasta. Sairaalat voivat saavuttaa huomattavia höytyjä vain sillä, että ne muuttavat hankintakäytäntöjään ja hallitsevat resurssinsa paremmin, joka tarvitsee tuekseen parempaa datan yhdistelyä ja analyysiä. (McKesson, 2017)

Toimitusketjun hallinnan analytiikkamoduulin avulla on mahdollista seurata toimitusketjua käyttäen hyväksi liiketoiminnallista analyysiä ja suorituskykymalleja sekä datatyökaluja datan organisoimiseksi ja tulkitsemiseksi. Analytiikkamoduulin avulla on mahdollista tutkia nykyisiä jo solmittuja sopimuksia ja arvioida potentiaalisia tulevia sopimuksia. Pienien vähennyksien

tekeminen varastossa voi tuottaa suuria vähennyksiä koko sairaalan kuluihin. (McKesson, 2017)

Organisaatioiden talousjohtajat tarvitsevat välittömän ja tehokkaan pääsyn avaintietoihin, jotta he voivat varmistaa, että organisaatio toimii tehokkaalla tavalla ja on linjassa strategisten tavoitteiden kanssa. Analytiikkamoduuli tarjoaa tietoturvallisen, Web-pohjaisen taloudellisen ja operationaalisen datan. Moduuli auttaa talousjohtajia hallitsemaan velkoja, projekteja ja liikevaihtoa tuottavaa toimintaa. Moduulin avulla informaatio voidaan esittää interaktiivisessa graafisessa formaatissa, tarjoamalla sekä yhteenvedon ja yksityiskohtaista informaatiota, jota voidaan käyttää hyväksi ymmärtämään avaintekijöitä, suorituskyvyn avaintekijöitä. (McKesson, 2017)

Useat terveydenhuollon organisaatiota ovat huolissaan henkilöstöpolitiikastaan, mahdollisesti ikääntyvän työvoiman tai faktorien, kuten kliiniseen kapasiteettiin suunniteltujen investointien suhteen. Datalähtöinen lähestymistapa päätöksenteossa voi auttaa paremmin saavuttamaan strategiset tavoitteet. Metriikoiden ja analytiikan käyttö voi tuoda organisaatiolle niin taloudellisia kuin strategisiakin säästöjä. McKessonin ratkaisu tähän alueeseen on HR Payroll Analytics, jonka avulla jo olemassa olevia päivittäisiä prosesseja käytetään tuomaan korvaamatonta analyttistä älykkyyttä koko terveydenhuollon alueelle. HR Payroll Analytics mahdollistaa välittömän pääsyn oleelliseen dataan ja se tarjoaa sopivat mittarit työvoiman mittaamiseen koskien muun muassa palkkabudjetteja, tuottavuutta ja muita relevantteja avaintekijöitä. (McKesson, 2017)

McKesson (McKesson, 2017) ERP-ratkaisut auttavat organisaatioita:

- Potilasturvallisuuden ja lopputuloksen optimoinnissa koetettaessa saavuttaa tarvittavia taloudellisia tuottoja.
- Päätöksenteossa, jossa hyödynnetään reaaliaikaista pääsyä liiketoiminnan suorituskyvyn avainmittareihin.
- Suuntaamaan resurssit parhaiden käytänteiden mukaisesti, jolloin saavutetaan parempia taloudellisia lopputuloksia.

#### **3.4.4 Microsoft Dynamics MedAX**

MedAX on kokonaisvaltainen vertikaalinen sairaalaympäristöön kehitetty HIS-(Hospital Information System) liiketoiminta-ratkaisu, joka toimii Microsoft Dynamics AX:n päällä ERP-moduulina. MedAX käyttää kahta eri ympäristöä sairaaloissa yksinkertaistaakseen kaiken lääketieteellisen ja taloudellisen työnkulun. Järjestelmä kattaa kaiken aina datan varastoinnista liiketoimintalogiikkaan asti. MedAX yhdistää strategian ja suorituskyvyn, optimoi ja linjaa resursseja, siinä on myös yhteys erilaisiin teknologioihin ja älykkyyttä.



MedAx:n avulla niin lääketieteelliset kuin back office-toimintojen informaation hallinnan tarpeet on helposti ratkaistavissa. (ETG Consulting, 2013)

Sairaalan tietojärjestelmiin MedAx tuo uuden lähestymistavan, sillä siinä on taustalla tehokas Microsoft Dynamix AX:n perustuva ERP-kehitysympäristö, jota käytetään kehittämään koko sairaalan tietojärjestelmää koskevaa lääketieteellistä liiketoimintalogiikkaa. Tämä tekee MedAx:sta joustavan ratkaisun, sillä kumppanit ja asiakkaat voivat räätälöidä kaikkia sovelluksia toteuttamalla käyttöliittymän (UI), työkulut, raportit jne. Järjestelmän asennukset ovat osa asiakkaan tarpeiden mukaan menevää toteutusprosessia. Sairaaloiden ei tarvitse olla sopivia tietojärjestelmilleen (HIS) vaan tietojärjestelmät tehdään sopivaksi sairaaloille. (ETG Consulting, 2013)

MedAx tallentaa kaiken potilaaseen liittyvän lääketieteellisen informaation, kuten allergiat, vammat, sairaudet ja potilaan leikkaushistorian sekä hoito ja lääkityshistorian, testien ja radiologian tulokset, patologian raportit, havainnot jne. Helppokäyttöinen käyttöliittymä mahdollistaa yksityiskohtaisen potilasinformaation keräämisen fyysisistä kokeista antaen terveydenhuollon henkilöstölle laajan kuvan koskien potilaan aiempaa ja nykyistä lääketieteellistä dataa. Sovellukseen on mahdollista tallentaa huomattava määrä informaatiota, kuten diagnoosit, hoitosuunnitelmat, lääkitykset jne. Hoitosuunnitelmien avulla hoitoprosessia voidaan helposti monitoroida ja tarkkailla. Lisäksi sovellus informoi henkilöstöä ja potilasta tulevasta hoidon vaiheista. (ETG Consulting, 2013)

MedAx tukee myös laajalti avohoidon toimintoja ja sovellukseen voidaan tallentaa kaikki kliininen ja hallinnollinen data, kuten huoneet, sairaalasängyt, sairaalahoidot ja kotiutukset jne. Päivittäiset lääkitykset, dieetit, hoitomääräykset jne. voidaan tallentaa ja niiden prosessi voidaan jäljittää sovelluksesta käsin. Hoitoprosessien hallinnassa auttavat sovelluksen muistutukset ja aikataulutus. Toimenpidesuunnittelutoiminnon avulla voidaan valmistaa henkilöstö ja potilaat toimenpidettä varten. Resurssisuunnittelutoiminnoilla voidaan hallita toimenpide-, potilaiden-, henkilöstön-, lääkäreiden varastohuoneita sekä muita resursseja helposti. (ETG Consulting, 2013)

MedAx:n analyysimoduulissa ovat myös LIS (Laboratory Information System) - ja RIS (Radiology Information System) toiminnot, joiden avulla on mahdollista hallita testituloksia, raporttien malleja, minimi- ja maksimiarvoja, kriittisiä arvoja jne. Raporttimallit voidaan luoda rich text-formaatissa taulukkoina tai kuvina. Data tulee sairaalasta, avohoidosta sekä leikkaushuoneen moduuleilta ja tulokset voidaan lähettää lääkäreille online-tilassa. Kaikki tulokset tallennetaan ja indeksoidaan MedAx-sovelluksessa potilaihin liittyvänä lääketieteellisenä datana ja lääketieteen henkilöstö voi sitten tarkastella tuloksia tarpeen mukaan. Tuloksien perusteella voidaan tehdä analyysyjä sekä monitoroida muutoksia, tulokset esitetään myös graafisesti ja visuaalisesti. Sovelluksessa on myös mahdollista asettaa

hälytyksiä, joiden avulla vastuuhenkilöitä voidaan informoida välittömästi tarpeen vaatiessa. (ETG Consulting, 2013)

MedAx-sovellukseen voidaan yhdistää myös lääketieteellistä laitteistoa ja sovellus voi lähettää testilistoja laitteistoille ja sen jälkeen vastaanottaa mittaustulokset. MedAx mahdollistaa myös jatkuvien hoitojen, kuten fysioterapian tai dialyysin seurannan. Ehkä tärkein MedAx:n ominaisuus on täydellinen integraatio Microsoft Dynamics AX:n (Microsoft ERP) moduulien kanssa. Kaikki sairaalan tarjoamat toiminnot, lääkitykset ja lääketieteelliset toimitukset on määritelty AX:n varstomoduulissa. Yksityiskohtainen AX:n varaston hallinnan toiminto helpottaa tavaroiden jäljitystä ja antaa informaatiota niiden sijainnista, kuluista, siirroista, hankintasuunnitelmista jne. Toiminnon avulla on mahdollista seurata lääkkeiden ja lääketieteellisten varusteiden voimassaoloaikoja, jolloin ne eivät pääse vanhenemaan huomaamatta. (ETG Consulting, 2013)

Kaikkien osastojen ja henkilöstön aktiviteetteja voidaan myös seurata. Käyttäen sisäistä laskutusta tai samantapaisia mekanismeja, voidaan koko organisaation yksiköiden ja operaatioiden toimintaa mitata. Kaikki data tallennetaan tässä tapauksessa vain yhteen sovellukseen ja paikkaan, niin se tekee liiketoimintatiedon (BI) hallinnan toteutuksesta helpompaa ja sitä voidaan käyttää hyväksi korkeamman laadun tuottamisessa. (ETG Consulting, 2013)

Dynamix AX (MedAx:n taustalla) voidaan integroida myös muihin Microsoftin teknologioihin:

- Exchange
- Lync
- Sharepoint

MedAx:ää on testattu ja se voidaan toteuttaa useiden erilaisten järjestelmien kanssa, joita sairaalat käyttävät. Näitä ovat muun muassa:

- Kosketusnäytöt
- Kioskit
- RF ID
- Viivakoodit
- Älykortit

### **3.4.5 Oracle Health Cloud**

Terveydenhuollon teollisuus on kulkenut pitkän tien 20 vuoden aikana kohti integroituja, koko yrityksen laajuisia ERP-ratkaisuja, jotka yhdistävät terveydenhuoltoon erikoistuneita toimintoja parhaiksi havaittuihin käytänteisiin ja työnkulkuun. Nämä ratkaisut käyttävät jaettuja resursseja ja ne voidaan räätälöidä mallintamaan prosesseja, joita terveydenhuolto on aina käyttänyt. Ongelmana kuitenkin on, että räätälöinti ja työnkulun integrointi vaativat

huomattavia työmääriä ja resursseja, jolloin uudenlaisia ratkaisuja oli tarpeen kehittää. (Oracle, 2017)

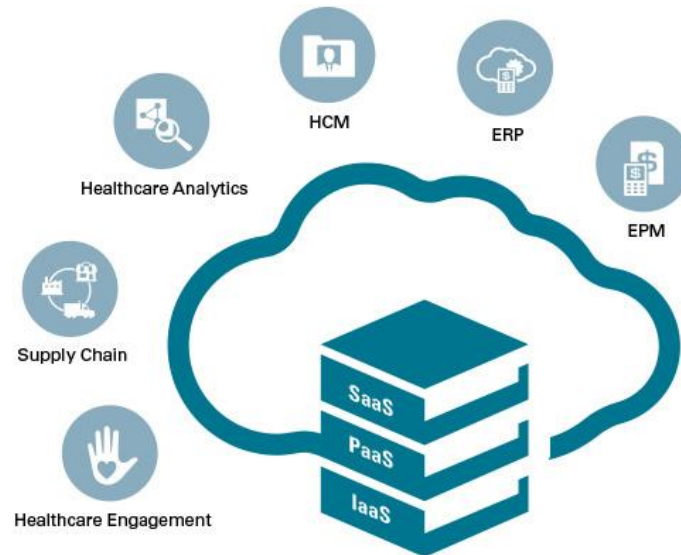
Oracle on kehittänyt pilvipohjaisen integroidun ERP-järjestelmän, joka käyttää hyväkseen parhaita käytänteitä ja innovaatioita sekä vähentää kustannuksia. Oraclen ERP on kokonainen järjestelmä ja mahdollistaa myös muiden pilvipalveluiden ja yrityksen tiloissa olevien järjestelmien yhteiskäytön. Oraclen pilvipalveluun sisältyy muun muassa talouspuoli (financial cloud), hankinta (procurement), projektinhallinta (project management) ja projektin taloudellinen hallinta (project financial management). Näiden avulla on mahdollista hallita laskentatoimea, taloudellista suunnittelua sekä analysointia, liikevaihtoa, riskien hallintaa, hallintoa, valvontaa, hankintaa, projektin suunnittelua, verotuksen raportointia jne. ERP:n avulla voidaan optimoida resursseja, tehdä päätöksiä informaation perusteella ja jakaa informaatiota organisaation laajuisesti. Lisäksi ERP, HCM (Human Capital Management) ja terveydenhoidon Big data voidaan integroida toimimaan yhdessä. (Oracle, 2017)

Järjestelmä kykenee tarjoamaan:

- Analytiikkaa: Terveydenhuollon teollisuuden täytyy varmistaa, että potilasdata on tietoturvallista.
- Turvallisuutta: Arvopohjainen terveydenhuolto vaatii toimiakseen analytiikkaratkaisuja, jotka voidaan integroida muiden järjestelmien kanssa ja tarjota sopivanlaisia kojelautoja (Dashboards) sekä yrityksen ennakoivia ja preskriptiivisiä analyyseja.
- Vähentämään kustannuksia: Moderni ERP-järjestelmä tarjoaa tehokkaan sekä kustannustehokkaan ratkaisun, joka mahdollistaa kulujen paremman ennakkoinnin ilman suurta taloudellista alkupanostusta.

Pilvipohjainen ERP vähentää useampivuotisten projektien kestoa sekä lisäksi runsaan räätälöinnin tarvetta, jotka vähentävät ketteryyttä ja innovointia. Vähentämällä organisaatioiden kuluja ja parantamalla tehokkuutta, moderni ERP-järjestelmä auttaa niitä keskittymään enemmän strategiaan investointeihin alueella, kuten työvoimaa, potilashoittoa, potilaskokemukseen ja väestön terveyteen. (Oracle, 2017)

Oraclen Health Cloud-pilvipalveluun kuuluu ERP:in lisäksi myös HCM (Human Capital Management) eli inhimillisen pääoman hallinta, EPM (Enterprise Performance Management) eli yrityksen suorituskyvyn hallinta, terveydenhuollon analyysi (Healthcare Analysis), toimitusketju (Supply Chain) ja terveydenhuollon sitoutuminen (Healthcare Engagement). Kuviossa 13 havainnollistuu graafisesti Oraclen PaaS-tasoinen terveydenhuollon pilvipalvelu.



**KUVIO 13. Oracle Platform as a Service-taso terveydenhuollossa. (Oracle, 2017)**

Inhimillisen pääoman hallinnan (HCM) tarkoituksena on sitouttaa työntekijöitä ja houkutella parhaita lahjakkuuksia terveydenhuollon organisaatioihin. HCM tarjoaa työntekijöille sosiaaliset ja mobiilit työvälineet ja työnantajalle se tarjoaa strategisen ja informoidun kuvan työvoimasta. Yrityksen suorituskyvyn hallinta (EPM) auttaa päivittäisessä ja tulevaisuuden raportointitarpeissa sekä vähentää merkittävästi ajankäytön tarvetta sekä kustannuksia. EPM:n avulla voidaan saada näkyvyyttä raportointiprosessista ja tilanteesta. EPM myös mahdollistaa tarvittavan järjestelmässä olevan datan integroimisen raportointiin ja sen avulla voidaan hallita ja toteuttaa laajennettua taloudellista päätöksentekoa. (Oracle, 2017)

Oracle Health Cloud tarjoaa myös työkaluja terveydenhuollon analytiikkaa varten ja sen avulla on mahdollista yhdistää dataa erilaisista lähteistä, jotta terveysdata on paremmin hyödynnettävissä. Analytiikan avulla voidaan myös parantaa päätöksentekoa datan visualisoinneilla sekä tehdä yhteistyötä lääkäreiden ja muun henkilöstön kanssa muutoksien aikaansaamiseksi. Oraclen terveydenhuollon analytiikkapalvelut myös luovat datapohjaisen kulttuurin ja parantavat mahdollisuuksia onnistua toimimaan Oraclen BI (Business Intelligence eli liiketoimintatiedon hallinta) pilvipalveluiden kanssa. (Oracle, 2017)

Toimitusketjun suunnittelu (Supply Chain Planning) mahdollistaa parempien päätösten tekemisen nopeammin käyttäen suunnittelumallia, joka kontrolloi koko toimitusketjua. Toimitusketjun suunnittelu auttaa kehittymään materiaalivaatimusten suunnittelusta (MRP eli Material Resource Planning) moderniin, konfiguroitavaan ja integroituun materiaali- ja kapasiteettisuunnitteluun. Työkalun avulla on mahdollista mallintaa toimitusketjun monimutkaisuuksia ja tehdä päätöksiä paremmin. Suunnittelu-aikaa voidaan vähentää automaation ja optimoinnin avulla sekä suunnittelijan tuottavuutta lisätä poikkeushallinnan ja syyanalyysin avulla. (Oracle, 2017)

Oracle Health Cloud tarjoaa työkalun myös henkilöstön sitouttamiseen ja sen avulla voidaan rakentaa ja tukea potilas-lääkäri suhteita, vähentää telelääketieteen kustannuksia online-pohjaisilla potilashaastattelulla ja älykkäällä reitityksellä. Työkalu auttaa markkinoijia sitouttamaan ja parantamaan potilaiden tietoisuutta palvelusta. (Oracle, 2017)

### 3.4.6 SAP

SAP solutions tarjoaa terveydenhuollon organisaatioille yksilölliseen hoitokokemukseen tähtäävän ohjelmistoratkaisun, johon sisältyy potilashoito, terveydenhuollon analytiikka ja tutkimus, rahoitus, hankinta, HR ja hoitoyhteistyö. SAP solution tarjoaa reaaliaikaisen pääsyn relevanttiin informaatioon hoitopaikassa, mahdollistaa informaation vaihdon potilaiden ja hoidon tarjoajien välillä sekä hyödyntää täyttä näkyvyyttä operationaalisessa tuessa. (SAP, 2017)

Potilashoitoon kuuluu hoitopalveluiden toimitus ja potilashallinto sekä laskutus. Hoitopalveluiden toimitus auttaa asiakkaita diagnosoimisen (dokumentoi potilashistorian tekstien, kuvien ja puheen avulla tukeakseen diagnosoimista ja käynnissä olevaa hoitoa) ja hoidon toimintojen koordinoimista (suunnitella, tilata ja dokumentoida diagnostiikkaa, kirurgisia ja terapeuttisia palveluita resurssien kohdistamiseksi) kliinisissä tilauksissa ja/tai hallinnossa sekä mobiilien sähköisten potilasjärjestelmien (tarjoavat ajantasaista informaatiota potilaista ja tukevat tehokasta kliinistä tiedon syöttöä hoitotilanteissa) kanssa. (SAP, 2017)

Hyötyinä parantuneista hoitopalveluiden toimituksesta voidaan mainita muun muassa:

- Paremmiin informoidut hoitopäätökset sekä parantunut pääsy kliiniseen dataan
- Parantunut kliinisten operaatioiden tehokkuus
- Parantunut potilasturvallisuus vahvemman päätöksenteon tuen ansiosta
- Tehostetut järjestelmät hoitoa ja kliinisiä analyysejä varten

Potilashallinto- ja laskutusratkaisut parantavat kassavirtaa käsittelemällä potilashallintoa ja laskutusta tehokkaammin SAP-ohjelmiston avulla. Ne lyhentävät rekisteröintiä potilaiden rekisteröinnistä tilitykseen saakka tarkastamalla, koodaamalla ja laskuttamalla saatavia sopiville maksajille. Ratkaisu parantaa suoritusnopeutta potilaiden suhteen suunnitteleamalla potilastapaamiset sopivasti linjaan lääketieteellisten- ja liiketoiminnan prioriteettien kanssa. Ratkaisu auttaa myös paremmin hallinnoimaan henkilöstö- ja potilasresursseja sekä dokumentoimaan potilaspalveluita nopeuttaakseen maksuprosessia. (SAP, 2017)

Potilashallinto- ja laskutusratkaisujen hyötyjä ovat:

- Lyhyempi aika rekisteröinnistä saataviin kassavirran parantamiseksi
- Tehokkaampi suunnittelu ja resurssien käyttö, joka johtaa lyhyempiin odotusaikoihin ja korkeampaan suoritustehoon potilaiden suhteen
- Vahvempi ja parempi valvonta laillisten vaatimusten ja analytiikan tuella

SAP solution terveydenhuollon analytiikka ja tutkimus muodostuu terveydenhuollon analytiikasta, lääketieteellisestä tutkimuksesta ja ”yhdistyneestä” terveydestä. SAP tarjoaa yhdistyneen analytiikkamallin hallinnolliseen ja kliiniseen dataan, joka muuntaa suuria määriä dataa erilaisista lähteistä toiminnalliseen muotoon. Kokonaisvaltaisesta potilashoidosta tulee edullista ja tehokasta hoidon tarjoajien potilasvuorovaikutuksen hallinnan myötä. Analytiikkaratkaisu sisältää rajapinnat yleisille relaatiotietokantojen hallintajärjestelmille ja BI (Business Intelligence) toiminnoille. Tarkoituksena on, että sairaalat saavat täten tuotettua parempia tuloksia ja saavat potilaat tyytyväisemmäksi. (SAP, 2017)

SAP:n lääketieteellinen tutkimusratkaisu auttaa asiakkaita tekemään potilasanalyysejä (tunnistaa potentiaalisia kandidaatteja lääketieteellisiä kokeita ja analyyseja varten), tarkastella potilashistoriaa ja visuaalinen konfiguraatio (päästä käsiksi lääketieteelliseen tutkimusdataan räätälöimällä visualisoinnit tarpeen mukaan). (SAP, 2017)

Hyötyjä SAP:n lääketieteellisestä tutkimusratkaisusta ovat:

- Helposti ymmärrettävät visuaaliset esitykset tuloksista, joiden avulla voidaan tunnistaa trendejä ja korrelaatiota
- Nopeammat päätökset koskien kliinisiä kokeita perustuen järjestelmän matching-ominaisuuksiin
- Suurempi määrä tutkimushypoteeseja

SAP:n yhdistynyt terveystarvratkaisu (Connected Health Solution) muodostaa yhdistyneen terveystalustan tarkkuuslääketiedettä (precision medicine) varten. Tarkoituksena on yhdistää ja tehdä reaaliaikaisia analyysejä eri lähteistä tulevasta kliinisestä- ja genomidatasta avoimen ja tietoturvallisen alustan avulla. Lisäksi oleellista on saada kokonaisvaltainen kuva lääketieteellisestä datasta. Ratkaisu optimoi potilastuloksia tarkkuuslääketieteen ja ennaltaehkäisevän tuen avulla. (SAP, 2017)

### 3.4.7 Syspro ERP lääketieteellisille laitteille

Syspro on vuonna 1978 perustettu ohjelmistoyritys, joka toteuttaa integroituja liiketoimintaohjelmistoja sekä laskentatoimen, valmistuksen ja jakelun operaatioita eri teollisuusaloilla. Eräs merkittävä liiketoiminnan alue Syspro:lle on ERP (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmät. Syspro on johtava maailmanlaajuinen pilvi- ja

mobiililiiketoiminnan sekä ERP-ohjelmistojen valmistaja ja jakelija, joka on viime vuosina aloittanut panostuksen terveydenhuollossa, lääketieteellisten laitteiden sekä lääkkeiden ja biotieteiden alueella. Syspro:lla on enemmän kuin 14 500 lisensioitua asiakasta yli 60 maassa ja se on yksi johtavista ERP-järjestelmien toimittajista. (Baker, 2013)

Lääketieteellisiä laitteita valmistavilla yrityksillä on tietynlaisia piirteitä ja ne kohtaavat ainutkertaisia haasteita, jotka on käsiteltävä, jotta yritys voi pysyä kilpailukykyisenä. Syspro tarjoaa joukon oleellisia avainmoduuleita, joita organisaatio tarvitsee liiketoiminnan operoimiseen. (K3Syspro)

Moduulit ovat:

- Kassavirtojen ennustus (Cashflow Forecasting)
- Kauppatavaran palautus (Return Merchandise)
- Materiaali (Bill of Material)
- Tekniikan muutoksen hallinta (Engineering Change Control)
- Toimistoautomaatio (Office Automation)
- Vaatimusten suunnittelu (Requirements Planning)
- Varaston optimointi (Inventory Optimisation)

Innovointi ja uusien tuotteiden kehittäminen sekä tutkimus ovat elintärkeitä teollisuudelle. Uusien tuotteiden suunnittelu ja aiempien muokkaaminen sekä prosessin ajan lyhentäminen ovat kriittisiä tekijöitä pysyttäessä kilpailukykyisenä ja voittoa tuottavana. Syspro tarjoaa työkaluja uusien tuotteiden esittelyyn ja aiempien tuotteiden muokkaamiseen asiaankuuluvilla kustannuksilla. Tekniikan muutoksen hallinta-moduuli mahdollistaa tiukan kontrollin markkinoiden suunnitteluprosesseissa tarjoamalla integroidun sääntöihin perustuvan sähköisen työnkulun valvontajärjestelmän, jossa on täysi versiokontrollointi. Se on tietoturvallinen ja siinä on myös tarkastettavissa oleva historia. (K3Syspro, 2017)

Syspron kauppatavaran palautukseen liittyvä moduuli mahdollistaa nopean asiakaspalautuksien prosessoinnin ja korjaavat toimenpiteet, kuten vastaanottaminen, vaihto, ristiinkuljetukset, korjaukset, jätteet ja hyvitykset kuin myös palautuksien kulut ja uudelleen varastoinnin toiminnot. Moduuli sisältää myös kattavan raportoinnin ja analysoinnin. Näkymä asiakastietojen historiaan mahdollistaa nopean ja tarkan transaktioiden valinnan sekä tuotteen versiotason, takuupäivien, hintojen ja määrien tarkastuksen. (K3Syspro, 2017)

Syspron ERP auttaa myös toteuttamaan virheetöntä prosessia mahdollistamalla prosessiautomaation, joka monitoroi tuotteen laatua. Järjestelmä helpottaa jatkuvien parannusohjelmien toteuttamista auttamalla löytämään laatuongelmia niiden tapahtuessa. Eheyttä ja luotettavuutta tuotesuunnittelussa ja versioinnissa voidaan vahvistaa varaston kattavilla toiminnoilla. Materiaali- ja tekniikan muutoksen hallinnan moduulit yhdessä

tarjoavat keskitetyn valvonnan ja näkyvyyden tuotteen elinkaareen varmistamalla, että kaikki toimijat, jotka vaikuttavat tuotteen elinkaaren hallintaan (PLM eli Product Lifecycle Management), työskentelevät yhteistyössä. (K3Syspro, 2017)

Syspron vaatimusten suunnittelun moduuli auttaa hallitsemaan tasapainoa tarjonnan ja kysynnän välillä. Moduuli käyttää ennustettua ja todellista kysyntää ja tarjontaa suunnitellessaan ja luodessaan realistisen tuotannon, hankinnan ja toimituksen aikataulutuksia. Lisäksi se tunnistaa kapasiteettirajoitteet ja ylläpitää optimaalista varastotilannetta useissa eri varastoissa yhtä aikaa. Materiaalivaatimusten suunnittelu (MRP eli Material Requirements Planning) auttaa pienentämään varastoja, parantamaan valmistuksen tuottavuutta ja helpottaa kassavirtaa. Moduuli siis auttaa optimoimaan kapasiteettia, parantamaan suorituskykyä ja vähentämään jätteitä ja muuttuvia kustannuksia. (K3Syspro, 2017)

Kassavirtojen ennustuksen moduuli helpottaa valuuttapohjaisten kassavirtojen tehokasta ennustamista tarjoamalla työkalun useiden online-tilassa toimivien kassavirtamallien luomiseksi erilaisesta sisäänpäin ja ulospäin virtaavista datoista, kuten tulevaisuuden saamiset, velat, myynnit, hankinnat, kysynnän ennusteet, materiaalivaatimukset, budjetoidut kulut ja käyttäjän määrittelemät ennusteet. Informaatio esitetään visuaalisesti graafein ja listoin muokattavissa ikkunoissa. Lisäksi järjestelmä tarjoaa yksityiskohtaista dataa ja joukon kyselyitä sekä raportteja, jotta tehokaiden rooleihin perustuvien kassavirtojen hallinnan toimintojen käynnistäminen voi mahdollistua. Tällaisia ovat muun muassa toiminnot, kuten määräyty, miten rahaa maksetaan tai kerätään ja milloin. (K3Syspro, 2017)

Syspron varaston optimoinnin ja ennustuksen moduuli auttaa minimoimaan ennustuksesta johtuvia virheitä ja hallitsemaan kausiluonteisuutta, siten auttamalla käyttäjää vähentämään varastoinvestointeja ja parantamalla tilausten täyttämisen suorituskykyä. Moduulia voidaan laajentaa ominaisuuksilla, kuten erilaisilla aikatauluindikaattoreilla ja milloin tuote on saatavilla. Tämä antaa organisaation myynnille kuvan, mitä he voivat luvata ja milloin. Syspron MRP antaa käyttäjälleen selkeän kuvan nykyisestä ja tulevasta kysynnästä ja tarjonnasta, jolloin parempia osto- ja tuotantopäätöksiä voidaan tehdä sekä vähentää ylimääräisiä ja vanhentuneita varastoja. (K3Syspro, 2017)

### **3.4.8 Workday**

Workday ERP-ratkaisu yhdistää HR:n, talouden ja toimitusketjun yhteen, kehittyvään alustaan, jonka toiminnot ovat suunniteltu vastaamaan terveydenhuollon palveluiden tarjoajien tarpeisiin. ERP-ratkaisu koostuu talouden hallinnasta (Financial Management), inhimillisen pääoman hallinnasta (HCM eli Human Capital Management), suunnittelusta (Planning) ja toimitusketjusta (Supply Chain Management). (Workday, 2017)



Talouden hallinnan toiminto tarjoaa näkymän taloudellisesta suorituskyvystä reaaliajassa sekä kattavat taloudelliset ja operationaaliset raportit. Toiminto mahdollistaa myös globaalien toiminnan koskien tilejä, globaalia verotusta, maaspesifisiä konfiguraatioita, kieliä, dokumentointia, kirjanpidon säännöstöä (US GAAP, IFRS, GASP) jne. Toiminnon avulla on mahdollista automatisoida ja kontrolloida kassavirtaa, hallita liikeomaisuutta, toteuttaa reaaliaikaista taloudellista raportointia ja käyttää kontrolleja (adaptoituminen, auditointi, omaksuminen). (Workday, 2017)

Talouden hallinnan toiminnon avulla voidaan hallita:

- Avustuksia
- Johdon raportointia
- Hankintoja
- Kuluja
- Laskentatoimea ja rahoitusta
- Projekteja
- Varastoa

Workdayn inhimillisen pääoman hallinta (HCM) tarjoaa tehokkaan ja intuitiivisen tavan organisoida, hankkia henkilöstöä ja maksaa globaalisti työvoimalle yhdessä järjestelmässä. HCM antaa mahdollisuuden modifioida organisatorisia rakenteita ja analysoida työvoimaa käyttäen joustavaa organisaation hallintaa, hallita koko työvoimaa (myös satunnaiset työntekijät) sekä oikeuttaa käyttäjät konfiguroimaan, hallinnoimaan ja optimoidaan liiketoiminnallisia prosessejaan. (Workday, 2017)

HCM:n avulla on mahdollista hallita:

- Aikaa ja poissaoloja
- Henkilökuntaa
- HR:ää
- Hyötyjä
- Korvauksia
- Kykyjä
- Oppimista
- Rekrytointeja

Workdayn suunnittelutoiminnolla on mahdollista yhdistää organisatorisen, työvoiman ja talouden datan yhdeksi saumattomaksi järjestelmäksi, jota hyödyntäen on helppo tehdä budjetteja ja suunnitelmia koskien esimerkiksi henkilöstömääriä, palkkoja, liikevaihtoa, organisaatorakennetta jne. sekä tehdä järjestelmän puitteissa ennustuksia koskien tulevaisuutta. (Workday, 2017)

Workdayn toimitusketjujen hallinta käsittää hankinta- ja varastotoiminnot, jotka ovat osa talouden hallinnan sovellusta. Toimintojen avulla terveydenhuollon toimitusketjujen johtajat

voivat tehostaa täydennyksiä ja lisätä hankintojen sisäistä valvontaa. Hankintatoiminto kontrolloi kustannuksia, vähentää sopimuksen ohi tapahtuvia ostoja ja tunnistaa säästöjä sekä taloustietoja yhdessä pilvipohjaisessa järjestelmässä, jolloin käyttäjä saa automatisoidun ja saumattoman prosessin tavaroiden ja palveluiden hankintoja, varastointia, jäljittämistä ja täydentämistä varten, joiden avulla potilashoitoa on mahdollista tukea. Hankintatoiminto myös tarjoaa organisaatiolle informaatiota kulutustrendeistä, jotta ne voivat tehdä strategisia päätöksiä hallitakseen kuluja, minimoidakseen hankintalinjausten ulkopuolella olevia kuluja ja tukeakseen kasvualoitteita. (Workday, 2017)

## 4 Ennakoiva terveydenhuolto ja päälle puettava teknologia

Tämä luku käsittelee ennakoivaa eli proaktiivista terveydenhuoltoa ja päälle puettavaa teknologiaa informaatioteknologiaan painottuen. Luvussa määritellään kursorisesti ennakoiva terveydenhuolto, käsitellään ennakoivan terveydenhuollon trendejä, päälle puettavaa teknologiaa ja sen omaksumisprosessia sekä esitellään muutamia lääketieteellisiä päälle puettavia laitteita ja unidiagnostiikkaan liittyviä teknologisia ratkaisuita ja sensoreita.

Ennakoiva terveydenhuolto hyötyy paljon erilaisista teknologisista ratkaisuista, kuten esimerkiksi kuntoilun tai terveydenhuollon tarkoituksiin valmistetuista sensoreista, jotka mittavat käyttäjiensä elintoimintoja, kuten esimerkiksi sydämen sykettä, veren sokeritasapainoa, monitoroivat unta ja lepoa sekä riittävää aktiivisuutta tai jopa auttavat kivun lievityksessä. Käyttäen hyväksi soveltuvaa päälle puettavaa teknologiaa sairaalajaksot voivat lyhentyä ja toimivampi avohoito mahdollistua. Lisäksi päälle puettavaa lääketieteellistä teknologiaa voidaan käyttää tulevien sairauksien ennakointiin, jolloin muun muassa elintapoihin on vielä mahdollista puuttua.

Kehitys päälle puettavien laitteiden alueella on nopeaa ja uusia innovatiivisia ratkaisuita tulee jatkossa yhä enemmän ja yhdistettäessä ne sopivasti sähköiseen sairaalaympäristöön, voidaan saada aikaiseksi mahdollisesti merkittäviäkin säästöjä hoitokuluissa, lisäksi terveydenhuollon henkilöstön työtyytyväisyys paranee. Kehittyneiden teknologisten ratkaisuiden välityksellä potilaat saavat lisää informaatiota tilastaan ja hoito-ohjelmastaan, unohtamatta kuntoiluun liittyvää informaatiota.

### 4.1 Ennakoivan terveydenhuollon määritelmä

Lähes kaikki terveydenhuollon muodot on mahdollista jakaa kahteen eri kategoriaan, jotka ovat reagoiva ja ennakoiva. Reagoiva terveydenhuolto tarkoittaa haitalliseen sairauteen, vammaan tai oireeseen reagointia, joka on tyypillinen toimintatapa ihmisille. Reagoivassa tavassa sekä potilas että lääkäri reagoivat sairauden tai vamman oireisiin. Ennakoiva eli proaktiivinen terveydenhuolto eroaa reagoivasta siten, että reagointi tapahtuu jo ennen oireita. Potilas voi proaktiivisessa lähestymistavassa ottaa esimerkiksi C-vitamiinia, antioksidantteja tai juoda paljon nesteitä jo ennen flunssaoireiden puhkeamista ja siten kasvattaa immunitteettia. (Summit, 2015)

Terveydenhuoltomenot esimerkiksi USA:ssa on arvioitu olevan kolme biljoonaa USA:n dollaria vuosittain, joka on suunnilleen tuplasti verrattuna muihin kehittyneisiin kansakuntiin. Kulut leikkauksista, lääkkeiden määräämisistä tai muista hoitomuodoista jatkaa nousuaan ja aiheuttaa valtavan taakan potilaille ja heidän perheilleen. Kuluja ei voi täysin eliminoida, mutta kulujen alentamiseen on keinoja ja yksi niistä on ennakoiva eli proaktiivinen terveydenhuolto. (Summit, 2015)

Tyypillisiä proaktiivisen lähestymistavan terveyttä ylläpitäviä keinoja ovat muun muassa tupakoimattomuus, painon pitäminen kurissa, fyysisesti aktiivisen elämäntyylin ylläpitäminen, 7 – 8 tunnin keskeytyksettömät yöunet, säännölliset terveystarkastukset. Ennakoivan terveydenhuollon lähestymistavan noudattamista auttavat proaktiivisen terveydenhuollon päälle puettavat laitteet, jotka mittaavat käyttäjänsä tärkeitä elintoimintoja. Laitteista on tulossa lääketieteellisesti yhä tärkeämpiä ja olennaisempia potilashoidolle, tosin myös potilailta vaaditaan proaktiivisempaa lähestymistapaa terveysasioihinsa. Proaktiivisten päälle puettavien laitteiden leviämistä edesauttaa yhä halventuvat hinnat ja lääkäreiden esimerkki laitteiden käytön omaksumisprosessissa. Tässä luvussa käsitellään hieman ennakoivaa terveydenhuoltoa ja päälle puettavia proaktiivisia lääketieteellisiä laitteita.

## 4.2 Ennakoivan terveydenhuollon trendit

Informaatioteknologia terveydenhuollossa kehittyä valtavalla vauhdilla silmiemme edessä ja yhteen sopimattomat järjestelmät ja dataan pääsyn ongelmat ovat olleet pitkään ongelmina. Nykyisin datan käytettävyys ja analytiikka koko organisaation laajuudessa ovat nousemassa tärkeiksi asioiksi, joiden avulla voidaan tehostaa terveydenhuollon prosesseja, parantaa hoitojen diagnooseja ja vaikuttaa yleiseen työ- ja asiakastyytyvyyteen. Ennakoivasta mallinnuksesta on nopeasti tulossa täysin sähköisen terveydenhuollon organisaation komponentti yhteistyössä potilaiden ja yhteisöjen kanssa, joita terveydenhuollon alueen organisaatiot palvelevat. Lisäksi terveydenhuollon tietueiden digitalisointi on avannut tietä informoidummalle, innovatiivisemmalle ja henkilökohtaisemmalle hoidon mallille. (Ratchinsky, 2016)

Suojatun terveydenhuollon alueen datan digitalisointi tulee muuttamaan pelikenttää esimerkiksi henkilökohtaisessa personoidussa lääketieteessä, lääketieteellisissä innovaatioissa, etsimällä ja ottamalla käyttöön parhaita käytäntöjä, genomimallinnuksessa. Lähes välittömästi digitaaliset potilastietojärjestelmät auttavat terveydenhuollon ammattilaisia tunnistamaan varoitusmerkkejä potilaille, jotka voivat kärsiä merkittävistä terveysongelmista. Tämä voi johtaa merkittäviin säästöihin, mikäli kalliit hoidot ja sairaalajaksot voidaan välttää. (Ratchinsky, 2016)

Tärkeää on saada oikea data terveydenhuollon ammattilaisille, data-analytikoille ja tutkijoille, silloin kuin he sitä tarvitsevat ja oikeaan aikaan, jolloin uusia toimintatapoja ja väestön terveyden trendejä voi löytyä. EHR-järjestelmien omaksuminen on kuusinkertaistunut vuodesta 2009, kun hallitus alkoi maksaa kannustimia lääkäreille. Nykyään lähes globaali pääsy terveydenhuollon tietojärjestelmiin tekee ympärivuorokautisesta etähoidosta mahdollista ja suurentaa mahdollisuuksia saada esimerkiksi toinen mielipide toiselta terveydenhuollon ammattilaiselta (lääkäri) tai päästä käsiksi perusteltuun lääketieteelliseen tutkimukseen. EHR-data auttaa sairaalan hallintoa ymmärtämään

paremmin, kuinka parantaa yleistä yhteisön terveydentilaa allokoimalla sisäisiä resursseja parhaimmalla mahdollisella tavalla. (Ratchinsky, 2016)

Mahdollisesti jo lähitulevaisuudessa näkymätön monitorointitekniologia tulee muuttamaan pelikenttää etenkin vanhempien potilaiden sekä lapsien ollessa kyseessä, sillä he ovat usein ryhmä, joilla on ongelmia olla fyysisesti kiinni EKG-elektrodeissa. Sairaalat joutuvat kategorisoimaan potilaitaan hoidon kiireellisyyden mukaan johtuen hoitohenkilöstön pulasta ja budjettien pienyydestä. Hoitajilla saattaa olla huomattavakin määrä potilaita hoidettavana yhtäaikaista ja väärää hälytyksiä voi tulla. Joissain tapauksissa oikeat hälytykset hukkuvat väärin joukkoon, jolloin voi tulla tilanteita, joissa heikkokuntoinen potilas saattaa koettaa nousta sängystä ja pudota aiheuttaen itselleen vammoja, joita ei aiemmin kenties ollut. Yksi tapa sairaaloille välttää näitä ongelmia on ottaa käyttöön proaktiivinen potilasmonitorointijärjestelmä, joka kykenee jatkuvasti mittaamaan potilaan terveydentilaa ja analysoimaan sitä. (Woods, 2017)

Yksi houkuttelevimmista ominaisuuksista on kehittynyt monitorointitekniologia, joka on näkymätöntä. ”Näkymätön”-käsite tarkoittaa tässä tapauksessa mahdollisuutta käyttää kontaktitonta sensoriratkaisua, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi maton alle tai nojatuolin käsinojaan mittaamaan sydämen sykettä, hengitystiheyttä ja liikettä. Monitorointi voi olla myös langatonta, jolloin EKG-mittausten yhteydessä potilaiden ei ole tarvetta olla kiinni johdoissa. Mikäli näitä parametreja mitataan yhtäaikaista, ne voivat mahdollistaa varoituksen saamisen jopa useampaa tuntia etukäteen ennen kuin hoitoa vaativa lääketieteellinen tilanne, kuten sydänkohtaus, on päällä. Tutkimuksien mukaan on mahdollista, että varoitus voi tulla jo kahdeksan tuntia ennen potentiaalista henkeä uhkaavaa tilannetta. Ennakoivat toimenpiteet voivat ehkäistä vaarallisia putoamisia jopa 43 % ja makuuhaavoja jopa 63 %. Lisäksi päivittäisten hälytysten määrä voi vähentyä enemmän kuin 90 %, jolloin suuresta osasta väärää hälytyksiä voidaan päästä eroon ja keskittyä enemmän olennaisiin hälytyksiin. (Woods, 2017)

### **4.3 Yleistä päälle puettavasta teknologiasta**

Päälle puettavaa teknologiaa on usein kutsuttu yhdeksi suurimmista Internet of Things (IoT)-sovelluksista. Laitevalmistajat, kuten Fitbit ja muut samankaltaiset yritykset mahdollistavat henkilökohtaisen terveyden ja aktiviteetin sekä kuntoilun seurannan, mikä oli aiemmin mahdotonta. Älykellot (Kuvio 15) tuovat älypuhelin tekniikkaa suoraan käyttäjän ranteeseen. Terveydenhuollon teollisuus on yksi suurimmista toimijoista, joka kiihdyttää päälle puettavien laitteiden markkinoita, sillä kuluttajien sekä ammattilaisten teknologiset trendit rohkaisevat siihen suuntaan. (Meola, 2016)

Kuntoilun seurantasovellukset ylipäänsä ovat johtava kuluttajasegmentti päälle puettaville laitteille, koska useimmat kuluttajat käyttävät päälle puettavia laitteita tallentamaan

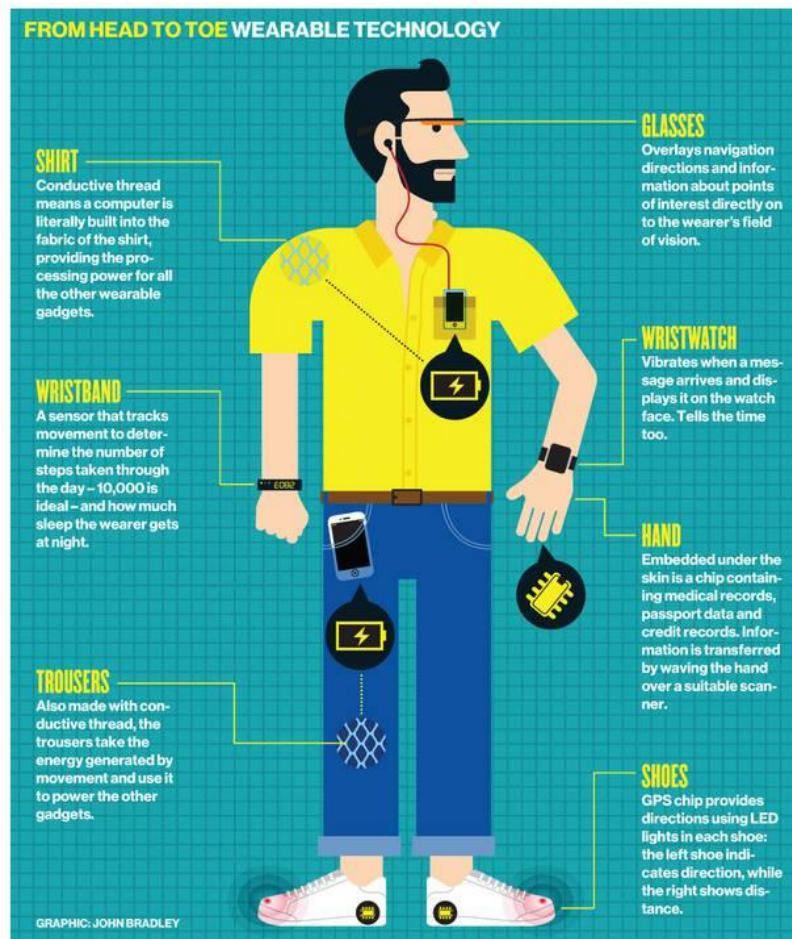
harjoitteluansa ja terveystilastoja sekä edistymistä. Nykyään myös sairaalat, lääketieteen alan yritykset sekä farmaseuttiset yritykset ja vakuutusyhtiöt ovat aloittaneet käyttämään näitä laitteita. Kriteerinä laajaan lääketieteellisten päälle puettavien laitteiden adoptioon on kuitenkin tarkkuus, jonka valmistajien tulee varmistaa, jotta käyttäjät voivat saada tarkkoja edistymisraportteja tilastaan. Tarkkuuden edelle menevät kuitenkin yksityisyysvaatimukset, sillä terveysdata on varsin arkaluonteista, eivätkä käyttäjät ole valmiita jakamaan sitä kaikkien tarkasteltavaksi. (Meola, 2016) Kuviossa 14 ilmenee päälle puettavan teknologian sovellusalueita.



**KUVIO 14. Päälle puettava teknologia ja sen sovellusalueita. (Ericsson, 2017)**

Nykyään useimmat päälle puettavat laitteet ovat fokuoitu kuntoilua varten, joten monet älyvaatteet tarjoavat hyötyjä, kuten mittarit ja yksityiskohtaisen analyysin suoritetuista harjoitteista. Tutkimuksien mukaan 40 % älypuhelinien käyttäjistä on kiinnostunut päälle puettavasta teknologiasta, kuten paita (Kuvio 15) tai mekko, johon on sisällytetty sensoreita, jotka voivat mitata tuhansia mittauksia kehosta. Tämän lisäksi sovellus voi suositella vaatteita internetissä, jotka sopivat täydellisesti kehon muotoon. Kiinnostusta on ollut myös lämpökoruja kohtaan, jotka voivat lähettää kuumia tai kylmiä pulsseja käyttäjän iholle parantaakseen yleistä lämpötilan kokemisen mukavuutta. (Ericsson, 2017)

Kuviossa 15 havainnollistuu keholle puettavat teknologiset laitteet, joita voidaan pukea ranteisiin (älyrannekkeet ja älykellot), käsiin, jalkoihin (sensoreita sisältävät kengät) tai älylaite tai tietokone voi olla sisällytettynä paitaan. Lisäksi älylasit ovat yksi mielenkiintoinen sovellusalue, jota voidaan hyödyntää niin lääketieteessä kuin arkielämässäkin. Älyhousut taas voivat generoida virtaa muille päälle puettaville laitteille, jolloin niiden käyttö helpottuu, sillä lataamista ei tarvitse muistaa tehdä käytön jälkeen.



**KUVIO 15. Päälle puettava teknologia keholla. (Srivastava, 2014)**

Päälle puettava teknologia ei ole vain pelkästään hyödyllistä ja ongelmattonta vaan sen käyttöön liittyy myös riskejä. Tulevaisuudessa laitteet ovat yhä alttiimpia viruksille, hakkeroinnille tai tietomurroille, jolloin mahdollisesti arkaluonteinen data on vaarassa joutua väärin käsiin tai julkisesti jaettavaksi. Tällä hetkellä luottamus ei ole kuitenkaan vielä huonolla tasolla laitteiden vasta kehittyessä. Käyttäjät ovat enemmänkin halukkaita jakamaan dataa myös kolmannen osapuolen palveluntarjoajille, mikäli saavat siitä jonkinlaista hyötyä. Yli 60 % käyttäjistä tuntee, että he voivat kontrolloida kenelle dataa on jaettu ja tuntevat siten olevansa turvassa. Eniten käyttäjät haluavat jakaa dataa esimerkiksi laitevalmistajien, lääkärien, vakuutusyhtiöiden, internetissä toimivien yritysten, kuntosalien kanssa. Vähiten dataa haluttiin jakaa työnantajille. (Ericsson, 2017)

#### **4.4 Päälle puettavien terveydenhuollon teknisten laitteiden omaksuminen**

Mcaskill (2015) mukaan eräs tärkeimmistä tekijöistä mobiili- ja päälle puettavien laitteiden teknologiassa terveydenhuollon kentässä on potilailta tuleva kysyntä. Yhä useammat teknologiayritykset julkaisevat päälle puettavia laitteita, jolloin lääkärit ja muut terveydenhuollon ammattilaiset joutuvat vastaamaan kysymyksiin, kykenevätkö laitteet auttamaan potilaita parantamaan hoito-ohjelmaansa. Tutkimuksien mukaan globaali päälle

puettavien laitteiden markkina tulee kasvamaan vuoden 2013 17 miljoonasta toimitetusta laitteesta 187 miljoonaan toimitettuun laitteeseen vuoteen 2020 mennessä, jolloin vuosittainen kasvu on 34 %. McNickle (2012) mukaan ABI Research tutkimustulosten mukaan vuonna 2016 päälle puettavien laitteiden myyntimäärät olivat 100 miljoonan tasolla vuosittain ja urheiluun sekä kuntoiluun liittyvien laitteiden myynti ennakoitiin kasvavan 80 miljoonaan myytyyn laitteeseen samana vuonna. Terveystieteiden päälle puettavien laitteiden markkinat ylittivät liikevaihdollisesti 2,9 miljardin USA:n dollarin rajan vuonna 2016. Avainalueita päälle puettavien laitteiden keskuudessa ovat kuntoilun seuranta, päälle puettavat kamerat, kehon anturit, älylasit ja älyvaatteet.

Ennen vuotta 2014 toteutetun tutkimuksen mukaan 50 % amerikkalaisista kuluttajista oli kiinnostunut hankkimaan sähköisen terveyden seurantalaitteen ja 66 % vastaajista oli valmis käyttämään laitetta, mikäli he voisivat saada sen ilmaiseksi lääkäriltä tai työnantajalta. PWC:n mukaan datan laadun parantuessa ja teknologian kehittyessä sekä tullessa halvemmaksi, edellä mainitun kaltainen laite ja sovellus tulee osaksi kuluttajan elämää ja terveydenhuoltoa. PWC:n mukaan muutoksia tulee tapahtua markkinoilla, ennen kuin päälle puettavia laitteita voidaan harkita standardiksi osaksi terveydenhuoltoa. Laitteiden tulee olla saumattomasti yhteen toimivia, omavaraisempia ja toimia ilman lisävaiheita, kuten synkronointi ja käynnistys. Yritysten tulee myös tulkita ja käyttää tiedon suoratoistoa näistä laitteista. Ongelmana päälle puettavien laitteiden markkina-alueessa terveydenhuollon ollessa kyseessä on markkinan kypsyttömyys. Esimerkiksi Applen älykellon tullessa markkinoille siitä oltiin jouduttu karsimaan useita eri toimintoja ja sensoreita pois, sillä ne eivät toimineet täydellisesti. (Mcaskill, 2015)

Nykyään on yhä enemmän näyttöä siitä, että, jatkuva datan mittaaminen kroonisten sairauksien hallinnassa ja potilaiden monitoroinnissa sairaalajaksojen jälkeen on arvokasta. Tähän ovat omiaan päälle puettavat lääketieteelliset laitteet. Yhä useammista lääketieteellisistä laitteista onkin tulossa päälle puettavia, kuten glukoosimittarit, EKG-monitorit, pulssioksimetrit ja verenpainemittarit (Kuvio 16). Tyypillisessä skenaariossa potilasdataa mitataan kyseisillä laitteilla ja informaatio lähetetään potilastietorekistereihin. Seuraavana ovat vuorossa älytekstiilit, joihin on sisäänrakennettuna mittauksia varten tarvittavia sensoreita, jolloin ylimääräisiä sensoreita ei enää tarvita. Bluetooth on myös tärkeä teknologia ja sen avulla voidaan jäljittää vanhempien potilaiden liikkeitä ja lähettää terveysdataa hoitajille. (McNickle, 2012)

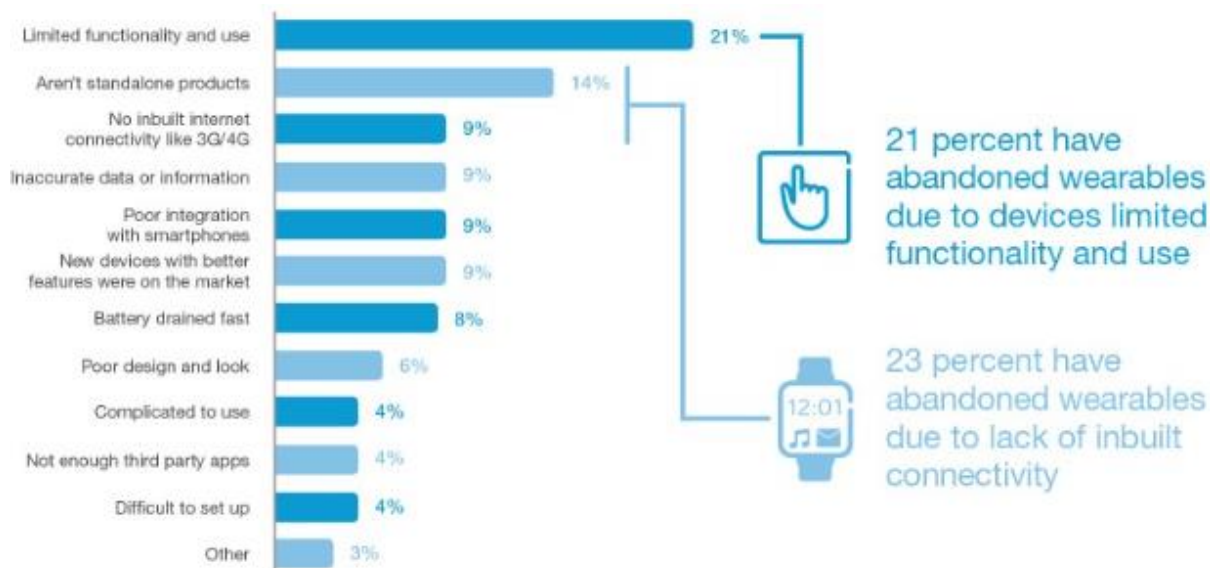




**KUVIO 16. Päälle puettava teknologia, potilasdata ja potilasrekisteri. (TrioTree, 2016)**

Rock Health:n tutkimuksen mukaan enemmän kuin kaksi kolmesta (2/3) vastaajista sanoi, että he hankkivat päälle puettavan laitteen ollakseen aktiivisia ja lähes puolet USA:n päälle puettavien laitteiden omistajista investoivat laitteeseen aikomuksenaan painon pudottaminen. 25 % vastaajista hankkivat päälle puettavan laitteen kokemuksen vuoksi, 14 % hankki sen sosiaalisista syistä, mutta silti terveys ja terveydenhuolto ovat yksi päätekijöistä, joka johtaa kyseisenlaisten laitteiden markkinoiden kasvua. Käyttäjät eivät vain hanki laitteita aktiivisuuden ja edistymisen seurannan vuoksi, vaan he ovat myös valmiita jakamaan henkilökohtaista terveysdataa, tosin vain parannettua henkilökohtaista terveydenhuoltoa varten. Suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että henkilökohtaiseen terveydenhuollon ammattilaisille lähetettyyn terveysdataan pääsyyn täytyy olla tiukka kontrolli. Vastaajat totesivat, että he jakaisivat dataa, mikäli saisivat parempaa hoitoa lääkäriltään ja he olisivat myös halukkaita julkaisemaan terveyshistoriansa ja fyysisen aktiviteettinsa terveydenhuollon ammattilaiselle. 2/3 vastaajista jakaisi lisäksi vielä geneettistäkin dataa. (eMarketer, 2015)

Tutkimuksien mukaan (Kuvio 17) 21 % käyttäjistä hylkäsi päälle puettavan laitteen/laitteet johtuen laitteiden rajoittuneesta toiminnasta ja käytöstä. 23 % käyttäjistä hylkäsi laitteet, koska niissä ei ollut sisäänrakennettua yhdistettävyyttä muualle. Muita hylkäämisen syitä olivat muun muassa heikko integraatio älypuhelimien kanssa, markkinoilla olevat muut paremmat laitteet, huono design, käytön monimutkaisuus, sovelluksien määrän riittämättömyys jne.



KUVIO 17. Syitä päälle puettavien laitteiden hylkäämiseen. (Ericsson, 2017)

## 4.5 Unidiagnostiikkaan liittyviä päälle puettavia teknologioita

Tässä luvussa esitellään unidiagnostiikkaan liittyviä päälle puettavia laitteita, joiden avulla voidaan seurata uni/valve-rytmiä ja valveilla olon aktiivisuutta sekä tehdä unianalyysejä. Unen tärkeys on kaikille varmasti selvä asia ja unen vähäisyyden vaikutus erilaisiin sairauksiin todistettu. Liian vähäinen uni voi yleisen jaksamisen lisäksi vaikuttaa myös aikuisiän diabeteksen syntymiseen, sillä liian vähäisen unen jälkeen aineenvaihdunta ja hormonitasapaino ei toimi oikealla tavalla, mikä voi lisätä sokeripitoistenkin elintarvikkeiden syöntiä ja johtaa siten diabetekseen pidemmällä aikavälillä. Liian vähäinen uni vaikuttaa myös sydämen toimintaan ja voi aiheuttaa ongelmia tällä alueella. Unidiagnostiikkaan liittyvät päälle puettavat laitteet voivat auttaa käyttäjänsä tarkkailemaan unen laatua ja riittävää sekä riittävän laadukasta nukkumista, jolloin sairauksien puhkeamiseen voidaan jo ennalta vaikuttaa. Uni on tärkeää myös liikalihavuuden ehkäisemisessä ja laihduttamisessa, jolloin tämänkaltaisen teknologia voi olla tärkeää myös sillä alueella, sillä sopiva BMI ehkäisee useita erilaisia sairauksia ja voi johtaa parempaan elämänlaatuun useissa tapauksissa.

### 4.5.1 ActiGraph

ActiGraph on yritys, joka tarjoaa useita erilaisia unen seurantaan tarkoitettuja älykkäitä teknologioita, mutta tunnetuimpia ovat silti yrityksen valmistamat älykellot (Kuvio 18). Ranteeseen puettavat älykellot mittaavat erilaisia sensoridatoja 24 tuntia päivässä, kuten vuorokausirytmiiä, uni/valveillaolo-käyttäytymistä ja ympäristön valon voimakkuutta, jota voidaan käyttää uneen liittyvän datan laskemiseksi. ActiGraph on myös toteuttanut Actilife-sovelluksen (Kuvio 19), joka tukee laitetta ja jossa on unidata-analyysiin soveltuvia työkaluja sekä ominaisuus, jonka avulla informaatiota voidaan tallentaa pilvipohjaisen järjestelmään. Actilife-sovellus yhdistää prosessointimoottorin analyysityökaluihin ja asiakaskeskeisiin

ominaisuuksiin. Sovelluksen avulla on mahdollista tarkastella uni/valve-toimintaa graafisesti ja laskea unistatistiikkaa, kuten unen alkua, latenssia, määrää ja tehokkuutta käyttämällä validoituja pisteytysalgoritmeja. Sovelluksella on myös monia muita ominaisuuksia, kuten energiakulutuksen, käyttöajan (kello), sydämen sykkeen, aktiviteetin, kaltevuuden, aineenvaihdunnan näyttäminen. (ActiGraph, 2017)



KUVIO 18. ActiGraph GT9X Link älykello. (ActiGraph, 2017)

The screenshot shows the ActiGraph software interface. On the left, there are several configuration panels: 'Algorithms' with options for Energy Expenditure, METs, Cut Points and MVPA, Bouts, Sedentary Analysis, and HREE; and 'Filters (All-Inclusive)' with options for Exclude Non-Wear Times from Analysis, Use Subject Log Diaries, and Global Date and Time Filters. The main area is a table of data sets with columns for Data Set, Subject Name, Serial Number, Details, Validated Data?, and Log Diary. The table contains 15 rows of data sets, each with a checkmark in the first column and a 'Details...' link in the fifth column.

✓	Data Set	Subject N...	Serial Number	Details	Validated Data?	Log Diary
✓	10 (2014-09-16)10sec.aad	Ann Mari...	MOS2A08140376	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	10 (2014-09-16)10sec60sec.aad	Ann Mari...	MOS2A08140376	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	ID#14903_Device#1_2.14.11.Printed.aad	ID#1490...	MAT2C18100272	Details...	Automatic (2/26/2015)	View Log Di...
✓	10101 (1).aad	10101 (1)	LYN2B21070068	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	10880 (2012-03-01).aad	10880	LYN2B26070007	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	ID#13029_re-read_device#2_3.8.11.aad	ID#1302...	MAT2C18100259	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	L18196jahBL2 (2012-01-11).aad	L18196ja...	MAT2C51090459	Details...	Automatic (2/26/2015)	View Log Di...
✓	Demo Organization-Adam's Mock Study - 000105.aad	Demo Or...	CLE2B25130512	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	1st night Kurt Left1sec10sec.aad	1st night...	MRA1C18110245	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	1st night Kurt Left1sec.aad	1st night...	MRA1C18110245	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	MOS2B19140812 (2014-07-31)60sec.aad	Diane Bu...	MOS2B19140812	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	old10 (2014-09-16)10sec60sec.aad	old10 (20...	MOS2A08140376	Details...	Automatic (2/26/2015)	None
✓	HKAtlanta - Copy2.aad	HKAtlant...	MID2A14099956	Details...	Automatic (2/26/2015)	None

KUVIO 19. ActiGraph ActiLife-sovelluksen käyttöliittymä. (ActiGraph, 2017)

#### 4.5.2 JawBone UP3

UP3 JawBone (Kuvio 20) on tunnettu älykkäänä kuntoiluun tarkoitettuna seurantalaitteena, mutta laitteessa löytyy myös ominaisuuksia älykkään unianalyysin ja seurannan toteuttamiseen. Älykäs unianalyysi (Kuvio 21) mittaa unta automaattisesti tarkkailemalla syvää, kevyttä ja REM-unta sekä antamalla vinkkejä unen laadun parantamiseksi. Laite on valmistettu korkealuokkaisesta kumimateriaalista, johon on sisällytetty sensoreita, jotka mittaavat toimintoja, kuten sydämen sykettä, hengitystiheyttä ja hengitystä sekä galvaanista (digitaalinen) ihovastetta. Laitteessa on tuki Android- ja IOS-yhteensopivalle sovellukselle ja

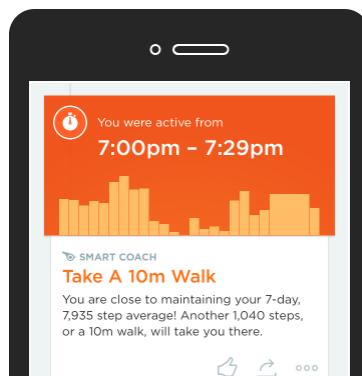
myös langaton Bluetooth. SmartCoach-toiminto (Kuvio 22) sovelluksessa antaa käyttäjälle informaatiota, kuinka käyttäjä voi parantaa unen laatua, joka vaikuttaa selkeästi elämänlaatuun ja tuloksiin, joita päivän aikana on mahdollista saavuttaa. SmartCoach avustaa myös ruokailutavoissa ja se tarjoaa myös aktiivisuuden seurantatietoja, jotka päivittyvät reaaliajassa. (Kosir, 2015)



**KUVIO 20. JawBone UP3 seurantalaite. (UP3, 2017)**



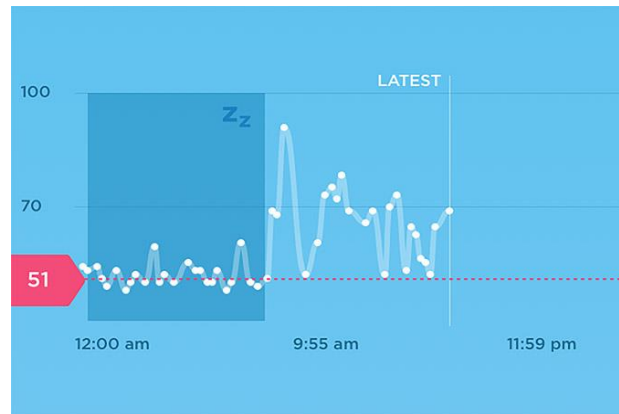
**KUVIO 21. JawBone UP3 älykäs unianalyysi ja seuranta. (UP3, 2017)**



**KUVIO 22. JawBone UP3 SmartCoach-toiminto aktiivisuuden seurantaan. (UP3, 2017)**

JawBone mittaa sydämen leposykkeen käyttäjän herätessä, jolloin keho on täysin rentoutuneessa tilassa. Se on paras ja ”puhtain” sydämen leposykkeen mittaustilanne ja sen perusteella on mahdollista saada informaatiota, miten sydän kykenee vastaanottamaan

päivän kuormituksia. Leposyke myös indikoi käyttäjän yleistä sydämen terveystilaa ja mitä matalampi sydämen syke on, sen tehokkaammin sydän toimii. JawBone mittaa myös sydämen passiivista sykettä säännöllisin ajoin päivän aikana. Mittaustuloksia on mahdollista tarkastella jälkepäin, jolloin on nähtävissä, miten rutiinit stressitilanteet ja ulkoiset faktorit vaikuttavat sydämeen. (UP3, 2017) Kuvio 23 havainnollistaa Jawbonen sydämen sykkeen mittaamista varten toteutetun sovelluksen käyttöliittymä.



**KUVIO 23. Bioimpedanssisensoreiden mittaama reaaliaikainen sydämen syke. (UP3, 2017)**

#### 4.5.3 Neuro:On

Neuro:On on älykäs naamio (Kuvio 24), joka on tarkoitettu nukkumiseen. Neuro:On auttaa ja valmentaa naamion käyttäjää, jotta hän voi saavuttaa miellyttävän ja optimaalisen unenlaadun. Toimiakseen naamio käyttää valoterapiaa, joka auttaa simuloimaan luonnollisia uniolosuhteita. Naamion käyttäjä voi esimerkiksi herätä ja nähdä naamion läpi aamun sarastuksen. Naamiossa on erityinen unijaksohälytin, joka on suunniteltu eliminoimaan tokkuraista oloa naamiota käyttävän henkilön herätessä. Naamion teknologia mittaa silmän liikettä, uniaaltoja, sydämen sykettä ja lihasten jännitystä tarkasti. Naamion käyttöä varten on olemassa myös Android-käyttöjärjestelmälle tarkoitettu sovellus. Neuro:On naamion käytöstä voi olla apua, mikäli henkilö kärsii uniongelmistä, on vuorotyöntekijä, lentää säännöllisesti esimerkiksi työlentoja tai työskentelee paljon. (Kosir, 2015)



**KUVIO 24. Neuro:On älykäs naamio nukkumiseen. (Neuroon, 2017)**

Uniongelmissa Neuro:on voi auttaa uudelleen ajoittamalla kehon rytmiä käyttämällä yksilöllistä valoterapiaa unen aikana. Analysoinnin jälkeen käyttäjä saa henkilökohtaisia vihjeitä unihistorian perusteella, mikä auttaa parantamaan unen laatua jatkossa. Naamio auttaa myös heräämiseen liittyvissä ongelmissa ja herättää käyttäjänsä vähitellen matkimalla auringon nousun valoa. Luonnollinen valo auttaa heräämään paremmin ja saavuttamaan paremman energiatason. Naamio myös antaa käyttäjälleen palautetta unen keskeytyksistä ja tilasta sekä sydämen sykkeestä. Tämä auttaa ymmärtämään, miksi herääminen tapahtui ja milloin se tapahtui, jolloin on mahdollista optimoida unta paremmin. Naamion teknologian ominaisuuksiin kuuluu myös ominaisuuksia, kuten unianalytiikka, henkilökohtaiset vinkit, biorytmiin säädin, jotta rauhallinen uni ja hyvä energiataso on mahdollista saavuttaa. Neuro:On naamio saattaa auttaa myös välttämään melatoniinin käyttöä uniongelmissa ja tarjoamaan siten vaihtoehdon uniongelmiin. (Neuroon, 2017)

#### 4.5.4 QardioCore Wearable ECG Monitor

QardioCore on päälle puettava EKG-monitori (Kuvio 25), joka asennetaan rinnan alueelle sykevyön tavoin. Monitorin sensorit kykenevät monitoroimaan sydämen terveystilaa ja yleistä terveystilannetta lääketieteellisellä tarkkuudella. Laite on langaton monitori, joka ei toimiakseen tarvitse geelejä tai tahmeita lappuja. QardioCoressa on kaikki aktiviteetin monitorointikyvyt ja mitattua informaatiota voidaan tarkkailla IOS- ja Android-yhteensopivissa sovelluksissa (Kuvio 26) hyödyntäen Bluetoothia. QardioCore on yhteydessä pilvipohjaiseen järjestelmään, joka antaa lääkäreille mahdollisuuden reaaliaikaiseen potilaiden seurantaan. Laite soveltuu erityisesti henkilöille, joilla on kohonnut terveysriski, joka johtuu perheen taipumuksista (perinnöllisyys), aiemmin tapahtuneista sydänkohtauksista ja halvauksista, korkeasta verenpaineesta ja kolesterolistasta tai ylipainosta. (QardioCore)



**KUVIO 25. QardioCore EKG-monitori. (QardioCore)**



**KUVIO 26. QardioCore EKG-monitorin käyttöliittymä. (QardioCore)**

Laitteen avulla voidaan mitata seuraavia elintoimintoja:

- Aktiivisuuden seuranta (Activity Tracking)
- Hengitystiheys (Respiratory Rate)
- Ihon lämpötila (Skin Temperature)
- Jatkuva sydänkäyrä (EKG) langattomasti (Continuous Wireless ECG)
- Sydämen syke (Heart Rate)
- Sydämen sykkeen vaihtelevuus (Heart Rate Variability)

#### 4.5.5 Quell Relief

NeuroMetrix on kehittänyt älypuhelimella tai tabletilla käytettävän Quell Relief-älyvyyön (Kuvio 27), joka puetaan pohkeen yläosaan systeemisen (koko elimistöön vaikuttavan) kroonisen kivun lievittämiseksi. Quell on ensimmäinen laatujaan, jonka FDA (Food and Drug Administration) on hyväksynyt unen aikana käytettäväksi. Sen sisäänrakennettu kiihtyvyyssanturi tunnistaa, mikäli käyttäjä menee makuuasentoon nukkuakseen ja säätää hoitavan ja tehokkaasti kipua lievittävän terapian sopivaksi, jotta käyttäjä kykenee nukkumaan. (Jung, 2015)



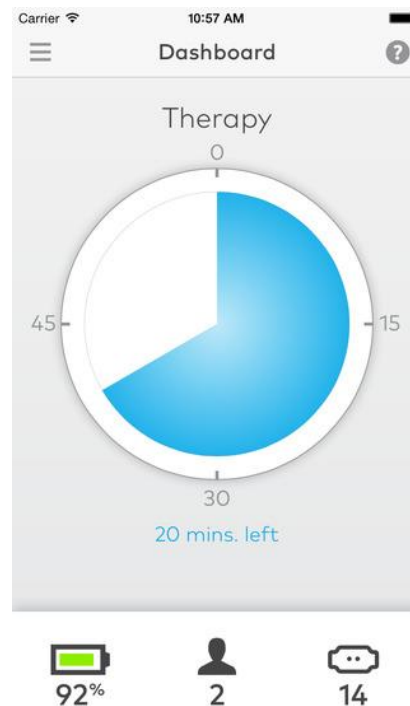
**KUVIO 27. Quell Relief älyvyö. (Jung, 2015)**

Quell Relief on kliinisesti testattu, tarkka, personoitu ja 100 % lääkeaineeton teknologia, joka säätää terapian sopivaksi optimaaliseen kivunlievitykseen stimuloiden aistihermoja. Laite vaikuttaa kehon luonnolliseen kivunlievitysprosessiin ja aistihermoihin, jotka kuljettavat neuropulsseja aivoihin. Tällöin neuropulssit laukaisevat luonnollisen reaktion, mikä estää kipusignaalit ja mikä johtaa laaja-alaiseen kivun lievitykseen. (Quell, 2017)

Relief koostuu älyvyöstä, jossa elektrodit sijaitsevat sekä tasku vyötä kontrolloivalle elektroniikalle. Elektroniikkaosassa on nappi, joka kontrolloi laitteen virtaa ja terapian intensiteettiä. Intensiteetin suuruutta ilmentävät laitteen sivulla olevat kuusi lediä. Elektroniikkaosassa on micro-USB-portti latausta varten ja kaksi liitintä elektrodeja varten. Elektrodit ovat kapeita valkoisia suikaleita, joissa on neljä sähköä johtavasta geelistä valmistettua aluetta, jotka lähettävät sähköisiä pulsseja jalkaan. Elektrodit on tarkoitettu kestämään kaksi viikkoa riippuen, kuinka likainen tai kostea jalan pinta on, jonka jälkeen ne täytyy vaihtaa. (Jung, 2015)

Käytön alussa laite on kalibroitava ja kalibrointi on mahdollista yhdelle käyttäjälle kerrallaan. Kalibroinnin jälkeen 60 minuutin terapian tarjoaminen käyttäjälle on mahdollista. Relief lähettää dataa älypuhelimelle (IOS-käyttäjärjestelmä) ja siihen toteutettuun sovellukseen (Kuvio 28). Sovelluksessa on ajastin, josta on nähtävissä jäljellä oleva ja kulunut aika koskien terapiaa. Lisäksi sovellus näyttää käyttäjän terapiaistuntojen historian ja milloin paristo tai elektrodi täytyy vaihtaa. (Jung, 2015)





**KUVIO 28. Quell Relief älyvyyden mobiilisovelluksen käyttöliittymä. (Jung, 2015)**

#### 4.5.6 Wearable Crystals

Yhdysvaltain Illinoin osavaltiossa sijaitsevien Evanstonin ja Urbana-Champaignin yliopistojen tutkijat ovat kehittäneet päälle puettavaa langatonta muodoltaan ihon pintaa muistuttavaa teknologiaa, jonka avulla on mahdollista monitoroida sydänsairauksia ja ihon terveyttä 24 tuntia päivässä. Laite (Kuvio 29) on kooltaan 5 cm<sup>2</sup> ja sisältää 3600 nestemäistä kristallia, jotka ovat järjestettyinä ohueen, pehmeään ja joustavaan alustaan, joka voidaan asentaa suoraan ihon pinnalle. Tutkijoiden mukaan laite on mekaanisesti näkymätön ja sen ohut muoto sekä joustavuus tekevät siitä ihon pinnan kaltaisen. Laite myös venyy, vääntyy, menee kasaan ja oikenee ihon mukana. (Whiteman, 2014)



**KUVIO 29. Ihon pinnalle asennettava terveysmonitori. (Whiteman, 2014)**

Laitteen kristallit tunnistavat lämpötilan muutokset ja varoittavat potentiaalisista ongelmista. Lämpötilaa mittaavat kristallit ovat kooltaan vain 0.5 mm<sup>2</sup> ja ne kykenevät mittaamaan ihon lämpötilan muutoksia käyttämällä ”langatonta lämmitysjärjestelmää”, joka tunnistaa ihon lämpöominaisuuksia. Järjestelmä ladataan ilmassa olevilla elektromagneettisilla aalloilla. Muutoksien tapahtuessa kristallit vaihtavat väriä hälyttääkseen käyttäjää, mikäli jokin on vialla. Algoritmit purkavat värien malleja kristalleista ja 30 sekunnin aikana siirtävät datan terveystietoon, johon koostetaan informaatiota käyttäjän sydän- ja verisuoniterveydestä. Prosessi perustuu veren virtauksen määrittämiseen ja ihon nestetasapainoon. Teknologia on hieman samankaltaista kuin sairaalassa käytettävä infrapunateknologia, mutta paljon halvempaa ja sallii käyttäjän olevan liikkeessä, toisin kuin vanhemmat teknologiat. (Whiteman, 2014)

#### 4.5.7 Withings Pulse Ox

Withings Pulse Ox (Kuvio 30) vaikuttaa ulkoisesti samankaltaiselta kuin muut päälle puettavat seurantalaitteet, mutta ominaisuudet tekevät siitä hyvän vaihtoehdon muun muassa unen seurantaan varten. Laitteeseen on sisäänrakennettu älykäs unidatan seuranta ja muita tärkeitä tietoja, kuten sydämen syke ja kunnon (fitness) seuranta. Pulse Ox kykenee päivän aikana mittaamaan kuljettujen askeleiden sekä poltettujen kalorien määrät ja hapen tasot veressä. Laite voidaan asentaa ranteeseen tai esimerkiksi vyöhön. Unen seurantaan varten laite on kuitenkin asennettava ranteeseen. Laite mittaa ajan, kuinka paljon käyttäjä nukkuu, kuinka paljon aikaa on kulunut valveilla oloon sekä kuinka kauan käyttäjä on ollut syvässä ja pinnallisessa unessa. Laitteen mukana tulee henkilökohtainen avustaja, joka antaa enemmän informaatiota optimaalisesta nukkumisesta. Withings Pulse Ox tukee Android- ja IOS-käyttöjärjestelmiä ja niille on kehitetty laitetta tukeva sovellus. (Kosir, 2015)



KUVIO 30. Withings Pulse Ox ja IOS-sovellus. (Pulse Ox, 2017)

## 4.6 Muistitoimintoihin liittyviä päälle puettavia teknologioita

Ihmisaivojen ollessa erehtyväisiä, useimmat meistä unohtavat säännöllisesti asioita, joita meidän täytyisi tehdä ja usein on vaikeaa muistaa yksityiskohtia asioista, mitä jo olemme

tehneet. Tietysti tämän lisäksi on yhä kasvava joukko ihmisiä, joille on diagnosoitu muistisairauksia, jotka ovat huomattavasti vakavampia kuin mitä on löydetty keskivertopopulaatiosta. Muistiongelmia voi syntyä vaikkapa aivovammojen vuoksi, jotka voivat johtua esimerkiksi auto- tai pyöräilyonnettomuudesta. Suurempana syynä ovat kuitenkin neurodegeneratiiviset sairaudet, jotka rappeuttavat aivoja siten, etteivät ne enää palaudu. Ehkä eräs tunnetuimmista tämän alueen sairauksista on Alzheimerin tauti. (Hodges, 2006)

Onnettomuuksista johtuvat aivovammat, neurodegeneratiiviset sairaudet ja ikääntyminen vaihtelee suuresti potilaalta potilaalle. Suhteellisen keskinkertaisessa tilassa saattaa olla vain vähän huomattavaa vaikutusta, mutta äärimmäisemmällä tasolla potilas voi kärsiä lähes täydellisestä kyvyttömyydestä muistamiseen. Potilaat, joilla on keskinkertainen tai vakava muistiongelma, voi unohtaa tulevaisuuden aikomuksiaan, esimerkiksi tavallisia arkeen liittyviä asioita, kuten maidon ostaminen tai tapaamiset (tulevaisuuteen liittyvä muisti). Prospektiiviset muistiongelmät selkeästi suuresti vaikuttavat potilaan kykyyn selvittää päivittäisistä arjen tilanteistaan. Retrospektiivinen (takautuva) muisti sekä osittain episodinen (Episodic) ja omaelämäkerrallinen (Autobiographical) on kriittinen, jotta potilas voi kokea oikea laadukasta elämää ja nauttia siitä. Lähes kaikki tulevaisuuden aktiviteetit perustuvat aiempiin kokemuksiin, jolloin päivittäinen suunnittelu on vaikeaa omaelämäkerrallisen muistin ollessa heikentynyt. Aiemmat kokemukset vaikuttavat esimerkiksi ihmissuhteisiin ja sosiaalisuuteen, joilla taas on yhteys itsetuntoon ja muuhun hyvinvointiin. (Hodges, 2006)

Ulkoisen muistin käyttö auttaa ihmisiä kompensoimaan muistin puutteitaan, mikä koetaan olevan yksi arvokkaimmista ja tehokkaimmista kuntoutuksen avuista. Useimmat ulkoisen muistin apusovellukset/järjestelmät auttavat parantamaan prospektiivista muistia, joka auttaa ihmisiä muistamaan tapaamiset tai ottamaan lääkkeitä. Useita erilaisia teknologisia ratkaisuita on olemassa, kuten kalenterit, päiväkirjat, hälytyskellot, ajastimet, muistilaput ja digitaaliset ajastinlaitteet. Edellä mainittujen teknologisten ratkaisujen yhteiskäyttö on tehokas parantamaan aivovammoista kärsivien potilaiden yksityisyyttä. (Hodges ym. 2006)

Olemassa on joitain ulkoisia muistin avuksi kehitettyjä teknologisia ratkaisuja, kuten päiväkirjat ja kamerat. Valokuvien ja kirjoitettujen päiväkirjojen sisältö voi auttaa stimuloimaan muistia aiempia tapahtumia koskien. Tutkimusten mukaan valokuvien avulla on onnistuttu parantamaan keskustelukyvyn laatua potilailla, joilla on dementia. Keskustelukyvyn laadun paranemisen lisäksi muistiapu paransi myös muuta yleismuistia ja mahdollista käsitellä muistoja. Tutkimuksista on selvinnyt myös, että yli 80 % satunnaisesti näytteistetyistä muistista koostui visuaalisista kuvista. Kamerat ja niillä otetut valokuvat auttavat omaelämäkerrallista muistia. Ongelmana on, että ihmiset eivät välttämättä käytä kameraa säännöllisesti ja muistiongelmaiset unohtavat sen. Ratkaisuna voi olla päälle puettava automaattisesti päivittäisestä elämästä kuvia ottava kamera, kuten SenseCam (luku 4.6.2). (Hodges ym. 2006)

Päälle puettavat teknologiset laitteistot tarjoavat valtavan potentiaalin niin senioriväestölle kuin nuoremmallekin ja ikään liittyviä erityistarpeita voidaan kompensoida käyttäen digitaalista teknologiaa ja esimerkiksi päälle puettavia laitteita. Senioriväestö kuitenkin tarvitsee laitteita, joissa tietyt käytön rajoitukset on otettu huomioon, jotka on otettava huomioon suunniteltaessa käyttöliittymää, käyttötapauksia ja sovelluksen skenaarioita. Tässä luvussa käsitellään päälle puettavia laitteita, jotka on suunniteltu auttamaan muistisairaita potilaita muun muassa laajentamaan ja parantamaan muistia sekä valvomaan muistiongelmista kärsiviä potilaita, joilla voi olla tapana lähteä vaeltamaan ja joutua siten onnettomuuksiin.

#### **4.6.1 Wearable memorization aid for human memory augmentation**

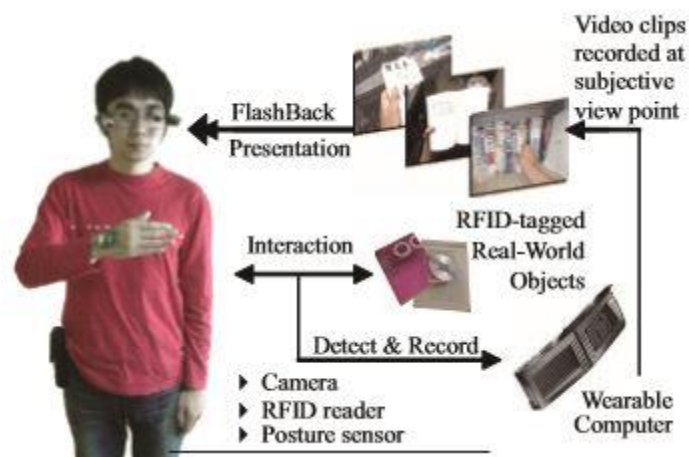
Tokion Metropolitan yliopistossa on kehitetty päälle puettava prototyyppi (iFlashBack) muistitoimintojen auttamiseksi. Järjestelmä käyttää videoita ja pysäytyskuvia tehostaakseen muistiin tallennusprosessia myöhempää muistiin palauttamista varten. Järjestelmän tarkoituksena on käyttää hyväksi ihmisaivojen rajatonta kapasiteettia auttamalla muistiin tallennusprosessia laajentamaan virtuaaliseen tilaan käyttäen hyväksi interaktioproessin aikana kaapattuja ja merkittyjä videoita sekä pysäytyskuvia. Tutkimustulokset koskien prototyyppiä ja muistiin tallentamista sekä muistialueen luomista vaikuttivat lupaavilta.

Päälle puettava järjestelmä muistaa, jos henkilö on vuorovaikutuksessa jokapäiväisessä käytössä olevien esineiden kanssa. Muistaminen on prosessi, jossa hankittu tieto koodautuu ja organisoituu tietyllä tavalla. Mikäli prosessin aikana on tehty tehokkaita luovia muistiharjoitteita, muistista on mahdollista palauttaa asioita erittäin onnistuneesti. Ennen prosessia, koodattavaan informaatioon täytyy osoittaa riittävästi huomiota, jotta tehokas muistamisprosessi voi mahdollistua. (Ikei ym. 2008)

Kokeellisessa järjestelmässä (Kuvio 31) keskitytään huomion keskittämiseen, edistämään harjoitteita ja organisoimaan muistitilaa parantamalla asioiden palauttamista muistista käyttämällä päälle puettavaa laitetta. Järjestelmä tarkkailee käyttäjien toimia ympäristössä olevien esineiden suhteen ja antaa vinkkejä eri aktiviteeteissa. Vinkit perustuvat ensisijaisesti tallenteisiin, kuten visuaaliset kohtaustilanteet ja äänet, joita käyttäjä on nähnyt ja kuullut käsitellessä ympärillä olevia esineitä. (Ikei ym. 2008)

Käsiteltävät esineet nimetään ja tunnistetaan käyttäen RFID-tageja, jotka luetaan RFID-tagien lukijalla, joka on käyttäjällä päälle puettuna ja sisään rakennettuna muistia avustavassa järjestelmässä. Vinkkejä esitetään vuorovaikutuksen aikana, välittömästi vuorovaikutuksen jälkeen tai muutoin sopivana ajankohtana, jolloin käyttäjä on lepotilassa ja haluaa kerrata aiemmin tapahtunutta aktiviteettiprosessia. iFlashBack-järjestelmä suorittaa tunnistuksen ja tallentaa käyttäjän vuorovaikutuksen sekä sitten esittää tallennetun toiminnan (visuaalinen ja audio) käyttäjälle vinkkeinä. Käyttäjän vuorovaikutus tallennetaan käyttäen kameraa, RFID-lukijaa ja käteen puettuja sekä ympäristöön asennettuja sensoreita. Kaapattu video esitetään

käyttäjällä sopivina ajankohtina, joka tehokkaasti auttaa muistitoimintojen edistämisessä. (Ikei ym. 2008)



**KUVIO 31. Päälle puettava muistia avustava iFlashBack-järjestelmä. (Ikei ym. 2008)**

#### 4.6.2 Microsoft SenseCam päälle puettava kamera Alzheimerin hoidon apuna

Microsoft SenseCam (Kuvio 32) on sensoreilla laajennettu päälle puettava pysäytys (Still) kamera, joka on suunniteltu tallentamaan sähköisen tietueen käyttäjän päivästä tallentamalla sarjan kuvia ja keräämällä loki-informaatiota sensoridatasta. Kerätyn tiedon uudelleen tarkastelu voi auttaa laitteen käyttäjää keräämään näkökulmia aiemmista kokemuksista, jotka ovat myöhemmin päässeet unohtumaan. Täten, SenseCam voi palvella retrospektisenä (takautuvana) muistiapuna ja se voi johtaa huomattavaan aiempien tapahtumien mieleen palauttamiseen, mikä ei ennen ollut mahdollista. (Hodges ym. 2006)

SenseCam on pieni digitaalinen kamera, joka on suunniteltu ottamaan kuvia automaattisesti ilman käyttäjän vuorovaikutusta. Kamerassa ei ole etsintä tai näyttöä, vaan siinä on laajakuvaobjektiivi (kalansilmä), joka maksimoi kuvattavan pinta-alan. Tämä mahdollistaa lähes kaiken näkökentässä olevan kaappaamisen valokuvaksi. Kameraan on sisällytetty useita erilaisia sensoreita, kuten sensori, joka tunnistaa muun muassa muutoksia valon tasoissa ja kehon lämpötiloissa. Lisäksi kamerassa on GPS, kiihtyvyyssanturi, kello ja infrapunasensori. Kamerassa on myös ajastin, joka mahdollistaa kuvan ottamisen esimerkiksi 30 sekunnin välein. Oleellista on, että tämän kaltaisen laitteen akku kestäisi kokonaisen työpäivän tai jopa 2 – 3, mikäli käyttäjä unohtaa ladata akut. Otetut kuvat voidaan tallentaa esimerkiksi SD-muistikortille tai kuvia voidaan siirtää langattomasti Bluetooth- tai GPRS-yhteydellä. Kameralla otettuja esimerkkikuvia on havainnollistettu kuviossa 33.

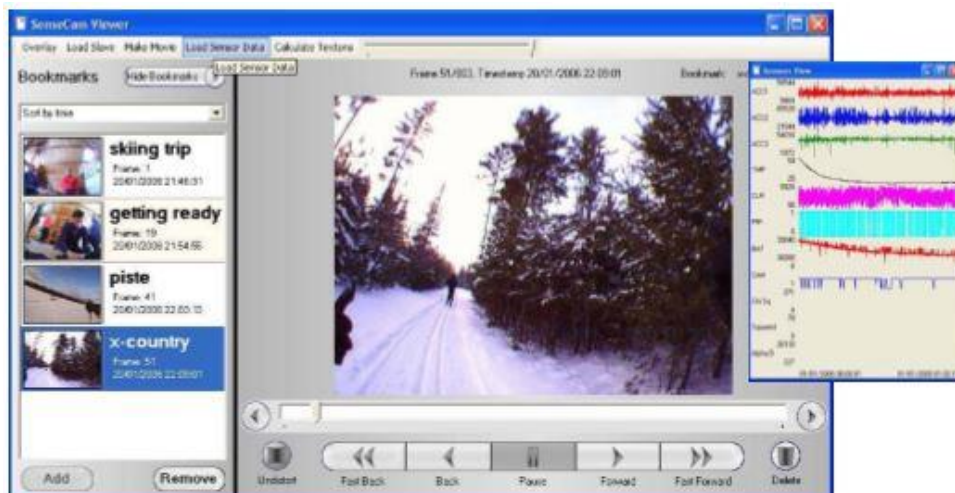


KUVIO 32. Microsoft Sensecam-prototyyppi. (Hodges ym. 2008)



KUVIO 33. SenseCam-kameralla otettuja esimerkkikuvia. (Hodges ym. 2008)

Tutkimustiimi kehitti myös kameralle sovelluksen Windows-ympäristöön, minkä avulla on mahdollista kuvasekvenssien hallinta ja toisto. Sovelluksen avulla on mahdollista päästä käsiksi myös kerättyyn sensoridataan, jota voidaan sitten hyödyntää. Kuviosta 34 havainnollistuu sovelluksen käyttöliittymä.



KUVIO 34. SenseCam-kameran katselu- ja hallintaohjelmisto. (Hodges ym. 2008)

Yhdistettäessä SenseCam tietokoneeseen (PC), sovellus hakee kuvat ja sensoridatan kamerasta automaattisesti. Kuvia voi sovelluksen avulla selata hitaasti eli 2 kuvaa sekunnissa tai nopeasti eli noin 10 kuvaa sekunnissa ja tauottaa. Kuvia on myös mahdollista poistaa välistä, jos ne ovat huonolaatuisia. Kuviin voi asettaa myös korvamerkkejä, jolloin niihin on helppo palata myöhemmin. Lisäksi on mahdollista ladata ja tarkastella sensoridataa (Raw Data), joka on yhteydessä kuvasekvensseihin. Sovellus kykenee myös prosessoimaan koko kuvasekvenssiä määrittämään sopivalla algoritmilla, mitkä kuvat ovat toistensa kaltaisia. (Hodges ym. 2008)

SenseCam-kameraa testattiin 63-vuotiaalla hyvin koulutetun naisen (Rouva B) avulla, joka oli joutunut sairaalaan kärsien flunssasta ja sekavuudesta. Hänellä oli myös todettu tulehdus aivojen syvemmissä rakenteissa (limbinen aivotulehdus). MRI-kuvat osoittivat aivosolujen hävikkiä hippokampuksen alueella, joka on tärkeä alue muistirakenteiden suhteen. Fyysisten oireiden hävittyä rouva B:n kognitiiviset toiminnot paljastivat, että hänellä oli merkittäviä ongelmia muistissa ja hän kykeni muistamaan vain osan merkittävistä tapahtumista viime päivien ajalta ja viikon kuluttua muistikuva oli hävinnyt kokonaan. Rouva B kokeili myös kirjoittaa päiväkirjaa muistiongelmia parantaakseen, mutta hän koki sen taakaksi ja toimenpiteellä ei ollut merkittävää vaikutusta. (Hodges ym. 2008)

Testijaksolla rouva B käytti SenseCam-kameraa joitain päiviä ja sen jälkeen data ladattiin tietokoneelle. Rouva B:ltä kysyttiin, muistiko hän mitään viime päivien tapahtumista ja tämän jälkeen hänelle näytettiin SenseCam:lla otettuja kuvia ensin yksi kerrallaan ja sitten koko kuvasekvenssi yhtäjaksoisesti elokuvatyyliä. Prosessi käytiin läpi kolme kertaa ja joka kerralla rouva B:n kanssa keskusteltiin kuvista ja aiemmista tapahtumista. Kahden päivän jälkeen rouvalta kysyttiin uudelleen, mitä hän muisti tapahtumista kaksi päivää aiemmin ja lisäksi prosessi toistettiin yhä kahden päivän päästä aina kahden päivän välein kahteen viikkoon (tai kauemmin) asti. Tapahtumista otettujen kuvien katseluiden määrä, kuvat sekä tapahtumien muistaminen rekisteröitiin. Jos rouva B muisti 7 / 10 avainkohtaa, hänen muistipisteensä olivat 70 %. Seuraavien kuukausien aikana rouva B käytti SenseCam-kameraa yhdeksässä erilaisessa merkittävässä tilanteessa ja tulokset olivat rohkaisevia. Jo kahden viikon testijakson jälkeen ja tietyn tapahtuman tarkastelun jälkeen, voitiin huomata rouva B:n muistin koskien tapahtumia parantuneen lähes kolme kertaa aiempaan keskimääräiseen verrattuna. (Hodges ym. 2008)

Tutkimuksien mukaan kuusi potilasta, joilla oli todettu lievä – keskivaikea Alzheimerin tauti, kykenivät muistamaan keskimäärin 85 % faktisista yksityiskohdista kahden viikon SenseCam-käytön jälkeen, mikäli he käyttivät kameraa joka toinen päivä. Verrattaessa kameran käyttöä tavanomaiseen päiväkirjan pitämiseen keskusteluihin, luku tippui 56 %:iin ja ilman vuorovaikutusta luku oli vain 33 %. Kolmen kuukauden käytön jälkeen koeryhmä kykeni muistamaan suunnilleen puolet yksityiskohdista ilman kuvien näyttämistä, mikä oli kolme kertaa paremmin, kuin päiväkirjaa pitämällä. Kameran tarjoamat kuvat auttavat aiempien

tapahtumien palautumisessa mieleen, sillä ne ovat samanlaisia kuin tilannekuvat hetkistä, joita tallennamme mieleen kertomuksiksi luonnollisten omaelämäkerrallisten muistojen muodostamiseksi. (Fleming, 2014)

SenseCam-kameran (ja muu kameran kaltainen teknologia) tarjoaa sopivan työkalun potilaille, joilla on vakavia ongelmia muistin kanssa. Kameran anonyymisti ottamat kuvat hyödyttävät aivoja rappeuttavia muistisairauksia omaavia potilaita ja antaa heille mahdollisuuden tallentaa päivittäisiä kokemuksiaan ilman muita laitteistoja ja tietoista ajattelua. Kameran käyttö ei aiheuta taakkaa käyttäjilleen vaan antaa mahdollisuuden henkilölle osallistua tapahtumiin ilman, että hänen tarvitsee esimerkiksi pysähtyä ottamaan kuva tai tehdä vastaavia toimenpiteitä. Tutkimustulokset koskien kameran käyttöä retrospektiivisen muistitoimintojen apuna potilailla, joilla on muistiongelmia, ovat lupaavia ja kameran kaltaiset teknologiat voivat olla hyödyllisiä muistiongelmista kärsivien potilaiden elämänlaadun ylläpitämisessä.

#### **4.6.3 Google Glass ja koneoppiminen muistiongelmaisten apuvälineinä**

Muistiongelmat voivat johtua luonnollisista ikääntymisen syistä, mutta myös muista syistä, kuten Alzheimer, masennus, lääkkeiden sivuvaikutukset, halvaus tai traumaattinen aivovamma. Muistihäiriöt voivat vakavasti haitata päivittäistä elämää, jolloin on tarpeen käyttää ulkopuolista apua muistitoimintoihin. Tutkimusryhmä on kehittänyt prototyypin (Elephant), joka tähtää muistihäiriöistä kärsivien auttamiseen. Laite käyttää Google Glass-laseja ja koneoppimislähestymistapaa (Machine Learning) noutaakseen varastoituja valokuvia (muistoja), joihin on merkitty sijainti, päivä, aika tai aktiviteetti-informaatiota, jolloin käyttäjän muisti voi tavallaan laajentua. (Way, 2015)

Pennsylvaniassa, USA:ssa, on kehitetty Googlen äylaseja (Kuvio 35) hyväksikäyttävä muistiongelmissa avustava järjestelmä (Electronic Localization, Elucidation and Photographic Assistive Notification Technology System eli ELEPHANT). ELEPHANT:iin sisältyy digitaalinen paikallistaminen, havainnollistaminen ja valokuvia avukseen käyttävä ilmoitusjärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena on tunnistaa tai löytää uusia tapahtumia sekä tukea kehotuksin henkilön päivittäisten rutiinien visuaalista oppimista. Koneoppimista käyttäen merkitystä visuaalisesta datasta kerätään apumuistiin, jonka sisältöä voidaan analysoida tulevaa muistiin palauttamista ja käyttöä varten. Menettely tarjoaa dynaamisia muistutuksia ja yleistä apua muistitoimintoihin. Merkityn valokuvainformaation on todistettu tarjoavan tehokasta apua Alzheimerin taudista kärsiville potilaille ja hyötyjä, kuten parantunut muistin tarkkuus, kyky jatkaa keskustelua ja parantunut sosiaalisen vuorovaikutuksen laatu muiden kanssa. (Way, 2015)

Maailmassa on suuri joukko huonompiosaisia kroonisesti sairaita henkilöitä, jotka voisivat hyötyä päälle puettavista laitteista, jotka voivat auttaa käyttäjänsä monenlaisissa arkisissa asioissa terveydenhuollon palveluiden lisäksi. Yleisesti on ollut keskustelua, että päälle

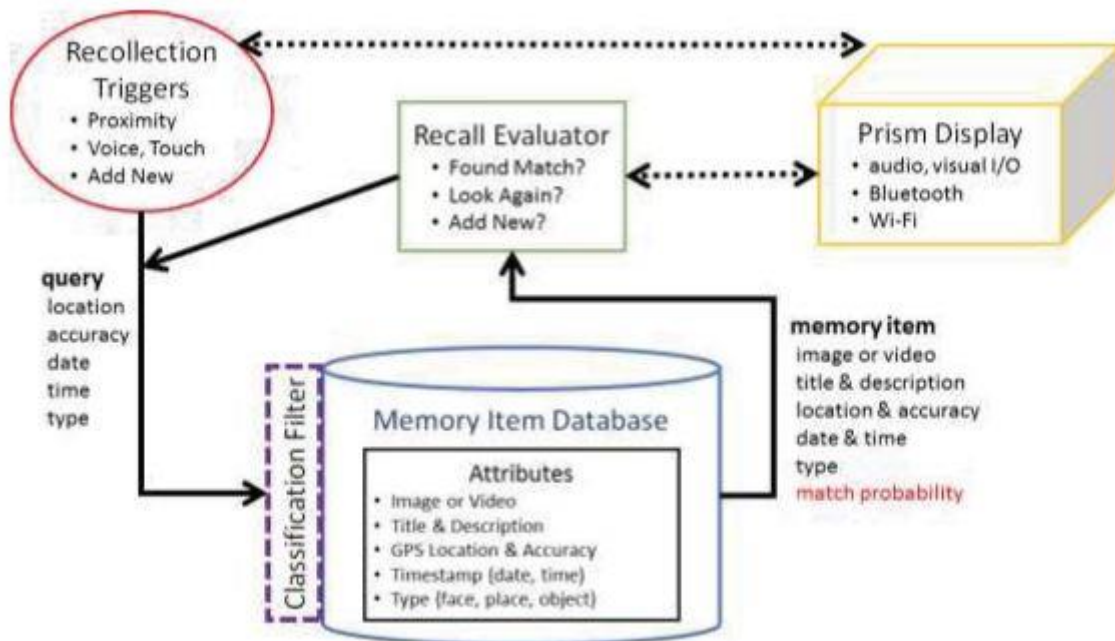


puettavat laitteet yleistyvät arkikäytössäkin ja ne tulevat tukemaan muun muassa kasvojen tunnistusta auttamaan nimien muistamisessa. Eräs tällaisista laitteista on Google Glass, joka on tietynlainen älylasi, joka sisältää pienen tietokoneen, akun ja korkearesoluutioisen näytön. Laseissa on Bluetooth- ja Wi-Fi-langattomat yhteydet ja 12 GB muistia, ladattava akku ja kamera, jonka avulla voi ottaa kuvia ja videoita. Googlen laseilla on tehty jo alustavia kokeiluita lääketieteen alueella, joissa päälle puettava teknologia tulee olemaan merkittävä aluevaltaus. (Way, 2015)



**KUVIO 35. Googlen älylasit. (Way, T. 2015)**

Googlen laseja sekä koneoppimista käyttävä apumuistijärjestelmä koostuu viidestä pääkomponentista (Kuvio 36), jotka ovat muistikuvien laukaisimet (Recollection Triggers), luokittelun suodatin (Classification Filter), muistitietokanta (Memory Item Database), muistin arvioija (Recall Evaluator) ja Prisma-näyttö (Prism Display). Muistikuvien laukaisimet tunnistavat huomattavan sijainnin muutoksen verrattuna aiempaan vierailtuun sijaintiin. Luokittelusuodattimissa on koneoppimisen logiikkaa, jota käytetään muistialkioiden (esimerkiksi kuva, video, kuvaus, GPS-lokaatio, aikaleima, tyyppi) hakemiseen tietokannasta. Muistitietokanta sisältää kaikki tallennetut muistialkiot, jotka voivat olla muun muassa kuvia, tekstiä, kuvauksia kuvista, GPS-sijainti- tai mittaustarkkuuden informaatiota, päiväyksiä ja kellonaikoja kuvan ottamisajankohdasta, informaatiota kuvan tyypistä. Muistin arvioija määrittää, onko tietyssä sijainnissa oleva luokittelun suodattimelta tullut tulos sama kuin mitä muistista noudettu muistialkio. Soveltuvuuden määrittää käyttäjä varmistamalla oikean yhteensopivuuden. Prism-näyttö edustaa hands-free Google lasien visuaalista näyttöä, jossa on soveltuva laitteisto, joka tukee audiota sekä langatonta Bluetooth- sekä Wi-Fi-yhteyttä. (Way, 2015)



KUVIO 36. Googlen älylasit. (Way, 2015)

ELEPHANT-prototyyppi koostuu kahdesta osasta, jotka ovat muistin luonti ja muistin näyttäminen. Muistin luonnissa järjestelmä opastaa käyttäjää tehtävien kautta, jotta käyttäjä voi saada riittävän määrän dataa tallennettavasta kohteesta. Muistin näyttämisen osuus käyttää aiemmin kerättyä informaatiota luodakseen digitaalisia "opettelukortteja" (Flash Card) kohteesta (muistista), joita sitten esitetään korkearesoluutioisella näytöllä. Käyttäjä voi selata opettelukortteja yksinkertaisilla eleillä ja tarkastella kohteista kerättyä informaatiota. Käyttäjä voi myös valita jonkin tietyn opettelukortin saadakseen enemmän ja syvällisempää informaatiota kohteesta. Tavoitteena on, että näiden niin sanottujen muistojen selaaminen auttaisi käyttäjää muistiin tallennettujen kohteiden tunnistuksessa. Lisäksi prototyyppissä on potentiaalia tulla hyödynnetyksi muistiharjoituslajustana, joka voisi olla yksi toimiva ratkaisu nykyiseen tilanteeseen muistisairauksien hoidossa. (Way, 2015)

#### 4.6.4 Ybrain-ranneke Alzheimerin hoidossa

Alzheimerin tauti on yleisin dementia-tyyppi, joka asteittain heikentää henkilön muistia, havainnointikykyä, käyttäytymistä kunnes päivittäisistä aktiviteeteista tulee vaikeita suorittaa. Vuosikymmeniä jatkuneesta intensiivisestä kehitystyöstä huolimatta kukaan ei ole onnistunut löytämään parannuskeinoja tähän sairauteen. Nykyiset saatavilla olevat lääkeykset kykenevät lähinnä helpottamaan ja hidastamaan progressiivisesti etenevän taudin oireita, mutta eivät ainakaan toistaiseksi pysäyttämään sitä. (Tan, 2014)

YBrain on yritys, joka koostuu ryhmästä korealaisia insinöörejä, neurotieteilijöistä ja entisistä Googlen työntekijöistä, jotka ovat tutkineet ja kehittäneet laitteen, jonka avulla on mahdollista taistella Alzheimerin oireita vastaan. YBrain havaitsi, että modernin neurotieteen avulla he voivat luoda päälle puettavan laitteen (Kuvio 37), joka kykenee simuloimaan tiettyjä

osia ihmisaivoista käyttämällä kontrolloituja sähköisiä signaaleja. Toimenpide vähentää potilaan rappeutuvan neurologisen tilan ongelmia, joita esimerkiksi Alzheimerin tauti tuo mukanaan. (Tan, 2014)



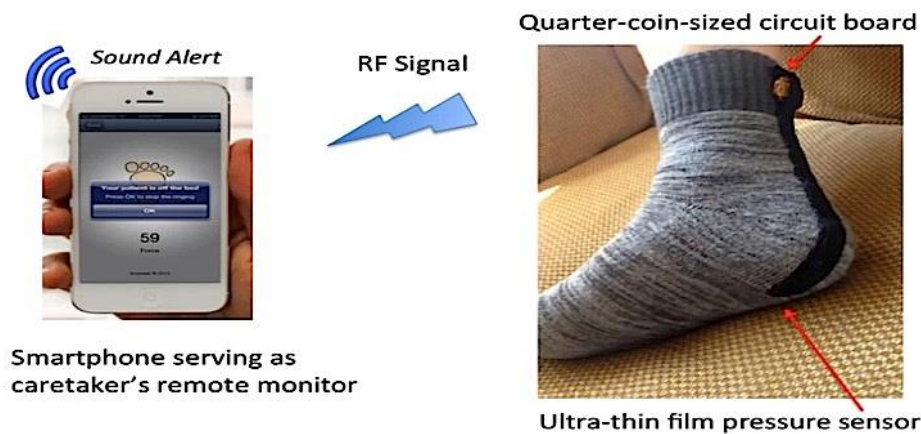
**KUVIO 37. YBrain-ranneke. (Tan, 2014)**

Päähän kuulokkeen kaltaisesti puettavassa laitteessa on kaksi sensoria, jotka voivat purkaa kahden milliampeerin virran, joka vastaa suunnilleen 1/8 älypuhelimien virrasta. Laitteen kehittäjät suosittelivat 30 minuutin päivittäistä käyttöä viitenä päivänä viikossa heille, joille on jo diagnosoitu Alzheimerin tauti. Lisäksi vanhemmat henkilöt, joilla on lievää kognitiivista heikkenemistä, jonka voidaan epäillä johtavan Alzheimerin tautiin, voivat myös hyötyä laitteen käytöstä. (Tan, 2014)

#### **4.6.5 SafeWander-sensori Alzheimerpotilaiden seurantaan**

Kaliforniassa on kehitetty SafeWander-niminen sensori (Kuvio 38), joka auttaa seuraamaan Alzheimer-potilaiden aktiiviteettia. Sensorin on kehittänyt teini-ikäinen poika (Shinozuka), jonka isoisällä todettiin Alzheimer ja hänen havaittiin lähtevän kulkemaan itsekseen ilman valvontaa. Shinozukan isoisän on todettu vaeltavan usein ja sensorin todentamia vaeltamiskertoja on kertynyt peräti 437, joiden joukossa ei ole väärää hälytyksiä. Maailmassa on kymmeniä miljoonia vastaavanlaisia tapauksia, joten ongelma on merkittäväällä tasolla. Alzheimer-liiton mukaan USA:ssa on noin miljoona Alzheimeria sairastavaa henkilöä, joista noin 60 % lähtee vaeltamaan itsekseen ja usein joutuvat hukkaan, mikä on usein vaarallista ja päättyy huonosti. (Sottile, 2014)

## *The Realization: Prototype I*



**KUVIO 38. SafeWander-prototyyppi ja mobiilisovellus. (Funk, 14)**

Taistellakseen Alzheimerin oireita vastaan, Shinozuka kehitti painesensorin, joka asennetaan jalan pohjan alle tai sukkaan tunnistamaan kasvavaa painetta ja sitten langattomasti lähettämään hälytyksiä hoitajien älypuhelimiin. Shinozuka kehitti sensorin täysin itsenäisesti, mikä on teini-ikäiselle hyvin harvinaista ja on testannut sitä vanhainkodissa asuvien vanhuksien kanssa. Useat muut laitteet tunnistavat, jos esimerkiksi vanhukset ovat kaatuneet tai lähteneet tietyltä tunnetulta alueelta, mutta niissä on usein ikäviä johtoja, jotka täytyy kiinnittää vaatteisiin. Lisäksi hälytykset saattavat myös säilyttää potilaita. Shinozukan kehittämä sensori sen sijaan hälyttää hoitajia langattoman signaalin välityksellä, jolloin tilanteisiin voidaan puuttua ajoissa. (Sottile, 2014)

### **4.6.6 GPS Smart Sole älypohjalliset Alzheimer-potilaiden seurantaan**

GPS-teknologiaa hyödyntävät Smart Sole älypohjalliset voidaan asentaa useampiin aikuisten kenkiin, jolloin muistiongelmista- tai Alzheimerin taudista kärsivien useimmiten yksin vaeltamaan lähtevien potilaiden seuranta ja sijainnin paikallistaminen mahdollistuvat. Pohjalliset helpottavat potilaiden seurantaa, sillä erillistä jäljityslaitetta ei tarvita, vaan riittää, kun laittaa kengät jalkaan, mikä useimmiten muutenkin tapahtuisi. Potilaiden paikantaminen onnistuu käyttäen älypuhelinia, tablettia ja WWW-selainta. Pohjallisten mukana tulevan sovelluksen avulla on mahdollista asettaa myös tekstiviesti- tai sähköpostihälytyksiä, mikäli potilaat lähtevät tietyltä sovitulta alueelta tai saapuvat tietylle alueelle kartalla. (GPS Smart Sole, 2015)

GPS Smart Sole käyttää tiedonsiirtoon sekä GPS että mobiileja dataverkkoja lähettääkseen pohjallisen (käyttäjä) sijainnin keskusmonitorointijärjestelmälle. Monitorointijärjestelmä on yhdistetty internetiin ja hyväksytyt käyttäjät pääsevät käyttämään sitä salatun WWW-portaalin kautta, jota hallitsee GTX-yritys. Hyväksytyt käyttäjät voivat milloin vain kirjautua

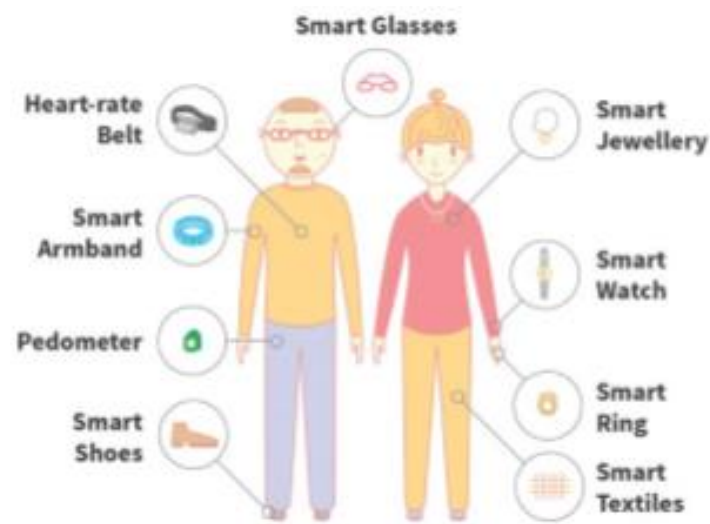
järjestelmään ja tarkastaa pohjallisten käyttäjän nykyisen ja edellisen sijainnin Googlen Mapista. Pohjallisessa on sisäänrakennettu SIM-kortti sekä akku ja se toimii suunnilleen 2 - 3 päivän ajan yhdellä latauksella. Järjestelmälle löytyy mobiilisovellukset Android sekä IOS-alustoja käyttäville älypuhelimille. (GPS Smart Sole, 2015) Kuvio 39 havainnollistaa Smart Solen toiminta.



KUVIO 39. GPS Smart Sole älypohjallisen toiminta. (GPS Smart Sole, 2015)

#### 4.7 Muita lääketieteellisiä päälle puettavia teknologioita

Tässä luvussa esitellään erilaisia lääketieteellisiä päälle puettavia teknologioita (Kuvio 40), kuten veren sokeripitoisuuden mittaamiseen tarkoitettut ratkaisut, diabetes, syöpädiagnostiikka ja aktiivisuus. Päälle puettavien teknologisten ratkaisujen painotus diabeteksen hoitoon on vahva, sillä diabetes on yksi suurimmista globaaleista terveysriskeistä, sillä maailmassa on nykyään yli 400 miljoonaa aikuista, joilla on tyyppin 1 tai 2 diabetes. Tämä aiheuttaa valtavia kuluja ja on arvioitu, että kulut kasvavat suuremmiksi kuin 600 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria vuoteen 2040 mennessä aiheuttaen suuren taakan yhteiskunnalle. Päälle puettava teknologia voi auttaa ehkäisemään tyyppin 2 diabetesta, joka johtuu elintavoista. Riittävän aikaisin todettu tyyppin 2 diabetes voidaan hoitaa elintapoja muuttamalla ja tähän päälle puettava teknologia voi tarjota ratkaisuja. Diabetes ei ole kuitenkaan ainoa sairaus, jonka ehkäisyssä tai hoidossa päälle puettavat laitteet voivat olla hyödyksi, vaan sovellusalueet kasvavat jatkuvasti teknologian kehittyessä. Tässä luvussa esitellään muutamia niistä.



**KUVIO 40. Erilaisia päälle puettavia terveydenhuollon laitteita. (Rantakari ym., 2016)**

#### **4.7.1 Abbot FreeStyle Libre Flash Glucose Monitoring System**

Standardit verensokerin monitorointijärjestelmät mittaavat glukoositasapainoa veressä yhdessä tietyssä tilanteessa. Tämä voi auttaa pitämään verensokeritason kontrollissa ja tehdä muutoksia dieettiin, aktiivisuuteen tai diabeteslääkityksen määriin. Joillain ihmisillä veren glukoositasojen kontrollointi ei onnistu ja he kokevat merkittäviä vaihteluita, jolloin sokeritasapaino saattaa laskea erittäin alas ilman varoitusta. (Abbott, 2017)

Jatkuva glukoositasapainon mittaus (Continuous Glucose Monitoring eli CGM) saattaa auttaa näissä tapauksissa. Järjestelmä koostuu pienestä kertakäyttöisestä sensorista, joka asennetaan iholle ja johon kiinnitetään sensori, jolla mitattu data lähetetään edelleen vastaanottimelle luettavaksi. Sensori kalibroidaan käyttäjän tavanomaisen verensokeriarvojen kanssa säännöllisin väliajoin ja sensorin avulla mitataan glukoositasapaino solujen välissä olevasta nesteestä. Eräänä esimerkkinä tämänkaltaisesta laitteesta on Abbott's FreeStyle Libre Flash Glucose Monitoring System. (Abbott, 2017)

Abott's Glucose Monitoring System (Kuvio 41) julkaistiin vuonna 2015 ja se tarjoaa käyttäjilleen monenlaisia etuja, kuten jatkuvan glukoosin mittaamisen (CGM) sisältäen reaaliaikaiset glukoosiarvot, trendi-informaation ja kattavat raportit. Laite asennetaan käden yläosaan (hauiksen alueelle) ja se koostuu erittäin pienestä ihon alle asennettavasta glukoosisensorista (0.2 tuumaa eli noin hiuksen paksuus), muovisesta ihon päälle asennettavasta hieman kolikon muotoisesta pinnasta. Sensori voidaan pitää asennettuna n. 14 päivän ajan ja se on tehdaskalibroitu. Asennuksen jälkeen laite alkaa lukea glukoosi- ja trendi-informaatiota ja informaatio voidaan lukea käyttämällä kosketusnäyttöistä lukijalaitetta glukoosisensorin päällä. Luettu data voidaan sen jälkeen siirtää myös Mac- ja PC-tietokoneille. (Brown ym., 2015)



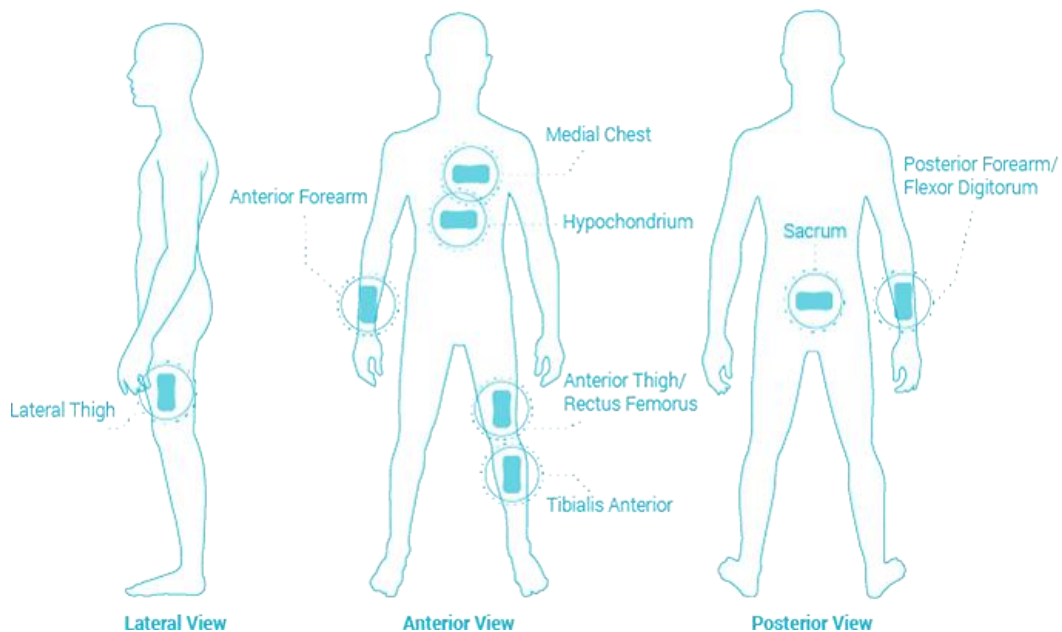
**KUVIO 41. Abbot Glucose Monitoring System. (Brown ym. 2015)**

#### **4.7.2 BioStampRC**

BioStampRC on päälle puettava sensori (Kuvio 42), joka on joustava ja mukautuu kehon muotoihin, jolloin sen käyttäminen on miellyttävää. Sensori toimii niin laboratorio-olosuhteissa kuin kotonakin ja sitä voi käyttää erilaisissa harjoitteissa (kuntoilu) sekä nukkuessa. Sensori voidaan kiinnittää useaan eri paikkaan kehossa (Kuvio 43) datan keräämistä varten. Langattomasti lähetettyä sensoridataa voidaan lukea WWW-portaalin kautta tai käyttäen mobiilisovellusta. (MC10)



**KUVIO 42. BioStampRC-sensori. (MC10)**



**KUVIO 43. BioStampRC-sensorin kiinnityspaikkoja kehossa. (BioStampRC)**

Sensorin ominaisuuksia ovat:

- Gyroskooppi
- Joustava silikonimateriaali
- Keveys (paino vain 6g)
- Kiihtyvyyssanturi
- Langaton Bluetooth Smart BLE-yhteys
- Tietoturvallinen pilvipalvelu datan varastointiin
- Vedenpitävyys 1m asti (IPX7-standardi)

BioStampRC-sensori kykenee mittaamaan ja monitoroimaan biolääketieteellistä dataa. Sensori monitoroi suorituskykyä, liikettä, sijaintia ja kehon toimintoja EKG-käyrästä lämpötilaan saakka. Yhdistämällä aktiviteetti-informaatiota biokemikaaliseen dataan, on mahdollista saada parempi biologinen ja lääketieteellinen kuva tilanteesta. Mitattu data lähetetään langattomiin mobiililaitteisiin ja portaaliin tarkempaa analyysia varten. Sensori soveltuu myös vaativampiinkin olosuhteisiin, sillä sensorilla on IPX7-vesitiiviysstandardi ja se on valmistettu joustavasta materiaalista. (Pormerleau, 2015)

Sensoria on testattu kenttäolosuhteissa Yhdysvaltain ilmavoimissa sadoilla testikäyttäjillä ja sensorin mitaama data voi auttaa komentajia saamaan parempaa tietoa joukko-osastojen terveydentiloista, esimerkiksi taistelijan haavoista taistelukentällä, jolloin on mahdollista tehdä päätös, kuka tarvitsee ensin kiireellistä hoitoa. Päälle puettavia sensoreita on testattu aiemminkin sotilaskäytössä, mutta BioStampRC on pienempi ja aiheuttaa vähemmän epämukavuutta. Seuraavana aiheena on mitata hikeä ja maitohappoja, jolloin on mahdollisuus nähdä, mikä on niiden suhde väsymykseen ja luoda pitkäaikainen visio



mitattuun biokemialliseen dataan perustuen, jolloin komentajat voivat ennakoida miehistön stressin ja väsymyksen mahdollista pahenemista. Tämä voi olla oleellista sotilaskäytössä ja myös kuntoilussakin. (Pormerleau, 2015)

#### 4.7.3 Cyrcadia Health's iTBra

Yhdysvaltalainen Cyrcada Health on yhteistyössä Singaporessa sijaitsevan Nanyang Technological University of Singaporen kanssa kehittämässä naisille uutta päälle puettavaa terveysteknologiaa (iTBra), jota voidaan käyttää henkilökohtaisena seulontatyökaluna rintasyöpää vastaan. iTBra (Kuvio 44) näyttää urheiluliiveiltä ja koostuu lämpötilasensoreista, jotka keräävät 2 - 12 käytön aikana normaalia ja epänormaalia solutoimintatietoa, jolla voi olla yhteys rintasyövän kehittämisessä. (Chowles, 2015)

iTBra on päälle puettava liivi, jossa on useita erilaisia sensoreita, jotka tarkastavat, millaisia lämpötilan muutoksia tapahtuu vuorokausirytmien aikana. Laite on suunniteltu erottamaan kudoksen tiheys laskentayhtälöistä, joka usein puuttuu mammografiaseulonnoista. iTBra mittaa lämpötilan variansseja tunnistaakseen jo epänormaalin solun kehityksen ja nopean lisääntymisen jo alkuvaiheessa. Mittaustuloksia prosessoidaan käyttäen kehittyneitä algoritmeja ja tulokset siirretään älypuhelimien tarkoitusta varten ohjelmoidun sovelluksen välityksellä. iTBra-liiviä voi käyttää muutaman tunnin ajan ja mittaustulokset siirtyvät lääkärille automaattisesti. (Chowles, 2015)



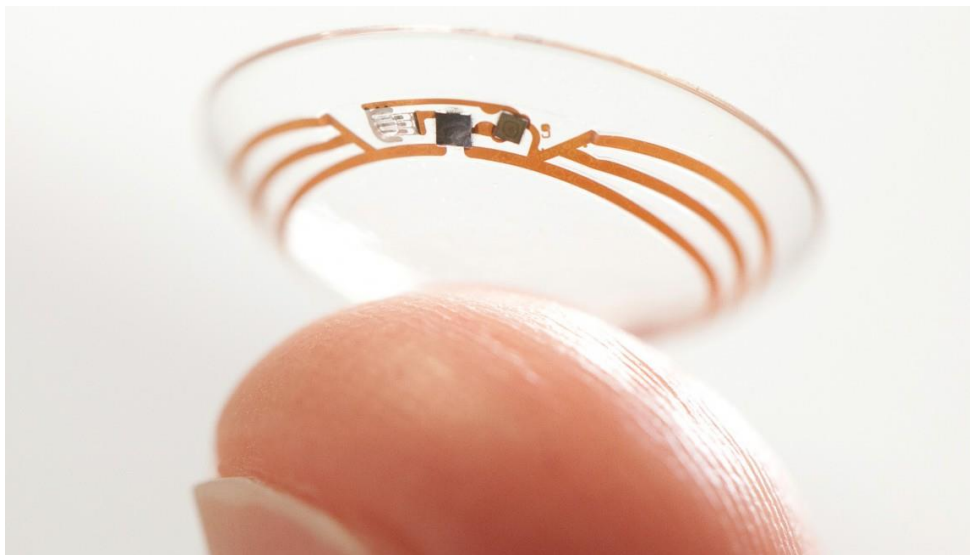
**KUVIO 44. Cyrcadia Health iTBra. (Chowles, 2015)**

Cyrcadia tekee yhteistyötä avainorganisaatioiden kanssa iBra-projektin suhteen. Tunnettu tietoliikennelaitteita valmistava yritys, Yhdysvaltalainen Cisco, on auttanut kehittämään algoritmeja datan tunnistamista ja kommunikointia varten. Flextronics kehittää päälle puettavia sensoreita ja Salesforce.com on vastuussa HIPPA-yhteensopivasta käyttöliittymästä ja back-end tietokannasta. iTBra-liivi on ollut testikäytössä El Caminon sairaalassa ja Standordin yliopiston Canary-keskuksessa. Tulevaisuudessa iTBra-liiviä tulevat käyttämään

lääkärit mammografiaseulonnoissa ja lopulta kuluttajat voivat ostaa tuotteen ja käyttää sitä kuukausittaisissa omatoimisissa tutkimuksissaan. (Chowles, 2015)

#### 4.7.4 Google Smart Contact Lens

Google kehittää älykästä kontaktilinssiä (Kuvio 45) yhteistyössä lääkealan jätin, Novartiksen, kanssa auttaakseen potilaita hoitamaan diabetesta. Nykyään, kun teknologia kehittyy etälääketieteeseen, monitorointeihin ja operaatioihin, robottiaivusteisiin hoitoihin ja kehittyneisiin sähköisiin diagnooseihin, Google on löytänyt markkinaraon omasta silmälasiteknologiastaan, jota voidaan käyttää terveydenhuollon alueella. Aiemmin ennen älylinssi-innovaatiota Googlen linssiteknologia oli rajoittunut Google Glass-laseihin. (King, 2014)



**KUVIO 45. Googlen älykäs kontaktilinssi diabeteksen hoitamiseen. (King, 2014)**

Novartiksen Alcon silmälasisiin keskittyvä osasto ja Google ovat luomassa älylinssiä, joka sisältää matalaa virtaa vaativan mikrosirun ja lähes näkymättömän hiuksenohuen virtapiirin. Linssi kykenee mittaamaan diabeetikon verensokeriarvoja suoraan kyynelneesteestä silmämunan pinnasta. Järjestelmä lähettää dataa mobiililaitteisiin pitääkseen linssin käyttäjän ajan tasalla tilanteesta. Novartiksen mukaan tämänkaltaisen teknologia yhdistettynä muihin kehon toimintoja mittaaviin vielä prototyyppiasteella yliopistoissa ja tutkimuslaboratorioissa oleviin teknologioihin voi tulevaisuudessa kyetä hoitamaan erilaisia ihmisillä olevia sairauksia. (King, 2014)

Lääkealan jätti on lisäksi etsimässä keinoja, kuinka käyttää kontaktilinssiteknologiaa määrittämään kaukonäköisten ihmisten näkökykyä ja mahdollistaa automaattinen tarkentaminen kohteeseen, johon käyttäjä haluaa silmänsä kohdistaa, aivan kuin kameralinssien tapauksessa kuvaa otettaessa. Tämänkaltaisen teknologia voisi auttaa heitä

välttämään silmälasien käytön tarvetta luettaessa tai etsittäessä muita lähellä olevia kohteita. (King, 2014)

#### 4.7.5 Embrace Monitor

Embrace Monitor (Kuvio 46) on älykellon tyylinen laite, joka monitoroi käyttäjän aktiiviteettia lääketieteelliseen laitteeseen verrattavissa olevilla sensoreilla. Laitteessa on kiihtyvyyssanturi, gyroskooppi, Bluetooth ja USB-liitännät, tuki IOS- ja Android sovelluksille (Empatica Mate), pitkä akun kesto ja se on myös roiskevesitiivis. Mitattu data lähetetään langattomasti älypuhelimessa toimivalle sovellukselle reaaliajassa. Sovellus tarjoaa terveystietoa, hälyttää käyttäjäänsä tarpeen mukaan ja ohjaa tavoitteisiin. Embrace voi myös auttaa vanhempia, joiden lapset sairastavat esimerkiksi epilepsiaa. Laite voidaan pukea ranteeseen lapsen mennessä nukkumaan ja se antaa hälytyksen älypuhelimeen, joka kertoo vanhemmille, jos lapsi saa kohtauksen. (Kosir, 2015)



**KUVIO 46. Embrace Monitor kohtauksien, unen ja aktiiviteetin mittaamiseen. (Empatica, 2017)**

Kuviossa 47 ilmenee, miten Embrace Monitor toimii. Ensimmäisessä vaiheessa laitteella mitataan aktiivisuutta, kuten fyysinen harjoitus, työssäolo ja lisäksi uni. Seuraavassa vaiheessa dataa analysoidaan reaaliajassa ja laite lähettää siitä käyttäjälleen palautetta. Kolmannessa vaiheessa eli tiedon klusteroinnissa Empatican järjestelmä analysoi historiallisen datan ja vuorovaikutuksen laitteen kanssa. Tulevaisuudessa tämä auttaa käyttäjää löytämään päivittäisten tapojen ja käyttäytymisen malleja. Neljännessä vaiheessa laitteen ohjelmisto antaa visuaalisen palautteen mitatun datan yhteenvedosta, jotta käyttäjä voisi paremmin ymmärtää päivän aktiiviteetteja. (Empatica, 2017)



**KUVIO 47. Embrace Monitor System toimintakaavio. (Empatica, 2017)**

#### 4.7.6 HealthPatch MD

HealthPatch MD (Kuvio 48) on uutta teknologiaa edustava San Josessa, Kaliforniassa, toimivan VitalConnect-yrityksen suunnittelema rintaan kiinnitettävä biosensori, jolla on niin FDA- (USA) kuin CE- (EU) merkinnät tuotteiden myyntiä varten USA:n ja Euroopan markkinoilla. HealthPatch koostuu kahdesta komponentista, jotka ovat: uudelleen käytettävä moduuli ja kertakäyttöinen laastari. HealthPatch MD siirtää tietoa muihin laitteisiin (esimerkiksi älypuhelin) käyttäen Bluetooth 4.0 langatonta teknologiaa. (MediGadget, 2014)

Laastari kykenee lähettämään käytännössä dataa lääketieteen ammattilaisille käyttäen hyväksi pilvipalveluita. Terveystieteiden ammattilaisten saadessa jatkuvaa, luotettavaa dataa, joka auttaa heitä tunnistamaan ongelmia niiden tapahtuessa, eikä vain oireiden ilmaantuessa. VitalConnect on kehittämässä kuvattua laastaria pienempää vaihtoehtoa, josta tulee korvaava teknologia lähitulevaisuudessa. (Threw, 2015)



**KUVIO 48. Healthpatch MD biosensorilaastari. (MediBioSense)**

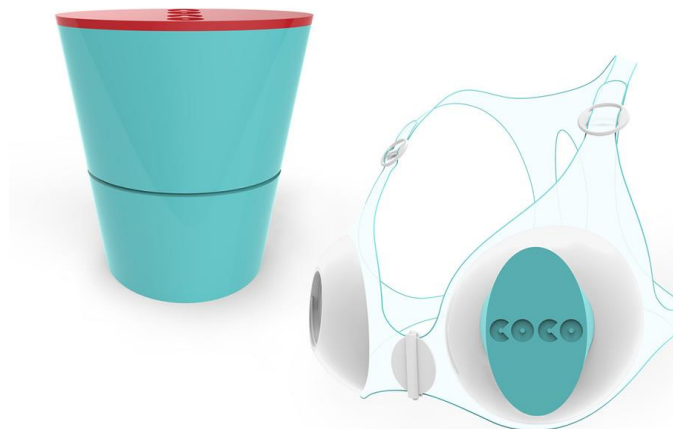
HealthPatch kykenee mittaamaan seuraavia elintoimintoja ja biometrisia mittauksia:

- Askeleet
- EKG
- Hengitystiheys
- Ihon lämpötila
- Kehon asento sisältäen kaatumisen mittauksen
- Sydämen syke
- Sydämen sykkeen muutos

HealthPatch MD-laastarissa on EKG-elektrodeja sydämen sykkeen mittaamiseksi, 3-akselinen MEMS-kiihtyvyyssanturi liikkeen tunnistamiseen ja termistori ihon lämpötilan tunnistamiseksi. Laastari on tarttuvaa silikonia, jonka poistaminen iholta ei ole vaikeaa. HealthPatch on tarkoitettu matalan kosteuden olosuhteisiin ja normaaliin käyttöön (ei hikoiluolosuhteisiin). Laastari tukee IP24- ja IP27-standardeja eli on myös vedenpitävä. Toiminta-aikaa laastarilla on 48 - 72 tunnin väliltä. Laastari on vain 10g painoinen ja 6 millimetriä paksu, joten se tarjoaa kevyen mittaussensorin myös avohoidossa olevien potilaiden elintoimintojen mittaamiseksi. (Medigadget, 2014)

#### 4.7.7 ISono Health Wearable Sensor

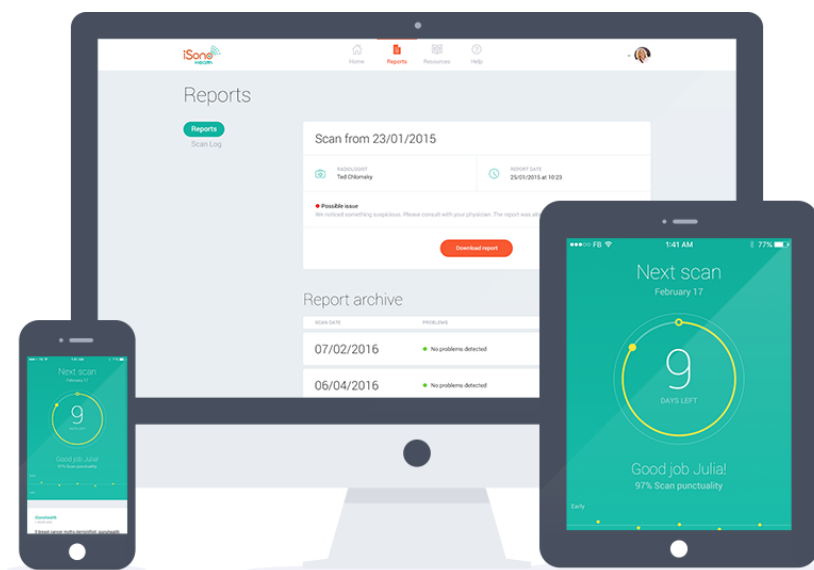
iSono Health on amerikkalainen yhtiö, joka on kehittänyt älykkään ultraääntä hyväksikäyttävän päälle puettavan ja ilman säteilyä toimivan sensorin (Kuvio 49), jota voidaan käyttää rintasyövän ennaltaehkäisyssä. Sensorilaitte asennetaan kerran kuussa rintaliivien sisään ja mittaustulokset lähetetään mobiilisovellukselle, jonka avulla informaatiota voidaan välittää terveydenhuollon ammattilaisille, kuten radiologeille. Ajatuksena on tunnistaa rintasyöpä jo sen alkuvaiheessa, jolloin se on hoidettavissa ja paluu terveelliseen normaaliin arkeen mahdollistuu.



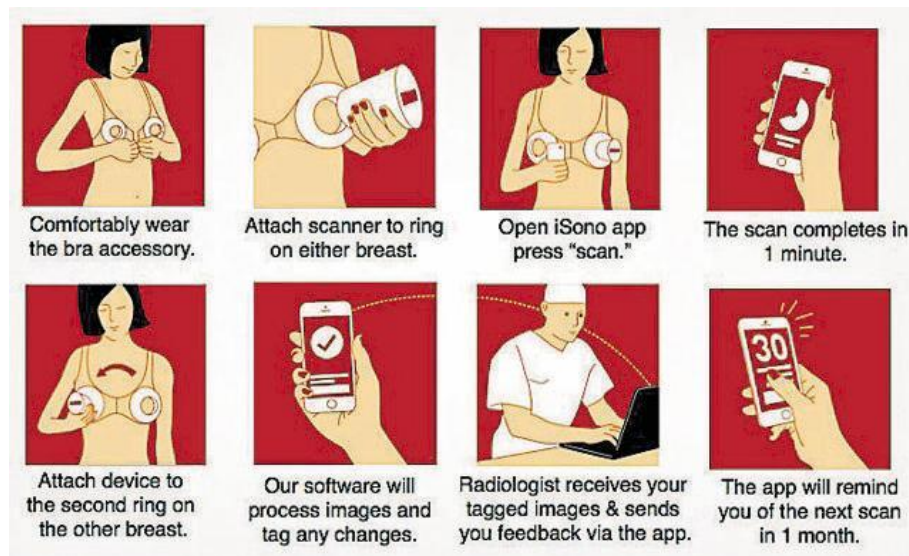
**KUVIO 49. iSono 3D ultraäänisensori rintakudoksen tutkimiseen. (iSono Health)**

iSonon sensori tulee tarpeeseen, sillä yhdelle kahdeksasta (1/8) naisista diagnosoidaan leviävä rintasyöpä heidän elinaikanaan. Rintasyöpä on toiseksi yleisin naisten kuolinsyy ja luvut ovat nousussa ympäri maailman. Riittävän aikainen diagnosointi parantaa huomattavasti mahdollisuuksia jäädä eloon onnistuneen parantavan hoidon avulla. Useat faktorit, kuten perhehistoria, ikä, rintojen tiheys ja genetiikka voi nostaa riskin 4 - 5 kertaiseksi. Nykyinen hoitostandardi ja mammografia, tunnistaa heikosti syöpätapauksia, mikäli rintakudos on tiheää ja siten riski sairastua syöpään on suurempi. Rintasyöpää sairastavilla eloonjäämisprosentti on 99 %, mikäli se todetaan ajoissa, mutta 1/3 rintasyövästä ei voida tunnistaa nykyisillä kuvantamismetodeilla. Lisäksi aikainen syövän tunnistaminen on yhteydessä 10 kertaa matalampiin hoitokustannuksiin, joka voi säästää miljardeja dollareita hoidon kustannuksissa. (F6s, 2017)

iSonon terveysalusta yhdistää automaattisen 3D ultraäänitekniikan pilvipalveluun ja tekoälyyn mahdollistaen ennakoivan, säännöllisen rintojen terveyden monitoroinnin. Ultraääniskanneri yhdessä päälle puettavan laitteiston kanssa mahdollistaa tarkan ja toistuvan kuvantamisen tuloksen. Laite kaappaa 3D ultraäänikuvia automaattisesti koko rintojen alueelta. Laite kommunikoi älypuhelimien ja siihen toteutetun sovelluksen (Kuvio 50) kanssa. Data siirretään langattomasti tietoturvaliikkeeseen pilveen kuvankäsittelyä ja varastointia varten. Avainasemassa alustassa on koneoppimisen algoritmi, joka mahdollistaa asteittaisen rintojen muutoksen omatoimisen monitoroinnin, mikä paljastaa epänormaaliudet ja mahdollistaa aikaisen rintasyövän tunnistamisen. Laitetta tarvitsee käyttää vain kahden minuutin ajan kuukaudessa terveystilanteen tutkimiseksi, jolloin riittävä palaute voidaan saada mobiilisovelluksen kautta. (F6s, 2017) Kuvio 51 havainnollistuu iSono Health sensorin käyttöprosessi.



**KUVIO 50. iSono Health ultraäänisensorin mobiilisovellus.(iSono Health)**



**KUVIO 51. iSono Health sensorin käyttöprosessi. (iSono Health)**

#### 4.7.8 Leaf Healthcare Patient Ulcer Sensor

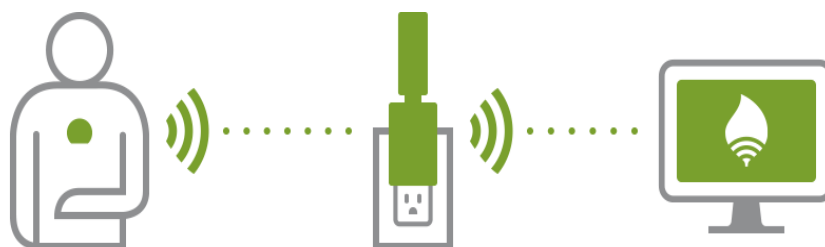
Leaf Healthcare on Kaliforniassa perustettu langattomiin lääketieteellisiin monitorointisensoreihin keskittyvä teknologiayritys, jonka ensimmäisenä kaupallisena tuotteena on pienikokoinen kehoon kiinnitettävä laite: Leaf Patient Sensor (Kuvio 52), joka monitoroi paineen vaihtelua ja potilaiden liikettä sairaalasängyssä sekä käyttää hyväksi dataa laskemiseen, milloin potilas tarvitsee kääntämistä, jotta makuuhaavoilta voidaan välttyä ja asentoa tarvitsee vaihtaa. Mitattu data lähetetään langattomasti keskusmonitorointijärjestelmään tai mobiililaitteille, jolloin terveydenhuollon ammattilaiset voivat tarkastella lukemia. Järjestelmä myös hälyttää hoitajia ja henkilökuntaa, kun potilaat tarvitsevat kääntämistä. (Comstock, 2015) Leaf-sensorin ja sen tiedonvälitys kojelautoihin havainnollistuu kuvioista 53.



**KUVIO 52. Leaf Healthcare potilainen monitorointijärjestelmä. (Comstock, 2015)**

Leaf-sensori myös monitoroi ja tallentaa sekä tarvittaessa huomauttaa henkilökunnalle, milloin potilaat nousevat sängystä. Laite automaattisesti keskeyttää potilaan kääntämiseen liittyvät protokollat niin kauan, kun potilas on liikkeessä. Leaf-sensori myös dokumentoi ja

monitoroi potilaan liikkuvuustason paranemista koko sairaalajakson ajan, jotta kotiutumisen ajankohtaa voidaan paremmin arvioida. Sensorin avulla voidaan myös maksimoida potilaan liikkuvuutta mahdollisimman tehokkaasti, jotta potilas voidaan kotiuttaa sairaalasta mahdollisimman nopeasti ja terveempänä sekä siten välttää pitkittynyt sairaalajakso. Toimenpide voi osaltaan myös vähentää uusintajaksoa sairaalassa. (Leaf Healthcare, 2017)



**KUVIO 53. Leaf--sensori ja tiedonvälitys kojelautoihin (Dashboard). (Leaf Healthcare, 2017)**

Langaton, kertakäyttöinen sensori voidaan kiinnittää potilaan rintaan käyttäen lääketieteellisesti hyväksyttyä liimapintaa. Prosessi toimii hieman samalla tavalla kuin tavanomaisen laastarin käyttäminen. Sensori käynnistyy automaattisesti ja tunnistaa, milloin on kiinnitettyä potilaaseen. Tämän jälkeen sensori on valmis monitoroimaan potilaan asentoa ja aktiiviteettia. Tiedon välityksessä käytetään Leaf-antenneja, joita voidaan liittää langattomaan verkkoon ja potilaiden sensorit sitten kommunikoivat sellaisten antennien kanssa, joihin niillä on vahvin signaali, jotta optimaalinen datan siirto voidaan varmistaa. Potilasdataa voidaan tiedonsiirron jälkeen tarkastella tietokoneilla, tableteilla tai älylaitteilla. Kojelaudat (Dashboards) tarjoavat käyttökelpoista informaatiota jo ensi silmäyksellä, jolloin potilaiden asennon kääntämisen prioriteetit ovat selkeästi nähtävissä ja kiusalliset hälytykset voidaan välttää. (Leaf Healthcare, 2017)

Leaf-sensorin raportointi jakautuu neljään osaan, jotka ovat potilastaso, yksikkötaso, sairaalataso ja IDN-taso (Integrated Delivery Network eli integroitu toimitusverkko). Potilastasolla Leaf mahdollistaa yksityiskohtaiset tiedot jokaisesta potilaan asennon muutoksesta ja liikkeestä, jotka ovat tapahtuneet potilaan sairaalajakson aikana. Nämä dokumentoidaan suoraan EMR:än eli sähköiseen potilasrekisteriin. Yksikkötasolla toteutetaan päivittäiset raportit jokaiselle yksikölle, jotta on mahdollista tunnistaa koulutusmahdollisuuksia ja palkita hyvästä suorituskyvystä. Sairaalatasolla laitostason raportit auttavat johtajia hallinnoimaan liikkuvuusohjelmiaan maksimoimaan terapeuttisia ja taloudellisia lopputuloksia. IDN-tasolla (yritystaso) johtajille on tarjolla yrityksen laajuista dataa, jotta heidän on mahdollista parantaa organisaation suorituskykyä. (Leaf Healthcare, 2017) Kuvista 54 havainnollistuu Leaf-sensorin joustavan raportoinnin ominaisuudet.





**KUVIO 54. Joustavat raportoinnin ominaisuudet. (Leaf Healthcare, 2017)**

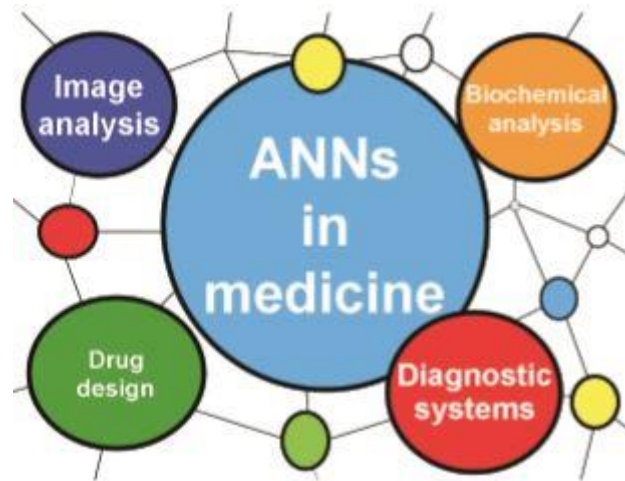
## 5 Tekoäly ja kognitiivinen arviointi diagnosoinnissa

Tutkimuksien mukaan 88 % diagnosointitilanteista arvioita pyydetään myös toiselta lääketieteen ammattilaiselta, kuten lääkäriltä. Diagnosointivirheistä 10 % johti potilaiden kuolemaan ja 17 % komplikaatioihin. Huolimatta jo pitkään kehittyneestä sairauksien paremmasta ymmärtämisestä sekä testien paranemisista, diagnosointi on silti myös osittain niin taidetta kuin tiedettä ja alttiina epätarkkuuksille, ellei jopa henkeä uhkaaville virheille. (13D Research)

Teknologiayritysten ja yliopistojen tutkimuslaboratorioiden sekä urauurtavien sairaaloiden koneoppimisen algoritmeja hyödyntävät diagnostiikkasovellukset ovat nopeassa tahdissa siirtymässä teoriasta käytäntöön. Muutospotentiaali on valtava ja koneoppiminen tarjoaa välittömän toisen mielipiteen diagnoosista. Se voi toimia kotiolosuhteissa varhaisen vaiheen tunnistuksen työkaluna sairastapauksissa ja tarjota tähän mennessä tarkimman diagnoosimenetelmän historiassa. Koneoppiminen diagnoosityökaluna on tehokas ja säästää potilaiden, lääkäreiden ja sairaalan kustannuksia sekä mikä tärkeintä, elämiä. (13D Research)

Koneoppimisen menetelmiä on käytetty tehokkaasti erityisesti syövän tunnistamisessa ja tutkijaryhmä Stanfordin yliopistosta opetti neuroverkolle, miten löytää 130 000 kuvan tietokannasta syöpätapauksia ja tehdä diagnooseja. Tutkijaryhmä testasi neuroverkkoa myös 14 000 iholeesioista koostuvan tietokannan kanssa, jolloin koepaloja ei tarvinnut ottaa, vaan neuroverkkoa opetettiin koneoppimisen avulla, jolloin se osasi opettamisen jälkeen tehdä päteviä diagnooseja 72 % tarkkuudella. Vertailukohtana olivat ihotautilääkärit, jotka kykenivät diagnosoimaan pienemmällä 66 % tarkkuudella. Testiä laajennettiin kattamaan 25 lääkäriä ja käytössä oli 2000 iholeesio kuvaa, joissa kaikissa tapauksissa oli otettu koepalat. Neuroverkko kykeni päihittämään asiantuntijalääkärit kaikissa tilanteissa. (13D Research) Kuvioista 55 ilmenee neuroverkkojen tyypillisiä sovellusalueita, jotka ovat kuva-analyysi, biokemiallinen analyysi, lääkesuunnittelu ja diagnostiikkajärjestelmä.

Tutkijoiden tuodessa yhä lisää dataa algoritmeille, työkaluista tulee yhä tarkempia ja niistä tulee olemaan entistä enemmän hyötyä sairaaloille ja lääkäreille. Tekoäly on vaikuttanut useaan alueeseen sairaalamaailmassa aina yksilökeskeisestä lääketieteestä operationaalisten ja ennustavien kustannusten hallinnan parantamiseen asti. Laitteistovalmistajat myös hyötyvät, sillä sairaalaympäristöt vaativat tehokkaita informaatioteknologian laitteistoja ja laskentakykyä, jotta ne tekoälysovellusten käyttö diagnosoissa onnistuu. Suurimmat toimijat, kuten IBM, Microsoft ja Amazon ovat vahvasti läsnä terveydenhuollon sektorilla, sillä sairaalat ja vakuutusyhtiöt tarvitsevat Big Data-analytiikan infrastruktuuria. (13D Research)



**KUVIO 55. Neuroverkkojen pääsovellusalueita lääketieteessä. (Amato ym. 2013)**

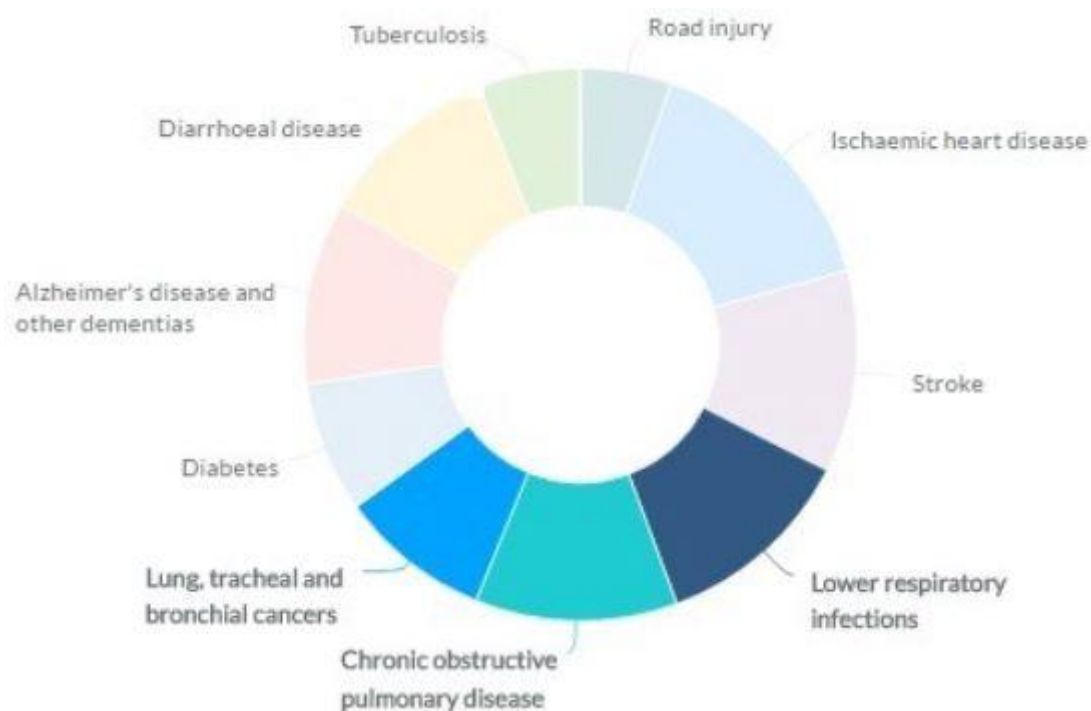
Nykyään tekoälyä voidaan hyödyntää useilla terveydenhuollon sektoreilla, joista syöpätutkimus on yksi oleellisimmista. Syöpä on yksi tappavimmista sairauksista ja sen hoidossa sekä tutkimuksessa ollaan edistytty viime aikoina. Tekoälyä on käytetty ennustamaan, minkälaiset yhdistelmä lääkkeet voivat auttaa taistelussa erilaisia syövän tyyppisiä vastaan. Tutkimuksien mukaan 100 lääkeainetta voidaan käyttää luomaan 5000 erilaista kahden lääkkeen yhdistelmä lääketta ja mitä useampi lääkeaine on kyseessä, sen enemmän yhdistelmiä voidaan luoda. Tekoälyn avulla on voitu tehokkaasti ennustaa ja tunnistaa lääkeaineiden yhdistelmiä, joita on myöhemmin voitu varmistaa toimiviksi kokeellisilla testeillä. (Murphy, 2015)

Syöpään menehtyneiden määrä on vähentynyt vuodesta 1991 25 %. Syynä on ollut viime vuosina tehokkaiden menetelmien, kuten geenien muokkauksen ja tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuus. Edellä mainittujen teknologioiden hyödyntäminen auttaa parantamaan hoitoja huomattavasti nopeammin kuin aiempina vuosikymmeninä. On ennustettu, että vain viiden seuraavan vuoden aikana tekoälyä hyödyntävä tutkimus tulee todennäköisesti tarjoamaan tehokkaita hoitoja lähes kaikkiin syövän tyyppisiin ja mahdollisesti parantamaan osan niistä. Syöpään menehtyneiden määrä todennäköisesti tulee jatkamaan laskuaan uusien teknologioiden myötä. (Murphy, 2015)

Tekoälyn kehityksestä on ennustettu, että 30 – 50 seuraavan vuoden aikana tekoäly auttaa voittamaan syövän esimerkiksi geenien manipuloinnin, nanorobottien ja tekoälyn itsensä avulla. Kaikkia elintärkeitä elimiä voidaan monitoroida 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa nanorobottien uidessa suonien sisällä. Geeniterapia tulee myös radikaalisti vähentämään sairauksien haittoja ja määrää, ellei kokonaan eliminoimaan ne. Tekoälyn älyn kehitys on ennustettu saavuttavan keskinkertaisen ihmisen älykkyyden, joka antaa tekoälyn hyödyntämiselle aivan uudenlaisia mahdollisuuksia ja varmasti myös uhkia. (Murphy, 2015) Tulevaisuuden ennustaminen on kuitenkin vaikeaa ja voi olla, että kehitys ei edistyäkään ennakoitua vauhtia tai sitten vauhti on ennakoitua huimempaa.

## 5.1 Tekoäly keuhkosairauksien diagnosoinnissa

Maailman terveysjärjestön eli WHO:n mukaan kolme viidestä kuolemaan johtavasta syystä maailmassa ovat yhteyksissä keuhkojen toimintahäiriöihin. Keuhkokuume on johtava kuolinsyy alle viisi vuotiailla lapsilla postneonataalisessa vaiheessa. Yli 300 miljoonaa ihmistä kokevat, että heidän on vaikea hengittää kroonisista hengitysoireista. Kuviosta 56 ilmenevät suurimmat kuolinsyihin johtavat sairaudet maailmassa, joista keuhkosairauksilla on suuri osuus. Muita vaikuttavia kuolemaan johtavia sairauksia ovat Alzheimer, iskeemiset sydänsairaudet, halvaus ja ripulisairaudet. Epätodennäköisintä on kuolla liikenneonnettomuudessa tai saada tuberkuloosi, joihin ei löydy hoitokeinoja, ainakaan kehittyneissä maissa. (Binetskaya)



**KUVIO 56. Johtavat kuolinsyyt maailmassa. (Binetskaya)**

Tutkimusten mukaan tekoäly voi parantaa keuhkotestien tulkitsemista ja tekoälyalgoritmien hyödyntäminen keuhkosairauksien yhteydessä on antanut lupaavia tuloksia ja sen avulla ollaan päästy lähes ihmisten tehokkuuteen tappavien sairauksien diagnosoinnissa. Nykyään testit pääosin suoritetaan mittaamalla hengityksestä ulos virtaavan ilman määrää ja nopeutta. Spirometria on eniten käytetty keuhkotesti. Sitä on usein seurannut pletysmografinen testi, jossa mitataan, kuinka paljon ilmaa potilas kykenee pitämään keuhkoissaan. Viimeisin on diffuusiotesti, joka mittaa kuinka hyvin keuhkot prosessoivat potilaan hengittämää ilmaa ja sallivat hapen ja hiilidioksidin kulkeutua verenkiertoon ja pois sieltä. (CyberPsychology, 2016)

Tekoäly ja koneoppimisen algoritmit ovat uusia innovatiivisia sovellusalueita, joita voidaan hyödyntää myös keuhkotestien suorittamisessa. Koneoppiminen käyttää hyväksi algoritmeja,

jotka voivat oppia ja suorittaa ennustavan datan analytiikkaa. Tutkimustuloksina on esitetty, että tekoäly voi tarjota tarkempia diagnostiikan tapoja ja algoritmi voi simuloida monimutkaisia päättelyketjuja standardisoidummalla sekä objektiivisemmalla tavalla, joita terveydenhuollon ammattilaiset, kuten lääkärit käyttävät diagnosoidakseen sairauksia. (CyberPsychology, 2016)

### **5.1.1 Tekoäly hyödyntäminen keuhkotoimintotestien diagnosoinnissa**

Tekoäly voi auttaa parantamaan keuhkotoimintojen testejä pitkäaikaisten keuhkosairauksien diagnosoimiseksi. Euroopan Respiratory Societyn kansainvälinen kongressi on ensimmäinen, joka tutkii tekoälyn käyttöä keuhkosairauksien diagnoosin tarkkuuden parantamiseksi. Nykyiset testit vaativat useampien erilaisten metodien käyttöä, kuten spirometriatestiä, joka mittaa keuhkoista virtaavan ilman määrää ja nopeutta sekä kehon pletysmografiatestiä, joka mittaa staattista keuhkojen kokoa ja ilmanvastusta, ja diffuusioteestiä, joka mittaa ilman ja muiden kaasujen määrää, jotka ohittavat keuhkojen ilmapussit. Näiden tuloksien analysointi perustuu paljolti asiantuntijamielipiteisiin ja kansainvälisiin ohjeistuksiin yrittäessään havaita malleja löydöksistä. (European Lung Foundation, 2016)

Tutkijat tutkivat 968 ihmistä, jotka kävivät ensimmäistä kertaa lävitse täydellistä keuhkotoimintotestiä. Kaikki osallistujat saivat ensimmäisen kliinisen diagnoosin perustuen keuhkotoimintotestiin ja muihin tarpeellisiin testeihin, kuten CT-kuvauksiin ja EKG:iin. Lopullinen diagnoosi validoitiin yhteistyössä suuren lääketieteen asiantuntijajoukon kanssa. Tutkijat tarkastelivat, voisiko koneoppiminen auttaa analysoimaan täydellisen keuhkotoimintotestin tuloksia. Koneoppiminen käyttää algoritmeja, jotka voivat oppia ja suorittaa ennakoivia data-analyyseja. (European Lung Foundation, 2016)

Tutkimusryhmä kehitti algoritmin rutiinien keuhkotoimintoparametrien ja kliinisten muuttujien (tupakointihistoria, BMI ja ikä) lisäksi. Algoritmi käyttää hyväkseen molempien, kliinisten- ja keuhkotoimintoparametrien dataa tehden ehdotuksia todennäköiseksi diagnoosiksi. Tekoälyn avulla on mahdollista saavuttaa tarkempia diagnosoititulosia ja sopiva tekoälyalgoritmi voi myös simuloida monimutkaista päättelyä, jota lääketieteen ammattilainen käyttää muodostaessaan diagnoosia, tosin standardoidulla ja objektiivisella tavalla, joka vähentää puolueellisuutta. (European Lung Foundation, 2016)

Lääketieteen ammattilaisten täytyy luottaa tulosten analysointiin käyttäen väestöperusteisia parametreja. Tekoälyn avulla, kone voi tarkkailla mallien yhdistelmää yhtäaikaaisesti, jotta tarkempi diagnoosi mahdollistuu. Tämänkaltaista menettelytapaa on jo käytetty muilla terveydenhuollon sektoreilla, joissa automaattinen tulosten tulkitseminen EKG-laitteiden mittaustuloksista on rutiininomaisesti käytetty kliinisenä käytänteenä päätöksentuen järjestelmissä. Tämänkaltaisen menettelytapa tarjoaa tarkemman ja automaattisen keuhkotoimintojen testien tulkitsemisen sekä paremman sairauksien tunnistamisen. Menetelmä auttaa säästämään aikaa lopullisen diagnoosin saamiseksi ja se voi myös vähentää

säännöllisten lisätestien määrää, joita on tarvittu varmistamaan diagnoosi. (European Lung Foundation, 2016)

### **5.1.2 Tekoäly diagnosoi tuberkuloosin**

WHO:n (World Health Organization) eli maailman terveysorganisaation mukaan tuberkuloosi on yksi kymmenennen yleisimmän kuoleman aiheuttavasta sairaudesta maailmassa. Vuonna 2016 arviolta 10,4 miljoonaa ihmistä sairastui tautiin, joka aiheutti 1,8 miljoonan ihmisen kuoleman. Tuberkuloosi voidaan diagnosoida kuvaamalla rintakehä, tosin yleensä tuberkuloosin esiintymisalueilla taudin diagnosoinnin asiantuntijuudesta on pulaa. Tekoäly ja sen soveltaminen tuberkuloosin diagnosoinnissa röntgenkuvista on tullut tarpeelliseksi alueilla, joissa on pulaa radiologeista. Tekoälyratkaisun avulla voidaan radiologeille toimittaa tietoa tuberkuloosin esiintymisestä, jolloin se voidaan hoitaa ja tunnistaa kustannustehokkaasti kehitysmaissa. (Lakhani, 2017)

Syväoppiminen (Deep Learning) on yksi tekoälyn muoto, joka mahdollistaa tietokoneille suorittaa tehtäviä, jotka perustuvat jo olemassa oleviin datan välisiin suhteisiin. Konvoluutiollinen syvä neuroverkko (Deep Convolutional Neural Network eli DCNN) koostuu useista piilossa olevista kerroksista ja malleista, jotka luokittelevat kuvia. Testejä tehtiin kahdella erilaisella DCNN-verkolla, jotka ovat AlexNet ja GoogLeNet, jotka oppivat tuberkuloosin suhteen positiivisista ja negatiivisista röntgenkuvista. (Lakhani, 2017)

Mallien tarkkuutta testattiin 150 tapauksella. Toimivin tekoälymalli oli AlexNetin ja GoogLeNetin yhdistelmä, jonka tarkkuus oli peräti 96 %. Kahdella DCNN-mallilla oli eroja 13 tapauksessa 150:stä. Radiologin diagnosointitarkkuus oli näissä tapauksissa 100 %. Aiemmin koneoppimisen avulla pystyttiin saamaan vain 80 % tuloksia, mutta käyttäen syväoppimista potentiaali tarkkuuden suhteen on suurempi. Tekoäly tuberkuloosin diagnosoinnissa voi olla hyvin merkittävä asia tulevaisuuden taistelussa taudin voittamiseksi. (Lakhani, 2017)

## **5.2 Tekoäly syöpätapausten diagnosoinnissa**

Tekoälyn on tutkimuksien mukaan todettu lähentelevän jo ihmisten suorituskykyä syöpätapausten diagnosissa, näin on erityisesti rintasyöpien tapauksissa. Patologit ovat diagnoisineet sairauksia pitkälti samalla tapaa jo 100 viime vuoden ajan eli tarkastelemalla manuaalisesti kuvia mikroskoopin avulla. Nykyään tietokoneet, älykäs teknologia ja algoritmit voivat auttaa lääkäreitä parantamaan tarkkuutta ja merkittävästi muuttaa tapaa, jolla syöpä ja muut sairaudet on mahdollista diagnosoida. Patologiassa on tutkittu tekoälyyn pohjautuvia metodeita, joiden avulla on mahdollista tulkita patologisia kuvia ja tehdä diagnooseista yhä tarkempia.

Diagnoosissa käytetyt metodit voivat pohjautua syväoppimiseen, joka on koneoppimisen algoritmi, jota on käytetty useissa erilaisissa sovelluksissa, kuten äänen- ja kuvan tunnistus.

Tämänkaltainen menettelytapa opettaa koneita tulkitsemaan monimutkaisia malleja ja rakenteita reaalityodellisuuden datasta rakentamalla monikerroksisia tekoälyyn pohjautuvia neuroverkkoja prosissa, jonka on ajateltu olevan samankaltainen oppimisprosessin kanssa, joka tapahtuu aivojen neokorteksin neuronikerroksissa.

Tavanomaiset tutkimusmenetelmät, kuten tutkimalla suuria joukkoja (jopa miljoonia) normaaleita soluja, jotta voidaan tunnistaa vain muutamia pahanlaatuisia soluja, on erittäin työläs tapa. Tietokone ja soveltuvat algoritmit voivat auttaa tässä tehtävässä. Automatisoidut järjestelmät kykenevät 92 % tarkkuuksiin patologioiden 96 % sijaan, tosin yhdistämällä patologioiden analyysit ja automaattisen diagnostiikan, on mahdollista päästä 99,5 %, joka on jo lähes täydellinen tulos. Kuvien digitalisointi ja koneoppimisen algoritmien käyttäminen voisi auttaa patologeja toimimaan nopeammin, tarkemmin ja tekemään tarkempia potilasdiagnooseja. Lääketieteen ammattilaisen analyysien ja tietokoneen diagnoosien yhdistelmä tuottaa tarkempia ja kliinisesti arvokkaampia diagnooseja ohjaamaan hoito-ohjelmien päätöksenteossa.

### **5.2.1 Tekoäly diagnosoi ihosyövän älypuhelimella**

Yhdysvaltalaisen Stanfordin yliopiston tutkijat ovat kehittäneet metodin ihosyövän diagnosointiin käyttäen tekoälyä (AI eli Artificial Intelligence), jota voidaan tulevaisuudessa myös hyödyntää älypuhelimissa. Käyttäen soveltuvaa tekoälyä hyödyntävää syöpädiagnosointialgoritmia, tutkimustiimi kykeni luomaan tietokannan, joka koostuu 130 000 ihosairauskuvasta. Algoritmi voitiin tämän jälkeen opettaa visuaalisesti diagnosoimaan potentiaalinen syöpätapaus. (Roberts, 2017)

Tiimi toteutti testejä, joissa ilmeni, että tekoäly suoriutui tehtävästä tarkasti. Testit suorittivat myös 21 ihotautilääkärinä, joiden diagnooseihin tekoälyn suoriutumista verrattiin. Tekoälyn tunnistamat ihovauriot eli leesiot (Kuvio 57) edustivat yleisintä ja tappavinta ihosyöpää ja näissä diagnosointitapauksissa algoritmin suorituskyky vastasi ihotautilääkärin suorituskykyä. Testituloksien ollessa hyviä, teknologiaa otettiin käytettäväksi mobiililaiterympäristöön älypuhelimille. (Roberts, 2017)

Ihosyöpä valittiin tutkimusalueeksi, sillä joka vuosi USA:ssa diagnosoidaan 5,4 miljoonaa uutta ihosyöpätapausta. Selviytymisprosentit ovat kuitenkin 97 % luokkaa, mikäli melanooma on tunnistettu ajoissa ja hoitoon pääsy mahdollistuu riittävän aikaisessa vaiheessa. Tekoälyalgoritmin kehitystyö perustui Googlen jo aiemmin kehittämään algoritmiin, jonka avulla pystyttiin erottamaan esimerkiksi eläinten kuvia, kuten kissa tai koira, toisistaan. Ihosyöpien tunnistusta varten tietokantaan ladattiin 130 000 kuvaa iholeesioista, jotka edustivat 2000 erilaista sairautta. Tämän jälkeen tekoäly kykeni tunnistamaan pahalaatuiset melanoomat sekä karsinoomat ja algoritmin syöpien tunnistuskyky vastasi ihotautilääkärin vastaavaa usean koetestin jälkeen. (Roberts, 2017)



**KUVIO 57. Havaintokuva iholeesiosta. (Roberts, 2017)**

Toistaiseksi algoritmi on toteutettu vain tietokoneelle, mutta jatkossa sen hyödyntämistä mobiililaitteissa, kuten älypuhelimissa, on suunniteltu. Lisäksi algoritmin tarvitsee käydä läpi tiukat validointiprosessit, jotta sitä voidaan hyödyntää kliinisissä käytänteissä ja jotta sen avulla voidaan tehdä hoitopäätöksiä tulevaisuuden sairaalaympäristöissä. Ihotautilääkärit tulisi myös saada omaksumaan sovelluksen käyttö ja potilaiden ottamat kuvat ihomuutoksista, mikä ei tällä hetkellä useimmiten ole tilanne. Tulevaisuudessa tilanne voi kuitenkin muuttua ja algoritmin validoimisen, sopivan mobiilisovelluksen kehityksen ja lääkärien hyväksynnän jälkeen tekoälyä hyödyntävää syöpädiagnostiikkasovellusta voitaisiin käyttää syöpädiagnooseihin tai ainakin ihotautilääkäreiden tekemien diagnoosien varmistukseen, mikä voisi tuoda lisäarvoa syöpädiagnostiikkaan ja siten säästää ihmishenkiä. (Roberts, 2017)

### **5.2.2 Tekoäly rintasyövän diagnosoinnissa**

Mammografia on yksi lääketieteen parhaista työkaluista rintasyövän tunnistamiseksi. Tyypillisesti kivuliaaksi luokitellun testin tunnistessa potentiaalisen ongelman, naiset säännöllisesti käyvät testeissä koepalojen ottamiseksi, joka ei aina olisi tarpeen. Tekoälyä hyödyntämällä testitoimenpiteitä voidaan huomattavasti vähentää. Yhdysvaltalaiset Houston Methodist tutkijat ovat kehittäneet tekoälyä hyödyntävän sovelluksen, joka voi tulkita mammografiatuloksia jopa 30 kertaa nopeammin kuin lääkärit ja 99 % tarkkuudella. Tutkimustulos on julkaistuna artikkelina (Correlating Mammographic and Pathologic Findings in Clinical Decision Support Using Natural Language Processing and Data Mining Methods) Cancer-lehdessä. Tutkimustuloksena oli, että ohjelmisto kykenee intuitiivisesti ja hyvin nopeasti muuttamaan potilaskaaviot diagnostiikkainformaatioksi, joita ihmiset voivat tulkita. Menetelmä tarjoaa lääkäreille luotettavan ja aikaa säästävän tukimuodon arvioitaessa potilaiden syöpäriskiä ja tarvetta lisätesteille. (Burns, 2016)



Määrittääkseen ohjelmiston tehokkuuden rintasyöpätapausten riskiarvioinnissa, tutkimustiimi tallensi tietokantaan mammografian ja patologian raportteja 500 rintasyöpäpotilaista sekä informaatiota diagnostiikkaominaisuuksista ja rintasyövän alatyypin mammografialöydöksistä, jotka korreloivat. Algoritmilta vei vain muutaman tunnin aikaa tehdä syöpäriskiarviot koko ryhmälle, mikä lääkäreiltä olisi vienyt 50 – 70 tuntia arvioida vain 50 potilasta manuaalisesti. Ohjelmisto säästää satoja tai jopa tuhansia lääkärin työtunteja muuta tarvetta varten. (Burns, 2016)

Amerikkalaisten CDC (Centers for Disease Control and Prevention) ja American Cancer Society, jotka keräävät tilastotietoa erilaisista sairauksista ja syöivistä, ovat julkaisseet tilaston, jossa kerrotaan jopa puolen 12,1 miljoonasta vuosittaisesta USA:ssa suoritetusta mammografiatutkimuksesta aiheuttavan vääriä positiivisia tuloksia. Kuitenkin, tutkimusten mukaan potilaat, joiden mammografiatutkimuksen tuloksena on 3 – 95 % syöpäriski, ovat säännöllisesti kutsuttu koepalojen ottoa varten, joka aiheuttaa 1,6 miljoonaa koepalan ottoa rintasyöpäriskiin liittyen. Näistä 20 % ovat tarpeettomia vääriä tuloksia. (Burns, 2016)

Kehitetyn sovelluksen käyttö minimoi potilaan kärsimyksiä ja maksimoi lääkärin ajankäyttöä. Lisäksi sovelluksen etuna on nousevien syövänhoitokulujen hillitseminen, jotka voivat nousta jopa 158 miljardiin USA:n dollariin vuoteen 2020 mennessä. Sovelluksen toivotaan helpottavan rintasyöpäriskin arviointia ja tarkentaa käytänteitä koepalojen otton suosituksista, jolloin turhalta koepalojen otolta voidaan välttyä. (Burns, 2016)

### **5.3 Tekoäly lääketutkimuksessa ja suunnittelussa**

Nykyajan lääkeyhdisteiden etsintäprosessin täytyy kehittyä dramaattisesti, jotta on mahdollista täyttää 2010-luvun potilaiden ja yhteiskunnan tarpeet. Koneoppiminen ja tekoäly yleensäkin tarjoavat lääketeollisuudelle todellisen tilaisuuden tehdä tuotekehitystä eri tavalla, jotta se voi toimia tehokkaammin ja merkittävästi parantaa menestystä alkuvaiheen lääkekehityksessä. Pitkäaikaiset hyödyt kattavat suuremmat kehitysresurssit, paremman ROI:n (Return on Investment) eli sijoitetun pääoman tuottoasteen sekä säästävät kustannuksia ja mahdollistavat vakavia sairauksia vastaan kehitettyjen uusien lääkkeiden huomattavasti paremmat toimitusmahdollisuudet. (Hunter, 2016)

Tavanomaisesti voi kestää peräti 15 vuotta, jotta lääkekehitysprosessi saadaan ideatasolta markkinoille toimitettavaksi tuotteeksi asti. Kehitysprosessi käsittää muun muassa oikeanlaisen sairautta manipuloivan proteiinin löytämisen, konseptin testaamisen, potilaalle toimitettavan molekyylin optimoinnin, prekliinisen ja kliinisen turvallisuuden ja tehokkuuden testaamisen. Prosessi on kuitenkin liian paljon aikaa vievä. Oikeanlaisten vaikuttavien molekyylien etsintä saattaa kestää kahdesta viiteen vuotta, ennen kuin niitä voidaan testata eläimillä ja myöhemmin vapaaehtoisilla ihmisillä. Lisäksi vaikka lääkeyhdiste olisi päässyt tähän saakka, sen pääsyn todennäköisyys markkinoille on vähemmän kuin 1/10, vaikka

etsintään olisi käytetty vuosia aikaa. Tämänkaltaisiin prosesseihin lääkeyritykset käyttävät peräti miljardi euroa lääkettä kohden. Summaan on laskettu myös epäonnistuneet lääkkeiden testaamiset, sillä myös ne täytyy rahoittaa.

### 5.3.1 Tekoälyä hyödyntävä tutkimusrobotti 'Eve' lääketutkimuksessa

Aberystwythin ja Cambridgen yliopiston tutkijat kehittivät vuonna 2009 tutkimusrobotin (Adasm), joka kykeni itsenäisesti omaksumaan uutta tieteellistä tietämystä. Myöhemmin sama tutkimustiimi kehitti Eve-tutkimusrobotin (Kuvio 58) Manchesterin yliopistossa, jonka tarkoituksena on nopeuttaa lääkeaineiden etsintäprosessia uusien lääkkeiden kehittämiseksi ja lisäksi säästää kuluja. Uusi robotti kykenee auttamaan uusien lääkeainekandidaattien löytämistä esimerkiksi malarian tai muiden trooppisten tautien, kuten afrikkalaisen trypanosomiaksen (unisairaus) alueella. Trooppiset taudit infektoivat satoja miljoonia ihmisiä vuosittain ja tappavat miljoonia, joten kyse ei ole aivan pienestä ilmiöstä. (Oliver, 2015)



**KUVIO 58. Eve-tutkimusrobotti. (Oliver, 2015)**

Eve-tutkimusrobotti käyttää tekoälyä oppiakseen aiemmista onnistuneista löydöksistä ja valitsemalla yhdisteitä, joilla on korkea todennäköisyys olla aktiivinen tutkittua sairautta vastaan. Robotti käyttää hyväkseen älykästä seulontajärjestelmää, joka auttaa Eveä seulomaan yhdisteet, jotka ovat myrkyllisiä soluille ja valitsemaan ne, jotka estävät parasiittiproteiinien toiminnan ja jättävät oleelliset ihmiselle tärkeät proteiinit vahingoittumattomiksi. Menetelmä vähentää kustannuksia, epävarmuutta ja lääkkeiden seulontaan kuluvaa aikaa sekä parantaa miljoonien ihmisten elämää maailmanlaajuisesti. (Oliver, 2015)

Eve on suunniteltu automatisoimaan alkuvaiheen lääkekehitystä ja alkuun robotti systemaattisesti testaa jokaisen jäsenen suuresta yhdistejoukosta standardilla Brute-Force-tavalla, jossa kaikki vaihtoehdot käydään lävitse. Yhdisteet seulotaan analyysseja (testit) vastaan ja ne voidaan generoida huomattavasti nopeammin sekä halvemmalla kuin mittatellit, jotka ovat aiemmin olleet standardina. Tämä mahdollistaa useammanlaiset

analyysit ja tehokkaammat seulontamenetelmät, jotka parantavat mahdollisuuksia löytää oikeanlainen lääke annetulla budjetilla. (Oliver, 2015)

Tyypillisesti Eve-tutkimusrobotti seuloo 10 000 yhdistettä päivässä. Huolimatta siitä, massaseulonta on silti suhteellisen hidas prosessi ja se tuhlaa paljon resursseja, sillä jokainen yhdiste testataan. Lisäksi siitä puuttuu älykkyyttä, koska Eve ei käytä tietoa, mitä se on oppinut seulontojen aikana. Parantaakseen prosessia Eve valitsee satunnaisen osajoukon yhdisteistä löytääkseen yhdisteet, jotka voivat läpäistä ensimmäisen määrittelyn. Mahdolliset löydökset testaan uudelleen useamman kerran, jotta väärin positiivisten löydösten todennäköisyys vähenee. Eve käyttää tilastotiedettä ja koneoppimista ennustaakseen uusia rakenteita, jotka voivat onnistua paremmin suhteessa analyyseihin. Tällä hetkellä robotti ei kuitenkaan osaa vielä syntetisointeja yhdisteistä. Tulevaisuudessa se tulee olemaan mahdollista. (Oliver, 2015)

### **5.3.2 Tekoäly ja koneoppiminen lääkkeiden ja algoritmien kehityksessä**

Lääkkeiden kehitysprosessi ja oikeiden yhdisteiden etsintä sekä tutkijat, jotka ovat kehitysprosessissa mukana, hyötyvät suuresti viimeisimmistä tekoälyn ja koneoppimisen teknologian innovaatioista. Biolääketieteen tutkijat joutuvat tekemisiin erittäin suuren informaatiomäärän kanssa päivittäin ja on arvioitu, että biolääketieteen teollisuus saa 10 000 uutta julkaisua päivittäin ympäri maailman erilaisista lähteistä, kuten biolääketieteelliset tietokannat ja tieteelliset lehdet sekä muut julkaisut. Informaation määrän ollessa niin valtavaa, tutkijoille on mahdoton tehtävä yhdistää, korreloida ja omaksua sitä. Informaation määrän laajuus voi vaikuttaa niin, että oikean yhdisteen löytäminen ja kehittäminen lääkeaineeksi ei ilman tekoälyä ja koneoppimisen algoritmeja mahdollistu. (Hunter, 2016)

BenevolentBio-yritys on tehnyt tutkimustyötä ALS-taudin (Amyotrophic Lateral Sclerosis), joka tarkoittaa motoneuronisairautta, joka rappeuttaa sekä ylempää että alempiä liikehermoja. Se on kehittänyt tekoälyä, joka on yhdistetty yrityksen JACS-järjestelmään (Judgement Correlation System), joka käyttää NVIDIA DGX-1 tekoälyä hyödyntävää supertietokonetta. JACS kykenee käymään läpi miljardeja lauseita ja kappaleita miljoonista tieteellisistä tutkimuspapereista ja abstrakteista. Tämän jälkeen JACS linkittää datan väliset suhteet ja ohjaa dataa tunnettuihin faktoihin, jolloin joukko mahdollisia hypoteeseja voidaan muodostaa tutkijoiden kriteereihin perustuen. ALS-tautia varten niitä on ollut noin 200. Tutkijoista koostuva asiantuntijatiimi sitten arvioi hypoteesien validiteetin ja joukosta valikoituvat ensisijainen luettelo prioriteeteista, joita on mielekästä tutkia enemmän. Lopulta tutkijat rajaavat joukon viiteen hypoteesiin, jotka sitten testataan laboratoriossa. (Hunter, 2016)

IBM on kehittänyt koneoppimiseen perustuvan algoritmin, joka ennustaa sydämen vajaatoiminnan jo kaksi vuotta ennen kuin se tyypillisesti diagnosoidaan. Tutkijat opettivat algoritmia digitaalisten potilastietojärjestelmiin ja lääkäreiden muistiinpanoihin perustuen.

Sydämen vajaatoiminnassa sydänlihas ei ole tarpeeksi vahva pumppaamaan tarpeeksi verta kehon tarpeisiin. Vajaatoiminta on vaikea ennustaa ja usein potilas päätyy yhtäkkiä sairaalaan, jolloin ongelmia on jo kertynyt ja peruuttamattomia vammoja on syntynyt. (Waltz, 2017)

Tutkimusryhmä tarkasteli digitaalisten potilastietojärjestelmien informaatiota muista vastaavista tilanteista, lääkityksiä sekä sairaalassaolojaksoja, jotka tarjosivat parhaan signaalin sydämen vajaatoiminnan ennustamiseksi. Kerätty digitaalisten potilastietojärjestelmien data tuli 10 000 potilaalta, jolloin luotu malli oli erittäin tarkka ennustamaan sydämen vajaatoiminnan vuotta aikaisemmin ja lopulta kahteen vuoteen saakka. (Waltz, 2017)

Stanfordin yliopiston tutkijat ovat kehittäneet syväoppimiseen perustuvan algoritmin, joka kykenee ennustamaan potentiaalisen lääkeaineen ominaisuuksia käyttämällä hyvin pientä määrää datapisteitä. Usein lääkeyritykset käyttävät valtavan määrän aikaa seulomalla molekyyliyhdisteitä yrittämällä löytää erilaisia kemiallisia rakenteita löytääkseen turvallisen, tehokkaimman yhdisteen, joka tulee valituksi ja kehitetyksi valmiiksi lääkkeeksi saakka. Prosessin aikana testataan myrkyllisyys, sivuvaikutukset ja epävakaus, jotka voivat aiheuttaa ongelmia kliinisissä testeissä tai valmiissa lääkkeissä. (Waltz, 2017)

Algoritmi, joka ennustaa näitä ominaisuuksia, voi lyhentää ja parantaa lääkeyhdisteen seulontaprosessia. Syväoppimista hyödyntävät neuroverkot ja koneoppimisen algoritmit ovat osoittautuneet hyviksi tällä alueella. Ongelmana tosin on, että kyseiset algoritmit täytyy ensin opettaa käyttämällä satoja miljoonia datapisteitä. Kuitenkin, aikana, jonka lääkeyritys on käyttänyt yhdisteen etsimiseen, koneoppimisen algoritmeja käyttävät tiedemiehet saattavat jo tietä hyvän lääkeainekandidaatin. (Waltz, 2017)

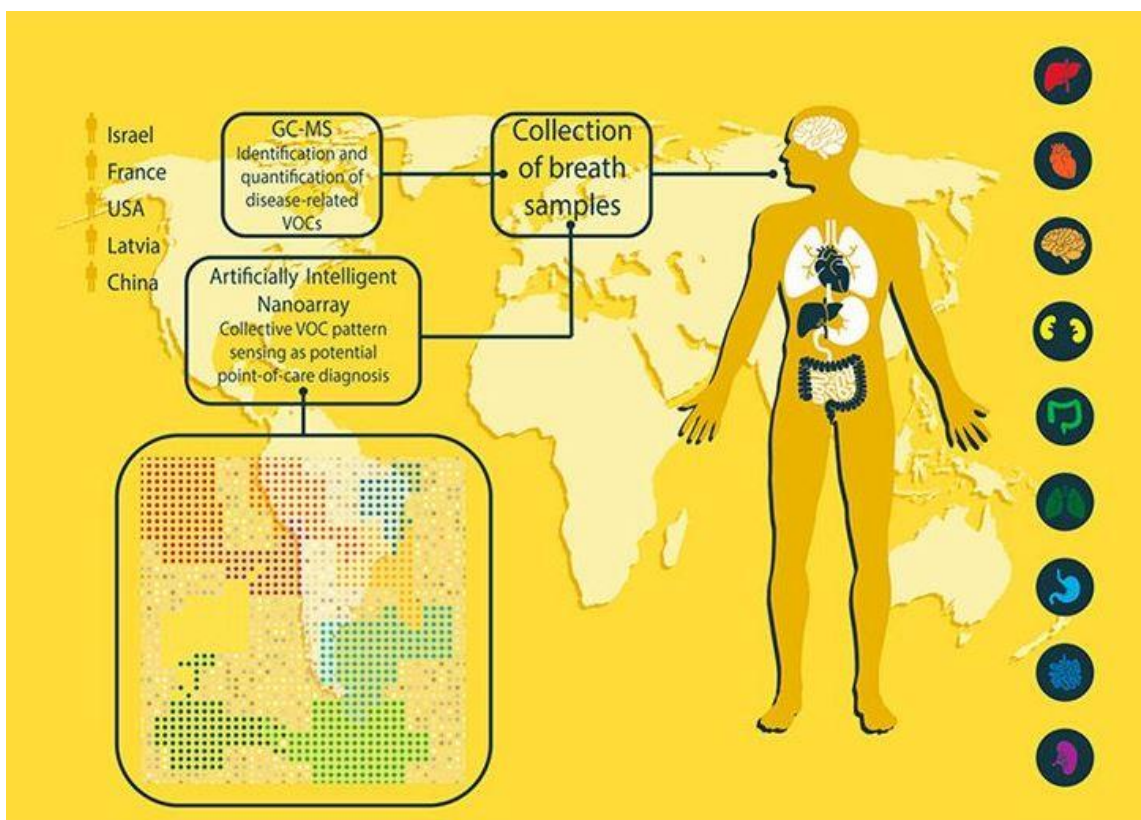
#### **5.4 Tekoäly ja sairauksien diagnosointi nanoteknisellä puhalluslaitteella**

Uudenlainen nanoteknologiaan perustuva puhalluslaite auttaa haistamaan puhalluksesta ja diagnosoimaan erilaisia sairauksia. Tutkimuksessa näytteitä kerättiin 1404 koehenkilöltä, joiden joukosta voitiin löytää 17 erilaista sairautta käyttäen puhalluslaitetta. Diagnosointitarkkuus oli 86 % luokkaa ja voitiin saavuttaa tekoälyä hyödyntävällä nanoteknologisella puhalluslaitteella, joka mahdollisti erilaisten sairauksien diagnoosin ja erottelun toisistaan. Nanoteknisen laitteen analysoiminen osoitti, että jokaisella sairaudella on oma uniikki ”hengitysjälki” (Breathprint), jolloin yhden sairauden diagnoosi ei nosta esille muita sairauksia, ellei siihen ole aihetta. (Nakhleh ym., 2016)

Hengitys sisältää happea, hiilidioksidia ja typpeä sekä sen lisäksi 100 muuta haihtuvaa kemiallista komponenttia (Volatile Chemical Components eli VOC). VOC-komponenttien haihtuminen riippuu henkilön suhteellisesta terveydentilasta. Entisaikaan eli noin 2000

vuotta sitten lääkärit (kuten Hippokrates) saattoivat käyttää hajuaistia sairauden diagnosoinnissa, sillä hengitys sisältää VOC-komponentteja, jotka ovat yhteyksissä erilaisten sairauksien olemassaoloon. Aiemmin sairauksia ei ole voitu diagnosoida modernein teknologisin menetelmin, kuten nykyään lääketieteen, tekoälyn ja nanoteknologian kehittyessä. (Nakhleh ym., 2016)

Kuviosta 59 selviää nanoteknologiaan perustuvan puhalluslaitteen toiminta. Laite kerää VOC-komponenttinäytteitä henkäyksestä ja suorittaa sairauksien määrittämisen (kvantifiointi) ja tunnistuksen. Tekoälyalgoritmeihin perustuvan sovelluksen avulla diagnosointi voidaan tehdä ja jakaa sairaudet luokkiin. Tutkimusryhmän suorittamassa kokeellisessa tutkimuksessa oli mukana viisi maata, jotka olivat Israel, Ranska, USA, Latvia ja Kiina.



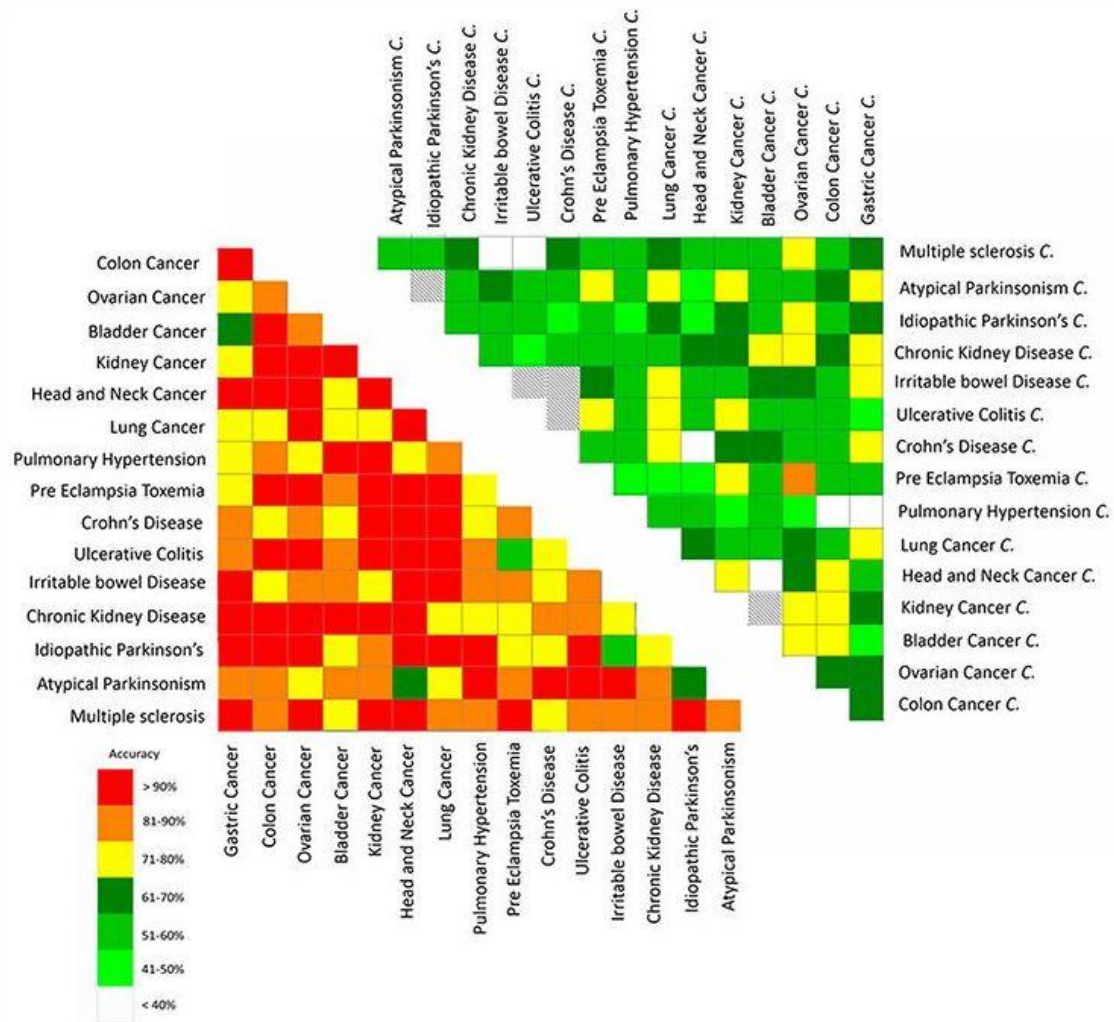
**KUVIO 59. Nanoteknologiaan perustuvan puhalluslaitteen toimintaperiaate. (Nakhleh ym., 2016)**

Tutkimuksen 1404 koehenkilöltä diagnosoitiin 17 sairautta, jotka olivat:

- Chronin tauti (Crohn's Disease)
- Epätypillinen Parkinsonismi (Atypical Parkinsonism)
- Eturauhassyöpä (Prostrate Cancer)
- Haavainen koliitti (Ulcerative Colitis)
- Idiopaattinen Parkinsonin tauti (Idiopathic Parkinson's Disease)
- Keuhkosityöpä (Lung Cancer)
- Keuhkoverenpainetauti (Pulmonary Arterial Hypertension)
- Krooninen munuaissairaus (Chronic Kidney Disease)
- Mahasyöpä (Gastric Cancer)
- Multippeli Skleroosi (Multiple Sclerosis)
- Munasarjan syöpä (Ovarian Cancer)
- Munuaissyöpä (Kidney Cancer)
- Paksusuolen syöpä (Colorectal Cancer)
- Pää- ja niskasyöpä (Head and Neck Cancer)
- Raskausmyrkytys (Pre-eclampsia)
- Virtsarakon syöpä (Bladder Cancer)
- Ärtävän suolen oireyhtymä (Irritable Bowel Syndrome)

Jokaisella sairaudella on oma ainutlaatuinen kemiallinen piirustus, joka perustuu eri määriin 13 komponentista, jotka tunnistettiin massaspektrometrin avulla. Tunnistus on niin täsmällinen, ettei yksi sairaus estä toisten sairauksien diagnosointia. Teknologia esittelee käytännönläheisen tavan seuloa ja diagnosoida erilaisia sairauksia ei-häiritsevällä, halvalla ja myös kannettavalla tavalla. (Nakhleh ym., 2016)

Kuvio 60 ilmentää, että jokainen kuvion laatikko edustaa sokealla valinnalla valittua kohderyhmien paria. Vasemmalla puolella oleva lämpökartta antaa tuloksia potilasryhmien vertailujen tuloksista. Graafi oikealla puolella antaa tuloksia samoista luokittelijoista, joita sovellettiin vastaaville kontrolliryhmille. Keskimääräinen tarkkuus oli 86 % kaikille luokittelijoille (vasen graafi) ja 58 % oikealla puolella oleville ryhmille.



KUVIO 60. Graafinen esitys sairauksien todennäköisyyksistä. (Nakhleh ym., 2016)

## 5.5 Kognitiivinen arviointi muistisairauksien diagnosoinnissa

Ikääntyneiden henkilöiden kognitiivisten toimintojen tarkka arviointi on vaikeaa myös terveydenhuollon alan asiantuntijoillekin. Ikääntyneiden kognitiivisten toimintojen arviointi on yksi tärkeimmistä arvioinneista, joita terveydenhuollon ammattilaiset tekevät, erityisesti he, jotka työskentelevät geriatrisessa lääketieteessä ja psykiatriassa. (Alzheimer's Society, 2017) Kognitiivinen tarkoittaa tai on yhteyksissä kognitioon, tietoon, joka viittaa joukkoon korkean tason aivotoimintoja, kuten kyvyn oppia ja muistaa informaatiota, käyttää kieltä, havainnoida tarkasti ympäristöä ja suorittaa laskutoimituksia (MS Society)

Kognitiivinen arviointi voi kattaa hyvin laajan alueen aktiviteetteja, kuten:

- Useissa ympäristöissä: Perusterveydenhuolto, erikoislääkärin klinikat, akuutti hoito ja hoitokodit
- Erilaisissa tarkoituksissa: Seulonta, diagnosointi, mittausten muutokset
- Useilla toimialueilla: Esimerkiksi muisti, kieli, visuospaattiset kyvyt

Muistisairaudet, kuten dementia on yleinen häiriö vanhempien ihmisten keskuudessa ja ennusteet indikoivat, että tautiin sairastuvia tulee olemaan yhä enemmän USA:ssa ja muissa kehittyneissä maissa. Alzheimerin tauti ja vaskulaarinen (verisuoniperäinen) dementia selittävät suurimman osan dementiatapauksista. Menneisyyden tapahtumien, fyysisten tutkimuksen sekä perheenjäsenten kanssa keskusteluiden jälkeen kognitiivisten toimintojen perustason mittaaminen pitäisi saavuttaa. Olemassa on useita testejä kognitiivisten toimintojen mittaamiseen, kuten suppea mielenterveystarkastus sekä laboratoriomittaukset koskien kilpirauhasta stimuloivaa hormonia ja B12 vitamiinien tasoja. Lisäksi voidaan toteuttaa kuvantaminen tietokonetomografialla (CT) tai magneettikuvauksella (MRI). Neuropsykologiset testit voivat myös auttaa määrittämään kognitiivisen heikkenemisen laajuuden, mutta eivät ole rutiiniluonteisia testejä. (Adelman ym., 2005)

Muistisairauksien diagnosoimisen avuksi on kehitetty ja kehitteillä erilaisia teknologisia ratkaisuja. Kehitystyössä on mukana suuria monikansallisia teknologiayrityksiä, kuten IBM. Teknologian avulla voidaan analysoida esimerkiksi potilaan puhetta, jonka pohjalta voidaan tehdä analyysia henkilön kognitiivisten kykyjen nykytilasta. Alzheimerin taudin aiheuttamia vaurioita voidaan tunnistaa myös monitoroimalla potilaiden tapaa liikuttaa silmiään, jolloin voidaan arvioida Alzheimerin aivojen hippokampukseen aiheuttamia ongelmia. Menetelmällä voidaan tunnistaa taudin puhkeaminen pitkään ajan päähän. Peleistä myös voi olla apua Alzheimerin taudin ja dementian alkuvaiheen oireiden tunnistamisessa sekä kognitiivisten kykyjen parantamisessa jokapäiväisessä elämässä. Teknologisia apuvälineitä ja sovelluksia tulee jatkuvasti lisää, mikä parantaa muistisairaiden tilannetta entisestään ja kenties tarjoaa tulevaisuudessa läpimurron kyseisellä alueella.

### **5.5.1 Puheen analysointi**

IBM partnereineen tähtää dementian alkuvaiheen tai riskiryhmien mahdollisen dementian diagnosoimiseen. Vuonna 2012 IBM:n tutkimusosasto teki yhteistyösopimuksen 10 akateemisen ja teollisuuden kumppanin kanssa tunnistukseen nopeammin heidät, jotka ovat riskiryhmässä sairastua dementiaan. Dementiaan ei vielä ole parannusta, mutta sen diagnosointi ja hoito voi silti parantaa elämänlaatua sekä potilaille, että heidän omaishoitajilleen. Dementiassa kognitiivisten kykyjen menettäminen on huomattavasti nopeampaa kuin mitä se olisi normaalin vanhenemisprosessin myötä, jolloin aikaiseen diagnosointiin on tärkeä löytää keinoja, jotta oikeanlainen ja riittävä hoito kyetään aloittamaan. (Carson, 2015)

Dementia on nykyään yleistä ja dementiaan sairastuvien määrän on ennustettu kolminkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä. Vaikka ongelma on kasvava ja aiheuttaa suuria kuluja yhteiskunnalle, ei ole silti käytännössä mahdollista tutkia kaikkia yli 60-vuotiaita MRI (Magnetic Resonance Imaging) kuvauksissa. Usein kuitenkin dementia tunnistetaan liian myöhään ja monesti perheen painostuksesta potilas menee lääkäriin, jolloin hän voi olla jo ensimmäisessä dementian vaiheessa. (Carson, 2015)



Tutkimustiimi kehitti dementian diagnosointia varten sovelluksen, joka kysyy käyttäjiltä kysymyksiä ja näyttää heille kuvia ja tallentaa käyttäjän ääntä. Sovellus pyytää käyttäjäänsä toistamaan juuri kuullun lauseen, laskemaan alaspäin tietystä numerosta, kuvailemaan näytettyjä kuvia sekä nimeämään kaikki eläimet, joita muistaa. Lisäksi sovellus pyytää kuvailemaan jotain surullista tai aiemman aamun tapahtumia. Kysymykset eivät ole satunnaisesti arvottuja vaan tietynlainen neuropsykologisiin testeihin perustuva kysymyspatteristo, johon vastaaminen normaalisti kestäisi puoli tuntia ja vaatisi koulutetun lääkärin valvomaan testitulannetta. Jokainen kysymys tähtää erilaisen aivojen kyvyn arviointiin. Sovellus mahdollistaa testitulanteen ajallisen lyhenemisen puolesta tunnista vain viiteen minuuttiin. (Carson, 2015)

Seuraavaksi äänitallenteet ladataan IBM-Watsonille, joka suorittaa sopivia algoritmeja äänitteiden tulkitsemiseksi. Vuosien aikana tutkijat ovat keränneet satoja potilaiden äänitteitä, jotka on analysoitu ja sijoitettu kolmeen ryhmään, jotka ovat: kontrolliryhmä (muistihäiriöitä), esivaiheen dementia (lievää kognitiivista heikentymää) ja alkuvaiheen dementia sisältäen alkuvaiheen Alzheimerin. Watsonin tekoäly analysoi äänen sävyn, tauot sanojen välillä tai puheen jatkuvuuden. Algoritmi kykenee noin 85 % tarkkuuteen ja kategorioimaan ihmiset kolmeen edellä mainittuun luokkaan. Kyse on formaalista diagnostiikasta ja apuvälineestä lääkäreille, joilla se on testikäytössä Euroopan alueella. (Carson, 2015)

### **5.5.2 Silmän liikkeen analysointi**

Kalifornialainen sähköisen terveydenhuollon palveluihin erikoistunut teknologia-alan startup-yritys, Neurotrack, on julkaissut neurotieteilijöiden kanssa yhteistyössä kehitetyn tietokonepohjaisen visuaalisen kognitiiviseen arviointiin perustuvan silmänseurantatestin, jonka avulla voidaan diagnosoida Alzheimerin tauti 100 % tarkkuudella jopa kuusi vuotta ennen kuin käyttäytymiseen liittyvät oireet ilmaantuvat. Neurotrack voitti ensimmäisen terveysalan palkinnon vuoden 2013 South By Southwest (SXSW) startup-kiihdyttimön kilpailussa Austinissa. (Hsu, 2013)

Neurotrack-yrityksen perustajajäsenen mukaan ihmiset tyypillisesti etsivät uusia asioita ympäristössään, joko alitajuisesti tai tietoisesti. Yritys käyttää tätä luontaista taipumusta tunnistusmuistin (recognition memory) seuraamiseen. Neurotrackin kehittämässä testissä käyttäjät näkevät kaksi huolellisesti kehitettyä kuvaa (Kuvio 61), jotka ovat joko identtisiä toistensa kanssa tai eivät. Jotkut kuvista ovat muodoltaan abstrakteja ja jotkut tunnetumpia. Silmien seuranta-teknologia monitoroi kuinka uuden tunnistamisen kyky toimii visuaalisesti, erityisesti tunnistamalla mikä kiinnostaa ja mikä ei ja kuinka se eroaa ihmisten välillä.



**KUVIO 61. Esimerkkejä tunnistusmuistitestin näyttämistä kuvista. (Oran, 2016)**

Testistä on kaksi versiota, joista ensimmäinen käyttää infrapunakameraa ja toinen yksinkertaista tietokoneen hiirtä. Ohjelma on yhteydessä laitteeseen, joka monitoroi potilaan silmän liikkeitä samaan aikaan kun he vertaavat uusia ja vanhoja kuvia, jotka ilmaantuvat tietokoneen näytölle. Ohjaaja analysoi koehenkilön silmien liikkeen ja ajan, jonka koehenkilö on käyttänyt tunnettujen sekä uusien kuvien katselemiseen ja generoi sitten pisteet. Yrityksen mukaan 100 % ihmisistä, jotka saivat alle 50 % testin pisteistä, tulee sairastumaan Alzheimerin tautiin seuraavan kuuden vuoden aikana. Yli 67 % pisteitä saaneista ei todettu sairastuvan Alzheimerin tautiin. (Hsu, 2013)

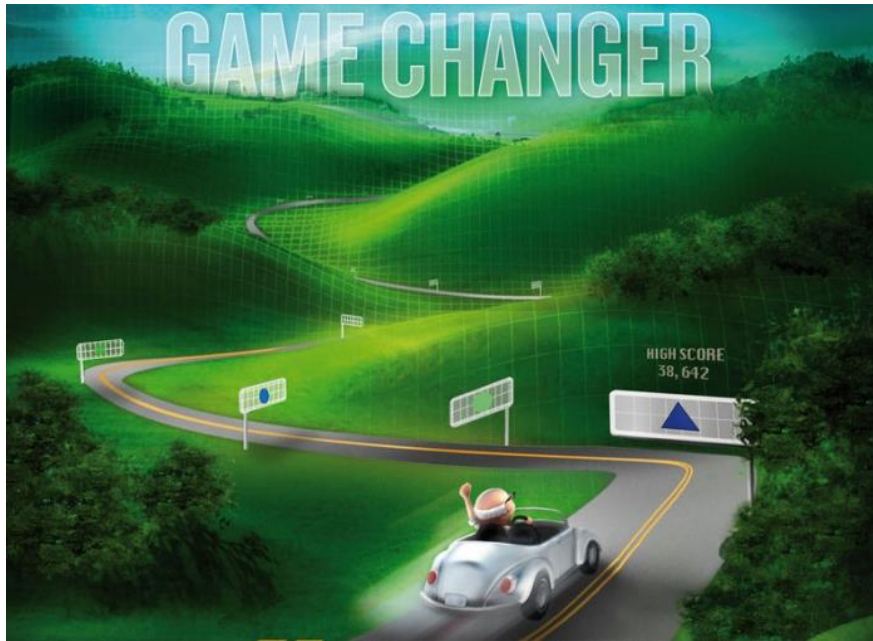
Monitoroimalla tapaa, jolla ihmiset liikuttavat silmiään ja katsovat uusia kuvia verrattuna vanhoihin kuviin, on mahdollista tunnistaa häiriöitä, joita esiintyy hippokampuksen alueella. Tutkimuksien mukaan juuri hippokampus on ensimmäinen aivojen alue, johon Alzheimerin tauti vaikuttaa. Jokaisella ihmisellä on oma vaistomainen preferenssinsä uusille asioille, joka on yksi asia, jota Neurotrack teknologiayritys tutkii. (Hsu, 2013)

Ensimmäiset Neurotrack-yrityksen sovellusta käyttävät yritykset tulevat olemaan lääkealan yrityksiä, joita sovellus voi auttaa kehittämään uusia lääkkeitä estämään tai ainakin hidastamaan aivojen neurologisia toimintoja rappeuttavia toimintoja. Visioissa on, että 10 vuodessa on jo olemassa lääke, jonka Alzheimeria sairastava voi ottaa ja joka auttaa taistelussa tautia vastaan. Sovelluksesta voidaan kehittää myös mobiililaitteversio, jota käyttäjät voisivat käyttää kotona itsearviointissa, jolloin taudin aikainen diagnosointi mahdollistuu (Hsu, 2013)

### **5.5.3 Tietokonepeli suorituskyvyn mittarina**

Pfizer, joka on laajalti tunnettu lääketieteen alan yritys selvittää yhteistyössä pelinkehitykseen erikoistuneen Akili Interactive Labsin kanssa, voisiko heidän pelinsä (Neuroracer) tunnistaa Alzheimerin tai dementian alkuvaiheen oireita koehenkilöillä, jotka vaikuttavat päällisin puolin täysin terveiltä. Pelinkehitykseen keskittyvän Akili-yrityksen perusti neurotieteeseen erikoistunut Adam Gazzaley, jonka perimmäisenä tarkoituksena oli muuntaa tutkimustyönsä lääketieteelliseksi tuotteeksi, joiden avulla olisi mahdollista taistella Alzheimerin tautia vastaan. (Burm, 2014)

Akilin kehittämässä Neuroracer-pelissä ideana on, että pelaajan täytyy pysyä polulla, kun hän samanaikaisesti kerää tiellä olevia merkkitauluja. Tutkimustuloksena ilmeni, että pelattuaan peliä, senioreilla parani monitoimikyky (multitasking ability), muisti ja tarkkuus. Monitoimikyvyn parannuttua aivotoiminnan aktiivisuus parani myös ja sen myötä kognitiiviset hyödyt siirtyivät jokapäiväiseen elämään. Kuviossa 62 havainnollistuu Neuroracer-peli ja myös pelin logiikka. (Burm, 2014)



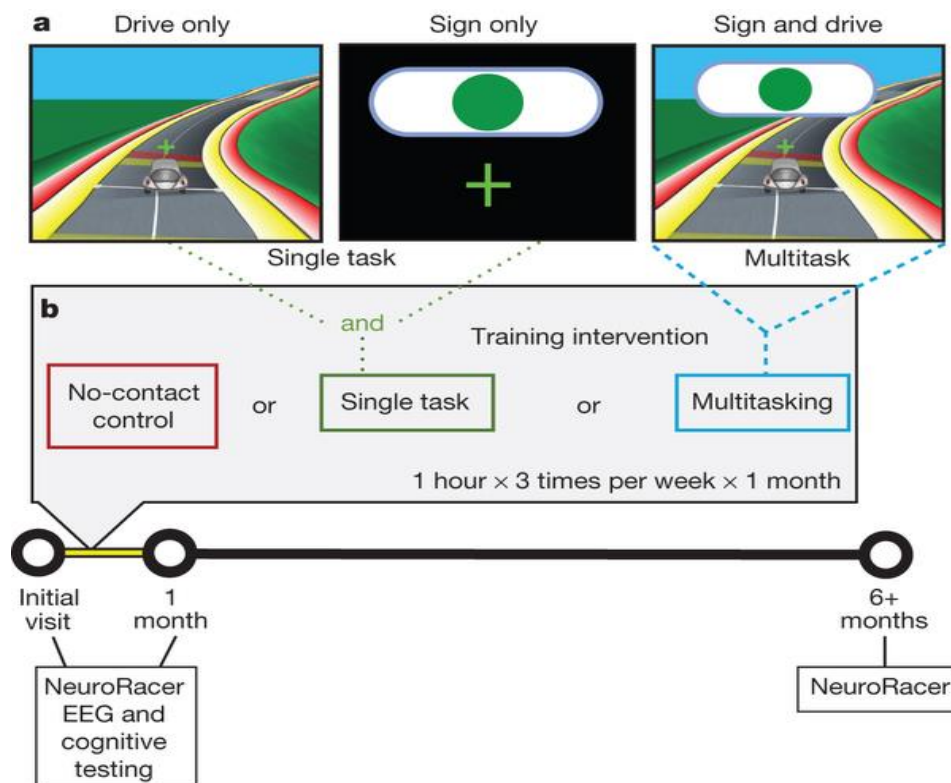
**KUVIO 62. Neuroracer-peli ja sen logiikka. (Burm, 2014)**

Kenties merkittävin tutkimuksessa oli, että kognitiiviset toiminnot voivat parantua oikeanlaisella hoidolla ja harjoittelumenetelmillä. Peli saattaa auttaa toimimaan tietynlaisena suorituskykymittarina lääkäreille, jotka testaavat potilaiden reaktioita uudenlaisiin hoitometodeihin ja se voi avata tietä myös muille lääketieteellisille peleille. Neuroracer ei ole ainoa peli, jonka väitetään parantavan kognitiivisia toimintoja, vaan aivoja stimuloivia pelejä on huomattavasti enemmän. Niitä ovat muun muassa Sudoku (by EA), Math vs Brain, Mind Games, Sleep Cycle Alarm Clock, Luminosity Brain Trainer. (Burm, 2014)

Neuroracer-peliä testattiin 174 eri-ikäisellä (20 – 79 vuotiaita) osallistujalla, joista jokaisella vuosikymmenellä syntyneitä oli suunnilleen 30. Pelissä oli kaksi erilaista tilannetta (Kuvio 63), joista ensimmäinen oli ”vain merkit” (Sign Only) ja toinen ”merkit ja ajo” (Sign and Drive). Vain merkit-tilanteessa testihenkilön tuli reagoida ruudulle tuleviin merkkeihin (vihreä ympyrä keskellä) niin nopeasti kuin mahdollista ja ”merkit ja ajo”-tilanteessa testihenkilön tuli sekä ajaa keskellä tietä ja reagoida merkkeihin samanaikaisesti eli käyttäen moinitoimikykyä. (Anguera ym. 2013) Merrellin (2013) mukaan pelattaessa Neuroraceria ja harjoittelemalla vain 12 tuntia kuukaudessa (1 tunti x 3 kertaa viikossa x 1 kk), 60 - 85-vuotiaat tutkimukseen osallistujat paransivat suorituskykyään, kunnes se ylitti suorituskyvyn, joka noin 20-vuotiailla testihenkilöillä oli pelattaessa peliä ensimmäisellä kerralla. Harjoittelu paransi myös

testihenkilön suorituskykyä kahdella tärkeällä kognitiivisella osa-alueella, jotka ovat: työmuisti ja jatkuva huomiointikyky.

Huomionarvoista on myös, että kaikki osallistujat kykenivät säilyttämään opitut videopeliin liittyvät taidot 6 kk harjoittelun jälkeen ja että miten pieni määrä aivoharjoitusta voi vähentää iän tuoman vanhenemisen vaikutuksia. Testi osoitti, että harjoittelu paransi testihenkilöiden kykyä pysyä aktiivisena ja toimintakykyisenä kauemman aikaa. Tutkijat myös havaitsivat, että harjoittelu sai aikaan muutoksia neurooverkoissa, joka korreloi erilaisissa testeissä menestymisen kanssa. EKG-mittaukset osoittavat muutoksia neurooverkoissa, joilla on yhteys kognitiiviseen kontrolliin, mikä taas on tärkeää tavoitteiden saavuttamiseksi. Jatkotutkimuksia muun maussa MRI-kuvauksin tarvitaan, jotta on mahdollista ymmärtää paremmin, kuinka edellä mainitut neurooverkot vaikuttavat suorituskyvyn muutoksiin. Tutkimustuloksilla voi olla käyttöä myös muiden sairauksien, kuten ADHD:n, masennuksen tai dementian hoidossa, sillä ne ovat yhteydessä samoihin kognitiivisen alueen heikkenemiin. (Merrel, 2013)



KUVIO 63. Neuro racer-peli koeolosuhteissa sekä harjoitteissa. (Anguera ym., 2013)

## 6 Yhteenveto

Tässä raportissa käsiteltiin esimerkkien kautta digitaalisia sairaaloita maailmassa, niiden ominaisuuksia ja hyötyjä, terveydenhuollon ERP-järjestelmiä muutamia isojen toimijoita esitellen sekä ERP-järjestelmien hyötyjä ja haittoja. Raportissa käsiteltiin myös ennakoivaa terveydenhuoltoa ja päälle puettavaa (Wearables) teknologiaa. Päälle puettavan teknologian suhteen käsiteltäviä alueita olivat unidiagnostiikka, muistitoiminnot ja muut lääketieteen alueen päälle puettavat teknologiat. Raportti ottaa kantaa myös päälle puettavien laitteiden omaksumiseen yleisellä tasolla. Tärkeänä aihealueena raportissa on tekoäly ja kognitiivisen arvioinnin käyttö lääketutkimuksessa ja sairauksien diagnosoinnissa, kuten keuhkosairaudet, syöpätapaukset ja muistitoiminnot.

Digitaaliset sairaalat ovat melko uusi konsepti ja niihin liittyy vahvasti kehittyvä informaatioteknologinen alue, joka helpottaa diagnosointia, hoitoprosesseja, säästää kustannuksissa ja voi osaltaan parantaa työ- ja asiakastyytyvää. Integroidut ERP-tietojärjestelmät ja digitaaliset potilastietojärjestelmät ovat digitaalisten sairaaloiden ytimessä ja pyrkimys paperittomaan toimistoon on peruseriaatteenä. Innovatiiviset informaatioteknologiset ratkaisut auttavat kehittämään digitaalisista sairaaloista tulevaisuuden sairaaloita, joissa yhdistyy esimerkiksi ennakoiva terveydenhuolto, lääketieteelliset teknologiset ratkaisut, kuten päälle puettavat sensorit ja mittalaitteet. Tärkeimpinä uusina innovaatioina ovat syntyneet tekoälyn ja kognitiivisen oppimisen hyödyntäminen diagnosoinnissa ja hoitoprosesseissa.

Kyseinen tekoälyn ja kognitiivisen oppimisen sektori on jo tuottanut lupaavia tutkimustuloksia ja alueen kehitys on nopeaa. Tulevaisuudessa on mahdollista, että osan lääkäreiden diagnosointityöstä tekee oppiva tekoäly, jolloin lääkäreiden resurssit on mahdollista suunnata muualle, missä niitä enemmän tarvitaan. Tekoäly voi auttaa muillakin alueilla, kuten esimerkiksi vanhusten yksinäisyydessä, joka on sydänsairauksiin tai tupakointiin verrattavissa oleva terveystekijä, joka voi johtaa jopa kuolemaan. Kenties jo lähitulevaisuudessa on mahdollista kehittää robotteja, joilla on riittävällä tasolla oleva tekoäly ja jonka kanssa on mahdollista käydä mielenkiintoisia keskusteluja, vaikka ne eivät ihmistä korvaakaan. Japanissa suhteellisen ”luonnollisen” oloisia ihmisrobotteja on jo kehitetty ja ne kehittyvät nopeassa tahdissa.

Tekoälyn avulla on jo nyt kyetty diagnosoimaan keuhkosairauksia (esimerkiksi tuberkuloosi tai muut pitkäaikaiset keuhkosairaudet), syöpätapauksia (kuten iho- ja rintasyöpä) ja sitä on hyödynnetty myös lääketutkimuksessa robotiikan apuna sekä kehitettäessä lääkkeitä älykkäiden seulontamenetelmien avulla, jotka aiemmin veivät huomattavan paljon aikaa, aiheuttivat epävarmuutta ja olivat kalliita toteuttaa. Sinä aikana, kun lääkeyritys on perinteisesti kehittänyt lääkeainetta, ovat tekoälyä hyödyntävät algoritmit kenties jo tunnistanee potentiaalisen lääkeainekandidaatin. Tosin tälle tasolle päästäkseen,

algoritmeja täytyy ensin riittävästi opettaa. Sen jälkeen tekoälyalgoritmi kykenee käymään läpi huomattavan määrän materiaalia ja nopeassa aikataulussa ihmiseen (jopa asiantuntija) verrattuna. Tämä antaa sille poikkeavan kaltaisen edun, sillä nykyään biolääketieteen tietokannat vastaanottavat valtavan ja yhä kasvavan joukon julkaisuja päivittäin, joten niiden läpikäyminen perinteisin tavoin ei onnistu.

Digitaaliseen terveydenhuoltoon liittyvät päälle puettavat lääketieteelliset ja myös kuntoiluun tarkoitetut laitteet sekä sensorit ovat jo nyt todellisuutta ja niiden avulla etähoito ja telelääketiede mahdollistuvat. Päälle puettavia sensoreita ja laitteistoja sekä prototyypppejä on ollut kehitteillä jo vuosia, tosin teknologian kehittyessä vauhdilla, osa niistä alkaa vasta nyt osoittaa hyödyllisyytensä. Käytännössä on mahdollista monitoroida ikääntyneen esimerkiksi sydänsairauksista kärsivän potilaan terveydentilaa, vaikka hän asuisi kotonaan. Päälle puettavien laitteiden avulla voidaan seurata unen laatua, diabetesta, sydämen EKG-käyrää tai vaikkapa onko seniori pudonnut sängystä, kaatunut tai lähtenyt vaeltamaan (muistisairaot Alzheimer-potilaat) ulos. Päälle puettavat laitteet voivat myös stimuloida aivoja tai tietyllä tapaa "laajentaa" muistia (valokuvat ja videot), mikä voi vaikuttaa positiivisesti muistitoimintoihin. Lisäksi päälle puettavien laitteiden avulla on mahdollista tehdä kotidiagnooseja koskien esimerkiksi rintasyöpää.

Mahdollisuudet vitaalien elintoimintojen monitorointiin ovat valtaiset ja uusia teknologisia innovaatioita keksitään kiihtyvällä tahdilla. Tulevaisuudessa on mahdollista, että potilas lähettää dataa jopa tiedostamattaan reaaliajassa digitaaliseen sairaalaan päin ja saa tarvittaessa terveydenhuollon ammattilaiselta ohjeita, muutoksia hoitosuunnitelmiin tai aikaiseksi jopa automaattisen hälytyksen. Tulevaisuudessa päälle puettavat laitteet ovat helpompia käyttää, sillä jo nyt on olemassa venyttämistä kestäviä materiaaleja, jotka ovat ihomyötäisiä. Seuraava vaihe voi olla implantit, joita voidaan asentaa kehon sisään tai jopa silmiin, jolloin laitteiden käytöstä tulee miellyttävämpää ja huomaamattomampaa. Tämä yhdistettynä oppivaan kognitiiviseen tekoälyyn voi avata merkittäviä uusia mahdollisuuksia.

## LÄHTEET

Adelman, A., M. & Daly, M., P. 2005. Initial Evaluation of the Patient with Suspected Dementia. *American Family Physician*, 71(9), 1745 – 1750.

Amato, F, Lopez, A., Pena-Mendez, E., M., Vanhara, P., Hampl, A. & Havel J. 2013. Artificial Neural Networks in Medical Diagnosis. *Journal of Applied Biomedicine*, 11(2), 47 – 58.

Anguera, J., A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-hashimi, O., Janowich, J., Kong, E., Larraburo, Y., Rolle, C., Johnston, E. & Gazzaley, A. 2013. Video Game Training Enhances Cognitive Control in Older Adults. *Nature, International Weekly Journal of Science*, 501 (3), 97 – 105.

Hodges, S., Williams, L., Berry, E., Izadi, S., Srinivasan, J., Butler, A., Smyth, G., Kapur, N. & Wood, K. 2006. SenseCam: a Retrospective Memory Aid. *UbiComp'06 Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous Computing, Microsoft Research, Cambridge Memory Clinic, UK*, 177 – 193.

Ikei, Y. & Ishigaki, K. 2008. Wearable Memorization Aid for Human Memory Augmentation. *Second International Symposium on Universal Communication. Virtual Environment laboratory, Tokyo Metropolitan University, Japan*.

Lakhani, P. & Sundaram, B. 2017. Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by using Convolutional Neural Networks. *Radiology*, 0(0), 1 – 9.

Mucheleka, M., K. & Halonen, R. 2015. ERP in Healthcare. *17th International Conference on Enterprise Information Systems, Barcelona*, 162-171.

Nakleh, M., K., Amal, H., Jeries, R., Broza, Y., Y., Aboud, M., Gharra, A., Ivgi, H., Khatib, S., Baderneh, S., Har-Shai, L., Glass-Marmor, L., Lejbkowicz, I., Miller, A., Badarny, S., Winer, R., Finberg, J., Cohen-Kaminsky, S., Perros, F., Montani, D., Girerd, B., Garcia, G., Simonneau, G., Nahhoul, F., Baram, S., Salim, R., Hakim, M., Gruber, M., Ronen, O., Marshak, T., Doweck, I., Nativ, O., Bahouth, Z., Shi, D., Zhang, W., Hua, Q., Pan, Y., Tao, L., Liu, H., Karban, A., Koifman, E., Rainis, T., Skapars, R., Sivins, A., Ancans, G., Liepniece-Karele, I., Kikuste, I., Lasina, I., Tolmanis, I., Johnson, D., Millstone, S., Z., Fulton, J., Wells, J., W., Wilf, L., H., Humbert, M., Leja, M., Peled, N. & Haick, H., 2017. Diagnosis and Classification of 17 Diseases from 1404 Subjects via Pattern Analysis of Exhaled Molecules. *ACS Publications, American Chemical Society*, 112 – 125.

Rantakari, J., Inget, V., Colley, A. & Häkkinen, J. Charting Design Preferences on Wellness Wearables. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Augmented Human International Conference 2016, Geneva Switzerland.

Sullivan, C., Staib, A., Ayre, S., Daly, M., Collins, R., Draheim, M & Ashby, R. 2016. Pioneering Digital Disruption: Australia's First Integrated Digital Tertiary Hospital. The Medical Journal of Australia, 205 (9), 386 – 389.

Way, T., Bemiller, A., Mysari, R. & Reimers, C. 2015. Using Google Glass and Machine Learning To Assist People with Memory Deficiencies. International Conference of Artificial Intelligence, Applied Computing Technology Laboratory, Department of Computing Sciences, Villanova University, USA.

### **Internet-lähteet:**

13D Research. Artificial Intelligence is on the Precipice of Revolutionizing Medical Diagnosis. Viitattu 21.4.2017 <https://latest.13d.com/artificial-intelligence-is-on-the-precipice-of-revolutionizing-medical-diagnosis-be6427239f58>

Abbott. 2017. Continuous Glucose Monitoring. Viitattu 9.4.2017 <https://freestylediabetes.co.uk/managing-and-monitoring/continuous-glucose-monitoring>

Actigraph, 2017. Clinical Grade Wearable Solutions. Viitattu 6.4.2017 <http://actigraphcorp.com>

Alder Hey. 2015. A Digital Hospital – Alder Hey Cognitive Hospital Project: Enhancing patient care with cognitive computing. Viitattu 30.3.2017 <http://www.alderhey.nhs.uk/innovation/a-digital-hospital>

Alzheimer's Society. 2017. Assessing Cognition in Older People: a Practical Toolkit for Health Professionals. Viitattu 27.4.2017 [https://www.alzheimers.org.uk/info/20048/resources\\_for\\_professionals/759/assessing\\_cognition\\_in\\_older\\_people\\_a\\_practical\\_toolkit\\_for\\_health\\_professionals](https://www.alzheimers.org.uk/info/20048/resources_for_professionals/759/assessing_cognition_in_older_people_a_practical_toolkit_for_health_professionals)

Baker, R. 2013. Syspro Included Among Key Players in Healthcare and Medical ERP Solutions. Viitattu 13.4.2017 <http://responsibleerp.com/wordpress/syspro-included-among-key-players-in-healthcare-and-medical-erp-solutions>



Binetskaya, H. How Artificial Intelligence Will Change Disease Diagnosis, Part 1: Where We Stand. Viitattu 27.4.2017 <https://vunela.com/how-artificial-intelligence-will-change-lung-disease-diagnosis-part-1-where-we-stand-52ce7827016d>

Brown, A. & Close, K. 2015. Abbott's Freestyle Libre – Transforming Glucose Monitoring Through Utter Simplicity, Fingersticks Aside!

Burm, C. 2014. Brain-Boosting App May Detect Alzheimer's. Viitattu 21.4.2017 <http://www.alzheimers.net/2014-01-13/akili-app-may-detect-alzheimers>

Burns, J. 2016. Artificial Intelligence Is Helping Doctors Find Breast Cancer Risk 30 Times Faster. Viitattu 20.4.2017 <https://www.forbes.com/sites/janetwburns/2016/08/29/artificial-intelligence-can-help-doctors-assess-breast-cancer-risk-thirty-times-faster/#109a5bf75908>

Carson. 2015. How IBM Research Wants to Use Mobile Devices to Detect Early Stage Dementia. Viitattu 20.4.2017 <http://www.techrepublic.com/article/how-ibm-research-wants-to-use-mobile-devices-to-detect-early-stage-dementia>

Cerner. 2017. Clinical Solutions. Cerner's Unified Suite of Digital Solutions Streamlines Clinical Workflows, Helping Providers Care for Patients While Managing the Business of Care. Viitattu 17.4.2017 <https://www.cerner.com/solutions/clinical-solutions>

Chenoweth, H. 2017. How North America's First Fully Digital Hospital Is Revolutionizing Healthcare. Viitattu 4.4.2017 <http://www.healthfacilitiesinnovationforum.com/north-americas-first-fully-digital-hospital-revolutionizing-healthcare>

Chowles, T. 2015. New iTBra Detects Breast Cancer. Viitattu 7.4.2017 <http://ehealthnews.co.za/itbra>

Comstock, J. 2015. Leaf Healthcare Gets \$3.3M for Ulcer Prevention Wearable. Viitattu 6.4.2017 <http://www.mobihealthnews.com/46915/leaf-healthcare-gets-3-3m-for-ulcer-prevention-wearable>

Connell, J. Princess Alexandra Hospital. Metro South Health Services District. Ipswich Road, Woolloongabba, Brisbane, Australia. Viitattu 17.4.2017 [https://www.health.qld.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0033/435894/princess\\_alexandra.pdf](https://www.health.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0033/435894/princess_alexandra.pdf)

CRM Consulting. 2017. Infor Cloud Suite – Executive Overview. Viitattu 11.4.2017 <http://www.successwithcrm.com/infor-cloud-suite>

Cullen, J. 2017. ERP Keeps the Healthcare Industry "Healthy". Viitattu 7.4.2017 <http://www.ultraconsultants.com/erp-keeps-the-healthcare-industry-healthy>

CyberPsychology. 2016. Mind, Cognition and Society in the Digital Age – Now, AI Helps in Diagnosing Lung Diseases. Viitattu 27.4.2017 <http://cyberpsychology.in/now-ai-helps-diagnosing-lung-diseases>

Digital Hospital. 2016. Queensland government, Metro South Health. Viitattu 30.3.2017 <https://metrosouth.health.qld.gov.au/princess-alexandra-hospital/digital-hospital>

eMarketer. 2015. Health and Fitness Spurs Wearables Adoption – Eight in 10 Would Share Health Data If They Got Better Care from Their Doctor. Viitattu 17.4.2017 <https://www.emarketer.com/Article/Health-Fitness-Spurs-Wearables-Adoption/1013180>

Empatica. 2017. Embrace – Monitor Seizures, Sleep and Physical activity. Viitattu 10.4.2017 <https://www.empatica.com/product-embrace?modal=false>

Ericsson. 2017. Wearable Technology and the IOT – Consumer Views on Wearables Beyond Health and Wellness. Viitattu 17.4.2017 <https://www.ericsson.com/networked-society/trends-and-insights/consumerlab/consumer-insights/reports/wearable-technology-and-the-internet-of-things#wearablefuture>

ETG Consulting. 2013. Microsoft Dynamics AX (Microsoft ERP) – Hospital Management Information System. Viitattu 11.4.2017 [http://www.etg-it.com/images/belgeler/medAX\\_HealthcareForMicrosoftDynamicsAX.pdf](http://www.etg-it.com/images/belgeler/medAX_HealthcareForMicrosoftDynamicsAX.pdf)

European Lung Foundation. 2016. Artificial Intelligence Could Improve Diagnostic Power of Lung Function Tests. Science Daily. Viitattu 26.4.2017 <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/09/160904181255.htm>

F6s. 2017. iSono Health. Ultrasound+AI Platform for Regular & Accessible Breast Health Monitoring. Viitattu 10.4.2017 <https://www.f6s.com/isonohealth>

Fleming, N. 2014. How Wearable Cameras Can Help Those with Alzheimer's. Wearable Technology, The Observer. Viitattu 25.4.2017 <https://www.theguardian.com/technology/2014/aug/09/how-wearable-cameras-can-help-those-with-alzheimers>

Fujitsu Forum. 2015. Transforming End-User Services in Modern Hospitals. Viitattu 28.4.2017 <https://www.slideshare.net/FujitsuTS/transforming-enduser-services-in-modern-hospitals>

Ge Healthcare. 2016. Setting a Model for the Digital Hospitals of the Future. Viitattu 30.3.2017 <http://newsroom.gehealthcare.com/setting-a-model-for-the-digital-hospitals-of-the-future>

GPS Smart Sole. 2015. Intergrated Wearable Technology. Viitattu 19.4.2017 <http://www.gpssmartsole.com/gps-smart-sole.php>

Funk, P. 2014. Senson Im Strumpf - SafeWander Schlägt Alarm, Wenn Alzheimer-patienten Nachts Wandern. Viitattu 19.4.2017 <http://www.ingenieur.de/Fachbereiche/Medizintechnik/SafeWander-schlaegt-Alarm-Alzheimer-Patienten-nachts-wandern>

Gøtze. 2017. Architecturing the Digital Hospital. Viitattu 15.4.2017 <https://coe.qualiware.com/architecting-the-digital-hospital>

Hsu. 2016. Neurotrack to Detect Alzheimer's Years Before Debilitating Symptoms Appear Wins SXSW Health Price. Counsel & Heal. Viitattu 20.4.2017 <http://www.counselheal.com/articles/4343/20130313/neurotrack-detect-alzheimers-years-before-debilitating-symptoms-appear-wins-sxsw.htm>

Hunter, J. 2016. How Artificial Intelligence is the Future of Pharma. Drug Target Review. Viitattu 26.4.2017 <https://www.drugtargetreview.com/news/15400/artificial-intelligence-drug-discovery>

Infor. Infor CloudSuite Healthcare. Viitattu 11.4.2017 <http://www.infor.com/cloud/cloudsuite-healthcare>

Innovate. 3D Printing Helps Trauma Patients. Innovative Projects from Metro South Health Staff, Issue 1. Viitattu 17.4.2017 [https://metrosouth.health.qld.gov.au/sites/default/files/content/innovate\\_issue\\_1\\_final.pdf](https://metrosouth.health.qld.gov.au/sites/default/files/content/innovate_issue_1_final.pdf)

Inside-ERP. 2016. How ERP is Helping the Healthcare Industry. Viitattu 7.4.2017 <http://it.toolbox.com/blogs/inside-erp/how-erp-is-helping-the-healthcare-industry-70961>

Iqbal, S. 2016. Knect 365 Clinical Trials – Clinical Trials and IoT: How mHealth, Wearables and the Internet of Things Will Create the Clinical Trials of the Future. Viitattu 28.4.2017 <http://www.clinicaltrialpartnershipblog.com/2016/09/clinical-trials-and-iot-how-mhealth.html>

iSono Health. Empower Yourself with Early Breast Cancer Detection. Viitattu 10.4.2017 <http://www.isonohealth.com/#!/about-us/cipy>

Jacobson. 2014. High-Tech Healing – Parklands New ‘Digital Hospital’ Is ‘Run by a Keypad’, Not a Wrench’. The Dallas Morning News. Viitattu 15.4.2017 <http://res.dallasnews.com/interactives/digital-parkland>

Jung, S. 2015. Hands-On With Quell Wearable Pain Relief Device. Viitattu 9.4.2017 <http://www.medgadget.com/2015/08/hands-on-with-quell-wearable-pain-relief-device.html>

K3Syspro. 2017. Syspro for Medical Devices. Viitattu 13.4.2017 <https://www.k3syspro.com/industries/medical-devices/# Control-product-design-changes>

King, L. 2014. Google Smart Contact Lens Focuses on Healthcare Billions – Forbes Magazine. Viitattu 7.4.2017 <https://www.forbes.com/sites/leoking/2014/07/15/google-smart-contact-lens-focuses-on-healthcare-billions/#3a3de2f3217f>

Knudsen. 2015. Klinisk IT – New Concept for the Digital Hospital. Viitattu <http://kliniskit.blogspot.fi/2015/07/new-concept-for-digital-hospital.html>

Kosir, S. 2015. Ten Sleep Wearables to Look for in 2015. Viitattu 6.4.2017 <https://www.wearable-technologies.com/2015/05/ten-sleep-wearables-to-look-for-in-2015>

Kull, M. 2017. Parkland: A Hospital Built for the Future. Viitattu 15.4.2017 <https://www.vmware.com/radius/parkland-hospital-built-future>

Kutscher, B. 2016. Inside North America’s First All-Digital Hospital. Viitattu 5.4.2017 <http://www.modernhealthcare.com/article/20160430/MAGAZINE/304309981>

Leaf Healthcare. 2017. Leaf Patient Monitoring System. Viitattu 6.4.2017 <http://leafhealthcare.com>

Mcaskill, R. 2015. What is the State of Wearable Technology in Healthcare? mHealth Intelligence. Viitattu 17.4.2017 <http://mhealthintelligence.com/news/what-is-the-state-of-wearable-technology-in-healthcare>

McKesson. 2017. Enterprise Resource Planning – Offering ERP Solutions that Unlock the Value of the Healthcare Enterprise. Viitattu 12.4.2017 <http://www.mckesson.com/providers/health-systems/department-solutions/enterprise-resource-planning>

MC10. BioStampRC. Viitattu 20.4.2017 <https://www.mc10inc.com/our-products/biostamprc>

McNickle, M. 2012. 10 Wearable Health Tech Devices to Watch. Viitattu 17.4.2017 [http://www.informationweek.com/mobile/10-wearable-health-tech-devices-to-watch/d/d-id/1107148?page\\_number=1](http://www.informationweek.com/mobile/10-wearable-health-tech-devices-to-watch/d/d-id/1107148?page_number=1)

MedGadget. 2014. Vital Connect HealthPatch MD Continuous Vitals Monitor Cleared for Home Use. Viitattu 6.4.2017 <http://www.medgadget.com/2014/09/vital-connect-healthpatch-md-continuous-vitals-monitor-cleared-for-home-use.html>

MediBioSense. 2017. HealthPatch® MD Cutting Edge Biosensor. Viitattu 6.4.2017 <http://www.medbiosense.com/products/healthpatch-2>

Meola, A. 2016. Wearable Technology and IOT Wearable Devices. Viitattu 17.4.2017 <http://www.businessinsider.com/wearable-technology-iot-devices-2016-8?r=US&IR=T&IR=T>

Merrel, S. 2013. Training the Older Brain in 3-D: Video Game Enhances Cognitive Control. ScienceDaily. Viitattu 21.4.2017 <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/09/130904132546.htm>

Mitchell-Whittington, A. 2016. Princess Alexandra Hospital Brisbane Pioneers Digital Rollout in Australia. Viitattu 17.4.2017 <http://www.brisbanetimes.com.au/queensland/princess-alexandra-hospital-brisbane-pioneers-digital-rollout-in-australia-20161030-gse6jq.html>

Momentum. 2017. A Beacon of Hope for Digital Healthcare. Healthcare IT Projects Have a poor Track Record – So Why Did the Digital Transformation of Princess Alexandra Hospital Succeed When So Many Others Have Gone Disastrously Wrong? Viitattu 17.4.2017 <https://www.business.uq.edu.au/momentum/beacon-hope-digital-healthcare>

MS Society. Cognitive Changes. National Multiple Sclerosis Society. Viitattu 27.4.2017  
<http://www.nationalmssociety.org/Symptoms-Diagnosis/MS-Symptoms/Cognitive-Changes>

Murphy, B., J. 2015 Artificial Intelligence Combats Cancer by Identifying Effective Drug Combinations. Viitattu 26.4.2017 <http://www.seriouswonder.com/artificial-intelligence-combats-cancer>

Neuroon. 2017. Meet Neuroon, World's First Smart Sleep Mask. Viitattu 6.4.2017  
<https://neuroon.com>

NG, A. 2016. IBM's Watson Gives Proper Diagnosis for Japanese Leukemia Patient After Doctors Were Stumped for Months. Daily News. Viitattu 28.4.2017  
<http://www.nydailynews.com/news/world/ibm-watson-proper-diagnosis-doctors-stumped-article-1.2741857>

Oliver, S. 2015. Artificially-intelligent Robot Scientist 'Eve' Could Boost Search for New Drugs. University of Cambridge. Viitattu 26.4.2017 <http://www.cam.ac.uk/research/news/artificially-intelligent-robot-scientist-eve-could-boost-search-for-new-drugs>

Optum. 2016. Parkland Health & Hospital System Integrates Patient Interactive Platform into Fully Digital Environment. Viitattu 15.4.2017 [https://cdn-aem.optum.com/content/dam/optum3/optum/en/resources/case-studies/OIP\\_Parkland\\_CS.pdf](https://cdn-aem.optum.com/content/dam/optum3/optum/en/resources/case-studies/OIP_Parkland_CS.pdf)

Oracle. 2017. A Guide to Modern ERP in Healthcare – A Handbook for Innovation Leaders. Viitattu 10.4.2017 [http://oracle.com.edgesuite.net/ebook/erp\\_healthcare/index.html#/page/1](http://oracle.com.edgesuite.net/ebook/erp_healthcare/index.html#/page/1)

Oran. N. 2016. Neurotrack Announces Release of its Eye-tracking Test for Alzheimer's and \$6.5M in Funding from Khosla Ventures. MedCityNews. Viitattu 20.4.2017  
<http://medcitynews.com/2016/01/neurotrack-announces-release-of-its-eye-tracking-test-for-alzheimers-and-6-5m-in-funding-from-khosla-ventures/?rf=1>

Pormerleau, M. 2015. Air Force Successfully Tests Wearable Biometric Sensors. Viitattu 20.4.2017 <https://gcn.com/articles/2015/10/06/biostamprc.aspx>

Profmax. Healthcare ERP – Overview. Viitattu 7.4.2017  
<http://profmax.com/pbs/solutions/erp/healthcare/healthcare.aspx>

Pulse Ox. 2017. Step into Advanced Activity Tracking. Viitattu 6.4.2017  
<https://www.withings.com/eu/en/products/pulse>

QardioCore. The World's First Wearable ECG Free from Patches and Wires! Viitattu 9.4.2017  
<https://www.getgardio.com/qardiocore-wearable-ecg-ekg-monitor-iphone>

Quell. 2017. 100 % Drug Free Wearable Pain Relief Technology. Viitattu 9.4.2017  
<https://www.quellrelief.com/how-quell-works>

Ratchinsky, K. 2016. What Digital Innovation in Health Care Will Look Like. Viitattu 18.4.2017  
<http://observer.com/2016/05/what-digital-innovation-in-healthcare-will-look-like>

Roberts, F. 2017. AI Machine Diagnoses Skin Cancer, Could be Used in Smartphones. Viitattu 20.4.2017  
<https://internetofbusiness.com/ai-machine-diagnoses-skin-cancer>

SAP. 2017. Transform Patient Care with Our Healthcare Industry Software. Viitattu 11.4.2017  
<https://www.sap.com/solution/industry/healthcare.html#>

Sapardanis, C. 2010. The Digital Hospital: Transforming Care Delivery with E-Health Records. Viitattu 30.3.2017  
[http://www.csc.com/cscworld/publications/56901/57006-the\\_digital\\_hospital\\_transforming\\_care\\_delivery\\_with\\_e\\_health\\_records](http://www.csc.com/cscworld/publications/56901/57006-the_digital_hospital_transforming_care_delivery_with_e_health_records)

Science News. 2016. Artificial Intelligence Achieves Near-Human Performance in Diagnosing Breast Cancer. Science Daily. Viitattu 27.4.2017  
<https://www.sciencedaily.com/releases/2016/06/160620085204.htm>

Sottile, C. 2014. Teen Invents Sensor to Help Alzheimer's Patients. Viitattu 19.4.2017  
<http://www.nbcnews.com/feature/making-a-difference/teen-invents-sensor-help-alzheimers-patients-n203231>

Srivastava, B. 2014. Wearable Device Market Growth Will Decline After 2015: Healthcare and China Main Drivers! Viitattu 28.4.2017  
<https://dazeinfo.com/2014/06/03/wearable-device-market-growth-will-decline-2015-healthcare-china-main-drivers>

Summit. 2015. Proactive vs Reactive Healthcare: What's the Difference? Viitattu 17.4.2017  
<http://www.summitchirocare.com/proactive-vs-reactive-healthcare-whats-the-difference>

Tan, A. 2014. New Wearable Device May Help Slow Alzheimer's Progression. Alzheimer's News Today. Viitattu 19.4.2017 <https://alzheimersnewstoday.com/2014/08/29/new-wearable-device-may-help-slow-alzheimers-progression>

The Gemini. ERP Solutions – Simple Solutions Are More important Than Complicated Codes. Viitattu 28.4.2017 <http://thegemini.co.in/erp.html>

Thiel, M. 2016. ePatient Helps Patients to Tackle the Challenges with Communication with the Hospital. Viitattu 15.4.2017 <http://en.welfaretech.dk/updates/2016/april/epatient-helps-patients-to-tackle-the-challenges-with-communication-with-the-hospital>

ThinkTank, J. Healthcare and ERP: Making It Work for Your Health Organization. Viitattu 7.4.2017 <http://www.softwarethinktank.com/articles/healthcare-and-erp-making-it-work-for-your-health-organization>

Trew, J. 2015. HealthPatch MD Alerts Your Doctor About Heart Problems in Real Time. Viitattu 6.4.2017 <https://www.engadget.com/2015/01/06/healthpatch-md-vital-connect>

TrioTree. 2016. Top 5 GameChanger Wearable Devices in Healthcare. Viitattu 28.4.2017 <http://triotree.com/blog/top-5-gamechanger-wearable-devices-in-healthcare>

UnitingCare. eHealth and St Stephen's Hospital, Hervey Bay. Viitattu 31.3.2017 <http://unitingcarehealth.com.au/about-us/ehealth-and-st-stephen's-hospital-hervey-bay>

UP3. 2017. JawBone UP3. Viitattu 6.4.2017 <https://jawbone.com/fitness-tracker/up3>

Vasanth, K. & Sbert, J. 2013. Creating Solutions for Health Through Technology Innovation. EE Times. Viitattu 28.4.2017 [http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1280632](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1280632)

Waltz, E. 2017. IBM, Intel, Stanford Bet on AI to Speed up Disease Diagnosis and Drug Discovery. IEEE Spectrum's biomedical blog. Viitattu 26.4.2017 <http://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/diagnostics/ibm-intel-stanford-bet-on-ai-to-speed-up-disease-diagnosis-and-drug-discovery>

Whiteman, H. 2014. Wearable, Skin-like Device 'monitors cardiovascular', Skin Health 24/7. Viitattu 9.4.2017 <http://www.medicalnewstoday.com/articles/283022.php>



Woods, W. 2017. Keeping Patients Safe with Proactive Patent Monitoring. Media Planet, Future Health Care. Viitattu 18.4.2017 <http://www.futureofhealthcarenews.com/patient-safety/keeping-patients-safe-with-proactive-patient-monitoring>

Workday. 2017. Industries Healthcare. Viitattu 12.4.2017 <https://www.workday.com/en-us/industries/healthcare.html#/applicationsanchor?q>



Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu  
No. 43/2018

ISBN 978-951-39-7356-8 (verkkoj.)  
ISSN 2323-5004