

**Tekoälyn hyödyntäminen
urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä**
**Utilization of Artificial Intelligence in the prevention of
sports injuries**

Kandidaatintyö

Kristiina Halonen

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Kristiina Halonen	
Työn nimi: Tekoälyn hyödyntäminen urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä	
Vuosi: 2019	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous. 43 sivua, 4 kuvaa ja 2 taulukkoa Tarkastaja: Kalle Elfvingren	
Hakusanat: Tekoäly, koneoppiminen, neuroverkot, syväoppiminen, massadata, tekoäly terveydenhuollossa, mHealth, tekoälyn tulevaisuus, tekoäly urheilussa Keywords: Artificial intelligence, machine learning, neural networks, deep learning, big data, artificial intelligence in healthcare, mhealth, future of artificial intelligence, artificial intelligence in sports	
<p>Tämän työn tavoitteena on selvittää, miten tekoälyä voidaan hyödyntää urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä. Asiakokonaisuutta jäsennetään teorian ja kirjallisuuden avulla käymällä läpi tekoälyn toimintaperiaatteita ja kehitystä. Tämän lisäksi selvennetään tekoälyn tämänhetkisiä käyttömahdollisuuksia sekä terveydenhuollossa että urheilussa. Työn lopussa esitetään ratkaisu, kuinka tekoälyä voidaan mahdollisesti soveltaa urheiluvammojen ennaltaehkäisyyn viitekehykseen.</p> <p>Työ on kirjallisuuskatsaus, joka pohjautuu aihetta käsitteleviin ajankohtaisiin artikkeleihin, kirjallisuuteen sekä tutkimustuloksiin. Kirjallisuudesta voidaan löytää tekoälyteknologisille ratkaisuille käyttökohteita urheilubiomekaniikan kehittämiseen, harjoittelun analysoimiseen sekä hyvinvoinnin ja suorituskyvyn ylläpitämiseen. Tämän lisäksi teknologisesti kehittyneet työkalut mahdollistavat kokonaisvaltaisen terveydenhuollon tehostamisen. Työn tuloksena voidaan todeta, että urheiluvammojen ennustaminen on vaikeaa ja monimutkaista, jonka vuoksi koneoppimisen tekniikoita hyödyntävät ratkaisut soveltuvat työn mukaan parhaiten urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Tausta.....	4
1.2	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset	4
1.3	Rajaukset ja rakenne	5
2	TEKOÄLY.....	7
2.1	Tekoälyn määritelmä.....	7
2.2	Tekoälyn kehitys	8
2.3	Koneoppiminen ja syväoppiminen	9
2.4	Neuroverkot	12
3	TEKOÄLY TERVEYDENHUOLLOSSA.....	15
3.1	Käyttötarkoitukset terveydenhuollossa.....	15
3.2	Mobiiliterveys- ja sensoriteknologia.....	18
4	TEKOÄLY URHEILUSSA.....	20
4.1	Harjoittelun ja suorituskyvyn analysointi	20
4.2	Rekrytoiminen ja lähetystoiminta	22
4.3	Hyvinvoinnin ja suorituskyvyn ylläpitäminen.....	23
5	URHEILUVAMMOJEN ENNALTAEHKÄISY	25
5.1	Urheiluvammat	25
5.2	Liikuntavammojen ennaltaehkäisytyön viitekehys.....	26
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Tekoälyä koskeva kirjallisuus- ja tutkimustyö on lisääntynyt viimeisten muutamien vuosien aikana räjähdysmäisesti. Tekoälyä tutkitaan, kehitetään ja ihmetellään. Tietomäärien lisääntyminen, algoritmien kehittyminen sekä laskentatehon ja tallennustilan parantuminen ovat luoneet tarpeen tekoälyn kehitykselle. Tekoäly, joka tunnetaan kansainvälisesti terminä Artificial Intelligence, on luotu jo vuonna 1956, mutta suurempaan suosioon tekoäly on kasvanut vasta viimeisten vuosikymmenien aikana (SAS 2019). Useimmille tutuimmat tekoälyyn liittyvät esimerkit ovat shakkia pelaavat tietokoneet ja tietokoneohjelmoidusti liikkuvat autot. Näiden toiminta riippuu pitkälti syväoppimisesta ja luonnollisen kielenkäsittelystä. Edellä mainittuja teknologioita käyttämällä tietokoneita voidaan kouluttaa suorittamaan tietynlaisia tehtäviä käsittelemällä suuria määriä dataa. Tekoälyn sovelluskenttä on laaja, sillä tekoälyä käytetään muun muassa simulaatioiden tekemiseen, tunnistamiseen, ennustamiseen, hallitsemiseen, suunnittelemiseen, olosuhteiden monitorointiin ja diagnoosien tekemiseen (Vas 1999, s. 1-2).

Strong (2016) teknisen raportin mukaan tekoäly on terminä niin laaja ja monimutkainen, että sen määrittäminen riippuu kontekstista ja ajankohdasta. Kyseisen raportin mukaan tekoäly jaetaan vielä kyvykkyyksiin, joita ovat muun muassa koneoppiminen, neuroverkot, luonnollisen kielen prosessointi ja kuvantunnistus. Tämän lisäksi tekoäly voidaan jakaa sekä heikkoon että vahvaan tekoälyyn.

Tekoälyä hyödynnetään etenkin tekniikan, talouden, lääketieteen, asevoimien ja meriliikenteen aloilla (Mellit & Kalogirou 2008). Sanotaan, että tekoäly tulee ja muuttaa kaiken. Kun Müller ja Bonstrom (2016) tekivät selvityksen tekoälyn tulevaisuuden kehityksestä, asiantuntijoiden ennusteet viittasivat siihen, että alle kolmessakymmenessä vuodessa siirrytään jo superälykkyyteen eli merkittävästi ihmisälykkyyden ylittävälle tasolle. Tämän käänköpuolena joka kolmas asiantuntija totesi, että edellä mainittuun superälykkyyteen siirtyminen aiheuttaisi ihmiskunnalle sekä huonoja että erittäin huonoja seurauksia. Vaikka tulevaisuuden ennustaminen on haastavaa, voidaan kuitenkin kyseisestä tutkimuksesta huomata, kuinka nopeasti tekoälyn käyttö tulee kasvamaan ja kehittymään lähitulevaisuudessa. Rousku et al. (2017) toteavat myös, että tekoäly tulee muuttamaan työelämän rakenteita ja päätöksentekoa.

1.1 Tausta

Teknologian kehitys on vaikuttanut myös terveydenhuoltoon sekä omatoimisen terveyden seurantaan (Zang 2015; Karam 2014). Frost & Sullivanin (2017) markkinatutkimuksen mukaan tekoälymarkkinat tulevat valtaamaan terveydenhuollon kenttää melkein kymmenellä miljardilla eurolla vuoteen 2021 mennessä. Tekoälyn luomat mahdollisuudet suurien informaatiovirtojen ja datamäärien käsittelyssä sekä analysoimisessa antavat merkittävää hyötyä nykypäivän terveydenhuollolle, jonka informaation määrä on kasvanut erittäin paljon.

Terveydenhuollon lisäksi tekoäly muuttaa myös urheilukenttää. Pohjois-Amerikan urheiluteollisuuden odotetaan saavuttavan 73,5 miljardin dollarin nettovarallisuuden rajapyykin vuoden 2019 loppuun mennessä (Sennaar 2019). Mobiiliterveysteknologia on tuonut jo monenlaisia menetelmiä, hankkeita ja sovelluksia tavanomaisten kuluttajien omatoimiseen terveydenseurantaan (Fister et al. 2015). Näitä tarjotaan sekä yksittäisille käyttäjille, kilpaurheilijoille että terveydenhuollon ammattilaisille avuksi potilaiden seurantaan (Adibi 2015). Suurimmaksi trendiksi viimeisten vuosien aikana ovat nousseet erilaiset ihmisten toimintaa seuraavat mittarit, jotka antavat reaaliajassa informaatiota terveydentilasta ja jotka parantavat ihmisten yleistä tietoisuutta omasta terveydestä, liikunnasta ja ruokavaliosta (Nasinovich 2011). Terveyteen liittyvien mobiiliterveysteknologian ratkaisujen lisäksi tekoäly vaikuttaa vahvasti urheilumarkkinoinnissa sekä urheiluelämyksien ja -tapahtumien rakentamisessa (Joshi 2019).

1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän työn tarkoituksena on lisätä urheilu- ja liikunta-alalla sekä terveydenhuollon sektorilla toimivien yksittäisten henkilöiden ymmärrystä kehittyvistä tekoälyteknologioista ja sen antamista mahdollisuuksista. On ensiarvoisen tärkeää ymmärtää tekoälyn kehityksen suunnat ja seuraukset, jonka vuoksi perehdymme myös tekoälyn tulevaisuuden vaikutuksiin. Tavoitteena on löytää mahdollisuuksia ja tarvittavia apuvälineitä. Tutkimuskysymys on seuraavanlainen:

- Miten tekoälyä voidaan hyödyntää urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä?

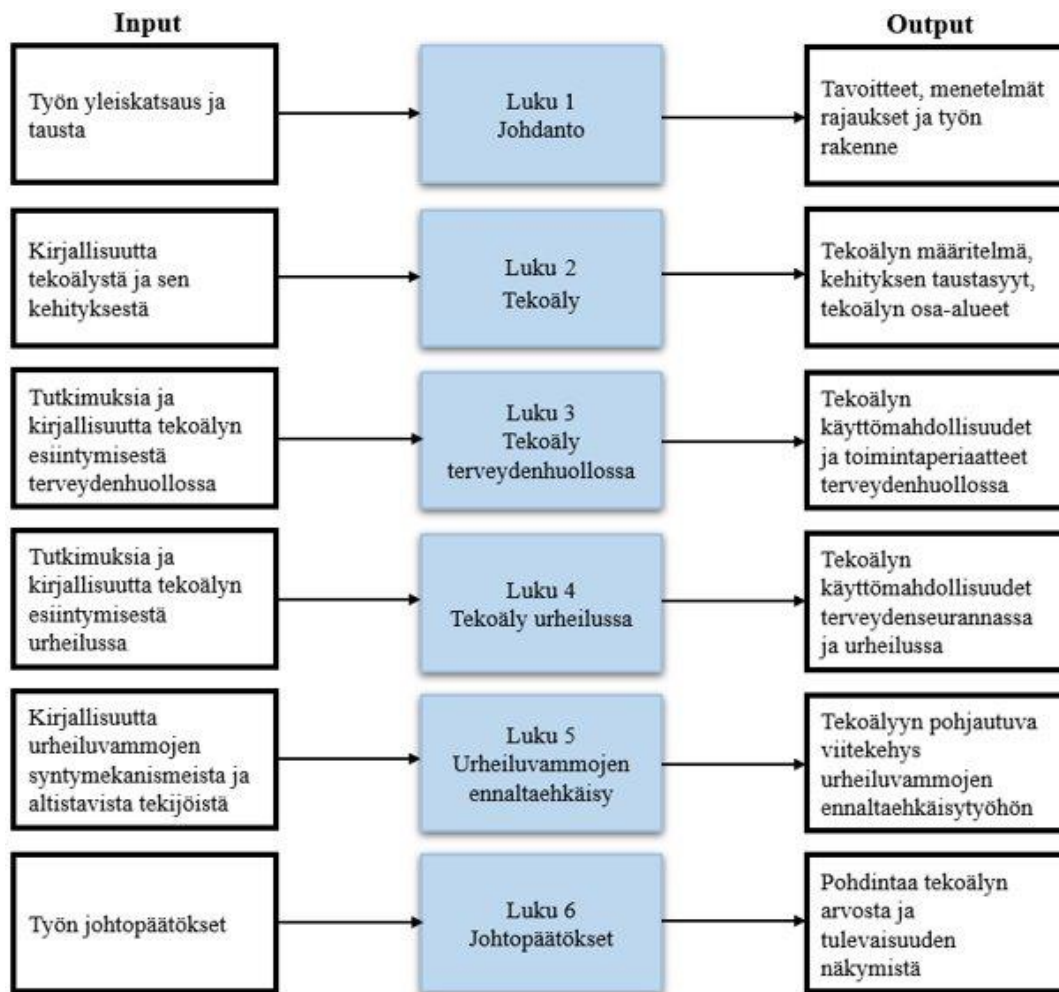
Tutkimuskysymyksessä viitataan kehittyvään tekoölyyn ja sen mukana nouseviin uusiin tekoölyä hyödyntäviin ratkaisuihin. Näin ollen tutkimusongelman ymmärtämisen selkeyttämiseksi luotiin myös kolme tukikysymystä:

- Mitä on tekoöly?
- Miten tekoölyä hyödynnetään terveydenhuollossa ja urheilussa?
- Miten tekoöly vaikuttaa urheilijan, potilaan ja tavanomaisen kuluttajan tulevaisuuden kuvaan?

Vastauksia tukikysymyksiin lähdettiin hakemaan kirjallisuuskatsauksen avulla. Tämän tarkoituksena oli luoda pohja ja tutkimusrajaus sille, miksi tekoölyteknologiat on valittu tarkasteltavaksi ilmiöksi ja miksi työssä perehdytään urheilun ja terveyden toimialoille. Lisäksi tavoitteena oli selventää näiden rajausten pohjalta päätutkimuskysymyksen kannalta tärkeää edeltävä kirjallisuus.

1.3 Rajaukset ja rakenne

Työ tarkastelee tekoölyä sekä terveydenhuollon että urheilun näkökulmasta, mutta ei paneudu syvällisesti eri mallien tekniseen toteuttamiseen kyseisillä osa-alueilla. Työn rajoittuu täysin kirjallisuuteen ja tutkimuksien antamiin tuloksiin. Tarkoituksena on luoda pohja ja ymmärrys urheiluvammoja ennaltaehkäisevään toimintaan. Liikunnasta aiheutuvat fyysiset vammat ovat kuitenkin osa lääketiedettä ja yhteiskunnallista terveydenhuoltoa, mutta seuraukset tulevat kuitenkin urheilukentiltä sekä ihmisten omatoimisesta liikunnan harrastamisesta ja terveyden ylläpidosta. Toinen rajausta käsittelee tekoölyn määrittelyä. Määrittelyn moniulotteisuuden ja vaikeuden vuoksi käsite nostaa esille monia erilaisia yhteiskunnallisia vaikutuksia. Tämä työ ei tutki tekoölyyn liittyviä eettisiä tai filosofisia kysymyksiä, eikä perehdy ihmisten ja tärkeimpien sidosryhmien asenteisiin tai odotuksiin tekoölyä kohtaan. Tekoölyn odotetaan myös, esimerkiksi erilaisten robottien kautta, muuttavan tavanomaista työkuva, työmarkkinoita ja kuluttajien arkielämää, mutta edellä mainitut aiheet jäävät tämän työn rajauksen ulkopuolelle. Tämän vuoksi työ ei paneudu ollenkaan robotiikkaan ja sen toimintaperiaatteisiin. Työn rakennetta havainnollistaa seuraava kuva:



Kuva 1. Työn rakenne

Varsinaisen työn (Kuva 1) ensimmäisessä pääluvussa käsitellään tekoälyä käsitteenä, havainnollistetaan sen osa-alueita ja selvennetään tekoälyn kehityksen taustasyitä. Tämän jälkeen siirrytään tekoälyn käyttöön terveydenhuollossa, jossa kartoitetaan sen mahdollisuuksia eri osa-alueilla, kuten ennaltaehkäisyssä, diagnosoinnissa ja hoidossa. Neljännessä pääluvussa selvennetään, miten tekoälyä hyödynnetään tällä hetkellä urheilussa, terveydenseurannassa sekä ylipäätään urheilumarkkinoinnissa ja -teollisuudessa. Tämän pohjalta tarkennetaan työn rajausta urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön. Lopuksi rakennetaan teoreettinen viitekehys urheiluvammojen hoitoon, johon hyödynnetään tutkittua tietoa tekoälyn käyttömahdollisuuksia. Johtopäätöksissä käsitellään kokonaisuutena tekoälyn käyttömahdollisuuksia ja tulevaisuuden näkymiä sekä pohditaan kirjallisuuskatsauksen pohjalta tekoälyn tuottamaa arvoa kuluttajille. Lisäksi käsittelemme mahdollisia rajoitteita ja jatkotutkimusaiheita.

2 TEKOÄLY

Tässä luvussa keskitytään tekoälyn määritelmään ja sen keskeisempiin osa-alueisiin ja toimintatapoihin. Luku keskittyy pitkälti tulevaisuuden tekoälyteknologiaan. Ensimmäinen alaluku esittelee kirjallisuudesta löytyviä tekoälyn määritelmiä ja selittää tekoälyteknologioiden nopeasti kasvanutta kiinnostusta. Toisessa alaluvussa selvennetään lyhyesti tekoälyn kehityksen taustasyitä. Seuraavissa alaluvuissa perehdytään tekoälyn oppimisprosessin toimintaperiaatteisiin ja käsitteen alapuolella oleviin osa-alueisiin, joita ovat muun muassa koneoppiminen, syväoppiminen ja neuroverkot.

2.1 Tekoälyn määritelmä

Laajuudesta ja monimutkaisuudesta johtuen tekoälyn määrittelemine ei ole kovin yksiselitteistä. Vaikka tekoäly kiinnostaa ihmisiä nykypäivänä entistä enemmän ja tekoälyyn liittyvä tutkimustyö jatkuvasti kasvaa ja kehittyy, ei yksittäistä määritelmää ole käsitteelle muodostunut. Ensimmäisen kerran tekoäly käsitettä käytettiin jo 1950-luvulla, kun toisen maailmansodan jälkeen alkanut tutkimustyö aiheen parissa johti käsitteen muodostumiseen vuonna 1956 (Russell & Norvig 2003, s. 1-2). Tuolloin tekoälyn edelläkävijät totesivat, että jokainen oppimiseen tai älykkyyssominaisuuksiin liittyvä osa-alue voidaan käytännössä kuvata niin tarkasti, että pystytään rakentamaan tietokone niiden simuloimiseksi (McCarthy et al. 1955). Tämän jälkeen käsitykset tekoälystä ovat vaihdelleet ihmismielen mallintamisen ja tietokoneen älykkäiden tehtävien suoriutumiskyvyn välillä.

Boranan (2016) mukaan tekoäly voidaan määritellä keinotekoisena älykkyytenä, joka kykenee ratkaisemaan monimutkaisia ongelmia samalla tavalla kuin tietokone tai jokin muu kone. Älykkyyden Borana sen sijaan määrittelee kyvyksi ajatella, luoda muistia ja ymmärrystä, tunnistaa malleja, tehdä valintoja, sopeutua muutoksiin ja oppia kokemuksista. Tekoälyn tavoitteena on saada koneet käyttäytymään kuin ihmiset ja samaan aikaseksi ratkaisuja nopeammin kuin ihmiset. Millington ja Funge (2016) näkevät vastaavasti tekoälyn teknologisina ratkaisuuina ja menetelminä, jotka johdattelvat ihmismielen toimintaa ja jotka kykenevät tekemään samanlaisia tehtäviä kuin ihmisten aivot.

Monet aikaisemmat tutkimukset ovat kuitenkin käsitelleet enemmänkin sitä, kuinka älykkäästi ja nopeasti tietokone kykenee suoriutumaan annetuista tehtävistä (Müller & Bonstrom 2016). Esimerkiksi Ailiston et al. (2017, s. 3) mukaan tekoäly muodostuu käyttökelpoisista teknologioista, joiden avulla koneet pystyvät oppimaan, havainnoimaan ympäristöään ja käyttämään loogista päättelykykyä. Tämänkaltaista toimintaa on älykäs eli tietokone toimii tavalla, joka ainoastaan vaikuttaa älykkäältä. Mellit ja Kalogirou (2008) näkevät tekoälyn myös vaihtoehtoisina tekniikoina, joilla on jonkinlaista kykyä oppia ja joita hyödynnetään monimutkaisten käytännön ongelmien ratkaisemiseen tai tietojen hyödyntämiseen eri aloilla.

Tekoäly yhdistää monia eri aloja, kuten filosofiaa, psykologiaa ja tietojenkäsittelytiedettä. Millington ja Funge (2016) sanovat, että ihmiset kykenevät jo luomaan tietokoneita, joilla on jopa yli-ihmisen kyvyt ratkaista vaikeita ongelmia. Tietokoneet pystyvät esimerkiksi pelaamaan erilaisia lautapelejä älykkäämmin ja nopeammin kuin ihmiset. Tietokoneet eivät kuitenkaan suoriudu vielä riittävän hyvin spesifeistä tehtävistä, kuten tuttujen kasvojen tunnistamisesta, oman kielen puhumisesta, luovuudesta tai seuraavan vaiheen luomisesta. Näin ollen kehittääkseen tekoälyteknologioita osa tekoälyn tutkijoista keskittyy luonnollisen ajattelun ja älykkyyden ymmärtämiseen filosofisesta näkökulmasta. Osa vastaavasti keskittyy ymmärtämään ihmisaivojen mekaniikkaa ja ajatteluprosessia psykologisesta näkökulmasta. Vastaavasti toiset keskittyy ainoastaan insinöörimäiseen tekniikkaan, jonka tarkoituksena on rakentaa ihmismielen mukaisesti käyttäytyviä algoritmeja. (Millington & Funge 2016) Yhteistä näille kaikille menetelmille ja näkökulmille on kuitenkin tarkoitus, jonka avulla tietokoneet ja koneet voivat suorittaa monimutkaisia ongelmia ihmisen kognitiivista prosessia jäljitellen. Tällä tavoin tekoälyn kehitystyö yhdistää monia eri aloja ja vaikeuttaa termin määrittämistä. Strong (2016) teknisen raportin mukaan tekoäly termin määrittäminen riippuukin juuri kontekstista.

2.2 Tekoälyn kehitys

Tekoälyn toiminta ja kehittyminen alkoi aikoinaan 1950-luvulla Alan Turingin koneesta, joka oli teoreettinen laskennan malli tietokoneen toiminnasta. Turing -testissä henkilöitä laitetaan arvaamaan, onko kysymyksiin vastaajana kone vai ihminen. Mikäli koehenkilö ei löydä oikeaa ratkaisua, on kyse älykkästä koneesta. (Russel & Norvig 1995, s.2-3) Vaikka ensimmäiset

tekoälyn jäljitelmät rakennettiin jo 1950-luvulla, varsinainen tutkimustyö on räjähtänyt käsiin vasta viimeisten vuosien aikana. Pelkästään Scopusen tietokanta (2019) näyttää vuosittaisten tieteellisten tutkimuksien määrään lisääntyneen viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana lähes viisinkertaisesti. Pan (2016) selventää edellä mainitun tekoälyteknologian vilkkaan kehityksen johtuvan muun muassa informaatioympäristön merkittävästä muuttumisesta 2010-luvulla, sosiaalisten vaatimusten kasvamisesta sekä tavoitteiden ja dataresurssien muuttumisesta. Tekoälyn tutkimustyö ei enää rajoitu akateemisiin tutkijoihin, sillä yhä useammat organisaatiot osallistuvat tekoälyn liittyvään tutkimustyöhön saavuttaakseen uusia ideoita ja sosiaalisia vaatimuksia. Tämän lisäksi Pan (2016) lisää, että nykypäivän tavoite on saada merkittävää kilpailuetua liiketoiminnassa yhdistämällä ihmisten ja koneiden toimintatapoja. Russel et al. (2015) lisäävät myös, että tietojenkäsittelyn ja tiedonvarastoinnin alentuneet kustannukset ovat myös osa syynä tekoälyn kehitykseen.

Digitaalisuuden ja datamäärän kasvaessa tiedontarve tekoälyn tutkimukselle ja sen toiminnan ymmärtämiselle ja kehittämiselle kasvaa jatkuvasti. Tekoälyn toiminnan ja ratkaisujen takana on aina algoritmi, joka lyhykäisyydessään voidaan määritellä menetelmäksi, joka ottaa jonkin syötteen ja tuottaa syötettä vastaavan arvon (LeCun et al. 2015). Merilehto (2018, s.17) määrittelee algoritmin yksityiskohtaiseksi kuvaukseksi tai ohjeeksi siitä, miten tehtävä tai prosessi suoritetaan, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Vastaavasti Strong (2016) tekninen raportti tarkentaa, että tekoäly käsitteenä pitää alla useita eri sovellusalueita, kuten koneoppiminen, syväoppiminen ja neuroverkot, joita käsitellään seuraavissa alakappaleissa.

2.3 Koneoppiminen ja syväoppiminen

Koneoppimisen teknologia antaa hyvin paljon nykyaikaiselle yhteiskunnalle monella eri osa-alueella. Konekielijärjestelmää käytetään tunnistamaan kuvissa olevia kohteita, muuttamaan puhe tekstiksi sekä sovittamaan uutiset, viestit ja tuotteet käyttäjien intressien ja hakutuloksien mukaisesti. Sovellukset, joissa käytetään yhä enemmän koneoppimisen tekniikkaa, kutsutaan syväoppimiseksi. (LeCun et al. 2015)

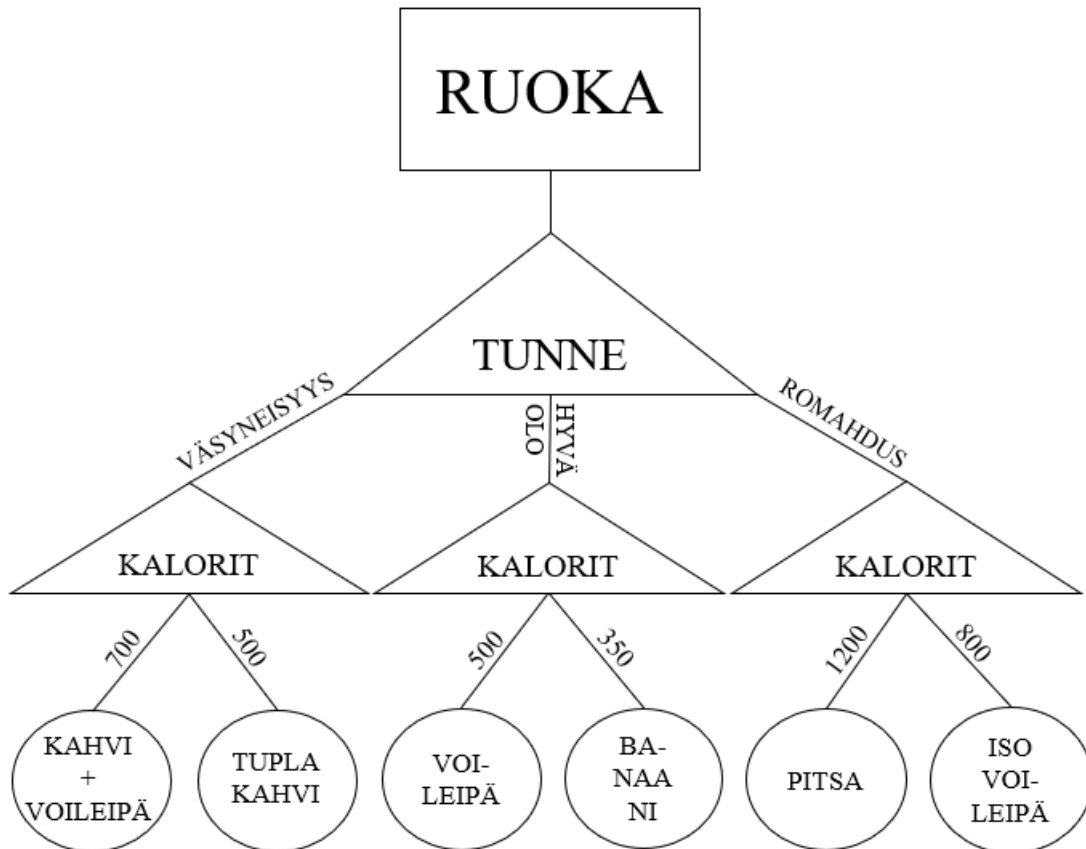
Koneoppiminen on yksi tekoälyn osa-alueista, jota käytetään tietojen luokitteluun ja ennusteiden tekemiseen (Tack 2019). Koneoppimisen toiminta perustuu algoritmisiin

lähestymistapoihin. Käyttämällä algoritmeja, jotka iteratiivisesti seulovat datamateriaalia läpi, kone oppii itsenäisesti selviytymään tehtävistä ja pääsemään haluttuun lopputulokseen. Kone oppii sitä enemmän ja nopeammin mitä enemmän tietoa tietokantaan lisätään. Koneoppiminen ikään kuin tarjoaa tietokoneille mahdollisuuden löytää piilossa olevia ratkaisuja, ideoita ja oivalluksia, vaikka lähtökohtaisesti algoritmia ei olisi suunniteltu kyseisen lopputavoitteen löytämiseksi. (SAS 2019) Yksinkertaisimmillaan koneoppimista voi selventää Buczkowskin (2018) sanoin todennäköisyysjärjestelmänä, joka perustuu suureen informaatiomäärään, johon syötetään tietoja. Näiden tietojen avulla tehdään tulkintoja, päätöksiä ja ennusteita. Buczkowsk (2018) käyttää esimerkkinä oppimisprosessia, jossa järjestelmä on 78% varma siitä, että kuvassa on kissa, 91% varmuudella eläin ja 8% varmuudella lelu. Lopuksi koneelle kerrotaan, olivatko tulkinnat oikeita. Tämän kautta kone oppii ja muokkaa tulevaisuudessa päätöksiänsä.

Koneoppiminen voidaan jakaa oppimistavan mukaan kahteen pääasialliseen muotoon, jotka ovat ohjattu oppiminen (Supervised Learning) ja ohjaamaton oppiminen (Unsupervised Learning) (Tack 2019). Ohjatussa oppimisessa koneelle annetaan syöte ja sitä vastaava lopputulos. Esimerkiksi datana voi olla röntgenkuvat, jotka radiologi on tulkinut. Näiden tulkintojen kautta kone tutkii tilanteita ja tekee kuvista huomioita. Oppimisprosessin jälkeen koneelle annetaan radiologin tulkitsematonta dataa ja katsotaan, minkälaisen lopputuloksen kone tuottaa oppimisen jälkeen. Vastaavasti ohjaamattomassa oppimisessa koneelle ei tarjota oikeaa vastausta opetusdatassa, eikä ennalta asetettuja tietoja luokitella tai mitata. Kone käyttää datassa olevien säännönmukaisuuksien ja suhteiden päättelyyn erilaisia algoritmeja, joista yleisemmin tunnetut ovat klusterointi ja yhdistäminen. (Tack 2019) Edellä mainittujen oppimisprosessien lisäksi toiset jaottelevat koneoppimisen muotoja mieluiten kolmeen erilliseen kategoriaan, jolloin ohjatun ja ohjaamattoman oppimisen rinnalle nousee vielä vahvistusoppiminen. Haikonen (2017 s. 67) selventää vahvistusoppimisen olevan sitä, että koneelle annetaan palautetta sen mukaan, kuinka onnistuneesti kone toimii erilaisissa tilanteissa ja ratkaisuisa. Koneelle ei kuitenkaan anneta oikeita vastauksia. Ainoastaan koneen toimintoja arvioidaan.

Koneoppimisen yksi tunnetuimmista oppimismallin menetelmistä on päätöspuu (Kuva 2), jota käytetään laajasti luokittelussa ja regressio-ongelmissa. Tässä koneoppimisen muodossa on kyse ohjatusta oppimisesta. Kuvasta 2 voidaan havaita, kuinka päätöspuuhun perustuva

teknologinen ratkaisu kykenee analysoimaan ihmisen tarpeita fyysisesti vaativan kestävyysuorituksen aikana (Fister et al 2014). Esimerkiksi ihmisen kokiessa suurta väsymystä päätöspuuhun perustuva algoritmi ehdottaa tällöin kahvia piristykseksi.



Kuva 2. Esimerkki hyvin yksinkertaisesta valintapuusta

Kyseinen malli (Kuva 2) on kuitenkin hyvin karkea ja toimiakseen täydellisesti päätöspuun haarakkeiden määrää täytyy kasvattaa ja täsmentää. Joka tapauksessa päätöksentekopuun tarkoituksena on luoda malli, joka ennustaa kohdemuuttujan arvon oppimalla yksinkertaisista säännöistä, jotka perustavat datan ominaisuuksiin ja sisältöön. Päätöksentekopuita on sovellettu jo useisiin eri aloihin lähtien teollisuudesta apteekkiin ja terveydenhuoltoon. Uusimpia aluevaltauksia on tehty urheiluun. Yksinkertaistettuna päätöksentekopuut ovat suosittuja niiden ymmärtämisen helppouden vuoksi. Päätöspuita voidaan myös helposti visualisoida ja niiden kautta voidaan käsitellä monilähtöisiäkin ongelmia. (Fister et al 2014)

Termien koneoppimisen ja syväoppimisen välillä ei varsinaisesti ole selvää rajaa. Kun puhutaan koneoppimisesta, kuvaillaan asiaa usein myös syväoppimisella. (Buczowski 2018) Käytännössä syväoppiminen (Deep Learning) on kuitenkin koneoppimisen osa-alue, joka koostuu useista prosessointikerroksista, jotka kykenevät oppimaan ja jotka samanaikaisesti vastaavat useita eri abstraktiotasoa. Syväoppimisessa luodaan algoritmeja käyttäen neuroverkkoa, joka pyrkii etsimään ja ratkaisemaan monimutkaisiakin ongelmia. (LeCun et al. 2015) Neuroverkkojen toimintaan tutustumme seuraavassa kappaleessa.

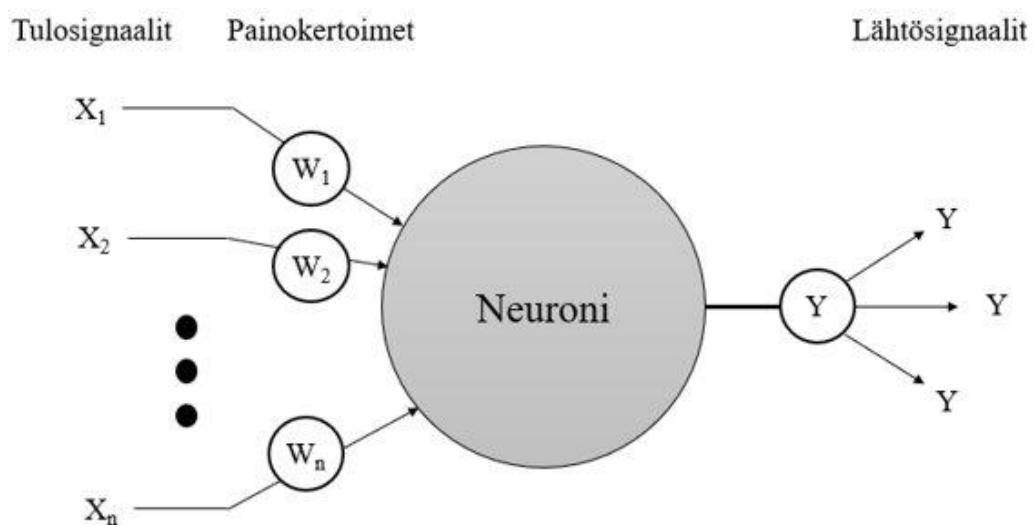
Syväoppimisen käyttö on osoittautunut erittäin hyväksi avuksi ongelmissa, joita on perinteisin menetelmin vaikea ratkaista monimutkaisista rakenteista tai datasta johtuen. Tämän takia syväoppimista sovelletaan paljon tieteen, liiketoiminnan ja hallituksen aloihin. Kaikista yllättävintä on kuitenkin syväoppimisen kautta saadut lupaavat tulokset luonnollisen kielen ymmärtämisestä vaativissa tehtävissä, joita ovat muun muassa aiheen tunnistaminen, tunteiden analysointi, kysymyksiin vastaaminen ja kielen kääntäminen. LeCun et al. (2015) väittävät myös, että syväoppiminen tulee tarjoamaan lähitulevaisuudessa paljon menestystä, koska uudet oppimisalgoritmit ja arkkitehtuurit, joita kehitetään parhaillaan syville neuroverkoille tulevat kiihdyttämään merkittävästi syväoppimisen kehitystä.

2.4 Neuroverkot

Keinotekoiset neuroverkot (Artificial Neural Networks eli ANN) ovat laitteistoihin tai ohjelmistoihin rakennettuja tietokoneohjelmistoja, jotka jäljittelevät biologisia hermojärjestelmiä, kuten ihmisaivojen ominaisuuksia, ja rakentuvat suuresta määrästä keinotekoisista neuroneista (James 2019, s. 45-46). Nämä keinotekoiset neuronit ovat linkittyneinä toisiinsa ja toimivat yhdessä saavuttaakseen tiettyjä päämääriä. Input-neuronit aktivoituvat ympäristöä aistivien anturien kautta, mutta muut neuronit aktivoituvat painotettujen yhteyksien kautta aikaisemmin aktivoituneista neuroneista (Schmidhuber 2015). Keinotekoiset neuroverkot ovat kykeneviä oppimaan esimerkeistä, jonka vuoksi neuroverkkoja sovelletaan tietyille sovellusalueille, kuten mallien tunnistamiseen ja datan luokitteluun. Biologisten järjestelmien toimintakin perustuu pitkälti neuronien välisiin synapsisiin yhteyksiin. (Vähäkainu & Neittaanmäki 2018)

Neuroverkkoa rakennettaessa valitaan lähtö- ja tuloneuroninen lukumäärä sekä piilotettujen kerrosten lukumäärä ja niissä esiintyvien neuronien määrä (James 2019, s.46-47). Merilehto (2018 s. 45-46) esimerkiksi kertoo, kuinka juuri kompleksinen hahmontunnistusjärjestelmä saadaan aikaiseksi rakentamalla monta yksinkertaista hahmontunnistajärjestelmän kerrosta päällekkäin. Esiintyvien neuronien ja kerrosten lukumäärien lisäksi Negnevitsky (2002) mainitsee keinotekoisien neuroverkkojen rakentamisen vaativan myös oikeanlaisen verkon arkkitehtuurin ja oppimisalgoritmin luomista. Lopuksi neuroverkkoa täytyy myös harjoittaa signaalien tunnistamisessa.

Nämä neuroneiksi kutsutut yksiköt ovat yksinkertaisia prosessoreita, jotka toimivat rinnakkain tehden vain yhtä asiaa kerrallaan. Kuvasta 3 voidaan havaita, kuinka neuroni vastaanottaa tulosignaalin kautta tietoa X , jonka painoarvo on W . Tulosignaali voi olla raakaa dataa tai lähtösignaaleja muilta neuroneilta. Painokertoiminen muutos vastaavasti joko lähettää tai estää välitettävän viestin kulkeutumisen eteenpäin. Näin ollen viestin kulkeutuminen eteenpäin vaatii aina aktivointisignaalia, jota kutsutaan neutronin sisäiseksi tilaksi. Aktivoinnin kautta viesti lähtee eteenpäin lähtösignaalina Y , joka voi olla lopullinen ongelman ratkaisu tai lähtösignaali muille neuroneille. (Negnevitsky 2002) Yksinkertaistettuna neutronien aktivoituminen perustuu siihen, että edellinen neuroni on aktivoitunut edellisen neutronin aktivoitumisesta. Tällä tavoin syntyy lopulta suuri neuroverkko, jota voidaan maalaisjärjellä kuvata syy-seurausketjuna.



Kuva 3. Diagrammi tyypillisestä neuronista ja tiedon etenemisestä (Negnevitsky 2002)

Käytännön tasolla kuvassa 3 esiintyvää diagrammi voidaan selventää esimerkiksi asuntojen hinnoitteluprosessilla. Tässä tapauksessa syötteet eli X:t ovat talon hinnoitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten neliöiden lukumäärä, huoneiden lukumäärä, postinumero ja kyseisessä alueella vallitseva hintataso, ja vaste Y on talon lopullinen hinta. Merilehto (2018 s. 49-51) lisää tähän vielä, että neuroverkon erityisyys ilmenee juuri siinä, ettei meidän tarvitse erikseen lähtökohtaisesti määritellä, mitkä asiat vaikuttavat talon hintaan ja millä tavalla. Annetaan vain syöte A, jonka neuroniverkko prosessoi ja jonka lopputuloksena saadaan vaste B.

Tämän lisäksi Merilehto (2018 s.48-49) mielestä neuroverkkojen kilpailuvaltti useisiin koneoppimismalleihin nähden on niiden laajassa sovellettavuudessa. Samanlaisesta arkkitehtuurityylistä rakennettua verkkoa voidaan käyttää erilaisten ongelmien ratkaisemiseen sen sijaan, että aina täytyisi rakentaa uusi verkko. Verkot eroavat ainoastaan opetuksen seurauksena saatujen painokertoimien (Weights) mukaan. Lisäksi Vähäkainuu ja Neittaanmäki (2018) kertovat neuroverkkojen vahvuudeksi myös epätarkkojen ongelmien ratkaisukyvyyn puutteellisilla syötteillä. Neuroverkot kykenevät myös oppimaan syötteiden perusteella uusia ratkaisutapoja (Schmidhuber 2015).

3 TEKOÄLY TERVEYDENHUOLLOSSA

Tässä luvussa perehdytään tekoälyn esiintymiseen terveydenhuollossa. Ensimmäisessä alaluvussa paneudutaan terveydenhuollon muutoksiin ja selvennetään, mitkä tekijät ovat tähän vaikuttaneet. Sen jälkeen kartoitetaan tekoälyn käyttömahdollisuuksia ja toimintaperiaatteita eri terveydenhuollon osa-alueilla, kuten ennaltaehkäisyssä, diagnosoinnissa ja hoidon seurannassa. Toisessa alaluvussa kuvaillaan sensoriteknologian kehitystä ja selvennetään, mitä ovat mobiiliterveysteknologiset ratkaisuja. Lopuksi tuodaan vielä esille ihmisten mahdollisuutta seurata ja mitata omaa terveydentilaansa omatoimisesti.

3.1 Käyttötarkoitukset terveydenhuollossa

Maailmanlaajuinen terveydenhuolto on kokenut suuria muutoksia ihmisten pidentyneen eliniän muutoksien vuoksi. Ihmiset elävät pidempään, mutta ainakin toistaiseksi on hyvin vähän laitteita ja resursseja, jotka ovat erikoistuneet monimutkaisten ja vaikeiden terveyshaasteiden, kuten syövän, dementian tai keuhkohtaumataudin, tunnistamiseen ja niiden hallitsemiseen. (Karam 2017) Tämän lisäksi tiedon määrän ja automaattisten järjestelmien lisääntyminen on uudistanut terveydenhuollon sektoria. Ilmeisempiä esimerkkejä tästä ovat muutokset sähköisten terveystietojen ja -kirjastojen (EHR) käyttöönnotossa sekä kuvien arkistointi- ja viestintäjärjestelmien käyttö radiologisissa kuvantamismenetelmissä. Tämentyyppistä tietokokonaisuuksiltaan hyvin suurta ja monimutkaista digitaalista dataa kutsutaan massadataksi. (Ghani et al. 2014)

Lääketieteen alalla lääkärit ovat löytäneet avun tekoälystä. Tekoäly auttaa muun muassa lääkäreitä arvioimaan potilaan terveysriskejä, parantamaa hoidon laatua, seuraamaan ja neuvomaan potilaita tiettyjen lääkkeiden sivuvaikutuksista. Teknologisesti kehittyneet työkalut mahdollistavat paremman päätöksenteon, diagnoosit sekä kroonisten että akuuttien sairauksien hoidon. (Karam 2017) Tämän lisäksi tietokoneen kyvykyys luonnollisen kielen prosessoinnissa ja muut tekoälyn menetelmät ovat mahdollistaneet massadatan käsittelyn. Tällä tavoin tietokone oppii keräämään tekstitietoja lääketieteellisistä tiedoista, lääkärin muistiinpanoista ja jopa sosiaalisesta mediasta. (Shah et al. 2014) Esimerkiksi nykyaikainen tekoäly kykenee selaamaan läpi lääketieteellisiä tutkimuksia noin puoli miljoonaa sivua

viidessätoista sekunnissa (Captain 2017). Tutkimusdataa ja potilastietoja yhdistämällä voidaan tehostaa ja nopeuttaa tautien diagnosointia. Luonnollisen kielen prosessoinnin avulla pystytään löytämään oikeanlaista dataa ja puhdistamaan vääränlaista, jolloin virheellisyyksien määrä vähenee ja lääkäreiden työnteko helpottuu (Patel et al. 2009). Suurimmat sairauden alueet, joilla tekoälyn tekniikoita ja työkaluja käytetään, ovat neurologia, onkologia ja kardiologia (Jiang et al. 2017).

Tekoälyn rooli varhaisten diagnoosien tekemisessä ja ennen aikaisten kuolemien ehkäisemisessä on todella korvaamaton. Potilaat, jotka kärsivät kroonisista taudeista, kuten syövästä, diabeteksestä, verenpainetaudista tai aivokasvaimesta, ovat hyvin pitkälti riippuvaisia varhaisesta taudin diagnosoimisesta ja siihen saatavasta varhaisesta hoidosta. Mitä aikaisemmin sairaus todetaan, sitä suurempi mahdollisuus heillä on parempaan selviytymiseen ja pidempään elinikään. Virheet, joita terveydenhuollossa useimmiten tapahtuu liittyvät laiminlyöntiin, inhimillisiin virheisiin tai tiettyihin sääntöihin, joiden mukaan tiettyntyyppisiä testejä ei saa suorittaa ennen kuin tauti on edennyt riittävän pitkälle. (Karam 2014) Esimerkiksi Vähäkainuun ja Neittaanmäen (2018) mukaan diagnosointivirheistä jopa kymmenen prosenttia johtaa potilaiden kuolemaan ja 17 prosenttia muihin vakaviin komplikaatioihin. Vaikka sairauksien diagnosointimenetelmät ja tiedon määrä on lisääntynyt, on diagnoosien tekeminen edelleen yhtä paljon taidetta kuin tiedettäkin. Tämän takia diagnosointi on altis epätarkkuuksille, ja näin ollen myös henkeä uhkaaville virheille. (13D Research 2017)

Kliinisten asiantuntijoiden saatavilla on nykypäivänä runsaasti tietoa, joka vaihtelee yksityiskohtaisesti kuvatuista kliinisistä oireista kuvantamismenetelmien ja biokemiallisten tietojen tuotoksiin. Kaikki data antaa tietoa, jonka vuoksi kaikki data täytyy myös aina arvioida ja käsitellä diagnoosia tehdessä. Tämän vuoksi koneoppimisen menetelmiä käyttävät adaptiiviset oppimisalgoritmit ovat tehokkaita työkaluja lääkäreiden avuksi diagnoosien suorittamiseen ja toteuttamiseen. (Amato et al. 2013) Tämän lisäksi Karam (2014) toteaa myös, että tekoälyn neuroverkot kykenevät matemaattisten algoritmiensa kautta diagnosoimaan oireita lääkäreihin verrattuna nopeammin ja varhaisemmassa vaiheessa. Lisäksi rajattomasti käytettävissä oleva data ja potilastiedoista saatavat tiedot ihmisen DNA:sta, veriarvoista ja painosta antavat neuroverkoille suuren mahdollisuuden eri sairauksien diagnosointeihin (Karam 2014). Amato et al. (2013) lisäävät tähän myös tekoälyn pohjautuvien neuroverkkojen

kyvyn tehdä luotettavia diagnooseja pienellä virhemarginaalilla unohtamatta yksityiskohtia. Kokonaisuudessaan neuroverkkojen käyttö diagnostisena työkaluna tuottaa uskomattomia tehokkuusetuja ja kustannussäästöjä niin potilaille, lääkäreille kuin sairaaloillekin (13D Research 2017).

Yhdysvalloissa ihosyöpä on kaikista yleisin syöpä, johon joka viides sairastuu elämänsä aikana. Ihosyövästä selviytyy kuitenkin 99 prosentilla, jos tauti diagnosoidaan aikaisessa vaiheessa ennen kuin syöpäsolut ovat levinneet imusolmukkeisiin. (ADD 2019) Stanfordin tutkijaryhmä Sebastian Thrun johdolla ovat rakentaneet tehokkaan työkalun ihosyövän tunnistamiseen. Koneoppimisen menetelmiä hyödyntäen he opettivat neuroverkolle, miten löytää 130 000 kuvan tietokannasta sellaisia ihovaurioita, jotka viittaisivat ihosyöpään. Kaikki kyseisen tietokannan kuvat on dermatologien avulla luokiteltu kahteen tuhanteen eri sairauteen. Tutkijaryhmä laittoi myös neuroverkon kilpailemaan ihotautilääkäreitä vastaan. Ensiksi neuroverkko laitettiin testiin 14 000 ihovaurioista koostuvan kuvatietokannan kanssa, jonka jälkeen koneoppimisen kautta neuroverkkoa opetettiin tekemään oikeanlaisia diagnooseja. Lopputuloksena neuroverkko kykeni tekemään oikeita diagnooseja 72 prosentin tarkkuudella, kun vertailukohteena olleet ihotautilääkärit kykenivät diagnosoimaan 66 prosentin tarkkuudella. (13D Research 2017)

Vastaavanlainen tapaus on IBM Watson, joka on tehnyt myös kehitystyötä syöpätutkimuksien parissa. Watson on tehnyt muun muassa yhteistyötä Quest Diagnostics -yrityksen kanssa hyödyntääkseen tekoälyn työkaluja genidiagnostiikka-analyysissä, jolloin geneettisiä tietoja analysoimalla voidaan tunnistaa erilaisten syöpämuotojen syntymisen todennäköisyys. Esimerkiksi Watson -järjestelmä tunnistui onnistuneesti hyvin harvinaisen myelodysplastisen oireyhtymän, jossa on kyse luuytimen kantasolujen erilaistumishäiriöstä. Tämän lisäksi syöpätutkimuksissa 99% Watsonin hoitosuosituksista on johdonmukaisia lääkärin päätösten kanssa. (Jiang et al. 2017)

Tekoälyn menetelmiä on kehitetty ja sovellettu paljon röntgen ja magneettitutkimuksiin, sillä tekoäly pystyy tämänkaltaisissa tehtävissä antamaan lääkäreihin verrattuna luotettavampia diagnooseja kustannustehokkaasti. Tämän lisäksi lääkeannostuksien määrittämisessä tietokoneet pystyvät lääkäreitä paremmin ottamaan huomioon tapaukset, joissa annostelu on

hyvin kriittistä ja joissa useampi eri tekijä vaikuttaa lääkeannostuksiin. Tämän lisäksi on joitakin tehtäviä, joissa lääkärit ovat tunnetusti huonoja, mutta tietokoneille kyseiset tehtävät ovat vastaavasti rutiininomaisia, kuten antimikrobisten lääkehoitojen määrääminen. (Barr & Feigenbaum 2014, s.177)

3.2 Mobiiliterveys- ja sensoriteknologia

Nykyään digitaaliseen terveydenhuoltoon liittyvät päälle puettavat lääketieteelliset ja kuntoiluun tarkoitetut laitteet sekä sensorit, jotka antavat mahdollisuuden etähoitoon ja telelääketieteeseen. Erityyppisiä antureita ja sensoreita on kehitetty jo vuosia, mutta niiden hyödyllisyys näkyy vasta nyt terveydenhuollossa. (Neittaanmäki & Lehto 2017) Nopeasti kehittyvät sähköiset anturitekniikat ja orgaaninen elektroniikka ovat edesauttaneet merkittävästi joustavien paineanturien kehittymistä. Orgaanisiin materiaaleihin perustuvat joustavat paineanturit, jotka yhdistävät ainutlaatuisia etuja joustavuudessa ja kustannustehokkuudessa, ovat kehittyneet erittäin houkuttelevaksi kentäksi niiden lupaavien sovellusten vuoksi. Sensoriteknologia tarjoaa laajasti soveltuvuutta henkilökohtaisiin elektroniikkalaitteisiin, teollisuustuotannon sovelluksiin ja terveydenhoitoalan applikaatioihin. (Zang et al. 2015) Sensoriteknologia on myös yksi mahdollistajia muun muassa kroonisten tautien ympärivuorokautisella seurannalle (McGrath & Scanail 2013, s. 217-248). Kriittisempien tehtävien lisäksi sensoriteknologia antaa myös avun jokapäiväiseen terveydenseurantaan, jossa pulssin, verenpaineen ja sykkeen seuranta on välttämätöntä. Tämän vuoksi erittäin herkkiä päälle puettavia paineantureita on kehitetty pulssin ja verenpaineen jatkuvaan tallentamiseen terveydentilaa koskevien tietojen keräämiseksi.

Käytännön tasolla Neittaanmäen & Lehdon (2017) mukaan ikääntyneen sydänsairauksista kärsivän potilaan terveydentilaa voidaan monitoroida etäältä potilaan asuessa kotona. Tämän lisäksi päälle puettavien laitteiden avulla voidaan seurata unen laatu, diabetesta, sydämen EKG-käyrää tai potilaan liikkumista ja sijaintia. Tällä tavoin saadaan nopeasti selville, onko potilas kaatunut, pudonnut tai muistisairaiden potilaiden kohdalla lähtenyt vaeltamaan. Esimerkiksi Lee et al. (2002) kehittämä joustava ja biologisesti ihmiskehoon yhteensopivia hiilinanoputkesta rakennettu elektrodi antaa pitkällä aikavälillä hyvää tietoa sydämen suorituskyvystä (EKG) eli sydämen toimintaan liittyvistä sähköimpulsseista. Lisäksi Greengard

(2015, s. 57-60) selventää, miten kehittyneen sensoriteknologian ja algoritmitoiminnan ansiosta on kehittynyt yli 2000 sensorin järjestelmiä, jotka kykenevät muun muassa mittaamaan lämpöä, kosteutta, asentoja, painetta, kemikaaleja ja magneettikenttiä. Tämän vuoksi mobiili biomonitoriointi on lääketieteellisessä diagnostiikassa ja terveydenhuollossa noussut hyvin houkuttelevaksi alueeksi sensoriteknologialle.

4 TEKOÄLY URHEILUSSA

Tässä luvussa kuvataan tekoälyn esiintymistä eri urheilun osa-alueilla ja tekoälyn kehityksen tuomia käyttömahdollisuuksia Luku jakaantuu useampaan osioon. Ensimmäiseksi kuvaillaan tekoälyn mahdollisuuksia harjoittelun ja suorituskyvyn analysoinnissa. Seuraavaksi selvennetään tekoälyn roolia rekrytoinnissa, kykyjen etsinnässä sekä TV- ja radiolähetystoiminnassa. Kolmas luku käsittelee vastaavasti fyysisen ja henkisen hyvinvoinnin ja suorituskyvyn ylläpitämistä. Tämän lisäksi luvussa pohditaan valmentajan tarpeellisuutta ja vastuuta.

4.1 Harjoittelun ja suorituskyvyn analysointi

Urheiluteollisuus on kehittynyt viimeisten vuosien aikana suurin harppauksin eteenpäin. Urheilumaailman tarjoamat kvantitatiiviset elementit ovat luoneet siitä ihanteellisen alustan tekoälyn käyttöön. Vielä viisi vuotta sitten tekoälyn käyttö urheilussa oli hyvin harvinaista, mutta lähivuosien aikana se on sisällyttänyt itseensä yhä enemmän uusia teknologiamuotoja, jotka ovat etenkin kehittäneet tietojenkäsittelyä urheiluanalytiikassa. (Joshi 2019)

Tekoälyn käyttö urheilussa näkyy jo monilla eri osa-alueilla. Esimerkiksi tietokoneilla ja koneoppimisella on tärkeä rooli sekä kokeellisen että teoreettisen urheilubiomekaniikan kehittämisessä. Tietokoneiden erinomaiselle tasolle kehittynyt kyky kerätä ja käsitellä dataa, mallintaa asioita konkreettisesti, luoda simulaatioita ja optimoida asioita ovat antaneet uudenlaisia mahdollisuuksia urheilubiomekaniikan kehitykseen. (Lapham & Barlett 1995) Vastaavasti urheilumarkkinoinnissa tekoälyn avulla saavutetaan oikeat kohderyhmät ja luodaan elämyksellisempiä urheilukokemuksia katsojille. Koneoppiminen auttaa datamassojen käsittelyssä ja analysoimisessa, algoritmit arvioivat urheilijoiden suoriutumista sekä simulaattorit ja robotiikka tuovat uusia harjoitusmuotoja. (Sennaar 2019; Joshi 2019) Tämän lisäksi Fister et al. (2015) nostavat vielä esille tekoälyn erityisen hyödyllisyyden urheiluvammoja ennaltaehkäisevien harjoitusohjelmien toteuttamisessa ja niiden suunnittelussa. Mobiiliterveysteknologian ja erilaisten dataa mittaavien sensoreiden ja antureiden avulla älykästä tietojenkäsittelyä ja siihen liittyviä algoritmeja voidaan käyttää jo laaja-alaisesti harjoittelun eri vaiheissa (Fister et al. 2015).

Kehitystyötä on tehty jo hyvin paljon kestävyysurheilussa, kuten triathlonissa, maratonissa ja kilpakävelyssä. Kestävyysurheilutapahtumat keräävät koko ajan enemmän suosiota etenkin amatööriurheilijoiden parissa. Maksimaaliset kestävyysuoritukset ovat ihmiselimistölle hyvin ankaria ja vaativia, jonka takia yksi tärkeimmistä elementeistä hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi on oikeanlaisen ruuan syöminen ja sen imeytyminen. Fister et al. (2014) tutkimuksessa on lähdetty kehittämään uudenlaista ratkaisua, joka auttaa urheilijaa automaattisesti valitsemaan oikeanlaista ravintoa kilpailun aikana perustuen urheilijan suorituskykyyn, tuntemuksiin, tarpeisiin ja jopa säähän. Esimerkiksi ihminen voi tuntea itsensä kilpailun aikana jaksavaiseksi, mutta ajautua kuitenkin vaikeuksiin johtuen nesteytyksen, vitamiinien, mineraalien tai energian puutteesta. Ratkaisua on lähdetty rakentamaan koneoppimiseen liittyvän päätöksentekopuumallin kautta. Testisarjan menetelmä koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat attribuuttien eli määritteiden määrittely, päätöksentekopuun rakentaminen ja luokittelun tekeminen päätöksentekopuuhun perustuen. Tällä tavoin pystytään rakentamaan koneoppimiseen pohjautuva menetelmä, johon voidaan tulevaisuudessa lisätä entistä enemmän simulaatioita ja skenaarioita. Fister et al. (2014) toteavat, että ensimmäiset kokeiluratkaisut ja simulaatiot rajallisilla skenaarioilla ovat jo osoittautuneet hyvin toimiviksi kestävyysurheilussa, mutta kyseistä menetelmää täytyy kuitenkin edelleen kehittää.

Kestävyysurheilun lisäksi tekoälyä on hyödynnetty myös kuntosaliharjoittelussa. Novatchkovin ja Bacan (2013) tekemässä tutkimuksessa tutkittiin tekoälyn mahdollisuuksia voimaharjoittelussa. Kyseisessä tutkimuksessa laitteisiin kiinnitetyt voima-anturit mittasivat dataa harjoitusten aikana tarkoituksenaan hyödyntää koneoppimista oikeiden suoritustekniikoiden oppimisessa ja harjoitusvasteen optimoinnissa. Tällä tavoin järjestelmä pystyy antamaan automaattisesti jokaiselle yksilölle henkilökohtaisen palautteen kustakin harjoitteesta. Käytännössä tämä antaa sekä urheilijoille että valmentajille mahdollisuuden kehittää harjoitusten laatua, optimoida harjoituksia sekä ennaltaehkäistä vammoja, joita vääränlaiset suoritustekniikat aiheuttavat. Tutkimuksen lopulliset mallinnustulokset osoittivat tekoälyn tarjoavan vahvaa ja arvokasta tietoa voimaharjoittelusta, jota urheilijat sekä valmentajat pystyvät nopeasti hyödyntämään.

4.2 Rekrytoiminen ja lähetystoiminta

Tositapahtumiin perustuva kirja (Lewis 2003) Moneyball on erinomainen esimerkki tekoälyn hyödyntämisestä. Oaklandin urheilujoukkueen johtaja Billy Beane käytti tilastotietoja ja analytiikkaa kilpailukykyisen joukkueen rakentamiseen pienellä budjetilla. Hän kokosi joukkueensa analysoimalla yksittäisten pelaajien tilastoja. Joukkue saavutti ennennäkemättömiä voittoja ja saavutuksia joukkueita vastaan, joilla oli paljon suuremmat budjetit ja kyvykkyydet. (Joshi 2019) Tämänäyttöinen tietopohjainen lähestymistapa on esimerkki siitä, kuinka resurssien puute voidaan suurelta osin korvata tehokkaalla päätöksenteolla ja suorituskyvyn optimoimisella.

Nykypäivänä tekoäly hyödynnetään rekrytoimiseen ja kykyjenmetsästämiseen entistä enemmän. Etenkin joukkuelajeissa pelaajien yksittäisiä esityksiä ja heidän suorituskykyänsä analysoidaan entistä enemmän kvantitatiivisesti. Eri pelirooleissa tarvitaan erilaisia ominaisuuksia, jonka takia tekoälyn avulla pyritään löytämään potentiaalisia pelaajia oikeisiin pelipaikkoihin ennen kuin niihin investoidaan. (Joshi 2019) Tämänäyttöistä tekniikkaa kehitetään jo Suomessakin, sillä esimerkiksi Pärssinen kirjoittaa tietotekniikan ammattilaislehdessä Tivissä (2018) siitä, kuinka tekoälyä kehitetään tehokkaampaan jalkapallolupauksien tunnistamiseen.

Urheilijoiden yksittäisten suorituksien analysoimisten lisäksi tekoälyä, tarkemmin sanottua tekoälyyn lukeutuvaa koneoppimista, voidaan hyödyntää myös itse vastustajien taktisten kuvien, vahvuuksien ja heikkouksien tunnistamisessa peleihin valmistautuessa (Joshi, 2019). Tämän kautta valmentajat pystyvät laatimaan yksityiskohtaisia pelisuunnitelmia, jotka perustuvat vastustajasta kerättyyn tietoon ja voittotodennäköisyyden maksimoimiseen.

Tekoäly tarjoaa urheilujohtajien, valmentajien ja urheilijoiden lisäksi paljon myös urheilun kuluttajille, sillä tekoäly tulee muuttamaan live-lähetysten ja yleisön kokeman katsojaelämyksen aivan uudella tavalla. Joshi (2019) mukaan tekoälyyn perustuvat ratkaisut kykenevät laittamaan automaattisesti oikean kamerakulman eri sijainnissa istuville katsojille. Lisäksi järjestelmät pystyvät antamaan tekstityksiä live-tapahtumissa eri kielillä katsojan sijainnin ja kieliasetusten perusteella. Tekoälyä voidaan käyttää myös oikeanlaisten kohderyhmien tunnistamiseen ja mainoksien jaottelemiseen sekä elämyksellisempien

urheilukokemusten luomiseen. (Joshi 2019; Sennaar 2019) Tällä tavoin lähetystoimintaa tuottavat yritykset pystyvät tehokkaasti hyödyntämään kasvavia rahavirtoja mainosten myynnin kautta.

4.3 Hyvinvoinnin ja suorituskyvyn ylläpitäminen

Tekoälyn käyttöönotto muuttaa terveydenhuollon alaa etenkin terveyden, kuntoilun ja turvallisuuden ylläpidossa (Fister et al. 2015). Näitä tekoälyn poikkeuksellisen ennakoivia ja diagnostisia ominaisuuksia voidaan soveltaa myös urheiluun, jossa fyysisen kunnan ja henkisen terveyden ylläpito ovat ensiarvoisen tärkeitä asioita (Joshi 2019). Tämän vuoksi urheilijat, valmentajat, lääkärit, urheilussa vaikuttajat ja ylipäättään joukkueet panostavat voimakkaasti fyysiseen ja henkiseen hyvinvointiin. Naglah et al. (2018) mukaan suorituskyvyn hallinnassa on kyse urheilijoiden suorituskyvyn maksimoinnista ja loukkaantumisriskin minimoimisesta. Tämän lisäksi he lisäävät, että edellä mainittuihin tekijöihin liittyy useita muuttujia, kuten urheilijan terveystilanne, emotionaaliset olosuhteet, esimerkiksi stressi tai ahdistuneisuus, harjoituskuorma ja fyysiset vaatimukset, esimerkiksi hyppääminen tai laskeutuminen. Lähtökohtaisesti Zelic et al. (1997) mainitsevat vamman ennustamisen tärkeimmäksi pilariksi loukkaantumisen ehkäisemisen, koska vahinkotekijöiden tunnistaminen ja ennustaminen etukäteen luo pohjan kaikille tehokkaille ennaltaehkäiseville toimenpiteille.

Teknologisten ratkaisujen ja työkalujen kautta urheilijoiden terveydentilasta pyritään pitämään entistä enemmän huolta. Säännöllisesti toteutettujen lääketieteellisten ja fyysisten testien avulla tekoäly pyrkii analysoimaan erilaisten parametrien kautta urheilijan fyysistä kuntoa (Rossi et al. 2018; Joshi 2019). Tällä tavoin voidaan havaita esimerkiksi aikaisessa vaiheessa väsymyksen ja yllärasituksen aiheuttamia vammoja, jotka Fister et al. (2000) mukaan voivat heikentää urheilijan kunnan säilymistä riittävän hyvällä tasolla ja johtaa loukkaantumisiin, joiden kuntoutumiseen voi kulua hyvinkin kauan aikaa. Lisäksi tekoälyyn pohjautuvia järjestelmiä ja teknologioita voidaan käyttää jatkuvasti tuki- ja liikuntaelimestön ongelmien tunnistamiseen kerätyn ja analysoidun tiedon avulla. (Joshi 2019) Paneutumalla ennaltaehkäisevään toimintaan urheilutiimien on mahdollista säilyttää urheilijat erinomaisessa kunnossa pitkienkin kilpailujaksojen ajan.

Valmentaja vastaa tyypillisesti urheilijan harjoittelusta ja siitä, mihin tuloksiin ja saavutuksiin harjoitusohjelmalla päästään. Fister et al. (2015) mukaan maksimaalisen suorituskyvyn saavuttamiseksi valmentaja tarvitsee laajaa tietämystä usealta eri alalta, kuten anatomiasta, fysiologiasta, biomekaniikasta, psykologiasta, sosiologiasta ja didaktiikasta. Arkikielellä sanottuna kyse on fyysisen, teknisen, taktisen ja psykologisen osaamisen hallitsemisesta. Vastaavasti tavanomainen kuntoilija toimii yleensä vaistonvaraisesti ja itsenäisesti. Tämän vuoksi kuntoilijakin ovat yhtä alttiita urheiluvammoille kuin itse kilpaurheilijakin. Kaksi vuotta aikaisemmassa tutkimuksessa Fister et al. (2013) ovat tuoneet jo esille jopa sellaisen vaihtoehdon, jonka mukaan edellä mainitut valmentajalta vaaditut ominaisuudet voitaisiin mahdollisesti korvata virtuaalisella valmentajalla tekoälyn avulla. Hyviä viitteitä tästä voi löytää myös Watson et al. (2012) tekemästä tutkimuksesta, jossa virtuaalivalmentaja seurasi tavallisen kuntoilijan askelten määrää ja aktiivisuutta, auttoi ruokavalion rakentamisessa ja tavoitteiden laatimisessa sekä antoi palautetta edistyksestä. Tutkimuksen lopputuloksien mukaan ylipainoisten liikunta-aktiivisuutta pystyttiin lisäämään merkittävästi 12 viikon seurantajakson aikana. Tutkimustyötä tarvitaan vielä hyvin paljon lisää, mutta tutkimus antaa viitteitä siitä, että on mahdollisuuksia luoda globaalisesti tehokas ja edullinen ratkaisu, joka pohjautuu algoritmiseen toimintaan ja joka eliminoisi ilman asiantuntevaa valmentajaa tapahtuvat urheiluvammat ja tällä tavoin ylläpitäisi hyvää terveydentilaa ja suorituskykyä.

5 URHEILUVAMMOJEN ENNALTAEHKÄISY

Tässä luvussa perehdytään tarkemmin liikunnasta ja harjoittelusta aiheutuvien vammojen syntymekanismeihin sekä altistaviin tekijöihin. Lopuksi rakennetaan tekoälyyn pohjautuva viitekehys urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön. Lisäksi pohditaan tekoälyn sopeutumista arkipäiväiseen käyttöön sekä kuluttajan että urheilijan näkökulmasta.

5.1 Urheiluvammat

Huolimatta liikunnan ja urheilun tuomista terveydellisistä hyödyistä etenkin sydän- ja verisuonitaudeissa voi urheilu aiheuttaa myös terveydelle vaaraa urheiluvammojen muodossa. (Maffulli & Bruns 2000; Mattila et al. 2009) Jokainen tapaturma tai muu loukkaantuminen aiheuttaa kustannuksia, joiden maksajaksi kontekstista riippuen koituu yleensä joko kuntoilija itse tai urheilujoukkue. Esimerkiksi tärkeän avainpelaajaan loukkaantuminen voi aiheuttaa joukkueelle suuren menetyksen palkan muodossa sekä vaikuttaa joukkueen kilpailukykyisyyteen hyvin negatiivisesti ja tällä tavoin pienentää myös tuloja (Rossi et al. 2018). Vastaavasti tavanomaiselle kansalaiselle tai kuntoilijalle urheiluvamma on ikävä rasite, joka pahimmassa tapauksessa kaataa työntekijän sairaalomalle. Puhumattakaan liikunnan terveyshyödyistä on ensiarvoisen tärkeää pitää ihmiset liikuntakykyisiä.

Terveystietoisuuden lisääntyessä ja parantuessa liikunnasta on tullut välttämätön osa elämää. Jos harjoitussuunnitelma ei ole järjestelmällisesti rakennettu ottaen huomioon useita eri tekijöitä, voi liikunta aiheuttaa fyysisiä oireita. Tämän takia on erittäin tärkeää seurata ja ennustaa ihmisen fysiologista tilaa harjoituksen aikana. Simulaation ennustaminen ja reaaliaikainen seuranta ovat kaksi ihmisen terveystarkkailuun kuuluvaa päämenetelmää. (Liu et al. 2018)

Kehittyneiden GPS-tekniikoiden takia on olemassa monia kannettavia ja puettavia laitteita, joiden kautta voidaan tehdä mittauksia sekä liikunta- että urheilusuorituksen aikana (Naglah et al. 2018). Esimerkiksi Rossi et al. (2018) tuovat esille tutkimuksessaan ” Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning” moniulotteisemman GPS-mittauksiin ja koneoppimiseen perustuvan lähestymistavan ammattilaisjalkapalloilijoiden

vammojen ennustamiseen. Algoritmi yhdistää erilaisia fyysisiä parametrejä, kuten sykettä, ponnistuksien määrää, harjoituksen kesto ja intensiteettiä, jotka on kerätty pelaajien pelien ja harjoitusten aikana käytettävistä laitteista. Parametrien avulla algoritmi laskee muun muassa lihasvaurioiden määrän ja riskin ja tunnistaa suurimmassa loukkaantumisvaarassa olevat pelaajat. Kyseisen tutkimuksen mukaan algoritmi on kartoittanut yli 50 prosenttia mahdollisista lihasvammoista sekä osoittanut pelaajan todennäköisemmin loukkaantuvan, jos hän on kärsinyt vammoista lähiaikoina tai liikkunut pitkiä matkoja tai aikoja korkealla juoksupuhalla

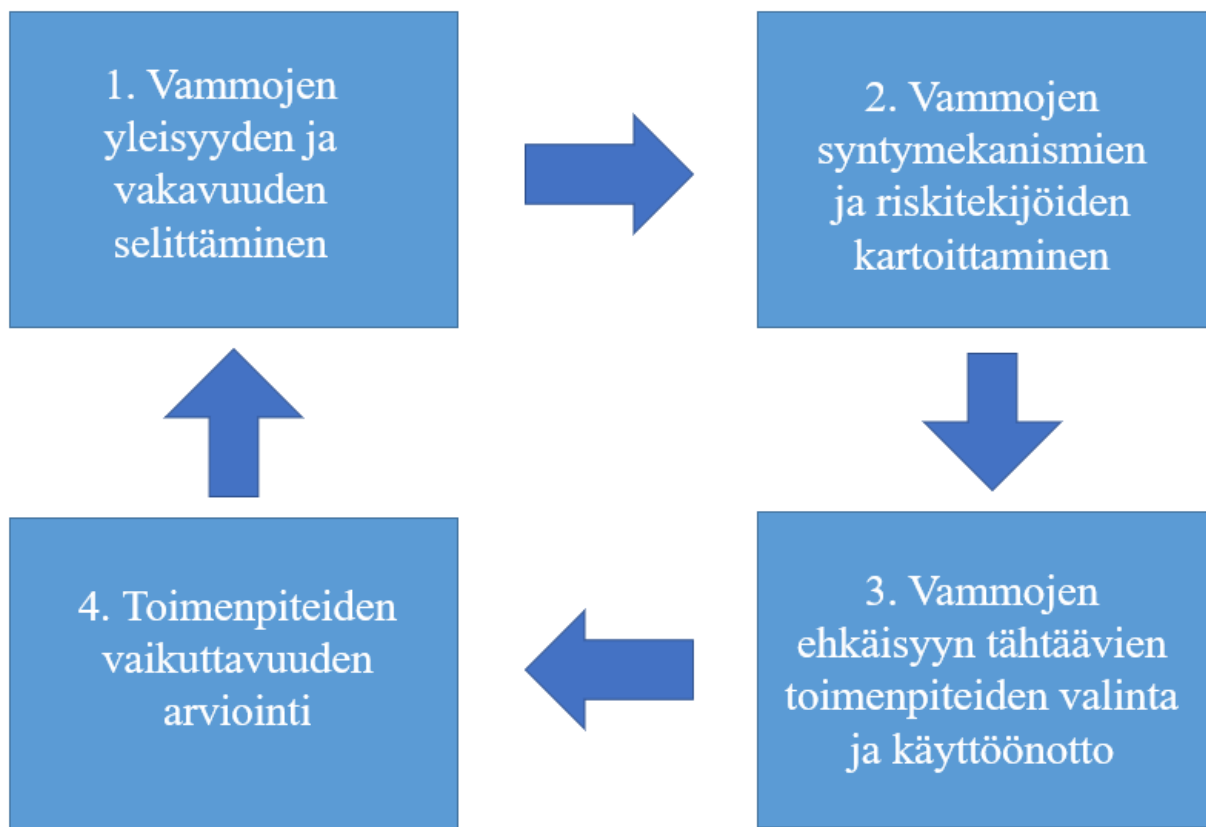
Ylikuormitustila (overtraining syndrome) on yksi suurimmista ja tavanomaisista ongelmista, joista niin urheilija kuin tavallinen kuntoilijakin helposti kärsii. Fister et al. (2000) mukaan etenkin amatööriurheilijat ja aloittelevat kuntoilijat, joilla ei ole riittävästi tietämystä ja tuntemusta omasta kehosta tai apuna henkilökohtaista osaavaa valmentajaa, ajautuvat helposti ylikuntoon eli alipalautumistilaan. Vastaavasti yllärasitukseen ajautuessa niin henkinen kuin fyysinenkin keho kärsii ja riski loukkaantumiselle kasvaa merkittävästi. Tekoälyyn pohjautuvien ratkaisujen avulla harjoitusohjelmat voidaan luoda digitaalisille tietokoneille, jotka sykemittarista saatavien tietojen kautta käyttävät algoritmia oikeantyyppisten harjoitusohjelmien suunnitteluun ja palautteen antamiseen (Fister et al. 2015).

5.2 Liikuntavammojen ennaltaehkäisytyön viitekehys

Dower et al. (2018) toteavat raportissaan, että on olemassa useita tutkimuksia, jotka osoittavat, että loukkaantumisten ennustaminen on hyvin vaikeaa ja monimutkaista. Tämän vuoksi heidän mielestään koneoppimisen tekniikoita hyödyntävät ratkaisut soveltuvat parhaiten urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön, sillä neuroverkot kykenevät oppimaan nopeasti ja antamaan tarpeellisen tarkkaa tietoa. Muutenkin urheiluvammojen ongelman laajuus edellyttää aina ennaltaehkäisevää toimintaa epidemiologisen tutkimus tulosten perusteella. Toimenpiteet urheiluvammojen ehkäisemiseksi ovat osa ennaltaehkäisytoimintajärjestystä. (Mechelen et al. 1992) Näin ollen tutkimme seuraavaksi, kuinka tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuuksia voidaan laajentaa liikuntavammojen ennaltaehkäisytyöhön.

Urheiluvammojen ehkäisyn vaiheet Mechelen et al. (1992) mukaan jaetaan neljään erilliseen vaiheeseen, joita havainnollistaa kuva 4. Ensiksi selvitetään, mitä vammoja lajissa esiintyy ja

kuinka vakavia ne ovat. Toiseksi on tunnistettava tekijät ja mekanismit, jotka ovat johtaneet urheiluvamman syntymiseen. Kolmanneksi täytyy suunnitella keinot ja toteuttaa toimenpiteitä, jotka vähentävät urheiluvamman uudelleensyntymisen riskiä ja vakavuutta. Tämän toimenpiteen on perustuttava etiologisiin tekijöihin sekä toisessa vaiheessa tunnistettuihin mekanismeihin. Lopuksi toimenpiteiden vaikutus on arvioitava toistamalla ensimmäinen vaihe. (Mechelen et al. 1992)



Kuva 4. Liikuntavammojen ennaltaehkäisytyön viitekehys (Mechelen et al. 1992)

Edellä tutkitun tiedon ja usean eri tutkimuksen mukaan vammojen yleisyyden ja vakavuusasteiden selvittämiseen voidaan käyttää koneoppimisen tekniikoita, jotka käyttävät erilaisia algoritmeja diagnostisen tiedon hankkimiseksi. Tietoa algoritmit etsivät lääketieteellisiin tietokantoihin tallennetuista kirjastoista. (Zelic et al. 1997) Ensimmäinen vaihe antaa jokaiselle käyttäjällä kokonaiskuvan juuri tietyistä lajista. Seuraavassa vaiheessa perehdytään altistaviin tekijöihin, joiden selvittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi edellä mainittua Rossi et al. (2018) GPS-mittauksiin ja koneoppimiseen perustuvaa lähestymistapaa. Päälle puettavat laitteet mittaavat urheilusuorituksen aikana erilaisia parametriarvoja, joiden

kautta algoritmi lopulta laskee muun muassa lihasvaurioiden määrän ja riskin. (Rossi et al. 2018) Tämän tiedon pohjalta voidaan rakentaa ennaltaehkäisystrategioita urheilijoiden, lääkäreiden ja valmentajien tukemiseksi harjoituskuorman suunnitteluun. Tämän lisäksi tekoälyn hyödyntämistä voidaan soveltaa vielä harjoitustekniikoiden oppimiseen ja oikeanlaiseen toteuttamiseen, sillä vaurioiden määrä kasvaa vääränlaisten harjoitustekniikoiden myötä. Hyviä apuvälineitä tähän voimme löytää muun muassa edellä tutkitun tiedon mukaan Novatchkov & Baca (2013) tekemästä tutkimuksesta kuntosaliharjoittelussa sekä Fister et al. (2014) tutkimuksen antamista tuloksista kestävyysurheilussa. Lopuksi toimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan arvioida samalla tavalla parametrien avulla, joita tekoälyyn perustuvat puettavat laitteet antavat kohdassa kaksi. Jos laite esimerkiksi mittaa lihasvaurioiden määrän pienentyneen huomattavasti samanlaisessa fyysisessä suorituksessa, voidaan päätellä ennaltaehkäisystrategian toimineen halutulla tavalla tai kohdehenkilön palautuneen riittävän hyvin edellisestä harjoituksesta. Vastaavasti tuloksen ollessa päinvastainen ennaltaehkäisystrategiaan tehdään tarvittavat muutokset, jotta mahdollisilta loukkaantumisilta voidaan välttyä. Käytännön tasolla asiaa voidaan havainnollistaa seuraavasti:

1. Lääketieteellisiin tietokantoihin perustuen algoritmi ilmaisee pikajuoksijoiden yhdeksi yleisimmäksi vammaksi takareiden repeämisen. Vakavuusasteikoilla vamma on hyvin vakava ja estää lajinomaisen harjoittelun. (Agre 1985)
2. Algoritmi laskee mitattavien parametrien avulla sekä harjoituksissa että kilpailuissa tapahtuvien lihasvaurioiden määrän. Jos juoksija on kuormittanut itseään fyysisesti hyvin paljon, lihasvaurioiden määräkin on tällöin tavanomaista suurempi, mikä vastaavasti nostaa riskiä takareiden repeämiselle.
3. Luodaan ennaltaehkäisystrategia mahdollisesti lääkärin, fysioterapeutin ja valmentajan kanssa, jos takareidessä esiintyvät lihasvauriot ovat jatkuvasti hyvin suuria ja riski repeämiselle on suuri. Suunnitellaan oikeanlainen harjoituskuorma, jonka avulla lihasvauriot ehtivät ajallaan palautumaan ennen seuraavaa kovan intensiteetin kilpailua tai harjoitusta. Toisena vaihtoehtona on pienentää lihasvaurioiden määrää keskittymällä takareisien vahvistamiseen, oikeanlaiseen juoksutekniikkaan ja lihasten oikeanlaiseen aktivoitumiseen, jolloin takareidet pystyvät kestävämpään suurempaa harjoituskuormaa.

4. Verrataan algoritmin antamia tuloksia toisen vaiheen tuloksiin. Tuloksien perusteella tehdään tarvittaessa muutoksia ennaltaehkäisystrategiaan ja sen toimivuuteen ja oikeanlaisen harjoituskuorman säätelyyn.

Kuntoilijoihin nähden urheilijat ovat segmenttinä paljon sopeutuvaisempia, koska lähtökohtaisesti urheilijat muuttavat helpommin heidän urheilullista käyttäytymistään parantaakseen suorituskykyänsä tai vähentääkseen kuormitusta välttääkseen ylikuormitustilaan ajautumisen tai loukkaantumiset. Tämän lisäksi urheilijat ovat yleensä valmentuneempia ja tietoisempia riskeistä ja niiden aiheuttamista seurauksista. Näin ollen urheilijat ovat myös avoimempia ja innokkaampia ottamaan vastaan älykkäitä laitteita, jotka analysoivat harjoitusvastetta ja antavat siitä palautetta. (McGrath & Scanaill 2013, s. 217-248) Käytännön tasolla tekoälyyn perustuvat teknologiat pystyvät kuitenkin antamaan yhtä arvokasta tietoa niin tavanomaiselle kuluttajalle kuin urheilijallekin (Fister et al. 2013 : Fister et al. 2000). Näin ollen urheilusensoreiden hyödyntämisen tarve, helppous ja ymmärrettävyys on kasvanut. Tämän lisäksi älypuhelimet pystyvät tarjoamaan McGrath ja Scanaill (2013, s. 217-248) mukaan ennen kaikkea edullisen sovellusalustan uudennlaiselle terveysteknologialla ja sosiaalisen verkoston hyödyntämiselle. Tämä vastaavasti johtaa yksittäisen kuluttajan terveystietämyksen, liikunnan ja hyvinvoinnin lisääntymiseen. Nacinovich (2011) toteaaakin mobiiliterveysteknologian parantavan yleisellä tasolla ihmisten terveydentilaa hyvinkin laajasti.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena on luoda lukijalle käsitys tekoälyn mahdollisuuksista ja tulevaisuuden suuntauksista. Tässä työssä käsiteltiin kehittyviä tekoälyteknologioita urheilu- ja liikunta-alalla sekä terveydenhuollon sektorilla. Pyrkimyksenä oli löytää mahdollisia apuvälineitä, joita voitaisiin hyödyntää urheiluvammoja ennaltaehkäisevässä toiminnassa. Tutkimuskysymyksenä oli:

- Miten tekoälyä voidaan hyödyntää urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä?

Tutkimusongelmassa viitataan tekoälyteknologioiden vilkkaaseen kehitykseen ja tutkimustyöhön. Uudenlaisia tekoälyyn pohjautuvia ratkaisuja, menetelmiä ja laitteita syntyy jatkuvasti. Tutkimuskysymyksen rinnalle laadittiin kolme tutkimuskysymystä:

- Mitä on tekoäly?
- Miten tekoälyä hyödynnetään terveydenhuollossa ja urheilussa?
- Miten tekoäly vaikuttaa urheilijan, potilaan ja tavanomaisen kuluttajan tulevaisuuden kuvaan?

Työ perustuu täysin kokonaan kirjallisuuskatsaukseen, jonka tarkoituksena oli määrittellä, miksi tekoäly on valittu tarkasteltavaksi kohteeksi, mitä tekoälyllä tarkoitetaan tässä työssä ja miksi työssä keskitytään terveydenhuollon ja urheilun toimialoille. Näiden rajausten pohjalta työssä esitellään työn kannalta tärkeä kirjallisuus urheiluvammoista ja niiden ennaltaehkäisystrategioista.

Ensimmäiseksi luotiin käsitys ja ymmärrys tekoälystä. Tekoälyn pohjana on tutkia ihmisen älykkyyttä, älykkyyden käyttäytymistä ja älykkään käyttäytymisen lakeja. Tämän pohjalta rakennetaan älykkäitä järjestelmiä ja luodaan uudenlaisia innovaatioita, jotka kykenevät osoittamaan joitakin samanlaisia ominaisuuksia ihmisen älykkyyden kanssa. Älykkäät koneet kykenevät suorittamaan älykkäitä toimintoja, kuten ajattelemista, oppimista, ongelmanratkaisua, suunnittelua, viestintää, ymmärrystä ja tunnistamista. Tekoälyn tutkimukset liittyvät muun muassa alueisiin, jotka liittyvät asiantuntijajärjestelmiin, kuten

koneoppimiseen, kuvioiden tunnistamiseen, luonnollisen kielen ymmärtämiseen, automaattiseen ohjelmointiin, robotiikkaan, peliteoriaan, älykkäisiin päätöksentekojärjestelmiin ja keinotekoisii neuroverkkoihin.

Seuraavaksi käsiteltiin tekoälyn esiintymistä ja hyödyntämisen mahdollisuuksia sekä terveydenhuollossa että urheilussa. Tekoölyyn pohjautuvia teknologioita on laaja-alaisesti kehitetty erilaisiin terveydenhuollon ja urheilumaailman ongelmiin ja kehitystarpeisiin. Terveydenhuollon puolella kirjallisuudesta löytyy esimerkkejä järjestelmistä, jotka auttavat lääkäreitä arvioimaan potilaan terveystilaa, parantavat hoidon laatua sekä seuraavat lääkkeiden sivuvaikutuksia. Tämän lisäksi tekoälykeskeiset ja teknologisesti kehittyneet työkalut mahdollistavat paremman päätöksenteon, diagnoosin, uusien lääkkeiden nopeamman kehittämisen sekä kroonisten että akuuttien sairauksien hoidon. Lisäksi tietokoneen kyvykyys luonnollisen kielen prosessoinnissa ja muut tekoälyn menetelmät ovat mahdollistaneet entistä tehokkaamman massadatan käsittelyn. Vastaavasti neuroverkot mahdollistavat diagnoosien tekemisen pienemmällä virhemarginaalilla. Taulukossa 1 on esitetty kirjallisuudesta löytyviä keskeisiä tuloksia tiivistetysti.

Taulukko 1. Keskeisiä tuloksia kirjallisuuden ja tutkimuksien pohjalta terveydenhuollossa

Lähde	Keskeiset tulokset
Zang et al. 2015; Karam 2017	Teknologisesti kehittyneet työkalut mahdollistavat paremman päätöksenteon, diagnoosin sekä kroonisten että akuuttien sairauksien hoidon.
Ghani et al. 2014; Shah et al. 2014	Tekoälyn menetelmät ja luonnollisen kielen prosessointi ovat mahdollistaneet massadatan käsittelyn. Tekoälyn avulla voidaan kerätä tekstitietoja lääketieteellisistä tiedoista, lääkärin muistiinpanoista ja jopa sosiaalisesta mediasta.
Amato et al. 2013	Tekoölyyn pohjautuvat neuroverkot kykenevät tekemään luotettavia diagnooseja pienemmällä virhemarginaalilla ja yksityiskohtaisemmin.
McGrath & Scanaill 2013	Sensoriteknologia mahdollistaa muun muassa kroonisten tautien ja ylipäätään terveydenseurannan ympärivuorokautisesti.
Neittaanmäki & Lehto 2017	Tekoälyn avulla potilaan terveydentilaa voidaan monitoroida etäältä. Puettavien laitteiden avulla voidaan seurata unen laatua, diabetesta, sydämen EKG-käyrää tai potilaan liikumista ja sijaintia.

Urheilumaailman kehityskohteisiin kirjallisuudesta voidaan löytää käyttökohteita muun muassa urheilumarkkinoinnin kohdentamiseen, urheilutapahtumien katsojälämyksen

parantamiseen, urheilubiomekaniikan kehittämiseen, suoritustekniikoiden ja harjoitusvasteiden mittaamiseen sekä seuraamiseen. Tämän lisäksi älykästä tietojenkäsittelyä voidaan soveltaa harjoitusohjelmien rakentamiseen ja jopa valmentajien korvaamiseen. Tekoäly myös parantaa sekä tavanomaisen että urheilijan omatoimista terveydenseurantaa. Kehittyneiden GPS-tekniikoiden avulla saadaan myös tärkeää dataa liikunta- ja urheilusuorituksien aikana. Tämän lisäksi taulukko 2, johon on rakennettu yhteenveto kirjallisuudesta löytyvistä tuloksista urheilussa, nostaa esille koneoppimisen tekniikoiden hyödyntämisen urheiluvammojen ennaltaehkäisyyn.

Taulukko 2. Keskeisiä tuloksia tutkimuksien ja kirjallisuuden pohjalta urheilussa

Lähde	Keskeiset tulokset
Novatchkov ja Bacan 2013	Tekoäly kykenee antamaan vahvaa ja arvokasta tietoa sekä urheilijalle että valmentajalle suoritustekniikoiden seuraamiseen, oppimiseen ja turvallisuuden ylläpitämiseen.
Fister et al. 2014	Tekoälyn avulla on mahdollista analysoida ja seurata suorituskyykyä ja tehdä tuloksiin perustuvia ratkaisuja kestävyysurheilusuorituksen aikana.
Rossi et al. 2018	Tekoälyn avulla urheilijoiden terveydentilasta voidaan pitää entistä enemmän huolta. Säännöllisesti toteutettujen lääketieteellisten ja fyysisten testien avulla tekoäly kykenee analysoimaan parametrien kautta urheilijan fyysistä tilaa.
Fister et al. 2015	Älykästä tietojenkäsittelyä ja siihen liittyviä algoritmeja voidaan käyttää laajalaisesti harjoittelun eri vaiheissa, kuten harjoitusohjelmien suunnittelussa, toteuttamisessa sekä urheiluvammoja ennaltaehkäisevässä toiminnassa.
Nacinovich 2011	Mobiiliterveysteknologia parantaa yleisellä tasolla ihmisten terveydentilaa hyvin laajasti ja lisää fyysistä aktiivisuutta.
Naglah et al. 2018	Kehittyneiden GPS-tekniikoiden takia on olemassa monia kannettavia ja puettavia laitteita, joiden kautta voidaan tehdä mittauksia sekä liikunta- että urheilusuorituksen aikana
Dower et al. 2018	Loukkaantumisten ennustaminen on hyvin vaikeaa ja monimutkaista. Koneoppimisen tekniikoita hyödyntävät ratkaisut soveltuvat parhaiten urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön, sillä neuroverkot kykenevät oppimaan nopeasti ja antamaan tarpeellisen tarkkaa tietoa.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä pohdittiin, miten tekoäly mahdollisesti vaikuttaa urheilijan, potilaan ja kuluttajan tulevaisuuden kuvaan. Työssä todettiin urheilijoiden olevan sopeutuvaisempia uudenlaisia teknologisia ratkaisuja kohtaan, koska urheilijat muuttavat helpommin urheilullista käyttäytymistään parantaakseen suorituskyykyänsä ja välttääkseen mahdolliset vastoinkäymiset. Tekoäly voidaan hyödyntää muun muassa turvallisuudessa, harjoittelun tehokkuuden ylläpitämisessä sekä harjoitusohjelmien suunnittelussa.

Kirjallisuuden perusteella useat tutkimukset tuovat kuitenkin selkeästi esille sen, että tutkimustyötä tarvitaan lisää. Urheilussa ja liikunnassa hyödynnettävien sensoreiden tarve on kasvanut, mikä on johtanut myös siihen, että ihmiset ovat entistä tietoisempia omasta terveydentilastaan. Sensoriteknologia on myös mahdollistanut kustannustehokkaan tavan seurata potilaiden terveyden tilaa ja heidän liikehdintäänsä. Tämän lisäksi tekoäly nähdään työn perusteella vähentävän inhimillisiä virheitä sekä nopeuttavan diagnoosien ja päätöksenteon tekemistä. Lisäksi yhdessä mobiiliterveysteknologian kanssa tekoälyn ajatellaan kirjallisuuden perusteella parantavan ihmisten yleistä terveydentilaa sekä lisäävän kuluttajien liikunnan määrää ja aktiivisuuden tasoa. Ylipäätään mahdollisuus seurata omatoimisesti terveyden tilaa erilaisilla puettavilla laitteilla lisää tavanomaisen kuluttajan terveystietämystä ja luo uudenlaisia sosiaalisia verkostoja. Aikaisemmin kontrolloitu terveydentilan seuranta onnistui ainoastaan sairaalaolosuhteissa, mutta nyt ratkaisut voidaan tuoda jokaiseen kotitalouteen.

Työn tutkimusongelmana oli tutkia, miten tekoäly mahdollisesti vaikuttaa urheiluvammojen ennaltaehkäisytyön viitekehukseen. Kirjallisuudesta havaittiin, että loukkaantumisten ennustaminen on hyvin vaikeaa ja monimutkaista. Tästä huolimatta ennaltaehkäisevää toimintaa ja sen kehittämistä pidettiin hyvin tärkeänä. Vaikeuden ja monimutkaisuuden vuoksi koneoppimisen tekniikoita hyödyntävät ratkaisut soveltuvat työn mukaan parhaiten urheiluvammojen ennaltaehkäisytyöhön, sillä neuroverkot kykenevät oppimaan nopeasti ja antamaan tarpeellisen tarkkaa tietoa. Kirjallisuudesta löytyi paljon uudenlaisia teknologisia ratkaisuja ja menetelmiä tukemaan urheiluvammojen ennaltaehkäisytoimintaa. Tästä esimerkkeinä muun muassa sensoriteknologiaan ja GPS-mittauksiin perustuvat puettavat ja kannettavat laitteet, jotka mittaavat erilaisia parametreja, kuten sykettä, kestoja, intensiteettiä, matkaa ja ponnistuksien määrää, liikunta- ja urheilusuorituksien aikana. Vastaavasti diagnostisen tiedon hankkimiseksi koneoppimisen tekniikoita hyödyntävät algoritmit paljastuivat hyvin soveltuvaiseksi apuvälineeksi mahdollisten riskitekijöiden ja vakavuusasteiden selvittämiseen. Tämän lisäksi hyviä apuvälineitä suoritustekniikoiden seuraamiseen, oppimiseen ja turvallisuuden ylläpitämiseen löydettiin muun muassa Novatchkov ja Bacan (2013) kuntosaliharjoitteluun perustuvasta tutkimuksesta sekä Fister et al. (2014) tutkimuksen antamista tuloksista kestävyysurheilussa.

Tekoäly on lopulta vain työkalu, jonka tarpeellisuus ja hyödyllisyys on riippuvainen käyttäjästä ja hänen osaamisestaan. Tekoälyä käytetään pitkälti asiantuntijajärjestelmissä ja sen avulla voidaan lähinnä tunnistaa toistuvuuksia ja poikkeavuuksia sekä luoda ennusteita dataa perustuen. (Korhonen 2018) Vaikka tämän työn perusteella voidaan sanoa tekoälyn johdattelevan ihmismielen rakennetta ja älykästä toimintaa, ihmisen aivot rakentuvat kuitenkin 200 miljardista hermosolusta, jotka ovat kytkettyinä toisiinsa satojen biljoonien mikroprosessoreita muistuttavien synapsien kautta (Armstrong Moore, 2010) Näin ollen tekoäly on enemmänkin työkalu, jonka menetelmät täytyy integroida päivittäisiin sovelluksiin, jos tekoälyn tuomia mahdollisuuksia halutaan hyödyntää. Esimerkiksi kirjallisuuden perusteella terveydenhuollossa hoidon tehokkuuden parantamiseksi ja kustannusten välttämiseksi riskit väärin diagnoosien laatimisessa täytyy pyrkiä minimoimaan. Tämä helpottaisi kohdennettua operatiivista suunnittelua ja vähentäisi sisäisiä operatiivisia komplikaatioita (Kannan 2017). Tämän työn perusteella emme kuitenkaan löydä vielä päivittäisiin toimintoihin integroitua sovelluksia lukuun ottamatta massadatan käsittelyprosessia.

Vaikka tällä hetkellä tekoälyyn liittyvät innovaatiot voivat toimia akateemisessa ja teoreettisessa viitekehyksessä, siirtyminen todellisuuteen ja konkreettiselle tasolle aiheuttaa useita haasteita. Tietokonepohjaisten menetelmien rakentaminen ja niiden käyttöönotto tuomaa valtavia sosiaalisia, psykologisia ja eettisiä ongelmia, jotka täytyy ottaa huomioon systeemejä rakentaessa. Näitä ongelmia ovat muun muassa järjestelmien validointi, niiden siirtäminen sairaaloihin ja klinikoihin, lääkäreiden ja potilaiden hyväksynnän sekä luottamuksen saaminen järjestelmiä kohtaa, jotka tekevät ja tuottavat kliinisiä päätöksiä. (Barr & Feigenbaum 2014, s. 177) Tietokoneet eivät myöskään kykene tekemään lääkärintarkastuksia, joiden kautta saadaan tietoa potilaan ulkonäöstä, ilmeistä ja yleisistä asenteista, eivätkä keskustelemaan potilaiden kanssa selittääkseen ja hallitakseen hoitoa. Lisäksi ihmisten ennakkoluulojen voittaminen ei ole aivan yksinkertaista. Näin ollen osa keskeisistä tekijöistä, kuten tekoälyjärjestelmien kypsyys, käyttäjien hyväksynnän saaminen sekä häiriöt viestinnässä ja teknisessä infrastruktuurissa, ovat valtavan suuria esteitä tekoälyn kaupallistamismahdollisuuksille.

Säilyttääkseen kilpailukyvn ja saavuttaakseen taloudellista voittoa yrityksiin täytyy oppia, innovoida ja hankkia uutta tietämystä. Etenkin nykypäivänä puhutaan paljon innovoinnista ja sen tärkeydestä. Ihmiset luovat kuitenkin aina tiettyjä ennako-oletuksia uusia teknologioita kohtaan. Näin ollen huolimatta tekoälyn todella nopeasta kehityksestä ei kirjallisuuskatsauksen perusteella tekoälyyn liittyviä asenteita ole tutkittu riittävän paljon, eikä tavanomaisella kuluttajalla ole edes riittävän paljon tietoa uusista teknologisista ratkaisuksista tai niiden tuottamista hyödyistä tai riskeistä. Tämän lisäksi kirjallisuuskatsaus tuo esille sen, että useassa tutkimuksessa mainitaan lopputuloksissa kehitystyön tarpeellisuus ja tärkeys. Käytännössä työn perusteella voidaan löytää monia hyödyllisiä teknologioita ja apuvälineitä, mutta kehitys on kuitenkin vielä melko lastenkengissä.

Ardies et al. (2015) toteavat tutkimuksessaan ”Students attitudes towards technology” opiskelijoiden luonteenpiirteiden vaikuttavan pitkälti heidän asenteisiin teknologiaa kohtaan. Yleisesti ottaen mitä selkeämmin ratkaisu tarjoaa parannusta, sitä todennäköisemmin sen käyttöön suhtaudutaan positiivisemmin, kun puhutaan terveydenhuollosta (Kenny et al. 2017). Tiedetään myös, että tekoäly tuo paljon positiivisia vaikutuksia urheiluun, mutta tutkimustuloksia urheilun sisimpien sidosryhmien asenteista löytyy melko vähän (Ko et al. 2014). Kirjallisuudesta selviää, että mobiiliterveysteknologiset ratkaisut ovat olennaisesti käytössä urheilussa, liikunnassa ja omatoimisessa terveydenseurannassa, mutta tekoälyn käyttö on vielä melko vähäistä johtuen Ko et al. (2014) mukaan puutteellisesta tutkimustyöstä urheiluun liittyvistä teknologioista.

Kirjallisuuskatsaus myös paljastaa, ettei tekoäly ole uutta, sillä tekoälyn tutkimus on aloitettu jo 1950-luvulla. Matkan varrella tekoäly on kokenut nousu- ja laskuvaiheita. Pitkälti tekoälybuumi perustuu tämän työn perusteella koneoppimiseen ja tarkemmin sanottuna syviin neuroverkkoihin, mutta näiden menetelmien soveltaminen erilaisissa sovelluksissa on kuitenkin vielä hyvin alkuvaiheessa. Lisäksi kirjallisuuskatsauksen perusteella useassa tutkimuksessa todetaan, että tutkimustyötä tarvitaan lisää. Näin ollen voidaan todeta tekoälyn olevan erittäin tehokas ainoastaan tietyn tyyppisissä sovelluksissa, kuten kasvojen tunnistamisessa tai kielenkääntämisessä. Tekoälyn ympärillä pyörivä kuhina ja epämääräisyys tekevät tekoälystä ennalta-arvaamattoman. Lisäksi erilaiset mielikuvat ja odotukset voivat mahdollisesti sekoittaa tekoälystä muodostunutta kokonaiskuvaa. (Ailisto, 2018)

Yleisimmin tekoälyn todellisia vaikutuksia on vaikea tulkita tämän aineiston pohjalta. Suuntaa antavia ne voivat olla, mutta lisää tietoa ja tutkimusta tarvitaan tekoälyteknologioiden kehityksen tulevaisuuden suunnista. Kyvykkyydet jäivät pitkälti käymättä läpi. Lisäksi enemmän tulisi tutkia tekoälyyn liittyviä asenteita ja ihmisten sopeutuvaisuutta tekoälyn käyttöönottamiseen. Tekoäly koskettaa muutenkin useita eri toimialoja, joten tutkimusta täytyisi laajentaa. Jatkotutkimusaiheet voisivat liittyä tekoälyn kaupallistamiseen, luottamuksen ja tietoturvan rakentamiseen, sidosryhmien asenteiden selvittämiseen sekä tekoälyn hyödylliseen ja kustannustehokkaaseen integroimiseen päivittäisiin toimintoihin. Tämän lisäksi tekoälyteknologioiden hyötyjen kartoittamista ja mittaamisen välineitä voitaisiin laajemmin integroida päivittäiseen toimintaan.

LÄHTEET

13D Research. 2017 Artificial Intelligence is on the Precipice of Revolutionizing Medical Diagnosis. [WWW-dokumentti]. [viitattu 21.5.2019] Saatavissa: <https://latest.13d.com/artificial-intelligence-is-on-the-precipice-ofrevolutionizing-medical-diagnosis-be6427239f58>

Adibi, S. 2015. Mobile Health: A Technology Road Map (5). Springer. 2-7.

Agre, J. C. 1985. Hamstring Injuries. Sports Medicine. 2(1), 21-33.

Ailisto, H., Helaakoski, H., Dufva, M. & Tuikka, T. 2017. Tuottoa ja tehokkuutta Suomeen tekoälyllä. VTT – Policy Brief. 1/2017.

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.

American Academy of Dermatology. 2019. Detect skin cancer. [WWW-dokumentti]. [viitattu 21.6.2019] Saatavissa: <https://www.aad.org/public/spot-skin-cancer/learn-about-skin-cancer/detect>

Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels, D., & van Keulen, H. 2015. Students' attitudes towards technology. International Journal of Technology and Design Education. 25(1), 43-65.

Armstrong Moore, E. 17.11.2010. Human Brain Has More Switches than all Computers on Earth. [WWW-artikkeli]. [viitattu 12.9.2019]. Saatavissa: <https://www.cnet.com/news/human-brain-has-more-switches-than-all-computers-on-earth/>

Barr, A. & Feigenbaum, E. A. 2014. The handbook of artificial intelligence (2). Butterworth-Heinemann.

Borana, J. 2016. Applications of Artificial Intelligence & Associated Technologies. Department of Electrical Engineering, Jodhpur National University. Proceeding of International Conference on Emerging Technologies in Engineering, Biomedical, Management and Science.

Buczowski, A. 15.03.2018. What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning? [WWW-artikkeli]. [viitattu 10.5.2019]. Saatavissa: <http://geoawesomeness.com/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning/>

Captain, S. 05.01.2017. Can IBM's Watson do it all? [WWW-artikkeli]. [viitattu 19.5.2019]. Saatavissa: <https://www.fastcompany.com/3065339/can-ibms-watson-do-it-all>

Fister, I., Fister, D., Ljubic, K., Zhuang, Y. & Fong, S. 2014. Towards Automatic Food Prediction During Endurance Sport Competitions. International Conference on Soft Computing and Machine Intelligence. New Delhi, 6-10.

Fister Jr, I., Fister, I. & Fister, D. 2013. Data Mining in Sporting Activities Created by Sports Trackers. International Symposium on Computational and Business Intelligence. New Delhi, 88-91.

Fister Jr, I., Hrovat, G., Rauter, S. & Fister I. 2000. Am I overtraining? A novel data mining approach for avoiding overtraining. Student Computer Science Research Conference. University of Primorska Press.

Fister Jr, I., Ljubič, K., Suganthan, P. N., Perc, M. & Fister, I. 2015. Computational intelligence in sports: challenges and opportunities within a new research domain. Applied Mathematics and Computation. 262, 178-186.

Frost & Sullivan. 2017. Global Market for Healthcare Cloud Computing Will be Worth \$10 Billion by 2021. Healthcare. Information & Communications Technology.

Ghani, K. R., Zheng, K., Wei, J. T., & Friedman, C. P. 2014. Harnessing big data for health care and research: are urologists ready. European urology. 66(6), 975-977.

Greengard, S. 2015. The internet of things. MIT Press.

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

James, A. P. 2019. Deep Learning Classifiers with Memristive Networks: Theory and Applications Deep Learning Theory Simplified. Springer.

Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q. & Shen, H. 2017. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*. (2)4.

Joshi, N. 15.03.2019. Here's How AI Will Change the World of Sports. *Forbes*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 15.5.2019]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/03/15/heres-how-ai-will-change-the-world-of-sports/#55443a65556b>

Kannan, P. V. 2017. Artificial Intelligence – Applications in Healthcare. *Asian Hospital & Healthcare Management*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 15.6.2019]. Saatavissa: <https://www.asianhnm.com/technology-equipment/artificial-intelligence>

Karam, A. 2014. Artificial Intelligence in Health Care. *Azikar24*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 14.6.2019]. Saatavissa: <http://azikar24.com/artificial-intelligence-in-health-care>

Kenny, G., Heavin, C., O'Connor, Y., Eze, E. & Nibuagu, E. 2017. Making Mobile Health about the User: Understanding Primary Healthcare Workers' Attitudes towards mHealth Adoption. *Twenty-third Americas Conference on Information Systems*. Boston.

Korhonen, K. 2018. Tekoäly terveydenhuollossa – paljon mahdollisuuksia, paljon odottelua. *Sitra*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 04.08.2019]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/blogit/tekoaly-terveydenhuollossa-paljon-mahdollisuuksia-paljon-odottelua/>

Ko, Y. J., Chang, Y., Rhee, Y. C., Valacich, J. S., Hur, Y. & Park, C. 2014. Valuebased stakeholder loyalty toward sport technology. A case of the electronic body protector and scoring system in taekwondo events. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 10(35), 46-62.

Lapham, A. C. & Bartlett, R. M. 1995. The use of artificial intelligence in the analysis of sports performance: a review of applications in human gait analysis and future directions for sports biomechanics. *Sport Science*, 13(3), 229-37.

LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. 2015. Deep Learning. *International journal of science. Nature.* 521, 436-444.

Lee, H. & Sawyer, S. 2002. Conceptualizing time and space: information technology, work, and organization. Association for Information Systems AIS Electronic Library. International Conference on Information System Proceedings.

Lewis, M. 2003. *Moneyball: the art of winning an unfair game.* New York, W.W. Norton.

Mattila, V., Parkkari, J., Koivusilta, L., Kannus, P. & Rimpelä, A. 2009. Participation in sports clubs is a strong predictor of injury hospitalization: a prospective cohort study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 19 (2), 267–273.

Maffulli, N. & Bruns, W. 2000. Injuries in young athletes. *European Journal of Pediatrics.* 159 (1-2), 59–63.

McCarthy J., Minsky M., Rochester N. & Shannon C. 1955. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. *AI Magazine.* 27 (4).

McGrath, M. J. & Scanail, C. N. 2013. Wellness, fitness, and lifestyle sensing applications. In *Sensor Technologies.* Apress, Berkeley, CA.

Mechelen, V., Hlobil, W. & Kemper, H. 1992. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports medicine.* 14 (2), 82-99.

Mellit, A. & Kalogirou, S. A. 2008. Artificial intelligence techniques for photo-voltaic applications: A review. *Progress in Energy and Combustion Science.* 34(5), 574-632.

Merilehto, A. 2018. *Tekoäly: Matkaopas johtajalle.* Helsinki: Alma Talent.

Millington, I. & Funge, J. 2016. *Artificial intelligence for games.* CRC Press.

Müller, V. C. & Bostrom, N. 2016. Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion. In *Fundamental issues of artificial intelligence.* Synthese Library. Springer International Publishing. 553-570.

- Nacinovich, M. 2011. Defining mHealth. *Journal of Communication in Healthcare*. 4(1), 1-3.
- Naglah, A., Khalifa, F., Mahmoud, A., Ghazal, M., Jones, P., Murray, T., Elmaghraby, A. S. & El-baz, A. 2018. Athlete-Customized Injury Prediction using Training Load Statistical Records and Machine Learning. *IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*. Louisville, KY, USA, 459-464.
- Negnevitsky, M. 2002. *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*. Pearson education.
- Neittaanmäki, P. & Lehto, M. 2017. Value from public health data with cognitive computing. *IT-tiedekunnan julkaisuraportti*. University of Jyväskylä. 41/2017.
- Novatchkov, H. & Baca, A. 2013. Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *Journal of sports science & medicine*. 12(1), 27.
- Pan, Y. 2016. Heading toward artificial intelligence 2.0. *Engineering*. 2(4), 409- 413.
- Patel, V. L., Shortliffe, E. H., Stefanelli, M., Szolovits, P., Berthold, M. R., Bellazzi, R. & Abu-Hanna, A. 2009. The coming of age of artificial intelligence in medicine. *Artificial intelligence in medicine*. 46(1), 5-17
- Pärssinen, K. 06.03.2018. Suomessa kehitetään tekoälyä, joka auttaa tunnistamaan futislupaukset. *Tivi*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 16.5.2019]. Saatavissa: <https://www.tivi.fi/uutiset/suomessa-kehitetaan-tekoalya-joka-auttaa-tunnistamaan-futislupaukset/c6cad1c7-fc70-385d-8446-73c47a92b656>
- SAS. 2019. Artificial Intelligence – What it is and why it matters. [WWW-artikkeli]. [viitattu 10.6.2019]. Saatavissa: https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html
- Sennaar, K. 2018. Artificial intelligence in Sports – Current and Future applications. *Techemergence*. [WWW-artikkeli]. [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: <https://www.techemergence.com/artificial-intelligence-in-sports/>

Shah, N. D. & Pathak, J. 03.12.2014. Why Health Care May Finally Be Ready for Big Data. Harvard Business Review. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 21.5.2019] Saatavissa: 11.06.2019: <https://hbr.org/2014/12/why-health-care-may-finally-be-ready-for-big-data>

Strong, A. I. 2016. [Tekninen raportti] Applications of artificial intelligence & Associated technologies. Science [ETEBMS-2016]. 64-67.

Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J. & Medina, D. 2018. Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. PLoS ONE. 13(7).

Rousku, K., Linturi, R., Andersson, C., Stenfors, S., Lähteenmäki, I., Kärki, T. & Limnell, J. 2017. Pilkahduksia tulevaisuuteen - digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet. Helsinki: Valtiovarainministeriö. Valtiovarainministeriön julkaisuja. 10/2017.

Russell, S. & Norvig, P. 2003. A modern approach. Artificial Intelligence. Prentice-Hall.

Schmidhuber J. 2015. Deep Learning in neural networks: An overview. Neural Networks. 61, 85-117.

Tack, C. 2019. Artificial intelligence and machine learning – applications in musculoskeletal physiotherapy. Musculoskelet Science & practice. 39 (2), 164-169.

Vas, P. 1999. Artificial-Intelligence-Based Electrical Machines and Drives. Oxford University Press.

Vähäkainu, P. & Neittaanmäki, P. 2018. Tekoäly terveydenhuollossa. IT-tiedekunnan julkaisuraportti. University of Jyväskylä. 45/2018.

Watson, A., Bickmore, T., Cange, A., Kulshreshtha, A., & Kvedar, J. 2012. An Internet-Based Virtual Coach to Promote Physical Activity Adherence in Overweight Adults: Randomized Controlled Trial. Journal of Medical Internet Research. 14(1).

Zang, Y., Zhang, F., Di, C. A., & Zhu, D. 2015. Advances of flexible pressure sensors toward artificial intelligence and health care applications. Materials Horizons. 2(2), 140-156.

Zelič, I., Kononenko, I., Lavrač, N. & Vuga, V. 1997. Diagnosis of sport injuries with machine learning: explanation of induced decisions. Proceedings of Computer Based Medical Systems. Maribor, Slovenia. 195-199.