

Tomi Korhonen

**PUETTAVAN TEKNOLOGIAN TUOTTAMAN DATAN  
HYÖDYNTÄMINEN URHEILUSSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2021

# TIIVISTELMÄ

Korhonen, Tomi

Puettavan teknologian tuottaman datan hyödyntäminen urheilussa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2021, 33 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Halttunen, Veikko

Puettavat teknologiat ovat alati kehittyviä laitteita, joiden suosion kasvu on ollut voimakasta viimeiset vuodet. Tämän kandidaatintutkielman tarkoituksena on tutkia erilaisia teknologioita puettavien laitteiden taustalla sekä puettavien teknologioiden tuottaman datan käyttötapoja urheilussa. Tutkielmassa käsitellään myös puettavien teknologioiden haasteita. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Tutkielman tuloksina havaittiin, että urheilun saralla puettavaa teknologiaa käytetään loukkaantumisten ehkäisyyn, vammojen tunnistamiseen, harjoittelumentelmien ja suorituskyvyn parantamiseen, taktiseen päätöksentekoon sekä palautumisen ja rasituksen seurantaan. Puettavien laitteiden teknologioita yhdistää se, että ne tuottavat käyttäjälleen tietoa joko suoraan laitteen välityksellä tai isäntälaitteen kautta. Nämä teknologiat ovat myös usein integroituna toisiinsa puettavien laitteiden mittaustulosten ja -mahdollisuuksien parantamiseksi. Toisaalta puettavien teknologioiden haasteita vaikuttaa olevan tietoturva, datan omistajuus sekä laitteiden fyysiset ominaisuudet.

Asiasanat: puettava teknologia, puettava laite, urheilu, data

## **ABSTRACT**

Korhonen, Tomi

Utilization of data generated by wearable technology in sports

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2021, 33 pp.

Information Systems, Bachelor's thesis

Supervisor: Halttunen, Veikko

Wearable technologies are ever-evolving devices that have grown in popularity in recent years. The purpose of this bachelor's thesis is to study the different technologies that wearable devices utilize as well as the uses of the data produced by wearable technologies in sports. The thesis also discusses the challenges of wearable technologies. The thesis has been implemented as a literature review. As a result of the thesis, it was discovered that the wearable technology in sports is used to prevent and identify injuries, improve training methods and performance, make tactical decisions, and monitor recovery and exertion. Wearable device technologies are united by the fact that they provide information to their user either directly through the wearable device or through the host device. These technologies are also often integrated with each other to improve measurement results and capabilities of wearable devices. On the other hand, the challenges of wearable technologies seem to be data security, data ownership, and the physical characteristics of the device.

Keywords: wearable technology, wearable device, sports, data

## **KUVIOT**

KUVIO 1 Puettavan teknologian eri muodot .....	10
KUVIO 2 Urheilun piirteet ja määritelmä.....	19

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1 Kiinteiden ja liikuteltavien sensoreiden erot.....	16
---	----

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
TAULUKOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 PUETTAVIEN LAITTEIDEN TEKNOLOGIA .....	9
2.1 Puettavan teknologian käsite .....	9
2.2 Itsensä mittaaminen 'quantified self' .....	11
2.3 GPS.....	12
2.3.1 DGPS .....	12
2.3.2 AGPS .....	13
2.4 Puettavat sensorit .....	13
2.4.1 Kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi .....	15
2.4.2 Kiinteät ja liikuteltavat sensorit.....	15
2.5 Sykemittari.....	16
2.6 Luvun yhteenveto.....	17
3 PUETTAVAT TEKNOLOGIAT JA URHEILU.....	18
3.1 Urheilun käsite .....	18
3.2 Loukkaantumisten ehkäisy .....	20
3.3 Harjoittelun optimointi .....	21
3.4 Palautuminen ja unen seuranta .....	22
3.5 Puettavien teknologioiden haasteet .....	24
4 YHTEENVETO JA POHDINTA .....	27
LÄHTEET .....	30

# 1 JOHDANTO

Tässä tutkielmassa tarkastelen puettavien laitteiden teknologiaa ja puettavan teknologian tuottaman datan hyödyntämistä urheilun kontekstissa. Urheilu voidaan nähdä terveellisten elämäntapojen ja sen kautta myös yhteiskunnan kannalta tärkeänä asiana. Kuten Anzaldo (2015) omassa tekstissään mainitsee, terveellisten elämäntapojen kannalta kaikille iästä tai taustasta riippumatta olisi tärkeää osallistua urheilutoimintaan (Anzaldo, 2015). Myös Ermes, Pärkkä, Mäntytjärvi ja Korhonen (2008) mainitsevat fyysisellä aktiivisuudella olevan positiivinen yhteys ihmisten hyvinvointiin ja vähentävä vaikutus kroonisten tautien esiintymiseen. (Ermes ym., 2008).

Puettavan teknologian historian ymmärtäminen on osa laadukkaan kokonaiskuvan hahmottamista tutkielman teemasta. Fernandezin (2014) mukaan epäilemättä nykyajan ensimmäinen puettava tietokone oli 1960-luvun alkupuolella kehitetty tupakka-askin kokoinen pieni laite, jonka tarkoituksena oli mahdollistaa käyttäjien pääsy tietokoneen kehittämiin algoritmeihin rulettia pelaessa. Laitteen pieni koko, hyvä liikuteltavuus ja tarkoitus tuottaa käyttäjälle tietokoneavustettua tukea ovat ominaisuuksia, jotka löytyvät myös nykypäivän puettavasta teknologiasta. (Fernandez, 2014).

Informaatio- ja kommunikaatioteknologian kehitys on aiheuttanut sen, että puettavista laitteista on tullut lähivuosien aikana yksi suosituimmista teknologioista (Kim & Chiu, 2019). Puettavat teknologiat on Pagen (2015) mukaan mahdollistanut ensisijaisesti älypuhelinien vallankumous, joka on kehittänyt antureita ja myös pienentänyt niitä (Page, 2015). Kehitys näyttää jatkuvan voimakkaana, sillä globaalin puettavien teknologioiden markkinan odotetaan markkinatutkimusraportin mukaan kasvavan 116,2 miljardista dollarista 265,4 miljardiin dollariin vuosien 2021 ja 2026 välillä. Ennustejakson aikana kasvua ohjaa erityisesti kasvava tarve terveydenhuollon älylaitteille ja IoT-laitteiden kysynnän kasvu. (Markets and Markets, 2021).

Osasyynä puettavien teknologioiden suureen suosioon on epäilemättä niiden tarjoamat hyödyt käyttäjille. Ray ym. (2019) kertovat kiinnostuksen puettavien laitteiden teknologioihin johtuvan tarpeesta saada urheilijan fysiologinen terveydentila mitattavaksi kilpailun tai harjoittelun ja palautumisen ja levon

aikana. (Ray ym., 2019). Anzaldo (2015) kertoo puettavien laitteiden tarjoavan useita hyötyjä, kuten fyysisen kunnon ja suorituskyvyn mittausta, harjoitusvammojen ehkäisyä ja pelaajan turvallisuuteen liittyviä työkaluja, oli sitten kyse amatööri tai ammattiurheilijasta. (Anzaldo, 2015). Puettavia teknologioita voidaan siis käyttää kilpailutasosta riippumatta. Puettavien teknologioiden voidaan siis nähdä olevan mielenkiintoinen ja tulevaisuudenkin kannalta relevantti tutkimusaihe. Puettavien teknologioiden suosion kasvu antaa hyvät lähtökohdat tutkia sitä, miten puettavien teknologioiden tuottamaa dataa hyödynnetään urheilussa.

Tutkimuskysymyksiksi olen valikoinut seuraavat:

**1. Millaisia erityyppisiä teknologioita puettavat laitteet hyödyntävät?**

**2. Miten puettavan teknologian tuottamaa dataa hyödynnetään urheilussa?**

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on saavuttaa laaja käsitys siitä, millaisia teknologioita puettavat laitteet hyödyntävät. Se toimii ikään kuin apukysymyksenä. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaaminen auttaa myös lukijoita saavuttamaan tarvittava ymmärrys tutkielman aiheesta. Tämän jälkeen luvussa kolme pystytään helpommin vastaamaan toiseen, varsinaiseen tutkimuskysymykseen.

Tämä tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja kirjallisuutta on haettu käyttäen apuna tietokantoja kuten Google Scholaria ja Scopusta. Tietokannoista olen etsinyt materiaalia eniten hakusanoilla "wearables", "wearable technology", "wearable sensors" ja "wearable devices". Olen myös yhdistellyt edellä mainittuja hakusanoja ja usein lisännyt hakulaisekkeeseen sanan "sports", "data", "security", "benefits" tai "disadvantages" rajaamaan hakutuloksia halutun aiheen ympärille. Osa tutkielman kirjallisuudesta on löytynyt tutkimalla valittujen lähdemateriaalien lähdeluetteloita. Tutkielman kirjallisuus on pyritty valikoimaan tieteellisistä vertaisarvioituista lähteistä, kuten tieteellisistä aikakauslehdistä, kirjoista ja tutkimuksista. Lähdemateriaalien julkaisuajankohdan osalta olen pyrkinyt käyttämään tuoreita julkaisuja yhdessä vanhempien julkaisujen kanssa.

Jotta tutkimuskysymyksiin olisi helpompaa lähteä etsimään vastauksia, tutkielma rakentuu siten, että käsitteet määritellään aina ennen siirtymistä varsinaisen aiheen käsittelyyn. Toisessa luvussa keskitymme tarkastelemaan eri teknologioita ja puettavan teknologian käsitettä, sekä saavutamme vastauksen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Tutustumme myös itsensä mittaamisen ajatukseen. Teknologioista käymme läpi GPS:n ja tämän eri muodot, puettavat sensorit ja sykemittarin. Tämän jälkeen kolmannessa luvussa tutustumme puettavan teknologian tuottaman datan hyödyntämismahdollisuuksiin urheilussa ja avaamme urheilun käsitteen. Kolmannen luvun aikana saavutamme ymmärryksen siitä, kuinka puettavat teknologiat voivat auttaa loukkaantumisten ehkäisemisessä, harjoittelun optimoinnissa sekä palautumisessa ja unen seurannassa. Täten

pystymme vastaamaan toiseen tutkimuskysymykseen. Kolmannessa luvussa tarkastelemme myös puettavien teknologioiden haasteita. Lopuksi neljännessä luvussa suoritamme yhteenvedon tutkielmasta, pohdimme saavutettuja tuloksia ja esitämme jatkotutkimusaiheita aiheeseen liittyen.

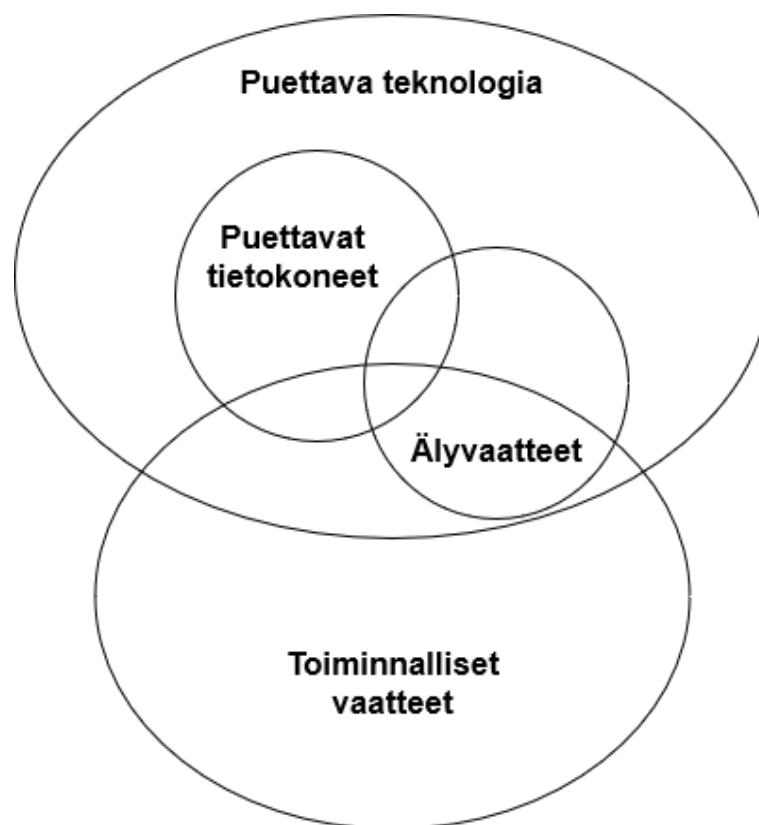


## 2 PUETTAVIEN LAITTEIDEN TEKNOLOGIA

Tässä luvussa käydään läpi puettavan teknologian käsite, tutustutaan puettavien teknologioiden käyttämisen motivaatioon ja esitellään erilaisia teknologioita puettavien laitteiden taustalla. Käsitteen avaaminen ja laajemman ymmärryksen saavuttaminen eri teknologioista on välttämätöntä, jotta voidaan oikealla tavalla käsitellä puettavien teknologioiden tuottaman datan hyödyntämistä. Luvun avulla pystytään myös vastaamaan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

### 2.1 Puettavan teknologian käsite

Puettavan teknologian käsitteestä on olemassa useita erilaisia määritelmiä. Dunne (2004) määrittelee tutkimuksessaan puettavan teknologian käsitteen tarkoittavan vartalolle puettavaa teknologiaa, jonka eri muotoja ovat muun muassa puettavat tietokoneet, älykkäät vaatteet ja toiminnalliset vaatteet (Dunne, 2004). Hän myös esittää kuvion, jossa esitellään näiden eri teknologian muotojen limittejä (kuviota 1). Kuviosta voidaan lukea, että puettavan teknologian käsite pitää aina sisällään puettavat tietokoneet ja älykkäät vaatteet, mutta toiminnalliset vaatteet eivät aina sisällä puettavaa teknologiaa.



KUVIO 1 Puettavan teknologian eri muodot, mukailten Dunne, 2004, s. 17

Fernandez (2014) taas omassa määritelmässään kertoo puettavan teknologian tarkoittavan kaikkia sellaisia laskennallisia tai sensorisia elektronisia laitteita, joita voidaan käyttää vaatteiden kanssa tai vartalolla (Fernandez, 2014). Samankaltaisen määritelmän Fernandezin kanssa esittää myös Düking, Hotho, Holmberg, Fuss ja Sperlich (2016), jotka määrittävät puettavan teknologian kevyiksi, sensoripohjaisiksi laitteiksi, joita voidaan käyttää iholla ja/tai lähellä ihoa. He mainitsevat laitteiden keräävän tietoa käyttäjän kehon sisäisistä ja/tai ulkoisista muuttujista ja lähettävän nämä tiedot sitten ulkoiselle laitteelle, josta käyttäjä voi saada jopa välitöntä palautetta senhetkisestä tilastaan. (Düking ym., 2016). Huomataan, että kaikki edellä esiteltyistä määritelmistä edellyttävät puettavalta teknologialta käytettävyyttä vaatteiden kanssa ja – tai vartalolla.

Hieman laajemmin puettavan teknologian määrittelee puolestaan Williamson ym. (2015). He eivät erikseen mainitse puettavan teknologian käytettävyyttä vartalolla tai vaatteissa, kuten aiemmat määritelmät. Heidän mukaansa puettavia teknologioita ovat pienikokoiset sulautetut tietokonejärjestelmät, joita ihmiset käyttävät ja jotka tekevät päivittäistä tiedonhankintaa ja analysointia. (Williamson ym., 2015). Samankaltaisen laajemman määritelmän esittää toisaalta myös aiemmin mainittu Fernandez (2014), jonka mukaan lopulta mitä tahansa tietokonelaitetta, joka henkilöllä on mukanaan itsensä auttamiseksi, voidaan laajimmassa merkityksessä kutsua puettavaksi teknologiaksi (Fernandez, 2014). Ching ja Singh (2016) ottavat puettavan teknologian määritelmässä huomioon

puettavan laitteen isäntälaitteen, johon varsinainen puettava laite on liitetty. He kertovat puettavan teknologian kategorian sisältävän laskentateholtaan heikkoja teknologialaitteita, joiden tarkoituksena on tuottaa informaatiota käyttäjälle helppokäyttöisessä muodossa isäntälaitteen kautta. He mainitsevat tällaisiksi puettaviksi laitteiksi esimerkiksi älykellot. (Ching & Singh, 2016). Myös Liu ja Guo (2017) mainitsevat puettavan teknologian esimerkkinä älykellon, mutta myös älylasit. He määrittävät puettavat laitteet käyttäjälle älykkäästi ja tehokkaasti informaatiota tuottaviksi puettaviksi tietokoneiksi, joista löytyy internet-yhteys ja joita käytetään vaatetuksen kanssa ja asusteina. (Liu & Guo, 2017).

Käyttämällä Williamsonin ym. (2015) ja Fernandezin (2014) laajempia määritelmiä puettavasta teknologiasta, voitaisiin joissain tilanteissa esimerkiksi älypuhelin luokitella puettavaksi teknologiaksi. Tämän tutkielman tapauksessa on kuitenkin perustelua rajata puettavan teknologian käsittely koskemaan nimenomaan sellaista teknologiaa, joka on iholla tai vartalolla. Näin tutkielman laajuus pysyy järkevässä rajoissa. Tässä tutkielmassa puettavalla teknologialla tarkoitetaan siis teknologiaa sisältäviä laitteita, joita voidaan käyttää vaatteiden kanssa tai vartalolla, ja jotka tuottavat käyttäjälle informaatiota. On huomioitavaa, että puettavalla teknologialla ja puettavilla laitteilla voidaan tarkoittaa aiempien määritelmien perusteella samaa asiaa. Näin toimitaan myös tässä tutkielmassa.

Aiemmin esitellyn perusteella ymmärrämme, mitä puettavan teknologian käsite tarkoittaa. Pystymme sanomaan myös, että puettavien teknologioiden tarkoitus on loppukäyttäjän auttaminen puettavaan teknologiaan liitetyn tiedon pohjalta. Mutta mistä käyttäjän motivaatio puettavan teknologian käyttämiseen juontuu? Tähän yhden vastauksen antaa itsensä mittaamisen ajatus (engl. *quantified self*), johon tutustumme seuraavaksi.

## 2.2 Itsensä mittaaminen 'quantified self'

Ennen kuin siirrymme tarkastelemaan teknologioita laitteiden taustalla, on hyödyllistä saavuttaa ymmärrys motivaatiosta käyttää puettavaa teknologiaa. Aiheen käsittely myös avaa myöhemmin tässä tutkielmassa esiteltävien teknologioiden lopullista tarkoitusta paremmin.

Swanin (2013) mukaan itsensä mittaamisen ajatuksen taustalla on proaktiivinen asennoituminen tiedon hankkimiseen itsestä ja saavutetun tiedon perusteella käyttäytymiseen. Tiedon hankkiminen perustuu itsensä seurantaan biologisella, fyysisellä, käyttäytymis- tai ympäristötiedon tasolla. Seuranta ja analysointia voidaan tehdä esimerkiksi painosta, energiatasosta, mielialasta, ajankäytöstä, unen laadusta, terveydestä, kognitiivisesta suorituskyvystä, urheilusta ja oppimisstrategioista. Swan mainitsee myös, että jossain määrin jokainen meistä on itsensä seuraaja. Me siis mittaamme tai mittautamme ainakin jotain asioita itsestämme. Tämä halu itsensä mittaamiseen perustuu ihmisen synnynnäiseen uteliaisuuteen, haluun puuhastella (engl. *tinkering*) ja ongelmanratkaisukykyyn. (Swan, 2013).

Itsensä mittaamisen ajatusta avaa puettavien teknologioiden näkökulmasta Fernandez (2014). Hän määrittelee, että ”quantified self” on liike teknologian käyttämiseksi auttamaan yksilöitä oppimaan omasta käyttäytymisestään. Ihmiset tekevät päivittäin asioita, jotka eivät jää erityisesti mieleen. Tietokoneet ovat hyviä tarkan datan seurannassa, joten kun näitä päivittäisiä asioita seurataan pidemmällä aikavälillä, voidaan muodostaa malleja, joiden avulla voi oppia omasta käytöksestään. Puettavat laitteet voidaan suunnitella toimimaan jatkuvasti taustalla, keräämässä tietoa aktiviteeteistämme ja liikkeistämme. Tällä tavoin ne siis kasvattavat tietoisuutta omista toimistamme ja seuraavat sellaisia tietoja, kuten biometrisiä tietoja, joita olisi vaikeaa tarkkailla ja tallentaa ilman teknologian apua. (Fernandez, 2014).

Seuraavaksi käymme läpi teknologioita, joita puettavat laitteet hyödyntävät. Esiteltäviä teknologioita yhdistää se, että ne kaikki tuottavat tietoa. Ymmärrämme nyt, että ihmisillä on ainakin jonkinlainen synnynnäinen motivaatio seurata itseään ja halu oppia omasta käyttäytymisestään. On siis edellä opitun perusteella loogista, että teknologiat, joita puettavat laitteet käyttävät, tuottavat tietoa. Tämä on hyvä pitää mielessä seuraavia alalukuja lukiessa.

## 2.3 GPS

Maailmanlaajuisen paikannusjärjestelmän eli GPS:n syntyminen (engl. Global Positioning System) mahdollistettiin atomikellon keksimisen avulla. Atomikellon tarkka ajanmittausjärjestelmä mahdollistaa ajan laskemisen sille, kuinka kauan radiosignaali kestää matkustaa satelliitilta GPS vastaanottimeen maahan. Tämän tiedon avulla pystytään johtamaan etäisyys satelliitista vastaanottimeen ja mikäli vähintään neljä satelliittia kommunikoi vastaanottimen kanssa, pystytään määrittelemään vastaanottimen tarkka sijainti, jonka jälkeen sijaintia voidaan käyttää apuna kohteen liikenopeuden laskemisessa. (Aughey, 2011). GPS:n kehitti Yhdysvaltain puolustusministeriö, joka otti sen käyttöön vuonna 1978 (Bajaj, Ranaweera & Agrawal, 2002).

Bajaj ym. (2002) mukaan GPS:n tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Koska radiosignaalin nopeus vaihtelee esimerkiksi ilmakehän vesihöyryn tai muiden hiukkasten vuoksi, GPS ei ole aina tarkka. Heidän mukaansa GPS:n avulla voidaan saavuttaa kohteen sijainnin tarkkuus jopa puolen tuuman marginaalilla, mutta ratkaisu, jolla tällaisen tarkkuuden saavuttaminen on mahdollista, on kuitenkin keskivertokuluttajalle liian kallis. Bajaj ym. esitteleekin kaksi kustannustehokasta vaihtoehtoa, jotka eliminoivat suurimman osan GPS:n virheistä. (Bajaj ym., 2002). Seuraavaksi esittelen nämä kaksi GPS:n versiota.

### 2.3.1 DGPS

DGPS eli differentiaalinen GPS (engl. differential GPS) perustuu maassa oleviin kiinteisiin vastaanottimiin, jotka laskevat satelliittien lähettämien

radiosignaalin virhemarginaalin ja lähettävät tiedon tästä kiertäville satelliiteille. Satelliitit tekevät tämän jälkeen tarvittavat korjaukset signaaleihin. Esimerkiksi Yhdysvaltain rannikkovartiosto lähettää korjattuja GPS mittauksia satamien tai vesiväylien radiomajakoista helpottamaan navigointia. (Bajaj ym., 2002). DGPS siis parantaa perinteisen GPS:n tarkkuutta laskemalla paikallisia korjattuja GPS mittauksia, jotka sitten lähetetään eteenpäin GPS:n käyttäjille.

### 2.3.2 AGPS

Aiemman perusteella tiedämme, että GPS radiosignaalin nopeuteen ja sitä kautta GPS:n tarkkuuteen vaikuttaa muun muassa ilmakehän vesihöyry ja hiukkaset. Voidaan siis olettaa GPS:n toimivuuden kannalta olevan oleellista, että signaalin ja vastaanottimen välillä on mahdollisimman vähän esteitä. Bajaj ym. (2002) mukaan GPS:ää ei olekaan suunniteltu sisätiloihin tai kaupunkialueille. GPS:n tarkkuutta näissä olosuhteissa parantaa AGPS, eli avustettu GPS (engl. assisted GPS). AGPS perustuu mobiilivastaanottimen linkittämiseen sellaiseen referenssivastaanottimeen, esimerkiksi korkean rakennuksen katolle, josta on selkeä näkymä taivaalle. Referenssivastaanotin välittää navigaatiotiedon eteenpäin sijaintipalvelimelle, joka taas välittää nämä tiedot esimerkiksi GPS-yhteensopivaan matkapuhelimeen. (Bajaj ym., 2002). Merry & Bettinger (2019) tutkivatkin älypuhelimien GPS:n tarkkuutta juuri urbaanissa ympäristössä ja havaitsivat, että keskiarvolta tutkimuksessa käytetyn puhelimen horisontaalinen tarkkuusvirhe oli 7-13 metrin suuruinen olosuhteista riippuen. He havaitsivat myös GPS:n horisontaalisen tarkkuuden paranevan puhelimesta erityisesti silloin, kun puhelin oli yhdistettynä WiFi verkkoon ja kyseistä verkkoa käytettiin paljon. (Merry & Bettinger, 2019).

GPS:n avulla pystytään siis määrittelemään kohteen sijainti, liike ja liikenopeus. Aughey (2011) mainitseekin tämän tiedon kiinnostavan muun muassa valmentajia ja joukkuelajeihin osallistuvia urheilijoita (Aughey, 2011). Yllä esiteltyt GPS:n avustetut ratkaisut mahdollistavat kuluttajille tarkemman vaihtoehdon kuin pelkkä GPS itsessään, mutta kohtuullisella hinnalla. Tämä on varmasti yksi tärkeä tekijä sen kannalta, että GPS on laajalti integroituna jokapäiväisiin laitteisiin, joita käytämme. Puettavia laitteita, jotka hyödyntävät GPS:ää ovat esimerkiksi äly- ja urheilukellot sekä aktiivisuusrannekkeet. Aughey (2011) mukaan kaksi GPS laitetta kenttäurheiluun tuottavaa päävalmistajaa sisällyttävät laitteisiinsa sensoreita (Aughey, 2011). Seuraavaksi luvussa tutustummekin puettaviin sensoreihin.

## 2.4 Puettavat sensorit

Lähivuosien aikana puettavien sensoreiden käyttötavat ovat lisääntyneet huomattavasti. Syynä tähän on niiden jatkuvasti alhaisempi hinta, helppo käyttö ja käyttö sekä kyky jatkuvaan monitorointiin verrattuna kiinteisiin

sensoreihin. Sensoreita ovat muun muassa kiihtyvyyssanturi, gyroskooppi ja kamera. Nämä sensorit löytyvät myös monista nykypäivän älypuhelimista. Suosion kasvun myötä toimintaa seuraavien algoritmien kehittäminen on tullut helpommaksi hyödyntäen edellä mainittuja sensoreita. (Cornacchia, Ozcan, Yu Zheng, & Velipasalar, 2017). Heikenfeld ym. (2018) esittävän puettavien sensoreiden räjähdysmäisen kasvun syyksi muun muassa pienikokoisen elektroniikan kehityksen tarjoaman kohtuuhintaisuuden ja ergonomian, älypuhelinien ja yhteydessä olevien laitteiden lisääntymisen, kuluttajien kasvavan halun olla tietoinen omasta terveydestään ja lääkäreiden tarpeen saada jatkuvaa lääketieteellistä laatua olevaa tietoa potilaistaan. (Heikenfeld ym., 2018). Jokapäiväinen elämämme puettavien- ja mobiiliteknologioiden maailmassa on aiheuttanut sen, että ihmisten toiminnan seurannasta on tullut helpommin toteutettavaa ja kulttuurillisesti hyväksyttävämpää kuin mitä se on koskaan ennen ollut (Cornacchia ym., 2017).

Tarve puettaville sensoreille syntyy muun muassa kehon fysiologisten signaalien ja kinematiikan arvioimiseksi harjoittelun aikana. Fysiologisella monitoroinnilla tarkoitetaan esimerkiksi hengityksen mittaamista useiden harjoitusten aikana suorituskyvyn ja palautumisen arvioimiseksi. Kinematiikan mittauksella taas tarkoitetaan liikkeen mittaamista, jonka avulla esimerkiksi urheilija voi parantaa tietoisuuttaan kehostaan ja sitä kautta parantaa omaa tekniikkaansa. (Coylye, Morris, Lau, Diamond, & Moyna, 2009). Ermes ym. (2008) mainitsevat puettavien sensoreiden kannustavan aktiivisempaan elämäntyyliin tuottamalla käyttäjälle palautetta hänen elämäntyylistään, esimerkiksi fyysisestä aktiivisuudesta ja urheilun kautta (Ermes ym., 2008).

Cornacchia ym., (2017) jakavat olemassa olevat aktiivisuuden seurantajärjestelmät laajalti kahteen sen perusteella, miten sensorit ovat käytössä. Kiinteän sensorin asettelussa informaatiota kerätään sensorin kautta kiinteästä paikasta, kun taas liikuteltavassa sensoriasettelussa sensorit ovat puettavia ja sitä kautta liikuteltavissa. (Cornacchia ym., 2017).

Puettavilla sensoreilla on myös lääketieteellisiä sovellutuksia. Blossin (2015) mukaan puettavia sensoreita voidaan käyttää apuna esimerkiksi glaukooman eli silmänpainetaudin testauksessa, urheilijan aivotärähdyksen seurannassa, kehon liiketunnistuksessa, glukoosin seurannassa, sydänkohtauksien ennustamisessa ja pulssin seurannassa. Puettavien sensoreiden hyödyiksi lääketieteessä voidaan katsoa jatkuva tietyn tai tiettyjen kriteerien seuranta, jolloin tietoa saadaan kerättyä pidemmältä aikaväliltä. Bloss mainitseekin esimerkiksi lääkäreiden ongelmaksi sen, että mittaustuloksia potilaista saadaan kerättyä vain tietyiltä hetkiltä, vaikka lääkärit tiedostavat, että potilaan kunto voi vaihdella mittausten välillä suuresti. (Bloss, 2015).

Seuraavaksi tarkastelemme lähemmin kahta edellä mainittua sensoria, eli kiihtyvyyssanturia ja gyroskooppia. Tämän jälkeen paneudutaan Cornacchia ym., (2017) esittämään aktiivisuudenseurantajärjestelmien jaotteluun kiinteisiin ja liikuteltaviin sensoreihin. Näin pystymme saavuttamaan kokonaisvaltaisen ymmärryksen puettavista sensoreista ja niiden käyttötavoista.

### 2.4.1 Kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi

Kiihtyvyyssmittareita käytetään laajalti mittaamaan inaktiivisuutta, fyysistä aktiivisuutta, liikunnan energiankulutusta ja uneen liittyvää käyttäytymistä. (Migueles ym., 2017). Evenson, Catellier, Gill, Ondrak, ja McMurray (2008) mainitsevat kiihtyvyyssanturin ominaisuuksiksi objektiivisen fyysisen aktiivisuuden mittaamisen. Se siis eliminoi havainnoinnista muistamisen ja sosiaalisen toivotavuuden harhan sekä kieli-lukutaitovaikeudet ja voi olla halvempaa kuin suora havainnointi. Lisäksi kiihtyvyyssanturin tuottaman tiedon perusteella pystytään määrittelemään käyttäjän aktiivisuuden taso, eli onko aktiivisuus ollut luonteeltaan vähäistä, kevyttä, kohtalaista vai voimakasta. (Evenson ym., 2008).

Esimerkiksi Gafurov, Helkala, ja Søndrol (2006) käyttivät tutkimuksessaan kiihtyvyyssanturia seuraamaan testihenkilön liikettä hänen jalkaansa liitetyn sensorin avulla. Kiihtyvyyttä pystyttiin mittaamaan kolmeen eri suuntaan: pystysuoraan, eteenpäin ja taaksepäin sekä sivuttain. He myös mainitsevat sensori tai kiihtyvyyssanturipohjaisen kävelytunnistuksen eduiksi huomaamattoman käyttäjän todennuksen. (Gafurov ym., 2006).

Edellä mainittujen hyötyjen perusteella voidaan todeta, että kiihtyvyyssantureilla on paikkansa puettavien laitteiden teknologioiden joukossa. Ne tuottavat sellaista tietoa, mihin esimerkiksi pelkkä GPS ei yksin kykene. Tästä syystä onkin hyödyllistä, että GPS laitteisiin sisällytetään muitakin sensoreita.

Kun kiihtyvyyssanturilla pystytään mittaamaan liikkeen suuntaa, gyroskoopilla pystytään mittaamaan kohteen pyörimissuuntaa, kulmaa ja nopeutta. Kiihtyvyyssanturia ja gyroskooppia käytetään usein yhdessä ja niiden tuottamat mitaukset tyypillisesti sulautetaan, jotta saadaan aikaan tarkka ja hyväksyttävä arvio liikkeen suunnasta. (Ahmed & Tahir, 2017).

### 2.4.2 Kiinteät ja liikuteltavat sensorit

Cornacchian ym. (2017) mukaan kiinteän sensorin asettelussa sensorit mittaavat suurempia tapahtumia, kuten kävelyä tai kaatumista pohjaten esimerkiksi akustiseen tai tärähtämisen havainnointiin. Tällainen asettelu on rajoitettu tietynlaisiin ympäristöihin joihin sensorit ovat asennettu. Kiinteään asetteluun liittyy myös se, että se ei ole henkilökohtainen seuranta. Toisin sanoen se seuraa kaikkia siinä tilassa olevia, johon laitteet on asennettu. (Cornacchia ym., 2017).

Vastakohdassa, eli liikuteltavien sensoreiden asettelussa seuranta perustuu puettaviin sensoreihin, jotka mittaavat kohdetta ns. ensimmäisen persoonan näkökulmasta. Tämä on siis henkilökohtaisempi seurantatapa. Kustannusten ja saatavuuden suhteen kiinteä ja mobiiliseuranta olivat tasoissa ennen viimeistä puoltatoista vuosikymmentä, mutta kulttuurin muutos liittyen mobiiliteknologiaan, mobiiliteknologian kehitys sekä älypuhelinien markkinointi vaikuttivat positiivisesti mobiiliteknologian hyväksymiseen ja suosioon. (Cornacchia ym., 2017). Helpottamaan erojen hahmottamista olen tiivistänyt kiinteiden ja liikuteltavien sensoreiden erot taulukkoon 1.

TAULUKKO 1 Kiinteiden ja liikuteltavien sensoreiden erot

<b>Kiinteät sensorit</b>	<b>Liikuteltavat sensorit</b>
Kiinteä asennus	Mobiili käyttö
Tilakohtainen seuranta	Henkilökohtainen seuranta
Vanhentunut	Nykyväinen

Ymmärrämme nyt enemmän puettavista sensoreista. Puettavien sensoreiden avulla ihmisen seuraaminen monenlaisissa eri asioissa niin lääketieteen kuin urheilunkin saralla on mahdollista. Puettavien sensoreiden voidaan sanoa tuovan hyötyä niiden käyttäjille, kuten potilaille tai urheilijoille. Tutustuimme myös kiinteisiin ja liikuteltaviin sensoreihin, ja opimme, että liikuteltavat sensorit ovat nykypäivänä laajemmin käytettyjä ja suosituimpia sensoreita, joita löytyy muun muassa mobiililaitteista.

## 2.5 Sykemittari

Sykemittareista on viimeisen 20 vuoden aikana tullut laajalti käytettyjä välineitä auttamaan monenlaisissa urheilulajeissa. Sykettä mittaavien laitteiden kehitys on ollut nopeaa. Kun 1900-luvulla laitteet olivat suuria ja käytettävissä vain laboratorio-olosuhteissa, viime vuosina niiden koko on pienentynyt niin, että sykettä voidaan mitata jo rannekelloissa. (Achten & Jeukendrup, 2003).

Sykemittarien pääkäyttötarkoituksena on Achten ja Jeukendrupin (2013) mukaan seurata harjoittelun tai kilpailusuorituksen intensiivisyyttä. Sykkeen mittaamisen hyödyt verrattuna muihin indikaattoreihin, joilla mitataan suorituksen intensiteettiä ovat helppo monitorointi, edullinen mittaaminen ja monikäyttöisyys useimmissa tilanteissa. (Achten & Jeukendrup, 2003). Myös Laukkanen ja Virtanen (1998) mainitsevat sykkeen olevan hyödyllinen indikaattori kertomaan henkilön fyysisen suorituksen intensiivisyydestä ja fysiologisesta sopeutumisesta vallitsevaan tilanteeseen. Tämän vuoksi sykkeen mittaamisen voidaan nähdä olevan tärkeä osa sydämeen ja verisuoniin liittyvän kunnan arviointia sekä harjoittelua. (Laukkanen & Virtanen, 1998). Sykemittareista onkin tullut yleisesti käytössä oleva harjoitteluväline erityisesti kestävyysurheilussa, jossa suurin osa urheilijoista on kokeillut sykemittareita, ja moni käyttää sykemittareita säännöllisesti monitoroimaan omaa harjoittelua ja auttamaan harjoitteluun suunnitellulla intensiteetillä. (Achten & Jeukendrup, 2003).



## 2.6 Luvun yhteenveto

Luvussa esittelimme puettavan teknologian määritelmän. Tutustuimme myös motivaatioon käyttää puettavia teknologioita, eli itsensä mittaamisen ajatukseen. Tämän lisäksi avasimme teknologioita puettavien laitteiden taustalla. Luvun tarkoituksena oli saavuttaa vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, eli millaisia teknologioita puettavat laitteet hyödyntävät. Tunnistimme ja käsittelimme luvussa kolme teknologiaa, joita puettavat laitteet hyödyntävät. Näitä olivat GPS, puettavat sensorit sekä sykemittari. GPS teknologiaan liittyi kaksi eri versiota, DGPS ja AGPS, jotka mahdollistivat kuluttajille tarkan paikannuksen kohtuullisella hinnalla ja on siten integroitavissa esimerkiksi äly- ja urheilukelloihin.

Puettavien laitteiden teknologiaksi tunnistimme myös puettavat sensorit, joiden käyttötavat ovat lisääntyneet lähivuosien aikana ja joita voidaan hyödyntää niin urheilussa kuin lääketieteessäkin. Puettavien sensoreiden osalta kävimme läpi kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin sekä kiinteät ja liikuteltavat sensorit. Kiihtyvyyssanturista opimme, että sen tehtävänä on tunnistaa liike ja liikkeen pohjalta voidaan johtaa esimerkiksi käyttäjän inaktiivisuuteen, fyysiseen aktiivisuuteen, liikunnan energiankulutukseen ja uneen liittyvää tietoa. Gyroskoopin tarkoituksena taas oli kohteen pyörimissuunnan, kulman sekä nopeuden mittaaminen. Havaitsimme myös, että on olemassa kiinteitä ja liikuteltavia sensoreita, joista vain liikuteltava sensori pystyy kohteen henkilökohtaiseen ja mobiiliin seurantaan.

Viimeisenä esittelimme sykemittarit, joista on teknologian kehityksen myötä tullut laajalti käytettyjä välineitä urheilussa mittaamaan esimerkiksi fyysisen suorituksen intensiivisyyttä. Toisaalta sykemittarit auttavat myös harjoittelussa, sillä niiden tuottaman tiedon avulla käyttäjä voi harjoitella haluamallaan intensiteetillä.

Tunnistimme siis erilaisia teknologioita puettavien laitteiden taustalla, niiden hyötyjä ja toisaalta huomasimme näiden teknologioiden olevan usein integroituna toisiinsa. Tämä keskinäinen integrointi mahdollistaa puettavien laitteiden tarkemmat mittaustulokset ja monipuolisemmat mittaushetkelliset mahdollisuudet. Käsiteltyjä teknologioita yhdisti myös se, että ne tuottavat käyttäjälleen tietoa. Joko suoraan laitteen välityksellä tai isäntälaitteen kautta. Luvun pohjalta ymmärrämme myös paremmin motivaatiota käyttää puettavaa teknologiaa, sillä itsensä mittaaminen on ihmiselle synnynnäinen tapa. Nyt voimme siirtyä käsittelemään toista tutkimuskysymystä, eli miten puettavan teknologian tuottamaa dataa tosiasiaassa hyödynnetään urheilussa.

### 3 PUETTAVAT TEKNOLOGIAT JA URHEILU

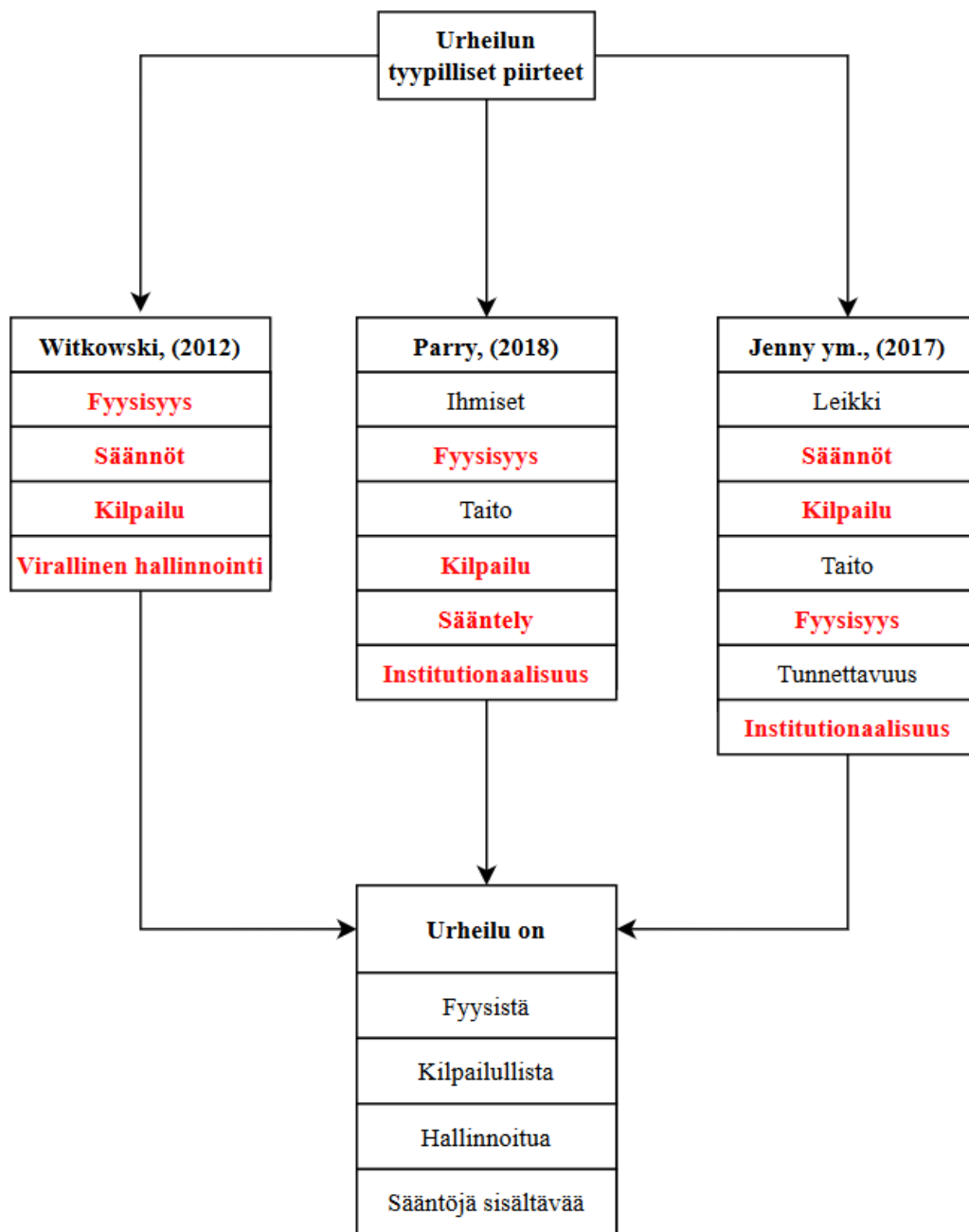
Tässä luvussa määritellään urheilun käsite ja avataan puettavan teknologian tuottaman datan hyödyntämismahdollisuuksia loukkaantumisten ehkäisyyn, harjoittelun optimoinnin sekä palautumisen ja unenseurannan näkökulmasta. Tarkastelemme myös puettavien teknologioiden haasteita. Tämä luku vastaa varsinaiseen tutkimuskysymykseen, eli miten puettavan teknologian tuottamaa informaatiota hyödynnetään urheilussa. Tutkimuskysymykseen vastaaminen edellyttää urheilun käsitteen ymmärtämistä. Siirrytään siis seuraavaksi urheilun käsitteen määrittelyyn.

#### 3.1 Urheilun käsite

Urheilun käsitteen määritelmästä vaikuttaa olevan useita eri versioita. Tämä tekee urheilun käsitteestä nykypäivänä melko haastavan. Mielenkiintoista on esimerkiksi se, luokitellaanko e-urheilu urheiluksi. Tämä tutkielma ei ota kantaa siihen, onko e-urheilu urheilua, mutta tutkielmassa käsitellään puettavan teknologian käyttöä kuitenkin vain ”perinteisen” urheilun näkökulmasta. E-urheilun käsittely jätetään pois tutkielman pituuden rajoissa pitämiseksi ja sen vuoksi, että materiaalia puettavan teknologian käytöstä e-urheilussa vaikuttaa olevan saatavilla varsin niukasti.

Useissa tutkimuksissa urheilun määrittelyssä käytetään apuna urheilun tunnusomaisten piirteiden tunnistamista. Näin toimii esimerkiksi Witkowski (2012), joka esittää omassa määritelmässään urheilun sisältävän fyysistä toimintaa, sääntöjä, kilpailua ja sen olevan virallisesti hallinnoitua (Witkowski, 2012). Parry (2018) taas määrittelee urheilun kuuden sille tyypillisen piirteen kautta. Hänen mukaansa urheiluun liittyy ihmiset, fyysisyys, taito, kilpailu, sääntely ja institutionaalisuus (Parry, 2018). Huomaamme, että Witkowski ja Parry määritelmässään on samoja piirteitä, Parryn määritelmän ollessa hieman laajempi. Jenny, Manning, Keiper ja Olrich (2017) ovat kriteereissään samoilla linjoilla. He tunnistavat seitsemän urheiluun liittyvää piirrettä. Näitä ovat leikki, säännöt,

kilpailullisuus, taito, fyysisyys, tunnettavuus ja institutionaalisuus (Jenny ym., 2017). Olen koontanut kuvion (Kuvio 2) edellä esiteltyjen määritelmien urheilun piirteistä helpottamaan määritelmien keskinäistä vertailua ja toisaalta auttamaan muodostamaan tämän tutkielman urheilun määritelmä.



KUVIO 2 Urheilun piirteet ja määritelmä

Kuvioon on merkitty punaisella lähteiden väliset urheilun sisältämät yhteiset piirteet. Näitä ovat fyysisyys, säännöt, kilpailu ja institutionaalisuus/virallinen hallinnointi. Näiden neljän piirteen pohjalta on siten koottu tässä tutkielmassa käytettävä määritelmä urheilusta. Kun tutkielmassa tarkastellaan puettavan

teknologian tuottaman informaation hyödyntämistä urheilussa, tarkastellaan siis urheilun osalta fyysistä, kilpailullista, hallinnoitua ja sääntöjä sisältävää toimintaa.

Kuviosta käy ilmi myös tekijät, jotka eivät esiinny yhtäläisesti kaikissa näissä määritelmässä. Näitä ovat taito, ihmiset, leikki ja tunnettavuus. Toisin sanoen tässä tutkielmassa käsiteltävän urheilun ei siis edellytä sisältävän erityisesti taitoa, leikkiä tai ihmisiä, eikä sen tarvitse olla tunnettua. Seuraavaksi siirrymme tarkastelemaan puettavan teknologian tuottaman informaation käyttöä loukkaantumisten ehkäisemisen näkökulmasta.

### 3.2 Loukkaantumisten ehkäisy

Tässä alaluvussa tarkastelemme, kuinka puettavan teknologian tuottama data voi auttaa urheilijan loukkaantumisten ehkäisyssä. Cardinalen ja Varleyn (2017) mukaan jo useiden vuosien ajan oikeanlaisen harjoittelun määräämiseksi, urheilutieteilijöillä ja valmentajilla on ollut tarve saada harjoittelun osa-alueita mitattaviksi. He mainitsevat tieteellisen kiinnostuksen aiheen ympärillä lisääntyneen viime aikoina. Tämä voi heidän mukaansa johtua teknologian kehityksestä ja paremmista harjoituksen mittausvälineistä. (Cardinale & Varley, 2017). Zadeh ym. (2020) puhuvat Cardinalen ja Varleyn tapaan teknologian kehityksestä ja sen vaikutuksesta puettavan teknologian hyödyntämiseen. Heidän mukaansa puettavien teknologioiden kehitys on syrjäyttänyt ongelman liittyen saatavilla olevan datan vähyyteen. He mainitsevat nykyisten teknologioiden mahdollistavan urheilijoiden reaaliaikaisen liikkeen ja kuormituksen seurannan harjoittelun aikana. (Zadeh ym., 2020).

Harjoittelukuorman tarkan monitoroinnin mahdollisuus onkin elintärkeää ammattiuurheilijan valmistautumisen ja loukkaantumisten välttämisen kannalta (Black, Gabbett, Cole & Naughton, 2016). Zadeh ym. (2020) esittävät loukkaantumisten ennaltaehkäisemisen kannalta mielenkiintoisen pointin. Heidän mukaansa loukkaantumisten ennaltaehkäiseminen on tärkeä urheilijan harjoittelun osa-alue, mutta myös ainoa, jota urheilijan valmentaja ei voi mitata. Toisin sanoen ei voida olla varmoja siitä, onko vammojen ennaltaehkäisemiseen panostaminen todella ehkäissyt vammoja tai kuinka monta vammaa se tosiasiaassa on ehkäissyt. Zadeh ym. (2020).

Tästä huolimatta dataa voidaan kuitenkin käyttää apuna loukkaantumisten ehkäisemisessä. Zadeh ym. (2020) mainitsevat tutkimuksessaan datan olevan hyödyllinen työkalu, kun pyritään vähentämään loukkaantumisia. Heidän mukaansa saatavilla olevan datan monipuolisuus auttaa dataan pohjautuvassa päätöksenteossa esimerkiksi tunnistamaan niitä yksilöitä, joilla on suuri loukkaantumisriski. Nämä yksilöt voidaan sitten asettaa suorittamaan tukimuotoisia harjoituksia, jotka voivat estää näitä loukkaantumista jatkossa. (Zadeh ym., 2020).

Puettava teknologia voi auttaa myös loukkaantumisten havaitsemisessa, jonka avulla on mahdollista välttää loukkaantuneena pelaamisesta aiheutuvat jatkovahingot. Yksi esimerkki tästä on päävammat. Cantun (1996) mukaan

päähän ja kaulaan kohdistuneet vammat ovat yleisimpiä vakavia urheiluvam-  
moja ja päävammat ovat myös urheilijan yleisin suora kuolinsyy. Hän kertoo  
päävamman tunnistamisen olevan helppoa, mikäli urheilija menettää tajuntansa.  
Kuitenkin yleisimmin esiintyvä päävamma on sellainen, joka aiheuttaa vain het-  
kellisen valppauden alenemisen ja näiden havaitseminen on huomattavasti vai-  
keampaa. Urheilijan kannalta olisikin tärkeää tunnistaa ensimmäinen päävamma,  
sillä ensimmäisen iskun jälkeen toisen päähän kohdistuneen iskun ei tarvitse olla  
suuri aiheuttaakseen suurempaa vahinkoa. (Cantu, 1996). Myös Bloss (2015) esit-  
tää huolen liittyen urheilijoiden päävammoihin. Hänen mukaansa urheilijoiden  
päävammat ovat herättäneet vakavaa lääketieteellistä huolta ja suurena ongel-  
mana on ollut aivotärähdyksien linkittäminen kenttätapahtumien kanssa. (Bloss,  
2015).

On aiemman perusteella selvää, että päähän kohdistuneiden iskujen tun-  
nistaminen on urheilijan terveyden kannalta tärkeää. Iskujen tunnistaminen jois-  
sain tilanteissa voi kuitenkin olla hankalaa. Parempaa päähän kohdistuneiden  
iskujen tunnistamista varten on kuitenkin kehitetty puettava laite. Bloss (2012),  
kertoo Stanfordin yliopiston kehittäneen puettavia sensoreita sisältävän ham-  
massuojan amerikkalaisen jalkapallon pelaajille. Sensori sisältää kiihtyvyyssantu-  
reita ja gyroskooppeja, jotka mittaavat pelaajan päähän kohdistuneita lineaarisia  
ja kierteisiä voimia. (Bloss, 2012). Blossin (2015) mukaan laite lähettää päähän  
kohdistuneita voimia reaaliajassa sivurajalla sijaitsevalle vastaanottimelle. Tes-  
tien mukaan suuhun asetettava sensori on tarkempi kuin aiemmin testattu pe-  
laajan kypärään asetettava laite, sillä suusensori pystyy mittaamaan voimia pe-  
laajan pään sisällä, eikä vain pelaajan pään ympärillä. (Bloss, 2015). Puettavan  
teknologian avulla voidaan siis helpottaa pelaajien päävammojen tunnistamista  
ja näin välttää loukkaantuneena pelaamisesta aiheutuvat haitat.

Mielestäni Zadeh ym. (2020) tiivistävät puettavan teknologian roolin louk-  
kaantumisten ehkäisyssä lopulta hyvin kertomalla, että yhdessä data-analytiikan  
kanssa puettavat teknologiat voivat auttaa vähentämään pelaajiin kohdistuvia  
riskejä. Tämä saavutetaan tunnistamalla vammoja aiheuttavia riskitekijöitä ja  
keskittymällä riskien vähentämiseen. (Zadeh ym., 2020).

### 3.3 Harjoittelun optimointi

Loukkaantumisten ehkäisyyn lisäksi puettavien teknologioiden tuottamaa dataa  
voidaan käyttää apuna harjoittelun optimoinnissa. Urheilijan käytössä olevat re-  
surssit ovat lopulta rajatut, joten harjoittelun optimoinnin voidaan ajatella olevan  
tärkeä palanen kilpailuedun tavoittelussa. Benson, Räisänen, Volkova, Pasanen  
ja Emery (2020) havaitsivat tutkimuksessaan urheilijan kuormituksen seurantaan  
tarkoitettujen, useita sensoreja yhdistelevien puettavien teknologioiden lisäänty-  
vän. Heidän mukaansa kuormituksen seuranta on yleistä miesten eliitti- tai am-  
mattitason urheilujoukkueissa. (Benson ym., 2020).

Valmentajien näkökulmasta Lutz, Memmert, Raabe, Dornberger ja Donath  
(2019) esittävät seitsemän hyötyä, mitä puettavilla laitteilla voidaan saavuttaa.

Ne auttavat valmentajia parantamaan omia harjoittelumenetelmiään ja harjoittelun laatua ja ehkäisemään pelaajien loukkaantumisia, jotka lopulta johtavat joukkueen lajitekniisten taitojen, fyysisen kunnon, psykologisen ja taktisen osaamisen lisääntymiseen. (Lutz ym., 2019).

Coyle ym. (2009) mainitsevat urheilullisen suorituksen perustuvan oikeastaan sarjaan pieniä urheilullisia liikkeitä, joiden pohjalta syntyy urheilullisen suorituksen kokonaisuus. Heidän mukaansa urheiluvaatetus on ideaali urheilijan kinematiikan seurantaan, sillä se on hyvin istuva ja lähellä kehoa. Seurannan pohjalta tallennetun datan esittäminen urheilijalle voi parantaa hänen tietoisuuttaan omasta kehostaan ja näin parantaa tekniikkaa. Sen lisäksi he mainitsevat, että liikkeen seurantaan voidaan käyttää myös kuitusensoreita. (Coyle ym., 2009).

Zhang ym., (2018) käyttivät tutkimuksessaan ihmisen liikkeen seurantaan grafeenipinnoitettua kuitusensoria. He onnistuivat tunnistamaan ja taltioimaan koripallon- ja jalkapallon pelaamiseen liittyviä avainliikkeitä (engl. key motions) prosessoimalla ja analysoimalla sensorin tuottamaa raakadataa. Tämä heidän mukaansa auttaa urheilijoita parantamaan suorituskyykyään ja optimoimaan harjoitteluaan. Tämän lisäksi tutkimus osoitti myös, että edullisesti ja helposti valmistetulla kuitusensorilla on laajat hyödyntämismahdollisuudet myös ihmisten terveydenseurannan saralla, liikkeenseurannan lisäksi. (Zhang ym., 2018).

Liikkeen seurantaan ja tunnistamiseen, joskin hieman eri kontekstissa, keskittyivät myös Holleczek, Schoch, Arnich ja Tröster (2010), jotka kehittivät GPS:ään ja gyroskooppiin pohjautuvan laitteen tunnistamaan lumilautailun eri aktiviteettejä. Tarkoituksenaan luoda puettava lumilautailuavustin, joka kykenee tunnistamaan ja analysoimaan lumilautailijan liikkeitä ja auttamaan lautailijaa kehittämään omaa laskemistaan. Laite pystyi tunnistamaan käänntymiset sekä erottamaan yhdeksän erilaista lumilautailuaktiviteettiä, kuten liikkeen suunnan, käytettävän kantin sekä tekniikan. (Holleczek ym., 2010).

Puettavat laitteiden avulla harjoittelua voidaan siis seurata ja tehtyjä suoritteita tallentaa myöhemmin analysoitaviksi. Normaaliin, ilman puettavaa teknologiaa tapahtuvaan harjoitteluun verrattuna suurin etu lienee siinä, että harjoittelun aikana tapahtuvia suoritteita voidaan tallentaa ja varastoida. Kun kerättyä dataa sitten myöhemmin analysoidaan pidemmältä aikaväliltä, voidaan sieltä tunnistaa poikkeavuuksia ja toisaalta myös säännöllisyyksiä, joiden avulla harjoittelua voidaan kehittää. Tämän tiedon pohjalta on mahdollista olettaa, että sellaiselle urheilijalle, jolla ei ole erillistä valmentajaa, puettavan teknologian tuottama harjoittelupalaute olisi erityisen tärkeää oman suorituksen parantamisen kannalta.

### **3.4 Palautuminen ja unen seuranta**

Voidakseen maksimoida suorituskyykyä ja kehityksensä urheilijan tulee tasapainottaa harjoittelun intensiteettiä harjoitusten aikataulutuksen, keston ja levon avulla. Liiallinen harjoittelu yhdistettynä riittämättömään lepoon voi johtaa ylikuntoon. Ylikunto on urheilijan kannalta haitallista, sillä ylikunnolle

tyypillisiä ominaisuuksia ovat suorituskyvyn heikkeneminen ja haitat pitkäaikaiselle terveydelle. Urheilijan tulisi siis järjestelmällisesti seurata omaa palautumistaan, jotta ylikuormittumista ei pääse syntymään. Näin urheilija voi optimoida harjoittelunsa tehokkuuden ja välttää sekä yli- että aliharjoittelun ongelmat. (Seshadri ym., 2019).

Myös Bieuzen, Pournot, Roulland ja Hausswirth (2012) mainitsevat palautumisen optimoiminen olevan urheilijalle tärkeää, sillä sen avulla voidaan saavuttaa hyötyjä erityisesti urheilulajeissa, joissa kausi on pitkä. Optimoidessaan palautumistaan urheilija voi välttyä esimerkiksi uupumuksen tai ylikunnon aiheuttamilta ongelmilta. Nopean palautumisen tärkeys korostuu lajeissa, joissa suoritukset ovat intensiivisiä ja palautumisjaksot lyhyitä. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi kamppailu- ja kenttälajit sekä jääkiekko. (Bieuzen ym., 2012).

Urheilijan tulisi siis kiinnittää erityistä huomiota siihen, että harjoittelun intensiteetti pitkällä aikavälillä ei ole liian kuormittava sekä toisaalta siihen, että harjoittelusta palautumiseen käytetään riittävästi aikaa. Palautumisen seurantaan helpottamaan on kehitetty muun muassa kiihtyvyyssanturipohjaisia laitteita, jotka seuraavat käyttäjän unta. Halsonin, Peaken ja Sullivanin (2016) mukaan urheilijan unen tärkeyden tunnistamisella on ollut positiivinen vaikutus tällaisten laitteiden lisääntymiseen, jotka mittaavat unen kestoa ja/tai laatua. Useimmat näistä laitteista ovat ranteessa pidettäviä, kellon tapaisia laitteita, jotka käyttävät hyödykseen kiihtyvyyssantureita tunnistaakseen liikkeen. Liikkeen pohjalta laite osaa tunnistaa unen ja valveillaolon välisen eron ja kertoa käyttäjälle nukutun yön laadusta. Ranteissa pidettävien unenseurantalaitteiden lisäksi on olemassa myös sängyn viereen asetettavia laitteita, jotka nekin hyödyntävät kiihtyvyyssantureita samasta syystä. (Halson ym., 2016).

Halson ym. (2016) kyseenalaistavat kuitenkin sen, tarvitseeko urheilijan todella olla tietoinen jokaisen nukutun yönä laadusta. He nostavat esille ajatuksen siitä, että epätodelliset odotukset unen laadusta voivat todellisuudessa aiheuttaa uniongelmia urheilijoille. Jos urheilijat ajattelevat, että heidän on nukuttava täydellisesti joka yö, voi tämän suhteen ristiriitainen data jopa pahentaa ongelmia. Urheilijan kanssa olisi siis harkittava tarkasti, kuinka unesta kerättävää dataa esitetään heille. (Halson ym., 2016). Tämän perusteella onkin perusteltua pohtia, saavutetaanko unen laadun mittaamisella lopulta suurempia hyötyjä kuin mitä haittoja siitä voi urheilijalle koitua. Tästä syystä olisikin mielestäni tärkeää, että laitteiden käyttäjät olisivat tietoisia myös niiden mahdollisista haitoista.

### 3.5 Puettavien teknologioiden haasteet

Piwek, Ellis, Andrews ja Joinson (2016) esittävät huolen liittyen puettavien laitteiden luotettavuuteen ja paikkansapitävyyteen. Vaikka suurimmalla osalla puettavien laitteiden valmistajista ei ole empiiristä todistetta laitteidensa tehokkuudesta, niitä mainostetaan yleistä terveyttä ja kuntoa parantavina laitteina. (Piwek ym. 2016).

Lutz ym. (2019) esittävät puettavien teknologioiden suurimmaksi haasteeksi itse laitteen. Vaikka pelaajaa seuraavat laitteet on hyväksytty esimerkiksi jalkapallossa, voivat ne aiheuttaa pahimmassa tapauksessa jopa loukkaantumisia sellaisissa lajeissa, joissa esiintyy paljon kehokontakteja eikä pelaajilla ole suojarusteita. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi koripallo, käsipallo ja lentopallo, vaikkakin lentopallossa kehokontaktit ovat vähäisiä, mutta pelaajat usein kierähtävät lattialla vaimentaakseen laskeutumisvoimaa. Toinen mainittu puettavien laitteiden heikkous on dynaamisten liikkeiden tarkka tunnistaminen lajeissa, jotka sisältävät paljon kehokontakteja ja suunnanmuutoksia, kuten jääkiekossa tai koripallossa. (Lutz ym., 2019).

Joustavan bioelektronikan, biosensoreiden, pehmeän mikrofluidiikan ja joustavien biokapselointimateriaalien kehitys on kuitenkin vastannut perinteisten puettavien laitteiden haasteisiin. Edellä mainitut teknologiat mahdollistavat saumattomasti iholla toimivat puettavat laitteet, joita voidaan käyttää intensiivisessä urheilussa ja haastavissa ympäristöissä. Kyseiset laitteet tarjoavat myös merkittäviä parannuksia mittaustarkkuuteen ja usean mittauskohteen samanaikaiseen analysointiin vaikuttamatta urheilijan suorituskykyyn. Esimerkiksi monimutkaisten fyysisten liikkeiden seuranta on mahdollista yhtä aikaa lihasten ja nivelten rasituksen seurannan kanssa. (Ray ym., 2019).

Lutz ym. (2019) kyseenalaistavat myös puettavan teknologian tuottaman tiedon taktisen analyysin näkökulmasta. Koska kilpailutilanteessa puettavan teknologian tuottamaa dataa on valmentajalle saatavilla vain omasta joukkueesta, päätösten tekemiseen vaikuttaa myös valmentajan omat puolueelliset ja subjektiiviset havainnot vallitsevasta pelitilanteesta. On siis lopulta kyseenalaista, kuinka paljon nykyisen kaltaiset puettavat laitteet todella auttavat valmentajia peliin liittyvässä päätöksenteossa. (Lutz ym., 2019).

Piwekin ym. (2016) mukaan myös puettavien laitteiden keräämän datan tietoturvaan ja yksityisyyteen liittyy ongelmia. Usein puettavan laitteen käyttäjä omistaa kyllä laitteen, mutta ei sen keräämää dataa. Sen omistaa ja sitä varastoi käyttäjän sijaan laitetta valmistava ja myyvä yritys. Tällä hetkellä puettavat laitteet tarjoavat usein vain yksinkertaisia kuvailevia tietoja käyttäjälleen, kuten viikkosykkeen keskiarvoa tai aktiivisuustasoa, vaikka ne keräävät käyttäjästä paljon tätä monimutkaisempaa dataa. (Piwek ym. 2016). Puettavien laitteiden hyötyjä varjostaa siis relevantit huolet laitteiden turvallisuudesta ja kerätyn datan oikeellisuudesta. Ongelmallista on mielestäni myös se, että käyttäjä ei yleensä omista itsestään kerättyä dataa. Käyttäjät eivät siis pääse hallitsemaan sitä, mihin



tarkoitukseen laitteita valmistavat yritykset dataa käyttävät. Jos yritys käyttää käyttäjistä kerättyä dataa sellaisiin tarkoituksiin, jotka tuottavat yritykselle voittoa, on perusteltua ajatella käyttäjän itsestään luovuttaman tiedon olevan osa laitteen kustannuksia.

Huoli puettavien laitteiden turvallisuudesta onkin teema, joka esiintyy usein tähän tutkielmaan valikoituneessa kirjallisuudessa, kuten esimerkiksi Anzaldo, 2015; Ching & Singh, 2016; Fernandez, 2014 ja Piwek ym. 2016. Fernandez (2014) kertoo puettavien laitteiden turvallisuuteen liittyvien kysymysten pohjautuvan siihen, että niiden keräämät tiedot eivät välttämättä ole turvallisesti varastoitu. Lisäksi hän kertoo olemassa olevan viitteitä siitä, että nykyisiä laitteita ei ole suunniteltu tietoturvaan ajatellen. (Fernandez, 2014). Ching ja Shing (2016) tunnistivat viisi yleisintä haavoittuvuutta puettaville laitteille, jotka olen listannut alle.

1. Suojaamaton tiedonsiirto Bluetoothin kautta
2. Ohjelmiston viestintä pilveen mobiiliverkon- tai Wi-Fi verkon kautta
3. Turvaton datan säilytys pilvipalvelussa
4. Todennuksen ja valtuutuksen puute
5. Fyysisten turvallisuustekijöiden puute

Heidän mukaansa puettavat laitteet käyttävät kerätyn tiedon siirtämiseen usein Bluetooth yhteyttä. Näin kerätty data saadaan siirrettyä isäntälaitteeseen, kuten älypuhelimeseen. Tämän seurauksena mahdollinen hyökkääjä voi käyttää puettavaa laitetta tukiasemana ja poimia paikallisesti tallennettuja tiedostoja laitteesta. (Ching & Shing, 2016). Myös Fernandez (2014) mainitsee Bluetooth yhteyden olevan helppo tapa siirtää dataa puettavista laitteista muihin laitteisiin, mutta toisaalta se helpottaa myös muiden mahdollisuuksia päästä samaan dataan käsiksi. (Fernandez, 2014).

Ching ja Shing (2016) pitävät kohdan kaksi haavoittuvuutta vakavampana kuin ensimmäistä. Tämä johtuu siitä, että kun dataa siirretään laitteesta pilveen, syntyy mahdollisuus varastaa henkilökohtaisempaa dataa. Siirrettävä data sisältää usein myös sellaisia tietoja, joiden perusteella käyttäjä voidaan tunnistaa, kuten käyttäjän nimi, sähköposti, puhelinnumero ja sijainti. Näin lähetettävät tiedot voidaan kohdistaa oikealle käyttäjälle, mutta toisaalta tietohyökkäyksen tapauksessa käyttäjän henkilökohtaisia tietoja voi päätyä hyökkääjälle.

Kolmas kohta liittyy datan säilytykseen pilvessä, johon voi heidän mukaansa liittyä useita riskejä, kuten palvelunestohyökkäyksiä, SQL-injektioita tai takaoven hyökkäyksiä, joiden avulla edellä mainittuihin henkilökohtaisiin tietoihin voidaan päästä käsiksi. He mainitsevat tällaisten hyökkäysten pilveen olevan yleensä hyvin taitavien kyberrikollisten toimintaa.

Todennuksen ja valtuutuksen puute on Ching ja Shingin (2016) mainitsema neljäs haavoittuvuus. Heidän mukaansa laitteiden pieni koko ja rajoitettu kais-tanleveys vaikeuttaa turvallisuutta lisäävien ominaisuuksien lisäämistä laitteisiin, jonka vuoksi ne ovat helpompia hyökkäyksen kohteita. Tähän osittain liittyy myös heidän esittämänsä viides haavoittuvuus, joka liittyy fyysisiin turvallisuustekijöihin ja laitteen häviämiseen. Puettavien laitteiden pieni koko voi tehdä

niistä helpommin hukattavia, jolloin hävinnyt tai varastettu laite asettaa käyttäjän tiedot vaaraan. (Ching & Shing, 2016).

### **Yhteenveto**

Tässä luvussa määrittelimme urheilun käsitteen. Tarkastelimme puettavien teknologioiden tuottaman informaation hyödyntämistä loukkaantumisten ehkäisyyn, harjoittelun optimoinnin sekä palautumisen ja unen kannalta. Tarkastelimme myös puettavien teknologioiden haasteita. Luvun tarkoituksena oli vastata toiseen tutkimuskysymykseen, eli miten puettavan teknologian tuottamaa dataa hyödynnetään urheilussa. Tutkimuskysymykseen vastauksena voidaan todeta, että dataa käytetään loukkaantumisten ehkäisyyn, vammojen tunnistamiseen, harjoittelumentelmien ja suorituskyvyn parantamiseen, taktiseen päätöksentekoon sekä palautumisen ja rasituksen seurantaan.

## 4 YHTEENVETO JA POHDINTA

Puettavat teknologiat ovat saavuttaneet suuren suosion lähivuosien aikana. Ihmisten luonnollinen halu mitata ja kehittää itseään ovat osasyynä suosion kasvuun. Myös urheilun saralla halu saada suoritteet mitattaviksi ovat lisänneet kiinnostusta puettavien teknologioiden ympärillä. Tämän lisäksi teknologian kehitys on mahdollistanut entistä tehokkaammat, pienikokoisemmat ja edullisemmat laitteet oman itsensä mittaamiseen. Puettavat laitteet eivät enää ole vaikeasti käytettäviä, kalliita tai isokokoisia, vaan jokaiselle urheilijalle kilpailutasosta riippumatta on tarjolla jokin vaihtoehto. Tämä tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja johdannossa määrittelinkin tutkimuskysymyksiksi seuraavat:

1. Millaisia erityyppisiä teknologioita puettavat laitteet hyödyntävät?
2. Miten puettavan teknologian tuottamaa dataa hyödynnetään urheilussa?

Toinen luku oli tarkoitettu ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastaamiseen ja se alkoikin vastaamisen kannalta tärkeän käsitteen, eli puettavan teknologian määrittelyllä. Puettavan teknologian käsitteen huomattiin olevan joissain määrin monitulkintainen, sillä osassa tapauksista se määriteltiin hyvin rajatusti tarkoittamaan esimerkiksi vain vaatteiden kanssa tai vartalolla käytettäviä sensorisia laitteita, kun taas toisessa määritelmässä puettaviksi laitteiksi voitiin lukea kaikki sellaiset laitteet, jotka ovat henkilöllä mukanaan itsensä auttamiseksi. Toisaalta eroavaisuuksia oli myös siinä, mainittiinko puettavan teknologian tarvitsevan myös isäntälaitteen käytön mahdollistamiseksi. Sekaannusta saattaa aiheuttaa myös termit "puettava teknologia" ja "puettava laite", mutta käsitteen määrittelyn pohjalta ymmärrämme näiden kahden tarkoittavan samaa asiaa. Tätä tutkielmaa varten puettava teknologia rajattiin tarkoittamaan teknologiaa sisältäviä laitteita, joita käytetään vaatteiden kanssa tai vartalolla ja jotka tuottavat käyttäjälleen informaatiota.

Käsitteen määrittelyn jälkeen tutustuimme itsensä mittaamisen ajatukseen, eli motivaatioon puettavien laitteiden käyttämisen taustalla. Saimme selville, että

ihmisillä on luontainen halu itsensä mittaamiseen. Tämän voidaan ajatella olevan osasyynä puettavien laitteiden suosiolle, sillä ne mittaavat meistä sellaisia asioita, joiden havaitseminen ja tallentaminen voisi olla hankalaa ilman apuvälineitä ja joiden pohjalta käyttäjä voi muokata omaa käyttäytymistään. Toisen luvun kolmannesta kappaleesta eteenpäin keskityimme varsinaiseen teknologiaan puettavien laitteiden taustalla, eli GPS :ään, puettaviin sensoreihin sekä sykemittariin ja saimme vastauksen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Kolmannen luvun aluksi määrittelimme urheilun käsitteen, jonka havaittiin myös olevan monitulkintainen. Tämän tutkielman laajuuden rajoissa pitämiseksi urheilun osalta käsittelystä jätettiin kokonaan pois e-urheilu. Tutkielma ei siis ota kantaa siihen, onko e-urheilu urheilua. Toisaalta myös e-urheilun puettavan teknologian käytöstä vaikutti olevan saatavilla materiaalia varsin niukasti. Tunnistimme lähdekirjallisuutta vertailemalla urheilulle tyypillisiä piirteitä, joiden pohjalta muodostimme tässä tutkielmassa käytettävän urheilun määritelmän. Tässä tutkielmassa urheilulla tarkoitettiin fyysistä, kilpailullista, hallinnoitua ja sääntöjä sisältävää toimintaa.

Kolmannen luvun tarkoituksena oli saavuttaa vastaus toiseen tutkimuskysymykseen, miten puettavan teknologian tuottamaa dataa hyödynnetään urheilussa. Käsittelimme luvussa loukkaantumisten ehkäisyä, harjoittelun optimointia, palautumista ja unta sekä puettavien teknologioiden haasteita.

Käyttötapojen lisäksi tarkastelimme myös puettaviin teknologioihin kohdistettua kritiikkiä. Vaikka puettavien teknologioiden käytöllä voidaan saavuttaa paljon hyötyjä, voi käytöstä olla myös haittaa. Unen seuranta saattaa itseasiassa aiheuttaa uniongelmia, laitteiden fyysinen koko voidaan nähdä loukkaantumisriskiä lisäävänä tekijänä ja datan perusteella tehty taktinen päätöksenteko sisältää aina inhimillisiä tekijöitä, joiden olemassaolon vuoksi puettavien laitteiden rooli päätöksenteossa jää epäselväksi. Ongelmia aiheuttaa myös kerättävän datan omistajuus. Vaikka käyttäjä omistaa puettavaa teknologiaa, hän ei usein omista itsestään kerättävää dataa. Tämän lisäksi puettavan teknologian käyttäjille esitettävät tiedot voivat olla triviaaleja verrattuna siihen, kuinka monimutkaista tietoa laitteiden valmistaja saa käyttäjistä lopulta kerättyä. Kirjallisuudessa esiintyi myös mainintoja puettavien teknologioiden tietoturvallisuuteen liittyen. Vaikuttaisi siltä, että puettavia laitteita ei ole suunniteltu tietoturvaa silmällä pitäen, eikä niiden keräämää dataa välttämättä varastoida riittävän turvallisesti. Laitteisiin liittyy myös haavoittuvuuksia joita tietomurtajat voivat hyödyntää päästäkseen käsiksi laitteen omistajan tietoihin.

Tutkielman rajoituksiin liittyen on todettava, että tutkielman pituus rajaa käsittelystä pois osan teknologioista. Toisaalta myös datan käytön osalta kaikkia mahdollisia osa-alueita ei voida käydä läpi. Tätä tutkielmaa voidaan pitää yleisluontoisena katsauksena puettavien laitteiden teknologioihin ja puettavien teknologioiden tuottaman datan hyödyntämiseen urheilussa. Tulevaisuudessa mielenkiintoisia tutkimusaiheita voisivat olla esimerkiksi puettavan teknologian mahdolliset hyödyt e-urheilussa, puettavan teknologian käytön pitkäaikaiset

vaikutukset urheiliijaan ja puettavien teknologioiden tuottamaan dataan perustuvan päätöksenteon inhimillisten tekijöiden tutkiminen.

Puettavat teknologiat ovat selkeästi osa urheilun tulevaisuutta. Teknologian jatkuva kehitys mahdollistaa entistä pienempien ja huomaamattomampien laitteiden kehittämisen sekä monipuolisemmat mittaushetköt. Onkin perusteltua pohtia esimerkiksi sitä, mikä on valmentajien tulevaisuus urheilussa. Voisiko puettava teknologia korvata yksilöurheilijan näkökulmasta valmentajan kokonaan? Tarvitseeko urheilija enää ulkopuolista ihmistä kertomaan mitä tehdä, kun puettavat laitteet voivat kerätyn datan perusteella ja aiempaan dataan vertaamalla kertoa urheilijan kehityskohteet. Vai muuntautuuko valmentajan rooli enemmän puettavien teknologioiden tuottaman datan asiantuntevaksi käyttäjäksi ja analysoijaksi, jotta urheilijat voivat edelleen keskittyä vain urheiluun? Entä miten tulee käymään urheilupäätöksenteon inhimilliselle aspektille. Jos esimerkiksi joukkueen pelaajista on saatavilla massiiviset määrät henkilökohtaista dataa, millainen vaikutus tällä on esimerkiksi sopimusneuvotteiluihin tai päätökseen siitä kuka pelaa ja kuka ei. Voiko puettava teknologia oikeastaan havaita niitä asioita, jotka tapahtuvat mittauksen ulkopuolella, kuten joukkuehengen luominen tai johtajuus. Millaiseen arvoon nämä ominaisuudet tulevat kehittymään? Eikä ole syytä unohtaa puettavien teknologioiden varjopuolia. Mikä on puettavien teknologioiden käytön todellinen hinta? Jos laitteita valmistava yritys tietää terveydestäsi jo nyt enemmän kuin sinä itse, millaisia pitkäaikaisia vaikutuksia tämän tiedon luovuttamisella voi olla? On selvää, että pelkästään laitteen hintalappu ei kerro meille koko totuutta.

## LÄHTEET

Anzaldo, D. (2015). Wearable sports technology - Market landscape and compute SoC trends. *International SoC Design Conference (ISOCC)*, (217-218). Gyeongju, Korea (South).

Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538.

Aughey, J. (2011) Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310.

Bajaj, R., Ranaweera, S. L. & Agrawal, D. P. (2002). GPS: location-tracking technology. *Computer*, 35(4), 92-94.

Benson, L. C., Räisänen, A. M., Volkova, V. G., Pasanen, K. & Emery, C. A. (2020). Workload a-WEAR-ness: Monitoring workload in team sports with wearable technology. A scoping review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50(10), 549-563.

Bieuzen, F., Pournot, H., Roulland, R. & Hausswirth, C. (2012). Recovery after high-intensity intermittent exercise in elite soccer players using Veinoplus sport technology for blood-flow stimulation. *Journal of Athletic Training*, 47(5), 498-506.

Black, G. M., Gabbett, T. J., Cole, M. H., & Naughton, G. (2016). Monitoring workload in throwing-dominant sports: A systematic review. *Sports Med*, 46(10), 1503-1516.

Bloss, R. (2015). Wearable sensors bring new benefits to continuous medical monitoring, real time physical activity assessment, baby monitoring and industrial applications. *Sensor Review*, 35(2), 141-145.

Bloss, R. (2012). Mouth sensor helps researchers track concussions. *Sensor Review*, 32(3), 199-202.

Cantu, R. (1996). Head injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 30(4), 289-296.

Cardinale, M. & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology. applications, challenges, and opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), S2-55- S2-62.

- Ching, K. W. & Singh, M. M. (2016). Wearable technology devices security and privacy vulnerability analysis. *International Journal of Network Security & its Applications*, 8(3), 19-30
- Coyle, S., Morris, D., Lau, K. T., Diamond, D. & Moyna, N. (2009). Textile-Based Wearable Sensors for Assisting Sports Performance. *2009 Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, (309-313). Berkeley, CA, USA
- Cornacchia, M., Ozcan, K., Zheng, Y. & Velipasalar, S. (2017). A survey on activity detection and classification using wearable sensors. *IEEE Sensors Journal*, 17(2), 386-403.
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H., Fuss, F. & Sperlich, B. (2016). Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Frontiers in Physiology*, 7:71, 1-11.
- Dunne, L. (2004). *The design of wearable technology addressing the human-device interface through functional apparel design* (Master's Thesis). Cornell University. Hattu osoitteesta <http://hdl.handle.net/1813/150>
- Ermes, M., Pärkkä, J., Mäntyjärvi, J. & Korhonen, I. (2008). Detection of daily activities and sports with wearable sensors in controlled and uncontrolled conditions. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 12(1), 20-26.
- Evenson, K., Catellier, D., Gill, K., Ondrak, K. & McMurray, R. (2008). Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*, 26(14), 1557-1565.
- Fernandez, P. (2014). Wearable technology: beyond augmented reality. *Library Hi Tech News*, 31(9)
- Gafurov, D., Helkala, K. & Søndrol, T. (2006). Biometric gait authentication using accelerometer sensor. *Journal of Computers*, 1(7), 51-59.
- Halson, S., Peake, J. & Sullivan, J. (2016). Wearable technology for athletes: information overload and pseudoscience? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 705-706.
- Heikenfeld, J., Jajack, A., Rogers, J., Gutruf, P., Tian, L., Pan, T., Li, R., Khine, M., Kim, J. & Wang, J. (2018). Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects. *Lab on a Chip*, 18(2), 217-248.

Holleczek, T., Schoch, J., Arnrich, B. & Tröster, G. (2010). Recognizing turns and other snowboarding activities with a gyroscope. *International Symposium on Wearable Computers (ISWC)*, (1-8). Seoul, Korea (South)

Jenny, S. E., Manning, R. D., Keiper, M. C. & Olrich, T. W. (2017). Virtual(ly) athletes: Where eSports fit within the definition of sport. *Quest (National Association for Kinesiology in Higher Education)*, 69(1), 1-18.

Kim, T. & Chiu, W. (2019). Consumer acceptance of sports wearable technology: the role of technology readiness. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 20(1), 109-126.

Laukkanen, R. M. T. & Virtanen, P. K. (1998). Heart rate monitors: State of the art. *Journal of Sports Sciences*, 16(1), 3-7.

Liu, D. & Guo, X. (2017). Can trust and social benefit really help? Empirical examination of purchase intentions for wearable devices. *Information Development*, 33(1), 43-56.

Lutz, J., Memmert, D., Raabe, D., Dornberger, R. & Donath, L. (2019). Wearables for Integrative Performance and Tactic Analyses: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1)

Markets and Markets. (julkaistu huhtikuussa 2021). Wearable Technology Market by Product, Type, Application and Geography – Global Forecast to 2026. Hattu 3.5.2021 osoitteesta: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/wearable-electronics-market-983.html>

Merry, K. & Bettinger, P. (2019). Smartphone GPS accuracy study in an urban environment. *PLoS One*, 14(7)

Migueles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Ekelund U, Nyström, C. D., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., Labayen, I., Ruiz, J. R., Ortega, F. B. (2017). Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: A systematic review and practical considerations. *Sports Med*, 47, 1821-1845

Page, T. (2015). Applications of Wearable Technology in Elite Sports. *iManager Publications*, 2(1), 1-15.

Parry, J. (2018). E-sports are not sports. *Sport, Ethics and Philosophy*, 13(1), 3-18.

Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S. & Joinson, A. (2016). The rise of consumer health wearables: promises and barriers. *PLoS Medicine*, 13(2)



- Ray, T., Choi, J., Reeder, J., Lee, S. P., Aranyosi, A. J., Ghaffari, R. & Rogers, J. A. (2019). Soft, skin-interfaced wearable systems for sports science and analytics. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 9, 47-56.
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A. & Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the physiological and biochemical profile of the athlete. *NPJ Digital Medicine*, 2(1)
- Swan, M. (2013). The quantified self: Fundamental disruption in big data science and biological discovery. *Big Data*, 1(2), 85-99.
- Williamson, J., Liu, Q., Lu, F., Mohrman, W., Li K., Dick, R. & Shang, L. (2015). Data sensing and analysis: Challenges for wearables. *The 20th Asia and South Pacific Design Automation Conference*, (136-141). Chiba, Japan.
- Witkowski, E. (2012). On the digital playing field. *Games and Culture*, 7(5), 349-374.
- Zadeh, A., Taylor, D., Bertso, M., Tillman, T., Nosoudi, N., & Bruce, S. (2020). Predicting sports injuries with wearable technology and data analysis. *Information Systems Frontiers*. Haettu osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10796-020-10018-3>
- Zhang, J., Cao, Y., Qiao, M., Ai, L., Sun, K., Mi, Q., Zang, S., Zuo, Y., Yuan, X. & Wang, Q. (2018). Human motion monitoring in sports using wearable graphene-coated fiber sensors. *Sensors and Actuators. A. Physical*, 274, 132-140.