

Aki-Petteri Anttonen

**LIIKUNTATEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN VOI-
MAHARJOITTELUSSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2021

TIIVISTELMÄ

Anttonen, Aki-Petteri

Liikuntateknologian hyödyntäminen voimaharjoittelussa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2021, 31 s.

Tietojärjestelmätiede, Kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Kyppö, Jorma

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan liikuntateknologian hyödyntämistä voimaharjoittelussa. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Tutkielmassa liikuntateknologia rajataan informaatioteknologisiin laitteisiin ja digitaalisiin sovelluksiin ja palveluihin. Voimaharjoittelun osalta tutkielmassa käsitellään erityisesti painoharjoittelua. Liikuntateknologian hyödyntäminen urheilussa on lisääntynyt paljon viime vuosina ja liikuntateknologiaa on alettu hyödyntämään monissa eri urheilulajeissa. Voimaharjoittelusta on puolestaan tullut merkittävä osa monien urheilulajien harjoitteluohjelmia. Liikuntateknologia tarjoaa käyttäjälleen monia yleisiä hyötyjä. Tutkielmassa yleiset hyödyt ovat jaettu kolmeen ryhmään: liikuntamotivaatioon, harjoittelun tehostamiseen ja palautumiseen. Voimaharjoittelussa liikuntateknologian hyödyt keskittyvät erityisesti harjoittelun tehostamiseen. Liikuntateknologia mahdollistaa voimaharjoittelusta aiheutuvan ulkoisen kuormituksen mittaamisen, jonka pohjalta harjoittelua voidaan optimoida. Esimerkiksi inertiamittausyksiköitä voidaan hyödyntää harjoitteluliikkeiden tunnistamiseen tai suoritustekniikan arviointiin.

Asiasanat: liikuntateknologia, voimaharjoittelu, liikuntateknologian hyödyt

ABSTRACT

Anttonen, Aki-Petteri

Utilizing Sports Technology in Strength Training

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2021, 31 pp.

Information Systems Science, Bachelor's Thesis

Supervisor: Kyppö, Jorma

This Bachelor's Thesis examines the use of sport technology in strength training. Thesis has been carried out as a literature review. In this thesis, sport technology covers different information technology devices and digital softwares and digital services. Strength training is mainly addressed in the form of weight training. Utilization of sport technology has increased a lot in recent years and sport technology has found its way into many different sports. Strength training, on the other hand, has become a significant part of training programs for many sports. Sport technology offers many different general benefits. In this thesis the general benefits have been divided into three groups: sport motivation, training enhancement and recovery. The benefits of sport technology in strength training are especially focused on making training more effective. Sport technology makes it possible to measure the external training load caused by strength training, based on which the training can be optimized. For example, inertial measurement units can be used to identify training movements or to evaluate training techniques.

Keywords: sports technology, strength training, benefits of sport technology

TAULUKOT

Taulukko 1 Liikuntateknologian hyödyt voimaharjoittelussa.....	25
--	----

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 LIIKUNTATEKNOLOGIA	8
2.1 Liikuntateknologia käsitteenä.....	8
2.2 Liikuntateknologian eri muotoja	9
2.2.1 Sykemittarit	9
2.2.2 GPS	10
2.2.3 Inertiamittausyksiköt.....	10
2.2.4 Urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet ja älykellot.....	11
2.2.5 Mobiilisovellukset	12
3 LIIKUNTATEKNOLOGIAN YLEISET HYÖDYT	13
3.1 Liikuntamotivaatio	13
3.2 Harjoittelun tehostaminen.....	15
3.3 Palautuminen	17
4 LIIKUNTATEKNOLOGIA VOIMAHARJOITTELUSSA	19
4.1 Voimaharjoittelu	19
4.2 Liikuntateknologian hyödyt voimaharjoittelussa.....	21
5 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Liikuntateknologia on kasvattanut suosiotaan merkittävästi viime vuosien aikana. Suomalaisista jopa noin kolmannes käyttää jotakin liikuntateknologian sovellusta (Moilanen, 2019). Liikuntateknologiasta onkin tullut monille osa liikuntakokemusta (Moilanen, Salo & Frank, 2014). Liikuntateknologian suosiota on kasvattanut erityisesti teknologian kehittyminen. Nykyisin markkinoilla on saatavilla useita erilaisia liikuntateknologian sovelluksia. Näitä ovat esimerkiksi sykemittarit, urheilukellot ja mobiilisovellukset. Liikuntateknologian sovellukset mahdollistavat esimerkiksi urheilijaan kohdistuvan kuormituksen mittaamisen, jonka avulla voidaan arvioida esimerkiksi levon tarvetta ja vähentää loukkaantumiseriskiä (Bourdon ym., 2017).

Liikuntateknologiaa ja sen hyödyntämistä on tutkittu yleisesti suhteellisen paljon. Liikuntateknologian hyödyntämistä voimaharjoittelun tukena ei kuitenkaan ole tutkittu paljoa. Tässä tutkielmassa halutaan selvittää, miten liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää erityisesti voimaharjoittelussa.

Liikuntateknologia on käsitteenä hyvin laaja (Moilanen, 2014). Tässä tutkielmassa liikuntateknologia rajataan tarkoittamaan erilaisia informaatioteknologisia laitteita sekä digitaalisia palveluita ja sovelluksia. Digitaaliset palvelut ja sovellukset sisällytettiin tutkielmaan, koska nykyisin liikuntateknologian tuotteeseen sisältyy usein varsinaisen laitteen lisäksi myös ohjelmisto ja digitaalinen palvelu (Moilanen, 2019).

Voimaharjoittelulla tutkielmassa tarkoitetaan harjoittelua jotakin ulkoista vastusta vastaan, jolla pyritään kasvattamaan urheilijan voimantuottokapasiteettia. Tutkielmassa tarkastellaan voimaharjoittelua erityisesti painoharjoittelun näkökulmasta, koska painoharjoittelun on todettu olevan tehokas tapa lisätä urheilijan voimantuottokapasiteettia (Jackson, 2000). Tutkielmassa termillä urheilija tarkoitetaan ketä tahansa urheilun harrastajaa. Urheilija voi siis olla kilpaurheilija tai tavallinen kuntoliikkuja.

Tutkimus suoritettiin kirjallisuuskatsauksena ja sen tarkoituksena oli selvittää, miten liikuntateknologiaa voidaan käyttää voimaharjoittelussa ja mitä hyötyjä sen käytöstä saadaan. Tutkielmalla on yksi pääkysymys ja yksi apukysymys.

Tutkielman pääkysymys:

- "Miten liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää voimaharjoittelussa?"

Tutkielman apukysymys:

- "Mitä yleisiä hyötyjä liikuntateknologia tarjoaa?"

Kirjallisuuskatsauksen pääasiallisena tietolähteenä käytettiin Google Scholarin ja IEEE Xplore sisällemiä tieteellisiä artikkeleita ja julkaisuja. Lähteitä etsiessä keskeisimpinä hakusanoina toimivat "Liikuntateknologia", "Sport technology", "Wearable technology", "Strength training" ja "Resistance training". Julkaisuja ja artikkeleita etsiessä pyrittiin huomioimaan niiden ajankohtaisuus ja luotettavuus. Tutkielmassa hyödynnettiin lisäksi Jyväskylän yliopiston julkaisuarkistoa, josta etsittiin liikuntateknologiaan liittyviä julkaisuja. Näitä julkaisuja hyödynnettiin liikuntateknologiaan perehtymiseen ja potentiaalisten lähteiden löytämiseen.

Tutkielman sisältö koostuu tiivistelmästä, sisällysluettelosta, johdannosta, sisältöluvuista, yhteenvedosta ja lähdeluettelosta. Tutkielman keskeinen sisältö löytyy kolmesta sisältöluvusta eli tutkielman teoriaosuudesta.

Ensimmäisessä sisältöluvussa käsitellään liikuntateknologiaa käsitteenä ja esitellään tutkielmaa varten tehty rajausta liikuntateknologiasta. Ensimmäisessä sisältöluvussa esitellään myös yleisimpiä liikuntateknologian muotoja. Läpikäytävät liikuntateknologian muodot ovat sykemittarit, GPS, inertiamittausyksiköt, urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet, älykellot ja mobiilisovellukset.

Toisessa sisältöluvussa tarkastellaan liikuntateknologian käyttämisestä saatavia yleisiä hyötyjä. Yleisillä hyödyillä tarkoitetaan sellaisia liikuntateknologian käytöstä saatavia hyötyjä, jotka eivät ole sidottu mihinkään tiettyyn urheilulajiin. Liikuntateknologian yleisiä hyötyjä voidaan siis soveltaa useisiin eri urheilulajeihin, mukaan lukien voimaharjoitteluun. Yleiset hyödyt ovat jaettu kolmeen eri kategoriaan: liikuntamotivaatioon, harjoittelun tehostamiseen ja palautumiseen. Toisessa sisältöluvussa vastataan tutkimuksen apukysymykseen.

Kolmannessa sisältöluvussa tarkastellaan liikuntateknologian käytöstä saatavia hyötyjä erityisesti voimaharjoittelun näkökulmasta. Luvussa käsitellään aluksi yleisesti voimaharjoittelua ja sen ominaisuuksia. Tämän jälkeen luvussa käydään läpi liikuntateknologian hyödyntämistä voimaharjoittelun tukena. Kolmannessa sisältöluvussa vastataan myös tutkielman tutkimuskysymykseen.

2 LIIKUNTATEKNOLOGIA

Tässä luvussa tarkastellaan aluksi liikuntateknologiaa käsitteenä. Liikuntateknologia on käsitteenä hyvin laaja ja aluksi tuodaan esille eri määrittelyjä eri lähteistä. Tämän jälkeen kerrotaan, miten liikuntateknologia on määritelty tässä tutkielmassa. Lopuksi käydään läpi erilaisia liikuntateknologian muotoja tutkielman rajauksen sisällä. Käsiteltävät liikuntateknologiat ovat: sykemittarit, GPS, inertiamittausyksiköt, urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet, älykellot ja erilaiset mobiilisovellukset.

2.1 Liikuntateknologia käsitteenä

Käsitteenä liikuntateknologia (sports technology) on todella laaja ja sen alle voidaan sijoittaa melkein kaikki liikuntaan liittyvät laitteet ja välineet (Kari, 2011). Liikuntateknologiaan voidaan täten sisältää myös perinteiset liikuntasuorituksessa tarvittavat välineet kuten esimerkiksi polkupyörä pyöräilyssä (Loland, 2002). Moilanen (2017) toteaaakin, että kansainvälisessä tarkastelussa liikuntateknologian käsite ei siis ole vakiintunut mitenkään, mutta Suomessa liikuntateknologian käsite on vakiintumassa käsittämään nimenomaan liikunnassa hyödynnettäviä digitaalisia informaatioteknologian sovelluksia.

Moilanen (2017) määrittelee väitöskirjassaan liikuntateknologian digitaalisiksi informaatioteknologiaan pohjautuviksi kokonaisuuksiksi, joilla voidaan mitata, tallentaa ja analysoida dataa liikunnasta, sekä jalostaa sitä käyttäjän tarpeiden mukaan. Tämän määrittelyn mukaan liikuntateknologia siis käsittää itse informaatioteknologisten laitteiden lisäksi myös erilaiset ohjelmistot ja sovellukset, joilla laitteiden tuottamaa dataa voidaan käsitellä. Moilanen (2014) toteaaakin, että moderni liikuntateknologian tuote koostuu, itse fyysisestä mittalaitteesta sekä verkkopalvelusta tai sovelluksesta, johon mittalaitteen keräämä data siirretään käyttäjälle selvempään muotoon. Käytännössä siis liikuntateknologia on hyvin palvelukeskeistä, koska vasta digitaaliset palvelut tai sovellukset te-

kevät liikuntateknologiasta käyttäjälleen oikeasti hyödyllisen, prosessoimalla liikunnasta kerätyn datan ymmärrettävään muotoon (Moilanen, 2019).

Tässä tutkielmassa rajaan liikuntateknologian käsitteen hyvin pitkälti Moilasen (2017) esittelemällä tavalla. Tutkielmassani liikuntateknologia käsittää erilaiset urheilussa käytettävät informaatioteknologiset laitteet sekä digitaaliset palvelut ja sovellukset. Rajasin liikuntateknologian informaatioteknologian laitteisiin sekä digitaalisiin palveluihin ja sovelluksiin, koska mielestäni nämä ovat hyvin paljon kytköksissä toisiinsa. Kuten Moilanen (2019) totesi, vasta digitaaliset palvelut tekevät teknologiasta käyttäjälleen aidosti hyödyllisen.

2.2 Liikuntateknologian eri muotoja

2.2.1 Sykemittarit

Liikuntateknologiasta puhuttaessa monille tulee ensimmäisenä mieleen sykemittari (Moilanen, 2019). Sykemittarit ovat laitteita, jotka mittaavat sydämen lyöntitiheyttä eli sykettä. Sykemittarien hyödyntäminen liikunnassa lisääntyi, kun ensimmäiset langattomat sykemittarit kehitettiin 1980-luvulla (Achten & Jeukendrup, 2003). Aluksi sykemittareita hyödynsivät lähinnä huippu-urheilijat, mutta teknologian saatavuuden ja käytettävyyden parantumisen myötä sykemittarit ovat tulleet suosituiksi myös tavallisten urheilijoiden keskuudessa (Ah-tinen, Mantyarvi & Hakkila, 2008). Perinteiset sykemittarit koostuvat yleensä rinnan ympärille puettavasta mittauslaitteesta sekä ranteessa pidettävästä datan vastaanottimesta (Burke, 1998). Nykyisin perinteisten sykemittarien rinnalle nousseet sykkeen suoraan ranteesta mittaavat sykemittarit ovat kasvattaneet suosiota urheilijoiden keskuudessa (Pasadyn ym., 2019).

Rinnan ympärille puettavan sykemittarin toiminta perustuu sydämen sähköisen toiminnan (EKG) mittaamiseen sykevyössä olevien elektrodien avulla (Welk, 2002). Elektrodeja hyödyntävillä sykevöillä saadaan tehtyä hyvin tarkkoja mittauksia, mutta sykevyön epäkäytännöllisyyden vuoksi ne eivät ole saavuttaneet suurta suosiota (Gillinov ym., 2017).

Sykemittarit, jotka mittaavat sykkeen käyttäjän ranteesta hyödyntävät usein fotopletysmografiaa (PPG). PPG on optinen tekniikka sykkeen mittaamiseen, jossa mitataan iholle suunnatun valon takaisin heijastumista (Biswas, Simões-Capela, Van Hoof & Van Helleputte, 2019). PPG-teknologian haittapuolena on niiden alttius mittausvirheille. Erityisesti optisen sensorin liikkuminen saattaa aiheuttaa vääristyneitä mittaustuloksia (Gillinov ym., 2017). PPG-teknologiaan pohjautuvien sykemittarien etuna kuitenkin on parempi käytettävyys sekä käyttömukavuus (Parak & Korhonen, 2014).

2.2.2 GPS

GPS eli Global Positioning System on paikannusjärjestelmä, joka kehitettiin alun perin Yhdysvalloissa sotilaskäyttöön (Scott, Scott & Kelly, 2016). Vuonna 2000 GPS kuitenkin vapautettiin myös siviilikäyttöön, joka mahdollisti erilaisien GPS-sovellusten ja -laitteiden kehittämisen kuluttajille (Malkinson, 2009). GPS järjestelmä toimii maapalloa kiertävien satelliittien avulla, jotka lähettävät signaaleja GPS vastaanottimeen (Malkinson, 2009).

GPS vastaanotin vaatii yhteyden vähintään neljään eri satelliittiin, jotta sijainti pystytään määrittämään. Neljä satelliittia mahdollistaa paikantamisen, mutta on tutkittu, että satelliittien määrällä on selvä vaikutus paikannuksen tarkkuuteen (Scott, Scott & Kelly, 2016).

Urheilusuorituksen tallentamisen ja seurannan kannalta GPS-paikantimen yksi keskeinen ominaisuus on sen päivitystaajuus. Päivitystaajuudella tarkoitetaan sitä, kuinka monta kertaa sekunnissa GPS-vastaanotin laskee sijainnin. Päivitystaajuus ilmaistaan yleensä hertseinä (Hz). Tyypilliset kuluttajakäytössä olevat GPS-paikantimet laskevat sijainnin yhden kerran sekunnissa, mutta teknologian kehittymisen myötä nykyään on saatavilla paikantimia, jotka voivat laskea sijainnin jopa 15 kertaa sekunnissa (Scott, Scott & Kelly, 2016).

GPS-paikantimen päivitystaajuus vaikuttaa huomattavasti urheilusuorituksesta saatavan datan tarkkuuteen. Suuremmalla päivitystaajuudella saadaan luotettavampia tuloksia (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd & Aughey, 2010). Tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että 10 hertsin päivitystaajuudella toimiva GPS-paikannin on tuloksiltaan luotettavin eikä 15 hertsin päivitystaajuus tuonut enää lisähyötyä 10 hertsin päivitystaajuuteen verrattuna (Scott, Scott & Kelly, 2016).

GPS-paikantimet ovat yleensä osa jotakin muuta laitetta. Kuluttajakäytössä GPS-paikantimia hyödynnetään esimerkiksi urheilukelloissa ja älypuhelimissa. Urheilukellon tai älypuhelimien avulla GPS-paikantimen tuottamat tiedot voidaan esittää käyttäjälle ymmärrettävässä muodossa.

2.2.3 Inertiamittausyksiköt

Inertiamittausyksiköt ovat pieniä laitteita, jotka voivat mitata esineen kiihtyvyyttä ja kulmaliikettä. Inertiamittausyksiköitä on hyödynnetty 1930-luvulta lähtien esimerkiksi ilma-alusten navigoinnissa. Inertiamittausyksiköt olivat kuitenkin 1930-luvulla kuluttajakäyttöön liian isoja ja kalliita. (Ahmad, Ghazilla, Khairi & Kasi, 2013.) Inertiamittausyksiköiden käyttö on kuitenkin yleistynyt paljon viime aikoina etenkin MEMS-teknologian (Micro Electrical Mechanical System) kehittymisen myötä (Vainio, 2016).

Inertiamittausyksiköt koostuvat yleensä gyroskoopeista ja kiihtyvyysantureista, mutta etenkin uusimissa yksiköissä voidaan hyödyntää näiden lisäksi myös magnetometrejä (Ahmad ym., 2013). Kiihtyvyysanturi mittaa kappaleen kiihtyvyyttä tietyn akselin suuntaisesti ja gyroskooppi mittaa kappaleen kul-

manopeutta tietyn akselin suhteen (Vainio, 2016). Inertiamittausyksikkö sisältää yleensä kolme gyroskooppi ja kiihtyvyysanturia, jotta arvoja voidaan mitata kolmessa ulottuvuudessa x, y ja z akselien suuntaisesti (Vainio, 2016).

Inertiamittausyksiköltä voidaan saada arvoja suoraan gyroskoopilta tai kiihtyvyysanturilta, mutta tarkempia arvoja saadaan kalibroimalla näiden tulokset (Ahmad ym., 2013). Kiihtyvyysanturien ja gyroskooppien ominaisuudet siis täydentävät toisiaan, minkä vuoksi inertiamittausyksiköt yleensä sisältävät molemmat (Vainio, 2016). Inertiamittausyksiköistä, joissa on myös magnetometri, voidaan saada vielä tarkempia arvoja. Magnetometrin tuottamat arvot voidaan kalibroida gyroskooppien arvoihin, jolloin mittaustulosten virheitä saadaan pienennettyä (Ahmad ym., 2016).

Magnetometrin sisältävän inertiamittausyksikön käytössä tulee ottaa huomioon sen käyttöympäristö. Magnetometri saattaa ottaa häiriötä magneettisista metalleista, mikä vääristää inertiamittausyksikön antamia arvoja (Ahmad ym., 2016).

Inertiamittausyksiköstä yksinään on harvoin hyötyä tavalliselle urheilijalle. Pelkän inertiamittausyksikön tuottaman datan hyödyntäminen voi olla hyvin vaikeaa ilman asiantuntemusta. Kuluttajakäytössä inertiamittausyksiköt ovatkin yleensä osa jotain muuta liikuntateknologian laitetta kuten esimerkiksi urheilukelloa. Tällöin urheilukellon sisältämä ohjelmisto suorittaa datan prosessoinnin käyttäjälle hyödylliseen muotoon.

2.2.4 Urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet ja älykellot

Urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet ja älykellot ovat ranteessa pidettäviä liikuntateknologian laitteita. Puettavista liikuntateknologian laitteista ranteessa pidettävät ovat suosituimpia (Aroganam, Manivannan & Harrison, 2019). Ranteessa pidettävien liikuntateknologian laitteiden kategorisointi on usein vaikeaa, mutta kaikkien niiden keskeinen ominaisuus on mahdollisuus mitata fyysisiä aktiviteetteja (Henriksen ym., 2018).

Urheilukellot ja aktiivisuusrannekkeet ovat tehty erityisesti liikuntateknologian laitteiksi eli niiden keskeinen tarkoitus on fyysisten aktiviteettien mittaaminen. Älykellot puolestaan ovat hyvin monikäyttöisiä, mutta niiden sisään rakennetut sensorit kuitenkin mahdollistavat älykellon hyödyntämisen myös fyysisten aktiviteettien mittaamiseen. (Henriksen ym., 2018.)

Kaikkien ranteessa pidettävien liikuntateknologian laitteiden tehtävä on mitata käyttäjän fyysistä aktiivisuutta ja urheilusuorituksia. Tätä varten näissä laitteissa on lukusia sensoreita, jotka mahdollistavat datan keräämisen eri suorituksista. Keskeisimpiä sensoreita, joita hyödynnetään urheilukelloissa, aktiivisuusrannekkeissa ja älykelloissa ovat kiihtyvyysanturi, gyroskooppi, magnetometri, GPS, sykemittari ja pedometri eli askelmittari. (Aroganam, Manivannan & Harrison, 2019).

Kiihtyvyysanturi on eniten käytetty sensori ranteessa pidettävissä liikuntateknologian laitteissa. Jo pelkän kiihtyvyysanturin avulla nämä laitteet voivat laskea käyttäjän askeleet, arvioida liikunnan tyyppiä ja arvioida käyttäjän energi-

ankulutusta. Suuressa osassa laitteista on kuitenkin kiihtyvyysanturin lisäksi muitakin sensoreita, koska näiden tuottamalla lisähyödyllä voidaan urheilu-suorituksista kerätä kattavammin tietoa. (Henriksen ym., 2018.)

2.2.5 Mobiilisovellukset

Mobiilisovellukset ovat mobiililaitteilla kuten älypuhelimella tai tabletilla käytettäviä sovelluksia. Teknologian kehityksen myötä mobiililaitteista on tullut erinomainen alusta sovelluksille, jotka mahdollistavat urheilusuorituksen mittaamisen, analysoinnin ja tallentamisen (Ahtinen ym., 2008). Erityisesti älypuhelimien sisäänrakennetut sensorit tarjoavat liikuntasovelluksille paljon mahdollisuuksia (Moilanen, 2019).

Liikuntateknologian mobiilisovellukset voivat olla liitettynä toiseen liikuntateknologian laitteeseen kuten esimerkiksi sykevyöhön tai urheilukelloon. Tällöin mobiilisovellus toimii alustana, jossa liikuntateknologian laitteen tuottamaa dataa prosessoidaan ja esitetään käyttäjälle hyödyllisessä muodossa (Aroganam, Manivannan & Harrison, 2019). Liikuntateknologia onkin nykyään muuttunut enemmän palvelukeskeiseksi. Liikuntateknologinen laite saattaa itsessään olla käyttäjälle hyödytön ilman digitaalisia palveluita kuten mobiilisovellusta. (Moilanen, 2019.)

Mobiilisovellukset voivat olla myös itsenäisiä liikuntateknologian sovelluksia, jotka eivät tarvitse muita liikuntateknologian laitteita toimiakseen (Ahtinen ym., 2008). Tässä tapauksessa mobiilisovellus hyödyntää älypuhelimien omia sisäänrakennettuja sensoreita kuten kiihtyvyysanturia, gyroskooppia ja GPS vastaanotinta urheilusuorituksen mittaamiseen (Lim, 2020). Nämä mobiilisovellukset tekevät siis älypuhelimesta liikuntateknologian laitteen (Janssen, Scheerder, Thibaut, Brombacher & Vos, 2017).

3 LIIKUNTATEKNOLOGIAN YLEISET HYÖDYT

Tässä luvussa käydään läpi liikuntateknologian käyttämisestä saatavia yleisiä hyötyjä. Liikuntateknologian hyötynä on esimerkiksi positiivinen vaikutus liikuntamotivaatioon. Lisäksi liikuntateknologia auttaa urheilijaa suunnittelemaan harjoitteluaan paremmin, antaa tietoja suorituksesta harjoituksen aikana sekä antaa urheilijalle tietoa palautumisesta ja unesta. Liikuntateknologia hyödyttää urheilijaa siis urheilun aikana ja sen jälkeenkin. Kyseiset hyödyt eivät kaikki ole lajikohtaisia, vaan niitä voidaan soveltaa monissa eri lajeissa mukaan lukien voimaharjoittelussa.

3.1 Liikuntamotivaatio

Ihmisillä on yleensä jokin syy tai motiivi, minkä takia he harrastavat liikuntaa. Usein motiivina on jokin tavoiteltava hyöty. Tavoiteltavana hyötynä voi olla esimerkiksi positiiviset terveysvaikutukset, ulkonäön muutos tai sosiaaliset kanssakäymiset (Ingledeu, Markland & Strömmer, 2014). Tämä hyötyjen tavoittelu antaa ihmiselle syyn harrastaa liikuntaa, eli ne ovat osana muodostamassa henkilön liikuntamotivaatiota. Yksittäinen motiivi, kuten ulkonäön parantaminen, saattaa antaa henkilölle syyn kokeilla liikuntaa, mutta pidemmän aikavälin tavoitteet ovat välttämättömiä, jotta henkilön halu harrastaa liikuntaa säilyy tulevaisuudessa (Ingledeu, Markland & Strömmer, 2014).

Liikuntateknologialla ja sen käytöllä on todettu myös olevan vaikutuksia ihmisen liikuntamotivaatioon. Liikuntateknologia voi mahdollistaa tehokkaamman harjoittelun esimerkiksi tarjoamalla reaaliaikaista tietoa sykkeestä (Eid, Saad & Afzal 2013). Tehokkaammalla harjoittelulla tavoiteltavat hyödyt ovat helpommin saavutettavissa, mikä puolestaan lisää käyttäjän liikuntamotivaatiota.

Liikuntateknologia voi myös hyödyntää erilaisia ominaisuuksia, jotka lisäävät käyttäjän liikuntamotivaatiota. Yksi ominaisuus liikuntateknologian sovelluksissa ja ohjelmistoissa, jolla pyritään aktivoimaan ihmisiä liikkumaan

enemmän, on pelillistäminen (Ahtinen, Huuskonen & Häkkinen, 2010). Pelillistämällä tarkoitetaan tiettyjen peli elementtien hyödyntämistä muussa yhteydessä kuin pelissä (Tóth & Lógó 2018).

Pelillistämistä on tutkittu yleisesti paljon ja sen on todettu olevan erinomainen keino lisätä käyttäjän motivaatiota. Pelillistämällä on todettu olevan liikuntamotivaatiota lisääviä vaikutuksia myös liikuntateknologian käyttäjissä (Bitrián, Buil & Catalán, 2020). Liikuntateknologian sovelluksissa hyödynnettäviä pelillistämisen elementtejä on esimerkiksi haasteet, erilaiset palkinnot, kilpailut ja sijoitustaulukot. Nämä ominaisuudet kannustavat ihmisiä ylläpitämään liikunnallista aktiivisuutta. (Tóth & Lógó 2018.)

Pelillistämisen lisäksi liikuntateknologia sisältää muitakin ominaisuuksia, jotka voivat lisätä käyttäjän liikuntamotivaatiota. Consolvon ym. (2006) tekemässä tutkimuksessa tutkittiin liikuntateknologian eri ominaisuuksia ja sitä, miten ne kannustavat ihmisiä harrastamaan liikuntaa. Tutkimuksessa esiteltiin neljä keskeistä asiaa, jotka liikuntaan kannustavassa teknologiassa tulisi olla.

Ensimmäisenä liikuntateknologian tulisi antaa käyttäjälleen oikeanlaista tunnustusta liikuntasuorituksista. Consolvon ym. (2006) tekemässä tutkimuksessa todettiin, että liikuntateknologian laitteet eivät aina tunnista kaikkia käyttäjän liikuntasuorituksia, jolloin käyttäjä ei saa tunnustusta näistä liikuntasuorituksista. Esimerkiksi pelillä kiihtyvyyssanturilla varustettu aktiivisuusranneke ei välttämättä tunnista, jos käyttäjä pyöräilee. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että käyttäjä voi manuaalisesti lisätä tai muokata liikuntasuorituksiaan liikuntateknologian sovelluksissa.

Toinen Consolvon ym. (2006) toteama avaintekijä on liikuntateknologian antama tieto henkilökohtaisesta aktiivisuustasosta. Tutkimuksen mukaan liikuntateknologian tulisi antaa tietoa käyttäjän tämänhetkisestä tavoitteesta ja siitä, miten käyttäjä on edistynyt sen tavoittamiseksi. Käyttäjä voi esimerkiksi asettaa itselleen tavoitteeksi tietyn askelmäärän päivän aikana. Tällöin käyttäjän tulisi pystyä seuraamaan laitteelta, miten hän on edistynyt askelmäärän saavuttamisessa. Tieto edistymisestä lisää siis käyttäjän motivaatiota saavuttaa asetettu tavoite. Tutkimuksessa käyttäjien liikuntamotivaatiota lisäsi myös se, että he saivat laitteelta tai sovellukselta tunnustusta, kun he saavuttivat asettamansa tavoitteet (Consolvo ym., 2006).

Tavoitteiden saavuttamisesta voi saada motivaatiota myös sosiaalisen tuen kautta. Consolvon ym. (2006) toteuttamassa tutkimuksessa kolmas avaintekijä liikuntaan kannustavissa teknologioissa onkin sosiaalisen vaikutuksen tuki. Monet liikuntateknologian sovellukset tarjoavatkin mahdollisuuden jakaa liikuntasuorituksia tai tuloksia ystäville ja muille sovelluksen käyttäjille. Tämä ominaisuus siis tuo liikuntateknologian käyttäjälle sosiaalista tukea.

Liikuntateknologian sosiaalinen tuki lisää käyttäjän liikuntamotivaatiota sosiaalisen paineen ja kannustuksen kautta. Sosiaalinen paine lisää käyttäjän motivaatiota suoriutua paremmin, koska muut näkevät hänen tuloksensa. Sosiaalinen kannustus puolestaan lisää liikuntamotivaatiota ystäviltä ja muilta käyttäjiltä saatujen kehujen ja positiivisen palautteen kautta. (Consolvo ym., 2006.)

Viimeisenä avaintekijänä Consolvon ym. (2006) tutkimuksessa esiteltiin käyttäjän elämäntavan tuomien rajoitusten huomioimisen. Tämä seikka on erityisen tärkeää nykyisin, kun liikuntateknologian laitteet ovat usein osa jokapäiväistä elämäämme eli niitä saatetaan käyttää jatkuvasti (Moilanen, 2019). Jatkuvassa käytössä olevan laitteen tulee olla siis käyttäjälleen mieluinen eikä se saa häiritä millään tavalla liikuntasuorituksen aikana tai muulloinkaan. Consolvon ym. (2006) toteuttamassa tutkimuksessa todettiin, että liikuntateknologisen laitteen ulkonäkö on myös merkittävässä roolissa, kun kyseessä on jokin puettava sensori tai laite.

Liikuntateknologialla on siis monia eri keinoja lisätä käyttäjän liikuntamotivaatiota. Keskeisimpinä keinoina ovat tavoiteltujen hyötyjen tehokkaampi saavuttaminen, pelillistäminen ja sosiaalinen tuki. Lisäksi laitteen antamalla tunnustuksella, tavoitteiden saavuttamisen seurannalla, käyttäjän rajoitusten huomioimisella sekä laitteen mieluisalla ulkonäöllä on todettu olevan vaikutusta käyttäjän liikuntamotivaatioon. Liikuntateknologia ja sen eri ominaisuudet eivät kuitenkaan yksinään muodosta käyttäjän liikuntamotivaatiota, vaan niiden hyötynä on lähinnä motivaation lisääminen. Käyttäjällä on oltava liikuntateknologian lisäksi jokin erillinen motiivi tai syy liikunnan harrastamiselle.

3.2 Harjoittelun tehostaminen

Liikuntateknologian yhtenä hyötynä on myös harjoittelun tehostaminen. Liikuntateknologian laitteet voivat auttaa käyttäjää tehostamaan omaa harjoitteluun monella eri tavalla. Harjoittelun tehostamisessa keskeisessä roolissa on urheilijan suorituksen ja siitä seuraavan reaktion tarkastelu eli harjoittelun tuottaman kuormituksen mittaaminen. Harjoituksen kuormituksen mittaamisen suosio on kasvanut paljon teknologian kehityksen myötä, kun parempia mittausvälineitä on tullut saataville. (Cardinale & Varley, 2017.)

Harjoituksen tuottaman kuormituksen mittaamisen suosio on kasvanut myös yksilöityjen harjoitteluohjelmien lisääntyneen tarpeen mukana. Yksilöidyn harjoitusohjelman avulla voidaan optimoida suorituskyvyn kehittyminen ja välttää liiallinen kuormitus. (Cardinale & Varley, 2017.)

Monet harjoitusohjelmat perustuvat progressiiviseen ylikuormitukseen. Progressiivisessa ylikuormituksessa harjoittelun kuormitusta nostetaan systemaattisesti, mutta kuitenkin siten, että urheilija kykenee palautumaan harjoittelusta. (Kavanaugh, 2007.) Harjoituksesta tulevaa kuormitusta on tämän vuoksi tärkeää mitata, jotta harjoittelua voidaan tarvittaessa säätää sopivaksi. Huonosti suunnitellun kuormituksen lisäämisen seurauksena voi olla ylikunto ja suorituskyvyn heikkeneminen. (Cardinale & Varley, 2017.) Harjoituksen tuottamaa kuormitusta voidaan mitata ulkoisen ja sisäisen kuormituksen avulla (Impellizzeri, Marcora & Coutts, 2019).

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan urheilijan harjoittelun aikana suorittamaa työtä (Halson, 2014). Ulkoisen kuormituksen mittareita ovat esimerkiksi nopeus, kuljettu matka ja harjoituksen kesto. Ulkoisen kuormituksen mit-

tariksi voidaan laskea myös erilaiset lajikohtaiset mittarit kuten esimerkiksi voimaharjoittelussa suoritettujen toistojen määrä tai tenniksessä lyöntien määrä.

Urheilijaan kohdistuvan ulkoisen kuormituksen tarkastelu on tärkeää, jotta harjoittelun tehokkuutta voidaan arvioida. Ulkoisen kuormituksen mittaamisella on myös mahdollista ehkäistä loukkaantumiseriskiä sekä ylläpitää ja optimoida suorituskykyä. (Cardinale & Varley, 2017.)

Urheilijaan kohdistuvaa ulkoista kuormitusta voidaan mitata monilla erilaisilla liikuntateknologian laitteilla. Yleisimpiä ulkoisen kuormituksen mittaamiseen käytettäviä liikuntateknologian laitteita ovat GPS-anturit, kiihtyvyyssanturit, gyroskoopit ja magnetometrit. Näitä antureita käytetään harvoin kuitenkaan yksinään, vaan lähes kaikissa GPS-anturin sisältävissä laitteissa on myös esimerkiksi kiihtyvyyssanturi, koska näiden antureiden tuottamat tulokset usein täydentävät toisiaan. (Cardinale & Varley, 2017.)

Yleisin mitattava ulkoisen kuormituksen määre on kuljettu matka. Urheilijan kulkemaa matkaa voidaan mitata esimerkiksi GPS-anturin sisältävällä urheilukellolla. GPS-anturin avulla urheilijan kulkema matka saadaan helposti laskettua GPS:n tuottamien paikkatietojen avulla. GPS:n paikkatietojen avulla voidaan myös laskea urheilijan nopeutta ja kiihtyvyyttä. GPS:n tuottamiin paikkatietoihin voidaan integroida kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin ja magnetometrin mittaamia arvoja, jolloin voidaan tunnistaa erilaisia ulkoisen kuormituksen lajikohtaisia määreitä. (Cardinale & Varley, 2017.)

Ulkoisen kuormituksen lisäksi on tärkeää mitata urheilijaan kohdistuvaa sisäistä rasitusta. Sisäinen rasitus muodostuu ulkoisen rasituksen aiheuttamista reaktioista urheilijassa. Urheilijan keho siis reagoi ulkoiseen rasitukseen tietyillä fysiologisilla ja psykologisilla tavoilla, joita on tärkeää mitata. Sisäisen rasituksen tarkastelulla voidaan seurata urheilijan sopeutumista ulkoiseen rasitukseen ja tarvittaessa tehdä muutoksia harjoitteluun sisäisen kuormituksen perusteella. (Cardinale & Varley, 2017.)

Sisäisen kuormituksen mittareista yleisimpänä ovat kardiovaskulaariset eli sydämeen ja verenkiertoon liittyvät ja hengityselimistöön liittyvät mittarit. Kardiovaskulaarisen kuormituksen mittaamisen suosio on kasvanut 1980-luvulta lähtien, kun ensimmäiset sykemittarit tulivat urheilukäyttöön. Sisäistä kuormitusta voidaan mitata myös erilaisilla humoraalisilla eli elimistön nesteitä koskevilla ja neuromuskulaarisilla eli hermoihin ja lihaksiin liittyvillä määreillä, mutta näiden suosio ei ole ollut kovinkaan suurta korkean hinnan ja teknologian rajoitteiden takia. (Cardinale & Varley, 2017.)

Liikuntateknologian ja erityisesti sykemittarien kehitys on mahdollistanut erilaisten kardiovaskulaaristen sisäisen kuormituksen mittarien kehittämisen (Cardinale & Varley, 2017). Sydämen sykkeen mittaaminen on yksi yleisimmistä harjoituksen aikana mitattavista sisäisen kuormituksen mittareista. Harjoituksen intensiteettiä on mahdollista arvioida laskemalla harjoituksen aikaisen sykkeen suhdetta maksimisykkeeseen. (Halson, 2014.)

Toinen kardiovaskulaarinen sisäisen kuormituksen mittari on sydämen sykkeen palautuminen (HRR, Heart rate recovery) harjoittelun jälkeen. Sydämen sykkeen palautumista arvioidaan mittaamalla urheilijan syke heti harjoi-

tuksen jälkeen ja 60 sekuntia harjoituksen lopettamisen jälkeen. Sydämen sykkeen palautumisen on todettu olevan hyvä mittari urheilijan uupumuksen tarkasteluun. (Halson, 2014.)

Liikuntateknologian hyödyntäminen harjoittelun tehostamisessa perustuu pitkälti urheilijaan kohdistuvan ulkoisen ja sisäisen kuormituksen mittaamisen mahdollistamiseen. Urheilijaan kohdistuvan kuormituksen mittaaminen on hyvin tärkeää, jotta harjoittelulta saadaan parhaimmat mahdolliset tulokset. Harjoittelun optimoinnilla voidaan lisäksi ehkäistä liiallista kuormitusta ja loukkaantumiseriskiä.

3.3 Palautuminen

Liikuntasuorituksen tehostamisen lisäksi on tärkeää keskittyä myös suorituksen jälkeiseen aikaan eli palautumiseen ja lepoon. Palautumisen tehtävänä on minimoida harjoituksesta johtuva uupumus ennen seuraavaa harjoituskertaa, jotta seuraavasta harjoituksesta saadaan maksimaalinen hyöty (Calder, 2010). Jatkuva liiallinen harjoittelu ilman riittävää palautumisaikaa saattaa johtaa urheilijan ylikuntoon. Urheilijan palautumista tulisikin tarkkailla jatkuvasti. (Kellmann, 2010.) Palautumisen tarkkailuun ja arviointiin on useita eri mittareita ja liikuntateknologia mahdollistaa urheilijalle keinon näiden mittarien tarkasteluun.

Sykevälivaihtelusta (Heart rate variability, HRV) on tullut yksi tärkeimmistä työkaluista urheilijan harjoituksesta palautumisen tarkasteluun (Dong, 2016). Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan peräkkäisten sydämenlyöntien välisen ajan vaihtelua (Task Force of the European Society of Cardiology, 1996). Alhainen sykevälivaihtelu yhdistetään usein uupumukseen ja stressiin (Georgiou, 2018). Sykevälivaihtelun muutoksia tarkastelemalla voidaan siis määrittellä, miten hyvin urheilija on palautunut rasituksesta (Dong, 2016). Dong (2016) toteaa, että harjoituksen jälkeisen sykevälivaihtelun mittaaminen on välttämätöntä, jotta palautuminen voidaan optimoida. Yhä useammat urheilukellot ja sykemitarit mahdollistavat sykevälivaihtelun jatkuvan mittaamisen ja tarkastelun (Georgiou ym., 2018).

Toinen hyödyllinen mittari palautumiselle on leposyke (Calder, 2003). Kohonnut yön aikainen leposyke on merkki urheilijan ylikuormituksesta (Kaikkonen ym., 2006). Urheilijan tulisikin mitata leposykettään päivittäin, koska muutokset leposykkeessä saattavat olla ensimmäinen merkki huonosta palautumisesta (Calder, 2003). Kohonnut leposyke voi olla myös merkki erilaisista sydän- ja verisuonitaudeista (Silva, Lima & Tremblay, 2018).

Uni on yksi urheilijan tärkeimmistä keinoista palautua (Calder, 2003). Unen positiivinen vaikutus yleiseen hyvinvointiin, terveyteen ja urheilusuoritukseen on hiljattain tullut paremmin tunnetuksi (Halson, 2019). Riittävän unen aikana urheilijan keho saa sopeutumisaikaa harjoittelusta tulleeeseen rasitukseen (Calder, 2003). Univaje heikentää urheilijan suoritusta sekä lisää loukkaantumiseriskiä. Lisääntynyt tietoisuus unen tärkeydestä on samalla kasvattanut ha-

lua mitata ja tarkkailla unta, jonka johdosta markkinoille on tullut paljon erilaisia välineitä unen tarkasteluun. (Halson, 2019.)

Liikuntateknologia tarjoaa urheilijalle monia keinoja unen laadun ja määrän mittaamiseen. Esimerkiksi älypuhelimille on tarjolla monia mobiilisovelluksia, jotka keräävät dataa unesta (Choi ym., 2018). Mobiilisovellukset hyödyntävät esimerkiksi älypuhelimien kiihtyvyyssanturia tarkkaillakseen käyttäjän liikkeitä unen aikana (Roomkham, Lovell, Cheung & Perrin, 2018). Myös monet äly- ja urheilukellot tarjoavat mahdollisuuden unen mittaamiseen ja analysointiin. Äly- ja urheilukellot hyödyntävät esimerkiksi sisäänrakennettua sykemittaria ja kiihtyvyyssanturia unen seuraamiseen. (Roomkham ym., 2018.)

Tyypillisesti unesta mitataan sen kokonaiskesto ja unen eri vaiheiden kesto. Kurvisen (2020) tekemässä tutkimuksessa todettiin, että liikuntateknologian tuottamalla datalla on vaikutusta urheilijan käsitykseen unessa tapahtuvasta palautumisesta. Datan näkeminen voi auttaa urheilijaa tekemään jatkossa elämäntapamuutoksia, jotka auttavat häntä optimoimaan unen aikana tapahtuvan palautumisen.

Liikuntateknologia voi siis auttaa urheilijaa tarkkailemaan ja optimoimaan omaa palautumistaan erilaisten mitattavien määreiden avulla. Liikuntateknologia mahdollistaa esimerkiksi erilaisten kehon toimintojen kuten unen, sykeväli-vaihtelun ja leposykkeen mittaamisen. Näiden mittaamisen ja tarkastelun avulla urheilija voi tarkkailla omaa palautumistaan ja tarvittaessa tehdä muutoksia harjoitteluun tai elämäntapoihin, jotta palautuminen olisi tehokkaampaa.

4 LIIKUNTATEKNOLOGIA VOIMAHARJOITTELUSSA

Tässä luvussa käydään läpi mitä voimaharjoittelu on ja miten liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää erityisesti voimaharjoittelussa. Liikuntateknologia tarjoaa erilaisia keinoja harjoittelun tehostamiseen ja loukkaantumisen ehkäisemiseen. Liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää voimaharjoittelussa myös esimerkiksi ulkoisen kuormituksen mittaamisessa ja edistymisen seuraamisessa.

4.1 Voimaharjoittelu

Voimaharjoittelulla tarkoitetaan harjoittelua, jossa urheilija pyrkii lisäämään lihaksen voimantuottokapasiteettia. Perinteisesti voimaharjoittelu saatetaan yhdistää lähinnä painonnostoon ja voimanostoon, mutta nykyisin voimaharjoittelusta on tullut olennainen osa monien eri lajien harjoitteluohjelmia (Stone, Stone & Sands, 2007).

Voimaharjoittelulla voidaan lisätä urheilijan voimaa, räjähtävyyttä ja tehokkuutta erilaisissa lajikohtaisissa liikkeissä ja suorituksissa (Stone, Stone & Sands, 2007). Voimaharjoittelulla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia esimerkiksi juoksunopeuteen ja vertikaalihyppyyn (Stone, Collins, Plisk, Haff & Stone, 2000). Voimaharjoittelulla voidaan myös tavoitella yleistä kunnon kehittämistä, ulkonäön muutosta tai vammojen ehkäisyä ja parantamista (Stone, Stone & Sands, 2007).

Voimaharjoittelussa tulosten parantaminen on kiinni monista eri asioista. Parhaimpien harjoittelutulosten saavuttamiseksi ei riitä pelkästään se, että itse harjoittelu on optimoitua. Harjoittelun lisäksi urheilijan pitää optimoida harjoitusten välinen palautuminen ja varmistettava riittävä ravinnon saanti. Harjoittelun ulkopuolisten seikkojen merkitys korostuu erityisesti pidemmällä aikavälillä, kun kehitys hidastuu. Palautuminen, ravinto ja harjoittelu ovatkin voimaharjoittelun kannalta tärkeimmät tekijät, jotka vaikuttavat tulosten tehokkaaseen saavuttamiseen. (Jackson, 2000.)

Voimaharjoittelu on tyypillisesti harjoittelua, jossa liikkeitä suoritetaan joltain ulkoista vastusta vastaan. Voimaharjoittelun muodoista painoharjoittelu esimerkiksi levytangolla tai käsipainoilla on tehokkain harjoittelumuoto lihasten voiman ja koon lisäämiseen. Painoharjoittelun etuna on esimerkiksi suuri valikoima erilaisia harjoitusliikkeitä. Lisäksi painoharjoittelussa edistyksen seuraaminen on helppoa ja kuormitusta voi helposti seurata toistojen ja painon määrällä. (Jackson, 2000.) Yleisiä painoharjoittelun liikkeitä ovat esimerkiksi jalkakyyky, penkkipunnerrus ja maastaveto.

Painoharjoittelussa hyvin suuressa roolissa on urheilijan noudattama harjoitteluohjelma. Harjoitteluohjelman tulee aina olla urheilijalle yksilöity ja perustua urheilijan henkilökohtaisiin tavoitteisiin. Harjoitteluohjelmassa tulee huomioida esimerkiksi urheilijan tavoite, saatavilla olevat harjoitteluvälineet ja mahdolliset vammat sekä rajoitteet. Hyvin suunnitellulla harjoitteluohjelmalla urheilija voi maksimoida painoharjoittelusta saatavat hyödyt. (Jackson, 2000.)

Painoharjoittelussa harjoitteluohjelma ei voi kuitenkaan olla jatkuvasti sama. Harjoitteluohjelmassa olennaista on edistyminen. Pidemmällä aikavälillä urheilijan lihakset tottuvat tiettyyn kuormaan, jonka takia harjoitteluohjelmaan on tehtävä muutoksia. Vaihtelevuudella saadaan aikaan lihaksille erilaista ärsykettä, mikä edistää kehittymistä. (Jackson, 2000.) Painoharjoittelussa on kolme keskeistä periaatetta: progressiivinen ylikuormitus, spesifisyys ja vaihtelu (Stone ym., 2000).

Painoharjoittelussa progressiivisella ylikuormituksella on hyvin suuri rooli, sillä ihmiskeho reagoi kasvavaan kuormitukseen kasvavalla suorituskyvyllä (Kraemer & Ratamess, 2004). Painoharjoitteluohjelmassa on monia eri keinoja kuormituksen lisäämiseen. Ohjelmassa voidaan esimerkiksi lisätä painojen määrää, lisätä suoritettavia toistoja tai muuttaa toistojen suoritusnopeutta. Kuormitusta voidaan lisätä myös vähentämällä sarjojen välisiä lepotaukoja tai lisäämällä kokonaisvolyymiä eli sarjojen määrää. (Jackson, 2000.) Progressiivisen ylikuormituksen suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon urheilijan palautumiskyky ja lisätä kuormitusta sen mukaan. Liian nopeassa kuorman lisäämisessä on riskinä ylikunto (Jackson, 2000).

Kuormituksen lisäämisen lisäksi harjoitusohjelmassa pitää kiinnittää huomiota harjoittelun spesifisyyteen. Ulkoisesta kuormituksesta aiheutuva sopeutuminen urheilijan kehossa on aina hyvin liikekohtaista eli keho sopeutuu tekemään niitä liikkeitä, joita harjoittelussa esiintyy. (Jackson, 2000.) Harjoitteluohjelmassa tulisi tämän takia huomioida urheilijan lajikohtaiset tavoitteet (Kraemer & Ratamess, 2004). Esimerkiksi jos urheilijan tavoitteena on kehittää maksimivoimaa jalkakyykyssä, hänen kannattaa silloin sisällyttää harjoitteluunsa liikkeitä, jotka tukevat kehitystä jalkakyykyssä.

Harjoitteluohjelmassa kolmas tärkeä ominaisuus on vaihtelu. Voimaharjoittelussa vaihtelu esiintyy yleensä harjoittelun jaksotuksessa. Jaksotuksessa vaihdellaan yleensä jotakin ohjelman keskeisiä määreitä kuten volyymiä tai intensiteettiä. Jaksotuksesta esimerkkinä on esimerkiksi harjoitusohjelma, jossa aluksi harjoitellaan korkealla volyyymilla ja kilpailukauden lähestyessä volyymiä aletaan laskemaan ja lisätään samalla intensiteettiä. (Jackson, 2000.) Jakso-

tus on erityisen tärkeää, jotta tuloksia voidaan saavuttaa tehokkaasti pidemmällä aikavälillä (Kraemer & Ratamess, 2004).

Voimaharjoittelun harjoitteluohjelmassa jaksotukseen on tärkeää sisällyttää myös riittävästi lepoa. Jaksotuksessa tulee huomioida harjoittelusta aiheutuva kuormitus ja säätää harjoitusten välistä aikaa sen mukaan. Painoharjoittelussa erityisesti suurella painolla ja kovalla intensiteetillä suoritettavat harjoitukset lisäävät tarvittavan levon määrää. Harjoittelua voi jaksottaa myös eri lihasryhmille, jolloin kokonaisvolyymia voidaan pitää korkeampana, kunhan tietyn lihasryhmän volyyymi ei nouse liian korkeaksi. (Kraemer & Ratamess, 2004.)

4.2 Liikuntateknologian hyödyt voimaharjoittelussa

Liikuntateknologiaa hyödynnetään voimaharjoittelussa monin eri tavoin. Liikuntateknologiaa käytetään paljon esimerkiksi urheilijaan kohdistuvan ulkoisen kuormituksen mittaamiseen painoharjoittelussa. Voimaharjoittelussa yhden toiston maksimisuoritus on yksi yleisimmistä määreistä tarkastella harjoittelun intensiteettiä (Balsalobre-Fernández ym., 2017). Yhden toiston maksimin suorittaminen on hyvin vaativa suoritus, minkä takia vaihtoehtoisia tapoja sen arviointiin on kehitetty.

Yksi tapa arvioida urheilijan yhden toiston maksimia on levytangon nopeuden mittaaminen liikkeen suorittamisen aikana. Levytangon nopeudesta voidaan laskea urheilijan yhden toiston maksimisuoritus tietyissä liikkeissä (Jidovtseff, Harris, Crielaard & Cronin, 2011). Levytangon nopeuden mittaamista voidaan hyödyntää siis harjoittelukuorman arviointiin.

Balsalobre-Fernándezin ym. (2017) toteuttamassa tutkimuksessa tarkasteltiin eri liikuntateknologian laitteiden hyödyntämistä tangon nopeuden mittaamiseen penkkipunnerruksessa, jalkakyykyssä ja lantionnostossa. Balsalobre-Fernándezin ym. (2017) tutkimuksessa testattavina laitteina olivat esimerkiksi ranteessa pidettävä tai levytankoon kiinnitettävä The Beast Sensor -sensori ja älypuhelimessa toimiva PowerLift -sovellus. The Beast Sensor -sensori on pieni laite, joka hyödyntää kolmiakselista kiihtyvyyssanturia, gyroskooppia ja magnetometriä levytangon nopeuden mittaamiseen. Laitetta voidaan pitää ranteessa tai se voidaan kiinnittää levytankoon magneetin avulla. Laite lähettää mittaus-tulokset reaaliajassa älypuhelimelle asennettavaan sovellukseen, josta tuloksia voi myös tarkastella. (Balsalobre-Fernández ym., 2017.)

Toinen tutkimuksessa tarkasteltu liikuntateknologian PowerLift -sovellus hyödyntää älypuhelimien kameraa levytangon nopeuden laskemisessa. Sovelluksella kuvataan video urheilijan nostosuorituksesta penkkipunnerruksessa, jalkakyykyssä tai lantionnostossa. Videon kuvaamisen jälkeen käyttäjän tulee merkata videoon liikkeen aloitus- ja lopetuskohta, jonka perusteella sovellus laskee levytangon nopeuden. Nykyisissä älypuhelimissa on mahdollisuus kuvata videota korkealla kuvataajuudella, jonka ansiosta liikkeen aloitus- ja lopetuskohdat saadaan merkattua tarkasti. (Balsalobre-Fernández ym., 2017.)

Balsalobre-Fernándezin ym. (2017) tutkimuksessa sekä The Beast Sensor -sensori että PowerLift -sovellus osoittautuivat tarkkuudeltaan luotettaviksi välineiksi levytangon nopeuden mittaamiseen. Levytangon liikenopeudesta laskettava arvio yhden toiston maksimista on hyvä keino arvioida kyseisen kuorman tuottaman kuormituksen määrää. Tästä voi olla hyötyä etenkin voimaharjoittelun harjoitteluohjelman suunnittelussa, jaksottamisessa ja palautumistarpeen arvioinnissa.

Voimaharjoittelusta syntyvää räsitusta voidaan mitata myös RPE (Rating of perceived exertion) asteikolla. RPE tarkoittaa käytännössä urheilijan harjoituksen aikana kokemaa räsitustasoa. Urheilija antaa siis itse harjoitukselle RPE-arvon kokemansa räsituksen mukaan. Pernekin, Kurillon, Stiglicin & Bajcsyn (2015) toteuttamassa tutkimuksessa verrattiin urheilijan antamaa RPE-arvoa kiihtyvyyssantureista ja älypuhelimesta koostuvan järjestelmän antamaan arvioon intensiteetistä.

Pernekin ym. (2015) tutkimuksessa hyödynnettiin viittä kiihtyvyyssanturia, jotka kiinnitettiin käyttäjän käsivarsiin ja keskivartaloon. Kiihtyvyyssantureista saatava data lähetettiin älypuhelimeseen, jossa data prosessoitiin algoritmin avulla. Tutkimuksen koehenkilöt suorittivat erilaisia ylävartalon harjoitusliikkeitä ja heitä pyydettiin arvioimaan harjoituksen intensiteettiä RPE-asteikolla. Pernekin ym. (2015) toteuttama kiihtyvyyssantureista koostuva järjestelmä pystyi arvioimaan suoritettujen harjoitteluliikkeen intensiteetin hyvin tarkasti. Järjestelmän antamissa arvioissa virheprosentti oli keskimäärin noin kuusi. Tämä osoittaa, että kiihtyvyyssanturit ovat hyvin potentiaalisia liikuntateknologian laitteita harjoittelun intensiteetin arviointiin.

Liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää myös harjoittelun automaattiseen kirjaamiseen. Etenkin inertiamittausyksiköitä voidaan hyödyntää eri harjoitusliikkeiden automaattiseen tunnistamiseen ja suoritettujen toistojen laskemiseen. O'Reillyn, Whelanin, Wardin, Delahuntin & Caulfieldin (2017) tutkimuksessa tutkittiin inertiamittausyksiköiden hyödyntämistä eri alaraajojen harjoitteiden kuten jalkakyykyn ja maastavedon automaattiseen tunnistamiseen. Tutkimuksessa järjestelmät, jotka koostuivat viidestä tai kolmesta inertiamittausyksiköstä, pystyivät tunnistamaan suoritettavan liikkeen 99 prosentin tarkkuudella.

Automaattiset harjoittelun seurantajärjestelmät voivat hyödyttää sekä itse urheilijaa että hänen mahdollista valmentajaansa (O'Reillyn ym., 2017). Järjestelmät tarjoavat molemmille tärkeää tietoa urheilijan suorittamasta työstä eli ulkoisesta kuormituksesta. Ulkoisen kuormituksen määrän mukaan urheilija tai valmentaja voi tehdä tarvittavia muutoksia harjoitteluun sen optimoimiseksi. Lisäksi automatisoitu seurantajärjestelmä mahdollistaa urheilijan valmentamisen etänä, mikä helpottaa valmentajan työtä. Etävalmennus on myös urheilijalle hyödyllinen, mikäli valmennusta ei muuten olisi saatavilla. (O'Reillyn ym., 2017.)

Liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää myös erilaisten liikkeiden suoritustekniikan arviointiin. Voimaharjoittelu keskittyy olennaisesti erilaisten harjoitteluliikkeiden suorittamiseen ulkoista vastusta vastaan. Erilaisten harjoitteluliikkeiden suorittamisessa on tärkeää noudattaa oikeanlaista suoritustekniik-

kaa. Virheellisellä suoritustekniikalla harjoittelusta ei saada irti täyttä suorituskykyä ja harjoitteluun liittyy riski loukkaantumisesta.

Voimaharjoittelun suoritustekniikoita voidaan arvioida esimerkiksi inertiamittausyksiköillä. O'Reillyn, Whelanin, Wardin, Delahuntin & Caulfieldin (2017) tutkimuksessa tutkittiin inertiamittausyksiköiden hyödyntämistä kehonpainolla suoritettavan jalkakyykyn tekniikan arvioimiseen. Tutkimuksessa viidellä inertiamittausyksiköllä, jotka kiinnitettiin koehenkilön jalkoihin ja alaselkään, pystyttiin tunnistamaan poikkeamat jalkakyykyn oikeaoppisesta suoritustekniikasta jopa 98 prosentin tarkkuudella.

Liikuntateknologian tarjoamat hyödyt erityisesti voimaharjoittelun osalta keskittyvät hyvin pitkälti urheilijaan kohdistuvan ulkoisen kuormituksen mitaamiseen. Voimaharjoittelussa keskeisenä asiana on edistyminen ja voimaharjoitteluohjelman perustana on yleensä progressiivinen ylikuormitus. Liikuntateknologian tarjoama data kuormituksen määrästä ja intensiivisyydestä on erinomainen tapa seurata omaa kehitystä ja datan pohjalta harjoitteluohjelmaa voi pyrkiä optimoimaan paremman kehityksen saamiseksi.

Huomioitavaa kuitenkin on se, että The Beast Sensor -sensoria ja Power-Lift -sovellusta lukuun ottamatta järjestelmät, joita tarkasteltavissa tutkimuksissa hyödynnettiin, olivat toteutettu vain kyseistä tutkimusta varten. Järjestelmät eivät siis ole markkinoilla saatavissa kuluttajille.

Tarkasteltavat tutkimukset ovat myös keskittyneet vain tiettyihin harjoitteluliikkeisiin, joten ei voida suoraan sanoa onko järjestelmät hyödynnettävissä kaikissa voimaharjoittelun harjoitteluliikkeissä. Voidaan kuitenkin todeta, että liikuntateknologialla on paljon potentiaalia toimia voimaharjoittelun tukena ja aihetta tulisi tutkia lisää.

5 YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin liikuntateknologiaa ja sen hyödyntämistä voimaharjoittelussa. Liikuntateknologia on aiheena hyvin ajankohtainen, koska liikuntateknologian hyödyntäminen urheilussa on lisääntynyt paljon. Liikuntateknologian suosion kasvamiseen on vaikuttanut erityisesti teknologian kehittyminen sekä teknologian saatavuuden ja käytettävyyden parantuminen. Liikuntateknologiaa on tutkittu suhteellisen paljon, mutta tutkimuksia sen hyödyntämisestä erityisesti voimaharjoittelussa on vasta vähän. Tässä tutkielmassa pyrittiin kokoamaan yhteen liikuntateknologian yleisiä lajista riippumattomia hyötyjä sekä voimaharjoitteluun liittyviä spesifejä liikuntateknologian hyötyjä.

Tutkielman toisessa luvussa käsiteltiin liikuntateknologian käsitettä ja erilaisia liikuntateknologian muotoja. Liikuntateknologia on käsitteenä hyvin laaja. Liikuntateknologiaksi voidaan käytännössä laskea mikä tahansa liikuntasuorituksessa tarvittava väline. Tässä tutkielmassa liikuntateknologian käsite rajattiin kuitenkin tarkoittamaan vain erilaisia informaatioteknologisia laitteita sekä digitaalisia palveluita ja sovelluksia. Tutkielmaan otettiin mukaan varsinaisten liikuntateknologian laitteiden lisäksi myös digitaaliset palvelut ja sovellukset, koska nämä toimivat usein yhdessä. Monet liikuntateknologian laitteet vaativat esimerkiksi älypuhelimien asennettavan sovelluksen tietojen tarkastelemista varten.

Toisessa luvussa käsitellyt liikuntateknologian muodot olivat sykemittarit, GPS, inertiamittausyksiköt, urheilukellot, aktiivisuusrannekkeet, älykellot ja mobiilisovellukset. Tarkasteluun valittiin nämä liikuntateknologian muodot, koska ne ovat yleisimpiä liikuntateknologian muotoja.

Kolmannessa luvussa tarkasteltiin yleisiä hyötyjä, joita liikuntateknologian käyttämisestä voidaan saada. Keskeisiä hyötyjä ovat liikuntamotivaation lisääminen, harjoittelun tehostaminen ja palautumisen optimointi. Nämä hyödyt eivät ole suoraan liitettyinä tiettyyn urheilulajiin, vaan ne ovat sovellettavissa useisiin eri liikunnanmuotoihin.

Liikuntateknologian positiiviset vaikutukset liikuntamotivaatioon tulevat hyvin pitkälti liikuntateknologian tietyistä ominaisuuksista. Liikuntateknologian laitteissa motivoivia ominaisuuksia ovat esimerkiksi pelillistäminen ja sosi-

aalinen tuki. Lisämotivaatiota liikuntateknologiassa tuo myös laitteiden antama tunnustus, edistymisen seuranta ja laitteen mieluisa ulkonäkö. Liikuntateknologia motivoi käyttäjiä myös harjoittelun tehostamisen kautta, koska silloin käyttäjät saavuttavat omia tavoitteitaan tehokkaammin.

Liikuntateknologian hyödyntäminen harjoittelun tehostamisessa perustuu urheilijaan kohdistuvan kuormituksen mittaamiseen. Kuormitus voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen kuormitukseen. Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan urheilijan tekemää työtä eli esimerkiksi kuljettua matkaa, toistojen määrää tai harjoituksen kestoja. Sisäinen kuormitus on puolestaan tarkoittaa ulkoisen kuormituksen aiheuttamia reaktioita urheilijassa. Sisäisen kuormituksen mittareita ovat esimerkiksi sydämen syke ja sen palautuminen. Liikuntateknologia tarjoaa urheilijalle keinoja mitata ulkoista ja sisäistä kuormitusta ja tämän avulla harjoittelua voidaan optimoida ja ehkäistä loukkaantumisia.

Liikuntateknologia auttaa urheilijaa myös palautumisen optimoimisessa. Urheilijalle yksi tärkeimmistä palautumisen keinoista on uni. Liikuntateknologia mahdollistaa myös unen seuraamisen ja analysoinnin. Unesta mitattavia määreitä ovat esimerkiksi unen kesto ja unen eri vaiheiden kesto. Liikuntateknologian avulla voidaan mitata myös erilaisia määreitä, jotka voidaan yhdistää palautumisen tasoon. Tällaisia määreitä ovat esimerkiksi sykevälivaihtelu ja leposyke. On todettu, että liikuntateknologian tuottaman datan avulla urheilijat voivat pyrkiä optimoimaan omaa palautumistaan.

Tutkielman kolmannessa luvussa määriteltiin mitä voimaharjoittelu on ja miten liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää erityisesti voimaharjoittelussa. Tässä luvussa vastattiin siis tutkielman tutkimuskysymyksen eli ”miten liikuntateknologiaa voidaan hyödyntää voimaharjoittelussa?”.

Liikuntateknologian hyödyntäminen voimaharjoittelussa keskittyy pitkälti urheilijaan kohdistuvan ulkoisen kuormituksen mittaamiseen. Liikuntateknologian avulla voidaan esimerkiksi arvioida harjoittelun intensiteettiä mittaamalla levytangon nopeutta harjoitteluliikkeiden suorituksen aikana. Intensiteettiä voidaan arvioida myös inertiamittausyksiköistä koostuvalla järjestelmällä. Intensiteetin arvioinnista on paljon hyötyä voimaharjoittelun suunnittelussa ja optimoinnissa.

Liikuntateknologia mahdollistaa myös erilaisten voimaharjoittelun harjoitteluliikkeiden tunnistamisen ja suoritustekniikan arvioinnin. Harjoitteluliikkeiden suoritustekniikan arvioinnin avulla urheilija pystyy suorittamaan liikkeet oikeaoppisella tekniikalla vähentäen loukkaantumisriskiään. Harjoitusliikkeiden automaattisella tunnistamisella puolestaan voidaan seurata urheilijaan kohdistuvaa ulkoista rasitusta ja harjoittelun edistymistä. Tämä mahdollistaa myös esimerkiksi urheilijan etävalmentamisen. Taulukossa yksi on tiivistettyinä liikuntateknologian spesifit hyödyt voimaharjoittelussa.

Taulukko 1 Liikuntateknologian hyödyt voimaharjoittelussa

Liikuntateknologia	Hyöty voimaharjoittelussa
Mobiilisovellus	Mobiilisovellusta ja puhelimen kameraa voidaan hyödyntää levytangon nopeuden

	mittaamiseen, mikä mahdollistaa harjoitteen kuormituksen arvioinnin.
Inertiamittausyksikkö ja mobiilisovellus	Inertiamittausyksikköä ja mobiilisovellusta voidaan hyödyntää levytangon nopeuden mittaamiseen, mikä mahdollistaa harjoitteen kuormituksen arvioinnin.
Kiihtyvyyssanturi ja mobiilisovellus	Kiihtyvyyssanturia ja mobiilisovellusta voidaan hyödyntää harjoitteluliikkeiden intensiteetin arviointiin.
Inertiamittausyksikkö (harjoitteluliikkeiden tunnistamiseen)	Inertiamittausyksiköitä voidaan hyödyntää harjoitteluliikkeiden automaattiseen tunnistamiseen. Mahdollistaa urheilijan suorittaman työn seuraamisen ja etävalmentamisen.
Inertiamittausyksikkö (suoritustekniikan arviointiin)	Inertiamittausyksiköitä voidaan hyödyntää harjoitteluliikkeiden suoritustekniikan arviointiin. Oikealla suoritustekniikalla voidaan ehkäistä loukkaantumisia ja varmistaa optimaalinen suorituskyky.

Liikuntateknologian hyödyntämistä erityisesti voimaharjoittelussa ei ole tutkittu kovinkaan paljoa. Tässä tutkielmassa tarkastelluissa hyödyntämiskohteissa tulee huomioida varsinkin se, että tutkimukset ovat usein kohdistuneet hyvin tiettyihin harjoitteluliikkeisiin, eikä sen pohjalta voida sanoa pystyykö samantaisia metodeja hyödyntämään kaikissa voimaharjoittelun liikkeissä. Huomioitavaa on myös se, että kaikki tutkimuksissa käytetyt järjestelmät eivät ole markkinoilla saatavilla, vaan ne ovat tutkimusta varten kehitettyjä järjestelmiä. Saatavilla olevien tutkimusten pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että liikuntateknologialla on paljon potentiaalia toimia voimaharjoittelun tukena.

Jatkotutkimusaiheet voisivat liittyä erityisesti liikkeiden tunnistamiseen ja suoritustekniikkaa arvioivien järjestelmien kehittämiseen. Tulevissa tutkimuksissa järjestelmiä voisi pyrkiä hyödyntämään tarkemmin voimaharjoittelussa hyödynnettäviin harjoitteluliikkeisiin. Lisäksi kuluttajille saatavilla olevien liikuntateknologian laitteiden hyödynnettävyyttä voimaharjoittelussa olisi syytä tutkia lisää.

LÄHTEET

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports medicine*, 33(7), 517-538.
- Ahmad, N., Ghazilla, R. A. R., Khairi, N. M., & Kasi, V. (2013). Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(2), 256-262.
- Ahtinen, A., Huuskonen, P., & Häkkinen, J. (2010, October). Let's all get up and walk to the North Pole: design and evaluation of a mobile wellness application. In *Proceedings of the 6th Nordic conference on human-computer interaction: Extending boundaries* (3-12).
- Ahtinen, A., Isomursu, M., Huhtala, Y., Kaasinen, J., Salminen, J., & Häkkinen, J. (2008, November). Tracking outdoor sports-user experience perspective. In *European conference on ambient intelligence* (192-209). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ahtinen, A., Mantjarvi, J., & Hakila, J. (2008, August). Using heart rate monitors for personal wellness-The user experience perspective. In *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (1591-1597). IEEE.
- Arogam, G., Manivannan, N., & Harrison, D. (2019). Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications. *Sensors*, 19(9), 1983.
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S. L., & Muñoz-López, M. (2017). Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Frontiers in Physiology*, 8, 649.
- Biswas, D., Simões-Capela, N., Van Hoof, C., & Van Helleputte, N. (2019). Heart rate estimation from wrist-worn photoplethysmography: A review. *IEEE Sensors Journal*, 19(16), 6560-6570.
- Bitrián, P., Buil, I., & Catalán, S. (2020). Gamification in sport apps: the determinants of users' motivation. *European Journal of Management and Business Economics*.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus

statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161.

- Burke, E. (1998). Precision heart rate training. *Human Kinetics*.
- Calder, A. (2003). Recovery strategies for sports performance. *USOC Olympic Coach E-Magazine*, 15(3), 8-11.
- Calder, A. (2010). The Scientific basis for recovery training practices in sport. *Message from the Founder*, 43.
- Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: applications, challenges, and opportunities. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-55.
- Choi, Y. K., Demiris, G., Lin, S. Y., Iribarren, S. J., Landis, C. A., Thompson, H. J., ... & Ward, T. M. (2018). Smartphone applications to support sleep self-management: review and evaluation. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 14(10), 1783-1790.
- Consolvo, S., Everitt, K., Smith, I., & Landay, J. A. (2006, April). Design requirements for technologies that encourage physical activity. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (457-466).
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine*, 11(5), 1531-1536.
- Eid, M., Saad, U., & Afzal, U. (2013, October). A real time vibrotactile biofeedback system for optimizing athlete training. In *2013 IEEE International Symposium on Haptic Audio Visual Environments and Games (HAVE)* (1-6). IEEE.
- Georgiou, K., Larentzakis, A. V., Khamis, N. N., Alsuhaibani, G. I., Alaska, Y. A., & Giallafos, E. J. (2018). Can wearable devices accurately measure heart rate variability? A systematic review. *Folia medica*, 60(1), 7-20.
- Gillinov, S., Etiwy, M., Wang, R., Blackburn, G., Phelan, D., Gillinov, A. M., ... & Desai, M. Y. (2017). Variable accuracy of wearable heart rate monitors during aerobic exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 49(8), 1697-1703.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine*, 44(2), 139-147.
- Halson, S. L. (2019). Sleep monitoring in athletes: motivation, methods, miscalculations and why it matters. *Sports Medicine*, 49(10), 1487-1497.

- Henriksen, A., Mikalsen, M. H., Woldaregay, A. Z., Muzny, M., Hartvigsen, G., Hopstock, L. A., & Grimsgaard, S. (2018). Using fitness trackers and smartwatches to measure physical activity in research: analysis of consumer wrist-worn wearables. *Journal of medical Internet research*, 20(3), e110.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International journal of sports physiology and performance*, 14(2), 270-273.
- Ingledeew, D. K., Markland, D., & Strömmer, S. T. (2014). Elucidating the roles of motives and gains in exercise participation. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 3(2), 116.
- Jackson, C. G. (Ed.). (2000). *Nutrition and the strength athlete*. CRC press.
- Janssen, M., Scheerder, J., Thibaut, E., Brombacher, A., & Vos, S. (2017). Who uses running apps and sports watches? Determinants and consumer profiles of event runners' usage of running-related smartphone applications and sports watches. *PloS one*, 12(7), e0181167.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L., & Aughey, R. J. (2010). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 328-341.
- Jidovtseff, B., Harris, N. K., Crielaard, J. M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 267-270.
- Kaikkonen, P., Nummela, A., Hynynen, E., Merikari, J., Rusko, H., Teljo, M., & Vänttinen, S. (2006). Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. Kilpa- ja huippuurtelun tutkimuskeskus KIHU. Pdf-julkaisu. Jyväskylä.
- Kari, T. (2011). Liikuntateknologia kilpasuunnistajan harjoittelun ohjaajana ja motivaattorina.
- Kavanaugh, A. (2007). The Role of Progressive Overload in Sports Conditioning. *Conditioning Fundamentals*. NSCA's Performance Training Journal, 6(1).
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 95-102.

- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & science in sports & exercise*, 36(4), 674-688.
- Kurvinen, K. (2020). Liikuntateknologian tuottaman tiedon vaikutus urheilijan käsitykseen unessa tapahtuvasta palautumisesta.
- Lim, J. (2020). Measuring sports performance with mobile applications during the COVID-19 pandemic. *SPSR*, 103, v1.
- Loland, S. (2002). Technology in sport: Three ideal-typical views and their implications. *European Journal of Sport Science*, 2(1), 1-11.
- Malkinson, T. (2009, September). Current and emerging technologies in endurance athletic training and race monitoring. In 2009 IEEE Toronto International Conference Science and Technology for Humanity (TIC-STH) (581-586). IEEE.
- Moilanen, P. (2014). Kannustin, koriste vai kuntoilijan kaveri? – Liikuntateknologia on yhä useamman arkea. *Liikunta & Tiede*, 51, 5/2014, 12-17.
- Moilanen, P. (2017). Kannustin, koriste ja liikkujan kaveri: tutkimus liikuntateknologian käyttäjyydestä. *Jyväskylä studies in computing*, (267).
- Moilanen, P. (2019). Kaikkiallinen teknologia tuli myös liikuntaan. *Sytyke*, 7(3).
- Moilanen, P., Salo, M., & Frank, L. (2014). Inhibitors, enablers and social side winds Explaining the use of exercise tracking systems. In 27th Blend eConference, 1-5 June, 2014, Bled, Slovenia.(Joined by the Living Bits and Things conference.). Moderna organizacija.
- O'Reilly, M. A., Whelan, D. F., Ward, T. E., Delahunt, E., & Caulfield, B. (2017, June). Technology in strength and conditioning tracking lower-limb exercises with wearable sensors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1726-1736.
- O'Reilly, M. A., Whelan, D. F., Ward, T. E., Delahunt, E., & Caulfield, B. M. (2017, August). Technology in strength and conditioning: assessing bodyweight squat technique with wearable sensors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(8), 2303-2312.
- Parak, J., & Korhonen, I. (2014, August). Evaluation of wearable consumer heart rate monitors based on photoplethysmography. In 2014 36th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (3670-3673). IEEE.

- Pasadyan, S. R., Soudan, M., Gillinov, M., Houghtaling, P., Phelan, D., Gillinov, N., ... & Desai, M. Y. (2019). Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: A prospective study. *Cardiovascular diagnosis and therapy*, 9(4), 379.
- Pernek, I., Kurillo, G., Stiglic, G., & Bajcsy, R. (2015). Recognizing the intensity of strength training exercises with wearable sensors. *Journal of biomedical informatics*, 58, 145-155.
- Roomkham, S., Lovell, D., Cheung, J., & Perrin, D. (2018). Promises and challenges in the use of consumer-grade devices for sleep monitoring. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 11, 53-67.
- Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1470-1490.
- Silva, D. A. S., Lima, T. R. D., & Tremblay, M. S. (2018). Association between resting heart rate and health-related physical fitness in Brazilian adolescents. *BioMed research international*, 2018.
- Stone, M. H., Collins, D., Plisk, S., Haff, G., & Stone, M. E. (2000). Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. *Strength & Conditioning Journal*, 22(3), 65.
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). Principles and practice of resistance training. *Human Kinetics*.
- Task Force of the European Society of Cardiology. (1996). Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.
- Tóth, Á., & Lógó, E. (2018, August). The effect of gamification in sport applications. In 2018 9th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) (69-74). IEEE.
- Vainio, T. (2016). *Inertiamittausjärjestelmä* (Master's thesis).
- Welk, G. (2002). Physical activity assessments for health-related research. *Human Kinetics*.