JYX JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Löppönen, Antti; Rantalainen, Timo

Title: Puettava teknologia valmennuksen tukena

Year: 2022

Version: Published version

Copyright: © 2022 Liikuntatieteellinen seura

Rights: In Copyright

Rights url: http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en

Please cite the original version:

Löppönen, A., & Rantalainen, T. (2022). Puettava teknologia valmennuksen tukena. Liikunta ja tiede, 59(3), 46-49.

ANTTI LÖPPÖNEN, LitM
väitöskirjatutkija
liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
antti.ej.lopponen@jyu.fi

TIMO RANTALAINEN, LitT
akatemiatutkija
liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto

Puettava teknologia valmennuksen tukena

Sensoriteknologia on jo melko laajasti käytössä valmennuksessa. Lopullinen läpimurto on kuitenkin vasta tulossa.

Kuva: Shutterstock

Sensoriteknologia on kehittynyt viimeisten vuosikymmeninä nopeasti. Esimerkiksi palautumista, sykettä ja unta mittaavien laitteiden määrä on kasvanut voimakkaasti. Urheiluvalmennuksessa on näiden lisäksi keskitytty viime vuosina myös liikettä mittaavan sensoriteknologian avulla toteutettuun biomekaaniseen mittaamiseen (Seshadri ym. 2019). Tarkastelemme erityisesti sitä, mitä lisähyötyä nykyteknologia voisi tuoda valmennukseen.

Matkapuhelinyhtiö DNAn ja Markkinatutkimusyhtiö Nepa Insight Oy:n viime vuonna julkaiseman digitaaliset elämäntavat tutkimuksen mukaan jopa 37 prosenttia digikyselyyn vastanneista käyttää hyvinvointia mittaavia sovelluksia ja laitteita (NepaInsight Oy 2019) ja reilusti yli puolet juoksua harrastavista henkilöistä käyttää puettavaa teknologiaa harjoittelun optimointiin (Pobiruchin ym. 2017). Monet kaupalliset ja kuluttajakäytössä olevat sovellukset koskevat erityisesti palautumisen, unen ja sykemuuttujien seurantaa (Manresa-Rocamora ym. 2021).

Urheiluvalmennuksessa ja biomekaanisessa tutkimuksessa liikettä mittaavien inertiamittausyksiköiden kehitys on ollut nopeaa. Inertiamittausyksikkö (IMU, Inertial Measurement Units) on laite, joka koostuu kiihtyvyysanturista (accelerometers), gyroskoopista (gyroscopes) ja usein myös magnetometristä (magnetometers) (Victorino ym. 2018). Inertiamittausyksikkö mittaa lineaarista kiihtyvyyttä kolmiakselisella kiihtyvyysanturilla ja kulmanopeutta gyroskoopilla. Yhdistämällä lineaarista kiihtyvyyttä ja kulmanopeutta voidaan myös arvioida lineaarista nopeutta ja paikkaa, sekä sen kehon osan asentoa, johon anturi on kiinnitetty (Victorino ym. 2018). Inertiamittausyksiköt kykenevät mittaamaan, käsittelemään ja tallentamaan dataa kompaktissa, tulitikkuaskia pienemmässä koossa (Espinosa ym. 2015).

Inertiamittausyksiköt ovat tuttuja erityisesti ilmailusta (Sabatini 2011), mutta kiinnostus niiden käyttöön urheilun biomekaanisissa tutkimuksissa on lisääntynyt viime vuosi-

na (Magalhaes ym. 2015). Yksiköiden suurin etu urheilussa on niiden pieni koko, joka mahdollistaa laitteiden käytön kenttäolosuhteissa mukaan lukien kilpailut (Seshadri ym. 2019).

Sovellukset valmennukseen

Mitä lisähyötyä nykyteknologian käyttö tuo valmennukseen perinteisten seurantamenetelmien (valmentajan silmä, harjoituspäiväkirja jne.) tueksi? Eri lajien tekniikkavalmennuksessa on jo pitkään hyödynnetty videovalmennusta. Kannettavien laitteiden, kuten tablettien ja älypuhelimien kehitys on johtanut siihen, että suorituksen tallentaminen ja analysointi heti urheilusuorituksen jälkeen urheilijan kanssa on helppoa ja vaivatonta. Laitteisiin on mahdollista ladata videoanalyysia helpottavia sovelluksia (esimerkiksi Dartfish), joiden avulla videota voidaan hidastaa ja analysoida nivelkulmia suorituksen eri vaiheissa.

Nykyteknologia mahdollistaa esimerkiksi painonnostotangon seuraamisen (Nagao & Yamashita 2022) tai nivelkulmien arvioimisen videolta ilman mitään urheilijaan kiinnitettäviä heijastimia (markkeriton liikekaappaus) (Cronin ym. 2019). Palautetta puoliautomaattisesti tuottavat järjestelmät joudutaan kuitenkin vielä räätälöimään jokaiseen sovellukseen erikseen. Edistys markkerittoman liikekaappauksen saralla on ollut kuitenkin nopeaa ja edullisia kaupallisia sovelluksia tulee markkinoille lähitulevaisuudessa. Testaamme tällaista videoanalyysiä parhaillaan yhteistyössä Huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHUn kanssa juoksussa ja keihäänheitossa.

Sensoriteknologia sopii pitkien kestävyyssuoritusten jatkuvaan seurantaan videota paremmin.

MediaPipen avoimesti saatavilla oleva BlazePose -työkalu (MediaPipe 2020) mahdollistaa markkerittoman liikekaappauksen ilman erityisen mittavaa teknistä osaamista. Liikekaappauksen perusteella mitatusta aineistosta, esimerkiksi nivelkulmista, voidaan analysoida suoritustekniikkaa systemaattisemmin kuin pelkkä videon silmämäärinen tarkastelu mahdollistaa. Esimerkiksi **Rottier** ja **Allen** (2021) ovat hahmotelleet, mitä lähitulevaisuudessa voisi olla saavutettavissa. He kaappasivat pikajuoksun juoksutekniikan hyviltä ja erinomaisilta pikajuoksijoilta ja selvittivät optimoinnin avulla, millainen muutos pitäisi saada aikaiseksi jalan heilahdusvaiheessa, jotta hyvästä tulisi erinomainen (Rottier & Allen 2021). Kun tämänkaltaisessa mallinnuksessa käytetään sopivia suorituskykyrajoitteita, voidaan esimerkiksi arvioida, mikä olisi urheilijan saavutettavissa oleva maksimisuoritus.

Sensoriteknologian etuja

Videoanalyysi ei kuitenkaan sovellu kaikkiin tilanteisiin. Sensoriteknologia sopii esimerkiksi pitkien kestävyyssuoritusten jatkuvaan seurantaan videota paremmin. Maratonjuoksijoita kenkään asetutulla sensorilla (Meyer ym. 2021) tarkkailleessa tutkimuksessa havaittiin mm. kontaktiajan ja askelpituuden, nopeuden, maksimaalisen pystyvoiman ja jäykkyyden vähenevän maratonjuoksukilpailun aikana. Jalkojen keskimääräinen iskukulma pieneni kilpailun aikana. Lihasten kyky vaimentaa törmäystä väheni, mitä juoksijat kompensoivat törmäämällä maahan suoremmilla jaloilla. Jokainen osallistuja säilytti kuitenkin kantaiskun loppuun asti.

Tutkimuksessa havaittiin myös kaksi muutoskohtaa eli eräänlaista ”seinää” 25 ja 35 kilometrin kohdalla: kinematiikka muuttui merkittävästi, minkä tutkijat arvioivat mahdollisesti johtuvan venytys-lyhennyssyklin muutoksesta. Tämän tyyppinen sensorilla tuotettu uusi tieto voi auttaa juoksijoiden valmennuksessa ja erityisesti ymmärtämään heikkouksia kilpailusuorituksessa.

Vesiurheilulajit, kuten melonta ja soutu ovat myös hankalia videointiin perustuville liikeanalyysijärjestelmille, sillä ympäristö vaikeuttaa kameroiden asettelua. Näissäkin lajeissa sensoreja on käytetty tutkimaan välineiden ja urheilijoiden raajojen liikeratoja. Inertiamittausyksiköitä on käytetty uinnissa kuvaamaan vartalon kiertoa ja nivelkulmien muutosta suorituksen aikana (Li ym. 2016, Seifert ym. 2014). Melonnassa ja soudussa on taas lisätty suoritusvälineisiin antureita mittaamaan tuotettua voimaa, frekvenssiä, impulssia sekä kehon osien liikkeitä (Umek & Kos 2018, Wang ym. 2017). Yksi tutkimuskohde vuorottaisissa ja syklisissä lajeissa on vasemman ja oikean puolen suoritusta kuvaavien ominaisuuksien, kuten voiman ja voimantuottoajan sekä liikkeen symmetristen erojen mittaaminen. Tämän on erityisen tyypillistä soudussa ja melonnassa, mutta myös uinnissa (Rantanen 2017). Näissä lajeissa on tärkeää, että molemmilta puolilta saadaan tuotettua tehoa ja liikettä symmetrisesti.

Sensoriteknologia kuormituksen seurannassa

Sensoriteknologiaa voidaan hyödyntää myös urheilijoiden rasituksen seurannassa ja sitä kautta vammojen ennaltaehkäisyssä. Australian Institute of Sport (AIS) kehitti alun perin rugbyn pelaajille ylävartalosta mitattuihin kiihtyvyyksiin perustuvan PlayerLoad-menetelmän, jolla arvioidaan lihaksistolle, luustolle ja jänteille aiheutuvaa ”biomekaanista” kuormitusta.

PlayerLoad on mielenkiintoinen menetelmä, joka lasketaan kiihtyvyyden muutosnopeutena. PlayerLoadia voidaan tarkastella hetkellisenä kuormituksena (Peak PlayerLoad) tai kumulatiivisena kokonaiskuormituksena (Sum PlayerLoad) (Dalen ym. 2020). PlayerLoad-muuttujan avulla voidaan esimerkiksi havainnoida jalkapalloharjoituksen aikaista kokonaiskuormitusta ja sen avulla säätää harjoitusohjelman kokonaisvolyymia (Robinson 2015).

Playerloadin avulla on selvitetty esimerkiksi baseball-syötöstä aiheutuvia hetkellisiä ja summakuormituksia (Bullock ym. 2019), ja sitä on sovellettu baletin koreografioiden kuormituksen arvioinnissa (Nagy ym. 2021). Tutkimustieto on kuitenkin rajallista ja sitä tarvitaan lisää, jotta voidaan todella ymmärtää, miten käyttökelpoista tietoa sensoreilla arvioitu kokonaiskuormitus käytännössä on. Perinteisesti palautumista ja kokonaiskuormitusta on arvioitu erilaisilla

fysiologisilla muuttujilla, kuten sykevälivaihtelulla. PlayerLoadin kaltaiset analyysit voivat tarjota tulevaisuudessa myös biomekaanista rasitusta kuvaavan arvon.

Uusi palauteväline

Valmennustilanteeseen kuuluu keskeisesti palaute suorituksesta. Tavallisesti valmentaja antaa palautetta urheilijalle suullisesti joko suorituksen aikana tai sen jälkeen. Palautetta ja oppimista voidaan tukea videovalmennuksen avulla tai analysoimalla sensorien tuottamaa dataa. Palautetta on myös mahdollista antaa sensorien mittaaman datan perusteella suoraan. Eräs hyvin mielenkiintoinen tapa on äänimerkkien käyttö. **Wood** ja kollegat tekivät jo vuonna 2014 tutkimuksen, jossa he mittasivat juoksussa sääriluun kuormitukselle altistavaa TPPA -muuttujaa (Tibial peak positive acceleration) kiihtyvyysanturilla ja antoivat palautetta suoraan juoksijan korvaan (Wood & Kipp 2014). Tutkimuksessa koehenkilöt pystyivät vähentämään merkittävästi TPPA:ta juoksusuorituksen aikana, kun he saivat välitöntä audiopalautetta.

Äänen lisäksi myös kehoon johdettua värinää on käytetty biopalautteena uinnissa, jossa IMU-pohjaisen laitteiston avulla on tutkittu vartalonkiertoa (Li ym. 2016). Tutkimuksen tulokset osoittivat, että reaaliaikainen biopalaute parantaa uimarien kinemaattista suorituskykyä. Mutta tähänkään tarkoitukseen ei ole vielä edullisia kaupallisia tuotteita saatavilla.

Sensoriteknologian luotettavuus

Sensoriteknologian käytössä herää aina kysymys, miten tarkkoja menetelmät ovat, ja miten hyvin ne vastaavat parhaan standardin mukaisia menetelmiä? **Adesida** ja kollegat julkaisivat vuonna 2019 erinomaisen katsauksen, jossa on pohdittu eri lajeihin kehitettyjen sensorimenetelmien yhteyttä parhaisiin standardeihin (Adesida ym. 2019). Luotettavuuden arviointia vaikeuttaa se, että kaupalliset laitteet käyttävät usein suljettuja ja omisteisia algoritmeja. Lisäksi saattaa olla, että päivittäisvalmennukseen riittääkin valmentajan aistimusten ja tunteen vahvistamiseksi myös heikompi tarkkuus sensorimenetelmissä.

Sensoriteknologialla valmennuksen nykykäytäntöihin verrattuna saavutettavista lisähyödyistä on toistaiseksi vähän tutkimusnäyttöä. Paras näyttö on sykevälivaihtelun käyttämisestä kestävyysharjoittelun optimointiin, jolloin sama harjoitusvaste voidaan saavuttaa pienemmällä harjoitusvolyymillä (Manresa-Rocamora ym. 2021). Intensiivisiä harjoitteita tehdään ainoastaan, kun keho on palautuneessa tilassa sykevälivaihtelun perusteella, jolloin intensiivisten harjoitteiden lukumäärä jää alhaisemmaksi kuin perinteisesti ohjelmoidulla harjoittelulla (Kiviniemi ym. 2010; Vesterinen ym. 2016).

Toisaalta on myös lupaavia tuloksia siitä, että likimain reaaliaikaista palautetta suoritustekniikastaan saavat urheilijat kykenevät muuttamaan suoritusta toivottuun suuntaan (Wood & Kipp 2014; Li ym. 2016). Vaikka vahva tutkimusnäyttö vielä puuttuu, niin voi olla vähintäänkin varovaisen optimisminen nykyteknologialla suorituskyvyn optimoinnissa saavutettavan lisähyödyn suhteen.

Teknologiaa hyödyntämällä voisi saavuttaa etua harjoittelun optimoinnissa. Teknologian soveltaminen vaatii vahvaa valmennuksellista näkemystä, jotta mittaustulos saadaan jalostettua hyödynnettävään muotoon. Teknisen osaamisen ja valmennuksellisen ymmärryksen jakautuminen eri henkilöille on nähdäksemme teknologian hyödyntämisen suurin este. Valmentaja ei välttämättä osaa kuvitella laitetta, jolla haluttu tieto saataisiin tuotetuksi. Vastaava teknisesti riittävän taitava henkilö ei tiedä, mitä pitäisi mitata.

Kuvaamamme sykevälivaihteluohjattu kestävyysharjoittelu on esimerkki tekniikasta, jonka kehityksessä valmennusosaaminen ja tekninen osaaminen ovat kohdanneet, ja joka on sellaisenaan käyttökelpoinen menetelmä. Vastaavat valmiit toimintamallit voiman ja taidon kehittämiseen odottavat vielä julkistamistaan.

Ennustamme lopuksi, että esimerkkinä mainittu juoksutekniikan numeerinen optimointi saattaa edesauttaa liiketiedon muuttamista sovellettaviksi tiedoiksi jo lähitulevaisuudessa. Jos asiantuntevalle valmentajalle tai fysioterapeutille voitaisiin sanoa, millainen saavutettavissa oleva muutos pitäisi saada aikaan suorituksen parantamiseksi, niin asiantuntija pystyy kehittämään sopivan harjoitusohjelman. Liikkeen optimoinnin mallintaminen voisi tuottaa useampia vaihtoehtoja, joilla suoritusta voisi varmuudella parantaa. Asiantuntija pystyisi tämän jälkeen valikoimaan käytännössä toteuttamiskelpoiset. ◆

LÄHTEET

Adesida, Y., Papi, E., & McGregor, A. H. 2019. Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: A systematic review. Sensors, 19(7), 1597.

Bullock, G. S., Schmitt, A. C., Chasse, P., Little, B. A., Diehl, L. H., & Butler, R. J. 2019. Differences in PlayerLoad and pitch type in collegiate baseball players. Sports Biomechanics, 20(8), 938-946.

Cronin, N. J., Rantalainen, T., Ahtiainen, J. P., Hynynen, E., & Waller, B. 2019. Markerless 2D kinematic analysis of underwater running: A deep learning approach. Journal of Biomechanics, 87, 75–82.

Dalen, T., Aune, T. K., Hjelde, G. H., Ettema, G., Sandbakk, Ø., & McGhie, D. 2020. Player load in male elite soccer: Comparisons of patterns between matches and positions. PLoS One. 2020, 15(9), e0239162.

Espinosa, H. G., Lee, J., & James, D. A. 2015. The Inertial Sensor: a Base Platform for Wider Adoption in Sports Science Applications. Journal of Fitness Research, 4(1), 13–20.

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., Nissilä, J., Virtanen, P., Karjalainen, J., & Tulppo, M. P. 2010. Daily exercise prescription on the basis of hr variability among men and women. Medicine and Science in Sports and Exercise, 42(7), 1355–1363.

Li, R., Cai, Z., Lee, W., & Lai, D. T. H. 2016. A wearable biofeedback control system based body area network for freestyle swimming. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 1866–1869.

Magalhaes, F. A. de, Vannozzi, G., Gatta, G., & Fantozzi, S. 2015. Wearable inertial sensors in swimming motion analysis: a systematic review. Journal of Sports Sciences, 33(7), 732–745.

Manresa-Rocamora, A., Sarabia, J. M., Javaloyes, A., Flatt, A. A., & Moya-Ramón, M. 2021. Heart rate variability-guided training for enhancing cardiac-vagal modulation, aerobic fitness, and endurance performance: a methodological systematic review with meta-analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 29;18(19), 10299.

MediaPipe Pose. 2020. https://google.github.io/mediapipe/solutions/pose, 21.4.2022.

Meyer, F., Falbriard, M., Mariani, B., Aminian, K., & Millet, G. P. 2021. Continuous Analysis of Marathon Running Using Inertial Sensors: Hitting Two Walls? International Journal of Sports Medicine, 42(13), 1182-1190.

Nagao, H., & Yamashita, D. 2022. Validation of video analysis of marker-less barbell auto-tracking in weightlifting. PLoS One, 28;17(1), e0263224.

Nagy, P., Brogden, C., Orr, G., & Greig, M. 2021. Within- and between-day loading response to ballet choreography. Research in Sports Medicine, 4, 1-12.

NepaInsight Oy. 2019. Digitaaliset elämäntavat tutkimus 2019. Digitaalinen asiointi ja oman hyvin voinnin seuraaminen. https://www.sttinfo.fi/data/attachments/00947/05fcdbe8-ba58-4e8b-b8f4-df746a369170.pdf, 19.4.2022.

Passaro, V. M. N., Cuccovillo, A., Vaiani, L., De Carlo, M., & Campanella, C. E. 2017. Gyroscope technology and applications: A review in the industrial perspective. Sensors 7;17(10), 2284.

Pobiruchin, M., Suleder, J., Zowalla, R., & Wiesner, M. 2017. Accuracy and adoption of wearable technology used by active citizens: A marathon event field study. JMIR Mhealth Uhealth, 28;5(2), e24

Rantanen, A. 2017. Käsivedon muuttujien yhteys viidenkymmenen metrin vapaauinnin aikaan: uuden anturiteknologiaan perustuvan tehomittarin testaus. Liikuntabiologia, Jyväskylän yliopisto, Biomekaniikan kandidaatintutkielma.

Robinson, M. A. 2015. Player load monitoring: Protecting the elite player from overload using miniature high frequency triaxial accelerometers. https://uefaacademy.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/06/20150331_UEFA-RGP_Mark-Robinson_Final-Report.pdf, 19.4.2022.

Rottier, T. D., & Allen, S. J. 2021. The influence of swing leg technique on maximum running speed. Journal of Biomechanics, 126, 110640.

Sabatini, A. M. 2011. Estimating three-dimensional orientation of human body parts by inertial/magnetic sensing. Sensors, 11(2), 1489–1525.

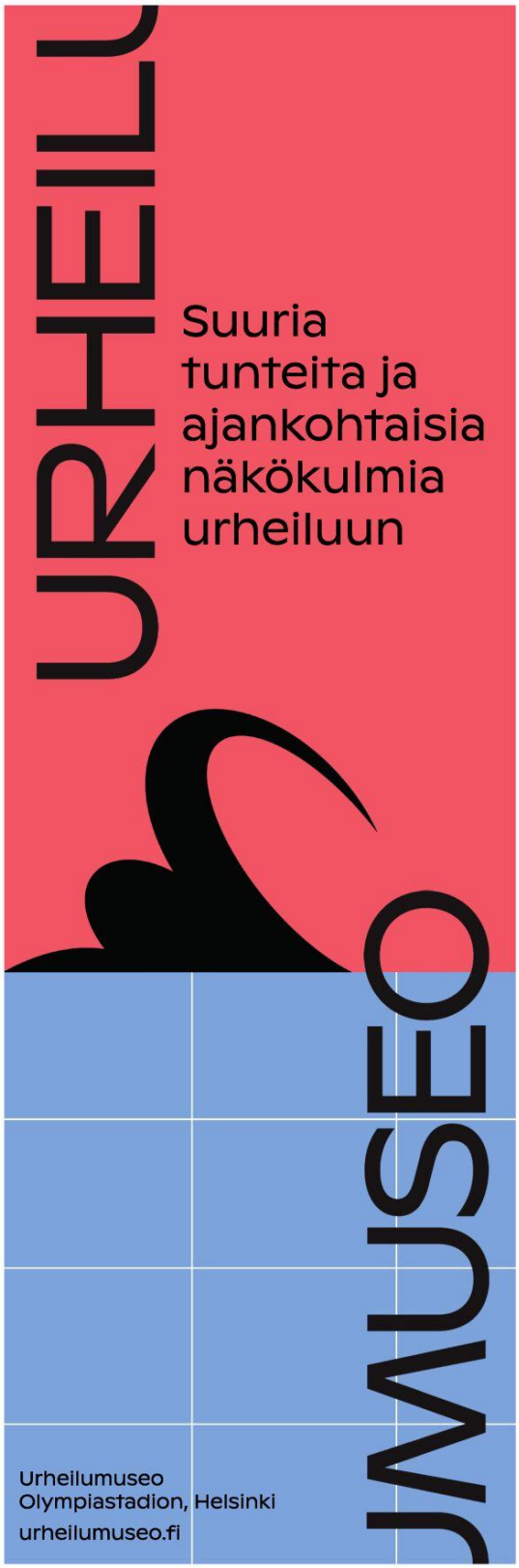
Seifert, L., L'Hermette, M., Komar, J., Orth, D., Mell, F., Merriaux, P., Grenet, P., Caritu, Y., Hérault, R., Dovgalecs, V., & Davids, K. 2014. Pattern recognition in cyclic and discrete skills performance from inertial measurement units. Procedia Engineering, 72, 196–201.

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 internal and external workload of the athlete. NPJ Digital Medicine, 2(1), 472–478.

Umek, A., & Kos, A. 2018. Wearable sensors and smart equipment for feedback in watersports. Procedia Computer Science, 129, 496–502.

Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J., & Häkkinen, K. 2016. F48(7), 1347–1354.

Victorino, M. N., Jiang, X., & Menon, C. 2018. Wearable Technologies and Force Myography for Healthcare. Teoksessa: R. Kai-Yu Tong (toim.) Wearable Technology in Medicine and Health Care, 135–152.

Wang, Z., Wang, J., Zhao, H., Yang, N., & Fortino, G. 2017. CanoeSense: Monitoring canoe sprint motion using wearable sensors. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 - Conference Proceedings, 644–649.

Wood, C. M., & Kipp, K. 2014. Use of audio biofeedback to reduce tibial impact accelerations during running. Journal of Biomechanics, 47(7), 1739–1741.