

Roni Koskinen

**Kuinka äly- ja urheilukellot suoriutuvat niille suunnitelluista
tehtävistä**

Tietotekniikan Template and manual for a thesis document class

10. maaliskuuta 2023

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Roni Koskinen

Yhteystiedot: rpkoskin@student.jyu.fi

Ohjaaja: Tytti Saksa

Työn nimi: Kuinka äly- ja urheilukellot suoriutuvat niille suunnitelluista tehtävistä

Title in English: L^AT_EX-tutkielmapohjan gradu3 käyttö

Työ: Template and manual for a thesis document class

Opintosuunta: Mathematical Information Technology

Sivumäärä: 17+0

Tiivistelmä: tiivistelmä sama kuin eng abstract

Avainsanat: L^AT_EX, gradu3, pro gradu -tutkielmat, kandidaatintutkielmat, käyttöohje

Abstract: Tiivistelmä in english

Keywords: L^AT_EX, gradu3, Master's Theses, Bachelor's Theses, user's guide

Jyväskylä, 10. maaliskuuta 2023

The Author

Taulukot

Taulukko 1. Älykellojen sykemittauksen tarkkuuden korrelaatio elektrodiagrammin sykemittaukseen (Wang ym. 2017)	8
---	---

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	PUETTAVAT TEKNOLOGIAT	2
2.1	Puettavan teknologian määritelmä	2
2.2	Äly- ja urheilukellot	2
2.3	hyvinvointi	3
3	ÄLYKELLOJEN MITTAUKSET	4
3.1	Uni	4
3.2	Paikanninjärjestelmä	4
3.3	Korkeudenmittaus	6
3.4	Syke	7
3.5	Askeleet	8
3.6	Tarkkuus	8
4	ÄLYKELLOJEN VAIKUTUS HYVINVOINTIIN	9
4.1	Positiiviset	9
4.2	Negatiiviset vaikutukset	9
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	10
	LÄHTEET	11

1 Johdanto

Teknologian kehitys on johtanut liikunnan vähenemiseen ja vapaa-ajan aktiviteetit on korvautunut aktiviteetteihin, joissa liikunta on vähäistä (Petrusevski ym. 2021). Aktiivisuutta mittaavat laitteet ovat kuitenkin poikkeus. Aktiivisuutta mittaavaavien laitteiden kerrotaan edistävän terveellisempiä elämäntapoja, tekemällä aktiivisuusdatasta näkyvän, kerrotaan Shinin ym. artikkelissa (2015) (Shin, Cheon ja Jarrahi 2015). Puettavat teknologiat ovat yleistyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana tavallisten kuntoilijoiden käyttöön, sillä teknologia on kehittynyt nopeasti. Teknologian nopea kehittyminen on tuonut hinnat alas, ja laitteiden fyysinen koko on pienentynyt, joten niiden käyttö ja hankkiminen on mahdollista suuremmalle joukolle ihmisiä. Teknologian kehittyminen on tehnyt laitteista aiempaa tarkempia ja parempia melkein kaikilla osa-alueilla. Niihin on myös kehitetty paljon uusia ominaisuuksia. Kellot muunmuassa seuraavat unta, mittaavat sykettä, mittaavat kuljettua matkaa sekä noustua korkeutta.

Kandidatutkielmassani tutkitaan sitä, miten puettavat hyvinvointiteknologiat suoriutuvat ja soveltuvat siihen, mitä toimintoja ne on suunniteltu tekemään. Valitsin aiheen siksi, että puettavat teknologiat ovat mielestäni kiinnostavia. Käytän päivittäisessä elämässäni älykelloa, ja haluaisin tietää mitä tutkimukset kertovat siitä, miten hyvin nämä teknologiat soveltuvat ja suoriutuvat tarkoituksestaan hyvinvointia edistävinä laitteina.

Tutkimus tehdään kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsaus valittiin tutkimussuunnitelmaksi siksi, sillä puettavista teknologioista on tehty paljon tutkimusta. Tutkimusstrategia on myös soveltuva siksi, että aihe on laaja, ja siinä on yhdisteltävä useita eri lähteitä. Yhden tutkimuksen tekeminen aiheesta on käytännössä mahdotonta, sillä aihe sisältää tutkimuksia useista eri mittaustavoista ja mittaustilanteista.

2 Puettavat teknologiat

2.1 Puettavan teknologian määritelmä

Godfrey ym. (2018) määrittelevät artikkelissaan, että puettavat teknologiat tarkoittavat laitteita, jotka ovat suoraan suoraan tai irtonaaisesti kiinni ihmisessä. (Godfrey ym. 2018). Suoraan kiinni olevat laitteet ovat esimerkiksi uhreilukelloja, Godfrey ym. (2018) antavat Irtonaiset puettavat teknologiat tarkoittavat yleensä puhelimia (Godfrey ym. 2018). Yasar (2022) kertoo artikkelissaan, että Puettavia teknologioita voi olla monessa eri muodossa, ne voivat olla esimerkiksi koruja, lisävarusteita, lääketieteellisiä laitteita, vaatteita tai vaatteisiin liitettäviä laitteita muodossa (Yasar 2022).

Puettavat teknologiat voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Ensisijaisiin, eli laitteisiin jotka toimivat itsenäisesti ja yhdistävät muita laitteita toisiinsa (Godfrey ym. 2018). Tällaisia ovat esimerkiksi sykemittarit, puhelimet ja älysormukset. Toinen kategoria on toissijaiset, eli sellaiset laitteet jotka tarvitsevat toimiakseen ensisijaisen laitteen, johon ne lähettävät dataa, nämä mittaavat jotain tiettyä arvoa. Tällaisia ovat esimerkiksi rinnan ympärillä puettava sykevyö (Godfrey ym. 2018)

2.2 Äly- ja urheilukellot

Älykellot ovat suosituin laite puettavien teknologioiden kategoriassa (Godfrey ym. 2018). Gregersen määrittelee Britannica tietosanakirjan artikkelissa älyjellojen tarkoittavan puhelimenkaltaisia laitteita, joita puetaan ranteessa (*Watch - Electric-powered and electronic watches* | Britannica 2023). Älykelloissa on myös yleensä joukko erilaisia antureita (Rawassizadeh, Price ja Petre 2014).

The free dictionary määrittelee urheilukellon tarkoittavan tietokonepohjaista älykelloa, joka on kestävästi valmistettu, vedenkestävä ja siinä on ominaisuuksia kuten sykemittari sekä muita urheiluun, liikkumiseen ja tervetyteen liittyviä seuranta ominaisuuksia. (*sports watch*,

). Urheilukellojen ero älykelloon on siis se, että nämä ovat usein kestävämmiin valmistettu, ja tarjoavat ensisijaisesti hyvinvoinnin ja urheilun seuraamiseen liittyviä ominaisuuksia. Erot ovat siis pienet, ja esimerkiksi urheilukelloja valmistava Garmin käyttää sivuillaan kelloistaan "smart watch"-termiä (*Garmin* 2023).

2.3 hyvinvointi

Hyvinvoinnin määritelmä lyhyesti.

3 Älykellojen mittaukset

Tässä luvussa käydään läpi erilaisia mittauksia, mitä älykellot tekevät ja kuinka tarkkoja ne ovat. Lukuun ei ole kuitenkaa sisällytetty kaikkia älykellojen mittauksia, vaan ne joita kandidaatintutkielmani käsittelee.

3.1 Uni

Mitä mitataan (syke yms.) ja algoritmit jotka laskevat unen vaiheita, vertaillaan esim. lääketieteessä käytettyihin laitteisiin. Lähteitä esim. Effect of Wearable Technology Combined With a Lifestyle Intervention on Long-term Weight Loss: The IDEA Randomized Clinical Trial (Jakicic ym. 2016) Understanding continued smartwatch usage: the role of emotional as well as health and fitness factors (Siepmann ja Kowalczyk 2021)

Riittävä unensaanti on tärkeä terveyden ja hyvinvoinnin ylläpitämiseksi. Watsonin sekä Andrewin artikkelissa (2017) todetaan unella olevan merkitystä niin fyysiseen kehitykseen, emotionaalisen hallintaan, kognitiiviseen suoriutskykyyn ja muutenkin elämänlaatuun (Watson 2017). Artikkelissa (2017) kerrotaan, että urheilijat arvioivat unensa laatua ja kestoa heikosti (Watson 2017). Unen mittaus ominaisuus on siis varsinkin urheilijoille tärkeä ominaisuus.

Älykellojen unen mittaus ominaisuus on urheilevalle hyödyllinen työkalu.

3.2 Paikanninjärjestelmä

Äly- ja urheilukellot käyttävät sijainnin, urheilusuorituksen pituuden ja nopeuden mittaamiseen Global navigation satellite system (GNSS) nimistä satelliittinavigointiverkostoa. GNSS:ään lukeutuu Euroopan Galileo järjestelmä, Yhdysvaltojen Global Navigation System (GPS), Venäjän Glosnass sekä kiinan BeiDou satelliittipaikannusjärjestelmät (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ja Wasle 2007). Joissain tutkimuksissa puhutaan GPS paikantimen tarkkuudesta, toisissa GLOSNAASS:ista, ja toisissa taas viitataan yleisesti GNSS:ään. Puhuttaessa GNSS:stä tai GPS:stä tarkoitetaan kuitenkin samaa älykellon paikannin sirua, ainostaan sal-

liitit joihin yhdistetään muuttuvat.

GPS mittaamisen tarkkuuteen vaikuttaa lukuisia ulkopuolisia seikkoja. Cummins ym. (2013) artikkelissa kerrotaan, että laitteen päivitys frekvenss, vaikuttaa sijainnin mittaamisen tarkkuuteen. Mitä suurempi frekvenssi, sen tarkempi sensori on. (Cummins ym. 2013) Baranskin ja Strumillon artikkelit mainitsevat artikkelissaan (2012), että tarkkuuteen vaikuttaa myös se, onko GPS sirun lähellä korkeita rakennuksia ja onko taivas selkeä (Baranski ja Strumillo 2012).

Gilgen-Ammann ym. toteavat artikkelissaan (2020), että niin ammatti kuin amatööri juoksijat nojautuvat pitkälti urheilukellon GNSS:n antamaan lukemaan juostun matkan pituudesta, ja urheilukellojen sijainnin :n tarkkuudesta on kuitenkin tehty vähän tieteellistä tutkimusta. GNSS mittaus on kuitenkin käytössä useassa lajissa, ja olisi tärkeä saada tietoa siitä, onko mittaukset luotettavia. Gilgen-Ammann tutkivat artikkelissaan (2020) Applen, Coroksen, Polarin ja Suunnon urheilukellojen GPS mittauksen tarkkuutta 400-4000 metrin juoksu, kävely sekä pyöräilysuorituksissa. Näistä kelloista Polar oli ainoa, jonka mittauksissa oli keskimäärin alle 5% virhe mittauksissa. Keskimäärin urheilukellojen GPS mittauksissa on noin 3-6% virhe. (Gilgen-Ammann, Schweizer ja Wyss 2020)

Johanssom ym. tutkivat artikkelissaan (2020) urheilukellojen GPS:n tarkkuutta ultramaraton juoksuksissa. Juoksuretin pituus oli 56 kilometriä ja reitti sisälsi 800 nousumetriä. Tutkimuksen mukaan GPS laitteiden tarkkuus oli tarkimmillaan $0.6\% \pm 0.3\%$ ja epätarkimmillaan $1.6\% \pm 0.9\%$. (Mediaani \pm IQR)(viittaus taulukkoon) Artikkelissa todettiin myös, että urheilukellot ovat pätevä tapa mitata juostua matkaa. (Johansson ym. 2020)

Johtopäätös?

3.3 Korkeudenmittaus

Noustat metrit treenin aikana on tärkeä osa urheilijan kokonais työmäärää, siksi älykellojen korkeuden mittaamisen tarkkuutta on hyvä tutkia (Ammann ym. 2016). Barometrien tarkkuudesta äly- tai urheilukelloissa on kuitenkin suppeasti tutkimusdata. Äly- ja urheilukellot käyttävät korkeuden mittaamiseen barometristä sensoria tai GPS paikantimen antamaa informaatiota (Ammann ym. 2016). Barometrinen sensori arvioi korkeuden mittaamalla ilmanpainetta (Arokanam, Manivannan ja Harrison 2019). GPS taas antaa korkeustiedon paikannuksesta saatujen karttatietojen avulla. On myös mahdollista, että kello käyttää GPS ja barometrin kombinaatiota korkeuden mittaamiseen. Tällä tavalla kello yrittää korjata barometrin mahdolliset ulkoisista asioista, kuten sääolosuhteista johtuvat mittausvirheet. (viite kaiva jostai).

KIRJOITA MIKSI BAROMETRI VOI OLLA EPÄTARKKA JOISSAIN TILANTEISSA EDELLISEEN KAPPALEESEEN + kirjoitanko barometrin tarkkuudesta sisällä?

Ammann ym. tutkivat älykellojen korkeusmittauksen tarkkuutta kolmella erilaisella juoksureitillä. ensimmäinen reitti oli tasainen 400 metrin juoksurata. Toinen reitti oli 2490 metriä, jossa nousua oli 90 metriä. Kolmas reitti oli silmukka, jossa yhdellä kerralla oli nousua 30 metriä. Tutkimuksessa tätä reittiä kutsuttiin "mäkiseksi reitiksi" Osallistujat juoksivat jokaisen reitin kolmella eri nopeudella. Testaamiseen käytettiin Garmin ForerunnerXT, Polar RS800XC, sekä Suunto Ambit2 urheilukelloja. Näistä kelloista Garmin ja Suunto käyttivät korkeuden mittaamiseen barometrin sekä GPS yhdistelmää. (Ammann ym. 2016, .) Tutkimus toteutettiin kolmen kuukauden aikana, jotta sääolosuhteet voitiin ottaa huomioon. Kellojen kalibroitiin ennen jokaista testiä vastaamaan kyseistä korkeutta merenpinnan yläpuolella, jossa testaajat olivat (Ammann ym. 2016).

Tutkimuksen mukaan kellot aliarvioivat mäkisellä reitillä nousumetrejä alimmillaan 3,3% suurimmillaan 9,8%. Tasaisella reitillä mittaukset olivat suhteellisen tarkkoja. Mittaukset erosivat todellisiin nousumetreihin tasaisella reitillä alimmillaan 0,0% ja suurimmillaan 0,4%,

joten mittaukset olivat todella tarkkoja tasaisella reitillä (Ammann ym. 2016). Artikkelissa todettiin, että nousumetriä arviointien epätarkkuus saattoi johtua esimerkiksi käden heilumisesta juoksun aikana, sääolosuhteiden muutoksisesta tai GPS signaalin vaihtelevasta vahvuudesta (Ammann ym. 2016). On myös tärkeä mainita, että tutkimuksessa käytettävät kellot olivat julkaistu vuosina 2008, 2012 ja 2013. Tekniikka on voinut siis kehittyä tähän mennessä.

3.4 Syke

Sykkeen mittaamiseen käytetään pääosin kahta erilaista teknologista menetelmää. Ensimmäinen metodi on elektrokardiografia (EKG, eng. ECG), jossa mitataan sydämen lyönnin synnyttämiä sähköaaltoja (*Heart Rate Monitors* 2023). Käytän tässä tutkielmassa jatkossa mittaustavasta lyhennettä EKG. Toinen metodi taas on fotopletysmografinen (Optinen, FPG, eng. PPG), jossa mitataan infrapunavaloa käyttäen valtimoiden supistumista ja laajenemista (*Heart Rate Monitors* 2023). *Heart Rate Monitors* 2023 mukaan valon avulla voidaan myös arvioida veren happipitoisuuden määrää. Käytän tässä tutkielmassa jatkossa termiä optinen viitaten fotopletysmografiseen mittaukseen. EKG mittaamista käytetään yleensä rinnan ympärillä puettavissa sykevöissä, kun taas optista tekniikkaa ranteesessa puettavissa laitteissa (*Heart Rate Monitors* 2023). Optisten sensoreiden tarkkuutta tutkiessa kriteerinä käytetään usein Polarin EKG mittausta käyttäviä sykevöitä, sillä ne ovat todettu olevan hyvin lähellä lääketieteessä käytettävien elektrodiagrammin mittauksia, varsinkin alhaisen, keskisuuren ja jopa suuren harjoitteluintensiteetin aikana (Gilgen-Ammann, Schweizer ja Wyss 2019).

Sykkeen mittaamisen tarkkuuteen äly- ja urheilukelloissa löytyy eniten tutkimusta verrattuna muihin mitattaviin arvoihin. Wang ym. 2017 tutkivat artikkelissaan miten Polar H7 sykevyö, sekä neljä erilaisen älykellon sykemittaukset vertautuivat lääketieteessä käytettävään elektrodiagrammin sykemittaukseen. Osallistujien sykettä mitattiin elektrodiagrammin avulla siten, että heillä oli neljä johtoa kiinnitettynä elektrodeihin jokaisessa raajassa. Polar H7 sykevyön sekä kaksi satunnaista älykelloa molemmissa ranteissa. Osallistujat juoksivat matolla 2, 3, 4, 5 ja 6 mailin nopeuksilla, jokaisella nopeudella kolmen minuutin ajan (Wang

ym. 2017). Tutkimuksen mukaan laitteet korreloivat elektrodiagrammin mittauksiin seuraavan kaavion mukaisesti.

Polar H7	Apple Watch	Mio Fuse	Fitbit Charge HR	Basis Peak
.99 (.987-.991)	.91 (.884-.929)	.91 (.882-.929)	.84 (.791-.872)	.83 (.779-.865)

Taulukko 1. Älykellojen sykemittauksen tarkkuuden korrelaatio elektrodiagrammin sykemittaukseen (Wang ym. 2017)

Laitteet olivat levossa tarkempia kuin harjoittelun aikana (Wang ym. 2017). Tämän näkee kuviosta vertaamalla korrelaation ylärajaa sen alarajaan. Polar H7 sykevyön mittasi siis sykettä tutkimuksen mukaan hyvin tarkasti, korreloiden .99 elektrodiagrammin mittauksiin (Wang ym. 2017). Kuten taulukosta huomataan, kahden kellon mittausten korrelaatio oli keskimäärin jopa alle .85, joten niiden sykemittaukset eivät olleet kovin tarkkoja.

3.5 Askeleet

Askelmittari ja sen tarkkuus

3.6 Tarkkuus

Tähän tiivistelmä siitä, miten tarkkoja tai epätarkkoja edellä mainitut mittarit ovat.

4 Älykellojen vaikutus hyvinvointiin

Mitä vaikutuksia älykelloilla on ihmisten hyvinvointikäyttäytymiseen. Auttaako laitteet lisäämään liikuntaa, enemmän unta tai terveellisempiä elämäntapoja ylipäätään?

4.1 Positiiviset

4.2 Negatiiviset vaikutukset

5 Johtopäätökset

Lähteet

Ammann, Rahel, Wolfgang Taube, Fabian Kummer ja Thomas Wyss. 2016. “Accuracy of elevation recording using sport watches while walking and running on hilly and flat terrain” [kielellä en]. Company: Springer Distributor: Springer Institution: Springer Label: Springer Number: 4 Publisher: Springer London, *Sports Engineering* 19, numero 4 (joulukuu): 283–287. ISSN: 1460-2687, viitattu 17. tammikuuta 2023. <https://doi.org/10.1007/s12283-016-0207-9>. <https://link-springer-com.ezproxy.jyu.fi/article/10.1007/s12283-016-0207-9>.

Arogam, Gobinath, Nadarajah Manivannan ja David Harrison. 2019. “Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications”. *Sensors* 19 (9): 1983.

Baranski, Przemyslaw, ja Pawel Strumillo. 2012. “Enhancing Positioning Accuracy in Urban Terrain by Fusing Data from a GPS Receiver, Inertial Sensors, Stereo-Camera and Digital Maps for Pedestrian Navigation” [kielellä en]. Number: 6 Publisher: Molecular Diversity Preservation International, *Sensors* 12, numero 6 (kesäkuu): 6764–6801. ISSN: 1424-8220, viitattu 27. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.3390/s120606764>. <https://www.mdpi.com/1424-8220/12/6/6764>.

Heart Rate Monitors: How They Work and Accuracy [kielellä en]. 2023. Read 28.2.2023. Viitattu 28. helmikuuta 2023. <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/23429-heart-rate-monitor>.

Cummins, Cloe, Rhonda Orr, Helen O’Connor ja Cameron West. 2013. “Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review” [kielellä en]. *Sports Medicine* 43, numero 10 (lokakuu): 1025–1042. ISSN: 1179-2035, viitattu 27. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>.

Garmin. 2023. Luettu 10-02-2023. Viitattu 10. helmikuuta 2023. <https://www.garmin.com/en-US/c/wearables-smartwatches/>.

Gilgen-Ammann, Rahel, Theresa Schweizer ja Thomas Wyss. 2019. “RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise” [kielellä en]. *European Journal of Applied Physiology* 119, numero 7 (heinäkuu): 1525–1532. ISSN: 1439-6327, viitattu 9. maaliskuuta 2023. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04142-5>. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04142-5>.

Gilgen-Ammann, Rahel, Theresa Schweizer ja Thomas Wyss. 2020. “Accuracy of Distance Recordings in Eight Positioning-Enabled Sport Watches: Instrument Validation Study”. *JMIR mHealth and uHealth* 8, numero 6 (kesäkuu): e17118. ISSN: 2291-5222, viitattu 21. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.2196/17118>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7381051/>.

Godfrey, Alan, Victoria Hetherington, Hubert Shum, Paolo Bonato, NH Lovell ja Sam Stuart. 2018. “From A to Z: Wearable technology explained”. *Maturitas* 113:40–47.

Hofmann-Wellenhof, Bernhard, Herbert Lichtenegger ja Elmar Wasle. 2007. *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science & Business Media.

Jakicic, John M., Kelliann K. Davis, Renee J. Rogers, Wendy C. King, Marsha D. Marcus, Diane Helsel, Amy D. Rickman, Abdus S. Wahed ja Steven H. Belle. 2016. “Effect of Wearable Technology Combined With a Lifestyle Intervention on Long-term Weight Loss: The IDEA Randomized Clinical Trial”. *JAMA* 316, numero 11 (syyskuu): 1161–1171. ISSN: 0098-7484, viitattu 26. tammikuuta 2023. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.12858>. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.12858>.

Johansson, Rebecca E, Steffen T Adolph, Jeroen Swart ja Mike I Lambert. 2020. “Accuracy of GPS sport watches in measuring distance in an ultramarathon running race” [kielellä en]. Publisher: SAGE Publications, *International Journal of Sports Science & Coaching* 15, numero 2 (huhtikuu): 212–219. ISSN: 1747-9541, viitattu 21. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1177/1747954119899880>. <https://doi.org/10.1177/1747954119899880>.

Petrusevski, Celeste, Silvana Choo, Michael Wilson, Joy MacDermid ja Julie Richardson. 2021. “Interventions to address sedentary behaviour for older adults: a scoping review”. Publisher: Taylor & Francis _eprint: <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1725156>, *Disability and Rehabilitation* 43, numero 21 (lokakuu): 3090–3101. ISSN: 0963-8288, viitattu 20. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1725156>. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1725156>.

Rawassizadeh, Reza, Blaine A. Price ja Marian Petre. 2014. “Wearables: has the age of smartwatches finally arrived?” *Communications of the ACM* 58, numero 1 (joulukuu): 45–47. ISSN: 0001-0782, viitattu 10. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1145/2629633>. <https://doi.org/10.1145/2629633>.

Shin, Grace, Eun Jeong Cheon ja Mohammad Hossein Jarrahi. 2015. “Understanding quantified-selfers’ interplay between intrinsic and extrinsic motivation in the use of activity-tracking devices”. *IConference 2015 Proceedings*.

Siepmann, Carolin, ja Pascal Kowalczyk. 2021. “Understanding continued smartwatch usage: the role of emotional as well as health and fitness factors” [kielellä en]. Company: Springer Distributor: Springer Institution: Springer Label: Springer Number: 4 Publisher: Springer Berlin Heidelberg, *Electronic Markets* 31, numero 4 (joulukuu): 795–809. ISSN: 1422-8890, viitattu 12. tammikuuta 2023. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00458-3>. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-021-00458-3>.

sports watch. Luettu 10-02-2023. Viitattu 10. helmikuuta 2023. <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/sports+watch>.

Wang, Robert, Gordon Blackburn, Milind Desai, Dermot Phelan, Lauren Gillinov, Penny Houghtaling ja Marc Gillinov. 2017. “Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors”. *JAMA Cardiology* 2, numero 1 (tammikuu): 104–106. ISSN: 2380-6583, viitattu 28. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.3340>. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.3340>.

Watch - Electric-powered and electronic watches | *Britannica* [kielellä en]. 2023. Luettu 10-02-2023, tammikuu. Viitattu 10. helmikuuta 2023. <https://www.britannica.com/technology/smartwatch>.

Watson, Andrew M. 2017. "Sleep and Athletic Performance" [kielellä en-US]. *Current Sports Medicine Reports* 16, numero 6 (joulukuu): 413. ISSN: 1537-8918, viitattu 27. helmikuuta 2023. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000418>. https://journals.lww.com/acsm-csmr/fulltext/2017/11000/sleep_and_athletic_performance.11.aspx.

Yasar. 2022. "What is Wearable Technology? Definition, Uses and Examples" [kielellä en]. Luettu: 10-02-2023. Viitattu 10. helmikuuta 2023. <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/wearable-technology>.