

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

Author(s): Nuutila, Olli-Pekka

Title: Sykeväliin syventyminen voi tukea kestävyysharjoittelua

Year: 2022

Version: Published version

Copyright: © Liikuntatieteellinen seura, 2022

Rights: In Copyright

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

Please cite the original version:

Nuutila, O.-P. (2022). Sykeväliin syventyminen voi tukea kestävyysharjoittelua. *Liikunta ja tiede*, 59(2), 43-47.

OLLI-PEKKA NUUTILA, LitM
väitöskirjattutkija
liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
olli-pekka.s.nuutila@jyu.fi

Sykeväliin syventyminen voi tukea kestävyysharjoittelua



Kuva: Antero Aaltonen

Palautuminen on niin urheilijalle kuin kuntoilijalle oleellista. Kannattaako palautumistilaa tulkita sydämenlyöntien välistä? Kyllä.

KEHITTÄVÄ HARJOITTELU EDELLYTTÄÄ pitkällä aikajänteellä kuormittumisen ja palautumisen sopivaa annostelua. Vaikka aiemman tutkimuksen perusteella tunnetaan jo melko hyvin osatekijät, joista toimiva harjoitusohjelma koostuu, niin sama resepti vaikuttaisi yksilötasolla tuottavan yllättävänkin erilaisia harjoitusvasteita.

Kyky sopeutua harjoituskuormaan on monen eri tekijän summa. Onkin perusteltua kysyä, voisiko harjoitusohjelman yksilöllinen säätäminen kulloisenkin palautumistilan mukaan johtaa parempiin tuloksiin kuin ”keskimäärin toimiva” harjoitusohjelma? Tutkimuskentällä tähän kysymykseen on haettu vastauksia leposykevälvaihtelusta.

teema Kuntotestaus

Mitä sykevälivaihtelu kertoo?

Yksinkertaisimmillaan leposykemittauksessa lasketaan, kuinka monta kertaa sydän lyö minuutissa ja jo tämä mitaustulos voi antaa informaatiota yksilön kuntotasosta tai palautumistilasta (Buchheit 2014). Sykevälivaihtelu eli peräkkäisten sydämenlyöntien keston välillä havaittava vaihtelu, kuvaa kuitenkin pelkkää keskimääräistä sykettä tarkemmin autonomisen hermoston ja erityisesti sen parasympaattisen puoliskon toimintaa.

Uusien, entistä käyttäjäystävällisempien mittaussuoruuksien myötä sykevälivaihtelu vaikuttaa saavutettujen laajempaa kiinnostusta vasta viime aikoina. Ilmiön tutkimus ei kuitenkaan ole mitenkään uutta. Esimerkiksi Uusitalo ym. (1996) havaitsivat, että sydämeen kohdistuvan parasympaattisen hermoston säätelyn estäminen aiheutti käytännössä sykevälivaihtelun katoamisen. Uusitalo tutki vuonna 1998 ilmestyneessä väitöskirjassaan myös laajemmin sykevälivaihtelun käyttökelpoisuutta kestävyysurheilijoiden ylikuormitustilan tunnistamisessa.

Yleisesti voidaan ajatella, että runsas sykevälivaihtelu tarkoittaa korkeaa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta ja elimistön valmiustilaa kohdata uusia ärsykeitä. Vastaavasti merkittävästi alentunut sykevälivaihtelu liittyy vähäisempään parasympaattiseen aktiivisuuteen tai kohonneeseen sympaattiseen aktiivisuuteen, joka voi johtua niin fyysisistä kuin psyykkisistä kuormitustekijöistä.

Altinin ja Plewsin (2021) tuore tutkimus havainnollistaa ilmiötä erinomaisesti. Laajan, lähes 30 000 ihmisen ja 9 miljoonan sykekeräyksen aineistonsa pohjalta tutkijat esittivät, miten leposykevälivaihtelu ja leposyke reagoivat erilaisiin tyyppillisiin stressitekijöihin. Esimerkkeinä käytettiin korkean intensiteetin harjoitusta (-5 %), alkoholin käyttöä

(-12 %) sekä sairastumista (-10 %), joiden kaikkien seurauksena leposykevälivaihtelussa (RMMSD – root mean square of successive differences) havaittiin merkittävä lasku verrokkitasosta. Myös leposyke reagoi, mutta muutokset olivat huomattavasti maltillisempia (1–6 %). On hyvä tiedostaa, että syke ja sykevälivaihtelu eivät kulje täysin käsi kädessä. Kuvassa 1 näkyy miten samasta keskimääräisestä syketasosta huolimatta sykevälivaihtelu voi olla merkittävän erilaista.

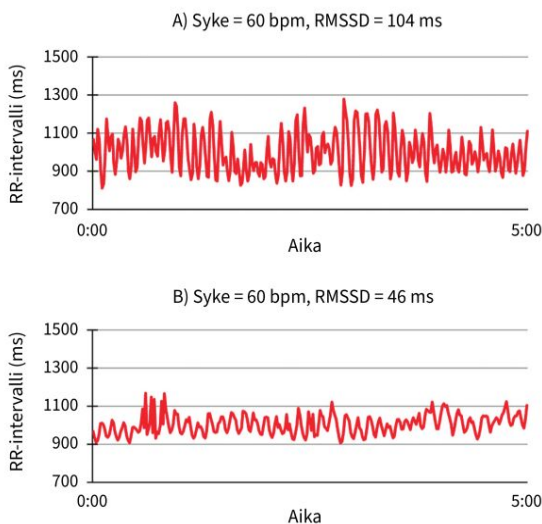
Teoriassa vaikuttaa loogiselta, että sykevälivaihtelumittauksista voisi olla hyötyä palautumistilan arvioinnissa ja sopivien harjoitusvalintojen tekemisessä. Käytännön tasolla Kiviniemi ym. (2007) ovat oman tietämykseni mukaan ensimmäisiä, jotka lopulta tutkivat leposykevälivaihtelumittausten potentiaalia harjoittelun yksilöllisessä mukauttamisessa. Sittenkin samaa aihepiiriä tarkastelleita tutkimuksia on tehty niin paljon, että Dukung ym. (2021) suorittivat meta-analyysin, jossa verrattiin sykevälivaihtelun perusteella mukautuvan harjoittelun toimivuutta ennalta määrättyihin harjoitusohjelmiin.

Vähemmän on enemmän?

Dukung tutkimusryhmineen (2021) hyväksyi meta-analyysiin tutkimukset, jotka keskittyivät kestävyysurheiluun. Lisäksi harjoittelua oli muokattu sykevälivaihtelun perusteella, mukana oli ennalta määrätty harjoitellut verrokiryhmä, tutkimuksissa käytettiin puettavaa teknologiaa ja ryhmien välisiä eroja oli tarkasteltu tilastollisesti. Koonniti mukaan hyväksytyistä tutkimuksista sekä niiden päätuloksista löytyy taulukosta 1 artikkelin lopusta. Taulukko on koottu Dukungin ym. (2021) artikkelin pohjalta, mutta osa tiedoista on täydennetty alkuperäisartikkeleista.

Sykevälivaihtelutulosten vaikutus harjoittelun mukautumiseen vaihteli jonkin verran interventioiden välillä, mutta peruslogiikkaa voi pitää yhdenmukaisena. Käytännössä harjoitusintensiteetti pidettiin korkealla, jos sykevälivaihtelu oli yksilön perustasolla. Jos taas sykevälivaihtelu liikkui perustason ulkopuolelle, harjoittelua kevennettiin. Leposykevälivaihtelua mitattiin 1,5–15 minuuttia, ja Da Silvan ym. (2019) tutkimusta lukuun ottamatta keräykset toteutettiin aamulla heti heräämisen jälkeen. Keräys tehtiin makuuasennossa neljässä interventiossa, joiden lisäksi käytettiin seisoma-asentoa sekä makuu- ja seisoma-asennon yhdistelmää. Sykevälivaihtelumuuttujista useimmin käytetty oli RMSSD. (Kuva 2)

Miten sykevälivaihteluohjaus sitten vaikutti harjoittelun tuottavuuteen? Kun vertailua tehtiin maksimaalisen kestävyysuorituskyvyn tai maksimaalisen hapenottokyvyn kehityksen suhteen, analyysissä havaittiin pieni positiivinen, joskaan ei tilastollisesti merkitsevä, vaikutus ennalta määrättyyn ohjelmaan nähden. Submaksimaalisten muuttujien (nopeus tai teho kynnyksellä) kehityksen suhteen sykevälivaihteluohjattu harjoittelu vaikutti sen sijaan ennalta määrättyä suotuisammalta myös tilastoanalyysien valossa. Kuten taulukko 1 havainnollistaa, sykevälivaihteluohjattu harjoittelu kehitti maksimaalista kestävyysuorituskykyä ennalta määrättyä ohjelmaa enemmän kolmessa interventiossa. Päinvastaisia havaintoja ei tehty yhdessäkään tutkimuksessa.



Kuva 1. Sykevälivaihtelu voi samasta keskiarvosta huolimatta olla huomattavan erilainen. Graafeissa on esitetty sydämenlyöntien väliset RR-intervallit viiden minuutin jakson aikana. Molemissa tapauksissa keskimääräinen syke on 60, mutta RMSSD on yli kaksinkertainen kuvassa A. Sykevälivaihtelu saattaa aaltoilla mitauksen aikana, eikä välttämättä vaihtelee "tasaisesti".

Duking ym. (2021) havaitsivat, että viidessä interven-tiossa yhdeksästä sykevälivaihteluohjattu harjoittelu johti vähäisempään määrään maksimi- tai vauhtikestävyysharjoittelua. Vaikka ryhmien välillä ei olisi havaittu eroja harjoitusadaptaatioissa, on samanlainen kehitys saavutettu näissä tapauksissa siis alhaisemmalla ”hinnalla”.

Kriittisesti tarkasteltuna havainto saattaa liittyä myös ennalta määrättyjen ryhmien ohjelmiin, jotka olivat monissa asetelmissa melko vaati-via. Harjoitusadaptaatioihin liittyvä kiinnostava löydös oli, että sykeväli-vaihteluohjattu harjoittelu vaikuttaisi vähentävän riskiä alhaiseen tai negatiiviseen harjoitusvasteeseen. Tämä lieneekin yksi mukautuvan harjoittelun suurimmista hyödyistä. Kun harjoittelua säädetään yksilön palautumistilan perusteella, liiallisen kuormituksen riski alenee ja useampi yksilö hyötyy harjoittelusta edes hieman.

Toimisiko sama voimaharjoittelussa?

Oliveira ym. (2019) tutkivat sykevälivaihtelun hyödyntämistä voimaharjoittelun ohjelmoinnissa tyypillisen lihasmas-san ja maksimivoiman kasvattamiseen tähtäävän harjoitus-jakson aikana. Sykevälivaihteluohjatun ryhmän harjoittelua mukautettiin hyvin yksinkertaisesti. Jos aamulla mitattu sy-kevälivaihtelu ei ollut yksilön omalla perustasolla, pidettiin lepopäivä ja yritettiin seuraavana päivänä uudelleen. Ver-rokkiryhmän harjoitukset toteutettiin puolestaan 48 tunnin välein (ma, ke ja pe).

Harjoitusmäärä oli täsmätty harjoituskertojen suhteen (20), mutta niihin kuluva aika saattoi vaihdella ryhmien välillä. Kumpikin ryhmä paransi varsin identtisesti yhden tois-

ton maksimia polven ojennuksessa (ennalta määrätty 44,8 %; sykevälivaihtelu 30,8 %) sekä ulomman reisilihaksen poikkipinta-alaa (ennalta määrätty 18,2 %; sykevälivaihte-lu 16,2 %). Mielenkiintoista oli, että sykevälivaihteluohjattu

ryhmä toteutti jakson huomattavasti ennalta määrättyä ryhmää lyhyem-mässä ajassa (5,1 vs. 7 viikkoa). Voikin kysyä, olisivatko tulokset olleet erilaisia, jos harjoitusjakso olisi ollut mo-lemmilla ryhmillä saman mittainen. Joka tapauksessa ainakaan tämän tut-kimuksen perusteella ei voida todeta sykevälivaihteluohjauksen erityises-ti hyödyttäneen voimaharjoittelijoita.

Voimaharjoituksista palautumises-sa sykevälivaihtelua ei muutenkaan

kannattane käyttää ensisijaisena kriteerinä, sillä se ei vai-kuttaisi kuvastavan kovinkaan tarkasti lihastason palautu-mista (Buchheit 2014). Esimerkiksi Flattin ym. (2019) tut-kimuksessa sykevälivaihtelun, voimantuottokyvyn, koetun palautumistilan ja lihasarkkuuden palautumisen aikajänteet erosivat merkittävästi toisistaan maksimivoimaharjoituk-sen jälkeen. Käytännössä leposykevälivaihtelu oli palannut lepotasolle jo 24 tunnin kuluessa, vaikka maksimivoima-taso ja tehotuottokyky olivat edelleen alentuneita samas-sa mittapisteessä.

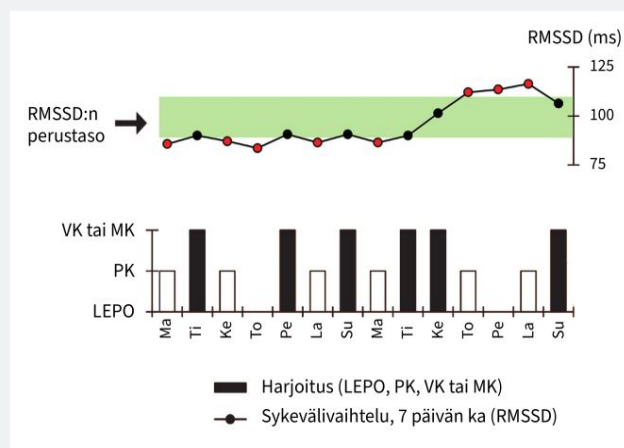
Koettu palautumistila ja lihasarkkuus eivät olleet lähtöta-solla vielä 48 tunnin kuluessakaan harjoituksesta. Voimailijoilla suurin potentiaali sykevälivaihtelun hyödyntämises-sä lieneekin harjoittelun ulkopuolisen elämän aiheuttaman kuormituksen tunnistamisessa. Voimaharjoittelussakin on havaittu, että runsas psyykinen kuormitus voi vaikuttaa harjoittelun tuottavuuteen negatiivisesti (Bartholomew ym. 2008).

Kun harjoittelua säädetään yksilön palautumistilan perusteella, liiallisen kuormituksen riski alenee.

Sykevälivaihteluohjatun harjoittelun toimintalogiikka

Sykevälivaihtelun yksilöllinen perustaso on tyypillisesti määritetty harjoitusjaksoa edeltävän 1–4 viikon keskiarvon ja keskihajonnan ($\pm 0,5-1 \times$ keskihajonta) perusteella. Kun harjoittelua on alettu mukauttaa, yksittäisen mit-tapisteen sijaan useimmissa tutkimuksissa on käytetty 3–7 edeltävän päivän keskiarvoa.

Jos kyseinen keskiarvo on aamun mittauk-sissa näyttänyt ”vihreää valoa”, ja ollut yksi-lön perustasolla, saman päivän harjoitus on ollut korkeaintensiiteettinen (VK tai MK). Jos taas sykevälivaihtelu on näyttänyt ”punaista valoa” ja ollut perustason ylä- tai alapuolella, tätä on pidetty merkinä epänormaalista tilasta, ja harjoittelua on kevennetty (PK tai lepo). Kuvan esimerkissä kahden peräkkäisen ”punaisen valon” seurauksena on pidetty lepopäivä. PK = peruskestävyys, VK = vauhti-kestävyys, MK = maksimikestävyys, RMSSD = Root Mean Square of Successive Differences.



Kuva 2. Sykevälivaihteluohjattu harjoittelu

teema Kuntotestaus

Taulukko 1. Koonti sykevälivaihteluohjausta käsittelevistä tutkimuksista

Tutkimus	Tutkittavat	Harjoitusjakso	Muutos suorituskyvyssä
Kiviniemi ym. 2007	Juosten harjoittelevia kuntoliikkuja, vain miehiä. HRV, n = 9 EM, n = 8	4 viikon harjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 4 VK/MK-harjoitusta • 2 PK-harjoitusta Harjoitussisällöissä ei merkittävää eroa viikkojen välillä.	Mattotestin loppunopeus HRV: 5,8 %* EM: 3,9 %*
Kiviniemi ym. 2010	Kuntoliikkuja, jotka saivat harjoitella itselle tutuimmalla harjoitusmuodolla, miehiä ja naisia. MIEHET HRV, n = 7 EM, n = 7 NAISET HRV1, n = 7 HRV2, n = 10 EM, n = 7	8 viikon harjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • Vähintään 2 PK-harjoitusta • Vähintään 3 VK/MK-harjoitusta Artikkelissa ei mainintaa mahdollisista eroista viikkotason harjoitussisällöissä.	Pyörätestin lopputeho MIEHET HRV: 11,1 %* EM: 6,5 %* NAISET HRV1: 8,6 %* HRV2: 9,6 %* EM: 10,6 %*
Vesterinen ym. 2016	Juosten harjoittelevia kuntoliikkuja, miehiä ja naisia. HRV, n = 13 EM, n = 18	8 viikon harjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 0-3 VK/MK-harjoitusta • 2-5 PK-harjoitusta Joka neljäs viikko oli intensiteetin suhteen kevennetty.	3000 m keskinopeus HRV: 2,1 %* EM: 1,1 %
da Silva ym. 2017	Harjoittelemattomia aloittelijoita, harjoitusmuotona juoksu, vain naisia. HRV, n = 15 EM, n = 15	8 viikon harjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 1-2 VK-harjoitusta • 1-2 MK-harjoitusta Joka toisella viikolla tehtiin 2 VK- ja joka toisella 2 MK-harjoitusta.	Mattotestin loppunopeus HRV: 10,0 %* EM: 8,2 %* 5000 m aika HRV: -17,5 %* EM: -14,0 %*
Nuutila ym. 2017	Juosten harjoittelevia kuntoliikkuja, vain miehiä. HRV, n = 13 EM, n = 11	8 viikon blokkiharjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 1-5 MK-harjoitusta • 1-5 PK-harjoitusta Joka toinen viikko oli intensiteetin suhteen kevennetty.	Mattotestin loppunopeus HRV: 5,1 %* EM: 2,7 %* 3000 m aika HRV: -5,2 %* EM: -5,2 %*
Schmitt ym. 2018	Kilpahiittäjiä, miehiä ja naisia. HRV, n = 9 EM, n = 9	15 päivän jakso vuoristoharjoittelua, jonka aikana harjoiteltiin maajoukkuevalmentajan laatiman ohjelman mukaisesti	Aika-ajo rullasuksilla HRV: -2,7 %* EM: -2,5 %
Javaloyes ym. 2019	Harjoitteleita pyöräilijöitä, vain miehiä. HRV, n = 9 EM, n = 8	8 viikon harjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 1-3 VK/MK-harjoitusta • 2-5 PK-harjoitusta Joka neljäs viikko oli intensiteetin suhteen kevennetty.	Pyörätestin lopputeho HRV: 5,1 %* EM: 1,4 % 40 min aika-ajon keskiteho HRV: 7,3 %* EM: 4,2 %
Javaloyes ym. 2020	Harjoitteleita pyöräilijöitä, sukupuolijakaumaa ei raportoitu HRV, n = 7 EM, n = 8	8 viikon blokkiharjoitusjakso, jonka aikana verrokkiryhmällä viikoittain: • 1-4 VK/MK-harjoitusta • 2-4 PK-harjoitusta Joka neljäs viikko oli intensiteetin suhteen kevennetty.	Pyörätestin lopputeho HRV: 7,0 %* EM: 4,9 % 40 min aika-ajon keskiteho HRV: 6,0 %* EM: 0,7 %

EM = ennalta määrätty harjoitusryhmä
HRV = sykevälivaihteluohjattu harjoitusryhmä
PK = peruskestävyys harjoitus
VK = vauhtikestävyys harjoitus
MK = maksimikestävyys harjoitus

* tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää muutosta ryhmän sisällä ja # tilastollisesti merkitsevää eroa muutoksessa ryhmien välillä.

Mukautuvan harjoittelun seuraavat askeleet

Vaikka sykevälivaihteluohjattu harjoittelu on tuottanut lupaavia tuloksia, menetelmään ja sen soveltamiseen liittyy tiettyjä rajoitteita ja avoimia kysymyksiä. Ensinnäkin on tärkeää tiedostaa, ettei sykevälivaihtelu yksittäisenä muuttujana kykene kuvastamaan kaikkia palautumiseen liittyviä prosesseja. Muiden näkökulmien, kuten harjoitusvauhtien tai koetun palautumistilan, yhdistäminen arviointiin voisi näin ollen tuoda lisäarvoa harjoittelun mukauttamispäätöksiin. Koetun palautumistilan tarkastelu on hyödyllistä varsinkin tilanteissa, joissa sykevälivaihtelu ja muut sykekuuttajat saattavat käyttäytyä paradoksaalisesti. Erityisesti runsaan harjoituskuormituksen seurauksena kestävyysliikkujiilla on mahdollista havaita ”parasympaattista hyperaktiivisuutta”, jonka seurauksena harjoitusydykkeitä laskevat ja leposykevälivaihtelu lisääntyy (Bellenger ym. 2016). Toisin kuin pelkän sykedatan perusteella voisi luulla, kyseessä ei kuitenkaan ole positiivinen muutos, jos samaan aikaan suorituskyky ja koettu palautumistila heikkenevät.

Mitä tulee harjoitusohjelman mukautumiseen, toistaiseksi harjoittelua on säädetty vain harjoittelun intensiteetin kautta. Koska kestävyysliikkujien ja -urheilijoiden harjoittelun painopiste tyypillisesti vaihtelee harjoituskauden eri vaiheissa, esimerkiksi peruskuntokaudella voisi olla perusteltua säädellä myös harjoitusten kestoa pelkän intensiteetin sijaan. Tutkimuksissa harjoittelua on mukautettu pääosin päivä kerrallaan, mutta pidempiaikaisesti tällainen malli olisi haastavaa käytännön toteutuksen kannalta, ja se muovaa harjoittelusta melko ”lyhytjänteistä”. Hieman harvemmin tapahtuva palautumistilan tarkastelu ja harjoitusohjelman mukauttaminen saattaisi siis olla potentiaalinen vaihtoehto ainakin harvemmin harjoitteleville kuntoliikkujiille, jotka eivät halua rakentaa päivittäistä arkeaan vain harjoitusohjelman perusteella.

Tulevaisuus tuo varmasti tullessaan uusia keinoja myös palautumistilan analysointiin. Vaikka entistä jatkuvamman ja useamman asian mittaamisessa voi eittämättä nähdä varjopuolensa (Parviainen 2021), uudet menetelmät voivat toisaalta mahdollistaa entistä yksilöllisemmän harjoittelun ja vähentää vammojen, sairastumisten tai muiden harjoittelun ylilyöntien seuraamusten riskiä. On mielenkiintoista nähdä, miten esimerkiksi tekoälyä tullaan jatkossa hyödyntämään palautumistilan seuraamisessa ja harjoittelun suunnittelussa. Ei kuulosta lainkaan futuristiselta, että kuntoliikkujien ranteessa kulkee virtuaalinen personal trainer, joka kertoo päivän treenin sisällön ja muokkaa sitä tarvittaessa vielä harjoituksen aikanakin. Uhka vai mahdollisuus – aika näyttää! ♦

LÄHTEET

Altini, M., & Plews, D. 2021. What Is behind Changes in Resting Heart Rate and Heart Rate Variability? A Large-Scale Analysis of Longitudinal Measurements Acquired in Free-Living. *Sensors*, 21(23), 7932.

Bartholomew, J. B., Stults-Kolehmainen, M. A., Elrod, C. C., & Todd, J. S. 2008. Strength gains after resistance training: the effect of stressful, negative life events. *Journal of strength and conditioning research*, 22(4), 1215–1221.

Bellenger, C. R., Karavirta, L., Thomson, R. L., Robertson, E. Y., Davison, K., & Buckley, J. D. 2016. Contextualizing Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes With Perceptions of Training Tolerance. *International journal of sports physiology and performance*, 11(7), 685–692.

Buchheit M. 2014. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73.

da Silva, D. F., Ferraro, Z. M., Adamo, K. B., & Machado, F. A. 2019. Endurance Running Training Individually Guided by HRV in Untrained Women. *Journal of strength and conditioning research*, 33(3), 736–746.

De Oliveira, R. M., Ugrinowitsch, C., Kingsley, J. D., Da Silva, D. G., Bittencourt, D., Caruso, F. R., Borghi-Silva, A., & Libardi, C. A. 2019. Effect of individualized resistance training prescription with heart rate variability on individual muscle hypertrophy and strength responses. *European journal of sport science*, 19(8), 1092–1100.

Düking, P., Zinner, C., Trabelsi, K., Reed, J. L., Holmberg, H. C., Kunz, P., & Sperlich, B. 2021. Monitoring and adapting endurance training on the basis of heart rate variability monitored by wearable technologies: A systematic review with meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 24(11), 1180–1192.

Flatt, A. A., Globensky, L., Bass, E., Sapp, B. L., & Riemann, B. L. 2019. Heart Rate Variability, Neuromuscular and Perceptual Recovery Following Resistance Training. *Sports*, 7(10), 225.

Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., & Moya-Ramon, M. 2019. Training Prescription Guided by Heart Rate Variability in Cycling. *International journal of sports physiology and performance*, 14(1), 23–32

Javaloyes, A., Sarabia, J. M., Lamberts, R. P., Plews, D., & Moya-Ramon, M. 2020. Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Vs. Block Periodization in Well-Trained Cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 34(6), 1511–1518.

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. 2007. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European journal of applied physiology*, 101(6), 743–751.

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.

Parviainen, J. 2021. Tietämättömyyden uhkat ja mahdollisuudet liikuntatieteissä. *Liikunta & Tiede* 59 (4), 59–61.

Nuutila, O. P., Nikander, A., Polomoshnov, D., Laukkanen, J. A., & Häkkinen, K. 2017. Effects of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. *International journal of sports medicine*, 38(12), 909–920.

Schmitt, L., Willis, S. J., Fardel, A., Coulmy, N., & Millet, G. P. 2018. Live high-train low guided by daily heart rate variability in elite Nordic-skiers. *European journal of applied physiology*, 118(2), 419–428.

Uusitalo, A. L., Tahvanainen, K. U., Uusitalo, A. J., & Rusko, H. K. 1996. Non-invasive evaluation of sympathovagal balance in athletes by time and frequency domain analyses of heart rate and blood pressure variability. *Clinical physiology*, 16(6), 575–588.

Uusitalo A. L. 1998. Ability of non-invasive and invasive methods of autonomic function measurements to indicate endurance training-induced stress. Akateeminen väitöskirja. Tampere: Tampereen yliopisto.

Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J., & Häkkinen, K. 2016. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(7), 1347–1354.