

**KYLMÄVESIUPOTUKSEN VAIKUTUKSET UNEN LAATUUN JA AUTONOMISEN  
HERMOSTON PALAUTUMISEEN MYÖHÄÄN ILLALLA TEHDYN  
PELIHARJOITUKSEN JÄLKEEN**

Wenning Joel

Liikuntafysiologia  
Kandidaatintutkielma  
Liikuntabiologia  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2019

Työnohjaajat: Antti Mero, Aku Nikander, Ari  
Nummela

## TIIVISTELMÄ

**Wenning Joel. 2019.** Kylmävesiupotuksen vaikutukset unen laatuun ja autonomisen hermoston palautumiseen myöhään illalla tehdyn peliharjoituksen jälkeen. Liikuntabiologia, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian kandidaatintutkielma, 58 s.

**Johdanto.** Urheilussa korkeimmalla tasolla kilpailu on yleensä yhteydessä useisiin stressitekijöihin ja rajoituksiin. Huippu-urheilijoiden elämäntapa psykologisine sekä fysiologisine vaateineen aiheuttaa erilaisia haasteita esimerkiksi riittävälle unen laadulle ja määrälle. Tässä tutkimuksessa tutkittiin kylmävesiupotuksen vaikutuksia myöhään illalla tehdyn peliharjoituksen jälkeen unen laatuun ja määrään sekä autonomisen hermoston palautumiseen. Niitä arvioitiin sykkeen, sykevälivaihtelumuuttujien ja unipäiväkirjan avulla.

**Menetelmät.** Tutkittavina oli 18-33 -vuotiaita miehiä (salibandyn pelaajia:  $n=12$ , pituus  $1,80 \pm 0,04$  m, paino  $80,2 \pm 11,7$  kg, BMI  $24,7 \pm 2,8$ , Cooperin 12 minuutin juoksupotesti  $3070 \pm 230$  m). Tutkittavat pelasivat salibandyä maan toiseksi korkeimmalla pääsarjatasolla. Tutkittavilta mitattiin sykevälivaihtelua satunnaisessa järjestyksessä yhteensä kolmen yön ajalta: (1) yö ilman korkeaintensiteettistä kuormitusta ja kylmävesiupotusta oli kontrollina, (2) yö korkeaintensiteettisen lajiharjoituksen jälkeen ilman kylmävesiupotusta (HARJ) ja (3) yö korkeaintensiteettisen lajiharjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen (CWI). Interventioissa pelaajat tulivat kuormitusten jälkeen kylmäallashuoneeseen, jossa heiltä mitattiin kehon lämpötila ennen altaaseen menoa sekä altaaseen menon jälkeen. Firstbeatin Bodyguard -mittarilla mitattiin sykevälivaihtelua. Mittaria pidettiin rinnassa yön ajan ja herätessä täytettiin unen laatua ja määrää mittaava lomake. Kuormituksina toimivat kaksi lajiharjoitusta. Kylmävesiupotus suoritettiin rintakehään asti upotettuna viiden minuutin pituisena 10 asteisessa vedessä. Tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Tilastollista merkitsevyyttä ja korrelaatioita analysoitiin SPSS for Windows -ohjelman avulla (IBM SPSS Statistics 24). Tulosten merkitsevyyttä analysoitiin Friedmanin non-parametrisellä riippuvien otosten mittauksella ja aineiston muuttujien korrelaatiota keskenään tarkasteltiin Spearmanin korrelaationkertoimen avulla. Tilastollisen merkitsevyyden rajana oli  $p < 0,05$

**Tulokset.** Rinnan iholämpötila laski merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) kylmävesiupotuksen seurauksena ja kyynärtaipeen lämpötila nousi merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Näiden kahden tuloksen seurauksena distaalisten ja proksimaalisten ihon alueiden lämpötila gradientti (DPG) kasvoi ( $p < 0,01$ ). Syke oli tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) korkeammalla kylmävesiupotuksen jälkeen unen ensimmäisen neljän tunnin aikana ja pelkän harjoituksen jälkeen syke oli merkitsevästi ( $p < 0,01$ ) korkeammalla unen ensimmäisen tunnin aikana kuin kontrollitilanteessa. Sykevälivaihtelun muuttujista LnRMSSD oli kontrollitilanteeseen verrattuna merkitsevästi pienempi sekä CWI ( $p < 0,01$ ) että HARJ ( $p < 0,05$ ) tilanteiden jälkeen unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana. Kaikki unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana mitatut lnHF arvot olivat merkittävästi pienempiä sekä CWI:n jälkeen, että pelkän harjoituksen jälkeen kontrolliyöhön verrattuna ( $p < 0,05 - p < 0,01$ ). Tutkittavat tunsivat itsensä kylmävesiupotuksen jälkeen levänneemmiksi ja paremmin palautuneiksi kuin ilman kylmävesiupotusta ( $p < 0,05$ ).

**Johtopäätökset.** Näyttäisi siltä, että viiden minuutin kylmävesiupotus 10 asteisessa vedessä ei auttanut autonomisen hermoston palautumisessa kuormituksesta vaan se oli objektiivisten mittareiden mukaan stressitekijä. Kuitenkin tutkittavat tunsivat itsensä palautuneimmiksi kylmävesiupotuksen jälkeisenä aamuna kuin ilman sitä. Käytännön valmennuksessa kylmävesiupotuksen käyttöön tulisi totutella ja löytää urheilijalle yksilöllinen upotusaika sekä lämpötila. Kylmävesiupotuksen vaikutuksia urheilijaan tulisi tarkkailla pitkällä aikavälillä ja tämän perusteella tulkita sopiiko kylmävesiupotus palautumismenetelmänä kyseiselle urheilijalle esimerkiksi akuuteissa pelitilanteissa tai kovilla harjoittelujaksoilla.

**Asiasanat:** kylmävesiupotus, sykevälivaihtelu, autonominen hermosto, uni, salibandy

## KÄYTETYT LYHENTEET

DIARY <sub>SLEEP</sub>	unipäiväkirja, unipäiväkirjan mukainen aika määrä, jolloin tutkittavat yrittivät nukkua, nukahtaminen + nukkuminen
DIARY <sub>SOL</sub>	unipäiväkirja, sleep onset latency, nukahtamiseen kulunut aika
DIARY <sub>NWAKE</sub> ,	unipäiväkirja, heräämisten (wake) määrä unipäiväkirjan mukaan
DIARY <sub>WASO</sub>	unipäiväkirja: wake after sleep onset, valveilla olo aika nukahtamisen jälkeen yöllä
DOMS	delayd onset of muscle soreness, viivästynyt lihasarkuus
DPG	distal -proximal gradient, distaalisten ja proksimaalisten ihon alueiden lämpötila gradientti
HR	heart rate, syke
HRV	heart rate variability, sykevälivaihtelu
HRVs <sub>sleep</sub>	heart rate variability sleep, unen aikainen sykevälivaihtelu
HF (ms <sup>2</sup> )	high frequency power of heart rate variability, korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0,15-0,40 Hz
LF (ms <sup>2</sup> )	low frequency power of heart rate variability, matalataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0,04-0,15 Hz
TP (ms <sup>2</sup> )	total power of heart rate variability, kokonaissykevälivaihtelu (LF + HF), 0,04-0,40 Hz
T <sub>SLEEP</sub>	unipäiväkirjainen mukainen kellonaika, jolloin yritettiin nukahtaa
SDNN	standard deviation of N-N-intervals, N-N-intervallien keskihajonta
RMSSD	root mean square of the successive R-R differences, onnistuneiden R-R-intervallien välisien keskiarvojen neliöjuuri
QRS	qrs complex, qrs kompleksi, sydämen supistumista kuvaava kolmesta piikistä muodostuva kompleksi
RPE	rate of perceived exertion, koettu rasitustaso
SQ	sleep quality, unen laatu
SRPE	session rating of perceived exertion, koettu rasitustaso kerrottuna harjoituksen kestolla

## KIITOKSET

Tutkimus tehtiin yhteistyössä Jyväskylän yliopiston ja KIHUn kanssa.

Avantopool Oy:n toimittama kylmävesiallas mahdollisti luotettavan ja toistettavan kylmävesiupotuksen tutkimuskäytössä.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 KYLMÄVESIUPOTUS .....	3
2.1 Kylmävesiupotuksen fysiologiset vaikutukset .....	3
2.1.1 Kylmävesiupotuksen vaikutukset sykevälivaihteluun.....	4
2.1.2 Kylmävesiupotuksen vaikutukset uneen myöhään illalla tehdyn harjoituksen jälkeen.....	5
2.2 Kylmävesiupotuksen vaikutukset suorituskykyyn .....	6
3 UNEN YHTEYS URHEILIJAN SUORITUSKYKYYN .....	8
3.1 Unen merkitys urheilijoille .....	9
3.2 Unen laadun merkitys urheilijoille .....	10
3.3 Unen vaikutus suorituskykyyn .....	10
3.3.1 Unen vaikutus fyysiseen suorituskykyyn .....	10
3.3.2 Unen vaikutus psyykkiseen suorituskykyyn .....	12
3.4 Unen laatuun vaikuttavat tekijät .....	13
3.4.1 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset unen laatuun .....	13
3.4.2 Kehon lämpötilan vaikutus uneen .....	16
3.4.3 Nukkumisympäristön ja nukkumishygienian vaikutus uneen.....	18
4 SYKEVÄLIVAIHTELU .....	20
4.1 Sydämen toiminnan säätely .....	20
4.2 Sykevälivaihtelun yhteys autonomisen hermoston toimintaan .....	21
4.3 Sykevälivaihtelun yhteys subjektiiviseen ja objektiiviseen unen laatuun .....	21
5 SALIBANDYN KUORMITTAVUUS .....	23
6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT .....	25
7 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	26
7.1 Tutkimusasetelma.....	26
7.2 Tutkittavat.....	26
7.3 Aineiston keruu ja analysointi .....	27
7.3.1 Yön aikainen syke ja sykevälivaihtelu .....	27
7.3.2 Harjoittelun kuormittavuus.....	28
7.3.3 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena.....	28
7.3.4 Väsymyksen tunne ja unen määrä .....	29
7.4 Tilastolliset menetelmät.....	29
8 TULOKSET .....	31
8.1 Harjoitusten kuormittavuus .....	31

8.2 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena.....	31
8.3 Unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu.....	32
8.4 Väsymyksen tunne ja unen määrä .....	34
9 POHDINTA.....	36
9.1 Harjoittelun kuormittavuus.....	36
9.2 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena.....	37
9.3 Koko unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu .....	38
9.4 Unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu tunti tunnilta .....	38
9.5 Kylmävesiupotuksen yhteys subjektiiviseen ja objektiiviseen unen laatuun .....	41
9.6 Kylmävesiupotuksen yhteys suorituskykyyn .....	42
9.7 Käytännön sovellutukset ja johtopäätökset .....	44
LÄHTEET .....	46
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Säännöllisellä fyysisellä aktiivisuudella on monia positiivisia terveystaivikutuksia kuten hermolihajärjestelmän ja aineenvaihdunnan kehittyminen sekä sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnan paraneminen. Myös unen määrää ja laatua voidaan mahdollisesti lisätä säännöllisellä fyysisellä harjoittelulla. Kuitenkin huippu-urheilu voi vaikuttaa negatiivisesti unen laatuun ja määrään johtuen suurista harjoittelumääristä, suuresta koetusta paineesta, erilaisista stressitekijöistä ja huippu-urheilun mukanaan tuomista rajoitteista. (Nedelec ym. 2018.)

Monet tutkimukset osoittavat, että unen määrän ja laadun optimoinnilla voidaan saavuttaa positiivisia vaikutuksia sekä psyykkiseen että fyysiseen suorituskykyyn. Tutkimuksien mukaan univaje heikentää reaktioaikaa, tarkkaavaisuutta, aerobista ja anaerobista tehontuottoa, juoksunopeutta, mielialaa, valppautta, lyhytaikaista muistia, submaksimaalista voimaa, immuunijärjestelmän toimintaa, glukoosiaineenvaihduntaa ja palautumista. Univaje lisää väsymystä, ärtyneisyyttä, loukkaantumisriskiä, hapenkulutusta levossa ja suorituksen aikana sekä sykettä ja laktaattipitoisuutta polkupyöräergometrillä tehdyssä kuormituksessa. (Davenne 2009; Halson 2014; Van Ryswyk ym. 2017.) Esimerkiksi Tuomilehdon ym. (2017) ammattilaisjääkiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että joka neljännellä pelaajalla oli jokin merkittävä unihäiriö. Samoin Kanadan maajoukkueen urheilijoista 25 %:lla todettiin olevan unihäiriöitä, jotka vaativat kliinistä arviointia (Bender ym. 2018). Erlacher ym. (2011) tutkivat unikäyttäytymistä kilpailujen yhteydessä saksalaisilla huippu-urheilijoilla (n=632). Urheilijoista 32-70 %:lla todettiin erilaisia häiriöitä unessa. Näyttäisi siltä, että urheilijoilla tyypillisesti esiintyvä osittainen univaje kahden tai useamman yön univaje alkaa heikentää eniten kestävyysuorituskykyä heikentäen samalla myös psyykkisiä toimintoja (Mero ym. 2016).

Kylmävesiupeutus on hyvinkin laajalti käytetty palautumismenetelmä, vaikka sen hyödyllisyydestä ei ole yksiselitteistä näyttöä (Mawhinney ym. 2017). Viimeisimmän tutkimuksen mukaan (Ahokas ym. 2019) kylmävesiupeutus lisää ainakin rentouden ja hyvänolon tunnetta ja voi näin lisätä urheilijan suorituskykyä ja hyvinvointia. Kylmävesiupeutuksella on huomattu olevan parasympaattisen hermoston palautumista kiihdyttävää vaikutusta (Almeidan ym. 2016), joka voisi omalta osaltaan auttaa urheilijaa myöhään illalla tehdyn harjoituksen

jälkeisessä nukahtamisessa kehon lämpötilan laskun kanssa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena olikin selvittää kylmävesiupotuksen vaikutusta unen laatuun, sykkeeseen ja sykevälivaihtelu muuttujiin myöhään illalla tehdyn peliharjoituksen jälkeen salibandyn miespelaajilla.

## 2 KYLMÄVESIUPOTUS

Kylmävesiupotus on urheilijoilla laajasti käytetty metodi kiihdyttämään palautumista raskaan kuormituksen jälkeen (Ihsan ym. 2016; Mawhinney ym. 2017). Yleisesti sitä on käytetty muun muassa lihasarkuuden vähentämiseen. Parhaimmat tulokset lihasarkuuden vähentämisessä sekä akuutisti että pidemmällä aikavälillä saadaan aikaiseksi, kun kylmävesiupotus kestää 11-15 minuuttia ja vesi on 11-15 °C lämmintä. (Machado ym. 2016.) Vaikka kylmävesiupotuksen käyttö on laajalle levinnyttä, ei sen hyödyllisyys palautumista edistävänä tekijänä ole täysin yksiselitteistä (Mawhinney ym. 2017).

### 2.1 Kylmävesiupotuksen fysiologiset vaikutukset

Kylmävesiupotuksen fysiologiset vaikutukset perustuvat veden alhaiseen lämpötilaan ja sen aiheuttamaan hydrostaattiseen paineeseen. Hydrostaattinen paine ja veden kylmä lämpötila aiheuttavat perifeeristen verisuonien vasokonstriktiota. Perifeeristen verisuonien vasokonstriktio saa aikaan suuremman laskimopaluun ja sen uskotaan kiihdyttävän sydämen parasympaattisen hermoston aktivaatiota, joka voidaan nähdä lyhyellä aikavälillä sykevälivaihtelun nousuna. Kylmä vesi aktivoi ihon kylmäreseptoreita, ihonalaiskudosta ja sen verisuonia, jonka uskotaan kiihdyttävän sydämen parasympaattista aktivaatiota. (Stanley ym. 2012.) Lisäksi kylmävesiupotuksen seurauksena solujen aineenvaihdunta hidastuu, solujen turpoaminen vähenee ja hermoimpulssin johtumisnopeus laskee. Perifeeristen verisuonien vasokonstriktio rajoittaa nesteiden diffuusiota soluvälitilaan ja vähentää lihasproteiinien diffuusiota solujen ulkopuoliseen tilaan. Näiden seurauksena turvotus ja akuuttitulehdusvaste pienenevät. (Mero ym. 2016). Pitkäaikaista kylmävesiupotuksen käyttöä on tutkittu hyvin vähän ja vielä ei ole selvää, voisiko sillä olla esimerkiksi negatiivisia vaikutuksia proteiinisynteesin ja energiavarastojen palautumiselle vähentyneen veren virtauksen ja rajoittuneen diffuusion seurauksena. Sen positiivisen vaikutuksen toistetuille aerobisille suorituksille uskotaan johtuvan kylmävesiupotuksen kehon lämpötilaa laskevasta vaikutuksesta ja aineenvaihduntatuotteiden nopeammasta poistamisesta (Parouty ym. 2010).

Mawhinneyn ym. (2017) tutkivat kylmävesiupotuksen fysiologisia vaikutuksia reiden lämpötilaan ja verenvirtaukseen submaksimaalisen kuormituksen jälkeen. Tutkimuksessa tutkittavat polkivat pyörää 70 % VO<sub>2</sub>maxista kunnes 38 °C rektaalinen lämpötila oli saavutettu. Tämän jälkeen he olivat alavartalouputettuna kahdeksan asteisessa vedessä 10 minuuttia.



Tutkittavilta mitattiin rektaalilämpötila, reiden ihon lämpötila, syvältä reiden lihaksesta ja pinnalta reiden lihaksesta lämpötila. Lisäksi mitattiin verenvirtausta reisivaltimossa ja pinnallista veren virtausta reidessä ja veren virtausta pohkeen iholla. Reiden ihon lämpötila kylmeni  $5,9 \pm 1,8$  °C ( $p < 0,001$ ) ja reiden lihaksen lämpötila pinnalta  $4,4 \pm 1,3$  °C ja syvältä  $2,9 \pm 0,8$  °C. Veren virtaus reisivaltimossa laski  $84 \% \pm 11 \%$  ja reiden pinnalla  $80 \% \pm 5 \%$  ja pohkeessa  $73 \% \pm 13 \%$ . (Mawhinney ym. 2017.) Näyttäisi, että submaksimaalisen kuormituksen jälkeen tehty alavartalon kylmävesiupotus vähentää merkitsevästi veren virtausta alavartalon pinnallisissa verisuonissa sekä syvällä kulkevissa verisuonissa, joka johtuu kylmästä aiheutuvasta verisuonien vasokonstriktiosta. Tästä johtuen sekä alavartalon ihon, että lihaksien lämpötila laskee merkitsevästi kylmävesiupotuksen seurauksena.

### **2.1.1 Kylmävesiupotuksen vaikutukset sykevälivaihteluun**

Almeidan ym. (2016) tutkimuksessa tutkittiin eri pituisten ja eri lämpötiloissa tapahtuneiden kylmävesiupotusten vaikutusta sykevälivaihteluun ja harjoittelun jälkeiseen palautumiseen. Kuormitus koostui 30 s maksimaalisesta Wingaten testistä ja 10x10 maksimaalisesta vertikaalihypystä 1 minuutin palautuksella sarjojen välissä. Tutkimuksessa huomattiin, että kylmävesiupotuksella oli autonomisen hermoston palautumista kiihdyttävä vaikutus niin aikakenttämenetelmällä, taajuuskenttämenetelmällä kuin Poincaré plot menetelmällä ( $p < 0,05$ ). Mean RR (R-R piikkien välinen keskiarvoaika), VLF (todella matalataajuinen sykevälivaihtelu,  $< 0,04$  Hz) ja LF (matalataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0,04-0,15 Hz) arvojen palautuminen paranivat kaikilla tutkimuksessa käytetyillä lämpötiloilla ja upotusajoilla nopeammin aikavälillä 10-20 min verrattuna kontrolliin. SDNN (N-N-intervallien keskihajonta) ja SD2 (unen toisen tunnin sykevälivaihtelun keskihajonta) palautuivat nopeimmin, kun upotus aika oli 15 minuuttia ja veden lämpötila 14 °C. HF (korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu, 0,15-0,40 Hz), SD1 (unen toisen tunnin sykevälivaihtelun keskihajonta) ja RMSSD (R-R- intervallien välisien keskiarvojen neliöjuuri) arvoissa ei huomattu eroa kontrollitilanteeseen. Liian kylmä vesi voi olla liian suuri stressitekijä autonomisen hermoston palautumista tarkasteltaessa. (Almeida ym. 2016). Toisaalta Choon ym. (2018) tutkimuksessa viiden minuutin kylmävesiupotus kuumassa tehdyn harjoituksen jälkeen, kiihdytti parasympaattista reaktivaatiota, kun upotuslämpötila oli 9-35 °C, vaikkakin parhaat tulokset saatiin aikaan yhdeksän asteisessa vedessä tehdyllä upotuksella.

Stanley ym. (2013) tutkimuksessa tarkkailtiin suorituskykyä ja sykevälivaihtelua peräkkäisinä pyöräilypäivinä verraten kylmävesiupotusta ja passiivista palautumista. Jokaisesta harjoituksesta palaututtiin joko seisomalla viisi minuuttia 10 asteisessa vedessä tai seisomalla huoneen lämmössä (27 °C) viisi minuuttia. Heidän tutkimuksessaan kylmävesiupotuksen vaikutus HRV:n oli vaihtelevaa. Tämän ajateltiin riippuvan pitkälti CWI:ta edeltäneen harjoituksen intensiteetistä. Sykevälivaihtelu heti CWI:n jälkeen oli suurempaa kuin kontrollitilanteessa. Sykevälivaihtelu nukkuessa oli hieman matalampi kylmävesiupotuksessa kuin passiivisessa palautumisessa ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen. (Stanley ym. 2013.)

### **2.1.2 Kylmävesiupotuksen vaikutukset uneen myöhään illalla tehdyn harjoituksen jälkeen**

Robeyn ym. (2013) tutkivat kylmävesiupotuksen vaikutusta uneen myöhään illalla tehdyn harjoituksen jälkeen. Tutkimuksessa mitattiin kehon ydinlämpötilaa ja ihon keskilämpötilaa harjoituksen jälkeen, harjoituksen ja CWI:n jälkeen ja kontrollitilanteessa. Kehon ydinlämpötila oli korkeampi heti harjoituksen jälkeen kuin kontrollitilanteessa ( $p < 0,001$ ). Tunti harjoituksen päättymisestä kehon ydinlämpötila oli 0,3-0,4 °C astetta matalampi CWI jälkeen kuin kontrollitilanteessa. Nukkumaanmeno hetkellä kello 22:30 ruumiin ydin lämpötila oli tasaantunut kaikissa tilanteissa samalle tasolle. Nukkumaan mentäessä klo 22:30 ihon keskilämpötila oli 0,7 °C matalampi kuin ilman kylmävesiupotusta ja kontrollitilanteessa. (Robey ym. 2013.)

Syke oli harjoituksen jälkeen vielä 2,5 tuntia ylempänä kuin kontrollitilanteessa, mutta 3 tunnin päästä harjoituksen päättymisestä heräämiseen asti oli syke kaikissa kolmessa tilanteessa samanlainen. Sen sijaan eroja ei havaittu melatoniinin erityksen määrässä tai sen alkamisajankohdassa, koetussa väsymyksessä aamulla, eikä polysomnografian avulla mitatussa unen laadussa. (Robey ym. 2013.)

Unen ensimmäisen 180 minuutin ajalta NREM-unen osuus oli huomattavasti suurempi sekä harjoituksen jälkeen, että harjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen kuin kontrollitilanteessa ( $p < 0,01$ ). REM-unta oli enemmän kontrolliyön ensimmäisen kolmen tunnin aikana kuin pelkästään harjoituksen jälkeisen yön ensimmäisen kolmen tunnin aikana ( $p < 0,01$ ). (Robey ym. 2013.) Myllymäki ym. (2011) tutkimuksessa portaittainen polkupyöräergometriharjoitus uupumukseen asti suoritettuna kaksi tuntia ennen nukkumaan menoa vaikutti NREM unta lisäävästi ja REM unta vähentävästi. Robeyn ym. (2013) tutkimuksessa havaittiin

samansuuntaisia tuloksia, mutta vain unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana. Mahdollisia tekijöitä eroavaisuuksille voivat olla se, että Myllymäen ym. (2011) kuormitus suoritettiin klo 21 ja Robeyn ym. (2013) kuormitus klo 19. Lisäksi Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa tutkittavilla oli heikompi aerobinen kunto ( $VO_{2max} = 54 \pm 6$  ml/kg/min) kuin Robeyn ym. (2013) tutkittavilla ( $65,5 \pm 8$  ml/kg/min). Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa oli mukana myös naisia, joiden kuukautiset voivat vaikuttaa kehon ydinlämpötilaan ja täten sillä voi olla vaikutusta uneen. Myllymäen ym. (2011) tutkimuksesta ei selviä mihin aikaan yöstä NREM unen määrä oli lisääntynyt ja milloin REM unen vähentynyt.

## **2.2 Kylmävesiupotuksen vaikutukset suorituskykyyn**

Machadon ym. (2016) meta-analyysin tuloksien mukaan kylmävesiupotus voi lieventää hieman enemmän lihasarkuutta kuin passiivinen palautuminen. Diong ja Kamper (2014) saivat samansuuntaisia tuloksia systemaattisessa katsauksessaan todetessaan kylmävesiupotuksella olevan lihasarkuutta hieman tai korkeintaan kohtalaisesti pienentävä vaikutus, kun kylmävesiupotusta verrataan passiiviseen palautumiseen. Myös Adamczyk ym. (2016), Ryan ym. (2018) ja Stanley ym. (2012) totesivat tutkimuksissaan, että kylmävesiupotus vähentää lihasarkuutta verrattuna passiiviseen palautumiseen. Stanley ym. (2013) pyöräilijöillä tehdyssä tutkimuksessa, oli jalkojen arkuus hieman pienempi harjoituksen jälkeen tehdyn kylmävesiupotuksen seurauksena päivinä 1-2, mutta sen jälkeen kipu lisääntyi enemmän kylmävesiupotuksen kuin passiivisen palautumisen jälkeen.

Kylmävesiupotuksen ei havaittu yksiselitteisesti parantavan suorituskykyä Ryan ym. (2018) tutkimuksessa. Tutkimuksessa tehtiin plyometrinen harjoitus, jota seurasi joko passiivinen palautuminen tai CWI (10 min, alavartalo upotettuna  $15,5$  °C). Tutkijat eivät havainneet eroa palautumismenetelmien välillä 40 jaardin ( $36,58$  m) sprinttituloksissa, vaikkakin lihasarkuus kylmävesiupotuksen jälkeen oli pienempää. Sen sijaan Stanley ym. (2012) tutkimuksessa kylmävesiupotus auttoi säilyttämään sprinttitehoa pyöräilijöillä peräkkäisinä harjoituspäivinä verrattuna passiiviseen palautumiseen. Higgins ym. (2017) meta-analyysissä tutkittiin 23 vertaisarvioitua tutkimusta ( $n=606$ ). Meta-analyysissä todettiin, että kylmävesiupotuksella oli positiivista vaikutusta esikevennyshypyn tulokseen ja maksimaalisiin sprintteihin joukkueurheilun jälkeen. Toistettavaan sprinttikykyyyn kylmävesiupotuksella ei kuitenkaan ollut vaikutusta tutkimuksen mukaan. Subjektiiivisilla mittareilla mitattuna CWI vaikutti väsymiseen, mutta ei palautumiseen tai lihasarkuuteen. (Higgins ym. 2017.)

Ahokas ym. (2019) vertasivat tutkimuksessaan kylmävesiupotuksen, kontrastimenetelmän, lämpöneutraalin upotuksen ja aktiivisen palautumisen vaikutuksia suorituskykyyn kuormituksen jälkeen. Tutkimuksessa 30 metrin juoksusprintti aika heikkeni kontrolliarvoista merkitsevästi aktiivisen palautumisen ja kontrastimenetelmän jälkeen. Esikevennyshyppy heikkeni myös merkitsevästi aktiivisen palautumisen seurauksena verrattuna kontrolliarvoihin.

Myös CWI:n vaikutuksesta laktaatin poistoon on ristiriitaisia tuloksia. Adamczyk ym. (2016) tutkimuksessa kylmävesiupotus edisti merkitsevästi laktaatin poistoa verrattuna passiiviseen palautumiseen, kun taas Paroutyn ym. (2010) tutkimuksessa kylmävesiupotuksella ei ollut vaikutusta laktaatin poistoon uimareilla tehdyssä tutkimuksessa passiiviseen palautumiseen verrattaessa.

Kylmävesiupotuksen on myös havaittu heikentävän suorituskykyä. Paroutyn ym. (2010) tutkimuksessa havaittiin että 100 m sprinttiuintien välissä 30 minuutin tauon aikana tehty kylmävesiupotus 14 °C vedessä viiden minuutin ajan heikensi hieman toisen sprintin aikaa verrattuna passiiviseen palautumiseen, vaikkakin subjektiivinen palautuminen koettiin paremmaksi kylmävesiupotuksen jälkeen. Heikentyneen sprinttiajan tutkijat epäilivät johtuvan lisääntyneestä sykevälivaihtelusta, eli isommasta parasympaattisesta aktiivisuudesta sekä pienemmästä sykkeestä ja pienemmästä peakHR:stä. Tutkijat epäilivät myös, että CWI on voinut vaikuttaa lihaksen lämpötilaan ja aktiopotentiaalin johtumisnopeuteen, vaikkakin upotuksen jälkeen lämmiteltiin uudelleen. Tutkittavien parempi subjektiivisen palautumisen tunne voi olla selitettävissä CWI:n plasebo -efektillä ja/tai sen kipua lievittävällä vaikutuksella. Myös parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyminen voi olla yhteydessä koettuun palautuneisuuteen. (Parouty ym. 2010.)

### 3 UNEN YHTEYS URHEILIJAN SUORITUSKYKYYN

Tutkimukset unen merkityksestä ja sen positiivisista vaikutuksista ovat korostuneet ja lisääntyneet huomattavasti viime vuosina julkaisuissa PubMed tietokannassa (Fullagar ym. 2015.) Tutkimuksilla on selkeä yhteinen linja, jonka mukaan unen määrä korreloi positiivisesti psyykkisen ja fyysisen suorituskyvyn kanssa. Päiväunet lisäävät unen määrää ja fyysinen ja psyykkinen suorituskyky ovatkin parempia, kun nukutaan päiväunet vähäunisen yön jälkeen kuin ilman päiväunia. (Waterhouse ym. 2007.)

Tutkimuksien perusteella urheilijat saavat vähemmän unta yössä kuin keskivertokansalaiset (Kölling ym. 2016; Van Ryswyk 2017). Raskaista fyysisistä ja psyykkisistä kuormituksista palautuminen kuitenkin lisää unen tarvetta (Davenne 2009). Tutkimustulosten mukaan urheilijoiden unen määrään ja laatuun tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Erityisesti harjoitusleireillä ja kilpailumatkoilla tulisi nukkumisympäristö optimoida mahdollisimman mukavaksi.

Unen pituutta, laatua ja sen ajoitusta vuorokausirytmiiin pidetään avaintekijöinä yleisen palautumisen kannalta (Kölling ym. 2016). On yleisesti tiedossa, että kehittyminen tapahtuu levossa. Davennen (2009) mukaan uni ja erityisesti syvä uni on urheilijoille tärkeää, koska sen aikana aivolisäke erittää kasvuhormonia. Kasvuhormoni stimuloi proteiinisynteesiä ja sillä on keskeinen rooli lihassolujen kasvun ja korjautumisen kannalta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jos urheilija ei saa syvää unta, kasvuhormonitasot tippuvat huomattavasti. (Davenne 2009.)

Tutkimuksiin pohjautuvan tiedon ja menetelmien perusteella voidaan urheilijalle taata laadukkaampaa unta, joka on suorassa yhteydessä tehokkaampaan palautumiseen sekä parempiin tuloksiin. Kun urheilija palautuu nopeammin, voidaan harjoittelun määrää ja intensiteettiä lisätä. Davennen (2009), Köllingin ym. (2016), Van Ryswykin ym. (2017) ja Waterhousen ym. (2007) tutkimuksien tulokset antavat vahvaa näyttöä siitä, että unen määrä on tiiviisti yhteydessä mielialaan ja koettuun virkeyteen sekä tarkkaavaisuuteen. Kun urheilija on henkisesti hyvinvoivempi, on hänen helpompi kestää psyykkistä ja fyysistä stressiä.

### 3.1 Unen merkitys urheilijoille

Uni luo perustan fysiologiselle ja psyykkiselle palautumiselle. Kuitenkin tutkimuksien mukaan urheilijat nukkuvat keskimäärin vain noin seitsemän tuntia yössä harjoitusjakson aikana. Tämä on vähemmän kuin monen valtion suosituksissa aikuisten tulisi nukkua. (Kölling ym. 2016; Van Ryswyk 2017.) Yksilöurheilijat nukkuvat vielä vähemmän kuin joukkueurheilijat (Kölling ym. 2016). Urheilijoiden on usein vaikeaa saada riittävästi unta kilpailu-, harjoitus- ja työaikatauluista johtuen (Davenne 2009). Oletettavasti seitsemän tuntia ei ole optimaalinen määrä raskaista harjoituksista palautumiseen (Kölling ym. 2016).

Yleisesti ottaen näyttää siltä, että huippu-urheilijoiden uni on hyvin haavoittuvaista. Huippu-urheilijoiden uneen vaikuttavat monet ulkoiset ja sisäiset tekijät, kuten harjoitusten aiheuttama raskaus elimistölle, harjoittelun muutokset, aikataulu ja kilpailujen jännittäminen (Davenne 2009; Kölling ym. 2016.) Monissa lajeissa aikaiset aamuharjoitukset ovat yleisiä. On osoitettu, että tällaiset aikataulut vähentävät unen pituutta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kilpailua edeltävät unet ovat usein heikkolaatuisia. (Kölling ym. 2016.) Kilpailua edeltäviä yöunia usein häiritsevät jännitys, uusi ympäristö, uusi makuuhuone, matkustusaikataulu ja mahdollinen aikaerorasitus (Davenne 2009). Vain harvat tutkimukset viittaavat aikaerorasituksen vaikuttavan fyysiseen suorituskykyyn. Toisaalta se vaikuttaa uneen, mielialaan ja muihin fysiologisiin toimintoihin. On olemassa joitakin toimintamalleja, joiden avulla voidaan vähentää aikaerorasituksen oireita. (Kölling ym. 2016.)

Urheilijat tarvitsevat enemmän unta kuin liikkumattomat ihmiset, joten on ensiarvoisen tärkeää, että he noudattavat säännöllistä vuorokausirytmää, taaten näin yhtenäisiä unia. Useat tutkimukset korostavat unen merkitystä fyysisestä rasituksesta palautumisessa. Jotta urheilijoiden nukkumistottumuksia saadaan parannettua, tulee urheilijoiden tietoisuutta unen merkityksestä lisätä. Heidän tulisi olla myös tietoisia unen ja harjoittelun vuorovaikutteisuudesta. Uni ja fyysinen raskaus vaikuttavat molemmat toisiinsa. Jos toista muutetaan, niin toinenkin muuttuu. Fyysisen suorituskyvyn on osoitettu riippuvan unen laadusta ja määrästä ennen suoritusta. Toisaalta harjoittelu vaikuttaa myös uneen. Kehon vaurioiden korjaaminen ja rakennustyö lisäävät unen tarvetta. (Davenne 2009.) Näiden seikkojen lisäksi, urheilijoille tulee jakaa vinkkejä, kuinka välttää kilpailuja edeltäviä uniongelmia (Kölling ym. 2016).

### **3.2 Unen laadun merkitys urheilijoille**

Uni voidaan jakaa kahteen erilaiseen sähköiseen vaiheeseen. Hidasaaltoisessa eli syvässä unessa aivot tuottavat korkea-amplitudisia ja hidastaajuisia aaltoja. Syvä uni on urheilijoille tärkeää, koska sen aikana aivolisäke erittää kasvuhormonia. Kasvuhormoni stimuloi proteiinisynteesiä ja sillä on keskeinen rooli lihassolujen kasvun ja korjautumisen kannalta. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jos energiankulutus kasvaa päivän aikana, niin kasvuhormonin määrä veressä lisääntyy räsästä seuraavana yönä. Jos urheilija ei saa syvää unta, kasvuhormonitasot tippuvat huomattavasti. (Davenne 2009.)

REM-unen (rapid eye movement) aikana aivot ovat hyvin aktiiviset. Ne tuottavat sähköisiä aaltoja, jotka ovat matala-amplitudisia ja korkea taajuisia aaltoja. Nämä aallot ovat hyvin samanlaisia kuin valvetilassa. Oletetaan, että REM-unen aikana tapahtuu muistijälkien jättäminen. Suuri aivoissa havaittava hermostollinen aktiivisuus yhdistetään uusien hermosynapsien rakentamiseen, jolloin oppimista tapahtuu. Jotkut tutkimukset ovat osoittaneet, että vähäisen REM-unen jälkeen motoriset taidot, sekä erilaisia taitoja muistavat osat heikkenevät. REM-unen aikana aivot eivät osittain ole yhteydessä muuhun kehoon, koska yhteys on katkaistu aivorungossa. Motorinen aktiivisuus on lakkautettu, jolloin kaikki lihakset ovat täysin rentoja. Tämä mahdollistaa tehokkaan myofibrillien rekonstruktion. Normaalisti nämä kaksi univaihetta (syvä uni ja REM normaalin yönun aikana, mikä mahdollistaa tehokkaan palautumisen ja valmiuden seuraavaan päivään. (Davenne 2009.)

### **3.3 Unen vaikutus suorituskyykyyn**

Unen pituutta, laatua ja sen ajoitusta vuorokausirytmiiin pidetään avaintekijöinä yleisen palautumisen kannalta. Unella ja sen puutteella on laajat vaikutukset erilaisiin fyysisen suorituskyykyyn osa-alueisiin. Varsinkin suurella univajeella on huomattavat vaikutukset niin fyysiseen kuin psyykkiseen suorituskyykyyn. (Kölling ym. 2016.)

#### **3.3.1 Unen vaikutus fyysiseen suorituskyykyyn**

Fyysisen suorituskyykyyn on osoitettu olevan riippuvainen unen määrästä ja laadusta (Kölling ym. 2016; Ryswyk ym. 2017). Useissa tutkimuksissa univajeen on todettu heikentävän maksimisuorituskyykyä. Aerobinen ja anaerobinen tehontuotto sekä palautuminen heikkenevät univajeen myötä sekä väsymys lisääntyy. Suorituskyykyä heikentävät vaikutukset voidaan nähdä jo muutaman tunnin univajeen kohdalla. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jatkuva osittainen

univaje häiritsee merkittävästi sekä endokriinisen- että immuunijärjestelmän toimintaa. Univaje voi hidastaa glukoosin aineenvaihduntaa jopa 30-40 %, joka voi johtaa merkittävästi huonontuneisiin tuloksiin urheilusuorituksissa. (Davenne 2009.) Unella on tärkeä rooli palautumisessa arjen askareista, energian säästämiseksi, immuunijärjestelmän toiminnassa. (Kölling ym. 2016.)

Azboy ja Kaygisiz (2009) tutkimuksessa todettiin yhden yön univajeen johtavan ennenaikaiseen väsymykseen kestävyysuorituksessa ja lisääntyneeseen hapenkulutukseen levossa sekä lisääntyneeseen hiilidioksidin tuottoon (Simpson 2017). Mouginin (1990) tutkimuksessa yhden yön univajeen todettiin nostavan sykettä, lisäävään hapenkulutusta ja nostavan laktaattipitoisuuksia polkupyöräergometritestissä (Simpson 2017).

Erään tutkimuksen mukaan maksimivoima ei vähene univajeen myötä yhtä paljon kuin submaksimaalinen voima. Tämän tuloksen arvellaan johtuvan pitkälti motivaatiotekijöistä tai neutraalisesta säätelystä, jonka toiminnoista ei ole vielä tarkkaa selvyyttä. (Fullagar ym. 2015b.) Vain kolmen tunnin yöunet vaikuttavat negatiivisesti penkkipunnerrus-, jalkaprässi- ja maastavetotuloksiin. Kuitenkin fyysisiä tuloksia enemmän univaje vaikutti koettuun virkeyteen ja väsymykseen. Eräässä tutkimuksessa reaktioaika kasvoi joka vuorokausi, kun tutkittavat saivat nukkua vain neljä tuntia yössä. (Kölling ym. 2016.)

Waterhouse ym. (2007) tutkivat päiväunien vaikutusta iltapäivällä tai illalla suoritettavaan fyysiseen suoritukseen. Tutkittavien tuli ennen testejä nukkua neljä tuntia vähemmän kuin normaalisti. Tutkittavat jaettiin kahteen ryhmään. Toiset nukkuivat 30 minuutin päiväunet ja toiset lukivat kirjaa. Tämän jälkeen suoritettiin testit. Viikko tästä tutkimus tehtiin uudestaan, mutta tutkittavien roolit vaihtuivat. Tuloksissa huomattiin, että päiväunet paransivat kahden metrin ja 20 metrin sprinttiaikaa, lyhytaikaista muistia, vähensivät subjektiivista väsymystä ja lisäsivät subjektiivista tarkkaavaisuutta. Reaktioaikaan ja puristusvoimaan ei päiväunilla huomattu olevan vaikutusta. (Waterhouse ym. 2007.)

Tutkimuksissa, joissa urheilijat ovat nukkuneet normaaleja tottumuksiaan pidempään, on saatu positiivisia tuloksia. (Davenne 2008.) Mah ym. (2011) tutkimuksessa koripalloilijoiden juoksunopeus sekä vapaahetken tarkkuus lisääntyivät lisääntyneen unen määrän myötä (Halson 2014). Lisäksi heidän mielialansa parani ja he tunsivat itsensä vähemmän väsyneiksi. Toisessa heidän tutkimuksessaan he tutkivat uimareilla unen määrän lisääntymisen vaikutuksia suorituskykyyn 6-7 viikon ajan. Tämän jälkeen 15 metrin juoksusprintin aika, reaktioaika,



käännökseen käytetty aika sekä mieliala kaikki paranivat. (Halson 2014.) Ryswykin ym. (2017) tutkimus osoitti, että jo 20 minuutin lisäys unen määrässä saattaa vähentää urheilijoiden väsymyksen tunnetta.

Jos urheilijalla on takanaan laadukkaat ja riittävät yöunet, pystyy hän harjoittelemaan parhaalla mahdollisella tasollaan. Tämä johtaa huomattavasti suurempaan kehitykseen, verrattuna tilanteeseen, jossa urheilija ei ole riittävän virkeä tai palautunut. Kun harjoituksissa tehdyt suoritukset pystytään suorittamaan hyvin lähellä urheilijan huippusuoritusta, on kilpailussa menestyminen todennäköisempää.

### **3.3.2 Unen vaikutus psyykkiseen suorituskyykyyn**

Mieliala sekä psykomotoriset ja kognitiiviset toiminnot heikkenevät nopeammin univajeen myötä kuin fyysiset ominaisuudet. Suorituksen vaativuus, kesto ja väsyttävyys myötävaikuttavat näiden edellä mainittujen ominaisuuksien heikkenemiseen. Univajeen on huomattu myös vaikuttavan yksilön huippusuorituskyykyyn vuorokauden aikana. Huippusuoritusta ei voida suorittaa siihen aikaan vuorokaudesta kuin normaalisti. Täten univaje vaikuttaa suorituskyykyyn absoluuttiseen arvoon sekä huippusuoritusten väliseen aikaan. (Davenne 2009.)

Ryswyk ym. (2017) suorittivat tutkimuksen australialaisen jalkapallojoukkueen pelaajilla. Tutkimus kesti kuusi viikkoa ja sitä edelsi yhden viikon tarkkailujakso. Tarkkailujakson jälkeen pelaajille luennoitiin unen tärkeydestä ja kuinka voidaan parantaa unen laatua. Tutkimuksessa selvisi, että väsymys väheni huomattavasti ja virkeys lisääntyi. Stressin ja fyysisen stressin kokemus eivät kuitenkaan vähentyneet. Tarkkaavaisuushäiriöt eivätkä reaktioajat juurikaan muuttuneet kuuden viikon jakson aikana. (Van Ryswyk ym. 2017.) Täten voidaan olettaa, että luennoimalla urheilijoille unen tärkeydestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä, voidaan parantaa unen laatua urheilijoilla.

Univajeesta tehdyt tutkimukset korostavat unen merkitystä kognitiivisille prosesseille (Kölling ym. 2016; Van Ryswyk ym. 2017). Univaje vaikuttaa merkitsevästi mielialaan, käyttäytymiseen ja muistamiseen. Toisin kuin univaje, voi runsas unen määrä lisätä suorituskyykyä, mielialaa ja tarkkaavaisuutta. (Kölling ym. 2016.)

Tutkimuksissa on todettu, että uni vaikuttaa herkemmin mielialaan kuin fyysisen suorituskyvyn vaihteluun (Kölling ym. 2016; Van Ryswyk ym. 2017). Mielialalla on suuri rooli ihmisen toimintakyvyn optimoinnin kannalta. On todennäköisempää, että hyväntuulinen urheilija saa parempia tuloksia kuin huonotuulinen urheilija.

### **3.4 Unen laatuun vaikuttavat tekijät**

Unen laatuun vaikuttaa lukuisten yksittäisten tekijöiden summa. Näitä yksittäisiä tekijöitä ovat muun muassa liikunnan määrä, harrastetun liikunnan intensiteetti, valon määrä, piristeiden nauttiminen ja nukkumisympäristön viileys ja mukavuus. Lisäksi vaikuttavat ruokavaliot, iltarutiinit, LED-näyttöjen käytön määrä sekä monet muut asiat.

#### **3.4.1 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset unen laatuun**

Fyysinen aktiivisuuden vaikutuksesta uneen on ristiriitaista tutkimustietoa. Näyttäisi kuitenkin siltä, että sopivissa määrin päiväsaikaan toteutettu liikunta parantaisi unen laatua. Liian raskas ja myöhään illalla toteutettu liikunta taas saattaa heikentää unen laatua. (Kölling ym. 2016.)

On osoitettu, että ylikuormittavat harjoitusjaksot triathlonissa voivat häiritä unen laatua ja määrää. Samanlaisia tuloksia on saatu naisuimareilla kovan harjoittelujakson aikana. Vähentyneen unen määrän tai heikentyneen laadun seurauksena muuttuvat subjektiiviset mieliala-arvot enemmän kuin objektiivisesti mitatut unen laadun ja määrän mittarit. (Kölling ym. 2016.)

Yleinen oletamus on, että harjoittelu iltaisin häiritsee unta lisäten virkeyttä. Vaikka asiaa on tutkittu vuosisadan ajan, ei asiasta ole varmaa tietoa. Juliffin ym. (2015) tutkimuksessa 283 huippu-urheilijasta 52,3 % ilmoitti kärsivänsä heikosta unen laadusta, jos oli harjoitellut tai kilpaillut illalla. Todennäköisesti fyysisen aktiivisuuden aikana eritettävät hormonit (katekolamiinit, kortisoli, jne.) vaikuttavat virkeyteen harjoittelun jälkeen. Eräässä tutkimuksessa, joka suoritettiin hyvässä kunnossa olevilla miespyöräilijöillä, ei huomattu myöhäisen harjoittelun vaikuttavan unen laatuun. Tutkimuksessa kylläkin nukkumaanmeno aika muuttui myöhäisen harjoittelun takia. (Davenne 2009.) Varsinkin joukkuelajien ottelutapahtumat sijoittuvat usein illalle. Espanjalaisen La Ligan ottelut saattavat alkaa vasta

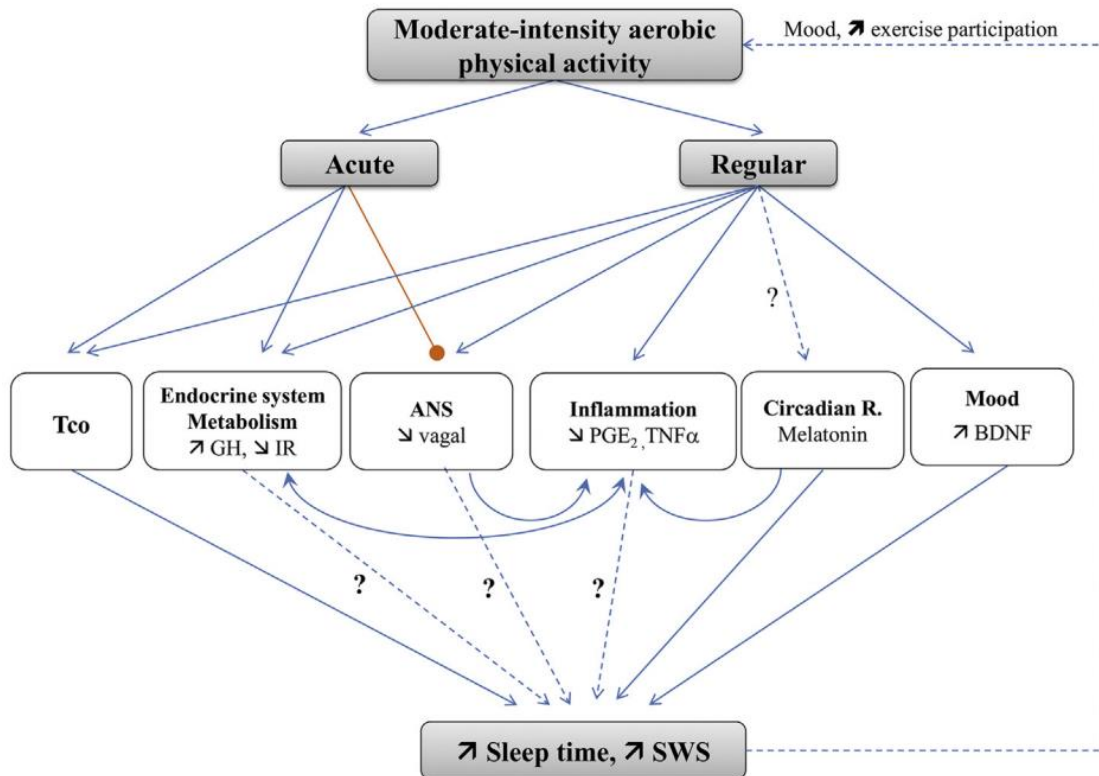
iltakymmeneltä, jolloin pelin jälkeiset lehdistötilaisuudet ja loppuverryttelyt venyttävät nukkumaan menoa pitkälle yöhön. (Fullagar ym. 2015.)

Viimeisen 30 vuoden aikana useat tutkimukset ovat osoittaneet, että ihmiset, jotka ovat fyysisesti aktiivisia nukkuvat paremmin kuin fyysisesti inaktiiviset henkilöt. Unen laatua voidaan siis parantaa fyysisellä aktiivisuudella. Eräässä tutkimuksessa henkilöt harrastivat säännöllistä liikuntaa ja pitivät myös fyysisesti inaktiivisen ajanjakson. Harjoittelujakson aikana tutkittavat nukahtivat nopeammin, heräilivät vähemmän ja heillä oli vähemmän vaihtelua REM ja nREM-unien välillä. Unen kokonaismääräkin kasvoi. Tutkittavat raportoivat olevansa paremmassa kunnossa myös niinä päivinä, kun he eivät harjoitelleet. Kun taas fyysistä aktiivisuutta vähennettiin, huomattiin unen laadussa ja määrässä päinvastaisia muutoksia. Oikeassa määrin toteutettu fyysinen aktiivisuus johtaa siis hyvään yöuneen. Toisaalta fyysinen inaktiivisuus johtaa huonoon yönun laatuun. (Davenne 2009.)

Luonnonvalo ja maan pyöriminen akselinsa ympäri, sekä sen tuomat valon määrän vaihtelut, ovat yksi suurimmista sisäisen kellon rytmiä säätelevistä tekijöistä. Muita päivärytmiin vaikuttavia tekijöitä ovat sosiaaliset rytmit, ruokailujen ajoitukset, uni-valverytmi ja fyysinen aktiivisuus. Niin myös eläimillä kuin ihmisillä on fyysisen aktiivisuuden huomattu vaikuttavan vuorokausirytmiiin (sirkadianrytmi). Fyysisellä aktiivisuudella voidaan myös vähentää vuorotyön tai aikaerorasiituksen aiheuttamia vaikutuksia vuorokausirytmiiissä. (Davenne 2009.)

Fyysinen aktiivisuus vaikuttaa siis suoraan vuorokausirytmiiin. Tämän takia fyysisesti aktiivisilla henkilöillä on vahvempi vuorokausirytmi kuin fyysisesti inaktiivisilla henkilöillä. Koska urheilijoiden vuorokausirytmi on hyvin säädelty, on heidän unensa hyvin haavoittuvaista. (Davenne 2009.)

Harjoittelun vaikutukset unen laatuun riippuvat yksilön sekä harjoituksen ominaisuuksista. Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa yksilön sukupuoli, ikä, kuntotaso, nukkuja tyyppi ja kehonmassaindeksi (BMI). Harjoittelun ominaisuudet, jotka vaikuttavat uneen, ovat onko harjoittelu aerobista vai anaerobista ja säännöllistä vai kertaluontoista. Lisäksi vaikuttavat harjoituksen intensiteetti, kesto ja se tapahtuuko harjoitus sisätiloissa vai ulkona, kuumassa vai kylmässä lämpötilassa ja mihin aikaan päivästä harjoittelu tapahtuu. Harjoittelun vaikutuksia uneen arvioitaessa tulee muistaa, että hyvillä nukkujilla harjoittelun positiiviset vaikutukset uneen ovat pienempiä kuin heikoilla nukkujilla. Intensiteetiltään kohtuullisen aerobisen harjoituksen vaikutusreittejä uneen on esitetty kuvassa 1. (Chennaoui ym. 2015.)



KUVA 1. Intensiteetiltään kohtuullisen aerobisen harjoituksen vaikutus uneen. ANS= autonominen hermosto, BDNF= aivojen neurotrooppinen tekijä, Circadian R.= sirkadiaaninen rytmi, GH= kasvuhormoni, IR= insuliini resistanssi, PGE<sub>2</sub>= prostaglandiini E<sub>2</sub>, SWS= syvä uni, Tco= kehon ydinlämpötila, TNF- $\alpha$  = tuumorinekroositekijä- $\alpha$ ,  $\rightarrow$ yhteys,  $-->$  mahdollinen yhteys,  $---$  inhibitio (punainen viiva). (Chennaoui ym. 2015)

Youngstedt ym. (1997) ja Kubitz ym. (1996) raportoivat meta-analyyseissään, että akuutti harjoittelu lisäsi hieman hidasaaltoista unta (SWS) ja nopeutti REM (rapid eye movement) unen saavuttamista, mutta vähensi REM unen määrää. Harjoittelu vaikutti positiivisesti nukahtamiseen (sleep onset latency, SOL) ja vähensi valveilla olon aikaa nukahtamisen jälkeen (wake after sleep onset, WASO), kun harjoittelu tapahtui 4-8 tuntia ennen nukkumaan menoa. Harjoittelu vaikutti negatiivisesti uneen, kun harjoitus tapahtui enemmän kuin kahdeksan tuntia tai vähemmän kuin neljä tuntia ennen nukkumaan menoa. Meta-analyysin tuloksia tarkasteltaessa tulee huomata, että illalla tehtyjen harjoitusten unen laatua laskevaan vaikutukseen saattaa vaikuttaa, että harjoitukset oli Driverin ym. (1988) tutkimuksessa suoritettu vähän liikkuvilla naisilla ja Torsvallin ym. (1984) tutkimuksessa harjoitus oli 30 tai 43 km juoksu. Luultavasti näiden harjoitusten aiheuttama stressi on ollut niin suurta, että se on vaikuttanut negatiivisesti unen laatuun. Netzerin ym. (2001) tutkimuksessa hyvin harjoitelleilla pyöräilijöillä noin 5 tuntia ennen nukkumaan menoa suoritettu kisa vähensi REM unen määrää unen yön ensimmäisellä puoliskolla. Tutkimuksessa löydettiin merkittävä yhteys adrenaliinin

ja REM latenssi ajan välillä ( $r = 0,63$ ). Harjoittelun tai harjoittelemattomuuden johtaessa merkittäviin muutoksiin kehonkoostumuksessa, perusaineenvaihdunnassa, sydämen toiminnassa, glukoosikontrollissa, mielentilassa ja immuunipuolustuksessa on vaikea määrittellä yksittäisiä tekijöitä, jotka harjoittelussa vaikuttavat unen laatuun. (Chennaoui ym. 2015.)

Toisaalta Buman ym. (2014) ja Youngstedt ym. (1999) totesivat että harjoittelu ennen nukkumaan menoa ei välttämättä heikennä unen laatua. Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa huomattiin, että illalla enintään kolme tuntia ennen nukkumaan menoa suoritettu maksimaalinen polkupyöräergometriharjoitus ei vaikuttanut heikentävästi unen laatuun fyysisesti aktiivisilla nuorilla aikuisilla, mutta sillä oli vaikutusta sydämen autonomiseen kontrolliin unen ensimmäisinä tunteina. NREM (Non-rapid eye movement) unen määrä oli suurempaa harjoituksen jälkeen kuin kontrolli yönä ( $p < 0,01$ ), kun taas actigraphilla mitatussa ja subjektiivisessa unen laadussa ei ollut eroja. Sykevälivaihtelussa ei ollut eroa öiden välillä, mutta syke oli korkeampi harjoituksen jälkeisenä yönä etenkin unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana ( $54 \pm 7$  vs.  $51 \pm 7$ ,  $p < 0,01$ ). (Myllymäki ym. 2011.)

### **3.4.2 Kehon lämpötilan vaikutus uneen**

Nukkumisen aikana ihmiset muodostavat ympärilleen pienilmaston eristämällä ihon kautta johtuvaa lämpöä käyttäen peittoa tai täkkiä, jotta pintaverenkierto voidaan pitää korkealla, eikä lämmönhukka ole liian suurta. Peiton muodostaman pienilmaston lämpötila vaihtelee  $34-36\text{ }^{\circ}\text{C}$  välillä. (Van Someren ym. 2006.) Useat tutkimukset ovat osoittaneet selvän yhteyden unen ja ruumiin lämpötilan välillä. Näyttäisi siltä että  $0,5-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ruumiin lämpötilan lasku edistäisi unen laatua (Edinger ym. 1993), kun taas  $1,5-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ruumiin lämpötilan nousu heikentää sitä (Jordan ym. 1990).

Harjoittelu vaikuttaa ruumiin lämpötilaan sekä itse harjoittelun aikana, että sitä seuraavan palautumisen aikana. Harjoittelu lisää ydinlämpötilaa, aivojen lämpötilaa ja ihon lämpötilaa riippuen harjoittelun intensiteetistä, kestosta ja ilmastollisista olosuhteista. (Chennaoui ym. 2015.) Ruumiin lämpötilan nousee noin  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  korkeaintensiteettisen illalla suoritettun harjoituksen seurauksena (Robey ym. 2013). Flausinon ym. (2012) eivät sen sijaan havainneet merkittävää muutosta ruumiin lämpötilassa kello 20:00 tehdyn 60 minuutin kohtuullisen

kuormitteisen harjoitteen seurauksena. Luultavasti tästä syystä illalla tehty kohtuullisen kuormitteinen harjoite vaikutti positiivisesti uneen aktiivisilla mieskoehenkilöillä.

Kehon lämpötilaa pyritään vähentämään harjoituksen jälkeen laajentamalla perifeerisiä verisuonia. Gradientti distaalisten ja proksimaalisten alueiden ihojen lämpötilojen eroissa (DPG) näyttäisi olevan tärkeässä roolissa unen saamiseksi. Tämä nopea lämpötilan lasku kehon ydinlämpötilassa näyttäisi lisäävän nukahtamista ja unien syvien vaiheiden nopeampaa saavuttamista. (Chennaoui ym. 2015; Robey ym. 2013.) Kuitenkin harjoittelulla aikaansaatu lämpötilan nousu vaikutti heikentävästi ensimmäisen kolmen tunnin ajan uneen, mutta ei merkittävästi koko yön aikaiseen uneen Robeyn ym. (2013) tutkimuksessa.

Withworth-Turner ym. (2017) tutkivat nukkumaan menoa edeltävän kuumen suihkun vaikutusta nukahtamiseen ja uneen. Tutkimus osoitti distaalisten kehon osien ihon lämpötilan nousun heti suihkun jälkeen ja sen olevan vielä merkittävästi koholla ensimmäisen 30 minuutin jälkeen valojen sammutuksesta. Kuitenkaan 60 minuutin jälkeen valojen sammutuksesta ihon lämpötila ei ollut enää merkittävästi koholla. Suihkussa käyminen suoritettiin 20 minuuttia ennen nukkumaan menoa. Lämmin suihku vähensi nukahtamisaikaa ( $-7 \text{ min} \pm 7 \text{ min}$ ,  $p < 0,01$ ) objektiivisesti mitattuna vaikka se ei kuitenkaan vähentynyt kaikilla tutkittavilla. Nukahtamisajan lyhenemisen lisäksi oli nähtävillä positiivinen vaikutus nukkumistehokkuuteen ( $2 \% \pm 1-3 \%$ ,  $p < 0,01$ ) kontrolli tilanteeseen verrattuna. Suihkulla ei havaittu olevan muita tilastollisesti merkittäviä vaikutuksia uneen.

On yleisesti todettu, että kehon ydinlämpötila noudattaa tiettyä vuorokauden aikaista vaihtelua ja että kehon ydinlämpötilan lasku on yhteydessä nukahtamiseen (Kräuchi ym. 2000). Kräuchi ym. (2000) havaitsivat tutkimuksessaan, että DPG (distaalisten ja proksimaalisten ihoalueiden lämpötila gradientti) korreloi parhaiten lyhyen nukahtamisajan kanssa, kun sitä verrataan kehon ydinlämpötilaan tai sen lämpötilan muutokseen, sykkeeseen, melatoniinin erityksen alkamiseen tai subjektiivisiin väsymyksen mittareihin. Heidän tutkimuksensa mukaan selektiivinen vasodilataatio distaalisilla alueille ja siitä johtuva lämmön hukka edistää nopeaa nukahtamista.

Raymann ym. (2007) saivat samansuuntaisia tuloksia, kun lämmitettyjen tai lämmittämättömien sukkiä käyttäminen yöllä edisti nukahtamista ja lisäsi distaalisten alueiden ihon lämpötilaa aikuisilla sekä myös luultavasti DPG:tä. Iäkkäillä henkilöillä neutraalien sukkiä ja lämpimän jalkakylvyn käyttäminen ennen nukkumaan menoa paransi nukahtamista.

lökkäillä unettomuudesta kärsivillä henkilöillä mikään näistä metodeista ei auttanut nukahtamisen kiihdyttämisessä.

Ko ja Lee (2018) tutkivat, myös kuinka sukkien käyttö yön aikana vaikuttaa uneen. Heidän tutkimuksessaan nukahtamisaika lyheni 7,5 minuuttia, nukkumisaika oli 32 minuuttia pidempi, heräilyjä oli 7,5 kertaa vähemmän ja nukkumistehokkuus oli 7,6 % parempi. Kaikki tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä ( $p < 0,05$ ). Jalkojen lämpötila oli keskimäärin 1,3 °C korkeampi ja DPG oli suurempi kuin yöllä käytettiin sukkia ( $p < 0,05$ ). Sukkien käyttö ei kuitenkaan vaikuttanut merkitsevästi sykkeeseen, rektaali tai ihon keskilämpötilaan tai subjektiiviseen unen laatuun.

Sukkia parempia tuloksia on saatu käyttämällä kuumaa jalkakylpyä nukahtamisen parantamiseen. Uputus suoritettiin 20 minuuttia ennen nukkumaan menoa 20 minuutin ajan 40 asteisessa vedessä ja se paransi nukahtamista 18 minuutilla terveillä naiskoehenkilöillä. (Sung ja Tochihara, 2000).

### **3.4.3 Nukkumisympäristön ja nukkumishygienian vaikutus uneen**

Jotta urheilijan suorituskyky saataisiin optimoitua, tulee urheilijan nukkua optimaalisessa ympäristössä (hiljainen, pimeä, ei liian kuuma, mukava). (Kölling ym. 2016; Simpson ym. 2017.) Kölling ym. (2016) tutkimuksen mukaan nukkumishygienian parantaminen lisää tennispelaajien unen määrää. Nukkumishygienialla tarkoitetaan kaikenlaisia unen laatua ja määrää parantavia tekijöitä kuten ruokavaliota, stressin lieventämistä, rauhoittumista ja nukkumisympäristön muokkaamista optimaaliseksi unen kannalta. Davennen (2009) mukaan urheilijoiden tulisi noudattaa säännöllistä unirytmää ja nukkua päiväunet joka päivä. Kilpailujen aikaan urheilijoiden tulisi pyrkiä välttämään jännittämistä. Urheilijoiden tulisi olla myös tietoisia tavoista, joilla voidaan lieventää aikaerorasituksen oireita. (Davenne 2009.)

Pitchfordin ym. (2017) tutkimuksessa tutkittiin australialaisen jalkapallon pelaajien unen määrää ja laatua pelaajien kotona ja harjoitusleirillä. Harjoitusleirillä pelaajat viettivät aikaa sängyssä enemmän kuin kotona, mutta unen määrä oli harjoitusleirillä pienempi. Nukahtamiseen käytetty aika leirillä oli lähes puolet enemmän kuin kotona. Pitchfordin ym. (2017) mukaan tulee kiinnittää huomiota urheilijoiden nukkumismukavuuteen ja nukkumisen määrään, kun siirrytään pois tutusta nukkumisympäristöstä.

Simpsonin ym. (2017) mukaan nukkumisympäristön tulisi mukailla luolaa. Sen tulisi olla viileä, pimeä, hiljainen, mukava ja turvallisen oloinen. Yleisimpiä keinoja, joilla pyritään parantamaan urheilijoiden unen laatua, ovat ilmastointi tai tuulettimen asennus huoneeseen. Yhtä tehokkaita voivat olla myös unimaskin tai korvatulppien käyttö sekä uuden patjan ostaminen. (Simpson ym. 2017.)

Erilaisten aineiden kuten kofeiinin, nikotiinin tai alkoholin nauttimista ei suositella enää myöhään illalla. Vaikkakin alkoholi voi helpottaa nukahtamista, saattaa se myös heikentää unen laatua. (Simpson ym. 2017.)

Altistuminen valolle päiväsaikaan voi vaikuttaa unen määrään ja laatuun. Varsinkin illalla kirkas valo voi vaikuttaa melatoniinin erityksen vähenemiseen tai sen myöhästymiseen normaaliin tilaan verrattuna. Jotta melatoniinia erittyisi normaalin verran ja laadukkaat yöunet saataisiin taattua, tulee valojen kirkkautta vähentää illalla ja LED-näyttöjä tulisi välttää muutamaa tuntia ennen nukkumaanmenoa. Aamulla runsas valon määrä lisää tarkkaavaisuutta ja rytmittää biologista kelloa. (Simpson ym. 2017.)

Säännöllisen unirytmien säilyttäminen edesauttaa biologisen rytmin optimointia. Vaativat kognitiiviset tehtävät saattavat myös aiheuttaa nukahtamisvaikeuksia. Urheilijoille, joilla on nukahtamisvaikeuksia, suositellaankin ennen nukkumaan menoa psyykkisesti ja fyysisesti kevyitä ja rauhoittavia rutiineja kuten lukemista, venyttelyä tai kylpemistä. (Simpson ym. 2017.)



## 4 SYKEVÄLIVAIHTELU

Syke (HR) tarkoittaa sydämen lyöntejä aikayksikössä. Useimmiten syke ilmoitetaan sydämenlyöntiä / min. Sykevälivaihtelu tarkoittaa sydämen lyöntien välisen ajan vaihtelua. Sydämen lyöntien välien aika katsotaan kahden QRS-kompleksin R-piikkien välisestä ajasta. (Morgan ja Mora 2017.) Sykevälivaihtelun on todettu kuvantavan hyvin autonomisen hermoston tilaa, sillä se reagoi sekä psyykkisiin että fyysisiin ärsykkeisiin. Sen tarkkailun avulla voidaan saada paljon tietoa urheilijan rasiustilasta ja näin ollen suunnitella harjoittelun määrää ja intensiteettiä. (Dong 2016; Flouris ym. 2014.)

Sykevälivaihtelua voidaan kuvata monella eri tavalla. Käytetyimmät tavat sykevälivaihtelun kuvaamiseen ovat aika- ja taajuuskenttämenetelmä. Taajuuskenttämenetelmässä erotellaan sykevälivaihtelu kolmella eri taajuudella tapahtuvaan sykevälivaihteluun (todella matalataajuinen (VLF < 0,04 Hz), matalataajuinen (LF, 0,04 – 0,15 Hz ja korkeataajuinen (HF, 0,15 – 0,4 Hz)). Tavallisesti eri taajuuksilla tapahtuva vaihtelu ilmaistaan absoluuttisena tehona ( $\text{ms}^2$ ). Sykevälivaihtelun avulla voidaan pikemminkin tarkkailla autonomisen hermoston tilan muutosta eikä sen kuntoa tai absoluuttisia arvoja. (Task Force 1996.)

Aikakenttämenetelmän muuttujia ovat syke, keskimääräinen NN-intervallien välinen aika, suurin kahden NN-intervallin välinen erotus ja sykevälivaihtelun keskihajonta (SDNN). Yleisimmin käytetty muuttuja on kuitenkin RMSSD, joka on neliöjuuri onnistuneiden NN-intervallien keskimääräisestä vaihtelusta. Sykevälivaihtelua voidaan tarkastella aikaisemmin mainittujen R-piikkien välisestä ajasta tai sitten NN-intervalleista. NN-intervalleilla (normal-to-normal) tarkoitetaan kahden normaalin R-piikin välistä aikaa. (Task Force 1996.)

### 4.1 Sydämen toiminnan säätely

Sydämen toimintaa säädellään sekä sydäntä hermottavien hermojen kautta, että veren kautta kulkevien kemiallisten viestien avulla. Sydän toimii autonomisesti. Sydäntä hermottavat sekä parasympaattiset että sympaattiset hermot, jotka molemmat vastaavat sydämen lyöntitiheydestä. Ilman minkäänlaista sydämen ulkopuolista säätelyä sydän löisi sinussolmukkeen määrittämässä rytmissä eli noin 100 lyöntiä / min. Sydämen syke voi sen säätelystä johtuen laskea 25-30 lyöntiin / min paljon harjoitelleilla kestävyysurheilijoilla, kun taas maksimissaan se voi nousta noin 220 lyöntiin / min maksimaalisessa rasituksessa niin harjoitelleilla kuin harjoittelemattomillakin ihmisillä. Sydämen maksimisyke laskee

tyypillisesti vanhetessa noin 1 lyönnin / vuosi, mutta se on hyvin yksilöriippuvaista. (McArdle 2015, 326.)

Parasympaattisen hermoston säikeet ovat sydämessä eteisissä, sinussolmukkeessa ja eteis-kammiosolmukkeessa, kun taas sympaattisen hermoston hermosäikeitä on myös kammioissa. Sympaattisenhermoston stimulointi vapauttaa katekolamiineja, jotka saavat sydämen lyömään nopeammin. Katekolamiinit lisäävät myös sydämen supistusvoimaa, jopa kaksinkertaistaen sen maksimimaalisessa sympaattisessa stimulaatiossa. Sydäimestä tulevat postganglionaariset sympaattiset hermot yhtyvät preganglionaarisiin sympaattisiin hermoihin selkärangan ylempien rintanikamien kohdalla ja preganglionaariset hermot yhtyvät hermosolmujen kautta selkärangan molemmilla puolilla kulkevaan sympaattiseen hermorunkoon. (McArdle 2015, 327.)

Parasympaattisen hermoston aksonit kulkeutuvat aivorungosta vagushermaa eli kiertäjähermoja pitkin sydämeen. Stimuloitaessa parasympaattisia hermoja, vapauttavat ne asetyylikoliinia, joka vaikuttaa hidastavasti sydämen sykkeeseen. Parasympaattisella hermostolla ei ole vaikutusta sydämen supistusvoimaan. Kevyen tai keskiraskaan kuormituksen alussa sydämen syke nousee aluksi, koska parasympaattista hermostoa inhiboidaan. Raskaassa kuormituksessa lisääntynyt parasympaattisen hermoston inhibitio ja sympaattisen hermoston aktivaatio nostavat edelleen sykettä. (McArdle 2015, 330.)

#### **4.2 Sykevälivaihtelun yhteys autonomisen hermoston toimintaan**

Kardiovaskulaariset muutokset, joita kuormituksen aikana ilmenee johtuvat pääosin autonomisen hermoston muuttuneesta toiminnasta. Syke nousee, kun parasympaattinen aktiivisuus laskee ja sympaattinen nousee. Harjoittelun jälkeen syke lähtee laskemaan, koska parasympaattinen aktiivisuus nousee ja sympaattinen laskee. Sykevälivaihtelun avulla voidaan arvioida autonomisen hermoston toimintaa. Sykkeen ja sykevälivaihtelun palautuminen kuormituksesta saattaa viedä minuuteista 24 tuntiin riippuen kuormituksen intensiteetistä ja harjoittelutaustasta. (Myllymäki ym. 2011.)

#### **4.3 Sykevälivaihtelun yhteys subjektiiviseen ja objektiiviseen unen laatuun**

Korkean sykevälivaihtelun oletetaan olevan yhteydessä parempaa subjektiiviseen ja objektiiviseen uneen. Werner ym. (2015) tutkimuksessa (n=29) unen aikainen sykevälivaihtelu korreloi vähemmän unen laadun kanssa kuin valveilla olon aikainen sykevälivaihtelu. Korkeampi sykevälivaihtelu päivällä oli yhteydessä parempaan unen laatuun (nopeampaan nukahtamiseen ja vähempään heräilyyn). Valveilla olon aikainen korkea sykevälivaihtelu voikin olla ennustava tekijä hyvästä unesta sekä objektiivisesti että subjektiivisesti mitattuna. Unen aikainen sykevälivaihtelu oli merkitsevästi riippuvainen valveilla olon aikaisesta sykevälivaihtelusta. Yön aikainen sykevälivaihtelu oli hieman yhteydessä subjektiiviseen unen laatuun, mutta ei ollut yhteydessä mihinkään objektiiviseen unen laadun mittariin. Objektiivista unen laatua mitattiin polysomnografialla ja subjektiivista Pittsburgh Sleep Quality Indexillä. (Werner ym. 2015.)

Unen aikana sympaattinen aktiivisuus laskee ja parasympaattinen aktiivisuus nousee. Näin tapahtuu etenkin SWS:n (hidasaaltainen uni) aikana (Somers ym. 1993). Harjoittelun aikana sympaattista hermostoa stimuloidaan laajalti. Aivan harjoittelun jälkeen syke pysyy korkeammalla kuin lepotasossa ja parasympaattinen aktiivisuus on pienentynyt ja sympaattinen lisääntynyt. Harjoittelulla aikaansaatu autonomisenhermoston epätasopainotila palautuu ennalleen 24 tunnin kuluessa harjoituksesta. Säännöllinen harjoittelu lisää parasympaattista ohjausta ja johtaa sykkeen laskuun. Päivällä tehdyn harjoituksen jälkeen syke on normaalia korkeampi nukkuessa. Samoin kuormittava ja hyvin raskas harjoittelu vähentää unen aikaista sykevälivaihtelua, joka on merkki vähentyneestä parasympaattisesta aktiivisuudesta. (Hynynen ym. 2010.) Myllymäki ym. (2012) raportoivat tutkimuksessaan myöhään illalla tehdyn harjoituksen (30 min, 60 min tai 90 min) vaikuttavan vain yön aikaista sykettä nostavasti, mutta se vaikutti vain 90 min kuormituksessa sykevälivaihtelua alentavasti ( $p < 0,01$ ).

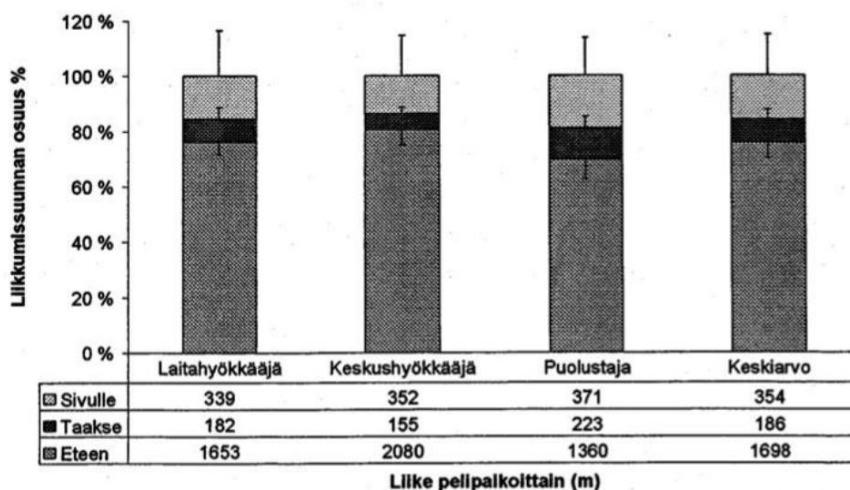
Burgess ym. (2001) tutkivat sydämen sympaattista aktiivisuutta NREM -unen ja REM -unen välillä. He eivät löytäneet merkittävää muutosta sykevälivaihtelussa unien välillä. Sykevälivaihtelu näyttäisi olevan enemmän riippuvainen siitä, kuinka kauan on nukuttu kuin unen eri vaiheista.

## 5 SALIBANDYN KUORMITTAVUUS

Salibandy on työ intensiteetiltään submaksimaalinen nopeuskestävyyslaji, mutta sen vaihdoista johtuva kuormituksen katkonainen luonne mahdollistaa myös tehokkaan happamuuden puskuroinnin, jolloin happamuus ja laktaattitasot eivät nouse niin korkealle kuin ilman vaihtoja. Vaihdot kestävät 20 – 120 sekuntia ja pelaajan roolista riippuen vaihtoja tulee pelin aikana 12 - 27 kappaletta. Yksittäisen pelaajan työaika voi olla siis jopa 30 minuuttia (Hokka 2001). Salibandyottelu kestää 60 minuuttia, joista jokainen erä kestää 20 minuuttia. Erien välillä on 12 minuutin erätauko. Ottelutapahtuma kestää noin kolme tuntia alku- ja loppuverryttelyineen.

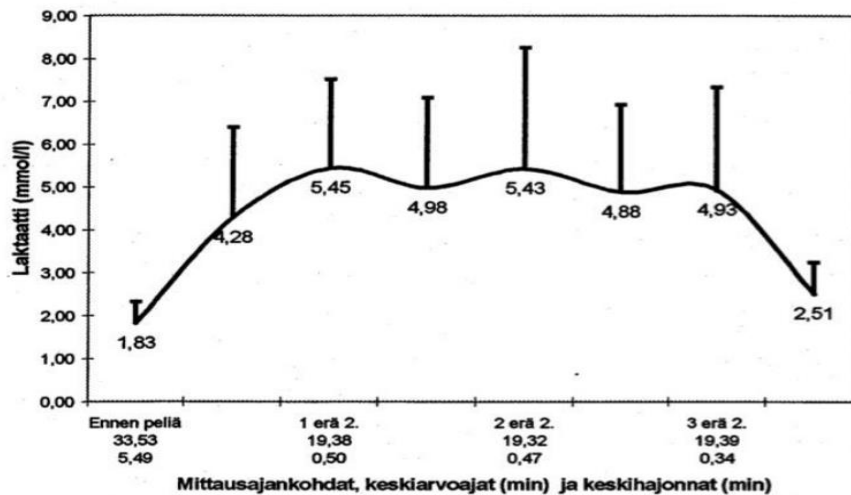
Intervallityön aikana tarvitaan myös aerobisia kestävyysominaisuuksia, mutta suurin osa työstä tehdään anaerobisesti. Ratkaisevia pelaajien kestävyys suorituskyvyn kannalta ovat anaerobinen energiantuottonopeus ja maksimaalinen anaerobinen energiantuottokyky. Vaihtojen intensiteetti, pituus ja palautumisaika ovat heikosti ennakoitavissa. Vaihdon ollessa liian pitkä alkaa anaerobisesta energiantuotosta johtuen kertyä happamuutta, joka toimii väsymystä edistävänä tekijänä. Tämän takia vaihdot tulisi pitää salibandyssä riittävän lyhyinä.

Salibandynpelaaja tekee ottelussa yli 200 suunnanmuutosta, joka omalta osaltaan kuormittaa merkittävästi hermo-lihasjärjestelmää. Juoksumatkaa pelaajalle kertyy keskimäärin  $2238 \pm 492$  metriä per ottelu (KUVA 2). Jalkapallossa vastaava määrä on 10 000 metriä. Juoksumatkan jakautuminen vaihtelee pelipaikoittain ja pelitaktiikasta riippuen. Salibandyottelussa keskushyökkääjät liikkuvat noin 2500 metriä, puolustajat noin 1950 metriä ja laitahyökkääjät liikkuvat noin 2100 metriä. (Hokka 2001.)



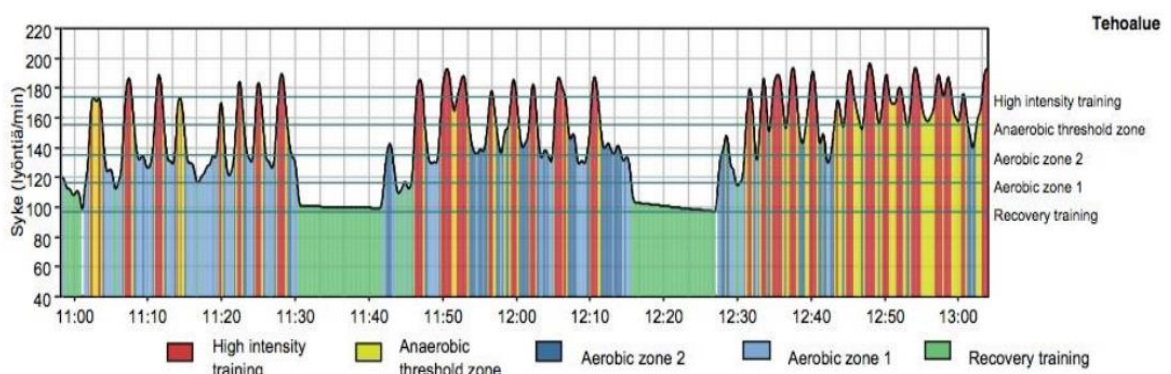
KUVA 2. Salibandyn pelaajan liikkuma matka ottelun aikana pelipaikkakohtaisesti ja eri liikesuuntiin jaettuna (Hokka 2001).

Laktaattiarvot eivät vaihtele merkitsevästi ottelun aikana. Verestä mitatut laktaattiarvot ovat alimmillaan ( $4,28 \pm 2,12$  mmol/l) ottelun alkuhetkillä ja korkeimmillaankin vain ( $5,45 \pm 2,07$  mmol/l) (KUVA 3). Täten voidaan olettaa että, työjaksot ovat alaktisia intervaleja. (Hokka 2001.)



KUVA 3. Laktaatin kerääntyminen salibandyottelun aikana (Hokka 2001).

Champions Cupin finaalissa Happeen miesten edustusjoukkueen pelaajien sykkeet nousivat pelin aikana lähes jokaisessa vaihdossa yli 90 %: iin pelaajan maksimisykkeestä. Vaihtojen aikana sykkeiden havaittiin laskevan 70 %: iin pelaajan maksimisykkeestä (KUVA 4). (Jalanko 2015.)



KUVA 4. Salibandynpelaajan ottelun sykekäyrä sekä työjaksosten jakaantuminen kestävyysalueille. (Jalanko 2015.)

## 6 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

**Tutkimusongelma 1.** Vaikuttaako illalla suoritettujen korkeaintensiteettisten kuormitusten jälkeinen kylmävesiupotus unen laatuun?

**Hypoteesi.** Viiden minuutin kylmävesiupotus 10 asteisessa vedessä aiheuttaa parasympaattisen hermoston reaktivaation parantaen unen laatua sekä objektiivisesti että subjektiivisesti mitattuna. Tämä muutos näkyy erityisesti unen ensimmäisten tuntien aikana.

**Perustelu.** Kylmävesiupotus saa aikaan kehon nopean ydinlämpötilan laskun. Ydinlämpötila voi laskea alle perustason 90 min ajaksi. Jos kylmävesiupotus suoritetaan lähellä nukkumaan menoa, voivat kylmävesiupotuksen aiheuttamat muutokset kehon lämpötilassa vaikuttaa uneen positiivisesti kiihdyttäen kehon normaalia lämpötilan laskua ennen nukkumaanmenoa ja edistää nukahtamista. Al Haddad ym. (2012) osoittivat tutkimuksessaan, että viiden minuutin kylmävesiupotus 15 asteisessa vedessä viiden harjoituspäivän ajan vaikuttaa positiivisesti unen laatuun, kun sitä mitataan subjektiivisesti. Tutkimuksessaan he tulivat tulokseen, että harjoituksen jälkeinen kylmävesiupotus saattaa vähentää parasympaattisen hermoston aktiivisuuden laskua, joka on yhteydessä koettuun unen laatuun.

Bricoutin ym. (2010) tutkimuksessa sykevälivaihtelu oli merkitsevästi erilaista illalla pelatun pelin jälkeen kuin lepopäivänä. LF arvot olivat laskeneet pelin seurauksena, ja HF arvot olivat nousseet (Bricout ym. 2010). Bricoutin ym. (2010) tutkimuksen tuloksia tukee Costan ym. (2018) tekemä tutkimus, jossa he osoittivat, että illalla tehdyn harjoituksen jälkeen yön aikaisessa sykkeessä voi tapahtua muutoksia erityisesti ensimmäisten tuntien aikana. Myös Al Haddad ym. (2009) saivat samansuuntaisia tuloksia, kun supramaksimaalinen harjoitus aiheutti sykevälivaihtelun laskun. Myllymäki ym. (2011) huomasivat, että korkeaintensiteettinen harjoitus vaikutti sydämen autonomisen kontrolliin unen ensimmäisten tuntien aikana, mutta se ei vaikuttanut seuraavan yön unen laatuun.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 7.1 Tutkimusasetelma

Tutkittavilta mitattiin sykevälivaihtelua satunnaisessa järjestyksessä yhteensä kolmen yön ajalta: (1) yö ilman korkeaintensiteettistä kuormitusta ja kylmävesiupotusta, (2) yö korkeaintensiteettisen lajiharjoituksen jälkeen ilman kylmävesiupotusta, (3) yö korkeaintensiteettisen lajiharjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen. Tutkimuksessa kontrolloina toimivat kaksi ensimmäistä yötä (1-2). Interventioissa pelaajat tulivat kuormitusten (3) jälkeen kylmäallashuoneeseen, jossa heiltä mitataan kehon lämpötila ennen altaaseen menoa sekä altaaseen menon jälkeen. Harjoituksen päättymisestä kylmävesiupotus altaaseen upottautumiseen aikaa meni tutkittavasta riippuen 15-30 minuuttia. Tutkittavat menivät Avantopool Oy:n valmistamaan kylmävesialtaaseen (LIITE 8) käyttäen uimahousuja upottautuen rintakehään asti, niin että kädet eivät olleet vedessä. Kylmävesialtaaseen oli asetettuna koko ajan 10 asteen vakio- lämpötila ja upotusaika oli viisi minuuttia. Lämpötilan mittaamisen jälkeen tutkittavat kiinnittivät itselleen ohjeistuksien mukaisesti Firstbeatin Bodyguard -mittarin (LIITE 7), jonka avulla mitattiin sykevälivaihtelua. Tämän jälkeen tutkittava meni kotiin ja piti mittaria rinnassaan aamuun asti, jolloin hän herätessään riisui mittarin ja täytti unen laatua mittaavan arviointilomakkeen. Kuormituksina toimivat kaksi lajiharjoitusta. Molemmat kuormitukset suoritettiin illalla klo 20.00 jälkeen. Tutkimuksessa käytettiin ristikkäistutkimusasetelmaa eli tutkittavat toimivat sekä kontrolliryhmänä että interventoryhmänä. Kuormitusten jälkeinen ilta pyrittiin vakioimaan ohjeistamalla tutkittavia, jotta ne olisivat mahdollisimman samankaltaisia.

### 7.2 Tutkittavat

Tutkittavat olivat 18-33 -vuotiaita miehiä (salibandyn pelaajia: n=12, pituus  $1,80 \pm 0,04$  m, paino  $80,2 \pm 11,7$  kg, BMI  $24,7 \pm 2,8$ , Cooperin 12 minuutin juoksupuutesti  $3070 \pm 230$  m). Tutkittavat pelaavat salibandyä maan toiseksi korkeimmalla pääsarjatasolla. Heidän Cooperin testillä arvioitu VO<sub>2</sub>max oli  $57,4 \pm 5,1$  ml/kg/min. Cooper-testistä saadulla metrimäärällä arvioitiin tutkittavien maksimaalinen hapenottokyky kaavalla  $\frac{(s - 504,9)}{44,73} = VO_{2max}$  missä, s = 12 minuutin aikana juostu metrimäärä (Keskinen ym. 2018). Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja heillä oli oikeus keskeyttää tutkimus milloin tahansa ilman erillistä syytä. Tutkittavien terveydentila selvitettiin terveystarkastuksella ja heiltä oli

pyydetty lupa tutkimusdatan keräämiseen (LIITE 5). Tutkimukselle myönnettiin Jyväskylän yliopiston Eettisen toimikunnan lausunto.

### **7.3 Aineiston keruu ja analysointi**

#### **7.3.1 Yön aikainen syke ja sykevälivaihtelu**

Yöllistä sykettä ja sykevälivaihtelua mitattiin Firstbeatin Bodyguard -laitteella (Firstbeat Technologies Ltd, Jyväskylä, Suomi). Tutkittaville ohjeistettiin laitteen kiinnittäminen öiden 2 ja 3 iltoina. Ennen kontrolliyötä (1) tutkittavat kiinnittivät mittarinsa omatoimisesti. Laitteet irrotettiin rinnasta välittömästi heräämisen jälkeen. Tutkimuksessa käytettiin nukahtamisen ensimmäisen puolentunnin jälkeistä 5 tunnin ajanjaksoa sekä koko yön ajalta, kun tutkittavat ilmoittivat nukkuneensa. Tallennetuista R-R intervalleista poistettiin artefaktit Firstbeatin Sports -ohjelmalla. Jos R-R intervallien virheprosentti ylitti 33 %, tallennettua dataa ei käytetty tuloksien analysoimiseen. Aikakenttämuuttujina käytettiin sykettä (HR), onnistuneiden R-R intervallien välisien keskiarvojen neliöjuurta (RMSSD, Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent normal R-R intervals) ja sykevälivaihtelun keskihajontaa (SD, Standard deviation of the R-R intervals). Taajuskenttämuuttujina käytettiin Fast Fourier Transformin jälkeen matalataajuuksista sykevälivaihtelua (LF, 0,004-0,15 Hz), korkeataajuuksista sykevälivaihtelua (HF, 0,15-0,4 Hz), näiden suhdetta (LF/HF) ja kokonaissykevälivaihtelua (TP, 0.04-0.40 Hz).

Tässä tutkimuksessa käytetty Firstbeatin Bodyguard2 -laite mittaa EKG:tä elektrodeilla. EKG:stä saatu tieto muunnetaan tiettyjen algoritmien avulla ja saadaan tieto, joka kertoo R-R intervallien välisen ajan 1 ms tarkkuudella. Bodyguardin on todettu havaitsevan 99,95 % sydämen lyönneistä. Sen havaitsemien R-R intervallien välinen keskimääräinen absoluuttinen virhe on 2,96 ms (0,54 %) verrattuna standardi EKG:hen. Firstbeatin kehittelemällä artifaktilla voidaan virheellisen datan määrää vähentää entisestään. (Parak ja Korhonen 2013.) Voidaan siis todeta, että Bodyguard2 on hyvä väline pitkäaikaisen sykevälivaihtelun seuraamiseen päivittäisessä elämässä.



### 7.3.2 Harjoittelun kuormittavuus

Harjoitusten aikana tutkittavien sykettä mitattiin Suunto T6 -sykemittareilla (Suunto Oy, Vantaa, Finland). Harjoituksesta tallennettu sykedata analysointiin Suunto training manager-ohjelmalla. Harjoitusten kuormittavuutta mitattiin sekä subjektiivisella (SRPE, session rating of perceived exertion) että objektiivisella mittarilla (TRIMP, training impulse). RPE kysyttiin jokaiselta tutkittavalta 30 minuutin kuluessa harjoituksen päättymisestä. Saatu tulos kerrottiin harjoituksen kestolla, jolloin saatiin SRPE. TRIMP laskettiin Firstbeatin Sports- ohjelmalla, jossa muuttujina käytettiin harjoittelun ajalta (75min) saatua sykedataa, yöllisten mittausten alinta leposykettä ja Cooperin-testissä saatua maksimisykettä. Firstbeat Sports- ohjelma käyttää TRIMPin laskemiseen seuraavaa kaavaa:

$$TRIMP = T \left[ \frac{(HR_{ex} - HR_{rest})}{(HR_{max} - HR_{rest})} \right] \times 0.64e^{1.92 \left[ \frac{(HR_{ex} - HR_{rest})}{(HR_{max} - HR_{rest})} \right]}$$

jossa T = harjoituksen kesto

HR<sub>ex</sub> = harjoituksen aikainen syke

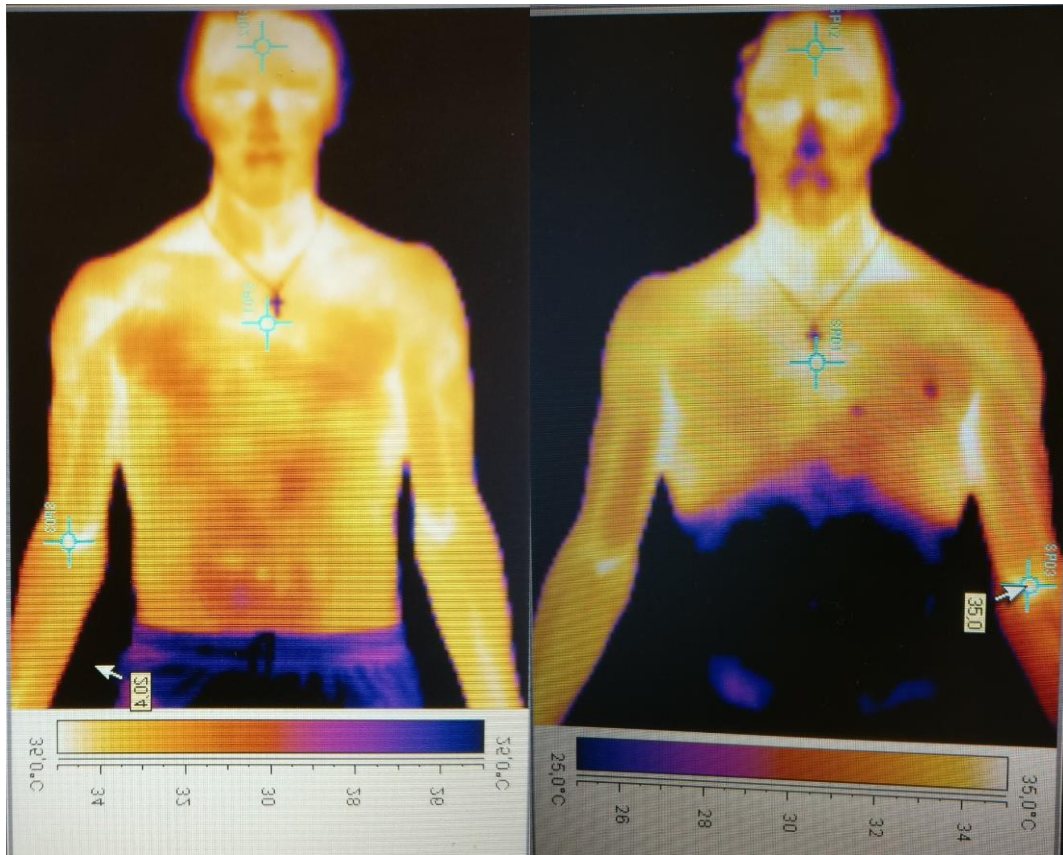
HR<sub>rest</sub> = leposyke

HR<sub>max</sub> = maksimisyke

e ~ 2,718

### 7.3.3 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena

Ihon lämpötilan mittaukseen ennen kylmävesiupotusta ja kylmävesiupotuksen jälkeen käytettiin FLIRA300 lämpökameraa (Systems Inc. Danderyd, Ruotsi). Saadut kuvat analysointiin ThermalCam Researcher Pro 2.9 -ohjelmalla (FLIR -Systems, Yhdysvallat). Lämpökamera kuvat otettiin suljetussa pimeässä huoneessa mahdollisen lamputa tulevan lämpösäteilyn sekä ilmavirtauksien vaikuttaessa huoneen lämpötilaan. Lämpökamera kalibroitiin ennen kuvien ottamista. Ennen kuvien ottamista tutkittavat kuivasivat ylävartalonsa harjoituksesta tullessaan hiestä ja kylmävesiupotuksesta tullessa vedestä. Lämpökamerakuvista analysointiin ihon keskiarvoinen lämpötila rintalastan päältä sekä kyynärtaipeesta.



KUVA 5. Tutkittavasta otettu lämpökamerakuva ennen kylmävesiupotusta ja kylmävesiupotuksen jälkeen.

#### 7.3.4 Väsymyksen tunne ja unen määrä

Tutkittavien subjektiivista arviota unen laadusta, sen määrää ja väsymyksestä mitattiin heräämisen jälkeen kyselyllä (LIITE 6). Kyselyssä arvioitiin asteikolla (erittäin huono – erittäin hyvä) unen laatua (SQ, subjective sleep quality rating), nukahtamiseen kulunutta aikaa (SOL, sleep onset latency), heräämisten määrää (DIARY<sub>NWAKE</sub>), heräämisten kestoa (DIARY<sub>WASO</sub>, wake after sleep onset) levänneisyyttä, lihaskivun määrää (DOMS, delayed onset of muscle soreness) sekä palautuneisuuden tunnetta. Lisäksi kyselyllä selvitettiin nukkumaan menoaika, aika jolloin tutkittava yritti nukahtaa, heräämisaika, yöunien pituus, heräsikö tutkittava aikaisemmin kuin suunnittelit ja jos heräsi niin kuinka paljon aikaisemmin.

#### 7.4 Tilastolliset menetelmät

Saatuja tuloksia analysointiin SPSS for Windows- (IBM SPSS Statistics 24) ja Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, Yhdysvallat) -ohjelmien avulla. Tulosten tilastollista merkitsevyyttä analysointiin Friedmanin non-parametrisellä riippuvien otosten mittauksella,

koska tutkimusjoukko oli pieni ja kaikki tulokset eivät olleet normaalijakautuneita. Normaalijakautuneisuutta testattiin Shaphiro-Wilk -testillä, aineiston ollessa pieni. Aineiston muuttujien korrelaatiota keskenään tarkasteltiin Spearmanin korrelaationkertoimen avulla. Korrelaatiota tarkasteltiin vain ei normaalijakautuneiden muuttujien kesken. Kaikki tulokset on esitetty keskiarvoina sekä keskihajontoina. Tilastollisen merkitsevyyden rajoina tutkimuksessa toimivat p-arvot:  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$  ja  $p \leq 0,001$ . Koko unen aikaiset sykkeet ja sykevälivaihtelumuuttujat olivat normaalijakautuneita. Muu tutkimuksessa kerätty data ei ollut normaalijakautunutta.

## 8 TULOKSET

### 8.1 Harjoitusten kuormittavuus

Objektiivisen ja subjektiivisen kuormittuneisuuden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kahden eri harjoituksen välillä. Kuormittuneisuuden mittareiden välillä ei löydetty korrelaatiota tutkimuksessa. Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää korrelaatiota TRIMPin ja sitä seuraavan unen aikaisen sykkeen kanssa tai unen ensimmäisen tunnin sykkeen kanssa. Korrelaatiota ei löydetty myöskään TRIMPin ja seuraavien muuttujien välillä: lnSD, lnSD1, lnRMSSD ja lnRMSSD1 (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Sykkeen avulla arvioitu objektiivinen harjoituksen kuormittavuus sekä tutkittavien subjektiivinen kuormittuneisuuden tunne.

KH	TRIMPCWI	TRIMP	SRPECWI	SRPE
1	82	77	300	300
2	76	86	225	225
3	102	60	300	225
4	101	101	300	300
5	146	82	225	225
6	102	60	550	225
8	114	101	300	300
9	92	138	300	300
11	109	124	225	225
Ka ja SD	103 (19)	92 (25)	303 (94)	258 (37)

TRIMP = objektiivinen sykkeen avulla laskettu kuormittuneisuuden mittari, SRPE = subjektiivinen kuormittuneisuuden mittari, CWI = kylmävesiupotus

### 8.2 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena

Rinnan ihon lämpötila oli tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) pienempi kylmävesiupotuksen jälkeen kuin ennen kylmävesiupotusta. Päinvastoin kuin rinnan ihossa, kyynärtaipeen ihon lämpötila kohosi tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,01$ ) kylmävesiupotuksen seurauksena. Näiden kahden tuloksen seurauksena DPG kasvoi tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,01$ ) kylmävesiupotuksen seurauksena (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 2. Ihon lämpötila ja DPG sekä niiden muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena.

	Rinta (°C)	KT (°C)	DPG
PreCWI	32,9 (1,1)	32,7 (0,5)	-0,13 (1,28)
PostCWI	32,6 (0,9)*	33,1 (0,5)**	0,49 (1,17)**

CWI = kylmävesiupotus, KT = kyynärtaive, DPG = kehon distaalisten ja proksimaalisten alueiden lämpötilaero. \* (p < 0,05); \*\* (p < 0,01) = Tulos on tilastollisesti merkitsevä pre-tilanteeseen verrattuna.

### 8.3 Unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu

Myöhään illalla tehdyn harjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen syke oli tilastollisesti merkitsevästi (p < 0,05) korkeampi kuin kontrolliyönä, kun tarkastelussa oli koko unen aikainen syke. Muissa muuttujissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kolmen eri testitilanteen välillä (TAULUKKO 3).

TAULUKKO 3. Sykkeen ja sykevälivaihtelumuuttujien arvot keskiarvillisesti koko yön ajalta.

	HR	lnRMSSD	lnSD	lnLF	LnHF	lnLF/HF	TP
HARJ	54,4 (5,5)	4,18 (0,21)	4,94 (0,28)	8,23 (0,35)	8,03 (0,42)	1,53 (0,57)	8,83 (0,37)
CWI	55,4 (5,1)*	4,14 (0,21)	4,84 (0,23)	8,14 (0,36)	8,01 (0,48)	1,40 (0,55)	8,78 (0,37)
CTRL	50,7 (5,2)	4,30 (0,33)	5,00 (0,29)	8,40 (0,44)	8,30 (0,61)	1,32 (0,34)	9,10 (0,50)

CWI = kylmävesiupotus, HARJ = harjoitus ilman kylmävesiupotusta, CTRL = kontrolli, HR = syke, RMSSD = onnistuneiden R-R-intervallien välisien keskiarvojen neliöjuuri, SD = sykevälivaihtelun keskihajonta, LF = matalataajuus, HF = korkeataajuus, LF/HF = matalan ja korkean taajuuden suhde, TP = teho. \* (p < 0,05) = tulos on tilastollisesti merkitsevä kontrollitilanteeseen verrattuna.

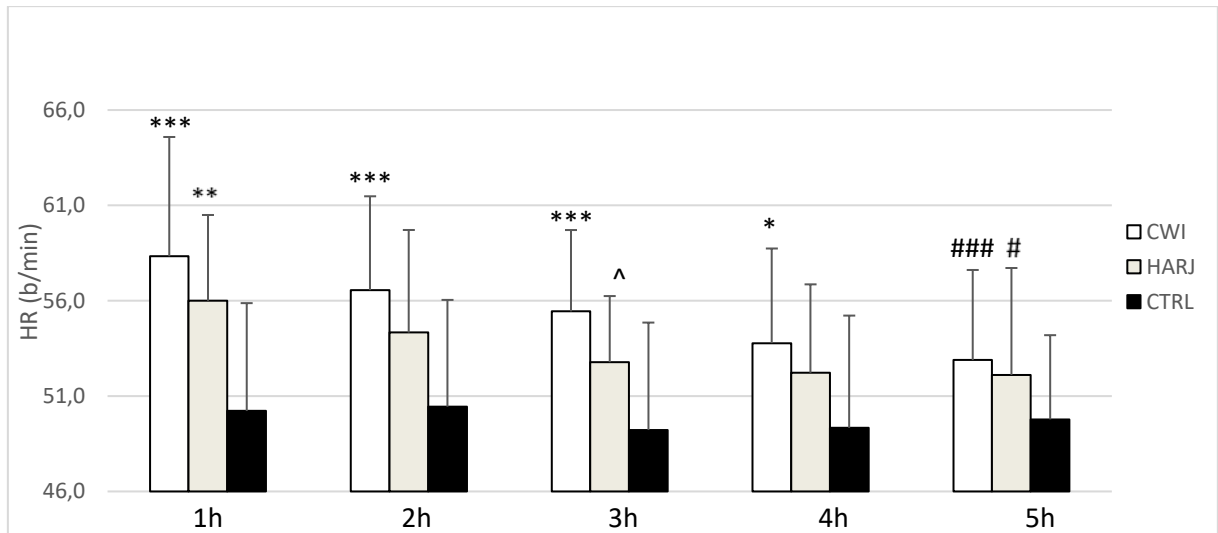
Kolmen eri testitilanteen välillä oli huomattavasti enemmän eroavaisuuksia, kun sykettä ja sykevälivaihtelu muuttujia tarkasteltiin tunti tunnilta (TAULUKKO 4, KUVA 6 ja KUVA 7). Syke oli korkeammalla CWI jälkeen unen ensimmäisen neljän tunnin aikana kuin kontrollitilanteessa. Syke oli myös merkitsevästi korkeammalla HARJ jälkeisen yön unen ensimmäisen tunnin aikana. LnRMSSD oli kontrollitilanteeseen verrattuna merkitsevästi pienempi CWI ja HARJ jälkeen unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana. LnSD oli merkitsevästi pienempi unen neljän ensimmäisen tunnin aikana CWI jälkeen kuin kontrolliyönä. LnHF oli merkitsevästi pienempi yön ensimmäisen kolmen tunnin aikana sekä CWI jälkeen, että HARJ jälkeen kontrolliyöhön verrattuna. LnTP oli merkitsevästi pienempi CWI jälkeen unen kahden ensimmäisen tunnin aikana kuin kontrolliyönä. Lisäksi sekä syke,

lnRMSSD, HF ja TP olivat merkitsevästi suurempia unen viidennen tunnin aikana verrattuna unen ensimmäiseen tuntiin HARJ ja CWI tilanteissa.

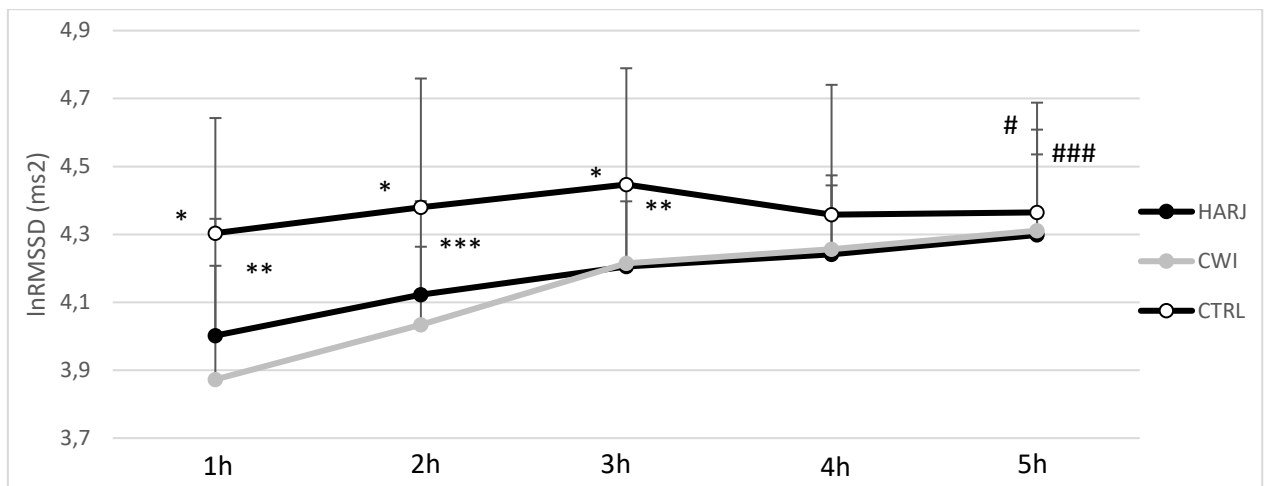
TAULUKKO 4. Sykkeen ja sykevälivaihtelumuuttujien arvot jokaisen yön ensimmäiseltä viideltä tunnilta.

Sydämen autonominen aktiivisuus		1h	2h	3h	4h	5h
HR (l/min)	HARJ	56,0 (6,3)**	54,3 (4,9)	52,8 (4,3)^	52,2 (5,0)	52,1 (4,7) <sup>#</sup>
	CWI	58,3 (4,5)***	56,6 (5,4)***	55,4 (3,5)***	53,8 (4,6)*	52,9 (5,6)###
	CTRL	50,2 (5,7)	50,4 (5,6)	49,2 (5,6)	49,3 (5,9)	49,8 (4,4)
lnRMSSD (ms)	HARJ	4,00 (0,34)*	4,12 (0,28)*	4,21 (0,19)*	4,24 (0,20)	4,30 (0,24) <sup>#</sup>
	CWI	3,87 (0,33)**	4,03 (0,23)***	4,22 (0,23)**	4,26 (0,22)	4,31 (0,30)###
	CTRL	4,30 (0,34)	4,38 (0,38)	4,45 (0,34)	4,36 (0,38)	4,37 (0,32)
lnSD (ms)	HARJ	4,57 (0,22)^	4,68 (0,21)*	4,83 (0,22)	4,71 (0,17)*	4,83 (0,26)
	CWI	4,30 (0,31)*	4,59 (0,30)**	4,74 (0,24)**	4,81 (0,24)**	4,80 (0,24)##
	CTRL	4,71 (0,32)	4,87 (0,20)	4,95 (0,27)	4,92 (0,25)	4,90 (0,30)
lnLF (ms <sup>2</sup> )	HARJ	7,90 (0,56)	8,07 (0,44)	8,16 (0,30)	8,24 (0,47)	8,32 (0,42)
	CWI	7,42 (0,67)	7,97 (0,38)	8,09 (0,48)	8,31 (0,44)	8,26 (0,53)##
	CTRL	8,00 (0,56)	8,35 (0,35)	8,41 (0,51)	8,44 (0,59)	8,36 (0,44) <sup>#</sup>
lnHF (ms <sup>2</sup> )	HARJ	7,70 (0,61)**	7,91 (0,58)*	8,11 (0,47)*	8,09 (0,40)	8,18 (0,39)##
	CWI	7,47 (0,61)**	7,84 (0,42)**	8,12 (0,44)*	8,24 (0,39)	8,30 (0,48)###
	CTRL	8,22 (0,60)	8,33 (0,74)	8,48 (0,56)	8,32 (0,64)	8,31 (0,64)
LF/HF (ms <sup>2</sup> )	HARJ	1,36 (0,74)	1,30 (0,38)	1,34 (0,38)	1,23 (0,40)	1,42 (0,49)
	CWI	1,21 (0,66)	1,26 (0,47)	1,21 (0,39)	1,40 (0,58)	1,24 (0,43)
	CTRL	0,95 (0,47)	1,15 (0,55)	1,48 (0,68)	1,32 (0,38)	1,29 (0,41)
lnTP (ms)	HARJ	8,52 (0,55)	8,70 (0,49)	8,85 (0,35)	8,89 (0,38)	8,96 (0,38) <sup>#</sup>
	CWI	8,17 (0,60)*	8,61 (0,37)*	8,81 (0,44)	8,99 (0,36)	8,99 (0,47)###
	CTRL	8,84 (0,51)	9,07 (0,49)	9,15 (0,51)	9,08 (0,59)	9,04 (0,51)

CWI = kylmävesiupotus, HARJ = harjoitus ilman kylmävesiupotusta, CTRL = kontrolli, HR = syke, RMSSD = onnistuneiden R-R-intervallien välisien keskiarvojen neliöjuuri, SD = sykevälivaihtelun keskihajonta, LF = matalataajuus, HF = korkeataajuus, LF/HF = matalan ja korkean taajuuden suhde, TP = teho. \* (p < 0,05); \*\* (p < 0,01), \*\*\* (p < 0,001) = tulos tilastollisesti merkitsevä kontrollitilanteeseen verrattuna. ^ (p < 0,05) = tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä CWI tilanteeseen verrattuna. # (p < 0,05); ## (p < 0,01); ### (p < 0,001) = tulos on tilastollisesti merkitsevä saman yön ensimmäiseen tuntiin verrattuna.



KUVA 6. Unen ensimmäisen viiden tunnin aikainen syke. CWI = kylmävesiupotus, HARJ = harjoitus ilman kylmävesiupotusta, CTRL = kontrolli. \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ), \*\*\* ( $p < 0,001$ ) = Tulos on tilastollisesti merkitsevä kontrollitilanteeseen verrattuna. ^ ( $p < 0,05$ ) = Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä CWI tilanteeseen verrattuna. # ( $p < 0,05$ ); ### ( $p < 0,001$ ) = Tulos on tilastollisesti merkitsevä saman yön ensimmäiseen tuntiin verrattuna.



KUVA 7. Unen ensimmäisen viiden tunnin aikainen lnRMSSD. CWI = kylmävesiupotus, HARJ = harjoitus ilman kylmävesiupotusta, CTRL = kontrolli. \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ ) = Tulos on tilastollisesti merkitsevä kontrollitilanteeseen verrattuna. # ( $p < 0,05$ ); ### ( $p < 0,001$ ) = Tulos on tilastollisesti merkitsevä saman yön ensimmäiseen tuntiin verrattuna.

#### 8.4 Väsymyksen tunne ja unen määrä

Tutkittavat tunsivat itsensä kylmävesiupotuksen jälkeen melkein merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) levänneemmiksi ja paremmin palautuneiksi kuin ilman kylmävesiupotusta. Tutkimuksessa ei löydetty korrelaatiota unen aikaisten sykkeiden ja nukahtamisajan välillä. Korrelaatiota ei ollut aamun levänneisyyden tunteen ja unen aikaisen sykkeen tai RMSSD välillä. Korrelaatiota ei havaittu myöskään palautumistilan ja RMSSD tai SD välillä. Unen laadun ja RMSDD sekä SD välillä ei ollut korrelaatiota. Aamun levänneisyyden tunteen ja SD välillä ei havaittu

korrelaatiota. Kylmävesiupotuksen jälkeisen aamun palautuneisuudessa ja levänneisydessä oli tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) korrelaatio. Kontrolliyön jälkeisen aamun palautuneisuudessa ja levänneisydessä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) korrelaatio (TAULUKKO 5).

TAULUKKO 5. Unipäiväkirjan avulla mitatut unen laadun subjektiiviset mittarit sekä tutkittavien palautuneisuus.

	Kuinka						
	DIARY SOL (min)	DIARY nWAKE	DIARY WASO(min)	SQ (0-5)	levännyt (0-5)	DOMS (0-5)	Palautumistila (0-10)
HARJ	20,8 (19,6)	1,3 (1,0)	1,3 (1,1)	3,5 (0,8)	3,0 (0,6)	0,9 (1,1)	4,9 (1,6)
CWI	25,2 (32,2)	0,6 (0,8)	1,2 (2,7)	3,7 (0,5)	3,7 (0,5)*	0,7 (0,6)	5,8 (1,6)*
CTRL	16,3 (15,3)	1,1 (1,0)	0,9 (0,8)	3,5 (0,6)	3,3 (0,6)	0,6 (0,8)	5,4 (1,8)

DIARY<sub>SOL</sub> = nukahtamiseen kulunut aika, DIARY<sub>nwake</sub>, = yönaikaisten heräämisten määrä, DIARY<sub>WASO</sub> = valveillaoloaika nukahtamisen jälkeen, SQ = unen laatu, DOMS = lihasarkuus. \* ( $p < 0,05$ ) = Tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä harjoitustilanteeseen verrattuna.

Tutkittavat yrittivät nukkua yössä keskimäärin 7h 23 min  $\pm$  1h 14 min. He yrittävät nukahtaa keskimäärin klo 00:56  $\pm$  1h 20 min. Harjoituksen päättymisestä nukahtamisen yrittämiseen kului keskiarvollisesti 3h 52 min  $\pm$  1h 26 min. Kolmen eri yön välillä ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja nukkumisajassa (TAULUKKO 6).

TAULUKKO 6. Tutkittavien unipäiväkirjan mukaiset unien pituudet, nukkumaan menoaika ja aika harjoituksen päättymisestä nukkumaan menoon (n=9).

	DIARY <sub>SLEEP</sub>	T <sub>SLEEP</sub>	Time E-S
HARJ	7h 13 min (1h 9 min)	1:03 (1h 20 min)	3 h 48 min (1h 20min)
CWI	7h 26 min (52 min)	1:10 (1h 27 min)	3h 55 min (1h 27 min)
CTRL	7h 32 min (1h 30 min)	0:33 (59 min)	-
KA	7h 23 min (1h 14 min)	00:56 (1h 20 min)	3 h 52 min (1h 26 min)

DIARY<sub>SLEEP</sub> = unipäiväkirjan mukainen aika määrä jolloin tutkittavat yrittivät nukkua, T<sub>SLEEP</sub> = unipäiväkirjainen mukainen kellonaika jolloin yritettiin nukahtaa, Time E-S, = unipäiväkirjan mukainen aika harjoituksen päättymisestä nukkumaan menoon.



## 9 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vaikuttaako myöhään illalla tehdyn korkeaintensiteettisen kuormituksen jälkeinen kylmävesiupotus unen laatuun ja sykevälivaihteluun. Tutkimuksen päätuloksia olivat:

- 1) Rinnan ihon lämpötila oli merkitsevästi pienempi kylmävesiupotuksen jälkeen kuin ennen kylmävesiupotusta. Kyynärtaipeen ihon lämpötila kohosi tilastollisesti merkitsevästi kylmävesiupotuksen seurauksena. Näiden kahden tuloksen seurauksena distaalisen ja proksimaalisen ihon alueen lämpötilan ero (DPG) kasvoi merkitsevästi.
- 2) Myöhään illalla tehdyn harjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen yön aikainen syke oli merkitsevästi korkeampi kuin kontrolliyönä. Sykevälivaihtelumuuttujista LnRMSSD oli kontrollitilanteeseen verrattuna merkitsevästi pienempi CWI:n jälkeen sekä pelkän harjoituksen jälkeen unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana. LnHF oli merkitsevästi pienempi yön ensimmäisen kolmen tunnin aikana sekä CWI:n jälkeen että pelkän harjoituksen jälkeen kontrolliyöhön verrattuna. LnTP oli merkitsevästi pienempi CWI:n jälkeen unen kahden ensimmäisen tunnin aikana kuin kontrolliyönä.
- 3) Tutkittavat tunsivat itsensä kylmävesiupotuksen jälkeen merkitsevästi levänneemmiksi ja paremmin palautuneiksi kuin ilman kylmävesiupotusta.

### 9.1 Harjoittelun kuormittavuus

Harjoituksen intensiteettiä ei ollut tutkimuksessa vakioitu. Salibandyn ollessa nopea palloperä on intensiteettiä muuttuvine tilanteineen vaikea kontrolloida peliharjoituksessa. Salibandyn lajiharjoituksen runko oli kuitenkin samanlainen molemmissa harjoituksissa. Harjoitukset olivat sekä TRIMP:in että SRPE avulla mitattuna kuormitustasoltaan melko samat. Harjoitusten kuormittavuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa kummankaan kuormitustasomittavan mittarin mukaan. Voidaan siis todeta, että lajiharjoituksen erilaisten intensiteettien ei pitäisi vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Tarkasteltaessa sekä TRIMP:iä että SRPE:tä (TAULUKKO 1), huomataan, että harjoituksen kuormittavuus voi vaihdella pelaajakohtaisesti hyvinkin paljon, vaikka kaikki osallistuivat täysin samaan harjoitukseen. Myös pelaajaan kohdistuva kuormitus vaihtelee hyvinkin paljon yhden harjoituksen sisällä (LIITE 1). Kuormituksen määrään salibandynsa vaikuttavat mm. vaihtojen pituus, palautusten pituus,

pallonhallinnan osuus sekä sprinttien määrä kentällä. Harjoituksen ja pelin sykekäyriä vertaillen (KUVA 4 ja LIITE 1) huomataan, että salibandyn lajiharjoittelu vastaa omalta osaltaan hyvin pelin aiheuttamaa kuormitusta sydän- ja verenkiertoelimistölle. DOMS oli kaikilla tutkittavilla erittäin pieni, joten tästä voidaan päätellä, että harjoituksen aiheuttama kuormitus ei ollut tutkittaville suurempi kuin mihin he yleensä ovat tottuneet. Samoin TRIMP ja SRPE arvot olivat melko matalia, joka tukee päätelmää, että harjoitus ei ollut tutkittavill kovinkaan kuormittava.

## 9.2 Ihon lämpötilan muutokset kylmävesiupotuksen seurauksena

Kylmävesiupotus aiheutti merkittäviä muutoksia tutkittavien ihon lämpötilassa. Rinnan ihon lämpötila oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kylmävesiupotuksen jälkeen kuin ennen kylmävesiupotusta. Päinvastoin kuin rinnan ihossa, kyynärtaipeen ihon lämpötila kohosi tilastollisesti merkitsevästi kylmävesiupotuksen seurauksena. Näiden kahden tuloksen seurauksena DPG kasvoi tilastollisesti merkitsevästi kylmävesiupotuksen seurauksena (TAULUKKO 2). On oletettavaa, että hydrostaattinen paine ja kylmä lämpötila ovat saaneet aikaan vasokonstriktiota jalkojen verisuonissa, jolloin verenvirtaus suuntautuu enemmän käsiin (Mawhinney ym. 2017). Samalla alavartalon lihasten ja ihon lämpötila laskee, jonka voi havaita lämpökamerakuvista (KUVA 5). Verenvirtauksen lisääntyminen käsissä saa kyynärtaipeen ihon lämpötilan nousemaan. Lämpötila eron kasvaminen rintakehän ihon ja kyynärtaipeen ihon välillä johtaa DPG:n kasvuun.

Kehon luonnollinen reaktio harjoituksen jälkeen on laajentaa perifeerisiä verisuonia ja tätä kautta laskea kehon lämpötilaa. Nopea kehon ydinlämpötilan lasku näyttäisi lisäävän nukahtamista ja unien syvien vaiheiden nopeampaa saavuttamista. (Chennaoui ym. 2015; Kräuchi ym. 2000; Robey ym. 2013.) Täten voitaisiin olettaa, että kylmävesiupotuksella aikaan saatu ihonlämpötilan ja luultavasti myös kehon ydinlämpötilan lasku kiihdyttäisi nukahtamista. Kräuchi ym. (2000) tutkimuksessa DPG korreloi parhaiten lyhyen nukahtamisajan kanssa. Heidän mukaansa selektiivinen vasodilataatio distaalisisilla alueilla ja siitä johtuva lämmönhukka edistää nopeaa nukahtamista. Kyynärtaipeen kohonneen lämpötilan myötä voidaan olettaa, että myös tässä tutkimuksessa on tapahtunut vasodilataatiota käsien alueella, joka olisi voinut auttaa tutkittavia nukahtamisessa.

### 9.3 Koko unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu

Koko yön sykettä ja sykevälivaihtelumuuttujia tarkasteltaessa ei tutkimuksessa havaittu suuria eroja kolmen eri koetilanteen välillä. Myöhään illalla tehdyn harjoituksen ja kylmävesiupotuksen jälkeen syke oli tilastollisesti merkitsevästi (8,5 %) korkeampi kuin kontrolliyönä ( $55,4 \pm 5,1$  vs.  $50,7 \pm 5,2$ ,  $p < 0,05$ ) (TAULUKKO 3). Korkeamman sykkeen voidaan epäillä johtuvan kylmävesiupotuksen aiheuttamasta stressireaktiosta. Tätä väitettä tukisi Almeidan ym. (2016) tutkimuksen tulokset. Heidän tutkimuksessaan 15 minuutin upotus 14 asteisessa vedessä oli tehokkain edistämään parasympaattista palautumista. Kylmemmässä yhdeksän asteisessa vedessä tehty upotus ei ollut enää niin tehokas parasympaattisen aktivaation kannalta, vaan tutkijat epäilivät sen aiheuttavan liikaa stressiä elimistölle (Almeida ym. 2016). Joten tämän tutkimuksen 5 minuutin upotus 10 °C vedessä on luultavimmin aiheuttanut myös stressireaktion. Toisaalta toisin kuin tässä tutkimuksessa, Choon ym. (2018) tutkimuksessa 5 minuutin kylmävesiupotus kuumassa tehdyn harjoituksen jälkeen kiihdytti parasympaattista reaktivaatiota. Upotuslämpötilat heidän tutkimuksessaan olivat 9-35 °C, vaikkakin parhaat tulokset saatiin aikaan 9 °C vedessä tehdyllä upotuksella. Tämä ero voisi johtua, siitä että Choon ym. (2018) tutkimuksessa tehty harjoitus suoritettiin kuumassa, jolloin kehon ydinlämpötila oli normaalia korkeampi, jolloin kylmän veden aiheuttama lämpötilan lasku ei laskenut kehon lämpötilaa liian matalaksi. Tällöin upotuksesta ei koitunut tutkittaville stressiä ja passiivista palautumista nopeampi parasympaattinen reaktivaatio oli mahdollinen.

Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan olettaa, että kylmävesiupotuksen aiheuttama vaste sykevälivaihtelumuuttujissa ei ole tarpeeksi suuri, jotta se vaikuttaisi tilastollisesti merkitsevästi koko yön aikaisiin sykevälivaihtelumuuttujiin. Kuitenkin upotuksen aiheuttama vaste huomataan tuloksissa, kun muuttujia tarkastellaan tunti tunnilta.

### 9.4 Unen aikainen syke ja sykevälivaihtelu tunti tunnilta

**Kuormitus ja syke.** Samoin kuin tässä tutkimuksessa Costan ym. (2018) tekemässä tutkimuksessa osoitettiin, että illalla tehdyn harjoituksen jälkeen yön aikaisessa sykkeessä voi tapahtua muutoksia erityisesti ensimmäisten tuntien aikana (Costa ym. 2018). Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa korkeaintensiteettinen harjoitus nosti yön aikaista sykettä enemmän kuin tämän tutkimuksen kuormitus. Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa syke oli erityisesti korkeammalla unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana, kun taas tässä tutkimuksessa syke oli harjoituksen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi korkeammalla vain unen ensimmäisen tunnin

aikana. (TAULUKKO 4 ja KUVA 6). Tämä ero johtuu luultavasti siitä, että Myllymäen ym. (2011) tutkimuksessa kuormituksena toiminut portaittainen maksimaalinen polkupyöräergometritesti, joka kesti noin puoli tuntia, oli intensiteetiltään kovempi kuin tämän tutkimuksen kuormitus. Heidän tutkimuksessaan kuormitus tapahtui myös lähempänä nukkumaan meno aikaa (2 h 13 min ± 19 min), kun taas tässä tutkimuksessa kuormitus tapahtui 3h 52 min ± 1h 26 min ennen nukkumaan menoa (TAULUKKO 6). Tämä on vaikuttanut osaltaan siihen, että syke ei ollut tässä tutkimuksessa kuin unen ensimmäisen tunnin aikana merkittävästi korkeammalla, koska syke on ehtinyt laskea jo huomattavasti ennen nukkumaan menoa. Toisaalta Robeyn ym. (2013) tutkimuksessa maksimaalinen polkupyöräharjoitus (15 min + 15 min) nosti sykettä vain kolmen tunnin ajaksi korkeammalle kuin kontrollitilanteessa. Vaikka siis harjoitus oli intensiteetiltään maksimaalinen, ei harjoituksen aiheuttama syke vaste kestänyt nukkumaan menoon asti. Myös Myllymäen ym. (2012) tekemässä tutkimuksessa myöhään illalla tehty kuormitus aiheutti vasteita sydämen autonomisessa toiminnassa. Heidänkin tutkimuksessaan syke nousi ja sykevälivaihtelu laski harjoituksen seurauksena. Näiden tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, että harjoituksen tulee olla intensiteetiltään kovaa ja kuormituksen tulee tapahtua lähellä nukkumaan menoa, jotta se vaikuttaisi unen aikaisen sykkeen määrään tilastollisesti merkittävästi verrattuna kontrolliin.

**Kuormitus ja sykevälivaihtelu.** LnRMSSD oli kontrollitilanteeseen verrattuna tilastollisesti merkittävästi pienempi CWI:n jälkeen ja pelkän harjoituksen jälkeen unen ensimmäisen kolmen tunnin aikana (TAULUKKO 4 ja KUVA 7). Koska LnRMSSD oli merkittävästi pienempi molempien harjoituskertojen jälkeen kuin kontrolliyön ensimmäisinä tunteina, voidaan tehdä johtopäätös, että peliharjoitus on vaikuttanut autonomisen hermoston tasapainotilaan sitä järkyttävästi. Harjoituksen aikana sydämen parasympaattinen aktiivisuus on laskenut ja sympaattinen aktiivisuus noussut (TAULUKKO 1 ja LIITE 1). Harjoituksen jälkeen parasympaattinen aktiivisuus on lähtenyt nousemaan ja sympaattinen laskemaan, joka näkyy pienempinä sykkeinä nukkumaan mentäessä kuin harjoituksen lopussa (TAULUKKO 1, LIITE 1, LIITE 2 ja TAULUKKO 4). Sykkeen ja sykevälivaihtelun palautuminen saattaa viedä minuuteista 24 tuntiin riippuen kuormituksen intensiteetistä (Myllymäki ym. 2011). Tämän tutkimuksen kuormituksesta tutkittavien syke ja sykevälivaihtelu oli palautunut noin 3-4 tunnin päästä nukahtamisesta eli noin 6-7 tunnin päästä peliharjoituksen päättymisestä. Al Haddad ym. (2009) sai samansuuntaisia tuloksia, kun heidän tutkimuksessaan supramaksimaalinen harjoitus aiheutti sykevälivaihtelun laskun. Myllymäen ym. (2012) tekemässä tutkimuksessa myöhään

illalla tehty kuormitus aiheutti samanlaisia vasteita sydämen autonomisessa toiminnassa. Heidänkin tutkimuksessaan syke nousi ja sykevälivaihtelu laski harjoituksen seurauksena.

Sekä kylmävesiupotuksen jälkeen että pelkän harjoituksen jälkeen lnHF oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi yön ensimmäisen kolmen tunnin aikana kontrolliyöhön verrattuna. Samansuuntaisia tuloksia saatiin Bricoutin ym. (2010) tutkimuksessa, jossa yöllinen sykevälivaihtelu oli merkitsevästi erilaista illalla pelatun pelin jälkeen kuin lepopäivänä. LF-arvot olivat nousseet pelin seurauksena, ja HF-arvot olivat laskeneet (Bricout ym. 2010). Tämä tukee sitä johtopäätöstä, että kuormitus on vaikuttanut autonomisen hermoston tasopainotilaan sitä järkyttävästi pienentyneen korkeataajuisensykevälivaihtelun kuvastaessa vähentynyttä vagaalista aktiivisuutta.

**Kylmävesiupotus ja sykevälivaihtelu.** Stanley ym. (2013) tutkimuksessa jokaisesta harjoituksesta palauduttiin kylmävesiupotuksessa seisomalla (5 min, 10 astetta). Heidän tutkimuksessaan kylmävesiupotuksen vaikutus HRV:n oli vaihtelevaa. Tämän ajateltiin riippuvan pitkälti CWI:ta edeltäneen harjoituksen intensiteetistä. Sykevälivaihtelu heti CWI:n jälkeen oli suurempaa kuin kontrollitilanteessa, joka on ristiriidassa tämän tutkimuksen tulosten kanssa.

Unen aikana sympaattinen aktiivisuus laskee ja parasympaattinen aktiivisuus nousee (Somers ym. 1993). Kokonaisuudessaan näyttäisi siltä, että kylmävesiupotus on vähentänyt tutkittavien unen ensimmäisten tuntien aikaista sydämen parasympaattista aktiivisuutta. Voidaankin siis olettaa, että kylmävesiupotus on aiheuttanut stressireaktion tutkittavien elimistössä, jonka takia sympaattinen hermosto on normaalia aktiivisempi.

Kylmävesiupotuksesta syntynyttä stressireaktiota tukee kokonaissykevälivaihtelua kuvaavan lnTP lasku verrattuna kontrolliin ja pelkkään harjoitukseen. Se oli merkitsevästi pienempi CWI:n jälkeen unen kahden ensimmäisen tunnin aikana kuin kontrolliyönä. Kylmävesiupotuksesta aiheutunutta stressireaktiota tukevat myös lnRMSSD:ssä ja lnSD:ssä nähtävät suuremmat merkitsevyyserot CWI:n jälkeen kuin HARJ:n jälkeen verrattaessa kontrolliin. Sympaattisen hermoston aktiivisuutta kuvaavassa lnLF:ssä ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia kolmen eri yön välillä.

**Unen vaikutus sydämen parasympaattiseen aktiivisuuteen.** Vaikka saatujen tulosten perusteella sydämen parasympaattinen aktiivisuus ei lisääntynyt kylmävesiupotuksen seurauksena pelkkään harjoitustilanteeseen verrattuna, on lähes jokaisessa muuttujassa havaittavissa, että sydämen parasympaattinen aktiivisuus lisääntyy koko unen aikana (TAULUKKO 4.) Nämä tulokset ovat samassa linjassa Somersin ym. (1993) tutkimuksen kanssa, jossa he havaitsivat sympaattisen aktiivisuuden laskevan ja parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyvän unen aikana. Tässä tutkimuksessa se on nähtävissä siitä, että syke laskee unen aikana tilastollisesti merkitsevästi, kun verrataan unen ensimmäistä ja viidennettä tuntia toisiinsa. Samoin lähes kaikkien muiden muuttujien arvot suurenevat tilastollisesti merkitsevästi, joka kertoo myös parasympaattisen hermoston aktivaatiosta.

### **9.5 Kylmävesiupotuksen yhteys subjektiiviseen ja objektiiviseen unen laatuun**

Vaikkakin tutkimuksessa objektiivisen unen laadun mittarina toimineet syke- ja sykevälivaihtelumuuttujat näyttäisivät unen olleen vähemmän palauttavaa ja laadukasta unen ensimmäisten tuntien aikana kylmävesiupotuksen jälkeen, niin subjektiiviset mittarit osoittavat toista. Myllymäki ym. (2011) saivat samansuuntaisia tuloksia, kun heidän tutkimuksessaan korkeaintensiteettinen harjoitus vaikutti sydämen sykettä nostavasti unen ensimmäisten tuntien aikana, mutta se ei vaikuttanut seuraavan yön unen laatuun monimuuttujamenetelmällä polysomnografialla mitattuna.

Näyttäisi siltä, että kylmävesiupotuksella on merkittävä vaikutus tutkittavien subjektiiviseen olotilaan. Tutkittavat tunsivat itsensä kylmävesiupotuksen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi levänneemmiksi ja paremmin palautuneiksi kuin ilman kylmävesiupotusta. Samanlaisia tuloksia saatiin Ahokkaan ym. (2019) tutkimuksessa, jossa kylmävesiupotuksen jälkeen subjektiivinen rentoutuneisuuden tunne oli merkitsevästi suurempi kylmävesiupotuksen jälkeen kuin aktiivisen palautuminen tai lämpöneutraalin upotuksen jälkeen. Tessitoren ym. (2007) mukaan psykologisilla toiminnoilla on vahva yhteys fysiologisiin toimintoihin ja voivat täten olla tärkeässä roolissa fyysisen suorituskyvyn kannalta. Täten voidaan olettaa, että kylmävesiupotuksen tuoma hyvän olon tunne voi parantaa urheilijan hyvinvointia ja suorituskykyä. Unen laatuun ei kylmävesiupotuksella ollut tilastollista merkitsevyyttä, vaikka tutkittavat merkitsivät nukkuneensa kylmävesiupotuksen jälkeen keskimäärin paremmin kuin muina öinä.

Tutkimuksen aikana ei unen määrää vakioitu. Tutkimuksen aikana tutkittavat nukkuivat keskimäärin 7 h 23 min  $\pm$  1h 14 min. Oletettavasti seitsemän tuntia ei ole optimaalinen määrä raskaista harjoituksista palautumiseen (Kölling ym. 2016). Tutkittavien tulisi unen laadun lisäksi kiinnittää huomiota myös unen määrään. Nukahtamista voivat helpottaa kevyet ja rauhoittavat rutiinit kuten lukeminen, venyttely ja kylpeminen (Simpson ym. 2017). Myös unisukkien (Ko ja Lee, 2018) tai kuumen jalkakylvyn (Sung ja Tochihara, 2000) käyttö voi helpottaa nukahtamista. Lisäksi urheilijoita tulee valistaa nukkumisen tärkeydestä ja siihen vaikuttavista asioista kuten huoneen lämpötilasta, valojen kirkkaudesta ja LED-näyttöjen haitallisuudesta.

## 9.6 Kylmävesiupotuksen yhteys suorituskykyyn

Useiden tutkimusten mukaan kylmävesiupotuksella näyttäisi olevan hieman tai kohtalaisesti lihasarkuutta lieventävä vaikutus passiiviseen palautumiseen verrattuna (Adamczyk ym. 2016; Diong ja Kamper 2014; Machado ym. 2016; Ryanin ym; 2018; Stanleyn ym. 2012). Tässä tutkimuksessa lihasarkuus oli harjoituksen jälkeen niin pientä, että kylmävesiupotuksen lihasarkuutta vähentävää vaikutusta ei ollut mahdollista havaita. Kylmävesiupotuksen ei ole yksiselitteisesti todettu parantavan suorituskykyä, mutta tutkimusten mukaan sillä näyttäisi olevan vaikutus subjektiiviseen palautuneisuuden tunteeseen, joka saattaa johtua sen aiheuttamasta plasebosta tai kipua lievittävästä vaikutuksesta (Parouty ym. 2010). Akuutisti suoritusten välissä käytettynä palautumismetodina näyttäisi kylmävesiupotuksella olla suorituskykyä heikentävä vaikutus varsinkin räjähtävää voimantuottoa vaativissa suorituksissa, koska se voi laskea lihaksen lämpötilaa ja aktiopotentiaalin johtumisnopeutta (Parouty ym. 2010).

**Mahdolliset virhelähteet.** On oletettavaa, että Cooperin-juoksutestin avulla laskettu VO<sub>2</sub>max on yliarvio pelaajien todellisesta maksimaalisesta hapenottokyvystä. Salibandyn ollessa työtaivoiltaan submaksimaalinen nopeuskestävyys laji ja energiantuoton tapahtuessa pitkälti anaerobisesti, on tutkittavien anaerobinen energiantuottokyky huomattavasti parempi kuin keskivertoväestöllä. Tästä johtuen tutkittavat ovat juosseet huomattavasti suuremman osan matkasta anaerobisesti keskivertoihmiseen verrattuna, jonka takia kaavan avulla laskettu maksimaalinen hapenottokyky on todellista maksimaalista hapenottokykyä suurempi.

Lämpökameramittauksen tuloksiin ovat voineet vaikuttaa tutkittavien rintakehäkarvoitus, joka voi vaikuttaa lämpökameran ilmoittamaan lämpötilaan, jos karvoitusta on juuri siinä pisteessä, josta lämpötila analysointiin. Muita tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat voineet olla vesiupotusrajan korkeus, vaikka se pyrittiin vakioimaan rintalastan alaosan, miekkalisäkkeen korkeudelle, vaihteli se tutkittavasta riippuen upotuksen aikana. Käsiä ei upotettu kylmävesiupotusaltaseen. Samoin lämpökamerahuoneen ilman kosteuden ja lämpötilan muutos mittausten aikana ovat saattaneet vaikuttaa tuloksiin, koska huoneen ovea aukaistiin useampaan kertaan tutkittavien tullessa kuvattavaksi. Kylmävesiupotuksen aiheuttama lämpötilan lasku on saattanut palautua, riippuen siitä millä tavalla harjoituksista on kuljettu kotiin. Kehon lämpötilassa on voinut olla jo huomattava ero niiden välillä, jotka pyöräilivät pitkän matkan kotiin ja niiden välillä, jotka lähtivät autolla harjoituksista.

Tutkittavia ohjeistettiin pitämään mittauspäivien iltarutiinit mahdollisimman samanlaisina. Kuitenkin jos illat ovat eronneet huomattavasti virikkeiltään, se on voinut vaikuttaa unen laatuun ja määrään ja tätä kautta tutkimuksen tuloksiin. Yön pituuksia ei millään tavalla vakioitu testin aikana. Tämä on varmasti yksi testituloksiin vaikuttava tekijä, sillä tutkittavista suurin osa oli korkeakouluopiskelijoita, joiden heräämisrytmit vaihtelevat hyvin paljon päivästä riippuen. Tutkimuksen tutkimusjoukko oli kohtuullisen pieni (n=12), jolloin sattuma voi vaikuttaa tuloksiin enemmän kuin suurella otannalla. Lisäksi öiden sisällä voi tapahtua luonnollista tai psyykkisestä stressistä johtuvaa unen laadun vaihtelua, joka voi vaikuttaa kolmen yön otannalla jo merkittävästi tuloksiin. Mahdollisia arviointivirheitä tutkittaville on voinut sattua unipäiväkirjan (LIITE 6) nukahtamisajan täytössä, koska nukahtamiseen kuluneen ajan arvioiminen on haastavaa. Tutkittavat eivät olleet aikaisemmin nukkuneet rintaan asennetun Firstbeat Bodyguard laitteen kanssa, jolloin tottuminen siihen on saattanut heikentää ensimmäisen yön unen laatua.

Voidaan myös pohtia, onko kylmävesiupotuksen aiheuttamalla stressireaktiolla, upotuslämpötilalla ja ajalla sekä rasvaprosentilla yhteyttä. Tässä tutkimuksessa ei mitattu tutkittavien rasvaprosenttia, mutta mahdollisesti kylmävesiupotus aiheutti suuremman stressireaktion tutkittaville, joilla oli pienempi rasvaprosentti. Tutkimuksen tulosten mukaan kylmävesiupotus näyttäisi vaikuttaneen neutraalisti tai negatiivisesti parasympaattisen hermoston reaktivaatioon. Mahdollisesti kylmävesiupotuksen parasympaattisen hermoston aktivaatiota inhiboiva vaikutus on ollut suurempi henkilöillä, joilla oli pienempi rasvaprosentti, koska heillä ei ollut niin paljon rasvaa eristämässä kylmyyttä. Kukaan tutkittavista ei ollut



aikaisemmin käyttänyt kylmävesiupotusta systemaattisesti palautumismenetelmänä, joten siihen tottumattomuus on varmasti vaikuttanut tuloksiin. Mahdollisesti, jos tutkittavat olisivat olleet tottuneempia upotukseen, olisi se voinut saada aikaan parasympaattisen hermoston nopeamman aktivaation kuin ilman kylmävesiupotusta.

## **9.7 Käytännön sovellutukset ja johtopäätökset**

Useat urheilijat joutuvat harjoittelemaan lähellä nukkumaanmenoaikaa hallivuorojen, töiden ja muiden siviilielämän pakotteiden takia. Riippuen harjoittelun intensiteetistä ja siitä, kuinka lähellä se on suoritettu nukkumaan menoa, voi harjoittelu itsessään vaikuttaa unen laatua heikentävästi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, voitaisiinko kylmävesiupotusta käyttää palautumismenetelmänä myöhään illalla tehdyn harjoituksen jälkeen unen laadun parantamiseksi.

Tämän tutkimuksen objektiivisten mittareiden mukaan näyttäisi siltä, että kylmävesiupotus on aiheuttanut merkittävän stressireaktion tutkittavien elimistöille, jonka johdosta sympaattinen hermoston on aktivoitunut normaalia enemmän. Aiempien tutkimusten pohjalta kuitenkin tiedetään, että palautuminen kuormituksesta tapahtuu tehokkaimmin, kun parasympaattinen aktiivisuus on suuri. Kuitenkin tutkittavat kertoivat olleensa tilastollisesti merkitsevästi palautuneempia ja levänneempiä kylmävesiupotuksen jälkeisenä aamuna kuin ilman kylmävesiupotusta. Tämä tukee Ahokkaan ym. (2019) tuloksia, joiden mukaan 10 minuutin kylmävesiupotus 10 asteisessa vedessä paransi tutkittavien rentoutuneisuuden tunnetta merkitsevästi verrattuna aktiiviseen palautumiseen ja upotukseen lämpöneutraaliin veteen. Nyt tehdyn tutkimuksen tulosten pohjalta on vaikea sanoa, tulisiko kylmävesiupotusta käyttää palautumismenetelmänä myöhään illalla tehdyn harjoituksen jälkeen unen laadun parantamiseen. Näyttäisi kuitenkin siltä, että kylmävesiupotuksella voidaan merkitsevästi lisätä urheilijoiden hyvän olon tai levänneisyyden tunnetta. Tiedetään että psykologiset toiminnot ovat vahvassa yhteydessä fysiologisiin toimintoihin, joten kylmävesiupotuksella voi olla täten positiivista vaikutusta suorituskykyyn.

Tämän tutkimuksen tutkijoiden suositus on totuttaa urheilija kylmävesiupotukseen ja löytää hänelle sopiva upotuslämpötila ja aika, joka ei aiheuta stressireaktiota, mutta on kuitenkin riittävä laskemaan kehon lämpötilaa normaalia nopeammin ja virittämään psykologisesti hyvään tunnetilaan. Kylmävesiupotuksen vaikutuksia urheilijaan tulisi tarkkailla pitkällä

aikavälillä ja tämän perusteella tulkita sopiiko kylmävesiupotus palautumismenetelmänä kyseiselle urheilijalle. Kylmävesiupotuksen vaikutuksesta parasymptaattiseen reaktivaatioon ja uneen tarvitaan lisätutkimusta sekä akuuttien että pitkäaikaisten vaikutusten selvittämiseksi. Niissä on huomioitava tutkittavien kylmävesiupotustausta sekä rasvaprosentti ja yksilölliset upotusajat ja lämpötilat, jotka voivat omalta osaltaan vaikuttaa suuresti kylmävesiupotuksen aiheuttamaan vasteeseen. Lisäksi tarvitaan lisää tutkimuksista, jossa unen laatua mitataan laboratorio-olosuhteissa kylmävesiupotuksen jälkeen tarkemman unen laadun arvioimiseksi.

## LÄHTEET

- Adamczyk, J. G., Krasowska, I., Boguszewski, D. & Reaburn, P. 2016. The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery. *Journal of Thermal Biology* 60, 20-25. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.05.006 [doi].
- Ahokas, E. K., Ihalainen, J.K., Kyröläinen, H & Mero, A. A. 2019 Effects of water immersion methods on post-exercise recovery of physical and mental performance. Accepted in *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Al Haddad, H., Laursen, P. B., Ahmaidi, S. & Buchheit, M. 2009. Nocturnal heart rate variability following supramaximal intermittent exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 4 (4), 435-447.
- Al Haddad, H., Parouty, J. & Buchheit, M. 2012. Effect of daily cold water immersion on heart rate variability and subjective ratings of well-being in highly trained swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 7 (1), 33-38. doi:2011-0047 [pii].
- Almeida, A. C., Machado, A. F., Albuquerque, M. C., Netto, L. M., Vanderlei, F. M., Vanderlei, L. C., Junior, J. N. & Pastre, C. M. 2016. The effects of cold water immersion with different dosages (duration and temperature variations) on heart rate variability post-exercise recovery: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport* 19 (8), 676-681. doi:10.1016/j.jsams.2015.10.003 [doi].
- Bender, A. M., Lawson, D., Werthner, P. & Samuels, C. H. 2018. The clinical validation of the athlete sleep screening questionnaire: An instrument to identify athletes that need further sleep assessment. *Sports Medicine - Open* 4 (1), 5. doi:10.1186/s40798-018-0140-5 [doi].
- Bricout, V. A., Dechenaud, S. & Favre-Juvin, A. 2010. Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience : Basic & Clinical* 154 (1-2), 112-116. doi:10.1016/j.autneu.2009.12.001 [doi].
- Burgess, H. J., Holmes, A. L. & Dawson, D. 2001. The relationship between slow-wave activity, body temperature, and cardiac activity during nighttime sleep. *Sleep* 24 (3), 343-349.

- Carney, C. E., Buysse, D. J., Ancoli-Israel, S., Edinger, J. D., Krystal, A. D., Lichstein, K. L. & Morin, C. M. 2012. The consensus sleep diary: Standardizing prospective sleep self-monitoring. *Sleep* 35 (2), 287-302. doi:10.5665/sleep.1642.
- Chennaoui, M., P. J. Arnal, F. Sauvet & D. Léger. 2015. Sleep and exercise: A reciprocal issue? 20. doi://doi.org/10.1016/j.smr.2014.06.008.
- Choo, H. C., Nosaka, K., Peiffer, J. J., Ihsan, M., Yeo, C. C. & Abbiss, C. R. 2018. Effect of water immersion temperature on heart rate variability following exercise in the heat. *Kinesiology* 50, 67-74.
- Costa, J. A., Brito, J., Nakamura, F. Y., Oliveira, E. M. & Rebelo, A. N. 2018. Effects of late-night training on "slow-wave sleep episode" and hour-by-hour-derived nocturnal cardiac autonomic activity in female soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13 (5), 638-644. doi:10.1123/ijsp.2017-0681 [doi].
- Davenne, D. 2009. Sleep of athletes – problems and possible solutions. *Biological Rhythm Research* 40 (1), 45-52.
- Diong, J. & Kamper, S. J. 2014. Cold water immersion (cryotherapy) for preventing muscle soreness after exercise. *British Journal of Sports Medicine* 48 (18), 1388-1389. doi:10.1136/bjsports-2013-092433 [doi].
- Dong, J. G. 2016. The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine* 11 (5), 1531-1536. doi:10.3892/etm.2016.3104 [doi].
- Driver, H. S., Meintjes, A. F., Rogers, G. G. & Shapiro, C. M. 1988. Submaximal exercise effects on sleep patterns in young women before and after an aerobic training programme. *Acta Physiologica Scandinavica*.Supplementum 574, 8-13.
- Edinger, J. D., Morey, M. C., Sullivan, R. J., Higginbotham, M. B., Marsh, G. R., Dailey, D. S. & McCall, W. V. 1993. Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep* 16 (4), 351-359.
- Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A. & Galal El-Din, H. 2011. Sleep habits in german athletes before important competitions or games. *Journal of Sports Sciences* 29 (8), 859-866. doi:10.1080/02640414.2011.565782.
- Flausino, N. H., Da Silva Prado, J M, de Queiroz, S. S., Tufik, S. & de Mello, M. T. 2012. Physical exercise performed before bedtime improves the sleep pattern of healthy young

- good sleepers. *Psychophysiology* 49 (2), 186-192. doi:10.1111/j.1469-8986.2011.01300.x [doi].
- Flouris, A. D., Bravi, A., Wright-Beatty, H. E., Green, G., Seely, A. J. & Kenny, G. P. 2014. Heart rate variability during exertional heat stress: Effects of heat production and treatment. *European Journal of Applied Physiology* 114 (4), 785-792. doi:10.1007/s00421-013-2804-7 [doi].
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. 2001. A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15 (1), 109-115.
- Fullagar, H. H. K., Duffield, R., Skorski, S., Coutts, A. J., Julian, R. & Meyer, T. 2015. Sleep and recovery in team sport: Current sleep-related issues facing professional team-sport athletes. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 10 (8), 950-957.
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J. & Meyer, T. 2015b. Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine* 45 (2), 161-186.
- Halson, S. 2014. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine* 44, 13-23.
- Higgins, T. R., Greene, D. A. & Baker, M. K. 2017. Effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (5), 1443-1460. doi:10.1519/JSC.0000000000001559 [doi].
- Hokka, J. 2001. *Fyysisen harjoittelun osa-alueet ja niiden harjoittamisen problematiikka salibandysssa. Pro Gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto.*
- Hooper, S. L., Mackinnon, L. T., Howard, A., Gordon, R. D. & Bachmann, A. W. 1995. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27 (1), 106-112. doi:10.1249/00005768-199501000-00019.
- Ihsan, M., Watson, G. & Abbiss, C. R. 2016. What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 46 (8), 1095-1109. doi:10.1007/s40279-016-0483-3 [doi].

- Jalanko, H. 2015. Salibandyn lajianalyysi ja valmennuksen ohjelmointi. Pro Gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Jimenez Morgan, S. & Molina Mora, J. A. 2017. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 42 (3), 235-245. doi:10.1007/s10484-017-9364-2 [doi].
- Jordan, J., Montgomery, I. & Trinder, J. 1990. The effect of afternoon body heating on body temperature and slow wave sleep. *Psychophysiology* 27 (5), 560-566.
- Juliff, L. E., Halson, S. L. & Peiffer, J. J. 2015. Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *Journal of Science & Medicine in Sport* 18 (1), 13-18.
- Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2018. Fyysisen kunnon mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaajille. Liikuntatieteellinen Seura ry. Grano Oy 2018.
- Ko, Y. & Lee, J. Y. 2018. Effects of feet warming using bed socks on sleep quality and thermoregulatory responses in a cool environment. *Journal of Physiological Anthropology* 37 (1), z. doi:10.1186/s40101-018-0172-z [doi].
- Kräuchi, K., Cajochen, C., Werth, E. & Wirz-Justice, A. 2000. Functional link between distal vasodilation and sleep-onset latency? *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 278 (3), 741. doi:10.1152/ajpregu.2000.278.3.R741 [doi].
- Kubitz, K. A., Landers, D. M., Petruzzello, S. J. & Han, M. 1996. The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 21 (4), 277-291. doi:10.2165/00007256-199621040-00004 [doi].
- Kölling, S., Ferrauti, A., Pfeifer, M., Meyer, T. & Kellmann, M. 2016. Sleep in sports: A short summary of alterations in sleep/wake patterns and the effects of sleep loss and jet-lag. *Deutsche Zeitschrift Fr Sportmedizin* 67 (2), 35-38.
- Machado, A., Ferreira, P., Micheletti, J., Almeida, A., Lemes, Í, Vanderlei, F., Netto Junior, J. & Pastre, C. 2016. Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 46 (4), 503-514.
- Mawhinney, C., Low, D. A., Jones, H., Green, D. J., Costello, J. T. & Gregson, W. 2017. Cold water mediates greater reductions in limb blood flow than whole body cryotherapy.

- Medicine and Science in Sports and Exercise 49 (6), 1252-1260. doi:10.1249/MSS.0000000000001223 [doi].
- McArdle W. D., Katch F. I. & Katch V. L. 2015. Exercise physiology, Lippincott Williams & Wilkins.
- Mero, A., Häkkinen, K., Kalaja, S. & Nummela, A. 2016. Huippu-urheiluvalmennuskirja - Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. VK-kustannus Oy.
- Myllymäki, T., Kyröläinen, H., Savolainen, K., Hokka, L., Jakonen, R., Juuti, T., Martinmäki, K., Kaartinen, J., Kinnunen, M. L. & Rusko, H. 2011. Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity. *Journal of Sleep Research* 20 (1 Pt 2), 146-153. doi:10.1111/j.1365-2869.2010.00874.x [doi].
- Nedelec, M., Aloulou, A., Duforez, F., Meyer, T. & Dupont, G. 2018. The variability of sleep among elite athletes. *Sports Medicine - Open* 4 (1), 2. doi:10.1186/s40798-018-0151-2 [doi].
- Netzer, N. C., Kristo, D., Steinle, H., Lehmann, M. & Strohl, K. P. 2001. REM sleep and catecholamine excretion: A study in elite athletes. *European Journal of Applied Physiology* 84 (6), 521-526. doi:10.1007/s004210100383 [doi].
- Parak, J. & Korhonen, I. 2013. Accuracy of Firstbeat Bodyguard 2 beat-to-beat heart rate monitor. Department of Signal Processing Tampere University of Technology Tampere, Finland
- Parouty, J., Al Haddad, H., Quod, M., Lepretre, P. M., Ahmaidi, S. & Buchheit, M. 2010. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology* 109 (3), 483-490. doi:10.1007/s00421-010-1381-2 [doi].
- Pitchford, N. W., Robertson, S. J., Sargent, C., Cordy, J., Bishop, D. J. & Bartlett, J. D. 2017. Sleep quality but not quantity altered with a change in training environment in elite Australian rules football players. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 12 (1), 75-80.
- Raymann, Roy J. E. M. 2007. Skin temperature and sleep-onset latency: Changes with age and insomnia. *Physiology & Behavior* 90 (2), 257-266.

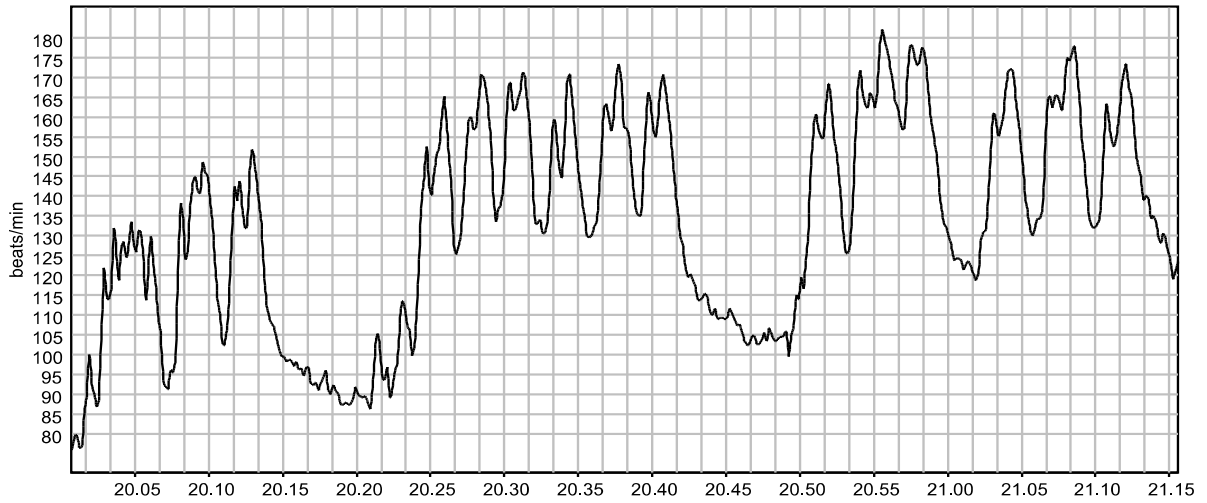
- Ryan, J., Michael. 2018. Cold-water immersion attenuated muscle soreness after plyometric training while having no impact on sprint performance.: 2772 board #55 June 1 3: 30 PM - 5: 00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 50 (5S Suppl 1), 677.
- Robey, E., Dawson, B., Halson, S., Gregson, W., King, S., Goodman, C. & Eastwood, P. 2013. Effect of evening postexercise cold water immersion on subsequent sleep. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (7), 1394-1402. doi:10.1249/MSS.0b013e318287f321 [doi].
- Simpson, N. S., Gibbs, E. L. & Matheson, G. O. 2017. Optimizing sleep to maximize performance: Implications and recommendations for elite athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27 (3), 266-274.
- Stanley, J., Buchheit, M. & Peake, J. M. 2012. The effect of post-exercise hydrotherapy on subsequent exercise performance and heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology* 112 (3), 951-961. doi:10.1007/s00421-011-2052-7 [doi].
- Stanley, J., Peake, J. M. & Buchheit, M. 2013. Consecutive days of cold water immersion: Effects on cycling performance and heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology* 113 (2), 371-384. doi:10.1007/s00421-012-2445-2 [doi].
- Sung, E. J. & Tochihara, Y. 2000. Effects of bathing and hot footbath on sleep in winter. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science* 19 (1), 21-27.
- Task Force. Heart rate variability. standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. 1996. *European Heart Journal* 17 (3), 354-381.
- Tessitore A, Meeusen R, Cortis C, Capranica L. Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *Journal of Strength & Conditioning Research* 21(3): 745-750, 2007.
- Torsvall, L., Akerstedt, T. & Lindbeck, G. 1984. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 57 (4), 347-353. doi:0013-4694(84)90158-5 [pii].
- Tuomilehto, H., Vuorinen, V. P., Penttila, E., Kivimaki, M., Vuorenmaa, M., Venojarvi, M., Airaksinen, O. & Pihlajamaki, J. 2017. Sleep of professional athletes: Underexploited



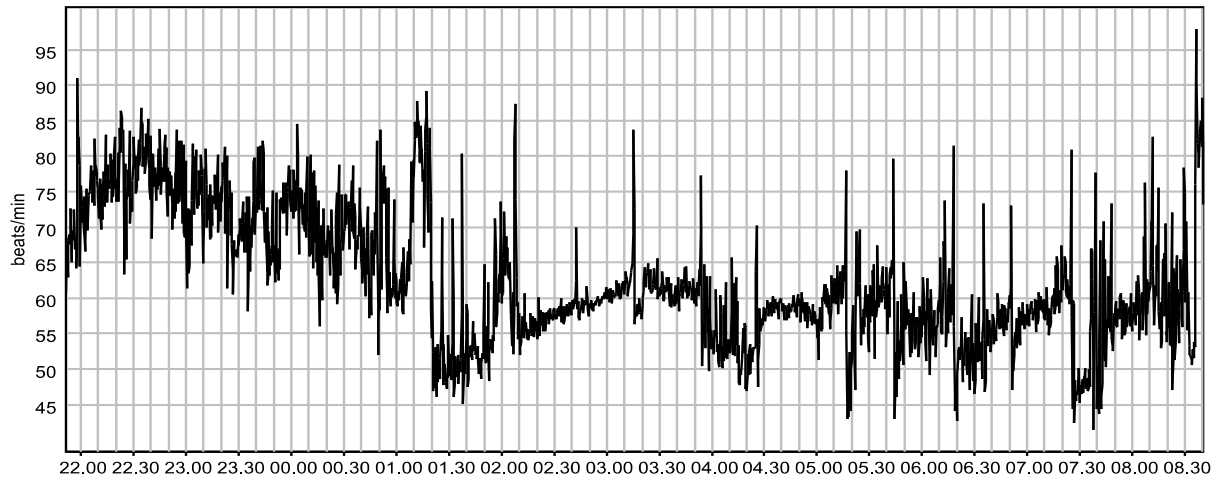
- potential to improve health and performance. *Journal of Sports Sciences* 35 (7), 704-710. doi:10.1080/02640414.2016.1184300 [doi].
- Van Ryswyk, E., Weeks, R., Bandick, L., O'Keefe, M., Vakulin, A., Catcheside, P., Barger, L., Potter, A., Poulos, N. & Wallace, J. 2017. A novel sleep optimisation programme to improve athletes' well-being and performance. *European Journal of Sport Science* 17 (2), 144-151.
- Van Someren, E. J. 2006. Mechanisms and functions of coupling between sleep and temperature rhythms. *Progress in Brain Research* 153, 309-324. doi:S0079-6123(06)53018-3 [pii].
- Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B. & Reilly, T. 2007. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *Journal of Sports Sciences* 25 (14), 1557-1566.
- Werner, G. G., Ford, B. Q., Mauss, I. B., Schabus, M., Blechert, J. & Wilhelm, F. H. 2015. High cardiac vagal control is related to better subjective and objective sleep quality. *Biological Psychology* 106, 79-85. doi:10.1016/j.biopsycho.2015.02.004 [doi].
- Whitworth-Turner, C., Di Michele, R., Muir, I., Gregson, W. & Drust, B. 2017. A shower before bedtime may improve the sleep onset latency of youth soccer players. *European Journal of Sport Science* 17 (9), 1119-1128. doi:10.1080/17461391.2017.1346147 [doi].
- Youngstedt, S. D., O'Connor, P. J. & Dishman, R. K. 1997. The effects of acute exercise on sleep: A quantitative synthesis. *Sleep* 20 (3), 203-214.

## **LIITTEET**

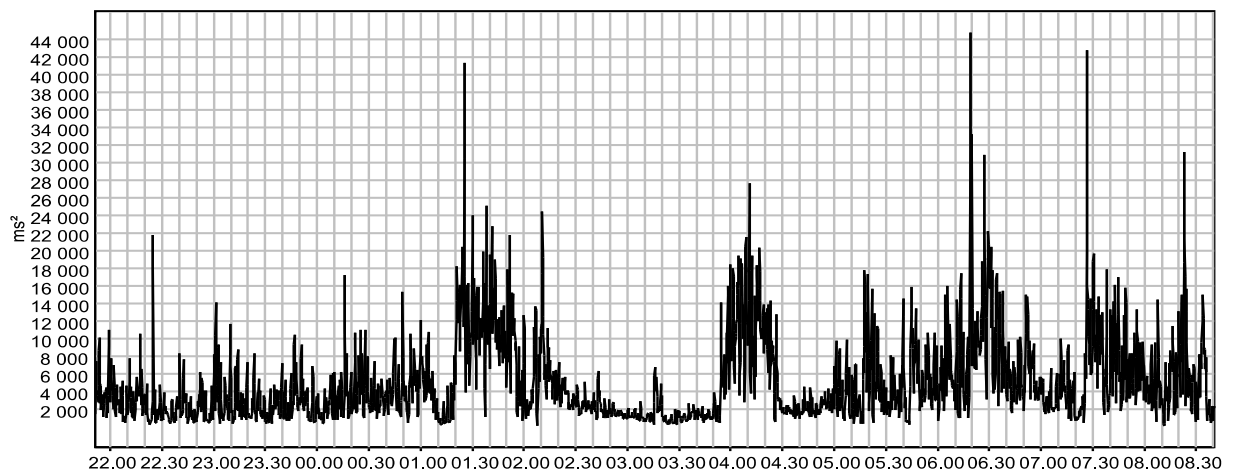
LIITE 1. Yhden tutkittavan harjoituksen aikainen sykekäyrä.



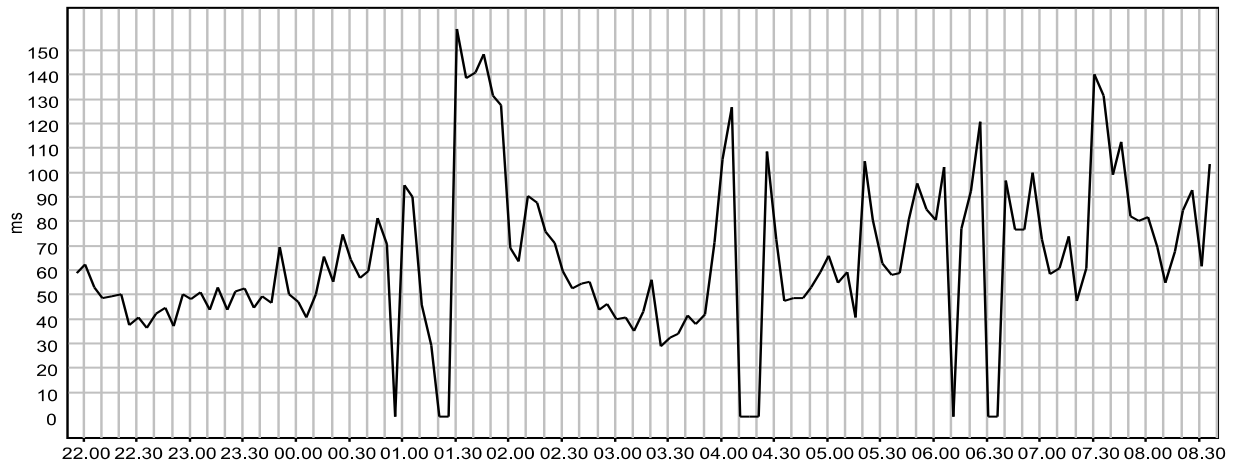
LIITE 2. Yhden tutkittavan harjoituksen jälkeisen yön aikainen sykekäyrä.



LIITE 3. Yhden tutkittavan harjoituksen jälkeisen yön aikainen HF.



LIITE 4. Yhden tutkittavan harjoituksen jälkeisen yön aikainen RMSSD.



LIITE 5. Tutkimuksen suostumuslomake

## Tutkittavan suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Olen perehtynyt tämän tutkimuksen tarkoitukseen ja sisältöön, kerättävän tutkimusaineiston käyttöön, tutkittaville aiheutuvien mahdollisiin haittoihin sekä tutkittavien oikeuksiin ja vakuutusturvaan. Suostun osallistumaan tutkimukseen annettujen ohjeiden mukaisesti. En osallistu mittauksiin flunssaisena, kuumeisena, toipilaana tai muuten huonovointisena. Voim halutessani peruuttaa tai keskeyttää osallistumiseni tai kieltäytyä tutkimukseen osallistumisesta missä vaiheessa tahansa. Tutkimustuloksiani ja kerättyä aineistoa saa käyttää ja hyödyntää sellaisessa muodossa, jossa yksittäistä tutkittavaa ei voi tunnistaa.

	Kyllä	Ei
Suostun yllämainitun projektin mittauksiin annettujen ohjeiden mukaisesti		
Annan luvan tulosteni käyttöön tutkimuksen raportoinnissa		
Anna luvan tulosteni käyttöön tuotekehitystoiminnassa		
Annan luvan tulosteni säilyttämiseen KIHUn mittaustietokannassa kaksi vuotta		
Annan luvan mittausten yhteydessä otetun video/valokuvani käyttöön KIHUn e-kaupallisessa kirjallisessa ja suullisessa raportoinnissa		
Yhteystietoni saa sisällyttää KIHUn henkilörekisteriin ja minun saa olla myöhemmin yhteydessä haattaessa tutkittavia KIHUn tutkimuksiin		
Tunnen itseni terveeksi		
Olen tutustunut suoritettaviin testeihin ja mittauksiin, ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen ja niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat.		

---

Päiväys

Tutkittavan allekirjoitus

---

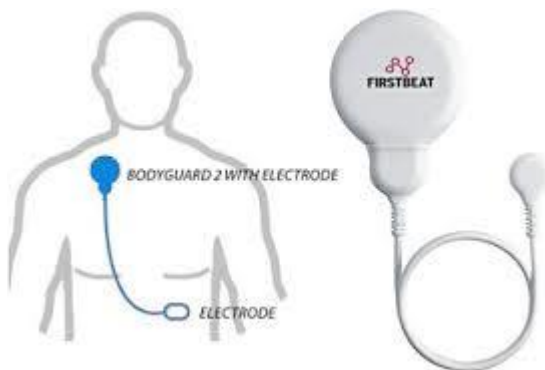
Päiväys

Tutkijan allekirjoitus

Päivämäärä				
1 Mihin aikaan menit sänkyyn?				
2 Mihin aikaan yritit nukahtaa?				
3 Kuinka kauan sinulla kesti nukahtaa?				
4 Kuinka monta kertaa heräsit yön aikana?				
5 Kuinka pitkään nämä heräämiset kestivät yhteensä?				
6a Monelta heräsit aamulla?				
6b Viimeisen heräämisen jälkeen, kuinka pitkään olit sängyssä yrittäen nukahtaa?				
6c Heräsitkö aikaisemmin kuin suunnittelit?	<input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> En	<input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> En	<input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> En	<input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> En
6d Jos kyllä, kuinka paljon aikaisemmin?				
7 Monelta nousit sängystä?				
8 Kuinka pitkään nukuit?				
9 Kuinka arvioisit unen laatua?	<input type="checkbox"/> Erittäin huonosti <input type="checkbox"/> Huonosti <input type="checkbox"/> Kohtalaisesti <input type="checkbox"/> Hyvin <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin	<input type="checkbox"/> Erittäin huonosti <input type="checkbox"/> Huonosti <input type="checkbox"/> Kohtalaisesti <input type="checkbox"/> Hyvin <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin	<input type="checkbox"/> Erittäin huonosti <input type="checkbox"/> Huonosti <input type="checkbox"/> Kohtalaisesti <input type="checkbox"/> Hyvin <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin	<input type="checkbox"/> Erittäin huonosti <input type="checkbox"/> Huonosti <input type="checkbox"/> Kohtalaisesti <input type="checkbox"/> Hyvin <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin
10 Herätyäsi, kuinka levänneeltä tunsit itsesi tänä aamuna?	<input type="checkbox"/> En yhtään levännyt <input type="checkbox"/> Hieman levännyt <input type="checkbox"/> Jotenkin levännyt	<input type="checkbox"/> En yhtään levännyt <input type="checkbox"/> Hieman levännyt <input type="checkbox"/> Jotenkin levännyt	<input type="checkbox"/> En yhtään levännyt <input type="checkbox"/> Hieman levännyt <input type="checkbox"/> Jotenkin levännyt	<input type="checkbox"/> En yhtään levännyt <input type="checkbox"/> Hieman levännyt <input type="checkbox"/> Jotenkin levännyt

	<input type="checkbox"/> Hyvin levännyt <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin levännyt	<input type="checkbox"/> Hyvin levännyt <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin levännyt	<input type="checkbox"/> Hyvin levännyt <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin levännyt	<input type="checkbox"/> Hyvin levännyt <input type="checkbox"/> Erittäin hyvin levännyt
11 Onko sinulla lihaskipua?	0= Ei lihaskipua 1= Kohtuullista lihaskipua 2= Huomattavaa lihaskipua 4= Kovaa lihaskipua 5= Erittäin kovaa lihaskipua	0= Ei lihaskipua 1= Kohtuullista lihaskipua 2= Huomattavaa lihaskipua 4= Kovaa lihaskipua 5= Erittäin kovaa lihaskipua	0= Ei lihaskipua 1= Kohtuullista lihaskipua 2= Huomattavaa lihaskipua 4= Kovaa lihaskipua 5= Erittäin kovaa lihaskipua	0= Ei lihaskipua 1= Kohtuullista lihaskipua 2= Huomattavaa lihaskipua 4= Kovaa lihaskipua 5= Erittäin kovaa lihaskipua
12 Kuinka palautuneeksi koet olotilasi?	10 Todella hyvin palautunut 9 8 Hyvin palautunut 7 6 5 Hyvin palautunut 4 3 2 Huonosti palautunut 1 0 Todella huonosti palautunut	10 Todella hyvin palautunut 9 8 Hyvin palautunut 7 6 5 Hyvin palautunut 4 3 2 Huonosti palautunut 1 0 Todella huonosti palautunut	10 Todella hyvin palautunut 9 8 Hyvin palautunut 7 6 5 Hyvin palautunut 4 3 2 Huonosti palautunut 1 0 Todella huonosti palautunut	10 Todella hyvin palautunut 9 8 Hyvin palautunut 7 6 5 Hyvin palautunut 4 3 2 Huonosti palautunut 1 0 Todella huonosti palautunut

LIITE 7. Firstbeat Bodyguard 2- laite ja sen kiinnitys. (Lähde: www.heartmath.org)



LIITE 8. Avantopool Oy:n valmistama kylmävesiallas.

