

**SLOPESTYLELASKIJAN FYSIOLOGINEN KUORMITUS HARJOITUSPÄIVÄN  
AIKANA**

Otto Rantala

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2022

## TIIVISTELMÄ

Rantala, O. 2022. Slopestyle harjoituspäivän fysiologinen kuormitus ja sen mittaaminen. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu-tutkielma 47 s., 1 liite.

**Johdanto.** Fysiologista tutkimusta slopestylen akuuteista harjoitusvasteista on tehty vähän. Laji vaatii urheilijalta äärimmäistä taitoa, sekä fyysisiä ominaisuuksia, eikä sitä voi täysin verrata muihin samankaltaisiin lumilajeihin. Tämän tutkimuksen tarkoitus on antaa kuvaa slopestylelaskijan kokemasta harjoituspäivän aikaisesta kuormituksesta ja pohtia mitkä menetelmät olisivat valmennuksen kannalta hyödyllisimpiä kuormituksen seurantaan. Yhtenä tavoitteena on myös luoda näkökulmia jatkotutkimusta varten.

**Menetelmät.** Tutkimuksessa 7 nuorta (19–22-vuotiasta) miestä suoritti kahtena päivänä 20 laskun mittaisen harjoituksen. Mitattuja muuttujia ennen harjoitusta olivat leposyke, palautuneisuuden tunne, lihasarkuuden tunne VAS janan avulla mitattuna, lepolaktaatti sekä seerumin testosteroni, kortisoli, myoglobiini- ja kreatiinikinaasiarvot. Harjoituksen aikana mitattiin sykettä, laktaattia 5 laskun välein sekä jokaisen laskun osalta koetun kuormituksen arvio (RPE) käyttäen 10-portaista RPE-asteikkoa. Ennen harjoitusta mitattujen muuttujien mittausta toistettiin harjoituksen jälkeen, ja näiden lisäksi kysyttiin koko harjoitusta arvioiva session RPE. Kolmantena päivänä suoritettiin alkumittausta vastannut seurantamittaus.

**Tulokset.** Harjoituksissa mitattu keskisyke vaihteli välillä 99–124 lyöntiä minuutissa ja maksimisyke välillä 160–195 lyöntiä minuutissa. Testosteronin ja kreatiinikinaasin osalta ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja minkään mittapisteiden välillä. Myoglobiinin ja kortisolin osalta havaittiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia ( $p < 0,05$ ), kummankin osalta kolmessa eri tarkasteluvälissä. Muutoksen suunta vaihteli riippuen mitä väliä tarkasteltiin. Hormonaalisten ja lihasvaurion markkereiden sekä TRIMP (training impulse – harjoitus impulssi) ja RPE arvojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tilastollinen merkitsevyys löydettiin TRIMP ja session RPE arvojen väliltä. Veren laktaattipitoisuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia lepotilanteen ja kuormitustilanteen välillä. Lihasarkuudessa ja palautuneisuuden tunteessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta mittauspisteiden välillä.

**Johtopäätökset.** Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että slopestyle harjoitus saattaa aiheuttaa fysiologisesti merkittävää kuormitusta. Olisi siis suositeltavaa, että harjoittelua seurataan sopivia keinoja käyttäen. Esimerkiksi RPE seuranta, TRIMP ja koetun kuormittuneisuuden seuranta voisivat olla yksinkertaisia, mutta hyödyllisiä keinoja seurata harjoituskuorman määrää. Eri menetelmiä on kuitenkin tutkimuksen kaltaisella pienellä otannalla vaikea analysoida, ja jatkotutkimusta tarvitaan etenkin pidemmällä aikaikkunalla ja tarkemmin harjoituksen sisältö määrittäen.

Asiasanat: slopestyle, freestyle, harjoituskuorma, laktaatti, testosteroni, kortisoli, myoglobiini, kreatiinikinaasi

## ABSTRACT

Rantala, O. 2022. Slopestyle harjoituspäivän fysiologinen kuormitus ja sen mittaaminen. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 47 pages., 1 appendix

**Introduction.** There is only marginally research done about acute training responses of slopestyle. As a sport slopestyle demands from athlete extreme skill and physical abilities, and it is not fully comparable on other similar winter sports. The main goal of this study is to give perspective on physical demands of slopestyle training day and give a sight which methods would be the most suitable for coaching to use as training load following tools.

**Methods.** In the study 7 young (ages 17–22) men performed 20 run long training day two days in a row. The variables measured before training were resting heart rate, the perceived recovery status, muscle soreness on VAS (visual analogue scale), resting lactate and serum testosterone, cortisol-, myoglobin- and creatine kinase levels. During the training heart rate, lactate after every fifth run and rating of perceived exertion (RPE) after every run were measured. RPE was measured using 1-10 scale. All the measurements done before the training were done also after the training, and in addition RPE concerning the whole session was asked. Third day included following measurements similar than measurements done before training.

**Results.** The average heart rate of trainings varied between 99–124 beats per minute and maximum heart rate varied between 160–195 beats per minute. There were no statistically significant differences between any measurement points on testosterone or creatine kinase. There were statistically significant differences ( $p < 0,05$ ) between three different measurement points in both myoglobin and testosterone. The direction of change varied depending on which measurement points were observed. There was no statistically significant correlation between hormonal and muscle damage markers with TRIMP (training impulse) and RPE values. There was no statistically significant difference in lactate between rest and training situation. There was no statistically significant difference in muscle soreness or perceived recovery status between any measurement points.

**Conclusions.** Based on this study, it can be said it is possible that slopestyle training causes physiologically significant training load. It would be recommendable to follow training load using suitable methods. For example, following RPE, TRIMP and perceived recovery status could be easy and affordable, yet effective ways to follow the magnitude of training load. It is anyhow difficult to compare different kind of methods with as small sampling as in this study. There is need for future study concluded with longer time frame and with more accurate define of which contents training includes.

Keywords: slopestyle, freestyle, training load, lactate, testosterone, cortisol, myoglobin, creatine kinase

## KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
ADP	adenosiinidifosfaatti
AMP	adenosiinimonofosfaatti
CK	kreatiini-
GnRH	Gonadotropin releasing hormone (gonadotropiininvapauttajahormoni)
HPA-akseli	hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisen kuorikerros- akseli
LH	luteinisoiva hormoni
MYO	myoglobiini
RPE	rating of perceived exertion (koetun kuormituksen arvio)
TES	testosteroni
TRIMP	training impulse (harjoittelu impulssi)
VAS	visual analogue scale (lihasarkuuden mittaukseen käytetty mittausjana)

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	SLOPESTYLE LAJINA JA KUORMITTAVUUS .....	3
2.1	Hyppyjen urheilijaan kohdistamat voimat ja kuormittavuus.....	3
3	FYSIOLOGISEN KUORMITUKSEN MUUTTUJAT JA NIIDEN MITTAAMINEN.....	5
3.2	Lihasvaurio ja sen arviointiin käytettävät biomarkerit .....	6
3.2.1	Kreatiinkinaasi.....	8
3.2.2	Myoglobiini .....	9
3.1	Hormonaaliset muuttajat ja niiden mittaaminen .....	9
3.1.1	Kortisoli .....	10
3.1.2	Testosteroni .....	11
3.2	Subjekttiivinen koetun kuormittuneisuuden mittaaminen .....	12
3.3	Veren laktaattipitoisuus .....	13
3.4	Harjoituksen kuormittavuuteen vaikuttavat ulkoiset tekijät.....	14
4	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT .....	16
5	MENETELMÄT.....	18
5.1	Tutkittavat.....	18
5.2	Tutkimusasetelma.....	18
5.2.1	Alkumittaukset .....	19
5.2.2	Kuormituksena toiminut harjoitus ja sen aikana tehdyt mittaukset.....	20
5.2.1	Loppumittaukset .....	20
5.3	Sykemittausten analysointi .....	21
5.4	Suoritusrata ja olosuhteet .....	21
5.5	Verinäytteiden analysointi.....	23
5.6	Tilastollinen analyysi.....	23

6 TULOKSET .....	24
6.1 Laktaatti.....	24
6.2 Lihasarkuus ja palautuneisuuden tunne.....	25
6.3 Syke, TRIMP & RPE .....	27
6.4 Kuormitusta kuvaavat biomarkkerit .....	28
7 POHDINTA.....	33
LÄHTEET .....	43

#### LIITTEET

Liite 1: Tutkimuksessa käytetyt koetun palautuneisuuden taulukko ja 10-portainen RPE-taulukko.

# 1 JOHDANTO

Slopestyle on lajina noussut suuren yleisön tietoisuuteen sen saavutettua olympialajin statuksen vuonna 2014 Sochin olympialaisissa. (Kansainvälinen Olympiakomitea, viitattu 28.9.2021) Tutkimusta ja julkaisuja nimenomaan freestylehiihdon ja slopestylen osalta on tehty melko vähän, ja tehdyt tutkimukset keskittyvät usein pitkälti lajin tarkasteluun vammariskien näkökulmasta. Näin esimerkiksi Steenstrup ym. (2018) tutkimus alppilajien ja freestyle hiihtäjien pään alueen vammojen mekanismeista sekä Carús & Escorihuela (2016) tutkimus freestylelajienkin suorituspaikkana toimivien parkkien yhteyttä vammamääriin verrattuna normaaleihin rinteisiin. Tämä on ymmärrettävää, sillä laji vaatii suurta taitoa ja rohkeutta suoritettaessa haastavimpia temppuja. Esimerkiksi triplakorkki-16 on hyvä esimerkki temppujen haastavuudesta ja sen vaatimuksista ihmiskehölle. Tempussa laskija tekee kolme voltia samalla kiertäen oman akselinsa ympäri 1620 astetta, eli 4,5 kierrosta laskeutuen siis alas takaperin. Loukkaantumisriski esimerkiksi epäonnistuneen alastulon seurauksena näin haastavissa suorituksissa on suuri. Tutkimuksen tekemisessä ollaan siis vaiheessa, jossa pyritään selvittämään lajin vaatimuksia ja kuormittavuutta terveyden kannalta.

Tutkimusta, joka tähtää valmennuksen optimointiin ja tarkastelee asioita urheilijan kehittymisen näkökulmasta ei varsinaisesti slopestylen osalta ole juurikaan tehty. Mikäli esimerkiksi harjoituspäivän tai kilpailun fysiologista kuormitusta halutaan tarkastella aiemman kirjallisuuden pohjalta, pitää slopestylea lajina verrata muihin samankaltaisiin lajeihin. Lähimpänä verrokkina voidaan pitää tietenkin muita freestylehiihdon alalajeja, kuten half pipea ja big airia, sekä hieman etäisemmin ski crossia, kumparelaskua ja aerials hyppyjä. Lajeina edellä mainituista kaikissa kilpailu tapahtuu slopestylen tavoin suksilla tai lumilaudalla suoritukseen valmistellussa rinteessä. Myös suoritusrytmi on suorituspaikkana toimivista laskettelukeskuksista johtuen samanlainen. Suoritusten välille tulee siis aina taukoa hiihtohissien tai muiden pakollisten siirtymien johdosta. Slopestylessa ja muissa talvi- ja etenkin alppilajeissa, on myös paljon yhtäläisyyksiä ulkoisten vaikuttavien tekijöiden osalta. Talvilajeina ne ovat alttiita esimerkiksi lämpötilan vaihteluille, ja sen aiheuttamalle lumen ominaisuuksien muutoksille. Freestyle hiihdon lajeissa on myös yleistä, että kilpailut saatetaan käydä hyvinkin korkealla vuoristossa, kuten vuoden 2021 freestylehiihdon MM-kisat Aspenissa, jossa suorituksia tehtiin miltei kolmen kilometrin korkeudessa. Jotta voitaisiin arvioida, miten esimerkiksi juuri korkeuserot vaikuttavat rasitukseen ja kokonaiskuormitukseen, tulee ensin ymmärtää tilannetta normaaliolosuhteissa.

Nyt tehty tutkimus pyrkiikin lisäämään lajin perustietoutta nimenomaan valmennuksen kehittämiseksi ja harjoittelun kokonaisvaltaisen ohjelmoinnin tueksi. Tutkimuksessa on keskitytty harjoituspäivän fysiologisiin vasteisiin, ja siihen kuinka urheilijoiden subjektiivinen kokemus heijastelee mitattuihin muutoksiin. Optimaalisessa tilanteessa harjoittelun kuorma on sellainen, että urheilija kehittyy, mutta pystyy toisaalta palautumaan ja pysymään terveenä. Tavoitteena on myös pyrkiä löytämään osa-alueita, jotka olisivat tulevaisuudessa olennaisia ja relevantteja tutkimuksen kohteita. Tämän tutkimuksen pohjalta ei siis välttämättä voida vielä vetää suuria johtopäätöksiä, mutta se tarjoaa pohjaa ja näkökulmia tarkemman tutkimuksen tekemiselle tulevaisuudessa.



## 2 SLOPESTYLE LAJINA JA KUORMITTAVUUS

Slopestyle on freestylehiihdon lajeihin kuuluva talviurheilulaji, jossa urheilija joko lumilaudalla tai suksilla laskien rinteeseen rakennetulla radalla suorittaa erilaisia hyppyjä ja reilejä. (Löfquist & Björklund 2020) Parhaimmillaan yhden suorituksen aikana urheilija voi saavuttaa jopa 90 km/h nopeuden, ja hyppyjen pituus saattaa olla jopa 30 metriä ja korkeus 7 metriä. (Willmott & Collins 2015) Jokainen rata on kuitenkin yksilö, eli hyppyjen pituudet ja korkeudet vaihtelevat suorituspaikan mukaan. Yksittäisessä lajisuorituksessa urheilija tekee useita erilaisia temppuja monesta eri obstaakkelista, eli hyppyristä, reilistä tai muusta radalle rakennetusta objektista. (Ski Sport Finland, viitattu 28.9.2021) Yksittäinen lasku sisältää siis useita yksittäisiä osasuoritteita, joista etenkin isoimmat hypyt kohdistavat hyppyjen korkeuden ja pituuden takia huomattavia voimia urheilijaan. Normaalisti kilpailuissa lasketaan joitakin harjoituslaskuja, kaksi karsintalaskua ja kaksi tai kolme finaalilaskua, mikäli urheilija finaaleihin selviytyy. (FIS: The international freestyle skiing competition rules, 2018)

### 2.1 Hyppyjen urheilijaan kohdistamat voimat ja kuormittavuus

Löfquist & Björklund (2020) mittasivat omassa tutkimuksessaan slopestyle laskijoihin kohdistuvia voimia isoimpien hyppyreiden alastuloissa joko etu- tai takaperin laskeuduttaessa. Alastuloissa mitatut voimat vastasivat keskimäärin noin kaksinkertaista kehon painon aiheuttamaa voimaa ( $2,04 \pm 0,46$ ). Tutkimuksessa mitatut voimat eivät siis olleet läheskään yhtä suuria kuin esimerkiksi Keaneyn ym. (2016) mittaamat voimat aerials urheilijoiden alastuloissa, joissa voimat nousevat jopa 12,4 g:n suuruisiksi, ollen keskimäärin  $9,0 \pm 1,1$  g:n suuruisia. Löfquist & Björklund (2020) tutkimuksessa urheilijat suorittivat kuitenkin ainoastaan helpoimpia temppuja, jolloin alastulot ovat usein hallitumpia ja osuvat alastulossa optimaaliseen kohtaan. Vaikeampia temppuja tehdessä alastulo ei välttämättä osu oikeaan kohtaan eikä urheilija ole optimaalisessa asennossa alastulon kannalta, jolloin alastulon voimat ovat suurempia ja niiden hallinta vaikeampaa. On myös muistettava, että slopestyle on lajina kaikkien freeski-lajien tavoin erittäin olosuhdeherkkä, eli vauhdinottojen ja alastulojen mahdollinen jäisyys tai pehmeys vaikuttavat huomattavasti suoritukseen ja sitä kautta urheilijoiden alastuloissa kokemiin voimiin. (Ski Sport Finland, viitattu 28.9.2021)

## 2.1 Psyykkinen kuormitus

Freestylehiihto kaikkine alalajeineen kehittyy jatkuvasti huimalla tahdilla. Jos 1990-luvulla halfpipen pioneeri Todd Richards on todennut, ettei pää ylösalaisin meneminen, eli volttien teko, kuuluu lumilautailuun, tehdään nykyisin jo kolmea volttia. (Cavanagh 2013) Laji on hyvin sosiaalinen ja urheilijat seuraavat toistensa tekemisiä esimerkiksi Youtuben kautta. Tämä voikin saada aikaan Helms (1984) kuvaileman kaltaisen tilanteen, jossa urheilija ottaa ryhmän paineen seurauksena kovempia riskejä, kuin yksin ottaisivat. Uudet ja vaikeat temput, etenkin isot hyppy, ovat slopestylen kaltaisessa lajissa kuitenkin aina riskialttiita. Lajin vaarallisuudesta karuina esimerkkeinä voitaneen mainita naisten puolella lajin pioneerina tunnetun Sarah Burken halfpipe harjoituksissa tapahtunut kuolemaan johtanut onnettomuus, sekä park ja halfpipe laskija Kevin Pearceen vuoden 2009 onnettomuus, jonka seurauksena urheilija vaivutettiin 27 päiväksi koomaan ja hän sai pysyviä aivovaurioita. (Willmott & Collins 2015) Näin vakavat onnettomuudet ovat toki harvinaisia, ja harjoittelu sekä kisaaminen pyritään pitämään niin turvallisena kuin mahdollista. Tästä huolimatta etenkin uutta opetellessa ja haastavia temppuja tehdessä niiden aiheuttamaa psykologista stressiä ja vaikutusta kehon toimintoihin, sekä nyt tehtyihin mittauksiin on tarkasteltava, jotta käsitys kuormituksen kokonaiskuvasta olisi mahdollisimman monipuolinen.

### 3 FYSIOLOGISEN KUORMITUKSEN MUUTTUJAT JA NIIDEN MITTAAMINEN

Harjoittelun kuormituksen seuranta voidaan jakaa ulkoisen ja sisäisen kuormituksen tarkasteluun. Ulkoinen kuormitus tarkoittaa käytännössä sitä, kuinka paljon toistoja harjoituksessa on tehty, tai esimerkiksi kuinka pitkän matkan ja kuinka nopeasti urheilija on kulkenut. Sisäisen kuorman tarkastelu paneutuu suoritteiden aiheuttamaan fysiologiseen stressiin. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sykkeen mittausta, koettua kuormitusta tai erilaisten aineenvaihdunnallisten tai hormonaalisten muuttujien mittaamista. (McGuigan 2017, 70)

Tässä tutkimuksessa ulkoista kuormaa on mitattu harjoituksen keston, suoritusten määrän ja osittain myös kuljetun matkan ja nopeuden periaatteella. Yksin ulkoisen kuormaa tarkastelemalla ei voida kuitenkaan tietää miten harjoitus vaikuttaa yksilöllisesti kuhunkin urheilijaan, ja siksi tässä tutkimuksessa harjoittelun aiheuttaman kuormituksen mittaaminen painottuikin siis vahvasti sisäisen kuormituksen mittaamiseen. Käytettyjä muuttujia ovat syke, veren laktaattipitoisuus, hormonaalisista muuttujista kortisoli, testosteroni, lihasvaurion markkereista kreatiiniakinaasi, myoglobiini ja lihasarkuuden tunne sekä yleisen kuormittuneisuuden kokemuksen mittaaminen subjektiivisin mittarein.

#### 3.1 Sykemuuttujat

Sykkeiden mittaaminen on yksi yleisimmistä käytetyistä sisäisen kuormituksen mitatuista muuttujista. (Bourdon ym. 2017) Normaalityössä ihmisen sydän pumpkaa verta kehoon noin 4–6 litraa minuutissa, mutta rasittavan kuormituksen seurauksena sydämen pitää pumpata verta jopa 4–7 kertaa tämä määrä. (Hall & Guyton 2016, 119) Sydämen iskutilavuus on rajallinen, joten myös sydämen sykkeen on noustava harjoituksen kuormituksen kasvaessa, jotta riittävä verenkierto varmistetaan. Se miten mikäkin ulkoinen työmäärä vaikuttaa yksilön sykkeeseen on yksilöllistä. Käytännössä siis työmäärä, joka on toiselle maksimaalinen kuormitus, voi olla toiselle vasta puolella välillä omaa maksimia. Käytännössä sydämen pumppaamaan verimäärään säätelyyn vaikuttaa kaksi suurta tekijää: (1.) sydämen sisäinen säätely, joka vastaa sydämeen tulevan veren määrän muutokseen käytännössä pumppaamalla aina kovempaa mitä enemmän sinne saapuu verta, (2.) autonomisen hermoston sydämeen vaikuttavat säätelymekanismit. (Hall & Guyton 2016, 119)

Yksittäisen harjoituksen aiheuttamaa kuormaa voidaan mitatun sykedatan perusteella kuvata monella eri muuttujalla. TRIMP, eli training impulse – harjoittelu impulssi, kuvastaa yhden harjoituksen aiheuttamaa kuormaa, ja sen laskemiseen on useita eri tapoja. Käytännössä muuttujina käytetään harjoituksen kestoja, yksilön mitattua leposykettä, harjoituksen maksimisykettä ja harjoituksen keskimääräistä sykettä tai vaihtoehtoisesti aikaa, joka on käytetty kullakin ennalta määritellyllä maksimiin suhteutetulla syketasolla. (McGuigan 2017, 88)

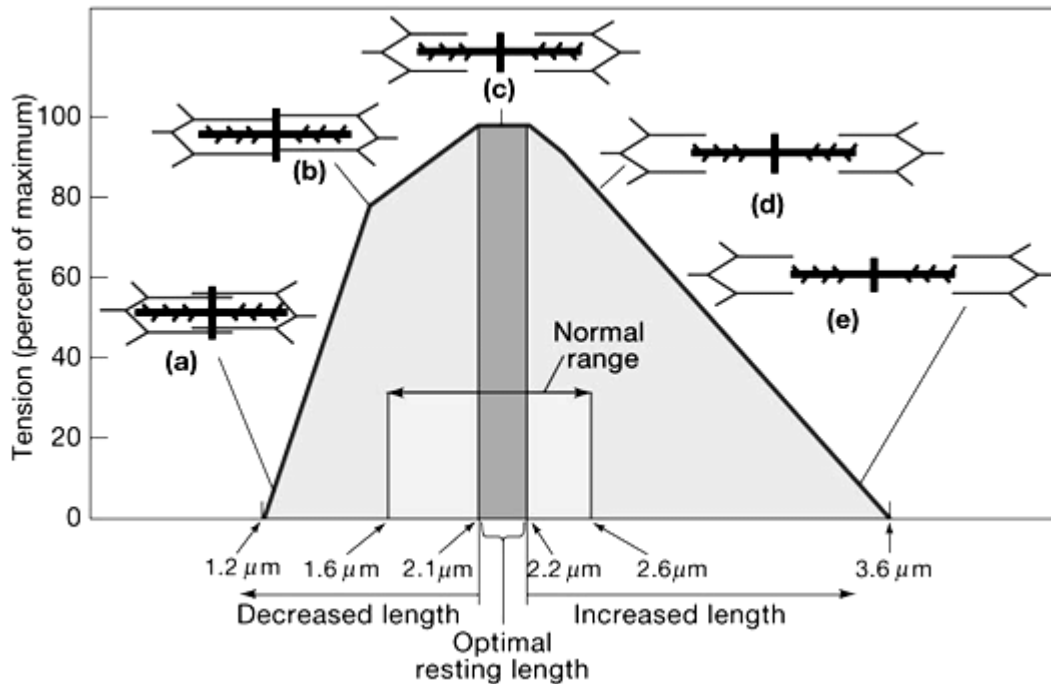
$$\text{TRIMP} = D * (\Delta\text{HR}) * e^{(b * \Delta\text{HR})}$$

Laskentakaava TRIMP, harjoituksen impulssin, laskemiseksi. Kaavassa D = harjoitussession kesto minuutteina,  $\Delta\text{HR} = (\text{harjoituksen aikainen keskisyke} - \text{mitattu leposyke}) \div (\text{harjoituksen aikana mitattu maksimisyke} - \text{mitattu leposyke})$ ,  $e = 2,718$ , b = sukupuolen mukaan painotettu muuttuja naisilla 1,67 ja miehillä 1,92. Mukailtu (McGuigan 2017, 88)

### 3.2 Lihasvaurio ja sen arviointiin käytettävät biomarkkerit

Patofysiologisenä tilana lihasvauriota kuvatessa puhutaan rhabdomyolyysistä, eli laajamittaisista lihassolujen vaurioista, jonka seurauksena verenkiertoon pääsee lihaksen sisällä normaalisti olevia proteiineja, kuten kreatiiniinikinaasia ja myoglobiinia. (Khan 2009) Harjoittelun seurauksena syntyvä lihasvaurion määrä ja vakavuus eivät ole samaa luokkaa kuin jopa pahimmillaan henkeä uhkaavassa rhabdomyolyysissä, mutta mekanismit osittain samoja. Nämä mekanismit liikuntaan liittyvän lihasvaurion synnyssä eivät kuitenkaan ole yksiselitteisesti tiedossa, vaan kokonaisuus sen takana on monimutkainen kompleksi. (Baird ym. 2012) Suurimpia tekijöitä voidaan kuitenkin sanoa olevan suorituksen aiheuttama metabolinen ja mekaaninen stressi. (Brancaccio ym. 2007) Mekaanisen stressin kohdalla etenkin eksentrisen ja pitkällä, lihakselle epätaloudellisilla työskentelypituuksilla tapahtuva liike aiheuttaa eniten lihasvauriota ja niin sanottua viivästynyttä lihaskipua (DOMS, delayed onset muscle soreness). (Morgan & Proske 2004) Tällaisesta tilanteesta he esittävät esimerkkinä rappusten kävelyn alaspäin niin, että osutaan vain joka toiselle rappuselle. Tämän kaltaisessa työssä lihas yrittää supistua, vaikka lihaspituus kasvaa, jonka lisäksi harppomisen takia lihaspituus on sarkomeereille epätaloudellinen, sillä aktiini- ja myosiinifilamentit ovat toistensa lomissa vain osittain (kuva 1) ja poikittaissiltojen muodostuminen on mahdollista vain pienessä osassa sarkomeeria. Slopestylella tällainen tilanne saattaa syntyä alastuloissa, joissa jalat saattavat olla hyvinkin erikoisissa asennoissa, esimerkiksi kun tempun pyörittäminen epäonnistuu ja alastulo

pitää tehdä syvälle kyykkyyn kaatumisen estämiseksi. Myös esimerkiksi Malm ym. (2004) toteavat tutkimuksessaan etenkin eksentristä lihastyötä ja esimerkiksi alamäkijuoksua sisältävän harjoittelun on aiheuttavan paljon lihasvauriota, mutta esimerkiksi Clarkson ym. (2008) toteavat tutkimuksessaan, ettei eri lihastyötapojen välillä ollut merkittävää eroa mitatussa kreatiinikinaasitasossa tai koetussa lihasarkuudessa. Mallit mekaanisen stressin taustalla eivät siis ole yksiselitteisiä.



KUVA 1. Sarkomeerin pituuden vaikutus sen kykyyn tuottaa voimaa. Pitkillä sarkomeerin pituuksilla kyky tuottaa voimaa ei ole optimaalinen. (Power ym. 2012)

Metabolisen rasituksen kohdalla ATP:n riittämätön määrä, eli kuormituksen aiheuttama energiavaje, saa lihaksessa aikaan lihassolun solukalvolla natrium- ja kaliumpumppujen sekä kalsiumtasapainosta vastaavien kalsiumpumppujen toiminnan vajauksen. Natriumin kerääntyessä solun sisään, myös solunsisäinen kalsiumin määrä kasvaa. Tämä kasvanut kalsiumin määrä aktivoi solun proteolyttisiä entsyymejä, jonka seurauksena lihassolua hajotetaan. Lihassolun hajotessa verenkiertoon pääsee siis monia normaalisti lihaksen sisällä olevia proteiineja, joita sitten voidaan mitata verikokein. Lihasvauriota voi syntyä metabolisen ja mekaanisen rasituksen lisäksi useista muistakin syistä, kuten erilaisten sairauksien, infektioiden tai runsaan alkoholin tai huumeiden käytön seurauksena. (Khan 2009)

Se, kuinka paljon lihasvaurio vaikuttaa suorituskykyyn, ja kuinka hyvin lihasvaurion eri markerit pystyvät selittämään tilannetta on hankala kysymys. Esimerkiksi Beattie ym. (2021) pyrkivät tutkimuksessaan selvittämään jalkapalloilijoiden kohdalla ottelutapahtumien aiheuttamaa suorituskyvyn laskua mittaamalla sekä kreatiinikinaasia sekä erilaisia hyppyjä. Kreatiinikinaasin osalta voitiin sanoa, että mitatut tasot kyllä muuttuivat ja kasvoivat peliä edeltäneestä tasosta 24 h pelin jälkeen mitattuun tasoon, mutta tuo muutos ei merkittävästi selittänyt pelin aikana pelaajan kokemaa kuormaa.

### **3.2.1 Kreatiinikinaasi**

Kreatiinikinaasi on ihmisen energiametabolian kannalta olennainen suurissa määrissä etenkin lihaksista löytyvä entsyymi. Käytännössä kreatiinikinaasin tärkein tehtävä on toimia katalyyttinä ADP:n ja fosfokreatiinin välisessä reaktiossa, jossa siitä joko uudelleen muodostetaan ATP:tä tai vastaavasti ATP hajotetaan vähemmän reaktiiviseksi ADP:ksi ja fosfokreatiiniksi. Patologisessa ja fysiologisessa diagnostiikassa kreatiinikinaasin määrää mitataan veren seerumista. Normaalisessa tilanteessa sitä esiintyy suurissa määrin vain lihaksissa, ei niinkään verenkierrossa. Tämän takia seerumista mitattu kreatiinikinaasi toimiikin markerina patologisessa diagnostiikassa esimerkiksi lihasnekroosista ja fysiologisessa diagnostiikassa lihaksia huomattavasti kuormittaneesta työskentelystä. Fyysisen kuormituksen seurauksena tapahtunut kreatiinikinaasin määrän kasvaminen voi olla seurausta sekä metabolisesta että mekaanisesta stressistä. (Brancaccio ym. 2007)

Kreatiinikinaasimittausten tuloksia urheilijoiden kohdalla tarkasteltaessa on muistettava, että vertailu ei-urheilevien viitearvoihin on käytännössä turhaa, kuten Mougios (2007) laajassa tutkimuksessa osoittivat. Tulosten mukaan urheilijoiden viitearvot olivat kohtuullisesti liikkuviin verrattuna jopa 2 kertaa ja inaktiivisiin verrattuna jopa 6 kertaa korkeammat. Miesurheilijoilla vaihteluväli oli urheilijoiden kohdalla tutkimuksessa 82–1083 U/L ja naisilla 47–513 U/L. Vaihteluväli yksilöiden välillä on siis todella suuri, ja siksi kreatiinikinaasin arvoja tuleekin tarkastella vain yksilön eri mittausten välisten arvojen vaihteluna, ei yksilöiden välillä. Suuri vaihteluväli ja hajonta mittauksissa onkin yksi kreatiinikinaasin kyseenalaisimpia puolia, kun mietitään sen soveltuvuutta fysiologisiin mittauksiin ja tutkimukseen. (Nosaka & Clarkson 1996)

Myöskään yhteys lihasarkuuden ja mitattujen kreatiinikinaasitasojen välillä ei ole yksiselitteinen. Rusnak ym. (2021) mittasivat omassa tutkimuksessaan koetun lihasarkuuden ja kreatiinikinaasin välistä yhteyttä uimareilla 2 kuukauden harjoittelujakson aikana. Tässä

tutkimuksessa ylävartalon lihasarkuuden ja kreatiinikinaasin välillä ei havaittu yhteyttä, ja alavartalon lihasarkuuden ja kreatiinikinaasin välillä vain heikko yhteys. Toisaalta tutkimuksessa oli huomattavaa, että harjoittelujakson aikana havaittiin mitatun kreatiinikinaasin ja myoglobiinin tasojen nousu toisen harjoitteluviikon kohdalla, jonka jälkeen arvot palautuivat käytännössä lähtötasolle. Tutkijat siis esittävät, että harjoittelujakson alussa on tapahtunut adaptaatiota, jonka seurauksena lihasvauriota ei enää myöhemmin synny. Tutkimus myös vahvistaa ajatusta siitä, että lihasvauriota ei synny pelkästään mekaanisen stressin ja esimerkiksi eksentrisen lihastyön seurauksena, sillä uinti lajina ei sisällä kontakteja ja iskutusta.

### **3.2.2 Myoglobiini**

Myoglobiini on solunsisäinen sydän- ja luustolihaksissa sijaitseva hemiproteiini, joka sitoo ja luovuttaa happea punasoluilta mitokondrioille näin varmistaen riittävän hapensaannin fyysisen kuormituksen aikana. (Garry ym. 1998) Kreatiinikinaasin tavoin, myös myoglobiinia sijaitsee normaalitilassa vain solun sisällä, ja mikäli sitä löytyy verenkierrosta, voi tämä olla merkki lihasvauriosta. Erona myoglobiinin ja kreatiinikinaasin välillä fysiologisen kuormituksen markkerina mainittakoon ainakin niiden erilaiset tavat siirtyä verenkiertoon, ja erot siinä kuinka nopeasti mitatut arvot saavuttavat huippulukemansa verenkierrossa kuormituksen jälkeen. Pienempänä proteiinina myoglobiini siirtyy suoraan verenkiertoon, kun taas kreatiinikinaasi isompikokoisena proteiinina siirtyy seerumiin lymfaattisen järjestelmän kautta. (Lindena ym. 1979). Jos siis kreatiinikinaasia voi havaita verestä vasta jopa 24–48 h eksentrisen harjoituksen jälkeen, ja huippuarvot saavutetaan jopa 96–120 h harjoituksen jälkeen (Clarkson ym 1992), voidaan aiemman tutkimuksen perusteella myoglobiinia mitata verenkierrosta jo yhden tunnin päästä harjoittelusta, ja maksimi-arvot saavutetaan nopeammin, jo 24–72 h harjoituksen jälkeen. (Rodenburg, Bär & De Boer 1993; Sayers & Clarkson 2003) Myoglobiini ja kreatiinikinaasi siis kuvastavat samaa asiaa, mutta biokemiallisten erojen takia niiden käyttäytyminen mittausteknisesti saattaa erota toisistaan, ja tämä tulee huomioida tuloksia tarkastellessa.

### **3.1 Hormonaaliset muuttujat ja niiden mittaaminen**

Hormonien mittaamisella voidaan selvittää ihmisen terveydellistä tilaa, mutta ne voivat olla hyödyllisiä myös valmennuksellisesta näkökulmasta. Hormonit, kuten tässäkin tutkimuksessa mitattu kortisoli ja testosteroni voivat antaa kuvaa henkilön hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisen kuorikerros- akselin (HPA-akseli) toiminnasta. Tämä tarkastelu voi toimia

yhtenä ensimmäisistä merkeistä mahdollisessa ylikuormitustilassa, ja antaa tutkimusmielessä kuvaa erilaisista harjoitusvasteista. Hormonien mittaaminen on kuitenkin hyvin haastavaa niiden erityksen vaihdellessa esimerkiksi vuorokausirytmien mukaisesti ja suurestikin yksilöiden välillä. (McGuigan 2017, 117–119)

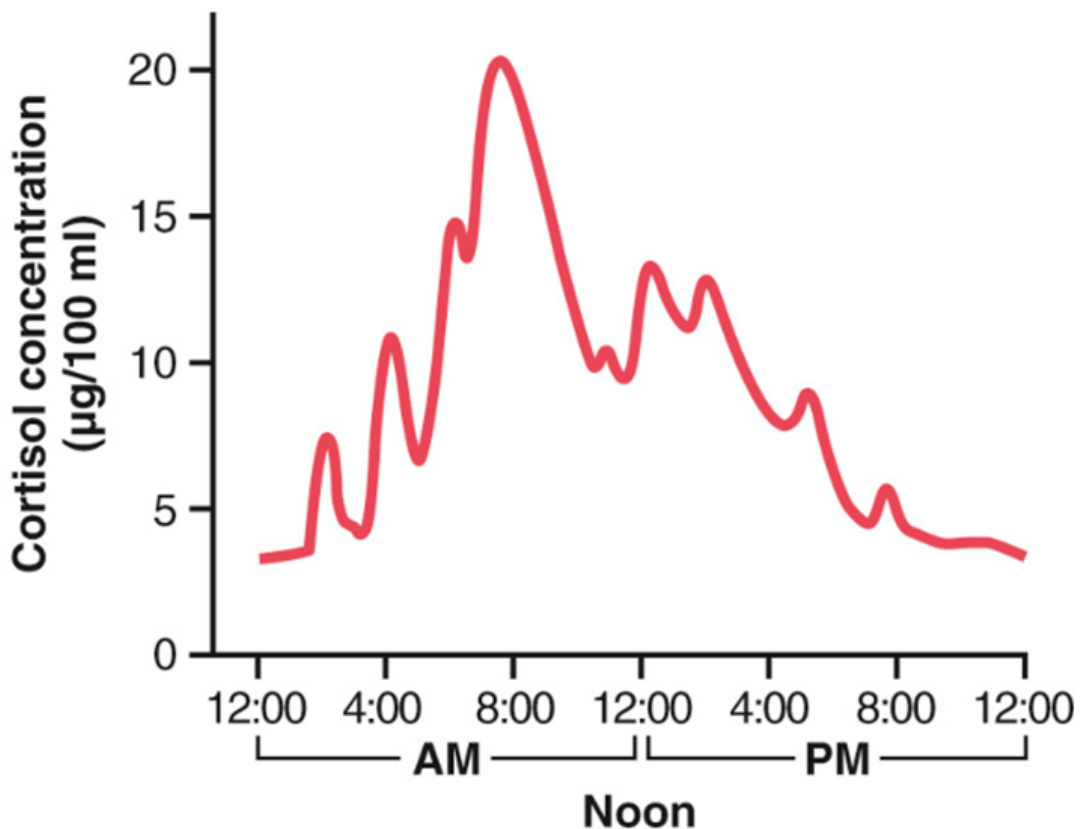
### **3.1.1 Kortisoli**

Kortisoli on lisämunuaisen kuorikerroksen erittämä glukokortikoidi, ja normaalitilanteessa fyysinen sekä mahdollisesti myös henkinen kuormitus lisäävät sen eritystä. Myös harjoittelun aiheuttama kuormitus saattaa siis toimia kortisolin eritystä kiihdyttävänä tekijänä. Kortisolilla on katabolisia ominaisuuksia, ja se esimerkiksi lisää lipolyysin määrää rasvasoluissa, sekä lisää proteiinien hajotusta lihaksissa lisäten näin lipidien ja aminohappojen määrää verenkierrossa. Näiden vaikutusmekanismien on tarkoitus varmistaa kehon energiansaanti erilaisissa stressitilanteissa. (Kraemer ym. 2005)

Kliinisessä diagnosoinnissa kortisolin mittaamisen tarkoitus on löytää liiallisesta tai liian vähäisestä kortisolintuotannosta kärsivät henkilöt. Addisonin kriisi tarkoittaa tilannetta, jossa liian vähäinen kortisolin erityks aiheuttaa kuivumista ja elektrolyyttitasojen laskua, kun taas liiallinen kortisolin erityks, Cushingin syndrooma, puolestaan aiheuttaa painon lisääntymistä, verenpaineen kasvua sekä heikentynyttä glukoositoleranssia. (El-Farhan ym. 2016) Kovaa harjoittelevien urheilijoiden kohdalla kortisolin mittaamisen tarkoitus on antaa kuvaa HPA-akselin toiminnasta, ja näin mahdollistaa ylikuormittuneisuuden havaitseminen jo hyvissä ajoin. (McGuigan 2017, 119–120) Tällaista havainnointia varten tarvitaan kuitenkin pitkän ajan seuranta, sillä yksittäisistä mittaustuloksista ei voi yksilön kohdalla vetää kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä.



Kortisolin mittaamisessa ja tulosten analysoinnissa on otettava huomioon joitain kortisolin eritykseen liittyviä erityishuomioita. Erityisesti mittausajankohta saattaa vaikuttaa yksilön kohdalla huomattavissa määrin mittaustulokseen, sillä kortisolia eritetään sirkadiaanisessa rytmissä (kuva 2) niin, että suurimmat pitoisuudet havaitaan noin tunti heräämisen jälkeen. (McGuigan 2017, 119) Muita mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat edeltävän yön unimäärä tai pidempiaikainen univaje, etnisuus, sukupuoli, ikä, painoindeksi ja naisten kohdalla kuukautiskierron vaihe sekä mahdollinen hormonaalinen ehkäisy. (El-Farhan ym. 2016) Kortisolin biologinen puoliintumisaika on moneen muuhun hormoniin verrattuna pitkä, noin 60–90 minuuttia, sillä kortisoli kulkeutuu plasmassa pitkälti sen poistumista hidastaviin kuljettajaproteiineihin sitoutuneena. (Hall & Guyton 2016, 968)



KUVA 2. Kortisolin erityksen vaihtelu vuorokausirytmien mukaan. (Hall & Guyton, 2016, 978)

### 3.1.2 Testosteroni

Testosteroni on pääasiassa kivesten välisoluisissa, eli Leydigin soluissa tuotettava androgeeninen steroidihormoni. Noin 97 % testosteronista kiertää verenkierrossa kiinnittyneenä plasman albumiiniin tai sukupuolihormonien kuljettajaglobuliiniin. Noin 30 minuutin – muutaman tunnin sisällä erityksestä se on joko siirtynyt kohdesoluihinsa tai muokattu inaktiiviseen

muotoon pois eritettäväksi. Testosteronin erityksen säätely alkaa hypotalamuksesta, joka erittää gonadotropiininvapauttajahormonia (GnRH). GnRH puolestaan stimuloi aivolisäkkeen etulohkoa erittämään luteinisoivaa hormonia (LH), joka puolestaan on pääasiallinen testosteronin eritystä kiihdyttävä hormoni kiveksissä. Testosteronin tuotannossa toimii negatiivinen palautesäätelyjärjestelmä, eli tuotettu testosteroni inhiboi LH:n ja GnRH:n tuotantoa, jolloin myös testosteronin eritys vähenee. Aivan kuten kortisolinkin, myös testosteronin eritys on pulssittaista ja vaihtelee eri vuorokaudenaikoina. (Hall 2016, 1028–1032)

Testosteronin biologisia vaikutuksia ihmiskehossa on esimerkiksi lihasten kasvun kiihdyttäminen. Testosteroni siis stimuloi proteiinisynteesiä (anabolinen vaikutus) ja inhiboi proteiinien hajotusta (anti-katabolinen vaikutus), kiihdyttäen näiden yhteisvaikutuksesta lihasten hypertrofiaa. Testosteronin fysiologinen signalointi tapahtuu solussa androgeenireseptorin kautta. Katabolisia vaikutuksia inhiboivien ominaisuuksien uskotaan tapahtuvan inhiboimalla kortisolin signalointia blokkamalla glukokortikoidireseptoreita. Ikä vaikuttaa huomattavasti testosteronin eritykseen, sillä erityks kasvaa huomattavasti murrosiässä ja 35–40 ikävuodesta eteenpäin testosteronin eritys alkaa hiljalleen hiipumaan. (Vingren ym. 2010)

Voimaharjoittelun on miehillä useissa tutkimuksissa todettu akuutisti nostavan verestä mitattuja testosteronitasoja. (Häkkinen & Pakarinen, 1995; Kraemer ym. 1998; Chandler ym. 1994) Testosteronin lepotason pitoisuudet ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä ja voivat vaihdella kilpailukauden aikana huomattavastikin yksilön kohdalla. (Cormack ym. 2008) Siksi urheilijoiden seurannassa tuleekin huomioida yksilölliset erot ja luoda yksilöllinen lepotason vertailupohja, johon pitkällä aikavälillä mitattuja arvoja verrataan muutoksien havaitsemiseksi. (McGuigan 2017, 118)

### **3.2 Subjektiiivinen koetun kuormittuneisuuden mittaaminen**

Subjektiiivisen kuormituksen mittaamiseen on perinteisesti käytetty ruotsalaisen Gunnar Borgin kehittämää Borgin koetun kuormituksen asteikkoa (eng. Rating of Perceived Exertion, RPE), joka on työkalu mittaamaan yksilöllistä räsitusta, ponnistelua, hengästyneisyyttä ja väsymystä fyysisen kuormituksen aikana. (Williams, 2017) Esimerkiksi Gallo ym. (2015) vertailivat tutkimuksessaan sitä, miten yhtä suuren ulkoisen kuorman aiheuttaman kuormituksen kokemus vaihtelee yksilöllisesti. Tuloksena he totesivat yksilöiden välillä olevan eroa siinä, millaisen

sisäisen kuormituksen samanlainen ulkoinen kuormitus kullekin yksilölle aiheuttaa. Johtopäätöksenä he totesivat etenkin pelkän ulkoisen kuorman seuraamisen olevan riittämätön mittari seuraamaan urheilijan adaptaatioita ja näin altistavan heidät helpommin esimerkiksi ylipärasitukselle. Subjekttiivisen kuormituksen mittaaminen RPE asteikon avulla onkin yleinen keino seurata urheilijan harjoittelua ja määrittää sen intensiteettiä. (McGuigan 2017, 78–80)

RPE asteikon käyttäminen kuormituksen seurannassa on edullista, yksinkertaista, eikä urheilijoilta tarvitse ottaa esimerkiksi invasiivisia näytteitä. Siksi onkin mielenkiintoista tarkastella miten RPE asteikon avulla määritetty kuormituksen intensiteetti vastaa muilla tavoilla mitattua kuormituksen intensiteettiä yksilön kohdalla. Esimerkiksi Herman ym. (2006) tutkivat miten hyvin 10-asteisella RPE asteikolla mitattu subjektiivisen kuormituksen mittaukseen perustuva intensiteetin mittausta korreloi hengityskaasumuuttujista, sekä sydämen sykkeestä mitattujen intensiteettitasojen kanssa. Tuloksena he totesivat RPE asteikkoon perustuvan intensiteetin määrittämisen olevan verrattuihin menetelmiin nähden validi ja riittävän luotettava, todeten kuitenkin objektiivisten menetelmien olevan yhä tarkempia. Samansuuntaiseen johtopäätökseen päätyivät myös Haddad ym. (2017) artikkelissaan, jossa he kokosivat yhteen useita RPE:n validiteettia ja reliabiliteettia tarkastelleita tutkimuksia. He toteavat tutkimusten vahvistavan hyvän validiteetin ja reliabiliteetin useissa eri urheilulajeissa ja kuormitusmuodoissa, niin miehillä kuin naisillakin, kaikissa ikäryhmissä ja monella eri taitotasolla. He toteavat RPE seurannan olevan pätevä metodi seurata harjoittelukuormitusta jopa yksinään käytettynä, mutta suosittelivat kuitenkin käyttämään rinnalla myös muita fysiologisia parametreja, kuten sykkeen mittausta.

### **3.3 Veren laktaattipitoisuus**

Adenosiinitrifosfaatti eli ATP on energian muoto, jota ihmiskehon solut käyttävät esimerkiksi tuottaakseen liikettä lihassupistuksen muodossa. ATP hajotetaan ADP ja AMP molekyyleiksi, jolloin sen sisältämä energia vapautuu. Soluissa ATP:ta riittää kuitenkin vain hyvin pieneksi hetkeksi, ja sitä pitääkin jatkuvasti uudismuodostaa, eli liittää fosfaattiryhmiä takaisin AMP ja ADP molekyyleihin. Nopeiten tämä tapahtuu solun omien fosfokreatiiniavarastojen avulla, mutta tämäkin tapa tuottaa energiaa riittää vain noin 6–8 sekunnin ajaksi. Tämän jälkeen ATP:ta aletaan muodostaa glykolyysin avulla. Glykolyysin ensimmäisessä vaiheessa glukoosista muodostuu 2 pyruvaattia ja nettona ATP molekyylejä. Mikäli solussa on riittävästi happea, hajotetaan pyruvaatti asetyylikoentsyymi-A:ksi ja se siirtyy sitruunahappokiertoon, jossa siitä muodostetaan ATP:ta ja vetyioneita vedynsiirtäjäketjuun siirrettäväksi. Mikäli solussa ei

kuitenkaan ole happea riittävästi, pyruvaatti konvertoidaan laktaatiksi. Näin käy esimerkiksi tilanteissa, joissa kuormitus on niin suuri, että hapen tarve ylittää elimistön kyvyn kuljettaa sitä soluille, tai kun hapen kuljetus ei ole vielä nopeasti lisääntyneen energiantarpeen kasvun seurauksena ehtinyt saavuttaa tarvittavaa tasoa. (McArdle, 2014)

Käytännössä laktaattia tuotetaan jatkuvasti, oli kuormitus millainen tahansa. Matalatehoisessa kuormituksessa laktaatin poistokyky kuitenkin ylittää laktaatin tuottonopeuden. Kuitenkin tuottonopeuden vastaavasti ylittäessä poistonopeuden, alkaa laktaattia kertyä lepotilannetta enemmän lihaksiin ja lopulta verenkiertoon. Tätä kynnystä kutsutaan anaerobiseksi kynnykseksi. Laktaatti ei kuitenkaan itsessään ole väsymystä aiheuttava tekijä, vaan pikemminkin korkeaenerginen kehon polttoaine, jota voidaan hyödyntää monissa kudoksissa, kuten lihaksissa, aivoissa ja sydämessä. (Hall ym. 2016)

Veren laktaattipitoisuuden mittaamisen tarkoitus onkin antaa käytetyistä energiantuottotavoista, ja raskuuden kuormittavuudesta. Laktaatti siis helposti mitattava markkeri kuvaamaan tilannetta, vaikka ei itsessään väsymystä aiheutakaan. Vaikka suoraan slopestylen osalta ei fysiologista kuormitusta aiemmassa tutkimuksessa ei olekaan mitattu, on lumilajeista esimerkiksi alppihiihdossa tutkittu harjoituksen aikaisia laktaattiarvoja. Muun muassa White & Wells (2016) tutkivat alppihiihdon osalta palautumismekanismien vaikutusta laskijoilta mitattuihin laktaattiarvoihin. Sekä aktiivisen että passiivisen palautumisen ryhmällä laktaattitasot olivat laskujen jälkeen merkitsevästi kohonneet lepotasoon nähden niiden ollessa noin 4–6 mmol/l ja suurimmillaan 6,9 mmol/l. Suorituksen kesto tässä tutkimuksessa oli noin 1–2 minuuttia. Veicsteinas ym. (1984) puolestaan mittasivat keskimäärin jopa 11,7 mmol/l laktaattiarvoja pujottelijoilta ja 12,4 mmol/l laktaattiarvoja suurpujottelijoilta. Kyseisessä tutkimuksessa suoritusrata oli kuitenkin pidempi kuin White & Wells (2016) tutkimuksessa ja kyseessä oli maajoukkue-tason laskijoita.

### **3.4 Harjoituksen kuormittavuuteen vaikuttavat ulkoiset tekijät**

Lumilajeissa harjoitteluolosuhteet saattavat muuttua kauden mittaan ja kisojen välillä hyvinkin paljon. Talvella pakkasta voi olla kymmeniä asteita, kun taas keväällä voidaan hyvinkin harjoitella ja kisata vielä, kun lämpötila on noussut jo hyvän matkaa plussan puolelle. Kylmissä olosuhteissa ihmisen sympaattinen hermosto aktivoituu, erittyy noradrenaliinia ja adrenaliinia, ja niiden vaikutuksesta metabolinen aktiivisuus ja lämmöntuotanto lisääntyy. (Hall & Guyton 2016, 909) Energiankulutus on siis ihmisen kylmettyessä suurempaa. Urheilija pystyy jossain

määrin säätelemään olosuhteiden vaikutusta pukeutumisellaan, kylmällä laittamalla lisää vaatetta, ja lämpimällä vähentämällä sitä. Slopestyle on lajina kuitenkin sellainen, että tietty määrä varusteita ja vaateista on pidettävä päällä kaikissa olosuhteissa. Urheilijat joutuvat esimerkiksi käyttämään monoja, kypärää ja mahdollisesti selkäpanssaria oli lämpötila mikä hyvänsä. Myös laskuhousut ja takki tai pitkähihainen vaate ovat käytännössä pakollisia varusteita.

Kilpailuita saattaa olla myös hyvinkin korkealla, kuten esimerkiksi Aspenin kisojen tapauksessa, kun korkeutta oli merenpinnasta miltei 3 kilometriä. Korkealla oleskelu aiheuttaa monia metabolisia muutoksia, kuten perusenergiankulutuksen kasvun ja laktaatin kertymistä. (Hill ym. 2011) Myös mm. maksimaalinen hapenottookyky heikkenee noin 10 % jokaista 1000 nousumetriä kohden 2000 metrin korkeudesta alkaen. (Hill ym. 2011) Keho siis joutuu suhteessa kovemmalle kuormitukselle korkealla työskennellessä kuin merenpinnan tasolla. Harjoittelun ja kisojen kuormitusta seurattaessa onkin siis hyvä ymmärtää, miten olosuhteet vaikuttavat itse rasitukseen.

## 4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään slopestylelaskijan harjoituspäivän aikana kokemaa fysiologista kuormittuneisuutta käyttämällä useita erilaisia mittaamenetelmiä. Tavoitteena on selvittää, onko kuormitus käytetyillä menetelmillä kuvattuna niin suurta, että se tulisi ottaa huomioon harjoittelua suunniteltaessa. Toisin sanoen, onko tällainen lajinomainen harjoittelu niin kuormittavaa, että se tulee ottaa huomioon pidemmän ajan suunnitelmia tehdessä, jotta voidaan välttyä mahdollisilta yllärasitustiloilta ja loukkaantumisriskin kasvulta. Toisena tavoitteena tutkimuksessa on vertailla invasiivisia ja kalliimpia menetelmiä, kuten verikokeita ja laktaatin mittausta, edullisempiin ja yksinkertaisempiin menetelmiin kuten sykkeen mittaukseen ja koetun kuormituksen kyselyihin. Tutkimus pyrkii antamaan kuvaa siitä miten erilaisten menetelmien antamat mittaustulokset suhteutuvat toisiinsa.

### **Tutkimuskysymykset:**

#### **1. Aiheuttaako 20 laskun mittainen harjoitus sellaista mitattavissa olevaa kuormittuneisuutta, joka tulisi huomioida harjoittelua suunniteltaessa?**

**Hypoteesi:** Kyllä, 20 laskun mittainen harjoitus on niin pitkä ja kuormittava, että sen aiheuttama kuormitus näkyy erilaisin fysiologisin markkereihin mitattuna, ja tämä kuormitus tulee ottaa huomioon harjoittelua suunniteltaessa.

**Perustelu:** Esimerkiksi Löfquist & Björklund (2020) mittasivat slopestyle urheilijoilla yli kaksi kertaa kehonpainoa vastaavia voimia hyppyjen alastuloissa ja kyse oli helpommista mahdollisista hypyistä. Kun vaikeusastetta korotetaan ovat voimat suurempia ja aiheuttavat keholle huomattavaa kuormitusta. Muihin lajeihin verrattuna slopestyle on suoritusaikansa puolesta alppihiihtoon verrattavissa. Esimerkiksi White & Wells (2016) mittasivat huomattavia laktaattiarvoja alppilajien harjoituksissa, ja tämä viestii merkittävästä metabolisesta kuormituksesta. Mikäli tilanne on hiemankaan sama slopestylen osalta, voidaan kuormituksen olettaa näkyvän myös tässä käytössä olevin mittaamenetelmin.

#### **2. Ovatko yksinkertaisimmat sykkeen mittaukseen ja koettuun kuormitukseen perustuvat mittarit verrannollisia verestä mitattuihin muuttujiin?**

**Hypoteesi:** Kyllä. Muutokset testosteronissa ja kortisolissa heijastelevat koetun kuormituksen ja sykkeen pohjalta saatuja arvoja. Mahdollinen lihasvaurio puolestaan nostaa kreatiinikinaasi ja myoglobiinitasoja, sekä näkyy lisääntyneenä lihasarkuutena ja vähentyneenä palautuneisuuden tunteena.

**Perustelu:** Mikäli kuormitus on tarpeeksi suurta, aiheuttaa se sekä fysiologisesti mitattavia muutoksia sekä subjektiivista kuormituksen tunnetta ja on näin mitattavissa molemmilla tavoilla.

## **5 MENETELMÄT**

### **5.1 Tutkittavat**

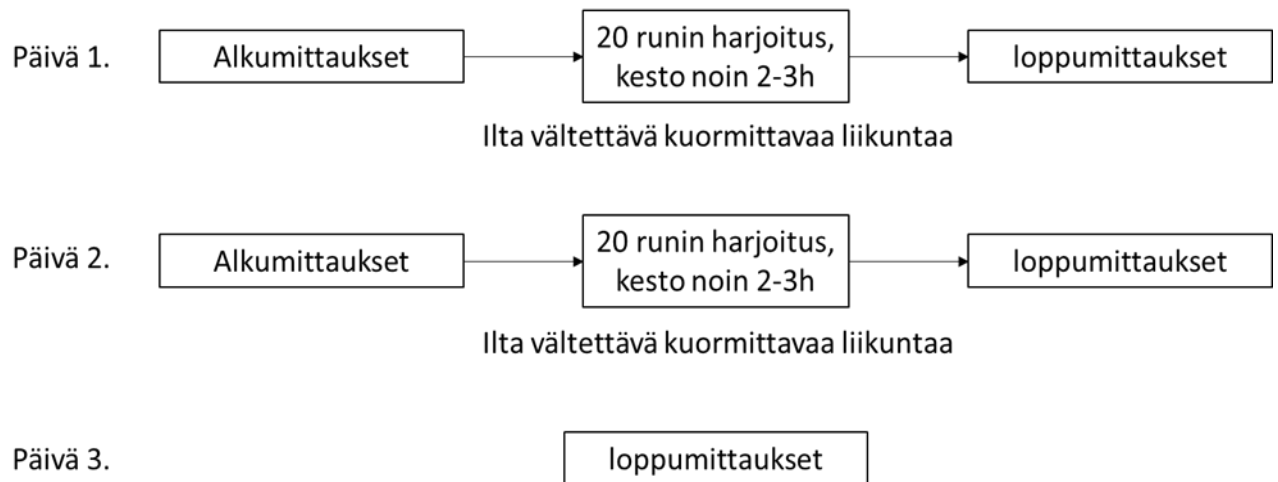
Tutkittavina toimi seitsemän (7) miespuolista 17–22-vuotiasta akatemiataason freestylelaskijaa. Koehenkilöiden paino vaihteli 60–85 kg välillä ja pituus 172–184 cm välillä. Urheilijat kilpailivat lajissaan SM-tasolla. Heidän harjoittelunsa sisälsi useita laskuharjoituksia viikossa, sekä muuta lajia tukevaa oheisharjoittelua. Laskijoista yksi laski lumilaudalla, ja loput kuusi suksilla. Ennen tutkimukseen osallistumista urheilijat olivat osallistuneet muutamaa päivää aiemmin järjestettyihin lajin SM-kisoihin, sekä laskeneet normaalisti oman halunsa mukaan. Ennen tutkimukseen osallistumista osallistujille kerrottiin tutkimuksen kulusta ja siitä mahdollisesti aiheutuvista haitoista. Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti, ja allekirjoittivat kirjallisen suostumuslomakkeen ennen osallistumistaan. Tämän lisäksi tutkittavat vastasivat esitieto- ja terveystarkastukseen, joilla varmistettiin osallistujien soveltuvuus tutkimukseen. Tutkittavat saivat osallistua tutkimukseen vain terveisinä. Kaksi tutkittavaa joko loukkaantui tai sairastui ensimmäisen mittauspäivän jälkeen, eivätkä he osallistuneet toisen tai kolmannen päivän mittauksiin. Muiden tutkittavien (n=5) osalta suoritettiin kaikki mittaukset. Ennen tutkimuksen aloitusta koehenkilöiltä mitattiin myös antropometrisistä mitoista paino ja pituus. Tutkimusta tehdessä huomioitiin sen hetkinen vallitseva koronavirustilanne, ja noudatettiin tämän osalta paikallisen viranomaisen antamia määräyksiä, sekä Jyväskylän yliopiston koronaohjeistusta. Tutkimuksella on Jyväskylän Yliopiston eettisen toimikunnan hyväksyntä.

### **5.2 Tutkimusasetelma**

Tutkimus kesti kaikkiin mittauksiin osallistuneiden urheilijoiden osalta kolme päivää. Ensimmäisenä kahtena päivänä urheilijat suorittivat 20 laskun mittaisen harjoituksen. Ennen harjoitusta urheilijoille suoritettiin alkumittaukset, ja harjoituksen jälkeen loppumittaukset. Harjoituspäivien iltoina urheilijoita ohjeistettiin välttämään kuormittavaa liikuntaa, kuitenkin



niin että kevyt liikuskelu oli sallittua. Kolmannen mittauspäivän aamuna urheilijoille suoritettiin loppumittaukset, jonka jälkeen nämä olivat vapaita mittauksista.



KUVA 3. Tutkimusasetelma.

### 5.2.1 Alkumittaukset

Alkumittaukset koostuivat leposykkeen mittauksesta, verikokeista, sekä subjektiivisten tuntemusten kyselyihin vastaamisesta. Leposyke mitattiin Polar Team Pro (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi) sykkeenmittausjärjestelmällä niin, että koehenkilöt saivat maata paikallaan 10 minuutin ajan ja sykettä mitattiin jatkuvasti. Leposyke määritettiin tämän aikajakson alimmasta tasaisena pysyneestä sykealueesta. Leposykettä käytettiin TRIMP-tulosten laskennassa. Verikokeet otettiin koehenkilöiden kyynärlaskimosta, ja ne pyrittiin ottamaan mahdollisimman samaan aikaan aamusta jokaisena päivänä. Mittauspäivien välillä oli kuitenkin käytännön haasteiden takia ajallista eroa yhdestä kahteen tuntia siinä, milloin näyte otettiin. Näytteidenoton jälkeen ne pakastettiin ja analysoitiin testausvälineistön valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kyselytutkimukset käsittivät palautuneisuuden subjektiivisen tunteen arvioinnin 10-portaisella sanallisilla kuvailuilla varustetulla asteikolla mitattuna sekä lihasarkuuden VAS (visual analogue scale) tuntemuksen oman arvioinnin (liite 1). Koehenkilöt piirsivät viivan VAS janalle vapaasti haluamalleen kohdalle, ja subjektiivisen lihasarkuuden arvo määritettiin sen mukaan, kuinka kauas alusta 10 cm pitkällä viivalla urheilija oli viivan piirtänyt.

## 5.2.2 Kuormituksen toiminut harjoitus ja sen aikana tehdyt mittaukset

Harjoituksessa tehtyjen erilaisia hyppyjä ja muita obstaakkeleita kuten reilejä (kuvat 4 ja 5) sisältäneiden laskusuoristusten määrä päätettiin yhdessä valmentajien ja urheilijoiden kanssa. Sen tarkoitus oli kuvastaa normaalia harjoitusta sekä kestoltaan, että sisällöltään. Harjoitus sisälsi 20 laskua, ja kestoltaan se oli noin 2–3 tuntia riippuen laskijan omista valinnoista. Harjoituksen kestot on esitetty taulukossa 2. Laskijat saivat itse päättää missä tahdissa tekivät suorituksia ja mitä suorituksia he tekivät. Osalla urheilijoista esimerkiksi isoja hyppyjä saattoi siis tulla useampia kuin toisella, sillä suoritusradalla oli mahdollista valita sellainen reitti, joka sisälsi jopa pelkkiä reilejä. Myös taukojen pituuden ja lepoajat urheilijat saivat itse valita. Jokainen suoritti kuitenkin omatoimisen alkulämmittelyn ennen harjoitusta. Harjoitusten kestot vaihtelivat ensimmäisenä päivänä 2 h 27 min ja 3 h 5 min välillä keskiarvon ollessa 2 h 41,5 min ja toisena päivänä 2 h 5 min ja 2 h 24 min välillä keskiarvon ollessa 2 h 17 min.

Ennen harjoitusta urheilijoille puettiin Polar sykevyöt, ja sykedata kerättiin koko harjoituksen ajalta Polar Team Pro-järjestelmällä. Sama järjestelmä mittasi myös GPS-seurantaan perustuvan harjoituksen aikaisen nopeuden. Urheilijoilta otettiin laktaattinäyte ennen harjoitusta, 5. laskun jälkeen, 10. laskun jälkeen, 15. laskun jälkeen sekä harjoituksen loputtua, eli 20. laskun jälkeen. Laktaatti mitattiin välittömästi kyseisten laskujen jälkeen rinteen alaseamalla. Laktaattinäytteet analysoitiin Lactate Scout-pikamittarilla (Arkray, Kyoto, Japani) sormenpääverinäytteestä. Ennen sormenpääverinäytteen ottamista sormenpää puhdistettiin desinfiointiliinalla. Näytettä varten sormenpäähän tehtiin terävällä neulalla pieni reikä, ja ensimmäinen pisara pyyhittiin pois ennen analysoidun näytteen ottamista. Jokaisen laskun jälkeen urheilijat myös arvioivat kunkin laskun kuormittavuuden käyttäen 10-portaista RPE-asteikkoa (liite 1).

## 5.2.1 Loppumittaukset

Harjoituksen loputtua urheilijat vastasivat samoihin lihasarkuutta ja palautuneisuuden tunnetta koskeneisiin kysymyksiin kuin alkumittauksissakin. Tämän lisäksi urheilijat arvioivat harjoituksen kokonaiskuormitusta 10-portaisella RPE asteikolla. (Borg, 1982) Asteikko oli sama, jonka avulla urheilijat arvioivat yksittäisten laskujen kuormitusta, mutta nyt ohjeena oli arvioida koko harjoituksen aikaansaamaa subjektiivista kuormittuneisuuden tunnetta. Subjektiivisten arvioiden lisäksi koehenkilöiltä otettiin samat verikokeet kuin ennen harjoitusta.

Kolmannen mittauspäivän aamun mittaukset sisälsivät muiden loppumittausten lisäksi myös leposykkeen mittauksen.

### **5.3 Sykemittausten analysointi**

Mitatun sykedatan perusteella laskettiin harjoituksen sisäistä kuormittavuutta kuvaava training impulse eli TRIMP. Urheilijoiden leposyke mitattiin, ja määritettiin aiemmin kuvatulla tavalla. Laskennassa käytettiin sen päivän leposykkeen arvoa, joka oli matalin. Maksimisyke arvioitiin käyttämällä kaavaa  $220 - (0,7 \times \text{ikä})$  jonka esimerkiksi de Olveira ym. (2016) totesivat tutkimuksessaan olevan hyvin verrannollinen mitattuihin arvoihin nähden. Harjoituksen kesto määritettiin ensimmäisen hissinousun ja viimeisen laskun lopetusajankohdan väliseksi ajaksi. Kyseiset ajankohdat pystyttiin merkitsemään tarkastelemalla GPS-signaaliin perustuvaa nopeutta, josta voidaan erottaa hissinousut ja jokainen lasku. Keskisyke määritettiin kyseisen ajanjakson keskisykkeenä.

### **5.4 Suoritusrata ja olosuhteet**

Suorituspaikkana toimi Rukan hiihtokeskus Kuusamossa, ja siellä Saaruan Rukapark. Urheilijat pystyivät valitsemaan yhden laskun aikana joko pelkkiä hyppyjä, hyppyjä ja reilejä sekä muita obstaakkeleita tai pelkkiä reilejä ja obstaakkeleita. Urheilijat hyppäsivät pääsääntöisesti kaikki hyppynsä keskuksen isoimmista hyppyreistä. Yhden kokonaissuorituksen kesto oli noin 1-3 minuuttia. Urheilijat joutuivat usein odottamaan suoritusvuoroaan, sillä radalla oli myös muita laskijoita. Kuvia radasta on esitelty kuvissa 4 ja 5. Mittaukset suoritettiin kevättalvella 2021, ja lämpötila vaihteli 0°C molemmin puolin. Tämä teki lumesta paikoin erittäin pehmeää ja olosuhteet laskemiseen olivat paikoin melko lämpimät ja rinne hyvin pehmeä.



KUVA 4. Rukaparkin reili.



KUVA 5. Rukaparkin isoimmat hyppyrit ja osa haastavimmista reileistä.

## 5.5 Verinäytteiden analysointi

Verinäytteet analysoitiin immunomääritykseen perustuvaa ELISA kit immunomääritysmenetelmää käyttäen Immulite 1000 laitteella ja kullekin biomarkkerille omalla testauskitillä (Immulite, Siemens, IL, USA). Näytteet otettiin kyynärvarren antekubitaalisesta laskimosuonesta, sentrifugoitiin ja sen jälkeen pakastettiin analysointiin asti. Mittausherkkyydet sekä sisäisen validiteetti olivat myoglobiinilla 15,6 pg/mL ja 4,5 %, kreatiinikinaasilla 3,9 pg/mL ja 5,9 %, kortisolilla 5,5 nmol/L ja 7,9 % ja testosteronilla 0,5 nmol/L ja 5,8 %.

## 5.6 Tilastollinen analyysi

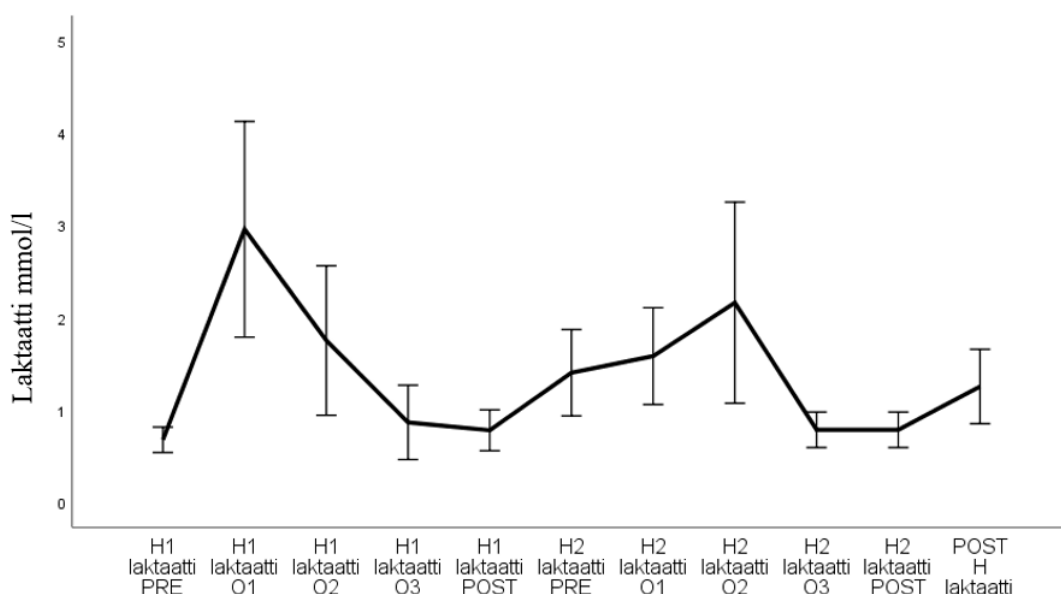
Keskiarvot ja keskihajonnat on laskettu käyttäen Microsoft Excel<sup>®</sup> ohjelmaa ja tilastolliset ajot tehty käyttäen IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> Statistics (Version 26) -ohjelmaa. TRIMP ja RPE korrelaatiota tarkasteltaessa käytettiin SPSS nonparametristen muuttujien riippuvuustestiä ja merkitsevyyden rajana  $p < 0,05$  sekä riippuvuuden rajana  $r > 0,3$ . Verinäytteiden ja laktaattien tilastollisessa analysoinnissa käytettiin riippuvien muuttujien Friedmanin kaksisuuntaista varianssianalyysiä ja siinä merkitsevyyden rajana  $p < 0,05$ .

## 6 TULOKSET

Tulokset on esitetty kuvissa ja taulukoissa mittauspisteittäin. H1 tarkoittaa ensimmäistä harjoituspäivää, H2 toista harjoituspäivää, PRE ennen harjoitusta suoritettua mittausta, POST harjoituksen jälkeen suoritettua mittausta ja POST H harjoituspäivien jälkeisenä kolmantena mittausaamuna suoritettua mittausta. Laktaatin kohdalla O1 tarkoittaa harjoituksen osiota 1 eli mittausta 5. laskun jälkeen, O2 harjoituksen osiota 2 eli mittausta 10. laskun jälkeen ja O3 harjoituksen osiota 3 eli mittausta 15. laskun jälkeen.

### 6.1 Laktaatti

Tutkimuksessa mitattujen laktaattiarvojen keskiarvo ja keskihajonta on esitetty kuvassa 6 ryhmittäin. Yksittäiset mitatut laktaattiarvot sekä lepotilanteessa ja harjoituksen aikana mitattujen arvojen eritelty keskiarvo on esitetty taulukossa 1. Harjoituksen aikana mitatut laktaattiarvot olivat keskimäärin suurempia kuin levossa mitatut arvot, mutta muutos ei ole suuri (lepo keskiarvo 1,0 mmol/l, harjoituksissa mitattu keskiarvo 1,5 mmol/l). Kuten taulukosta 1 voidaan nähdä, korkein yksittäinen mitattu laktaattiarvo on 4,7 mmol/l. Keskimäärin laktaattitasot ovat kuitenkin hyvin matalia. Harjoituksen alussa laktaattitasot ovat keskiarvillisesti korkeampia kuin harjoituksen lopussa, jolloin mitatut arvot ovat miltei lepotasoa vastaavia. Verratessa kaikkia lepotilanteessa (n=18) mitattuja arvoja (H1 PRE, H2 PRE & POST) sekä kaikkia kuormituksen aikana ja välittömästi sen jälkeen (n=49) mitattuja



KUVA 6. Mitattujen laktaattiarvojen ryhmän keskiarvo ja keskihajonta. H1 PRE – H1 POST n = 7 ja H2 PRE – POST n=5.

arvoja (H1 O1-H1 POST & H2 O1 – H2 POST) ei havaita tilastollisesti merkitsevää eroa laktaatin osalta.

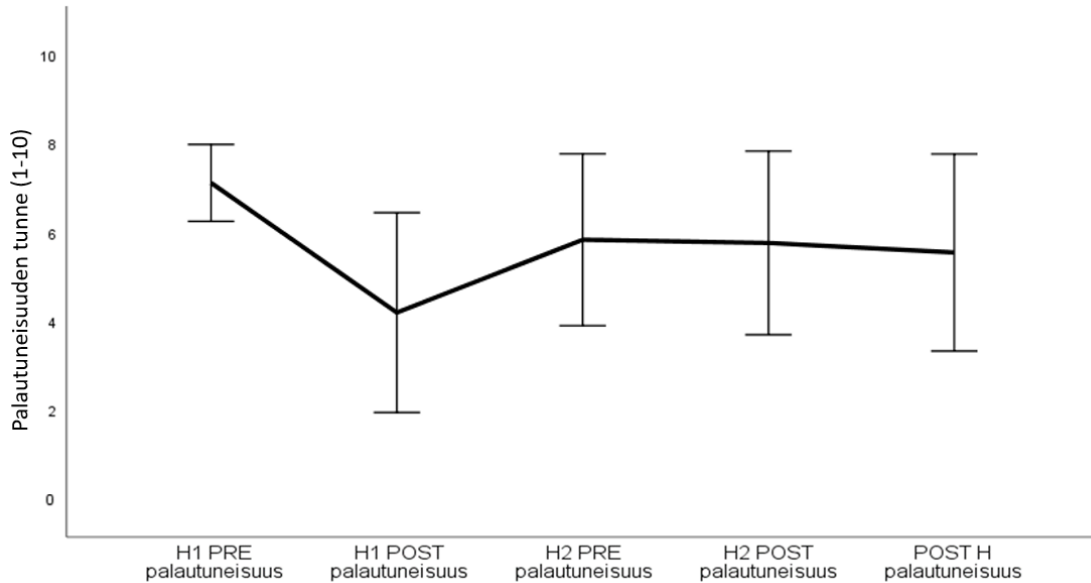
TAULUKKO 1. Yksittäisten urheilijoiden mitatut laktaattiarvot sekä lepo ja kuormitusarvojen keskiarvot ja keskihajonnat. Lepo ja kuormitusarvojen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

	H1 laktaatti PRE	H1 laktaatti O1	H1 laktaatti O2	H1 laktaatti O3	H1 laktaatti POST	H2 laktaatti PRE	H2 laktaatti O1	H2 laktaatti O2	H2 laktaatti O3	H2 laktaatti POST	Lepo (n = 18)	kuormitus (n = 49)
FS01	0,6	2,8	2,4	0,6	0,7	1,0	1,5	3,2	1,1	1,1		
FS02	0,5	2,2	2,0	0,5	0,5	0,5						
FS03	0,6	1,7	0,5	1,5	0,6	1,8	0,7	1,4	0,7	0,7		
FS04	0,9	2,3	0,9	1,0	0,5	1,8	1,9	1,4	0,6	0,6		
FS05	0,7	4,5	2,9	0,5	0,5							
FS06	0,8	2,5	1,3	0,5	0,7	0,8	2,0	1,3	0,7	0,7		
FS07	0,6	4,7	1,0	0,7	1,1	1,6	1,8	3,5	0,8	0,8		
keskiarvo	0,7	3,0	1,6	0,8	0,7	1,3	1,6	2,2	0,8	0,8	1,0	1,5
keskihajonta	0,1	1,1	0,8	0,3	0,2	0,5	0,5	1,0	0,2	0,2	0,5	1,0

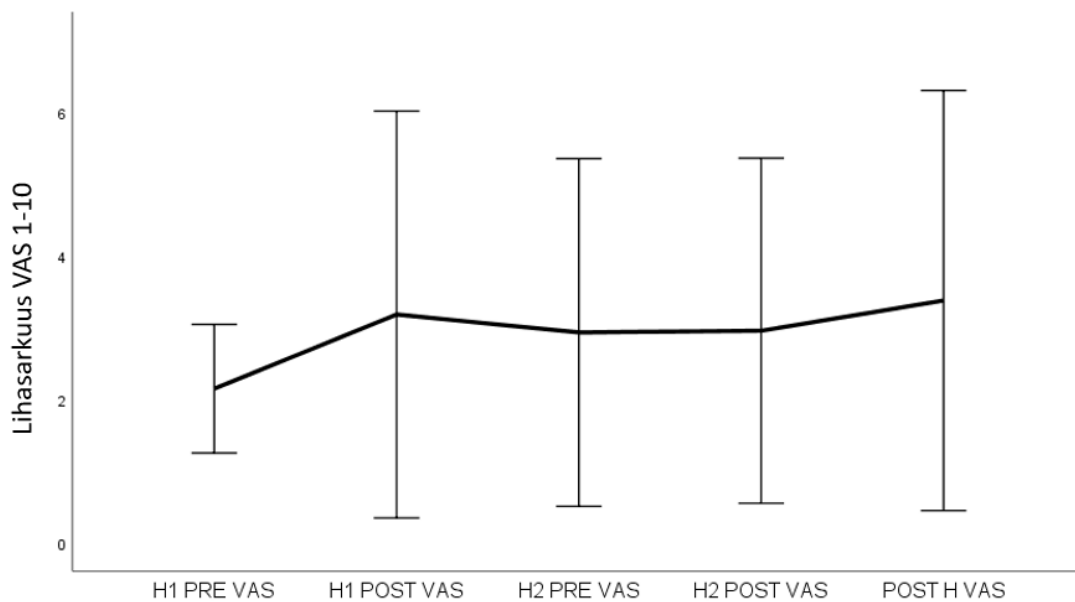
## 6.2 Lihasarkuus ja palautuneisuuden tunne

Lihasarkuuden ja palautuneisuuden tunteessa ei mittausjaksolla ryhmän mittakaavassa tarkasteltuna nähty suuria muutoksia. Palautuneisuuden tunne laski keskiarvillisesti hieman ensimmäisestä ennen harjoitusta tehdystä mittauksesta toiseen, harjoituksen jälkeen tehtyyn mittaukseen nähden (6,9 → 4,1) keskihajonnan kuitenkin ollessa melko suuri. Lopuissa mittauksissa ryhmän tasolla tarkasteltaessa koettu palautuneisuus pysyi hyvin samalla tasolla

ollen keskiarvillisesti 5,7–5,4 välillä. Lihasarakuuden tunne nousi keskiarvillisesti hieman mittausten alusta mittausten loppuun arvosta 2,1 arvoon 3,4 yksittäisten arvojen vaihdellessa koko mittausten osalta välillä 1,0–8,6. Muutokset eivät kummankaan muuttujan osalta olleet tilastollisesti merkitseviä mitään aikapisteitä vertailtaessa



KUVA 7. Palautuneisuuden tunne asteikolla 1-10, ryhmän keskiarvo ja keskihajonta H1 PRE palautuneisuus ja H1 POST palautuneisuus n=7, H2 PRE – POST H n=5



KUVA 8. Lihasarakuuden tunne VAS 1-10 asteikolla mitattuna. ryhmän keskiarvo ja keskihajonta H1 PRE palautuminen ja H1 POST palautuminen n=7, loput mittaukset n=5



### 6.3 Syke, TRIMP & RPE

TRIMP arvo oli keskiarvallisesti ensimmäisessä harjoituksessa korkeampi kuin toisessa ryhmän mittakaavassa tarkasteltuna, arvojen ollessa ensimmäisessä harjoituksessa 91,1 (vaihteluväli 58,7–131,1) ja toisessa 73,3 (vaihteluväli 48,7–100,2). Yksittäisten urheilijoiden kohdalla harjoituksen kuormittavuus TRIMP arvolla kuvattuna saattoi kuitenkin olla jopa korkeampi toisessa kuin ensimmäisessä harjoituksessa.

TAULUKKO 2. Harjoitusten aikainen maksimisyke (lyöntiä minuutissa), keskisyke (lyöntiä minuutissa) sekä TRIMP arvo (yksikköä). TRIMP laskentakaavassa keskisyke toimii yhtenä muuttujana, eli keskisyke ja TRIMP ovat suoraan verrannollisia.

	<b>Maksimi syke H1</b>	<b>Maksimisyke H2</b>	<b>Keskisyke H1</b>	<b>Keskisyke H2</b>	<b>TRIMP H1</b>	<b>TRIMP H2</b>
FS01	184	180	107	110	75,8	75,1
FS02	195	-	124	-	81	-
FS03	165	170	99	98	58,7	48,7
FS04	168	160	114	118	74,5	82,4
FS05	174	-	127	-	128,7	-
FS06	191	161	124	105	131,1	60,1
FS07	164	178	110	122	88	100,2
keskiarvo	177	170	115	110,6	91,1	73,3
keski-hajonta	11,8	8,3	9,7	8,7	25,9	17,8

Taulukko 3. Yksittäisten laskujen RPE arvojen keskiarvosta laskettu koko harjoituksen RPE, sekä harjoituksen jälkeen kokonaisarviona annettu Session RPE, sekä ryhmän keskiarvot ja keskihajonnat näiden osalta.

	H1 RPE keskiarvo	H2 RPE keskiarvo	H1 SESSION RPE	H2 SESSION RPE
FS01	2,5	2,0	4,0	4,0
FS02	3,4		7,0	
FS03	4,6	2,7	6,0	4,0
FS04	6,1	3,7	5,0	5,0
FS05	5,0		7,0	
FS06	4,3	3,2	6,0	5,0
FS07	5,0	3,6	8,0	8,0
keskiarvo	4,4	3,0	6,1	5,2
keskihajonta	1,1	0,6	1,2	1,5

Yksittäisten laskujen RPE arvioista laskettujen koko harjoituksen keskiarvoisten RPE lukujen (RPE keskiarvo), harjoituksen jälkeen annetun koko harjoitusta arvioineen Session RPE lukujen ja TRIMP arvojen keskinäiset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4. Yksittäisten laskujen pohjalta laskettu RPE keskiarvon ja koko harjoituksen RPE arvion välillä on huomattava merkitsevä korrelaatio ( $r=0,604$ ;  $p=0,038$ ). Myös TRIMP arvojen sekä koko harjoituksen RPE arvion välillä on huomattava merkitsevä korrelaatio ( $r=0,617$ ;  $p=0,033$ )

TAULUKKO 4. RPE keskiarvon, Session RPE ja TRIMP korrelaatiot. \*merkitsevä korrelaatio

	RPE keskiarvo (n=12)	SESSION RPE (n=12)
SESSION RPE (n=12)	$r=0,604^*$ $p=0,038$	
TRIMP (n=12)	$r=0,336$ $p=0,285$	$r=0,617^*$ $p=0,033$

#### 6.4 Kuormitusta kuvaavat biomarkkerit

Jokaisen mitatun muuttujan yksittäisten urheilijoiden arvot on kuvattu kuvissa 9–12. Tilastollisesti merkitseviä muutoksia voidaan havaita ainoastaan myoglobiinin ja kortisolin osalta. Myoglobiinin osalta tilastollisesti merkittävä lasku havaittiin ensimmäisen

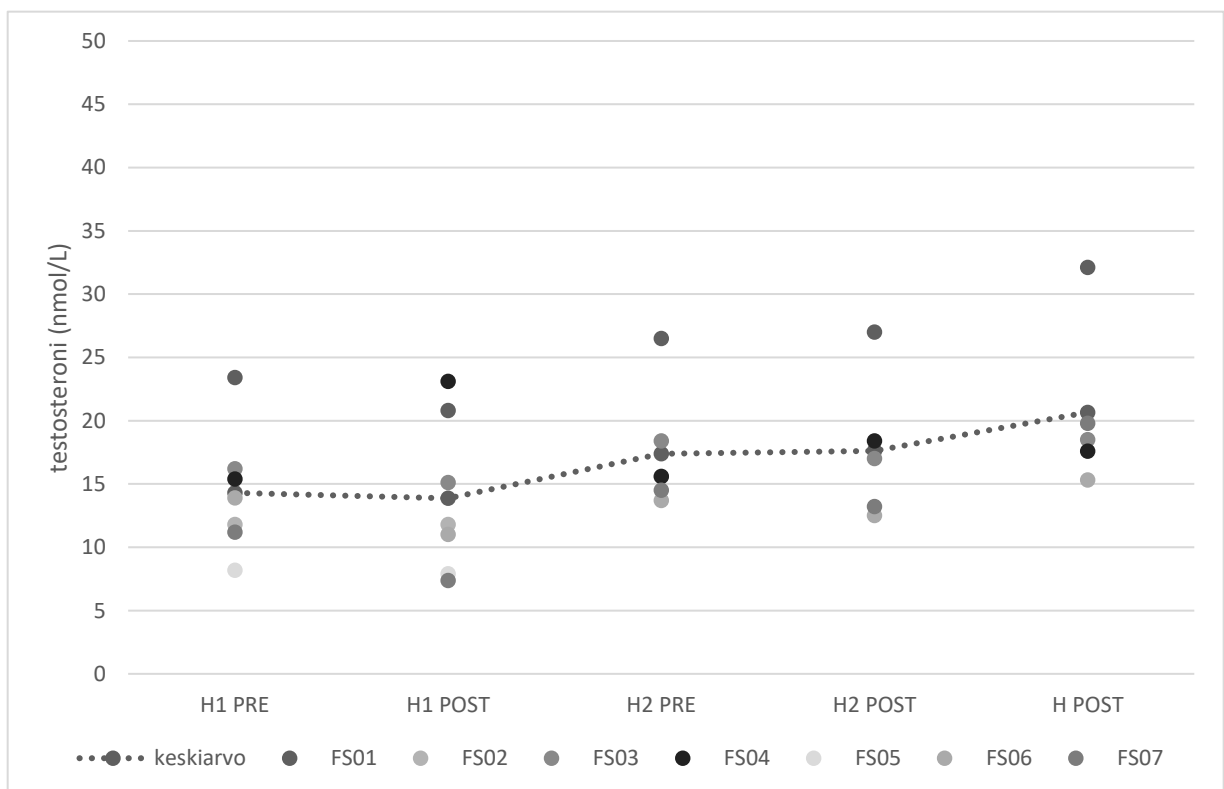
harjoituspäivän jälkeen otetusta mittauksesta (H1 POST) kolmannen päivän seurantamittaukseen (H POST) ( $p=0,005$ ), ja tilastollisesti merkitsevät nousut arvoissa ensimmäisen päivän ennen harjoitusta otetusta mittauksesta (H1 PRE) ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen otettuun mittaukseen (H1 POST) ( $p=0,028$ ) sekä ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen otetusta mittauksesta (H1 POST) toisen päivän harjoituksen jälkeiseen mittaukseen (H2 PRE) ( $p=0,028$ ). Kortisolin osalta tilastollisesti merkitsevä kasvu mitatuissa arvoissa nähtiin ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen otetusta mittauksesta (H1 POST) ennen toisen päivän harjoitusta otettuun mittaukseen (H2 PRE) ( $p=0,028$ ), ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen otetusta mittauksesta (H1 POST) kolmannen päivän seurantamittaukseen (H POST) ( $p=0,005$ ) sekä toisen harjoituspäivän jälkeen otetusta mittauksesta (H2 POST) kolmannen päivän seurantamittaukseen (H POST) ( $p=0,028$ ). Merkitsevyyden rajana pidettiin  $p<0,05$ . Testosteronin ja kreatiiniinaasin osalta ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia mittausajankohtien välillä.

Tutkittaessa yksittäisten laskujen RPE arvoista laskettujen keskiarvoisten RPE arvojen, koko harjoitusta arvioineiden session RPE arvojen ja TRIMP arvojen korrelaatiota suhteessa testosteronin ja kortisolin osalta laskettujen ensimmäisen ja toisen päivän PRE ja POST tilanteen muutoksiin, voidaan todeta, ettei merkitseviä korrelaatiota ole. Korrelaatioita laskettaessa on verrattu muutoksia absoluuttisissa arvoissa, ei prosentuaalista muutosta. Korrelaatiota tarkasteltaessa on tutkittu kaikkien muuttujien osalta kaikkia PRE-POST muutoksia molempina harjoituspäivinä yhtenä joukkona. Arvot on esitetty taulukossa 9.

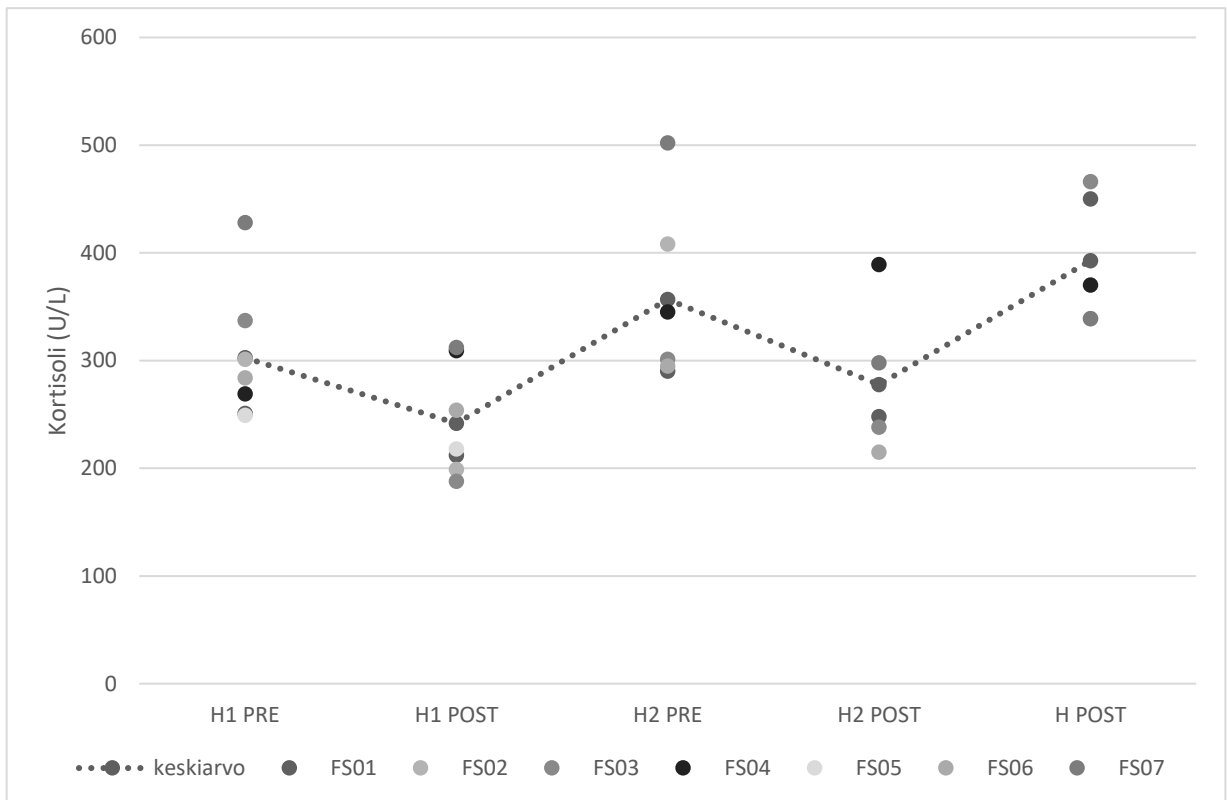
TAULUKKO 9. RPE keskiarvo, Session RPE ja TRIMP arvojen riippuvuus testosteronin ja kortisolin muutoksiin. Ei tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita.

	Testosteroni muutos H1 ja H2 PRE – POST (n=12)	Kortisoli muutos H1 ja H2 PRE – POST (n=12)
RPE keskiarvo (n=12)	$r=-0,102$ $p=0,752$	$r=0,140$ $p=0,664$
SESSION RPE (n=12)	$r=-0,214$ $p=0,504$	$r=-0,467$ $p=0,126$
TRIMP (n=12)	$r=-0,231$ $p=0,471$	$r=0,175$ $p=0,587$

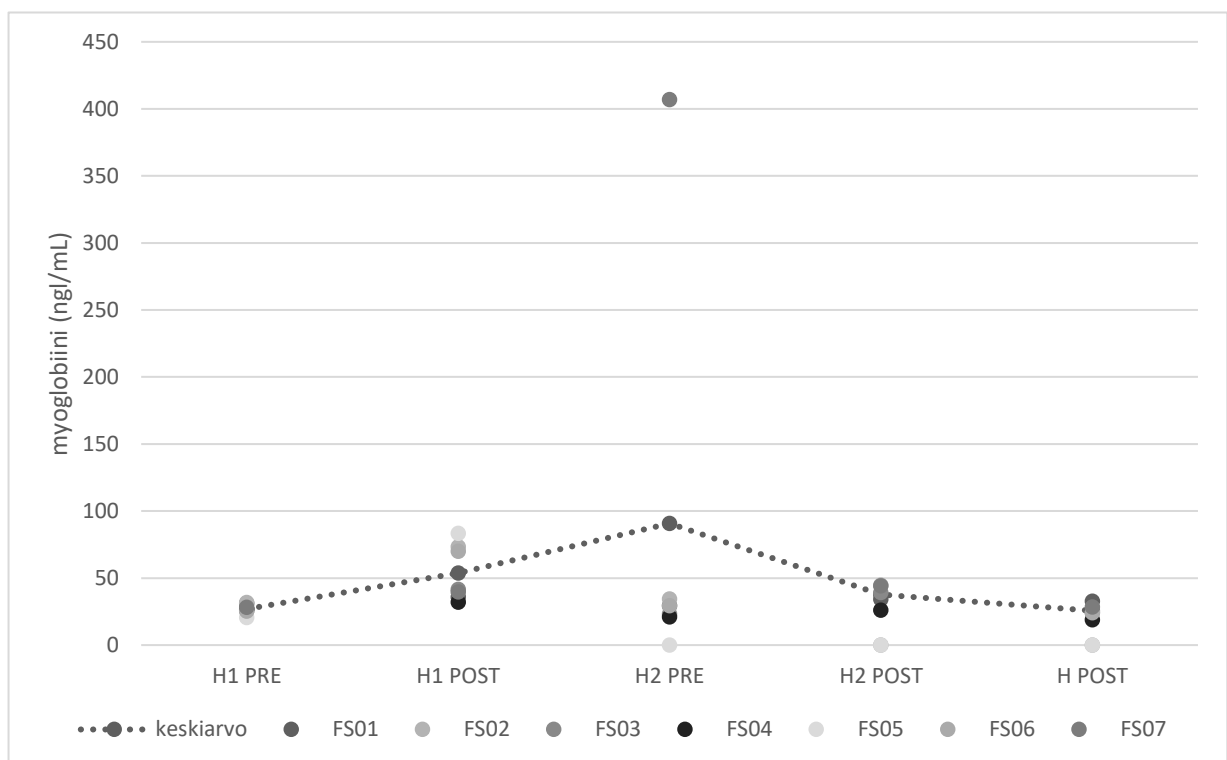
Yksittäisten urheilijoiden mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan testosteronin (kuva 9) kohdalla huomata lievää nousujohteista trendiä päivien kuluessa. Keskiarvallisesti tarkasteltuna aamumittauksissa mitatut pitoisuudet ovat hieman korkeampia kuin harjoituksen jälkeen mitatut arvot. Kuvasta voidaan myös huomata vaihteluvälin yksilöiden välillä olevan melko suurta. Kortisolin (kuva 10) osalta trendi on testosteronin tavoin nouseva, mutta vaihtelu aamumittausten ja harjoitusten jälkeisten mittausten välillä suurempi, aamuarvojen ollessa korkeampia. Yksilöiden välillä on havaittavissa vaihtelua lähtötilanteessa, ja myös muutoksen suunta on esimerkiksi FS04 kohdalla muista poikkeava, sillä kyseisellä koehenkilöllä kortisolipitoisuudet nousivat aamusta treenin jälkeisiin mittauksiin. Myoglobiinin (kuva 11) ja kreatiinikinaasin (kuva 12) osalta voidaan huomata FS07 kohdalla suuri nousu ennen toista harjoituspäivää (H2 PRE) mitatuissa arvoissa, myoglobiinin ollessa 407 ng/mL ja kreatiinikinaasin 555,5 U/L. Kyseisiä yksittäisiä korkeita arvoja lukuun ottamatta myoglobiini- ja kreatiinikinaasiarvoissa ei tapahdu suuria muutoksia.



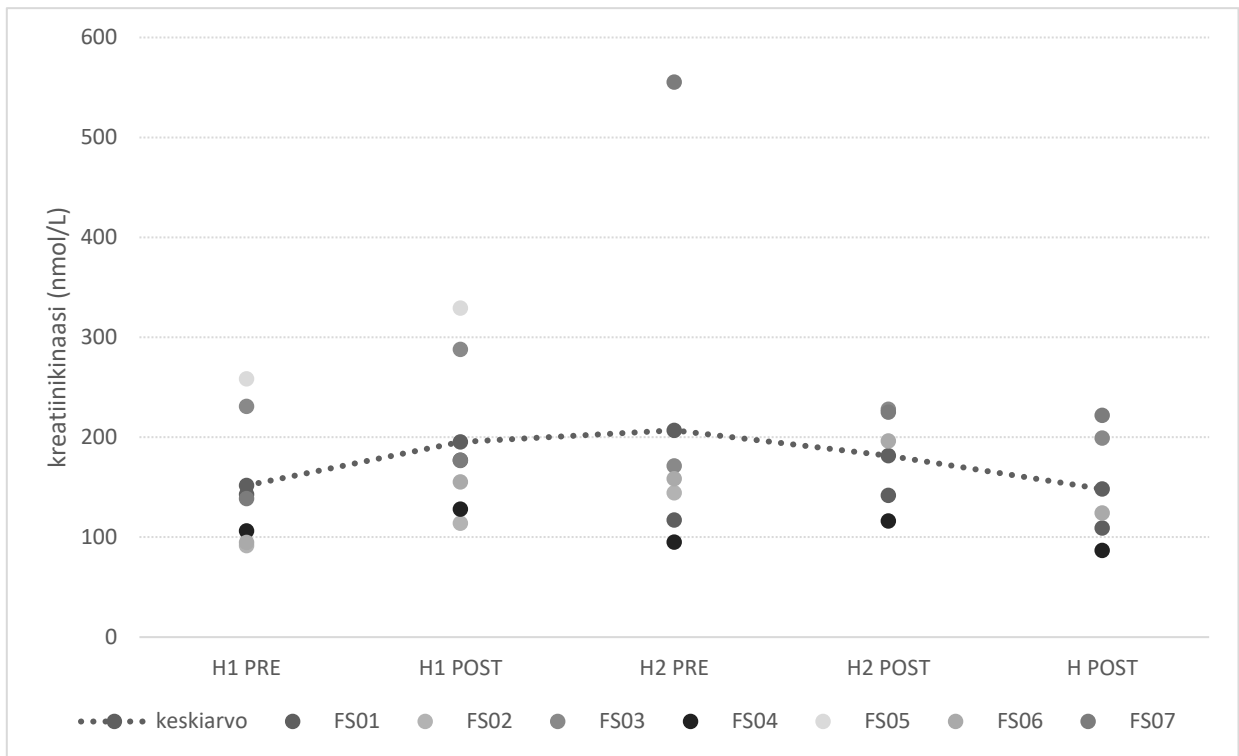
KUVA 9. Yksittäisten urheilijoiden testosteroniarvot ja ryhmän keskiarvo eri aikapisteissä.



KUVA 10. Yksittäisten urheilijoiden kortisoliarvot ja ryhmän keskiarvo eri aikapisteissä.



KUVA 11. Yksittäisten urheilijoiden myoglobiiniarvot ja ryhmän keskiarvo eri aikapisteissä.



KUVA 12. Yksittäisten urheilijoiden kreatiinikinaasiarvot ja ryhmän keskiarvo eri aikapisteissä.

## 7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa uutta tietoa ja toimia pohjana sille, miten tutkimusta kannattaisi jatkossa tehdä, kun halutaan seurata slopestyle laskijoiden kokemaa harjoituskuormaa. Tavoitteena oli siis myös tuottaa lajin valmentajille hyödyllistä tietoa, jota he voisivat käyttää urheilijoiden seurannassa ja näin optimoida harjoituskuormaa. Tutkimusta aiheesta ei juurikaan ollut aiemmin tehty, ja vertailua muihin lajeihin oli tehtävä esimerkiksi alppihiihdon ja aerials hyppyjen kautta. Pääasiallisena tuloksena voitaneen mainita, että harjoitukset ovat kyllä fyysisesti kuormittavia, ja esimerkiksi syke nousee parhaimmillaan hyvinkin lähelle maksimisykettä. Kuitenkaan tutkimuksen mittausten aikaikkunassa ja käytetyin menetelmin merkitsevää muutosta ei tapahdu ainakaan testosteronin tai kortisolin osalta, ja muutokset myoglobiinin ja kortisolin osalta ovat hyvin pieniä, vaikka tilastollisesti merkitsevä muutos voitiinkin havaita. Myös laktaatin osalta voidaan havaita yksittäisiä korkeampia arvoja, mutta ryhmän mittakaavassa tarkasteltuna ei tilastollista muutosta tapahdu lepo ja suoritusilanteen välillä. Lihaskuuden ja palautuneisuuden osalta muutokset olivat myös hyvin pieniä, eikä niistä tule vetää liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. TRIMP ja RPE arvot korreloivat toisiinsa melko hyvin, vahvistaen ennakkokäsitystä siitä, että RPE arvion käyttäminen voi olla validi työkalu harjoittelun kuormituksen seurantaan yksinkertaisena keinona jopa yksin käytettynä.

**Laktaatti.** Laktaattimittauksista voidaan nostaa esiin kaksi huomionarvoista seikkaa. Ensimmäisenä voidaan todeta, etteivät mitatut laktaattiarvot nousseet kovin korkeiksi, eikä lepotilanteen ja suorituksen aikaisten mittausten välillä havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Esimerkiksi White & Wells (2015) saivat omassa tutkimuksessaan alppilaskijoiden kohdalla huomattavan erilaisia tuloksia laktaattitasojen noustessa järjestäen 4–6 mmol/l tuntumaan. Veicsteinas ym. (1984) mittasivat tätäkin huomattavasti korkeampia laktaattiarvoja, jopa yli 10 mmol/l. Näihin arvoihin verratessa slopestyle ei siis ole metabolisen kuormittavuuden osalta aivan yhtä kuormittavaa kuin alppihiihto. Alppihiihdossa, toisin kuin slopestylessa, urheilija pyrkii radan läpi mahdollisimman nopeasti tehden paljon voimaa vaativia kanttaavia käännöksiä. Alppihiihdossa urheilija pitää myös matalan laskuasennon takia lihaksistossaan yllä jatkuvaa jännitystilaa, joka vaikeuttaa verenkiertoa lihaksiin, ja näin saattaa lisätä anaerobisen energiantuoton osuutta. (Szmedra ym. 2001). Slopestylessa laskuasento vaihtelee, eikä matalassa asennossa olla koko aikaa. Slopestylessa taidolla ja räjähtävällä voimatuotolla

on huomattavan paljon suurempi rooli kuin alppihiihdossa, jossa voimantuotto on enemmän eksentristä ja jopa staattista ja pitkäkestoisempaa.

Toisena huomionarvoisena asiana voidaan nostaa, että mikäli mitattujen laktaattiarvojen kohdalla nähtiin nousua lepotilanteesta, oli se järjestäen harjoituksen alkupuolella otettujen mittausten yhteydessä. Selittäviä tekijöitä tälle saattaa olla useita. Saattaa olla, että urheilijat keskittyivät harjoituksen loppupuolella vain reileihin ja muihin enemmän taitoa, mutta ei niinkään aggressiivista laskemista ja räjähtävyyttä vaatineisiin temppuihin. Mikäli siis isot hyppyt ovat niitä, jotka enimmäkseen väsymystä aiheuttavat, tulisi valmennuksen kannalta miettiä olisiko tällaisten laskujen jälkeen syytä pitää pidempiä taukoja, tai harjoitusta jaotella niin, että isoista hypyistä ehditään palautumaan. Esimerkiksi voimaharjoittelussa maskimaalista voimaa ja räjähtävyyttä harjoiteltaessa palautukset ovat noin 2–5 minuuttia, jotta lihaksen välittömät ATP ja fosfokreatiinivarastot ehtivät varmasti palautumaan, ja seuraavakin suorite olisi näin maksimaalinen. (Willardson, 2008) Tässä tutkimuksessa palautuksen pituuden pohdinta on kuitenkin jätettävä spekuloinnin varaan, sillä laskujen sisältöä ei seurattu ja kirjattu riittäväällä tarkkuudella. Jatkotutkimuksessa yksittäisten laskujen sisältö tulisi kartoittaa paremmin, jotta voitaisiin vetää tarkempia johtopäätöksiä siitä, mitkä ovat harjoituksen sisällä mahdollisesti kuormittavimpia osioita.

Vaikka laktaattiarvot eivät tämän tutkimuksena mittausten osalta kovin korkeiksi nousseetkaan, on kuitenkin selvää, että myös anaerobinen energiantuotto on suuressa roolissa energiantuottotavoista puhuttaessa. Harjoittelua ei siis tule painottaa vain aerobiseen suuntaan, vaan pikemminkin räjähtävään, ja välittömiä energianlähteitä hyödyntävään voimantuottoon. Monipuolisuus harjoittelussa on kuitenkin erittäin tärkeää. Monipuolisuuden puolesta puhuvat myös esimerkiksi Turnbull ym. (2019) alppihiihtoa käsittelevässä katsauksessaan, jossa he toteavat laskettelon olevan moniulotteinen laji, ja sen vaativan paljon kaikilta eri energiantuottotavoilta. Tässä yhteydessä slopestylea voitaneen verrata alppihiihtoon.

**Sykemuuttujat.** Sykemuuttujien osalta tässä tutkimuksessa määritettiin harjoituksen maksimisyke, keskisyke, sekä keskisykkeeseen, leposykkeeseen, harjoituksen keston ja sukupuoleen perustuva TRIMP arvo. Tässä tutkimuksessa yksittäisen harjoitusten TRIMP arvot vaihtelivat 49 ja 131 yksikön välillä keskiarvojen ollessa ensimmäisen harjoituspäivän osalta 91 ja toisen harjoituspäivinä osalta 73. Vertailuarvona mainittakoon, että esimerkiksi



täysimittainen ammattitasoinen jalkapallopeli on kuormitukseltaan noin 190 TRIMP yksikköä ja maratonjuoksu maailmanluokan juoksijan toimesta noin 275 TRIMP yksikköä. (Padilla ym. 2001) Kuten olettaa saattaakin, tämän tutkimuksen harjoitusten TRIMP arvot ovat huomattavasti matalampia kuin nuo arvot. Toisaalta jos puhutaan parhaimmillaan reilusti yli puolesta jalkapallopelin kuormituksesta, puhutaan jo varsin merkittävästä kuormituksesta. Lukuja tarkastellessa tulee kuitenkin huomioida, että slopestyle harjoitus on pitkä ja sykkeen keskiarvo melko matala. Fitz-Clarke ym. (1991) ovat osoittaneet matemaattisesti TRIMP kaavan kuvaavan pitkät ja matalaintensiteettiset kuormitukset suhteessa korkeammilla arvoilla kuin korkeaintensiteettisemmät, mutta lyhytkestoisemmat suoritukset. Tämän voi mahdollisesti huomata myös verratessa tämän tutkimuksen kahta harjoituspäivää. TRIMP arvo ei myöskään huomio mistä syystä syke on harjoituksen aikana kasvanut, vaan lähtee siitä ajatuksesta, että sydämen syketaajuuden kasvu johtuu harjoituksen aiheuttamasta kuormituksesta. Esimerkiksi Lambert & Borresen (2010) nostavat katsauksessaan esille huomattavan määrän erilaisia muuttujia, jotka saattavat vaikuttaa sydämen sykkeeseen harjoituksen aiheuttaman kuormituksen lisäksi. Näitä ovat heidän mukaansa esimerkiksi ympäristötekijät, kuten lämpötila ja ilmankosteus; fysiologiset tekijät, kuten nesteytyksen tila, vuorokausirytmiiin liittyvät tekijät ja aiemman harjoituksen aiheuttama kuormitustila sekä psykologiset tekijät, jotka voivat vaikuttaa hermostoon ja sydämen sykkeeseen.

Tässä tutkimuksessa TRIMP arvo oli 19 mittayksikköä ja 24 % pienempi toisena kuin ensimmäisenä päivänä. Keski-sykkeiden keskiarvo oli kuitenkin vain 4,4 lyöntiä eli noin 4 % matalampi toisessa kuin ensimmäisessä harjoituksessa, mutta harjoituksen kesto jostain syystä jopa noin puoli tuntia vähemmän kuin ensimmäisenä päivänä vaikka laskujen määrä oli sama. Koska laskussa aktiivisesti käytetty aika (huomioidaan siis vain se aika, joka laskussa tullaan alaspäin ja tehdään temppuja, ei kesken laskua tapahtuvaa odottelua) on käytännössä miltei sama joka kerralla, on erotus harjoitusten keston välillä suurella todennäköisyydellä passiivista toimintaa, eli odottelua ja esimerkiksi hissijonoissa seisoskelua. Jos siis TRIMP arvoja käytetään esimerkiksi harjoituskuorman seurannassa, tulee huomioida monia seikkoja sen käytössä slopestylen kaltaisessa lajissa, jossa on paljon odottelua ja ulkopuolisista tekijöistä riippumattomia muuttujia. Siksi TRIMP ei välttämättä ole paras työkalu, ainakaan ainoana mittarina, harjoituskuorman seurantaan. Harjoituksen sisällä olevan odottelun voisi myös eliminoida esimerkiksi muokkaamalla käyttöön sellaisen kaavan, jossa harjoituksen keston tilalla olisi laskujen määrä, tai aika laskettaisiin keskiarvoisen laskun kesto laskujen määrällä

kertomalla. Toisaalta tällä tavalla laskiessa pitäisi huomioida myös sykkeen keskiarvossa odottelun aikana mitatut arvot, ja tämä olisi datan käsittelyn kannalta hyvin hankalaa.

**RPE.** Harjoituksen subjektiivista koettua kuormitusta kuvaava RPE laskettiin tutkimuksessa kahdella eri tavalla. Toisessa hyödynnettiin jokaisen laskun jälkeen erikseen kysyttyä yhden laskun RPE arvoa ja laskettiin tästä keskiarvo koko harjoitukselle. Urheilijoita pyydettiin myös antamaan RPE arvo ajatellen koko harjoitusta. Keskiarvoista lasketun ja koko harjoituksen pohjalta annetun RPE arvon välillä oli huomattava korrelaatio. Tästä syystä voitaneen todeta, ettei ole käytännön kannalta järkevää kysyä RPE arviota jokaisen laskun jälkeen, kun joka tapauksessa koko harjoituksen ja yksittäisten laskujen keskiarvo korreloivat melko hyvin. Korrelaatio ei kuitenkaan tarkoita, että annetut arvot olisivat olleet samoja molemmilla tavoilla. Tarkasteltaessa eri tavoilla kerättyjä arvoja voidaan huomata, että koko harjoitusta kerralla arvioidessa RPE luku on keskimäärin suurempi kuin yksittäisten laskujen perusteella laskettu keskiarvo. Samanlaiseen tulokseen päätyivät myös esimerkiksi Hornsby ym. (2013), jotka niin ikään huomasivat harjoituksen aikana kerätyistä RPE luvuista lasketun RPE arvon olevan pienempi kuin koko harjoitusta kuvaava session RPE. Tästä voisi myös päätellä, että vaikka moni yksittäinen lasku tuntuisikin kevyeltä, alkaa koko harjoituksen mittakaavassa väsymyksen tunne kertyä. On myös huomattava, että koko harjoituksen RPE luku on kysytty hetki harjoituksen jälkeen sisätiloissa, ei rinteiden ala-aseamalla kuten yksittäisten laskujen.

Tarkasteltaessa RPE lukujen ja TRIMP arvojen korrelaatiota, voidaan todeta session RPE luvun sekä TRIMP arvojen korreloivan keskenään. Tämä havainto tukee aiempaa tutkimusta vahvistaen esimerkiksi Herman ym. (2006) havaintoa RPE arvojen hyvästä validiteetista sykemuuttujiin nähden. Mikäli siis olisi esimerkiksi tilanne, jossa harjoittelun kuormituksen seurannan resurssit olisivat hyvin rajalliset, voisi RPE seuranta olla yksi yksinkertainen tapa mitata muutoksia tilanteessa. Borgin 10-portaisen RPE asteikon on Ramos (2019) tutkimuksessa havaittu toimivan sykkeen veroisena laktaatin kertymisen ennustajana. Tutkimuksessa 10-portaisella RPE asteikolla annettu arvo selitti 59 % laktaatin varianssista. Toki parasta olisi käyttää rinnalla myös esimerkiksi juuri TRIMP arvoa tai sykkeen seuranta muilla tavoin.

**Hormonaaliset ja lihasvaurion biomarkkerit.** Kreatiiniikinaasin osalta tuloksissa ei ryhmän mittakaavassa ole havaittavissa merkitseviä muutoksia koko mittausjakson aikaikkunaa

tarkastellessa. Myoglobiinin osalta voidaan havaita tilastollisesti merkitseviä eroja kolmen eri mittauspisteen välillä. Kuitenkin mikäli tilastollisessa tarkastelussa olisi käytetty Bonferronin korjausta, ei merkitsevyyttä olisi. Merkitsevyys on siis melko heikkoa. Näin ollen yhtenä johtopäätöksenä voitaisiin vetää, että lähtötilanteeseen verrattuna kaksi slopestyle harjoitusta ei aiheuta ainakaan huomattavaa lihasvauriota. Toinen vaihtoehtoinen selittävä tekijä on se, että mahdollinen lihasvaurion aiheuttama mitattujen tekijöiden määrän lisääntyminen veressä näkyisi mittauksissa vasta myöhemmin. Tämä on hyvin mahdollista, sillä myoglobiinin on havaittu saavuttavan maksimiarvonsa jopa 24–72 h päästä kuormituksesta (Rodenburg ym. 1993; Sayers & Clarkson 2003) ja kreatiinikinaasin kohdalla jopa 96–120 h eli parhaimmillaan 4–5 vuorokauden päästä. Käytännön sysistä näin pitkän seurantajakson toteuttaminen on kuitenkin hyvin hankalaa. On kuitenkin huomattava, että juuri nopeammin verenkierrosta mitattavissa oleva myoglobiini on muuttujista se, jossa nähtiin edes pientä muutosta. Harjoituksen aiheuttaman lihasvaurion määrää on siis käytettyjen menetelmien ja saatujen tulosten valossa haastavaa tai jopa mahdotonta arvioida. Spekulaatiivisesti näyttö on kuitenkin vahvempaa sen suuntaan, ettei lihasvaurion määrä ole kovin suurta, sillä muutokset ovat niin pieniä ja merkitsevyydet heikkoja. Mahdollista on myös Rusnak ym. (2021) tutkimuksen kaltainen tilanne, jossa harjoittelun aluksi lihasvauriota syntyi, mutta ajan mittaan tapahtuneen adaptaation seurauksena lihasvaurion biomarkkereiden mitatut tasot palautuivat lähtötasolle. Tämä on hyvinkin mahdollista, sillä slopestylen kaltaisessa lajissa ulkoinen kuorma pysyy melko samana koko kauden, eikä nousujohteisuutta tapahdu esimerkiksi nostettavia painoja lisäämällä.

Yhden urheilijan kohdalla on mielenkiintoista kuitenkin huomata, että molemmat lihasvaurion markerit ovat selvästi koholla H2 PRE mittauspisteessä. Voi olla, että kyseisen urheilijan kohdalla harjoitus on aiheuttanut lihasvaurioita siinä määrin, että se näkyy mittaustuloksissa näin vahvasti. Tuloksiin on kuitenkin suhtauduttava kriittisyydellä, sillä muutos on havaittavissa vain yhdessä mittauspisteessä. Etenkään kreatiinikinaasin ei tulisi poistua verenkierrosta lepotasoa vastaavalle tasolle yhden harjoituksen aikana, sillä sen biologinen puoliintumisaika seerumista on noin 1,5 päivää ja myoglobiinkin vain hieman vähemmän, eli keskimäärin noin 17 tuntia. (Mikkelsen & Toft 2005) Näin olisi mittausten mukaan kuitenkin käynyt käynyt. Kreatiinikinaasin ja myoglobiinin tulisi myös eri kokoisina molekyyleinä siirtyä verenkiertoon eri aikaikkunoissa. (Clarkson ym. 1992; Rodenburg, Bär & De Boer 1993; Sayers & Clarkson 2003) Nyt niiden verenkiertoon siirtyminen ja poistuminen olisi kuitenkin tapahtunut samanaikaisesti ja etenkin poistuminen olisi ollut hyvin nopeaa. Mitä luultavimmin

onkin kyse mittausteknisestä virheestä, ei merkitsevää muutoksesta fysiologisessa tilanteessa. On myös mahdollista, että kyseinen mittaustulos kuvastaa jo ennen mittausten aloitusta aiheutunutta lihasvauriota.

Kortisolin ja testosteronin osalta merkitseviä eroja edes joidenkin mittauspisteiden välillä havaittiin vain kortisolin osalla. Muutokset ovat kuitenkin molempien muuttujien osalta melko pieniä, ja mahdollisesti havaittavissa onkin ennemmin melko hyvin Hall ym. (2016) kuvailema vuorokausirytmissä tapahtuva vaihtelu erityksessä. Molempien muuttujien kohdalla ryhmän mittakaavassa aamumittauksissa on siis mitattu korkeampia arvoja treenin jälkeen iltapäivällä mitattuihin arvoihin nähden. Toki molemmissa on myös havaittavissa lievää nousujohteista trendiä ensimmäisestä päivästä kolmanteen päivään, mutta muutokset ovat niin pieniä, ettei liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä voi tehdä. On hyvin mahdollista, että kuormitus harjoitusten osalta on ollut niin lievää, ettei suuria muutoksia sen takia ole nähtävissä.

Vaikka ryhmän mittakaavassa merkitseviä muutoksia ei testosteronin osalta havaitakaan, voidaan yksittäisten urheilijoiden kohdalla nähdä selkeä muutos tilanteessa, kun verrataan ennen ja jälkeen harjoitusta otettuja mittauksia. Esimerkiksi FS04 kohdalla ensimmäisenä harjoituspäivänä testosteroni nousee aamumittauksen lukemasta 15,4 nmol/l harjoituksen jälkeiseen arvoon 23,1 nmol/l ja toisena päivänä vastaavat lukemat ovat 15,6 nmol/l ja 18,4 nmol/l. Kyseisen koehenkilön kohdalla muutokset ovat jopa isompia kuin esimerkiksi Chandler ym. (1994) tutkimuksessa, jossa testosteroniarvot nousivat keskimäärin levon  $22,5 \pm 2,1$  nmol/l arvosta harjoituksen jälkeiseen arvoon  $25,3 \pm 1,7$  nmol/l. Kyseisen koehenkilön kohdalla on siis hyvinkin saatettu nähdä aiemmassakin tutkimuksessa kuvatus kaltainen akuutin harjoittelukuormituksen aikaansaama nousu testosteronitasoissa. Kyse on kuitenkin vain yksittäisistä tapauksista eikä tilastollista tehoa kyseiselle ilmiölle tässä tutkimuksessa voida osoittaa. On kuitenkin hyvin paljon mahdollista, että harjoittelun vaikutukset ovat yksilöllisiä, ja osalla koehenkilöistä harjoittelun aiheuttama kuormitus on ollut suurempaa kuin toisilla, jolloin myös fysiologiset vasteet eroavat toisistaan. On myös muistettava, että harjoitus saattoi olla hyvinkin erilainen eri urheilijoilla sen mukaan mitä kukin teki harjoituksen sisällä.

***Lihasarakuus & palautuneisuuden tunne.*** Lihasarakuuden VAS arvoissa tai palautuneisuuden osalta ei kummassakaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia minkään mittapisteiden välillä. Tämä ei välttämättä kerro siitä, etteikö lihasarkuudessa ja

palautuneisuudessa olisi tapahtunut muutoksia, mutta pienen otoskoon takia tilastollinen merkitsevyys on vaikea ryhmän tasolla saavuttaa. Jos arvoja lähtee analysoimaan ilman tilastollista tarkastelua, voidaan havaita pientä laskua palautuneisuuden tunteessa, ja lievää nousua lihasarkuuden osalta. Saattaa siis olla, että harjoittelu on aiheuttanut jonkinasteista arkuutta lihaksissa, ja aiheuttanut väsymystä heikentäen palautuneisuuden tunnetta. Tätä tukisi myös pienet muutokset mitatuissa myoglobiiniarvoissa. Suurista muutoksista ei kuitenkaan ole kyse, ja saatujen mittaustulosten pohjalta ei tule tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Toisaalta mainittakoon myös Rusnak ym. (2021) tutkimuksessaan havaitsema ero mitatuissa lihasvaurion biomarkkereissa ja lihasarkuudessa. Lihasarkuudessa ei siis välttämättä edes nähdä muutosta, vaikka lihasvaurion markkereissa nähtäisiin ja samoin toiseen suuntaan.

Tutkijan huomiona mainittakoon myös havainto siitä, että urheilijat, jotka olivat kaatuneet harjoituksen aikana, arvioivat lihasarkuuden suuremmaksi ja palautuneisuuden heikommaksi. Tällaisessa tapauksessa lihasarkuuden ja palautuneisuuden muutoksessa ei niinkään ole siis välttämättä lihastyön mekaanisen kuormituksen tai fysiologisen kuormituksen vaikutuksesta, vaan kaatumisten aiheuttaman kovan mekaanisen iskun aikaansaamaa kipua ja siitä johtuvaa fyysistä ja henkistä kuormittuneisuutta.

***Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet.*** Tutkimuksen suurimpana heikkoutena voitaneen pitää pientä koehenkilöiden määrää. Ensimmäisenä päivänä mittaukset suoritti 7 koehenkilöä ja toisesta päivästä eteenpäin 5 koehenkilöä. Kyse on verrattain pienestä lajista, eikä urheilijoita ole mitattavaksi samanlaisia määriä kuin esimerkiksi jalkapallossa. Sopivan taitotason omaavien koehenkilöiden rekrytointi on siis haaste. Pienen otoskoon takia tilastollinen vahvuus tutkimuksessa jää pieneksi, eikä saaduista tuloksista voi vetää kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Myös tutkimuksen keston voi nostaa yhdeksi heikkoudeksi. Etenkin lihasvauriota kuvaavien markkereiden kohdalla saattaa hyvinkin olla, että mahdolliset muutokset olisi mitattu vasta seuraavina päivinä. (Mikkelsen & Toft 2005) Käytännön rajoitteiden puolesta tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista.

Tutkimuksen tekemisessä olisi myös pitänyt tarkemmin vakioida olosuhteet ja suoritettava harjoitus. Tärkeää tietoa olisi ollut esimerkiksi se, tekikö urheilija laskun aikana isoja hyppyjä, vai pelkästään reilejä. Tämä mahdollistaisi paremman yksilöllisen tarkastelun ja antaisi mahdollisesti näkökulmia siihen, mitkä osiot harjoituksesta ovat kuormittavimpia. Näin

harjoittelua voitaisiin kehittää. Esimerkiksi jos todettaisiin että yksinomaan isot hyppyt ja niiden aiheuttamat voimat, jotka esimerkiksi Löfquist & Björklund (2020) ovat tutkimuksessaan todenneet, kuormittavat urheilijaa niin että syntyy merkittävää lihasvauriota, voitaisiin isojen hyppyjen määrää rajoittaa kiireisimmällä treenikaudella optimaalisen kehityksen takaamiseksi, ja yllirasituksen sekä loukkaantumisten välttämiseksi.

Tutkimuksen vahvuudeksi täytyy nostaa se, että tämänkaltaista tutkimusta ei juurikaan ole ennen edes tehty. Tutkimus on siis pelinavaus slopestylen fysiologisen kuormituksen tutkimisen osalta, ja jatkossa tutkimuksen tekemisessä voidaan keskittyä olennaisiin asioihin ja välttää tässä tutkimuksessa tehdyt virheet.

**Johtopäätökset.** Johtopäätöksenä voidaan todeta, että slopestylen 20 laskun harjoituspäivä ja sitä seuraava toinen samanlainen harjoituspäivä saattavat aiheuttaa fysiologisesti mitattavaa kuormitusta, joka tulisi huomioida harjoittelua suunniteltaessa. Tämän tutkimuksen pohjalta slopestylen harjoituspäivän kuormitus ei kuitenkaan nouse yhtä korkeaksi kuin esimerkiksi alppihiihdon tai voimaharjoittelun osalta. (White & Wells, 2015; Veicsteinas ym. 1984; Häkkinen & Pakarinen, 1995; Kraemer ym. 1998; Chandler ym. 1994) Vaihtelu ryhmän sisällä mitatuissa arvoissa myös viittaa siihen, että jokainen harjoitus on slopestylen osalta huomattavan yksilöllinen. Esimerkiksi alppihiihdossa laskija tulee saman tai samankaltaisen radan useita kertoja harjoituksen aikana, mutta slopestylessa kuormitus riippuu hyvin paljon siitä, tekeekö urheilija esimerkiksi suurimman osan harjoituksesta reilejä, vai hyppiikö hän isoja hyppyjä, joissa koetut voimat ovat huomattavan suuria. Vaikka mitatuissa muuttujissa havaittiinkin tilastollisesti merkitseviä eroja vain pienessä osassa muuttujia, ja tilastollinen teho jäi pieneksi, ei tehtyjen mittausten pohjalta voida väittää, että slopestyle olisi pelkästään taitolaji, jossa harjoittelu ei aiheuta minkäänlaista fyysistä kuormitusta.

Tehtyjen mittausten pohjalta on kuitenkin hyvin vaikea sanoa miten vaikeammin toteutettavat invasiiviset ja non-invasiiviset menetelmät suhteutuvat toisiinsa. Korrelaatiota seerumista mitattujen biomarkkereiden ja sykemuuttujista lasketun TRIMP arvon tai RPE arvojen välillä ei ollut. Tilastollinen otanta oli niin pieni, että vertailu ja tilastollinen analyysi olivat hyvin haastavia toteuttaa ja tilastollisen vaikuttavuuden kannalta miltei turhia. Mikäli hormonaalisten ja lihasvauriota kuvaavien biomarkkereiden ja muiden muuttujien välistä suhdetta haluttaisiin siis tutkia tarkemmin, tulisi koehenkilömäärän olla huomattavasti suurempi ja mittauspäiviä

enemmän. Näin pienessä otannassa olisi ollut käytännössä sattumaa, mikäli esimerkiksi TRIMP arvo olisi täydellisesti pystynyt selittämään muutokset testosteronin ja kortisolin osalta.

***Käytännön sovellutukset ja jatkotutkimus.*** Tutkimus osoitti, että slopestyle lajina saattaa aiheuttaa fysiologista kuormitusta. Suuren loukkaantumisriskin omaavana lajina olisi erittäin tärkeää, että urheilijat eivät liian väsyneinä yrittäisi esimerkiksi uusia isoja temppuja. Esimerkiksi Fidai ym. (2020) totesivat nuorilla urheilijoilla tehdyssä tutkimuksessaan fyysisen väsymyksen aiheuttavan pudotushypyn alastulossa polvien kääntymistä, ja sitä kautta kasvattavan polvivammojen riskiä. Myös slopestylella urheilija joutuu alastuloissa vastustamaan lihastyöllä normaalia kehonpainoa suurempia voimia, kuten Löfquist & Björklund (2020) ovat osoittaneet, eli tilanne on hyvinkin verrattavissa pudotushypyn kaltaiseen tilanteeseen. Yhden harjoituksen mittakaavassa valmennuksen tulisi siis huomioida riittävä palautumisaika ja väsymyksen kertyminen haastavimpien suoritusten osalta, jotta vammariskiä voidaan minimoida. Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla nimenomaan selvittää mitkä osa-alueet harjoituksen sisällä ovat kuormittavimpia. Olisi siis mielenkiintoista vertailla aiheuttaako pelkkien teknisten reilien harjoittelu kuormitusta samoissa määrin kuin isojen hyppyjen ja haastavimpien temppujen tekeminen. Myös palautumisajan vaikutusta olisi mielenkiintoista tutkia, mutta usein käytännön tekijät määräävät tahdin esimerkiksi hissi- ja hyppyrijojen takia.

Pidempää aikajaksoa kuin yhtä harjoitusta tarkasteltaessa kuormituksen seurannan tavoitteena mahdollistaa optimaalinen kehitys sekä välttää ylikuormitus ja turha vammariskien kasvu. (Vanreenterghem ym. 2017) Seurannan tulee kuitenkin olla resurssien ja käytännön kannalta mahdollista toteuttaa, eikä se saa olla liian kuormittavaa urheilijoille tai valmentajille. Slopestylella olisi erittäin suositeltavaa seurata ulkoisen kuorman, eli esimerkiksi pelkän laskujen määrän seurannan lisäksi myös sisäisen kuormituksen mittareita. Tähän syynä ovat etenkin vaihtelevat olosuhteet, ja suoritusten eroavaisuus eri suorituskerroilla. Jos siis esimerkiksi pakkasta on huomattavan paljon, joutuu keho kiihdyttämään energia-aineenvaihduntaa lämmöntuotantoa varten. (Hall & Guyton, 2016, 909) Erittäin kylmässä suoritettun harjoituksen aiheuttama ylimääräinen kuormitus ei kuitenkaan ole havaittavissa pelkkiä laskujen määrää seuraamalla. Tutkimuksessa myös havaittiin, että laskut saattavat olla hyvinkin erilaisia fyysiseltä kuormitukseltaan, kun katsotaan sykettä ja laktaattia. Siksi onkin pohdittava mitkä ovat soveltuvimpia mittareita käytettäväksi sisäisen kuorman mittaamiseen.

Aivan kuten aiempikin Herman ym. (2006) tutkimus on osoittanut, subjektiivisen kuormittuneisuuden seuranta RPE taulukkoa hyödyntäen oli myös nyt tehtyjen mittausten mukaan sykemuuttujiin nähden validi seurantamenetelmä. RPE on myös yksinkertainen ja edullinen keino seurata sisäisen kuormituksen määrää. (Bourdon ym. 2017) Se voisikin siis olla erittäin käyttökelpoinen työkalu valmennuksen avuksi. Seurannan avulla pystytään esimerkiksi varmistamaan harjoittelun nousujohteisuus ja esimerkiksi ennen kisoja miten valmistava kevennys toteutuu. Lupo ym. (2016) ovat myös todentaneet session RPE metodin olevan validi riippumatta harjoitusjakson pituudesta. Kuten aiemmin todettu, näin ei välttämättä ole esimerkiksi TRIMP arvoja käytettäessä. RPE taulukon rinnalla voisi käyttää myös esimerkiksi niin ikään edullista ja yksinkertaista, mutta validiteetiltaan hyvää palautuneisuuden tunteen seurantaa. (Bourdon ym. 2017) Mikäli jossain vaiheessa palautuneisuuden tunteessa nähdään selvää laskua, vaikka harjoitusmäärät pysyvät samana, voi se olla merkki esimerkiksi ylikuormittuneisuudesta ja indikoida että harjoittelua olisi kevennettävä. Jos mahdollista, myös sykemuuttujien avulla mitattu kuormituksen seuranta voisi olla hyödyllinen osa valmennuksen seurantatyökaluja kuten esimerkiksi Haddad ym. (2017) suosittelevat. Mikäli esimerkiksi TRIMP arvoon perustuvassa harjoituskuorman seurannassa ei ole nousujohteisuutta, mutta RPE arvon perusteella harjoituskuorma olisi selkeästi kasvanut, tulisi valmennuksen yhdessä urheilijan kanssa pohtia mistä tämä johtuu.

Käytännön resurssien kannalta ei ole järkevää seurata kalliita verikokeita vaativia biomarkkereita. Mikäli resursseja olisi loputtomasti, voisivat testosteroni ja kortisoli olla hyödyllisiä seurattavia muuttujia. Näiden kohdalla tulisi pitkällä aikavälillä määrittää kullekin yksilölle normaalia tilannetta kuvastava verrokkitaso. (McGuigan 2017, 118) Näin voitaisiin havaita, mikäli tilanteessa tapahtuu epänormaaleja muutoksia, ja sitten reagoida niihin. Testosteronin ja kortisolin osalta tulisi myös varmistua siitä, että näyte otetaan aina samaan aikaan päivästä, jotta voidaan välttyä vuorokausirytmissä tapahtuvista erityyppisten muutoksista johtuvalta sekoittavalta tekijältä. Jatkotutkimuksessa olisikin mielenkiintoista keskittyä nimenomaan pidemmän ajan seurantaan, jolloin voitaisiin testata valmennukselle olennaisimpia työkaluja seurata urheilijoiden kuormitusta, ja näin tuottaa lisää lajin osalta erittäin tärkeää, tällä hetkellä vielä vähäistä perustietoa.



## LÄHTEET

- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. 2012. Creatine-kinase-and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of nutrition and metabolism*, 2012.
- Beattie, C. E., Fahey, J. T., Pullinger, S. A., Edwards, B. J., & Robertson, C. M. 2021. The sensitivity of countermovement jump, creatine kinase and urine osmolality to 90-min of competitive match-play in elite English Championship football players 48-h post-match. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 165-173.
- Borg, G. A. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., ym. 2017. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12, S2-170.
- Brancaccio, P., Maffulli, N. & Limongelli, F. M. 2007. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin* 81-82 (1), 209-230.
- Carús, L., & Escorihuela, M. 2016. Feature-specific ski injuries in snow parks. *Accident Analysis & Prevention*, 95, 86-90.
- Cavanagh, J. 2013. In defence of triple corks, why do technical tricks get slated? <https://whitelines.com/archive/features/debate/in-defence-of-triple-corks.html>
- Chandler, R. M., Byrne, H. K., Patterson, J. G., & Ivy, J. L. 1994. Dietary supplements affect the anabolic hormones after weight-training exercise. *Journal of applied physiology*, 76(2), 839-845.
- Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P. & White, J. S. 2008. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *Int J Sports Med* 07 (03), 152-155.
- Clarkson, P. M., Nosaka, K. & Braun, B. 1992. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24 (5), 512-520.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Cormie, P. 2008. Neuromuscular and endocrine responses of elite players during an Australian rules football season. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 3(4).
- De Oliveira Segundo, V. H., de Albuquerque, N. J. B., Matos, F., Dantas, P. M. S., & Pinto, E. F. 2016. Use of predictive equations of maximum heart rate for exercise prescription: a comparative study. *Age (years)*, 24(2.7), 21-0.
- El-Farhan N., Rees, D. A., & Evans C. 2016. Measuring cortisol in serum, urine and saliva – are our assays good enough? *Ann Clin Biochem*. 54 (3), 308-322.

- Fidai, M. S., Okoroha, K. R., Meldau, J., Meta, F., Lizzio, V. A., Borowsky, P., ... & Makhni, E. C. 2020. Fatigue increases dynamic knee valgus in youth athletes: Results from a field-based drop-jump test. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 36(1), 214-222.
- FIS: The international freestyle skiing competition rules, 2018, sääntökirja, <https://www.fis-ski.com/en/inside-fis/document-library/freestyle-freeski-documents> viitattu 17.6.2022
- Fitz-Clarke, J. R., Morton, R. H., & Banister, E. W. 1991. Optimizing athletic performance by influence curves. *Journal of Applied Physiology*, 71(3), 1151-158.
- Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. 2015. Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *Journal of sports sciences*, 33(5), 467-475.
- Garry, D. J., Ordway, G. A., Lorenz, J. N., Radford, N. B., Chin, E. R., Grange, R. W., Bassel-Duby, R. & Williams, R. S. 1998. Mice without myoglobin. *Nature* 395 (6705), 905-908.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. 2017. Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612.
- Hall, J. E. & Guyton, A. C. 2016. *Textbook of medical physiology*. 13th painos. Philadelphia: Elsevier.
- Hall, M. M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., & Peterson, A. R. 2016. Lactate: friend or foe. *PM&R*, 8(3), S8-S15.
- Helms, M. 1984. Factors affecting evaluations of risks and hazards in mountaineering. *Journal of Experiential Education* 7 (3), 22-24.
- Herman, L., Foster, C., Maher, M. A., Mikat, R. P., & Porcari, J. P. 2006. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African Journal of Sports Medicine*, 18(1), 14-17.
- Hill, N. E., Stacey, M. J., & Woods, D. 2011. Energy at high altitude. *BMJ Military Health*, 157(1), 43-48.
- Hornsby, J. H., Green, J. M., O'Neal, E. K., Killen, L. L., McIntosh, J. R., & Coates, T. E. 2013. Influence of terminal RPE on session RPE. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2800-2805.
- Häkkinen, K., & Pakarinen, A. 1995. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International journal of sports medicine*, 16(08), 507-513.
- Kansainvälinen Olympiakomitea, verkkosivu, viitattu 28.9.2021  
<https://www.olympic.org/freestyle-skiing>

- Keaney, E., Withers, S., Parker-Simmons, S., Gastin, P. & Netto, K. 2016. The training load of aerial skiing. *Null* 16 (2), 726-736.
- Khan, F. Y. 2009. Rhabdomyolysis: A review of the literature. *Neth J Med* 67 (9), 272-283.
- Kraemer, W. J., Volek, J. S., Bush, J. A., Putukian, M., & Sebastianelli, W. J. 1998. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *Journal of Applied Physiology*, 85(4), 1544-1555.
- Lambert, M. I., & Borresen, J. 2010. Measuring training load in sports. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 406-411.
- Lindena, J., Küpper, W., Friedel, R. & Trautschold, I. 1979. Lymphatic transport of cellular enzymes from muscle into the intravascular compartment. *Enzyme* 24 (2), 120-131.
- Lupo, C., Tessitore, A., Gasperi, L., & Gomez, M. A. R. 2017. Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biology of sport*, 34(1), 11-17.
- Löfqvist, I. & Björklund, G. 2020. What magnitude of force is a slopestyle skier exposed to when landing a big air jump? *International Journal of Exercise Science* 13 (1), 1563-1573.
- Malm, C., Sjödin, B., Sjöberg, B., Lenkei, R., Renström, P., Lundberg, I. E. & Ekblom, B. 2004. Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *The Journal of Physiology* 556 (3), 983-1000.
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL. 2014. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*. 8th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, ML, USA.
- McGuigan, M. 2017. *Monitoring training and performance in athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Mikkelsen, T. S., & Toft, P. 2005. Prognostic value, kinetics and effect of CVVHDF on serum of the myoglobin and creatine kinase in critically ill patients with rhabdomyolysis. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 49(6), 859-864.
- Morgan, D. L. & U. Proske. 2004. Popping sarcomere hypothesis explains stretch induced muscle damage. *Proceedings of the Australian Physiological and Pharmacological Society* 34.
- Mougios, V. 2007. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med* 41 (10), 674.
- Nosaka, K. & Clarkson, P. M. 1996. Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *International Journal of Sports Medicine* 17 (2), 120-127.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbañanos, J., Santisteban, J., Angulo, F., & Goirienea, J. J. 2001. Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 796-802.

- Power, G. A., Dalton, B. H., Rice, C. L., & Vandervoort, A. A. 2012. Power loss is greater following lengthening contractions in old versus young women. *Age*, 34(3), 737-750.
- Ramos Jimenez, A. 2019. Borg's category ratio-scale (CR-10) is useful to predict the onset of blood lactate accumulation (OBLA) in young Mexicans adults, regardless their body mass. *Instituto de Ciencias Biomédicas*.
- Rodenburg, J. B., Bär, P. R. & De Boer, R. W. 1993. Relations between muscle soreness and biochemical and functional outcomes of eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* 74 (6), 2976-2983.
- Rusnak, M., VanderMeulen, M., Byrd, B., Byrd, G., Rusnak, R., Martin, J. & Hew-Butler, T. 2021. Muscle damage, soreness, and stress during preseason training in collegiate swimmers. *Clinical Journal of Sport Medicine* 31 (3).
- Sayers, S. P. & Clarkson, P. M. 2003. Short-term immobilization after eccentric exercise. part II: Creatine kinase and myoglobin. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (5).
- Ski Sport Finland, verkkosivu, [https://www.ski.fi/skisport/harrastaminen/freestylehiihto/viitattu 28.9.2021](https://www.ski.fi/skisport/harrastaminen/freestylehiihto/viitattu%2028.9.2021)
- Steenstrup, S. E., Bakken, A., Bere, T., Patton, D. A. & Bahr, R. 2018. Head injury mechanisms in FIS world cup alpine and freestyle skiers and snowboarders. *British Journal of Sports Medicine* 52 (1), 61-69.
- Szmedra, L. E. O. N., Im, J. O. O. H. E. E., Nioka, S. H. O. K. O., Chance, B. R. I. T. T. O. N., & Rundell, K. W. 2001. Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during Alpine skiing. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(2), 232-236.
- Turnbull, J., Kilding, A. E., & Keogh, J. 2019. *Physiology of Alpine Skiing: A review*.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. 2017. Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports medicine*, 47(11), 2135-2142.
- Veicsteinas, A., Ferretti, G., Margonato, V., Rosa, G., & Tagliabue, D. 1984. Energy cost of and energy sources for alpine skiing in top athletes. *Journal of Applied Physiology*, 56(5), 1187-1190.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports medicine*, 40(12), 1037-1053.
- White, G. E., & Wells, G. D. 2015. The effect of on-hill active recovery performed between runs on blood lactate concentration and fatigue in alpine ski racers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 800-806.
- Willardson, J. M. 2008. A brief review: how much rest between sets?. *Strength & Conditioning Journal*, 30(3), 44-50.

Williams, N. 2017. The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67(5), 404-405.

Willmott, T. & Collins, D. 2015. Challenges in the transition to mainstream: Promoting progress and minimizing injury in freeskiing and snowboarding. *Null* 18 (10), 1245–1259.

LIITE 1. Tutkimuksessa käytetyt koetun palautuneisuuden taulukko ja 10-portainen RPE taulukko.

### Perceived Recovery Status Scale

10	Very well recovered / Highly energetic	}	<u>Expect Improved Performance</u>
9			
8	Well recovered / Somewhat energetic		
7		}	<u>Expect Similar Performance</u>
6	Moderately recovered		
5	Adequately recovered		
4	Somewhat recovered	}	<u>Expect Declined Performance</u>
3			
2	Not well recovered / Somewhat tired		
1		}	
0	Very poorly recovered / Extremely tired		

SESSION RPE	
0	Rest
1	Really easy
2	Easy
3	Moderate
4	Sort of hard
5	Hard
6	
7	Really hard
8	
9	Really, really hard
10	Just like my hardest race