

# **Kokonaiskuormituksen ja palautumisen seuranta Cross-Fit -harjoittelussa**

Mirka Haapasalo



<b>Tekijä(t)</b> Mirka Haapasalo	
<b>Koulutusohjelma</b> Liikunnan ja vapaa-ajan koulutusohjelma	
<b>Opinnäytetyön otsikko</b> Kokonaiskuormituksen ja palautumisen seuranta CrossFit -harjoittelussa	<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 59 + 1
<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida CrossFit -harjoittelun fysiologista kuormittavuutta ja palautumista Firstbeat Hyvinvointianalyysin avulla, harjoituskuormaa Haffin (2010) menetelmiä käyttämällä sekä harjoittelun subjektiivista kuormittavuutta ja palautumista Webropol RestQ –kyselyillä. Lisäksi selvitettiin, oliko fysiologisella kuormittuneisuudella ja harjoituskuormalla yhteyksiä subjektiivisen kuormittuneisuuden kanssa.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 2 naista ja 5 miestä, jotka noudattivat tavoitteellista CrossFit -harjoittelua. Koehenkilöt suorittivat seitsemän viikon pituisen mittausjakson kesällä 2016, jonka aikana he sitoutuivat harjoittelemaan säännöllisesti ja käyttämään Firstbeat Bodyguard 2 –mittalaitetta yhtäjaksoisesti, pitämään harjoituspäiväkirjaa kaikista harjoituksista ja täyttämään Webropol RestQ –kyselyjä. Mittausjakso sisälsi lepopäiviä harjoituspäivien ohella, joiden aikana koehenkilöt toimivat samalla tavalla mittauksen osalta, kuin harjoituspäivinä. Näillä menetelmillä kerättiin dataa koeryhmän fysiologisesta kuormittavuudesta ja palautumisesta, harjoituskuormasta sekä kuormittavuus- ja palautumiskokemuksesta, jota voitiin analysoida tuloksia varten.</p> <p>Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää sitä, että koetulla kuormittavuudella oli suurin yhteys sekä fysiologiseen kuormittavuuteen että harjoituskuormaan. Toinen löydös oli se, että fysiologisella kuormittavuudella ei ollut lähes lainkaan yhteyksiä subjektiiviseen kokemukseen harjoituksista palautumisen kanssa. Voimaharjoittelu ei aiheuttanut lihaskipua tai lihasväsymystä, vaikka harjoitus oltiin koettu melko kuormittavaksi.</p> <p>Tavoitteellinen CrossFit -harjoittelu vaikuttaisi olevan niin fysiologisesti kuin subjektiivisestikin melko kuormittavaa, mutta lisää tutkimustietoa, jossa otetaan huomioon kaikki kuormittamiseen vaikuttavat tekijät, tarvitaan CrossFit -harjoittelun kokonaiskuormittavuuden ja palautumisen määrittämiseksi.</p> <p><b>Asiasanat:</b> CrossFit, palautuminen, kuormitusfysiologia, yhdistelmäharjoittelu</p>	

The purpose of this study was to evaluate physiological and subjective loading of CrossFit training by using Firstbeat Lifestyle Assessment, Haff's (2010) methods of quantifying workloads in resistance training and Webropol RestQ -inquiries. Aim of the study was also to investigate whether there was a connection between measured physiological training load and subjective experience of loading.

Two women and five men participated in the study and followed CrossFit programming during the research. Test group completed a seven week test period in summer 2016 during which they committed to train regularly and use Firstbeat Bodyguard 2 –device continuously, to keep a training diary from all workouts and fill in Webropol RestQ –inquiries. Rest days were included in the programming during which the test group operated the same way as in training days. By using these methods, data was collected from the training load and recovery, physiological loading and subjective loading and recovery.

The main finding of the study was that subjective loading had the strongest connection with physiological loading and training load. The second finding suggested that physiological loading hardly had any connections with subjective experience of recovery. Strength training did not cause any muscle soreness or delayed symptoms of muscle soreness even though training had felt hard.

CrossFit training seems to be both physically and mentally quite stressful but more studies, in which includes all the factors effecting on loading, are needed for determining training loading and recovery of CrossFit training.

### **Key Words**

CrossFit, recovery, loading physiology, concurrent training

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Käsitteet .....	2
2	Kuormitusfysiologia .....	3
2.1	Energia-aineenvaihdunta .....	3
2.2	Hermolihasjärjestelmä.....	5
2.3	Hengitys- ja verenkiertoelimistö .....	6
2.4	Hormonaalinen järjestelmä.....	8
3	Urheilusuorituksesta palautuminen .....	9
3.1	Uni.....	10
3.2	Palautumista edistävät menetelmät .....	11
4	Palautumisen ja kuormituksen mittaaminen .....	14
4.1	Autonominen hermosto ja sykevaihtelu.....	14
4.2	Fyysisen kuormituksen ja palautumisen mittaaminen .....	15
4.2.1	Firstbeat Hyvinvointianalyysi.....	16
4.2.2	Leposyke.....	17
4.2.3	Maksimisyke.....	17
4.2.4	EPOC .....	17
4.2.5	TRIMP .....	18
4.2.6	Voimaharjoittelun kuormituksen arviointi ja menetelmät .....	19
5	Lajin fyysiset vaatimukset .....	21
5.1	Volyymi.....	21
5.2	Intensiteetti .....	22
5.3	Voimaharjoittelu.....	22
5.3.1	Nopeusvoima .....	23
5.3.2	Maksimivoima .....	24
5.3.3	Kestovoima .....	25
5.4	Kestävyysharjoittelu .....	26
5.4.1	Aerobinen Peruskestävyys.....	26
5.4.2	Vauhtikestävyys .....	27
5.4.3	Maksimikestävyys .....	28
5.5	Yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu.....	28
6	Tutkimuksen tarkoitus.....	32
7	Tutkimusmenetelmät .....	33
7.1	Kohderyhmä .....	33
7.2	Tutkimusasetelma .....	33
7.3	Mittausmenetelmät .....	35
7.3.1	Harjoituskuorma .....	35

7.3.2	Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen .....	36
7.3.3	Subjektiiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen .....	38
8	Tulokset .....	40
8.1	Harjoituskuorma .....	40
8.2	Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen.....	40
8.3	Subjektiiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen.....	42
8.4	Fysiologisen kuormittuneisuuden yhteydet harjoituskuormaan.....	43
8.5	Subjektiiivisen kuormittuneisuuden yhteydet harjoituskuormaan.....	44
8.6	Subjektiiivisen kuormittuneisuuden yhteydet fysiologiseen kuormittuneisuuteen .	44
9	Pohdinta .....	46
9.1	Harjoituskuorma .....	46
9.2	Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen.....	47
9.3	Subjektiiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen.....	48
9.4	Koeryhmän subjektiiivisen kuormittuneisuuden yhteydet fysiologiseen kuormittuneisuuteen ja palautumiseen sekä harjoituskuormaan .....	49
9.5	Luotettavuus, johtopäätökset ja sovellukset.....	50
10	Lähteet.....	54
	Liitteet.....	60
	Liite 1. Webropol RestQ –päiväkyselypohja .....	60

# 1 Johdanto

Harjoittelun kuormittavuuden mittaamiseksi on olemassa useita mittareita ja menetelmiä, ja osalla näistä menetelmistä on mahdollista seurata myös palautumista. CrossFit -laji on yhdistelmäharjoittelua, jossa yhdistyy pääasiassa voima- ja kestävyys harjoittelu. Urheilulajina CrossFit on niin psyykkisesti kuin fyysisestikin kuormittavaa, sillä laji sisältää useita fyysisen kunnon osa-alueita, joita kaikkia tulisi kehittää tasapuolisesti. Tämän vuoksi ohjelmointi on suunniteltava tarkkaan, jotta urheilija pystyisi harjoittelemaan ja palautumaan tehokkaasti ja tätä kautta saavuttamaan kaikilla osa-alueilla parhaan mahdollisen potentiaalinsa.

Lajin kuormittavuutta on haastavaa arvioida, sillä ei ole olemassa yhtä menetelmää, jolla voitaisiin mitata samanaikaisesti harjoituskuormaa (hermo-lihasjärjestelmän kuormitus) sekä harjoittelun fysiologista kuormittavuutta (hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormitus). Tämän vuoksi CrossFit -lajin kokonaiskuormituksen selvittämiseksi on käytettävä erilaisia menetelmiä mittaamaan harjoituksen fysiologista ja subjektiivista kuormittavuutta.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää CrossFit -harjoittelun fysiologista ja subjektiivista kuormittavuutta ja palautumista sekä sitä, oliko subjektiivisella kokemuksella harjoittelun kuormittavuudesta yhteyksiä mitattuun kuormittavuuteen. Mittausmenetelminä fysiologisen kuormituksen arvioimiseksi käytettiin Firstbeat Hyvinvointianalyysia sekä harjoituskuorman laskemisen menetelmiä ja subjektiivisen kuormituksen arvioimiseksi Webropol RestQ –kyselyjä. Tutkimuksessa dataa kerättiin seitsemän viikon ajalta, jolloin koeryhmä harjoitteli tavoitteellisesti CrossFit -harjoittelua. Mittausjakson alussa koehenkilöiltä mitattiin maksimivoimatestit yleisimmistä tämän tyyppisessä harjoittelussa käytetyistä voima- liikkeistä, ja näitä maksimivoimatuloksia käytettiin tulosten tulkinnassa harjoituskuorman arvioinnissa.

Näillä metodeilla pyrittiin selvittämään lajin kokonaiskuormitusta ja saamaan arvokasta tutkimustietoa Firstbeat Bodyguard 2 –laitteen soveltuvuudesta CrossFit -harjoitteluun. Lajin kuormittavuudesta on validia saada tutkimustietoa harjoittelun ohjelmointia ajatellen, jotta sitä voidaan kehittää tukemaan yksilön kehitystä ja optimoimaan palautuminen.

Työn toimeksiantajana toimii Firstbeat Technologies Oy. Firstbeat Technologies Oy on palautumisen mittaamiseen erikoistunut yritys, joka tarjoaa Firstbeat Hyvinvointianalyysi – palvelua. Analyysi on suunniteltu niin liikkuville, työssä kävijöille kuin urheilijoillekin, ja se auttaa tunnistamaan hyvinvointiin vaikuttavat tekijät työssä ja vapaa-ajalla tuottamalla arvokasta tietoa stressistä, palautumisesta ja liikunnasta. Urheilijoille suunnattuna palvelu

tarjoaa tehokkuutta valmennukseen antamalla tärkeää tietoa urheilijoiden suorituskyvystä, palautumisesta ja ylikuormituksen ennaltaehkäisystä. Firstbeat Hyvinvointianalyysin avulla urheilijalle pystytään suunnittelemaan yksilöllinen harjoitusohjelma suorituskyvyn optimoimiseksi.

## **1.1 Käsitteet**

Harjoituskuorma:

Harjoituksen aikana nostettu kilomäärää. Tässä tutkimuksessa harjoituskuormaa kuvataan Haffin (2010) menetelmillä, joita ovat nostettujen kilojen kokonaismäärä, kuormavolyymi ja volyyymi-indeksi. (Haff 2010, 32-35.)

Fysiologinen kuormitus:

Harjoituksen aikaansaama välitön raskaus tila elimistössä, josta seuraa fysiologinen kuormittuneisuus. Tässä tutkimuksessa fysiologisen kuormituksen arvioimiseen on käytetty energiankulutusta, stressireaktioita sekä EPOC- ja TRIMP -arvoa, jotka on saatu Firstbeat Bodyguard 2 -mittalaitteella mittaamalla.

Fysiologinen kuormittuneisuus:

Sykevaihtelulla mitattava harjoituksen aikaansaama raskaus tila elimistössä, jonka vaikutukset näkyvät hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnassa.

Subjekttiivinen kuormittuneisuus:

Henkilön oma kokemus raskaus tilastaan. Tutkimuksessa fysiologista kuormittuneisuutta on mitattu Webropol RestQ -kyselyillä.

## 2 Kuormitusfysiologia

Kuormitusfysiologia on tärkeä osa harjoittelun fysiologisten ja biomekaanisten perusteiden ymmärtämisessä. Energia-aineenvaihdunta, hermolihaskärjestelmä, hengitys- ja verenkiertoelimistö sekä hormonaalinen järjestelmä ovat keskeisiä elimistön mekanismeja urheilu-suorituksen kannalta, sillä kaikki suoritukseen vaikuttavat tekijät ovat lähtöisin kehon fysiologisista tapahtumasarjoista. (Häkkinen & Mero 2007, 127-144; Keskinen 2007, 73-96; Nummela 2007, 97-125.)

### 2.1 Energia-aineenvaihdunta

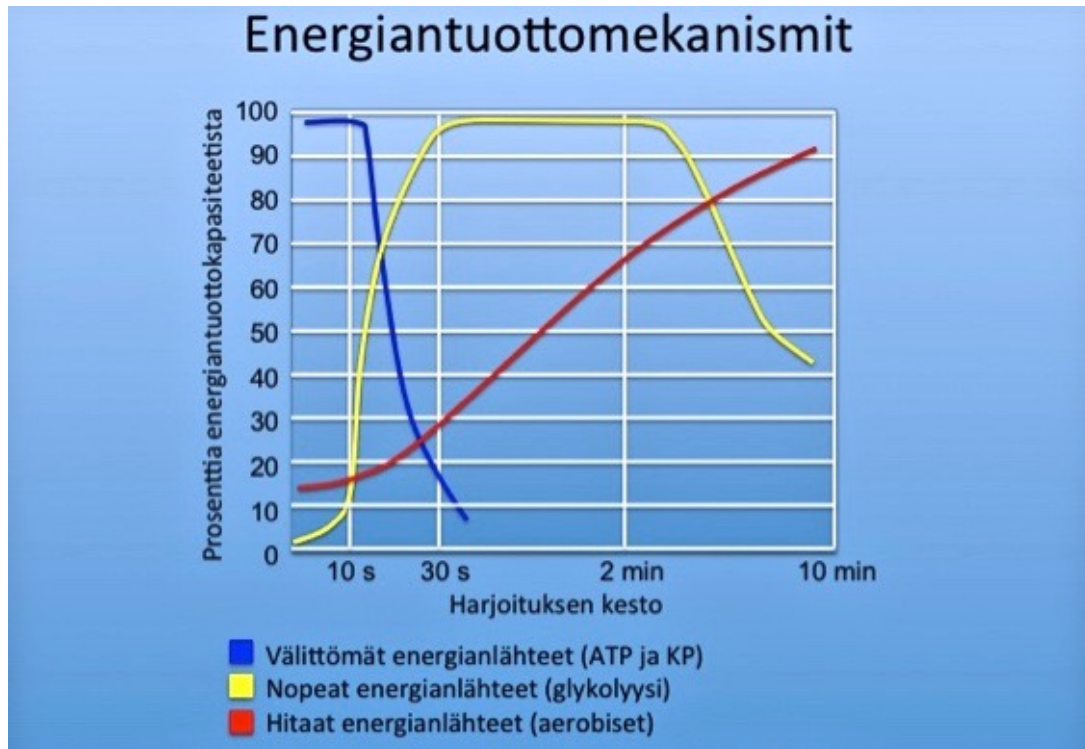
Lihaksisto tarvitsee supistumiseen energiaa, jota se saa adenosiinitrifosfaatin (ATP) sitoutuneen vapaan energian muodossa. Lihaksen ATP-pitoisuus on kuitenkin hyvin pieni, minkä vuoksi sitä on muodostettava jatkuvasti lisää. Energiantuottotavat voidaan jakaa anaerobisiin ja aerobisiin energiantuottotapoihin. Anaerobisesti energiaa voidaan tuottaa lihasten kreatiinifosfaattivarastoista (KP) ja hiilihydraattivarastoista glykolyysin avulla. Aerobisesti energiaa voidaan tuottaa puolestaan hengitysilman hapen avulla hiilihydraateista, proteiineista ja rasvoista. ATP:tä voidaankin tuottaa joko anaerobisesti tai aerobisesti kolmella tavalla: KP-varastoista, rasvoja pilkkomalla tai glukolyysin ja glykokeenin anaerobisen- tai aerobisen pilkkomisen avulla. (Nummela 2007, 97-99; Nummela 2016, 128.)

Levossa energiaa tuotetaan lähes ainoastaan rasvoista. Matalatehoisessa harjoittelussa energiantuotto tapahtuu rasvojen lisäksi myös hiilihydraateista, sillä lihakset tarvitsevat energiaa huomattavasti nopeammin kuin levossa. Kuormittavassa harjoittelussa tai suorituksessa hiilihydraattien osuus energiantuotossa on hallitseva ja rasvojen osuus hyvin pieni, sillä lihakset tarvitsevat energiaa 5-25 kertaa nopeammin kuin levossa. (Nummela 2016, 128.)

#### *Energiantuotto yhtäjaksoisessa suorituksessa:*

Lyhytkestoisissa maksimisuorituksissa (alle 10 sekuntia) energiantuoton kannalta ratkaisevaa on anaerobinen teho eli se, kuinka nopeasti ATP:tä pystytään tuottamaan KP-varastoista. Suorituksen pidentyessä yli 10 sekuntiin, korostuu myös aerobisen energiantuoton ja glykolyysin merkitys energiantuotannossa. Tämä tarkoittaa sitä, että energiaa on pystyttävä hyödyntämään suorituksen aikana mahdollisimman taloudellisesti, sillä sitä ei pystytä enää tuottamaan yhtä nopeasti. (Nummela 2007, 100-106; Nummela 2016, 130-131; Kuvio 1.)





Kuvio 1. Energiantuottotavat suorituksen keston mukaan (Langinkoski 2014)

Aerobisen energiantuoton lisäksi tarvitaan lihasten happivarastoja ja KP-varastoja kokonaisenergiatarpeen täydentämiseksi minuutin kestoisissa matalatehoisissa suorituksissa. Tällaisessa suorituksessa laktaattipitoisuus ei kuitenkaan nouse juurikaan lepotasolta. Glykolyysin merkitys energiantuotossa kasvaa suorituksen tehon noustessa lähelle maksimaalista aerobista tehoa, ja se onkin merkitsevin energiantuottotapa suorituksissa, jotka menevät yli maksimaalisen aerobisen tehon. Tällöin lihasten ja veren happamuus ja laktaattipitoisuus kasvaa niin suureksi, ettei suoritus voi jatkua kovinkaan pitkään ennen uupumusta. Lajeissa, joissa yhtäjaksoinen maksimisuoritus kestää 1-2 minuuttia, anaerobisen kapasiteetin merkitys on suurin. (Nummela 2016, 131.)

Yhtäjaksoisen suorituksen keston kasvaessa aerobisen energiantuoton merkitys kasvaa. Arvioltaan noin puolet energiasta saadaan aerobisista ja puolet anaerobisista energiantuottosysteemeistä maksimityössä, jonka kesto on 2 minuuttia. Pitkäkestoisissa yhtäjaksoisissa suorituksissa (5-40 minuuttia) energiantuotto tapahtuu pääasiassa aerobisista energianlähteistä. (Nummela 2016, 131-132.)

Hiilihydraattien ja rasvojen osuus energiantuotossa määräytyy suorituksen intensiteetin mukaan. Mitä matalampi intensiteetti on (noin 30-60 % VO<sub>2</sub>max), sitä suurempi osa energiantuotosta tapahtuu rasvoista. Intensiteetin noustessa hiilihydraattien merkitys kasvaa, joten lähes kaikkien urheilulajien kilpailusuorituksissa suurin osa energiantuotosta tapahtuu hiilihydraateilla. Pitkäkestoisissa suorituksissa rasva- ja hiilihydraattivarastoja käytetään.

tetään samanaikaisesti, mutta rasvojen merkitys kasvaa suorituksen edetessä. (Nummela 2007, 107.)

#### *Energiantuotto intervallisuorituksessa:*

CrossFit -harjoitukset voivat olla intervallityyppisiä. Tällaisissa harjoitteissa voidaan toistaa muutamaan otteeseen tietyn mittaisia kovatehoisia työjaksoja esimerkiksi soutu-, pyörä- tai hiihtoergometrillä, joiden välissä on useiden sekuntien tai jopa minuuttien pituisia palautumisaikoja. Tällaisissa harjoitteissa energia-aineenvaihdunnan ja siihen liittyvän palautumisen merkitys on erityisen suuri. Olipa kyse intervalliharjoittelusta tai lajisuorituksesta, käyttää elimistö palautumisajan energiavarojen täydentämiseen ja suorituksen aikana muodostuneiden aineenvaihduntatuotteiden kuten laktaatin poistoon. Intervalliharjoituksessa suorituksen intensiteetti ja kesto määräävät sen miten energiaa suorituksen aikana tuotetaan. (Nummela 2007, 110-114.)

Lyhytkestoiset intervallit (kesto alle 90 s) voidaan jakaa alaktisiin ja laktisiin intervaleihin. Alaktisessa intervallikuormituksessa (suoritus alle 10 s) ensisijaisena energianlähteenä toimii kreatiinifosfaatti, joka palautuu nopeasti takaisin lepotasolle. Laktisessa intervallikuormituksessa (suoritus yli 15 sekuntia) suorituksen intensiteetti ylittää 80 %. Ensisijainen energianlähde on tällöin glykolyysi ja suorituksen aikana muodostuu runsaasti maitohappoa. Palautuksen tulisi olla yli 2 minuuttia, jotta KP-varastot voidaan täyttää yhä uudelleen. (Nummela 2007, 110-111.)

Pitkäkestoisten intervallien (kesto yli 2-10 min) tarkoituksena on aerobisen energiantuoton kehittäminen. Palautumisajat pidetään suhteellisen lyhyinä (n. 1-3 min) ja niiden aikana hapenkulutus ei ehdi laskemaan aivan lepohapenkulutuksen tasolle, jolloin seuraavalla vedolla steady state -tason saavuttaminen on nopeampaa. (Nummela 2007, 114.)

## **2.2 Hermolihasjärjestelmä**

Hermolihasjärjestelmä koostuu hermostosta ja lihaksista, ja se sisältää kaksi suurta aluetta: keskushermoston sekä ääreishermoston. Keskushermosto koostuu aivoista ja selkäytimestä, ja sen tehtävänä on viedä käskyjä liikehermoja tai autonomisia hermoja pitkin kehon ääreisosiin sekä sisäelimiin. Ääreishermosto muodostuu sen sijaan selkäydinhermoista ja autonomisen hermoston hermoista. Autonominen hermosto huolehtii elimistön tasapainotilan ylläpitämisestä ja se jakaantuu sympaattiseen sekä parasympaattiseen hermostoon. Ääreishermoston reseptoreista tuodaan tietoa keskushermostoon tuntohermoja pitkin. (Mero, Kyröläinen & Häkkinen 2007, 37-41.)

Motorinen yksikkö on hermo-lihasjärjestelmän pienin toiminnallinen osa. Ihmisen lihaksissa on eri määrä motorisia yksiköitä ja nämä motorisesta hermosolusta ja lihassoluista koostuvat yksiköt voidaan jakaa 1) nopeaan ja väsyvään, 2) nopeaan ja väsymystä sietävään sekä 3) hitaaseen ja hyvin väsymystä sietävään tyyppiin. Motoristen yksiköiden rekrytointi noudattaa kokoperiaatetta, eli pienet hitaat motoriset yksiköt otetaan ensin käyttöön. Pyrittäessä tuottamaan voimaa mahdollisimman nopeasti, uusia motorisia yksiköitä rekrytoidaan kokoperiaatteen mukaan. (Mero ym 2007, 42-48.)

Lihassoluja kuuluu yhteen motoriseen yksikköön muutamasta solusta useampaan tuhanteen soluun. Lihassolutyypit jaetaan I hitaaseen ja II nopeaan, joista jälkimmäinen jakaantuu vielä IIA, IIB ja IIC. Voimaa kasvatetaan lisäämällä käytössä olevien motoristen yksiköiden käskytystä tai ottamalla käyttöön uusia yksiköitä. Kestävyysharjoittelussa rekrytoidaan hitaita lihassoluja työhön, kun taas voima- ja nopeusharjoittelussa otetaan käyttöön ensisijaisesti nopeita motorisia yksiköitä. (Mero ym 2007, 42-48.)

Hermolihasjärjestelmän väsymys voidaan jakaa kolmeen luokkaan: 1) keskushermoston väsymys (sentraalinen väsymys), 2) hermoimpulssin siirtyminen keskushermostosta lihakseen ja 3) yksittäisten lihassolujen väsymys (perifeerinen väsymys). Sentraalisessa väsymyksessä keskushermoston osallistuminen tarvittavaan voimantuottoon heikentyy, mikä ilmenee lähinnä heikentyneenä rekrytointiominaisuutena. Perifeerinen väsymys on taas lihassolun reagoimattomuudesta tai supistumiskyvyn heikkoudesta johtuvaa kykenemättömyyttä tuottaa tai ylläpitää lihasvoimaa, joka aiheuttaa kuona-aineiden kasautumista sekä energian vähenemistä lihaksessa. (Mero ym 2007, 63-64.)

### **2.3 Hengitys- ja verenkiertoelimistö**

Hengityselimistö koostuu keuhkoista, hengitysteistä sekä hengityslihaksista, ja sen tehtävänä on huolehtia keuhkotuuleuksesta sekä kaasujen vaihdosta keuhkojen ja veren välillä. Lepotilassa normaali ihminen hengittää noin 6 litraa, mutta kuormituksessa hengitystilavuus nousee yli kahteen litraan. (Keskinen 2007, 73-76.)

Keuhkotuuleuksen suuruus on riippuvainen ihmisen kehon koosta, pääasiassa pituudesta. Se kasvaa suorassa suhteessa elimistön energiantarpeeseen eli samassa tahdissa kuormituksen lisääntymisen kanssa. Matalalla kuormituksella harjoiteltaessa keuhkotuuletus lisääntyy pääasiassa hengitystilavuutta kasvattamalla, mutta kovassa kuormituksessa lisääntyy myös hengitysfrekvenssi, johon vaikuttaa merkittävästi suoritustempo. (Keskinen 2007, 76-77.)

Lepotilassa elimistön normaali PH on veressä 7.4 ja lihaksessa noin 7.0, mutta kovan rasituksen aikaansaamana veren ja lihaksen PH-arvot voivat laskea huomattavasti. Urheilu-urituksen päättymisen jälkeen elimistön tila pyritään palauttamaan hengitystoiminnalla mahdollisimman nopeasti lepotilaan, ja mitä suuremmasta happamuudesta on kysymys, sitä voimakkaammin keuhkotuuletus lisääntyy. Lisäksi vetyionien sitoutuminen elimistön ”kemiallisiin puskureihin” nopeutuu. Näillä metodeilla elimistö reagoi fyysisen kuormituksen seurauksiin nopeasti ja tehokkaasti. (Keskinen 2007, 78.)

Keskinen (2007, 95) mukaan ”Kaasujen vaihto perustuu kaasujen osapaineissa vallitseviin paine-eroihin, jolloin kaasu siirtyy suuremmasta osapaineesta pienempään”. Kuormituksessa verenpaineen nousu keuhkovaltimoissa aiheuttaa hapen diffuusiokapasiteetin kasvun, joten muun muassa kestävyysurheilu parantaa kyseistä kapasiteettia. Niinpä esimerkiksi huippukestävyysurheilijalla hapenkulutus voi nousta huomattavasti harjoittamattomaan verrattuna, sillä veren kierrätys on parantunut sydämen toiminnan tehostuksessa, alveolien pinta-ala on mahdollisesti lisääntynyt ja diffuusiovastus hengitettävien kalvojen läpi on vähentynyt. (Keskinen 2007, 78-79.)

Verenkiertoelimistö on sydäimestä, verestä ja verisuonistosta rakentuva kokonaisuus, jonka tehtävänä on huolehtia kudosten ravinnonsaannista, elimistön suojaamisesta ja kuona-aineiden poiskuljettamisesta. Elimistön kuormituksessa sympaattinen ärsytys lisääntyy, mikä nostattaa sykettä ja parantaa sähköisten impulssien leviämisenopeutta sydänlihaksessa lisäten samalla sydänlihaksen supistuksen voimakkuutta. Lepotilassa parasympaattisen ärsytyksen seurauksena sydämen sykintätaajuus puolestaan laskee ja supistumisteho alenee. Sydämen toiminta muuttuu myös hormonien erityksen vaikutuksesta adrenaliinin kiihdyttäessä ja noradrenaliinin hillitessä sydämen toimintaa. (Keskinen 2007, 80-85.)

Sydämen minuuttitulavuudella on suora kasvusuhte kuormituksen lisääntymisen kanssa ja elimistö saakin happea käyttöönsä miltei suorassa suhteessa sydämen kykyyn pumpata verta. Maksimisykettä lähestyttäessä sykkeen nousu hidastuu suhteessa kuorman nousuun, mutta tehtäessä submaksimaalista vakiotyötä, syke tasaantuu kuormituksen edellyttämälle tasolle. Dynaamisessa ja isometrisessä työssä kuormituksen kasvaessa myös systolinen verenpaine kasvaa, mutta diastolinen verenpaine kasvaa etenkin isometrisessä lihastyössä perifeerisen vastuksen kasvaessa. (Keskinen 2007, 85-95.)

Yksi sydämen kunnon mittareista on minuuttitulavuus, jolla on tärkeä rooli elimistön aerobisten kestävyysominaisuuksien kehittämisessä. Työskentelevän lihasmassan määrä on suoraan verrannollinen minuuttitulavuuteen, minkä vuoksi urheilulajit, joissa käytetään te-

hokkaasti ala- ja yläraajoja, kuten CrossFit, aiheuttavat suurimmat verivirtaukset. (Keskinen 2007, 86.)

## **2.4 Hormonaalinen järjestelmä**

Hormonaalinen säätely on yksi elimistön tasapainoa ja toimintaa ylläpitävä säätelyjärjestelmä. Hormonien tärkein tehtävä on solureaktioiden nopeuden muuttaminen, mikä tapahtuu joko lisäämällä tai vähentämällä entsyymitoimintaa reseptorielimessä. Hormonaalisessa tasapainossa tapahtuu akuutteja ja osittain myös pysyviä muutoksia harjoituskuormituksen aikaansaannoksena. Esimerkiksi kasvuhormonin erityis nousee harjoituksen akuuttina vaikutuksena, mutta pitkällä aikavälillä kasvuhormoni kiihdyttää kudost kasvua, lisää rasvahappojen käyttöä energiaksi ja estää hiilihydraattien käyttöä. Kestävyysharjoittelun lisääntyessä hormonaalinen akuutti vaste vakioharjoitukseen yleensä pienenee. (Häkkinen & Mero 2007, 127-134.)

Testosteroni ja kasvuhormoni ovat kaksi tärkeintä voimaharjoittelun mekanismeihin liittyvää anabolista hormonia. Miesten testosteronipitoisuus on huomattavasti naisia suurempi, minkä vuoksi voimaharjoituksesta aiheutuva akuutti testosteronin nousu saa miehillä yleensä suurempia muutoksia aikaan. Voimaharjoitus aiheuttaa akuutin kasvun myös kasvuhormonin pitoisuudessa ja kasvuhormonin vaste on suurimmillaan hypertrofisessa voimaharjoituksessa. (Häkkinen & Mero 2007, 131-134.)

Harjoittelun oikeanlaisella jaksottamisella ja yksilölliset tekijät huomioon ottamalla varmistetaan, että anabolisten hormonien lepopitoisuudet eivät laske liikaa eivätkä etenkin liian pitkäksi aikaa. Tämän vuoksi tulee kiinnittää huomiota muun muassa kuormituksen ja levon suhteeseen harjoitusjakson aikana. (Häkkinen & Mero 2007, 135.)

### 3 Urheilusuorituksesta palautuminen

Urheilussa harjoittelun tavoitteena on urheilijan suorituskyvyn ja siihen vaikuttavien ominaisuuksien kehittäminen. Harjoituksen aikainen kuormitus muuttaa elimistön tasapainotilaa ja harjoitusten välisen levon aikana elimistössä tapahtuu rakennusprosesseja, joiden tuloksena samanlainen harjoitus on seuraavalla kerralla helpommin toteutettavissa. (Uusitalo & Nummela 2016, 625.) Harjoitusohjelmassa on otettava huomioon urheilijan yksilölliset vaatimukset niin harjoitusten, levon kuin ravintoaineidenkin osalta, jotta urheilija palautuisi harjoituksista ja lajissa vaadittavat ominaisuudet kehittyisivät optimaalisesti (Barnett 2006, 781-796; Uusitalo ym 2016, 625). Harjoittelukuormituksen ylittäessä elimistön kyvyn palautua, keho väsyä ja suorituskyky heikkenee. Kuormituksen ja palautumisen väliseen tilaan vaikuttaa harjoittelun lisäksi urheilun ulkopuolinen elämä, kuten ihmissuhteet, työ, opiskelu, talous, stressi, uni, ruokailu sekä ulkoiset olosuhteet. Näilläkin tekijöillä on vaikutusta harjoituksen vasteeseen, minkä vuoksi harjoituksen vaikutusta on haastavaa ennakoita. (Uusitalo ym 2016, 625.)

Harjoittelun ja kilpailun stressikomponentit voivat heikentää väliaikaisesti urheilijan suoritusta. Tämä heikentyminen voi olla hetkellistä, kestää minutteja tai tunteja kilpailun tai harjoittelun jälkeen, tai pidempään, jopa useita päiviä. (Barnett 2006, 781-796.) Palautuminen tapahtuu kolmella tasolla: (1) harjoituksen tai kilpailun aikana, (2) heti harjoituksen tai kilpailun jälkeen ja (3) pitkäkestoisena harjoituksen tai kilpailujen välillä. Alle 10 sekunnin lyhyissä maksimaalisissa tai miltei maksimaalisissa suorituksissa / intervalleissa kreatiinifosfaattivarastot toimivat ensisijaisena energianlähteenä ja ne palautuvat alaktisissa suorituksissa nopeasti lepotasolle. KP-varastojen lähtötasosta saavutetaan peräti 30 sekunnissa 50 % ja kahdessa minuutissa 85 %, mutta kokonaan täytyminen vaatii 3-5 minuuttia. Lyhemmällä palautusajalla tehtävissä intervalliharjoituksissa harjoitus muuttuu maitohapollisempaan (laktisempaan) suuntaan ja veren sekä lihaksen laktaattipitoisuudet alkavat nousta. Laktaatti lisää väsymistä lihaksissa ja lihasten hapottuminen pidentää KP-varastojen täyttymisen jopa 30-60 minuuttiin riippuen harjoituksen laadusta. Harjoituksen sisäisessä palautumisessa ravinnolla on tärkeä asema, sillä esimerkiksi kreatiinivalmisteilla, nesteillä ja urheilujuomilla voidaan tehostaa KP-varastojen palautumista. Etenkin pitkäkestoisissa kestävyyslajeissa ja -harjoituksissa nesteiden ja hiilihydraattien nauttiminen on tärkeää. (Mero 2016, 640.)

Harjoituksen tai kilpailun jälkeisessä palautumisessa on kyse elimistössä syntyneiden aineenvaihduntatuotteiden poistamisesta (esim. vetyionit ja laktaatti), energiavarastojen täyttämisestä, elimistön toimintojen (esim. lämpötila, hermosto, hormonaalinen systeemi) "rauhottamisesta" lepotilaan ja vaurioituneiden kudosten korjaami-

sesta. Ravinnonsaanti on välttämätöntä palautumisessa ja erityisesti ensimmäistä 45-60 minuuttia pidetään harjoituksen ja kilpailun jälkeen ns. ”avoimena ikkunana”, jolloin elimistö ottaa erityisen hyvin vastaan ravintoa. Tällöin oleellista on saada hiilihydraattia ja proteiinia. (Mero 2016, 640.)

Harjoitusten ja kilpailujen välisen palautumisen haasteena on optimaalisen palautumisen löytäminen pitkän tähtäimen kehityksen saavuttamiseksi. Harjoittelu aiheuttaa väsymystä ja mikroaurioita kudoksiin (kataboliaa), ja mitä kuormittavampi harjoitus on keholle, sitä enemmän väsymystä syntyy. Kehityksen saavuttaminen vaatii elimistöltä ylikuormitustilaa, minkä vuoksi täydellistä palautumista saadaan harvoin kovilla harjoittelujaksoilla. Kerään-  
tynyttä yleisväsymystä pyritään vähentämään ja superkompensoitumista korostamaan kilpakaudella valmistavien kilpailujen avulla. Kuormitusta kevennetään ennen kilpailua suorituskyvyn maksimoimiseksi. Lisäksi valmennuspsykologiset tekijät tulee ottaa huomioon pitkäkestoisessa palautumisessa, sillä motivaatio, harjoitusten ilmapiiri, palautumisen kunnioittaminen ja unen merkitys ovat tärkeitä palautumiseen liittyviä seikkoja. (Mero, A. 2016, 640-641.)

### **3.1 Uni**

Uni on tärkein palautumisen jakso vuorokaudesta. Lihakset tarvitsevat liikunnan jälkeen lepoa, joten palautuminen nopeutuu nukkuessa. Lisäksi unen aikana solut uusiutuvat ja energiavarastot latautuvat, mikä lisää virkeyttä ja jaksamista. Hyvä yöuni parantaa keskittymiskykyä, mikä on tärkeää urheilusuorituksen ja harjoittelun kannalta. Liian vähäiseksi jäänyt uni voi altistaa sairauksille ja heikentää suorituskykyä. (Mero 2016, 642-645.)

Keho kestää hetkittäistä univajetta ja yksittäisiä heikosti palauttavia unijaksoja, mutta pitkittyessä ylikuormituksen riski kasvaa. Urheilijan tulisi nukkua riittävästi ja säännöllisesti, vähintään 7-8 tuntia vuorokaudessa. Kova harjoittelu kuitenkin lisää unen tarvetta, minkä vuoksi riittävä unen määrä voi CrossFit –urheilijalla olla suurempi. (Hyvinvointianalyysi 2016, 11; Kettunen 26.5.2015.)

Uni on kiistämättä yksi tehokkaimmista palautumiskeinoista, mutta yhä enemmän näyttää siltä, että urheilijat eivät saavuta riittävää unen määrää (Leeder, Glaister, Pizzoferro, Dawson & Pedlar 2012, 541-545; Sargent, Halson & Roach 2014, 310-315). Vuorokauden univajeella ei ole välttämättä vaikutusta anaerobiseen suorituskykyyn, mutta puolentoista vuorokauden univaje alkaa jo näkyä (Souissi, Sesboüé, Gauthier, Larue & Davenne 2003, 359-366). Univajeella on negatiivisia vaikutuksia mielialaan, aineenvaihduntaan, hormoni-toimintaan ja immunitettiin, mistä voidaankin todeta, että unella on suuri merkitys urheilijan suorituskykyyn ja palautumiseen (Halson 2014, 13-23; Kettunen 26.5.2015). Krooni-

nen univaje näyttäisi lähes poikkeuksetta laskevan suorituskykyä (Reynolds & Banks 2010, 91-103). Huippu-urheilijoilla unen määrän lisääminen on nostanut tuloksia huomattavasti ja univajetta onkin syytä kompensoida esimerkiksi päiväunilla. Tutkimuksen mukaan puolen tunnin päiväunet neljän tunnin yönien jälkeen parantavat urheilijoiden tarkkaavaisuutta ja suorituskykyä sekä vähentävät uneliaisuuden tunnetta. (Halson 2014, 13-23; Postolache & Oren 2005, 381-413; Waterhouse, Atkinson, Edwards & Reilly 2007, 1557-1566.)

Univaje aiheuttaa stressihormonin, kortisolin, pitoisuuksien nousua, joten valmiiksi stressaantunut tai paljon harjoitteleva ihminen on alttiina immuunitoiminnan heikkenemiselle ja sen myötä sairastumiselle (Kettunen 26.5.2015). Jo pienelläkin univajeella on vaikutusta insuliiniherkkyyteen ja glukoosin sietokykyyn, joten tämän vuoksi kehon sokeriaineenvaihdunta ja anaboliset prosessit häiriintyvät (Broussard, Ehrmann, Van Cauter, Tasali & Brady 2012, 549-557; Buxton ym 2010, 2126-2133; Donga ym 2010, 2963-2968; Kettunen 26.5.2015; Reynolds & Banks 2010, 91-103).

Muutaman yön kunnolliset unet palauttavat hormonitoiminnan normaaliksi, mutta univajeen kroonistuminen vaatii yleensä korjaantumiseen paljon pidemmän ajan, viikkoja, kuukausia tai huonossa tapauksessa jopa vuosia (Kettunen 26.5.2015).

### **3.2 Palautumista edistävät menetelmät**

Sopivan palautumisen puute voi aiheuttaa urheilijan kykenemättömyyden harjoitella tarvittavalla intensiteetillä tai kuormilla seuraavissa harjoituksissa. Liian suuri väsymyksen aste voi lisäksi altistaa urheilijan loukkaantumisille, joten täydellinen palautuminen onkin välttämätöntä optimaaliselle urheilusuoritukselle. Tehostaakseen palautumisprosessia, urheilijat noudattavat usein erilaisia palautumiskokonaisuuksia, joiden tarkoituksena on kääntää harjoittelun aiheuttama stressi kohti palautumista ja auttaa huippu-urheilijaa sietämään korkeampaa harjoituskuormaa (intensiteetti, volyymi ja harjoitustiheys). (Barnett 2006, 781-796.)

Urheilijan arkeen ja harjoitteluun kuuluu erilaisten palautumista edistävien menetelmien käyttö, joista tärkeimpiä ovat omatoiminen lihashuolto, hieronta sekä fysikaaliset hoito- ja palautumismenetelmät. Päivittäisen harjoittelun ja kilpailujen yhteydessä aktiiviset palautumismenetelmät korostuvat, sillä suoritusten välillä on pyrittävä palautumaan mahdollisuuksien mukaan. (Mero, Nummela, Keskinen & Häkkinen 2007, 433.)



### *Loppuverryttely*

Kevyellä aerobisella intensiteetillä (yleensä alle 50 % VO<sub>2</sub>max) tehty 10-20 minuutin harjoite nopeuttaa välitöntä laktaatin poistoa, laskee kehon lämpötilaa, pienentää keskushermoston aktiivisuutta, rentouttaa lihaksia ja vähentää lihasarkuutta tulevina päivinä (Martin, Zoeller, Robertson & Lephart 1998, 30-34; Mero 2016, 641; Smith & Reilly 2004, 313-334). Venyttely on aktiivisesti käytetty palautumista edistävä menetelmä urheilijoiden keskuudessa, mutta sen hyödyistä löytyy ristiriitaisia tutkimustuloksia. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että venyttelyllä ei ole lyhyt- eikä pitkäkestoisia hyötyjä palautumiseen. (Barnett 2006, 781-796; Mero 2016, 641.)

### *Hieronta*

Hieronnan rooli urheilijan lihashuollossa on huomattava, ja se onkin yksi eniten käytetyistä keinoista tehostaa liikuntasuorituksesta palautumista (Mero ym 2007, 433-434; Poppendieck ym 2016, 183-204). Hieronnan arvellaan edistävän urheilijan fysiologista palautumista harjoittelusta, vähentävän vammariskiä sekä piristävän mielialaa. Edellä mainitut hyödyt perustuvat lisääntyneeseen verenvirtaukseen, lihasten rentoutumiseen sekä hyvän olon tunteeseen. Hermo-lihasjärjestelmän lihasjännitystä vähentämällä hieronta voi myös ehkäistä lihaskrampeja sekä lihasten kireyttä. (Mero 2016, 646-64.)

Uusimpien tutkimusten mukaan hieronta ei kiihdytä verenkiertoa lihaksissa, mutta sillä on vaikutusta pintaverenkiertoon, mistä voidaankin päätellä, ettei hieronnalla päästä käsiksi syvempien kudosten verenkiertoon (Barnett 2006, 781-796). Lisäksi sen vaikutukset suorituskyvyn palautumiseen ovat melko pieniä ja hyödyt kyseenalaisia, sillä vaikutusten takana olevaa mekanismia ei tunneta vielä kovin hyvin. Tämän vuoksi hierontaa ei voida pitää palautumista tai urheilusuoritusta edistävänä menetelmänä. (Barnett 2006, 781-796; Poppendieck ym 2016, 183-204.)

### *Lämpömenetelmät*

Lämpökäsittelyä toteutetaan erilaisia tekniikoita noudattaen, kuten upotus lämpimään tai kuumaan veteen, saunominen, höyrykylvyt, lämpösuihkut, poreallaskylpy, kuumapakkaukset sekä infrapunasäteily (Bompa & Haff 2009, 110-111). Lämpökäsittelyn vaikutukset eivät ulotu syviin sidekudoksiin, vaan jäävät ihon pintakerrokseen. Lämpökäsittelyn uskotaan lisäävän ihonalaista verenvirtausta, minkä vuoksi lihassolujen aineenvaihdunta, imunesteen toiminta ja verisuonten tehokkuus lisääntyy ja näiden vaikutuksesta ravinteiden jakelu ja kuona-aineiden poisto tehostuu. Tieteellinen näyttö kyseisten palautumismenetelmien hyödyistä on kuitenkin melko vähäistä. (Mero 2016, 647-649.)

### *Kylmäkäsitely*

Kylmäkäsitelyn seurauksena kudosten lämpötila laskee, jolloin veren virtaus vähenee, solujen aineenvaihdunta hidastuu, solujen turpoaminen vähenee ja hermoimpulssien kulunopeus laskee. Kylmäkäsitely aiheuttaa pintaverisuonten supistumista, minkä seurauksena turvotus ja akuutti tulehdusvaste vähenee. Paikallinen kylmähoito rauhoittaa tulehdusta ja lievittää kipua sekä kuumotusta, sillä kylmän aikaansaama verisuonten supistuminen puuduttaa alueen tuntohermoja. (Mero 2016, 649-651.)

Kovatehoinen harjoittelu aiheuttaa kehossa useita stressivasteita, joiden avulla keho muokkaa itseään entistä vahvemmaksi. Hulmin (2015, 158-159) mukaan ”olisi syytä välttää muun muassa pitkiä ja säännöllisiä (yli 10 minuutin) kylmähoitoja tai tulehduskipulääkkeitä fyysiseen kehitykseen tähtäävien harjoitusten jälkeen. Kuitenkin esimerkiksi kilpailutilanteissa tai harjoitusten välillä, jolloin on syytä palautua nopeasti, kylmähoito voi olla hyödyllistä”. Urheilijan kilpaillessa säännöllisesti palautuminen voi olla erityisen tärkeää väsymyksen minimoimiseksi ja suorituksen maksimoimiseksi (Halson 2016).

Tutkimusten mukaan kylmäkäsitely on oikein toteutettuna suuntaa antavasti parempi verrattuna passiiviseen palautumiseen eikä sillä ole negatiivista vaikutusta kestävyysurituskykyyn (Mero 2016, 649-651; Halson 16.6.2016). Kaiken kaikkiaan todisteet kylmähoidon hyödyistä palautumiseen ovat vähäisiä, minkä vuoksi enemmän tutkimustietoa tarvitaan etenkin urheilijoilla (Barnett 2006, 781-796).

Vaikka erilaisten palautumista edistävien menetelmien hyödyistä löytyy molempiin suuntiin tutkimusnäyttöä, vain muutamassa tutkimuksessa on ollut mukana huippu-urheilijoita. Tämä voi vääristää tuloksia, sillä huippu-urheilijoiden harjoittelu on huomattavasti tiheimpää ja intensiivisempää valtaväestöön nähden. (Barnett 2006, 781-796.)

On selvää, että harjoittelun jaksotus on tärkeä osa urheilua, ja harjoittelun jaksottamisen ohessa suositetaan on kasvattamassa myös ravinnon jaksottaminen. Halsonin mukaan nyt olisi valmentajien ja tukijoukkojen aika harkita palautumisen jaksottamista. Vastaus ei ole kuitenkaan mustavalkoinen sille, tulisiko palautumismenetelmiä käyttää vai ei. Valmentajien tulisi ottaa huomioon urheilijatyypin, jonka kanssa työskennellään, sekä lajin ja harjoitusohjelman erityistarpeet, jotta voidaan tunnistaa alue mustan ja valkoisen välillä ja tarjota urheilijalle mahdollisuus saavuttaa parhaat mahdolliset harjoitusvaikutukset. (Halson 2016.)

## 4 Palautumisen ja kuormituksen mittaaminen

Palautumisen mittaaminen on tärkeää urheilusuorituksen sekä kehityksen optimoimiseksi ja sen arvioimiseksi löytyy useita menetelmiä. Tavallisimpia menetelmiä palautumisen mittaamiseksi ovat leposyke ja erilaiset palautumista mittaavat laitteen, kuten sykevaihteluun perustuva Firstbeat hyvinvointianalyysi. Fysiologista kuormitusta voidaan arvioida muun muassa hapenkulutuksesta laskettavaa TRIMP -arvoa sekä sykkeestä laskettavan EPOC -arvoa ja energiankulutusta tarkastelemalla. (Børsheim & Bahr 2003, 1037-1060; Kaikkonen ym 2006, 7.) Hermostollisen kuormituksen ja harjoittelun volyymin arvioimiseksi voidaan käyttää Haffin (2010, 32-35) menetelmiä.

### 4.1 Autonominen hermosto ja sykevaihtelu

Ääreishermostoon kuuluva autonominen hermosto, jolla on tärkeä rooli elimistön tasapainon ylläpitämisessä, jaetaan sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Yleensä sympaattinen ja parasympaattinen osa toimivat samanaikaisesti vaikuttaen kohde- elimiin vastakkaisesti sympaattisen osan kiihdyttäessä elintoimintoja, kuten sydämen sykettä, ja parasympaattisen osan puolestaan rauhoittaessa niitä. Sympaattiset ja parasympaattiset hermot lähtevät keskushermostosta ja johtavat eri puolilla kehoa sijaitseviin kohde -elimiin. Autonominen hermosto säätelee sydämen ja verenkiertoelimistön toimintaa ja sykevaihtelun avulla voidaankin tarkastella sympaattisen ja parasympaattisen hermoston toiminnan tasapainoa. (Hyvinvointianalyysi 2016, 29; Mero ym 2007, 37.)

Sympaattinen hermosto valmistaa yksilöä toimimaan nostamalla verenpainetta, sykettä ja hengitystiheyttä. Nämä muutokset parantavat energiansaantia ja suorituskykyä auttaen sopeutumaan tilanteen ja ympäristön vaatimuksiin. Jos kohonnut sympaattinen aktiivisuus jatkuu pitkään ilman riittävää palautumista, voi elimistöön kehittyä haitallinen stressitila. Lepo ja kohtuullinen liikunta ovat tärkeitä keinoja rauhoittaa sympaattisen hermoston ylitoimintaa. (Hyvinvointianalyysi 2016, 30.)

Parasympaattinen hermosto rauhoittaa elimistön toimintoja palautumista ja energiavarojen täydentämistä varten. Parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyessä sydämen syke alenee, sykevaihtelu kasvaa ja parasympaattisen säätelyn avulla voidaan myös nopeasti muuttaa psykofysiologista toimintatilaa. (Hyvinvointianalyysi 2016, 30.)

Stressi on elimistön normaali reaktio esimerkiksi vaativaan työtehtävään, ihmissuhdekriisiin, pelkoon, kovaan fyysiseen rasitukseen tai sairauteen, ja se voi olla joko hyödyllistä tai haitallista. Lyhytkestoisena stressi saa toimimaan tehokkaammin, mutta pitkään jatkueksaan se voi johtaa sairastumiseen. Stressireaktio tarkoittaa kohonnutta vireystilaa eikä

sitä ole syytä pyrkiä välttämään, mutta vastapainoksi palautumista tulisi olla riittävästi. (Hyvinvointianalyysi 2016, 30.)

Lyhytkestoisessa stressireaktiossa sympaattinen hermosto ja hypotalamus-aivolisäkelisämunuais (HPA) -akseli aktivoituvat nopeasti puolustamaan elimistöä. HPA-akselin aktivoituminen erittää erilaisia hormoneja elimistöön käynnistäen ”taistele tai pakene” -reaktion, jonka seurauksena elimistön energiansaanti ja fyysinen suorituskyky tehostuvat. Tämän vaikutuksesta esimerkiksi syke ja hengitystiheys kasvaa ja endorfiinien erityis lisääntyy. Nämä muutokset auttavat suoriutumaan lyhytkestoisesta stressistä. Pitkään jatkueksaan stressi alkaa vaikuttaa useamman mekanismin kautta ja elimistön vastustuskyvyllä on riski vahingoittua. Pitkäkestoinen stressi vähentää sykevaihtelua levossa ja heikentää parasympaattisen hermoston toimintaa. Voimakkaalla ja pitkäkestoisella stressillä on vaikutusta negatiivisesti myös kognitiiviseen suorituskykyyn, ajatuksiin ja tunteisiin. (Hyvinvointianalyysi 2016, 30.)

Sykevaihteluksi kutsutaan vaihtelua peräkkäisten sydämenlyöntien välisessä ajassa (Heart Rate Variability, HRV). Sykevaihtelu vähenee kehon kuormittuessa, esimerkiksi stressin aikaansaannoksena, ja kasvaa palautumisen ja rentoutumisen aikana. Sykevaihtelulla ja syketasolla on käänteinen suhde eli syketason ollessa matala, sykevaihtelu on tyypillisesti suurempaa, kuin sykkeen ollessa koholla. (Hyvinvointianalyysi 2016, 28-29.)

Sykevaihtelun määrä on hyvin yksilöllistä ja se vaihtelee päivittäin. Vaihteluun vaikuttaa keskeisesti ulkoiset stressitekijät, kuten kuormittavuus, liikunnasta aiheutuva rasitus ja stressi. Sisäisillä stressitekijöillä, kuten epätasapainoisella ruokavaliolla, alkoholilla tai sairauksilla on myös vaikutusta sykevaihtelun määrään. Sykevaihtelun määrä laskee ikääntymisen myötä, joten myös iällä ja perimällä on vaikutusta vaihteluun. Korkeaa sykevaihtelua voidaan pitää terveen ja hyvinvoivan sydämen mittarina, minkä vuoksi hyväkuntoisella henkilöllä sykevaihtelu on suurempaa verrattuna heikommissa fyysisessä kunnossa olevaan henkilöön. (Hyvinvointianalyysi 2016, 29.)

#### **4.2 Fyysisen kuormituksen ja palautumisen mittaaminen**

Palautumisen seurannassa on käytetty muiden menetelmien lisäksi laktaattia, testosteroonia, kortisolia tai kreatiinikinaasia. Palautumisen mittaaminen on haastavaa, sillä minkään näistä muuttujista, kuin myöskään erilaisista subjektiivisia tuntemuksia kuvaavista muuttujista (kyselyt), ei ole todettu kuvaavan luotettavasti elimistön kokonaisvaltaista kuormittumista ja palautumista. Tämän vuoksi olisi tarpeellista kehittää uusia palautumisenseurantamenetelmiä, jotka ovat riittävän tarkkoja, luotettavia ja suhteellisen vaivattomia käyttää.

Yhden kuormittumista ja palautumista kuvaavan mittarin kehittäminen on kuitenkin haastavaa, sillä elimistön kokonaiskuormittumiseen vaikuttavia osa-alueita on monia (mm. Hengitys- ja verenkiertoelimistö, hermo-lihasjärjestelmä, autonominen säätely, psyykkiset tekijät). (Kaikkonen ym 2006, 7.)

#### **4.2.1 Firstbeat Hyvinvointianalyysi**

Kehon toiminnasta pystytään tuottamaan tarkkaa tietoa sydämen sykevälimittausta analysoimalla, sillä sykevälissä ja sen vaihtelussa on paljon informaatiota ihmisen fysiologias-  
ta. Suuri osa kehon toimintoja on suorassa tai epäsuorassa yhteydessä sydämen toiminnan säätelyyn ja elimistön sopeutumisen erilaisiin tilanteisiin näkyäkin sykkeessä mikro- ja makroskooppisina reaktioina ja vaihteluna. Sykeanalyysimenetelmä perustuu erilaisten kehon tapahtumien tunnistamiseen ja erottelamiseen laskennallisesti sykkeestä. (Hyvinvointianalyysi 2016, 28.)

Hyvinvointianalyysi tarkastelee unijaksoa neljästä näkökulmasta: mitattavan henkilön itse-  
raportoimasta unen laadusta, unijakson pituudesta, palautumisen määrästä sekä palautumisen laadusta unijakson aikana. Unijakso tarkoittaa mitattavan henkilön raportoimaa jaksoa nukkumisesta heräämiseen, jonka hän on merkinnyt mittauspäiväkirjaan. Hyvinvointianalyysi arvioi unen pituuden riittävyyden suositukseen nähden. (Hyvinvointianalyysi 2016, 13-18.)

Analyysissä kuvataan päivittäinen stressireaktioiden, palautumisen ja fyysisen aktiivisuuden määrä vuorokaudessa. Palautumisen laatu perustuu sykevälvaihtelusta laskettavaan RMSSD-arvoon. Harjoitusvaikutuksista saa tarkkaa tietoa harjoituksen kuormittavuudesta (energiankulutus, TRIMP ja EPOC) sekä harjoituksen aikaisista sykkeistä ja kestävyys-  
alueista. (Hyvinvointianalyysi 2016, 28.)

Firstbeat Hyvinvointianalyysi on kuormituksen ja palautumisen mittausmenetelmänä muita hyödyllisempi työkalu, sillä sykevaihtelutietoon perustuva autonomisen säätelyn arviointimenetelmä huomioi palautumisen muita palautumisen arvioinnissa käytettyjä menetelmiä kokonaisvaltaisemmin, sillä syke-  
dataa voi kerätä taukoamatta ja näin ollen saada rasituksen jälkeistä dataa esimerkiksi seuraavan vuorokauden ajalta. Aiempien tutkimusten perusteella tällaisilla seurantamenetelmillä on saatu erinomaista apua erityisesti kestävyysla-  
jien kuormituksen hallintaan. (Hynynen ym 2006; Hyvinvointianalyysi 2016.)

#### **4.2.2 Leposyke**

Ihmisen normaali leposyke on 60-80 lyöntiä minuutissa ja lepotilassa sen saa aikaan parasympaattinen hermoärsytys, jonka vaikutuksesta sydämen sykintätaajuus laskee. Tiettyjen lajien urheilijoilla leposyke voi olla huomattavasti normaalitasoa matalampi ja esimerkiksi kestävyysharjoittelu voi alentaa leposykettä alle 30 lyöntiin minuutissa. (Keskinen 2007, 84.)

Perinteinen palautumistilan seurantaan käytetty menetelmä on leposykkeeseen mittaaminen. Joissakin tilanteissa sen tulkinta voi olla kuitenkin vaikeaa, sillä ulkopuolisilla tekijöillä, kuten melulla ja vuorokaudenajalla, on vaikutusta herkästi leposykkeeseen. Lisäksi rasituksen aiheuttamaa muutosta voi olla vaikeaa erottaa ympäristön aiheuttamasta syketaason vaihtelusta leposykkeeseen muutosten ollessa yleensä melko pieniä. (Kaikkonen ym 2006, 7.)

#### **4.2.3 Maksimisyke**

Kuormituksen lisääntymisen myötä sydämen syke kasvaa suorassa suhteessa, mutta maksimia lähestyttäessä sykkeen nousu hidastuu suhteessa kuorman nousuun. Maksimisyke on riippuvainen ihmisen iästä ja sydämen harjoitustilasta. Maksimisykkeen karkeaksi määrittämiseksi voidaan käyttää ikään perustuvaa laskennallista maksimisykkeen arviota ( $220 - \text{ikä}$ ). Tämän taustalla on havainto siitä, että maksimisyke laskee yhdellä sydämen lyönnillä vuosittain noin 10-15 ikäisestä alkaen. (Keskinen 2007, 86-87.)

Etenkin urheilijoiden kohdalla maksimisyke olisi syytä määritellä aina erikseen, jotta harjoittelussa voitaisiin hyödyntää oikeita lukuarvoja. Harjoittelulla on iän lisäksi vaikutusta maksimisykkeeseen, sillä maksimisyke alenee merkittävästi yksipuoleisesti hitailla syketasoilla harjoittelevilla, jopa 20-30 lyöntiä alle oman ikäryhmän normaaliarvojen. (Keskinen 2007, 87.)

#### **4.2.4 EPOC**

Fyysisen kuormituksen aikana kohonnut hapenkulutus palautuu nopeasti kuormituksen päättyessä, mutta saavuttaa lepotason vasta useiden minuuttien tai tuntien palautuksen jälkeen. Tästä lepotason ylittävistä hapenkulutuksen määrästä käytetään nimeä EPOC (Excess Post-Exercise Oxygen Consumption). (Kaikkonen ym 2006, 9.)

Harjoitusvaikutus määräytyy hapenkulutuksesta laskettavan EPOC -arvon perusteella, joka on liikuntasuorituksen tehoa kuvaava yksikkö. Mitä kovempaa ja pidempään liikutaan,

sitä enemmän EPOC:ia kertyy ja sitä suurempi harjoitusvaikutus saavutetaan. (Firstbeat Hyvinvointianalyysi 2016, 16-17.) Intensiiteetin on havaittu vaikuttavan kurvilineaarisesti EPOC:n määrään, kun taas EPOC:n suhde kuormituksen kestoon on lineaarinen intensiiteetin ollessa kohtalaisen korkea (Børsheim & Bahr 2003, 1037-1060).

EPOC voidaan jakaa erilaisiin komponentteihin, joista tavallisimmin ovat käytössä nopea ja hidas komponentti. Nopeaan komponenttiin vaikuttavia tekijöitä tiedetään olevan paljon: veren ja lihasten happivarastojen täydentäminen, ATP:n ja kreatiinifosfaatin uudelleenmuodostus, laktaatin poisto sekä lisääntynyt kehon lämpötila, verenkierto ja ventilaatio. Myös kuormituksen aikaisen happivelan korjaamisella on vaikutuksia EPOC:n nopeaan komponenttiin. Tähän komponenttiin sisällytetään n. ensimmäisen tunnin aikainen EPOC. (Børsheim & Bahr 2003, 1037-1060.)

Useita tunteja sisältävään, hitaaseen, komponenttiin vaikuttavia tekijöitä ei tunneta niin hyvin. Tutkimusten perusteella on kuitenkin oletettavissa, että kyseiseen komponenttiin ovat yhteydessä mm. lisääntynyt sympatoadrenaalinen aktiivisuus, lisääntyneet hormonipitoisuudet (mm. kasvuhormoni, katekoliamiinit, kortisoli), triglyseridin ja rasvahappojen lisääntynyt kiertäminen veressä sekä energialähteen muuttuminen hiilihydraateista rasvoiksi. (Børsheim & Bahr 2003, 1037-1060.)

#### **4.2.5 TRIMP**

TRIMP (Training Impulse) on kuormituksen mittaamiseen käytetty indeksi, joka lasketaan harjoituksen keskisykkeen ja keston sekä elimistön laktaattipitoisuuksien perusteella seuraavan kaavan mukaan (Kaikkonen ym 2006, 7):

$$\text{Training impulse} = T \times \Delta\text{HR ratio} \times y,$$

jossa T = harjoituksen kesto minuutteina

$$\Delta \text{HR ratio} = (\text{HR}_{\text{max}} - \text{HR}_{\text{lepo}} / \text{HR}_{\text{harj}} - \text{HR}_{\text{lepo}})$$

HR<sub>max</sub>= maksimisyke

HR<sub>lepo</sub>= leposyke

HR<sub>harj</sub>= harjoituksen keskisyke

$$y = 0,64e^{1,92x} (\text{miehet})$$

$$y = 0,86e^{1,67x} (\text{naiset})$$

$$x = \Delta \text{HR ratio}$$

(Banister 1991, 403-424.)

#### 4.2.6 Voimaharjoittelun kuormituksen arviointi ja menetelmät

Tarkasteltaessa harjoittelun ohjelmointiin liittyvää kirjallisuutta, nousee esiin kolme päämetodia, joilla voidaan arvioida harjoittelun volyyymia voimaharjoittelussa:

- 1) *Suoritettujen toistojen kokonaismäärä,*
- 2) *Kuorma-indeksin laskeminen ja*
- 3) *Määrä-indeksin laskeminen.* (Haff 2010, 32.)

##### *Toistometodi:*

Kaikista yksinkertaisin metodi voimaharjoittelun volyymin määrittämiseksi ja aikaansaadun työn arvioimiseksi, on yksittäisessä harjoitteessa, harjoituksessa, harjoituskerralla tai harjoittelusyklissä suoritettujen kokonaistoistomäärän laskeminen. Toistometodi on helppokäyttöinen, mutta se antaa puutteellisen arvion voimaharjoitusjakson tai harjoitusohjelman aikana tehdystä työstä tai volyymin määrästä, minkä vuoksi tarkempi lähestymistapa olisi joko suoraan määrittää tehty työ tai arvioida harjoitusvolyyymi ottamalla huomioon nostetut kilot. (Haff 2010, 32.)

##### *Kuormavolyyymi:*

Kuormavolyymin laskeminen on yleisesti käytetty metodi voimaharjoittelun kuorman arvioimiseksi. Tämä kuorman arviointi perustuu volyymin tai kuorman määrittämiseksi ottamalla huomioon voimaharjoituksen aikana nostetut painot. Kyseistä metodologia käytettäessä on kaksi tapaa laskea harjoituksen volyyymi. (Haff 2010, 32.)

Ensimmäisessä yhtälössä volyyymi on laskettu kertomalla tehtyjen toistojen määrä käytetyillä kuormilla. Yhtälö voidaan esittää seuraavasti:

Nostettujen kilojen kokonaismäärä (kg) = sarjat x toistot x lisäpaino (kg) (Haff 2010, 32-33.)

Toinen yhtälö volyymin laskemiseksi toteutetaan kertomalla toistomäärä liikkeen yhden toiston maksimin prosenttiluvun kanssa. Yhtälö esitetään seuraavasti:

Kuormavolyyymi (kg) = nostettujen kilojen kokonaismäärä x %1RM (Haff 2010, 32-33.)

##### *Volyyymi-indeksi:*

Tarkasteltaessa volyymiarviota tehdystä työstä, se ei ota huomioon urheilijan kokoa, jolla voi olla hyvinkin paljon vaikutusta tehdyn työn määrään. Metodia, jossa otetaan huomioon urheilijan koko, kutsutaan määrä-indeksiksi. Edelliseen laskutapaan verrattaessa, määrä-indeksi antaa tulokseksi merkittävästi erilaisen arvion työkuormasta. On olemassa useita



laskukaavoja määrä-indeksin määrittämiseen, joita voidaan käyttää harjoittelun volyymin arvioimiseen. (Haff 2010, 34.)

Ensimmäisessä yhtälössä laskettu volyymi jaetaan urheilijan kehonpainolla:

Volyymi-indeksi = kuormavolyymi / kehonpaino (kg) (Haff 2010, 34.)

Volyymikuormaan suhteutettaessa, seuraava yhtälö käyttää allometrisesti mukautettua tehon arvoa, joka voidaan laskea seuraavasti:

Volyymi-indeksi = kuormavolyymi / kehonpaino (kg) <sup>0,67</sup> (Haff 2010, 34-35.)

Harjoittelun kuormittavuuden määrittämisessä tulee valita harkiten metodi, jota on järkevintä käyttää (Haff 2010, 32-35).

## 5 Lajin fyysiset vaatimukset

CrossFit on laji, jossa yhdistyy voima- ja kestävyys harjoittelu. Lajissa on tarpeellista harjoittaa kaikkia kymmentä fyysisen kunnan osa-alueita, sillä kilpailuissa voi eteen tulla mitä tahansa. Näitä kehitettäviä osa-alueita ovat: 1) kestävyys, 2) nopeusvoima, 3) kesto-voima, 4) maksimivoima 5) notkeus ja liikkuvuus, 6) nopeus, 7) koordinaatio, 8) ketteryys, 9) tasapaino ja 10) tarkkuus. Suoritus on riippuvainen keskeisesti voima- ja kestävyyskyvystä, sillä kilpailulajit voivat olla lyhyitä, keskipitkiä tai pitkiä sekä ne voivat sisältää kevyillä, keskiraskailla tai raskailla painoilla suoritettavia liikkeitä. Harjoittelussa korkealla intensiteetillä ja volyymin avulla pyritään saamaan aikaiseksi mahdollisimman suuret harjoitusvasteet. (Glassman ym 2010, 4-6.)

### 5.1 Volyymi

Volyymi on ensisijainen harjoittelun osatekijä, sillä se on teknisen, taktisen ja fyysisen saavutuksen edellytys. Yksinkertaisin määritelmä volyymille on fyysisen aktiivisuuden kokonaismäärä harjoituksessa, mutta se voidaan määrittellä myös harjoituskerran aikana tehdyn työn summana (toistot x sarjat x kilot). Volyymi sisältääkin harjoituksen keston sekä toistojen määrän harjoituksessa, jonka urheilijan suorittaa tietyssä ajassa. (Bomba & Haff 2009, 79.):

Tarkka arvio harjoittelun volyymista on riippuvainen lajista tai aktiviteetista. Kestävyysurheilussa volyymia arvioimiseksi soveltuvin mittayksikkö on kuljettu matka, kun taas voimaharjoittelussa tai painonnostossa paras tapa volyymia määrittämiseksi on laskea nostetut kilot, sillä toistojen määrä ei yksinään anna luotettavaa arviota. (Bomba & Haff 2009, 80.)

Harjoittelun volyymi tulee kasvamaan läpi urheilu-uran, sillä mitä enemmän harjoitellaan, sitä suurempi volyymi vaaditaan stimuloimaan fysiologisia adaptaatioita ja nostamaan suorituskykyä. On olemassa useita metodeja nostamaan harjoittelun volyymia ja kolme tehokasta keinoa näistä ovat: harjoittelun tiheyden lisääminen, harjoittelun volyymia nostaminen harjoituskerran sisällä tai molemmat edellä mainitut yhdessä. Suunniteltaessa harjoittelun volyymia, on tärkeää ottaa huomioon urheilijan palautumiskyky. Edistyneillä urheilijoilla palautuminen on nopeampaa, minkä vuoksi he sietävät korkeampaa volyymia harjoittelussa. Vaikka volyymia maksimoiminen onkin tärkeää, tulee ottaa huomioon, että harjoittelun volyymi vaihtelee lajin, harjoitteluvälineiden, urheilijan tarpeiden, iän, kehityksen asteen sekä harjoitusjakson mukaan. (Bomba & Haff 2009, 80-81.)

## 5.2 Intensiteetti

Intensiteetti on kokonaiskuormituksen toinen osatekijä, joka viittaa siihen, kuinka lähellä yhden toiston maksimia liikutaan (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 256). Intensiteetti on määriteltävy voimantuoton suhteeksi (ts. energiankulutus tai työ aikayksikköä kohtaan), vastustavaksi voimaksi tai edistymisen vauhdiksi. Tämän määritelmän mukaan, mitä enemmän työtä urheilija tekee aikayksikköä kohden, sitä korkeampi on intensiteetti. (Bomba & Haff 2009, 81.)

Intensiteetti on riippuvainen hermo-lihasjärjestelmän aktivaatiosta, jossa korkeampi intensiteetti (ts. korkeampi voimantuotto, korkeampi ulkoinen kuorma) vaatii suurempaa hermo-lihasjärjestelmän aktivaatiota. Ulkoinen kuorma, suorituksen nopeus, kehittynyt väsymys ja aloitetun harjoittelun tyyppi määrittelevät hermo-lihasjärjestelmän aktivaation mallin. Yksi lisätekijä, jolla voi olla vaikutusta, on harjoittelun psyykkinen väsyttävyyys. Harjoituksen psykologisella puolella voi olla suuri vaikutus intensiteettiin, mikä ilmentyy keskittymisen ja henkisen stressin tuloksena. (Bomba & Haff 2009, 81.)

Intensiteetin arviointi on spesifistä harjoittelulle ja urheilulle. Nopeutta sisältävät harjoitukset määritellään yleensä metreinä sekunnissa, tahtina minuutissa tai tehona (watteina). Kun harjoituksessa käytetään vastusta, intensiteetti määritellään yleensä kilogrammoina, nostetut kilot painovoimaa vasten (kg/m), tai tehona (watteina). Joissain tapauksissa intensiteetti voidaan laskea sydämen sykkeen keskiarvona urheilusuorituksen aikana, sykkeen suhteena anaerobiseen kynnykseen tai prosenttina maksimisykkeestä. (Bomba & Haff 2009, 81.)

Harjoittelusuunnitelman tulisi sisältää vaihtelevalla intensiteetillä tehtyjä harjoituksia vuotuisen harjoitussuunnitelman sisällä, erityisesti mikrotasolla. On olemassa useita metodeja harjoittelun intensiteetin määrittämiseen ja toteamiseen. Esimerkiksi harjoituksissa, jotka perustuvat voima- tai nopeusharjoitteluun, intensiteetti voidaan määrittää parhaan suorituksen prosenttilukuna. Tässä tapauksessa paras suoritus edustaisi maksimaalista intensiteettiä. Kestävyysurheilussa tulisi harkita sykereaktioiden käyttöä intensiteetin mittarina. (Bomba & Haff 2009, 81-82.)

## 5.3 Voimaharjoittelu

Lihasoimalla on merkittävä osuus kilpa- ja huippu-urheilussa, ja lajista riippumatta voiman lisääminen on johtanut lähes poikkeuksetta tulostason nousuun viimeisen 20 vuoden aikana (Häkkinen, Mäkelä & Mero 2007, 251). Voimaharjoittelua suunniteltaessa on tunnettava kyseisen lajin ominaispiirteet eli vaadittavat voimantuottoajat, voimatasot, työs-

kentelevät lihakset sekä liikeradat, jotta harjoitteluun osataan valita oikeat harjoitettavat voimaominaisuudet (Häkkinen ym 2007, 251).

Voimaharjoittelu on olennainen osa CrossFit –harjoittelua, mutta valmennuksen kannalta on haasteellista hankkia voimaominaisuuksia siten, että se ei heikennä muita lajissa vaadittavia osa-alueita. Lajin kannalta oleellimmat voiman ominaisuudet ovat nopeus-, maksimi- ja kestovoima.

### **5.3.1 Nopeusvoima**

Nopeusvoimaharjoittelu perustuu hermo-lihasjärjestelmän räjähtävään voimantuottokykyn, jossa eri lihasryhmiltä vaaditaan koordinoitua yhteistyötä. Nopeusvoimaharjoittelussa pyritään saamaan aikaan mahdollisimman suuri voima mahdollisimman lyhyessä ajassa ja harjoittelu lisää ensisijaisesti voimantuottonopeutta kehittäen kuitenkin myös maksimaalista voimantuottoa. (Isolehto 2016, 265.) CrossFitissa nopeusvoimaa kehittäviä harjoitteita ovat olympianostot, kuten tempaus ja työntö sekä muun muassa painopallon heitot ja erilaiset hyppyt. CrossFitin maailmanmestaruuskilpailujen, CrossFit Gamesien, kilpailulajeissa vaaditaan nopeusvoimaa: useina vuosina lajina on ollut esimerkiksi painonnostoliikkeen ykkösmaksimi (vuoden 2015 'Clean and jerk' 1RM) tai on tullut nostaa peräkkäin nousevia kuormia (vuoden 2012 'Clean ladder'). (CrossFit Inc 2012; CrossFit Inc 2015.)

Nopeusvoimaharjoittelun tärkein periaate on maksimaalinen yritys, minkä vuoksi urheilijan on käytettävä koko tahdonvoimaansa ja pyrittävä 100-103 % suoritukseen jokaisella yrittämällä. Kauden painopisteestä ja lajin vaatimuksista riippuen kuorma valitaan 0-80 % väliltä yhden toiston maksimista. Harjoituskaudella 30-60 % kuormien käyttö olisi suotavaa mekaanisen tehon saavuttamiseksi kun taas kilpakaudella pysytellään enimmäkseen 0-30 % alueella. Suurempien kuormien säännöllinen käyttö varmistaa maksimivoiman säilyttämisen. (Isolehto 2016, 269-271.)

Nopeusvoimaharjoittelussa sarjan tulisi kestää 1-10 sekuntia, jotta varmistetaan välittömien energianlähteiden käyttö ja säilyttämään nopeus. Sarjapalautuksena tulisi olla 3-5 minuuttia, jotta välittömät energian lähteet (ATP ja KP) ehtivät palautumaan. Tänä aikana urheilija latautuu myös psyykkisesti uuteen suoritukseen. Muita nopeusvoimaharjoittelun periaatteita ovat lajinomaisuus, ärsykkeen vaihtelu sekä harjoittelun progressiivisuus. (Häkkinen ym 2007, 258-260; Isolehto 2016, 269-270.)

### 5.3.2 Maksimivoima

Maksimivoima -käsitteellä tarkoitetaan lihaksen tai lihasryhmän suurinta yksilöllistä voimatasoa, jonka se pystyy tuottamaan tahdonalaisessa kertasupistuksessa. Maksimivoimassa noudatetaan samoja peruseriaatteita kuin nopeusvoimassakin, mutta käytettävät kuormat ovat huomattavasti suurempia riippuen harjoittelun painotuksesta. Hermosto- ja lihasjärjestelmän toiminnassa maksimivoiman kasvaminen edellyttää uusien motoristen yksiköiden käyttöönottoa ja uusien hermoyhteyksien luomista (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250-256.)

Maksimivoimaharjoittelulla parannetaan urheilusuoritusta, tuki- ja liikuntaelimestön terveyttä sekä vartalon estetiikkaa. Harjoittelulla pystytään ehkäisemään ensisijaisesti tilanteita, joissa heikot lihakset aiheuttaisivat toiminnan vajausta, mutta muina terveyshyötyinä ovat positiiviset vaikutukset aineenvaihdunnan ja luuston terveyteen. Vaikka maksimivoimaharjoittelu on tärkeä tekijä voimaa ja tehoa vaativissa lajeissa, on sen todettu hyödyttävän myös kestävyys-suoritusta. (Folland & Williams 2007, 146.)

Hermostollista voimaa eli maksimivoimaa kehitettäessä käytetään suuria kuormia 85–100 % 1RM, mutta toistomäärät pysyvät suhteellisen pieninä (1-3). Sarjapalautuksen tulisi olla tarpeeksi pitkä 2-4 minuuttia, jotta välittömät energianlähteet ehtivät palautumaan ennen uutta suoritusta. Lihasmassaa kasvattavassa eli hypertrofisessa harjoittelussa tarkoituksena on väsyttää lihas uupumukseen asti, jolloin toistomäärät ovat suurempia (8-12) ja kuorma valitaan 60-85% 1RM. Näiden kahden yhdistelmä on hypertrofisestollinen maksimivoimaharjoittelu, jossa toistomäärä on 3-6 ja intensiteetti 70-90 % 1RM. Tämä harjoittelutapa lisää lihasmassaa, mutta samalla joissain määrin myös maksimivoimaa. (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 257-259.)

Maksimivoimaharjoitteita valittaessa on otettava huomioon lajinomaisuus. Kyseistä voimaa mitataan lähes poikkeuksetta kaikissa CrossFit –kilpailuissa, kuten vuonna 2010 CrossFit Gamesien lajissa 'Shoulder to overhead 1RM', jossa tuli nostaa mahdollisimman painava kuorma hartioilta pään yläpuolelle tai vuoden 2014 lajissa 'Overhead squat 1RM, jossa kilpailijan tuli löytää valakkykyn yhden toiston maksimi. (Pasanen 2016, 28-29.) Korkeat maksimivoimatasot luovat perustaa hyvälle kestovoimalle, mikä on tärkeää CrossFitissa, sillä useissa lajisuorituksissa tulee suorittaa pitkiä toistomääriä suhteellisen suurella kuormalla (Zatsiorsky & Kraemer 2006, 162).

### 5.3.3 Kestovoima

Kestovoimaharjoittelu toteutetaan joko aerobista tai anaerobista kestovoimaa painottaen ja kuorma valitaan yleensä 0-60 % 1RM. Tämän tyyppinen harjoittelu kehittää jonkin verran perusvoimaa, mutta luo ennen kaikkea taloudelliset edellytykset tehosuorituksiin parantamalla hitaiden ja nopeiden lihassolujen työtehoa. Kestovoimaharjoittelussa on pyrkimyksenä rasittaa lihaksen välittömiä energiavarastoja sekä kehittää aerobista kapasiteettia. Palautukset jäävät usein melko lyhyiksi, jolloin lihakseen muodostuu kohtuullisesti maitohappoa. Harjoittelulla voidaankin parantaa maitohaponsietokykyä sekä eliminoida hapottumista. (Häkkinen ym 2007, 263.)

Kestovoiman harjoittamisessa voidaan noudattaa jotakin seuraavista tavoista:

1. *Aerobinen kuntopiiri*: Aerobisessa kuntopiirissä suoritetaan suuria toistomääriä pienellä lisäkuormalla (0-30 %) ja suoritustempo on rauhallinen (Häkkinen ym 2007, 263). CrossFitissa tällainen harjoittelu on useimmiten tekniikkaharjoittelua, jossa pyrkimyksenä on parantaa suoritustekniikkaa toistojen ja rauhallisen suoritusnopeuden kautta (Stenman 2014, 36).

2. *Anaerobinen kuntopiiri*: Harjoitteet suoritetaan pienellä lisäkuormalla (0-30 %) ja pienemmällä toistomäärillä (10-20) kuin aerobisessa. Kuntopiirissä tehdään usein nopealla temmolla 2-6 kierrosta, jotka pitävät sisällään 4-8 harjoitetta. Kierrosten välinen palautus vaihtelee 30 sekunnista 60 sekuntiin ja palautuksen pituudesta riippuen veren laktaattipitoisuudet voivat nousta hyvinkin suuriksi. (Häkkinen ym 2007, 263.) CrossFit – harjoittelussa yleisesti käytetyt Benchmark-harjoitukset, kuten Diane, Elisabeth ja Fran ovat hyviä esimerkkejä anaerobisesta kuntopiiristä. Näissä harjoitteissa on tarkoituksena suorittaa mahdollisimman nopeasti 21-15-9 toistoa mainittuja liikkeitä. (Glassman 2003, 1.)

3. *Nopeusvoimakuntopiiri*: Noudattaa nopeusvoimaperiaatteita ja käytetty kuorma on 30-60 % 1RM. Erona useimmiten pidemmällä palautuksilla tapahtuvaan nopeusvoimaharjoitteluun, kuntopiirissä palautus voi olla hyvinkin lyhyt (10 sekunnista 3 minuuttiin). Tällainen harjoittelu rekrytoi työhön tehokkaasti nopeita motorisia yksiköitä. (Häkkinen ym 2007, 263-64.) CrossFitissa tyypillinen nopeusvoimakuntopiiri voi olla esimerkiksi painonnostona tehty EMOM (every minute on the minute). Tällaisessa harjoitteessa suoritetaan jokaisella alkavalla minuutilla toisto/sarja määritetyn ajan verran. (Behrens 2016.)

## 5.4 Kestävyysharjoittelu

Kestävyys voidaan jakaa neljään eri kestävyiden lajiin: peruskestävyyteen, vauhtikestävyteen, maksimikestävyteen ja nopeuskestävyyteen. Kestävyysasuoritus on aina lajikohtainen ja sillä on keskeinen rooli lajeissa, joissa suorituksen kesto on yli kaksi minuuttia tai jotka pitävät sisällään useita lyhyitä ja tehokkaita työkaksoja. (Nummela, Keskinen & Vuorimaa 2007, 333.)

Maksimaalinen aerobinen energiantuottokyky ( $VO_{2max}$ ), pitkäaikainen aerobinen kestävyys, suorituksen taloudellisuus sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky ovat kestävyyskyvyn perusta. Kestävyysasuorituksessa harjoitusvaikutuksia voidaan saada aikaan kahdella tavalla: harjoituksen suurella teholla tai pitkällä kestolla. Tämä tapahtuu rasittamalla hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä hermo-lihasjärjestelmää pois normaalista tasapainotilasta. Elimistön tasapainotilaa järkytettäessä harjoituksen tehon avulla, hengitys kiihtyy voimakkaasti (hapenkulutus 70-80 %  $VO_{2max}$ ) ja lihasten maitohappopitoisuus nousee. (Nummela ym 2007, 333-335.)

CrossFitissa riittävä suoritusaste saadaan aikaan esimerkiksi soutu- tai juoksuintervalleilla, joissa hapenkulutus on suurta, mutta myös happivajeen takia anaerobinen energiantuotto korostuu. Tällainen harjoitus kehittää erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä kasvattaa maksimaalista hapenottoa. Harjoitusaste kohdistuu lihasten energiantuottoon harjoituksen keston avulla suoritettavassa, matalatehoisessa harjoituksessa. Tehon tulee olla alle anaerobisen kynnyksen (50-70 %  $VO_{2max}$ ) rasva-aineenvaihdunnan tehostamiseksi. (Nummela ym 2007, 333-335.) Kaiken kaikkiaan kestävyysasuorittelu kehittää pitkäaikaista kestävyttä sekä anaerobista ja aerobista kynnystä, parantaa hiusuonitusta työskentelevissä lihaksissa, nostaa veren tilavuutta ja laskee sykettä (Kobukeli, Noakes & Dennis 2002, 489-509).

### 5.4.1 Aerobinen Peruskestävyys

Hyvä aerobinen peruskestävyys luo pohjaa lajinomaiselle kestävydelle ja sen kehittyessä painopistettä voidaan siirtää tehoharjoittelun puolelle. Voidaan kuvitteellisesti ajatella, että peruskestävyys on pyramidin pohja. Mitä vankempi pohja pyramidilla on, sitä korkeammaksi ja vahvemmaksi se voidaan rakentaa. Näin ollen hyvä peruskestävyys luo vahvan pohjan myös muiden ominaisuuksien paremmalle kehittymiselle. (Nummela ym 2007, 335.)

Aerobinen peruskestävyys kehittyy parhaiten pitkäkestoisilla ja matalatehoisilla harjoituksilla, jolloin veren laktaattipitoisuudet eivät nouse lainkaan lepotasosta. Tavoitteena onkin

aerobisten ominaisuuksien ja rasva-aineenvaihdunnan parantaminen, minkä vuoksi harjoittelun tulisi tapahtua alle urheilijan aerobisen kynnyksen (syke 60-75 % Max). Harjoituksen aikana hengittäminen on kevyttä ja sujuvaa, joten nyrkkisääntönä voidaankin pitää kolmen p:n ohjetta: pitää pystyä puhumaan puuskuttamatta. (Nummela ym 2007, 336-337.)

Peruskestävyys harjoittelulla on elimistössä useita fysiologisia vaikutuksia. Se vahvistaa sydänlihasta, jolloin sydän pystyy pumppaamaan yhdellä lyönnillä aktiivisemmin verta. Tämän seurauksena leposyke laskee ja samoilla tehoilla tehty työ tuntuu kevyemmältä kuin aiemmin. Harjoittelu parantaa lihasten hiussuonitusta ja ääreisverenkiertoa, jotta kasvanut verimäärä pääsee paremmin perille. Solutasolla tapahtuvissa muutoksissa mitokondrioiden määrä lisääntyy, entsyymitoiminta tehostuu ja elimistö oppii hyödyntämään hiilihydraattivarastojen sijasta rasvoja energianlähteenä. Harjoittelun taloudellisuus paranee, sillä hermo-lihasjärjestelmä pystyy aktivoimaan hitaita lihassoluja paremmin, mutta myös nopeat lihassolut tottuvat pitkäkestoiseen työhön. (Uusimaa juoksee 2017.)

Aerobista peruskestävyyttä pyritään kehittämään peruskuntokaudella, sillä sen tarkoituksena on luoda pohjaa kovatehoisemmalle kestävyys harjoittelulle. Viikoittainen harjoittelun määrä on kuitenkin riippuvainen lajista ja harjoitustaustasta. CrossFitissa kestävyys harjoittelulla on paikkansa erityisesti peruskuntokaudella. (Uusimaa juoksee 2017.)

#### **5.4.2 Vauhtikestävyys**

Vauhtikestävyys harjoittelulla on lähes samat fysiologiset vaikutukset kuin peruskestävyys harjoittelullakin, mutta suurimpana erona on harjoituksen intensiteetti ja energiantuototapa. Vauhtikestävyudessa suurin osa energiasta saadaan hiilihydraateista rasvojen osuuden ollessa alle 30 %, kun taas peruskestävyudessa rasvoista tuotettava energia on jopa puolet. Teho on suurempi kuin peruskestävyys harjoittelussa ja suorituksen taloudellisuutta kehitetään aerobisen ja anaerobisen kynnyksen välissä olevilla nopeuksilla sykkeen ollessa 80-90 % maksimista. (Nummela ym 2007, 338-339.)

Vauhtikestävyuden toteuttamiselle on kaksi tapaa: yhtäjaksoinen suoritus tai 5-20 minuutin intervalliharjoittelu. Suorituksen aikana hengitys on voimakasta, mutta hallittua ja sujuvaa. Rasituksen kasvaessa lihaksiin muodostuu laktaattia, jota pystytään kuitenkin pusku-roimaan tehokkaasti eli kierrättämään soluihin ja kudoksiin energianlähteenä käytettäväksi. Vauhtikestävyys harjoittelu parantaa edellä mainitun prosessin tehokkuutta ja johtaa pienempään laktaatin kertymiseen elimistössä. Lisäksi harjoittelu nostaa anaerobista kynnystä, mikä parantaa suorituskykyä. (Uusimaa juoksee 2017.) Vauhtikestävyys harjoittelu



suositellaan aloitettavan jo peruskuntokaudella, mutta sitä voidaan lisätä kauden loppua kohden (Nummela ym 2007, 336-337).

### **5.4.3 Maksimikestävyys**

Maksimikestävyysharjoittelun päätavoite on parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kapasiteettia sekä maksimaalista hapenottokykyä. Harjoittelulla pyritään parantamaan kehon monien eri järjestelmien kapasiteettia: laktaatinsietokapasiteetti kasvaa, hengitykseen osallistuvien lihasten sekä keuhkojen toimintakyky paranee ja energiavarastojen hyödyntämiseen osallistuvien entsyymien määrä lisääntyy. Lisäksi nopeiden lihassolujen saaman ärsykkeen tuloksena ne oppivat hyödyntämään happea tehokkaammin verestä. (Uusimaa juoksee 2017.)

Maksimikestävyysharjoittelu toteutetaan usein intervalliharjoitteluna, jossa yhden vedon pituus vaihtelee 3-10 minuuttiin ja palautukset 1-5 minuuttiin, mutta se voidaan suorittaa myös tasavauhtisena tai kiihtyvänä. Tällä alueella harjoiteltaessa hengitys on erittäin raskasta ja syke 90-100 % maksimista. Oikean tehon määrittäminen on erittäin tärkeää ja parhaiten maksimikestävyys kehittyy harjoiteltaessa anaerobisen kynnyksen lähellä. (Nummela ym 2007, 340-342.) Anaerobisen kynnyksen ylittyessä laktaattia muodostuu enemmän kuin sitä poistuu, minkä seurauksena solujen happamuustaso nousee, energiantuottokyky heikkenee ja lihakset uupuvat (Uusimaa juoksee 2017).

## **5.5 Yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu**

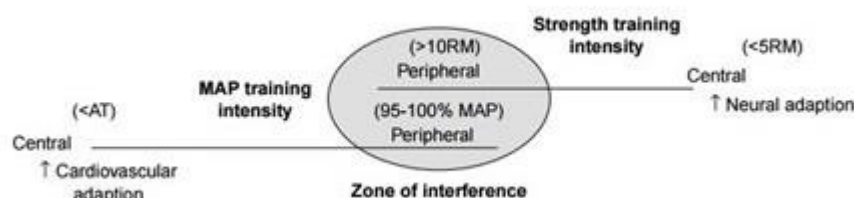
Lähes kaikissa kestävyyslajeissa suorituskyky on riippuvainen siitä, kuinka kovaa keskinopeutta urheilija pystyy ylläpitämään kilpailulajin aikana. Kyky tuottaa suurta tehoa mahdollisimman pienellä energiamäärällä on ratkaisevaa, sillä kilpasuorituksessa keskinopeuteen vaikuttaa keskeisesti tehontuotto sekä energiankulutus. Kestävyysurheilussa voimaharjoittelun tarkoituksena on kehittää pääasiassa hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokykyä hermotuksen parantumisen kautta, kuitenkin lajin vaatimusten mukaisesti. (Nummela ym 2016, 284.)

Joidenkin näkemysten mukaan yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu heikentävät toistensa kehittymistä, mutta esimerkiksi Paavolaisen ym. (1999) tutkimuksen perusteella voimaharjoittelu ei välttämättä vaikuta negatiivisesti kestävyysominaisuuksiin, vaan sillä voidaan peräti kehittää kestävyysuorituskykyä lisäämällä hermo-lihasjärjestelmän tehontuottokykyä ja parantamalla taloudellisuutta sekä loppukirikykyä. (Nummela ym 2016, 284.)

Yhdistetyssä harjoittelussa on havaittavissa etenkin heikentyneitä voiman kehittymistä (Leveritt, Aberethy, Barry & Logan 1999, 413-427). Tämän on todettu johtuvan hermo-lihasjärjestelmän jälkiväsyyksestä korkean volyymin tai harjoittelun tiheyden (4-6 kert/vk) vuoksi. Yhdistetyssä harjoittelussa jopa lyhytkestoisissa harjoitusjaksoissa (<12 vk) on havaittu samaa ilmiötä. Kuitenkin harjoittelutiheyden ollessa matalaa (2-3 kert./vk), on maksimivoiman todettu kasvavan niin lyhytaikaisten (<12 vk) kuin pitkäaikaistenkin jaksojen (>12 vk) aikana. Aerobinen harjoittelu voi vaikuttaa negatiivisesti sen jälkeen suoritettavan voimaharjoittelun laatuun heikentämällä hermo-lihasjärjestelmän nopeaa voimantuottoa ja vähentämällä voimaharjoittelun absoluuttista volyymiä kyseisissä olosuhteissa. Tämän vuoksi harjoittelun volyymin ja intensiteetin suunnittelussa on keskeistä välttää yhdistetyn harjoittelun mahdollisia häiriötekijöitä. (Izquierdo-Gabarren ym 2010, 1191–1199.)

Voimaharjoittelun aikaansaamat vaikutukset lihaskudoksen hypertrofiassa, sisäisessä kasvualustassa, aineenvaihdunnallisten entsyymien toiminnassa, lihassupistuksen proteiinien rakenteessa ja hiussuonituksessa ovat merkittävästi erilaiset ja joskus vastakkaiset kestävyysharjoittelun adaptaatioihin nähden. Pitkäaikaisen olettamuksen mukaan adaptaation saaminen molemmista harjoittelumuodoista samanaikaisesti on mahdotonta. Kestävyysharjoittelun on esimerkiksi osoitettu nostavan aerobisten entsyymien aktiivisuutta voimaharjoittelun mahdollisesti vähentäessä sitä, minkä vuoksi lihas on kykenemätön adaptoitumaan optimaalisesti kumpaankaan stimulukseen. Lisäksi yhdistetyllä harjoittelulla on saatu selville luurankolihasen tasolla olevien adaptaatioiden eroavan harjoitusvaikutuksistaan, jotka ilmenevät normaalisti harjoitettaessa kyseisiä ominaisuuksia erikseen. Tutkimusnäyttöä ei ole kuitenkaan kovin paljoa ja se on hyvin ristiriitaista, minkä vuoksi tarkkaa johtopäätöstä ei voida tehdä. (Leveritt ym 1999, 413-427.)

Dorcherty & Spornerin (2000) 'interference' -mallin (kuvio 2.) mukaan aerobista tehoa kasvattavalla kovatehoisella intervalliharjoittelulla (HIIT) ja hypertrofisella voimaharjoittelulla (useita sarjoja, 8-12 toistoa/sarja) optimaalinen kehittyminen estyy. Tässä tapauksessa voimaharjoittelun vasteena olisi proteiinisynteesin lisääminen sekä aerobisen energiantuottosysteemin kuormittamien intervalliharjoittelun vasteen ollessa lihaksen hapenotto-kyvyn parantaminen. Tällöin ainakin toisen ominaisuuden kehittyminen heikkenisi, sillä lihaksen olisi kyettävä adaptoitumaan täysin erilaisiin anatomisiin ja fysiologisiin vasteisiin. Yhdistettäessä intervalliharjoittelu korkealla intensiteetillä tehtävään voimaharjoitteluun (3-6 RM), olisivat voimaharjoittelun vasteet hermostollisia lihaksen aineenvaihdunnan sijaan, mikä ei häiritsisi adaptaatiota niin paljon.



Kuvio 2. Havainnollistava malli voima- ja kestävyys harjoittelun yhdistämisestä niin, että adaptaation häiriöitä olisi mahdollisimman vähän sekä toisaalta milloin adaptaation häiriöitä todennäköisesti esiintyy (AT = anaerobinen kynnyks, MAP = maksimaalinen aerobinen teho, RM = toistomaksimi) (Docherty & Sporer 2000, 385-394)

Onnistunut harjoittelun ohjelmointi vaatii erilaisia muuttujia, mukaan lukien intensiteetin, harjoittelutiheyden ja volyymin, fysiologisten adaptaatioiden maksimoimiseksi ja ylikunnon välttämiseksi. Tämä on tärkeää etenkin useimmissa syklisissä urheilulajeissa, kuten CrossFitissa, joissa sekä aerobista kuntoa että lihasvoimaa pyritään yhtäaikaaisesti parantamaan suorituksen optimoimiseksi. Useat tutkimukset ovat todistaneet, että yhdistetyllä harjoittelulla on saatu kehitystä erityisesti kestävyysurheilijoilla (mm. juoksun taloudellisuus, nopeuden kasvu laktaatin kynnyksarvoon, loikkakyvyn parantuminen). Mekanismit, joilla saattaa olla vaikutusta yllämainittuun kehitykseen yhdistetyllä harjoittelulla, ovat: (1.) voiman kasvu ja sen myötä mekaanisen tehokkuuden parantuminen, lihaskoordinaatio, motoristen mallien käyttöönotto; (2.) kokonaisvaltainen voiman kehittyminen; tai (3.) kasvanut lihasvoima ja koordinaatio. (Garcia-Pallarés & Izquierdo 2011, 329-343.)

Voimaharjoittelua edeltävästä kestävyys harjoittelusta aiheutuva jälkiväsymys voi vähentää ja/tai heikentää voimaharjoittelun laatua ja määrää, minkä vuoksi erityisesti huippu-urheilijoilla voimaharjoittelu tulisi suorittaa ennen kestävyys harjoittelua, tai ainakin jättää harjoituskertojen väliin vähintään 8 tuntia. Huippu-urheilijat voivat saavuttaa toissijaisia adaptaatioita suorittaessaan ylimääräisiä kestävyys harjoituksia submaksimaalisilla intensiteeteillä, jotka eivät kohdistu samoihin lihasryhmiin kuin aiemmassa harjoituksessa. Tällöin muut lihasryhmät palautuvat peräkkäisistä, korkeammalla intensiteetillä tehdyistä harjoituksista. Minkä tahansa tason urheilijoiden tulisi välttää epäonnistumiseen johtavaa harjoittelua. Yhdistetty voima- ja kestävyys harjoittelu, jossa noudatetaan kohtuullista määrää toistoja, mahdollistaa saavuttamaan paremman kehityksen voimassa, lihaksen tehossa ja tietyissä suorituksissa epäonnistumiseen johtavaan harjoitteluun verrattaessa. Lisäksi palautuminen voimaharjoittelusta nopeutuu ja sitä myötä peräkkäinen kestävyys harjoittelu voidaan suorittaa laadukkaammin. Kolme voimaharjoittelukertaa viikossa korkeatasoisilla urheilijoilla vaikuttaisi olevan optimaalinen määrä kehittämään lihasvoimaa ja –kestävyyttä kuin myös minimoimaan kestävyysominaisuuksien häiriintymisen. Voimahar-

joittelun hyötyjen maksimoimiseksi ja ylikunnon välttämiseksi, optimaalinen määrä harjoituksia ja toistoja jokaisessa harjoituksessa tulee kuitenkin sopeuttaa yksilöllisesti. (García-Pallarés & Izquierdo 2011, 329-343.)

Tutkimukset ovat osoittaneet, että useat tekijät voivat vaikuttaa yhdistetyn harjoittelun aiheuttamien vaikutusten voimakkuuteen. Näitä ovat koehenkilön edistyneisyys harjoittelussa, mielen tila harjoittelun aikana, volyymi, intensiteetti, harjoittelun tiheys, harjoituskertojen aikataulutus sekä muut muuttuvat tekijät. Hyvin suunniteltuna ja jaksotettuna yhdistetyllä voima- ja kestävyys harjoittelulla voidaan kehittää molempia ominaisuuksia onnistuneesti myös huippu-urheilussa. Ohjelmoinnin eri harjoitusjaksojen kannalta tulee ottaa huomioon vastakkaisiin harjoitusvasteisiin johtavien voima- ja kestävyys harjoituksen muotojen välttäminen, jotta keho adaptoituu harjoitteluun optimaalisesti. (Izquierdo-Gabarron ym 2010, 1191–1199.)

## 6 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Firstbeat Hyvinvointianalyysia, Webropol -kyselyjä ja harjoituspäiväkirjoja käyttämällä, kuinka kuormittavaa CrossFit -harjoittelu on henkisesti ja fyysisesti, sekä millaiset yhteydet subjektiivisella kuormittuneisuudella oli fysiologisen kuormittuneisuuden ja harjoituskuorman kanssa?

Tutkimuskysymykset:

1. Millainen oli koeryhmän harjoituskuorma?
2. Millainen oli koeryhmän mitattu fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen?
3. Millainen oli koeryhmän subjektiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen?
4. Oliko koeryhmän subjektiivisella kuormittuneisuuskokemuksella yhteyksiä fysiologisen kuormittuneisuuden ja harjoituskuorman kanssa?

## 7 Tutkimusmenetelmät

### 7.1 Kohderyhmä

Tutkimukseen osallistui seitsemän 23-31 vuotiasta CrossFit Lahden kilparyhmäläistä, joista kaksi oli naisia ja viisi miehiä. Kriteereinä koehenkilöiden valintaan oli kilparyhmään kuuluminen ja tavoitteellinen harjoittelu. Alkuperäinen koehenkilöiden määrä oli 9, mutta näistä tutkimukseen valikoitui seitsemän henkilöä erinäisten poisjäämisen syiden vuoksi. Taulukossa 1 on esitelty miespuolisten, ja taulukossa 2 naispuolisten, koehenkilöiden ikä, kehonkoostumus sekä lepo- ja maksimisykkeet.

Taulukko 1. Tutkimusryhmän miespuolisten koehenkilöiden ikä, kehonkoostumus ja sykkeet (n=5)

MIEHET	Keskiarvo	Keskihajonta
<b>Ikä</b>	25.6	3.1
<b>Pituus</b>	178.8	7.1
<b>Paino</b>	84.6	6.2
<b>Leposyke</b>	38.8	2
<b>Maksimisyke</b>	195.2	1.6
<b>BMI</b>	26.5	2.4

Taulukko 2. Tutkimusryhmän naispuolisten koehenkilöiden ikä, kehonkoostumus ja sykkeet (n=2)

NAISET	Keskiarvo	Keskihajonta
<b>Ikä</b>	23	0
<b>Pituus</b>	170	7.1
<b>Paino</b>	66	7.1
<b>Leposyke</b>	38.5	0.7
<b>Maksimisyke</b>	195	0
<b>BMI</b>	22.8	1.1

### 7.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus aloitettiin kesällä 2016 ja mittausten kesto oli 7 viikkoa. Kukin henkilö toteutti seitsemän viikon mittausjakson joko yhtäjaksoisena tai osissa. Mittausjakso koostui harjoituspäivistä ja niiden ohelle sovitetuista lepopäivistä. Ennen mittausten aloittamista koehenkilöiltä testattiin yhden toiston maksimi seuraavista liikkeistä: takakyykky, etukyykky, valakyykky, maastaveto, leuanveto lisäpainolla, dippipunnerrus lisäpainolla, penkkipunnerrus, pystypunnerrus, voimapunnerrus, ylöstyöntö, rinnalleveto ja tempaus (taulukko 3; taulukko 4).

Taulukko 3. Tutkimusryhmän miespuolisten koehenkilöiden maksimivoimatulokset (n=5)

<b>MIEHET</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>
<b>Etukyykky</b>	140.5	11.8
<b>Takakyykky</b>	162.5	16
<b>Valakyykky</b>	102	16
<b>Maastaveto</b>	209	11.4
<b>Leuanveto lisäpainolla</b>	48	14.4
<b>Dippipunnerrus lisäpainolla</b>	67.6	20
<b>Penkkipunnerrus</b>	118	16.8
<b>Pystypunnerrus</b>	71.5	12.4
<b>Voimapunnerrus</b>	97.5	11.7
<b>Ylöstyöntö</b>	107	11
<b>Rinnalleveto</b>	113.5	11.9
<b>Tempaus</b>	84	9.6

Taulukko 4. Tutkimusryhmän naispuolisten koehenkilöiden maksimivoimatulokset (n=2)

<b>NAISET</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>
<b>Etukyykky</b>	90	0
<b>Takakyykky</b>	100	0
<b>Valakyykky</b>	78.8	5.3
<b>Maastaveto</b>	120	0
<b>Leuanveto lisäpainolla</b>	20.3	3.2
<b>Dippipunnerrus lisäpainolla</b>	30	7.1
<b>Penkkipunnerrus</b>	68.8	1.8
<b>Pystypunnerrus</b>	47.5	3.5
<b>Voimapunnerrus</b>	68.8	1.8
<b>Ylöstyöntö</b>	86.3	1.8
<b>Rinnalleveto</b>	81.3	1.8
<b>Tempaus</b>	66.3	1.8

Mittausjakson aikana koehenkilöt käyttivät Firstbeat Bodyguard 2 –laitetta yhtäjaksoisesti seitsemän viikon ajan. Laite kiinnitettiin elektrodeilla oikealle puolelle rintakehälle ja vasemmalle puolelle kylkikaarelle, jolloin se alkoi välittömästi keräämään dataa. Laitteeseen liittyen koehenkilöt täyttivät Firstbeat -päiväkirjaa, johon he raportoivat nukkumaanmeno- ja heräämisajat, koetun unen laadun sekä työ- ja harjoitusajat. Lisäksi he pitivät kaikista harjoituksista harjoituspäiväkirjaa, johon he merkitsivät kyseisen harjoituksen liikkeet, sarjat, toistomäärät sekä nostetut kilot. Aamuisin koehenkilöt täyttivät Webropol RestQ –kyselyä (Liite 1), joka kartoitti yksilön kokemuksia muun muassa edellisen yön unenlaadusta, edellisen päivän harjoittelun kuormittavuudesta sekä koetusta lihaskivusta. Webropol RestQ –viikkokysely täytettiin kerran viikossa ja kysely kartoitti henkilön fyysistä, henkistä ja emotionaalista hyvinvointia sekä koehenkilön aktiviteetteja viimeisen viikon aikana.

Tutkimukseen valittiin edellä mainitut menetelmät harjoittelun fysiologisen kuormittavuuden, harjoituskuorman sekä subjektiivisen kuormittuneisuuden ja palautumisen määrittä-

miseksi, jotta harjoittelun kokonaiskuormitusta pystyttiin arvioimaan mahdollisimman tarkasti ja monipuolisesti. Firstbeat Hyvinvointianalyysi ei antanut minkäänlaista arviota harjoituskuormasta (kg) tai harjoittelun hermostollisista vaikutuksista, minkä vuoksi sen tueksi valittiin harjoituspäiväkirjan pitäminen ja Haffin (2010, 32-34) harjoituskuorman arvioimisen menetelmät.

Koeryhmältä saatiin seitsemän viikon mittausjaksolta yhteensä 199 onnistunutta mittauspäivää, joista 135 oli harjoituspäiviä ja 64 lepopäiviä (Taulukko 5). Onnistuneeksi mittauspäiväksi laskettiin päivä, jolta koehenkilö oli raportoinut harjoituksen sisällön harjoituspäiväkirjaan ja hyvinvointianalyysi oli mitannut koko harjoituksen/harjoitukset sekä yön katkeamatta. Mikäli koehenkilö ei ollut muistanut täyttää päiväkyselyä, otettiin mittauspäivä silti mukaan tulosten tulkintaan, sillä koetun kuormittavuuden vastaus laskettiin keskiarvona 0 = lepopäivä, 1-3 = kevyt kuormitus (2), 3-5 = keskiraskas kuormitus (4), 5-7 = raskas kuormitus (6) ja 7-10 = maksimaalinen kuormitus (8). Koettu palautuminen arvioitiin kuormituksen perusteella asteikolla 1-3 = hyvin palautunut (2), 3-5 = kohtalaisesti palautunut (4), 5-7 = heikosti palautunut (6.) ja 7-10 = erittäin heikosti palautunut (8).

Taulukko 5. Koeryhmän harjoituspäivien ja lepopäivien määrä koehenkilöittäin sekä koko aineistossa (n=7)

KOEHENKILÖ	Harjoituspäiviä	Lepopäiviä	Yhteensä
KH 1	23	7	30
KH 2	15	14	29
KH 3	17	8	25
KH 4	18	12	30
KH 5	23	7	30
KH 6	14	11	25
KH 7	25	5	30
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>135</b>	<b>64</b>	<b>199</b>

### 7.3 Mittausmenetelmät

#### 7.3.1 Harjoituskuorma

Tehtyä harjoittelua dokumentointiin pitämällä tarkkaa harjoituspäiväkirjaa, johon koehenkilöt merkitsivät ylös liikkeet, sarjat, toistot ja nostamansa kilot. Harjoituspäiväkirjan kirjausten perusteella arvioitiin harjoittelun kokonaiskuormaa suhteuttamalla nostetut kilot kunkin henkilön kehonpainoon sekä yhden toiston maksimeihin kyseisistä liikkeistä. Tällä menetelmällä voitiin arvioida hermo-lihasjärjestelmän kuormitusta, harjoittelun volyyymia sekä intensiteettiä. Volyymin määrä voitiin laskea käyttämällä Haffin (2010, 32-34) menetelmiä.



Ensimmäisessä menetelmässä volyyymi on laskettu kertomalla tehtyjen toistojen määrä käytetyillä kuormilla.

Nostettujen kilojen kokonaismäärä (kg) = sarjat x toistot x lisäpaino (kg) (Haff 2010, 32-33.)

Toisessa menetelmässä kerrotaan toistomäärä liikkeen yhden toiston maksimin prosenttiluvun kanssa.

Kuormavolyymi (kg) = nostettujen kilojen kokonaismäärä x %1RM (Haff 2010, 32-33.)

Kolmannessa menetelmässä laskettu volyyymi jaetaan urheilijan kehonpainolla.

Volyyymi-indeksi = kuormavolyymi / kehonpaino (kg) (Haff 2010, 34.)

### **7.3.2 Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen**

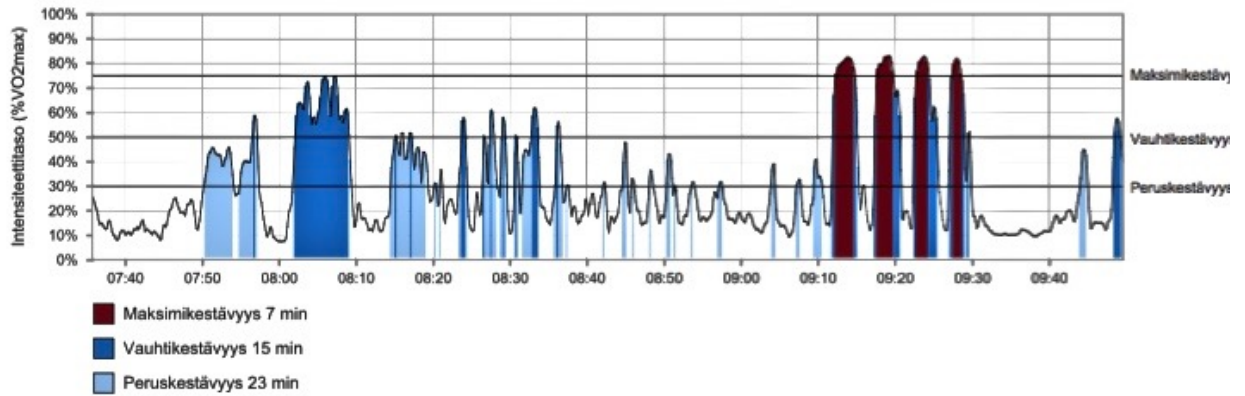
Energia-aineenvaihdunnan kuormitusta seurattiin Firstbeat Bodyguard 2 –mittalaitteella, joka tallensi koehenkilön sykevälivaihtelua (mittaustarkkuus sykemittauksessa 1 ms (1000 Hz)). Koehenkilöt käyttivät laitetta yhtäjaksoisesti ja laite otettiin pois ainoastaan suihkun tai uimisen ajaksi. Tarkoituksena oli alun perin käyttää laitetta yhtäjaksoisesti 7 viikkoa, mutta sen aiheuttaman ihon ärtymisen sekä laitteen toimivuuden vuoksi oli osalla koehenkilöistä mittausjakso välttämätöntä katkaista ajoittain.

Koehenkilöt täyttivät mittauksen aikana Firstbeat -päiväkirjaa, johon he merkitsivät nukkumaanmeno-, heräämis-, työ- ja harjoitusajat sekä arvioivat edellisen yön unen laadun. Laitteen muisti tyhjennettiin muutaman päivän välein tietokoneelle, jossa data muutettiin Hyvinvointianalyysiksi.

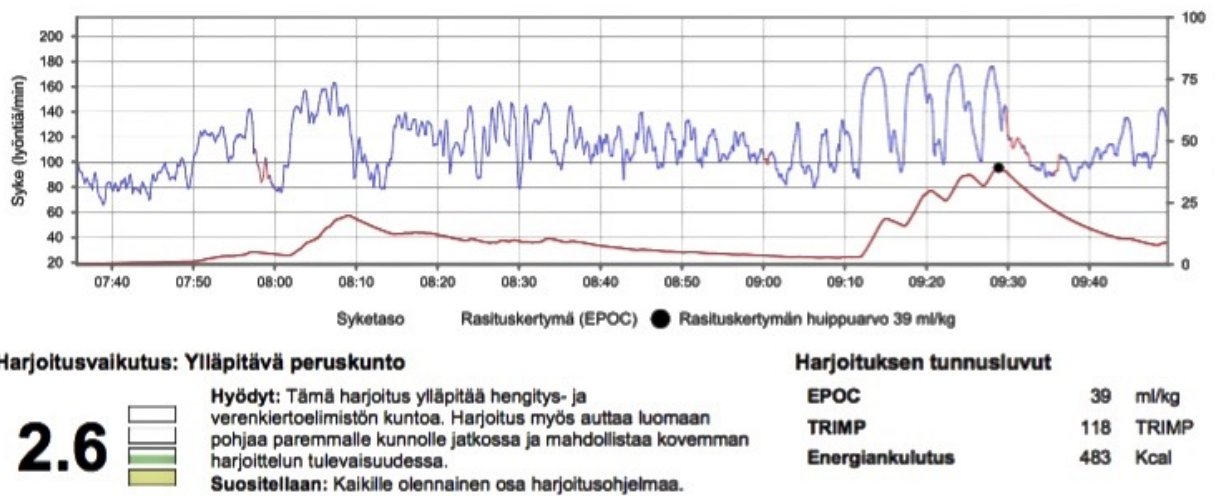
Hyvinvointianalyysi perustuu sydämen sykevälivaihteluun. Analyysi eritteli päivittäisen energiankulutuksen (Kcal) kolmeen luokkaan:

1. rasittava ja reipas liikunta (teho > 60 % max. suorituskyvystä)
2. kevyt liikunta sekä (teho 40-60 % max. suorituskyvystä)
3. muu kulutus (teho < 40 % max. suorituskyvystä)

Harjoitusvaikutusta kuvattiin EPOC- ja TRIMP –arvoilla sekä kilokaloreilla. Harjoitusvaikutusraportista saatiin selville kyseisen harjoituksen energiankulutus, syketaso, rasituskertymä (EPOC) sekä rasituskertymän huippuarvo (ml/kg) (Kuvio 2). Raportti kertoi harjoituksen tehoalueet ja ilmoitti minuutteina, kuinka kauan henkilö oli harjoitellut maksimi-, vauhti- tai peruskestävyysalueella (Kuvio 1).

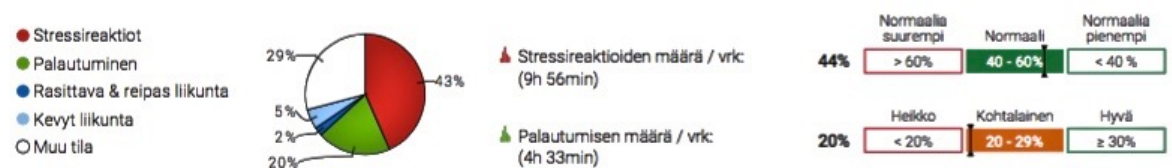


Kuvio 1. Esimerkki Firstbeat Hyvinvointianalyysin tulostusnäköymästä, jossa on kuvattuna kestävyysalueet harjoituksen aikana

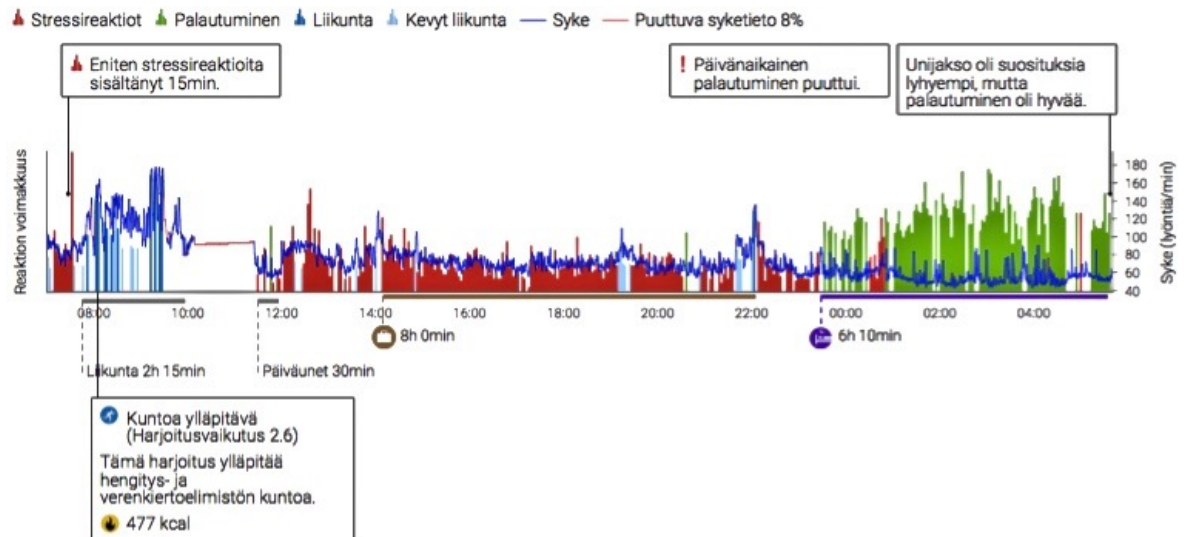


Kuvio 2. Esimerkki Firstbeat Hyvinvointianalyysin tulostusnäköymästä, jossa on kuvattuna harjoituksen aikaiset harjoitusvaikutukset

Stressireaktiot ja palautuminen kuvattiin hyvinvointianalyysissä prosenttiosuuksina vuorokaudessa ja ne näkyivät analyysissä punaisella ja vihreällä. Analyysi ei eritellyt kuitenkaan niin sanottua hyvää ja huonoa stressiä, joten esimerkiksi innostuminen näkyi stressireaktiona keholle. Fyysistä aktiivisuutta kuvattiin analyysissä sinisellä värillä. (Kuvio 3; Kuvio 4.)

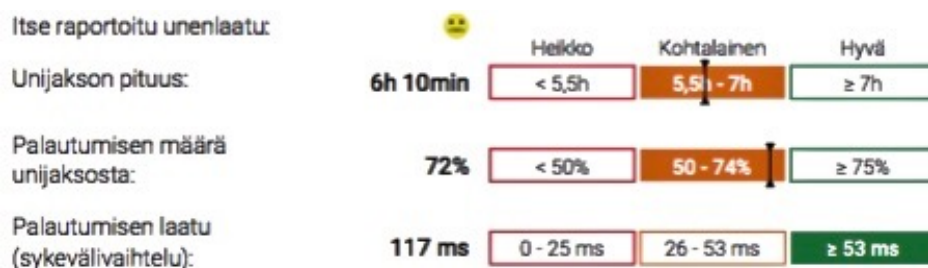


Kuvio 3. Esimerkki Firstbeat Hyvinvointianalyysin tulostusnäköymästä, jossa on kuvattuna fyysinen aktiivisuus, stressireaktiot ja palautumisen jakautuminen prosenttiosuuksina yhden vuorokauden aikana



Kuvio 4. Esimerkki Firstbeat Hyvinvointianalyysin tulostusnäkökulmasta, jossa on kuvattuna yhden vuorokauden fyysinen aktiivisuus, stressireaktiot sekä palautuminen

Hyvinvointianalyysi arvioi unijakson pituuden, palautumisen laadun ja määrän joko heikoksi, kohtalaiseksi tai hyväksi. Viitearvoissa otettiin huomioon ikäryhmä. Unijakson pituus ilmoitettiin tunteina ja minuutteina, palautumisen määrä unijaksosta prosenttilukuna ja palautumisen laatu (RMSSD) sykevälivaihteluna (ms). (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Esimerkki Firstbeat Hyvinvointianalyysin unijakson pituus, palautumisen määrä sekä palautumisen laatu yhden yön aikana

### 7.3.3 Subjektiiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen

Subjektiiivisen kuormittuneisuuden arvioimiseksi käytettiin kahta Webropol RestQ – kyselypohjaa, päiväkyselyä sekä viikkokyselyä. Koeryhmä täytti päiväkyselyn aina mittausaamuisin herättyään. Kyselyyn kirjattiin ikä, sukupuoli ja kehonpaino, ja se kartoitti henkilön tuntemuksia unen laadusta, väsymyksen asteesta, lihaskivusta, koetusta kuormittavuudesta sekä harjoitusta edeltävästä palautumisesta. Kokonaisuudessaan kysely kuvasi henkilön fyysistä, emotionaalista ja henkistä hyvinvointia yhden päivän aikana. Kysymyk-

sissä 6 (unen laatu), 7 (väsymyksen aste) ja 8 (lihaskivun / väsymyksen asteikko) vastausvaihtoehdot olivat välillä 1-5, ja kysymyksessä 9 asteikolla 0-10, jossa 0=lepo ja 10=maksimaalinen. Kysymyksessä 10 vastausvaihtoehdot olivat välillä 1-10, jossa 1=erittäin huonosti palautunut ja 10=erittäin hyvin palautunut. (Liite 1.)

Viikkokyselyssä koehenkilön tuli pohtia tuntemuksiaan viikoittaisella tasolla. Kysely sisälsi joukon väittämiä, jotka kuvasivat koehenkilön fyysistä -, henkistä - tai emotionaalista hyvinvointia sekä viimeisen viikon aikaisia aktiviteetteja. Vastausvaihtoehdot olivat asteikolla 0-6, jossa 0=ei koskaan ja 6=aina. Viikkokysely jouduttiin kuitenkin jättämään pois tuloksista, sillä yhtäjaksoisia, viikon kestäviä mittauksia ei ollut mahdollista saada, jolloin tulokset olisivat olleet vääristyneitä.

## 8 Tulokset

### 8.1 Harjoituskuorma

Koko mittausjakson (199 päivää) aikana nostettuja kiloja kertyi ainoastaan voima- ja yhdistelmäharjoituspäivänä (104 päivää). Päivää kohden kiloja kertyi  $6084.5 \pm 3949.4$  ( $487.5 - 22840$ ) kg ( $n=7$ ). Vastaava kuormavolyymi (nostettujen kilojen kokonaismäärä x %1RM) oli  $3744.4 \pm 2312.5$  ( $411.1 - 13447.1$ ) ( $n=7$ ) ja volyyymi-indeksi (kuormavolyymi / kehonpaino (kg))  $75.6 \pm 48$  ( $8 - 282.8$ ) ( $n=7$ ).

### 8.2 Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen

Koko mittausjakson (199 päivää) aikana kaikkiaan 134 harjoituspäivänä TRIMP:iä kertyi päivää kohden  $145.1 \pm 87.1$  ( $15 - 420$ ) ( $n=7$ ) ja kahtena lepopäivänä päivää kohden  $46.5 \pm 44.5$  ( $15 - 78$ ) ( $n=2$ ) (Taulukko 6).

Taulukko 6. TRIMP -arvo harjoituspäivinä ja lepopäivinä

**TRIMP Harjoituspäivä Lepopäivä (2)**  
(135)

<b>Keskiarvo</b>	145.1	46.5
<b>Keskihajonta</b>	87.1	44.5
<b>Maksimi</b>	420	78
<b>Minimi</b>	15	15

Koko mittausjakson (199 päivää) aikana kaikkiaan 134 harjoituspäivänä EPOC:ia kertyi päivää kohden  $75.1 \pm 60.9$  ( $6 - 407$ ) ( $n=7$ ) ja kahtena lepopäivänä päivää kohden  $10 \pm 4.2$  ( $7 - 13$ ) ( $n=2$ ) (Taulukko 7).

Taulukko 7. EPOC -arvo harjoituspäivinä ja lepopäivinä

**EPOC Harjoituspäivä Lepopäivä (2)**  
(135)

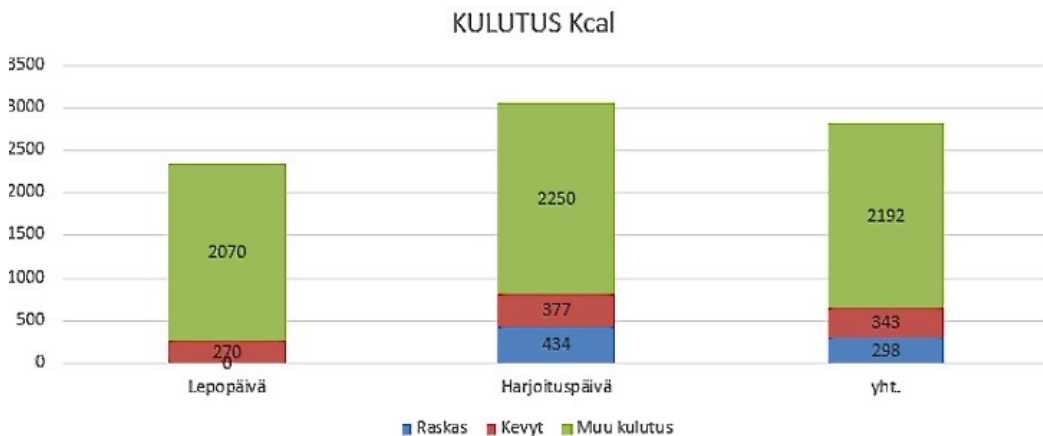
<b>Keskiarvo</b>	75.1	10
<b>Keskihajonta</b>	60.9	4.2
<b>Maksimi</b>	407	13
<b>Minimi</b>	6	7

Koko mittausjakson keskimääräinen energiankulutus oli päivää kohden  $2833.4 \pm 681.7$  ( $1430 - 4674$ ) Kcal ( $n=7$ ). Harjoituspäivien energiankulutus oli  $3061.5 \pm 613.2$  ( $1717 - 4674$ ) Kcal ( $n=7$ ) ja lepopäivien  $2352.3 \pm 560.4$  ( $1430 - 3757$ ) Kcal ( $n=7$ ). (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Päivittäinen kokonaisenergiankulutus harjoituspäivinä, lepopäivinä ja kaikkina päivinä yhteensä

<b>ENERGIANKULUTUS (Kcal)</b>	<b>Kcal / harjoituspäivä</b>	<b>Kcal / lepopäivä</b>	<b>Kcal / kaikki päivät</b>
<b>Keskiarvo</b>	3061.5	2352.3	2833.4
<b>Keskihajonta</b>	613.2	560.4	681.7
<b>Maksimi</b>	4674	3757	4674
<b>Minimi</b>	1717	1430	1430

Rasittavaksi & reippaaksi liikunnaksi luokiteltujen harjoitusosien päivittäinen kokonaisenergiankulutus oli  $434.2 \pm 264.5$  (46 – 1435) Kcal (n=7) ja kevyeksi liikunnaksi luokiteltujen harjoitusosien päivittäinen kokonaisenergiankulutus oli  $377.3 \pm 163.2$  (97 – 925) Kcal (n=7). Muuksi kulutukseksi luokitellun energiankulutuksen päivittäinen osuus oli  $2249.6 \pm 480.2$  (1242 – 3664) Kcal (n=7). (Kuvio 6.)



Kuvio 6. Energiakulutuksen jakautuminen harjoituspäivinä, lepopäivinä ja kaikkina päivinä yhteensä

Tarkastelujakson aikana koehenkilöt nukkuivat vuorokaudessa  $8.1 \pm 1$  (3.5 – 10.5) h (n=7) ja unen määrä oli sama sekä lepo- että harjoituspäivinä. Palauttavaksi luokitellun unen osuus unijaksosta oli kaikkien päivien osalta  $71.1 \pm 17.3$  (12 – 94) % (n=7), lepopäivinä  $78.8 \pm 13.4$  (27 – 94) % (n=7) ja harjoituspäivinä  $67.4 \pm 17.8$  (12 – 93) % (n=7). Nukkumisen aikaisesta sykevälivaihtelusta laskettu palautumista kuvaava hajontaindeksi (RMSSD) oli kaikki päivät mukaan lukien  $80.4 \pm 19$  (43 – 143) (n=7), lepopäivinä  $83 \pm 17.9$  (47 – 135) % (n=7) ja harjoituspäivinä  $79.2 \pm 19.5$  (43 – 143) % (n=7).

Mittausjakson aikainen palautumisen määrä vuorokautta kohden oli  $27.9 \pm 9.4$  (4 – 53) % (n=7). Lepopäivää kohden vastaavat arvot olivat  $32.5 \pm 8.6$  (10 – 52) % (n=7) ja harjoituspäivää kohden  $25.7 \pm 9$  (4 – 53) % (n=7). Jakson aikainen palautumisen laatu (RMSSD) vuorokautta kohden oli  $41.3 \pm 11.8$  (16 – 84) % (n=7). Lepopäivää kohden vastaavat arvot olivat  $48.5 \pm 12.8$  (16 – 84) % (n=7) ja harjoituspäivää kohden  $37.9 \pm 9.6$  (21 – 70) % (n=7).

Mittausjakson aikainen stressireaktioiden määrä vuorokautta kohden oli  $38.5 \pm 11.5$  (7 – 67) % (n=7). Lepopäivää kohden vastaavat arvot olivat  $40.7 \pm 12.7$  (16 – 67) % (n=7) ja harjoituspäivää kohden  $37.4 \pm 10.7$  (7 – 63) % (n=7).

### 8.3 Subjekttiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen

Koko mittausjakson aikainen itse arvioitu unenlaatu oli  $3.7 \pm 1$  (n=7), koettu väsymyksen aste  $3.6 \pm 0.9$  (n=7), lihaskivun / väsymyksen asteikko  $3.5 \pm 1$  (n=7), koettu kuormittavuus (edellinen päivä)  $3.8 \pm 2$  ja harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä)  $3.5 \pm 1.3$  (n=7) (Taulukko 9).

Taulukko 9. Webropol RestQ –päiväkyselyn vastaukset koko mittausjaksolta

<b>KOETTU PALAUTUNEISUUS</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>
<i>Unen laatu (1-5)</i>	3.7	1
<i>Väsymyksen aste (1-5)</i>	3.6	0.9
<i>Lihaskivun / väsymyksen asteikko (1-5)</i>	3.5	1
<i>Koettu kuormittavuus (edellinen päivä) (0-10)</i>	3.8	2
<i>Harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä) (1-10)</i>	3.5	1.3

Harjoituspäivien itse arvioitu unenlaatu oli  $3.7 \pm 0.9$  (n=7), koettu väsymyksen aste  $3.8 \pm 0.8$  (n=7), lihaskivun / väsymyksen asteikko  $3.6 \pm 1$  (n=7), koettu kuormittavuus (edellinen päivä)  $4.7 \pm 1.6$  ja harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä)  $3.5 \pm 1.3$  (n=7) (Taulukko 10).

Taulukko 10. Webropol RestQ –päiväkyselyn vastaukset harjoituspäivien osalta

<b>KOETTU PALAUTUNEISUUS</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>
<i>Unen laatu (1-5)</i>	3.7	0.9
<i>Väsymyksen aste (1-5)</i>	3.8	0.8
<i>Lihaskivun / väsymyksen asteikko (1-5)</i>	3.6	1
<i>Koettu kuormittavuus (edellinen päivä) (0-10)</i>	4.7	1.6
<i>Harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä) (1-10)</i>	3.5	1.3

Lepopäivien itse arvioitu unenlaatu oli  $3.5 \pm 1.1$  (n=7), koettu väsymyksen aste  $3.2 \pm 1$  (n=7), lihaskivun / väsymyksen asteikko  $3.3 \pm 0.9$  (n=7), koettu kuormittavuus (edellinen päivä)  $1.8 \pm 1.3$  ja harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä)  $3.3 \pm 1.5$  (n=7) (Taulukko 11).

Taulukko 11. Webropol RestQ –päiväkyselyn vastaukset lepopäivien osalta

<b>KOETTU PALAUTUNEISUUS</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>
<i>Unen laatu (1-5)</i>	3.5	1.1
<i>Väsymyksen aste (1-5)</i>	3.2	1
<i>Lihaskivun / väsymyksen asteikko (1-5)</i>	3.3	0.9
<i>Koettu kuormittavuus (edellinen päivä) (0-10)</i>	1.8	1.3
<i>Harjoitusta edeltävä palautuminen (edellinen päivä) (1-10)</i>	3.3	1.5

#### 8.4 Fysiologisen kuormittuneisuuden yhteydet harjoituskuormaan

Merkittävimmät korrelaatiot löytyvät harjoituskuorman ja kevyen liikunnan sekä harjoituskuorman ja kokonaisenergiankulutuksen väliltä. Erityisesti nostettujen kilojen kokonaismäärä ja kuormavolyymi olivat eniten yhteyksissä kokonaisenergiankulutukseen sekä muihin energiankulutuksen luokitteluihin kuin rasittavaan & reippaaseen liikuntaan, johon taas volyyymi-indeksillä oli eniten yhteyksiä. Harjoituskuormalla ei ollut juuri lainkaan yhteyksiä palautumiseen eikä unijakson pituuteen tai unen laatuun. Nostettujen kilojen kokonaismäärä ja kuormavolyymi olivat melko heikosti yhteyksissä EPOC:iin, kun taas volyyymi-indeksin ja EPOC:in väliltä löytyi merkitsevämpi yhteys. Nostettujen kilojen kokonaismäärä ja kuormavolyymi olivat tilastollisesti jokseenkin merkitsevästi yhteyksissä TRIMP:iin, johon volyyymi-indeksillä oli vielä merkitsevämpi tilastollinen yhteys. (Taulukko 12.)

Taulukko 12. Fysiologisen kuormittuneisuuden ja harjoituskuorman väliset korrelaatiokertoimet (merkitsevyydet merkattu tähdillä; \*P &lt; 0.05, \*\*P &lt; 0.01, \*\*\*P &lt; 0,001)

	<i>Nostettujen kilojen kokonaismäärä</i>	<i>Kuormavolyymi</i>	<i>Volyyymi-indeksi</i>
<i>Unijakson pituus (h)</i>	0,14	0,13	0,17
<i>Palautumisen määrä unijakson aikana</i>	0,08	0,05	0,11
<i>Palautumisen laatu unijaksosta</i>	0,15	0,15	0,00
<i>Kokonaisenergiankulutus</i>	0,49***	0,47***	0,36***
<i>Rasittava &amp; reipas liikunta</i>	0,28**	0,26**	0,32***
<i>Kevyt liikunta</i>	0,53***	0,53***	0,43***
<i>Muu kulutus</i>	0,42***	0,40***	0,27**
<i>Stressireaktiot vuorokauden aikana</i>	0,18	0,17	0,16
<i>Palautuminen vuorokauden aikana</i>	0,11	0,07	0,11
<i>EPOC</i>	0,20*	0,19*	0,29**
<i>TRIMP</i>	0,29**	0,28**	0,37***



## 8.5 Subjektiiivisen kuormittuneisuuden yhteydet harjoituskuormaan

Tilastollisesti merkittävimmät yhteydet löytyivät koetun kuormittavuuden yhteyksistä harjoituskuormaan. Harjoitusta edeltävä palautuminen oli heikosti yhteyksissä harjoituskuormaan, mutta lihaskivun / väsymyksen asteikolla ja unen laadulla ei ollut minkäänlaista tilastollista yhteyttä harjoituskuormaan. Väsymyksen asteella oli hyvin heikko yhteys harjoituskuorman kanssa. (Taulukko 13.)

Taulukko 13. harjoituskuorman ja koetun kuormittavuuden väliset korrelaatiokertoimet (merkitsevyydet merkattu tähdillä; \*P < 0.05, \*\*P < 0.01, \*\*\*P < 0,001)

	<i>Unen laatu</i>	<i>Väsymyksen aste</i>	<i>Lihaskivun / väsymyksen asteikko</i>	<i>Koettu kuormittavuus</i>	<i>Harjoitusta edeltävä palautuminen</i>
<i>Nostettujen kilo- jen kokonaisu- määrä</i>	0,14	0,19	0,03	0,40***	0,25*
<i>Kuormavolyymi</i>	0,15	0,22*	0,04	0,36***	0,21*
<i>Volyyymi-indeksi</i>	0,12	0,17	0,01	0,45***	0,24*

## 8.6 Subjektiiivisen kuormittuneisuuden yhteydet fysiologiseen kuormittuneisuu- teen

Suurimmat tilastolliset merkitsevyydet löytyivät koetun kuormittavuuden yhteyksistä rasittavaan & reippaaseen liikuntaan sekä TRIMP:iin, joissa molemmissa korrelaatio oli korkea. Koetulla kuormittavuudella oli lisäksi melko vahva yhteys EPOC:iin ja kokonaisenergiankulutukseen, mutta heikko yhteys palautumisen määrään unijakson aikana sekä palautumiseen vuorokauden aikana. Minkäänlaista merkitsevyyttä ei löytynyt koetun kuormittavuuden yhteyksissä unijakson pituuteen, palautumisen laatuun unijaksosta, stressireaktioihin tai muuhun kulutukseen. Harjoitusta edeltävällä palautumisella oli heikkoja yhteyksiä EPOC:iin ja TRIMP:iin, mutta ei minkäänlaisia yhteyksiä muihin fysiologisen kuormittuneisuuden mittareihin. Fysiologisen kuormittuneisuuden mittareista ainoastaan kevyellä liikunnalla, TRIMP:illä ja unijakson pituudella oli lieviä yhteyksiä lihaskivun / väsymyksen asteikkoon. Väsymyksen aste oli tilastollisesti merkittävästi yhteyksissä unijakson pituuteen sekä jokseenkin yhteyksissä kokonaisenergiankulutukseen ja sen jakautumiseen. Unen laatu oli merkittävästi yhteyksissä unijakson pituuteen, mutta muihin fysiologisen kuormittuneisuuden mittareihin sillä ei ollut merkitseviä yhteyksiä. (Taulukko 14.)

Taulukko 14. Koetun kuormittavuuden ja fysiologisen kuormittuneisuuden väliset korrelaatiokertoimet (merkitsevyydet merkattu tähdillä; \*P < 0.05, \*\*P < 0.01, \*\*\*P < 0,001)

	<i>Unen laatu</i>	<i>Väsymyksen aste</i>	<i>Lihaskivun / väsymyksen asteikko</i>	<i>Koettu kuormittavuus</i>	<i>Harjoitusta edeltävä palautuminen</i>
<i>Unijakson pituus (h)</i>	0,35***	0,34***	0,24**	0,11	0,08
<i>Palautumisen määrä unijakson aikana</i>	0,12	0,13	0,00	0,26***	0,16*
<i>Palautumisen laatu unijaksosta</i>	0,01	0,06	0,08	0,02	0,12
<i>Kokonaisenergiankulutus</i>	0,18*	0,28***	0,19*	0,43***	0,09
<i>Rasittava &amp; reipas liikunta</i>	0,11	0,21**	0,16*	0,72***	0,16*
<i>Kevyt liikunta</i>	0,16*	0,26***	0,20*	0,22**	0,03
<i>Muu kulutus</i>	0,15	0,19*	0,12	0,13	0,06
<i>Stressireaktiot vuorokauden aikana</i>	0,02	0,03	0,08	0,05	0,13
<i>Palautuminen vuorokauden aikana</i>	0,01	0,00	0,04	0,27***	0,05
<i>EPOC</i>	0,05	0,00	0,04	0,58***	0,20*
<i>TRIMP</i>	0,14	0,15	0,21*	0,67***	0,18*

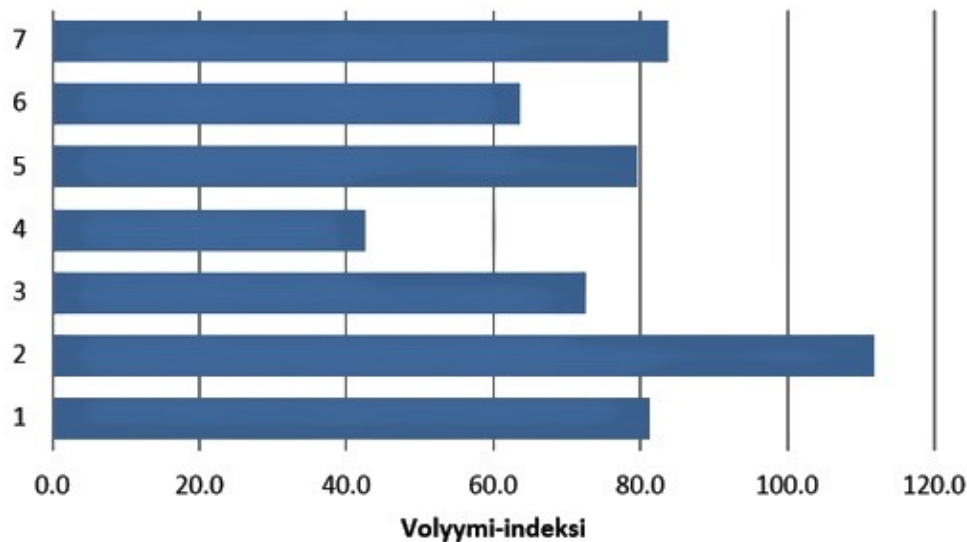
## 9 Pohdinta

Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää sitä, että koetulla kuormittavuudella oli suurin yhteys sekä fysiologiseen kuormittavuuteen että harjoituskuormaan. Toinen löydös oli se, että fysiologisella kuormittavuudella ei ollut lähes lainkaan yhteyksiä subjektiiviseen kokemukseen harjoituksista palautumisen kanssa. Voimaharjoittelu ei aiheuttanut lihaskipua tai lihasväsymystä, vaikka harjoitus oltiinkin koettu melko kuormittavaksi.

### 9.1 Harjoituskuorma

Koeryhmän harjoituskuorma oli päivää kohden  $6084.5 \pm 3949.4$  (487.5 – 22840) kg (n=7). Harjoituskuorman suuruutta on haasteellista määrittää ilman vertailukohdetta, sillä aiempaa tutkimustietoa CrossFit -harjoittelun kuormittavuudesta ei löydy. Harjoituspäivät olivat kuitenkin luonteeltaan erilaisia (voima-, kestävyys- tai yhdistelmäharjoitus), ja vaihtelu nostetussa kilomäärässä oli hyvin suurta, minkä vuoksi nostettujen kilojen keskiarvoa voidaan pitää kohtuullisen suurena.

Tuloksissa oli nähtävissä selkeitä eroja koehenkilöiden välillä tarkasteltaessa volyymi-indeksiä. Esimerkiksi kevyen ja vahvan koehenkilön (KH 5 ja KH 2) volyymi-indeksi oli suurempi, kuin painavamman ja suunnilleen saman vahvuisen koehenkilön (KH 4 ja KH 1). Tästä voidaan päätellä, että koehenkilöt 5 ja 2 ovat käyttäneet suurimpia kuormia suhteessa omaan kehonpainoonsa ja yhden toiston maksimeihinsa, kuin esimerkiksi koehenkilöt 4 ja 1. Voimaharjoittelupäivien määrä vaihteli koehenkilöittäin riippuen siitä, minkä verran voimaharjoittelua kyseinen henkilö teki mittausjakson aikana ja kuinka monta lepopäivää koehenkilön mittausjakso sisälsi. (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Yksilöllinen volyyymi-indeksi (voimaharjoittelun kokonaismäärä suhteutettuna keuhonpainoon) seitsemällä koehenkilöllä

\* Voima- ja yhdistelmäharjoituspäivien lukumäärä vaihteli koehenkilöittäin seuraavasti:

1 KH=19, 2 KH=8, 3 KH=13, 4 KH=13, 5 KH=20, 6 KH=13, 7 KH=17

## 9.2 Fysiologinen kuormittuneisuus ja palautuminen

TRIMP- ja EPOC –arvot saatiin Firstbeat Hyvinvointianalyysin antamasta harjoitusvaikutusraportista. Arvoihin vaikutti keskeisesti harjoituksen luonne, eli se, oliko kyseessä puhdas voimaharjoitus, yhdistelmäharjoitus vai kestävyystyyppinen harjoitus. Voimaharjoituspäivinä TRIMP:ia ja EPOC:ia kertyi huomattavasti vähemmän suhteessa kestävyys- tai yhdistelmäharjoituspäiviin, mikä olikin odotettavissa, sillä voimaharjoittelun aikana sykkeet eivät välttämättä nousseet tarpeeksi korkealle, jotta näitä arvoja olisi kertynyt. TRIMP- ja EPOC –arvossa oli nähtävissä huomattava ero myös harjoitus- ja lepopäivien välillä. Kaikista aineiston 64 lepopäistä TRIMP- ja EPOC –arvoa kertyi vain kahtena mittauspäivänä, kun taas 135 harjoituspäivästä ainoastaan yhtenä päivänä ei kertynyt lainkaan TRIMP:iä eikä EPOC:ia.

Koehenkilöiden energiankulutus oli harjoituspäivinä keskimäärin 709.2 Kcal suurempi kuin lepopäivinä. Harjoituspäivinä energiankulutuksesta 434 Kcal oli rasittavaa & reipasta liikuntaa, 377 Kcal kevyttä liikuntaa ja loput 2250 Kcal muuta kulutusta. Lepopäivinä ei kertynyt lainkaan rasittavaa & reipasta liikuntaa, mutta kevyen liikunnan osuus oli 270 Kcal ja muun kulutuksen osuus 2070 Kcal. Tästä voidaan päätellä, että vaikka lepopäivinä ei harastettukaan liikuntaa, oli sykkeiden perusteella osa energiankulutuksesta lukeutunut kevyen liikunnan tehoalueeseen.

Koehenkilöt nukkuivat keskimäärin 8.1h vuorokaudessa, mikä on hieman päälle suositusten. Paljon harjoittelevien urheilijoiden tulisi kuitenkin saada unta jopa suosituksia enemmän, jolloin 7-8 tuntia ei ole välttämättä riittävä määrä unta CrossFit -urheilijalle. (Hyvinvointianalyysi 2016, 11; Kettunen 26.5.2015.) Vaikka koehenkilöt nukkuivat harjoitus- ja lepopäivinä keskimäärin saman verran, oli unen aikainen palautumisen määrä ja laatu lepopäivinä parempaa, sillä harjoituspäivinä harjoittelusta aiheutunut fysiologinen kuormittuneisuus heikensi unen laatua. Samasta syystä myös vuorokauden aikainen palautumisen määrä oli pienempi ja palautumisen laatu heikompaa harjoituspäivinä kuin lepopäivinä.

Lepopäivinä stressirektioiden määrä oli suurempi harjoituspäiviin nähden, sillä vuorokauden osuus, joka harjoituspäivinä lukeutui fyysiseksi aktiivisuudeksi, lukeutuikin stressireaktioiksi.

### **9.3 Subjektiiivinen kuormittuneisuus ja palautuminen**

Koettu unen laatu oli harjoitus- ja lepopäivät mukaan lukien keskiarvoltaan 3.7 asteikolla 1-5. Tulosten mukaan koehenkilöt kokivat nukkuneensa hyvin ja tunsivat olonsa tavanomaiseksi seuraavana aamuna. Tulos oli sama harjoituspäivien osalta, mutta lepopäivinä keskiarvo oli 3.5, mikä tarkoittaa sitä, että lepopäivät olivat oikeassa paikassa suhteessa harjoitteluun, sillä edeltävänä yönä unen laatu oli aavistuksen heikompaa. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

Asteikolla 1-5 väsymyksen asteen keskiarvo oli kaikkien päivien osalta 3.6. Koehenkilöt kokivat levänneensä tarpeeksi ja pystyneensä harjoittelemaan entisellä teholla. Harjoituspäivinä keskiarvo oli aavistuksen parempi (3.8) ja lepopäivinä jonkin verran heikompi (3.2). Lepopäivien aamuina koehenkilöt kokivat olonsa tavanomaiseksi ja tarvitsevansa ehkä lisää lepoa. Lisäksi he kokivat, että olisivat pystyneet harjoittelemaan, mutta eivät täydellä teholla. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

Lihaskivun / väsymyksen asteikon keskiarvo kaikki päivät mukaan lukien oli 3.5 asteikolla 1-5. Tulosten perusteella koehenkilöt eivät kokeneet juurikaan lihaskipuja ja olivat valmiita harjoittelemaan entisellä teholla. Harjoituspäivinä tulos oli 3.6 ja lepopäivinä 3.3 eli lepopäivinä koehenkilöt kokivat lievää lihasväsymystä. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

Koettu kuormittavuus oli harjoitus- ja lepopäivät yhteen luettuna 3.8 asteikolla 0-10 (0 = lepopäivä). Tuloksen mukaan kuormittavuus koettiin melko kovaksi. Harjoituspäivinä tulos oli 4.7 eli melko kovan ja kovan välillä, mutta lepopäivinä 1.8 eli erittäin helppo / helppo.

Lepopäivän tulos viittaa siihen, että joinain lepopäivinä osa koehenkilöistä oli tehnyt erittäin kevyttä, palauttavaa harjoittelua, eivätkä tämän vuoksi laskeneet päivää harjoituspäiväksi. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

Asteikolla 1-10 harjoitusta edeltävä palautuminen oli kaikkien päivien osalta 3.5, jolloin koehenkilöt kokivat olleensa välttävästi palautuneita. Tulos oli sama pelkkinä harjoituspäivinä ja 3.3 lepopäivien osalta eli vielä tätä heikommin palautunut. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

Koetun kuormittuneisuuden ja palautumisen tulokset olivat jokseenkin hypoteesin mukaiset. Lepopäivien aamuina koettiin suurempaa väsymyksen tunnetta ja heikompaan edellisen yön unen laatua kuin harjoituspäivinä, mikä viittaa siihen, että lepopäivien paikka oli oikeassa kohdassa harjoitteluun nähden, sillä koehenkilö koki tarvitsevansa lepoa harjoittelusta. Lisäksi lepopäivän kuormitus oli huomattavasti kevyempää kuin harjoituspäivinä. On kuitenkin yllättävää, että harjoituspäivinä harjoittelusta johtuvan lihaskivun / väsymyksen asteikko oli huomattavasti korkeampaa, kuin koettu kuormittavuus, sillä oletuksena voitaisiin pitää, että nämä vastaukset olisivat lineaariset. Vastausasteikko oli kuitenkin kysymysten välillä eri (1-5) ja (0-10), mikä on voinut vaikuttaa tuloksiin. (Taulukko 7; Taulukko 8; Taulukko 9.)

#### **9.4 Koeryhmän subjektiivisen kuormittuneisuuden yhteydet fysiologiseen kuormittuneisuuteen ja palautumiseen sekä harjoituskuormaan**

Energiankulutuksesta erityisesti rasittava & reipas liikunta oli tilastollisesti merkittävästi yhteyksissä koetun kuormittavuuden kanssa, sillä harjoituksen oltua fysiologisesti kuormittava, koehenkilöt ovat myöskin kokeneet harjoituksen raskaaksi. Kevyt liikunta oli jonkin verran yhteyksissä koetun kuormittavuuden kanssa, mutta muu kulutus ei lainkaan. Tämä olikin odotettavissa, sillä muu kulutus oli pääasiassa perusaineenvaihduntaa ja vain osittain fyysisestä aktiivisuudesta johtuvaa kulutusta. EPOC- ja TRIMP –arvot olivat vahvasti yhteyksissä koettuun kuormittavuuteen, sillä yhdistelmä- ja kestävyysharjoittelun aikana kertyi paljon kyseisiä arvoja, jolloin myös kyseiset harjoitukset olivat tuntuneet koehenkilöiden mielestä kuormittavilta.

Ajallisesti yhden harjoituksen kestosta suurin osa lukeutui kevyen liikunnan tehoalueeseen, sillä harjoitus sisälsi muun muassa palautusajat ja siirtymäajat liikkeestä toiseen, jolloin syke oli luonnollisesti matalammalla. Rasittavan & reippaan liikunnan määrä vaihtelikin harjoituksissa suuresti riippuen harjoituksen luonteesta, eli siitä, oliko kyseessä voima-, kestävyys- vai yhdistelmäharjoitus. Tästä johtuen esimerkiksi väsymyksen asteella

oli vahvempi yhteys kevyen liikunnan kanssa kuin rasittavan & reippaan liikunnan, sillä harjoittelun jälkeen koettiin poikkeuksetta jonkinlaista väsymyksen astetta, minkä vuoksi kevyt liikunta oli korostuneessa asemassa tuloksissa.

Palautumisen määrä vuorokauden aikana sekä unijakson aikana oli jonkin verran yhteyksissä koetun kuormittavuuden kanssa, mutta palautumisen laatu unijaksosta ei lainkaan. Tätä selittää se, että palautumisen laatu vaihteli huomattavasti harjoituksen kuormituksesta riippumatta, minkä vuoksi tilastollista merkittävyyttä ei ollut. Palautumisen määrä vuorokauden aikana oli kuitenkin kohtalaista, kun harjoitus koettiin kuormittavaksi. Tämä kertoo siitä, että mikäli koehenkilö koki olevansa fyysisesti kuormittunut, hän ei palautunut kiittävästi viitearvoihin nähden.

Lihaskivun / väsymyksen asteikolla ei ollut juurikaan yhteyksiä fysiologiseen kuormittavuuteen eikä lainkaan yhteyksiä harjoituskuormaan. Tämä on mielenkiintoista, sillä koetulla kuormittavuudella oli kuitenkin merkittäviä yhteyksiä näihin molempiin, minkä vuoksi voisi olettaa raskailta tuntuneiden harjoitusten aiheuttaneen myös lihaskipua ja väsymyksen tunnetta. Tulos kertoo kuitenkin siitä, että vaikka harjoitus koettiin kuormittavaksi, ei se aiheuttanut välttämättä jälkiväsymystä eikä lihaskipuja, sillä harjoitus oli todellisuudessa tapahtunut normaalin kuormituksen rajoissa, johon koehenkilö oli tottunut.

Unijakson pituudella oli merkittäviä tilastollisia yhteyksiä koettuun unen laatuun ja väsymyksen asteeseen. Tämän perusteella voidaan päätellä, että pitkien yöunien jälkeen koehenkilöt kokivat olleensa pirteämpiä kuin lyhyiden yöunien jälkeen ja pidemmät yöunet takasivat laadukkaamman koetun yöunen, kun taas lyhyeksi jääneet yöunet olivat koetusti laadultaan heikompia. Kuitenkaan Hyvinvointianalyysistä saadulla palautumisen laadulla ja määrällä ei ollut yhteyksiä unijakson pituuteen, minkä vuoksi uni ei ollut välttämättä mitatusti palauttavaa, vaikka koehenkilö olisikin kokenut sen olleen.

## **9.5 Luotettavuus, johtopäätökset ja sovellukset**

Lopulliseen aineistoon saatiin koehenkilöiltä eri määrä harjoitus- ja lepopäiviä, sillä onnistuneita mittauspäiviä oli vaihtelevasti koehenkilöiden kesken (Taulukko 5). Tällä oli vaikutusta tuloksiin, sillä koehenkilöiden, joilla oli esimerkiksi enemmän harjoituspäiviä kuin muilla (KH 1, KH 5 ja KH 7), tulokset vaikuttivat enemmän harjoituspäivien keskiarvoihin. Puolestaan KH 2, KH 4 ja KH 6 olivat lepopäivien suuren määrän vuoksi dominoivamassa roolissa keskiarvoissa, joissa tarkasteltiin lepopäiviä.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikutti keskeisesti se, että osa koehenkilöistä oli naisia ja osa miehiä. Esimerkiksi miesten lepoenergiankulutus on huomattavasti suurempi kuin

naisten, mikä vaikutti tuloksissa päivittäiseen energiankulutuksen määrään. Lisäksi miehet ovat luonnostaan naisia vahvempia, minkä vuoksi he myös nostivat huomattavasti enemmän kiloja. Tämä näkyi tuloksissa nostettujen kilojen määränä ja keskihajontana.

Koehenkilöt noudattivat omia harjoitusohjelmiaan ja harjoitusten määrä vaihteli koehenkilöittäin, sillä osa koehenkilöistä teki toisinaan kaksi harjoitusta päivässä. Tämän vuoksi muun muassa kiloja, EPOC:ia, TRIMP:iä kertyi sekä kaloreita kului eri määrä henkilöiden kesken. Päivinä, joina koehenkilö suoritti kaksi harjoitusta, oli nostettujen kilojen määrä, EPOC- ja TRIMP –arvot sekä energiankulutus huomattavasti suurempaa, kuin yhden harjoituksen päivinä. Harjoituskuormaa ja fysiologista kuormittavuutta arvioitaessa kaikki harjoituspäivät otettiin tuloksiin mukaan erittelemättä yhden tai kahden harjoituksen päiviä, minkä vuoksi koehenkilöiden, jotka olivat tehneet kahta harjoitusta päivässä, tulokset vaikuttivat vahvemmin keskiarvoihin.

Koska Firstbeat Hyvinvointianalyysi määritteli liikunnan intensiteetin sykkeen perusteella, saattoi raportti laskea fyysiseksi aktiivisuudeksi jaksoja, jolloin koehenkilö ei ollut harrastanut liikuntaa. Mikäli syke oli ollut tarpeeksi korkealla, lukeutui tämä harjoitukseksi, jolloin muun muassa kertyi EPOC- ja TRIMP –arvoa ja energiankulutus saattoi lukeutua kevyen liikunnan osioon. Lepopäivistä kahtena päivänä kertyi kyseisiä arvoja sykkeen nousun seurauksena, mutta näin pienellä määrällä ei ollut juurikaan vaikutusta tulosten luotettavuuteen.

Päiväkysely oli tarkoitus täyttää aina aamuisin heti herättyä, mutta osa kyselyistä oli täytetty iltapäivällä tai illalla, jolloin tuntemukset edellisen päivän harjoituksista eivät olleet enää virkeässä muistissa. Tämä on voinut vaikuttaa koehenkilön vastauksiin, mikä taas on johtanut tulosten luotettavuuden heikkenemiseen. Kyselyyn tuli täyttää lisäksi oma kehonpaino aamuisin, jotta paino tulisi punnittua aina samoissa olosuhteissa ja samaan aikaan vuorokaudesta. Kehonpaino on voinut vaihdella riippuen edellisen päivän kuormituksesta sekä nautitusta ruuan ja nesteiden määrästä, minkä vuoksi iltapäivällä tai illalla mitattua kehonpainoa ei voida pitää luotettavana tuloksena päiväkyselyssä. Laakson (2014) mukaan mittausta edeltävä aika tulisi vakioida, joten panon mittaus olisi syytä suorittaa aina aamuisin paastotilassa. (Laakso 2014.)

Tutkimuksessa käytetyt menetelmät harjoituskuorman määrittämiseksi toimivat tässä tapauksessa, sillä CrossFit -harjoittelussa vaaditaan sekä hyvää absoluuttista että suhteellista voimantuottoa. Mikäli oltaisiin katsottu harjoituskuormaa ainoastaan nostettujen kilojen kokonaisuutena tarkastelemalla, ei koehenkilön suhteellisella voimalla olisi ollut vaikutuksia tuloksiin. Kuitenkin Haffin (2010, 32-34) kuormavolyymia ja volyyymi-indeksiä käyt-



tämällä voitiin arvioida kunkin koehenkilön absoluuttista ja suhteellista voimaa sekä harjoituskuormaa luotettavasti.

Tutkimusten mukaan sykepohjaisia menetelmiä ei voida käyttää voimaharjoittelun kuormittavuuden arvioimiseen, sillä tämäntyyppisen harjoittelun kuormittavuus kohdistuu pääasiassa hermo-lihasjärjestelmään (Kaikkonen ym 2006, 53). Koeryhmän voimaharjoittelu oli pääasiassa hermostollista, joten intensiteetti oli korkea, mutta volyymi matalampaa, minkä vuoksi harjoituksen metabolinen vaste ei ollut riittävän suuri, jotta syke olisi noussut vaadittavalle tasolle laskeakseen harjoittelun fyysiseksi aktiivisuudeksi. Mikäli hermosto olisi rasittunut tarpeeksi, harjoituksen aikaansaama kuormitus olisi näkynyt palautumisessa muun muassa heikentämällä seuraavan yön unenlaatua. Tämän perusteella voidaan päätellä, että koehenkilöt harjoittelivat kuormituksella, johon keho oli tottunut, eikä harjoittelusta aiheutunut tavallista suurempaa kuormitusta, joka olisi näkynyt Firstbeat Bodyguard 2 –mittalaitteella mitatussa palautumisessa.

Koska koehenkilöt kokivat olleensa tavallista uupuneempia lepopäivien aamuina, voidaan päätellä levon olleen oikeaan aikaan suhteessa harjoitteluun. Tämän vuoksi urheilijan kannattaa luottaa tietyin varauksin omiin tuntemuksiin vireystilastaan. Tätä teoriaa tukee Nummelan (2010) tutkimus, jonka mukaan henkilö tuntee oman kehonsa parhaiten ja osaa määritellä tuntemuksensa kuormituksesta ja palautuneisuudesta (Nummela 2010).

Palautumista arvioitaessa Firstbeat Hyvinvointianalyysi ei ottanut huomioon stressiä, joka aiheutui muusta kuin urheilusta. Palautumisen ja stressin määrään vaikuttaa fyysisten tekijöiden lisäksi keskeisesti psyykkiset tekijät, kuten työ, elämäntilanne ja ihmissuhteet, minkä vuoksi ei voitu tehdä johtopäätöstä, että vuorokauden aikainen palautumisen ja stressin määrä olisi ollut riippuvainen ainoastaan harjoittelusta. Tätä tukee Kaikkonen ym (2010), joiden mukaan minkään kuormitusta ja palautumista kuvaavista muuttujista ei ole todettu antavan luotettavaa tulosta elimistön kokonaisvaltaisesta kuormituksesta ja palautumisesta (Kaikkonen ym 2006, 7). Jatkotutkimuksissa olisikin syytä ottaa huomioon muutkin kuormitukseen vaikuttavat tekijät, kuten työ, ihmissuhteet ja elämäntilanne, jotta voidaan saada luotettavampaa tietoa harjoittelun kokonaiskuormituksesta (Hyvinvointianalyysi 2016, 29; Uusitalo ym 2016, 625).

Tämä tutkimus oli hyödyllinen koeryhmälle, sillä he saivat arvokasta tietoa omasta kuormituksestaan ja palautumisestaan, jota he voivat hyödyntää harjoitusohjelmassaan levon ja harjoittelun jaksottamiseen. Kuormituksen arviointi tulisikin tehdä yksilötasolla, sillä eri henkilöiden kuormitus voi olla hyvinkin erilainen (Häyrinen ym 2007, 19). Tämän vuoksi olisi suotavaa suunnitella yksilöllinen harjoitusohjelma, joka perustuu sekä mitattuun

kuormittuneisuuteen että omaan tuntemukseen kuormittuneisuudesta. Tällöin harjoittelu tukee urheilijan kehitystä ja optimoi palautumisen, sillä pystytään määrittelemään, minkä tyyppisiä harjoituksia olisi suotavaa tehdä missäkin kohtaa harjoitusohjelmassa.

## 10 Lähteet

- Banister E.W. 1991. Modeling elite athletic performance. Teoksessa MacDougall, J.D., Wenger, H.A. & Green, H.J. Physiological testing of the high-performance athlete, 2nd edition, s. 403-424. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Barnett, A. 2006. Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. Sports Medicine, 36, 9, s. 781-796.
- Behrens, C. 2016. 10 CrossFit EMOM Workouts that all Athletes Should Try. Boxrox. Competitive Fitness Magazine. Luettavissa: <https://www.boxrox.com/10-crossfit-emom-workouts/>. Luettu: 18.1.2017.
- Blumert, PA., Crum, AJ., Ernsting, M., Volek, JS., Hollander, DB., Haff, EE. & Haff, GG. 2007. The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. Journal of Strength and Conditioning Research, 21, 4, s. 1146-54.
- Bompa, T. & Haff, G. 2009. Periodization: theory and methodology of training. 5. painos. Human Kinetics. Champaign.
- Børhsheim, E. & Bahr, R. 2003. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. Sports Medicine, 33, 14, s. 1037-1060.
- Broussard, JL., Ehrmann, DA., Van Cauter, E., Tasali, E. & Brady, MJ. 2012. Impaired insulin signaling in human adipocytes after experimental sleep restriction: a randomized, crossover study. Annals of Internal Medicine, 16, 157, (8), s. 549-57.
- Bulbulian, R., Heaney, JH., Leake, CN., Sucec, AA. & Sjöholm, NT. 1996. The effect of sleep deprivation and exercise load on isokinetic leg strength and endurance. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 73, 3-4, s. 273-7.
- Buxton, OM., Pavlova, M., Reid, EW., Wang, W., Simonson, DC. & Adler, GK. 2010. Sleep restriction for 1 week reduces insulin sensitivity in healthy men. Diabetes, 59, 9, s. 2126-33.
- CrossFit Inc. 2015. Murph friday, clean and jerk saturday. Luettavissa: <https://games.crossfit.com/article/murph-friday-clean-and-jerk-saturday>. Luettu 21.8.2016.

CrossFit Inc. 2012. Clean Ladder: Men. Luettavissa: <http://games-admin.crossfit.com/video/clean-ladder-men>. Luettu: 21.8.2016.

Docherty, D. & Sporer, B. 2000. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Medicine*, 30, 6, s. 385–394.

Donga, E., van Dijk, M., van Dijk, JG., Biermasz, NR., Lammers, GJ., van Kralingen, KW., Corssmit, EP. & Romijn, JA. 2010. A single night of partial sleep deprivation induces insulin resistance in multiple metabolic pathways in healthy subjects. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95, 6, s. 2963-8.

Erilaisten juoksuvauhtien (tehojen) vaikutukset elimistöön. 2016. Uusimaa juoksee. Luettavissa: <http://www.uusimaajuoksee.fi/uusimaa-juoksee-hanke/valmennustietoa/osa-1-erilaisten-juoksuvauhtien-/>. Luettu: 21.08.2016

Firstbeat Hyvinvointianalyysi 2016. Asiantuntijan opas. Firstbeat Technologies Oy. Luettavissa: <https://www.firstbeat.com/app/uploads/2015/12/Asiantuntijan-opas-tammikuu-2016.pdf>. Luettu: 18.1.2017.

Folland, J. & Williams, A. 2007. The adaptations to strength training. Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37, 2, s. 145-178.

Garcia-Pallarés, J. & Izquierdo, M. 2011. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41, 4, s. 329–343.

Glassman, G. 2003. Benchmark Workouts. *The CrossFit Journal Articles*, 13, s. 1-5.

Glassman, G. & Staff. 2010. CrossFit Level 1 Training Guide. *The CrossFit Journal*, s. 1-136.

Haff, G. 2010. Quantifying Workloads in Resistance Training: A Brief Review. *UK Strength and Conditioning Association*, 19, s. 31-40.

Halson, SL. 2014. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *European Journal of Sport Science*, 44, 1, s.13-23.

Halson, S. 16.6.2016. Ice Baths for Recovery – Black, white or somewhere in between? Mysportsscience. Luettavissa: <http://www.mysportsscience.com/single-post/2016/06/16/Ice-Baths-for-Recovery-Black-white-or-somewhere-in-between>. Luettu: 5.1.2017.

Hulmi, J. 2015. Lihasten koon ja voiman kasvattamisen sekä rasvojen lähdön suositukset. Suositukset lihasten kasvattamiseen. Lihastohtori. Fitra Oy, Saarijärvi.

Hynynen, E., Hämäläinen, I., Jylhä, R., Liukkonen, J., Nummela, A. & Rusko, H. (2006). Maastohiihdon kuormitusseurannan kehittämisprojekti vuoteen 2006 / Torino. KIHUn julkaisusarja nro 2. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä.

Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016. Taidon, fyysisten ominaisuuksien ja taktiikan harjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus. Maksimivoimaharjoittelu, s. 250-264. VK-Kustannus Oy, Lahti.

Häkkinen, K. & Mero, A. 2007. Kuormitusfysiologia. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus, s. 127-137. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.

Häkkinen, K., Mäkelä, J. & Metro, A. 2004. Fyysisten ominaisuuksien harjoittaminen ja seuranta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Voima, s. 251-292. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.

Häyrinen, M., Hynynen, E., Nummela, A., Savikko, H., Silander, J., Hakala, L., Berruto, M., Tolonen, T & Honkanen, P. 2007. Kuormittumisen ja palautumisen seurantajärjestelmän kehittäminen lento- ja jalkapallossa. Kihun julkaisusarja nro 8. KIHU. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylä.

Isolehto, J. 2016. Taidon, fyysisten ominaisuuksien ja taktiikan harjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus. Nopeusvoimaharjoittelu, s.265-271. VK-Kustannus Oy, Lahti.

Izquierdo-Gabarron, M., González De Txabbarri Expósito, R., García-pallarés, J., Sánchez-medina, L., De Villarreal, E. & Izquierdo, M. 2010. Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 42, 6, 1191–1199.

- Kaikkonen, P., Nummela, A., Hynynen, E., Merikari, J., Rusko, H., Teljo, M. & Vääntinen, S. 2006. Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. Kihun julkaisusarja nro 5. KIHU. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylä.
- Keskinen, K. 2007. Kuormitusfysiologia. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus, s. 73-96. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.
- Kettunen, T. 26.5.2015. Uni, fyysinen harjoittelu ja hormonitoiminta –Kettunen. Lihastohtori. Luettavissa: <https://lihastohtori.wordpress.com/2015/05/26/uni-kettunen/>. Luettu: 19.12.2016.
- Kubukeli, Z., Noakes, T. & Dennis, S. 2002. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Medicine*, 32, 8, s. 489–509.
- Laakso, M. 23.10.2014. Kehon koostumuksen mittaaminen eri menetelmillä –Laakso. Lihastohtori. Luettavissa: <https://lihastohtori.wordpress.com/2014/10/23/kehon-koostumuksen-mittaaminen-laakso/>. Luettu 11.04.2017.
- Langinkoski, A. 6.1.2014. Miksi kunnon kohottamisen pitäisi tuntua hyvältä, eikä pahalta? Trainer4you blogi. Luettavissa: <http://www.trainer4you.fi/blogi/miksi-kunnon-kohottamisen-pitaisi-tuntua-hyvalta-eika-pahalta/>. Luettu: 4.3.2017.
- Leeder, J., Glaister, M., Pizzoferro, K., Dawson, J. & Pedlar, C. 2012. Sleeping duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *Journal of Sports Sciences*, 30, 6, s. 541-545.
- Leveritt, M., Aberethy, P., Barry, B. & Logan, P. 1999. Concurrent strength and endurance training. *Sports Medicine*, 28, 6, s. 413–427.
- Martin, N.A., Zoeller, R.F., Robertson, R.J. & Lephart, S.M. 1998. The comparative effects of sports massage, active recovery, and rest in promoting blood lactate clearance after submaximal leg exercise. *Journal of Athletic Training*, 33, 1, s. 30-34.
- Mero, A. 2016. Ylikuormitustila ja palautumismenetelmät urheilussa. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus. Palautumista nopeuttavat menetelmät, s. 640-651. VK-Kustannus Oy, Lahti.

Metro, A., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2007. Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Hermoston rakenne ja toiminta, s. 37-42. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.

Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Valmentaminen kilpaurheilussa. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Valmentaminen käytännössä, s. 410-438. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.

Nummela, A. 2007. Kuormitusfysiologia. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus, s. 97-126. VK-kustannus Oy, Jyväskylä.

Nummela, A. 2010. Monitor Athlete's Training Load. KIHU – Research Institute for Olympic Sports. International Symposium on Exercise Physiology. University of Jyväskylä. 20.11.2014.

Nummela, A. 2016. Energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. 2016. Huippu-urheiluvalmennus. Harjoittelun fysiologiset ja biomekaaniset perusteet, s. 128-139. VK-Kustannus Oy. Lahti.

Nummela, A. & Häkkinen, K. 2016. Taidon, fyysisten ominaisuuksien ja taktiikan harjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus. Kestävyysharjoittelu ja voimaharjoittelu kestävyyslajeissa, s. 272-294. VK-Kustannus Oy, Lahti.

Nummela, A., Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2007. Fyysisten ominaisuuksien harjoittaminen ja seuranta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Kestävyys. s. 333-363. VK-Kustannus Oy, Jyväskylä.

Pasanen, R. 2016. CrossFit kilpaurheilulajina: Lajianalyysi ja valmentautuminen. Valmennus- ja testausoppi. Valmentajaseminaari. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän Yliopisto. Jyväskylä.

Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. 2016. Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. Sports Medicine, 46, 2, s. 183-204.

Postolache, TT. & Oren, DA. 2005. Circadian phase shifting, alerting, and antidepressant effects of bright light treatment. *Clinics in Sports Medicine*, 24, 2, s. 381-413.

Reynolds, AC. & Banks, S. 2010. Total sleep deprivation, chronic sleep restriction and sleep disruption. *Progress in Brain Research*, 185, s. 91-103.

Sargent, C., Halson, SL. & Roach, GD. 2014. Sleep or swim? Early-morning training severely restricts the amount of sleep obtained by elite swimmers. *European Journal of Sport Science*, 14, s. 310-15.

Smith, R. S., & Reilly, T. 2004. Sleep deprivation and the athlete. Teoksessa. Kushida, C. Sleep deprivation, s. 313 –334. Marcel Dekker. New York.

Souissi, N., Sesboüé, B., Gauthier, A., Larue, J. & Davenne, D. 2003. Effects of one night's sleep deprivation on anaerobic performance the following day. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 3-4, s. 359-66.

Stenman, M. 2014. Crossfit lajiansalyysi ja harjoittelu. Valmennus- ja testausoppi. Valmentajaseminaari. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän Yliopisto. Jyväskylä.

Takeuchi, L., Davis, GM., Pyley, M., Goode, R. & Shephard, RJ. 1985. Sleep deprivation, chronic exercise and muscular performance. *Ergonomics*, 28, 3, s. 591-601.

Uusitalo, A. & Nummela, A. 2016. Ylikuormitustila ja palautumismenetelmät urheilussa. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. Huippu-urheiluvalmennus. Urheilijan ylikuormitustila, s. 625-639. VK-Kustannus Oy. Lahti.

Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B. & Reilly, T. 2007. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *Journal of Sports Sciences*, 25, 14, s. 1557-66.

Zatsiorsky, V. & Kraemer, W. 2006. Science and practise of strength training. 2. painos. Cloth. Champaign.



# Liitteet

## Liite 1. Webropol RestQ –päiväkyselypohja

### 1. NIMI

KM1

### 2. IKÄ \*

IKÄ täydet vuodet

### 3. SUKUPUOLI \*

Mies

Nainen

### 4. PAINO (mitattava aamulla) \*

Paino kg (esim. 83,4) 100gr tarkkuus

### 5. UNEN PITUUS (täysinä tunteina) \*

Tunnit h (pelkät numerot kenttään)

### 6. UNEN LAATU

1 nukuin katkonaisesti, oloni on hyvin väsynyt, tarvitsen lisää lepoa

### 7. VÄSYMYKSEN ASTE

1 hyvin väsynyt, mahdotonta ylläpitää harjoitustehoa entisellä tasolla, tarvitsen lisää lepoa

### 8. LIHASKIVUN/VÄSYMYKSEN ASTEIKKO

1 merkittävä lihasväsymys/kipu, joka vaikeuttaa treenamista, en pysty täysipainosesti harjoittelemaan

### 9. KOETTU KUORMITTAVUUS (edellinen päivä)

0 Lepo

### 10. HARJOITUSTA EDELTÄVÄ PALAUTUMINEN (edellinen päivä)

10 Erittäin hyvin palautunut, erittäin energinen olo