

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**LASKUVARJOJÄÄKÄRIKOMPPANIAN VARUSMIESTEN HYPPYPERUSKOU-
LUTUSKURSSIN FYYSINEN KUORMITTAVUUS**

Pro gradu

Yliluutnantti

Riikka Kalliomaa

Maisterikurssi 3

Maasotalinja

Huhtikuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Sotatieteiden maisterikurssi 3	Maasotalinja
Tekijä	
Yliluutnantti Riikka Kalliomaa	
Tutkielman nimi	
Laskuvarjojääkärikomppanian varusmiesten hyppyperuskoulutuskurssin fyysinen kuormittavuus	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotilaspedagogiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Huhtikuu 2014	Tekstisivuja 87

TIIVISTELMÄ

Erikoisjoukkotoimintaan kykeneviä laskuvarjojääkäreitä on koulutettu vuodesta 1962 alkaen Utin Laskuvarjojääkärikoulussa ja vuodesta 1997 alkaen Utin Jääkärirykmentin Erikoisjääkäripataljoonan Laskuvarjojääkärikomppaniassa. Laskuvarjojääkäreiden koulutukseen kuuluu fyysisesti erittäin raskas hyppyperuskoulutuskurssi, jossa varusmiehet koulutetaan hyppäämään joukkojenpudotusvarjolla. Hyppyperuskurssilla varustus painaa jopa 40 kg, mikä on enemmän kuin esimerkiksi yleisten suositusten mukaisesti 25–30% taistelijan painosta. Taakankantaminen yhdistettynä rasittavaan fyysiseen aktiivisuuteen palveluksessa aiheuttaa kovan kokonaiskuormituksen. Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata varusmiesten kuormittumista laskuvarjohyppyperuskoulutuskurssilla ja siitä palautumista. Nykymuotoisen kurssin kuormittavuutta ei ole aikaisemmin tutkittu.

Tutkimukseen osallistui valintatestien perusteella 52. Laskuvarjojääkärikurssille hyväksytyt varusmiehet (n=62), jotka osallistuivat neljä viikkoa kestäväälle hyppyperuskoulutuskaudelle. Testeinä tutkimuksessa käytettiin aerobista kuntoa, hermolihasjärjestelmän suorituskykyä sekä elimistön kuormittuvuutta mittaavia osioita. Aerobista kuntoa testattiin Cooperin juokstestillä. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mitattiin maksimivoimatestillä ja puolustusvoimien lihaskuntotestillä. Hormonaalisia ja lihasvauriomarkkereita (testosteroni, IGF-1, kortisoli, SHBG ja kreatiinikinaasi) tutkittiin verinäytteistä. Lisäksi koehenkilöt täyttivät yhdeksän viikon ajan harjoituspäiväkirjaa, johon he merkitsivät 9 viikon ajan päivän subjektiivisen kuormituksen tuntemuksen asteikolla 1-10, päivän päätteeksi subjektiivisen energian saannin (vajaa/ riittävä), nesteytyksen (vajaa/ riittävä) ja nukutun yön tunteina.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että hyppyperuskoulutuksen aikana varusmiesten (n=52, ikä 19,5±0,6 v, rasvaprosentti 9,1±3,3, Cooperin testi 3219±142m, vauhditon pituushyppy 248±13cm, punnerrus 52±11 tst/min, vatsat 54±6 tst/min) Cooperin testin tulos heikkeni ensimmäisellä joukkueella 2.0 % ja toisella joukkueella 2.7 % (p<0.001). Lihaskunnossa molempien joukkueiden vauhditon pituushyppy heikkeni (p<0.001), etunojapunnerruksen (p<0.001) ja vatsalihaksien (p<0.05) parantuessa. Maksimaalinen voima heikkeni ensimmäisellä joukkueella käden ojentajissa (p<0.001) ja toisella joukkueella jalkojen ojentajissa (p<0.05). Hormonaalisten vasteiden osalta ensimmäisellä joukkueella kortisoli laski

($p < 0.001$) ja SHBG nousi ($p < 0.05$) heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen. Molemmilla joukkueilla testosteroni ja IGF-1 olivat alhaisemmat ($p < 0.001$) sekä SHBG korkeampi ($p < 0.001$) muihin mittauksiin verrattuna heti taisteluharjoituksen jälkeen. Tämän lisäksi kreatiiniinikinaasin arvot oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella heti taisteluharjoituksen jälkeen ($1108,4 \pm 764,1$ U/l), toisen joukkueen arvon ollessa korkeimmillaan heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen ($678,3 \pm 481,5$ U/l). Kehon rasvamassa lisääntyi hyppyperuskoulutuksen aikana ensimmäisellä joukkueella ($p < 0.001$)

Hyppyperuskurssi kuormitti varusmiehiä heikentämällä aerobista kestävyyttä, alavartalon hermolihasjärjestelmän suorituskykyä, mutta parantamalla ylävartalon lihaskestävyyttä. Hyppyperuskoulutuskurssi muutti hormonivasteita laskien kortisoli ja nostaa SHBG arvoja, mutta se ei merkitsevästi muuttanut kehonkoostumusta. Taisteluharjoituksen fyysinen kuormitus yhdistettynä uni-, energia- ja nestevajeeseen saivat aikaan suuremmat muutokset hormonaalisissa muutoksissa ja kehonkoostumuksessa kuin hyppyperuskoulutuskauden aikana. Taisteluharjoituksen kuormitus näkyi testosteronin ja IGF-1 laskuna, SHBG:n nousuna sekä kehonkoostumuksen osalta rasvamassan ja painon laskuna. Tulokset osoittavat, että fyysinen kuormitus oli tutkimusjakson aikana optimaalinen, koska varusmiesten hormonaaliset muutokset, kehonkoostumus sekä fyysinen suorituskyky, pois lukien alavartalon hermolihasjärjestelmän toimintakyky ehtivät palautumaan tutkimuksen lopussa. Jatkossa koulutuksen suunnittelussa on otettava huomioon, että rankempien koulutusjaksojen jälkeen etukäteen suunnitelluilla riittävällä palautusjaksoilla, lihashuollon koulutukseen panostamalla ja ennen kaikkea kevyempien jaksojen noudattamisella turvataan varusmiesten palveluksen jatkuminen palveluksen loppuun asti.

AVAINSANAT

fyysinen kuormitus, laskuvarjojoukot, fysiologiset vasteet, fyysinen suorituskyky, hormonit, kehonkoostumus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	LASKUVARJOJÄÄKÄRIN KOULUTUS JA SEN KUORMITTAVUUS	4
2.1	KOULUTUKSEN TAVOITTEET JA TOIMINTAYMPÄRISTÖ	4
2.2	HYPPYPERUSKOULUTUS JA SEN FYYSINEN KUORMITUS	6
3	FYYSINEN TOIMINTAKYKY JA ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN	11
3.1	TOIMINTAKYKY JA FYYSINEN SUORITUSKYKY	11
3.2	ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN	13
3.3	LIHAKSEN ENERGIA AINEENVAIHDUNTA	16
3.4	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN VÄSYMINEN	17
3.5	HORMONIT JA LIHASVAURIOMUUTTUJAT	19
3.6	PALAUTUMINEN	23
4	KEHONKOOSTUMUKSEN MUUTOKSET JA HORMONAALISET VASTEET KUORMITUKSELLE	25
4.1	TESTOSTERONI JA SHBG	26
4.2	KORTISOLI	29
4.3	INSULIININ KALTAINEN KASVUTEKIJÄ (IGF-1)	30
4.4	KEHONKOOSTUMUKSEN MUUTOKSET	32
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	35
5.1	PÄÄTUTKIMUSONGELMAT	35
5.2	TUTKIMUKSEN HYPOTEESIT	35
6	TUTKIMUSMENETELMÄT	37
6.1	KOEHENKILÖT	37
6.2	TUTKIMUSASETELMA	38
6.3	TUTKIMUSMENETELMÄT	42
6.4	TILASTOLLISET MENETELMÄT	47
7	TULOKSET	48
7.1	HARJOITUSPÄIVÄKIRJA	48

7.2	JALKOJEN JA KÄSIEN OJENTAJIEN MAKSIMIVOIMA	50
7.3	COOPERIN TESTI	52
7.4	LIHASKUNTOTESTI	53
7.5	HORMONAALISET JA LIHASVAURIOMUUTTUJAT	55
7.6	KEHONKOOSTUMUS	59
8	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	63
8.1	HARJOITUSPÄIVÄKIRJA	65
8.2	FYYSISEN SUORITUSKYVYN MUUTOKSET	68
8.3	HORMONAALISTEN JA LIHASVAURIOMUUTTUIJEN VASTEET	72
8.4	KEHONKOOSTUMUS	77
8.5	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	78
8.6	JOHTOPÄÄTÖKSET	81

LÄHTEET

LIITTEET

LASKUVARJOJÄÄKÄRIKOMPPANIAN VARUSMIESTEN HYPPYPERUSKOULUTUSKURSSIN FYYSINEN KUORMITTAVUUS

1 JOHDANTO

Vuodesta 1962 alkaen Utin Laskuvarjojääkärikoulussa ja vuodesta 1997 alkaen Utin Jääkäri-rykmentin Erikoisjääkäripataljoonan Laskuvarjojääkärikomppaniassa on koulutettu erikoisjoukkotoimintaan kykeneviä laskuvarjojääkäreitä. Nämä laskuvarjojääkärit on alusta asti valittu vapaaehtoisuuden perusteella kaksivaiheisten valintakokeiden kautta. (Ahokanto ym. 2003, 37.) Esivalinta tapahtuu hakupapereiden perusteella, ja esivalinnasta jatkokon valitut suorittavat kaksipäiväiset valintakokeet. Valintakokeisiin kuuluvat psykologiset testit, haastattelut, lääkärin tarkastukset, reppujuoksuproviisi sisähallissa (reppun paino 10kg), lihaskuntotesti, koordinaatiotesti, sukellus- ja uintitesti sekä hiihtotesti. Laskuvarjojääkäriksi koulutettavan palvelusaika on 347vrk ja palveluksen aikana jokainen varusmies koulutetaan vähintään aliupseeriksi. ("Laskuvarjojääkäriksi". Puolustusvoimien [www-sivusto. http://www.puolustusvoimat.fi/](http://www.puolustusvoimat.fi/) >.11.4.2014.)

Laskuvarjojääkärikoulutukseen kuuluvat 20 viikkoa kestävä perus – ja erikoiskoulutuskausi, johon sisältyy sotilaan peruskoulutusta, laskuvarjohyppykoulutusta, helikopterikoulutusta, vesistö- ja maastokoulutusta, ase- ja ampumakoulutusta maastossa sekä taistelukoulutusta rakennetulla alueella. Koulutusjakson jälkeen vuorossa on aliupseerikurssi 1 sekä vaihtoehtoisesti joko aliupseerikurssi 2 tai RUK – koulutus, johon sisältyy erikoistumista johtamisen, viestitoiminnan, aseiden, pioneeritoiminnan tai lääkinnän parissa. Lisäksi koulutus sisältää tiedustelu - ja taistelukoulutusta talviolosuhteissa. Joukkokoulutuskaudella vastaavasti harjaannutetaan tehtäviin joukkokokoonpanossa (Varusmieskoulutus Utin Jääkäri-rykmentissä, PE:n työjärjestys, kohdat 10.1,10.6, 10.7, 10.8.)

Laskuvarjohyppykurssin ajankohdat ja kesto ovat vaihdelleet jonkin verran historian saatossa. Ensimmäinen varusmiesten laskuvarjohyppykoulutus vuonna 1962 kesti yhtäjaksoisesti neljä kuukautta, kun vuonna 1967 se kesti yhtäjaksoisesti kuukauden. Sen sijaan vuonna 1969 hyp-

pykoulutus jaettiin yhteensä viisi viikkoa kestäväan kahteen eri ajankohtaan. (Saressalo ja Vilkuna 1992, 17 -132.; Ahokanto ym. 2003, 141 – 143). 1960 – luvun jälkeen kurssi on suoritettu joko kahdessa osassa tai yhtäjaksoisesti riippuen muun koulutuksen aikatauluista. Vuonna 2012 esimerkiksi kurssin kestoja pidennettiin kolmesta viikosta neljään viikkoon. Huomioitavaa on kuitenkin se, että suurin osa koulutuksen sisällöstä sekä perinteistä on siirtynyt Laskuvarjojääkärikoulun ajoista aina tämän päivän kurssiin asti.

Varsinaista hyppyperuskoulutuskauten kuormitusta Suomessa ei ole aikaisemmin paljon tutkittu. Kattavin tutkimus on Laukkasen (1995) opinnäytetyö, joka käsittelee hyppyperuskoulutuskautta kolmen ensimmäisen palveluskuukauden fyysisen rasituksen ohessa. Laukkanen (1995) käytti opinnäytetyössään Utin laskuvarjojääkäreiden parissa tehtyjä tuki- ja liikunta-elimistönvammojen tutkimuksia ja erikseen Laskuvarjojääkärikoulun johtajan käskystä perustettujen työryhmien selvityksiä. Esimerkiksi Laukkasen (1995) työssä Laskuvarjojääkärikoulun muistiossa (1991) olevan Laamasen ja Oravan työryhmän selvityksessä havaittiin, että hyppyperuskoulutusjaksot olivat fyysisesti erittäin raskaita. Selvitys tehtiin viikko-ohjelmia tutkimalla sekä varusmiehille teetetävän kyselyn avulla palveluksen raskaudesta.

Itse Laukkasen tutkimuksessa puolestaan todettiin, että Laskuvarjojääkärikoulussa rasitusta tuli liian paljon erityisesti ensimmäisen kolmen kuukauden aikana. Rasitus jakaantui tasaisesti muille palvelusviikoille paitsi hyppykoulutuskausille, jolloin rasituksen määrä oli erityisen suuri. Riittävän pitkiä palautusjaksoja ei ollut ensimmäisen kolmen kuukauden aikana ollenkaan. Laukkasen (1995) tekemä tutkimus oli omalla tavallaan merkittävä ja ensimmäinen fyysistä rasitusta seuraava tutkimus laskuvarjojääkäreiden osalta, opinnäytetyön tuloksia täytyy tulkita varauksella. Tutkimusasetelmassa oli useita puutteita, mm. tilastollisia testejä ei käytetty.

Kotimaiset ja ulkomaiset tutkimukset osoittavat, että kuormittuneisuutta esiintyy varsinkin sotilaiden parissa (Friedl ym 2000; Nindl ym 2002; Gomez-Merino ym. 2004; Nindl 2007b; Kyröläinen ym 2008; Tanskanen 2012) Liiallinen kuormittuminen johtaa taas siihen, että sotilaille suorituskyky heikkenee, sekä erilaisia vammoja ja sairauksia esiintyy enemmän (Lahti 1995; Wilkinson ym. 2008). Näin ollen myös poissaoloja palveluksesta esiintyy enemmän (Laskuvarjojääkärikoulun muistio 1991). Erityisesti erikoisjoukkojen osalta oikeanlaisilla

valintatesteillä ja koulutuksen suunnittelulla voidaan vaikuttaa paljon vammojen syntyyn ja keskeyttäjiä määrään. (Wilkinsonin ym. 2008)

Koska hyppyperuskoulutuksen aikana fyysinen aktiivisuus kasvaa huomattavasti, liiallisen kuormittumisen vaara on suuri varsinkin silloin, jos raskasta jaksoa ei huomioida tulevassa koulutuksessa. Laskuvarjojääkäreiden koulutuksen fyysisen kuormittumisen haasteet on havaittu jo 1980-luvulta lähtien. (Friberg 1980; Mustajoki ym. 1982; Laskuvarjojääkärikoulun muistio 1991; Lahti 1995; Laukkanen 1995). Koska hyppyperuskoulutuskausi nykyään eroaa vanhamuotoisesta kurssista, ei aikaisempia tuloksia ja havaintoja voi suoranaisesti verrata toisiinsa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää biokemiallisten mittareiden, kehonkoostumuksen sekä erilaisten fyysisen suorituskyvyn testien perusteella, miten nykymuotoinen hyppyperuskoulutuskausi kuormittaa varusmiehiä ja miten varusmiehet palautuvat hyppyperuskoulutuskurssista. Tutkimustuloksia voidaan käyttää apuna laskuvarjojääkäreiden ja erikoisjääkäreiden koulutusjakson suunnittelussa ja ohjelmoinnissa erityisesti kuormituksen hallinnan näkökulmasta.

2 LASKUVARJOJÄÄKÄRIN KOULUTUS JA SEN KUORMITTAVUUS

2.1 Koulutuksen tavoitteet ja toimintaympäristö

”Sotilaskoulutuksen tavoite on opettaa ja harjaannuttaa yksilöä sekä joukkoa kriisien tai sodan varalle. Sotilaskoulutuksella kehitetään yksilön fyysistä, henkistä, sosiaalista ja eettistä toimintakykyä. Sotilaskoulutuksen päämäärä on varmistaa yksilön ja joukon tarvitsema osaaminen sodassa ja eriasteisissa kriiseissä. Sodan perusolemuksen, taistelun kuvan sekä kriisinhallinnan erilaisten vaatimusten ymmärtäminen on tämän takia erittäin tärkeää ” (Kouluttajan opas 2006, 12.) Jos tarkastellaan laskuvarjojääkärin koulutuksen päämääriä, perimmäisenä tarkoituksena on kouluttaa erikoisjoukkotoimintaan kykenevä sotilas. Mitä se sitten käytännössä tarkoittaa?

Erikoisjoukkosotilaalla täytyy olla hyvät fyysisen kunnon valmiudet suorittaa erilaisia vaativia palvelustehtäviä haastavissa ympäristöissä. Erityisesti erikoisoperaatioissa sotilalta vaaditaan hyvää voimaa ja kestävyyttä tehtävästä suoriutumiseen, kuten myös myös reaktionopeutta, koordinaatiota ja oikeanlaista kehonkoostumusta. (Eisinger 2009.) Operaatioiden aikana sotilaiden pitää pystyä kantamaan painavia rinkkoja, joita tulee kantaa pitkiä matkoja ankarisakin maastoissa (Sporiš 2012). On siis ymmärrettävää, että myös erikoisjoukkojen harjoittelu operaatioita varten sisältää paljon tiivistä fyysistä harjoittelua, usein myös väsyneenä ja ilman palautumisaikaa. Erikoisjoukkosotilaita verrataan usein eliittuurheilijoihin, jotka piiskaavat itseään huippusuorituksiin fyysisen kunnon kehittämiseksi. Mutta toisin kuin urheilijoilla, erikoisjoukkosotilaiden suorituspaikkana toimii taistelukenttä ja voittaminen tai häviäminen korvataan elämällä ja kuolemalla (Carlson & Jaenen 2012.)

Laskuvarjojääkärin koulutuksen painopiste on vaativissa tiedustelutehtävissä ja iskuosastotoiminnassa kaikissa valaistus- ja sääolosuhteissa, sekä maastossa, että rakennetulla alueella. Koulutuksen erityispiirteitä ovat laskuvarjohyppykoulutus, yhteistoiminta helikoptereiden kanssa sekä monipuolinen ase- ja taistelukoulutus. (Salminen 2004, 24.) Erätaitokoulutuksen, kuten Lapissa talvella pidettävän olosuhde- ja sotaharjoituksen tavoitteena on antaa varusmiehille perusteet selviytyä luonnossa ja suorittaa siellä sotilaallisia tehtäviä kaikkina vuodena-

koina. Miehiä koulutetaan myös erilaisiin laskeutumistekniikoihin, kuten köysilaskeutumiseen asutuskeskustaistelussa. Jääkärit saavat tämän lisäksi myös erikoisjoukoille sovellettua lähitaistelukoulutusta ja he oppivat siihen liittyviä erilaisia tekniikoita ja nopeaa reagointia. Vesistö-koulutukseen sen sijaan sisältyy hengenpelastusuinti, vesistöjen ylitys eri keinoin uimalla, pienveneillä ja tilapäisvälineillä. Tämän lisäksi uintikoulutus tapahtuu taisteluvarustuksessa suoritettavana taistelu uintina. (Aikko 2010, 13–14.)

Toimintaympäristönsä puolesta erikoisjoukkosotilaiden (ml. laskuvarjojääkäreiden) koulutus vaatii enemmän psyykkistä ja fyysistä kovuutta kuin normaalilta varusmies palvelukseen astuvalta sotilalta. Valintatestien avulla on mm. tarkoitettu varmistaa, että sotilaskoulutus voidaan aloittaa vaativammalla tasolla kuin joukolla, jonka koulutus alkuvaiheessa keskittyy fyysisen suorituskyvynparantamiseen, jotta sotilaskoulutus olisi järkevästi mahdollista toteuttaa. Psyykkisillä testeillä sen sijaan varmistetaan hakijan kykyä oppia uusia asioita sekä toimia ryhmässä, joka on tärkeä ominaisuus tiedustelu- ja pienryhmätehtävissä. (Mutanen 2005).

Koulutus Laskuvarjojääkärikomppaniassa on alusta asti varsin tiivistä ja ankaraa verrattuna muihin varusmiesjoukkoihin Puolustusvoimissa pl. Merivoimien sukeltajat, jotka ovat myös käyneet läpi tarkat valintakokeet. (Mutanen 2005) Kuten Mutanen (2005) oman tutkimuksensa yhteenvedossa mainitsee, luodut koulutussuunnitelmat ei kerro ulkopuoliselle välttämättä kaikkea koulutuksen fyysisestä rasittavuudesta. Sen sijaan varusmiesten silmin fyysisesti ja psyykkisesti rasittava koulutus näkyy konkreettisesti mm. Aikon (2010) tutkimuksessa, jossa haastateltiin erään kurssin laskuvarjojääkäreitä ja heidän koettelemuksiaan rauhanajan palveluksessa. Vastanneista n. 31 % kuvasi tuntemuksiaan laskuvarjojääkäriin koulutuksen kovuudesta mm seuraavalla tavalla:

”Rauhanajan koulutus oli partiossa olemista, pimeässä toimimista, raskasta, hankaava taakka kantamuksena, janoa, nälkää, kipua ja vilua, märkyyttä, väsymistä ja uupumista, kitkaa toverien ja itsensä kanssa, pelkoa, vihollisen uhkaa. Lisäksi sen oli pitkäveiteistä väijymistä ja piilossa olemista, marssia, toisen perässä pysymistä, yksitoikkoista etenemistä esimerkiksi raskaassa lumessa ja turtumista. Se oli kiirettä ja stressiä, yhteyden pitämistä, vastuuta annetun tehtävän suorittamisesta usein tiukassa aikataulussa, kiihvasta taistelua, tuliylläkköjä, hyökkäyksiä, pakenemista, nopeita irtautumisia, siirtymisiä ja itsestä huolehtimista.”

Kuten kuvauskin kertoo, laskuvarjojääkärit joutuvat usein koulutuksessa haastamaan itseään sekä psyykkisesti, että fyysisesti. Lisää fyysisiä haasteita aiheuttaa niin laskuvarjojääkäreille, kuin myös muille sotilaille tehtävissä mukana kannettava varustus. Pelkkä rinkka painaa 17,2kg siihen kuuluvine pakollisine varusteineen (pl. taistelumuona) eli ml. 0,75l termospullo, 1l kenttäpullo ja 1,5l vesipullo täynnä vettä. Taistelijan päällä oleva tiedustelijan liivi painaa jo 4,6kg ilman patruunoita. Tämä taas vaikuttaa olennaisesti taistelijan suorituskykyyn ja energiankulutukseen. Esimerkiksi jo yhden painokilon lisääminen varustukseen lisää energiankulutusta (Knapik ym. 2004). Kun tähän vielä lisätään ryhmäkohtaista materiaalia, on paino lähellä Kyröläisen ym. (2004) pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoitustutkimuksen kantamien taakkojen painoa. Kyröläisen ym. (2004) tutkimuksessa varustuksen paino harjoituksen raskaimmassa siirtymävaiheessa oli keskimäärin 49.8 ± 4.7 kg, joka oli n. 65 % tutkimuksen koehenkilöiden kehon painosta. (Kyröläinen ym. 2004, 8-9; 28–29)

Koska koulutus on fyysisesti raskasta, se aiheuttaa myös fyysisen koulutuksen suunnittelussa haasteita. Esimerkiksi puhdasta liikuntakoulutusta on melko vähän verrattuna muihin varusmiesjoukkoihin ja PAK 01:01 peruskoulutuskausi, edellyttämään tuntimääriin (Mutanen 2005). Kuten laskuvarjojääkäreillä, myös yleisesti varusmiesten liikuntakoulutuksen tavoitteena on se, koulutus on oltava nousujohteista siten, että sotilaallisen suorituskyvyn huippu saavutetaan palveluksen lopulla. Laskuvarjojääkäreillä fyysisen koulutuksen tavoitteena onkin, että ensimmäisten palveluskuukausien aikana keskitytään taitojen- ja tekniikoiden opetteluun, sekä luodaan kestävyyspohjaa ja vahvistetaan lihaksistoa palvelusajan loppuvaiheen fyysisempää koulutusta varten. Lisäksi koulutuksen onnistumiseksi huomio kiinnitetään riittävään palautumiseen, ravinnon saantiin ja lepoon. (Varusmiesten fyysinen koulutus laskuvarjojääkärikomppaniassa 2012.)

2.2 Hyppyperuskoulutus ja sen fyysinen kuormitus

Perinteisesti laskuvarjohyppyperuskoulutus mielletään fyysisesti ja psyykkisesti erittäin rankaksi kurssiksi. Rankaksi sen tekee vaativa harjoittelu, jossa vaaditaan oikeita suorituksia. Kurssilla vaaditaan ehdotonta keskittymistä ja kuuliaisuutta pienimmässäkin asiassa, mikä samalla kasvattaa niin yksilön kuin joukon henkeä. Vaativuutta lisää se, että tällä hetkellä laskuvarjohyppykoulutuskurssilla käytettävissä oleva taistelijan kantama kalusto T-10B on

erittäin raskas. Pakkolaukaisumenetelmällä avautuva päävarjo (kuva 1) painaa 13,1kg ja itse-
aukaistava varavarjo 5,2kg (kuva 2). Lisäksi hyppyperuskoulutuskauden varusteisiin kuuluu
rinkka, jonka pakollisen varustuksen sisältö painaa 18,1kg (kuva 3). Pakollisen varustuksen
lisäksi osa varusmiehistä saattaa lisätä rinkkaan vielä ylimääräistä juomista, joka tuo hieman
lisäpainoa rinkalle. Varusteisiin kuuluu myös rynnäkkökivääri RK 7.62 TP 95, joka painaa
noin 3kg. Yhteensä varustus painaa kurssin toisen viikon aikana jopa 40kg, mikä on enemmän
kuin esimerkiksi yleisten suositusten mukaisesti 25–30% taistelijan painosta. (Väisänen 2005,
78.)



Kuva 1. Päävarjo 13,1kg



Kuva 2. Varavarjo 5,2kg

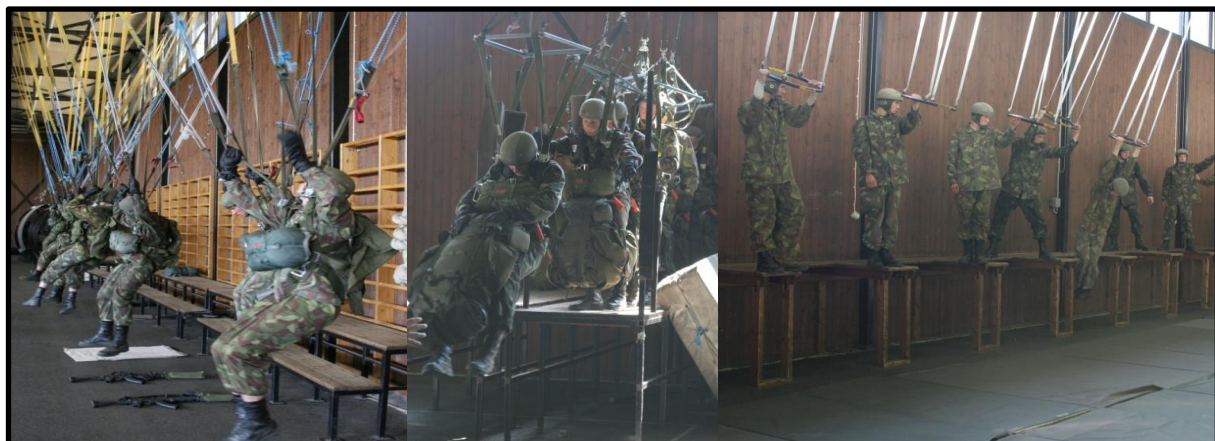


Kuva 3. Hyppykoulutusrinkka, paino 18,1kg

Kuten aikaisemmin mainittiin, nykyaikaisen hyppykoulutuksen sisältö ei eroa juurikaan kou-
lutusaiheiltaan ja perinteiltään Saressalon ja Vilkun (1992) kirjassaan kertomista vuoden
1961 – 1992 hyppykoulutus kursseista. Nykyaikaiseen kurssin ensimmäisessä jaksossa opete-
taan hyppy henkilökohtaisena suorituksena ilman varsinaisia sotilasvarustuksia. Opetusaihee-

na tällöin on hyppyyn valmistautuminen, toiminta lentokoneessa ja uloshyppy, alastulo (ts. toiminta laskuvarjon varassa), tulo erilaisiin paikkoihin (kuten veteen ja metsään, voimalinjoihin ja talon katolle), maahantulo, toiminta hyppykentällä sekä pakkotilanteet eli laskuvarjon vajaatoiminnat ja varavarjon käyttö, pakkolasku ja hätähyppy. Opetettavista aiheista jotkut opetetaan ensin oppitunneilla ja sen jälkeen harjoitellaan yhä uudestaan, kunnes toimenpiteet ovat automaattisia.

Harjoituksissa hyppy pilkotaan eri osiin, joita opetellaan harjoitushallin (kuva4) ja hyppytornin (kuva 5) eri laitteilla, maahantulon jälkeen tapahtuvia toimenpiteitä myös lentokentällä. Jakson päätteeksi oppilas suorittaa teoriakokeen sekä koulun johtajan vastaanottaman maahantulo- ja uloshyppykokeen. Tämän jälkeen oppilas on valmis suorittamaan kaksi laskuvarjohyppyä (kuva6), joista ensimmäisen jälkeen seuraa noin kahden kilometrin barettijuoksu. (Saressalo ja Vilkuna 1992, 65- 75.; Ahokanto ym. 2003, 201).



Kuva 4. Erilaisia hyppykoulutus harjoituksia harjoitushallissa. Kuva on otettu aikaisemmilta laskuvarjohyppykursseilta. (kuva, Puolustusvoimat)



Kuva 5. Hyppykoulutus harjoitus käynnissä hyppytornilla. Ensin harjoitellaan uloshyppyä aseensa kanssa ilman rinkkaa ja sen jälkeen rinkan kanssa. Kuvat on otettu aikaisemmilta laskuvarjohyppykursseilta. (kuva puolustusvoimat)



Kuva 6. Ensimmäinen laskuvarjohyppy lentokoneesta. Kuvat on otettu aikaisemmilta laskuvarjohyppykursseilta. (kuva puolustusvoimat)

Hyppyperuskoulutuksen jatkuessa opetellaan sotilashyppytoiminnan erityispiirteet. Kun ensin on hypätty aseensa kanssa, seuraavaksi hypätään aseensa ja repun kanssa, pimeällä ja maastoon. Aiheet harjoitellaan ensin hallissa ja hyppytornilla ja maahantulon jälkeen tapahtuvat toimenpiteet harjoitellaan myös maastossa. Erona vanhamuotoisen ja nykyaikaisen kurssin osalta on

se, että vanhamuotoisella laskuvarjohyppykursilla vasta kahdeksannen laskuvarjohypyn jälkeen oppilas oli peruskoulutettu ja valmis hyppäämään. (Ahokanto ym. 2003, 201). Nykyaikaisella kurssilla hyppääjä on peruskoulutettu jo viidennen hypyn jälkeen.

Harjoituksien päätteeksi vanhamuotoisessa varsinkin uloshyppyharjoituksissa torniharjoituksien lopussa pidettiin kilpailuja, jossa joukkueen ryhmät kilpailivat keskenään (Ahokanto ym. 2003, 237). Sama perinne on voimassa myös nykyaikana. Kilpailu sisälsi yleensä tehtäviä, jotka paransivat laskuvarjohypyssä tarvittavia ominaisuuksia (koordinaatio, kimmoisuus jne.) sekä kohottivat yhteishenkeä. Paras ryhmä palkittiin esim. periaatteella voittajille kuljetus autolla kasarmille, muut juoksivat varusteineen. (Saessalo ja Vilkuna 1992, 65- 75.; Ahokanto ym. 2003, 237.) Toisaalta kilpailut eivät rajoitu pelkästään ajankohtaan jolloin on torniharjoituksia, vaan kilpailuja on melkein joka koulutusaamupäivän ja -iltapäivän päätteeksi. Hyppykoulutuksen aikana noudatetaan vielä nykyäänkin tarkkaa muodollista kuria ja liikutaan ripeästi – käveleminen käsketään aina erikseen. Tällä halutaan korostaa täsmällisyyden ja kurinalaisuuden merkitystä hyppäämiseen liittyvien riskitekijöiden välttämiseksi. (Ahokanto ym. 2003, 201.)

Hyppyperuskoulutuksen aikana varusmiesten fyysinen kuormitus lisääntyy merkittävästi. Haastatellessani erästä kouluttajaa, hän mainitsi että kuormituksen kasvamiseen on myös kouluksellinen syy. ”Fyysisellä kuormituksella saadaan varusmiehille luotua hallitusti voimakkaita fyysisiä ja henkisiä stressireaktioita, joilla kyetään opettamaan koulutettavat täsmälliseen ja vaistonvaraiseen toimintaan. Varsinkin ensimmäisten hyppyjen tuoma voimakas jännitys vaatii koulutettavalta vahvasti selkärankaan iskostetut käskyt ja oikeat toiminnot. Vain täten turvataan turvallinen koulutus ja kyetään välttämään suurempia vammoja.” Hyppypeperuskoulutuskauden avulla varusmiehet koulutetaan tottumaan vaativiin tehtäviin ja osittain niiden mukana tuomaan epämukavuuden sietämiseen. Koulutuksen rankkuutta lisää huomattavasti varusmiesten epätietoisuus koulutusten sisällöstä ja kestosta. Esimerkkinä alkulämpöjen kestävyys ja epävarmuus joka hetki, koska jokin asia loppuu tai kuinka kauan se kestää.

3 FYYSINEN TOIMINTAKYKY JA ELIMISTÖN KUORMITTUMI- NEN

3.1 Toimintakyky ja fyysinen suorituskyky

Toimintakyky tarkoittaa pikemminkin valmiutta kuin suoritusta. (Toiskallion 1998, 9.) Se tähtää inhimillisten valmiuksien kehittämiseen. Toimintakyky koostuu eettisestä, fyysisestä, psyykkisestä ja sosiaalisesta osa-alueesta, josta fyysisen toimintakyvyn osalta voidaan puhua pikemminkin fyysisestä suorituskyvystä. Fyysisen suorituskyky on kyky tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä (Kouluttajan opas 2006, 13–14, 142.) Fyysisen suorituskykyyn vaikuttavat mm. somaattiset tekijät kuten yksilön ikä, kehonkoostumus, terveys sekä psyykkiset tekijät kuten asenne ja motivaatio. Näiden lisäksi suuri merkitys on myös sillä, miten elimistö sopeutuu harjoitusvaikutukseen (Åstrandin & Rodahlin 1986, 188-191.)

Fyysinen suorituskyky voidaan jakaa voimaan, nopeuteen ja kestävyYTEEN ja siitä edelleen pienempiin osa-alueisiin. Esimerkiksi voima jaetaan nopeusvoimaan, maksimivoimaan ja kestovoimaan, kun taas kestävyys voidaan jakaa neljään osa-alueeseen suoritustehon mukaan: aerobiseen peruskestävyyteen, vauhtikestävyYTEEN, maksimikestävyYTEEN ja nopeuskestävyyteen. Sen sijaan nopeus jaetaan reaktionopeuteen, räjähtävään nopeuteen ja liikkumisnopeuteen. (Mero ym. 2007. 251 – 333.)

Kestävyys suorituskyky voidaan sitoa lajista riippumatta maksimaaliseen hapenottokykyyn (VO_{2max}), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyYTEEN, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermolihaskäytön voimantuottokykyyn. Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) kuvaa verenkierto- ja hengityselimistöön kapasiteettia kuljettaa happea aktiivisille lihaksille energia-aineenvaihdunnan tarpeisiin (Vella & Robergs 2005.) Hermolihaskäytön voimantuottokyky ja VO_{2max} yhdessä antavat perustan ja suorituksen taloudellisuus lopullisesti ratkaisee kuinka hyvin urheilija pystyy suoriutumaan kestävyys suorituksessa. Koska kestävyys suoritus riippuu aina suorituksen kestosta, lajin luonteesta (tasavauhtinen tai intervalli) ja lajitekniikasta, voidaan kestävyys suoritusta pitää lajikohtaisena. (Nummela ym 2007, 333.)

Toisin kuin kestävyys osalta, voiman suorituskyky riippuu käytettävästä voiman lajista.

Kaikille voimalajien suorituskyvyn testeille on kuitenkin yhteistä se, että ne kaikki mittaavat hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuutta. Maksimaalisessa suorituskyvyssä mitataan suurinta yksilöllistä voimatasoa, joka lihas tai lihasryhmä tuottaa tahdonalaisessa ker-tasupistuksessa. Sen sijaan nopeusvoima testeissä mitataan hermolihasjärjestelmän kykyä tuottaa suurin mahdollinen voima lyhyimmässä mahdollisessa ajassa tai suurimmalla mahdol-lisella nopeudella. Nopeusvoima riippuu hermoston kyvystä aktivoida lihasten motoristen yksiköiden toimintaa ja välittömien energialähteiden käyttönopeudesta. Kestovoiman suori-tuskyky sen sijaan riippuu lihaksen kyvystä ylläpitää tiettyä voimatasoa mahdollisimman kau-an tai jonkin tietyn ajan. (Mero ym. 2007,284 -294.)

Varsinkin sotilailta fyysisellä suorituskyvyllä on erityisen suuri merkitys, koska sotilaskoulu-tuksen päällimmäisenä tavoitteena on saada yksilöt toimimaan suorituskykyisen sodan ajan joukon osana. Tutkimusten mukaan nykyaikainen taistelukenttä edellyttää taistelijalta hyvää hapenottokykyä sekä monipuolisia voimaominaisuuksia. Esimerkiksi Erikoisjoukkoihin kou-lutetun sotilaan maksimaalisen hapenottokyvyn (VO_{2max}) tulisi olla 55–60 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, joka vastaa 3000 metriä Cooperin testissä. Liikkuvaan hyökkäystaisteluun koulutetun sotilaan ha-penottokyvyn tulisi olla 50–55 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, joka vastaa 2800 metriä Cooperin testissä. Tais-telua tukevien joukkojen sotilaiden hapenottokyvyn taso tulisi olla 45–50 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, joka vastaa 2600 metriä Cooperin testissä. (Kouluttajan opas 2006, 14, 142–143.)

Suorituskyvyn säilyttäminen ei kuitenkaan ole helppoa. Se vaatii jatkuvaa optimaalista har-joittelua, jossa levon ja rasituksen suhde on mitoitettu oikein. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että varsinkin lyhytaikaisella kovatehoisella harjoittelulla (Hedelin ym. 2000a), tyypillisessä (Halson ym. 2002; Jeukendrup ym. 1992; Snyder ym.1995) ja pitkäkestoisella yliharjoittelulla VO_{2max} testien tulokset ovat laskeneet. Toisaalta fyysistä suorituskykyä ei paranna myöskään liiallinen lepo. Kovan maksimivoimaharjoittelun lopettamisen jälkeen jo neljän viikon aikana maksimivoima laskee huomattavasti 6-9 % (Izquierdo ym. 2007) tai jopa 10 % (Häkkinen ym 2007, 272.), ja kahden viikon lepo esimerkiksi aiheuttaa 12 % laskun isokineettisessä eksentrisessä lihasvoimassa (Hortobágyi ym. 1993). Kestävyuden osalta puo-lestaan VO_{2max} on todettu laskevan uimareilla harjoitustauon aikana viidessä viikossa jopa 7,7 % (Ormsbee & Arciero, 2012).

Sotilaille puolestaan fyysisen suorituskyky usein heikkenee pikemminkin liiallisen fyysisen rasituksen kuin liiallisen levon seurauksena. Esimerkiksi Fryn ym. (1992) tutkimuksessa eliittisotilaat tekivät intervalliharjoittelua kaksi kertaa päivässä kymmenen päivän ajan. Tutkimuksessa havaittiin juoksumatolla uupumukseen asti tehdyssä testissä juoksuajan alentuneen 29 % , juoksu nopeuden ollessa kaikissa testeissä 18 km /h. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi sotilaiden kärsivän yllirasituksen oireista.

Chicharron ym. (1998) tutkimuksessa puolestaan analysoitiin vapaan testosteronin ja kortisolin suhdetta Espanjan erikoisjoukon Grupo de Operaciones Especialesin eli GOESin sotilaille ennen ja jälkeen 8 viikkoa kestävä kovan sotilaskoulutusjakson jälkeen. Tutkimuksessa todettiin että suurin osa sotilaista (10/42) eli 23,8 % kärsi yllirasitustilasta, jossa oireena olivat mm. yli 2 viikkoa kestävä väsymys ja alentunut suorituskyky isometrisissä voimatesteissä, vertikaalihypyissä ja Wingaten testissä.

Toisaalta esimerkiksi (Faff & Korneta 2000) tutkimuksessa Puolan armeijan laskuvarjojoukkojen 18 kuukauden palveluksen aikana havaittiin palveluksen nostavan merkittävästi kehonpainoa (4 %) ja rasvatonta massaa (5,7 %). Lisäksi tutkimuksessa todettiin että laskuvarjojoukkojen koulutus parantaa motorisia taitoja ja anaerobista suorituskykyä, mutta sen sijaan koulutus ei parantanut aerobista kuntoa.

3.2 Elimistön kuormittuminen

Homeostoaasilla tarkoitetaan elimistön pyrkimystä säilyttää tasapainotila. Stressitekijöiksi tai toisin sanoen kuormittaviksi tekijöiksi sen sijaan kutsutaan ulkoisia (kuumuus, kylmyys, ruoka, sähköshokki, virukset) ja sisäisiä (uni, nälkä, jano, lihasjännitys, pelko, viha, tunteet, ajatukset) tekijöitä, jotka järkyttävät elimistöä ja saavat sen pois homeostoaasista. Homeostoaasin palauttamiseksi elimistö yrittää mukautua joko lyhyellä ajalla (=aklimaatio), pitkällä aikavälillä (=aklimatisaatio) tai pitkäaikaisesti (geneettisesti) fysiologisten vasteiden avulla. (Armstrong 2002, 2-3.) Nämä vasteet ovat seurausta pääasiassa autonomisen hermoston säätelystä hermostollisista ja hormonaalisista muutoksista, joiden syntyyn vaikuttava aivojen

hypotalamus ja hypofyysi sekä elimistön erittämät stressihormonit. (Rusko 2003, 62; Armstrong 2002, 7-14;).

Samalla tavalla kuin ulkoiset ja sisäiset stressitekijät kuormittavat elimistöä, myös fyysinen aktiivisuus kuormittaa elimistöä ja saa aikaan elimistössä homeostaasin säilyttämiseksi tietynlaisia vasteita. Fyysisestä kuormituksesta kevyt kuormitus ei aiheuta juurikaan fysiologisia vasteita, kun taas kovalla ja pitkäkestoisella kuormituksella on paljon erilaisia fysiologisia ja aineenvaihdunnallisia muutoksia (Nindl ym 2007 a;b; Tanskanen 2012). Toisaalta fyysisen kuormittumisen määrä johtuu myös muista tekijöistä kuin kuormituksen kestosta ja intensiteetistä, koska eri ihmiset reagoivat samoihin kuormitus tekijöihin eri tavoin.

Joidenkin elimistö ei kuormitu, sairastu tai vammaudu paremman sietokyvyn, iän, paremman vastustuskyvyn, paremman fyysisen kunnon tai samalle stressaavalle tekijälle altistumisen vuoksi. (Armstrong 2002, 5). Ihmiset siis mukautuvat, eli toisin sanoen sopeutuvat yksilöllisesti olosuhteisiin tai fyysiseen aktiivisuuteen. Yleisten periaatteiden mukaan esimerkiksi riittävä sopeutuminen ympäristön muutoksiin kuten esimerkiksi kuumuudelle vaatii 8-14 päivän altistumista kyseiselle stressi tekijälle. Sen sijaan lopullinen sopeutuminen tapahtuu n. 14–28 päivän kuluttua. (Armstrong 2002, 5.)

Tähän samaan ideologiaan perustuu myös fyysisen kunnon harjoittaminen. Yksittäinen kova-tehoinen kestävyysharjoite saa aikaan mukautumista lihaksissa sekä hengitys- ja verenkiertoelimistössä, joiden avulla elimistö pyrkii estämään homeostaasin järkkymisen ja samalla suoriutumaan paremmin seuraavasta harjoituksesta. Jos harjoittelua kuitenkin jatketaan samalla tavalla useita viikkoja, elimistö on jo tottunut harjoitteluun, eikä harjoitusvaikutusta näin ollen synny. Tehokas fyysinen kunnon harjoittaminen vaatii siis tarkoituksellista elimistön kuormittamista erilaisin ärsykkein, kuten eripituisilla ja -tehoisilla harjoituksilla, mutta toisaalta se vaatii myös riittävästi lepoa. (Skinner 2005, 24–26; Wilmore & Costill 2004, 20.)

Jos kovasta harjoittelusta huolimatta urheilija ei muista levätä, pahimmassa tapauksessa se voi johtaa elimistön ylikuntoon. Erilaisia englanninkielisiä ylikunnon/ yllirasituksen määritelmiä on olemassa paljon samankaltaisia, joilla myös tarkoitetaan osittain erilaista ylikunnon tilaa riippuen tutkimuksesta. Esimerkiksi ”overload training” (Fry ym. 1992), ”staleness” (Hooper ym. 1995), ”short term overtraining” (Fry ym. 1991), ”overtraining syndrome”

(Rowbottom ym. 1995) ja “overtraining” (Urhausen ym. 1995). Siksi esimerkiksi Meuseenin ym. (2012) tutkimuksessa päivitettiin ylikunnon määrittelyä kahden eri akateemisen tiedekunnan eli ”European College of Sports Science” ja ”the American College of Sports Medicine” kesken. Tutkimuksen jälkeen päädyttiin käyttämään seuraavia termejä: ”*Functional Overreaching, Non-Functional Overreaching ja Overtraining syndrome*”. Päällimmäisenä erona esimerkiksi ”Functional Overreaching” tilasta palautuminen kestää päiviä – viikkoja, ”Non-Functional Overreaching” tilasta viikkoja- kuukausia ja ”Overtraining” tilasta useista kuukausia.

Vuosikymmenien ajan tutkijat ovat myös yrittäneet määritellä mahdollisia markkereita varhaisessa vaiheessa ylikunnon osalta, joista voisi olla apua sen tunnistamisessa. (Rowbottom ym. 2000, 486). Näitä ovat mm. *suorituskyky, biokemialliset markerit* kuten leptilassa mitattu virtsan vesipitoisuus, glukoosi, virtsahappo, kreatiini, rauta, ferritiini, kreatiinikinaasi (CK), lihaksen glygokeeni pitoisuuden kaksinkertaistuminen, glutamiini – pitoisuuden väheneminen. *Hormonit*, kuten vapaa- ja kokonaistestosteroni, kortisoli, testosteroni/ kortisoli suhde, katekolamiinit eli adrenaliini ja noradrenaliini. Tämän lisäksi ylikuntoon on yhdistetty myös *vastustuskyvyn heikkeneminen*, jota voidaan tutkia ylähengitysteiden tulehduksilla, immunologisten aineiden kuten leukosyyttien, neutrofiilien, monosyyttien ja lymfositien määrän vaihteluiden avulla (Rowbottom ym. 2000, 488–502; Meuseen ym. 2012.)

Koska yllirasitukseen usein yhdistetään *psykologisia oireita* kuten väsymys, keskittymisenpuute, univaikeudet ja ruokahalun menetys. Sen takia on keksitty eri kysymyssarjoja, jotka voisivat mahdollisesti kertoa ylikunnosta. Esimerkiksi POMS testissä voidaan testata erikseen tai yhdessä kuutta luonteenpiirrettä eli jännittyneisyyttä, masentuneisuutta, vihaisuutta, rai-vostuneisuutta, väsyneisyyttä ja hämmentyneisyyttä. Myös RPE eli Rating of Perceived Exertion – asteikkoa (Borg 1982) on paljon käytetty ylikunnon tutkimisen apuna.

Useista tehdyistä tutkimuksista huolimatta, mikään tutkimus ei ole vielä onnistunut löytämään yksittäistä tekijää tai merkkiä ylikunnosta. Paras tapa ylikunnon tunnistamiseen on todettu olevan näiden kaikkien markkereiden eli suorituskyvyn, fyysisten, psyykkisten, immunologisten, psykologisten ja biokemiallisten yhdistämisellä ja säännöllisellä seurannalla. (Meuseen ym. 2012; Rowbottom ym. 2000, 488–502). Sen takia tässäkin tutkimuksessa mitataan ja tar-

kastellaan montaa eri muuttujaa, jolloin elimistön kuormittumisen tila voidaan arvioida paremmin.

3.3 Lihaksen energia aineenvaihdunta

Ihmisen elimistö vaatii jatkuvasti kemiallista energiaa elintoimintojen ylläpitämiseen ja liikumiseen. Energiaa näihin ihminen saa syömänsä ruoan ravintoaineista kuten hiilihydraateista, proteiineista ja rasvoista, jotka muokkautuvat ruoansulatuksessa elimistölle sopivaan muotoon eli hiilihydraatit glukoosiksi, proteiinit aminohapoiksi ja rasvat triglyseridiksi. Näistä glukoosi kulkeutuu ruoansulatuksesta verenkierron mukana elimistöön välittömästi käytettäväksi, tai varastoituu maksaan ja lihaksiin glykokeeninä tai rasvana. Aminohapot kulkeutuvat verenkierron mukana soluihin, joissa ne toimivat pääasiassa solun rakennusaineina (Wilmore & Costill 2004, 119-121; Nienstedt ym. 2004, 339–344; McArdle ym. 2007, 5-29.) Sen sijaan triglyseridit varastoituvat rasvakudokseen sekä 2-3 % lihaksiin ja hajoavat lipaasientsyymin katalysoimassa reaktiossa glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. (Nummela 2007, 98 - 99).

Rasva sisältää energiaa keskimäärin 9 kcal/g, kun taas proteiinit ja hiilihydraatit sisältävät energiaa n. 4kcal/g (McArdle 1996, 83-85.) Näistä ravinto-aineista kaikkia pystytään käyttämään hyväksi lihasten energian eli ATP:n muodostamiseksi riippuen siitä, tapahtuuko energian muodostus hapellisissa (aerobisessa) tai hapettomissa (anaerobisessa) olosuhteissa. ATP:n tuoton sekä sen hyväksikäytön välisen tasapainon ylläpitämiseksi lihaksessa on olemassa kolme pääreittiä: kreatiinifosfaattivarastot (KP), glukoosin ja glykokeenin anaerobinen (glykolyysi) sekä aerobinen pilkkominen, joka tapahtuu hiilihydraattien osalta Krebsin syklissä ja oksidatiivisessa fosforilaatiossa. Rasvojen aerobinen pilkkominen puolestaan tapahtuu β -oksideaatiassa. (Nummela 2007, 97.)

Mitä enemmän työtä tehdään, sitä enemmän lihas tarvitsee ATP:tä supistuakseen (Guyton & Hall 2004, 72). Aerobisissa olosuhteissa hiilihydraattien täydellisessä hapettumisessa energiaa saadaan lihasten käyttöön 36 ATP molekyyliä, kun taas rasvojen täydellisessä hapettumisessa saadaan jopa 460 ATP molekyyliä. Sen sijaan anaerobisissa olosuhteissa glykolyysissä glukoosin tai glykokeenin hapettamisessa palorypälehapoksi eli pyryvaatiksi ja siitä edelleen maitohapoksi, saadaan käyttöön vain 2 ATP molekyyliä. (Wilmore & Costill 2004, 124–130;

McArdle ym. 1996, 101–118.) Näin ollen kehon energiavarastot ja käytettävissä olevat energiantuotto tavat vaikuttavat suuresti myös fyysiseen suorituskykyyn, koska tyhjentyneet energiavarastot johtavat väsymykseen ja lopulta uupumukseen. (Nummela 2007, 115; McArdle 1996, 12–14).

Alle 10 sekunnin maksimaalisessa suorituksessa energiavarastojen koolla ei ole merkitystä, vaan energiantuoton vaatimukset kohdistuvat ensisijaisesti energiantuoton nopeuteen eli anaerobiseen tehoon. Tällöin ATP:ta saadaan elimistön KP varastoista ja tuottamalla ATP:tä glykolyysin avulla. Maksimaalisen energiantuottokyvyn eli anaerobisen kapasiteetin merkitys anaerobisen tehon ohi nousee silloin, kun suorituksen kesto pitenee alle 10 sekunnista yli 30 sekuntiin. Tällöin energiaa saadaan pääasiassa glykolyysin avulla. Anaerobiseen kapasiteettiin vaikuttaa lisäksi KP – varastojen, koko sekä glykolyysin seurauksena happamuutta ja laktaattia syntyneiden aineiden puskurointi lihaksissa ja veressä. (Nummela 2007, 97, 100–101.)

Erityisen tärkeää kertyneillä energiavarastoilla on suorituskyvyn osalta varsinkin silloin, kun tehdään pitkäkestoista suoritusta. Aerobisissa suorituksissa, joissa lihaksen energiantarve ei ole kovin suuri, lähes kaikki glykolyysin lopputuotteesta eli palorypälehaposta voidaan käyttää aerobiseen energian muodostukseen synnyttämättä elimistöön maitohappoa. (Nummela 2007, 99, 195.) Harjoituksen tehon laskiessa alle aerobisen kynnyksen (50–70% VO_{2max}) hiilihydraattien käytön suhteellinen osuus energianmuodostuksessa pienenee ja harjoitusvaikutus kohdistuu hiilihydraattiaineenvaihdunnan sijasta enemmän rasva-aineenvaihduntaan. Kun elimistön tasapainoa järkytetään matalatehoisella (alle anaerobisen kynnystehon) harjoituksella harjoituksen keston avulla, kohdistuu harjoitusvaikutus hapenottokyvyn sijasta lihasten energiantuottoon (Nummela ym. 2007, 335).

3.4 Hermolihasjärjestelmän väsyminen

Ihmisen luusto on elimistön tukiranko, johon lihakset kiinnittyvät. Liikkeet saavat aikaan lihakset, jotka supistuessaan lähentävät luita toisiinsa. Yhteensä luuston ja lihaksiston osuus on miesten kehonpainosta noin 55 % ja naisten noin 45 %. Lihaksia on yli 300 ja niiden paino on 30 - 45 % koko elimistön painosta. (Niensted ym. 2004, 104 -105.) Lihaskudosta on kolmea lajia: poikkijuovainen lihas, sileä lihas ja sydän lihas (Niensted ym. 2004, 76). Kaikille näille

lihastyypeille on yhteistä se, että kun lihas supistuu, energiaa eli ATP:tä vaaditaan. Mitä enemmän työtä tehdään, sitä enemmän lihas tarvitsee ATP:tä supistuakseen (Guyton & Hall 2004, 72.)

Poikkijuovainen eli juovikas lihaskudos muodostaa lihaksia, joiden avulla ihminen liikkuu ja kommunikoi. Niiden toimintaa ihminen voi ainakin periaatteessa vaikuttaa tahdonalaisesti. Poikkijuovainen lihaskudos on muodostunut 5-50 μ m pitkistä ja 10–100 μ m paksuista lihas-syistä eli lihassoluista ja ne ovat asettuneet lihaksen pituussuuntaan. Kukin lihassy on täynnä pituussuuntaisia myofibrillejä, jotka puolestaan koostuvat kahdenlaisista filamenteista; ohuis-ta aktiini ja paksummista myosiinifilamenteista jotka sijaitsevat toistensa lomissa. (Niensted ym. 2004, 78.)

Anatomisesti hermosto jakautuu kahteen osaan: keskushermostoon, johon kuuluvat aivot ja selkäydin sekä ääreishermostoon, johon kuuluvat aivohermot, selkäydinhermot ja autonomisen hermoston perifeeriset osat. Sekä keskushermostolla, että ääreishermostolla on molemmilla somaattisia ja autonomisia toimintoja (Niensted ym. 2004, 517 – 518; Mc Ardle ym. 2007, 392 – 402.) Ihmisen suorituskyvyn ja liikkumisen osalta näitä molempia tarvitaan suorituskyvyn ylläpitämiseen. Keskushermoston avulla lihakset saadaan aktivoitua ja autonominen hermosto pitää sen sijaan huolen siitä, että eri elimet toimivat fyysisen suorituksen vaatimalla tavalla, esimerkiksi lisäten sydämen iskutilavuutta tai vilkastuttamalla verenkiertoa.

Hermoston osalta kaikkea ihmisen luustolihasliikkeitä ohjaavat aivorungon ja selkäytimen alfa-motoneuronit. Yksi alfa-motoneuroni hermottaa aksoninhaarajensa välityksellä monia lihassyitä. Kuhunkin lihassyihin tulee vain yksi aksoninhaara muodostaen näin ollen hermo-lihasliitoksen. (Nienstedt ym. 2004, 544–545). Yhtä tällaista hermolihaskytkintä eli alfa-motoneuronin ja sitä hermottavaa lihassolua kutsutaan nimellä motorinen yksikkö (McArdle ym. 1996 345; Robertson ym. 2004, 165; Enoka 2008, 215).

Koska yksittäisen motorisen yksikön supistumiseen vaaditaan sekä keskushermoston, ääreishermoston, yksittäisen lihassolun supistumista ja ennen kaikkea ATP:tä, hermolihaskytkintä vääntäminen voi olla monen tekijän summa. Vaikka lihasväsymystä on tutkittu jo yli sata vuotta, vielä ei tunneta tarkkaan väsymismekanismia ja väsymyksen aiheuttavia tekijöitä (Nummela 2007, 115). Sen sijaan tiedetään, että lihasväsymykseen vaikuttaa yksilöiden välil-

lä olevat erot, kuten esimerkiksi hitaiden (hitaasti supistuvat, huonosti väsyvät) ja nopeiden solujen (nopeasti supistuvat, nopeasti väsyvät) jakauma elimistössä, lihaksen hypertrophia eli poikkipinta-ala, motoristen yksiköiden syttymisnopeus ja tiheys eli frekvenssi, energiavarastojen riittävyys, (KP, glukoosi, glykokeeni), lihaksen pH:n lasku ja hermoston väsyminen (Nummela 2007, 115-116; Enoka 2008, 221 -222, 317- 324).

Myös suorituksen kestolla on todettu olevan vaikutusta väsymyksen syntymiseen. Lyhytkestoisessa suorituksessa väsymyksen on pääasiallisesti todettu aiheuttavan perifeeriset tekijät kuten lihasten energia-aineenvaihdunta tai lihasvauriot itse lihaksessa (Denadai ym. 2007), kun taas pitkäkestoisessa suorituksessa väsymyksen on ehdotettu johtuvan molemmista sekä hermostollisista että perifeerisistä tekijöistä. (Millet & Lepers 2004, Nummela ym. 2008).

3.5 Hormonit ja lihasvauriomuuttajat

Hormonaalisella säätelyllä yhdessä hermostosäätelyn kanssa on tärkeä merkitys elimistön toimintaa ja tasapainoa ohjaavana tekijänä. Elimistön tilaa sääteleviä hormoneja erittävät sisäeriterauhaset, joita ovat esimerkiksi hypotalamus, aivolisäke, haima, kilpirauhanen ja kivekset. Sisäeriterauhanen puolestaan kuuluu sisäeritejärjestelmään, joka käsittää itse sisäeriterauhasen, veressä kuljetettavan aineen eli hormonin sekä vastaanottavan elimen, jota kutsutaan myös nimellä reseptorielin. Hormonit ovat joko rasvaliukoisia steroideja tai vesiliukoisia aminohappo- (polypeptidi)- yhdistelmiä (Häkkinen & Mero 2007, 127.) Kemiallisesti kuitenkin vesiliukoiset aminohappo, polypeptidi yhdistelmät voidaan jakaa vielä kahteen ryhmään. Eli *Aminot* , kuten esimerkiksi noradrenaliini, adrenaliini ja dopamiini ja *peptideihin ja proteiineihin*, jotka voivat koostua 3-200 aminohaposta. (Kovacs & Ojeda 2012, 6-7). Vesiliukoiset hormonit kulkevat veriplasman mukana vapaassa muodossa ja sitoutuvat solukalvoilla oleviin reseptoreihin, kun taas rasvaliukoiset hormonit kulkeutuvat sitoutuneena erilaisiin kuljettaji proteiineihin, kunnes lopulta läpäisevät solukalvon ja sitoutuvat reseptoriin soluliimassa. (Kovacs & Ojeda 2012, 15; Guyton & Hall 2004, 840).

Hormonien tärkein tehtävä on muuttaa solureaktioiden nopeutta. Tehtävä tapahtuu joko lisäämällä tai vähentämällä entsyymitoimintaa reseptorin välityksellä kohde-elimessä. (Häkkinen & Mero 2007, 127) Tämän lisäksi hormonit vaikuttavat kohde-elimeen muuttamalla pro-

teinisynteesiä, solukalvon läpäisevyyttä ja solun tuottamien aineiden eritystä (McArdle ym. 1996, 358). Pelkkä hormoni ei aiheuta reaktiota kohde-elimien solussa, vaan soluun kiinnittyneiden hormonien reseptoreiden määrä ja niiden kyky vastaanottaa hormoneita vaikuttavat suuresti hormonin toimintaan kohde-elimien solussa. Esimerkiksi veren hormonipitoisuuden nousu saa hormonin kohde-elimien reseptorien määrän kasvamaan (= *upregulation*) ja puolestaan liian korkea veren hormonipitoisuus saa reseptoreiden määrän vähenemään (= *downregulation*) (McArdle ym. 1996, 358). Myös veren hormonipitoisuudella on vaikutusta siihen, minkälaisen vaikutuksen hormoni saa aikaan kohde-elimessä. Veren hormonipitoisuuden puolestaan vaikuttaa endokriinisten rauhasien hormonituotanto, hormonien sitoutuminen kohdesoluihin ja hormonien poistuminen verenkierrosta maksan ja munuaisten kautta. Eli kaiken kaikkiaan kyse on monimutkaisesta järjestelmästä, jossa yhdessä reseptorien määrä, niiden toiminta ja veren hormonipitoisuus vaikuttavat siihen, minkälaisen vaikutuksen hormoni aiheuttaa kohde-elimessä.

Tärkein hormonien säätelijä on hypotalamus yhdessä aivolisäkkeen eli *hypofyyysin* kanssa. Hypotalamus vastaanottaa viestejä muualta elimistöstä sekä hermojen, että verenkierron mukana kulkevien hormonien välityksellä. Se toimii siis välittäjänä hormonaalisen viestinnän ja hermoston välillä. (Guyton & Hall 2004, 847–849) Saapuvien viestien mukaisesti hypotalamus ohjaa hypofyyysin etulohkon eli *adenohypofyyysin* toimintaa erittämällä joko vapauttajahormoneja eli *liberiinejä* kuten gonado- (GnRH), kortitoni- (CRH), tyreotrooppista (TRH) ja somatoliberiiniä (GHRH) tai estäjähormoneja eli *statiineja* kuten prolaktiini- ja somatostatiiniä (Guyton & Hall 2004, 848; Kovacs & Ojeda 2012, 120–125). Kun liberiiniä ja statiiniä saapuvat aivolisäkkeeseen, aivolisäke puolestaan alkaa tuottaa lisää hormoneja joko *neurohypofyyssissä* eli aivolisäkkeen etupuolella tai *adenohypofyyssissä* eli aivolisäkkeen takaosassa.

Hormoneja puolestaan voi erittyä verenkieroon hormonaalisen säätelyn kautta, humoraalisen eli verenkierron säätelyn kautta tai hermostollisen säätelyn kautta. (McArdle ym. 1996, 361; Willmore & Costill 2004, 163) Hormonaalisessa säätelyssä esimerkiksi aivolisäkkeen etulohkon erittämä lutenisoiva hormoni (LH) stimuloi testosteronin eritystä kiveksistä ja lisämunuaisten kuorikerrokselta. Humoraalisessa säätelyssä esimerkiksi korkea veren glukoosipitoisuus lisää haiman insuliinin eritystä (Willmore & Costill 2004, 163, 166–169). Hermostollisessa säätelyssä puolestaan esimerkiksi stressin seurauksena sympaattinen hermosto stimuloi lisämunuaissytimien adrenaliinin ja noradrenaliinin erittymistä (McArdle ym. 1996, 361).

Hormonien lisäksi verenkiertoon voi erittyä monia muita aineita. Tällaisia aineita ei voi kutsua hormoneiksi, koska ne eivät aiheuta muutoksia toisiin soluihin. Esimerkiksi lihasvaurioiden yhteydessä verenkiertoon voi erittyä erilaisia lihasvaurioproteiineja, kuten kreatiinikinaasia (CK), myoglobuliineja, laktaattidehydrokinaasia (LDH), aspartaattiaminotransferaasia (AST), sydämen rasvahappoja sitovia proteiineja sekä troponiinia ja myosiinia (Armstrong ym. 1991; Sorichter ym. 1997; Brown ym. 1999). Näitä kutsutaan epäsuoriksi lihasvauriomuuttujiksi, sillä niiden avulla voidaan mitata kuinka paljon lihasvauriota on syntynyt lihaksessa (Nosaka & Sakamoto 2001). Muita lihasvaurion epäsuoria muuttujia ovat mm. voimatasojen muutokset ja lihasarkuus tuntemukset, joita esiintyy pääsääntöisesti 24–28 tunnin kuluttua harjoituksesta (Clarkson & Hubal 2002). Epäsuorien lihasvauriomuuttujien lisäksi lihasvauriota voidaan mitata myös suoralla menetelmällä, joka on mahdollista vain lihasbiopsioita analysoimalla tai magneettikuvauksen (MRI) avulla (Beaton ym. 2002; Clarkson & Hubal 2002).

Kreatiinikinaasi. Kreatiinikinaasi on lihassoluissa yleinen entsyymi ja normaalitilassa kreatiinikinaasia joutuu vähäisiä määriä vereen ("Kreatiinikinaasi (P-CK)".Terveyskirjaston www-sivusto.<https://www.terveyskirjasto.fi/> .11.4.2014). Kreatiinikinaasin on todettu nousevan vaurioita ja lihasväsämystä aiheuttavan harjoittelun yhteydessä varsinkin harjoittelemattomilla henkilöillä (Urhausen & Kindermann 1992; Hody ym. 2013), sekä lihasvaurioita aiheuttavan kilpailun yhteydessä eliittuurheilijoilla (Cunniffe ym. 2009) ja erityisesti eksentrisessä harjoittelussa arvot voivat olla koholla jopa yli viikon (Urhausen & Kindermann 1992). Kreatiiniarvojen nousun luultiin pitkään olevan myös hyvä ylikunnon markkeri, kunnes tehtiin tutkimuksia (Kirwan ym. 1988; Apple 1992), joissa kreatiinikinaasi arvojen todettiin nousseen myös suorituskyyvyn kasvaessa (Rowbottom ym 2000).

Kreatiinikinaasia käytetään lihasvaurioiden tutkimuksissa erityisen paljon varsinkin sen takia, koska sen arvot vaihtelevat suuresti verrattuna muihin lihasvaurioentsyymeihin (Clarkson & Hubal 2002; Bessa ym. 2013). Lihasdystrofioiden ja myosiiteissa kreatiinikinaasipitoisuus voi olla hyvin suuri, jopa useita kymmeniä kertoja yli normaalin. Kreatiinikinaasipitoisuus suurenee myös fyysisen aktiivisuuden seurauksena ja riippuu jossain määrin lihasmassasta. Kreatiinikinaasin normaali viitearvo on alle 50 -vuotiailla miehillä 50 - 400 U/l ("Kreatiinikinaasi". Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014.)

Sen lisäksi, että kreatiinikinaasin arvot vaihtelevat suuresti, se näyttää reagoivan hyvin herkästi myös harjoittelussa tapahtuviin muutoksiin. Esimerkiksi Houmard ym. (1990) tutki kreatiinikinaasin erittymistä kestävyysjuoksijoilla ($n=10$, ikä 32.0 ± 2.6 v, rasvaprosentti $9.6 \pm 1.0\%$, VO_{2max} 61.8 ± 1.1 ml/kg/min) yhteensä 7 viikon ajan, joista 4 viikon ajan juoksijat harjoittelivat normaalisti ($81+5$ km/viikko, 6 päivää/viikko) ja 3 viikon ajan 70 % normaalia vähemmän ($24+2$ km/viikko, 5 päivää/viikko). Tutkimuksessa havaittiin, että normaalilla harjoittelujaksolla kreatiinikinaasi oli selkeästi korkeampi (168 ± 15 U/L) ja laski erittäin merkittävästi ($p<0.001$) vähentyneen harjoittelu jakson aikana (99 ± 9 U/L).

Kreatiinikinaasi arvot myös nousevat helposti ja erittäin nopeasti. Esimerkiksi Bessa ym. (2013) tutki lihasvaurioiden esiintymistä 3h, 6h, 12h, 24h, 48h ja 72h kovatehoisen yhdistetyn voima - ja kestävyys harjoituksen jälkeen kovakuntoisilla amatööri pyöräilijöillä (ikä 28 ± 2.5 v, paino 81.3 ± 2.9 kg, pituus 184.6 ± 2.5 cm, VO_2 huippu 61.2 ± 1.7 mLO₂/kg/min, HR max 178 ± 4.6 lyöntiä/min). Tutkimuksen päälöydöksenä oli, että kreatiiniarvot nousivat kaksinkertaiseksi ($p<0.01$) jopa 3h harjoituksen jälkeen, kolminkertaiseksi ($p<0.01$) 12 h jälkeen, sekä palautuivat ennalleen 48 tunnin jälkeen. Toisaalta, arvojen nousuun näyttää vaikuttavan myös harjoituksen laatu. Esimerkiksi Clarkson ym. (1987) esittivät kreatiinikinaasin arvojen olevan korkeimmillaan toisena päivänä isometrisestä harjoituksesta, mutta vasta 4-5 päivänä eksentrisestä harjoituksesta.

Kreatiinikinaasia on tutkittu myös lyhytkestoisten kestävyysasuoritusten aikana. Esimerkiksi Symanski ym. (1983) tutki kreatiinikinaasi arvojen vaihtelua kuudella uimarilla, jotka uivat tunnin ajan 70 % tasolla VO_{2max} :sta. Näytteet otettiin ennen harjoitusta, 5min, 6h ja 24 tunnin jälkeen harjoituksesta. Tutkimuksessa todettiin että kreatiinikinaasin arvot eivät muuttuneet merkittävästi hyväkuntoisilla uimareilla. Tutkimuksen mukaan se saattoi johtua siitä, että uimarit olivat tottuneet harjoitteluun ja sen takia uinti ei aiheuttanut lihaksille traumaperäistä stressireaktiota, jolloin lihasvauriota ei myöskään syntynyt.

Sotilaiden parissa kreatiinikinaasin vaihtelua on tutkittu esimerkiksi pitkäkestoisen partiotiedustelun aikana. (Kyröläinen ym. 2008). Kyseisessä tutkimuksessa suurimmat muutokset kreatiinikinaasissa tapahtuivat ensimmäisen kolmen harjoitusvuorokauden aikana. Myös Salosen (2008) kolme päivää kestävässä partiotiedusteluharjoitus- tutkimuksessa kreatiinikinaasi nousi alkumittauksesta ensimmäisen ja toisen päivän mittauksiin. Merkittävin nousu krea-

tiinikinaasin osalta tapahtui toisen harjoitusvuorokauden aikana, jolloin seerumin CK - konsentraatio nousi yli kaksinkertaiseksi alkumittaukseen verrattuna.

3.6 Palautuminen

Yksittäinen urheilusuoritus aiheuttaa elimistölle tietyn määrän väsymystä, muutoksia biokeemiallisissa, hormoni toimintaan ja ihmisen vastustuskykyyn liittyvissä tekijöissä, sekä aiheuttaa väliaikaisen suorituskyvyn heikkenemisen. Tämän jälkeen elimistö tarvitsee aikaa palautumiseen, jonka aikana se työskentelee palauttaakseen homeostaasin, täydentääkseen tyhjentyneet energiavarastot, muodostaakseen uusia proteiinisiltoja sekä palauttaakseen suorituskyvyn normaaliksi. Aika, joka tarvitaan suorituskyvyn palauttamiseen, riippuu harjoituksen intensiteetistä ja kestosta, mutta siihen vaikuttaa myös muu harjoittelu, jota tehdään palautumisjakson aikana. (Rowbottom 2000, 501).

Kevyen, lyhytkestoisen harjoituksen jälkeen palautuminen on nopeaa ja lähes huomaamaton. Huomattavasti pidempi aika tarvitaan kehon palautumiseen, jos harjoitus on kuormittava kuten puolimaratonin juokseminen tai 200m uinti niin kovaa kuin mahdollista tai jos kova tehoisen kestävyys harjoituksen kesto lisää. (McArdle ym 2007, 130.) Tämä johtuu siitä, että kovatehoisen kuormitusten, kuten kilpailusuoritusten jälkeen hermoston ja lihasvaurioiden palautuminen on hitaampaa kuin energiavarastojen täydentäminen. (Nummela 2007, 123) Esimerkiksi kovatehoisen suorituksen jälkeen lihaksen ATP ja KP – varastot täydentyvät jo parin tunnin kuluttua harjoituksesta ja glykogeenivarastot 1-2 päivää harjoituksen jälkeen (Fairchild ym. 2002) tai vastaavasti erittäin kovatehoisen harjoituksen kuten maratonin jälkeen seitsemässä päivässä (Sherman ym. 1983; Blom ym. 1987). Sen sijaan lihassoluvaurioiden korjaantumiseen kestää jopa 1-2 viikkoa (Costill ym. 1990).

Fyysisestä suorituksesta palautumiseen vaikuttaa harjoittelun intensiteetin lisäksi myös henkilön ikä, harjoittelutausta ja fyysinen kunto. Esimerkiksi ikääntymisen on havaittu alentavan fyysistä suorituskykyä ja aerobista kapasiteettia noin 8-10 % vuosikymmenessä (Gore ym. 1999, Stathokostas ym. 2004). Ja heikkokuntoisilla, joilla on huonompi suorituskyky verrattuna parempiin kuntoisiin, palautuminen kestää taas kauemmin. Ainakin mitattaessa palautu-

mista samassa urheilulajissa sydämen sykkeen tai veren laktaattipitoisuuden avulla. (Olesen ym. 1994; Ravier ym. 2006.)

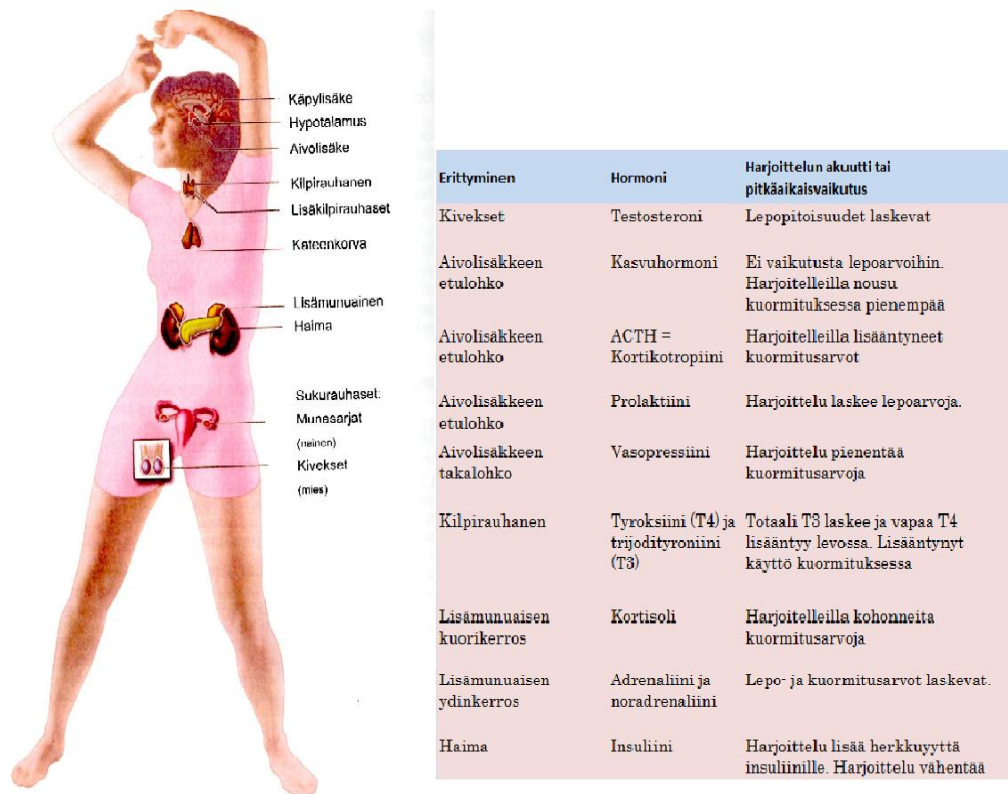
Tehokas palautuminen on erityisen tärkeää tilanteissa, joissa yksilön tulee suorittaa useita fyysisesti kuormittavia jaksoja lyhyen ajan sisällä tai nopea palautuminen fyysisestä kuormituksesta on tärkeää esimerkiksi henkisen valmiuden kannalta. Eri palautumismenetelmien tarkoitus on nopeuttaa kehon palautumista fyysisestä suorituksesta. Näitä ovat muun muassa aktiivinen ja passiivinen palautuminen, hieronta, kylmähoito, happihoito, lääkehoito, sähköstimulaatio ja venyttely. (Barnett 2006.)

Passiivisella palautumisella tarkoitetaan palautumista levon avulla, kun taas aktiivisella palautumisella tarkoitetaan esimerkiksi lyhyiden submaksimaalisten intervallien tekemistä. Passiivisen palautumisen tarkoituksena on minimoida kehon energian tarve ja tätä kautta pyrkiä nopeuttamaan sekä tehostamaan kehon palautumisprosessia, kun taas aktiivisen palautumisen tarkoituksena on pitää yllä kehon verenkiertoa ja estää lihaskramppeja ja jäykkyyttä sekä nopeuttaa laktaatin poistumista lihaksista. (McArdle ym. 1996; 169; Toubekis ym. 2008.)

4 KEHONKOOSTUMUKSEN MUUTOKSET JA HORMONAALISET VASTEET KUORMITUKSELLE

Harjoituskuormitus saa aikaan akuutteja eli välittömiä ja jonkin verran myös pysyviä muutoksia hormonaalisessa tasapainossa (Häkkinen & Mero 2007, 127 – 136). Hormonaalisen tasapainon muutos puolestaan aiheuttaa muutoksia myös kehonkoostumuksessa (Trexler ym 2014). Hormonipitoisuudet muuttuvat yhden harjoituksen vaikutuksesta hetkellisesti, mutta palautuvat oikein suunnitellussa harjoittelussa. Tämän takia hormonipitoisuuksien seuranta käytetäänkin esimerkiksi fyysisen suorituskyvyn ja etenkin ylirasitustilan ennakointiin. Yleensä hormonaalinen akuutti vaste vakioharjoitukseen pienenee kun kestävyysharjoittelua lisätään ja samalla kuormituksella urheilijoilla on pienempi hormonaalinen vaste kuin ei – urheilijoilla. Sen sijaan jos suorituksen teho suhteutetaan henkilön kunnan mukaan, urheilijoiden ja ei-urheilijoiden välillä ei ole välttämättä oleellista eroa. Toisaalta, maksimisuorituksessa urheilijoilla on samanlainen tai hieman suurempi hormonaalinen akuutti muutos kuin ei – urheilijoilla. (Häkkinen & Mero 2007, 127 – 136.)

Tämän takia on tärkeää tietää miten eri hormonit käyttäytyvät erilaisissa tilanteissa, kuten esimerkiksi yhden lyhytaikaisen kovatehoisen harjoituksen jälkeen, tai vaihtoehtoisesti pitkän, jopa useita päiviä kestäväen suorituksen jälkeen. Toiseksi tärkeää on tarkastella myös eri hormoneja yksitellen. Kuten kuvasta 7 nähdään esimerkiksi pitkän harjoitusjakson jälkeen testosteronin lepopitoisuudet laskevat, kun vastaavasti kortisolin osalta arvot nousevat. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tutkimuksen kannalta tärkeimmistä hormoneista ja siitä, miten hormonipitoisuuksien on todettu muuttuvan eri -pituisissa, ja – tehoisissa harjoituksissa. Tämän lisäksi kappaleessa kerrotaan, miten kehonkoostumus muuttuu kuormituksen yhteydessä.



Kuva 7. Keskeisten hormoneja tuottavien sisäeriterauhasten sijainti, sekä hormonien akuutit vasteet ja vaikutukset pitkällä aikavälillä kestävyysurjoittelussa (mukailtu Mero ym. 2007).

4.1 Testosteroni ja SHBG

Testosteroni. Kivekset erittävät useita mieshormoneita, joita kutsutaan yhteisnimellä *androgeneiksi* (Guyton & Hall 2004, 922–925). Yksi näistä androgeneista on testosteroni, joka on rakentava eli anabolinen hormoni, eli se mm. stimuloi proteiinisynteesiä ja kasvua (Hackney 1996). Kivesten testosteronin erittymistä puolestaan säätelee hypothalamus -aivolisäke akseli: hypothalamus erittää gonadotrooppista hormonia, joka puolestaan stimuloi kahden gonadotrooppisen hormonin (FSH ja LH) erittymistä aivolisäkkeestä. Näistä kahdesta gonadotrooppisesta hormonista pääasiassa LH lisää testosteronin erittymistä kiveksistä. (Guyton & Hall 2004, 922–925.)

Kivesten testosteronin tuotto vaihtelee vuorokauden ajan mukaan. Korkeimmillaan veren testosteroniarvo on aamulla ja matalimmillaan illalla (Veldhuis ym. 1987). Tämän takia esimerkiksi normaalisti viitearvot on määritelty aamuarvojen mukaan, joten verinäyte testosteroni-

mittausta varten tulisi ottaa aamupäivällä ennen klo 10:00. Iltapäivällä otetusta verinäytteestä mitattu tulos voi olla alle viitearvojen, vaikka mitään häiriötä testosteronin tuotannossa ei olisi ("Testosteroni" Terveyskirjaston www-sivusto.<https://www.terveyskirjasto.fi/> .11.4.2014) Testosteronin normaali viitearvo on yleensä 16-50v miehillä 10–38 nmol/l ("Testosteroni". Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014.)

Testosteronin pitoisuuden käyttäytymistä fyysisen suorituksen yhteydessä on tutkittu paljon maailmalla. Esimerkiksi testosteronin pitoisuuden on todettu laskevan pitkäkestoisissa suorituksissa (Adlercreutz ym. 1986; Fernandez-Garcia ym. 2002) sekä sotilaallisissa harjoituksissa (Opstad 1992a;b; Gomez-Merino ym. 2003; Nindl ym. 2006; Salonen 2008; Fortes ym. 2011). Näiden lisäksi sen on todettu laskevan myös energiavajeessa (Friedl ym. 2000). Sen sijaan myös toisenlaisia tuloksia on saatu kun yhden harjoituksen aikana on otettu testosteroni näytteitä pidemmällä aikavälillä.

Esimerkiksi Kyröläisen ym. (2008) pitkäkestoisessa 20 vuorokautta kestäneen partiotiedustelu-harjoitus tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää taisteluharjoitukseen osallistuvien henkilöiden energiansaannin ja fyysisen aktiivisuuden suhdetta sekä tarjotun ravinnon ravintoainesisältöjä suhteessa olemassa oleviin ravintosuosituksiin hormonaalisten vasteiden kautta. Kyröläinen ym. (2008) huomasivat testosteronin ja vapaan testosteronin pitoisuuden laskeneen 26 % alkumittauksesta kolmannen ja kuudennen päivän mittauksiin. Myöhemmin alkaneessa kevyemmässä harjoitusvaiheessa testosteronipitoisuudet nousivat jopa alkumittausta korkeammalle tasolle. Toisaalta, testosteroni arvojen on havaittu pysyvän myös samana, kuten 4 päivää kestäneen Nijmegen-marssin jälkeen (Väänänen ym.2002). Myös Chicharron (1998) ja Tanskasen (2012) tutkimuksissa ei havaittu eroja testosteronin erityksessä ylikunnossa olevilla sotilailla varusmiesten 8 viikkoa kestävä peruskoulutuskauden jälkeen.

Tutkimuksissa on myös yritetty ottaa selvää, mistä plasman ja seerumin testosteronin pitoisuuden lasku pitkäkestoisessa fyysisessä rasituksessa johtuu. Syitä siihen voi olla mm kivesten laskenut testosteronin erityks (Cameron & Jones 1972) kivesten erityksen lasku sekä aivolisäkkeen adrenokortikaalisen systeemin aktivaatio (Kuoppasalmi 1981). Näiden lisäksi myös muiden hormonien, kuten kortisolin erityksen lisääntymisellä voi olla vaikutusta testosteronin pitoisuuden laskuun (Cumming ym. 1983). Fyysisesti kuormittavan tai pitkäkestoisen harjoituksen jälkeen voi kestää jopa 24–72 tuntia ennen kuin testosteroni palautuu normaalitasolle (Hackney 1996). Myös jatkuva kova rasitus ja stressi voi johtaa testosteronipitoisuuksien pysyvään laskuun, mutta

harjoittelua keventämällä ja kuormitusta vähentämällä pitoisuudet palaavat normaalitasolle. (Heinonen 2005, 138.)

SHBG. Stenmanin (2000, 30) mukaan kiertävästä testosteronista noin 99 % on sitoutuneena kuljettajaproteiineihin. Näistä kuljettajaproteiineista Testosteroni kiertää veren mukana n.30min – useita tunteja sitoutuneena n. 44 % pääasiassa sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (=SHBG) ja n. 54 % plasman albumiiniin, jonka aikana testosteroni siirretään kudoksiin. (Guyton & Hall 2004, 922; Stenman 2000, 30). SHBG sitoo testosteronia noin 1000-kertaisesti tehokkaammin kuin albumiini, mutta suuren pitoisuutensa vuoksi albumiini sitoo testosteronista suunnilleen yhtä suuren osa kuin SHBG. (Fahrner & Hackney 1998).

SHBG:n pitoisuus voi vaihdella huomattavasti. Miehillä SHBG-pitoisuus kohoaa myös iän myötä. Normaalisti miesten viitearvo on n. 10 - 57 nmol/l. Kohonnut SHBG-taso voi nostaa kokonaistestosteronin normaaliksi, vaikka vapaa testosteroni on matala. Siksi on syytä määrittää SHBG ja laskea vapaa testosteroni, mikäli kokonaistestosteroni on viitealueen alarajalla. ("Sukupuolihormoneja sitova globuliini". Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014.) Teholtaan kova liikunta nostaa seerumin SHBG:n arvoja väliaikaisesti. Tällöin SHBG:n muutokset vaikuttavat erityisesti vapaan testosteronin määrään, mutta sillä on vaikutusta myös muiden sukupuolihormonien pitoisuuksiin (Heinonen 2005, 138.)

Tutkimuksia SHBG:n vasteita fyysisen kunnan yhteydessä on alettu tehdä vasta hiljattain. Salonen (2008) tutki kolme päivää kestävästä partiotiedusteluharjoituksen yhteydessä mm SHBG:tä, jonka arvot kuitenkin pysyivät muuttumattomana koko harjoituksen ajan. Se sijaan Tanskanen (2012) yhdisti SHBG:n peruskoulutuskaudella ylikuormittuneisiin varusmiehiin. Väitöskirjan tarkoituksena oli selvittää talvikauden 8 viikon peruskoulutuskauden (PK) kuormittavuutta, ylikuormitusoireiden ilmenemistä sekä ylikuormittuneiden ja ei – ylikuormittuneiden varusmiesten eroa aerobisen suorituskyvyn, kehon koostumuksen ja biokemiallisten mittareiden suhteen varusmiespalveluksen alussa sekä PK:n aikana. Väitöskirjassa todettiin, että 33 % varusmiehistä oli yllirasittuneista ja heillä oli korkeammat SHBG arvot koko tutkimuksen ajan verrattuna muihin ei yllirasittuneisiin varusmiehiin. Lisäksi Tanskanen (2012) väitöskirja vahvisti, että SHBG, kortisoli, testosteroni/ kortisoli suhde ja fyysisen suoritusky-

vyn maksimaalinen laktaatti/ RPE arvo voisivat olla hyödyllisiä työkaluja liian kuormittavan harjoittelun analysoimiseen.

4.2 Kortisoli

Kortisoli on lisämunuaisen kuorikerroksen erittämä glukokortikoidi ja katabolinen hormoni. Rakenteeltaan se on steroidihormoni. Se tunnetaan stressihormonina, mutta sillä on myös lukuisia aineenvaihdunnallisia tehtäviä. Kaikenlaisen fyysisen tai neurologisen stressin on todettu lisäävän välittömästi aivolisäkkeen etulohkon kortikotropiinin eli ACTH:n eritystä ja sen seurauksena minuuteissa tapahtuvaa kortisolin eritystä (Guyton & Hall 2004, 950-956.) Kortisolin lisääntyminen puolestaan lisää proteiinien hajottamista, jolloin hajottasessa syntyviä vapaita aminohappoja voidaan käyttää maksassa tapahtuvassa glukoneogeneesissä, jossa aminohapoista muodostetaan (kuten voidaan myös muodostaa rasvoista ja muista aineista) uudelleen glukoosia mm. lihasten käyttöön. (Wilmore & Costill 2004, 121,173-175).

Kortisolin arvoja mitatessa täytyy ottaa huomioon sen vuorokausivaihtelu. Esimerkiksi Yhtyneet laboratoriot suosittelee, että aamunäyte otettaisiin klo 8-9 ja iltanäyte otettaisiin mieluiten klo 20 - 24 tai vaihtoehtoisesti klo 16 – 20 välisenä aikana. Kortisolin normaali viitearvo on yleensä miehillä aamunäytteessä 150–650 nmol/l ja iltanäytteissä 25–40 % aamuarvoja matalammat (”Kortisoli”. Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014.)

Yleisesti ottaen kortisolin pitoisuuksien on todettu nousevan fyysisen (Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004) tai psyykkisen (Morgan ym 2000; Kunz-Ebrecht ym. 2003; Ritvanen 2006) rasituksen seurauksena. Pääasiassa kuitenkin, kortisolin erittymisestä tehtyjen tutkimusten tulokset maailmalla ovat kovin ristiriitaisia. Ristiriitaisuudesta kertoo esimerkiksi se, että pitkäkestoisissa fyysisessä suorituksessa (Fernandez-Garcia ym. 2002) havaitsi kortisoli pitoisuuden laskevan tai pysyvän muuttumattomana, kun taas Kyröläinen ym. (2004) raportoivat kortisoli arvojen nousevan merkittävästi pitkän partiotiedusteluharjoituksen kolmantena vuorokautena, jonka jälkeen kortisoli laski lähelle harjoitusta edeltävää tasoa. Opstad & Aakvaag (1981) puolestaan havaitsivat kortisolin erityksen kasvavan ennen viisipäiväistä raskasta ja

jatkuvaa harjoitusta ja laskevan toisena ja neljäntenä päivänä. Samalla he huomasivat myös kortisolin erityksen vuorokausittaisen rytmin katoamisen.

Gomez-Merinin ym. (2003) tutkimuksessa puolestaan viiden vuorokauden intensiivinen sotilaskoulutus ei vaikuttanut merkittävästi plasman aamu kortisoli pitoisuuksiin. Kortisoli muutosten ristiriitaisuutta edellisiin verraten osoittaa myös Nindl (2007b) tutkimuksen hormonimittaukset, jossa Yhdysvaltojen armeijan kahdeksan viikkoa kestäneen (päivittäinen energiavaje 1000kcal) Ranger- kurssin havaittiin ensimmäisen neljän viikon aikana laskevan hieman kortisoli arvoja, mutta kahdeksannella viikolla kortisoli arvot nousivat kuitenkin alkumittauksesta lähtömittausta korkeammalle tasolle rasituksen pysyessä samana. Lisäksi Nindl ym. (2007b) tutkimuksessa Ranger-kurssin todettiin heikentävän voima- ominaisuuksia ja laskevan kehon painoa, rasvatonta massaa, rasva massaa ja verestä mitattuja testosteroni ja IGF-1 – arvoja merkittävästi ($p < 0.05$). Fortesin ym. (2011) tutkimuksessa puolestaan kortisoli arvot pysyvät muuttumattomina.

4.3 Insuliinin kaltainen kasvutekijä (IGF-1)

Maksasta erittyvä IGF-I eli insuliinin kaltaisen kasvutekijän rooli on tärkeä erityisesti rakentavissa ja aineenvaihdunnallisissa prosesseissa. Vaikka IGF-1 puoliintumisaika aika on verraten lyhyt (2-4h) IGF-1 määrän nähdään heijastavan hyvin elimistön anabolista sekä fyysisen kunnan tilaa ja erityisen herkästi näistä esimerkiksi ravitsemusvajetta ja proteiinin puutosta. (Nindl ym. 2007a). IGF-1 kiertää verenkierrossa kolmessa muodossa: IGFBP-3 sekä IGFBP 1-2 kuljettaja proteiineihin sitoutuneena ja vapaassa muodossa. Näistä IGF-1 voi varastoitua verenkierrossa IGFBP-3:seen. Vapaassa ja IGFBP1-2 muodossa se pääsee suoraan verenkierrosta läpi kohdesoluihin (Alemany ym. 2008.)

IGF-1 taso vaihtelee iän mukaan ja se on korkeimmillaan puberteetin aikana. IGF-1 normaali viitearvo on 17–18 -vuotiailla miehillä 15 - 79 nmol/l, 19 - 20 -vuotiailla miehillä 14 - 70 nmol/l ja 21 – 25 -vuotiailla miehillä 12 - 50 nmol/l (”Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1”. Yhteisten laboratoriodien www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014.) Sen sijaan vuorokausittainen IGF-1 vaihtelu näyttäisi olevan pientä, ainakin harjoittelun yhteydessä. Esimerkiksi Nindl ym. (2009) tutki IGF-1 arvojen käyttäytymistä 24h aikana eri pituisten- ja tehoisten

harjoituksen yhteydessä. Tutkimuksessa todettiin hyvässä kunnossa olevilla nuorilla miehillä erilaisilla harjoituksilla (kestävyys vs. voima) ja eri tehoisilla harjoituksilla ei ole vaikutusta IGF-1 arvoihin 24 tunnin sisällä, mutta sen sijaan IGFB-1 todettiin olevan herkempi reagoimaan harjoituksen keston nostamalla IGFB-1 määrää.

Pitkäkestoisemmissa suorituksissa sen sijaan IGF- arvojen muutokset näyttäisivät vaihtelevan kuntotason mukaan. Esimerkiksi Rosendal ym (2002) tutkimuksessa todettiin, että IGF-1 tasot nousevat harjoittelun yhteydessä 11 viikon aikana huonokuntoisilla miehillä, mutta sen sijaan hyväkuntoisilla ne pysyvät lähes samana. Vastaavanlaisia tuloksia IGF-1 arvojen käyttäytymisestä harjoittelun yhteydessä on saanut myös Chicharro ym. (2001), joka tutki 17 ammattilais- pyöräilijää (VO_{2max} , 74.7 ± 2.1 ml/kg/min, $27v \pm 1$) kolme viikkoa kestävän pyöräilykilpailun aikana. Päivittäinen matka kisoissa oli 168km ja kolmesta viikosta vain yksi päivä oli pyhitetty lepopäiväksi. Tutkimuksessa todettiin, että viikon sisällä IGF-1 lepopitoisuuden arvot nousivat merkitsevästi ($p < 0.01$), mutta sen jälkeen kasvu hidastui, jolloin muutosta ei enää tapahtunut ja arvot pysyivät lähes samana.

Tutkimuksia IGF- 1 osalta on tehty varsinkin sotilaiden parissa, sillä sotilaat altistuvat helpommin energiavajeelle erityisesti rankan koulutusjakson yhteydessä. Esimerkiksi Alemany (2008) tutki miten kaksi erilaista proteiinivalmistetta vaikuttavat 34 merivoimien sotilaan verenkierron mukana kiertävään kokonais- sekä vapaaseen IGF-1 ja testosteronin määrään 8 päivää kestävässä sotilaallisessa harjoituksessa, jossa sotilaat altistuivat korkealle energiankulutukselle, vajaalle energiansaannille sekä univajeelle (4h unta/vrk). Tutkimuksessa todettiin, että erilaisten proteiinipitoisten ruokien syöminen ei vähennä IGF-1 laskua. Kokonais IGF-1:n arvo putosi 8 päivän jälkeen 50 % ja testosteroni 45 %. Myös kehonkoostumuksen osalta merkitsevästi ($p < 0.01$) aleni paino (3,2kg), rasvaton massa (1,2kg), rasvamassa (2,0kg) sekä rasvaprosentti (1,5 %).

Gomez – Merinon ym. (2004) tutkimuksessa toimi 26 Britannian mieskadettia, jotka osallistuivat Pyreneiden vuoristossa toteutettavalle kolme viikkoa kestäväälle Ranskan commando kurssille, sekä sen lisäksi 5 päivää kestäväälle taistelukurssille. Toisin kuin Alemanyn (2008) tutkimuksessa, sotilaat eivät kärsineet kovasta energiavajeesta, mutta sen sijaan kurssi oli fyysisesti erittäin raskas ja sotilaat kärsivät koko kurssin aikana univajeesta (3-4h unta /vrk). Tutkimuksessa todettiin, että IGF-1 arvot laskivat erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) kurssin jälkeen

verrattuna alkutesteihin. Gomez – Merinon (2004) ja Alemanyn (2008) tutkimusten lisäksi myös Nindl (2007b) ja Fortes ym.(2011)tutkimuksissa IGF-1 – arvojen havaittiin laskevan merkitsevästi ($p < 0.05$). Fortesin ym. (2011) tutkimuksessa jopa 28 %.

Nykyaikana IGF-1 käyttö on vakiintunut varsinkin niissä tutkimuksissa, joissa tarkoituksena on saada selville elimistön ravitsemustila (Livingstone 2013). Aikaisemmat tutkimukset myös tukevat hypoteesia, että IGF-1 voidaan käyttää yhtenä biomarkkerina kuormittumisen arvioimiseen (Nindl 2007b) ja ylikunnon tutkimiseen (Nindl 2012), erityisesti fyysisen harjoitusjakson aikana, jossa energiavaje aiheuttaa muutoksia kehonkoostumuksessa (Tanskanen 2012).

4.4 Kehonkoostumuksen muutokset

Ihmiskehon kolme rakenteellista pääryhmää ovat lihakset, rasva ja luusto. Kehonkoostumuksen mittaamisessa pyritään arvioimaan näiden komponenttien massaa ja suhteellista osuutta tutkittavassa henkilössä. Koska sukupuolella on oleellisen tärkeä vaikutus kehonkoostumukseen, miesten ja naisten tuloksia ei voi vertailla keskenään. (Keskinen 2005, 108.) Pituuden ja painon suhde taulukoita käytetään tarkastelussa ja tutkittaessa ihmisen painoa, erityisesti ylipainoa, mutta nämä taulukot eivät kerro mitään yksilön kehonkoostumuksesta ja eri kudosten osuudesta painon muodostumisessa. (Kauranen & Nurkka 2010, 264; Keskinen 2005, 108.)

Kehonkoostumusta voidaan mitata monella eri tavalla. Yhtenä näistä on DXa mittaus (Dual-energy X –ray absorptiometry, DXA) GE lunar Prodigy Advance perustuva luuntiheysmittauslaite. DXa laitteen mittaus perustuu matala tehoiseen röntgensäteilyyn. Sen sijaan InBody-laitteissa BIA (Bioelectrical Impedance Analysis) menetelmä perustuu pienen sähkövirran johtamiseen kehon läpi. Koska vain kehon sisältämä vesi johtaa sähköä, voidaan kehon koostumus laskea mittaamalla kehon impedanssia, eli sen sähkövirralle aiheuttamaa vastusta.

Kehonkoostumuksella, painolla ja sotilaallisella olemuksella on tärkeä merkitys armeijalle, koska niillä on usein myös todellinen yhteys fyysiseen suorituskyykyyn (Friedl 2004). Sotilaiden odotetaan säilyttävän korkein mahdollinen fyysinen suorituskyyky, koska heidän täytyy olla valmiita liikkumaan paikasta toiseen ja suorittamaan velvollisuudet missä tahansa maailmaa, mihin aikaan tahansa. Armeijan kehonkoostumuksen mittauksien tavoitteena onkin mo-

tivoida fyysiseen harjoitteluun ja hyviin ruokailu tottumuksiin, millä voidaan varmistaa sotilaiden korkea valmiustaso. (Friedl 2012.)

Fortesin ym. (2011) tutkimuksen tavoitteena oli tutkia 8 viikkoa kestävästä rankan sotilaskoulutusjakson aikana lisäravinteiden vaikutusta fyysiseen suorituskäyttöön, kehonkoostumukseen ja anabolisiin hormoneihin kahteen ryhmään (CON: n = 15, ikä 25.3 ± 2.5 v, pituus 1.79 ± 0.06 m, paino 81.6 ± 6.6 kg, rasva % 16.3 ± 3.7 %) ja (SUP: n= 15, ikä 24.7 ± 2.8 v, pituus 1.77 ± 0.04 m, paino 80.2 ± 8.8 kg, rasva % 14.6 ± 2.8 %) jaetuilla brittiläisillä sotilaille. Näistä kahdesta ryhmästä SUP söi lisäravinteita koko koulutusjakson ajan. Tutkimuksessa todettiin, että sotilaat kärsivät harjoituksen aikana energiavajeesta ja päivittäisen lisäravinteiden saanti SUP ryhmällä esti kehon painon, rasvattoman massan ja fyysisen suorituskäytön laskun. Tämän lisäksi molemmissa ryhmissä IGF-1, testosteroni 19 % ja testosteroni/ kortisoli suhde laski merkitsevästi ($p < 0.05$) (28 %, 19 % ja 24 %).

Koska sotilaiden suorituskäyttöön vaikuttaa kehonkoostumuksen lisäksi myös muita tekijöitä, optimaalista kehonkoostumusta on vaikea määrittää. Sen takia on esimerkiksi helpompi määrittää sotilaiden kehonkoostumuksen osalta tekijät, joiden avulla ei saa ylläpidettyä suorituskäyttöä. Esimerkiksi sairaalloisen lihavat eivät sovellu palvelukseen, koska korkea rasvamassan määrä ja vyötäröalueen lihavuus altistaa useille terveysongelmille (Fogelholm & Kaukua 2010; Friedl 2012.) Toisaalta, ylimääräinen rasva voi myös auttaa sotilasta selviytymään kylmistä olosuhteista (Friedl 2012). Vaikka ylimääräinen rasva pääasiassa on siis haitaksi sotilaille, myöskään liian vähäinen rasvan määrä ei ole hyödyksi sotilaille. Esimerkiksi Israelin erikoisjoukkosotilaille vähäisen kehon rasvamassan todettiin olevan riski sille, että sotilas putosi pois 3kk kestävältä peruskoulutuskaudelta (Moran ym. 2011).

Merkitseviä kehonkoostumuksessa tapahtuvia muutoksia voi tapahtua sotilaille jopa suhteellisen lyhyessä ajassa. Esimerkiksi Nindl ym (2002) tutkimuksessa univajeesta (-2h), korkeasta energiankulutuksesta (4500kcal vrk) ja energiavajeesta (1600kcal vrk) kärsineiden sotilaiden (n= 10, ikä 22 ± 3 v, pituus 183 ± 7 cm, paino 87 ± 8 kg) kehon paino sekä rasvaton massa aleni merkitsevästi ($p < 0.05$) DXa menetelmällä mitattuna, kolme päivää kestäneen fyysisesti ja henkisesti raskaan sotilasharjoituksen aikana. Myös Salosen (2008) tutkimuksessa, jossa tiedustelijat kärsivät kolmen päivän partiotiedusteluharjoituksessa energiavajeesta (-2405 ± 890 kcal/vrk) sekä unenpuutteesta, sotilaiden paino laski erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) eli $2.2 \pm$

0.8 kg = 2.8 %. Lisäksi Hoyt ym. (2006) tutkimuksessa 16 norjalaisen kadetin kehon paino (-10 %) sekä rasvaton massa (-6 %) putosi merkitsevästi ($p < 0.05$) fyysisesti raskaan, sekä uni-vajetta sisältävän 7 päivää kestävä FEX kurssin yhteydessä.

Jos sotilaallisten harjoituksen kesto pitenee ja sotilaat edelleen kärsivät uni- sekä energiavaajeista, kehonkoostumuksen muutokset saattavat olla sitäkin suurempia. Esimerkiksi Nindl ym. 2007b tutkimuksessa sotilaiden kehonkoostumus muuttui merkitsevästi ”ranger”- kurssilla kahdeksan viikon aikana ($p < 0.05$). Kehonpaino putosi 13 %, rasvaton massa 6 % ja rasva massa jopa 50 %. Samanlaisia tuloksia saatiin myös Kyröläisen ym. (2008) tutkimuksessa, jossa sotilaiden kehonpaino väheni 5,5 % ($p < 0.01$) ja rasvaprosentti jopa 25,9 % ($p < 0.01$). Margolixen ym. (2013) tutkimuksessa puolestaan 28 sotilaan kehonkoostumus muuttui 64 päivää kestävä koulutusjakson aikana vain vähän verrattuna edellisiin tutkimuksiin. Sotilaiden kehon paino aleni 5 % (4.2 ± 3.7 kg), rasva massa 2.8 ± 2.0 kg ($p < 0.01$) ja rasvaton massa 1.4 ± 2.8 kg ($p < 0.05$).

Tutkimustuloksiin viitaten voidaan todeta, että varsinkin sotilaiden parissa kuormittavien koulutusjaksojen yhteydessä sekä kehon paino ja rasvan määrä putoavat. Huolestuttavaa on kuitenkin se, että samalla myös rasvattoman massan määrä putoaa. Jos valmiiksi varsinkin erikoisjoukoissa tavattavan hyvin ”kuivan” sotilaan rasvaton massa putoaa edelleen, sotilas on joko vaarassa pudota koulutuksesta (Moran ym. 2011) tai sotilaan selviytyminen kylmissä olosuhteissa heikkenee (Friedl 2012). Hyvä puoli on kuitenkin se, että kehonkoostumuksen muutoksia voidaan sotilasolosuhteissa pienentää oikeanlaisella ravinnolla, nesteytyksellä ja ennen kaikkea sotilaiden koulutuksella riittävän ravinnon ja nesteytyksen tärkeydestä.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

5.1 Päättutkimusongelmat

Tutkimuksen tavoitteena on mitata varusmiesten kuormittumista Erikoisjääkäripataljoonan Laskuvarjojääkärikomppanian varusmiesten laskuvarjohyppyperuskoulutuskurssilla.

Päättutkimusongelmat:

- 1. Miten kolmen viikon intensiivinen hyppyperuskoulutuskurssi kuormittaa varusmiehiä?*
- 2. Miten varusmiehet palautuvat hyppyperuskoulutuskurssista?*

Päättutkimusongelmien selvittämiseksi yritetään saada vastaus seuraaviin alatutkimusongelmiin:

- 1. Eroavatko varusmiesten fyysisen kunnan ja kehon koostumuksen lähtötaso hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehtyihin testeihin verrattuna?*
- 2. Miten hyppyperuskoulutuskausi muuttaa hormonivasteita ja aiheuttaako se lihasvaurioita?*

5.2 Tutkimuksen hypoteesit

Aikaisempien tutkimuksien perusteella sotilaat, jotka osallistuvat rankkaan sotilaskoulutukseen altistuvat samalla useille stressitekijöille kuten korkea tehoiselle fyysiselle aktiivisuudelle, energia ja nestevajaukselle, univajeelle ja karuihin olosuhteisiin. (Friedl ym 2000; Kyröläinen ym. 2008; Nindl ym 2002). Hyppyperuskoulutuskautta pidetään Suomen sotilaiden parissa fyysisesti ja psyykkisesti kuormittavana kurssina. (Ahokanto ym. 2003). Jos kurssi on erittäin kuormittava, tällöin kuormittumisen yhtenä merkinä voidaan pitää fyysisen suorituskyvyn laskua (Jeukendrup ym. 1992; Snyder ym. 1995; Hedelin ym. 2000a; Halson ym. 2002;

Nummela 2007, 123). Tällöin on syytä myös olettaa että fyysinen suorituskyvyn testien tulokset laskevat heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyissä fyysisen suorituskyvyn testeissä (cooper, LKT ja isometriset testit) merkitsevästi ($p < 0.05$). Jos varusmiehet ovat palautuneet hyppyperuskoulutuskaudesta, fyysisen suorituskyvyn testien tulokset palautuvat lähtötasolle viimeisessä mittauksessa.

Kuormituksen aikana lihaksiin syntyy vaurioita, joiden määrä ja suuruus riippuvat itse suorituksen lisäksi lihastyötavasta ja intensiteetistä. Kovatehoinen eksentrisen lihastyö aiheuttaa suurimmat vauriot lihaksessa ja niistä palautuminen kestää yleensä muutamasta vuorokaudesta jopa yli viikkoon (Nummela 2007, 123.) Koska hyppyperuskoulutukseen liittyy kovatehoista fyysistä aktiivisuutta, voidaan olettaa, että se näkyy myös lihasvauriomarkkareiden, kuten kreatiinikinaasi arvojen merkittävänä ($p < 0,05$) kasvuna heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen.

Aikaisemmat tutkimukset (Nindl 2007a,b; Salonen 2008; Kyröläinen ym. 2008 Tanskanen 2012) ovat myös osoittaneet, että erilaiset hormonit ovat tärkeitä fyysisen työn tekemisessä ja ne vaikuttavat suuresti harjoittelusta palautumiseen säännöstelemällä erilaisia elimistön anabolisia eli rakentavia ja katabolisia eli hajottavia prosesseja. Testosteroni tasojen on todettu laskevan sotilaallisissa harjoituksissa (Opstad 1992a,b; Gomez-Merino ym. 2003; Nindl ym. 2006; Salonen 2008; Fortes ym.2011). Jos harjoituksen jälkeen on palauttava jakso, testosteronin tasot voivat nousta jopa alkumittausta korkeammalle tasolle (Kyröläinen ym. 2008). Koska neljä viikkoa kestävä hyppyperuskoulutus aikana varusmiesten fyysinen rasitus kasvaa merkittävästi, on oletettavaa, että koehenkilöiden testosteroni tasot laskevat merkitsevästi ($p < 0.05$) heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen. Jos varusmiehet ovat saaneet riittävästi palautua, hormonaalisista muuttujista ainakin testosteroni palautuu viimeisessä testissä lähtötasolle. (Heinonen 2005, 138.)

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen koehenkilöinä toimivat valintatestien perusteella Laskuvarjojääkärikurssille 52 hyväksytyt varusmiehet ($n = 64$), jotka osallistuivat hyppyperuskoulutuskaudelle ja suostuivat vapaaehtoisesti osallistumaan tutkimukseen. Tutkimuksen informaatiotilaisuuteen osallistui yhteensä 64 henkilöä, joista tutkimukseen vapaaehtoisesti lopulta suostui osallistumaan 63. Näistä 63 henkilöstä yksi henkilö poistui heti koulutuksen alkuvaiheilla vammojen takia, joten lopullinen koehenkilöiden määrä oli 62.

Tutkimuksen edetessä alkuperäisestä joukoista ($n=62$) joillakin henkilöillä jäi mittauksia välistä sairastumisen tai loukkaantumisen vuoksi. Näin ollen tuloksissa huomioon otetun joukon ($n=52$) ikä oli ($19,5 \pm 0,6$ v), pituus ($57,1 \pm 2,4$ cm), paino ($74,7 \pm 8,7$ kg) ja rasvaprosentti ($9,1 \pm 3,3$) (Taulukko 1). Koehenkilöiden painoindeksi saatiin laskemalla henkilön paino (kg) jaettuna pituuden (cm) neliöllä. Painoindeksin osalta henkilöt olivat normaalipainoisia ($19,5 \pm 0,6$).

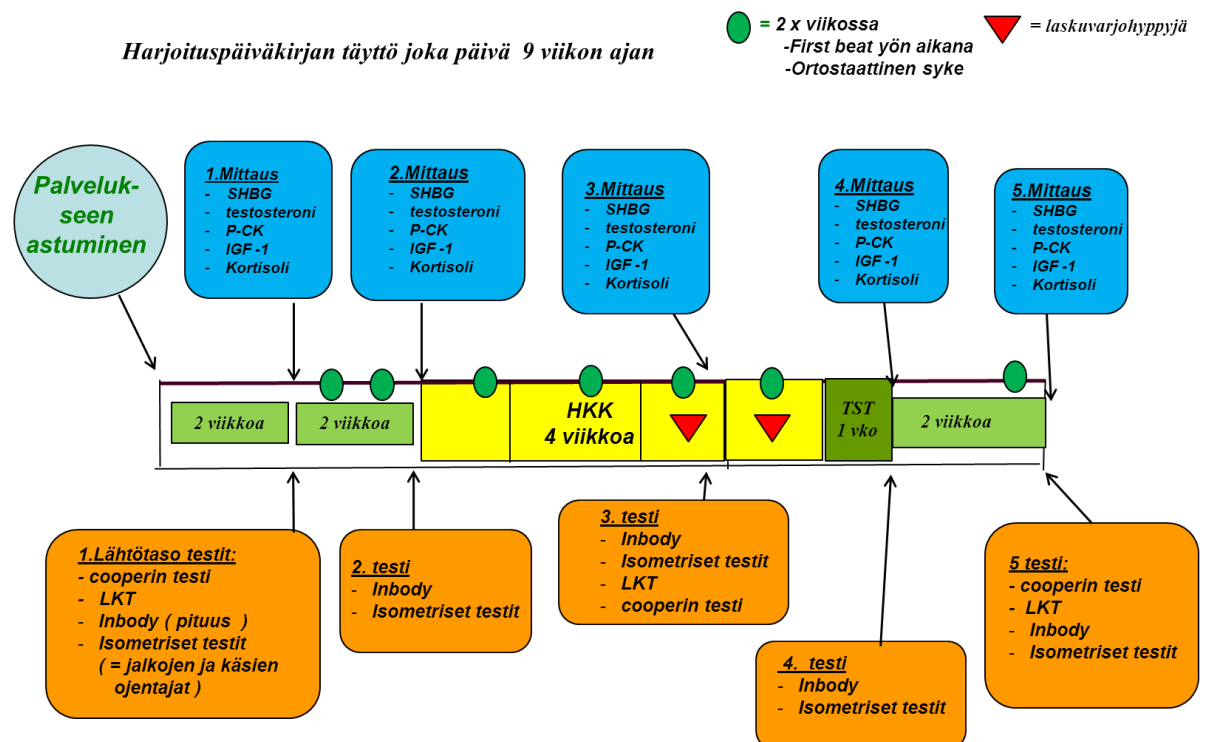
Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) puolestaan saatiin käyttämällä American College of Sports Medicine (ACSM) Cooperin testille muokattua laskukaavaa $VO_{2max} = d / 60 + 3$, missä d on Cooperin testissä edetty matka. Kyseistä laskukaavaa käyttämällä koehenkilöjoukon VO_{2max} oli näin ollen ($57,1 \pm 2,4$ ml·kg⁻¹·min⁻¹). Koehenkilöt vastasivat tutkimuksen alussa myös taustakyselyyn eli yhteensä 27 kysymykseen, jotka käsittelivät kipua ja uupumus tunteita, uni- ja nukkumistottumuksia, nautintoainetottumuksia sekä terveydentilaan liittyviä kysymyksiä. Taustakyselystä selvisi, että 52 Koehenkilöstä vain 3,8 % tupakoi ja 19,2 % käytti nuuskaa.

Ennen tutkimuksen alkua tutkimuslupa anottiin Jyväskylän eettiseltä toimikunnalta, Puolustusvoimien ylilääkäriltä ja Pääesikunnan logistiikkaosastolta. Tutkimuslupa myönnettiin ennen tutkimuksen alkua. Informaatiotilaisuuden alussa kaikille koehenkilöille selvitettiin tutkimuksen tarkoitus ja käytettävät mittausmenetelmät ja niistä mahdollisesti aiheutuvat haitat sekä hyödyt tutkittavalle. Tämän jälkeen koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen.

Taulukko 1. Koehenkilöiden kuvaus

Miehet N=52	ikä (v)	pituus (cm)	paino (kg)	rasva%	BMI	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
Koko joukko	19,5 ± 0,6	57,1 ± 2,4	74,7 ± 8,7	9,1 ± 3,3	19,5 ± 0,6	57,1 ± 2,4
min	18,0	169,0	52,7	3,0	18,0	53,8
max	21,0	194,0	109,9	19,6	21,0	63,3
1J	19,6 ± 0,6	57,0 ± 1,9	73,4 ± 6,3	8,5 ± 3,5	20,4 ± 1,6	57,0 ± 1,9
min	19,0	169,0	52,7	3,0	15,6	54,3
max	21,0	191,0	84,7	19,6	23,6	62,3
2J	19,4 ± 0,6	57,2 ± 2,7	75,9 ± 10,4	9,7 ± 3,2	20,9 ± 2,5	57,2 ± 2,7
min	18,0	170,0	62,8	4,7	18,0	53,8
max	21,0	194,0	109,9	18,4	29,2	63,8

6.2 Tutkimusasetelma



Kuva 8: Tutkimuksen mittausajankohdat.

Tutkimuksen mittaukset toteutettiin kuvan 8 mukaisesti. Koska tutkimuslupia anottaessa sekä tutkimuksen rahoitusta varten piti tietää tarkat mittausajankohdat sekä määrät, tutkimuksen mittaukset oli suunniteltava kunnolla etukäteen. Hankaluuksia aiheutti varusmiesten hyppyperuskoulutuksen sekä muun koulutuksen epäselvät ajankohdat. Erityisesti vaikeata oli suunnitella hyppyperuskoulutuskauden päätteeksi tehtävät mittaukset, koska aikaisempien hyppyperuskoulutuksien saamien kokemusten mukaan, tuuliolosuhteiden takia hypyt saattoivat peruuntua ja siirtyä uudelle päivälle. Kolmas mittaus suoritettiin tämän takia tarkoituksella kolmannen viikon päätteeksi, koska oli olemassa riski sille, että neljännen viikon alussa olevat hypyt olisivat siirtyneet loppuviikolle. Tällöin tutkimuksen kolmannet mittaukset olisivat todennäköisesti jääneet tekemättä. Hyvästä suunnittelusta huolimatta, kolmannessa hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyssä mittauksessa pimeä hypyt siirtyivät juuri mittausta edeltävälle illalle. Lisäksi neljäs taisteluharjoituksen jälkeen tehty mittaus oli alun perin suunniteltu siten, että varusmiehet olisivat päättäneet harjoituksen jo torstai iltana. Mutta toisin kävi ja varusmiehet jatkoivat harjoitusta perjantai aamuun asti, jolloin harjoitus päättyi 3-4 tuntia kestäväällä marssilla, n.1h30ennen verikokeita.

Tutkimuksen tavoitteena oli aiheuttaa myös mahdollisimman vähän haittaa itse varusmiesten koulutukselle, jolloin lähtökohta mittauksien toteuttamiseen oli se, että niissä ei saanut kulua aikaa enemmän kuin puoli päivää. Tämän takia esimerkiksi Cooperin testi pidettiin Utin Jääkäriyrykmentin vähän huonommassa kunnossa olevalla juoksuradalla, koska varusmiesten siirtymiseen Kouvolan kaupungin jäähallin sisätiloihin luotettavimpiin juoksuolosuhteisiin olisi kulunut liikaa aikaa.

Koulutuksen intensiivisyydestä johtuen tarkoituksena oli tehdä myös kaikki mittaukset heti aamupäivästä, jolloin alla ei olisi mahdollisesti muun koulutuksen tuomaa raskautta. Näin ollen esimerkiksi verikokeet otettiin aamulla varusmiesten herättyä ennen aamupalaa ja sen jälkeen vuorossa oli heti perään kehonkoostumus mittaukset. Vasta tämän jälkeen varusmiehet saivat mennä syömään. Fyysisen kunnan testit suoritettiin yleensä aamupalan jälkeen siten, että jokaisella varusmiehellä syömisestä olisi kulunut ennen isometristen testien suorittamista vähintään 1h ja Cooperin testiä tai lihaskuntotestiä suorittaessa alkuverryttelyn alkaessa vähintään 1h30min. Lisäksi yksikön henkilökunnan kanssa oli sovittu, että esimerkiksi isometristen testien aikana toisen joukkueen suorittaessa testejä, irti testeistä oleva joukkue pystyi osallistumaan kevyeen palvelukseen, kuten esimerkiksi ase- ja ampumakoulutukseen tai va-

rusteiden vaihtoon. Tutkimusjakson aikana varusmiesten viikko-ohjelmiin tehtiin paljon päiväohjelmien muutoksia. Sen takia virallisia viikko-ohjelmia ei löydy esimerkiksi tämän tutkimuksen liitteistä. Seuraavien kappaleiden aikana kerrotaan kuitenkin karkeasti koulutuksen sisältö tutkimusjakson aikana.

Ennen tutkimusta. Palvelukseen astumisen jälkeen ennen tutkimusjakson alkamista kahden viikon aikana varusmiesten koulutus sisälsi normaalia peruskoulutuskauden koulutusta, joihin kuului mm. yleistä sotilaskoulutusta kuten sulkeisia, oppitunteja sekä ase- ja ampumakoulutusta. Fyysinen rasitus ensimmäisen viikon aikana oli kevyttä. Toisen viikon aikana palvelukseen astumisesta viikko-ohjelmiin oli merkitty yleisen sotilaskoulutuksen lisäksi laskuvarjojääkärikoulutukseen sisältyvät pakolliset pisteytettävät lähtötasotestit, joihin kuuluivat Cooperin testi, uinti, marssi sekä lihaskuntotesti. Laskuvarjojääkärikoulutuksen lähtötasotestit suoritettiin torstain ja perjantain aikana, testien toimiessa samalla tutkimuksen lähtötasotesteinä. Cooperin testi suoritettiin torstaina ensimmäisenä ennen muita laskuvarjojääkäreiden lähtötasotestejä ja lihaskuntotesti sekä isometriset testit tehtiin vasta perjantaina. Perjantain jälkeen varusmiehet pääsivät ensimmäiselle viikonloppuvapaalle.

Tutkimuksen kaksi ensimmäistä viikkoa. Tutkimuksen lähtötasotestien jälkeen viikko-ohjelmiin merkitty viikon fyysisen kuormituksen taso oli molemmilla viikoilla keskiraskas. Itse koulutusaiheet olivat fyysisesti kevyitä, mutta sen sijaan koulutuspäivät olivat erittäin pitkiä kestäen lähes joka päivä aamusta iltaan. Ensimmäisen viikon koulutus aiheina oli mm. ase- ja ampumakoulutusta, taisteluvälinekoulutusta ja huoltokoulutusta. Varusmiehet pääsivät viikonloppuvapaalle jo torstai iltana. Toisella viikolla koulutusaiheet olivat pääasiassa samoja, tosin maanantaina iltapäivän aikana varusmiehet suorittivat fyysisesti raskaan jalkamarssin ja torstaina iltapäivällä oli fyysisesti raskasta taistelukoulutusta. Mittausajankohdan testit suoritettiin perjantai aamuna, jolloin vuorossa oli verikokeet ja kehonkoostumus mittaus, sekä niiden jälkeen isometriset testit. Perjantain jälkeen varusmiehet pääsivät viikonloppuvapaalle.

Hyppyperuskoulutuskausi. Yhteensä hyppyperuskoulutuskausi kesti neljä viikkoa. Hyppyperuskoulutuksen ensimmäisellä viikolla viikko-ohjelmaan merkitty kuormituksen taso oli erittäin raskas. Fyysistä koulutusta oli merkitty jokaiselle päivälle 7 tuntia ja varusmiesten koulutus jatkui viikonlopun yli. Hyppyperuskoulutuksen aikana aamun koulutus alkoi klo 08.00 ja päättyi klo 11:30, iltapäivän koulutuksen alkaessa klo 13.00 ja päättyessä klo 16.00. Hyppy-

peruskoulutuskauden toisella viikolla maanantaina oli raskas hyppykoulutuspäivä, mutta tiistaina oli vuorossa hyppykoulutukseen kuuluvat fyysisesti kevyemmät maahantulo- ja uloshyppykokeet. Koska tuuliolosuhteet olivat epäsuotuisat hypyille keskiviikkona, torstaina ja perjantaina, varusmiesten koulutuspäivistä muodostui suunniteltua kevyempiä. Keskiviikon ja perjantain välisenä aikana varusmiehille pidettiin sen sijaan mm. materiaalin pudotuskoulutusta ja tiedusteluoppitunteja. Perjantaipäivän päätteeksi varusmiehet pääsivät viikonloppupaalle

Hyppyperuskoulutuksen kolmas viikko oli merkitty viikko-ohjelmiin fyysisen rasituksen taoltaan erittäin kovaksi viikoksi. Varusmiesten viikko-ohjelmaan oli merkitty maanantai aamupäivällä yleistä sotilaskoulutusta klo 15.00 asti ja sen jälkeen hyppykoulutusta iltaan asti. Tiistain aikana vuorossa oli fyysisesti erittäin raskasta laskuvarjohyppykoulutusta ja keskiviikkona varusmiehet pääsivät hyppäämään ensimmäiset laskuvarjohyppynsä. Hyppyjen yhteydessä varusmiehillä oli myös valaharjoittelua joukkueittain. Illan päätteeksi varusmiehet juoksivat myös barettijuoksun. Torstaina varusmiehet juoksivat tutkimuksen liittyen Cooperin testin, jonka jälkeen iltapäivä ja yö oli varattu pimeähypyille. Perjantaina vuorossa oli tutkimuksen verikokeet ja kehonkoostumuksen mittausta sekä isometriset testit ja sen perään lihaskuntotesti. Lauantaina oli vuorossa sotilasvalan vannominen, jonka jälkeen varusmiehet pääsivät kahden päivän lomalle. Hyppyperuskoulutus jatkui neljännellä viikolla vasta tiistaina, jolloin vuorossa oli fyysisesti raskas päivä. Keskiviikkona varusmiehet pääsivät hyppäämään loput hyppyperuskoulutuksen hypyt. Loppuviikosta vuorossa oli fyysisesti keskiraskasta tiedustelukoulutusta ja ampumakoulutusta. Varusmiesten koulutus jatkui myös viikonlopun yli tiedustelu ja suunnistuskoulutuksella.

Taisteluharjoitus. Hyppyperuskoulutuksen jälkeen vuorossa oli raskas taisteluharjoitus viikko, johon sisältyi päivittäin paljon jalan siirtymistä painava rinka selässä. Pääosin varusmiehet saivat nukkua harjoituksen aikana kolme – neljä tuntia yön aikana ja he söivät koko viikon ajan taistelumuonaa joka piti itse valmistaa. Harjoitus päättyi torstai – perjantai välisenä yönä jalan suoritettavaan marssiin, jonka jälkeen vuorossa oli heti kahden tunnin kuluttua tutkimuksen neljännet mittaukset eli verikokeet ja kehonkoostumus mittausta sekä isometriset testit. Mittauksen jälkeen varusmiehet pääsivät kolmen päivän lomalle.

Tutkimuksen kaksi viimeistä viikkoa. Taisteluharjoituksen jälkeen vuorossa oli kaksi fyysisesti kevyempää viikkoa. Näistä ensimmäinen viikko sisälsi paljon kevyttä tiedustelukoulutusta kuten vesistön ylitystä, suojelukoulutusta, viestikoulutusta ja liikuntakoulutusta. Toisaalta, esimerkiksi perjantain liikuntakoulutuksen aiheena oli suunnistuskilpailu ja heti sen perään painikilpailu. Varusmiehet pääsivät perjantaina viikonloppu vapaalle ja maanantain jälkeen tutkimuksen viimeisellä viikolla koulutus jatkui luonnonmuona kurssilla. Luonnonmuona kurssilla varusmiehet esimerkiksi yöpyivät tilapäismajoitteissa maanantain – torstain välisinä öinä. Tämän lisäksi varusmiehet söivät taistelumuonaa maanantaista aina torstain päivälliseen asti. Tosin jokaisena luonnonmuonakurssin päivänä he valmistivat päivällisen luonnonmuonasta. Fyysistä rasitusta ei luonnonmuonakurssilla tullut kuitenkaan niin paljon kuin taisteluharjoituksen aikana. Tutkimuksen viimeinen viikko päättyi tutkimuksen lopputesteihin. Ennen torstaiamuna otettuja verikokeita ja kehonkoostumusmittauksia sekä Cooperin testiä varusmiehet saivat nukkua tilapäismajoitteissa keskimäärin noin 5-6 tuntia yön aikana. Sen sijaan torstain ja perjantain välisenä yön varusmiehet saivat nukkua omissa tuvissa, jonka jälkeen aamulla he suorittivat isometriset testit ja lihaskuntotestin.

6.3 Tutkimusmenetelmät

Taustakysely ja harjoituspäiväkirja. Koehenkilöt täyttivät informaatiotilaisuudessa yhteensä 25 kysymystä sisältävän liikunta- ja terveystietämiskyselyn, jolla kartoitettiin koehenkilöiden liikunta-aktiivisuutta, terveyttä, tuki- ja liikuntaelimestön vammoja ja muita tietoja. Tällä tavoin saatiin selville koehenkilöiden taustamuuttajat ja muut mahdolliset tekijät, joita pystyttiin käyttämään tulosten analysoimisessa. Taustakyselyn lisäksi koehenkilöt täyttivät koko tutkimuksen ajan harjoituspäiväkirjaa. Harjoituspäiväkirjaan koehenkilöt merkitsivät 9 viikon ajan päivän subjektiivisen kuormituksen tuntemuksen 1-10 RPE - asteikolla Rating of Perceived Exertion (Borg 1982). Lisäksi koehenkilöt merkitsivät päivän päätteeksi subjektiivisen energian saannin (vajaa/ riittävä), nesteytyksen (vajaa/ riittävä), nukutun yön tunteina, sekä mahdolliset tuki- ja liikuntaelimestön vammat. Näiden lisäksi koehenkilöt merkitsivät harjoituspäiväkirjaan palveluksen ulkopuolella omalla vapaa-ajallaan suoritettun liikunnan lajin, keston ja tehon (PK, VK, MK). Harjoituspäiväkirjaan tehtävät merkinnät ohjeistettiin erikseen ensimmäisessä informaatio tilaisuudessa. Ennen varsinaisten mittausten alkua varusmiehet saivat harjoitella viikon ajan harjoituspäiväkirjan täyttöä. Harjoitusviikon päätteeksi

palautetilaisuudessa varusmiehet saivat kysyä harjoituspäiväkirjan täyttöön liittyvistä ongelmista.

Antropometria. Antropometriset mittaukset suoritettiin kehon koostumusta mittaavalla InBody 720 (Biospace, Seoul, Korea) (kuva 9), laitteella yhteensä viisi kertaa tutkimuksen aikana. Kaikki mittaukset toteutettiin Utin varuskunnan terveysasemalla klo 06:30 – 08:00 välisenä aikana. Koehenkilöille oli ohjeistettu että ennen kehonkoostumusmittauksia koehenkilöiden tuli olla syömättä ja juomatta vähintään 10h ennen mittauksien alkua. Mittauksessa koehenkilöllä oli päällä vain alushousut Saint M lyhyt. Kehonkoostumuslaitteita oli tutkimukseen varattu yhteensä kolme kappaletta. Ennen Inbody mittausta mittausvirheiden vähentämiseksi sekä sähkövirran johtumisen parantamiseksi, koehenkilöiltä puhdistettiin sekä kädet että jalat desinfiointiaineella kostutetulla paperilla (kuva 9). Mittausvirheiden poistamiseksi koehenkilöt ohjeistettiin myös käyttämään joka mittauksessa samaa laitetta. Laitteen avulla mitattiin koehenkilöiden kehon rasvaton massa (Lean Body Mass = LBM) , rasvamassa, rasvaprosentti (% BF), lihasmassa (kg) ja paino (kg).



Kuva 9. Kehonkoostumuksen mittaukset.

Kestävyytestit Aerobista kuntoa testattiin 12-minuutin juokсутestillä, Utin Jääkärirykmentin hiekkapohjaisella 400m juoksuradalla (kuva 10). Juokсутestissä koko komppania jaettiin kahteen osastoon, joista toinen osasto suoritti juoksun ensimmäisenä ja sen jälkeen toinen osasto.

Ennen juokstestiä varusmiehet ohjeistettiin lämmittelemään vähintään 15 minuutin ajan juosten, sisältäen kuitenkin 5x50metriä rennon kovaa juoksua. Lisäksi lopussa suoritettiin lyhyitä venytyksiä maksimissaan 10 sekuntia/lihas. Tulokset kirjattiin ylös käyttämällä mitaamiseen juoksun aikana koehenkilön testiparin laskemia täysiä kierroksia, sekä lisäämällä tulokseen viimeisen kierroksen aikana juostut metrit mitattuna mittapyörällä (Glunz M7, Saksa) (kuva 11).



Kuva 10. Cooperin testi.

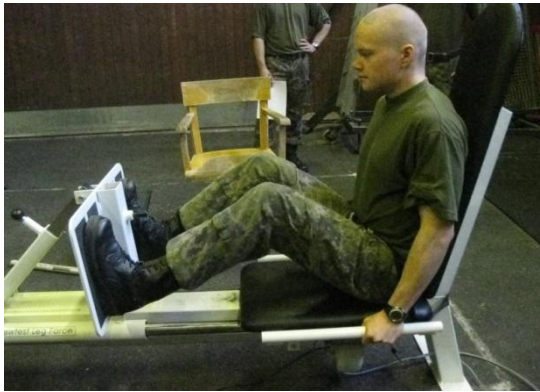


Kuva 11. Mittapyörä (Glunz M7, Saksa).

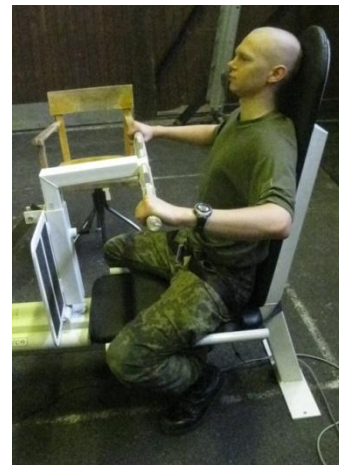
Voimatestit Voimaominaisuuksien mittaukset suoritettiin mittaamalla jalkojen sekä käsien ojentajien maksimaalinen isometrinen voima. Mittaukset suoritettiin joukkueittain Utin Jääkärrirykmentin harjoitushallissa NewTest (Newtest, Oulu, Suomi) voimadynamometrilaitteella. Varustuksena voimamittauksissa koehenkilöillä olivat kahdessa ensimmäisessä ja kahdessa viimeisessä mittauksessa maastokengät, maastopuku (m05) ja T - paita. Kolmannessa mittauksessa varustuksena olivat lenkkikengät, sukat, urheilushortsit ja t-paita. Ennen ensimmäistä jalkojen ojentajien mittausta henkilölle määritettiin ja kirjattiin ylös polvikulmat (117°), sekä käsien mittausta varten käden kyynärkulman ollessa (90°) käsitangon korkeus, laitteen etäisyys sekä käsien otteen leveys tangossa.

Jalkojen ojentajien isometrisessä mittauksessa mittauspäivänä laitteella mitattiin alaraajalihas-ten ojennusvoima. Ensimmäiseksi koehenkilö käskettiin istumaan kunnolla laitteeseen selän ollessa kiinni penkissä. Kun asento oli kunnollinen, käskettiin henkilön nostaa jalat niille varatuille paikoille jalkojen ollessa suorassa linjassa työntöä kohti (kuva 12). Suuresta koehenkilöjoukosta (63), mittauksiin käytettävästä vähäisestä ajasta sekä vähäisestä laitemäärästä (1kpl) johtuen koehenkilöillä oli vain kaksi suoritusta, joista paras tulos huomioitiin.

Käsien ojentajien isometristä maksimivoimaa mitattiin samalla NewTest - laitteella kuin jalkojen isometristä voimaa. Käsivoimia mitattiin istuma-asennossa. Ensimmäiseksi koehenkilö käskettiin istumaan kunnolla laitteeseen selän ollessa kiinni penkissä. Kun asento oli kunnollinen, koehenkilöä käskettiin kiinnittämään laitteen turvavyö ja kiristämään se siten, että koehenkilö ei päässyt liikkumaan penkissä. Tämän jälkeen testattava otti laitteen käsitangosta kiinni hartianleveysellä otteella ja laitteen etäisyys säädettiin sopivaksi, kyynärkulman ollessa 90 astetta (kuva 13). Myös käsien osalta koehenkilöillä oli vain kaksi suoritusta, joista paras tulos huomioitiin.



Kuva 12. Jalan ojentajien mittaus.



Kuva 13. Käden ojentajien mittaus.

Koska testit suoritettiin joukkueittain ja molempiin joukkueisiin kuului n. 30 henkilöä, alkulämmittely oli ohjeistettu tehtävän juuri ennen omaa vuoroaan. Koehenkilöille oli ohjeistettu parhaan suoritustehon saamiseksi ja vammojen ehkäisemiseksi seuraavat liikkeet, jotka koehenkilön piti aloittaa n.10 min ennen omaa arvioitua suoritusajankohtaa.

Lihaskestävyyttä testattiin puolustusvoimien lihaskuntotestillä, johon kuuluu minuutin suoritusajalla tehtävät istumaan nousu, etunojapunnerrus sekä kolme yritystä sisältävä vauhditon pituushyppy. Puolustusvoimien lihaskuntotestin on todistettu olevan helppo, suurien massojen testaamiseen soveltuva ja luotettava menetelmä testata alaraajojen maksimaalisen ja räjähtävää voimantuottoa (vauhditon pituus), keskivartalon koukistajien dynaamista ja liikettä tukevien vartalonlihasten staattista kestävyyttä (vatsalihakset) sekä hartioiden, ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä (punnerrus) (Pihlainen ym. 2011, 41-43). Testit suoritettiin vaihtelevasti noin 30 min - 1h 15min kuluttua maksimivoimatestien jälkeen. Koehenki-

löt lämmittelivät uudestaan kymmenen (10) minuutin ajan joka sisälsi täysin samat liikkeet kuin maksimivoimatesteissä. Lisäksi lämmittely sisälsi istumaannousuja, jonka jälkeen testaus aloitettiin vauhdittomalla pituushypyillä. Vauhdittoman pituushypyn jälkeen suoritettiin istumaan nousu ja viimeisenä etunojapunnerrukset.

Vauhditon pituushyppy. Vauhdittoman pituushypyn testi suoritettiin Puolustusvoimien virallisella vauhdittomaan pituushyppyyn tarkoitetulla alustalla. Lähtöasennossa koehenkilö seiso paikallaan hartioiden leveydellä olevassa haara-asennossa, jalat rinnakkain ja varpaat ponnistusviivan takana. Suoritus aloitettiin koukistamalla polvia ja viemällä kädet samanaikaisesti taakse. Ala-asennosta kädet heilautettiin eteen ja samalla jaloilla ponnistettiin mahdollisimman pitkälle. Tulos määritettiin takimmaiseksi tulleesta kengän osasta senttimetrin tarkkuudella. Jos koehenkilö horjahti taaksepäin, niin tulos otettiin lähimmästä lähtöviivaan osoittamasta ruumiinosasta. Tuloksen määrittämiseen käytettiin senttimetri viivoitinta.

Vatsalihakset. Vatsalihaksien testissä koehenkilö makasi lähtöasennossa selinmakuulla polvikulman ollessa noin 90 astetta. Avustaja tuki nilkat vahvasti omalla painollaan. Sormet olivat takaraivon kohdalla ristissä. Lähtöasennosta noustiin istumaan siten, että yläasennossa kyynärpäät joko ohittivat polvilinjan tai koskettivat polvia. Ala-asennossa lapaluiden alaosa kosketti kevyesti alustaa. Tulos määritettiin kuudenkymmenen (60) sekunnin aikana tehdyistä täysistä suorituksista. Istumaan nousun tuloksen perusteella voidaan arvioida koehenkilön keskivartalon koukistajien dynaamista kestävyyttä.

Etunojapunnerrukset. Ennen etunojapunnerruksien testiä koehenkilöiden käsien oikea sijainti määritettiin päinmakuulla. Oikeassa asennossa koehenkilöiden kämmenet olivat hartioiden leveydellä ja sormet osoittivat eteenpäin. Jalat olivat lantion leveydellä. Käsien lihaksien väsymisen estämiseksi lähtöasento komennettiin juuri ennen kuin testi alkoi. Lähtöasennossa vartalo oli ylä-asennossa kädet suorana. Yläasennosta ylävartaloa laskettiin ja käsiä koukistettiin vaaka-asentoon asti vartalo tiukasti suorana pitäen. Suorituksen aikana pään asento oli vakio ja lantiokulma pysyi samana (160–180°). Tulos määritettiin kuudenkymmenen (60) sekunnin aikana tehdyistä täysistä suorituksista. Koehenkilöitä kehoitettiin vielä erikseen tekemään vain puhtaita suorituksia toisen ja kolmannen testin alussa, koska hyppyperuskoulutuskauden aikana harjoitellaan useasti punnerruksia, joita ei välttämättä tehdä oikealla tekniikalla.

Hormonaaliset ja lihasvauriomuuttujat. Verikokeet otettiin viisi kertaa käsivarren laskimosta 3,5 ml VenoSafe geelisentrifuugiputkeen. Verikokeista analysoitiin seuraavat hormonipitoisuudet: Testosteroni, IGF -1, kortisoli ja SHBG. Sen lisäksi verikokeista analysoitiin P-CK arvot. Hormonit analysoitiin verikokeista Immulite© 2000 Xpi analysaattorilla (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Gwynedd, UK). Seerumin testosteronin erottelukyky oli 0.5 nmol/l, SHBG:n 0.02 nmol/l, kortisolin 5.5 nmol/l ja IGF-1:n 2.65 nmol/l. Kreatiinikinaasi puolestaan arvioitiin verikokeista Konelab 20XTi analysaattorilla ja seerumin kreatiinikinaasin erottelukyky oli 3.2 U/l.

6.4 Tilastolliset menetelmät

Kaikki taustakyselyn, harjoituspäiväkirjan merkinnät, fyysisen suorituskyvyn sekä hormonien lukuarvot täytettiin lomakkeisiin. Tilastollisten analyysien suorittaminen tapahtui SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0-ohjelman avulla. Aineistosta ensin laskettiin niiden henkilöiden osalta joilla oli enintään yksi puuttuva mittausta ($n=52$) jokaisen suorituskyky- sekä hormoni muuttujan keskiarvo, keskihajonta, minimi ja maksimi arvo sekä se, oliko muuttuja normaalisti jakautunut. Henkilöt joilla oli enemmän kuin kaksi puuttuvaa mittausta samasta testisarjasta, suljettiin pois. Lopulliseen toistomittausten varianssianalyysin dataan valikoituksi 52 henkilöä, joista joukkue 1 $n=25$ ja joukkue 2 $n=27$.

Aineiston vinoudesta ja poikkeavista havainnoista johtuen kreatiinikinaasi analysoitiin Friedmanin nonparametrisella toistomittausten varianssianalyysillä datalla, jossa puuttuvia mittauksia ei henkilöiden osalta ollut ($n=42$). Muille muuttujille käytettiin yleistettyä lineaarista sekamallia (joukkue x aika) AR-1 kovarianssimatriisilla, jossa voitiin käyttää koko aineistoa ($n=52$). Mittauksittain puuttuvia suorituksia toistomittausten varianssianalyysin datassa oli vaihtelevasti. Cooperissa puuttujia oli eniten. Viimeisessä mittauksessa puuttuvia oli jopa kahdeksalla henkilöllä, mikä voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamiseksi on tuloksissa käytetty tähtisymbolia seuraavasti: merkitsevä * $0.005 < p \leq 0.05$, merkitsevä: ** $0.001 < p \leq 0.005$ ja erittäin merkitsevä: *** $p \leq 0.001$.

7 TULOKSET

7.1 Harjoituspäiväkirja

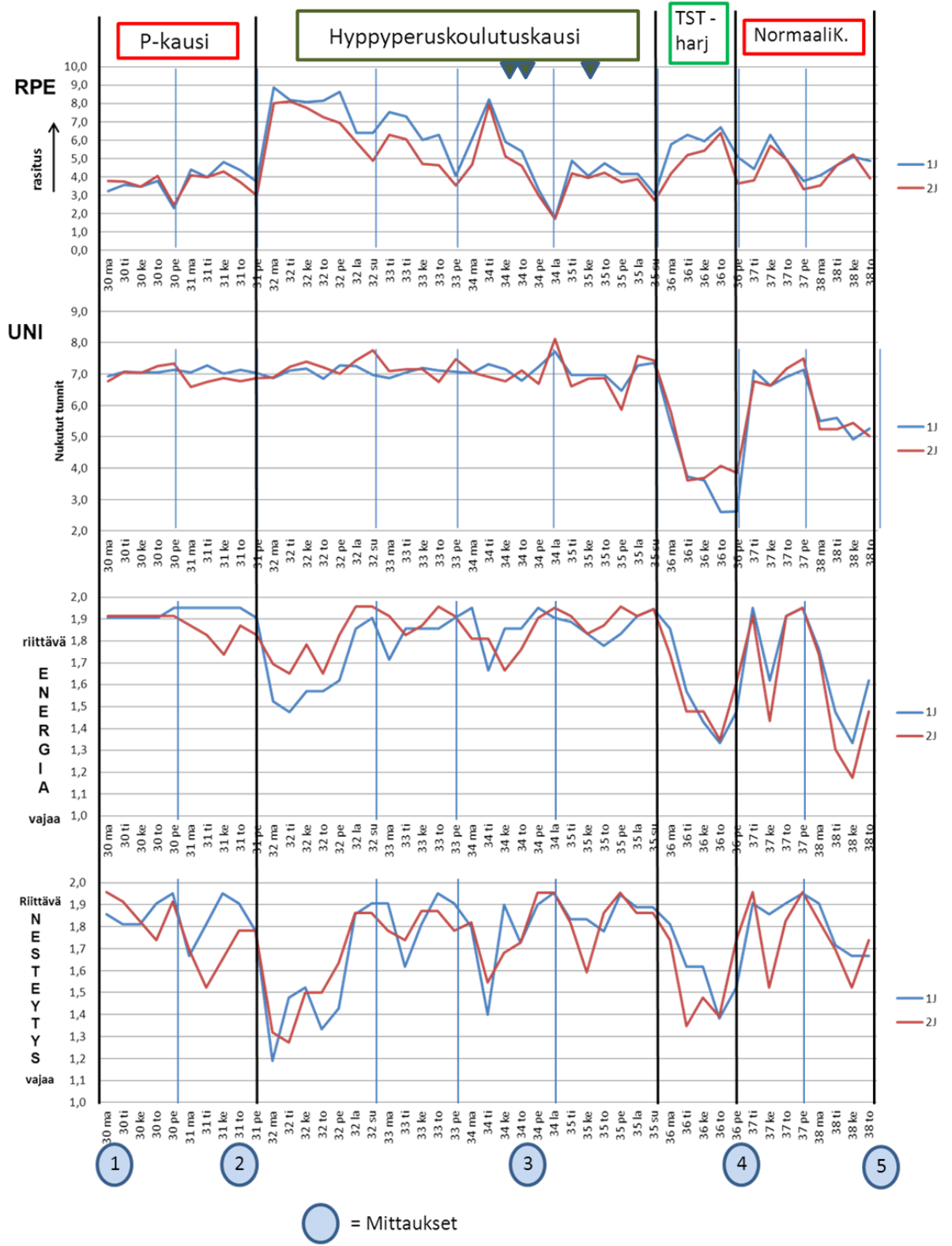
RPE. Verrattaessa joukkueita toisiinsa kuvaajasta (kuva 14) näkee, että ensimmäinen joukkue on tuntenut koulutuspäivät kuormittavammaksi hyppyperuskoulutuskaudella (viikot 32–35) sekä taisteluharjoitusviikolla (vko 36) kuin toinen joukkue. Molempien joukkueiden osalta harjoituspäiväkirjaan tehdyistä merkinnöistä huomaa, että kuormituksen tuntemus nousee viikolla 32 kahden ensimmäisen viikon, eli viikon 30 ja 31 jälkeen huomattavasti. Toisella viikolla kuormitus on tuntunut olevan kevyempää kuin hyppyperuskoulutuksen ensimmäisellä viikolla. Sen sijaan kolmannella viikolla selkeästi muita päiviä raskaammalta on tuntunut tiistaipäivä, joka näkyy harjoituspäiväkirjan kuvassa selkeänä piikkinä viikon 34 kohdalla. Viikolla 36, eli taisteluharjoitusviikolla kuormitus nousee jälleen hyppyperuskoulutuksen toisen viikon tasolle.

Uni. Kuvaajasta tehtyjen havaintojen perusteella varusmiehet ovat nukkuneet viikosta 30 alkaen aina viikolle 35 asti keskimäärin 7 tuntia yössä. Kuitenkin viikolla 36, eli taisteluharjoituksessa nukutut tunnit putoavat tuosta määrästä puoleen, eli keskimäärin neljään – kolmeen tuntiin yössä. Myös viikolla 38 varusmiehet ovat nukkuneet vähemmän kuin 7 tuntia yössä, mutta kuitenkin keskimääräisesti 1h-1h30h enemmän kuin taisteluharjoitusviikolla.

Energia. Energian saannin osalta merkinnöissä on viikoittain pientä päivittäistä vaihtelua. Mutta pääsääntöisesti varusmiesten energian saanti on ollut riittävää varusmiesten mielestä ainakin viikoilla 30, 31, 33, 34 ja 35. Sen sijaan hyppyperuskoulutuksen ensimmäisellä viikolla (32) energian saanti putoaa hieman alemmas. Myös viikolla 36 eli taisteluharjoitusviikolla energiansaanti on ollut vajaampaa kuin esimerkiksi peruskoulutuskauden viikoilla. Selkeämmin kaikista muista viikoista energian saannin osalta eroaa viikko 38, jolloin energian saanti on ollut eniten vajaata.

Nesteytys. Myös nesteytyksen osalta merkinnöissä on viikoittaista vaihtelua. Kolme eniten nesteytyksen kannalta vajaata viikkoa ovat silmämääräisesti katsottuna viikko 32, eli hyppyperuskoulutuksen ensimmäinen viikko, viikko 34 eli hyppyperuskoulutuksen kolmas viikko ja

viikko 36, jolloin oli taisteluharjoitus. Tämän lisäksi viikolla 31 toinen joukkueen on kärsinyt enemmän nestevajeesta kuin ensimmäinen joukkue.



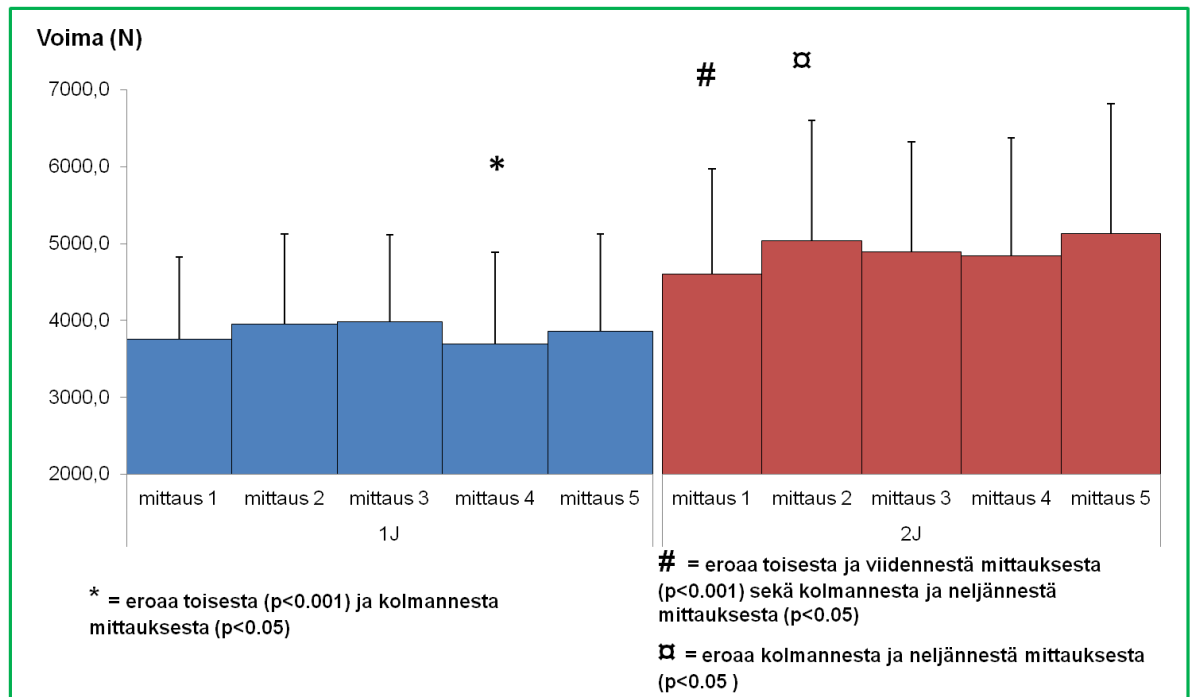
Kuva 14. Harjoituspäiväkirjan merkintöjen päivittäisistä keskiarvoista piirretty kuvaaja joukkueittain.

7.2 Jalkojen ja käsien ojentajien maksimivoima

Jalkojen ojentajat. Jalkojen ojentajien maksimivoimassa (kuva 15) joukkueiden välillä havaittiin merkitsevä ero ($p < 0.005$). Molempien joukkueiden aikapisteet erosivat toisistaan erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) Ensimmäisellä joukkueella toisen ja neljännen (2M: $953 \pm 1171N$ vs 4M: $3689 \pm 1136N$) mittauksen välillä voima heikkeni erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) 6,7 %. Voima heikkeni merkitsevästi ($p < 0.05$) myös kolmannen ($3989 \pm 1136N$) ja neljännen mittauksen välillä 7,5 %.

Toisella joukkueella puolestaan ensimmäisen ($4625 \pm 1371N$) ja toisen ($5063 \pm 1566N$), ensimmäisen ja viidennen ($5155 \pm 1695N$), sekä neljännen ($4862 \pm 1538N$), että viidennen mittausten välillä tulokset paranivat erittäin merkitsevästi. Eniten parannusta tuloksissa tapahtui ensimmäisen ja viidennen mittauksen välillä, jossa voima parani jopa 11,7 %. Näiden lisäksi tulokset paranivat merkitsevästi ($p < 0.005$) myös kolmannen ($4916 \pm 1432N$) ja viidennen mittausten välillä (4.9 %), sekä merkitsevästi ($p < 0.05$) ensimmäisen ja kolmannen, että ensimmäisen ja neljännen mittauksen välillä. Sen sijaan tulokset laskivat merkitsevästi ($p < 0.05$), sekä toisen ja kolmannen, että toisen ja neljännen mittauksen välillä. Tosin toisen ja kolmannen mittauksen välillä voima heikkeni vain 2,9 %.

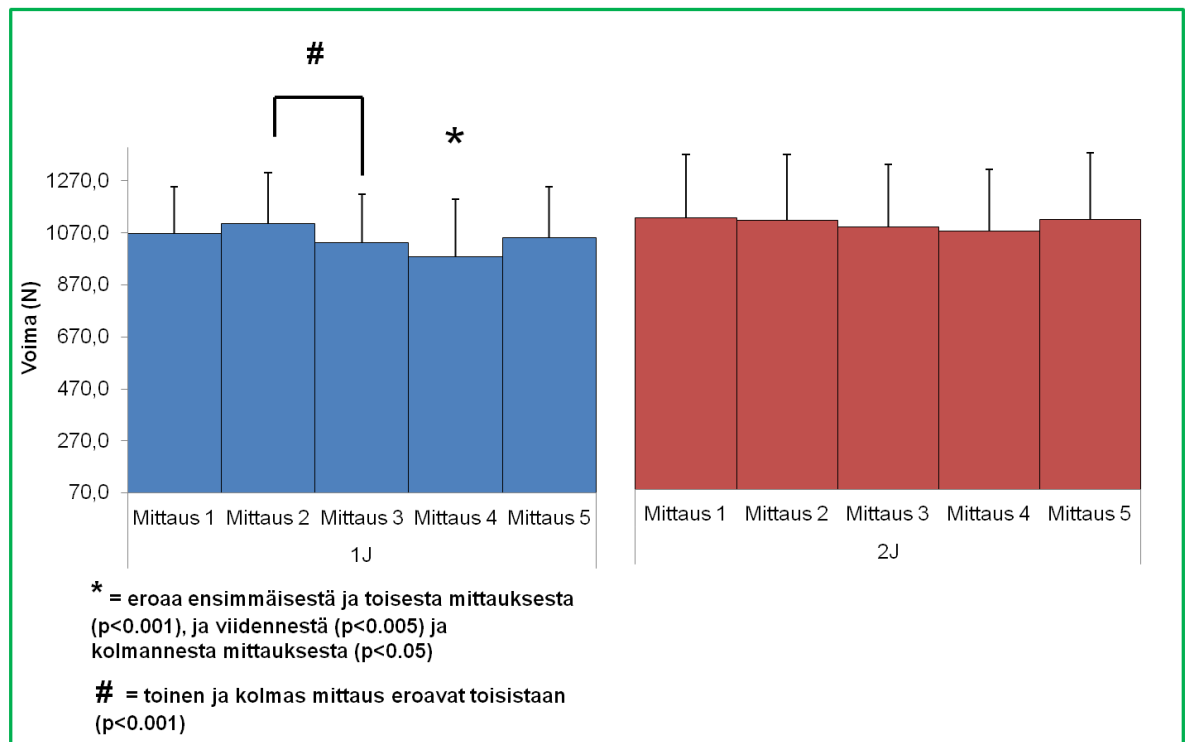
Jalkojen ojentajien maksimivoima oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella kolmannessa mittauksessa (3984N) ja matalimmillaan neljännen mittauksessa (3689N). Toisella joukkueella korkein arvo mitattiin puolestaan viidennessä mittauksessa ja matalin arvo (4625N) ensimmäisessä mittauksessa. Vaikka ensimmäisellä joukkueella tulokset eivät parantuneet merkitsevästi ensimmäisen ja kolmannen testin osalta kuten toisella joukkueella, niin silti ensimmäisen joukkueen tuloksissa oli havaittavissa samanlainen trendi kuin toisella joukkueella ($p = 0.06$).



Kuva 15. Jalkojen ojentajien isometrisessä mittauksessa joukkueet erosivat merkitsevästi toisistaan ($p < 0.001$).

Käden ojentajat. Ensimmäisellä joukkueella maksimivoima laski erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) ensimmäisen ($1069 \pm 178N$) ja neljännen ($977 \pm 221N$), toisen ($1104 \pm 197N$) ja kolmannen ($1033 \pm 187N$) sekä toisen ja neljännen mittauksen välillä. Suurin lasku edellä mainituista mittauksista tuloksien osalta tapahtui juuri ennen hyppyperuskoulutuskautta ja taisteluharjoituksen jälkeen tehdyn mittauksen välillä, jossa voima heikkeni 11,5 %. Sen sijaan vähäisempi voiman heikkeneminen käsien osalta tapahtui taisteluharjoituksen jälkeen, jossa voima heikkeni 6,4 % heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen verrattuna. Lisäksi tulokset paranivat merkitsevästi ($p < 0,005$) toisistaan neljännen ja viidennen ($1051 \pm 19,7N$) mittauksien välillä, sekä laskivat merkitsevästi ($p < 0,05$) kolmannen ja neljännen mittauksen välillä. Toisen joukkueen sisällä puolestaan mittaukset eivät eronneet toisistaan merkitsevästi $p = 0,37$ ($p > 0,05$) (kuva 16).

Käsien ojentajien maksimivoima oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella toisessa eli juuri ennen hyppyperuskoulutuskautta tehdyssä mittauksessa ($1104N$) ja matalimmillaan neljännessä eli taisteluharjoituksen jälkeen suoritettussa mittauksessa ($977N$). Toisella joukkueella maksimivoima oli korkeimmillaan ensimmäisessä mittauksessa ($1121N$) ja kuten ensimmäisellä joukkueella, matalimmillaan neljännessä mittauksessa ($1069N$).



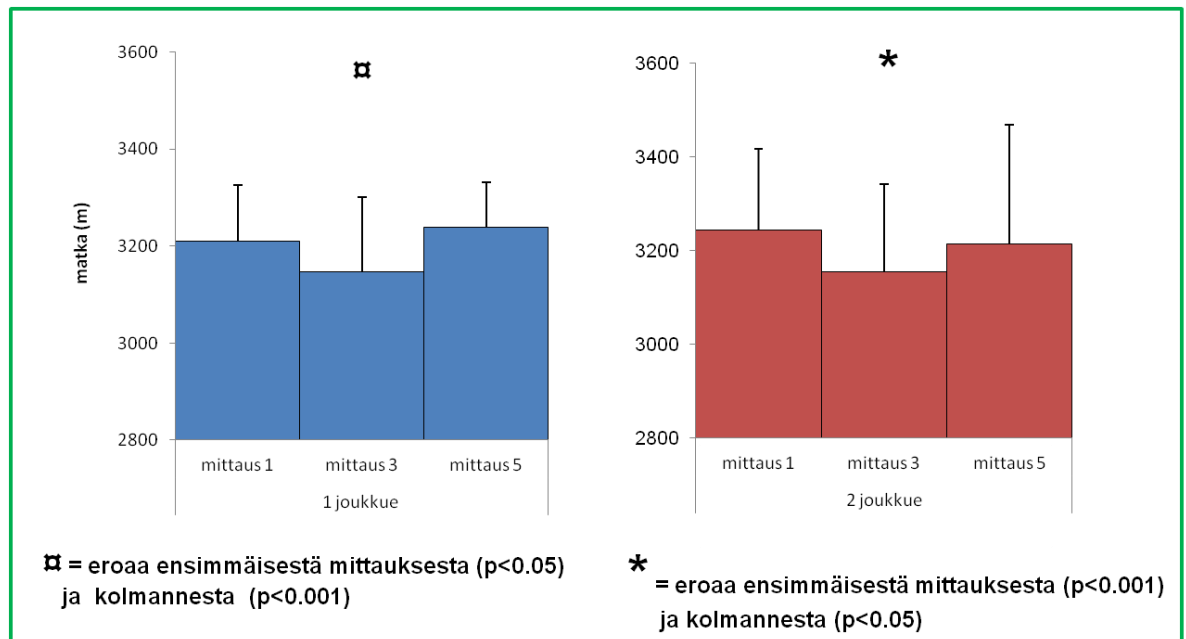
Kuva 16. Käsien ojentajien isometrinen mittaus joukkueittain.

7.3 Cooperin testi

Joukkueiden tulokset eivät eronneet merkitsevästi toisistaan (kuva17). Sen sijaan molemmilla joukkueilla joukkueen sisällä tulokset erosivat erittäin merkitsevästi toisistaan ($p < 0.001$). Ensimmäisen joukkueen Cooperin testin tulos laski erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) eli 2,0 % lähtötasomittauksesta heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehtyyn mittaukseen verrattuna (M1: 3210 ± 116 m vs. M3: 3147 ± 154 m). Sen sijaan tulokset nousivat erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) eli 3,0 % hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdystä mittauksesta viimeiseen mittaukseen. (M3 3147 ± 154 m vs. M5: 3240 ± 92 m). Ensimmäisen joukkueen paras tulos saatiin hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyssä mittauksessa (3240 ± 92 m), joka ei kuitenkaan eronnut merkitsevästi lähtötasomittauksesta.

Myös toisella joukkueella tulokset laskivat erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) eli 2,7 % lähtötasomittauksesta hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen verrattuna (M1: 3244 ± 173 m vs M3: 3156 ± 186 m) ja hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehdyn mittauksen

tulos oli toisella joukkueella ($p < 0.05$) huonompi kuin viimeisen mittauksen tulos (M3: 3156 ± 186 m vs. M5: 3213 ± 255 m). Paras tulos mitattiin toisella joukkueella lähtötasotestissä ja toiseksi paras tulos viimeisessä mittauksessa, kun taas ensimmäisellä joukkueella testien tulokset olivat näiden kahdessa mittauksessa päinvastaiset. Mutta kuten ensimmäisellä joukkueella, ensimmäinen ja viimeisen mittauksen tulokset ei kuitenkaan eronnut merkittävästi toisistaan.



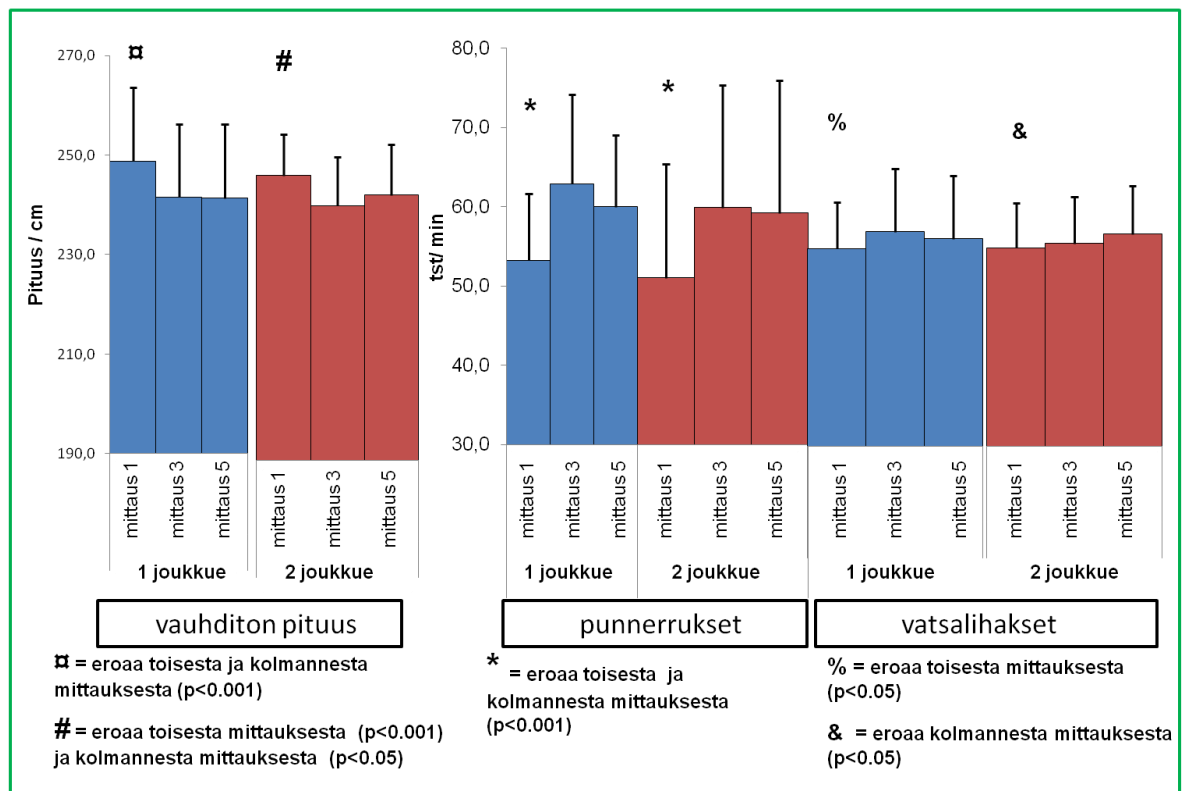
Kuva 17. Cooperin testi joukkueittain.

7.4 Lihaskuntotesti

Vauhditon pituus. (kuva 18) Molempien joukkueiden sisällä mittaukset erosivat erittäin merkittävästi toisistaan ($p < 0.001$). Ensimmäisellä joukkueella tulokset laskivat erittäin merkittävästi ($p < 0.001$) lähtötasomittauksista hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen ja viimeiseen mittaukseen verrattuna (M1: 249 ± 15 cm vs. M3: 242 ± 15 cm, M5: 241 ± 15 cm). Myös toisella joukkueella tulokset laskivat erittäin merkittävästi ($p < 0.001$) lähtötasomittauksista hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen verrattuna (M1: 246 ± 8 cm vs. M3: 240 ± 10 cm) ja lähtötasomittauksesta viimeiseen mittaukseen (M1: 246 ± 8 cm vs. M5: 242 ± 10) ($p < 0.05$). Toisella joukkueella huonoimmat tulokset mitattiin heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyssä mittauksessa, ensimmäisellä joukkueella viimeisessä mittauksessa.

Punnerrus. (kuva 18) Molempien joukkueiden sisällä mittaukset erosivat erittäin merkittävästi toisistaan ($p < 0.001$). Molemmilla joukkueilla tulokset nousivat erittäin merkittävästi ($p < 0.001$) ensimmäisestä mittauksesta toiseen ja kolmanteen mittaukseen. (1. joukkue, M1: 53 ± 8 tst/min vs. M3: 63 ± 11 tst/min, M5: 60 ± 9 tst/min) (2. joukkue, M1: 51 ± 14 tst/min vs. M3: 60 ± 15 tst/min, M5: 59 ± 17 tst/min) Molemmilla joukkueilla parhaimmat tulokset mitattiin heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen: 1. joukkue (63 tst/min) ja 2. joukkue (60 tst/min)

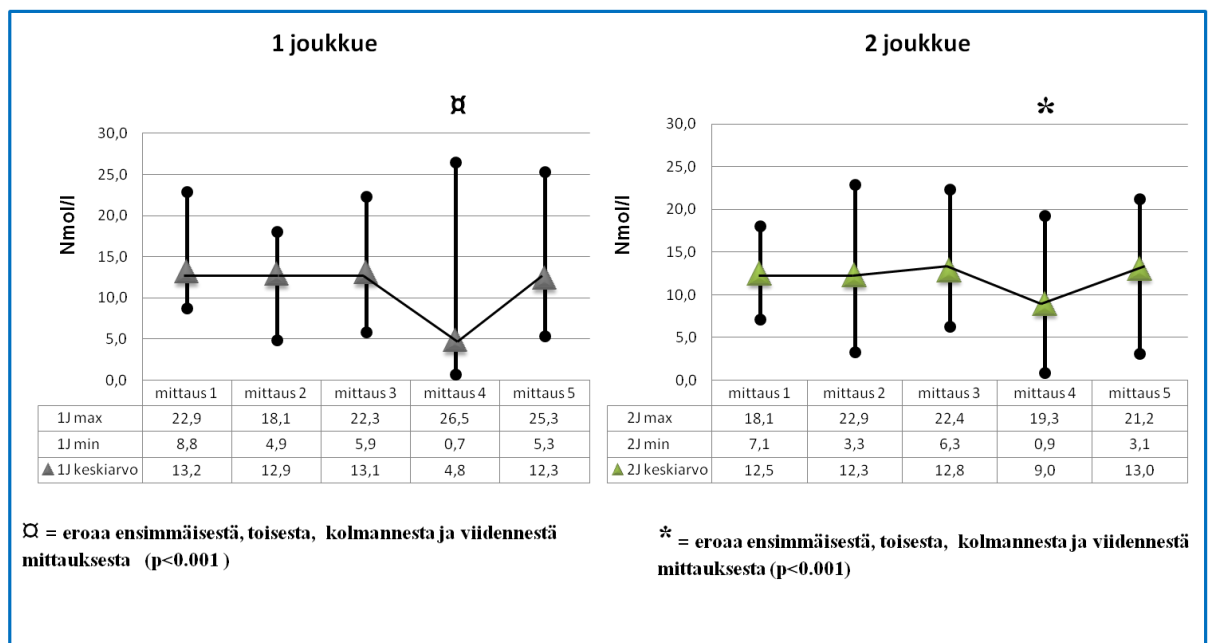
Vatsalihakset. (kuva 18) Molempien joukkueiden sisällä mittaukset erosivat merkittävästi ($p < 0.005$) toisistaan. Ensimmäisellä joukkueella tulos parani merkittävästi ($p < 0.05$) lähtötasomittauksesta hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen (M1: 54 ± 6 tst/min vs. M3: 56 ± 8 tst/min). Toisella joukkueella puolestaan tulos parani merkittävästi ($p < 0.05$) lähtötasomittauksesta viimeiseen mittaukseen (M1: 54 ± 6 tst/min vs. M5: 56 ± 6 tst/min). Molemmilla joukkueilla huonoin tulos mitattiin ensimmäisessä, eli lähtötasomittauksessa. Sen sijaan paras tulos mitattiin ensimmäisellä joukkueella heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen (56 tst/min), kun toisella joukkueella se mitattiin kolmannessa eli viimeisessä mittauksessa (56 tst/min).



Kuva 18. Lihaskuntotesti joukkueittain.

7.5 Hormonaaliset ja lihasvauriomuuttujat

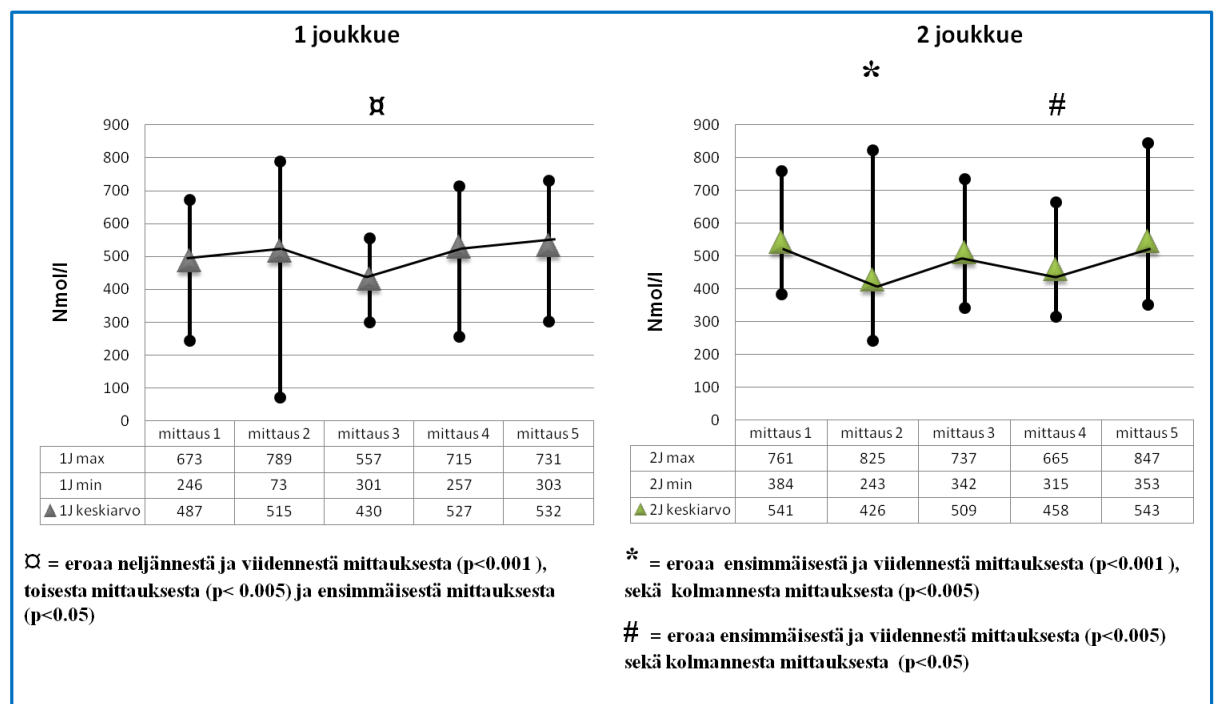
Testosteroni. (kuva 19). Molempien joukkueiden sisällä mittaukset erosivat erittäin merkittävästi toisistaan ($p < 0.001$). Molemmilla joukkueilla tulokset laskivat neljännessä mittauksessa erittäin merkittävästi muihin mittauksiin verrattuna (1. joukkue, 4M: $4,8 \pm 5,4$ nmol/l vs. M1: $13,2 \pm 2,8$ nmol/l, M2: $12,9 \pm 3,3$ nmol/l, M3: $13,1 \pm 4,1$ nmol/l, M5: $12,3 \pm 5,0$ nmol/l) (2. joukkue, 4M: $9,0 \pm 4,4$ nmol/l vs. M1: $12,5 \pm 3,0$ nmol/l, M2: $12,3 \pm 4,1$ nmol/l, M3: $12,8 \pm 4,2$ nmol/l, M5: $13,0 \pm 4,4$ nmol/l). Korkeimmat arvot mitattiin ensimmäisellä joukkueella lähtötasotesteissä ($13,2$ nmol/l) ja toisella joukkueella viidennessä, eli viimeisessä mittauksessa ($13,2$ nmol/l).



Kuva 19. Testosteroni keskiarvot, minimi- ja maksimi arvot joukkueittain.

Kortisoli. (kuva 20) Joukkueet eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Molempien joukkueiden sisällä tulokset kuitenkin erosivat toisistaan, ensimmäisellä joukkueella merkittävästi ($p < 0.005$) ja toisella joukkueella erittäin merkittävästi ($p < 0.001$). Ensimmäisellä joukkueella kortisoli arvot olivat matalimmillaan kolmannessa (430 ± 75 nmol/l) eli heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyssä mittauksessa, josta kortisoli arvo nousi neljanteen (527 ± 132 nmol/l) $22,45$ % ja viidenteen (532 ± 119 nmol/l) $23,6$ % mittaukseen erittäin merkittävästi ($p < 0.001$). Lisäksi kortisoli arvot laskivat merkittävästi ($p < 0.005$) eli $16,5$ % toisesta (515 ± 151 nmol/l) mittauksesta kolmanteen ja $11,6$ % ensimmäisestä (487 ± 117 nmol/l) merkittävästi ($p < 0.05$) kolmanteen mittaukseen.

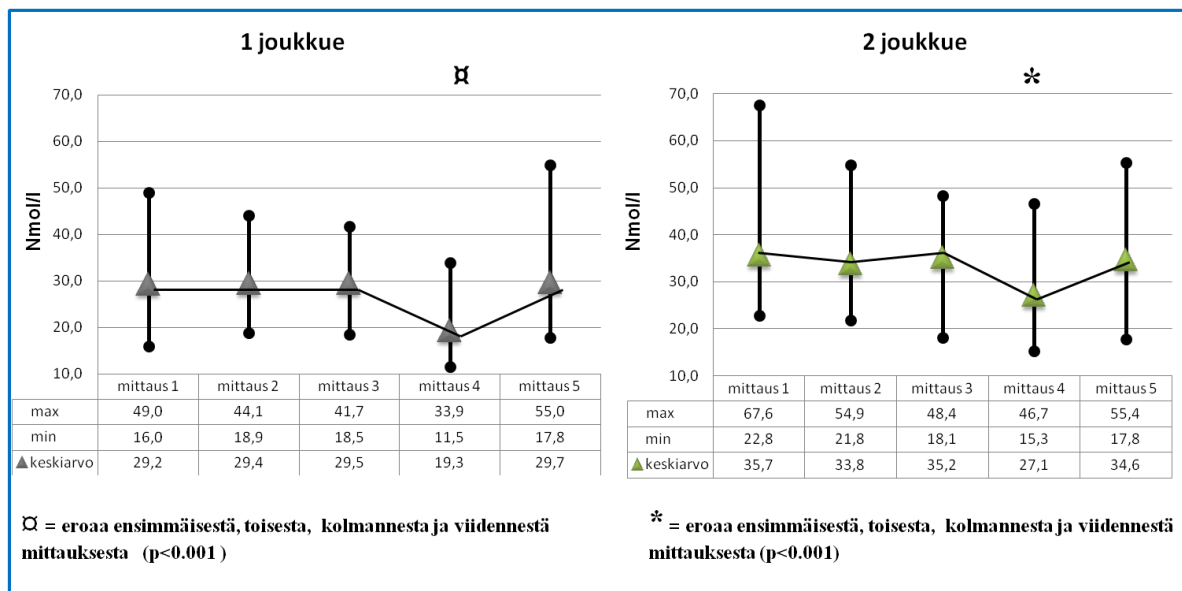
Toisella joukkueella kortisoli arvo oli alhaisimmillaan toisessa mittauksessa ($426 \pm 115 \text{ nmol/l}$). Kyseisessä mittauksessa arvot olivat jopa erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) alhaisemmat kuin ensimmäisessä ($541 \pm 95 \text{ nmol/l}$) 22, 5 % ja viidennessä ($543 \pm 162 \text{ nmol/l}$) 21,6 % mittauksessa. Sen sijaan kortisoli arvot nousivat hyppyperuskoulutuskauden aikana merkitsevästi ($p < 0.05$) eli 19,5 % (M2: $426 \pm 115 \text{ nmol/l}$ vs. M3: $509 \pm 98 \text{ nmol/l}$). Myös neljännessä ($458 \pm 82 \text{ nmol/l}$) mittauksessa eli taisteluharjoituksen jälkeen kortisoli arvot olivat merkitsevästi ($p < 0.005$) alhaisemmat verrattuna ensimmäiseen ja viidenteen mittaukseen, sekä merkitsevästi ($p < 0.05$) eli 10,0 % alhaisemmat verrattuna heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehtyyn mittaukseen. Molemmista joukkueista korkeimmat arvot mitattiin viidennessä, eli viimeisessä mittauksessa, jossa ensimmäisellä joukkueella kortisoli arvo oli (532 nmol/l) ja toisella joukkueella (543 nmol/l).



Kuva 20. Kortisoli keskiarvot, minimi- ja maksimi arvot joukkueittain.

IGF-1. (kuva 21) Joukkueiden tulokset erosivat merkitsevästi toisistaan ($p < 0.05$). Lisäksi molempien joukkueiden sisällä tulokset erosivat erittäin merkitsevästi toisistaan ($p < 0.001$). Molemmilla joukkueilla tulokset laskivat neljännessä mittauksessa erittäin merkitsevästi muihin mittauksiin verrattuna (1. joukkue, 4M: $19,3 \pm 5,2 \text{ nmol/l}$ vs. M1: $29,2 \pm 7,9 \text{ nmol/l}$, M2: $29,4 \pm 7,2 \text{ nmol/l}$, M3: $29,5 \pm 6,6 \text{ nmol/l}$, M5: $29,7 \pm 8,2 \text{ nmol/l}$) (2. joukkue, 4M: $27,1 \pm 7,7 \text{ nmol/l}$ vs. M1:

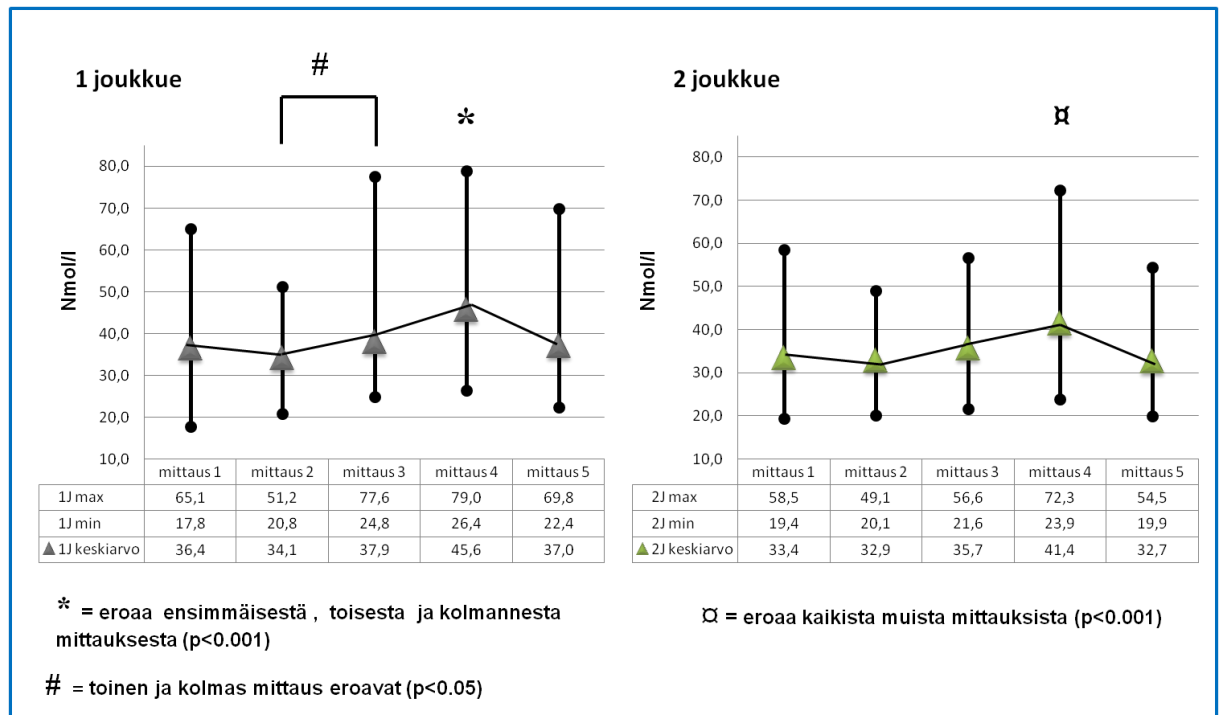
35,7±10,2 nmol/l, M2: 33,8±7,9 nmol/l, M3: 35,2±7,8 nmol/l, M5: 34,6±8,7 nmol/l). Korkeimmat arvot mitattiin ensimmäisellä joukkueella viidennessä, eli viimeisessä mittauksessa (29,7 nmol/l) ja toisella joukkueella lähtötasomittauksissa (35,7 nmol/l).



Kuva 21. IGF-1 keskiarvot, minimi- ja maksimi arvot joukkueittain.

SHBG. (kuva 22) Molempien joukkueiden sisällä tulokset erosivat erittäin merkitsevästi toisistaan (p<0.001). Molemmilla joukkueilla SHBG arvot olivat erittäin merkitsevästi (p<0.001) korkeimmillaan taisteluharjoituksen jälkeen muihin mittauksiin verrattuna (1. joukkue, 4M: 45,6±12,4 nmol/l vs. M1: 36,4±10,2 nmol/l, M2: 34,1±7,9 nmol/l, M3: 37,9±10,6 nmol/l, M5: 37,0±10,3 nmol/l) (2. joukkue, 4M: 41,4±7,9 nmol/l vs. M1: 33,4±9,3 nmol/l, M2: 32,9±8,0 nmol/l, M3: 35,7±8,9 nmol/l, M5: 32,7±10,2 nmol/l).

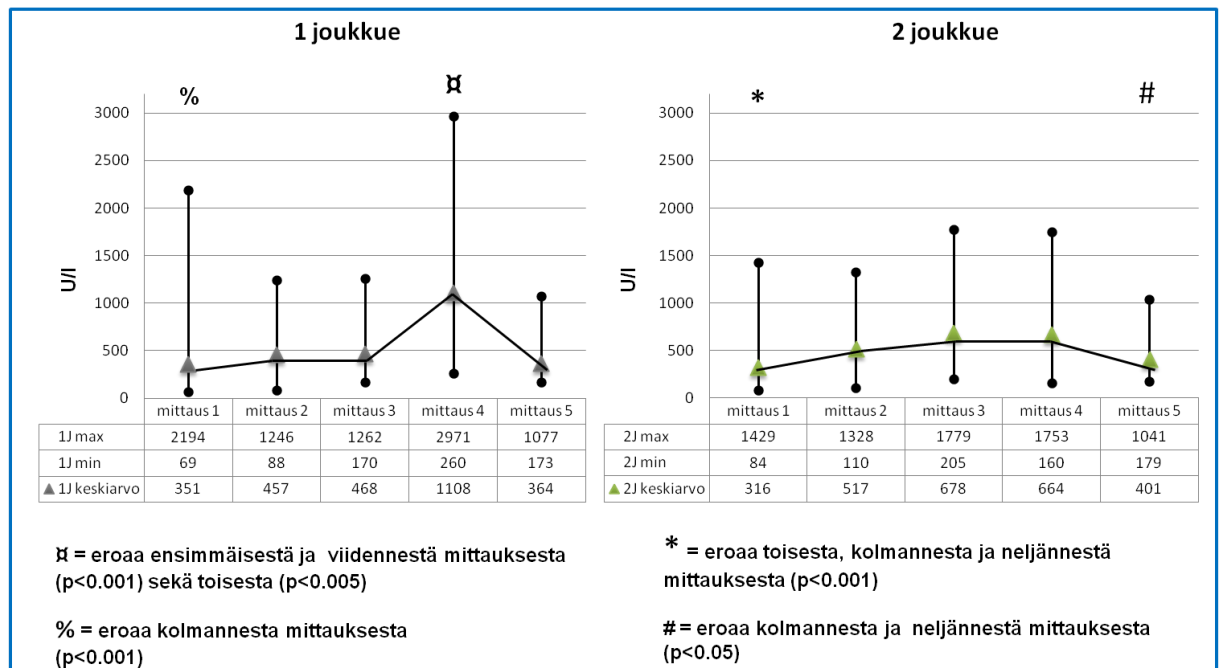
SHBG arvot olivat matalimmillaan ensimmäisellä joukkueella ennen hyppyperuskoulutuskautta tehdyssä mittauksessa (34,1 nmol/l), josta arvot nousivat merkitsevästi (p<0.05) hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyyn mittaukseen. Myös toisella joukkueella oli havaittavissa samanlainen nouseva trendi (p=0.057) näiden mittauksien välillä, sekä laskeva trendi kolmannen ja viidennen mittauksen välillä (p=0.06).



Kuva 22. SHBG keskiarvot, minimi- ja maksimi arvot joukkueittain.

Kreatiinikinaasi. (kuva 23) Ensimmäisellä joukkueella kreatiinikinaasi arvot nousivat erittäin merkitsevästi (p<0.001) ensimmäisen ja kolmannen mittauksen välillä (M1: 351±451 U/l vs. M3: 468±256 U/l). Kreatiinikinaasin arvot olivat ensimmäisellä joukkueella korkeimmillaan taisteluharjoituksen jälkeen, josta arvot erosivat erittäin merkitsevästi (p<0.001) kolmannesta ja viidennestä mittauksesta (M4: 1108±764 U/l vs. M3: 468±256 U/l, M5: 364±228 U/l) Matalimmillaan kreatiinikinaasin arvot olivat ensimmäisellä joukkueella lähtötasomittauksessa (351 U/l), mutta eroa oli toiseksi matalimpaan eli viidenteen mittaukseen vain 13 U/l.

Toisella joukkueella kreatiinikinaasin arvot olivat matalimmillaan lähtötasomittauksessa, josta arvot nousivat erittäin merkitsevästi (p<0.001) toiseen, kolmanteen ja neljänteen mittaukseen verrattuna (M1: 316±277 U/l vs. M2: 517±273 U/l, M3: 678±482 U/l, M4: 665±396 U/l). Kreatiinikinaasin arvot olivat lähellä lähtötasomittauksen arvoa viidennessä (401±203 U/l) mittauksessa, joka erosi merkitsevästi (p<0.05) kolmannesta ja neljännestä mittauksesta. Toisin kuin ensimmäisellä joukkueella, arvot olivat toisella joukkueella korkeimmillaan heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen (678 U/l).



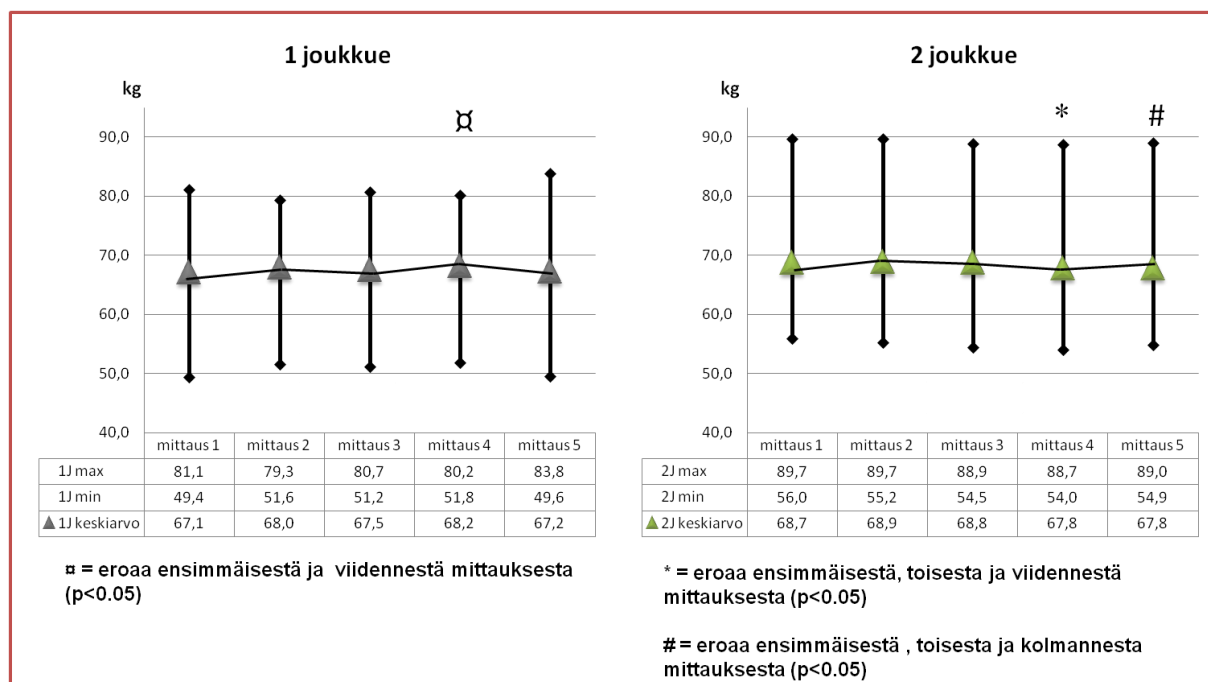
Kuva 23. Kreatiinkinaasi keskiarvot, minimi- ja maksimi arvot joukkueittain.

7.6 Kehonkoostumus

Rasvaton massa. (kuva 24) Vain toisen joukkueen sisällä tulokset erosivat merkitsevästi (p<0.05) toisistaan, mutta tästä huolimatta molempien joukkueiden tulokset eivät kuitenkaan eronneet merkitsevästi toisistaan. Toisella joukkueella tulokset laskivat merkitsevästi (p<0.05) ensimmäisen (68,7±8,0 kg) ja neljännen (67,8±7,8 kg), ensimmäisen ja viidennen (67,5±7,9 kg), toisen (68,9±78,0 kg) ja neljännen, toisen ja viidennen sekä kolmannen (68,8±8,2 kg) ja neljännen, että kolmannen ja viidennen mittauksen välillä.

Ensimmäisellä joukkueella puolestaan rasvattoman massan osuus kehon painosta nousi merkitsevästi (p<0.05) ensimmäisen (67,1±6,0 kg) ja neljännen (68,5±5,5kg) mittauksen välillä sekä puolestaan laski neljännen ja viidennen (67,2±5,9 kg) mittauksen välillä. Tämän lisäksi havaittavissa oli ensimmäisellä joukkueella nouseva trendi ensimmäisen ja toisen (68,0±5,5 kg) mittauksen välillä (p=0.05). Rasvattoman massan osuus kehonpainosta oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella taisteluharjoituksen jälkeen suoritettussa mittauksessa (68,2kg) ja matalimmillaan ensimmäisessä (67,1kg) mittauksessa. Toisella joukkueella puolestaan rasvattoman massan osuus oli korkeimmillaan toisessa (68,9 kg), eli juuri ennen hyppyperuskou-

lutuskautta tehdyssä mittauksessa ja matalimmillaan sekä neljännessä että viidennessä mittauksessa (67,8kg).

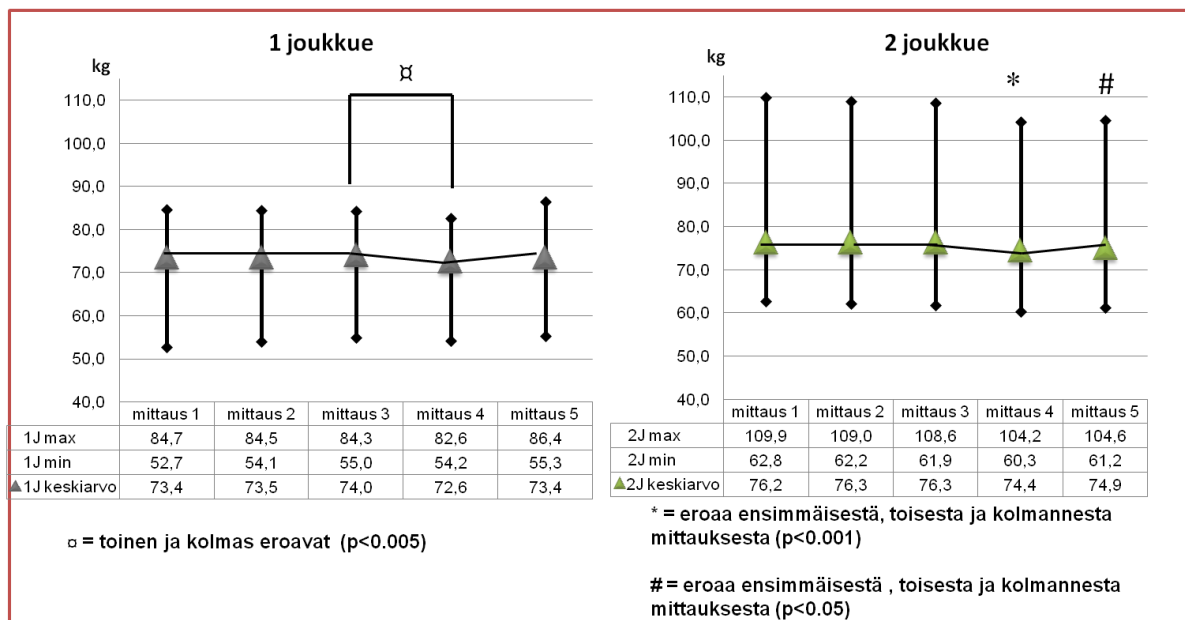


Kuva 24. Rasvaton massa joukkueittain.

Paino. (kuva 25) Joukkueet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Molempien joukkueiden sisällä tulokset kuitenkin erosivat toisistaan, ensimmäisellä joukkueella merkitsevästi (p<0.05) ja toisella joukkueella erittäin merkitsevästi (p<0.001). Suurimmat painon muutokset tapahtuivat molemmilla joukkueilla heti taisteluharjoituksen jälkeen suoritetussa mittauksessa, jossa paino oli molemmilla joukkueilla alhaisimmillaan (1. joukkue 72,6±5,6 kg ja 2. 74,4±9,3 kg). Toisella joukkueella taisteluharjoituksen jälkeen suoritetun mittauksen tulokset erosivat erittäin merkitsevästi (p<0.001) ensimmäisestä, toisesta ja kolmannesta mittauksesta. (4M: 74,4±9,3 kg vs. M1: 76,2±10,4 kg, M2: 76,3±10,2 kg, M3: 76,3±10,2 kg). Toisella joukkueella paino oli alhainen myös viidennessä (74,9,2±9,2 kg) mittauksessa, mutta mittaus erosi vain merkitsevästi (p<0.05) ensimmäisestä, toisesta ja kolmannesta mittauksesta.

Ensimmäisellä joukkueella paino laski merkitsevästi (p<0.005) hyppyperuskoulutuskauten ja taisteluharjoituksen välillä (M3: 74,0±6,0 kg vs. M4: 72,6±5,6 kg). Ensimmäisen joukkueen sisällä oli havaittavissa myös kaksi trendiä. Yhdessä näistä painon lasku toisen (73,5±6,0 kg) ja neljännen mittauksen välillä (p=0.07) ja toisessa painon nousu neljännen ja viidennen

(73,4±5,9 kg) mittauksen välillä (p=0.07). Paino oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella hyppyperuskoulutuskauden jälkeen suoritetussa mittauksessa (74,0kg) ja toisella joukkueella hyppyperuskoulutuskautta ennen ja sen jälkeen tehdyssä mittauksessa (76,3 kg).

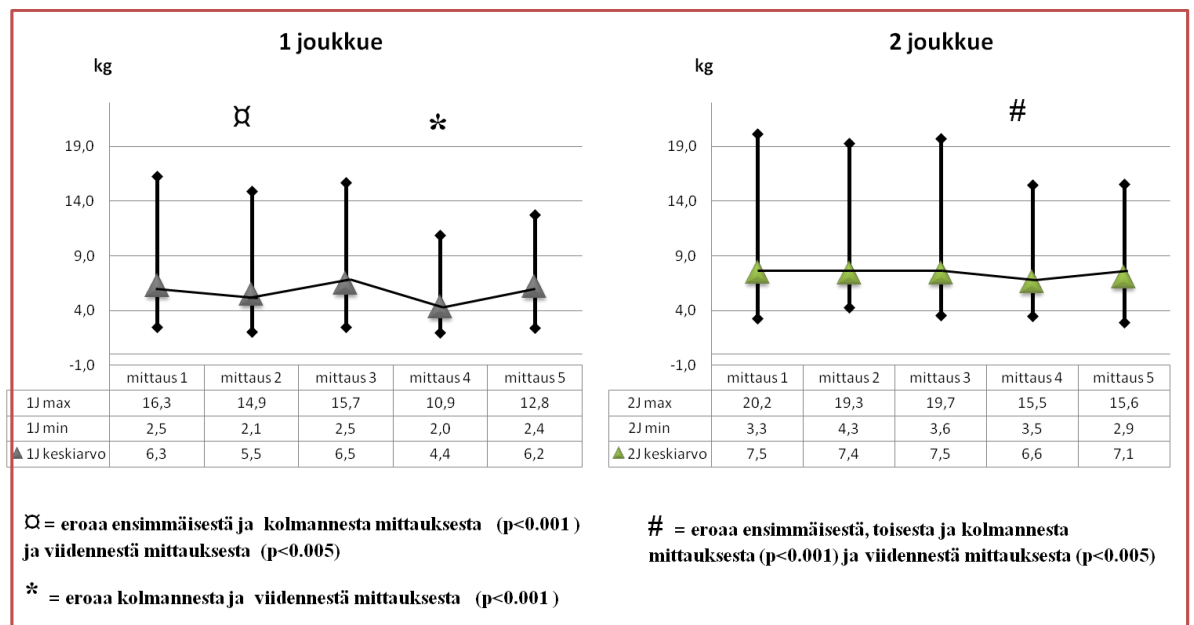


Kuva 25. Paino joukkueittain.

Lihassmassa. Joukkueiden tulokset eivät eronneet toisistaan. Toisella joukkueella lihasmassa laski erittäin merkittävästi (p<0.001) lähtötasomittauksesta neljänteen ja viidenteen mittaukseen verrattuna. (M1: 39,3±4,8 kg vs. M4: 38,7±4,7 kg, M5: 38,7±4,8 kg). Taisteluharjoituksen jälkeen rasvamassa laski myös merkittävästi (p<0.05) toiseen (39,2±4,8 kg) mittaukseen verrattuna. Tämän lisäksi havaittavissa oli myös laskeva trendi toisen ja viidennen mittauksen välillä (p=0.07).

Rasvamassa. (kuva 26) Joukkueiden tulokset eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Sen sijaan molemmilla joukkueilla joukkueen sisällä tulokset erosivat erittäin merkittävästi toisistaan (p<0.001). Ensimmäisellä joukkueella toisessa mittauksessa rasvamassa laski erittäin merkittävästi (p<0.001) ensimmäiseen ja kolmanteen mittaukseen verrattuna (M2: 5,5±2,7 kg vs. M1: 6,3±2,9 kg, M3: 6,5±3,0 kg) ja viidenteen mittaukseen verrattuna (M2: 5,5±2,7 kg vs. M5: 6,2±2,6 kg) (p<0.05). Toisaalta rasvamassa oli toisessa mittauksessa erittäin merkittävästi (p<0.001) korkeampi neljänteen (4,4±2,3 kg) mittaukseen verrattuna. Taisteluharjoituksen jälkeen rasvamassa oli erittäin merkittävästi (p<0.001) alhaisempi kolmanteen ja viidenteen mittaukseen verrattuna (M4: 4,4±2,3 kg vs. M3: 6,5±3,0 kg, M5: 6,2±2,6 kg).

Toisella joukkueella rasvamassan määrä oli alhaisimmillaan taisteluharjoituksen jälkeen suoritetussa mittauksessa, joka erosi erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) ensimmäisestä, toisesta ja kolmannelta mittauksesta. (M4: $6,6 \pm 2,8$ kg vs. M1: $7,5 \pm 3,5$ kg, M2: $7,4 \pm 3,4$ kg, M3: $7,5 \pm 3,3$ kg) Rasvamassa nousi kuitenkin merkitsevästi ($p < 0.005$) taisteluharjoituksen jälkeen viimeiseen mittaukseen (4M: $6,6 \pm 2,8$ kg vs. 5M: $7,1 \pm 2,7$ kg). Korkeimmat arvot mitattiin ensimmäisellä joukkueella heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehdyssä mittauksessa (6,5kg) ja toisella joukkueella heti lähtötasomittauksessa sekä hyppyperuskoulutuksen jälkeen (7,5kg).



Kuva 26. Rasvamassan muutokset joukkueittain.

8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tärkeimmät havainnot osoittivat varusmiesten kestävyysuorituskyvyn laskevan hyppyperuskoulutuskauden jälkeen toisessa joukkueessa 2,7 % ja ensimmäisessä joukkueessa 2,0 %. Myös varusmiesten lihaskunto heikkeni molemmissa joukkueissa vauhdittomassa pituudessa erittäin merkitsevästi, vaikkakin lihaskestävyys parani molemmissa joukkueissa erittäin merkitsevästi punnerruksissa ja merkitsevästi vatsalihaksissa. Myös maksimaalinen voima heikkeni ensimmäisellä joukkueella käden ojentajissa merkitsevästi ja toisella joukkueella merkitsevästi jalkojen ojentajissa.

Hormonaalisten vasteiden osalta tärkeimmät havainnot saatiin ensimmäisen joukkueen osalta, jossa kortisoli laski erittäin merkitsevästi ja SHBG nousi merkitsevästi heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen. Sekä testosteroni ja IGF-1 olivat erittäin merkitsevästi alhaisimmat sekä SHBG erittäin merkitsevästi korkeimmillaan muihin mittauksiin verrattuna heti taisteluharjoituksen jälkeen. Tämän lisäksi kreatiinikinaasin arvot oli korkeimmillaan ensimmäisellä joukkueella heti taisteluharjoituksen jälkeen, toisen joukkueen arvon ollessa korkeimmillaan heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen. Kehonkoostumuksessa puolestaan mielenkiintoisinta oli se, että ensimmäisen joukkueen osalta hyppyperuskoulutus näytti lisäävän ensimmäisen joukkueen osalta erittäin merkitsevästi kehon rasvamassaa, lihasmassan pienentyessä ja painon noustessa hieman, mutta ei kuitenkaan merkitsevästi.

Tässä tutkimuksessa hypoteeseja oli kolme. Ensimmäinen hypoteesi oli, että hyppyperuskoulutuskauti on kuormittava kurssi, jolloin fyysinen suorituskyvyn testien tulokset laskevat heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen tehdyissä fyysisen suorituskyvyn testeissä (Cooperin testi, LKT ja isometriset testit) merkitsevästi ($p < 0.05$). Jos varusmiehet ovat palautuneet hyppyperuskoulutuskautesta, fyysisen suorituskyvyn testien tulokset palautuvat lähtötasolle viimeisessä mittauksessa.

Tutkimuksessa todettiin, että varusmiesten fyysinen suorituskyky heikkeni molemmilla joukkueilla heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen erittäin merkitsevästi sekä Cooperin testissä, sekä lihaskuntotestien osalta vain vauhdittomassa pituudessa. Maksimivoiman osalta vain toisella joukkueella jalkojen ojentajien voima heikkeni merkitsevästi, kun tulos oli

joukkueiden osalta päinvastainen käsien ojentajien maksimivoiman osalta. Sen sijaan ylävartalon lihaskestävyys parani. Viimeisessä mittauksessa kaikissa muissa testeissä tulokset eivät eronneet lähtötasotesteistä, paitsi vauhdittomassa pituudessa, jossa tulokset huononivat merkitsevästi.

Tuloksiin viitaten voidaan todeta, että hyppyperuskoulutuskausi huononsi aerobista kestävyyttä, ainakin toisen joukkueen osalta alavartalon maksimivoimaa sekä kestävyiden osalta vauhditonta pituutta. Sen sijaan ylävartalon lihaskestävyys parani. Koska toisella joukkueella alavartalon maksimivoiman ja molemmilla joukkueilla vauhdittoman pituuden tulokset heikkenivät ja molemmat osittain testaavat hermolihasjärjestelmän toimintaa (Keskinen 2005, 113–116), tuloksiin viitaten voidaan todeta että varusmiesten alavartalon hermolihasjärjestelmän suorituskyky aleni. Kurssi ei kuitenkaan ollut liian kuormittava, jolloin pääosin varusmiesten fyysinen suorituskyky ehti palautumaan kurssista viimeiseen testiin mennessä kaikissa muissa paitsi vauhdittomassa pituudessa. Tällöin on syytä olettaa, että hermolihasjärjestelmä ei ehtinyt täysin palautumaan fyysisestä rasituksesta.

Toisena hypoteesina oli aikaisempiin tutkimuksiin viitaten, että hyppyperuskoulutukseen liittyy kovatehoista fyysistä aktiivisuutta, joten sen pitäisi näkyä myös lihasvauriomarkkareiden, kuten kreatiinikinaasi arvojen merkittävänä ($p < 0,05$) kasvuna heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen. Vaikka merkitseviä muutoksia ei havaittu kummallakaan joukkueella, toisella joukkueella kreatiinikinaasin arvot olivat korkeimmillaan heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen, kun taas toisella joukkueella arvot olivat merkitsevästi korkeimmillaan heti taisteluharjoituksen jälkeen. Tulokset siis osoittavat, että hyppyperuskoulutuskausi ei aiheuta lihasvaurioita. Sen sijaan taisteluharjoituksessa kreatiinikinaasin arvot nousevat merkitsevästi lähtötasoon verrattuna.

Kolmantena hypoteesinä oli, että neljä viikkoa kestävä hyppyperuskoulutuksen aikana varusmiesten fyysinen rasitus kasvaa merkittävästi. Tällöin on oletettavaa, että koehenkilöiden testosteroni tasot laskevat merkitsevästi ($p < 0,05$) heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen. Tulokset kuitenkin osoittavat, että testosteroni tasot pysyivät molemmilla joukkueilla muuttumattomina. Ainoastaan taisteluharjoituksen aikana

testosteroni laski erittäin merkittävästi, mutta testosteronin arvot palautuivat ennalleen viimeisessä mittauksessa Toisaalta, on syytä vahvasti epäillä, että hyppyperuskoulutuksen aikainen rasitus osittain vaikutti myös taisteluharjoituksessa aikana tapahtuneeseen testosteronin laskuun. Eli pohjalla oleva hyppyperuskoulutuksen fyysinen rasitus lisäsi taisteluharjoituksen kuormittavuutta, jolloin muutoksia hormonitasapainossa tapahtui herkemmin kuin jos varusmiehet olisivat lähteneet harjoitukseen palautuneena.

8.1 Harjoituspäiväkirja

RPE. Asiakirjassa varusmiesten fyysinen koulutus Laskuvarjojääkärikomppaniassa liitteessä 1 hyppykoulutuksen fyysinen toteutus mainitaan, että ”riittävästä palautumisesta on huolehdittava päivä- ja viikkotasolla”. Kuten harjoituspäiväkirjasta nähdään, varsinkin ensimmäisellä viikolla rasitus on ollut kovaa, mikä toisaalta on päinvastaista kyseisessä liitteessä alussa mainitun kohdan kanssa. Liitteen alussa sanotaan, että fyysinen rasitus palveluksen alkuvaiheessa on pidettävä kohtuullisella tasolla, jotta vältetään rasitusvammojen syntyminen. Toisaalta, vaikka ensimmäinen viikko on ollut kova, olennaista on se että toinen viikko on kuormituksen tuntemuksen osalta ensimmäistä kevyempi, jolloin viikkotasolla kuormitus on kuitenkin suunniteltu oikein. Kolmannella viikolla puolestaan tiistapäivä on ollut raskas, mutta muuten rasitus on ollut kevyempää kuin ensimmäisellä tai kolmannella viikolla.

Tosin ensimmäisellä joukkueella kuormitus on ollut hyppyperuskoulutuksen toisella viikolla kovempaa kuin toisella joukkueella. Se mistä joukkueiden väliset erot johtuvat kuormituksen tuntemuksen osalta, voi johtua kahdesta asiasta. Joko ensimmäisellä joukkueella koulutus on ollut kovempaa tai vaihtoehtoisesti koulutus on ollut samanlaista, mutta ensimmäinen joukkue on ollut fyysisesti heikompi. Tällöin kuormitus on tuntunut ensimmäisestä joukkueesta kovemmalta kuin mitä se on todellisuudessa ollut. Tarkastellessa lähtötasotestien tuloksia, voidaan kuitenkin huomata, että ensimmäisen joukkueen tulokset ovat toisen joukkueen tuloksia huomattavasti heikompia sekä maksimivoima testissä, että Cooperin testissä. Eli yksi syy ensimmäisen joukkueen suurempaan kuormittumiseen on tällöin ainakin lähtötasoltaan huonompi fyysinen suorituskyky kuin toisella joukkueella.

Se, että varusmiesten kokonaiskuormitus on ollut kovaa hyppyperuskoulutuksen aikana, voi johtua siitä, että varsinkin alussa kaikki uusi ja siihen tottumattomuus saattaa tuntua pelottavalta (lähde). Tällöin kuormitusta nostaa enemmän psyykinen kuormitus kuin fyysinen kuormitus. Se että kuormitus laskee viikkojen edetessä, voi taas kertoa siitä että varusmiehet ovat tottuneet koulutukseen, jolloin psyykinen stressi helpottaa ja kuormitus tuntuu kevyemmältä, vaikka koulutuspäivät olisivat samanlaisia.

Pääesikunnan PAK Asevelvollisten fyysinen koulutus asiakirjan liitteessä 1 mainitaan, että viikko-ohjelmien huolellisella suunnittelulla turvataan koulutettavien optimaalinen fyysisen kokonaiskuormituksen säätely sekä viikon, että koulutuskausien aikana. Koulutuksen pääasiallinen fyysinen kuormitus muodostuu taistelu- ja marssikoulutuksesta. Sen lisäksi siihen voidaan lukea muu fyysisesti rasittava koulutus. Tämän lisäksi asiakirjan liitteessä mainitaan, että ”Fyysisen koulutuksen viikkorytmitys suunnitellaan tavallisesti siten, että vähintään neljäs koulutusviikko on kevennetty, niin sanottu palauttava viikko. ”Fyysisen toimintakyvyn kehittämisen varmistamiseksi helppojen päivien ja viikkojen vastakohtana pitää olla kovia yksittäisiä harjoituksia tai kuormittavia viikkoja. Joka kolmas tai neljäs viikko voi olla selvästi muita viikkoja kuormittavampi. Kovatehoinen harjoitusviikko voi olla esimerkiksi taisteluharjoitusviikko tai ampumaleiriviikko, jota tulisi seurata kuormitukseltaan kevyempi viikko. Mikäli erittäin kuormittavia viikkoja on 2-3 peräkkäin, on niiden jälkeen ehdottomasti seurattava kevyempi viikko. (Asevelvollisten fyysinen koulutus 2012)

Kaiken kaikkiaan, varusmiesten päivittäisestä kuormituksen tuntemuksista voidaan päätellä, että Laskuvarjojääkärikomppaniassa kokonaisrasitus on suunniteltu oikealla tavalla tutkimusjakson aikana, ainakin pääesikunnan ohjeistukseen liittyen. Tutkimusjakson alussa on ollut kaksi kevyempää viikkoa, jota seuraa raskaampi hyppyperuskoulutuskausi, jonka neljäs viikko on kevyempi kuin kolme edellistä. Tämän jälkeen vuorossa on taisteluharjoitus, jossa kuormitus kasvaa, mutta viimeisellä viikolla kuormitus on ollut taas kevyempää.

Uni. Aikuinen ihminen nukkuu yleensä 7-8 tuntia vuorokaudessa. (Niensted ym, 2004,570.) Unen merkitys taistelijan fyysiseen- ja psyykkiseen toimintakykyyn on varsin merkittävä. Pelkästään unenpuute ei lyhyellä aikavälillä vaikuta fyysiseen suorituskykyyn (Goodman ym. 1989; Symons ym. 1988; Vaara ym. 2007), mutta se aiheuttaa huolimattomuutta tarkkuutta vaativissa älyllisissä tehtävissä kuten esimerkiksi ammunnessa (Jovanovité ym. 2012). Lisäksi

sekä lyhytkestoinen muisti sekä matemaattiset laskusuoritukset heikentyvät (Stähle ym 2011; Joo ym. 2012). Koehenkilöt nukkuivat tutkimuksen aikana pääasiassa riittävästi. Taisteluharjoituksen aikana kuitenkin unen määrä putosi puoleen siitä mihin varusmiehet olivat tottuneet.

Toisaalta, taustakyselystä saatiin selville, että enemmistö eli 34,6 % koehenkilöistä nukkui keskimäärin 9 tuntia vuorokaudessa. Seuraavaksi eniten eli 32,6 % nukkui keskimäärin 8 tuntia vuorokaudessa. Tämän lisäksi 26,8 % nukkui keskimäärin 7 tuntia, 3,8 % 6 tuntia ja 1,9 % keskimäärin 9 tuntia vuorokaudessa. Kysymykseen kuinka pitkän unen tarvitsen ollakseni seuraavana päivänä virkeä, koehenkilöistä 36,5 % vastasi keskimäärin 8 tuntia, 34,6 % keskimäärin 7 tuntia, 19,2 % keskimäärin 9 tuntia, 7,7 % keskimäärin 6 tuntia ja 1,9 % keskimäärin 10 tuntia vuorokaudessa. Näiden kahden kysymysten avulla laskettiin myös kuinka moni henkilöistä ei nukkunut keskimäärin sitä määrää, jonka tarvitsi ollakseen virkeä seuraavana päivänä. Tämä tehtiin vertaamalla keskimääräisten nukuttujen tuntien tuntimäärää ja vastauksien tuntimäärää, jota tarvitsisi ollakseen virkeä seuraavana päivänä. Koehenkilöistä heitä oli 21,2 %. Näin ollen voidaan todeta, että varusmiehet nukkuivat lähes koko tutkimusjakson aikana vähemmän kuin he tarvitsivat ollakseen virkeä seuraavana päivänä. Tällä on myös suuri merkitys siihen, palautuvatko varusmiehet kunnolla koulutuksen mukana tuomasta rasituksesta. Univajeen on todettu lyhyellä aikavälillä nostavan esimerkiksi stressihormoneista kortisolin tasoa jo -24 tunnin sisällä (Joo ym 2012), tosin Coten ym. (2012) tutkimuksessa univajeen havaittiin nostavan kortisolin arvoja vain naisilla. Sen sijaan Coten ym. (2012) tutkimuksessa univajeen todettiin laskevan 24 tunnin jälkeen merkitsevästi testosteronin tasoja.

Nesteytys ja energia. Neste- ja ravintotasapainon ylläpitämisellä on erittäin tärkeä merkitys sotilaan taistelukelpoisuuden ja suorituskyvyn ylläpitämisessä (Opstad 1992b; Opstad 1994; Guezennec ym. 1994) Toisaalta, myös energian ja nesteytyksen riittävyydellä on suuri merkitys siihen, miten ihminen suoriutuu fyysisestä rasituksesta sekä miten elimistö palautuu rasituksesta (Kyröläinen & Santtila 2010, 142). Jos energia- ja nestevajeeseen yhdistetään kuitenkin raskasta liikuntaa sekä univajetta, elimistön kuormittuminen on sitäkin suurempaa. (Kyröläinen ym. 2008; Nindl ym. 2007b). Hyppyperuskoulutuksen aikana varusmiehet eivät kuormittuneet niin paljon kuin taisteluharjoituksessa, koska he söivät, nukkuivat hyvin ja saivat riittävästi nestettä verrattuna taisteluharjoitukseen.

8.2 Fyysisen suorituskyvyn muutokset

Ensimmäisellä joukkueella käsien maksimivoima heikkeni heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen, kun puolestaan toisella joukkueella käsien ojentajissa samalla aikavälillä voiman heikkenemistä ei tapahtunut. Osittain ensimmäisen joukkueen voiman heikkenemistä voi selittää hyppyperuskoulutuksen aikana raskaan taakkojen nostelu ja erityisesti siihen tottumattomuus. (Knapik 2004) Esimerkiksi Knapikin (2012) tutkimuksessa todettiin, että ylävartalon merkitys taakankantokyvyssä on suurempi kuin on aikaisemmin oletettu. Tällöin ylävartaloltaan heikommassa kunnossa olevat henkilöt saattavat kuormittua enemmän, jolloin myös ylävartalon suorituskyky heikkenee. Jos vertaillaan molempien joukkueiden lähtötasoa käden ojentajien maksimivoimassa, toisen joukkueen tulokset ovat näennäisesti paremmat kuin ensimmäisen joukkueen, vaikka ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Toisaalta aikaisemmat tutkimustulokset myös osoittavat, että esimerkiksi ylävartalon maksimaalinen voima korreloi rasvattoman massan kanssa. (Mayhew ym. 1993; Johnson ym. 1994; Vaara ym. 2012). Kuten rasvattoman massan osalta ensimmäisen joukkueen lähtötasotesteissä saatiin selville, ensimmäisellä joukkueella rasvattoman massan määrä oli vähäisempi kuin toisella joukkueella. Näin ollen oletettavampaa oli, että ensimmäisen joukkueen maksimaalinen ylävartalon voima on heikompi kuin toisella joukkueella.

Ensimmäisellä joukkueella jalkojen maksimivoima ei huonontunut hyppyperuskoulutuksen aikana kuten toisella joukkueella, vaan vasta taisteluharjoituksen jälkeen. Molemmissa joukkueissa lähtötasotestin tulokset olivat huonompia kuin toisessa testissä, mikä taas antaa viitteitä siitä, että varusmiehet eivät olleet välttämättä tottuneet laitteeseen, jolla maksimivoima mitattiin. Eli varusmiehet oppivat käyttämään oikeaa tekniikkaa maksimivoiman saavuttamiseksi vasta toisen testin aikana. Toisaalta, tulokset eivät myöskään pois sulje vaihtoehtoa, että varusmiesten koulutus ennen lähtötasotestejä oli ollut heille kuormittavaa, joka olisi osaltaan vaikuttanut maksimivoiman heikkenemiseen. Harjoituspäiväkirja alkoi vasta toisesta viikosta eteenpäin, joten näin ollen syytä ei voida tarkemmin tutkia.

Sekä jalkojen ojentajien isometriset testit sekä vauhditon pituushyppy molemmat mittaavat voimaa, jonka muutokseen vaikuttaa ensisijaisesti hermoston toiminta (Wilmore & Costill 2004, 89,527; Häkkinen ym. 2007, 251–252). Maksimaalinen voiman tuotto saavutetaan, kun

mahdollisimman monta motorista yksikköä rekrytoidaan samanaikaisesti käyttöön suurella syttymisfrekvenssillä. Räjähävissä suorituksissa kuten vauhdittomassa pituushypyssä puolestaan tärkeintä on rekrytoida mahdollisimman nopeasti nopeita motorisia yksiköitä käyttöön. Eli molemmat testit mittaavat siis hermolihasjärjestelmän suorituskykyä. Näin ollen oletettavaa onkin, että molemmissa testeissä, sekä vauhdittomassa pituudessa että isometrisissä testeissä tulokset olisivat samansuuntaisia.

Tulokset tässä tutkimuksessa olivat kuitenkin osittain päinvastaisia. Toisella joukkueella jalkojen maksimivoima parani lähtötasotesteistä hyppyperuskoulutuksen jälkeen, kun taas vauhdittomassa pituudessa tulos näiden kahden mittauksen välillä heikkeni. Ensimmäisellä joukkueella puolestaan jalkojen maksimivoiman kohdalla näiden kahden mittauksen välillä ei tapahtunut merkittävää muutosta, vaikka vauhdittomassa pituudessa tulokset heikkenivät kuten toisella joukkueella. Sen sijaan vauhdittoman pituushypyn tulokset näyttivät olevan samansuuntaisia Cooperin testin tuloksien kanssa. Molemmilla joukkueilla Cooperin testin tulos heikkeni lähtötasotesteistä hyppyperuskoulutuksen jälkeen. Mutta taas toisaalta, hyppyperuskoulutuksen jälkeen vauhdittoman pituuden tulokset eivät palanneet lähtötasolle kuten Cooperin testissä.

Helpoimmin kaikista näistä fyysisen suorituskyvyn testeistä onkin selitettävissä juuri Cooperin testin tulosten heikkeneminen. Harjoituspäiväkirjasta voi esimerkiksi nähdä, että kuormitus on ollut kovaa vielä testiviikon tiistaina ja Cooperin testi juostiin torstaina. Sen lisäksi että varusmiehet kokivat erittäin raskaaksi tiistaipäivän, myös energian saanti ja nesteytys tuona päivänä oli selkeästi heikompaa kuin esimerkiksi maanantaina ja keskiviikkona. Vaikka harjoituspäiväkirjan RPE ei välttämättä kerro pelkästään fyysisestä kuormituksesta, vaan kuormitus voi olla psyykkistä, sekä kouluttajia, että koehenkilöitä haastatellessani tiistaipäivä oli varusmiehille fyysisesti erittäin raskas päivä.

Koska Cooperin testi juostaan pääasiassa aerobisella puolella (Pihlainen ym 2011) ja vain pieni osa anaerobisissa puolella, tällöin tärkeää on suorituskyvyn kannalta energiavarastojen kuten glykokeenin varastojen koko, sekä laktaattia syntyneiden aineiden puskurointi lihaksissa ja veressä. (Nummela 2007, 97, 100–101.) Kuormituksen kasvaessa myös energiankulutus sekä glukoosin ja glykokeenin kulutus kasvaa (Bosch ym. 1996; McArdle 1996, 12–14; Tsintzas & Williams 1998) ja tyhjentyneet energiavarastot johtavat väsymykseen ja lopulta

uupumukseen. (Nummela 2007, 115; McArdle 1996, 14). Lisäksi tutkimukset ovat osoittaneet, että henkinen palautuminen kovasta väsymykseen johtaneesta tai maksimaalisesta hermostollisesta ja emotionaalisesta rasituksesta voi kestää useita päiviä tai jopa viikkoja. (Siff 2000; Nummela 2007, 123.)

Glykogeenitasot palautuvat lepotasolle yleensä viimeistään 24 tuntia kuormituksen jälkeen, jos hiilihydraattien saanti on riittävää, eivätkä lihasvauriot ole liian suuria (Costill ym 1981; Burke ym. 1995; Nummela 2007; 119-123; Fairchild ym. 2002). Erittäin pitkäkestoisesta ja kovatehoisesta harjoituksesta glykokeenivarastojen täydentyminen kestää sitäkin pidempään. Esimerkiksi maratonin jälkeen glykokeenivarastojen on todettu olevan vielä viikon jälkeen matalammalla tasolla, vaikka hiilihydraattia olisi nautittu runsaasti suorituksen jälkeen (Blom ym. 1987; Sherman ym. 1983). Tämän todettiin johtuvan mm. siitä, että väsyneisiin lihaksiin syntyy enemmän vaurioita ja tulehduksia, mikä lisää glykokeenin hajotusta ja hidastaa glykokeenisynteesiä (Costill ym. 1990). Glykokeenivarastojen tyhjenemisen lisäksi myös neste-hukka heikentää suorituskykyä (Mero 2007, 145).

Kokonaisuudessaan Cooperin testin tulosten heikkeneminen toisessa mittauksessa todennäköisesti johtuu siitä, että varusmiesten energiavarastot eivät ole ehtineet täydentyä tarpeeksi tiistain kovasta koulutuspäivästä, jolloin palautuminen ei ole ollut riittävää. Energiavajauksen puolesta puhuvat myös jalkojen maksimivoimatestien tulokset, sillä maksimivoimassa energianlähteenä käytetään glykokeenin sijaan pääasiassa lihaksen kreatiinifosfaatti varastoja, jotka palautuvat huomattavasti nopeammin kuin glykokeenivarastot eli kovatehoisen harjoituksen jälkeen viimeistään parin tunnin kuluttua harjoituksesta (Fairchild ym. 2002).

Toisaalta, aikaisemmat tutkimukset todistavat, että myös motivaatiolla on suuri vaikutus Cooperin testin tulokseen (McArdle 2007, 249). Vaikka hyppyperuskoulutuskauden jälkeen tehtyä testiä ennen koehenkilöitä kehoitettiin vielä erikseen juoksemaan niin hyvin ja kovaa kuin pystyvät, saattaa olla että moni ei kuitenkaan yrittänyt parastaan johtuen huonosta motivaatiosta. Eli tulokset olisivat saattaneet olla toisenlaisia, jos varusmiehet olisivat saaneet palautua yhden tai kaksi päivää hyppyperuskoulutuksen jälkeen.

Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että ylävartalon lihaskestävyyden osalta punnerrustestillä on positiivinen yhteys vatsalihastestin kanssa. (Esco ym. 2008; Vaara ym. 2012). Tässä tut-

kimuksessa saatiin samanlaisia havaintoja. Ensimmäisen joukkueen käsien maksimivoiman laskemisesta huolimatta, molemmilla joukkueilla ylävartalon lihaskestävyys parani. Todennäköisesti se johtuu siitä, että hyppyperuskoulutuksen aikana tehdään päivittäin useita toistoja punnerruksissa. Varsinkin toisella viikolla varusmiehet saattavat punnertaa n. 20kg rinka selässä, jolloin käsien ojentajien lisäksi vaaditaan myös enemmän selkä- ja vatsalihasten aktiivista työskentelyä punnerrusasennon ylläpitämiseksi (Pihlainen ym. 2011, 41-43).

Koska koehenkilöt olivat jo lähtötasoltaan erinomaisessa kunnossa punnerruksissa (1 joukkue $53,3 \pm 8,4$ tst/min, 2 joukkue $51,0 \pm 14,2$ tst/min), että vatsalihaksissa (1 joukkue $54,1 \pm 5,7$ tst/min, 2 joukkue $54,3 \pm 5,5$ tst/min) verrattuna varusmiesten lihaskuntotestien rajoihin (punnerrus erinomainen=40 tst/min, vatsat erinomainen=46 tst/min), pieni lisäpaino hyppykoulutuksen aikana saattoi toimia vain sopivan erilaisena ärsykkeenä harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi. (Häkkinen ym 2007, 259; Wilmore & Costill 2004, 20) Ylävartalon lihaskestävyyden paraneminen testeissä voi johtua myös siitä, että lihaskuntotestissä punnerrukset suoritetaan omalla kehonpainolla, jolloin ylimääräistä painoa ei ole mukana. Näin ollen punnerruksien suorittaminen saattoi tuntua henkisesti helpommalta kuin mihin varusmiehet olivat tottuneet hyppyperuskoulutuksen aikana.

Kaiken kaikkiaan fysiologisten vasteiden osalta voidaan todeta, että koehenkilöt olivat erittäin hyvässä fyysisessä kunnossa, niin kuin erikoisjoukkojen osalta voidaan vaatia. Esimerkiksi ulkomaisissa asevoimien tutkimuksissa korkeimpia mitattuja maksimaalisen hapenottokyvyn arvoja erikoisjoukkojen osalta on raportoitu seuraavasti: Yhdysvaltojen merivoimien Raivaa-
 jasukeltajat (Basic Underwater Demolition- Seals) ($62,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), Britannian laskuvarjo-
 joukot ($58,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), Yhdysvaltojen merivoimien SEAL- joukot ($57,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ja
 Yhdysvaltojen maavoimien erikoisjoukot ($55,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (Carlson & Jaenen 2012). Eli
 ulkomaisiin erikoisjoukkoihin verrattuna, aerobisen kunnan osalta koehenkilöjoukko
 ($57,1 \pm 2,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) sopii hyvin erikoisjoukkojen pariin. Vaikka hyppyperuskoulutuksen
 jälkeen varusmiesten tulokset huononivat erittäin merkittävästi (hapenkulutus toisen testin
 jälkeen oli 1 joukkue, $55,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ja 2 joukkue, $55,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), myös nämä tulokset
 täyttivät silti maksimaalisen hapenkulutuksen osalta Pääesikunnan erikoisjoukoille asettamat
 vaatimukset $55\text{--}60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. (Kouluttajan opas 2006, 14, 142–143.)

8.3 Hormonaalisten ja lihasvauriomuuttujien vasteet

Kortisoli ja SHBG. Hyppyperuskoulutuksen aikana hormonaalisten vasteiden osalta muutoksia havaittiin sekä SHBG:ssä että kortisolin arvoissa. Koska kortisoli arvot käyttäytyivät eri tavoin verrattaessa joukkueiden arvoja keskenään hyppyperuskoulutuskauden aikana, on syytä pohtia mistä erilaiset muutokset johtuvat. Koska kortisoli pitoisuuksien on todettu nousevan fyysisen (Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004) tai psyykkisen (Morgan ym 2000; Kunz-Ebrecht ym. 2003; Ritvanen 2006) rasituksen seurauksena, oletettavampaa olisi ollut juuri arvojen nouseminen. Varsinkin, kun kouluttajien mukaan tarkoituksena on osittain luoda myös henkisesti raskas koulutus fyysisen rasituksen lisäksi.

Vertailtaessa joukkueittain ensimmäisen ja kolmannen mittauksen tulosta, vain ensimmäisellä joukkueella kortisoli on laskenut merkitsevästi kolmanteen mittaukseen. Tämän lisäksi myös toisella joukkueella on havaittavissa samanlainen trendi. Näin ollen ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä on tapahtunut jotain muutosta, joka saa aikaan sen, että toisessa mittauksessa ensimmäisen joukkueen arvot ovat huomattavasti korkeammalla kuin toisen joukkueen arvot. Ja on myös epätodennäköistä, että juuri ennen kolmatta mittausta olevilla tapahtumilla, kuten kolme päivää ennen verikokeita tapahtuneella raskaalla koulutuspäivällä, kaksi päivää ennen tehdyllä ensimmäisellä laskuvarjohypyllä tai sen jälkeen illalla juostavalla barettijuoksulla olisi ollut merkitystä kortisoli arvojen vaihteluun. Vaikka kortisoli arvojen on todettu nousevan merkitsevästi ensimmäistä laskuvarjohyppyään suorittavilla nuorilla (26vuotta) lääketieteen opiskelijoilla (Chatterton ym 1997), yleisesti ottaen kortisoli arvojen on todettu palauvan jo 24 tunnissa lähes normaalille tasolle (Opstad 1994; Morgan ym. 2000).

Sen sijaan lähtötasomittauksien jälkeen molemmilla joukkueilla oli kahden viikon aikana harjoituspäiväkirjaa tarkasteltaessa kuormituksen osalta kevyttä koulutusta (RPE 3-4) ja varusmiehet ovat nukkuneet hyvin (7h) koulutusviikkojen aikana. Toinen joukkue, jolla kortisolin arvot ovat alhaiset toisessa mittauksessa, on saanut energiaa ja ravintoa hiukan vajaammin kuin ensimmäinen joukkue. Mutta pääasiassa ravinto ja nesteytys ovat olleet molemmilla joukkueilla riittävää, jolloin on myös epätodennäköistä, että merkitsevä ero selittyisi ravinnon ja nesteytyksen avulla. Tämän lisäksi, molemmilla joukkueilla kortisolin arvoille käy päinvastaisesti myös kolmannen ja neljännen mittauksen välillä, vaikka harjoituspäiväkirjan merkinnöillä ei ole eroa joukkueiden kesken kuormituksessa, unessa, energiassa ja nesteytyksessä.

Toisaalta taas, koska kortisolin arvojen käyttäytyminen on ollut kovin ristiriitaista (Opstad ja Aakvaag 1981; Fernandez-Garcia ym. 2002; Gomez-Merinin ym. 2003; Nindl ym. 2007b; Kyröläinen ym. 2008; Fortesin ym. 2011), joukkueiden kortisolin arvojen vaihtelu ei välttämättä ole mikään yllätys. Näin ollen syy mistä erilaiset kortisolin arvojen muutokset johtuvat, jäävät vaille selitystä. Tästä huolimatta, on kuitenkin hyvä todeta, että kortisoli arvot olivat molemmilla joukkueilla aamulla otetuissa näytteissä viitearvojen (150–650 nmol/l) sisällä kaikissa mittauksissa (”Kortisoli”. Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. <<http://www.yml.fi> 11.4. 2014).

Verrattaessa joukkueittain hyppyperuskoulutuksen aikana tapahtuvia muutoksia SHBG:n arvoissa, ensimmäisellä joukkueella SHBG:n arvot nousivat merkitsevästi, toisin kuin toisella joukkueella. Mutta siitä huolimatta, myös toisella joukkueella trendi on samansuuntainen kuin ensimmäisellä joukkueella. Koska esimerkiksi Tanskasen (2012) tutkimuksessa SHBG:n arvojen arveltiin olevan hyvä kuormittumisen mittari, näin ollen on syytä olettaa, että ensimmäinen joukkue on kuormittunut enemmän kuin toinen joukkue hyppyperuskoulutuksen aikana. Huomionarvoista on kuitenkin se, että molemmilla joukkueilla SHBG:n arvot ovat molemmilla joukkueilla korkeimmillaan heti taisteluharjoituksen jälkeen. Näin ollen on myös syytä olettaa, että taisteluharjoitus on ollut kuormittavampi kuin hyppyperuskoulutus. SHBG:n arvot eivät muutu ensimmäisen ja viidennen mittauksen välillä, jolloin on myös syytä olettaa, että varusmiehet ovat palautuneet hyppyperuskoulutus kaudesta, vaikka heti sen perään on ollut kuormittava taisteluharjoitus.

Huolimatta siitä että SHBG:n arvot ovat korkeimmillaan neljännessä mittauksessa (1 joukkue 45,6nmol/l, 2 joukkue 41,4nmol/l), molemmilla joukkueilla korkeimmat arvot pysyvät viitearvojen (10 - 57nmol/l) sisällä. Vaikka viitearvoja ei yleensä voi suoranaisesti verrata muihin tutkimuksiin, voidaan kuitenkin todeta, että esimerkiksi Tanskasen (2012) tutkimuksessa, jossa tutkimushenkilöt ovat samanikäisiä kuin tässä tutkimuksessa, varusmiesten viitearvot matalimman (p-kauden alussa) ja korkeimman (p-kauden jälkeen) mitatun arvon välillä vaihteli n. 35–40nmol/l. Salosen (2008) tutkimuksessa puolestaan kolmen päivän partiotiedustelun aikana arvot pysyivät samana n 22nmol/l tienoilla. Tosin näissäkin tutkimuksissa arvot pysyivät viitearvojen sisällä. Huomionarvoista on kuitenkin se, että tässä tutkimuksessa heti taiste-

luharjoituksen jälkeen mitatut SHBG:n olivat korkeammalla Tanskasen (2012) ja Salosen (2008) tutkimuksiin verrattuna.

Testosteroni ja IGF- 1. Ei ole ihme että juuri neljännessä mittauksessa testosteronitasot ovat merkitsevästi alhaisimmillaan, koska testosteronin pitoisuuden on yleensä todettu laskevan pitkäkestoisissa suorituksissa (Adlercreutz ym. 1986; Fernandez-Garcia ym. 2002) sekä sotilaallisissa harjoituksissa (Nindl ym. 2006; Gomez-Merino ym. 2003; Opstad 1992a; b; Salonen 2008; Fortes ym. 2011,) ja energiavajeessa (Friedl ym. 2000) ja miehillä univajeessa (Cote 2012). IGF-1 arvojen on puolestaan todettu laskevan fyysisesti raskaassa ja pitkäkestoisessa sotilaallisessa harjoituksessa (Gomez – Merinon ym. 2004) ja erityisesti energiavajeen yhteydessä (Nindl ym. 2007b; Alemany 2008; Fortes ym. 2011). Jos katsotaan harjoituspäiväkirjaa, taisteluharjoituksessa kokonaiskuormitus on ollut kovempaa kuin esimerkiksi kahtena ensimmäisenä tutkimuksen viikkona. Energian riittävyys on ollut lähempänä vajaata kuin esimerkiksi hyppyperuskoulutuksen aikana, nesteytys on ollut heikompaa kuin hyppyperuskoulutuksen toisen – neljännen viikon välillä ja varusmiehet ovat nukkuneet vain kolme – neljä tuntia yössä.

Koska testosteroni tasot eivät muuttuneet hyppyperuskoulutuksen aikana, voidaan todeta, että SHBG:n arvojen lisäksi, myös testosteronin ja IGF-1 arvojen laskeminen neljännessä mittauksessa antaa viitteitä siitä, että taisteluharjoitus on ollut kuormittavampi kuin hyppyperuskoulutus. Tämän lisäksi vaikka testosteronin ja IGF-1 arvot ovat laskeneet erittäin merkitsevästi neljännessä mittauksessa, arvot ovat palautuneet viimeisessä mittauksessa molemmilla joukkueilla lähtötasomittauksien tasolle. Koska harjoittelua keventämällä ja kuormitusta vähentämällä pitoisuudet palaavat normaalitasolle (Heinonen 2010, 138.), voidaan todeta, että kuormitus on ollut taisteluharjoituksen jälkeen sopivan kevyttä, jolloin varusmiehet ovat palautuneet.

Huomionarvoista testosteronin tulosten osalta on se, että kolmessa ensimmäisessä mittauksessa sekä viidennessä mittauksessa testosteroniarvot pysyvät muuttumattomina, mutta silti normaaleihin viitearvoihin verrattuna (16-50v miehillä 10–38nmol/l) arvot ovat kuitenkin enemmän lähellä alarajaa (1 joukkue 13.2 – 12.3nmol/l, 2 joukkue 12.3 -13.0nmol/l) kuin ylärajaa. Esimerkiksi Nindl ym. (2007b) tutkimuksessa jossa koehenkilöiden (ikä 24,6±4,1v, pituus 176,1±7,8cm, paino 78,4±8,7kg, BMI 25,6±4,2) testosteronin lähtöarvot olivat ennen 8 viik-

koa kestävä ”ranger” - kurssia 17.3 ± 4.8 nmol/l, joka on enemmän kuin tässä tutkimuksessa. Kurssin jälkeen puolestaan arvot olivat vain 3.0 ± 1.8 nmol/l, jolloin viitearvot alittuivat reilusti. Myös tässä tutkimuksessa neljä yötä, neljä päivää kestäneen taisteluharjoituksen jälkeen testosteronin arvot olivat hyvin lähellä ”ranger” - kurssin loppuarvoja. Keskiarvot olivat ensimmäisellä joukkueella 4.8 nmol/l ja toisella joukkueella 9.0 nmol/l. Eräällä henkilöllä testosteronin arvot olivat taisteluharjoituksen jälkeen vain 0.7 nmol/l, mikä on esimerkiksi vähemmän kuin naisilla, joilla viitearvojen yläraja on 2,8 nmol/l (”Testosteroni” Terveyskirjaston [www-sivusto](https://www.terveyskirjasto.fi/).<https://www.terveyskirjasto.fi/> .11.4.2014).

Harjoittelun jälkeen testosteronin lepopitoisuus yleensä nousee, jolloin nousu edistää lihasmassa ja maksimivoiman kasvua. Esimerkiksi voimaharjoittelu on pyrittävä ohjelmoimaan kuormituksen ja levon kannalta siten, että kovankin harjoitusjakson aikana anabolisten hormonien lepopitoisuudet eivät laske liikaa ainakaan pitkäksi aikaa. (Häkkinen & Mero 2007, 135.) Vaikka anabolisten hormonien kuten testosteronin ja IGF- 1 arvot olivat viitearvoihin verrattuna koko ajan molemmilla joukkueilla vain vähän alarajan yläpuolella (pl. neljäs mittaus), niin oleellista on kuitenkin se, että ne eivät laskeneet kuin tilapäisesti taisteluharjoituksen aikana viitearvojen alapuolelle. Se taas mielestäni kertoo siitä, että koko tutkimuksen 9 viikon ajan koulutus on ollut tasaisesti kuormittavaa, mutta silti normaalia raskaampaa, jolloin arvot ovat tasaisesti viitearvon alarajan tuntumassa.

Kreatiinikinaasi. Mielenkiintoista oli se, että kreatiinikinaasin arvot eivät nousseet merkittävästi hyppyperuskoulutuksen aikana. Vaikka ensimmäisen joukkueen osalta kreatiinikinaasin arvot nousivat lähtötasomittauksesta hyppyperuskoulutuksen jälkeen otettuihin arvoihin, nousua ei tapahdu välittömästi hyppyperuskoulutuksen aikana. Vaikka eroja ei hyppyperuskoulutuksen aikana havaittu, toisella joukkueella kreatiinikinaasin arvot olivat kuitenkin korkeimmillaan heti hyppyperuskoulutuskauden jälkeen.

Kreatiinikinaasin arvojen on todettu olevan korkeimmillaan 2-5 päivää yhden harjoituksen jälkeen (Clarkson ym 1987) ja lisäksi sen on todettu nousevan yhdistetyn voima ja kestävyys harjoituksen jälkeen kolmen tunnin kuluttua kaksinkertaiseksi ja 12 h jälkeen jopa kolminkertaiseksi (Bessa ym. 2013). Oletettavampaa olisi ollut, että toisella joukkueella arvot olisivat olleet korkeampia heti taisteluharjoituksen jälkeen. Toinen joukkue oli saanut levätä kaksi tuntia enemmän ennen mittausta kuin ensimmäinen joukkue, joka nukkui vain 2,5h ko-

ko yön aikana.. Siitä huolimatta arvot olivat kuitenkin ensimmäisellä joukkueella merkitsevästi ($p < 0.05$) korkeammat kuin toisella joukkueella ($1108 \pm 764 \text{U/l}$ vs $665 \pm 396 \text{U/l}$).

Verrattaessa tutkimuksen kreatiinikinaasin arvoja normaaleihin viitearvoihin (alle 50 vuotiailla miehillä $50 - 400 \text{U/l}$), voidaan todeta, että tutkimuksen viitearvot olivat molemmilla joukkueilla vain ensimmäisessä (1 joukkue $351 \pm 451 \text{U/l}$, 2 joukkue $316 \pm 277 \text{U/l}$) ja ensimmäisellä joukkueella myös viimeisessä (1 joukkue $364 \pm 228 \text{U/l}$) testissä alle viitearvojen. Muissa mittauksissa arvot olivat yli viitearvojen ja ensimmäisellä joukkueella neljännessä ($1108 \pm 764 \text{U/l}$) mittauksessa lähes kolminkertaisesti yli viitearvojen. Kuten tiedetään, kovan ja erityisesti eksentrisen lihastyön aikana kreatiinikinaasin arvot saattavat nousta poikkeuksellisen korkealle (Urhausen & Kindermann 1992). Tämä johtuu siitä, että näissä harjoituksissa lihakseen syntyy enemmän lihasvaurioita. Ja taas toisinpäin, jos lihasvaurioita ei synny, tällöin eivät myöskään kreatiinikinaasin arvot nouse merkitsevästi.

Esimerkiksi rotilla lihasvaurioiden syntyyn on puolestaan todettu vaikuttavan enemmän lihaksen mekaaniset kuin aineenvaihdunnalliset tekijät (Warren ym. 1993). Lihasvaurioiden määrään on todettu vaikuttavan mm. harjoituksen laji ja teho, lihassupistusten määrä, harjoitettavan lihaksen pituus ja onko kyseessä eksentrisen harjoitus vai ei. Näin ollen vaihtelu yksilöittäin voi olla erittäin suurta (Nosaka & Sakamoto, 2001). Jos henkilöllä on valmiiksi lihasvaurioita, kreatiinikinaasin arvot saattavat olla korkeita. ("Kreatiinikinaasi (PCK)". Terveyskirjaston www-sivusto. <https://www.terveyskirjasto.fi/> .11.4.2014). Näin ollen jo lähtökohtaisesti suuret kreatiinikinaasin arvot voivat kertoa siitä, että varusmiehillä on ollut lihasvaurioita jo ennen lähtötasotestejä tai vaihtoehtoisesti fyysistä harjoittelua on ollut paljon ja sen seurauksen lihasvaurioita on syntynyt. Tämän lisäksi esimerkiksi hiiritutkimuksissa on huomattu, että väsymys saattaa jopa ehkäistä pitkäaikaisia lihasvaurioita vähentämällä sarkomeerien venymistä liian pitkälle filamenttien ohi (Choi & Widrick 2009). Koska kreatiinikinaasin arvot eivät vaihtelee merkitsevästi koko tutkimuksen aikana pois lukien neljännessä mittauksessa, se voi johtua siitä, että varusmiehet ovat koko ajan väsyneessä tilassa. Tällöin uusia lihasvaurioita ei synny ja kreatiinikinaasin arvot eivät nouse.

8.4 Kehonkoostumus

Kehonkoostumuksen osalta muutokset olivat verrattain pieniä. Ensimmäisen joukkueen osalta hyppyperuskoulutus näytti lisäävän kehon rasvamassaa erittäin merkitsevästi lihasmassan pienentyessä ja painon noustessa hieman, mutta ei kuitenkaan merkitsevästi. Koska rasvamassan määrä oli ensimmäisellä joukkueella toisessa mittauksessa alhaisempi kuin lähtötasomittauksessa ja toisella joukkueella näin ei käynyt, voi syy johtua seuraavista seikoista. Joko ensimmäisen joukkueen rasvamassan määrä on oikeasti pudonnut toisessa mittauksessa, tai toisessa mittauksessa kehon nestetasapaino ei ole ollut normaali.

Rasvaton massa koostuu lihasmassasta ja luumassasta. Koska rasvattoman massan määrä bioimpedanssilaitteessa perustuu olettamukseen, jonka mukaan rasvattoman massan nestemäärä on 73,2 %, yli nesteytetyssä tilassa tai vajaassa nestetilassa rasvattoman massan määrä saattaa vääristyä. Yleensä luumassan muutokset ovat suhteellisesti pienempiä kuin esimerkiksi lihasmassan muutokset, jolloin kehon nesteytystaso vaikuttaa tällöin erityisesti lihasmassan määrään. (Sillanpää ym. 2014).

BIA (Bioimpedanssianalyysi) mittauksissa nesteytyksellä on vaikutusta myös rasvamassan määrään. Jos kehon nesteytys on heikko, tällöin rasvamassan määrä on suurempi, mitä se olisi normaalissa nesteytystilassa. Eli tämän tutkimuksen osalta rasvamassan nouseminen ensimmäisellä joukkueella saattoi johtua siitä, että varusmiesten kehon nestetaso oli normaalia alhaisempi kolmannessa mittauksessa. Tällöin laite näyttää liian suurta rasvamassan määrää ja pienempää lihasmassan määrää.

Koska kehonkoostumus pääosin muuttui rasvattoman massan, rasvamassan ja painon osalta vain neljännessä ja osittain myös viidennessä mittauksessa, voidaan olettaa, että sekä taisteluharjoituksen ja ennen viimeistä mittausta olevan luonnonmuonakurssin aikana fyysinen rasitus, kehon energia ja nestetasapaino eivät ole olleet tasapainossa. Myös harjoituspäiväkirjaa tarkastelemalla nähdään, että kyseisinä ajanjaksoina varsinkin nesteytys ja energiansaanti ovat olleet heikkoa. Lisäksi harjoituspäiväkirjasta nähdään, että taisteluharjoituksen aikana kokonaiskuormitus on ollut kovempaa kuin muina viikkoina, pl. hyppyperuskoulutuskautena.

Verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksia muihin tutkimuksiin, voidaan todeta, että tulokset olivat odotettuja. Kehonkoostumuksessa merkitseviä muutoksia voi tapahtua lyhyessä ajassa varsinkin fyysisesti raskaassa sotilaskoulutuksessa, jos siihen yhdistetään univaje ja korkea energiankulutus (Nindl 2002; Hoyt ym. 2006; Salonen 2008). Kuitenkin tässä tutkimuksessa nämä kaikki tekijät olivat läsnä vain kuormittavassa taisteluharjoituksessa, jossa koehenkilöt nukkuivat keskimäärin kolme – neljä tuntia yössä ja heidän energiansaantinsa oli normaalia riittämättömämpi. Tällöin myös rasvamassa väheni erittäin merkitsevästi molemmilla joukkueilla.

Toisaalta, rasvamassan väheneminen saattoi johtua myös siitä, että taisteluharjoituksen jälkeen tehty mittaus poikkesi lähtökohdiltaan muista mittauksista. Varusmiehet eivät saaneet levätä ennen mittauksia kuin kaksi tuntia ja heidän nesteiden nauttiminen oli rajoitettu kahteen litraan ilta yhdeksän jälkeen. Tällöin kehon nestetasapaino ei välttämättä ole ollut sopiva tähän mittaukseen. Ensimmäisellä joukkueella hyppyperuskoulutuksen aikana rasva massan määrä nousi ja toisella joukkueella ei havaittu muutoksia. Tällöin voidaan todeta, että olosuhteet kehonkoostumuksen muuttumattomuuteen ovat olleet olemassa riittävän unen, ravinnon saannin ja nesteytyksen ansiosta toisin kuin taisteluharjoituksessa.

8.5 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta lisää käytettävissä olevien mittaus menetelmien toistettavuus. Luotettavan tutkimuksen tunnistaa siitä että, että se pystytään toistamaan samoilla mittausmenetelmillä uudestaan tuloksien pysyessä samanlaisena. (Metsämuuronen 2003, 42 – 45.) Tässä tutkimuksessa käytettiin mittausmenetelminä fyysisen suorituskyvyn testeinä Cooperin juoksutestiä, isometrisiä maksimivoima testejä sekä puolustusvoimien lihaskuntotestiä. Hormonaaliset muutokset saatiin mitattua verikokeista ja kehonkoostumuksen muutokset mitattiin bioimpedanssilaitteella.

Isometrinen testien osalta etuja ovat hyvä toistettavuus, turvallisuus, ne ovat helposti suoritettavia sekä ne eivät vaadi testattavalta erityistä taitoa. Isometrinen maksimivoiman mittaukseen

sa tulee olla erityisen tarkka nivelkulmien vakioinnissa. Nivelkulmat tulee määrittää goniometrin avulla. Yleensä testeissä käytetään nivelkulmia, joilla mitattavien lihasten voimantuotto on suurinta. Esimerkiksi polvien ojentajilla tämä tarkoittaa 107° kulmaa (Keskinen 2005, 113–114.) Tässä tutkimuksessa nivelkulmat määritettiin erikseen jokaiselle henkilölle samojen henkilöiden toimesta. Nivelkulmana käytettiin kuitenkin 117° astetta. Laitteet säädettiin nivelkulmien mukaan ja laitteen asetukset henkilöittäin kirjattiin muistiin. Koko tutkimuksen ajan käytettiin samoja nivelkulmia. Vaikka nivelkulmat olisivat olleet erilaiset eri henkilöillä, pääasia oli kuitenkin se, että samalla henkilöllä käytettiin samoja laitteen asetuksia koko tutkimuksen ajan. Isometrinen mittaus on lisäksi myös lihaskestävyyden mittaukset suoritettiin vakioidulla tavalla. Jokaisella kerralla näytettiin vielä erikseen mallisuoritukset, jotta liikkeet suoritettiin mittauksen aikana oikein. Lihaskuntotestin aikana henkilöiden suorituksia valvottiin testin pitäjän ja hänen lisäksi kolmen apulaisen toimesta.

Cooperin juoksu testi toimii epäsuorana testinä maksimaalisen hapenottokyvyn arvioimiseen. Korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn ja Cooperin testin välillä on 0.90 (Cooper, 1968). Testiin vaikuttaa juoksijan motivaatio sekä kyky juosta tehokkaasti koko suorituksen ajan. Jotkut aloittavat liian kovaa alussa ja väsyvät ennen loppua tai jopa keskeyttävät. Toiset saattavat aloittaa liian hitaasti ja jatkaa samalla vauhdilla loppuun asti. Eli väärä vauhdinjako tai motivaation puute vaikuttaa lopputulokseen. (McArdle 2007, 249.) Välttämättä varusmiesten motivaatio ei ollut paras mahdollinen Cooperin testin juoksemiseen heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen, mikä saattaa heijastua testin tuloksiin.

Vaikka fyysisten suorituskyvyn testien toistettavuus oli hyvä ja testejä käytetään paljon liikuntatieteellisissä tutkimuksissa, tässä tutkimuksessa on myös muita rajoitteita. Tutkimuksen luotettavuutta varjostaa esimerkiksi neljännen mittauksen ajankohta ja joka vaikuttaa suoranaisesti kehonkoostumuksen ja verinäytteiden tulosten luotettavuuteen ja erityisesti siihen, voidaanko mittauksia suoranaisesti vertailla toisiinsa. Kehokoostumuksen ja verinäytteiden osalta on tärkeää, että esimerkiksi syöminen, nesteiden nauttiminen ja fyysinen rasitus on vakioitu kunnolla. Syömistä ja juomista pitäisi välttää verikokeita edellisena iltana klo 22:00 jälkeen ja tulosten luotettavuuden varmistamiseksi laboratoriotestejä ei saisi koskaan ottaa välittömästi rasituksen jälkeen. Äkillinen rasitus pienentää plasman tilavuutta noin 10 %:lla ja pitkäkestoinen rasitus pienentää suuremmalla varmuudella plasmatilavuutta (Heinonen 2005, 132–133.)

Koehenkilöille oli ohjeistettu heti tutkimuksen alussa, että ennen kehonkoostumusmittauksia ja verinäytteitä koehenkilöiden tuli olla syömättä ja juomatta vähintään 10h ennen mittauksien alkua. Koska neljännessä mittauksessa varusmiehet marssivat yön aikana 3-6 tuntia painava rinka selässä, näistä suosituksista oli kuitenkin pakko luopua. Näin ollen kouluttajien kanssa sovittiin, että varusmiesten sallitaan juovan yhteensä vain kaksi litraa klo 22.00 jälkeen. Levon ja fyysisen aktiivisuuden määrä ennen testiä sen sijaan vaihteli joukkueittain. Ensimmäisen joukkue marssi kuusi tuntia klo 22:00 – 04:00 välisenä aikana ja nukkui ennen testiä n. kaksi tuntia, kun taas toinen joukkue marssi ensin yhden tunnin, nukkui neljä tuntia ja marssi jälleen kaksi tuntia.

Vaikka neljännessä mittauksessa varusmiesten olosuhteet testien tekemiseen olivat erilaiset, pääasia oli se, että varsinaiset mittaukset suoritettiin vakioidulla tavalla. Verinäytteet otettiin siihen koulutettu Utin Jääkäriyrykmentin terveysaseman henkilökunta ja varusmiehet suorittivat kehonkoostumuksen mittaukset samalla laitteella koko tutkimuksen ajan. Lisäksi kaikki verinäytteet otettiin hormonaalinen vuorokauden vaihtelu huomioon ottaen aamulla klo 08:00-10.00 välisenä aikana, mikä on yleinen suositus verinäytteiden ottamiselle (Heinonen 2005, 133).

Sen lisäksi, tutkimuksen tuloksien analysoinnissa täytyy huomioida, että varusmiehet olivat olleet jo kaksi viikkoa palveluksessa ennen lähtötasotestien tekemistä. Tällöin on syytä kyseenalaistaa, onko varusmiesten lähtötaso ensimmäisessä testissä heidän todellinen lähtötaso. Lisäksi sekä lihaskuntotestit ja Cooperin testi tehtiin vain kolme kertaa. Näin ollen tulokset olisivat voineet muuttua, jos lihaskuntotestit olisi tehty viisi kertaa kuten maksimivoimatestit. Muutokset testien välillä eivät välttämättä olisi olleet merkitseviä. Esimerkiksi vauhdittoman pituuden tulos olisi voinut laskea erittäin merkitsevästi jo ennen hyppyperuskoulutuskautta.

Tärkeintä harjoituspäiväkirjan täyttämässä on se, että koehenkilöt täyttävät sitä rehellisesti. Toiseksi, harjoituspäiväkirjan täyttäminen pitää ohjeistaa kunnolla, jotta koehenkilöt täyttävät sitä oikein. Tässä tutkimuksessa harjoituspäiväkirjan täyttämistä harjoiteltiin viikko ennen tutkimuksen alkua. Varusmiehet myös ohjeistettiin täyttämään harjoituspäiväkirja omien

tuntemusten mukaan. Vaikka harjoituspäiväkirja ottaa huomioon kuormittavia tekijöitä, toisaalta se herättää esimerkiksi nesteytyksen ja ravinnon osalta paljon kysymyksiä. Harjoituspäiväkirjasta ei esimerkiksi selviä, onko energiankulutus kasvanut siten, ettei normaalisti saatavilla ollut ravinto riittänyt vai onko ruokaa ollut tarpeeksi saatavilla. Kokonaiskuormituksen tuntemus ei myöskään kerro sitä, kumpi on enemmän vaikuttanut kuormituksen tuntemukseen, fyysinen vai psyykinen rasitus.

Loppujen lopuksi voidaan kuitenkin todeta, että näistä seikoista huolimatta, lähes samanikäisiä ja fyysiseltä suorituskyvyltään samantasoisia koehenkilöitä oli 62. Tämän kokoista joukkoa voidaan pitää jo todella luotettavana tieteellisessä tutkimuksessa tilastollisten merkitsevyyksien saamiseksi. Lisäksi tilastolliset analyysit tehtiin tilastotieteisiin perehtyneen henkilön avustamana.

8.6 Johtopäätökset

1. Neljä viikkoa kestävä intensiivinen hyppyperuskoulutuskurssi kuormitti erinomaisessa kunnossa olevia varusmiehiä heikentämällä aerobista kestävyttä, alavartalon hermostolihasjärjestelmän suorituskkyä, mutta parantamalla ylävartalon lihaskestävyyttä. Tämän lisäksi hyppyperuskoulutuskurssi muutti hormonivasteita laskien kortisoli sekä nostamalla SHBG arvoja, mutta ei kuitenkaan merkitsevästi muuttanut kehonkoostumusta.
2. Taisteluharjoituksen mukana tuoma fyysinen kuormitus yhdistettynä uni-, energia- ja nestevajeeseen aiheuttivat suuremmat muutokset hormonaalisissa muutoksissa ja kehonkoostumuksessa kuin hyppyperuskoulutuskauden aikana, jossa varusmiesten uni, nesteytys ja energian saanti oli riittävää. Hormonien osalta taisteluharjoituksen kuormitus näkyi ensisijaisesti erittäin merkitsevänä testosteronin ja IGF-1 laskuna, SHBG:n nousuna sekä kehonkoostumuksen osalta rasvamassan ja painon laskuna.
3. Varusmiehet ehtivät pääosin palautua hyppyperuskoulutuksesta ja toisaalta, heti sen

perään olevasta taisteluharjoituksesta. Varusmiesten muutokset kehonkoostumuksessa, hormonaalisissa muutoksissa, lihasvauriomuuttujissa sekä fyysisessä suorituskyvyssä pois lukien vauhdittomassa pituudessa palautuivat ennalleen tutkimusjakson lopussa tehdyssä mittauksessa. Vauhdittoman pituuden tulokset osoittavat, että alavartalon osalta hermolihasjärjestelmä ei ehtinyt täysin palautumaan rasituksesta. Tulokset osoittavat, että fyysinen kuormitus oli tutkimusjakson aikana optimaalinen.

Nykyinen tutkimus antoi kattavasti tietoa siitä, miten hyppyperuskoulutus kuormitti fyysisesti varusmiehiä. Tutkimus ennen kaikkea osoitti, että jopa erinomaisessa kunnossa olevien sotilaiden koulutus vaatii kevyempiä jaksoja koulutuksen aikana, jos varusmiesten suorituskyky halutaan säilyttää tai vaihtoehtoisesti parantaa. Tutkimus myös osoitti, että sotilaiden koulutuksessa ja erityisesti kuormituksen hallinnan näkökulmasta tärkeitä tekijöitä on fyysisen kuormituksen, riittävä ravinnon, nesteytyksen ja unen saanti. Koulutuksen suunnittelussa kuormittavuutta ei voi pelkästään arvioida sen mukaan, miten raskasta koulutus on fyysisesti. Arvioinnissa täytyy huomioida myös kuinka paljon varusmiehet saavat nukkua, saavatko he riittävästi ravintoa ja nestettä elimistön nestetasapainon ylläpitämiseksi. Tutkimus esimerkiksi antoi viitteitä siitä, että mitä enemmän kuormittavia tekijöitä on yhteensä, sitä kuormittavampaa koulutus on.

Koska hyppyperuskoulutus ja taisteluharjoitus saivat aikaan fyysisen suorituskyvyn laskua, muutoksia hormonaalisessa tasapainossa sekä kehonkoostumuksessa, voidaan osittain todeta, että kuormituksen on täytynyt olla kovaa, jotta tällaisia muutoksia saadaan aikaiseksi erinomaisessa kunnossa olevilla sotilaille. Koska varusmiehet ehtivät lähes kokonaan palautua tutkimusjakson loppuun mennessä, lähes täydelliseen palautumiseen riitti kaksi viikkoa. Osittain nopeaan hengitys- ja verenkiertoelimistön palautumiseen saattaa olla syynä esimerkiksi se, että kahden viikon koulutusjakso toimi varusmiehille aktiivisena palautusjaksona, jossa täydellisen levon sijaan varusmiehet liikkuivat aktiivisesti. Tällöin esimerkiksi verenkierron toimiessa tehokkaammin laktaatti poistui nopeammin lihaksista (McArdle ym. 1996, 169; Toubekis ym. 2008). Mutta mitä olisi vaadittu täydelliseen palautumiseen, jolloin myös hermolihasjärjestelmän suorituskyky olisi palautunut ennalleen?

Ensinnäkin on otettava huomioon, että hermolihaskäytännön suorituskyky riippuu kahdesta tekijästä, hermostosta ja lihaksista. Niitä ei voi erottaa toisistaan palautumista käsiteltäessä eli lihaksen tila vaikuttaa myös hermoston toimintaan. Toisin sanoen, huoltamalla lihaksia voidaan huoltaa myös hermoston toimintaa. Näin ollen hermolihaskäytännön suorituskyvyn palauttamisessa oleellinen merkitys on erityisesti lihashuollolla riittävän levon lisäksi. Lihashuollon onnistumisen edellytys on puolestaan se, että tuki ja liikuntaelimistö on terve. Vaivat ja ylläkirjittamiset on hoidettava välittömästi pois. Esimerkiksi usein urheilijoilla lihasrevähtymän taustalla on jokin pikku vaiva, jonka huoltaminen on sen vähäpätöisyyden vuoksi laiminlyöty. (Hietikko 1988, 433.) Vaikka varusmiehet eivät ole urheilijoita, vaan erikoisjoukkosotilaita, silti heidän toiminnastaan voi löytää samanlaisia piirteitä kuin urheilijoilla. Usein myös varusmiehet laiminlyövät joko tahallisesti tai tietämättömyyttään lihashuollon ja välttävät kertomasta vammasta esimerkiksi kouluttajille ja terveydenhuoltohenkilöstölle, jolloin myöhemmässä vaiheessa koulutusta vamma muodostuu jopa esteeksi koulutuksen jatkumiselle. Mutta kuten urheilijoilla, myös varusmiehille parempaan lihashuoltoon ja sitä kautta palautumiseen löytyy ratkaisuja.

Urheilijoilla lihashuollon toimenpiteet suunnitellaan lääkärin, fysioterapeutin tai valmentajan kanssa. Huomio kiinnitetään erityisesti valmennuksellisiin toimenpiteisiin: kuormituksen ja levon suhteeseen, alku ja loppuverryttelyyn, venyttelyyn ja muuhun omakohtaiseen lihashuoltoon sekä palauttaviin harjoituksiin. Lihashuoltoon kuuluvat kaikki terveen lihaksiston huoltamiseen vaikuttavat fysiologiset toimenpiteet, joiden tavoitteena on ylläkirjittamisen estäminen ja maksimaalisen suorituskyvyn turvaaminen. Lihashuollon avulla säilytetään oikeanlainen lihastasapaino, jonka avulla puolestaan ehkäistään urheiluvammojen syntyminen ja lihasten voimankäyttö. Hyvään lihastasapainoon puolestaan kuuluu hyvä ryhti, liikkuvuus, lihasten venyvyys ja liikkeen koordinaatio (Hietikko 1988, 431.) Varusmiesten kannalta onnistuneeseen hermolihaskäytännön suorituskyvyn palautumiseen vaaditaan siis ennen kaikkea riittävästi kouluttajien toimesta suunniteltua kevyempää koulutusta sekä rankkojen koulutusjaksojen aikana, että sen jälkeen ja erityisesti varusmiesten tietoisuuden lisäämiseen lihashuollon merkityksestä.

Esimerkiksi hyppyperuskoulutuskauden aikana koulutus voi olla kovaa, mutta jokaisen koulutuspäivän aluksi ja päätteeksi tulisi olla alussa kunnollinen herättelevä ja toisaalta harjoituksen jälkeen palauttava loppuverryttely. Vaikka tutkimuksen aikana hyppyperuskoulutuksen viik-

ko-ohjelmiin sisältyi iltapäivän päätteeksi huoltavaa harjoittelua, sitä ei kuitenkaan ollut joka päivä. Palautumisen maksimoimiseen tarvitaan jokapäiväisiä toimenpiteitä, joka vaatii niin kouluttajilta kuin ennen kaikkea varusmiehiltä pitkäjänteisyyttä niiden toteuttamiseen. Mielestäni juuri hyppyperuskoulutuksen aikana on hyvä totuttaa varusmiehet jokapäiväiseen lihashuoltoon, jolloin toimenpiteistä voi tulla myöhemmässä koulutuksen vaiheessa enemmän automaatio.

Hyvä puoli on se, että hyppyperuskoulutuksen aikana herättely tapahtuukin jokapäiväisen aamulenkien ansiosta, mutta päivän päätteeksi olisi hyvä varata vielä kilpailuiden jälkeen vähintään 15 minuuttia verryttelyyn, jossa verenkiertoa vilkastutetaan energia ja aineenvaihdunnan tehostamiseksi ja lihasten jännitystila laukaistaan. (Hietikko 1988, 433.) Lisäksi kovan fyysisen rasituksen jälkeen ei ole syytä venyttää lihasta rajusti. Lihaksen ollessa väsyneessä tilassa jänteiden ja lihasten suojaimekanismit eli reflektorisesti toimivat lihas- ja jännekäämit eivät tällöin reagoi normaalilla tavalla. Liiallinen venytys voi tällöin aiheuttaa vaurioita lihaskudokseen. Koulutuksen jälkeen on syytä odottaa vähintään 30 minuuttia ennen venyttelyä, jotta lihaksen pH-tasot alkavat normalisoitua (Pulkinen 1988, 445.) Jos iltapäivän päätteeksi loppuverryttelyä on mahdotonta toteuttaa, tällöin tulee varmistaa että verryttely tapahtuu viimeistään illalla huoltavan harjoituksen muodossa. Tähän kuuluu esimerkiksi alkuverryttely vähintään 10 minuutin ajan erittäin kevyesti sykkeen ollessa alle aerobisen kynnyksen, jonka jälkeen suoritetaan kunnollinen venyttely suorittamalla keskipitkiä (10–30 sekuntia) tai pitkäkestoisia (30–120 sekuntia) venytyksiä. Tämän jälkeen tehdään vielä todella kevyt loppuverryttely (Pulkinen 1988, 445.) Pahinta koulutuspäivän päätteeksi on jättää verryttely kokonaan tekemättä, jolloin lihaksiin kertynyt maitohappo ja kuona-aineet ei pääse poistumaan verenkierron mukana pois elimistöstä ja lihaksen jäävät jännittyneeseen tilaan. Tällöin lihakset altistuvat enemmän rasitusvammoille.

Nyt hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn palauttamiseksi hyppyperuskoulutuksen jälkeen koulutuksen olisi pitänyt olla vielä enemmän suunniteltua kevyempää. Eli käytännössä tämä olisi tarkoittanut sitä, että heti hyppyperuskoulutuksen jälkeen olisi pitänyt olla välissä yksi kevyempi viikko, jolloin lihaksille olisi annettu parempi mahdollisuus palautua. Kevyemmällä koulutuksella tässä mielessä tarkoitan sitä, että koulutuksessa huomioidaan esimerkiksi jalkojen kuormittumisen minimoiminen. Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn palauttaminen ei kuitenkaan välttämättä vaadi passiivista lepoa, vaan siihen tarvitaan usein myös nor-

maalista poikkeavia harjoittelua eli uusia ärsykeitä. Varusmiespalveluksessa uudet ärsykkeet tarkoittavat esimerkiksi hyvin yksipuolisen, lihaksistoa jumittavan koulutuksen yhteydessä esimerkiksi nopeutta vaativia lajeja kuten erilaisia pallopelejä. Toisaalta, tällöin on huolehdittava myös siitä että pelit eivät käy liian raskaiksi ja kuormita lisää. Suositeltavaa onkin pelata lyhyitä aikoja ja esimerkiksi käyttää sählypeleissä vaihtopelaajia, jolloin yhden henkilön peliaikaan sisältyy riittävästi taukoja. Toisena vaihtoehtona nopeusharjoitteiden lisänä tai esimerkiksi muun sotilaskoulutuksen yhteydessä pidettävänä on parempaa ryhtiä, liikkuvuutta ja lihasten venyvyyttä lisäävät erilaiset ketteryys- ja koordinaatioharjoitukset. Näitä ovat erilaiset hyppelyt ja tasapainoharjoitukset. Vinkkejä tasapainoharjoitteluun ja koordinaatioliikkeisiin löytyy nykyaikana esimerkiksi paljon internetistä.

Kun koulutuksessa on huomioitu kouluttajien toimesta palauttavat jaksot, ensisijaisen tärkeää on että niitä tällöin myös noudatetaan. Tällöin tärkeäksi tekijäksi tulee myös varusmiesten sitoutuminen ohjeiden noudattamiseen ja ennen kaikkea vapaa-ajalla tapahtuvaan omatoimiseen lihashuollon toteuttamiseen. Lihashuollon koulutukseen panostamisella ja ennen kaikkea varusmiesten vastuun lisäämisellä sen itsenäisestä toteuttamisesta ei saavuteta hyötyä pelkäämään itse lihashuoltoon, vaan ennen kaikkea saadaan varusmiehet ymmärtämään sen merkitys myös laajemmassa merkityksessä. Yhtälailla itsenäisellä huoltamisen toteuttamisella on tärkeä merkitys etenkin sotilaallisissa harjoituksissa toimintakyvyn säilyttämiseksi. Jos taistelija laiminlyö huoltamisen kuten esimerkiksi syömisen, juomisen, märkien vaatteiden vaihtamisen sekä nukkumisen silloin kun siihen on mahdollisuus, toimintakyky heikkenee, jolloin tehtävän suorittaminen vaarantuu.

Omatoimiseen lihashuoltoon sitouttamiseen ja palautumisen turvaamiseen tarvitaan alussa riittävästi tukea kouluttajilta. Vaikka suurin osa varusmiehistä on harrastanut ja kilpaillut eri urheilulajeissa, lihashuolto saattaa silti olla monelle vierasta tai sitä on pahasti laiminlyöty. Jos riittävää ammattitaitoa ei löydy kouluttajien keskuudesta esimerkiksi lihashuollon kouluttamiseen, apua voi kysyä esimerkiksi terveydenhuollon ammattilaisilta kuten fysioterapeuteilta. Esimerkiksi joukko-osaston fysioterapeutti voi pitää oppitunnin lihaksien huoltamisesta ja rasisvammojen estämisestä sekä jakaa neuvoja kuinka rasisvammojen syntyä voidaan ennaltaehkäistä sekä maastoharjoituksien aikana, kuin kasarmiolosuhteissa. Koulutukseen tulisi myös sisällyttää se, että yhtälailla lihashuollon kanssa palautumista edistää myös oikeanlainen ravinto, nesteytys ja riittävä lepo (Pulkkinen 1988, 438- 440).

Jos palautumisen edistämiseksi tehtäviä keinoja on käytetty ja siitä huolimatta varusmiehet eivät täysin palaudu koulutuksesta, voidaan kurssien kestoja ja koulutusta muuttaa kokonaan toisenlaiseksi. Nykyisellä koulutuksen suunnittelulla varusmiehet ehtivät lähes täysin palautumaan hyppyperuskoulukaudesta ja taisteluharjoituksesta. Mutta jos tämän tutkimusjakson jälkeen vuorossa on esimerkiksi kolme maastoharjoitusviikkoa putkeen, tällöin on todennäköistä että palautumisessa kestää enemmän aikaa kahden viikon sijaan. Tällöin tärkeää on luoda jo ennakkoiden hyvän suunnittelun avulla riittävä palautuminen rankasta koulutuksesta ja näin ollen luoda mahdollisuus elimistön palautumiselle.

Varusmiespalveluksen tavoitteena on, että fyysinen suorituskyky olisi korkeimmillaan palveluksen lopussa. On kuitenkin syytä huomioida, että erikoisjoukkosotilaan, kuten laskuvarjojääkärikoulutuksen täytyy olla sellaista, että varusmiehet oppivat sietämään epämukavuutta ja selviytymään ankaristakin olosuhteista. Erikoisjoukkosotilaiden tulee pystyä toimimaan pitkiä aikoja itsenäisesti pienissä ryhmissä ilman järjestettyä huoltoa. Selviytymistä ja epämukavuuden sietämistä ei voi opettaa millään muulla tavalla kuin luomalla sellaiset olosuhteet, joissa suorituskyvyn ylläpitäminen ei ole mahdollista. Näin ollen on myös syytä miettiä, pitääkö laskuvarjojääkäriin fyysisen suorituskyvyn olla palveluksen lopussa parempi kuin palveluksen alussa? Vai riittääkö sen sijaan että varusmiesten fyysisen suorituskyky palautuu ennalleen?

Toisaalta ei voida jättää huomioimatta myöskään sitä, että kovan kuormituksen yhteydessä elimistö altistuu helpommin rasitusvammoilta. Tässäkin tutkimuksessa rasitusvammoja esiintyi monella koehenkilöllä palveluksen edetessä. Esimerkiksi Cooperin testissä 11 henkilöä jätti viimeisen testin juoksematta vammojen takia. Ennen suurempia koulutuksen linjauksien muutoksia olisi esimerkiksi syytä tutkia, miten raskas palvelus vaikuttaa laskuvarjojääkäreiden tuki- ja liikuntaelin vammojen määrään. Jos kovaa koulutusta voidaan pitää yllä ilman rasitusvammojen lisääntymistä, tällöin rankempaa koulutusta voidaan lisätä. Jos se ei ole mahdollista, tällöin on harkittava ainakin paremmin koulutusjaksojen keskinäistä järjestystä jolloin riittävälle palautumiselle luodaan mahdollisuus. Esimerkkinä tästä hyppyperuskoulutusjakson jakaminen kahteen eri osaan. Tällöin hyppyperuskoulutuskurssin ensimmäinen jaksso voidaan suorittaa palveluksen alussa, jolloin varusmiehet pääsevät hyödyntämään hyppäämistä muuhun koulutukseen kuuluvana osana ja jatkokoulutus järjestettäisiin vasta palveluksen puolenvälin jälkeen tai silloin kun siihen on hyvä mahdollisuus. Tosiasia kuitenkin on,

että fyysinen suorituskyky kasvaa kovan harjoittelun jälkeen vasta riittävän palautumisen ansiosta ja tämän tutkimuksen jälkeen varusmiehet ovat vasta palveluksen alkuvaiheessa. Koulutuksen tulee olla kovaa ja ankaraa esimerkiksi hyppyperuskoulutuksen aikana, mutta esimerkiksi sen jälkeisellä riittävällä palautumisella turvataan myöhemmässä vaiheessa ilmenevät ongelmat, kuten esimerkiksi varusmiespalveluksen estävät rasitusvammat.

LÄHTEET

Ahokanto, H., Laitinen, H., Reiman, K., Solasaari, S. 2003. Punabaretit - Laskuvarjojääkärikoulu 1962 -1966. Kariston kirjapaino Oy. Hämeenlinna

Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, H., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. & Karvonen, J. 1986. Effects of Training on Plasma Anabolic and Catabolic Hormones and Their Response During Physical Exercise. *Int. J. Sports Med.* 27-28 New York.

Aikko, J. 2010. Muutosmatka sotilaaksi – Sotilaan kasvu kovissa olosuhteissa ja siihen vaikuttaminen sotilaskoulutuksessa. Maanpuolustuskorkeakoulu /Täydennyskoulutus- ja kehittämiskeskus. Edita Prima Oy, Helsinki.

Alemanly J.A., Nindl, B.C., Kellogg, M.D., Tharion, W.J., Young, A.J., Montain, S.J. 2008. Effects of dietary protein content on IGF-I, testosterone, and body composition during 8 days of severe energy deficit and arduous physical activity. *J Appl Physiol* 105: 58–64.

Apple, E.S.1992. The Creatine kinase system in the serum of runners following a doubling of training mileage. *Clinical Physiolog.* 12, 419-424.

Armstrong, R., Warren, G., Warren, J. 1991. Mechanism of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Medicine*, 12: 184-207.

Armstrong, L.E. 2002. Performing in extreme environments. USA, Human Kinetics.

Asevelvollisten fyysinen koulutus. 2012. PvhMS koulutusala 060 (HI323). Liite 1.Fyysisen koulutuksen suunnittelu ja ohjelmointi sekä kuormittavuuden arvioiminen.

Barnett, A. 2006. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? *Sports Medicine* 36, 9, 781-796.

Beaton, L., Tarnopolsky, M., & Phillips, S. 2002. Variability in estimating eccentric contraction-induced muscle damage and inflammation in humans. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27:516-526.

Bessa, A., Oliveira, V.N., De Agostini, G.G, Oliveira, J.S., Oliveira, A.C.S., White, G., Wells, G., Teixeira, D.N.S., Espindola, F.S. 2013. Exercise intensity and recovery: Biomarkers of injury, inflammation and oxidative stress. *Journal of Strength and Conditioning*, 18 April 2013.

Borg, G., 1982. Psychophysical Basis of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 14(5), s377-381.

Bosch, A.N., Weltan, S.M., Dennis. S.C, Noakes, T.D. 1996. Fuel substrate turnover and oxidation and glycogen sparing with carbohydrate ingestion in non-carbohydrateloaded cyclists. *Pflugers Archiv*, 432(6), 1003-1010.

Blom, P., Costill, D.C.,Vøllestad, N.K. 1987. Exhaustive running: Inappropriate as astimulus of muscle glycogen super-compensation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.19,398-403.

Brown, S., Day, S.,Donnelly, A. 1999. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, 17:397-402.

Burke, L.M., Collier, G.R., Beasley, S.K., Davis, PG., Frieker,RA., Heeley, P., Hargreaves, M. 1995. Effect of coingestion of fat and protein with carbohydrate feedings on muscle glycogen storage. *Journal of Applied Physiology*, 78(6). 2187-2192.

Carlson, M.J. Jaenen, S.P. 2012. The Development of a preselection physical fitness training of a preselection physical fitness training program for Canadian Special Operations regiment applicants. *J Strength Cond Res* 26(7), 2–14.

Cameron, E.H.D. & Jones, D.E. 1972. Some observations on the measurement of estradiol-17 β in human plasma by radioimmunoassay. *Steroids* 20, 737, 1972.

- Chatterton, R.T., Vogelsong, K.M., Lu, Y-C., Hudgens, G.A. 1997. Hormonal Responses to Psychological Stress in Men Preparing for Skydiving. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol. 82, No. 8.
- Chicharro, J.L., López-Mojares, L.M., Lucía, A., Pérez, M., Alvarez, J., Labanda, P., Calvo, F., Vaquero, A.F. 1998. Overtraining parameters in special military units. *Aviat Space Environ Med*. Jun;69(6):562-8.
- Chicharro, J.L., López-Calderon, Hoyos, J., Martin-Velasco, A.I., Villa, G., Villanúa, Lucia, A. 2001. Effects of an endurance cycling competition on resting serum insulin-like growth factor I (IGF-I) and its binding proteins IGFBP-1 and IGFBP-3.
- Choi S.J., Widrick, J.J. 2009. Combined effects of fatigue and eccentric damage on muscle power. *J Appl Physiol* 107: 1156–1164.
- Clarkson P.M., Hubal M.J., 2002. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*; 81(Suppl):S52–S69.
- Clarkson, P., Brynes, W., Gillis, E., Harper, E. 1987. Adaptation to exercise-induced muscle damage. *Clin Sci* 73: 383-386.
- Cooper, K.H. 1968. A means of assessing maximal oxygen uptake. *Journal of the American Medical Association*. 203: 201-204.
- Cote, K.A., McCormick, C.M., Geniole, S.N., Renn, R.P., MacAulay, S.D. 2012 Sleep deprivation lowers reactive aggression and testosterone in men. *Biol Psychol*. 2013 Feb;92(2):249-56.
- Costill, D.L., Sherman, W.M., Fink, W.J., Maresh, C., Witten, M., Miller, J.M. 1981 The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running. *Am J Clin Nutr*. 1981 Sep;34(9):1831-6.

Costill, D.L., Pascoe, D.D., Fink, W.J., Robergs, R.A., Barr, S.I. 1990. Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. *J Appl Physiol* 69: 46-50.

Cumming, D., Quigley, M. & Yen, S. 1983. Acute suppression of circulation testosterone level by cortisol in men. *J Clin Endocrinol Metab* 57: 671-673.

Cunniffe, B., Hore, A.J., Whitcombe, D.N. , Jones, K.P. Baker, J.S., Davies, B. 2009. Time course of changes in immunoendocrine markers following an international rugby game. *Eur J Appl Physiol* (2010) 108:113–122.

Denadai, B.S., Greco, C.C., Tufik, S., De Mello, M.T. 2007. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. *Isokinetics and Exercise Science* 5, 281-285.

Eisinger, G.C, Wittels, P. Enne, R. Zeilinger, M. Raush, W. Holzl, T. Dorner, G. and Bachl, N. 2009. Optimizing Operational Physical Fitness in NATO RTG 019 Technical Report. Chapter 6- Evidence-Based Job Analysis and Methodology to Determine Physical Requirements of Special Military Occupations. Springfield.

Enoka, R. 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. Human kinetics.

Esco, M.R., Olson, M.S., Williford, H. 2008. Relationship of push-ups and sit-ups tests to selected anthropometric variables and performance results: A multiple regression study. *J Strength Cond Res* 22:1862–1868, 2008.

Fairchild, T.J., Fletcher, S., Steele,P., Goodman, C., Dawson, B., Fournier, P.A. 2002. Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and exercise*. 34, 980 -986.

Faff, J. Korneta, K. 2000. Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish Army paratroopers during their military service. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. Vol. 71, No9.

Fahrner, C.L., Hackney, A.C. 1998. Effects of Endurance Exercise on Free Testosterone Concentration and the Binding Affinity of Sex Hormone Binding Globulin (SHBG). *Int J Sports Med* 1998; 19(1): 12-15.

Fernandez-Garcia, B., Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J.L., Rodriguez-Alonso, M., Bandres, F. & Terrados, N. 2002. The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *International journal of sports medicine* 2002 Nov; 23(8): 555-60.

Fortes, M.B., Diment, B.C., Greeves, J.P., Casey, A., Izzard, R. & Walsh, N. P. 2011. Effects of a daily mixed nutritional supplement on physical performance, body composition, and circulating anabolic hormones during 8 weeks of arduous military training. *Appl Physiol Nutr Metab* 36, 967-975.

Fogelholm, M. & Kaukua, J. 2010. Lihavuus 423-430, Teoksessa: Terveystieteellinen tutkimus 2010. Fogelholm, M., Vuori, I., Vasankari, T. (Toim.) 2010. Terveystieteellinen tutkimus 2. Uudistettu painos. Duodecim, Helsinki.

Friberg, O. 1980. Alaraajojen pituussymmetria – eräs rasisuurmuutoksen etiologinen tekijä. *Kouvola.Sotilaslääketieteellinen aikakauslehti* 4/1980.

Friedl, K.E., Moore, R.J., Hoyt, R.W., Marchitelli, L.J., Martinez-Lopez, L.E., Askew, W.E. 2000. Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment. *Journal of Applied Physiology* 88: 1820–1830.

Friedl, K.E. 2004. Can you be large and not obese? The distinction between body weight, body fat, and abdominal fat in occupational standards. *Diab Technol Ther* 6: 732–749.

Friedl, K.E. 2012. Body composition and military performance - Many things to many people. *J Strength Cond Res* 26(7): 87–100.

Fry, R.W., Morton, A.R., Keast, D. 1991. Overtraining in athletes. An update *Sports Med*. Jul;12(1):32-65.

Fry, R.W., Morton, A.R., Garcia –Webb, P., Crawford, G.P.M., Keast, D. 1992. Biological responses to overload training in endurance sports. *European Journal of Applied Physiology* 64, 335-344.

Guezennec C.Y., Satabin, P., Legrand, H., Bigard, A.X. 1994. Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans. *Eur J Appl Physiol*,68: 525–530.

Guyton, A., Hall, J. 2004. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia: Saunders.

Goodman, J., Radomski, M., Hart, L., Pyley, M. & Shephard, R.J. 1989. Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation. *Int J Sports Med*. 10, 419-423.

Gomez-Merino, D., Chennaoui, M., Burnat, P., Drogou, C. & Guezennec, CY. 2003. Immune and hormonal changes following intense military training. *Military medicine* 2003 Dec; 168(12): 1034-8.

Gomez-Merino, M., Chennaoui, D., Drogou, C., ja Guezennec, CY. 2004. Influence of energy deficiency on the insulin-like growth factor I axis in a military training program. *Horm Metab Res* 36: 506–511.

Gore, C.J., Booth, M.L., Bauman, A., Owen, N. 1999. Utility of power 75% as an estimate of aerobic power in epidemiological and population-based studies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31: 348–351.

Hackney, A. 1996. The male reproductive system and endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 28(2): 180-189.

Halson,S.L., Bridge, M.W., Meeusen, R., Busschaert, B., Gleeson, M., Jones, D.A., Jeukendrup, A.E. 2002. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *J Appl Physiol* 93: 947–956, 2002.

Hedelin, R., Kentta, G., Wiklund, U., Bjerle, P., Henriksson-Larsen, K. 2000a. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 32, 1480-1484.

Heinonen, O. 2005. Liikunnan vaikutus kliinis-kemiallisiin suureisiin. Teoksessa: Vuori, I., Taimela, S., Kujala, U. *Liikuntalääketiede, Duodecim, KaristoOy, Hämeenlinna.*

Hietikko, J. 1988. - teoksessa Kantola, H., Tuominen, K., Rusko, H., Viitasalo, J., Luhtanen, P., Kujala, A. *Suomalainen valmennusoppi, Suomen Olympiakomitea. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.*

Hooper, S.L., Mackinnon, L.T., Howard, A., Gordon, R.D., Bachmann, A.W. 1995. Markers for monitoring overtraining and recovery. *Med Sci Sports Exerc.* Jan;27(1):106-12.

Hortobágyi, T., Houmard, J.A., Stevenson, J.R., Fraser, D.D., Johns, R.A., Israel, R.G. 1993. The effects of detraining on power athletes. *Medicine and science in sports and exercise.* Aug;25(8):929-35.

Houmard, J.A., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Park, S.H., Fink, W.J., Burns, J.M. 1990. Testosterone, Cortisol, and Creatine Kinase Levels in Male Distance Runners During Reduced Training. *Int J Sports Med* 1990; 11(1): 41-45.

Hody, S. Rogister, B., Leprince, P., Wang, F., Croisier, J-L. 2013. Muscle fatigue experienced during maximal eccentric exercise is predictive of the plasma creatine kinase (CK) response. *Scand J Med Sci Sports* 2013; 23: 501–507.

Hoyt, R.W., Opstad, P.K., Haugen, A.H., DeLany, J.P., Cymerman, A., Friedl, K.E. 2006. Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am. J. Clin. Nutr.* 83(5): 1068–1075.

Häkkinen, K., Mero, A. 2007. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa *Urheiluvuorokirja*. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

- Häkkinen, K., Mäkelä, J.K., Mero, A. 2007. Voima. Teoksessa Urheiluvalmennus.VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J.J., Ratamess, N.A., Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Bonabau, H., Granados, C., French, D.N., Gorostiaga, E.M. 2007. Detraining and tapering effects on hormonal responses and strenght performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Aug;21(3):768-75.
- Jeukendrup, A.E., Hesselink, M.K., Snyder, A.C., Kuipers, H., Keizer, H.A. 1992. Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. *Int J Sports Med* 13, 534-541.
- Johnson, M.J., Friedl, K.E., Frykman, P.N., and Moore, R.J. 1994. Loss of muscle mass is poorly reflected in grip strength performance in healthy young men. *Med Sci Sports Exerc* 26: 235–240.
- Joo, E.Y., Yoon, C.W., Koo, D.L., Kim, D., Hong, S.B. 2012. Adverse Effects of 24 Hours of Sleep Deprivation on Cognition and Stress Hormones. *J Clin Neurol*. 2012 Jun;8(2):146-50.
- Jovanović, M., Sporiš, G., Sporiš, G., Šopar, J., Harasin, D., Matika, T. 2012. The effect of basic military training on shooting tasks in conditions of sleep deprivation. *Kinesiology* 44 1:31-38
- Kauranen, K. Nurkka, N. 2010. Teoksessa Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 166. Kirjapaino Tammerprint Oy, Tampere 2010
- Keskinen, K. 2005. Fyysinen kunto ja sen testaaminen – teoksessa Vuori, I., Taimela, S., Kujala, U. Liikuntalääketiede, Duodecim, KaristoOy, Hämeenlinna.
- Kirwan, J.P., Costill, D.L. Flynn, M.G. 1988. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 20,255-259.

Kouluttajan opas 2006. Pääesikunta / koulutusosasto. Helsinki.

Kovacs, W.J Ojeda, S.R. 2012. Textbook of Endocrine physiology. Oxford University Press. Sixth Edition.

Knapik, J.J., Reynolds, K.L., Harman, E. 2004. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects. *Military Medicine*, Vol. 169.

Knapik, J.J., Harman, E.A., Steelman, R.A., Graham, B.S. 2012. A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. *J Strength Cond Res*. 2012 Feb;26(2):585-97.

Kuoppasalmi, K. 1981. Effects of exercise stress on human plasma hormone levels – with special reference to steroid hormones. Academic dissertation. Helsingin yliopiston monistuspalvelu. Painatusjaos Helsinki.

Kunz-Ebrecht ,S.R., Mohamed-Ali, V., Feldman, P.J., Kirschbaum, C., Steptoe, A. 2003. Cortisol responses to mild psychological stress are inversely associated with proinflammatory cytokines. *Brain Behav Immun*. Oct;17(5):373-83.

Kyröläinen, H., Santtila, M., Hämäläinen, H., Koski, H., Mäntysaari, M. & Karinkanta, J. 2004. Partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Edita Prima. Helsinki.

Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H., Mäntysaari, M., Pullinen, T. 2008. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology* 102: 539–546

Kyröläinen, H., Santtila, M. 2010. Sotilaiden fyysinen toimintakyky – vaatimukset ja haasteet . Teoksessa Jarmo Toiskallio (toim.) Toimintakykyä kehittämässä – Jarmo Toiskallion juhla-kirja . Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, julkaisusarja 1 N:o 6. Edita Prima Oy, Helsinki.

- Lahti, A. 1995. Selvitys Laskuvarjojääkärikoulun poissaoloista 1994. Utti: Poliklinikka.
- Laukkanen, J. 1995. Fyysinen rasitus Laskuvarjojääkärikoulun varusmiespalveluksessa kolmen ensimmäisen palveluskuukauden aikana ja sen vaikutukset. Projektityö.
- Laskuvarjojääkärikoulun muistio. 1991. Rasitusvammatyöryhmien yhteenveto. Utti: Ljk 520/Dae.
- Livingstone, C. 2013. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) and clinical nutrition. *Clin Sci*. 2013 Sep;125(6):265-80
- Margolis, L.M., Rood, J., Champagne, C., Young, A.J., Castellani, J.W. 2013. Energy balance and body composition during US Army special forces training. *Appl Physiol Nutr Metab*. Apr;38(4):396-400.
- Mayhew, J.L., Piper, F.C., and Ware, J.S. 1993. Anthropometric correlates with strength performance among resistance trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 33:159–165.
- Meuseen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A. 2012. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the overtraining syndrome: Joint Consensus Statement of the European college of Sports Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2007. *Urheiluvallmennus*. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Mero, A. 2007. Ravinto ja kuormitus. Teoksessa Mero, A , Nummela, A. Keskinen, K. Häkkinen K. *Urheiluvallmennus*. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 2. uudistettu painos. Jyväskylä. Gummerus.

- Millet, G.Y., Lepers, R. 2004. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine* 34, 2, 105-116.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. 1996. *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance*. 4. painos. Williams & Wilkins, Baltimore.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. 2007. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, & Human Performance*. Sixth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Mustajoki, P., Laapio, H., Meurman, K., 1982. *Fyysinen kunto, kalsiumaineenvaihdunta ja rasitusmurtumat*. Helsinki. *Sotilaslääketieteellinen aikakauslehti*. 4/1983.
- Mutanen, H. 2005. *Fyysisen koulutuksen järjestelyt laskuvarjojääkärikomppaniassa*. SK 558.
- Morgan, C.A. III, Wang, S., Mason, J., Southwick, S.M., Fox, P., Hazlett, G., Charney, D.S., Greenfield, G. 2000. Hormone Profiles in Humans Experiencing Military Survival Training. *Biol Psychiatry*, 47:891–901.
- Moran, D.S. Evans, R.K., Arbel, Y., Hadid, A. Laor, A., Fuks, Y. 2011. Prediction model for attrition from a combat unit training program. *J Strength Cond Res* 25, 2963-2970.
- Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. 2004. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. WSOY.
- Nindl, B.C., Leone, C.D., Tharion, W.J., Johnson, R.F., Castellani, J.W., Patton, J.F., Montain, S.J. 2002. Physical performance responses during 72 h of military stress. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Nov;34(11):1814-22.
- Nindl, B.C., Rarick, K.R., Castellani, J.W., Tuckow, A.P., Patton, J.F., Young, A.J. & Montain, S.J. 2006. Altered secretion of growth hormone and luteinizing hormone after 84 h of sustained physical exertion superimposed on caloric and sleep restriction. *J Appl Physiol* 100: 120-128, First published September 1, 2005.

- Nindl, B.C., Alemany, J.A., Kellogg, M.D., Rood, J., Allison, S.A., Young, A.J., and Montain, S.J. 2007a. Utility of circulating IGF-I as a biomarker for assessing body composition changes in men during periods of high physical activity superimposed upon energy and sleep restriction. *J Appl Physiol* 103: 340–346, 2007.
- Nindl, B.C. Barnes, B.R. Alemany, J.A. Frykman, P.N. Shippee, R.L ja Friedl K.E. 2007b. Physiological Consequences of U.S. Army Ranger Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. vol 39 , No 8, pp. 1380 – 1387.
- Nindl, B.C., Alemany, J.A., Tuckow, A.P., Kellogg, M.D., Sharp, M.A. ja Patton, J.F. 2009. Effects of Exercise Mode and Duration on 24-h IGF-I System Recovery Responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Jun; 41(6):1261-70.
- Nindl, B.C., Scofield, D.E., Strohbach, C.A., Centi, A.J., Evans, R.K., Yanovich, R., Moran, D.S. 2012. IGF-I, IGF-BPs, and inflammatory cytokine responses during gender-integrated Israeli Army basic combat training. *J Strength Cond Res* 26(7): 73–81
- Nosaka, K., and Sakamoto, K. 2001. Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 22-29.
- Nummela, A. 2007. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen K., Urheilualmennus. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Nummela, A., Keskinen, K., Vuorimaa, T. 2007. Kestävyys. Teoksessa Mero, A , Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen K., Urheilualmennus.VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Nummela, A.T., Heath, K.A., Paavolainen, L.M., Lambert, M.I., St Clair Gibson, A., Rusko, H.K., Noakes, T.D. 2008. Fatigue during a 5-km Running Time Trial. *International Journal of Sports Medicine* 29, 738-745.

- Olesen, H.L., Raabo, E., Bangsbo, J. 1994. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *European Journal of Applied Physiology*. 69: 140–146.
- Opstad, P.K., Aakvaag, A. 1981. The effect of a high calory diet on hormonal changes in young men during prplonged physical strain and sleep deprivation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1981;46(1):31-9.
- Opstad, P. 1992a. The hypothalamo-pituitary regulation of androgen secretion in young men after prolonged physical stress combined with energy and sleep deprivation. *Acta Endocrinol* 127: 231-236.
- Opstad P. 1992b. Androgenic hormones during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency. *J Clin Endocr Metab*, 74(5): 1176–1183.
- Opstad, P.1994. Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men. *Eur J Endocin*, 131: 56–66.
- Ormsbee, M.J., Arciero, P.J. 2012. Detraining Increases Body Fat and Weight and Decreases VO₂peak and Metabolic Rate. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Volume 26(8), August, p 2087–2095.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämnen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M., Tiainen, S. 2011. *Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja*. 2. painos. Edita Prima Oy.
- Pulkkinen, J. 1988. - teoksessa Kantola, H., Tuominen, K., Rusko, H., Viitasalo, J., Luhtanen, P., Kujala, A. *Suomalainen valmennusoppi*, Suomen Olympiakomitea. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., Rouillon, J.-D. 2006. Maximal Accumulated Oxygen Deficit and Blood Responses of Ammonia, Lactate and Ph after Anaerobic Test: a Comparison between International and National Elite Karate Athletes *International Journal of Sports Medicine*. 27: 810–817.

Ritvanen, T., Louhevaara, V., Helin, P., Väisänen, S., Hänninen, O. 2006. Responses of the autonomic nervous system during periods of perceived high and low work stress in younger and older female teachers. *Appl Ergon.* May;37(3):311-8.

Robertson, D.G.E., Caldwell, G.E., Hamill, J., Kamen, G., Whittlesey, S.N. 2004. *Research Methods in Biomechanics. Human Kinetics.*

Rusko, H. 2003 *Cross country skiing. USA, Massachusetts: Blackwell Science.*

Rosendal, L., Langberg, H., Flyvbjerg, A., Frystyk, J., Orskov, H., and Kjaer, M. 2002. Physical capacity influences the response of insulin-like growth factor and its binding proteins to training. *J Appl Physiol* 93: 1669–1675.

Saessalo, L. Vilkuna, J. 1992. *Laskuvarjojääkärit – Laskuvarjojääkärikoulu 1962 -1992, Karisto Oy:n kirjapaino. Hämeenlinna.*

Rowbottom, D.G., Keast, D., Goodman, C., Morton, A. 1995. The haematological, biochemical and immunological profile of athletes suffering from the overtraining syndrome. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;70(6):502-9.

Rowbottom, D.G., Morton, A.R., Keast, D 2000. *Monitoring for overtraining in the Endurance Performer- kirjassa Shephard, R.J. Åstrand, P.-O. 2000. Endurance in sport. Second Edition. Blackwell Science.*

Salminen, E. 2004. *Erikoisjoukkokoulutus uudistuu. Keihäänkärki, 2/2004, 24.*

Salonen, M. 2008. *Partiotiedusteluharjoituksen fyysinen kuormittavuus. Sotatieteiden maisteriopiskelijan pro gradu –tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos.*

- Sherman, W.M., Costill, D.L., Fink, W.J., Hagerman, F.C., Armstrong, L.E., Murray, T.F. 1983. Effect of a 42.2-km footrace and subsequent rest or exercise on muscle glycogen and enzymes. *Journal of Applied Physiology*, 55. 1219-1224.
- Siff, M. 2000. Biomechanical foundations of strength and power training. Teoksessa Zatsiorsky, V. *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention* Blackwell Scientific Publications, Cambridge University Press.
- Sillanpää, E., Cheng, S., Häkkinen, K., Finni, T., Walker, S., Pesola, A., Ahtiainen, J., Stenroth, L., Selänne, H., Sipilä, S. 2014. Body Composition in 18- to 88-Year-Old Adults- Comparison of Multifrequency Bioimpedance and Dual-Energy X-ray Absorptiometry. *Obesity*. Jan;22(1):101-9.
- Sorichter, S., Mair, J., Koller, A., Gebert, W., Rama, D., Calzolari, C., Artner-Dworzak, E., Puschendorf, B. 1997. Skeletal troponin I as a marker of exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 83(4): 1076-1082.
- Sporiš, G., Harasin, D., Bok, D., Matika, D., Vuleta, D., 2012. Effects of a training program for Special operations Battalion on soldiers fitness Characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol 26. No10, 2872 – 2882.
- Skinner, J.S. 2005. Exercise testing and exercise prescription for special cases theoretical Basis and Clinical Application. Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins. China.
- Snyder, A. C. Kuipers, H., Cheng, B. Servais, R. & Fransen, E. 1995. Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen. *Med Sci Sports Exerc* 27, 1063-1070.
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R.J., Paterson, D.H. 2004. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology*. 97 (2): 781–789.
- Stenman, U-H. 2000. Hormonien määrittämenetelmät. Teoksessa Välimäki M., Sane T. & Dunkel L (toim.) 2000. *Endokrinologia. 1.painos*. Karisto Oy, Hämeenlinna.

- Stähle, L., Stähle, E.L., Granström, E., Isaksson, S., Annas, P., Sepp, H. 2011. Effects of Sleep or Food Deprivation During Civilian Survival Training on Cognition, Blood Glucose and 3-OH-butyrate. *Wilderness Environ Med.* 2011 Sep;22(3):202-10
- Symanski, J.D., McMurray, R.G., Silverman, L.M., Smith, B.W., Siegel, A.J. 1983. Serum creatine kinase and CK-MB isoenzyme responses to acute and prolonged swimming in trained athletes. *Clin Chim Acta.* Apr;129(2):181-7.
- Symons, J.D., VanHelder, T., Myles, W.S., 1988. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 20(4):374-380.
- Tanskanen, M. 2012. Väitöskirjassa Effects of Military Training on Aerobic Fitness, Serum Hormones, Oxidative Stress and Energy Balance, with Special Reference to Overreaching, Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä 2012.
- Terveyskirjaston www-sivusto. <https://www.terveyskirjasto.fi/> .11.4.2014.
- Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.
- Toubekis, A.G., Peyrebrune, M.C., Lakomy, H.K., A., Nevill, M.E. 2008. Effects of active and passive recovery on performance during repeated-sprint swimming. *Journal of Sports Sciences* 26, 1497–1505.
- Trexler, E.T., Smith-Ryan, A.E., Norton, L.E. 2014. Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11:7.
- Tsintzas, K., Williams, C. 1998. Human muscle glycogen metabolism during exercise. Effect of carbohydrate supplementation. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 25(1), 7-2.
- Urhausen A., Kindermann W. 1992. Biochemical monitoring of training. *Clin J Sports Med.*;2:52–61.

Urhausen, A., Gabriel, H., Kindermann, W. 1995. Blood Hormones as Markers of Training Stress and Overtraining. *Sports Medicine* , Vol 20, Issue 4, 251-276.

Puolustusvoimien www.sivusto. < <http://www.puolustusvoimat.fi/> > 11.4.2014.

Vaara, J., Kyröläinen, H., Oksanen, H., Siiskonen, V., Koivu, M., Mattila, R., Mäntysaari, M., Lyytinen, H., Virravirta, M. & Finni, T. 2007. Kuudenkymmenen tunnin valvomisen fysiologiset ja psykologiset vasteet sekä vaikutukset hermolihaskäytännön toimintaan ja oppimiseen. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Edita Prima Oy.

Vaara, J.P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämmen, O., Häkkinen, A., Kocay, S., Häkkinen K. 2012. Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *J Strength Cond Res* 26(8): 2078–2086.

Varusmiesten fyysinen koulutus laskuvarjojääkärikomppaniassa. 2012. Suunnitelma 4.2012. Utin jääkäriyrykmentti, Erikoisjääkäripataljoona.

Varusmieskoulutus Utin Jääkäriyrykmentissä, PE:n työjärjestys, kohdat 10.1,10.6, 10.7, 10.8

Vella, C.A., Robergs, R.A. 2005. Non-linear relationships between central cardiovascular variables and VO₂ during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. *J Sports Med Phys Fitness* 45: 452-459.

Veldhuis, J.D., King, J.C., Urban, R.J., Rogol, A.D., Evans, W.S., Kolp, L.A., Johnson, M.L. 1987. Operating characteristics of the male hypothalamo- pituitary-gonadal axis: pulsatile release of testosterone and folliclestimulating hormone and their temporal coupling with luteinizing hormone. *J Clin Endocrinol Metab* 65, 929-941.

Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M., Vihko, V. 2002. Hormonal responses to daily strenuous walking during 4 successive days. *European journal of applied physiology* 2002 Nov; 88(1-2): 122-7.

Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M., Vihko, V. 2004. Hormonal responses to 100 km cross-country skiing during 2 days. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2004 Sep; 44(3): 309-14.

Väisänen, J. 2005. Jalkaväen taistelija. Teoksessa Jalkaväen vuosikirja XXV, 2005. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Yhtyneiden laboratorioden www-sivusto. (<<http://www.yml.fi>. 11.4.2014)

Warren, G.L., Hayes, D.A., Lowe, D.A., Armstrong, R.B. 1993. Mechanical factors in the initiation of eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle. *J Physiol* 464: 457 - 475, 1993.

Wilmore, J.H., Costill, D.L. 2004. *Physiology of Sport and Exercise*. Third Edition. Human Kinetics. Hong Kong.4

Wilkinson, D.M., Raysona, M.P., Bilzo, J.L.J. 2008. A physical demands analysis of the 24-week British Army Parachute Regiment recruit training syllabus. *Ergonomics*, Vol. 51, No. 5, May 2008, 649–662.

Åstrand P-O., Rodahl, K. 1986. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. McGraw – Hill College, New York