

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**KORKEA TAI MATALATEHOINEN KESTÄVYYSHARJOITTELU YHDISTETTY-
NÄ VOIMAHARJOITTELUUN - VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN
TOIMINTAAN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN SOTILAILLA**

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti
Markus Korpelainen

Maisterikurssi
Maasotalinja

Huhtikuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Sotatieteiden maisterikurssi 3	Maasotalinja
Tekijä	
Yliluutnantti Markus Korpelainen	
Tutkielman nimi	
KORKEA TAI MATALATEHOINEN KESTÄVYYSHARJOITTELU YHDISTETTYNÄ VOIMAHARJOITTELUUN - VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN SOTILAILLA	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotilaspedagogiikka/ Fyysinen kasvatus	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Huhtikuu 2014	Tekstisivuja 60

TIIVISTELMÄ

Nuoren ikäluokan fyysinen kunto on laskenut viimeisten vuosikymmenten aikana. Kuitenkin samaan aikaan aseteknologian kehityksen myötä yksittäisen taistelijan kantama taakka on kasvanut painavammaksi. Nykyaikaisella taistelukentällä ei enää pärjää pelkästään hyvän kestävyyskunnan turvin, taistelijan on omattava myös riittävän hyvä hermolihasjärjestelmän kestävyys- ja voimantuottokyky.

Kenttäarmeijaan sijoitettujen reserviläisten kunto on niin ikään huonontunut. Vain osa reserviläisistä täyttää heidän tehtävänsä asetetut suorituskyky vaatimukset. Kriisitilanteen uhan kasvaessa reserviläisistä perustettavalle armeijalle on varattu vain rajallinen aika kerrata sotilastaitoja ja parantaa fyysistä suorituskykyä. Näin ollen tarve tutkia lyhyen harjoitusohjelman vaikutuksia sotilaan hermolihasjärjestelmän toimintaan on ilmeinen.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin yhdistetyn korkea- tai matalatehoisen kestävyysharjoittelun ja voimaharjoittelun vaikutuksia sotilaiden hermolihasjärjestelmän toimintaan ja kehonkoostumukseen. Tutkimuksen harjoittelujakso kesti 6 viikkoa ja viikko sisälsi 2 voimaharjoitusta, 2 kestävyysharjoitusta ja 1 yhdistelmäharjoituksen. Voima- ja kestävyysharjoitukset suoritettiin eri päivinä. Tutkimukseen osallistui 29 melko aktiivisesti liikuntaa aiemmin harrastanutta nuorta miestä, jotka opiskelivat Maanpuolustuskorkeakoulussa, joko kadetteina tai sotatieteiden maisterikurssilla. Koehenkilöiden ikä oli keskimäärin 25- vuotta. Tutkimusjoukosta muodostettiin kestävyysharjoittelu metodin perusteella kolme ryhmää, jotka olivat: korkeatehoisin (HIT), matalatehoisin (LIT) ja kontrolli (KON), joihin koehenkilöt jaettiin. Ryhmien lopulliset koot olivat (HIT 8, LIT 7 ja KON 6).

Tutkimuksessa koehenkilöiltä mitattiin maksimaalista isometristä voimantuottoa ylä- ja alavartalon ojentajien osalta, sekä vartalon koukistajien osalta. Lihaskestävyuden testinä käytettiin Puolustusvoimien lihaskuntotestiä. Anaerobisena kenttäkokeena käytettiin haavoittuneen evakuointia. Lisäksi koehenkilöiden kehonkoostumusta, ja veren hormonaalisten markkereiden sekä insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1) pitoisuusmuutoksia seurattiin koko tutkimuksen ajan.

Tulos parannuksia ($p \leq 0,05$) tapahtui korkeatehoisen yhdistetyn ryhmän osalta istumaannoussussa (4,8%), etunojapunnerruksissa (18,6%), ja haavoittuneen evakuoinnin ajassa (7,6%). Matalatehoisin ryhmä paransi tuloksiaan ($p \leq 0,05$) maksimaalisessa vartalon koukistajissa (22,9%) ja haavoittuneen evakuoinnin ajassa (6,0%).

Tärkeimpinä löydöksinä tutkimuksessa oli, ettei harjoitteluryhmien välisessä tarkastelussa havaittu tuloskehityksessä tilastollisesti merkitseviä eroja. Harjoitteluryhmien IGF- 1 pitoisuus veressä kasvoi koko tutkimusjakson ajan tilastollisesti merkitsevästi ($p \leq 0,05$).

Tämän tutkimuksen perusteella ei kestävyysharjoittelun teholla ole vaikutusta hermolihaskäytännön suorituskyvyn paranemiseen yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun seurauksena. Kuitenkin on syytä ottaa huomioon pieneksi kutistuneiden koeryhmien koot, jotka vaikuttavat tilastolliseen analyysiin.

AVAINSANAT

Yhdistetty harjoittelu. Maksimivoima. Dynaaminen lihaskunto. Kehonkoostumus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SOTILAAN FYYSISEN SUORITUSKYVYN VAATIMUKSET.....	3
3	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA	5
4	KEHONKOOSTUMUS JA SUORITUSKYKY	15
5	VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN	16
6	YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN.....	20
7	TUTKIMUKSEN TARKOITUS	23
8	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	24
8.1	TUTKIMUSASETELMA JA TUTKIMUKSEN ETENEMINEN	24
8.2	KOEHENKILÖT JA TUTKIMUSLUPA	25
8.3	HARJOITTELU	26
8.4	MITTAUKSET	32
8.5	TILASTOLLINEN ANALYYSI	39
9	TULOKSET	41
9.1	ANTROPOMETRIA	41
9.2	ISOMETRINEN MAKSIMIVOIMA	41
9.3	LIHASKUNTOTESTIEN TULOKSET (DYNAAMINEN LIHASKUNTO)	44
9.4	HAAVOITTUNEEN EVAKUOINTI	46
9.5	MUUTOKSET HORMONITASOISSA JA INSULIININKALTAISESSA KASVUTEKIJÄSSÄ (IGF-1)	47
9.6	MUUTTUJIEN VÄLISET YHTEYDET	48
10	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
10.1	ISOMETRINEN MAKSIMIVOIMA JA DYNAAMINEN LIHASKESTÄVYYS	50
10.2	KEHONKOOSTUMUKSEN JA HORMONIKONSENTRAATIOIDEN MUUTOKSET	53
10.3	HAAVOITTUNEEN EVAKUOINTI	55
10.4	MUUTTUJIEN VÄLISET YHTEYDET	56
10.5	TULOSTEN LUOTETTAVUUS	56
10.6	JOHTOPÄÄTÖKSET	58
10.7	JATKOTUTKIMUS	60

LÄHTEET

KORKEA TAI MATALATEHOINEN KESTÄVYYSHARJOITTELU YHDISTETTYNÄ VOIMAHARJOITTELUUN - VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN SOTILAILLA

1 JOHDANTO

Sotilas tarvitsee taistelukentällä taktisen osaamisen ja aseenkäsittelytaidon lisäksi myös fyysisen suorituskyvyn perusominaisuuksia kuten voimaa ja kestävyyttä. Puolustusvoimien päätehtävänä onkin tuottaa yleisen asevelvollisuuden kautta reserviin suorituskykyisiä joukkoja sekä varmistaa näiden tuotettujen joukkojen osaaminen ja toimintakyky poikkeusoloissa. (Liesinen ym. 2012, 14). Kuitenkin asepalvelukseen saapuvien ja sitä myötä myös reserviin siirtyvien nuorten miesten aerobisen kestävyyskunnan keskiarvo Cooperin testillä mitattuna on laskenut vuodesta 1975 vuoteen 2013 jopa 210 metriä. (Pääesikunta henkilöstöosasto 2013). Samoin palvelukseen astuvien varusmiesten kehon paino on noussut ja lihaskunto huonontunut (Santtila ym. 2006). Reserviläisille tehdyn tutkimuksen (Vaara ym. 2009) perusteella reserviläisistä vain 60- 75 % omaa riittävän lihaskunnan alaraajojen ja keskivartalon osalta heidän sodan ajan sijoitukseen liittyvistä suorituskykyvaatimuksista. Ylävartalon lihaskunnan osalta vain 40 % on soveltuvia sijoitettavaksi nykyisiin sodan ajan tehtäviinsä. (Vaara ym. 2009.)

Samaan aikaan sotateknologian kehittyessä on sotilaan varustuksen paino kasvanut huomattavasti. Kokko (2008) on esittänyt kaupunkijääkäriin taisteluväestön painon lisääntyneen viimeisen viidentoista vuoden aikana 13,5 kg. Sodan ajan joukkojen suorituskykyvaatimuksia ei kuitenkaan ole laskettu vaan edelleen Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirjan (Pihlainen ym. 2011, 3) mukaan: ”sodan ajan joukkojen on kyettävä säilyttämään taistelukuntonsa vähintään kahden viikon mittaisen jatkuvan taistelukokemuksen ajan sekä sen lisäksi pystyttävä vielä keskittämään kaikki voimavaransa 3-4 vuorokauden ratkaisutaisteluihin”. Nykypäivän taistelukentällä sotilaalta vaaditaan kykyä liikkua ja taistella taakan kanssa, joka voi normaalilla jalkaväkitaistelijalla olla taistelutilanteessa noin 20 kg painoinen.

Taistelutilanteessa sotilas joutuu ampumisen lisäksi ryömimään, hyppimään, juoksemaan ja jopa kantamaan tai raahaamaan haavoittunutta taistelijapariaan. Tämä vaatii sotilaan hermolihasjärjestelmältä kykyä tuottaa voimaa nopeasti, esimerkiksi tilanteissa joissa vaaditaan räjähtävää liikkeelle lähtöä makuuasennosta, mutta toisaalta se vaatii myös kykyä ylläpitää voimantuottoa riittävällä tasolla pitkiäkin aikoja.

Kriisitilanteen iskiessä ei Puolustusvoimilla ole pitkää aikaväliä käytössään taistelevien joukkojen fyysisen kunnan kohottamiseksi. Siksi onkin syytä tutkia erilaisia vaihtoehtoja nopeaan fyysisen toimintakyvyn parantamiseen lyhyessä ajassa. Yksi suunta etsiä toimivaa metodia on tutkia tämän päivän maailmassa elävälle kiireiselle ihmiselle markkinoitavia harjoitusmenetelmiä. Mediassa ja joissain liikunta-alan kongresseissa (13. kansainvälinen symposium, Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologianlaitos) on tuotu julki korkeaintensiteettisen (high intensity training, HIT) kestävyysharjoittelun aikaansaamia hyviä tuloksia kohtuullisen vähällä harjoitusmäärällä. Tämä metodi keskittyy kuitenkin suureksi osaksi hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn parantamiseen.

Voimaharjoittelun osalta suositetaan ovat nostaneet kahvakuulaharjoittelu, ja yleisesti toiminnallinen voimaharjoittelu, joiden päämääränä ei ole enää perinteinen lihasmassan, tai maksimaalisen voimantuotto kyvyn parantaminen, vaan lihaskestävyyden parantaminen ja kehonkoostumuksen muokkaaminen rasvamassan vähentämisellä. Koska sotilailta vaaditaan myös kykyä tuottaa maksimaalista voimaa erilaisissa nosto, veto tai työntö tehtävissä tällainen toiminnallinen voimaharjoittelu ei välttämättä suoraan sovi sotilaiden nopeaan fyysisen kunnan parantamisen ohjelmaan vaan ohjelmaan on syytä sisällyttää juuri maksimivoimaa lisääviä harjoitteita.

Lyhyessä ajassa (6 viikkoa) suoritettavaan fyysisen kunnan parantamiseen ei siis sovellu ainoastaan kestävyyttä tai voimaa kehittävä ohjelma. Onkin tarpeellista tutkia yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua. Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksia on tutkittu aiemminkin, mutta tulokset ovat vaihtelevia, johtuen ehkä suurista eroavaisuuksista kokioiden koehenkilöiden taustaa. Osassa tutkimuksista koehenkilöiden voimaominaisuudet ovat yhdistetyllä voima ja kestävyysharjoitteluryhmällä parantuneet yhtä hyvin kuin pelkkää voimaa harjoitelleilla (Kraemer ym. 2004), ja osassa on esitetty, että kestävyysharjoittelu jopa saattaa haitata voimaominaisuuksien kehittymistä (Hickson 1980). Tutkimuksia on aiemmin tehty niin harjoittelemattomille siviileille, kuin myös kohtuullisen hyväkuntoisille sotilaille ja huippukuntoisille kilpaurheilijoille.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kuinka kuuden viikon ohjelmoitu yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu sotilaille vaikuttaa hermolihasjärjestelmän toimintaan ja kehonkoostumukseen. Tutkimuksen perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä soveltuuko yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun intervalli (HIT) vai peruskestävyysharjoittelu paremmin sotilasjoukon nopean fyysisen toimintakyvyn parantamiseen voiman osalta.

2 SOTILAAN FYYSISEN SUORITUSKYVYN VAATIMUKSET

Fyysinen suorituskyky muodostuu fyysisestä kunnosta eli kestävyydestä, voimasta ja nopeudesta sekä motorisista taidoista (Liesinen ym. 2006, 299; Pihlainen ym. 2011, 6). Fyysinen suorituskyky voidaan yksinkertaisesti määritellä kyvyksi tehdä lihastyötä, joka vaatii kuntoa ja taitoa (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 8). Puolustusvoimissa on asetettu sotilaille suorituskykyvaatimuksia riippuen heidän kriisitilanteen tehtävästä ja toimintaympäristöstä.

Kestävyys suorituskyvyssä kaikkien puolustushaarojen sotilailta vaaditaan kohtalaista hapenottokykyä, joka tässä tarkoittaa 45ml/ kg/ min (Pääesikunta henkilöstöosasto 2007, 9). Samaisen strategian mukaan erikoisjoukoissa taistelevien sotilaiden hapenottokyky tulisi olla yli 50ml/ kg/ min. Lisäksi taistelukentällä liikkuminen edellyttää ajoittain riittävää anaerobista suorituskykyä. (Pääesikunta henkilöstöosasto 2007, 9). *Voiman osalta* vaaditaan lihaskestävyyttä, lihastasapainoa ja lihasten hallintaa, sekä kykyä toimia taakan kanssa. Yksittäisen taistelijan taisteluvarustuksen paino voi olla jopa 20 kg (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 6). Kuitenkin Kokko (2008) on esittänyt taisteluvarustuksen painon lisääntyneen aseteknologian kehityksen myötä edelleen. Lisäksi yksittäiseltä taistelijalta vaaditaan kykyä toimia myös painavamman kenttävarustuksen (25-30kg) kanssa. Taakkaa saattavat lisätä myös erilaiset joukko-kohtaiset materiaalit, kuten majoitus tai taisteluvälineet. (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 6). Taakka voi kasvaa hetkellisesti jopa 55- 65 kg painoiseksi (Pääesikunta henkilöstöosasto 2007, 9).

Nopeus sotilastoiminnassa käsittää kykyä reagoida nopeasti ulkopuolta tulleeseen ärsykkeeseen, kuten vihollisen yllättävään tulen avaamiseen, se on myös kykyä ylläpitää jotakin liikkeenopeutta esimerkiksi nopeassa tuliaseaman vaihdossa, ja räjähtävää nopeutta, jota tarvitaan esimerkiksi käsikranaatin heittämisessä. Lisäksi taistelijalta vaaditaan nopeuden osalta myös kykyä ylläpitää jotakin tiettyä liikkeenopeutta, kuten suojasta suojaan tyyppisessä syöksymällä tehdyssä etenemistavassa on tarkoituksena. Kaiken tämän lisäksi taistelijalta vaaditaan osittain motoriseen taitoonkin kuuluvaa nopeustaitavuutta, jolla tarkoitetaan kykyä käyttää hyväksi edellä mainittua liikkeenopeutta tarkoituksenmukaisesti ja tehokkaasti taitoa vaativissa taistelukentän tilanteissa. (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 10.)

Motorisen taidon vaatimukseen kuuluu niin lihasten hallinta kuin myös ketteryys, joita taistelukentällä toimimiseen tarvitaan (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 10). Motorista taitoa itsessään on erittäin vaikea määritellä. Se mitä nähdään fyysisen suorituksen lopputulok-

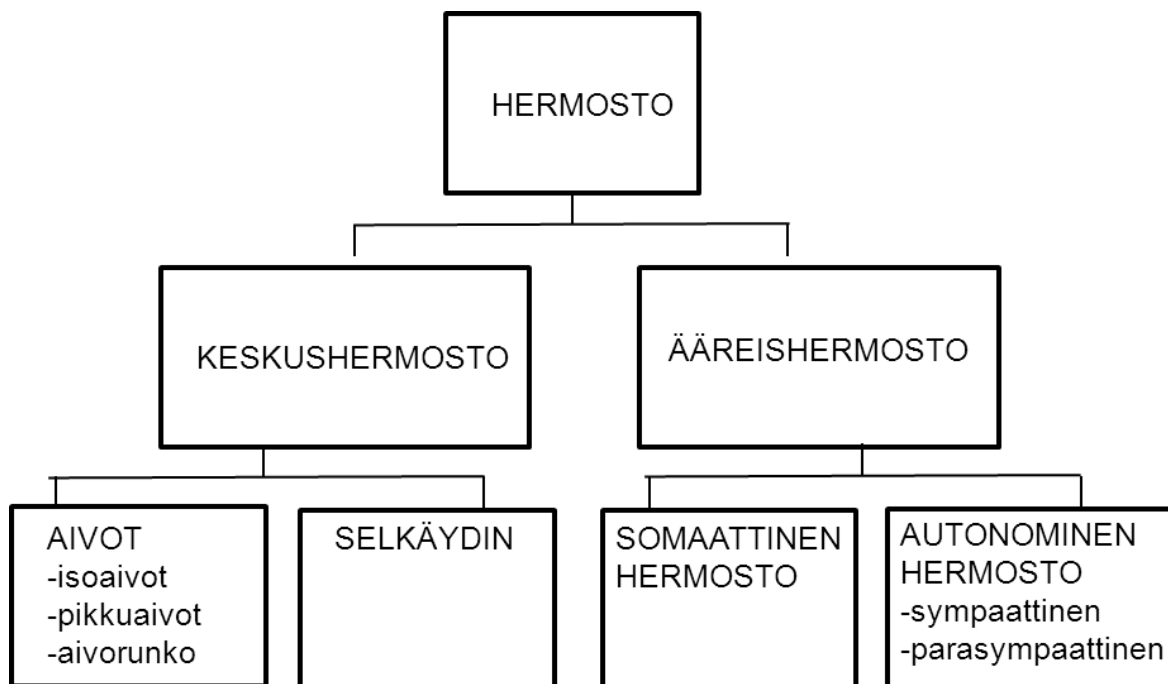
senä, on useasti se kuinka taitava suoritus tai suorittaja on (Paish 1998, 85). Pehkosen (1995) mukaan taidolla on suomen kielessä kaksi eri merkitystä. Ensimmäiseksi taito sana mielletään ihmisen ominaisuudeksi, jolloin voidaankin puhua taitavuudesta. Toinen merkitys sanalle taito on niin sanottu liikunnallinen taito, jolloin taito sana tarkoittaa liikesuoritusta tai tekniikkaa. (Pehkonen 1995, 24.) Motorista taitoa voidaan kuvata koordinatiivisten, ja muiden fyysisten suorituskyvyn tekijöiden summaksi, jonka lopputuloksena on motorisen toiminnan suorittaminen mahdollisimman tehokkaasti ja edullisesti (Konttila ja Sinisalo 1998, 3). Taidon taso on täysin riippuvainen keskushermostosta ja sensomotoriikasta. Aistit jotka säätelevät liikkeitä on oltava hyvässä kunnossa, mikäli halutaan onnistua taitoa vaativissa suorituksissa. Hermolihasjärjestelmän toiminnan sujuvuus on siis kaiken perusta (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 10).

3 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA

Ihmisen hermolihaskärjestelmä muodostuu hermostosta, lihaksistosta, jänteistä, ja sidekudoksista (Mero ym. 2004, 37) Kaikki ihmisen tuottama liike on seurausta hermolihaskärjestelmän toiminnasta. Ihmisen hermolihaskärjestelmän voimantuottoon vaikuttavat lihastyön mekaaniset, ja hermostolliset tekijät. Mekaanisia tai lihasmekaanisia tekijöitä ovat: lihastoiminta, joka jaetaan lihaksen piteuden muuttumisen perusteella joko isometriseen tai dynaamiseen lihastoimintaan. Isometrisessä eli staattisessa lihastoiminnassa ei tapahdu ulkoisesti näkyvää liikettä. Dynaamisessa lihastoiminnassa lihas joko pitee jolloin kyseessä on eksentrisen lihastoiminta tai lihas lyhenee jota kutsutaan konsentriseksi lihastoiminnaksi. Lihas pystyy tuottamaan parhaiten voimaa eksentrisessä toiminnassa ja huonoin voimantuotto syntyy konsentrisessä toiminnassa. (Mero ym. 2004, 53- 54.)

Hermosto muodostuu kahdesta eri alueesta, keskus ja – ääreishermostosta (Kuva 1). Keskushermoston muodostavat aivot ja selkäydin. Ääreishermostoksi kutsutaan selkäydinhermoja ja autonomisen hermoston muodostavia hermoja. (Mero ym. 2004, 37.) Keskushermoston tärkeimmät osat ovat aivot ja selkäydin. Ääreishermoston muodostavat selkäyttimeen tulevat ja sieltä lähtevät hermot. Selkäyttimeen tulevia hermoja kutsutaan sensorisiksi ja selkäytimestä lähteviä motorisiksi hermoiksi (Leppäluoto ym. 2008, 392). Ääreishermoston osana toimivat myös aivohermot, joita on 12 kappaletta. Ne lähtevät aivojen pohjasta ja niillä kullakin on oma erikoistunut tehtävänsä. Osa aivohermojen tehtävistä on eri ärsykkeiden kuten hajun välittämistä aivoille ja osalla on selkeästi motorisia säätelytehtäviä kuten silmän liikuttamista. (Sandström ja Ahonen 2011, 96.)

Hermosolu muodostuu somasta, dentriiteistä ja aksonista ja sen haaroista. Aksoni haarakkeiden päässä on motorinen päätelevy, joka sijaitsee lihassolun päällä. (Mero ym. 2004, 41.) Solun soma muodostuu perikaryonista ja tumasta, tätä osaa solusta kutsutaan myös runkosaksi. Dentriitit ovat soluun tietoa tuovia haarakkeita, ja aksonit solusta tietoa vieviä haarakkeita. (Mero ym. 2004, 41.) *Selkäydinhermot* sijaitsevat jokaisen selkänikaman kohdalla selkäytimestä, niin etu kuin takapuolella. Etupuolelta lähtevät motoriset etujuuret ja takaa sensoriset takajuuret. Yhden selkäydin hermon muodostavat edellä mainittu pari ja ihmisellä on näitä pareja 31. Hermot tulevat esiin selkäytimen molemmin puolin selkänikamien aukoista. Jokainen hermo hermottaa vain jotakin tiettyä lihaksistoa tai ihoaluetta. (Sandström ja Ahonen 2011, 99.)



Kuva 1 Hermoston rakenne

Ääreishermosto jaetaan toimintansa perusteella somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Ääreishermostosta tuodaan aistireseptoreiden kuten golgin jänne-elimien ja lihaspindelin tuottamia tietoja keskushermostoon. Näitä aistireseptoreita kutsutaan myös proprioseptoreiksi. Proprioseptoreiden tuottamat tiedot kulkevat sensorisia hermoja pitkin. (Mero ym. 2004, 37.) *Autonomisella hermostolla* tarkoitetaan lihaksiston, sydämen ja rauhasen toimintaa säätelevää ääreishermoston osaa. Sen toimintaa ohjaavat hypothalamus, ydinjatkeen tumakkeet ja isoivojen limbisen järjestelmä. Autonomisen hermoston toiminta ja säätely tapahtuu ihmisen itse sitä tiedostamatta. Autonominen hermosto jakaantuu sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan, jotka ovat suuressa roolissa elimistön tasapainon ylläpitämiseksi. Sympaattisen hermoston tehtävänä on kiihdyttää elimistön toimintaa, kuten nostaa sykettä ja parasympaattisen tehtävänä on hidastaa sitä. (Mero ym. 2004, 37.)

Aivot ja selkäydin muodostavat keskushermoston. Aivot jaetaan kuuteen eri osaan niiden anatomisen sijainnin ja toiminnan perusteella (Sandström ja Ahonen 2011, 7). Keskushermoston tehtävä on viedä käskyjä motorisia tai autonomisia hermoja pitkin kehon ääreisosiin ja sisäelimiin (Mero ym. 2004, 37). *Isoaivot* rakentuvat harmaasta aineesta. Isoaivoissa on kaksi aivopuolisko, joita yhdistää aivokurkiainen. Aivokurkiainen on kahden miljoonan aksonin muodostama. Aivopuoliskot jaetaan edelleen neljään lohkokseen jotka ovat otsalohko, päälaki-

lohko, ohimolohko ja takaraivolohko. Kun tarkastellaan vielä tarkemmin otsalohkoa, voidaan siitä määritellä vielä pre- ja orbitofrontaaliset alueet. (Sandström ja Ahonen 2011, 7; Kauranen ja Nurkka 2010, 70.)

Väliaivot koostuvat näkökukkulasta tai toisin sanoen talamuksesta, alanäkökukkulasta, aivolisäkkeestä ja käpylisäkkeestä. Tärkein väliaivojen rakenne liikuntaan liittyen on talamus. Talamus säätelee ja yhdistelee sensorisia ärsykeitä ja motorisia impulsseja ennen kuin nämä tiedot lähetetään aivokuorelle. (Sandström ja Ahonen 2011, 8; Kauranen ja Nurkka 2010, 80-81.) *Keskiaivoissa* liikkumisen ja motoriikan säätelyn kannalta tärkeimpiä osia ovat nelikukkulat, punatumake, mustatumake ja kolmannen sekä neljännen aivohermon tumakkeet. Nelikukkulat sijaitsevat keskiaivojen takaosassa ja ne säätelevät sekä välittävät tietoa aivorungon motorisiin osiin ylemmällä parillaan näköradalta ja alemmalla parillaan kuuloradalta. Punatumake taas toimii välittäjänä isoivokuoren motorisen ja sensorisen kuoren sekä pikkuaivojen välillä hermoimpulssien osalta. Se välittää hermoimpulssit myös pikkuaivojen ja selkäytimen välillä. (Kauranen ja Nurkka 2010, 81.) *Tyvitumakkeet* eli basaaligangliot ja niiden toiminta liittyy isoivokuoren ja väliaivojen näkökukkulan väliseen impulssi toimintaan. Suurin osa tyvitumakkeiden saapuvista hermoradoista saakin alkunsa isoivokuorelta. Kun taas tyvitumakkeista lähtevät hermoradat saavat alkunsa linssi- ja mustatumakkeesta. Nämä kulkevat näkökukkulan kautta aivokuorelle. (Kauranen ja Nurkka 2010, 91.)

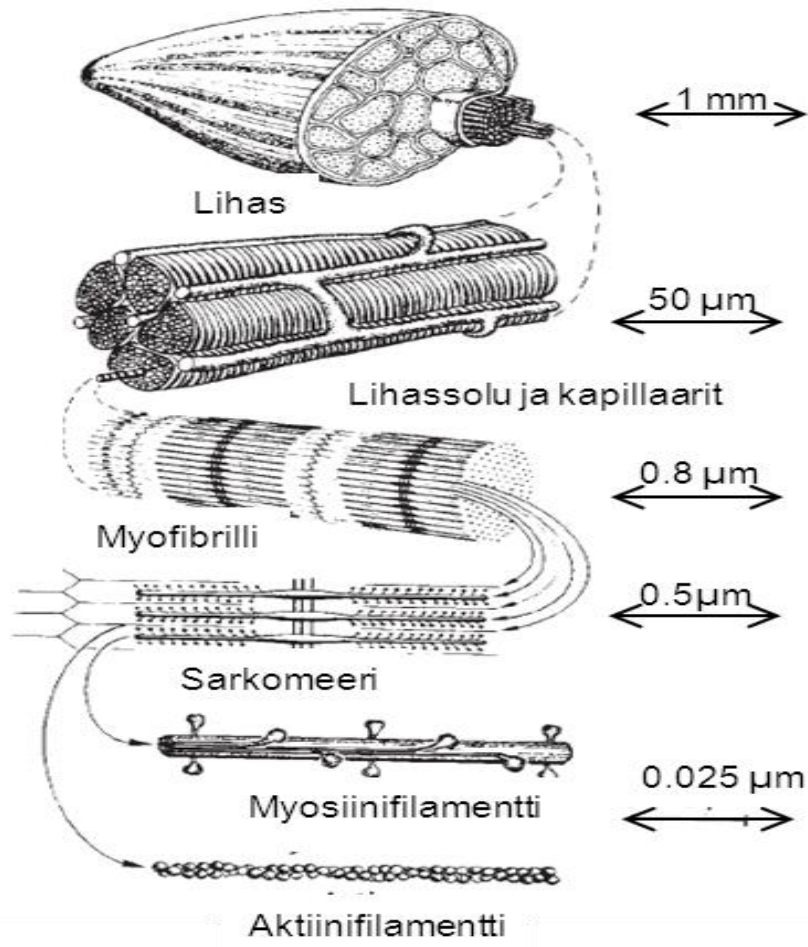
Pikkuaivot jaetaan kolmeen eri osaan, jotka ovat erikoistuneet kukin tiettyihin tehtäviin. Mediaanivyöhyke säätelee raajojen ja vartalon liikettä. Mediaanivyöhyke on yhteydessä hermoradoilla selkäyttimeen ja aivorunkoon ja puna- ja tasapainotumakkeeseen ja motoriseen aivokuoreen. Pikkuaivot kontrolloivat motoriikkaa erityisesti hienosäätämällä liikkeitä ja ylläpitämällä tasapainoa. (Kauranen ja Nurkka 2010, 78- 79.) *Aivosillan* kautta kulkevat aivokuoren ja selkäytimen väliset hermoradat. Aivosillan alueella sijaitsevat tumakkeet osallistuvat muun muassa unen ja hengityksen säätelyyn. (Sandström ja Ahonen 2011, 15.)

Ydinjatke muistuttaa anatomisesti ja toiminnallisesti selkäydintä. Ydinjatke onkin suora jatke selkäytimelle (Sandström ja Ahonen 2011, 15). Selkäydin on selkäydin kalvosta ja nesteestä muodostuva osa, joka kulkee selkärangan kanavassa. Selkäydin jaetaan etu- ja takasarveen. (Sandström ja Ahonen 2011, 16.) Ydinjatkeessa sijaitsevat tasapainon ja kuulon säätelyyn liittyvät tumakkeet (Palo ym. 1996, 34).

Kaikkea luurankolihasiston toimintaa ohjaa selkäytimestä tai aivorungosta lähtevät liikehermosolut ja lihaksista keskushermostoon palaavat sensoriset hermosolut (Leppäluoto ym. 2008, 424- 425). Keskushermostosta lihakselle lähtevät käskyt etenevät alfamotoneuroneja eli liikehermosoluja pitkin. Alfamotoneuroni lähtee selkäytimen etusarvesta, jossa sijaitsee sen sooma. Sen aksoni kulkee selkäydinhermon etujuuren kautta lihakseen. Lihaksen ja alfamotoneuronin yhtymäkohtaa kutsutaan hermolihasliitokseksi. (Leppäluoto ym. 2008, 424- 425.) Lihaksesta takaisin keskushermostoon palaavat impulssit kulkevat hermolihasliitoksen kautta pitkin sensorista hermoa (Leppäluoto ym. 2008, 425).

Hermoimpulssin johtumisnopeus riippuu hermosolun paksuudesta ja myeliinitupestä. Mikäli hermosolu on myeliinitupellinen, kulkee hermoimpulssi nopeammin. Myeliinituppi on solukalvon rakenne, joka muodostaa eristekerroksen aksonin ympärille ja näin mahdollistaa nopeamman hermoimpulssin eli aktiopotentiaalilin kulun. Aktiopotentiaalilla tarkoitetaan keskushermoston lähettämään sähköistä käskyä, joka kulkee dentriitistä runko-osaan ja siitä aksoni haaraketta pitkin se siirtyy siitä välittäjäaineen avulla hermolihasliitoksesta lihassoluun. (Mero ym. 2004, 41.)

Ihmisellä on yli 660 luurankolihasista, joiden avulla ihminen tuottaa voimaa liikkeisiin ja liikumiseen (Mero ym. 2004, 51). Lihaskudoksesta muodostuu 40- 50% ihmisen painosta (Niensted ym. 2002, 76). Luurankolihas koostuu vedestä, jota lihaksessa on jopa 75%, proteiinista jonka määrä on 20%, loppuosuus lihaksesta on yhdistelmä hiilihydraatteja, rasvoja, epäorgaanisia suoloja, entsyymejä ja pigmenttejä. Luurankolihas peittyy sen sidekudoksista muodostuviin kerroksiin. Lihaks kiinnittyy näiden kerrosten ja jänteen avulla luuhun. (Vuori ym. 2011, 35, 39.) Luurankolihas koostuu 5-50mm pitkistä ja 10-100µm paksuista lihassyistä eli lihassoluista. Lihassolut ovat lihaksessa pituussuunnassa. Lihassolun sisällä on myofibrillejä, jotka täyttävät koko lihassolun. Myös myofibrillit ovat lihaksen pituussuuntaisesti. Sarkomeerit ovat myofibrilleissä olevia 2 µm mittaisia yksiköitä. Filamentit tai toisinsanoen myofilamentit ovat sarkomeerien sisällä olevia komponentteja joiden toiminnan seurauksena lihas pystyy supistuman. Filamentteja on kahta eri lajia, aktiini ja myosiinifilamentteja. Ne koostuvat sadoista valkuaisaine molekyyleistä. (Kuva 2) (Niensted ym. 2002, 77- 78.)



Kuva 2 Lihaksen rakenne mukaeltu (Edman, 2003, 115)

Lihassolut jaetaan kahteen luokkaan niiden supistumisnopeuden vuoksi. Supistumisnopeus riippuu solun nopeudesta pilkkoa ATP:tä. Lihassolutyyppi I, joka tuottaa energiaa aerobisesti on hidas lihassolutyyppi. Nopeiksi lihassolutyypeiksi kutsutaan tyyppiä Iia ja Iib. Niiden energiantuotto on tehokkainta anaerobisen glykolyysin kautta. (Leppäluoto ym. 2008, 105-106; Sand ym. 2013, 246.)

Motorisella yksiköllä tarkoitetaan liikehermoa eli motoneuronia ja sen aksonihaarojen hermottamia lihassoluja. Yhden liikehermon aksonihaarat voivat hermottaa useita lihassoluja. (McArdle ym. 1996, 345.) Motoriset yksiköt jaetaan nopeisiin ja hitaisiin yksiköihin. Nopeat motoriset yksiköt jaetaan vielä voimantuoton nopeuden, tuotetun voimamäärän ja kestävyysosan nopeisiin, jonkin verran voimaa tuottaviin, mutta kestäviin (tyyppi Iia), sekä nopeisiin, paljon voimaa tuottaviin ja helposti väsyviin (tyyppi Iib). Hitaat motoriset yksiköt (tyyppi I) ovat voimantuotoltaan huonompia kuin tyypit Iia ja Iib. (McArdle ym. 1996, 349.)

Alhaisella kuormituksella vain vähäinen määrä motorisia yksiköitä on aktiivisena, mutta kuormituksen kasvaessa rekrytoidaan lisää motorisia yksiköitä toimintaan voimantuoton lisäämiseksi. Motoristen yksiköiden rekrytoinnissa noudatetaan koko periaatetta, eli pienillä aksoneilla olevat motoriset yksiköt rekrytoituvat (tyyppi I) ensin. Käytännössä tämä tarkoittaa tilannetta, jossa kuormitus on pieni, ja vasta kun vaaditaan enemmän voimaa, rekrytoidaan paksummilla aksoneilla hermotetut motoriset yksiköt (tyypit IIa ja IIb). (McArdle ym. 1996, 350.) Kuitenkin maksimaalisella nopeudella tehdyssä suorituksessa, joka kestää maksimissaan 10 sekuntia, otetaan käyttöön ensin nopeat motoriset yksiköt (tyypit IIa ja IIb), ja vasta suorituksen loppuvaiheessa lisätään hitaiden motoristen yksiköiden määrää (Mero ym. 2004, 48). Kaikki motoriset yksiköt eivät kuitenkaan syty missään vaiheessa yhtäaikaisesti, koska tämä johtaisi siihen, ettei ihminen pystyisi hallitsemaan lihastensa tuottamaa voimaa (McArdle ym. 1996, 350).

Lihaksen supistumisen saa aikaan normaalisti motoneuronin aksonihaaraa pitkin tuleva hermoimpulssi. Tämä hermoimpulssi siirtyy lihassoluun hermolihasliitoksen kautta. Motorisessa päätelevyssä alkaa välittäjäaineena toimivan asetyylikoliinin vaikutuksesta aktiopotentiaalin synty, joka etenee lihassyyn kalvoa ja T-järjestelmää pitkin sarkoplasmaattiseen kalvostoon eli solulimakalvostoon. Tämän seurauksena vapautuu sarkoplasmaattisesta kalvostosta kalsiumioneja. (Niensted ym. 2002, 79- 80.) Varsinainen lihaksen supistuminen tapahtuu sarkomeerien toiminnan seurauksena. Sarkomeereissa myosiiniprojektiot eli välisillat muodostavat yhteyden filamenttien välille. Filamenttien välisen yhteyden muodostumista ja irtoamista säätelevät kaksi myofibrillaarista proteiinia. Nämä proteiinit ovat tropomyosiini, jonka tehtävänä on estää aktiinin ja myosiinin liittymistä toisiinsa, ja troponiini, joka yhdessä hermoimpulssista lähteneen tapahtumasarjan seurauksena vapautuneiden kalsiumionien kanssa aiheuttaa supistumistapahtuman. (McArdle ym. 1996, 319.)

Supistumistapahtumassa myosiini kiinnittyy aktiiniin ja vetää sarkomeeria tiiviimmäksi. Supistuminen alkaa kalsiumin vapautumisella. Kalsium sitoutuu troponiiniin johtaen välisiltojen tarttumiseen aktiinin sivuihin. Supistumisen purkaminen eli rentoutuminen tapahtuu, kun kalsiumin pitoisuus vähenee sarkomeerissa. Filamenttien liukumisteorian (ns. sliding filament theory) mukaan lihaksen pituus lyhenee ja pitenee, koska filamentit liukuvat lomittain. Näin ollen filamentin pituus ei muutu. (McArdle ym. 1996, 325-328; Niensted ym. 2002, 79- 80.)

Vaikka lihasten supistuminen onkin pääsääntöisesti tahdon alaista toimintaa, ohjaavat niiden toimintaa myös lihaksissa, jänteissä ja iholla olevat proprioceptorit. Niiden aiheuttama lihas-

ten ohjaaminen on ihmiselle tiedostamatonta toimintaa. Näitä toimintoja kutsutaan jänne- ja ihoheijasteiksi. (Palo ym. 1996, 49.) Proprioseptoreiden tehtävänä on estää ihmisen loukkaantumisen. Tällaisia proprioseptoreita ovat lihaksessa sijaitseva lihaskäämi, lihaksen ja jänteen liittymä kohdassa sijaitseva Golgin jänne-elin, ja iholla sijaitsevat hermopäätteet.

Lihaspindeli eli lihaskäämi sijaitsee lihaksen sisällä. Sen tehtävänä on aistia lihaksen pituuden muutoksia. Lihaspindelistä lähtevät sensoriset hermosyyt muodostavat selkäytimen etusarvessa toimintaa kiihdyttäviä synapseja eli hermosolujen liittymäkohtia. Lihaspindelissa sijaitsevat aistinhermosolun päätteet, jotka ärsyyntyvät lihaksen venyessä. Tästä ärsyyntymisestä lihaspindeli lähettää tiedon sensorista hermoa pitkin selkäyttimeen, sieltä se palaa takaisin lihaksen motoneuronia pitkin. (Palo ym. 1996, 49; Sand ym. 2013, 121.) *Golgin jänne-elin* sijaitsee jänteen ja lihaksen liittymäkohdassa. Sen tehtävänä on aistia kuorman muuttumista ja suojella lihasta ja sen sidekudoksia vammoilta, jotka mahdollisesti johtuvat liian suureksi muuttuneesta kuormasta. Golgin jänne-elin suojelee lihasta ja sen sidekudoksia lähettämällä sensorista hermoa pitkin keskushermostoon tiedon lihaksen voimantuoton vähentämistarpeesta. (Mero ym. 2004, 41.) Lähellä Golgin jänne-elintä lihaksessa sijaitsee Pacinianin elin. Pacinianin elimiä sijaitsee myös iholla ja vatsassa. Pacinianin elin aistii liikkeen ja paineen muutosta ja osallistuu näin ollen omalta osaltaan proprioseptoreiden säätelytoimintaan. (Mero ym. 2004, 41.) Kun edellä mainitut lihaspindeli, ja Golgin jänne-elin aiheuttavat ihmisessä jänneheijasteen tai toisin sanoen venytysheijasteen. Saavat iholla sijaitsevat hermopäätteet aikaan väistöheijasteen. Esimerkkinä Sand ym. (2013, 122) käyttävät kuumille hiilille astumista, jonka seurauksena ihminen automaattisesti koukistaa jalkaansa hermopäätteiden havaittua suuren lämmön.

Lihaksen supistuessa sen tuottama voima siirtyy jänneiden kautta luuhun. Lihaksen supistuessa nämä kiinnityskohdat lähenevät liikuttaen samalla luita joihin se on kiinnittynyt. Luitten ja nivelten ansiosta ihmiskehossa saadaan aikaiseksi vipuvarsia, jotka kykenevät kääntymään nivelten ansiosta akseleidensa ympäri. Lihakset ovat kiinnittyneet luustoon siten, että lihaksen supistuminen aiheuttaa aina sen antagonistin lihaksen venymisen. (Sand ym. 2013, 247.) Tuotettuun ulkoisesti mitattavaan voimamäärään vaikuttaa useat eri tekijät. Meron ym. (2004, 53) mukaan voimantuottoon vaikuttavat lihasmekaaniset ja hermostolliset tekijät sekä lihasjäykkyys (muscle stiffness). Lihasmekaanisilla tekijöillä tarkoitetaan lihastoimintaa, lihaksen pituutta ja nivelkulmaa jolla työtä tehdään, voima-aika riippuvuutta, elastisten osien toimintaa sekä lihaksen rakennetta. (Mero ym. 2004, 53.) Lihastoiminta jaetaan lihaksessa tapahtuneen pituusmuutoksen perustel-

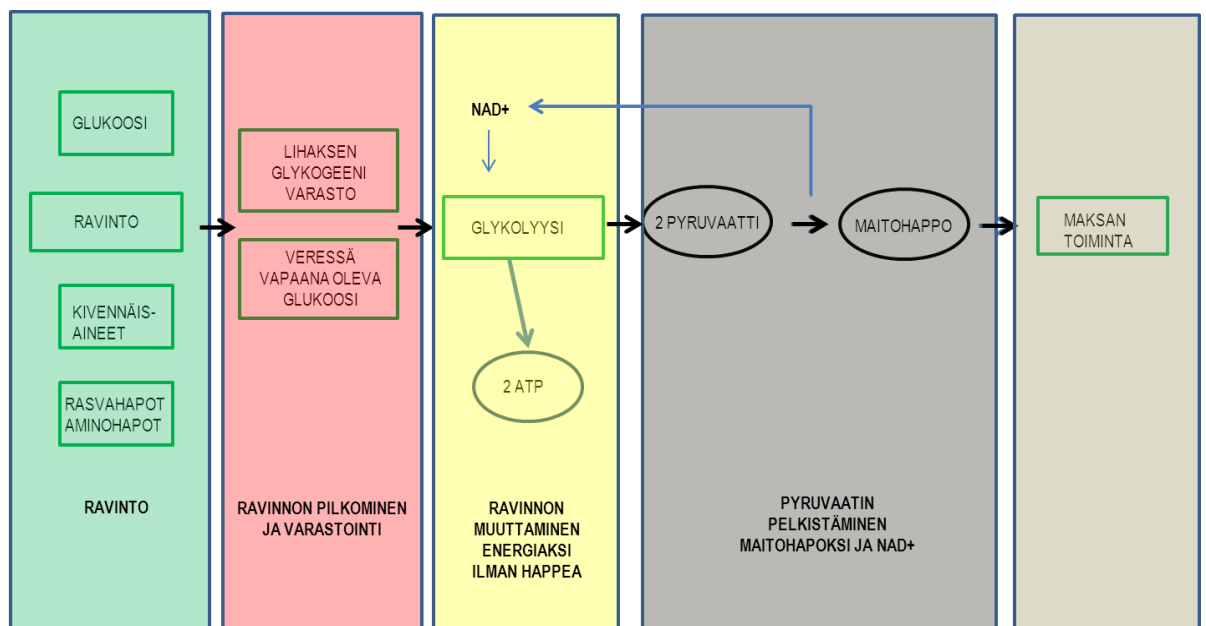
la joko isometriseen voimantuottoon, jossa ei tapahdu ulospäin näkyvää liikettä, ja dynaamiseen voimantuottoon, jonka seurauksena on havaittavissa ihmisen liike. Dynaaminen voimantuotto jaetaan vielä eksentriseen ja konsentriseen voimantuottoon. Eksentrisessä voimantuotossa lihas pitenee ja konsentrisessä lyhenee. Suurimman ulkoisesti mitattavan voimantuoton ihminen saa aikaan eksentrisessä toiminnassa. Huonoin voimantuotto on konsentrisessä työssä. (Mero ym. 2004, 53- 54.)

Lihaspituudella tarkoitetaan lihassolun pituuden ja tuotetun voiman välillä olevaa yhteyttä. Suurimmat voimat saadaan tuotettua lihassolun ja sen sisällä olevan sarkomeerin ollessa keskipituudella. Tämä lihaspituus- voimayhteys on olemassa kuitenkin vain isometrisessä ja konsentrisessä lihastoiminnassa. Eksentrisessä lihastyössä lihaspituus- voimayhteyteen vaikuttavat myös lihaksen sidekudokset. *Nivelkulmalla* taas tarkoitetaan nivelkulma- voimayhteyttä, joka on riippuvainen lihasten ja luiden välisistä kiinnityskohdista. Esimerkkinä Mero ym. (2004) esittävät, että ihminen tuottaa jalkakyykyssä suurimmat voimat aivan liikkeen lopussa eli jalkojen ollessa suorana (polvikulma 180 astetta). (Mero ym. 2004, 54.) *Voima-aika riippuvuudella* Mero ym. (2004, 54) tarkoittavat motoristen yksiköiden voimantuoton ja ajan välistä yhteyttä. Nopeat motoriset yksiköt tuottavat voimaa nopeammin kuin hitaat motoriset yksiköt.

Elastiset osat eli jänteet, sidekudokset ja sarkomeerissa muodostuvat välisillat varastoivat itseensä energiaa lihaksen venyessä. Elastiset osat antavat tämän varastoituneen potentiaalienergian pois liike-energiana lihaksen supistuessa heti venytyksen jälkeen. Mikäli lihaksen venytystä ei välittömästi seuraa lihaksen supistuminen muuttuu varastoitunut potentiaalienergia lämmöksi. (Mero ym. 2004, 56.) *Lihaskenteesta* voimantuottoon vaikuttavia tekijöitä ovat lihassolujakauma (nopeiden ja hitaiden solujen suhde), lihassolujen lukumäärä ja lihassolujen poikkipinta-ala, sekä lihaksessa olevien solujen asento suhteessa lihaksen runkoon (sulkamainen, sukkulamainen) (Mero ym. 2004, 56).

Hermostollisista tekijöistä voimantuottoon vaikuttavat esiaktiivisuus eli lihaksen valmistautuminen esimerkiksi tulevaan törmäykseen juoksussa. Esiaktiivisuuden aikana lihaksen sähköinen aktiivisuus kasvaa ja lihaksen jäykkyys lisääntyy (muscle stiffness). Muita hermostollisia tekijöitä voimantuotossa ovat refleksi eli heijastetoiminta. Heijastetoimintaa säätelevät jo edellä mainitut proprioceptorit. Lihásjäykkyyteen vaikuttavat esiaktiivisuus, refleksiaktiivisuus, lihaksen elastiset osat, lihaspituus ja lihasvoima. Käytännössä lihásjäykkyys estää liian suuria nivelkulman muutoksia voimantuoton optimoimiseksi. (Mero ym. 2004, 57- 58.)

Levossa ihminen tuottaa tarvitsemansa energian pääsääntöisesti rasvahapoista, mutta liikunta-suoritusten aikana energialähteenä käytetään veressä vapaana olevaa glukoosia ja lihaksiin varastoitunutta glykogeeniä tai kreatiinifosfaattia (Leppäluoto ym. 2008, 104). Lyhytkestoisissa eli alle 2 minuuttia kestävässä suorituksissa ihminen tuottaa lihaksen työskentelyyn tarvittavan energian anaerobisesti. Tällöin energiantuottamiseen ei tarvita happea (Rehunen 1997, 59). Lihaksen tarvitsee supistuakseen ATP- yhdistettä ja kreatiinifosfaattia alle 10 sekuntia kestävässä suorituksissa, ja lihaksen omaa glykogeenivarastoa suorituksissa joiden kesto on 10 sekuntia - 2 minuuttia (Rehunen 1997, 59). ATP koostuu adeniinista, fosforihappotähteestä, joita on yhdisteessä kolme, sekä riboosista. ATP:a syntyy glykolyysissä, oksidatiivisessa fosforylaatioissa, ja adenosiidifosfaatista sitruunahappokierrossa. Oksidatiivinen fosforylaatio ja sitruunahappokierto vaativat molemmat onnistuakseen hapen läsnäoloa prosessissa. (Leppäluoto ym. 2008, 31, 46.) Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista voimaa vaativissa suorituksissa. Anaerobisissa olosuhteissa glukoosista syntyy solulimassa glykolyysin kautta kaksi ATP-molekyyliä, ja kaksi pyryvaattia (Kuva 3). Mikäli hapenpuute elimistössä jatkuu edelleen, pelkistyy pyryvaatti edelleen maitohappofermentaation kautta laktaatiksi eli maitohappoksi ja NAD^+ :ksi (Leppäluoto ym. 2008, 46). NAD^+ on glukolyysin jatkumisen kannalta tärkeä. ATP:a varastoituu pieniä määriä ihmisen lihakseen, mutta sen määrä on hyvin pieni. Lihakseen varastoituneella ATP:lla ja KP:lla ihminen pystyy noin 10- 15 sekunnin mittaisen suorituksen tekemiseen. (Rehunen 1997, 64.)



Kuva 3 Anaerobinen energiantuotto glykolyysin kautta

Kreatiinifosfaattia (KP) varastoituu pieninä määrinä lihaksiin. Kreatiinia ihminen saa ravinnosta, lähinnä lihasta, mutta elimistö tuottaa sitä myös itse (Rehunen 1997, 64). Kreatiinifosfaatin pilkkominen on nopein tapa tuottaa energiaa, mutta kuten jo edellä on mainittu sen määrä lihaksessa on hyvin rajallinen (Leppäluoto ym. 2008, 104).

Ihmisen glykogeenivarastot sijaitsevat maksassa ja lihaksissa. Glykogeeni muodostuu tuhansien glukoosimolekyylien kasautumasta. (Niensted ym. 2002, 394.) Glykogeeni varastot ovat kuitenkin rajalliset, joka johtaa siihen, että ihmisen maksimaaliset liikunnalliset suoritukset voivat olla vain lyhytkestoisia (Leppäluoto ym. 2008, 47). Glykogeenivarastojen täydentämiseen tarvittavaa glukoosia ihminen saa elimistönsä ravinnon mukana, ja se on tärkein hiilihydraattien siirtymismuoto elimistössä (Niensted ym. 2002, 398).

Glykolyysin kautta vapautuu glukoosista vain noin 5 % sen sisältämästä energiasta. Jäljelle jäänyt energia pyritään hyödyntämään *aerobisen energiantuoton* kautta lihaksen mitokondrioidissa. Krebsin sykliksi kutsutussa aerobisessa energiantuottotavassa glykolyysistä syntynyt lopputuote pallorypälehappo, jatkojalostetaan acetyl-CoA:ksi. Tämä pilkkotaan edelleen kymmenen kemiallisen reaktion sarjassa hiilidioksidiksi ja vedyksi. Oksidatiivisessa fosforylaatiossa nämä syntyneet vetyatomit hapetetaan, jolloin saadaan aikaiseksi ATP:tä ja vettä. Aerobinen energian tuotto on huomattavasti tehokkaampaa kuin anaerobinen. Yhdestä glukoosimolekyylistä saadaan 18 kertaa enemmän ATP:tä kuin anaerobisessa energiantuotossa. Kuitenkin aerobisen energiantuoton käyttöä maksimaalisissa lyhyissä suorituksissa heikentää se, että sen ATP:n tuottonopeus on huomattavasti hitaampaa kuin anaerobisessa energiantuotossa. (Nummela 2004, 99.)

Rasvojen käyttö energiantuotannossa onnistuu beta-oksidaation kautta. Rasva on varastoitunut lihaksiin ja rasvakudoksiin triglyserideinä. Nämä hajoavat glyseroliksi ja rasvahapoiksi lipaasientsyymien katalysoiman reaktion kautta. Glyseroli voidaan pilkkoa glykolyysissä ja rasvahapot beta-oksidaatiossa. Näiden reaktioiden avulla voidaan yhdestä triglyseridistä saada 12 kertaa enemmän ATP:tä verrattuna glukoosimolekyylin pilkkomiseen. (Nummela 2004, 99.)

4 KEHONKOOSTUMUS JA SUORITUSKYKY

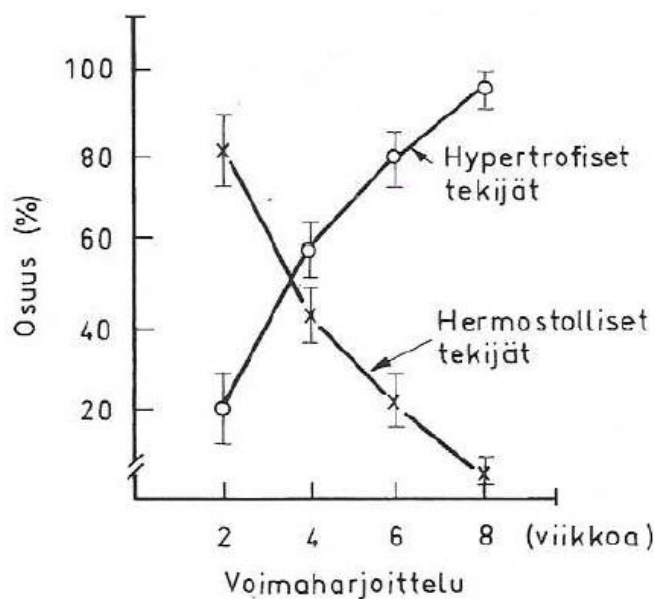
Ihmiskeho koostuu kolmesta peruskomponentista. Nämä rakenteelliset komponentit ovat luusto, lihakset ja rasva. Mitattaessa ihmisen kehonkoostumusta pyritään arvioimaan näiden edellä mainittujen peruskomponenttien kokonaisuutta ja suhteellista osuutta koko kehon painosta. Aikuisten kehonkoostumusta voidaan vertailla Behnke:n teoreettisen mallin suhteen. Tämä malli perustuu suurilla väestöryhmillä tehtyihin mittauksiin. Behnke:n mallissa miesten rasvamääräksi on arvioitu 15 %. (Keskinen 2004, 377; Fogelholm ja Kaukua 2011, 423.)

Ihmisen kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn välisiä yhteyksiä on tutkittu jonkin verran. On havaittu, että erilaisissa lihaskestävyyttä ja maksimaalista voimaa vaativissa suorituksissa on kehon rasvattoman massan määrällä suuri vaikutus. Ylimääräinen kehon rasvamassa vaikuttaa suorituskykyyn erityisesti sellaisissa tehtävissä, joissa ihmisen pitää liikuttaa omaa kehonmassaansa. Ominaisuudet kuten nopeus, tasapainokyky, hyppykyky ja kestävyys ovat vahvasti negatiivisessa yhteydessä liian suureen kehon rasvamassaan. (Wilmore ja Costill 2004, 458.)

Rasvaprosenttia pidetään fyysisen suorituskyvyn ennustajana (Mattila ym. 2007). Going ja Mullins (2000, 350) pitävät kuitenkin rasvaprosenttia parempana kehonkoostumuksen osana rasvattoman massan määrää, jonka on todettu korreloivan paremmin suorituskyvyn kanssa ainakin 12- minuutin juoksupätkässä, ja erilaisissa kanto ja työntö testeissä (Going ja Mullins 2000, 350). Harman ja Frykman (1992) ovat oman tutkimuksensa perusteella esittäneet, että nuorien asepalvelukseen astuvien miesten tulisi täyttää ennalta vaaditut kehonkoostumuksen mitat. Heidän mukaansa asepalvelukseen astuvilla tulisi olla riittävä määrä kehon rasvatonta massaa, ja sopivan alhainen kehon rasvaprosentti. (Harman ja Frykman 1992.) Miyatake ym (2012) havaitsivat alaraajojen maksimaalisen voimantuoton olevan vahvasti negatiivisessa yhteydessä rasvaprosentin kanssa ($r = -0.719$, $p \leq 0.05$). Samassa tutkimuksessa puristusvoiman ja rasvattoman massan määrän välillä havaittiin positiivinen yhteys ($r = 0.708$, $p \leq 0.05$). (Miyatake ym. 2012.)

5 VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN

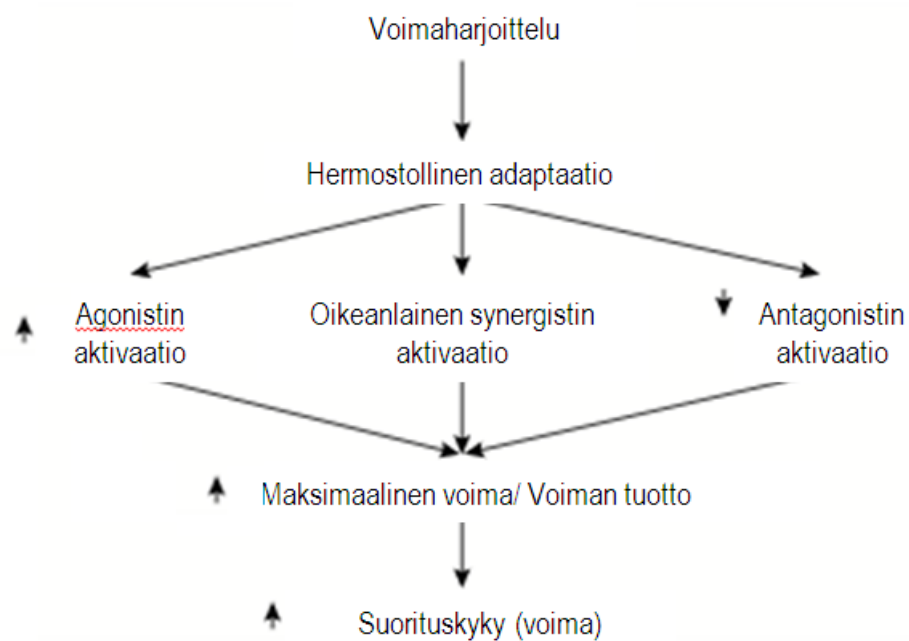
Voimaharjoittelun seurauksena ihmisen hermosto pyrkii adaptoitumaan harjoituksessa käytävään kuormaan ja tuottamaan tarvittavan voimamäärän yhteistyössä lihaksiston kanssa. Voimaharjoittelun aikana ja sen jälkeen ihmisen kehosta voidaan mitata useita eri muuttujia kuten hengitys- ja verenkierto elimistön kuormitusta sykkeen avulla. (Fleck ja Kraemer 2004, 53- 55.) Kuitenkin yleisimmin mitattavia muuttujia voimantuoton mittaamisen lisäksi ovat hermostolliset tekijät ja kehon antropometriset muutokset. Voimaharjoittelun vaikutukset hermolihasjärjestelmään vaihtelevat käytetyn harjoittelumetodin mukaan. Maksimaalisen voimantuoton osalta voimaharjoittelun aloittamisen alussa voi hermostollisilla tekijöillä olla jopa 80% osuus tuotetusta voimasta. (Kuva 4). Harjoittelun jatkuessa hermostollisten tekijöiden osuus pienenee ja lihaksessa tapahtuvien muutosten osuus maksimivoimantuottoon kasvaa. (Häkkinen ym. 2004, 269.)



Kuva 4 Maksimaalisen voimantuoton hermostollisten ja hypertrofisten tekijöiden osuudet. (Häkkinen ym. 2004, 269, alkup. Moritani ja DeVries 1979).

Voimaharjoittelu vaikuttaa hermostolliseen adaptaatioon siten (kuva 5), että hermostollinen ohjaus agonistin eli tarkoituksen mukaista työtä tekevän lihaksen, synergistin eli työtä tekevän lihaksen kanssa samansuuntaisesti työskentelevän lihaksen, ja antagonistin eli vastavaikuttaja lihaksen toiminnassa lisääntyy. Käytännössä hermostollisen adaptaation kautta antagonistin

aktivaatio vähenee, jolloin liikettä vastustava voima pienenee. Samanaikaisesti agonistin aktivaatio kasvaa, ja synergistin aktivaatio asettuu optimaaliselle tasolle. (Sale 2003, 281- 282.) Synergistin toiminnan asettumisella optimaaliselle tasolle tarkoitetaan motoristen yksiköiden oikea-aikaista syttymistä. Tämä johtaa hetkellisen maksimaalisen voimantuoton tai pidempi-aikaisen voimantuoton paranemiseen ja näin ollen ihmisen suorituskyvyn paranemiseen voiman osalta. (Kuva 5) (Sale 2003, 281- 282.) Voimaharjoittelun vaikutus on erityisesti harjoittelun alussa suuri hermostollisten tekijöiden paranemiseen (Häkkinen ym. 2004, 269).



Kuva 5 Hermolihasjärjestelmän hermostollinen adaptaatio voimaharjoitteluun (Mukaeltu: Sale 2003, 282)

Edelleen voimaharjoittelun aloittamisen jälkeen tapahtuu motoristen yksiköiden synkronoinnissa paranemista etenkin aiemmin vähän voimaharjoittelua harrastaneilla (Mikkola ym. 2012; Häkkinen 1994). Useita viikkoja jatkuneen voimaharjoittelun seurauksena ihmisen lihaksen poikkipinta-ala kasvaa. Tätä ilmiötä kutsutaan hypertrofiaksi. (Tesch ja Alkner 2003, 269.) Harjoittelu ei kuitenkaan lisää lihassolujen määrää. Hypertrofia johtuu lisääntyneestä aktiinin ja myosiinin tuotannosta eli siis filamenttien kasvaneesta määrästä. (Sand ym. 2013, 246- 247.)

Rehusen (1997, 38-39) mukaan voimaharjoittelun seurauksena lihaksen hapenkäyttökyky energian tuotannossa huononee, koska lihasten mitokondrioiden määrä vähenee, energiavaras-

tot pienenevät, ja koska lihaksen poikkipinta-ala kasvaa, hiusverisuonten määrä suhteessa laskee. Kuitenkin vaikka lihaksen kestävyysominaisuudet saattavat heiketä voimaharjoittelun vaikutuksesta, tehostaa se muuta lihaksen energian tuottoa. Anaerobisesti energiaa tuottavien entsyymien aktiivisuus kasvaa, ja välittömien energialähteiden (ATP, KP) pitoisuudet lihaksessa nousevat. (Rehunen 1997, 38-39.)

Interventiotutkimuksissa on havaittu voimaharjoittelun vaikuttavan kehonkoostumukseen eri tavoin riippuen käytetyistä metodeista. Tutkimuksissa joissa on harjoitettu vain pieniä lihasryhmiä, on havaittu vain paikallisia adaptaatioita lihaksiin ja kehonkoostumukseen, kun taas niissä tutkimuksissa, joissa ollaan harjoitettu isoja lihasryhmiä, on voitu havaita suurempia muutoksia kehonkoostumuksessa. (Sillanpää 2011). Bamman ym. (2003) tutkimuksessa on todettu voimaharjoittelun johtavan pienentyneeseen rasvamassan määrään ja lisääntyneeseen rasvattoman massan määrään, näiden muutosten kuitenkin vaikuttamatta henkilön kokonaispainoon (Bamman ym. 2003).

Voimaharjoittelun pidempiaikaisena vaikutuksena voi olla anabolisten hormonien kuten testosteronin lepotasojen nousu tai pysyminen ennallaan. (Häkkinen ja Mero 2004, 135). *Testosteroni* on sukupuolihormoni, jota erittyy miehillä munuaisista ja lisäkiveksistä vuorokaudessa 2,5-11mg. Normaali testosteroni konsentraatio pitoisuus veressä on miehillä 10- 38 nmol/l. Testosteronin erittymiselle on ominaista porskeenomaisuus, ja aamulla pitoisuus on yleensä suurempi kuin illalla. Kun kehoa kuormitetaan kovalla intensiteetillä testosteronikonsentraation määrä veressä kasvaa. (<http://huslab.fi/ohjekirja/2735.html>; Kauranen ja Nurkka 2010, 157.)

Testosteronin muodostumisen määrään vaikuttavat kuormituksen intensiteetin lisäksi kuormituksen kesto. Kevyellä kuormituksella ei testosteronikonsentraation määrä veressä lisääny. Testosteronista suurin osa sitoutuu sukupuolihormoneja sitovaan proteiiniin (SHBG), jolloin verestä mitattu vapaan testosteronin määrä vähenee. Pitkäaikainen eli kuukausia kestänyt voimaharjoittelu kuitenkin muuttaa SHBG:n ja vapaan testosteronin suhdetta, siten että vapaan testosteronin määrä veressä kasvaa. (Kauranen ja Nurkka 2010, 157.) Testosteronin lepopitoisuudella on harjoitteluvaikutuksen takia pyrkimys nousemaan ja näin ollen edistää lihasmassan ja maksimivoiman kasvua (Häkkinen ja Mero 2004, 135). Testosteronin vaikutuksesta filamenttien muodostuminen kiihtyy (Sand ym. 2013, 247). Taipale (2013) tutkimuksessa yhdistetyn voima- ja kestävyysarjoittelun seurauksena miesten testosteroni konsentraation määrä nousi tilastollisesti merkitsevästi verrattaessa ennen ja 4 viikon harjoittelun jälkei-

siä tuloksia. Testosteroni konsentraatio tippui Taipaleen (2013) tutkimuksessa kuitenkin 8 viikon harjoittelun jälkeen lähelle ennen harjoitusjakson alkamista saatuja pitoisuuksia. Kraemer ym. (1995) tutkimuksen mukaan testosteroni konsentraation pysyy yhdistetyssä voima- ja kestävyys harjoittelussa muuttumattomana.

Insuliinin kaltainen kasvutekijä (IGF-1) osallistuu solunjakautumista sääteleviin prosesseihin. IGF-1 on yhteydessä myös kasvuhormoniin. IGF-1 on proteiinisynteesin käynnistäjä lihaksissa, ja samalla se stimuloi lihasten anabolisia prosesseja. IGF-1:stä valmistuu hieman myös paikallisesti lihaksissa, mutta pääsääntöisesti sitä syntyy maksassa. Lihasten kuormittumisen on todettu lisäävän IGF-1:sen erittymistä. (Kauranen ja Nurkka 2010, 159.) Normaali IGF-1 konsentraatio pitoisuus veressä 20- 30-vuotiaille on 15- 44 nmol/l ja 30- 40-vuotiaille 14- 42 nmol/l (<http://huslab.fi/ohjekirja/3253.html>).

Kortisoli muodostuu useiden eri vaiheiden kautta kolesterolista. Kortisoli erittyy suoraan verenkiertoon ja suurin osa siitä sitoutuu transkortiini nimiseen valkuaiseen. Vain noin 4 % kokonaiskortisolista on vapaana kortisolina verenkierrossa. Kortisolin määrä verenkierrossa puoliintuu nopeasti. Sen puoliintumisajaksi on laskettu 60 minuuttia. (Leppäluoto ym. 2008, 338.) Kortisolin on todettu estävän kehon glukoosinottoa ja näin ollen haittaavan glykogeenin muodostumista. Se lisää rasvojen ja proteiinien hajoamista kudoksissa, eli toisin sanoen sillä on katabolinen vaikutus kehoon. Taipale (2013) ei havainnut omassa tutkimuksessaan yhdistetyn voima- ja kestävyys harjoittelun vaikuttavan aiemmin kestävyysurheilua harrastaneiden kortisoli konsentraatioon 8 viikon harjoittelujakson aikana.

6 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET HERMOLIHASJÄRJESTELMÄÄN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN

Sotilaalta vaaditaan usein kykyä suoriutua tehtävistä, jotka vaativat niin kestävyyttä, kuin myös voimaa. Osa aiemmista yhdistettyä harjoittelua käsitelleistä tutkimuksista on tuloksiltaan hieman ristiriidassa toistensa kanssa. Esimerkiksi aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on esitetty, että kestävyysharjoittelun yhdistäminen voimaharjoittelun kanssa saattaa heikentää voiman kehittymistä verrattuna pelkästään voimaharjoitteluun. (Hickson 1980; Kraemer ym. 1995; Häkkinen ym. 2003; Hennessy ja Watson 1994). Kraemer ym. (2004) mukaan kuitenkin yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu parantavaa alaraajojen voimantuottokykyä, mutta yhdistetyllä harjoittelulla ei ole saatu parempia tuloksia voiman tuoton osalta kuin pelkällä voimaharjoittelulla. Kraemer ym. (2004) esittävät tutkimuksensa perusteella, että yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun parantavan fyysistä toimintakykyä sotilailla.

Hennessyn ja Watsonin (1994) tutkimuksessa havaittiin yhdistetyn harjoittelun haittaavan alavartalon voiman kehittymistä. He eivät kuitenkaan havainneet yhdistetyn harjoittelun haittaavan ylävartalon voimatasojen kehittymistä. Toisaalta Häkkisen ym. (2003) tutkimuksen perusteella voidaan sanoa maksimivoiman kehittyvän yhdistetyllä voima- ja kestävyysryhmällä samalla tavalla kuin pelkkää voimaa harjoitelleilla. Harjoitusten suoritusjärjestys on ollut yksi tutkimusten kohde, mutta useissa tutkimuksissa on havaittu maksimivoiman kasvavan riippumatta siitä, kumpi harjoitus (kestävyys vai voima) suoritettiin ensin. (Gravelle ja Blessing 2000). Lisäksi Sale ym. (1990) ja Arazi ym. (2011) tutkimuksissa eri päivinä suoritettujen kestävyys ja voimaharjoitukset antoivat koehenkilöille suuremmat parannukset maksimaalisessa jalkaprässissä (1RM) kuin niille, jotka tekivät molemmat harjoitukset samana päivänä.

Joissain tutkimuksissa on todettu yhdistetyn harjoittelun ryhmän voimaominaisuuksien kehittyvän samaan tahtiin pelkkää voimaa harjoittelevien kanssa vain tiettyyn pisteeseen saakka. Hickson (1980) on esittänyt omissa tutkimuksissaan johtopäätöksen jonka mukaan yhdistetyn harjoittelun ja voimaharjoittelu ryhmän voimantuotto parani samalla tavalla aina 7 viikon harjoittelun ajan. Tämän jälkeen yhdistetyn harjoitteluryhmän voimantuoton paraneminen pysähtyi ja jopa kääntyi laskuun, kun taas voimaryhmän tulokset paranivat edelleen.

Mikkola ym. (2012) esittivät omissa tutkimuksissaan yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun parantavan maksimaalista voimaa, mutta häiritsevän koehenkilöiden räjähtävän voiman-

tuoton paranemista. Kyseinen tutkimus kesti 21 viikkoa ja koehenkilöinä toimivat aiemmin harjoittelemattomat nuoret miehet. Häkkinen ym. (2003) ovat esittäneet omassa 21- viikkoa kestäneessä tutkimuksessaan tärkeimpinä tuloksina yhdistetyn harjoittelun parantaneen maksimaalisia voimantuottotuloksia niin ala- kuin myös yläraajojen osalta. Tässä tutkimuksessa tutkimusjoukkona oli keski-ikältään 38-vuotias aiemmin jonkin verran urheilua harrastanut miesjoukko, jonka koko oli 28 osallistujaa. Tätä tukee myös Hendricksonin ym. (2010) tutkimus jossa he esittävät yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun parantavan myös maksimaalista penkkipunnerrus tulosta kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen merkittävästi. Koejoukkona tutkimuksessa oli 56 naista.

Mosti ym. (2011) ovat tutkineet intervalliharjoittelun ja voimaharjoittelun yhdistämisen vaikutuksia ääreisverenkierron sairaudesta kärsivillä. Heidän tutkimuksensa mukaan kahdeksan viikkoa kestäneen harjoittelun jälkeen koehenkilöiden alaraajojen voimatasot paranivat merkittävästi. Kuten pelkkä voimaharjoittelu, myös yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu aiheuttaa vasteita myös ihmisen umpieritys eli hormonijärjestelmään. Kraemer ym. (1995) mukaan yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu nostaa koehenkilöiden kortisoli pitoisuutta veressä. Tämän tutkimuksen mukaan yhdistetty harjoittelu ei myöskään alenna testosteronin määrää. Mikkola ym. (2012) eivät kuitenkaan havainneet omassa 21 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa tilastollisia muutoksia testosteronissa eikä kortisolissa aiemmin vähän urheilleilla nuorilla miehillä.

Kraemer ym. (2004) totesivat yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun kasvattavan rasvatonta massaa ja vähentävän kehon kokonaisrasva määrää. Tätä tukee Sillanpää ym. (2011) 21 viikkoa kestänyt tutkimus, jossa havainnot yhdistetyn harjoitteluryhmän kehonkoostumuksista olivat lisääntynyt rasvaton massa, pienentynyt rasvamassan ja rasvaprosentin pieneneminen ja vyötärön ympäryksen kapeneminen. Glowacki ym. (2004) taas esittivät yhdistetyn harjoittelun seurauksena kehonpainon ja rasvattoman massan nousseen, ja rasvaprosentin pienentyneen.

Kuvassa 6 on koonnos muutamista aiemmin yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua tutkineesta tutkimuksesta ja niiden päätuloksista. Koonnoksessa on huomioitu ainoastaan yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun ryhmien tuloksia.

TEKIJÄ	TUTKIMUSASETELMA YHDISTETYN HARJOITTELUN RYHMÄLLÄ	TULOKSET YHDISTETYN VOIMA-JA KESTÄVYYSHARJOITTELURYHMIEN OSALTA	
		Maksimaalinen voimantuotto	Kehonkoostumus
Häkkinen ym. 2003	28 miestä 21 vko, 2xvoima ja 2xkestävyys/vko	Alaraajojen voiman tuotto ↑	Rasva% ↓
Kraemer ym. 2004	35 fyysisesti aktiivista miestä, Harjoitusjakso 12 vko/ 4 harjoituspäivää, Kestävyys harjoitus aamulla, voimaharjoitus iltapäivällä	Alaraajojen räjähtävä voiman tuotto ↑	Rasvatonmassa ↑ Kehonpaino ↓
Mikkola ym. 2011	11 aiemmin harjoittelematonta miestä, Harjoitusjakso 21 vko/ 4 harjoituskertaa, Voima ja kestävyys harjoitteet eri päivinä	Alaraajojen voiman tuotto ↑	Rasva% ↓
Hickson 1980	5 miestä ja 2 naista. Harjoitusjakso 10 vkoa. 5 voimaharjoitusta ja 6 kestävyyttä/vko	Voima ↑ Huom. Nousua 7 vkoa jonka jälkeen suunta alas	Kehonpaino ↔ Rasva% ↓
Sillanpää 2011	113 39-77v miestä, 21 vkoa, 4 harj. päivää/vko	Ylä- ja alaraajojen voiman tuotto ↑	Rasvamassa ↓ Rasvatonmassa ↑
Glowacki ym. 2004	45 aiemmin harjoittelematonta miestä, 12 viikkoa 5x/vko, 2-3xkestävyys ja 2-3xVoima	Ylä- ja alaraajojen voiman tuotto ↑	Kehonpaino ↑ Rasvatonmassa ↑ Rasva% ↓

KUVA 6 Koonnos yhdistetyn voima- ja kestävyys harjoittelun vaikutuksista voimantuottoon ja kehonkoostumukseen eri tutkimuksissa.

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa suurella intensiteetillä suoritettujen intervalliharjoittelun ja siihen yhdistetyn voimaharjoittelun vaikutuksista muutoksiin hermolihaskäytännön toiminnassa. Tutkimuksella pyritään selvittämään kumpi, peruskestävyys- vai intervalliharjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun, soveltuu paremmin sotilaskokoon nopeaan fyysisen toimintakyvyn parantamiseen voiman osalta. Tutkimuksella selvitetään miten kuuden viikon ohjelmoitu yhdistetty voima- ja kestävyys- ja kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa kehon koostumukseen ja kuinka kestävyys- ja voimaharjoittelun teho vaikuttaa muutoksiin.

Päätutkimusongelmat olivat:

- Miten kestävyys- ja voimaharjoittelun teho vaikuttaa maksimaaliseen ylä- ja alaraajojen voimaan ja haavoittuneen evakuoitukykyyn yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoittelussa?

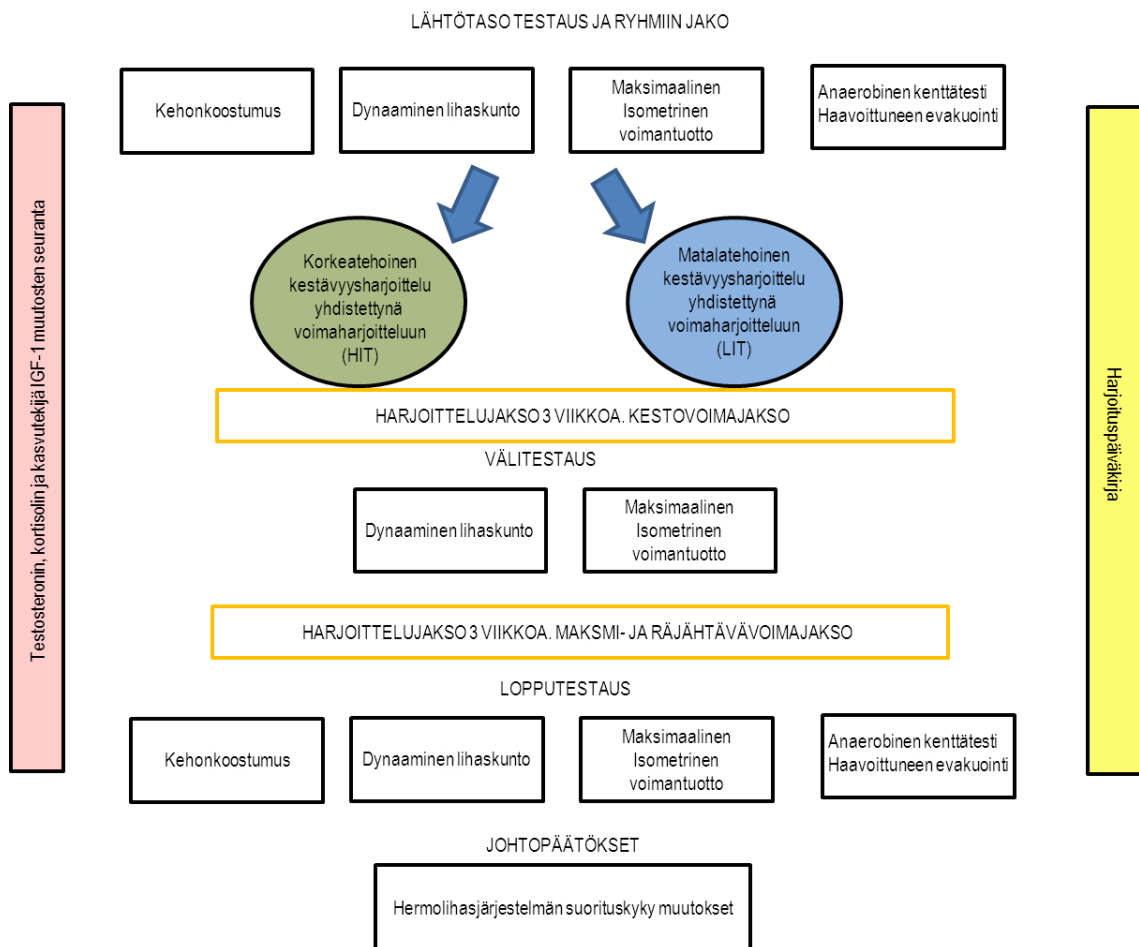
Alatutkimusongelmat olivat:

- Mitkä ovat hermolihaskäytännön suorituskyvyn ja fysiologisten muutosten väliset yhteydet?
- Muuttuuko kehonkoostumus harjoittelujakson aikana, ja onko ryhmien välillä havaittavissa eroja?
- Kumpi kestävyys- ja voimaharjoittelu tapa yhdistettynä voimaharjoitteluun olisi tehokkaampi reservijoukkojen nopeaan fyysisen kunnan parantamiseen voiman osalta?

8 TUTKIMUSMENETELMÄT

8.1 Tutkimusasetelma ja tutkimuksen eteneminen

Tutkimus aloitettiin lähtötasotestauksella, jonka perusteella tutkimukseen osallistuvat henkilöt jaettiin ryhmiin harjoitusohjelman mukaan. Tätä seurasi kolmen viikon harjoittelujakso, jonka jälkeen suoritettiin välitestaus maksimivoiman ja lihaskuntotestin osalta. Välitestien jälkeen koehenkilöiden harjoitusohjelma muuttui. Koehenkilöt noudattivat muuttunutta harjoitusohjelmaa kolme viikkoa, jonka jälkeen suoritettiin loppumittaukset. Koko tutkimuksen ajan koehenkilöt pitivät harjoituspäiväkirjaa, ja heidän hormonaalisten ja insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1) muutoksiaan mitattiin niin lähtö kuin väli- ja lopputesteihin liittyen. Tärkeimpänä tutkittavana asiana oli hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutos. Tutkimusasetelma on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7 Tutkimusasetelma ja mitattavat muuttujat

8.2 Koehenkilöt ja tutkimuslupa

Vapaaehtoisuuteen perustuen tutkimuksen koehenkilöiksi ilmoittautui 98. kadettikurssin kadetteja ja sotatieteiden maisterikurssin opiskelijoista. Kaikki tutkimukseen osallistuvat koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen, jolla he ilmoittivat olevansa vapaaehtoisina tutkimuksessa. Koehenkilöillä oli oikeus keskeyttää tutkimus omalta kohdaltaan tutkimuksen kaikissa vaiheissa. Tutkimuslupa myönnettiin pääesikunnan henkilöstöosastosta sen jälkeen, kun lupa verinäytteiden ottoon oli saatu Sotilaslääketieteen keskukselta. Eettinen lupa myönnettiin Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta.

Koehenkilöt täyttivät taustatietolomakkeen, jossa henkilöiltä kysyttiin heidän aiempaa liikumistaustaan, sen määrää ja mahdollisia lajeja, joita kyseinen koehenkilö oli harjoitellut. Kyselyn perusteella tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat aiemmin harrastaneet melko aktiivisesti liikuntaa (3-5 kertaa yli 30 min viikossa). Koeryhmiin jako tehtiin lähtötasotestien jälkeen. Ryhmät pyrittiin saamaan tasavahvoiksi pituuden, painon, lähtötasotestien tulosten ja aiemman liikuntaharrastuneisuuden osalta. Koeryhmien koot supistuivat tutkimuksen aikana, johtuen henkilökohtaisista syistä tai heidän tuloksensa mitätöitiin liian vähäisen harjoittelun takia. Lopulliseen tulosten analysointiin kelpuutettiin yhteensä 21 koehenkilöä (n= 8 Intervalliryhmä + 7 peruskestävyysryhmä + 6 kontrolliryhmä). Ainoa tilastollisesti merkitsevä ero tutkimusryhmien välillä lähtötilanteessa oli pituus, jossa intervalli-ryhmä erosi peruskestävyys ja kontrolli-ryhmistä ($p < 0.05$) Antropometriset tiedot löytyvät taulukosta 1. Jatkossa ryhmistä käytetään lyhenteitä HIT eli korkeatehoinen intervalli harjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun, LIT eli matalatehoinen peruskestävyys harjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun ja KONTR eli kontrolliryhmä.

Taulukko 1 Koehenkilöiden perustiedot harjoitusryhmittäin ennen harjoittelua

Muuttuja	HIT		LIT		KONTR	
	KA	KH	KA	KH	KA	KH
Ikä (v)	23,1	1,4	25,7	4,8	26,7	3,8
Pituus (cm)	183,3	6,0	177,1	3,9	176,3	3,6
Paino (kg)	87,9	12,1	84,9	7,3	77,8	7,2
Rasvaprosentti	13,4	2,8	16,9	4,1	13,1	3,0
Rasvaton massa (kg)	75,9	8,9	70,9	5,0	67,6	6,1

Harjoitusjakson aikana koehenkilöiden päivärytmi muodostui pääsääntöisesti kevyestä sisäpalveluksesta eli luennoille osallistumisesta, ruokailuista ja tutkimukseen liittyvästä harjoittelusta. Kuitenkin poikkeuksia harjoitusjakson aikana ilmeni. Poikkeuksista mainittakoon yksittäiset rankat sotilaskoulutuspäivät, jotka sisälsivät muun muassa taistelutekniikan harjoittelua ja yksittäisen taistelijan henkilökohtaisen suorituskyvyn parantamiseen tähtääviä harjoitteita, kuten esterataharjoittelua. Viikonloppuna koehenkilöt saivat lauantain kestävyysharjoitusta lukuun ottamatta elää normaalisti. Heitä kuitenkin ohjeistettiin pitämään harjoitusohjelmaan merkityt lepopäivät lepopäivinä.

8.3 Harjoittelu

Tutkimukseen liittyvä harjoitusjakso kesti kuusi viikkoa. Harjoitusviikko sisälsi viisi harjoitusta, joista kaksi oli voimaharjoitusta (maanantai ja torstai), kaksi kestävyysharjoitusta (tiistai ja lauantai) ja yksi yhdistetty voima- ja kestävyysharjoitus (keskiviikko) (Taulukko 2). Voimaharjoittelu oli molemmille tutkimusryhmille sama, mutta se vaihtui kolmen viikon harjoittelun jälkeen perusvoimaharjoittelusta räjähtävän ja maksimivoiman harjoitteluun. Yhdistetyssä harjoituksessa intervalliryhmä suoritti kestävyysharjoittelun kovemalla teholla kuin peruskestävyys ryhmä. Harjoitukset rytmitettiin viikon sisällä siten, että voima- ja kestävyysharjoitteet tehtiin erillisinä päivinä, ja yhdistetty harjoitus tehtiin keskellä viikkoa. Viikonloppuna oli kaksi lepopäivää. Tutkimuksen ajan koehenkilöt olivat velvoitettuja pitämään harjoituspäiväkirjaa. Harjoituspäiväkirjasta seurattiin koehenkilön osallistumista tutkimuksen harjoitusohjelman noudattamiseen. Osa harjoitteista oli valvottuja.

Taulukko 2 harjoittelun rytmittäminen viikon sisällä

Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
Voima 1		Voima	Voima 2	Lepo		Lepo
	Kestävyys 1	Kestävyys		Lepo	Kestävyys 2	Lepo

Molempien ryhmien kestävyysharjoittelu koostui pelkästään juoksusta tai kävelystä. Maksimisykkeiden perusteella jokaiselle määritettiin ohjeelliset sykerajat, joiden välissä harjoitukset tuli tehdä. Maksimisykkeiden määrittämisessä otettiin huomioon rinnakkaiseen tutkimukseen liittyvien alkutestien (12 minuutin juoksupäiväkirjan ja taakankantotestin) korkein syke. Myös aikaisemmin Suomen Urheiluopistolla suoritettujen valojänistestien korkein syke otettiin huomioon

maksimisykkeitä määritettäessä. Näiden kolmen testin perusteella saatiin kullekin henkilölle korkein syke, joka määritettiin henkilön maksimisykkeeksi.

Korkeatehoisessa kestävyysharjoittelussa (HIT) kaikki kestävyysharjoitukset tehtiin yli 90 prosentin teholla maksimisykkeestä (Taulukko 3). Harjoittelu perustui intervallityyppiseen menetelmään, jossa vetojen välissä oli aktiivista palautumista, jolloin pidettiin yllä kevyttä juoksua. Sykkeen oli kuitenkin laskettava vetojen välissä 55—65 prosenttiin maksimisykkeestä. Kaikki harjoitukset tehtiin juosten oman henkilökohtaisen tason mukaisesti. Intervalliharjoitukset olivat ohjelmassa tiistaina ja lauantaina.

Ensimmäisten kolmen harjoitteluviikon aikana vetojen kesto oli kaksi minuuttia ja palautus puolitoista minuuttia. Ensimmäisellä viikolla tehtiin kuusi kahden minuutin vetoa, toisella seitsemän ja kolmannella kahdeksan vetoa. Neljännellä harjoitteluviikolla ohjelma muuttui siten, että vetojen kesto piteni neljään minuuttiin ja vetojen välissä oli kolmen minuutin palautus. Vetojen määrä oli neljännellä viikolla kolme, viidennellä neljä ja kuudennella viisi vetoa. Suorituksen teho oli molemmissa harjoituksissa sama. (90–95 prosenttia maksimisykkeestä).

Taulukko 3 HIT-ryhmän kestävyysharjoitusohjelma

Intervalliharjoitusohjelma tiistaisin ja lauantaisin.	Vetojen määrä	Kesto	Palautus sek	Teho %/ max syke
Alku- ja loppuverryttely 10min				
Viikko 1	6	2 min	1min 30 sek	90-95
Viikko 2	7	2 min	1 min 30 sek	90-95
Viikko 3	8	2 min	1 min 30 sek	90-95
Viikko 4	3	4 min	3 min	90-95
Viikko 5	4	4 min	3 min	90-95
Viikko 6 (vain 1 harjoitus ti)	5	4 min	3 min	90-95

Matalatehoiset kestävyysharjoitukset (LIT) suoritettiin teholla, joka oli 60-80 prosenttia kunkin koehenkilön maksimisykkeestä (Taulukko 4). Harjoitusten kesto ja teho vaihtelivat viikkojen kuluessa. Harjoittelu toteutettiin juosten tai kävellen. Harjoituspäiviä oli viikossa (tiistai ja lauantai). Harjoituksen kesto oli tiistain harjoituksessa 60- 75 minuuttia ja lauantain harjoituksessa 120 min. Tiistain harjoituksen kestoa lisättiin viidellä minuutilla viikoittain 1-3 viikon aikana. Neljännen viikon harjoittelu alkoi vastaavanlaisena kuin toisen viikon harjoittelu. Harjoitusten kestoa nostettiin viidellä minuutilla viikoittain 4-6 viikon aikana. Lauantain har-

joituksessa oli mukana kävelyä, jotta kaikki pystyivät tekemään harjoituksen riittävän rauhallisella teholla. Kävelyaika vakioitiin kaikille samaksi, mutta vauhdeissa oli yksilöllisiä eroja. Harjoittelun edetessä kävelyn määrä väheni 90 minuutista 70 minuuttiin ja juoksun osuus kasvoi 30 minuutista 50 minuuttiin harjoittelun edetessä. Koehenkilöt saivat valita tekivätkö harjoitukset tasaisessa vai mäkisessä maastossa.

Taulukko 4 LIT-ryhmän kestävyysharjoitusohjelma

LIT-ryhmän	TIISTAI	TIISTAI	LAUANTAI	LAUANTAI
Kestävyysharjoitusohjelma	Kesto (min)	Teho %/ max syke	Kävely/juoksu (min)	Teho %/max syke
Tiistai ja lauantai			Kesto 120 min	
Viikko 1	60	70-80	90/30 (120)	60-70
Viikko 2	65	70-80	80/40 (120)	60-70
Viikko 3	70	70-80	70/50 (120)	60-70
Viikko 4	65	70-80	80/40 (120)	60-70
Viikko 5	70	70-80	70/50 (120)	60-70
Viikko 6	75	70-80	-	

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoituksen kestävyysosio muodostui HIT-ryhmällä ensimmäisen kolmen viikon aikana 15 sekunnin vedoista ja palautuksen ollessa 1 minuutti. Ensimmäisellä viikolla vetojen määrä oli 6, toisella 7 ja kolmannella 8. Jälkimmäisillä kolmella viikolla vetojen kesto oli 30 sekuntia, josta neljännellä viikolla vetoja oli kolme, viidennellä neljä ja kuudennella viisi. Palautus 30 sekunnin vedoissa oli 2 minuuttia. (Taulukko 5)

Taulukko 5 HIT-ryhmän yhdistetyn harjoituksen kestävyysharjoitusohjelma

Keskiviikko	Vetojen määrä	Kesto (sek)	Palautus (min)	Teho %/ max nopeudesta
Alku- ja loppuverryttely 10min				
Viikko 1	6	15	1	95-100
Viikko 2	7	15	1	95-100
Viikko 3	8	15	1	95-100
Viikko 4	3	30	2	95-100
Viikko 5	4	30	2	95-100
Viikko 6	5	30	2	95-100

LIT-ryhmän kestävyysosio yhdistetyssä harjoituksessa muodostui kestävyysjuoksuharjoituksesta, joka oli teholtaan 65- 75 prosenttia maksimisykkeestä (Taulukko 6). Harjoituksen keskisyke tuli olla noin 70 prosenttia maksisykkeestä. Suorituksen kesto lisättiin viidellä minuutilla viikoittain 1-3 viikon aikana. Neljännen viikon harjoitus oli ajallisesti sama kuin toisen viikon harjoitus. Harjoitusten kesto nostettiin myös viidellä minuutilla viikoittain 4-6 viikon aikana.

Taulukko 6 LIT-ryhmän yhdistetyn harjoituksen kestävyysharjoitusohjelma

Keskiviikko	Kesto (min)	Teho %/max syke
Viikko 1	45	65-75
Viikko 2	50	65-75
Viikko 3	55	65-75
Viikko 4	50	65-75
Viikko 5	55	65-75
Viikko 6	60	65-75

Yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoituksessa koehenkilöt tekivät kahvakuulaliikkeitä ennen kestävyysosuutta (taulukko 7). Kahvakuulalla suoritettulla voimaharjoittelulla pyrittiin parantamaan koehenkilöiden lihaskestävyyttä. Koehenkilöt saivat valita käytettäväkseen joko 12 kilogramman tai 16 kilogramman kuulan, oman kuntotason mukaan. Yhdistetyn harjoituksen voimaosuus pysyi samana koko tutkimusjakson ajan.

Taulukko 7 voimaharjoitusohjelma yhdistetyssä kestävyys- ja voimaharjoituksessa

Kahvakuula	Toistot	Sarjat	Palautus min	Kuorma
Etuheilautus kättä vaihtaen	20+20	3		12 kg tai 16 kg
Penkille nousu kuulat käsissä aloittaa jalkaa vaihtaen	10+10	3		12 kg tai 16 kg
Turkkilainen ylösnousu	10	3		12 kg tai 16 kg
Rinnalle veto-pystypunnerrus yhdellä kädellä	10+10	3		12 kg tai 16 kg
Kierto jalkojen välistä suuntaa vaihtaen	10+10	3		12 kg tai 16 kg

Taulukko 8 voimaharjoitusohjelma perusvoima 1

PERUSVOIMA 1	Toistot	Sarjat	Palautus (min)	Kuorma
Lämmittely + venyttely				
Takakyykky 90 ast	10	3	2	60- 80% 1RM
Vatsat lisäpainoilla "Häkki"	10	3	2	60- 80% 1RM
Kiertävät vatsat kahvakuula/ levypaino	10	3	2	60- 80% 1RM
Selkälihasliike lisäpainolla "Työntölaite"	10	5	2	60- 80% 1RM
Ylätalja	10	5	2	60- 80% 1RM
Vinopenkki 45 astetta	10	3	2	60- 80% 1RM
Pohkeille nousu tangon kanssa	10	3	2	60- 80% 1RM
Loppuverryttely + venyttely				

Taulukko 9 voimaharjoitusohjelma perusvoima 2

PERUSVOIMA 2	Toistot	Sarjat	Palautus (min)	Kuorma
Lämmittely + venyttely				
Maastaveto	10	3	2	60- 80% 1RM
Pystypunnerrus tangolla	10	3	2	60- 80% 1RM
Suorat vatsalihakset lisäpainoilla	10	5	2	60- 80% 1RM
Selkälihasliike lisäpainolla	10	5	2	60- 80% 1RM
Rintalihakset käsipainoilla (perhonen 45 astetta)	10	3	2	60- 80% 1RM
Ylätalja	10	3	2	60- 80% 1RM
Alatalja	10	3	2	60- 80% 1RM
Ojentajakääntö taljalla	10	3	2	60- 80% 1RM
Loppuverryttely + venyttely				

Viimeiset kolme viikkoa koehenkilöt käyttivät kuormana 50- 100 % 1RM:sta ja he tekivät toistoja vain yhdestä kolmeen (1-3) / sarja. Maanantain voimaharjoituksessa suoritukset tehtiin räjähtävästi 50- 80 % 1RM:sta , jolla haettiin hermostollista vaikutusta harjoitteluun. (Taulukko 9 ja 10) Torstaina kuormana käytettiin 80- 100 % 1RM:sta, ja toistoja tehtiin edelleen 1-3. Sarjoja tehtiin kaikissa liikkeissä molempina voimaharjoituspäivinä kolme (3), ja palautusaika sarjojen välillä pysyi kahdessa (2) minuutissa. Koehenkilöt täyttivät koko tutkimusjakson ajan jokaisella harjoituskerralla päiväkirjaa, johon merkittiin kuormien, toistojen ja sarjojen määrä sekä mahdolliset poikkeavuudet liikkeiden suorittamisessa.

Taulukko 10 voimaharjoitusohjelma räjähtävävoima

Räjähtävävoima	Toistot	Sarjat	Palautus sek	Kuorma
Lämmittely + venyttely				
Takakyökky	1-3	3	30	50- 80% 1RM
Ylätalja	1-3	3	30	50- 80% 1RM
Vinopenkki 45 astetta	1-3	5	30	50- 80% 1RM
Suorat vatsalihakset lisäpainoilla	1-3	5	30	50- 80% 1RM
Hauiskääntö	1-3	3	30	50- 80% 1RM
Loppuverryttely + venyttely				

Taulukko 11 voimaharjoitusohjelma maksimivoima

Maksimivoima	Toistot	Sarjat	Palautus min	Kuorma
Lämmittely + venyttely				
Jalkaprässi	1-3	3	2	80-100% 1RM
Vatsat lisäpainoilla (häkki)	1-3	3	2	80-100% 1RM
Suorat selät lisäpainoilla (työntölaite)	1-3	5	2	80-100% 1RM
Penkkipunnerrus	1-3	3	2	80-100% 1RM
Alatalja	1-3	5	2	80-100% 1RM
Loppuverryttely + venyttely				

8.4 Mittaukset

Verestä analysoitiin kortisoli – ja testosteronipitoisuudet sekä IGF-1 pitoisuus. Sairaanhoidajat ottivat analysointiin tarvittavat verinäytteet Santahaminan varuskunnan terveysasemalla Helsingissä, josta ne kuljetettiin välittömästi Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laboratorioon analysoitaviksi. Pitoisuuksien määrittämisessä käytettiin hormonimittauksiin soveltuvaa laitetta (Immulate 1000, Siemens Healthcare, United Kingdom.) ja analyysimenetelmänä oli kemiluminometrinen immunologinen analyysimenetelmä.

Koehenkilöitä ohjeistettiin saapumaan verinäytemittauksiin yön yli kestäneen paaston jälkeen. Heitä kehoitettiin myös välttämään ylimääräistä räsitusta vuorokausi ennen näytteen ottamista. Verinäytteet otettiin tutkimusjakson aikana kolme kertaa. Näytteet otettiin ennen harjoittelujaksoa, harjoittelujakson puolivälissä ja harjoittelujakson lopussa. Välitesteissä osa koehenki-

löistä antoi verinäytteen maanantai- aamuna, ja osa vasta keskiviikko- aamuna. Osa koehenkilöistä ei pystynyt antamaan verinäytettä välitesteihin liittyen.

Koehenkilöiden antropometriset mittaukset sisälsivät Inbody 720 laitteella tehdyn bioimpedanssi mittauksen, josta saatiin selville koehenkilöiden painon, viskeraalisen rasvanmassan, kokonaisrasvamassan ja rasvattoman massan muutokset. (Kuva 8) Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin pituus ja vyötärön ympäryys. Vyötärön ympäryys mitattiin koehenkilön ollessa seisaallaan. Mitta asetettiin koehenkilön keskivartalon ympäri siten, että mittanauha asettui suoliunharjun ja alimman kylkiluun puoliväliin. Mitta otettiin normaalin uloshengityksen aikana.



Kuva 8 Kehon koostumuksen mittaus

Inbody 720 (valmistaja Biospace, 2004) laite käyttää mittaukseen bioimpedanssimittausta, joka perustuu kehon eri kudosten kykyyn johtaa sähköä. Mittauksessa laite johtaa pienen mää-

rän sähkövirtaa koehenkilön kehon läpi ja laskee virtahäviöstä eri kudostyyppien määrän kehossa. Käytännössä laite mittaa siis kehon nestepitoisuuksia. Kehossa olevasta nesteestä $\frac{2}{3}$ osaa on solujen sisäistä ja $\frac{1}{3}$ ulkoista nestettä. Solun ulkoinen neste voidaan vielä määritellä muodostuvaksi veriplasmasta $\frac{1}{5}$ ja kudoksenesteestä $\frac{4}{5}$. Kehossa oleva rasvakudos sisältää nestettä huomattavasti vähemmän kuin lihaskudos, näin ollen rasvamassan impedanssi eli sähköjohtavuuden vastustamiskyky on suurempi. Rasvakudoksen nestepitoisuus on noin 20% kun taas lihaskudoksella nesteen määrä on 75%. Näiden perustietojen perusteella biosähköimpedanssi laite laskee kehon rasva massan määrän, kehon rasvattoman massan ja kehon nestepitoisuuden. (Kauranen ja Nurkka 2010, 266). Kehon koostumus mitattiin alku- ja lopputesteissä.

Maksimaalista voimaa mitattiin elektronisilla laitteilla (Newtest, Oulu, Finland). Maksimivoimaa mitattiin yläraajojen ojentajien osalta laitteessa istuen. Kyynärkulmaksi määritettiin 90 astetta. Työnnössä kädet olivat vaakatasossa. Jokainen koehenkilö teki kaksi suoritusta, joista parempi huomioitiin. Työvaihe kesti 3-5 sekuntia ja koehenkilöt saivat levätä suorituksen välissä 30 sekuntia. (Kuva 9)



KUVA 9 Maksimivoiman mittaus yläraajojen ojentajat

Keskivartalon koukistajien voimaa mitattiin koehenkilön ollessa seisaaltaan. Mittauslaitteen painelevy, jossa sijaitsee anturi joka mittaa siihen kohdistuvaa painetta säädettiin rinnan korkeudelle. Takalevy johon koehenkilö nojasi säädettiin pakaroiden kohdalle. Polvia tukeva levy asetettiin polvilumpion alapuolelle. Jokainen koehenkilö teki kaksi suoritusta, joista parempi huomioitiin. Työvaihe kesti 3-5 sekuntia ja koehenkilöt saivat levätä suoritusten välissä 30 sekuntia. (Kuva 10)



Kuva 10 Vartalonkoukistajien maksimivoimamittaus

Alaraajojen ojentajien voimamittaukseen määritettiin polvikulmaksi 117 astetta koehenkilön istuessa laitteessa. Suorituksen aikana koehenkilö oli kiinni laitteessa vyöllä ja hän piti kiinni laitteen käsisijoista. Jokainen koehenkilö teki kaksi suoritusta, joista parempi huomioitiin. Työvaihe kesti 3-5 sekuntia ja koehenkilöt saivat levätä suoritusten välissä 30 sekuntia. (Kuva 11)



KUVA 11 Maksimivoimamittaus alaraajojen ojentajat

Tutkimukseen valittiin dynaamiseksi lihaskuntotestiksi Puolustusvoimien lihaskuntotesti, jossa mitattavina suorituksina ovat minuutin suoritusajalla tehtävät istumaan nousu, etunojapunnerrus sekä kolme yritystä sisältävä vauhditon pituushyppy (Pihlainen ym. 2011, 41- 43). Lihaskuntotesti suoritettiin noin tunti maksimivoimatestien jälkeen. Koehenkilöt lämmittelivät ja venyttelivät kevyesti kymmenen (10) minuuttia, jonka jälkeen testaus aloitettiin vauhdittomalla pituushypyllä. Vauhdittomassa pituushypyssä poikettiin Puolustusvoimien normeista siten, että suorituksia tehtiin kaksiperäjälkeen, joista parempi tulos jäi voimaan. Vauhdittoman pituushypyn jälkeen suoritettiin istumaan nousu ja viimeisenä etunojapunnerrukset.

Vauhdittoman pituushypyn tuloksen perusteella pystytään arvioimaan koehenkilön alaraajojen maksimaalista ja räjähtävää voimantuottoa. (Pihlainen ym. 2011, 41). Testi suoritettiin vauhdittomaan pituushyppyyn tarkoitetulla alustalla. Lähtöasennossa seistiin paikallaan hartioiden leveydellä olevassa haara-asennossa jalat rinnakkain ja varpaat olivat ponnistusviivan takana. (Pihlainen ym. 2011, 41.)

Suoritus aloitettiin koukistamalla polvia ja viemällä kädet samanaikaisesti taakse. Ala-asennosta kädet heilautettiin eteen ja samalla jaloilla ponnistettiin mahdollisimman pitkälle. (Kuva 12) Alastulossa jalat tulivat yhtä aikaa maahan ja hyppy pysäytettiin polvia koukistamalla. Tulos määritettiin taaimmaiseksi tulleesta kengän osasta senttimetrin tarkkuudella. Tuloksen määrittämiseen käytettiin Puolustusvoimien virallista hyppyalustaa ja senttimetri viivoitinta. (Pihlainen ym. 2011, 41.)



KUVA 12 Vauhditon pituushyppy

Istumaannousussa suorituksen lähtöasennossa koehenkilö makasi selinmakuulla polvikulman ollessa noin 90 astetta. (Kuva 13) 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. (Pihlainen ym. 2011, 42).



KUVA 13 Istumaannousu

Etunojapunnerruksessa (Kuva 14) määritettiin ennen testiä käsien oikea sijainti päinmakuulla. Oikeassa asennossa kämmenet olivat hartioiden leveydellä ja sormet osoittivat eteenpäin. Jalat olivat lantion leveydellä. Lähtöasento oli Puolustusvoimien normista poiketen ala-asennossa. Lähtöasennosta vartalo nostettiin jännitettynä ylä-asentoon, jossa kädet olivat suorana. Ylä-asennosta 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. Etunojapunnerrusten tuloksen perusteella voidaan arvioida koehenkilön hartioiden, ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä sekä liikettä tukevien keskivartalonlihasten staattista kestävyyttä (Pihlainen ym. 2011, 43).



KUVA 14 Etunojapunnerrus

Anaerobiseksi voimatestiksi valittiin taistelukentän haavoittuneen evakuointia simuloiva koe, jossa koehenkilö raahaa haavoittunutta kuvaavaa nukkea taisteluvälinevarustuksessa 50 metriä. (Kuva 15). Nuken paino kokeessa oli 75.2kg. Koehenkilöllä päällä olleen välinevarustuksen kokonaispaino oli 17.6 kg. Haavoittuneen evakuoinnissa mitattiin koehenkilön suoritus-aika, veren laktaatti pitoisuuden muutos. Maitohappokonsentraatiota määritettiin sormenpästä otetuista näytteistä (Lactate Pro, Arkay Inc., Kyoto, Japan). Testi suoritettiin sisätiloissa olosuhteiden vakioimiseksi. Ennen ensimmäistä varsinaista suorituskertaa koehenkilöt saivat harjoitella yhden raahauksen. Tällä pyrittiin minimoimaan oppimisen vaikutus tuloksiin. Analysoitavaksi muuttujiksi haavoittuneen evakuoinnissa valittiin suorituksen aika ja veren laktaattipitoisuudet.



KUVA 15 Haavoittuneen evakuointi

Lisäksi koehenkilöt velvoitettiin pitämään harjoituspäiväkirjaa. Mikäli harjoituspäiväkirjasta kävi ilmi, että koehenkilö ei ollut osallistunut harjoitteisiin vähintään 70 % kerroista tai jos koehenkilö ei osallistunut kolmeen harjoituskertaan peräjälkeen hänen tuloksensa mitätöitiin.

8.5 Tilastollinen analyysi

Saadut tulokset analysoitiin SPSS 21 ohjelmistolla käyttäen ei- parametrisia testejä (Wilcoxon merkittyjen sijalukujen testi, MANN-WHITNEY U), koska otanta oli pieni ja ei normaalisti jakautunut. Mann- Whitney U-testissä SPSS 21 ohjelma laittaa havainnot tutkittavan arvon mukaiseen suuruusjärjestykseen ja korvaa sitten arvot niiden sijaluvuillaan. Testi perustuu näihin sijalukuihin. Testillä havaitaan jakaumien sijainnissa olevat erot. Järjestysluvuista ohjelma laskee testisuureen ja merkitsevyystason. (Heikkilä 2010, 233- 234.)

Muuttujien väliset korrelaatiot selvitettiin muodostamalla SPSS 21 ohjelmistolla uudet muuttajat kaikista testeistä. Näissä uusissa muuttujissa käytettiin kaavaa alkutesti- lopputesti, jolloin saatiin jokaiselle koehenkilölle muutos tutkimusjakson tuloksista. Nämä muutokset analysoitiin Pearsonin korrelaatio menetelmää käyttäen. Korrelaatio analyysissä eli muuttujien välisissä riippuvuuksien tai yhteyksien selvittämisessä muuttujien välistä riippuvuutta kuvaa

korrelaatio kerroin. Korrelaatio kertoimen ollessa lähellä arvoa + 1 on analysoitavien muuttujien välillä positiivinen riippuvuus. Positiivisessa riippuvuudessa toisen muuttujan arvon kasvaessa kasvaa myös toinen. Negatiivisesta riippuvuudesta voidaan puhua, kun korrelaatiokerroin saa arvoja läheltä - 1. Tällöin toisen muuttujan arvojen kasvaessa toisen muuttujan arvot pienenevät. (Heikkilä, 2010, 90- 91.)

Puuttuvat tulokset täydennettiin koko otoksen keskiarvoilla. Puuttuvien tulosten poistaminen analyysistä olisi aiheuttanut jo entisestään pienen otannan supistumisen. Puuttuvia tuloksia oli välitesteissä seuraavasti. Dynaamisen lihaskunnon ja isometrisen maksimivoiman testissä HIT- ryhmällä oli 2 puuttuvaa tulosta, ja kontrolliryhmässä 1 puuttuva tulos. Verikokeista pois jäi 3 HIT, ja 1 kontrolliryhmän koehenkilö. Lopputesteissä puuttuvia tuloksia oli kehonkoostumusmittauksessa 1 LIT- ryhmän tulos, 2 LIT ryhmän tulosta haavoittuneen evakuoinnissa ja 1 LIT- ryhmän tulos kaikista verikokeista.

9 TULOKSET

9.1 Antropometria

Antropometrisissa mittauksissa havaittiin ainoana tilastollisesti merkitseväna erona kontrolliryhmän vyötärön ympäröyksen kapeneminen 2,6 senttimetrillä ($p=0,024$). Ryhmien välillä ei havaittu eroja kehonkoostumuksen muutosten suhteen.

9.2 Isometrinen maksimivoima

Isometrisen maksivoiman tilastollisesti merkitseviä muutoksia havaittiin vartalon koukistajissa HIT-ryhmällä, joka paransi keskiarvo tulostaan alku- ja välitestien välillä merkitsevästi (ka + 13,7 %, $p \leq 0,05$) (Taulukko 12). Myös LIT-ryhmän osalta havaittiin vartalon koukistajien maksimivoiman tuotossa tilastollisesti merkitsevä kehittyminen alku- ja välitestin välillä (ka + 22,4 %, $p \leq 0,05$). LIT-ryhmän tulokset paranivat vielä lopputesteissä, jolloin alku- ja lopputestin välillä, jolloin havaittiin keskiarvillisesti 22,9 % ($p \leq 0,05$) parannus. Kontrolliryhmän ylävartalon ojentajien voimatuotto heikkeni alku- ja välitestin välillä merkittävästi (ka -12,5 %, $p \leq 0,05$). Ryhmien välisissä tuloskehityksissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero HIT- ja kontrolliryhmän välillä ylävartalon ojentajien suhteen ($p=0,029$).

Yksilöllisessä tuloskehitysverailussa (kuva 16) voidaan nähdä HIT-ryhmän koehenkilöiden vartalonkoukistajien osalta pääsääntöisesti positiivista tuloskehitystä. Kuuden koehenkilön tulos on parantunut. Heikoin kehitys oli 2,0 % ja suurin jopa 59,0 %. Kuitenkin HIT-ryhmän kahden koehenkilön tulos heikkeni. Vahvempi tuloksen heikkeneminen oli -5,0 % ja vähäisempi -0,7 %. LIT-ryhmän osalta kaikilla koehenkilöillä tapahtui positiivista tuloskehitystä (0,8 % - 36,2 %). Kuvassa 17 voidaan nähdä yksilölliset kehitykset ylävartalon ojentajien maksimaalisen voimantuoton suhteen. HIT-ryhmällä oli havaittavissa jälleen pääsääntöisesti positiivista kehitystä (0,7 % - 30,7 %). Kuitenkin kahden koehenkilön tulos heikkeni alku- ja lopputesti vertailussa (-6,3 %, -2,5 %). LIT-ryhmästä vain kolme koehenkilöä saavutti positiivista tuloskehitystä (1,9 % - 8,2 %). Neljän koehenkilön tulos heikkeni, joista suurin heikkeneminen oli jopa -17,0 %.

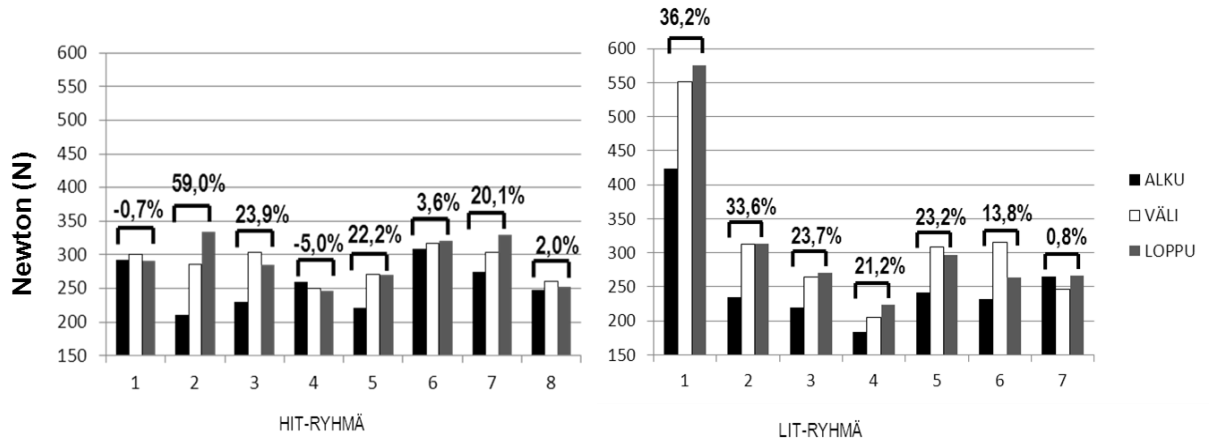
Maksimaalisen alavartalonojentajien osalta tuloskehitys koehenkilöittäin harjoitusryhmissä on nähtävissä kuvassa 18. HIT-ryhmän osalta koehenkilöiden tuloskehitys oli hyvin yksilökoh- taista. Parhaan tuloskehityksen saanut koehenkilö paransi tulostaan jopa 33,2 %, kun taas ne-

gatiivisimman kehityksen saaneen koehenkilön tulos heikkeni -14,6 %. Saman havainnon voi tehdä myös LIT- ryhmän osalta, jossa voimakkaimman tuloskehityksen saavuttanut koehenkilö paransi tulostaan 33,9 %. LIT- ryhmässä vain yhden koehenkilön tulos heikkeni (-8,7 %).

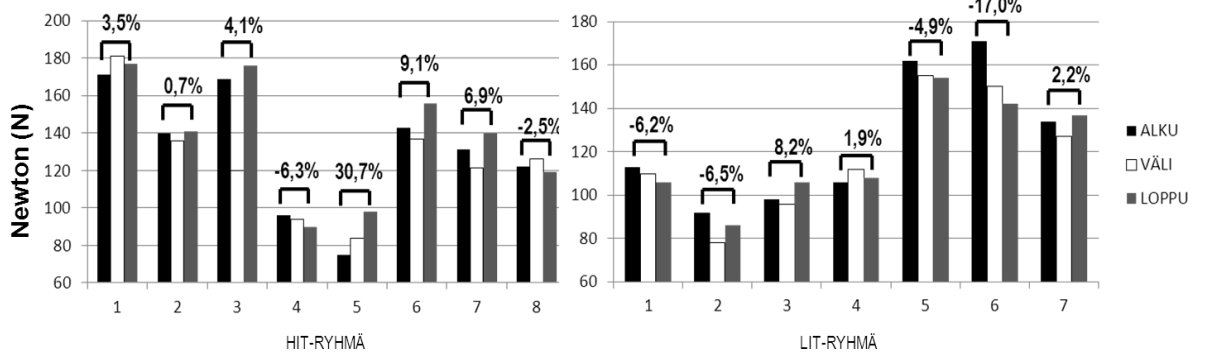
Taulukko 12 Maksimivoima mittausten tulokset eri muuttujissa tutkimusryhmillä. Voimaa mittaava yksikkö Newton (N).

Yksikkö= N		Alku		Väli		Loppu		Alku vs Väli		Väli vs Loppu	
		KA	KH	KA	KH	KA	KH	p	p	p	
HIT(n=8)	Vartalon koukistajat	256,0	35,0	287,0	24,0	291,0	34,0	.036*	.944	.068	
LIT(n=7)	Vartalon koukistajat	257,0	77,0	315,0	112,0	316,0	118,0	.028*	.499	.018*	
KONTR (n=6)	Vartalon koukistajat	314,0	124,0	318,0	94,0	339,0	120,0	.753	.462	.173	
HIT(n=8)	Ylävartalon ojentajat	131,0	33,0	125,0	30,0	137,0	33,0	.624	.123	.080	
LIT(n=7)	Ylävartalon ojentajat	125,0	31,0	118,0	29,0	120,0	25,0	.063	.552	.352	
KONTR (n=6)	Ylävartalon ojentajat	137,0	35,0	120,0	22,0	132,0	36,0	.043*	.343	.078	
HIT (n=8)	Alavartalon ojentajat	576,0	86,0	596,0	125,0	642,0	151,0	.575	.123	.091	
LIT (n=7)	Alavartalon ojentajat	521,0	149,0	570,0	156,0	564,0	139,0	.091	.672	.091	
KONTR (n=6)	Alavartalon ojentajat	587,0	130,0	550,0	89,0	567,0	142,0	.172	.345	.528	

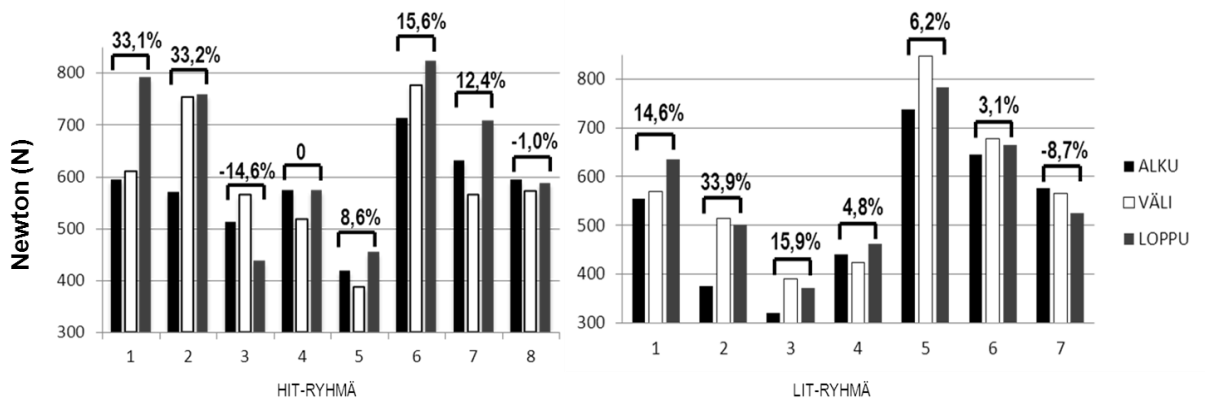
*Merkitsevä ero $p < 0.05$



Kuva 16 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys maksimaalisen vartalonkoukistajien voimantuoton osalta HIT, ja LIT- ryhmillä.



Kuva 17 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys maksimaalisen ylävartalonojentajien voimantuoton osalta HIT, ja LIT- ryhmillä.



Kuva 18 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys maksimaalisen alavartalonojentajien voimantuoton osalta HIT, ja LIT- ryhmillä.

9.3 Lihaskuntotestien tulokset (dynaaminen lihaskunto)

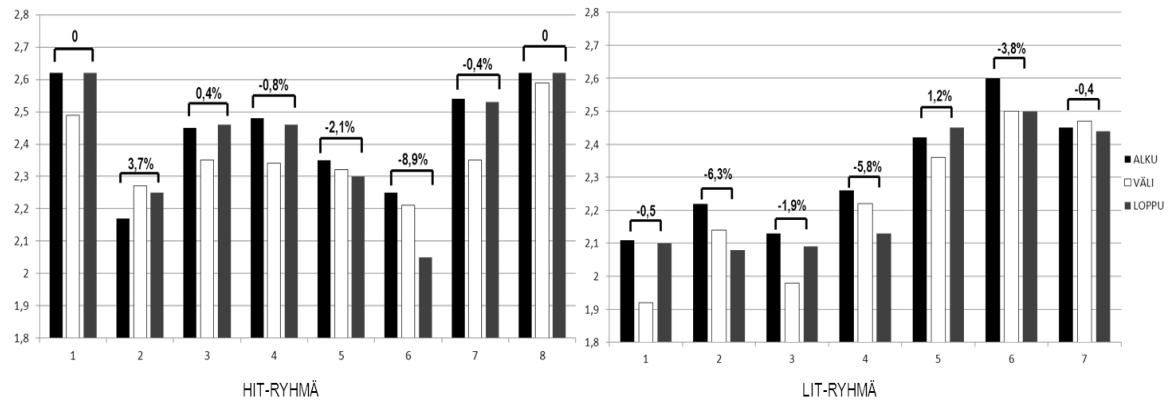
Dynaamista lihaskuntaa testaavissa liikkeissä havaittiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia HIT- ryhmän parantaessa istumaannousun ja etunojapunnerrus tulostaan tilastollisesti merkitävästi alku- ja lopputestin välillä. (Istumaannousu ka + 4,8%, etunojapunnerrus ka +18,6% , $p \leq 0,05$) (Taulukko 13). HIT ryhmän vauhdittoman pituushypyn tulos heikkeni alku- ja välitestien välillä merkitsevästi (ka -2,6%, $p \leq 0,05$). Myös LIT- ryhmän vauhdittoman pituuden alku- ja välitestien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä heikkeneminen (ka -3,7%, $p \leq 0,05$). Ryhmien välillä ei havaittu eroja tuloskehityksessä.

Taulukko 13 Dynaamisen lihaskuntotestin tulokset

		Alku		Väli		Loppu		Alku vs	Väli vs	Alku vs
		KA	KH	KA	KH	KA	KH	Väli	Loppu	Loppu
								p	p	p
HIT	Vauhditon pituus	2,44	,17	2,37	,14	2,41	,19	.050*	.262	.400
(n=8)	(cm)									
LIT	Vauhditon pituus	2,31	,18	2,23	,23	2,26	,20	.028*	.400	.063
(n=7)	(cm)									
KONTR	Vauhditon pituus	2,51	,22	2,46	,21	2,49	,23	.248	.753	.528
(n=6)	(cm)									
HIT	Istumaannousu	49,0	7,0	51,0	6,0	51,0	7,0	.067	.320	.017*
(n=8)	(krt)									
LIT	Istumaannousu	49,0	7,0	50,0	5,0	51,0	5,0	.684	.223	.336
(n=7)	(krt)									
KONTR	Istumaannousu	50,0	9,0	52,0	8,0	52,0	8,0	.244	.914	.674
(n=6)	(krt)									
HIT	Etunojapunnerrus	43,0	8,0	44,0	4,0	50,0	6,0	.672	.058	.012*
(n=8)	(krt)									
LIT	Etunojapunnerrus	44,0	9,0	47,0	7,0	50,0	8,0	.173	.068	.063
(n=7)	(krt)									
KONTR	Etunojapunnerrus	48,0	11,0	53,0	12,0	55,0	15,0	.074	.753	.116
(n=6)	(krt)									

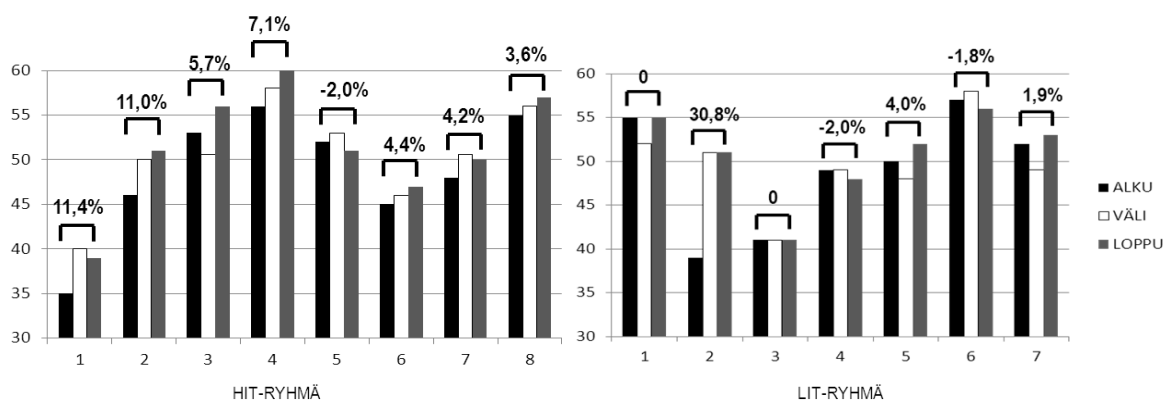
*Merkitsevä ero $p < 0,05$

Yksilökohtaisessa vertailussa (Kuva 19) alku ja lopputestien välillä voidaan havaita vauhdittoman pituushypyn osalta, että HIT- ryhmän paras tuloskehitys oli +3,7%, huonoimman tuloskehityksen ollessa -8,9%. Vastaavasti LIT- ryhmän paras tuloskehitys oli +1,2% ja huonoin -6,3%. Molemmissa ryhmissä vain yhden koehenkilön tulos oli parantunut alku ja väli-testien välillä.



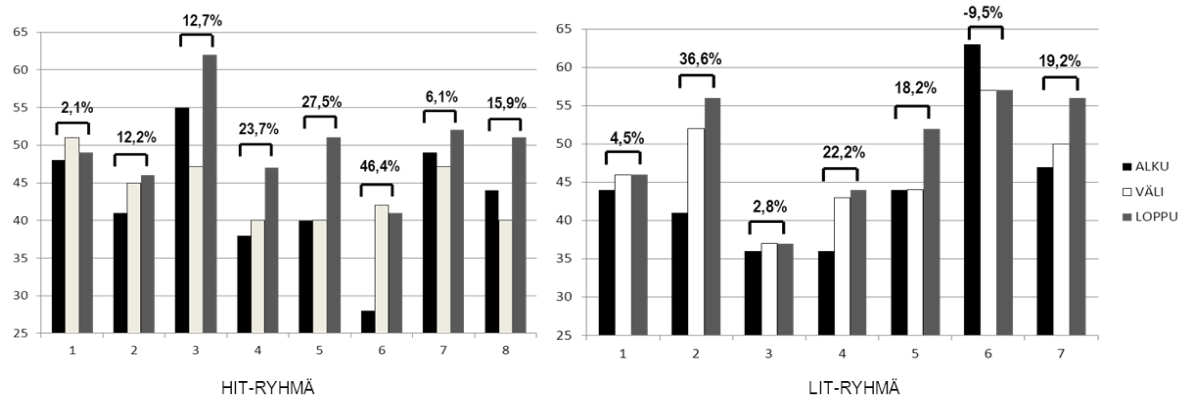
Kuva 19 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys vauhdittomassa pituushypyssä HIT, ja LIT-ryhmillä.

Istumaannousussa HIT-ryhmällä paras tuloskehitys alku ja lopputestiä vertailussa 11,4%, huonoimman tuloskehityksen saanut koehenkilö sen sijaan heikensi tulostaan -2,0%. LIT-ryhmässä paras tulosparannus oli 30,8%, ja huonoin oli -2,0%. (Kuva 20)



Kuva 20 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys istumaannousussa HIT, ja LIT-ryhmillä.

Etunojapunnerrusten osalta voidaan yksilöllisessä tuloskehityksessä nähdä HIT-ryhmän parhaan parannuksen olevan jopa 46,4%, ja huonoinkin tuloskehitys oli 2,1%. LIT-ryhmällä paras tuloskehitys oli 36,6 %, ja huonoin -9,5 %.(Kuva 21)



Kuva 21 Yksilökohtaiset tulokset ja tuloskehitys etunojapunnerruksissa HIT, ja LIT-ryhmillä.

9.4 Haavoittuneen evakuointi

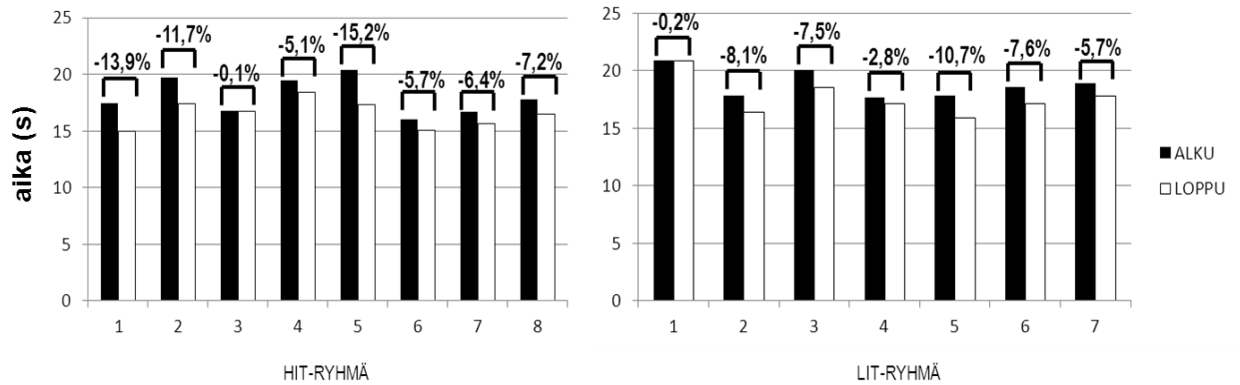
Haavoittuneen evakuoinnissa kaikki ryhmät paransivat tilastollisesti merkitsevästi keskiarvo suoritusaikaa. Eniten aikaa paransi HIT-ryhmä (ka - 7,6%, $p \leq 0,05$) (Taulukko 14). HIT-ryhmällä oli myös tilastollisesti merkitsevästi matalampi lepolaktaatti konsentraatio veressä lopputesteissä verrattuna alkutesteihin ($p \leq 0,05$). HIT-ryhmän ja kontrolliryhmän välisessä tuloskehityksessä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p=0,020$)

Taulukko 14 Haavoittuneen evakuoinnin tulokset ja merkitsevyydet koeryhmittäin

		Alku		Loppu		Muutos p
		KA	KH	KA	KH	
HIT (n=8)	Lepolaktaatti (mmol/l)	1,7	,44	1,1	,31	.012*
LIT (n=7)	Lepolaktaatti (mmol/l)	1,8	,80	1,4	,35	.116
KONTR (n=6)	Lepolaktaatti (mmol/l)	1,3	,33	1,2	,34	.461
HIT (n=8)	Loppulaktaatti (mmol/l)	8,2	1,8	8,2	2,0	.889
LIT (n=7)	Loppulaktaatti (mmol/l)	7,1	,90	8,7	2,0	.063
KONTR (n=6)	Loppulaktaatti (mmol/l)	6,3	2,9	7,6	3,3	.345
HIT (n=8)	Aika (s)	18,04	1,6	16,53	1,22	.012*
LIT (n=7)	Aika (s)	18,80	1,24	17,66	1,64	.018*
KONTR (n=6)	Aika (s)	17,82	1,48	17,25	1,56	.028*

*Merkitsevä ero $p < 0,05$

Harjoitteluryhmien yksittäisten koehenkilöiden tuloskehitys tarkastelussa havaitaan HIT-ryhmän koehenkilöiden suoritusajan vähentyneen 15,2 % ja 0,1 % välillä. LIT-ryhmällä vaihteluväli on pienempi. LIT-ryhmän koehenkilöiden ajat paranivat 10,7% ja 0,2 % välillä. Molempien ryhmien kaikki koehenkilöt osoittivat positiivista tuloskehitystä. (Kuva 22)



Kuva 22 Yksilökohtaiset tulokset (aika,s) ja tuloskehitys haavoittuneen evakuoinnissa HIT, ja LIT-ryhmillä.

9.5 Muutokset hormonitasoissa ja insuliininkaltaisessa kasvutekijässä (IGF-1)

HIT-ryhmän insuliininkaltaisen kasvutekijän määrä veressä kasvoi koko tutkimuksen ajan (alku vs loppu + 35,9 %, $p \leq 0,05$). LIT-ryhmän osalta testosteroni konsentraation määrä veressä kasvoi alku- ja välitestin välillä (ka +11,0%, $p \leq 0,05$) (Taulukko 15). Toinen tilastollisesti merkitsevä muutos havaittiin ryhmän insuliininkaltaisen kasvutekijän nousussa koko tutkimusjakson ajan (alku vs loppu ka + 39,0%, $p \leq 0,05$). Kontrolliryhmän testosteroni pitoisuudet laskivat tilastollisesti merkittävästi alku- ja lopputesti vertailussa (ka - 21,6%, $p \leq 0,05$). Kontrolliryhmän insuliininkaltaisen kasvutekijän määrä veressä sen sijaan kasvoi tilastollisesti merkittävästi alku- ja välitestin välillä (ka +23,6 %, $p \leq 0,05$). Verinäytteistä otettujen muuttujien kehityksen osalta ei ryhmien välillä havaittu eroja.

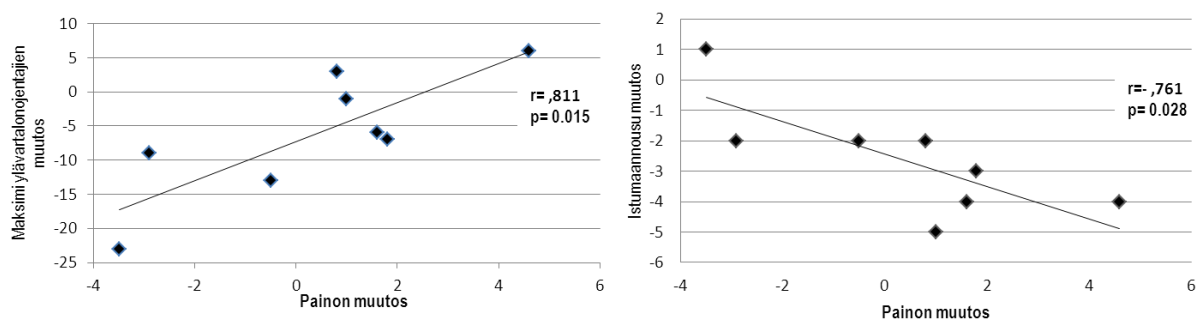
Taulukko 15 Hormoni ja IGF-1 mittausten tulokset ja merkitsevyydet koeryhmittäin

Yksikkö= nmol/l		Alku		Väli		Loppu		Alku vs	Väli vs	Alku vs
		KA	KH	KA	KH	KA	KH	Väli	Loppu	Loppu
		p								
HIT (n=8)	Testosteroni	19,9	7,2	18,3	3,7	19,0	3,0	.484	.208	.889
LIT (n=7)	Testosteroni	15,9	3,5	17,7	4,8	15,8	6,2	.042*	.116	.866
KONTR (n=6)	Testosteroni	20,0	6,3	17,2	6,4	15,7	6,1	.046*	.345	.046*
HIT (n=8)	Kortisoli	500,0	74,1	517,2	103,1	421,8	98,7	.674	.123	.093
LIT (n=7)	Kortisoli	527,1	88,5	529,6	71,0	465,8	111,7	1	.176	.176
KONTR (n=6)	Kortisoli	494,7	65,3	521,8	49,0	484,5	60,6	.753	.463	.917
HIT (n=8)	IGF-1	19,2	2,6	25,5	3,5	26,6	3,1	.012*	.889	.012*
LIT (n=7)	IGF-1	17,3	4,3	23,0	6,2	24,0	4,9	.018*	.310	.018*
KONTR (n=6)	IGF-1	17,7	2,5	23,8	3,1	21,8	4,5	.028*	.249	.075

*Merkitsevä ero $p < 0,05$

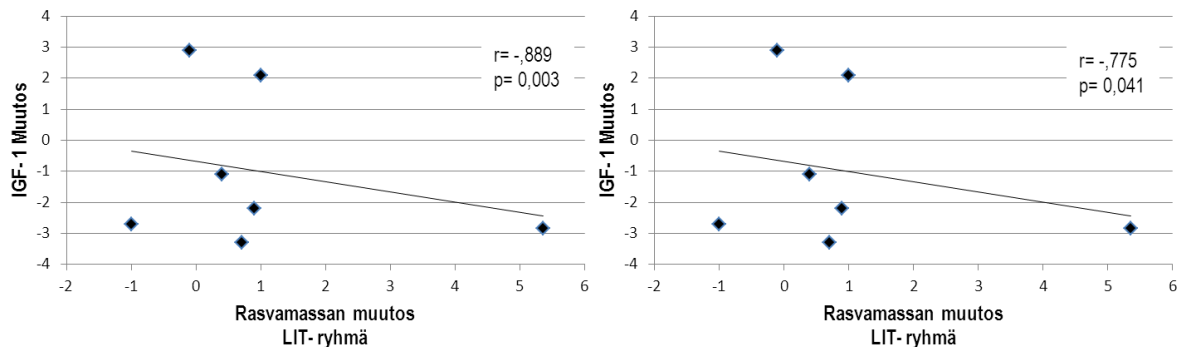
9.6 Muuttujien väliset yhteydet

Painon muutoksella havaittiin positiivinen yhteys HIT-ryhmässä maksimaalisen ylävartalon ojentajien voimantuoton muutosten ($r = ,811$, $p \leq 0,05$) (Kuva 23), ja vyötärön ympäryksen muutosten ($r = ,768$, $p \leq 0,05$) kanssa. Negatiivinen yhteys sillä oli HIT-ryhmässä istumaannousun tuloksen muutosten ($r = -,761$) (Kuva 23), ja LIT-ryhmässä vauhdittoman pituushypyn tuloksen muutoksen kanssa ($r = -,873$, $p \leq 0,05$).



Kuva 23 Painon muutoksen yhteys ylävartalonojentajien maksimaalisen isometrisen voimantuoton muutoksiin ja istumaannousun tuloksen muutoksiin HIT-ryhmällä

HIT- ryhmällä *IGF-1* konsentraation muutoksella havaittiin olevan negatiivinen yhteys painon muutokseen ($r=-,721$, $p\leq 0,05$), ja kehon rasvamassan muutoksen ($r=-,889$, $p\leq 0,05$) kanssa. *IGF-1* konsentraation muutoksella ja kehon rasvamassan muutoksen välillä havaittiin käänteinen yhteys myös LIT-ryhmällä ($r=-,777$, $p\leq 0,05$). (Kuva 24) Kontrolliryhmällä *IGF-1:n* korreloi negatiivisesti maksimaalisen keskivartalon voimantuoton muutoksen ($r=-,984$, $p\leq 0,05$), ja vauhdittoman pituushypyn tulosten muutoksen kanssa ($r=-,898$, $p\leq 0,05$).



Kuva 24 IGF-1 muutoksen yhteys rasvamassan määrän muutoksiin HIT- ja LIT ryhmillä

Rasvamassan muutoksella havaittiin positiivinen yhteys HIT- ryhmässä *Kortisoli* konsentraation muutoksen ($r=-,825$, $p\leq 0,05$), maksimaalisen ylävartalon voimantuoton muutoksen ($r=,758$, $p\leq 0,05$) ja painon muutoksen ($r=,760$, $p\leq 0,05$) kanssa. Negatiivinen yhteys sillä havaittiin LIT- ja kontrolliryhmissä haavoittuneen evakuointi ajan muutokseen (LIT $r=-,796$, Kontr $r=-,950$, $p\leq 0,05$).

Maksimaalisella ylävartalon ojentajien muutoksella oli HIT-ryhmällä havaittavissa positiivinen yhteys ja vyötärön ympäryksen ($r=,794$, $p\leq 0,05$) muutoksiin. Negatiivinen yhteys sillä oli istumaannousun tuloksen muutoksen kanssa ($r=-,756$, $p\leq 0,05$). Lisäksi kontrolliryhmällä havaittiin maksimaalisen isometrisen voimantuoton osalta negatiivisia yhteyksiä alavartalon ojentajien tuloksen muutoksen osalta istumaannousun tuloksen muutoksen ($r=-,842$, $p\leq 0,05$) sekä haavoittuneen evakuoinnin ajan muutoksen ($r=,850$, $p\leq 0,05$) kanssa. Maksimaalinen keskivartalon voimantuotto sen sijaan korreloi vauhdittoman pituushypyn tuloksen muutoksen kanssa ($r=,862$, $p\leq 0,05$).

10 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli löytää vastaus kysymykseen miten kestävyysharjoittelun teho vaikuttaa maksimaaliseen ylä- ja alaraajojen voimaan ja haavoittuneen evakuointikykyyn yhdistetyssä kestävyys - ja voimaharjoittelussa. Molemmat harjoitusryhmät joko paransivat maksimaalista voimantuottoaan kaikissa mitatuissa muuttujissa tai tulokset pysyivät tilastollisen merkitsevyyden osalta muuttumattomana vertailtaessa alkua- ja lopputestin tulosta. Sama havainto saatiin dynaamisen lihaskuntotestin osalta. Haavoittuneen evakuoinnin suoritus-aika parani molemmilla harjoitusryhmillä. Molempien harjoitusryhmien tuloskehitys vaikuttaisi noudattelevan samaa kaavaa, koska tilastollisen analyysin (MANN-WHITNEY U) perusteella ei havaittu harjoitteluryhmien tuloskehityksessä eroja.

Koska molemmat harjoitusryhmät osoittivat pääsääntöisesti positiivista kehittymistä mitatuissa muuttujissa, täten voidaan sanoa että, yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu kummallakaan kestävyysharjoittelu metodilla ei estä hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittymistä lyhyellä aikavälillä. Tämä havainto tukee myös Cantrell ym. (2014) tutkimusta, jossa intervallityyppisen juoksuharjoittelun ja voimaharjoittelun yhdistämisellä ei havaittu olevan voimominaisuuksien kehittymistä estävää vaikutusta. Kestävyysharjoittelun teholla ei näyttäisi olevan vaikutusta hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn paranemiseen tai kehonkoostumuksen muutoksiin tässä tutkimuksessa. Tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin hyvä ottaa huomioon koehenkilöiden poisjäännestä ja harjoituspäiväkirjojen tarkastelun jälkeisestä tutkimuksesta poissulkemisesta johtuvat pienet ryhmäkoot.

10.1 Isometrinen maksimivoima ja dynaaminen lihaskestävyys

Voimaharjoitteluohjelma oli suunniteltu ja toteutettu siten, että viimeiset kolme viikkoa sisälsivät harjoitteita, joiden tarkoituksena oli parantaa koehenkilöiden maksimaalista voimantuottoa. Parempiin maksimaalisen voimantuoton tuloksiin olisi mahdollisesti päästy, jos koko tutkimusjakson ajan olisi voimaharjoittelussa keskitytty pelkästään maksimivoimaharjoitteluun, kuitenkin on muistettava, että sotilastoiminnassa pelkkä maksimaalinen voimantuotto ei tehtävien monimuotoisuuden vuoksi riitä.

Korkeatehoisen ryhmän yksilöllisen tarkastelun perusteella tulosparannuksia tapahtui kaikissa maksimivoimaa mittaavissa testeissä alkua- ja lopputestien välillä melkein kaikilla koehenkilöillä, mutta ne eivät saavuttaneet tilastollista merkitsevyyttä tarkasteltaessa joukkoa ryhmänä.

Vain kahdella koehenkilöllä tapahtui tulosten huonontumista mitatuissa muuttujissa. Toisella koehenkilöllä kaikki mitatut tulokset huononivat alku ja lopputestivertailussa. Toisen koehenkilön osalta ylä- ja alavartalon ojentajien voimantuotto heikkeni. Matalatehoisen ryhmän osalta yksilöllinen tuloskehitystarkastelu osoittaa, että vain kaksi koehenkilöä paransi maksimaalista yläraajojen ojentajien isometrista voimantuottoa. Keskivartalon voimantuotto kehittyi kaikilla matalatehoisen ryhmän koehenkilöillä. Alaraajojen osalta vain yhden koehenkilön osalta tulos lopputestissä oli hieman alkutestin tulosta huonompi.

Tämän tutkimuksen tuloksina alavartalon ojentajien maksimaalinen isometrinen voimantuotto ei parantunut tilastollisesti kummallakaan harjoitteluryhmällä. Tältä osin tämän tutkimuksen tulokset ovat siis ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa, joissa koehenkilöiden alaraajojen voimantuotto on harjoittelun seurauksena parantunut merkitsevästi. (Sale ym. 1990; Kraemer ym. 2004; Arazi ym. 2011). Syitä tähän voi olla useita, mutta vahvimpana voidaan pitää koehenkilöiden aiempaa harjoittelutaustaa, joka sisälsi useimmilla koehenkilöillä voimaharjoittelua. Aiemmin voimaa harjoitelleilla ei hermostollista kautta tapahtuva voiman lisääntyminen lyhyessä interventiossa ole enää yhtä voimakasta kuin aiemmin harjoittelemattomilla.

Molempien ryhmien alaraajojen räjähtävä voimantuotto oli heikentynyt tarkasteltaessa alku- ja välitestien välissä vauhdittomassa pituushypyssä. Tulostaso kuitenkin palautui lähelle alkumittausten tasoa lopputesteissä. Myös Mikkola ym. (2012) sekä Häkkinen ym. (2003) ovat esittäneet yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikuttavan negatiivisesti räjähtävään voimantuottoon, jota vauhditon pituushyppy mittaa. Tämä voi johtua siitä, että suurin osa koehenkilöistä oli ennen tutkimusta harjoitellut hyvin voimaa, mutta verrattain paljon vähemmän kestävyyttä. Onkin mahdollista, että harjoitusjakson alkuaikana alaraajat ovat joutuneet niin kovalle rasitukselle, että tahdonalainen neuraalinen aktivaatio käytettäviin lihaksiin oli heikentynyt lisääntyneen rasituksen takia. Kuitenkin koehenkilöiden elimistön tottuessa lisääntyneeseen harjoitteluun se pystyi jälleen lopputesteissä tuottamaan saman räjähtävän voiman kuin ennen harjoittelujaksoa.

Tarkasteltaessa ylävartalon isometrista voimantuottoa ja dynaamista lihaskestävyyttä prosentuaalisten muutosten avulla oli HIT- ryhmän tulokset parempia kuin LIT- ryhmän. HIT- ryhmä paransi tilastollisesti merkitsevästi etunojapunnerrusten tulosta, ja ryhmä kykeni parantamaan myös maksimaalista ylävartalon ojentajien voimantuottoa 5,0 %, vaikkei se saavuttanutkaan tilastollista merkitsevyyttä. Vastaavissa testeissä LIT- ryhmä paransi lähes merkitsevästi etunojapunnerruksissa (11,9 %), mutta ryhmän ylävartalon ojentajien maksimaalinen voiman-

tuotto heikkeni, ei tilastollisesti merkitsevästi (-4,2 %). Ryhmien välisessä tulosvertailussa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ylävartalon ojentajien maksimaalisessa isometrisen voimantuoton kehittämisessä HIT ja kontrolliryhmän välillä.

Keskivartalon osalta prosenttitarkastelussa alku ja lopputestin välillä tapahtuneissa muutoksissa HIT- ryhmä paransi maksimaalista voimantuottoa huomattavasti enemmän kuin LIT- ryhmä (HIT 16,3 %, LIT 23,0 %), mutta dynaamisen lihaskunnan osalta HIT- ryhmän tuloskehitys oli parempi (HIT 5,4 %, LIT, 3,8 %). Tilastollisesti merkitseviä parannuksia havaittiin HIT- ryhmän alku- ja välitestin välisessä vertailussa vartalonkoukistajien osalta, ja LIT- ryhmän vartalonkoukistajissa verrattaessa alku- ja välitestiä, sekä alku- ja lopputestiä. Vartalon koukistajien maksimaalista isometristä voimaa mittaavassa testissä on oppimiselle annettava suuri arvo. Alkuasennosta räjähtävästi lähteneessä suorituksessa voimantuottoon saadaan aikaiseksi kovempi piikki, kuin tasaisesti vartaloa koukistaen. On mahdollista, että osa koehenkilöistä paransi tuloksiaan tästä johtuen hyvinkin suuresti.

Aiemmissä tutkimuksissa yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun määrä on ollut vaihteleva. Useissa tutkimuksissa on käytetty kahta tai kolmea voima ja kolmea kestävyysharjoitusta viikkoon (Bell ym. 1991; Dudley ja Djamil, 1985; Glowacki ym. 2004). Kuitenkaan harjoitusmäärien kasvattamisellakin vaikuttaisi olevan raja. Liian monta harjoitusta viikkoon voi johtaa hermolihasjärjestelmän ylipärasitustilaan, jonka seurauksena suorituskyky heikkenee. Esimerkiksi Hicksonin (1980) tutkimuksessa yhdistetyn harjoittelun ryhmällä oli viikossa 11 harjoitusta, joista 5 oli voima harjoitusta ja 6 kestävyysharjoitusta, johtivat 7 ensimmäisen viikon aikana suorituskyvyn nousuun, mutta viimeisten kahden viikon (viikot 9. ja 10.) aikana suorituskyky alkoi laskea.

Tämän tutkimuksen harjoitusohjelma ei vaikuttaisi saavan aikaan voimaominaisuuksien kehittymisen häiriintymistä, koska harjoitteluryhmät osoittivat kuitenkin pääsääntöistä positiivista kehitystä. Parantuneet maksimaalisen isometrisen voimantuoton tulokset voivat näin lyhyessä interventiossa olla hyvin vahvasti sidoksissa hermostollisen kehittymisen kanssa, mutta kuten jo aiemmin todettu koehenkilöiden harjoittelutaustan vuoksi voiman kehittyminen oli melko vaatimatonta ylä- ja alaraajojen maksimaalisen voimantuoton osalta. Toisena selittävä tekijänä voidaan pitää harjoittelun spesifisyyttä, jonka mukaan voimaharjoittelutapa vaikuttaa maksimivoimantuottoon, siten että dynaaminen voimaharjoittelu parantaa dynaamisesti mitattua maksimivoimaa (Fry ja Newton 2006, 15.) Tässä tutkimuksessa voimaharjoitukset olivat dynaamisia, mutta testaus tapahtui kuitenkin isometrisesti maksimivoiman osalta. Esimerkki-

nä tästä Fry ja Newton (2006) mainitsevat, että jos harjoitellaan jalkaprässillä, paranevat siinä koehenkilön tulokset, mutta samanlaista tulosparannusta ei ole havaittavissa hyvin samantyyppisessä liikkeessä kuten jalkakyykyssä (Fry ja Newton 2006, 15). Dynaamisen lihaskunnon osalta suurimman positiivisen tuloskehityksen saivat ne, joilla lähtötaso oli muita alhaisempi, joten harjoitusohjelma oli ainakin heidän osaltaan riittävän kuormittava.

10.2 Kehonkoostumuksen ja hormonikonsentraatioiden muutokset

Tutkimuksen alatutkimuskysymykseksi oli määritetty ”muuttuuko kehonkoostumus harjoittelujakson aikana, ja onko ryhmien välillä havaittavissa eroja?”. Harjoitteluryhmien kehonkoostumuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Ainut tilastollisesti merkittävä muutos oli kontrolliryhmän vyötärön ympäryksen pieneneminen. Ryhmien välillä ei havaittu eroja alku- ja lopputestin muutosten perusteella. Vaikkei tilastollisesti merkitseviä muutoksia kehonkoostumuksessa ilmennyt harjoitteluryhmillä, pieneni keskiarvo tarkastelussa tutkimusjakson aikana prosentuaalisesti.

LIT- ryhmän paino (-0,3 %), rasvaprosentti (-7,7 %), rasvamassan määrä (-7,2 %) ja vyötärön ympäryys (-1,2 %), kun samaan aikaan rasvattoman massan määrä kasvoi (+1,1 %). HIT- ryhmän muutokset olivat vaatimattomampia, tulosten ollessa keskiarvallisesti tarkasteltuna rasvattoman massan osalta (-0,2 %), rasvamassassa (-0,7 %), rasvaprosentissa (-1,1 %) ja painossa (-0,2 %). Kuitenkin HIT- ryhmä saavutti suuremman vyötärön ympäryksen pienenemisen (1,7 %).

Pitkäkestoisessa matalalla teholla suoritettussa harjoitteessa energiantuotto tapana käytetään pääsääntöisesti aerobista energiantuottoa. Aerobisessa energiantuotossa lihaksiin ja rasvakudokseen varastoituneita rasvasoluja käytetään ATP- yhdisteen tuottamiseksi. Suurella intensiteetillä suoritetuissa lyhyissä kestävyysharjoitteissa käytetään energian muodostamiseen niin anaerobista kuin aerobistakin energiantuottotapaa riippuen suorituksen kestosta. Toistuva aerobinen harjoittelu voi siis johtaa kehon rasvamäärän vähenemiseen. Tämän tutkimuksen kohtuullisen pienen otannan osalta vaikuttaisi pidempikestoisen ja matalammalla teholla suoritettu kestävyysharjoittelu yhdessä voimaharjoittelun kanssa johtavan suurempaan rasvamäärän kulumiseen kehossa, kuin vastaavaan voimaharjoitus ohjelmaan yhdistetyssä kovalla intensiteetillä suoritettussa lyhyissä kestävyys suoritteissa. Mikäli kovatehoista kestävyys harjoittelua kuitenkin jatkettaisiin, siten että intervalliharjoituksen kokonaiskesto kasvaisi huomattavasti tämän tutkimuksen asetelmasta, on mahdollista että aerobisesti suoritetuilla intervalliharjoitteilla päästäisiin samaan rasvamassan määrän vähenemiseen. Harjoituksen kokonaiskeston

pidentämisellä tarkoitetaan tässä tapauksessa pitkien (4 min) intervallien määrän kasvattamista. Vastaavasti harjoituksen intensiteettiä tulisi laskea tämän tutkimuksen asetelmasta 10- 15 %, jotta henkilö jaksaisi suorittaa harjoitteet loppuun saakka.

Tämän tutkimuksen kehonkoostumuksen muutokset voivat johtua kasvaneesta energian kulutuksesta ja jopa vaatimattomasta lihasten hypertrofiasta, mutta tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida, ettei koehenkilöiden ruokavaliota vakioitu millään tavalla. On mahdollista, että kasvaneen energian kulutuksen takia ovat koehenkilöt lisänneet syömänsä ravinnon määrää. Ja tästä syystä muutokset saattoivat jäädä melko vaatimattomiksi. Tässä tutkimuksessa lihaksen hypertrofiaa kiihdyttäviä harjoituksia oli vain kolmen viikon ajan. Mikäli harjoitusohjelma olisi keskittynyt pelkästään hypertrofiseen harjoitteluun, on mahdollista että koehenkilöiden rasvattoman massan määrässä olisi havaittu muutoksia. Lihaksen hypertrofiaa havaitaan kuitenkin yleensä vasta useiden viikkojen harjoittelun jälkeen.

Tässä tutkimuksessa ei millään ryhmällä havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia *kortisoli* konsentraatioissa. Tarkasteltaessa tämän tutkimusjoukon kortisoli konsentraation muutoksia ne eroavat Kraemer ym. (1995) tutkimuksen tuloksista. Kraemer ym. (1995) esitti yhdistetyn voima- ja kestävyys harjoittelun nostavan koehenkilöiden kortisoli pitoisuuksia veressä. Tämän tutkimuksen tulokset ovat sen sijaan hyvin samanlaiset kuin Taipaleen (2013) tutkimuksessa, jossa kortisoli pitoisuus nousi 4 viikon ajan, mutta kääntyi laskuun siten, että 8 viikon harjoittelun jälkeen se tippui lähtötasoa alemmas. *Testosteroni* konsentraation havaittiin nousseen tilastollisesti merkitsevästi ensimmäisen kolmen viikon harjoittelun jälkeen LIT- ryhmällä, kun vastaavasti HIT- ryhmän testosteroni konsentraatio laski hieman. Kuitenkin testosteroni konsentraatiot palautuivat viimeisten kolmen viikon harjoittelun jälkeen siten, ettei tilastollisesti merkitsevää muutosta ollut enää havaittavissa. Tämä havainto tukee Taipale (2013) tutkimusta, jossa testosteronikonsentraatio nousi ensimmäiset 4 harjoittelu viikkoa, mutta laski sitten lähelle alkutasoa.

Tutkimuksessa havaittiin kaikkien ryhmien osalta alku- ja välitestien vertailuissa tilastollisesti merkitsevä nousu IGF-1 tasoissa, mutta vain harjoitteluryhmiin osallistuneilla oli tilastollisesti merkitsevä ero myös alku- ja lopputestien vertailussa. IGF-1 pitoisuuden on osoitettu kasvavan lihaksiston kuormittumisen seurauksena (Kauranen ja Nurkka 2010, 159). Vaikka tämän tutkimuksen koehenkilöinä oli aiemmin jo kohtuullisesti harjoitelleita henkilöitä, on tämän tutkimuksen harjoitusohjelmilla ollut elimistöä kuormittava vaikutus.

Kummankaan harjoitusryhmän osalta ei havaittu hormonaalisten markkereiden suhteen yliparasitustilan merkkejä. Vaikka kehon anabolista tilaa mittaavalla testosteroni- kortisoli suhteella ei havaittu harjoitteluryhmien kesken tilastollisesti merkitsevää eroa, näyttäisi tämä suhde olevan parempi HIT- ryhmällä. Kuitenkaan kehonkoostumukseen ei tämä ole rasvattoman massan määrän kasvuna vaikuttanut. On silti mahdollista, että HIT- ryhmän rasvattoman massan määrä olisi alkanut kasvaa, koska testosteroni- kortisoli suhde heikkeni harjoittelujakson puolivälissä ja parani harjoittelujakson lopussa jopa ohi lähtötason. Näin ollen, koska ryhmän rasvattoman massan määrä pysyi muuttumattomana, on syytä epäillä että kasvua olisi havaittu, jos harjoittelua ja seurantaa olisi jatkettu.

10.3 Haavoittuneen evakuointi

Haavoittuneen evakuointia simuloitunut kenttätesti oli suorituskestoltaan 15- 21 sekuntia. Tässä ajassa elimistö tuottaa kaiken tarvitsemansa energian anaerobisesti lihaksen glykogeeni varastoista ja kreatiinifosfaatista. Haavoittuneen evakuointi testissä ei ollut kyse taakan kantamisesta, vaan raahaamisesta, joten jos harjoitusohjelmaan olisi lisätty selkeästi raahaamista simuloivia harjoitteita, kuten painokelkan vetoa, olisivat tulokset voineet parantua edelleen. Toisaalta testin kesto oli niin lyhyt, ettei välttämättä itse harjoittelulla ollut niin suuri vaikutus tulosten paranemiseen, kuin itse optimaalisen suoritustekniikan oppimisella. Myös psykologiset tekijät kuten, motivaatio ovat voineet vaikuttaa testin tuloksiin.

Veren laktaattipitoisuus suorituksen jälkeen toimii yleensä kohtuullisena mittarina intensiteetistä, jolla on työskennelty. Verrattaessa harjoitteluryhmien laktaatin muodostumista alku- ja lopputesteissä voidaan arvioida ryhmien yrittäneen lopputesteissä kovemmin. HIT- ryhmällä muodostui laktaattia lopputestissä 11 % enemmän kuin alkutestissä, ja LIT- ryhmällä jopa 37 % enemmän. Joten suorituksen intensiteetti on kasvanut huomattavasti. Yhtenä selittävänä tekijänä laktaattipitoisuudelle voidaan pitää harjoittelun seurauksena parantunutta verenkiertoa. Juel ym. (2003) ovat esittäneet oman tutkimuksensa perusteella, että voimaharjoituksen jälkeen nousseet veren laktaattipitoisuudet voivat johtua aiemmin harjoitetun lihaksen parantuneesta verenkierrosta ja veren virtauksen jakelusta, sekä laktaattia kuljettavien proteiinien herkkyyden parantumisesta (Juel ym. 2003.)

Arvioitaessa kumpi kestävyys harjoittelutapa yhdistettynä voimaharjoitteluun on parempi kehitettäessä yksilön kykyä haavoittuneen evakuointiin, on syytä tarkastella faktoja, joiden mukaan HIT- ryhmä paransi keskimääräistä evakuointi aikaa enemmän (HIT 7.6 %, LIT 6,0 %).

Ryhmien tuloskehityksessä havaittiinkin tilastollinen ero kontrolli ja HIT- ryhmän välillä. Vaikka HIT- harjoittelu vaikuttaisikin olevan parempi vaihtoehto, on syytä ottaa huomioon kuitenkin otannan pienuus ja oppimisen, sekä psykologisten tekijöiden vaikutus.

10.4 Muuttujien väliset yhteydet

Toisena alatutkimusongelmana oli, mitkä ovat hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn ja fysiologisten muutosten väliset yhteydet? Koska tutkimusjakson aikana koehenkilöiden kehonkoostumuksen muutokset olivat kohtuullisen vaatimattomia, ei niiden muutosten ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mittaavien testien tulosten muutosten välillä havaittu kuin muutama yhteys. Siispä tähän tutkimuskysymykseen ei tutkimustulosten perusteella voida antaa yksiselitteistä vastausta, koska muuttujien väliset yhteydet olivat erilaiset molemmilla harjoitteluryhmillä.

Korkeatehoisen harjoitteluryhmän osalta painon muutoksen ja istumaannousun tulosten muutosten välillä havaittiin voimakas negatiivinen riippuvuus. Samalla ryhmällä vyötärön ympäryksen muutoksella ja ylävartalon maksimaalisen isometrisen voimantuoton muutosten välillä havaittiin voimakas positiivinen riippuvuus. Vastaavasti matalatehoisen harjoitteluryhmän kehonkoostumuksen ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutosten välisistä yhteyksistä havaittiin painon muutoksen ja vauhdittoman pituushypyn tulos muutoksen välillä voimakas negatiivinen yhteys. Saman ryhmän osalta rasvamassan määrän muutoksella havaittiin negatiivinen yhteys haavoittuneen evakuoinnin ajan muutoksen kanssa. Nämä havainnot tukevat aiempaa käsitystä siitä, että ylimääräinen kehon paino ja rasvamassa eivät paranna suorituskykyä.

Borst ym. (2001) ovat esittäneet, että voimaharjoittelun seurauksena kasvaneet IGF-1 pitoisuudet toimivat markkerina myös kasvaneeseen voimantuottoon. Tätä yhteyttä ei kuitenkaan havaittu tässä tutkimuksessa harjoitteluryhmien osalta. Sen sijaan IGF-1:n muutoksilla havaittiin harjoitteluryhmien osalta voimakas negatiivinen yhteys rasvamassan määrän muutoksen kanssa.

10.5 Tulosten luotettavuus

Ennen varsinaista lähtötasotestejä ja harjoittelujaksoa oli useilla koehenkilöillä eriasteisia rasitus tai traumaperäisiä vammoja, kuten kipeytyneitä jalkoja ja olkapäävammoja. Tämä saattaa

osaltaan vaikuttaa lähtötasotestien tuloksiin. Välitestien suorittaminen osoittautui haasteelliseksi, koska samaan aikaan osa koehenkilöistä oli opinnäytetyö vapaalla, ja näin ollen muutamien koehenkilöiden tulos jäikin saamatta. Välitesteissä osa koehenkilöistä pystyi antamaan verinäytteen maanantai- aamuna, kuten alkutestienkin yhteydessä toimitettiin. Osalle maanantai- aamun verinäytteen anto aika ei sopinut, jolloin jouduttiin järjestämään verinäytteen anto keskiviikko- aamulle. Osalle ei henkilökohtaisen syyn takia käynyt kumpikaan aamu. Välitesteissä jouduttiin myös maksimivoima mittauksen ja lihaskuntotestin järjestämisen osalta haasteisiin. Suurin osa koehenkilöistä kuitenkin suoritti voimatestausten kuten alkutesteissä, mutta kuudelle henkilölle voimatestausta järjestettiin vasta tiistaina. Lopuille ei voimatestausta onnistunut johtuen jo aiemmin mainituista syistä. Koska osa suoritti voimatestausten ja verikokeet alkutesteistä poiketen, on syytä laskea välitestien luotettavuusarvoa. Kaikki tutkimushenkilöt eivät päässeet osallistumaan lopputesteihin henkilökohtaisista syistä johtuen.

Edellä mainituista syistä johtuen tilastollisessa analyysissä puuttuvat tiedot jouduttiin täydentämään koko otannan keskiarvolla, joka voi vaikuttaa keskihajonnan pienenemiseen. Ja vaikka osa harjoitteista olikin valvottuja, ja valvotuissa harjoitteissa koehenkilöt suorittivat harjoitukset harjoitusohjelman mukaan, eivät kaikki koehenkilöt kyenneet palauttamaan harjoituspäiväkirjojaan pyydettyyn aikaan. Näin ollen muutamien koehenkilöiden tuloksia ei huomioitu tutkimuksen tuloksissa. Arvioidessa tutkimuksen lopputuloksiin hyväksytyjä yksittäisiä koehenkilöitä ja heidän suorituksiaan, voidaan tuloksia pitää voimatestien osalta luotettavana.

Kaikki koehenkilöiksi rekrytoituneet olivat vapaaehtoisia ja näin ollen hyvin motivoituneita. Koehenkilöiden joukossa oli jopa hieman kilpailuhenkisyttä tulosparannusten suhteen. Kontrolliryhmän koehenkilöiden osalta ei voida olla täysin varmoja, että heidän harjoittelunsa olisi ollut muuttumatonta tutkimusjakson ajan. Osa kontrolliryhmän koehenkilöistä oli urheilijoita, joilla kilpailukausi lähestyi, ja tämä saattoi vaikuttaa myös heidän harjoitteluunsa. Osalla kontrolliryhmän koehenkilöistä oli varmasti mielessä vuosittain Puolustusvoimissa suoritettavat kestävyys- ja lihaskuntotestit, joiden takia he ovat saattaneet muuttaa harjoitteluaan.

Keskivartalon maksimivoimaa mittaavan kokeen osalta voidaan luotettavuutta alentavana tekijänä mainita laitteesta johtuvien säätöjen aiheuttaneen sen, että osalla koehenkilöistä rinnan ja voimaa mittaavan paineanturin väliin jäi rako. Raon ansiosta koehenkilö pystyi käyttämään ylävartaloon apuna voimantuotossa, joka mahdollisesti vaikutti tuloksiin positiivisesti. LIT- ryhmän osalta tästä syystä uusittiinkin muutamien koehenkilöiden testi. Muiden maksimivoimatestien tuloksia voidaan pitää luotettavana laitteen säätöjen suhteen.

Kenttätestinä haavoittuneen evakuoititestiä voidaan pitää olosuhteiden vakioinnin takia luotettavana. Ainoana heikentävänä tekijänä voidaan luotettavuuden osalta pitää mahdollista oppimisvaikutusta, jonka seurauksena suoritusajat mahdollisesti paranivat. Oppimisen osalta suurimpana tekijänä voidaan pitää askellustekniikkaa ja raahausasentoa. Havaintojen mukaan nuken raahaaminen koehenkilön sivulla mahdollisti normaalin askelluksen, joka johti nopeampaan suoritusaikaan, kuin se että nukkea olisi raahattu suoraan koehenkilön takana, jolloin askellus lyheni.

Arvioitaessa kehonkoostumuksen muutoksia on syytä ottaa huomioon, ettei koehenkilöitä veloitettu pitämään ruokapäiväkirjaa tai noudattamaan jotakin tiettyä ruokavaliota. Vaikka koehenkilöt ohjeistettiin osallistumaan kehonkoostumusmittauksiin siten että heidän ravitsemus ja nesteytystilansa olisi samanlainen kuin edellisessä mittauksessa, ei tästä voida olla kuitenkaan täysin varmoja. Nesteen nauttiminen ennen bioimpedanssi mittausta saattaa vääristää koehenkilön tuloksia. Vyötärön ympäryksen mittaamiseen vaikuttaa mittajaan tarkkuus koehenkilön mittauskohdan suhteen.

10.6 Johtopäätökset

Tutkimuksen viimeisenä tutkimusongelmana oli saada vastaus kysymykseen: ”kumpi kestävyysharjoittelu tapa yhdistettynä voimaharjoitteluun olisi tehokkaampi reservijoukkojen nopeaan fyysisen kunnon parantamiseen voiman osalta?”

Santtila (2010) on tutkinut peruskoulutuskauden aikaisen lisätyn voimaharjoittelun vaikutuksia varusmiesten hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn. Hän esittää tutkimuksessaan, että perinteisen kestävyysharjoittelu painotteisen peruskoulutuskauden sijaan tulisi kiinnittää huomioita voimaharjoitteiden lisäämiseen. Santtila (2010) tulosten perusteella voidaan olettaa, että nopeaan suorituskyvyn parantamiseen myös reserviläisjoukolla pätee samat havainnot. Siksi perinteisen pitkäkestoisen kestävyysharjoittelun sijaan on parempi pyrkiä saamaan aikaiseksi harjoitusohjelma, jolla ei estetä reserviläisen kestävyysominaisuuksien kehittymistä voimaharjoittelulla tai voimaominaisuuksien kehittymistä kestävyysharjoittelulla.

Tämän tutkimuksen perusteella HIT- tyyppistä yhdistettyä harjoitusohjelmaa suositella reserviläisistä sille joukolle, jolla on olemassa jo kohtuullinen peruskestävyys ja lihaskunto. Tähän joukkoon voidaan lukea esimerkiksi nuoret erikoisjoukkoihin sijoitetut sotilaat. HIT- harjoittelun eduksi voidaan laskea kestävyysharjoittelun viemä aika, joka voi olla erikoisjoukkoihin

sijoitetuilla henkilöillä perustamis- ja kouluttamisvaiheessa kokonaisuudessaan hyvin lyhyt. HIT- tyyppisen kestävyysharjoitteluohjelman ja lyhyiden voimaharjoitusten vahvuus onkin juuri niiden järjestämisen helppous. Juoksua voi harjoitella missä vaan ja voimaharjoitteluun voidaan soveltaa toiminnallisen harjoittelun hengessä tilapäisvälineitä kuten hiekkasäkkejä, patruunalaatikoita ja kahvakuulia.

Vaara ym. (2009) ovat omassa reserviläisille tehdyssä tutkimuksessaan osoittaneet reserviläisistä alle 50 % omaavan sotilaille asetetun hapenottokyvyn. Samassa tutkimuksessa havaitun jalkojen ja keskivartalon lihaskunnan osalta vain 60- 70 % reserviläisistä täyttää asetetut suorituskyky vaatimukset. Jalkojen lihaskunnan osalta prosentti tippuu jo noin 40 % tasolle. Samalla Vaara ym. (2009) osoittavat, että reserviläisten kehonpaino on kasvanut merkittävästi vertailtaessa vuosia 2003 ja 2008. Reserviläisten pituus on pysynyt samana. Näihin faktoihin yhdistettynä reserviläisten painoindexin kasvaminen ja vyötärönympäryksestä mitattujen lihavuusrajan (100cm) ylittävien osuuden pysyminen samana voi osoittaa, että osalla reserviläisistä on hyvinkin suuri kehonrasvamassa. Toisaalta se voi myös kertoa lisääntyneestä rasvattoman massan määrästä. Näin ollen muille, kuin erikoisjoukkoihin sijoitetuille joukoille, voidaan suositella siis peruskestävyystyyppisen kestävyysharjoittelun ja voimaharjoittelun yhdistämistä, koska tämän tutkimuksen perusteella se näyttäisi johtavan suurempiin kehon rasvakudosmäärän muutoksiin kuin HIT- tyyppinen harjoittelu, kuitenkin johtamatta rasvattoman massan määrän pienenemiseen lyhyellä aikavälillä. Edelleen voimaominaisuuksien kehittämisen kannalta LIT- tyyppinen kestävyysharjoittelu yhdistettynä voimaharjoitteluun tuottaa yhtä hyvän tuloksen kuin HIT- tyyppinen harjoittelu.

On syytä kuitenkin muistaa, että tässä tutkimuksessa tutkimusjoukkona oli kohtuullisen nuori ja melko aktiivisesti aiemmin liikuntaa harrastanut joukko, ja tutkimusjoukko omasi jo ennen harjoittelua kohtuullisen hyvän peruskestävyys ja lihaskunnan. Lisäksi tutkimuksen tuloksiin voi vaikuttaa myös pieneksi supistunut otanta. Edellä mainituista syistä johtuen tulokset eivät suoraan ole verrattavissa sijoitettujen reserviläisten kuntoon. Tästä syystä tarve tutkia tämän tutkimuksen harjoitteluohjelmien tai samankaltaisten HIT vai LIT harjoittelutyyppisten ohjelmien vaikutuksia hieman vanhempaan ja fyysisesti huonokuntoisempaan väestöön lisää.

Se kuinka paljon aikaa voidaan fyysiselle koulutukselle kriisitilanteessa antaa, riippuu useista eri tekijöistä, mutta varmaksi voidaan sanoa, ettei fyysisen suorituskyvyn parantamiseen tulla suunnittelemaan ainakaan liikaa aikaa. Näin ollen ainoa mahdollinen tapa nostaa reservistä muodostettavien joukkojen fyysistä suorituskykyä on vaikuttaa siihen jo ennen kriisitilannet-

ta. Vaikka kiire kriisitilanteessa on väistämätöntä, on kuitenkin joukkojen perustamisen ja kouluttamisen aikaisen fyysisen suorituskyvyn parantamiseen panostettava annetuissa aikamääreissä. Perustamis- ja kouluttamisvaiheessa oman haasteensa aiheuttavat myös fyysisen koulutuksen suorituspaikat. Menemättä sen tarkemmin sodanajan joukkojen perustamiseen ja perustamisen jälkeiseen koulutukseen, täytyy fyysinen koulutus järjestää muun sotilaallisen koulutuksen ohessa, unohtamatta kokonaisuormitusta, jolle sotilaat perustamisvaiheessa altistuvat. Kaikille joukoille ei ole mahdollista tarjota varsinaista kuntosali ja lenkkipolku ympäristöä. Pelkkä fyysinen koulutus ei kuitenkaan takaa reserviläisten fyysisen suorituskyvyn paranemista. Sodanajan joukkojen fyysisen suorituskyvyn parantaminen on kokonaisuus johon on syytä liittää myös oikeanlainen ravinto ja lepo.

Ratkaisuna viimeiseen tutkimuskysymykseen, ja fyysisen koulutuksen suunnitteluun kriisi aikana voisi olla tehtävä tai joukkokohtaisten fyysisen koulutuksen suunnittelu. Joukot jotka suorittavat pitkiä kestävyyttä vaativia tehtäviä keskittyisivät koulutusvaiheessa parantamaan perus- ja lihaskestävyttä, ja joukot joiden taisteluiden oletetaan käytävän suuremmalla intensiteetillä, keskittyisivät harjoittelussaan maksimi- ja räjähtävän voiman sekä nopeuskestävyyden harjoittamiseen.

10.7 Jatkotutkimus

Tämän tutkimuksen perusteella on ilmeinen tarve tutkia korkea- tai matalatehoisen kestävyysharjoittelun yhdistämisen vaikutuksia vanhempiin ja kenties peruskunnoltaan huonompi kuntoisiin sotilaisiin. Jatkotutkimuksessa on syytä pyrkiä vakioimaan koehenkilöiden energian saanti, jotta mahdolliset erot kehonkoostumusta koskevissa muutoksissa saadaan esille luotettavasti. Jatkotutkimuksen harjoitusohjelmissa yhtenä lähtökohtana voisi olla asetelma, jossa yhdellä koeryhmällä voimaharjoittelu keskittyy pelkästään maksimi- ja räjähtävän voiman harjoitteluun, ja toisella harjoitusryhmällä voimaharjoitusohjelma sisältäisi tämän tutkimuksen harjoitusohjelman tyyppisen ratkaisun. Myös tilapäisvälineiden, kuten hiekkasäkkien ja laatikoiden sovellettavuutta osana voimaharjoittelua on syytä tutkia.

LÄHTEET

- Arazi, H., Faraji, H., Moghadam, M., Samadi, A. Effects of concurrent exercise protocols on strength, aerobic power, flexibility and body composition. *Kinesiology* 43, 2011, s.155-162
- Bamman, M., Hill, V., Adams, G., Haddad, F., Wetzstein, C., Gower, B., Ahmed, A., Hunter G. Gender differences in resistance-training-induced myofiber hypertrophy among older-adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003;58:108–116.
- Bell, G., Petersen, S., Wessel, J., Bagnall, K., Quinney, H. Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *International Journal of Sports Medicine.* 12(4), 1991, s.384-390.
- Borst, S., De Hoyos, D., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B., Lowenthal, D., Pollock, M. Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001: s. 648-653
- Cantrell, G., Schilling, B, Paquette, M., Murlasits, Z. Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *Eur J Appl Physiol.* 2014
- Dudley, G., A. & Djamil, R. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology.* 59 (5), 1985, s.1446-1451.
- Edman K.A.P, Contractile performance of skeletal muscle fibres. *Teoksessa the Encyclopedia of Sports Medicine: Strength and Power.* Toim. P.V. Komi. Oxford, OK: Blackwell, 2003, s. 115
- Fleck, S., Kraemer, W., *Designing strength training programs*, Human kinetics, USA, 2004
- Fogelholm, M., Kaukua, J. Lihavuus. *Teoksessa Liikuntalääketiede.* Toim. Vuori, I., Taimela, S., Kujala, U. Hansaprint Oy, Vantaa , 2011, s. 423-424

Fry, A., Newton, R. A brief history of strength training and basic principles and concepts. Teoksessa Strength training for sport. Toim. Kraemer, W., Häkkinen, K. Blackwell Science Ltd, Hong Kong, 2006

Fyysisen harjoittamisen perusteet, Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskuksen julkaisu, 1999, Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Glowacki, S., Martin, S., Maurer, A., Baek, W., Green, J., Crouse, S. Effects of resistance, endurance and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 2004, s. 2119–2127.

Going, S., Mullins, V. Teoksessa: Endurance in sport Blackwell, Toim. Shepard, R., Åstrand, P-O. MPG books ltd. Bodmin, Cornwall. 2000, s.350-

Gravelle, B., Blessing, D. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *Journal of strength and conditioning research* 14, 2000, s. 5–13.

Harman, E., Frykman, P. The relationship of body size and composition to the performance of physically demanding military tasks. National academy press 2101, Washington DC, USA, 1992. s.105-

Heikkilä, T. Tilastollinen tutkimus, Edita Prima Oy, Helsinki, 2010

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri tutkimusohjekirja. internet osoitteessa: <http://huslab.fi/ohjekirja/3253.html>, Viitattu: 11.5.2013

Hendrickson, N., Sharp, M., Alemany, J., Walker, L., Harman, E., Spiering, B., Hatfield, D., Yamamoto, L., Maresh, C., Kraemer, W., Nindl, B. Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *European Journal of Applied Physiology*. 2010, Vol. 109 Issue 6, s.1197-1208

Hennessy, L., Watson, A. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of strength and conditioning research* 8, 1994, s.12–19.

- Hickson R. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology*. 1980;45(2-3): s.255-263
- Häkkinen, K. Neuromuscular adaption during strength training, aging, detraining and immobilization. *Critical reviews in Physical and rehabilitation medicine* 6. 1994, s.161-198.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W.J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., Paavolainen, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European journal of applied physiology* 89, 2003, s. 42-52.
- Häkkinen, K., Mero, A. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa *Urheiluvalmennus*. Gummerrus kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2004
- Juel, C., Klarskov, C., Nielsen, J., Krstrup, P., Mohr, M., Bangsbo, J. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H⁺ release from human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 286: E245–E251, 2004. Julkaistu ensimmäisen kerran 14.10.2003. 10.1152/ajpendo.00303.2003.
- Kauranen, K., Nurkka, N. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille, Tammerprint Oy, Tampere, 2010.
- Keskinen, K. Antropometria. Teoksessa *Urheiluvalmennus*. Gummerrus kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2004
- Kokko, J. Vertaileva tutkimus taisteluväestöjen kuormittavuudesta, Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotilaspedagogiikan laitos, 2008
- Konttila, S., Sinisalo, V. 7- 9- vuotiaan kömpelön lapsen motorisen taidon muuttuminen liikuntaohjelman aikana. *Liikuntapedagogiikan pro gradu – tutkielma*. Jyväskylän yliopisto. 1998
- Kraemer, W., Patton, J., Gordon, S., Harman, E., Deschenes, M., Reynolds, K., Newton, R., Triplett, N., Dziados, J. Compatibility of high intensity strength and endurance training on

hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of applied physiology* 78, 1995, s. 976-989.

Kraemer, W., Vesco, J., Volek, J., Nindl, B., Newton, R., Patton, J., Dziados, J., French, D., Häkkinen, K. Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test. *Military medicine*, 169, 12:994, 2004.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintämäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H., Lätti, S. *Anatomia+fysiologia: Rakenteesta toimintaan*, WSOY oppimateriaalit Oy, 2008

Liesinen, K., Hyppönen, H., Kalmari, K., Santtila, M., Vuorio, V-V., Pimiä, M., Leskinen, A., Kärkkäinen, H. *Sotilaan käsikirja*. Juvenis Print OY, 2013

Mattila, V. Tallroth, K., Marttinen, M. Pihlajamäki, H. Kehon koostumus ja fyysinen suorituskky – 140 varusmiehen DEXA-tutkimus, *Suomen Ortopedia ja Traumatologia* Vol. 30, 2007, s. 268

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. *Exercise physiology energy, nutrition and human performance*, Lippincott Williams& Wilkins, 1996

McCarthy, J., Agre, J., Graf, B., Pozniak, M., Vailas, A. Compatibility of adaptative responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27, 1995, s. 429–436.

Mero, A., Kyröläinen, H., Häkkinen, K. *Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta*. Teoksessa *Urheiluvalmennus*, Gummerrus kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2004.

Mikkola, J., Rusko, H., Izquierdo, M., Gorostiaga, E., Häkkinen, K. Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance Training in untrained Men, *Int J Sports Med* 2012; 33: s.702–710

Miyatake, N. , Miyachi, M. , Tabata, I. , Sakano, N. , Hirao, T. and Numata, T. Relationship between muscle strength and anthropometric, body composition parameters in Japanese adolescents. *Health*, 4, 2012, 1-5

Moritani, T., DeVries, H. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys med* 58, 1979: s.115- 130

Mosti, M., Wang, E., Wiggen, N., Helgerud, J., Hoff, J. Concurrent strength and endurance training improves physical capacity in patients with peripheral arterial disease, 2011

Niensted, W., Hännilä, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*, WS Bookwell Oy, Porvoo, 2002

Nummela, A. *Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus*, Teoksessa *Urheiluvalmennus*. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2004

Paish, W. *The complete manual of sports science*. Lontoo: A & C Black, 1998

Palo, J., Jokelainen, M., Kaste, M., Teräväinen, H., Waltimo, O. *Neurologia*, WSOY, Porvoo, 1996

Pehkonen, M. *Liikuntataitojen oppiminen*. Teoksessa *Liikkuva ihminen ja kasvatus* Suoranta, J. & Eskola, J. (toim.) *Lapin yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja*. Lapin yliopiston monistuskeskus, 1995.

Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M., Tiainen, S. *Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja*, Edita Prima Oy, 2011

Pääesikunta, henkilöstöosasto, *PALVELUKSEEN ASTUVIEN NUORTEN MIESTEN KUNTOTESTITILASTOT 1975-2013*, 2013. www.puolustusvoimat.fi. 2013

Pääesikunta, henkilöstöosasto, *Puolustusvoimien liikunta strategia 2007- 2016*. Edita Prima Oy, 2007

Rehunen, S. *Terveys- ja liikunta*, Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä, 1997

Sand, O., Sjaastad, Ø., Haug, E. Bjälje, J. *Ihminen, Fysiologia ja anatomia*, Sanoma Pro Oy, 2013

Sandström, M., Ahonen, J. Liikkuva ihminen, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 2011

Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T., Tiainen, S., Palvalin, K., Häkkinen, A., Häkkinen, K. Physical Fitness Profiles in Young Finnish Men during the Years 1975-2004. *Medicine & Science in Sports & Exercise* Nov 2006: Vol. 38 Issue 11. s. 1990-1994

Santtila, M. Effects of added endurance or strength training on cardiovascular and neuromuscular performance of conscripts during the 8-week basic training period, Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä, 2010

Sale, D., Jacobs, I., Macdougall, J., Garner, S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and science in sports and exercise* 22, 1990, s. 348–356.

Sale, D. Neural adaptation to strength training. Teoksessa the Encyclopedia of Sports Medicine: Strength and Power. Toim. P.V. Komi. Oxford, OK: Blackwell, 2003, s. 281- 314

Sillanpää, E. Adaptations in body composition, metabolic health and physical fitness during strength or endurance training or their combination in healthy middle-aged and older adult Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä, 2011

Taipale, R. Acute neuromuscular, cardiorespiratory and endocrine responses and chronic adaptations to combined strength and endurance training in recreationally endurance trained men and women. Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä, 2013

Tesch, P., Alkner, A. Acute and chronic muscle metabolic adaptations to strength training. Teoksessa the Encyclopaedia of Sports Medicine: Strength and Power. Toim. P.V. Komi. Oxford, OK: Blackwell, 2003,s. 269-280

Vaara, J., Ohrankämmen, O., Vasankari, T., Santtila, M., Fogelholm, M., Kokkonen, E., Suni, J., Pihlajamäki, H., Mäntysaari, M., Häkkinen, A., Häkkinen, K., Kyröläinen, H. Reserviläisten fyysinen suorituskyky 2008, Edita Prima Oy 1. Painos 2009

Vuori, I. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmiin. Teoksessa Liikuntalääketiede. Toim. Vuori, I. Taimela, S. Kujala, U. Hansaprint Oy, Vantaa , 2011. s. 34-39

Wilmore, J., Costill, D. Physiology of sport and exercise, Human kinetics, Hong Kong, 2004