

Maanpuolustuskorkeakoulu

Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos
Julkaisusarja 3: Työpapereita nro 6

Heikki Kyröläinen, Kai Pihlainen, Matti Santtila ja Lasse Torpo (toim.)

Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020

Tieteellinen katsaus

Heikki Kyröläinen, Kai Pihlainen, Matti Santtila ja Lasse Torpo (toim.)

Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020

Tieteellinen katsaus

Maanpuolustuskorkeakoulu
Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos
Julkaisusarja 3: Työpapereita nro 6

Helsinki 2021

Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020
Tieteellinen katsaus

© Pääesikunta, Koulutusosasto, PL 919, 00131 HELSINKI

ISBN 978-951-25-3184-4 (nid.)

ISBN 978-951-25-3185-1 (pdf)

Kuvat: Puolustusvoimat

Taitto: Taina Ståhl

Painopaikka: PunaMusta Oy, Helsinki 2021

Tiivistelmä

Teknologian ja sodan kehittymisen seurauksena taistelukenttä on teknistyessään muuttanut yhä vaativammaksi ja nopeatempoisemmaksi niin taistelijoiden kuin joukon johtajien kannalta. Sotilaat joutuvat työskentelemään vaihtelevissa ja vaikeasti ennustettavissa toimintaympäristössä, jotka sisältävät useita erilaisia fyysisiä, psyykkisiä, sosiaalisia ja eettisiä kuormitustekijöitä. Vaikka kaikkiin kuormitustekijöihin ei pystytä valmistautumaan, fyysisen toimintakyvyn kehittämisellä voidaan vähentää suhteellista kuormitustasoa matlatehoisissa pitkäkestoisissa aktiviteeteissa, kuten jalkamarssi sekä toisaalta nopeuttaa palautumista lyhytkestoisista kuormituspiikeistä, esimerkiksi taistelutilanteissa. Fyysisen toimintakyvyn yhteydestä psyykkiseen toimintakykyyn, esimerkiksi kognitiiviseen toimintaan, on myös tieteellistä näyttöä.

Sotilaan fyysisistä toimintakykyä on tutkittu laajasti muiden asevoimien toimesta jo vuosikymmenien ajan. Puolustusvoimissa julkaistiin vuonna 2003 alaan liittyvän kansainvälisen tutkimustiedon katsaus "Taistelija 2005", jossa lisäksi luotiin suuntaviivoja tulevaisuuden tutkimustoiminnalle Puolustusvoimissa. Tämän julkaisun tarkoituksena oli koota yksiin kansiin Taistelija 2005 -raportin jatkona pääsääntöisesti Puolustusvoimissa toimeenpantu fyysiseen toimintakykyyn liittyvä tutkimustieto 2000-luvun alusta nykypäivään asti. Julkaisussa esitetyt artikkelit sisältävät tutkimustietoa muun muassa tuhansien lapsen ja nuoren sekä asevelvollisten toimintakyvystä ja sen muutoksista viimeisimpien vuosikymmenien aikana. Tutkimukset on toteutettu eettisten periaatteiden mukaisesti. Niiden toteutukseen on saatu lupa tutkimuseettisiltä neuvostoilta sekä tutkimusaineiston omistajilta. Tutkimuksissa on käytetty tieteellisesti valideja ja kansainvälisen tutkimusalan yleisesti hyväksymiä mittaus- ja analysointimenetelmiä.

Tutkimustulokset on kuvattu artikkeleittain elinkaariajattelun mukaisesti lapsista ja nuorista varusmiehiin, reserviläisiin ja palkattuun henkilökuntaan. Artikkeleissa fyysisistä toimintakykyä tarkastellaan puolustushaarojen ja ympäristökuormitustekijöiden sekä niiltä suojaavien tekijöiden näkökulmista. Poikkitieteisyyttä edustavat erityisesti julkaisun lopussa esitetyt artikkelit fyysisen, psyykkisten ja kognitiivisten tekijöiden keskinäisiä yhteyksiä tarkastelevat osuudet.

Tutkimustulokset vahvistavat käsitystä, jonka mukaan fyysisistä toimintakykyä monipuolisesti kehittävä kestävyys- ja voimaharjoittelu parantavat muun muassa sotilaan kykyä suorittaa väsymättä yhtäjaksoista tehtävää sekä nostaa, kantaa, raahata tai muuten käsitellä raskaita lisäkuormia ja liikkua nopeasti taistelukentällä. Hyvä fyysinen kunto on lisäksi tuki- ja liikuntaelinvammoilta suojaava tekijä fyysisesti kuormittavassa koulutuksessa, kuten varusmiespalveluksessa ja sotaharjoituksissa. Hyvä fyysinen kunto suojaaa myös eräiltä ympäristön kuormitustekijöiltä, kuten esimerkiksi edistämällä lämpösopeutumista kuumissa olosuhteissa. Näistä näkökulmista tarkastellen lasten ja nuorten sekä varusmiesten fyysisen kunnon laskeva ja ylipainon nouseva trendi saattavat vaikuttaa

tulevaisuudessa sotilaskoulutuksen toimeenpanoon, joten ilmiö tulisi ottaa huomioon koulutusohjelmien kehittämisessä.

Kirjan sisältö on tarkoitettu erityisesti sotilaan kuormittumisesta, toimintakyvystä ja sen kehittämisestä kiinnostuneille opiskelijoille, tutkijoille ja asiantuntijoille. Julkaisun lopussa esitetään artikkeleista koottuja toimenpidesuosituksia, joilla pyritään kehittämään toimintakyvyn, erityisesti fyysisen toimintakyvyn koulutusta ja tutkimusta Puolustusvoimissa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
1 Muuttuva sodan kuva	7
2 Johdanto sotilaan fyysiseen toimintakykyyn.....	11
3 Suomalaisten lasten ja nuorten fyysinen aktiivisuus, kunto ja terveys	16
4 Varusmiesten fyysinen toimintakyky, harjoittelu ja kuormittuminen	25
5 Reserviläisten kehon koostumus, fyysinen kunto ja liikunta-aktiivisuus	37
6 Taistelukentän ja sotaharjoitusten kuormitustekijät sekä niihin valmistautuminen	47
7 Fyysisen toimintakyvyn ja kehon koostumuksen muutokset sotilasoperaatioissa	66
8 Sotilaslentäjien fyysinen kuormittuminen ja harjoittelu	81
9 Merivoimien aluspalvelushenkilöstön kuormittuminen ja harjoittelu.....	92
10 Erikoisjoukkojen fyysiset kuormitustekijät ja harjoittelu	101
11 Sotilas kuumassa	112
12 Sotilas kylmässä: toimintakyky ja suojaautuminen	120
13 Ravitseminen ja neste sotilaalla	133
14 Tuki- ja liikuntaelinten oireet ja vammat	145
15 Kuormittavan harjoituksen vaikutus kognitiiviseen toimintakykyyn.....	151
16 Fyysisten ja psykologisten ominaisuuksien yhteydet toimintakykyyn.....	162
17 Katsaus kansainvälisen sotilaan fyysisen suorituskyvyn kongressin (International Congress of Soldiers' Physical Performance, ICSP) historiaan	174
18 Toimenpidesuositukset.....	179
Liite 1. Luettelo Puolustusvoimien ja Jyväskylän yliopiston kanssa yhteistoiminnassa laadituista kansainvälisistä vertaisarvioituista tutkimusjulkaisuista vuosina 2006–2020	184
Liite 2. Käskyasiakirja toimenpidesuositusten käyttöönotosta Puolustusvoimissa....	193

1 Muuttuva sodan kuva

Jyri Raitasalo¹

¹ Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos

Sodan kuvalla tarkoitetaan tänä päivänä tehtyä arviota siitä, miten tuleva sota – käynnistyisipä se huomenna tai vaikkapa kymmenen vuoden kuluttua – käydään. Sodan kuvan muutoksen tutkimiseen on panostettu runsaasti resursseja kylmän sodan jälkeisellä ajalla. Luonnollisesti tulevan sodan luonne on kiinnostanut kautta aikojen. Etulyöntiaseman saavuttaminen aseellisessa taistelussa on edellyttänyt aina innovatiivisuutta, aktiivisuutta, aloitteellisuutta ja joustavuutta. Kulloinkin käytössä olleet joukot (sotilaat), sotateknologiat (materiaali), sodankäyntiopin (doktriini), organisaatiot ja johtamisen tasot ovat vaikuttaneet siihen, miten tulevaa sotaa on ennakoitu ja arvioitu. Vastaavasti visiitit tulevan sodan luonteesta ovat vaikuttaneet päätöksiin sotilaiden koulutustarpeista, ase-tekniologioiden kehittämisestä, doktriinien muuttamisesta ja asevoimien organisoinnin tavoista. Nykyhetken asevoimat ja arviot tulevaisuudessa käytävästä sodasta ovat aina olleet vahvassa symbioottisessa suhteessa.

Kylmän sodan päätyttyä (vuosina 1989–1991) länsimainen sodan kuva alkoi muuttua. Valtioiden väliseen sotaan varautuminen – ja oman alueen puolustaminen – jäivät valtaosassa länsimaita taustalle. Vastaavasti kauko-operaatiot (*expeditionary operations*) oman alueen ulkopuolella yleistyivät samalla kun käsitykset globalisoituvan kansainvälisen järjestelmän kaoottisuudesta alkoivat 1990-luvun aikana – ja sen jälkeen – lisääntyä. Laajamittaiset ihmisoikeusloukkaukset, humanitaariset kriisit, terrorismin muodostama uhka, kumouksellinen sodankäynti sekä globalisoituvan maailman epäjärjestyksen poistaminen nousivat länsimaisen sodan kuvan keskiöön. Samalla sotilaallisen pelotteen (deterrenssi) ja alueen puolustamisen painoarvo asevoimien kehittämislogiikassa väheni.

Vuosien 1989/1991–2014 välillä länsimainen sodan kuva painottuikin hyvin vahvasti pienten, tehokkaiden, suorituskykyisten, teknisesti korkealaatuisten ja nopean liikkuvuuden omaavien joukkojen kehittämiseen. Täsmäiskukyky, häiveominaisuudet, satelliittipaikannus, tilannetietoisuus ja johtamiskyky korostuivat joukkojen määrän ja massamaisen tulivoiman sijaan. Ilmatorjunnasta, taistelupanssarivaunuista, raketinheittimistä ja tykistöä pääosin luovuttiin. Vähitellen kehittynyt länsimainen asevoimien kehittämislinjaus on muodostunut erittäin kalliiksi. Sotilaan henkilökohtaisen varustuksen hinta on noussut moninkertaiseksi kylmän sodan päättymisen jälkeen. Vastaavasti uusien asejärjestelmien hinnat ovat lähestulkoon karanneet käsistä. Tehokkuudella on hintansa – esimerkiksi nykyaikainen hävittäjäkone maksaa noin 80–100 miljoonaa euroa.

Kylmän sodan jälkeisellä ajalla pääosalla eurooppalaista valtioista ei ole ollut kykyä – tai halua – kehittää kovinkaan tehokkaita asevoimia. Tämä on johtunut toisaalta koetun sotilaallisen uhkan vähäisyydestä ja toisaalta halusta minimoida asevoimien kehittämiseen osoitettavat resurssipanostukset. Eurooppaan on syntynyt viimeisten 25–30 vuoden kuluessa pienten ammattiarmeijoiden joukko. Niiltä puuttuu lähes kokonaan laajamittaisen sotilaallisen hyökkäyksen torjunnan edellyttämät suorituskyvyt. Reservejä ei ole. Joukot lasketaan komppanioissa ja pataljoonissa. Divisioonat, armeijakunnat ja armeijat on karsittu pois joukkorakenteista jo vuosia sitten.

Vuoden 2014 jälkeen laajamittaisen sotilaallisen hyökkäyksen mahdollisuus on palautunut Eurooppaan. Nato on yli vuosikymmenen ”taunon” jälkeen keskittynyt oman alueen puolustamiseen. Monissa eurooppalaisissa valtioissa asevoimien leikkauslinja on loppunut. Joissain maissa asevoimille on ositettu lisäresursseja. Länsimainen sodan kuva on ottanut aimo loikan kohti perinteistä tapaa hahmottaa asevoimien tehtäviä ja käyttöä. Puolustus ja pelote ovat kokeneet ”kunnianpalautuksen” samalla kuin asevoimien aktiivinen käyttö ns. ”uusien uhkien” torjunnassa lähestulkoon globaalilla toiminta-alueella on osoittautunut ongelmalliseksi. Epäsuora tuli, taistelupanssarivaunut, ilmatorjunta ja elektronisen sodankäynnin kyvyt tekevät paluuta Eurooppaan – uhkakuvaan muutosta seuraten. Uusia suorituskykyjä mantereellamme alkaa näkyä 2020-luvun kuluessa. Puolustuksen kehittämien on pitkän aikavälin toimintaa: nopeasti on mahdollista vain leikata pois olemassa olevaa kykyä. Uusien suorituskykyjen kehittämien vie parhaimmassakin tilanteessa 5–10 vuotta.

Suomen turvallisuus- ja puolustuspoliittisena linjana kylmän sodan jälkeisellä ajalla on perustunut siihen, että Suomi on osa länsimaista turvallisuusyhteisöä. Yleisessä länsimaisessa sodan kuvassa tapahtuneet muutokset vuosina 1989/1991–2014 olivatkin Suomelle - ja puolustusvoimien kehittämislle – osittain myös haasteellista aikaa. Suomessa on länsimaisesta trendistä poiketen arvostettu omaa puolustuskykyä. Näkökulmana säilyi kaikkina vuosina oman alueen puolustaminen. Globaaliuhkien managerointiin sotilaallista voimaa käyttämällä Suomi on osallistunut vain harkiten. Vuoteen 2014 saakka Suomen puolustuksen kehittämislinjaukset poikkesivatkin merkittävästi yleisestä länsimaisesta – tai eurooppalaisesta – tavasta kehittää maan asevoimia. Viime vuosina ero länsimaisen sodan kuva ja suolaisten sodan kuvan välillä on kaventunut.

Meillä Suomessa on hyvät mahdollisuudet vetää johtopäätöksiä länsimaisen sodan kuvan muutoksista kylmän sodan jälkeisellä ajalla. Lisäksi voimme ottaa opiksi myös Venäjän sotilasoperaatioista Ukrainassa ja Syyriassa. Ensinnäkin, sota on väkivaltapitoista. Sotilaallisten uhkien luonteeseen kuuluu laajamittaisen väkivallan käytön mahdollisuus. Pienillä ”Lilliputtiarmeijoilla” ei voi käydä menestyksellistä sota – erityisesti oman alueen puolustuksen tilanteissa. Toiseksi, sodankäyntiin kuuluu kaikesta korkeasta teknologiasta huolimatta paljon epävarmuutta ja ennakoimattomuutta. Paraskaan teknologia ei poista ”sodan sumua” tai taistelulentä kitkaa. Kolmanneksi, sotien kestossa on varauduttava lyhyen konfliktin lisäksi myös pitkäkestoiseen sotaan. Esimerkiksi länsimaiden sotilasope-

raatiot (sota) Afganistanissa on tätä kirjoitettaessa kestänyt jo lähes 20 vuotta. Vastavasti Venäjä on toiminut sotilaallisesti Itä-Ukrainassa ja Syyriassa yli viiden vuoden ajan.

Neljänneksi, visiot uuden teknologian mullistavista vaikutuksista – joita olemme saaneet kuulla esimerkiksi tekoälyyn, robotiikkaan ja hypersoonisiin aseisiin liittyen – ovat useimmiten yliampuvia tai liioittelevia. Vaikka sotateknologia kehittyy jatkuvasti ja nopeasti, vie uusien suorituskykyjen laajamittainen rakentaminen paljon aikaa. Puolustuksen kehittämisen näkökulmasta vuosikymmen on tulevaisuudessakin varsin lyhyt aika. Asevoimien kehittämiskalentereissa kvartaali on 25 vuotta. Viidenneksi, vaatimukset sotilaiden toimintakyvylle kasvavat jatkuvasti. Pimeys, huono sää, maasto-olosuhteet ja etäisyydet ovat menettäneet merkitystään sodankäynnissä jo pitkään. Monien tulevaisuuden taistelijoitten tulee kyetä taistelukentällä kuitenkin pitkäkestoisin fyysisesti rasittaviin suorituksiin. Tämä siitäkkin huolimatta, että uudet teknologiat mahdollistavat uudenlaisia tapoja vaikuttaa vastustajaan. Teknologiat myös mahdollistavat tulevaisuudessa sotilaiden toimintakyvyn parantamisen.

Suomen osalta sotilaallisten uhkien ennaltaehkäisy – ja tarvittaessa niiden torjunta – valtion itsenäisyyden ja kansalaisten elinmahdollisuuksien turvaamiseksi pysyvät keskeisenä osana puolustusvoimien tehtäväkentässä tulevaisuudessakin. Maamme geostrateginen asema pitää tästä huolen. Paras tapa varmistua siitä, ettei maamme puolustuskykyä jouduta käyttämään sodan ajan tilanteessa tulevaisuudessakaan, on varmistaa puolustusvoimien tasapainoinen kehittäminen. Suomessa tarvitaan tulevinakin vuosina tehokkaita kärkisuorituskykyjä ja suurta reserviä. Tälle logiikalle ei ole tulossa muutosta lähivuosikymmeninä – kehittyipä sodan kuva lähialueillamme mihin suuntaan tahansa.



2 Johdanto sotilaan fyysiseen toimintakykyyn

Heikki Kyröläinen^{1,2}, Matti Santtila²

¹ Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteellinen tiedekunta

² Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

Varusmiesten, reserviläisten ja puolustusvoimien koko henkilöstön fyysisellä toimintakyvyllä on, yleiseen asevelvollisuuteen perustuvassa maanpuolustusjärjestelmässä, erityisen suuri merkitys. Henkilöstön kenttäkelpoisuuden ja työkyvyn ylläpitämisen perusteina ovat poikkeusolojen valmiuden sekä rauhanajan työtehtävien asettamat vaatimukset. Sotilaan toimintakyky edellyttää yksittäiseltä taistelijalta keskimääräistä parempaa fyysistä kuntoa sekä säännöllistä liikunta-aktiivisuutta ja liikuntaharrastusta, jotta hän kykenee toimimaan tehokkaasti omassa työtehtävässään. Laki puolustusvoimista edellyttää myös, että ammattisotilaiden tulee ylläpitää tehtäviensä vaatimaa ammattitaitoa sekä fyysistä kuntoa. Puolustusvoimien suorituskyvyn näkökulmasta on haasteellista, että muutokset nuorten liikunta-aktiivisuudessa ja liikuntatottumuksissa eivät täysin tue poikkeusolojen joukkojen fyysisen toimintakyvyn ylläpitoa. Nuoriso on lisäksi jakautunut paljon liikkuviin ja liikunnallisesti passiivisiin yksilöihin.

Puolustusvoimien eri henkilöstöryhmien fyysisen toimintakyvyn ylläpito perustuu poikkeusolojen tehtäviin asetetuille vaatimuksille. Täten operatiivisen toiminnan sekä taistelukentän vaatimukset muodostavat peruslähtökohdan sotilaan fyysisen toimintakyvyn määrittämiselle. Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä onkin tuottaa riittävän toimintakykyisiä poikkeusolojen joukkoja ja yksittäisiä taistelijoita. Sotilaiden on pystyttävä toimimaan menestyksellisesti nykyaikaisella taistelukentällä, johon sisältyy monimuotoisia fyysisiä ja henkisiä haasteita (kuva 1). Normaaliolojen työtehtävät edellyttävät sotilailta ja muulta palkatulta henkilöstöltä fyysisen toimintakyvyn jatkuvaa ylläpitämistä tai kehittämistä.

Sodankäynti on siirtynyt metsistä asutuskeskuksiin, mikä edellyttää operoivilta joukoilta monipuolisia taitoja. Sotilastyö sisältää edelleen runsaasti tehtäviä, joihin liittyy taakan tai lisäkuorman kantamista ja nostamista. Kaivautumisen rooli on myös vähentynyt. Pitkäkestoisten siirtymisten sijaan eteneminen asutuskeskuksissa ja taajamissa on intensiivistä sisältäen lyhytkestoisia, nopeita ja anaerobisia suorituksia sekä esteiden ylittämistä. Operaatioita käydään laajoilla alueilla syvyydessä ilman selkeää etulinjaa. Operaatioiden ja vaativien sotaharjoitusten aikana joukon toimintakyky ja yksittäisten

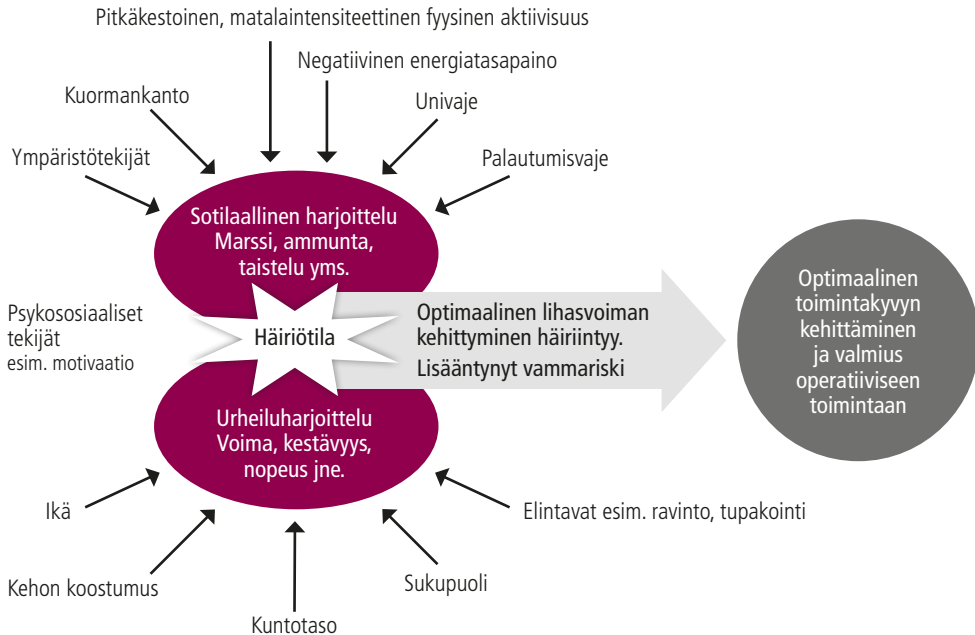
taistelijoiden fyysinen suorituskyky heikkenevät varsin nopeasti. Fyysisen suorituskyvyn palauttamiseen tai fyysisen kunnan harjoittamiseen ei operaatioiden aikana ole riittävästi aikaa. Siksi joukkojen fyysisen suorituskyvyn on oltava korkealla tasolla jo ennen toiminnan alkua. Joukkojen on pystyttävä itsenäiseen toimintaan jo ryhmätasolta alkaen.

Teknistyessään taistelukenttä on muuttunut sekä taistelijoiden sekä johtajien kannalta vaativammaksi ja entistä monimuotoisemmaksi. Taistelun voittaminen edellyttää sotilasjohtajilta ja taistelijoilta ammatillisen osaamisen lisäksi hyvää fyysistä ja psyykkistä kuntoa, jolla on myös merkitystä yksilön terveyden edistämisessä ja ylläpitämisessä. Hyvä fyysinen kunto edesauttaa sotilaita säilyttämään toimintakykynsä vaativissakin ilmasto-, sää- ja korkeusolosuhteissa. Lisäksi sotilaiden kantama kokonaiskuorma saattaa olla jopa yli 50–100 prosenttia hänen kehon painoonsa nähden, ollen tehtävästä riippuen 25–65 kilogrammaa. Lisäkuorman kantokyky yhdessä hyvän kehon hallinnan kanssa edellyttää sotilailta riittäviä voima- ja kestävyysominaisuuksia. Kriisitilanteissa jatkuvia stressitekijöitä ovat myös kuolemanpelko, väsymys ja epävarmuus. Hyvä fyysinen, psyykinen ja sosiaalinen toimintakyky mahdollistavat näidenkin tekijöiden paremman hallinnan.

Tulevat operaatiot edellyttävät sotilaiden toimivan aikaisempaa pidempiä jaksoja ilman lepoa ja palautuvan taistelusta nopeammin. Taistelujen kiivaus, tuhovoimaiset taisteluvälineet ja asejärjestelmät edellyttävät korkeaa toimintakykyä sekä taistelijoilta että heidän johtajiltaan. Taistelukentän havainnointi edellyttää sellaista toimintakyvyn tasoa, että taistelijat kykenevät tekemään väsyneenäkin nopeita ja järkeviä johtopäätöksiä. Heidän on pystyttävä valitsemaan runsaasta havaintojen ja tiedon määrästä se, joka on oleellista oikean toiminnan käynnistämiseksi. Taistelijoiden on kyettävä kestävänsä ja hallitsemaan taistelukentän fyysiset sekä psyykkiset rasitukset useita vuorokausia kestävässä nopeissa tilanteissa ja taisteluissa. Suomessa ei ole vielä riittävästi tutkittu, miten yksittäinen taistelija säilyttää toimintakykynsä vaativissa taisteluolosuhteissa, ja mitkä ovat eri aselajien fyysiset suorituskykyvaatimukset.

Puolustusvoimilla ei ole ammattiarmeijoiden tapaan mahdollisuutta valikoida poikkeusolojen aikana joukkoihinsa vain henkisesti ja fyysisesti vahvimpia sotilaita. Yleinen asevelvollisuus edellyttää, että mahdollisimman moni varusmiehistä ja vapaaehtoisesta palveluksessa olevista naisista suorittaa kansalaisvelvollisuutensa. Puolustusvoimissa panostetaan sen takia erityisesti varusmieskoulutuksen laatuun ja sisältöön kaikissa koulutushaaroissa. Tämä pätee myös fyysiseen koulutukseen, joka luo vahvan perustan sille, että koulutettavat kykenevät vastaanottamaan vaativaa taistelukoulutusta ja kehittämään omaa toimintakykyään. Sen lisäksi varusmiehet saavat tietoa ja taitoja liikuntaharrastuksen jatkamiseen ja toimintakyvyn ylläpitämiseen reservissä sijoitussensa edellyttämällä tasolla. Laadukas koulutus ennaltaehkäisee myös tuki- ja liikuntaelinvammojen syntymistä ja siten vähentää ennenaikaisia palveluksen keskeytyksiä.

Kuva 2.1. Sotilaan toimintakykyyn ja sen kehittämiseen vaikuttavia tekijöitä, jotka tulisi ottaa huomioon valmistauduttaessa operatiivisiin tehtäviin.



Sotilaan fyysisen toimintakyvyn osatekijöiden tutkimiseksi Puolustusvoimien henkilöstöpäällikkö, kenraaliluutnantti Esa Tarvainen, asetti maaliskuussa 2002 asiantuntijatyöryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää puolustusvoimien liikuntatieteellisen tutkimustoiminnan tila sekä tulevaisuuden tutkimus- ja kehittämistarpeet. Työryhmä laati tehtävään liittyen kokonais selvityksen, joka raportoitiin henkilöstöpäällikölle 17.12.2002. Selvitystyön työnimenä oli "Taistelija 2005 -fyysinen suorituskyky". Siinä todetaan, että sotilaiden fyysistä toimintakykyä on aiemmin tutkittu pirstaleisesti, ilman systemaattista ohjausta ja päämäärää, maamme eri tutkimuslaitoksissa. Lisäksi tutkimusten raportointi ja arkistointi eivät ole olleet riittävän systemaattisia, jolloin tieto on ollut vaikeasti tavoitettavissa, ja sitä ei ole voitu hyödyntää käytännön koulutuksessa. Sen sijaan kansainvälisesti sotilaiden fyysistä toimintakykyä oli tutkittu laajasti ja moniulotteisesti. Tätä tietoa ei kuitenkaan hyödynnetty Puolustusvoimissa riittävän tehokkaasti.

Kokonaisselvitykseen pohjautuen on viimeisen 15 vuoden aikana tutkittu laajasti ja systemaattisesti sotilaan fyysistä toimintakykyä kolmella osa-alueella: 1) taistelija ja taistelukentän vaatimukset, 2) asevelvollisten fyysinen koulutus, ja 3) henkilöstön fyysinen työkyky ja kenttäkelpoisuus. Suuri osa vertaisarvioituista kansainvälisistä tutkimusjulkaisuista on laadittu Jyväskylän yliopiston ja Maanpuolustuskorkeakoulun yhteisprofessorin tukemana (liite 1). Tarkemmin tutkimusaiheet voidaan listata seuraavasti:

- Taistelukentän ja sotaharjoitusten kuormitustekijät sekä niihin valmistautuminen
- Kriisinhallintaoperaatioiden fyysinen toimintakyky ja kehittäminen
- Ympäristöolosuhteiden vaikutus sotilaan toimintakykyyn
- Ravitsemuksen ja nesteytyksen erityispiirteet eri sotilasympäristöissä
- Uni- ja energiavajeen vaikutukset sotilaiden toimintakykyyn
- Sotilaslentäjien kuormittuminen ja harjoittelu
- Merivoimien aluspalvelushenkilöstön kuormittuminen ja harjoittelu
- Erikoisjoukkojen kuormitustekijät ja harjoittelu
- Fyysisen toimintakyvyn tehtäväkohtaiset vaatimukset ja arviointimenetelmät asevelvollisilla
- Asevelvollisten terveys- ja liikuntakäyttäytyminen
- Varusmiesten fyysinen koulutus, harjoittelu ja kuormittuminen
- Varusmiesten fyysisen kunto ja sen muutokset palveluksen aikana
- Reserviläisten fyysinen kunto, fyysinen aktiivisuus, terveys ja toimintakyky
- Vammat ja vammojen ennaltaehkäisy sotilailla ja varusmiehillä
- Fyysisen kunnon yhteys terveyteen ja työkykyyn palkatulla henkilöstöllä
- Fyysisen toimintakyvyn yhteydet kognitiiviseen ja sotilaalliseen suorituskykyyn
- Fyysisen kunnon ja aktiivisuuden sukupuolierot ja niiden merkitys sotilastyössä

Tutkimuksissa on pyritty selvittämään sotilaan kuormittumista eri työtehtävissä (maalla, merellä ja ilmassa) ja siten luomaan perustaa sotilaan tehtäväkohtaisille vaatimuksille erilaisissa ympäristöolosuhteissa. Lisäksi on selvitetty ravinnon ja unen yhteyksiä sotilaan toimintakykyyn vaativissa kenttäolosuhteissa. Tutkimukset on toteutettu siten, että havaittuja toimintakyvyn muutoksia on kyetty selittämään fysiologisista näkökulmista. Eri-tyisesti on selvitetty kuormituksen aiheuttamia hormonaalisia ja immunologisia akuutteja vasteita ja kroonisia adaptaatioita. Tällä tavoin on saatu selvyttä elimistön homeostaasin (anabolinen vs. katabolinen) muutoksista ja sen palautumisesta.

Seuraamalla varusmiesten kuntomuutoksia 1970-luvulta saakka on tuotettu ainutlaatuisia tietoja nuorten suomalaismiesten fyysisen kunnon ja kehon rakenteen muutoksista. Reserviläisten vastaavia muutoksia seuraamalla, on muodostettu käsitys etenkin reserviläisten fyysisestä toimintakyvystä ja sijoituskelpoisuudesta. Reserviläistutkimukset ovat lisäksi tuottaneet runsaasti kansanterveyden kannalta tärkeää tietoa nuorten mies-

ten terveydestä ja elintavoista, kuten ravinnosta, nautintoaineista, unesta ja fyysisestä aktiivisuudesta sisältäen työmatkaliikunnan, vapaa-ajan liikunta-aktiivisuuden, arkiliikunnan ja työn fyysisen aktiivisuuden.

Harjoittelututkimuksissa pääpaino on ollut yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun ohjelmoinnissa siten, että molemmat osa-alueet kehittyisivät. Tutkimukset ovat osoittaneet, että runsas kestävyys- ja voimaharjoittelu häiritsee voimaharjoittelun adaptaatiota (lihasvoiman kehittymistä). Sen vuoksi varusmiehille on pyritty löytämään optimaalinen tapa harjoitella perus- ja erikoiskoulutuskauden aikana. Samalla on pyritty mittaamaan fysiologisia tekijöitä, jotka voisivat selittää havaittuja muutoksia nuorten kestävyys- ja voimaominaisuuksissa. Kriisinhallintajoukoille on puolestaan pyritty löytämään optimaalinen suhde voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelun välillä siten, että sotilaiden fyysinen toimintakyky säilyy ennallaan tai kehittyy operaation aikana.

Tuki- ja liikuntaelinvammoja on selvitetty yhdessä Sotilaslääketieteen keskuksen asiantuntijoiden kanssa. Tavoitteena on ollut kehittää sotilaskoulutusta siten, että tuki- ja liikuntaelinvammojen sekä ennenaikaisen palveluksen keskeyttämisen riskit minimoitaisiin. Lisäksi on tutkittu Ilmavoimien lentäjien tuki- ja liikuntaelinvammojen syntymekanismeja ja ennaltaehkäisyä.

Viime aikoina tutkimuksen kohteena on ollut naisten ja miesten väliset sukupuolierot fyysisessä kunnossa ja kehon rakenteessa sekä niiden muutoksissa palveluksen aikana. Aihe on tärkeä, koska Puolustusvoimien ja yhteiskunnan tavoitteena on lisätä naisten määrää asepalveluksen suorittajina ja rekrytoitumisessa ammattisotilaiksi. Toinen tärkeä ajankohtainen tutkimusalue on ollut selvittää sotilaan fyysisen kunnan yhteyksiä kognitiiviseen toimintakykyyn. Seuraavissa kappaleissa tiivistetään tutkimuslöydökset kansainväliseen viitekehukseen ja tehdään johtopäätöksiä toimenpidesuosituksiksi käytännön koulutukseen sekä esitetään tutkimusongelmia ratkottavaksi tulevaisuudessa. Tämän julkaisun tarkoituksena on koota yhteen tutkimustieto, joka on pääosin tuotettu Puolustusvoimissa fyysisen toimintakykyyn liittyen vuosien 2005–2020 aikana. Lisäksi tarkoituksena on tuottaa tietoa ja toimenpidesuosituksia Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän kehittämiseksi siten, että se vastaa nykyajan vaatimuksia, on turvallista ja nousujohteista ottaen huomioon puolustushaarojen sekä aselajien erityispiirteet.

3 Suomalalaisten lasten ja nuorten fyysinen aktiivisuus, kunto ja terveys

Tommi Vasankari ¹

¹UKK-instituutti

3.1 Johdanto

Reippaan ja rasittavan liikkumisen merkitys kaikenikäisten terveydelle sekä lasten ja nuorten kasvulle ja kehitykselle on ollut pitkään tiedossa [1,2]. Yhdysvaltain terveysministeriön 2018 julkaisema raportti fyysisen aktiivisuuden suosituksista (Physical activity guidelines for Americans) linjasi uudella tavalla tieteelliseen tutkimusnäyttöön perustuen fyysisen aktiivisuuden ja terveyden välisistä yhteyksistä. Raportin mukaan kaikki fyysinen aktiivisuus edistää terveyttä aiemman 10 min. yhtäjaksoisen minimikestoisen aktiivisuuden sijaan [2]. Reippaan ja rasittavan liikkumisen lisäksi uuden suosituksen mukaan myös kevyt (1.5–3.0 MET) fyysinen aktiivisuus tuottaa terveysvaikutuksia, mutta kevyen aktiivisuuden osalta ei kuitenkaan ole esitetty tavoitetasoja. Kevyt aktiivisuus tuottaa terveyshyötyjä erityisesti heillä, jotka eivät terveydellisistä tai muista syistä saavuta reippaan ja rasittavan aktiivisuuden tasoa tai kokonaismäärää [2]. Yhdysvaltalainen suositus esitti ensimmäistä kertaa runsaan paikallaanolon itsenäiseksi liikkumisesta riippumattomaksi riskitekijäksi. Suuri paikallaanolon kokonaiskesto ja pitkät yhtäjaksoiset paikallaanolon jaksot todettiin terveyden kannalta epäedullisiksi, mutta näidenkään osalta ei suositus määrittänyt tavoite- tai maksimitasoja. Maailman terveysjärjestö (WHO) on parhaillaan päivittämässä fyysisen aktiivisuuden suosituksiaan, ja lausuntokierroksella oleva suosituksen luonnos seuraa sisällön osalta Yhdysvaltain terveysministeriön suositusta [3].

Viime vuosina on julkaistu entistä enemmän tutkimuksia lasten ja nuorten kevyen liikkumisen myönteisistä terveysvaikutuksista sekä liikkumisen, paikallaanolon ja unen keskinäisestä vahvasta yhteydestä terveyteen [4,5]. Kyseiset tutkimustulokset ovat muutaneet suosituksia, kuten esimerkiksi Kanadassa, jossa ne ottavat huomioon liikkumisen lisäksi paikallaanolon ja unen kattaen näin koko vuorokauden [6]. Suomessa on parhaillaan käynnissä päivitystyö lasten ja nuorten fyysisen aktiivisuuden suosituksista.

Suomessa lasten ja nuorten fyysistä aktiivisuutta on seurattu kyselyillä osana kansainvälistä WHO:n koululaistutkimusta [7]. Lasten ja nuorten ja liikuntakäyttäytyminen

Suomessa (LIITU 2016) -tutkimus oli ensimmäinen laajaan kansalliseen kouluotokseen pohjautuva lasten ja nuorten fyysisen aktiivisuuden ja liikunnan tutkimus, jossa tutkitavat samanaikaisesti vastasivat laajaan kyselyyn fyysiseen aktiivisuuteen ja liikuntaan vaikuttavista tekijöistä sekä käyttivät viikon ajan kiihtyvyyssmittaria. Tutkimus osoitti, että kolmasluokkalaiset ottivat keskimäärin 11 300 askelta, kun taas yhdeksäsluokkalaiset liikkuvat keskimäärin 8200 askelta päivässä [7]. Lasten ja nuorten tulisi liikkua vähintään tunti päivässä ja osan ajan siitä reippaasti. Tämän fyysisen aktiivisuuden suosituksen täytti kolmasluokkalaisista noin puolet ja yhdeksäsluokkalaisista keskimäärin joka kymmenes.

Suomalaisten lasten ja nuorten fyysistä kuntoa on seurattu "MOVE!" -mittauksilla vuodesta 2016 alkaen [8]. Vuoteen 2019 mennessä kansalliseen tietokantaan on syötetty anonymisti yli 48 000 viides- ja kahdeksäsluokkalaisen testitulosta. Kestävyyskuntoa arvioivan viivajuoksun keskimääräinen tulos on viidesluokkalaisilla hieman heikentynyt vuosien 2016–2019 välillä. Mediaanitulos vuonna 2016 oli tytöillä 4 min 12 s ja pojilla 4 min 50 s, kun vastaava tulos vuonna 2019 tytöillä oli 3 min 51 s ja pojilla 4 min 26 s. Nopeutta, voimaa, liikkuvuutta ja motorisia taitoja arvioivissa testeissä ei ole havaittu muutoksia seurantavuosien aikana. Kahdeksäsluokkalaisten seurantahistoria on toistaiseksi hyvin lyhyt, ja heiltä ei ole saatavissa vastaavia seurantatietoja.

Tässä artikkelissa esitetään LIITU-tutkimuksen liikemittaritulosia keväältä 2018 [9]. Aluksi kuvataan, miten lasten ja nuorten vuorokausi jakautui nukkumiseen ja valveillaoloon sekä edelleen, miten valveillaoloaika jakautui paikallaanoloon ja eritehoiseen liikkumiseen. Tämän lisäksi raportoidaan paikallaanolon ja eritehoisen liikkumisen sekä päivän aikana otettujen askeleiden jakaumat koko osallistujajoukossa sekä ikä- ja sukupuoliryhmittäin. Lopuksi esitetään, miten suomalaiset lapset ja nuoret saavuttivat liikuntasuosituksen eli liikkuvat liikemittarilla mitattuna reippaasti vähintään 60 minuuttia päivässä [1]. Lasten ja nuorten fyysisen aktiivisuuden luotettava seuranta on tärkeää, koska heidän fyysisen aktiivisuuden ja kunnan muutokset ennakoivat muun muassa tulevien vuosien varusmiespalveluksen aloittavien nuorten fyysisen aktiivisuuden tasoa ja fyysistä kuntoa.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Objektiivisiin fyysisen aktiivisuuden mittauksiin (liikemittari) osallistui 2782 lasta ja nuorta 169 koulusta. Tuloksissa vertaillaan lapsia ja nuoria, jotka käyttivät aktiivisuussmittaria vähintään neljänä päivänä viikossa ja vähintään 10 tuntia päivässä ($n = 2\,555$).

Tutkimuksessa käytettiin ensimmäistä kertaa kiihtyvyyssmittareita arvioimaan suomalaisten lasten ja nuorten fyysistä aktiivisuutta, paikallaanoloa ja unta vuorokauden ympäri aiempaa luotettavammin. Samaa menetelmää on käytetty aikuisilla Suomi 100 KunnonKartta -väestötutkimuksessa [10].

LIITU-tutkimukseen osallistuneet lapset ja nuoret käyttivät viikon ajan kiihtyvyyssmittaria (UKK RM42, Tampere, Suomi) [9]. Valveilla ollessa mittaria pidettiin lantiolla kuminauhavyössä ja nukkumaan mennessä mittari siirrettiin ei-dominoivan käden ranteessa pidettävään rannekkeeseen. Peseytymisen ja vesiliikunnan ajaksi mittari riisuttiin pois.

Liikemittari rekisteröi fyysisen aktiivisuuden aiheuttamaa kiihtyvyyssignaalia kolmiaksisesti 100 Hz:n tarkkuudella. Liikkumista ja paikallaanoloa kuvaavat muuttujat laskettiin kiihtyvyyssignaalin raakatietoihin perustuvien menetelmien (Mean Amplitude Deviation, MAD ja Angle of Postural Estimation, APE) avulla kuuden sekunnin analyysijaksoissa (epoch) [11-12]. Jokaiselle analyysijaksolle laskettiin energiankulutusta kuvaava MET-arvo. Arvon ollessa alle 1,5 MET määriteltiin asento joko makaamiseksi, istumiseksi tai seisomiseksi [13]. Analyysijaksoista laskettiin yhden minuutin liukuva eksponentiaalinen keskiarvo. Liikkuminen luokiteltiin tehon mukaan kolmeen luokkaan: kevyt (1,5–2,9 MET), reipas (3,0–5,9 MET) ja rasittava ($\geq 6,0$ MET). Unen aikana liikkeen ja paikallaanolon tunnistaminen perustui ei-dominoivan ranteen liikkeeseen [14].

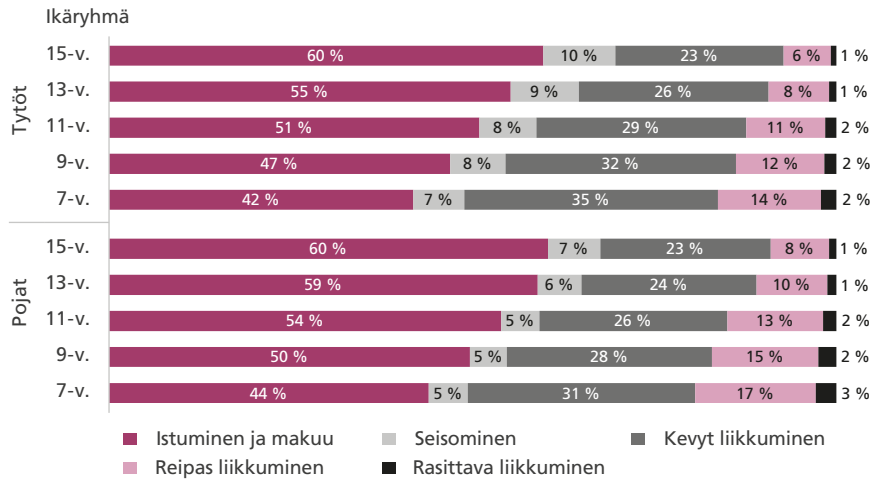
Valveillaolon aikaista paikallaanoloa ja fyysistä aktiivisuutta kuvattiin keskimääräisinä osuuksina vuorokaudessa. Lisäksi tarkasteltiin paikallaanolon ja eritehoisen liikkuamisen kokonaiskeston päivittäisiä keskiarvoja sekä sitä, kuinka monta kertaa päivässä istuminen tai makaaminen päättyi pystysuuntaiseen liikkeeseen eli ylösnousuun, ja kuinka monta askelta lapset ja nuoret ottivat keskimäärin päivän aikana. Askelten tunnistaminen edellytti vähintään noin 3 km/t kävelynopeutta.

3.3 Tulokset

Liikkumisen, paikallaanolon ja unen suhteelliset osuudet vuorokaudesta

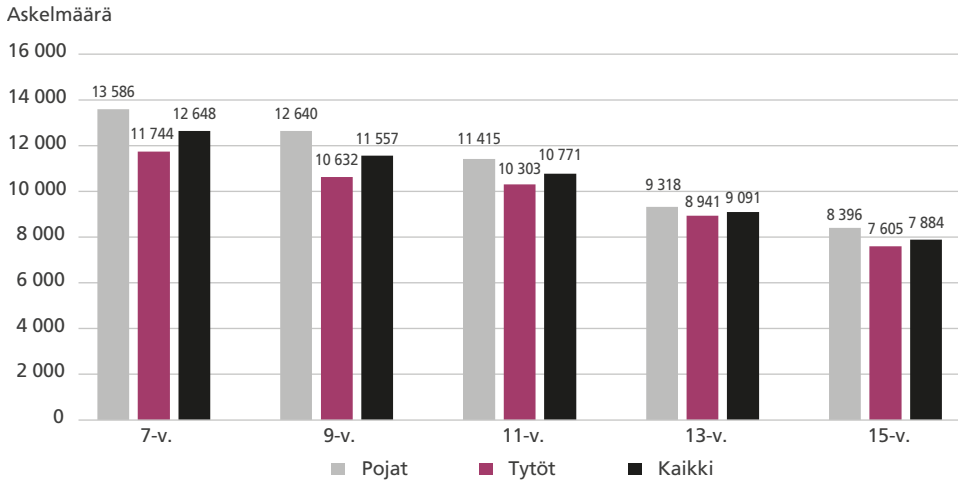
Lapset ja nuoret viettivät keskimäärin puolet valveillaoloajastaan istuen tai makuullaan (kuva 1). Istumisen tai makaamisen osuus oli pienin 7-vuotiailla ja se kasvoi tasaisesti vanhempiin ikäryhmiin siirryttäessä. 15-vuotiaita lukuun ottamatta kaikissa muissa ikäryhmissä pojat istuivat tai makasivat keskimäärin pari prosenttiyksikköä suuremman osuuden valveillaoloajastaan kuin tytöt. Keskimäärin vajaa kymmenesosa valveillaoloajasta vietettiin paikallaan seisten. Seisomisen osuus kasvoi hieman nuoremmista vanhempiin ikäryhmiin siirryttäessä. Tyttöillä seisominen kattoi keskimäärin lähes kolme prosenttiyksikköä suuremman osuuden valveillaoloajasta kuin pojilla.

Kuva 3.1 Paikallaanolon ja liikkumisen keskimääräiset osuudet (%) valveillaoloaikana ikäryhmittäin ($n = 2555$).

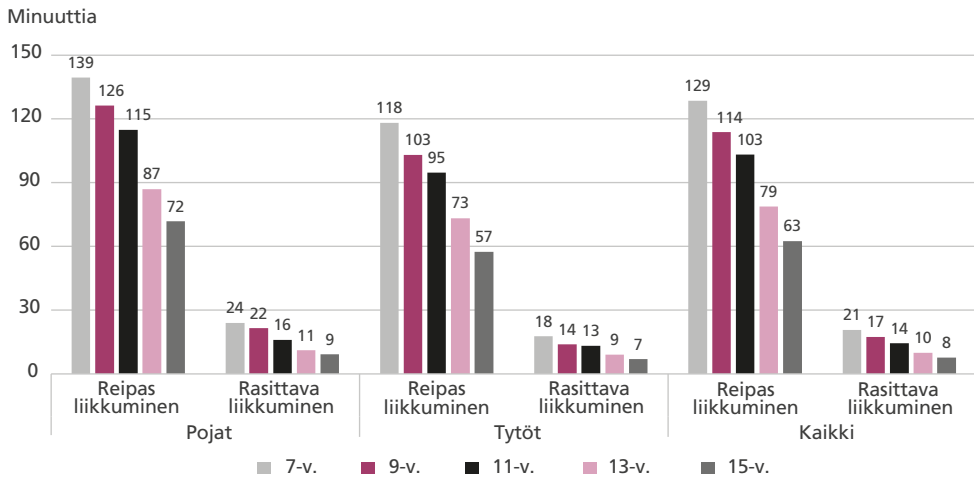


Suurin osa lasten ja nuorten liikkumisesta oli kevyttä (1,5–2,9 MET) (kuva 1). Nuoremmissa ikäryhmissä kevyttä liikkumista oli keskimäärin enemmän kuin vanhemmissa. Tytöillä kevyttä liikkumista oli pari prosenttiyksikköä suurempi osuus valveillaoloajasta kuin pojilla. Reipasta liikkumista (3,0–5,9 MET) oli yli kymmenesosa valveillaoloajasta ja rasittavaa liikkumista ($\geq 6,0$ MET) vain pari prosenttia. Reippaan ja rasittavan liikkumisen osuudet valveillaoloajasta pienenevät siirryttäessä nuoremmista ikäryhmiin vanhempiin. Tytöillä reipasta ja rasittavaa liikkumista oli hieman poikia vähemmän.

Lapset ja nuoret liikkuvat keskimäärin 10861 askelta päivässä. Nuoremmat ikäryhmät liikkuvat enemmän kuin vanhemmat (kuva 2). Pojat liikkuvat kaikissa ikäryhmissä tyttöjä enemmän, mutta sukupuolten välinen ero oli vanhemmissa ikäryhmissä pienempi kuin nuoremmassa. Keskimäärin eniten päivittäisiä askeleita kertyi 7-vuotiaille pojille ja vähiten 15-vuotiaille tytöille.

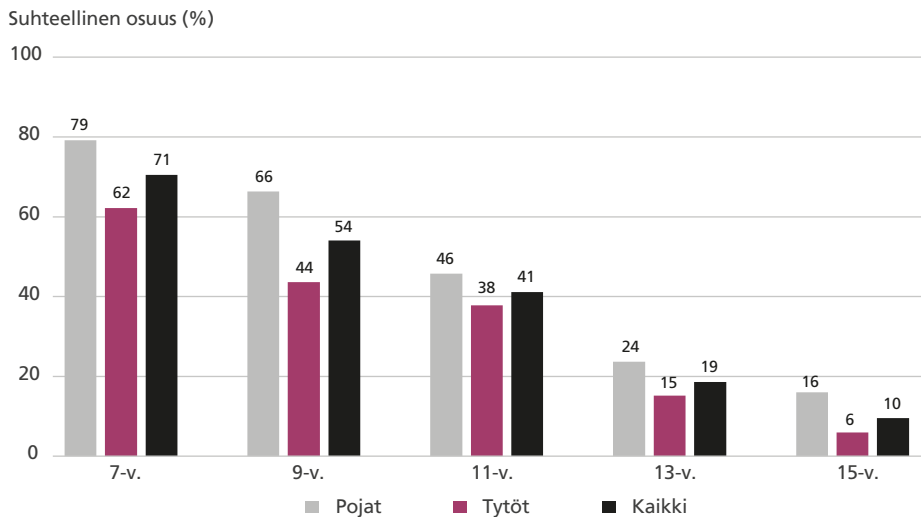
Kuva 3.2 Keskimääräinen päivittäinen askelmäärä ikäryhmittäin ($n = 2555$).


Lapsille ja nuorille kertyi reipasta (3,0–5,9 MET) liikkumista keskimäärin 1 tunti 44 minuuttia ja rasittavaa (≥ 6 MET) liikkumista 15 minuuttia päivässä. Yhteensä reipasta ja rasittavaa liikkumista kertyi siis keskimäärin kaksi tuntia päivässä. Reippaan ja rasittavan liikkumisen määrä väheni selvästi siirryttäessä nuoremmista ikäryhmistä vanhempiin. Pojat liikkuvat kaikissa tarkastelluissa ikäryhmissä ja molemmilla edellä mainituilla tehoalueilla keskimäärin enemmän kuin tytöt (kuva 3).

 Kuva 3.3 Reippaan ja rasittavan liikkumisen määrä keskimäärin päivässä minuutteina ($n = 2555$).


Liikuntasuosituksen saavuttamista arvioitiin lasten ja nuorten osuutena, jotka liikkuivat reippaasti tai rasittavasti vähintään 60 minuuttia jokaisena mittauspäivänä. Liikuntasuosituksen saavutti 7-vuotiaista 71 prosenttia, 9-vuotiaista reilu puolet, 11-vuotiaista 41 prosenttia, 13-vuotiaista lähes viidesosa ja 15-vuotiaista joka kymmenes (kuva 4). Pojat saavuttivat suosituksen kaikissa ikäryhmissä tyttöjä useammin.

Kuva 3.4 Liikuntasuosituksen, vähintään 60 minuuttia reipasta tai rasittavaa liikumista jokaisena mittauspäivänä, saavuttaneiden lasten ja nuorten suhteelliset osuudet ($n = 2555$).



3.4 Pohdinta

LIITU 2018 -tutkimuksessa tarkasteltiin 7–15-vuotiaiden lasten ja nuorten liikkumista sekä paikallaanoloa Suomessa ensimmäistä kertaa koko vuorokauden ajalta. Tulosten mukaan suomalaiset lapset ja nuoret viettivät valveillaoloajasta yli puolet joko istuen tai makuulla (7 h 17 min). Lapset ja nuoret viettivät valveillaoloajastaan vajaan kymmenesosan seisten ja reilun neljänneksen kevyesti liikkuen. Reipasta tai rasittavaa liikumista oli vain reilu kymmenesosa valveillaoloajasta, eli noin kaksi tuntia. Paikallaanolon määrä lisääntyi merkittävästi siirryttäessä nuoremista ikäryhmistä vanhempiin, ja samanaikaisesti erityisesti reippaan ja rasittavan liikumisen määrä vähentyi. Pojat liikkuivat reippaasti tai rasittavasti enemmän kuin tytöt. Tulokset ovat linjassa aikaisemmin julkaistuihin kotimaisiin ja kansainvälisiin tutkimuksiin osoittaen liikumisen määrän vähentymisen iän lisääntyessä [15-16]. Liikkumisen määrän vähentyminen 7-vuotiaista 15-vuotiaisiin oli hyvin suurta, joka näkyi erityisen selvästi askelmäärien ja liikuntasuositusten täyttävien osuuden pienenemisenä.

LIITU 2018 -tutkimuksessa raportoitu liikkumisen määrä yläkouluikäisillä ennakoivat osaltaan varusmiespalveluksen aloittavien kuntotasoa ja sen muutoksia [17]. Jos 15-vuotiaan nuoren päivittäiset askeleet jäävät keskimäärin 8 000 askeleeseen, on varsin todennäköistä, että kestävyyskunto 19-vuotiaana ei ole korkealla tasolla. Vaikka lasten fyysisen aktiivisuuden taso on suhteellisen hyvä alakouluikäisissä, yläkouluikäisten fyysinen aktiivisuus ei yllä terveyden ja fyysisen kunnon kannalta optimaaliselle tasolle.

3.5 Johtopäätökset

LIITU 2018 -tutkimuksen tulokset korostavat Puolustusvoimien tarvetta varautua varusmiespalveluksen aloittavien nuorten haasteelliseen fyysiseen kuntoon lähtötasoon. Kuntotason voidaan olettaa olevan suurella todennäköisyydellä jatkossakin enintään nykyisellä tai jopa huonommalla tasolla. Fyysisellä kunnolla saattaa tulevaisuudessa olla nykyistä suurempi merkitys varusmiespalveluksen suorittamiseen ja koulutussisältöjen kehittämistarpeisiin. Palvelusaikaa edeltävä alhainen fyysinen aktiivisuus ja kunto sekä ylipaino ovat tutkimusten mukaan tuki- ja liikuntaelinvammojen sekä ennenaikaisen palveluksen keskeyttämisen riskitekijöitä.

3.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Perusopetusikäisten ja toisen asteen opiskelijoiden fyysistä aktiivisuutta ja kuntoa tulisi seurata jatkossa määräajoin.
- Yläkouluikäisten ja toisen asteen opiskelijoiden riittävän fyysisen aktiivisuuden ja hyvän kunnon tulisi olla yksi keskeisistä opetustavoitteista.
- Kutsunnoissa tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota palveluksen aloittavien nuorten fyysisen aktiivisuuden kartoittamiseen ja kunnon kohottamiseen ennen varusmiespalvelusta.
- Terveysteknologia mahdollistaa fyysisen aktiivisuuden luotettavan mittaamisen, mutta sitä ei käytännössä hyödynnetä laajasti yhteiskunnassa.
- Työnantajien ja työterveyshuoltojen tulisi jatkossa panostaa työhöntulotarkastuksissa ja määrääikaistarkastuksissa fyysisen aktiivisuuden ja fyysisen kunnon mittaamiseen.

Lähteet

1. World Health Organization (WHO) (2010). Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization.
2. Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, et al. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA* 2018, 320(19), 2020–2028.
3. World Health Organization (WHO) (2020). WHO Guidelines on physical activity and sedentary behavior for children and adolescents, adults and older adults. Draft for consultation 26th March 2020.
4. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, Carson V, Chaput JP, ym. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied physiology, nutrition, and metabolism* 2016, 41(6 Suppl 3), S197–239.
5. Saunders TJ, Gray CE, Poitras V, Chaput JP, Janssen I, ym. Combinations of physical activity, sedentary behaviour and sleep: Relationships with health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2016, 41(6 Suppl 3), S283–293.
6. Tremblay MS, Carson V, Chaput J-P, Connor Gorber S, Dinh T, ym. Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: an integration of physical activity, sedentary behavior, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2016, 41(6 Suppl 3), S311–327.
7. Kokko S, Mehtälä A, toim. Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa – LIITU-tutkimuksen tuloksia 2016. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2016, 4.
8. MOVE! 2019-tulosraportti. Lasten ja nuorten liikunnan tietokanta. <https://minedu.fi/liikuntaindikaattorit>, alaisu 9/9. Viitattu 28.8.2020.
9. Husu P, Jussila A-M, Tokola K, Vähä-Ypyä H, Vasankari T. Objektiiivisesti mitatun paikallaanolon, liikkumisen ja unen määrä, julkaisussa Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa – LIITU-tutkimuksen tuloksia 2018 (toim. Kokko S, Martin L). Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2019, 1.
10. Husu P, Sievänen H, Tokola K, Suni J, Vähä-Ypyä H, Mänttari A, Vasankari T. Suomalaisten objektiiivisesti mitattu fyysinen aktiivisuus, paikallaanolo ja fyysinen kunto. *Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja* 2018:30.
11. Vähä-Ypyä H, Vasankari T, Husu P, Mänttari A, Vuorimaa T, Suni J, et al. Validation of cut-points for evaluating the intensity of physical activity with accelerometry-based mean amplitude deviation (MAD). *PLoS One*. 2015, 10(8), e0134813.
12. Vähä-Ypyä H, Vasankari T, Husu P, Suni J, Sievänen H. A universal, accurate intensity-based classification of different physical activities using raw data of accelerometer. *Clin Physiol Funct Imaging* 2015, 35, 64–70.
13. Vähä-Ypyä H, Husu P, Suni J, Vasankari T, Sievänen H. Reliable recognition of lying, sitting and standing with a hip-worn accelerometer. *Scand J Med Sci Sports* 2018, 28(3), 1092-1102.
14. van Hees VT, Sabia S, Anderson KN, Denton SJ, Oliver J, ym. A novel, open access method to assess sleep duration using a wrist-worn accelerometer. *PloSOne* 2015, 10(11), e0142533.
15. Husu P, Husu P, Vähä-Ypyä H, Vasankari T. Objectively measured sedentary behavior and physical activity of Finnish 7- to 14-year-old children - associations with perceived health status: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2016, 16, 338.

16. Colley RC, Garriguet D, Janssen I, Craig CL, Clarke J, Tremblay MS. Physical activity of Canadian children and youth: accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Rep.* 2011, 22, 15–23.
17. Santtila M, Pihlainen K, Koski H, Vasankari T, Kyröläinen H. Physical fitness in young men between 1975–2015 with a focus on the years 2005–2015. *Med Sci Sports Exerc* 2018; 50: 292-298.

4 Varusmiesten fyysinen toimintakyky, harjoittelu ja kuormittuminen

Matti Santtila ¹, Heikki Kyröläinen ^{1, 2}

¹ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

² Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteiden tiedekunta

4.1 Johdanto

Varusmieskoulutukseen sisältyvän fyysisen toimintakyvyn koulutuksen tavoitteena on tuottaa toimintakykyisiä sotilaita Puolustusvoimien poikkeusolojen joukkoihin. Joukkojen on kyettävä säilyttämään toimintakykynsä vähintään kahden viikon mittaisen jatkuvan taistelukosketuksen ajan. Lisäksi taistelijoiden on pystyttävä vielä keskittämään kaikki voimavaransa 3–4 vuorokauden kiivaisiin taisteluihin. Tavoitteena on myös vahvistaa liikuntakäyttäytymistä tuottamalla tarvittava osaaminen (tieto ja taito) tehtävän edellyttämän fyysisen toimintakyvyn ylläpitämisestä reservissä. [1]. Sotilaiden fyysistä toimintakykyä rakennetaan nousujohteisella ja monipuolisella fyysisellä koulutuksella, joka koostuu taistelu- ja marssikoulutuksesta, liikuntakoulutuksesta ja muusta fyysisesti kuormittavasta koulutuksesta. Varusmiespalvelus on pääsääntöisesti matalatehoista ja pitkäkestoista kestävyyspainotteista koulutusta sisältäen hetkellisiä intensiivisiä kuormitusjaksoja. Esimerkiksi 5,5 kuukautta palvelevan jalkaväen jääkärikoulutuksessa on palveluksen aikana noin 400 tuntia matalatehoista kestävyyspainotteista koulutusta [2].

Suomen maanpuolustus perustuu yleiseen asevelvollisuuteen ja koko maan puolustamiseen. Varusmiespalveluksen suorittaa tällä hetkellä keskimäärin 70 prosenttia miespuolisesta ikäluokasta ja naisten vapaaehtoisen asepalveluksen suorittaa noin 400 naista vuodessa. Palveluksen keskeyttää miehistä noin 15 ja naisista 25 prosenttia. Palveluksen keskeyttämisen syinä ovat pääsääntöisesti henkiset vaikeudet ja sopeutumishäiriöt. Tämän lisäksi tuki- ja liikuntaelinvammojen määrä keskeytysten syynä on lisääntynyt merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana. [3]. Varusmieskoulutuksen kehittämisen haasteena on ollut palvelukseen astuvien nuorten fyysisen kunnon lasku, mikä alkoi voimakkaimmin 1990-luvun alussa. Viime vuosina fyysisen kunnon lasku on tasaantunut. Huolestuttavaa on kuitenkin, että joka kolmas nuori on sekä kestävyys- että lihaskunnoltaan heikossa kunnossa aloittaessaan palveluksensa. Tämän lisäksi nuorten

keskipaino on noussut viimeisten vuosikymmenien aikana merkittävästi, mutta nousu on tasaantunut tai jopa pysähtynyt viimeisten vuosien aikana. [4]. Huono kestävyys- ja lihaskunto, ylipaino, tupakointi ja aiempi vamma ovat ennenaikaisen palveluksen keskeytysten riskitekijöitä. Valtionkonttorin tilastojen mukaan vapaaehtoista asepalvelusta suorittavilla naisilla on nelinkertainen riski tuki- ja liikuntaelinvammoihin palveluksen aikana verrattuna varusmiehiin [5].

Varusmiesten fyysisen toimintakyvyn koulutukseen, fyysisen kuntoon ja niiden muutoksiin sekä kuormittumiseen liittyvä tutkimus on tarkoituksenmukaista yleisen asevelvollisuusjärjestelmän ja varusmieskoulutuksen sisältöjen kehittämisessä sekä Puolustusvoimien suorituskyvyn ylläpidossa. Tämän lisäksi on tarpeellista tietää sukupuolierojen vaikutuksista asepalveluksen suorittamiseen, jotta palveluksen aloittavilla nuorilla miehillä ja naisilla olisi tasavertainen mahdollisuus osallistua koulutukseen sekä mahdollisesti hakeutua sotilasuralle. Koulutuksen kehittämisellä pyritään myös vaikuttamaan ennenaikaisten palveluksen keskeytysten vähentämiseen sekä tuki- ja liikuntaelinten vammariskin pienentämiseen.



4.2 Tutkimusmenetelmät

Tähän artikkeliin on koottu tutkimustuloksia ja -menetelmiä sekä johtopäätöksiä useista eri tutkimushankkeista vuosien 2005–2020 aikana. Tutkimusjoukkona on toiminut varusmiespalveluksen aloittaneet ja/tai suorittaneet miehet sekä vapaaehtoisen asepalveluksen aloittaneet ja/tai sen suorittaneet naiset. Heidän keski-ikänsä on keskimäärin 20 vuotta. Osa tutkimuksista on kohdentunut koko ikäluokkaan ja osa on tehty satunnaistetulle tutkimusjoukolle. Tutkimuksiin osallistuminen on perustunut vapaaehtoisuuteen. Tutkimusaineisto on kerätty varusmieskoulutuksen seurantaan liittyvistä Puolustusvoimien tietokannoista, kuten VARTTI ja PVSAP tai varuskunnissa toimeenpannuista erillisistä interventioista. Kaikille tutkimuksille on haettu määräysten mukaiset tutkimus- ja eettiset luvat. Tutkimuksista on laadittu kotimaisia raportteja, opinnäytetöitä, väitöskirjoja ja kansainvälisiä artikkeleita.

Varusmiesten kuntotutkimuksissa on mittausmenetelminä käytetty pääsääntöisesti Puolustusvoimien ohjeistusten mukaisia kuntotestimenetelmiä (12 minuutin juoksutesti ja lihaskuntotestit) ja kehonkoostumuksen mittauksia (pituus, paino, kehonpainoindeksi ja vyötärön ympäry). Kenttätutkimuksissa on käytetty tarkempia tieteellisiä menetelmiä, kuten esimerkiksi hengityskaasuanalysointilaitteita, bioimpedanssimittareita ja isometrisiä voimamittauslaitteita. Lisäksi on otettu verinäytteitä kehon biologisten muuttujien mittaamiseksi. Näiden lisäksi on tehty terveys- ja liikuntakäyttäytymiskyselyitä. Kyseiset tutkimusmenetelmät on kuvattu tarkasti aihetta koskevissa tutkimusraporteissa. Tutkimukset on toteutettu yhteistyössä Pääesikunnan koulutusosaston ja Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen kanssa sekä ulkopuolisten tutkimuslaitosten kanssa, kuten esimerkiksi Jyväskylän yliopisto, Työterveyslaitos ja UKK-instituutti.

4.3 Tulokset

Palveluksen aloittavien fyysinen kunto ja muutokset kunnossa palveluksen aikana

Santtilan ym. [6] tutkimuksen mukaan joka kolmas palveluksen aloittaneista nuorisista miehistä oli ylipainoinen (BMI yli 25,0) vuonna 2015. Nuorten miesten keskipaino nousi lähes seitsemän kiloa (9 %) vuosien 1993–2015 aikana, mutta nousu tasaantui viimeisen 10 vuoden aikana. Vuosien 1980–2015 aikana palveluksen aloittaneiden kestävyyskunton huononi merkittävästi, jolloin 12 minuutin juoksutestin keskiarvo laski 337 metriä (12 %). Samanaikaisesti huonon juoksutestituloksen saavuttaneiden määrä lisääntyi seitsemänkertaisesti, kun taas kiitettävän tuloksen juosseiden määrä laski lähes nelinkertaisesti. Lihaskunnon heikon tuloksen saavuttaneiden määrä lisääntyi vuosien 1992–2010 aikana. Hyvän tai kiitettävän lihaskuntoindeksin saavuttaneiden määrä väheni 27 prosenttia vuosien 1992–2000 aikana, mutta sen jälkeen lasku tasaantui.

Kehonpaino oli käänteisessä yhteydessä juokсутestitulokseen sekä lihaskuntoindeksiin. Ennusteet vuosille 2015–2030 osoittivat, että kestävyyskunto heikkenee myös tulevien vuosien aikana. Mikään tulevaisuuden ennustemalli ei osoittanut positiivista muutosta nuorten fyysisessä kunnossa.

Santtila ym. [7] selvittivät muutoksia vapaaehtoisen asepalveluksen aloittaneiden naisten fyysisessä kunnossa ja kehonpainossa vuosina 2005–2015. Tutkimus osoitti, että palveluksensa aloittaneiden naisten 12 minuutin juokсутestin keskiarvo ei ole muuttunut vuosien 2005–2015 aikana, joskin yleinen trendi on ollut laskeva, mutta ei tilastollisesti merkitsevä. Huolestuttavasti huonon juokсутestituloksen (alle 2000 m) saavuttaneiden osuus on kasvanut merkittävästi 20 prosentista 28 prosenttiin. Lihaskuntotestien tuloksissa ei havaittu muutoksia etunojapunnerrusta lukuun ottamatta (24 ± 13 vs. 21 ± 11 toistoa/min). Naisten kehonpaino nousi 2,8 kg:a tutkimusvuosien aikana ja ylipainoisten osuus (BMI yli 25) kasvoi 20 prosentista 32 prosenttiin.

Pihlainen ym. [8] selvittivät tutkimuksessaan, millaisia muutoksia tapahtuu nuorten miesten fyysisessä kunnossa varusmiespalveluksen aikana vuosina 2005–2015. Tutkimus osoitti, että nuorten miesten fyysinen kunto paranee merkittävästi palveluksen aikana. 12 minuutin juokсутestin tulos paranee keskimäärin viidellä prosentilla (107 ± 292 m), vauhdittoman pituushypyn tulos yhdellä prosentilla (2.1 ± 16.2 cm), istumaannousu 19 prosentilla (4 ± 8 toistoa/min) ja etunojapunnerrus 33 prosentilla (5 ± 10 toistoa/min, $p < 0.001$ kaikilla muuttujilla). Lähtötasotilanteen fyysinen kunto ja kehonpainoindeksi olivat käänteisessä yhteydessä niiden muutoksiin ($r = -0.37$ – -0.47 , $p < 0.001$). Fyysinen kunto kohosi etenkin niillä varusmiehillä, jotka kuuluivat kahteen alimpaan kuntoluokan kvartaaliin palveluksensa alussa ja laski niiden osalta, jotka kuuluivat kahteen ylimpään kvartaaliin. Tämän lisäksi ne varusmiehet, jotka olivat lihavia palveluksensa alussa, laihtuivat muita enemmän (4.9 ± 7.0 kg, $p < 0.001$) palveluksen aikana. Santtila ym. [9] osoittivat lisäksi, että varusmiesten fyysinen kunto paranee naisia enemmän palveluksen aikana, kun miehet ja naiset osallistuvat samaan koulutusohjelmaan.

Fyysinen koulutus, kuormittuminen ja terveys

Santtilan väitöskirjatutkimuksessa [2] havaittiin, että Puolustusvoimien silloinen peruskoulutuskauden koulutusohjelma paransi merkittävästi varusmiesten maksimaalista hapenottokykyä, maastajuoksun suorituskykyä sekä ylä- ja alavartalon maksimaalista voimantuottoa. Tutkimus osoitti myös, että peruskoulutuskauden harjoittelu pienensi varusmiesten kehon rasvaprosenttia ja vyötärön ympärystä kaikissa harjoitteluryhmissä. Kunnan nousu ja kehon koostumuksen muutokset olivat sitä myönteisemmät, mitä huonommassa kunnossa varusmiehet olivat olleet palveluksen alussa, ja mitä alhaisempi oli heidän palvelusta edeltävä liikunta-aktiivisuutensa. Lisäksi havaittiin, että peruskoulutuskauden runsas kestävyyspainotteinen sotilaskoulutus saattoi osittain estää voima- sekä kestävyysharjoittelulle tyypilliset spesifiset vaikutukset. Tutkimuksessa varusmiesten harjoittelua painotettiin joko voima- tai kestävyysharjoitteluun, ja muutoksia verrattiin

normin mukaista sotilaskoulutusta toteuttavaan ryhmään. Voimaharjoitteluun painotuneen ryhmän maksimivoimamuutokset olivat odotettua pienemmät ja eri harjoittelu-ryhmien väliset muutosten erot olivat lähes kaikissa mittauksissa suhteellisen pieniä. Voimaharjoittelu kolme kertaa viikossa ei kuitenkaan estänyt varusmiesten maksimaalisen hapenottokyvyn kehittymistä. Myöskään kestävyysharjoitteluun painotuneen ryhmän maksimaalinen hapenottokyky ei lisääntynyt muita ryhmiä enemmän harjoiteltaessa kestävyyttä kolme kertaa viikossa. Tutkimus toi myös esille, että huonokuntoisten ja hyväkuntoisten varusmiesten kuntoerot pienenevät merkittävästi peruskoulutuskauden aikana. Toisaalta Santtila ym. [10] havaitsivat, että varusmiespalvelusta suorittavien miesten fyysisen kunnon paraneminen hidastuu tai se jopa heikkenee peruskoulutuskauden jälkeen, etenkin lähtötilanteessa hyväkuntoisilla varusmiehillä.

Tanskanen selvitti väitöskirjatutkimuksessaan [11] talvikauden 8 viikon peruskoulutuskauden kuormitusta, ylikuormitusoireiden ilmenemistä sekä ylikuormittuneiden ja ei-ylikuormittuneiden varusmiesten aerobisen suorituskyvyn, kehon koostumuksen ja biokemiallisten muuttujien eroja suhteessa varusmiespalveluksen alkuun sekä peruskoulutuskauden aikana. Lisäksi tutkittiin peruskoulutuskauden kokonaiskuormituksen yhteyttä varusmiesten aerobiseen kuntoon, kehon koostumukseen ja energiatasapainoon. Tutkimus osoitti, että peruskoulutuskauden keskimääräinen fyysinen harjoittelu-aika oli kaksi tuntia päivässä ja päiväuniin verrattava lepoaika oli 30 minuuttia päivässä. Fyysiseen harjoitteluun käytetty aika vastasi siviilioloissa säännöllisesti raskasta vapaa-ajan liikuntaa harrastavien fyysisestä aktiivisuudesta. Peruskoulutuskauden neljän ensimmäisen viikon aikaisella harjoittelulla oli myönteisiä vaikutuksia varusmiesten aerobiseen kuntoon sekä oksidatiivisen stressin vähenemiseen levossa. Aerobinen kunto parani etenkin huonompikuntoisilla. Varusmiesten fyysinen kunto ei enää muuttunut peruskoulutuskauden neljän viimeisen viikon aikana. Fysiologiset ja biokemialliset muuttujat sekä oirekyselyn tulokset osoittivat, että kolmasosa varusmiestä luokitettiin ylikuormittuneiksi. Ylikuormittuneilla varusmiehillä oli korkeampi plasman oksidatiivinen stressitaso ja seerumin sukupuolihormonia sitova globuliinin (SHBG) taso levossa sekä heikompi oksidatiivinen stressivaste submaksimaalisessa rasituksessa. Tulokset osoittivat lisäksi, että plasman oksidatiivinen stressitaso, seerumin kortisoli, ja testosteroni/kortisoli-suhde levossa sekä maksimaalinen laktaatti/koettu kuormitus (RPE) suhde voivat olla hyödyllisiä mittareita varusmiesten kuormittuneisuuden seurantaan. Kykyyn sietää paremmin peruskoulutuskauden harjoituskuormitusta vaikuttavat energiatasapaino, aerobinen kunto ja lihavuus, joista lihavuus rajoitti eniten tehokasta harjoittelua. Toisaalta hyvä aerobinen kunto suojaasi sairastumisilta.

Jurvelin ym. [12] toteuttivat Kainuun prikaatissa tutkimuksen, missä tarkasteltiin varusmiesten kuormittumista peruskoulutuskauden aikana. Tutkimuksessa selvittiin, miten peruskoulutuskauden aikainen fyysinen kuormitus oli yhteydessä varusmiespalvelusta edeltävään liikunta-aktiivisuuteen. Koulutusohjelma oli kaikille sama ja koulutettavat olivat samassa koulutusryhmässä ilman tasoryhmäjakoja. Varusmiehet kantoivat koko peruskoulutuskauden ajan (pl. yöuni) sykeliivejä ja aktiivisuusmittareita, joiden perus-

teella arvoitiin energiankulutusta, kehon kuormitusta sekä fyysistä aktiivisuutta. Näitä muuttujia yhdistämällä saatiin tietoa varusmiesten kokonaiskuormituksesta TRIPM-laskennalla (Training impulse) [13]. Tutkimus toi esille, että peruskoulutuskauden keskimääräinen fyysinen kuormitus oli verrattavissa kestävyysurheilijoiden harjoitusmääriin. Aikaisemmin vähän liikuntaa harrastaneiden fyysinen kuormitus oli suurin. Keskimääräisesti harrastaneiden kuormitus oli hieman vähän liikkuvia pienempi, kun taas liikunnallisesti aktiivisilla se oli selvästi alhaisin. Peruskoulutuskauden fyysinen aktiivisuus oli pääosin matalatehoista kestävyystyypistä sotilaskoulutusta ja kovatehoista koulutusta oli vain vähän. Tutkimuksen mukaan aiemmin vähän liikuntaa harrastaneiden fyysinen kuormitus oli yli 30 prosenttia suurempi kuin liikunnallisesti aktiivisten, kun koulutusohjelma oli samanlainen ja koulutus toteutettiin ilman tasoryhmiä. Lisäksi etenkin vähän liikkuvien fyysinen kuormitus oli erittäin korkea vastaten kestävyysurheilijoiden harjoitusmääriä.

Ojanen ym. [14] havaitsivat, että 12 viikon tehostettu voimaharjoittelu erikoiskoulutuskaudella paransi merkittävästi varusmiesten kehon voimaominaisuuksia. Harjoitteluryhmät oli jaettu tehtäväkohtaiseen ja perinteiseen voimaharjoitteluryhmään sekä voimassa olevaan erikoiskoulutuskauden harjoitusryhmään. Tutkimus toi esille, että tehtäväkohtaiseen ja perinteiseen voimaharjoitteluun painottuneiden ryhmien välillä ei ollut eroja voimaominaisuuksien kehittymisessä, mutta kummassakin ryhmässä varusmiehet kehittivät selvästi enemmän kuin voimassa olevan erikoiskoulutuskauden ohjelmaa noudattaneet. Harjoitusvaikutukset olivat suurimmat kuuden ensimmäisen viikon aikana ja ne pienenevät seuraavan kuuden viikon aikana, jolloin oli runsaasti useita vuorokausia kestäviä maastoharjoituksia.

Mikkolan väitöskirjatutkimuksessa [15] todetaan, että metabolinen oireyhtymä on tyyppin 2 diabeteksen ja valtimosairauksien riskitekijöiden yhdistelmä. Tutkimus toteutettiin vuonna 2005 Sodankylässä Jääkäriprikaatissa ja siihen osallistui 1 160 varusmiestä. Tutkimuksessa mitattiin kehonkoostumus, fyysinen kunto, antropometria sekä veren rasva-arvot varusmiespalveluksen (6–12 kk) alussa ja lopussa. Tutkimus osoitti, että metabolisen oireyhtymän esiintyvyys oli 3,5–6,8 % riippuen käytetystä määritelmästä. Esiintyvyys oli yleisempää korkeimmissa painoindeksiluokissa. Tutkimus osoitti lisäksi, että varusmiesten kehonpaino laski, kehon rasvan määrä väheni ja fyysinen kunto parani palveluksen aikana. Edulliset muutokset fyysisessä kunnossa ja kehon koostumuksessa korostuivat ylipainoisilla ja lihavilla varusmiehillä.

Cederbergin väitöskirjatutkimuksessa [16] selvitettiin varusmiespalveluksen aikana tapahtuvan liikunnan ja kuntomuutosten terveyshyötyjä. Koulutuksen aikana parantunut fyysinen kunto yhdessä kehonpainon laskun ja keskivartalolihavuuden vähenemisen vaikuttivat myönteisesti sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijöihin. Tutkimus osoitti liikunnan edullisen vaikutuksen nuorten miesten sydän- ja verisuonitautien riskitekijöihin. Tutkimus osoitti lisäksi, että liikunnan aiheuttamalla lisääntyneen asyloimattoman greliinin pitoisuudella oli edullisia vaikutuksia kehonkoostumukseen sekä glukoosi- ja lipidiaineenvaihduntaan. Myös insuliiniresistenssiä säätelevien geenien epäedullinen vaikutus kehonkoostumukseen väheni parantuneen fyysisen suorituskyvyn myötä.

4.4 Pohdinta

Tutkimukset osoittavat neljä keskeistä tulosta, jotka vaikuttavat Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän kehittämiseen sekä palveluksen aloittavien nuorten miesten ja naisten fyysisen toimintakyvyn ylläpitoon. Ensinnäkin on selkeästi osoitettu, että palveluksen aloittavien varusmiesten kestävyyskunto on tasaisesti laskenut vuodesta 1980 lähtien ja lihaskunnoltaan heikkojen määrä on lisääntynyt vuosien 1992–2010 aikana. Noin joka kolmas oli heikossa fyysisessä kunnossa ennen palveluksen aloittamista. Myönteistä on, että palveluksen aloittaneiden nuorten miesten keskipainon nousu on tasaantunut, vaikkakin joka kolmas on ylipainoinen palveluksensa alussa. Ennusteet kestävyyskunnossa kertovat, että nuorten miesten kunto laskee myös tulevien vuosien aikana, mikäli heidän liikuntakäyttäytymisessään ei saada aikaiseksi positiivisia muutoksia. Suomi ei ole ongelman kanssa yksin, sillä vastaavanlaisia tuloksia on havaittu muun muassa Norjassa, Saksassa, Puolassa sekä tuoreimmassa tutkimuksessa osittain Yhdysvaltain asevoimissa [17, 18, 19, 20].

Toinen tulos koskee vapaaehtoiseen asepalvelukseen astuvien naisten fyysistä kuntoa. Heidän kestävyyskuntonsa on säilynyt samalla tasolla vuosien 2005–2015 aikana. Juoksutestin keskiarvo oli palveluksen alussa kuitenkin 11 prosenttia (2 187 m vs. 2 460 m) alhaisempi kuin nuorten varusmiesten. Lihaskunnossa naisten ylävartalon suorituskyky on heikentynyt mittausvuosien aikana, mutta muutoin lihaskunto on säilynyt muuttomattomana. Heikkokuntoisten ja ylipainoisten määrä on lisääntynyt tutkimusvuosien aikana ja kehon keskipaino on noussut. Joka kolmas nainen oli palveluksensa alussa heikossa kunnossa ja/tai ylipainoinen. Naisten kuntomuutokset ovat samansuuntaisia kuin palveluksen aloittavien nuorten miesten.

Kolmanneksi tutkimukset toivat esille, että kolmasosa varusmiehistä ylikuormittuu etenkin peruskoulutuskauden aikana [11]. Tämän lisäksi havaittiin, että vähän liikuntaa harrastaneiden nuorten miesten kuormitus on noin 30 prosenttia suurempi kuin aktiivisesti liikuntaa harrastaneiden [12]. Varusmiesten fyysinen kunto nousee hyvin peruskoulutuskaudella etenkin huonompikuntoisilla ja ylipainoisilla nuorilla, mutta nousu hidastuu tai jopa pysähtyy myöhemmillä koulutuskausilla etenkin hyväkuntoisilla nuorilla. Varusmieskoulutus on kuormitukseltaan pääosin matalatehoista kestävyyspainotteista koulutusta, jossa on vain vähän ärsykevaihtelua. Tämä osaltaan estää voima- ja kestävyysharjoittelun optimaaliset harjoitusvaikutukset [21]. Varusmiespalveluksen aikaisesta fyysisestä koulutuksesta tulisi saada nousujohteisempi kokonaisuus, jolloin fyysisen kunnan huippu saavutettaisiin palveluksen lopussa joukkokoulutuskaudella. Siksi olisi tärkeää, että fyysisen koulutuksen intensiteettiä lisättäisiin ja voimaharjoittelun sisältöjä muutettaisiin nousujohteisesti koko varusmieskoulutuksen ajan ottaen huomioon koulutettavien yksilölliset erot. Nykyisin noin kolmasosalla nuorista on liikunta-aktiivisuutensa ja fyysisen kuntonsa perusteella kohonnut riski vammautua tai keskeyttää palveluksensa, koska koulutuksen fyysinen kuormitus on heille liian korkea, etenkin palveluksen alussa. Huono fyysinen kunto, alhainen palvelusta edeltävä liikunta-aktiivisuus, ylipaino, aiempi

vamma ja tupakointi ovat merkittäviä riskitekijöitä ennenaikaiselle palveluksen keskeytykselle ja vammautumiselle [22].

Neljänneksi voidaan todeta, että sukupuolten väliset fysiologiset erot tulisi tiedostaa aiempaa paremmin. Ne tulisi ottaa huomioon koulutuksen kehittämisessä, harjoittelun ohjelmoinnissa, operatiivisessa suunnittelussa sekä henkilövalinnoissa. Kohdennetuilla henkilöstövalinnoilla, oikealla sijoittamisella sekä laadukkaalla fyysisellä harjoittelulla voidaan naisten määrää lisätä merkittävästi Puolustusvoimissa. [23]. Fyysisen kunnan merkitys korostuu erityisesti sellaisissa sotilastyötehtävissä, joissa joudutaan toimimaan raskaiden taakkojen ja kantamusten kanssa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että fysiologisista eroista johtuen naisten on miehiä vaikeampaa saavuttaa sotilaille asetettuja toimintakykyvaatimuksia [24]. Naisilla on pienemmän kokonsa ja lihasmassansa vuoksi vaikeuksia suurten taakkojen sekä lisäkuormien kantamisessa. Toisaalta tämä sama haaste koskee myös pienikokoisia ja huonokuntoisia miehiä. Naisten fyysisen työn kapasiteetti on rajallinen, ja he väsyvät miehiä nopeammin samassa työssä pienemmän suorituskykyreserviensä vuoksi [25]. Tutkimusten mukaan naisilla on miehiä korkeampi riski tuki- ja liikuntaelivammoille, mikä johtuu naisten pienestä kehon koosta ja lihasmassasta sekä erilaisesta luuston rakenteesta ja vahvuudesta. Kuitenkin riittävällä sekä yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla voidaan ennaltaehkäistä tuki- ja liikuntaelinvammojen syntyä [24, 26]. Harjoittelulla voidaan myös rajallisesti pienentää miesten ja naisten välisiä eroja erityisesti voimaominaisuuksissa. Naiset joutuvat harjoittelemaan miehiä enemmän saavuttaakseen eri sotilastyötehtäville asetetut minimivaatimukset sekä toimintakyvyn [24, 25]. Harjoittelusta huolimatta miesten ja naisten välinen ero toimintakyvyssä säilyy keskimäärin merkittävänä [24,25]. Tämän vuoksi tulisi kiinnittää erityistä huomiota etenkin huonokuntoisten ja ylipainoisten naisten yksilölliseen valmennukseen jo ennen vapaaehtoisen asepalveluksen aloittamista sekä palveluksen aikana.

Varusmiespalveluksella näyttäisi olevan myönteisiä vaikutuksia nuorten fyysiseen kuntoon, kehonkoostumukseen sekä terveyteen [2, 8, 15, 16]. Muutokset ovat sitä myönteisempiä, mitä huonommassa kunnossa ja ylipainoisempia nuoret olivat palveluksen alussa. Nuorten miesten ja naisten tulisi kuitenkin lisätä säännöllistä vapaa-ajan liikuntaa myös siviilielämässä ennen ja jälkeen asepalveluksen.

4.5 Johtopäätökset

Nuorten miesten ja naisten laskeva fyysinen kunto ja lisääntyvä ylipaino aiheuttavat haasteita Puolustusvoimien koulutusjärjestelmälle sekä poikkeusolojen suorituskyvyille. Kaikki toimet, jotka edistävät etenkin huonokuntoisten ja ylipainoisten liikunta-aktiivisuuden lisäämistä ennen palvelusta, ovat erityisen tarpeellisia. Koko yhteiskunnan tulisi tuottaa motivoivia ja innovatiivisia liikuntapalveluita etenkin nuorille. Liikkuva koulu on yksi hyvä esimerkki lasten ja nuorten liikunta-aktiivisuuden lisäämisessä.

Voimaharjoittelu on tärkeä ja jopa välttämätön osa sotilaskoulutusta, koska sotilastyötävät sisältävät runsaasti taakkojen nostamista ja kantamista. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kestävyysharjoittelua lisäämällä ei saavuteta merkittäviä lisähyötyjä varusmiesten fyysiselle suorituskyvyille. Voimaharjoittelun spesifisten vaikutusten lisäämiseksi tulisi eri koulutuskausilla kestävyyspainotteista sotilaskoulusta vähentää ja voimaharjoittelun osuutta lisätä [2, 14]. Voimaharjoittelu voi alkuvaiheessa olla perinteistä lihaskunto- ja voimaharjoittelua. Tämän jälkeen tulisi siirtyä kovempitehoiseen tehtäväkohtaiseen ja toiminnalliseen voimaharjoitteluun, mikä valmentaa varusmiehiä tyypillisiin sotilastyötehtäviin ja lisää heidän voimareservejään [14]. Voima- ja lihaskuntoharjoittelulla tiedetään myös olevan myönteinen vaikutus sotilaiden lisäkuorman kantokykyyn sekä tuki- ja liikuntaelinvammojen ennaltaehkäisyyn [22].

Tutkimusnäytöt osoittavat, että vähän liikkuvien fyysinen kunto nousee peruskoulutuskauden aikana ja ero liikunnallisesti aktiivisiin supistuu merkittävästi [11, 15, 21]. Toisaalta on myös havaittu, että hyväkuntoisten nuorten fyysinen kunto jopa laskee palveluksen aikana [8, 10]. Hyvä fyysinen kunto ennen palveluksen aloittamista suojaa sairastumisilta, ennalta ehkäisee vammoja ja edesauttaa sopeutumista koulutuksen aiheuttamaan kuormitukseen etenkin ensimmäisinä palvelusviikkoina [11, 22]. Varusmiehistä lähes kolmasosa ylikuormittuu ja vähän liikuntaa harrastaneet kuormittuvat selvästi muita enemmän. Siksi tarvitaan yksilöllisempiä koulutus- ja harjoitusohjelmia, jotka perustuvat palvelukseen astuvien varusmiesten sekä naisten lähtökuntotasoihin sekä heidän fyysisissä perusominaisuuksissa ilmeneviin puutteisiin. Lihavuus saattaa vaikeuttaa tehokasta harjoittelua ja koulusta, joten tämä tulisi myös ottaa huomioon fyysisesti kuormittavassa koulutuksessa. Mikäli koulutettavat jaettaisiin tasoryhmiin tavalla tai toisella, voitaisiin koulutuksen kuormitusmääriä tasoittaa turvalliselle tasolle ja samalla ennaltaehkäistä liikunta- ja tukielinvammoja sekä palveluksen ennaikaisia keskeytyksiä.

4.6 Toimenpidesuosituksat ja jatkokutkimustarpeet

- Kuntoerojen tasaamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota huonokuntoisten ja ylipainoisten naisten sekä miesten yksilölliseen valmennukseen jo ennen palveluksen aloittamista tarjoamalla nuorille kurssaja tai etäopetusmateriaalia fyysisen kunnan kohottamiseen ja liikunta-aktiivisuuden lisäämiseen.
- Hyväkuntoisten kohdalla voitaisiin palveluksen kuormitusmääriä lisätä nousujohteisesti, jotta heidän kuntosaa nousisi tasaisesti koko palveluksen ajan. Vastaavasti huonokuntoisten ja ylipainoisten kuormitusta tulisi laskea etenkin palveluksen alussa. Tämä tarkoittaa mahdollisimman yksilöllisten harjoitusohjelmien tarjoamista heti palveluksen alussa.
- Yksilöllisen harjoittelun ohjelmointi, esimerkiksi tasoryhmät tai intensiteetin/vastuksen vaihtelu harjoituksen sisällä, tulisi ottaa huomioon tavalla tai toisella parhaillaan käynnissä olevassa puolustusvoimien koulutusohjelma 2020 uudistuksessa. Tällöin välttyttäisiin liiallisen kuormituksen aiheuttamilta riskitekijöiltä, ja myös motivoitaisiin hyväkuntoisia kovempaan harjoitteluun.
- Nousujohteisesti ohjelmoitu yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu on tehokkain ja optimaalisin tapa kehittää palveluksen aloittavien nuorten ja ammattisotilaiden fyysistä kuntoa. Erityisesti voimaharjoittelun määrää tulisi lisätä kaikilla koulutuskausilla. Tämä edellyttää voimaharjoitusolosuhteiden kehittämistä joukoissa.
- Tutkimukset ovat keskittyneet pääosin peruskoulutuskauden koulutukseen. Tämän vuoksi tarvitaan lisää tutkimusta, jotka kohdentuvat muille koulutuskausille. Lisäksi tulisi tutkia tasoryhmien ja harjoituksen sisällä tapahtuvan yksilöllisen intensiteetin vaihtelun välisiä eroja koulutuksen vaikuttavuuteen sekä kuormittumiseen.

Lähteet

1. PEKOULOS:n hallinnollinen määräys HP560/19.12.2019, Fyysinen toimintakyky
2. Santtila M. Effects of added endurance or strength training on cardiovascular and neuromuscular performance of conscripts during the 8-week basic training period. University of Jyväskylä. 2010. ISBN 978-951-39-3861-1.
3. PEKOULOS:n tilastot palveluksen keskeytyksistä. Julkaisematon materiaali.
4. Santtila M, Pihlainen K, Koski H, Vasankari T, Kyröläinen H. Physical fitness in young men between 1975 and 2015 with a focus on the years 2005–2015. *Med Sci Sports Exerc.* 2018; 50(2): 292–8.
5. Valtionkonttori. Varusmiesten sotilastapaturmat 1999-2016. Julkaisematon tilasto.
6. Santtila M, Pihlainen Kai, Koski H, Vasankari T, Kyröläinen H. Physical Fitness in Young Men Between 1975 and 2015 with a Focus on the Years 2005–2015. *Medicine & Science in Sports & Exercise*; 2018; 50: 2: 292–298.
7. Santtila M., Pihlainen K., Koski H., Ojanen T. and Kyröläinen H. Physical fitness and body anthropometric profiles of the female recruits entering to voluntary military service. *Mil Med.* 2019; 1;184(1-2):e200-e205.
8. Pihlainen K, Vaara J, Ojanen T, Santtila M, Vasankari T, Tokola K, Kyröläinen H. Effects of baseline fitness and BMI levels on changes in physical fitness during military service. *J Sci Med Sport.* 2020; 8: S1440-2440.
9. Santtila M, Pihlainen K, Vaara J, Tokola K, Kyröläinen H. Changes in Physical Fitness and Anthropometrics Differ between Female and Male Recruits during the Military Service. 2020. Submitted.
10. Santtila M, Häkkinen K, Nindl BC, Kyröläinen H. Cardiovascular and neuromuscular performance responses induced by 8 weeks of basic training followed by 8 weeks of specialized military training. *J Strength Cond Res.* 2012; 26: 745-51.
11. Tanskanen M. Effects of military training on aerobic fitness, serum hormones, oxidative stress and energy balance, with special reference to overreaching. University of Jyväskylä. 2012. ISBN 978-951-39-4961-7.
12. Jurvelin H, Tanskanen-Tervo M, Kinnunen H, Santtila M, Kyröläinen H. Training Load and Energy Expenditure during Military Basic Training Period. *Med Sci Sports Exerc.* 2020; 52: 86-93.
13. Banister E. Modeling elite athletic performance. In: Green HJ, McDougal JD, Wenger H, editors. *Physiological Testing of Elite Athletes.* Champaign (IL, USA): Human Kinetics; 1991. p. 403-24.
14. Ojanen T, Kyröläinen H, Kozharskaya E, Häkkinen K. Changes in strength and power performance and serum hormone concentrations during 12 weeks of task-specific or strength training in conscripts. *Physiological Reports.* 2020; 8: e14422.
15. Mikkola I. Prevalence of metabolic syndrome and changes in body composition, physical fitness and cardiovascular risk factors during military service. *Acta Universitatis Ouluensis. D, Medica.* 2011. ISSN 0355-3221
16. Cederberg H. Relationship of physical activity, unacylated ghrelin and gene variation with changes in cardiovascular risk factors during military service. *Acta Universitatis Ouluensis. D, Medica.* 2011. ISSN 0355-3221.
17. Dyrstad SM, Aandstad A and Hallén J. Aerobic fitness in young Norwegian men: a comparison between 1980 and 2002. *Scand J Med Sci Sports.* 2005; 15:298-303.

18. Leyk D, Rohde U, Gorges W, et al. Physical performance, body weight and BMI of young adults in Germany 2000-2004: results of the physical-fitness-test study. *Int J Sports Med.* 2006; 27: 642-7.
19. Tomczak A, Bertrandt J, Kaos A. Physical fitness and nutritional status of polish ground force unit recruits. *Biol Sport.* 2012; 29: 277–80.
20. Knapik J, Sharp M, Steelman RA. Secular Trends in the Physical Fitness of United States Army Recruits on Entry to Service, 1975–2013. *J Strength Cond Res.* 2017; 31: 2030–2052.
21. Santtila M, Häkkinen K, Karavirta L, Kyröläinen H. Changes in cardiovascular performance during an 8-week military basic training period combined with added endurance or strength training. *Mil Med.* 2008;173(12):1173-9.
22. Taanila H, Hemminki AJ, Suni JH, et al. Low physical fitness is a strong predictor of health problems among young men: a follow-up study of 1411 male conscripts. *BMC Public Health.* 2011; 25; 11:590.
23. Vaara J, Viskari J, Kyröläinen H, Santtila M. Naissotilaiden mielipiteitä ja kokemuksia fyysisestä kunnosta sekä kuntotestien suoritusvaatimuksista Puolustusvoimissa. Pääesikunta, koulutusosasto. ISBN 978-951-25-2803-5. Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy, 2016.
24. Courtright SH, McCormick BW, Postlethwaite BE, Reeves CJ, Mount MK. A meta-analysis of sex differences in physical ability: revised estimates and strategies for reducing differences in selection contexts. *J Appl Psychol.* 2013; 98: 623-41.
25. Epstein Y, Yanovich R, Moran DS, Heled Y. Physiological employment standards IV: integration of women in combat units physiological and medical considerations. *EJAP.* 2013; 113: 2673-90.
26. Knapik JJ, East WB. History of United States army physical fitness and physical readiness training. *US Army Med Dep J.* 2014; (2-14): 5-19.

5 Reserviläisten kehon koostumus, fyysinen kunto ja liikunta-aktiivisuus

Jani Vaara¹, Matti Santtila¹

¹ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

5.1 Johdanto

Puolustusvoimien poikkeusolojen joukkojen suorituskyky muodostuu pääosin reserviläisten osaamisesta ja toimintakyvystä. Operatiiviset tehtävät normaali- ja poikkeusolojen aikana vaativat laaja-alaisesti hyvää fyysistä toimintakykyä, joka pohjautuu fyysiseen kuntoon, liikunta-aktiivisuuteen, kehon koostumukseen ja terveyteen. Yhdessä nämä muodostavat sotilaan fyysisen toimintakyvyn perustan. Tämän vuoksi on Puolustusvoimien näkökulmasta tärkeää saada tietoa reserviläisten fyysisestä kunnosta ja toimintakyvystä sekä niihin liittyvistä muutoksista. Puolustusvoimissa onkin tutkittu säännöllisesti noin viiden vuoden välein reserviläisten fyysistä suorituskykyä ja terveyskäyttäytymistä poikittaistutkimuksilla vuodesta 1977 lähtien. Viimeisimmät reserviläistutkimukset vuosilta 2003 [1], 2008 [2] ja 2015 [3] on toteutettu laajamittaisina vajaan tuhannen reserviläisen otoksina (2003 ($n = 974$), 2008 ($n = 846$), 2015 ($n = 792$)). Reserviläistutkimuksien tavoitteena on ensisijaisesti ollut selvittää reserviläisten fyysisen kunnan ja toimintakyvyn tasoa operatiivisten tehtävien vaatimusten näkökulmasta. Lisäksi on tutkittu, mitkä tekijät selittävät fyysistä kuntoa ja toimintakykyä, ja miten ne ovat yhteydessä terveyteen. Tavoitteena on ollut myös selvittää, mitä eroja fyysisessä kunnossa on havaittu vuosien 2003–2015 aikana.

5.2 Tutkimusmenetelmät

Vuosina 2003, 2008 ja 2015 toteutettiin poikittaistutkimukset suunnitelman mukaisissa joukkojen kertausharjoituksissa. Tutkimukset sisälsivät antropometriset mittaukset (pituus, paino, painoindeksi ja vyötärönympäry), verenkierto- ja hengityselimistöön suorituskykytestin (maksimaalinen hapenottokyky polkupyöraergometritestillä uupumukseen saakka) sekä lihaskuntotestit (vauhditon pituushyppy, etunojapunnerrus ja istumaan-

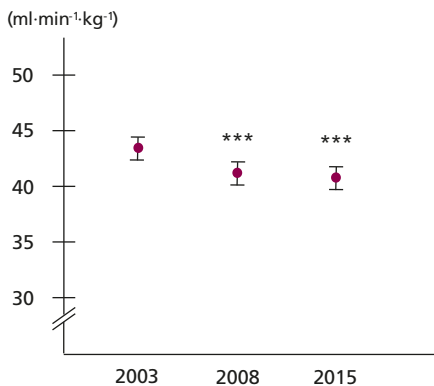
nousu sekä ala- ja yläraajojen maksimaalinen isometrinen ojennusvoima). Reserviläiset vastasivat lisäksi liikunta- ja terveyskäyttämiskyselyihin. Fyysisen suorituskyvyn testit vaihtelivat hieman tutkimusvuosien välillä kuitenkin siten, että verenkierto- ja hengityselimistöön suorituskykytesti, istumaannousu- ja etunojapunnerrustestit mitattiin kaikissa tutkimuksissa samalla menetelmällä. Vuosina 2008 ja 2015 mitattiin myös kehonkoostumus bioimpedanssimenetelmällä. Tämän lisäksi otettiin verinäytteet, joista analysoitiin muun muassa veren rasva- ja sokeriarvoja. Tarkemmat tiedot mittauksista löytyvät kunkin tutkimuksen suomenkielisistä tutkimusraporteista [1-3].

5.3 Tulokset

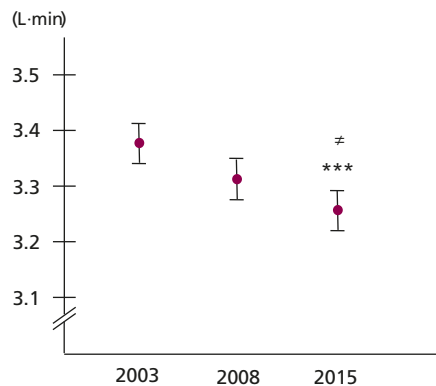
Alle 35-vuotiaiden reserviläisten kehon painoon suhteutettu maksimaalinen hapenotto-kyky oli 43,5 ml/kg/min vuonna 2003, 41,3 ml/kg/min vuonna 2008 ja 40,6 ml/kg/min vuonna 2015. Reserviläisten kestävyyskunto oli vuosina 2008 ja 2015 heikempi kuin vuonna 2003 ($p < 0.05$). Sen sijaan vuosien 2008 ja 2015 välillä eroa ei havaittu (kuva 1).

Kuva 5.1 Alle 35-vuotiaiden reserviläisten kestävyyskunnan taso ja muutokset vuosina 2003–2015. Tulokset ovat ikä, koulutus ja -tupakointi vakioituja.

Suhteellinen maksimaalinen hapenotto-kyky



Absoluuttinen maksimaalinen hapenotto-kyky



Puolustusvoimien määrittämän liikkuvan taistelun tavoitetasovaatimuksen (>50 ml/kg/min) täyttäviä oli 14–16 % reserviläistä vuosien 2003–2015 aikana (taulukko 1). Reserviläisistä 45–56 % ei saavuttanut alinta tavoitetasovaatimusta (<42 ml/kg/min). Eroja tavoitetasovaatimusten täyttävien osuudessa ei havaittu lukuun ottamatta pienempää esikuntajoukkojen osuutta vuonna 2008 verrattuna vuoteen 2015 ($p = 0,022$).

Taulukko 5.1 Reserviläisten ikä- ja koulutuspainotetut osuudet (%) Puolustusvoimien eri kestävyyskunnan tavoitevaatimusluokissa vuosina 2003–2015.

Tavoitevaatimukset eri sotilastehtävissä	2003 (%)	2008 (%)	2015 (%)
Erikoisjoukot (>55 ml/kg/min)	4,9	5,0	4,1
Liikkuva taistelu (jalkaväki) (50–55 ml/kg/min)	11,5	9,9	10,1
Tukevat joukot (45–50 ml/kg/min)	21,1	17,4	15,4
Esikunta joukot (minimivaatimus) (42–45 ml/kg/min)	17,2	12,1	16,5*
Alle minimivaatimukset (<42 ml/kg/min)	45,3	55,6	53,9

* $p < 0,05$ verrattuna vuoteen 2008

Puolustusvoimien siviilimiesten arviointikriteereillä (20–24-vuotiaat) vähintään hyvän testituloksen saavuttaneita oli istumaannousussa 50–60 % ja etunojapunnerruksessa 44–46 % vuosina 2008 ja 2015 (taulukko 2). Lisäksi vuonna 2015 vauhdittomassa pituushypyssä kaksi kolmesta saavutti vähintään hyvän tason (≥ 210 cm). Istumaannousun ja etunojapunnerruksen tulokset olivat parempia vuosina 2008 ja 2015 kuin vuonna 2003 (kuva 2).

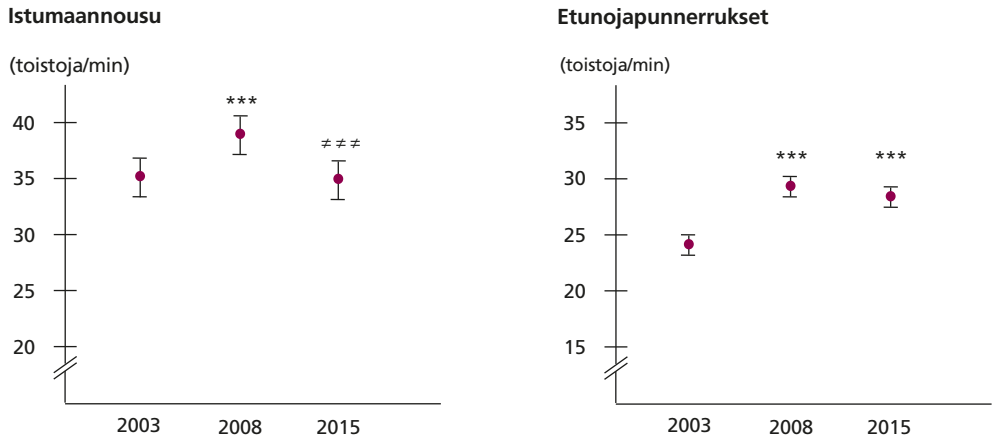
Taulukko 5.2 Reserviläisten istumaannousun ja etunojapunnerruksen ikä- ja koulutuspainotetut osuudet (%) Puolustusvoimien 20–24-vuotiaiden siviilimiesten viitearvoluokituksissa vuosina 2003–2015.

Istumaannousu	2003 (%)	2008 (%)	2015 (%)	Etunojapunnerrus	2003 (%)	2008 (%)	2015 (%)
Erinomainen (≥ 44 toistoa/min)	17,0	32,2	27,1	Erinomainen (≥ 38 toistoa/min)	12,6	24,6	24,8 ***
Kiitettävä (40–43 toistoa/min)	11,1	15,8	12,2	Kiitettävä (34–37 toistoa/min)	6,2	9,2	10,7 ***
Hyvä (36–39 toistoa/min)	15,8	12,7	11,9 *	Hyvä (30–33 toistoa/min)	11,2	9,9	10,6
Tyydyttävä (32–35 toistoa/min)	16,0	13,5	14,1	Tyydyttävä (26–29 toistoa/min)	11,2	11,5	9,3
Välttävä (22–31 toistoa/min)	31,7	21,1	21,3	Välttävä (20–25 toistoa/min)	23,0	19,5	15,3
Heikko (≤ 21 toistoa/min)	8,4	4,6	13,5 * ≠	Heikko (≤ 19 toistoa/min)	35,8	25,3	29,2

* $p < 0,05$ verrattuna vuoteen 2003

*** $p < 0,0001$ verrattuna vuoteen 2003, $\neq p < 0,05$ verrattuna vuoteen 2008

Kuva 5.2 Alle 35-vuotiaiden reserviläisten lihaskunnon taso ja muutokset vuosina 2003–2015.



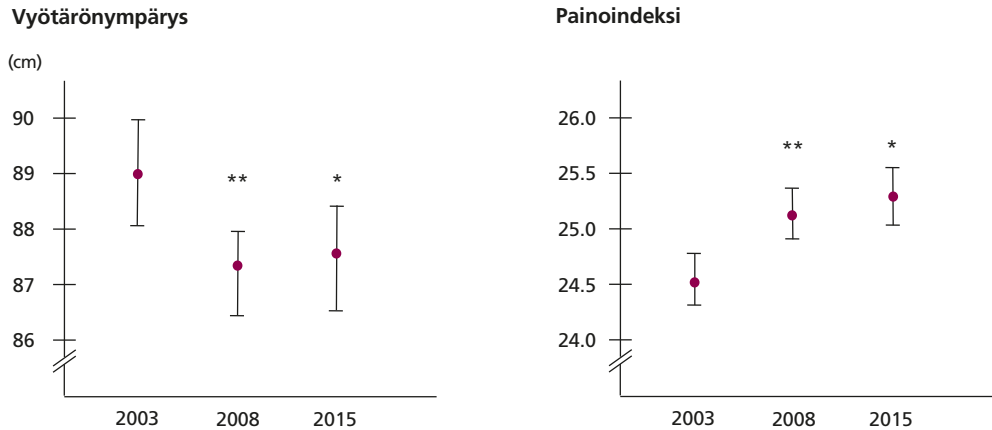
Vuosina 2003 ja 2008 yli neljännes reserviläisistä raportoi liikkuvansa vähintään kolme kertaa viikossa vapaa-ajallaan, kun heidän osuutensa vuonna 2015 oli 40 %. Vuonna 2015 oli enemmän vähintään 4 kertaa viikossa liikkuvia (22 %) kuin vuosina 2003 (9 %) ja 2008 (12 %) ($p < 0,05$). Sen sijaan vapaa-ajan liikuntaa harrastamattomien osuuksissa ei havaittu eroja vuosien välillä (taulukko 3).

Taulukko 5.3 Alle 35-vuotiaiden reserviläisten vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus vuosina 2003–2015.

Vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus ryhmät	2003 (%)	2008 (%)	2015 (%)
Ei juuri mitään liikuntaa vapaa-ajalla	14,6	13,2	12,1
Verkkaista tai rauhallista liikunta yhtenä tai useampana päivänä viikossa	25,7	19,1	17,8
Ripeää ja reipasta liikunta noin kerran viikossa	13,0	19,1	9,6
Ripeää ja reipasta liikunta noin kaksi kertaa viikossa	19,8	19,5	9,6
Ripeää ja reipasta liikunta noin kolme kertaa viikossa	18,2	17,3	19,0
Ripeää ja reipasta liikunta ainakin neljä kertaa viikossa	8,6	11,8	21,6

Alle 35-vuotiaiden reserviläisten ikä-, koulutus ja tupakointi vakioituissa vertailuissa havaittiin, että keskimääräisesti vyötärönympäryys oli suurempi vuonna 2003 verrattuna vuosiin 2008 ja 2015 ($p < 0,05$). Painoindeksi oli suurempi vuosina 2008 ja 2015 verrattuna vuoteen 2003 (kuva 3).

Kuva 5.3 Alle 35-vuotiaiden reserviläisten vyötärönympäryys ja painoindeksi vuosina 2003–2015. Tulokset ovat ikä-, koulutus- ja tupakointivakioituja.



Painoindeksillä mitattuna normaalipainoisia ja lihavia oli hieman enemmän vuonna 2015 verrattuna vuoteen 2003 ($p < 0,05$), mutta ei verrattuna vuoteen 2008 (taulukko 4). Vyötärölihavien (> 102 cm) osuus oli 9–10 % reserviläisistä vuosina 2003–2015, eivätkä osuudet eivät eronneet vuosien välillä.

Taulukko 5.4 Ikä- ja koulutuspainotetut erot normaalipainoisten, ylipainoisten ja lihaviin osuuksissa vuosien 2003, 2008 ja 2015 välillä.

	2003 (%)	2008 (%)	2015 (%)
Normaalipainoiset (BMI 18,5–24,99)	65,5	56,2	56,3
Ylipainoiset (BMI 25–29,99)	27,3	33,8	31,7
Lihavat (BMI ≥ 30)	7,3	10,0	12,1
Vyötärölihavat (vyötärönympäryys ≥ 102 cm)	9,8	9,0	10,0

5.4 Pohdinta

Reserviläistutkimukset osoittivat, että reserviläisten kestävyyskunnossa aiemmin havaittu heikkenevä trendi on tasaantunut vuosien 2008 ja 2015 välillä [4]. Ylä- ja keskivartalon lihaskunnossa vähintään hyvän tuloksen saavutti noin puolet reserviläisistä ja alaraajojen osalta kaksi kolmasosaa. Yleisesti voidaankin todeta, että reserviläiset ovat Puolustusvoimien viitearvoilla tarkasteltuna paremmassa lihaskunnossa kuin kestävyyskunnossa. Kestävyyden osalta yli puolet reserviläisistä ei saavuttanut Puolustusvoimien alinta tavoitetasoa (taulukko 1) ja liikkuvaan sodankäyntiin soveltuvia oli vain 14 %. Toisaalta hyvällä lihaskunnolla voidaan jonkin verran kompensoida heikkoa kestävyyskuntoa, etenkin niissä työtehtävissä, joissa nostetaan tai kannetaan painavia taakkoja [5]. Lihaskunnan merkitys on tärkeä myös tuki- ja liikuntaelinvammojen ennaltaehkäisyssä [6].

Reserviläisten fyysisen toimintakykyyn liittyvien tutkimustulosten vertaaminen muihin asevoimiin on haasteellista, koska yleiseen asevelvollisuuteen perustuvia asevoimia on yhä harvemmassa maassa, muun muassa Norjassa, Sveitsissä ja Singaporessa. Laajamittaisia, edustuvia ja vertailukelpoisia reserviläisotoksia on vain vähän saatavilla. Norjalaisilla reserviläisillä (Hemvärnet) raportoitiin suomalaisia parempi kestävyyskunto (n. 50 ml/kg/min) [7]. Eroa voi osittain selittää tutkittavien reserviläisten valikoituminen ja eri testimenetelmät. Yleisesti länsimaisten asevoimien sotilaiden fyysisen kunnan muutokset ovat saman suuntaisia kuin Suomessa. Nuorten miesten ja naisten kestävyyskunto hieman heikkenee, lihaskunto säilyy samalla tasolla tai jopa hieman nousee, ja kehon keskipaino nousee.

Reserviläistutkimuksissa, varsinkin vuosina 2008 ja 2015, on laajasti selvitetty fyysisen aktiivisuuden ja kunnan yhteyttä terveyteen. Tutkimukset ovat osoittaneet, että etenkin fyysinen kestävyyskunto on käänteisesti yhteydessä aineenvaihdunnallisiin ja verenkiertoelimistön riskitekijöihin [8-11]. Työmatkapyöräily ja vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus ovat puolestaan yhteydessä parempaan kestävyyskuntoon [12-13]. Kehon painoon suhteutettu lihaskestävyys ja lihasvoima ovat käänteisesti yhteydessä sydän- ja verenkiertoelimistön riskitekijöihin [8-9]. Reserviläistutkimuksissa on lisäksi havaittu, että vapaa-ajan liikunta-aktiivisuus sekä kestävyys- että lihaskunto ovat positiivisesti yhteydessä psyykkiseen hyvinvointiin [14-16]. Nämä tulokset tukevat liikunnan ja fyysisen kunnan merkitystä osana reserviläisten kokonaisvaltaista toimintakykyä.

5.5 Johtopäätökset

Reserviläisten fyysisen kunnan heikkeneminen tasaantui, mutta edelleen yli puolet ei saavuttanut kestävyyskunnan alinta tavoitetasoa ja liikkuvaan sodankäyntiin soveltuvia reserviläisiä oli 15 prosenttia. Reserviläisten lihaskunto oli sen sijaan kestävyyttä paremmalla tasolla ja siinä oli nähtävissä myönteistä kehitystä. Vapaa-ajan liikunnan määrän lisääntyminen oli myös myönteinen havainto. Toisaalta vapaa-ajan liikuntaa harrasta-

mattomien osuus on pysynyt tasaisena, sen ollen noin 10–15 prosenttia reserviläisistä. Kehon koostumuksessa havaittiin vain pieniä eroja ja lihavien osuudessa ei ollut eroja vuosien välillä. Vyötärön ympäryksessä oli havaittavissa positiivista kehitystä sen ollessa pienempi vuosina 2008 ja 2015. Toisaalta painoindeksi oli puolestaan suurempi kyseisinä vuosina. Painoindeksin muutos voi toisaalta heijastella myös isompaa lihasmassaa, joka mahdollisesti näkyi lihaskunnon tuloksissa.

Kaikki keinot, jotka lisäävät reserviläisten liikunta-aktiivisuutta ja fyysistä kuntoa ovat tärkeitä. Vaikka Puolustusvoimilla on rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa reserviläisten toimintakykyyn ja terveyteen varusmiespalveluksen jälkeen, kertausharjoitukset, vapaaehtoinen maanpuolustuskoulutus sekä tiedotus- ja valistustoiminta ovat mahdollisia keinoja. Siksi olisi tärkeää, että jokaiseen kertausharjoitukseen sisältyisi liikunnallinen osuus ja kuntotestit aina, kun se on mahdollista. Maanpuolustuskoulutusyhdistyksen rooli vapaaehtoisen maanpuolustuskoulutuksen koordinaattorina on myös reserviläisten liikuttajana merkittävä. Vapaaehtoisen maanpuolustuskoulutuksen liikuntamahdollisuuksista voisi jakaa informaatiota varusmiespalveluksen lopulla. Marsmars-sovelluksen hyödyntämistä yhtenä keinona fyysisen harjoittelun tukena ja harjoittelutiedon jakajana tulisi jatkaa ja kehittää. Puolustusvoimien yhteistoimintaa eri hallinnon aloilla kansalaisten liikunta-aktiivisuuden lisäämisessä tulisi myös lisätä. Liikkuva koulu -ohjelma on hyvä esimerkki onnistuneesta poikkihallinnollisesta yhteistyöstä koululaisten liikunta-aktiivisuuden lisäämisessä.



5.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Reserviläisten fyysisen kunnon ja toimintakyvyn kehittämistä ja tason säilyttämistä on pyrittävä jatkamaan varusmiespalveluksen jälkeen edistämällä liikkumista ja kannustamalla vapaa-ajan liikunnan harrastamiseen.
- Varusmiespalveluksen liikuntakoulutusta on kehitettävä siten, että se luo tietotaidollisia valmiuksia fyysisen kunnon ylläpitämiseen ja kehittämiseen reservissä.
- Reserviläisten fyysisen kunnon ja toimintakyvyn tutkimuksia on jatkettava säännöllisin väliajoin aiempien tutkimusten tapaan.
- Varusmiespalveluksen aikana tapahtuneiden kuntomuutoksien pysyvyyttä reservissä ei ole tutkittu pitkittäistutkimuksena. Tämä vaatii jatkotutkimuksia.
- Kertausharjoitusten ja vapaaehtoisen maanpuolustuksen roolia reserviläisten liikunta-aktiivisuuden lisäämisessä on pyrittävä tehostamaan.

Lähteet

1. Malmberg J, Fogelholm M, Kyröläinen H, Lepistö P, Lipponen J, Mäntysaari M, Palvalin K, Pietilä H, Santtila M, Suni J (2004). Reserviläisten fyysisen suorituskyvyn tutkimus 2003. Edita Prima Oy, Helsinki.
2. Vaara J, Ohrankämmen O, Vasankari T, Santtila M, Fogelholm M, Kokkonen E, Suni J, Pihlajamäki H, Mäntysaari M, Häkkinen A, Häkkinen K, Kyröläinen H. (2009). Reserviläisten fyysinen suorituskyky 2008. Edita Prima Oy.
3. Vaara J & Kyröläinen H (toim.) (2016). Reserviläisten toimintakyky vuonna 2015. Juvenes Print Oy.
4. Vaara JP, Santtila M, Vasankari T, Fogelholm M, Mäntysaari M, Pihlainen K, Vaara E, Kyröläinen H. Cardiorespiratory and muscular fitness in young adult Finnish men between 2003 and 2015. *Scand J Med Sci Sports*. 2020 Apr;30(4):716-724. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31872487/>
5. Hydren JR, Borges AS, Sharp M. Systematic Review and Meta-analysis of Predictors of Military Task Performance: Maximal Lifting Capacity. *J Strength Cond Res* 2017; 31(4): 1142-1164.
6. Parkkari, J, Taanila, H, Suni, J. (2011) Neuromuscular training with injury prevention counselling to decrease the risk of acute musculoskeletal injury in young men during military service: A population-based, randomized study. *BMC Med* 2011; 9: 35.
7. Aandstad A, Hageberg R, Holme IM, Anderssen SA. Anthropometrics, body composition, and aerobic fitness in Norwegian home guard personnel. *J Strength Cond Res*. 2014 Nov;28(11):3206–14.
8. Vaara JP, Fogelholm M, Vasankari T, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. Associations of maximal strength and muscular endurance with cardiovascular risk factors. *Int J Sports Med*. 2014 Apr;35(4):356-60. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24022567/>
9. Vaara JP, Vasankari T, Fogelholm M, Häkkinen K, Santtila M, Kyröläinen H. Maximal strength, muscular endurance and inflammatory biomarkers in young adult men. *Int J Sports Med*. 2014 Dec;35(14):1229-34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25254894/>
10. Kosola J, Vaara JP, Ahotupa M, Kyröläinen H, Santtila M, Oksala N, Atalay M, Vasankari T. Elevated concentration of oxidized LDL together with poor cardiorespiratory and abdominal muscle fitness predicts metabolic syndrome in young men. *Metabolism*. 2013 Jul;62(7):992-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23490585/>
11. Kujala UM, Vaara JP, Kainulainen H, Vasankari T, Vaara E, Kyröläinen H. Associations of Aerobic Fitness and Maximal Muscular Strength With Metabolites in Young Men. *JAMA Netw Open*. 2019 Aug 2;2(8):e198265. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31441934/>
12. Vaara JP, Kyröläinen H, Fogelholm M, Santtila M, Häkkinen A, Häkkinen K, Vasankari T. Associations of leisure time, commuting, and occupational physical activity with physical fitness and cardiovascular risk factors in young men. *J Phys Act Health*. 2014 Nov;11(8):1482-91. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24384607/>
13. Vaara JP, Vasankari T, Fogelholm M, Koski H, Kyröläinen H. Cycling but not walking to work or study is associated with physical fitness, body composition and clustered cardiometabolic risk in young men. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020 Feb 20;6(1):e000668 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32153983/>

14. Appelqvist-Schmidlechner K, Vaara J, Häkkinen A, Vasankari T, Mäkinen J, Mäntysaari M, Kyröläinen H. Relationships Between Youth Sports Participation and Mental Health in Young Adulthood Among Finnish Males. *Am J Health Promot.* 2018 Sep;32(7):1502-1509. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29268622/>
15. Appelqvist-Schmidlechner K, Vaara JP, Vasankari T, Häkkinen A, Mäntysaari M, Kyröläinen H. Relationship between different domains of physical activity and positive mental health among young adult men. *BMC Public Health.* 2020 Jul 16;20(1):1116. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32677931/>
16. Appelqvist-Schmidlechner K, Vaara JP, Vasankari T, Häkkinen A, Mäntysaari M, Kyröläinen H. Muscular and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life among young adult men. *BMC Public Health.* 2020 Jun 3;20(1):842. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32493259/>

6 Taistelukentän ja sotaharjoitusten kuormitustekijät sekä niihin valmistautuminen

Tommi Ojanen ¹

¹ Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Toimintakykyosasto

6.1 Johdanto

Nykyajan taistelukenttä asettaa haasteita ja vaatimuksia sotilaan fyysiselle ja psyykkiselle toimintakyvyille [1,2]. Teknologian lisääntyminen on helpottanut yksittäisen sotilaan fyysistä ja psyykkistä kuormaa taistelukentällä. Toisaalta kehitys on aiheuttanut sen, että kannettavan taakan määrä on edelleen kasvanut ja palautumiselle on entistä vähemmän aikaa. Taistelukentän muodostamia fysiologisia haasteita sotilaan toimintakyvyille ovat muun muassa univajeesta ja kehon riittämättömästä palautumisesta johtuva fyysisen toimintakyvyn heikentyminen [3-8]. Tämän lisäksi sotilaan toimintakykyyn vaikuttavat negatiivisesti energia- ja nesteveje [9-11], kannettavan lisäkuorman määrä [12-14], ympäristötekijät (kylmä, kuuma, korkeus, saasteet ym.) [15-17], sairaudet ja liikuntaelinvammat sekä psykologiset häiriötekijät [18]. Tästä johtuen on tärkeää, että sotilaille on riittävän hyvä fyysisen ja psyykkisen toimintakyvyn lähtötaso, jotta he selviytyvät tehtävistään stressitekijöistä huolimatta toimintakykyisinä [12,19,20].

Sotilastyö sisältää fyysiseltä kuormitukseltaan useita keskiraskaita tai raskaita tehtäviä [21,22]. Ilman varustusta marssittaessa työn kuormitus on alhainen ollen viiden metabolisen ekvivalentti (MET) - yksikön tasolla (1 MET = 3,6 ml/kg/min) ja taisteluvarustuksen kanssa 7–9 MET:ä. Tyypillisiä sotilastyötehtäviä ovat toistuvat taakan nostamiset, laskemiset, työntämiset ja kantamiset (25-45 kg) sekä marssiminen jalan taisteluvarustuksessa (25–30 kg). Knapik ym. [12] ovat todenneet, että siirtymismatkat sotilaille ovat lyhentyneet ja intensiteetti lisääntynyt. Tyypillisten sotilastehtävien hapenkulutus vaihtelee välillä 18–40 ml/kg/min mikä Espteinin ym. [23] mukaan vastaa 50 % työnkuormituksen säännöllä 36–80 ml/kg/min hapenottokyvyn vaatimusta. Jotta sotilas pystyy suoriutumaan jatkuvasta taistelukentän kuormituksesta uupumatta, edellyttää tämä sotilalta noin 50 ml/kg/min (> 14 MET) tason maksimaalista hapenottokykyä [24]. Sotilaskoulutuksen hetkellinen kuormittavuus voi nousta hyvin raskaan (60–100 % maksimaalisesta aerobisesta tasosta) työn kuormituksen tasolle.

Sotilaan fyysisen aktiivisuuden määrän on havaittu olevan peruskoulutuksen aikana korkea [25-27] verrattuna normaaliin arkeen [28]. Aandstad ym. [29] raportoivat, että norjalaisten reserviläisten askelmäärä ei noussut sotilaskoulutuksessa siviilielämää korkeammaksi. Samansuuntaisia tuloksia ovat raportoineet myös Schulze ym. [30,31], tosin heidän tutkimustuloksissa ei ole eritelty maastoharjoituksia muusta koulutuksesta. Myös muissa viranomaisammattiteissa, kuten esimerkiksi palomiehillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että työvuoron aikana kuormitus koostuu pääasiassa matalatehoisesta aktiivisuudesta, aivan kuin sotilaillakin.

Szivakin & Kramerin [32] mukaan nykyaikainen taistelulentä asettaa sotilaan fyysiselle toimintakyvylle raskaan taakankannon ja lisääntyneen anaerobisen työn seurauksena kasvavia vaatimuksia korostaen teho- ja voimaharjoittelun merkitystä fyysisen toimintakyvyn kehittämisessä. Nopeusominaisuuksien on havaittu olevan positiivisesti yhteydessä sotilaan fyysiseen toimintakykyyn esteradalla [33]. Alavartalon voimatasojen on havaittu olevan positiivisesti yhteydessä marssisuoritukseen ja ylävartalon voiman taas sotilaan taakankantokykyyn [33-35]. Sotilas tarvitsee sekä kestävyys- että voimaominaisuuksia suoriutuakseen tehtävistään taistelulentällä. Tämä on otettava huomioon laadittaessa fyysisen toimintakyvyn harjoitteluohjelmia. Kestävyysharjoittelun liiallinen painottaminen saattaa estää voimaominaisuuksien optimaalista kehittymistä ja lisätä rasitusvammariskiä. Toisaalta voimaharjoittelu vaatii enemmän aikaa ja tilaresurseja, kuten myös harjoitusvaikutusten ymmärtämistä sotilaan toiminnassa [20]. Sotilaiden on sopeuduttava ympäristötekijöiden, kuten lämpötilan, ilmankosteuden ja maaston muotojen aiheuttamaan lisäkuormitukseen. Taistelutilanteessa univaje sekä nesteen ja ravinnon epäsäännöllinen saanti ja/tai vaje heikentävät sotilaan toimintakykyä. Riittävä fyysinen toimintakykyreservi vaimentaa äkillisiä sotilastyön aiheuttamia kuormitushuipuja, vahvistaa elimistön sopeutumismekanismia ja nopeuttaa palautumista [3,36].

6.2 Tutkimusmenetelmät

Sotilaan fyysistä toimintakykyä ja kuormittumista operatiivisessa toiminnassa on tutkittu laajasti kotimaassa ja kansainvälisesti vuosina 2005–2020. Veren hormonipitoisuuksia on seurattu ottamalla verinäytteitä ja analysoimalla niistä muun muassa testosteronin, kortisolin, insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1), sukupuolihormonia sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuuksia. Sotilaan fyysistä toimintakykyä on tutkittu hermolihasjärjestelmän toimintaa mittaavilla testeillä (isometrinen maksimivoima ylä- ja alavartalosta, lihaskestävyys, räjähtävä voimantuotto ja aerobinen / anaerobinen suorituskyky) ennen ja jälkeen sotaharjoituksen. Sotaharjoituksen fyysistä kuormitusta on lisäksi seurattu objektiivisesti aktiivisuus- ja sykemittauksilla sekä subjektiivisesti kartoittamalla rasitustuntemuksia päiväkirjojen ja muiden kyselyjen avulla. Tutkittavan joukon koko on vaihdellut kymmenestä useisiin satoihin koehenkilöihin. Tutkittavina on ollut pääasiassa peruskoulutuksessa olevia sotilaita, mutta joissakin tutkimuksissa kokeneita ammattisotilaita. Kuormittumista

ja palautumista on seurattu edellä mainittujen menetelmien lisäksi mittaamalla sykeväli-vaihtelua. Tarkemmat tiedot yksittäisen tutkimuksen menetelmistä ja tuloksista löytyvät kansainvälisesti julkaistuista artikkeleista (liitetaulukot 1, 2, 3, 4 ja 5).

6.3 Tulokset

Maastoharjoitusten aiheuttama energiavaje on eri tutkimuksissa ollut yhteydessä sotilaiden kehonkoostumukseen, ilmentyen kehonpainon ja rasvamassan laskuna [4,37-40]. Kehon rasvattoman massan lasku on myös mahdollista pitkään jatkuneessa raskaassa sotilaskoulutuksessa [3], kun taas pitkäkestoisissa kansainvälisissä operaatioissa kehon rasvamassa näyttää lisääntyvän [41-43]. Crawford ym. [44] havaitsivat, että suurempi rasvamassa oli yhteydessä heikompaan fyysiseen toimintakykyyn. Samaa tukee myös Mikkolan ym. [45] havainto varusmiesten painoindeksin yhteydestä 12 minuutin juoksu-testin tulokseen.

Tutkimuksissa on havaittu, että taisteluharjoitus aiheuttaa muutoksia elimistön hormonitoimintaan ja immunologiseen säätelyjärjestelmään. Testosteroniarvojen on todettu laskevan 5–20 päivän harjoituksissa 27–49 prosenttia [4,46-48], samalla kortisoliarvojen on todettu nousevan merkittävästi [4,48]. Myös IGF-1 arvojen on havaittu laskevan [4,9,47,49] ja SHBG arvojen nousevan [9,47] taisteluharjoituksen rasituksen vaikutuk-



sesta. Nindl ym. [50] mukaan IGF-1 pitoisuus veressä kertoo kehon fysiologisesta tilasta ja sen lasku on sotilailla haitallista. Alhainen IGF-1 pitoisuus saattaa heikentää elimistön kykyä korjata syntyneitä lihasvaurioita ja heikentää palautumista rasituksesta. Sen vuoksi IGF-1 pitoisuutta voidaan käyttää yhdessä muiden biomarkkereiden kanssa arvioimaan elimistön kuormittuneisuutta ja palautumista. Tulehdusmarkkereiden, kuten IL-6, TNF- α ja CK, on havaittu kohoavan lähtötasoa ylemmäksi [4,18,39,51,52]. Tanskanen ym. [53] havaitsivat, että kolmannes varusmiehistä kärsii ylirasitustilasta peruskoulutuskaudella. Kohonnut COR-, SHBG-pitoisuudet ja TES/COR-suhde olivat yhteydessä varusmiesten ylirasitustilaan ja niitä voitaisiin käyttää mittareina harjoittelun kuormituksen seurannassa [53].

Lyhytkestoisen sotaharjoituksen aiheuttaman kuormituksen on havaittu heikentävän etenkin räjähtävää voimantuottoa. Chester ym. [18] raportoivat 14 päivän selviytymisharjoituksen heikentävän alaraajojen nopeaa voimantuottoa 10 prosentilla. Hammarstrand ym. [48] raportoivat Norjan erikoisjoukkokurssin viikon kestäneen raskaan pääsykokeen aiheuttaneen 28 prosentin heikkenemisen kevennyshypyn testituloksessa, 20 prosentin heikkenemisen alavartalon ja 10 prosentin heikkenemisen ylävartalon voimatasoissa. Voimatasot palautuivat ylävartalon osalta viikon jälkeen, mutta alavartalon maksimivoima ja räjähtävä voima eivät palautuneet lähtötasolle kahden viikon aikana. Suomalaisilla varusmiehillä tehdyn tutkimuksen [25,47] mukaan kolmen viikon mittaisen sotaharjoituksen kuormitus aiheutti 13 prosentin laskun vatsalihastestituloksessa, kolmen prosentin laskun etunojapunnerruksissa ja kuuden prosentin laskun vauhdittomassa pituudessa, mutta ala- ja yläraajojen maksimivoimatasoissa ei havaittu muutoksia. Neljän päivän palautumisjakso ei riittänyt palauttamaan lihaskuntotestien tuloksia lähtötasolle. Useita viikkoja kestävässä raskaassa erikoisjoukkokoulutuksessa [3] on raportoitu maksimivoiman ja maksimaalisen tehon tuoton laskevan jopa 20 prosenttia. Pitkäkestoisissa sotilasoperaatioissa [42,43] on raportoitu kestävyyskunnon heikkenemistä, kun taas lihasvoima, lihasteho ja lihaskestävyys säilyivät tai jopa kehittyivät operaatioiden aikana.

Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu, että sotaharjoituksen aikainen fyysinen rasitus on pääasiassa pitkäkestoista matalatehoista aerobista aktiivisuutta [25]. Lisäksi askelmäärä kasvaa maastossa verrattuna koulutukseen kasarmilla [23]. Taulukossa 1 on esitetty erityyppisten joukkojen kuormittumista taisteluharjoituksessa. Korkein fyysinen aktiivisuus mitattiin jalkaväkijoukoilla, mutta myös muiden aselajien sotilaiden aktiivisuus oli lähes samalla tasolla. Eri tutkimuksissa on havaittu energiankulutuksen kohoavan korkeaksi (6 000–8 000 kcal), ja energiankulutus on tyypillisesti energiansaantia korkeampi maastoharjoitusten aikana [4,10,38,39]. Neste- ja ravintotasapainolla on erittäin tärkeä merkitys sotilaan taistelukelpoisuuden ja toimintakyvyn ylläpitämisessä sekä elimistön palautumisessa.

Taulukko 6.1 Fyysinen aktiivisuus taisteluharjoituksessa ryhmittäin (ka ja sd).
(Kevyt = 1,5–3,5 MET, Reipas = 3,5–6,0 MET ja Rasittava = yli 6,0 MET)

	Askeleet (kpl)	Istuun (h:min:s)	Seisten (h:min:s)	Kevyt (1.5-3.5MET) (h:min:s)	Reipas (3.5-6.0MET) (h:min:s)	Rasittava (>6.0MET) (h:min:s)
Puolustus1	20435 ± 4806	8:07:45 ± 1:26:19	2:52:06 ± 0:27:38	4:01:25 ± 0:30:02	2:23:22 ± 0:43:17	0:04:28 ± 0:05:20
Puolustus2	16694 ± 5413	7:42:12 ± 0:39:10	2:55:19 ± 0:52:29	4:30:19 ± 1:04:49	1:51:21 ± 0:39:59	0:06:57 ± 0:04:18
Hyökkäys1	13056 ± 2675	8:01:16 ± 1:05:44	2:08:51 ± 0:36:25	3:53:37 ± 0:36:46	1:27:17 ± 0:19:29	0:04:28 ± 0:05:12
Viesti	14374 ± 1117	7:42:38 ± 0:39:06	2:54:02 ± 0:11:49	5:06:32 ± 0:41:49	1:40:45 ± 0:06:14	0:03:25 ± 0:05:25
Suojaus1	10416 ± 2401	7:42:02 ± 1:26:32	3:53:37 ± 1:09:42	3:39:38 ± 0:36:33	0:51:24 ± 0:14:20	0:07:24 ± 0:02:38
Suojaus1 Krh	8177 ± 2252	7:13:45 ± 1:24:37	4:19:32 ± 1:00:47	3:06:59 ± 0:26:05	0:46:01 ± 0:07:42	0:00:55 ± 0:01:10
Puolustus2 Krh	11242 ± 3110	8:02:00 ± 1:04:32	2:32:03 ± 0:36:53	3:15:41 ± 0:26:38	1:14:53 ± 0:18:59	0:06:45 ± 0:01:35
Hyökkäys1 Tkm	11247 ± 3076	8:12:44 ± 1:05:13	2:26:17 ± 0:35:35	3:28:00 ± 0:29:06	1:03:37 ± 0:14:28	0:08:28 ± 0:04:33

Puolustus1 ja Puolustus2 = Puolustava jääkärikomppania; Hyökkäys = Hyökkäävä jääkärikomppania, Viesti = Viestikomppania;
 Suojaus = Suojaavan maakuntakomppanian jääkärijoukkue; SuojausKrh = Suojaavan maakuntakomppanian kranaatinheitinjoukkue;
 Puolustus2 Krh = Puolustavan jääkärikomppanian kranaatinheitinjoukkue; Hyökkäys Tkm = Hyökkäävän taisteluosaston tykkipatteri.

6.4 Pohdinta

Sodan teknistymisestä huolimatta sotilas tarvitsee riittäviä kestävyys- ja voimaominaisuuksia selviytyäkseen menestyksellisesti tehtävistään taistelukentällä [20,53]. Sotilaan fyysisen kunnon tulisi olla riittävän hyvällä tasolla jo ennen taistelun alkamista, koska taistelutilanteessa ei ole aikaa tai mahdollisuutta kunnon kohottamiseen. Riittävän kestävyyskunnan ohella on tärkeää kehittää samanaikaisesti voima- ja nopeusominaisuuksia, joiden taso määritetään sotilastehtävien fyysisten vaatimusten perusteella. Vaatimuksia määritettäessä otetaan huomioon kestävyys, anaerobinen teho, maksimi- ja nopeusvoimaominaisuudet. Edellä mainittujen ominaisuuksien mittaaminen on tärkeässä roolissa kehitettäessä tehokkaimpia harjoitusohjelmia sotilaille. Mala ym. [55] havaitsivat, että voima- ja tehontuotto-ominaisuudet korreloivat voimakkaasti korkean intensiteetin sotilastehtäviin lisäkuorman kanssa tai ilman suoritettuna. Pihlainen ym. [56] raportoivat, että kevennyshyppy, 3 000 m juoksuaika, lihassassa ja etunojapunnerrukset selittivät 60 prosenttisesti sotilastehtäväradan suoritusaikaa. Lisäksi Sporis ym. [57] totesivat anaerobisen kestävyuden ja voiman olevan tärkeitä ominaisuuksia sotilaan toimintakyvylle operatiivisissa tehtävissä.

Hyvässä kestävyyskunnossa oleva sotilas jaksaa pidempään, väsy hitaammin, palautuu nopeammin ja hänellä on suurempi suorituskykyreservi. Hyvä kestävyyskunto ennaltaehkäisee lisäksi tuki- ja liikuntaelinvammoja ja ylläpitää terveyttä sekä ehkäisee sydän- ja verisuonisairauksia. Vähän liikuntaa harrastaneilla ja aloittelijoilla kestävyysharjoittelun on raportoitu, kestävyyskunnan kohoamisen lisäksi, kasvattavan myös lihassassaa, etenkin harjoittelun alkuvaiheessa. Optimaalinen voimaharjoittelu kasvattaa lihassassaa, maksimi- ja räjähtävää voimaa, kun taas liiallinen aerobinen harjoittelu saattaa häiritä voimaharjoittelun optimaalisia adaptaatioita. Matalatehoinen sotilastyö vaikuttaa negatiivisesti nopeiden lihassolujen aktivointiin, mistä johtuen sotilaan on tärkeää tehdä maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelua. Voimaharjoittelun on osoitettu parantavan myös kestävyyskuntoa parantuneen liikkumisen taloudellisuuden myötä. Ylävartalon korkeamman voimatason on havaittu tutkimuksissa olevan yhteydessä parempaan taakankantokykyyn. Voimaharjoittelulla ja hyvällä lihaskunnolla on lisäksi todettu olevan tuki- ja liikuntaelinvammariskiä ennaltaehkäiseviä vaikutuksia. Sotilaan fyysisessä harjoittelussa on tärkeää jaksottaa harjoittelua siten, että kestävyys- ja voimaominaisuuksia voidaan ylläpitää ja kehittää samanaikaisesti.

Fyysisen harjoittelun ohjelmointi sotilaskoulutuksen yhteydessä on monesti haastavaa, koska fyysinen kokonaisuormitus kasvaa helposti liian korkeaksi ja johtaa ylipäätös- ja lopulta ylikuntotilaan. Kahdeksan viikon lineaarisen voimaharjoittelun on osoitettu kehittävän sotilaan fyysistä toimintakykyä Kreikan laivaston kadeteilla tehtäväkohtaisissa voima- ja ketteryysominaisuuksissa [58]. Norjan laivaston erikoisjoukkojen harjoittelututkimuksessa vertailtiin lineaarista ja ei-lineaarista harjoitteluohjelmointia [59]. Tutkimuksessa todettiin, että kumpikin ohjelmointitapa on toimiva. Ei-lineaarinen näyttäisi olevan toteuttamiskelpoisempi silloin, kun sotilaat ovat valmiudessa, eikä harjoittelua

kyetä toteuttamaan suunnitelmallisesti ja säännöllisesti. Abt ym. [60] tutkivat 12 viikon ei-lineaarisen harjoittelun tehokkuutta verrattuna blokkiohjelmointiin. Kumpikin ohjelma johti fyysisen toimintakyvyn kehittymiseen eri kunto-ominaisuuksissa, mutta blokkiohjelmointi tuotti paremmat harjoitteluvasteet. Näiden tutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että perinteinen lineaarinen harjoitteluohjelmointi soveltuu koulutusvaiheisiin (esimerkiksi pitkäkestoiset koulutukset ja kurssit), joissa harjoittelu voidaan toteuttaa harjoitussuunnitelman mukaisesti ja säännöllisesti. Ei-lineaarinen ohjelmointi sopii tilanteisiin, joissa ei ole selkeää tietoa tulevista tehtävistä tai ollaan toimintavalmiudessa. Blokkiohjelmointia voidaan soveltaa tilanteessa, jossa halutaan parantaa jotain yksittäistä kunto-ominaisuutta tai, kun käytettävissä ei ole riittäviä harjoitteluvälineitä.

6.5 Johtopäätökset

Taistelukentän ja sotaharjoitusten kuormitustekijöiden tunteminen ja niiden vaikutus sotilaan toimintakykyyn on tärkeää koulutuksen suunnittelun kannalta. Kun kuormitustekijät tunnetaan hyvin, pystytään harjoittelemaan suunnitelmallisesti ja parantamaan taistelukentällä vaadittavia valmiuksia. Joukkojen tulisi lisäksi hallita levon ja ravinnon merkitys kokonaistoimintakyvyn ylläpidossa. Menestyminen taistelukentällä edellyttää sotilailta monipuolisia kestävyys- ja voimaominaisuuksia. Tämän vuoksi yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu on tärkein sotilaan harjoittelumenetelmä. Tutkimusten mukaan alaraajojen räjähtävä voimantuotto, kehon rasvaton massa ja anaerobinen teho sekä kestävyyskunto ovat yhteydessä menestykselliseen toimintaan taistelukentillä ja monissa eri sotilastehtävissä. Sotilaiden suorituskykyreservit ovat lähtökohtatilanteessa tärkeässä roolissa pitkittyneessä operatiivisessa toiminnassa, koska fyysisen toimintakyvyn ylläpitäminen on tällöin rajoittunutta.

Sotilaan fyysisen toimintakyvyn harjoittelun ja kehittämisen tulisi olla säännöllistä ottaen huomioon tehtäväkohtaiset vaatimukset. Tulevaisuudessa on tärkeää tutkia, mitä fyysisiä ominaisuuksia eri sotilastehtävissä edellytetään, jotta pystytään luomaan oikeanlaisia ja tehokkaita harjoitusohjelmia. Ymmärrys keskeisistä taistelukentällä vaadittavista fyysisistä ominaisuuksista mahdollistaa optimaalisen harjoittelun ohjelmoinnin ja kuormituksen säätelyn. Edellä mainitut asiat huomioon ottaen voidaan tarjota yksilöllisempiä harjoitusohjelmia, jotka motivoivat sotilaita ylläpitämään ja kehittämään fyysistä toimintakykyään entistä paremmin ja tehokkaammin.

6.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Määritetään poikkeusolojen tehtäväkohtaiset toimintakykyvaatimukset ja laaditaan tehtäväkohtaisen fyysisen toimintakyvyn ylläpitämiseen liittyvät harjoitusohjelmat.
- Harjoittelun ohjelmoinnissa painotetaan yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua, ja niiden perusteet koulutetaan jo varusmieskoulutuksen aikana.
- Kehitetään fyysisen toimintakyvyn mittaus- ja seurantamenetelmiä, joilla testaan sotilaille tärkeitä ominaisuuksia, kuten alaraajojen räjähtävää voimantuottoa, kehon rasvatonta massaa, anaerobista tehoa ja kestävyyskuntoa.
- Jatketaan tutkimusta taistelukentän kuormitustekijöistä ja olosuhteista sekä niiden vaikutuksista sotilaan toimintakyvyn ylläpitoon, mukaan lukien unen, ravinnon ja pitkittyneen fyysisen aktiivisuuden vaikutukset.

Liitteet

Liitetaulukko 1. Kuorman vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn

Liitetaulukko 2. Fyysisen toimintakyvyn ja kehonkoostumuksen muutokset Suomessa tehdyissä kansainvälisissä tutkimuksissa

Liitetaulukko 3. Fyysisen toimintakyvyn ja kehonkoostumuksen muutokset maailmalla tehdyissä kansainvälisissä tutkimuksissa

Liitetaulukko 4. Hormonaalisen ja immunologisen säätelyjärjestelmän tekijöiden muutokset kansainvälisissä tutkimuksissa sotilailla

Liitetaulukko 5. Energia- ja univajeen vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn kansainvälisissä tutkimuksissa

Liitetaulukko 1. Kuorman vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn.

Tutkimus	N, maa	Tutkimuksen aihe	Yhteenveto tuloksista
Treloar ym. 2011 ⁶¹	17, USA	30 m juoksu taisteluvälikokkeiden (21,6 kg) kanssa ja ilman	Aika ↑ 2,0 sek kuorman kanssa 51,7 % ensimmäisten 5 metrin aikana
Fallowfield ym. 2012 ⁶²	12, Iso-Britannia	19,3 km marssi (kuorma 31 kg)	Keskisyke 145 krt/min Kevennyshyppy ↓ 8 % Tehontuotto ↓ 5 %
Knapik ym. 2012 ¹²	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä harjoittelututkimuksia	Aerobinen / Voimaharjoittelu yksinään ei yhtä tehokasta kuin yhdistettynä taakankantoharjoitteluun
O'Neal ym. 2014 ⁶³	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä harjoittelututkimuksia	Kuormankantoharjoittelu heikkokuntoisilla lisää loukkaantumiseriskiä
Mala ym. 2015 ⁵⁵	18, USA	Kuorman (37 kg) kanssa tai ilman tehty tehtävärata	Ala- ja ylävartalon voiman sekä alavartalon tehon-tuoton ja suoritusajan välillä selkeä yhteys
Billing ym. 2015 ⁶⁴	19, AUS	Kuormankannon vaikutus selviytymiseen tulitaistelussa	Parempi kyky kantaa kuormaa auttoi selviytymään tulitaistelussa
Taylor ym. 2016 ⁶⁵	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä tutkimuksia	Kuormankanto vaikuttaa sotilaan toimintakykyyn heikentävästi. Sitä on tärkeää testata lajinomaisesti
Charterjee ym. 2017 ⁶⁶	12, IND	Korkean ilmanalan vaikutus kuormankantokykyyn	VO ₂ maksimi lasku korkealla vaikuttui negatiivisesti kuormankantokykyyn
Joseph ym. 2018 ⁶⁷	Review-artikkeli	Kuormankannon vaikutus nopeaan voimantuottoon ja ketteryyteen	Kuormankanto vaikuttaa heikentävästi nopeaan voimantuottoon ja ketteryyteen
Boffey ym. 2019 ⁶⁸	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä tutkimuksia	Kuorman ja kantovauhti tulisi pitää alle 45% VO ₂ maksimista pitkäkestoisessa taakankannossa
Orr ym. 2019 ⁶⁹	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä tutkimuksia	Alavartalon voima ja tehontuotto ovat tärkeimmät tekijät taakankanto-suorituksessa

Liitetaulukko 2. Fyysisen toimintakyvyn ja kehonkoostumuksen muutokset Suomessa tehdyissä kansainvälisissä tutkimuksissa.

Tutkimus	N, Maa	Tutkimusasetelma	Yhteenvedo tuloksista	Mittausmenetelmä
Kyröläinen ym. 2008 ⁴	7, Suomi	20 päivän sotaharjoitus	Kehonpaino ↓ 4,2 %	Vaaka Ihopoimimittaus
Santtila ym. 2008 ⁷⁰	72, Suomi	8 viikon peruskoulutus kausi Kestävyyspainotus (ET) Voimapainotus (ST) Normaali harjoittelu (CON)	VO ₂ max; ST 12,0%, ET 8,5%, CON 13,4% Rasva% ↓ Jalkojen ojennus; ST 9,1%, ET 12,9%	Vaaka InBody Dynamometri pp-ergo
Mikkola ym. 2012 ⁴⁵	945, Suomi	Aerobisen kunnan ja kehonkoostumuksen muutokset varusmiespalveluksessa	Juoksumatka ↑ 6,8 %	Cooperin testi InBody
Rintamäki ym. 2012 ⁷¹	20, Suomi	Kuumuuden vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn	Kehonpaino ↓ 3,6 % Vatsalihastesti ↑ 10,9 % Jalkojen ojennus ↑ 7,7, %	InBody Lihaskuntotestit Dynamometri Cooperin testi
Tanskanen ym. 2012 ⁴⁰	26, Suomi	8 päivän talvisotaharjoitus	Kevennyshyppy ↔ Puristusvoima ↓ 4 % 3 km juoksu ↓ 6 %	Kevennyshyppy Puristusvoima 3 km juoksu 20kg repun kanssa
Vaara ym. 2015 ⁴⁹	52, Suomi	Laskuvarjojääkäreiden 11 viikon hyppyperuskoulutuskausi, jonka aikana viiden päivän taisteluharjoitus	Vauhditon pituus ↓ Punnerrukset ↑ Vatsalihakset ↑	Lihaskuntotestit Dynamometri Cooperin testi
Ojanen ym. 2018 ²⁵	61, Suomi	21 päivän sotaharjoitus	Kehonpaino ↓ 2,6 % Punnerrukset ↓ 2,5 % Vatsalihakset ↓ 13,0 % Vauhditon pituus ↓ 5,7%	InBody Lihaskuntotestit 3,2 km pikamarssi
Salonen ym. 2019 ⁷²	20, Suomi	7 päivän sotaharjoitus	Jalkojen ojennus ↔ Puristusvoima ↔ Käsien ojennus ↔	Dynamometri Puristusvoima

Liitetaulukko 3. Fyysisen toimintakyvyn ja kehonkoostumuksen muutokset maailmalla tehdyissä kansainvälisissä tutkimuksissa.

Tutkimus	N, Maa	Tutkimusasetelma	Yhteenveto tuloksista	Mittausmenetelmä
Nindl ym. 2007 ³	50, USA	8 viikon U.S. Army Ranger – koulutus	Maksimiteho ↓ 21 % Maksimivoima ↓ 20 % Kehonpaino ↓ 12,6 % Rasvaton kehonmassa ↓ 6 %	Dynamometri DEXA
Sharp ym. 2008 ⁴³	110, USA	9 kk operaation vaikutukset sotilaan toimintakykyyn	VO ₂ max ↓ 4,5 % Kuntopallon heitto ↓ 4,9 % Kehonpaino ↓ 1,9 % Rasvatonmassa ↓ 3,5 % Rasvaprosentti ↑	VO ₂ max juosten Voimatestit Kuntopallon heitto DEXA
Lester ym. 2010 ⁴²	73, USA	13 kk operaation vaikutukset sotilaan toimintakykyyn	Ylä- ja alavartalon voima ↑ (7/8%) Ylävartalon teho ↑ 9 % Rasvaton paino ↑ 3 % Aerobinen kestävyys ↓ 13 % Rasvamassa ↑ 9%	Voimatestit 2 mailin juoksu DEXA
Crawford ym. 2011 ⁴⁴	99, USA	Kehon rasvaprosentin vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn	Vähemmän rasvaa; Aerobia ja anaerobia ↑ Lihassoima ↑	VO ₂ max juosten Isokineettiset voimatestit Lihaskuntotestit
Chester ym. 2013 ¹⁸	14, Australia	14 päivän selviytymisharjoitus	Kehonpaino ↓ 8% Alaraajojen nopeusvoima ↓ 10%	Esikevennyshyppy
Fallowfield ym. 2014 ⁷³	249, Iso-Britannia	6 kk operaation vaikutukset sotilaan toimintakykyyn	Alussa kehonpaino laski -4,6%, mutta palautui osittain toisella puoliskolla +2.2%	Ihopoimimittaus Painonmittaus
Margolis ym. 2014 ³⁹	21, Norja	7 päivän talviharjoitus	Vertikaalihyppy ↓ 9%	Vertikaalihyppy
Hamarsland ym. 2018 ⁴⁸	15, Norja	Erikoisjoukkojen valintaviikko	Kehonpaino ↓ 5.3 kg Jalkojen ojennus ↓ 20% Käsien ojennus ↓ 9% Kevennyshyppy ↓ 28%	InBody Isometriset voimatestit Kevennyshyppy
Szivak ym. 2018 ⁷⁴	20, USA	14 vrk:n Selviytymisharjoitus (SERE)	Puristusvoima ↔ Vertikaalihyppy ↔ Kehon paino ↓	Puristusvoima Vertikaalihyppy Painon mittaus
Vikmoen ym. 2020 ⁷⁵	35, Norja; 23 miestä, 12 naista	6 vrk:n sotaharjoitus	Kehon paino; ↓ 8,2% (M), ↓ 3,8% (N) CMJ; ↓ 19,4% (M), ↓ 19,0% (N) Kuntopallo; ↓ 10,4% (M), ↓ 13,5% (N) Evakuointi; ↑ 58,9% (M), 49,0% (N)	InBody Kevennyshyppy Kuntopallon heitto Evakuointitesti

Liitetaulukko 4. Hormonaalisen ja immunologisen säätelyjärjestelmän tekijöiden muutokset kansainvälisissä tutkimuksissa sotilailla.

Tutkimus	N, maa	Tutkimusasetelma	Yhteenveto tuloksista
Nindl ym. 2006	10, USA	84 tunnin fyysisesti kova harjoitus, jonka aikana energia- ja univaje	IGF-1 ↓ 27 % Testosteroni ↓ 24 % Leptiini ↓ 47 %
Nindl ym. 2007 ³	50, USA	8 viikon US Army Ranger -kurssi	Testosteroni ↓ IGF-1 ↓ Kortisoli ↑
Kyröläinen ym. 2008 ⁴	7, Suomi	20 päivän laskuvarjojääkärien tiedusteluharjoitus	Testosteroni ↓ 27 % alussa Kortisoli ↑ 32 % alussa
Aleman ym. 2008 ⁹	34, USA	8 päivän fyysisesti kova harjoitus, jonka aikana energia- ja univaje	IGF-1 ↓ 50 % Testosteroni ↓ 49 % SHBG ↑ 66 %
Santtila ym. 2009 ⁷⁷	72, Suomi	Varusmiesten 8 viikon peruskoulutuskausi jaettuna kolmeen eri harjoitteluryhmään	Testosteroni ↑ 16,3–26,6 % (kaikki ryhmät) Kortisoli ↑ 11,1 % (voimaryhmä)
Tyyskä ym. 2010 ⁷⁸	9, Suomi	15 päivän taisteluharjoitus, tutkittavat kantahenkilökuntaan kuuluvia upseereja	Testosteroni SHBG – suhde ↓ 28 % heikkokuntoisilla
Tanskanen ym. 2011 ⁵⁴	57, Suomi	Varusmiesten peruskoulutuskausi (8 viikkoa) aikana tutkittiin hormonien ja kuormittumisen yhteyksiä	SHBG ↑ IGF-1 ↓ Kortisoli ↓
Chester ym. 2013 ¹⁸	14, Australia	15 päivän selviytymisharjoitus, jonka aikana energia- ja univaje	CK ↑ 128 % IL-6 ↔
McLung ym. 2013 ³²	21, USA	Seitsemän päivän taisteluharjoitus, jonka aikana 54 km:n hiihtomarssi	IL-6 ↑ 37 %
Margolis ym. 2014 ³⁹	21, USA	Seitsemän päivän taisteluharjoitus, jonka aikana 54 km:n hiihtomarssi	CK ↑ 356 %
Vaara ym. 2015 ⁴⁹	52, Suomi	Laskuvarjojääkäreiden 11 viikon hypy-peruskoulutuskausi jonka aikana viiden päivän taisteluharjoitus	Kokonais IGF-1 ↓ 28 %
Szivač ym. 2018 ⁷⁴	20, USA	U.S. NAVYn SERE -kurssi	ADR + NORADR ↑
Ojanen ym. 2018 ²⁵	61, Suomi	21 päivän sotaharjoitus	TES ↓ 13 %, COR ↑ 32%, IGF-1 ↓ 20%, SHBG ↑ 14 %
Ojanen ym. 2018 ⁷⁹	61, Suomi	21 päivän sotaharjoitus	TNF-α ↓ 25 %, IL-6 ↓ 22 %, CK ↓ 33 %
Hamarsland ym. 2018 ⁴⁸	15, NOR	Norjan erikoisjoukkojen valintakoeviikko	TES ↑ 70%, COR ↑ 154%, IGF-1 ↓ 51%

Liitetäulukko 5. Energia- ja univajeen vaikutus sotilaan fyysiseen toimintakykyyn kansainvälisissä tutkimuksissa.

Tutkimus	N, maa	Tutkimusasetelma	Yhteenveto tuloksista
Nindl ym. 2007 ³	50, USA	8 viikkoa intensiivinen sotilasjakso	20 % lasku maksimivoimassa ja tuotetussa tehossa
Kyröläinen ym. 2008 ⁴	7, Suomi	20 päivän laskuvarjojääkärien tiedusteluharjoitus	Alussa suuri energiavaje (4000 kcal/pv), lopussa pienempi (1000 kcal/pv) => hormonitasot palautuivat
Tanskanen ym. 2012 ⁴⁰	26, Suomi	8 päivän fyysisesti raskas sotaharjoitus, jossa tutkittiin lisäproteiinin vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn	Ei vaikuttanut fyysiseen aktiivisuuteen tai energiavajeeseen
Margolis ym. 2014 ³⁹	21, Norja	7 päivän sotaharjoitus talviolosuhteissa, jossa 4 päivän taisteluvaihe, jonka jälkeen 3 päivän hiihtomarsi (54 km)	Hiihtomarssin aikana energian kulutus suurempaa kuin taisteluvaiheessa (6851 vs 5480 kcal)
Richmond ym. 2014 ¹¹	40, USA	8 viikon fyysisesti raskas koulutus	Energiavajeesta aiheutui 5,1 kg keskimääräinen kehonpainon lasku
Johnson ym. 2017 ³⁸	29, USA	Kylmän ja kuuman ympäristön vaikutus energiankulutukseen erikoisjoukkosotilailla	Energiavaje 2200 kcal/vrk, energiansaanti isompi kylmässä
Tassone ym. 2017 ³⁷	Review-artikkeli	Useita kansainvälisiä tutkimuksia	Kehon painoa ja -koostumusta tulisi seurata ennen jälkeen pitkien harjoitusten
Vaara ym. 2018 ⁸⁰	20, Suomi	60 tunnin valvomisen vaikutus fyysiseen toimintakykyyn kadeteilla	Univajeella ei vaikutusta maksimaaliseen aerobiseen / neuromuskulaariseen suorituskykyyn, mutta submaksimaaliseen heikentävästi.

Lähteet

1. Nindl BC, Castellani JW, Warr BJ, Sharp MA, Henning PC, Spiering BA, Scofield DE. Physiological Employment Standards III: physiological challenges and consequences encountered during international military deployments. *Eur J Appl Physiol.* 2013 Nov;113(11):2655-72. doi: 10.1007/s00421-013-2591-1. Epub 2013 Feb 22. PMID: 23430237.
2. Henning PC, Park BS, Kim JS. Physiological decrements during sustained military operational stress. *Mil Med.* 2011 Sep;176(9):991-7. doi: 10.7205/milmed-d-11-00053. PMID: 21987955.
3. Nindl BC, Barnes BR, Alemany JA, Frykman PN, Shippee RL, Friedl KE. Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug;39(8):1380-7. doi: 10.1249/MSS.0b013e318067e2f7. PMID: 17762372.
4. Kyröläinen H, Karinkanta J, Santtila M, Koski H, Mäntysaari M, Pullinen T. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2008 Mar;102(5):539-46. doi: 10.1007/s00421-007-0619-0. Epub 2007 Nov 27. PMID: 18040709.
5. Diment BC, Fortes MB, Greeves JP, Casey A, Costa RJ, Walters R, Walsh NP. Effect of daily mixed nutritional supplementation on immune indices in soldiers undertaking an 8-week arduous training programme. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Apr;112(4):1411-8. doi: 10.1007/s00421-011-2096-8. Epub 2011 Aug 6. PMID: 21822678.
6. Henning PC, Scofield DE, Spiering BA, Staab JS, Matheny RW Jr, Smith MA, Bhasin S, Nindl BC. Recovery of endocrine and inflammatory mediators following an extended energy deficit. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014 Mar;99(3):956-64. doi: 10.1210/jc.2013-3046. Epub 2013 Dec 11. PMID: 24423293.
7. Williams SG, Collen J, Wickwire E, Lettieri CJ, Mysliwiec V. The impact of sleep on soldier performance. *Curr Psychiatry Rep.* 2014 Aug;16(8):459. doi: 10.1007/s11920-014-0459-7. PMID: 24942599.
8. Grandou C, Wallace L, Fullagar HHK, Duffield R, Burley S. The Effects of Sleep Loss on Military Physical Performance. *Sports Med.* 2019 Aug;49(8):1159-1172. doi: 10.1007/s40279-019-01123-8. PMID: 31102110.
9. Alemany JA, Nindl BC, Kellogg MD, Tharion WJ, Young AJ, Montain SJ. Effects of dietary protein content on IGF-I, testosterone, and body composition during 8 days of severe energy deficit and arduous physical activity. *J Appl Physiol (1985).* 2008 Jul;105(1):58-64. doi: 10.1152/jappphysiol.00005.2008. Epub 2008 May 1. PMID: 18450989.
10. Margolis LM, Rood J, Champagne C, Young AJ, Castellani JW. Energy balance and body composition during US Army special forces training. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013 Apr;38(4):396-400. doi: 10.1139/apnm-2012-0323. Epub 2013 Apr 3. PMID: 23713532.
11. Richmond VL, Horner FE, Wilkinson DM, Rayson MP, Wright A, Izard R. Energy balance and physical demands during an 8-week arduous military training course. *Mil Med.* 2014 Apr;179(4):421-7. doi: 10.7205/MILMED-D-13-00313. PMID: 24690967.
12. Knapik JJ, Harman EA, Steelman RA, Graham BS. A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. *J Strength Cond Res.* 2012 Feb;26(2):585-97. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182429853. PMID: 22130400.
13. Drain J, Billing D, Neesham-Smith D, Aisbett B. Predicting physiological capacity of human load carriage - a review. *Appl Ergon.* 2016 Jan;52:85-94. doi: 10.1016/j.apergo.2015.07.003. Epub 2015 Jul 24. PMID: 26360198.

14. Taylor NA, Peoples GE, Petersen SR. Load carriage, human performance, and employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016 Jun;41(6 Suppl 2):S131-47. doi: 10.1139/apnm-2015-0486. PMID: 27277563.
15. Korzeniewski K, Nitsch-Osuch A, Chciałowski A, Korsak J. Environmental factors, immune changes and respiratory diseases in troops during military activities. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013 Jun 1;187(1):118-22. doi: 10.1016/j.resp.2013.02.003. Epub 2013 Feb 10. PMID: 23403385; PMCID: PMC7172301.
16. Bakker-Dyos J, Vanstone S, Mellor AJ. High altitude adaptation and illness: military implications. *J R Nav Med Serv.* 2016;102(1):33-9. PMID: 29984977.
17. Parsons IT, Stacey MJ, Woods DR. Heat Adaptation in Military Personnel: Mitigating Risk, Maximizing Performance. *Front Physiol.* 2019 Dec 17;10:1485. doi: 10.3389/fphys.2019.01485. PMID: 31920694; PMCID: PMC6928107.
18. Chester AL, Edwards AM, Crowe M, Quirk F. Physiological, biochemical, and psychological responses to environmental survival training in the Royal Australian Air Force. *Mil Med.* 2013 Jul;178(7):e829-35. doi: 10.7205/MILMED-D-12-00499. PMID: 23820360.
19. Flanagan SC, Kotwal RS, Forsten RD. Preparing soldiers for the stress of combat. *J Spec Oper Med.* 2012 Summer;12(2):33-41. PMID: 22707023.
20. Friedl KE, Knapik JJ, Häkkinen K, Baumgartner N, Groeller H, Taylor NA, Duarte AF, Kyröläinen H, Jones BH, Kraemer WJ, Nindl BC. Perspectives on Aerobic and Strength Influences on Military Physical Readiness: Report of an International Military Physiology Roundtable. *J Strength Cond Res.* 2015 Nov;29 Suppl 11:S10-23. doi: 10.1519/JSC.000000000001025. PMID: 26506170.
21. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Schmitz KH, Emplainscourt PO, Jacobs DR Jr, Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Sep;32(9 Suppl):S498-504. doi: 10.1097/00005768-200009001-00009. PMID: 10993420.
22. Sperlich B, Krueger M, Zinner C, Achtzehn S, de Marées M, Mester J. Oxygen uptake, velocity at lactate threshold, and running economy in elite special forces. *Mil Med.* 2011 Feb;176(2):218-21. doi: 10.7205/milmed-d-10-00234. PMID: 21366088.
23. Knapik JJ, Darakjy S, Hauret KG, Canada S, Marin R, Jones BH. Ambulatory physical activity during United States Army basic combat training. *Int J Sports Med.* 2007 Feb;28(2):106-15. doi: 10.1055/s-2006-924147. Epub 2006 Oct 6. PMID: 17024623.
24. Epstein Y, Rosenblum J, Burstein R, Sawka MN. External load can alter the energy cost of prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;57(2):243-7. doi: 10.1007/BF00640670. PMID: 3349993.
25. Lindholm, H., Ilmarinen, R., Santtila, M., Oksa, J., Rissanen, S., Hirvonen, A., Mälkiä, E., Rusko, H., Mäntysaari, M. & Kyröläinen, H. (2009). Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskyky ja kuormituksen sekä kuormittuminen arviointi kenttäolosuhteissa. MATINEN loppuraportti hankkeesta 672.
26. Wyss T, Scheffler J, Mäder U. Ambulatory physical activity in Swiss Army recruits. *Int J Sports Med.* 2012 Sep;33(9):716-22. doi: 10.1055/s-0031-1295445. Epub 2012 Jun 15. PMID: 22706943.
27. Ojanen T, Häkkinen K, Vasankari T, Kyröläinen H. Changes in Physical Performance During 21 d of Military Field Training in Warfighters. *Mil Med.* 2018 May 1;183(5-6):e174-e181. doi: 10.1093/milmed/usx049. PMID: 29420780.
28. Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, Kang M. Revisiting "how many steps are enough?". *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Jul;40(7 Suppl):S537-43. doi: 10.1249/MSS.0b013e31817c7133. PMID: 18562971.

29. Aandstad A, Hageberg R, Holme IM, Anderssen SA. Objectively Measured Physical Activity in Home Guard Soldiers During Military Service and Civilian Life. *Mil Med.* 2016 Jul;181(7):693-700. doi: 10.7205/MILMED-D-15-00147. PMID: 27391624.
30. Schulze C, Lindner T, Goethel P, Müller M, Kundt G, Stoll R, Mittelmeier W, Bader R. Evaluation of the physical activity of German soldiers depending on rank, term of enlistment, and task area. *Mil Med.* 2015 May;180(5):518-23. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00276. PMID: 25939105.
31. Schulze C, Lindner T, Goethel P, Müller M, Mittelmeier W, Bader R. Influence of Individual Determinants on Physical Activity at Work and During Leisure Time in Soldiers: A Prospective Surveillance Study. *US Army Med Dep J.* 2016 Jan-Mar;53-9. PMID: 26874098.
32. Szivak TK, Kraemer WJ. Physiological Readiness and Resilience: Pillars of Military Preparedness. *J Strength Cond Res.* 2015 Nov;29 Suppl 11:S34-9. doi: 10.1519/JSC.000000000001073. PMID: 26506195.
33. Harman EA, Gutekunst DJ, Frykman PN, Nindl BC, Alemany JA, Mello RP, Sharp MA. Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. *J Strength Cond Res.* 2008 Mar;22(2):524-34. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816347b6. PMID: 18550970.
34. Welsh TT, Alemany JA, Montain SJ, Frykman PN, Tuckow AP, Young AJ, Nindl BC. Effects of intensified military field training on jumping performance. *Int J Sports Med.* 2008 Jan;29(1):45-52. doi: 10.1055/s-2007-964970. Epub 2007 Sep 18. PMID: 17879876.
35. Nindl BC, Leone CD, Tharion WJ, Johnson RF, Castellani JW, Patton JF, Montain SJ. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Nov;34(11):1814-22. doi: 10.1097/00005768-200211000-00019. PMID: 12439088.
36. Sporiš G, Harasin D, Bok D, Matika D, Vuleta D. Effects of a training program for special operations battalion on soldiers' fitness characteristics. *J Strength Cond Res.* 2012 Oct;26(10):2872-82. doi: 10.1519/JSC.0b013e318242966c. PMID: 22130399.
37. Tassone EC, Baker BA. Body weight and body composition changes during military training and deployment involving the use of combat rations: a systematic literature review. *Br J Nutr.* 2017 Mar;117(6):897-910. doi: 10.1017/S0007114517000630. PMID: 28452292.
38. Johnson CD, Simonson AJ, Darnell ME, DeLany JP, Wohleber MF, Connaboy C. Energy expenditure and intake during Special Operations Forces field training in a jungle and glacial environment. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2018 Apr;43(4):381-386. doi: 10.1139/apnm-2017-0622. Epub 2017 Nov 16. PMID: 29144888.
39. Margolis LM, Murphy NE, Martini S, Spitz MG, Thrane I, McGraw SM, Blatny JM, Castellani JW, Rood JC, Young AJ, Montain SJ, Gundersen Y, Pasiakos SM. Effects of winter military training on energy balance, whole-body protein balance, muscle damage, soreness, and physical performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014 Dec;39(12):1395-401. doi: 10.1139/apnm-2014-0212. PMID: 25386980.
40. Tanskanen MM, Westerterp KR, Uusitalo AL, Atalay M, Häkkinen K, Kinnunen HO, Kyröläinen H. Effects of easy-to-use protein-rich energy bar on energy balance, physical activity and performance during 8 days of sustained physical exertion. *PLoS One.* 2012;7(10):e47771. doi: 10.1371/journal.pone.0047771. Epub 2012 Oct 18. PMID: 23094083; PMCID: PMC3475712.
41. Pihlainen K, Santtila M, Vasankari T, Häkkinen K, Kyröläinen H. Evaluation of occupational physical load during 6-month international crisis management operation. *Int J Occup Med Environ Health.* 2018 Jan 7;31(2):185-197. doi: 10.13075/ijomeh.1896.01048. Epub 2017 Oct 2. PMID: 28972598.

42. Lester ME, Knapik JJ, Catrambone D, Antczak A, Sharp MA, Burrell L, Darakjy S. Effect of a 13-month deployment to Iraq on physical fitness and body composition. *Mil Med.* 2010 Jun;175(6):417-23. doi: 10.7205/milmed-d-09-00192. PMID: 20572474.
43. Sharp MA, Knapik JJ, Walker LA, Burrell L, Frykman PN, Darakjy SS, Lester ME, Marin RE. Physical fitness and body composition after a 9-month deployment to Afghanistan. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Sep;40(9):1687-92. doi: 10.1249/MSS.0b013e318176b978. PMID: 18685520.
44. Crawford K, Fleishman K, Abt JP, Sell TC, Lovalekar M, Nagai T, Deluzio J, Rowe RS, McGrail MA, Lephart SM. Less body fat improves physical and physiological performance in army soldiers. *Mil Med.* 2011 Jan;176(1):35-43. doi: 10.7205/milmed-d-10-00003. PMID: 21305957.
45. Mikkola I, Keinänen-Kiukaanniemi S, Jokelainen J, Peitso A, Härkönen P, Timonen M, Ikkäheimo T. Aerobic performance and body composition changes during military service. *Scand J Prim Health Care.* 2012 Jun;30(2):95-100. doi: 10.3109/02813432.2012.649631. PMID: 22643154; PMCID: PMC3378011.
46. Nindl BC, Rarick KR, Castellani JW, Tuckow AP, Patton JF, Young AJ, Mountain SJ. Altered secretion of growth hormone and luteinizing hormone after 84 h of sustained physical exertion superimposed on caloric and sleep restriction. *J Appl Physiol* (1985). 2006 Jan;100(1):120-8. doi: 10.1152/jappphysiol.01415.2004. Epub 2005 Sep 1. PMID: 16141374.
47. Ojanen T, Kyröläinen H, Igendia M, Häkkinen K. Effect of Prolonged Military Field Training on Neuromuscular and Hormonal Responses and Shooting Performance in Warfighters. *Mil Med.* 2018 Nov 1;183(11-12):e705-e712. doi: 10.1093/milmed/usy122. PMID: 29860348.
48. Hamarsland H, Paulsen G, Solberg PA, Slaathaug OG, Raastad T. Depressed Physical Performance Outlasts Hormonal Disturbances after Military Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2018 Oct;50(10):2076-2084. doi: 10.1249/MSS.0000000000001681. PMID: 29927875.
49. Vaara JP, Kalliomaara R, Hynninen P, Kyröläinen H. Physical Fitness and Hormonal Profile During an 11-Week Paratroop Training Period. *J Strength Cond Res.* 2015 Nov;29 Suppl 11:S163-7. doi: 10.1519/JSC.0000000000001033. PMID: 26506182.
50. Nindl BC. Insulin-like growth factor-I as a candidate metabolic biomarker: military relevance and future directions for measurement. *J Diabetes Sci Technol.* 2009 Mar 1;3(2):371-6. doi: 10.1177/193229680900300220. PMID: 20144370; PMCID: PMC2771506.
51. Ojanen T, Jalanko P, Kyröläinen H. Physical fitness, hormonal, and immunological responses during prolonged military field training. *Physiol Rep.* 2018 Sep;6(17):e13850. doi: 10.14814/phy2.13850. PMID: 30187684; PMCID: PMC6125608.
52. McClung JP, Martini S, Murphy NE, Mountain SJ, Margolis LM, Thrane I, Spitz MG, Blatny JM, Young AJ, Gundersen Y, Pasiakos SM. Effects of a 7-day military training exercise on inflammatory biomarkers, serum hepcidin, and iron status. *Nutr J.* 2013 Nov 4;12(1):141. doi: 10.1186/1475-2891-12-141. PMID: 24188143; PMCID: PMC3830559.
53. Kyröläinen H, Pihlainen K, Vaara JP, Ojanen T, Santtila M. Optimising training adaptations and performance in military environment. *J Sci Med Sport.* 2018 Nov;21(11):1131-1138. doi: 10.1016/j.jsams.2017.11.019. Epub 2017 Dec 20. PMID: 29428505.
54. Tanskanen MM, Kyröläinen H, Uusitalo AL, Huovinen J, Nissilä J, Kinnunen H, Atalay M, Häkkinen K. Serum sex hormone-binding globulin and cortisol concentrations are associated with overreaching during strenuous military training. *J Strength Cond Res.* 2011 Mar;25(3):787-97. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c1fa5d. PMID: 20543745.

55. Mala J, Szivak TK, Flanagan SD, Comstock BA, Laferrier JZ, Maresh CM, Kraemer WJ. The role of strength and power during performance of high intensity military tasks under heavy load carriage. *US Army Med Dep J*. 2015 Apr-Jun;3-11. PMID: 26101902.
56. Pihlainen K, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics With Simulated Military Task Performance. *J Strength Cond Res*. 2018 Apr;32(4):1089-1098. doi: 10.1519/JSC.0000000000001921. PMID: 28549046.
57. Sporiš G, Harasin D, Baić M, Krističević T, Krakan I, Milanović Z, Cular D, Bagarić-Krakan L. Effects of two different 5 weeks training programs on the physical fitness of military recruits. *Coll Antropol*. 2014 Dec;38 Suppl 2:157-64. PMID: 25643544.
58. Vantarakis A, Chatzinikolaou A, Avloniti A, et al. A 2-Month Linear Periodized Resistance Exercise Training Improved Musculoskeletal Fitness and Specific Conditioning of Navy Cadets. *J Strength Cond Res*. 2017;31(5):1362-1370. doi: 10.1519/JSC.0000000000001599
59. Solberg, P. A., Paulsen, G., Slaathaug, O. G., Skare, M., Wood, D., Huls, S., & Raastad, T. (2015). Development and Implementation of a New Physical Training Concept in the Norwegian Navy Special Operations Command. *Journal of strength and conditioning research*, 29 Suppl 11, S204–S210. doi: 10.1519/JSC.0000000000001085
60. Abt JP, Oliver JM, Nagai T, Sell TC, Lovalekar MT, Beals K, Wood DE, Lephart SM. Block-Periodized Training Improves Physiological and Tactically Relevant Performance in Naval Special Warfare Operators. *J Strength Cond Res*. 2016 Jan;30(1):39-52. doi: 10.1519/JSC.0000000000001082. PMID: 26154155.
61. Treloar AK, Billing DC. Effect of load carriage on performance of an explosive, anaerobic military task. *Mil Med*. 2011 Sep;176(9):1027-31. doi: 10.7205/milmed-d-11-00017. PMID: 21987961.
62. Fallowfield JL, Blacker SD, Willems ME, Davey T, Layden J. Neuromuscular and cardiovascular responses of Royal Marine recruits to load carriage in the field. *Appl Ergon*. 2012 Nov;43(6):1131-7. doi: 10.1016/j.apergo.2012.04.003. Epub 2012 May 8. PMID: 22575491.
63. O'Neal EK, Hornsby JH, Kelleran KJ. High-intensity tasks with external load in military applications: a review. *Mil Med*. 2014 Sep;179(9):950-4. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00079. PMID: 25181710.
64. Billing DC, Silk AJ, Tofari PJ, Hunt AP. Effects of Military Load Carriage on Susceptibility to Enemy Fire During Tactical Combat Movements. *J Strength Cond Res*. 2015 Nov;29 Suppl 11:S134-8. doi: 10.1519/JSC.0000000000001036. PMID: 26506176.
65. Taylor NA, Peoples GE, Petersen SR. Load carriage, human performance, and employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016 Jun;41(6 Suppl 2):S131-47. doi: 10.1139/apnm-2015-0486. PMID: 27277563.
66. Chatterjee T, Bhattacharyya D, Pramanik A, Pal M, Majumdar D, Majumdar D. Soldiers' load carriage performance in high mountains: a physiological study. *Mil Med Res*. 2017 Feb 17;4:6. doi: 10.1186/s40779-017-0113-x. PMID: 28239483; PMCID: PMC5316174.
67. Joseph A, Wiley A, Orr R, Schram B, Dawes JJ. The Impact of Load Carriage on Measures of Power and Agility in Tactical Occupations: A Critical Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Jan 7;15(1):88. doi: 10.3390/ijerph15010088. PMID: 29316674; PMCID: PMC5800187.
68. Boffey D, Harat I, Gepner Y, Frosti CL, Funk S, Hoffman JR. The Physiology and Biomechanics of Load Carriage Performance. *Mil Med*. 2019 Jan 1;184(1-2):e83-e90. doi: 10.1093/milmed/usy218. PMID: 30252089.

69. Orr RM, Dawes JJ, Lockie RG, Godeassi DP. The Relationship Between Lower-Body Strength and Power, and Load Carriage Tasks: A Critical Review. *Int J Exerc Sci*. 2019 Aug 1;12(6):1001-1022. PMID: 31523356; PMCID: PMC6719820.
70. Santtila M, Häkkinen K, Karavirta L, Kyröläinen H. Changes in cardiovascular performance during an 8-week military basic training period combined with added endurance or strength training. *Mil Med*. 2008 Dec;173(12):1173-9. doi: 10.7205/milmed.173.12.1173. Erratum in: *Mil Med*. 2016 Sep;181(9):1165. PMID: 19149334.
71. Rintamäki H, Kyröläinen H, Santtila M, Mäntysaari M, Simonen R, Torpo H, Mäkinen T, Rissanen S, Lindholm H. From the subarctic to the tropics: effects of 4-month deployment on soldiers' heat stress, heat strain, and physical performance. *J Strength Cond Res*. 2012 Jul;26 Suppl 2:S45-52. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825d817e. PMID: 22643140.
72. Salonen M, Huovinen J, Kyröläinen H, Piirainen JM, Vaara JP. Neuromuscular Performance and Hormonal Profile During Military Training and Subsequent Recovery Period. *Mil Med*. 2019 Mar 1;184(3-4):e113-e119. doi: 10.1093/milmed/usy176. PMID: 30053107.
73. Fallowfield JL, Delves SK, Hill NE, Cogley R, Brown P, Lanham-New SA, Frost G, Brett SJ, Murphy KG, Montain SJ, Nicholson C, Stacey M, Ardley C, Shaw A, Bentley C, Wilson DR, Allsopp AJ. Energy expenditure, nutritional status, body composition and physical fitness of Royal Marines during a 6-month operational deployment in Afghanistan. *Br J Nutr*. 2014 Sep 14;112(5):821-9. doi: 10.1017/S0007114514001524. Epub 2014 Jul 9. PMID: 25007417.
74. Szivak TK, Lee EC, Saenz C, Flanagan SD, Focht BC, Volek JS, Maresh CM, Kraemer WJ. Adrenal Stress and Physical Performance During Military Survival Training. *Aerosp Med Hum Perform*. 2018 Feb 1;89(2):99-107. doi: 10.3357/AMHP.4831.2018. PMID: 29463354.
75. Vikmoen O, Teien HK, Raustøl M, Aandstad A, Tansø R, Gulliksrud K, Skare M, Raastad T. Sex differences in the physiological response to a demanding military field exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2020 Aug;30(8):1348-1359. doi: 10.1111/sms.13689. Epub 2020 May 4. PMID: 32311789.
76. Nindl BC, Rarick KR, Castellani JW, Tuckow AP, Patton JF, Young AJ, Montain SJ. Altered secretion of growth hormone and luteinizing hormone after 84 h of sustained physical exertion superimposed on caloric and sleep restriction. *J Appl Physiol* (1985). 2006 Jan;100(1):120-8. doi: 10.1152/jappphysiol.01415.2004. Epub 2005 Sep 1. PMID: 16141374.
77. Santtila M, Kyröläinen H, Häkkinen K. Serum hormones in soldiers after basic training: effect of added strength or endurance regimens. *Aviat Space Environ Med*. 2009 Jul;80(7):615-20. doi: 10.3357/ASEM.2479.2009. PMID: 19601503.
78. Tyyskä J, Kokko J, Salonen M, Koivu M, Kyröläinen H. Association with physical fitness, serum hormones and sleep during a 15-day military field training. *J Sci Med Sport*. 2010 May;13(3):356-9. doi: 10.1016/j.jsams.2009.04.005. Epub 2009 Jul 1. PMID: 19574096.
79. Ojanen T, Jalanko P, Kyröläinen H. Physical fitness, hormonal, and immunological responses during prolonged military field training. *Physiol Rep*. 2018 Sep;6(17):e13850. doi: 10.14814/phy2.13850. PMID: 30187684; PMCID: PMC6125608.
80. Vaara JP, Oksanen H, Kyröläinen H, Virmavirta M, Koski H, Finni T. 60-Hour Sleep Deprivation Affects Submaximal but Not Maximal Physical Performance. *Front Physiol*. 2018 Oct 16;9:1437. doi: 10.3389/fphys.2018.01437. PMID: 30386253; PMCID: PMC6198717.

7 Fyysisen toimintakyvyn ja kehon koostumuksen muutokset sotilasoperaatioissa

Kai Pihlainen ¹, Matti Santtila ², Heikki Kyröläinen ^{2,3}

¹ Pääesikunta, Koulutusosasto, Toimintakykysektori

² Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

³ Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteellinen tiedekunta

7.1 Johdanto

Nykyaikaiset sotilasoperaatiot ja aseelliset konfliktit koostuvat muutamien vuorokausien kestoista lyhyistä ja intensiivisistä taisteluista, joiden välissä sotilailla saattaa olla mahdollisuus 1–3 vuorokauden palautumisjaksoon. Operaatioiden kesto vaihtelee yhdestä useampaan kuukauteen [1]. Operatiivisten tavoitteiden saavuttaminen taistelukentällä edellyttää, että sotilaiden osaaminen ja toimintakyky ovat työtehtävien kuormituksen ja taidollisten vaatimusten kannalta riittävällä tasolla. Fyysisen toimintakyvyn ylläpidolle on lisäksi sotilasoperaatioiden aikana rajalliset mahdollisuudet. Siksi sotilaiden tulisi ylläpitää poikkeusolojen sijoituksensa kannalta riittävän korkeaa fyysisen toimintakyvyn reservitasoa koko työuran ajan.

Operatiivinen sotilastyö muodostuu pääosin matalatehoisesta ja pitkäkestoisesta fyysisestä aktiivisuudesta, mutta työhön sisältyy myös hetkittäisiä jaksoja, jotka vastaavat keskiraskasta tai raskasta fyysistä kuormitustasoa [1-3]. Näissä työjaksoissa energiankulutus voi ylittää 50 prosenttia sotilaan maksimaalisesta suorituskyvystä [1,4], mikä pitkittyessään johtaa kuormituksen kumuloitumiseen ja lopulta uupumiseen. Sotilasoperaatioissa fyysiseen toimintakykyyn vaikuttavat, työtehtävien aiheuttaman kuormituksen lisäksi, muun muassa energia-, neste- ja univaje, psyykinen stressi sekä ympäristöön liittyvät kuormitustekijät, kuten esimerkiksi lämpötila [5]. Kuormittumisen ja fyysisen toimintakyvyn välisiä yhteyksiä tutkimalla voidaan kehittää sotilastehtävien kannalta merkityksellisten fyysisten ominaisuuksien kehittämiseen tähtäviä harjoitusohjelmia [6-9].

Rajoitetusti saatavilla olevan ulkomaisen tutkimustiedon [10-17] mukaan sotilaiden kestävyyskunto, lihasvoimaominaisuudet ja kehonkoostumus muuttuvat sotilasoperaatioiden aikana, mutta joidenkin muuttujien osalta tulokset ovat keskenään ristiriitaisia (taulukko 1). Useammassa tutkimuksessa on havaittu kestävyyskunnan laskua [10-13]

ja kehon rasvamassan nousua [11,12]. Toisaalta osassa tutkimuksissa kehon paino ja rasvamassa ovat myös laskeneet [13]. Tulosten ristiriitaisuutta selittävät osin erot operaatioiden kestossa ja kuormituksessa, toimialueiden turvallisuustilanteessa, harjoittelu-mahdollisuuksissa sekä mittausmenetelmissä.

Taulukko 7.1 Sotilasoperaation vaikutus sotilaan kehonkoostumukseen ja fyysiseen toimintakykyyn.

Tutkimus	N, maa	Operaatio, kesto	Yhteenveto tuloksista
Dyrstad ym. 2007	71, Norja	Kosovon YK-operaatio, 12 kk	Kehon paino ↑ 3 %, aerobinen kunto ↓ 3 %, käsinkohonta ↑ 38 %, istumannousu ↔, etunojapunnerrus ↔
Sharp ym. 2008	110, USA	US Army, Afganistan, 9 kk	Kehon paino ↓ 2 %, rasvaton massa ↓ 4 %, rasvamassa ↑ 8 %, aerobinen kunto ↓ 5 %, taakannosto max ↔, alavartalon nopeusvoima ↔, ylävartalon nopeusvoima ↓ 5 %
Lester ym. 2010	73, USA	US Army, Irak/Afganistan, 13 kk	Kehon paino ↑ 3 %, rasvaton massa ↑ 3 %, rasvamassa ↑ 9 %, aerobinen kunto ↓ 13 %, alavartalon maksimivoima ↑ 8 %, ylävartalon maksimivoima ↑ 7 %, alavartalon nopeusvoima ↔, ylävartalon nopeusvoima ↑ 9 %
Warr ym. 2012	60, USA	Kansalliskaarti, Irak/Afganistan, 10–15 kk	Kehon paino ↓ 2 %, rasvamassa ↓ 11 %, aerobinen kunto ↓ 11 %, alavartalon maksimivoima ↑ 14 %, ylävartalon maksimivoima ↑ 10 %, istumaannousu ↑ 11 %, etunojapunnerrus ↑ 16 %
Warr ym. 2013	88, USA	Kansalliskaarti, Irak/Afganistan, 10–15 kk	Kehon paino ↓ 2 %, rasvaton massa ↑ 2 %, rasvamassa ↓ 18 %, aerobinen kunto ↔, alavartalon maksimivoima ↑ 14 %, ylävartalon maksimivoima ↑ 9 %
Fallowfield ym. 2014	105, GBR	Iso-Britannian asevoimat, Afganistan, 6 kk	Kehon paino ↔, rasvaton massa ↔, rasvamassa ↓ 17 %, aerobinen kunto ↔, Taakannosto max ↔, istumaannousu ↔, etunojapunnerrus ↔
Farina ym. 2017	49, USA	US Army, Afganistan, 3–6 kk	Kehon paino ↔, rasvaton massa ↑ 1 %, rasvamassa ↔, puristusvoima ↑ 6 %
Sedliak ym. 2019	25, Slovakia	Slovakian asevoimat, Afganistan, 6 kk	Kehon paino ↔, rasvaton massa ↓ 2 %, aerobinen kunto ↑ 6 %, käsinkohonta ↑ 60 %, 4x10m juoksu ↓ 3 %, 10x10 m juoksu ↔

Puolustusvoimissa kriisinhallintajoukkojen toimintakykyä on tutkittu kahdessa eri operaatiossa, Tshadissa vuonna 2009 [18] ja Libanonissa vuonna 2014 [19,20]. Tshadin MINURCAT-operaation tehtävänä oli ennaltaehkäistä Darfurin konfliktin aiheuttamia alueellisia vaikutuksia. Suomesta operaatioon osallistui noin 80 rauhanturvaajaa. Libanonin UNIFIL-operaation tehtävänä oli valvoa Israelin ja Libanonin välisen etelärajan

(Blue line) aluetta ja tukea Libanonin asevoimia rauhanomaisten olojen ylläpitämisessä. Libanonin suomalaisrotaation vahvuus oli noin 250 sotilasta.

Tshadissa toteutetun Sotilas kuumassa -tutkimuksen (SOTKU) tarkoituksena oli kehittää kuumien olosuhteiden kriisinhallintatehtävissä operoivien sotilaiden terveystarkastuskäytäntöä, arvioida sotilaiden kuormittumis- ja toimintakykyriskejä, kehittää vaativissa lämpöoloissa toimivien sotilaiden toimintakyvyn seurantajärjestelmä ja tarkentaa sotilasoperaatioissa toimivien sotilaiden fyysisen toimintakyvyn minimivaatimuksia. Tutkimuksen seuranta-aika oli neljä kuukautta. Tässä artikkelissa keskitytään ainoastaan toimintakykyyn liittyviin tuloksiin, koska lämpötilan vaikutuksista sotilaan toimintakykyyn on laadittu erilliset artikkelit.

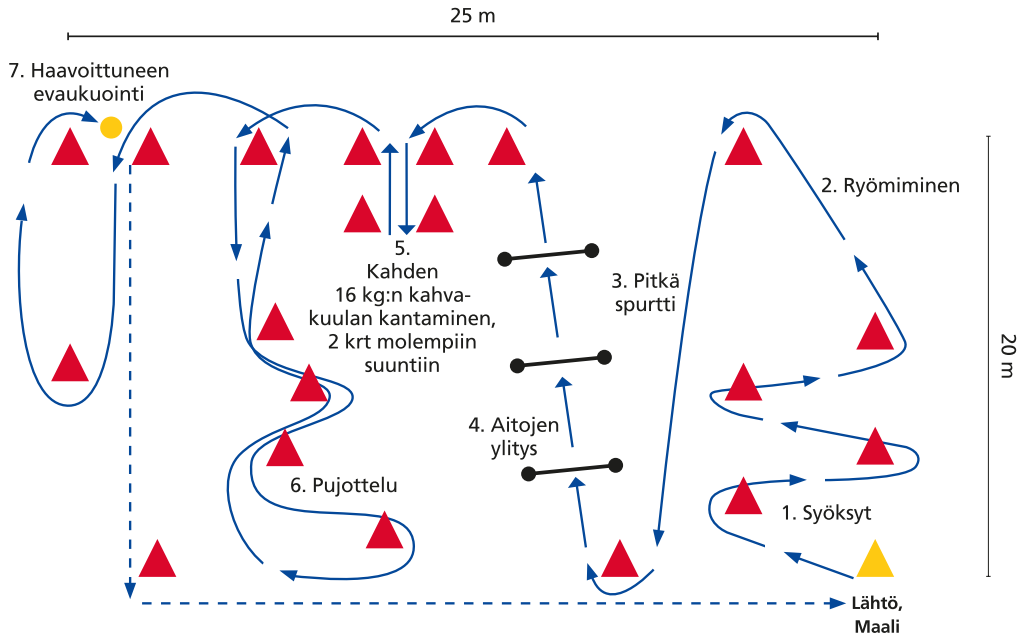
Kriisinhallintajoukkojen toimintakykytutkimuksen (KRITOKY 2014) tarkoituksena oli selvittää sotilaiden kuormittumista ja fyysistä aktiivisuutta Libanonin UNIFIL-rauhaturvaoperaatioissa kuuden kuukauden seuranta-aikana. Lisäksi selvitettiin yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutuksia sotilaiden kehon koostumukseen, hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä hermolihasjärjestelmän toimintakykyyn, seerumin hormonitasoihin sekä sotilaan lajispesifiin suorituskykyyn. Tutkimustuloksista saatiin perusteita sotilaiden fyysisen harjoittelun kehittämiseksi operaatioiden aikana sekä palvelusturvallisuuden edistämiseksi kansainvälisissä kriisinhallinta- ja rauhanturvaoperaatioissa.

7.2 Tutkimusmenetelmät

SOTKU-tutkimuksen tutkimusryhmäksi valittiin yksi 20 sotilaan joukkue (21 ± 1 vuotta, paino 78 ± 12 kg, pituus 180 ± 6 cm) marraskuussa 2009 alkaneesta Tshadin operaation neljän kuukauden rotaatiosta. Kontrolliryhmän muodosti 11 opiskelijaa, jotka eivät olleet operaatioissa. Kehon koostumuksen, fyysisen kunnon (12 minuutin juoksutesti, lihaskuntotestit, kevennyshyppy, alaraajojen isometrinen maksimivoima) mittaukset ja veri- sekä sylkinäytemääritykset toteutettiin ennen operaatiota ja sen jälkeen. Operaatioalueella otettiin lisäksi noin puolessa välissä veri- ja sylkinäytteet sekä rekisteröitiin yhden vuorokauden fyysisen aktiivisuus.

KRITOKY-tutkimukseen osallistui toukokuun 2014 rotaatiosta 91 miestä (30 ± 8 vuotta, paino 79 ± 8 kg, pituus 180 ± 7 cm ja BMI 25 ± 2 kg/m²), joiden palvelusaika oli 6–12 kuukautta. Kehonkoostumuksen, fyysisen kunnon (3000 metrin juoksutesti, lihaskuntotestit ja käsinkohonta, ala- ja yläraajojen isometrinen maksimivoima) mittaukset ja veri- sekä sylkinäytemääritykset toteutettiin kolme kertaa (alku-, väli- ja loppumittaus) toimialueella. Kuntotestien lisäksi suoritettiin 10 vuorokauden fyysisen aktiivisuuden rekisteröinti sekä arvioitiin sotilaiden fyysistä toimintakykyä raskaassa taiteluvastuksessa (20 ± 1 kg sekä asereplika 3 kg) tehtäväsimulaattoradalla, jonka pituus oli 243 metriä (kuva 1).

Kuva 7.1 Tehtäväsimulaatoradan rakenne.



KRITOKY-tutkimuksessa sotilaat arvottiin alkumittausten lopuksi satunnaisesti kolmeen interventioryhmään, jotka olivat voimaharjoittelupainotteinen (75 % voima- ja 25 % kestävyysharjoittelua; S), kestävyysharjoittelupainotteinen (25/75 %; E) ja tasaisesti painotettu voima- ja kestävyysharjoitteluryhmä (50/50 %, SE), sekä verrokkiryhmään (C). Verrokkiryhmä ei osallistunut ohjelmoituun harjoitteluun.

Interventioryhmille jaettiin omatoimisesti toteutettava harjoitusohjelma. Harjoitusohjelmien sisältö oli kaikilla kolmella ohjelmoidun harjoittelun ryhmällä samanlainen, mutta ohjelmien voima- ja kestävyyspainotus vaihteli ryhmittäin. Ryhmän S harjoitusohjelma sisälsi kahden viikon aikana neljä harjoitusta, joista kolme oli voimaharjoitusta ja yksi kestävyysharjoitus. Ryhmällä E oli vastaavana ajanjaksona kolme kestävyysharjoitusta ja yksi voimaharjoitus. SE -ryhmällä oli kahden viikon aikana kaksi voima- ja kaksi kestävyysharjoitusta. Edellä mainitusta minimimäärästä riippumatta sotilaita kannustettiin jatkamaan vähintään operaatiota edeltänyttä harjoittelurytmiään, mutta painottamaan voima- ja kestävyysharjoitteluun arvotun ohjelman sisällön mukaisesti. Harjoittelun laatu ja määrä raportoitiin päiväkirjoilla.

7.3 Tulokset

Toimialueen ulkolämpötila oli koko tutkimusjakson ajan Tshadissa 31,9 (vaihteluväli 18,1–37,7) ja Libanonissa 22,3 (vaihteluväli 11,1–35,9) celsiusastetta.

Sotilaiden fyysinen aktiivisuus oli molemmissa tutkimuksissa melko alhainen. SOTKU-tutkimuksessa mitattiin fyysistä aktiivisuutta vain yhden päivän ajan, jolloin keskimääräinen askelmäärä oli 5 797 (vaihteluväli 1 415–15 395). Vaihtelua selittää sotilastyötehtävä, koska osa sotilaista oli päivän aikana partioimassa ja osa tukikoh-tapalvelussa. Noin yhdentoista tunnin rekisteröintiajasta 8 tuntia (73 %) oli inaktiivisuutta (MET<1,5), keskimäärin 2 tuntia 24 minuuttia oli matalatehoista aktiivisuutta ja kohtuukuormitteista aktiivisuutta 34 minuuttia päivässä [21]. KRITOKY-tutkimuksessa [22] päivittäisten kävelyaskelten määrä väheni (–10 %) alku- ja välimittauksen välillä (9229±2540 vs. 7905±2448 askelta, $p<0,01$): Alku- ja lopputilanteen välillä ero oli –6 prosenttia (9229±2540 vs. 8339±2488 askelta, $p<0,05$). Juoksuaskelten määrä ei muuttunut (1005±817 vs. 921±835 vs. 1052±1005 askelta) seurantajakson aikana. KRITOKY-tutkimuksessa fyysisen aktiivisuuden rekisteröintiaika oli keskimäärin 13 tuntia, josta 10,0–10,5 tuntia (77–81 %) oli inaktiivisuutta (taulukko 2).

Taulukko 7.2 Sotilaiden ($n = 46$) päivittäinen fyysinen aktiivisuus (keskiarvo ± keskihajonta) KRITOKY-tutkimuksen eri vaiheissa. *: Keskiarvo poikkeaa merkitsevästi alkumittauksesta ($p<0,05$), †: Keskiarvo poikkeaa merkitsevästi välimittauksesta ($p<0,05$).

1 MET = lepoaineenvaihdunta (VO_2 3,5 ml/kg/min)

	MET<1,5 (h:min)	MET 1,5-3,0 (h:min)	MET 3,0-6,0 (h:min)	MET>6,0 (h:min)	MET (ka)
Alku	10:30±1:54	1:42±0:24	1:24±0:24	0:12±0:06	1,57±0,16
Väli	10:00±1:48 *	1:36±0:24 *	1:12±0:18 *	0:06±0:06	1,54±0,17
Loppu	10:30±2:00 †	1:36±0:24	1:18±0:18 *	0:12±0:06	1,55±0,18

MET -luokitus: MET<1,5 = inaktiivisuus, MET 1,5–3,0 = matalatehoinen aktiivisuus, MET 3,0–6,0 = kohtuukuormitteinen aktiivisuus, MET>6,0 = rasittava aktiivisuus [23].

Pääosa SOTKU-tutkimuksen sotilaista harrasti voimaharjoittelua 1–3 kertaa viikossa ja saman verran kestävyysliikuntaa operaatioalueella. Sotilaiden kehonpaino laski (–3,5 %; Δ 2,8 kg, $p<0,01$) operaation aikana, mutta lihas- tai rasvamassassa ei havaittu muutoksia [21]. Seerumin testosteroni- ja kortisolitasoissa ei myöskään havaittu muutoksia alku- ja loppumittauksen välillä. Insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-I) pitoisuus oli alhaisempi ($p<0,05$) tutkimusjakson lopussa kuin alku- ja välimittauksissa (alku $33,1 \pm 5,9$ nmol/L; väli $33,8 \pm 5,1$ nmol/L; loppu $29,6 \pm 6,5$ nmol/L). Kehonpainon nousu oli yhteydessä kortisolitason aamuvasteen nousuun ($r = 0,517$, $p = 0,019$) [18].

KRITOKY-tutkimuksessa voima- ja kestävyysharjoittelua harrastettiin keskimäärin $3,2 \pm 1,5$ kertaa viikossa, josta $1,5 \pm 0,9$ painottui voima- ja $1,7 \pm 1,2$ kestävyysliikuntaan. Harjoitusohjelmia noudattaneiden sotilaiden (interventoryhmät yhdistettynä) kehonpaino nousi 0,5 prosenttia operaation aikana (Δ 0,43 kg, $p<0,05$) ja verrokkiryhmällä 1,3 prosenttia (Δ 0,68 kg, $p<0,05$). Lihasmassa kasvoi interventoryhmillä 0,9 prosenttia

(Δ 0,36 kg, $p < 0,05$), mutta ei verrokkiryhmällä. Seerumin testosteronitaso nousi operaation aikana interventoryhmillä 10 prosenttia (Δ 1,6 nmol/L, $p < 0,05$) ja kortisolitaso laski yhdeksän prosenttia (Δ -37 nmol/L, $p < 0,05$), mutta verrokkiryhmällä ei havaittu muutoksia. Vastaavasti interventoryhmien testosteroni-kortisolisuhte parani 24 prosenttia.

SOTKU-tutkimuksen [18] kuntotestitulokset säilyivät tarkastelujakson aikana pääosin muuttumattomina. Sotilaiden kevennyshypyn tulos parani operaation aikana 22 prosenttia (Δ 7,9 cm) ja istumaannousun tulos 11 prosenttia (Δ 5 toistoa). Kestävyyskunnossa ei havaittu muutoksia, mutta heikompi lähtötason kestävyyskunto oli yhteydessä korkeampaan syljen alfa-amylaasitasoon operaation aikana ($r = -0,50$, $p < 0,05$). SOTKU-tutkimuksen tulokset kehonkoostumuksen ja fyysisen kunnan mittauksista on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 7.3 Sotilas kuumassa (SOTKU) -tutkimusryhmän (N=19) ja kontrolliryhmän (N=11) kehon koostumuksen ja fyysisen toimintakyvyn keskiarvot, keskihajonnat, sekä suhteelliset muutokset alku- ja loppumittauksien välillä.

Muuttuja	Tutkimusryhmä				Kontrolliryhmä	
	Alku	Loppu	Muutos-%	p-arvo	Alku	Loppu
Paino (kg)	78,4±11,5	75,6±8,6	-3,5	0,007**	72,3±9,1	72,5±9,2
BMI (kg/m ²)	24,3±3,0	23,4±2,1	-3,5	0,006**	22,9±1,9	23,0±1,9
Rasva%	13,3±5,2	12,6±3,7	-5,4	0,308	14,6±5,3	13,3±5,4
Rasvamassa (kg)	10,8±5,7	9,7±3,7	-10,2	0,124	10,5±3,4	9,6±3,6
Ihonalainen rasva (cm ²)	49,3±1,8	45,4±16,0	-8,0	0,063		
Puristusvoima (kg)	50,2±5,11	52,1±6,5	4,0	0,123		
Istumaannousu (toistoa/min)	45,9±9,6	51,3±6,7	10,9	0,01**		
Etunojapunnerrus (toistoa /min)	45,6±9	48,1±11,5	4,3	0,238		
Toistokykyistys (toistoa /min)	58,1±6,9	57,6±6,8	0	0,788		
12 min juoksutesti (m)	2785±238	2749±237	1,3	0,276		
Maksimivoima (N)	3042±614	3277±706	7,2	0,078	2949±760	2771±841
Kevennyshyppy (cm)	28,9±4,3	36,8±2,6	21,5	<0,001***	44,1±5,9	44,1±5,9

** Tilastollisesti merkitsevä muutos koeryhmällä alku- ja loppumittausten välillä, $p < 0,01$,

*** tilastollisesti erittäin merkitsevä muutos koeryhmällä alku- ja loppumittausten välillä, $p < 0,001$.

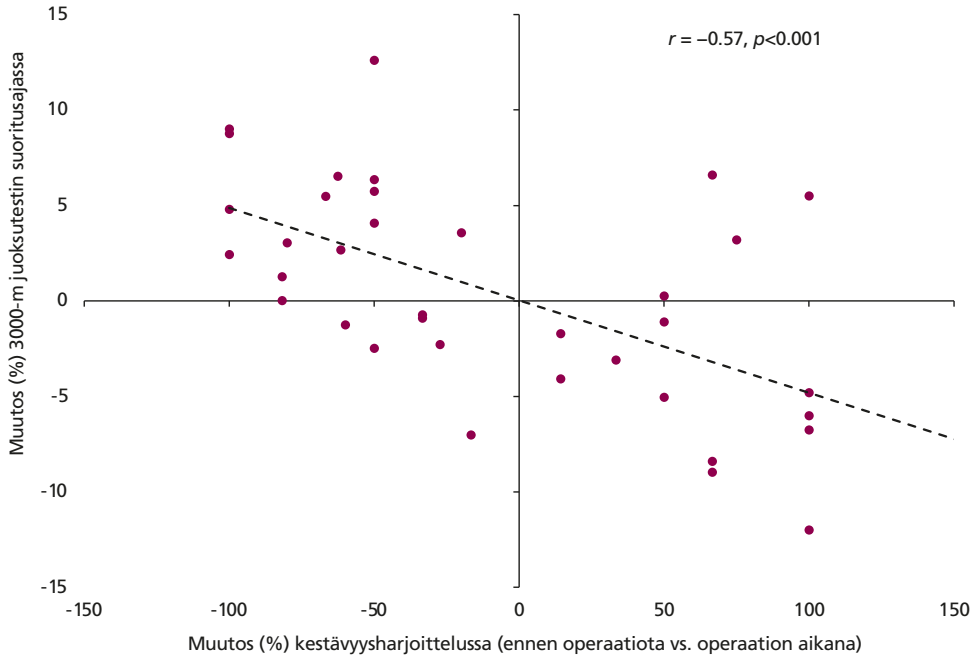
KRITOKY-tutkimuksessa alaraajojen maksimivoima kehittyi interventoryhmillä 13 prosenttia ja etenkin voimapainotteisen ryhmän 18 prosentin kehitys oli verrokkiryhmää (Δ 740 N vs. 129 N, $p < 0,05$) parempi. Huomionarvoista oli lisäksi, että verrokkiryhmällä havaittiin operatiivisen valmiuden kannalta negatiivisia muutoksia, kuten vauhdittoman pituushyppytuloksen heikkeneminen 2,4 prosenttia (Δ $-5,6$ cm, $p < 0,05$) koko tutkimuksen aikana ja yläraajojen maksimivoiman heikkeneminen 3,4 prosenttia (Δ $-37,3$ N, $p < 0,05$) tutkimuksen loppupuoliskolla. Keski- ja ylävartalon lihaskestävyys parani kaikilla interventoryhmillä (interventoryhmät yhdistettynä, istumaannousu 15 %, etunojapunnerrus 6 %, käsinkohonta 30 %) sekä myös verrokkiryhmällä etunojapunnerrustestin tulosta lukuun ottamatta (istumaannousu 15 %, käsinkohonta 30 %).

Kestävyyskunto säilyi KRITOKY-tutkimuksessa lähtötilanteen tasolla kaikilla ryhmillä. Tutkimuksen interventoryhmien sotilaat jaettiin lisäksi kestävyyskunnan muutoksen perusteella kahteen ryhmään. Toiseen ryhmään sijoitettiin sotilaat, jotka paransivat kestävyystestitulostaan ($n = 25$), ja toiseen ne ($n = 24$), joiden tulos ei parantunut tai se heikkeni operaation aikana [24]. Ryhmien välinen vertailu osoitti, että kestävyyskuntoon parantaneiden sotilaiden rasvamassa oli lähtötilanteessa suurempi (13 ± 4 kg vs. 10 ± 6 kg, $p < 0,001$) ja lihasmassa pienempi (38 ± 4 kg vs. 40 ± 4 kg, $p < 0,05$) kuin vertailuryhmällä. Lisäksi kestävyyskuntoon parantaneiden alaraajojen maksimivoima oli lähtötilanteessa vertailuryhmää alhaisempi (3959 ± 532 N vs. 4564 ± 1116 N, $p < 0,05$) ja heidän vauhdittoman pituushypyn tulos (227 ± 16 cm vs. 242 ± 27 cm, $p < 0,05$) sekä tehtäväsimulaatoradan suoritus aika (156 s vs. 143 s, $p < 0,05$) olivat vertailuryhmää heikommat [24].

Kestävyystestitulostaan parantaneet raportoivat harrastaneensa ennen operaatiota voimaharjoittelua vähemmän kuin vertailuryhmä ($1,8 \pm 1,4$ krt/vko vs. $2,9 \pm 1,2$ krt/vko, $p < 0,01$). Vastaavasti voimaharjoittelun määrä oli operaation aikana kestävyyskuntoon parantaneilla pienempi sekä harjoitusfrekvenssin ($1,3 \pm 0,7$ krt/vko vs. $2,1 \pm 2,4$ krt/vko, $p = 0,052$) että -volyymien (14354 ± 6076 kg/vko vs. 19489 ± 6202 kg/vko, $p = 0,010$) osalta. Haastatteleamalla selvitetty kestävyys harjoittelun määrä lisääntyi operaation aikana kestävyyskuntoon parantaneella ryhmällä, kun vertailuryhmällä harjoittelun määrä väheni ennen operaatiota toteutetusta harjoittelusta (Δ 28 ± 57 % vs. -40 ± 64 %, $p < 0,001$) [24].

Kestävyyskuntoon parantaneiden ryhmän kehon paino ja rasvamassan määrä pienenevät, kun vertailuryhmällä paino (Δ -1 ± 3 % vs. 2 ± 3 %, $p < 0,001$), ja rasvamassa (Δ -8 ± 12 % vs. 14 ± 20 %, $p < 0,001$) kasvoivat. Näiden lisäksi kestävyyskuntoon parantaneen ryhmän tulokset paranivat vertailuryhmää enemmän etunojapunnerrustestissä (Δ 28 ± 22 % vs. 12 ± 26 %, $p = 0,004$) ja tehtäväsimulaatoradalla (Δ -14 ± 7 % vs. -8 ± 7 %, $p = 0,006$). Korrelaatiotarkastelu osoitti, että erityisesti kestävyys harjoittelun aktiivisuuden muutos oli yhteydessä kestävyyskunnan muutokseen kuuden kuukauden operaatioissa (Kuva 2). [24]

Kuva 7.2 Kestävyysharjoittelun muutoksen (ennen operaatiota vs. operaation aikana) yhteys 3000-m suoritusajan muutokseen ($r = -0.57, p < 0.001$).



Tehtäväsimaatiotestien tulokset paranivat jokaisella ryhmällä kaikissa mittauspisteissä. Testin suoritusajaa ennusti alkutestissä voimakkaimmin taisteluvälineissä suoritettu vertikaalihyppy ($r = -0,66, p < 0,001$). Kehon lihasmassalla oli myös käänteinen vaikutus suoritusajaan ($r = -0,47, p < 0,001$), kun taas rasvamassalla oli suoritusajaa heikentävä vaikutus ($r = 0,53, p < 0,001$). Vertikaalihyppy taisteluvälineissä, 3000-m suoritusajaa, lihasmassa sekä etunojapunnerrustestien tulos yhdessä testin selittivät 66 prosenttia ($R^2_{adj.} = 0,658, p < 0,001$) vaihtelusta suoritusajan muutoksessa [25]. Tehtäväsimaatiotestituloksen suhteellista (%) muutosta operaation aikana ennustivat pitkälti samat muuttujat kuin suoritusajan muutosta alkutestissäkin, mutta osa suoritusajan paranemisesta selittynee myös oppimisvaikutuksella. Korkeimmat muutosten väliset korrelaatiot havaittiin radan suoritusajan ja 3000-m suoritusajan ($r = 0,48, p < 0,001$), rasvamassan ($r = 0,42, p < 0,01$) sekä etunojapunnerrusten ($r = -0,33, p < 0,05$) välillä. Suhteelliset muutokset 3000-m suoritusajassa sekä lihasmassassa selittivät yhdessä 32 prosenttia ($R^2_{adj.} = 0,322, p < 0,05$) vaihtelua radan suoritusajan muutoksessa.



7.4 Pohdinta

Tutkimustulokset osoittivat, että molempien edellä mainittujen kriisinhallintaoperaatioiden aiheuttama fyysinen kuormitus oli alhainen. Sotilailla havaitut fysiologiset muutokset viittasivat jopa parempaan palautumistilaan operaation lopussa kuin sen alussa. Fyysisen aktiivisuuden mittaukset osoittivat, että päivittäiseen työhön sisältyi vähän fyysistä aktiivisuutta ja suurin osa valveaoloajasta oli hyvin matalatehoista työtä. Esimerkiksi KRITOKY-tutkimuksessa vain 10 prosenttia valveaoloajasta ylitti vähintään kohtuukorkean aktiivisuuden tason ja yksi prosentti kokonaisajasta oli rasittavaa aktiivisuutta.

Tutkimusten aikainen operatiivinen turvallisuustilanne oli rauhallinen, mutta silti herkkä nopeille ja odottamattomille muutoksille. Turvallisuustilanne edellytti kuitenkin sotilailta jatkuvaa valppautta, tilannetietoisuutta sekä valmiutta ja kykyä toimia erilaisissa häiriötilanteissa. Tshadin operaation korkeat ympäristön, ajoneuvojen ja majoitustilojen päivälämpötilat aiheuttivat merkittävän operatiivisen lisäkuormitustekijän. Molemmissa operaatioissa useat työtehtävät sisälsivät varsin vähän liikkumista jalan. Vartiointi ja valvontatehtävät suoritettiin pääosin ajoneuvopartioina tai paikallaan seisten. Toisaalta

alueen turvallisuustilanne rajoitti sotilaiden vapaa-ajan liikkumista tukikohdan ulkopuolella molemmissa operaatioissa.

Molemmissa tutkimuksissa mittauksiin osallistuneet sotilaat säilyttivät pääosin lähtötilanteen fyysisen toimintakyvyn tasonsa tai jopa paransivat sitä hieman operaatioiden aikana. SOTKU-tutkimuksessa kevennyshypyn ja istumaannousun suoritukset paranivat muiden toistotestitulosten säilyessä lähtötasolla. KRITOKY-tutkimuksessa kaikki interventoryhmät paransivat toistotesteillä arvioitua lihaskestävyyttä. Vastaavia tuloksia on saatu, esimerkiksi kuuden kuukauden ISAF (International Security Assistance Force) operaatista Afganistanista [17] sekä Yhdysvaltain armeijan kansalliskaartin 10–15 kuukauden operaatioista Irakissa ja Afganistanissa [13].

KRITOKY-tutkimuksessa alaraajojen maksimivoima kehittyi kaikilla interventoryhmillä, mutta ei verrokkiryhmällä. Tätä tulosta tukee se, että harjoitusohjelmaa noudattaneiden sotilaiden harjoittelu painottui hieman verrokkiryhmää enemmän alaraajojen voimantuottoon. Myös kolmessa aiemmassa sotilasoperaatiotutkimuksessa [12–14] alaraajojen maksimivoiman on raportoitu kehittyneen 8–14 prosenttia 11–13 kuukauden seurannan aikana. Jalkojen maksimivoima on sotilaan tärkeä ominaisuus lisäkantamusten kanssa suoritettavissa nopeissa, 1–3 minuutin liikesuorituksissa [25], mutta toisaalta liiketaloudellisuuden kannalta myös pitkäkestoisemmissä suorituksissa [26].

Kestävyyskunto kyettiin ylläpitämään molemmissa suomalaistutkimuksissa operaatia edeltäneellä tasolla. KRITOKY-tutkimuksessa interventoryhmien välillä saavutettiin harjoitteluspesifejä vasteita, kuten kestävyyspainotteisella (E) ryhmällä havaittiin suurin tulosparannus 3000-m juoksupainotestissä. Kestävyyskuntomuutosten tarkastelu osoitti lisäksi, että välttyäkseen kunto-ominaisuuden heikkenemiseltä, kyseisen ominaisuuden harjoittelua tulisi jatkaa vähintään operaatia edeltäneellä tasolla [24]. Kestävyyskuntoa parantaneilla tämä tavoite oli helpompi saavuttaa, koska heidän harjoittelumääränsä ennen operaatia oli vertailuryhmää pienempi. Samansuuntaisia tuloksia on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa [10,11,13]. Dyrstad ym. [10] seuranta-tutkimuksessa KFOR -operaatiossa havaittiin yhteys harjoittelumäärän ja kestävyyskunnan muutoksen välillä ($r = 0,46$, $p < 0,001$). Ylläpitävän harjoittelun minimimäärän todettiin olevan noin 200 minuuttia viikossa. Warr ym. [13] havaitsivat käänteisen yhteyden kestävyyskunnan ja operaationaikaisten, mutta taisteluihin liittymättömien lääkärikäyntien välillä. Yhdessä nämä havainnot korostavat tarvetta voima- ja kestävyys harjoittelun yksilölliseen ohjelmointiin sekä fyysisen toimintakyvyn ylläpitoon operaation aikana.

KRITOKY-tutkimukseen kehitetyn tehtäväsimulaattorin suoritus-aikaa selittivät voimakkaimmin vertikaalihyppy taisteluvälinevarustuksessa, kehon lihasmassa, 3000-m juoksupainotestiaika sekä etunojapunnerrusten määrä minuutissa [25]. Vastaavia yhteyksiä on osoitettu myös aiemmissa tutkimuksissa. Esimerkiksi O'Neal ym. [27] katsauksessa korostettiin alaraajojen räjähtävän voimantuoton merkitystä erityisesti paikaltaan suoritettavissa nopeissa liikesuorituksissa kuten syöksyissä. Syöksyjen etenemisnopeuden ja pituuden on osoitettu olevan yhteydessä todennäköisyyteen saada suoran tulen osuma [28]. Kestävyyskunnan positiivinen vaikutus sekä lyhyt- [29] että pitkäkestoisiin [30]

sotilaille tyypillisten tehtävien suoritusnopeuteen on osoitettu useammassa tutkimuksessa. Lihasmassan ja erityisesti lihasmassan suhde rasvamassaan sekä kannettavaan kuormaan osoittautui KRITOKY-tutkimuksessa edellä mainittujen fyysisen toimintakyvyn muuttujien ohella tärkeäksi selittäväksi tekijäksi menestymiseen tehtäväsimulaatiotradalla [25]. Kehonkoon ja lihasmassan määrän hyödyt korostuvat vastaavissa lyhytkestoisissa suorituksissa [29] ja erityisesti kannettavan kuorman kasvaessa [31].

Sotilaiden fyysisen toimintakyvyn tulisi säilyä jatkuvassa valmiudessa mahdollisimman korkealla tasolla koko sotilasoperaation ajan [14]. Fyysisen harjoittelun suositukseksi on kirjallisuudessa esitetty 1–2 kertaa viikossa kestävyys- ja voimaharjoittelua ja sen lisäksi voimaharjoittelua 1–2 kertaa viikossa [32]. Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu on todettu tehokkaimmaksi menetelmäksi ylläpitää sotilaiden fyysistä toimintakykyä. Harjoittelun ohjelmoinnissa on lisäksi otettava huomioon operaation kuormitustekijät, kuten fyysisesti tai henkisesti raskaat työtehtävät [32]. Harjoittelua ei suositella tehtävän päivän kuumimman lämpötilan aikana, koska pelkästään työskentely kuumassa muodostaa elimistölle merkittävän lisäkuormituksen [21,32]. KRITOKY-tutkimuksen tulokset tukevat näkemystä, jonka mukaan voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelua tulisi harrastaa operaation aikana 2–4 kertaa viikossa. Useat työtehtävät operaatioissa edellyttävät sotilailta hyviä alaraajojen maksimi- ja räjähtävän voiman ominaisuuksia sekä riittävää aerobista kestävyyttä. Tämän lisäksi suhteellisesta lihasmassasta on merkittävää hyötyä vaativissa sotilastyötehtävissä. Sotilaiden fyysisen harjoittelun tulisikin sisällyttää edellä mainittuja ominaisuuksia ylläpitäviä ja kehittäviä harjoittelumuotoja [33]. Kestävyys- ja voimaharjoittelua tulisi jatkaa operaatiota edeltävällä tasolla ja lisätä niiden osalta, jotka ovat liikunnallisesti passiivisia ennen operaation alkua. Harjoittelun velvoittavuutta tulisi myös harkita, jotta varmistetaan, että vähemmän motivoituneet ja liikunnallisesti passiiviset sotilaat ylläpitävät fyysistä toimintakykyään operaation edellyttämällä minimitasolla. Edellä mainitut tutkimukset ovat osoittaneet, että operaatioihin osallistuvilla sotilailta on hyvin vaihteleva harjoittelutausta, ja siksi harjoittelua tulisi ohjelmoida mahdollisimman yksilöllisesti. Fyysisen toimintakyvyn tehtäväkohtaisilla testeillä voidaan harjoittelua suunnata yksilöllisesti kunkin sotilaan tarpeiden ja heikkouksien mukaisesti.

7.5 Johtopäätökset

Tutkimusten perusteella ei voida antaa yksityiskohtaista suositusta kaikille sotilaille optimaalisesta fyysisestä harjoittelusta kriisinhallintaoperaatioissa. Tästä huolimatta voidaan sotilaille yleisesti suositella yhdistettyä voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelua 2–4 kertaa viikossa. Harjoittelun ohjelmoinnissa on otettava huomioon mahdolliset fyysiset ja/tai henkiset lisäkuormitustekijät, kuten ilman lämpötila ja stressiä aiheuttavat työtehtävät. Ohjelmoinnissa tulisi lisäksi ottaa huomioon yksilölliset lähtökohdat, kuten esimerkiksi operaatiota edeltävä harjoitushistoria ja liikunta-aktiivisuus. Tavoitteena tulisi olla vähintään operaatiota edeltäneen harjoitusmäärän ja liikunta-aktiivisuuden säilyttäminen. Voima-

ja kestävyysharjoittelun painotusta voidaan suunnata sotilastyötehtävien vaatimusten mukaisesti sekä säädellä operaation aikana mahdollisten heikkouksien kehittämiseen ja vahvuuksien ylläpitämiseen. Kehonkoostumuksen ja/tai fyysisen toimintakyvyn säännöllinen testaaminen tukee sotilaiden toimintakyvyn ylläpitoa ja harjoittelun ohjelmointia. Säännöllistä ohjattua ja/tai johdettua fyysistä harjoittelua sekä fyysisen kunnon seuranta tulisi lisäksi harkita kaikissa operaatioissa, koska sotilaiden harjoittelumotivaatioissa ja harjoittelumäärissä on suurta vaihtelua. Joukko on yhtä toimintakykyinen kuin sen heikoin lenkki.

7.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Operaatioissa, joissa työn fyysinen kuormitus on alhainen, tulisi harkita säännöllistä palvelusvelvollisuudella johdettua 2–4 kertaa viikossa toteutettavaa yhdistettyä voima- ja kestävyysharjoittelua osana päivittäistä koulutusta. Harjoittelulla varmistetaan joukon fyysisen toimintakyvyn ylläpito ja valmius koko operaation ajan.
- Harjoittelu voisi osin perustua omatoimisuuteen, mutta harjoitteluun tulisi sisällyttää ohjattua alaraajojen maksimi- ja räjähtävää voimaa ylläpitäviä ja/tai kehittäviä harjoitteita, kuten esimerkiksi yleisimmät painonnosto- ja voimanostoliikkeet (kyykky, rinnalleveto, maastaveto).
- Voima- ja kestävyysharjoittelun keskinäinen suhde voisi olla 1:1, mutta etenkin kestävyysharjoittelussa tulisi säilyttää vähintään operaatiota edeltänyt harjoitustaso.
- Säännöllisillä, esimerkiksi kerran kuukaudessa toteutettavilla kehonkoostumuksen mittauksilla voitaisiin ohjata voima- ja kestävyysharjoittelun painotusta. Kehon rasvamassan kasvaessa harjoittelua painotetaan kestävyden suuntaan ja päinvastoin. Ravitsemuksella on luonnollisesti itsenäinen merkitys kehonkoostumuksen ylläpidossa ja palautumisessa.
- Yllä esitettyjen suositusten mukaista harjoittelua tulisi harkita toimeenpantavaksi kaikissa kansainvälisessä sotilasoperaatioissa. Samalla operaatioiden olosuhteisen kehittämisessä tulisi ottaa huomioon mahdollisimman laadukkaat ja tarkoituksenmukaiset kestävyys- ja voimaharjoitteluolosuhteet ja -välineet.

Lähteet

1. Erdman J, Bistran B, Clarkson P, Dwyer J, Klein B, Lane H, Manore M, O'Neil P, Russell R, Tepper B, Tipton K, Yates A. 2006. Nutrient composition of rations for short-term, high-intensity combat operations. Washington, DC: The National Academies Press.
2. Sharp M, Patton J, Vogel J. 1998. A database of physically demanding tasks performed by U.S. army soldiers. [Internet]. Natick: Military Performance Division, U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine.
3. Pihlainen K, Santtila M, Häkkinen K, Lindholm H, Kyröläinen H. Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. *Mil Med.* 2014; 179 (2): 218–224.
4. Henning P, Bong-Sup P, Jeong-Su K. Physiological decrements during sustained military operational stress. *Mil Med.* 2011; 176(9): 991–997.
5. Nindl B, Castellani J, Warr B et al. Physiological Employment Standards III: physiological challenges and consequences encountered during international military deployments. *Eur J Appl Physiol.* 2013, 113(11), 2655-2672.
6. Richmond V, Rayson M, Wilkinson D, Carter J, Blacker S, Nevill A, Ross J, Moore S. Development of an operational fitness test for the Royal Air Force. *Ergonomics.* 2008; 51(6): 935–946.
7. Taylor N, Groeller H. Work-based physiological assessment of physically-demanding trades: a methodological overview. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2003; 22(2): 73–81.
8. Payne W, Harvey J. A framework for the design and development of physical employment tests and standards. *Ergonomics.* 2010; 53(7): 858–871.
9. Harman E, Gutekunst D, Frykman P, Sharp M, Nindl B, Alemany J, Mello R. Prediction of simulated battlefield physical performance from field-expedient tests. *Mil Med.* 2008; 173(1): 36–41.
10. Dyrstad SM, Miller BW, Hallén J. Physical fitness, training volume, and self-determined motivation in soldiers during a peacekeeping mission. *Mil Med.* 2007 Feb;172(2):121-7.
11. Sharp M, Knapik J, Walker L, Burrell L, Frykman P, Darakjy S, Lester M, Marin R. Physical fitness and body composition after a 9-month deployment to Afghanistan. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(9):1687–92.
12. Lester M, Knapik J, Catrambone D, Antczak A, Sharp M, Burrell L, Darakjy S. Effect of a 13-month deployment to Iraq on physical fitness and body composition. *Mil Med.* 2010; 175(6):417–23.
13. Warr BJ, Heumann KJ, Dodd DJ, Swan PD, Alvar BA. Injuries, changes in fitness, and medical demands in deployed National Guard soldiers. *Mil Med.* 2012 Oct;177(10): 1136-42.
14. Warr B, Scofield D, Spiering B, Alvar B. Influence of training frequency on fitness levels and perceived health status in deployed national guard soldiers. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(2): 315–322.
15. Fallowfield JL, Delves SK, Hill NE, Cobley R, Brown P, Lanham-New SA, Frost G, Brett SJ, Murphy KG, Montain SJ, Nicholson C, Stacey M, Ardley C, Shaw A, Bentley C, Wilson DR, Allsopp AJ. Energy expenditure, nutritional status, body composition and physical fitness of Royal Marines during a 6-month operational deployment in Afghanistan. *Br J Nutr.* 2014 Sep 14;112(5):821-9.
16. Farina EK, Taylor JC, Means GE, et al. Effects of Combat Deployment on Anthropometrics and Physiological Status of U.S. Army Special Operations Forces Soldiers. *Mil Med.* 2017;182(3):e1659-e1668.

17. Sedliak M, Sedliak P, Vaara JP. Effects of 6-Month Military Deployment on Physical Fitness, Body Composition, and Selected Health-Related Biomarkers. *J Strength Cond Res.* 2019 Feb 27. [Epub ahead of print]
18. Lindholm H, Rintamäki H, Rissanen S, Simonen R, Kyröläinen H, Nyman KK, Holsen M, Mäntysaari M, Leskinen J, Heinonen T, Virtala M, Pihlainen K, Santtila M. 2012. Sotilas kuumassa – toimintakyvyn turvaaminen sekä seulonamenetelmän kehittäminen. Loppuraportti. Juvenes Print, Tampereen yliopistopaino. Tampere. ISBN 978-951-25-2300-9.
19. Pihlainen K, Santtila M, Nyman K, Nykänen T, Mäntysaari H, Vaara J, Vasankari T, Rintala H, Mäkinen J, Viskari J, Kyröläinen H. 2016. Sotilaan toimintakyvyn tutkimus Libanonin UNIFIL kriisinhallintaoperaatioissa – KRITOKY 2014. Osa 1. Toimintakyvyssä ja terveydentilassa tapahtuneet muutokset, kuormittuminen sekä ravintokäyttäytyminen. Juvenes Print. Tampere. ISBN: 978-951-25-2738-0.
20. Pihlainen K, Santtila M, Koski H, Kyröläinen H. 2017. Sotilaan toimintakyvyn tutkimus Libanonin UNIFIL kriisinhallintaoperaatioissa – KRITOKY 2014. Osa 2. Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset kehon koostumukseen ja fyysiseen toimintakykyyn. Juvenes Print. Tampere. ISBN: 978-951-25-2872-1.
21. Rintamäki H, Kyröläinen H, Santtila M, Mäntysaari M, Simonen R, Torpo H, Mäkinen T, Rissanen S, Lindholm H. From the subarctic to the tropics: Effects of 4-month deployment on soldiers' heat stress, heat strain and physical performance. *J Strength Cond Res.* 2012; 26(7): S45–S52.
22. Pihlainen K, Santtila M, Vasankari T, Häkkinen K, Kyröläinen H. Evaluation of occupational physical load during 6-month international crisis management operation. *Int J Occup Med Environ Health.* 2018 Jan 7;31(2):185-197
23. Howley E. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(6) S364–S369.
24. Pihlainen K, Häkkinen K, Santtila M, Raitanen J, Kyröläinen H. Differences in Training Adaptations of Endurance Performance during Combined Strength and Endurance Training in a 6-Month Crisis Management Operation. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Mar 5;17(5). pii: E1688.
25. Pihlainen K, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics With Simulated Military Task Performance. *J Strength Cond Res.* 2018 Apr;32(4):1089-1098.
26. Balsalobre-Fernández C, Santos-Concejero J, Grivas GV. Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *J Strength Cond Res.* 2016; .30(8): 2361-2368.
27. O'Neal E, Hornsby J, Kelleran K. High-Intensity Tasks with External Load in Military Applications: A Review. *Mil Med.* 2014; 179(9): 950–954.
28. Billing D, Silk A, Tofari P, Hunt A. Effects of Military Load Carriage on Susceptibility to Enemy Fire During Tactical Combat Movements. *J Strength Cond Res.* 2015; 29(11S): S134–S138.
29. Angeltveit A, Paulsen G, Solberg P, Raastad T. Validity, Reliability, and Performance Determinants of a New Job-Specific Anaerobic Work Capacity Test for the Norwegian Navy Special Operations Command. *J Strength Cond Res.* 2016; 30(2): 487–496.
30. Santtila M, Häkkinen K, Kraemer W, Kyröläinen H. Effects of Basic Training on Acute Physiological Responses to a Combat Loaded Run Test. *Mil Med.* 2010; 175(4): 273-29.
31. Lyons J, Allsopp A, Bilzon J. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. *Occup Med (Lond).* 2005; 55(5): 380–384.

32. Haff G. Periodization for Tactical Populations. Teoksessa: Alvar B, Sell K, Deuster P (toim.). 2017. NCSA's Essentials of Tactical Strength Training and Conditioning. Champaign, IL, Human Kinetics. ISBN: 978-1-4504-5730-9.
33. Kyröläinen H, Pihlainen K, Vaara JP, Ojanen T, Santtila M. Optimising training adaptations and performance in military environment. J Sci Med Sport. 2018 Nov;21(11):1131-1138.

8 Sotilaslentäjien fyysinen kuormittuminen ja harjoittelu

Tuomas Honkanen ¹, Roope Sovelius ²

¹ Sotilaslääketieteen keskus, Tutkimus- ja kehittämisosasto

² Sotilaslääketieteen keskus, Imailulääketieteen keskus

8.1 Johdanto

Sotilassuihkukoneiden aiheuttamat kiihtyvyyss- eli G-voimat asettavat lentäjille fyysisiä erityisvaatimuksia. Lennettäessä korkeiden G-voimien vaikutuksessa selän ja niskan alueen lihasten kuormitustaso on korkea [1], ja lentotehtävät aiheuttavat lihasväsymistä [2]. Lisäksi ilmataistelun aikana suoritettut tähytykset kuormittavat merkittävästi selkärankaa [3, 4], mikä pahimmillaan voi johtaa selkärangan alueen vammoihin ja vaivoihin [5, 6].

Inhimillisen haitan ehkäisyn lisäksi sotilaslentäjien työn kuormituksen hallinta ja työperäisten vammojen ennaltaehkäisy ovat yhteiskunnalle taloudellisesti hyödyllistä. Rintalan [7] väitöstutkimuksen mukaan hävittäjälentäjät ovat Suomen ylivoimaisesti kallemmin koulutettu ammattiryhmä ja sotilaslentäjän virkauran aikaiset kustannukset olivat jo 10 vuotta sitten lentäjää kohden noin 11 miljoonaa euroa. Leinon [8] mukaan yli neljälläkymmenellä koulutetulla aktiivilentäjällä on lentokelpoisuutta rajoitettu tukirankaoireista johtuen, jolloin he eivät pysty operatiiviseen hävittäjälentäjän työhön Hornet F/A-18 kalustolla, vaan lentävät potkurikoneita ja/tai tekevät toimistotöitä.

Tästä johtuen 2010-luvulla sotilaslentäjien fyysistä kuormittumista, harjoittelua ja tuki- ja liikuntaelimestön (TULE) oireilua on selvitetty useissa tutkimushankkeissa. Näiden hankkeiden tarkoituksena on ollut selvittää, ennustaako sotilaslentäjien fyysinen suorituskyky tai kiihtyvyysoimille altistuminen TULE oireilua sekä lentopalveluksen rajoituksia [9-11]. Lisäksi tutkimuksissa on pyritty selvittämään yksilöllistä kuormittumista kiihtyvyyden lisääntyessä sentrifugissa [12] sekä kypärän tuoman lisäpainon ja lämpötilan vaikutusta niskalihasten kuormittumiseen [13-14]. Niskalihasten kuormittumista on myös selvitetty tutkimalla pään eri asentoja ilmataistelun aikana [15, 16]. Magneettikuvantamisen menetelmällä (MRI) on tutkittu muun muassa sotilaslentäjien selän lihasten poikkipinta-alojen yhteyttä vartalon ja alaraajojen isometriseen voimantuottoon ja oireiluun [17] sekä rangan kulumamuutoksiin [18]. Harjoitteluinterventiolla [19] on selvitetty eri harjoitusmenetelmien vaikutusta niskan, ja vastaavasti lannetukitutkimuksella [20] selän, kuormittumiseen lennon aikana.

8.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimushankkeiden aineisto muodostui useista eri tutkimusjoukoista, joita olivat vuositarkastuksessa testatut aktiivilentäjät, lentokelpoisuusrajoituksen saaneet hävittäjälentäjät ja heidän aktiivisesti rajoituksetta lentävät verrokkit sekä MRI kuvatut lentäjät ja ei-lentävät verrokkit. Lisäksi tutkimusjoukot muodostuivat eri kadettikurssien vapaaehtoisista hävittäjälentäjistä. Tarkemmat tiedot tutkimusjoukkojen muodostumisista löytyvät tutkimuksia käsittelevistä tiedeartikkeleista [9-20].

Niska-hartiaseudun (NHS) lihasten kuormitusta mitattiin lihassähköisellä aktivaatiolla eli elektromyografialla (EMG). Kaikki EMG-mittaukset tehtiin pintaelektrodien kahdeksanavaisella mittarilla neljästä eri lihaksesta kehon oikealta ja vasemmalta puolelta. Neljässä tutkimuksessa EMG mitattiin epäkäs- eli trapezius- (TRA) ja päänkiertäjä- eli sternocleidomastoideus- (SCM) lihaksesta sekä kaulan (cervical erector spinae, CES) ja rintarangan alueen (thoracic erector spinae, TES) ojentajalihakset. Lannetukitutkimuksessa selvitettiin edellä mainitusta poiketen TRA sijaan lannerangan ojentajalihasten (lumbar erector spinae, LES) lihasaktivaatio. Kahdessa tutkimuksessa [15-16] lennonaikainen EMG pystyttiin yhdistämään päänasentoihin, kypärätähtäimestä saadun datan avulla, ja analysoimaan sekä G-voimien että kaularangan eri liikesuuntien yhteisvaikutusta niskalihasten kuormitukseen.

Sotilassuihkukoneen kiihtyvyyttä on varsinaisen koneen lisäksi aikaansaatu ja mallinnettu trampoliiniharjoittein ja sentrifugilla. Trampoliinihyppyt suoritettiin alkulämmittelynä perus- sekä selin ja polviltaan hyppien. Trampoliini (4,3 m halkaisijan, JumpKing, Portland USA) hypyillä kyettiin simuloimaan G-voimia 0 ja +4 Gz:n välillä. Sentrifugitutkimuksessa (DFS, Linköping, SWE) lentäjät altistettiin aina +8Gz kiihtyvyysoimille asti. Kiihtyvyyttä nostettiin sentrifugissa 1,4Gz kiihtyvyydestä +0,1 Gz/s nopeudella. Sentrifugissa mitattiin lihasaktiivisuuden lisäksi kiihtyvyysoimien sietokykyä passiivisella G-toleranssilla, joka määritetään Gz -tasolta, jolloin tunnelinäön alkaessa aloitetaan vastaponnistus. Harjoitusintervention vaikutusta niskan kuormittumiseen ja lannetuen vaikutusta niskan ja selän kuormittumiseen selvitettiin Hawk-suihkuharjoitushävittäjällä lennettyjen lentojen aikana.

Lämpötilan vaikutusta niskalihasten kuormittumiseen G-altisteessa (trampoliinilla hyppien) tutkittiin vertaamalla EMG mittauksia kylmältäistusta ennen ja sen jälkeen. Lähtötilannemittaukset suoritettiin +21C asteen sisälämpötilassa, ja tuloksia verrattiin kylmälle altistumisen jälkeisiin mittauksiin. Kylmältäistuminen suoritettiin 30 minuutin oleskelulla -2C asteen ulkolämpötilassa.

Magneetikuvantamista käytettiin lihasten koostumuksen ja poikkipinta-alojen [17] sekä rangan rappeumamuutoksien [18] tutkimisessa. Ensiksi mainittuja tutkittiin 5 vuoden seurannassa kahden kadettikurssin ohjaajilla (N = 26), kun taas jälkimmäisessä rappeumamuutoksia verrattiin lentäjien (N=11) ja kontrollien (N=12) välillä 13 vuoden seurannassa. Lihasten poikkipinta-alat mitattiin ja koostumus arvioitiin selän parasпинаali- (multifidus ja erector spinae -lihakset) sekä lantion psoas-lihaksesta L3-L4 ja L4-L5



nikamavälien tasolta. Rappeumamuutokset arvioitiin luokittelemalla nikamavälilevyn korkeus, signaali-intensiteetti ja pullistumat (0–2 asteikolle) sekä lanne- että kaularangasta (L1-S1 ja C2-C7).

Kumulatiivista G-kuormitusta määritettiin tyypillisesti lentokokemuksella (tuntien tai vuosien kertymällä) tai vertaamalla lennettyä kalustoa (suihkukoneet vs. potkuri- tai muut koneet). Myöhemmissä tutkimuksissa on myös onnistuttu käyttämään yksilöllistä kumulatiivista G-kertymää (FI -indeksi) altisteen mahdollisimman tarkaksi määrittämiseksi. Lentokalustoa ja lentokokemusta on verrattu tutkimuksissa kyselyin selvitettyihin oireisiin, kun taas FI -indeksiä on verrattu lentokelpoisuuden rajoittamisiin.

Lentäjiltä on myös kerätty vuositarkastuksen toimintakykytestien ja uranaikaisten sekä lentäjävalinnan aikaisten kestävyys- ja lihaskuntotestien tuloksia. Oireilua ja fyysistä aktiivisuutta on lisäksi selvitetty vuositarkastuksen ja erikseen tutkimushankkeita varten suunnitelluilla oirekyselyillä. Valintatesteistä on tutkittu maksimaalisen polkupyöräergometri- ja lihaskuntotestin yhteyttä myöhempään uranaikaisiin TULE-peräisiin lentokelpoisuuden rajoituksiin vertailemalla pysyvän lentokelpoisuusrajoituksen saaneita lentäjiä ($n = 23$) rajoituksetta lentäneisiin ($n = 50$). Vartalon ja alaraajojen isometrisiä maksimivoimatestejä on verrattu myöhempään oireiluun. Lisäksi kaulan staattisia voimatestejä on käytetty interventiotutkimuksessa, jossa verrattiin trampoliiniharjoittelun ($n = 8$) ja vastusharjoittelun ($n = 8$) vaikutusta lihasten kuormittumiseen lentotehtävien aikana. Tarkemmat tiedot menetelmistä ja mittauksista löytyvät tutkimusta käsittelevästä artikkelista [9-20].

8.3 Tulokset

Kylmän vaikutusta niskalihasten kuormittumiseen selvittävässä tutkimuksessa ihon lämpötilamuutokset osoittivat, että päännkiertäjälihasten (SCM) osalta iholämpötila laski keskimäärin $34,4 \pm 0,6$ asteesta $31,1 \pm 2,1$ asteeseen ja epäkäslihasten (TRA) osalta $34,4 \pm 0,7$ asteesta $33,5 \pm 1,1$ asteeseen. Lihaskäivisyyden (%MVC) nousu oli merkittävää epäkäslihaksessa (TRA) ja kaulanrangan ojentajalihaksissa (CES), joissa varusteet ja vaatetus eivät tarjonneet suojaa. Alemmilla, vaatteiden suojaamille lihaksilla, muutos ei ollut merkittävä. Kypärän ja pimeänäkölaitteiden (NVG) aiheuttamaa niska-hartianseudun alueen kuormitusta Gz -altisteessa selvitettiin EMG-mittauksin trampoliinilla. Kypärä lisäsi niskan lihaskäivätiötä (EMG) merkittävästi TRA, SCM ja CES -lihasten osalta, mutta kypärän lisäksi NVG lisäsi kuormitusta entisestään SCM ja CES -lihaksissa.

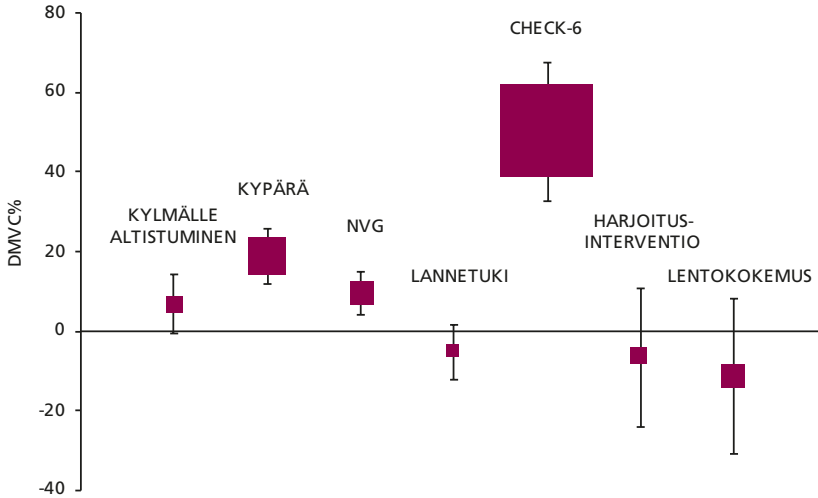
Ilman hävittäjäkokemusta olevien kadettien EMG-mittauksissa havaittiin korkeampi käivisyyden päännkiertäjä- ja kaularangan ojentajalihaksissa verrattuna luutnentteihin, joilla oli hävittäjälentokokemusta sentrifugissa suoritettuna korkean Gz-kuormituksen aikana. Yhdistetty vasemman ja oikean puolen lihaskäivisyyden päännkiertäjälihaksessa nousi $7,4-7,9 +Gz$:ssa kokemattomilla lentäjillä keskimäärin 48 prosenttiin ja kokeneilla lentäjillä 33 prosenttiin MVC:sta. Niskan ojentajalihaksissa vastaavat luvut olivat 30 prosenttia kokemattomilla ja 22 prosenttia kokeneilla. Samassa tutkimuksessa havaittiin kokeneilla lentäjillä parempi passiivinen Gz-sietokyky verrattuna kokemattomiin lentäjiin arvioimalla vastaponnistuksen aloitusajankohtaa.

Lannetuen vaikutusta niskan ja selän kuormittumiseen selvittävässä tutkimuksessa Hawk-suihkuharjoitushävittäjällä lennettyjen lentojen G-altiste ei eronnut lentojen, joilla käytettiin lannetukea ja kontrollilentojen välillä. Subjektiiivisen palautteen perusteella viisi tutkittua henkilöä yhdestätoista raportoi lannetuen parantavan ja yksi huonontavan istuma-asentoa. Loput viisi eivät havainneet merkittävää eroa istuma-asennossa ilman lannetukea ja lannetuella lennettyjen lentojen välillä. Lannetuen käytöllä ei myöskään havaittu olevan tilastollisesti merkittävää vaikutusta lihasten kuormittumiseen. Tutkimustuloksissa oli suurta yksilöllistä vaihtelua. Toisilla lannetuki vähensi selän ja NHS -lihasten kuormitusta, kun taas toisilla vaikutus saattoi olla jopa päinvastainen.

Harjoitusinterventiotutkimuksessa sekä voima- että trampoliiniharjoittelu lisäsivät lihaskäivätiötä kaikkiin mitattuihin liikesuuntiin. Harjoitusmuotojen välillä fleksiosuuntainen voimantuotto kehittyi trampoliiniharjoittelussa voimaharjoittelua enemmän. Molemmat harjoitusmenetelmät vähensivät myös niskalihasten käivisyyttä lennettäessä korkean Gz-kuorman lentoja.

Ilmataistelun aikana suoritetuissa mittauksissa havaittiin, että niskalihasten kuormitus ylitti niiden maksimivoimantuoton. Tämä tapahtui etenkin tähystettäessä suurten kiihtyvyyden voimien alla oman koneen takasektoriin ("check six"). Kuvassa 1 on esitetty tiivistelmä eri tekijöiden vaikutuksista niska-hartianseudun kuormittumiseen (EMG:llä mitattuna) hävittäjälentäjillä.

Kuva 8.1 Niska-hartianseudun lihasten kuormittavuuteen vaikuttavat tekijät hävittäjälentäjillä.



Tutkimuksissa, joissa selvitettiin fyysisen toimintakyvyn vaikutusta tuki- ja liikuntaeli-mistön oireiluun, havaittiin sotilaslentäjien alhaisella selän isometrisellä voimalla olevan yhteys vapaa-ajan liikunnassa koettuihin alaselkävaivoihin. Lisäksi valintavaiheen lihaskuntotestien kokonaispistemäärällä havaittiin olevan yhteys myöhempään uran aikaiseen TULE-oireperäiseen lentokelpoisuuden rajoittamiseen. Lihaskuntotesteistä erityisesti selkälihas- ja käsinkohontatestituloksilla on yhteys rajoitukseen. Pysyvän lentokelpoisuusrajoituksen uranaikana saaneet lentäjät suorittivat selkälihastestissä keskimäärin 11 ja käsinkohontatestissä 2 toistoa vähemmän kuin rajoituksetta lentäneet verrokkit. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että lentokelpoisuuden rajoituksen saaneista lentäjistä 22 prosenttia ilmoitti valintavaiheessa harrastavansa kilpaurheilua, kun vastaavasti rajoituksetta lentäneistä verrokeista 54 prosenttia ilmoitti harrastaneensa kilpaurheilua.

Lentokelpoisuusrajoitusten ja G-kertymästä kertovan FI-indeksin väliltä ei löydetty tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Lentokelpoisuusrajoituksen saaneiden lentäjien uran ensimmäisen viiden vuoden ajalta mitattu keskimääräinen FI-indeksiluku oli 8.0 ± 1.8 , kun taas rajoituksetta lentäneillä lentäjillä vastaava luku oli 7.6 ± 1.7 . Rajoituksen saaneilla lentäjillä oli G-altisteisia lentotunteja keskimäärin 1354 ± 451 tuntia (vaihteluvälin ollessa 167 tunnin ja 2280 tunnin välillä) ja rajoittamattomilla lentäjillä lentotuntien tarkkaa keskiarvoa ei raportoitu operatiivisista salassapitosyistä johtuen, mutta lentotunnit vaihtelivat 1000 ja 4000 tunnin välillä.

Ilmavoimien ohjaajakadettien liikuntaleireillä suoritetuilla (alaraajojen ja vartalon) isometrisillä maksimivoimamittauksilla ja dynaamisilla lihasvoimatesteillä ei ole havaittu olevan yhteyttä TULE-oireiluun viiden vuoden seurannassa. Isometristen voimatestien tulokset olivat yhteydessä MRI-kuvista mitattuihin lihasten poikkipinta-aloihin. Lisäksi

viiden vuoden seurannassa havaittiin lihasten poikkipinta-alan kasvavan. Jatkoanalyysissä oireilevien ($n = 8$) ja oireettomien ($n = 18$) lentäjien väliltä ei löytynyt eroja lihasten poikkipinta-aloissa eikä niiden puolieroissa. Kun MRI-kuvilla selvitettiin kaula- ja lannerangan degeneratiivisia kulumamuutoksia ei havaittu eroja sotilaslentäjien ($n = 12$) ja kontrollien ($n = 11$) välillä.

8.4 Pohdinta

Hyvällä lihaskunnolla ja aktiivisella urheilustaustalla sotilaslentäjän valintavaiheessa on suojaava vaikutus uran aikaisilta lentokelpoisuusrajoituksilta. Erityisesti selkälihas- ja käsinkohontatestitulokset olivat valintavaiheessa parempia niillä, jotka pystyivät lentämään uransa ilman tukirankaperäisiä lentokelpoisuusrajoituksia. Sen sijaan aerobisella suorituskyvyllä ei havaittu olevan yhteyttä lentokelpoisuusrajoituksiin. Tämä tutkimustulos puoltaa hyvän lihaskunnan merkitystä sotilaslentäjien työperäisten niska- ja selkävaivojen ennaltaehkäisyssä jo valintavaiheessa. Lisäksi tutkimuksissa havaittiin, että alhaisella selän isometrisellä voimalla on yhteys myöhemmin ilmaantuviin ja liikuntaharastusten yhteydessä koettuihin alaselkävaivoihin. Tätä yhteyttä selvitettiin vertaamalla kyselytutkimuksissa raportoituja oireita uranaikaisten toimintakykytestien ja kadettivaiheen maksimivoimatestien tuloksiin 5 vuoden seurannassa. Löydöstä tukee aiempi, ei-lentävällä henkilöstöllä tehty tutkimus, jonka mukaan staattinen selän ja vartalon ojentajalihasvoima suojaavat selkävaurioilta [21].

Niskan alueen lihaskuntoharjoittelulla havaittiin harjoitusmenetelmästä riippumatta olevan positiivinen vaikutus niskalihasten kuormituksen vähenemiseen lennon aikana. Sekä perinteistä voima- että trampoliiniharjoittelua tehneet ryhmät vähensivät molemmat lennon aikaista niska-hartianseudun lihasten kuormitusta, kun lennonaikaiset EMG-mittaukset tehtiin ennen ja jälkeen harjoitteluintervention. Lisäksi harjoittelulla oli vaikutus lihasvoiman lisääntymiseen isometrisillä maksimivoimamittauksilla. Tämän voidaan katsoa lisäävän voimareserviä lentotehtävien aikaisen lihastyön ja maksimaalisen lihastyön välillä, mikä voi vähemmän lihäsäsymyksen lisäksi pienentää loukkaantumisriskiä ja ennaltaehkäistä rasitusvammojen syntyyn johtuvia mikrotraumoja.

Tutkituista muuttujista sekä kylmä että kypärän ja pimeänäkölaitteiden aiheuttama ylimääräinen paino lisäävät niskahartianseudun lihasten kuormitusta. Kylmentyneet niskalihakset voivat johtaa maksimivoiman ja korkean G:n alla vaadittavan niskalihasten voimantuoton välisen eron pienentymiseen, mikä voi lisätä niskan vammatariskia. Tutkimustuloksia tulkittaessa on hyvä ottaa huomioon, että mittaukset suoritettiin kohtalaisen leudoissa talviolosuhteissa (30 minuutin oleskelulla -2 C asteen ulkolämpötilassa), kun esimerkiksi Lapin lennoston lentäjät saattavat altistua jopa alle -25 C asteen lämpötiloille. Tästä syystä lentoa edeltävällä niskahartia-alueen lämmittelyllä ja niskahartia-aluetta suojaavalla kaulurilla voidaan ehkäistä lentämiseen liittyviä niskakipuja talvikuukausina, etenkin lennettäessä kylmissä olosuhteissa. Siitä huolimatta, että nykyaikaisin materiaa-

lein kypärän ja pimeänäkölaitteiden painoa on pyritty vähentämään, on samaan aikaan kypärätähtäimen (JHMCS) vaatima nykYTEKNIikka visiirinäytössä tuonut lisäpainoa, joka vaikuttaa painopisteen siirtymiseen epäedullisesti eteenpäin [22]. Tämän perusteella, voidaan niskanseudun lihaskuntoharjoittelua pitää entistä tärkeämpänä lentäjille. Tutkimusten mukaan lihaskuntoharjoittelu on hyödyllistä, mutta ylivertaista harjoitusmetodia tai tarkkaa annos-vaste -suhdetta ei ole kyetty määrittämään.

Tutkimuksissa [15-16], joissa niskalihasten kuormitusta on tutkittu ilmataistelun aikana, kuormituksen on havaittu ylittävän niiden voimantuoton. Tämä tapahtuu etenkin suurten kiihtyvyysoimien aikaisissa tähystysliikkeissä, joihin liittyy kaularangan voimakas rotaatio. Tyypillisesti tämä ilmenee tähystettäessä hävittäjän takasektoriin (check six), jossa liikkeeseen yhdistyy kaularangan voimakas rotaatio ja ekstensio. Tätä takasektorin tähystystä ei voida ilmataistelussa koskaan välttää täysin, mutta ilmavoimissa annettavalla ohjaamokoulutuksella voidaan pyrkiä vähentämään kaikista riskialttiimpia tilanteita ja parantamaan tähystysergonomiaa. Tutkimuksissa [15-16] määritettiin myös niskalihasten kuormitusta päättä käännettäessä eri suuntiin. Näitä tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää käytännössä muun muassa lajinomaisempien harjoitusohjelmien laadinnassa.

Vaikka hävittäjälentäjät raportoivat kuljetus- ja yhteyskonelentäjiä enemmän lento-tehtäviin liittyviä alaselkävaivoja, ei lentäjäkohtainen FI-indeksillä mitattu kumulatiivinen G-kuormitus ollut yhteydessä tukirankaperäisiin lentokelpoisuuden rajoituksiin. Löydös, ettei korkeampi G-kuorma altista rajoituksille on osittain ristiriidassa aikaisempien [7] tutkimusten kanssa. Aiemmin G-kertymä on mitattu lähinnä lentokokemuksella vuosina ja tunteina, mutta FI-indeksillä saatiin tutkimusjoukolta ensimmäistä kertaa maailmassa laskettua lentäjäkohtainen kumulatiivinen G-kertymä. Syy miksi G-kertymä ei eronnut rajoituksen saaneiden ja rajoituksetta lentäneiden lentäjien joukosta voi olla, että esimerkiksi alaselkävaivojen riskitekijät ovat niin monitahoiset, ettei pelkkä G-kuormitus yksistään erotu altisteena. Lisäksi yhtenä selityksenä voi olla, että tutkimuksessa mitattiin tutkimusteknisistä syistä sekä rajoitettujen että rajoittamattomien lentäjien uran ensimmäisen viiden vuoden G-kertymä.

Sentrifugissa suoritetuissa suurien kiihtyvyysoimien aikaisissa lihasaktivaatiomittauksissa havaittiin, että kadetit, joilla ei ollut hävittäjäkokemusta, aktivoivat korkean kiihtyvyysoimakuorman alla enemmän niska-hartianseudun lihaksia ja aloittavat vastaponnistuksen alhaisemmalla kuormalla kuin lentäjät, joilla oli jo hävittäjälentokokemusta. Kokemattomien lentäjien havaittiin aktivoivan niskahartian seudun lihaksia nimenomaan korkealla (> 7.4Gz) kiihtyvyyden tasolla selvästi enemmän. Näin ollen samassa lentotehtävässä kokemattomat lentäjät kuormittuivat kokeneita enemmän, mikä olisi hyvä ottaa huomioon lentokoulutuksen alussa ja sen suunnittelussa. Lisäksi lentotehtävien kuormittavuus on otettava huomioon fyysisen harjoittelun ohjelmoinnissa. Ammattispesifinen lihaskuntoharjoittelu sekä lennolle valmistavien ja palauttavien toimenpiteiden harjoittelu tulisi aloittaa sotilasuran alusta alkaen.

Lannetukitutkimuksen hypoteesina oli, että lentämiseen liittyvää niska-hartianseudun ja alaselän lihasten kuormitusta pystytään vähentämään parantamalla istuma-asen-

toa ja ryhtiä erillisen lannetuen avulla. Vaikka kaikkien mitattujen lihasten osalta oli havaittavissa tendenssi kuormituksen pienenemiseen, tilastollisesti merkitsevää eroa ei havaittu. Yksilölliset erot olivat kuitenkin suuria ja kuormitus väheni osalla tutkittavista, ja osa raportoi tuen vähentävän lennonaikaisia kipuja. Näin ollen lannetuen käyttö voi olla osalle lentäjistä hyvinkin hyödyllistä. Yksilöllisistä eroista johtuen lannetuen käyttöä tulisi aina harkita perusteellisesti ja sen käyttöönotossa sekä sovittamisessa kannattaa konsultoida ilmailulääkärinä tai sotilasilmailuun perehtynyttä tyofysioterapeuttia.

Lannerangan alueen lihasten poikkipinta-alojen tutkimus oli ensimmäinen hävittäjälentäjillä suoritettu tutkimus, jossa verrattiin lihasten koostumuksen ja koon (poikkipinta-ala) yhteyttä oireiluun. Tutkimuksessa havaittiin, että lannerangan alueen lihasten poikkipinta-ala kasvaa hävittäjälentäjillä uran ensimmäisen viiden vuoden aikana. Lisäksi havaittiin poikkipinta-aloilla olevan myönteinen yhteys staattiseen lihasvoimaan. Poikkipinta-alojen ja TULE-vaivojen välillä ei havaittu yhteyttä, mikä voi johtua tutkimusjoukon vähäisestä oireilusta uran alkuvaiheessa. Jatkossa samankaltainen tutkimusasetelma olisi hyvä suorittaa pidemmällä seuranta-ajalla. Lisäksi voimamittaukset tulisi tehdä myös seurannan päätteeksi, jotta voidaan varmistua, onko voima ja/tai lihaksen koko kasvanut.

Kuvantamistutkimuksissa ei löydetty viitteitä korkeiden Gz-kuormien aiheuttamista varhaisista degeneratiivisista muutoksista lanne- ja kaularangassa. Tämä oli hypoteesin ja aiempien tutkimusten [6, 23] kanssa ristiriidassa. Syynä tähän voivat olla eri kuvantamislaitteet lähtötilanteessa ja seurantavaiheessa, liian pieni tutkimusjoukko sekä epätarkat analysointimenetelmät [24].

8.5 Johtopäätökset

Näiden tutkimushankkeiden tulokset viittaavat siihen, että hyvä lihaskunto ja aktiivinen kilpaurheilutausta suojaavat myöhemmältä uranaikaiselta tukirangan oireperäiseltä lentokelpoisuus-rajoitukselta, minkä lisäksi selkälihasten riittävä isometrinen voima voi suojata myöhemmältä alaselkäoireilulta. Tutkimustulosten mukaan niskan voimaharjoittelu, trampoliiniharjoittelu ja niskan alueen huolellinen lämmittely vähentävät niskalihasten lennon aikaista kuormitusta. Kylmä ilma ja lisäpaino (kypärä ja NVG) lisäävät merkittävästi niskalihasten kuormitusta G-altisteen aikana. Lannetuella voidaan vähentää lennon aikaista lihaskuormitusta ja -kipuja, mutta sen vaikutukset ovat hyvin yksilöllisiä. Tutkimustuloksia hyödynnetään Ilmavoimien fyysisen toimintakyvyn työryhmän toiminnassa, muun muassa tarkemman lajiansalyysin laadinnassa ja siihen perustuvien harjoitteluohjelmien suunnittelussa.

8.6 Toimenpidesuosituksat ja jatkotutkimustarpeet

- Sotilaslentäjävalinnassa tulisi jatkossa ottaa huomioon entistä tarkemmin lihaskunnan ja urheilutaustan merkitys.
- Lentäjien uran aikana tulisi keskittyä lihaskunto- ja voimaharjoitteluun, ottaen huomioon erityisesti niska-hartianseudun ja vartaloli hasten vahvistaminen.
- Hävittäjälentäjäkoulutuksen varhaisvaiheen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, että kokemattomat lentäjät kuormittuvat lentotehtävien aikana kokeneita lentäjiä enemmän.
- Lennolle valmistavien toimenpiteiden tulisi sisältää huolellinen lihasten lämmittely, erityisesti kylmällä ilmalla.
- Lannetuen käyttöä tulisi harkita yksilöllisesti selkä- tai niskaoireisilla lentäjillä, kuitenkin siten, että sen käyttöönotto tapahtuu ilmailulääketieteen asiantuntijaa konsultoimalla.
- Tulevaisuuden tutkimushankkeissa tulisi olla pidempiä seurantajaksoja kumulatiivisen G-altisteen osalta (FI-indeksi) ja niissä tulisi ottaa erityisesti huomioon lennonaikaiset päänliikkeet kuormitusta lisäävinä tekijöinä.
- Harjoitteluinterventiossa tulisi ottaa tarkemmin huomioon harjoittelun annosvastesuhde, jolloin kyettäisiin löytämään optimaaliset ja pitkäkestoiset harjoitusmenetelmät.
- Voima- tai toimintakykytestejä sisältävissä interventioissa tulisi jatkossa olla nykyisten poikkileikkaustutkimusten lisäksi pidempiaikaisia seurantatutkimuksia, sisältäen vähintään alku- ja loppumittaukset.
- Kuvantamistutkimuksia suositellaan jatkettavaksi, mutta niiden otosta tulisi laajentaa etenkin rappeumatutkimusten osalta, ja tutkimusten seuranta-aikaa pidentää erityisesti selkärangan lihasten koon analysoinnin osalta. Lisäksi verrokkiryhmän tulisi olla edustavuudeltaan mahdollisimman paljon tutkimusryhmän kaltainen.

Lähteet

1. Oksa, J., Hamalainen, O., Rissanen, S., Salminen, M. & Kuronen, P. 1999. Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 70 (6), 556-560.
2. Cornwall, M. W. & Krock, L. P. 1992. Electromyographic activity while performing the anti-G straining maneuver during high sustained acceleration. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 63 (11), 971-975.
3. Newman, D. G. 1997. +GZ-induced neck injuries in Royal Australian Air Force fighter pilots. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 68 (6), 520-524.
4. Oksa, J., Hamalainen, O., Rissanen, S., Myllyniemi, J. & Kuronen, P. 1996. Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 67 (12), 1138-1143.
5. Hämäläinen, O., Visuri, T., Kuronen, P. & Vanharanta, H. 1994. Cervical disk bulges in fighter pilots. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 65 (2), 144-146.
6. Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Kuusela, T. 1993. Degeneration of cervical intervertebral disks in fighter pilots frequently exposed to high +Gz forces. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 64 (8), 692-696.
7. Rintala H. 2012. Military pilots' physical performance and occupational musculoskeletal disorders. Academic Dissertation National Defense University. Helsinki, Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-25-2375-7>
8. Leino 2014 (julkaisematon tiedonanto).
9. Honkanen T, Kyröläinen H, Avela J, Mäntysaari M. 2017a. Functional test measures as risk indicators for low back pain among fixed-wing military pilots. *Journal of Royal Army Medical Corps*. 163: 31–34.
10. Honkanen T, Sovelius R, Mäntysaari M, Kyröläinen H, Avela J, Leino T. 2018a. +Gz Exposure and Spinal Injury-Induced Flight Duty Limitations. *Aerospace Medicine and Human Performance* 89: 552–556.
11. Honkanen T, Mäntysaari M, Avela J, Kyröläinen H, Leino T. 2018b. Assessment of Muscular Fitness as a Predictor of Flight Duty Limitation. *Military Medicine* 183: e693-e698.
12. Honkanen T, Oksa J, Mäntysaari MJ, Kyröläinen H, Avela J. 2017b. Neck and Shoulder Muscle Activation Among Experienced and Inexperienced Pilots in +Gz Exposure. *Aerospace Medicine and Human Performance* 88: 90–95.
13. Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H., Huhtala, H. & Siitonen, S. 2006b. Ambient temperature and neck EMG with +Gz loading on a trampoline. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 78 (6), 574-578.
14. Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H., Huhtala, H. & Siitonen, S. 2008a. Neck muscle strain when wearing helmet and NVG during acceleration on a trampoline. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 79 (2), 112-116.
15. Sovelius R, Mäntylä M, Huhtala H, Oksa J, Valtonen R, Tiitola L, Leino T. 2019. Joint Helmet-Mounted Cueing System and Neck Muscle Activity During Air Combat Maneuvering. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 90(10), 834-840.
16. Sovelius R, Mäntylä M, Huhtala H, Oksa J, Valtonen R, Tiitola L, Leino T. 2020. Head Movements and Neck Muscle Activity During Air Combat Maneuvering. *Aerospace Medicine and Human Performance* 91(1), 26-31.

17. Honkanen T, Mäntysaari M, Leino T, Avela J, Kerttula L, Haapamäki V, Kyröläinen H. 2019. Cross-sectional area of the paraspinal muscles and its association with muscle strength among fighter pilots: A 5-year follow-up. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019 20:170.
18. Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H. & Siitonen, S. 2008b. Neck and back muscle loading in pilots flying high G(z) sorties with and without lumbar support. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 79 (6), 616-619.
19. Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H., Huhtala, H., Ylinen J, & Siitonen, S. 2006a. Trampoline Exercise vs. Strength Training to Reduce Neck Strain in Fighter Pilots *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 78 (6), 574-578.
20. Sovelius, R., Salonen, O., Lamminen, A., Hämäläinen, O. 2008C Spinal MRI in Fighter Pilots and Controls: A 13-year Longitudinal Study. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 79 (7), 685-8.
21. Biering-Sorensen, F. 1984. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 9 (2), 106-119.
22. Newman, D.G. 2002. Helmet-mounted equipment in the high +Gz environment. *Aviat Space Environ Med* 73: 730-731. Oksa, J., Hamalainen, O., Rissanen, S., Myllyniemi, J. & Kuronen, P. 1996. Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 67 (12), 1138-1143.
23. Hendriksen, I. J. & Holewijn, M. 1999. Degenerative changes of the spine of fighter pilots of the Royal Netherlands Air Force (RNLAf). *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 70 (11), 1057-1063.
24. Kolstad, F., Myhr, G., Kvistad, K.A., Nygaard, O.P. & Leivseth, G. 2005. Degeneration and height of cervical discs classified from MRI compared with precise height measurements from radiographs. *Eur J Radiol* 55: 415-420.

9 Merivoimien aluspalvelus- henkilöstön kuormittuminen ja harjoittelu

Mikko Myllylä¹, Kai Parkkola^{2,3}, Juha-Petri Ruohola⁴

¹ Puolustusvoimien logistiikkalaitos, Sotilaslääketieteen keskus

² Tampereen yliopisto

³ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

⁴ Merivoimien esikunta

9.1 Johdanto

Merivoimissa, kuten muuallakin Puolustusvoimissa, sotilaan ammatissa vaaditaan hyvää fyysistä toimintakykyä. Merivoimien sotilaiden fyysiseen toimintakyvyn liittyen julkaistiin vuonna 2012 Haaga-Helian ammattikorkeakoulussa opinnäytetyö Merivoimien esikunnan henkilöstön fyysisen toimintakyvyn kehittymisestä vuosina 2005–2010 [1]. Vuonna 2016 Haaga-Heliassa julkaistiin tälle jatkona myös toinen opinnäytetyö, jonka aiheena oli Merivoimien henkilöstön fyysinen toimintakyky ja sen kehittämisen suunnitelma [2]. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten kaikkien Merivoimien sotilaiden fyysinen toimintakyky oli kehittynyt vuosina 2011-2014. Työssä kartoitettiin myös heikon kestävyyskunnan ja lääkärintodistuksella kuntotesteistä vapautettujen sotilaiden vuosittainen määrä. Lisäksi kartoitettiin sotilaiden sairauspoissaolojen määrää suhteutettuna heidän fyysiseen kuntoonsa ja kehonpainoindeksiinsä.

Vuonna 2017 Merivoimien esikuntaan perustettiin toimintakykyryhmä Merivoimien henkilökunnan kokonaistoimintakyvyn kehittämiseksi. Toimintakykyryhmän toimintaan liittyen Merivoimissa toteutettiin aikavälillä 2/2019–2/2020 NAVY-MEDSTEP (Navy Medical Study to Enhance Naval Sailor's Physical Performance) -väitöskirjatutkimuksen mittaukset. Väitöskirjatutkimus rekisteröitiin Turun yliopistoon terveystieteiden oppialalle. Tutkimus koostui kahdesta eri osiosta. Tutkimuksen ensimmäisen osion tavoitteena oli alushenkilökunnan fyysisen toimintakyvyn ja terveyden kehittäminen kustannustehokkaalla, työaikais- ta viikkoliikuntaa (2h/vko) hyödyntävällä interventiomallilla. Tutkimuksen toisessa osiossa selvitettiin alushenkilökunnan kuormittumiseen ja toimintakykyyn vaikuttavia tekijöitä alusolosuhteissa. Toisen osion ensimmäisenä tavoitteena oli verrata kahden eri vahtivuo- rojärjestelmän (4:4-järjestelmän ja 4:4/6:6-sekajärjestelmän) vaikutusta henkilökunnan

kuormittumiseen ja toimintakykyyn. Toisena tavoitteena oli kartoittaa alushenkilökunnan kuormitusta lisääviä ja vähentäviä tekijöitä.

Puolustusvoimien aluksilla on aiemminkin tehty henkilöstön vahtivuorojärjestelmiin ja aluspalvelukseen liittyviä kuormittuneisuusmittauksia. Mittausten perusteella jatkotutkimukset nähtiin tarpeellisiksi, koska riittävää tietoa eri vahtivurojen ja muiden tekijöiden vaikutuksesta alushenkilöstön kuormittuneisuuteen ei ole ollut käytettävissä. Aluspalvelushenkilökunnan toimintakyvyn ylläpitäminen palveluksen aikana on olennaista Merivoimien operatiivisen toiminnan kannalta. Aluspalveluksessa liiallisen kuormituksen ja sen seurauksena aiheutuneen toimintakyvyn laskun on todettu lisäävän inhimillisten virheiden mahdollisuutta [3]. Tutkimukset ovat osoittaneet, että noin 75 prosenttia merenkulkuonnettomuuksista johtuu inhimillisistä tekijöistä [3].

Aluspalveluksessa on yleisesti käytössä useita eri vahtivuorojärjestelmiä. Näitä ovat esim. 4:4, 6:6 ja 4:8 tunnin vahtivuorojärjestelmät. 4:4 ja 6:6 tunnin vahtivuorojärjestelmät voidaan toteuttaa kahdella vahtiryhmällä, jolloin tehtyjen työtuntien määrää seuraa yhtä monta lepotuntia. Tällöin vuorokaudessa kertyy yhteensä 12 työtuntia ja 12 lepotuntia. 4:8 tunnin vahtivuorojärjestelmän toteuttaminen vaatii kolme vahtiryhmää, jolloin neljää tehtyä työtuntia vastaa kahdeksan lepotuntia. Tällöin vuorokaudessa kertyy yhteensä 8 työtuntia ja 16 lepotuntia. Kolmella vahtiryhmällä toimivan järjestelmän mahdollistaminen vaatii kuitenkin enemmän alushenkilökuntaa kuin kahdella vahtiryhmällä toimiva järjestelmä.

Yleisesti raskaimpana pidetty 4:4-työskentelyrytmi on enää vähäisessä käytössä ja pääosin vain sotilasaluksilla, mutta siitä ei ole saatavilla riittävästi tutkimustietoa. 4:4-työskentelyrytmin hyötynä on lyhyt työskentelyaika, joka mahdollistaa riittävän tarkkaavaisuuden haastavissa olosuhteissa. Lyhytkestoinen lepoaika saattaa kuitenkin aiheuttaa väsymystä varsinkin pitkäkestoisessa merenkulussa. Useammassa käytännön tutkimuksessa alushenkilöstön väsymyksen määrä kahden vahtiryhmän järjestelmissä on selkeästi vähentynyt, kun lepoaika on pidennetty kahdeksaan tuntiin edes kerran vuorokaudessa [4,5,6]. Tällöin kuitenkin yksittäisestä työskentelyjaksosta vuorokaudessa tulee varsin pitkäkestoinen, joka ei sovi haastaviin saaristo-olosuhteisiin. Suositeltavimmaksi vahtivuorojärjestelmäksi on useamman tutkimuksen perusteella todettu kolmen vahtiryhmän 4:8-työskentelyrytmi [7,8]. Tässä työskentelyrytmissä alushenkilöstö saa tarpeeksi yhtäjaksoista lepoa, mutta toisaalta vaatii enemmän henkilökuntaa kuin kahden vahtiryhmän työskentelyrytmi.

Vahtivuorojärjestelmien tutkiminen on tärkeää, koska univajeen ja väsymyksen on osoitettu vaikuttavan negatiivisesti kognitiivisiin toimintoihin ja palautumiseen [9,10,11]. Tutkimuksissa on myös osoitettu, että kohtalaisella väsymyksellä on samanlaisia vaikutuksia suorituskykyyn kuin alkoholin käytöllä [12]. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa väsymys oli myötävaikuttavana tekijänä 16 prosentissa merenkulkuonnettomuuksista ja 33 prosentissa henkilöstön loukkaantumisista [13]. Merillä toimiva henkilöstö on myös itse arvioinut väsymyksen yhdeksi merkittävimmäksi vaaratekijäksi merenkulkutehtävissä [3].

Haaga-Helian ammattikorkeakoulussa julkaistujen Merivoimien sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn liittyvien opinnäytetöiden perusteella sotilaiden fyysisen toimintakyvyn kehittäminen todettiin tarpeelliseksi. NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen ensimmäisessä osiossa pyrittiin tutkimuksen aikana kehittämään tutkittavien fyysistä toimintakykyä ja terveyttä. Tällöin tarkoituksena oli saada välitön hyöty sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn jo tutkimuksen aikana. Tutkimuksessa käytettyä kustannustehokasta interventiomallia on mahdollista hyödyntää myös muissa Merivoimien laivueissa ja yleisemminkin edistämään fyysistä toimintakykyä ja terveyttä Puolustusvoimien palkatulla henkilöstöllä. Rajoitetun alusympäristön voisi herkästi kuvitella lisäävän henkilöstön lihavuutta ja altistavan ylipainolle. Vuonna 2016 yhdysvaltalaisessa sukellusvenetutkimuksessa todettiin kuitenkin päinvastoin, että 3 kuukauden sukellusvenepalvelus ei lisännyt henkilökunnan lihavuutta, vaan pikemminkin pienensi kehon rasvamassaa ja rasvaprosenttia [14]. Löydös painotti terveiden elintapojen ja liikunnan merkitystä myös aluspalveluksen ulkopuolella.

Alusympäristön kuormitustekijöistä ei ole Puolustusvoimissa saatavilla riittävästi aiempaa tutkimustietoa. NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen toisessa osiossa tuotettiin tietoa alusolosuhteissa henkilökunnan kuormittuneisuuteen ja toimintakykyyn vaikuttavista tekijöistä. Tuloksia pystytään välittömästi hyödyntämään alushenkilökunnan toimintakyvyn kehittämisessä ja jatkossa muun muassa alushenkilökunnan valintakriteereissä tai aiheeseen liittyvissä jatkotutkimuksissa. Tutkimustulosten hyödyntäminen lisää myös meriturvallisuutta ja tukee Merivoimien Laivue 2020 hanketta. Tutkimus tuottaa lisäksi tietoa Laivueen korvetti-luokan laivojen henkilöstön suoritus- ja toimintakykyvaatimusten määrittämiseksi.

9.2 Tutkimusmenetelmät

Jortikan [1] opinnäytetyössä kerättiin Merivoimien esikunnan (MERIVE) sotilaiden fyysisen toimintakyvyn tulokset Puolustusvoimien MILFIT-seurantajärjestelmästä vuosilta 2005–2010. Vuonna 2016 [2] kerättiin kaikkien Merivoimien sotilaiden fyysisen toimintakyvyn tulokset vuosilta 2011–2014. Opinnäytetyössä tarkasteltiin lisäksi Merivoimien sotilaiden fyysisen toimintakyvyn yhteyksiä sairauspoissaoloihin vuonna 2014 [2]. Tuolloin PVSAP-Milfit -järjestelmästä valittiin henkilökohtaisen kuntoindeksin (HKI) perusteella 50 Merivoimien parasta sotilasta, 50 keskitason sotilasta ja 50 heikkokuntoisinta sotilasta. Näiden eri kuntotasoisten sotilasryhmien sairauspoissaolojen määrää verrattiin keskenään. Opinnäytetyössä tutkimustulosten muutosten tilastollista merkitsevyyttä ei arvioitu, vaan tulokset analysoitiin PVSAP-raportointijärjestelmää hyödyntäen.

NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen ensimmäisessä osiossa suoritettiin liikuntainterventio Merivoimien alushenkilökunnalle. Se toteutettiin 12 kuukauden mittaisena tutkimuksena, jossa interventoryhmää (45 henkilöä) verrattiin verrokkiryhmään (32 henkilöä). Interventoryhmänä toimi Rauma-luokan ohjusveneiden henkilökuntaa

ja verrokkiryhmänä Hamina-luokan ohjusveneiden henkilökuntaa. Interventioyryhmässä neljän ohjusveneiden henkilökunta jaettiin mahdollisimman hyvin eri alusten henkilöstön alkuperäisen jaon mukaisesti neljään ryhmään. Jokaisesta ryhmästä valittiin yksi kuntovalmentaja ja valmentajan sijainen. Viikkoliikunta suoritettiin tutkimuksen aikana kuntovalmentajan tai valmentajan sijaisen ohjeiden mukaisesti. Puolustusvoimien liikunta-alan asiantuntijat laativat suoritettavat harjoitukset, joista osa oli myös alusympäristöön soveltuvia. Lisäksi ohjelmoitiin omatoimisesti toteutettavia lisäharjoituksia kaksi kertaa viikossa. Harjoitukset sisälsivät kestävyys- ja lihaskuntoharjoitteita sekä näiden yhdistelmiä. Tutkijalääkäri ohjasi tutkittavia tutkimuksen alussa kertaalleen pienryhmämuotoisesti ravintoon ja terveyteen liittyvissä asioissa. Tämän jälkeen tutkijalääkäri jakoi tulevien viikkojen harjoitteita ja motivoi tutkittavia viikoittain sähköpostitse. Motivoinnin tehostamiseksi kaksi fyysistä suorituskykyään eniten kehittänyttä ryhmää palkittiin tutkimuksen päätyttyä. Tällöin tarkoituksena oli aikaansaada ryhmien välistä kilpailua, sekä luoda ryhmäkiinteyttä ja kannustusta ryhmien sisällä. Tutkimuksen verrokkiryhmä ei saanut minkäänlaista interventiota, vaan toiminta ryhmässä jatkui kuten aiemmin.

Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa interventio- ja verrokkiryhmälle suoritettiin mittaukset tutkimuksen alussa ja lopussa, 12 kuukauden kohdalla. Interventioyryhmälle toteutettiin lisäksi välimittaukset tutkimuksen puolivälissä 6 kuukauden kohdalla. Tutkittavat täyttivät kyselyitä ja heistä laadittiin kertaalleen psykologinen profiili. Interventioyryhmään kuuluvilta kerättiin viikoittain taulukkoon tutkimukseen liittyvien harjoituskerrojen lukumäärä. Tutkittavilta kartoitettiin ikä, perussairaudet, lääkitykset, sotilasarvo, työtehtävä aluksella, työvuodet Puolustusvoimissa ja aluspalveluksessa, verenpaine, pituus, kehon paino ja painoindeksi (BMI), vyötärönympäryys ja kehonkoostumus bioimpedanssimittarilla. Tutkittavien fyysinen kunto kartoitettiin seuraavilla kuntotesteillä: 12 minuutin juoksutesti tai perustellusta syystä polkupyöräergometritesti, lihaskunto-testit, kuntopallon heitto istuen (ylävartalon nopea voimantuotto) ja isometriset maksimivoimatestit (ylä- ja alaraajat). Tutkittavien liikkuvuutta kartoitettiin selän eteen- ja sivutaivutuksilla. Laboratoriokokeilla kontrolloitiin tutkittavien perusverenkuva (PVK+T), sokeritasapaino (fP-Gluk, HbA1c), insuliinin erityys (S-Insu), kolesteroliarvot (kokonaiskolesteroli, LDL, HDL, Trigly) ja maksa-arvoja (ALAT, GT). Harjoittelun aiheuttamia hormonaalisia vasteita tutkittiin analysoimalla perustason testosteroni (Testo), vapaa testosteroni (Testo-V), sukupuolihormoneja sitova globuliini (SHBG), kortisoli (Korsol) ja insuliinin kaltainen kasvutekijä (IGF-1). Tavoitteena oli näiden hormonaalisten vasteiden avulla seurata tutkittavien anabolista ja katabolista tilaa, sekä löytää mahdollisia selittäviä tekijöitä fyysisessä toimintakyvyssä havaituille muutoksille.

NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen toisessa osiossa kartoitettiin aluspalveluksen kuormitustekijöitä. Tutkittavien esitietoina hyödynnettiin yllä mainittuja tutkimuksen ensimmäisen osion mittaustietoja. Toisen osion kesto oli yhteensä reilut 2 viikkoa (11-12/2019). Siinä seurattiin yhden Rauma-luokan ohjusveneiden henkilökuntaa sekä varusmiehiä ($n = 24$) ja heidän kuormittumistaan sekä kognitiivista toimintakykyään aluspalveluksessa. Aluspalveluksessa järjestettiin kaksi erillistä viikon kestävästä mittausjaksoa,

joista ensimmäisellä työskentelyrytminä oli 4:4-järjestelmä ja toisella 4:4/6:6-sekajärjestelmä. Fyysistä kuormittuneisuutta arvioitiin sykevaihdelumittauksilla ja kyselylomakkeilla. Kognitiivista toimintakykyä arvioitiin kannettavilla tietokoneilla päivittäin tehtävillä kognitiivisilla testeillä (SART, N-Back) ja kyselylomakkeilla. Stressitasoa ja hormonaalisia vasteita arvioitiin päivittäin sylkinäytteillä (kortisoli, alfa-amylaasi, DHEAS, IgA).

9.3 Tulokset

Molemmissa edellä mainituissa opinnäytetöissä [1,2] havaittiin sotilaiden fyysisen toimintakyvyn kehittymistä tarkasteluajana. Vuonna 2012 Merivoimien esikunnan sotilaiden HKI-keskiarvo parani tarkastelujaksolla (2005–2010) 3,8:sta 4,2:een [1]. Samalla fyysiseltä toimintakyvyltään heikkokuntoisten sotilaiden lukumäärä väheni 13 prosentista 3 prosenttiin. Hyvien ja kiitettävien tulosten määrä nousi 35 prosentista 55 prosenttiin. Kestävyysoindeksiä tarkastellessa heikko tai välttävä kestävyyskunto väheni 53 prosentista 37 prosenttiin. Kuntotestien suoritusprosentti oli opinnäytetyössä jokaisena vuonna 100 prosenttia. Vuoden 2016 tutkimuksessa [2] kaikkien Merivoimien sotilaiden HKI-keskiarvon muutos oli tarkastelujaksolla 2011–2014 vähäinen (3,2 vs. 3,3). Lihaskuntoindeksin (LKI) keskiarvon vastaava muutos oli 3,7 vs. 3,9. Kestävyysoindeksin



(KEI) keskiarvo (2,7 vs. 2,7) säilyi ennallaan. Kestävyyskunnoltaan heikkokuntoisten Merivoimien sotilaiden lukumäärä kuitenkin nousi (89 vs. 95). Kuntotestien suorittaneiden lukumäärä oli vuosittain yli 1400 sotilasta ja testattavien suoritusprosentti oli lähes 100.

Molemmissa opinnäytetöissä [1,2] erityisesti sotilaiden kestävyyskunnossa havaittiin kehittämistarpeita. Jortikan ensimmäisessä tutkimuksessa [1] raportoitiin, että vuonna 2010 vain 64 prosenttia Merivoimien esikunnan sotilaista täytti esikuntatehtäviin asetetun kestävyyskunnan minimivaatimuksen siitäkin huolimatta, että heikkokuntoisten kestävyyskunto kehittyi seurannan aikana. Vuoden 2016 tutkimuksen [2] mukaan vuonna 2014 vain 65 prosenttia Merivoimien sotilaista saavutti tukitehtäviin asetetun kestävyyskunnan tavoitetason ($VO_2\text{max}$ 45ml/kg/min). Kestävyyskunnan osalta heikon tuloksen saavuttaneiden sotilaiden lukumäärä oli tarkastelujakson aikana hieman kasvanut ja vuonna 2014 lääkärintodistuksella testeistä vapautettuja tai kestävyyskunnoltaan heikkokuntoisia oli yhteensä 135 sotilasta, kun vastaava luku oli 124 sotilasta vuonna 2011.

Jortikan vuonna 2016 julkaistussa tutkimuksessa [2] tarkasteltiin Merivoimien sotilaiden sairauspoissaolojen määrää suhteutettuna heidän fyysisen kunnon tasoonsa vuonna 2014. HKI:n perusteella hyväkuntoisilla sotilailla (50 henkilöä, HKI 4,9-5,0) todettiin yhteensä 68 sairauspoissaolovuorokautta vuodessa eli keskimäärin 1,4 vuorokautta henkilöä kohden. Keskikuntoisilla sotilailla (50 henkilöä, HKI 3,0-3,1) todettiin yhteensä 133 sairauspoissaolovuorokautta vuodessa eli keskimäärin 2,7 vuorokautta henkilöä kohden. Heikkokuntoisilla sotilailla (50 henkilöä, HKI 0,5-1,7) todettiin yhteensä 541 sairauspoissaolovuorokautta vuodessa eli keskimäärin 10,8 vuorokautta henkilöä kohden. Sairauspoissaolojen korkea lukumäärä näyttäisi olevan yhteydessä erityisesti heikompaan kestävyyskuntoon. Myös BMI saattaa olla yhteydessä sairauspoissaoloihin, koska hyväkuntoisten BMI oli keskimäärin alhaisempi (24,5) kuin keski- (26,2) ja heikkokuntoisilla (32,4).

NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen osalta tutkimuksen molempien osioiden analyysit olivat tätä raporttia kirjoitettaessa kesken ja ensimmäisten tulosten oletetaan valmistuvan vuoden 2020 loppuun mennessä.

9.4 Pohdinta

Jortikan molemmissa opinnäytetöissä [1,2] raportoitiin, että eräänä myötävaikuttavana tekijänä saavutettuihin myönteisiin kuntomuutoksiin oli Merivoimien johdon tuki ja sitoutuminen. Vuoden 2012 opinnäytetyön aikana kehittyivät lisäksi raportointijärjestelmät, jolloin sotilaat alkoivat saada kunnostaan vuosittain henkilökohtaista palautetta ja fyysisen kunnon tuloksia käsiteltiin kehityskeskusteluissa. Tarkastelujakson aikana myös liikuntatarjonta lisääntyi, ohjaus kehittyi ja liikunnan toimintamäärärahat lisääntyivät moninkertaisesti.

Vuoden 2016 opinnäytetyössä [2] havaittiin yhteys Merivoimien sotilaiden kuntotason ja sairauspoissaolojen lukumäärän välillä. Raportissa todettiin löydöksen olevan

myös taloudellisesti merkittävä, sillä sairauspoissaolojen vuosittaiset kustannukset laskettiin olevan heikkokuntoisten ryhmässä noin 81000 euroa, ja hyväkuntoisten ryhmässä ne olivat arviolta 10000 euroa. Opinnäytetyön tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että niiden tilastollista merkitsevyyttä ei ole arvioitu, vaan tulokset perustuivat PVSAP-Milfit -järjestelmän raportointiin. Kansainvälisissä tutkimuksissa liikunta-aktiivisuuden on silti todettu vähentävän työntekijöiden sairauspoissaoloja [15].

Fyysisen toimintakyvyn keskimääräisestä paranemisesta huolimatta erityisesti kestävyyskunnossa havaittiin kehitettävää Merivoimien sotilaille. Opinnäytetöiden perusteella riittävän pitkät varsinkin kestävyyskuntoon painottuvat kunto-ohjelmat vaikuttaisivat perustelluilta. Laivastoon keskittyvien kunto-ohjelmien suhteen ainakin lihaskunnan kehittämisen osalta on vuonna 2017 julkaistu kreikkalainen tutkimus, jossa 8 viikon voimaharjoitteluun painottuvan kunto-ohjelman todettiin kehittävän lihaskuntaa laivaston kadeteilla [16].

NAVY-MEDSTEP -tutkimuksessa pyrittiin kustannustehokkaalla, työaikaista viikkoliikuntaa (2h/vko) hyödyntävällä, 12 kuukauden interventiomallilla parantamaan aluspalvelushenkilökunnan fyysistä toimintakykyä ja terveyttä. Tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään olemassa olevaa viikkoliikuntajärjestelmää, mutta kehittämällä sisältöä motivoivammaksi ja tehokkaammaksi. Tutkimustulosten analysointi on vielä kesken ja tarkempia tuloksia interventiosta ei täten ole käytettävissä. Tutkimustuloksia ei ole vielä saatu myöskään NAVY-MEDSTEP -tutkimuksen toisesta osiosta. Vahtivuorojärjestelyihin liittyvän kuormituksen mittaamisen lisäksi Merivoimien aluspalvelushenkilökunnan fyysisen toimintakyvyn vaatimusten määrittämisen kannalta tutkimus on oleellinen, koska sen avulla saadaan muun muassa viitteitä siitä, millainen vaikutus merisotilaan fyysisellä kunnolla on kuormittumiseen aluspalveluksessa. Vastaavaa tutkimustietoa ei ole aiemmin raportoitu. Maksimaalisen hapenottokyvyn vaatimuksista on brittiläivastossa vuonna 2001 julkaistu tutkimus, jossa todetaan, että pelkästään aluksen palontorjuntatehtävissä toimivan henkilöstön maksimaalisen hapenottokyvyn tulisi olla vähintään tasolla 41ml/kg/min [17].

9.5 Johtopäätökset

Jortikan tutkimusten [1,2] perusteella Merivoimien sotilaiden liikuntatoiminnan resursien lisääminen tuotti positiivisia tuloksia sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn. Sotilaiden kestävyyskunnossa todettiin kuitenkin kehitettävää ja riittävän pitkät, varsinkin kestävyyskuntoon painottuvat kunto-ohjelmat vaikuttaisivat perustelluilta. Tällaisten harjoitusohjelmien suuntaaminen erityisesti vähän liikuntaa harrastaville ja heikkokuntoisille sotilaille todennäköisesti parantaisi heidän fyysistä toimintakykyään ja vähentäisi myös sairauspoissaoloja. NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen ensimmäisen osion liikuntainterventiolla pyritään tuottamaan lisää tietoa aluspalvelushenkilöstön fyysisen harjoittelun perusteiksi. Lisäksi Rannikkolaivastossa, Pansion tukikohdassa käynnistettiin

vuonna 2019 heikkokuntoisille sotilaille suunnattu fyysisen kunnon kehittämisprojekti, jossa kestävyyskunnoltaan heikkokuntoiset sotilaat käskettiin liikkumaan viikkoliikunnan mukainen määrä, eli 2 tuntia viikossa. Viikkoliikkumista ohjaamaan palkattiin ostopalveluna ammattivalmentajat, jotka järjestivät valmennusta 6 kertaa viikossa, johon käskettyjen tuli osallistua vähintään 2 kertaa viikossa. Sitten valmennus avattiin vapaaehtoisena kaikille muillekin Rannikkolaivaston Pansion tukikohdan sotilaille ja toimintaa jatkettiin myös vuonna 2020. Toiminnan vaikuttavuudesta ei ole vielä saatavilla tuloksia.

Merisotilaat voivat työskennellä suuren osan vuodesta aluspalveluksessa, ja osa heistä työskentelee aluksilla useita kymmeniä vuosia. Aluspalveluksessa ravitsemus koostuu aluksella tarjotuista aterioista. Oman ruokavalion noudattaminen tai omien eväiden valmistaminen alusympäristössä on siksi hankalaa. Aluspalveluksen henkilöstö on kokenut tarjottavassa ravinnossa olevan kehittämisen tarvetta. Ravitsemus on olennainen tekijä ihmisen fyysisen kunnon ja terveyden taustalla. Jatkotutkimustarpeena suositellaan selvittämään nykyisen aluspalveluksessa tarjotun ruokavalion yhteyttä merisotilaiden fyysiseen toimintakykyyn ja terveyteen.

Merivoimien aluspalveluksen kuormittavuuteen liittyvät johtopäätökset ja mahdollisesti tähän liittyvät jatkotutkimustarpeet sekä toimenpidesuosituksat selviävät vasta, kun NAVY-MEDSTEP -väitöskirjatutkimuksen toisen osion tulokset on saatu analysoitua ja raportoitua.

9.6 Toimenpidesuosituksat ja jatkotutkimustarpeet

- Merivoimien sotilaiden liikuntatoiminnan resurssien lisääminen vaikuttaa tuoneen positiivisia tuloksia ja kattavia resursseja liikuntatoimintaan suositellaan myös jatkossa.
- Merivoimien sotilaiden kestävyyskunnossa on todettu kehitettävää. Jos nykyisistä toimenpiteistä ei ole tähän riittävä apua, vaihtoehtoisia toimia on pyrittävä kartoittamaan.
- Jatkotutkimustarpeena suositellaan selvittämään aluspalveluksessa työskentelevien sotilaiden palveluksen aikaisen ruokavalion yhteyttä heidän fyysiseen toimintakykyynsä ja terveyteensä.

Lähteet

1. Jortikka, J. Merivoimien esikunnan fyysisen toimintakyvyn kehittyminen 2005–2010. Opinnäytetyö. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. 2012. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201204024023>
2. Jortikka, J. Merivoimien fyysinen toimintakyky ja sen kehittämisen suunnitelma. Opinnäytetyö. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. 2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605035947>
3. Rothblum, D. M., Wheal, D., Withington, S., Shappell, S. A., Wiegmann, D. A., & Boehm, W. Human factors in incident investigation and analysis. Second International Workshop on Human Factors in Offshore Operations. 2002. Houston.
4. Paul, M. A., Hursh, S. R., Miller, J. C. Alternative Submarine Watch Systems: Recommendation for a new CF submarine watch schedule. Toronto, Canada: Defence R&D Canada Technical Report. 2010.
5. A Final Report to the UK Maritime and Coastguard Agency: "Investigation of the 8-hours on/8-hours off Seafarer Watch Keeping System", Warsash Maritime Academy, Southampton Solent University, Stress Research Institute University of Stockholm. 2016. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/612588/Fatigue_Research_8on_8off.pdf
6. Paul, M. A., Ebisuzaki, D., McHarg, J., Hursh, S. R., & Miller, J. C. An assessment of some watch schedule variants used in cdn patrol frigates. Toronto, Canada: Defence R&D Canada Technical Report. 2012.
7. Repo, R. (2004M). Väsymyksen syyt ja yleisyys komentosiltatyöskentelyssä. (No. S3). Onnettomuustutkintakeskus. 2004.
8. Härmä, M., Partinen, M., Repo, R., Sorsa, M., & Siivonen, P. Effects of 6/6 and 4/8 watch systems on sleepiness among bridge officers. *Chronobiology International*. 2008;25(2), 413-423.
9. Walker, M. P., & Stickgold, R. Sleep, memory, and plasticity. *Annual Review of Psychology*. 2006;57:139-166. doi: 10.1146/annurev.psych. 56.091103.070307.
10. Šušmáková, K. Human sleep and sleep EEG. *Measurement Science Review*. 2004;Volume 4;Section 2:59-74.
11. Killgore, W. D., Balkin, T. J., Wesensten, N.J. Impaired decision making following 49 h of sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*. 2006;15(1):7-13.
12. Dawson, D., Reid, K. Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*. 1997;388(6639):235.
13. Raby, M., & McCallum, M. C. Procedures for investigating and reporting fatigue contributions to marine casualties. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 1997;41(2), 988-992. doi: 10.1177/107118139704100259.
14. Gasier, H. G., Young, C. R., Gaffney-Stomberg, E., McAdams D. C., Lutz L. J., McClung J. P. Cardiometabolic Health in Submariners Returning from a 3-Month Patrol. *Nutrients*. 2016 Feb 9;8(2):85. doi: 10.3390/nu8020085.
15. Amlani, N. M., Munir, F. Does physical activity have an impact on sickness absence? *Sports med*. 2014;44:887-907. doi: 10.1007/s40279-014-0171-0.
16. Vantarakis, A., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Vezos, N., Douroudos, Il., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Kambas, A., Kalligeros, S., Fatouros, I. G. A 2-Month Linear Periodized Resistance Exercise Training Improved Musculoskeletal Fitness and Specific Conditioning of Navy Cadets. *J Strength Cond Res*. 2017 May;31(5):1362-1370. doi: 10.1519/JSC.0000000000001599.
17. Bilzon, J. L., Scarpello, E. G., Smith, C. V., Ravenhill, N. A., Rayson, M. P. Characterization of the Metabolic Demands of Simulated Shipboard Royal Navy Fire-Fighting Tasks. *Ergonomics*. 2001 Jun 20;44(8):766-80. doi: 10.1080/00140130118253.

10 Erikoisjoukkojen fyysiset kuormitustekijät ja harjoittelu

Tommi Ojanen¹

¹ Puolustusvoimat, Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Toimintakykyosasto

10.1 Johdanto

Puolustusvoimien erikoisjoukot ovat Suomen kansallisen puolustuksen ja turvallisuuden yhteinen suorituskyky. Ne ovat erikoistehtäviin tarkoitettuja, organisoituja, koulutettuja ja varustettuja joukkoja, joiden henkilöstö on vapaaehtoisesti tehtäviinsä hakeutuneita, valikoituja ja huolellisesti koulutettuja toimimaan fyysisesti ja psyykkisesti vaativissa olosuhteissa, käyttäen tehtävien toteutukseen tavanomaisista joukoista poikkeavia toimintatekniikoita ja -menetelmiä. Erikoisoperaatioita voidaan suorittaa kaikissa valmiustiloissa halutun loppuasetelman saavuttamiseksi itsenäisesti tai yhteistoiminnassa muiden joukkojen ja strategisten kumppanien kanssa. Tyypillisiä erikoisjoukkojen tehtäviä ovat mm. kohteiden tiedustelu, maalinsoitukset, sekä rajoitetut hyökkäykset vastustajan avainhenkilöstöä ja tietoliikenneyhteyksiä kohtaan. Koulutus ja työskentely erikoisjoukoissa vaatii hyvää fyysistä ja psyykkistä toimintakykyä. Puolustusvoimien erikoisjoukot koostuvat Utin jääkäriyrykmentissä toimivasta Erikoisjääkäripataljoonasta (ERIKJP) ja Rannikkoprikaatin Erikoistoimintaosastosta (ETO). Kokoonpanoa voidaan kasvattaa valmiutta kohotettaessa erikoisjoukkoreservillä.

Erikoisjoukkoihin on erillinen valintaprosessi, joka sisältää erilaisia fyysisen ja psyykkisen toimintakyvyn testejä. Varusmiehenä erikoisjoukkopalveluksen voi suorittaa laskuvarjo- tai erikoisrajajääkäriä sekä taisteluskeltajana. Erikoisjoukkopalveluksen tarkoituksena on tuottaa motivoitunutta ja hyvin koulutettua erikoisjoukkoreserviä sodanajan joukkoihin. Varusmiespalveluksen suorittaminen, hyvä fyysinen kunto ja reservin upseerit tai aliupseerikoulutus ovat kriteereinä Puolustusvoimien erikoisjoukkokurssille hakeuduttaessa. Se järjestetään Utin jääkäriyrykmentissä 12 kuukautta kestäväenä erikoisjoukkoalan peruskoulutuksena, jonka aikana kurssille valitut henkilöt ovat Puolustusvoimissa sopusotilaan määräaikaisessa virassa. Toimintaympäristön kouluttamisen viitekehiksenä on erikoisjoukkoryhmän toiminta osana erikoisoperaatioita kaikissa Puolustusvoimien lakisääteisissä tehtävissä. Kurssin aikana opitaan vahva perusta ja osaaminen yhtenäisistä perustaistelumenetelmistä, taistelutekniikoista ja toimintatapamalleista, sekä luodaan edellytykset perustason tehtävien hoitoon reservissä tai Puolustusvoimien erikoisjoukois-

sa ERIKJP:ssa ja ETO:ssa. Kurssin läpäistyään kurssilainen voidaan palkata viiden vuoden määräaikaiseen aliupseerin virkaan, joka voidaan tarpeen mukaan uusida kaksi kertaa (palvelusaika yhteensä enintään 5+5+5 vuotta). Koulutus jatkuu koko palveluksen ajan ja tehtävissä on mahdollista palvella myös ulkomailla, sotilaallisissa harjoituksissa tai kriisinhallintaoperaatioissa.

Fyysisten ominaisuuksien säännöllisellä harjoittelulla on suuri merkitys erikoisjoukkosotilaan toimintakyvyn ylläpidossa, koska sekä koulutus että työ ovat fyysisesti kuormittavia. Useat asevoimat ovat kehittäneet hakijoille erilaisia erikoisjoukkokoulutukseen valmistavia harjoitusohjelmia (CANSOFCOM; USASOCOM) [1]. Näiden avulla pyritään valmistamaan hakijoita pääsykokeisiin ja koulutukseen. Toimintakyvyn jatkuvaa kehittämistä ja ylläpitoa varten eri mailla on myös olemassa systemaattisia harjoitusohjelmia, joiden avulla pyritään ehkäisemään vammoja ja säilyttämään erikoisjoukkosotilaan toimintakykyä korkealla tasolla koko sotilasuran ajan. Tässä artikkelissa esitellään tutkimustietoa erikoisjoukkojen kuormitustekijöistä, sekä erilaisia toimintakyvyn kehittämis- ja ylläpito-ohjelmia.



10.2 Tutkimusmenetelmät

Erikoisjoukkosotilaan kuormittumista koulutuksen aikana ja taistelukentällä on tutkittu kotimaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa (2005–2020) muun muassa analysoimalla veri- ja sylkinäytteitä (esimerkiksi testosteroni-, kortisoli-, IGF-1-, SHBG). Sotilaiden kuormittumista ja palautumista on pyritty selvittämään fyysisen toimintakyvyn testeillä (muun muassa isometrinen maksimivoima ylä- ja alavartalosta, lihaskestävyys, räjähtävä voimantuotto ja aerobinen suorituskyky) ennen ja jälkeen raskaan erikoisjoukkokoulutuksen tai sotaharjoituksen. Harjoitteluohjelmien soveltuvuutta fyysisen toimintakyvyn kehittämiseksi on tutkittu lyhyiden ja pidempien (12-26 viikon) harjoitusjaksojen aikana. Vammojen esiintyvyyttä ja niiden ennaltaehkäisyä on tutkittu kyselyillä ja terveystietoja seuraamalla.

10.3 Tulokset

Erikoisjoukkokoulutus on sekä fyysisesti [2-4] että psyykkisesti [5,6] kuormittavaa. Erikoisjoukkosotilaan on kyettävä toimimaan itsenäisesti eri ympäristöissä ja olosuhteissa pitkiäkin aikoja vihollisen alueella, joka vaatii vahvaa fyysistä ja psyykkistä toimintakykyä [7].

Taulukossa 1 on esitetty eri kestoisten erikoisjoukkoharjoitusten vaikutus kehonkoostumukseen. Kehonpainon väheneminen on seurausta energiavajeesta, joka yhdessä univajeen kanssa voi johtaa myös testosteronitasojen laskuun. Eri tutkimuksissa erikoisjoukkojen harjoituksissa on havaittu energiavajeen aiheuttamaa kehonpainon, rasvamassan ja rasvattoman kehonmassan laskua [2,3,8-15]. Teoriaopetusta ja käytännön maastoharjoittelua sisältävän kahden kuukauden koulutusjakson havaittiin aiheuttavan $4,2 \pm 3,7$ kg kehonpainon laskun, josta $2,8 \pm 2,0$ kg oli rasvamassaa ja $1,4 \pm 2,8$ kg rasvatonta massaa [12]. Margolis ym. [16] ovat todenneet, että koulutettavan erikoisjoukkosotilaan energiantarve ylittää 120-140% normaalin henkilön päivittäisen energiasuosituksen normaalikoulutusolosuhteissa. Samanlaisia tuloksia ovat esittäneet myös Barringer ym. [17]. Maastoharjoitusten aikana energiantarve voi nousta 2-3-kertaiseksi normaaliin koulutukseen verrattuna (taulukko 1).

Taulukko 10.1 Erikoisjoukkokoulutuksen kuormitus eri kestoisissa harjoituksissa / kurseilla. EE (kcal) = vuorokautinen energiankulutus; EI (kcal) = vuorokautinen energiansaanti; EB (kcal) = vuorokautinen energiatasapaino; Δ TES = testosteronin prosentuaalinen muutos lähtötasosta; Δ BM (kg) = kehonpainon absoluuttinen muutos lähtötasosta kiloina; $\% \Delta$ LBM = rasvattoman kehonpainon prosentuaalinen muutos lähtötasosta.

Lähde	Ikä (v)	n	Kesto (pv)	EE (kcal)	EI (kcal)	EB (kcal)	Uni (h/vrk)	% TES	BM (kg)	% LBM
Friedl (2000) [8]	24±3	55	96	4000	2800	-1200	3,6	-88%	-12,1	-7,3
Friedl (2000) [8]	24±3	50	96	4200	3200	-1000	3,6	-88%	-10,0	-6,1
Gomez-Merino (2003) [9]	21±2	26	5	5000	3200	-1800	3-4	-35%		
Nindl (2003) [10]	22±3	10	3	4500	1600	-2900	3,6		-2,5	-2,3
Welsh (2007) [11]	24±1	29	8	3834	1540	-2294	4		-4,1	-2,4
Kyröläinen (2007) [3]	24±2	10	5	7000	2938	-4000	6	-27%	-4,2	-3,4
Nindl (2007) [2]	25±4	50	96	2500 – 6000	2500 – 5000	+500 – (-3500)	2	-83%	-10,0	-6,1
Margolis (2013) [12]	28±5	36	64	3633 – 5210	2510 – 3600	0 – (-2700)			-4,2	-2,0
Vaara (2015) [13]	20±1	52	5			Negatiivinen		-47%	-1,6	
Szivak (2018) [14]	25±4	20	14			Negatiivinen		-37%	-5,8	
Johnson (2018) [15]	27±4	29	5	4618	2429	-2189			-1,4	

Maksimivoiman ja maksimaalisen tehon tuoton on raportoitu laskevan 20 % amerikkalaisten kahdeksan viikkoa kestävässä raskaassa Ranger-erikoisjoukkokoulutuksessa [2]. Samassa tutkimuksessa testosteronin on havaittu laskevan 83 % ja IGF-1:n 55 %, kun taas kortisolitaso nousi 32 %. Myöhemmässä tutkimuksessa Conkright ym. [18] tutkivat Ranger-kurssin osallistujien palautumista ja havaitsivat, että kaikki mitatut ominaisuudet eivät olleet palautuneet vielä kuuden viikon jälkeenkään kurssin loppumisesta. Etenkin anaerobisen kestävyuden ja ketteryystestien tulokset olivat selkeästi kurssia edeltävää tasoa heikompia. Lihaskuntotesteistä etunojapunnerrukset ja käsinkohonta olivat palautuneet lähtötasolle. Lyhyemmässä, 72 tuntia kestäneessä maastoharjoituksessa kehonpaino laski 3,1 %, rasvaton massa 2,3 % ja alavartalon tehontuotto 9–15 % [10]. Kyröläinen ym. [3] tutkivat suomalaisia erikoisjoukkoja pitkäkestoisessa partioharjoituksessa. Kolmen viikon harjoitus jakautui kolmeen eri vaiheeseen, joista ensimmäinen sisälsi raskaan siirtymisen, toisen ja kolmannen vaiheen ollessa kevyempiä. Ensimmäisen vaiheen jälkeen testosteroni oli laskenut 27 % ja kortisoli noussut 32 %. Ne palautuivat kuitenkin lähtöarvoihin toisen ja kolmannen vaiheen aikana. Kroatian armeijan yhdeksän viikon erikoisjoukkokoulutuksessa [19] havaittiin selkeää laskua muun muassa rasvaprosentissa, ala- ja yläraajojen räjähtävässä voimatuotossa, käsinkohonnassa, penkkipunnerruksessa, sekä anaerobisessa että aerobisessa kestävyudessa. Winters ym. [20] tutkivat merijalkaväen erikoisjoukkosotilaiden fyysisen toimintakyvyn muutoksia 15 kuukauden koulutuksen aikana ja havaitsivat, että koulutuksen ensimmäisen jakson raskas koulutus heikensi fyysistä toimintakykyä merkittävästi, ja koulutuksen jälkimmäinen ja kevyempi vaihe ei riittänyt palauttamaan kaikkia ominaisuuksia lähtötasolle. Kolmesta kuuteen kuukauteen kestäneen ulkomaan operaation aikana Farina ym. [21] havaitsivat amerikkalaisilla erikoisjoukkosotilailla vähäisiä muutoksia kehonkoostumuksessa. Etenkin kehon rasvaton massa kasvoi, rasvamassan pysyessä lähtötasolla. Myös puristusvoimatestin tulokset paranivat operaation aikana. Edellä mainittujen tulosten muutoksia selittää viikoittaisten kestävyys- että voimaharjoittelukertojen lisääntyminen. Veren hormonipitoisuuksissa raportoitiin SHBG- ja kortisolitasojen laskua.

Norjalaisten [4] erikoisjoukkojen valintakokeiden kuormitusta ja palautumista käsittelevässä tutkimuksessa havaittiin fyysisesti raskaan, yhden viikon valintakokeen jälkeen laskua kehonpainossa, sekä testosteroni- (-70 %) ja IGF-1 -tasoissa (-51 %), kun taas kortisoliarvot (+154 %) nousivat. Ne kaikki palautuivat lähtötasolle yhden viikon aikana. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että ala- ja ylävartalon isometrinen maksimivoima ja jalkojen räjähtävä voimantuotto eivät palautuneet lähtötasolle kahden viikon aikana. Vaativissa erikoisjoukkotehtävissä on myös havaittu kortisolitasojen nousevan psyykkisten stressitekijöiden johdosta. Clemente-Suarez ym. [22] havaitsivat, että syljestä mitattu kortisolिन nousu laskuvarjohypyn aikana oli suurempi kokemattomilla laskuvarjojääkäreillä verrattuna kokeneisiin laskuvarjojääkäreihin. Selvitysharjoituksen vangitsemis- ja kuulusteluvaiheen aikana ei havaittu stressihormonitasojen kohoamista [23]. Szivak ym. [14] raportoivat, että hormonitasojen nousu oli korkeampaa heikompi-kuntoisilla verrattuna parempikuntoisiin sotilaisiin.

Koska erikoisjoukkosotilaiden koulutus ja työ ovat fyysisesti ja henkisesti vaativia, erilaisten vammojen riski työssä on suuri [24]. Abt ym. [25] raportoivat 25 vammaa sataa erikoisjoukkosotilasta kohden. Vammoista 77 % olisi estettävissä esimerkiksi suunnitelmallisilla ja ohjatuilla harjoitteluohjelmilla. Keenan ym. [26] tutkivat alaraajojen vammojen ja fyysisen kunnon sekä kehonkoostumuksen yhteyksiä erikoisjoukkosotilailla ja havaitsivat, että heikompi nilkan voimataso ja aerobinen kestävyys olivat yhteydessä lisääntyneeseen alaraajojen vammariskiin. Iällä, kehonkoostumuksella ja anaerobisella tehontuotolla ei ollut yhteyttä vammariskiin. Tämän lisäksi Johnson ym. [27] havaitsivat, että hartialihasten voimalla ja puolierojen välisellä voimatasapainolla ei ollut yhteyttä olkapäävammoihin.

10.4 Pohdinta

Erikoisjoukkosotilaiden fyysisen toimintakyvyn ominaisuuksien lähtötasot tulisi olla riittävän korkealla ennen operaatioiden ja vaativien pitkäkestoisten sotilastehtävien alkua, jotta niiden aiheuttama suorituskyvyn lasku ei vaaranna annettujen tehtävien toteuttamista. Siksi suorituskyvyn optimoinnin tulisi olla suunnitelmallista ja ohjelmoitua, sisältäen systemaattisen seurantajärjestelmän. Esimerkiksi Nindl ym. [2] ovat havainneet, että fyysisen toimintakyvyn laskulla on merkittävä rooli operaatioiden onnistumisessa. Conkright ym. [20] mukaan on tärkeää suunnitella raskaan tehtävän ja koulutuksen jälkeinen palautuminen, jotta sotilaita ei lähetetä rasittuneina seuraaviin tehtäviin. Kyröläinen ym. [3] havaitsivat, että suorituskyky palautuu jo sotaharjoituksen fyysisesti kevyemmässä vaiheessa, jossa energiavaje ja kuormitustaso eivät ole yhtä korkeita kuin raskaimmissa vaiheissa. Hammarstrand ym. [4] raportoivat erikoisjoukkosotilaiden fyysisesti kuormittavan valintakokeen aiheuttavan suorituskyvyn laskua, josta palautuminen kesti hormonitasojen osalta yhden viikon, mutta hermolihaskäyttö ei palautunut kokonaan kahden viikon aikana. Kuormituksen seuranta ja siihen liittyvien ilmiöiden ymmärtäminen tukevat erikoisjoukkosotilaiden koulutuksen kehittämistä ja harjoittelun ohjelmointia operaatiokohtaisesti. Systemaattisen ja oikeanlaisen fyysisen harjoittelun avulla voidaan ennaltaehkäistä rasitusvammoja ja valmistaa sotilaat mahdollisimman hyvin tehtäväänsä. Toimintakyvyn optimointi edellyttää suunnitelmallista ja päivittäistä harjoittelua.

Erilaisten harjoitteluohjelmien vaikutuksia erikoisjoukkosotilaiden fyysiseen toimintakykyyn on tutkittu jonkin verran maailmalla viime vuosina. Hunt ym. [28] tutkivat kuntotestitulosten yhteyksiä erikoisjoukkosotilaiden valintoihin havaiten, että testituloksia yhdistelmällä pystyttiin määrittämään raja-arvot, jotka olivat parhaiten yhteydessä erikoisjoukkokurssin hyväksytyyn suorittamiseen. Abt ym. [29] ja Solberg ym. [30] ovat lisäksi raportoineet erikoisjoukkosotilailla erilaisten harjoitteluohjelmien toimivuudesta. Esimerkiksi 12 viikon blokkiharjoittelu [29] vähensi kehon rasvamassaa ja paransi ylävartalon liikkuvuutta, tasapainoa, ketteryyttä ja koko kehon lihasvoimaa enemmän

kuin ei-lineaarinen harjoittelu. Kumpikin ohjelma kehitti kestävyyttä ja ala- ja ylävartalon räjähtävää voimantuottoa sekä ylävartalon lihaskestävyttä. Norjalaisten [30] tutkimuksessa tutkittiin blokkiperiaatteella tehtyjen lineaarisen ja ei-lineaarisen harjoittelun vaikutuksia kuuden kuukauden harjoittelujakson aikana. Kumpikin harjoitusohjelma vaikutti myönteisesti erikoisjoukkosotilaan fyysisiin ominaisuuksiin.

Parempi fyysinen toimintakyky nopeuttaa palautumista koulutuksen aiheuttamasta kumulatiivisesta kuormituksesta [14]. Kun harjoittelussa otetaan huomioon yksilölliset kehittämiskohteet, pystytään paremmin kehittämään erikoisjoukkosotilaiden tehtävien edellyttämiä fyysisiä ominaisuuksia. Joidenkin tutkimusten mukaan harjoittelun blokkijaksotus saattaisi olla kehittävämpi menetelmä tiheään ja nopeasti muuttuvissa sotilasympäristöissä verrattuna perinteisempiin ja aikaa vaativampiin harjoittelumenetelmiin [30]. Blokkiharjoitusperiaatteiden mukaisesti yhden ominaisuuden painottaminen 1–2 viikon jaksoissa, käytettävissä olevien tilojen ja välineiden mukaan, saattaa johtaa laadukkaampaan harjoitteluun ja parempiin harjoitusvasteisiin. Samalla on otettava huomioon, että harjoittelussa ei keskitytä ainoastaan vain yhteen kehitettävään osa-alueeseen, vaan se sisältää monipuolisesti jaksotettuna sekä voima- että kestävyysharjoittelua. Monipuolisella ja ärsykevaihteluita sisältävällä ohjelmoinnilla voidaan välttää yllirasitus- tai ylikuormitustilaa. Yksilöllisen harjoittelun tulisi keskittyä heikompien fyysisten ominaisuuksien parantamiseen, jotta voitaisiin kehittää tasapainoisemmin fyysistä toimintakykyä ja ennaltaehkäistä vammoja.

10.5 Johtopäätökset

Toimintakyvyn kehittämisen kannalta on tärkeää tuntee koulutuksen ja työn fyysiset kuormitustekijät ja niiden vaikutus elimistön kuormittumiseen ja palautumiseen. Nämä tekijät on otettava huomioon, jotta voidaan laatia optimaalisia harjoitteluohjelmia sekä suunnitella ja hallita sotilaiden kehon kuormitusta. Erikoisjoukkojen kuormituksen ymmärtäminen ja seuranta auttavat kehittämään koulutusta ja ohjelmoimaan valmistavaa tehtäväkohtaista harjoittelua erilaisiin operaatioihin. Erikoisjoukkojen osalta on oleellista yhdistää päivittäisen työn ja fyysisen harjoittelun aiheuttama kuormitus vammojen ennaltaehkäisemisessä ja yllirasitustilan välttämässä. Laadukas, johdettu, yksilölliset kehittämiskohteet ja muun päivittäisen toiminnan huomioonottava fyysisen harjoittelun ohjelmointi on tärkeää erikoisjoukkosotilaille jatkuvan toimintavalmiuden säilyttämisen kannalta. Harjoittelun toteuksella tulisi olla johdon tuki ja harjoittelu tulisi olla osa päivittäisiä työtehtäviä.

10.6 Toimenpidesuosituksset ja jatkotutkimustarpeet

- Erikoisjoukoille tulisi kehittää heidän toimintansa erityspiirteet huomioonottava toimintakykyohjelma, jota tulisi kehittää jatkuvasti taistelukentän olosuhteiden muutosten ja vaatimusten mukaan.
- Toimintakyvyn kehittämiseen ja ylläpitämiseen liittyvä harjoittelu tulisi olla pysyvä osa viikko-ohjelmien suunnittelua.
- Harjoittelun tulisi sisältää säännöllisiä huoltavia ja vammoja ennaltaehkäiseviä harjoitteita.
- Erikoisjoukkosotilaan tehtäväkohtaista kuormittumista tulisi tutkia erilaisissa operatiivisissa olosuhteissa ja taistelutilanteissa. Saatuja tuloksia voitaisiin hyödyntää laajemmin toimintakykyohjelman kehittämisessä.
- Lisäksi tulisi tutkia erilaisten harjoittelun ohjelmointimenetelmien vaikuttavuutta erikoisjoukkosotilaiden koulutuksen ja operaatioiden aikana.

Lähteet

1. Carlson MJ, Jaenen SP. The development of a preselection physical fitness training program for Canadian Special Operations Regiment applicants. *J Strength Cond Res.* 2012 Jul;26 Suppl 2:S2-14. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825d7ff9. PMID: 22643138.
2. Nindl BC, Barnes BR, Alemany JA, Frykman PN, Shippee RL, Friedl KE. Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug;39(8):1380-7. doi: 10.1249/MSS.0b013e318067e2f7. PMID: 17762372.
3. Kyröläinen H, Karinkanta J, Santtila M, Koski H, Mäntysaari M, Pullinen T. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *Eur J Appl Physiol.* 2008 Mar;102(5):539-46. doi: 10.1007/s00421-007-0619-0. Epub 2007 Nov 27. PMID: 18040709.
4. Hamarsland H, Paulsen G, Solberg PA, Slaathaug OG, Raastad T. Depressed Physical Performance Outlasts Hormonal Disturbances after Military Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2018 Oct;50(10):2076-2084. doi: 10.1249/MSS.0000000000001681. PMID: 29927875.
5. Herzog TP, Deuster PA. Performance psychology as a key component of human performance optimization. *J Spec Oper Med.* 2014 Winter;14(4):99-105. PMID: 25399377.
6. Flanagan SC, Kotwal RS, Forsten RD. Preparing soldiers for the stress of combat. *J Spec Oper Med.* 2012 Summer;12(2):33-41. PMID: 22707023.
7. Deuster PA, Grunberg NE, O'Connor FG. An integrated approach for special operations. *J Spec Oper Med.* 2014 Summer;14(2):86-90. PMID: 24952047.
8. Friedl KE, Moore RJ, Hoyt RW, Marchitelli LJ, Martinez-Lopez LE, Askew EW. Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment. *J Appl Physiol* (1985). 2000 May;88(5):1820-30. doi: 10.1152/jappl.2000.88.5.1820. PMID: 10797147.
9. Gomez-Merino D, Chennaoui M, Burnat P, Drogou C, Guezennec CY. Immune and hormonal changes following intense military training. *Mil Med.* 2003 Dec;168(12):1034-8. PMID: 14719632.
10. Nindl BC, Leone CD, Tharion WJ, Johnson RF, Castellani JW, Patton JF, Montain SJ. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 Nov;34(11):1814-22. doi: 10.1097/00005768-200211000-00019. PMID: 12439088.
11. Welsh TT, Alemany JA, Montain SJ, Frykman PN, Tuckow AP, Young AJ, Nindl BC. Effects of intensified military field training on jumping performance. *Int J Sports Med.* 2008 Jan;29(1):45-52. doi: 10.1055/s-2007-964970. Epub 2007 Sep 18. PMID: 17879876.
12. Margolis LM, Rood J, Champagne C, Young AJ, Castellani JW. Energy balance and body composition during US Army special forces training. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013 Apr;38(4):396-400. doi: 10.1139/apnm-2012-0323. Epub 2013 Apr 3. PMID: 23713532.
13. Vaara JP, Kalliomaa R, Hynninen P, Kyröläinen H. Physical Fitness and Hormonal Profile During an 11-Week Paratroop Training Period. *J Strength Cond Res.* 2015 Nov;29 Suppl 11:S163-7. doi: 10.1519/JSC.0000000000001033. PMID: 26506182.
14. Szivak TK, Lee EC, Saenz C, Flanagan SD, Focht BC, Volek JS, Maresch CM, Kraemer WJ. Adrenal Stress and Physical Performance During Military Survival Training. *Aerosp Med Hum Perform.* 2018 Feb 1;89(2):99-107. doi: 10.3357/AMHP.4831.2018. PMID: 29463354.
15. Johnson CD, Simonson AJ, Darnell ME, DeLany JP, Wohleber MF, Connaboy C. Energy expenditure and intake during Special Operations Forces field training in a jungle and glacial environment. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2018 Apr;43(4):381-386. doi: 10.1139/apnm-2017-0622. Epub 2017 Nov 16. PMID: 29144888.

16. Margolis LM, Crombie AP, McClung HL, McGraw SM, Rood JC, Montain SJ, Young AJ. Energy requirements of US Army Special Operation Forces during military training. *Nutrients*. 2014 May 12;6(5):1945-55. doi: 10.3390/nu6051945. PMID: 24824290; PMCID: PMC4042567.
17. Barringer ND, Pasiakos SM, McClung HL, Crombie AP, Margolis LM. Prediction equation for estimating total daily energy requirements of special operations personnel. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018 Apr 5;15:15. doi: 10.1186/s12970-018-0219-x. PMID: 29632452; PMCID: PMC5885383.
18. Conkright WR, Barringer ND, Lescure PB, Feeney KA, Smith MA, Nindl BC. Differential recovery rates of fitness following U.S. Army Ranger training. *J Sci Med Sport*. 2020 May;23(5):529-534. doi: 10.1016/j.jsams.2019.12.010. Epub 2019 Dec 17. PMID: 31870679.
19. Sporiš G, Harasin D, Bok D, Matika D, Vuleta D. Effects of a training program for special operations battalion on soldiers' fitness characteristics. *J Strength Cond Res*. 2012 Oct;26(10):2872-82. doi: 10.1519/JSC.0b013e318242966c. PMID: 22130399.
20. Winters JD, Heebner NR, Johnson AK, Poploski KM, Royer SD, Nagai T, Randall CA, Abt JP, Lephart SM. Altered Physical Performance Following Advanced Special Operations Tactical Training. *J Strength Cond Res*. 2019 Apr 10. doi: 10.1519/JSC.0000000000003087. Epub ahead of print. PMID: 30985522.
21. Farina EK, Taylor JC, Means GE, Murphy NE, Pasiakos SM, Lieberman HR, McClung JP. Effects of deployment on diet quality and nutritional status markers of elite U.S. Army special operations forces soldiers. *Nutr J*. 2017 Jul 3;16(1):41. doi: 10.1186/s12937-017-0262-5. PMID: 28673301; PMCID: PMC5496422.
22. Clemente-Suárez VJ, de la Vega R, Robles-Pérez JJ, Lautenschlaeger M, Fernández-Lucas J. Experience modulates the psychophysiological response of airborne warfighters during a tactical combat parachute jump. *Int J Psychophysiol*. 2016 Dec;110:212-216. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.07.502. Epub 2016 Jul 20. PMID: 27451387.
23. Lieberman HR, Farina EK, Caldwell J, Williams KW, Thompson LA, Niro PJ, Grohmann KA, McClung JP. Cognitive function, stress hormones, heart rate and nutritional status during simulated captivity in military survival training. *Physiol Behav*. 2016 Oct 15;165:86-97. doi: 10.1016/j.physbeh.2016.06.037. Epub 2016 Jul 1. PMID: 27374427.
24. Knapik JJ, Farina EK, Ramirez CB, Pasiakos SM, McClung JP, Lieberman HR. Medical Encounters During the United States Army Special Forces Assessment and Selection Course. *Mil Med*. 2019 Jul 1;184(7-8):e337-e343. doi: 10.1093/milmed/usz056. PMID: 30941425; PMCID: PMC6614812.
25. Abt JP, Sell TC, Lovalekar MT, Keenan KA, Bozich AJ, Morgan JS, Kane SF, Benson PJ, Lephart SM. Injury epidemiology of U.S. Army Special Operations forces. *Mil Med*. 2014 Oct;179(10):1106-12. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00078. PMID: 25269128.
26. Keenan KA, Wohleber MF, Perlsweig KA, Baldwin TM, Caviston M, Lovalekar M, Connaboy C, Nindl BC, Beals K. Association of prospective lower extremity musculoskeletal injury and musculoskeletal, balance, and physiological characteristics in Special Operations Forces. *J Sci Med Sport*. 2017 Nov;20 Suppl 4:S34-S39. doi: 10.1016/j.jsams.2017.09.002. Epub 2017 Sep 9. PMID: 28958636.
27. Johnson CD, Nijst BKJF, Eagle SR, Kessels MWM, Lovalekar MT, Krajewski KT, Flanagan SD, Nindl BC, Connaboy C. Evaluation of Shoulder Strength and Kinematics as Risk Factors for Shoulder Injury in United States Special Forces Personnel. *Orthop J Sports Med*. 2019 Mar 13;7(3):2325967119831272. doi: 10.1177/2325967119831272. PMID: 30891463; PMCID: PMC6416681.

28. Hunt AP, Orr RM, Billing DC. Developing physical capability standards that are predictive of success on Special Forces selection courses. *Mil Med.* 2013 Jun;178(6):619-24. doi: 10.7205/MILMED-D-12-00347. PMID: 23756067.
29. Abt JP, Oliver JM, Nagai T, Sell TC, Lovalekar MT, Beals K, Wood DE, Lephart SM. Block-Periodized Training Improves Physiological and Tactically Relevant Performance in Naval Special Warfare Operators. *J Strength Cond Res.* 2016 Jan;30(1):39-52. doi: 10.1519/JSC.0000000000001082. PMID: 26154155.
30. Solberg PA, Paulsen G, Slaathaug OG, Skare M, Wood D, Huls S, Raastad T. Development and Implementation of a New Physical Training Concept in the Norwegian Navy Special Operations Command. *J Strength Cond Res.* 2015 Nov;29 Suppl 11:S204-10. doi: 10.1519/JSC.0000000000001085. PMID: 26506189.

11 Sotilas kuumassa

Harri Lindholm¹, Kai Pihlainen², Matti Santtila³

¹ Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tiedekunta,

Biolääketieteen yksikkö / Liikuntalääketiede

² Pääesikunnan koulutusosasto, Toimintakykysektori

³ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

11.1 Johdanto

Sotilaan fyysisen ja psyykkisen toimintakyvyn on riitettävä operatiivisten tehtävien aiheuttamaan kuormitukseen kaikissa ympäristöoloissa. Operatiivisten tehtävien kognitiivinen ja fyysinen kokonaiskuormitus vaihtelee kevyistä valvonta-, tarkkailu- ja vartiotehtävistä fyysisesti raskaisiin partiointi- ja taistelutehtäviin. Nykyaikaisella taistelukentällä kognitiivinen sekä muu henkinen ja fyysinen kuormitus kuluttavat voimavaroja samanaikaisesti. Univaje hidastaa palautumista rasituksesta. Nesteen ja ravinnon saanti voi olla epäsäännöllistä. Sotilaan suorituskyky voi heikentyä äkillisesti, jos varotoimista ei huolehdita riittävästi. Kuumissa oloissa hyvä fyysinen kunto vahvistaa elimistön sopeutusmekanismeja, suurentaa toimintakykyreservejä äkillisiin kuormitushuippuihin sekä nopeuttaa elimistön palautumista kuormituksista.

Lämpökuormaa kasvattaa fyysisen työn tuottama aineenvaihduntalämpö. Vaatteet ja varusteet lisäävät mukana kulkevan taakan painoa ja voivat estää tehokkaasti lämmön poistumisen elimistöstä. Henkilökohtaiset ominaisuudet, kuten aiemmat lämpösairaudet, ylipaino, muut sairaudet ja lääkitykset, heikentävät yksilöllistä lämmönsietoa. Uusi teknologia mahdollistaa sekä entistä tarkemman todellisten ympäristöolosuhteiden monitoroinnin operaatioiden aikana, että sotilaan fysiologisen tilan ja lämpötasopainon seurannan objektiivisilla mittareilla. Tekoälypohjainen analytiikka, suljettu reunalaskenta ja esineiden internet -pohjainen monipuolinen tiedon keräys avaavat uusia mahdollisuuksia tutkia ja kehittää uusia tietoturvallisia ratkaisuja, jotka tukevat sotilaan toimintakyvyn säilyttämistä kuumassa.

Äkillisten lämpösairauksien hoito ja ensiapu kehittyvät koko ajan. Mitä nopeammin ensiapu käynnistetään, sitä parempi on ennuste toipumiseen ilman jälkiseurauksia. Kaikkien sotilastyötä tekevien on tunnettava lämpösairauksien ensiavun periaatteet, jotta ne voidaan käynnistää jo tapahtumapaikalla. Lämpökuormitukseen vaikuttavat ympäristön lämpötila, ilman kosteus ja suora lämpösäteily, esimerkiksi auringonpaahde tai hehkuvat pinnat. Suuri ilmankosteus lisää merkittävästi elimistöön vaikuttavaa lämpökuormaa.

Suomessa hellejaksojen aikana uupumisen vaara on jo ulkoisten lämpöolojen vuoksi yleisesti kasvanut ja vakavien lämpösairauksien riski on lisääntynyt. Erityisesti hellejaksojen alkupäivät ovat riskialttiita. Terveen elimistön lämpösopeutuminen eli akklimatisoituminen kuumiin oloihin kestää 7–10 päivää, mutta monet tekijät voivat häiritä myöhemmin jo kuumasopeutuneenkin sotilaan lämpötasapainoa. Lämpösopeutumisen tukemiseksi on kehitetty erilaisia harjoitusmenetelmiä.

11.2 Tutkimusmenetelmät

Kansainvälisesti sotilaan kuumakuormitusta, lämpötasapainon ylläpitämistä, lämpösairauksien riskejä ja niiden hoitoa on tutkittu varsin paljon. Vuonna 2011 julkaistiin Sotilas kuumassa hankkeen loppuraportti [1], jonka osana tehtiin vuosien 1955 ja 2010 väliseltä ajalta systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Hakusanoina käytettiin PubMed tietokannassa *military* tai *soldier*, jotka yhdistettiin termeihin *heat illness*, *heat stroke*, *heatstroke*, *heat balance*, *heat tolerance*, *heat intolerance*, *heat exhaustion*, *heat injury*, *heat stress disorders*, *thermoregulation*, *thermal strain*, *thermal stress*. Varsinaiseen systemaattiseen katsaukseen hyväksyttiin alkuperäistutkimukset (116 kpl) sekä yksittäistapausselosteet (24 kpl), eli yhteensä 140 julkaisua. Alkuperäisjulkaisut jaettiin sisällönanalyysin jälkeen aihepiireittäin epidemiologisiin (13 kpl), fysiologisiin (26 kpl), lääketieteellisiin (67 kpl), suojavarusteita käsitteleviin (11 kpl), kuumahaittojen torjuntamenetelmiin liittyviin (15 kpl) sekä kuumakuormittumisen mittausten menetelmiä käsitteleviin julkaisuihin (8 kpl). Valitut artikkelit arvioitiin vielä työryhmän kokoneiden lämpöfysiologian asiantuntijoiden toimesta ja analyysia täydennettiin keskeisillä kansallisilla ohjeilla. Edellinen vastaavan laajuinen kirjallisuuden tarkastelu tehtiin 1990-luvun alussa Sotilasterveydenhuolto-kirjaa varten [2-5].

Sotilas kuumassa -hankkeeseen sisältyi myös tutkimus, jossa suomalaisten sotilaiden lämpösopeutumiseen vaikuttavia tekijöitä analysoitiin Tsadin kriisinhallintaoperaation aikana. Mittausmenetelmät sisälsivät fyysisen kunnon testejä, sydämen sykkeen ja sykevaihtelun rekisteröintejä, kehon koostumuksen mittauksia, veri- ja sylkinäyteanalyyssejä, kyselyjä sekä ulkoisten olojen ja elimistön lämpötilojen mittauksia [6]. Useiden kuukausien ajan ulkoisia lämpöoloja kartoitettiin myös toisessa suomalaisten sotilaiden toimintakykyä tutkineessa hankkeessa UNIFIL-kriisinhallintaoperaatiossa Libanonissa [7].

Lämpösairauksien yleisyydestä on tehty yksi suomalaisia varusmiehiä (N=12 000) koskeva tutkimus vuonna 1991, jossa yhden kesän ajalta pyydettiin joukko-osastoja ilmoittamaan lämpösairauksista valmiiksi jäsennellyllä kyselylomakkeella [8]. Kyselyssä kartoitettiin olosuhteita, oireita ja muita kliinisiä tietoja. Samassa yhteydessä suoritettiin laboratorio-oloissa lämmönsietotesti 18 varusmiehelle, jotka olivat saaneet lämpöuupumiseen viittaavia oireita palveluksensa aikana. Lämmönsietotestissä varusmiehet marssivat urheiluvälikkeillä juoksumatolla (nousukulma 3,5° ja nopeus 4 km/t) 60 minuutin ajan. Lämpökammion olosuhteet pidettiin vakiona: lämpötila +35°C, ilman suhteellinen

kosteus 60 % ja ilmavirtaus 0,3 m/s. Testin aikana ihon lämpötila mitattiin yhdeksästä kohdasta, peräsuolilämpötila jatkuvana mittauksena koko testin ajan, sydänsähkökäyrää ja pulssia jatkuvana rekisteröintinä, sekä verenpainetta mitattiin olkavarresta 10 minuutin välein. Tämän lisäksi mitattiin kehon hapenkulutusta 5 minuutin jaksoina 30 minuutin ajan. Varusmiehillä ja lentäjillä on lisäksi tehty erityisesti suojarusteiden aiheuttamaa lämpökuormittumista koskevia tutkimuksia. Tutkimukset on tehty yhteistyössä Sotilaslääketieteen keskuksen, Pääesikunnan koulutusosaston ja kansallisten tutkimuslaitosten kanssa, joista keskeisiä ovat olleet Työterveyslaitos, Jyväskylän yliopisto ja Helsingin yliopisto.

11.3 Tulokset

Kirjallisuuskatsauksen perusteella sotilaan lämpökuormitusriskien ennustamiseksi käytetään samoja menetelmiä kuin normaaleissa siviilityötehtävissä. Menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti, muun muassa ISO-standardeissa. Pelkästään ympäristön lämpöolotietoihin perustuen voidaan tehdä yleisiä ennusteita lämpösairauksien riskeistä. Tällaisia ovat esimerkiksi WBGT-menetelmä (wet bulb globe temperature), siitä yksinkertaistettu Botsball, mukaeltu epäviihtyvyyssindeksi (MDI) sekä ARIEM-EXP [1]. Sotilas kuumassa hankkeessa laadittiin koulutuskäyttöön ilman lämpötilan ja kosteuden huomioon otettava riskikortti, joka jaetaan kaikille kriisinhallintatehtäviin lähteille sotilaille (Kuva 1).

Kuva 11.1 Helteen tukaluus ja sotilaan lämpösairausriskin arvio fyysisessä rasituksessa kuumassa [1].

		Lämpötila (°C)															
		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Suhteellinen kosteus (%)	0	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
	10	17	19	21	23	25	27	29	32	34	36	38	41	43	45	48	50
	20	17	20	22	24	26	29	31	33	36	38	41	43	46	49	51	53
	30	18	21	23	25	28	30	33	35	38	41	43	46	49	52	55	
	40	19	21	24	26	29	32	34	37	40	43	46	49	52			
	50	20	22	25	28	30	33	36	39	42	45	49	51	55			
	60	21	23	26	29	32	35	38	41	44	48	50	54				
	70	21	24	27	30	33	36	39	43	46	50	53					
	80	22	25	28	31	34	38	41	45	48	51						
	90	23	26	29	32	36	39	43	46	50	54						
100	24	27	30	33	37	41	44	48	51								

Kuumaindeksi (helteen tukaluus) on varjossa mitattu elimistöä kuormittava lämpötila. Lämpötila ja kosteus mitataan esim. mukana kannettavalla Kestrel-laitteella. Suorassa auringonpaisteessa lisätään 8°C.

Lämpösairauksien riski

27–32°C ⇒ uupumisen vaara ja lievien lämpösairauksien vaara on lisääntynyt.

32–41°C ⇒ vakavien lämpösairauksien vaara on lisääntynyt.

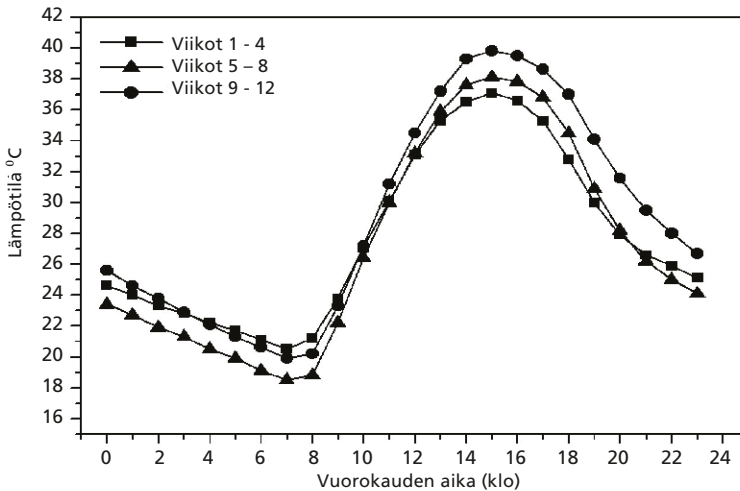
41–54°C ⇒ lämpökouristukset ja lämpöuupuminen ovat yleisiä, henkeä uhkaavan lämpöhalvauksen vaara on selvästi lisääntynyt.

Yli 54°C ⇒ henkeä uhkaavan lämpöhalvauksen vaara on erittäin suuri.

Fyysisen rasituksen aiheuttama oma lämmöntuotanto lisää riskiä nopeasti.

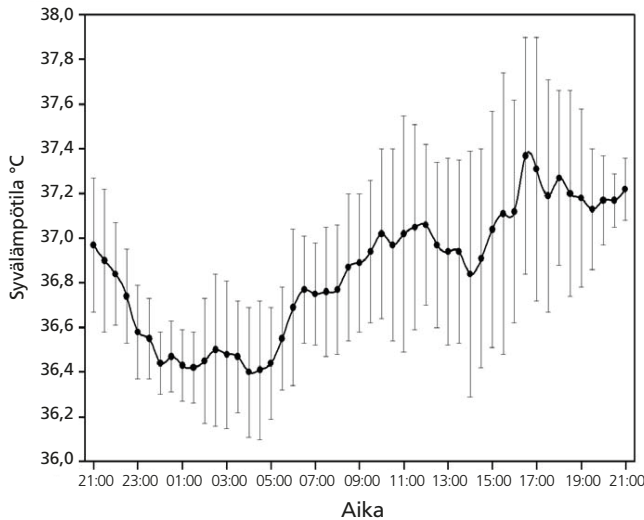
Suomalaiset tutkimukset kriisinhallintatyöstä raportoivat lämpöolosuhteita, joissa riskitaso on selvästi lisääntynyt ja siten lämpökuormituksen hallinta on tärkeä osa sotilaan ja joukon toimintakyvyn ylläpitämistä [6]. Suljetussa tilassa, kuten esimerkiksi ajoneuvossa sotilaiden elimistöön kohdistuu kova lämpökuormitus ja toimintakykyä haittaava nestevaje, joka siis voi kehittyä jo vähäisellä fyysisen aktiivisuuden asteella (kuva 2). Suomalaisilla sotilailla mitattiin korkeimmillaan yli $+52\text{ °C}$ WBGT arvoja. Tällöin lämpökuormittumisriski on kohonnut jo fyysisesti hyvin matalatehoisessa työssä. Vuonna 2014 UNIFIL-kriisinhallintaoperaatiossa mitattiin myös työympäristön lämpöoloja. Vaikka ne eivät keskimäärin olleet kuuden kuukauden seurantajakson aikana yhtä korkeita kuin Tshadin operaatiossa, todettiin niiden olevan selvästi yli kohonneen riskitason. [7].

Kuva 11.2 Esimerkki ajoneuvon sisätilan lämpötilan keskiarvoista tunneittain mitattuna kenttäoloissa Tsadin rauhanturvaoperaatiossa kolmen kuukauden ajan yhtäjaksoisesti [6].



Tarkimmat lämpökuormittumisen ennustemallit perustuvat tietoon 1) vaatuksesta, 2) fyysisen työn intensiteetistä, 3) lämpösopeutumisen asteesta, 4) ympäristön lämpöoloista ja 5) yksilöllisistä lämmönsieto-ominaisuuksista. Lämpökuormituksen tason arvioinnissa keskeinen muuttuja on kehon sisälämpötila [6]. Viitteellistä tietoa voidaan saada ihon lämpötiloista, mutta tarkinta tietoa kehon sisälämpötilasta antava peräsuolilämmön mittaaminen soveltuu lähinnä ensiaputilanteisiin tai tutkimuskäyttöön [1]. Uutena kehon sisälämpötilaa mittaavana menetelmänä käytetään nielaistavaa kapselia (iButton), jonka etuna on useiden tuntien mittainen seuranta, mutta haittana korkea hinta ja kertakäyttöisyys. Ihon lämpötilojen, lämpövuon ja sykintätaajuuden mittauksista voidaan nykytekniikalla ennustaa varsin hyvin kehon sisälämpötilan muutoksia.

Kuva 11.3 Elimistön sisälämpötiläkäyrä kriisinhallintatehtävien kenttäoloissa (N=17, keskiarvo, \pm SD) [6].



Kun normaalikuntoinen sotilas marssii tavanomaisessa kesäsäässä kantaen noin 25 kg varustusta, haihdutettavaa hikeä muodostuu noin litra tunnissa. Helteessä ja/tai suuremmalla kuormitusteholla lämmöntuotannon kiihtyessä hien määrä voi lisääntyä kaksinkertaiseksi [3], jolloin normaalilla nesteetyksellä ei ole mahdollista ylläpitää nestetasapainoa pitkäkestoisessa työssä. Jo kolmen prosentin nestevaje elimistössä lisää virheiden määrää tarkkuutta vaativissa tehtävissä ja aiheuttaa henkisen hyvinvoinnin laskua. Vastaavasti viiden prosentin nestevaje heikentää fyysistä suorituskykyä ja 10 prosentin nestevajeessa fyysinen ja psyykinen suorituskyky romahtavat [1]. Liiallinen nesteytys voi toisaalta aiheuttaa veren alhaisesta natriumpitoisuudesta johtuvaa huonovointisuutta, oksentelua ja mielialamuutoksia sekä pahimmillaan nesteen kertymisen aivoihin henkeä uhkaavasti. Lyhyissä rasituksissa veden juonti janon tunteen mukaan nautittuna säilyttää terveen ja hyväkuntoisen sotilaan toimintakyvyn. Suomalaisessa laboratoriotutkimuksessa havaittiin, että kolmen tunnin jalkamarssilla kuumassa vettä tai urheilujuomaa johdetusti nauttineiden sotilaiden sydämen syke oli marssin lopulla noin 20 lyöntiä/min matalammalla tasolla kuin kyseisiä nesteitä vain janon tunteen perusteella nauttineilla [8]. Kehon lämpötiloissa ei vielä havaittu eroja. Tämä tulos tukee kirjallisuusraportin havaintoja siitä, että nestevajetta kannattaa pitkäkestoisessa rasituksessa ehkäistä säännöllisellä nesteen nauttimisella. Sydämen syke on hyvä ennakoiva mittari toimintakykyreservien rajojen ja nestevajeen seurannassa.

Suomalaisessa 12 000 varusmiestä koskeneessa seurantatutkimuksessa epäiltyjen lämpösairauksien esiintyvyys oli 2,7 tapausta 1000 varusmiestä kohden ja kliinisesti lämpösairauksiksi varmistuneiden esiintyvyys oli 1,7 tapausta 1000 varusmiestä kohden [8]. Yhtään lämpöhalvausta ei todettu. Lähes kaikissa tapauksissa oireisten ensiapu oli

aloitettu jo tapahtumapaikalla ja usein varusmiestoverien toimesta. Ensiaputoimintaa on tehostanut varusmiehille annettu lämpösairauksien ensiapukoulutus, jossa korostettiin poikkeavien oireiden tunnistamista, mahdollisimman pian aloitetun nesteytyksen ja jäähdytyksen tärkeyttä vakavien lämpösairauksien ehkäisemiseksi. Keskeinen rooli ensiaputoimissa onkin varusmiestovereilla ja joukon johtajilla. Kaikki tapaukset sattuvat heinäkuulle ajoittuneen parin viikon hellejakson aikana, jolloin erityisesti ensimmäiset päivät ovat riskialttiita. Terve elimistö sopeutuu kuumiin oloihin 7–10 päivän kuluessa. Sydämen syke nousee aluksi lämmönsäätelyn tehostamiseksi, mutta palautuu normaalitasolle 3–5 päivän aikana, kun elimistössä kiertävän veren määrä lisääntyy. Koettu rasituneisuuden tunne laskee 3–6 päivän aikana, elimistön sisälämpötila palautuu 6–8 päivässä, sekä hien koostumus ja hikoiluteho sopeutuvat 6–10 päivän aikana [1]. Myös hyväkuntoisen riski saada vakava lämpösairaus raskaassa kuormituksessa on lisääntynyt sopeutumisjakson aikana [5].

11.4 Pohdinta

Suomalaiset ohjeet sotilaan toimintakyvyn säilyttämiseksi kuumassa perustuvat kansainvälisen tutkimustiedon hyödyntämiseen, kansalliseen tutkimukseen sekä kansainvälisessä raportoituihin ohjeisiin ja hyviin käytäntöihin. Kenttäoloissa suoritettujen tutkimusten perusteella ohjeistus on ollut varsin toimivaa ja vakavilta lämpösairauksilta on vältytty sekä varusmieskoulutuksen aikana, että kuumien olojen kriisinhallintaoperaatioissa verrattuna useisiin muihin maihin. Tuoreimpaan kirjallisuuteen verrattuna nykyinen ohjeistus lämpösopeutumisesta, oireiden ja lämpösairauksien tunnistamisesta, sekä toimintakyvyn säilyttämisestä ovat perusteiltaan ajan tasalla [9]. Ensiavussa korostetaan nykyisin aiempaa enemmän koko kehon viilennystä, esimerkiksi veteen upottamalla, mikäli se on mahdollista [10].

Edeltävään vuosikymmeneen verrattuna 2010-luvulla on julkaistu kolminkertainen määrä tutkimuksia sotilaista kuumissa oloissa. Uusia tutkimusalueita ovat olleet esimerkiksi suolistomikrobien merkitys lämmönsäätelyssä, nestetasapainon ohella energiatasapainon merkitys lämpösairauksien riskitekijänä, naisten lämpökuormituksen erityiskysymykset sekä solutason biologia. Samoin on saatu uutta merkittävää tietoa suomalaisen sotilaan tehtäväkohtaisesta energiankulutuksesta ja fyysisestä kunnosta. Uusin teknologia mahdollistaa sekä mitatun tiedon että parempien ennustemallinen rakentamisen lämpötasapainon ylläpitämisen työkaluiksi [11, 12, 13].

Lämpökuormitustutkimuksissa tuotettu koulutusmateriaali on tällä hetkellä ajan tasalla, joten sen sisältö tulisi kouluttaa kaikille varusmiesikäluokille sekä kriisinhallinta-tehtäviin lähteville sotilaille. Koulutuksessa tulisi lisäksi korostaa joukon johtajien roolia lämpösairauksien ennaltaehkäisyssä. Varusmiestoverit ovat tärkeässä asemassa ensioireiden tunnistamisessa ja nopean ensiavun toimeenpanossa.

11.5 Toimenpidesuosituksset ja jatkotutkimustarpeet

- Ilmaston muutokseen liittyen on todennäköistä, että hellejaksojen määrä Suomessa lisääntyy ja siksi on tärkeää jatkaa lämpökuormittumisen ennaltaehkäisyyn ja lämpösairauksien ensiapuun liittyvää koulutusta lääkintähenkilöstön lisäksi varusmiehille ja kouluttajille.
- Henkilökohtaisten varusteiden, ajoneuvojen ja muun kaluston kehitystyössä tulisi ottaa huomioon myös lämpökuormitukseen vaikuttavat tekijät.
- Nesteytyksen laadun ja määrän ohella on tarpeen lisätä energiatasapainon ja kuumariskien välisten yhteyksien tutkimusta. Suolistomikrobien osuutta lämmönsäätelyn ylläpitämisessä ja lämpötasapainon pettämisessä tulisi lisäksi selvittää.
- Uusi teknologia mahdollistaa entistä tarkempia ja helppokäyttöisempiä rekisteröintilaitteita objektiivisen mittaustiedon keräykseen kenttäoloissa. Tekoäly-pohjainen analytiikka tuottaa nopeaa yksilöllistä ja myös ryhmätason tilannekuvaseurantaa, jota tulisi hyödyntää kriisinhallintaoperaatioissa ja muussa Puolustusvoimien antamassa koulutuksessa.
- Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen päivittäminen liittyen sotilastyöhön kuumissa olosuhteissa tulisi olla jatkuvaa.

Lähteet

1. Lindholm H, Rintamäki H, Rissanen S, Simonen R, Kyröläinen H, Nyman K, Holsen M, Mäntysaari M, Leskinen J, Heinonen T, Virtala M, Pihlainen K, Santtila M. Sotilas kuumassa – toimintakyvyn turvaaminen sekä seulontamenetelmän kehittäminen. Loppuraportti, 2012. Puolustusvoimat. Saatavilla <https://www.yumpu.com/fi/document/read/39941038/sotilas-kuumassa-loppuraportti>
2. Olkkola K, Koskenvuo K, Lindholm H. Äkilliset lämpösairaudet. Koskenvuo K, toim. Sotilasterveydenhuolto. Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto, 1996.
3. Olkkola K, Lindholm H, Koskenvuo K. Lämmönsäätelyn fysiologiaa. Koskenvuo K, toim. Sotilasterveydenhuolto, Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto 1996.
4. Koskenvuo K, Lindholm H, Olkkola K. Lämpösairauksien ehkäisy sekä sairastuneiden ensiapu ja hoitoon toimittaminen: käytännön suositukset. Koskenvuo K, toim. Sotilasterveydenhuolto, Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto 1996.
5. Olkkola KT, Lindholm H, Koskenvuo K. Äkillisille lämpösairauksille altistavat tekijät. Koskenvuo K, toim. Sotilasterveydenhuolto, Pääesikunnan terveydenhuolto-osasto 1996.
6. Rintamäki H, Kyröläinen H, Santtila M, Mäntysaari M, Simonen R, Torpo H, Mäkinen T, Rissanen S, Lindholm H. From the subarctic to the tropics: effects of 4-month deployment on soldiers' heat stress, heat strain, and physical performance. *J Strength Cond Res.* 2012, 26: Suppl2: S45-52. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825d817e.
7. Pihlainen K, Santtila M, Nyman K, Nykänen T, Mäntysaari H, Vaara J, Vasankari T, Rintala H, Mäkinen J, Viskari J, Kyröläinen H. 2016. Sotilaan toimintakyvyn tutkimus Libanonin UNIFIL kriisinhallintaoperaatiossa – KRITOKY 2014. Osa 1. Toimintakyvyssä ja terveydentilassa tapahtuneet muutokset, kuormittuminen sekä ravintokäyttäytyminen. Juvenes Print. Tampere. ISBN: 978-951-25-2738-0.
8. Lindholm H, Näveri H, Ilmarinen R, Lindqvist A, Viljanen A. Varusmiesten lämpösairaudet. *Ann Med Milit Fenn.* 1993, 68 :1: 36-44.
9. Parsons I, Stacey M, Woods D. Heat adaptation in military personnel: mitigating risk, maximizing performance. *Front Physiol.* 2019, 10:1485. doi: 10.3389/fphys.2019.01485
10. Lipman G, Gaudio F, Eifling K, Ellis M, Otten E, Grissom C. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2019 Update. *Wilderness Environ Med.* 2019, 30:4S:S33-S46. doi: 10.1016/j.wem.2018.10.004.
11. Buller M, Welles A, Friedl K. Wearable physiological monitoring for human thermal-work strain optimization. *J Appl Physiol* (1985). 2018;124:2:432-441. doi: 10.1152/jappphysiol.00353.2017.
12. Friedl K. Military applications of soldier physiological monitoring. *J Sci Med Sport.* 2018; 21:11:1147-1153. doi: 10.1016/j.jsams.2018.06.004.
13. Hunt A, Buller M, Maley M, Costello J, Stewart I. Validity of a noninvasive estimation of deep body temperature when wearing personal protective equipment during exercise and recovery [published correction appears in *Mil Med Res.* 2019, 6:1:25. *Mil Med Res.* 2019;6(1):20. doi: 10.1186/s40779-019-0208-7.

12 Sotilas kylmässä: toimintakyky ja suojaus

Sirkka Rissanen¹, Heikki Kyröläinen², Matti Santtila³

¹ Työterveyslaitos

² Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteiden tiedekunta

³ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

12.1 Johdanto

Sotilaan lämpötasapainoon kylmässä vaikuttavat ympäristön olosuhteet (lämpötila, tuuli, kosteus), vaatetus, fyysinen aktiivisuus ja yksilölliset ominaisuudet, kuten terveys ja kehon mittasuhteet. Jäähtyminen voi olla koko kehon (sisäosien) jäähtymistä, ääreisosien ja ihon jäähtymistä, kontaktista kylmään pintaan johtuvaa paikallista jäähtymistä ja hengityselimistön jäähtymistä. Jäähtymisellä on usein negatiivinen vaikutus sotilaan toimintakykyyn ja terveyteen. Talvivaatetuksen paino ja lisääntynyt vaatekerrosten määrä lisäävät sotilaan kuormittumista, vaikka antavatkin suojaa jäähtymistä vastaan. Pitkäkestoinen taistelutilanne kylmässä kuormittaa sekä fyysisesti että henkisesti ja muuttaa vaatetuksen ja varusteiden ominaisuuksia. Muutosten seurauksena on ilmeistä, että sotilaan suorituskyky heikkenee, terveyttä vaarantavia muutoksia ilmenee sekä vaatetuksen kylmänsuojaus ja sotilaiden kylmänsieto heikentyvät.

Ilmastonmuutoksen seurauksena Suomen lämpötilat nousevat, sademäärät kasvavat, lumipeiteaika lyhenee ja routaa on aiempaa vähemmän. Suomessa muutokset talvella ovat suurempia kuin kesällä. Tulevaisuuden muutoksista huolimatta tutkimusta tarvitaan edelleen sotilaan toimintakyvystä ja terveydestä kylmissä olosuhteissa. Suomalaisessa sotilastutkimuksissa on todettu, että sotilaan kehon pintaosien ja erityisesti ääreisosien jäähtymistä sotilastehtävien aikana tapahtuu kaikissa alle 0°C:n lämpötiloissa, ei ainoastaan ääriolosuhteissa [1]. Tuulennopeuksien voimistuminen ja sateiden runsastuminen talvella voivat altistaa sotilaan toisenlaiseen jäähtymiseen kuin kylmä lämpötila. Vaatemateriaalien ja taisteluasukokonaisuuksien kehittäminen muuttuviin olosuhteisiin on sotilaan toimintakyvyn kannalta oleellista.

12.2 Tutkimusmenetelmät

Tähän katsaukseen on kerätty kotimaista ja kansainvälistä tutkimusaineistoa vuosilta 2004–2019 (taulukko 1). Kylmään liittyvää tutkimusta on tehty erilaisissa tutkimusasetelmissä sekä useamman päivän sotilaallisissa harjoituksissa, että laboratorioissa. Pisimmät seurantajaksot ovat olleet 6–14 kuukautta ja lyhyimmät 60 minuuttia.

Puolustusvoimien ja Työterveyslaitoksen ”Sotilas kylmässä, terveys, toimintakyky, suojautuminen” -tutkimus toteutettiin vuosina 2003–2007 kolmessa sotaharjoituksessa (Aihki 03, Härmä 04 ja Otso 05), joista Härmä 04 -harjoituksessa tehtiin laajimmat mittaukset [1]. Tämän lisäksi tehtiin mittauksia laboratorioissa. Härmä 04 -harjoituksessa 30 varusmiehen kokoiselle tutkimusryhmälle tehtiin laajat alku-, väli- ja lopputestit, joissa selvitettiin fyysistä suorituskykyä ja sen muutoksia, kuormitukseen liittyviä muutujia, vaatetukseen liittyviä ominaisuuksia sekä terveydentilaa. Lisäksi rekisteröitiin päivittäin kymmenen varusmiehen lämpötasapainoa ja kuormittumista koko harjoituksen ajan (12 vrk) tutkittaviin kiinnitettävillä mittauslaitteilla. Ravinnon- ja nesteenkulutusta, vaatetuksen toimivuutta ja kokemuksia kirjattiin päivittäin seurantakorttiin ja vaatetus-kyselyyn.

Otso 05 -harjoituksessa selvitettiin tehostetun juomahuoltojärjestelmän toteuttamista ja sen vaikutuksia henkiseen sekä fyysiseen suorituskykyyn pitkäkestoisen sotaharjoituksen aikana. Tässä harjoituksessa tutkimuksen kohteena olivat yhden komppanian kaksi joukkuetta, joista kerättiin tietoa kannettavan taakan vaikutuksista sekä vaatetuksen lämpö- ja kosteustuntemuksista.

12.3 Tulokset

Lämpötasapaino

Rintamäen ym. [2] tutkimuksessa mitattiin talvella 70 varusmiehen iho- ja rektaalilämpötilaa sekä sydämen sykettä useissa jalkaväen ja tykistön harjoituksissa. Ympäristön lämpötila vaihteli 29 ja 0 °C:n välillä. Sotilastehtävät kestivät 55 minuutista 9,5 tuntiin. Rektaalilämpötila vaihteli sotilastehtävissä 36,6 ja 38,5 °C välillä (keskiarvo 37,5 °C) riippuen enemmän fyysisen aktiivisuuden tasosta kuin ympäristön lämpötilasta. Kehon iholämpötilan jäähtyminen liittyi alhaiseen fyysisen aktiivisuuden tasoon tai riittämättömään vaatetukseen. Sormien lämpötila vaihteli 3,4:sta 36,5 °C:een siten, että kylmimmät lämpötilat mitattiin paljain käsin työskentelyssä tai käsineiden kastumisen seurauksena. Aktiivisuustason ja sitä myöten rektaalilämpötilan noustessa sormien lämpötila kohosi. Käden tai kehon antropometria ei selittänyt yksilöllisiä eroa sormien tai käsien lämpötiloissa. Sormien lämpötila oli alle 13 °C (toimintakyvyn heikkeneminen) 20 % (kumulatiivinen) mittausajasta lämpötila-alueella -10–0 °C ja 69 % mittausajasta lämpötila-alueella 30–20 °C.



Amerikkalais-norjalaisessa tutkimuksessa [3] tutkittiin lämpötasapainoa 3–4 päivän hiihtomarssin aikana. Ympäristön lämpötila vaihteli -18 ja -4 °C:een välillä. Elimistön sisälämpötila oli $37,5$ – $38,0$ °C hiihtomarssin aikana, ja levossa $36,0$ – $36,5$ °C. Sormien lämpötila vaihteli keskimäärin 32 ja 35 °C välillä hiihdon aikana ja levossa se laski 15 °C:een, ollen alimmillaan 6 – 10 °C. Varpaiden lämpötila oli yli 30 °C hiihdon aikana ja levossa 15 – 20 °C. Lämpötasapaino säilyi hiihdon aikana, mutta levossa ilmeni kehon jäähtymistä epä mukavuustasolle vaikuttaen haitallisesti koettuun suorituskykyyn.

Carlssonin ym. [4] tutkimuksessa 14 kuukauden koulutus, johon sisältyi talviharjoittelua, aiheutti käsien ja jalkojen alentunutta tunto-, lämpö- ja ääriäistimusta. Seurantajakson aikana lämpötila oli alle nollan asteen 42 päivänä, josta pisin yhtäjaksoinen oleskelu kylmässä kesti 14,5 vuorokautta. Jakson alin lämpötila oli -30 °C. Valkosormisuuden, kylmä kivun ja epä mukavuuden yleisyys lisääntyi harjoituksen aikana. Käsien verenkiertoon talviharjoittelulla ei kuitenkaan osoitettu olevan vaikutusta.

Norjalaistutkimuksessa [5] tutkittiin elokuun ja tammikuun varusmiessaapumiserän sormien lämpenemistä käden kylmävesialtistuksen jälkeen. Näissä havaittiin kolme lämpenemismallia, joita olivat nopea, keskinopea ja hidaskäminen. Sotilaista 10 %:lla sormien lämpeneminen oli hidasta, ja heillä käsien lämpötila oli alhainen jo ennen kylmäaltistusta. Ruotsalaistutkimuksessa [6] yksilöiden erot käsien lämpenemisvasteissa [5] vaikuttivat kylmävammojen esiintyvyyteen kylmässä 15 kuukauden

koulutuksen aikana. Sotilailla, joilla oli kylmäaltistuksesta hitaasti lämpenevät kädet, kylmävammoja oli enemmän. Norjalaiskadeteilla tehdyssä tutkimuksessa kylmän aiheuttama verisuonten laajeneminen oli yleisempää sormissa (61 %) kuin varpaissa (6 %) [7]. Varpaiden lämpötilat olivat alemmat kuin sormien lämpötilat. Sormien tai käsien lämpövasteita ei siksi tulisi käyttää ennustamaan varpaiden ja jalkaterien lämpövasteita sekä päinvastoin.

Härmä 04-harjoituksessa [1] iholämpötiloja mitattiin kymmeneltä varusmieheltä 12 vuorokauden ajan. Taistelutehtävien aikana paikallisista iholämpötiloista laskettu keskiarvo (Tsk) vaihteli 28,8:sta 31,3°C:een. Keskimäärin alle 30°C:een lämpötila voi vaikuttaa heikentävästi sotilaiden toimintakykyyn, mutta vasta alle 28°C:een Tsk:n tasoa pidetään vakavampana raja-arvona suorituskyvyn heikentymiselle. Tämä raja-arvo alitettiin harjoituksen aikana lyhytkestoisesti (alle 10 % kokonaisajasta), vaikka ympäristön lämpötila oli lähellä 0°C:tta. Tuuli (yli 2,5 m/s) ja vaatteiden kastuminen (lauha ja satoi 4 mm/vrk) saattoivat lisätä kehon jäähtymistä. Tsk korreloi negatiivisesti yksilön painoindeksin ($r = -0,725$, $p < 0,05$) ja ihonalaisen rasvan määrään. Sormien lämpötila oli eri tehtävien aikana keskimäärin alle 24°C ja oli alimmillaan puolustustaisteluumunnoissa noin 16°C. Hetkellisesti sormien lämpötila oli alle 10°C. Jalat olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta suhteellisen lämpimät (27–32°C). Yksilölliset erot olivat kuitenkin suuria. Kyselyjen mukaan eniten palelevat kehon osat olivat sormet ja kädet (66 %), varpaat ja jalkaterä (36 %), kasvot ja korvat (7 %) sekä vartalo (10 %).

Kylmän vaikutus suorituskykyyn

Härmä 04-harjoituksessa [1] selvitettiin kylmässä suoritettuna maastoharjoituksen vaikutusta sotilaan suorituskykyyn, kuormittumiseen, väsymiseen ja palautumiseen hengityksen ja verenkiertoelimistön, liikuntaelimistön, sekä kehon koostumuksen ja hormonitoiminnan mittauksilla. Varusmiesten keskimääräinen maksimaalinen hapenottokyky oli ennen harjoitusta 45,1 ml/kg/min. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta ei muuttunut merkittävästi harjoituksen aikana aerobisella, anaerobisella tai maksimaalisella kuormitusalueella. Sen sijaan sykevaste oli kullakin kuormitusalueella alhaisempi ($p < 0,05$). Kenttäharjoitus ei aiheuttanut systemaattista muutosta lihasten maksimaalisessa lihasvoimantuotossa. Harjoituksen puolivälissä (taisteluharjoituksen lopussa) havaittiin sormien maksimaalisen kiertovoiman (peukalon ja kahden sormen ote ja kierto) ja jalkojen voimantuoton heikentymistä. Voimantuotto palautui lähtötasolle taisteluharjoitusta seuraavan ampumaleirin aikana. Seerumin kreatiini- ja testosteronitasot osoittivat myös kuormituksen olleen suurinta harjoituksen alkupuolella, kun taas seerumin interleukiini-6- ja kilpirauhashormonitasot (vapaa T4) viittasivat kumuloiutuvaan rasitukseen.

Kahdentoista vuorokauden maastoharjoituksen aikana varusmiesten keskimääräinen kehon paino laski 71,4 kg:sta 70,1 kg:aan ja rasvaprosentti 14,0 %:sta 12,8 %:iin ($p < 0,05$). Painon ja rasvaprosentin muutoksista laskettuna he menettivät harjoituksen

aikana keskimäärin 857 g rasvaa (443 g muuta painonpudotusta), joka energiamäärältään vastaa 7713 kcal (32,3 MJ). [1]

Castellanin ym. [3] kaksiosaisessa tutkimuksessa seurattiin kolmen ja neljän päivän ajan päivittäisen hiihtomarssin (6–10 t/vrk) aikaista sydämen sykettä, energiankulutusta ja lämpövasteita. Syke oli hiihtomarssin aikana keskimäärin 120–130 lyöntiä minuutissa, vastaten noin 65 % iänmukaisesta maksimisykkeestä. Sotilaiden energiankulutus oli kolmen päivän harjoituksessa 6821 kcal/vrk ja neljän päivän harjoituksessa 6 304 kcal/vrk. Tutkimuksen mukaan 3–4 päivän hiihtomarssin aiheuttama sydän- ja verenkiertoelimestön kuormitus kylmässä oli kohtalainen (noin 45 % VO_{2max}). Varusteet ja vaatetus olivat olosuhteisiin ja rasitukseen nähden sopivat.

Käden toimintakyky

Castellani ym. [8] tutkivat kyynärvarren, kasvojen ja näiden yhtäaikaisen lämmittämisen merkitystä sorminäppäryyteen kylmässä ja tuulessa. Sekä kyynärvarren että kyynärvarren ja kasvojen yhtäaikainen lämmittäminen nostivat käsien ja sormien lämpötilaa siten, että sorminäppäryyden heikkeneminen kylmässä oli vähäisempää verrattuna lämmittämättömään tilanteeseen. Samoin jo jäähtyneen sormen uudelleen lämmitys onnistui paikallisesti joko kyynärvartta tai kasvoja lämmittämällä.

Rissasen ym. [9] tutkimuksessa selvittiin suojarustuksen (biologinen ja/tai kemiallinen suojaus) vaikutusta ensihoitotoimenpiteisiin kylmässä ja lämpimässä. Koko kehon suojarustus ja etenkin käsineet heikensivät ensihoitotehtävien suorittamista 16–34 %:lla, ja kylmän aiheuttama lisäheikkennys oli 5–35 %. Ensihoitotehtäviä tulisi harjoitella suojarustuksessa ja varautua 20–40 %:n suorituskyvyn heikkenemiseen.

Oksa ym. [10] tutkivat harjoituslämpötilan vaikutusta uusien sotilastehtävien oppimiseen kylmässä. Tutkimuksessa oli kolme ryhmää, joista yksi ryhmä harjoitteli kuusi kertaa lämpimässä (19 °C), toinen ryhmä kolme kertaa lämpimässä ja kolme kertaa kylmässä (-15 °C) ja kolmas ryhmä harjoitteli kuusi kertaa kylmässä. Uuden tehtävän suoritus-aika kylmässä parani, kun harjoittelua tehtiin ensin lämpimässä. Tämän jälkeen harjoittelu kylmässä paransi suoritusta 6–28 % verrattuna vain lämpimässä harjoitteluun. Kylmässä harjoittelu oli myös tehokkaampaa kuin vain harjoittelu lämpimässä.

Paleltumat

Ruotsalaisessa pitkäkestoisessa seurantatutkimuksessa kymmenen sotilasta raportoi kylmävaurioista, joista kahdella ilmeni vaurioita käsissä, kahdella jaloissa, neljällä käsissä ja jaloissa sekä kahdella kasvoissa [4]. Lämpötila vaihteli harjoituksen aikana -30:n ja 0 °C:n välillä.

Härmä 04-harjoituksessa [1] kartoitettiin kyselyllä palveluksessa syntyneitä paleltumia. Sotilasta kolme prosenttia ilmoitti saaneensa vähintään rakkula-asteisen paleltuman ennen harjoitusta. Taisteluharjoitusviikolla ilmaantuneista uusista rakkula-asteisista pa-

leltumista raportoi kaksi prosenttia ja ampumarjoitusviikolla 0,3 %. Paleltumat eivät johtaneet palvelushelpotuksiin tai hoitokontakteihin.

Kuormitus ja energiankulutus talviolosuhteissa

Otso 05-harjoituksessa selvitettiin varusteiden painoja eri sotilastehtävissä ja kannettavan taakan koettua kuormitusta sotilaiden toimintakykyyn [1]. Keskimääräinen kannettun taakan paino oli taisteluharjoituksessa 40,8 % ja ampumarjoituksessa 33,5 % sotilaan kehon painosta. Taakan painon lisääminen yli 27 % kantajan kehon painosta lyhentää kantoaikaa huomattavasti [11]. Tutkimus suoritettiin talviaikaan, jolloin kylmänsuojavaatetuksen osuus (keskimäärin 11,4 kg) kokonaistaakasta oli huomattava. Varusteiden kuormitus kohdistui erityisesti niska-hartiaseutuun.

Oksan ym. [12] tutkimuksessa kuormittuneisuuden taso vaihteli maastosta, etenemisnopeudesta ja vuodenaikasta riippuen 2–44 % maksimaalisesta lihasaktiivisuudesta, 51–73 % maksimisykkeestä ja 21–58 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Talvi lisäsi verenkiertoelimistön kuormittuneisuutta kaikissa maasto-olosuhteissa 3–14 %, lukuun ottamatta etenemistä suolla, jossa kuormittuneisuus oli sama kesällä ja talvella. Talven vaikutus lihasaktiivisuuteen oli 2–12 % ja hapenkulutukseen 3–10 %. Kuormittavimmat maastot sekä objektiivisesti mitattuna että subjektiivisesti koettuna olivat vaikeakulkuisen metsä-, suo- ja mäkimaasto. Talviolosuhteissa erityisesti lihaksistoon kohdistuva kuormittuneisuus kasvaa verrattuna kesäolosuhteisiin. Talvella paksumpi vaatetus ja kenkät lisäävät kuormittuneisuutta. Johtuen painon lisääntymisestä, useammasta vaatekerroksesta ja myös kitkasta näiden välillä. Energiankulutus talvivaatetuksessa kasvaa noin 3 % lisättyä vaatekilogrammaa kohti verrattuna kesävaatetukseen [13, 14]. Richmondin ym. [15] kattavassa katsauksessa on esitetty maastokerroinsuosituksia sekä lumessa että lumikengillä kävelyyn. Lumen syvyys lisäsi merkittävästi energiankulutusta. Kylmän ilman vaikutus energiankulutukseen jää vaatetuksen takia epäselväksi.

Nestevaje

Talvella sotilaan voi olla vaikea huolehtia riittävästä nesteen saannista. Elimistön kuivuminen vaikuttaa ruokahaluttomuuteen ja johtaa pitkittyessään ennenaikaiseen väsymykseen ja toimintakyvyn heikkenemiseen. Otso 05-sotaharjoituksessa [1] selvitettiin tehostetun juomahuoltojärjestelmän toteuttamista ja sen vaikutuksia varusmiesten henkiseen ja fyysiseen suorituskykyyn. Komppanian joukkueista toinen toimi koeryhmänä ja toinen verrokkiryhmänä. Verrokkit joiivat oman tuntemuksensa ja juoman saatavuuden mukaisesti. Koeryhmälle jaettiin nestettä 2 litraa/vrk 2 dl:n annospakkauksissa. Koeryhmä joi keskimäärin 2,2±0,05 litraa ja verrokkiryhmä 1,3±0,05 litraa harjoituksen aikana. Jaettujen annospakkauksien lisäksi koeryhmässä juotiin vaihteleva määrä (0,2–0,7 l/vrk) muita saatavilla olevia nesteitä. Päivittäiseen kyselyyn perustuen sotilaiden mieliala ja motivaatio olivat merkitsevästi parempia nesteytysryhmässä kuin verrokkiryhmässä. Fyysinen

suorituskyky koettiin koeryhmässä paremmaksi ja tehtävien fyysinen ja henkinen rasittavuus koettiin kevyemmäksi eri harjoitusvaiheiden aikana verrattuna verrokkiryhmään.

Cheuvrontin ym. [16] tutkimuksessa selvitettiin nestevajauksen (3 % painon lasku) vaikutusta kestävyysharjoitteluun kylmässä (2°C) ja lämpimässä (20°C) (vaatetuksena shortsit ja t-paita). Nestevajaus kylmässä ei vaikuttanut iho- tai rektaalilämpötilaan, mutta syke oli korkeampi kuin hyvin nesteytettynä. Iholämpötilat olivat alemmat kylmässä kuin lämpimässä sekä nesteytynä että nestevajeen aikana. Nestevajauksen heikentävä vaikutus suorituskykyyn oli 8 % lämpimässä ja 3 % kylmässä. Tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin, että nestevajaus (3 % painosta) heikentää fyysisiä kestävyysominaisuuksia lämpimässä (20°C), mutta ei kylmässä (2°C). Syyt tähän voivat liittyä eroavaisuuksiin sydämen ja verenkiertoelimistön (mm. sydämen minuuttilavuuden) ja hapenkulutuksen mekanismeissa lämpimässä ja kylmässä.

Vaatetus

Sotaharjoituksissa (Härmä 04 ja Otso 05) tutkittiin vaatetuksen riittävyttä ja vertailtiin eri aikakausien vaatekokonaisuuksien ominaisuuksia [1, 17]. M05-malli tuli tuolloin yleisempään käyttöön. Tutkimuksessa määritetyn käyttöalueen mukaan M05 antaa riittävän suojan kevyessä työssä (<115 W/m²) pitkäaikaiselle kylmäaltistukselle, alhaisimmillaan -13°C:een asti, tyynessä ilmassa ilman pakkaspukua. Pakkaspukua käytettäessä suojaus riittää -22°C:een asti. Vaatetusjärjestelmä ilman pakkaspukua riittää keskiraskaassa työssä (<165 W/m²) suojaamaan sotilasta -28 asteeseen saakka. Vaatetus M05 antaa riittävän suojan raskaassa työssä äärikylmissä olosuhteissa. Välivaatetuksen käyttö pitkäaikaisessa altistuksessa ja kevyessä työssä (115 W/m²) on tarpeellista kylmemmissä olosuhteissa kuin -5°C:tta. Lievä hikoilu laskee M05-vaatetuksen lämmöneristävyttä noin seitsemällä prosentilla, mikä vaikuttaa vaatetuksen käyttöalueeseen nostaten käyttölämpötilaa kolmella asteella. Vaatetusjärjestelmän käyttöalueeseen vaikuttaa erityisesti tuulen voimakkuus. Voimakkaan tuulen (8 m/s) aiheuttama lämmöneristävyden lasku nostaa vaatetusjärjestelmän optimaalista käyttölämpötilaa keskimäärin 19°C:lla. Vaatetuksen M05 lämmöneristävyys säilyi vaikeissa olosuhteissa ja fyysisessä rasituksessa paremmin kuin vanhemmalla asukokonaisuudella. Päivittäisen vaatetuskyselyn mukaan 52 % varusmiehistä piti M05 -vaatetusta riittävän lämpimänä. Kyselyssä ilmeni myös, että varusmiesten vaatteet kastuivat päivittäin hikoilusta. Jos varusmiehet pääsivät yöpymään lämmitettyyn teltaan ainakin joksikin aikaa, vaatteita saatiin hyvin kuivatettua. Teltan lämmitystavasta johtuen yöpymisen aikana pää oli kehon kylmin osa.

Härmä 04-harjoitus [1] toi esille, että kokonaiskuvan kannalta täsmällinen tieto vaatetuksesta tulisi jakaa käskytyksketjun välityksellä harjoituksen alusta alkaen. Täten tieto saavuttaa jokaisen varusmiehen. Harjoituksessa jaettiin heikosti tietoa pukeutumisesta ja selviytymisestä kylmässä. Kylmyys vaikuttaa heikentävästi joukon johtamiseen. Vaikutus kasvaa, mitä lähemmäksi suoritusporrasta mennään tai mitä vähemmän johtajat ovat saaneet koulutusta kylmäaltistukseen liittyen.

Vesihöyryä heikosti läpäisevä suojarustus, kuten biologinen ja/tai kemiallinen suoja-asu, voi kylmässä johtaa elimistön liialliseen lämpenemiseen, voimakkaaseen hiilloiluun ja toimintakyvyn heikkenemiseen, erityisesti raskaassa fyysisessä kuormituksessa [18]. Sotilastehtävissä maasto-olosuhteissa [19] kehon ydinlämpötila nousi yli 38 asteen raskaassa kuormituksessa, vaikka ympäristön lämpötila oli -33 °C. Toisaalta kehon lämpötila, erityisesti kädet, jäähtyvät nopeasti kylmässä passiivisen toiminnan (mm. istuminen, paikallaan seisominen) aikana.

12.4 Pohdinta

Lämpötapaino

Sotilaalla lämpötapaino on riippuvainen fyysisen aktiivisuuden tasosta, eikä niinkään ympäristön lämpötilasta. Levossa ja etenkin fyysisen aktiivisuuden jälkeen kehon ydinlämpötila voi laskea, mutta hypotermiaa eli alilämpöisyyttä (ydinlämpötila laskee alle 35 °C:een) ei tutkimuksissa raportoitu. Muun muassa vaatetuksen kastuminen, väsymys, loukkaantuminen, nestehukka ja energiavaje ovat tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa kylmässä ympäristössä kehon sisäosien lämpötilan laskun. Terveellä sotilaalla, joka on aktiivinen ja pukeutuu olosuhteiden vaatimusten mukaisesti, ei todennäköisesti ilmene alijäähtymistä. Sotilaiden fyysisen kunnan taso ei ollut yhteydessä iholämpötilaan, eikä koettuihin kylmä- tai kylmäkiputuntemuksiin. [1-3]

Jäähtymiselle alttiimpia kehon osia ovat sormet, kädet, varpaat ja jalkaterät, joiden jäähtyminen aiheuttaa epämukavuutta ja suorituskyvyn laskua. Jäähtymistä voidaan ennaltaehkäistä jalkineilla ja käsineillä, joissa on hyvä lämmöneristävyys, metallipintojen eristämällä, aineenvaihdunnallisen lämmöntuotannon turvaamisella sekä ylläpitämällä keskikehon ja kyynärvarren hyvää lämpötapainoa joko vaatetuksella tai lämmitysjärjestelmää käyttämällä. Käsineiden paksuus ja tarttumaotteen tuntoaistimuksen puute heikentävät sorminäppäryyttä, jota mahdollinen sormien ja käsien jäähtyminen voimistaa. Ulkoiset lämmitysjärjestelmät voivat vähentää tai poistaa kokonaan ääreisosien jäähtymistä, mutta vaativat vielä kehitystyötä soveltuakseen maastoharjoituksiin. [2-3, 8]

Tutkimuksissa raportoidut sormien ja käsien kylmäkipu sekä valkosormisuus ja paleltumat osoittavat, että käsien liiallinen jäähtyminen on edelleen todellinen riski sotilaan toimintakyvylle, ja siihen ei välttämättä suhtauduta koulutuksessa riittävällä vakavuudella. Jäähtymiseen ja paleltumien ennaltaehkäisyyn ja hoitoon tulisi maastoharjoituksissa kiinnittää aiempaa enemmän huomiota. Taistelijan reaaliaikaisten fysiologisten vasteiden monitorointi, yhdistettynä ympäristön olosuhteisiin voi tulevaisuudessa edistää taistelijan toimintakykyä ottaen huomioon yksilölliset tarpeet erilaisissa sotilastehtävissä. [1-2, 4-7]

Toimintakyky

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että varusmiesten fyysisen toimintakyvyn taso oli riittävä selviytymiseen sotaharjoituksen kuormituksesta. Alle kahden viikon sotaharjoitus vähensi sotilaiden kehon painoa ja ihonalaisen rasvakudoksen määrää. Lyhyessä harjoituksessa kehon koostumuksen muutokset aiheuttavat enemmänkin epämiellyttävyyden tuntemuksia kuin toimintakykymuutoksia. Tätä olettamusta tukevat saadut kuormitus- ja suorituskykytulokset. Harjoitusten kuormitus oli keskimäärin alhainen, eikä sotilaiden toimintakyvyssä havaittu heikentymistä. Pidempiaikaisesti jatkuessaan kehon koostumuksen muutokset voivat kuitenkin vaikuttaa myös joukkojen suorituskykyyn. Kesään verrattuna talviharjoituksissa joukkojen toimintakyky heikkenee sitä enemmän, mitä liikkuvammasta joukosta on kysymys. Lumisessa maastossa energiankulutus kasvaa verrattuna kesäolosuhteisiin [1, 3, 12, 15].

Sotaharjoituksissa toteutetut tutkimukset vahvistavat, että sotilaat eivät saa riittävästi nestettä maastoharjoituksen aikana [1]. Ohjatussa nesteytysryhmässä varusmiehet joivat keskimäärin 2,2 litraa päivittäin, mikä on yleinen suositus vuorokausikulutukselle kevyessä ja keskiraskaassa työssä. Nesteytysryhmän mieliala ja motivaatio sekä henkinen ja fyysinen suorituskyky olivat kyselyn mukaan parempia kuin verrokkiryhmällä, joka joi 1,3 l/vrk. Kylmätuntemukset olivat hieman lievemmät nesteytysryhmässä. Laboratorio-tutkimuksissa on todettu, että kolmen prosentin kehon painon väheneminen ei heikennä sotilaiden kestävyysominaisuuksia raskaassa (jäähdytys 2°C:ssa, kevyt vaatetus) [16] tai keskiraskaassa kuormituksessa (4°C, 4 % painon lasku) [20]. Nestevaje ei muuta metabolistista lämmöntuottoa, iholämpötilaa, syvälämpötilaa, ääreisosien lämmönhukkaa, eikä nosta lämmönsäätelyn tai sydän- ja verisuonielimistön kuormittumista [20]. Sotilastyöstä johtuva lämmöntuotto näyttää kumoavan kylmän aiheuttaman verisuonten supistumisen ääreisosissa ja iholla, minkä seurauksena ääreisosien ja ihon lämpötila ei merkittävästi laske. Nestevaje ei myöskään muuta sormien verenvirtausta, lämpötilaa eikä kylmän aiheuttamaa verisuonten laajenemista paikallisessa kylmävesialtistuksessa [21]. Tuloksia tulkittaessa on hyvä ottaa huomioon, että edellä mainitut tutkimukset [16, 20-21] ovat olleet lyhytkestoisia kylmäaltistuksia.

Vaatetus

M05-talvivaatetuksen kylmänsuojaus- ja kosteuden poisto-ominaisuudet sekä kevyempi paino mahdollistivat paremman käyttömukavuuden ja fyysisen toimintakyvyn kuin vanhemmat asukokonaisuudet [17]. Päivittäisen vaatetuskyseilyn mukaan kuitenkin vain puolet M05-vaatetusta käyttäneistä piti sitä riittävän lämpimänä. Merkittävimmät tulevaisuuden kehityskohteet ovat muun muassa vaatetuksen kosteuden hallinta, sirpaleliivin vesihöyryn läpäisevyyden lisääminen, varusteiden keventäminen ja vaatetuksen monikäyttöisyyden ja suorituskykyä lisäävien ratkaisujen kehittäminen sekä asun elinkaaren

pidentäminen. Puolustusvoimien vaatetusjärjestelmästä puuttuu äärimmäisen kylmään sopivia suojaimia, kuten esimerkiksi erityisen lämpöeristävät käsineet.

Teltassa yöpymisessä tulisi kiinnittää aiempaa enemmän huomiota teltan sisäisen lämpötilan jakautumiseen koko teltan alueella, jotta unen laatu ja elimistön palautuminen tehostuisivat. Täten sotilaan suorituskyky päivittäisistä työtehtävistä paranisi. Yövyttäessä kamiinalla lämmitetyssä teltassa, vaatetuksen valinnalla voidaan tasoittaa lämpötilajakaumaa, esimerkiksi suojaamalla pää ja ylävartalo alavartaloa paremmin ennen makuupussiin menoa. Kiertoilmatyypisillä lämmittimillä tai kaksikerrosteltan ilmanvaihtoaukkoja säätämällä saadaan myös lämpötilakerrostumia ja vähennettyä lämpöhäviötä teltassa [22]. Kosteissa olosuhteissa varusteiden päivittäinen kuivaus lämmitetyssä teltassa on tehtävistä suoriutumisen ja toimintakyvyn kannalta erittäin tärkeää. Älytekstiilien, -vaatteiden ja -teknologian kehittyessä kiinnostavimpia sovelluksia sotilasvaatetukseen voivat olla faasimuutos-, muotomuisti- ja tilavuusmuutosmateriaalit sekä esimerkiksi printattava elektroniikka.

12.5 Johtopäätökset

Tutkimusten mukaan toimintakyvyn muutokset kylmässä ovat maltillisia, eikä suorituskyvyn täydellinen menettäminen ole maastoharjoitusoloissa merkittävä riski, mikäli fyysinen aktiivisuus ja vaatetus ovat olosuhteisiin nähden riittävät. Puolustusvoimien nykyisen talvivaatetuksen kylmänsuojausominaisuudet ovat yleisesti ottaen hyvät ja lämpötilakäyttöalueet riittävät. Ääreisosien suojaamiseen ja paleltumien ennaltaehkäisyyn ja hoitoon tulisi maastoharjoituksissa kiinnittää aiempaa enemmän huomiota. Talvella maaston, varusteiden painon ja kylmän ympäristön aiheuttama suurempi energiankulutus tulisi ottaa huomioon ravinto- ja nestehuollossa, etenkin pitempikestoisissa maastoharjoituksissa. Ilmastonmuutoksen vaikutukset sotilaiden toimintakykyyn ja varusteisiin tulisi myös ennakoita.

12.6 Toimenpidesuosituksukset ja jatkotutkimustarpeet

- Riittävän nestemäärän saatavuus maastoharjoituksissa on varmistettava myös talvella sotilaiden optimaalisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi.
- Uutta tehtävää tai taitoja tulisi ensiksi harjoitella lämpimässä ja vasta sen jälkeen siirtyä harjoittelemaan kylmiin olosuhteisiin suoritusajan optimoimiseksi.
- Vaatetukseen ja nesteytykseen liittyvää käskynantoa ja tiedonvälitystä tulee lisätä erityisesti maasto-olosuhteissa talvella ja vaihtuvissa sääoloissa. Tämä tulisi ottaa huomioon myös johtajakoulutuksen kehittämisessä.

- Jäähtymisen ennaltaehkäisyä levon ja alhaisen aktiivisuustason aikana tulisi harjoitella koulutusvaiheen aikana, muun muassa opettamalla huolellisesti kerrospukeutumisen perusteet.
- Talvivaatetuksen kosteuden hallinta, sirpaleliivin vesihöyryn läpäisevyyden lisääminen, varusteiden keventäminen ja vaatetuksen monikäyttöisyyden ja suorituskyvyn lisääminen sekä elinkaaren pidentäminen ovat tulevaisuuden kehittämis- ja jatkotutkimusaiheita.

Taulukko 12.1 Kylmän vaikutus sotilaan lämpötasapainoon ja fyysiseen toimintakykyyn.

Tutkimus	N, maa	Operaatio, kesto	Yhteenveto tuloksista
Rintamäki ym. 2004 [2]	N=70 varusmiestä, Suomi	Käsien lämpötilat eri sotilastehtävissä talviharjoituskauden aikana.	Sormien lämpötila oli alle 13 °C (sorminäppäryys alkaa heikentyä) 20 % ajasta ympäristön lämpötilan ollessa 0...-20 °C ja 69 % ajasta lämpötilassa -20...-20°C. Fyysisen aktiivisuuden ollessa riittävä nostamaan syvälämpötilaa sormien jäähtyminen on vähäisempää. Käsineiden parempi suojaaminen ja metallipintojen eristäminen hidastaisi jäähtymistä.
Castellani ym. 2017 [3]	N=18 (1), N=10 (2), norjalais-sotilasta, Norja ja USA	Kaksi tutkimusosiota. 1) 7 päivän talvikoulutus, johon kuului kolmipäiväinen hiihtomarssi (54 km) Norjassa. 2) samankaltainen koulutus kuin 1), mutta kolme eri ravitsemusryhmää. Ta -18- -4 °C.	Sormien ja varpaiden lämpötilat hiihdon aikana 25-30 °C, mutta levossa hiihdon jälkeen 15-20 °C ja kovassa tuulessa sormet 6-10 °C. Elimistön sisälämpötila (kapseli) 36,5-38,2 °C, hiihdon aikana korkein. Verenkiertoelimistön kuormittuminen vähäinen (45 % VO ₂ max).
Carlsson ym. 2016 [4]	N=54 varusmiestä, Ruotsi	14 kuukauden koulutus, johon sisältyi kylmäjakso. Ta < 0 °C 42 pv, minimi Ta -30 °C Kysely ja mittaukset.	Pitkäkestoinen koulutus, osin talviolosuhteissa, aiheutti alentuneen tunto-, lämpö- ja värinäaistimuksen sekä käsissä että jaloissa. Valkosormisuuden ja kylmäkivun/epämukavuuden sekä kivun yleisyys lisääntyi. Käden verenkierto-toimintaan ei ollut vaikutusta.
Norheim ym. 2018 [5]	N=260 varusmiestä, Norja	Sormien lämpenemisen seuranta lämpökameralla elokuun ja tammikuun saapumiserässä. Käsi-immersio 20 °C.	Kolme lämpenemismallia: nopea, keskinopea ja hidas lämpeneminen. 10 % varusmiehistä lämpeneminen oli hidasta, näillä käden lämpötila oli alempi jo ennen kylmäaltistusta.
Brändström ym. 2009 [6]	N=45 (77) varusmiestä, Ruotsi	15 kuukauden koulutus, sisältäen kylmäjakson. Kylmävesiprovokaatio ennen ja jälkeen koulutuksen.	Kylmävesiprovokaation jälkeen sormien lämpötilan palautuminen voidaan luokitella kolmeen ryhmään; nopea, keskinopea ja hidas. Kylmävammoja esiintyy enemmän hitaasti palautuvien ryhmässä. Pitkäkestoisen koulutuksen jälkeen sormet lämpimämmät ja niiden lämpeneminen nopeampaa.

Tutkimus	N, maa	Operaatio, kesto	Yhteenveto tuloksista
Norrbrand ym. 2017 [7]	N=70 kadettia, Ruotsi	Sormien vs varpaiden ja käsien vs jalkojen lämpeneminen kylmäaltistuksen (vesi-immersio) jälkeen.	Cold-induced-vasodilatation (CIVD) yleisempi sormissa (61 %) kuin varpaissa (6 %). Varpaiden lämpötilat alemmat kuin sormien. Lämpövasteet sormissa/käsissä eivät korreloi varpaiden/jalkojen lämpövasteiden kanssa.
Castellani ym. 2018 [8]	N=8, USA	Altistus: 0,5 °C, tuuli 1,34 m/s. Kyynärvarren, kasvojen lämmittäminen ja näiden yhdistelmän vaikutus sorminäppäryyteen kylmässä.	Sekä kyynärvarren että kyynärvarren ja kasvojen lämmittäminen nostivat käden ja sormen lämpötilaa niin että sorminäppäryyden heikkeneminen oli vähäisempää kylmässä verrattuna lämmittämättömään tilanteeseen. Myös jo jäähtyneen sormen uudelleen lämmitys.
Rissanen ym. 2008 [9]	N=11, Suomi	Kylmän vaikutukset ensihoitotoimenpiteisiin NBC-suojavarustusta käytettäessä.	Sormien jäähtyminen ja NBC-suoja vaikeuttavat peruslääkinnällisiä toimia kylmässä. Harjoittelu kylmässä ja NBC-varustuksessa suositeltavaa.
Oksa ym. 2006 [10]	N=24 testihenkilöä ja N=18 varusmiehistä, Suomi	Harjoituslämpötilan vaikutus uusien sotilastehtävien oppimiseen kylmässä.	Kylmässä tehtävien sorminäppäryyttä vaativien sotilastaitojen harjoittelu kannattaa aloittaa ensin lämpimässä ja sen jälkeen kylmässä, jolloin suorituskyvyn ylläpito kylmässä on parempi.
Oksa ym. 2007 [11]	N=9, Suomi	Lihaksiston, verenkiertoelimistön ja energettisen kuormittuneisuuden taso kesällä ja talvella kolmella eri etenemisnopeudella ja kuudessa eri maastotyyppissä.	Talviolosuhteet eri maastotyypeissä lisäsivät lihaksiston 2-12 %, verenkiertoelimistön 3-14 % ja energiankulutuksen kuormittuneisuutta 3-10 % kesään verrattuna.
Richmond ym. 2019 [12]	Review, USA	Kattava selvitys lumessa liikkumisen kuormittavuudesta ja sen mallintamisesta.	Lumessa kävelyn energiankulutus on riippuvainen kävelynopeudesta lumessa ja lumen upottavuudesta ja syvyydestä. Suosituksia maastokertoimille (η) lumessa kävelyyn ja lumikenkiä käytettäessä.
Cheuvront ym. 2005 [13]	N=8, USA	Nestevajeen (3 % painon lasku) vaikutus kestävyysliikuntaan 20 ja 2 °C:ssa (kevyt vaatetus). Pyöräily 30 min, 50 % VO ₂ max.	Nestevaje heikensi suorituskykyä (-2,7 %) kylmässä ja 20 °C:ssa (-7,6 %). Nestevaje kylmässä ei heikentänyt kestävyyttä eikä kylmä ympäristö.
Jussila ym. 2010 [14]	Lämpönukke ja N= 224 varusmiestä, Suomi	Sotilaan kylmänsuojausvaatetus, kolmen aikakauden asut. Lämpönukkemittaukset ja kyselytutkimus 11 vrk talvi-sotaharjoituksen aikana.	M05-talvivaatetuksen kylmänsuojaus- ja kosteuden poisto-ominaisuudet sekä kevyempi paino mahdollistivat paremman käyttömukavuuden ja fyysisen toimintakyvyn kuin edeltävät asukokonaisuudet.
Rissanen ja Rintamäki 2007 [15]	N=11, Suomi	NBC-asu (butylikumi ja polyeteenikalvoinen (M2001) puku). Marssi lumisessa maastossa ja tiellä, lämpötila 30...0 °C.	Lämpökuormittumisen riski kasvaa, jos harjoitus fyysisesti raskasta ja kesto noin 60 min kun käytetään heikosti vesihöyryä läpäisevää suojapukua talviolosuhteissa. Ääreisosien jäähtyminen kriittistä talviharjoituksen aikana.

Lähteet

1. Rintamäki H, Rissanen S, Peitso A. (toim). Sotilas kylmässä: terveys, toimintakyky ja suojautuminen. Loppuraportti. Työterveyslaitos ja Puolustusvoimat, 2007.
2. Rintamäki H, Rissanen S, Mäkinen T, Peitso A. Finger temperatures during military field training at 0 to 29 °C. *J Thermal Biology*. 2004, 29, 857-860.
3. Castellani JW, Spitz MG, Karis AJ, Martini S, ym. Cardiovascular and thermal strain during 3-4 days of a metabolically demanding cold-weather military operation. *Extrem Physiol Med*. 2017, 6:2, 1-13.
4. Carlsson D, Pettersson H, Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Neurosensory and vascular function after 14 months of military training comprising cold winter conditions. *Scand J Work Environ Health*. 2016, 42(1), 61-70.
5. Norheim AJ, Borud E, Wilsgaard T, De Weerd L, Mercer JB. Variability in peripheral rewarming after cold stress among 255 healthy Norwegian army conscripts assessed by dynamic infrared thermography. *Int J Circumpolar Health*. 2018, 77:1, 1536250.
6. Brändström H, Grip H, Hallberg P, Grönlund C, Angquist A, Giesbrecht GG. Hand cold recovery responses before and after 15 months of military training in a cold climate. *Aviat Space Environ Med*. 2008, 79(9), 904-8.
7. Norrbrand I, Kölegård R, Karamidas ME, Mekjavic IB. No association between hand and foot temperature responses during local cold stress and rewarming. *Eur J Appl Physiol*. 2017, 117, 1141-1153.
8. Castellani JW, Yurkevicius BR, Jones ML, Driscoll TJ, ym. Effect of localized microclimate heating on peripheral skin temperatures and manual dexterity during cold exposure. *J Appl Physiol*. 2018, 125, 1498-1510.
9. Rissanen S, Jousela I, Jeong JR, Rintamäki H. Heat stress and bulkiness of chemical protective clothing impair performance of medical personnel in basic lifesaving tasks. *Ergonomics*. 2008, 51(7), 1011-1022.
10. Oksa J, Rintamäki H, Mäkinen T. The effect of training of military skills on performance in cold environment. *Mil Med*. 2006, 171(8), 757-761.
11. Oksa J, Rintamäki H, Mäkinen T. Maastotyyppin ja vuodenajan vaikutus lihaksiston, verenkiertoelimistön ja energieettiseen kuormittumiseen: maastokerroin 2–6 km/h etenemisnopeuksille. Työterveyslaitos, Oulu 2007.
12. Richmond PW, Potter AW, Looney DP, Santee WR. Terrain coefficients for predicting energy costs of walking over snow. *Appl Ergonomics*. 2019, 74, 48-54.
13. Chevront SN, Carter R III, Castellani JW, Sawka MN. Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J Appl Physiol*. 2005, 99, 1972-1976.
14. Jussila K, Valkama A, Remes J, Anttonen H, Peitso A. The Effect of Cold Protective Clothing on Comfort and Perception of Performance. *Int J Ocup Saf Ergon*. 2010, 16(2), 185-97.
15. Rissanen S, Rintamäki H. Cold and heat strain during cold-weather field training with nuclear, biological and chemical protective clothing. *Mil Med*. 2007, 172(2), 128-132.
16. Kenefick RW, Mahood NV, Hazzard MP, Quinn TJ, Castellani JW. Hypohydration effects on thermoregulation during moderate exercise in the cold. *Eur J Appl Physiol*. 2004, 92, 565-570.
17. O'Brien C, Montain SJ. Hypohydration effect of finger skin temperature and blood flow during cold-water finger immersion. *J Appl Physiol*. 2003, 94, 598-603.
18. Valkeapää A, Anttonen H, Tuhkanen P. Taistelijan selviytyminen levossa, Tutkimusraportti. Oulun aluetyöterveyslaitos, 2002.

13 Ravitseminen ja neste sotilaalla

Tarja Nykänen ¹, Mikael Fogelholm ²

¹ Puolustusvoimat, Maasotakoulu, Koulutuskeskus

² Helsingin yliopisto, Maatalous- metsätieteellinen tiedekunta, Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto

13.1 Johdanto

Sotilastyö eri muodoissaan aiheuttaa erityisvaatimuksia ravintoaineiden ja nesteen saannille. Ravitsemuksella voidaan tukea sotilastehtäviin valmistautumista, tehtävänäikaista suorituskykyä sekä siitä palautumista. Monet sotilastehtävät edellyttävät hyviä kestävyys- ja voimaominaisuuksia, joita sotilaiden on harjoitettava säännöllisesti ja nousujohteisesti [1]. Ravitsemuksella on selkeä rooli, muun muassa liikunnan aikaisessa energia-aineenvaihdunnassa, palautumisessa, proteiinisynteesissä ja nestetasapainon säätelyssä [1]. Maastoharjoituksissa sotilaan ravitsemustila muuttuu, kun energiankulutus kasvaa ja samalla energiansaanti laskee. Äärimmäisenä esimerkkinä on selviytymisharjoitukset, joissa ravinnon ja nesteen saantia on voimakkaasti rajoitettu [2]. Viimeistään silloin energia- ja nestevaje vaikuttaa kehon koostumukseen, säätelyjärjestelmiin ja suorituskykyyn.

Sotilastyön vaatimuksien ohella ravinnon tulisi olla kansallisten ravitsemussuositusten mukaisesti terveellistä, monipuolista ja maukasta [3]. Ravitsemussuositusten tavoitteena on edistää suomalaisten terveyttä ja ehkäistä sairauksia. Suositukset on tarkoitettu terveille, kohtuullisesti liikkuville ihmisille ja toimivat lähtökohtana erityistilanteiden ravitsemuksen suunnitteluun. Vaikka sotilastyö aiheuttaa ajoittain erityisvaatimuksia, varuskunnassa tai kotona tarjottavien aterioiden tulisi olla ravitsemussuositusten mukaisia. Laadukas perusruokavalio tukee erityistilanteista selviytymistä.

Terveellisellä ruokavaliolla ennaltaehkäistään ja hoidetaan lihavuutta ja aineenvaihduntasairauksia [3]. Vaikka sotilaita pidetään terveimpinä ja toimintakykyisempinä kuin siviiliväestöä, lihavuutta, aineenvaihduntasairauksia ja niihin liittyviä riskitekijöitä esiintyy myös sotilailla [4]. Siitä syystä terveyttä edistävän perusruokavalion merkitys korostuu jo lapsuudessa ja nuoruudessa, jolloin opitaan mallit itsenäisen elämän ruokakäyttäytymiseen. Varusmiespalvelus on viimeisiä vaiheita, jossa terveelliseen ruokavalioon liittyvää ohjausta ja valistusta voidaan jakaa suurille joukoille. Varusmiespalveluksessa opituilla hyvillä ruokailu- ja liikuntatottumuksilla on kansanterveydellistä merkitystä.

13.2 Ruoankäytön ja ravinnonsaannin tutkimusmenetelmät

Ruoankäyttöä ja ravinnonsaantia voidaan yleisellä tasolla tutkia erilaisten kyselyjen ja haastattelujen sekä ruokapäiväkirjojen perusteella [5]. Verestä ja virtsasta analysoitavilla biomarkkereilla voidaan mitata muun muassa elektrolyyttien ja suojaravintoaineiden pitoisuuksia tai niiden erittymistä elimistöstä [6]. Yhdistämällä eri menetelmiä saadaan kattavampi ja luotettavampi kuva yksilön tai ryhmän ruoankäytöstä ja ravinnonsaannista. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin aina noudatettava kriittisyyttä ja ymmärrettävä sekä metodien rajoitukset että ravintoaineiden fysiologia.

Sotilailta ruoankäytön ja ravinnonsaannin tutkimusmenetelmistä on käytetty frekvenssikyselyä [7-11] ja ruokapäiväkirjoja [12-14] sekä verestä ja virtsasta mitattuja biomarkkereita [2,7,12]. Frekvenssikyselyn avulla saadaan selville ruokien ja ruoka-aineryhmien käyttötiheyttä, mutta ei kattavaa kuvaa ruokavalion kokonaisuudesta tai ravintoaineiden saannista. Frekvenssikyselyn tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia samalla menetelmällä kerättyihin siviiliväestön tuloksiin [7].

Ruokapäiväkirjat antavat tarkempaa tietoa ravinnon määrästä ja laadusta. Niiden perusteella voidaan analysoida energian- ja ravintoaineiden saantia. Aliraportointi on ruokapäiväkirjan tyypillisin ongelma, johon vaikuttavat annoskokojen aliarviointi, unohdukset sekä ruokavalion muuttaminen terveellisemmäksi seurantajakson ajaksi. Silloin energiansaanti ja ravintoaineiden absoluuttinen saanti saattavat jäädä todellista alhaisemmaksi, mutta esimerkiksi energiaravintoaineiden suhteellinen saanti saadaan kohtuullisen hyvin selville, kun oletetaan, että kaikkien ruoka-aineiden saanti aliarvioidaan.

Vapamuotoisesti täytettävä ruokapäiväkirja on työläs ja edellyttää tutkittavilta hyvää motivaatiota. Sotilastyössä päiväkirjojen pitäminen voi olla haasteellista erityisolosuhteiden takia. Paperiset päiväkirjat ovat vaikea säilyttää kuivina ja kuormittavissa harjoituksissa motivaatio päiväkirjan täyttämiseen voi vaihdella suuresti. Niissä sotaharjoituksissa, missä on mahdollista tietää tutkittavien ruoka-annokset etukäteen, on käytetty ns. esitäytettyä ruokapäiväkirjaa [2,14]. Silloin käytössä olevat ruoat on valmiiksi kirjattu ruokapäiväkirjaan ja tutkittava merkitsee vain ajankohdan ja määrän. Ravinnonsaannin tutkimusmenetelmien ”kultaisena standardina” pidetään ruoka-annosten punnitsemista ja niiden analysointia ravintolaskentaohjelmalla [5], mutta sotilastyössä sen toteuttaminen on haasteellista.

13.3 Tulokset

Sotilaiden ruoankäyttöä ja ravintoaineiden saantia on tutkittu eri henkilöstöryhmillä Suomessa [9-11]. Varusmiesten ravitseminen ja muut elintavat sekä terveyden riskitekijät palveluksen aikana -seurantatutkimuksessa havaittiin, että peruskoulutuskaudella ravitsemustottumukset muuttuivat terveellisempään suuntaan. Ateriarytmi muuttui aamu- ja

päiväpainotteiseksi iltasyömisen sijaan sekä kasvien, marjojen, hedelmien, tumman leivän ja puuron käyttö lisääntyi. Pikaruokien ja useiden makeiden herkkujen käyttö väheni, silti makeisia ja perunalastuja syötiin enemmän. Kahdeksan viikon jälkeen ruokailutottumukset alkoivat muuttua takaisin siviiliaikaisiin tapoihin ja palveluksen alussa opitut epäterveelliset tavat, esimerkiksi runsas makeisten käyttö, säilyi edelleen. Humalahakui-
nen alkoholin käyttö lisääntyi palveluksen edetessä. Varusmiespalveluksella ja sen aikana tarjotuilla, ravitsemussuosittelun mukaisilla, säännöllisillä aterioilla oli monia myönteisiä vaikutuksia varusmiesten ruokavalintoihin ja sitä kautta terveyden riskitekijöihin palveluksen aikana. Ruokailutottumusten osalta terveyden edistämisen suurimmaksi haasteeksi jää edelleen terveellisten ruoka- ja juomavalintojen lisääminen vapaa-ajalla.

Sotilaiden ravinnonsaanti turvataan maastoharjoituksissa usein taistelumuonilla, joiden energiamäärä ja ravintoaineiden saanti on suunniteltu täyttämään ravitsemusfysiologinen tarve vaativissakin olosuhteissa. Koskentalon pro gradu -opinnäytetyössä [13] tutkittiin uusien taistelumuonien käyttöä varusmiesten tiedusteluharjoituksessa. Tuloksissa havaittiin, että varusmiesten keskimääräinen energiansaanti oli noin 3400 kcal/vrk:ssa tiedusteluharjoituksen aikana ja 3200 kcal/vrk:tähystystiedusteluharjoituksessa. Taistelumuonien käyttöaste oli vastaavissa harjoituksissa 80±15 % ja 79±12 %. Muoniksi tulisi jatkossa valita hyvänmakuisia ja miedosti maustettuja ruokia, jotka eivät jaa voimakkaasti käyttäjien mielipiteitä. Yleisimmät syyt muonan käyttämättömyyteen olivat huono maku tai nälän puute. Opinnäytteen perusteella taistelumuonien ovat kehittyneet positiiviseen suuntaan ja käyttöaste on noussut, verrattuna Tanskan ym. [14] havaintoon, jossa taistelumuonista käytettiin noin 57 %. Parantuneella energian- ja ravintoaineiden saannilla edistetään myös sotilastehtävissä menestymistä.

Varusmiehillä on tutkittu myös proteiinilisän vaikutusta kehon koostumukseen, energiatasapainoon, fyysiseen suorituskykyyn sekä mielialaan [14]. Tutkimus toteutettiin talviolosuhteissa, jossa tutkittavat jaettiin koe- ja kontrolliryhmiin. Koeryhmälle tarjottiin taistelumuonan lisäksi viisi proteiinipatukkaa päivässä täydentämään proteiinin- ja energiansaantia. Tuloksista havaittiin, että proteiinipatukoilla ei ollut edullisia vaikutuksia kehonkoostumukseen tai fyysiseen suorituskykyyn, mutta koeryhmä nautti vähemmän taistelumuonaa ja koki enemmän kylläisyyden tunnetta harjoituksen jälkeen. Tutkimuksessa kävi ilmi, että mieliala oli yhteydessä tutkittavien ruokakäyttäytymiseen. Alhainen motivaatio ja alakuloisuus vähensivät syödyn ruoan määrää, samoin kuin somaattiset oireet, kuten esimerkiksi ylähengitystieinfektiot. Tämän havainnon perusteella tulisi muistaa, että ruoalla on monia psyykkisiä ja sosiaalisia merkityksiä.

Kriisinhallintasotilaiden ruoankäyttöä ja ravinnonsaantia on tutkittu Tšadin neljän kuukauden operaatiossa [15] sekä Libanonissa kuuden kuukauden seurantatutkimuksessa [12,16]. Tšadin tutkimuksessa havaittiin, että ruokapäiväkirjoista kerätyn tiedon mukaan operaatiossa syntyi energiavajetta keskimäärin 677 kcal/vrk:ssa. Ruokavaliosta oli lisäksi liian vähän proteiinia, hiilihydraatteja sekä ravintokuitua [15]. Libanonissa ruoankäyttötiedot kerättiin kolmen vuorokauden ruokapäiväkirjoilla tutkimuksen alussa, puolivälissä ja lopussa [12,16]. Päiväkirjojen tieto analysoitiin ravintolaskentaohjelmal-

la. Tulokset osoittivat, että miessotilaat nauttivat 4,4–4,9 ateriaa vuorokaudessa, kun taas naisotilaat 5,0–6,2 ateriaa. Energiaravintoaineiden suhteellinen saanti ja vertailu kansallisiin suosituksiin on esitetty taulukossa 1. Hiilihydraattien saanti jäi kaikissa mittauspisteissä alle suositellun, kun taas proteiinien ja rasvojen saanti oli ylärajalla tai ylitti suosituksen. Erityisesti tyydyttyneen rasvan saanti oli kaikissa mittauksissa yli suositellun 10 E%. Energiansaanti vaihteli miessotilailla 2 425–2 521 kcal/vrk:ssa ja naisilla 2 095–2 583 kcal/vrk eri mittausajankohtien keskiarvojen välillä. Tuloksinna on huomiotava aliraportointiin liittyvä virhe sekä naispuolisten tutkittavien vähäinen määrä ($n = 3$).

Kriisinhallintasotilailta selvitettiin myös ravintotekijöiden ja kehon koostumuksen sekä sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden välisiä yhteyksiä [4]. Sydän- ja verisuonitautien riskitekijöistä kohonnutta systolista verenpainetta esiintyi seurannan lopussa 69 %:lla tutkittavista. Kuidun saannin väheneminen oli yhteydessä kokonais- ja LDL-kolesterolin pitoisuuden suurenemiseen. Kehon koostumuksen muuttujista runsaampi kehon rasva oli yhteydessä suurempiin kokonais- ja LDL-kolesteroliarvoihin. Yhteenvedona voidaan todeta, että riittävällä kuidun saannilla sekä kehon rasva määrän seurannalla voitaisiin vaikuttaa sydän- ja verisuonitautien riskitekijöiden kehittymiseen niin kriisinhallintasotilailta kuin tavallisella väestöllä.

Taulukko 13.1 Energiaravintoaineiden saanti (prosentuaalinen osuus kokonaisenergian saannista, E%) ja vertailu kansallisiin suosituksiin kriisinhallintaoperaatiossa [12]. Miesten ($n = 40$) ja naisten ($n = 3$) tulokset allekkain samassa solussa. (keskiarvo \pm keskihajonta)

	Alku	3 kk	6 kk	Suositus*
Hiilihydraatit (E%) miehet ($n = 40$) naiset ($n = 3$)	40 \pm 7 37 \pm 5	43 \pm 8 39 \pm 5	40 \pm 9 36 \pm 0	45–60
Sakkarooosi (E%)	11 \pm 6 8 \pm 4	12 \pm 5 11 \pm 7	11 \pm 6 10 \pm 3	< 10
Kuitu (g*vrk⁻¹)	17 \pm 9 16 \pm 3	21 \pm 10 23 \pm 9	16 \pm 8 18 \pm 9	25–35
Proteiinit (E%)	22 \pm 4 19 \pm 4	19 \pm 5 20 \pm 1	22 \pm 5 21 \pm 3	10–20
Rasva (E%)	35 \pm 7 37 \pm 1	36 \pm 5 37 \pm 2	35 \pm 7 40 \pm 4	25–40
Tyydyttyneet rasvahapot (E%)	13 \pm 3 15 \pm 0	12 \pm 2 15 \pm 1	12 \pm 3 13 \pm 4	< 10
Kertatyydyttymättömät rasvahapot (E%)	13 \pm 2 12 \pm 1	13 \pm 2 13 \pm 1	12 \pm 3 13 \pm 4	10–20
Monitydyttymättömät rasvahapot (E%)	15 \pm 54 4 \pm 1	16 \pm 37 29 \pm 34	10 \pm 21 7 \pm 1	5–10

* Suosituksena kansalliset ravitsemussuosituksat [3]; E% = prosenttia kokonaisenergiasta.

Reserviläisten toimintakyky 2015 -tutkimuksessa selvitettiin 20–34-vuotiaiden reserviläisten ruoankäyttöä frekvenssikyselyn avulla [7,8]. Kyselyn perusteella nuorten miesten ruokavaliossa oli liian vähän kasviksia, hedelmiä ja marjoja, toisaalta liikaa punaista lihaa ja virvoitusjuomia. Yllättävän suuri osuus tutkittavista kertoi käyttävänsä perunaa, riisiä tai pastaa harvoin tai ei lainkaan, mikä saattaa selittyä tutkimuksen ajankohdalla, jolloin hiilihydraattien terveysvaikutuksista keskusteltiin aktiivisesti. Vaikka ruoankäytön frekvenssikyselyllä ei saada kattavaa kuvaa ruokavalion kokonaisuudesta, energian- tai ravintoainesten saannista, tulokset ovat yhteneväiset kansallisen Finravinto 2012 -tutkimuksen kanssa [17].

Energiatasapaino määritellään energiansaannin ja -kulutuksen erotukseksi. Sotilastyössä energiankulutus saattaa olla maastossa liikuttaessa todella suurta, mutta esimerkiksi kriisinhallintatilalla valvonta- ja partiointitehtävissä mitatut energiansaannin tasot jäävät alhaisiksi (Taulukko 2). Sotilaiden energiansaanti turvataan varuskunnassa tarjottavien aterioiden tai maastossa usein taistelumuonan avulla. Omat välipalat täydentävät ruokavaliota. Selviytymisharjoituksissa ravinnonsaantia voidaan rajoittaa 500–1000 kcal/vrk tarkoituksella, jolloin koetellaan kehon toimintakykyä [2]. Useissa tutkimuksissa on raportoitu, että maastoharjoituksissa tarjottu ravinto ei riitä kattamaan energiankulutusta [13,14,18]. Maasto-olosuhteissa kiire, nesteen saatavuus, väsymys, ruoan maittavuus, näläntunteen puute, alakuloinen mieliala ja somaattiset sairaudet alentavat ruoankäyttöä ja sitä kautta johtavat suurempaan energiavajeeseen.

Taulukko 13.2 Energiansaannin ja -kulutuksen keskiarvoja eri sotilastehtävissä suomalaistutkimuksissa.

Tutkimus	N	Tehtävä	Energiankulutus (kcal/vrk)	Energiansaanti (kcal /vrk)
Kyröläinen ym. 2008 [18]	7	20 vrk partiotiedusteluharjoitus	5800	2900
Tanskanen ym. 2012 [14]	26	8 vrk tiedusteluharjoitus	4825–5565*	2603–3177*
Lindholm ym. 2012 [15]	20	4 kk kriisinhallintaoperaatio Tsadissa	2484	1807
Koskensalo 2015 [13]	101	4 vrk tiedusteluharjoitus	4978	3396
Nykänen ym. 2019 [12]	40	6 kk kriisinhallintaoperaatio Libanonissa	2425–2521*	2492–2534*

* päiväkohtaisen keskiarvon vaihtelu

Sotilastyöhön kuuluu myös ääriolosuhteista selviytymistä. Ääriolosuhteet tarkoittavat esimerkiksi jatkuvaa fyysistä aktiivisuutta, vähäistä unta, psyykkistä stressiä ja riittämätöntä tai rajoitettua ravinnon- ja nesteen saantia. 20 vuorokauden mittaisessa partiotiedusteluharjoituksessa ensimmäisen viikon aikana energiavaje oli noin 4 000 kcal/vrk, toisella viikolla keskimäärin 450 kcal/vrk ja kolmannella 1000 kcal/vrk [18]. Ensimmäisen viikon merkittävä energiavaje nosti seerumin kortisolin ja kasvuhormonin pitoisuuksia ja laski insuliinin, testosteronin ja vapaan testosteronin pitoisuuksia. Hormonimuutokset palautuivat lähtötasolle toisen ja kolmannen viikon aikana. Tulosten perusteella voidaan arvioida, että alle 1 000 kcal/vrk energiavaje ei aiheuta voimakkaita hormonaalisia muutoksia. [18]

LEPOLA-hankkeessa tutkittiin, saadaanko varusmiesten toimintakykyä palautettua monipuolisilla palautumista edistävillä toimenpiteillä, joita olivat esimerkiksi sisätiloissa majoittuminen, riittävä yöuni ja ravinto, saunominen sekä kehon huolto [2,19]. Selviytymisharjoituksessa maastoryhmällä energiansaanti oli keskimäärin 740 ± 313 kcal/vrk ja energiankulutus $4\,915 \pm 1\,177$ kcal/vrk. Varusmiehet etenivät hiihtäen ja unen sekä muun levon määrä jäi yhdestä kolmeen tuntiin vuorokaudessa. Näin vaativissa olosuhteissa elimistön energiavaihdunnassa ja hormonitoiminnassa tapahtui selviä muutoksia. Vapaita rasvahappoja vapautui verenkiertoon ensimmäisen viiden päivän aikana, samoin leptiinihormonin pitoisuus laski selvästi harjoituksen alussa. Leptiini on rasvakudoksen erittämä hormoni, joka säätelee kylläisyyttä ja elimistön energiankäyttöä. Samaan aikaan varusmiesten kehon rasvan määrä ja rasvaprosentti laskivat. Vaikka kattavaa kuvaa energia-aineenvaihdunnan muutoksista ei tutkimuksen menetelmillä saatu, voidaan olettaa, että suuri energiavaje johti rasvakudoksen hajoamiseen ja sen käyttöön energiaksi.

Elimistö säätelee kehon sisälämpötilaa pääasiassa pintaverenkierron lisääntymisen ja hikoilun avulla [15]. Jos verivolyyymi on alhainen, pintaverenkierto ei ole riittävä lämmön poistamiseksi kehosta. Kuiva elimistö kuormittuu ja uupuu nopeammin rasituksen. Normaalkuntoisen miehen marssiessa 25 kg lisäkuorman kanssa hikeä haihtuu noin litra tunnissa. Kovemmassa kuormituksessa lämmöntuotannon kiihtyessä hien määrä voi kaksinkertaistua. Jo kolmen prosentin nestevolyymien menetys heikentää tarkkuutta ja psyykkistä hyvinvointia. Viiden prosentin nestevaje alentaa fyysistä suorituskykyä ja 10 % vähennys romahduttaa fyysisen ja psyykkisen suorituskyvyn.

Kuuma-altistukseen on hyvä varautua huolehtimalla riittävästä nesteytyksestä jo etukäteen [15]. Nesteytyksen lisäksi kuormituksen tauotus, varusteiden keventäminen ja varjossa oleskelu viilentävät kehoa, jolloin lämpökuormitus on alhaisempi ja nesteen tarve vähäisempi. Nestetasapainon ylläpitämiseen vaikuttavat alkoholi, kahvi ja muut diureetit, tietyt lääkkeet ja akuutit sairaudet. Käytännössä nestehukan määrää voi arvioida seuraamalla kehon painoa sekä virtsan määrää ja väriä. Liiallinen nesteytyys voi aiheuttaa elektrolyyttien laimentumista, jonka oireina voivat olla huonovointisuus, oksentelu ja mielialamuutokset.

Riittävä nesteytyys ja elektrolyyttien täydentäminen ovat tarpeellisia lämpösairauksien ehkäisyssä, mikäli työskennellään kuumassa pitkiä aikoja [15]. Muutaman tunnin

mittaisessa kuormituksessa nestetasapaino säilyy, mikäli nestettä pystytään nauttimaan janontunteen mukaan. Tavanomaisen kiinteän ravinnon nauttiminen tukee neste- ja elektrolyyttitasapainon ylläpitämistä kuumissa olosuhteissa. Kriisinhallintatilailta Libanonissa nesteen keskimääräinen saanti vuorokaudessa kuuden kuukauden seurannassa oli 4,4 litraa (alku), 4,1 litraa (3 kk) ja 3,7 litraa (6 kk) [16]. Nesteen saanti erosi tilastollisesti merkitsevästi loppumittauksen ja aiempien mittausten kesken. Suurimpana selittävänä tekijänä oli ulkolämpötilan lasku loppumittausten aikaan. Varusmiesten nesteen saanniksi mitattiin 3,3–3,4 litraa vuorokaudessa talviolosuhteissa [14]. Isotooppimenetelmän avulla tutkimuksessa arvioitiin myös nesteen menetystä ja näiden mittausten perusteella nesteen saanti ja menetys olivat tasapainossa.

Nesteen saannin suositukseksi kylmissä olosuhteissa on annettu kaksi litraa vuorokaudessa [20]. Kuten aiemmin on todettu, kuumissa olosuhteissa nesteen menetys pelkästään hikoilun myötä saattaa olla yhdestä kahteen litraa tunnissa [15]. Tästä syystä kahden litran suositusta voidaan pitää miniminä. Suosituksessa on lisäksi otettava huomioon ilman lämpötila, kuormituksen teho ja kesto, varustus ja edeltävä nestetasapaino, joiden perusteella nestettä saatetaan joutua nauttimaan tätäkin enemmän nestetasapainon ylläpitämiseksi ja elimistön kuivumisen ehkäisemiseksi.



13.4 Pohdinta ja johtopäätökset

Suomalaissotilailla tehdyistä ravitsemustutkimuksista voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- varusmiesten ruoankäyttö muuttui epäterveellisemmäksi palveluksen edetessä
- taistelumuonien käyttöaste on parantunut
- proteiinilisiä ei parantanut suorituskykyä maasto-olosuhteissa
- maastoharjoituksissa syntyi merkittävä energiavaje
- kriisinhallintatilanteissa energiaravintoaineiden suhteellinen saanti ei ollut suositusten mukaista ja raportoitu energiansaanti ja -kulutus olivat alhaisia
- erityisolosuhteissa nestetasapainoon on kiinnitettävä huomiota

Suomalaistutkimukset eivät sisällä tietoa kaikista sotilaan ravitsemuksen osa-alueista. Esimerkiksi proteiinien saantia on tutkittu paljon eri olosuhteissa, sekä kokeiltu erilaisien proteiinilisten vaikutusta kehonkoostumukseen tai suorituskykyyn. Proteiinit toimivat lihasten rakennusaineina sekä erilaisissa elimistön säätelytehtävissä ja niiden saantisuositus on kansallisissa ravitsemussuosituksissa 15–20 E% [3]. Proteiinien vähimmäissaannin suositus on 0,8 g/kg vuorokaudessa (Recommended Dietary Allowance), mutta fyysisen aktiivisuuden lisääntyessä proteiinien saanti tulisi olla 1,4–2,0 g/kg vuorokaudessa [21,22]. Sotilaille suositellaan proteiinin saannin nostamista tasolle 1,5–2,0 g/kg vuorokaudessa tilanteissa, jossa on energiavaje. Tällöin lihasproteiinia pystytään säästämään ja ylläpitämään parempaa lihaksiston toimintaa. Tanskasen ym. [14] tutkimuksessa proteiinilisiä ei vaikuttanut varusmiesten suorituskykyyn tai kehon koostumukseen. Sotilaiden tulisi kuitenkin varmistaa laadukkaiden proteiinien riittävä saanti kaikissa niissä tilanteissa, joissa fyysinen harjoittelu on määrällisesti ja laadullisesti kovaa, kokonaisaktiivisuus on runsasta tai energiankulutus on suurempaa kuin energiansaanti. Silloin turvataan aminohappojen saatavuus proteiinisynteesin tarpeisiin ja estetään energiavajeen aiheuttama lihasproteiinin hajoaminen [21]. Mainittuja suosituksia suuremmasta proteiinien saannista ei näyttäisi olevan hyötyä lihasmassan tai -voiman hankinnassa [23].

Proteiinien saannin ohella ravintolisien käyttö herättää paljon keskustelua. Kansalliset ravitsemussuosituksukset ohjeistavat ainoastaan D-vitamiinilisiä eri väestöryhmille ja muita ravintoaineita tapauskohtaisesti [3]. Sotilaiden on raportoitu käyttävän erilaisia ravintolisävarmistaakseen ravintoaineiden riittävän saannin, parantaakseen harjoitteluvaikutusta ja palautumista sekä ylläpitääkseen paremmin omaa terveyttään ja toimintakykyään [24]. Kyselyyn vastanneista australialaissotilaista yli 75 % käytti ainakin yhtä ravintolisää, joista yleisimmät olivat proteiinivalmisteet ja monivitamiinivalmisteet. Erikoisjoukoilla ja kuormittavissa sotaharjoituksissa ravintolisien käyttö oli yleisempää. Sotilaille ravintolisistä on hyötyä erityisesti tilanteissa, jossa ravinnonsaanti on puutteellista

[21]. Esimerkiksi hiilihydraattivalmisteilla pystytään turvaamaan polttoainetta fyysisen aktiivisuuden aiheuttamaan energiantarpeeseen sekä proteiini- tai aminohappovalmisteilla lihasten aineenvaihdunnan tarpeisiin. Ravintolisillä ei kuitenkaan pystytä korvaamaan perusruokavalion puutteita, ja ravintolisien turvallisuus on syytä aina varmistaa [3,24].

Kotimaisen ja kansainvälisten tutkimusten perusteella voidaan todeta, että sotilaiden ravitsemusta ja ruoankäyttöä kehittämällä menestyminen sotilaan eri tehtävissä olisi todennäköisempää ja energiaravintoaineiden suhteen oikein koostettu ruokavalio tukisi paremmin fyysisten ominaisuuksien kehittämistä. Niissä erityistilanteissa, jossa ravintoa on saatavilla, runsaasti hiilihydraattia sekä sopivasti laadukasta proteiinia sisältävä ravinto turvaa energiantarpeen sekä lihaksen aineenvaihdunnan vaatimukset. Terveellisellä ruokavaliolla saataisiin lisäksi ehkäistä lihavuuden ja aineenvaihduntasairauksien kehittymistä. Ääriolosuhteissa energia- ja nestevajeen fysiologiset vasteet on hyvä tunnistaa, jotta toimintaa voidaan sopeuttaa tilanteenmukaisesti.

Puolustusvoimien ruokapalveluista vastaa tällä hetkellä Leijona Catering. Yhteistoiminta, palautteenanto ja suunnittelu Leijona Cateringin kanssa on avainasemassa, jotta varuskuntien ruokahuoltoa pystytään kehittämään. Ravitsemuskoulutuksella ja tietoisuuden lisäämisellä eri henkilöstöryhmille on kansanterveydellistä merkitystä suomalaisten miesten terveyden edistämiseksi. Erityisesti varusmieskoulutuksessa ja palkatun henkilöstön koulutuksessa vaikuttavuus voi parhaimmillaan olla suurta, kunhan tutkituun tietoon perustuvat suositukset ja toimenpiteet otetaan huomioon ruokapalveluiden tuottajan toimissa, mutta myös yksilön käyttäytymisessä.

Suomalaisotilaiden ruoankäytön ja ravinnonsaannin tutkimusta tulisi kehittää suunnitelmallisesti ja tarvelähtöisesti, jolloin tutkimustieto saataisiin jalkautettua järjestelmän eri tasoille sekä teoriassa että käytännössä. Tällä hetkellä tutkimustietoa on saatavilla, mutta se on hajanaista. Kansainvälisiä tutkimusjulkaisuja sotilaan ravitsemuksesta on runsaasti, mutta Puolustusvoimien erityispiirteiden takia tarvitaan omaa tutkimustoimintaa ja tiedon kartuttamista.

13.5 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Laadukas ja oikein ajoitettu ravitseminen tukee sotilaan toimintakykyä eri olosuhteissa. Ravitsemussuositusten mukaista ruokaa tulisi tarjota energiantarpeen mukaisesti niin kasarmi- kuin maasto-olosuhteissa.
- Sotaharjoituksissa, marsseilla, kriisinhallintaoperaatioissa ja muissa vastaavissa erityistilanteissa ravinnon ja nesteen saanti on suunniteltava tilanteenmukaisesti, mikä parantaa sotilaan kykyä suoriutua tehtävästä menestyksekkäästi. Energia- ja nestevajeen vaikutukset toimintakykyyn tulisi ottaa huomioon ravitsemusta suunniteltaessa.
- Riittävällä nesteen saannilla voidaan ylläpitää elimistön nestetasapainoa kylmissä ja kuumissa olosuhteissa. Menetelmät nestetasapainon ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi on koulutettava varusmiehille ja opiskelijoille sotilaskoulutuksen yhteydessä.
- Terveellinen ruokavalio ehkäisee aineenvaihduntasairauksia, tiettyjä syöpäsairauksia ja auttaa painonhallinnassa. Puolustusvoimien on korostettava entistä enemmän terveellisen ruokavalion merkitystä varusmiesten ja palkatun henkilöstön koulutuksessa edistääkseen suomalaisten nuorten terveyttä ja toimintakykyä.

Lähteet

1. Beals K, Damell M, Lovalekar M, Baker RA, Nagai T, San-Adams T, Wirt MD. Suboptimal nutritional characteristics in male and female soldiers compared to sports nutrition guidelines. *Mil Med* 2015; 180(12): 1239-46. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00515.
2. Harala, J., Eränen, L., Ojanen, T., Kallinen, K., Nykänen, T., Pakarinen, S. & Lipsanen, J. Psykkisen toimintakyvyn ylläpito taistelukentällä sekä LEPOLA-toiminta poikkeusoloissa -tutkimus 2017–2019. 2020. Puolustusvoimien tutkimuslaitos, toimintakykyosasto. Tuusula. (Käyttö rajoitettu, turvaluokka IV)
3. Terveyttä ruoasta – Suomalaiset ravitsemussuosituksen. Valtion ravitsemusneuvottelukunta 5. korjattu painos (pdf). 2018. Punamusta Oy, Helsinki. ISBN 978-952-453-801-5 (verkkopainos). https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/ravitsemussuositukset_2014_fi_web_versio_5.pdf
4. Nykänen, T., Pihlainen, K., Kyröläinen, H., Fogelholm, M. Associations of nutrition and body composition with cardiovascular disease risk factors in soldiers during a 6-month deployment. *Int J Occup Med Environ Health* 2020; 33 (3). doi: 10.13075/ijomh.1896.01541.
5. Capling L, Beck KL, Gifford JA, Slater G, Flood VM, O'Connor H: Validity of dietary assessment in athletes: A systematic review. *Nutrients* 2017; 9 (12): 1313. doi: 10.3390/nu9121313.
6. Lee, EC, Fragala, MS, Kavouras, SA, Queen, RM, Pryor, JL, and Casa, DJ. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J Strength Cond Res* 2017; 31 (10): 2920–2937.
7. Vaara, J. & Kyröläinen, H. Reserviläisten toimintakyky vuonna 2015. Pääesikunta, Koulutusosasto. ISBN: 978-951-25-27809 (pdf). <https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2670014/PEVIESTOS-Reservilaistutkimus2015-20160525/00312ea2-fa34-41e4-93f0-0aa7a81d51b5/PEVIESTOS-Reservilaistutkimus2015-20160525.pdf>
8. Lehterä S. Ruokavaliotyylit ja niiden yhteys muihin elintapoihin ja koulutukseen 20–34-vuotiailla miehillä. Pro gradu -tutkielma. 2017. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos.
9. Absetz P, Jallinoja P, Suihko J, Bingham C, Kinnunen M, Ohrankämmen O, Sahi T, Pihlajamäki H, Paturi M, Uutela A. Varusmiesten ravitsemus ja muut elintavat sekä terveyden riskitekijät palveluksen aikana. Kuuden kuukauden seurantatutkimus. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Raportti 16/2010, 93 sivua. Helsinki 2010. ISBN 978-952-245-262-7 (painettu), ISBN 978-952-245-263-4 (pdf).
10. Bingham CM, Lahti-Koski M, Absetz P, Puukka P, Kinnunen M, Pihlajamäki H, Sahi T, Uutela A, Jallinoja P. Food choices and health during military service: increases in sugar- and fibre-containing foods and changes in anthropometric and clinical risk factors. *Public Health Nutr.* 2012; 15(7):1248-55. doi: 10.1017/S1368980011003351. Epub 2011 Dec 14.
11. Bingham CM, Jallinoja P, Lahti-Koski M, Absetz P, Paturi M, Pihlajamäki H, Sahi T, Uutela A. Quality of diet and food choices of Finnish young men: a sociodemographic and health behaviour approach. *Public Health Nutr.* 2010 Jun;13(6A):980-6. doi: 10.1017/S1368980010001187.
12. Nykänen, T., Pihlainen, K., Santtila, M., Vasankari, T., Fogelholm, M., & Kyröläinen, H. (2019). Diet Macronutrient Composition, Physical Activity, and Body Composition in Soldiers during 6 Months Deployment. *Military Medicine*, 184 (3-4), e231-e237. doi: 10.1093/milmed/usy232.

13. Koskensalo, P. 2015. Taistelumuonien käyttö tiedusteluharjoituksessa. Pro gradu -tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatieteiden maisterikurssi 4, maasotalinja.
14. Tanskanen MM, Westerterp KR, Uusitalo AL, Atalay M, Häkkinen K, Kinnunen HO, Kyröläinen H. Effects of easy-to-use protein rich energy bar on energy balance, physical activity and performance during 8 days of sustained physical exertion. *PloS One*. 2012; 7(10): e47771. doi: 10.1371/journal.pone0047771.
15. Lindholm H, Rintamäki H, Rissanen S, Simonen R, Mäkinen T ym. Sotilas kuumassa -toimintakyvyn turvaaminen ja seulontamenetelmän kehittäminen. Loppuraportti. Puolustusvoimat. Juvenes Print - Tampereen yliopistopaino Oy, Tampere 2012.
16. Pihlainen K, Santtila M, Nyman K, Nykänen T, Mäntysaari H, Vaara J, Vasankari T, Rintala H, Mäkinen J, Viskari J, Kyröläinen H. 2016. Sotilaan toimintakyvyn tutkimus Libanonin UNIFIL kriisinhallintaoperaatiossa – KRITOKY 2014. Osa 1. Toimintakyvyssä ja terveydentilassa tapahtuneet muutokset, kuormittuminen sekä ravintokäyttäytyminen. Juvenes Print. Tampere. ISBN: 978-951-25-2738-0.
17. Helldán A, Raulio S, Kosola M, Tapanainen H, Ovaskainen M-L, Virtanen S. Finravinto 2012 -tutkimus – The National FINDIET 2012 Survey (Internet). THL; 2013. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-951-0>
18. Kyröläinen H, Karinkanta J, Santtila M, Koski H, Mäntysaari M & Pullinen T. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *Eur J Appl Phys* 2008; 102 539–546. doi: 10.1007/s00421-007-0619-0.
19. Nykänen, T., Ojanen, T., Fogelholm, M. & Kyröläinen, H. Negative Energy Balance Activates Lipolysis during Winter Survival Training. Abstrakti julkaistu 5. International Congress of Soldiers Physical Performance, Quebec 2020.
20. Rintamäki H, Mäkinen T, Oksa J, Latvala J, Leppaluoto J, et al. (1998) Influence of water, carbohydrate and electrolyte balance on physical performance in cold. Helsinki: Scientific Advisory Board for Defence. 60 p.
21. Pasiakos, S. Nutritional Requirements for Sustaining Health and Performance During Exposure to Extreme Environments. *Annual Review of Nutrition* 2020; 40. doi: 10.1146/annurev-nutr-011720-122637.
22. Jäger R, Kerkick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, Purpura M, Ziegenfuss TN, Ferrando AA, Arent SM, Smith-Ryan AE, Stout JR, Arciero PJ, Ormsbee MJ, Taylor LW, Wilborn CD, Kalman DS, Kreider RB, Willoughby DS, Hoffman JR, Krzykowski JL Antonio 2017. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017; 14: 20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8.
23. Hulmi JJ, Lockwood CM, Stout JR 2000. Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition & Metabolism* 2010. doi: 10.1186/1743-7075-7-51.
24. Baker B, Probert B, Pomeroy D, Carins J, Tooley K. Prevalence and Predictors of Dietary and Nutritional Supplement Use in the Australian Army: A Cross-Sectional Survey. *Nutrients*. 2019; 11(7): 1462. doi: 10.3390/nu11071462.

14 Tuki- ja liikuntaelinten oireet ja vammat

Harri Pihlajamäki¹ ja Heikki Kyröläinen^{2,3}

¹ Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri, Seinäjoen keskussairaala, Ortopedian toimintayksikkö

² Jyväskylän yliopisto, Liikuntatieteellinen tiedekunta

³ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

14.1 Johdanto

Useimmat tutkimukset, joissa selvitetään tuki- ja liikuntaelinsairauksien oireita tai tapaturmavamman riskitekijöitä sotilaskoulutustaan suorittavilla henkilöillä, on tehty Yhdysvalloissa, jossa armeija koostuu vapaaehtoisina rekrytoiduista sotilaista [1]. Monet tutkimukset keskittyvät tuki- ja liikuntaelinsairauksien oireisiin ja tapaturmiin, mutta hyvin vähän tiedetään muun muassa nuorten miesten nilkan ja jalkaterän vaivoista asevelvollisuuteen perustuvissa asevoimissa [2, 3]. Sotilailla alaselkäkipu on hyvin yleinen oire, joka aiheuttaa heikentynyttä työkykyä, työkyvyttömyyttä ja lisääntyneitä terveydenhuollon kustannuksia [4]. Alaselkäkipu on myös maailmanlaajuisesti yleinen oire ja sen esiintyvyyden arvioidaan lisääntyvän merkittävästi tulevaisuudessa [5, 6]. Polvivammoja esiintyy useimmiten alle 30 vuotiailla miehillä ja ne ovat merkittävä syy polven kivuliaisuuteen ja toimintakyvyn heikkenemiseen [7].

Varusmiesten tuki- ja liikuntaelinten sairaudet ja vammat ovat yleisiä syitä sairastavuuteen ja täten aktiivisten ja fyysisesti vaativien harjoituspäivien menetykseen. Luun rasisurmurtumat ovat rasisurvammoja, joita esiintyy varsinkin urheilijoilla, varusmiehillä ja -naisilla sekä ammattisotilailla. Osa rasisurmurtumista johtaa myös lisääntyneeseen sairastavuuteen ja edelleen aktiivisten, fyysisesti vaativien harjoituspäivien menetykseen. Suomalaisissa tutkimuksissa on selvitetty rasisurmurtumien riskitekijöitä sekä tyypillisiä anatomisia alueita niiden esiintymisessä. [8, 9, 10, 11]

Tapaturmavammat ovat yleisiä nuorilla aktiivisilla henkilöillä, kuten varusmiespalvelustaan suorittavilla miehillä ja naisilla. Suomalaisten varusmiesten tapaturmavammojen esiintyvyyttä ja riskitekijöitä selvittävät tutkimukset osoittavat, että yleisimpiä palveluksen aikaisia vammoja ovat venähdykset, nyrjähdykset ja nivelen sijoiltaanmenot [2]. Varusmiehillä tapaturmavammat ovat suurin yksittäinen syy aktiivisten harjoituspäivien menettämiseen. Aikaisemmat tutkimukset ovat pääosin keskittyneet alaraajoihin. Viimeaikaiset

tutkimukset ovat selvittäneet myös yläraajavammojen esiintyvyyttä, diagnooseja ja riskitekijöitä suomalaisilla varusmiehillä laajoissa, viiden vuoden seurantatutkimuksissa [12].

14.2 Tutkimusmenetelmät

Lääkärin toteaman epäspesifisen alaselkävivun sekä keskimäärin neljä vuotta varusmiespalveluksen jälkeen ilmoitetun alaselkävivun ja fyysisen kunnon yhteyksiä on tutkittu varusmiespalveluksen aikana. Tutkimukseen osallistui 1 155 miehestä 778 miestä, jotka olivat läpäisseet lääkärintarkastuksen varusmiespalveluksen suorittamista varten. Miehet olivat osallistuneet fyysisesti vaativaan sotilaskoulutukseen vuosina 1997–2007. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään varusmiespalveluksen aikaisen alaselkävivun yhteyttä myöhemmässä elämässä esiintyvään alaselkäkipuun. Lisäksi tutkittiin alaselkävivun yhteyttä varusmiespalveluksen aikaiseen fyysiseen kuntoon [13].

Toisessa tutkimuksessa selvitettiin polvioireilun ja polven tapaturmavammojen esiintyvyyttä suomalaisilla varusmiespalvelustaan suorittavilla miehillä. Tutkimusaineisto koostui viidestä tuhannen miehen kohortista, jotka luokiteltiin syntymävuoden (1969,



1974, 1979, 1984 ja 1989) mukaan. Jokaisen varusmiehen seuranta-aika oli yksilöllinen, sisältäen koko varusmiespalvelusajan. Tiedot kerättiin standardoiduilla, Puolustusvoimien terveydenhuollossa käytetyillä kyselylomakkeilla. Lisäksi tietoa kerättiin kaikista alkuperäisistä sairauskertomuksista sekä varuskuntien terveysasemien ja sairaaloiden alkuperäisistä lääketieteellisistä raporteista. Riskitekijäanalyysiin sisältyi taustamuuttujina varusmiesten palvelustiedot, mukaan lukien palveluskelpoisuusluokka (A, B), palvelusajan kesto, ikä, pituus, paino, painoindeksi, tupakointi, koulutus, sairaudet, vammat ja subjektiiviset oireet [14].

Nilkan ja jalkaterän oireilun ilmaantuvuutta ja riskitekijöitä selvitettiin 4 029 suomalaisella varusmiehellä viidessä eri kohortissa, joissa syntymävuodet olivat 1969, 1974, 1979, 1984 ja 1989. Aineisto kerättiin varuskuntien terveysasemien ja sairaaloiden potilastiedoista. Ennen varusmiespalveluksen alkua tehdyissä terveystarkastuksissa tutkittiin itse ilmoitetut oireet ja sairaudet. Lisäksi analysoitiin tiedot varuskunnan terveysasemilla käynneistä [15].

Suomalaisten varusmiesten yläraajojen tapaturmia tutkittiin yhteensä 128 714 miehellä. Tapaturman vuoksi toteutunutta sairaalahoitoa käsittelevä tieto saatiin kansallisesta sairaalan hoitoilmoitusrekisteristä. Pääasiallisimmat tulomuuttujat olivat sairaalahoito minkä tahansa yläraajavamman vuoksi ja sairaalahoito tapaturmavamman aiheuttaman olkapään sijoiltaanmenon vuoksi. Taustamuuttujiin riskitekijäanalyysissä kuuluivat varusmiespalveluksen kesto, tutkittavan ikä, pituus ja paino, painoindeksi sekä fyysinen kunto [12].

Varusmiespalveluksen aikaisten rasitusmurtumien esiintyvyyttä tutkittiin viidellä tuhannen miehen kohortilla, jotka luokiteltiin ja analysoitiin syntymävuoden mukaan (1969, 1974, 1979, 1984, 1989). Varusmiehiä seurattiin koko varusmiespalveluksen ajan (180, 270 tai 362 vrk). Tutkimustiedot, joihin sisältyi fyysisen aktiivisuuden taso, kerättiin Puolustusvoimien standardoidusta esitietolomakkeesta sekä varuskunnan terveysaseman lääkärintarkastusraporteista. Riskitekijäanalyysi sisälsi varusmiesten palveluskelpoisuusluokan (A, B), varusmiespalveluksen keston, varusmiesten iän, pituuden, painon, painoindeksin, sekä tiedot tupakoinnista, koulutuksesta, aikaisemmista sairauksista, tapaturmavammoista ja subjektiivisista oireista. Varusmiespalvelusta edeltävää fyysistä aktiivisuutta kartoitettiin lisäksi itseraportoiduilla kyselyillä [16].

14.3 Tulokset ja pohdinta

Yhteensä 219 henkilöä (28 %) 778 varusmiehestä oli käynyt lääkärin vastaanotolla jonkin tuki- ja liikuntaelinsairauden oireen (ICD-10 M-diagnoosi) vuoksi palveluksen aikana. Varusmiehistä 74 (9,5 %) oli käynyt lääkärin vastaanotolla epäspesifin alaselkävun vuoksi ja 41 (5,3 %) oli väliaikaisesti ollut poissa palveluksesta alaselkävun vuoksi. Seurantatutkimuksessa 122 (15,7 %) varusmiestä oli raportoinut alaselkävun esiintyneen edeltävän kuukauden aikana. Palveluksen aikainen alaselkäkipu liittyi seurannassa myöhemmin itse raportoituun alaselkäkipuun ($p = 0,004$). Varusmiehistä, jotka

olivat olleet poissa palveluksesta alaselkävivun vuoksi palveluksen aikana, 13 (31,7 %) ilmoitti kärsineensä alaselkävivusta edeltävän kuukauden aikana. Riskitekijäanalyysissä ei tullut esiin varhaista terveystyöttymistä eikä fyysisen työttymisen muutoksia vertailukohtaan alaselkävivussa [13]. Aikaisemman kirjallisuuden perusteella tiedetään, että alaselkävivun on yleinen oire, joka saattaa oireilla satunnaisesti koko elämän ajan [13].

Yhteensä 4 029 varusmiehestä 853 kävi terveydenhuollon ammattilaisen vastaanotolla polvioireilun vuoksi varusmiespalveluksen aikana ja 103 näistä oli loukannut polveaan saaden polven tapaturmavamman. Tutkimus osoitti, että varusmiehillä esiintyy polven oireita ja polven tapaturmavammoja varsin yleisesti [14]. Itsenäisiä riskitekijöitä polvioireiden ilmaantuvuudelle olivat itse raportoidut aiemmat tuki- ja liikuntaelinsairauksiin sekä hengitykseen ja ruoansulatuskanavaan liittyvät vaivat. Suurin osa varusmiesten käynneistä varuskunnan terveydenhuollon palveluissa polvioireilun vuoksi ilmaantui ensimmäisten muutamien kuukausien kuluttua varusmiespalveluksen alkamisesta. Polvioireilu negatiivisesti yhteydessä itse ilmoitettuihin psyykkisiin tai käytösoireisiin [14].

Yhteensä 1 623 varusmiestä kävi palvelusaikanaan terveydenhuollon ammattilaisen vastaanotolla nilkan tai jalkaterän oireilun vuoksi. Tutkimus osoitti, että jalkaterän ja nilkan oireilua esiintyi yleisesti varusmiehillä [15]. Näistä miehistä noin 511 (31,5 %) oli loukannut nilkkaa tai jalkaterää tapaturmassa. Suurin osa käynneistä varuskunnan terveysasemalla jalkaterän tai nilkan oireilun vuoksi tapahtui ensimmäisten kuukausien kuluttua varusmiespalveluksen alkamisesta. Tupakointi, lattajalkadeformiteetti, aikaisemmat tapaturmavammat ja varusmiespalveluksen suorittaminen A-luokassa olivat tilastollisesti merkittävästi vaikuttavia tekijöitä nilkka- ja jalkaterävaivojen ilmaantuvuuteen. Tilastollisesti merkittävästi vähemmän jalkaterän ja nilkan oireilua esiintyi, jos aikaisempia psyykkisiä oireita oli havaittu. Tutkimuksessa kerätyt tiedot viittaavat heikkoon sopeutumiseen fyysisesti vaativassa varusmiespalveluksessa, mikä saattaa aiheuttaa jalkaterän ja nilkan oireilua monille varusmiehille [15].

Sairaalahoidon ilmaantuvuusluku yläraajavamman vuoksi oli 743 (95 % luottamusväli, CI: 697-791) 100 000 varusmiestä kohden vuodessa. Olkanivelen sijoiltaanmeno oli kaikista yleisin yläraajan tapaturmavamma: ilmaantuvuusluku oli 103 (95 % CI: 86-122) 100 000 varusmiestä kohden vuodessa. Seurantavuosina 1998–2002 yläraajan tapaturmavammojen ilmaantuvuus oli laskeva (odds ratio, OR 0,90; 95 % CI: 0,86-0,95, $p < 0,001$). Painoindeksi yli 25 lisäsi riskiä mille tahansa yläraajavammalle (OR 1,29; CI 95 %: 1,10-1,51) ja erityisesti olkanivelen sijoiltaanmenolle (OR 1,88; CI 95 %: 1,26-2,80) [12]. Tutkimus osoitti, että nuorten miesten ylipaino oli suurempi riskitekijä yläraajavammoille, ja tapaturmaperäisen olkanivelen sijoiltaanmenon esiintyvyys oli merkittävästi korkeampi kuin on aikaisemmin raportoitu [12].

Rasitusmurtumia todettiin 44:llä (1,1 %) 4 029 varusmiehestä ilmaantuvuudella 1,27 (95 % CI: 0,92–1,70) tuhatta seurantakuukautta kohden, ja useimmiten (33/44, 75 %) murtuma sijaitsi sääriiluun varsiosassa tai jalkapöydän metatarsaaliluissa. Kolmella varusmiehellä todettiin kaksi samanaikaista rasitusmurtumaa eri luissa. Suurin osa rasitusmurtumista todettiin kolmen ensimmäisen palveluskuukauden aikana. Varusmiehet, joilla

todettiin rasitusmurtumia, menettivät kaikkiaan 1 359 (vaihteluväli 10–77) aktiivista palveluspäivää, koska olivat vapautuksessa palveluksesta. Varusmiehillä, jotka raportoivat säännöllisestä (>2 kertaa/viikko) fyysisestä aktiivisuudesta ennen varusmiespalvelusta, esiintyi vähemmän ($p = 0,017$) rasitusmurtumia. Palvelusta edeltänyt säännöllinen fyysinen aktiivisuus oli ainoa vahva selittävä ja suojaava tekijä tässä mallissa [IRR = 0.41(95 % CI: 0.20 to 0.85)]. Muut mitatuista parametreista, kuten palveluskelpoisuusluokka (A,B), varusmiespalveluksen pituus, varusmiehen ikä, pituus, paino, body mass index, tupakointi, aikaisempi koulutus, aikaisemmat sairaudet, tapaturmavammat tai subjektiiviset oireet eivät merkittävästi vaikuttaneet rasitusmurtumien ilmaantuvuuteen [16]. Lopuksi voidaan todeta, että säännöllinen ja toistuva kovatehoinen fyysinen harjoittelu ennen varusmiespalveluksen aloittamista näyttäisi olevan tärkeää rasitusmurtumien ennaltaehkäisyssä [16].

14.4 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks

- Tarkemmin määrittelemätön selkäkipu varusmiespalveluksen aikana on yleinen oire, joka saattaa esiintyä uudelleen myös myöhemmin elämässä.
- Tutkimukset osoittavat polvioireilun yleisyyden ja vammat nuorilla miehillä fyysisesti vaativassa sotilaskoulutuksessa. Joka viides varusmies kävi Puolustusvoimien terveydenhuollon ammattilaisen vastaanotolla polvioireilun vuoksi palvelusaikana. Yksittäisiä itsenäisiä riskitekijöitä polvioireilun ilmaantuvuudelle varusmiespalveluksen aikana olivat ikä, palveluskelpoisuusluokka A, ylipaino, tupakointi, alhainen koulutus, sekä itseraportoidut aiemmat tuki- ja liikuntaelinsairauksien, hengityselinten ja ruoansulatuskanavan oireet. Nämä riskitekijät tulisi ottaa huomioon suunniteltaessa toimenpiteitä polven oireilun ja polvivammojen hoitamiseksi varusmiespalvelun aikana.
- Jalkaterän ja nilkan oireilu on yleistä varusmiesten keskuudessa, ja suurin osa oireilusta esiintyi varusmiespalveluksen kahden ensimmäisen kuukauden aikana. Tupakointi, lattajalkaisuus ja aikaisemmat tapaturmavammat sekä palveluskelpoisuusluokka A liittyvät usein varusmiehen nilkan tai jalkaterän oireiluun. Heikko sopeutuminen fyysisesti vaativaan sotilaskoulutukseen saattaa aiheuttaa jalkaterän ja nilkan oireilua.
- Ennaltaehkäisevät toimenpiteet, kuten nuorten miesten ylipainon ja tupakoinnin vähentäminen, ovat tärkeitä pyrittäessä vähentämään palveluksen aikaisten tuki- ja liikuntaelinvammojen ilmaantuvuutta.
- Säännöllinen ja toistuva kovatehoinen fyysinen harjoittelu ennen varusmiespalvelukseen saapumista näyttää olevan tärkeä suojaava tekijä rasitusmurtumien ennaltaehkäisyssä.
- Rasitusmurtuman mahdollisuus on selvitettävä aina, kun varusmies hakeutuu lääkärin vastaanotolle tuki- ja liikuntaelimestön kivun vuoksi.

Lähteet

1. Hauret KG, Bedno S, Loring K, Kao TC, Mallon T, Jones BH. Epidemiology of exercise- and sports-related injuries in a population of young, physically active adults. A survey of military Service members. *Am J Sports Med* 2015; 43(11): 2645-53.
2. Mattila VM, Kuronen P, Pihlajamäki H. Nature and risk factors of injury hospitalization in young adults: a follow-up of 135,987 military conscripts. *Scand J Public Health* 2007; 35: 418-23.
3. Knapik JJ, Sharp MA, Canham-Chervak M, et al. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(6): 946-54.
4. Clark LL, Hu Z. Diagnoses of low back pain, active component, U.S. Armed Forces, 2010-2014. *MSMR* 2015; 22: 8-11.
5. Buchbinder R, Blyth FM, March LM, Brooks P, Woolf AD, Hoy D G. Placing the global burden of low back pain in context. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2013; 27: 575-89. doi: 10.1016/j.berh.2013.10.007. PMID: 24315140.
6. Hoy D, Bain C, Williams G, March L, Brooks P, Blyth F, et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis Rheum* 2012; 64: 2028-37. doi: 10.1002/art.34347 PMID: 22231424.
7. Webb R, Brammah T, Lunt M, Unwin M, Allison T, Symmons D. Opportunities for prevention of "clinically significant" knee pain: results from a population-based cross sectional survey. *J Public Health (Oxf)*. 2004; 26: 277-84.
8. Pegrum J, Crips T, Padhiar N. Diagnosis and management of bone stress injuries of lower limb in athletes. *BMJ* 2012; 344: e2511. doi: 10.1136/bmj.e2511.
9. Anderson MW, Greenspan A. Stress fractures. *Radiology* 1996; 199: 1-12.
10. Daffner RH, Pavlov H. Stress fractures: current concepts. *AJR Am J Roentgenol* 1992; 159: 245-52.
11. Pihlajamäki H, Sormaala M. Rasitusmurtumat. Kirjassa: Kröger H, Aro H, Böstman O, Lassus J, Salo J (toim.). Kröger, H., Aro, H., Böstman, O., Lassus, J., Salo, J., & Ahonen, M. (toim.) (2019). *Traumatologia* (8. täysin uudistettu painos).
12. Pihlajamäki H, Silvennoinen A, Kuikka P-I, Luukkaala T, Kröger H, Kyröläinen H. Incidence and Risk Factors of Upper Extremity Injuries in Young Adult Men: A Nationwide Registry-Based Study of 128,714 Conscripts. *Mil Med* 2020;185(3-4):e487-e494.
13. Mattila VM, Kyröläinen H, Santtila M, Pihlajamäki H. Low back pain during military service predicts low back pain later in life. *PLoS ONE* 2017;12(3):e0173568.
14. Pihlajamäki HK, Parviainen MC, Kautiainen H, Kiviranta I. Incidence and risk factors of exercise-related knee disorders in young adult men. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017 Aug 7;18(1):340. doi: 10.1186/s12891-017-1701-3.
15. Parviainen MC, Pihlajamäki HK, Kautiainen H, Kiviranta I. Incidence and Risk Factors of Foot and Ankle Disorders in Male Finnish Conscripts. *Mil Med*. 2019;184(5-6):e352-e358. doi: 10.1093/milmed/usy297.
16. Pihlajamäki H, Parviainen M, Kyröläinen H, Kautiainen H, Kiviranta I. Regular physical exercise before entering military service may protect young adult men from fatigue fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 Mar 25;20(1):126. doi: 10.1186/s12891-019-2513-4.

15 Kuormittavan harjoituksen vaikutus kognitiiviseen toimintakykyyn

Kari Kallinen¹

¹ Puolustusvoimat, Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Toimintakykyosasto

15.1 Johdanto

Kognitiivinen toimintakyky on sotilaille keskeinen psyykkisen toimintakyvyn osa-alue, jolla viitataan muun muassa taistelijan edellytyksiin selviytyä tarkkaavaisuuteen, havainnointiin, tiedon käsittelyyn ja prosessointiin sekä päättelyyn ja ongelmanratkaisuun liittyvistä haasteista. Sotilaan on kyettävä toimimaan rationaalisesti ja johdonmukaisesti psyykkisesti ja fyysisesti kuormittavassa tilanteessa. Sotilas on toimintakykyinen, kun hänen kyvyt, taidot ja voimavarat ovat tehtävän suorittamisen kannalta riittävät. Kognitiivinen ylikuormitustila on yleensä seurausta tilanteesta, jossa tehtävän vaatimukset ylittävät sotilaan käytettävissä olevan kapasiteetin. Ylikuormitustila voi johtaa suorituskykyä heikentävään stressitilaan tai pahimmillaan jopa täydelliseen toimintakyvyttömyyteen.

Sotilaan kognitiivisen toimintakyvyn ja resilienssin (stressin sieto- ja palautumiskyky) tutkimus, koulutus ja tukeminen ovat nousseet viime vuosina merkittävästi esille eri maiden asevoimissa. Yhtäältä informaation lisääntyminen ja taistelukentän teknistyminen ovat osaltaan lisänneet kognitiivista kuormaa taistelukentällä. Toisaalta fyysiset vaatimukset ovat lisääntyneet kannettavan varustuksen painon kasvun ja uuden entistä hajautetumman taistelutavan myötä. Tutkimuksissa on havaittu, että fyysinen ja psyykinen stressi saattavat lisätä alttiutta virheille ja onnettomuuksille [1], sekä heikentää taistelijan arvostelukykyä ja päätöksien teon tehokkuutta [2]. Äärimmäisen kuormittavat tilanteet ovat usein olleet seurausta pitkäkestoisista ja/tai erityisen intensiivisistä taisteluista, joissa kuormitus on muodostunut usean tekijän, kuten univajeen, psyykkisen paineen, kognitiivisen kuorman, ravinnon puutteen ja olosuhteiden (kylmyys/kuumuus, pimeys, hankala maasto) yhteisvaikutuksesta. Pitkään, jopa viikkoja, kestävässä taisteluissa kognitiivisen toimintakyvyn heikkeneminen näkyy yleensä erityisesti muistitoimintojen (työ- ja pitkäkestoinen muisti), keskittymis- ja huomiokyvyn (tarkkaavuus) sekä kielellisen päättelyn heikkenemisenä. Lyhyemmissä ja erityisen raskaissa taisteluissa tai taisteluharjoituksissa kognitiivinen suorituskyky, kuten esimerkiksi reaktio- ja päättelykyky, voi myös heikentyä. Fyysinen ja psyykinen kuormitus saattaa ilmentyä toiminnan häiriöiden lisäksi erilaisina

hormonaalisina, hermostollisina ja aineenvaihdunnallisina muutoksina sekä mielialojen vaihteluna. Tutkimuksissa on havaittu muun muassa, että seerumin testosteroni-, sekä dehydroepiandrosteroni- (DHEA) tasot ovat laskeneet ja syljen kortisoli- sekä veren laktaattipitoisuus on noussut neljän päivän selviytymisharjoituksen aikana [3]. Sotilaat ovat lisäksi tunteneet itsensä väsyneemmiksi ja vihaisimmiksi harjoituksen aikana kuin ennen harjoitusta [4]. Kognitiivisen toimintakyvyn osalta, stressihormoniksi nimitetyn kortisolitasojen kohoaminen sekä insuliinin kaltaisen kasvutekijän (IGF-1) pitoisuuden laskeminen on liitetty heikentyneeseen kognitiiviseen suorituskyykyyn [5, 6].

Kognitiiviseen toimintakykyyn liittyy useita erilaisia ja eritasoisia älyllisiä prosesseja. Sotilaallista suoritusta arvioitaessa eri osatekijöiden osuutta ja vaikutusta toiminnassa voi olla vaikea havainnoida ja eritellä. Tästä syystä muun muassa valintatesteissä käytetään usein keskeisiä kognitiivisia osa-alueita spesifisti mittaavia osatestejä, kuten esimerkiksi havainnointiin, työmuistiin ja loogiseen päättelykykyyn liittyviä testejä. Suorituskyyvyn mittaamisessa suoritusarviointien ja testien rinnalle on tullut yhä voimakkaammin myös psykofysiologiset mittarit, kuten esimerkiksi aivojen sähköisen toiminnan rekisteröinti (EEG), sydämen sykeväli vaihtelu (HRV) ja ihon sähköjohtavuuden (EDA) mittaukset [7]. Edellä mainitut testit ja rekisteröinnit tehdään tyyppillisesti kontrolloiduissa sisäolosuhteissa. Käytännön koulutuksen, harjoittelun ja operaatioiden arvioinnin tueksi kognitiivisen toiminnan osatekijöitä tulisi kyetä mittaamaan myös kenttäolosuhteissa. Jotta testit olisivat käytettävissä sotilaallisissa harjoituksissa, joissa toiminnan pääpaino on sotilaallisten taitojen harjoittelussa, tulisi testien olla yksinkertaisia ja helposti toteutettavia. Testien tulisi myös olla herkkiä toiminnan muutoksille, jotta niistä voidaan tehdä päätelmiä suoriutumuksesta ja sotilaiden suoriutumisen yksilöllisistä eroista.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sotilaallisten harjoitusten aiheuttaman kuormituksen vaikutuksia kognitiiviseen toimintakykyyn sekä arvioida testien käytettävyyttä kognitiivisen toimintakyvyn mittaamisessa kenttäolosuhteissa. Koska taistelija on kyettävä tehokkaaseen havainnointiin, nopeaan reagointiin ja päätöksentekoon selviytyäkseen taistelussa, tarkasteltiin tutkimuksessa erityisesti kuormituksen vaikutuksia taistelijaan reaktionopeuteen, tarkkaavaisuuteen ja havainnointiin sekä päättelyä ja päätöksentekokykyyn tehokkuuteen. Edellä mainittujen kognitiivisten toimintojen suoritus-tasoa mitattiin aikaisempien tutkimusten perusteella valittujen subjektiivisten mitta-reiden ja testien avulla [kts. mm. 8, 9, 10, 11]. Testit kuvataan seikkaperäisemmin alla.

15.2 Tutkimusmenetelmät

Subjektiiviset mittarit ja kognitiiviset testit

Subjektiivista kuormituksen kokemusta sekä kognitiivisen toiminnan osa-alueita tarkasteltiin NASA-TLX [12] itsearviointimittarilla sekä tablettitietokoneilla esitetyillä testeillä, joita olivat Sustained Attention to Response Task (SART, [13]), Baddeleyn 3 minuutin

kieellisen päättelyn testi [14] ja Change Blindness (CB) visuaalisten objektien havainnointitesti [15].

NASA-TLX koostuu kuormituksen eri ulottuvuuksia kartoittavista monivalintakysymyksistä. Koehenkilöiden tuli arvioida tehtävän henkistä, fyysistä ja ajallista vaativuutta, tehtävästä suoriutumista sekä ponnistelun ja turhautumisen määrää. Jokainen ulottuvuus arvioitiin asteikolla 1 (erittäin vähän) – 20 (erittäin paljon). Analyyseissä kuormitusmittarina käytettiin osa-asteikoiden summaa.

SART on jatkuvaa huomiota vaativa matalan kognitiivisen tason reaktioaikatesti, jolla voidaan testata yksinkertaisen kognitiivisen valintatilanteen (GO/NoGO) nopeutta ja tarkkuutta. Testissä koehenkilön tehtävänä oli painaa vastausnappia mahdollisimman nopeasti aina kun tietokoneen ruudulla esiintyi muu kuin numero 3 (ts. jokin numeroista 1,2,4,5,6,7,8,9; GO stimuli) ja pidättäytyä napin painalluksesta, kun ruudulla oli numero 3 (NoGO stimuli). Testi kesti n. 5 minuuttia ja se sisälsi 225 stimulia, joista NoGO stimulien osuus oli 25. Reaktionopeuden mittarina käytettiin reaktioajan keskiarvoa (GO ärsyke) ja tarkkuuden mittarina virheiden lukumäärää GO ja NoGO ärsykkeisiin.

Baddeleyn 3 minuutin kielellistä päättelytestiä ja Change Blindness (CB) testiä käytettiin mittaamaan korkeamman tason kognitiivisia toimintoja. Baddeleyn testissä koehenkilön tehtävänä oli vastata oikein mahdollisimman moneen kirjainten A ja B järjestyttä (AB tai BA) koskevaan väittämään (esimerkiksi ”B seuraa A:ta”, ”A:ta ei edellä B”, ”B:tä seuraa A”, ”B edeltää A:ta” jne.). Testissä oli 64 vaihtoehtoista väittämää. Testin suorittamiseen oli aikaa kolme minuuttia. Analyyseissä kielellisen päättelyn tehokkuuden mittarina käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää testissä.

Change Blindness testissä koehenkilön tuli katsella kahta peräkkäin esitettyä 3–13 objektin (esimerkiksi kello, kenkä, saha, kana jne.) kuvakollaasia, jossa jälkimmäisessä kuvakollaasissa yksi objekti oli korvattu uudella objektilla. Koehenkilön tehtävänä oli osoittaa vastausvaihtoehdoista sekä korvattu että korvaava objekti. Testi sisälsi 5 harjoittelutehtävää ja 28 varsinaista koetehtävää. Havainnoinnin tarkkuuden mittarina käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää testissä.

Kaikki testit esitettiin tablettitietokoneella käyttäen Inquisit stimulinesitysohjelmaa. Alkuperäiset testit ovat ladattavissa millisecond.com sivuston testikirjastosta.

Harjoitukset ja aineiston analyysi

Kognitiivista suoriutumista tutkittiin kolmessa erilaisessa kuormittavassa harjoituksessa, joita olivat 10 päivän selviytymisharjoitus (SERE) talviolosuhteissa Pohjois-Suomessa, yhden iltapäivän harjoitus erikoisjoukkojen koulutusradalla (stressirata) sekä pitkä kolmen viikon olosuhdeharjoitus talviolosuhteissa Pohjois-Suomessa. Kognitiivisen testidatan lisäksi tutkimuksella oli käytettävissä SERE harjoituksesta myös seerumin kortisoli- ja IGF-1 dataa sekä koulutusradalta kortisolidataa.

SERE (Survival, Evasion, Resistance, Escape) -harjoituksessa tiedustelutehtäviin koulutettavat varusmiehet harjoittelivat selviytymistä tehtävän jälkeisessä irtautumisessa, joka

tapahtui talvella luonnonolosuhteissa, sissimuonan, luonnonmuonan sekä metsästetyn ruoan varassa. Harjoituksen ohessa järjestetyn tutkimuksen (ns. Lepola tutkimus) tavoitteena oli selvittää erityisesti raskaan kuormituksen ja kuormituksesta palautumisen vaikutusta fyysiseen ja psyykkiseen toimintakykyyn. Kognitiivista toimintakykyyn osalta tässä tutkimuksessa oltiin erityisesti kiinnostuneita kumuloituvan rasituksen ja levon vaikutuksista sotilaan reaktionopeuteen ja -tarkkuuteen. Kognitiivisiin testeihin osallistui 36 varusmiestä, joiden keski-ikä oli $19,6 \pm 1,0$ vuotta, pituus 179 ± 7 cm ja paino $74,4 \pm 11,1$ kg. Tutkittavat jaettiin kahteen 18 hengen ryhmään (Lepola ja Maasto). Lepola-ryhmä osallistui harjoituksen puolivälissä kahden vuorokauden mittaiseen lepojaksioon kasarmiolosuhteissa, Maasto-ryhmän jatkaessa harjoitusta ilman lepoa. Kognitiivisista suorituskykyä mitattiin SART testillä, jonka varusmiehet suorittivat 4 kertaa: ennen harjoitusta (PRE), 5. harjoituspäivän jälkeen ennen Lepola-ryhmän lepojaksota (SERE1), 7. harjoituspäivän, joka oli myös Lepola-ryhmän lepojaksota jälkeen (SERE2), sekä yhden kasarmilla nukutun harjoituksen jälkeisen yön jälkeen (POST).

Erikoisjoukkojen koulutusharjoituksessa tutkittiin lyhyehkön kuormittavan ja stressaavan harjoituksen vaikutusta sekä kognitiiviseen suorituskykyyn, jota tässä yhteydessä mitattiin Baddeleyn kolmen minuutin kielellisen päättelytestin avulla, että itse arvioituun kuormitukseen, jota mitattiin NASA-TLX kyselyllä. Koehenkilöinä oli 13 erikoisjoukkosotilasta, joiden keski-ikä oli $19,4 \pm 0,8$ vuotta, pituus 182 ± 6 cm ja paino $78,5 \pm 7,2$ kg. Sotilaat suorittivat kognitiivisen testin noin 10 minuuttia ennen rataa, välittömästi fyysistä ja psyykkistä kuormitusta sisältävän radan jälkeen sekä 12 ja 20 minuuttia radan jälkeen.

Pitkäkestoisessa talviolosuhteissa pidetyssä olosuohdeharjoituksessa (N=58) kognitiivista suoriutumista mitattiin kolmen eri testin yhdistelmällä, jotka olivat SART-testi, Baddeleyn 3 minuutin päättelytesti sekä CB visuaalisen havainnoinnin testi. Koehenkilöt tulivat lopputestaukseen suoraan maastosta kahden viikon talviharjoituksen ja sitä seuraavan vaativan tasokokeen jälkeen. Koehenkilöt suorittivat testit lopputestin lisäksi myös ennen harjoitusta, noin viikko harjoituksen alkamisen jälkeen sekä 10 päivää harjoituksen päättymisen jälkeen. Testikertoja oli näin ollen neljä (alkumittaus, välimittaus, loppumittaus ja palautumismittaus). Tutkimukseen osallistuneiden keski-ikä oli $19,4 \pm 0,8$ vuotta, pituus 182 ± 6 cm ja paino $78,5 \pm 7,2$ kg.

Testien erottelevuutta ja testitulosten eroja eri mittauskerroilla analysoitiin kaikissa harjoituksissa SPSS ohjelman GLM toistomittaus ja/tai sekamalli -analyysillä.

15.3 Tulokset

Testien erottelevuus henkilöiden välillä

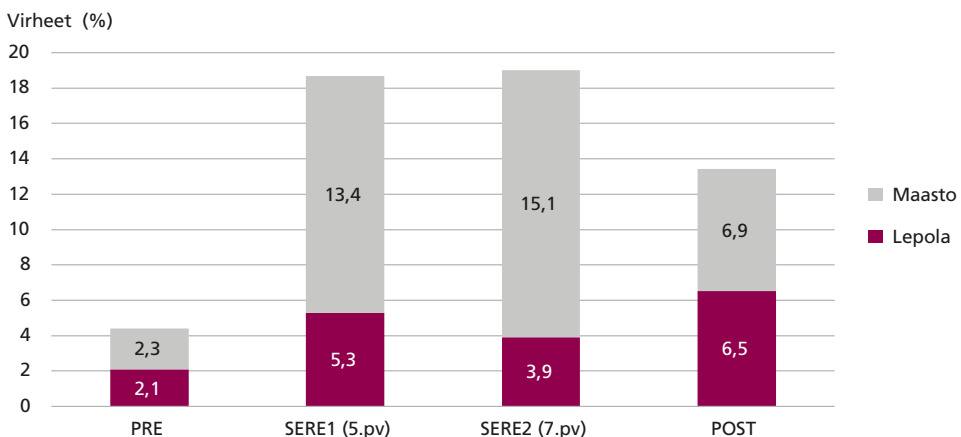
Koehenkilöiden väliset erot kaikissa eri testeissä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$). Näin ollen testit olivat hyvin erottelevyksiä koehenkilöiden välillä.

SERE harjoitus

Selviytymisharjoitusta koskevat analyysit paljastivat päävaikutuksen mittauskerralle ennustettaessa SART virheiden määrää, $F(3,32) = 10,49$, $p < 0,001$ ja SART reaktioaikaa, $F(3,32) = 5,75$, $p = 0,003$. Virheellisiä reagoiteja (reagoimatta jättäminen Go stimuliin) tehtiin vähiten PRE ja POST mittauksissa ($M=1,68\%$ ja $7,15\%$) ja eniten harjoituksen aikana SERE1 ja SERE2 mittauksissa ($M= 10,35\%$ ja $10,99\%$). Reaktioaika Go stimuliin kasvoi alkumittauksesta harjoituksen aikana suoritettuihin mittauksiin mutta palautui lopussa lähelle lähtötasoa ($M = 384$ ms, 433 ms, 439 ms ja 400 ms), $F(3,32) = 5,75$, $p = 0,003$. Näin ollen harjoituksessa kumuloituva väsymys ja stressi näyttivät vaikuttavan SART testin tulokseen niin, että virheiden määrä lisääntyi ja reaktiot hidastuivat.

Analyysit paljastivat myös Mittauskerta x Ryhmä interaktion ennustettaessa SART virheitä (reagoimatta jättäminen Go stimuliin), $F(3,32) = 6,42$, $p = 0,002$. Kuten kuvasa 2 havainnollistetaan, Lepola-ryhmä (ryhmä, jolla oli lepojakso harjoittelun keskellä) teki vähemmän virheitä kuin Maasto-ryhmä SERE harjoituksen aikana (SERE1 ja SERE2) ja näytti suoriutuvan hieman paremmin lepojakson jälkeen kuin ennen lepojaksoa, kun sitä vastoin Maasto-ryhmällä virheiden määrä kasvoi mittauksen välillä. Kontrastianalyysi (Lepola- vs. Maasto-ryhmä) osoitti kuitenkin, että Mittauskerta x Ryhmä interaktio SERE1 ja SERE2 mittauksen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kuva 15.1 Lepola- ja Maasto-ryhmien SART virheprosentit (reagoimatta jättäminen Go stimuliin) eri mittauskerroilla.



Lepojakson yhteisvaikutusta fyysiseen ja kognitiiviseen toimintaan tarkasteltiin vertailemalla vain SERE1 ja SERE2 mittauksia (ennen ja jälkeen Lepola-ryhmän lepojakson). Analyysit paljastivat merkitsevät Kortisoli x SART virhe x Ryhmä, $F(1,36) = 24,68$, $p < 0,001$ ja IGF-1 x SART virhe x Ryhmä, $F(1,36) = 7,98$, $p = 0,008$ interaktiot. Taulukossa 1 esitettyjen keskiarvojen perusteella voidaan todeta, että kortisolitaso laski ja IGF-1 tason nousu liittyivät Lepola-ryhmällä kognitiivisen suorituskyvyn palautumiseen, koska heillä virheet vähenivät lepojakson jälkeen. Maasto-ryhmässä, joka ei saanut levätä, ko. palautumista ei ollut vaan heillä virheet lisääntyivät, kortisolitaso nousi ja IGF-1 taso laski.

Taulukko 15.1 Lepola- ja Maasto-ryhmän virhe- ja hormonitasapainojen keskiarvot SERE1 ja SERE2 mittauksissa.

	LEPOLA SERE1	LEPOLA SERE2	MAASTO SERE1	MAASTO SERE2
SART virhe %	5,3	3,9	13,4	15,1
Kortisoli (nmol/l)	589	441	470	546
IGF-1 (nmol/l)	15,8	17,0	13,6	10,5

Erikoisjoukkojen koulutusrata

Erikoisjoukkojen koulutusrataa koskevat analyysit paljastivat päävaikutuksen eri mittauskertojen (ennen rataa, heti radan jälkeen, 12 minuuttia ja 20 minuuttia radan jälkeen) välillä ennustettaessa NASA-TLX kuormitusarviointia, $F(3,10) = 35,59$, $p < 0,001$. Kuormitus oli matalin alkumittauksessa ennen rataa ($M=42,7$) ja korkein heti radan jälkeen ($M=74,2$). Harjoituksen jälkeen kuormitus palautui 12 minuutin ($M=60,6$) ja 20 minuutin ($M=58,7$) mittauksissa lähemmäksi lähtöarvoa.

Myös syljen kortisolitasot, Baddeleyn kielellisen päättelytestin pistemäärä ja vastausaika noudattivat samaa trendiä: kortisolitaso oli korkein, pistemäärä matalin ja vastausaika suurin heti kuormittavan radan jälkeen. Tilastollisesti merkittävä ($p = 0,020$) näistä oli kuitenkin vain pistemäärien erot päättelytesteissä, jotka tehtiin heti ($M=16,9$) ja 20 minuuttia ($M=20,0$) radan jälkeen.

Olosuhdeharjoitus

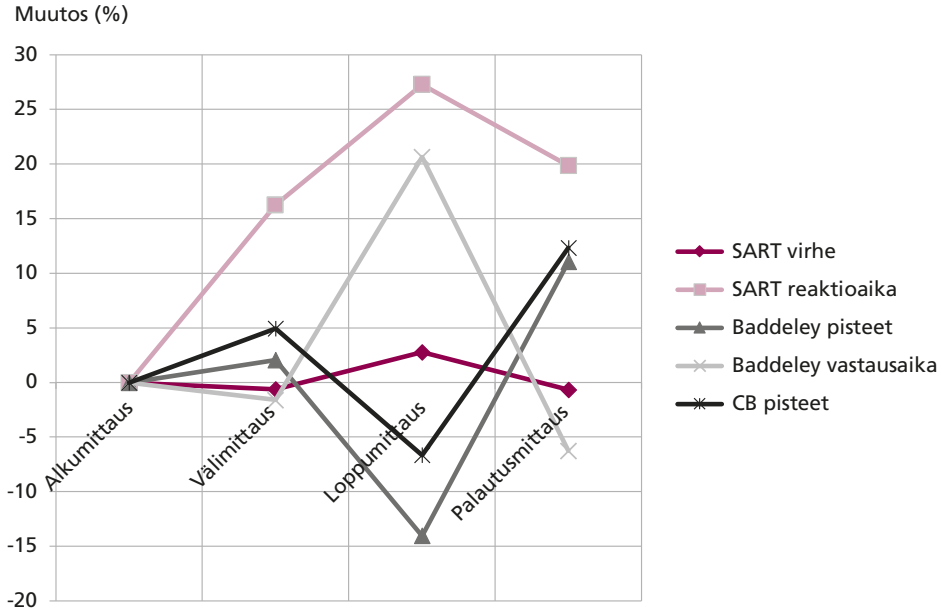
Olosuhdeharjoitusta koskevat analyysit paljastivat päävaikutuksen mittauskerralle (alkumittaus, välimittaus, loppumittaus, palautumismittaus) kaikissa kolmessa testissä: ennustettaessa SART virheiden määrää (reagoimatta jättäminen Go stimuliin), $F(3,160) = 8,70$, $p < 0,001$ ja reaktioaikaa (Go stimuli), $F(3,132) = 16,57$, $p < 0,001$; ennustettaessa kielellisen päättelytestin pisteiden määrää, $F(3,130) = 20,06$, $p < 0,001$ ja vastausnopeutta, $F(3,135) = 16,35$, $p < 0,001$ sekä ennustettaessa CB visuaalisen havainnoinnin testin pistemäärää, $F(3,133) = 13,51$, $p < 0,001$. Kuten taulukosta 2 ilmenee, SART virheiden määrä oli suurin, Baddeley ja CB testien pistekeskisarvo matalin sekä SART reaktioaika ja Baddeley vastausnopeus hitain kuormittavan harjoituksen jälkeen (loppumittaus). Näin ollen kuormittava harjoitus näytti heikentävän kognitiivista suorituskykyä hidastamalla reaktionopeutta, heikentämällä kielellistä päättelyä ja visuaalista havainnointia sekä lisäämällä reagointivirheitä.

Taulukko 15.2 Yhteenveto olosuhdeharjoituksen kognitiivisten testien tulosten keskiarvot.

	Alku- mittaus (0)	Väli- mittaus (+7vrk)	Loppu- mittaus (+17vrk)	Palautumis- mittaus (+27vrk)
Testitulos				
SART virhe (%)	1,21	0,57	3,99	0,55
SART reaktioaika (ms)	332,30	386,33	422,90	398,24
Baddeley pisteet	35,04	35,77	30,08	38,91
Baddeley nopeus (ms)	4611,70	4537,40	5563,66	4323,37
CB pisteet	27,64	29,01	25,80	31,04

Kuvassa 2 on havainnollistettu väli-, loppu-, ja palautumismittausten prosentuaaliset muutokset verrattuna alkumittaukseen. Kuvasta voidaan todeta, että palautuminen oli erittäin hyvä muiden kuin SART reaktioaikojen suhteen, joka jäi loppumittauksessa noin 20 % alkumittausta heikommalle tasolle. Palautumismittauksen testitulokset olivat erityisesti Baddeleyn ja CB testin kohdalla jopa paremmat kuin alkumittauksessa. Näiden testien tulokset paranivat todennäköisesti toistojen myötä oppimisvaikutuksen vuoksi.

Kuva 15.2 SART-virheiden ja -reaktioajan, Baddeleyn kielellisen päättelytestin pistemäärien ja vastausnopeuden sekä CB visuaalisen havainnoinnin pistemäärien prosentuaaliset erot väli, loppu ja palautusmittauksissa verrattuna lähtötasoon (alkumittaukseen).



15.4 Pohdinta

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuormittavien sotilaallisten harjoitusten vaikutuksia kognitiiviseen toimintakykyyn sekä arvioida testien käytettävyyttä kognitiivisen toimintakyvyn mittaamisessa kenttäolosuhteissa. Testeissä mitattiin koehenkilöiden reaktionopeutta ja -tarkkuutta, päättelyä ja visuaalista havainnointia, koska ne ovat taistelijalle keskeisiä kognitiivisen toimintakyvyn osa-alueita. Tutkimuksessa havaittiin, että harjoitusten kuormitus heikensi kaikkia edellä mainittuja kognitiivisia toimintoja. Vaikutus oli havaittavissa erityisen systemaattisesti reaktioajoissa ja -virheissä SART-testissä: reaktioajat kasvoivat ja kohteita jäi huomaamatta, kun taistelija oli väsynyt ja kuormittunut. Tutkimustulokset tukevat pääosin aikaisempaa tutkimusta [9] lukuun ottamatta NoGO ärsykettä koskevia tuloksia. Virheiden määrissä NoGO ärsykkeeseen ei ollut eroja eri tilanteissa. Muilta osin SART-testi näytti mittaavan luotettavasti reagointikykyä ja olevan melko helposti liitettävissä harjoituksiin.

Reaktioherkkyyden lisäksi tutkimuksessa havaittiin kuormituksen vaikutuksia myös korkeamman tason kognitiivisissa toiminnoissa, joita tässä tutkimuksessa mitattiin kielellisen päättelyn (Baddeley) ja visuaalisen havainnoinnin (CB) testeillä. Tulos oli erityi-

sen selvä pitkässä ja kuormittavassa olosuhdeharjoituksessa, jossa testipisteet laskivat (Baddeley 14%, CB 7%) ja vastausnopeus hidastui (Baddeley 20%) alkumittauksesta loppumittaukseen. Taistelijan selviytymiselle edellä mainitun kaltainen toimintakyvyn heikentyminen voi olla kohtalokasta tilanteessa, jossa sotilaalta edellytetään nopeata päättelyä ja tarkkaa havainnointia (esimerkiksi kaupunkitaistelu- tai partiointitehtävä). Tulokset osoittivat myös, että Baddeley- ja CB-testit saattavat olla jossain määrin alttiita oppimisvaikutukselle, koska testipisteet olivat harjoituksen jälkeen selkeästi alkupisteitä paremmat. Näin ollen testit ovat parhaiten sovellettavissa sellaisiin harjoituksiin, joissa testikertoja on vähän ja ne ovat ajallisesti kaukana toisistaan.

Tutkimuksessa havaittiin yhteys fyysisen ja kognitiivisen kuormituksen välillä: SERE-harjoituksessa seerumin kortisolitason lasku ja IGF-1 tason nousu näyttivät liittyvän kognitiivisesta kuormituksesta palautumiseen. Jotta sotilaan kuormitusta ja toimintakykyä ymmärrettäisiin entistä paremmin ja kokonaisvaltaisemmin, tulisi eri kuormituksen osatekijöiden yhteyksiä tutkia lisää. Muun muassa fyysisen ja kognitiivisen kuormituksen ja palautumisen välisiä riippuvuuksia koskevaa tutkimusta on vielä melko vähän.

Kuormituksen vaikutukset kognitiiviseen suoriutumiseen tulivat selkeästi esille pitkissä ja kuormittavissa harjoituksissa (SERE ja olosuhdeharjoitus). Myös lyhyempää erikoisjoukkojen koulutusrataa koskevat tulokset (NASA-TLX, Baddeley) olivat samansuuntaisia, vaikka kielellisen päättelyn testipisteiden erot eri tilanteissa eivät olleetkaan tilastollisesti merkitseviä. Tuloksiin saattaa vaikuttaa pienehkö koehenkilömäärä (13 henkilöä). Lyhytkestoisesta kuormituksen vaikutuksista kognitiiviseen toimintaan tarvitaan myös vielä lisää tutkimusta. Jatkotutkimuksissa olisi tarkasteltava myös seikkaperäisemmin kuormitustason (esimerkiksi matala, keskitaso, korkea) vaikutuksia ja mahdollisia fyysisen kuormituksen kynnyksarvoja, joissa kognitiivinen toiminta häiriintyy.

15.5 Johtopäätökset

Sotilaallisessa suorituskyvyssä toimintakyvyn osa-alueet kytkeytyvät toisiinsa ja taistelijan henkilökohtaisiin ominaisuuksiin. Taistelijan toimintaympäristöön sopivia testejä ja menetelmiä on tutkittava ja kehitettävä, jotta eri toimintakyvyn osa-alueista ja niiden keskinäisistä yhteyksistä saadaan lisää tietoa. Tutkimustuloksia voidaan käyttää muun muassa harjoittelun ja koulutuksen tukena.

Lyhyet kognitiiviset testit, kuten SART, Baddeleyn kielellisen päättelyn ja CB-visuaalisen havainnoinnin testit, sekä NASA-TLX kuormituksen itsearviointimittari, näyttävät soveltuvan melko hyvin kognitiivisen kuormituksen ja toimintakyvyn tutkimiseen sotilaallisissa harjoituksissa. On kuitenkin huomattava, että edellä mainitut testit eivät mittaa suoraan sotilaallisen toiminnan tehokkuutta ja laatua. Näin ollen tuloksista tehtyjen johtopäätösten soveltamisessa taistelijan suorituskykyyn on käytettävä harkintaa.

15.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

Tutkimuksen perusteella on suositeltavaa:

- Riittävän levon huomioiminen operatiivisessa toiminnassa. Jo yhden yön uni kuormittavan harjoituksen jälkeen palauttaa tehokkaasti kognitiivista toimintakykyä.
- Harjoituksessa tai taistelussa kognitiivista kapasiteettia vaativien tehtävien allokoinnissa, erityisesti kriittisten tehtävien osalta, tulisi ottaa huomioon taistelijan kumuloituva kuormitustaso. Esimerkiksi kriittisiin tehtäviin määrätään vain levänneet sotilaat.
- Palautumiseen ja palautumismenetelmiin tulisi kiinnittää huomiota myös kognitiivisten toimintojen osalta, jotta vältetään suoritusasteen heikentyminen.
- Kentälle sopivia testejä ja tutkimusmenetelmiä on jatkokehitettävä, jotta eri toimintakäytön osa-alueiden toiminnasta saadaan seikkaperäisempää tietoa muun muassa harjoittelun ja koulutuksen tueksi.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin taistelijan reaktionopeuteen ja tarkkuuteen, kielelliseen päättelyyn ja visuaaliseen havainnointiin, koska niiden ajatellaan olevan taistelijalle keskeisiä kognitiivisia suorituskyvyn osa-alueita. Jatkotutkimuksissa tulisi kartoittaa myös muita kognitiivisia toimintoja, kuten esimerkiksi muistiin, kommunikaatioon ja tilannetietoon liittyviä toimintoja. Jatkotutkimuksissa voitaisiin myös tarkastella vaikuttavatko kevyet ja keskiraskaat harjoitukset kognitiivisiin toimintoihin ja liittyykö kuormituksen vaikutuksiin kynnyksarvoja (esimerkiksi fyysisen kuormituksen ja/tai univajeen määrä), jolloin suoritus oleellisesti heikkenee? Lisäksi tulisi tarkastella seikkaperäisemmin taistelijoiden yksilöllisiä eroja kognitiivisen kuormituksen sietämisessä ja palautumisessa, kuten esimerkiksi kykenevätkö jotkut sotilaat suoriutumaan kognitiivisesti hyvin rasituksesta huolimatta. Lopuksi, mikäli testejä aiotaan käyttää jatkuvasti ja systemaattisesti, olisi hyvä pyrkiä integroimaan ne osaksi sotilaan normaalia toimintaa ja tarkastella miten testeissä menestyminen ennustaa koulutuksessa ja palveluksessa suoriutumista.

Lähteet

1. Leung, M. & Liang, Q. & Olomolaiye, P. (2015). Impact of Job Stressors and Stress on the Safety Behavior and Accidents of Construction Workers. *Journal of Management in Engineering*. 32. 04015019. 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000373.
2. Larsen, R. (2001). Decision Making by Military Students Under Severe Stress. *Military Psychology*. 13. 89-98. 10.1207/S15327876MP1302_02.
3. Ralph, C., Vartanian, O., Lieberman, H. R., Morgan, C. A., & Cheung, B. (2017). The effects of captivity survival training on mood, dissociation, PTSD symptoms, cognitive performance and stress hormones. *International Journal of Psychophysiology*, 117, 37–47.
4. Lieberman, H. R., Niro, P., Tharion, W. J., Nindl, B. C., Castellani, J. W., and Montain, S. J. Cognition during sustained operations: comparison of a laboratory simulation to field studies. *Aviation, space, and environmental medicine*, 77(9):929–935, 2006.
5. Lee BK, Glass TA, McAtee MJ, Wand GS, Bandeen-Roche K, Bolla KI, Schwartz BS. Associations of salivary Cortisol with cognitive function in the Baltimore memory study. *Arch Gen Psychiatry*. 2007;64:810–818
6. Tumati S, Burger H, Martens S, van der Schouw YT, Aleman A (2016) Association between Cognition and Serum Insulin-Like Growth Factor-1 in Middle-Aged & Older Men: An 8 Year Follow-Up Study. *PLoS ONE* 11(4): e0154450
7. Charles, R.L.; Nixon, J. Measuring mental workload using physiological measures: A systematic review. *Appl. Ergon.* 2019, 74, 221–232.
8. Perry, C., Sheik-Nainar, M., Segall, N., Ma, R. & Kaber, D. (2008) Effects of physical workload on cognitive task performance and situation awareness, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9:2, 95-113, doi: 10.1080/14639220600959237
9. Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). 'Oops!': Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35(6), 747–758.
10. HASLAM, D. (1982) Sleep loss, recovery sleep, and military performance, *Ergonomics*, 25:2, 163-178, doi: 10.1080/00140138208924935.
11. DiVita, J., Obermayer, R., Nugent, W & Linville, JM. Verification of the Change Blindness Phenomenon While Managing Critical Events on a Combat Information Display. *Human Factors*. 2004;46(2):205-218. doi: 10.1518/hfes.46.2.205.37340.
12. Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in psychology*, 52. Human mental workload (p. 139–183). North-Holland.
13. Baddeley, A. D. (1968). A 3 min reasoning test based on grammatical transformation. *Psychonomic Science*, 10, 341-342.
14. Beck, M.R. & Levin, D.T (2003). The role of representational volatility in recognizing pre- and postchange objects. *Perception & Psychophysics*, 65, 458-468.
15. Wilson KM, Head J, de Joux NR, Finkbeiner KM, Helton WS. (2015). Friendly Fire and the Sustained Attention to Response Task. *Hum Factors*, 57(7):1219-1234.

16 Fyysisten ja psykologisten ominaisuuksien yhteydet toimintakykyyn

Kai Nyman¹, Tommi Ojanen¹

¹ Puolustusvoimien tutkimuslaitos, Toimintakykyosasto

16.1 Johdanto

Toimintakykyyn vaikuttavien psykologisten ja fyysisten tekijöiden vuorovaikutuksen ja yhteisvaikutuksen tutkiminen syventää ymmärrystä toimintakyvystä ja sen kokonaisvaltaisesta luonteesta. Tähän tutkimussuuntaukseen kuuluu esimerkiksi kysymys, kompensoivatko vahvat psykologiset ominaisuudet puutteita fyysisissä ominaisuuksissa ja päinvastoin. Kokonaisvaltaisen toimintakyvyn tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää kaikissa niissä tilanteissa, joissa arvioidaan ja kehitetään sotilaiden toimintakykyä. Näitä tilanteita ovat esimerkiksi koulutus, jossa pyritään kehittämään koulutettavien toimintakykyä ottaen huomioon yksilöiden psykologiset ja fyysiset ominaisuudet, sekä valintamenetelmien kehittäminen, joissa hakijoiden fyysisille ja psykologisille ominaisuuksille määritetään painoarvoja.

Hyvän fyysisen kunnon on todettu olevan yhteydessä psyykkiseen resilienssiin, henkiseen vahvuuteen ja psyykkisen stressin sietokykyyn [1-6]. Resilienssillä tarkoitetaan kykyä sopeutua psyykkisesti kuormittavaan tilanteeseen ja toipua vastoinkäymisistä. Laajemmin määriteltynä resilienssi on myös kykyä kestää, selviytyä, toipua ja kasvaa haasteiden tai stressitekijöiden edessä [1,4]. Resilienssin on osoitettu olevan negatiivisesti yhteydessä ahdistuneisuuteen, masennukseen, sekä post-traumaattisen stressihäiriön (PTSD) oireisiin ja positiivisesti yhteydessä parempaan paineensietokykyyn ja suoriutumiseen haastavissa tilanteissa [7,8,9,10]. Yhdysvaltain armeijassa tehdyn tutkimusyhteenvedon mukaan sinnikkyys, henkinen vahvuus, itsetunto, minäpystyvyys ja motivaatio vaikuttavat fyysiseen kuntoon sekä edelleen siihen prosessiin, miten kunto vaikuttaa resilienssiin. [1]. Sinnikkyuden, minäpystyvyyden ja koherenssin tunteen on havaittu olevan yhteydessä fyysiseen kuntoon tai fyysiseen aktiivisuuteen muissakin tutkimuksissa [11,12,13]. Fyysinen aktiivisuus on liitetty persoonallisuuden piirreteorian viisifaktorimalliin ("The Big Five") sisältyviin ominaisuuksiin tunnollisuus, emotionaalinen vakaus ja ulospäinsuuntautuneisuus [14,15], jotka ovat myös yhteydessä resilienssiin

[16]. Laaja-alainen tutkimusnäyttö on osoittanut fyysisen aktiivisuuden olevan myönteisesti yhteydessä myös kognitiiviseen toimintakykyyn [17,18]. Fyysinen aktiivisuus suojaa ikääntymisen kognitiivisia kykyjä heikentäviltä negatiivisilta vaikutuksilta [19] sekä neurodegeneratiivisilta sairauksilta, kuten Alzheimerin taudilta [20]. Fyysisen kunnon ja kognitiivisen suoriutumisen välisestä yhteydestä on myös jonkin verran tutkimusnäyttöä [21]. Se ei ole kuitenkaan yhtä laajaa kuin fyysisen aktiivisuuden osalta.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla toteutettiin vuosien 2019-2020 aikana tutkimus psykologisten ja fyysisten ominaisuuksien vaikutuksesta varusmiesten kokonaisvaltaiseen toimintakykyyn. Psykologisina tekijöinä tarkasteltiin kognitiivista kyvykkyyttä ja luonteen ominaisuuksia sinnikkyys, ydinminäkäsitys, minäpystyvyys, itsetunto, kontrolliorientaatio, koherenssin tunne sekä ”Big Five”-persoonallisuudenpiirteet. Fyysisinä ominaisuuksina tutkittiin kestävyyskuntoa (12 minuutin juoksutesti), lihaskuntoa (lihaskuntotestit, lihaskuntoindeksi) sekä edelliset yhdistävää fyysistä kuntoa (henkilökohtainen kuntoindeksi). Tutkimuksessa selvitettiin fyysisten ja psykologisten ominaisuuksien liittymistä toisiinsa sekä niiden yhteisvaikutusta varusmiespalveluksen lopussa arvioituun fyysiseen, psyykkiseen ja sosiaaliseen toimintakykyyn. Tutkimuksen avulla syvennettiin tietoa toimintakyvyn kokonaisvaltaisesta luonteesta valintojen ja koulutuksen kehittämistä varten. Suomessa vastaavaa psykologiset ja fyysiset ominaisuudet yhdistävää tutkimusta ei ole aiemmin tehty. Tässä artikkelissa esitellään Puolustusvoimien tutkimuslaitoksessa tehdyn tutkimuksen keskeiset tulokset ja vertailaan tuloksia kansainvälisiin tutkimustuloksiin soveltavilta osin.

16.2 Tutkimusmenetelmät

Psykologisten, fyysisten ja toimintakyvyn muuttujien välisiä suhteita tutkitaan yleensä kvantitatiivisin menetelmin, joiden avulla selvitetään käsitteiden vuorovaikutus- ja riippuvuusuhteita. Tyypillisiä menetelmiä ovat korrelaatiot ja regressioanalyysit sekä ryhmien keskiarvojen ja varianssin erojen tarkastelu t-testeillä ja varianssianalyysillä. Meta-analyseissa kootaan yhteen siihen mennessä tehdyt tiettyyn aiheeseen liittyvät tutkimukset ja lasketaan niiden perusteella keskimääräiset korrelaatiot tutkittujen ilmiöiden välillä.

Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen toimintakykyosastolla 2019–2020 tehdyn tutkimuksen aineisto kerättiin heinäkuussa 2018 palvelukseen astuneilla varusmiehillä Porin prikaatissa, Panssariprikaatissa ja Karjalan prikaatissa. Tutkimusaineisto kerättiin varusmiesten persoonallisuustestin (Peruskoe 2) uudistamiseksi ja siihen osallistuminen oli vapaaehtoista. Tutkimuslomakkeen kysymysten perusteella kartoitettiin monipuolisesti erilaisia luonteen ominaisuuksia. Aineistoon liitettiin varusmiesten henkilötietojärjestelmästä kuntotestitulokset ja kognitiivisen kyvykkyuden testin (Peruskoe 1) tulokset sekä painoryhmän (BMI, vyötärölihavuus) määrittämiseksi tarvittavat tiedot. Peruskoe 1:n avulla arvioidaan kognitiivista suoriutumiskykyä, jota tarvitaan, muun muassa omaksuttaessa uusia asioita tai tehtäessä kielelliseen ja numeeriseen informaatioon perustuvia

analyseja, esimerkiksi päätöksentekotilanteissa. Se on kognitiivisen yleiskyvykkyyden testi (general mental ability). Peruskoe 1 sisältää numeerisen ja kielellisen lahjakkuuden sekä nonverbaalisen päättelykyvyn testit. Vastaavan tyyppiset testit sisältyvät yleensä kognitiivista yleiskykyä mittaaviin kansainvälisiin kykytestipatteristoihin [22].

Kuntotestitulokset sisälsivät 12 minuutin juoksutestin, etunojapunnerrusten, istumaannousun ja vauhdittoman pituushypyn tulokset sekä henkilökohtaisen kuntoindeksin että lihaskuntoindeksin palveluksen alussa ja lopussa mitattuina. Pituuden, painon ja vyötärön ympärysmitan perusteella määritettiin varusmiesten BMI- sekä vyötärölihavuuden luokka. Alipainoiseksi määriteltiin BMI:n arvon alle 18,50 omaavat, normaalipainoisiksi sekä BMI-arvon 18,50–24,99 ja vyötärön ympärysmitan alle 94 cm omaavat, lievästi ylipainoisiksi BMI-arvolla 25,00–29,99 ja vyötärön ympärysmitan 94,00–101,99 cm omaavat ja merkittävästi ylipainoisiksi BMI-arvon ollessa yli 30 ja samalla vyötärön ympärysmitan ollessa 102 cm tai enemmän. Edellä mainitut vyötärölihavuuden raja-arvot ovat miesten arvoja, naisille vastaavat arvot olivat normaali – vyötärö alle 80 cm, lievä ylipaino – vyötärö 80,00–87,99 cm, merkittävä ylipaino – vyötärö 88 cm tai enemmän. Käyttämällä kumpaakin painoluokan määrittämisperustetta (vyötärön ympärysmitta, BMI) pyrittiin välttämään hyväkuntoisten, paljon lihasmassaa olevien henkilöiden luokitteleminen ylipainoisiksi.

Persoonallisuusmuuttujat muodostettiin uuden P2-testin asteikosta suoraan (koherenssin tunne, itsetunto, kontrolliorientaatio, minäpystyvyys) tai muodostamalla niistä sisällöllisin ja tilastollisin perustein summamuuttujia (ydinminäkäsitys, sinnikkyys, ”Big Five”-mallin persoonallisuuden piirteet). Tutkimuksessa käytettiin lisäksi uuden P2-testin perusteella muodostettuja laajoja, eri asteikkoja eri tavoin painottavia summamuuttujia ”johtajapotentialiaali” ja ”taistelijapotentialiaali” [23,24,25]. Koherenssin tunteella (sense of coherence) tarkoitetaan ihmisille luonteenomaista tapaa suhtautua ympäristöön ja elämään koetun mielekkyyden, hallittavuuden ja ymmärrettävyyden perusteella [26]. Mitä voimakkaampi koherenssin tunne ihmisellä on, sitä tehokkaammin hän kykenee sopeutumaan ympäristöönsä. Sinnikkyys (hardiness)-käsitteellä tarkoitetaan yhdistelmää sellaisista luonteen taipumuksista tai asenteista, mitkä auttavat yksilöä kääntämään stressaavien tilanteiden kielteiset vaikutukset myönteisiksi mahdollisuuksiksi parantaa omaa suoritusta, kehittymistä ja psyykkistä terveyttä [27,28,29]. Sinnikkyys-käsitteeseen sisältyy kolme alakäsitettä, joita ovat henkilölle luonteenomainen sitoutuminen tehtäviin, pyrkimys vaikuttaa ja kontrolloida omaa toimintaympäristöään sekä suhtautuminen haasteisiin ja hankalina pidettäviin asioihin. Ydinminäkäsitys (core self evaluations) on yläkäsite ominaisuuksille emotionaalinen vakaus, itsetunto, minäpystyvyys ja kontrolliorientaatio. Ne muodostavat yksilön minuuteen liittyvien, osittain tiedostamattomien tulkintojen ytimen. Nämä neljä ominaisuutta viittaavat perustavaa laatua oleviin, alitajuisiin johtopäätöksiin omasta itsestään, toisista ja ympäröivästä maailmasta [30]. Persoonallisuuden piirteet ryhmitellään persoonallisuuden viisifaktori- tai toiselta nimeltään ”Big Five”-mallissa viiteen laajaan faktoriin, jotka sisältävät monia kapea-alaisempia persoonallisuudenpiirteitä [31, 32, 33]. Nämä laajat piirrefaktorit ovat ulospäinsuuntautu-

neisuus (extraversion), sovinnollisuus (agreeableness), tunnollisuus (conscientiousness), avoimuus kokemuksille (openness to experience) ja neuroottisuus (neuroticism) / emotionaalinen vakaus (emotional stability).

16.3 Tulokset

Tutkimukseen osallistui 3222 henkilöä, joista naisia oli 146 (4,5 %). Keski-ikä oli $19,7 \pm 1,3$ vuotta. Henkilökohtainen kuntoindeksi oli keskimäärin $2,39 \pm 1,06$ palveluksen alussa ja $2,44 \pm 1,01$ palveluksen lopussa. Peruskoe 1:n keskiarvo oli $5,2 \pm 1,9$. Luonteen ominaisuuksia kuvaavat summamuuttujat sisälsivät eri määrän osoita. Ne muutettiin yhteismitallisiksi keskenään standardoimalla summat z-pisteiksi (keskiarvo=0, hajonta=1). BMI:n keskiarvo oli $23,6 \pm 3,8$ palveluksen alussa ja $23,7 \pm 3,5$ palveluksen lopussa. Vyötärön ympärysmitta oli alussa keskimäärin 84 ± 11 cm ja palveluksen lopussa 83 ± 10 cm. BMI:n perusteella alipainoisten ryhmään kuului viisi prosenttia, normaalipainoisiin 66 %, lievästi ylipainoisiin 23 % ja merkittävästi ylipainoisiin kuusi prosenttia osallistuneista (alkumittaus). Vyötärön ympärysmittan perusteella normaalipainoisiin kuului 83 %, lievästi ylipainoisiin 10 % ja merkittävästi ylipainoisiin kahdeksan prosenttia osallistuneista (alkumittaus). Henkilökohtainen kuntoindeksi korreloi tutkimusaineistossa kognitiiviseen kyvykkyyteen ($r = 0,20$, $p < 0,001$) ja luonnetekijöihin parhaimmillaan $r = 0,34$ ($p < 0,001$) (Taulukko 1).

Taulukko 16.1 Psykologisten ominaisuuksien korrelaatiot henkilökohtaiseen kuntoindeksiin ($n = 3004$, kaikki kertoimet $p < 0,001$).

	Henkilökohtainen kuntoindeksi		Henkilökohtainen kuntoindeksi
Kognitiivinen yleiskyky (P1)	0,20	Johtajapotentiaali	0,33
Ydinminäkäsitys	0,34	Taistelijapotentiaali	0,31
Koherenssin tunne	0,31	Emotionaalinen vakaus	0,27
Itsetunto	0,34	Tunnollisuus	0,30
Kontrolliorientaatio	0,32	Ulospäinsuuntautuneisuus	0,29
Minäpystyvyys	0,33	Sovinnollisuus	0,15
Sinnikkyys	0,34	Avoimuus	0,28

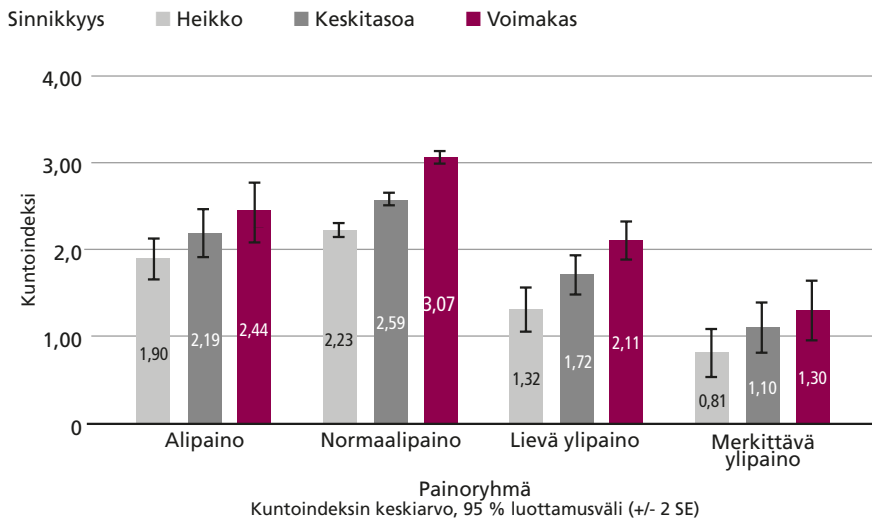
Hyvää ja huonoa kuntoryhmää vertailtaessa tilastollisesti merkitseviä eroja oli kaikissa tarkastelluissa psykologisissa ominaisuuksissa (Taulukko 2). Sinnikkyys, ydinminäkäsitys ja itsetunto olivat voimakkaimmin yhteydessä henkilökohtaiseen kuntoindeksiin ($r = 0,34$, $p < 0,001$). Niissä oli myös suurimmat keskiarvoerot hyvän ja huonon kuntoryhmän välillä (suurin ero sinnikkydessä, ka-ero = $-0,82$ z-pistettä, $p < 0,001$).

Taulukko 16.2 Psykologisten ominaisuusmuuttujien keskiarvot (z-pisteet) huonon ja hyvän kuntoindeksin ryhmissä, (keskiarvoeron mukaan suuruusjärjestyksessä). Z-pisteiden keskiarvojen ero on samalla vaikutuksen suuruus (Cohen d).

	Huono kunto HKI \leq 1,75			Hyvä kunto HKI $>$ 3,0			Keskiarvojen ero	
	N	keskiarvo (z-piste)	SD	N	keskiarvo (z-piste)	SD	ka-ero (z-piste) (Cohen d)	p-arvo
Sinnikkyys	1004	-0,33	0,97	859	0,48	0,90	-0,82	0,000
Ydinminäkäsitys	1004	-0,34	0,98	859	0,47	0,85	-0,80	0,000
Itsetunto	1004	-0,34	1,02	859	0,47	0,82	-0,80	0,000
Johtajapotentiaali	1004	-0,32	0,94	859	0,47	0,95	-0,79	0,000
Minäpystyvyyys	1004	-0,33	1,00	859	0,45	0,87	-0,78	0,000
Kontrolliorientaatio	1004	-0,32	0,98	859	0,45	0,87	-0,77	0,000
Taistelijapotentiaali	1004	-0,30	0,95	859	0,45	0,95	-0,75	0,000
Koherenssin tunne	1004	-0,31	1,01	859	0,44	0,85	-0,75	0,000
Ulospäin- suuntautuneisuus	1004	-0,29	0,96	859	0,42	0,92	-0,71	0,000
Tunnollisuus	1004	-0,28	0,97	859	0,43	0,93	-0,71	0,000
Avoimuus	1004	-0,28	1,03	859	0,39	0,89	-0,67	0,000
Emotionaalinen vakaus	1004	-0,27	1,00	859	0,37	0,86	-0,64	0,000
Kognitiivinen yleiskyky (p1)	1000	-0,11	0,99	859	0,35	0,95	-0,46	0,000
Sovinnollisuus	1004	-0,11	1,02	859	0,24	0,90	-0,35	0,000

Tutkimuksessa vertailtiin myös, miten psykologiset tekijät vaikuttivat fyysiseen suoriutumiseen ali-, normaali-, lievästi ja merkittävästi ylipainoisten ryhmissä. Tarkasteltavina psykologisina ominaisuuksina olivat sinnikkyys ja ydinminäkäsitys, jotka edellisissä analyyseissa olivat eniten yhteydessä kuntoindeksin ryhmittäisiin eroihin. Henkilökohtaisen kuntoindeksin ja näiden ominaisuuksien välisten korrelaatioiden ($r = 0,34, p < 0,001$) perusteella kuntotestien yhteistulos oli myönteisesti yhteydessä voimakkaampaan sinnikkyyteen ja ydinminäkäsitykseen. Tutkimusasetelmalla selvitettiin myös kehon koostumuksen vaikutusta yhteyden voimakkuuteen. Kuvassa 1 on esitetty henkilökohtaisen kuntoindeksin keskiarvot eri sinnikkyys- ja painoryhmissä ja taulukossa 3 heikon ja voimakkaan sinnikkyuden omaavien ryhmien keskiarvojen erot, erojen tilastolliset merkitsevyydet ja keskiarvojen prosentuaaliset muutokset.

Kuva 16.1 Henkilökohtaisen kuntoindeksin keskiarvot eri paino- ja sinnikkyysryhmissä.



Taulukko 16.3 Henkilökohtaisen kuntoindeksin keskiarvot, keskiarvojen erot ja niiden merkitsevyytaso voimakkaan ja heikon sinnikkyuden ryhmissä.

	Kuntoindeksi sinnikkyysryhmissä		Kuntoindeksin parantuminen		
	heikko	voimakas	keskiarvon ero	p-arvo	%-nousu
Alipaino	1,90	2,44	0,54	$p < 0,01$	28
Normaali paino	2,23	3,07	0,84	$p < 0,001$	38
Lievä ylipaino	1,32	2,11	0,79	$p < 0,001$	60
Merkittävä ylipaino	0,81	1,30	0,49	$p < 0,001$	60

Kaikissa painoryhmissä kuntotestien kokonaistulokset (kuntoindeksit) olivat sitä parempia, mitä voimakkaampi sinnikkyys oli. Sinnikkyuden merkitys kuntosuoritukselle oli selvästi suurempi ylipainoisten ryhmässä verrattuna normaali- tai alipainoisiin. Sinnikkyuden merkitys kuntosuoritukselle oli suuri ryhmästä riippumatta, mutta sen merkitys korostui ylipainoisilla. prosentuaalinen tulosparannus henkilökohtaisessa kuntoindeksissä heikon ja vahvan sinnikkyuden ryhmien välillä oli alipainoisilla 28 %, normaalipainoisilla 38 %, lievästi ja merkittävästi ylipainoisilla 60 %. Ydinminäkäsityksellä oli lähes vastaava vaikutus. prosentuaalinen tulosparannus henkilökohtaisessa kuntoindeksissä heikon ja vahvan ydinminäkäsityksen ryhmien välillä oli alipainoisilla 30 %, normaalipainoisilla 38 %, lievästi ylipainoisilla 57 % ja merkittävästi ylipainoisilla 58 %.

Tutkimuksessa analysoitiin valikoivilla regressioanalyysillä psykologisten ja fyysisten tekijöiden painoarvoa ennustettaessa varusmiespalveluksen lopussa arvioituja psyykkistä, sosiaalista ja fyysistä toimintakykyä. Psykkinen ja sosiaalinen toimintakyky määritettiin varusmiehille tehdyn loppuhenkilöarvioinnin perusteella ja fyysinen toimintakyky palveluksen lopussa määritetyllä henkilökohtaisella kuntoindeksillä. Kaikkiin regressiomalleihin selittäjiksi valikoituivat kognitiivinen, persoonallisuuteen liittyvä ja fyysinen tekijä. Näiden tekijöiden merkittävyyttä analysoitiin edelleen hierarkkisilla regressioanalyysillä ja suhteellisen painoarvon analyyseilla (relative importance weights analyses) [34, 35], joiden perusteella niille määritettiin painokertoimet selitettäessä toimintakyvyn eri alueita (Taulukko 4).

Taulukko 16.4 Kognitiivisen kyvyn, persoonallisuuden ja fyysisen kunnan painokertoimet toimintakyvyn eri osa-alueiden selittäjinä (keskiarvo hierarkkisten regressionanalyysien ja suhteellisen painoarvon analyysien tuloksista).

Kriteeri	Kognitiivinen kyky	Persoonallisuus	Fyysinen kunto
Psyykinen toimintakyky	2,5	1,9	1,0
Sosiaalinen toimintakyky	2,8	2,2	1,0
Fyysinen toimintakyky	1,0	1,9	20,7

16.4 Pohdinta

Tutkimuksessa fyysinen kunto korreloi heikosti kognitiivisen suoriutumisen yleiskykyestien kanssa. Tämä oli johdonmukainen tulos aikaisemman laajan tutkimusnäytön kanssa. Etnierin ym. [36] kirjoittamassa, yli sata tutkimusta sisältäneessä meta-analyysissä havaittiin, että fyysisen aktiivisuuden vaikutus kognitiiviseen suoriutumiseen, oli keskimäärin lievä (vaikutuksen suuruus $ES = 0,25$). Etnier ym. toteavat [21] yhteenvedossaan, että kognitiivinen suoriutuminen korreloi heikosti fyysiseen kuntoon tarkastelluissa kymmenessä tutkimuksessa.

Tutkimuksessa tarkastellut luonteen ominaisuudet olivat kohtalaisesti yhteydessä henkilökohtaiseen kuntoindeksiin. Voimakkaimmat korrelaatiot olivat ydinminäkäsityksellä, sinnikkyydellä, itsetunnolla ja minäpystyvyydellä. Vertailtaessa heikon ja hyvän fyysisen kunnan ryhmiä, olivat suurimmat keskiarvojen erot samoissa muuttujissa. Vaikutuksen suuruudet olivat niissä voimakkaita. Aikaisempiin varusmiehillä tehtyihin tutkimuksiin verrattaessa tulokset olivat samansuuntaisia. Aiempia kansainvälisiä tutkimuksia ei ole yleensä tehty sotilasaineistoilla, eikä niissä ole raportoitu yhtä voimakkaita riippuvuuksia kuin Suomessa tehdyssä tutkimuksessa: Yhdessä Yhdysvaltain asevoimien tutkimuksessa sinnikkyys oli yhteydessä aerobiseen kuntoon [1]. Samoin "Big five"-mallin mukaiset persoonallisuuden piirteet olivat voimakkaammin yhteydessä fyysiseen kuntoon Puolustusvoimissa kuin mitä kansainvälisissä meta-analyysissä on aiemmin raportoitu. Puolustusvoimien aineistossa yhteydet olivat tasolla $r = 0,28-0,30$ muiden paitsi sovinnollisuuden osalta. Rhodesin & Smithin [14] tekemässä meta-analyysissä keskimääräiset korrelaatiot olivat parhaimmillaan tasolla $r = 0,10-0,11$ (ulospäinsuuntautuneisuus ja tunnollisuus). Etnierin ym. [36] tekemässä meta-analyysissä itse raportoitu fyysinen aktiivisuus oli heikosti yhteydessä ulospäinsuuntautuneisuuteen, emotionaaliseen vakauteen ja tunnollisuuteen.

Varusmiesaineistolla tarkasteltiin lisäksi kuntoindeksin tuloksia painoryhmittäin erilaisen sinnikkyuden tai ydinminäkäsityksen ryhmissä. Mikäli fyysinen aktiivisuus on suunnilleen samanlaista vyötäröympäryksen ja BMI:n mukaan määritellyissä painoryhmissä, niin tulokset osoittavat, että sinnikkyys ja ydinminäkäsitys vaikuttavat suoraan kuntosuoritukseen kaikissa ryhmissä. Ylipainoisilla niiden merkitys korostuu. Vastaavaa kansainvälistä tutkimusta ei ole raportoitu. Sinnikkyys ja ydinminäkäsitykseen sisältyvät käsitteet itsetunto, minäpystyvyys ja emotionaalisen vakaus on liitetty tutkimuskirjallisuudessa resilienssiin.

Vastaavia psykologisia ja fyysisiä ominaisuuksia yhdistäviä regressio- ja painoarvo-analyysihin perustuvia toimintakyvyn selitysmalleja ei ole raportoitu aikaisemmissa tutkimuksissa. Keskeinen tulos näissä analyyseissa oli, että kaikkiin tutkittuihin toimintakyvyn alueisiin valikoitui selittäväksi tekijäksi kognitiivinen kyvykkyys, persoonallisuus ja fyysinen kunto. Sosiaalisessa ja psyykkisessä toimintakyvyssä korostui eniten kognitiivinen kyvykkyys, seuraavaksi eniten persoonallisuus ja sitten fyysinen kunto. Fyysistä toimintakykyä selitti suurimmaksi osaksi aikaisemmin mitatut fyysiset kunto-ominaisuudet ja pieneltä osin psykologiset tekijät.

16.5 Johtopäätökset

Kognitiivinen kyvykkyys, persoonallisuus ja fyysinen kunto vaikuttavat yhdessä kaikkiin tutkittuihin toimintakyvyn osa-alueisiin. Fyysinen kunto vaikuttaa selvästi psyykkiseen toimintakykyyn. Psykologisten ominaisuuksien vaikutus fyysiseen suorituskykyyn on moniulotteinen - toisaalta fyysistä kuntoa pystyy kehittämään parhaiten fyysisillä harjoitteilla, toisaalta psykologiset resilienssiominaisuudet vaikuttavat fyysisen suoriutumisen tasoon.

Tutkimustulokset kasvattavat ymmärrystä toimintakyvyn kokonaisvaltaisesta luonteesta, mikä tuli tässä tutkimuksessa aikaisempaa tutkimusta voimakkaammin esiin. Tutkimustulokset antavat lisäksi tukea psyykkisen, sosiaalisen ja fyysisen toimintakyvyn kehittämiselle sotilasympäristössä. Tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää suunniteltaessa ja kehitettäessä sotilaiden toimintakyvyn koulutusta. Lisäksi tutkimustuloksia voidaan käyttää perusteena painottaen tietyllä tavalla sotilasvalinnoissa kognitiivisia, luonne- ja fyysisiä tekijöitä.

16.6 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Koulutus2020 uudistuksessa käyttöön otetun Taistelijan mieli -ohjelma on jalkautettava mahdollisimman hyvin päivittäiseen koulutukseen psyykkisen toimintakyvyn vahvistamiseksi varusmiehillä.
- Tutkimustuloksia tulisi hyödyntää päivitettäessä varusmiesten valintajärjestelmää.
- Jatkossa tulisi toistaa sinnikkyys/ydinminäkäsitys – kehonkoostumus – fyysinen kunto -tutkimusasetelma siten, että siinä kontrolloidaan aikaisemman fyysisen aktiivisuuden erojen vaikutus tulokseen. Asetelmassa tulisi myös tutkia muidenkin psykologisten ominaisuuksien vaikutusta ja vertailla niiden vaikuttavuutta keskenään.
- Tutkimusasetelmaa tulisi tarkastella jatkossa myös puolustushaara- ja aselajikohtaisesti.



Lähteet

1. Deuster, P. A., & Silverman, M. N. (2013). Physical fitness: a pathway to health and resilience. *US Army Medical Department Journal*.
2. Gerber, M., Brand, S., Feldmeth, A. K., Lang, C., Elliot, C., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2013). Adolescents with high mental toughness adapt better to perceived stress: A longitudinal study with Swiss vocational students. *Personality and Individual Differences*, 54(7), 808-814.
3. Gerber, M., Kalak, N., Lemola, S., Clough, P. J., Pühse, U., Elliot, C., & Brand, S. (2012). Adolescents' exercise and physical activity are associated with mental toughness. *Mental health and physical activity*, 5(1), 35-42.
4. Leipold, B., & Greve, W. (2009). Resilience: A conceptual bridge between coping and development. *European Psychologist*, 14(1), 40–50.
5. Rimmele, U., Zellweger, B. C., Marti, B., Seiler, R., Mohiyeddini, C., Ehlert, U., & Heinrichs, M. (2007). Trained men show lower cortisol, heart rate and psychological responses to psychosocial stress compared with untrained men. *Psychoneuroendocrinology*, 32(6), 627-635
6. Von Haaren, B., Haertel, S., Stumpp, J., Hey, S., & Ebner-Priemer, U. (2015). Reduced emotional stress reactivity to a real-life academic examination stressor in students participating in a 20-week aerobic exercise training: A randomised controlled trial using Ambulatory Assessment. *Psychology of Sport and Exercise*, 20, 67-75.
7. Bartone, P. T., Roland, R. R., Picano, J. J., & Williams, T. J. (2008). Psychological hardiness predicts success in U.S. Army Special Forces candidates. *International Journal of Selection and Assessment*, 16(1), 78–81.
8. Bensimon, M. (2012). Elaboration on the association between trauma, PTSD and posttraumatic growth: The role of trait resilience. *Personality and Individual Differences*, 52(7), 782–787.
9. Davydov, D. M., Stewart, R., Ritchie, K., & Chaudieu, I. (2010). Resilience and mental health. *Clinical Psychology Review*, 30(5), 479–495.
10. Southwick, S. M., & Charney, D. S. (2012). The science of resilience: implications for the prevention and treatment of depression. *Science*, 338(6103), 79–82.
11. Bauman, A. E., Reis, R. S., Sallis, J. F., Wells, J. C., Loos, R. J., Martin, B. W., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? *The lancet*, 380(9838), 258-271.
12. Netz, Y., Wu, M. J., Becker, B. J., & Tenenbaum, G. (2005). Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychology and aging*, 20(2), 272.
13. Skirka, N. (2000). The relationship of hardiness, sense of coherence, sports participation, and gender to perceived stress and psychological symptoms among college students. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(1), 63.
14. Wilson, K.E., & Dishman, R.K. (2015). Personality and physical activity: A systematic review and meta-analysis. *Personality and Individual Differences* 72, 230–242.
15. Rhodes, R. E., & Smith, N. E. I. (2006). Personality correlates of physical activity: A review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 2006; 40:958-965.
16. Lee, J.E.C., Sudom, K.A., & McCreary, D.R. (2011). Higher-Order Model of Resilience in the Canadian Forces. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 43 (3), 222–234.

17. Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Sallis, J. F., & Veiga, O. L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 534-539.
18. Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(1), 58.
19. Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125-130.
20. Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in cognitive sciences*, 11(8), 342-348.
21. Etner, J.L., Nowell, P.M., Landers, D.M., & Sibley, B.A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews* 52, 119–130.
22. Ones, D.S., Dilchert, S. & Viswesvaran, C. (2012) Cognitive Abilities. Teoksessa Schmitt, N. (ed.) *The Oxford Handbook of Personnel Assessment and Selection*. Oxford University Press.
23. Nyman, K. (2019) Peruskoejärjestelmän päivittäminen. Väliraportti AP4858. Puolustusvoimien tutkimuslaitos
24. Nyman, K. (2020a). Varusmiesten peruskokeiden kehittäminen. Loppuraportti. Puolustusvoimien tutkimuslaitos (valmisteilla)
25. Nyman, K. (2020b). Integrity, Hardiness, Big Five ja Core Self Evaluations -mittarit osana vuoden 2019 varusmiesten P2-testiä. Tekninen raportti. Puolustusvoimien tutkimuslaitos (valmisteilla)
26. Antonovsky, A. (1979). *Health, Stress and Coping*. Jossey-Bass, San Francisco.
27. Kobasa, S.C. (1979). Stressful Life Events, Personality, and Health: An Inquiry Into Hardiness. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 37 January (1).
28. Maddi, S.R. (2002). The Story of Hardiness: Twenty Years of Theorizing, Research, and Practice. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, Vol. 54 (3), 175–185.
29. Maddi, S.R. (2007). Relevance of Hardiness Assessment and Training to the Military Context. *Military Psychology*, 19 (1), 61–70.
30. Judge, T. A., Locke, E. A., & Durham, C. C. (1997). The dispositional causes of job satisfaction: A core evaluations approach. *Research in Organizational Behavior*, 19, 151-188.
31. Digman, J. M. (1990). Personality Structure: Emergence of the Five-factor model. *Annual Review of Psychology*, 41, 417-440.
32. Goldberg, L. R. (1993). The structure of phenotypic personality traits. *American Psychologist*, 48(1), 26–34.
33. John, O.P. (1990). The "Big Five" Factor Taxonomy: Dimensions of Personality in the Natural Language and in Questionnaires. Kirjassa: Pervin A.P. (toim.) *Handbook of Personality: Theory and Research*. The Guilford Press, New York.
34. Johnson, J.W. (2000). A heuristic method for estimating the relative weight of predictor variables in multiple regression. *Multivariate Behav. Res.* 35, 1–19.
35. Kraha, A., Turner, H., Nimmon, K., Reichwein-Zientek, L., & Henson, R.K. (2012). Tools to support interpreting multiple regression in the face of multicollinearity. *Frontiers in Psychology*, METHODS ARTICLE, doi: 10.3389/fpsyg.2012.00044
36. Etner, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of sport and Exercise Psychology*, 19(3), 249-277.

17 Katsaus kansainvälisen sotilaan fyysisen suorituskyvyn kongressin (International Congress of Soldiers' Physical Performance, ICSP) historiaan

Matti Santtila¹, Kai Pihlainen² ja Heikki Kyröläinen^{1, 3}

¹ Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

² Pääesikunta, koulutusosasto

³ Jyväskylän yliopisto, Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta

Kansainvälinen sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongressisarja sai alkunsa Puolustusvoimien henkilöstöpäällikön kenraalimajuri Esa Tarvaisen vierailun yhteydessä Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksella vuonna 2004. Kenraali Tarvainen tiedusteli vierailun aikana, miten Puolustusvoimat ja Liikuntabiologian laitos voisivat edelleen kehittää hyvää yhteistyötään. Professori Paavo Komi esitti tällöin, että tieteellistä yhteistyötä voitaisiin syventää järjestämällä kansainvälinen sotilaan fyysiseen suorituskykyyn painottuva tieteellinen kongressi. Liikuntabiologian laitoksella oli pitkäaikainen kokemus kansainvälisten kongressien järjestämisestä ja tieto kongressien myönteisestä merkityksestä tieteellisen tutkimustiedon vaihdossa sekä vuorovaikutuksesta alan tutkijoiden välillä. Tarvainen totesikin, että ajatus on kannatettava ja antoi Pääesikunnan koulutusosastolle tehtävän käynnistää kongressin valmistelut puolustusvoimien osalta. Valmisteluista vastasi majuri Matti Santtila. Komi antoi vastaavan tehtävän liikuntabiologian laitokselle professori Keijo Häkkiselle ja Heikki Kyröläiselle. Näin kongressin valmistelut lähtivät käyntiin varsin nopeasti tapaamisen jälkeen.

Ensimmäinen Kansainvälinen sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongressi (ICSP2005) järjestettiin 18.–22.5.2005 Jyväskylässä yhteistyössä Pääesikunnan koulutusosaston ja Jyväskylän yliopiston Liikuntabiologian laitoksen kanssa. Kongressiin osallistui yli 300 tutkijaa ja asiantuntijaa 37 maasta. Ensimmäisen kongressin järjestelytoimikuntaan kuuluivat professori Keijo Häkkinen (puheenjohtaja) ja professori Heikki Kyröläinen Jyväskylän yliopistosta, majuri Matti Santtila Pääesikunnan koulutusosastosta, professori Jarmo Toiskallio Maanpuolustuskorkeakoulusta ja dosentti Matti Mäntysaari Sotilaslääkätieteidenkeskuksesta. Kongressin pääsihteerinä toimi liikuntatieteiden ylioppilas Sonia Hicks Jyväskylän yliopistosta. Kansainvälinen sotilasurheiluliitto (CISM) toimi kongressin

yhteistyökumppanina. Heidän edustajanaan kongressissa oli läsnä CISM:n presidentti, prikaatikenraali Gianni Gola. Sotilaan fyysisistä toimintakykyä tarkasteltiin kongressissa yhteisten kutsuluentojen ja rinnakkaisistuntojen muodossa liikuntabiologisesta, käyttäytymistieteellisestä sekä sotilaslääkietieteellisestä näkökulmasta. Kongressin yhteydessä oli myös liikuntateknologiaan ja -osaamiseen liittyvä yritysnäyttely. Kongressi sai runsaasti myönteistä palautetta ja sille toivottiin jatkoa noin kolmen vuoden välein.

Kongressin jatkamiselle yritettiin aktiivisesti löytää uusi järjestäjämaa, mutta siinä ei onnistuttu. Tämän vuoksi Suomi päätti ottaa jälleen vastuun kongressin järjestämisestä ja toinen Kansainvälinen sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongressi (ICSP2011) järjestettiin 4.–7.5.2011 Jyväskylässä. Kongressin järjestäjinä toimivat jälleen Liikuntabiologian laitos Jyväskylän yliopistosta ja Pääesikunnan koulutusosasto Puolustusvoimista. Kongressin pääsihteerinä toimi liikuntatieteiden maisteri Ritva Taipale. Kongressin järjestelytoimikuntaan kuuluivat professori Keijo Häkkinen, professori Heikki Kyröläinen, everstiluutnantti, FT, Matti Santtila, professori Juha Mäkinen sekä professori Matti Mäntysaari. Tämän lisäksi tohtori Bradley Nindl "United States Army Research Institute of Environmental Medicine" (USARIEM) -tutkimusorganisaatiosta kutsuttiin järjestelytoimikunnan ulkopuoliseksi jäseneksi, koska USARIEM oli alustavasti luvannut toimia vuoden 2014 kongressin järjestäjänä. Vuoden 2011 kongressiin osallistui yli 300 tutkijaa ja asiantuntijaa 31 maasta. Kongressi sisälsi 8 kutsuluentoja, 75 asiantutkijaluentoa ja 56 posteriesitystä. Kongressin tieteelliset näkökulmat olivat samat kuin vuonna 2005 eli liikuntabiologinen, käyttäytymistieteellinen ja sotilaslääkietieteellinen lähestymiskulma sotilaan fyysisen toimintakyvyn. Kongressin toimintaa tukivat liikunta-alan yritykset, joilla oli erillinen näyttely kongressitilojen yhteydessä. Kongressi sai jälleen myönteistä palautetta ja tällä kertaa USARIEM otti vastaan viestikapulan symbolina vuoden 2014 kongressin järjestelyvastuusta. Samalla sovittiin, että kongressisarjalle perustetaan sähköpostiviestintään perustuva ohjausryhmä, jonka jäseniksi nimettiin professori Heikki Kyröläinen, everstiluutnantti Matti Santtila ja tohtori Bradley Nindl.

Kolmas Kansainvälinen sotilaiden fyysisen toimintakyvyn kongressi (ICSP2014) järjestettiin 18.–21.8.2014 Bostonissa, USARIEM:n järjestämänä. Suomen edustajat kongressin järjestelytoimikunnassa olivat professori Heikki Kyröläinen ja everstiluutnantti Matti Santtila. Kongressiin osallistui 374 tutkijaa ja asiantuntijaa 27 maasta. Kongressi sisälsi 8 kutsuluentoja, 13 rinnakkaisistuntoa ja yli 200 posteriesitystä. Kongressin tieteelliset näkökulmat olivat samat kuin aiemmissa kongresseissa. Yleisesti ottaen kongressin esitykset keskittyvät sotilaan operatiivisen suorituskyvyn ylläpitoon vaativissa olosuhteissa, suorituskyvyn kehittämiseen sekä teknologian hyödyntämiseen suorituskyvyn kehittämisessä. Vammat ja vammojen ennaltaehkäisy sekä niiden yhteydet fyysiseen suorituskykyyn oli myös laajasti esillä. Unen määrän, ravinnon ja nestetasapainon ylläpidon sekä korkea fyysisen aktiivisuuden haasteita sotilaan toimintakyvyn ylläpidossa niin tutkimuksen kohteena kuin sotilasjohtamisessa pidettiin taistelussa menestymisen avaintekijöinä. Kongressi painotti myös kansainvälisesti avoimen tieteelliseen yhteistyön merkitystä sekä tutkimustiedon välittämistä käytännön toimijoille. Kongressin lopussa pi-

dettiin asiantuntijakeskustelu, jonka teemana oli ”Taistelijan valmius operaatioihin”. Esillä oli kongressin nimen muuttaminen käsittämään koko sotilaan toimintakyvyn aluetta. Vaikka kongressissa käsiteltiinkin toimintakykyä laajasti fyysisestä, psyykkisestä ja myös sosiaalisesta näkökulmasta, päädyttiin kuitenkin jatkamaan alkuperäisellä nimellä, koska kongressin tulisi aiempien linjausten mukaisesti painottua juuri fyysisen toimintakyvyn ympärillä oleviin ilmiöihin. Myös tämän kongressin yhteydessä oli laaja sotilaan fyysiseen suorituskykyyn liittyvä teknologian ja osaamisen yritysnäyttely.

Neljäs Kansainvälinen sotilaiden fyysisen toimintakyvyn kongressi (ICSPP2017) järjestettiin Australian Melbournissa 28.11.–1.12.2017. Kongressin järjestäjänä oli Australian valtion ohjauksessa toimiva organisaatio Defence Science and Technology (DST). Kongressi järjestettiin Melbournen kongressi- ja näyttelykeskuksessa aivan kaupungin keskustassa. Kongressisarja sai viralliseksi yhteistyökumppanikseen Kansainvälisen Sotilasurheiluliiton (CISM) tieteellisen komission, jota johti professori Heikki Kyröläinen Jyväskylän yliopistosta. Hän luennoi myös kutsuttuna aiheesta ”Optimising Training Adaptations and Performance in Military Environment”. Kongressiin osallistui 530 tutkijaa ja asiantuntijaa 32 maasta. Kongressin pääteema oli fyysisen toimintakyvyn tehtäväkohtaiset vaatimukset. Kongressissa pidettiin 8 kutsuluentoa, 23 tieteellistä rinnakkaisistuntoa ja 26 posteristuntoa. Kongressissa järjestettiin myös asiantuntijapaneeli, joka liittyi sotilaan fyysisen suorituskyvyn mittaamiseen, resilienssiin ja teknologian hyödyntämiseen koulutuksessa. Kongressi kattoi laaja-alaisesti aiheita, jotka liittyivät fyysisen harjoittelun ohjelmointiin ja adaptaatioihin, tehtäväkohtaiseen fyysiseen toimintakykyyn ja sen vaatimuksiin, fyysisen suorituskyvyn mittaamiseen ja arviointiin, ravinto- ja terveystyökalujen käyttöön, vammojen ennaltaehkäisyyn ja kuntoukseen sekä sukupuolten välisiin eroihin ja termofysiologiaan. Uutena näkökulma oli esillä psykologiset ja kognitiiviset näkökulmat sotilaan fyysiseen suorituskykyyn. Kongressin yhteydessä oli perinteinen sotilaan fyysisen toimintakyvyn optimointiin, monitorointiin ja mittaamiseen liittyvän teknologian ja osaamisen yritysnäyttely. Näytteille asettajilla oli myös suullisia esityksiä kongressin ohjelmassa.

Viides Kansainvälinen sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongressi (ICSPP2020) järjestettiin Quebec Cityssä, Kanadassa 11.–14.2.2020. Sen järjestäjänä toimi ”Human Performance Research and Development, Directorate of Fitness, Canadian Forces Morale and Welfare Services” organisaatio Kanadan asevoimista. Kongressin pääteema oli ”Tiedosta käytäntöön” (Focus on Translating Knowledge to Practice) ja siihen osallistui yli 700 tutkijaa ja asiantuntijaa 32 maasta. Osallistujamäärä oli kongressihistorian suurin. Suomesta kongressiin osallistui 12 tutkijaa ja asiantuntijaa, jotka pitivät esityksensä omista osaamisalueistaan. Suomesta oli lisäksi edustajat kongressin tieteellisessä toimikunnassa (Heikki Kyröläinen), järjestelytoimikunnassa (Tommi Ojanen) ja paneelikeskustelussa (Matti Santtila). Paneelikeskustelun aiheena oli peruskoulutuskauteen (Basic Military Training) liittyvät teemat fyysisen toimintakyvyn eri näkökulmista. Kongressi sisälsi poikkitieteellisesti lähes 500 esitystä käsitellen sotilaan fyysistä ja kognitiivista toimintakykyä, vammojen ennalta ehkäisyä sekä teknologisia innovaatioita toimintakyvyn

seurantaan operatiivisessa toiminnassa. Aiempiin kokouksiin verrattuna kognitiiviseen toimintakykyyn ja resilienssin liittyvät tutkimukset olivat keskeisesti esillä tässä kongressissa. Kognitiivisen ja fyysisen toimintakyvyn yhdistäminen koetaan tärkeäksi eri asevoimissa, koska yhdistettynä ne tukevat tehokkaasti sotilaiden kokonaisvaltaista koulutusta ja toimintakyvyn kehittämistä haastavissa olosuhteissa. Kongressin päätöstilaisuudessa Kanadan asevoimien edustaja luovutti viestikapulan seuraavalle järjestäjälle, joka on Yhdistyneen kuningaskunnan asevoimat. Seuraava kongressi on suunniteltu järjestettäväksi syyskuussa 2023 Lontoossa.

17.1 Pohdinta ja johtopäätökset

Sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongresseissa esitettyjen toimintakykytutkimusten tulokset ovat tukeneet Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän kehittämistä. Esimerkiksi tuorein koulutus uudistus 2020 "Taistelijan keho ja mieli" on saanut merkittäviä vaikutteita sisältöihinsä kongresseissa esitetyistä tutkimustuloksista sekä kansainvälisestä tutkimusyhteistyöstä. Tiedonvaihdon lisäksi kongressit ovat toimineet erinomaisina verkostoitumisen ympäristöinä alan asiantuntijoihin. Koska useilla ammattiassevoimilla on moninkertaiset tutkimusmäärärahat Suomeen verrattuna, kansainvälisen yhteistyön hyödyntämismahdollisuuksia tulisi selvittää ja toteuttaa entistä enemmän lähitulevaisuudessa.

Kongressit ovat olleet tieteelliseltä tasoltaan korkeita ja ne tarjoavat ajantasaisinta tietoa sotilaan fyysisen toimintakyvyn ylläpitoon ja kehittämiseen liittyvistä tutkimustuloksista. Osallistujamäärät ovat kasvaneet vuosi toisensa jälkeen. Kongressia arvostetaan suuresti eri asevoimissa ja siihen osallistutaan huippututkijoiden ja asiantuntijoiden voimin. Puolustusvoimien asema kansainvälisessä tutkimusyhteistyössä on kasvanut merkittävästi ja suomalaisten roolia arvostetaan tutkijayhteisössä korkealle. Kongressista saatavat tiedot ja yhteydet tuovat merkittävää hyötyä Puolustusvoimien fyysisen toimintakyvyn koulutusjärjestelmän kehittämiseksi. Kansainvälisen sotilaan fyysisen toimintakyvyn kongressisarjan tavoitteena on ollut alusta asti koota yhteen alan korkeatasoisimmat asiantuntijat ja tutkijat, vaihtaa tutkimustietoja asevoimien välillä ja kehittää kansainvälistä tutkimusyhteistyötä. Saadun myönteisen palautteen ja kokemusten perusteella voidaan todeta, että kongresseille asetetut tavoitteet on saavutettu. Puolustusvoimien ja Jyväskylän yliopiston yhteistyönä käynnistettyä kongressisarjaa, jossa kongressit järjestetään joka kolmas vuosi eri puolilla maailmaa, voidaan pitää sekä tieteen että maanpuolustuksen kannalta menestyksenä.

17.2 Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimustarpeet

- Kongressisarjan jatkuminen on turvattava siten, että sillä on puolustusvoimien johdon hyväksyntä, ja että Suomi lähettää tutkijoita ja asiantuntijoita tuleviin kongresseihin.
- Kongressin päätuloksista ja esityksistä on aina tuotettava laadukas yhteenveto, joka jaetaan laajasti Puolustusvoimien sisällä.
- Kongressin markkinointia CISM:n ja Pohjoismaiden keskuudessa tulisi tehostaa.
- Pääesikunnan koulutusosaston ja Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystiedon tiedekunnan tulisi aktiivisesti markkinoida kongressia ja saada mukaan uusia kongressin järjestäjämaita. Tarvittaessa tulisi harkita kongressin järjestämistä myös Suomessa tulevaisuudessa.
- Kansainvälisen tutkimusyhteistyön virallistamista esimerkiksi Yhdysvaltojen, Australian, Sveitsin ja Iso-Britannian kanssa tulisi harkita, koska alan tieteellinen verkostoituminen on edellä mainittujen maiden tutkijoiden kanssa hyvällä tasolla ja maiden väliltä löytyy useita yhteisesti kiinnostavia tutkimusaiheita.

18 Toimenpidesuosituksset

Tähän kirjaan on koottu tutkimustieto, joka on pääosin tuotettu Puolustusvoimissa fyysiseen toimintakykyyn liittyen vuosien 2005–2020 aikana. Erityisesti on selvitetty sotilaan kuormittumista eri työtehtävissä maassa, merellä ja ilmassa. Tutkimuksilla on pyritty luomaan perustaa sotilaan tehtäväkohtaisille vaatimuksille erilaisissa ympäristöolosuhteissa. Tutkimukset ovat toteutettu siten, että havaittuja toimintakyvyn muutoksia on kyetty selittämään fysiologisista ja psykologisista näkökulmista, ottaen huomioon myös ravinnon ja unen merkitykset sotilaan toimintakykyyn vaativissa kenttäolosuhteissa. Kunkin katsauksen lopussa tutkijat ovat esittäneet toimenpidesuosituksia. Tässä kappaleessa pyritään yhdistämään aiemmin esitettyä tietoa ja luomaan laajempia toimenpidesuosituksia Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän kehittämiseksi vastaamaan nykyajan taistelukentän ja operatiivisen toiminnan vaatimuksia eri puolutushaarojen ja aselajien näkökulmista.

Puolustusvoimien tutkimusta sotilaan fyysisen toimintakyvyn alueella on viimeisten 15 vuoden aikana ohjannut Taistelija 2005-kirja ja siinä esitetyt toimenpidesuosituksset. Kirjassa fyysiseen suorituskkyyn liittyvä liikuntatieteellinen tutkimustoiminta luokiteltiin toiminnallisin perustein neljään viitekehykseen, jonka osa-alueet ovat taistelija ja taistelukenttä, henkilöstön työkyky, asevelvollisten koulutus sekä valmennus- ja kilpailutoiminta.

Taistelutoiminta on siirtynyt metsistä asutuskeskuksiin ja taajamiin viimeisten vuosikymmenten aikana. Taistelukenttä on samalla teknistyessään muuttunut yhä vaativammaksi, asymmetriseksi ja nopeatempoisemmaksi niin taistelijoiden kuin joukon johtajien kannalta. Taistelun voittaminen edellyttää sotilasjohtajilta ja taistelijoilta ammatillisen osaamisen lisäksi erityisen korkeaa fyysistä, psyykkistä ja kognitiivista valmiutta. Taistelukentän vaatimukset muodostavat peruslähtökohdan sotilaan fyysisen toimintakyvyn määrittämiselle. Taistelijalta edellytetään taistelukentän olosuhteiden muutoksesta johdun aiempaa enemmän aerobisen kestävyuden lisäksi korkeita voima- ja nopeusomaisuuksia sekä anaerobista kestävyyttä. Tyypilliset sotilastehtävät sisältävät edelleen runsaasti taakan ja lisäkuorman nostamista, kantamista sekä siirtämistä. Tutkimukset ovat myös tuoneet esille, että etenkin maalla operoivat sotilaat hyötyvät isosta kehon koosta ja rasvattomasta kehon massasta. Sodanajan joukkojen suorituskyyvylle on asetettava tehtäväkohtaiset vaatimukset, kuten monilla asevoimilla on jo tehty.



Yleiseen asevelvollisuuteen perustuvassa maanpuolustusjärjestelmässä fyysisellä toimintakyvyllä on erityisen suuri merkitys. Nuorten edelleen heikentyvä fyysinen kunto asettaa erityisiä vaatimuksia Puolustusvoimien koulutusjärjestelmien kehittämiseksi, jonka tavoitteena on, että mahdollisimman moni nuori suorittaa onnistuneesti lakisääteisen asevelvollisuutensa. Tämän lisäksi koulutuksen kehittämisessä tulisi ottaa huomioon sukupuolten väliset fysiologiset erot, jotta kyettäisiin rekrytoimaan mahdollisimman monta motivoitunutta naista palvelukseen. Palkatun henkilöstön toimintakyvyn ylläpitämisen perusteina ovat normaali- ja poikkeusolojen toiminnan ja työtehtävien asettamat vaatimukset. Fyysisellä kunnolla on lisäksi merkittävä rooli yksilön terveyden ja työkyvyn edistämisessä.

Fyysisen toimintakyvyn koulutuksen tavoitteena on tuottaa toimintakykyisiä sotilaita Puolustusvoimien poikkeusolojen joukkoihin. Joukkojen on kyettävä säilyttämään toimintakykynsä viikkojen mittaisen jatkuvan taistelukosketuksen ajan. Sotilaiden on lisäksi kyettävä keskittämään voimavaransa muutamien vuorokausien yhtäjaksoisiin ja intensiivisiin taisteluihin. Sotilaiden on myös pystyttävä toimimaan menestyksellisesti erilaisissa kriisinhallintatehtävissä, joihin sisältyy monimuotoisia fyysisiä ja henkisiä haasteita sekä olosuhdetekijöitä.

Puolustusvoimien valmennus- ja kilpailutoiminta on sotilaskoulutusta tukevaa toimintaa. Sotilaskoulutuksessa sekä sotilaan fyysisen toimintakyvyn kehittämisessä voidaan hyödyntää urheiluvalmennuksessa käytettyjä menetelmiä ja tutkimustuloksia. Tämän alueen tutkimus ei edellenkään ole Puolustusvoimissa ollut laajaa, koska sitä tehdään paljon siviilitutkimuslaitoksissa.

Puolustusvoimien henkilöstöpäällikkö on vahvistanut alla esitetyt toimenpiteet käyttöönotettaviksi asiakirjalla AQ20794/16.12.2020 Taistelijan fyysinen toimintakyky – tieteellinen katsaus (liite 2).

1) Fyysisen toimintakyvyn tavoitteet määritetään poikkeusolojen tehtäväkohtaisten vaatimusten näkökulmasta.

Vaatimusten saavuttamista tulee arvioida testein, jonka jälkeen testitulosten ja sotilas-tehtäväänalyysien perusteella kehitetään koulutusta ja asevelvollisten fyysistä harjoittelua koko asevelvollisuusajan. Tehtäväkohtaista fyysistä toimintakyvyn tutkimusta on lisättävä.

2) Monitieteisen toimintakyvyn tutkimustoiminnan kustannustehokkuuden kehittäminen edellyttää nykyistä parempaa koordinointia Puolustusvoimissa.

Tutkimuksellista yhteistoimintaa tulee kehittää Pääesikunnan suunnitteluosaston, Pääesikunnan koulutusosaston, Maanpuolustuskorkeakoulun, Sotilaslääkätieteen keskuksen, Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen ja puolustushaarojen välillä. Koordinoinnin päämääränä on korkeatasoisen ja monitieteisen tutkimustoiminnan kehittäminen kus-

tannustehokkaasti. Perustetaan toimintakykytutkimuksen asiantuntijaryhmä, johon kutsutaan edustajat edellä mainituista organisaatioista. Ryhmään kutsutaan tarveperusteisesti edustajia Puolustusvoimien ulkopuolisista tutkimuslaitoksista ja organisaatioista. Asiantuntijaryhmän tehtävänä on koordinoida ja jakaa tietoa toimintakykyyn liittyvästä tutkimustoiminnasta sekä suunnitella tulevaisuuden toimintaa osana Puolustusvoimien toiminnan ja resurssien suunnittelua.

3) Puolustusvoimien tutkimustoiminnan kustannustehokkuuden ja osaamisen kehittämiseksi syvennetään ja laajennetaan yhteistyötä kansainvälisten tutkimuskumppanien sekä potentiaalisten asevoimien tutkimuslaitosten kanssa.

Kansainvälisen tutkimusyhteistyön mahdollisuudet kartoitetaan potentiaalisten yhteistyötahojen (esim. USA, Sveitsi, Australia, Pohjoismaat, Iso-Britannia, Kanada) kanssa. Osaamisen kehittämiseksi ja verkostoitumisen edistämiseksi tutkimustoiminnan tuloksia esitellään säännöllisesti alan kansainvälisissä kongresseissa.

4) Kehitetään toimintamalleja, jotta fyysistä kuntoa voidaan edistää jo ennen palveluksen alkamista etenkin vähän liikkuvilla nuorilla miehillä ja vapaaehtoiseen asepalvelukseen hakeutuvilla naisilla.

Selvitetään erilaisten liikuntainterventioiden (Marsmars-sovelluksen käyttö, muut harjoittelumallit) vaikuttavuutta tutkimuksilla, joiden tuloksia hyödynnetään toimintamallien kehittämisessä. Kehitystyössä ja kohderyhmien tunnistamisessa otetaan huomioon asevelvollisuuden tulevaisuutta koskevan selvityksen tulokset.

5) Jatketaan fyysistä toimintakykyä kehittävien harjoitusmenetelmien kehittämistä tutkimustietoon perustuen.

Sotilastyö sisältää edelleen runsaasti tehtäviä, joissa vaaditaan hyviä kestävyys- ja voimaominaisuuksia sekä lihasmassaa. Varusmiespalveluksen koulutusolosuhteita tulee kehittää siten, että ne mahdollistavat monipuolisen ja perusyksikkötasoisien voimaharjoittelun sisätiloissa ja ulkona. Tämä ei poista kestävyysominaisuuksien merkitystä sotilaan toiminnassa. Sotilaskoulutuksessa tulee varmistaa riittävä ärsykevaihtelu eri tehoalueilla toteutettavan kestävyys- ja voimaharjoittelun keinoin. Sotilaskoulutus vastaa matalatehoista kestävyysharjoittelua, mistä johtuen sen osuutta ei tule korostaa liikuntakoulutuksessa. Erilaisten harjoittelumenetelmien vaikuttavuutta sotilaskoulutuksen yhteydessä tulee edelleen tutkia. Kouluttajien osaaminen kestävyys- ja voimaominaisuuksien kehittämisessä tulee varmistaa.

6) Valmiusyksiköissä palvelevien varusmiesten sekä niistä kotiutuneiden reserviläisten toimintakykyä on tutkittava nykyistä kattavammin.

Valmiusyksiköiden fyysistä harjoittelua tulee kehittää tutkimustiedon perustella ja lisäksi selvittää erilaisten harjoitusohjelmien vaikuttavuutta valmiusyksikkösotilaiden toimintakykyyn. Lisäksi toimintakyvyn muutoksia tulee tutkia varusmiespalveluksen päättymisen ja reservin ensimmäisen kolmen vuoden välillä. Kattavamman käsityksen luomiseksi määräajoin suoritettavien laajempien reserviläistutkimusten toteutus on lisäksi varmistettava. Reserviläisten fyysisen toimintakyvyn arvioinnissa ja ylläpidossa tulee tiivistää yhteistoimintaa Maanpuolustuskoulutusyhdistyksen kanssa.

7) Toimintakyvyn tutkimuksessa on otettava kokonaisuutena huomioon fyysiset, psyykkiset, sosiaaliset ja eettiset ulottuvuudet. Tutkimusten suunnitteluvaiheessa pyritään eri toimialojen yhteistyönä ottamaan huomioon toimintakyvyn eri ulottuvuudet.

Toimintakyvyn osa-alueet linkittyvät tiiviisti toisiinsa ja esimerkiksi kognitiiviseen toimintakykyyn vaikuttavat laajasti sekä fyysinen että henkinen kuormitus. Lisäksi kehittyvä teknologia lisää sotilaan kognitiivista kuormaa taistelukentällä. Toimintakyvyn kehittämisestä vastaava organisaatorakenne tulee selkeyttää ja rakentaa kaikille hallintotasoille. Taistelijan keho ja mieli -koulutussisällöt tukevat kokonaisvaltaista toimintakyvyn kehittämistä ja siksi niiden toimeenpanoa joukoissa on tehostettava siten, että jokainen koulutettava ymmärtää niiden periaatteet. Tehtävän toteuttaminen edellyttää riittävää osaajaverkostoa, joka vastaa käytännön koulutuksen suunnittelusta ja toimeenpanosta.

Liite 1.

Luettelo Puolustusvoimien ja Jyväskylän yliopiston kanssa yhteistoiminnassa laadituista kansainvälisistä vertaisarvioituista tutkimusjulkaisuista vuosina 2006–2020

1. Fogelholm M, Malmberg J, Suni J, Santtila M, Kyröläinen H and Mäntysaari M (2006) Waist circumference and BMI are independently associated with the variations of cardiorespiratory and neuromuscular fitness in young adult men. *Int J Obesity* 1-8.
2. Fogelholm M, Malmberg J, Suni J, Santtila M, Kyröläinen H, Mäntysaari M and Oja P (2006) International activity questionnaire: Validity against fitness. *Med Sci Sports Exerc.* 38(4): 753-760.
3. Santtila M, Kyröläinen H, Vasankari T, Tiainen S, Palvalin K, Häkkinen A and Häkkinen K (2006) Physical Fitness Profiles in Young Finnish Men During the Years of 1975-2004: A Population Based Study. *Med Sci Sports Exerc.* 38: 1990-1994.
4. Kyröläinen H., Karinkanta J., Pullinen T., Santtila M., Koski H. and Mäntysaari M. (2007) Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology* 102: 539-546.
5. Kyröläinen H., Häkkinen K., Kautiainen H., Santtila M., Pihlainen K. and Häkkinen A. (2008) Physical fitness, BMI and sickness absence in male military personnel. *Occupational Medicine* 58: 251-256.
6. Santtila M., Häkkinen K., Karavirta L. and Kyröläinen H. (2008) Changes in cardiovascular performance during an 8-week military basic training period combined with added endurance or strength training. *Mil Med* 173:1173-1179.
7. Piirainen J.M., Salmi J.A., Avela J. and Linnamo V. (2008) Effect of body composition on the neuromuscular function of Finnish conscripts during an 8-week basic training period. *J Strength Cond Res* 22: 1916–1925.
8. Santtila M., Kyröläinen H., and Häkkinen K. (2009) Changes in maximal and explosive strength, EMG, and muscle thickness of lower and upper extremities during the 8-week with added strength or endurance training in soldiers. *J Strength Cond Res* 23:1300-1308.
9. Vaara J., Kyröläinen H., Koivu M., Tulppo M., Finni T. (2009) The effect of 60-h sleep deprivation on cardiovascular regulation and body temperature. *Eur J Appl Physiol* 105:439-444.
10. Huuskonen A., Tanskanen M., Lappalainen J., Oksala N., Kyröläinen H., Atalay M. (2009) A common variation in the promoter region of the interleukin-6 gene shows association with exercise performance. *J Sports Sci Med* 8: 271-277.
11. Huovinen J., Tulppo M., Hautala A., Kiviniemi A., Nissilä J., Linnamo V., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2009) Relationship between heart rate variability and the serum testosterone-to-cortisol ratio during military service. *Eur J Sport Sci* 9: 277-284.

12. Santtila M., Kyröläinen H. and Häkkinen K. (2009) Serum hormone concentrations during 8-week basic training season with added strength and endurance training in soldiers. *Aviat Space Envir Med* 80: 615-620.
13. Tanskanen M., Uusitalo A., Häkkinen K., Nissilä J., Santtila M., Westerterp K. and Kyröläinen H. (2009) Aerobic fitness, energy balance, and body mass index are associated with training load assessed by activity energy expenditure. *Scand J Med Sci Sports* 19: 871-878.
14. Tyyskä J, Kokko J., Salonen M., Koivu M. and Kyröläinen H. (2010) Associations with physical fitness, serum hormones, and sleep during a 15-day military field training. *J Sci Med Sport* 13: 356-359.
15. Santtila M., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2010) Effects of basic training on acute physiological responses to a combat loaded run test. *Mil Med* 175: 273-279.
16. Häkkinen A., Rinne M., Vasankari T., Santtila M., Häkkinen K., and Kyröläinen H. (2010) Association of physical fitness with health-related quality of life in Finnish young men. *Health and Quality of Life Outcomes* 8: 1-8.
17. Huuskonen A, Tanskanen M, Lappalainen J, Oksala N, Kyröläinen H and Atalaya M (2010) Genetic variations of leptin and leptin receptor are associated with body composition changes in response to physical training. *Cell Biochemistry and Function* 28:306-12.
18. Kyröläinen H., Santtila M. and Vasankari T. (2010) Physical fitness profiles of young men. Associations between physical fitness, obesity and health. *Sports Medicine* 40: 1-14.
19. Tanskanen M., Kyröläinen H., Uusitalo A.L., Huovinen J., Nissilä J., Kinnunen H., Atalay M. and Häkkinen K (2011) Initial level of aerobic fitness and serum cortisol and testosterone concentration are associated with markers of overreaching during strenuous military training. *J Strength Cond Res* 25: 787-797.
20. Nindl B.C., Santtila M., Vaara J., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2011) Circulating IGF- is associated with aerobic fitness and health outcomes in a population of 846 young healthy men. *Growth Hormone & IGF-1 Research* 21: 124-128.
21. Huovinen J., Kyröläinen H, Linnamo V, Häkkinen K and Tulppo M (2011) Effects of basic military training on cardiac neural regulation, testosterone and cortisol concentrations and aerobic fitness. *Eur J Sport Sci* 11: 231-240.
22. Tanskanen M., Uusitalo A.L., Kinnunen H., Häkkinen K., Kyröläinen H. and Atalay A. (2011) Association of military training with oxidative stress and overreaching. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1552–1560.
23. Gagnon D., Pullinen T., Karinen H., Rintamäki H. and Kyröläinen H. (2011) Recovery of hormonal, blood lipid and hematological profiles from a North Pole expedition. *Avi Space Environm Med* 82: 1110-1117.
24. Huuskonen A., Lappalainen J., Oksala N., Santtila M., Häkkinen K., Kyröläinen H. and Atalay M. (2012) Common genetic variation in the IGF1 associates with maximal force output. *Med Sci Sports Exerc* 43:2368-2374.
25. Santtila M., Häkkinen K., Nindl B.C. and Kyröläinen H. (2012) Cardiovascular and neuromuscular performance responses induced by 8-weeks of basic followed by 8 weeks of specialized military training. *J Strength Cond Res* 26: 745-751.

26. Kosola J., Ahotupa M., Kyröläinen H., Santtila M. and Vasankari T (2012) Good aerobic or muscular fitness prevents overweight men from elevated oxidized LDL. *Med Sci Sports Exerc* 44: 563-568.
27. Vaara J., Kyröläinen H., Niemi J., Ohrankämmen O., Häkkinen A., Kocay S. and Häkkinen K. (2012) Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *J Strength Cond Res* 26: 2078-2086.
28. Rintamäki H., Kyröläinen H., Santtila M., Mäntysaari M., Simonen R., Torpo H., Mäkinen T., Rissanen S. and Lindholm H. (2012) From the Subarctic to the Tropics: Effects of 4-month deployment on soldiers' heat stress, heat strain and physical performance. *J Strength Cond Res Suppl* 2:S45-52.
29. Kosola J., Ahotupa M., Kyröläinen H., Santtila M. and Vasankari T (2012) Both poor cardiorespiratory and weak muscle fitness are related to a high concentration of oxidized low-density lipoprotein lipids. *Scan J Med Sci Sports* (in print).
30. Kinnunen H, Tanskanen M, Kyröläinen H and Westerterp K (2012) Wrist-worn accelerometer in assessment of energy expenditure during intensive training. *Physiological Measurement* 33: 1841-1854.
31. Tanskanen M., Westerterp K.R., Uusitalo A.L., Häkkinen K., Atalay A., Kinnunen H. and Kyröläinen H. (2012) Energy supplementation did not increase physical activity during 8 days of sustain physical exertion. *PLOS ONE* 7(10): e47771.
32. Huuskonen A, Lappalainen J, Oksala N, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H and Atalay M (2012) Aerobic fitness does not modify the effect of FTO variation on body composition traits. *Plos ONE* 7(12): e51635. doi: 10.1371/journal.pone.0051635.
33. Santtila M., Häkkinen K., Pihlainen K. and Kyröläinen H. (2013) Comparison between direct and predicted maximal oxygen uptake measurement during cycling. *Millitary Medicine* 178:234-8.
34. Salonen M., Kokko J., Tyyskä J., Koivu M. and Kyröläinen H. (2013) Military operational stress during 72-hours of reconnaissance patrol training. *Journal of defense Studies & Resource Management* 2: 1-4. <http://www.scitechnol.com/2324-9315/2324-9315-2-107.pdf>
35. Gagnon D.G., Rintamäki H., Gagnon S.S., Cheung S.S., Herzig K-H., Porvari K. and Kyröläinen H. (2013) Cold exposure enhances fat utilization but not non-esterified fatty acids, glycerol or catecholamines availability during submaximal walking and running. *Frontiers in Physiology* 4(99):1-10. http://www.frontiersin.org/exercise_physiology/10.3389/fphys.2013.00099/abstract
36. Kosola J., Vaara J., Ahotupa M., Kyröläinen H., Santtila M., Oksala N., Atalay M., Vasankari T. (2013) Elevated concentration of oxidized LDL together with poor cardiorespiratory and abdominal muscle fitness predict metabolic syndrome in young men. *Metabolism* 62: 992-999.
37. Pihlainen K., Santtila M., Häkkinen K., Lindholm H. and Kyröläinen H. (2014) Cardiorespiratory responses induced by various military field tasks. *Military Medicine* 179: 218-224.
38. Kosola J., Ahotupa M., Kyröläinen H., Santtila M., Vasankari T. (2013) Young men with poor cardiorespiratory fitness combined with low testosterone have high levels of oxidized LDL lipids - being fit prevents this relationship. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* 23: 629-637.

39. Vaara J, Fogelholm M, Vasankari T, Santtila M, Häkkinen K and Kyröläinen H (2014) Associations of waist circumference, muscular and cardiorespiratory fitness with cardiovascular risk factors in young adult men. *International Journal of Sports Medicine* 35: 356-360.
40. Kettunen O., Kyröläinen H., Santtila M. and Vasankari T. (2014) Physical fitness and volume of leisure time physical activity relate with low stress and high mental resources in young men. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 54: 545-551.
41. Gagnon D., Rintamäki H., Gagnon S., Oksa J., Porvari K., Cheung S., Herzig K-H. and Kyröläinen H. (2014) Fuel selection during short-term submaximal treadmill exercise in the cold is not affected by pre-exercise low-intensity shivering. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 39:282-291.
42. Gagnon D.D., Gagnon S.S., Rintamäki H., Törmäkangas T., Puukka K., Herzig K-H. and Kyröläinen H. (2014) The effects of cold exposure on leukocytes, hormones and cytokines during acute exercise in humans. *Plos One* 9(10): 1-13.
43. Santtila M., Grönqvist K., Räisänen J. and Kyröläinen H. (2014) Impact on physical fitness of exercise promotion service utilizing social media. *Biomedical Human Kinetics* 6: 74-79.
44. Husu P., Suni J., Vasankari T., Santtila M., Kyröläinen H. and Fogelholm M. (2014) Perceived physical fitness as an indicator of measured fitness in 18-30 year-old men. *Gazzetta Medica Italiana* 173: 601-610.
45. Vaara J.P., Kyröläinen H., Fogelholm M., Santtila M., Häkkinen A., Häkkinen K. and Vasankari T. (2014) Associations of leisure time, commuting, and occupational physical activity with physical fitness and cardiovascular risk factors in young men. *Journal of Physical Activity and Health* 11: 1482-1491.
46. Vaara J., Vasankari T., Fogelholm M., Häkkinen K., Santtila M. and Kyröläinen H. (2014) Maximal strength, muscular endurance and inflammatory biomarkers in young adult men. *International Journal of Sports Medicine* 35: 1229-1234.
47. Ahtiainen J.P., Walker S., Silvennoinen M., Kyröläinen H., Nindl B.C., Häkkinen K., Nyman K., Selänne H. and Hulmi J.J. (2015) Exercise type and volume alter signaling pathways regulating skeletal muscle glucose uptake and protein synthesis. *Eur J Appl Physiol* 115: 1835-1845.
48. Tanskanen M., Kyröläinen H., Santtila M. and Tammelin T (2015) Estimation of aerobic fitness among young men without exercise test. *Biomedical Human Kinetics* 7: 100-108.
49. Silvennoinen M., Ahtiainen, J.P., Hulmi J.J., Pekkala S., Taipale R., Nindl B.C., Laine T., Häkkinen K., Selänne H., Kyröläinen H. and Kainulainen H. (2015) PGC-1 isoforms and their target genes are expressed differently in human skeletal muscle following resistance and endurance exercise. *Physiological Reports* 3 (10), e12563.
50. Friedl K.E., Knapik J.J., Häkkinen K., Baumgartner N., Groeller H., Taylor N.A.S., Duarte A.F.A., Kyröläinen H., Jones B.H., Kraemer W.J., and Nindl B.C. (2015) Perspectives on aerobic and strength influences on military physical readiness: report of an international military physiology roundtable. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29: S10-23.
51. Taipale R., Heinaru S., Nindl B.C., Vaara J., Santtila M., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2015) Hormonal responses to active and passive recovery following load carriage *Journal of Strength and Conditioning Research* 29: S149-153.

52. Santtila M., Pihlainen K., Viskari J. and Kyröläinen H. (2015) Optimal physical training during military basic training period *Journal of Strength and Conditioning Research* 29: S154-157.
53. Vaara J.P., Kallioma R., Hynninen P. and Kyröläinen H. (2015) Physical fitness and hormonal profile during an 11-week paratroop training period. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29: S163-167.
54. Vaara J.P., Kokko H., Isoranta M. and Kyröläinen H. (2015) Effects of added resistance training on physical fitness, body composition, and serum hormone concentrations during eight weeks of special military training period. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29: S168-172.
55. Rintala H., Häkkinen A., Siitonen S. and Kyröläinen H. (2015) Relationships between physical fitness, demands of flight duty, and musculoskeletal symptoms among military pilots. *Military Medicine* 180: 1233-1238.
56. Santtila M., Grönqvist K., Räisänen J. and Kyröläinen H. (2016) Impact of a social media exercises service on individual users and employees at workplaces. *Biomedical Human Kinetics* 8, 65–71, 2016.
57. Kettunen O, Kyröläinen H, Santtila M, Vasankari T, Vuorimaa T. (2016) Greater levels of cardiorespiratory and muscular fitness are associated with low stress and high mental resources in normal but not overweight men. *BMC Public Health* 16: 788.
58. Honkanen T., Mäntysaari M., Avela J. and Kyröläinen H. (2016) Functional test measures as risk indicators for low back pain among fixed-wing military pilots. *Journal of the Royal Army Medical Corps* 0:1-4. doi: 10.1136/jramc-2015-000510
59. Vaara JP, Viskari J, Kyröläinen H, Santtila M. (2016) Perceptions and Attitudes of Female Soldiers Toward Physical Performance and Fitness Standards in Soldiers. *Mil Med* 181:1218-1223.
60. Honkanen, T., Oksa, J., Mäntysaari, M. J., Kyröläinen, H., & Avela, J. (2017). Neck and Shoulder Muscle Activation Among Experienced and Inexperienced Pilots in +Gz Exposure. *Aerospace Medicine and Human Performance* 88: 90-95.
61. Mattila VM, Kyröläinen H, Santtila M. and Pihlajamäki HK. (2017) Low back pain during military service predicts low back pain later in life. *PlosOne* Mar 10;12(3):e0173568. doi: 10.1371/journal.pone.0173568.
62. Koskinen SOA, Kyröläinen H, Flink R, Selänne HP, Gagnon SS, Ahtiainen JP, Nindl BC, Lehti M. (2017) Human skeletal muscle type 1 fibre distribution and response of stress-sensing proteins along the titin molecule after submaximal exhaustive exercise. *Histochemistry and Cell Biology* 148: 545-555.
63. Rintala H., Sovelius R., Rintala P., Huhtala H., Siitonen S. and Kyröläinen H. (2017) MRI findings and physical performance as predictors of flight-induced musculoskeletal pain incidence among fighter pilots. *Biomedical Human Kinetics* 9: 133-139.
64. Pihlainen K., Santtila M., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2018) Evaluation of occupational physical load during a 6-month international crisis management operation. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 31:185 – 197.
65. Appelqvist-Schmidlechner K., Vaara J., Häkkinen A., Mäkinen J., Mäntysaari M. and Kyröläinen H. (2017) Relationships between youth sports participation and mental health in young adulthood among Finnish males. *American Journal of Health Promotion* 1-8.

66. Kraama, L., Yague, P., Kyröläinen, H., Pulkkinen, S., & Matinsalo, T. (2017). Effects of eight weeks of physical training on physical performance and heart rate variability in children. *Biomedical Human Kinetics* 9: 175-180.
67. Santtila M., Pihlainen K., Koski H., Vasankari T. and Kyröläinen H. (2017) Physical Fitness in Young Finnish Men between 1975 and 2015 with a particular focus on the years 2005-2015. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 50: 292-298.
68. Taipale RS, Kyröläinen H, Gagnon SS, Nindl B, Ahtiainen J, Häkkinen K. (2017) Active and passive recovery influence responses of luteinizing hormone and testosterone to a fatiguing strength loading. *European Journal of Applied Physiology* 118:123-131.
69. Pihlainen K., Santtila M., Häkkinen K. and Kyröläinen H. (2018) Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics with Simulated Military Task Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (4), 1089-1098.
70. Ojanen T, Häkkinen K., Vasankari T. and Kyröläinen H. (2018) Changes in physical performance during 21-d of military field training in warfighters. *Military Medicine*, 183 (5-6), e174-e181.
71. Honkanen T., Sovelius R., Mäntysaari M., Kyröläinen H., Avela J. and Leino T. (2018) Physical fitness test results, +Gz exposure and flight duty limitations due to spinal disorders. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 89 (6), 552-556.
72. Gagnon SS, Nindl BC, Vaara JP, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. (2018) Basal endogenous steroid hormones and sex hormone-binding globulin, physical fitness and health in young adult men. *Frontiers Physiology* 27; 9:1005. doi: 10.3389/fphys.2018.01005.
73. Laaksonen M.S., Kyröläinen H., Kemppainen J., Knuuti J. and Kalliokoski K.K. (2018) Muscle free fatty-acid uptake associates to mechanical efficiency during exercise in humans. *Frontiers Physiology* 21; 9:1171., doi: 10.3389/fphys.2018.01171.
74. Kyröläinen H., Pihlainen K., Vaara J.P., Ojanen T. and Santtila M. (2018) Optimising training adaptations and performance in military environment. *Journal of Science and Medicine* 21(11):1131-1138.
75. Ojanen T., Jalanko P. and Kyröläinen H. (2018) Warfighter's physical fitness, hormonal and immunological responses during prolonged military field training. *Physiological Reports* 6(17): e13850.
76. Honkanen T, Mäntysaari M, Avela J, Kyröläinen H, Leino T. (2018) Assessment of Muscular Fitness as a Predictor of Flight Duty Limitation. *Military Medicine* 183 (11-12), e693.
77. Ojanen T., Kyröläinen H., Igendia M. and Häkkinen K. (2018) Effect of prolonged military field training on neuromuscular and hormonal responses and shooting performance in warfighters. *Military Medicine*, 183 (11-12), e705.
78. Vaara JP, Oksanen H, Kyröläinen H, Virravirta M, Koski H, Finni T. (2019) 60-hour sleep deprivation affects submaximal but not maximal physical performance. *Front Physiol.* 16;9:1437.
79. Salonen M, Huovinen J., Kyröläinen H., Piirainen J. and Vaara J. (2019) Neuromuscular performance and hormonal profile during military training and subsequent recovery period. *Mil Med.* 1;184(3-4):e113-e119.
80. Santtila M., Pihlainen K., Koski H., Ojanen T. and Kyröläinen H. (2019) Physical fitness and body anthropometric profiles of the female recruits entering to voluntary military service. *Mil Med.* 1;184(1-2):e200-e205.

81. Nykänen T, Pihlainen K, Santtila M, Vasankari T, Fogelholm M, Kyröläinen H. (2019) Diet macronutrient composition, physical activity, and body composition in soldiers during 6 months deployment. *Mil Med.* 1;184(3-4):e231-e237.
82. Piirainen JM, Rautio T, Tanskanen-Tervo MM, Kyröläinen H, Huovinen J, Linnamo V. (2019) Effects of 10 weeks of military training on neuromuscular function in non-overreached and overreached conscripts. *J Electromyogr Kinesiol.* 47:43-48.
83. Pihlajamäki H, Parviainen M, Kyröläinen H, Kautiainen H, Kiviranta I. (2019) Regular physical exercise before entering military service may protect young adult men from fatigue fractures. *BMC Musculoskelet Disord.* 25;20(1):126.
84. Honkanen T, Mäntysaari M, Leino T, Avela J, Kerttula L, Haapamäki V, Kyröläinen H. (2019) Cross-sectional area of the paraspinal muscles and its association with muscle strength among fighter pilots: a 5-year follow-up. *BMC Musculoskelet Disord.* 16;20(1):170.
85. Kinnunen H., Häkkinen K., Schumann M., Karavirta L., Westerterp K. and Kyröläinen H. (2019) Training-induced changes in daily energy expenditure: methodological evaluation using wrist-worn accelerometer, heart rate monitor, and doubly labeled water technique. *Plos One PLoS One.* 2019 Jul 10;14(7):e0219563.
86. Kujala U, Vaara J, Kainulainen H, Vasankari T, Vaara E, Kyröläinen H. (2019) Associations of aerobic fitness and maximal muscular strength with metabolites in young men. *JAMA Network Open* 2(8): e198265.
87. Taipale R.S., Gagnon S.S., Ahtiainen J.P., Häkkinen K., Kyröläinen H. and Nindl B.C. (2019) Active recovery shows favorable IGF-I and IGF binding protein responses following heavy resistance exercise compared to passive recovery. *Growth Hormone & IGF Research* 48-49: 45-52.
88. Vaara J.P., Vasankari T., Koski H., Kyröläinen H. (2019) Awareness and knowledge of physical activity guidelines in young adult men. *Frontiers in Public Health*, 30 October 2019; doi: 10.3389/fpubh.2019.00310.
89. Salo K., Piirainen J., Tanskanen M., Kyröläinen H., Huovinen J. and Linnamo V. (2019) Neuromuscular adaptation of conscripts during 8-week military basic training period in Finnish winter conditions. *Biomedical Human Kinetics* 11:167-174.
90. Pihlajamäki H., Silvennoinen A., Kuikka P.-I., Luukkaala T., Kröger H. and Kyröläinen H. (2020) Incidence and risk factors of upper extremity injuries in young adult men: a nationwide registry-based study of 128,714 conscripts. *Military Medicine* 185: 3-4, e487–e494.
91. Jurvelin H, Tanskanen-Tervo M, Kinnunen H, Santtila M, Kyröläinen H. (2020) Training load and energy expenditure during military basic training period. *Med Sci Sports Exerc.* 52(1): 86-93.
92. Vaara JP, Santtila M, Vasankari T, Fogelholm M, Mäntysaari M, Pihlainen K, Vaara E, Kyröläinen H. (2020) Cardiorespiratory and muscular fitness in young adult Finnish men between 2003 and 2015. *Scand J Med Sci Sports* 30 (4):716-724.
93. Pihlainen K, Vaara J, Ojanen T, Santtila M, Vasankari T, Tokola K, Kyröläinen H. (2020) Effects of baseline fitness and BMI levels on changes in physical fitness during military service. *J Sci Med Sport* 23 (9):841-845.

94. Pihlainen K, Häkkinen K, Santtila M, Raitanen J, Kyröläinen H. (2020) Differences in Training Adaptations of Endurance Performance during Combined Strength and Endurance Training in a 6-Month Crisis Management Operation. *Int J Environ Res Public Health* 17(5):1688. doi: 10.3390/ijerph17051688.
95. Vaara JP, Vasankari T., Fogelholm M., Koski H. and Kyröläinen H. (2020) Cycling but not walking to work or study is associated with physical fitness, body composition and clustered cardiometabolic risk. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020 Feb 20;6(1):e000668.
96. Nykänen T., Pihlainen K., Kyröläinen H. and Fogelholm Mikael (2020) Associations of nutrition and body composition with CVD risk factors in soldiers during a 6-month deployment. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 33(4):457-466.
97. Ojanen T., Kyröläinen H., Kozharskaya E. and Häkkinen K. (2020) Changes in Warfighters physical performance and hormonal profile after 12 weeks of strength, endurance or task specific training. *Physiological Reports* 8(9): e14422.
98. Ikonen J.J., Joro R.I.A, Uusitalo A.L., Kyröläinen H., Kovanen V., Atalaya M. and Tanskanen M.M. (2020) Effects of military training on plasma amino acid concentrations and their associations with overreaching. *Experimental Biology* May 3: 1535370220923130.
99. Nindl BC, Ahtiainen J, Gagnon SS, Taipale RS, Pierce JR, Martin BJ, Beckner ME, Lehti M, Häkkinen K, Kyröläinen H. (2020) Microdialysis-Assessed Exercised Muscle Reveals Localized and Differential IGF1 Responses to Unilateral Stretch Shortening Cycle Exercise. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 11:315. doi: 10.3389/fendo.2020.00315.
100. Appelqvist-Schmidlechner K., Vaara J.P., Vasankari T., Häkkinen A., Mäntysaari M. and Kyröläinen H. (2020) Relationship between different domains of physical activity and positive mental health among young adult men. *BMC Public Health* 16; 20(1):1116. doi: 10.1186/s12889-020-09175-6.
101. Santtila M., Pihlainen K., Vaara J.P., Tokola K. and Kyröläinen H. (2020) Changes in Physical Fitness and Anthropometrics Differ between Female and Male Recruits during Military Service. *BMC Military Health*. Published Online First: 30 September 2020. doi: 10.1136/bmjmilitary-2020-001513.
102. Vaara JP, Pihlainen K, Rusila J, Ojanen T, Kyröläinen H (2020) Physical fitness and anthropometrics in Finnish soldiers during their early career: Prospective changes during a 3-year follow-up. *BMJ Military Health*. Published Online First: 30 September 2020. doi: 10.1136/bmjmilitary-2020-001571.
103. Appelqvist-Schmidlechner K, Vaara JP, Vasankari T, Häkkinen A, Mäntysaari M, Kyröläinen H. (2020) Muscular and cardiorespiratory fitness are associated with health-related quality of life among young adult men. *BMC Public Health* 20(1):842. doi: 10.1186/s12889-020-08969-y.
104. Ojanen T, Häkkinen K, Hanhikoski J and Kyröläinen H (2020) Effects of Task-specific and Strength Training on Simulated Combat Task Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 8000; doi: 10.3390/ijerph17218000.
105. Vaara JP, Eränen L, Ojanen T, Pihlainen K, Nykänen T, Kallinen K, Heikkinen R and Kyröläinen H (2020) Can physiological and psychological factors predict dropout from intense 10-day winter military survival training? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 9064; doi: 10.3390/ijerph17239064.

106. Vaara JP, Vasankari T, Wyss T, Pihlainen K, Ojanen T, Raitanen J, Vähä-Ypyä H, Kyröläinen H (2020) Device-based measures of sedentary time and physical activity are associated with physical fitness and body fat content. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (23), 9064. doi: 10.3390/ijerph17239064.
107. Honkanen T, Rintala H, Vaara JP and Kyröläinen H (2020) Muscular Fitness Improves during the First Year of Academy Studies among Fighter Pilot Cadets *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(24), 9168; doi: 10.3390/ijerph17249168 - 08 Dec 2020.
108. Pihlainen K, Pesola AJ, Helén J, Häkkinen K, Finni T, Ojanen T, Vaara JP, Santtila M, Raitanen J and Kyröläinen H (2020) Training-Induced acute neuromuscular responses to military specific test during a six-month military operation. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(1):215. doi: 10.3390/ijerph18010215.
109. Pihlainen K, Kyröläinen H, Santtila M, Ojanen T, Raitanen J and Häkkinen K (2020) Effects of combined strength and endurance training on body composition, physical fitness, and serum hormones during a 6-month crisis management operation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Dec 17; Publish Ahead of Print. doi: 10.1519/JSC.0000000000003902.



PEKOULOS 13/5.11.1/D//5.2.2003 Taistelija 2005 - fyysinen suorituskyvyn tutkimustoiminta

TAISTELIJAN FYYSINEN TOIMINTAKYKY 2020 - TIETEELLINEN KATSAUS

Puolustusvoimien henkilöstöstrategian mukaisesti toimintakyky on fyysistä, psyykkistä, sosiaalista ja eettistä valmiutta toimia tilanteen, päämäärien, tavoitteiden ja olosuhteiden edellyttämällä tavalla. Riittävän toimintakyvyn merkitys korostuu poikkeusoloissa, kansainvälisissä kriisinhallintatehtävissä sekä erilaisissa normaaliolojen poikkeamissa, kuten COVID19 -epidemia on hyvin osoittanut.

Laki Puolustusvoimista velvoittaa ammattisotilaan ylläpitämään tehtäviensä edellyttämää ammattitaitoa ja kuntoa normaali- sekä poikkeusoloissa. Tämän lisäksi fyysisen toimintakyvyn tavoitteita on määritetty myös muille asevelvollisille. Jotta sotilaan työ eri valmiustiloissa olisi turvallista ja tehokasta tarvitaan tutkimustoimintaa selvittämään millaisia kuormitustekijöitä ja fyysisiä vaatimuksia erilaiset sotilastehtävät sisältävät.

Puolustusvoimissa fyysiseen toimintakykyyn liittyvän koulutuksen kehittäminen on perustunut vahvasti tutkimustietoon. Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020 -julkaisuun on koottu tiivistetysti osa laajempien tutkimusprojektien tuloksista. Julkaisu luo yleiskuvan sotilaan fyysiseen toimintakykyyn liittyvistä ilmiöistä eri toimintaympäristöissä sekä osoittaa toimintakyvyn eri ulottuvuuksien keskinäiset suhteet.

Haluan kiittää kaikkia "Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020" -julkaisun kirjoittajia, tutkimusprojekteihin osallistuneita asiantuntijoita sekä erityisesti niitä tuhansia vapaaehtoisia tutkittavia, joita ilman tutkimustoiminta ei olisi mahdollista. Julkaisun lopussa esitetyt toimenpidesuositukset otetaan käyttöön fyysisen toimintakyvyn jatkokehittämiseksi.

Puolustusvoimien henkilöstöpäällikkö

Kenraaliluutnantti

Ilkka Korkiamäki

Koulutus­päällikkö

Kenraalimajuri

Jukka Sonninen

Pääesikunta
Koulutusosasto
HELSINKI

Käsky

2 (2)
AQ20794

Tämä asiakirja on sähköisesti allekirjoitettu.

LIITTEET

Taistelijan fyysinen toimintakyky 2020 -julkaisu

JAKELU

TIEDOKSI

Maanpuolustuskorkeakoulu

Maanpuolustuskorkeakoulu
Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos
PL 7, 00861 HELSINKI

Puh. 0299 800 (vaihde)

mpkk.fi

ISBN 978-951-25-3184-4 (nid.)

ISBN 978-951-25-3185-1 (PDF)

