

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**ILMAVOIMIEN OHJAAJAKURSSILLE VALITTUJEN FYYSISEN  
SUORITUSKYVYN LÄHTÖTASO JA SEN MUUTOKSET VUODESTA  
1997 VUOTEEN 2004**

Pro Gradu -tutkielma

Kadettiväpeli  
Tommi Eskola

Kadettikurssi 89  
Ilmavoimien ohjaajalinja

Helmikuu 2006

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 89	Linja Ilmavoimien ohjaajalinja
Tekijä: Kadettivääpeli Tommi Eskola	
Tutkielman nimi: <b>Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötaso ja sen muutokset vuodesta 1997 vuoteen 2004</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto
Aika: Helmikuu 2006	Tekstisivuja: 207
<b>TIIVISTELMÄ</b> <p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mikä on Ilmavoimien ohjaajalinjalle valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötaso. Lähtötasolle määritettiin viitearvot. Samalla oli tarkoitus selvittää onko ohjaajakurssin fyysisessä suorituskyvyssä tapahtunut muutoksia vuosien 1997 ja 2004 välillä. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia liikunnanharrastajatyyppejä kurssille tulee valituksi. Tämän lisäksi oli vielä tarkoitus vertailla miten määritellyt viitearvot suhteutuvat muille populaatioille määriteltyihin viitearvoihin. Vertailtavia viitearvoja olivat vuonna 1997 ohjaajakurssin valintavaiheen lihasvoimatestistölle muodostetut viitearvot sekä normaaliväestön, jääkiekkoilijoiden, keihäänheittäjien ja painonnostajien viitearvot.</p> <p>Ilmavoimissa on ollut ohjaajakurssin valintavaiheessa vuodesta 1997 koekäytössä jalkojen, vartalon ja niskan lihasvoimia mittaava testistö. Lihasvoimatestistö sisältää anaerobista tehoa mittaavan hyppytestin, vartalon- ja niskan maksimivoimaa mittaavat isometriset dynamometritestit sekä käsien- ja ylävartalon dynaamista voimaa ja koordinaatiota mittaavan heittoporttitestien. Näiden lisäksi valintavaiheen testit sisältävät BMI:n määrittämisen, aerobista tehoa mittaavan polkupyöräergometritestin, varusmiesten kuntotestin ja liikunnallisuutta arvioivan liikunnanharrastajatyypin – luokituksen. Näitä valintavaiheen testitietoja</p>	

käytettiin tutkimuksessa empiirisenä aineistona. Aineisto sisälsi vuosien 1997-2004 välillä ohjaajakurssille valittujen henkilöiden testitulokset.

Tutkimusaineiston analysoinnissa ryhmien välisten erojen tutkimiseen käytettiin yksisuuntaista varianssianalyysia ja U-testiä. Testien välisten yhteyksien mittaamiseen käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa.

Ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso määriteltiin viitearvojen avulla. Ohjaajakurssilaisten fyysisessä suorituskyvyssä ei tutkimuksen mukaan ole tapahtunut säännönmukaista ja tilastollisesti merkittävää muutosta. Tilastollisesti merkittäviä eroja esiintyi, mutta säännönmukaisia huononemistrendiä ei. Liikunnanharrastajatyypeistä yleisimmin kurssille on tulosten mukaan tullut valituksi Taito-Teho –tyyppinen henkilö. Vuoden 1997 viitearvoihin verrattuna nyt määritellyt viitearvot olivat tiiviimmin jakautuneita siten, että vuoden 1997 viitearvoissa parhaimpien viitearvojen rajat ovat ylempänä ja huonoimpien alempana kuin tämän tutkimuksen viitearvoissa. Muihin viitearvoihin verrattuna ohjaajakurssin vartalon ojentajien painoon suhteutetun maksimivoiman viitearvot ovat jääkiekkoilijoiden kanssa samalla tasolla. Normaaliväestön viitearvot ovat alempana ja painonnostajien ylempänä. Vartalon koukistajien osalta ohjaajakurssin viitearvot ovat normaaliväestön tasalla. Jääkiekkoilijoiden ja painonnostajien viitearvojen ollessa selvästi ylempänä. Heittoporttitestin vertailussa keihäänheittäjien viitearvot ovat melko selvästi ohjaajakurssin viitearvoja ylempänä.

Vartalon ja niskan riittävät voimatasot ovat erittäin tärkeitä sotilaslentäjän operatiivisen toimintakyvyn kannalta. Niissä mahdollisesti ilmenevät vajavaisuudet ovat riski sotilaslentäjän koulutus- ja taistelukelpoisuudelle. Tutkimuksen tulosten perusteella määriteltiin lähtötaso, jolta sotilaslentäjän ammattiin lähdetään. Tulosten perusteella lähtötason suorituskykyä tulisi pyrkiä kehittämään, jotta toimintakykyisyyttä pystyttäisiin ylläpitämään koko uran ajan, ammattitaudeilta välttyen.

Sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn kehittymisen seuraamiseksi tulisi Ilmavoimissa ottaa valintavaiheessa käytössä oleva testipatteristo viralliseen ja jatkuvaan testaus- ja seuranta-käyttöön. Lisäksi seurantatesteille ja erikseen eri ikäluokille tulisi määrittää omat viitearvot ja tavoitetasot, jotka saavuttaessaan sotilaslentäjän voitaisiin arvioida olevan taistelukelpoisuudeltaan vaaditulla tasolla.

#### **Avainsanat**

Sotilaan toimintakyky, taistelukelpoisuus, koulutuskelpoisuus, fyysinen suorituskyky, kuntotestaus, lajianalyysi, kiihtyvyysoimat, varianssianalyysi, u-testi

# ILMAVOIMIEN OHJAAJAKURSSILLE VALITTUJEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN LÄHTÖTASO JA SEN MUUTOKSET VUODESTA 1997 VUOTEEN 2004

1. JOHDANTO .....	10
2. TUTKIMUKSEN TAUSTAT JA VIITEKEHYS .....	13
2.1. Tutkimuksen taustat .....	13
2.2. Tutkimuksen viitekehys ja tutkimusasetelma .....	16
2.3. Sotilaspedagogiikka .....	20
2.3.1. Toimintakyky .....	22
2.3.2. Sotilaan toimintakyky .....	24
2.3.3. Sotilaan suorituskyky .....	26
2.3.3.1. Fyysinen suorituskyky .....	26
2.3.3.2. Fyysinen kunto eli fyysinen työkyky .....	27
2.3.3.3. Sotilaskunto .....	30
2.3.4. Kestävyys .....	31
2.3.5. Voima .....	36
2.3.6. Taito ja taitavuus .....	42
2.3.7. Antropometria .....	47
2.4. Fyysinen koulutus .....	49
2.5. Fyysinen kasvatus .....	50
2.6. Liikuntakasvatus .....	50
2.7. Fyysinen aktiivisuus .....	51
2.7.1. Liikuntakykyisyys ja liikunnallisuus .....	52
2.7.2. Liikuntakäyttäytyminen .....	52
2.8. Taistelukelpoisuus .....	52
2.9. Koulutuskelpoisuus .....	53
2.10. Kenttäkelpoisuus .....	53
3. FYYSISTEN OMINAISUUKSIEN TESTAUS .....	54
3.1. Lajianalyysi testauksen pohjana .....	54
3.2. Viitearvot testauksen apuna .....	58
3.3. Fyysisten ominaisuuksien testauksen jako .....	60
3.4. Kuntotestit .....	60
3.4.1. Testauksen tavoitteet .....	60

3.4.2.	Testauksen luotettavuus .....	61
3.5.	Kuntotestauksen periaatteet fyysisen työkyvyn arvioinnissa.....	63
3.6.	Kestävyiden mittaaminen .....	64
3.6.1.	Kestävyiden mittaaminen suoralla menetelmällä.....	64
3.6.2.	Kestävyiden mittaaminen epäsuoralla menetelmällä .....	65
3.6.3.	Tehontuoton mittaaminen polkupyöraergometrilla.....	67
3.7.	Voimaominaisuuksien mittaaminen.....	67
3.7.1.	Maksimivoiman mittaaminen .....	68
3.7.2.	Anaerobisen tehon mittaaminen.....	70
3.7.3.	Nopeusvoiman mittaaminen.....	71
3.7.4.	Kestovoiman mittaaminen .....	72
4.	SOTILAAN TYÖN ERITYISPIIRTEET .....	74
4.1.	Yleistä työn kuvasta .....	74
4.2.	Nykyaikaisen sodan ja taistelukentän kuva.....	75
4.3.	Sotilaan fyysiseen kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä.....	76
5.	SOTILASLENTÄJÄN TYÖN ERITYISPIIRTEET .....	78
5.1.	Yleistä työn kuvasta .....	78
5.2.	Kiihtyvyysoimat.....	79
5.3.	Kiihtyvyysoimien aiheuttamat fysiologiset muutokset.....	82
5.3.1.	Kiihtyvyyksien vaikutukset hengitykseen, verenkiertoon ja sydämen toimintaan .. .....	82
5.3.2.	Vaikutus tukirankaan ja raajoihin .....	85
5.3.3.	G-sietokyky .....	85
5.4.	Sotilaslentäjän tarvitsema suorituskyky .....	87
5.4.1.	Sotilaslentäjän kestävyys .....	87
5.4.2.	Sotilaslentäjän voima .....	88
5.4.3.	Sotilaslentäjän taito .....	89
5.5.	Sotilaslentäjien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn mittaaminen.....	90
5.5.1.	Vartalon ja kaulan lihasten maksimaalisen isometrisen voiman testaus.....	91
5.5.2.	Anaerobinen teho .....	91
5.5.3.	Ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti .....	92
5.5.4.	Aerobinen teho .....	92
5.5.5.	Lihaskuntotestit .....	93

5.6. Syyt sotilaslentäjien testauksessa käytettävien menetelmien valintaan – miksi näihin testeihin on päädytty?.....	93
6. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET .....	95
6.1. Lentävän henkilöstön lihasvoimatestien viitearvot.....	95
6.2. Performance requirements of physically strenuous occupations: validating minimum standards for muscular strength and endurance .....	96
6.3. Kaikki kunnossa? – Suomalaisen koululaisten fyysinen kunto vuosina 1976 ja 2001/98	
6.4. Changes in the physical fitness of men entering the Finnish military service during the years of 1975-2004: A population based study.....	100
6.5. Kestääkö kunto? – Koululaisten ja varusmiesten kestävyyskunnan muutoksia vuodesta 1976 vuoteen 2004 .....	101
7. TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUKSEN RAJAUS .....	102
7.1. Tutkimusongelmat.....	102
7.2. Tutkimuksen rajaus .....	104
8. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	105
8.1. Yleistä .....	105
8.2. Tutkimuksen luokittelu .....	105
8.3. Tilastolliset menetelmät .....	106
8.3.1. Yleistä .....	106
8.3.2. Hypoteesi.....	107
8.3.3. Tutkimusaineiston kerääminen .....	107
8.3.4. Otos .....	108
8.4. Tilastollisen testin valinta .....	109
8.4.1. Yleistä .....	109
8.4.2. Mitta-asteikko .....	111
8.4.3. Muuttuja .....	111
8.4.4. Jakauman muodon määrittäminen.....	111
8.4.5. Parametrinen ja ei-parametrinen testi.....	113
8.4.6. Yksisuuntainen varianssianalyysi .....	113
8.4.7. Mann-Whitneyn U-testi .....	116
8.4.8. Korrelaatiokerroin .....	117
8.5. Tutkimuskohde.....	118
8.5.1. Koehenkilöt.....	118

8.5.2.	Testimuuttujat .....	118
8.5.3.	Tutkimusvälineistö.....	119
8.5.4.	Koeasetelma .....	122
8.5.5.	Koehenkilöiden esitiedot.....	123
8.5.6.	Kuntotestien rakenne.....	123
9.	TUTKIMUKSEN KULKU JA EMPIIRINEN TOTEUTUS.....	138
9.1.	Aineiston keruu .....	138
9.2.	Aineiston käsittely.....	138
9.2.1.	Normaaliuden tarkastelu .....	139
9.2.2.	Keskiarvojen ja kvartiilien määrittäminen sekä kvartiileihin jako.....	143
9.2.3.	Ryhmien väliset erot .....	145
9.2.4.	Testien väliset korrelaatiot .....	148
9.2.5.	Lihaskuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus.....	149
9.2.6.	Liikunnanharrastajatyypin suhteellinen jakautuneisuus.....	150
9.2.7.	Lihaskuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus.....	150
9.2.8.	Maksimaalisen tehontuoton testitulosten vertailu käytössä oleviin maksimaalisen tehontuoton viitearvoihin .....	151
9.2.9.	Testitulosten vertailu muiden populaatioiden testituloksiin .....	152
10.	TULOKSET .....	154
10.1.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötaso.....	154
10.1.1.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötason viitearvot .....	154
10.1.2.	Testien väliset korrelaatiot .....	156
10.2.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä.....	157
10.2.1.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen lihasvoima vuosina 1997-2004.....	157
10.2.2.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen maksimaalinen tehontuotto vuosina 1997-2004 .....	165
10.2.3.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen kehon painoindeksi (BMI) vuosina 1997-2004 .....	166
10.2.4.	Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen lihasuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus vuosina 1998-2004 .....	167

10.2.5. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen liikunnanharrastajatyypin suhteellinen jakautuneisuus vuosina 1997-2004.....	168
10.3. Ilmavoimien ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso suhteessa muiden populaatioiden fyysiseen suorituskykyyn .....	169
10.3.1. Lihasvoimatestien viitearvot vuosina 1997 ja 2006.....	169
10.3.2. Maksimaalisen suorituskyvyn viitearvot suhteessa Ilmavoimissa käytössä oleviin ohjeellisiin minimisuosituksiin .....	172
10.3.3. Ohjaajakurssille luodut vartalon lihasvoimatestien viitearvot suhteessa painonnostajille, jääkiekkoilijoille ja normaaliväestölle määriteltyihin lihavoimatestien viitearvoihin .....	173
10.3.4. Ohjaajakurssille luodut heittoporttitestin viitearvot suhteessa keihäänheittäjille määriteltyihin heittoporttitestin viitearvoihin .....	175
11. TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS .....	176
11.1. Mittauksen täsmällisyys ja luotettavuus.....	176
11.2. Tutkimuksen validiteetti .....	177
11.3. Reliabiliteetti .....	178
12. POHDINTA .....	182
12.1. Ilmavoimien ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso.....	182
12.2. Korrelaatiot .....	191
12.3. Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä.....	192
12.4. Ohjaajakurssin lihasvoimatestien viitearvojen suhteutuminen vuoden 1997 testievaluuatiotutkimuksen viitearvoihin ja aerobisen tehon viitearvojen suhteutuminen ilmavoimien aerobisen tehon ohjeellisiin minimisuosituksiin.....	196
12.5. Ohjaajakurssille luodut lihasvoimatestien viitearvot suhteutettuna vertailupopulaatioille määriteltyihin lihasvoimatestien viitearvoihin.....	200
12.6. Suositukset ja jatkotutkimusehdotukset .....	202
12.7. Tutkimustyö oppimisprosessina, kokemukset ja kohdatut haasteet.....	205
LÄHTEET.....	208
LIITTEET .....	226



# **ILMAVOIMIEN OHJAAJAKURSSILLE VALITTUJEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN LÄHTÖTASO JA SEN MUUTOKSET VUODESTA 1997 VUOTEEN 2004**

## **1. JOHDANTO**

Upseerien peruskoulutus kehitettiin 1990 – luvulla ylemmäksi korkeakoulututkinnoksi. Ennen Maanpuolustuskorkeakoulun perustamista upseerien tieteellinen sivistys koulutuslalla rajoittui perustutkinnon alkuvaiheessa suoritettuun kasvatustieteen approbatur – arvosanaan. Tämä ei kuitenkaan riittänyt luomaan pohjaa sotilaskoulutuksen tutkimukselle eikä kouluttajataidon ja – kasvatuksen kehittämiseksi. Nykyisessä Maanpuolustuskorkeakoulussa kehittämistä ja tutkimusta palvelee erityinen tiedonala, sotilaspedagogiikka. Se on oppi kouluttajataidosta, päämäärien asettelusta, oppimisenohjauksesta ja koulutustoiminnan sekä osaamisen arvioinnista. Sotilaspedagogiikan erityisaluetta on sotilaiden toimintakyvyn kehittäminen oppimisen avulla (Toiskallio 1996, 1998, 2002.)

Sotilaan toimintakyvyn tutkimustoiminta pitää sisällään fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminnan. Poikkitieteellisenä tutkimusalueena sotilaan fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta on eri tieteenaloja soveltavaa tutkimustoimintaa, jonka tärkeimpänä tavoitteena on tuottaa käytännön tietoa sotilaiden koulutukseen huomioiden sekä rauhan että sodan ajan tehtävät. (Kyröläinen ym. 2003, 5.) Tämä tutkimus on osa kahta puolustusvoimissa käynnissä olevaa ja liikuntatieteitä sivuavaa tutkimushanketta. Ne ovat nimeltään ”Sotilaslentäjien ammatillisten suorituskykytestien viitearvot” ja ”Sotilaslentäjän fyysisen kunnan sekä tuki – ja liikuntaelinongelmien yhteys”.

Sotilaslentäjän työ on fyysisesti hyvin rasittavaa (esim. Burton 1988). Tämä rasittavuus oli tieostettu Ilmavoimissa jo 1970 – luvulla. Vuonna 1979 Ilmavoimien komentaja asetti "Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmän" tutkimaan sotilaslentäjien ammatillista fyysistä suorituskykyä. Alusta alkaen työryhmän yhtenä tehtävänä oli etsiä soveltuvia kuntotestejä sotilaslentäjän fyysisen lentokelpoisuuden määrittämiseksi. 1980-luvulla työryh-

mä toteutti yhdessä Jyväskylän yliopiston ja Ruotsin ilmavoimien kanssa mittavan työn kuormittavuuteen ja kiihtyvyyshäiriöiden sietokykyyn perustuvan tutkimusasetelman. Tämän tutkimuksen perusteella keskeisimmiksi ammatillista fyysistä suorituskykyä tukeviksi tekijöiksi nousivat erityisesti vartalon ja alaraajojen isometriset maksimivoimaominaisuudet, eritoten kyky tuottaa voimaa nopeasti. Aerobisella kestävyydellä ei koettu olevan voimaan verrattavaa merkitystä lyhyissä G-kuormitusta sisältävissä lentosuoritteissa, mutta siitä huolimatta aerobinen kestävyys koettiin tärkeäksi kuormituksesta ja toistuvista lentosuorituksista palautumisen kannalta. Näin oli otettu kansainvälisestäkin merkittävä askel sotilaslentäjän työn fyysiseen "lajianalyysiin". (Tesch, Hjort & Balldin 1983, 693-693; Epperson, Burton & Bernauer 1985; Whinnery & Parnell 1987, 199-204; Rintala 2000, 86-89.)

1990-luvun puolivälissä Ilmavoimissa keskityttiin sotilaslentäjän työn kuormittavuuden jatkotutkimuksiin yhdessä Oulun aluetyöterveyslaitoksen kanssa. Kertynyttä tutkimustietoa ja lostettiin yhä spesifimpiin tutkimuksiin isometrisen voimantuoton ja anaerobisen kuormituksen alalla. Suuria G-kuormituksia sisältävien lentotehtävien aikaisissa lihasaktiivisuus- ja sykevariaatiomittauksissa todennettiin jopa 257 % suuremmat lihasaktiivisuudet henkilön maksimivoimantuoton aikaisiin arvoihin verrattuna, sykkeen pysyessä kuitenkin vauhti- ja maksimikestävyysalueilla (Oksa, Hämäläinen & Rissanen 1996, 1138-43; Rintala 2000, 86-89). (Rintala 2000, 86-89.) Pitkäaikaisista ja toistuvista kiihtyvyyshäiriöistä on havaittu olleen seurauksena myös kaularangan välilevyjen kulumamuutoksia, jotka tietyin edellytyksin on todettu ammattitaudiksi (Työterveyslaitos 1995). Myöhemmissä tutkimuksissa on todettu, että jopa 75 % sotilaslentäjistä kärsii tai on kärsinyt toimintakykyä heikentävästä niska- tai selkäkivusta (Rintala, Häkkinen, Kautiainen & Siitonen 2005). Jatkotutkimustyön perusteella Ilmavoimissa otettiin käyttöön lihasvoimatestipatteristo, joka on ollut vuodesta 1997 alkaen koekäytössä ilmavoimien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn testeissä. Huolimatta siitä, että testipatteristoa ei ole näihin päiviin mennessä virallistettu, on sotilaslentäjien lähtötason lihasvoima – datan keräämistä edelleen jatkettu. Tällä tutkimuksella oli tarkoitus koota vuoden 2004 mennessä kerätty data ja sen tuottama informaatio sotilaslentäjien lähtötasosta yhteen. Näin ollen tutkimuksen päätavoitteeksi muodostui ilmavoimien sotilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn lähtötason määrittäminen. Lähtötason arvioimisessa käytettiin myös muita populaatioita vertailuryhminä. Näitä populaatioita olivat normaaliväestö, jääkiekkoilijat, painonnostajat ja keihäänheittäjät.

Nykyaikaisessa sodassa ja sitä alemman asteisissa kriiseissä hyvän koulutuksen merkitys korostuu. Erityisen korostunutta tämä on ilmasodankäynnissä. Sotilaspedagogiikan yhtenä painopistealueena on ihmisten toimintaympäristöjen ja toimintakyvyn muutosten koulutukselle

luomien haasteiden voittaminen (Toiskallio 1996, 56). Viimeisimpien tutkimustulosten (Nupponen & Huotari 2002; Huotari 2004; Santtila ym. 2004; Huotari & Rintala 2005 ) mukaan suomalaisen nuorison ja varusmiesten toimintakyky on heikentynyt kahden viimeisen vuosikymmenen aikana merkittävästi. Ammatillisilta toimintakykyvaatimuksiltaan erittäin vaativassa sotilaslentäjän toimintaympäristössä vastaavanlainen kehitys olisi täysin kestäväntöntä. Tutkimuksen toisena päätavoitteena olikin tutkia onko ilmavoimien sotilaslentäjien toimintakyvyssä havaittavissa yleisen kehityksen mukaista laskua.

Tuki- ja liikuntaelinvaivat ovat hälyttävän yleisiä sotilaslentäjän ammatissa. Fyysisen suorituskyvyn merkitystä työssä ei voi liiaksi korostaa. Muun muassa vartalon ja niskan riittävät voimatasot ovat erittäin tärkeitä sotilaslentäjän operatiivisen toimintakyvyn kannalta. Niissä mahdollisesti ilmenevät vajavaisuudet ovat riski sotilaslentäjän koulutus- ja. Tutkimuksen tulosten perusteella määriteltiin lähtötaso, jolta sotilaslentäjän ammattiin lähdetään. Tulosten perusteella lähtötason suorituskykyä tulisi pyrkiä kehittämään, jotta toimintakykyisyyttä pystyttäisiin ylläpitämään koko uran ajan, ammattitaudeilta välttyen. Pro Gradu – vaiheen aikana tutkijalla itselläkin havaittiin selän tukirankavamma, jonka vuoksi koulutus hävittäjällä keskeytyi jo alkuvaiheessa. Näin ollen myös tutkimustyö sai vielä syvemmän ja henkilökohtaisemman merkityksen.

Sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn kehittymisen seuraamiseksi Ilmavoimissa tulisikin ottaa valintavaiheessa käytössä oleva testipatteristo viralliseen ja jatkuvaan testaus- ja seuranta-käyttöön. Lisäksi seurantatesteille ja erikseen eri ikäluokille tulisi määrittää omat viitearvot ja tavoitetasot, jotka saavuttaessaan sotilaslentäjän voitaisiin arvioida olevan taistelukelpoisuudeltaan vaaditulla tasolla.

## 2. TUTKIMUKSEN TAUSTAT JA VIITEKEHYS

### 2.1. Tutkimuksen taustat

Vuonna 1979 Ilmavoimien komentaja asetti "Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmän" tutkimaan sotilaslentäjien ammatillista fyysistä suorituskykyä. Alan asiantuntijoista koostuva ryhmä toimii edelleen Ilmavoimien johdon neuvonantajana kuntoon ja fyysiseen harjoitteluun liittyvissä kysymyksissä. Alusta alkaen työryhmän yhtenä tehtävänä on ollut etsiä soveltuvia kuntotestejä sotilaslentäjän fyysisen lentokelpoisuuden määrittämiseksi. 1980-luvulla työryhmä toteutti yhdessä Jyväskylän yliopiston ja Ruotsin ilmavoimien kanssa mittavan työn kuormittavuuteen ja kiihtyvyyshäviöiden sietokykyyn perustuvan tutkimusasetelman. Tämän tutkimuksen perusteella keskeisimmiksi ammatillista fyysistä suorituskykyä tukeviksi tekijöiksi nousivat erityisesti vartalon ja alaraajojen isometriset maksimivoimaominaisuudet, eritoten kyky tuottaa voimaa nopeasti. Aerobisella kestävyydellä ei koettu olevan voimaan verrattavaa merkitystä lyhyissä G-kuormitusta sisältävissä lentosuoritteissa, mutta siitä huolimatta aerobinen kestävyys koettiin tärkeäksi kuormituksesta ja toistuvista lentosuorituksista palautumisen kannalta. Näin oli otettu kansainvälisestäkin merkittävä askel sotilaslentäjän työn fyysiseen "lajianalyysiin". (Tesch, Hjort & Balldin 1983, 693-693; Epperson, Burton & Bernauer 1985; Whinnery & Parnell 1987, 199-204; Rintala 2000, 86-89.)

Ilmavoimien "Lentävän henkilöstön liikunta II-projektin" jälkeen, vuonna 1988 Ilmavoimissa otettiin käyttöön ensimmäiset ammatillisia kunto-ominaisuuksia arvioivat jokavuotiset kenttätestit. Testeihin valmentautumista ja lihaskunnan kehittämistä varten julkaistiin vuonna 1989 kaikille suomalaisille sotilaslentäjille luettavaksi "Lentävän henkilöstön voimaharjoittelu" – lehtiö. Kenttätestit suoritettiin Puolustusvoimien sotilashenkilöstön yleisten kenttäkelpoisuustestien lisäksi, joita silloin olivat 12 min juoksuproovi (Cooperin testi), suunnistus, ammunta ja marssisuoritus. Ilmavoimien testipatteriin kuuluivat WHO:n 3-portainen submaksimaalinen ergometritesti, seinäkorkeushyppy, penkkipunnerrus, staattinen puolikyökky seinää vasten, käsinkohonta, istumaannousutesti ja selän ojennustesti erityisellä testipenkillä (Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä 1989, 1996). 1990-luvun alussa runsaat seitsemän vuotta ensimmäisen erityistestipatterin käyttöönoton jälkeen näitä testejä verrattiin isometrisiin maksimivoimatesteihin yhteistyössä Liikunnan ja Kansanterveyden Edistämissäätiön (LIKES) kanssa. Samalla sotilaslentäjien voima-arvoja verrattiin SM-liigajääkiekkopelaajien ja normaalia istumatyötä tekevien henkilöiden voima - arvoihin. Tut-

kimuksen mukaan kenttätetit eivät kertoneet riittävän luotettavasti niistä voimaominaisuuksista, joista lentäjän ammatillista fyysistä kuntoa pitäisi määrittää. Myös polkupyöräergometritestin tuloshajonta oli liian suurta johtuen testikäytännöstä. Palautteen anto kenttätesteistä oli lisäksi puutteellista eikä riittävän ohjaavaa. Testien toteutus joukko-osastoissa ei ollut riittävän yhtenevää etenkin tilojen ja aikataulutuksen suhteen. Lentäjien ylävartalotulokset olivat mallikelpoisia, mutta keskivartalon ja alaraajojen osalta usein alle urheilijoiden, jopa istumatyöntekijöiden luokkaa (Kauhanen & Rintala 1997). Tulosten perusteella Ilmavoimissa päätettiin tutkia lisää työn kuormittavuutta ja etsiä luotettavampia testimenetelmiä. Lisäksi 1990 – luvun alkupuolella tehtiin runsaasti tutkimusta sotilaslentäjien niska- ja tukirankavai-voihin liittyen (esim. Aho, Hämäläinen & Vanharanta 1990; Hämäläinen & Vanharanta 1992; Hämäläinen 1993a; Hämäläinen 1993b; Hämäläinen, Hupli, Kinnunen, Karhu, Kuronen & Vanharanta 1996.). Nämä vaikuttivat osaltaan siihen, että Työterveyslaitoksen asiantuntijalautsunnon myötä sotilaslentäjien niskaongelmille tehtiin ammattitautiluokittelu tietyin edellytyksin (Työterveyslaitos 1995). (Rintala 2000, 86-89.)

1990-luvun puolivälissä Ilmavoimissa keskityttiin sotilaslentäjän työn kuormittavuuden jatkotutkimuksiin yhdessä Oulun aluetyöterveyslaitoksen kanssa. Samaan aikaan julkaistiin myös ”Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas” – oppimateriaali jokaiselle suomalaiselle sotilaslentäjälle henkilökohtaiseksi ”varusteeksi” jaettavaksi. 1980-luvulla kertynyttä tutkimustietoa jalostettiin yhä spesifimpiin tutkimuksiin isometrisen voimantuoton ja anaerobisen kuormituksen alalla. Suuria G-kuormituksia sisältävien lentotehtävien aikaisissa lihasaktiivisuus- ja sykevariaatiomittauksissa todennettiin jopa 257 % suuremmat lihasaktiivisuudet henkilön maksimivoimantuoton aikaisiin arvoihin verrattuna, sykkeen pysyessä kuitenkin vauhti- ja maksimikestävyysalueilla (Oksa, Hämäläinen & Rissanen 1996, 1138-43). Samaan aikaan aloitettiin evaluaatiot uusien menetelmien löytämiseksi sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn arviointia varten, edelleen Oulun aluetyöterveyslaitoksen kanssa. Aerobisen tehon arvioinnin parantamiseksi koekäytettiin lentoreserviupseerikurssin valinnoissa epäsuoraa maksimaalista polkupyöräergometritestiä WHO:n kolmiportaisen testin rinnalla. Anaerobista tehoa pyrittiin kuvailemaan hyppymattotestisarjalla sekä yksittäishyppyin kontaktimattolla. Isometrisiä maksimivoimia haluttiin tuottaa sekä vartalon että niskan lihasryhmissä vartalovoimadynamometrillä. Käsien voimia mitattiin isometrisellä penkipunnerrustestillä. Ylävartalon koordinaatiota arvioimaan koekäytettiin heittoporttitestiä eripainoisin kuntopal-  
loin (Oksa, Rintala & Kuronen 1997; Skyttä, Rintala & Kuronen 1998; Rintala 2000, 86-89.)  
Tavoitteena oli laatia nopea ja joustava sotilaslentäjän vuositarkastukseen liittyvä kuntotesti-patteri ja samalla vähentää työn kannalta tarpeetonta massatestien suorittamista kentällä. Koekäytön perusteella valittiin jatkuvaan testauskäyttöön seuraavat testit: anaerobinen teho 16

sekunnin hyppysarjana (W/kg), vartalon isometrinen maksimivoima fleksiossa ja ekstensiossa (kg), niskan isometrinen maksimivoima fleksiossa ja ekstensiossa (kg) ja 1 kg pallon lentoaika heittoporttitestissä (ms). Näiden lisäksi otettiin käyttöön maksimaalista aerobista tehontuottoa mittaava epäsuora maksimaalinen ergometritesti 20 W/min vastuksenlisäyksellä (W/kg). Testi poljetaan puolivuositain ilmavoimien varuskuntien terveysasemilla. (Rintala 2000, 86-89.)

Edellä mainittu testipatteristo on ollut vuodesta 1997 alkaen koekäytössä ilmavoimien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn testeissä. Huolimatta siitä, että testipatteristoa ei ole näihin päiviin mennessä virallistettu, on sotilaslentäjien lähtötason lihasvoima – datan keräämistä edelleen jatkettu. Tällä tutkimuksella oli tarkoitus koota vuoteen 2004 mennessä kerätty data ja sen tuottama informaatio sotilaslentäjien lähtötasosta yhteen.

Puolustusvoimien henkilöstöpäällikkö asetti maaliskuussa 2002 asiantuntijatyöryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää puolustusvoimien liikuntatieteellisen tutkimustoiminnan kenttä sekä siihen liittyvät tutkimus- ja kehittämistarpeet. Samalla oli tarkoitus kartoittaa liikuntatieteellisen tutkimustoiminnan liittyminen meneillään olevaan puolustusvoimien tutkimustoiminnan uudelleen organisointiin. Työryhmä laati tehtävään liittyen kokonais selvityksen, jonka se raportoi henkilöstöpäällikölle vuoden 2002 lopulla. Selvitystyön työnimenä oli ”Taistelija 2005 - fyysinen suorituskyky”. Työryhmän tavoitteena oli luoda viitekehys puolustusvoimien liikuntatieteelliselle tutkimustoiminnalle sekä selvittää sotilaiden fyysiseen suorituskykyyn liittyvä tutkimustoiminta Suomen puolustusvoimissa ja muiden maiden asevoimissa. Samalla tavoitteena oli selvittää mahdolliset tutkimustarpeet sekä - ongelmat. Lisäksi työryhmän tavoitteena oli tehdä esitys puolustusvoimien pysyvästä liikuntatieteellisestä tutkimusorganisaatiosta sekä tutkimustoimintaan liittyvästä arkistointi- ja seurantajärjestelmästä.

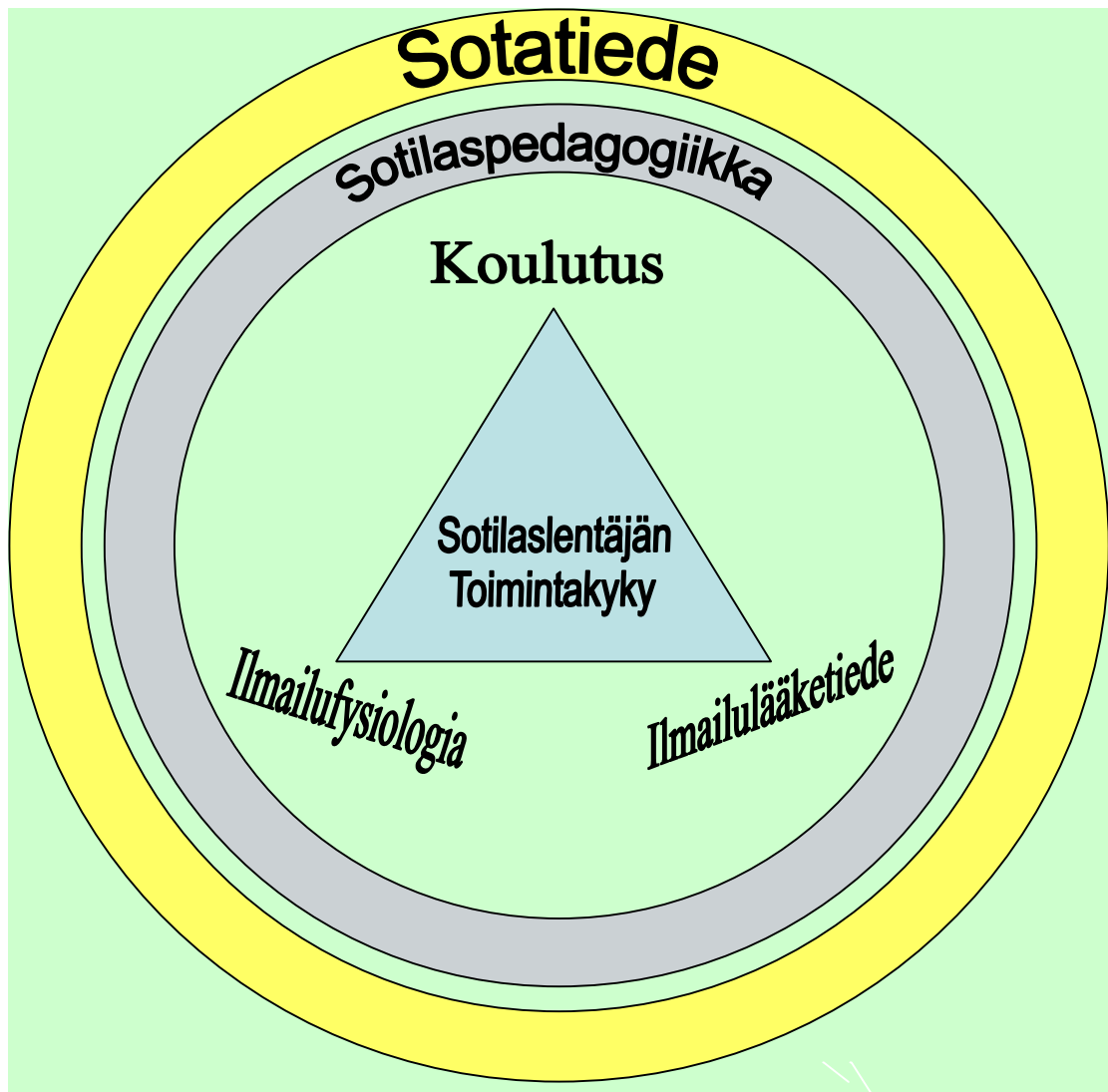
”Taistelija 2005 – raportissa” ilmaistiin tarve ensivaiheessa tutkia ja analysoida huolellisesti puolustusvoimissa jo olemassa olevaa liikuntatieteellistä tietoa. Näitä ehdotettiin tehtäväksi esimerkiksi Maanpuolustuskorkeakoululla erilaisina opinnäytteinä. Tämä tutkimus on osa laajempaa, tällä hetkellä puolustusvoimissa käynnissä olevaa liikuntatieteitä sivuavaa tutkimushanketta ” Sotilaslentäjien ammatillisten suorituskykytestien viitearvot”, joka toteutetaan osin yhteistoiminnassa ulkopuolisten tutkimuslaitosten kanssa (Ilmavoimat, OATTL, SotlääkL). Tutkimus on yhteydessä myös toiseen käynnissä olevaan tutkimushankkeeseen – ”Sotilaslentäjän fyysisen kunnan sekä tuki- ja liikuntaelinongelmien yhteys” (Ilmav, SotlääkL, IlmavVK), luoden niin sanottua lähtötalannedataa ko. tutkimushankkeille. (Kyröläinen ym. 2003, 29; Rintala 2006.)

## 2.2. Tutkimuksen viitekehys ja tutkimusasetelma

Sotilaspedagogiikka on sotatieteellinen ala, joka keskittynyt sotilaan toimintakyvyn tutkimiseen ja kehittämiseen. Sotilaspedagogiikan tehtävänä on luoda kokonaiskuvaa ja tuottaa käytännön malleja siitä, kuinka toimintakyvyn kokonaisuutta voidaan kehittää oppimisen keinoin sotilaiden eri tehtävissä ja ympäristöissä. Sotilaaksi ja sotilaana oppimisen ja kehittymisen perustavoite on kyky toimia sodan ja sitä alemman asteisten kriisien luomissa ympäristöissä. Tämän tavoitteen suunnassa toimiessaan sotilaspedagogiikka sijoittuu varsin selvästi sotatieteiden piiriin. (Toiskallio, 1998, 10.)

Tämä tutkimus tarkastelee sotilaan toimintakykyä ja se sen kehittämistä sotilaspedagogiikan ydinalueiden, liikuntakoulutuksen ja liikuntabiologian näkökulmista. Liikuntabiologian osalta on keskitytty erityisesti liikuntafysiologisiin ja valmennus- ja testausopillisiin näkökulmiin.

Sotilaan toimintakyvyn tutkimustoiminta pitää sisällään fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminnan. Poikkitieteellisenä tutkimusalueena sotilaan fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta on eri tieteenaloja soveltavaa tutkimustoimintaa, jonka tärkeimpänä tavoitteena on tuottaa käytännön tietoa sotilaiden koulutukseen huomioiden sekä rauhan että sodan ajan tehtävät. Tässä tutkimuksessa poikkitieteellisenä tieteenalana on käytetty lääketiedettä, tarkennettuna ilmailulääketiedettä ja sen terminologiaa. (Kyröläinen ym. 2003, 5-6.)



Kuvio 1. Tutkimuksen viitekehys.

Tutkimuksen viitekehys rakentuu sotatieteelliseen tutkimuskenttään, jossa se on kohdennettu sotilaspedagogiselle sektorille. Sotilaspedagogisessa tutkimuksessa lähtökohtana on sotilaan toimintakyky – sen tutkiminen ja kehittäminen. Tässä tutkimuksessa sotilaan toimintakyvyn tutkimisessa käytettiin liikuntakoulutuksen, ilmailufysiologian ja ilmailulääketieteen teorioita. Sotilaan toimintakyvyn tutkimisessa keskityttiin sotilaslentäjän toimintakyvyn tutkimiseen.

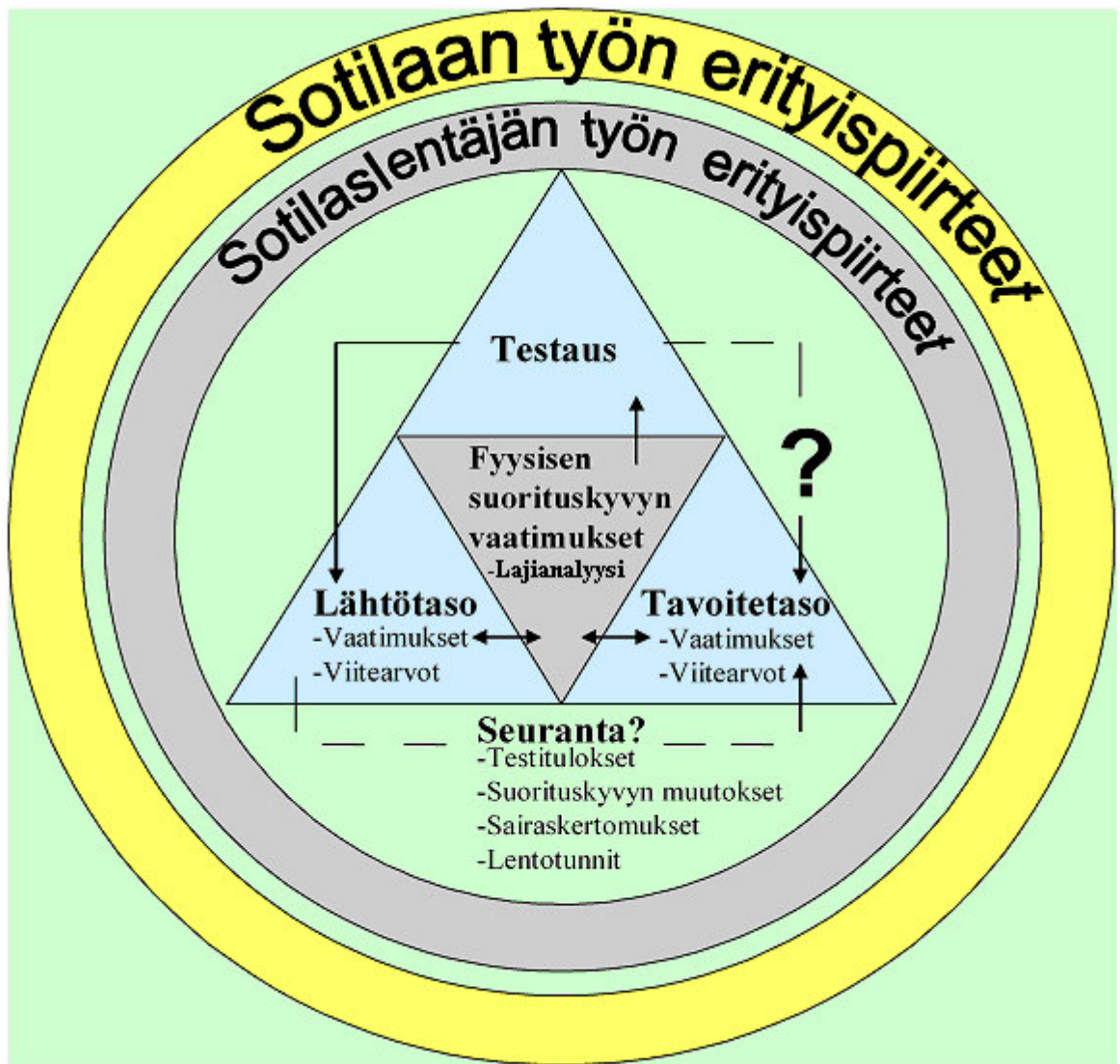
Liikuntakoulutuksen tärkein tavoite on sotilaan fyysisen kunnon kehittäminen ja pysyvään kunnon kohottamiseen motivointi. Sotilaslentäjällä se tarkoittaa jatkuvaa itsensä ja omien fyysisten ominaisuuksiensa kehittämistä. Liikuntakoulutuksessa tulee pyrkiä sotilaan koulutuskelpoisuuden ylläpitoon ja kehittämiseen. Riittävä koulutuskelpoisuuden taso luo edellytykset taistelukelpoisen ja taistelun rasitukset kestävän sotilaan kouluttamiselle.

Sotilaslentäjän taistelukentän erityispiirteet poikkeavat muiden sotilaiden taistelukentästä. Il-



maelementti luo sotilaslentäjälle ainutlaatuisen toimintaympäristön. Tutkittaessa sotilaslentäjän toimintakykyä ilmailun lainalaisuudet ja lentäjään vaikuttavat kuormitustekijät (esim. kiihtyvyysoimat) on tunnettava. Näihin lainalaisuuksiin syvennyttään ilmailufysiologian ja ilmailulääketieteen kirjallisuudella (kuvio 1).

Ymmärtääkseen sotilaslentäjän toimintakyvyn keskeisiä osatekijöitä, tutkijan pitää ensin ymmärtää sotilaan toimintakyvyn tärkeimmät tekijät ja vaikuttajat. Lisäksi hänen pitää omata riittävä tietämyksen taso tutkimuksessa käytettävien tieteenalojen käsitteistöstä ja terminologiasta (kuvio 1). Tutkimuksen alussa pyritään saavuttamaan laajahko teoretietämyksen taso liikuntakoulutuksen, liikuntabiologian, ilmailulääketieteen ja ilmailufysiologian aloilta. Perusteorioiden ymmärtämisen avulla voidaan perehtyä sotilaan toimintakykyyn keskeisesti vaikuttavien sotilaan työn erityispiirteiden kartoittamiseen. Tämän tietämyksen avulla voidaan keskittyä sotilaslentäjän työn erityispiirteisiin ja sitä kautta kohdistaa tutkimus sotilaslentäjän toimintakyvyn tutkimiseen ja vielä tarkennettuna sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn tutkimiseen.



Kuvio 2. Tutkimusasetelma.

Sotilaslentäjältä vaadittavan ammatillisen fyysisen suorituskyvyn ja työn erityispiirteiden määrittäminen edellyttää, valmennusopin termein, lajianalyysin tekoa. Lajianalyysin avulla saadaan selville millaisia fyysisiä vaatimuksia sotilaslentäjän työ tekijöilleen asettaa (keskimmäinen kolmio). Vaatimusten määrittelyn ja tiedostamisen avulla voidaan kehittää testausjärjestelmä, joka mittaa juuri tärkeäksi nimettyjä ominaisuuksia (ylin kolmio). Ilmavoimissa tällainen on koekäytössä valintavaiheen testauksessa (katso kappaleet Tutkimuksen taustaa ja Testivälineistö). Testitulosten avulla voidaan määrittää fyysisen suorituskyvyn lähtötaso, jolta sotilaslentäjän vaativaan ammattiin lähdetään (vasen kolmio). Tämä fyysisen suorituskyvyn lähtötason määrittäminen on myös yhtenä tutkimuksen tavoitteena. Lähtötaso ei yleensä kuitenkaan vastaa sitä tasoa, jota ammattiin valmistuneelta vaaditaan. Siviiliammateissa on yleensä pyrkimyksenä ylläpitää sellaista toimintakyvyn tasoa, että yksilö pystyy säilyttämään työkykyisyytensä eläkeikään asti. Sotilaalta ja sotilaslentäjältä vaaditaan tämän lisäksi jatkuvan taistelu- ja koulutuskelpoisuuden ylläpitämistä. Esimerkiksi hävittäjää lentä-

vällä sotilaslentäjällä tämä tarkoittaa sellaisten vartalon ja kaulan lihasvoimatasojen ylläpitämistä, että päivittäin ja useita kertoja päivässä toistuvien kuormittavien lentojenkin aiheuttamat rasitukset pystytään sietämään ilman toimintakyvyn oleellista laskua, joka pahimmillaan voi johtaa lennolla äkilliseen tajunnan menetykseen (G-LOC) tai kroonisiin tukirankavaivoihin. (Burton 1988, 2-5; Vapaavuori 1991, 14-15; Michaud, Lyons & Hansen, 1998, 1083-1086; Hämäläinen, Toivakka-Hämäläinen & Kuronen 1999, 330-334; Newman & Callister 1999, 310-315.)

Fyysiselle suorituskyvyille on määriteltävä tietty tavoitetaso, toisin sanoen minimivaatimustaso (oikea kolmio), joka sotilaslentäjän tulee saavuttaa ollakseen koulutus- ja taistelukelpoinen. Tavoitetason ylläpitäminen vaatii jatkuvaa seurantaa, jossa tulisi huomioida ja ylöskirjata esimerkiksi aikaisemmat testitulokset, mahdolliset muutokset suorituskyvyssä, sairaskertomukset ja työn kuormittavuus seuranta - ajanjaksolla (esim. kuormittavien lentojen kertymä). Tavoitetasovaatimuksien ja seurantajärjestelmän tärkeyttä on eri tutkijoiden toimesta peräänkuulutettu useasti (esim. Oksa, Rintala & Kuronen 1997). Tähän päivään mennessä kattavaa fyysisten ominaisuuksien seurantajärjestelmää ei kuitenkaan ole saatu luoduksi, tutkijoiden ponnisteluista huolimatta. Kyseinen asia koetaan tässäkin tutkimusasetelmassa hyvin ongelmalliseksi ja se onkin kuvattu kuviossa katkoviivoin (kuvio 2).

### 2.3. Sotilaspedagogiikka

Sotilaspedagogiikalla on tärkeä rooli sotilaskouluttajan asiantuntijuuden kehittämisessä: se on oppia – ja myös tiedettä – siitä, kuinka sotilaiden ja koko puolustusvoimien koulutusta suunnitellaan, toteutetaan, arvioidaan, kehitetään ja tutkitaan. Sotilaspedagogiikan erityisaluetta on **sotilaiden toimintakyvyn** kehittäminen **oppimisen** avulla. Koulutus kuuluu rauhan ajan puolustusvoimien tärkeimpiin tehtäviin. Kriisien ja sodan olosuhteissa jatkuva oppiminen – opiksi ottaminen tapahtumista ja tilanteista – on toiminnan ja selviytymisen elinehto. (Toiskallio 2002, 9.) Tässä tutkimuksella pyrittiin saavuttamaan uutta tieteellistä tietoa nimenomaan sotilaskouluttajien asiantuntijuuden kehittämiseksi. Tutkimuksen viitekehyksessä sotilaskouluttaja – termillä ymmärretään kaikkia sotilaslentäjien kouluttamiseen osallistuvia henkilöitä (esimerkiksi ilmailufysiologit, ilmailulääkärit, liikuntakasvatusupseerit ja lennonopettajat).

Toiskallio (1996) määrittelee sotilaspedagogiikan painopistealueita seuraavasti:

- maanpuolustuskoulutuksen kehittämisen haasteet yksilön, yhteiskunnan, kulttuurin ja kansainvälisten järjestelmien sekä uhkakuvien, kriisien ja sodankäynnin muuttuessa
- ihmisten toimintaympäristöjen ja toimintakyvyn muutosten haasteet koulutukselle
- sodankäynnin yhä korkeamman teknologian asettamat vaatimukset oppimiselle ja sen edistämiseksi koulutuksen keinoin
- oppimisen uudistuvien teorioiden sekä koulutusmetodien ja – välineiden luomat haasteet ja mahdollisuudet koulutukselle

Edellä mainittujen painopistealueiden määrittämiä tehtäviä tulisi toteuttaa siten, että tutkimuksella pyritään erityisesti:

- edistämään ja tukemaan joukko – osastojen, perusyksiköiden ja yksittäisten kouluttajien taitoa suunnitella ja toteuttaa mielekästä ja vuorovaikutus- ja ihmissuhteiltaan tasokasta koulutusta, mikä tarkoittaa etenkin fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen kuorituksen järkevää ohjausta,
- kehittämään keinoja, joilla edistetään korkeatasoista oppimista ihmisen ja teknisten laitteiden muodostamissa järjestelmissä sekä
- kehittämään keinoja, joilla edistetään yksilöiden ja ryhmien kykyä toimia psyykkisesti ja fyysisesti erittäin raskaissa olosuhteissa (Toiskallio 1996, 56-57.)

Myös tämän tutkimuksen sotilaspedagogisena päämääränä on tuottaa tutkimuksellista tietoa, josta olisi hyötyä edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamisessa. Tutkimuksessa pyritään esimerkiksi määrittämään sotilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn lähtötasoa. Tutkimustulosten on tarkoitus antaa tietoa siitä tasosta, jolla sotilaslentäjän uralla lähdetään liikkeelle. Tulokset antavat näin työkaluja kouluttajille esimerkiksi tulevien ohjaaja- ja kadettikurssien koulutuksen suunnitteluun.

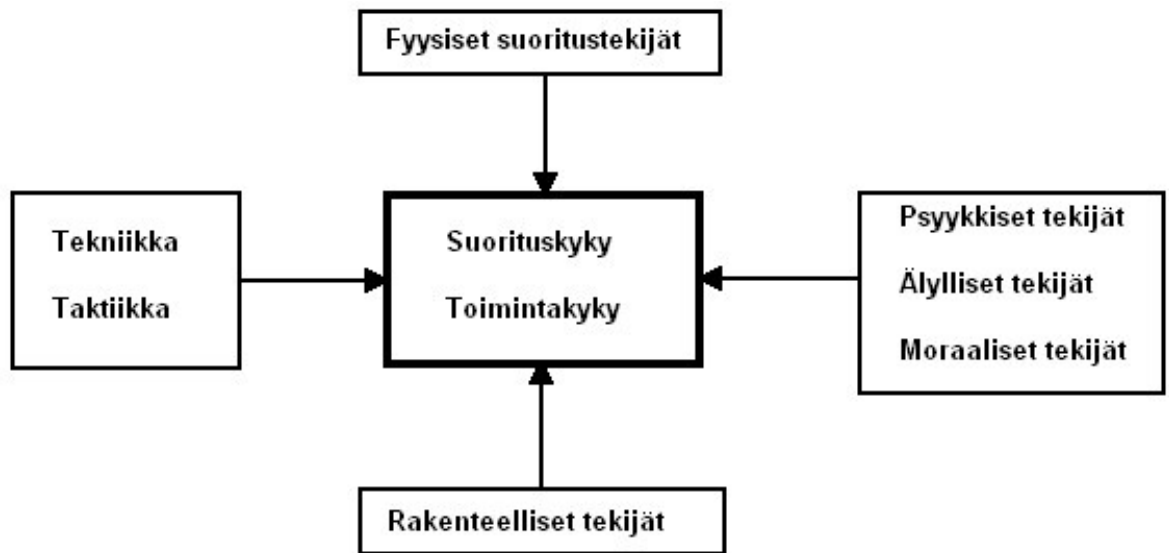
Koulutus on järjestelmä, joka koostuu kasvatuksesta ja opetuksesta. Koulutusjärjestelmässä fyysinen koulutus ja liikuntakoulutus ovat osa sotilaspedagogiikkaa. Sotilaspedagogiikan kysymykset tiivistyvät kysymyksiksi ihmisen toimintakyvystä. Sotilaspedagogiikan tehtävänä on luoda kokonaiskuva ja tuottaa käytännön malleja siitä, kuinka toimintakyvyn kokonaisuutta voidaan kehittää oppimisen keinoin sotilaiden eri tehtävissä ja ympäristöissä. Fyysisen koulutuksen tehtävänä on puolestaan kehittää sotilaiden ja varusmiesten fyysistä suorituskykyä sekä yleistä toimintakykyä. (Toiskallio 2000, 33; Kyröläinen ym. 2003, 10.)

Sotilaskoulutus on keskeinen osa puolustusvoimien rauhan ajan tehtäviä. Sillä vaikutetaan Suomen kansalaisten maanpuolustustahtoon. Sotilaskouluttajien ammattitaidolla on suuri merkitys sotilaskoulutuksen onnistumiseen. Kouluttajien ammattitaito rakentuu koulutustaidosta, johtamistaidosta, yleisistä sotilas- ja aselajitaidoista sekä henkilökohtaisesta toimintakyvystä. Mitä paremmat koulutustaidolliset valmiudet kouluttajilla on, sitä paremmat ovat myös koulutustulokset. Sotilaskouluttajat ovat myös oman joukkonsa liikuntakouluttajia, eli toisin sanoen liikunnan opettajia ja valmentajia. (Kyröläinen ym. 2003, 10.)

### **2.3.1. Toimintakyky**

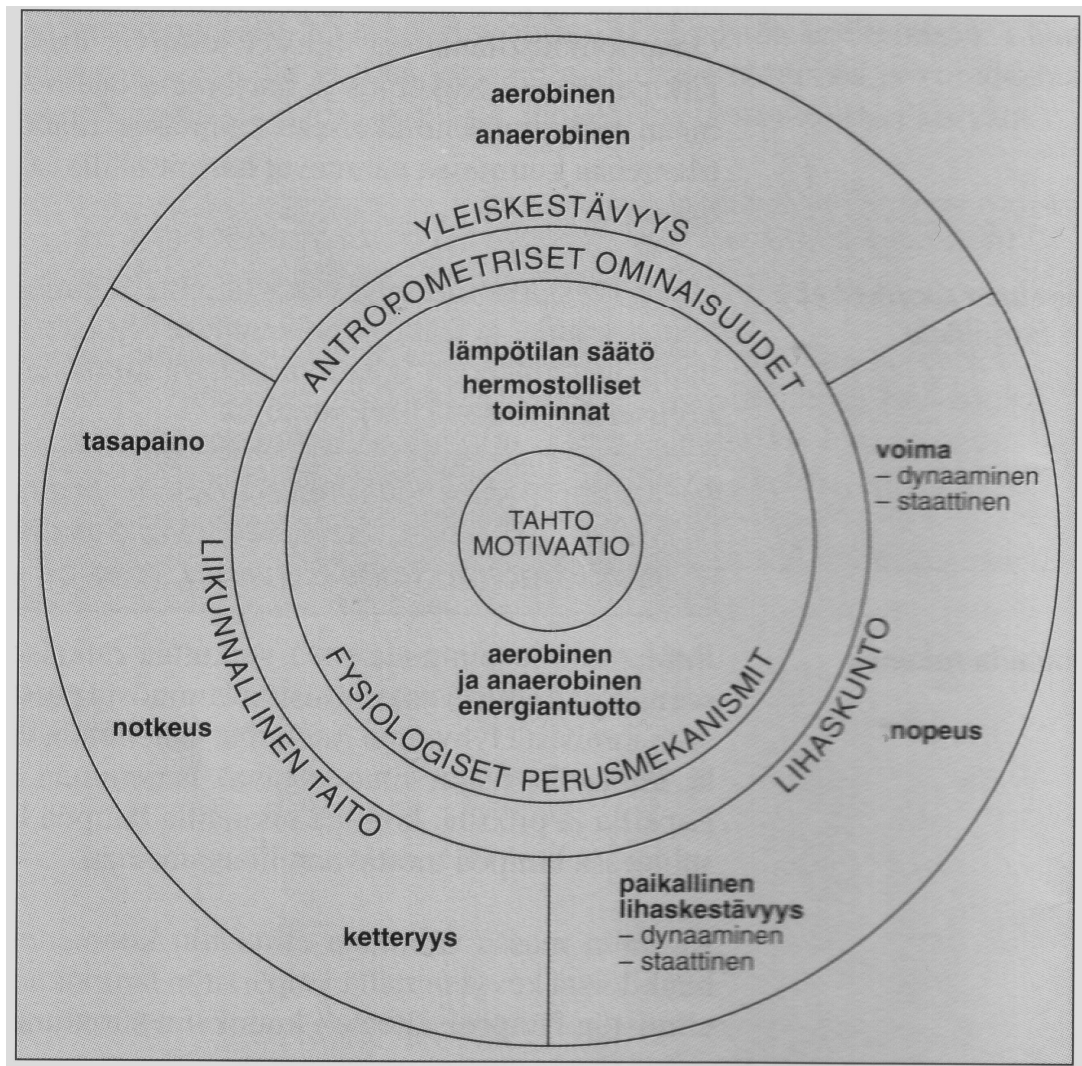
Toimintakyvyn käsite vaihtelee lähestymistavan mukaan. Perinteisesti toimintakykyä on pidetty fyysisenä suorituskykynä ja selviytymisenä päivittäisissä toiminnoissa. Lääketieteessä toimintakyvyn määritelmä nähdään terveyden ja sairauden käsitteistä lähtien. Työssä tarvittava toimintakyky taas riippuu lukuisista fyysisistä ja psyykkisistä tekijöistä. (Scherrer 1988; Kyröläinen 1998, 25; Alaranta & Pohjolainen 2003, 21-22.) Ammatillisesta toimintakyvystä puhuttaessa tarkoitetaan kykyä selviytyä ammattiin liittyvistä tehtävistä ja ammatin asettamista haasteista.

Fyysisen ja psyykkisen alueen lisäksi toimintakykyä voidaan arvioida esimerkiksi sosiaalisella alueella, mutta käytännössä nämä kaikki tekijät ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa. Esimerkiksi mieliala sosiaalisessa vuorovaikutussuhteessa ja tahto vaikuttavat merkittävästi fyysiseen toimintakykyyn. (Kyröläinen 1998, 25.) Toimintakykyisyyteen vaikuttavatkin muun muassa ikä, perinnölliset tekijät, terveydentila, elämäntavat, työ, elinympäristö ja yhteiskunnalliset olot (Malmberg 1999, 12-13).



Kuvio 3. Toimintakykyyn ja suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä (Kyröläinen 1998, 26).

Liikuntatieteessä toimintakyky käsitteenä on lähempänä suorituskykyä ja sen harjoittamista. Kuitenkin myös liikunnassa toimintakykyä pidetään usean eri tekijän lopputuloksena. Kehon rakenteelliset tekijät luovat toiminnalle fyysisen perustan. Henkinen pohja rakentuu puolestaan psyykkisistä, älyllisistä, moraalisisista ja eettisistä tekijöistä. Toiminta ja annettujen tehtävien suorittaminen vaatii teknistä ja taktista osaamista, mutta ilman riittävän hyvää fyysistä toimintakykyä parhaimmankin taktiikan tai suunnitelman toteuttaminen voi olla mahdotonta. Kaikkien edellä mainittujen tekijöiden tulisivatkin olla tasapainossa keskenään, jotta toimintakyky ja suorituskyky olisivat parhaalla mahdollisella tasolla. (Kyröläinen 1998, 25.) Tässä tutkimuksessa toimintakyvyn käsitettä lähestytään liikuntatieteellisestä näkökulmasta.



Kuvio 4. Fyysisen toimintakyvyn rakenne ja osatekijät (Ilmarinen (toim.) 1994).

### 2.3.2. Sotilaan toimintakyky

Sotilaan toimintakyvyllä tarkoitetaan kykyä toimia, yksin ja yhdessä toisten kanssa, määrätietoisesti ja tilanteen mukaisesti sodan tai sitä alemman asteisten kriisien luomissa erilaisissa ympäristöissä (Toiskallio 1998, 25).

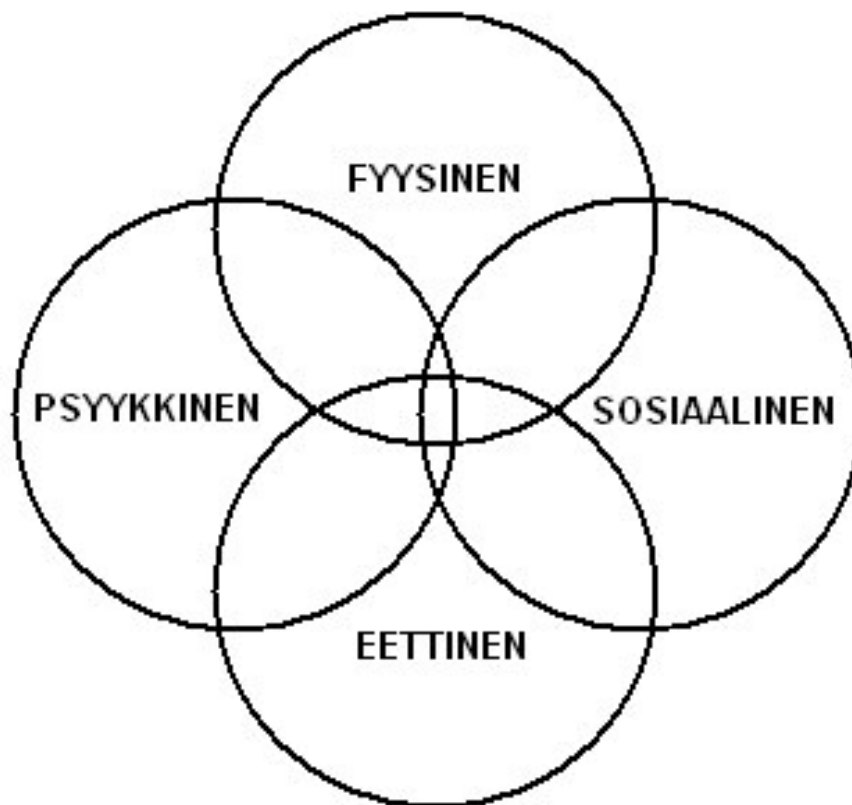
Sotilaan toimintakyky on kokonaisuus, jonka tärkeimpiä osatekijöitä ovat:

- keskeisten tietojen ja taitojen hallinta
- fyysinen kunto
- motivaatio, tahto ja rohkeus tehtävien suorittamiseen sekä henkisen paineen sietokyky
- vastuuntunto
- asia- ja tilannekokonaisuuksien tajuaminen

- tavoitteiden ja eri toimintamahdollisuuksien harkittu yhteen sovittaminen
- kyky tehdä eettisiä päätöksiä
- luottamus itseensä, taistelujapariinsa [tai esimerkiksi siipimieheensä], esimiehiinsä ja taisteluvälineisiinsä.

(Toiskallio 1998, 27.)

Sotilaan toimintakyky koostuu neljästä eri osa-alueesta (kuvio 5): fyysinen, psyykinen, eettinen ja sosiaalinen (Toiskallio 1998, 27). Sen keskeisenä käsitteenä on sekä yksikön että joukon valmius selviytyä kaikista tehtävistä ja olosuhteista. (Kyröläinen ym. 2003, 12).



Kuvio 5. Sotilaan toimintakyvyn osa-alueet (Toiskallio 1998, 27).

Hyvän toimintakyvyn omaava sotilas pystyy toimimaan tehokkaasti ja harkitusti taisteluolosuhteissa niissä tehtävissä, jotka hänelle on määrätty. Ydinkäsitteenä on siis toiminta. (Toiskallio 1998, 26.)



Toimintakykyinen sotilas pystyy toimimaan erityisen vaativissa olosuhteissa, joissa toimintaan vaikuttavat usein merkittävästi muun muassa:

- kuoleman ja haavoittumisen vaara sekä kuolleiden ja haavoittuneiden näkeminen
- tilanteiden epävarmuus ja sekavuus
- voimakkaat äänet ja savu
- väsymys, unen puute ja nälkä

(Toiskallio 1998, 26.)

### **2.3.3. Sotilaan suorituskyky**

Sotilaan suorituskyky viittaa eriytyneisiin, tavoitesidonnaisiin ja tiettyihin toimintaympäristöihin kehitettyihin kriteereihin. Yleisesti sillä tarkoitetaan tietyn tehtävän suorittamisen maksimaalista tasoa. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01, 1999.)

#### **2.3.3.1. Fyysinen suorituskyky**

Fyysinen suorituskyky on yksi suorituskyvyn osa-alue ja näin ollen osa toimintakykyä. Sillä tarkoitetaan kykyä tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä. Fyysinen suorituskyky on fyysisen kunnan ja motoristen taitojen muodostama kokonaisuus. Se on kiinteässä yhteydessä psyykkiseen toimintakykyyn ja motivaatioon. (Kyröläinen ym. 2003.) Kaikkiin fyysisen suorituskyvyn osatekijöihin vaikuttavat muun muassa ikä, sukupuoli, harjoitusaste sekä ulkoiset olosuhteet (Rehunen 1997, 156).

Fyysinen suorituskyky voidaan jakaa myös seuraavasti:

- Energian tuottaminen
  - Aerobiset prosessit
  - Anaerobiset prosessit
- Hermo-lihas-järjestelmän toiminta
  - Voimantuotto
  - Suoritustekniikka

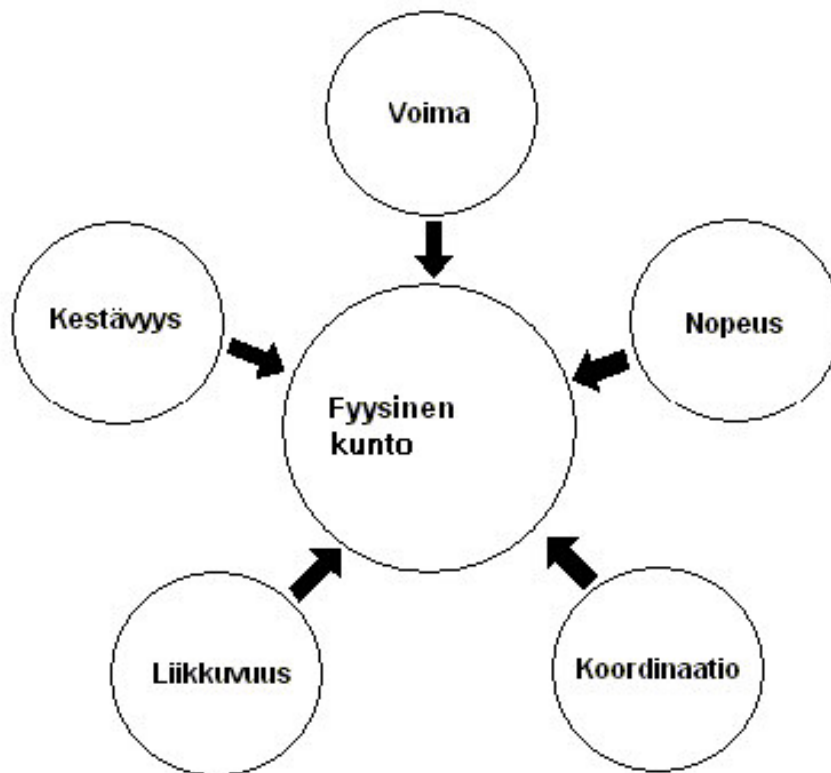
- Psyykkiset tekijät
  - Motivaatio
  - Taktiikka

Näiden komponenttien avulla saadaan hahmotettua esimerkiksi kuntotestaukselle selkeät kohdealueet ja suuntaviivat. (Keskinen, Häkkinen & Kallinen 2004, 12.)

Hyvä fyysinen suorituskyky estää tai vähentää päivittäisten toimintojen, esimerkiksi työpäivän aiheuttamien väsymys- ja kiputilojen syntymistä sekä mahdollistaa aktiivisen harrastamisen myös vapaa-aikana. Hyvä fyysinen suorituskyky on myös henkisten toimintojen ja vireyden perusedellytys. (PEkoul-os 1999, 1.)

### **2.3.3.2. Fyysinen kunto eli fyysinen työkyky**

American College of Sports Medicine (ACSM 2000) määrittelee fyysisen kunnan yksinkertaisesti vain niiksi ominaisuuksiksi, joita yksilöllä on, tai jotka hän hankkii selviytyäkseen fyysisistä suorituksista. Fyysisellä kunnolla tarkoitetaan siis elimistön ominaisuuksia ja eri fysiologisten toimintojen tasoa. Se koostuu fyysisen suorituskyvyn eri osa-alueista, kuten kestävyydestä, voimasta, nopeudesta, koordinaatiosta ja liikkuvuudesta. (Kyröläinen ym. 2003; Rintala 1990, 10). Fyysinen kunto perustuu elimistön aerobiseen ja anaerobiseen energiantuottoon sekä lihasvoimaan ja lihastoimintojen ohjaukseen (Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 23).



Kuvio 6. Fyysisen kunnan perustekijät (Illi, Kunz, Schneider, Spring & Tritschler 1993).

Useimmat fyysisen kunnan määritelmät viittaavat ihmisen kykyyn suoriutua jostakin liikunta-suorituksesta, mutta modernimman näkemyksen mukaan fyysinen kunto voidaan samalla suhteuttaa myös ihmisen omaan terveydentilaan. Tällä pyritään sekä ehkäisemään sairauksien kehittymistä että parantamaan terveyteen liittyvää fyysistä kuntoa. Terveyskunnan käsite voidaan määritellä paitsi yksilön kyvyksi suoriutua tarmokkaasti päivittäisistä toiminnoistaan, myös kyvyksi välttää ennenaikaisilta inaktiivisuudesta johtuvilta sairauksilta ja niiden kehittymiseltä. (Keskinen ym. 2004, 11.)

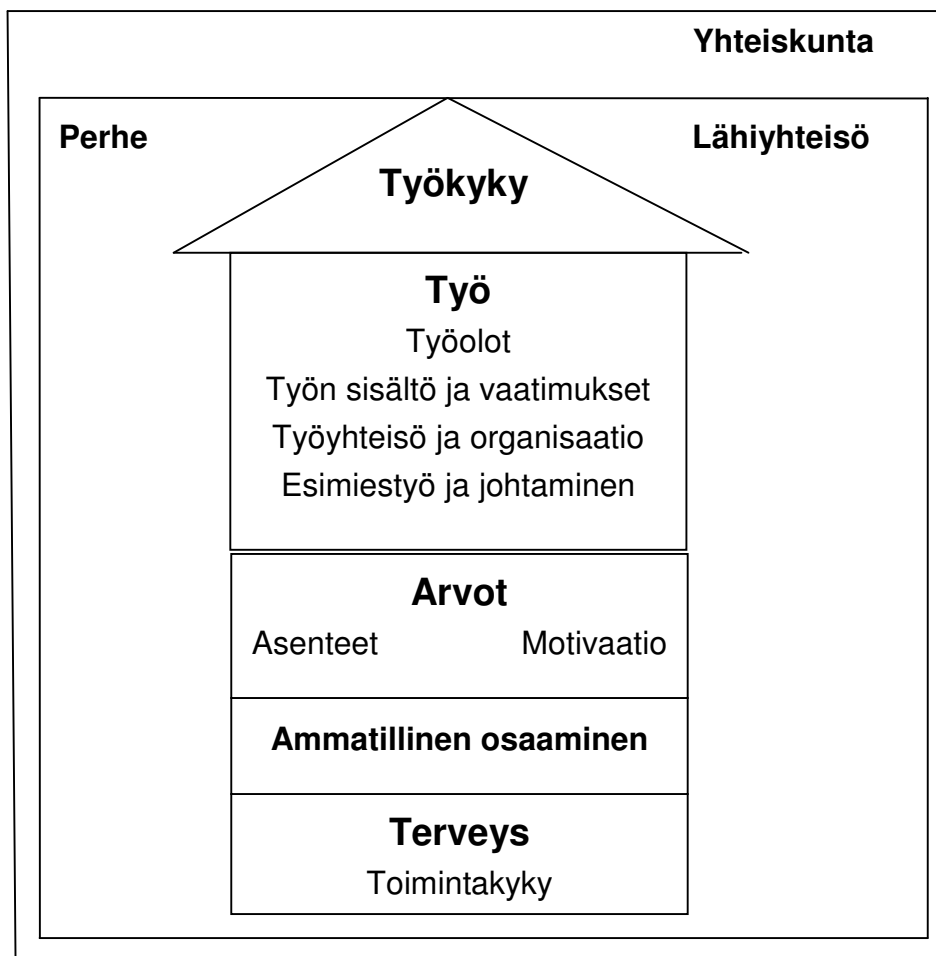
Fyysinen kunto, fyysinen aktiivisuus ja terveys ovatkin nykykäsityksen mukaan kiinteästi toisiinsa liittyviä määreitä. Fyysisellä aktiivisuudella on usein positiivisia vaikutuksia fyysisen kunnan paranemisen kautta terveyteen. Fyysisellä aktiivisuudella (liikunta) voidaan parantaa terveyttä myös ilman fyysisen kunnan paranemista. (Keskinen ym. 2004, 11.)

Kyröläisen ym. (2003) mukaan työkyky perustuu toimintakykyyn, jolla selviydytään työn ruumiillisista, henkisistä ja sosiaalisista vaatimuksista yli- tai alikuormittumatta tai ylen määrin väsymättä. Työkyky voidaankin jakaa psyykkiseen, fyysiseen ja sosiaaliseen osaluueeseen.

Fyysiseen työkykyyn kuuluvat seuraavat osatekijät:

- Hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyky
- Tuki- ja liikuntaelinten toimintakyky, esimerkiksi lihasten voima, kestävyys ja nopeus sekä
- hermoston toimintakyky, josta riippuvat muun muassa liikesujuvuus, ketteryys ja tasapaino.

Fyysistä työkykyä ja fyysistä kuntoa voidaankin fysiologisin perustein pitää samoina käsitteinä. Laajemman näkemyksen mukaan fyysinen työkyky voidaan määritellä työn fyysisten vaatimusten ja työntekijän fyysisten voimavarojen sekä terveydentilan perusteella. (Kyröläinen ym. 2003.)



Kuvio 7. Tyky – talo eli moderni käsitys työkyvystä (Lindholm & Ilmarinen 2004, 219).

### 2.3.3.3. Sotilaskunto

Sotilaskunnolla tarkoitetaan taistelijan suorituskykyä taistelukentällä. Sotilaskunnan määrittäessä fyysiseen kuntoon yhdistyvät ampumataito, taistelutaito, taito liikkua kaikissa taistelukentän olosuhteissa tehtävän mukaisesti varustettuna kaikkina vuorokauden ja vuoden aikoina sekä kaikissa sääolosuhteissa. (PEkoul-os 1999, 8.)

Yksi sotilaskunnan tärkeä ominaisuus on henkinen kunto, joka ilmenee sitkeytenä, peräänantamattomuutena, rohkeutena ja voitontahtona (PEkoul-os 1999, 8).



Kuvio 8. Sotilaskunnan osatekijät (PEkoul-os 1999, 8).

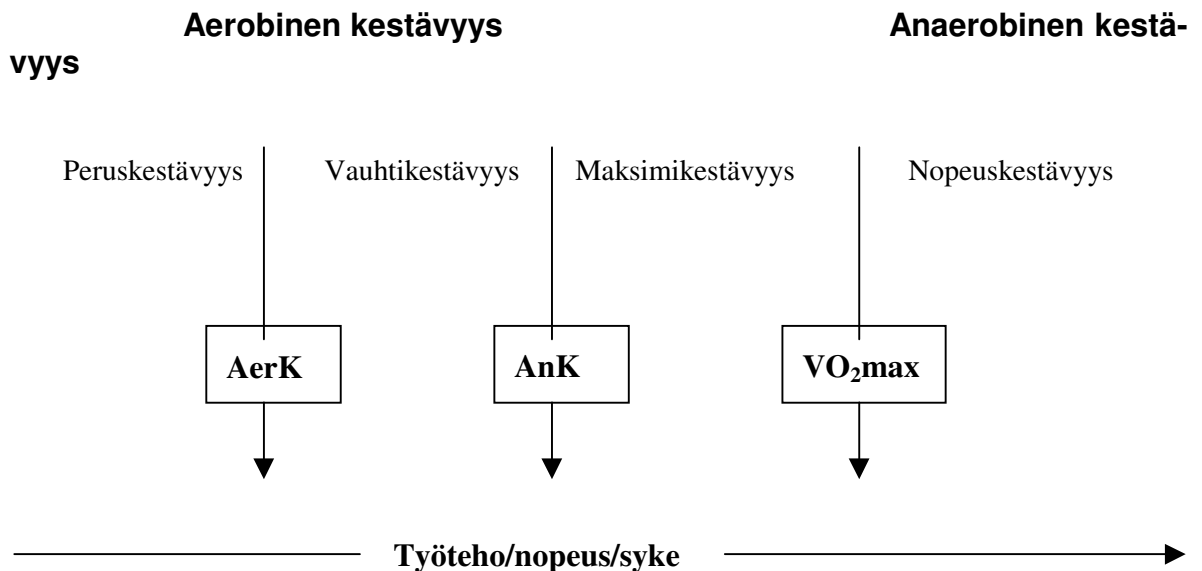
### 2.3.4. Kestävyys

Kestävyys fyysisenä perusominaisuutena voidaan määrittää elimistön kykyä vastustaa väsymystä fyysisen kuormituksen aikana. Siihen vaikuttavat erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto, lihasten aineenvaihdunta ja hermoston toiminta. (Nummela 2004, 51.)

Kestävyys on kykyä tehdä rasittavaa työtä korkealla teholla pitkään (Rehunen & Heino 1992, 178). Kestävyys on myös kykyä palautua rasituksesta nopeasti. Kestävä elimistö ei rasitu liikaa, toisin sanoen elimistöllä on kapasiteettia vastata yllättäväänkin fyysiseen kuormitukseen. Ilman kestävyyttä ihmisen muita kunto-ominaisuuksia (esimerkiksi lihaskunto ja taitavuus) ei kyetä harjoittamaan ja käyttämään tehokkaasti. Fyysinen kestävyys luo välttämättömän perustan jokapäiväiselle elämälle, työtehtävien suorittamiselle sekä liikunnan harjoittamiselle. Kestävyuden ansiosta ihminen jaksaa toimia ruumiillisen ja henkisen kuormituksen alaisena suorituskyvyn oleellisesti heikkenemättä. Fyysisellä kestävyydellä on myös psyykkistä kestävyyttä kehittäviä vaikutuksia. (Rintala ym. 1996, 23.)

Kestävyys jaetaan energiankulutuksen perusteella aerobiseen ja anaerobiseen kestävyteen. Aerobisessa työssä elimistö saa riittävästi happea energian tuottamiseen, eli tällöin vallitsee tasapainotila hapen saannin ja kulutuksen välillä. Anaerobisessa työssä elimistö ei saa riittävästi happea energian tuottamiseen ja syntyy happivajetta. Elimistö kuluttaa energiaa useimmiten molemmilla tavoilla painopisteen vaihdellessa kuormituksen mukaan aerobisen ja anaerobisen välillä. (McArdle, Katch & Katch 1996, 121-126.)

Kestävyuden osa-alueet ovat peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys. Jokaiselle ihmiselle tärkein yleiskunnon mitta on peruskestävyys. Vauhtikestävyteen vaikuttaa fysiologisten tekijöiden lisäksi henkilön suorituskyykyisyys ja liikkumisen taloudellisuus. (Rusko 1989, 153; Rintala ym. 1996, 23.)



Kuvio 9. Kestävyyden eri osa-alueet (Nummela 2004, 51).

Kestävyyden kuvaamisessa käytetään yleensä maksimaalista hapenottokykyä ( $VO_2\max$ ). Tällä tarkoitetaan elimistön kykyä käyttää mahdollisimman paljon happea energian tuottamiseksi.  $VO_2\max$  on ominaisuus, jossa yhdistyvät kaikkien hapen sisäänottoon, kuljettamiseen, välittämiseen ja käyttämiseen erikoistuneiden elinten ja kudosten toimintakyky. Maksimaalinen hapenottokyky on enemmän kuin yksittäisten elintoimintojen summa. Kuitenkin myös yksittäisen elimen toimintakyky riippuu kaikkien elinten yhteisvaikutuksesta. Näin ollen hapenkulutuksen määrä riippuu paitsi sydämen minuuttitilavuuden määrästä, myös keuhkotuuletuksesta, veren ominaisuuksista, veren virtauksesta ja kaasujen vaihdosta kudosten kesken sekä yksittäisten solujen kapasiteetista toimia aerobisesti. Maksimaalisella hapenottokyvyllä on merkitystä kaikissa yli minuutin pituisissa kestävyysuorituksissa ja erityisesti sillä on merkitystä 3-15 minuutin suorituksissa. Maksimaalisen hapenottokyvyn mittauksessa kohteena voi olla joko elimistön absoluuttinen hapenkuljetusmäärä (l/min = litraa minuutissa) tai henkilön omaan painoon suhteutettu hapenkuljetusmäärä (ml/kg/min = millilitraa henkilön painokiloa kohti minuutissa). (Lamb 1984, 173-174; Brooks & Fahey 1985, 9-10; McArdle ym. 1996, 126; Rintala ym. 1996, 26; ACSM 2006, 140-141; Janssen 2001, 34-35; Nummela, Keskinen & Vuorimaa 2004, 358-359.) Esimerkiksi kevyessä harjoituksessa absoluuttinen hapenkuljetusmäärä vaihtelee miehillä välillä 0,40-0,99 l/min ja omaan painoon suhteutettu hapenkuljetusmäärä välillä 6,1-15,2 ml/kg/min. Keskiraskaassa harjoituksessa vastaavat luvut ovat väleillä 1,00-1,49 l/min ja 15,3-22,9 ml/kg/min ja raskaassa harjoituksessa väleillä 1,50-1,99 l/min ja 23,0-30,6 ml/kg/min. Hyvin raskaassa harjoittelussa absoluuttinen hapenkuljetusmäärä on yli 2,00 l/min ja painoon suhteutettu hapenkuljetusmäärä yli 30,7 ml/kg/min. (McArdle ym. 1996, 159.) Kehon painoon suhteutettu  $VO_2\max$  ei anna vertailukelpoisia ar-

voja kaikkein keveimpien ja painavimpien ihmisten vertailussa (McArdle ym. 1996, 204-207; Nummela 2004, 53). Sen vuoksi on otettu käyttöön myös kehon paino potenssiin  $2/3$  tai  $3/4$  suhteutettu arvo ( $\text{ml} \times \text{kg}^{-2/3} \times \text{min}^{-1}$  tai  $\text{ml} \times \text{kg}^{-3/4} \times \text{min}^{-1}$ ), josta kehon paino potenssiin  $2/3$  on Keskinen ym. (2004) mukaan on ollut yleisimmin käytössä. Absoluuttisen  $\text{VO}_2\text{max}$ :n merkitys on suuri erityisesti sellaisissa lajeissa, joissa väline kannattaa suurimman osan kehon painosta. Tällaisia ovat esimerkiksi pyöräily ja soutu. Kehon painoon suhteutettu arvo on puolestaan käyttökelpoinen esimerkiksi juoksussa, jossa kehon painon liikuttaminen tapahtuu ilman välinettä. (Nummela 2004, 53.)

Taulukko 1. Elimistön tuntemukset erilaisissa kestävyysharjoitteissa.

Kestävyysosa-alue	Tuntemukset harjoittelussa	Harjoitustavoite
Nopeuskestävyys	Lihasten kankeus/maito-happo	Maitohapon sietäminen
Maksimaalinen kestävyys	Hengitys ja syke maksimissa	Hapenottokyvyn parantaminen
Vauhtikestävyys	Hengästyminen ja hikoilu	Verenkierron ja sydämen toiminnan vahvistaminen
Peruskestävyys	Keskusteluvauhti	Rasva-aineenvaihdunnan tehostaminen

(Rusko 1989)

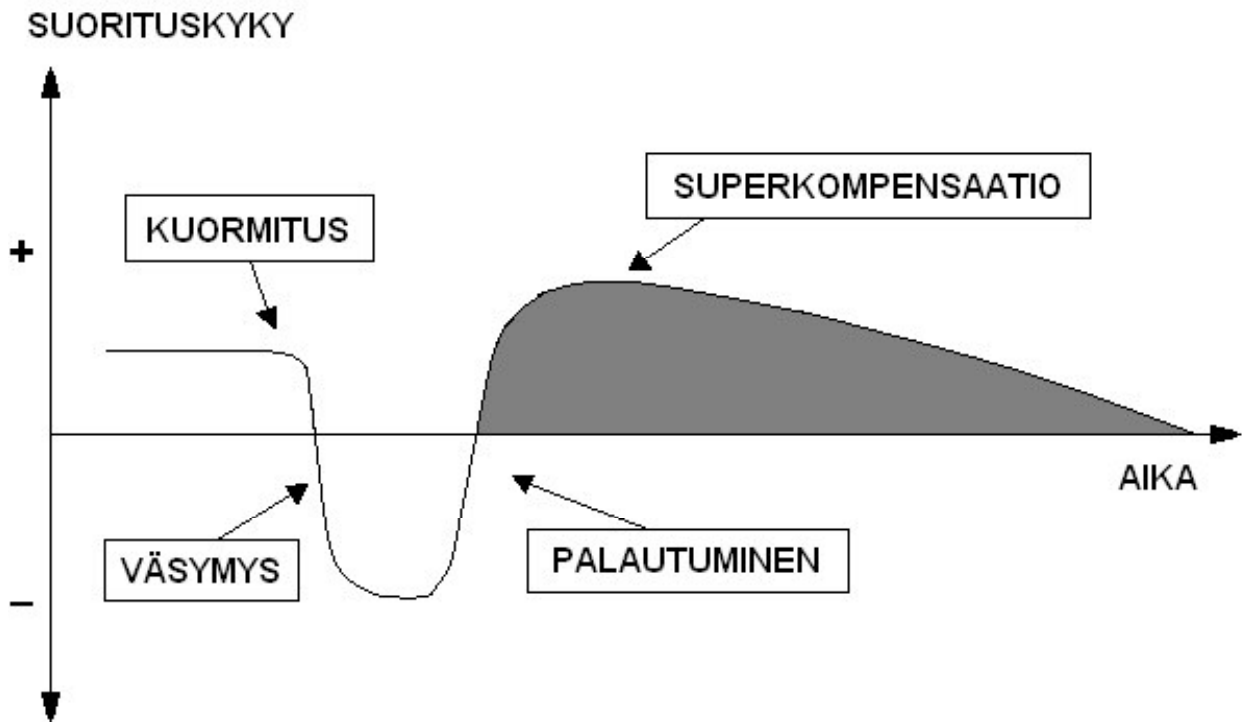
Kestävyys suorituskyky perustuu lajista riippumatta maksimaaliseen aerobiseen energiantuotokkyyn ( $\text{VO}_2\text{max}$ ), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyYTEEN, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuotokkyyn. Vaikka energiaa voidaan tuottaa maksimaalisella aerobisella teholla vain reilun kymmenen minuutin ajan, vaikuttaa  $\text{VO}_2\text{max}$  myös pitkäaikaiseen kestävyYTEEN asettamalla aerobiselle energiantuotolle toimintarajat. Pitkäaikainen kestävyys määräytyy fysiologisista kuntotekijöistä (aerobinen ja anaerobinen kynnysho), energiavarastojen (glykogeeni) riittävydestä ja väsymisestä. Lihaksissa tuotettu energia täytyy muuttaa liikuntasuoritukseksi – tätä hermo-lihasjärjestelmän voimantuotokkyvystä ja suoritustekniikasta riippuvaa tekijää kutsutaan suorituksen taloudellisuudeksi. Hermo-lihasjärjestelmän voimantuotokkyky ja  $\text{VO}_2\text{max}$  yhdessä antavat kestävyys suoritukselle raamit ja suorituksen taloudellisuus lopullisesti ratkaisee kuinka hyvätasoiseen kestävyys suoritukseseen henkilö pystyy. Kestävyys suorituskyvyn ominaisuuksien painoarvo vaihtelee lajin mukaan – kestävyys suorituskyky onkin aina lajispesifinen. Esimerkiksi maailman parhaat hiih-



täjät eivät menesty juoksussa ja päinvastoin. (Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 333.)

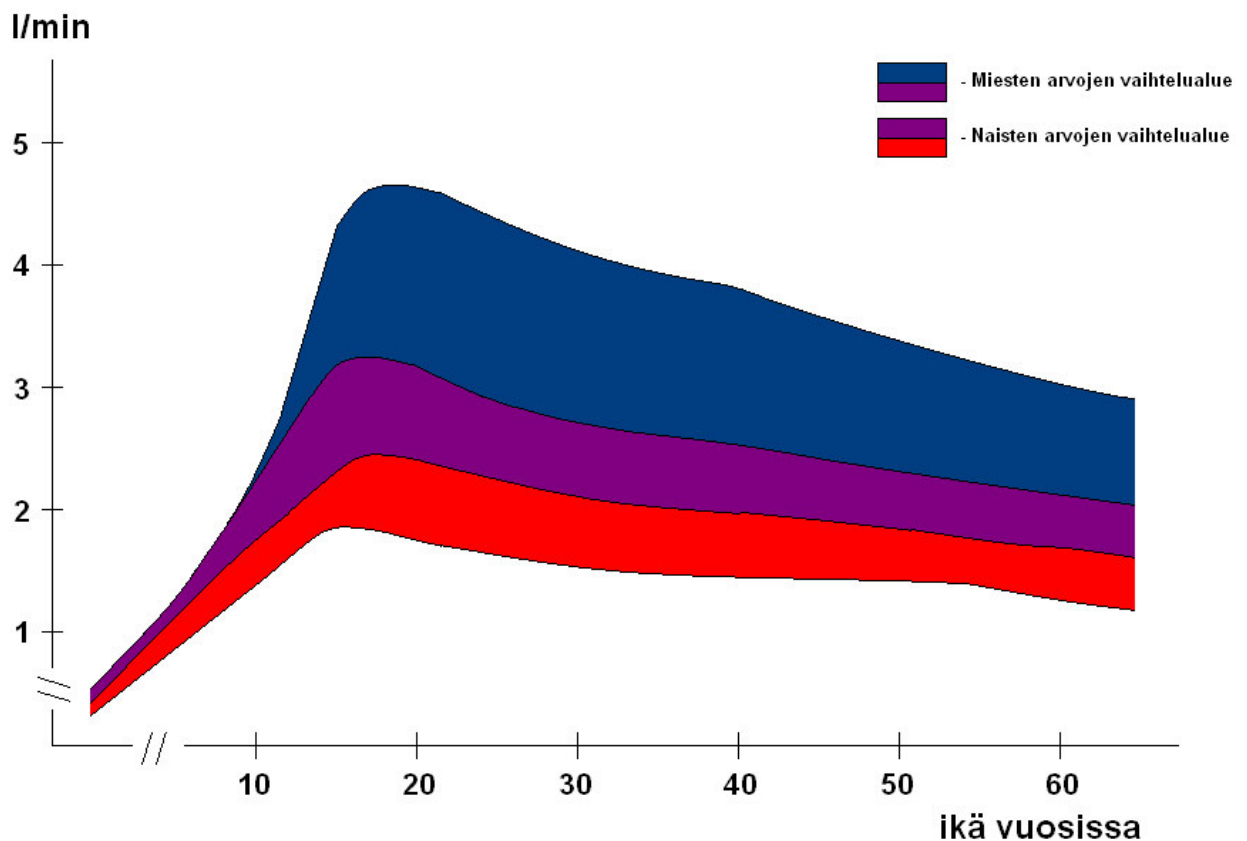
Kestävyiden kehittämiseksi ja harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi on hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä hermo-lihasjärjestelmää järkyttävä pois normaalista tasapainotilasta (Mero ym. 2004, 333). Toisin sanoen, kestävyys paranee aina, kun elimistö joutuu tekemään työtä rasituksen alaisena, eli aina, kun sydän, verenkiertoelimistö ja keuhkot toimivat lepotilaa suuremmalla teholla. Jo yksikin viikoittainen harjoitus kehittää huonokuntoisen kestävyttä. Kolme harjoituskertaa viikossa parantaa jo kuntoilijankin kestävyttä. (Rintala ym. 1996, 27.) Harjoittelun pitää olla kuitenkin jatkuvaa ja vaihtelevaa, jotta elimistössä tapahtuisi pitkäkestoisista adaptaatiota. Kestävysharjoittelussa elimistön tasapainoa järkytetään pääosin kahdella tavalla: harjoituksen suuren tehon tai pitkän keston avulla. (Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 333-335.)

Suorituskyvyn kehittyminen edellyttää säännöllisen harjoittelun lisäksi riittävää ja monipuolista ravintoa sekä lepoa. Vasta rasituksen jälkeisenä palautumisaikana elimistön suorituskyky kehittyy ennen rasitusta ollutta lähtötasoa paremmaksi. Tätä suorituskyvyn kasvun ilmiötä kutsutaan **superkompensaatioksi**. (Viitasalo 1987, 84; Kantola 1989, 128; Häkkinen 1990, 54; Rehunen & Heino 1992, 159; Rintala ym. 1996, 27; Janssen 2001, 151-154.)



Kuvio 10. Kuormituksen ja palautumisen oikea ajoittaminen varmistavat superkompensaation ja kehittävän harjoitusvaikutuksen (Weineck 1982, 16; Viitasalo 1987, 84; Kantola 1989, 128; Häkkinen 1990, 54; Rehunen & Heino 1992, 159; Rintala ym. 1996, 27; Janssen 2001, 151-154).

Ihmisen maksimaalinen hapenotto-kyky on parhaimmillaan noin 20 vuoden iässä. Shvartzin & Reiboldin (1990) aerobisen kunnan viitearvojen mukaan se on tällöin maksimissaan noin 4,5 l/min. (Shvartz & Reibold 1990, 3-11.) Kestävyysominaisuudet heikkenevät iän myötä – maksimaalinen hapenotto-kyky vähenee noin 1 % vuodessa 30. ikävuoden jälkeen (kuvio 7) (Brooks & Bahey 1985, 682-696; Skinner 1987; Shvartz & Reibold 1990, 3-11; McArdle ym. 1996, 641; Roberts, Robergs & Hanson 1997, 230-231; Nienstedt ym. 1999, 595).



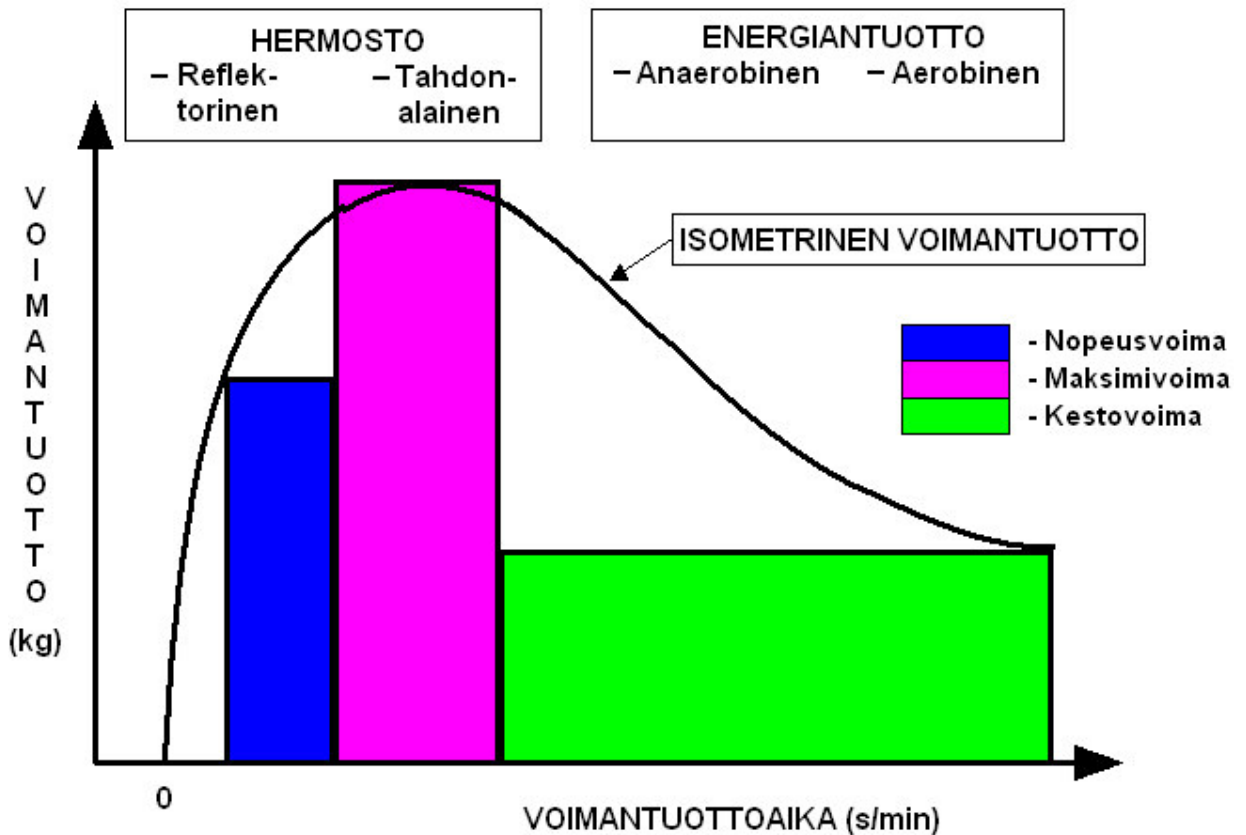
Kuvio 11. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä iän myötä tapahtuvat muutokset (Scherrer (toim.) 1988, 151; Nienstedt ym. 1999, 595).

### 2.3.5. Voima

Voima on perusominaisuus, jota tarvitaan muodossa tai toisessa kaikessa työssä ja eri tehtävissä (Kyröläinen ym. 2003). Lihasten tehtävänä on tukea ja suojata luustoa, niveliä ja hermokudosta sekä aikaansaada liikettä. Voimaharjoittelulla on lihaskunnan kehittymisen lisäksi tuki- ja liikuntaelimistön sairauksia ehkäisevä vaikutus – harjoitettu elimistö kestää yllättäväkin fyysistä kuormitusta. (Rintala & Kanninen 1996, 28.)

Lihaksen voimantuotto – ominaisuudet voidaan jakaa **maksimivoimaan**, **nopeusvoimaan** ja **kestovoimaan**. Voimaa tuotetaan eri tilanteissa eri tavoin. Lihassoiman avulla voidaan urheilussa siirtää kehon painoa, vastustajaa tai välinettä erilaisilla nopeuksilla. Voimantuottoa vaaditaan erilaisissa asennoissa ja liikkeissä vaihtelevilla liikenopeuksilla. Voimantuottoa vaaditaan myös eri tilanteissa muutaman sadan millisekunnin nopeusvoimasuorituksista aina tuhansien toistojen kestovoimasuorituksiin saakka. Tämän vuoksi pitääkin, esimerkiksi testausmenetelmiä valittaessa, tutkia tarkoin minkälaisia voimantuottovaatimuksia eri tehtävät ja suoritukset sisältävät ja miten hyvin valitut testausmenetelmät näitä vaatimuksia kuvaavat.

(Ahtiainen & Häkkinen 2004, 125.).



Kuvio 12. Voiman eri osa-alueet kuvattuna isometrisellä voima-/aikakäyrällä (Hirvonen & Aura 1989, 221).

**Maksimivoima** tarkoittaa suurinta yksilöllistä voimatasoa, jonka lihas tai lihasryhmä tuottaa tahdonalaisessa kertalihasupistuksessa ilman, että voimantuottoon kulunut aika olisi rajoittava tekijä. Maksimaalisen voimatason saavuttamiseen kuluu aikaa staattisella tai dynaamisella lihastyöllä n. 0,5 – 4s, riippuen lihastyötavasta, mitattavasta lihasryhmästä, testattavan harjoitustaustasta, sukupuolesta ja iästä. Maksimivoiman kehittyessä lihaksistosta kyetään tuottamaan aikaisempaa suurempi absoluuttinen voimamäärä. Maksimivoimasuorituksissa hermostosta kuormittuu pääasiassa sen tahdonalainen osa (kuvio 8). Maksimivoimaa voidaan kehittää kahden eri harjoitusmenetelmän avulla, joista ”perusvoimaharjoittelu” kehittää voimaa lihasmassan kasvun kautta ja ”maksimivoimaharjoittelu” tehostuneen hermotuksen kautta (taulukko 2). (Hirvonen & Aura 1989, 221-222; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 138-139; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 285.)

**Nopeusvoima** tarkoittaa kykyä tuottaa lyhyessä ajassa mahdollisimman suuri submaksimaali-

nen voimatasa. Toiminnallisesti nopeusvoimantuotto kuormittaa hermoston reflektorista osaa ja sijoittuu voima/aika – käyrällä lähimmäksi 0-hetkeä (kuvio 8). Nopeusvoiman kehittyessä sama voimatasa kyetään tuottamaan lyhyemmässä ajassa tai, toisin sanoen, samassa ajassa kyetään tuottamaan suurempi voima, jolloin lihastyön teho kasvaa ja edellytykset lajisuuritukselle paranevat. Nopeusvoimaa harjoitettaessa ”pikavoima” sisältää nopeatempoiset, sykliset toistosarjat ja ”räjähtävä voima” yksittäiset, rajuihin voimanpurkauksiin kulminoituvat harjoitteet (taulukko 2). (Hirvonen & Aura 1989, 222; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 149; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 286.)

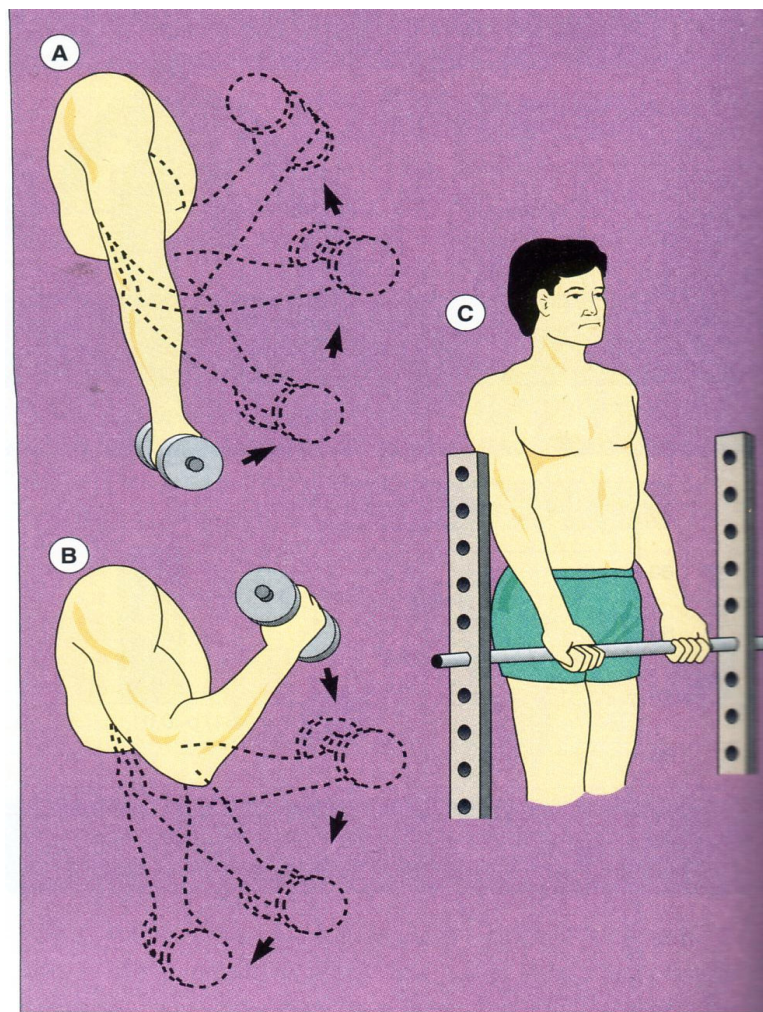
**Kestovoimalla** tarkoitetaan kykyä ylläpitää lajinomaisia voimatasoja mahdollisimman kauan. Kestovoimasuorituksen pituutta rajoittavat lihaksiston energiantuotolliset (aerobinen ja anaerobinen) ominaisuudet. Kestovoiman avulla tuotetut voimatasot ovat matalia, mutta työskentelyajat pitkiä. Kestovoimaharjoitteilla parannetaan kestävyuden edellytyksiä ja toisaalta valmistetaan lihaksistoa kovatehoiseen voimaharjoitteluun. Harjoitusmenetelmissä kestovoima jaetaan kahteen alaryhmään; aerobiseen ”lihaskestävyteen” ja anaerobiseen ”voimakestävyteen” (taulukko 2). (Hirvonen & Aura 1989, 221; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 169; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 288-289.)

Taulukko 2. Voiman osa-alueet ja harjoitustavoitteet/ -muodot.

<b>KESTO- VOIMA</b>	<b>LIHASKESTÄVYYS</b>
	<b>VOIMAKESTÄVYYS</b>
<b>MAKSIMI- VOIMA</b>	<b>PERUSVOIMA</b>
	<b>MAKSIMIVOIMA</b>
<b>NOPEUS- VOIMA</b>	<b>PIKAVOIMA</b>
	<b>RÄJÄHTÄVÄ VOIMA</b>

(Hirvonen & Aura 1989, 222; Levola, Jouste & Vuorimaa 1999)

Lihaskunto on tuki- ja liikuntaelimestön toimintakykyä sekä lihasten käytön ohjausta. Lihasten supistumistavat voidaan jakaa **dynaamiseen (isotoninen)** ja **staattiseen (isometrinen)** supistumistapaan lihaspituudessa tapahtuvien muutosten ja kohteen liikkumisen tai liikkumattomuuden perusteella. Lihasten tuottama dynaaminen voima voidaan edelleen jakaa **konsentriseseen** ja **eksentriseen** sen perusteella, lyheneekö vai venyykö lihas supistuksen aikana. **Konsentrisessä** työssä lihaksen tuottama voima voittaa vastuksen ja lihas lyhenee. **Eksentrisessä** sitä vastoin voima ei riitä vastuksen voittamiseen, vaan lihaksen pituus lisääntyy ulkoisen kuormituksen vaikutuksesta. (Viitasalo 1987, 46-48; Häkkinen 1990, 21-22; McArdle ym. 1996, 426-427; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 128; ks. myös Rintala & Kanninen 1996, 28-31)



Kuvio 13. Lihaksen supistumistavat esimerkkinä kyynärvarren koukistajalihakset, jotka tekevät konsentristä työtä nostettaessa vastusta ylös (A), eksentristä työtä sitä laskettaessa (B) ja isometristä työtä kannateltaessa vastusta paikallaan (C). (Jones, McCartney & McComas 1986, 28; Viitasalo 1987; Häkkinen 1990, 22; McArdle ym. 1996, 426; Cerny & Burton 2001, 150).

**Staattisessa**, eli **isometrisessä** lihassupistuksessa lihas tekee työtä ja on supistuneena, mutta työ ei aiheuta liikettä. **Isometrinen** lihastyötapaa liittyy sekä jokapäiväisiin toimintoihin että liikuntaan. Istuessamme tai seisoessamme liikkumatta, supistuvat useat lihaksemme, kuten selkälihakset, staattisesti. (McArdle ym. 1996, 426-427.) Esimerkiksi sotilaslentäjän lennolla tekemä vastaponnistus vaatii voimakkaita staattisia lihassupistuksia (Burton & Whinnery 1996, 247-248; Green 1999, 149). Tällöin hermolihaskäytännön tehokkaan toiminnan kannalta merkitykselliseksi tulee se, että jo varsin matalilla isometrisillä lihasjännitystasoilla työskentelevän lihaksiston verenkierto vaikeutuu tai pysähtyy jopa kokonaan. Verenkierron pysähtyminen tai hidastuminen puolestaan aiheuttaa sen, että hapen ja ravinteiden kulku lihassoluille estyy, estäen samalla palamistuotteiden poistumisen lihaksista. Tästä on seurauksena anaerobinen aineenvaihdunta ja maitohapon kasautuminen lihaksiin, paikallista väsymystä aiheuttaen. Ihmisen luonnollinen pyrkimys välttää pitkäaikaista isometristä lihastyötä voidaan havaita esimerkiksi siinä, että istuttaessa vaihdetaan asentoa tietyin väliajoin ja näin lisätään työskentelevien lihasten verenkiertoa ja ehkäistään palamistuotteiden ylenmääräinen kasautuminen lihaksiin. (Viitasalo 1987, 46-48.)

**Eksentrisesti** supistuessaan lihas tuottaa suuremman maksimivoiman kuin isometrisessä supistuksessa, jossa tuotettu voima on puolestaan suurempi kuin maksimaalisessa konsentrisessä lihassupistuksessa tuotettu voima (Viitasalo 1987, 46-48). Lihas saattaa suorittaa kulloisenkin työnsä joissakin tapauksissa puhtaasti jotakin edellä mainittua supistustapaa käyttäen. Käytännön lihastoiminnassa kaikki työtavat toimivat kuitenkin joustavasti, eikä niitä voi tarkasti erottaa toisistaan. Lisäksi liikkeeseen tarvitaan aina lihasten yhteistoimintaa siten, että vaikuttajalihasten, eli **agonistien** supistuessa vastavaikuttajat, eli **antagonistit** rentoutuvat. (Häkkinen 1990, 23; Rintala & Kanninen 1996, 29; McArdle ym. 1996, 353.) Suoritusta, jossa on sekä staattisia että dynaamisia lihassupistusvaiheita kutsutaan kirjallisuudessa yleisesti **aukso-**  
**toniseksi** (Viitasalo 1987, 46-48).

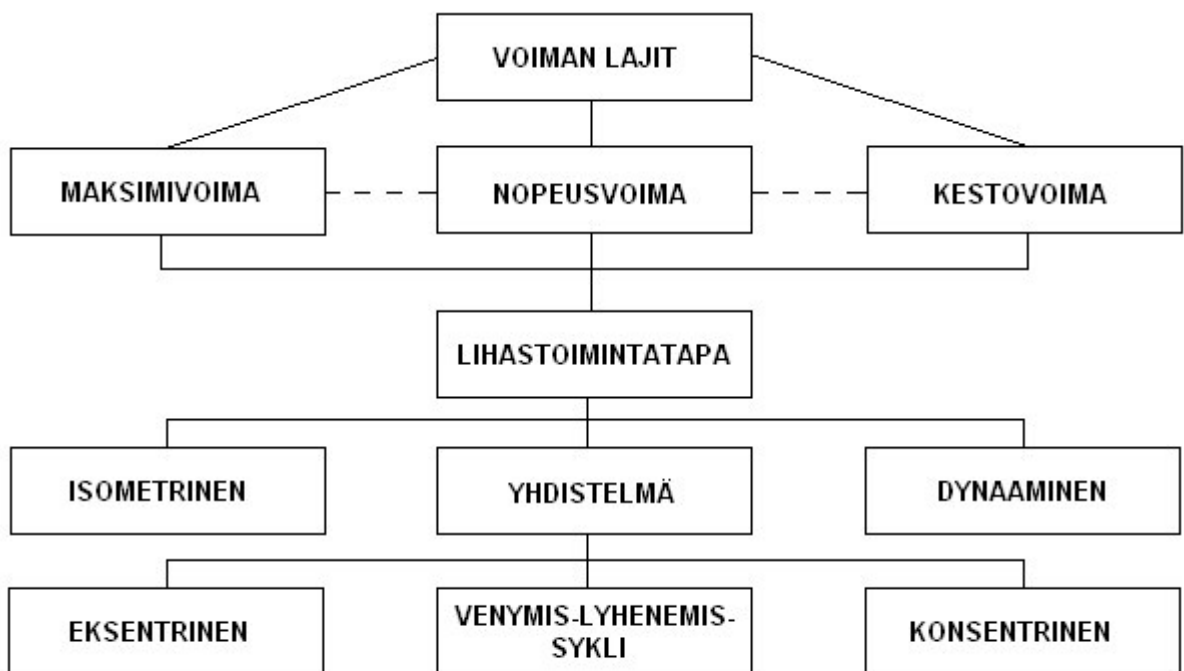
Voimaharjoittelulla on lihaskunnan kehittymisen lisäksi tuki- ja liikuntaelimistöön sairauksia ehkäisevä vaikutus, sillä harjoitettu elimistö kestää paremmin fyysistä kuormitusta (Rintala & Kanninen 1996, 28).

Voimaan vaikuttavat muun muassa:

- **lihakseen varastoitu energia: ATP, kreatiinifosfaatti, glykogeeni,**
- **lihaksen rakenne,**
- **solujakauma (nopeat – hitaat),**

- lihaksen pituus ja nivelkulma,
- lihaksen poikkipinta-ala,
- supistuvien lihassolujen lukumäärä (tahdonvoima vaikuttaa!),
- voiman tuottamiseen käytettävä aika,
- lihastoimintatapa (isometrinen – dynaaminen – yhdistelmä),
- elastisten komponenttien hyväksikäyttö sekä
- suoritustekniikan hallinta

(Rehunen & Heino 1992, 166).



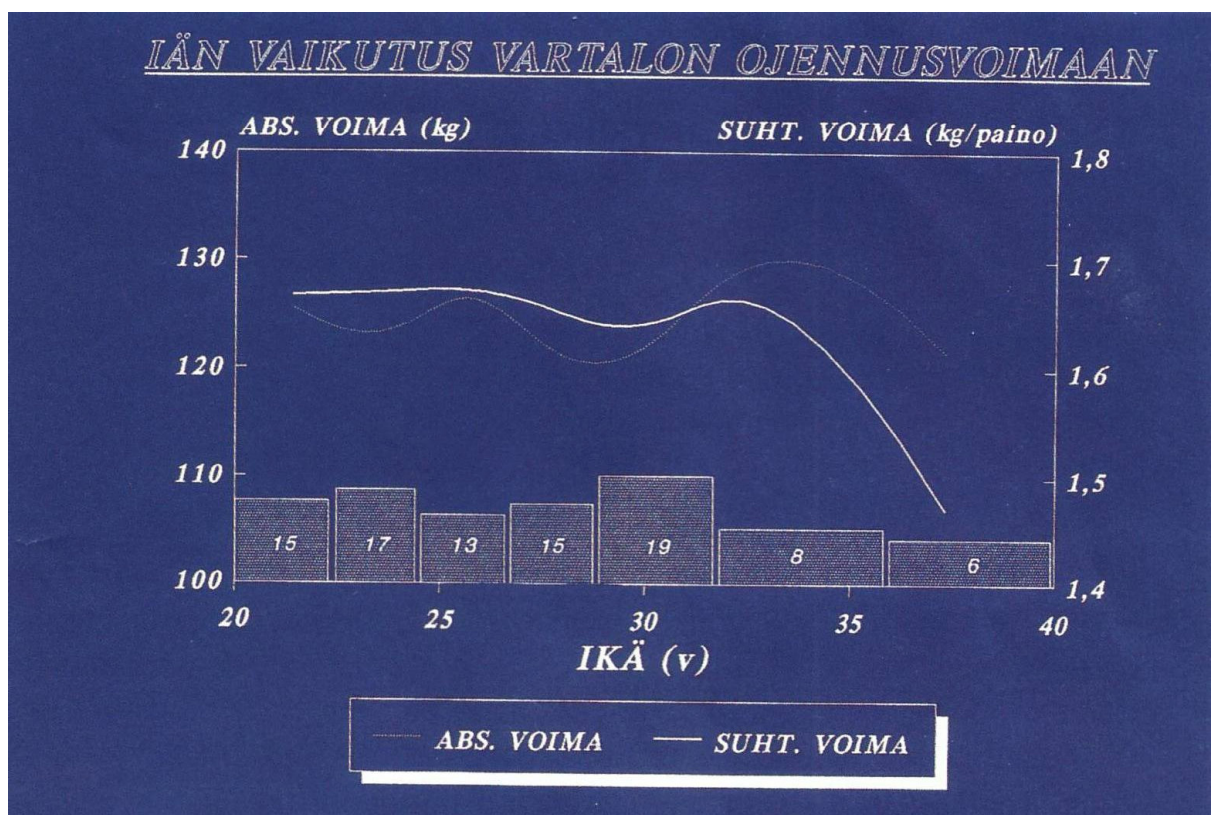
Kuvio 13. Voiman lajit ja lihassupistustavat sekä liikenopeus ja kuormitus dynaamisessa lihastyössä (Häkkinen 1990, 42; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 126; Häkkinen, Mäkelä, & Mero 2004, 251).

Ihmisen yleinen voimataso on yleisesti korkeimmillaan ikävuosien 20-30 välillä. Tällöin myös lihasten poikkipinta-ala on yleensä suurimmillaan. 30 ikävuoden jälkeen eri lihasryhmien voimatasot laskevat – aluksi hiljalleen ja noin 50 ikävuoden jälkeen kiihtyen. (Scherrer (toim.) 1988, 611-612; McArdle ym. 1996, 639; Ringsberg 1993, 2001; Kaikkonen 2001, 219-221.) Aluksi lihasten voiman vähenemisen voimakkuus on samaa luokkaa kuin  $VO_2max:n$ , eli noin 1% vuodessa (Nienstedt ym. 1999, 596). Lihassoimintatavien lasku on suo-



raan verrannollinen muun muassa vanhempien ihmisten liikkuvuuden ja fyysisen suorituskyvyn rajoittuneisuuteen sekä esimerkiksi lisääntyneisiin, lihasheikkouksista ja heikentyneestä lihasmotoriikasta johtuviin, tapaturmiin. (McArdle ym. 1996, 639.) Tämä sama yleinen ilmiö on havaittavissa myös sotilaslentäjien keskuudessa.

Kannisen ym. (1996) mukaan lentäjien yleinen voimataso alenee huolestuttavan paljon 30 ikävuoden jälkeen. Tämä negatiivinen kehitys ilmenee lentouran siinä vaiheessa, jolloin toimitaan valmiusohjaajatehtävissä ja ollaan siirtymässä lentoyksikön päällikkötehtäviin. (Rintala & Kanninen 1996, 29.)



Kuvio 14. Iän vaikutus vartalon ojennusvoimaan (Rintala & Kanninen 1996, 29).

### 2.3.6. Taito ja taitavuus

Taito on kyky hallita lihaksia ja lihasryhmiä tarkoituksenmukaisesti ja tehokkaasti, mikä edellyttää hermoston ja lihaksiston saumatonta yhteistyötä, koordinaatiota. Taito on oppimiseen pohjautuva ominaisuus, motorisia kykyjä, joita käytetään tietyssä toiminnassa. Taito toisaalta hyödyntää ja toisaalta ohjaa sekä koordinoi kaikkia ihmisen havainnoinnin, ajattelun, muistamisen, päätöksenteon ja motorisen käyttäytymisen alueita. Teknisessä suorituksessa se

kehittyä fyysisten, psyykkisten, emotionaalisten ja koordinatiivisten kokemusten yhteistoimintaa vaativien harjoitusten avulla. Taito ja taitavuus perustuvat lisäksi jo opittuun liikevarastoon, jonka malleja ihminen soveltaa niin vanhoihin kuin uusiinkin tilanteisiin. Tämän vuoksi taidon hankkiminen edellyttää useiden vuosien harjoittelua. Esimerkiksi laajan taitovaras-  
 raston ja tarkan ja täsmällisen liikuntaelimistön omaava lentäjä oppii uusia liikkeitä, poisoppii  
 vääriä liikkeitä ja sopeutuu muuttuviin oloihin helposti. (Eloranta 1996, 32-36; Häkkinen ym.  
 2004, 185.)

Taidon lajit ovat **yleistaitavuus** ja **lajikohtainen taitavuus**. Lajikohtainen taitavuus voidaan jakaa vielä **tekniikkaan** ja **tyyliin**. (Mero, Vuorimaa & Häkkinen 1990; Mero, Nummela & Keskinen 1997; Mero 2004).

### **Taidon lajit ovat:**

#### **A. Yleistaitavuus**

#### **B. Lajikohtainen taitavuus**

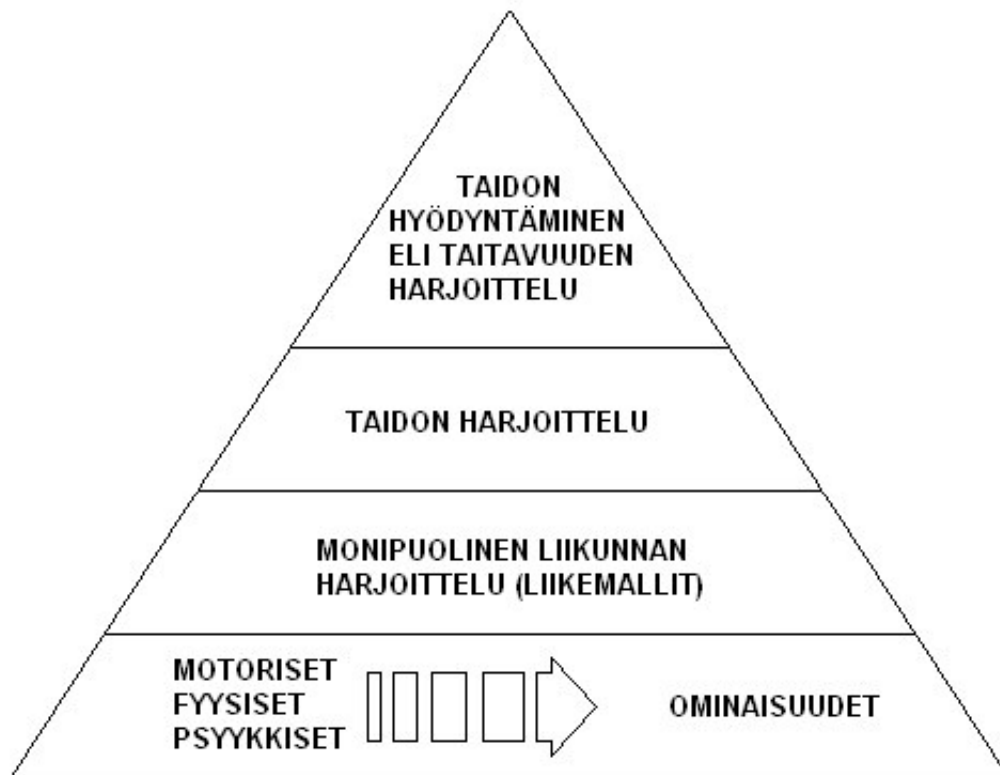
##### **1. Tekniikka**

##### **2. Tyyli**

**Yleistaitavuudella** tarkoitetaan kykyä oppia ja hallita erilaisten urheilun ulkopuolisten suoritusten taitoja, mutta myös urheilulajien taitoja ja erilaisia liikuntamuotoja. **Lajikohtaisella taitavuudella**, tai toisin sanoen **erityistaitavuudella** tarkoitetaan kykyä käyttää ja soveltaa taitoa tehokkaasti. Esimerkiksi tietyn lajin tekniikan tarkoituksenmukaista hyväksikäyttöä tilanteiden mukaan sekä ilmenevien tekniikkavirheiden korjauskykyä ja uuden tekniikan nopeaa oppimiskykyä. Hyvä tekniikka tarkoittaa suorituksen oikeiden liikeratojen osaamista. Henkilön osatessa käyttää hyvää tekniikkaa nopeasti, taloudellisesti ja tarkoituksenmukaisesti eri tilanteissa on kyseessä hyvä taito. (Eloranta 1996, 32-36; Mero 2004, 241.) Esimerkiksi sotilaslentäjältä edellytetään sekä hyvää **yleistaitavuutta** että hyvää **lajikohtaisten taitojen** hallitsemista, jotta esimerkiksi uusien asioiden omaksuminen ja selviytyminen ennalta arvaamattomissa tilanteissa lennon aikana olisivat mahdollisia.

Taitavuus luo edellytyksiä liikkeiden ja taitojen oppimiselle sekä opitun taidon tarkoituksenmukaiselle käyttämiselle. Nopeissa tilanneratkaisuissa sillä on varsin keskeinen asema. Taitosuoritukset ovat automaattisesti suoritettavia liikkeitä, joita usein kutsutaan tottumuksiksi, mutta jotka todellisuudessa ovat opittuja refleksejä, *taitorefleksiä*. Näiden niin sanottujen

tiedonkäsittelyn ”pakettien” avulla esimerkiksi taitava lentäjä pystyy toimimaan pääosin automaattisesti, jolloin hänen rajallista simultaanikapasiteettiaan vapautuu muuhun toimintaan. (Eloranta 1996, 32-36.)



Kuvio 15. Taitavuuspyramidi (Eloranta 1996, 32-36).

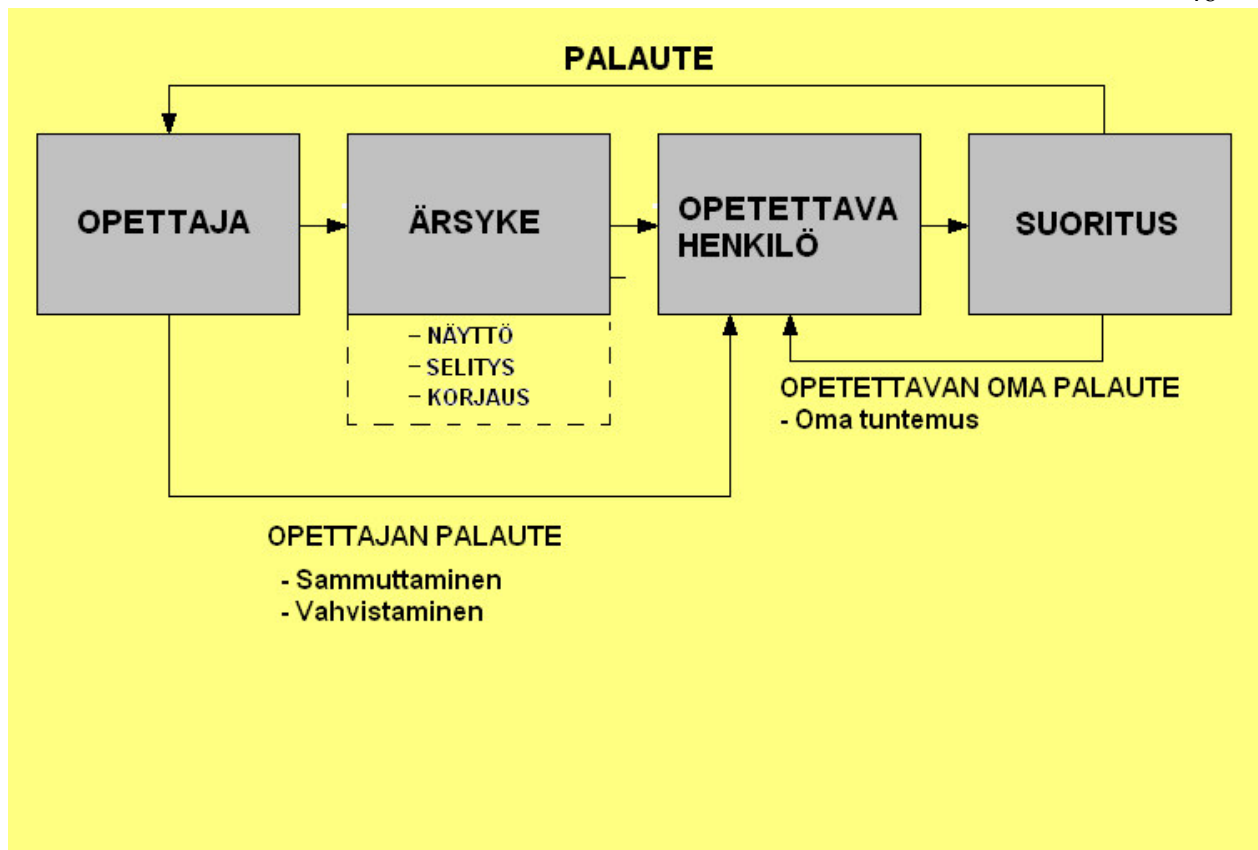
Taitavuus tarkoittaa kykyä hallita ja koordinoita monimutkaisia ja vaikeita liikkeitä. Taitavuus on myös kykyä oppia ja kehittää nopeasti uusia taitoja ja toteuttaa niitä tehokkaasti eri tilanteissa. Jos hallitaan vain yhden tyyppisiä taitoja, ne häiritsevät automaatioluonteensa vuoksi muiden taitojen onnistumista. Taitavuus on myös ominaisuus joka hyödyntää ja koordinoi kaikkia liikkumisen ja ajattelun osa-alueita. Liikkumisessa taitavuuden oppiminen edellyttää koordinaatiokykyjen ja älyllisten kykyjen kehittymistä. Koordinaatiokyvyt säätelevät taidon toteuttamista tulematta itse konkreettisesti näkyviin. Kyvyt perustuvat hermolihas-säätelyyn, havaintomotoriseen säätelyyn ja keskushermoston ohjausprosesseihin. (Eloranta 1996, 32-36; Ahtiainen 2004, 185)

**Koordinaatiokyvyiksi** voidaan luokitella:

1. **voimaerottelu** (jännitys <-> rentous),
2. **suuntatarkkuus** (kehon asento),
3. **ajoitustarkkuus ja rytmi** (liikkeen ajoitus),
4. **yhdistely** (kokonaissuoritus)
5. **tasapaino** ja
6. **muuntelu** (Nupponen, Soini & Telama 1999, 9; Eloranta 1996, 32-36).

**Voimaerottelussa** on kysymys lihaksiston voimankäytön ja rentouden vaihtelusta tilanteeseen soveltuvalla tavalla. **Tasapainolla** tarkoitetaan oman kehon tai ulkopuolisen esineen paikallaan pitämistä tai liikuttamista siten, että asento tai liike on hallittu. **Ajoitustarkkuus** tarkoittaa liikkeen osien tai liikkeen oikea – aikaisuutta ja liikkeelle ominaisen rytmisen vaihtelun ymmärtämistä ja toteuttamista. **Suuntatarkkuus** merkitsee havainto- ja hermolihasjärjestelmän kykyä toimia yhdessä hienosäätöisesti tilaan ja painovoimaan nähden. **Yhdistelyllä** ymmärretään hermoston ja lihasten hallintaa siten, että liikkeet ja niiden osat muodostavat sujuvan kokonaisuuden. **Muuntelulla** tarkoitetaan kykyä toimia motorisesti tavalla, joka sopii odottamatta muuttuviin olosuhteisiin tai tulevaan tilanteen muutokseen sekä kykyä kontrolloida motorista toteutusta ja tarvittaessa korjata ja muuttaa sitä. (Nupponen ym. 1999, 9-10.)

Taidot ovat suhteessa johonkin tiettyyn suoritukseen, esimerkiksi urheilulajiin. Jokaisessa lajissa taas vaaditaan erilaisia ominaisuuksia sekä erilaista taitoa ja motorista kyvykkyyttä. Motoriset kyvyt perustuvat yleisiin ominaisuuksiin, joita ovat esimerkiksi lihasvoima ja -kestävyys, nopeusvoima, nopeus, tasapaino, notkeus, ketteryys ja aerobinen kestävyys. Ne ovat perustana motoriselle oppimiselle, kun taas taitoa voidaan pitää hermo-lihasjärjestelmän oppimisprosessin tuloksena. Taitoon yhteydessä olevia motorisia kykyjä, fyysisiä kuntoominaisuuksia ovat muun muassa: **ketteryys** (kyky nopeasti ja tarkasti muuttaa kehon asentoa tietyssä tilassa), **tasapaino** (paikallaan ollessa tai liikkeessä), **koordinaatio** (kyky käyttää aisteja ja kehoa yhtäaikaisesti), **teho** (kyky tuottaa voimaa niin nopeasti kuin mahdollista), **reaktioaika** (kulunut aika ärsykkeestä vasteeseen, liikkeen alkamiseen) ja **nopeus** (kyky tuottaa liikettä nopeasti). (Ahtiainen 2004, 185.)



Kuvio 16. Taidon opettamisen perusmalli (Luhtanen 1989, 295).

Taito voidaan rinnastaa siihen, kuinka tehokas liikesuoritus on. Tehokkuudella taas tarkoitetaan sitä, kuinka paljon happea ja energiaa suoritukseen kuluu. Esimerkiksi kokematon uimari kuluttaa viisi kertaa enemmän happea tietyllä matkalla kuin kokenut kilpauimari. Taidon perustana on harjoittelu. Se tarkoittaa tietyn fyysisen tai psyykkisen toimitasuorituksen toistamista joko järjestelmällisesti tai huomaamatta, jokapäiväisen elämän yhteydessä, kunnes elimistössä tapahtuu suorituskyvyn paranemiseen johtavia mukautumismuutoksia. Harjoittelussa on olennaista, että suoritetaan juuri niitä liikkeitä, joiden suhteen toivotaan suorituskyvyn paranevan. Muu kuin lajityyppillinen harjoittelu ei lisää taitoa, vaan toimii ainoastaan ”tukiliikuntana”. Samat fysiologiset lait pätevät sekä työssä että urheilussa. Tutuissa, monta kertaa harjoitelluissa työasennoissa, voimantuotto ja suorituskkyky ovat parhaimmillaan ja taloudellisimmillaan. Taidossa ja suorituksen tehokkuudessa avainasemissa ovatkin harjoittelun myötä kehittyvät kyvyt vähentää tasapainon säätelyyn kuluvaa energiaa, välttää turhaa lihastyötä, ohjata raajojen liikkeit oikeaan suuntaan ja vähentää liikettä vastustavien antagonististen lihasten toimintaa suorituksen aikana. (Sandström 1989, 62-63.)

Taidon ja motorisen kyvyn testit ovat aina spesifejä sukupuolelle, iälle ja testiympäristölle. Taitoa voidaan testata esimerkiksi: psykomotorisen oppimisen apuvälineenä, motivointikei-

nona (harjoittelun tuloksellisuuden arvioinnissa, menestystä ennustavana testinä), diagnosointitarkoituksessa tai tutkimustarkoituksessa. Taitotestien tarkoituksena voi olla esimerkiksi: valinta koulutukseen, joukkueeseen tai työhön, luokittelu (esimerkiksi eri tehtäviin joukkueessa), diagnosointi (esimerkiksi urheilijan kehityskohteiden ja vahvuuksien arviointi), harjoitteluohjelman laatiminen, harjoittelun tuloksellisuuden arviointi sekä urheilijan sen hetken kunnan arviointi. Laajemmin käsitettynä henkilön kyky suoriutua fyysisistä toiminnoista (motorinen kompetenssi, pystyvyys) riippuu: sensorisista kyvyistä (kyky käyttää hyväksi näkö-, kuulo-, tunto- ja liikeaisteja, testinä esimerkiksi tarkkuusheitto), motorisista kyvyistä (esimerkiksi kestävyys, notkeus, voima, nopeus ja tasapaino ja kehon kokemisesta (kyky hahmottaa omaa kehoa eli kehon kaava ja tietoisuus omasta kehosta eli kehon kuva). (Ahtiainen 2004, 186.)

Testistön suunnittelun pohjana käytetään lajiansalyysia, alan kirjallisuutta sekä aiempia testikokemuksia. Testien ja testiprotokollan valinnan jälkeen tehdään pilottitestejä, joiden avulla arvioidaan testien luotettavuutta ja soveltuvuutta sekä tulosten arviointiperusteita. Testien tulee olla toistettavia ja mahdollisia mittaamaan haluttua ilmiötä. Niiden tulee olla myös erotte-lukykyisiä ja diagnostisen vertailun mahdollistavia. Testien vaikeustaso pitää pyrkiä pitämään sellaisena, että kaikki testattavat pystyvät suorittamaan testit, mutta kaikki eivät saa hyviä tuloksia. Testitulokset tulee olla yksiselitteisesti mitattavissa tai pisteytettävissä ja niille on hyvä olla olemassa viitearvoja. (Ahtiainen 2004, 186.)

### **2.3.7. Antropometria**

Antropometrialla tarkoitetaan ensisijaisesti pituuteen, painoon, ympärysmittoihin, leveysmittoihin ja ihopoimuihin perustuvia mittauksia, joilla pyritään kuvaamaan ihmisen terveydentilaa, ali- tai ylipainon sekä kasvua. Antropometrisilla mitoilla voidaan tehdä myös arvioita kehon koostumuksesta. (Liite ry 1999, 16.)

Antropometrisia ja kehon koostumusta koskevia tietoja tarvitaan edelleenkin kuvaamaan aliravitsemusta, mutta länsimaissa yhä enemmän myös lihavuutta. Antropometriaa voidaan käyttää esimerkiksi osana urheilijan seuranta. Tämä edellyttää kuitenkin mittauksen arvioinnissa kylmää kriittisyyttä tuloksia kohtaan, sillä erityisesti kehon koostumusta arvioivien menetelmien toistettavuuden virheet ovat yleensä suurempia kuin odotetut muutokset. Antropometria ei sovi asettamaan urheilijoita paremmuusjärjestykseen tai luokittelemaan ryhmän jäseniä esimerkiksi sopivan painoisiksi ja liian painaviksi. (Brooks & Fahey 1985, 539-550;

Liite ry 1999, 16; ACSM 2006, 57-63.)

Lihominen on seuraus pitkäaikaisesta positiivisesta energiatasapainosta eli kulutusta suuremmasta energian saannista. Suurin osa (70-80%) ruoan ylimääräisestä energiasta varastoituu kehoon rasvana, jonka energiasisältö on noin 37,6 MJ/kg (9000 kcal/kg). Osa (20-30%) ylimääräisestä energiasta varastoituu proteiineina ja niihin sitoutuvana vetenä, eli niin sanottuna rasvattomana kudoksena (sisältää muun muassa lihassmassan), jonka energiasisältö on noin 4,2 MJ/kg (1000kcal/kg). Kehoon varastoituva energia suurentaa kehon painoa ja suuri osa samanpituisten ihmisten painoeroista onkin selitettävissä rasvan ja lihasten massan määrällä. Sen sijaan kehon nestemäärä ja luuston kivennäisaineiden määrä yhdessäkin selittävät korkeintaan 2-4 kilogramman painoeroja terveiden ihmisten välillä. (McArdle ym. 1996; Liite ry 1999; ACSM 2006, 57-63.)

Käytetyin ja käyttökelpoisin painoon perustuva lihavuuden ja laihuuden indikaattori on painoindeksi, eli BMI (engl. Body Mass Index). Painoindeksi saadaan jakamalla paino (kg) pituuden (m) neliöllä:

$$\text{BMI} = \text{paino (kg)} / \text{pituus (m)}^2$$

Jos esimerkiksi 170 cm (1,7m) pitkä henkilö painaa 80 kg, on hänen painoindeksinsä  $80 / (1,7 \times 1,7) = 27,7 \text{ kg/m}^2$ . (Brooks & Fahey 1985, 539-550; Morrow, Jackson, Disch & Mood 1995, 222-226; McArdle ym. 1996, 541-542; Liite ry 1999; ACSM 2006, 58.)

Painoindeksiä on helppo ja nopea käyttää. BMI ei erottele rasva- ja lihaskudoksen määrää toisistaan. Monissa tapauksissa koehenkilön silmämääräinen arviointi paljastaa kummasta suuri BMI aiheutuu. (Brooks & Fahey 1985, 539-550; McArdle ym. 1996, 541-542; Liite ry 1999; Greenberg, Dintiman & Oakes 2004, 198-199; ACSM 2006, 58.)

Taulukko 3. Painoindeksin viitearvot.

<b>SELITE</b>	<b>BMI</b>
Alipaino	< 18,5
Normaalipaino	18,5-24,9
Lievä ylipaino	25,0-29,9
Merkittävä ylipaino	30,0-34,9
Vaikea ylipaino	35,0-39,9
Erittäin vaikea ylipaino	≥ 40

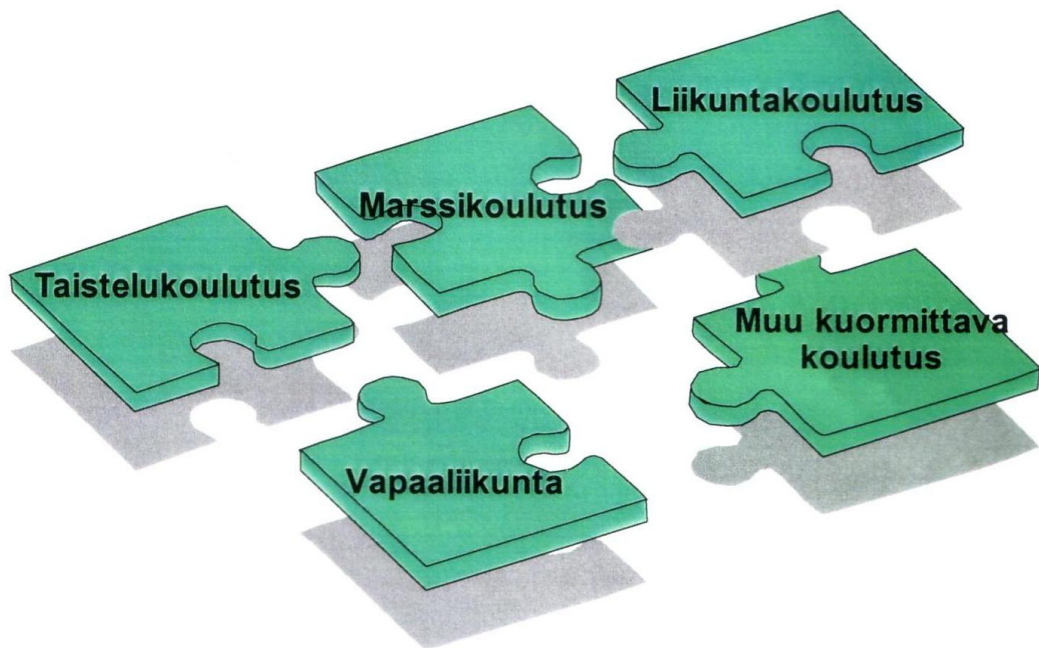
(Fogerholm 2004, 45)

BMI:n viitearvot soveltuvat parhaiten 20-60-vuotiaalle aikuisväestölle. Ennen pituuskasvun loppumista painoindeksiä ei tulisi käyttää. (Fogerholm 2004, 46.)

#### **2.4. Fyysinen koulutus**

Fyysisen koulutuksen tavoitteena on tuottaa fyysiseltä suorituskyvyltään sijoituskelpoisia sotilaita sodan ajan joukkoihin. Fyysinen koulutus on koulutusjärjestelmä, joka muodostuu taistelu-, marssi- ja liikuntakoulutuksesta, sekä muusta fyysisesti kuormittavasta koulutuksesta. Sotilaiden fyysinen suorituskky on fyysisellä koulutuksella saatava sellaiselle tasolle, että he kykenevät joukkonsa osana täyttämään menestyksellisesti oman puolustushaaransa, aselajinsa ja koulutushaaransa mukaiset taistelutehtävät vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukosketuksessa ja käyttämään kaikki voimavaransa yhtämittaisesti noin 3-4 vuorokautta kestävään vaativaan ratkaisutaisteluun. Fyysisen koulutuksen, jonka osatekijät on esitetty kuviossa 8, avulla pyritään kehittämään sotilaiden taistelukentällä tarvitsemia fyysisiä ominaisuuksia kuten kestävyyttä, voimaa ja nopeutta. (PEkoul-os:n PAK C 01:03.01; Kyröläinen ym. 2003, 13-14.)





Kuvio 17. Fyysisen koulutuksen osatekijät. (Kyröläinen ym. 2003, 14).

Liikuntakoulutuksen tavoitteena on taistelijan fyysisen kunnon kohottaminen ja motivointi liikkumaan myös varusmiesajan jälkeen niin, että reservikin säilyisi toimintakykyisenä (Salminen 1998, 15). Ilmavoimien sotilaslentäjien, kuten koko kantahenkilökunnan, kohdalla tämä voidaan ymmärtää tavoitteena pyrkiä säilyttämään operatiivinen toimintakykyisyys koko virkauran.

## 2.5. Fyysinen kasvatus

Fyysinen kasvatus on fyysisen koulutuksen avulla tehtävää kasvatusta ja opetusta, jonka avulla koulutettavat omaksuvat pysyvät liikkunnalliset elämäntavat sekä positiiviset liikunta-asetteet. Ne ovat perustana monipuoliselle ja laadukkaalle fyysiselle koulutukselle. Fyysisessä kasvatuksessa vahvistetaan oppilaan itseohjautuvaa oppimista. (Kyröläinen ym. 2003, 14.)

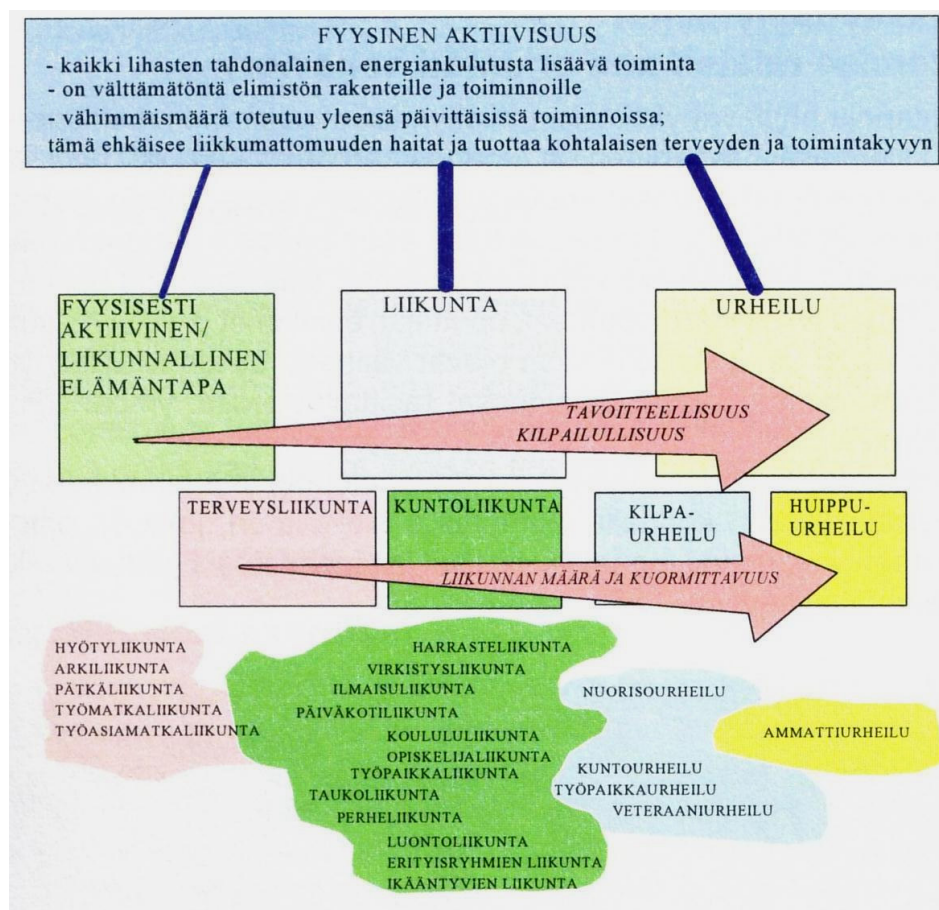
## 2.6. Liikuntakasvatus

Liikuntakasvatus on osa kasvatuksen kokonaisuutta, joka edistää ihmisen persoonallisuuden monipuolista sekä tasapainoista kehittämistä. Liikunnan arvo määräytyy sen mukaan, miten hyvin se pystyy edistämään yksilön kehitystä ja hyvinvointia sekä miten hyvin se kehittää yk-

silön fyysisiä ja motorisia ominaisuuksia sekä tunne-elämää ja suhtautumista kanssaihmi-  
siin. Liikuntakasvatuksen päämääränä on herättää ihmisissä pysyvä kiinnostus liikunnan har-  
rastamista kohtaan ja vaikuttaa sen myönteiseen kehittymiseen. Tavoitteena on ihmisen koko-  
naisvaltainen kehittäminen ja kasvattaminen. Liikuntakasvatuksen tulee palvella ihmisen kas-  
vamista elämää varten. (Kyröläinen ym. 2003, 14-15.)

## 2.7. Fyysinen aktiivisuus

Fyysinen aktiivisuus sisältää kaiken tahdonalaisen liikkumisen. Fyysinen aktiivisuus on vält-  
tämätöntä terveyden ja toimintakyvyn kannalta. Se voidaan jakaa fyysisesti aktiiviseen tai lii-  
kunnalliseen elämäntapaan, liikuntaan ja urheiluun. Liikunnallisuus ilmenee tavoitteista riip-  
puen kuvan osoittamissa muodoissa (kuvio).



Kuvio 18. Fyysinen aktiivisuus (Kyröläinen ym. 2003, 15).

### **2.7.1. Liikuntakykyisyys ja liikunnallisuus**

Liikuntakykyisyydellä tarkoitetaan ihmisten fyysisistä ominaisuuksista riippuvia kykyjä suorittaa erilaisista liikunnallisista tehtävistä. Liikunnallisuus on ihmisten olemukseen, sosiaaliseen kanssakäymiseen ja elämäntapaan liittyvä käsite, jonka voimakkuus ilmenee yksilöissä esimerkiksi valintoina tilanteissa, joissa on tarjolla vaihtoehtoisia aktiviteetteja. Liikunnallinen henkilö valitsee vaihtoehtoisista aktiviteeteista usein liikkumisen, tai ainakin liittyy valintaansa fyysisen aktiivisuuden. (Kyröläinen ym. 2003, 16.)

### **2.7.2. Liikuntakäyttäytyminen**

Ihmisen elämäntapoja ohjaavat yksilölliset kiinnostuksen kohteet, elämänarvot sekä monet vuosien varrella opitut ja koetut asiat. Liikuntakäyttäytyminen on luonnostaan omaksuttu tai opittu tapa, joka ilmenee liikuntakykyisyytenä tai liikunnallisuutena erilaisissa sosiaalisissa tilanteissa. Lukuisat ympäristön säätelemät tekijät, joiden osuus tulee esille pääosin liikunnan määrän ja laadun kautta, ovat liikunnan ja fyysisen aktiivisuuden taustavaikuttajia. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi koulun, työn ja vapaa-ajan ympäristöolosuhteet, opettajat, esimiehet ja ystävät, suorituspaikkojen sijainti ja kulkuyhteydet sekä käytettävissä olevat välineet. Liikuntakäyttäytyminen ilmenee muun muassa liikkumismuodoissa, liikunnan intensiteetissä, rasittavuudessa, ympäristön valinnassa ja sen muokkaamisessa. (Kyröläinen ym. 2003, 16; Santtila 2003, 118.)

Edellisessä kappaleessa käsitelty liikuntakykyisyys luokitellaan pätevyytensä ja suorituksina, joita voidaan verrata opittuihin ominaisuuksiin - yksilön kohdalla esimerkiksi kielitaitoon. Liikuntakykyisyyteen vaikuttavat monet yksilölliset ja ympäristöstä johtuvat tekijät, jotka selittävät ihmisen liikuntakäyttäytymistä. (Kyröläinen ym. 2003, 16; Santtila 2003, 118.)

## **2.8. Taistelukelpoisuus**

Taistelukelpoisuus on kokonaisuus, joka koostuu yksilön ja joukon toimintakyvystä sekä siihen sisältyvästä teknologiasta. Joukon taistelukelpoisuuteen vaikuttavat myös toimintaympäristö ja vihollisen toiminta. Fyysisen koulutuksen tehtävänä on rakentaa taistelijoille sellainen fyysinen suorituskyky, että he selviytyvät mahdollisimman toimintakykyisinä taistelusta ja palautuvat sen kovasta fyysisestä rasituksesta [esimerkiksi jatkuvat ilmataistelut, siirtyminen,

hyökkäystaistelu tai pitkäaikainen valvominen] nopeasti taistelukelpoisiksi. Heidän on myös kyettävä jatkamaan saamaansa tehtävää tai aloittamaan uusi taistelutehtävä mahdollisimman nopeasti. Fyysisen koulutuksen tehtävänä on opettaa koulutettaville jo rauhan aikana perustiedot ja -taidot siitä, kuinka taistelukelpoisuus säilytetään fyysisen rasituksen aikana ja kuinka fyysisestä rasituksesta palaudutaan taistelukelpoisuuden kärsimättä. (Santtila 2002, 2003, 116-117; Kyröläinen ym. 2003, 13.)

## **2.9. Koulutuskelpoisuus**

Koulutuskelpoisuuden käsitteellä viitataan yleensä varusmiesten koulutuskelpoisuuteen. Koulutuskelpoisuuden tavoitteena on se, että asepalvelusta suorittava varusmies on rivissä koko palveluksen ajan terveenä sekä toimintakykyisenä. Koulutettavien fyysinen suorituskyky on oltava sillä tasolla, että he kykenevät vastaanottamaan tehokasta koulutusta. Koulutuksessa tasapainotellaan fyysisen kuormituksen ja koulutettavan vastaanottokyvyn välillä, sillä väsynyt henkilö ei kykene tehokkaaseen oppimiseen. (Santtila 2002, 2003; Kyröläinen ym. 2003, 13.) Sotilaslentäjillä koulutus jatkuu useita vuosia intensiivisenä vielä varusmiespalveluksen jälkeenkin. Tässä tutkimuksessa puhuttaessa sotilaslentäjien koulutuskelpoisuudesta, ei tarkoiteta pelkästään ohjaajakurssin varusmiestä, vaan yleisemmin lentokoulutuksessa olevaa sotilaslentäjää.

## **2.10. Kenttäkelpoisuus**

Kenttäkelpoisuudella tarkoitetaan yksilön fyysistä kuntoa ja ampumataitoa sekä taitoa liikkua ja toimia kaikissa taistelukentän oloissa tehtävän mukaisesti varustettuna eri vuoden ja vuorokauden aikoina. Yksi tärkeä sotilaan kenttäkelpoisuuden ominaisuus on henkinen kunto, joka ilmenee sitkeytenä, peräänantamattomuutena, rohkeutena ja voitontahtona. (Santtila 2002; Kyröläinen ym. 2003, 13-14.)

### 3. FYYSISTEN OMINAISUUKSIEN TESTAUS

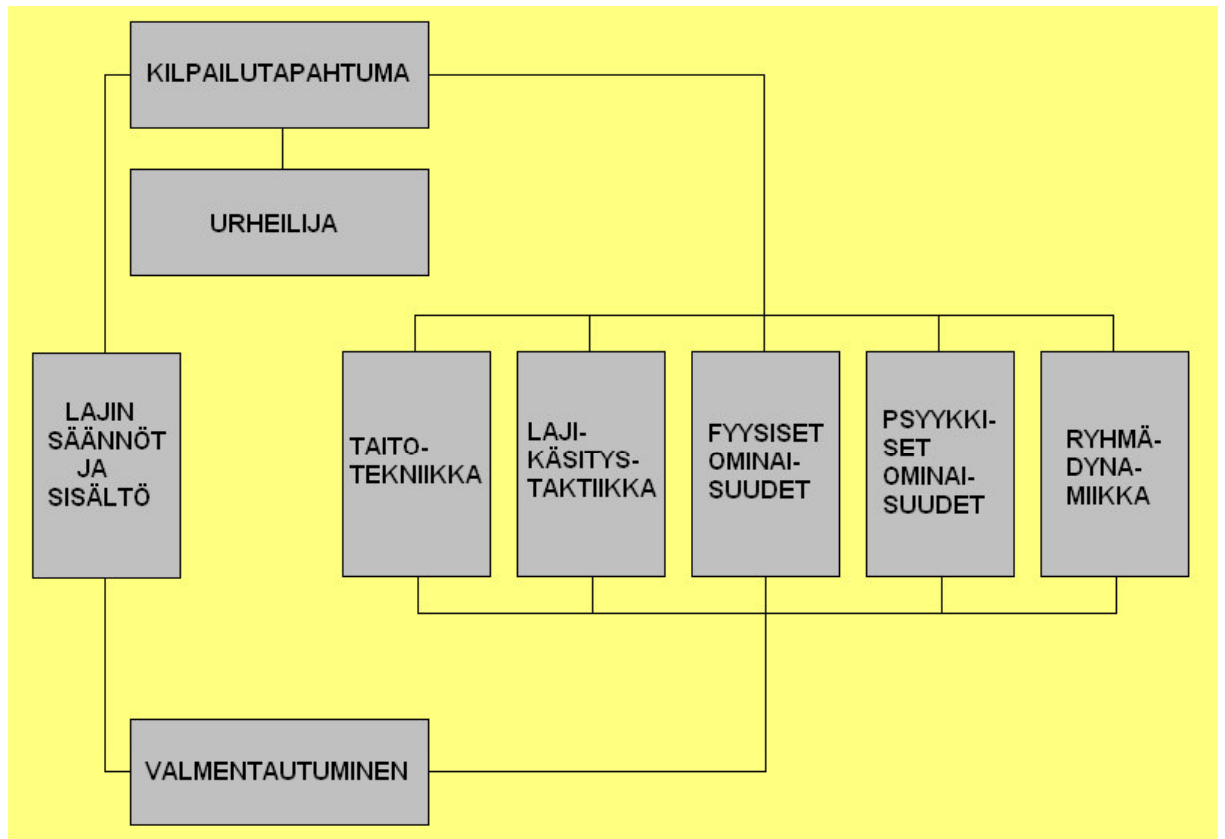
#### 3.1. Lajianalyysi testauksen pohjana

Lajianalyysi on kaiken urheiluharjoittelun ja testauksen lähtökohtana. Kyseessä olevan lajin ominaispiirteet on tunnettava. (Häkkinen, Mäkelä, & Mero 2004, 253.) Lajianalyysin avulla muodostetaan kokonaisvaltainen kuva lajista. Lajianalyysi kertoo millainen on oikea lajitekniikka ja millaista taktiikkaa laji edellyttää. Lajianalyysillä selvitetään esimerkiksi millaisia kestävyys-, voima-, nopeus-, liikkuvuus- ja kimmoisuusominaisuuksia lajin harrastajalta vaaditaan. (Rehunen & Heino 1992, 189-190; Kantola 2004, 208.)

Urheilijatestauksessa on siirrytty yhä yksilöllisempään ja lajinomaisempaan testaukseen, missä lajinomaiset tasotestit sekä harjoittelun ja harjoitustilan seuranta ovat avainasemassa – esimerkiksi uimarit testataan uimalla, juoksijat juosten, pyöräilijät pyörällä ja hiihtäjät hiihtäen. (Levola, Paavolainen & Tikkanen 1996, 53-55.) Näissä edellä mainituissa lajeissa fyysiset ominaisuudet ovat keskeisempiä ja helpommin eroteltavia kuin toisissa, useita eri ominaisuuksia vaativissa lajeissa (esimerkiksi kestävyysjuoksu vs. pallopelit). Nykyaikaisen urheilun kaikki lajit vaativat kuitenkin harrastajaltaan tavallista istumatyöntekijää parempaa fyysistä kuntoa – voimaa, nopeutta ja kestävyyttä. (Viitasalo 1987, 1989.) Sama pätee myös fyysisesti kuormittaviin ammatteihin, kuten suojeluammatteihin (Eskola 2004). Valmentaja ja urheilija joutuvat muodostamaan omat käsityksensä siitä, missä määrin tietyn urheilulajin tietyn urheilijan harjoittelun tulee sisältää esimerkiksi voimaharjoittelua. Näiden käsitysten pohjana on toisaalta käsitys lajista ja sen vaatimuksista (lajianalyysi) ja toisaalta tieto valmennettavan urheilijan ominaisuuksista (esimerkiksi testitulokset). (Viitasalo 1987, 1989.)

Lajianalyysi on yksi nykyaikaisen urheiluvalmennuksen tärkeimmistä lähtökohdista. Sen eräänä osana on lajin vaatimien fyysisten ominaisuuksien kartoittaminen, mikä voidaan tehdä esimerkiksi keräämällä tietoa lajin huippu-urheilijoiden fyysisen kunnan eri osatekijöistä ja kehon rakenteesta sekä analysoimalla itse lajisuoritusta. Sen tarkoituksena on myös selvittää monipuolisesti itse lajin kilpailullinen sisältö, valmennuksellinen sisältö, urheilijan perusominaisuudet sekä lajin sisällön ja urheilijan perusominaisuuksien suhde yhdessä kilpailutapah- tumassa, eri harjoituskausilla ja koko valmennuskaudella. Urheilulajin sisällön ja urheilijan perusominaisuuksien tunteminen auttavat yhdessä urheilijalahjakkuuksien valintaa, heidän lajivalintaansa sekä valmennusohjelmien kehittämistä. (Viitasalo 1987, 1989; Luhtanen 1989, 95.)

Lajianalyysillä ymmärretäänkin toisaalta tietyn lajin lajisuorituksen tutkimusta ja erityisvaatimusten kartoittamista ja toisaalta lajin huippu-urheilijoiden ominaisuuksien kartoitusta. Edellisessä keskitytään lajin suoritustekniikan analysoimiseen käyttäen muun muassa filmiä tai videointia suurella kuvataajuudella (yleensä 50-200 kuvaa sekunnissa), mittaamalla suorituksessa toimivien lihasten aktivoitumista telemetrisellä EMG:llä (elektromyografia = lihasten sähköisen aktiivisuuden mittaus), rekisteröimällä nivelkulmien asentoa, kulmamutoksia, -nopeuksia ja -kiihtyvyyksiä sähköisillä kulmamittareilla (goniometrit) telemetrisesti sekä mittaamalla urheilijan alustaan, urheiluvälineeseen tai -laitteeseen kohdistamia voimia voimalevyantureilla tai välineisiin kiinnitetyillä antureilla. Lajisuorituksen tutkimusta voidaan tehdä myös havainnoinnin tai filmauksen/videoinnin avulla tilastollisesti. Esimerkiksi pallopelejä tutkittaessa analysoidaan aikaan suhteuttaen pallojen, erien, taukojen, hyökkäysten, oteluiden jne. kestoja, pallokosketusten lukumäärää, pelikentällä liikuttuja matkoja, tehtyjen hyppyjen, iskujen, potkujen, puskujen, syöksyjen, spurttien jne. kestoja ja lukumääriä aikayksikössä. Yhdistettäessä edellä mainitut suorituksen aikaiset muuttujat veren maitohappomittauksiin, sykemittauksiin ja hapenkulutusmittauksiin voidaan lajianalyysillä saada varsin tarkka kuva siitä, missä suhteessa laji rasittaa fyysisen kunnan eri osatekijöitä. Jälkimmäisessä, eli huippu-urheilijoiden ominaisuuksien kartoittamisella tehdyssä lajianalyysissä lajin huippuja testaamalla saadaan kuva siitä, millaisia ovat lajissa menestyneiden urheilijoiden fyysisen kunnan osatekijät. Tämä tieto voi toimia pohjana suunniteltaessa huipulle pyrkivien urheilijoiden valmentautumisen painopisteitä. (Viitasalo & Rusko 1988, 200-201.)



Kuvio 19. Lajianalyysiin vaikuttavat tekijät (Luhtanen 1989, 95).

Lajianalyysiä tehtäessä joudutaan vastaamaan esimerkiksi seuraavanlaisiin kysymyksiin:

- Mikä on lajin oikea suoritustekniikka?
- Mikä on kilpailusuorituksen kesto?
- Millaisista erillissuorituksista kilpailusuoritus muodostuu?
  - vauhti
  - ponnistus
  - lyönti jne.
- Kuinka monta erillissuoritusta kilpailusuorituksen aikana tehdään?
- Mikä on kilpailusuorituksen intensiteetti?
- Millaisia taukoja tai lepoaikoja kilpailusuoritus sisältää?
- Mitkä ovat kilpailusuoritusta vaikeuttavat tekijät?

Edellä mainitut tiedot saadaan muun muassa:

- kuvanauhoista/filmeistä,
- tilastoista,

- lajin kirjallisuudesta,
- tutkimuksen avulla,
  - fysiologiset tutkimukset
  - psyykkiset tutkimukset
- testien avulla.

(Heino, Liitsola & Viitasalo 1986, 25; Rehunen & Heino 1992, 190.)

Näiden selvitettyjen erityisvaatimusten perusteella pyritään löytämään pohja *harjoiteanalyysiin*, jonka avulla päästään tehokkaasti valmentamaan urheilijaa lajinsa huippusuorituksiin. Tällä tavoin etsitään ne harjoittelumenetelmät, joilla päästään nopeimmin ja varmimmin tulokuntoon sekä tuloskunnan taustalla vaadittavien perusominaisuuksien kehittämiseen. (Koski 1998, 11.) Eli paras lajikohtainen kunto on mahdollista saavuttaa silloin, kun kaikki lajikohtaisen kunnan ominaisuudet ovat mahdollisimman korkealla tasolla. Näiden tasojen määrittämiseksi on tutkittava sekä fyysisen suorituskyvyn eri osatekijöitä että itse lajia.

Samaa menettelyä, *lajianalyysia*, voidaan soveltaa myös eri ammattien työntekijöiden testauksen tukena, esimerkiksi arvioitaessa työn kuormittavuutta. Viitasalo (1987, 86) mainitsee urheilijan fyysiseen kuntoon liittyvistä testattavista tekijöistä esimerkkeinä muiden muassa maksimaalisen hapenottokyvyn, anaerobisen kynnyksen ja jalkakyykytuloksen sekä kehon rakennetta kuvaavista muuttujista pituuden, painon, kehon rasvaprosentin ja lihasten solusuhteen. Myös testattavan iällä on merkitystä – huippu-urheiluiässä olevien urheilijoiden lisäksi kunkin ikäkausiryhmän fyysiset ominaisuudet ja niiden kehittyminen iän mukana tulisi ottaa huomioon. Tällöin voidaan verrata testattavan tuloksia saman ikäryhmän huipuille mitattuihin tuloksiin, ja ennen kaikkea sellaisten urheilijoiden juniori-iässä mitattuihin arvoihin, joista huippusuoritusiässä on tullut todellisia huippu-urheilijoita. Lajin kilpasuoritusta analysoimalla voidaan taas selvittää muun muassa lajisuorituksessa tarvittavat lihasvoimatasot, työskentelevät lihasryhmät ja lajisuorituksen vaatimat kestävyystekijät. (Viitasalo 1987, 1989.) Sama pätee eri ammattien lajianalyysia tehtäessä – tietyt yleisen fyysisen kunnan vaatimustasot sekä ammatin erityisvaatimukset huomioon ottavat "lajikohtaiset" vaatimukset määrittelemällä voidaan tehdä eri ammanteille omat lajianalyysinsä. Huomioimalla näihin vaatimuksiin vielä eri ikäkausiryhmien fyysiset erityispiirteet, sekä niiden kehittyminen iän mukana, saadaan luotua eri ammanteille omat "lajikohtaiset" vaatimukset, ikäkausittain määriteltynä. Esimerkiksi suojeleammattiin hakeutuvan nuoren ja samaa ammattia harjoittavan, eläkeikää lähestyvän henkilön ammatilliset fyysiset vaatimukset poikkeavat toisistaan. Lajianalyysin perusteella



voidaankin suunnitella myös laji- ja ammattikohtaiset testipaketit mittaamaan kunkin lajin ja ammatin keskeisiä ominaisuuksia ja erityisvaatimuksia.

### **3.2. Viitearvot testauksen apuna**

Viitearvot ovat normaaleiksi todetuilla henkilöillä saatuja tutkimustuloksia, jotka ovat riippuvaisia henkilön koosta, sukupuolesta ja iästä sekä tutkimusmenetelmästä. Viitearvoja kehitettäessä on tärkeää, että tutkimusolosuhteet ovat vakioituneet. Myös riittävän suuren populaation käyttö viitearvojen luomisessa on tärkeää, koska liian pieni otanta saattaa siirtää viitearvoaluetta, aiheuttaen epänormaalin viitearvojakautuksen. Viitearvojen normaalisuus pyritään saavuttamaan käyttämällä niiden tekemisessä mahdollisimman edustavaa ja normaalia populaatiota siitä ryhmästä, jossa niitä käytetään. (Karvonen 1988, 582-583; McArdle ym. 1996, 417-426; Sothmann, Gebhardt, Baker, Castello & Sheppard 2004, 864-875.)

Testitulosten arvioinnissa ja testipalautteen annossa viitearvoilla on keskeinen merkitys. Viitearvoja tarvitaan testien tulosten tulkitsemiseksi. Testitulokselle saadaan tutkimuksellista merkitystä vertaamalla sitä viitearvoon. Testipalautetta voidaan esittää esimerkiksi suhteessa samaa populaatiota edustaviin henkilöihin eli väestönnormiin perustuviin viitearvoihin tai suhteessa saman lajin urheilijoilla tehtyjen testien viitearvoihin tai kyseisen testin keskiarvoon tai viitearvoon. Tällöin tulos kertoo sen, kuinka testitulokset suhteutuvat muihin saman testin tehneisiin henkilöihin. Niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi uusien lentäjien valinnoissa fyysisen kunnan mittarina. Testistöstä voidaan laatia myös testiprofiili, tai viitearvosto, jonka avulla voidaan vertailla esimerkiksi urheilijoiden, tai fyysisesti kuormittavien ammattien työntekijöiden tuloksia toisiinsa ja seurata testituloksia pitkällä aikavälillä. Tulokset voivat olla myös keinona testattavan kehityskohteiden ja vahvuuksien kartoittamisessa. Testipalautetta annettaessa tulee tarkastella kriittisesti sitä otosta, josta viitearvot on tilastollisesti laskettu. Kriittisesti tulee tarkastella myös, kuinka laaja otos on esimerkiksi eri ikäryhmissä ja sukupuolilla, millaisia testattavat ovat olleet lähtötasoltaan sekä milloin ja missä testit on tehty. (Karvonen 1988, 582-583; McArdle ym. 1996, 417-426; Oksa, Rintala & Kuronen 1997; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 137-138; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284; Sothmann ym. 2004, 864-875.)

Viitearvoja voidaan käyttää myös saman henkilön kehityksen seurantaan siten, että esimerkiksi vuosittain tehtyjen testien tuloksista piirretään kehityskäyrät, joita voidaan verrata sekä koehenkilön omiin aikaisempiin tuloksiin että samalle populaatiolle muodostettuihin viitear-

voihin. Näin koehenkilö saa tietoa sekä omasta todellisesta kehityksestään että kehityksestään suhteessa muuhun populaatioon. (Nupponen ym. 1999, 31.)

Fyysisen suorituskyvyn viitearvoja voidaan pitää tärkeinä myös esimerkiksi työntekijöiden oikeusturvan kannalta, tai tutkittaessa ammatin fyysisten vaatimusten ja sairaanhoidollisten tai kansantaloudellisten kustannusten suhdetta – esimerkiksi USA:ssa työntekijöiden oikeuksia valvovat lainsäädännölliset toimepiteet ovat viimeisten kolmen vuosikymmenen ajan vaatineet, että jokaiselle fyysisesti rasittavalle ammatille tulisi määritellä yksilölliset viitearvot. Viitearvoilla tulisivatkin määritellä fyysisen suorituskyvyn minimitaso, joka työntekijöiden pitää saavuttaa ja ylläpitää selvitäkseen työnsä asettamista fyysisistä vaatimuksista. Vaikka viitearvojen merkitys ammattien edellyttämän toimintakyvyn testauksessa onkin kiistanalainen, edelleen vain harvojen töiden fyysistä kuormittavuutta on arvioitu niin tarkkaan, että niille voitaisiin laatia yksiselitteiset suorituskykyvaatimukset. (Liite ry 1999, 89; Sothmann ym. 2004, 864-875.)

Suorituskykyvaatimusten lajikohtainen luokittelu tapahtuu lajiansalyseistä saatavan tiedon pohjalta. Viitearvojen määrittämisessä tulee huomioida lajin tai ammatin erityispiirteet. Esimerkiksi voiman testauksessa yksilöllisiä muutoksia voidaan mitata absoluuttisina voimatasoina (esimerkiksi kilogrammoina), mutta yksilöiden välisissä vertailuissa tuloksien suhteuttaminen esimerkiksi kehon painoon saattaa olla perusteltua. Suhteutettu voima on tärkeää lajeissa, joissa kehon painolla on merkitystä (esimerkiksi hyppy, juoksu ja painoluokkalajit). Absoluuttisilla voima-arvoilla on sen sijaan suurempi merkitys esimerkiksi urheilulajeissa, joissa voimaa tuotetaan välineeseen (esimerkiksi yleisurheilun heitot) tai voimaa ei tarvitse käyttää kehon painon kannattamiseen (esimerkiksi pyöräily tai soutu). (Hirvonen & Aura 1989, 237; McArdle ym. 1996, 417-426; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 137-138; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284.) Sotilaslentäjä tarvitsee voimaa muun muassa vastaponnistuksen tekemiseen ja käsien ja pään liikuttamiseen kiihtyvyysoimien vaikutuksen alaisena, eli näin ollen sekä absoluuttinen voima että painoon suhteutettu voima ovat tärkeitä. Olisikin tieteellisesti varsin haastavaa todistaa kumman voiman merkitys sotilaslentäjällä on suurempi – kiihtyvyysoimien vaikutuksen alaisuudessa lennettäessä kehoon kohdistuvat voimat ovat suuria kehon painosta riippumatta. Esimerkiksi Hämmäläisen (1993) tutkimusten mukaan eri painoisilla lentokypärillä (tutkimuksissa käytetyt kypärät painoivat 1310g-1940g) ja lentäjien niskakivuilla ei ole merkittävää riippuvuutta, koska kiihtyvyysoimien vaikutuksen alaisena lennettäessä niskan ja kaulan alueelle kohdistuvat voimat ovat hyvin suuria, kypärän painosta riippumatta. Näin ollen molempien voimien huomioiminen on tärkeää myös sotilaslentäjien testauksessa ja viitearvojen määrittämisessä.

### 3.3. Fyysisten ominaisuuksien testauksen jako

Fyysisten ominaisuuksien testaus voidaan jakaa karkeasti laboratorio- ja kenttätesteihin, joista edelliset tarkoittavat laboratorio-olosuhteissa erityisillä kuormitusvälineillä ja laitteilla (esimerkiksi juoksumatto, polkupyöraergometri, voimadynamometri) suoritettuja, epäsuoria submaksimaalisia testejä ja jälkimmäiset itse lajista tai ammatista kehitettyjä, esimerkiksi harjoitussalilla tai -kentällä kontrolloidusti suoritettuja testejä (esimerkiksi palomiesten savusukellusrata, poliisien nukenkanto, merivoimien sukeltajien sukellustestit, yleisurheilijoiden loikkatellit jne.). Lajinomaisia kenttätestejä voidaan käyttää jatkuvasti esimerkiksi urheilijoiden harjoittelun seurannassa - tällöin laboratoriotestit voidaan sijoittaa keskeisiin harjoitus- ja kilpailukauden vaiheisiin. Laboratoriotestien etu kenttätesteihin verrattuna on testien parempi toistettavuus, jolloin niiden avulla voidaan paitsi seurata testattavan kehitystä, myös vertailla testituloksia (urheilijoiden osalta esimerkiksi kansalliseen tai kansainväliseen tasoon). Yleisesti eri lajeissa ja ammateissa käytetäänkin nykyään testausmenettelyjä, joissa toisaalta testataan henkilöiden perusominaisuuksia (esimerkiksi lihasvoimat) määrääjain laboratorio-olosuhteissa ja toisaalta lajikohtaisempia ominaisuuksia itse lajista kehitetyillä kenttätesteillä. (Mellerowicz & Smodlaka 1981; Viitasalo 1987, 1989; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284.) Nykyään yleisimmin on käytössä testausmenetelmät, jotka kattavat 1-2 kertaa vuodessa tehtävät, muutamasta lajille tärkeästä laboratorio- ja kenttätestistä koostuvat perustestit (Kantola 2004, 209).

Testattaessa eri ammattiryhmien työntekijöitä, pitää ottaa huomioon ammattien työnkuvien asettamat erityisvaatimukset – savusukeltavan palomiehen ja raivaajasukeltavan sotilaan työt poikkeavat sekä olosuhteiltaan että erityisvaatimuksiltaan toisistaan. Molemmat vaativat työntekijöiltään hyvää fyysistä toimintakykyä, mutta niin sanotut lajinomaiset erityisvaatimukset vaihtelevat. (Eskola 2004.)

### 3.4. Kuntotestit

#### 3.4.1. Testauksen tavoitteet

Kuntotestauksella pyritään kartoittamaan määrättyjen fyysisten ominaisuuksien kehittyneisyyttä suhteessa siihen, miten yksilö selviytyy tietyistä fyysisistä työsuorituksista. Urheilussa testien avulla voidaan tehdä esimerkiksi lajianalyysia tai etsiä lahjakkuuksia. Lisäksi testien avulla voidaan arvioida esimerkiksi harjoittelun ja kuntoutuksen tuloksellisuutta. Testit voivat

toimia myös tieteellisen tutkimuksen välineinä esimerkiksi viitearvojen luomisessa. (Keskinen ym. 2004, 11; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 125).

Fyysistä kuntoa testattaessa yleensä testauksen kohteena ovat sydämen ja verenkiertoelimistön kunto sekä eri lihasryhmien suorituskyky, eli lihaskunto. Kuntotestauksessa – tai tarkemmin sanottuna fyysisen kunnan osatekijöiden mittaamisessa – on tavoitteena yksinkertaisesti vain mitata yksilön kykyä tuottaa lihasvoimaa, aikaansaada mekaanista tehoa ja näiden seurauksena tehdä mekaanista työtä. Teoriassa näiden kolmen fysikaalisen muuttujan avulla voitaisiin arvioida jokaista yksittäistä lihassolua. Näiden ohella jokaista lihassolua voitaisiin arvioida niiden aerobisen ja anaerobisen energiantuottokyvyn avulla. Käytännössä kuntotestauksessa arvioidaan kuitenkin koko yksilöä ja hänen yksittäisten lihastensa tai erisuuruisten lihasryhmien työskentelykykyä ja energiankulutusta. (Keskinen ym. 2004, 12.)

Voimantuoton, työtehon, työmäärän ja energiankulutuksen mittaaminen fyysisen kunnan testauksessa perustuu testimenetelmien huolelliseen vakiointiin tieteellisten periaatteiden mukaisesti. Leimaa-antavina piirteinä voidaan pitää testimenetelmien objektiivisuutta ja kohdistuvuutta mitattavaan ominaisuuteen. (Keskinen ym. 2004, 12.)

Testaamisen tavoitteet ovat erilaisia eri henkilöillä, mutta testaus toimii ainoastaan apuvälineenä, kun halutaan esimerkiksi kehittää urheilijaa entistä parempiin suorituksiin, parantaa kuntoilijan fyysistä kuntoa tai passiivista yksilöä edistämään omaa terveyttään. Kuntotestaus ei saa koskaan olla itsetarkoitus, vaan väline, jonka antaman tiedon avulla pyritään johonkin ennalta määriteltyyn tavoitteeseen sekä seuraamaan harjoittelua ja tavoitteeseen pääsyä. (Suni 2001, 36; Keskinen ym. 2004, 12.)

Kuntotestien avulla mitataan testattavien perus- ja lajiominaisuuksien tasoa. Säännöllisesti toistettavien testien avulla voidaan myös seurata testattavan kehitystä pitkällä aikavälillä ja samalla hankkia tietoa harjoittelun suuntaamiseksi ja optimaalisen harjoituskuormituksen ja harjoittelun painopisteiden määrittämiseksi. Kuntotestien avulla voidaan myös arvioida harjoittelun tuloksellisuutta, selvittää lajivaatimuksia tai testattavan yksilöllisiä vahvuuksia ja kehittämiskohteita (Keskinen ym. 2004, 208-210; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284.)

### **3.4.2. Testauksen luotettavuus**

Testaustilanteessa vaikuttaa aina joukko tekijöitä, jotka vääristävät testaustuloksia. Laborato-

rio- ja kenttätestien virhetekijät ovat luonteeltaan erilaisia. Kyetäkseen testitulosten, ja niissä tietyllä aikavälillä tapahtuneiden muutosten, kriittiseen tarkasteluun on testaajan tärkeää tiedostaa näiden virhetekijöiden olemassaolo. Näin tehden hän kykenee omalta osaltaan minimoimaan mittauksen virhetekijät mahdollisimman tarkasti. Myös testaajan kyvyt vaikuttavat testin luotettavuuteen – testaajalla pitää olla riittävät kognitiiviset ja tekniset kyvyt ollakseen pätevä tekemään testit. Hänellä pitää olla myös monipuolinen käsitys ja kokemus mitattavien ominaisuuksien testaamisesta. (Viitasalo 1987, 1989; Liite ry 1999, 97; ACSM 2006, 112.)

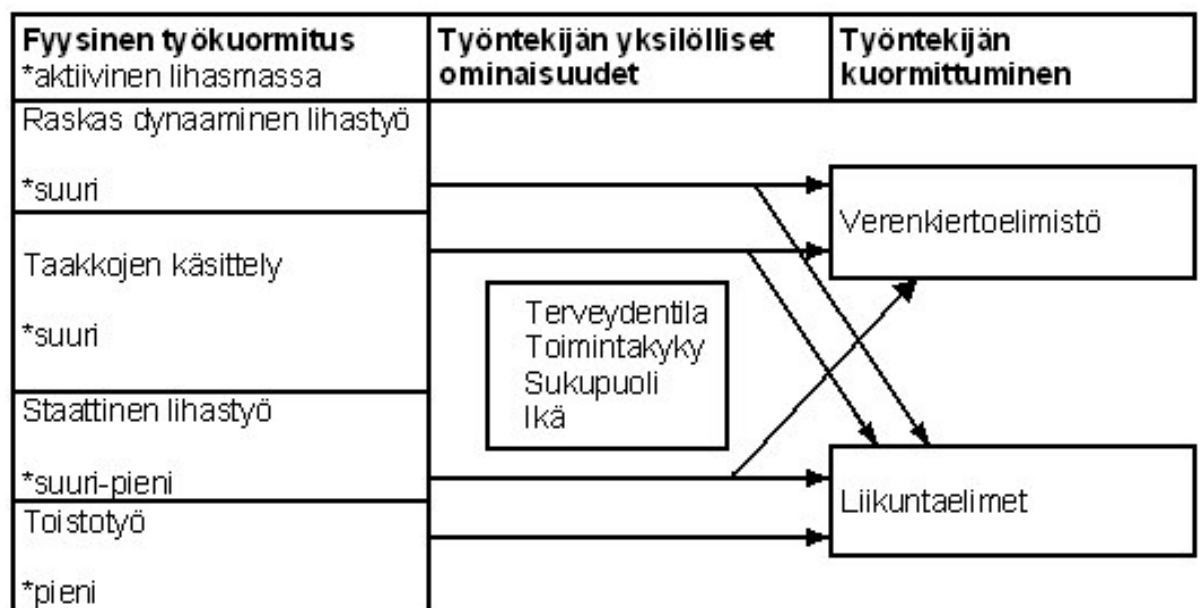
Testin luotettavuuden varmistamiseksi testauksessa tulisi noudattaa seuraavia ohjeita:

- Testit tulisi tehdä aina samoissa olosuhteissa (esim. sama testaaja, yleisö, testaustila, ilman lämpötila ja ilman kosteus) ja samaan aikaan päivästä
- Tukevaa ruokailua tulisi välttää viisi tuntia ennen testausta
- Alkoholien nauttimista tulisi välttää 24 tuntia ennen testiä
- Testiä edeltävänä yönä tulisi varmistaa riittävä unen saanti
- Kahvin, teen ja muiden kofeiinia sisältävien aineiden nauttimista tulisi välttää tunti ennen testiä
- Fyysistä harjoittelua ja fyysisesti raskasta työtä tulisi välttää testauspäivänä
- Raskasta fyysistä harjoittelua tulisi välttää testiä edeltävänä päivänä
- Testausta loukkaantuneena, sairaana, kuumeisena tai sairaudesta toipumisvaiheessa tulee välttää
- Ennen testiä tulisi suorittaa kunnon alkulämmittely
- Testaajan tulee neuvoa ja opastaa tekemään testisuoritukset tarkoitetulla tavalla
- Testaajan tulee motivoida ja näin varmistaa, että testattava on oikealla tavalla motivoitunut testaustilanteeseen
- Testien tulee aina perustua vapaaehtoisuuteen
- Testattavan turvallisuutta ei saa missään tilanteessa vaarantaa

Itse testattava saattaa myös olla testauksessa virheitä aiheuttava tekijä. Jos testi tai jokin sen osio on testattavalle uusi, saattaa oppiminen testin suorittamiseen vaikuttaa huomattavastikin ensimmäisillä testikerroilla. Testissä mitattu muutos ei välttämättä ole johtunut kyseessä olevan ominaisuuden kehittymisestä, vaan testattavan oppimisesta teknisesti tehokkaaseen suoritukseen. (Vuori 1988, 274; Viitasalo 1989, 359-360; McArdle ym. 1996, 420; Janssen 2001, 114; Keskinen ym. 2004; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284-285; ACSM 2006, 56-57.)

### 3.5. Kuntotestauksen periaatteet fyysisen työkyvyn arvioinnissa

Fyysisen työkyvyn arviointiin liittyvää kuntotestausta ei pitäisi tehdä ottamatta huomioon työlle spesifejä fyysisiä vaatimuksia. Fyysisiä työkuormituksen vaikutuksia työntekijän kuormittumiseen voidaan tarkastella kuvion 10 avulla. Aina testatessa pitää selvittää, mitä eri menetelmät mittaavat. On huomioitava, että kuntotestauksella arvioidaan työntekijän yksilöllisiä fyysisiä ominaisuuksia – tällöin ei saada tietoa siitä, miten ja mitkä kuormitustekijät kuormittavat työntekijää normaalissa työtilanteessa [sotilaslentäjällä esimerkiksi väsymys päivinä, jolloin kuormittavia lentoja on useita]. (Liite ry 1999, 89.)



Kuvio 20. Fyysisen työn muodot ja elimistön kuormittuminen (Liite ry 1999, 89).

Työkyvyn arviointiin liittyvän kuntotestauksen tulee painottua sen mukaan, mikä elinjärjestelmä kuormittuu kyseisessä työssä – hengitys- ja verenkiertoelimistö ja/tai tuki- ja liikuntaelimet (kuvio 10). Raskasta dynaamista, suurilla lihasryhmillä tehtävää työtä ovat Liite ry:n (1999) mukaan muun muassa rakennustyö ja maa- ja metsätaloustyö. Esimerkiksi teollisuudessa on paljon taakkojen käsittelyä sisältäviä työtilanteita, jolloin kuormittuvat usein molemmat elinjärjestelmät sekä staattisesti että dynaamisesti. (Liite ry 1999, 98.)

Kuntotestauksessa on kiinnitettävä huomiota myös motorisiin taitoihin ja liikehallintakykyihin sekä niiden suhdetta esimerkiksi tapaturmien esiintyvyyteen. (Liite ry 1999, 98.)

Miltei tärkeimpänä fyysisen työkyvyn testauksen tarkoituksena voidaan pitää motivointia, koska tuloksellisen työkyvyn ylläpidon perusta on työntekijän oma motivaatio. On kuitenkin muistettava, että työkykyyn vaikuttavat yhtäläillä työntekijän työtaidot, työtyytyväisyys ja –motivaatio, työyhteisön toimivuus ja työn hallinta sekä työympäristö. (Liite ry 1999, 93.)

### **3.6. Kestävyyden mittaaminen**

Kestävyysurheilijoilla on yleensä hyvin kehittynyt kyky tuottaa energiaa hapen avulla. Esimerkiksi hiihtäjät, kestävyysjuoksijat, pyöräilijät ja uimarit edustavat lajeja, joissa menestymisen ja korkeiden  $VO_2\text{max}$  – lukuarvojen välillä on selkeä yhteys. Perinteinen tapa seurata urheilijoiden kunnan kehittymistä harjoittelun seurauksena onkin juuri  $VO_2\text{max}$ :n mittaaminen joko suorilla maksimitesteillä tai epäsuorasti arviointimenetelmillä. (Lamb 1984, 174-183; Taimela & Vuori 1995, 54-56; Häkkinen, Mäkelä, & Mero 2004, 258-259.)

#### **3.6.1. Kestävyyden mittaaminen suoralla menetelmällä**

Kestävyyttä eli sydämen ja verenkiertoelimistön kuntoa mitataan esimerkiksi *suoralla maksimitestillä*, joka on varsinkin urheilijoiden yleisesti käyttämä testausmenetelmä. Tämä kestävyysominaisuuksia mittaava testi on niin sanotusti subjektiiviseen maksimiponnistukseen johtava progressiivinen kuormitustesti. Testin aikana mitataan hengityskaasuja, sykettä sekä veren laktaattipitoisuutta. Kestävyysominaisuuksien mittana käytetään aerobista ja anaerobista kynnystä sekä maksimaalista hapenkulutusta ( $VO_2\text{max}$ ). Testi on luotettava, rasittava ja kallis toteuttaa. (Lamb 1984; Nieminen, Ahokas & Kempas 1987, 203-205; Taimela & Vuori 1995, 54-56; McArdle ym. 1996, 198-207; Roberts ym. 1997; Heinonen 1999, 4-5; Janssen 2001; Keskinen ym. 2004, 52-54.) Tällaisia testejä ovat esimerkiksi juoksumatto- tai polkupyöräergometritesti, joihin sisältyvät veriarvo- ja hengityskaasuanalyysi (Mellerowicz & Smolaka 1981; Skinner 1987). Testin avulla määritettäviä kynnyksiä (aerobinen ja anaerobinen kynnys) käytetään myös submaksimaalisten harjoitusalueiden määrittämiseen (Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 358).

$VO_2\text{max}$  määritetään hengityskaasuanalyysin avulla. Laboratorio-olosuhteissa käytetään hengityskaasuanalysointilaitteita, joiden liikuttelu urheilijan mukana on hankalaa ja joskus jopa mahdotonta. Kenttäolosuhteissa tapahtuvaa mittausta voidaan toteuttaa esimerkiksi kannettavilla hengityskaasuanalysointilaitteilla.  $VO_2\text{max}$  mitataan joko yhdellä 5-10 minuutin kestoisella

maksimisuorituksella tai nousujohteisella kuormituksella polkupyöraergometrillä, juoksumatolla tai esimerkiksi lajinomaisilla kuormituslaitteilla, kuten soutu- ja uintiergometri, tai jollakin muulla vastaavalla isoja lihasryhmiä kuormittavalla laitteella. Eri urheilulajien erityispiirteet ja –tarpeet vaihtelevat -  $VO_2\text{max}$  onkin voimakkaasti sekä laji- että mittausspesifinen ominaisuus., minkä vuoksi erilaisia mittausten menetelmiä ja kuormitustapoja on kehitetty useita. (Mellerowicz & Smolaka 1981; Brooks & Bahey 1985, 46-48; Viitasalo 1989, 364; Liite ry 1999; ACSM 2006; McArdle ym. 1996, 202; Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 358-359.)

Nousujohteisessa maksimitestissä kuormitusportaat voivat olla esimerkiksi 2-3 minuuttia pitkiä ja tasavauhtisia. Ensimmäinen kuorma tulee valita niin matalatehoiseksi, että elimistön energiantuottotapa on puhtaasti aerobinen ja näin ollen sitä voidaan käyttää verryttelykuormituksena. Kullakin uudella kuormitusportalla työtehoa tulee nostaa asteittain, kunnes testattava ei enää pysty suorittamaan uusia kuormitusportaita. Hapenkulutus kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisäykseen, mutta maksimitestin lopussa saavutetaan taso, jolloin hapenkulutus ei enää nouse, tai jolloin koehenkilö uupuu.  $VO_2\text{max}$  on testin aikana mitattu suurin hapenkulutuksen arvo minuuttia kohti ( $l \times \text{min}^{-1}$  ja  $ml \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ ). Maksimaalinen hapenkulutus on hyvä ilmoittaa vielä  $ml \times \text{kg}^{-3/4} \times \text{min}^{-1}$  tai  $ml \times \text{kg}^{-2/3} \times \text{min}^{-1}$ , koska absoluuttinen ja painokiloon suhteutettu hapenotto kyky vääristää maksimaalisen aerobisen kapasiteetin testitulosta iso- ja pienikokoisten testattavien osalta. (McArdle ym. 1996, 198-207; Viitasalo 1989, 364; Keskinen ym. 2004, 53; Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 358-359.)

### **3.6.2. Kestävyyden mittaaminen epäsuoralla menetelmällä**

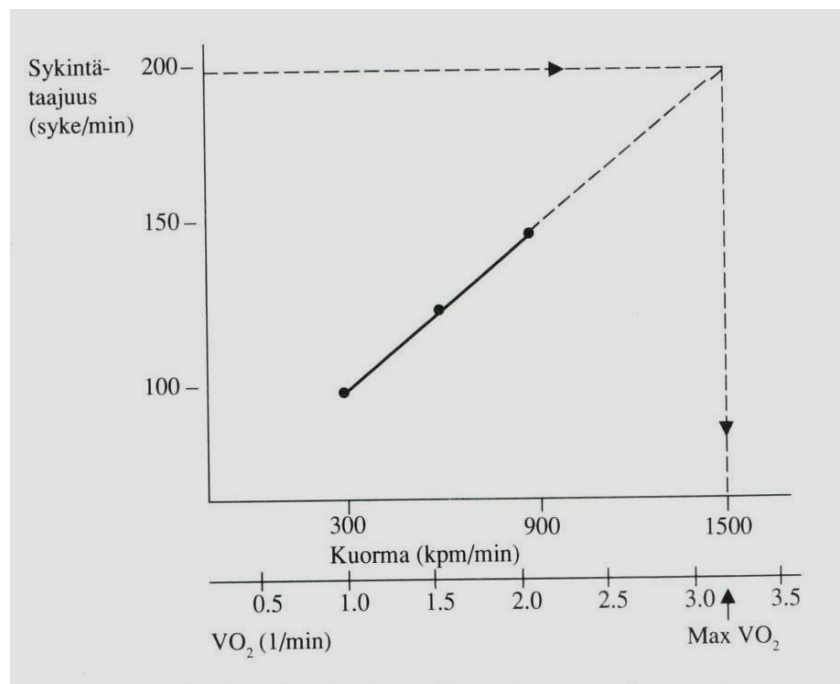
*Epäsuoralla submaksimaalisella* testillä voidaan myös mitata sydämen ja verenkiertoelimistön kuntoa. Suorilla testeillä mitataan  $VO_2\text{max}$  todellisena maksimaalisena lukuarvona, kun taas epäsuoralla submaksimaalisella työkuormituksella tehdyillä testeillä (esimerkiksi Cooper-testi ja polkupyöraergometritesti)  $VO_2\text{max}$ :n määrittäminen perustuu arviointiin. Todellista hapenkulutusta epäsuorilla menetelmillä ei siis mitata, vaan hapenkulutus arvioidaan laskentakaavojen avulla. (Mellerowicz & Smolaka 1981; Viitasalo 1989, 364; McArdle ym. 1996, 207-211; Rehunen 1997, 160; Keskinen ym. 2004, 51; Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 359; ACSM 2006, 70.)

Epäsuoralla menetelmällä voidaan arvioida ihmisen  $VO_2\text{max}$  ilman, että kuormitus päättyy täydelliseen uupumukseen suorien testien tavoin. Testi perustuu tutkimuksiin, joiden mukaan



vakioituissa testaustilanteissa syketason ja hapenkulutuksen välillä on havaittu olevan lähes suoraviivainen riippuvuus ja toisaalta hapenkulutuksen (energiankulutuksen) ja kuorman (tehty työ) olevan keskenään vakiosuhteessa aerobisesti suoritettussa työssä (Viitasalo 1989, 365; McArdle ym. 1996, 207-211).

Epäsuorassa submaksimaalisessa testissä hapenkulutus suurenee suorassa suhteessa kuorman kasvuun. Sydämen syketaajuuden ja hapenkulutuksen välillä vallitsee suoraviivainen riippuvuus syketasosta 120/min lähtien. Testissä tutkittava tekee työtä kasvavalla submaksimaalisella kuormalla. Testituloksen avulla voidaan arvioida henkilön arvioitu maksimaalinen hapenkulutus ( $VO_2\max$ ). Epäsuoria testejä tehdään runsaasti, koska  $VO_2\max$ :n testaaminen suorilla menetelmillä ei välttämättä ole mahdollista esimerkiksi testijärjestelyjen vaativuuden, testattavien huonon kunnan tai terveydellisten riskien vuoksi. (Viitasalo 1989, 364-365; McArdle ym. 1996, 207-211; Rehunen 1997, 160; Heinonen 1999, 4; Keskinen ym. 2004, 51; Nummela, Keskinen, & Vuorimaa 2004, 359.)



Kuvio 21.  $VO_2\max$ :n arviointi epäsuoralla menetelmällä (McArdle ym. 1996, 209; ACSM 2006, 75).

### 3.6.3. Tehontuoton mittaaminen polkupyöraergometrilla

Polkupyöraergometrinen tehontuotto maksimaalisessa rasituksessa kertoo hengitys- ja verenkiertoelimistön ja kuormitettavien lihasryhmien kokonaissuorituskyvystä. Tavallisimmin tuloksena ilmoitetaan viimeinen loppuun viety kuormaporras watteina, neljän viimeisen minuutin keskimääräinen kuormitus, laskennallinen 6 minuutin maksimaalinen kuorma ja/tai loppukuorma painokiloa kohden (W/kg). Polkupyöraergometrian tehontuotto voidaan muuttaa hapenkulutukseksi (l/min) kertomalla loppukuorma (W) 12,3:lla. Hapenkulutuksen arviointiin polkupyöraergometriassa submaksimaalisilla kuormitustasoilla on käytetty kaavaa:  $(2 \times W) + (3,5 \times \text{paino (kg)})$ . Hapenkulutustasoa kuvataan nykyisin lepo hapenkulutuksen kerrannaisina eli MET-yksikköinä (metabolinen ekvivalentti). Yksi MET vastaa hapenkulutustasoa 3,5 ml/kg/min. Maksimaalinen suorituskyky alle 5, MET-yksikköinä ilmaistuna, viittaa huonoon ennusteeseen ja yli 12 hyvään riippumatta rasituskokeen tuloksista. Maksimaalisen suorituskyvyn testistä saadaan tulokseksi myös indeksi, joka kuvaa hyvin kokonaissuorituskykyä. Tämä indeksi saadaan laskemalla maksimityöteho ( $W_{\max 1}$ ) painokiloa kohden ( $W_{\max 1} / \text{kg}$ ). Kyseistä indeksiä käytetään muun muassa Ilmavoimissa polkupyöraergometritestin muuttujana. (Kuronen, Rintala & Skyttä 1999; Liite ry 1999, 35; IlmavEh-osPAK I 3:03:03; ACSM 2006.)

Maksimaalinen tehontuotto kuvaa melko hyvin tutkittavan liikunnallisuutta ja liikunnallista elämänsäasettämistä. Liikuntaa harrastaneiden henkilöiden suorituskykyhän on luonnollisesti parempi, kuin liikuntaan negatiivisesti suhtautuvien. (Kuronen, Rintala & Skyttä 1999; PAK I 3:03:03; J.Skyttä. 12.12.2005. Henkilökohtainen tiedonanto.)

### 3.7. Voimaominaisuuksien mittaaminen

Lihasten voimantuotto-ominaisuuksien mittaaminen voidaan suorittaa monella tavalla. Esimerkiksi dynaamisilla toistotesteillä voidaan mitata kuinka suuri työmäärä jaksetaan tehdä (maksimivoima), kuinka kauan tiettyä suoritusta jaksetaan tehdä (kestovoima), tai kuinka monta suoritusta tehdään määrääjassa (kestovoima). Kiinteää vastusta vasten tehtävillä isometrisillä testeillä mitataan voiman tuottamisen nopeus (nopeusvoima) ja maksimimäärä (maksimivoima) teknisesti. Yleisimmin testattuja lihasryhmiä ovat vatsa- ja selkälihakset sekä ylä- ja alaraajojen lihakset. Voimantuoton mittaus on spesifiä eli kullakin testillä voidaan mitata pääsääntöisesti vain tiettyä hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuutta. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan testaamisen aiheena voi olla testattavan yksilöllisten vah-

vuuksien ja kehittämiskohteiden diagnosointi esimerkiksi työ- ja toimintakyvyn kannalta. Voimantuoton mittaamisessa tuleekin tarkoin tutkia, minkälaisia voimantuottovaatimuksia eri tehtävät ja suoritukset sisältävät, millaisia testejä käytetään ja miten hyvin eri testit kuvaavat esimerkiksi tietyn urheilulajin vaatimuksia. (Viitasalo 1987, 72-81; Viitasalo 1989, 360-364; Rintala & Kanninen 1996; Heinonen 1999, 4; Keskinen ym. 2004, 125; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284; ACSM 2006, 81.)

KESTO- VOIMA	Lihaskestävyys	TOIMINTAKYKY
	Voimakestävyys	
MAKSIMI- VOIMA	Perusvoima	SUORITUSKYKY
	Maksimivoima	
NOPEUS- VOIMA	Pikavoima	MAKSIMI- JA NOPEUSVOIMA
	Räjähtävä voima	

Kuvio 21. Voiman osa-alueet ja testeillä mitattavat ominaisuudet (Liite ry 1999, 136).

### 3.7.1. Maksimivoiman mittaaminen

Lihaksen tai lihasryhmän tuottama maksimivoima voidaan ilmaista kansainvälisten standardimittayksiköiden mukaisesti tuotettuna maksimaalisena voimatasona Newtonina (N), kilogrammoina (kg) tai vääntömomenttina, eli Newtonmetreinä (Nm). Edellytyksenä maksimivoiman tuottamiselle on testiliikkeiden osaaminen. Voiman mittauksen kannalta oleellista on kontrolloida voimantuoton kohdistuminen mittausantureihin nähden. (Vuori 1988, 274-275; McArdle ym. 1996, 419-420 ja 702-703; Keskinen ym. 2004, 138.)

Maksimaalista lihasvoimaa on testattu esimerkiksi niin sanotulla yhden toiston maksimitestillä (1RM, one repetition maximum) sekä laboratorio-olosuhteissa isometrisillä ja isokineettisillä mittauksilla. Maksimaalista tahdonalaista isometristä voimantuottoa voidaan mitata erilaisten voimadynamometriä avulla. Isokineettisellä mittauksella tarkoitetaan erityisellä laitteella tehtävää mittausta, jossa mitattavan liikenopeus on vakioitu. Yleisesti isokineettisesti mitataan polven ojennus-koukistusliikettä. 1RM-testillä tarkoitetaan suurinta kuormaa jossain tietyssä liikkeessä, joka kyetään suorittamaan yhden kerran asianmukaisella suoritustekniik-

kalla. 1RM-testit voidaan tehdä kenttäolosuhteissa vapailla painoilla tai erilaisilla voimailulaitteilla. Tyypillisiä testiliikkeitä ovat esimerkiksi jalkakyykky, penkkipunnerrus sekä kuntosalilaitteilla, kuten jalkaprässillä, tehtävät testit. (Vuori 1988, 274-275; Viitasalo 1987, 72-81; Viitasalo 1989, 360-361; Morrow ym. 1995, 230-233; Taimela & Vuori 1995, 57; McArdle ym. 1996, 417-425; Keskinen ym. 2004, 138-149; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284-286; ACSM 2006, 81-85.) Tässä tutkimuksessa on maksimivoiman mittauksen osalta keskitytty tarkemmin isometriseen voiman mittaukseen, koska se on ollut tutkimusvälineenä tämän tutkimuksen vartalon ja niskan maksimivoiman mittaamisessa.

Maksimaalista tahdonalaista isometristä voimantuottoa voidaan mitata erilaisten voimadynamometrien avulla. Isometrisessä maksimivoimamittauksessa testattava tuottaa voimaa niin paljon (ja niin lyhyessä ajassa) kuin mahdollista liikkumatonta kohdetta vastaan. Voimantuotto mitataan esimerkiksi erilaisilla voimalevyillä, jotka mittaavat tuotettua voimaa yhdessä tai useammassa suunnassa. Tämä mittaus tapahtuu joko sähköisesti tai mekaanisesti. Isometrisillä testeillä voidaan mitata erittäin tarkasti tietyn lihaksen tai lihasryhmän voimantuottoa tietyllä nivelkulmalla. Testituloksista voidaan esimerkiksi seurata kuntoutumista tai niitä voidaan käyttää perustietona esimerkiksi lajiansalyysissä.

Isometrisen voimantuoton mittaamisen etuja ovat:

- hyvä toistettavuus
- testaus ei yleensä vaadi testattavalta erityistä taitoa
- testit ovat helposti suoritettavia ja turvallisia
- testit eivät välttämättä vaadi kovin kalliita laitteita
- mitä tahansa tiettyä lihasta tai lihasryhmää voidaan testata

(Vuori 1988, 274-275; Viitasalo 1987, 72-74; Viitasalo 1989, 360-361; McArdle ym. 1996, 418-420; Keskinen ym. 2004, 139; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 285; ACSM 2006, 81.)

Isometrinen voimantuotto on spesifiä mitattavalle lihasryhmälle ja käytetylle nivelkulmalle, joten isometristen voimatestien tulosten yleistettävyyks koko kehon voimantuotto-ominaisuuksiin on rajoitettua. Spesifisyyden vuoksi isometrisen maksimivoiman mittauksessa tulee olla myös erityisen tarkka nivelkulmien vakioinnin suhteen. Yleensä testeissä käytetään niitä nivelkulmia, joilla mitattavien lihasten voimantuotto on suurinta. (Vuori 1988, 274-275; Viitasalo 1987, 81; Viitasalo 1989, 361; McArdle ym. 1996, 420; Keskinen ym. 2004, 139;

Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 285.)

Testi aloitetaan muutamalla submaksimaalisella lämmittelysuorituksella, nostamalla samalla lihasjännitystä asteittain kohti maksimia. Kun testattava on valmis, voidaan aloittaa varsinaiset testisuoritukset. Testi suoritetaan testaaajan komentojen mukaan. Esimerkiksi VALMIINA-komennolla testattava tietää suorituksen alkavan hetken kuluttua ja näin hän voi valmistautua suoritukseen vetämällä keuhkot täyteen ilmaa. Tässä vaiheessa voimaa ei tuoteta vielä lainkaan. Esimerkiksi ALOITA – komennolla testattava alkaa tuottaa voimaa niin paljon ja niin lyhyessä ajassa kuin mahdollista. Voimantuotto jatkuu maksimaalisena 3-4 sekuntia. Esimerkiksi SEIS – komennolla testattava lopettaa voimantuoton. (Vuori 1988, 275; Keskinen ym. 2004, 139.)

Noin 90% maksimivoimatasosta kyetään tuottamaan yleensä ensimmäisen 2 sekunnin aikana. Testissä ei tule sallia nykäisevää suoritusta voimantuoton lopussa. Testisuorituksia tulisi tehdä vähintään kolme kappaletta ja palautumisaikaa suoritusten välillä tulisi olla testattavasta lihaksesta tai lihasryhmästä riippuen vähintään 1-2 minuuttia. Testattavalle tulisi antaa välittömästi suorituksen jälkeen palaute saavutetusta voiman huippuarvosta. Tulos ilmoitetaan kiloina (kg) tai Newtonina (N). (Vuori 1988, 275; McArdle ym. 1996, 420,702-703; Keskinen ym. 2004, 139.)

### **3.7.2. Anaerobisen tehon mittaaminen**

Anaerobisella teholla tai kapasiteetilla tarkoitetaan nopeuskestävyyden osatekijää, joka on työtehona maksimaalista aerobista tehoa suurempi. Anaerobista tehoa vaaditaan suorituksissa, joiden kesto vaihtelee 10-90 sekunnin välillä. Esimerkiksi sotilaslentäjien lennon aikana suorittamat vastaponnistukset ovat luonteeltaan anaerobisia. (Hannola 2005, 80.)

Anaerobista tehoa eli kykyä ylläpitää maksimaalista voimantuottoa lyhytkestoisesti, voidaan mitata esimerkiksi hyppytestillä. Tämän testin suorittamiseen tarvitaan kontaktimatto ja kontakti- ja lentoajat mittaava kello (esim. Newtest). Testissä koehenkilö suorittaa kontaktimatolla 15 toisiaan välittömästi seuraavaa maksimaalista hyppyä. Hyppyt aloitetaan seisovasta asennosta, josta koehenkilö nopeasti kyykistyy ensin noin 90° polvikulmaan (esikevennys) ja suorittaa välittömästi tämän jälkeen maksimaalisen ponnistuksen. Hyppyt suoritetaan kontaktimatolla, joka mittaa hyppyjen lentoajan. Hyppyjen välillä matossa vietettävä aika (kontakti) pitäisi olla mahdollisimman lyhyt. Kuitenkin koehenkilön on käytävä aina samassa noin 90°

polvikulmassa. Kädet pidetään lanteilla koko ajan, jotta taidon merkitys hypyn suorittamiseen voitaisiin minimoida. Hyppyihin kuluneen kokonaisajan, hyppyjen lukumäärän ja kumuloituneen lentoajan perusteella laitteisto laskee tehdyn lihastyön tehon. Testi kuvaa alaraajojen ja lantion seudun lihaksiston anaerobista tehoa eli kykyä ylläpitää maksimaalista voimantuottoa lyhytkestoisesti. Testin perusteella voidaan arvioida myös työskentelevien lihasten happamuuden sietokykyä. (Oksa ym. 1997; Liite ry 1999; Haapalainen, Hautala, Perttunen & Vilponen 2001, 57-59; Keskinen ym. 2004; Tossavainen 2004; Hannola 2005.)

### **3.7.3. Nopeusvoiman mittaaminen**

Nopeusvoimaa voidaan mitata alaraajojen lihaksista esimerkiksi staattisilla levytankohypyillä. Testi mittaa reisilihasten supistuvien komponenttien kykyä tuottaa konsentrisesti räjähtävää voimaa ulkopuolista vastusta vastaan. Vartalon ja yläraajojen voima-nopeus-ominaisuuksien mittaamiseen voidaan käyttää esimerkiksi heittoporttitestiä. (Viitasalo 1987, 1989; Mero ym. 2004; Keskinen ym. 2004; Tossavainen 2004.) Tässä tutkimuksessa on keskitytty erityisesti vartalon ja yläraajojen voima-nopeus-ominaisuuksien mittaamiseen, koska se on ollut tutkimusvälineenä tämän tutkimuksen vartalon ja yläraajojen voima-nopeus-ominaisuuksien sekä voimantuoton koordinoitavuuden mittaamisessa.

Heittoporttitestin mittalaitteisto koostuu valokennoportista, kontaktimatosta ja ajanottolaitteesta. Valokennoportti on metrin päässä koehenkilön edessä. Ohittaessaan valokennoportin pallo käynnistää ajanoton ja pysäyttää sen osuessaan seinälle sijoitettuun kontaktimattoon. Näin saadun lentoajan sekä valokennoportin ja kontaktimaton välimatkan avulla voidaan laskea pallon lentonopeus. Testissä koehenkilö heittää maksimaalisesti joko yhtä tai useampaa eri painoista palloa (esimerkiksi lentopallo, koripallo, 1kg kuntopallo, 2kg kuntopallo, 3kg kuntopallo ja 4kg kuntopallo). Alkuasennossa jalat ovat rinnakkain noin metrin etäisyydellä valokennoista. Suoritus alkaa jalkojen koukistuksella ja selän kaarijännityksellä, josta pallo heitetään kahdella kädellä pään päältä suoraan eteenpäin (jalkapallon sivurajaheitto), maksimaalisella teholla. Heiton aikana vartaloa saa taivuttaa taakse, mutta heittoviivaa ei saa ylittää. Käyttämällä eripainoisia palloja voidaan piirtää pallon lentonopeus-massa-käyrä, joka kuvaa heittosuoritukseen osallistuvien lihasten kykyä tuottaa räjähtävästi voimaa eripainoisiin kuormiin. Yleisesti ottaen testi kuvaa koehenkilön ylävartalon ja käsien maksimaalista voimatasoa sekä kykyä koordinoita voimantuottoa. (Viitasalo 1987, 1989; Oksa ym. 1997; Ahtainen, Mero & Häkkinen 2004, 286-288; Keskinen ym. 2004, 159-160; Tossavainen 2004.)

### 3.7.4. Kestovoiman mittaaminen

Kestovoimaa voidaan mitata sekä kenttäolosuhteissa että laboratoriossa. Suoritusta rajoittavat pääasiassa lihaksiston kestävyysominaisuudet. Kestovoiman testaus voi olla aerobista tai anaerobista. Periaatteessa kestovoimasta on kyse aina, kun tehdään enemmän kuin yksi toisto. Sitä voidaan mitata sekä isometrisesti että dynaamisissa kuormitustilanteissa. Yleensä kestovoima mitataan suorituskertoina tietyssä ajassa (esimerkiksi 30 sekunnin aikana) tai ilman aikarajoitusta (esimerkiksi hyvä tulos leuanvedon toistoissa). (Viitasalo 1987, 1989; Keskinen ym. 2004, 169-170; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 288-289.)

Isometrisessä mittauksessa testattava ylläpitää ennalta määrättyä jännitystasoa mahdollisimman kauan. Suoritus aika on testin tulos. Toinen isometrisessä testauksessa käytetty tapa on maksimaalisen lihasjännityksen ylläpito tietyn, ennalta määrätyn ajan tai siihen asti, kunnes voimataso alenee tietylle rajalle. Johtuen vaikeutuneesta verenkierrosta, isometriset kestovoimatestit mittaavat jo varsin pienilläkin lihasjännitystasoilla pelkästään anaerobista kestovoimaa. (Viitasalo 1987, 1989; Keskinen ym. 2004, 170; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 288-289.)

Kestovoimaa voidaan mitata dynaamisilla toistotesteillä, joissa suoritus aika on rajattu, tai toistomaksimimenetelmällä. Testeissä on tärkeää kontrolloida suoritusten kesto- ja palautusajat. Testi voidaan suorittaa myös sarjoina, jolloin lepoaika sarjojen välillä on pidettävä riittävän lyhyenä. Dynaamisissa kuormituksissa, dynamometrilaitteissa on kestovoimaa mitattu intervalliluontoisissa työsuorituksissa. Tällöin maksimivoiman väheneminen suoritusten lukumäärän lisääntyessä on mittauksen keskeinen muuttuja. (Viitasalo 1987, 1989; Keskinen ym. 2004, 170; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 288-289.)

Myös erilaiset toimintakykytestit voivat mitata kestovoimaominaisuuksia. Kestovoimaa voidaan testata käyttämällä vastuksena kehon painoa tai erilaisia kuntosalilaitteita. Testeissä käytettävä kuorma tulisi valita esimerkiksi työn tai urheilulajin vaatimusten mukaisesti. (Ahtiainen & Häkkinen 2004, 170.) Liitteessä 1 on kuvattu puolustusvoimissa käytössä olevat fyysistä kuntoa mittaavat kestovoiman kenttätestit. Nämä testit ovat käytössä myös Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen fyysisen kunnon testistössä (PEkoul-os:n PAK A 04:03.01,1999; IlmavEh-os:n PAK I 03:03, 2000.)

Aerobinen kestovoima yhdistetään usein henkilön toimintakykyyn. Anaerobisen kestovoiman testeissä suoritus aika on rajallinen. Nämä testit yhdistetään usein henkilön suorituskykyyn.

län myötä ihmisen fyysinen toimintakyky laskee, mutta työn fyysiset vaatimukset säilyvät ennallaan. Kestovoimatestit ovatkin merkittävässä asemassa työikäisten kuntotestauksessa osana työkykyä arvioivaa ja ylläpitävää toimintaa. Joillakin ammattiryhmillä, kuten palomiehillä, käytetään työtehtäväsuuntautuneita testejä. Työikäisten kuntotestauksessa yhtenä tärkeänä tekijänä on motivointi kunnan kohottamiseen ja ylläpitämiseen. (Louhevaara & Lusa (toim.) 1992; Ilmarinen (toim.) 1994; McArdle ym. 1996, 639; Nienstedt ym. 1999, 596; Kannus ym. 2001, 276-277; Rintala 2002; Eskola 2004; Keskinen ym. 2004, 169-170.)



## 4. SOTILAAN TYÖN ERITYISPIIRTEET

### 4.1. Yleistä työn kuvasta

Taistelukenttä on teknistyessään muuttunut aina vain kovemmaksi, rajummaksi ja siten taistelijoiden sekä johtajien kannalta vaativammaksi. Taistelun voittaminen edellyttää sekä sotilasjohtajilta että taistelijoilta ammatillisen osaamisen lisäksi erityisen hyviä fyysisiä ja psyykkisiä valmiuksia. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01, 1999; Kyröläinen ym. 2003, 6.)

Varusmiesten, reserviläisten sekä puolustusvoimien koko palkatun henkilöstön fyysisellä suorituskyyllä on yleiseen asevelvollisuuteen perustuvassa maanpuolustusjärjestelmässämme erityisen suuri merkitys. Henkilöstön kenttäkelpoisuuden ja työkyvyn ylläpitämisen ja kehittämisen perusteina ovat kriisi- ja sodan ajan valmiuden, sekä rauhan ajan toiminnan ja työtehtävien asettamat vaatimukset. Fyysisen työkyvyn kehittämisellä on merkitystä myös yksilön terveyden edistämisessä ja ylläpitämisessä. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01, 1999; Kyröläinen ym. 2003, 6.)

Taistelukentän vaatimukset muodostavat peruslähtökohdan sotilaan fyysisen suorituskyyvyn tavoitetason määrittämiselle. Sodan ajan joukkojen suorituskyyvylle on asetettu omat suorituskyykyvaatimuksensa. Puolustusvoimien sotilas- ja siviilihenkilöstön fyysisen suorituskyyvyn ylläpito ja kehittäminen perustuvat niihin vaatimuksiin, joita joukon suorituskyyvyn tavoitetason saavuttaminen kullekin omassa sodan ajan tehtävässään asettaa. Fyysisen suorituskyyvyn ja kenttäkelpoisuuden ylläpitämisen perusteet ja minivaatimustasot ovat samat kaikissa puolustushaaroissa ja aselajeissa. Puolustushaarat täydentävät kuitenkin yleisiä minimivaatimuksia omilla erityisvaatimuksillaan. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01, 1999; Kyröläinen ym. 2003, 6.) Seuraavassa kappaleessa on tarkasteltu sotilaslentäjän työn asettamia erityisvaatimuksia.

Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä on tuottaa fyysisesti riittävän suorituskyyvyn omaavia sodan ajan joukkoja ja taistelijoita. Tuotettujen sodan ajan joukkojen on kyettävä säilyttämään taistelukuntonsa vähintään kahden viikon mittaisen jatkuvan taistelukosketuksen ajan sekä sen lisäksi pystyttävä vielä keskittämään kaikki voimavaransa 3-4 vuorokauden ratkaisutaisteluihin. Taistelijoiden on pystyttävä toimimaan menestyksellisesti nykyaikaisella taistelukentällä, johon sisältyy monimuotoisia fyysisiä ja henkisiä haasteita. Sotilaiden ja muun palkatun henkilöstön toimintaan liittyy myös rauhan ajan jokapäiväiset työtehtävät, joista henkilöstön on fyysisen kuntonsa puolesta selviydyttävä väsymättä ja suoritustasoan

laskematta. (PEkoul-os:n PAK A 04:03:01, 1999; PEkoul-os:n PAK C 01:03; Kyröläinen ym. 2003, 7.)

#### **4.2. Nykyaikaisen sodan ja taistelukentän kuva**

Sodat ovat muuttuneet ammattiarmeijoiden tarkoin poliittisesti määritellyiksi iskuiksi, joissa maasodankäynnin aloittamista viivytetään, kunnes saadaan varmuus henkilöstötappioiden vähydestä käytettyihin panoksiin nähden. Sodankäynnissä siirrytään maasodankäynnistä informaatioidankäyntiin, jossa informaatioylikvoimalla on keskeinen merkitys. Informaatioidankäyntiin soveltuvien asevoimien kehittämisen keskeisiä tekijöitä ovat henkilöstön vähentäminen ja ammattimaistaminen sekä teknologian roolin korostaminen. Kehitystyön painopiste on tärkeimpien joukkojen koulutustason ja suorituskyvyn parantamisessa, tiedustelu-, tulenkäyttö-, johtamis- ja asejärjestelmien automatisoinnissa sekä niiden ulottuvuuden lisäämisessä ja liikkuvuuden kasvattamisessa. (Peltoniemi 1999, 9; Kyröläinen ym. 2003, 9.)

Taisteluiden aikana joukon toimintakyky ja yksittäisten taistelijoiden fyysinen suorituskky heikkenevät varsin nopeasti. Fyysisen suorituskvyn palauttamiseen tai fyysisen kunnan harjoittamiseen ei varsinaisten sotatoimien aikana ole riittävästi aikaa. Siksi joukkojen fyysisen suorituskvyn onkin oltava korkealla tasolla jo ennen taistelujen alkua. Joukkojen on pystyttävä itsenäiseen toimintaan ja johtamiseen jo ryhmätasolta alkaen. Johtajien on valmennettava joukkojaan kestäämään sekä fyysisesti että psyykkisesti taistelukentän vaativat olosuhteet ja ilmiöt sekä kärsimään hetkellisesti suuriakin tappioita. (Kyröläinen ym. 2003, 9.)

Sodankäynnin teknistyminen ei ole vähentänyt yksittäisen taistelijan fyysisiä vaatimuksia. Tilanderin (1999) mukaan sotilailta edellytetään edelleen jokaisella johtamis- ja suoritustasolla hyvää fyysistä suorituskkyä (Tilander 1999, 9-13; Malmberg ym. 2003, 2). Tulevat operaatiot edellyttävät sotilaiden toimivan aikaisempaa pidempiä jaksoja ilman lepoa ja palautuvan taisteluista entistä nopeammin. Sotatoimet vaativat sotilailta kykyä liikkua ja selvitä toimintakykyisinä taistelukentän olosuhteissa kaikkina vuoden ja vuorokauden aikoina. (Kyröläinen ym. 2003, 10.)

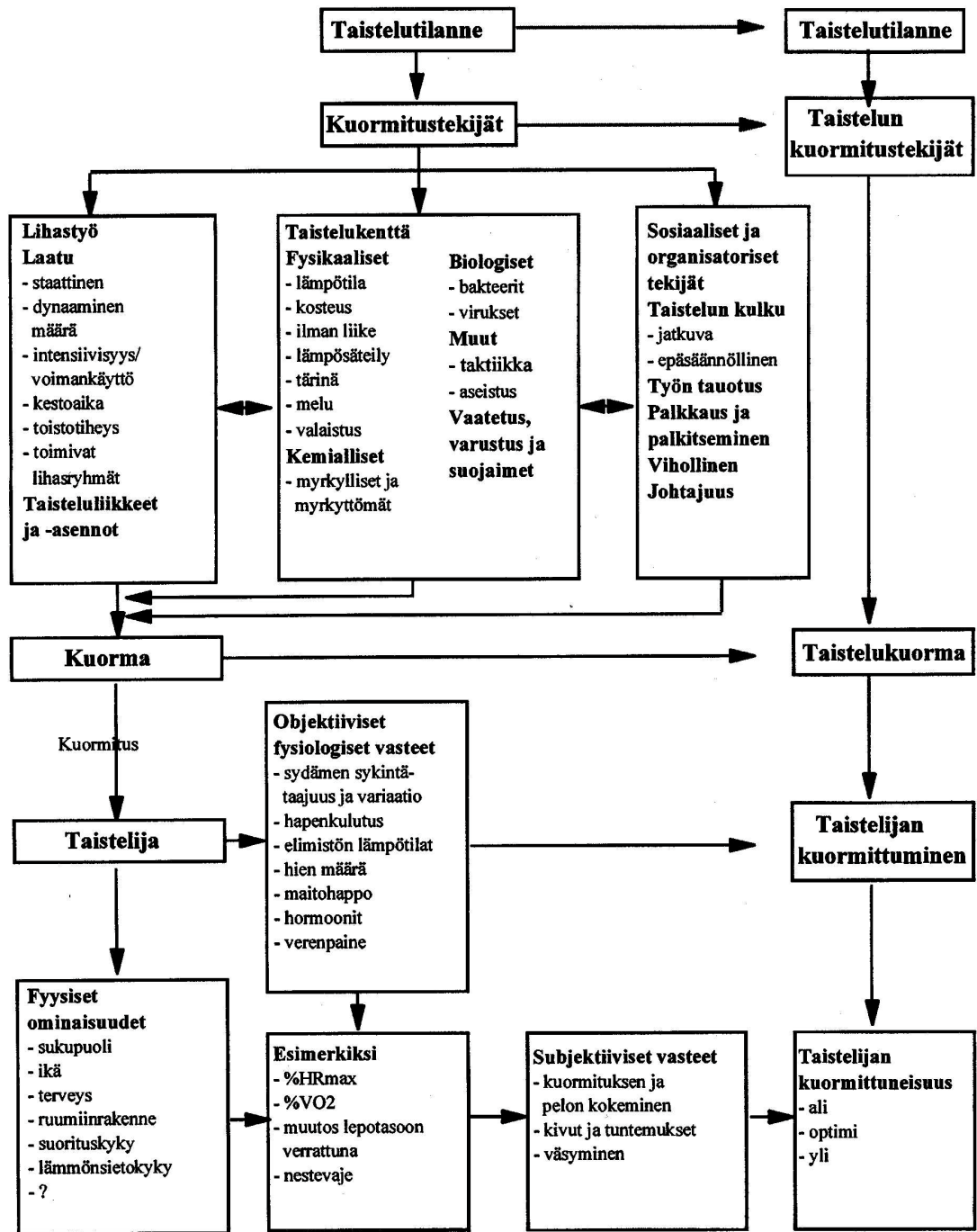
Taistelujen kiivaus, tuhovoimaiset taisteluvälineet ja asejärjestelmät edellyttävät hyvää toimintakykyä sekä taistelijoilta että taistelujen johtajilta. Taistelukentän havainnointi edellyttää sellaista toimintakyvyn tasoa, että taistelija kykenee tekemään väsyneenäkin nopeita ja järkeviä johtopäätöksiä [tämä korostuu esimerkiksi hävittäjäparven johtajan toiminnassa taistelujen

aikana]. Taistelijoiden on pystyttävä valitsemaan runsaasta havaintojen ja tietojen määrästä ne seikat, jotka ovat oleellisia oikean toiminnan käynnistämiseksi ja jatkamiseksi. Taistelijoiden on kyettävä kestämaan ja hallitsemaan taistelukentän fyysiset sekä psyykkiset rasitukset vuorokaudet ympäri kestävässä nopeissa tilanteissa ja taisteluissa. (Kyröläinen ym. 2003, 10.)

#### **4.3. Sotilaan fyysiseen kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä**

Yksittäisen sotilaan fyysinen kuormitus koostuu taistelutilanteesta, taistelun kuormitustekijöistä, taistelukuormasta ja taistelijan kuormittumisesta. Kuvassa on esitetty yksittäisen taistelijan kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä taistelutilanteessa. (PEkoul-os 1999, 35; Kyröläinen ym. 2003, 8.)

## TAISTELIJAN FYYSSINEN KUORMITTUMINEN



Kuvio 22. Taistelijan fyysinen kuormittuminen (Kyröläinen ym. 2003, 8).

## 5. SOTILASLENTÄJÄN TYÖN ERITYISPIIRTEET

### 5.1. Yleistä työn kuvasta

Lentäjän työ on sekä fyysisesti että psyykkisesti erittäin vaativaa. Sotilaslentäjältä edellytetään korkealuokkaista suorituskykyä, tietojen ja taitojen hallintaa sekä henkisten ominaisuuksien tasapainoa. Tätä kokonaisuuteen liittyy myös fyysinen suorituskyky, jonka kehittämiseen ja ylläpitämiseen on paneuduttava koko palvelusuran ajan. (Kanninen 1996, 7.)

Sotilaslentäjän työ ja sille ominaiset suuret ja äkilliset kiihtyvyydet aiheuttavat aika ajoin varsin voimakasta staattista kuormitusta kehon eri lihasryhmille. Toistuvien G-voimien vaikutuksesta johtuen erityisesti selän- ja kaularangan alue ovat jatkuvan kuormituksen alaisena. G-voimien alaisena lentäminen onkin fyysisesti erittäin rasittavaan, osittain anaerobisella alueella tapahtuvaan, urheilusuoritukseen verrattava tapahtuma. (Cornwall & Krock 1992, 971-975; Hämäläinen 1993; Burton & Whinnery 1996, 256-257; Oksa ym. 1996, 1138-1143; ; Hämäläinen 1999, 10; Siitonen 2000.) Taistelulentoharjoituksessa positiivisen ja negatiivisen kiihtyvyyden vaihtelut voivat olla suuria ja erittäin rasittavia. Taistelunmukaisessa liikehdinnässä suorituskykyisten lentokoneiden aiheuttamat räsitukset ylittävät helposti ihmisen suoja mekanismit. (Kuronen & Rusko 1990, 54.) Pitkäaikaisista ja toistuvista kiihtyvyyssaltistuksista on havaittu olleen seurauksena myös kaularangan välilevyjen kulumamuutoksia, jotka tietyin edellytyksin on todettu hävittäjälentäjien ammattitaudiksi (Työterveyslaitos 1995.)

Sotilaslentäjän työssä taistelulentojen aikana esiintyy usein kuormitushuippuja (Hämäläinen 1993, 709-716; Bain, Jacobs & Buick 1994, 193-198; Oksa ym. 1996; Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Salminen & Kuronen 1999). Taistelulentoharjoituksissa kuormitushuippuja saattaa yhden kohtaamisen aikana esiintyä jopa yli 30 kertaa. Kuormitushuipuksi määritellään lihassupistuksen taso, joka on yli puolet tahdonalaisesta maksimaalisesta lihassupistuksesta. (Oksa ym. 1999, 556-560.) Kuormitushuippuja esiintyy usein etenkin kaulan ja osittain selän alueella. Niiden suuruus voi ylittää moninkerroin tahdonalaisen maksimaalisen kapasiteetin, muodostaen täten potentiaalisen terveys- ja tapaturmariskin. (Oksa ym. 1996, 1138-1143.) Kaulan ja selän kuormittuminen ylittääkin staattiselle työlle yleisesti annetut suoritusarvot (Oksa ym. 1996).

Taulukko 4. Kiihtyvyysoimien keski- ja maksimiarvot kaartotaisteluharjoituksessa tietyillä sotilaskoneilla ja tietyillä kohtaamisten määrillä

Lentokone (kohtaamisten lukumäärä)	Maksimi kiihtyvyys, G-onset Rate (G/s)	Max G	Vietetty aika ko. kiihtyvyy- den tasolla tai sen yläpuo- lella				Kohtaamisten kesto, kes- kiarvo ja max. aika (s)	Kiihtyvyyshuippujen lukumäärä ko. tasolla tai sen yläpuolella			
			5 G (s)	6 G (s)	7 G (s)	8 G (s)		5 G (s)	6 G (s)	7 G (s)	8 G (s)
F-4E (7 kohtaamista)	1,8	6,8	29,9	3,5	0	0	KA: 176 s MAX: 332 s	5	2	0	0
F-5G (12 kohtaamis- ta)	3,0	8,2	25,0	10,5	4,4	0,5	KA: 66 s MAX: 158 s	10	6	1	1
F-15G (30 kohtaamis- ta)	6,3	8,2	72,2	45,5	18,1	0,8	KA: 143 s MAX: 303 s	14	9	6	1
F-16G (21 kohtaamis- ta)	3,0	8,4	56,4	33,1	10,2	1,9	KA: 160 s MAX: 292 s	11	3	3	1

(Burton & Whinnery 1996, 257)

## 5.2. Kiihtyvyysoimat

Kiihtyvyyteen liittyvät peruskäsitteet ovat **nopeus, kiihtyvyys, hidastuvuus ja hitaus eli inertia**. Nopeudella tarkoitetaan aikayksikössä kuljettua matkaa, ja sen yksikkö on metri/sekunti (m/s). Kiihtyvyys ja hidastuvuus kuvaavat nopeuden muutosta aikayksikössä. Niiden yksikkö on  $m/s^2$ . Inertiaalla tarkoitetaan kullekin kiihtyvyyden vastakkaissuuntaista ja tarkalleen yhtä suurta voimaa, joka pyrkii vastustamaan alkuperäistä voimaa (Newtonin III laki). Kun puhutaan kiihtyvyysoimien fysiologisista vaikutuksista, puhutaan inertiaivoimista johtuvista fysiologisista vaikutuksista. (Vapaavuori, Sorsa, Nurmi & Kuronen 1992.)

	INERTIAVOIMAN SUUNTA		LENTOLIIKE
	<b>+G<sub>Z</sub></b>	Päästä jalkoihin	Oikaisu syöksystä, silmukka, kaarrot
	<b>-G<sub>Z</sub></b>	Jaloista päähän	Oikaisu noususta ulkopuoliset liikkeet
	<b>+G<sub>X</sub></b>	Rinnasta selkaan	Lähtökiihdytys nopeuden lisäys
	<b>-G<sub>X</sub></b>	Selästä rintaan	Nopea jarrutus jarrusivukseen käyttö
	<b>+/- G<sub>Y</sub></b>	Sivulta toiselle	Sivuttaisliikkeet

Kuvio 23. Elimistöön vaikuttavien kiihtyvyyden- ja hidastuvuusvoimien merkintätapa vaikutussuunnan mukaan (Scherrer 1988, 447; Vapaavuori ym. 1992; Glaister & Prior 1999, 133).

Sotilaslentämiseen liittyvien G-voimien aiheuttamista ongelmista puhuttaessa keskitytään positiivisen, jaloista päähän suuntautuvan kiihtyvyyden (+G<sub>Z</sub>) vaikutuksiin. Itse asiassa tällöin tarkoitetaan vastakkaissuuntaisen, päästä jalkoihin suuntautuvan inertia-voiman aiheuttamia fysiologisia ilmiöitä. (Vapaavuori ym. 1992.)

Taulukko 5. Kiihtyvyyden- ja inertia-voimien luonnehdintaa

Kiihtyvyyden suunta	Vaikutuksen suunta	Fysiologinen kuvaus	Kansankielinen kuvaus	Standardi	Lentoliike
Positiivinen pitkittäiskiihtyvyys	Jaloista päähän	Positiivinen G	Silmämunat painuvat alas	+G <sub>Z</sub>	silmukka, kaarrot, oikaisu syöksystä
Negatiivinen pitkittäiskiihtyvyys	Päästä jalkoihin	Negatiivinen G	Silmämunat nousevat ylös	-G <sub>Z</sub>	oikaisu noususta, ulkopuoliset liikkeet
Eteenpäin suuntautuva kiihtyvyys	Selästä rintaan	Poikittainen positiivinen G	Silmämunat painuvat sisään	+G <sub>X</sub>	lähtökiihdytys, nopeuden lisäys
Taaksepäin suuntautuva hidastuvuus	Rinnasta selkään	Poikittainen negatiivinen G	Silmämunat pulistuvat ulos	-G <sub>X</sub>	nopea jarrutus, jarrusivukseen käyttö
Sivusuunnassa vaikuttava kiihtyvyys/hidastuvuus	Sivulta toiselle vaikuttava	Sivuttainen G	Silmämunat painuvat sivulle	+/-G <sub>Y</sub>	uusien kone-tyyppien sivuttaisliikkeet

(Vapaavuori ym. 1992; Glaister & Prior 1999, 133)

Kiihtyvyysoimat voidaan jakaa vaikutusajan perusteella **lyhytkestoiseen**, **keskipitkäkestoiseen** ja **pitkäkestoiseen** kiihtyvyyteen. Vaikutusajan lisäksi kiihtyvyyden muutosnopeudella (onset rate) sekä kiihtyvyysoimien tasolla (G-level) on huomattava fysiologinen vaikutus. (Vapaavuori ym. 1992, 131; Kuronen & Myllyniemi 1996, 13.)

Taulukko 6. Kiihtyvyysoimien määrittäminen vaikutusajan mukaan

Kiihtyvyys	Kesto (s)	Esiintyminen
Lyhytkestoinen	alle 1 s	Törmäysten yhteydessä
Keskipitkäkestoinen	0,5 – 2 s	Heittoistuinhyppyt, raketti- ja katapulttilähdöt lentotukialuksilta
Pitkäkestoinen	yli 2 s	Suorituskykyiset sotilaskoneet, avaruuslentojen lähdöt

(Vapaavuori ym. 1992)

Lyhytkestoisia kiihtyvyyksiä ja erityisesti hidastuvuuksia esiintyy esimerkiksi törmäyksissä, kolareissa, tai räjähdyksissä. Tämän vuoksi yleensä puhutaankin törmäysvoimista. Niiden vaikutukset verenkiertoon ovat yleensä vähäisiä, mutta mekaanisia seurauksia, esimerkiksi murtumia ja ruhjeita, esiintyy sitäkin enemmän. Vaikutus asentotajuun on vähäinen kiihtyvyyden lyhytkestoisuuden vuoksi. (Vapaavuori ym. 1992; Burton & Whinnery 1996; Glaister & Prior 1999.)

Pitkäkestoisia ovat yli kaksi sekuntia kestävät kiihtyvyydet ja hidastuvuudet. Näitä vastaavien inertiaivoimien fysiologiset vaikutukset kohdistuvat lähinnä sydän- ja verenkiertoelimistön välityksellä määrättyjen elinten, kuten aivojen toimintaan. Toistuvilla suurilla G-rasituksilla on vaikutusta myös kaulan ja selän lihaksiin. Suurin osa sotilasilmalähdössä esiintyvistä G-rasitusten haittavaikutuksista johtuu nopeasti alkavista ja pitkään kestävästä suurista  $+G_z$ -kiihtyvyyksistä. (Vapaavuori ym. 1992; Burton & Whinnery 1996; Glaister & Prior 1999.)

Nykyaikaiset hävittäjä- ja harjoituskoneet kykenevät kehittämään nopeasti ja ylläpitämään pitkään suuria positiivisia kiihtyvyyksiä, jolloin elimistöön kohdistuu päästä jalkoihin suuntautuva inertiaivoima ( $+G_z$ ). Eräät konetyypit voivat liikehtiä jossakin määrin ilman varsinaista kaartoa myös pysty- ja sivusuunnissa. (Kuronen & Rusko 1990, 54; Vapaavuori ym. 1992, 136; Kuronen & Myllyniemi 1996, 13.) Positiivisten kiihtyvyyksien vaikutusta lentäjän fysiologisiin toimintoihin on tutkittu tarkemmin niin sanotun ihmissentrifugin avulla (Cornwall



& Krock, 1992; Vapaavuori ym. 1992, 136; Bain ym. 1994, 93-198; Brinkley & Raddin 1996, 174; Glaister & Prior 1999, 131.) Sivuttainen kiihtyvyys yhdessä samanaikaisesti esiintyvän positiivisen kiihtyvyyden kanssa aiheuttaa lisärasituksia. Negatiiviselle kiihtyvyydelle ja siitä aiheutuvalle inertiaivoimalle  $-G_z$  (jaloista päähän suuntautuva) ei sotilaslentotoiminnassa yleensä altistuta merkittävästi. (Kuronen & Rusko 1990, 54; Kuronen & Myllyniemi 1996, 13.)

Tässä tutkimuksessa onkin keskitytty käsittelemään juuri positiivista kiihtyvyyttä/G-voimaa, eli päästä jalkoihin suuntautuvaa inertiaivoimaa ( $+G_z$ ).

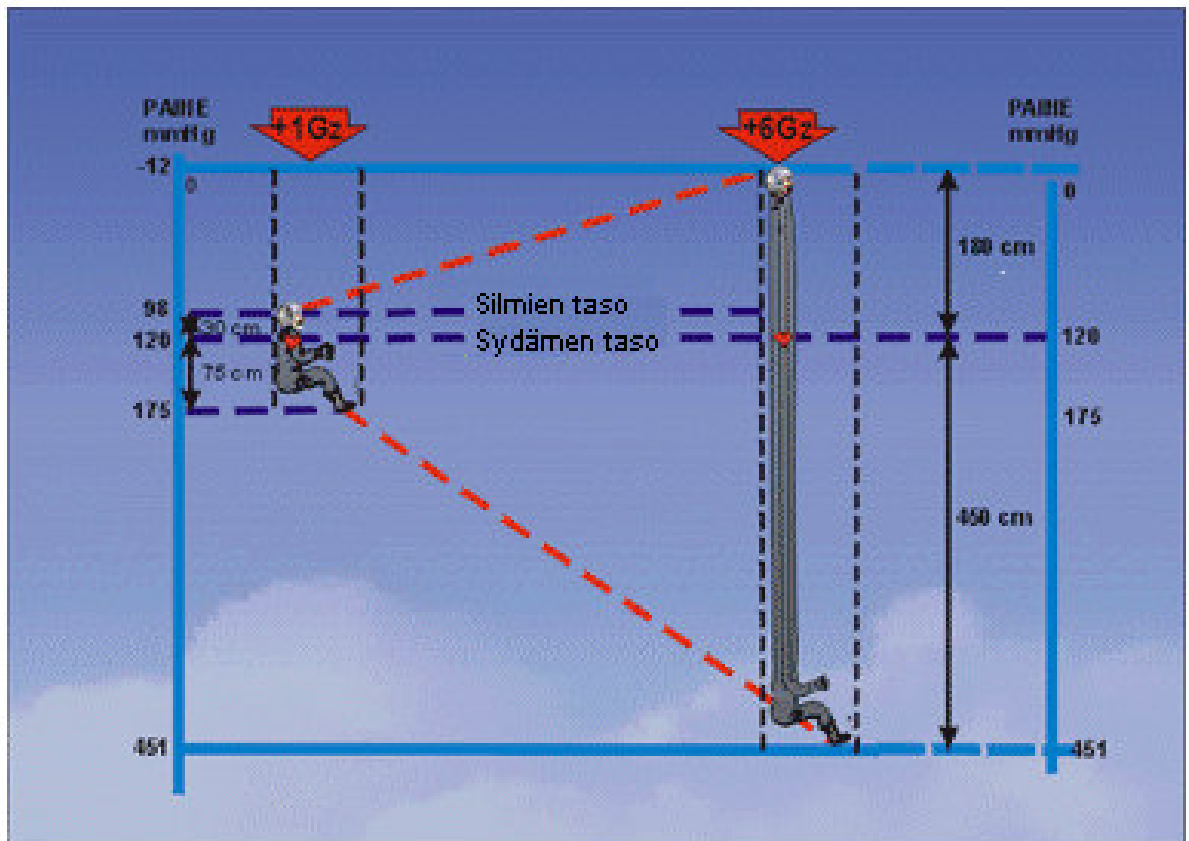
### **5.3. Kiihtyvyysoimien aiheuttamat fysiologiset muutokset**

#### **5.3.1. Kiihtyvyyksien vaikutukset hengitykseen, verenkiertoon ja sydämen toimintaan**

Kiihtyvyyden vaikutuksesta laskimoveri pakenee aivoista ja pakkautuu alaraajoihin ja vatsaontelon verisuoniin. Tämän seurauksena keuhkoverenkiertoon ja sydämen vasemmalle puolelle palaavan veren määrä pienenee. Keuhkojen alaosat painuvat osittain kasaan (ns. atelektasit) verenkierron painottuessa tälle huonosti ilmastoidulle alueelle ja näin ollen hapetus heikkenee. Seurauksena on verenpaineen ja valtimoveren happiosapaineen lasku. (Vapaavuori ym. 1992, 137-138; Kuronen & Myllyniemi 1996, 15.)

Kun valtimoveren hapetus keuhkoissa heikkenee, elimistön suojaimekanismit käynnistyvät tilanteen korjaamiseksi – tämä tapahtuu noin 6 – 12 sekunnin kuluttua alkuvaiheesta. Paineenmuutoksia aistivat sympaattisen hermoston tunnistinelimet, ns. *baroreseptorit* tunnistavat verenpaineen laskun, jolloin muun muassa ääreisverenkierto supistuu ja sydämen sekä hengityksen toiminnat kiihtyvät. Kiihtyvyyden seurauksena verenpaine laskee. Kiihtyvyyden valtimoveripylväääseen kohdistama paine on kompensoitava, aivoverenkierron turvaamiseksi, kohottamalla verenpainetta. (Kuronen & Rusko 1990, 54.) Tämän vuoksi sydämen toimintaa nopeuttava ja verenpainetta nostava sympaattinen hermosto aktivoituu muutaman sekunnin viiveellä kompensoitumekanismina. Näiden toimintojen tarkoitus on kohottaa verenpainetta. Lentäjän tekemä vastaponnistus (ks. luku se ja se) ärsyttää kurkunpäästä aiheuttaen muun muassa sydämen sykettä hidastavan vagus-hermon aktivoitumisen. Yhdessä näiden samanaikaisesti toimivat vastavaikuttajat voivat herkistää sydämen rytmihäiriöille, jotka voivat alentaa lentäjän kriittisen matalaa verenpainetta entisestään. Tällöin lentäjän toimintakyky on vaaras

sa. (Scherrer 1988, 453-457; Vapaavuori ym. 1992, 137-139; Kuronen & Myllyniemi 1996, 15.)

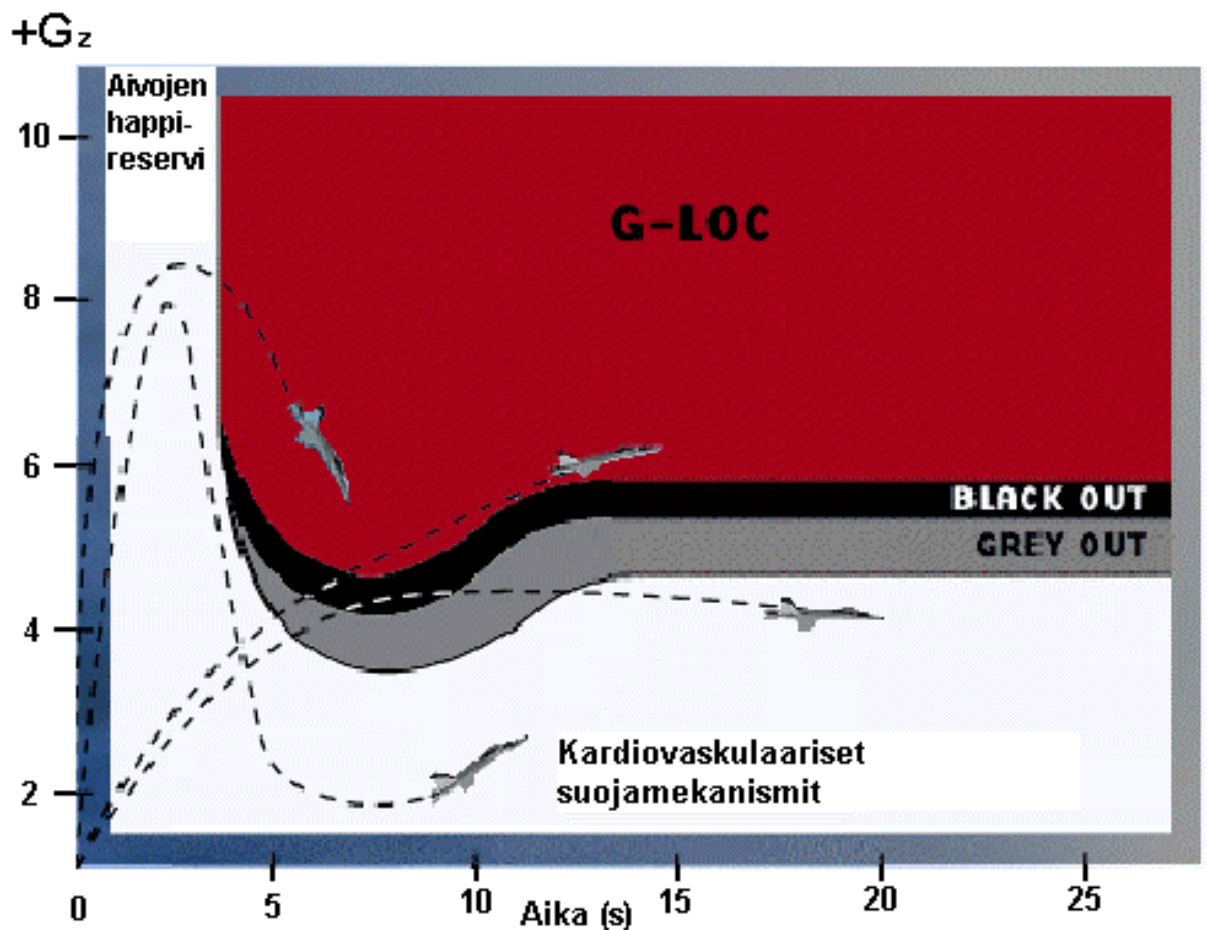


Kuvio 24. Kiihtyvyyden vaikutus valtimoveripylvään hydrostaattiseen paineeseen +1  $G_z$  ja +6  $G_z$  kiihtyvyydellä (Kuronen & Rusko 1990, 55).

Valtimoverenkierron lakattua aivosoluihin varastoitunut happi riittää vain muutamaksi sekunniksi. Ennakkovaroituksena aivojen hapenpuutteesta esiintyy näkökentän harmaantumista/hämärtymistä (grey out) ja pimentymistä (black out) ennen lopullista tajuttomuutta. Black out – tilanteesta palaudutaan lähes välittömästi kiihtyvyyden pienentyessä. Black out – tilanteen aikanakin lentäjä kykenee reagoimaan muihin kuin näköärsykkeisiin mielekkäästi, kuten radioliikenteeseen ja koneen ohjaamiseen. Aivojen tiedonkäsittelyyn tarvittava toiminta saattaa kuitenkin häiriintyä jo näkökenttämuutosten ilmetessä. (Scherrer 1988, 453-454; Kuronen & Rusko 1990, 54; Vapaavuori ym. 1992, 139; Burton & Whinnery 1996, 225; Kuronen & Myllyniemi 1996, 16; Glaister & Prior 1999, 133; Vapaavuori & Sorsa 2005, 94.)

Suuret kiihtyvyydet edellyttävät elimistöltä lähes maksimaalista fyysistä suoritusta, lentäjän toimintakyvyn ylläpitämiseksi. Elimistön suojarahkeet ja varoitusmekanismit eivät kuiten-

kaan aina ehdi mukaan, mikäli kiihtyvyyden lisäys on enemmän kuin  $+2 \text{ G}_z / \text{s}$ . Tällöin äkillinen tajuttomuus voi ilmetä ilman ennakkovaroitusta (näkökenttämuutoksia). Tätä ilmiötä kutsutaan yleisesti nimellä **G-LOC** (**G-induced Loss Of Consciousness**). Tajuttomuus voi ilmetä myös matalilla ( $+3-4 \text{ G}_z$ ) ja lyhytkestoisilla (3-4s) kiihtyvyyksillä, esimerkiksi väärin suoritettuna, tai myöhästyneen vastaponnistuksen seurauksena. Tajuttomuuden kesto on usein 10 – 20s (keskimäärin 15s), mikäli kiihtyvyys alenee tajuttomuuden alkaessa. Varsinaisen tajuttomuuden jälkeen seuraa vielä vaihtelevan pituinen (15s – minutteja kestävä) sekavuus, jolloin toimintakyky on puutteellinen. Tapahtumaan liittyy usein myös tajuttomuutta edeltävien tilanteiden muistamattomuus, mikä vaikeuttaa tapahtuman ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämistä. Kiihtyvyyden säilyessä ennallaan tai lisääntyessä, aivojen hapenpuute aiheuttaa aivosolujen vaurion ja lopulta kuoleman. Näin ollen äkillisestä ja yllättävästä tajunnanmenetyksestä on tullut todellinen lentoturvallisuutta uhkaava vaara. (Scherrer 1988, 453-454; Kuronen & Rusko 1990, 54; Vapaavuori ym. 1992, 139; Burton & Whinnery 1996, 225; Kuronen & Myllyniemi 1996, 16; Glaister & Prior 1999, 133; Vapaavuori & Sorsa 2005, 94.)



Kuvio 25. Kiihtyvyyden ja ajan välinen riippuvuus varoittavien oireiden ilmaantumiseen ja tajuttomuuteen verrattuna. **G-LOC** = äkillinen tajunnan menetys (Kuronen & Rusko 1990, 55).

### 5.3.2. Vaikutus tukirankaan ja raajoihin

Kiihtyvyys yhdessä lentäjän tekemän vastaponnistuksen kanssa kohdistavat tukielimistöön suuren kuormituksen  $+G_z$  -altistuksen aikana. Elimistön pehmytosien ja raajojen lisääntynyt paino aiheuttaa lihaskoordinaatio-ongelmia jo alhaisilla G-tasoilla. Istuma-asennosta ylösnousu on mahdotonta jo  $+3 G_z$  -tasolla. Tuettoman raajan liikuttaminen vaikeutuu kiihtyvyyden kasvaessa – raajan kohottaminen käy mahdottomaksi  $+ 6 - 8 G_z$  :ssä. Tuetulla kädellä on mahdollista tehdä hienomotorisia liikkeitä vielä  $10 G_z$  :ssä, mikäli tajunta säilyy. Etenkin niska- ja hartiaseudun lihaksiin ja kaularankaan kohdistuu suuri kuormitus. Alas laskettua päätä ei pystytä nostamaan yli  $7 G_z$  :ssä, koska ohjaajan pää kypärineen painaa tällöin noin 50 kg. Suuren tai pitkäkestoisen G:n vaikutuksesta saattaa syntyä tukirangan välilevyjen pullistumia tai repeämiä ja pehmytkudosten vammoja varsinkin pään päästessä retkahtamaan. (Kuronen & Rusko 1990, 57; Hämäläinen 1993; Hämäläinen ym. 1994, 144-146; Kuronen & Myllyniemi 1996, 16-17.) Pitkäaikaisista ja toistuvista kiihtyvyyssaltistuksista onkin havaittu olleen seurauksena myös kaularangan välilevyjen kulumamuutoksia, jotka tietyin edellytyksin on todettu sotilaslentäjien ammattitaudiksi (Työterveyslaitos 1995). Kaularangan välilevyjen pullistumia on löydetty varsinkin C3-4 välilevystä (Hämäläinen 1993; Hämäläinen ym. 1994, 144-146). Greenin (1999, 153) mukaan U.S Navyn lentäjistä 60 % ja Suomen Ilmavoimien lentäjistä 48% kärsii kroonisesta niskakivusta.

### 5.3.3. G-sietokyky

Lentäjien G-sietokyvyn tutkimisessa ja arvioinnissa keskeiset vaikutus- ja tutkimuskohteet ovat keskushermosto, verenkierto- ja hengityselimistö, tukiranka ja erilaisten psykofysiologisten yhteisvaikutusten arviointi. Tärkeää on myös sydämen ja aivojen välinen etäisyys aivojen hapensaannin vuoksi. (Kuronen & Rusko 1990, 54.) Mitä pitempi etäisyys on, sitä suuremman työn sydän joutuu tekemään pumpatakseen verta aivoille.

Burtonin ja Whinneryn (1996, 224) mukaan jokaisella ohjaajalla on yksilöllinen G-sietokyvyn raja, joka voi ylittyä lennolla, suojarusteista huolimatta. Ihmisen G-sietokyky on yksilöllisyyden lisäksi lyhyessäkin ajassa muuttuva ominaisuus. (Kuronen & Rusko 1990, 57; Kuronen & Myllyniemi 1996, 17) G-sietokykyyn vaikuttavat muun muassa kiihtyvyyden suuruus, kesto-aika ja muutosnopeus. G:n siedosta voidaan erottaa G-tason sieto (G-level tolerance) ja G-keston sieto (G-duration tolerance). Lyhytaikaisesti ihminen voi sietää suuriakin G-tasoja, mutta toisaalta pitkään jatkuvana varsin matalakin G-taso aiheuttaa muun muassa väsymistä.

(Kuronen & Myllyniemi 1996, 17; Green 1999, 148-153.)

G-sietokykyä alentavat muun muassa tottumattomuus ja pitkä tauko G-kuormitusta sisältävien lentojen välillä. Tauon jälkeen nopeasti ja odottamatta alkava G-kuormitus aiheuttaa usein ongelmia ohjaajalle. Tutkimuksissa on todettu, että useamman viikon tauko lentopalveluksessa heikentää vastaponnistuskykyä, vaikka kaikki kunto-ominaisuudet pysyisivät ennallaan. Rasittaviin lentoihin sekä ylipainehengityksen käyttöön saattaa liittyä hyperventilaatiota, joka vaikuttaa heikentävästi G-sietokykyyn. Myös matala verensokeri, väsymys, nestevaje, lievätkin infektiot, alkoholi, krapula, tupakointi, erilaiset lääkkeet ja väärin suoritettu vastaponnistus heikentävät G-sietoa. (Kuronen & Rusko 1990, 57; Kuronen & Myllyniemi 1996, 17-19.)

Ainoa keino, jolla lentäjä voi parantaa  $+G_z$ -sietokykyään on vastaponnistus, eli **AGSM** (Anti-G Straining Maneuver), johon sisältyvät seuraavat yhtäaikaiset suoritukset:

- Pakotettu uloshengitys joko osittain tai kokonaan suljettua kurkunpäästä vasten (ensin nopea noin 1-2 sekunnin nopea sisäänhengitys, jonka jälkeen pakotettu 3-5 sekunnin uloshengitys -> toistaen koko G-rasituksen ajan)
- Mahdollisimman ”kyyry” (pakkautunut) asento sydämen ja aivojen etäisyyden minimoimiseksi (”pää hartioiden väliin”)
- Vartalon lihasten jännittäminen (alaraajat, takapuoli, vatsa, rintakehä ja käsivarret yhtä aikaa)

(Kuronen & Myllyniemi 1996, 17-19; Burton & Whinnery 1996, 247-248; Green 1999, 149.)

AGSM:ssa tärkeimmät käytettävät lihakset ovat alaraajojen lihakset, pakaralihakset, vatsalihakset, käsivarsien lihakset ja rintalihakset. AGSM:iin liittyvä lihasten isometrinen jännittäminen on fyysisesti erittäin kuormittava anaerobinen toimenpide, minkä vuoksi optimaalinen ja hyvin koordinoitu suoritus on G-sietokyvyn ja lentäjän suorituskvyn kannalta olennaista. Kokenut lentäjä saavuttaa AGSM:n avulla lyhytaikaisesti jopa  $+4 G_z$  -luokkaa olevan parannuksen G-sietokykyynsä. (Scherrer 1988, 456-457; Burton & Whinnery 1996, 247-248; Kuronen & Myllyniemi 1996, 17-19; Green. 1999, 149.)

Oikeaoppisesti suoritettu vastaponnistus yhdessä G-suojavarusteiden (G-housut ja ylipainehengitysliivit) parantavat ohjaajan G-sietokykyä merkittävästi (Burton 1993, 94-97).

## 5.4. Sotilaslentäjän tarvitsema suorituskyky

### 5.4.1. Sotilaslentäjän kestävyys

Suuren fyysisen kuormituksen vuoksi sotilaslentäjä tarvitsee työssään jatkuvasti hyvää fyysistä kuntoa. Sotilaslentäjän tulisikin jatkuvasti huolehtia sekä aerobisesta että anaerobisesta kestävyystään. (Rusko, Kuronen, Tesch & Balldin 1990, 61-67.) Sotilaslentäjä tarvitsee hyvää kestävyyttä jatkuvasti toistuviin, lihasvoimaa vaativiin suorituksiin sekä selviytyäkseen pitkäaikaisen lentotoiminnan rasituksista (esimerkiksi toistuvista vastaponnistuksista G-rasituksen alaisena) väsymättä liikaa sekä kyetäkseen palautumaan uusia lentotehtäviä varten. Lisäksi on otettava huomioon selviytyminen mahdollisissa poikkeus- ja hätätilanteissa. Kestävyyden merkitys korostuu esimerkiksi sodan aikana. Hyvän kestävyuden edellytyksenä on tehokkaasti toimiva hengitys – ja verenkiertoelimistö. (Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 23; High-G 1998.)

**Hyvän kestävyuden ansiosta sotilaslentäjä kykenee muun muassa:**

1. **Suoriutumaan hyvin vaihtelevien lentotehtävien fyysisistä kuormituksista** (esim. toistuvat vastaponnistukset ja niihin liittyvä isometrinen lihastyö ja staattinen eli ”paikalleen sidottu” työympäristö),
2. **Hyödyntämään paremmin ammatin vaatimia henkisiä ominaisuuksia** (esim. keskittymiskykyä ja informaation vastaanotto- ja tulkintakykyä),
3. **Palautumaan nopeasti uusiin ja toistuviin lentotehtäviin,**
4. **Selviytymään hyvin poikkeusolojen aiheuttamasta fyysisestä ja psyykkisestä paineesta ja**
5. **Selviytymään paremmin pakkolaskun tai heittoistuinhyppyn jälkitilanteesta**

(Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 24; Burton & Whinnery 1996, 256-258).

Sotilaslentäjän tulee harjoittaa kaikkia kestävyuden osa - alueita (Rintala, Paalimäki & Santala 1996, 26).

### 5.4.2. Sotilaslentäjän voima

Lihaskunnolla on sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn kannalta keskeinen osa. Alavartalon, keskivartalon, käsivarsien ja niskan lihasten riittävä voimataso on edellytyksenä tehokkaalle vastaponnistukselle. (Rintala & Kanninen 1996, 28.) Vastaponnistuksen tehokkuus riippuukin muun muassa sotilaslentäjän lihasten supistusvoimakkuudesta. Mitä voimakkaampi lihassupistus on, sitä tehokkaampi on verenkierron ehkäisy. Voimakkaat lihakset puristavat lihaksen sisällä kulkevat verisuonet voimakkaammin kiinni ja näin ehkäisevät lihaksiin suuntautuvaa verenkiertoa tehokkaammin. (Oksa, Linja & Rintala 2003, 886-890.) Hyvä voimaominaisuuksien taso auttaa ohjaajaa selviytymään vastaponnistuksesta myös ilman suorituskyvyn oleellista laskua. Hyvän voimatason omaavalle sotilaslentäjälle jääkin riittävästi kapasiteettia käytettäväkseen muihin lentoon liittyviin tehtäviin, kuten koneen lentämiseen, asejärjestelmien käyttöön ja radiopuhelinliikenteeseen. (Rintala & Kanninen 1996, 28.)

#### **Sotilaslentäjä tarvitsee lihasvoimaa muun muassa:**

1. **Vastaponnistuksen suorittamiseen**
2. **Selkärangan tukemiseen sekä**
3. **Raajojen ja pään liikuttamiseen G-rasituksen aikana.**

(High-G 1998.)

Kiihtyvyysoimien vaikutuksesta lentäjän tukiranka altistuu hyvin suurille kuormituksille. Selän ja erityisesti niskan ja kaulan alueen lihaksiston tehtävänä on tällöin sekä tukea että suojata luustoa ja pehmytkudoksia. (Kuronen & Myllyniemi 1996.) Oksan ym. (1996) mukaan kuormitushuippujen taso ja esiintyvyyden runsaus asettaa lentäjien maksimaaliselle lihasvoimalle ja maksimivoimien siedolle (kestovoima), etenkin niska-hartiaseudulla selkeästi suuremmat vaatimukset kuin normaaliväestölle.

Taistelulentoharjoitukset aiheuttavat lihasväsymystä. Varsinkin niskan ja kaulan alueen lihaksissa väsyminen on merkittävää. Väsymys lisää terveys- ja/tai tapaturmariskiä, minkä vuoksi niskan ja kaulan alueen lihasvoimakkuudelle ja -kestävyydelle asetetaan erityisen suuret vaatimukset, etenkin jos taistelulentoharjoituksia toistetaan useasti. (Oksa ym. 1999.)

Greenin (1999, 152) mukaan kestovoimaharjoittelu voi parantaa merkittävästi pitkäkestoisten kiihtyvyyksien sietokykyä (Green 1999, 152). Myös lyhyissä suurten G-voimien vaikutusti-

lanteissa voimaharjoittelun on todettu parantavan G-sietokykyä – Ruskon, Kurosen, Teschin ja Balldinin (1990, 61-67) mukaan jalkojen ja vartalon lihasten maksimivoiman harjoittelu parantaa lyhyiden ja suurten G-voimien sietokykyä. Voimaharjoittelun myötä kehittyi myös sydän, joka vahvistuessaan käyttää tehokkaasti koko iskutilavuutensa (High-G 1998).

Tutkimusten mukaan lentäjien terveysongelmat keskittyvät juuri niihin kehon alueisiin, joiden lihaskunto ei ole riittävä. Lentäjälle tärkeiden selkä- ja vatsalihasten on havaittu olevan keskimäärin heikommassa kunnossa kuin muiden lihasten. (Rintala & Kanninen 1996, 28.) Juuri puutteellinen voimaharjoittelu on lentäjillä johtanut esimerkiksi niska- ja hartiasseudun ongelmiin (Arokoski, Holopainen, Koistinen & Kuronen 1996, 7-12; Rintala & Kanninen 1996, 29). Säännöllisellä voimaharjoittelulla nämä ongelmat saataisiin todennäköisesti vähentymään – esimerkiksi Ylisen (2004) mukaan kaularangan lihasten säännöllinen voima- ja kestävyys harjoittelu vähentävät kroonista niskakipua ja lisäävät kaularangan liikkuvuutta (Ylinen 2004). Toisaalta hieman poikkeaviakin tutkimustuloksia on saatu – Arokosken, Holopaisen, Koistisen & Kurosen tutkimuksessa (1996) tarkasteltiin niskan voimaharjoittelun yhteyttä sotilaslentäjien niska-hartiaoireisiin. Tutkimuksen perusteella ei voitu tieteellisesti osoittaa, että dynaamisten lihasvoimien ja niskakipujen välillä olisi suoraa yhteyttä. (Arokosken ym. 1996.)

### **5.4.3. Sotilaslentäjän taito**

Sotilaslentäjän taitavuudella tarkoitetaan kykyä käsitellä informaatiota sekä kykyä toimia tarkoituksenmukaisesti taistelulennon aikana. Taitava lentäjä osaa hyödyntää koneensa suorituskyvyn sekä taistelun johdon antaman informaation ja näiden avulla valita jokaiseen tilanteeseen sopivimman hyökkäysgeometrian, liikehännän ja asevalinnan. (High-G 1998.)

Taitavuus näkyy lentäjän toiminnassa sujuvuutena, johon liittyy kokonaisvaltainen havainnointi, looginen päätöksenteko ja johdonmukainen toiminta (High-G 1998). Taitava lentäjä pystyy tekemään nopeasti oikeita ratkaisuja sellaisissakin tilanteissa, joissa elimistön reagoitakykyä koetellaan ääri rajoilla ja joissa erilaiset aistiharhat muuten tuottaisivat vääriä toimintaratkaisuja. Laajan taitovaraston ja tarkan ja täsmällisen liikuntaelimistön omaava lentäjä oppii uusia liikkeitä ja sopeutuu muuttuviin oloihin helposti. Opittujen taitorefleksien avulla taitava lentäjä pystyy toimimaan pääosin automaattisesti, jolloin hänen rajallista simultaanikapasiteettiaan vapautuu muuhun toimintaan. Lentäjän taitavuus saattaa joskus näkyä jopa siten, ettei hän näytä tekevän yhtään mitään. Taitava lentäjä havaitsee olennaisen, valitsee oikean suorituksen ja toteuttaa sen nopeasti, mutta on samalla valmis tekemään muitakin



tarpeellisia ratkaisuja. (Eloranta 1996, 32-36.).

Liiketaitoja tuottavien kykytekijöiden, eli koordinaatiokykyjen avulla lentäjä pystyy hallitsemaan lentämisessä tarvittavat taidot myös kuormittavissa ja vaikeissa olosuhteissa, kuten huonossa säässä, kuumuudessa, G-rasituksen alaisena ja henkisen paineen alaisena. Tällainen taito on esimerkiksi oikein suoritettu vastaponnistus, joka oikeaoppisesti tehtynä edellyttää lihasten yhteistoimintaa siten, että sekä agonistit että antagonistit supistuvat yhtä aikaa. Jotta vastaponnistuksen tekeminen lennon aikana ei veisi liikaa lentäjän simultaanikapasiteettia, tulisi sen olla kehittynyt taitorefleksin tasolle. (Eloranta 1996, 33.)

Ruskon, Kurosen, Teschin ja Balldinin (1990, 61-67 Sotilaslääketeieteellinen aikakauslehti) mukaan jalkojen ja vartalon lihasten ja koko kehon lihasten monipuoliset koordinaatiokykyä kehittävät harjoitukset, sekä voimaharjoittelun aiheuttama lihasvoiman kasvu parantavat lihastoiminnan koordinaatiota ja vähentävät näin vastaponnistuksiin tarvittavaa lihasvoimaa. Taitava, hyvän koordinaation omaava lentäjä kykenee aiheuttamaan oikea-aikaisen, ja oikein rytmitetyn, lihassupistuksen vastaponnistuksessa tarvittaville lihaksille ja näin ollen tehostamaan vastaponnistustaan (Oksa, Linja & Rintala 2003, 886-890.)

### **5.5. Sotilaslentäjien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn mittaaminen**

Kestävyys eli sydämen ja hengitys- sekä verenkiertoelimistön toimintakyky on kaiken fyysisen suorituskyvyn perusta. Kuten edellisissä kappaleissa mainittiin, sotilaslentäjä tarvitsee työssään hyvää kestävyyttä jaksakseen suorittaa esimerkiksi toistuvia vastaponnistuksia G-rasituksen alaisena väsymättä liikaa sekä kyetäkseen suoriutumaan sodanajan lisääntyneestä fyysisestä ja psyykkisestä rasituksesta. Kestävyyttä mitataan aerobisella (polkupyöräergometritesti) ja anaerobisella testillä (hyppytesti). (High-G 1998; Oksa, Rintala & Kuronen 1997.)

Sotilaslentäjä tarvitsee lihasvoimaa tehokkaan vastaponnistuksen suorittamiseen sekä tukirangan, erityisesti niskan ja selän suojaamiseen G-rasituksen aikana. Lihastyön luonne kiihtyvyystrasituksessa, kuten testeissäkin on isometristä eli staattista. Isometristen testien lisäksi lihasvoimaa mitataan dynaamisilla kenttätesteillä. (Hämäläinen 1993; Oksa ym. 1997; High-G 1998; Oksa, Linja & Rintala 2003, 886-890.)

### **5.5.1. Vartalon ja kaulan lihasten maksimaalisen isometrisen voiman testaus**

Sotilaslentäjä altistuu työssään G-rasitukseen, jota vastaan ponnistellaan staattisen eli isometrisen lihastyön avulla. Voimaharjoittelulla pyritään lihasvoiman lisäämisen ohella kasvattamaan myös sydämen seinämien paksuutta, jotta sydän olisi riittävän voimakas pumpaamaan verta verenkiertoon kiihtyvyystrasituksen alaisena. Verenpaineen ylläpitämiseksi G-kuormituksen aikana lentäjä joutuu tekemään ns. vastaponnistuksia, jotka ovat väsyttäviä isometrisiä suorituksia. Vartalon ja reisilihaksiston kunto on tässä tehtävässä ratkaisevassa asemassa. (Rusko, Kuronen, Tesch & Balldin 1990, 61-67; Green 1999, 152; High-G 1998.)

Sotilaslentäjän kaularanka altistuu suureen rasitukseen lentäjän tarkkaillessa ilmatilaa G-kuormituksen aikana. Niska-hartiaseudun lihakset tukevat tällöin rankaa voimakkaankin kiertoliikkeen aikana. (Hämäläinen 1993a, 1993b; High-G 1998.)

Ohjaajakurssin valintaprosessin viimeisessä vaiheessa on ollut vuodesta 1997 lähtien koe-käytössä seitsenosainen (kuusi lihasvoimaa testaavaa osaa ja BMI) lihasvoimatestistö. Näiden laboratorio - olosuhteissa suoritettujen lihasvoimatestien avulla testataan kehon tärkeimmät lihasryhmät sekä erityisesti hävittäjälentäjille ongelmalliseksi havaittu niskan ja hartian seutu. Vartalo- ja niskavoimien isometrinen maksimivoimamittaus kertoo lentäjän omaan painoon suhteutettuna lihasvoimien riittävydestä G-altistuksessa. (Oksa ym. 1997.)

Lihassoimatestit suoritetaan Newtest Oy:n valmistamalla dynamometrillä (Oksa ym. 1997; Tossavainen 2004). Vartalolihas- (vatsa- ja selkälihaksen) ja kaulan lihasten (kaula- ja niskalihaksen) maksimaalista voimaa testataan isometrisillä testeillä. Testit suoritetaan Newtest Oy:n valmistamalla dynamometrillä. Testitulokset ilmoitetaan kilogrammoina. (Oksa ym. 1997; High-G 1998; Tossavainen 2004.)

### **5.5.2. Anaerobinen teho**

Kiihtyvyysoimien vaikutuksen alaisena lentäminen nostaa sykkeen nopeasti anaerobiselle alueelle. Tällöin sydämen on joka lyönnillä kyettävä pumpaamaan runsaasti verta suonistoon verenpaineen ylläpitämiseksi. (katso kappale Kiihtyvyysoimien vaikutukset hengitykseen, verenkiertoon ja sydämen toimintaan). Voimaharjoittelu edistää tätä kasvattamalla sydämen seinämien paksuutta. Sotilaslentäjän anaerobinen kapasiteetti vaikuttaa suoraan siihen, kuinka kauan hän kykenee vastustamaan G-rasitusta. (Kuronen & Rusko 1990, 54-55; High-G 1998;

Rintala 2000.)

Anaerobista tehoa eli kykyä ylläpitää maksimaalista voimantuottoa lyhytkestoisesti, mitataan Ilmavoimissa hyppytestillä. Tämän testin suorittamisessa käytetään Newtest Oy:n kontaktimattoa ja kontakti- ja lentoajat mittaavaa kelloa. Testissä koehenkilö suorittaa kontaktimatolla 16 sekunnin ajan toisiaan välittömästi seuraavia maksimaalisia hyppyjä. Laitteisto laskee hyppyjen perusteella tehdyn lihastyön tehon. Testi kuvaa alaraajojen ja lantion seudun lihaksiston anaerobista tehoa eli kykyä ylläpitää maksimaalista voimantuottoa lyhytkestoisesti. Testitulokset ilmoitetaan tehontuotona painokiloa kohden (W/kg). (Oksa, Rintala & Kuronen 1997; Keskinen ym. 2004; Tossavainen 2004; Hannola 2005.)

### **5.5.3. Ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti**

Sotilaslentäjä tarvitsee työssään hyvin koordinoitua käsien ja ylävartalon käyttöä. Kiihtyvyysoimien vaikutuksen aikana vastaponnistuksen hengitystekniikka perustuu hengityslihasten ja ylävartalon lihaksiston yhteistoimintaan. (High-G 1998; Rintala 2000.)

Sotilaslentäjän ylävartalon ja käsien maksimaalista voimatasoa sekä kykyä koordinoida voimantuottoa mitataan Newtest Oy:n heittoporttitestillä. Heittoporttitestin mittalaitteisto koostuu valokennoportista, kontaktimatosta ja ajanottolaitteesta. Valokennoportti on metrin päässä koehenkilön edessä. Koehenkilö heittää kuntopalloa jalkapallon sivurajaheiton tekniikalla. Ohittaessaan valokennoportin pallo käynnistää ajanoton ja pysäyttää sen osuessaan seinälle sijoitettuun kontaktimattoon. Näin saadun lentoajan sekä valokennoportin ja kontaktimaton välimatkan avulla voidaan laskea pallon lentonopeus (ms). Testissä koehenkilö heittää maksimaalisesti 1 kilogramman kuntopalloa. (Viitasalo 1987, 1989; Oksa ym. 1997; Keskinen ym. 2004, 159-160; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 286-288; Tossavainen 2004.)

### **5.5.4. Aerobinen teho**

Peruskestävyys ja maksimaalinen hapenkuljetuskyky ilmaisevat paljon ihmisen toimintakyvystä. Kestävyysharjoittelu kasvattaa sydämen iskutilavuutta. Suuri ja voimakas sydän mahdollistaa sen, että sydämen ei tarvitse verenpaineen kohottamiseksi nopeuttaa sykettä merkittävästi, koska yhdellä pumppauksella verenkiertoon lähtee tilanteeseen nähden riittävä määrä verta. (High-G 1998.)

Ilmavoimissa käytetään polkupyöraergometritestiä sotilaslentäjien maksimaalisen suorituskyvyn arvioimiseen. Testissä mitataan teho, jota testattava pystyy polkemaan kuormaa nostettaessa pienin portain minuutin välein. Testi aloitetaan polkemalla 20 W:n teholla. Kuormaa lisätään joka minuutin lopulla (58 sekunnin kohdalla) 20 W:a kerrallaan. Kierrosluku pidetään välillä 50-70 kierrosta/minuutti. Testiä jatketaan niin kauan, kun testattava jaksaa ylläpitää kierroslukua välillä 50-60 kierrosta/minuutti, tai kunnes testattava sanoo lopettavansa testin. Testitulokset ilmoitetaan maksimi työtehona painokiloa kohden ( $W_{\max1} / \text{kg}$ ). (IlmavEh-os PAK I 3:03; High-G 1998; Kuronen, Rintala & Skyttä 1999.)

### 5.5.5. Lihaskuntotestit

Ilmavoimissa käytössä olevat dynaamiset lihaskunnan kenttätetit sisältävät viisi osaa:

1. Etunojapunnerrus, krt/60s (käsien ja hartiaseudun ojentajalihakset)
2. Käsinkohonta (käsien ja hartiaseudun koukistajalihakset)
3. Istumaannousu, krt/60s (keskivartalon lihasvoima)
4. Selkäliahastesti, krt/60s (keskivartalon lihasvoima)
5. Vauhditon pituushyppy (cm)

(High-G; IlmavEh-osPAK I 3:03.)

Näiden testien suoritusperiaatteet on selitetty yksityiskohtaisemmin liitteessä 1 Kestovoiman kenttätetit.

### 5.6. Syyt sotilaslentäjien testauksessa käytettävien menetelmien valintaan – miksi näihin testeihin on päädytty?

Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmän toimesta evaluoitiin vuonna 1992 sotilaslentäjien lihaskuntotestejä. Tutkimuksen tuloksena silloin käytössä olleet lihaskunnan kenttätetit poistettiin palveluskäytöstä. Oulun alueterveyslaitos sai vuoden 1995 aikana tehtäväkseen jatkotutkimuksena mitata lentäjän työn kuormittavuutta, ja edelleen laatia ehdotuksia uusien lihaskuntotestien käyttöönottamista varten. Työn kuormittavuutta mitattiin Satakunnan Lennostossa ja tutkimus valmistui keväällä 1996. Tutkimuksen perusteella päätettiin ottaa koekäyttöön lihasvoimatestit (8 kpl), joiden avulla voitiin testata kehon tärkeim-

mät lihasryhmät sekä erityisesti hävittäjälentäjille ongelmallinen niskan ja hartian seutu. Nämä kahdeksan (8 kpl) lihasvoimatestiä olivat: 1. Maksimaalinen ponnistusvoima, 2. Anaerobinen teho, 3. Vartalon koukistajien maksimivoima, 4. Vartalon ojentajien maksimivoima, 5. Pään ojennus taaksepäin (niskan ekstensio), 6. Pään koukistus eteenpäin (niskan fleksio), 7. Ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti sekä 8. Kyynärvarren ojentajien maksimivoima. Tutkimustyön sekä käytännössä hankittujen kokemusten perusteella päädyttiin myöhemmin nyt käytössä olevien kuuden lihaskuntotestin valintaan. Maksimaalisen ponnistusvoiman ja kyynärvarren ojentajien maksimivoiman testit poistettiin tällöin testipatteristosta. (IlmavEh-os. 1996; Oksa ym. 1997.)

Sotilaslentäjien aerobista kestävyyttä mitattiin aikaisemmin nelivaiheisella polkupyöräergometritestillä (3 X 4 min + 1 X 2 min). Tämän testin viimeisessä vaiheessa testattavan tuli polkea 3.5 X omaa painoa (kg) vastaavaa kuormaa (W) kahden minuutin ajan. Testitulosta arvioitiin Åstrandin indeksin perusteella (ml/kg/min). Tulos annettiin myös arvona l/min. Käytännön kokemusten perusteella testi osoittautui kuitenkin epäedulliseksi käyttää – sen tuottamien testitulosten hajonta oli liian suuri, lisäksi testi oli epäkäytännöllinen toteuttaa ja testaajan ja testilaitteiston kannalta hyvin vaativa. (J. Skyttä 12.12.2005. Henkilökohtainen tiedonanto. Helsinki: Sotilaslääketieteenlaitos, Ilmavoimaosasto.) Muun muassa näiden syiden vuoksi haluttiin ottaa käyttöön korvaava testimalli, joka olisi luotettavampi, helpompi toteuttaa ja käyttää sekä riippumattomampi testiajasta ja -paikasta. Näiden ilmentyneiden kehitystarpeiden pohjalta tehtiin tutkimus (Skyttä, Rintala & Kuronen 1999), jossa vertailtiin epäsuoraa  $VO_{2max}$  - testiä ja maksimaalista tehontuottoa ( $W_{max1}$  / kg) mittaavaa testiä. Tutkimuksen (Skyttä ym. 1999) mukaan  $W_{max1}$  / kg:n ja epäsuoralla menetelmällä määritellyn  $VO_{2max}$ :n välillä ilmenee merkittävää korrelaatiota. Lisäksi  $W_{max1}$  / kg:n määrittämiseen käytettävä testi osoittautui luotettavammaksi ja helpommaksi käyttää. Näiden tutkimustuloksien perusteella päädyttiin ottamaan käyttöön nykyinen, maksimaalista tehontuottoa ( $W_{max1}$  / kg) mittaava testausprotokolla. (Skyttä, Rintala & Kuronen 1999; J.Skyttä 12.12.2005. Henkilökohtainen tiedonanto.)

## 6. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

### 6.1. Lentävän henkilöstön lihasvoimatestien viitearvot

Ilmavoimilla ilmeni 1990-luvun alkupuolella tarve saada käyttöön aiempaa kattavampi fyysisen kunnon testausjärjestelmä, jossa lihaksiston voimakkuus ja koordinaatiokyky tulisivat otetuksi huomioon. Tätä tarkoitusta varten otettiin koekäyttöön lihasvoimatestejä, joiden avulla voitiin testata kehon tärkeimmät lihasryhmät sekä erityisesti sotilaslentäjillä ongelmallinen niskan ja hartian seutu. Osalle testeistä ei ollut olemassa lainkaan viitearvoja ja niille, joille viitearvot olivat olemassa, niitä ei voitu välttämättä suoranaisesti käyttää nuorten ikäryhmien verrokkiarvoina. Lisäksi kyseiset arvot oli muodostettu niin sanotulle normaaliväestölle, eivätkä ne siten välttämättä olleet soveltuvia lentävälle henkilöstölle. Näiden syiden vuoksi tämän Oksan, Rintalan ja Kurosen tekemän ja vuonna 1997 julkaistun tutkimuksen tavoitteena olikin muodostaa viitearvot näille koekäytössä olleille lihasvoimatestille. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

Koehenkilöinä toimivat 165 vapaaehtoista, tervettä, palveluskelpoisuusluokkaan A1 tai A2 kuuluvaa miestä, joiden keskimääräinen ikä oli  $20 \pm 2$  (keskiarvo  $\pm$  SD) vuotta, paino  $72 \pm 8$  kg ja pituus  $179 \pm 6$  cm. Koehenkilöistä 121 oli silloisen Ilmavoimien Viestikoulun [nykyisin Ilmasotakoulu] varusmiehiä ja 44 silloisen Ilmasotakoulun [nykyisin Lentosotakoulu] Lento RUK:n upseerioppilaita. Lisäksi koehenkilöinä toimi 12 Ilmavoimien Viestikoulun varusnaista. Naisten ikä oli  $21 \pm 3$  (keskiarvo  $\pm$  SD) vuotta, pituus  $170 \pm 8$  cm ja paino  $68 \pm 9$  kg. Lihasvoimatestit olivat: 1. Maksimaalinen ponnistusvoima, 2. Anaerobinen teho, 3. Vartalon koukistajien maksimivoima, 4. Vartalon ojentajien maksimivoima, 5. Pään ojennus taaksepäin (niskan ekstensio), 6. Pään koukistus eteenpäin (niskan fleksio), 7. Ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti sekä 8. Kynärvarren ojentajien maksimivoima. Testit 1. ja 2. suoritettiin hyppytesteinä kontaktimatolla (Newtest Oy, Oulu), testi 7. heittoporttitestinä (Newtest Oy, Oulu) sekä testit 3. – 6. ja 8. isometrisillä dynamometritesteillä. Kussakin testissä tehtiin kolme maksimaalista suoritusta (paitsi anaerobinen teho), joista paras otettiin huomioon. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

Tulokset analysoitiin SPSS – tilasto-ohjelmalla. Viitearvojen muodostamiseksi tulokset jaettiin kvintiileihin. Testien väliset korrelaatiot laskettiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatioker-toimella, SPSS-ohjelmaa käyttäen. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

Tulokset esitettiin kvintiileihin jaettuina viitearvostoina (Heikko, Välttävä, Normaali, Hyvä,

Erinomainen). Vartalon ojentajien ja koukistajien osalta voimat esitettiin sekä absoluuttisina voimatasoina (kg) että suhteutettuna koehenkilön painoon (% BW). Korrelaatiotesteissä heittoporttisesti korreloi vatsalihasten maksimivoiman (-,5397,  $p < 0,001$ ), kehon painoon suhteutetun vatsalihasten voiman (-,3920,  $p < 0,001$ ), kehon painoon suhteutetun selkälihasten voiman (-,2400,  $p < 0,05$ ) ja kyynärvarren ojentajien maksimivoiman (-,5534,  $p < 0,001$ ) kanssa. Niskan fleksiovoima korreloi vatsalihasten maksimivoiman (,5542,  $p < 0,001$ ) ja kehon painoon suhteutetun voiman (,4030,  $p < 0,001$ ) kanssa. Niskan ekstensiovoima korreloi selkälihasten maksimivoiman (,3582,  $p < 0,001$ ) kanssa. Maksimaalinen ponnistusvoima korreloi anaerobisen tehon (,7099,  $p < 0,001$ ) kanssa. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

Tutkimuksessa muodostettiin viitearvot jokaiselle testille. Naispuolisten koehenkilöiden pienestä lukumäärästä johtuen naisille ei voitu erikseen muodostaa viitearvoja, vaan heidän testituloksensa esitettiin keskiarvoina ja keskihajontoina (SD). Johtopäätösten mukaan viitearvoja tarvitaan testien tulosten tulkitsemiseksi. Niitä voidaan hyödyntää uusien lentäjien valinnoissa fyysisen kunnon mittarina, fyysisen kunnon seurannassa (epäsuorana mittarina liikuntakoulutuksen tehokkuudesta) ja liikuntaan motivoinnissa testipalautteen avulla. Saman kehon alueen toimintakykyä ja/tai lihasvoimaa mitaavien eri testien välillä havaittiin korrelaatiota, jota tutkimuksen mukaan voitaisiin pitää perusteena mahdollisten testivalintojen suorittamiselle. Tutkimuksessa mitatut lihasvoimatasot suhteutettiin myös olemassa oleviin populaatioihin ja tulokset voitiin tämän perusteella luokitella pääasiassa erinomaisiksi. Eroja Ilmasotakoulun ja Ilmavoimien Viestikoulun koehenkilöiden välillä ei tutkimuksen mukaan havaittu. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

Jatkotutkimusehdotuksena tutkimuksessa esitettiin lihasvoiman kehittymisen ja työssä selviytymisen seuranta pidemmällä tähtäimellä, esimerkiksi hävittäjälentäjän työssä, jolloin voitaisiin muodostaa raja-arvoja tai suosituksia sille, minkä tasoinen lihasvoima on tarpeen, jotta työn aiheuttama kuormitus pystyttäisiin sietämään. Lisäksi mittauksien suorittamiselle esitettiin tarkkojen, kirjallisten ohjeiden kehittämistä sekä mittauksien suorittajille riittävän testauskoulutuksen antamista. Tutkimuksen mukaan nämä tekijät lisäisivät mittaamisen luotettavuutta oleellisesti. (Oksa ym. 1997, 165-169.)

## **6.2. Performance requirements of physically strenuous occupations: validating minimum standards for muscular strength and endurance**

Fyysisen suorituskyvyn viitearvoja pidetään tärkeinä esimerkiksi työntekijöiden oikeusturvan

kannalta, tai esimerkiksi tutkittaessa ammatin fyysisten vaatimusten ja sairaanhoidollisten tai kansantaloudellisten kustannusten suhdetta – esimerkiksi USA:ssa työntekijöiden oikeuksia valvovat lainsäädännölliset toimepiteet ovat viimeisten kolmen vuosikymmenen ajan vaatineet, että jokaiselle fyysisesti rasittavalle ammatille tulisi määritellä yksilölliset viitearvot. Viitearvoilla tulisikin määritellä fyysisen suorituskyvyn minimitaso, joka työntekijöiden pitää saavuttaa ja ylläpitää selvitäkseen työnsä asettamista fyysisistä vaatimuksista. Tässä vuonna 2004 julkaistussa tutkimuksessa muodostettiin fyysisen voiman ja kestävyuden viitearvot ja minimivaatimustasot sammutustyötä tekeville palomiehille. Testeinä käytettiin sekä niin sanottuja lajinomaisia kenttätestejä (esimerkiksi paloletkun raahaus) että laboratorioolosuhteissa tehtyjä testejä. (Sothmann ym. 2004.)

Koehenkilöinä toimivat 153 vapaaehtoista virassa olevaa palomiestä, joiden keskimääräinen ikä oli  $36 \pm 6$  (keskiarvo  $\pm$  SD), virkavuosien määrä  $8 \pm 5$  vuotta, pituus  $176 \pm 8$  cm ja paino  $84 \pm 13$  vuotta. Koehenkilöistä 138 oli miestä ja 15 naista. Koehenkilöt jaettiin ryhmiin iän ( $\leq 29$ v, 30-39v, 40-49v,  $\geq 50$ v), sukupuolen ja etnisen ryhmän (kaukasialaiset, afroamerikkalaiset, latinalaisamerikkalaiset, aasialaiset ja muut) mukaan. Fyysisen suorituskyvyn testit olivat: 1. Paloletkun raahaus ja repun kanto, 2. Nuken raahaus, 3. Käsivarsien maksimivoima, 4. Käsivarsien kestovoima. Kenttätestit (testit 1. ja 2.) suoritettiin normaalissa harjoitteluvastuksessa ja peräkkäin ilman taukoa siten, että koehenkilö suoritti ensin paloletkun raahauksen ja repun kannon (23 kg) ja sitten nuken raahauksen (75 kg). Molemmista osasuorituksista otettiin erikseen aika. Käsivarsien maksimivoimaa mitattiin isometrisesti (Jackson Strength Evaluation System) testillä, jossa koehenkilö seisoo kädet sivuilla  $90^\circ$  kulmassa ja suorittaa 3 sekunnin maksimaalisen noston. Tästä suorituksesta laskettiin keskimääräinen tulos, joka ilmoitettiin Newtonina. Käsivarsien kestovoimaa mitattiin käsikäyttöisellä ergometrillä, jolla suoritettiin 2 minuutin testi, 50 W:n vastuksella. Tulos ilmoitettiin täysien kierrosten lukumääränä. (Sothmann ym. 2004.)

Viitearvojen muodostamiseksi tulokset jaettiin kvintiileihin. Ryhmien välisiä eroja tutkittiin varianssianalyysillä sekä Studentin t-testiä. (Sothmann ym. 2004.)

Etnisten ryhmien välillä ei havaittu olevan tilastollisesti merkitseviä eroja. Sen sijaan ikäryhmien välillä havaittiin suorituskyvyssä olevan tilastollisesti merkitsevää eroa siten, että vanhimman ryhmän ( $\geq 50$  vuotta) suorituskyky oli muita heikompi ( $p \leq 0,01$ ). (Sothmann ym. 2004.)

Tutkimuksessa muodostettiin viitearvot jokaiselle testille. Tutkimuksen mukaan on tärkeää,



että fyysisesti rasittavissa ammateissa, kuten palo- ja pelastustyössä on määritelty minimivaatimukset fyysiselle suorituskyvylle. Tutkimuksessa ehdotetaan, että nyt määritellyt fyysisen suorituskyvyn minimivaatimustasot otettaisiin käyttöön arvioimaan palo- ja pelastustyötä tekevän henkilön työkelpoisuutta. Tutkijoiden mukaan jokaisen palo- ja pelastustehtävissä työskentelevän pitäisi saavuttaa tässä tutkimuksessa määritellyt minimivaatimukset olakseen työkelpoinen. Ihmishenkien pelastamisen ja kansalaisten turvallisuuden ollessa kyseessä fyysinen suorituskyky ei saisi olla toimintaa rajoittava tekijä. (Sothmann ym. 2004.)

Jatkotutkimusehdotuksena esitettiin fyysisen suorituskyvyn ja sen kehittymisen vaikutusten tutkimista suhteessa loukkaantumisten ja sairastumisten yleisyyteen. (Sothmann ym. 2004.)

### **6.3. Kaikki kunnossa? – Suomalaisten koululaisten fyysinen kunto vuosina 1976 ja 2001**

Pertti Huotarin tarkoituksena oli selvittää, millainen on nykykoululaisten fyysisen kunnan taso verrattuna sen tasoon vuonna 1976. Lisäksi tällä vuonna 2004 valmistuneella tutkimuksella oli tavoitteena selvittää, millainen on koululaisten kunto kehon massaindeksin, liikuntaharrastuksen, liikunnan monipuolisuuden ja omistettujen liikuntavälineiden mukaan luokitelluissa ryhmissä sekä miten nämä tekijät selittävät kuntoa ja ovatko kunnan selitysmallit muuttuneet 25 vuoden aikana. (Huotari 2004.)

Vuonna 1976 oli kerätty 9-18 -vuotiaita koululaisia edustava 2796 oppilaan kunnan ja liikunta-aktiivisuuden poikittaisaineisto, jota käytettiin myös tämän tutkimuksen aineistona. Kuntoa mitattiin seitsemällä kenttätestillä (2000/1500/600 metrin juoksu, 50 metrin juoksu, istumaannousu, koukkukäsiriipunta / leuanveto, sukkulajuoksu, vauhditon pituushyppy ja vartalon eteentaivutus). Liikunta-aktiivisuutta arvioitiin kyselylomakkeella, jossa oli kysymyksiä liikuntaharrastusten tiheydestä, harrastetuista liikuntamuodoista, osallistumisesta organisoituun liikuntaan sekä vastaajan omistamista liikuntavälineistä. Lisäksi mitattiin oppilaiden pituus ja paino sekä laskettiin kehon rakennetta kuvaavaksi muuttujaksi kehon massaindeksi (BMI). Keväällä 2001 hankittiin uusi 1042 koululaisotos, jossa oli perusopetuksen 5., 7. ja 9. luokkalaisia sekä lukioikäisiä. Oppilaat olivat eri puolilta Suomea samoista kouluista ja heille tehtiin samat kuntotestit ja kysely kuin vuonna 1976. (Huotari 2004.)

Tutkimusaineisto analysoitiin käyttämällä t-testiä kuntovertailujen tekemiseen sekä korrelaatiota, yksisuuntaista varianssianalyysia ja Answer Tree (CHAID) monimuuttujamenetelmää

kunnan taustatekijöiden selvittämiseen ja selitysmallien laatimiseen. (Huotari 2004.)

Tutkimuksen mukaan koululaisten kunto oli muuttunut 25 vuoden aikavälillä. Kestävyyskunnan sekä yläraajavoiman heikentymistä oli tapahtunut erityisesti pojilla, mikä on, tutkimuksen mukaan, ollut havaittavissa myös puolustusvoimien vuosittain tekemissä alokkaiden kunto-testeissä. Tyttöillä vastaavanlaista pudotusta ei ollut tapahtunut varsinkaan yläraajavoimassa, mutta kunnan polarisoituminen näytti lisääntyneen. Toisaalta nopeudessa ja vartaloli hasten voimassa oli tapahtunut edistymistä molemmilla sukupuolilla, mikä tutkijan mukaan saattaa osaltaan viitata koululaisten kunnan rakenteen muuttumiseen. Lisäksi kehon massaindeksi oli kasvanut johdonmukaisesti kaikilla luokkatasoilla molemmilla sukupuolilla. Sen havaittiin olevan myös merkittävämpi kunnan selittäjä vuonna 2001 kuin vuonna 1976. Kehon massaindeksin mukaan luokiteltujen osaryhmien kuntoerot olivat kasvaneet 25 vuoden aikana. Kunnan kannalta säännöllisen liikunnan harrastaminen havaittiin tärkeäksi osatekijäksi. Säännöllisesti liikkuvat nuoret olivat keskimäärin paremmassa kunnossa kuin satunnaisesti liikkuvat. Laadittujen selitysmallien perusteella todettiin, että koululaiset, jotka olivat kehon massaindeksiltään luokiteltavissa kevyiden tai keskipainoisten ryhmään sekä harrastivat liikuntaa, olivat kunnoltaan keskimääräistä parempia ja toisaalta oppilaat, jotka olivat kehon massaindeksiltään painavia sekä harrastivat liikuntaa korkeintaan satunnaisesti, olivat kunnoltaan keskimääräistä heikompia. (Huotari 2004.)

Tutkimuksen mukaan tulevissa tutkimuksissa olisi mielenkiintoista selvittää tarkemmin koululaisten kuntoa selittäviä tekijöitä laajemmalla muuttujajoukolla kuin tässä tutkimuksessa. Taustamuuttujiksi esitettiin tässä tutkimuksessa mukana olleiden muuttujien lisäksi esimerkiksi elintapoihin, arkiliikkumisen määrään ja intensiteettiin sekä harrastetun liikunnan intensiteettiin liittyviä taustamuuttujia, joiden avulla kunnan selitysmallit tarkentuisivat. Jatkotutkimusehdotuksena esitettiin myös kouluiän kunnan ja aikuisiän kunnan välisten yhteyksien selvittämistä pitkittäistutkimuksena. Koululaisten kuntotutkimukseen ehdotettiin seurantajärjestelmän luontia, jotta nuorisomme fyysisen kunnan tilasta saataisiin säännöllisesti riittävän kattavaa tietoa. Muita ehdotuksia jatkotutkimuksiksi olivat kouluihin soveltuvien kunnan tutkimiseen käytettävien menetelmien kehittäminen, oppilaiden motivaation tutkiminen koulun kuntotesteihin liittyen sekä kuntomittauksista saatavan palautteen kehittäminen ja sen merkityksen selvittäminen kuntotietojen ja taitojen oppimiseen liittyen. (Huotari 2004.)

#### **6.4. Changes in the physical fitness of men entering the Finnish military service during the years of 1975-2004: A population based study**

Tämän tutkimuksen mukaan on yleisesti tiedossa, että nuorison ja nuorten aikuisten liikalihavuus on ollut länsimaissa kasvussa viimeisten vuosikymmenien aikana. Samalla nuorison fyysiseen suorituskyykyyn ja sen muutoksiin liittyvää, tieteellisesti todistettua, tutkimustietoa on julkaistu viimeisten vuosikymmenien ajalta vain vähän. Tämän vuonna 2004 julkaistun tutkimuksen tavoitteena oli tutkia suomalaisten varusmiesten aerobisen suorituskyykyyn muutoksia vuosien 1975-2004 välillä, lihasvoiman muutoksia vuosien 1982-2003 välillä sekä kehon antropometrian muutoksia vuosien 1993-2004 välillä. (Santtila, Kyröläinen, Vasankari, Tiainen, Palvalin & Häkkinen 2004.)

Koehenkilöt olivat keskimäärin 19,9 vuotta vanhoja, terveitä nuoria miehiä, joiden pituus oli keskimäärin 178 cm ja paino 72,6 kg. Aerobisen suorituskyykyyn testauksessa ryhmän suuruus oli 387 088, lihasvoiman testauksessa 280 285 ja antropometrian testauksessa 324 911. Aerobisen suorituskyykyyn testinä käytettiin 12 minuutin juokstestiiä (niin sanottu Cooperin testi, tulos metreinä), lihasvoimatesteinä istumaannousua (kertaa/60s), etunojapunnerruksia (kertaa/60s), käsinkohontaa (suoritusten lukumäärä), selkälihastestiiä (kertaa/60s) ja vauhditonta pituushyppyä (tulos metreinä). Antropometrisina muuttujina käytettiin pituutta ja painoa. (Santtila ym. 2004.)

Tutkimuksen mukaan varusmiesten keskimääräinen paino on noussut 70,8 kilogrammasta 75,2 kilogrammaan vuosien 1993 ja 2004 välillä. Cooperin testin keskimääräinen tulos on laskenut 2760 metristä 2434 metriin ( $p < 0,001$ ) vuosien 1979 ja 2004 välillä. Lihasvoimatesteissä erinomaisen tai hyvän lihaskuntoindeksin (LKI) saavuttaneiden määrä laski 66,8 prosentista 41,2 prosenttiin ( $p < 0,001$ ) vuosien 1992 ja 2004 välillä. (Santtila ym. 2004.)

Tutkimustulosten mukaan suomalaisten varusmiesten aerobinen suorituskyyky on laskenut dramaattisesti viimeisten 15-20 vuoden aikana. Cooperin testin tuloksissa tämä tarkoittaa 12% laskua aerobisessa kapasiteetissa, mikä tutkimuksen mukaan tarkoittaa laskennallisen maksimaalisen hapenottokyykyyn laskua lähtötasosta 50,4 ml/kg/min heikoimpaan, eli 43,2 ml/kg/min. Yhdeksi fyysisen suorituskyykyyn laskun syyksi esitetään varusmiesten kehon painon merkittävää nousua. Lisäksi tutkimuksessa todetaan, että länsimainen elämäntyyli ei ainoastaan vaikuta kehon painon kehitykseen negatiivisesti, vaan heikentää samalla sydämen ja verenkiertoelimistön kuntoa. Tutkijoiden mielestä nämä tulokset vastaavat Huotarin (2004) tekemän tutkimuksen tuloksia. (Huotari 2004; Santtila ym. 2004.)

## 6.5. Kestääkö kunto? – Koululaisten ja varusmiesten kestävyyskunnan muutoksia vuodesta 1976 vuoteen 2004

Huotari ja Rintala tarkastelivat vuonna 2005 julkaistussa tutkimuksessaan miespuolisten nuorten kestävyysjakautumista murrosiässä olevien koululaisten ja asevelvollisuutta suorittavien varusmiesten keskuudessa 1970-luvun lopulta 2000-luvun alkuun. (Huotari & Rintala 2005.)

Koululaisten (13-17v) kestävyystasoa mitattiin 2000 metrin juoksutestillä vuosina 1976 ja 2000 seitsemässätoista eri koulussa ympäri Suomea. Vuonna 1976 testiin osallistui 442 poikaa ja vuonna 2001 347 poikaa. Eri puolilta Suomea palvelukseen astuneiden varusmiesten (17-20v) kestävyyttä mitattiin Cooperin testillä vuosina 1989 ja 2004 Luonetjärven varuskunnassa Tikkakoskella. Vuonna 1989 testiin osallistui 151 ja vuonna 2004 171 varusmiestä. Tutkijoiden mukaan otos kuvaa melko hyvin 13-20 –vuotiaita suomalaisia nuoria miehiä. (Huotari & Rintala 2005.)

Tuloksista muodostettiin suorat jakaumat ja testikertojen välisiä tilastollisia eroja analysoitiin varianssianalyysillä. Tämän jälkeen testitulokset jaettiin kvartiileihin molempien mittauskertojen osalta sekä koululaisten että varusmiesten ryhmässä. (Huotari & Rintala 2005.)

Koululaisten 2000 metrin juoksun keskiarvoaika oli vuonna 1976 9.20 minuuttia (SD= 1.49 min) ja vuonna 2001 10.19 minuuttia (SD= 2.12 min). Varusmiesten Cooperin testin keskiarvo oli vuonna 1989 2688 metriä (SD= 26m) ja vuonna 2004 2431 metriä (SD= 39m). Keskimääräisen kestävyystason todettiin heikentyneen molemmissa vertailuryhmissä, koululaisilla 59 sekuntia eli 11% ( $p=,000=$  ja varusmiehillä 257 metriä eli 11% ( $p=,000$ ). Kvartiileihin jaettu tulosjakauma osoitti myös heikompien tulosten määrällisen lisääntymisen molemmissa ryhmissä samankaltaisesti. (Huotari & Rintala 2005.)

Tutkimuksen mukaan nuorten miesten kestävyys on selvästi heikentynyt viimeisten vuosikymmenien aikana – samankaltaisesti sekä koululaisilla että varusmiehillä. Tutkijoiden mielestä heikentyminen kuvastaa jonkinlaista nuorison fyysisen aktiivisuuden muutosta. Kansanterveydellisessä mielessä he näkevät muutoksen yhä lisääntyvänä riskinä tuki- ja liikuntaelinsairauksille sekä sydän- ja verisuonitaudeille altistumiselle. Fyysisen aktiivisuuden määrään ja kestävyyskehittämiseen tulisikin tutkimuksen mukaan kiinnittää erityistä huomiota nuorten ja varhaisaikuisten liikuntakasvatuksessa. (Huotari & Rintala 2005.)

## 7. TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUKSEN RAJAUS

### 7.1. Tutkimusongelmat

Sotilaslentäjän työ on fyysisesti hyvin rasittavaa (esim. Hämäläinen 1993; Cornwall & Krock 1992; Burton & Whinnery 1996). Fyysisen rasittavuuden vuoksi useat sotilaslentäjät kärsivät uransa aikana fyysisistä kivuista (esimerkiksi niskan ja alaselän kivut) – jopa 75% sotilaslentäjistä kärsii tai on kärsinyt työn aiheuttamista fyysisistä kivuista tai vammoista (Rintala ym. 2005). Sotilaan työn fyysiset vaatimukset yhdessä sotilaslentäjän työn fyysisten erityisvaatimusten kanssa muodostavat sotilaslentäjältä vaadittavan fyysisen operatiivisen toimintakyvyn kokonaisuuden. Tässä kokonaisuudessa fyysinen kunto ei saa olla operatiivista toimintakykyä rajoittava tekijä. Vuonna 1997 (Oksa ym. 1997) Ilmavoimissa otettiin koekäyttöön sotilaslentäjälle tärkeitä lihasryhmiä testaava testipatteristo. Kyseinen testipatteristo on ollut koekäytössä siitä lähtien. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli määrittellä, vuosien 1997-2004 aikana kertyneen testidatan avulla, millainen on Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötaso. Samalla oli tarkoitus selvittää minkälaisia liikunnanharrastajatyyppejä (Taito-, Taito-Teho ja Kestävyys – tyyppejä) kurseille tulee valituksi. Koekäytön aloituksen yhteydessä testipatteriston lajeille muodostettiin viitearvot testauksen tueksi (Oksa ym. 1997). Tämän tutkimuksen yhtenä tarkoituksena olikin vertailla, miten hyvin testievaluuatiotutkimuksen tulokset toimivat käytännön testauksessa – toisin sanoen, tarkoituksena oli tutkia onko tutkimuksessa määritellyillä viitearvoilla ja vuonna 1997 tehdyn testievaluuatiotutkimuksen viitearvoilla eroja. 1990 –luvulla ilmavoimien lentäjien fyysistä suorituskkyä vertailtiin istumatyöntekijöiden ja jääkiekkoilijoiden kanssa. (Rintala 2000). Samankaltaista vertailua oli tarkoitus suorittaa tässäkin tutkimuksessa, eli tarkoituksena oli vertailla miten Ilmavoimiin valitut nuoret sijoittuvat tulostensa puolesta muihin populaatioihin. Vertailtavina populaatioina oli tarkoitus käyttää normaaliväestöä, jääkiekkoilijoita, painonnostajia ja keihäänheittäjiä. Normaaliväestön, jääkiekkoilijoiden ja painonnostajien osalta tarkoituksena oli vertailla painoon suhteutettujen vartalon maksimivoimien tuloksia ja keihäänheittäjien osalta heittoporttitestin tuloksia.

Aikaisempien tutkimusten (Nupponen & Huotari 2002; Santtila ym. 2004; Huotari 2004; Huotari & Rintala 2005) mukaan nuorten ja nuorten aikuisten fyysinen suorituskky on laskenut viimeisten vuosikymmenien aikana selvästi. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena olikin selvittää vuosien 1997-2004 testitulosten avulla onko ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisessä suorituskvyssä havaittavissa samankaltaista huononemistrendiä.

Laaditun viitekehyksen, kirjallisuuskatsauksen sekä aikaisempien perusteella tutkimusongelmat muotoutuivat seuraavanlaisiksi:

1. Mikä on Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen henkilöiden fyysisen suorituskyvyn lähtötaso?
  - 1.1 Minkälaiset viitearvot lähtötasovaatimuksille voidaan muodostaa?
  - 1.2 Miten tutkimuksessa käytettyjen testien tulokset korreloivat keskenään?
  
2. Minkälaisia ovat ohjaajakurssille valittujen fyysinen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä?
  - 2.1 Onko vuosikurssien 1997-2004 välillä eroa lihasvoimassa?
  - 2.2 Onko vuosikurssien 1997-2004 välillä eroa maksimaalisessa tehontuotossa?
  - 2.3 Onko vuosikurssien 1997-2004 välillä eroa BMI:ssä?
  - 2.4 Millainen on vuosikursseilla 1997-2004 lihaskuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus?
  - 2.5 Millainen on vuosikursseilla 1997-2004 liikunnanharrastajatyypin suhteellinen jakautuneisuus?
  
3. Millainen on ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso suhteessa muiden populaatioiden fyysiseen suorituskykyyn?
  - 3.1 Onko tutkimuksessa määritellyillä viitearvoilla ja vuonna 1997 (Oksa, Rintala & Kuronen 1997) tehdyn testievaluuatiotutkimuksen viitearvoilla eroja?
  - 3.2 Onko tutkimuksessa määritellyillä maksimaalisen suorituskyvyn viitearvoilla ja Ilmavoimissa käytössä olevilla maksimaalisen tehontuoton viitearvoilla eroja?
  - 3.3 Miten ohjaajakurssille luodut vartalon lihasvoimatestien viitearvot suhteutuvat painonnostajille, jääkiekkoilijoille ja normaaliväestölle määritelyihin vartalon lihasvoimatestien viitearvoihin?
  - 3.4 Miten ohjaajakurssille luodut heittoporttitestin viitearvot suhteutuvat keihäänheittäjille määritelyihin heittoporttitestin viitearvoihin?

Tutkimuksen yhtenä hypoteesina oli, ettei vuosikurssien välillä ole tapahtunut muutoksia fyysisessä suorituskyvyssä. Kaikki ohjaajakursseille valitut ovat saman valintajärjestelmän läpikäyneitä ja näin ollen voidaan olettaa, että joukko on fyysisiltä ominaisuuksiltaan homo-

geenistä. Vertailussa muihin populaatioihin hypoteesina oli, että Ilmavoimiin valitut ovat fyysiseltä suorituskyvyltään normaaliväestöä parempia, koska joukko on normaaliväestöä valikoituneempaa. Jääkiekkoilijoiden osalta oletuksena oli että sotilaslentäjät ovat heidän kanssaan samalla tasolla, koska jääkiekossa käytettävät lihastyötavat ovat samankaltaisia kuin sotilaslentämisessä (Rintala & Paalimäki 1996). Painonnostajien ja keihäänheittäjien oletettiin olevan ohjaajakurssilaisia parempia, koska heidän oletettiin edustavan niin sanottuja lajin huippuja.

## **7.2. Tutkimuksen rajaus**

Tutkimustavoitteiden saavuttamiseksi tutkimuksessa on käytetty empiirisenä aineistona kaikkien vuosina 1997-2004 Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen mieshenkilöiden (n=326 koehenkilöä) fyysisen suorituskyvyn testituloksia. Tutkimuksesta on rajattu pois naispuolisten koehenkilöiden testitulokset, koska naiskoehenkilöiden pienestä lukumäärästä (n=5) johtuen naisten tuloksia ei voitu luotettavasti tutkia.

## 8. TUTKIMUSMENETELMÄT

### 8.1. Yleistä

Sotatieteellisessä tiedeyhteisössä upseerien peruskoulutus kehitettiin ylemmäksi korkeakoulututkinnoksi 1990 – luvulla (Toiskallio 1996). Ylemmän korkeakoulukulttuurin suhteellisen lyhyen historian vuoksi muun muassa tutkimusmenetelmien käytössä ei ole vielä täysin vakiintuneita toimintatapoja. Tämän vuoksi työhön on pyritty sisällyttämään kaikki tutkimuksen tilastolliseen osuuteen liittyneet tekijät mahdollisimman kattavasti.

### 8.2. Tutkimuksen luokittelu

Tutkimus on osa Ilmavoimissa käynnissä olevaa laajempaa sotilaslentäjien ammatillista fyysisistä suorituskykyä sekä siihen vaikuttavien tekijöiden (tuki- ja liikuntaelinvaivat) yhteyttä kartoittavaa tutkimusta (Rintala, Häkkinen, Kautiainen & Siitonen 2005; Rintala 2006).

Tutkimus on sotatieteellinen tutkimus. Sotilaan näkökulmaa tukemaan tutkimuksessa on käytetty apuna liikunta- ja lääketieteellisen alan, kliinisen fysiologian, valmennus- ja testausopin ja ilmailufysiologian ja – lääketieteen terminologiaa.

Tämä tutkimus on empiirinen tutkimus. Empiirisen tutkimuksen jaottelu riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta. Se voidaan jakaa eri tyypeihin tutkimuksen tarkoituksen, aikaperspektiivin, tutkimusotteen ja tiedonkeruumenetelmän mukaan. (Heikkilä 2004, 14.)

Tutkimukseni on tarkoitukseltaan havainnoiva, käytännön perusteella hypoteesin vahvistava tai hylkäävä empiirinen tutkimus. Hylkäämiseen tai hyväksymiseen aiheuttaneelle ilmiölle, tai asioiden välisille syy- ja seuraussuhteille on etsittävä selityksiä, jolloin tutkimus täyttää selittävän eli kausaalisen tutkimuksen piirteet. Yksi selittävän tutkimuksen erityismuoto on kokeellinen eli eksperimentaalinen tutkimus. Sen avulla tutkitaan jonkin tekijän vaikutusta kontrolloiduissa olosuhteissa. Tutkimukseni yhtenä tavoitteena on esimerkiksi selvittää koehenkilöiden antropometristen muuttujien vaikutusta testituloksiin, joten se täyttää myös eksperimentaalisen tutkimuksen vaatimukset. (Heikkilä 2001, 19, 204-205.)

Aikaperspektiivin suhteen määriteltynä tutkimustani voidaan pitää poikkileikkaustutkimukse-



na – se määrittää Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen henkilöiden fyysisen suorituskyvyn lähtötason käyttämällä empiirisenä aineistona vuosien 1997–2004 aikana ohjaajakurssille valittujen koehenkilöiden valintaprosessin viimeiseen vaiheen lihasvoimatestistön testituloksia. (Heikkilä 2004, 15.)

Tutkimus on kokonaistutkimus, koska sen otantana käytetään koko tutkimuksen kohteena oleva perusjoukkoa. (Heikkilä 2004; Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004, 14.)

Tutkimusote on kvantitatiivinen eli määrällinen, koska tutkimuksessa käytettävä aineisto on kokeellisesti, standardoidussa testausympäristössä, perusjoukosta kerättyä numeerista aineistoa. Kvantitatiivista tutkimusta voidaan nimittää myös tilastolliseksi tutkimukseksi. Sen avulla selvitetään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä sekä eri asioiden välisiä riippuvuuksia tai tutkittavassa ilmiössä tapahtuneita muutoksia. Se edellyttää riittävän suurta otosta. Asioita kuvataan numeeristen suureiden avulla ja tuloksia voidaan havainnollistaa taulukoin ja kuvioin. (Heikkilä 2004, 16.)

Tutkimuksesta löytyy normatiivisen empiirisen tutkimuksen piirteitä - normatiivinen tutkimus kokoaa yhteen esimerkiksi suuren joukon kuntotestitulosten dataa ja esittää tulokset suhteellina standarditasoina tai viitearvoina (Nelson & Thomas 1996, 20).

Tutkimuksen asetelma on ekstensiivinen – se on laajasti kattava, mutta yksittäisiin tapauksiin pintapuolisesti suhtautuva tutkimus (Heikkilä 2004).

### **8.3. Tilastolliset menetelmät**

#### **8.3.1. Yleistä**

Tutkimuksen kysymyksiin voidaan hakea vastauksia tilastollisin menetelmin. Tämä tilastollinen tutkimus pohjautuu aineistoon, joka on kerätty vuosien 1997–2004 aikana ohjaajakurssille valittujen koehenkilöiden valintaprosessin lihasvoimatestistön (ks. luku 5.8 Sotilaslentäjien testaus) testituloksista. Huolellisesti tehdyn tilastollisen tutkimuksen perusteella voidaan vastata tutkimuksen kysymyksiin.

### 8.3.2. Hypoteesi

Hypoteesit ovat teoriaan tai aikaisempiin tutkimuksiin pohjautuvia oletuksia joidenkin asioiden välisistä suhteista ja liittyvät näin syysuhteita selvitteleviin eli selittäviin tutkimuksiin. Tilastollinen tutkimus voi rajoittua vain jonkin ilmiön kuvaamiseen. Silloin hypoteeseja ei tarvita. (Heikkilä 2001, 189-190.)

Hyvän hypoteesin kriteerit ovat:

- Se esittää kahden tai useamman muuttujan välisen yhteyden yksiselitteisesti
- Sen tulee olla testattavissa empiirisen aineiston avulla
- Sen tulee perustua teoriaan tai muuhun todistusaineistoon
- Sen tulee olla lyhyt ja termeiltään selkeä

(Heikkilä 2001, 190.)

Tilastollinen tutkimus aloitetaan tekemällä oletus tai oletuksia. Nämä perustellut oletukset kirjoitetaan tilastollisten hypoteesien muotoon. Tilastollinen testaus puolestaan perustuu hypoteesien hyväksymiseen tai hylkäämiseen. (Heikkilä 2001, 190.)

Muuttujien välisestä riippuvuudesta tai ryhmien välisestä erosta asetetaan tilastollisessa testauksessa kaksi hypoteesia, jotka ovat nollahypoteesi ( $H_0$ ) ja vaihtoehtoinen hypoteesi ( $H_1$ ). Nollahypoteesilla ( $H_0$ ) tarkoitetaan esimerkiksi, että mitattavien muuttujien välillä ei ole riippuvuussuhteita, keskiarvojen välillä ei ole eroa tai muutosta ei ole tapahtunut. Vaihtoehtoinen hypoteesi ( $H_1$ ) eli vastahypoteesi taas tarkoittaa, että riippuvuutta, muutosta tai eroa on. Hypoteeseista vain toinen voi olla voimassa. (Nelson & Thomas 2001, 54-55; Heikkilä 2001, 191.)

Pienet erot ja riippuvuudet eivät riitä hylkäämään nollahypoteesia, vaan niiden on oltava niin suuria, ettei niitä voi tulkita sattumasta johtuviksi. Ennen testausta päätetään kuinka suuri sattuman riski ollaan valmiita ottamaan hyväksyttäessä vastahypoteesi. (Heikkilä 2001, 192.)

### 8.3.3. Tutkimusaineiston kerääminen

Tutkimuksessa käytetty aineisto on niin sanottua sekundaariaineistoa, toisin sanoen se on ollut

valmiina, analysoimattomana ja muiden toimesta kerättynä ennen tämän tutkimuksen käynnistämistä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2002, 173).

Vuosien 1997–2004 aikana ohjaajakursseille valittujen koehenkilöiden taustatiedot (nimi, ikä, liikuntakäyttäytyminen), antropometriset muuttujat (pituus, paino ja BMI), valintaprosessin toisen vaiheen lihaskuntotestitulokset (lihaskuntoluokka ja -pisteet) sekä seitsenosaisen lihasvoimatestistön testitulokset on testaajan toimesta kirjattu valintaprosessin viimeisessä vaiheessa ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” – lomakkeille (ks. Liite 1).

Empiirinen aineisto, valintatestidata, kirjattiin tässä tutkimuksessa ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” - lomakkeilta Excel Office XP - taulukko- ohjelmaan (myöhemmin tutkimuksessa Excel – ohjelma), josta se saatiin suoraan siirrettyä datatiedostona SPSS - 11.01 for Windows – ohjelmaan (myöhemmin tutkimuksessa SPSS - ohjelma) analysointia varten.

Tällaisen subjektiivisen aineiston kerääminen on yksinkertaista. Myös aineiston käsittely ja tulkinta ovat melko yksiselitteisiä.

Aineiston keräämisen yksinkertaisuudesta huolimatta, on olemassa satunnaisvirheiden riski. Satunnaisvirheen aiheuttaja voi olla esimerkiksi voima-anturin näyttölaitteen lukuvirhe, tai tulosten kirjaamisen aikana tapahtunut käsittelyvirhe. Satunnaisvirheet aiheuttavat yleensä puutteellisen reliabiliteetin. Reliabiliteetti tarkoittaa kykyä tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tulosten tarkkuus ja sattumanvaraisuus riippuvat tiettyyn rajaan saakka myös otoksen koosta. (Heikkilä 2001, 187.)

#### **8.3.4. Otos**

Otantamenetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- tutkimuksen tavoitteet
- perusjoukon maantieteellinen sijainti
- jäsenten samankaltaisuus tai erilaisuus tutkittavien ominaisuuksien suhteen
- käytettävissä olevat rekisterit tai luettelot
- budjetti (Heikkilä 2001, 35).

Kuten edellä mainittiin, kyseessä on kokonaistutkimus (Heikkilä 2004; Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004, 14), joten otantana käytettiin koko saatavilla olevaa perusjoukkoa.

Tutkimuksessa vertaillaan ryhmien välisiä eroja. Heikkilän (2001, 45) mukaan otoskoon tulisi tällöin olla vähintään 200-300 ja jokaisessa ryhmässä tulisi olla vähintään 30 tilastoyksikköä. Tässä tutkimuksessa otoskoko  $n = 326$ , ryhmien lukumäärä on kahdeksan ja ryhmien koko 37-45 henkilöä, joten Heikkilän (2001, 45) mukaan otanta on riittävä tämäntyyppiselle tutkimukselle

Tutkimusta tehtäessä on mietittävä myös sen taloudellisuutta. Hyvä tutkimus on tehokas ja taloudellinen. (Heikkilä 2001, 31.) Tutkimuksessa saatiin kerättyä suuri otoskoko siitä huolimatta, että sen kustannukset olivat olemattomat.

## **8.4. Tilastollisen testin valinta**

### **8.4.1. Yleistä**

Havaintoaineiston sisältämän tiedon hyväksikäyttämiseksi on valittava oikea tilastollinen testi. Testi on eräänlainen malli, jonka perusteella joko  $H_0$  tai  $H_1$  hyväksytään. Kokonaistutkimuksessa tilastollinen testi selvittää ovatko tulokset satunnaisia vai systemaattisia. Tilastollisia malleja on useita ja jokainen malli asettaa tutkimusaineistolle vaatimukset, jotka aineiston on täytettävä, jotta kyseistä mallia voidaan käyttää. Testin valinnassa on myös syytä muistaa, että tarkasteltavien muuttujien on täytettävä testin vaatimat edellytykset. (Heikkilä 2001, 193; Grönroos 2002, 24.)

Otoskoon ja vertailtavien ryhmien lukumäärän lisäksi on tiedettävä:

- käytetty mitta-asteikko
- onko muuttuja jatkuva vai epäjatkuva
- onko muuttuja normaalisti jakautunut
- ovatko vertailtavat ryhmät toisistaan riippumattomia vai esimerkiksi parittaisia

- ovatko havainnot toisistaan riippumattomia

(Heikkilä 2001, 193.)

Keskeisimpänä päätöksenä on valinta parametrisen ja ei-parametrisen testin välillä. Parametristen testien (esimerkiksi keskiarvotestin) käyttöön liittyy oletuksia perusjoukon tunnusluvuista (parametreista) ja muuttujien jakauman muodosta. Niissä muuttujan on oltava vähintään välimatka-asteikon tasoinen. Jos edellytykset eivät ole voimassa, on valittava ei-parametrinen testi (esimerkiksi Mann-Whitneyn U-testi). Niistä löytyy menetelmiä myös nominaali- ja järjestysasteikon tasoisten muuttujien analysointiin. Yleensä on suositeltavaa käyttää parametrisia testejä (esimerkiksi varianssianalyysi, tai Studentin t-testi), jos suinkin mahdollista, sillä ne ovat voimakkaampia eli ne suosittelevat helpommin väärän nollahypoteesin hylkäämistä. (Nelson & Thomas 2001, 101-102; Heikkilä 2001, 193,224-236; Grönroos 2002, 24.) Oikean tilastollisen mallin eli testin valitseminen on erittäin tärkeää, jotta havaintoaineiston sisältämää tietoa voitaisiin käyttää hyväksi. On valittava mahdollisimman yksinkertaiset mallit, jotka ovat tutkimuksen tavoitteiden kannalta riittävät. Liian monimutkainen tilastollinen mallintaminen ei ole järkevää. (Grönroos 2002, 23.)

Tilastollisessa testissä tarkasteltiin ryhmien välisiä eroja. Testaus suoritettiin varianssianalyysillä. Jokainen vuosikurssi (1997-2004) muodosti oman ryhmänsä. Ryhmät olivat toisistaan riippumattomia. Testillä tarkasteltiin onko testimuuttujilla, eri vuosikurssien testitulosten keskiarvoilla, tilastollisesti merkittävää eroa. Toisin sanoen, onko fyysisessä suorituskyvyssä tapahtunut tilastollisesti merkittävää muutosta vuosikurssien välillä.

Ryhmien välisten erojen suuruuden kuvaamiseen käytettiin tilastollista merkitsevyyttä (p). Mitä pienempi p-arvo on, sitä pienempi on sattuman vaikutus erojen selittäjänä ja sitä selvempi on ryhmien välinen ero. Tässä tutkimuksessa on yleisesti pidetty riittävänä merkitsevyytensä arvoa 0,05 (5%). Tämä tarkoittaa sitä, että nollahypoteesin hylkäämiseksi, pitää olla todistettavasti alle viiden prosentin mahdollisuus siitä, että havaittu riippuvuus tai ero johtuisi sattumasta. Viiden prosentin (0,05) merkitsevyytensä pidetään yleisesti tilastollisesti riittävänä rajana merkitsevyyttä tutkittaessa. (Heikkilä 2001, 185, 224-230.)

Testatun eron tai riippuvuuden sanotaan olevan:

- tilastollisesti erittäin merkitsevä, jos  $p \leq 0,001$  (symboli \*\*\*)

- tilastollisesti merkitsevä, jos  $0,001 < p \leq 0,01$  (symboli \*\*)
- tilastollisesti melkein merkitsevä, jos  $0,01 < p \leq 0,05$  (symboli \*)
- tilastollisesti suuntaa antava (oireellinen), jos  $0,05 < p \leq 0,1$

(Heikkilä 2001, 195; Metsämuuronen 2002a, 33.)

#### **8.4.2. Mitta-asteikko**

Valittaessa tilastollista menetelmää on aluksi määriteltävä käytetty mitta-asteikko. Tutkimuksessa käytettävät testitulokset ovat välimatka- ja suhdeasteikon tasoisia muuttujia (pl. liikunnanharastajatyypin, joka kuuluu luokittelu- eli nominaaliasteikon tasoisiin muuttujiin). Muuttujien arvoilla voidaan esimerkiksi tehdä vähennyslaskuja vertailtaessa kurssien välisten keskiarvojen eroja, eli muuttujan arvojen välimatka voidaan tarkasti määrittää asteikolta. Muuttujilla on myös yksiselitteiset nollakohdat ja on mahdollista mitata, kuinka moninkertaisia muuttujien arvot ovat toisiinsa verrattuna. (Vasama & Vartia 1980a, 40-55; Heikkilä 1993, 107-128; Mellin 1996a, 64-67; Heikkilä 2001, 81-82;193-194.)

#### **8.4.3. Muuttuja**

Mitta-asteikon määrittelemisen jälkeen tulee todeta, onko ko. muuttuja jatkuva vai epäjatkua eli diskreetti (Heikkilä 2001, 193). Muuttuja on epäjatkua, kun se voi saada vain tiettyjä arvoja. Esimerkiksi kyselyssä, johon vastataan kyllä tai ei, muuttuja on epäjatkua. Kun tehdään kokeellisia mittauksia välimatka-asteikolla, muuttuja on jatkuva. Tässä tutkimuksessa tilastolliset muuttujat ovat jatkuvia, pl. muuttujat: liikunnanharastajatyypin, lihaskuntopisteet ja lihaskuntoluokka. (Heikkilä 2001, 99.)

#### **8.4.4. Jakauman muodon määrittäminen**

Monet testit toimivat oletuksella, että havainnot ovat peräisin normaalijakaumasta. Jos havaintojen lukumäärä on suuri, ei tämä oletus ole yleensä kriittinen, koska testeissä tarkastellaan sellaisia havainnoista laskettuja suureita, joiden jakaumat konvergoivat kohti jotain tavanomaista jakaumaa. Jos otoskoko on riittävän suuri (muutamia kymmeniä, riippuen populaatiojakauman muodosta), oletus populaation normaalijakautuneisuudesta ei ole johtopää-

tösten luotettavuuden kannalta niin oleellista kuin pienten otosten tapauksessa. Sen sijaan pienillä havaintojen lukumäärillä (otoskoko  $n < 30$ ) normaali oletus voi olla kriittinen. (Helelius 1992, 299; Laininen 2000, 56; Heikkilä 2001, 235.)

Normaalijakautuneisuus on muuttujalle varsin voimakas vaatimus, joka harvoin on täysin voimassa. Graafisen kuvaajan, eli histogrammin avulla normaalijakautuneisuudesta saa jonkinlaisen käsityksen. Normaalijakauma ei olekaan yleensä täysin absoluuttinen, eivätkä normaalijakaumaan perustuvat tilastolliset mallit sitä edes edellytä. Jakauman tasaisuuteen vaikuttaa mitattujen tuloksien lisäksi otoskoko. Graafisen esityksen jakaumaan vaikuttaa myös se, miten suuriin sarjoihin tulokset on jaettu. On tutkittava, onko otoksen jakauman vinous tai normaalista poikkeava huipukkuus niin suurta, ettei normaalijakaumaan perustuvia malleja voida käyttää. (Heikkilä 2001, 103, 225.)

Tässä tutkimuksessa jakauman muodon määrittämiseen käytettiin SPSS – ohjelmaa. SPSS testaa havaintojen normaalisuutta käyttäen Kolmogorov-Smirnovin testiä Lillieforsin korjauksella sekä Saphiro-Wilkin testiä. Saphiro-Wilkin testiä käytetään automaattisesti kun havaintoja on 50 tai vähemmän. Kolmogorov-Smirnovin testi on pienellä otoskoolla melko konservatiivinen, mikä tarkoittaa, että se ei kovin helposti suosittelenollahypoteesin hylkäämistä. On kuitenkin myös huomioitava, että tilastolliset testit paljastavat herkästi pienetkin erot tilastollisesti merkitseviksi, kun otoskoko on riittävän suuri. Näin on myös normaalijakauman testauksen kohdalla. Kun otoskoko on suuri, kannattaakin tilastollisen testin lisäksi tarkastella karkeaa jakaumakuviota (esimerkiksi kvantiilikuvio, eli Q-Q-kuvio) ja histogrammia. Ansellin ja Phillipsin (1994) mukaan jakaumankuvion tarkastelu on syytä tehdä heti tilastollisen analyysin alussa, sillä se saattaa olla hyvinkin informatiivista, osoittaen mahdollisesti muun muassa datan homogeenisyyden luonnetta ja voimakkuutta. Kvantiilikuvion muodostamisessa ideana on verrata otoksen kvantiileja normaalijakauman tai yleisemmin minkä tahansa tunnetun jakauman kvantiileihin. Jos jakauma on symmetrinen ja ulkomuodoltaan normaalijakauman kaltainen, niin parametrisia testejä voi useissa tapauksissa käyttää, vaikka jakauma Kolmogorov-Smirnovin testin mukaan poikkeaisikin normaalista. (Ansell & Phillips 1994, 188-189; Laininen 2000, 56; Heikkilä 2001, 235; Holopainen & Pulkkinen 2001, 123-124; Karttunen 2001, 61-64; Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004;.)

#### 8.4.5. Parametrinen ja ei-parametrinen testi

Jakauman muodosta riippuen tehdään valinta parametriseen- ja ei-parametriseen testin välillä. Mikäli muuttuja on normaalisti (tai melkein normaalisti) jakautunut, voidaan käyttää parametristä testiä, kuten varianssianalyysia. Parametrisia testejä käytettäessä muuttujan pitää olla vähintään välimatka-asteikon tasoinen. Jos edellytykset eivät ole voimassa, on valittava ei-parametrinen testi, esimerkiksi Mann-Whitneyn U-testi. Jos vain mahdollista, on suositeltavaa käyttää parametrisia testejä, sillä ne ovat voimakkaampia eli helpommin väärän nollahypoteesin hylkääviä testejä. (Freedman, Pisani & Purves 1998; Heikkilä 2001, 193, 225, 230-235; Metsämuuronen 2002b, 58-62; Metsämuuronen 2004, 181-193.)

#### 8.4.6. Yksisuuntainen varianssianalyysi

Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testataan, poikkeavatko yhden muuttujan mukaan lasketut keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan – nimestä huolimatta varianssianalyysi ei siis tutki jakaumien variansseja, vaan keskiarvojen välisiä eroja. Muuttujan arvojen vaihtelua arvioidaan variansseilla (keskihajontojen neliöillä) ja analyysi perustuu ryhmien välisen ja ryhmien sisäisen vaihtelun vertaamiseen. Jos ryhmien välinen vaihtelu on huomattavasti suurempaa kuin ryhmien sisäinen vaihtelu, on ryhmien välillä, testin mukaan, eroa. Varianssianalyysin avulla testataan, ovatko keskiarvojen erot ryhmien välillä tarpeeksi suuria vai onko liian suuri riski, että erot johtuvat sattumasta. Empiirisessä tutkimuksessa määritellään yleensä muuttujat, joille saadaan useita havainto- ja mittaustuloksia. Silloin syntyy tämän muuttujan sisälle varianssia eli vaihtelua. Tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita tämän vaihtelun luonteesta ja voimakkuudesta. (Laininen 1990, 208-211; Wonnacott & Wonnacott 1990, 325-336; Mellin 1996b, 249-260; Laininen 2000, 164-182; Manninen 2000, 110-111; Heikkilä 2001, 224; Karttunen 2001, 66; Lehtinen 2002, 24-25.)

Edellytykset varianssianalyysin käytölle ovat:

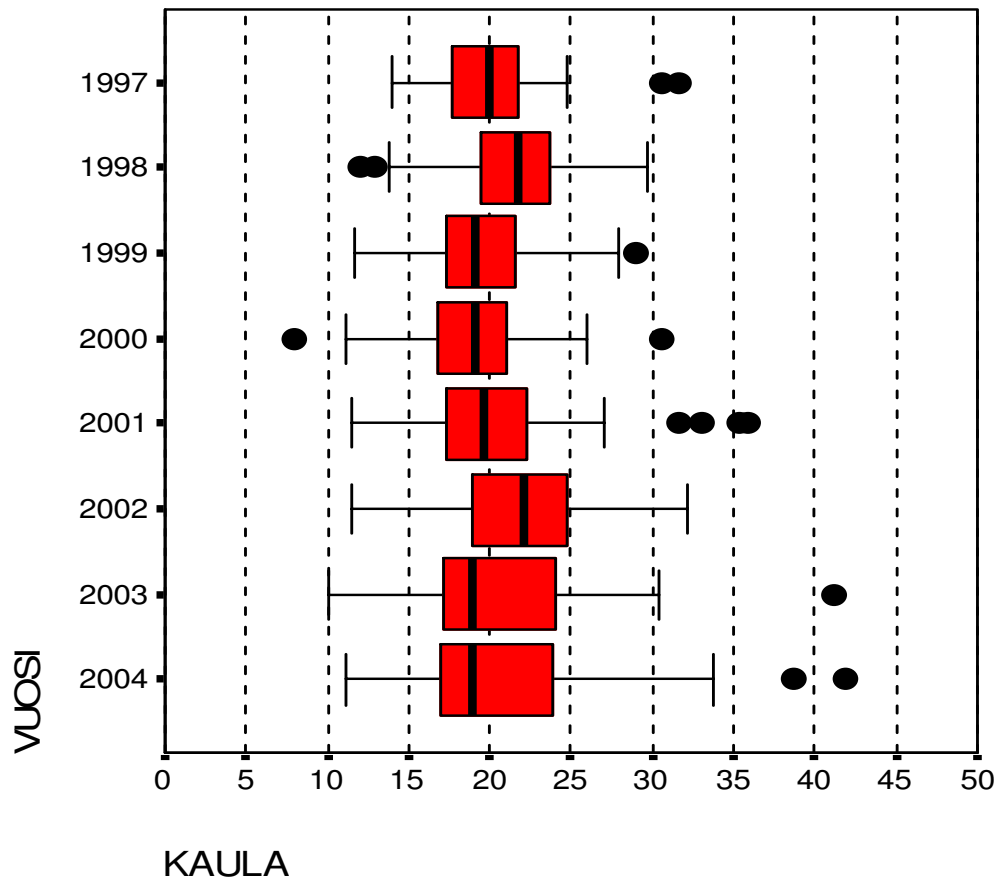
- muuttujan arvot ovat normaalisti (tai melkein normaalisti) jakautuneita kaikilla vertailtavilla ryhmillä
- muuttujan varianssit (ja keskihajonnat) eri ryhmässä ovat yhtä suuret (lähellä toisiaan)



(Heikkilä 2001, 225.)

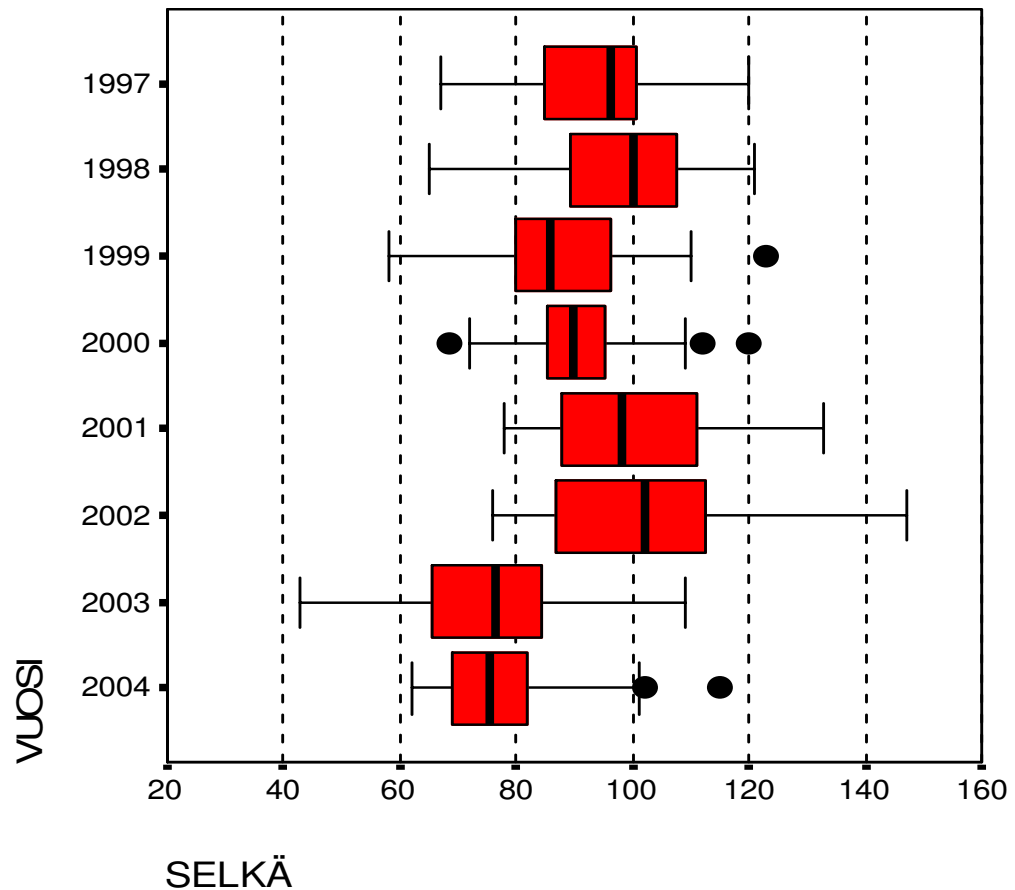
Varianssi liittyy havaintojen ja mittaustulosten hajontaan. Se ilmaistaan niin sanotulla hajontaluvulla. Varsinainen varianssianalyysi tehdään, kun halutaan tutkia yhtä aikaa useiden keskiarvojen erojen merkitsevyyttä. Varianssia eli ryhmien vaihtelua tarkastellaan ryhmien sisäisen ja ryhmien välisen vaihtelun komponenteilla. (Metodix 2002.)

Ryhmien välistä ja ryhmien sisäistä vaihtelua voidaan esittää kuvioiden avulla (esimerkiksi Box-plot – kuviolla). Esimerkin ensimmäisessä kuvassa (kuvio 26) jakaumien keskiarvot ovat varsin lähellä toisiaan, eikä ryhmien välinen ero ole suuri - toisin sanoen ryhmien välinen varianssi, eli vaihtelu on vähäistä. Vaihtelu muodostuu ensisijaisesti ryhmien sisäisestä vaihtelusta. (Ansell & Phillips 1994, 188-191; Heikkilä 2001, 168; Metodix 2002.)



Kuvio 26. Kahdeksan eri ryhmän keskinäisen varianssin vertailua box-plot-kuviolla jakaumien välisen vaihtelun ollessa pieni.

Toisessa kuvassa ryhmien välinen varianssi on suurempaa. Varsinkin kaksi alimmaisinta ryhmää (2003 ja 2004) ovat selvästi erossa muista. Silmämääräisestäikin voidaan sanoa, että ryhmien välinen vaihtelu on tässä kuvassa suurempaa kuin esimerkin ensimmäisessä kuvassa. (Metodix 2002.)



Kuvio 27. Kahdeksan eri ryhmän keskinäisen varianssin vertailua box-plot-kuviolla jakaumien välisen vaihtelun ollessa suuri.

Varianssianalyysin avulla todetaan, onko ryhmien välisessä vaihtelussa merkitseviä eroja. Jos merkitseviä eroja on, tulokset osoittavat, että ryhmien väliset erot johtuvat jostakin systemaattisesti vaikuttavasta tekijästä, eikä esimerkiksi pelkästä satunnaisvaihtelusta. (Metodix 2002.)

Varianssianalyysissä nollahypoteesina on, että eri ryhmien keskiarvoissa ei ole eroja. Jos testissä saatu p-arvo on yli ennalta valitun merkitsevyystason (tässä tutkimuksessa  $p > 0,05$ ), jää tämä nollahypoteesi voimaan. Vain jos p-arvo on alle valitun merkitsevyystason, hylätään nollahypoteesi ja todetaan keskiarvoissa olevan tilastollisesti merkitsevä ero. Jos ryhmiä on useampi kuin kaksi, ei varianssianalyysi ilmoita, minkä ryhmien välillä erot ovat tilastollisesti

merkitseviä. Esimerkiksi pareittain tehdyllä t-testillä saadaan tieto keskiarvojen erojen suunnasta. (Heikkilä 2001, 226; Karttunen 2001, 66.)

Tässä tutkimuksessa varianssianalyysin tekemiseen käytettiin SPSS – ohjelmaa. SPSS laskee varianssianalyysit automaattisesti, joten tässä yhteydessä ei oteta esille varianssianalyysin laskeamiseen tarvittavia kaavoja. (Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004.)

Edellä esitetty malli koskee ainoastaan yksisuuntaista varianssianalyysia, jolloin aineisto jaetaan vain yhden muuttujan mukaisiin ryhmiin kerrallaan. Kaksisuuntainen varianssianalyysi tehdään silloin, kun halutaan käsitellä aineistoa samanaikaisesti kahden muuttujan mukaisissa ryhmissä, esimerkiksi, kun tutkijaa kiinnostaa samanaikaisesti sukupuolten ja koulutustaustojen mukaisten erojen vaikutus. Näin tehdään silloin, kun tutkimuksen hypoteesina olisi tutkia mahdollisia interaktiivisia yhdysvaikutuksia jossakin ilmiössä. (Metodix 2002.)

#### **8.4.7. Mann-Whitneyn U-testi**

Mann-Whitneyn U-testi on yksi parhaista ei-parametrisistä testeistä. Se on tehokas jopa sellaisissa tilanteissa, joissa t-testiäkin voitaisiin käyttää. Testin käyttö on hyvin perusteltua silloin, kun parametristen testien edellytykset eivät ole voimassa. Esimerkiksi, jos testitulosten jakauma on selkeästi vino, voidaan U-testillä testata eri ryhmien testitulosten keskiarvojen välisiä eroja. Mann-Whitneyn U-testissä ideana on asettaa koko aineisto suuruusjärjestykseen tutkittavan muuttujan suhteen. Tämän jälkeen kyseiset arvot korvataan tunnusluvuilla, eli jokaiselle havainnolle annetaan oma järjestysnumero. Mikäli järjestykseen asetetut havainnot (jotka kuuluvat kahteen eri ryhmään, esimerkiksi vuosikurssit 1999 ja 2000) ovat täysin tasaisesti jakautuneet (ovat täysin ”sekaisin”), voidaan sanoa, että ryhmien välillä ei ole eroa. Etuna on se, että näin voidaan vertailla muuttujia, joiden arvot eivät alun perin olleet vertailukelpoisia. (Spiegel 1991, 379-386; Laininen 2000, 47-48; Heikkilä 2001, 234; Karttunen 2001, 59-61; Metsämuuronen 2002b, 58-61; Metsämuuronen 2004, 181-193.) Tässä tutkimuksessa muuttujien arvot olivat tosin jo valmiiksi vertailukelpoisia ja normaalisti tai lähes normaalisti jakautuneita. U-testiä käytettiinkin niin sanottuna varmistustestinä tilanteissa, joissa varianssianalyysin vaatimukset eivät täysin täytyneet.

Mann-Whitney U-testissä lasketaan aluksi testisuure ja siitä edelleen merkitsevyystaso. Tämän pohjalta tehdään johtopäätös riippuvuudesta tai riippumattomuudesta, kuten muissakin testeissä. U-testiä on syytä käyttää, jos epäilee parametrisen testin edellytysten voimassaoloa. Tätä testiä käytettäessä nollahypoteesi voidaan muotoilla hyvin usealla tavalla, esimerkiksi siten, että se esittää väitteen annettujen vastausten jakaumien mediaanien yhtäsuuruudesta. Tällöin testataan kahden mediaanin eron tilastollista merkitsevyyttä. (Heikkilä 2001, 234.)

#### 8.4.8. Korrelaatiokerroin

Tutkittaessa kahden muuttujan välisiä yhteyksiä, on mahdollista laskea muuttujaparin välistä riippuvuutta mittaava korrelaatiokerroin. Useimmin käytetty on niin sanottu Pearsonin korrelaatiokerroin, joka osoittaa muuttujien välisen lineaarisen riippuvuuden suuruutta ja vaatii vähintään välimatka-asteikon tasoiset muuttujat. Tässä tutkimuksessa kahden muuttujan välinen Pearsonin korrelaatiokerroin on laskettu suoraan SPSS-ohjelmalla. Jos muuttujat ovat järjestyksasteikon tasoisia, on mahdollista käyttää myös Spearmanin ja Kendallin järjestyskorrelaatiokertoimia. Kaikissa näissä korrelaatiokertoimien arvot vaihtelevat välillä -1 ja +1. Korrelaation etumerkki osoittaa pieneneekö vai suureneeko toisen muuttujan arvo toisen kasvaessa. Jos korrelaatiokertoimen arvoksi saadaan 0, voidaan todeta, ettei muuttujien välillä ole lineaarista riippuvuutta. Korrelaatiokertoimet esitetään usein korrelaatiomatriisina, johon on kerätty kaikkien tarkasteltavien muuttujien pareittain lasketut korrelaatiot. Toisin sanoen, korrelaatiomatriisi on taulukko, jossa riveinä ja sarakkeina ovat muuttujat ja taulukon alkioina rivi- ja sarakemuuttujien korrelaatiot. Matriisin lävistäjäalkiot ovat ykkösiä. (Vasama & Vartia 1980b, 353-383; Laininen 1990, 226-230; Freedman ym. 1998; Manninen 2000, 68-71; Heikkilä 2001, 203-204; Morrow, Jackson, Disch & Mood 2005, 52-53.)

Heikkilän (2001) mukaan korrelaatiokerroin voidaan testata siten, että nollahypoteesina oletetaan, ettei riippuvuutta muuttujien välillä ole, eli korrelaatiokertoimen arvo on nolla. Tämä vastaa tilannetta, jolloin muuttujat ovat toisistaan lineaarisesti riippumattomia. Jos korrelaatiokerrointa vastaava p-arvo alittaa käytetyn merkitsevyystason (tässä tutkimuksessa 0,05), on korrelaatio tilastollisesti merkitsevä. Vain tällaisessa tilanteessa on mielekästä tutkia riippuvuuden suuntaa ja voimakkuutta. Jos p on vastaavasti suurempi kuin ennalta päätetty merkitsevyystaso, ei riippuvuutta voida todeta olevan, vaan korrelaatiokertoimen poikkeavuus nolasta johtuu todennäköisimmin sattumasta. (Heikkilä 2001, 206.)

Heikkilän (2001) mukaan suuria tapausmääriä tutkittaessa jo varsin pienetkin korrelaatiot voivat osoittautua tilastollisesti merkitseviksi. Jos esimerkiksi havaintoparien määrä on 500, ovat 0,1:n suuruisetkin korrelaatiokertoimen arvot merkitseviä 5 %:n merkitsevyystasolla. Tällaisella korrelaatiokertoimen arvolla riippuvuus on kuitenkin yleensä hyvin lievää. (Heikkilä 2001, 206.)

Korrelaatiokertoimen perusteella tehtävissä tulkinnoissa on huomioitava, että vaikka korrelaatiokertoimen perusteella kaksi muuttujaa näyttäisivät korreloivan keskenään, ei kerroin silti ole todiste muuttujien välisestä kausaalista suhteesta (syy → seuraus). Korrelaatio ei siis ole riittävä edellytys kausaalisuhteelle - vaikka muuttujat näyttävät kulkevan käsi-kädessä, eivät ne silti välttämättä ole aiheuttaneet toisiaan. (Heikkilä 2001, 204.)

## **8.5. Tutkimuskohde**

### **8.5.1. Koehenkilöt**

Koehenkilöinä toimi 331 vapaaehtoista tervettä palveluskelpoisuusluokkaan A1 kuuluvaa miestä, joiden keskimääräinen ikä oli  $20 \pm 2$  (keskiarvo  $\pm$  SD) vuotta, paino  $73 \pm 16$  kg ja pituus  $178 \pm 12$  cm. Koehenkilöt olivat kaikki Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittuja henkilöitä. Koehenkilöt esiintyvät raportoinnissa nimettöminä.

### **8.5.2. Testimuuttujat**

Tutkimuksessa käytettävät indikaattorit olivat:

1. Testivuosi
2. Ikä
3. Pituus
4. Paino
5. BMI
6. Anaerobinen teho (hyppytesti)
7. Aerobinen teho (polkupyöräergometritesti)
8. Ylävartalon toiminnallinen kokonaisuus (pallonheitto)
9. Vartalon koukistajien maksimivoima

10. Vartalon koukistajien suhteellinen voima
11. Vartalon ojentajien maksimivoima
12. Vartalon ojentajien suhteellinen voima
13. Pään ojennus taaksepäin (niskan ekstensio)
14. Pään koukistus eteenpäin (niskan fleksio)
15. Lihaskuntoluokka
16. Liikunnanharrastajatyyppe

### **8.5.3. Tutkimusvälineistö**

Vartalon ja niskan maksimivoimien mittaamiseen käytettiin Newtest – voima-anturia (Tossavainen 2004; Rintala 2002). Anaerobisen tehon mittaamisessa käytössä oli Newtest Oy:n kontaktimatto (Tossavainen 2004) ja ylävartalon- ja käsien dynaamisen voiman- ja koordinaation mittaamisessa käytettiin 1 kg:n kuntopalloa, valokennojen ja peilien avulla muodostettua infrapunaverhoa ja kontaktimattoa (Oksa ym. 1997; Tossavainen 2004). Polkupyöräergometritesti suoritettiin sähköjarrutteisella ja kalibroidulla polkupyöräergometrillä (Tunturi-980), ekg-seurannassa verenpaine –ja sykereaktioita seuraten. Valintajärjestelmän toisessa vaiheessa suoritettavat lihaskuntotestit (käsinkohonta, etunojapunnerrus, selkälihastesti, vatsalihastesti ja vauhditon pituus) suoritettiin varuskuntasairaaloissa ja terveysasemilla. (IlmavEh-os: PAK I 3:4; IlmavEh-os: PAK I 3:03.)



Kuvio 27. Newtest Oy:n voimadynamometri (Tossavainen 2004).



Kuvio 28. Newtest Oy:n valokennoportti, näyttölaite ja kontaktimatto (Tossavainen 2004).

Testaajana on toiminut tutkija, liikuntatieteiden lisensiaatti ja kasvatustieteiden maisteri Harri Rintala Ilmavoimien esikunnasta. Ilmailufysiologisissa mittauksissa ovat avustaneet osastoupseeri, luutnantti Matti Martikainen, Keskussotilassairaalan Ilmavoimaosastolta, fysioterapeutti Elli Suoninen ja TtM, ft Jaana Ulaska Keskussotilassairaalan fysioterapianosastolta. Vuoden 2004 testeissä Rintalan avustajana toimi liikunnanohjaaja Henri Hänninen Kauhavan Lentosotakoulusta. Tutkija Harri Rintala on henkilökohtaisesti kouluttanut edellä mainitut avustajat. Hän on toiminut myös valvojana testaustilanteissa, joissa ei itse toiminut testaajana. Rintala (13.12.2005) on, oman arvionsa mukaan, itse testannut noin 80 % koko populaatiosta.



Rintalan (13.12.2005) mukaan testituloksissa ei havaittu eri testiajien välillä merkittäviä eroja. Isometristen testien osalta onkin tieteellisesti todistettu (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; Malm 2005), että testien toistettavuus ja mittausten luotettavuus ovat hyviä. (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; Malm 2005; H.Rintala, henkilökohtainen tiedonanto. 13.12.2005.)

Niskan fleksion ja ekstension mittaamisessa on pään kiinnittämisessä dynamometriin käytetty kolmea eri menetelmää: vuosina 1997 ja 1998 käytössä oli menetelmä, jossa pään ympäri vedetty panta kiinnitettiin dynamometriin, vuosina 1999 ja 2000 pää kiinnitettiin dynamometriin kypärällä ja vuosina 2001, 2002, 2003 ja 2004 päätä ei varsinaisesti kiinnitetty dynamometriin, vaan suoritukset tehtiin tukea vasten. Halmetin ym. (2002) mukaan niskan ja kaulan voimien mittaustulokset kypäräkiinnityksellä ja tukea vasten tehtynä ovat keskenään vertailukelpoisia. Rintalan (12.12.2005) mukaan kaikki kolme menetelmää ovat osoittautuneet keskenään vertailukelpoisiksi – mittaustulosten keskiarvojen erotukset ovat olleet maksimissaan 1 kilogramman luokkaa eri kiinnitysmenetelmien välillä. (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; H.Rintala, henkilökohtainen tiedonanto. 12.12.2005.)

Heittoporttitestissä on heittoetäisyytenä käytetty 3,5 metrin matkaa. Poikkeuksena vuosi 1998, jolloin etäisyytenä käytettiin 4,0 metrin matkaa. Käyttämällä vakiokerrointa (tässä tapauksessa 0,7) saatiin vuoden 1998 heittoporttitestin tuloksista vertailukelpoisia muiden tulosten kanssa. Tällaista muuntokerrointa käytettäessä on kuitenkin huomioitava, etteivät kertomalla saadut tulokset ole täysin absoluuttisten mittaustulosten veroisia, mikä on huomioitava muun muassa tulosten analysoinnissa ja tutkimuksen reliabiliteettia arvioitaessa.

#### **8.5.4. Koeasetelma**

Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötason ja sen muutoksien (vuodesta 1997 vuoteen 2004) määrittämiseen on empiirisenä aineistona käytetty Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen lihaskuntotestituloksia sekä koehenkilöiden esitietoja. Nämä tiedot on testivaiheessa kirjattu ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” – lomakkeille (Liite 1). Lomakkeilta tiedot kirjattiin Excel-taulukko-ohjelmaan, josta se saatiin suoraan siirrettyä datatiedostoina SPSS - tilasto-ohjelmaan analysointia varten. Termien ”koehenkilöiden esitiedot” ja ”kuntotestien rakenne” sisältö on selostettu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

### 8.5.5. Koehenkilöiden esitiedot

Jokaisen tutkimukseen osallistuneen koehenkilön esitiedoista otettiin huomioon henkilön sukupuoli, testausvuosi, ikä, pituus, paino, BMI sekä liikuntakäyttäytyminen. Nämä esitiedot kirjattiin ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” – lomakkeille (Liite 1). Pituus ja paino mitattiin testauksen yhteydessä.

### 8.5.6. Kuntotestien rakenne

Tässä tutkimuksessa on empiirisenä aineistona käytetty valintavaiheessa tehtyjen kuntotestien tuloksia. Kaikki tarvittava materiaali on aikanaan testauksen yhteydessä kirjattu ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” – lomakkeille. Näistä lomakkeille kirjatusta tuloksista on tässä tutkimuksessa hyödynnetty seuraavia:

- Testipäivämäärä
- Antropometriset mitat (pituus, paino ja BMI) ja koehenkilön ikä
- Laboratorio-olosuhteissa suoritettu seitsenosainen lihasvoimatestistö
- Varusmiesten kuntotestin perusteella määritellyt lihaskuntopisteet sekä niitä vastaava lihaskuntoluokka
- Aerobinen teho,  $W_{\max 1}/\text{kg}$  (polkupyöräergometritesti)
- Liikunnanharrastajatyypin (1 = Taito-; 2 = Taito – Teho -; 3 = Kestävyys - tyyppi)

Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheessa kuntotestien pääpaino on voimaominaisuuksien testaamisessa. Kuntotestit sisältävät viisisosaisen, kestovoiman kenttätestejä sisältävän, niin sanotun varusmiesten kuntotestin sekä seitsenosaisen, laboratorio-olosuhteissa suoritettavan lihasvoimatestistön. Varusmiesten kuntotestissä kuntoluokkien rajat ovat samat kuin yleisesti kaikkien varusmiesten testauksessa (taulukko 7) ja läpäisyvaatimuksena on 9 (=hyvä) pistettä. Näiden testien lisäksi hakijoiden maksimaalista suorituskykyä testataan polkupyöräergometritestillä. Tässä minimivaatimuksena on  $W_{\max 1}/\text{kg} > 3,5$ . Varusmiesten kuntotesti ja polkupyöräergometritesti suoritetaan valintajärjestelmän toisessa vaiheessa, seitsenosainen lihasvoimatestistö valintajärjestelmän viimeisessä vaiheessa. (PAK I 3:03; Oksa ym. 1997.)

Varusmiesten lihaskuntotestit sisältävät viisi osaa:

1. Etunojapunnerrus, krt/60s (käsien ja hartiaseudun ojentajalihakset)
2. Käsinkohonta (käsien ja hartiaseudun koukistajalihakset)
3. Istumaannousu, krt/60s (keskivartalon lihasvoima)
4. Selkäliahastesti, krt/60s (keskivartalon lihasvoima)
5. Vauhditon pituushyppy (cm)

**Lihaskuntotestien suoritusperiaatteet on selitetty yksityiskohtaisemmin liitteessä 2 Kestovoiman kenttätetit.** Lihaskunto ja lihaskuntoluokka ilmaistaan lihaskuntoindeksillä (LKI), jossa lihaskuntotestin osasuoritusten pisteet lasketaan yhteen. Fyysinen kunto ilmaistaan indeksillä, joka saadaan kestävyys- ja lihaskuntotuloksen yhteistuloksesta. Lihaskuntotestien osasuorituksista sekä Cooperin testistä saa pisteitä 0 – 3 (Huono = 0p, tyydyttävä = 1p, hyvä = 2p, ja kiitettävä = 3p). Varusmiesten fyysisen kunnan indeksi (VKI) ja naisten fyysisen kunnan indeksi (NKI) määräytyvät Cooperin testin ja lihaskuntoindeksin yhteistuloksena. (PE-Koul-os:n PAK A 1:5.1.1,1997) Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen kuntotetit eivät sisällä Cooperin testiä, joten VKI:tä ei voitu määrittää, eikä tässä tutkimuksessa käyttää. Näin ollen lihaskuntotestien tuloksista käytettiin hyväksi vain lihaskuntopisteitä ja niiden perusteella määriteltyä lihaskuntoluokkaa.

Taulukko 7. Varusmiesten fyysisen kunnon viitearvot. <sup>1)</sup>Naisilla oma suoritustekniikka. (naisten luokitus suluisa)

Testi	Kuntoluokat			
	Huono	Tyydyttävä	Hyvä	Kiitettävä
Vauhditon pituus	Alle 2,00m (alle 1,65m)	2,00m (1,65m)	2,20m (1,85m)	2,40m (2,05m)
Vatsalihastesti	Alle 32 (alle 28)	32 (28)	40 (36)	48 (44)
Selkäliahastesti	Alle 40 (alle 25)	40 (25)	50 (35)	60 (45)
Etunojapunnerrus	Alle 22 (alle 14)	22 (14)	30 (18)	38 (22)
Käsinkohonta <sup>1)</sup>	Alle 6 (alle 8)	6 (8)	10 (14)	14 (20)
Lihaskunto- luokka	<b>0-4</b> <b>pistettä</b>	<b>5-8</b> <b>pistettä</b>	<b>9-12</b> <b>pistettä</b>	<b>13-15</b> <b>pistettä</b>
Cooper-testi	Alle 2200m  (alle 2000m)	2200m  (2000m)	2600m  (2400m)	3000m  (2800m)
VKI NKI	<b>Alle 13</b>	<b>13,00-16,99</b>	<b>17,00-20,99</b>	<b>21-</b>

(PEKoul-os:n PAK A 1:5.1.1,1997)

Polkupyöräergometritestiä käytetään koehenkilön maksimaalisen suorituskyvyn arvioimiseen. Testissä mitataan teho, jota testattava pystyy polkemaan kuormaa nostettaessa pienin portain minuutin välein. Ennen testiä tutkittava täyttää kyselylomakkeen, jolla arvioidaan koehenkilön sen hetkistä kuntoa ja terveydentilaa. Tämän jälkeen mitataan testattavan henkilön tarkka paino, kerrotaan testin kulku, suoritetaan PEF-puhallukset (Peak Expiratory Flow), kiinnite-

tään koehenkilölle EKG-elektrodit sekä suoritetaan leposykkeen ja verenpaineen mittaukset. Testi aloitetaan polkemalla 20 W:n teholla. Kuormaa lisätään joka minuutin lopulla (58 sekunnin kohdalla) 20 W:a kerrallaan. Kierrosluku pidetään välillä 50-70 kierrosta/minuutti. Verenpaine mitataan 4, 8, 12 ja 15 minuutin kohdalla, riippuen testin kestosta. Subjekttiivinen raskuusaste, Borg, (Arstila, Kallio & Seppänen 1984) kysytään joka 3. minuutti ja testin loppuvaiheessa joka minuutti. Syke kirjataan joka 3. minuutti. Tämän lisäksi kirjataan testin loppuhetken syke sekä testilaitteelta tarkistettava maksimisyke. Testiä jatketaan niin kauan, kun testattava jaksaa ylläpitää kierroslukua välillä 50-60 kierrosta/minuutti, tai kunnes testattava sanoo lopettavansa testin. Testin päätyttyä kirjataan sen tarkka kesto-aika ja viimeinen kuorma ylös. Kaikki tiedot kirjataan työkaavakkeelle. (PAK I 3:03; Kuronen, Rintala & Skyttä 1999.)

Testin tulokset lasketaan seuraavasti:

$$W_{\max 1} = \text{Viimeisen kokonaisen testiminuutin kuorma (W)} + (\text{vajaaksi jääneen kuorman polkuaika (s)} / 60 \times \text{viimeinen kuorman lisäys (20 W)})$$

Jos esimerkiksi testattava polkee kuormalla 340 W, 46 sekuntia ennen testin lopettamista hänen maksimi työtehokseen tulee:

$$W_{\max 1} = 320 + (46 / 60 \times 20) = 320 + 15 = 335 \text{ W}$$

Tästä lasketaan maksimi työteho painokiloa kohden ( $W_{\max 1} / \text{kg}$ ), mikä on myös testin tulos ja tässäkin tutkimuksessa käytettävä muuttuja.

Jos koehenkilön paino on esimerkiksi 82,5 kg hänen tuloksensa on:

$$335 \text{ W} / 82,5 \text{ kg} = 4,06 \text{ W}_{\text{max1}} / \text{kg}$$

(IlmavEh-os PAK I 3:03:03. Liite 06.01.)

Taulukko 8. Käytössä olevat polkupyöräergometritestin viitearvot.

TESTI	HYLÄTTY	VÄLTTÄVÄ	HYVÄ	KIITETTÄVÄ
<b>Aerobinen teho</b> ( $W_{\text{max1}}/\text{kg}$ )	< 3,5	3,5 - 3,8	3,8 - 4,3	> 4,3

(IlmavEh-os PAK I 3:03:03. Liite 06.01)

Ohjaajakurssin valintaprosessin viimeisessä vaiheessa on ollut vuodesta 1997 lähtien koe-käytössä seitsenosainen (kuusi lihasvoimaa testaavaa osaa ja BMI) lihasvoimatestistö. Näiden laboratorio - olosuhteissa suoritettujen lihasvoimatestien avulla testataan kehon tärkeimmät lihasryhmät sekä erityisesti hävittäjäalentäjille ongelmalliseksi havaittu niskan ja hartian seutu. Lihasvoimatestit suoritetaan Newtest Oy:n valmistamalla dynamometrillä. (Kuronen ym. 1997.)

Koe aloitetaan kertomalla testattavalle mittausten tarkoitus, testien suoritusperiaatteet sekä testin kulku. Testitapahtuma aloitetaan mittaamalla koehenkilöiden paino ja pituus. Tämän jälkeen testattavat suorittavat noin 10 – 15 minuutin alkuverryttelyn, joka sisältää noin 5 minuuttia kuntopyöräilyä kevyellä vastuksella, kyykkyhyppyjä, etunojapunnerruksia, vatsa- ja selkälihasliikkeitä sekä lyhyitä venytyksiä niska- ja hartiaseudun alueelle. Ennen varsinaisen testauksen aloittamista, testilaite säädetään vuorossa olevalle koehenkilölle sopivaksi.



Kuvio 28. Alkuverryttelyä.



Kuvio 29. Testilaitteen säätö koehenkilölle sopivaksi.

Lihisvoimatestit sisältävät seuraavat osiot:

1. Anaerobinen teho

- Suoritetaan tekemällä 16 sekunnin ajan (noin 15) toisiaan välittömästi seuraavia maksimaalisia hyppyjä kontaktimatolla
- Hyppyjen välillä matossa vietettävä aika pitäisi olla mahdollisimman lyhyt
- Koehenkilön on käytävä maassa 90° polvikulmassa
- Kädet pidetään lanteilla koko testin ajan
- Hyppyihin kuluneen kokonaisajan, hyppyjen lukumäärän ja kumuloituneen lentoajan perusteella testilaitteisto laskee tehdyn lihastyön tehon
- Testi kuvaa alaraajojen ja lantion seudun lihaksiston anaerobista tehoa eli kykyä ylläpitää maksimaalista voimantuottoa lyhytkestoisesti
- Testitulokseksi saadaan tehontuottoa painokiloa kohden (W/kg)



Kuvio 30. Anaerobisen tehon mittaus kontaktimatolla.



## 2. Vartalon koukistajien maksimivoima

- Koehenkilö seisoo dynamometrissä, kasvot dynamometrissä poispäin tuettuna polvista, lantiosta ja rinnasta
- Vartaloa koukistetaan maksimaalisesti (isometrinen työ) eteenpäin
- Testi kuvaa vatsalihasten ja lantion koukistajien lihasten maksimaalista voimaa
- Testitulokset kilogrammoina (kg)



Kuvio 31. Vartalon koukistajien isometrisen maksimivoiman mittaaminen dynamometrillä.

### 3. Vartalon ojentajien maksimivoima

- Koehenkilö seisoo dynamometrissä, kasvot dynamometriin päin tuettu-  
na polvista, lantiosta ja rinnasta
- Vartaloa koukistetaan maksimaalisesti (isometrinen työ) taaksepäin
- Testi kuvaa selkälihasten ja lantion ojentajien lihasten maksimaalista  
voimaa
- Testitulokset kilogrammoina (kg)



Kuvio 32. Vartalon ojentajien isometrisen maksimivoiman mittaus dynamometrillä.

#### 4. Pään ojennus taaksepäin (niskan ekstensio)

- Koehenkilö seisoo dynamometrissä, kasvot dynamometriin päin tuettuna lantiosta ja rinnasta. Pään kiinnittämisessä dynamometriin on käytetty vuosien aikana kolmea eri menetelmää (katso kappale 8.4.3 Tutkimusvälineistö).
- Päätä ojennetaan maksimaalisesti taaksepäin (isometrinen työ)
- Testi kuvaa kaularangan lihasten maksimaalista ojennusvoimaa
- Testitulokset ilmoitetaan kilogrammoina (kg)



Kuvio 33. Pään ojennus taaksepäin. Niskan isometrisen maksimivoiman mittaus dynamometrillä.

## 5. Pään koukistus eteenpäin (niskan fleksio)

- Koehenkilö seisoo dynamometrissä, kasvot dynamometrissä poispäin tuettuna lantiosta ja rinnasta. Pään kiinnittämisessä dynamometriin on käytetty vuosien aikana kolmea eri menetelmää (katso kappale 8.4.3 Tutkimusvälineistö).
- Päätä koukistetaan (nyökätään) maksimaalisesti eteenpäin (isometrinen työ)
- Testi kuvaa kaularangan lihasten maksimaalista koukistusvoimaa
- Testitulokset kilogrammoina (kg)



Kuvio 34. Pään koukistus eteenpäin. Kaulan isometrisen maksimivoiman mittaus dynamometrillä.

## 6. Heittoporttitestesti, eli ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti

- Koehenkilö heittää maksimaalisesti 1kg painavaa kuntopalloa kaksin käsin pään yläpuolelta (sivurajaheitto) 3,5 metrin matkan (vuonna 1998 käytettiin 4,0 metrin matkaa). Heiton aikana vartaloa saa taivuttaa, mutta heittoviivaa ei saa ylittää.
- Pallon lentoaika viimeisen 2,5 metrin matkalta mitataan
- Metrin päässä koehenkilön edessä on valokennojen ja peilien avulla muodostettu infrapunaverho. Kun pallo osuu verhoon, ajan mittaus käynnistyy, ja kun pallo osuu seinällä olevaan kontaktimattoon (2,5 metriä verhon takana), ajan mittaus päättyy
- Testi kuvaa koehenkilön ylävartalon ja käsien maksimaalista voimatasoa sekä kykyä koordinoida voimantuottoa.
- Testitulokset pallon lentoaika (ms)



Kuvio 35. Heittoporttitestesti, eli ylävartalon ja käsien dynaaminen voima- ja koordinaatiotesti.

## 7. BMI:n laskeminen

- BMI lasketaan testauksen yhteydessä tehtyjen pituus ja paino mittaus- tulosten perusteella kaavalla:  $BMI = \text{paino (kg)} / \text{pituus (m)}^2$

Kussakin testissä tehdään kolme maksimaalista suoritusta (paitsi anaerobinen teho), joista paras tulos otetaan huomioon. Tulokset kirjataan näyttölaitteelta ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa” – lomakkeille (Liite 1). Testien aikana koehenkilöiden hyppy- ja heittomotoriikka arvioidaan asteikolla 1-3 (1. Kankea, 2. Normaali, 3. Erittäin sujuva). (Kuronen ym. 1997; PAK I 3:03:03. Liite 06.02.) Testin jälkeen testaaja antaa koehenkilölle välittömän palautteen testin onnistumisesta (kuva 37).



Kuvio 36. Näyttölaite sekä tulosten tilastolliseen analysointiin käytettävä tietokone.



Kuvio 37. Testipalautteen anto.

Taulukko 9. Viimeisen valintavaiheen lihaskuntotestien ohjeelliset minimisuositukset.

BMI	Rasva %	Kaula	Niska	Vatsa	Selkä	Heitto	Hypy
(18- 19 - 25 (-27)	< 21 %	> 15 kg	> 22 kg	> 70 %	> 95 %	< 240 ms	>18 W/kg

(IlmavEh-os PAK I 3:03:03. Liite 06.02)

Lisäksi valintaprosessin viimeisessä vaiheessa koehenkilöt jaetaan liikunnallisen elämäntavan ja liikuntaharrasteiden anamneesin perusteella Kestävyys-, Taito – Teho- ja Taito - tyypeihin. Näistä Kestävyys – tyypeillä, nimensä mukaisesti, kestävyysominaisuudet ovat fyysisistä ominaisuuksista hallitsevia. Kestävyyden kategoriaan kuuluvat esimerkiksi suunnistajat ja pitkänmatkanjuoksijat. Kestävyysominaisuuksia mitataan valintavaiheessa polkupyöräergometritestillä. Taito – Teho – tyypeillä fyysiset voimaominaisuudet ovat taito- ja kestä-

vyysominaisuuksia hallitsevampia. Esimerkiksi jääkiekkoilijoiden ominaisuudet vastaavat hyvin usein Taito – Teho – tyyppisen henkilön fyysisiä ominaisuuksia. Taito – Teho – tyyppiä ominaisuuksia mitataan valintavaiheessa esimerkiksi isometrisillä dynamometritesteillä. Taito – tyypeillä vallitsevimpia ominaisuuksia ovat yleistaitavuuteen ja lajikohtaiseen taitavuuteen liittyvät tekijät, mukaan lukien koordinaatiokyvyt. Näitä ominaisuuksia mitataan esimerkiksi anaerobisen tehon testillä (mittaa muun muassa ajoitustarkkuutta, suuntatarkkuutta, tasapainoa, yhdistelyä ja voimaerottelua), heittoporttitestillä (mittaa muun muassa voimaerottelua, suuntatarkkuutta ja yhdistelyä) ja varusmiesten kuntotestin vauhdittomalla pituushypyillä (mittaa muun muassa suuntatarkkuutta). (Nupponen ym. 1999; Rintala, Skyttä & Kuronen 2000; P. Huotari. Henkilökohtainen tiedonanto 8.2.2006.)



## 9. TUTKIMUKSEN KULKU JA EMPIIRINEN TOTEUTUS

### 9.1. Aineiston keruu

Tutkimuksessa käytetty empirinen aineisto - vuosien 1997–2004 aikana ohjaajakursseille valittujen koehenkilöiden taustatiedot (nimi, ikä, liikuntakäyttäytyminen), antropometriset muuttujat (pituus, paino ja BMI), valintaprosessin toisen vaiheen lihaskuntotestitulokset (lihaskuntoluokka ja -pisteet) sekä viimeisen vaiheen lihasvoimatestistön testitulokset on testaa- jien toimesta kirjattu valintaprosessin viimeisessä vaiheessa ”Fyysinen suorituskyky ja liikun- nallinen elämäntapa” – lomakkeille (Liite 2).

Empiirinen aineisto, valintatestidata, kirjattiin ”Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elä- mäntapa” - lomakkeilta Excel-taulukko-ohjelmaan, josta se saatiin suoraan siirrettyä datatie- dostona SPSS - tilasto-ohjelmaan käsittelyä ja analysointia varten.

Mittausten suorittamiseen ja tulosten keräämiseen käytetyt testausmenetelmät on käsitelty yk- sityiskohtaisesti edellisissä kappaleissa, minkä vuoksi niihin ei paneuduta enää tässä yhtey- dessä.

### 9.2. Aineiston käsittely

Empiirinen aineisto jaettiin käsittelyä varten ryhmiin kahdella tavalla:

- Vuosikurssien mukaan (1997-2004) sekä
- Eri muuttujien mukaan

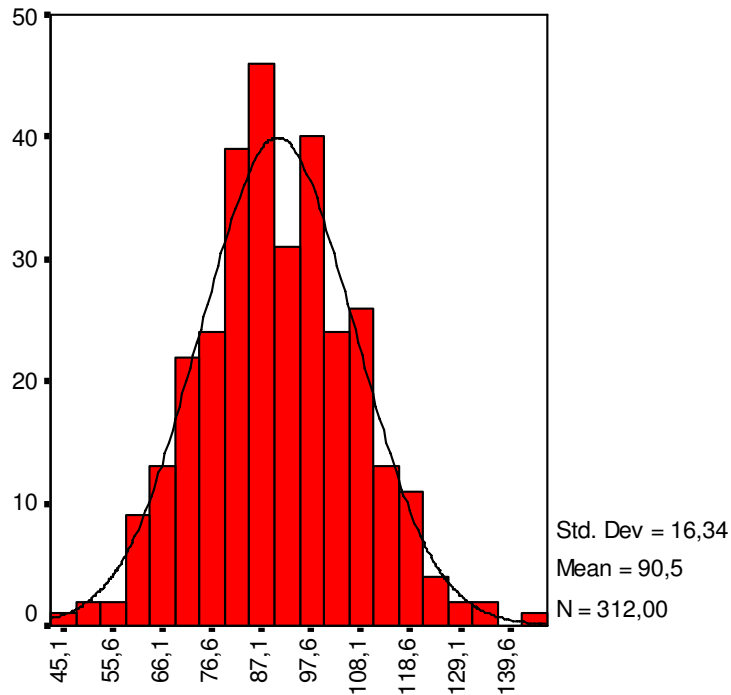
Tutkimusongelmien 1., 1.1 ja 1.2 tarkastelussa aineisto oli jaettu eri muuttujien mukaan, kun taas ongelmien 2., 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 ja 2.5 tarkastelussa käytettiin vuosikurssien mukaista ja- koa.

Aineiston käsittely suoritettiin Excel- ja SPSS-tilasto-ohjelmilla, josta oli käytössä versio 11.01.

### 9.2.1. Normaaliuden tarkastelu

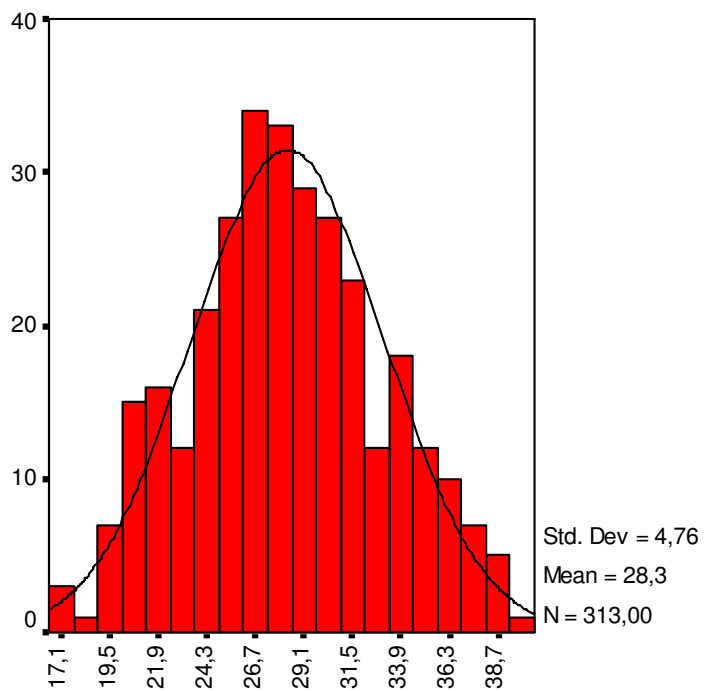
Aineiston analysointi aloitettiin tutkimalla perusjoukon normaaliutta. Tämä tarkastelu suoritettiin SPSS - tilasto-ohjelmalla. Tarkastelu tehtiin sekä karkeita jakaumakuvioita tutkien (histogrammi ja Q-Q-kuvio) että tilastollisen testin (Kolmogorov-Smirnov) avulla. Aineisto oli jaettu ryhmiin eri muuttujien mukaan. (Ansell & Phillips 1994, 188-189; Heikkilä 2001, 235; Holopainen & Pulkkinen 2001, 123-124; Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004; Karttunen 2001, 61-64; Laininen 2000, 56.)

Ansellin ja Phillipsin (1994) mukaan jakaumankuvion tarkastelu on syytä tehdä heti tilastollisen analyysin alussa, sillä se saattaa olla hyvinkin informatiivista, osoittaen mahdollisesti muun muassa datan homogeenisyyden luonnetta ja voimakkuutta (Ansell & Phillips 1994, 188-189). Histogrammien ja Q-Q-kuvioiden perusteella jakaumien todettiin olevan normaalisti jakautuneita. Seuraavissa kuvioissa on esimerkkejä perusjoukon jakautuneisuudesta eri muuttujien mukaan jaettuna. Kuviossa 38 on kuvattu vartalon ojentajien isometrisen maksimivoiman (muuttuja SELKÄ) jakautuneisuutta ja kuviossa 39 niskan isometrisen maksimivoiman (muuttuja NISKA) jakautuneisuutta histogrammien avulla. Kuvioissa 40-41 jakautuneisuudet kuvattuina Q-Q-kuvioilla, muuttuja VATSA tarkoittaa vartalon koukistajien isometristä maksimivoimaa ja muuttuja PALLO heittoporttitestiä, eli ylävartalon ja käsien dynaamisen voiman ja koordinaation testiä.



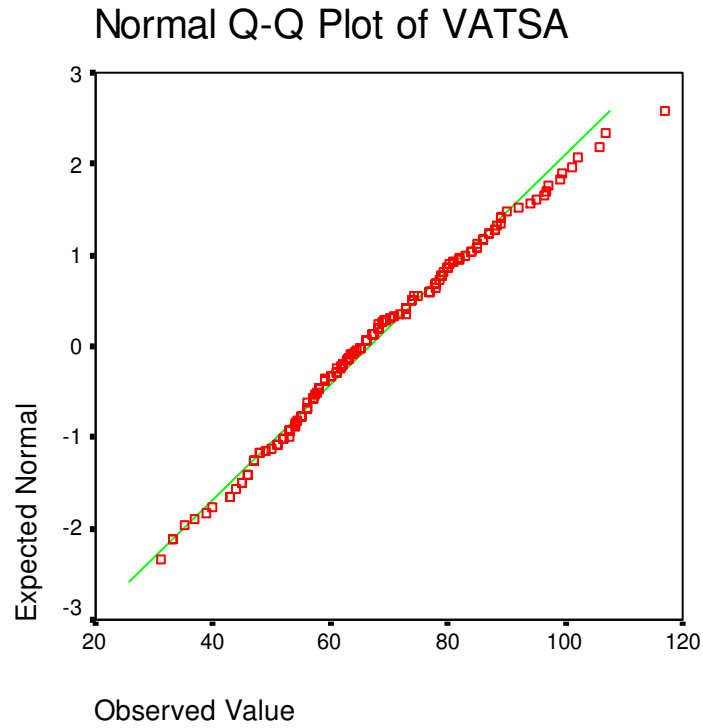
SELKÄ

Kuvio 38. Vartalon ojentajien isometrisen maksimivoiman histogrammi.

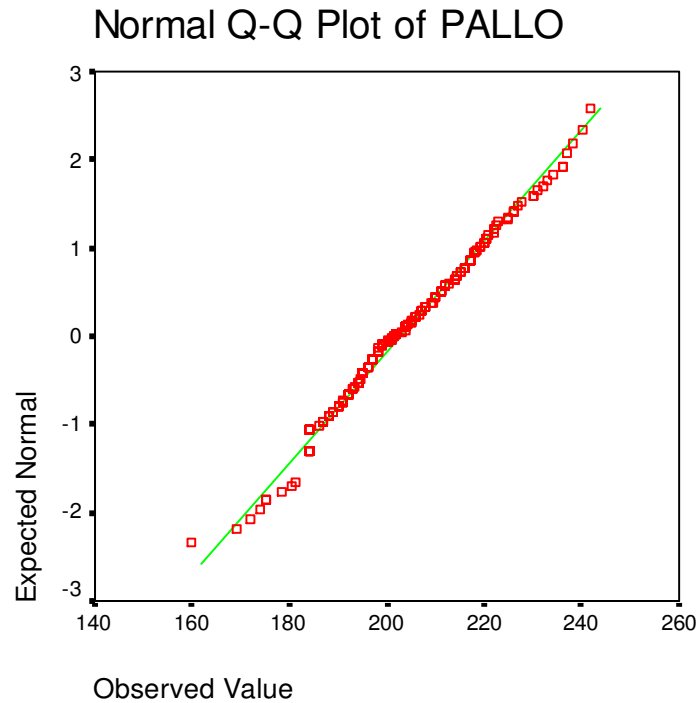


NISKA

Kuvio 39. Niskan isometrisen maksimivoiman histogrammi.



Kuvio 40. Vartalon koukistajien isometrisen maksimivoiman tulosten jakautuneisuus suhteessa normaalijakaumaan Q-Q-kuviolla kuvattuna



Kuvio 41. Heittoporttitestin tulosten jakautuneisuus suhteessa normaalijakaumaan Q-Q-kuviolla kuvattuna

Jakauman muodon määrittämiseen käytettiin myös Kolmogorov-Smirnovin testiä. Samalla huomioitiin, että testi paljastaa herkästi pienetkin erot tilastollisesti merkitseviksi, kun otoskoko on riittävän suuri, kuten tässäkin tapauksessa. (Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004; Karttunen 2001, 61-64.) Kolmogorov-Smirnovin testissä nollihypoteesina oli, että muuttujat ovat normaalisti jakautuneita. Muuttuja BMI kuvaa kehon painoindeksiä, HYPPY anaerobista tehoa, PALLO heittoporttitestiä, VATSA vartalon koukistajien isometristä maksimivoimaa, SELKÄ vartalon ojentajien isometristä maksimivoimaa, KAULA kaulan isometristä maksimivoimaa, NISKA niskan isometristä maksimivoimaa, AEROB\_T polkupyöräergometritestiä, PITUUS koehenkilön pituutta, PAINO koehenkilön painoa, VATSA\_SU vartalon koukistajien isometristä maksimivoimaa suhteessa koehenkilön painoon ja SELKÄ\_SU vartalon ojentajien isometristä maksimivoimaa suhteessa koehenkilön painoon. Testillä saatujen merkitsevyystasojen mukaan muuttujien HYPPY ( $p=0,003$ ), PALLO ( $p=0,000$ ), VATSA ( $p<0,05$ ), KAULA ( $p=0,000$ ) ja AEROB\_T ( $p=0,000$ ) nollihypoteesit hylätään, joten testin mukaan ne eivät ole normaalisti jakautuneita. Otannan suuruuden ja jakaumakuvioiden (histogrammit ja Q-Q-kuviot) perusteella voitaisiin edelleen kuitenkin käyttää parametrisia menetelmiä aineiston analysoinnissa, mutta tutkimuksen reliabiliteetin lisäksi edellä mainittujen muuttujien kohdalla on käytettävä parametrisen testin lisäksi ei-parametrinen testiä. (Ansell & Phillips 1994, 188-189; Heikkilä 2001, 235; Holopainen & Pulkkinen 2001, 123-124; Holopainen, Tenhunen & Vuorinen 2004; Karttunen 2001, 61-64; Laininen 2000, 56.)

Taulukko 10. Muuttujien normalisuus Kolmogorov-Smirnovin testin mukaan.

Tests of Normality			
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Statistic	df	Sig.
BMI	0,029	326	0,200
HYPPY	0,064	314	0,003
PALLO	0,072	317	0,000
VATSA	0,057	312	0,016
SELKÄ	0,038	312	0,200
KAULA	0,073	313	0,000
NISKA	0,033	313	0,200
AEROB_T	0,119	279	0,000
PAINO	0,045	326	0,200
VATSA_SU	0,02601	312	0,200
SELKÄ_SU	0,04814	312	0,078

<sup>a</sup>. Lilliefors Significance Correction

### 9.2.2. Keskiarvojen ja kvartiilien määrittäminen sekä kvartiileihin jako

Tilastollisia analyysejä varten suoritettiin muuttujien keskiarvojen määrittäminen. Viitearvojen muodostamiseksi tuloksista tehtiin minimin ja maksimin välinen tasasuuruinen neljäsosainen jakauma, toisin sanoen kvartiilijakauma. Nämä toimenpiteet suoritettiin SPSS-ohjelmalla. Aikaisemmin (Oksa ym. 1997) luoduissa viitearvoissa muuttujat oli jaettu kvintiileihin. Tässä tutkimuksessa otannan koko oli kuitenkin huomattavasti suurempi kuin aiemmassa tutkimuksessa (aiemmassa tutkimuksessa  $n=165$  ja tässä tutkimuksessa  $n=279-326$ ), joten hypoteesina oli, että toimivien viitearvojen muodostamiseksi jako kvartiileihin oli tarkkuutena riittävä. (Oksa, Rintala & Kuronen 1997.) Taulukossa 11 on kuvattuna muuttujien tunnusluvut: N = koehenkilöiden lukumäärä, Minimum = Huonoin testitulos, Maximum = Paras testitulos, 25% = ensimmäisen ja toisen kvartiilin raja, 50% = toisen ja kolmannen kvartiilin raja, 75% = kolmannen ja neljännen kvartiilin raja, Mean = keskiarvo ja Std. Deviation = keskihajonta.

Taulukko 11. Muuttujien tunnusluvut

Descriptive Statistics								
	N	Minimum	Maximum	25%	50%	75%	Mean	Std. Deviation
IKÄ	323	18,0	22,0	18,00	19,00	19,00	18,8	0,7
PITUUS	326	166,0	190,0	175,00	180,00	183,00	179,1	5,0
PAINO	326	56,0	89,0	67	71	75	71,3	6,4
BMI	326	17,7	26,6	21,1	22,3	23,2	22,2	1,6
HYPPY	314	14,3	35,1	22,3	24,3	26,6	24,5	3,3
PALLO	317	144,2	253,0	190,5	200,9	213,0	201,8	16,3
VATSA	312	22,0	117,0	54,0	64,0	74,2	64,8	15,8
SELKÄ	312	43,0	147,0	80,0	89,0	101,9	90,5	16,3
KAULA	313	8,0	41,9	17,4	19,9	23,1	20,4	5,0
NISKA	313	16,5	40,0	25,2	28,0	31,6	28,3	4,8
LIHASKP	253	8,0	15,0	12,0	13,0	14,0	12,9	1,8
AEROB_T	279	3,3	5,6	4,0	4,2	4,6	4,3	0,4
VATSA_SU	312	32,6	165,6	75,7	90,3	104,2	91,0	20,9
SELKÄ_SU	312	66,2	207,0	112,3	125,0	143,0	127,3	21,7

SPSS-ohjelman avulla kirjattiin ylös myös jokaisen ryhmän, jokaisen muuttujan keskiarvot (Taulukko 12). Vuosiluvut taulukon ylimmillä riveillä kuvaavat eri vuosikursseja. Vuosikursin 1997 osalta ei ollut aerobisen tehon (AEROB\_T), eli polkupyöräergometritestin tuloksia saatavilla.

Taulukko 12. Muuttujien keskiarvot.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>HYPPY</b>	23,5	26,7	25,5	24,2	24,4	25,3	24,1	22,7
<b>PALLO</b>	197,3	201,2	203,3	203,2	201,6	195,8	206,8	205,3
<b>VATSA</b>	59,5	72,1	61,1	65,1	68,7	71,4	61,1	60,7
<b>SELKÄ</b>	92,7	96,9	86,5	89,9	101,0	101,6	76,1	78,5
<b>KAULA</b>	20,0	21,2	19,5	19,0	20,7	21,8	20,3	20,8
<b>NISKA</b>	29,5	30,1	24,1	25,3	31,2	31,4	28,5	27,0
<b>AEROB_T</b>	–	4,2	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,1
<b>BMI</b>	22,4	22,2	22,2	21,8	22,7	22,1	21,9	22,3
<b>PAINO</b>	72,5	71,0	70,7	69,7	72,6	72,3	69,7	71,9
<b>PITUUS</b>	179,7	178,6	178,5	178,6	178,7	180,7	178,4	179,6
<b>VATSA_SU</b>	82,0	101,8	86,6	93,6	95,0	98,2	88,0	91,0
<b>SELKÄ_SU</b>	128,1	137,2	122,8	129,6	139,7	140,7	109,0	109,8

Kvartiileja käytettiin viitearvojen muodostamiseen. Taulukossa 13 on esitetty viitearvoluokituksen periaate.

Taulukko 13. Viitearvoluokituksen periaate.

<b>Tuloksen sijainti neljä-osaisessa jakaumassa</b>	<b>Kuntoluokka</b>	<b>Kuntoluokan numero</b>
Alin neljännes	Heikko	1
Toiseksi alin neljännes	Tyydyttävä	2
Toiseksi ylin neljännes	Hyvä	3
Ylin neljännes	Erinomainen	4

### 9.2.3. Ryhmien väliset erot

Ryhmien välisiä eroja tutkittiin sekä parametrisella varianssianalyysillä että ei-parametrisella Mann-Whitneyn U-testillä (myöhemmin käsiteltäessä U-testi). Varianssianalyysiä käytettiin kaikkien muuttujien testaamisessa. U-testiä käytettiin tulosten reliabiliuden varmistamiseksi niissä testeissä, joissa varianssianalyysin ehdot eivät täysin täytyneet, eli tilanteissa joissa perusjoukko ei ollut Kolmogorov-Smirnovin testin mukaan normaalisti jakautunut, tai ryhmien varianssit olivat eri suuria. (Heikkilä 2001; Karttunen 2001; Laininen 2000; Metsämuuronen 2002b; Metsämuuronen 2004.)

Varianssianalyysissä nollassa nollahypoteesina oli, ettei ryhmien, toisin sanoen vuosikursien, testitulosten keskiarvoissa ole eroja. Varianssianalyysin mukaan muuttujien PALLO ( $p < 0,05$ ), HYPPY ( $p = 0,000$ ), VATSA ( $p = 0,000$ ), SELKÄ ( $p = 0,000$ ), NISKA ( $p = 0,000$ ), VATSA\_SU ( $p = 0,000$ ) ja SELKÄ\_SU ( $p = 0,000$ ) osalta nollahypoteesi tulee hylätä, eli näiden muuttujien osalta ryhmien välillä on tilastollisesti merkittävää eroa.



Taulukko 14. Ryhmien väliset erot yksisuuntaisella varianssianalyysillä laskettuna.

ANOVA	Yksisuuntainen varianssianalyysi					
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PALLO	Between Groups	3754,0	7,0	536,3	2,06	0,048
	Within Groups	80548,2	309,0	260,7		
	Total	84302,2	316,0			
PAINO	Between Groups	396,5	7,0	56,6	1,39	0,211
	Within Groups	13001,2	318,0	40,9		
	Total	13397,7	325,0			
BMI	Between Groups	21,2	7,0	3,0	1,18	0,316
	Within Groups	817,4	318,0	2,6		
	Total	838,6	325,0			
HYPPY	Between Groups	418,6	7,0	59,8	6,02	0,000
	Within Groups	3038,3	306,0	9,9		
	Total	3456,9	313,0			
VATSA	Between Groups	7004,8	7,0	1000,7	4,32	0,000
	Within Groups	70337,5	304,0	231,4		
	Total	77342,3	311,0			
SELKÄ	Between Groups	23475,5	7,0	3353,6	17,12	0,000
	Within Groups	59555,3	304,0	195,9		
	Total	83030,8	311,0			
KAULA	Between Groups	228,0	7,0	32,6	1,32	0,238
	Within Groups	7498,3	305,0	24,6		
	Total	7726,3	312,0			
NISKA	Between Groups	2017,0	7,0	288,1	17,43	0,000
	Within Groups	5042,9	305,0	16,5		
	Total	7059,9	312,0			
LIHASKP	Between Groups	18,3	6,0	3,1	0,95	0,461
	Within Groups	791,4	246,0	3,2		
	Total	809,7	252,0			
AEROB_T	Between Groups	2,4	6,00	0,41	2,10	0,053
	Within Groups	52,7	272,00	0,19		
	Total	55,1	278,00			
VATSA_SU	Between Groups	13126,2	7,00	1875,2	4,66	0,000
	Within Groups	122339,2	304,00	402,4		
	Total	135465,4	311,00			
SELKÄ_SU	Between Groups	39464,2	7,00	5637,7	16,05	0,000
	Within Groups	106764,1	304,00	351,2		
	Total	146228,4	311,00			

Normaalijakautuneisuuden lisäksi varianssianalyysin käytön edellytyksenä on, että muuttujan varianssit eri ryhmissä ovat yhtä suuret (Heikkilä 2001, 225). Muuttujien variansseja eri ryhmissä testattiin SPSS-ohjelman varianssitestillä (Levenen testi). Nollahypoteesina testissä on, että varianssit eri ryhmissä ovat yhtä suuret. Testin mukaan muuttujien KAULA ( $p < 0,05$ ), NISKA ( $p < 0,05$ ) ja AEROB\_T ( $p < 0,05$ ) osalta nollahypoteesi tulee hylättyä, eli varianssit näissä ryhmissä ovat erisuuruisia. Toisin sanoen, varianssianalyysin ehdot eivät näiden kolmen muuttujan kohdalla täysin toteudu. (Heikkilä 2001, 225.)

Taulukko 15. Levenen varianssitesti.

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
VATSA	0,82	7	304	0,570
PAINO	0,49	7	318	0,843
BMI	0,62	7	318	0,742
HYPPY	1,06	7	306	0,392
PALLO	1,19	7	309	0,309
SELKÄ	1,93	7	304	0,064
KAULA	2,44	7	305	0,019
NISKA	2,77	7	305	0,008
AEROB_T	3,56	6	272	0,002
VATSA_SU	1,29	7	304	0,255
SELKÄ_SU	1,23	7	304	0,288

Kolmogorov-Smirnovin testin mukaan muuttujat HYPPY ( $p=0,003$ ), PALLO ( $p=0,000$ ), VATSA ( $p<0,05$ ), KAULA ( $p=0,000$ ) ja AEROB\_T ( $p=0,000$ ) eivät olleet normaalisti ja-kautuneita. Varianssitestin mukaan muuttujien KAULA ( $p<0,05$ ), NISKA ( $p<0,05$ ) ja AEROB\_T ( $p<0,05$ ) ryhmissä varianssit eivät ole yhtä suuria. Näin ollen muuttujien HYPPY, PALLO, VATSA, KAULA, AEROB\_T ja NISKA osalta tulisi ryhmien välisiä tilastollisia eroja tutkia ei-parametrisella testillä. Tässä tapauksessa käytettiin U-testiä, joka on yksi tehokkaimmista ei-parametrisistä testeistä (Heikkilä 2001, 234; Karttunen 2001, 59-61; Laininen 2000, 47-48; Metsämuuronen 2002b, 58-61; Metsämuuronen 2004, 181-193).

U-testin parittaista vertailua varten piti jokaisesta kuudesta tutkittavasta testimuuttujasta poimia huonoimman ja parhaan ryhmän tulos (taulukko 16). Muuttujan HYPPY huonoin tulos oli ryhmällä 2004 (22,7 W/kg) ja paras tulos ryhmällä 1998 (26,7 W/kg). Muuttujan PALLO huonoin tulos oli ryhmällä 2003 (206,8 ms) ja paras tulos ryhmällä 2002 (195,8 ms). Muuttujan VATSA huonoin tulos oli ryhmällä 1997 (59,5 kg) ja paras tulos ryhmällä 1998 (72,1 kg). Muuttujan KAULA huonoin tulos oli ryhmällä 2000 (19,0 kg) ja paras tulos ryhmällä 2002 (21,8 kg). Muuttujan AEROB\_T huonoin tulos oli ryhmällä 2004 (4,1  $W_{\max 1}$ /kg) ja paras tulos ryhmällä 1999 (4,4  $W_{\max 1}$ /kg). Muuttujan NISKA huonoin tulos oli ryhmällä 1999 (24,1 kg) ja paras tulos ryhmällä 2002 (31,4 kg). Vertailu ja tilastolliset ajot tehtiin SPSS-ohjelmalla. U-testin nollahypoteesina on, että ryhmien välillä ei ole eroja. Testitulosten mukaan muuttujien NISKA ( $p=0,000$ ), PALLO ( $p<0,05$ ), HYPPY ( $p=0,000$ ) ja VATSA ( $p=0,000$ ) osalta nollahypoteesi tulee hylätä, joten näiden muuttujien osalta ryhmien välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja. Muuttujien KAULA ( $p>0,05$ ) ja AEROB\_T ( $p>0,05$ ) osalta

nollahypoteesi jää voimaan. Tulokset ovat yhteneviä varianssianalyysillä saatujen tulosten kanssa.

Taulukko 16. Ryhmien väliset erot U-testillä laskettuna.

	NISKA	KAULA	AEROB_T	PALLO	HYPPY	VATSA
Mann-Whitney U	166,5	494,5	536,5	429	270,5	397,5
Wilcoxon W	1027,5	1440,5	1277,5	1095	1050,5	1343,5
Z	-5,83517	-1,75188	-2,21942	-2,46934	-4,68847	-3,842
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000	0,059	0,064	0,014	0,000	0,000

#### 9.2.4. Testien väliset korrelaatiot

Testien välisten korrelaatiot laskettiin Pearsonin korrelaatiokertoimella käyttäen SPSS-ohjelmaa. Heikkilän (2001) mukaan suuria tapausmääriä tutkittaessa jo varsin pienetkin korrelaatiot voivat osoittautua tilastollisesti merkitseviksi. Esimerkiksi havaintoparien määrällä 500, jo 0,1:n suuruiset korrelaatiokertoimen arvot merkitseviä 5 %:n merkitsevyystasolla. Tällaisella korrelaatiokertoimen arvolla riippuvuus on kuitenkin yleensä hyvin lievää. (Heikkilä 2001, 206.) Tässä tutkimuksessa korrelaatiokertoimen raja-arvoksi määriteltiin  $\pm 0,2$ , joka sekkin on Heikkilän (2001) mukaan riippuvuutta ajatellen vielä varsin pieni.

Korrelaatiodatasta tehtiin korrelaatiomatriisi, jonka mukaan muuttuja HYPPY korreloi muuttujien PALLO (-0,28,  $p=0,000$ ) ja AEROB\_T (0,20,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja PALLO korreloi, muuttujan HYPPY lisäksi muuttujien PITUUS (-0,24,  $p=0,000$ ), PAINO (-0,39,  $p=0,000$ ), BMI (-0,30,  $p=0,000$ ), VATSA (-0,30,  $p=0,000$ ), SELKÄ (-0,28,  $p=0,000$ ), KAULA (-0,35,  $p=0,000$ ) ja NISKA (-0,24,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja VATSA korreloi, muuttujan PALLO lisäksi muuttujien PAINO (0,35,  $p=0,000$ ), BMI (0,32,  $p=0,000$ ), SELKÄ (0,39,  $p=0,000$ ), KAULA (0,31,  $p=0,000$ ), NISKA (0,33,  $p=0,000$ ), VATSA\_SU (0,58,  $p=0,000$ ) ja SELKÄ\_SU (0,22,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja SELKÄ korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi muuttujien PITUUS (0,25,  $p=0,000$ ), PAINO (0,37,  $p=0,000$ ), BMI (0,28,  $p=0,000$ ), KAULA (0,23,  $p=0,000$ ), NISKA (0,33,  $p=0,000$ ), VATSA\_SU (0,21,  $p=0,000$ ) ja SELKÄ\_SU (0,70,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja KAULA korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi muuttujien PAINO (0,32,  $p=0,000$ ), BMI (0,32,  $p=0,000$ ) ja

NISKA (0,23,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja NISKA korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi muuttujien PAINO (0,33,  $p=0,000$ ) ja BMI (0,28,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja AEROB\_T korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi muuttujien PAINO (0,28,  $p=0,000$ ) ja BMI (0,20,  $p=0,000$ ) kanssa. Muuttuja VATSA\_SU korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi muuttujan SELKÄ\_SU (0,30,  $p=0,000$ ) kanssa.

### 9.2.5. Lihaskuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus

Lihaskuntoluokkien ja liikunnanharrastajatyypin prosentuaaliset jakaumat laskettiin sekä ryhmien sisällä että koko populaatiossa Excel-tilasto-ohjelmalla. Lihaskuntoluokista kiitettävän saavutti prosentuaalisesti suurin osa joukkoa kaikissa muissa ryhmissä paitsi ryhmässä 1998. Ryhmän 1997 osalta lihaskuntoluokkien tietoja ei ollut saatavilla.

Taulukko 17. Lihaskuntoluokkien prosentuaaliset jakaumat.

<b>Lihaskuntoluokka</b>					
<b>Ryhmä</b>	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Kiitettävä</b>
1998	43	1	0 %	57 %	43 %
1999	45	–	2 %	36 %	62 %
2000	44	1	2 %	41 %	57 %
2001	22	15	0 %	36 %	64 %
2002	31	6	0 %	42 %	58 %
2003	36	–	0 %	36 %	64 %
2004	38	1	3 %	26 %	71 %
<b>Yhteensä</b>	<b>260</b>		<b>1 %</b>	<b>40 %</b>	<b>59 %</b>

### 9.2.6. Liikunnanharrastajatyypin suhteellinen jakautuneisuus

Liikunnanharrastajatyypin prosentuaaliset jakaumat laskettiin sekä ryhmien sisällä että koko populaatiossa Excel-tilasto-ohjelmalla -ohjelmalla. Liikunnanharrastajatyypeistä Taito-Teho -tyypit olivat enemmistönä jokaisessa ryhmässä. Toiseksi suurin prosentuaalinen osuus oli Taito -tyyppejä.

Taulukko 18. Liikunnanharrastajatyypin prosentuaaliset jakaumat.

<b>Liikunnanharrastajatyypin</b>					
<b>Ryhmä</b>	<b>N</b>	<b>Missing</b>	<b>Taito</b>	<b>Taito-Teho</b>	<b>Kestävyys</b>
1997	45	–	36 %	55 %	9 %
1998	38	7	29 %	63 %	8 %
1999	44	1	34 %	52 %	14 %
2000	45	–	18 %	73 %	9 %
2001	37	–	22 %	76 %	2 %
2002	37	–	35 %	62 %	3 %
2003	36	–	17 %	75 %	8 %
2004	39	–	23 %	72 %	5 %
Yhteensä	321		22 %	72 %	6 %

### 9.2.7. Lihasvoiman testitulosten vertailu vuonna 1997 saatujen testitulosten kanssa

Oksan ym. (1997) tutkimuksessa lihasvoiman testitulokset jaettiin kvintiileihin, joten vertailun validiteetin parantamiseksi suoritettiin nykyin muuttujien jako kvintiileihin. Tämä tehtiin SPSS – tilasto-ohjelmalla. Taulukossa 19 on vertailtu vuoden 1997 lihasvoiman testituloksista ja tämän tutkimuksen testituloksista muodostettujen kvintiilien raja-arvoja. Muuttujat, joissa nimikkeeseen sisältyy liite ”-97” (esimerkiksi HYPPY-97) tarkoittavat vuoden 1997 tutkimuksen tuloksia. (Oksa ym. 1997.) Silmiinpistävämpänä erona tuloksista voidaan todeta, että kvintiilien välit ovat vanhemmassa tutkimuksessa säännönmukaisesti huomattavasti uudemman tutkimuksen vastaavia suuremmat.

Taulukko 19. Lihasvoiman testitulosten vertailu vuoden 1997 tulosten kanssa.

MUUTTUJA	KVINTIILIT			
	20	40	60	80
HYPPY-97	17	21	25	29
HYPPY	22	24	25	27
PALLO-97	266	242	218	194
PALLO	216	206	197	188
VATSA-97	54	68	82	96
VATSA	52	59	68	79
SELKÄ-97	68	85	100	118
SELKÄ	76	86	94	105
KAULA-97	12	16,6	21	25,4
KAULA	16,8	18,9	20,8	23,7
NISKA-97	20,8	25,7	30,6	35,5
NISKA	24,4	27,0	29,3	32,4
VATSA_SU-97	70	86	103	120
VATSA_SU	72	85	96	108
SELKÄ_SU-97	90	110	130	150
SELKÄ_SU	108	121	132	146

### 9.2.8. Maksimaalisen tehontuoton testitulosten vertailu käytössä oleviin maksimaalisen tehontuoton viitearvoihin

Maksimaalisen tehontuoton, eli aerobisen tehon tuloksia verrattiin tällä hetkellä Ilmavoimissa käytössä oleviin aerobisen tehon viitearvoihin (IlmavEh-os PAK I 3:03:03. Liite 06.01). Vertailu suoritettiin kvartiileilla, koska käytössä olevat viitearvot on tehty kvartiileihin jaon mukaan (taulukko 20). Muuttuja AEROB\_VE tarkoittaa tällä hetkellä käytössä olevia vertailuarvoja. Tässä tutkimuksessa muodostettujen kvartiilien rajojen voidaan todeta olevan selvästi aikaisempia vastaavia korkeampia.

Taulukko 20. Maksimaalisen tehontuoton testitulosten vertailu Ilmavoimissa käytössä oleviin viitearvoihin

	KVARTIILIT		
MUUTTUJA	25	50	75
AEROB_T	4,0	4,2	4,6
AEROB_VE	3,5	3,8	4,3

### 9.2.9. Testitulosten vertailu muiden populaatioiden testituloksiin

Testimuuttujista muiden populaatioiden kanssa vertailtaviksi valittiin vartalon ojentajien ja koukistajien isometriset maksimivoimat suhteessa koehenkilön painoon (VATSA\_SU ja SELKÄ\_SU), koska näistä arvoista on runsaasti vertailtaviksi soveltuvia viitearvoja saatavilla. Vertailtavina populaatioina on käytetty niin sanotun normaaliväestön osalta 20-29 –vuotiaiden miesten viitearvoja, vertaispopulaation osalta jääkiekkoilijoiden viitearvoja ja lajin huippujen osalta painonnostajien viitearvoja. Jääkiekkoilijat valittiin vertaispopulaatioksi, koska laji monilta osin vaatii samankaltaisia fyysisiä ominaisuuksia, kuin hävittäjälentäminen. Lisäksi on yleisesti tiedossa [tutkija itsekin lajia useita vuosia harrastanut], että jääkiekkoilijoille tehdään paljon samankaltaisia isometrisen voiman testejä, kuin sotilaslentäjille. (Liite ry 1999.)

Seuraavaan kvintiilitaulukkoon on koottu Liite ry:n (1999) julkaisemia viitearvoja, jotka on koottu Tampereen urheilulääkäriasemalla, LIKESin testiasemalla ja Kuortaneen urheiluopistolla vuosien 1982-1990 aikana tehdyistä testeistä (Liite ry 1999). Muuttuja SELKÄ\_MIE kuvaa 20-29 vuotiaita suomalaisia miehiä, muuttuja SELKÄ\_JÄÄ jääkiekkoilijoita ja muuttuja SELKÄ\_PAI painonnostajia. Selkätestien tuloksissa muuttuja SELKÄ\_SU vastaa melko pitkälti muuttujan SELKÄ\_JÄÄ tuloksia. Muuttuja SELKÄ\_PAI on joka arvoltaan selvästi muuttujaa SELKÄ\_SU suurempi ja muuttuja SELKÄ\_MIE taas selvästi pienempi. VATSA – muuttujien puolella taas muuttuja VATSA\_SU on samaa tasoa muuttujan VATSA\_MIE kanssa, muuttujien VATSA\_JÄÄ ja VATSA\_PAI ollessa arvoiltaan selvästi edellisiä suurempia.

Taulukko 21. Tulosten vertailu muiden populaatioiden viitearvojen kanssa,

	KVINTIILIT			
MUUTTUJA	20	40	60	80
SELKÄ_SU	108	121	132	146
SELKÄ_MIE	80	95	115	125
SELKÄ_JÄÄ	110	120	140	160
SELKÄ_PAI	120	140	160	180
VATSA_SU	72	85	96	108
VATSA_MIE	70	80	100	110
VATSA_JÄÄ	90	100	120	130
VATSA_PAI	100	120	130	150

Testimuuttujista vertailtiin myös heittoporttitestä (PALLO). Vertailussa käytettiin keihäänheittäjien viitearvoja, jotka tässä tapauksessa edustivat lajin huippuja. Normaaliväestölle, tai vertaisryhmille ei heittoportti testin viitearvoja Liite ry:n (1999) mukaan ole julkaistu. Seuraavaan kvintiilitaulukkoon on koottu Liite ry:n (1999) julkaisemat heittoporttitestin viitearvot, jotka on koottu Kuortaneen Urheiluopistolla 80-luvun puolen välin ja 90-luvun lopun välisenä aikana. (Liite ry 1999.) Muuttuja PALLO\_KEI kuvaa keihäänheittäjiä. Tulosten perusteella muuttuja PALLO\_KEI on joka arvoltaan melko selvästi muuttujaa PALLO pienempi, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa jokaisen arvon kohdalla parempaa tulosta.

Taulukko 22. Heittoporttitestin tulosten vertailu keihäänheittäjien viitearvojen kanssa

	KVINTIILIT			
MUUTTUJA	20	40	60	80
PALLO	216	206	197	188
PALLO_KEI	210	190	170	150



## 10. TULOKSET

### 10.1. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötaso

#### 10.1.1. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn lähtötason viitearvot

Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen henkilöiden fyysisen suorituskyvyn lähtötaso ilmaistiin tunnuslukujen perusteella muodostettujen viitearvojen avulla. Taulukossa 22 esitetään alaraajojen testin, eli anaerobisen tehon viitearvot ja taulukossa 23 keskivartalon lihasvoimatestin viitearvot. Vartalon ojentajien ja koukistajien voimat esitetään sekä absoluuttisina voimatasoina (kg) että suhteutettuna suorittajan kehon painoon (% BW).

Taulukko 22. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen alaraajojen anaerobisen tehon viitearvot.

TESTI	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN
Anaerobinen teho (W/kg)	< 22,3	22,3 – 24,2	24,3 – 26,5	> 26,5

Taulukko 23. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen vartalon koukistajien ja ojentajien maksimaalisen isometrisen voiman (kg) ja kehon painoon suhteutetun voiman (% BW) viitearvot.

TESTI	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN
Vartalon koukistajat (kg)	< 54	54 – 63	64 – 73	> 73
Vartalon koukistajat (% BW)	< 76	76 – 89	90 – 103	> 103
Vartalon ojentajat (kg)	< 80	80 – 88	89 – 101	> 101
Vartalon ojentajat (% BW)	< 112	112 – 124	125 – 142	> 142

Taulukossa 24 esitetään niskarangan lihasvoimatestien viitearvot ja taulukossa 25 heittoporttitestin (ylävartalon ja käsien dynaamisen voima- ja koordinaatiotesti) viitearvot.

Taulukko 24. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen niskarangan lihasvoimatestien viitearvot.

TESTI	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN
Niskan fleksiovoima (kg)	< 17,4	17,4 – 19,8	19,9 – 23	> 23
Niskan ekstensiovoima (kg)	< 25,2	25,2 – 27,9	28 – 31,5	> 31,5

Taulukko 25. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen heittoporttitestin viitearvot.

TESTI	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN
Heittoporttitesti	> 213	202 – 213	201 - 191	< 191

Taulukossa 26 esitetään maksimaalisen aerobisen tehontuoton (polkupyöräergometritesti) viitearvot.

Taulukko 26. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen aerobisen tehontuoton viitearvot

TESTI	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	ERINOMAINEN
Aerobinen teho ( $W_{max}$ /kg)	< 4	4 – 4,1	4,2 – 4,5	> 4,5

Painoindeksin viitearvojen määrittäminen koehenkilöiden mitatun BMI:n mukaan ei välttämättä ole mielekäästä, koska testattava joukko oli yleisen painoindeksiluokituksen mukaan jakautunut hyvin tiiviisti normaalipainoisten alueelle (katso taulukko 3 BMI:n viitearvot). Koehenkilöiden keskimääräinen BMI oli  $22,2 \pm 1,6$  (keskiarvo  $\pm$  SD). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella tehdyt painoindeksin viitearvot esitetään taulukossa 27.

Taulukko 27. Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen painoindeksin viitearvot.

TESTI	LIEVÄ ALIPAINO	NORMAALI PAINO	LIEVÄ YLIPAINO	YLIPAINO
BMI	< 21,1	21,1 – 23,1	23,1 – 26,5	> 26,5

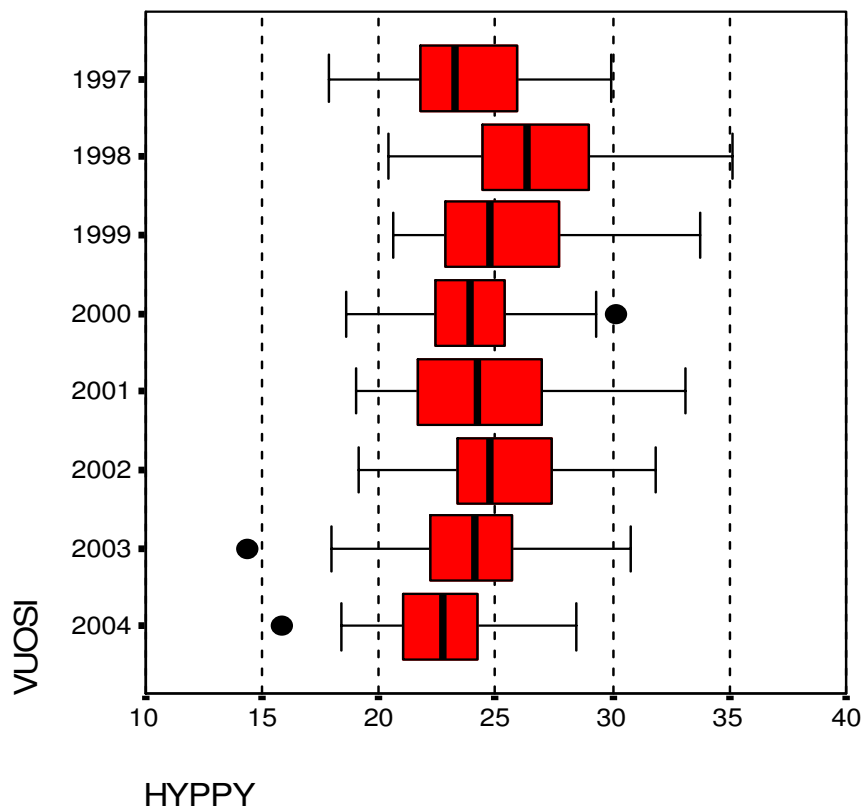
### 10.1.2. Testien väliset korrelaatiot

Tutkittujen korrelaatioiden mukaan anaerobinen teho korreloi heittoporttitestin (-0,28,  $p=0,000$ ) ja aerobisen tehon (0,20,  $p=0,000$ ) kanssa. Heittoporttitesti korreloi, anaerobisen tehon lisäksi koehenkilön pituuden (-0,24,  $p=0,000$ ), painon (-0,39,  $p=0,000$ ), BMI:n (-0,30,  $p=0,000$ ), vartalon koukistajien maksimivoiman (-0,30,  $p=0,000$ ), vartalon ojentajien maksimivoiman (-0,28,  $p=0,000$ ), niskan fleksiovoiman (-0,35,  $p=0,000$ ) ja niskan ekstensiovoiman (-0,24,  $p=0,000$ ) kanssa. Vartalon koukistajien maksimivoima korreloi, heittoporttitestin lisäksi koehenkilön painon (0,35,  $p=0,000$ ), BMI:n (0,32,  $p=0,000$ ), vartalon ojentajien maksimivoiman (0,39,  $p=0,000$ ), niskan fleksiovoiman (0,31,  $p=0,000$ ), niskan ekstensiovoiman (0,33,  $p=0,000$ ), kehon painoon suhteutetun vartalon koukistajien voiman (0,58,  $p=0,000$ ) ja kehon painoon suhteutetun vartalon ojentajien voiman (0,22,  $p=0,000$ ) kanssa. Vartalon ojentajien maksimivoima korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi koehenkilön pituuden (0,25,  $p=0,000$ ), painon (0,37,  $p=0,000$ ), BMI:n (0,28,  $p=0,000$ ), niskan fleksiovoiman (0,23,  $p=0,000$ ), niskan ekstensiovoiman (0,33,  $p=0,000$ ), kehon painoon suhteutetun vartalon koukistajien voiman (0,21,  $p=0,000$ ) ja kehon painoon suhteutetun vartalon ojentajien voiman (0,70,  $p=0,000$ ) kanssa. Niskan fleksiovoima korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi koehenkilön painon (0,32,  $p=0,000$ ), BMI:n (0,32,  $p=0,000$ ) ja kaulan ekstension (0,23,  $p=0,000$ ) kanssa. Niskan ekstensiovoima korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi koehenkilön painon (0,33,  $p=0,000$ ) ja BMI:n (0,28,  $p=0,000$ ) kanssa. Aerobinen tehontuotto korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi koehenkilön painon (0,28,  $p=0,000$ ) ja BMI:n (0,20,  $p=0,000$ ) kanssa. Kehon painoon suhteutettu vartalon koukistajien voima korreloi, edellä mainittujen korrelaatioiden lisäksi koehenkilön kehon painoon suhteutetun vartalon ojentajien voiman (0,30,  $p=0,000$ ) kanssa.

## 10.2. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä

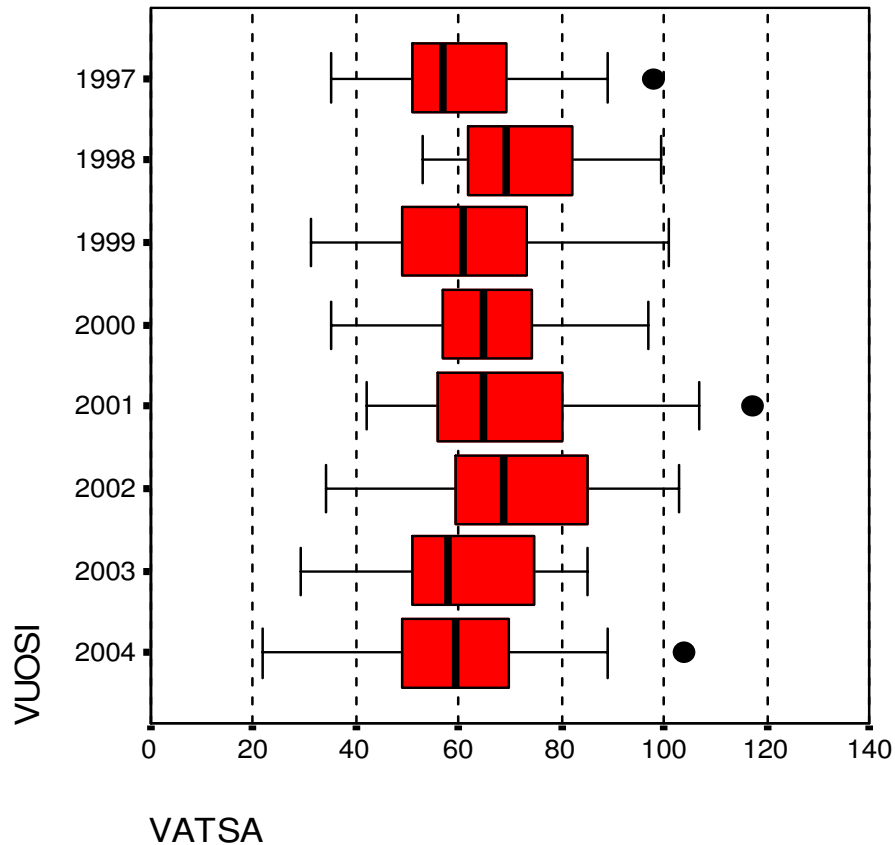
### 10.2.1. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen lihasvoima vuosina 1997-2004

Koehenkilöiden alaraajojen ja lantion seudun lihaksiston anaerobista tehoa mittaavan hyppytestin tuloksissa parhaimman ryhmän (1998) ja heikoimman ryhmän (2004) välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 1998 koehenkilöiden anaerobisen tehon keskiarvo oli 26,7 W/kg ja vuonna 2004 22,7 W/kg (kuvio 42). Lievää keskimääräisen tulos-tason laskua voidaan havaita välillä 1998-2004, mutta toisaalta on myös huomioitava, että vertailtavista ryhmistä ensimmäinen (1997) oli keskiarvoltaan (23,5 W/kg) joukon toiseksi huonoin .



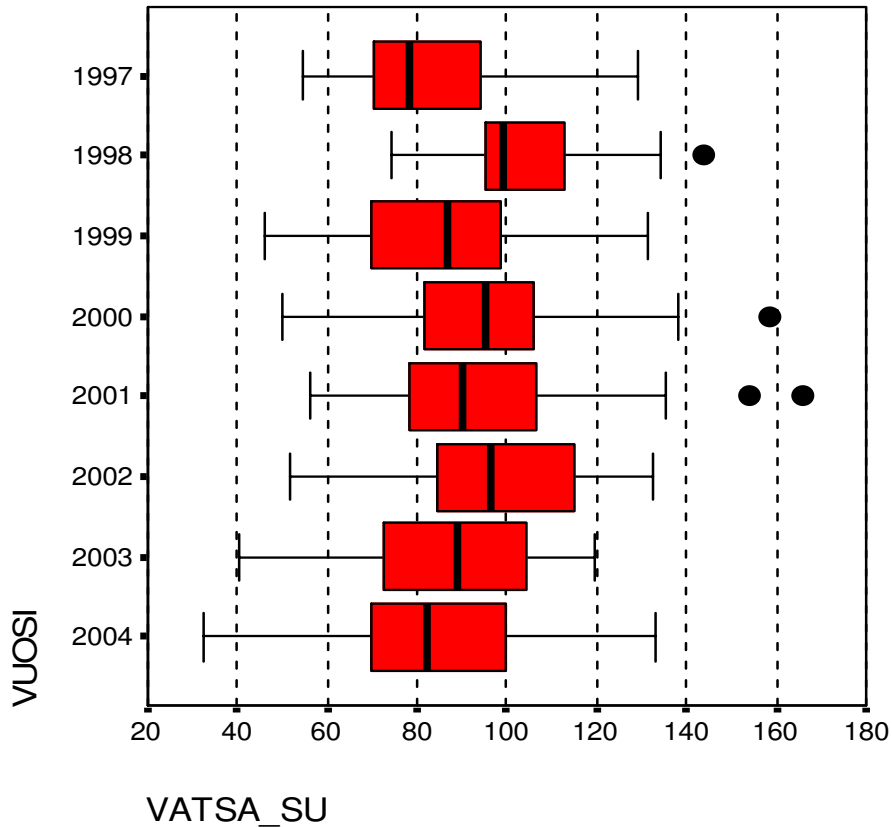
Kuvio 42. Anaerobisen tehon tulokset vuosina 1997-2004.

Koehenkilöiden vartalon koukistajien maksimivoimatuloksissa oli parhaimman ryhmän (1998) ja heikoimman ryhmän (1997) välillä tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 1998 vartalon koukistajien maksimivoimatulosten keskiarvo oli 72,1 kg ja vuonna 1997 59,5 kg. Ryhmien välinen keskiarvojen vaihtelu oli luonteeltaan satunnaista, joten systemaattista tulostason muutostrendiä ei testitulosten perusteella voitu havaita. (kuvio 43)



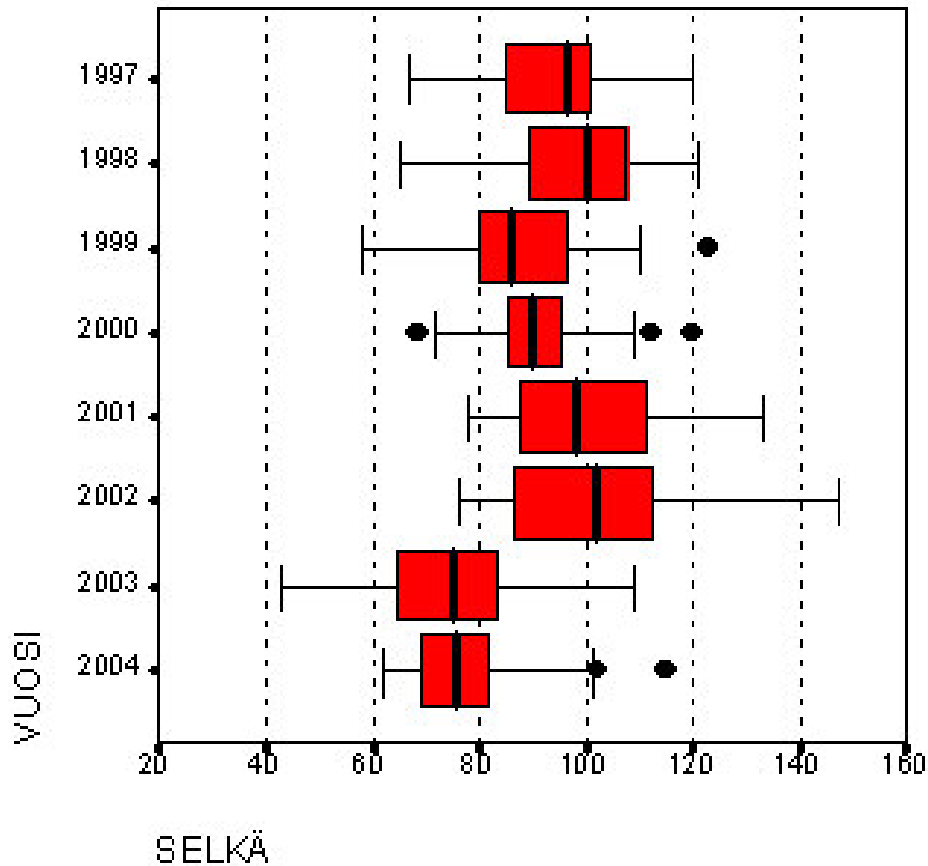
Kuvio 43. Vartalon koukistajien maksimivoiman tulokset vuosina 1997-2004.

Koehenkilöiden vartalon koukistajien kehon painoon suhteutetun voiman tuloksissa oli parhaimman ryhmän (1998) ja heikoimman ryhmän (1997) välillä tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 1998 vartalon koukistajien kehon painoon suhteutetun voiman keskiarvo oli 101,8 % BW ja vuonna 1997 82,0 % BW. Kuten vatsalihasten maksimi-voimatuloksissakin, ryhmien välinen keskiarvojen vaihtelu oli luonteeltaan satunnaista, joten systemaattista tulostason muutostrendiä ei testitulosten perusteella voitu havaita. (kuvio 44)



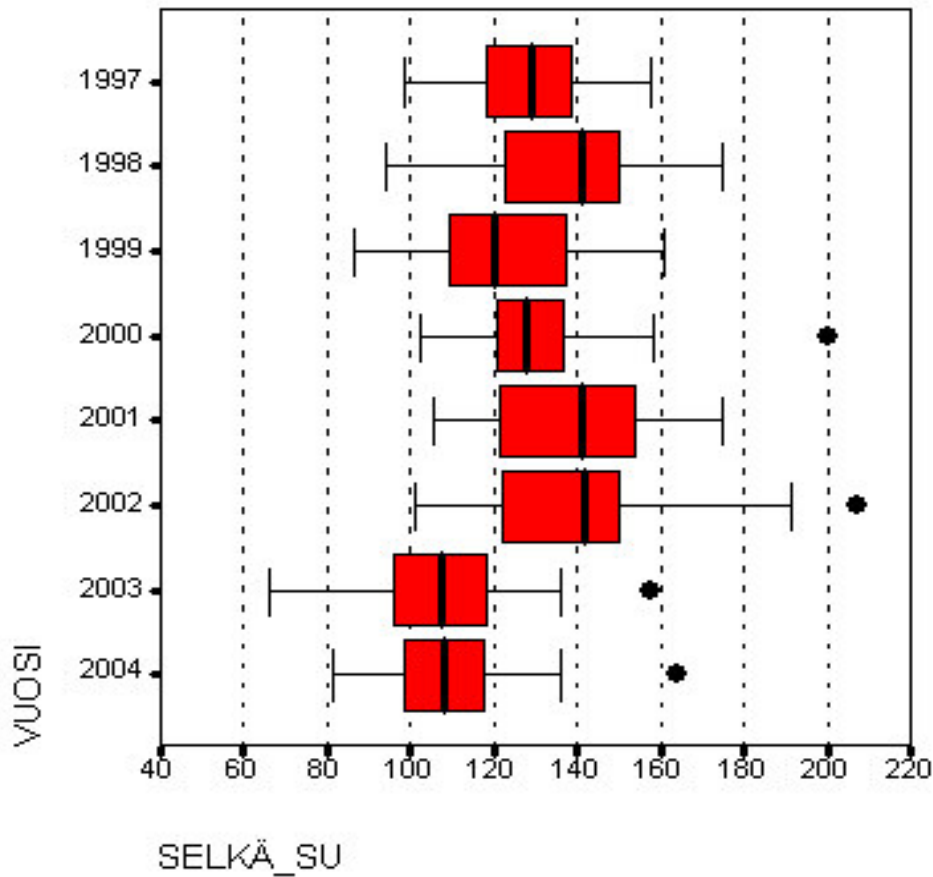
Kuvio 44. Vartalon koukistajien kehon painoon suhteutetun voiman tulokset vuosina 1997-2004.

Koehenkilöiden vartalon ojentajien maksimivoimatuloksissa oli parhaimman ryhmän (2002) ja heikoimman ryhmän (2003) välillä tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 2002 vartalon ojentajien maksimivoimatulosten keskiarvo oli 101,6 kg ja vuonna 2003 76,1 kg. Keskiarvoissa voidaan havaita selkeä lasku vuosien 2002 ja 2003 välillä. Viimeiset kaksi ryhmää (2003 ja 2004) olivat keskiarvoiltaan (2003 76,1kg ja 2004 78,5 kg) melko selvästi muita ryhmiä heikompia. (kuvio 45)



Kuvio 45. Vartalon ojentajien maksimivoiman tulokset vuosina 1997-2004.

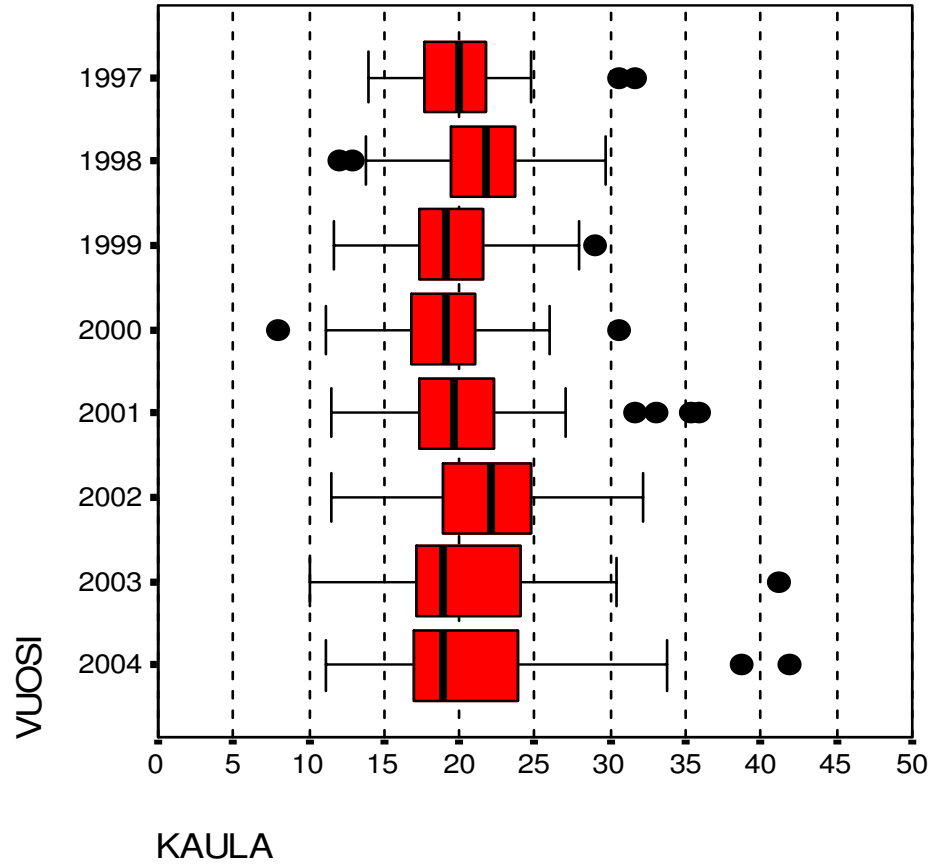
Koehenkilöiden vartalon ojentajien kehon painoon suhteutetun voiman tuloksissa oli parhaimman ryhmän (2002) ja heikoimman ryhmän (2003) välillä tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 2002 vartalon ojentajien kehon painoon suhteutetun voiman keskiarvo oli 140,7 % BW ja vuonna 2003 109,0 % BW. Kuten selän maksimivoimatuloksissakin, viimeiset kaksi ryhmää (2003 ja 2004) olivat keskiarvoiltaan (2003 109 % BW ja 2004 109,8 % BW) melko selvästi muita ryhmiä heikompia. (kuvio 46)



Kuvio 46. Vartalon ojentajien kehon painoon suhteutetun voiman tulokset vuosina 1997-2004.

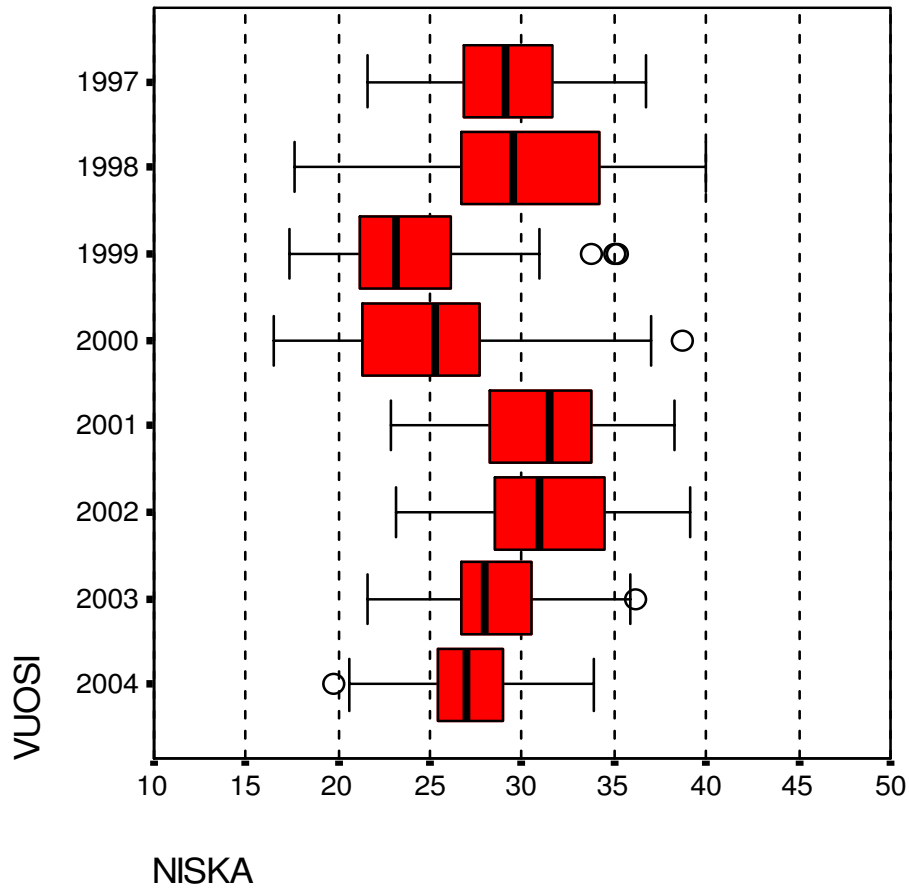


Niskan fleksiivoiman, eli kaulan maksimivoiman tuloksissa ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p > 0,05$ ). Keskiarvojen vaihtelut olivat pieniä – tulokset vaihtelivat heikoimman ryhmän (2000) 19,0 kg:n ja parhaimman ryhmän (2002) 21,8 kg:n välillä. (kuvio 47)



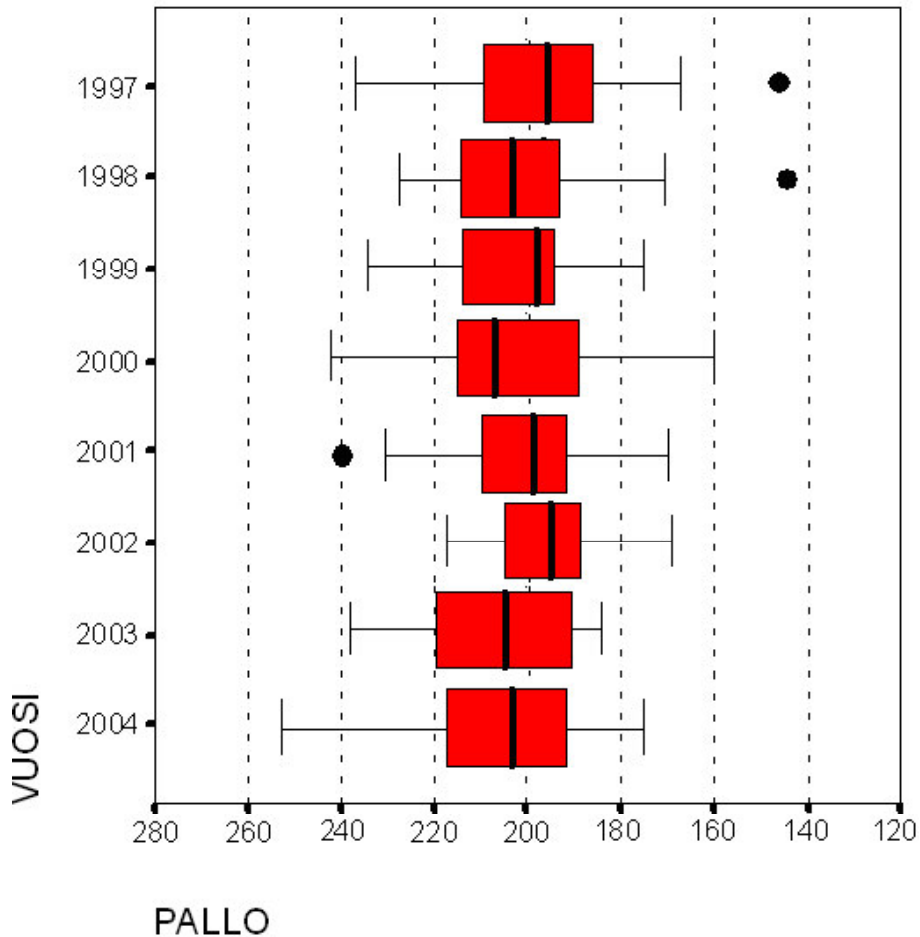
Kuvio 47. Niskan fleksiivoiman, eli kaulan maksimivoiman tulokset vuosina 1997-2004

Niskan ekstensiovoiman, niskan maksimivoiman tuloksissa oli parhaimman ryhmän (2002) ja heikoimman ryhmän (1999) välillä tilastollisesti erittäin merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Vuonna 2002 niskan ekstensiovoiman keskiarvo oli 31,4 kg ja vuonna 1999 24,1 kg. Ryhmien välinen keskiarvojen vaihtelu oli luonteeltaan satunnaista, joten systemaattista tulostason muutostrendiä ei testitulosten perusteella voitu havaita. (kuvio 48)



Kuvio 48. Niskan ekstensiovoiman, eli niskan maksimivoiman tulokset vuosina 1997-2004

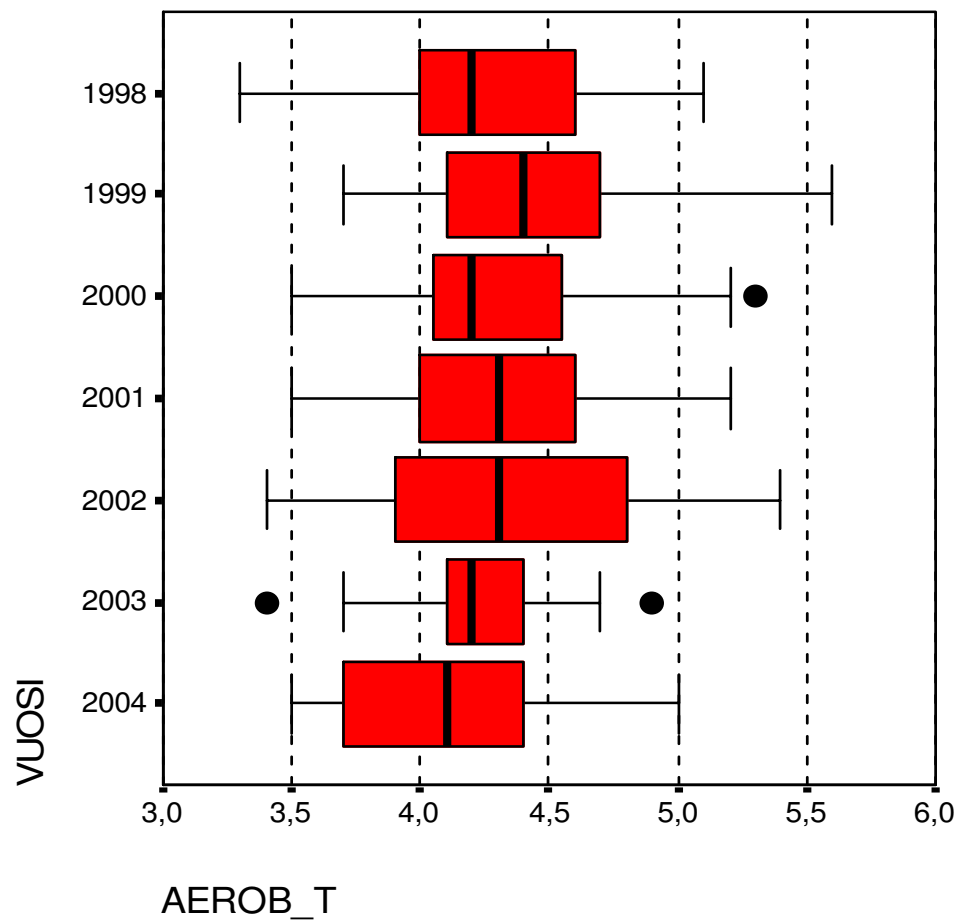
Ylävartalon ja käsien dynaamisen voiman ja koordinaation testituloksissa, toisin sanoen heittoporttitestin tuloksissa, oli parhaimman ryhmän (2002) ja heikoimman ryhmän (2003) välillä tilastollisesti melkein merkitsevää eroa ( $p < 0,05$ ). Vuonna 2002 heittoporttitestin keskiarvo oli 195,8 ms ja vuonna 2003 206,8 ms. Ryhmien välinen keskiarvojen vaihtelu oli luonteeltaan satunnaista, joten systemaattista tulostason muutostrendiä ei testitulosten perusteella voitu havaita. (kuvio 49)



Kuvio 49. Ylävartalon ja käsien dynaamisen voiman ja koordinaation, eli heittoporttitestin tulokset vuosina 1997-2004.

### 10.2.2. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen maksimaalinen tehontuotto vuosina 1997-2004

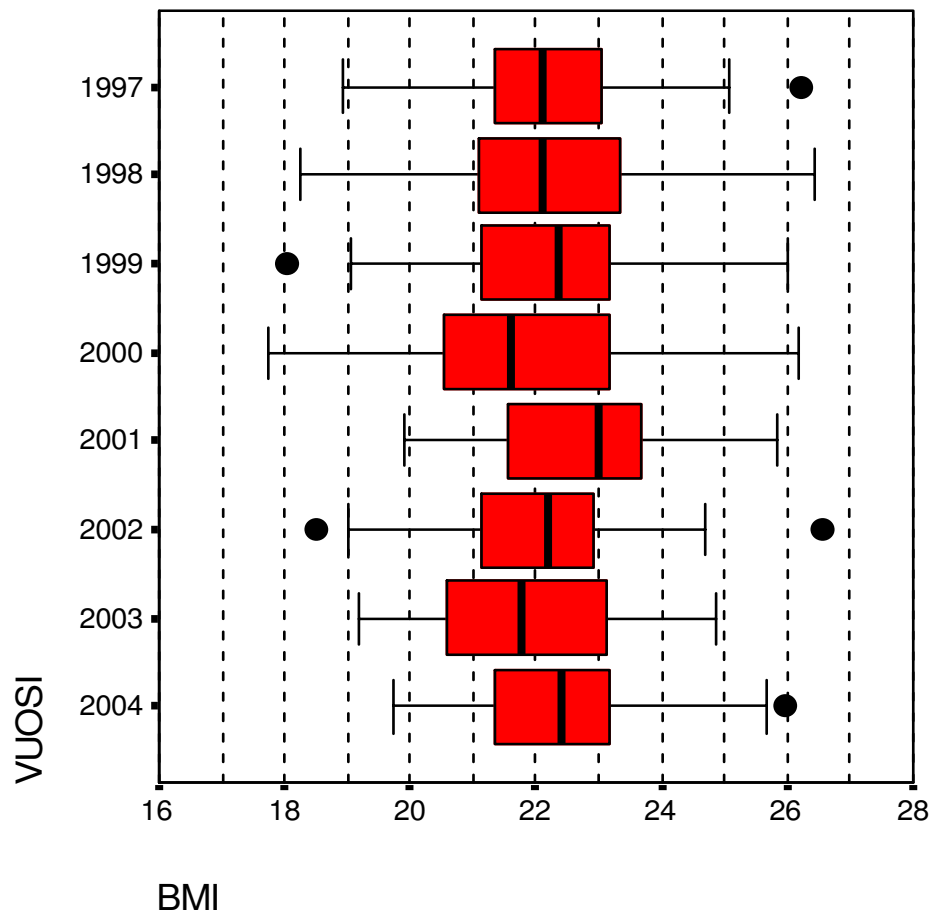
Maksimaalisen tehontuoton, eli aerobisen tehon tuloksissa ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p > 0,05$ ). Keskiarvot vaihtelivat heikoimman ryhmän (2004) 4,1  $W_{\max 1}/\text{kg:n}$  ja parhaimman ryhmän (1999) 4,4  $W_{\max 1}/\text{kg:n}$  välillä. Vuosikurssin 1997 tulokset eivät olleet aerobisen tehon osalta tutkimuksessa mukana (kuvio 50).



Kuvio 50. Aerobisen tehon, eli polkupyöräergometritestin tulokset vuosina 1998-2004.

### 10.2.3. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen kehon painoindeksi (BMI) vuosina 1997-2004

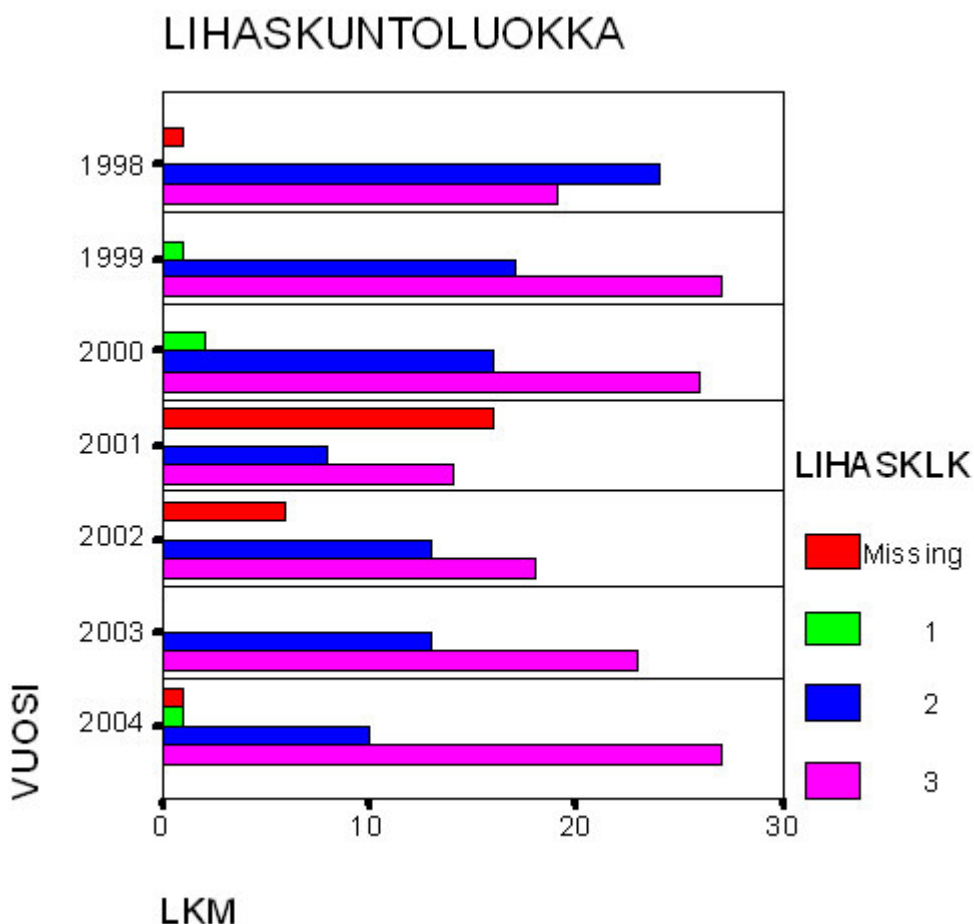
Kehon painoindeksissä (BMI) ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p > 0,05$ ). Ryhmien välinen vaihtelu oli hyvin pientä ja satunnaista - keskiarvot vaihtelivat ryhmän 2000  $21,8 \text{ kg/m}^2$ :n ja ryhmän 1997  $22,4 \text{ kg/m}^2$ :n välillä. (kuvio 51)



Kuvio 51. Kehon painoindeksi (BMI) vuosina 1997-2004.

#### 10.2.4. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen lihaskuntoluokkien suhteellinen jakautuneisuus vuosina 1998-2004

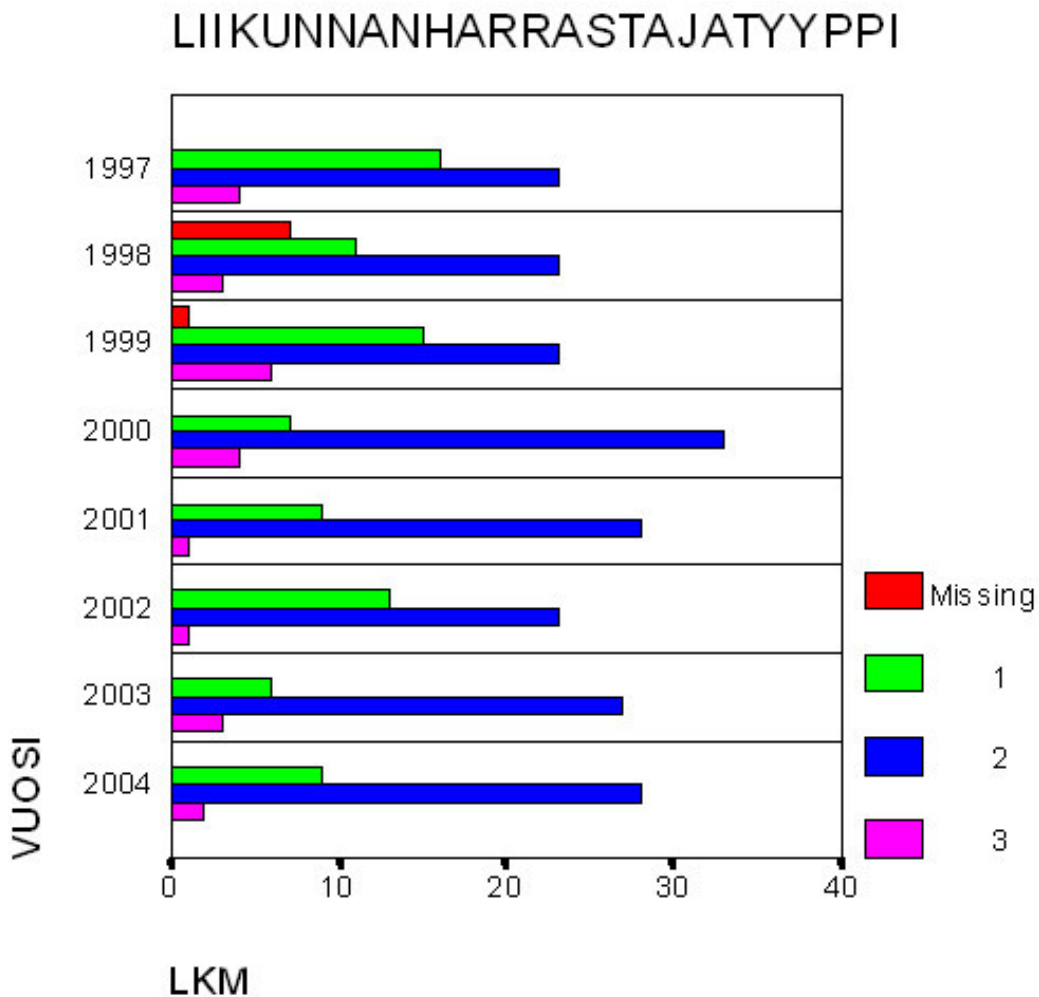
Prosentuaalisesti suurin osa joukkoa saavutti testeissä lihaskuntoluokan kiitettävä, kaikissa muissa ryhmissä paitsi ryhmässä 1998, jossa 43 % saavutti arvosanan kiitettävä. Suhteellisesti eniten kiitettäviä oli ryhmässä 2004 (71 %). Koko populaatiosta 59 % saavutti kiitettävän, 40 % hyvän ja 1% tyydyttävän arvosanan. Ryhmän 2001 osalta tulosten reliabiliteettia heikentää koehenkilöiden suurehko kato (poissa 15 koetulosta). Ryhmän 1997 osalta lihaskuntoluokkien tietoja ei ollut saatavilla. Kuviossa 52 on esitetty lihaskuntoluokkien jakautuneisuus vuosina 1998-2004 makaavien pylväsdiagrammien (Hirsjärvi ym. 2002) avulla, vihreä pylväs (numero 1) kuvaa lihaskuntoluokkaa tyydyttävä, sininen pylväs (numero 2) kuvaa lihaskuntoluokkaa hyvä ja vaaleanpunainen pylväs (numero 3) lihaskuntoluokkaa kiitettävä. Punainen pylväs kuvaa puuttuvia tuloksia. (Hirsjärvi ym. 2002, 311-312.)



Kuvio 52. Lihaskuntoluokkien jakautuneisuus vuosina 1998-2004.

### 10.2.5. Ilmavoimien Ohjaajakurssille valittujen liikunnanharrastajatyypien suhteellinen jakautuneisuus vuosina 1997-2004

Liikunnanharrastajatyypeistä Taito-Teho -tyypit olivat enemmistönä jokaisessa ryhmässä – pienin enemmistö niitä oli ryhmässä 1999 (52%) ja suurin enemmistö ryhmässä 2001 (76 %). Koko populaatiosta 72 % oli Taito-Teho –tyyppisiä. Toiseksi suurin prosentuaalinen osuus jokaisessa ryhmässä oli Taito –tyyppisiä (22 % koko populaatiosta). Ryhmä 1999 oli ainoa, jossa Kestävyys –tyyppisiä oli yli 10 % (14 %). Kyseisessä ryhmässä eri tyyppien jakautuneisuus oli muutenkin selvästi vertailuryhmien tasaisin (34 % Taito-, 52 % Taito-Teho- ja 14 % Kestävyys-tyyppisiä). Kuviossa 53 on esitetty liikunnanharrastajatyypien jakautuneisuus vuosina 1997-2004 makaavien pylväsdiagrammien (Hirsjärvi ym. 2002) avulla, vihreä pylväs (numero 1) kuvaa liikunnanharrastajatyyppeä Taito, sininen pylväs (numero 2) kuvaa liikunnanharrastajatyyppeä Taito-Teho ja vaaleanpunainen pylväs (numero 3) liikunnanharrastajatyyppeä Kestävyys. Punainen pylväs kuvaa puuttuvia tuloksia. (Hirsjärvi ym. 2002, 311-312.)

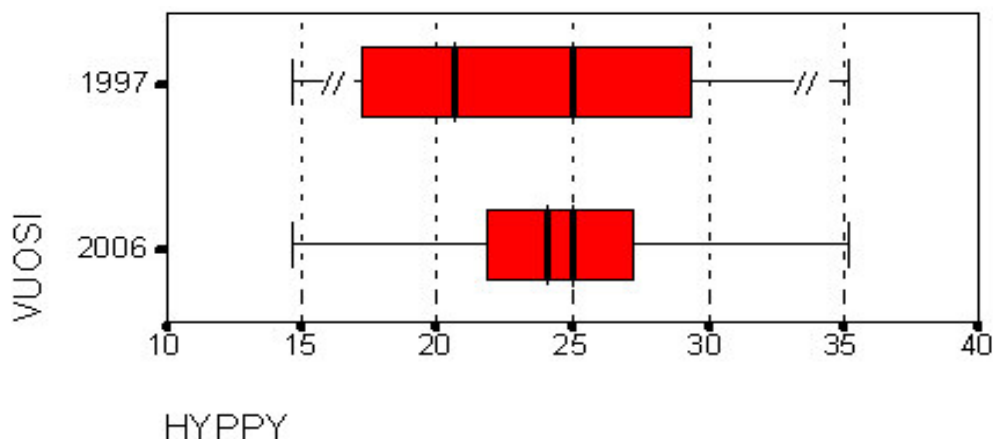


Kuvio 53. Liikunnanharrastajatyypien jakautuneisuus vuosina 1997-2004.

### 10.3. Ilmavoimien ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso suhteessa muiden populaatioiden fyysiseen suorituskykyyn

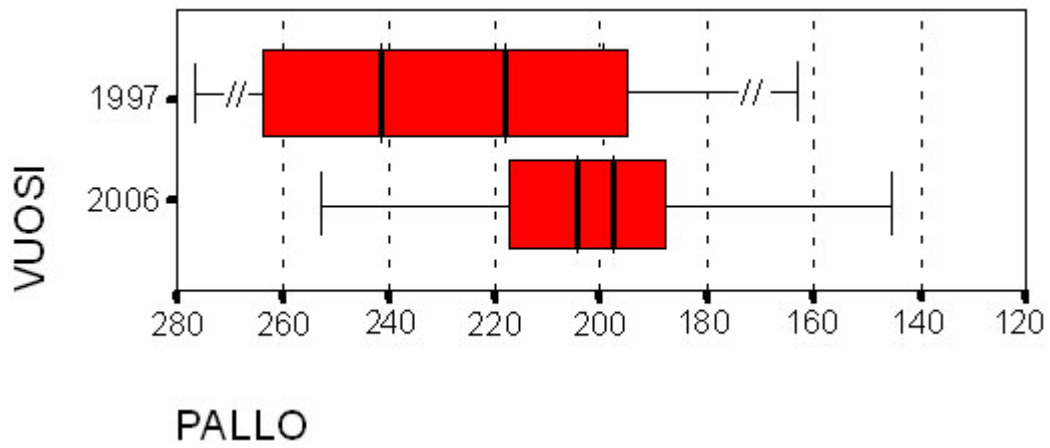
#### 10.3.1. Lihasvoimatestien viitearvot vuosina 1997 ja 2006

Lihasvoimatestien viitearvot jaettiin Oksan ym. (1997) tutkimuksessa kvintiileihin, joten vertailun validiteetin parantamiseksi jaettiin tämänkin tutkimuksen viitearvot kvintiileihin (heikko, välttävä, normaali, hyvä ja erinomainen) (Oksa ym. 1997). Vertailutulosten mukaan tässä tutkimuksessa määritellyt lihasvoimatestien viitearvojen välit olivat poikkeuksetta pienemmät kuin aikaisemmassa (Oksa ym 1997) tutkimuksessa, jossa testitulosten hajonta on ilmeisesti ollut tämän tutkimuksen tuloksia suurempi. Esimerkiksi toiseksi alimman kvintiilin alaraja oli 1997 määritellyissä viitearvoissa, yhtä poikkeusta (vartalon koukistajien maksimivoima) lukuun ottamatta, tämän tutkimuksen vastaavia alempana. Samalla ylimmän viidenneksen alaraja oli 1997 määritellyissä viitearvoissa, yhtä poikkeusta (heittoporttitesti) lukuun ottamatta, tämän tutkimuksen vastaavia ylempänä. Seuraavissa kuvioissa 54-61 on kuvattu viitearvojen jakaumia box-plot -kuvioiden avulla. Muuttuja 1997 kuvaa aiemman tutkimuksen (Oksa ym. 1997) tuloksia ja muuttuja 2006 tämän tutkimuksen tuloksia. Laatikoiden rajat kuvaavat toisen (välttävä), kolmannen (normaali), neljännen (hyvä) ja viidennen (erinomainen) kvintiilin alarajoja. Janojen päät kuvaavat muuttujan 2006 osalta testitulosten maksimi- ja minimiarvoja. Muuttujan 1997 maksimi- ja minimiarvoja ei ollut saatavilla, joten janojen päiden arvot ovat suuntaa-antavia.

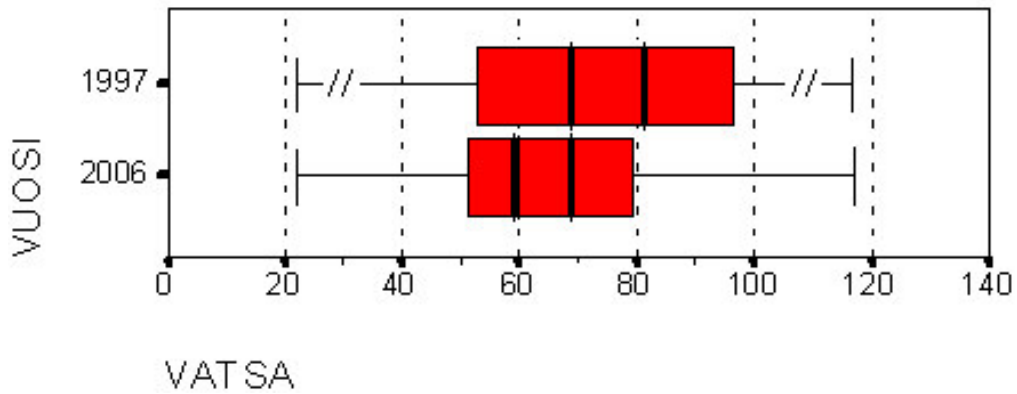


Kuvio 54. Anaerobisen tehon viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.

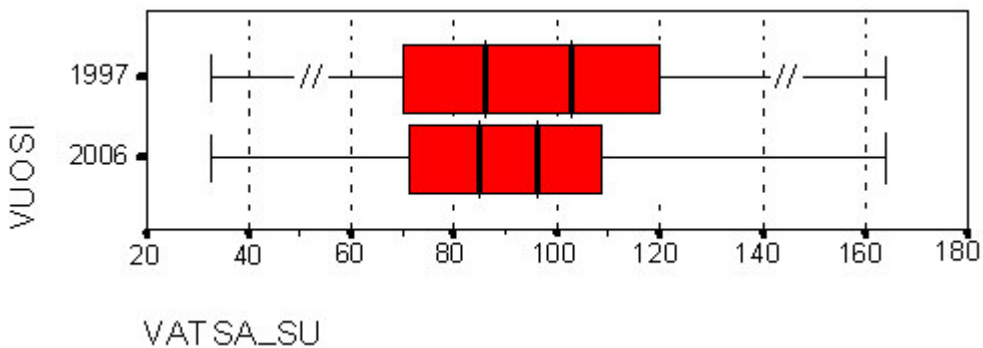




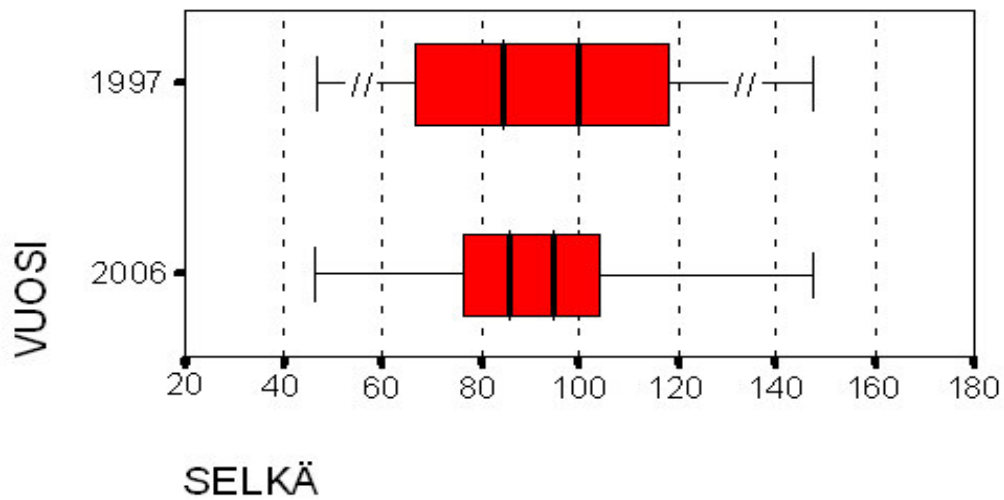
Kuvio 55. Heittoporttitestin viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



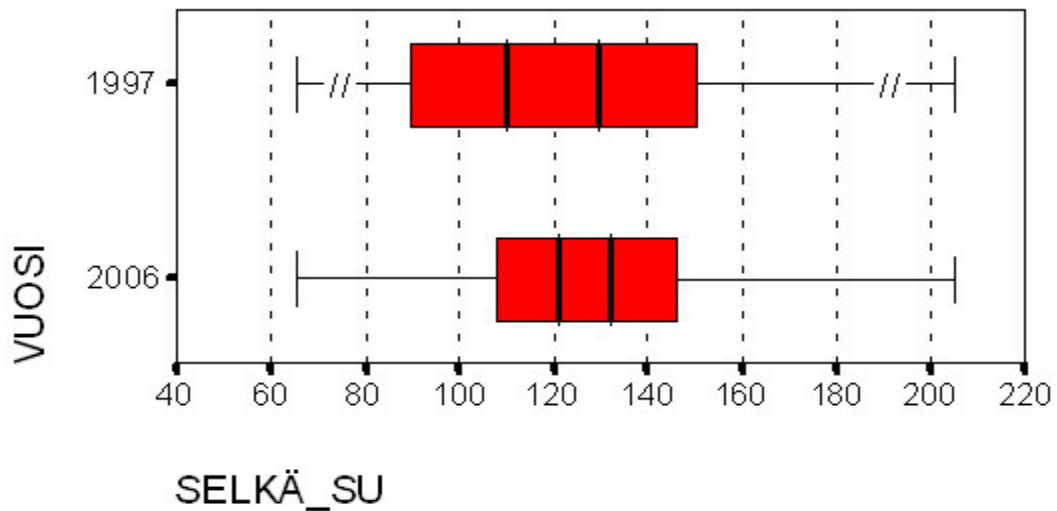
Kuvio 56. Vartalon koukistajien maksimivoiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



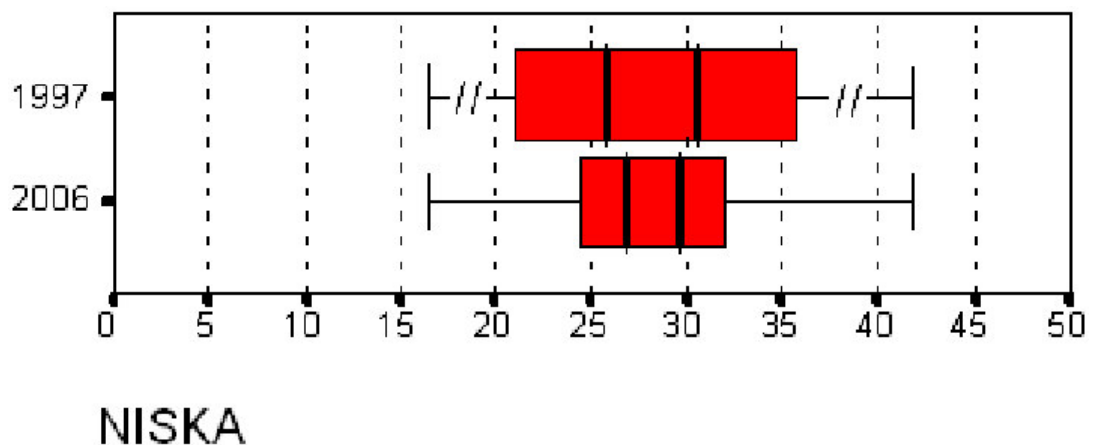
Kuvio 57. Vartalon koukistajien kehon painoon suhteutetun voiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



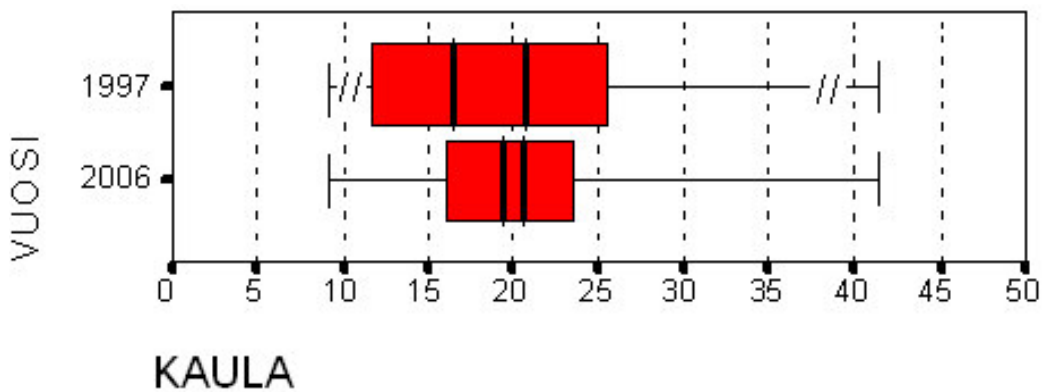
Kuvio 58. Vartalon ojentajien maksimivoiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



Kuvio 59. Vartalon ojentajien kehon painoon suhteutetun voiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



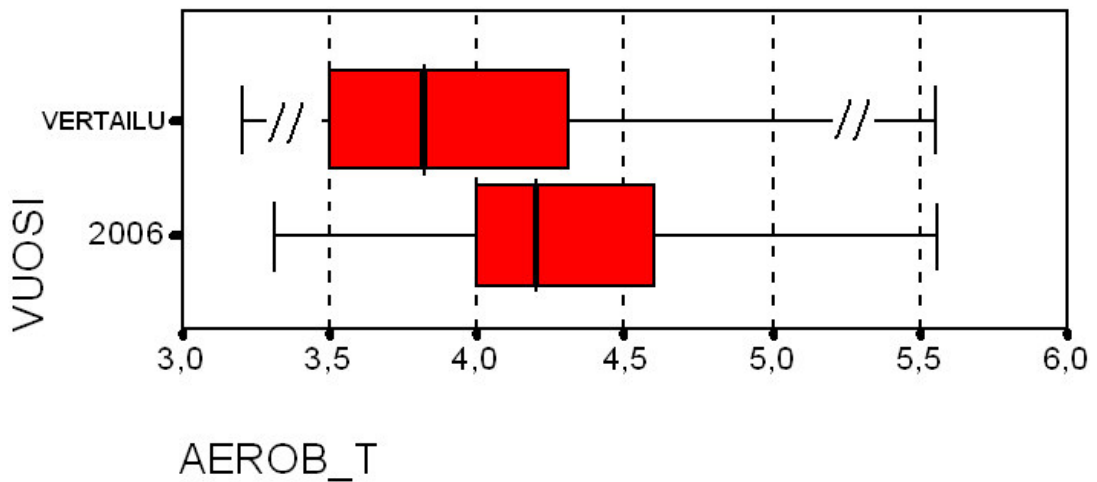
Kuvio 60. Niskan ekstensiovoiman, eli niskan maksimivoiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.



Kuvio 61. Niskan fleksiovoiman, eli kaulan maksimivoiman viitearvojen jakauma vuosina 1997 ja 2006.

### 10.3.2. Maksimaalisen suorituskyvyn viitearvot suhteessa Ilmavoimissa käytössä oleviin ohjeellisiin minimisuosituksiin

Tutkimuksessa muodostettuja aerobisen tehon, eli maksimaalisen suorituskyvyn viitearvoja verrattiin Ilmavoimissa käytössä oleviin aerobisen tehon viitearvoihin. (PAK I 3:03:03. Liite 06.01). Vertailu tapahtui kvartiileihin (heikko, tyydyttävä, hyvä ja erinomainen) jaon mukaan. Tässä tutkimuksessa muodostettujen viitearvojen rajat olivat poikkeuksetta korkeammat kuin vertailukohteen vastaavat. Esimerkiksi kuntoluokan hyvä saavuttamiseen vaaditaan vertailuviitearvojen mukaan  $3,8 W_{\max 1}/\text{kg}$ :n tulos, kun taas tämän tutkimuksen viitearvoissa ko. kuntoluokan saavuttamiseen vaaditaan tulokseksi vähintään  $4,2 W_{\max 1}/\text{kg}$ . Vertailujoukkojen hajonnassa ei ollut merkittävää eroa. Kuviossa 62 on esitetty maksimaalisen suorituskyvyn viitearvojen jakaumia box-plot -kuvioiden avulla. Muuttuja VERTAILU kuvaa Ilmavoimissa käytössä olevia viitearvoja ja muuttuja 2006 tämän tutkimuksen viitearvoja. Laatikoiden rajat kuvaavat toisen (tyydyttävä), kolmannen (hyvä) ja neljännen kvartiilin alarajoja. Janojen päät kuvaavat muuttujan 2006 osalta testitulosten maksimi- ja minimiarvoja. Muuttujan VERTAILU maksimi- ja minimiarvoja ei ollut saatavilla, joten janojen päiden arvot ovat suuntaa-antavia.

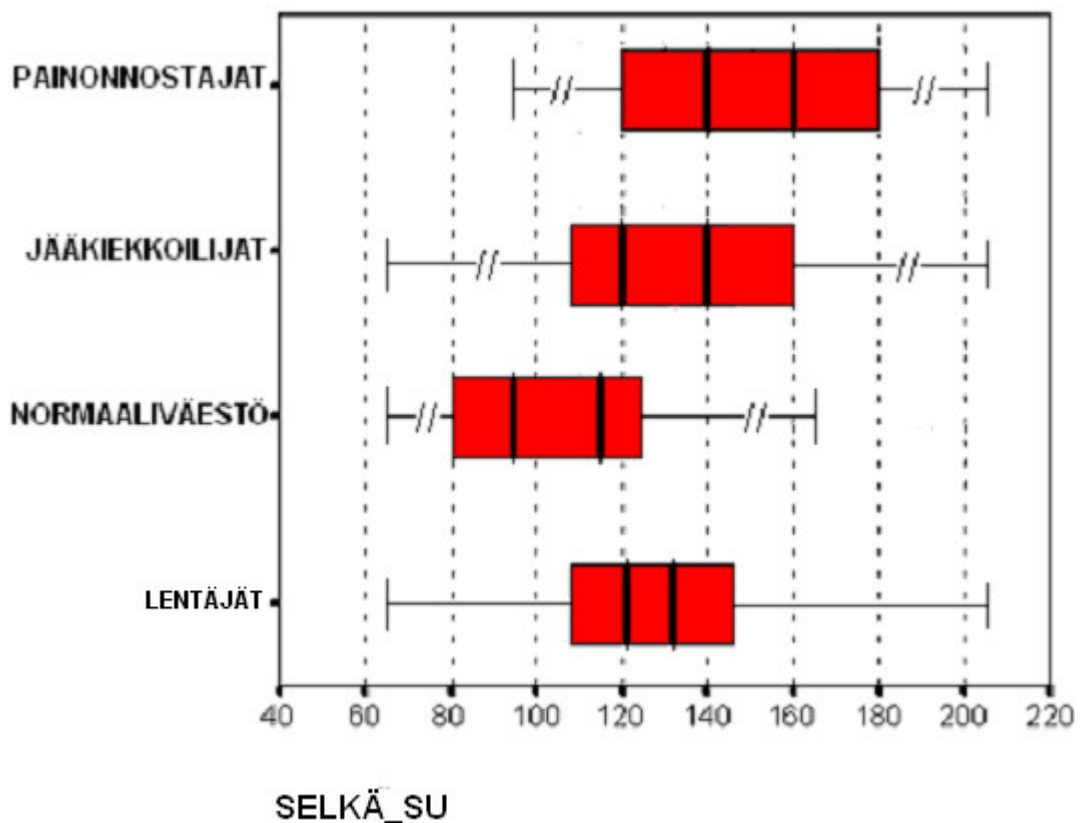


Kuvio 62. Aerobisen tehon viitearvojen jakauma vertailuryhmässä ja vuoden 2006 tutkimuksessa.

### 10.3.3. Ohjaajakurssille luodut vartalon lihasvoimatestien viitearvot suhteessa painonnostajille, jääkiekkoilijoille ja normaaliväestölle määriteltyihin lihavoimatestien viitearvoihin

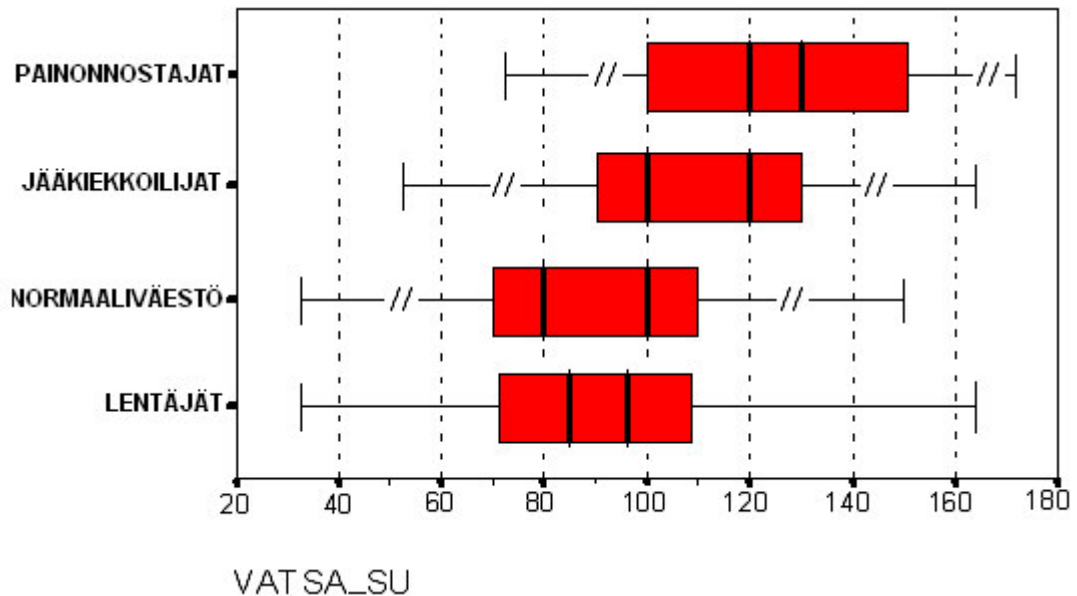
Tutkimuksessa muodostettuja vartalon lihasvoimatestien viitearvoja verrattiin painonnostajille, jääkiekkoilijoille ja normaaliväestölle määriteltyihin viitearvoihin. Vertailu tapahtui kvintileihin (heikko, välttävä, normaali, hyvä ja erinomainen) jaon mukaan. Sotilaslentäjille määritellyt vartalon ojentajien suhteellisen maksimivoiman viitearvot sijoittuivat vertailuryhmässä normaaliväestön ja jääkiekkoilijoiden viitearvojen väliin. Normaaliväestön viitearvot olivat selvästi sotilaslentäjien arvoja alempana. Sotilaslentäjien ja jääkiekkoilijoiden viitearvoista välttävän ja normaalin alarajat olivat hyvin lähellä toisiaan (sotilaslentäjillä alarajat 108 %BW ja 121 %BW, jääkiekkoilijoilla 110 %BW ja 120 %BW). Hyvän ja erinomaisen alarajat olivat jääkiekkoilijoilla jo melko selvästi sotilaslentäjien vastaavia korkeammalla (sotilaslentäjillä alarajat 132 %BW ja 146 %BW, jääkiekkoilijoilla 140 %BW ja 160 %BW). Painonnostajien viitearvot olivat odotetusti vertailuryhmistä selvästi korkeimmalla.

Kuvioissa 63 ja 64 muuttuja LENTÄJÄT kuvaa tässä tutkimuksessa luotuja sotilaslentäjien viitearvoja, muuttuja NORMAALIVÄESTÖ kuvaa 20-29 –vuotiaille miehille luotuja viitearvoja, muuttuja JÄÄKIEKKOILIJAT kuvaa jääkiekkoilijoille luotuja viitearvoja ja muuttuja PAINONNOSTAJAT painonnostajille luotuja viitearvoja.



Kuvio 63. Sotilaslentäjien, normaaliväestön, jääkiekkoilijoiden ja painonnostajien vartalon ojentajien painoon suhteutetun maksimivoiman viitearvot.

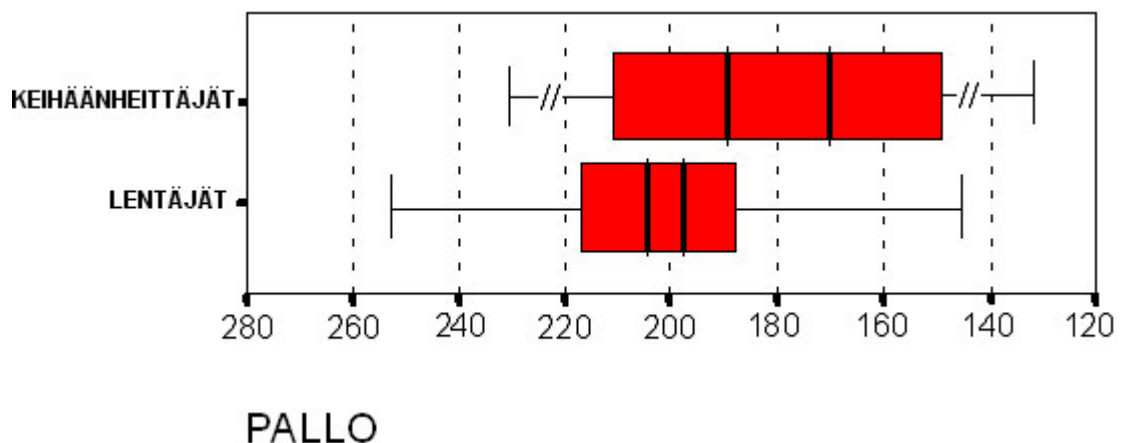
Vartalon koukistajien suhteellisen maksimivoiman viitearvot sijoittuivat vertailuryhmässä normaaliväestön kanssa samalle tasolle jääkiekkoilijoiden ja painonnostajien alapuolelle. Sotilaslentäjien ja normaaliväestön viitearvot asettuivat hyvin lähelle toisiaan. Jääkiekkoilijoiden vartalon koukistajien viitearvot sijoittuivat, vartalon ojentajista poiketen, selvästi sotilaslentäjien vastaavia ylemmäksi (esim. välttävän ja normaalin kvintiilin alarajat olivat lentäjillä 85 %BW ja 96 %BW, jääkiekkoilijoilla vastaavat olivat 100 %BW ja 120 %BW). Kuten vartalon ojentajienkin kohdalla, painonnostajien viitearvot olivat odotetusti vertailuryhmistä selvästi korkeimmalla tasolla.



Kuvio 64. Sotilaslentäjien, normaaliväestön, jääkiekkoilijoiden ja painonnostajien vartalon koukistajien painoon suhteutetun maksimivoiman viitearvot.

#### 10.3.4. Ohjaajakurssille luodut heittoporttitestin viitearvot suhteessa keihäänheittäjille määriteltyihin heittoporttitestin viitearvoihin

Heittoporttitestin viitearvojen rajat olivat sotilaslentäjillä odotetusti keihäänheittäjien vastaavia alempana. Ero oli lähes jokaisen kvintiilin raja-arvolla melko selkeä. Ainoana poikkeuksena välttävän alaraja, joka sotilaslentäjillä oli 216 ms ja keihäänheittäjillä 210 ms, eli raja-arvon eroa vain 6 ms.



Kuvio 65. Sotilaslentäjien ja keihäänheittäjien heittoporttitestin viitearvot.

## 11. TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS

### 11.1. Mittauksen täsmällisyys ja luotettavuus

Ensimmäinen edellytys tutkimuksen luotettavuudelle on, että se on tehty tieteelliselle tutkimukselle asetettujen kriteerien mukaan. Mittauksen täsmällisyyttä ja luotettavuutta kuvataan käsitteillä: validiteetti ja reliabiliteetti. Nämä käsitteet muodostavat yhdessä mittarin kokonaisluotettavuuden. Luotettavuutta alentavat erilaiset virheet, joita syntyy aineistoa hankittaessa. (Heikkilä 2001, 185.)

Tutkimusaineiston laatuun vaikuttavat seuraavat virheet:

- käsittelyvirheet
- mittausvirheet
- peitto- ja katovirheet
- otantavirheet

Otantatutkimukseen liittyy aina otannasta aiheutuvaa satunnais- eli **otantavirhettä** ja usein myös kadon aiheuttamaa vääristymää. **Mittausvirhettä** voi syntyä mittausvälineiden epätarkkuuden, mittaukseen vaikuttavien häiriötekijöiden, mittausmenetelmän tai mittarin heikkouden vuoksi tai mitattavien käsitteiden hankaluuden takia. Mikäli tutkittavasta perusjoukosta ei ole ajan tasalla olevaa rekisteriä tai luetteloa, syntyy **peittovirhettä**. (Heikkilä 2001, 185; Holopainen ym. 2004, 26. )

## 11.2. Tutkimuksen validiteetti

Tutkimuksen validiteetti (mittauksen oikeellisuus) kuvaa, missä määrin on onnistuttu mittaamaan juuri sitä mitä pitikin mitata. Jos mitattavia käsitteitä ja muuttujia ei ole tarkoin määritelty, eivät mittaustuloksetkaan voi olla valideja. Validiutta on hankala tarkastella jälkikäteen. (Heikkilä ym. 2001, 29 ja 186; Holopainen ym. 2004, 26.) Validiteetti on hyvä, jos se mittaa niitä asioita, joita sen on tarkoitus selvittää (Holopainen & Pulkkinen 2001, 13). Validius voidaan ymmärtää myös tutkimuksen pätevyytenä. Validiteetti jaetaan kolmeen luokkaan: sisällön validiteettiin, kriteeriin liittyvään validiteettiin ja rakennevaliditeettiin (Wood 1989; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2002, 213). Sisällön validiteetti kuvaa käytettävän mittarin vastaavuutta tutkittavaan ilmiöön, joten mittarin sisällön tulee olla jokaiselta yksityiskohdaltaan järkevä ja perusteltu (Safrit 1981, 76; Wood 1989). Kriteeriin liittyvä validiteetti puolestaan tarkoittaa mittaustulosten vertaamista yhteen tai useampaan kriteerimuuttujaan, jotka ovat mitattavan ilmiön täsmällisiä kuvaajia. Kriteeriin liittyvä validiteetti voidaan jakaa vielä ennustevaliditeettiin ja samanaikaisvaliditeettiin. (Wood 1989; Safrit 1981, 55-57.)

Ennustevaliditeetti kuvaa sitä, kuinka hyvin mittaus ennustaa henkilön menestymistä tulevaisuudessa. Samanaikaisvaliditeetti kuvaa mitatun muuttujan ja kriteerimuuttujan vastaavuutta. Kriteerimuuttujan validiteetin tulee olla jo aikaisemmin todettu. (Safrit 1981, 55-57.) Samanaikaisvaliditeettia on tutkittu esimerkiksi kestävyysjuoksussa. Validiteetikriteerinä on tällöin käytetty maksimaalisen hapenoton määrää. Rakennevaliditeetti on validiteetin luokista laajin käsite. Sitä käytetään, kun mitattava ilmiö on niin monimuotoinen, ettei sitä voi tarkasti mitata. (Safrit 1981, 77.)

Validiteetti on kuntomittauksissa tärkeä, koska mittaukset ovat luonteeltaan epäsuoria. Validiteetissa on kysymys siitä, millä testillä mitataan, mikä testi mittaa parhaiten ja mitä valittu testi lopulta mittaa. Yksittäiset kuntotestit ovat yleensä valideja, mutta yksittäinen testiosio ei ole puhtaasti yhden ominaisuuden mittari. Testiosiot mittaavat useita ominaisuuksia, mutta yhtä ominaisuutta voidaan mitata myös usealla testillä. (Liite ry 1999.)

Seitsenosaisen lihasvoimatestistön valinnassa on käytetty seuraavia kriteerejä:

- Polkupyöräergometritesti mittaa kestävyyttä eli useissa taistelulentotehtävissä jaksamista
- Anaerobisen tehon testi kuvaa anaerobista kapasiteettia eli fysiologista kiihtyvyyksien sietokykyä



- Vartalo - ja niskavoimien isometrinen maksimivoimamittaus puolestaan kertoo sotilaslentäjän lihasvoimien riittävydestä G-altistuksessa.
- Heittoporttitesti on erityisesti nopeaan ja hallittuun voimantuottoon liittyvä, lähinnä ylävartalon lihaksistoa arvioiva suoritus - G-kuormituksen aikaisessa vastaponnistus-hengitystekniikassa (AGSM) käytössä samat lihasryhmät.

Koska validiteetti on spesifi ominaisuus, testivalintaan liittyy aina epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi taidoilla sekä tiedollisilla valmiuksilla, kokemuksilla ja asenteilla on merkitystä kuntomittauksissa. Testit eivät mittaa puhtaasti fyysistä suorituskykyä, vaan sen ohella myös yksilön käyttäytymispiirteitä. (McArdle ym. 1996.)

Testitulosten vertailuissa muihin populaatioihin voisi käyttää oikeita tutkimustuloksia viitearvojen sijaan. Viitearvojen välinen vertailu on vain suuntaa-antavaa. Mikäli käytössä olisi konkreettisia populaatioita ja niiden testituloksia, joihin tuloksia voisi verrata, saataisiin tuloksistakin validimpia.

### 11.3. Reliabiliteetti

Reliabiliteetilla, eli tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan mittarin kykyä tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimuksen sisäinen reliabiliteetti voidaan todeta mittaamalla sama tilastoyksikkö useampaan kertaan. Jos mittaustulokset ovat samat, mittaus on reliabeeli. Tutkimuksen ulkoinen reliabiliteetti kuvaa tutkimuksen ja mittauksien toistettavuutta muissa tutkimuksissa ja tilanteissa. Alhainen reliabiliteetti alentaa myös mittarin validiteettia, mutta reliabiliteetti on kuitenkin riippumaton tutkimuksen validiudesta. (Heikkilä 2001; Hirsjärvi ym. 2002; Holopainen ym. 2004.)

Mittaustulosten toistettavuutta eli reliabiliteettia säätelevät kuntotestauksessa monet tekijät: pisteytystarkkuus, yritysten määrä, testien pituus, testin vaikeus, ohjeet, testausympäristö, keskittymiskykyä häiritsevät tekijät, palautusaika, tehtävän tuntemus, motivaatio, terveys, jännitys ja päiväkohtainen suorituskyky. Kuntotestitulosten reliabiliteettitutkimuksia on tehty useita. Yleensä tulokset ovat uusintatestauksen perusteella saatuja. Uusinta-mittauksessa saatujen tulosten merkitys on siinä, että nähtäisiin, missä rajoissa kunkin testin reliabiliteetti eri koehenkilöjoukoilla vaihtelee. Isometrisillä maksimivoimatesteillä tulosten vaihtelu on noin 5%:n luokkaa, mikä vaikuttaa myös tämän tutkimuksen tulosten reliabiliteettiin. (Häkkinen 1990.)

Mitattavaan liittyvistä virhetekijöistä merkittävimmät ovat motivaatio ja suhtautuminen kuntotesteihin. Terveystilasta, vaatuksesta ja verryttelystä aiheutuvien virhetekijöiden poistamiseksi mittaustilanne pyrittiin vakioimaan mahdollisimman hyvin. Koehenkilöt olivat terveitä testejä tehdessään. Mittauksiin osallistuvilla tuli olla sisäliikuntavarustus ja siitä oli informoitu etukäteen. Alkuverryttely oli vakioitu ja se toteutettiin aina samalla tavalla.

Motivaatio kuuluu olennaisena osana kuntotestaukseen, olipa sitten kyseessä laboratorioolosuhteissa tai kenttäolosuhteissa tapahtuva testi. Pedagogisessa kuntotestauksessa pysyväisluontoinen yksilöstä toiseen vaihteleva motivaatio kuuluu todelliseen varianssiin. Tilannekohtainen motivaatio saatetaan sen sijaan laskea kuuluvaksi joko todelliseen tai virhevarianssiin. Näiden tekijöiden kontrollointi on vaikeaa eikä niitä suurilla aineistoilla toteutetuissa kenttätutkimuksissa ole toteutettu (Huotari 2004).

Seitsenosaisen lihasvoimatestistön testaajana on toiminut tutkija, liikuntatieteiden lisensiaatti ja kasvatustieteiden maisteri Harri Rintala Ilmavoimien esikunnasta. Ilmailufysiologisissa mittauksissa ovat avustaneet osastoupseeri, luutnantti Matti Martikainen, Keskussotilassairaalan Ilmavoimaosastolta, fysioterapeutti Elli Suoninen ja TtM, ft Jaana Ulaska Keskussotilassairaalan fysioterapianosastolta. Vuoden 2004 testeissä Rintalan avustajana toimi liikunnanohjaaja Henri Hänninen Kauhavan Lentosotakoulusta. Tutkija Harri Rintala on henkilökohtaisesti kouluttanut edellä mainitut avustajat. Hän on toiminut myös valvojana testaustilanteissa, joissa ei itse toiminut testaajana. Useamman testaajan käyttö laskee mittausten reliabiliteettia, mutta koulutettujen asiantuntijoiden ollessa testaajina vaikutusta ei voida pitää merkittävänä. Lisäksi Rintala on, oman arvionsa mukaan, itse testannut noin 80 % koko populaatiosta, mikä edelleen nostaa reliabiliteettia. Rintalan (13.12.2005) mukaan testituloksissa ei havaittu eri testaajien välillä merkittäviä eroja. Yleisesti isometrinen testien osalta on tieteellisesti todistettu (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; Malm 2005), että testien toistettavuus ja mittausten luotettavuus ovat hyviä. Eniten eroja tulee anaerobisen tehon hyppytestissä, jossa testaajan arvioitavaksi jää esimerkiksi hyväksytyjen ja hylättyjen suoritusten määrittäminen ja laskeminen. (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; Malm 2005; H. Rintala, henkilökohtainen tiedonanto. 13.12.2005.)

Niskan fleksion ja ekstension mittaamisessa on pään kiinnittämisessä dynamometriin käytetty kolmea eri menetelmää: vuosina 1997 ja 1998 käytössä oli menetelmä, jossa pään ympäri vedetty panta kiinnitettiin dynamometriin, vuosina 1999 ja 2000 pää kiinnitettiin dynamometriin kypärällä ja vuosina 2001, 2002, 2003 ja 2004 päätä ei varsinaisesti kiinnitetty dynamometriin, vaan suoritukset tehtiin tukea vasten. Muutokset testilaitteistossa laskevat mittausten re-

liabiliteettia. Halmetin ym. (2002) mukaan niskan ja kaulan voimien mittaustulokset kypäräkiinnityksellä ja tukea vasten tehtynä ovat keskenään vertailukelpoisia. Rintalan (12.12.2005) mukaan kaikki kolme menetelmää ovat osoittautuneet keskenään vertailukelpoiksi – mittaustulosten keskiarvojen erotukset ovat olleet maksimissaan 1 kilogramman luokkaa eri kiinnitysmenetelmien välillä. (Halmet, Hyvärinen & Oksa 2002; H. Rintala, henkilökohtainen tiedonanto. 12.12.2005.)

Heittoporttitestissä on heittoetäisyytenä käytetty 3,5 metrin matkaa. Poikkeuksena vuosi 1998, jolloin etäisyytenä käytettiin 4,0 metrin matkaa. Vuoden 1998 tulokset saatiin vertailukelpoiksi käyttämällä niiden kohdalla vakiokerrointa 0,7. Tällaista muuntokerrointa käytettäessä on huomioitava, etteivät kertomalla saadut tulokset ole täysin absoluuttisten mittaustulosten veroisia, mikä pitää tiedostaa tulosten reliabiliteettia laskevana tekijänä.

Kestovoiman kenttätestit on suoritettu valintajärjestelmän toisessa vaiheessa. Testaus on tapahtunut useammassa eri paikassa, useamman testaajan toimesta, mikä pitää arvioida testauksen reliabiliteettia laskevana tekijänä. Vaikutusta ei voida pitää kuitenkaan suurena, koska testien suoritusperiaatteet ovat tarkoin vakioidut, testaajat koulutettuja ja yksittäisten testiosuuksien vaikutus kokonaistulokseen (lihaskuntopisteet) melko pieni.

Testipatteriston testilaitteiston käyttöön kasvaessa riski mittauksen epätarkkuuksiin kasvaa. Varsinkin tulevaisuudessa käyttövuosien edelleen lisääntyessä pitää kiinnittää huomiota muun muassa laitteiston huoltamiseen, jotta tulosten reliabiliteetti saadaan pysymään korkealla.

Tilastollisten analyysien reliabiliteettia parannettiin tekemällä empiiriselle aineistolle normaalisuustesti (Kolmogorov-Smirnov), vaikka populaation voitiin todeta olevan lähellä normaalijakaumaa jo pelkällä visuaalisella tarkastelulla. Testiaineistolle suoritettiin parametrinen varianssianalyysin lisäksi ei-parametrinen U-testi, niiden muuttujien osalta, jotka eivät täyttäneet täysin varianssianalyysin ehtoja. Tämä kaksoistestaus lisäsi myös osaltaan tilastollisia analyysejä.

Reliabiliteettia paransi myös tutkimuksen taustatyönä tehty laajahko kirjallisuuskatsaus, jolla tutkijan oli mahdollista saavuttaa riittävät edellytykset luotettavan tutkimuksen tekemiselle.

Tutkimuksessa vertaillaan ryhmien välisiä eroja. Heikkilän (2001, 45) mukaan otoskoon tulisi tällöin olla vähintään 200-300 ja jokaisessa ryhmässä tulisi olla vähintään 30 tilastoyksikköä. Tässä tutkimuksessa otoskoko  $n = 326$ , ryhmien lukumäärä on kahdeksan ja ryhmien koko

37-45 henkilöä, joten Heikkilän (2001, 45) mukaan otanta on riittävä luotettavalle tutkimukselle.

Viitearvoja kehitettäessä on riittävän suuren populaation käyttö tärkeää, koska liian pieni otanta saattaa siirtää viitearvoaluetta, aiheuttaen epänormaalin viitearvojakauman. Viitearvojen normalisuus pyritään saavuttamaan käyttämällä niiden tekemisessä mahdollisimman edustavaa ja normaalia populaatiota siitä ryhmästä, jossa niitä käytetään. (Uusitalo ym. 1987, 582-583; McArdle ym. 1996, 417-426; Sothmann ym. 2004, 864-875.) Koska tutkimuksessa oli käytössä koko perusjoukko voidaan olettaa, että käytettävä otanta oli riittävän edustava luotettavien viitearvojen luomiseksi.

## 12. POHDINTA

### 12.1. Ilmavoimien ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso

Tutkimuksen yhtenä päätavoitteena oli määrittää Ilmavoimien ohjaajakurssin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso. Toisin sanoen, tavoitteena oli saada tieteellisten menetelmien avulla tietoa siitä, millaiselta fyysisen kunnon tasolta sotilaslentäjän vaativalle uralle lähdetään. Tutkimuksessa lähtötaso määriteltiin käyttämällä empiirisenä aineistona vuosina 1997-2004 ohjaajakurssille valittuja henkilöitä sekä heidän lihasvoimatestituloksiaan. Tulokset ilmaistiin viitearvojen muodossa. Viitearvoja tarvitaan testitulosten tulkitsemisessä ja välittömän testipalautteen annossa. (esim. Karvonen 1988, 582-583; McArdle ym. 1996, 417-426; Oksa ym. 1997; Keskinen ym. 2004, 137-138; Ahtiainen, Mero & Häkkinen 2004, 284; Sothmann ym. 2004, 864-875.) Kalliomaan (2002) mukaan sotilaan toimintakykyä kehittää merkittävästi oppimisympäristö muun muassa ohjaa oppijaa itsenäiseen tiedonhankintaan ja edellyttää, että oppiminen tapahtuu itse tekemällä. Hän (Kallioma 2002) painottaa myös, että opetettava pitää ohjata tietoisesti tekemään omaa kehittymistä koskevia päätöksiä. Toiskallion (2002) määrittelemän koulutusajattelun perusmallin keskeisimpänä tekijänä on käsitys itsestä. Sillä tarkoitetaan itsetuntemusta, käsitystä omista vahvuuksista ja mahdollisista heikkouksista – se on taitoa toimia persoonallisesti. (Toiskallio 2002, 12-26.) Tarkkojen viitearvojen avulla voidaan testauksen yhteydessä annettavalla palautteella osoittaa, minkälaisella tasolla koehenkilö fyysisen suorituskykynsä puolesta testaushetkellä on. Samalla voidaan ohjata testattavaa kehittämään mahdollisia heikkouksiaan sekä tietysti myös tiedostamaan omat vahvuutensa. Toisin sanoen koehenkilö, oppija itse, oppii tiedostamaan omia heikkouksiaan/vahvuuksiaan ja oppii samalla tekemään päätöksiä ominaisuuksiensa kehittämisen suhteen, esimerkiksi harjoitusohjelmien valinnoissa. Näin saavutetaan myös sotilaspedagogisesti tärkeä itseohjautuvuus, oppijan tehdessä itsenäisiä päätöksiä harjoittelunsa toteuttamisen suhteen.

Sotilaspedagogiikassa kaiken toiminnan edellytyksenä ja lähtökohtana on toimintakykyinen sotilas (Toiskallio 2000, 33). Hyvän toimintakyvyn omaava sotilas pystyy toimimaan tehokkaasti ja harkitusti taisteluolosuhteissa niissä tehtävissä, jotka hänelle on määrätty. (Toiskallio 1998, 26.) Sotilaslentäjän taisteluolosuhteet ovat fyysisesti hyvin rasittavat (esim. Cornwall & Krock 1992; Hämäläinen 1993; Burton & Whinnery 1996). Sotilaan työn vaatimukset yhdessä sotilaslentäjän työn erityisvaatimusten kanssa (ks. kappaleet sotilaan ja sotilaslentäjän työn erityispiirteet) asettavat suuret vaatimukset valittavien henkilöiden ammatilliselle toimintakyvylle ja edelleen fyysiselle suorituskyvylle (mm. Burton & Whinnery 1996; Green 1999). Sotilaslentäjän kouluttaminen on vuosia kestävä ja ihmiskehoa rasittava prosessi – jopa 75 %

suomalaisista sotilaslentäjistä kärsii tai on kärsinyt työn aiheuttamista fyysisistä kivuista tai vammoista. U.S Navyn lentäjistä 60 % kärsii tutkimusten mukaan kroonisesta niskakivusta. (Green 1999, 153; Rintala ym. 2005.) Näin suuret prosentuaaliset osuudet koko populaatiosta eivät voi olla vaikuttamatta heikentävästi sotilaslentäjien toimintakykyyn ja samalla koko ilmavoimien taistelukelpoisuuteen. Jotta koulutus- ja taistelukelpoisuutta voitaisiin ylläpitää koko sotilaslentäjän uran ajan, pitäisi yksilön fyysinen suorituskyky olla työn vaatimuksia vastaavalla tasolla. Erityisen kriittisiä ovat lentouran alkupuolen vuodet, jolloin lentointensiivisyys ja kuormittavien lentojen kokonaiskertymä ovat korkeimmillaan. Nämä ovat myös vuosia, jolloin ihmisen on fysiologisten ominaisuuksien perusteella mahdollista saavuttaa maksimaalinen fyysisen suorituskyvyn taso (esim. McArdle 1996; Nienstedt ym. 1999). Tämän maksimaalisen tason saavuttamiseen tulisi kaikilla sotilaslentäjien sotilaallisen toimintakyvyn osa-aleilla (ml. fyysinen kunto) pyrkiä. Optimaalisessa tilanteessa voitaisiinkin tämän jälkeen keskittyä pelkästään toimintakyvyn ja suorituskyvyn ylläpitämiseen. Intensiivisen ja jatkuvan ammatillisen koulutuksen sekä esimerkiksi uran aikana lisääntyvien työtehtävien (esimerkiksi päällikkötehtävät) vuoksi fyysisestä kunnosta huolehtiminen on tällä hetkellä jokaisen sotilaslentäjän omalla vastuulla ja enimmäkseen omalla ajalla toteutettavaa toimintaa, ilman ammattimaista ja aktiivista ohjausta ja palautteenantoa, joista esimerkiksi palautteenannon merkitystä oppimisessa ei Halosen (2002) mukaan voi liikaa korostaa. Hänen mukaan koulutettaville sotilaille on kaikissa vaiheissa annettava palautetta toiminnasta ja osaamisen tasosta sekä sen ja tavoitevaiheen välisestä mahdollisesta eroista. (Halonen 2002, 45-71.)

Ilman riittävää sotilaskoulutuskelpoisuutta, toisin sanoen fyysisen suorituskyvyn lähtötasoa ja sen jatkuvaa kehittämistä lento-oppilaista ei voida kouluttaa taistelukelpoisia sotilaslentäjiä. Jotta oppilaista voitaisiin kouluttaa taistelukelpoisia sotilaslentäjiä, pitäisi heidän olla palvelukseen astuessaan koulutuskelpoisia varusmiehiä. Viitearvot ovatkin valintavaiheen testauksessa hyvin tärkeitä koehenkilön sotilaskoulutuskelpoisuuden arvioimisessa. Testituloksien vertaaminen viitearvoihin antaa viitteitä koehenkilön edellytyksistä menestyä ohjaajakurssilla. Viitearvoja voitaisiinkin käyttää konkreettisena apuna ohjaajakurssivalintoja tehtäessä. Määrittämällä jokaisen testin minimivaatimustasoksi esimerkiksi kuntoluokan tyydyttävä, voitaisiin kaikki tätä huonommat testitulokset saavuttaneet koehenkilöt karsia fyysisen suorituskyvyn vajavaisuuden vuoksi. Rajatapauksissa koehenkilöitä voitaisiin ohjeistaa kohdistamaan harjoittelussaan enemmän huomiota heikkouksiensa kehittämiseen. Tällaisille henkilöille voitaisiin määrätä myös seurantatestit tehtäväksi, esimerkiksi vuoden välein, kunnes vaadittavat tavoitetasot olisi saavutettu ja voitaisiin perustellusti todeta, ettei henkilö kuulu ominaisuuksiensa puolesta enää niin sanottuun riskiryhmään. Sothmannin ym. (2004) mukaan jokaisen palo- ja pelastustehtävissä työskentelevän pitäisi saavuttaa määritellyt fyysisen suoritus-

kyvyn minimivaatimukset ollakseen työkelpoinen. Ihmishenkien pelastamisen ja kansalaisten turvallisuuden ollessa kyseessä fyysinen suorituskyky ei saisi olla toimintaa rajoittava tekijä. (Sothmann ym. 2004.) Nämä samat tosiasiat pätevät myös sotilaslentäjän työssä. Henkilöiltä, jotka eivät saavuta lihasvoimatesteissä fyysisen suorituskyvyn minimivaatimuksia voitaisiin esimerkiksi evätä kelpoisuus lentää erityisen kuormittavia lentolajeja, kuten kaarto- ja taistelua. Tämän kelpoisuuden he saisivat takaisin vasta saavuttamalla uusintatesteissä vaadittavat minimivaatimustasot. Polkupyöraergometritestin osalta tämänkaltaisen menetelmä on jo käytössä. Ollakseen hävittäjälentokelpoinen koehenkilön tulee saavuttaa kyseisessä, puolen vuoden välein tehtävässä, testissä vähintään tulos  $3,5 W_{\max 1} / \text{kg}$ . (IlmavEh-os PAK I 3:4 34/22.4/D/I.)

Pelkkä puolivuositain tehtävä aerobisen tehon testi ei kuitenkaan ole riittävä menetelmä hahmottaessa tutkia kattavasti sotilaslentäjien taistelu- ja koulutuskelpoisuutta, ammatillista fyysistä suorituskykyä ja niiden kehittymistä. Polkupyöraergometritestiä vastaava testauskäytäntö olisikin syytä ottaa käyttöön myös lihasvoimaa mittaavan seitsemänosaisen testistön osalta. Nyt määriteltyjä viitearvoja voisi käyttää tukena myös seurantatesteissä. Vertaamalla lähtötilanteen fyysisen suorituskyvyn tasoa vuosia palvelleeseen sotilaslentäjän tasoon saataisiin viitteitä siitä, millä tasolla koehenkilön fyysinen suorituskyky on ja millä tasolla sen pitäisi olla. Nykyinen testijärjestelmä on ollut koekäytössä vuodesta 1997. Ensimmäiset testatut ryhmät ovat pian olleet jo kymmenen vuotta Ilmavoimien palveluksessa. Näistä ensimmäisistä ryhmistä lähtien voitaisiin käyttöönottaa järjestelmä, jossa jokaisen sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn kehitystä seurattaisiin jatkuvasti peilaamalla seurantatestituloksia aikaisempiin testituloksiin. Tehtäessä lihasvoimatestit esimerkiksi kerran vuodessa psykofysiologisen vuositarkastuksen yhteydessä, saataisiin aikaan jatkuva seurantajärjestelmä fyysisen suorituskyvyn ja koulutus- ja taistelukestävyyskehitykselle. Nupponen ym. (1999) ehdottivat, että viitearvoja käytettäisiin koehenkilön kehityksen seurantaan laatimalla kehityskäyrä eri vuosina samalle henkilölle tehdyistä testituloksista ja vertaamalla tätä viitearvoihin. Samaa menetelmää voitaisiin hyödyntää sotilaslentäjienkin kohdalla. Tulevaisuudessa menetelmä voitaisiin ottaa uusille sotilaslentäjille käyttöön heti uran alusta alkaen. Näin saataisiin aikaan kontrollijärjestelmä, jolla sotilaslentäjälle tärkeimpien lihasryhmien voimatasot ja aerobinen suorituskyky olisivat jatkuvassa seurannassa uran alusta lähtien. Testitulosten karttuessa voitaisiin muodostaa omat viitearvot myös seurantatesteille. Seurantatesteissä sotilaslentäjän tavoitteena olisi saavuttaa määritelty taistelukestävyys taso, eli tavoitetaso, jonka uskottaisiin olevan riittävä menestyksekkäälle ilmasodankäynnille. Näin ”palapeli täydentyisi” hiljalleen. Seurantatestien viitearvojen muodostamisessa voitaisiin ottaa huomioon vielä iän vaikutukset maksimaaliseen voimatasoon ja sen laskuun – esimerkiksi 35 – 40 – vuotiaiden sotilaslentäjien

viitearvoissa tulisi jo huomioida iän aiheuttama luonnollinen maksimivoimatason lasku. Näin ollen, olisikin perusteltua luoda viitearvot esimerkiksi 20 - 30 - vuotiaille, 30 - 35 - vuotiaille ja 35+ - vuotiaille erikseen Ensimmäisiä seurantatestituloksia ollaan saamassa kadettien Pro Gradu - tutkielmien muodossa jo tänä keväänä, kadettien fyysistä suorituskyykyä mittaavissa tutkimuksissa (Teppo 2006; Teräväinen 2006 & Väre 2006.). Näistä Väre ja Teräväisen tutkimuksissa on mittausprotokollana käytetty samoja menetelmiä kuin tässä tutkimuksessa ja Tepon tutkimuksessa Kuortaneen Urheiluopistolla tehtyjä isometristä ja dynaamista voimaa mittaavia menetelmiä. Yhdistämällä fyysisen suorituskyyvyn kehitykseen esimerkiksi henkilöiden sairaushistorian ja kuormittavien lentojen (esimerkiksi kaartotaistelulennot) vuotuisen ja kuukausittaisen kertymän saataisiin arvokasta tietoa siitä, millä lihasvoimatasoilla henkilöillä ei ole havaittavissa ammattitaitoiksi luokiteltuja tuki- ja liikuntaelinsairauksia (Työterveyslaitos 1995) ja millä lihasvoiman tasoilla riski sairastua on kasvanut. Samalla saataisiin tietoa sotilaslentäjien taistelu- ja koulutuskelpoisuuden vaatimusten määrittämiseksi. Toisin sanoen, tietoja siitä, minkälainen toimintakyvyn taso tulee ohjaajakurssille valitulla valintatesteissä olla, jotta hän on koulutuskelpoinen sotilaslentäjän ammatin ja minkälainen toimintakyvyn taso tulee valmiilla sotilaslentäjällä olla, jotta hän olisi taistelukestävyydeltään ja -kelpoisuudeltaan riittävällä tasolla menestyäkseen ilmasodankäynnissä. Onneksi näihin ongelmiin ja niiden selvittämiseen ollaan Ilmavoimissa jo paneututtu ja vastauksia saataneen jo kuluvan vuoden aikana (Rintala 2006.)

Salmisen (1998) mukaan puolustusvoimien sotilaspedagogisessa tutkimustoiminnassa tulisi kiinnittää huomiota muun muassa siihen, millaisilla keinoilla sotilaat saataisiin motivoitumaan fyysisen kuntonsa kehittämiseen. Hänen mukaan motivoitumisessa suuri rooli on kouluttajilla sekä heidän keinoillaan motivoida ja kannustaa (Salminen 1998, 15-24). Seuranta- ja testausjärjestelmässä oleellinen rooli olisikin koehenkilöiden itsensä lisäksi alan sotilaskouluttajilla, toisin sanoen asiantuntijoilla, joita tässä tapauksessa olisivat muun muassa lentopalvelusesimiehet, liikuntakasvatusupseerit, testaajat, ilmailulääkärit ja ilmailufysiologit. Heidän antamallaan välittömällä palautteella olisi testauksen yhteydessä ensiarvoisen suuri merkitys henkilön motivoimiseksi kuntonsa ylläpitoon ja kehittämiseen. Liite ry:n (1999) mukaan miltei tärkeimpänä fyysisen työkyvyn testauksen tarkoituksena voidaan pitää motivointia, koska tuloksellisen työkyvyn ylläpidon perusta on työntekijän oma motivaatio. Jatko - ja seurantatestien pitääkin motivoida työkyvyn ja toimintakyvyn ylläpitoon. (Liite ry 1999, 93.) Lisäksi organisaation ja kouluttajien (esim. lentopalvelusesimiehet ja liikuntakasvatusupseerit) luomalla toimintaympäristöllä (opetussuunnitelma, työajan käyttö jne.) ja kannustuksella olisi suuri rooli sotilaslentäjien toimintakyvyn kehittämis- ja ylläpitämisprosessissa.



Mikäli testaus- ja seurantajärjestelmä saataisiin tutkimuksessa ehdotetulla tavalla täysimääräisesti käyttöön, saattaisi tarve kouluttaa lisää ilmailufysiologian koulutusta saaneita sotilaskouluttajia eri joukko – osastoihin kasvaa. Tällä hetkellä Ilmavoimissa on yksi ilmailufysiologin virassa toimiva henkilö, joten resurssien kasvattamiselle olisi perusteltua tarvetta. Tarve lisäkoulutukselle ilmenisi todennäköisesti siksi, että joukko – osastojen lääkäreiden ja liikuntakasvatusupseerien sekä Ilmavoimien esikunnan ilmailufysiologin resurssit nykyisellä miehityksellä ovat riittämättömät edellä mainittujen asioiden parissa täysipainoisesti työskentelemiseksi. Esimerkiksi vuositarkastuksessa tehdyistä lihasvoimatesteistä saatujen ohjeiden perusteella sotilaslentäjä voisi yhdessä kouluttajansa kanssa suunnitella seuraavan vuoden harjoitusohjelmaansa taistelu- ja koulutuskestävyyden kehittämistä silmällä pitäen. Nämä sotilaskouluttajat työskentelisivät lähellä sotilaslentäjiä kouluttajina, harjoittelun ohjaajina ja valmentajina sekä ilmailufysiologian alan asiantuntijoina. Ohjauksen tulisi olla säännöllistä ja jatkuvaa valmentamista. Jatkovaa kontaktia voitaisiin ylläpitää esimerkiksi viikoittain tehtävien yhteisharjoitusten avulla. Sotilaslentäjältä vaaditaan huippu-urheilijan kuntoominaisuuksia, joten voidaankin kysyä, miksei niiden saavuttamiseksi voitaisi kehittää toimivaa urheilijavalmennusjärjestelmää. Tutkija itse uskookin, että esimerkiksi hänen oma vammautumisensa olisi ollut vältettävissä oikeanlaisella harjoittelulla ja harjoittelun ohjauksella.

Ilmavoimien ohjaajakurssin valintavaiheen seitsenosainen lihasvoimatestistö (ks. kappale 8.4.6 Kuntotestien rakenne) on ollut vuodesta 1997 asti koekäytössä. Lihasvoimatestistölle muodostettiin viitearvot testauksen tueksi vuonna 1997. Testistön avulla saatujen tulosten perusteella ei ole tehty esimerkiksi valintavaiheessa karsintaa, vaan tulosten antama informaatio on ollut ainoastaan muita valintavaiheen testituloksia tukevaa. (Oksa ym. 1997; Rintala 2006. Henkilökohtainen tiedonanto.) Kuten aiemmissa kappaleissa on todettu, käytössä olevista fyysisen suorituskyvyn testeistä ainoastaan polkupyöräergometritesti on otettu Ilmavoimissa, varusmiesten kuntotestin ohella, viralliseen testikäyttöön. Lihasvoimatestistössä käytettävien mittausvälineiden ja -menetelmien toimivuus ja testausten toistettavuus on useissa tutkimuksissa tieteellisesti todistettu (esim. Viitasalo 1987, 1989; Häkkinen 1990; Ilvesmäki 1992; Julin & Virtapohja 1996; McArdle ym. 1996; Halmet, Hyvärinen, & Oksa 2002; Keskinen ym. 2004; Malm 2005; ACSM 2006.), joten näyttöä testausten luotettavuudesta ja testilaitteiden käytettävyydestä on. Virallisena osana testausjärjestelmää, ja nyt luotujen viitearvojen kanssa käytettäessä lihasvoimatestipatteristo tuottaisikin nykyistä enemmän lisäarvoa Ilmavoimien valintajärjestelmälle, ohjaajakurssille hakevien koulutuskelpoisuuden ja tulevan taistelukelpoisuuden arvioinneissa.

Viitearvojen määrittämisessä tulee huomioida lajin tai ammatin erityispiirteet. Validin infor-

maation saamiseksi viitearvot tulisi pyrkiä asettamaan oikealle tasolle. Pitääkin kriittisesti arvioida, ovatko tässä tutkimuksessa käytetystä populaatiosta muodostetut viitearvot sellaiseen riittävällä tasolla arvioitaessa sotilaslentäjän työn (esimerkiksi taistelukestävyydelle) asettamia fyysisen suorituskyvyn vaatimuksia. Varmuudella voidaan sanoa, että viitearvojen tulisi kaikilta osin olla esimerkiksi normaaliväestölle määritellyjä viitearvoja korkeammalle asetetut. Ilmavoimien tutkimuksissa on todettu, että esimerkiksi jääkiekko muistuttaa lihas-työtavoiltaan sotilaslentäjän työtä (Paalimäki & Rintala 1996, 41-43). Sotilaslentäjän ammatin erityispiirteet (ks. kappale) huomioiden voitaisiinkin pitää perusteltuna, että sotilaslentäjien lihasvoiman lähtötason viitearvot olisivat esimerkiksi vartalon voimien osalta vähintään jääkiekkoilijoiden viitearvoja vastaavalla tasolla. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella viitearvojen voidaan olettaa olevan vartalon ojentajien osalta riittävän korkealla tasolla. Vartalon koukistajien osalta viitearvot vaikuttaisivat olevan liian alhaiselle tasolle asetetut. On täysin normaalia, että vartalon ojentajavoimat ovat suhteellisesti vartalon koukistajavoimia suurempia, mutta epätasapaino näiden lihasvoimien välillä ei saisi olla tutkimuksen tulosten suuruusluokkaa. (Häkkinen 1990). Voitaisiinkin perustellusti olettaa, että nyt määritellyjä vartalon koukistajien viitearvorajoja olisi syytä nostaa – esimerkiksi lähelle jääkiekkoilijoiden vastaavia. Tämä tarkoittaisi todennäköisesti sitä, että testauksessa saavutetut kuntoluokat putoaisivat vartalon koukistajien osalta – asia, joka testaajankin tulisi tiedostaa. Testipalautteen annossa testaajan tulisikin kannustaa koehenkilöä lihasvoiman monipuoliseen kehittämiseen, samalla myös lihastasapainoa kehittämällä. Lihastasapainon parantuminen vaikuttaa myös ihmisen ryhtiin positiivisesti. (Aalto 2005, 132-133.) Tiedostamalla omat heikkoutensa ja vahvuutensa koehenkilö pystyisi kehittämään fyysistä suorituskykyään ammatillisesti tärkeimpiä osatekijöitä painottaen.

Pelkkä määriteltyjen viitearvojen vertailu muiden populaatioiden viitearvojen kanssa, ei vielä riitä perusteeksi lähteä muuttamaan lähtötasovaatimuksia. Selvempiä ja tarkempia perusteita viitearvojen uudelleenmäärittämiselle tarvittaisiin. Tässä tutkimuksessa määriteltiin sotilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn lähtötaso, mikä kuitenkin ei välttämättä vastaa sitä tasoa, mikä lentäjillä työkyvyn ja ammatillisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi tulisi olla esimerkiksi lennettäessä hävittäjäluokan lentokonetta. Kuten aiemmin mainittiin, lisää tutkimusta tarvitaankin, jotta voitaisiin tieteellisesti osoittaa, mitkä fyysisen suorituskyvyn lähtötasot altistavat sotilaslentäjän esimerkiksi tuki- ja liikuntaelinsairauksille, ja mitkä fyysisen suorituskyvyn lähtötasot riittäisivät näiden sairauksien ehkäisemiseen. Omakohtaisen tukirankasairauden kokeneena tutkija itsekin kokisi laaja-alaisen sotilaslentäjien tuki- ja liikuntaelinsairauksille altistavien syiden kartoittamisen tärkeänä. Aikaisemmissa kappaleissa mainittuun viitaten,

näitä ongelmia ollaan Ilmavoimissa tutkittu ja onneksi edelleen tutkimassa (Rintala 2006). Saamalla vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin voitaisiin mahdollisesti tarkistaa nyt määriteltyjen viitearvojen rajoja ja ehkä jopa määrittää niitä uudelleen - oletettavasti vaatimuksiltaan korkeammalle. Toisaalta voidaan myös kriittisesti pohtia olisiko mielekästä korottaa nyt määriteltyjä viitearvoja, vaikka sille ilmenisi tarpeita. Rajallisen, viime vuosina jopa pientyneen, hakijamäärän vuoksi ohjaajakurssivalinnoissa saatetaan joutua tinkimään hakijoiden kohdalla ominaisuuksista, joita voidaan harjoittelulla kehittää. Yksi harjoittelulla kehitettävä ominaisuus saattaisi olla fyysinen suorituskyky. Tällaisten niin sanottujen rajatapauksen kohdalla viitearvojen merkitys henkilön motivoinnissa ja ohjauksessa olisi erityisen korostunut. Niiden avulla voitaisiin osoittaa, millä tasolla koehenkilö fyysiseltä suorituskyvyltään on muuhun populaatioon nähden. Jos käytettävissä olisivat vielä tiedot siitä, millaisilla fyysisen suorituskyvyn lähtötasoilla riski taistelukestävyyden merkittävälle alenemiselle (esim. riski altistua vammoille/sairauksille) on suurentunut, voitaisiin vielä vahvasti osoittaa mille toimintakyvyn tasolle koehenkilön pitäisi päästä välttyäkseen ammatillisen toimintakyvyn ja taistelu- ja koulutuskelpoisuuden heikkenemiseltä. Mikäli tieto riskiryhmään kuulumisesta saataisiin heti valintavaiheessa, voitaisiin huonoihin ennusteisiin, kuten todennäköisiin sairauksien syntyyn vielä puuttua ennaltaehkäisevästi. Tällöin ainoa keino välttyä uhkaavilta ammattitaudeilta (tuki- ja liikuntaelinvaihat) ja taistelukelpoisuuden alenemiselta olisi jatkuvan ja nousujohteisen kunnonkohotusohjelman noudattaminen, jota tuettaisiin asiantuntevalla ohjauksella, seurantatesteillä ja kaikkien osapuolien sitouttamisella ko. henkilön fyysisen suorituskyvyn kehittämiseen. Tällainen ennaltaehkäisevä kuntoutus olisi syytä aloittaa välittömästi henkilön aloittaessa koulutuksensa. Koehenkilön itsensä tulisi saavuttaa asetetut fyysisen suorituskyvyn tavoitetasot ennen tukirankaa voimakkaasti kuormittavan lentokoulutuksen alkua, toisin sanoen ennen Hawk – koulutuksen aloittamista. Niin sanottujen rajatapauksen kohdalla tulisi ennen lopullisia ohjaajakurssivalintoja kuitenkin vielä kriittisesti ja tapauskohtaisesti arvioida, millaiset edellytykset koehenkilöllä kunnon kohottamiseen on. Tähän antaisi viitteitä esimerkiksi henkilön liikuntakäyttytymisen ja liikunnallisuuden arviointi – esimerkiksi ellei henkilö aiemmassa elämässään ole omaksunut liikunnallista elämäntapaa on kriittisesti arvioitava kuinka todennäköistä elämäntapojen muutos tässä vaiheessa elämää olisi.

Sotilaslentäjälle asetetun toimintakyvyn tavoitetason saavuttaminen ennen kuormittavaa Hawk – koulutusta on helppo suunnitella näin teoriassa. Hawk – koulutus alkaa nykyisessä upseerin koulutusohjelmassa kadettikoulun 3. vuosikurssin keväällä. Tätä ennen kadetti on suorittanut sotatieteiden kandidaatin tutkinnon, johon sisältyy pitkiäkin yleisiä opintoja sisältäviä teoriajaksoja sekä ilman lentokoulutusta että lentokoulutuksen ohella. Opintoja kasautuu ajoittain päällekkäin hyvinkin suurina määrinä. Tällaisten kuormitushuippujen aikana kadettien

on rajallisten henkilökohtaisten voimavarojensa vuoksi pakko tinkiä kaikesta opintojen suorittamiseen liittymättömästä. Esimerkiksi lentokoneiden ohjekirjojen opiskelu on jatkuvaa kertausluonteista opettelua, johon ei opetussuunnitelmissa ole varattu viikko – ohjelmiin aikaa. Varsinkin uuden hävittäjäkonetyypin opiskelu on aikaa ja voimavaroja vievää työtä. Oman sotilaslentäjänä kehittymisen ja taistelukelpoisuuden parantamisen vuoksi jokaisen nuoren sotilaslentäjän on kuitenkin jatkuvasti sitä tehtävä – kuormitushuippujen aikana oman virka – ajan ulkopuolella. Tällöin suurena vaarana on, että kadetti on pakotettu tinkimään esimerkiksi fyysisen suorituskyvyn ja oman sotilaskunnan ylläpidosta ja kehittämisestä. Ja vielä valitettavampaa on, että kyseiset kuormitushuiput kasautuvat, kuten edellä mainittiin, juuri ajanjaksoille, jolloin sotilaslentäjän toimintakyvyn pitäisi olla huipussaan, eli aikaan juuri ennen Hawk – lentopalveluksen alkua. Voidaankin kriittisesti pohtia, onko mielekästä vaatia sotilaslentäjän tutkintoa suorittavilta kadeteilta kaikkien, tällä hetkellä pakollisten yleisten upseeriopintojen suorittamista, vaarantaen samalla ei pelkästään nuoren sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn ja taistelu- ja koulutuskelpoisuuden kehittymisen vaan myös koko lentopalveluksen turvallisuuden. Ilmavoimissa tulisikin aloittaa tutkimustoiminta, jonka tavoitteena olisi löytää vaihtoehtoja lentokadettien koulutuksen uudistamiselle ilmavoimainnotteisempaan suuntaan. Näin turvattaisiin jokaiselle sotilaslentäjän ammattiin valmistuvalle mahdollisuudet kehittää toimintakykyään, tavoitteenaan taistelukestävyydeltään hyvä sotilaslentäjä.

Sotilaslentäjän kouluttaminen on yhteiskunnalle kallis investointi, joten ennaltaehkäisevä testaus-, seuranta- ja kuntoutustoiminta olisi myös kansantaloudellisesti edullista. Sotilaslentäjän taistelukelpoisuuden ylläpito on kansallisen turvallisuutemme kannalta tärkeää sekä rauhan että sodan aikana - ilman taistelukelpoisia sotilaslentäjiä rauhan ajan operatiivisia tehtäviä, ilmavalvontaa, tunnistuslentotoimintaa pystytä täysipainoisesti toteuttamaan, saati sitten kriisin ajan päätehtävää hävittäjätorjuntaa eli hävittäjäkonein toteutettua vastustajan ilma-alusten torjuntaa. (Ilmavoimat 2006.)

Toiskallio (1996) toteaa, että sotilaspedagogiikassa pyritään kehittämään keinoja, joilla edistetään korkeatasoista oppimista ihmisen ja teknisten laitteiden muodostamissa järjestelmissä (Toiskallio 1996). Kuten tämäkin tutkimus osoittaa, tutkimusnäyttöä työn kuormittavuudesta ja fyysisestä ja teknisestä vaativuudesta on julkaistu paljon. Fyysisen suorituskyvyn testausselle olisi tieteellisin menetelmin toimivaksi todistettu mittausvälineistö valmis virallisesti käyttöönotettavaksi. Lisäksi alan ammattitaitoa olisi riittävästi käytettävissä virallisen projektin käynnistämiseksi. Onkin vaikeaa löytää syitä siihen, miksei sotilaslentäjien ammatillisen toimintakyvyn ja taistelukestävyuden testauksesta, kehittämisestä, ylläpidosta ja seurannasta kannettaisi nykyistä enempää huolta. Kuten edellä mainittiin, tutkija itsekin on saman kohta-

lon kokenut - jotta vastaavanlaisilta kohtaloilta tulevaisuudessa välttyttäisiin, olisi asioihin puututtava ennaltaehkäisevästi silloin, kun se vielä on mahdollista. Kun viitteet mahdollisesta koulutuskelpoisuuden heikkenemisestä, eli fyysisen suorituskyvyn heikkenemisestä ja riskiryhmään joutumisesta saataisiin ajoissa, olisi vielä mahdollista estää tilanteen kehittyminen negatiivisempaan suuntaan. Koneet, joilla puolustustehtävää hoidetaan, ovat suorituskyvyltään huippuluokkaa. Koneista ei kuitenkaan ole paljoakaan hyötyä ilman suorituskykyisiä ihmisiä niitä käyttämässä. Yhtään taistelua ei voiteta ilman taistelunkestäviä sotilaita. Kenraaliluutnantti Matti Aholaa siteeraten: ”Kun sekä koneiden että niiden asejärjestelmien tietojenkäsittelykapasiteetti ovat tällä vuosikymmenellä [1990-luvulla] ylittäneet inhimillisen suorituskyvyn rajat, on ohjaajien henkisen ja fyysisen kapasiteetin lisäämiseen ja täysimääräiseen hyödyntämiseen kiinnitettävä yhä enemmän huomiota.” (Ahola 1996.)

Tuki- ja liikuntaelinvaivat ovat huomattavan yleisiä sotilaslentäjillä. Tutkimusraportteja aiheeseen liittyen on julkaistu paljon ja monia niistä on tässäkin työssä käytetty lähteinä. (esim. Hämäläinen 1993; Rintala ym. 2005.) Kuitenkin vammojen yleisyys ja vakavuus yllättivät tutkimusta tehdessä, mikä sotilaspedagogisesta näkökulmasta ja sotilaan toimintakykyä ja taistelukelpoisuutta silmällä pitäen on erittäin huolestuttavaa. Tutkijan henkilökohtainen tukirankavaiva ilmeni juuri opiskelun Pro Gradu – vaiheessa ja näin tämä aihealue sai ikään kuin syvemmän ja henkilökohtaisemman merkityksen. Vasta nyt, kun oma vamma on tullut julki, moni vanhempi lentoupseeri on tullut kertomaan omista vaivoistaan, jotka kaikki ovat osoittautuneet tukirankavaivoiksi – osa jopa yllättävän vakaviksi. Kaikki tapaukset ovat olleet myös sellaisia, joista allekirjoittaneella ei aikaisemmin ole ollut minkäänlaista tietoa. Ilma-voimissa suositaan avointa kulttuuria esimerkiksi lennonaikana tapahtuvien poikkeavien tilanteiden raportoinnissa. Tällaisia ovat esimerkiksi avioniikkajärjestelmäviat ja -häiriöt tai esimerkiksi psykofysiologiset häiriöt. Raportoinnin avulla poikkeavat tilanteet tulevat nimettöminä henkilökunnan tietoisuuteen ja edesauttavat lentopalveluksen kehittämistä turvallisempaan suuntaan. Samankaltaista avoimempaa tiedotuskulttuuria suotaisi myös kroonisempien ”häiriöiden” raportointiin. Tässä raportoinnissa sotilaslentäjät voisivat nimettöminä kertoa vaivoistaan, joita kuormittava lentäminen heille on aiheuttanut. Raportointi voisi olla vapaamuotoista omakohtaisten kokemusten kerrontaa, eikä sen tarvitsisi rajoittua pelkästään lentopalveluksen ympärille. Se voisi sisältää viitteitä esimerkiksi siitä, miten paljon kroonisuusluonteiset vaivat vaikeuttavat normaalia elämää, esimerkiksi nukkumista ja liikkumista.

Tutkimuksessa esitetyillä tuloksilla on vaarana hukkoa arkistojen uumeniin, ellei niiden perusteella ryhdytä tarvittaviin toimenpiteisiin tavoitteiden saavuttamiseksi – toisin sanoen tarvitaan tulosten *operationaalistamista*. Esimerkiksi edellisessä kappaleessa esitetty, ohjaaja-

kurssin valintavaiheessa käytössä olevan, testipatteriston täysimittainen käyttöönotto vaatisi toteutuakseen asiantuntijatyöryhmän kokoamista. Tutkimustulosten perusteella voidaankin esittää tarvetta Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmän kokoontumiselle, jotta tulokset saataisiin Ilmavoimien komentajiston ja ylläkkärin tietoisuuteen ja sitä kautta edelleen muutosesitysten muotoon ja myöhemmin ennen kaikkea konkreettisiksi muutoksiksi.

## 12.2. Korrelaatiot

Tutkimuksessa yhtenä tavoitteena oli selvittää korreloivatko tutkimuksessa käytetyt testit ja niiden tulokset keskenään. Tilastollisesti merkittävä korrelaatio ( $p < 0,05$ ) oli testimuuttujien välillä melko yleistä, mutta tulosten mukaan korrelaatiot olivat kautta linjan melko pieniä. (ks. kappale 10.1.2 Testien väliset korrelaatiot). Heikkilän (2001) mukaan suuria tapausmääriä tutkittaessa jo varsin pienetkin korrelaatiot voivat osoittautua tilastollisesti merkitseviksi, mutta riippuvuus on tällöin yleensä hyvin lievää. Korrelaatioiden tuottamaan informaatiota tuleekin arvioida kriittisesti ja tuottamaa informaatiota tulkita harkiten, ilman liian pitkälle vietyjä johtopäätöksiä. Oksa ym. (1997) laskivat tutkimuksessaan testien väliset korrelaatiot helpottamaan mahdollista testivalintaa. Mikäli nyt käytössä olevasta testipatteristosta pitäisi tehdä testivalintoja, voitaisiin laskettuja korrelaatioita mahdollisesti käyttää apuna. (Heikkilä 2001, 204-206; Oksa ym. 1997.) Tämä voisi tulla kyseeseen esimerkiksi tilanteissa, joissa testausvälineistöä ja eri testien määrää pitäisi rajoittaa. Esimerkiksi jos Ilmavoimien joukko-osastoissa aloitettaisiin lentävän henkilökunnan säännöllinen testaus ko. testeillä, polkupyöräergometritestin tapaan, voitaisiin joutua tinkimään käytettävissä olevista mittavälineistä testaustapahtuman joustavuuden ja testaukseen käytettävän ajan minimoimiseksi. Testien välisten korrelaatioiden perusteella esimerkiksi samaa mittavälineistöä käyttävien anaerobisen tehon ja heittoporttitestin (molemmissa kontaktimatto) tulokset voisivat olla mahdollisesti korvattavissa. Anaerobisen tehon tulokset korreloivat polkupyöräergometritestin tulosten (0,20,  $p=0,000$ ) kanssa. Heittoporttitestin tulokset korreloivat vartalon koukistajien (-0,30,  $p=0,000$ ), vartalon ojentajien (-0,28,  $p=0,000$ ) sekä niskan fleksion (-0,35,  $p=0,000$ ) ja ekstension (-0,24,  $p=0,000$ ) tulosten kanssa. On kuitenkin huomioitava, että edellä mainitut testit mittaavat suorituskyvyn eri osa-alueita ja tuottavat näin ollen informaatiota, joka ei välttämättä ole toisten testien avulla korvattavissa (ks. kappale fyysisten ominaisuuksien testaus). Testien vähentäminen ei siis olekaan missään muodossa suositeltavaa ja sitä tulisikin käyttää vain mahdollisissa pakottavissa tilanteissa. Tällaiset tilanteet asettavat korkeita vaatimuksia myös testaajan ammattitaidolle – esimerkiksi kehon hallinnan ja liikesujuvuuden arviointi olisi vaike-

aa, ellei mahdotonta, ilman heittoporttitestiä ja anaerobisen tehon testiä.

Kehon antropometristen mittojen ja isometrinen maksimivoimatestien (sekä vartalon ojentajien ja koukistajien että niskan fleksion ja ekstension) tuloksien välillä havaittiin melko selvää ja tilastollisesti erittäin merkitsevää ( $p=0,000$ ) positiivista korrelaatiota. Varsinkin paino ja BMI korreloivat isometrinen maksimivoimatulosten kanssa. Tämä ei esimerkiksi valmennus- ja testausopin alalla tehtyjen tutkimusten mukaan ole tavatonta. Viitasalo (1987) havaitsi BMI:n ja lihasvoiman testitulosten välillä merkittäviä korrelaatioita eri-ikäisissä koeryhmissä. Kehon painon nouseminen näyttäisikin vaikuttavan maksimivoimantuottokykyä parantaen. Tulosten perusteella ei voida kuitenkaan päätellä onko tulosten nousuun vaikuttanut kehon massan kasvan yleensä (ml. rasvakudoksen määrän kasvu) vai pelkästään lihasmassan kasvu. Tämän ongelman ratkaisemiseksi tarvittaisiin yksityiskohtaisempia mittauksia koehenkilöiden kehon koostumuksesta, kuten plasman seerumin ja rasvakudoksen määrästä. (McArdle 1996; ACSM 2006.) Voitaisiin kuitenkin olettaa, että lihaskudoksen massan kasvu vaikuttaa rasvakudoksen kasvua voimakkaammin painavampien koehenkilöiden suurempiin lihasvoimamittauksituloksiin. Isometrinen maksimivoimatulosten lisäksi antropometriset muuttujat korreloivat heittoporttitestin ja polkupyöräergometritestin kanssa tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p=0,000$ ). Heittoporttitestin osalta BMI:n ja painon lisäksi koehenkilön pituuden kasvu vaikutti testituloksiin parantaen. Niin sanotusti pidemmästä vipuvarresta näyttäisi olevan hyötyä kyseisessä testissä. Ylävartalon ja käsien koordinaation ja toiminnallisen kokonaisuuden voisi joissain tapauksissa olettaa olevan pidemmillä henkilöillä jopa lyhyempiä toimimattomampaa, mutta testitulosten mukaan näin ei ole - tai ainakin muut vaikuttavat ominaisuudet, kuten pidempi vipuvarsi kompensoivat kyseisiä ominaisuuksia voimakkaasti.

### **12.3. Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä**

Sotilaspedagogiikan eräitä painopistealueita ovat ihmisten toimintaympäristöjen ja toimintakyvyn muutosten koulutukselle luomien haasteiden tutkiminen (Toiskallio 1996, 56). Toinen tutkimuksen päätavoitteista oli selvittää onko ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen toimintakyvyssä ja tarkennettuna fyysisessä suorituskyvyssä tapahtunut muutoksia vuosien 1997 ja 2004 välillä. Tarkoituksena oli tutkia tilastollisten menetelmien avulla onko ohjaajakurssille valittujen fyysisessä suorituskyvyssä tapahtunut esimerkiksi viimeisimpien tutkimustulosten (Nupponen & Huotari 2002; Huotari 2004; Santtila ym. 2004; Huotari & Rintala 2005) kaltaista säännönmukaista heikkenemistä. Toimintakyvyn heikkeneminen olisi sotilaslentäjän

vaativassa työympäristössä, erittäin ei – toivottua, heikentäen esimerkiksi sotatilanteessa sotilaslentäjän taistelukestävyyttä. Rauhan aikana toimintakyvyn heikkeneminen saattaisi, koulutuskuormituksesta johtuen, altistaa esimerkiksi tuki- ja liikuntaelinvammoille, heikentäen näin sotilaan koulutuskelpoisuutta. Nollahypoteesina oli, ettei tuloksissa ole tapahtunut heikkenemistä, koska kaikki ohjaajakurssille valitut ovat käyneet läpi saman valintajärjestelmän ja näin ollen populaation voidaan olettaa olevan fyysisiltä ominaisuuksiltaan melko homogeenistä.

Niin sanottua fyysisen kunnan huononemistrendiä ei tutkimustulosten mukaan ollut havaittavissa – tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi, mutta ei selkeää säännönmukaisuutta. Ainoa testi, jossa voitiin havaita ja tilastollisesti todistaa ( $p=0,000$ ) lievää keskimääräisen tulostason laskua oli koehenkilöiden alaraajojen ja lantion seudun lihaksiston anaerobista tehoa mittaava hyppytesti. Kyseisessä testissä parhaan keskiarvon (26,7 W/kg) saavutti toiseksi vanhin ryhmä, eli vuoden 1998 koehenkilöt ja huonoimman keskiarvon (22,7 W/kg) viimeisin, eli vuoden 2004 ryhmä. Tosin tulostason lasku oli havaittavissa ainoastaan vuosien 1998-2004 välillä, sillä vertailuryhmistä ensimmäinen, eli vuoden 1997 ryhmä oli keskiarvoltaan (23,5 W/kg) koko joukon toiseksi huonoin. Näin ollen voidaan todeta, ettei anaerobinen tehontuotokyky ole testitulosten perusteella laskenut vuosien 1997-2004 välillä. Myös vartalon ojentajien suhteellisen voiman ja maksimivoiman testituloksissa oli tilastollisesti merkitsevää ( $p=0,000$ ) eroa. Kyseisten testien kuvaajia silmämääräisesti tarkastelemalla näyttäisi, että heikkeneminen on ollut viimeisien vuosien aikana systemaattista – huonoimmat keskiarvot testissä saavuttivat kaksi viimeisintä ryhmää (76,6 kg; 109 % BW vuonna 2003 ja 78,5 kg; 109,8 % BW vuonna 2004). Molempien tulosten tarkastelussa pitää kuitenkin ottaa huomioon, että koko joukon paras ryhmä oli kolmanneksi nuorin kurssi eli 2002. Tämä saattaa hiekan väärin kuvata kuvaajan perusteella tehtäviä silmämääräisiä havaintoja. Erot huonoimpien ja parhaimpien keskiarvojen välillä ovat suuria (76,1 kg - 101,6 ja 109 % BW – 140,7 % BW) kg), mutta tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voida todeta, että ohjaajakurssilaisten fyysisen suorituskyky olisi vartalon ojentajienkaan lihasvoiman osalta säännönmukaisesti laskenut tutkitulla aikavälillä. Heittoporttitestin tulosten perusteella päädyttiin myös samankaltaisiin tuloksiin – ryhmien välinen testitulosten keskiarvojen vaihtelu oli tilastollisesti tarkasteltuna melkein merkitsevää ( $p<0,05$ ) ja luonteeltaan epäsäännöllistä. Nämäkin tulokset tukivat muodostettuja johtopäätöksiä vuosikurssien välisistä eroista ja niiden epäsäännönmukaisuuksista. Epäsäännöllisyyttä tukee osaltaan myös niskan ekstensiovoiman ja molempien vartalon koukistajien (maksimi ja kehon painoon suhteutettu voima) testitulokset, joissa kaikissa ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p=0,000$ ). Kyseisissä testeissä parhaan keskiarvotuloksen saavuttanut vuosikurssi oli nuorempi kuin huonoimman keskiarvon



saanut, joten ainakaan säännönmukaista laskua ei ole tulosten mukaan todettavissa, mikä voidaan todeta myös ko. testien kuvaajia tarkastelemalla.

Samaan lopputulokseen, eli ryhmien välisten erojen epäsäännöllisyyteen, päädytään myös tarkastelemalla eri lihaskuntoluokkien jakautuneisuutta ryhmien sisällä. Suhteellisesti eniten kiitettävän lihaskuntoluokituksen valintatesteissä saavuttaneita oli viimeisimmällä ryhmällä, eli vuosikurssilla 2004. Suhteellisesti vähiten kiitettävään kuntoluokitukseen yltäneitä oli ensimmäisellä testiin osallistuneella ryhmällä eli vuosikurssilla 1998 (43 %).

Tutkimustulosten perusteella Ilmavoimien ohjaajakurssille valittujen fyysisen suorituskyvyn muutokset vuosien 1997 ja 2004 välillä ovat epäsäännöllisiä. Niiden perusteella ei voida todeta suorituskyvyssä tapahtuneen aikaisempien tutkimustulosten (Nupponen & Huotari 2002; Huotari 2004; Santtila ym. 2004; Huotari & Rintala 2005) kaltaista säännönmukaista heikkenemistä. Aikaisemmissa tutkimuksissa fyysisen suorituskyvyn muutoksien tutkimisessa käytetty aikaväli oli huomattavasti pidempi, kuin tässä tutkimuksessa, joten luotettavampien ja pidemmälle vietyjen johtopäätösten tekemiseksi pitäisikin käyttää tässä tutkimuksessa käytettyjä pidemmällä aikavälillä kerättyjä testituloksia. Kuten tutkimuksesta on käynyt ilmi, Ilmavoimista ei tätä tutkimusta tehtäessä ollut aikaväliä 1997-2004 pidemmältä väliltä testituloksia saatavilla. Tulevaisuudessa tehtävä, pidemmän aikavälin ja laajemman populaation omaava jatkotutkimus sotilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn lähtötasosta ja sen muutoksista muodostaisikin luonnollisen jatkumon nykyiselle tutkimukselle.

Tutkimusongelmien hypoteeseihin sisältyi oletus populaation homogeenisyydestä. Tämä tutkimusongelmien asettamisen yhteydessä muodostettu homogeenisyysoletus saa tukea niskan fleksiivoiman, eli kaulan maksimivoiman tuloksista, joissa ei ollut ryhmien välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p > 0,05$ ). Hypoteesia tukee myös kestävyuden mittaamisessa käytetyn maksimaalisen aerobisen tehon testitulokset (polkupyöräergometritesti) sekä kehon koostumuksen mittarina käytetyn BMI:n tulokset, joissa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p > 0,05$ ). BMI:n tuloksiin vaikuttanee se, että jo sotilaslentäjien valintavaiheessa kehon koostumuksen perusteella tehdään seulontaa, haettaessa hyväkuntoisia nuoria kurssille. Hyväkuntoisilla, liikunnallisen elämäntavan omaavilla nuorilla painoindeksi on yleensä normaalien rajoissa. Poikkeustapauksissa, esimerkiksi normaaliluokkaa suuremman painoindeksin omaavilla liikunnallisilla nuorilla tulisi tarkastella kehon koostumusta painoindeksin sijaan. Yleensä tähän riittääkin pelkkä silmämääräinen tarkastelu. . (McArdle ym. 1996; Liite ry 1999; ACSM 2006, 57-63.)

Homogeenisyysoletukselle saatiin tukea myös liikunnanharrastajatyyppeiden jakautuneisuuksista, mitkä osoittautuivat hyvinkin samankaltaisiksi eri vuorikursseilla – jokaisessa ryhmässä Taito-Teho – tyypit olivat enemmistönä, toiseksi suurin osa ryhmistä oli Taito – tyyppiä ja vähiten Kestävyys – tyyppiä. Yksiselitteisiä syitä Taito – Teho – tyyppien selvälle enemmistölle on vaikea määritellä. Yhtenä syynä saattaa olla tämäntyyppisten henkilöiden suurempi hakeutumishalukkuus alalle ja näin ollen suurempi todennäköisyys tulla valituksi kurssille. Toisena syynä saattaa olla yksinkertaisesti se, että nykyisen valintajärjestelmän testausmenetelmillä Taito – Teho – tyyppiset henkilöt menestyvät muita tyyppiä paremmin, koska ko. tyypeillä korostuvat usein ne fyysiset ominaisuudet, jotka myös sotilaslentäjän työssä ovat tärkeitä. Voisi myös olla mahdollista, että fyysisen suorituskyvyn arviointiin käytettävät testausmenetelmät korostavat Taito – Teho – tyyppisiä ominaisuuksia kahta muuta tyyppiä (Taito ja Kestävyys) enemmän, ja näin ollen tavallaan vääristävät kuvaa henkilöiden ominaisuuksista.

Kuten edellä pohdittiin, fyysisen suorituskyvyn testeissä keskitytään melko selkeästi lihasvoiman testaamiseen (isometriset testit), mikä saattaa korostaa henkilöiden lihasvoimaominaisuuksia suhteessa kestävyys- ja koordinaatio - ominaisuuksiin. Voisikin olla mahdollista, että toisenlaisilla mittausmenetelmillä, joilla mitattaisiin nykyistä enemmän myös henkilön taitoja ja kestävyysominaisuuksia, voitaisiin saada tutkimustuloksia, joiden mukaan liikunnanharrastajatyyppeiden jakautuneisuudessa olisi nykyistä enemmän vaihtelua. Yhtä kaikki, lisätutkimuksia tarvittaisiin, mikäli haluttaisiin löytää tarkempia syitä liikunnanharrastajatyyppeiden suhteelliselle jakautuneisuudelle.

Voimaominaisuudet ja varsinkin isometriset voimaominaisuudet ovat hyvin keskeisessä osassa sotilaslentäjän fyysistä suorituskykyä. Näin ollen, voidaan ajatella, että nykyiset lihasvoimaominaisuuksia mahdollisesti korostavat testimenetelmät ovat paikkansa sotilaslentäjien kuntotesteissä ansainneet. Täten voitaisiinkin pohtia, onko nykyinen liikunnanharrastajatyyppeiden jako sellaisenaan mahdollisimman validi mittari määrittelemään koehenkilötyyppejä. Hoffman, Kahana, Chapnik, Shamissi & Davidson (1999) tutkivat Israelin Ilmavoimiin valittujen sotilaslentäjäoppilaiden fyysistä suorituskykyä. He jakoivat koehenkilöt kolmeen ryhmään liikunnallisuuden, liikuntakäyttämisen ja kilpaurheilutaustan mukaan. Ensimmäinen ryhmä muodostui liikuntaa vähän tai ei ollenkaan harrastavista, toinen ryhmä liikuntaa säännöllisesti harrastavista ja kolmas liikuntaa säännöllisesti harrastavista kansallisen ja/tai kansainvälisen tason kilpaurheilijoista. (Hoffman, Kahana, Chapnik, Shamissi & Davidson 1999, 131-134.) Samankaltaista jakoa voisi harkita mahdolliseksi lisäksi Suomenkin Ilmavoimiin, tehtäessä koehenkilöiden liikunnanharrastajatyypijakoa. Nykyinen jako ei sellaisenaan anna

kovinkaan selkeää kuvaa koehenkilön liikunnallisuudesta ja liikuntakäyttäytymisestä. Jakamalla koehenkilöt ryhmiin sekä Taito-, Taito – Teho- ja Kestävyys - luokituksen että Israelissa (Hoffman ym. 1999) käytetyn luokituksen mukaan, voitaisiin muodostaa tarkempi ja kuvaavampi määritelmä koehenkilön liikunnallisuudesta, liikuntakäyttäytymisestä ja liikunnan harrastajatyypistä. Toisin sanoen, näiden kahden muuttujan avulla saataisiin selkeämpi kuva siitä paljonko koehenkilö harrastaa liikuntaa ja millä tasolla ja mitkä ominaisuudet hänellä ovat vallitsevia (Taito-, Taito – Teho- vai Kestävyys – tyyppi).

#### **12.4. Ohjaajakurssin lihasvoimatestien viitearvojen suhteutuminen vuoden 1997 testievaluuatiotutkimuksen viitearvoihin ja aerobisen tehon viitearvojen suhteutuminen ilmavoimien aerobisen tehon ohjeellisiin minimisuosituksiin**

Yhtenä tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten nyt määritellyt lihasvoimatestien viitearvot suhteutuvat Oksan ym. (1997) testievaluuatiotutkimuksessa määriteltyihin viitearvoihin. Samalla oli tarkoitus tutkia, miten tässä tutkimuksessa määritellyt aerobisen tehon viitearvot suhteutuvat Ilmavoimissa käytössä oleviin aerobisen tehon testin ohjeellisiin minimisuosituksiin. Tutkimustulosten mukaan lihasvoimatesteille määriteltyjen kvintiilien, toisin sanoen kuntoluokkien, välit olivat vanhan tutkimuksen viitearvoissa suuremmat kuin nyt määritellyssä viitearvoissa siten, että esimerkiksi kuntoluokan tyydyttävä sai vanhan (1997) viitearvoston mukaan huomattavasti paremmalla tuloksella. Ainoana poikkeuksena sääntöön oli vartalon koukistajien maksimivoiman viitearvot, joissa kuntoluokan tyydyttävä alaraja oli tämän tutkimuksen viitearvoissa hieman aikaisemman tutkimuksen vastaavaa alempana (1997 54 kg ja 2006 52 kg). Samalla esimerkiksi kuntoluokan erinomainen alaraja oli 1997 määritellyissä viitearvoissa, heittoporttitestiä lukuun ottamatta, tämän tutkimuksen vastaavaa vaativammalla tasolla. Vuoden 1997 tutkimuksessa määritettyjen viitearvojen mukaan arvosteltaessa, parhaimman kuntoluokan saavuttamiseen tarvittiin siis lähes kaikissa testeissä nyt määritellyjä raja – arvoja parempi tulos. Aerobisen tehon viitearvojen rajat olivat poikkeuksetta korkeammalla kuin Ilmavoimissa käytössä olevien viitearvojen vastaavat. Esimerkiksi kuntoluokan hyvä saavuttamiseen vaadittiin käytössä olevien kuntoluokitusten mukaan  $3,8 W_{\max 1}/\text{kg}$ :n tulos, kun taas tämän tutkimuksen viitearvoissa ko. kuntoluokan saavuttamiseen vaadittiin tulokseksi vähintään  $4,2 W_{\max 1}/\text{kg}$ . Aerobisen tehon osalta vertailujoukkojen kuntoluokkien rajojen välisissä etäisyyksissä ei havaittu merkittäviä eroja.

Aikaisemmin muodostettujen lihasvoimatestien viitearvojen välit olivat siis laajemmalle levinneet, toisin sanoen hajonnaltaan suuremmat. Silmämääräisestikin vertailtaessa aiemman ja

tämän tutkimuksen tuloksia voitiin huomata melko selkeä ero viidenneksien jakautuneisuudessa. Yhtenä syynä melko selkeään eroon saattaa olla tässä tutkimuksessa käytetyn otannan koko, joka oli noin kaksinkertainen verrattuna aikaisemmassa tutkimuksessa käytettyyn (aikaisemmassa tutkimuksessa  $n = 165$ , tässä tutkimuksessa  $n = 279-326$ ). Otoskoon kasvaessa satunnaisten tulosten ja otannasta aiheutuvan satunnaisvirheen vaikutukset pienenevät (Heikkilä 2001, 186). Satunnaisten tulosten vaikutuksen pienentyessä tulokset asettuvat pienemmälle alueelle ja näin ollen tulosten tarkkuus paranee, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa, että viitearvojen rajat saadaan tarkemmin määriteltä. Viitearvoja määriteltäessä hypoteesina oli, että suuren otannan vuoksi kvartiileihin jakoa voidaan pitää riittävänä määrittelytarkkuutena. Edellä mainittujen tulosten perusteella voidaan todeta kvartiilien olevan jaotteluna ja viitearvojen määrittelijänä riittävän tarkka ja näin ollen myös hypoteesin pitävän paikkansa.

Toinen syy lihasvoimatestien viitearvojen jakautumisen eroille saattaa olla se, että testijoukko oli nyt fyysisiltä ominaisuuksiltaan valmiiksi tarkemmin valikoitunutta. Rintalan (2006) mukaan vuonna 1997 käytetyn tutkimuksen koehenkilöistä Kauhavalla palvelleet sotilaslentooppilaat eivät olleet suorittaneet varusmiesten kuntotestejä valintavaiheen toisessa vaiheessa (Liite 2). Varusmiesten kuntotestit otettiin valintavaiheen testaukseen mukaan vuonna 1998. (H.Rintala. Henkilökohtainen tiedonanto. 10.2.2006.) Vuoden 1997 tutkimukseen käytetyssä populaatiossa ei täten ollut tapahtunut samalla tavalla karsintaa fyysisten ominaisuuksien osalta kuin tämän tutkimuksen otannassa. Aiemman tutkimuksen koehenkilöistä osa onkin saattanut olla fyysiseltä suorituskyvyltään tämän tutkimuksen koehenkilöitä heikompia. Tätä oletusta tukisi myös aiemman tutkimuksen huonompien kuntoluokkien alemmat viitearvot. Samasta syystä huonompien testitulosten määrä on saattanut olla pienempi tämän tutkimuksen koehenkilöillä ja näin ollen huonompien viitearvojen rajat ovat asettuneet korkeammalle. Tässä tutkimuksessa otanta muodostui Kauhavalla palvelleista lento-oppilaista. Aiemmassa tutkimuksessa otannan muodostivat Ilmasotakoulun (nykyinen Lentosotakoulu) Lento-RUK:n upseerioppilaat ja Ilmavoimien viestikoulun (nykyinen Ilmasotakoulu) varusmiehet. Näistä noin 75 % oli Ilmavoimien viestikoulun varusmiehiä. Tämä saattaisi olla yksi mahdollinen syy viitearvojen eroille, koska oppilaat Ilmavoimien viestikouluun ja Ilmasotakouluun on aikanaan valittu toisistaan poikkeavin kriteerein. Näin ollen, mahdollisia ryhmille tunnusomaisia, toisistaan poikkeavia piirteitä ja ryhmien välisiä eroja saattaisi esiintyä näiden ryhmien välillä myös lihasvoimatestien tuloksissa. Aiemmassa tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu eroja Ilmasotakoulun ja Ilmavoimien viestikoulun varusmiesten lihasvoimatasoissa, joten populaatioiden rakenteellisten erojen ei voida olettaa vaikuttaneen viitearvoerojen syntyyn. (Oksa ym. 1997.)

Toisaalta aiemman tutkimuksen lihasvoimatestien viitearvoissa ei ole määrittelyperusteina välttämättä käytetty puhdasta tulosten mukaista kvintiileihin jakoa, vaan tuloksia on saatettu tarkoituksella muokata niin sanotusti maltillisempaan suuntaan. Pitää huomioida, että testipatteristo oli tuolloin (1997) uusi ja juuri koekäyttöön otettu – käytännön kokemusta sen käytettävyydestä ohjaajakurssin valintavaiheen testauksessa ei vielä omattu. Liian vaativien viitearvojen määrittämisen välttämiseksi varsinkin huonompien kuntoluokkien vaatimuksia on hyvinkin saatettu siirtää tarkoituksella vähemmän vaativiksi. Aiemmassa tutkimuksessa mitatut lihasvoimatasot luokiteltiin pääasiassa erinomaisiksi suhteutettaessa niitä olemassa oleviin viitearvoihin. Tämän perusteella voidaan olettaa, että koehenkilöjoukon muodostanut populaatio on ollut fyysiseltä suorituskyvyltään kovatasoista, mikä edelleen tukisi oletusta siitä, että huonompien kuntoluokkien viitearvoja olisi tarkoituksella alennettu, välttäen edelleen liian vaativien viitearvojen määrittämistä. Samalla voitaisiin olettaa, että parhaimpien kuntoluokkien raja-arvot on säilytetty mitatulla tasolla, mikä selittäisi myös aiemman tutkimuksen viitearvojen laajempia vaihteluvälejä ja kuntoluokkien hyvä ja erinomainen yleisesti korkeita vaatimuksia (pl. heittoporttitesti). (Oksa ym. 1997.)

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella lihasvoimatestien viitearvojen määrittämisessä ei välttämättä ole syytä enää noudattaa edellä mainitun kaltaista maltillisuutta – tuki- ja liikuntaelinvaivat ja niiden yleisyys kertovat koruttomasti hyvän lihasvoimatason tärkeydestä sotilaslentäjän työssä ja taistelu- ja koulutuskelpoisuuden ylläpitämisessä. Mikäli muutoksia nyt määritelyihin viitearvoihin pitäisi tehdä, voisivat ne pikemminkin olla muutoksia vaativampaan suuntaan. Ilman tieteellisesti todistettuja tutkimustuloksia ja niiden perusteella muodostettuja suosituksia ei tällaisia muutoksia ole kuitenkaan syytä tehdä. Voidaankin olettaa, että tutkimuksessa käytetyn otannan suuruisella populaatiolla muodostetut viitearvot ovat jo sellaisenaan toimivia koehenkilöiden fyysisen suorituskyvyn arvioinnissa. Tulevaisuudessa näitäkin viitearvoja voitaisiin kuitenkin kehittää, esimerkiksi yhdistämällä nyt saavutettua tietoa vuosien varrella hankittuihin testikokemuksiin ja tuleviin tutkimustuloksiin (esim. Rintala 2006; Teppo 2006; Teräväinen 2006 & Väre 2006). Näiden tietojen ja tutkimustulosten kombinaationa voitaisiin saada vieläkin toimivammat ja validimmat viitearvot myös fyysisen suorituskyvyn lähtötason arviointiin. Esimerkiksi Rintalan (2006) tutkimuksen tulosten perusteella tultaneen näkemään onko erilaisilla lihasvoimatasoilla ja ammatillisilla tuki- ja liikuntaelinsairauksilla tilastollisesti todistettavaa yhteyttä.

Aerobisen tehon käytössä olevien viitearvojen raja – arvot olivat, kuten aiemmin mainittiin, selvästi tässä tutkimuksessa määriteltyjä viitearvoja alempana. Yksi syy käytössä olevien arvojen matalampaan vaatimustasoon saattaa olla se, että ne on määritelty koko lentävälle hen-

kilöstölle. Niiden määrittelyperusteiden osana ei ilmeisesti ole käytetty esimerkiksi iän myötä suorituskyvyssä tapahtuvia muutoksia. Kuten edellä mainittiin, käytössä olevissa viitearvoissa kuntoluokan hyvä rajana on  $3,8 W_{\max 1}/\text{kg}$ :n tulos. Hävittäjäluokan lentokoneita (F-18 Hornet ja Mk51 Hawk) lentäville minimivaatimuksena on kuntoluokka välttävä, eli  $3,5 W_{\max 1}/\text{kg}$ . Skytän (2005) mukaan jokaisella säännöllisesti liikuntaa harrastavalla 20 – 30 – vuotiaalla miehellä on edellytykset  $4,0 W_{\max 1}/\text{kg}$ :n tulokseen (J. Skyttä. 2005. Henkilökohtainen tiedonanto. 12.12.2005.) Tätä ajatusta tukee myös Shvartzin & Reiboldin (1990) aerobisen suorituskyvyn viitearvot (Shvartz & Reibold 1990, 3-11). Tässä tutkimuksessa määriteltujen viitearvojen mukaan kuntoluokan hyvä saavuttamiseen vaaditaan tulokseksi vähintään  $4,2 W_{\max 1}/\text{kg}$ . Kuntoluokan välttävä rajana on  $4,0 W_{\max 1}/\text{kg}$ . Tämän tutkimuksen tulosten, alan kirjallisuuden ja asiantuntijalausuntojen perusteella voidaankin todeta aerobisen tehon viitearvojen olevan melko maltillisesti muodostetut. Aiemmassa luvussa nousi esiin ajatus ottaa sotilaslentäjien lihasvoimatesteihin ikäporrastuksin muodostetut viitearvot mahdollisten seurantatestien tueksi. Olisikin syytä perusteellisesti pohtia, voisiko Ilmavoimissa ottaa käyttöön ikäporrastuksin määritellyt viitearvot myös aerobiselle teholle. Iän vaikutuksista esimerkiksi maksimaaliseen hapenottokykyyn on tutkittu paljon (esim. Brooks & Bahey 1985, 682-696; Skinner 1987; Shvartz & Reibold 1990, 3-11; McArdle ym. 1996, 641; Roberts, Robergs & Hanson 1997, 230-231; Nienstedt ym. 1999, 595). Näitä tutkimustietoja voitaisiin varmasti hyödyntää yhdessä maksimaalisen aerobisen tehontuoton alueella tehtyjen tutkimusten kanssa muodostettaessa ikäperusteisia viitearvoja (esim. Mellerowicz & Smodlaka 1981; ACSM 1985, 2000, 2006; Roberts, Robergs & Hanson 1997; Kuronen, Rintala & Skyttä 1999). Lähtökohtana voitaisiin käyttää esimerkiksi juuri Shvartzin & Reiboldin (1990) aerobisen suorituskyvyn viitearvoja (katso 5). Niiden perusteella ikäluokat voitaisiin jakaa, kuten lihasvoimatestienkin osalta ehdotettiin, 20 – 30 - vuotiaisiin, 30 – 35 – vuotiaisiin ja 35+ - vuotiaisiin. (Shvartz & Reibold 1990, 3-11.) Nuorimmalla ryhmällä viitearvot voisivat olla lähellä tässä tutkimuksessa muodostettuja lähtötason viitearvoja ja vanhemmilla ryhmillä lähempänä nyt käytössä olevia aerobisen tehon viitearvoja. Täten toimittaessa fyysisen suorituskyvyn ja tässä tapauksessa aerobisen tehon tulosvaatimukset nousisivat hieman lähemmäs ihmisen luonnollista ja tutkitusti todistettua maksimaalista kestävyyskapasiteettia, mitä voisi pitää perusteltuna paremman luontaisen aerobisen kapasiteetin lisäksi sillä, että nuoremmilla sotilaslentäjät lentävät eniten kuormittavia lentoja ja tarvitsevat siten myös hyvää kestävyyskuntoa. Kestävyyden kehittymisellä ei ole todettu olevan suoranaista hyötyä esimerkiksi G-sietokykyyn, mitä sen sijaan lihasvoimatasojen kehittymisellä on havaittu olevan (Tesch, Hjort & Balldin 1983, 691-94; Whinnery & Parnell 1987, 199-204.) Kestävyyden kehittyminen kehittää taistelukestävyyttä ja auttaa sotilaslentäjiä jaksamaan lennoilla ja palautumaan lennoista intensiivisempienkin lentorupeamien aikana.

## 12.5. Ohjaajakurssille luodut lihasvoimatestien viitearvot suhteutettuna vertailupopulaatioille määriteltyihin lihasvoimatestien viitearvoihin

Yhtenä tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten tutkimuksessa määritellyt viitearvot suhteutuvat muille populaatioille muodostettuihin viitearvoihin. Vertailuryhminä käytettiin varatalon voimien osalta jääkiekkoilijoille, normaaliväestölle ja painonnostajille määriteltyjä viitearvoja ja heittoporttitestin osalta keihäänheittäjien viitearvoja. Vartalon voimien vertailuryhmistä jääkiekkoilijoita pidettiin hypoteesin mukaan niin sanottuna vertaisryhmänä, koska luistelu ja jääkiekko muistuttavat lihastyötavoiltaan sotilaslentäjän lennon aikana tekemiä lihasponnistuksia (Paalimäki & Rintala 1996, 43.). Ohjaajakurssille valitut ovat valintestit läpikäyneitä henkilöitä, joten voitiin esittää hypoteesi, jonka mukaan normaaliväestö olisi lihasvoimiltaan sotilaslentäjiä huonommalla tasolla. Painonnostajia pidettiin hypoteesin mukaan lihasvoimiltaan joukon parhaimpina.

Tulosten mukaan vartalon ojentajien painoon suhteutetun maksimivoiman tulosten osalta hypoteesi voitiin todeta paikkansa pitäväksi. Sotilaslentäjät olivat jääkiekkoilijoiden kanssa samalla tasolla, normaaliväestön ollessa selvästi heikommalla ja painonnostajien selvästi lentäjiä paremmalla tasolla. Jääkiekkoilijoiden ja sotilaslentäjien kuntoluokkien erot olivat vain parin prosentin luokkaa.

Vartalon koukistajien painoon suhteutetun maksimivoiman osalta sotilaslentäjät sijoittuivat normaaliväestön kanssa joukon huonoimmalle tasolle jääkiekkoilijoiden ollessa selvästi ja painonnostajien vielä selvemmin edellisiä korkeammalla tasolla. Näin ollen voidaan todeta hypoteesin olleen paikkansapitämätön vartalon koukistajien painoon suhteutetun voiman osalta. Tuloksissa on huomionarvoista esimerkiksi se, että ennalta samantasoisiksi arvioitujen jääkiekkoilijoiden viitearvojen rajat olivat jopa yli 20 % sotilaslentäjien vastaavia korkeammalla. Tämän vuoksi esimerkiksi lihastasapainoa mittaava vatsa – selkä – suhde oli sotilaslentäjillä selvästi jääkiekkoilijoita huonompi. Kuten aikaisemmin mainittiin, huonolla lihastasapainolla on negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi henkilön ryhtiin (Aalto 2005, 132-133). Hyvän voimatason omaavilla vartalon ojentajalihaksilla tulisikin olla tasapainottajana voimakkaat vartalon koukistajalihakset (Häkkinen, 1990; Aalto 2005). Vartalon lihakset ovat tärkeitä tukirangan suojaajia ponnisteltaessa kiihtyvyyshäiriöitä vastaan, lisäksi niillä on keskeinen merkitys esimerkiksi yksilön G-sietokyvyssä (Epperson, Burton & Bernauer 1985). Liian heikon voimatason omaavat vartalon koukistajalihakset eivät välttämättä anna tarpeeksi suojaa jatkuvan ja kuormittavan lentokoulutuksen aikana – esimerkiksi kiivaan ilmasodankäynnin aikana tästä saattaa aiheutua riski sotilaslentäjien taistelukestävyydelle. Rauhan aika-

na liian heikko fyysinen voimataso saattaa koulutuskuormituksesta johtuen altistaa sotilaslentäjän vammoille (esim. tukirankavaivat/vammat), jotka heikentävät yksilön koulutuskelpoisuutta sodan ajan tehtäviin tuntuvasti. Sotilaslentäjien fyysistä koulutusta suunniteltaessa tulisikin pyrkiä opastamaan jokaista fyysisten ominaisuuksiensa monipuoliseen kehittämiseen. Tämä tarkoittaisi käytännössä sekä monipuolista voimaharjoittelua että aerobista harjoittelua, ei siis yksinomaan monipuolista voima tai aerobista harjoittelua.

Kuten tutkimusraportissa tähän mennessä on selvinnyt, minimivaatimustasoja taistelukestävyydeltään riittävän fyysisen suorituskyvyn omaavalle sotilaslentäjälle ei olla vielä määritelty. Voidaan kuitenkin olettaa, että fyysisesti erittäin vaativassa sotilaslentäjän ammatissa toimintakyvyn ylläpitämiseksi pitää omata esimerkiksi normaaliväestöä voimakkaammat vartalon koukistajalihakset. Edellä mainitun pohdinnan lisäksi voidaan olettaa, ettei tämänkaltaisilla tutkimustuloksilla ole positiivista vaikutusta koehenkilöihin itsetunnolle. Sotilaslentäjiä, kuten erikoisjoukkojen sotilaita yleensä, pidetään yleisesti vaativan testijärjestelmän ja koulutuksen läpikäyneinä, kovakuntoisina huippu-urheilijoina. Tällaisen erikoisjoukkosotilaan fyysistä itsetuntoa ei varmastikaan vahvista tieto siitä, että fyysinen suorituskyky on aivan normaali-  
väestön tasolla. Tällaista tietoa voitaisiin kuitenkin käyttää henkilöiden motivointikeinona. Salmisen mukaan (1998) sotilaspedagogiikassa pyritään sotilaan toimintakyvyn kehittämiseen motivoinnin keinoin - sotilaspedagogisesti ajatellen koehenkilöt voitaisiinkin motivoida tällaisten negatiivisten uutisten kautta kehittämään heikompia ominaisuuksiaan.

Heittoporttitestin viitearvojen vertailussa ohjaajakurssin arvot olivat melko selvästi keihäänheittäjien vastaavia alempana. Hypoteesille saatiin näin vahvistus. Ainoana poikkeuksena viitearvojen melko selkeille eroille oli välttävän alaraja, joka sotilaslentäjillä oli 216 ms ja keihäänheittäjillä 210 ms, näin ollen raja-arvojen eroa oli vain 6 ms. Keihäänheittäjien kohdalla lajin huippujen tulokset nostanevat parempien kuntoluokkien rajoja. Huippujen taustalla tulevien yksilöiden heittoporttitestin viitearvot lähestyvät sotilaslentäjien vastaavia – ero on kuitenkin melko suuri keihäänheittäjien hyväksi. Kovinkaan voimakkaita johtopäätöksiä tässä tutkimuksessa määriteltyjen viitearvojen suhtautumisesta muihin populaatioihin ei voida kuitenkaan tehdä. Tutkimuksellisen hyödyn saavuttamiseksi olisikin tärkeää voida verrata määriteltyjä tuloksia myös ennalta tasavertaisiksi oletettuihin populaatioihin. Vasta tällöin voitaisiin arvioida tarkemmin sotilaslentäjäpopulaation heittoporttitestin tuloksia suhteessa muihin populaatioihin. Tämän vertailun tutkimuksellista hyötyä laskeekin melko voimakkaasti se, ettei heittoporttitestin viitearvoja Liite ry:n (1999) mukaan ole muille kuin keihäänheittäjille määritelty.



Yleisesti ottaen, vertailtaessa viitearvoja viitearvoihin tulee muistaa säilyttää kriittisyys tutkimustuloksia kohtaan. Viitearvot ovat aina keskiarvoja, joten tuloksien antamaa informaatiota tulee pitää vain suuntaa-antavana. Täysin tarkkoja eroja, esimerkiksi eri populaatioiden välillä, niillä ei pystytä määrittämään, mutta selkeiden erojen ja yhteneväisyyksien hahmottaminen niiden avulla on mahdollista, kuten tässäkin tutkimuksessa havaittiin. Tarkempien eroavaisuuksien ja esimerkiksi ryhmien sisällä vallitsevien trendien havainnoimiseksi ja huomioimiseksi tulisi vertailla kokonaisia populaatioita ja niiden kaikkia testituloksia, kuten tässä tutkimuksessa eri vuosien ohjaajakurssien välisten erojen tarkastelussa tehtiin.

## **12.6. Suositukset ja jatkotutkimusehdotukset**

Tutkimuksella määriteltiin fyysisen suorituskyvyn lähtötaso, jolla sotilaslentäjän uralla lähdetään liikkeelle. Tämä taso ei kuitenkaan ole välttämättä riittävä sotilaan operatiivisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi koko uran ajan. Jatkossa tulisikin tutkia, millä fyysisen suorituskyvyn tasoilla sotilaslentäjä pysyy taistelukelpoisena uransa aikana ja millä tasolla sotilaslentäjille yleiset tukirankavaivat alkavat yleistyä. Mikkelsen (2003) tutki lisensiaatintutkimuksessaan kouluajan mitatun kunnon yhteyttä aikuisiän mitattuun kuntoon 25 vuoden aikavälillä. Toiseksi hän vertaili mitatun ja koetun kunnon yhteyksiä koulu- ja aikuisiässä. Lisäksi hän vertaili mitatun ja koetun kunnon yhteyksiä kouluiästä aikuisuuteen. Samankaltaista tutkimusasetelmaa voisi harkita sotilaslentäjienkin fyysisen suorituskyvyn tutkimuksessa. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi kvalitatiivisella kyselytutkimuksella, joka esimerkiksi lähetettäisiin testaukseen osallistuville ennen testiajankohtaa. Tutkimus voisi sisältää kysymyksiä esimerkiksi siitä millaiseksi sotilaslentäjä kuntosaa kyseisellä hetkellä kokee ja miten hän kokee kuntosaa kehittyneen viimeisten vuosien aikana. Kuntotestien avulla voitaisiin mitata miten koehenkilön kunto on kehittynyt vuosien varrella verrattuna häneen omaan tuntemukseensa sen kehittymisestä. Lisäksi samaan yhteyteen voisi lisätä kysymyksiä mahdollisista työn aiheuttamista vaivoista tai sairauksista, joita sotilaslentäjä on vuosien aikana kokenut. Näin saataisiin tietoa esimerkiksi niistä asenteista, jotka sotilaslentäjien keskuudessa ovat valitsevia oman fyysisen toimintakyvyn ylläpitämistä ja kehittämistä kohtaan.

Ilmavoimien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn testauksessa käytettävä testipatteristo on ollut koekäytössä vuodesta 1997. Tämä tieteellisin menetelmin toimivaksi todistettu mittausvälineistö olisi ollut ja vuosia valmis virallisesti käyttöön otettavaksi. Lisäksi alan ammattitaitoa olisi riittävästi käytettävissä virallisen projektin käynnistämiseksi. Testipatteristo tulisikin viipymättä ottaa Ilmavoimissa viralliseen testikäyttöön polkupyöräergometritestin tapaan.

Seurantatestit tulisi ottaa käyttöön esimerkiksi vuositarkastusten (Psyko) yhteyteen. Näin saataisiin suhteellisen pienin uhrauksin luotua seurantajärjestelmä, jolla voitaisiin seurata so-tilaslentäjien fyysisen suorituskyvyn, eli koulutus- ja taistelukelpoisuuden kehittymistä. Laaja-alaisesti tarkasteltuna seurantajärjestelmä tuottaisi hyötyä koko ilmavoimien operatiivisen valmiuden ylläpitämiseksi. Seurantatestijärjestelmälle tulisi tutkimuksessa ilmenneiden tarpeiden mukaan luoda esimerkiksi ikäryhmittäin muodostetut viitearvot – myös polkupyöräergometritestille.

Rintalan mukaan tällä hetkellä valintavaiheen testeissä käytössä oleva testipatteristo on lähi-vuosien aikana tulossa käyttöikänsä päähän (H.Rintala. Henkilökohtainen tiedonanto. 12.12.2005). Iän myötä testauslaitteiden luotettavuus saattaa heikentyä, joten uuden laitteiston evaluointi tulisikin aloittaa riittävän ajoissa. Tutkimusten (esim. Halmet ym. 2002; Malm 2005) mukaan esimerkiksi Newtest Oy:n uuden ja vanhan voimadynamometrin tulokset ovat vertailukelpoisia. Uutta laitteistoa voitaisiin kuitenkin käyttää aluksi nykyisen rinnalla, tulosten vertailukelpoisuuden varmistamiseksi ja uusille laitteille mahdollisesti ilmenevien ongelmien ehkäisemiseksi. Uuden laitteen avulla testausta saataisiin yhdenmukaisemmaksi, eikä esimerkiksi niskan voimien mittaamisessa käytettyjä erilaisia päännkiinnitysversioita enää tarvittaisi.

Tutkimustuloksissa ei havaittu eri vuosikurssien välillä säännönmukaista fyysisen suorituskyvyn huononemistrendiä. Aikaväli, jolla tutkimus tehtiin (1997-2004) on ehkä liian lyhyt lopullisten johtopäätösten tekemiseen. Aikaisemmissa tutkimuksissa (Nupponen & Huotari 2002; Huotari 2004; Santtila ym. 2004; Huotari & Rintala 2005) fyysisen suorituskyvyn muutoksia tutkittiin 20-30 vuoden aikavälillä. Tehty tutkimus tulisikin uusia myöhemmin, kun suurempi määrä ohjaajakursseja on testattu ja näin saatu lisää lähtötilannedataa, pidemmältä ajalta. Tällöin mahdollisten pitkäaikaistenkin suorituskykymuutosten havaitseminen tulisi mahdolliseksi.

Liikunnanharrastajatyypin jakautuneisuutta pohtineessa luvussa todettiin, että lisätutkimuksia tarvittaisiin, mikäli haluttaisiin löytää tarkempia syitä liikunnanharrastajatyypin suhteelliselle jakautuneisuudelle. Tätä mahdollista tutkimusta voitaisiin toteuttaa esimerkiksi kattavalla kvalitatiivisella kyselytutkimuksella, joka sisältäisi koehenkilön liikuntakäyttäytymiseen, liikuntakykyisyyteen ja liikunnallisuuteen liittyviä tekijöitä. Samassa tutkimuksessa voisi myös pohtia, olisiko mahdollista tai edes järkevää ottaa käyttöön, nykyisen menetelmän rinnalle, aiemmin ehdotetun (Hoffman ym. 1999) kaltaista jakoa liikuntaa vähän tai ei ollenkaan harrastaviin, liikuntaa säännöllisesti harrastaviin ja liikuntaa säännöllisesti harrastaviin

kansallisen ja/tai kansainvälisen tason kilpaurheilijoihin.

Vertailtaessa tutkimuksessa muodostettuja viitearvoja muihin viitearvoihin todettiin, että tutkimuksen reliabiliteetin parantamiseksi populaatioiden välisten kuntoerojen tarkastelussa tulisi pyrkiä käyttämään populaatioiden testitulosdataa vertailussa, pelkkien viitearvojen sijaan. Tämän tutkimuksen osalta näin toimittiin vain pääongelmien eli Ilmavoimien valintavaiheen fyysisen suorituskyvyn lähtötason määrittämisessä ja vuosikurssien välisten erojen mittaamisessa. Ongelmaksi tämän suosituksen noudattamisessa saattaa muodostua testitulosdatan saatavuus ja käsittely. Käsittely siksi, että datan saattaminen sähköiseen muotoon saattaa, omakohtaisten kokemusten mukaan, olla hyvinkin työlästä ja aikaa vievää.

Ilmavoimien lentopalveluksessa tapahtuville akuuteille häiriöille on olemassa oma raportointi- ja seurantajärjestelmä. Jatkotutkimusehdotuksena voitaisiin pohtia, olisiko samantyylistä raportointi järjestelmää mahdollisuus kehittää myös kroonisemmille ”häiriöille”. Raportoinnissa sotilaslentäjät voisivat nimettöminä kertoa esimerkiksi vaivoistaan, joita kuormittava lentäminen heille on aiheuttanut. Raportointi voisi olla vapaamuotoista omakohtaisten kokemusten kerrontaa, eikä sen tarvitsisi rajoittua pelkästään lentopalveluksen ympärille. Se voisi sisältää pohdinta myös esimerkiksi siitä, miten paljon vaivat heikentävät arkielämässä tarvittavaa toimintakykyä.

Vaivojen esiintyvyys on Ilmavoimissa suurta ja asiantuntijoita vähän – esimerkiksi ilmailufysiologeja yksi. Viime vuosien aikana on ilmestynyt monia sotilaslentäjien toimintakykyyn liittyviä opinnäytetöitä. Kaikilla näillä tutkielman tehneillä on käsitys sotilaslentäjältä vaadittavasta suorituskyvystä. Tämä saattaisi olla voimavara, jota pienten resurssien Ilmavoimissa voisi nykyistä enemmän hyödyntää. Tulosten pohdinnassa ilmaistiin tarve kouluttaa lisää ilmailufysiologian lainalaisuuksia ymmärtäviä kouluttajia Ilmavoimiin. Sotilaspedagogiikasta opinnäytetyönsä tehneet ja sotilaslentäjän toimintakykyä tutkineet sotilaslentäjät voisivat olla tällaisia mahdollisia koulutettavia, mikäli halukkuutta kouluttautumiselle olisi. Tällöin tulisi myös kustannustehokkaasti hyödynnettyä henkilöstön omia voimavaroja. On tietenkin selvää, että tällä tavalla ilmailufysiologian koulutusta saaneet sotilashenkilöt eivät voisi korvata liikunnan alan ammattilaisia, mutta rajallisilla resursseilla toimittaessa he voisivat keventää alan ammattilaisten työtaakkaa. Kuten aiemmin ehdotettiin, he toimisivat lähellä lentävää henkilöstöä, itsekin lentopalvelukseen osallistuen. He toimisivat ohjaajina esimerkiksi ennen ja jälkeen lentojen tehtävissä verryttelyissä ja lihahuollossa. He voisivat myös opastaa harjoitusohjelmien teossa ja yleisesti fyysisen kunnan kehittämiseen liittyvissä asioissa. Samalla he toimisivat ikään kuin ”oikeiden ammattilaisten”, eli ilmailufysiologin ja ilmailulääkäreiden

yhteysupseerina joukko – osastoissa. Esimerkiksi tutkija itsekin uskoisi voivansa, riittäväällä lisäkoulutuksella, toimia tällaisena yhteysupseerina ja tuoda täten lisäarvoa tämäntyylliselle järjestelmälle, asioiden vakavuuden, omakohtaisten kokemusten kautta tiedostaen. Jatkotutkimusehdotuksena voitaisiinkin kartoittaa esimerkiksi kyselytutkimuksella olisiko tämänkaltaiselle järjestelmälle tarvetta. Se voitaisiin kohdentaa alkuvaiheessa esimerkiksi lennostoihin tehtäväksi, jolloin nähtäisiin pitäisivätkö kuormittavassa lentotoiminnassa aktiivisesti mukanaolevat sotilaslentäjät kyseistä menetelmää tarpeellisena.

Ilmavoimissa ilmeni tutkimuksen mukaan tarve aloittaa tutkimustoiminta, jonka tavoitteena olisi löytää vaihtoehtoja lentokadettien koulutuksen uudistamiselle ilmavoimainopintojen suuntaan. Tutkimuksessa pohdittiin, onko mielekäästä vaatia sotilaslentäjän tutkintoa suorittavilta kadeteilta kaikkien, tällä hetkellä pakollisten yleisten upseeripintojen suorittamista, vaarantaen samalla ei pelkästään nuoren sotilaslentäjän fyysisen suorituskyvyn ja taistelu- ja koulutuskelpoisuuden kehittymisen vaan myös koko lentopalveluksen turvallisuutta. Tutkimuksen mukaan jokaiselle sotilaslentäjän ammattiin valmistuvalle tulisi turvata mahdollisuudet kehittää omaa toimintakykyään jo opiskeluaikana, tavoitteenaan taistelukestävyydeltään hyvä ja kestävä sotilaslentäjä.

Tutkimuksessa esitettiin myös tarvetta Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmän kokoontumiselle, jotta tutkimuksessa esitetyt tulokset voitaisiin operationaalistaa. Esimerkiksi ohjaajakurssin valintavaiheessa käytössä olevan, testipatteriston täysimittainen käyttöönotto vaatisi toteutuakseen asiantuntijatyöryhmän kokoamista. Asiantunteva työryhmä voisi samalla pohtia tulosten validiutta ja jalostaa niitä edelleen. Mahdollisen jalostuksen jälkeen tulokset tulisi saattaa Ilmavoimien komentajiston ja ylilääkärin tietoisuuteen ja muutosesitysten kautta konkreettisiksi muutoksiksi.

## **12.7. Tutkimustyö oppimisprosessina, kokemukset ja kohdatut haasteet**

Pro Gradu – tutkielma prosessina osoittautui hurjan opettavaksi ja palkitsevaksi projektiksi. Työn aikana karttui huomattava määrä tietoa sekä tutkimuksen aiheeseen liittyen että aiheen ulkopuolelta. Vietetty vuosi työn parissa on ollut enimmäkseen kovaa työtä, mutta ennen kaikkea samalla myös henkisen kasvun ja kypsymisen aikaa sotatieteelliseen tiedeyhteisöön.

Sotilaspedagogiikassa sotilaan toimintakykyä pyritään kehittämään oppimisen avulla. Oppiminen on siis kaiken perusta – oppimista on myös koko tutkielman tekeminen. Voidaankin todeta, että oppimista sotilaspedagogiikan sektorilla on saavutettu viimeisten kuukausien aikana huomattavia määriä. Eri tutkimukseen liittyviltä tieteenaloilta hankittu teoreettinen tietämys antaa runsaasti työkaluja tulevia tehtäviä silmällä pitäen.

Sotilaslentäjien operatiivisen toimintakyvyn tutkiminen on pieni, mutta tärkeä osa sotatieteitä ja sotilaspedagogiikkaa. Sotatieteilijän näkökulmasta tutkimusta voidaankin pitää onnistuneena. Sotatieteellinen ja sotilaspedagoginen tutkimuskenttä on poikkitieteellisenä alana hyvin laaja ja moniulotteinen, minkä vuoksi esimerkiksi tutkimukseen liittyvien teoriataustojen monipuolinen tarkastelu vaatii huomattavan paljon tutkimustyöhön käytettävästä ajasta. Tämä yhdessä muiden opintojen ja tutkimukselle määrätyn tiukan aikataulun ja palautuspäivän kanssa varmistivat hyvinkin intensiivisen tutkimusprosessin syntymisen. Työn tekemisessä tahti oli välillä hyvinkin hengästyttävä, mutta toisaalta on todettava, että tuntuma tutkimustyöhön ja sen eteenpäin viemiseen säilyi koko ajan hyvänä.

Ennen tutkimuksen aloittamista täysin vierasta tilastollisten menetelmien käyttöä voidaan pitää myös onnistuneena. Tutkimustuloksista saatiin luotettavia laajan tilastollisen teoriataustan ja perusteellisten tilastollisten analysointien avulla. Tilastollisten menetelmien käyttö onnistuikin erittäin hyvin ja tulokset olivat luotettavia, mutta vertailu muiden populaatioiden kanssa olisi voinut olla syvempää ja monipuolisempaa, mikäli saatavilla olisi ollut kokonaisia testitulospopulaatioita, pelkkien viitearvojen sijaan. Laaja, monipuolinen ja kriittinen lähteiden käyttö lisäsi tutkimuksen luotettavuutta.

Laajan teoreettisen tausta – aineiston kartuttamisen vaikutuksesta tutkimuksesta syntyi melko laaja ja paikoin raskas raportti luettavaksi. Alun ja tilastollisen osuuden teorioita tulisikin käyttää hakuteosmaisesti keskittyen todellisten tutkimustulosten tuottaman sisällön ja pohdintojen tarkasteluun. Olisikin toivottavaa ja varsin palkitsevaa, mikäli tutkimus voisi toimia jonkinlaisena apuna myös tuleville sotatieteilijöille.

Tutkimuksessa pyrittiin mahdollisimman laajasti syventymään kaikkien siihen liittyvien poikkitieteellisten alojen teoriaan. Vieläkin tarkempaa paneutumista olisi voinut harkita esimerkiksi juuri omimman eli sotilaspedagogiikan teoriataustoihin, etenkin sotilaan toimintakyvyn ja erityisesti operatiivisen toimintakyvyn kannalta. Tutkimuksen alussa tavoitteena oli tutkia ja kirjoittaa aiheesta mahdollisimman monipuolisesti ja yksityiskohtaisesti. Tutkimusprosessin edetessä tutkimusongelmat monipuolistuivat ja näin tutkimus myös laajeni varsin tuntuvasti. Ottaen huomion tutkijan kokemattomuuden, työn laajeneminen aiheutti myös suuria haasteita tutkimuksen hallinnalle. Punainen lanka onnistuttiin kuitenkin säilyttämään kalkkiviivoille saakka.

Tutkimusprosessin aikana tapahtui paljon oppimista ja henkistä kasvua myös tutkimuksen ulkopuolella. Ilmennyt tukirankavamma ja sitä seurannut Hawk – lentokoulutuksen keskeytyminen pakottivat asettamaan asioita uuteen tärkeysjärjestykseen. Onkin edelleen todettava, että hyvinkin suurta hämmästyttä herättää tuki – ja liikuntaelinvaivojen esiintyvyyden runsaus Ilmavoimissa. Erityisesti hämmästyttää se tosiasia, että tutkimuksellista näyttöä on esitetty ja tietoa vaivoista sekä keinoja ja ehdotuksia niiden ennaltaehkäisemiseksi on tutkittu jo 1970 – luvulta lähtien, mutta edelleenkin konkreettisia toimenpiteitä asioiden tilan muuttamiseksi ei ole tehty.

Yhtä kaikki vietetty aika työn parissa on antanut huomattavan määrän henkistä pääomaa tulevia haasteita ja työtehtäviä silmällä pitäen. Jo nyt on myös tullut huomanneeksi, ettei tutkimustyö suinkaan pääty Pro Gradu – työn jättämiseen. Esimerkiksi akateemiset keskustelut (jotka joskus äityvät jopa väittelyiksi) muiden sotatieteilijöiden kanssa jalostavat tutkimuksen prosessin aikana kehittyntä tieteellistä ajattelutapaa entisestään.

## LÄHTEET

### JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET

Rintala, H. 2006. Ammatillisten tuki- ja liikuntaelinoireiden yhteys sotilaslentäjän fyysiseen suorituskyykyyn ja lentotoiminnan fyysiseen kuormittavuuteen. Liikunta- ja ilmailulääketieteen väitöskirjahanke. Jyväskylä.

Teppo, M. 2006. Lentokadetin isometrisen maksimivoiman ja dynaamisen kestovoiman viitearvot – Testausta muodon vuoksi?. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Pro Gradu –tutkielma

Teräväinen, J. 2006. Lentokadettien ammatillisten kunto-ominaisuuksien muutos valintavaiheesta kadettikurssin alkuun 92. kadettikurssilla. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Pro Gradu –tutkielma

Väre, H. 2006. Lentokadettien ammatillisten kunto-ominaisuuksien kehittyminen opiskeluaikana. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Pro Gradu –tutkielma.

### JULKAISTUT LÄHTEET

Aalto, R. 2005. Kuntoliikkujan käsikirja. Jyväskylä: Duocendo Finland Oy.

Ahtiainen, J. 2004. Taito. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim). 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki. Tammer - Paino oy, Tampere, 185-187.

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2004. Hermolihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim). 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki. Tammer - Paino oy, Tampere, 125-170.

- Ahtiainen, J., Mero, A. & Häkkinen, K. 2004. Voiman mittaaminen. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. L. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy, 285-292.
- Aho, J., Hämäläinen, O. & Vanharanta, H. 1990. Neck pains among Finnish military pilots. *Annales Medicinae Militaris Fenniae* 1990;65:74-79.
- Alaranta, H. & Pohjolainen, T. 2003. Toiminta- ja työkyky. Teoksessa Alaranta, H., Pohjolainen, T., Salminen, J. & Viikari-Juntura (toim.) 2003. *Fysiatría*. 3. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim Oy, 20-26.
- American College of Sports Medicine. 1986. ACSM's Guidelines for Physical testing and Prescription. Third edition. Philadelphia: Lea & Febiger.
- American College of Sports Medicine. 1998. ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription. Third edition. Baltimore: Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. 2000. ACSM's Guidelines for Physical testing and Prescription. Sixth edition. Baltimore: Williams and Wilkins.
- American College of Sports Medicine. 2006. ACSM's Guidelines for Physical testing and Prescription. Seventh edition. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Ansell, J. I. & Phillips, M. J. 1994. Practical Methods for Reliability Data Analysis. Oxford Statistical Science Series. Oxford: Clarendon Press.
- Arokoski, J., Holopainen, K., Koistinen, S. & Kuronen, P. 1996. Effects of the neck course on fighter pilots' neck-shoulder symptoms and physical capacity – Finnish Air Force pilots. *Annales Medicinae Militaris Fenniae* 1996;71:7-12.
- Arstila, M., Kallio, V. & Seppänen, A. 1984. Suositus kliinisen rasituskokeen suorittamisesta ja tulkinnasta. Kansaneläkelaitoksen julkaisuja ML:39. Turku: Kansaneläkelaitoksen kuntoutumiskeskus.



- Bain, B., Jacobs, I. & Buick, F. 1994. Electromyographic indices of muscle fatigue during simulated air combat maneuvering. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 1994;65:193-198.
- Brinkley, J. W. & Raddin, J. H. 1996. *Biodynamics: Transient Acceleration*. Teoksessa DeHart, R. L. (toim.). 1996. *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Second edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 163-201.
- Brooks, G. A. & Fahey, T. D. 1984. *Exercise physiology. Human bioenergetics and Its applications*. Macmillian Publishing Company: New York. Collier Macmillian Publishers: London
- Burton, R. R. 1988. G-Induced Loss of Consciousness: Definition, History, Current Status. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1988;59:2-5.
- Burton, R. R. 1993. Guidelines for a research and development (R&D) program for high sustained G. *The Physiologist* 1993;36:94-97.
- Burton, R. R. & Whinnery, J. E. 1996. *Biodynamics: Sustained Acceleration*. Teoksessa DeHart, R. L. (toim.). 1996. *Fundamentals of Aerospace Medicine*. Second edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 201-261.
- Cerny, F. J. & Burton, H. W. 2001. *Exercise physiology for health care professionals*. Champaign: Human Kinetics.
- Cornwall, M. & Krock, L. 1992: Electromyographic activity while performing the anti-G straining maneuver during high sustained acceleration. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 1992;63:971-975.
- Eloranta, V. 1996. Taitavuus. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. *Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas*. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy, 32-36.
- Eskola, T. 2004. Yleisimpien kotimaisten suojeluammattien sekä aotilaskoulutuksen erikoiskurssien erityisvaatimukset ja fyysisen kunnan testaus. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Kandidaatin tutkielma.

- Epperson, W. L., Burton, R. R. & Bernauer, E. M. 1985. The Effectiveness of Specific Weight Training Regiments on Simulated Aerial Combat Maneuvering G Tolerance. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1985;56:534-9.
- Glaister, D. H. & Prior, A. R. J. 1999. The effects of long duration acceleration. Teoksessa Ernsting, J., Nicholson, A. N. & Rainford, D. J. (toim.) 1999. *Aviation Medicine*. Third edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 128-148.
- Green, N. D. C. 1999. Protection against long duration acceleration. Teoksessa Ernsting, J., Nicholson, A. N. & Rainford, D. J. (toim.) 1999. *Aviation Medicine*. Third edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 148-157.
- Greenberg, J. S., Dintiman, G. B. & Oakes, B. M. 2004. *Physical Fitness and Wellness*. 3. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Grönroos, M. 2002a. Johdatus tilastotieteeseen osa 1 – luentomoniste. Turun yliopisto.
- Haapalainen, J., Hautala, A., Perttunen, J. & Vilponen, M. 2001. Biomekaaniset mittausmenetelmät. Teoksessa Ahonen, J. (toim.). *Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Halmet, H., Hyvärinen, A. & Oksa, J. 2002. Niska- ja vartalodynamometrin reliabiliteetti ja validiteetti. Oulun aluetyöterveyslaitos. Fysiologian laboratorio.
- Halonen, P. 2002. Opetusmenetelmät. Teoksessa Toiskallio, J., Kalliomaa, M., Halonen, P. & Anttila, J. *Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille*. MPKK. Koulutustaidon laitos. Vaasa: Ykkös-Offset Oy, 45-71.
- Hannola, H. 2005. Motorinen suorituskyky sotilaslentäjillä. Kuopion yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Lisensiaatintutkimus.
- Heikkilä, J. 1993. *Tilastotieteen ABC-kirja 1. Kuvailevaa tilastotiedettä*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Heikkilä, T. 2001. *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita Oy.

- Heikkilä, T. 2004. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Oy.
- Heino, S., Liitsola, S. & Viitasalo, J. 1986. A – Valmentajatutkinto. Yleisosa. Helsinki: SVUL.
- Heinonen, O. 1999. Kuntotestit: Mitä, missä ja kenelle?. Liikunta & Tiede 1999;6:4-5.
- Helenius, H. 1992. Tilastollisten menetelmien perustiedot. 3. korjattu painos. Tampere: Statistical Consulting Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2002. Tutki ja kirjoita. 6.-8. painos. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.
- Hirvonen, J. & Aura, O. 1989. Voima ja sen harjoittaminen. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 220-255.
- Huotari, P. 2004. Kaikki kunnossa? – Suomalaisten koululaisten fyysinen kunto vuosina 1976 ja 2001. Jyväskylän yliopisto. Liikuntakasvatuksen laitos. Lisensiaatintutkimus.
- Huotari, P. & Rintala, H. 2005. Kestäkö kunto? – Koululaisten ja varusmiesten kestävyyskunnan muutoksia vuodesta 1976 vuoteen 2004. [Kongressiabstracti]. Liikuntalääketieteen päivät 27.-28.10.2005. Helsinki: Liikuntalääketieteellinen Seura.
- Hoffman, J., R., Kahana, A., Chapnik, L., Shamissi, A. & Davidson, B. The relationship of physical fitness on pilot candidate selection in the Israel Air Force. Aviation, Space and Environmental Medicine 1999;70:131-134.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2001. Tilastolliset menetelmät. Vantaa: WSOY.
- Holopainen, M., Tenhunen, L. & Vuorinen, P. 2004. Tutkimusaineiston analysointi ja SPSS. Järvenpää: Yrityssanoma Oy.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Häkkinen, K., Mäkelä, J. & Mero, A. 2004. Voima. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kes-

kinen, K. L. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy, 251-282.

Hämäläinen, O. & Vanharanta, H. 1992. Effect of  $G_z$  Forces and Head Movements on Cervical Erector Spinae Muscle Strain. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1992;63:709-16

Hämäläinen, O. 1993a. Fighter pilot's neck pain. Oulun yliopisto. *Acta Universitatis Oulensis*.

Hämäläinen, O. 1993b. Flight Helmet Weight, +  $G_z$  Forces, and Neck Muscle Strain. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1993; 64:55-7.

Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Kuusela 1993. Degeneration of Cervical Intervertebral Disks in Fighter Pilots Frequently Exposed to High +  $G_z$  Forces. *Aviation Space and Environmental Medicine*. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1993;64:692-696.

Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Bloigu, R. 1993. Determinants of +  $G_z$  -related neck-pain: a preliminary survey. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1993;64:651-652.

Hämäläinen, O., Visuri, T., Kuronen, P. & Vanharanta. 1994. Cervical disk bulges in fighter pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1994;65:144-146.

Hämäläinen, O., Hupli, M., Kinnunen, H., Karhu, M., Kuronen, P. & Vanharanta, H. 1996. Spinal Shrinkage due to + $G_z$  - Forces. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1996;67:659-661.

Hämäläinen, O., Toivakka-Hämäläinen, S. K. & Kuronen, P. 1999. + $G_z$  Associated Stenosis of the Cervical Spinal Canal in Fighter Pilots. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1999;70:330-334.

Illi, U., Kunz, R., Schneider, T., Spring, H., Tritschler, T. 1993. Venytys- ja voimaharjoittelu. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Ilmarinen, R.(toim.) 1994. Palomies kuumassa. Kuormittuminen, lämpösairaudet, työvaatetus.

Koulutusjulkaisu 13. Helsinki: Työterveyslaitos.

Ilmavoimat, multimediatuotanto 1998. High G – Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikunta-  
opas.

CD-ROM - sovellus. Tampere: Tietovalta Ltd.

Ilmavoimat. 2006. Ilmavoimat tänään. Tulostettu 22.2.2006 <http://www.ilmavoimat.fi/index.php?id=3>.

IlmavEh-os. PAK I 3:03 Sotilaslentäjien lääketieteelliset valintamenettelyt 03:03. Liite 06.01

IlmavEh-os. PAK I 3:03 Sotilaslentäjien lääketieteelliset valintamenettelyt 03:03. Liite 06.02.

IlmavEh-os. PAK I 3:4. Terveystarkastukset lentopalvelukseen osallistuvalla henkilöstöllä.

IlmavEh-os. Käsky R3787/2.4/D/IV. 1996. Ilmavoimien lentävän henkilöstön kenttätestien  
viitearvojen määrittäminen. Tikkakoski: Ilmavoimien esikunta.

Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä 1989. Lentävän henkilöstön  
voimaharjoittelu. Uusintapainos. Ilmavoimat.

Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntakoulutustyöryhmä 1996. Lentävän henkilöstön lii-  
kunta III. Loppuraportti. Ilmavoimat.

Ilvesmäki, L. 1992. Selkä- ja vatsalihasten voimaa mittaavan testilaitteen toistettavuudesta.  
Helsinki: Kuntoutussäätiö.

Janssen, P. 2001. Lactate Threshold Training. Champaign: Human Kinetics.

Jones, N. L., McCartney, N., McComas, A. J. 1986. Human Muscle Power. Champaign: Hu-  
man Kinetics Publishers.

Kaikkonen, H. 2001. Ikääntymisen vaikutukset kestävyys- ja lihaskuntoon. Teoksessa Suomi-  
nen, M., Kannus, P., Käyhty, M., Ahvo, L., Rahikainen, M-L, Kaikkonen, H., Timo-  
nen, L., Koivula, M., Berg, T., Salmelin, M. & Jalkanen-Mayer, A. Ikääntyvien lii-  
kunta, terveys ja toimintakyky. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

- Kanninen, P. 1996. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 7.
- Kantola, H. 1989. Harjoittelun periaatteet. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 123-133.
- Kantola, H. 2004. Kuntotestaus valmentajan työvälineenä. Teoksessa Keskinen, Kari, L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim). Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki. Tammer - Paino oy, Tampere, 208-210.
- Karttunen, H. 2001. Datan käsittely. 2. korjattu painos. Helsinki: CSC-Tieteellinen Laskenta Oy.
- Karvonen, J. 1988. Viitearvot ja niiden käyttö. Teoksessa Uusitalo, A., Sovijärvi, A., Länsimies, E. & Vuori, I. Kliinisen fysiologian oppikirja. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Ammattimainen kuntotestaustoiminta. Teoksessa Keskinen, Kari, L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim). Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156 – Helsinki. Tammer - Paino oy, Tampere, 11-16.
- Koski, H.1998. Jalkaväkitaistelijoille on tehtävä lajianalyysit. Sotilasaikakauslehti 1998;5:11.
- Kuronen, P. & Rusko, H. 1990. Positiivisen kiihtyvyyden (+G<sub>z</sub>) fysiologiaa. Sotilaslääketeollinen aikakauslehti 1990;65:69-73.
- Kuronen, P. & Myllyniemi, J. 1996. Lentäjän työn kuormittavuus. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. 1996. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 11-19.
- Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Julkaisusarja 2 N:o 4. Helsinki: Maan-

puolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos, 25-42.

- Kyröläinen, H., Santtila, M., Palvalin, K., Lipponen, J., Ohrankämmen, O., Rintala, H., Koski, H., Viskari, J., Karinkanta, J. & Lindholm, H. 2003. Taistelija 2005 - Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta. Julkaisusarja 3, Nro 6. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos.
- Laininen, P. 1990. Todennäköisyyslasku ja tilastomatematiikka. Helsinki: Otatieto.
- Laininen, P. 2000. Tilastollisen analyysin perusteet. Helsinki: Otatieto.
- Lamb, D. R. 1984. Physiology of Exercise. 2. painos. New York: Macmillan Publishing Company.
- Lehtinen, M. 2002. Tilastomatematiikkaa sotilaille. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Tekniikan laitos.
- Leverett, S. D. & Whinnery, J. E. 1985. Biodynamics: Sustained Acceleration. Teoksessa DeHart, R. L. (toim.) 1985. Fundamentals of Aerospace Medicine. Philadelphia: Lea & Febiger, 202-250.
- Levola, M., Paavolainen, L. & Tikkanen H. 1996. Huippu-urheilijoiden testaus yhä lajinomaisempaa. Liikunta & Tiede 1996; 4: 53-55.
- Levola, M., Jouste, P. & Vuorimaa, T. 1999. Taso II Valmentajakoulutus. Helsinki: SLU.
- Liite ry. 1999. Kuntotestauksen perusteet. Helsinki: Liikuntalääketieteen ja testaustoiminnan edistämissyhdystys.
- Lindholm, H. & Ilmarinen, J. 2004. Kuntotestaus osana työkykyä arvioivaa ja ylläpitävää toimintaa. Teoksessa Keskinen, K. J., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) 2004. Kuntotestauksen käsikirja. (toim). Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 156. Tampere: Tammer-Paino Oy, 219-226.
- Louhevaara, V. & Lusa, S. (toim.) 1992. Palomiesten työkyvyn arviointi. Fyysiset toimintakykytestit ja terveystarkastukset. Työolot 75. Helsinki: Työterveyslaitos.

- Luhtanen, P. 1989. Lajianalyysi. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 95-123.
- Luhtanen, P. 1989. Taito ja sen harjoittaminen. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 286-314.
- Malm, M. 2005. Ilmavoimien käyttämän niskavoimamittauslaitteen luotettavuus testivälineenä. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Pro Gradu –tutkielma
- Malmberg, J. 1999. Toimintakykytestit kertovat terveystilasta. Liikunta & Tiede 1999;5:12-13.
- Malmberg, J., Fogerholm, M., Kyröläinen, H., Lepistö, P., Lipponen, J., Mäntysaari, M., Palvalin, K., Pietilä, H., Santtila, M. & Suni, J. 2004. Reservin fyysisen suorituskyvyn tutkimus 2003. Helsinki: Pääesikunta. Koulutusosasto.
- Manninen, P. 2000. Johdatus tilastolliseen data-analyysiin. Sovellus- ja atk-keskeinen näkökulma. Tampere: Tampereen yliopisto. Matematiikan, tilastotieteen ja filosofian laitos.
- McArdle, W., Katch, F., I. & Katch, V., L. 1996. Exercise Physiology. 4. painos. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Mellin, I. 1996a. Johdatus tilastotieteeseen. 1. kirja. Tilastotieteen johdantokurssi. Helsinki: Helsingin yliopisto. Tilastotieteen laitos.
- Mellin, I. 1996b. Johdatus tilastotieteeseen. 2. kirja. Tilastotieteen jatkokurssi. Helsinki: Helsingin yliopisto. Tilastotieteen laitos.
- Metsämuuronen, J. 2002a. Tilastollisen päättelyn perusteet. Helsinki: International Methelp Ky.
- Metsämuuronen, J. 2002b. Tilastollisen kuvauksen perusteet. Helsinki: International Methelp Ky.
- Metsämuuronen, J. 2004. Pienten aineistojen analyysi. Helsinki: International



Methelp Ky.

- Mellerowicz, H. & Smolaka, V. N. 1981. Ergometry. Basics of Medical Exercise Testing. Baltimore – Munich: Urban & Schwarzenberg.
- Mero, A., Häkkinen, K. 1990. Voima ja sen harjoittaminen. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus Oy.
- Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. 1997. Nykyaikainen urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy.
- Mero, A. 2004. Taito ja tekniikka. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. L. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy, 241-250.
- Metodix 2002. Tutkimusmenetelmät. Tulostettu 15.9.2005 [http://www.metodix.com/fi/sisallys/01\\_menetelmat/01\\_tutkimusprosessi/02\\_tutkimisen\\_taito\\_ja\\_tiedon\\_hankinta/kooste](http://www.metodix.com/fi/sisallys/01_menetelmat/01_tutkimusprosessi/02_tutkimisen_taito_ja_tiedon_hankinta/kooste).
- Michaud, V. J., Lyons, T. J. & Hansen, C. M. 1998. Frequency of the "Push-Pull Effect" in U.S Air Force Fighter Operation. Aviation, Space and Environmental Medicine 1998;69:1083-1086.
- Mikkelsson, L. 2003. Kunto koulu- ja aikuisiässä: Kouluiän mitatun kunnan yhteydet aikuisiän mitattuun ja koettuun kuntoon, 25 vuoden pitkäikäistutkimus. Jyväskylän yliopisto. Liikuntakasvatuksen laitos. Lisensiaatintutkimus.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G. & Mood, D. P. 1995. Measurement and Evaluation in Human Performance. Champaign: Human Kinetics.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G. & Mood, D. P. 2005. Measurement and evaluation in human performance. 3. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Newman, D. G. & Callister, R. 1999. Analysis of the G<sub>z</sub> Environment During Air Combat Maneuvering in the F/A -18 Fighter Aircraft. Aviation, Space and Environmental Medicine 1999;70: 310-315.

- Nieminen, M., Ahokas, P. & Kempas, M. 1987. Testaus ja seuranta. Teoksessa Kempas, M. & Pajunen, R. (toim.). Pyöräily – kuntoa, vauhtia, virkistystä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia.12. uudistettu painos. Porvoo: Werner Söderstrom Oy.
- Nummela, A., Keskinen, K. L. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. L. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy, 333-364.
- Nupponen, H., Soini, H. & Telama, R. 1999. Koululaisten kunnan ja liikehallinnan mittaaminen. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 118. Jyväskylä: LIKES-tutkimuskeskus.
- Nupponen, H. & Huotari, P. 2002. Kaikkiko kunnossa? Nuorten kuntoerojen kasvu huolestuttaa. Liikunta & tiede 2002;39:4-9.
- Oksa, J., Hämäläinen, O. & Rissanen, S. 1996. Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. Aviation, Space and Environmental Medicine 1996;67:1138-43.
- Oksa, J., Rintala, H. & Kuronen, P. 1997. Lentävän henkilöstön lihasvoimatestien viitearvot. Sotilaslääketieteellinen aikakauslehti 1997;3:165-169.
- Oksa, J., Hämäläinen, O., Rissanen, S., Salminen M. & Kuronen, P. 1999. Muscle Fatigue caused by Repeated Aerial Combat Maneuvering Exercises. Aviation, Space and Environmental Medicine 1999;70;556-560.
- Oksa, J., Linja, T. & Rintala, H. 2003. The Effect of Lumbar Support on the Effectiveness of Anti-G Straining Manuevers. Aviation, Space and Environmental Medicine 2003;74:886-890.
- Paalimäki, H. & Rintala, H. 1996. Lentäjän suorituskyvyn kehittäminen. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. 1996. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy, 41-43.

PEKoul-os:n PAK A 1:5.1.1,1997.

PEkoul-os. 1999. Liikuntakoulutuksen käsikirja 1. Puolustusvoimat.

PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuus ja fyysinen työkyky, 1999.

PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 Varusmiesten fyysinen koulutus, 2004.

PEkoul-os:n PAK C 01:03:01 Varusmiesten fyysinen koulutus, 2004.

Peltoniemi, R. 1999. Oppiminen, simulointi ja koulutus. Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisusarja 3. Tutkimusselosteita n:o 2. Vaasa: Ykkösoffset Oy.

Rehunen, S. & Heino, S. 1992. Seuravalmentajatutkinto. B-perusosa. 3. painos. Helsinki: SVUL.

Rehunen, S. 1997. Terveys ja liikunta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Ringsberg, K. A. M. 1993. Muscle Strength Differences in Urban and Rural Populations in Sweden. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation* 1993; 74:1315-18.

Ringsberg, K. A. M. 2001. Balance, gait performance and muscular strength in the elderly. Malmö. Lund University. Department of Orthopaedics.

Rintala, H. 1990. Varusmiesten liikuntakasvatus ja fyysisen kunnon kehittyminen Ilmavoimien Viestikoulussa II/89 saapumiserällä. Lapin Korkeakoulu. Kasvatustieteen opinnäytetyö.

Rintala, H. & Kanninen, P. 1996. Voima. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy, 28-31.

- Rintala, H., Paalimäki, H. & Santala, E. 1996. Lentäjän tarvitsema suorituskyky. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala, E., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy, 23-27.
- Rintala, H., Skyttä, J., Kuronen, P. 2000. Physical performance and abilities to get through on military basic flight training. Aerospace Medical Association, 71<sup>st</sup> Annual Scientific Meeting. Houston, USA.
- Rintala, H. 2000. Ilmavoimien lentävän henkilöstön fyysisen kunnan arviointi. Raportissa Holthoer, A. & Dufva, V-P (toim.) 2000. Armeija liikuttaa symposium. Puolustusvoimat. Rauma: Westpoint Oy, 86-89.
- Rintala, H. 2002. Occupational fitness standards for Finnish Air Force aircrew. Tikkakoski: Ilmavoimien esikunta.
- Rintala, H., Häkkinen, A., Kautiainen, H. & Siitonen, S. 2005. Military Pilot's Neck and Back Pain: A Preliminary Study [Kongressiabstracti]. International Congress on Soldier's Physical Performance. Jyväskylä, 5/2005, Finland.
- Roberts, S. O., Robergs, R. A. & Hanson P. 1997. Clinical Exercise Testing and Prescription. New York: CRC Press.
- Rusko, H. 1989. Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 151-182.
- Rusko, H., Kuronen, P., Tesch, P. & Balldin, U. 1990. Sovelletun liikuntaharjoittelun vaikutukset lentäjien fyysiseen kuntoon ja G – voimien sietokykyyn. Sotilaslääketieteellinen aikakauslehti 1990;65:61-68.
- Salminen, P. 1998. Sotilaspedagogiikkaa käytäntönä -liikuntakoulutus. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Julkaisusarja 2 N:o 4. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos, 15-25.
- Sandström, M. 1995. Liikkuvan ihmisen fysiologia. Teoksessa Ahonen, J., Lahtinen, T., Pogliani, G., P., Saarinen, H., Sandström, M., Suovanen, J., Vannini, V. & Wirhed, R.

1995. Kehon rakenne, toiminta ja lihashuolto. 4. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerrus kirjapaino Oy, 62-63.
- Santtila, M. 2002. Fyysisen koulutuksen uudistamiseen vaikuttaneet tekijät varusmieskoulutuksessa. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Täydennyskoulutus-osasto. Tutkinnon täydentäminen ylemmäksi korkeakoulututkinnoksi.
- Santtila, M. 2003. Varusmiesten fyysisen koulutuksen perusteet. Teoksessa Nissinen, V. 2003. Kehittyvä varusmieskoulutus. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T. J., Tiainen, S., Palvalin, K. & Häkkinen, K. 2004. Changes in the Physical Fitness of Men Entering The Finnish Military Service During the Years of 1975-2004: A Population Based Study [Kongressiabstracti]. Helsinki: Pääesikunta.
- Scherrer, J. (toim.) 1988. Työn fysiologia. Suom. I. Kuorinka. Juva: WSOY.
- Shvartz, E. & Reibold, R. C. 1990. Aerobic Fitness Norms for Males and Females Aged 6 to 75 Years: A Review. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1990;61:3-11.
- Safrit, M. J. 1981. Evaluation in physical education. 2. painos. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 46-83.
- Siitonen, S. 2000. Effects of In-flight  $G_z$  Acceleration on Military Aviators Using Modern Anti-G Garments. *Kuopion yliopiston julkaisuja D. Lääketiede* 204.
- Skinner, J. S. 1987. Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Skyttä, J., Rintala, H. & Kuronen, P. 1999. Bicycle ergometer test in selection of military pilot candidates: comparison of indirect maximal  $VO_2$  and direct maximal performance test [Kongressiabstracti]. ASMA. Detroit, USA, 1999.
- Sothmann, M. S., Gebhardt, D. L., Baker, T. A., Kastello G. M. & Sheppard V. A. 2004. Performance requirements of physically strenuous occupations: validating minimum standards for muscular strength and endurance. *Ergonomics* 2004;47:864-875.

- Spiegel, M. R. 1991. Theory and Problems of Statistics. 2. painos. New York: McGraw-Hill inc.
- Tilander, H. 1999. Haasteita ja kehitystä - Maavoimat 2000-luvulle. Sotilasaikakausilehti 1999;2:9-13.
- Tesch, P. A., Hjort, H. & Balldin, U., I. 1983. Effects of Strength Training on G Tolerance. Aviation, Space and Environmental Medicine 1983; 54: 693-693.
- Thomas, J. R. & Nelson, J. K. 1996. Research methods in physical activity. 3. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Thomas, J. R. & Nelson, J. K. 2001. Research methods in physical activity. 4. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Tilander, H. 1999. Haasteita ja kehitystä - Maavoimat 2000-luvulle. Sotilasaikakausilehti 1999;2:9-13.
- Toiskallio, J. 1996. Sotilaspedagogiikan lähtökohtia. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) 1996. Tietoyhteiskunnan koulutuskulttuuri. Sotilaspedagogisen tutkimusohjelman suuntaviivoja. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Julkaisusarja 2 N:o 3, 55-67.
- Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Toiskallio, J. 1998. Miksi toimintakykyä?. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Julkaisusarja 2 N:o 4. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos, 7-15.
- Toiskallio, J. 2000. Unohdettu ja uudelleen syntynyt. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Näkökulmia sotilaspedagogiseen tutkimukseen. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos.
- Toiskallio, J. 2002. Kohti muuttuvaa kouluttajuutta. Teoksessa Toiskallio, J., Kalliomaa, M., Halonen, P. & Anttila, J. Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille. Helsinki: Maanpuolus-

tuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Vaasa: Ykkös-Offset Oy, 12-26.

Tossavainen, M. 2004. Testing Athletic Performance in Team and Power Sports. Oulu: New-test Oy.

Työterveyslaitos. Asiantuntijalausunto 9.3.1995.

Vapaavuori, E. 1991. Kiihtyvyysoimat ja väsymysoilat. Ilmailu 1991;8:14-15.

Vapaavuori E., Sorsa M., Nurmi L. & Kuronen P. 1992. Lentävä ihminen. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Vapaavuori, E. & Sorsa, M. 2005. Lentävä ihminen. 3. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Vasama, P-M. & Vartia, Y. 1980a. Johdatus tilastotieteeseen. Osa I. Pori: Satakunnan Kirjateollisuus Oy.

Vasama, P-M. & Vartia, Y. 1980b. Johdatus tilastotieteeseen. Osa II. Pori: Satakunnan Kirjateollisuus Oy.

Viitasalo, J. 1987. Lihasoiman harjoittamisen ja mittaamisen biomekaniikkaja fysiologia. Teoksessa Viitasalo, J., Raninen, J. & Liitsola, S. 1987. Voimaharjoittelu – perusteet ja käytännön toteutus. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy, 9-155.

Viitasalo, J. & Rusko, H. 1988. Tiede ja urheiluvalmennus. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1988. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 199-207.

Viitasalo, J. 1989. Testit ja harjoittelun seuranta. Teoksessa Kantola, H. (toim.) 1989. Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 357-380.

Vuori, I. 1988. Lihaksen voimantuoton mittaaminen. Teoksessa Uusitalo, A., Sovijärvi, A., Länsimies, E. & Vuori, I. Kliinisen fysiologian oppikirja. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Weineck, J. 1982. Optimaalinen harjoittelu. Vaasa: Valmennuskirjat Oy.

Whinnery & Parnell 1987. The Effects of Long-Term Aerobic Conditioning on +G<sub>z</sub> Toler-

ance. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 1987; 58: 199-204.

Wonnacott, T. H., Wonnacott, R. J. 1990. *Introductory Statistics*. 5. painos. New York: John Wiley & Sons.

Wood, T. M. 1989. The changing nature of norm-referenced validity. Teoksessa M. J. Safrit & T. M. Wood (toim.). 1989. *Measurement concepts in physical education and exercise science*. Champaign IL: Human Kinetics, 23-44.

Ylinen, J. 2004. *Treatment of chronic non-specific neck pain with emphasis on strength training*. Kuopion Yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta.



**LIITTEET**

- Liite 1      Kestovoiman kenttätestit
- Liite 2      Fyysinen suorituskyky ja liikunnallinen elämäntapa – lomake
- Liite 3      Muuttujien jakauma histogrammeihin kuvattuna
- Liite 4      Muuttujien jakauma Q-Q-kuvioilla kuvattuna
- Liite 5      Shvartzin & Reiboldin (1990) aerobisen suorituskyvyn viitearvot

### **Kestovoiman kenttätestit**

Seuraavassa on käsitelty puolustusvoimissa käytössä olevat fyysistä kuntoa mittaavat kesto-voiman kenttätestit. Nämä testit ovat käytössä myös Ilmavoimien Ohjaajakurssin valintavaiheen fyysisen kunnan testistössä (PEkoul-os:n PAK A 04:03.01,1999; IlmavEh-os:n PAK I 03:03, 2000.)

### **Etunojapunnerrus**

Testin tarkoituksena on mitata hartian alueen lihasten ja käsivarren ojentajalihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä sekä liikettä tukevien vartalonlihasten staattista kestävyyttä (Morrow ym. 1995, 232-233; ACSM 2000).



- Miehillä alkuasennossa kädet hartioiden leveydellä, vartalo suorana, sormet eteenpäin ja varpaat tukipisteenä.
- Naisilla alkuasennossa polvet lattialla sääret lattiaa vastan ja jalat yhdessä.
- Ala-asennossa kädet 90° kulmassa ja olkavarret suorana, tai leuka lattiassa (ei vatsa).
- Vartalon tulee pysyä suorana koko suorituksen ajan ja käsien tulee ojentua suorituksen aikana suoraksi.
- Testitulokset esimerkiksi toistojen lukumäärä 60 sekunnissa tai maksimitoistomäärä ilman lepotaukoja.

(PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 1999; PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 2004; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 173.).

## Istumaannousu

Testin tarkoituksena on mitata vartalon koukistajalihasten dynaamista kestävyyttä. Testin suorittamisessa tarvitaan voimistelumattoa tai vastaavaa alustaa. (Morrow ym. 1995, 234; ACSM 2000.)

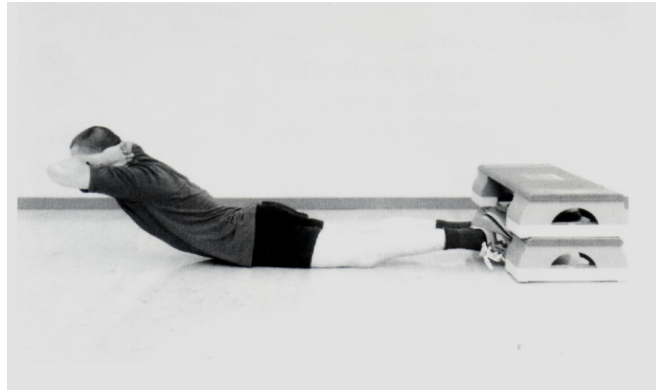


- Alkuasennossa suorittaja on selinmakuulla, kädet niskan takana
- Sormet ristissä ja kyynärpäät edessä
- Polvet 90° kulmassa, jalat hieman erillään toisistaan
- Nilkat tuettuina (esimerkiksi puolapuut tai avustaja)
- Suorituksessa koehenkilö nousee istumaan, koskien yläasennossa kyynärpäillä polvia
- Ala-asennossa hartioiden tulee koskettaa alustaa
- Kädet eivät saa irrota niskan takaa, eikä kyynärpäillä saa lyödä vauhtia suoritukseen
- Testitulokset esimerkiksi hyväksytyjen toistojen lukumäärä 60 sekunnissa

(Morrow ym. 1995, 234; PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 1999; PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 2004; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 173.).

## Selkäliahastesti

Testin tarkoituksena on mitata vartalon ojentajalihasten dynaamista kestävyyttä. Testin suorittamisessa tarvitaan voimistelumattoa tai vastaavaa alustaa. (ACSM 2000.)

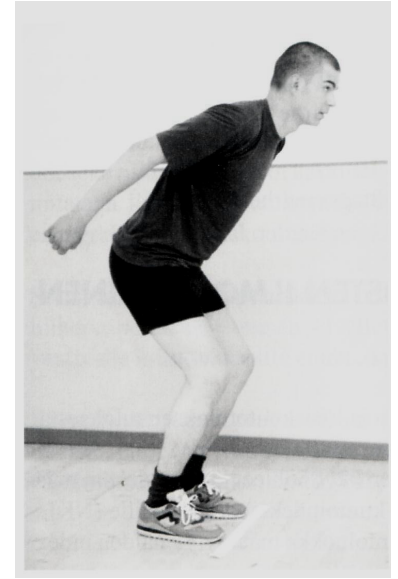


- Alkuasennossa suorittaja on päinmakuulla lattialla
- Kätet niskan takana ja sormet ristissä
- Jalat tuettuina (esimerkiksi puolapuut tai avustaja)
- Suorituksessa koehenkilö nostaa ylävartaloa, kunnes lapaluut koskettavat 30 cm har-  
tiasen yläpuolella olevaa merkkiä (esimerkiksi kuminauha)
- Ala-asennossa rinnan tulee koskettaa lattiaa
- Testitulokset esimerkiksi hyväksytyjen toistojen lukumäärä 60 sekunnissa

(PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 1999; PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 2004; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 173.).

### Vauhditon pituushyppy

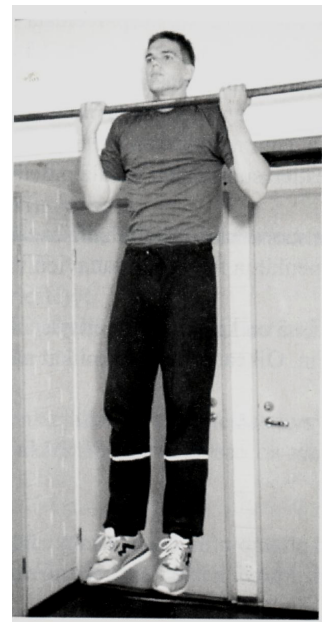
- Alkuasennossa suorittaja seisoo jalat rinnakkain tukevalla ponnistuspaikalla (esimerkiksi urheiluhallin lattia)
- Suorituksessa koehenkilö ponnistaa tasajalkaa, paikaltaan ja tekee alastulon
- Testitulos ponnistuspaikan ja alastulon välinen metrimäärä (esimerkiksi 2,40 metriä)
- Tulos tulee mitata cm:n tarkkuudella ponnistuspaikka lähimpänä olevan kehonosan (esimerkiksi kanta-pään tai käsien) alastulopaikasta



(PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 1999; PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 2004; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 173.).

### Käsinkohonta

- Alkuasennossa suorittaja riippuu rekillä vastaotteella
- Kädet, vartalo ja jalat suorana
- Suorituksessa koehenkilö koukistaa käsiä, kunnes leuka on rekin yläpinnan tasolla
- Ala-asennossa kädet ovat jälleen suorana
- Liike tulee toistaa yhtäjaksoisesti
- Suorituksen aikana vartalo ei saa heilua, reidet ja sääret eivät saa koukistua, eikä käsien koukistusta saa suorittaa nykien
- Testitulos on hyväksytyjen käsinkohontojen määrä



(PEkoul-os:n PAK A 04:03:01 1999; PEkoul-os:n PAK A 01:03:01 2004; Ahtiainen & Häkkinen 2004, 173.).

16/06/2004 10:41 KESKUSOJELUSSITRUKKEET LEHTI 007 0001815102 NRO0005 001

## FYYSINEN SUORITUSKYKY JA LIIKUNNALLINEN ELÄMÄNTAPA

PVM: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

NIMI: \_\_\_\_\_

IKÄ: \_\_\_\_\_

PITUUS: \_\_\_\_\_ PAINO (BW\*\*): \_\_\_\_\_

BMI: \_\_\_\_\_

**LIHASKUNTO:**

ANAEROBINEN TEHO \_\_\_\_\_ W/kg  
 -(ka. 22.7 W/kg)\*

PALLONHEITTO(1 kg) 1. \_\_\_\_\_ ms  
 -(ka. 203 ms)\* 2. \_\_\_\_\_ ms  
 3. \_\_\_\_\_ ms

**VARTALO:**

FLEKSIO (VATSA) \_\_\_\_\_ kg  
 -(ka. 59 kg\*/95%BW\*\*)

EKSTENSIO (SELKÄ) \_\_\_\_\_ kg  
 -(ka. 88 kg\*/120%BW\*\*)

**NISKA:**

FLEKSIO (KAULA) \_\_\_\_\_ kg  
 -(ka. 18.5 kg)\*

EKSTENSIO (NISKA) \_\_\_\_\_ kg  
 -(ka. 28.1 kg)\*

\*RINTALA H. & KURONEN P.: The profile of physical performance and physical activity among pilot candidates in Finnish Air Force, AsMA 1998, Seattle, USA.  
 \*\*OKSA J., RINTALA H., KURONEN P.: Lentävän henkilöstön lihasvoimatestien viitearvot. Ann Med Milit Fenn 1997; 72: 165-169.

---

LIHASKUNTOLUOKKA: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ KUNTOTESTI PP-ERGO: \_\_\_\_\_ W<sub>max</sub>/kg  
PIST TULOS -(ka. 4.14)\* \*SKYTÄ J., RINTALA H., KURONEN P.: "Bicycle ergometer test in selection of military pilot candidates: comparison of indirect maximal VO<sub>2</sub> and direct maximal performance test, AsMA 1999, Detroit, USA."

---

**HAVAINNOT:**

1. MOTORIikka: HYPPI:  KANKEA  NORMAALI  ERITTÄIN SUJUVA  
 PALLONHEITTO:  KANKEA  NORMAALI  ERITTÄIN SUJUVA

2. LIIKUNTAKÄYTTÄMINEN/HARRASTEET: \_\_\_\_\_

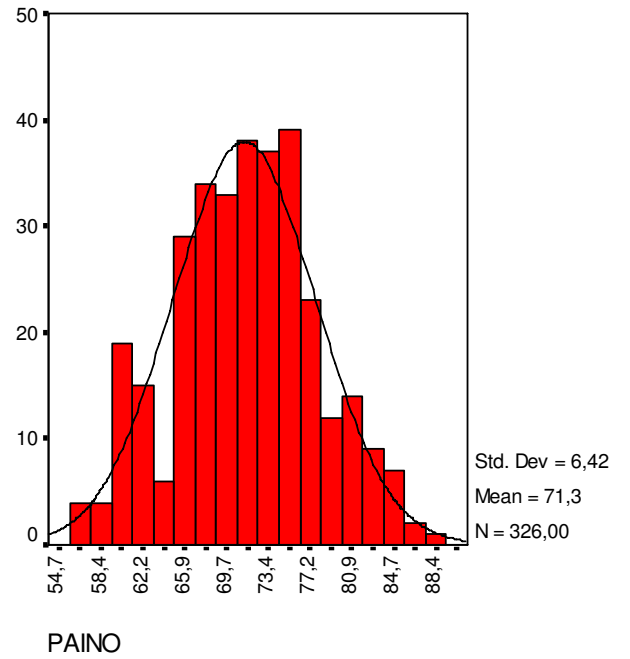
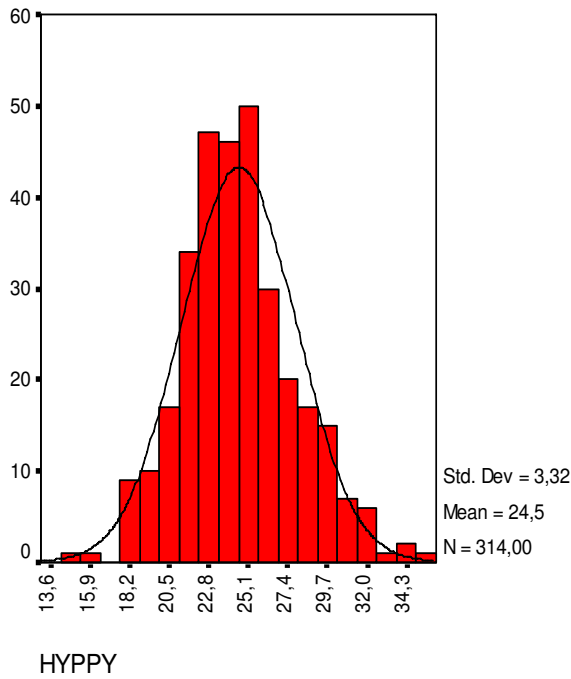
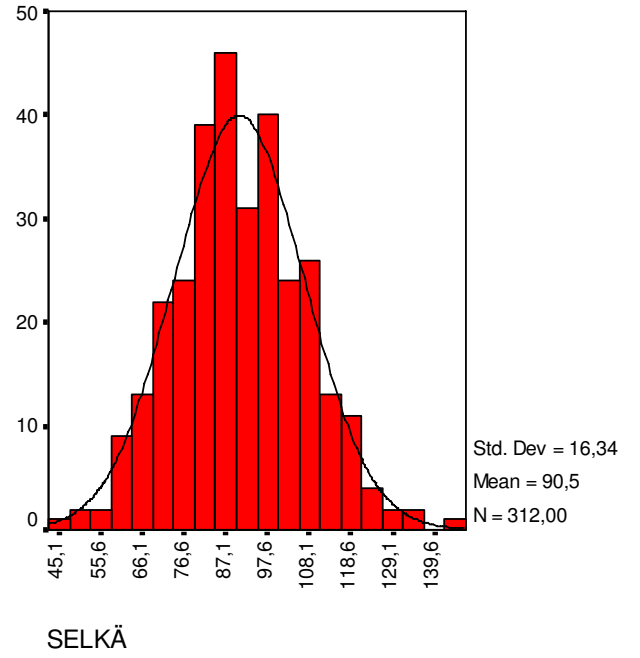
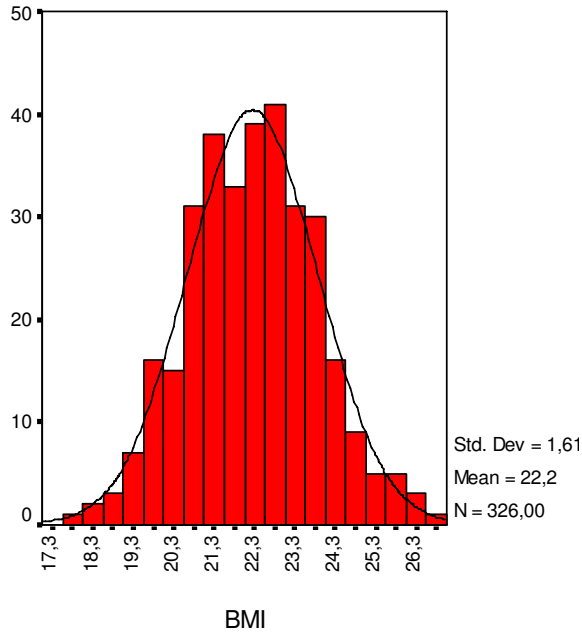
3. LIIKUNNANHARRASTAJATYYPPI:  KESTÄVYYS  TAITO-TEHO  TAITO

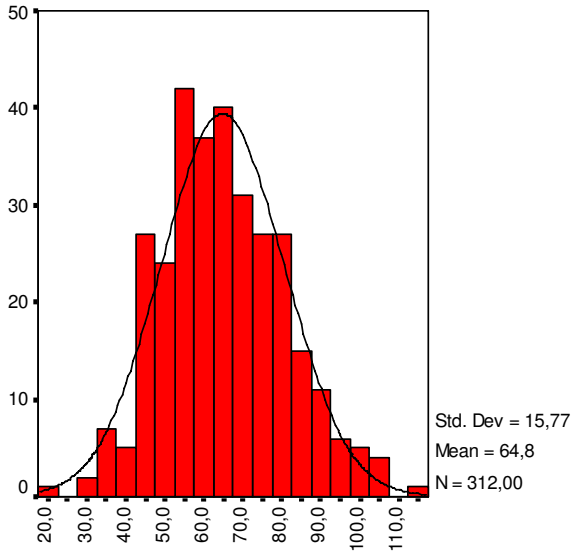
4. TAITO: UIMATAITO  EI OSAA  ALLE 50 M  HYVÄ  
 SUUNNISTUSTAITO  EI OSAA  KARTAN/KOMPASSIN PERUSTEET  SUORISTUJUIERAASTA MAASTOSTA  
 HIIHTOTAITO  EI OSAA  PYSY JA LIIKUVA SUKSIKKA  SUORISTUJUIERAASTA MAASTOSTA

5. Yleistä/muuta: \_\_\_\_\_

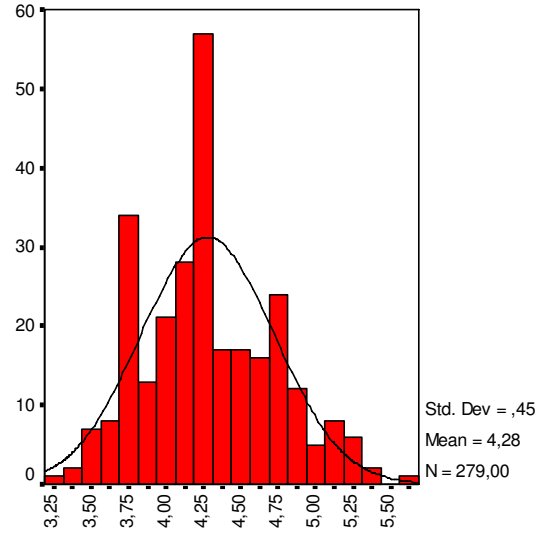
**ARVIO TÄMÄNHETKISESTÄ FYYSISESTÄ SOPIVUUDESTA SOTILASLENTÄJÄN AMMATTIIN VERRATTUNA LENTÄVÄN HENKILÖSTÖN FYYSISEN SUORITUSKYVYN PROFIILIIN**

MOITTEETON SUORITUSKYKY  
 SOPIVA TIETYIN HUOMAUTUKSIN: \_\_\_\_\_  
 EI SOPIVA: \_\_\_\_\_

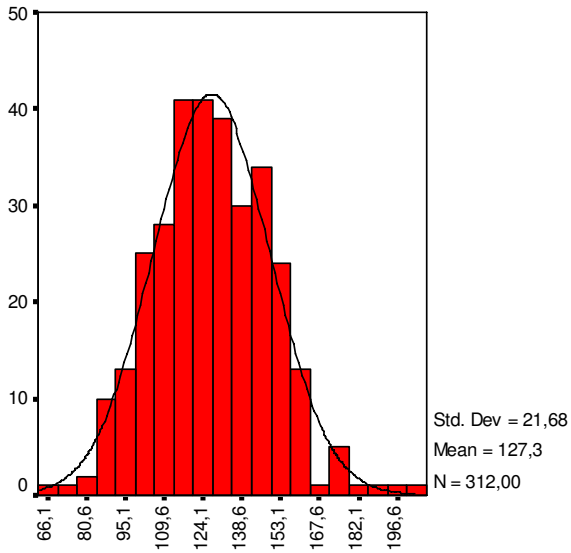




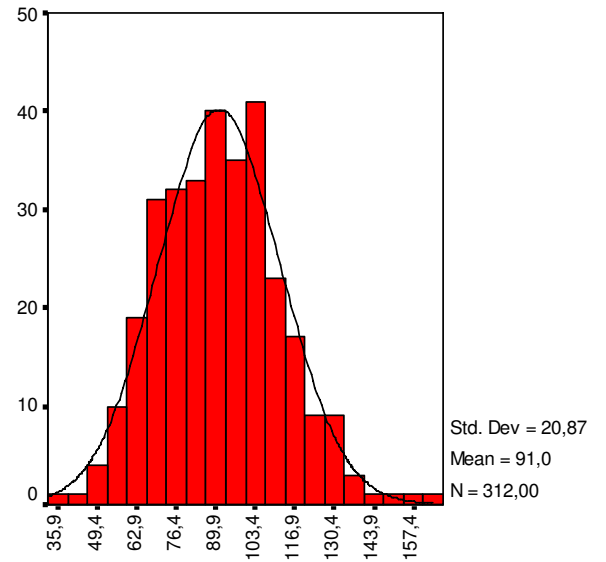
VATSA



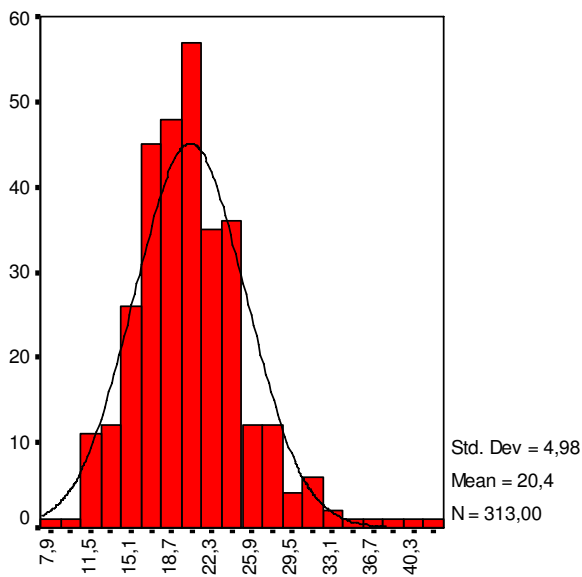
AEROB\_T



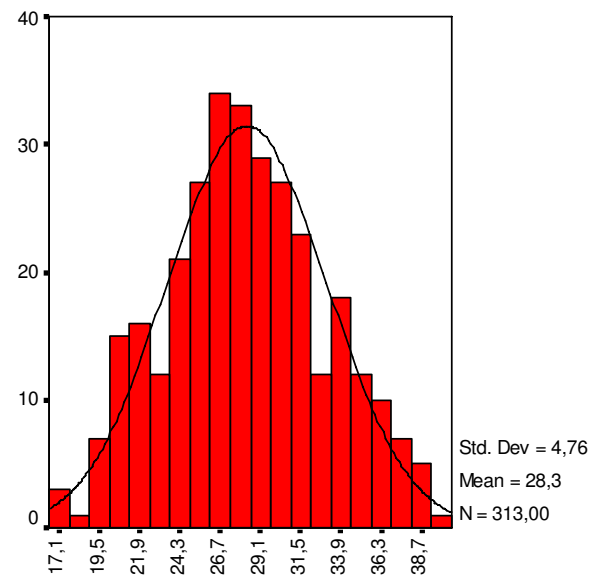
SELKÄ\_SU



VATSA\_SU



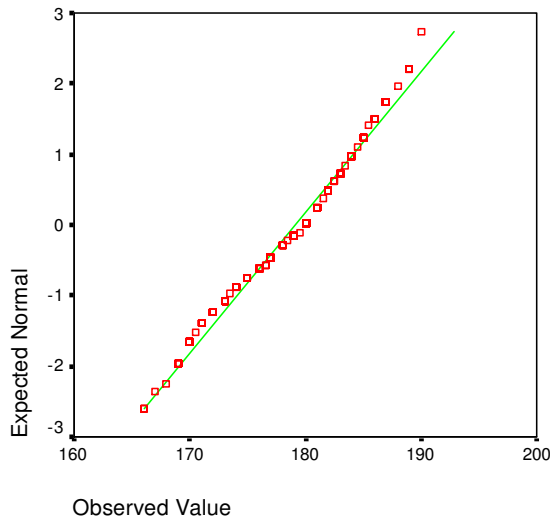
KAULA



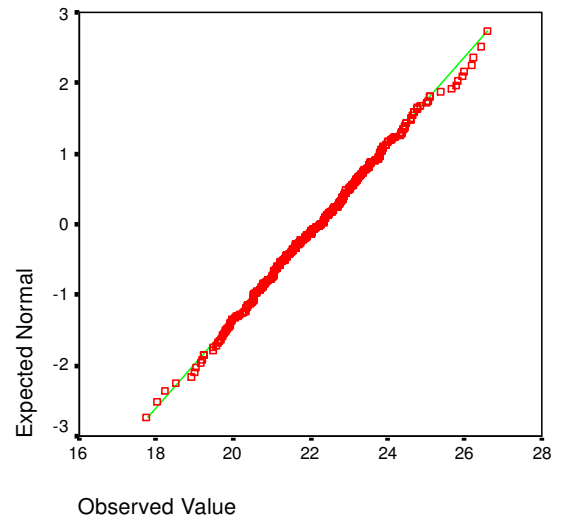
NISKA



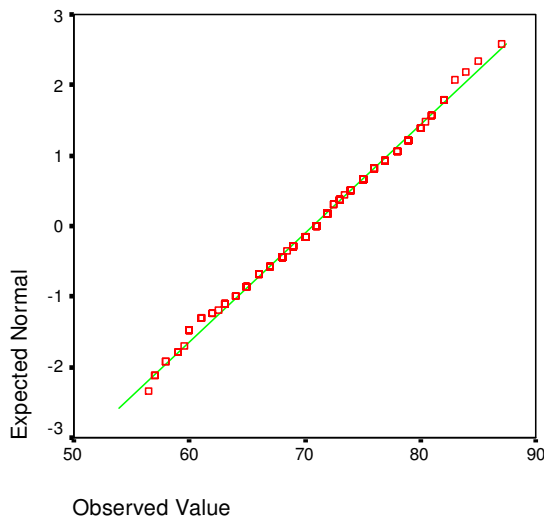
Normal Q-Q Plot of PITUUS



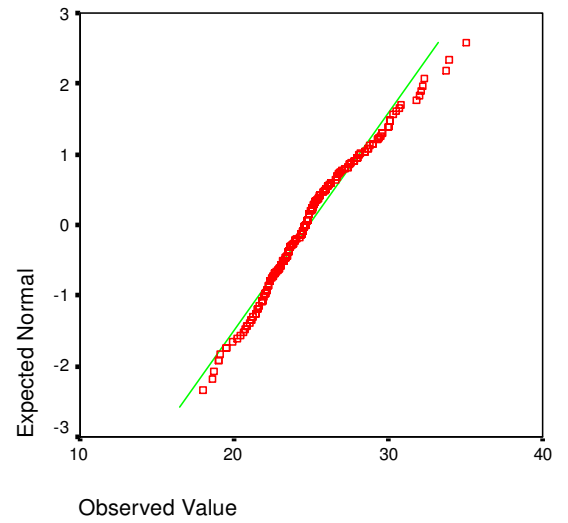
Normal Q-Q Plot of BMI



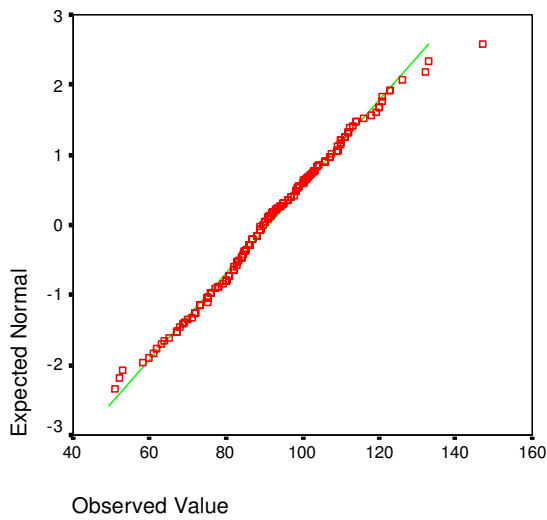
Normal Q-Q Plot of PAINO



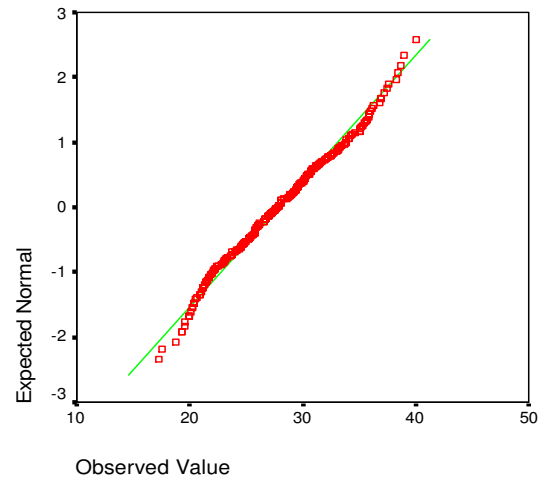
Normal Q-Q Plot of HYPPY



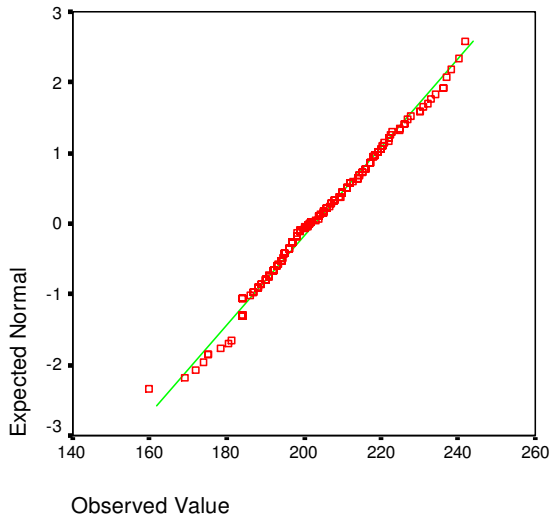
Normal Q-Q Plot of SELKÄ



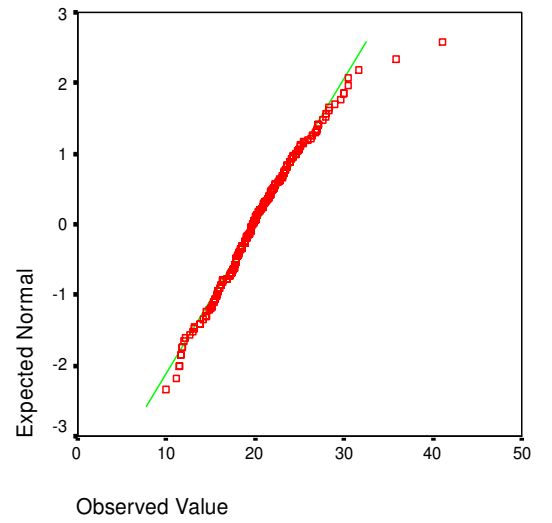
Normal Q-Q Plot of NISKA



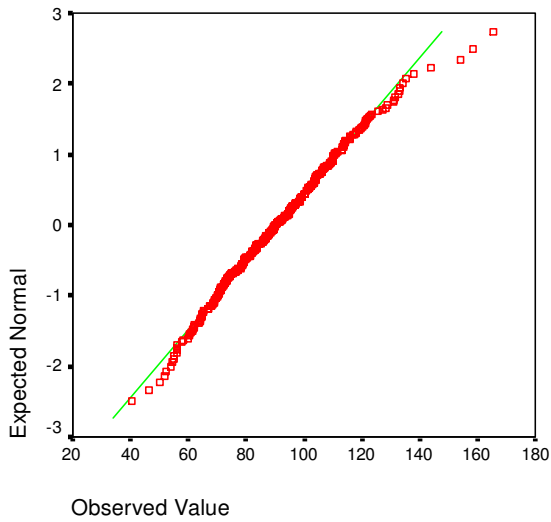
Normal Q-Q Plot of PALLO



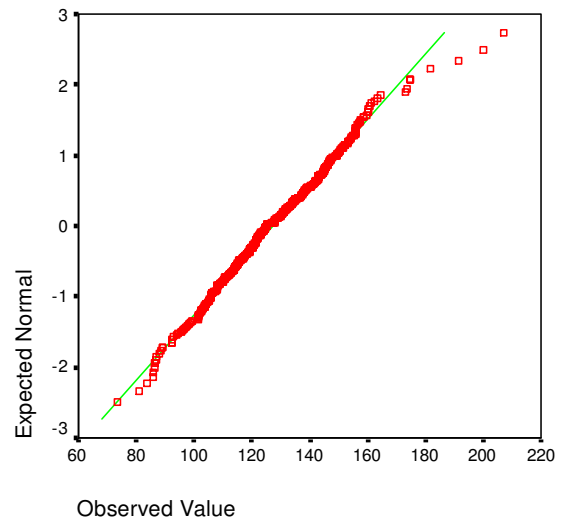
Normal Q-Q Plot of KAULA



Normal Q-Q Plot of VATSA\_SU



Normal Q-Q Plot of SELKÄ\_SU



AEROBIC FITNESS NORMS—SHVARTZ & REIBOLD

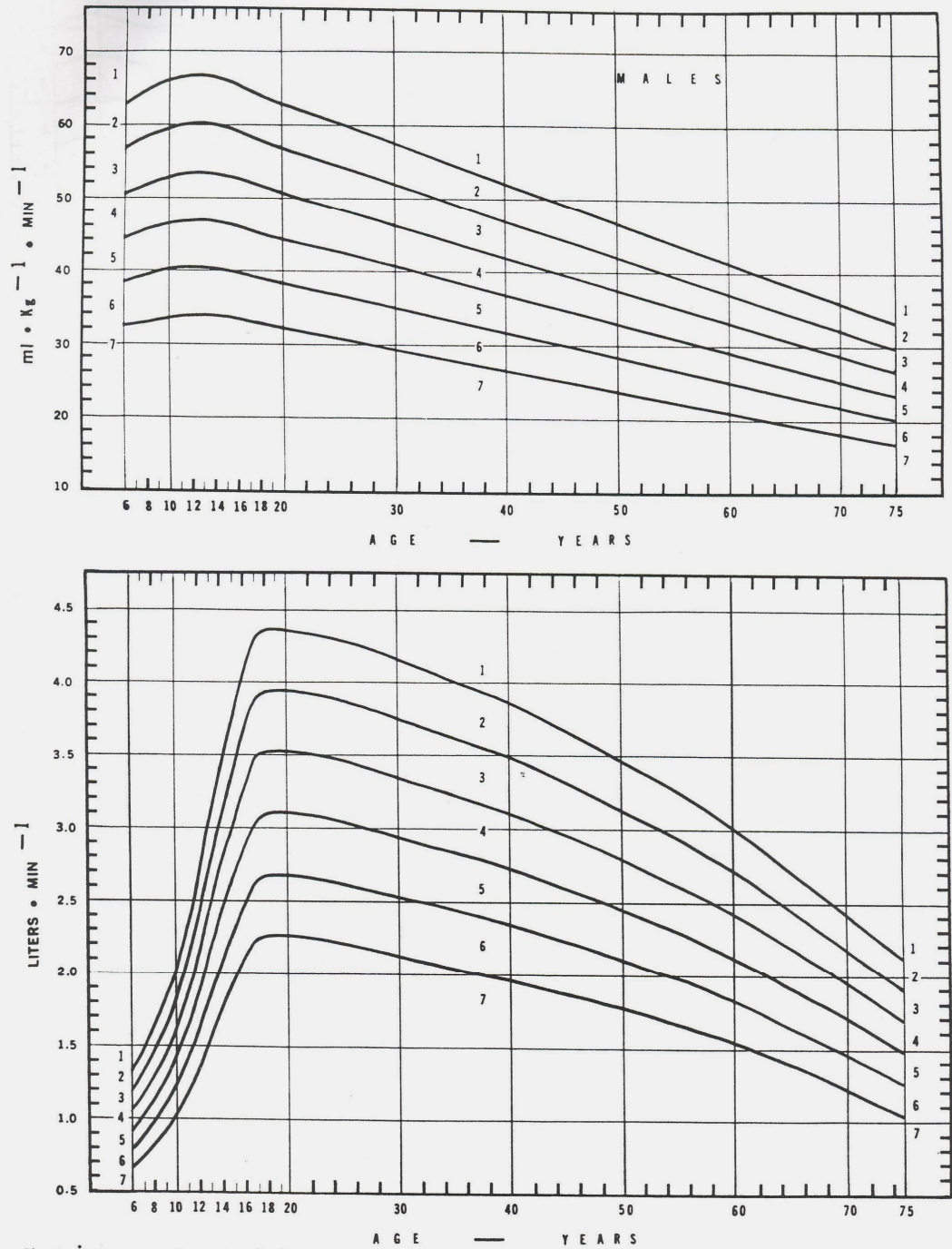


Fig. 4.  $\dot{V}O_{2\max}$  norms for males. The fitness categories are: 1 = excellent; 2 = very good; 3 = good; 4 = average; 5 = fair; 6 = poor; 7 = very poor.