

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS AMPUMATARKKUUTEEN AMMUTTA-
ESSA EKOASEELLA**

Pro Gradu -tutkielma

Kadetti
Hans-Christian Sundqvist

Kadettikurssi 92
Tiedustelu- ja liikuntalinja

Maaliskuu 2009

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 92	Linja Tiedustelu- ja liikuntalinja
Tekijä Kadetti Hans-Christian Sundqvist	
Tutkielman nimi Fyysisen suorituskyvyn yhteys ampumatarkkuuteen ammuttaessa eko aseella	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2009	Tekstisivuja 61 Liitesivuja 27
TIIVISTELMÄ <p>Tämä tutkimus sisältää ampumataitoon ja sotilaan fyysisiin ominaisuuksiin liittyvän aikaisempiin tutkimuksiin ja kansainväliseen kirjallisuuteen perustuvan kirjallisuuskatsauksen sekä empiirisen fyysisen suorituskyvyn yhteyksiä ampumatarkkuuteen tarkastelevan osan. Tutkimuksen kohteena olivat osa vuoden 2008 aikana kertausharjoitetuista reserviläisistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli etsiä yhteyksiä fyysisen suorituskyvyn ja ampumatarkkuuden välille 20–34 vuotta täyttäneillä reserviläisillä. Lisäksi pyrittiin selvittämään voiko mahdollisia yhteyksiä selittää tähtäyskuvion tai osumien kasan koon perusteella. Tutkimusongelmat olivat: 1. Onko fyysisellä suorituskyvyllä yhteyttä ampumatarkkuuteen ja 2. Voidaanko mahdollista yhteyttä selittää tähtäyskuvion tai osumien kasan koon perusteella.</p> <p>Tutkimuksen ensimmäisenä hypoteesina oli, että fyysisellä suorituskyvyllä on suora yhteys ampumatuloksiin ammuttaessa sekä maaten että seisten ja toisena hypoteesina oli, että fyysisen suorituskyvyn yhteys näkyy tähtäyksen aikaisen aseiden liikkeen ja osumien kasan koon perusteella.</p> <p>Tutkimuksen kokonaisotos oli 796 reserviläistä. Mittaukset suoritettiin kahdeksassa eri kertausharjoituksessa, joista ensimmäinen mittaus järjestettiin huhtikuussa 2008 ja viimeinen marraskuussa 2008.</p>	

Tilastollisessa käsittelyssä aineiston kaikista muuttujista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat sekä suurin ja pienin arvo. Fyysisen suorituskyvyn ja ampumataidon yhteyksien selvittämiseen käytettiin epäparametristä Spearmanin korrelaatiota. Lisäksi selvitettiin suorituskykytasojen ja ammuttuloksien välisiä eroja Kruskal-Wallis ja Mann-Whitney testeillä. Tilastollisen merkitsevyyden tasoksi valittiin $p < 0,05$.

Tutkimuksen päätulokset osoittivat, että ammuntaa harrastavat ampuivat huomattavasti paremmin kuin muut reserviläiset. Ampumatuloksien erot olivat rynnäkkökivääriammunnassa pystystä 9,4 %, rynnäkkökivääriammunnassa makuulta 2,5 % ja pistooliammunnassa 5,2 %. Maksimaalinen puristusvoimamittaus nousi vahvimaksi mittariksi selittämään ammuttuloksia kaikilla ammuttavoilla sekä kaikkien amuntojen yhteistuloksella. Puristusvoimatasojen erot vaikuttivat vahvimmillaan rynnäkkökivääriammuntaan pystystä 3,5 %, rynnäkkökivääriammuntaan makuulta 1,7 % ja pistooliammuntaan 4,4 %. Muilla fyysistä suorituskykyä kuvaavilla muuttujilla oli tämän tutkimuksen mukaan vain tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) yhteys ammuttuloksiin. Yhteyksien voimakkuudet jäivät hyvin heikoiksi. Fyysisen suorituskykytasojen ääripäiden välillä oli huomattavia eroja niin aseiden vakaana pidossa kuin osuimien hajonnassakin, kun yksilöiden välisiä eroja arvioitiin etunojapunnerruksella ja maksimaalisella puristusvoimalla.

Aiempiin tutkimuksiin viitaten voidaan todeta että, hyvässä fyysisessä kunnossa oleva sotilas selviytyy paremmin sekä fyysisesti että henkisesti taistelukentällä nopeasti vaihtuvista tilanteista. Tämän tutkimuksen mukaan hyvä fyysinen suorituskyky tukee myös menestymistä ampumasuorituksessa, joten hyvässä fyysisessä kunnossa oleva ammuntaa harjoitellut sotilas suoriutuu ammuttatehtävästä paremmin kuin heikkokuntoinen vähemmän ammuttatehtävää saanut sotilas.

AVAINSANAT

fyysinen suorituskyky, ampumataito, lihaskunto, maksimaalinen puristusvoima

FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS AMPUMATARKKUUTEEN AMMUTTA- ESSA EKOASEELLA

1	JOHDANTO	1
2	AMPUMATAITOON LIITTYVÄT TEKIJÄT	2
2.1	Kehon tasapaino	3
2.1.1	Ampuma-asennot	3
2.1.2	Tasapaino ampuma-asennoissa	4
2.2	Aseen liipaisu	5
2.3	Aseen vakaana pito	6
2.4	Tähtääminen	6
2.5	Hengityksen rytmittäminen	6
2.6	Ampujan vireystila ja motivaatio	7
2.7	Taistelijan ampumatarkkuus	7
3	KESTÄVYYSSUORITUSKYKY	9
3.1	Energia-aineenvaihdunta	9
3.1.1	Välittömät energianlähteet	9
3.1.2	Anaerobinen aineenvaihdunta	10
3.1.3	Aerobinen aineenvaihdunta	10
3.2	Aerobinen kestävyys	11
3.3	Lihaskestävyys	13
4	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKY	14
4.1	Aktiopotentiali	14
4.2	Motorinen yksikkö	16
4.3	Sentraalinen ohjaus	17
4.4	Spinaalinen ohjaus	18
4.5	Lihasten voimantuotto ja harjoittelu	21
4.6	Lihaskäyttö	21
5	FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS AMPUMATARKKUUTEEN	22
5.1	Fyysisen suorituskyvyn yhteys tasapainoon ja kehon koostumukseen	22
5.2	Fyysisen suorituskyvyn yhteys aseeseen ja liipaisuun	24

6	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA ONGELMAT	25
7	MENETELMÄT	26
7.1	Koehenkilöt	26
7.2	Mittausasetelma	26
7.3	Mittaukset	27
7.3.1	Liikunta ja terveystottumuskysely	27
7.3.2	Kehon koostumus	28
7.3.3	Epäsuora maksimaalinen hapenottokyky (VO ₂ max)	29
7.3.4	Ammunta Eko Aims kiväärillä ja pistoolilla	30
7.3.5	Lihaskuntomittaukset	31
7.3.6	8-juoksu	32
7.4	Tilastolliset menetelmät	33
8	TULOKSET	33
8.1	Kehon koostumus	33
8.2	Maksimaalinen hapenottokyky, lihaskunto ja 8-juoksu	34
8.3	Ammunta ja sen harrastaminen	35
8.4	Fyysisen suorituskyvyn ja ammuntasuorituksen välinen yhteys	35
8.5	Fyysisten suorituskykytasojen yhteys ammuntasuoritukseen	37
8.5.1	Puristusvoima	37
8.5.2	Lihaskunto	40
8.5.3	Fyysisen suorituskyvyn -indeksi	46
8.6	Ammunnan harrastamisen yhteys ampumasuoritukseen	47
8.7	Sotilaskoulutuksen yhteys ammuntasuoritukseen	49
9	POHDINTA	53
9.1	Kehon koostumuksen yhteys ampumataitoon	54
9.2	Aerobisen kestävyiden yhteys ampumataitoon	54
9.3	Lihaskestävyiden yhteys ampumataitoon	55
9.4	Maksimaalisen puristusvoiman yhteys ampumataitoon	57
9.5	Dynaamisen tasapainon yhteys ampumataitoon	58
9.6	Ammunnan harrastamisen ja sotilaskoulutuksen yhteys ampumataitoon	58
9.7	Tulosten luotettavuus	59
9.8	Jatkotutkimusehdotuksia	61

10	JOHTOPÄÄTÖKSET	61
	LÄHTEET	62
	LIITTEET	70

FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS AMPUMATARKKUUTEEN AMMUTTAESSA EKO-ASEELLA

1 JOHDANTO

Kriisi ja sotatoimet vaativat sotilailta kykyä liikkua ja selvitä toimintakykyisinä taistelukentän olosuhteissa kaikkina vuoden aikoina laajoilla ja vaikeasti määritettävillä alueilla. Sotilaiden on kyettävä kestäämään ja hallitsemaan taistelukentän fyysiset sekä psyykkiset rasitukset vuorokaudet ympäri kestävässä nopeissa ja vaikeasti ennakoitavissa tilanteissa. Kaikkien puolustushaarojen ja aselajien esikuntatehtävissä palvelevien sotilaiden painoon suhteutetun kestävyyskunnan minimivaatimus on 42 ml/kg/min, joka vastaa noin 2300 m 12-minuutin juoksu-testissä. Tukitehtävissä toimivien sotilaiden minimivaatimus on 45 ml/kg/min, joka vastaa noin 2600 m 12-minuutin juoksu-testissä. Vastaavasti liikkuvaan sodankäyntiin erikoistuvien joukkojen sotilaiden vaatimus on 50 ml/kg/min, joka vastaa noin 2800 m 12-minuutin juoksu-testissä ja erikoisjoukkoihin sijoitettavien sotilaiden 55 ml/kg/min joka vastaa yli 3000 m 12-minuutin juoksu-testissä. Lisäksi taistelijoiden lihaskunnan on oltava sellainen, että he kykenevät säilyttämään toimintakykynsä vähintään 25 kilogramman lisäkuorman kanssa. Kannettavan kuorman määrä voi olla hetkittäin jopa 55–60 kg.(fyysisen toimintakyvyn perusteet määräys PVHSMK PEHENKOS 2008)

Sotilaan toimintakyky tarkoittaa kykyä tehdä oikeita taktisia ratkaisuja taistelukentän muuttuvissa olosuhteissa sekä kykyä pysyä toimintakykyisenä niin fyysisesti kuin psyykkisestikin. Fyysinen suorituskyky on yksi sotilaan toimintakyvyn osa-alueista, jolla luodaan toiminnallinen pohja mahdollisuudelle selvitä taistelukentän vaatimuksista. Fyysinen kunto koostuu kestävydestä, voimasta ja nopeudesta, jotka yhdessä motoristen taitojen kanssa muodostavat fyysisen suorituskyvyn. Fyysinen suorituskyky on kiinteässä yhteydessä psyykkiseen toimintakykyyn ja motivaatioon. (Halonen ym. 2007, 142–145.)

Ampumataito on helposti mitattavissa ammuntatuloksena, mutta itse ammuntasuoritus sisältää useita muuttujia, jotka voivat vaikuttaa ampumatulokseen suoraan tai epäsuorasti. Ammunta-

tapahtumaa voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa keskityn tarkastelemaan sitä kehon tasapainon, aseiden käsittelyn sekä psykologisten tekijöiden kautta, joista tärkeimpänä tasapainoisen ampuma-asennon hallinta. Monosen ym. (2007) mukaan ampujan tasapainolla ja kiväärin liikkeellä on suora yhteys kokemattoman ampujan ammuntasuorituksessa. Kyseisessä tutkimuksessa 26 % ammuttulosten varianssista oli selitettävissä ampujan tasapainoon liittyvillä parametreilla. Tosin Mason ym. (1990) ja Viitasalo ym. (1999) havaitsivat vielä korkeammat yhteydet tasapainon ja aseiden liikkeen vaikutuksista ampumatulokseen niiden ollessa 53 % ja 75 %. Tasapaino onkin keskeinen tekijä hyvässä ampumasuorituksessa ja sitä tulisi harjoittaa erillisillä tasapainoharjoituksilla (Mononen ym. 2007).

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko fyysisellä suorituskyvyllä yhteyttä ampumatuloksiin ammuttaessa ekoaseella pystystä ja makuulta. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt tekivät epäsuoran maksimaalisen hapenottookykytestin polkupyöräergometrillä, lihaskestävyyttä mittaavat lihaskuntotestit sekä ampuivat 7,62 RK 62 rynnäkkökivääriä mukailevalla ekoaseella makuulta ja pystystä sekä pistoolilla pystystä. Mitattavat olivat eri aselajeja ja sodanajan joukkoja edustavia 2000-luvun alkupuolella varusmiespalveluksensa suorittaneita reserviläisiä. Tämä hyvin heterogeeninen ja laaja tutkittavien joukko luo herkullisen tutkimusasetelman silmällä pitäen varusmiesaikana saavutettujen fyysisten ominaisuuksien ja nykyisen liikuntaaktiivisuuden vaikutuksista taitoa vaativaan ammuntasuoritukseen.

Fyysisellä suorituskyvyllä näyttäisi olevan tilastollisesti merkitsevä, mutta verrattain heikko yhteys ampumataitoon. Puristusvoima, etunojapunnerrus ja 8-juoksu olivat vahvimmat muuttujat, jotka selittivät fyysisen suorituskyvyn yhteyttä ampumataitoon. Tutkittavan joukon jakaminen suorituskykyjensä mukaisesti heikkoon, tyydyttävään tai hyvään ryhmään vahvisti edellä mainittujen muuttujien yhteyttä ampumataitoon. Suurin ero ammuntasuorituksen aikaisessa aseiden vakaana pidossa ja osumien hajonnassa oli etunojapunnerruksella ja puristusvoimalla määriteltujen suorituskykytasojen ääripäillä. Fyysiseltä suorituskyvyltään hyväkuntoiset ampuivat huomattavasti pienempiä kasoja ja hallitsivat paremmin aseiden liikkeitä tähtäyksen aikana kuin heikkokuntoiset reserviläiset.

2 AMPUMATAITOON LIITTYVÄT TEKIJÄT

Hyvän ampumatuloksen saavuttamiseksi on ammuntaan vaikuttavat tekijät tunnettava. Yksittäinen ampumasuoritus voidaan jakaa tähtäämiseen, pitoon, laukaisuun ja jälkipitoon. Tärkein ammunnan vaihe on laukaisutapahtuma, jonka takia ampujan on hallittava aseiden vakaana pito,

hengitystekniikka, tähtästekniikka ja liipaisutekniikka sekä näiden yhdistäminen (Ampumakoulutusopas 1992, 27).

Onnistuneen laukauksen suoritustekniikka voidaan Nissisen (1992) mukaan jakaa seuraaviin vaiheisiin.

- ampuma-asennon hakeminen,
- mentaalinen valmistautuminen,
- hengittäminen ja hengityksen pidättäminen,
- tähtääminen,
- liipaisu,
- jälkipito ja
- laukauksen analysointi

Tämän kappaleen tarkoituksena on selvittää ampumataitoon liittyviä tekijöitä ampujan näkökulmasta. Tarkastelun kohteena olivat ampuma-asentojen tasapainoisuus, laukaisutekniikka, tähtääminen ja psykologiset tekijät ammunassa. Tässä tutkimuksessa ei käsitellä syvällisemmin ammunnan harjoittelun vaikutuksia ampumataidon kehittymiseen, vaikka Viitasalo ym. (2001) osoittivat, että 12 kuukauden ammutaharjoittelu paransi kivääriampumatuloksia ilman aseennoston suoritettavassa ampumatestissä 20,8 % ja aseennoston sisältävässä ampumatestissä 10,6 %.

2.1 Kehon tasapaino

Ampujalta vaaditaan ammunnan aikana hyvää hermojen ja lihasten hallintaa. Ampuma-asennon hallinta vaatii ampujalta hyvää yleiskuntoa ja kykyä rentoutua, sillä ampuma-asennon on pysyttävä muuttumattomana ammunnan aikana. Lihaksiston, erityisesti käsien, jalkojen ja keskivartalon lihaksien tulee olla hyvin harjoiteltuja. (Ampumakoulutusopas 1992, 27.) Ammunnan biomekaanisiin tekijöihin liittyy vartalon lihasten hallinta hyvän ampuma-asennon ylläpitämiseksi (Forssten 2002, 15).

2.1.1 Ampuma-asennot

Hyvä ampuma-asento muodostaa aseelle vakaan ja liikkumattoman tuen. Pelkästään lihasten avulla muodostettu tuki ei ole riittävä pitämään asetta liikkumattomana vaan tuen on muodostuttava myös vartalon luustosta. (Ampumakoulutusopas 1992, 28.) Samanlainen ampuma-

asento ei sovi kaikille ampujille. Erot asennoissa johtuvat vartalon rakenteellisista eroista, jotka näkyvät lähinnä vartalon tukipisteiden eli makuuasennossa vasemman käden paikassa sekä vartalon kulmassa aseeseen nähden. Hyvässä ampuma-asennossa lihakset pysyvät rentoina koko ampumasuorituksen ajan, mikä mahdollistaa verenkierron hyvät toimintaedellytykset. Asennon on myös oltava tasapainoinen, jotta sen pitämiseen koossa tarvitaan mahdollisimman vähän lihasjännitystä. (Ampumakoulutusopas 1992, 28.)

Ampuma-asento maaten on kaikkein vakain ampuma-asento ja samalla myös helpoin koska siinä vartalo tukeutuu ampuma-alustaa vasten ja molemmat kyynärpäät saavat vakaan liikkumattoman tuen alustasta. Polviasento on jo hieman vaativampi, sillä siinä ampuja tukeutuu kolmeen tukipisteeseen, molempiin jalkaterin ja toiseen polveen. Polviasennon vakaus on riippuvainen tukipisteiden keskinäisestä asemasta. Pystyasento on ampuma-asennoista vaativin. Siinä vartalon ja aseiden yhteinen painopiste sijaitsevat korkealla jalkapohjien muodostaman tukipinnan yläpuolella. (Ampumakoulutusopas 1992, 28–34.) Taisteluammunnoissa ampuma-asennot vaihtelevat makuuasennon ja pystyasennon välissä ollen harvoin täydellisiä. Tällöin voi vartalon lihaksiin tulla jännitteitä, jotka horjuttavat kehon tasapainoa ja vaikeuttavat ampumista.

Ampuma-asennoista vaativimmassa, pystyasennossa, on ampujan hallittava yli 700 lihasta suorituksen edellyttämällä tavalla. Jalkaterät ja nilkat sekä lonkan alue ovat tärkeimmät elimistön osat, jotka vähentävät vartalon huojumista. (Barin 1989.) Ampuma-asennon säilyttäminen ilman asettakin vaatii ampujalta hyvää lihasten hallintaa (Aalto ym. 1990), joten aseiden käsittely tekee siitä vielä huomattavasti vaativampaa. Tätä oletusta tukee Rankinin ym. (2000) tekemä tutkimus, jossa tasapainolevyjen päällä seisten suoritettuna vaativan matemaattisen tehtävän ratkaisu laski koehenkilöiden pohjelihasten (gastrocnemius ja tibialis anterior) aktiivisuutta. Kokemuksella ja harjoittelulla voidaan vähentää kehon huojuntaa, joilla on välittömiä vaikutuksia ampumatulokseen.

2.1.2 Tasapaino ampuma-asennoissa

Era ym. (1995) havaitsivat, että kansainvälisen tason kivääriampujilla oli huomattavasti parempi tasapaino ennen liipaisua kuin kokemattomalla kontrolliryhmällä. Huomattavin ero kilpa-ampujien ja kokemattomien ampujien välillä oli se, että kilpa-ampujien huojunta vakaantui juuri ennen liipaisua, kun taas kontrolliryhmällä kehon liike pysyi samansuuruisena laukaisuhetkeen asti tai jopa suurentui juuri ennen liipaisua. Ampujien huojuntaa tarkkailtiin am-

puma-asennossa seisten kolmen sekunnin ajan ennen laukaisuhetkeä. Kokemattomien ampujien huojunta ampuma-asennossa oli suoraan verrannollinen huonoon ampumatulokseen, kun taas kilpa-ampujien huonot laukaukset selittyivät harvoin heikentyneenä tasapainona. Myös Ball ym. (2003a) ja Mononen ym. (2007) havaitsivat, että tasapainolla on suora yhteys ampumatulokseen ja aseiden liikkeeseen. He osoittivat, että tasapainoinen ampuma-asento on suoraan verrannollinen parempaan ampumatulokseen kokemattomilla ampujilla. Tämän perusteella tutkijat esittivät, että ampuma-asennon huojunta lisää kokemattomilla ampujilla aseiden heiluntaa ammuttaessa kiväärillä, kun taas kokeneet ampujat kykenevät kontrolloimaan aseiden ja vartalon liikkeitä omina palasinaan. Vastaavasti pistooliammunnassa vartalon huojunta ei vaikuta niin voimakkaasti aseiden heiluntaan kuin kivääriammunnassa, sillä pistoolia tukeva raaja voi liikkua huomattavasti vapaammin vartalon muiden osien liikkeiden vaikuttamatta siihen (Ball ym. 2003b).

2.2 Aseiden liipaisu

Tasapainoinen ampuma-asento ei vielä takaa hyvää ampumatulosta. Ampujan on lisäksi hallittava oikea liipaisutekniikka. Virheettömällä liipaisulla on ratkaiseva merkitys hyvän laukauksen aikaansaamiseksi. Liipaisun on oltava tasainen ja puristava. Aivokuoren antaman liipaisukäskyn motorinen liike on tapahduttava suoraan taaksepäin aseiden suunnassa, jotta liipaisuliike ei vedä muita jäseniä mukaan liipaisun suoritukseen ja näin muuta ampuma-asentoa. (Ampumakoulutusopas 1992, 28–42.) Tärkein vaihe aseiden laukaisussa on aika ennen liipaisua, jolloin ampujan on kyettävä saavuttamaan ja ylläpitämään riittävä valmius sekä pitämään ase liikkumattomana liipaisuhetken asti (Konttinen ym. 1998). Kilpa-ampujat tekevät liipaisuvirheitä lähes yhtä useasti kuin vähemmän kokeneet ampujat (54,9 % vs. 55,5 %). Erona on lähinnä se, että kilpa-ampujien aseiden rajoittuneemman liikkeen seurauksesta laukaisuvirhe on huomattavasti pienempi. (Konttinen ym. 2000.) Liipaisuhetki on ajoitettava Konttisen ym. (2003) mukaan sydämen sykkeen systoliseen vaiheeseen ja tarkemmin sydämen lyöntijakson alkuun (0–50%) tai loppuun (70–99%). Voidaan olettaa, että liipaisuvaihe ajoittuu lähes automaattisesti sykkeen systoliseen vaiheeseen, sillä tutkimuksen koehenkilöt, jotka olivat kokemattomia ampujia, osasivat välttää sydämen lyönnin diastolista vaihetta aseiden laukaisuhetken valinnassa. Tutkijoiden mukaan liipaisuhetken ajoittamisella sydämen sykkeen eri vaiheisiin ei ole suoraa vaikutusta ampumatulokseen vaan mahdollisesti sydämen lyönnin aiheuttama värähdys ampuma-asennossa olisi vaikuttava tekijä. Tämä voi olla yksi syy miksi koehenkilöt ajoittivat laukaisuhetken sykkeen lepovaiheeseen.

Yleisin virhe laukaisussa on nykiminen. Virhe on todettu etenkin aloittelijoilla. Laukaisu on ajoitettava tähtäysvaiheen siihen kohtaan, jolloin aseiden heilunta on vähäisintä. Otollisin vaihe laukaisulle on 6–7 sekunnin päästä tähtäyksen aloittamisesta. Tämän rauhallisen vaiheen jälkeen aseiden liikkeet alkavat suurentua, jolloin laukaisuyritys on keskeytettävä ja aloitettava uudelleen. (Ampumakoulutusopas 1992, 42.) Kerick ja Allender (2004) totesivat tutkimuksessaan, että ampumataulun ollessa esillä 4–6 sekuntia oli osumatarkkuus parempi kuin sen ollessa esillä 2–4 s. Tutkimuksessa koehenkilöt ampuivat 36 yksittäistä laukausta ampumasimulaattorilla 50–300 m etäisyydelle. Taulun ollessa esillä 2–4 s oli osumatarkkuus 36,4 % ja taulun ollessa esillä 4–6 s oli osumatarkkuus 58,9 %. Konttinen ym. (2000) osoittivat, että kilpa-ampujat antavat aseiden liikkeen vakautua ennen liipaisua, kun taas kokemattomampi ampuja pyrkii ampumaan ensimmäisen otollisen hetken aikana, jolloin tähtäimet käyvät keskellä taulua, odottamatta aseiden liikkeen vakautumista.

2.3 Aseiden vakaana pito

Konttisen ym. (1998, 2000) mukaan pienikin aseiden tai asennon liike voi vaikuttaa ampumatulokseen. He osoittivat, että aseiden vakaana pidolla on suora yhteys ampumatulokseen ja, että eritasoisilla ampujilla on huomattavia eroja aseiden vakaana pidossa. Myös Mononen (2007) pääsi vastaavaan tulokseen osoittaen, että aseiden pysyminen liikkumattomana tähtäyksen aikana on välttämätöntä hyvän osuman aikaansaamiseksi riippumatta ampujan tasosta.

2.4 Tähtääminen

”Tähtäämisen tarkoituksena on suunnata ase tähtäinlaitteen avulla mahdollisimman tarkasti maaliin ja pitää ase maaliin suunnattuna laukaisun ajan”. Tähtäämiseen kuuluu kolme vaihetta; alkutähtäys, kuvan tarkentaminen ja jälkitähtäys. (Ampumakoulutusopas 1992, 37.) Tähtäyksen aikana yhdistyy hermoprosessien toiminta niin, että liipaisu tapahtuu juuri sillä hetkellä, kun silmä toteaa, että ase on suunnattuna oikein (Forssten 2002, 17) Silmä väsy nopeasti eikä kestä pitkäaikaista yhtämittaista tarkkaa tähtäämistä. Silmän antama kuva on terävimmillään 2–5 sekunnin kuluttua tarkan tähtäyksen aloittamisesta, alkaen hämärtyä noin 10 sekunnin kuluttua. (Ampumakoulutusopas 1992, 38.)

2.5 Hengityksen rytmittäminen

Hengitystekniikalla on ratkaiseva merkitys laukauksen onnistumisessa. Hengityksen aikana ja tahdissa tapahtuvat rintakehän, vatsan ja hartioiden liikkeet heiluttavat asetta siten, että aseiden

laukaiseminen hengityksen aikana samanaikaisesti tähtäinten osoittaessa keskelle maalia on varsin vaikeaa. Tämän takia on hengitystä pidätettävä tähtäysvaiheen lopussa ja laukaisemisen aikana. Yli 10 sekunnin hengityksen pidättäminen voi heikentää osumatarkkuutta. (Ampumakoulutusopas 1992, 40–41.)

2.6 Ampujan vireystila ja motivaatio

Vahva henkinen kuri ja kyky keskittyä hyvään laukaukseen vaikuttavat ampumataitoon. Henkisen kurin puute voi johtaa ammunnan kannalta haitallisiin oireisiin kuten lihasten vapinaan, kohonneeseen pulssiin ja hidastuneeseen reaktiokykyyn. Henkiseen itsesääteelyyn liittyy taito rentouttaa lihaksia keskittämällä ajatuksensa johonkin kehonosaan, kuten kivääriammunnassa käsivarteen ja oikeaan olkapäähän. (Forssten 2002, 19) Mielentila kuten vihaisuus tai allapäisyys voivat vaikuttaa heikentävästi tasapainoon ja näin välillisesti myös ampumataitoon. Mielentilan vaihtelut vaikuttavat kykyyn käyttää sensorisia hermoratoja, näköaistia tai tasapainoaistia. Allapäisyys voi vaikuttaa myös hermolihasjärjestelmän aktiivisuuteen, jolla vaikutetaan huojunnan korjaamiseen tasapainossa. Vireystilalla voidaan vaikuttaa positiivisesti tasapainon säilyttämiseen tai sillä voidaan ainakin rajoittaa allapäisyyden ja vihaisuuden heikentäviä vaikutuksia tasapainossa. (Bolmont ym. 2002)

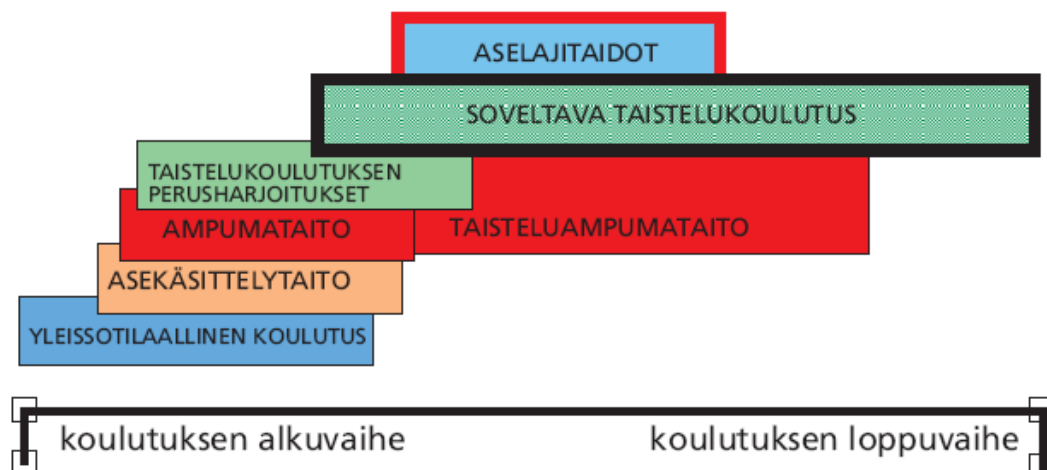
2.7 Taistelijan ampumatarkkuus

Taistelun aikaiset tehtävät ja toimintaympäristöt ovat moninaiset ja vaihtuvat nopeasti. Taistelussa tehtäviin päätöksiin vaikuttavia tekijöitä on valtavasti. Tilanteet kehittyvät nopeasti ja ovat yleensä epäselviä. Taistelukentän nopeat ja epäselvät tilanteet vaativat taistelijoilta kykyä itsenäiseen ja soveltavaan toimintaan. (Halonen ym. 2007, 115–116.)

Halonen ym. (2007, 116) ovat määritelleet taistelijan taitoihin taistelutilanteessa kuuluvan seuraavia kokonaisuuksia:

- asekäsittelytaidon soveltaminen taistelukentän tilanteissa
- ampumataidon soveltaminen taistelukentän tilanteissa
- maaston käyttö
- taistelukentän ilmiöiden tunteminen

Nämä taidot ja yleinen sotilaallinen koulutus luovat pohjan taisteluampumataidolle. Kuvio 1 osoittaa hyvin miten monen eri asian summa taisteluampumataito oikeasti on.



KUVIO 1. Taistelutilanteessa yhdistyvät sotilaan taidot (Halonen ym. 2007, 117)

Halosen ym. (2007, 105) mukaan joukon käsiaseiden tulen teho perustuu taistelijan ampumataitoon, joten jokaisen taistelijan on kyettävä ampumaan nopeasti ja tarkasti valitsemaansa maalia. Ammuntasuoritus taistelukentällä ei ole yksittäinen eristettävissä oleva tapahtuma kuten ammuttaessa ampumaradalla vaan taistelukenttä muodostaa häiriötekijöitä, jotka hankaloittavat ammuntasuoritusta. Tuhottavien kohteiden vaihtelevat koot ja vaihtelevat etäisyydet hankaloittavat omalta osaltaan taistelijan tehtävän toteuttamista. Taistelutilanteen fyysinen- ja henkinen kuormittavuus ilmenevät taistelijan fyysisenä ja henkisenä väsymisenä. Taistelukentällä ei ole välttämättä tarkoitus ampua mahdollisimman tarkkaa laukausta kuten ampumaradalla, vaan riittävän nopeasti ja tarkasti, jotta haluttu vaikutus saataisiin aikaiseksi.

Taisteluampumarjoitus on harjoitus, jossa harjoitellaan nopeiden ratkaisujen tekemistä ja taistelutilanteeseen sopeutumista mahdollisessa simuloitussa taistelutilanteessa. Taistelukentällä tarvittavien taitojen toteuttaminen ei ole mahdollista, jos perustaidoissa on puutteita, eikä niitä ole koulutettu rutiinomaiselle tasolle asti (Halonen ym. 2007, 134). Taisteluampumarjoituksen tarkoituksena on harjoitella ja soveltaa vaihtuviin olosuhteisiin opittuja hyvän ammuntasuorituksen elementtejä. Ampumataitoon liittyvät tekijät ovat elintärkeitä ominaisuuksia myös taisteluampumataidossa, vaikka taistelunmukaisessa ammuntasuorituksessa on lähes mahdotonta huomioida kaikkia hyvän ammuntasuorituksen elementtejä.

3 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY

Kestävyysuorituskyky perustuu fyysisen suorituksen tavasta riippumatta maksimaaliseen aerobiseen energiantuotokkykyyn ($VO_2\max$), pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyYTEEN, suorituksen taloudellisuuteen ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyisyyteen (Mero ym. 2004, 333). Kestävyysuorituskykyssä on kuitenkin noudatettava spesifisyyden periaatetta, sillä esimerkiksi reisilihaksia kuormittava pyöräily aiheuttaa fysiologisia aerobisia adaptaatioita vain reisilihaksiin eikä esimerkiksi hauislihakseen (McArdle, Katch & Katch 2006, 470–472). Kestävyysuorituskyvyn yksilölliset erot voidaan Helgerudin (1994) mukaan jakaa maksimaaliseen hapenotto-kykyyn, laktaatin puskurointiin sekä suorituksen taloudellisuuteen. Kestävyysuorituskykyä parantaa parantamalla maksimaalista hapenotto-kykyä, lisäämällä valtimoiden ja laskimoiden happipitoisuuksien eroja, jotka parantavat hapen siirtymistä verenkierrasta lihakseen, parantaa entsyymiaktiivisuutta, jonka seurauksena suorituksen kesto lähellä maksimaalista hapenotto-kykyä on mahdollista pidemmän aikaa sekä mahdollisesti kasvattaa sydämen vasemman kammion tilavuutta, jonka seurauksena sydämen iskutilavuus kasvaa sekä levossa että rasituksessa (Spina ym. 1992).

Noakes (1998) on tullut useiden tutkimusten valossa siihen tulokseen, että kestävyysuorituskykyä rajoittavat sekä fysiologiset hapen kuljetukseen ja käyttöön liittyvät tekijät että hermolihasjärjestelmän voimantuottoon ja anaerobiseen tehoon ja kapasiteettiin liittyvät tekijät. Myös lihastehokkuus vaikuttaa osaltaan kestävyysuorituskykyyn.

3.1 Energia-aineenvaihdunta

3.1.1 Välittömät energianlähteet

Elimistön välittömät energianlähteet ovat lihassoluun varastoituneet korkeaenergiset fosfaattivarastot. Energiaa on sitoutuneena korkeaenergisiiin fosfaatteihin adenosiinitrifosfaattiin (ATP) ja kreatiinifosfaattiin (KP). Lepotilassa kilogramma lihassolua sisältää 3–8 mmol ATP:tä ja 12–40 mmol KP:tä. Nämä korkeaenergiset fosfaattivarastot mahdollistavat kävelyn 1 min ajaksi, juoksun maratonvauhdilla 20–30 sekuntiin tai maksimaalisen juoksuvedon 5–8 sekuntiin. Energiantuotto välittömistä energianlähteistä tapahtuu hapettomissa olosuhteissa ja on 4–8 kertaa nopeampaa kuin maksimaalisella nopeudella aerobisesti tuotettu energia. (McArdle ym. 2006, 166.)

3.1.2 Anaerobinen aineenvaihdunta

Korkeaenergistien fosfaattien nopea uudismuodostus on välttämätöntä, jotta korkealla teholla suoritettu suoritus voisi jatkua yli 10 sekuntia. Anaerobisesti tapahtuva glykolyysireaktio on ainoa riittävän nopea energiantuottotapa jatkamaan korkeatehoista suoritusta. Työskentelevien lihasten vaatima energia tuotetaan adenosiinidifosfaatin (ADP) fosforyloituessa ATP:ksi. Reaktio tapahtuu pääosin anaerobisessa glykolyysissä käyttäen lihaksien glykogeenivarastoja. Anaerobisen glykolyysin energiantuottonopeus on 45 % välittömien energianlähteiden energiantuottonopeudesta. (McArdle ym. 2006, 166.) Glykogeenista pilkotun glukoosin polttaminen anaerobisissa olosuhteissa muodostaa energiaa ATP-molekyyleihin sitoutuneena ainoastaan 4–8 % täysin hapellisissa olosuhteissa muodostuvasta määrästä. Anaerobisen glykolyysin etuna aerobiseen energiantuottoon verrattuna on ATP:n tuottonopeus, joka on 2–3 kertainen aerobiseen hapettamiseen verrattuna. (Mero ym. 2004, 98.)

Anaerobisen glykolyysin aktiivisuutta säätelee säätelyentsyymien (heksokinaasin, fosfofruktokinaasin, ja pyruvaattikinaasin) määrät ja aktiivisuudet, 1,6-difosfaatin määrä ja hapen määrä. Suuri hapen määrä inhiboi anaerobista glykolyysiä. Glukoosin määrä solulimassa on myös ratkaiseva tekijä glykolyysin aktiivisuudessa. (McArdle ym. 2006, 149.) Anaerobisen glykolyysin tuloksena tuotetaan energiaa ATP:n muodossa, pyruvaattia ja vetyioneja (H^+) sekä reaktion lopputuotteena laktaattia. Raskaassa kuormituksessa kaikki vetyionit eivät siirry käsiteltäviksi elektronisiirtoketjuun hapenpuutteen vuoksi, vaan osa reagoi pyruvaatin kanssa muodostaen laktaattia. Laktaatin muodostumisen jälkeen siirtyy laktaatti puskuroitavaksi soluväliaineeseen ja verenkiertoon. (McArdle ym. 2006, 150–151.) Bikarbonaatit, fosfaatit ja proteiinit ovat elimistön merkittävimmät puskuriaineet. Hemoglobiini on veren proteiineista merkittävin puskuriaine, jonka puskurointikyky on lähes kuusinkertainen bikarbonaatteihin verrattuna. (Mero ym. 2004, 116–119.) Kuormituksen säilyessä raskaana, laskee muodostuva laktaatti ja vetyionit veren pH-arvoa, joka on osasyynä suoritustehon laskuun ja uupumukseen saavuttamiseen (McArdle ym. 2006, 150–151). Vastaavasti ATP:n hajotessa vapautuva fosfaatti stimuloi fosfofruktokinaasin aktiivisuutta pyrkien parantamaan anaerobisen glykolyysin aktiivisuutta (Spriet ym. 1995).

3.1.3 Aerobinen aineenvaihdunta

Hapellisissa olosuhteissa eli aerobisessa palamisessa sitruunahappokierrossa ja oksidatiivisessa fosforylaatioissa glukoosi palaa täydellisesti hiilidioksidiksi ja vedeksi. Tässä reaktiossa

syntyy paljon energiaa, jonka lihas käyttää sitoutuneena ATP-molekyyleihin. Suoritustehon ollessa aerobisella tasolla kykenee elimistö käyttämään kaikki hydrolyysireaktiossa muodostuneet H^+ hyväkseen energianmuodostuksessa muodostamalla niistä ATP:tä mitokondrioissa tapahtuvassa elektroninsiirtoketjussa. Glukoosin palaessa täydellisesti katalysoidaan pyruvaattia koentsyymi-A:n avulla Asetyylikoentsyymi-A:ta, joka siirtyy kymmenen eri entsyymien muodostamaan sitruunahappokiertoon. Sitruunahappokierrossa tuotetaan ATP:tä ja ennen kaikkea vetyioneja, joista saadaan energiaa elektroniensiirtoketjussa. Kokonaisuudessaan yhdestä glukoosimolekyylistä aerobisesti saatu energia on 36 ATP-molekyyliä. (McArdle ym. 2006, 151–155.)

Elimistön rasvavarastot ovat erittäin tärkeä energiavarasto. Hiilihydraattivarastoihin verrattuna rasvavarastot sisältävät noin 50 kertaa enemmän energiaa. Rasva on varastoitunut lihassoluun triglyserideinä elimistön rasvakudokseen. Triglyserideihin eli rasvakudokseen varastoitunut rasva hajoaa lipaasientsyymien katalysoimassa reaktiossa glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. Glyseroli otetaan mukaan glykolyysireaktioon, josta se kulkeutuu glukoosin tapaan sitruunahappokiertoon ja edelleen elektronien siirtoketjun kautta ATP:ksi. Yhdestä molekyylisestä glyserolia saadaan 19 ATP:tä. Vapaat rasvahapot hapetetaan asetyylikoentsyymi-A:ksi ja vetyioneiksi β -oksidatiossa. Asetyylikoentsyymi-A siirtyy β -oksidatiosta sitruunahappokiertoon ja edelleen elektronien siirtoketjun kautta ATP:ksi. Vetyionit siirtyvät suoraan β -oksidatiosta elektronien siirtoketjuun. Kolmesta rasvahappomolekyylisestä saadaan yhteensä 441 ATP:tä. (McArdle ym. 2006, 155–159.) Triglyseridin energianmuodostusreaktioiden tuotteena saadaan yhdestä triglyseridimolekyylisestä 12 kertaa enemmän ATP:tä kuin yhdestä glukoosimolekyylisestä. Rasvavarastojen käyttö energiantuotossa on edullista niiden suuren energiamäärän vuoksi. Epäedullista rasvojen käytössä energiantuotossa tekee energiantuotonopeuden hitaus. Rasvojen käyttö energiantuotossa onkin edullisinta yli kaksi tuntia kestävässä fyysisessä rasituksessa. (Mero ym. 2004, 99.)

Proteiineilla voi myös olla merkittävä tehtävä energiantuotossa, vaikka proteiinien päätehtävänä on olla rakennusaineena elimistössä. Erittäin pitkissä fyysisissä suorituksissa, joissa lihaksien omat glykogeenivarastot ovat ehtyneet olemattomiin, voidaan erityisesti haaraketjuisia aminohappoja käyttää energiaksi Krebsin syklistä (McArdle ym. 2006, 39–40).

3.2 Aerobinen kestävyys

Aerobinen kestävyys voidaan jakaa harjoituksen kuormittavuuden perusteella peruskestävyyteen, vauhtikestävyyteen ja maksimikestävyyteen. Aerobista peruskestävyyttä on 40–70 %

teholla maksimaalisesta hapenottokyvystä ($VO_2\max$) toteutettu harjoittelu. Tällöin laktaatin määrä verenkierrossa ei nouse juurikaan lepotasosta. Harjoitusvaikutus kohdistuu pääasiassa rasva-aineenvaihduntaan. Harjoittelu vauhtikestävyuden tehoalueella 65–90 % $VO_2\max$:sta alkaa muodostaa laktaattia sen noustessa 2–5 mmol/l. Pääasiallinen harjoitusvaikutus kohdistuu aerobiseen hiilihydraatti aineenvaihduntaan. Maksimaalista kestävyysharjoittelua on harjoittelu 80–100 % teholla $VO_2\max$:sta. Lähellä maksimaalista tehoaluetta suoritettu harjoittelu kohdistuu $VO_2\max$:n kehittymiseen sekä hiilihydraattiaineenvaihdunnan tehostumiseen. Maksimikestävyysalueella veren laktaattipitoisuus voi kohota erittäin korkealle ollen tavallisimmin 5–10 mmol/l. (Mero ym. 2004, 335–336.)

Kestävyuden parantamiseksi on elimistöä järkytettävä pois normaalista lepotilastaan. Kestävyysharjoittelussa elimistön tasapainoa järkytetään pääosin harjoituksen tehon tai -keston avulla. Aerobista peruskestävyyttä harjoitettaessa on elimistöä järkytettävä pääasiassa harjoituksen keston avulla, jolloin ratkaisevaksi tekijäksi muodostuu lihasten hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihdunta. Peruskestävyysharjoitteilla pyritään luomaan pohja kovempia vauhti- ja maksimikestävyysharjoituksia varten. Vauhtikestävyys ja maksimikestävyys alueilla harjoittelu perustuu teho harjoitteluun, jolloin elimistöä järkytetään pois lepotilasta esimerkiksi tehointervalliharjoittelulla. Näissä harjoituksissa pyritään kehittämään laktaatin puskurointikykyä ja maksimaalista hapenottokykyä. (Mero ym. 2006, 335.)

Aerobista kestävyttä mitattaessa on yksi päämuuttujista $VO_2\max$. Siihen vaikuttaa elimistön kyky ottaa vastaan ja käyttää happea maksimaalisessa rasituksessa. $VO_2\max$ kertoo verenkierto- ja hengityselimistön suorituskyvystä sekä kestävyysharjoittelun aikaansaamista vaikutuksista (Bassett & Howley 1999). Maksimaalinen hapenottokyky vaihtelee hyvin paljon yksilöiden välillä ja on myös lajiriippuvainen muuttuja. $VO_2\max$ ilmaistaan joko absoluuttisina litroina minuutissa (l/min) tai suhteellisina millilitroina painokiloa kohti minuutissa (ml/kg/min). Puolustusvoimissa henkilöstön fyysisen suorituskyvyn mittauksissa käytetään painoon suhteutettua hapenottokykyä (Fyysisen toimintakyvyn perusteet määräys PVHSMK PEHENKOS 2008).

Aerobinen harjoittelu järkyttää elimistön tasapainotilaa, johon elimistö pyrkii adaptoitumaan lukuisilla eri mekanismeilla. Osa näistä elimistön fysiologista muutoksista on lueteltu seuraavassa luettelossa:

- submaksimaalinen kestävyysuorituskyky ja $VO_2\text{max}$ kehittyä (Wilmore & Costill 2004, 187–188), joihin vaikuttavat alla luetellut asiat
- lihassoluja ympäröivien kapillaarien määrää lisääntyy, joka parantaa veren virtausta ja hapen siirtymistä lihaksiin (Wilmore & Costill 2004, 188–189).
- lisää aerobisten entsyymien määrää ja solujen mitokondrioiden kokoa sekä määrää, jotka parantavat ATP:n aerobista muodostumista (Green 2004)
- parantaa rasva-aineenvaihduntaa ja sitä katalysoivien entsyymien määrää submaksimaalisessa harjoituksessa (Horowitz 2001)
- parantaa lihasten kykyä varastoida glykogeneenia, joka edesauttaa suoritusta maksimaalisella suoritusteholla (Coggan 1997)
- kehittää lihassolujen aerobisia potentiaaleja lisäten lihasten myoglobiinin määrää ja voi myös aiheuttaa hitaiden lihassolujen hypertrofiaa (McArdle ym. 2006, 479)
- pitkäaikainen kestävyys harjoittelu voi aiheuttaa nopeiden anaerobisten FT_b lihassolujen muuntautumista aerobisemmiksi FT_a lihassoluiksi tai jopa hitaiksi aerobisiksi ST lihassoluiksi (Wilmore & Costill 2004, 188)
- pitkään kestänyt kestävyys harjoittelu voi aiheuttaa sydämen vasemman kammion laajentumista lisäten sydänlihaksen massaa (Moore & Palmer 1999)
- lisääntynyt punasolujen ja plasman määrä lisää veren kokonaisvolyymiä, joka laskee sydämen lyöntitiheyttä sekä levossa että rasituksessa. Tämä myös suurentaa sydämen kertalyönti volyymiä.
- sydämen lyöntitilavuuden kasvu kasvattaa sydämen maksimaalista minuuttitilavuutta
- kasvattaa veren valtimo- laskimo happieroa, joka selittyy lihasten parantuneella hapen vastaanottoteholla
- rasituksen aikainen laktaatin puskurointi paranee ja laktaattikynnyksen siirtyessä korkeammalle tehoalueelle alkaa laktaatin kerääntyminen elimistöön myöhemmässä vaiheessa, jonka seurauksesta aerobinen energiantuotto on tehokkaampaa.
- voi parantaa lihasten voimantuotto-ominaisuuksia (Rinkinen 2004)

3.3 Lihaskestävyys

Lihaskestävyys tarkoittaa lihasten kykyä vastustaa väsymystä lihasvoimaa vaativassa pitempiaikaisemmassa suorituksessa. Lihaskestävyyttä voidaan kutsua myös kestovoimaksi, joka tarkoittaa aerobisella tai anaerobisella energialla tuotettua pitkäkestoista voimaa. (Mero ym. 2006, 251.) Lihaskestävyys kehittyä voimantuotto-ominaisuuksien ja energiantuotto-ominaisuuksien parantumisen yhteisvaikutuksesta (Wilmore & Costill 2004, 88). Kuntopiiri-harjoittelu tai kehonrakentajille tyypilliset hypertrofiset voimaharjoitukset, joissa sarjat ovat

pitkiä 8–15 toistoa, kehittävät myös lihasten aerobisia ominaisuuksia kasvattamalla lihassolu- ja ympäröivien kapillaarien määrää (Bell & Jacobs 1990; McCall ym. 1996). Kestovoima on tärkein voimaominaisuus sotilaille, sillä suurien taakkojen pitkäaikainen kantaminen tai esimerkiksi ammuslastin purkaminen vaativat lihaksilta voimakestävyttä.

Eri voimaharjoittelumuodoissa voimatasoja verrataan useasti ykkösmaksimiin, joka tarkoittaa suurinta mahdollista kuormaa nostettuna kertasuorituksena. Kestovoimaharjoittelussa käytetään useasti 0–60 % voimatasoja. Kiertoharjoittelutyypissä voimaharjoituksissa, joissa harjoituksen intensiteetti on korkea ja palautukset ovat lyhyitä, kohdistuvat harjoitusvaikutukset sekä hermolihasjärjestelmään että aineenvaihduntaan. Voimaharjoittelussa, toteutettuna tavanomaisin harjoittein, lihakset käyttävät anaerobisia energiantuottomekanismeja, lihasten välittömiä energianlähteitä tai maitohapollista energiantuottoa. Kuntopiiriharjoittelun erityispiirre on kuitenkin se, että lihasten energiantuotto muodostuu myös aerobisista energiantuottomekanismeista. Tämä johtuu siitä, että sarjojen ollessa kestoiltaan pitkiä ja palautuksien pysyessä lyhyinä voi harjoituksen tehollinen kesto olla jopa 45–55 minuuttia, jolloin energiaa tuotetaan jo enemmän aerobisesti. (McArdle ym. 2006, 548–549.)

4 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKY

Hermolihasjärjestelmä on kokonaisuus, joka koostuu keskushermostosta, ääreishermostosta sekä motorisista yksiköistä. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn vaikuttavat kaikkien näiden osien yhteistoiminta. Lisäksi yksilön rakenteelliset ja kokemukselliset ominaisuudet ovat keskeisessä osassa. Mitattaessa jonkin tietyn liikkeen tai voimantuottotavan tehokkuutta vaikuttavat siihen myös yksilön taustatekijät kuten harjoitustausta ja motoriset ominaisuudet. Seuraavissa kappaleissa tarkastelen hermolihasjärjestelmän suorituskykyä keskus- ja ääreishermoston, motorisen yksikön ja voimaominaisuuksien toiminnan perusteella jättäen huomiotta yksilöiden taustatekijöistä johtuvat mahdolliset erot.

4.1 Aktiopotentiaali

Yksittäisen lihassolun supistumisen käynnistää keskushermoston lähettämä hermosolun aktivoiva signaali, josta käytetään nimeä aktiopotentiaali. Aktiopotentiaaleja on kahta tyyppiä riippuen siitä, missä aktiopotentiaali syntyy. Ne ovat hermosolun ja lihassolun aktiopotentiaalit, jotka eroavat toisistaan vain sijaintinsa perusteella. Aktiopotentiaalın toiminta perustuu sähköisen potentiaalın muuttumiseen ja sen siirtymiseen. Kaikkien solujen ympärillä on kaksoislipidikalvo, joka huolehtii solun aineenvaihdunnasta joko aktiivisesti tai passiivisesti. So-

lun sisällä ja ulkopuolella on lepotilassa sähköinen varausero, joka johtuu sähköisesti varautuneiden ionien (K^+ , Na^+ ja Cl^-) pitoisuuseroista. Solun sisäpuolella on noin 60–90 mV negatiivinen jännite ja sen ulkopuolella vastaava positiivinen jännite. Tätä jännitettä kutsutaan lepopotentiaaliksi. Lepotilassa solun sisällä on suurempi konsentraatio Cl^- ja K^+ ioneja kuin solun ulkopuolella. Soluväliaineessa on vastaavasti suurempi konsentraatio Na^+ ioneita, joten solun sisäpuoli pysyy negatiivisesti varautuneena ja vastaavasti ulkopuoli positiivisesti varautuneena. Solun sisäisen ja ulkoisen jännite-eron tasapainosta huolehtii Na^+ - K^+ -pumput, jotka pitävät sähköisesti varautuneet ionit ja anionit oikeilla puolilla solukalvoa. Na^+ - K^+ -pumput toimivat aktiivisesti käyttäen energiakseen ATP:tä. Ne voivat käyttää jopa 8000 ATP:tä minuutissa äärimmäisen rasituksen aikana. (Enoka 2002, 241–247.)

Aktiopotentialista on erotettavissa neljä vaihetta depolarisaatio, jännitteen vaihtuminen, repolarisaatio ja jälkihyperpolarisaatio. Depolarisaatiossa Na^+ - K^+ -pumput kuljettavat ionikanavia pitkin Na^+ ioneita solun sisäpuolelle ja K^+ ioneita solun ulkopuolelle. Tämän vaiheen aikana laskee solunsisäinen negatiivinen varaus. Na^+ ja K^+ virtaus jatkuu aiheuttaen lopulta solunsisäisen jännitteen vaihtumisen positiiviseksi. Repolarisaatiossa K^+ virtaus jatkuu solun sisältä ulospäin nostaen solunsisäistä negatiivista varausta. Jälkihyperpolarisaation aikana solunsisäinen negatiivinen varaus nousee yli lepoarvojen, jolloin uuden aktiopotentialin syntyminen on vaikeampaa. Tämä vaihe kestää 50 ms:sta useaan sekuntiin. (Enoka 2002, 241–247.)

Aktiopotentialin syntyminen noudattaa kaikki tai ei mitään periaatetta. Lihassolun aktiopotentialin syntyminen on riippuvainen synaptisen potentiaalivaimakkuudesta. Synaptisen potentiaalivaimakkuuden on ylitettävä hermolihasliitos riittävän voimakkaana, jotta se ylittää aktiopotentialikyynnysarvon, muodostaen aktiopotentialin lihassolussa. Jokainen synaptinen potentiaali ei aiheuta aina aktiopotentialia vaan sen syntyminen on seurausta usean synaptisen potentiaalivaimakkuuden summasta. Hermosolun aktiopotentialin saavuttaessa hermosolun pään ja hermolihasliitoksen, laukaisee se hermovälittäjäaine asetyylikoliinin erittymisen hermolihasliitokseen. Hermosolun aktiopotentialin välittyminen asetyylikoliinin avulla lihassolukalvolle aktivoi lihassolun Na^+ - K^+ -pumppujen toiminnan ja levittyy joka osaan lihassolukalvoa. Hermosolun aktiopotentialin siirtyminen lihassoluun aiheuttaa lihassolun aktiopotentialin, joka taas käynnistää Ca^{2+} erittymisen lihassoluun sarkoplasmisesta retikkelistä. Ca^{2+} kiinnittyy troponiiniin aktiivisten aktiini ja myosiinifilamenttien toiminnan, josta varsinainen lihassupistus alkaa. (Enoka 2002, 241–247.)

4.2 Motorinen yksikkö

Motorinen yksikkö on ihmiselimestön pienin yksittäinen toiminnallinen kokonaisuus. Yksittäinen neuronin ja sen hermottamat lihassyöt muodostavat motorisen yksikön. Tahdonalaisia luurankolihasia hermottavia neuroneita kutsutaan alfa-motoneuroneiksi. (Nienstedt ym. 2004, 544.) Motoriset yksiköt erotellaan niiden supistumisnopeuden mukaan S-, FR- ja FF-tyypin motorisiksi yksiköiksi. S-tyyppi on kestävä ja hidas, FR-tyyppi on kestävä ja nopea ja FF-tyyppi on nopea ja helposti väsyvä motorinen yksikkö. Gydikov & Kasarov (1973, 1974) jakoivat motoriset yksiköt tooniseen ja faasiseen motoriseen yksikköön. Näiden erot on havaittavissa esimerkiksi isometrisessä lihastyössä, jolloin tooniset motoriset yksiköt rekrytoidaan pienemmillä voimilla. Ne ovat kestävämpiä kuin faasiset motoriset yksiköt. Motoriset yksiköt voidaan jakaa lihassolujen tapaan I-, IIa- ja IIx-tyypin motorisiin yksiköihin. I-tyypin motoriset yksiköt ovat pieniä ja hitaita ja IIa- ja IIx-tyypin motoriset yksiköt ovat suuria ja nopeita motorisia yksiköitä. (Bottinelli & Reggiani 2000.) Peterin ym. (1972) luokituksen mukaan motoriset yksiköt jaetaan aineenvaihdunnallisten entsyymien, supistumisnopeuden ja aerobisen ja anaerobisen kapasiteetin mukaan SO- (slow twitch oxidative), FOG- (fast twitch oxidative-glycolytic) ja FG- (fast twitch glycolytic) tyyppisiin. Motorisen yksikön koko riippuu siitä miten suuresta voimantuotosta on kyse. Mitä suuremmasta voimantuotosta on kysymys, sitä enemmän lihassoluja kuuluu yhden motorisen hermon piiriin. (Mero ym. 2004, 42.) Kuitenkin vain saman tyyppin motorinen yksikkö voi hermottaa saman tyyppin lihassoluja (Enoka 1994, 151–157). Tarkkuutta vaativissa toiminnoissa kuten silmän lihaksien supistumisessa yksi motorinen hermo käskyttää alle 10 lihassolua. Vähemmän tarkkuutta vaativissa ja enemmän voimaa tuottavissa toiminnoissa kuten ponnistuksessa, jalkojen lihaksissa voi yksi hermosolu hermottaa jopa 3000 lihassolua. (McArdle ym. 2006, 402)

Motoristen yksiköiden aktivointi noudattaa Hennemanin kokoperiaatetta. Motoriset yksiköt aktivoituvat pienemmästä suurempaan ja hitaammasta aerobisesta nopeampaan anaerobiseen motoriseen yksikköön. Yksiköiden sammuminen noudattaa myös samaa periaatetta eli hitaimmat ja kestävimmat motoriset yksiköt sammuvat myös viimeisenä. Motoristen yksiköiden aktivointiin vaikuttavat mm. niiden rekrytointikynnys, denriittien määrä, aksonin poikkipinta-ala, Ia afferenttien hermosolujen määrä, hermoimpulssin vastaanottoresistanssi, asetyylikoliinin määrä sekä jälkihyperpolarisaation jännite-ero. (Enoka 1994, 193–196.) Motorinen yksikkö toimii kuitenkin aina periaatteella kaikki tai ei mitään. Voimantuoton teho on riippuvainen rekrytoitujen motoristen yksiköiden määrästä ja niiden syttymistiheydestä. (Mero ym. 2004, 41.)

Isometrisessä ja konsentrisessä lihassupistuksessa motoristen yksiköiden rekrytoinnit noudattavat pääasiassa Hennemanin kokoperiaatetta. Joissain eksentrisissä tapauksissa voivat kuitenkin suuremmat motoriset yksiköt syttyä jopa ennen hitaita pieniä motorisia yksiköitä. Dynaamisessa supistumis-venymissyklissä on motoristen yksiköiden rekrytointikynnys matalampi kuin eristetyissä konsentrisissa, isometrisissä ja eksentrisissä supistuksissa. (Enoka 1994, 196) Lihaspituus voi vaikuttaa motoristen yksiköiden syttymistäajuuteen sillä Moritanin ym. (1987) mukaan syttymistäajuus nousi lihaspituuden lyhetessä ja lyhyemmillä pituuksilla lihastyötavan osuus syttymistäajuudessa korostui.

4.3 Sentraalinen ohjaus

Keskushermosto jaetaan anatomisesti kahteen toiminnalliseen osaan: aivoihin ja selkäyttimeen. Aivot jaetaan neljään suurempaan osaan isoivoihin, pikkuaivoihin, ydinjatkeeseen sekä väliaivoihin. Jokaisella aivon osalla on oma spesifinen tehtävänsä. Keskushermostoon kuuluu lisäksi selkäydin, joka on selkäydinhermojen välityksellä yhteydessä ääreishermostoon. (Nienstedt ym. 2004, 527–537.)

Isoivojen harmaassa aivomassa sijaitsevat neuronit koordinoivat erikoistuneita hienomotorisia toimintoja kuten ajatuksia, tunteita, logiikkaa ja kehon toimintojen ohjausta sekä näköaistia ja kuuloaistia. Harmaan aivomassan alapuolella sijaitsevilla basaliganglioilla on merkittävä rooli motoristen liikkeiden säätelyssä. Pikkuaivoissa sijaitsevat ns. onnistumisen ja erehtymisen kautta hankittujen motoristen liikkeiden tietopankki. Pikkuaivot vastaanottavat myös periferisten reseptorien lähettämät viestit lihaksista, jänteistä, nivelistä sekä ihosta säädellen kärkeä lihasliikkeitä, koordinaatiota ja vartalon tasapainoa. Ydinjatke toimii yhdysiltana selkäytimen ja pikkuaivojen välillä. Hengityskeskus sijaitsee ydinjatkeessa, joka säätelee myös verenpainetta. Väliaivot sijaitsevat isoivojen alla heti ydinjatkeen perässä. Hypotalamus on väliaivojen merkittävin elin, joka säätelee mm. elimistön aineenvaihduntaa ja ruumiinlämpöä. Hypotalamus voi vaikuttaa autonomisen hermoston toimintaan kiihdyttävästi. Lisäksi hypotalamus vaikuttaa verenpaineeseen ja veren hiilidioksidi-happitasapainoon aortassa sijaitsevien ääreisreseptoreiden välityksellä. (McArdle ym. 2006, 392–395.)

Selkäydin on noin 45 cm pitkä ja 1 cm leveä, ja se sijaitsee 33 nikaman ympäröimänä. Selkäytimen tehtävänä on kuljettaa hermoimpulsseja aivoista ääreishermoston kautta lihaksille ja vastaavasti kuljettaa lihaksien aiheuttamat hermoimpulssit aivojen käsiteltäviksi. Selkäydinhermot, jotka lähtevät jokaisen nikaman välistä, mahdollistavat koko elimistön alueella tapahtuvan hermostollisen yhteydenpidon. Selkäydinhermoja on kahta tyyppiä, hermoimpulsseja

tuovia hermosoluja ja hermoimpulsseja vieviä hermosoluja. Selkäytimestä eli keskushermostosta ääreishermostoon juontuvat hermoradat jaetaan pyramidiratoihin ja ekstrapyramidiratoihin. Pyramidiratoja pitkin kulkeutuvat tarkat tahdonalaiset liikkeet ja ekstrapyramidiratoja pitkin kulkeutuvat tasapainorefleksit ja muut refleksitoiminnot, lihastonuksen ylläpito ja myötäliikkeet. Ekstrapyramidiradat mahdollistavat kokonaisten liikesarjojen aikaansaannin. (McArdle ym. 2006, 392.)

4.4 Spinaalinen ohjaus

Ääreishermoston tehtävänä on välittää viestejä aivoista lihaksille ja lihaksilta aivoille. Ääreishermosto alkaa selkäytimestä lähtevistä hermoista. Aivohermot kuuluvat osaksi keskushermostoa ja säätelevät mm. aistitoimintoja. Selkäydinhermot lähtevät pareittain jokaisen selkärangan nikaman välistä ja jaetaan sijaintinsa perusteella kaula-, rinta-, lanne- ja ristihermoihin. (McArdle ym. 2006, 398.)

Ääreishermoston hermosolut eli neuronit ovat joko afferentteja hermosoluja tai efferentteja hermosoluja niiden tiedonkulkusuunnan perusteella. Afferentit neuronit kuljettavat informaatiota reseptoreista keskushermoston suuntaan ja efferentit neuronit kuljettavat aivojen antamia toimintakäskyjä ääreisosien kudoksiin. Efferentit neuronit ovat joko autonomisia tai somaattisia hermosoluja. (McArdle ym. 2006, 398.)

Monimutkaisia ja sujuvia liikesarjoja vaativat toiminnot kuten juoksu ja kävely sekä pysyminen tasapainossa ovat mahdollisia vain, jos lihaksien automaattiset refleksitoiminnot toimivat oikealla tavalla. Suurin osa liikkeiden hienomotoriikasta ja kontrollista ovat refleksitoimintoja. Kykyä reagoida sensoristen reseptoreiden lähettämään eksitoivaan tai inhiboivaan afferenttiin signaaliin, efferenteillä motorisilla lihassupistuksilla, kutsutaan reflekseiksi. Yksinkertaisimpaan refleksikaareen kuuluvat sensorinen reseptori ja sen afferentti hermorata, motoneuroniallas sekä α -motoneuroni ja sen motoriset yksiköt. (Enoka 2002, 298.)

Tasapainon säilyttäminen seisoma-asennossa vaatii jatkuvaa lihaskontrollia keskivartalon ja jalkojen lihaksilta. Lihakset joutuvat reagoimaan jatkuvasti kehon tasapainopisteen muutokseen supistumalla tai rentoutumalla oikeaan aikaan. Tämä mahdollistaa tasapainoisen asennon säilyttämisen vartalon liiketilään nähden. Reagointia lihasten äkilliseen odottamattomaan venytykseen kutsutaan venytysrefleksiksi. Tässä refleksissä lihasspindeli, joka on lihassolun sisällä, reagoi samanaikaisesti lihassolun kanssa venytykseen lähettämällä eksitoivan signaalin Ia-afferenttia hermorataa pitkin selkäyttimeen motoneuronille. Tämä välittää supistumiskäskyn

α -motoneuronia pitkin lihakselle aiheuttaen venytykseen reagoivan lihasupistuksen. Samanlaisesti lähetetään välineuronien välittämä inhiboiva käsky antagonistilihakseen sen α -motoneuronia pitkin, joka saa aikaan vastavaikuttajalihaksen rentoutumisen. Venytysrefleksiä voidaan tutkia EMG:n avulla. Sillä voidaan erottaa refleksin kolme toiminnallista vaihetta. M1-vaihe kuvaa selkäytimen refleksikaaren aiheuttamaa vastetta, joka havaitaan noin 30 ms päästä ärsytyksestä. M2-vaihe havaitaan 50–60 ms päästä, joka on huomattavasti monimutkaisempi, voidaan sisältää myös motorisen aivokuoren käskyjä. Kolmas vaihe eli varsinainen tahdonalainen liike havaitaan vasta 170 ms päästä stimuluksesta. (Enoka 2002, 298–300)

Myös useat muut reseptorit ja systeemit vaikuttavat lihasliikkeiden hienosäätöön. Reseptorit jaetaan kahteen pääryhmään proprioseptoreihin ja eksteroseptoreihin. Proprioseptorit ovat lihasspindeli, Golgin jänne-elin, vapaat hermopäätteet ja nivelreseptorit. Eksteroseptoreita ovat silmät, korvat ja ihon paine sekä kipureseptorit. Sujuva liikesarja tai esimerkiksi tasapainon säilyttäminen ovat riippuvaisia kaikista näistä reseptoreista ja niiden yhteistoiminnasta. Reseptorien toimintaan vaikuttavat liikkeen tapa ja lihastyön voimakkuus. Tasapainon säilyttämiseen vaikuttavat refleksitoimintojen lisäksi niiden kaltaiset automaattiset prosessit, joiden avulla elimistö saa reseptorien välityksellä tietoa lihaksien ja ympäristön muutoksista. Vartalon asennon sopeutuminen ympäristöönsä nähden on mahdollista eksteroseptorien kuten silmien ja ihon painereseptorien avulla. Jalkojen ja keskivartalon lihasten jatkuva refleksiaktiivisuus mahdollistavat tasapainon säilyttämisen ja reagoinnin vartalon huojuntaan. Asento pysyy tasapainossa niin kauan kuin hermolihaksjärjestelmän automaattiset prosessit pystyvät reagoimaan huojuntaan korjaamalla sitä. (Enoka 2002, 232–239.)

Asennon ennakoiva säätely tarkoittaa automaattisten prosessien valmistautumista tahdonalaiseen liikkeeseen aiheuttaen lihasaktiivisuutta jo ennen tahdonalaista liikettä. Tahdonalaista liikettä suoritettaessa voidaan havaita tahdonalaista aktivaatiota vasta noin 120 ms päästä tahdonalaisen supistumisen aiheuttaneesta stimuluksesta. Ensimmäisiä lihasten aktivoitumiseen viittaavia aktiivisuuksia voidaan kuitenkin havaita jo 50 ms päästä. Ennakoiva asennon säätely paranee harjoittelun seurauksesta. Asennon automaattiset säätelymekanismit ovat huomattavasti monimutkaisempia kuin refleksit ja vaativat pikkuaivojen, basalganlion ja jopa motorisen korteksin aktiivisuutta. (Enoka 2002, 306–309.)

Motoristen yksiköiden synkronisaatiolla on myös merkittävä rooli liikkeen kontrollissa. Motoristen yksiköiden synkronisaatio parani kuuden viikon voimaharjoittelun seurauksesta ilman aikaisempaa harjoittelutaustaa omaavilla koehenkilöillä. Tutkijan mukaan tämä oli seurausta aivoista hermoimpulsseja välittävien hermoratojen kehittymisestä. (Milner-Brown ym. 1975.)

Tätä väitettä tukee Semmler & Nordstromin (1998) tutkimus, jossa painon nostajilla aktivoitui suurin määrä motorisia yksiköitä, 544 mitattavasta motorisesta yksiköstä, yksinkertaisessa sormen koukistusliikkeessä. Painonostajia verrattiin pianonsoittajiin ja harjoittelemattomiin koehenkilöihin. Tutkijoiden mukaan motoristen yksiköiden määrän samanaikainen syttyminen olisi seurausta keskushermoston adaptoitumisesta käyttämään, harjoittelemattomilla ja vähän voimaa käyttävillä pianonsoittajilla, ns. epäsuoraa hermoimpulssin välittymistä. Keskushermostolla näyttäisikin olevan kyky sopeutua fyysisen aktiivisuuden mukaan käyttämällä samaan toimintaan voimaharjoittelijoilla useita motorisia yksiköitä ja tarkkuutta vaativilla pianonsoittajilla vain pientä tarkkaa osaa motorisista yksiköistä (Semmler 2002). Lisääntynyt motoristen yksiköiden synkronisaatio ei kuitenkaan Yaon ym. (2000) mukaan lisää välitöntä voimantuottoa, mutta siitä voi olla hyötyä nopeutta ja räjähtävyyttä vaativissa suorituksissa. Van Cutsem ym. (1998) osoittivat kuitenkin, että 12 viikon voimaharjoittelu lisäsi tahdonalaisen ballistisen koukistuksen nopeutta. Tutkijat olettivat sen johtuneen pääasiallisesti motoristen yksiköiden parantuneesta aktivaatiosta. Pucci ym. (2006) osoittivat, että kolmen viikon voimaharjoittelujakson aikana parantunut maksimaalinen voimantuotto johtui motoristen yksiköiden syttymisnopeuden parantumisen sijasta parantuneesta motoristen yksiköiden rekrytoinnista, lisääntyneestä proteiinisynteesistä, kehittyneestä motoristen yksiköiden synkronisaatiosta sekä parantuneesta lihasten aktivaatiosta.

Keskushermostosta välittyvien monihaaraisten aksonien välittämä sähköinen impulssi motoriselle yksikölle on merkittävin tapa tuottaa lihasaktiivisuutta tarkkaa vähän voimaa vaativassa isometrisessä supistuksessa. Tämä on tunnusomaista liipaisuliikkeelle. Hermoimpulssien jakautumisen tärkeyden osoitti tutkimus, jossa keskushermoston rappeutumasairaudesta kärsivillä potilailla ei esiintynyt lainkaan useiden motoristen yksiköiden samanaikaista syttymistä verrattuna terveeseen kontrolliryhmään, joilla esiintyi vahvaa motoristen yksiköiden samanaikaista syttymistä (Scmied, Pouget & Vedel 1999). Tätä väitettä tukee myös tutkimus, jossa oikean käden yksittäisen motorisen yksikön stimulaatio aiheutti samanlaisen vaikutteen myös toisessa kädessä. Koehenkilöt kärsivät sairaudesta, jossa selkäytimestä johtuvat hermoradat kulkeutuvat samasta hermojuuresta kummallekin kehon puoliskolle. Tämä aiheuttaa vastakkaisen käden värinää, jolla ei kuitenkaan ole vaikutusta motoristen yksiköiden samanaikaisen syttymisen voimakkuudelle, joten perifeerisillä afferenteilla ei näyttäisi olevan merkitystä motoristen yksiköiden synkronisaatiossa. (Farmer, Ingram & Stephens 1990.)

4.5 Lihasten voimantuotto ja harjoittelu

Voimaa voidaan tuottaa dynaamisesti, syklisesti tai isometrisesti. Dynaaminen voimantuotto jaetaan konsentriseen ja eksentriseen osaan. Konsentrisessa voimantuotossa lihaspituus lyhenee lihaksen tuottaessa voimaa, kun taas eksentrisessä voimantuotossa lihas venyy sen tuottaessa voimaa. Syklinen voimantuotto tarkoittaa kaikessa yksinkertaisuudessaan esimerkiksi juostessa tapahtuvaa venymis-lyhenemissykliä, jossa aktiivinen lihas venyy ennen supistusta. (Wilmore & Costill 2004, 108–109.) Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin ampuma-asennon koossa pitämiselle tunnusomaista isometristä voimantuottoa.

Isometrisessä lihasupistuksessa lihaksen pituus pysyy vakiona. Lihaksen rinnakkaiset ja peräkkäiset elastiset komponentit voivat venyä myös isometrisen supistuksen aikana. Lihaksien elastiset osat voidaan jakaa sarkomeerin sisäisiin osiin, aktiinin ja myosiinin toimintaa auttaaviin sarkomeerin ulkopuolisiin elastisiin osiin, lihassolukalvoihin (endomysium, perimysium ja epimysium) sekä jänteisiin. Sarkomeerin sisäiset elastiset osat ovat titiini ja nebuliini, joista titiini huolehtii aktiinifilamentin ja Z-kalvon välisestä liitoksesta. Sen pituutta säätelee nebuliini. Sarkomeerin ulkopuoliset elastiset osat ovat Z- ja M-kalvot, jotka kiinnittävät peräkkäiset supistuvat myofilamentit toisiinsa sekä proteiinit, jotka kiinnittävät sarkomeerit solukalvoon ja lihasten jänteisiin. Lihas kiinnittyy luihin jänteiden avulla. Luut välittävät lihaksien supistuvien osien muodostavan voiman luuston kautta vartalon liikkeeksi tai paikallaan pysyväksi voimantuotoksi. (Enoka 1994, 123–134.)

Voimanharjoittelun muodot jaetaan maksimivoimaan, nopeusvoimaan ja kestovoimaan. Maksimivoimaharjoittelussa harjoitusvastus on korkea 85–100 % maksimaalisesta voimantuotosta, missä toistomäärät ovat pieniä 1–3 toistoa sarjassa. Harjoitusvaikutus kohdistuu hermostollisten ominaisuuksien kehittymiseen kuten parantuneeseen antagonist-agonistiaktivaatioon ja maksimaaliseen aktivaatiokapasiteettiin sekä lihaksen hypertrofiaan. Nopeusvoimaharjoituksissa pidetään kuormat pienempinä 0–55 % maksimaalisesta voimantuotosta. Suoritusintensiiteetti säilytetään kuitenkin maksimaalisena. Harjoitusvaikutus kohdistuu erityisesti reflektoriiseen säätelyjärjestelmään ja motoristen yksiköiden nopeaan ja lyhytaikaiseen rekrytointiin. (Keskinen ym. 2007, 131–132.)

4.6 Lihasaktivaatio

Lihakset toimivat aina supistuessaan agonisti-antagonisti pareina. Agonistin ja synergistin aktivoituessa tapahtuu antagonistilihaksissa inhibitorista aktivaatiota. Vastavaikuttajalihas ei

tällöin vastusta lihassupistusta. Agonisti-, synergisti- ja antagonistilihaksien aktivaatiot muuttuvat osittain voimaharjoittelun myötä ja mahdollistavat aikaisempaa suuremman voimantuoton. Haapasaaari (2008) havaitsi, että 21 viikon voimaharjoittelu ja yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu paransivat agonistilihaksien aktivaatiota aikaisemmin harjoittelemattomilla keski-ikäisillä naisilla ja miehillä. Vastaavasti antagonistilihaksien aktivaatio laski tai pysyi muuttumattomana. Tulokset mitattiin maksimaalisella jalkaprässiliikkeellä. Taidon ja koordinaation kehittyminen ilmenee etenkin synergisti ja antagonistilihaksien aktivaation muutoksina. Suurentunut voimantuotto voi johtua parantuneesta motoristen yksiköiden rekrytoinnista, syttymistiheydestä, parantuneesta synkronisaatiosta tai tuplasyttymisten määrästä. (Sale 2003). Vastaavasti voimaharjoittelu vähentää antagonistilihaksien koaktivaatiota. Hermostollisen adaptaation mittareina on yleisesti käytetty antagonisti/agonisti-suhdetta, joka tarkoittaa, että agonistin aktivaation noustessa antagonistin aktivaatio laskee tai pysyy muuttumattomana (Häkkinen ym. 2000).

Karjalainen (2004) osoitti, että lihasaktiivisuus näyttäisi olevan parempi hyväkuntoisilla kuin huonokuntoisilla (51 ml/kg/min vs. 37 ml/kg/min). Hyväkuntoisilla näyttäisi olevan parempi kyky aktivoida lihaksia sekä kyky ajoittaa lihasten aktiivisuus paremmin juoksussa. Tutkijan mukaan erot voivat selittyä hyväkuntoisten paremmalla taloudellisuudella ja tottuneisuudella juoksuun.

5 FYYSISEN SUORITUSKYVYN YHTEYS AMPUMATARKKUUTEEN

Fyysisen suorituskyvyn kehittyminen perustuu hyvin pitkälle lajinomaisuuteen. Voimaominaisuuksien ja motoristen taitojen kehittyminen on hyvin lajispesifistä ja näin ollen on hyvin hankalaa ennustaa miten yleinen fyysisen suorituskyky tai motoriset taidot voisivat edesauttaa onnistumista hienomotoriikkaa vaativassa ammuntauorituksessa. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan yleisiä tasapainoon ja motoriikkaan liittyviä ominaisuuksia, jotka paranevat fyysisen suorituskyvyn kehittymisen ohella. Näitä ominaisuuksia pohditaan ammunnan keskeisten fysiologisten ominaisuuksien tasapainon, aseiden vakaana pidon sekä laukaisun näkökulmista.

5.1 Fyysisen suorituskyvyn yhteys tasapainoon ja kehon koostumukseen

Kuten on käynyt ilmi edellisistä kappaleista, on tasapainolla erittäin merkitsevä yhteys ampumasuorituksen tehokkuuteen. Tasapainon säilyttäminen seisten ja huojuntaa korjaava lihas-kontrolli ovat hyvin pitkälle hermolihasjärjestelmän lihasreseptorien aiheuttamia automaatti-

sia spinaaliseen säätelyyn liittyviä toimintoja. Vaikka automaattiset säätelymekanismit luokitellaan refleksitoiminnoiksi, vaatii niiden käsittely huomattavasti enemmän keskushermoston käskytystä kuin esimerkiksi ulkoisella ärsytyksellä aiheutettu patellaarirefleksi (Enoka 2002, 306–309).

Rinkisen (2004) tutkimuksessa viiden kuukauden kestävyysharjoittelu paransi 15 % passiivisen, 0–5 asteen venytyskulmalla aiheutettua, pohjelihaksen venytys voimaa. Syy voiman kasvuun voi selittyä lihasjännekompleksin viskoelastisten ominaisuuksien kehittymisellä. Ampuma-asennossa seisten on nilkan ympärillä olevilla lihaksilla erittäin suuri merkitys tasapainon säilyttämisessä. Täten voidaan olettaa, että pääasiassa juosten toteutetun kestävyysharjoittelun myötä ampuma-asennon tasapaino voi parantua lihasjännekompleksin kehittymisen myötä.

Vartalon huojuntaa korjaavat keskivartalon lihaksiston liikkeet ovat osittain automaatioon perustuvia lihassupistuksia. Keskushermostolla on kyky koordinoida keskivartalon lihaksistoa ennen kuin supistumiskäsky on ennättänyt keskushermostosta ääreisosiin. (Bouisset & Zattara 1981.) Tsao ja Hodges (2007) tutkivat parantaako keskivartaloa vahvistava harjoittelu tasapainoa korjaavien lihasten aktivaatiota. Tutkimus osoitti, että vatsalihasten aktivaationopeus parani merkittävästi sekä dynaamisia vatsalihasliikkeitä tehneellä ryhmällä että staattisia vatsalihasliikkeitä tehneellä ryhmällä. Aikaisempiin tutkimuksiin pohjautuen Tsao ja Hodges (2007) osoittivat, että lihasten autonominen aktivaatio paranee harjoittelun myötä, mutta lihasten supistuminen juuri oikeaan aikaan, parhaimman tasapainon saavuttamiseksi, on yhteydessä lajinomaiseen harjoitteluun. Tätä tulosta tukee myös Vuillermen (2004) tutkimus, jossa kilpatason voimistelijoilla tasapaino säilyi paremmin kuin muiden lajien ammattilaisilla. Kyseisessä mittauksessa koehenkilöt seisoivat tasapainoanturien päällä mahdollisimman liikkumatta ja samanaikaisesti keskittyivät reagoimaan äänimerkkiin painamalla ”nappia” dominoivan käden etusormella. Kuitenkin tilastollisesti merkitsevä ero voimistelijoiden ja muiden koehenkilöiden välillä näkyi vasta yhdellä jalalla suoritettussa tasapainotehtävässä.

Olkavarren maksimaalinen ojennus ja koukistus aktivoivat lantion lihaksistoa lähes samalla tehokkuudella kuin keskivartalon maksimaalinen ojennus, koukistus ja sivukierto (Tarnanen ym. 2008). Tämä tutkimus osoitti sen, että ylävartalon lihaksien suorituskyvyn harjoittaminen aktivoi myös keskivartalon lihaksistoa, jolla on tärkeä yhteys tasapainoon.

Keskivartalon lihaksiston supistumis-venymissyklit ovat keskeisessä osassa reagoitaessa pieniin tasapainon muutoksiin. Nämä syklit aiheuttavat lihaksien esiaktiivisuutta eli lihasten

jäykkyyttä. Refleksitoiminnot edesauttavat myös tasapainon säilyttämistä, jossa keskeistä onkin lihaksien oikea-aikainen kontrolli. Tasapainon säilyttämisessä on keskushermostolla ja sensoristen reseptorien yhteistoiminnalla merkittävämpi osuus kuin pelkästään keskivartalon lihaksiston kestävyydellä ja voimantuotolla. Fyysisen suorituskyvyn ja kehon tasapainon välille ei ole löydetty merkittävää positiivista yhteyttä terveillä koehenkilöillä, mutta hermostollisista sairauksista kärsiville on fyysinen harjoittelu parantanut tasapainoa. Urheilulajeilla, joissa alusta on epätasapainoinen ja liikesuunnan muutoksia tapahtuu usein, voi olla parantavia vaikutuksia keskivartalon lihaksiston voimantuottoon ja synkronisaatioon sekä tasapainoon. (Borghuis, Hof & Lemmink 2007.)

Hue ym. (2007) tutkivat koehenkilöiden painon vaikutuksia tasapainoon silmät auki ja silmät kiinni toteutetussa kokeessa, jossa koehenkilöiden tuli seistä jalat rinnakkain tasapainolevyllä mahdollisimman liikkumatta. Koehenkilöiden painoindeksin jakauma oli 17.4–63.8 kg/m². Painon vaikutus tasapainon varianssista selitti silmät auki suoritetusta kokeesta 52 % ja silmät kiinni suoritetusta kokeesta 54 %. Tasapainon heikkenemisellä ja painon nousulla näyttäisikin olevan vahva positiivinen yhteys.

5.2 Fyysisen suorituskyvyn yhteys asean pitoon ja liipaisuun

Zijdewind ym. (2006) osoittivat, että väsymys aiheutti heikkenemistä motorisen suorituskyvyn kognitiivisissa prosesseissa. Tutkimuksessa koehenkilöt suorittivat staattista voimantuottoa oikean käden etusormella ja pyrkivät samanaikaisesti reagoimaan mahdollisimman nopeasti äänimerkkiin painamalla nappia vasemman käden etusormella. Staattisen voimatason noustessa, joka tutkijoiden mukaan aiheutti lihasväsymystä, laski reagointinopeutta kognitiivisessa tehtävässä. Myös tehtyjen virheiden määrä nousi. Asean pito ampuma-asennossa voi myös aiheuttaa lihasväsymystä, joka tämän tutkimuksen mukaan voisi aiheuttaa tähtäyskuvioiden laajenemista ja osumatarkkuuden heikkenemistä.

Carrollin ym. (2001) tutkimuksessa neljän viikon voimaharjoittelu paransi dominoivan käden etusormen koordinaatiota. Kyseisessä tutkimuksessa koehenkilöt tekivät etusormen lihaksia vahvistavia voimaharjoituksia neljän viikon ajan. Etusormen koordinaatio testattiin ennen voimaharjoitusjaksoa ja sen jälkeen rytmisellä äänipulssiin reagoivalla kokeella. Kokeissa koehenkilöt pyrkivät joko koukistamaan tai suoristamaan etusormensa mahdollisimman tarkasti äänimerkin kuultuaan tai kahden äänimerkin välissä. Voimantuottoa harjoitelleet paransivat etusormen koordinaatiota kaikissa testimuodoissa, mutta vain etusormen ojennusliikkeessä saavutettiin tilastollisesti merkittäviä tuloksia.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli etsiä yhteyksiä fyysisen suorituskyvyn ja ampumatarkkuuden välille 20–34 vuotta täyttäneillä reserviläisillä. Lisäksi pyrittiin selvittämään voiko mahdollisia yhteyksiä selittää tähtäyskuvion tai osumien kasan koon perusteella.

Tutkimusongelmat:

1. Onko fyysisellä suorituskyvyllä yhteyttä ampumatarkkuuteen?
2. Voidaanko mahdollista yhteyttä selittää tähtäyskuvion tai osumien kasan koon perusteella?

Ensimmäisenä hypoteesina oli, että fyysisellä suorituskyvyllä on suora yhteys ampumatulokseen ammuttaessa sekä maaten että seisten ja toisena hypoteesina oli, että fyysisen suorituskyvyn yhteys näkyy tähtäyksen aikaisen aseiden liikkeen ja osumien kasan koon perusteella.

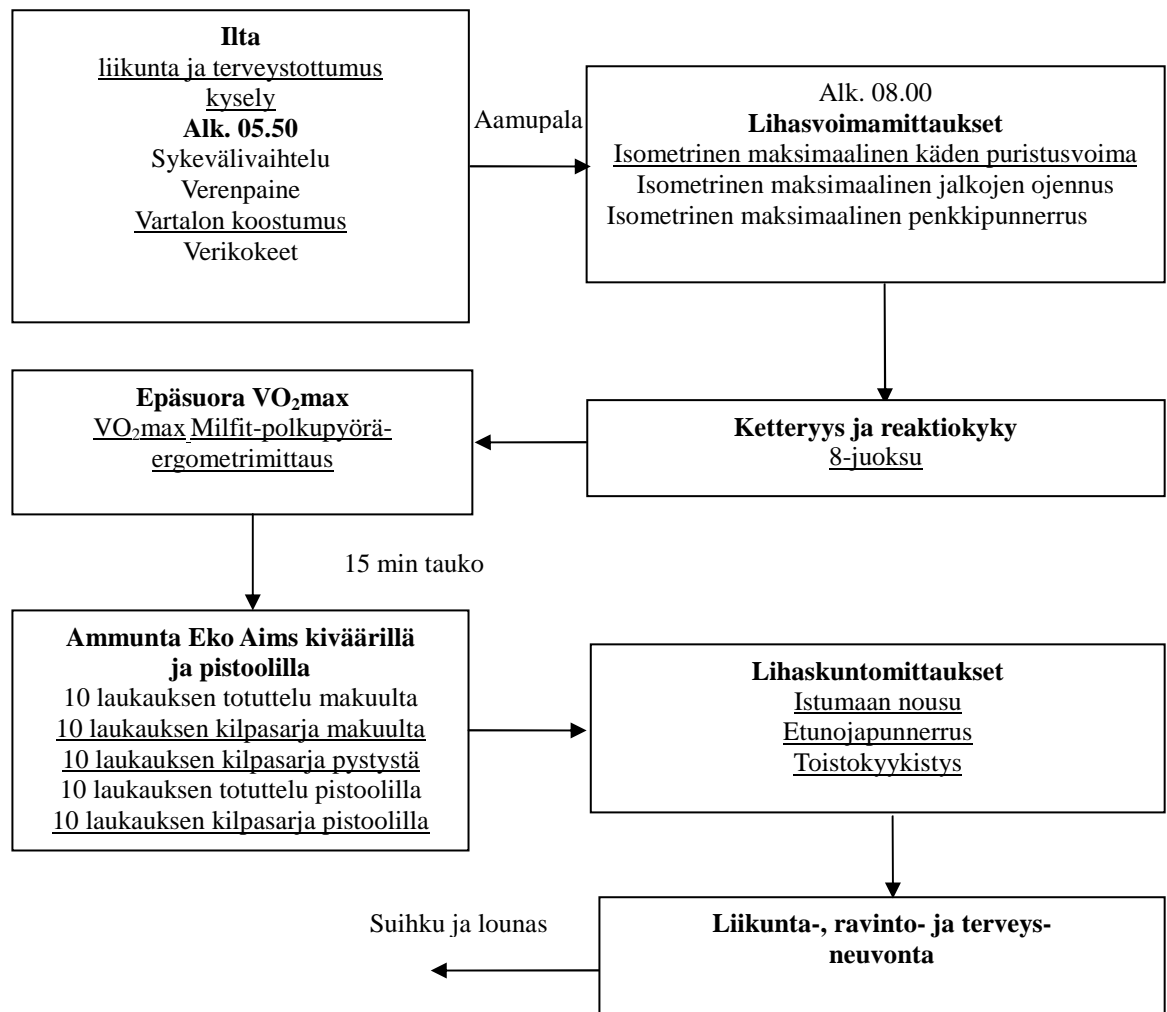
7 MENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistuneet koehenkilöt olivat iältään 20–34 vuotta. Reserviläiset olivat maa- ja merivoimien reserviläisiä, jotka valittiin sekä alueellisesti että aselajeittain siten, että otos on valtakunnallisesti kattava ja sosiaalisesti edustava. Tutkimuksen kokonaisotos oli 796 reserviläistä, joiden määrä vaihteli melko paljon eri mittausten välillä. Erot johtuivat pääasiassa yksilöiden kykenemättömyydestä suorittaa kaikkia mittauksia. Pääesikunnan henkilöstöosasto yhteistyössä puolustushaarojen esikuntien kanssa selvitti kertausharjoitukset, joissa mittaukset voitiin suorittaa. Tutkimusluvista vastasivat Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta, Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettinen toimikunta sekä Puolustusvoimat.

7.2 Mittausasetelma

Mittaukset suoritettiin kahdeksassa eri kertausharjoituksessa. Ensimmäinen mittaus järjestettiin huhtikuussa 2008 ja viimeinen marraskuussa 2008. Tässä tutkimuksessa käytettävät mitaustulokset ovat osa suurempaa samanaikaisesti järjestettävää reserviläisten fyysisen suorituskyvyn ja terveyskäyttäytymisen tutkimusprojektia. Kaikki mittaukset järjestettiin aina samassa järjestyksessä samaan vuorokauden aikaan yhden päivän aikana. Seuraavasta kuvios- ta 2 käy ilmi yksittäisen mittauspäivän mittausasetelma. Alleviivatut kohdat kaaviossa ovat ne mittauskohteet, joita tarkastellaan tässä tutkimuksessa.



KUVIO 2. Mittauspäivän aikataulukaaavio mittausten osalta.

7.3 Mittaukset

7.3.1 Liikunta ja terveystottumuskysely

Reserviläisille järjestetyn fyysisen aktiivisuuden, taustatietojen ja terveydentilan -kysely perustui SIVAQ-kysymykseen (Fogelholm ym. 2006a), UKK-instituutin Terveyskuntoseulaan sekä Puolustusvoimien käyttämään reserviläisille suunnattuun kyselyyn. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan reserviläisten harrastuneisuutta mittavaa kysymystä ja kysymystä, jossa kysyttiin reserviläisten saaman sotilaskoulutuksen tasoa. Kysymykset olivat:

48. Mikä on sotilaskoulutuksesi?

- a miehistö
- b aliupseeri
- c reservin upseeri

58. Mikä on mieluisin taitolaji, jota harrastat?

- a laskettelu, lumilautailu
- b ammunta
- c voimistelu
- d surffausta tai vesihiihto
- e kiipeily
- f tanssi
- g moottoriurheilu
- h en harrasta taitolajeja
- i jokin muu taitolaji: MIKÄ / MITKÄ _____

(Huom. mustaa kohta i vaikka kirjoitat lajisi tähän. Jos mustasit jonkin kohdista a-g ja harrastat aktiivisesti myös muita lajeja, kirjaa ne tähän kohtaan)

7.3.2 Kehon koostumus

Reserviläisten kehon koostumuksen mittarina käytettiin bioimpedanssilaitteistoa (Inbody, Soul, Korea). Tämä laite mittaa koehenkilön painon, rasvaprosentin, rasvattoman kudoksen massan, rasvakudoksen massan, mineraalien määrän elimistössä ja yms. arvoja. Laitteen toiminta perustuu heikkojen sähkövirtojen kulkeutumiseen vartalon läpi. Tässä tutkimuksessa käytettiin saaduista tuloksista mitattavien painoa, rasvaprosenttia ja painoindeksiä. Lisäksi mitattiin koehenkilöiden pituus ja vyötärön ympäryys. Painoindeksi (*BMI*) saatiin laskemalla seuraavasta kaavasta.

$$BMI = \frac{\text{kehon massa}}{\text{pituus}^2}$$

7.3.3 Epäsuora maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\max$)

Epäsuoran maksimaalisen hapenottokyvyn testinä käytettiin moniportaista MILFIT-polikupyöraergometritestiä (Fitware). Kaikki koehenkilöt testattiin samalla aktiivi testiprotokollalla aloitusvastuksen ollessa 50 W. Polkemisvastus nousi 2 min välein 25 W. Koehenkilöä kehoitettiin polkemaan samalla poljinnopeudella koko testin ajan (60–90 r/min) ja heille ilmoitettiin ennen testin alkua kierrosraja (40 r/min), jonka alle pysyvästi jääminen päättää varsinaisen testin. Koehenkilöt saivat totuttautua testilaitteistoon ennen testin alkua vähintään viisi minuuttia ja testin jälkeen polkemista jatkettiin vielä 10 minuuttia. Kaikki koehenkilöt, joilla verenpaine ylitti 165/110 mmHg, ohjattiin uuteen verenpainemittaukseen. Jos arvot eivät vielä olleet alle sallittujen lukemien, eivät he saaneet osallistua Pp-ergometrimittaukseen.

Testaamiseen käytettiin elektronisella jarrulla varustettuja Ergoline 800S (Bitz, Saksa), Ergoselect 100K tai 200K (Bitz, Saksa) ergometrejä. Sykkeen mittaukseen käytettiin Polarin (Polar, Kempele) T-31 tai Vantage mallisia koodaamattomia sykevöitä. Käytettävä testiohjelma oli FitWare Oy:n MILFIT 4, jolla myös tulokset analysoitiin. Näissä mittauksissa kuten muissakin Puolustusvoimien mittauksissa käytettävä maksimaalisen hapenottokyvyn arvo oli painoon suhteutettu hapenotto (ml/kg/min). Testi oli epäsuora uupumukseen asti suoritettava $VO_2\max$ mittaus, jossa $VO_2\max$ ennusteen laskemisessa käytettiin $(11,016 \cdot P_{\max}(W)) \cdot \text{kehon paino (kg)}^{-1} + 7$ ennustekaavaa. Mikäli testiä ei jostain syystä suoritettu uupumukseen asti arvioitiin testattavan maksimisyke ($Hr_{\max}=220\text{-ikä}$) ja $VO_2\max$ $(12,35 \cdot P_{\max}) \cdot \text{kehon paino}^{-1} + 3,5$ ennustekaavoista. Edellä mainittujen ennustekaavojen suureet olivat: P = polkemisteho ja W = polkemistyö. Testit suoritettiin kuitenkin suorassa tietokoneohjauksessa, joten käytettävä testiohjelma laski automaattisesti arvion $VO_2\max$:sta. (Keskinen ym. 2007.) Testit suoritettiin lähtökohtaisesti maksimaalisina, joten maksimisyke määritettiin siihen kohtaan, jolloin testattava saavutti uupumuksen tai lopetti polkemisen. (Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuus ja fyysinen työkyky määräys PVHSMK PEHENKOS 2008; Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja 2008)

Testattavien subjektiivisen kuormituksen tasoa arvioitiin testin aikana 15 -portaisella Borgin asteikolla. Käytettävä skaala oli 6–20, missä alin lukuarvo (6) tarkoittaa ennen testiä vallitsevaa kuormituksetonta rasitustasoa. Vastaavasti ylimmät lukuarvot (18–20) vastaavat erittäin rasittavaa, suorituskyvyn rajoilla olevaa rasitustasoa. Ennen testiä testattaville annettiin selkeät ohjeet asteikon käytöstä ja tarkoituksesta, jotta testattavan subjektiiviset tuntemukset sekä todellinen syke- ja kuormitustasot korreloisivat mahdollisimman hyvin. (ACSM 2000. 78–79)

7.3.4 Ammunta Eko Aims kiväärillä ja pistoolilla

Ampumataidon mittauksissa koehenkilöt ampuivat Eko-Aims aseilla (Eko-Aims OY, Ylämylly, Suomi). Käytettävät aseet olivat rynnäkkökivääri (RK) ja pistooli. RK:lla ammuttiin pystystä sekä makuulta ja pistoolilla pystystä. RK vastasi reserviläisten aikaisemmin käyttämää 7,62 RK 62:sta tähtäinten ja painonsa puolesta. Ampumataulut sijaitsivat kummassakin ammunassa 10 m etäisyydellä. RK ammunnoissa ampumalaitteen asetuksina käytettiin RK 3 ampumataulua, jossa pisterinki 10 halkaisija on 11 cm ja jokaisen seuraavan numeron porras 5 cm. Pistooliammunassa käytettävässä aseessa oli punapistetähtäin. Ampumataulun asetuksina käytettiin pistoolitaulua.

Ammunta suoritettiin maksimaalisen hapenottokykytestin jälkeen, kuitenkin niin, että koehenkilöt saivat mahdollisuuden palautua noin 15 min. Ammunta alkoi aina mittaajan koulutuksella aseeseen ja ampumajärjestelmään. Ampujat saivat käyttää parhaaksi katsomaansa ampuma-asentoa ja heitä kehoitettiin ampumaan mahdollisimman hyvin omien kykyjensä mukaisesti. Ammunta suoritettiin viidessä osassa:

1. 10 laukauksen totuttelusarjan makuulta RK:lla
2. 10 laukauksen kilpasarja makuulta RK:lla
3. 10 laukauksen kilpasarja pystystä RK:lla
4. 10 laukauksen totuttelusarja pistoolilla pystystä
5. 10 laukauksen kilpasarja pistoolilla pystystä

Tässä tutkimuksessa tarkastelen kohtien 2., 3., ja 5. tuloksia sekä ammuntojen yhteistulosta, joka tarkoittaa RK-pysty, RK-makuu ja pistooliammuntatuloksien keskiarvotuloksien summaa jaettuna kolmella. Jokaisen ammunnan kilpasarjasta kirjattiin ylös osumien arvot ja jälkeenpäin niistä laskettiin 10 laukauksen summa, keskiarvo ja keskihajonta. Sekä RK-ammunnoissa että pistooliammunassa käytetty tulosohjelma keskitti ammuttujen laukausten iskemäkeskeispisteen keskelle taulua, joten saavutettu ammuntatulos oli automaattisesti paras mahdollinen tulos kyseisillä osumilla.

Lisäksi tarkastelin tarkemmin satunnaisotannalla RK-ammuntaa pystystä. Käytettävä ohjelma oli Eko-aims sts v6.0 (Eko-Aims Oy, Ylämylly, Suomi). Kyseinen ohjelma tallentaa ylös jokaisen laukauksen tuloksen sekä aseeseen pysty- ja sivuttaisliikkeet tähtäämisen aikana ennen laukaisua ja 0,3 sekuntia laukaisun jälkeen. Ohjelma ei suorita automaattista osumakeskeis-

pisteen keskittämistä, joten aineistosta tarkasteltiin ainoastaan aseennäköistä liikettä, osumien hajontaa ja jälkipitoa. Suorituskyvyn yhteyttä ampumasuoritukseen tarkasteltiin etunojapunnerruksen ja maksimaalisen puristusvoiman näkökulmasta.

7.3.5 Lihaskuntomittaukset

Lihaskuntomittauksen lihaskuntoliikkeet olivat Puolustusvoimien palkatun henkilöstön lihaskuntotestien mukaiset. Liikkeet olivat puristusvoima, istumaan nousu, etunojapunnerrus ja toistokyykistys (Fogelholm ym. 2006b). Testit suoritettiin myös tässä järjestyksessä.

Puristusvoimamittauksen tarkoituksena oli mitata käden isometristä puristusvoimaa, mikä samalla osoitti yläraajojen, niskan ja hartianseudun toimintakyvyn tasoa ja niissä tapahtuvia muutoksia. Mittauksessa, käytettiin mittausvälineistönä Jamar, Saehan (Masan, Korea) tai Baseline merkkisiä hydraulisia puristusvoimamittareita. Saavutettu maksimaalinen puristusvoima oli keskiarvotulos oikean ja vasemman käden maksimaalisista puristusvoimista. Keskiarvo laskettiin kummankin käden kolmen yrityksen parhaimmasta tuloksesta. Tulos luettiin suoraan puristusvoimamittarin asteikosta kilogrammoina. Puristusvoimamittaus suoritettiin ensimmäisenä mittauksena muiden maksimaalisten voimamittausten yhteydessä.

Kaikki muut lihaskuntomittaukset suoritettiin pareittain, jolloin toinen parista lepäsi tai avusti liikkeessä. Laskijoina ja tulosten kirjaajina käytettiin varusmiehiä. Mittauksen pitäjä tarkkaili liikkeiden puhtautta ja tarvittaessa kehotti korjaamaan liikettä. Ennen jokaista liikettä näytti mittauksen valvoja oikean suoritustavan liikkeestä ja kertoi mitä virheitä liikkeen aikana ei saanut tehdä. Istumaan nousussa, etunojapunnerruksessa ja toistokyykistyksessä olivat suoritusten kestot 60 s. Suoritus loppui viimeistään 60 s kuluttua aloituksesta tai, kun suorittaja lopetti yhtäjaksoisen liikkeen suorittamisen. Jokaisen liikkeen välissä pidettiin noin 5 min palautustauko. Liikkeiden suoritustavat olivat Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirjan liitteen 8.2 mukaisia.

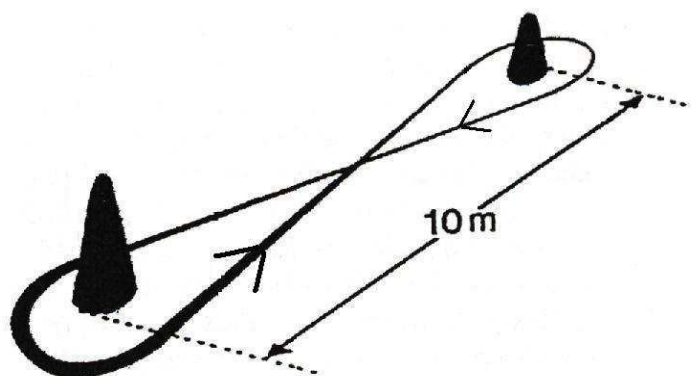
Lihaskuntomittauksen liikkeiden tarkoituksena oli testata koehenkilöiden hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kestävyyttä. Istumannousuliikkeellä mitattiin vatsalihaksien ja lonkan koukistajien dynaamista kestävyyttä. Etunojapunnerruksen tarkoituksena oli arvioida hartioiden alueen ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä sekä liikettä tukevien varalonlihasten staattista kestävyyttä. Toistokyykistyksen tarkoituksena oli arvioida alaraajojen

voimakestävyyttä ja anaerobista tehoa. Testi vaatii myös hyvää vartalon hallintaa sekä alaraajojen ja selän liikkuvuutta. (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja 2008, liite 8,9)

Reserviläisten fyysisen suorituskyvyn ja lihaskunnon määrittämiseen käytettiin yksittäisten lihaskuntoliikkeiden ja $VO_2\text{max}$ lisäksi fyysisen suorituskyvyn indeksiä (FSK-indeksi) ja lihaskuntoindeksiä (LKI). FSK-indeksi sisältää kaikki lihaskuntoliikkeet, puristusvoiman ja $VO_2\text{max}$:n. LKI sisältää vastaavasti kaikki lihaskuntoliikkeet ja maksimaalisen puristusvoiman. Indeksien määrittämisen perusteina käytettiin liitteen 1 mukaisia taulukoita, joiden mukaan reserviläisten suorituskyky luokiteltiin kaikkien edellä mainittujen perusteiden mukaan 1–5 0,25 porrastuksella.

7.3.6 8-juoksu

Reserviläisten ketteryyttä, reaktiokykyä ja dynaamista tasapainokykyä mitattiin 8-juoksulla. Kyseisessä testissä koehenkilö juoksi 10 m päässä toisistaan olevien kartioiden muodostaman kahdeksikon muotoisen radan kerran mahdollisimman nopeasti (Carter ym. 2001; 2002). Mitattavat lähtivät liikkeelle merkistä (paikoille, valmiit, nyt). Koehenkilöillä oli käytössään kolme suoritusta, joista ensimmäinen oli totuttelusuoritus ja kaksi seuraavaa olivat testisuorituksia. Testituloksista kirjattiin ylös nopeimman suorituksen aika sekunteina. Alla olevasta kuvioista 3 käy ilmi 8-juoksun mittausasetelma. Ajan mittaamiseen käytettiin valokennoja, joiden avulla mitattavien lähtö ja maaliintulo rekisteröityivät automaattisesti 1/100 sekunnin tarkkuudella. Tulokset pyöristettiin 1/10 sekunnin tarkkuuteen.



KUVIO 3. Mukailtu kaavakuva Aartolahden ja Halosen (2007) mukaan 8-juoksun mittausasetelmästä

7.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastollisessa käsittelyssä aineiston kaikista muuttujista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat sekä suurin ja pienin arvo. Tulokset eivät toteuttaneet normaalisuusoletuksia, joten käytettäviksi tilastollisiksi menetelmiksi valittiin epäparametriset testit. Fyysisen suorituskyvyn ja ampumataidon yhteyksien selvittämiseen käytettiin Spearmanin korrelaatioita. Tulosten tilastollisen merkitsevyyden arvoksi valittiin ($p < 0,05$).

Tilastollista analyysiä jatkettiin jakamalla reserviläisten saavuttamat testitulokset kolmeen ryhmään. Fyysistä suorituskykyä tarkasteltiin jokaisen lihaskuntoliikkeen (puristusvoiman, etunojapunnerruksen, istumaan nousun ja toistokyykistyksen) suhteen erikseen sekä yhdistettyinä LKI:nä ja FSK-indeksinä. Fyysisen suorituskyvyn ryhmät määriteltiin liitteessä 1 olevien taulukoiden viitearvojen mukaisesti luokkiin, jotka olivat (*Ryhmä 1*) $< 2,5$, (*Ryhmä 2*) $\geq 2,5 < 3,5$ ja (*Ryhmä 3*) $\geq 3,5$. Luokiteltuja muuttujia verrattiin ensiksi koko aineiston ampumatuloksiin käyttäen Kruskal-Wallis testiä ja myöhemmin, jos tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$) eroja löytyi, verrattiin luokiteltujen ryhmien fyysisen suorituskyvyn tuloksia ampumatuloksiin käyttäen Mann-Whitney testejä. Lihaskuntoliikkeiden, LKI:n ja FSK-indeksin lisäksi ampumatuloksia verrattiin 8-juoksun aikaan ja ammunnan harrastamiseen sekä saatuun sotilaskoulutukseen. 8-juoksu jaettiin samoin kolmeen luokkaan suoritukseen käytetyn ajan mukaisesti. Raja-arvot olivat (*Ryhmä 1*) $< 5,5$, (*Ryhmä 2*) $\geq 5,5 < 6,5$ ja (*Ryhmä 3*) $\geq 6,5$. Ammunnan harrastamista tarkasteltiin luokittelumuuttujana eli ns. dummy muuttujana, joka sai arvon 1 tai 0 (KvantiMOTV, 2008).

8 TULOKSET

8.1 Kehon koostumus

Reserviläisten ($n = 782$) keskipituus oli $1,80 \pm 0,06$ m. Lyhin reserviläisistä oli pituudeltaan 1,62 m ja pisin oli 1,99 m. Koehenkilöiden keskipaino ($n = 781$) oli $80,3 \pm 13,5$ kg. Koehenkilöiden painon vaihteluväli oli 49,8–157,8 kg. Painoindeksien ($n = 781$) keskiarvo oli $24,7 \pm 3,8$. Pienin laskettu painoindeksi oli 16,8 ja suurin 45,1. Reserviläisten kehon rasvaprosenttien ($n = 778$) keskiarvo oli $17,8 \pm 7,2$. Rasvaprosenttien vaihteluväli oli 2,8–47,8. Kehon koostumuksen yhteydet fyysisen suorituskyvyn muuttujiin ovat taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kehon koostumuksen yhteydet fyysisen suorituskyvyn muuttujiin

		Pituus	Paino	Painoindeksi	Rasvaprosentti	Vyötärön ympäryys	Maksimaalinen hapenottokyky	Lihaskunto-indeksi	8-juoksu
Pituus	<i>r</i>	1,000	0,37***	-0,01	-0,06	0,16***	-0,03	-0,03	0,01
	<i>p</i>		0,000	0,76	0,10	0,000	0,41	0,40	0,87
	<i>N</i>	781	781	781	778	782	728	768	752
Paino	<i>r</i>	0,37***	1,000	0,87***	0,65***	0,88***	-0,45***	-0,13***	0,25***
	<i>p</i>	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	<i>N</i>	781	781	781	778	781	727	767	751
Painoindeksi	<i>r</i>	-0,01	0,87***	1,000	0,76***	0,88***	-0,48***	-0,12**	0,27***
	<i>p</i>	0,76	0,000		0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
	<i>N</i>	781	781	781	778	781	727	767	751
Rasvaprosentti	<i>r</i>	-0,06	0,65***	0,76***	1,000	0,77***	-0,62***	-0,40***	0,46***
	<i>p</i>	0,10	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	<i>N</i>	778	778	778	778	778	727	766	750
Vyötärön ympäryys	<i>r</i>	0,16***	0,88***	0,88***	0,77***	1,000	-0,55***	-0,24***	0,33***
	<i>p</i>	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
	<i>N</i>	782	781	781	778	782	728	768	752
Maksimaalinen hapenottokyky	<i>r</i>	-0,03	-0,45***	-0,48***	-0,62***	-0,55***	1,000	0,45***	-0,42***
	<i>p</i>	0,41	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
	<i>N</i>	728	727	727	727	728	728	727	718
Lihaskunto-indeksi	<i>r</i>	-0,03	-0,13***	-0,12**	-0,40***	-0,24***	0,45***	1,000	-0,41***
	<i>p</i>	0,40	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		0,000
	<i>N</i>	768	767	767	766	768	727	769	749
8-juoksu	<i>r</i>	0,01	0,25***	0,27***	0,46***	0,33***	-0,42***	-0,41***	1,000
	<i>p</i>	0,87	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	<i>N</i>	752	751	751	750	752	718	749	752

p < 0,001**; *p* < 0,000***

8.2 Maksimaalinen hapenottokyky, lihaskunto ja 8-juoksu

VO₂max suhteutettuna kehon painoon oli keskiarvoltaan 41,6 ± 8,1 (ml/kg/min). Isometrisessä puristusvoimamittauksessa oli oikean ja vasemman käden parhaimpien tulosten keskiarvo 52,8 ± 9,1 kg. Yhden minuutin aikana tehtyjen toistojen keskiarvot olivat istuman nousussa 38 ± 10, etunojapunnerruksessa 29 ± 13 ja toistokyykistyksessä 44 ± 9. Dynaamista tasapainoa mittaavassa 8-juoksussa oli reserviläisten parhaimpien suoritusten keskiarvo 6,05 ± 0,42 s. Taulukossa 2 on lueteltuna yksityiskohtaisemmin edellä mainittuihin parametreihin liittyviä tietoja.

TAULUKKO 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn, lihaskunnon ja 8-juoksun keskiarvot, keskihajonnat, vaihteluvälit ja otokset.

	<i>keskiarvo</i>	<i>keskihajonta</i>	<i>vaihteluväli</i>	<i>N</i>
VO ₂ max (ml/kg/min)	41,6	8,1	19,5–72,5	728
Puristusvoima (kg)	53,0	9,1	21,5–85,5	769
Istumaan nousu (krt/min)	38	10	2–72	736
Etunojapunnerrus (krt/min)	29	13	1–75	721
Toistokyykistys (krt/min)	44	9	3–64	715
8-juoksu (s)	6,05	0,42	4,90–8,19	752

8.3 Ammunta ja sen harrastaminen

Rynnäkkökivääriammunnassa pystystä ($n = 763$) oli kymmenen laukauksen keskiarvo $6,8 \pm 1,2$. Reserviläisten ampumien laukausten keskiarvojen vaihteluväli oli 1,0–9,4. Rynnäkkökivääriammunnassa makuulta ($n = 763$) oli kymmenen laukauksen keskiarvo $9,3 \pm 0,5$. Reserviläisten ampumien laukausten keskiarvojen vaihteluväli oli 4,1–10,0. Pistooliammunnassa ($n = 763$) oli kymmenen laukauksen keskiarvo $8,1 \pm 1,1$. Reserviläisten ampumien laukausten keskiarvojen vaihteluväli oli 1,7–9,6.

Ammuntaa harrastavia oli kokonaisuudessaan reserviläisten joukosta 10,6 %. Ammunnan harrastaminen ei jakautunut tasaisesti mittauskertojen välillä vaan siinä oli suuria eroja niin aselajien kuin sotilaallisen koulutuksenkin suhteen. Sotilaskoulutusaloittain ammunnan harrastaminen jakautui siten, että 9,4 % miehistöön ($n = 533$) kuuluvista, 13,4 % aliupseeristoon ($n = 187$) kuuluvista ja 12,7 % reservin upseeristoon ($n = 63$) kuuluvista harrastivat ammuntaa.

8.4 Fyysisen suorituskyvyn ja ammuntasuorituksen välinen yhteys

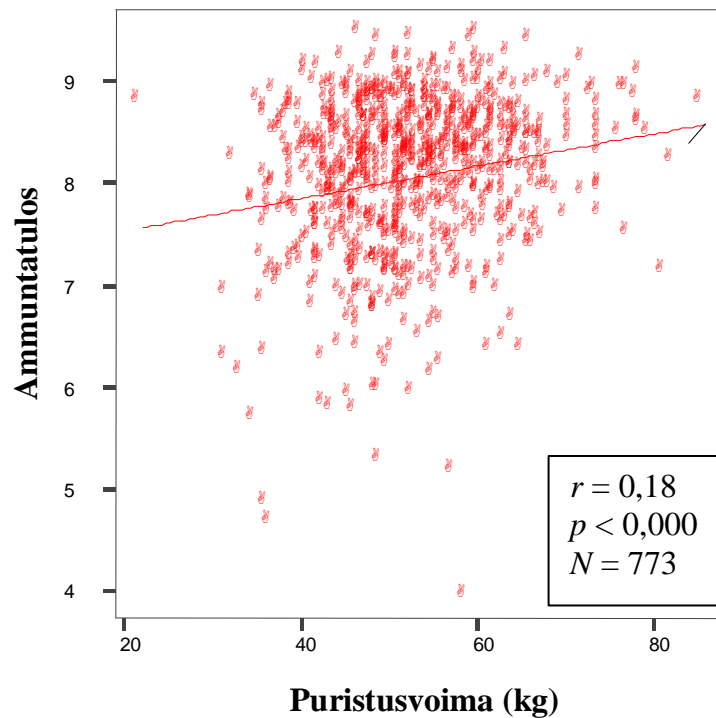
Ammuntatuloksien ja selittävien muuttujien väliset korrelaatiot jäivät selitysasteeltaan hyvin mataliksi, joten tarkastelun painopisteeksi valittiin muuttujien välisten yhteyksien tilastollinen merkitsevyys. RK-pystyammunnan tuloksia selittävästä muuttujista (taulukko 3) tilastollisesti

merkitseviksi ($p < 0,05$) nousivat LKI ($r = 0,07$), puristusvoima ($r = 0,15$), miehistökoulutus ($r = -0,07$), reservin upseerikoulutus ($r = 0,08$) ja ammunnan harrastaminen ($r = 0,18$).

RK-makuuammunnan tuloksia selittävistä muuttujista (taulukko 3) tilastollisesti merkitseviksi ($p < 0,05$) muodostuivat LKI ($r = 0,12$), FSK-indeksi ($r = 0,09$), puristusvoima ($r = 0,13$), etunojapunnerrus ($r = 0,11$), toistokyykistys ($r = 0,07$), 8-juoksu ($r = -0,08$), miehistökoulutus ($r = -0,20$), aliupseerikoulutus ($r = 0,13$), reservin upseerikoulutus ($r = 0,13$) sekä ammunnan harrastaminen ($r = 0,16$).

Pistooliammunnan tuloksia selittävistä muuttujista (taulukko 3) tilastollisesti merkitseviksi ($p < 0,05$) muodostuivat LKI ($r = 0,09$), FSK-indeksi ($r = 0,08$), puristusvoima ($r = 0,14$), etunojapunnerrus ($r = 0,08$), miehistökoulutus ($r = -0,09$), reservin upseerikoulutus ($r = 0,10$) sekä ammunnan harrastaminen ($r = 0,13$).

Ammuntatuloksien summamuuttujaa selittävistä muuttujista ainoastaan maksimaalinen puristusvoima ($r = 0,18$) (kuvio 4) ja ammunnan harrastaminen ($r = 0,19$) nousivat tilastollisesti merkitseviksi tulokseksi. Katso taulukko 4.



KUVIO 4. Ammuntojen yhteistuloksen keskiarvojen sirontakuviokuva ja korrelaatio-suora maksimaalisen puristusvoimamittauksen kanssa. Kyseisten muuttujien välinen yhteys oli vahvin ammuntatuloksien ja suorituskykyä kuvaavien muuttujien välisistä yhteyksistä.

TAULUKKO 3. Ammuntatulosten korrelaatiokertoimet ja tilastollinen merkitsevyys fyysistä suorituskyyä, sotilaskoulutusta ja ammunnan harrastuneisuutta kuvaavien muuttujien suhteeseen.

		Lihaskuntoindeksi	Fyysisen suorituskyyyn indeksi	Puristusvoima	Istumaan nousu	Etunojapunnerrus	Toistokyykistys	8-juoksu	miehistökoulutus	aliupseerikoulutus	Reservin upseerikoulutus	Ammunnan harrastaminen
RK-pystyammunta	<i>r</i>	0,07*	0,06	0,15**	-0,02	0,07	-0,00	-0,02	-0,07*	0,03	0,08*	0,18**
	<i>p</i>	0,04	0,14	0,000	0,55	0,07	0,92	0,56	0,04	0,44	0,02	0,000
	<i>N</i>	761	720	761	732	717	711	743	763	763	763	763
RK-makuuammunta	<i>r</i>	0,12**	0,09**	0,13**	0,03	0,11**	0,07*	-0,08*	-0,19**	0,13**	0,13**	0,16**
	<i>p</i>	0,001	0,01	0,000	0,49	0,005	0,05	0,03	0,000	0,000	0,000	0,000
	<i>N</i>	761	720	761	732	717	711	743	763	763	763	763
pistooliammunta	<i>r</i>	0,09*	0,09*	0,14**	0,01	0,08*	0,04	-0,01	-0,09**	0,03*	0,10**	0,13**
	<i>p</i>	0,02	0,02	0,000	0,80	0,03	0,25	0,74	0,01	0,35	0,005	0,001
	<i>N</i>	761	720	761	732	717	711	743	763	763	763	763
Ammuntojen yhteistulos	<i>r</i>	0,07		0,18**								0,19**
	<i>p</i>	0,08		0,000								0,000
	<i>N</i>	567		773								775

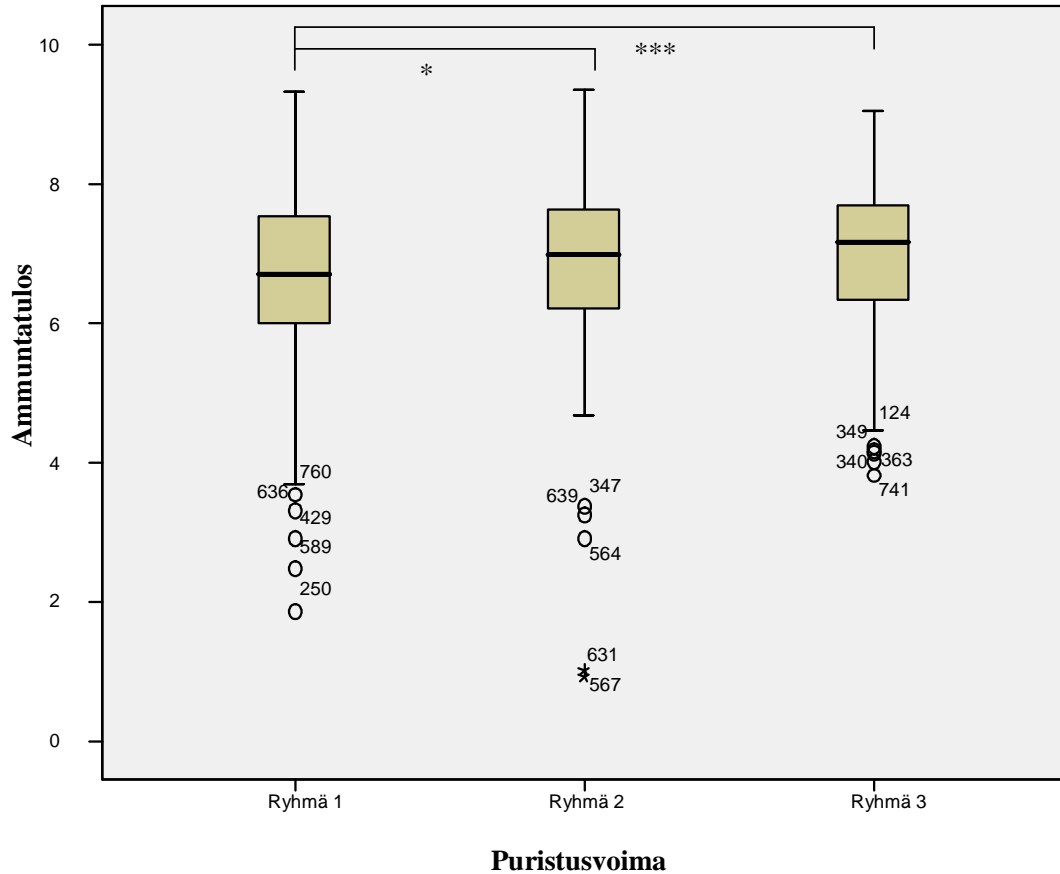
$p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^{*}$

8.5 Fyysisten suorituskyytasojen yhteys ammunntasuoritukseen

8.5.1 Puristusvoima

Rynnäkkökivääriammuntatulokset pystystä erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) ryhmien 1 ($n = 307$) ja 2 ($n = 228$) ($6,7 \pm 1,2$ vs. $6,9 \pm 1,3$) sekä ryhmien 1 ja 3 ($n = 181$) ($6,7 \pm 1,2$ vs. $6,9 \pm 1,1$) välillä, kun ryhmät oli erotettu puristusvoiman mukaan. Ryhmän 2 ammuntatuloksien keskiarvot olivat 3,5 % paremmat kuin ryhmällä 1 ja vastaavasti ryhmän 3

tulokset olivat 3,4 % paremmat kuin ryhmällä 1. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 5.

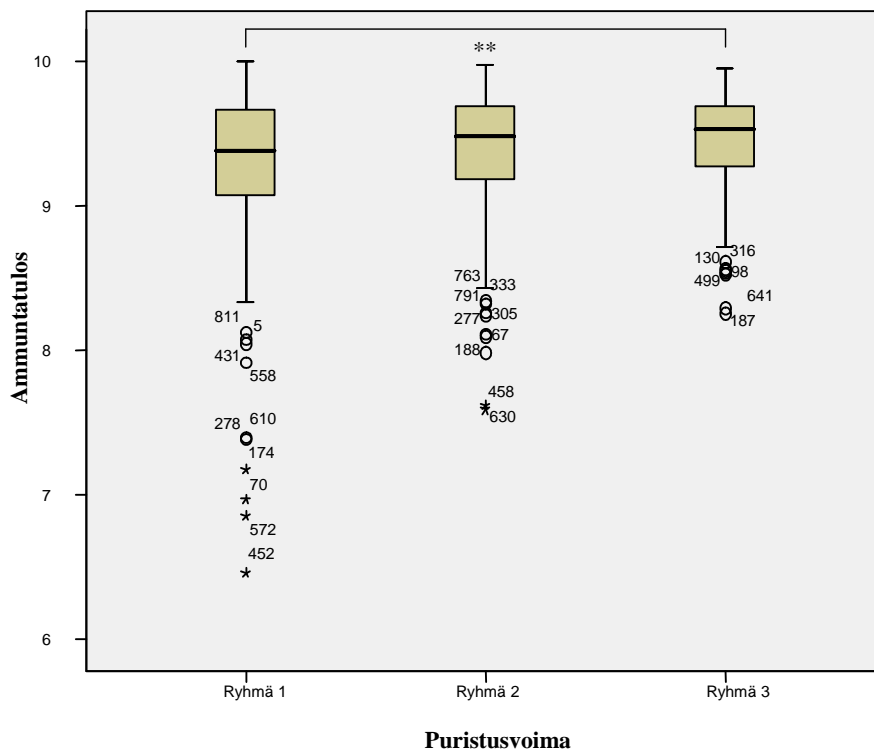


KUVIO 5. RK-pystyammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ryhmittäin puristusvoimalla mitattuihin suorituskvyn tasoihin verrattuna. Palloilla tai tähdillä ja numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,05^*$; $p < 0,001^{***}$)

RK-pystyammunnan osalta analyysiä jatkettiin tarkastelemalla satunnaisotannalla valittujen reserviläisten suorituskvyn yhteyttä ammuntasuoritukseen. Satunnaisotannalla valituista tuloksista valittiin tarkemman tarkastelun kohteeksi 10 parhaita ja 10 heikointa yksilöä maksimaalisen puristusvoiman mukaan. Ammuntatulosten keskiarvot paremman suorituskvyn omaavilla olivat $7,5 \pm 0,9$ ja heikomman suorituskvyn omaavilla $6,6 \pm 0,8$. Vastaavasti maksimaalisten puristusvoimatuloksien keskiarvot olivat parempikuntoisilla $69,0 \pm 5,5$ kg ja heikkokuntoisilla $39,0 \pm 4,0$. Ammuttujen laukausten hajontakuvioiden koot olivat parempikuntoisilla keskiarvillisesti noin pisteringin 6 kokoisia muutamia yksilöitä lukuun ottamatta. Kasojen kokoja määriteltäessä jätettiin huomioimatta selvästi muista laukauksista erillään olleet ns. virhelaukaukset. Vastaavasti heikkokuntoisilla ei esiintynyt, muutamia yksilöitä lu-

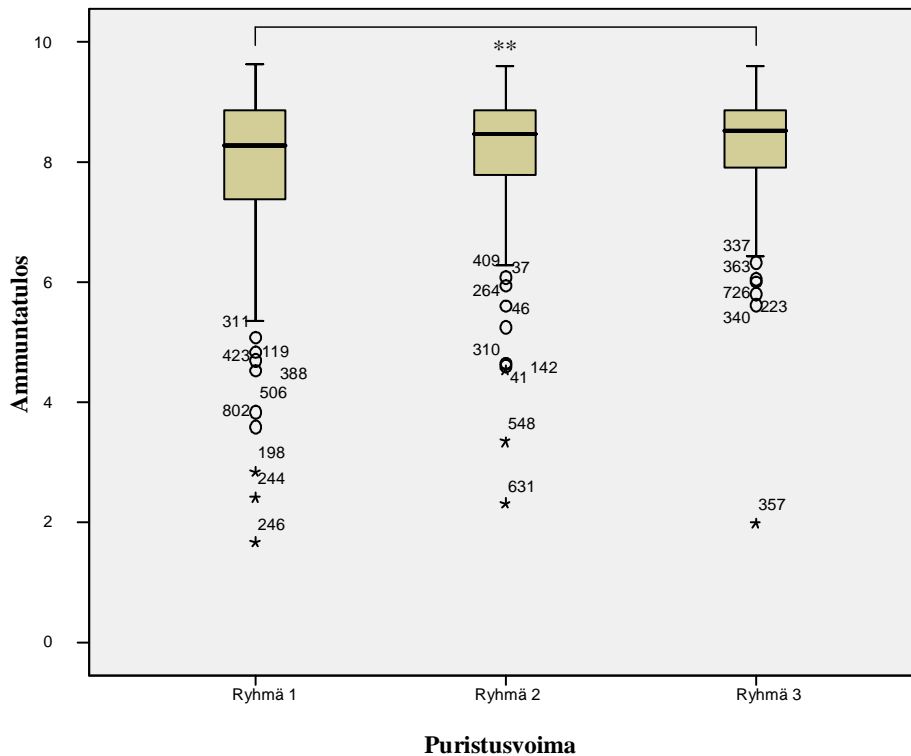
kuun ottamatta, selkeätä kasaa vaan ammutut laukaukset sijaitsivat ympäri taulua. Keskiarvolisesti osumat sijaitsivat noin pisteringin 4 kokoisella alueella. Ammuttujen osumien kasojen kokojen vertailuun käytettiin RK-ampumataulu nro.1:n pisterinkien pinta-aloja. Heikkokuntoisilla oli aseiden liike tähtäämisen aikana ennen liipaisua huomattavasti laajempaa kuin parempikuntoisilla, eikä aseiden liike rauhoittunut mainittavasti liipaisuhetken lähestyessä. Puristusvoimatuloksiltaan heikkotasoisemmilla tapahtui myös enemmän laukaisuvirheitä, joilla tarkoitetaan osuman poikkeamaa ennen liipaisua vallitsevasta tähtäyspisteestä ja jälkipidon heikkoutta. Vastaavasti puristusvoimasuorituskyvyltään parempikuntoisilla oli aseiden liike huomattavasti pienempää juuri ennen laukaisuhetkeä ja sen jälkeen. Mahdollinen kokemusero ammunnessa poissuljettiin jättämällä tarkastelun ulkopuolelle yksilöt, jotka harrastivat ammuntaa. Liitteessä 2 on esitetty ampujien ampumataulut osumineen sekä ampujien yksittäisen laukauksen aikaiset aseiden liikkeet tähtäyksen aikana.

Rynnäkkökivääriammuntatulokset makuulta erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) ryhmien 1 ja 3 ($9,3 \pm 0,5$ vs. $9,5 \pm 0,4$) välillä, kun ryhmät olivat erotettu puristusvoiman mukaan. Ryhmän 3 ammuttuloksien keskiarvot olivat 1,7 % paremmat kuin ryhmällä 1. Ammuttuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 6.



KUVIO 6. RK-makuuammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ryhmittäin puristusvoimalla mitattuihin suorituskyvyn tasoihin verrattuna. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,01^{**}$)

Pistooliammuntatulokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) ryhmien 1 ja 3 ($8,0 \pm 1,2$ vs. $8,4 \pm 0,9$) välillä, kun ryhmät olivat erotettu puristusvoiman mukaan. Ryhmän 3 ammuntatulokset olivat keskiarvoltaan 4,4 % paremmat kuin ryhmän 1 tulokset. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 7.



KUVIO 7. Pistooliammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) puristusvoimalla mitattuihin suorituskvyn tasoihin verrattuna. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,01^{**}$)

8.5.2 Lihaskunto

Ammuntatulokset rynnäkkökiväärillä pystystä ja makuulta sekä pistoolilla eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$) istumaan nousulla, etunojapunnerruksella, toistokyykityksellä ja $VO_2\text{max}$:lla mitattujen suorituskvyn tasojen suhteen. Ammuntatuloksien keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty taulukossa 4.

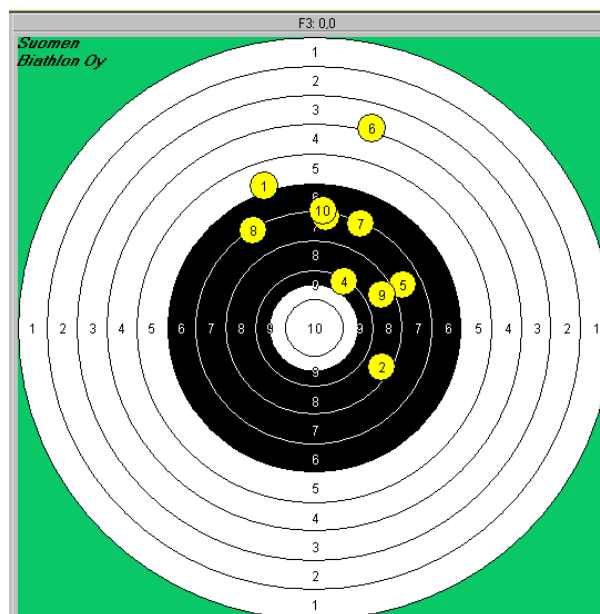
TAULUKKO 4. Ammuntatuloksien keskiarvot, keskihajonnat ja otokset verrattaessa niitä istumaan nousuliikkeellä mitattujen suorituskyvyn tasoa kuvaavien ryhmien välillä.

	<i>Ryhmä 1</i>	<i>Ryhmä 2</i>	<i>Ryhmä 3</i>
<i>Ammuntojen parametrit istumaan nousun suhteen</i>	<i>(n = 376)</i>	<i>(n = 120)</i>	<i>(n = 224)</i>
RK-pystyammunta	6,8 ± 1,2	6,9 ± 1,2	6,8 ± 1,2
RK-makuuammunta	9,4 ± 0,5	9,4 ± 0,5	9,3 ± 0,6
Pistooliammunta	8,1 ± 1,1	8,1 ± 1,3	8,2 ± 1,1
<i>Ammuntojen parametrit etunojapunnerruksen suhteen</i>	<i>(n = 429)</i>	<i>(n = 56)</i>	<i>(n = 161)</i>
RK-pystyammunta	6,8 ± 1,2	6,7 ± 1,2	6,9 ± 1,2
RK-makuuammunta	9,4 ± 0,5	9,3 ± 0,9	9,4 ± 0,4
Pistooliammunta	8,1 ± 1,1	8,0 ± 1,3	8,3 ± 1,0
<i>Ammuntatuloksien parametrit toistokykykistykseen suhteen</i>	<i>(n = 263)</i>	<i>(n = 260)</i>	<i>(n = 144)</i>
RK-pystyammunta	7,0 ± 1,2	6,8 ± 1,3	6,9 ± 1,2
RK-makuuammunta	9,3 ± 0,5	9,3 ± 0,6	9,4 ± 0,4
Pistooliammunta	8,1 ± 1,2	8,1 ± 1,2	8,2 ± 1,0
<i>Ammuntatuloksien parametrit VO₂max:n suhteen</i>	<i>(n = 397)</i>	<i>(n = 211)</i>	<i>(n = 108)</i>
RK-pystyammunta	6,8 ± 1,2	6,8 ± 1,3	6,8 ± 1,2
RK-makuuammunta	9,3 ± 0,5	9,3 ± 0,6	9,3 ± 0,6
Pistooliammunta	8,2 ± 1,1	8,1 ± 1,2	8,1 ± 1,2

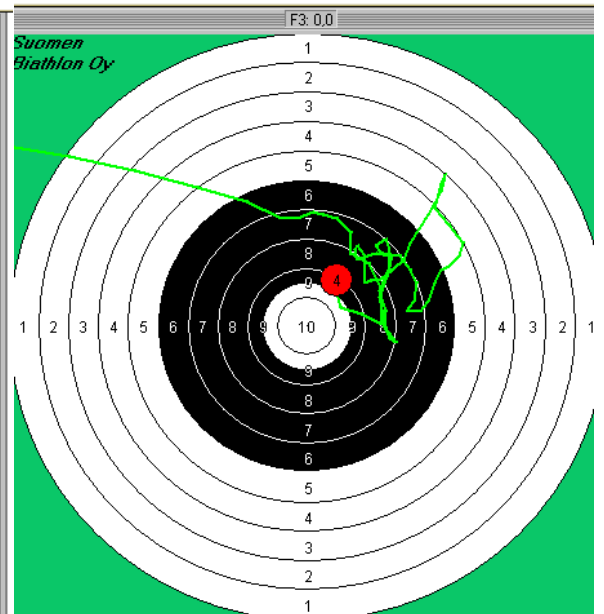
RK-pystyammunnan osalta analyysiä jatkettiin tarkastelemalla satunnaisotannalla valittujen reserviläisten suorituskyvyn yhteyttä ammuntauoritukseen. Satunnaisotannalla valituista tuloksista valittiin tarkemman tarkastelun kohteeksi 10 parhaita ja 10 heikointa yksilöä etunojapunnerrusliikkeessä. Ammuntatulosten keskiarvot paremman suorituskyvyn omaavilla olivat $7,3 \pm 0,9$ ja heikomman suorituskyvyn omaavilla $6,1 \pm 1,4$. Vastaavasti punnerrustuloksien keskiarvot olivat parempikuntoisilla 54 ± 5 krt/min ja heikompikuntoisilla 7 ± 4 krt/min. Ammuttujen laukausten hajontakuvioiden koot olivat parempikuntoisilla keskiarvillisesti

noin pisteringin 6 kokoisia (kuvio 8a), muutamia virhelaukauksia lukuun ottamatta. Vastavasti heikkokuntoisilla ei esiintynyt, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, selkeätä kasaa vaan ammutut laukaukset sijaitsivat ympäri taulua (kuvio 9a). Keskiarvillisesti osumat sijaitsivat noin pisteringin 4 kokoisella alueella. Ammuttujen osumien kasojen kokojen vertailuun käytettiin RK-ampumataulu nro.1:n pisterinkien pinta-aloja. Aseen liikkeet tähtäämisen aikana ennen liipaisuhetkeä olivat heikkokuntoisilla huomattavasti laajempia, eikä aseen liikkeet rauhoittuneet mainittavasti liipaisuhetken lähestyessä (kuvio 9b). Heillä tapahtui myös enemmän laukaisuvirheitä, joilla tarkoitetaan osuman poikkeamaa ennen liipaisua vallitsevasta tähtäyspisteestä ja jälkipidon heikkoutta. Vastavasti punnerrussuorituskyvyltään parempikuntoisilla olivat aseen liikkeet huomattavasti pienempiä ennen laukaisuhetkeä ja sen jälkeen (kuvio 8b) Mahdollinen kokemusero ammunassa pois suljettiin jättämällä tarkastelun ulkopuolelle yksilöt, jotka harrastivat ammuntaa. Liitteessä 3 on esitetty ampujien ampumataulut osumineen ja ampujien yksittäisten laukauksien aseen liikkeet ennen liipaisuhetkeä ja sen jälkeen.

8a.

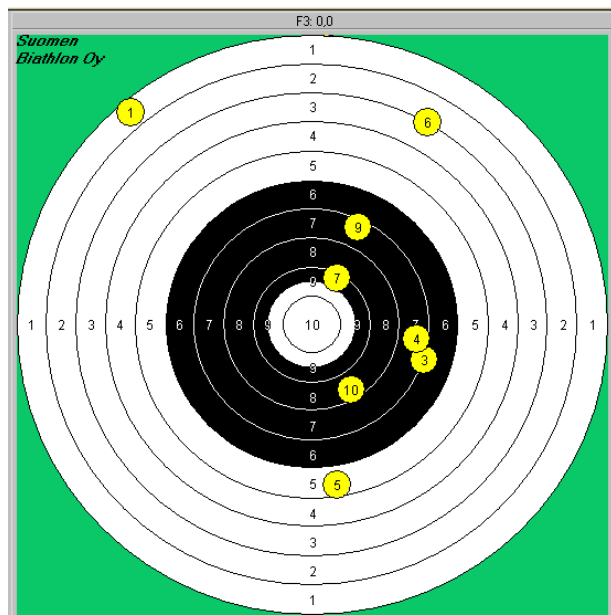


8b.

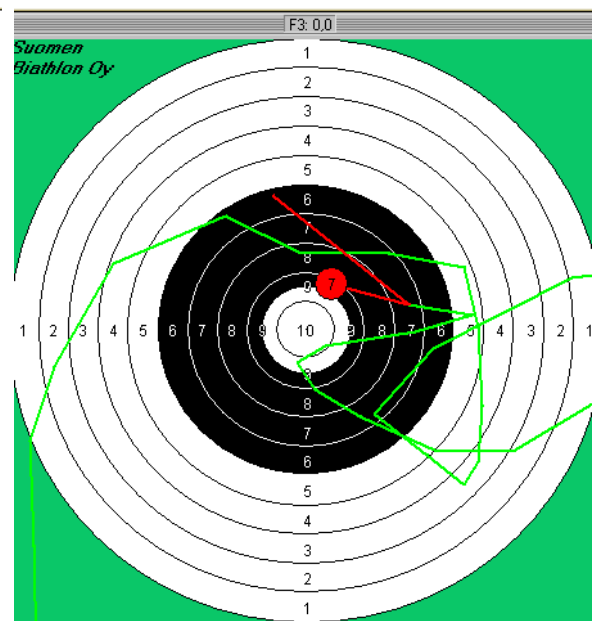


KUVIO 8. a. ja 8b. Esimerkkitaulut osumien hajontakuviosta ja aseen liikkeestä alkaen 3 s ennen liipaisuhetkeä punnerrussuorituskykytason yläpäässä olevan reserviläisen ammuntasuorituksesta RK-pystyammunnassa. Vihreä viiva kuviossa 8b, kuvaa aseen liikettä tähtäyksen aikana.

9a.



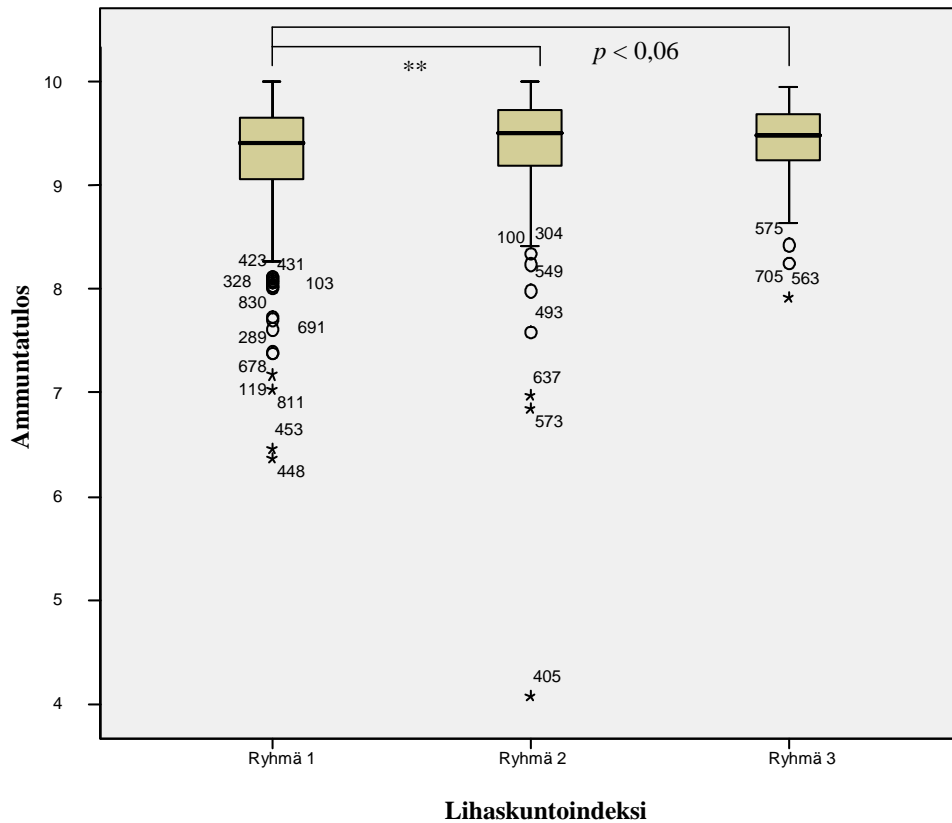
9b.



KUVIO 9. a. ja 9b. Esimerkkitaulut osumien hajontakuviosta ja aseenn liikkeestä alkaen 3 s ennen liipaisuhetkeä punnerrussuorituskykytason alapäässä olevan reserviläisen ammunntasuoritukselta RK-pystyammunnassa. Vihreä viiva kuviossa 9b kuvaa aseenn liikettä tähtäyksen aikana ja punainen viiva kuvaa aseenn liikettä liipaisuhetken jälkeen 0,3 s ajalta.

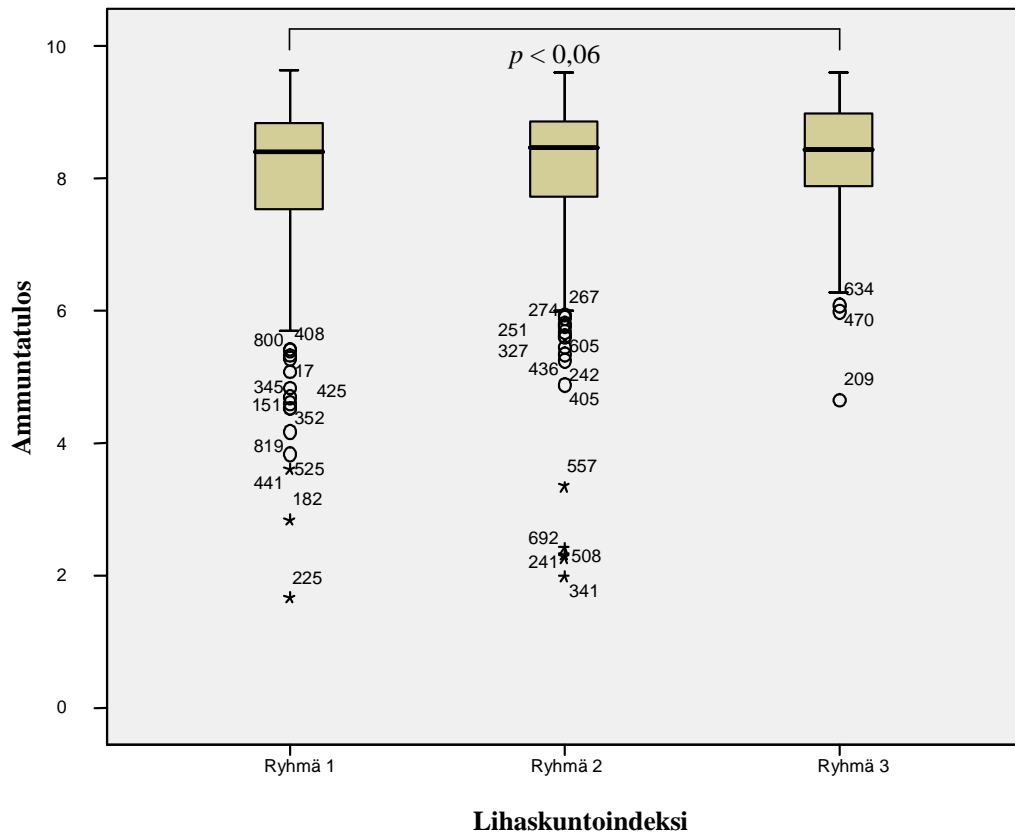
Rynnäkkökivääriammunnan tulokset pystystä eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$) ryhmien välillä, kun ryhmät olivat erotettu LKI:n mukaan. Ryhmän 1 ($n = 398$) ammunntatulokset olivat $6,7 \pm 1,2$, ryhmän 2 ($n = 235$) ammunntatulokset olivat $6,8 \pm 1,2$ ja ryhmän 3 ($n = 128$) ammunntatulokset olivat $7,0 \pm 1,2$.

Rynnäkkökivääriammuntatulokset makuulta erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) ryhmien 1 ($n = 398$) ja 2 ($n = 235$) ($9,3 \pm 0,5$ vs. $9,4 \pm 0,6$) välillä sekä ryhmien 1 ja 3 ($n = 128$) ($9,3 \pm 0,5$ vs. $9,4 \pm 0,4$) välillä lähes tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,06$), kun ryhmät olivat erotettu LKI:n mukaan. Ensimmäisessä tapauksessa ryhmän 2 ammunntatuloksien keskiarvot olivat 0,9 % paremmat kuin ryhmällä 1. Vastaavasti ryhmän 3 ammunntatuloksien keskiarvot olivat 1,4 % paremmat kuin ryhmällä 1. Ammunntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 10.



KUVIO 10. RK-makuammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ryhmittäin lihaskuntoindeksillä mitattuihin suorituskypvyn tasoihin verrattuna. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,01^{**}$)

Pistooliammuntatulokset erosivat lähes tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,06$) ryhmien 1 ($n = 398$) ja 3 ($n = 128$) ($8,1 \pm 1,1$ vs. $8,4 \pm 0,9$) välillä, kun ryhmät olivat erotettu LKI:n mukaan. Ryhmän 3 ammuntatulokset olivat keskiarvoltaan 3,5 % paremmat kuin ryhmän 1 ammuntatulokset. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 11.



KUVIO 11. Pistooliammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ryhmittäin lihaskuntoindeksillä mitattuihin suorituskyvyn tasoihin verrattuna. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia.

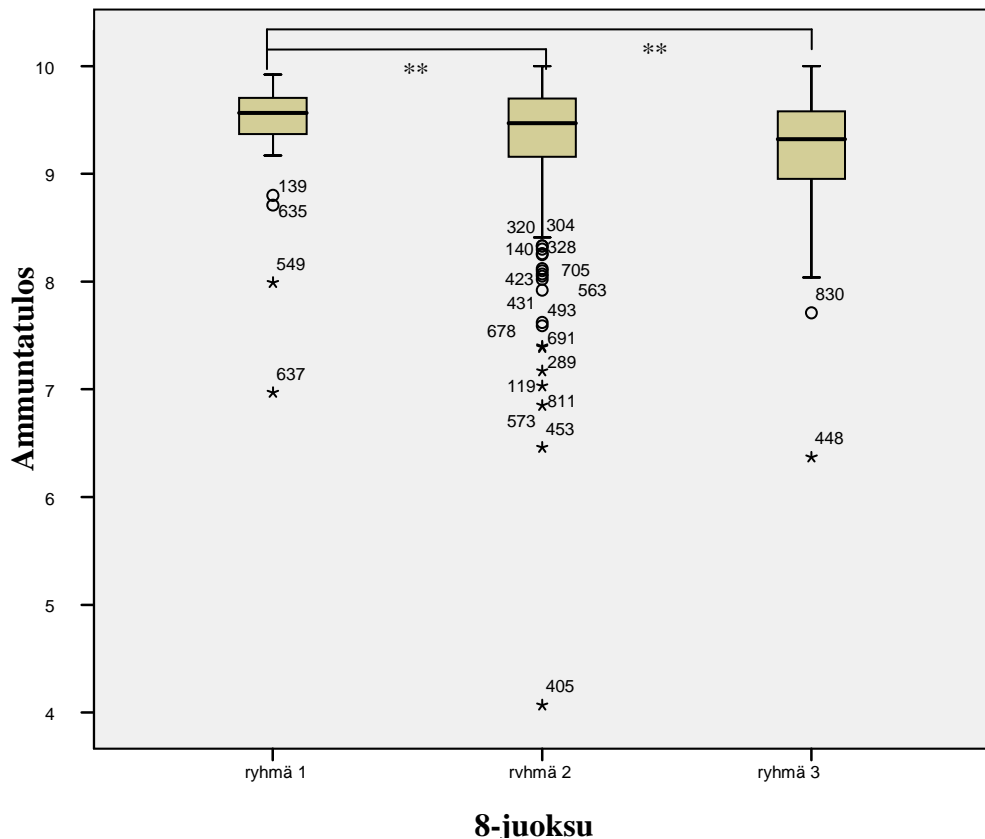
Rynnäkkökivääriammuntatulokset pystystä ja pistooliammuntatulokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$) 8-juoksun suoritusaikojen perusteella luokiteltujen ryhmien välillä. Ammuntatuloksien keskiarvot on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Ammuntatuloksien keskiarvot ja keskihajonnat 8-juoksun suoritusaikojen perusteella mitattujen suorituskyvyn tasojen kuvaavien ryhmien välillä.

Ammuntatuloksien parametrit	Ryhmä 1 (n = 44)	Ryhmä 2 (n = 600)	Ryhmä 3 (n = 99)
RK-pystyammunta	7,0 ± 0,9	6,8 ± 1,2	6,6 ± 1,3
Pistooliammunta	8,2 ± 1,0	8,1 ± 1,2	7,9 ± 1,1

Rynnäkkökivääriammuntatulokset makuulta erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) ryhmien 1 (n = 44) ja 3 (n = 99) ($9,5 \pm 0,5$ vs. $9,2 \pm 0,5$) sekä ryhmien 2 (n = 600) ja 3

($9,4 \pm 0,5$ vs. $9,2 \pm 0,5$) välillä, kun ryhmät oli erotettu 8-juoksun suoritusajojen mukaan. Ryhmän 3 ammuttulokset olivat 2,5 % heikommät kuin ryhmällä 1. Vastaavasti ryhmän 3 ammuttulokset olivat 1,5 % heikommät kuin ryhmällä 2. Ammuttuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 12.



KUVIO 12. RK-makuuammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ryhmittäin 8-juoksun suoritusajoilla luokiteltujen ryhmien välillä. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,01^{**}$)

8.5.3 Fyysisen suorituskyvyn -indeksi

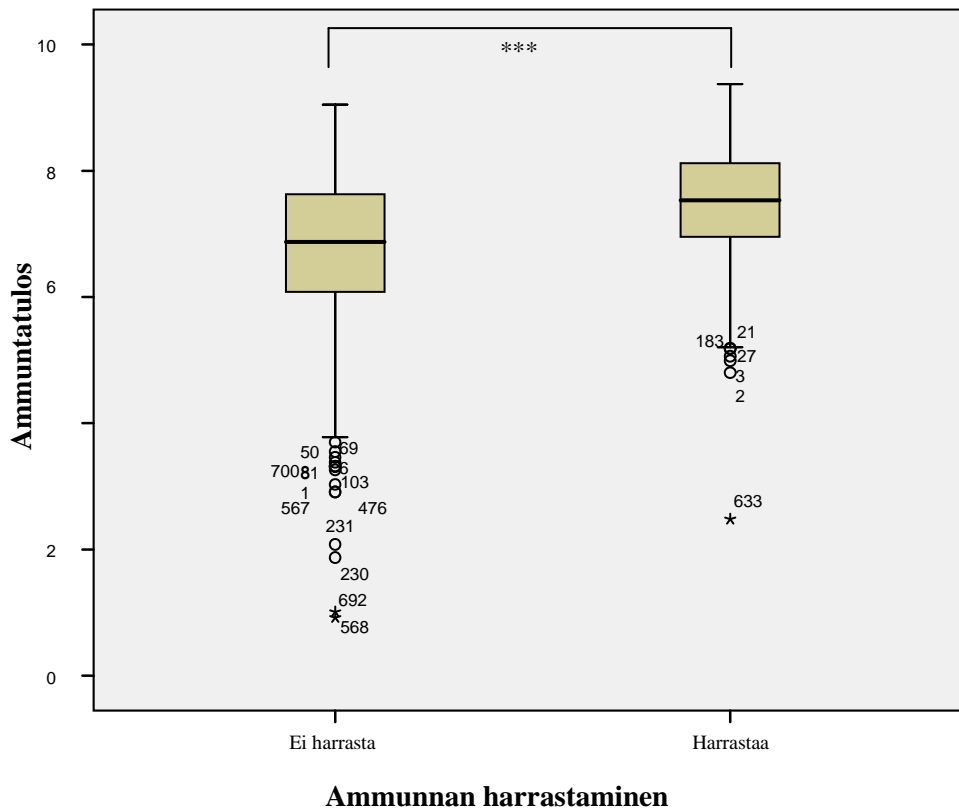
Ammuntatulokset rynnäkkökiväärillä pystystä ja makuulta sekä pistoolilla eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$) FSK-indeksillä mitattujen suorituskyvyn tasoa kuvaavien ryhmien välillä. Ammuttuloksien keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Ammuntatuloksien keskiarvot ja keskihajonnat fyysisellä suorituskyky - indeksillä mitattujen suorituskyvyn tasoa kuvaavien ryhmien välillä.

<i>Ammuntatuloksien parametrit</i>	<i>Ryhmä 1 (n = 421)</i>	<i>Ryhmä 2 (n = 202)</i>	<i>Ryhmä 3 (n = 97)</i>
RK-pystyammunta	6,8 ± 1,2	6,8 ± 1,2	6,9 ± 1,2
RK-makuuammunta	9,3 ± 0,5	9,4 ± 0,6	9,4 ± 0,4
Pistooliammunta	8,1 ± 1,1	8,2 ± 1,2	8,3 ± 1,0

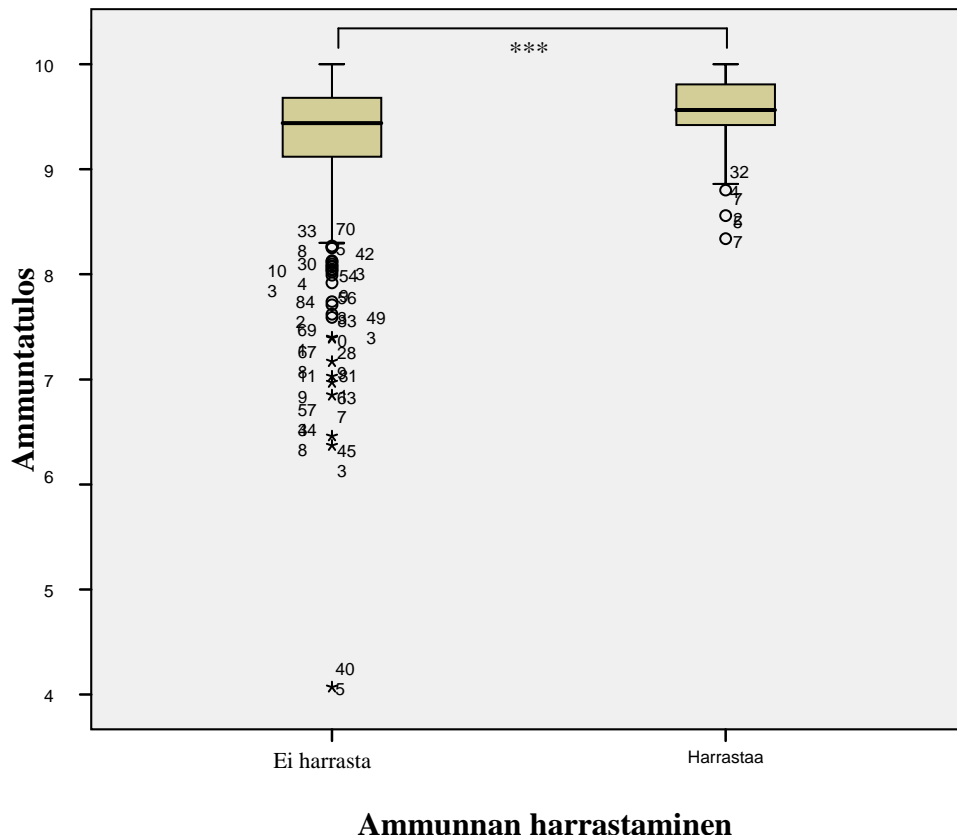
8.6 Ammunnan harrastamisen yhteys ampumasuoritukseen

Rynnäkkökivääriammunnan tulokset pystystä erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) ammuntaa harrastavien ($n = 82$) ja ammuntaa harrastamattomien ($n = 681$) ($7,4 \pm 1,2$ vs. $6,7 \pm 1,2$) välillä. Ammuntaa harrastavat ampuivat keskiarvollisesti 9,4 % paremmin kuin ne, jotka eivät harrastaneet ammuntaa. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 13.



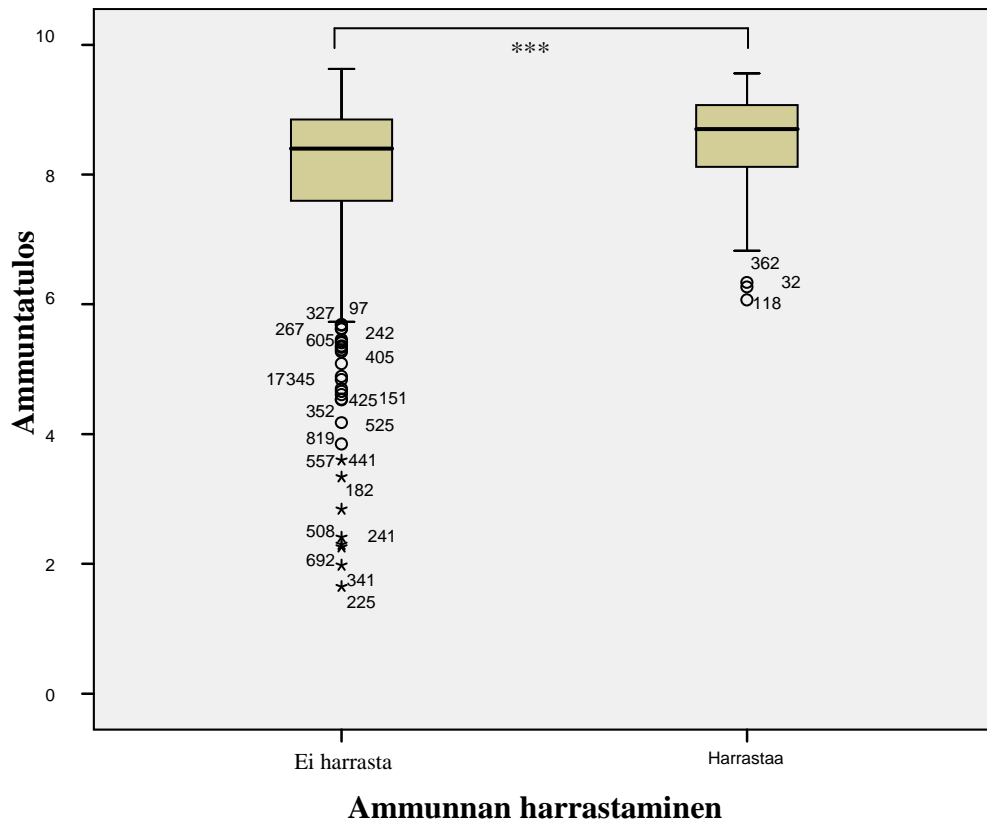
KUVIO 13. RK-pystyammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ammunnan harrastuneisuudella luokiteltujen ryhmien mukaan. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,001$ ***)

Rynnäkkökivääriammunnan tulokset makuulta erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) ammuntaa harrastavien ja ammuntaa harrastamattomien ($9,6 \pm 0,3$ vs. $9,3 \pm 0,5$) välillä. Ammuntaa harrastavat ampuivat keskiarvollisesti 2,5 % paremmin kuin ne, jotka eivät harrastaneet ammuntaa. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 14.



KUVIO 14. RK-makuuammuntatulosten mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ammunnan harrastuneisuudella luokiteltujen ryhmien mukaan. Paloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,001$ ***)

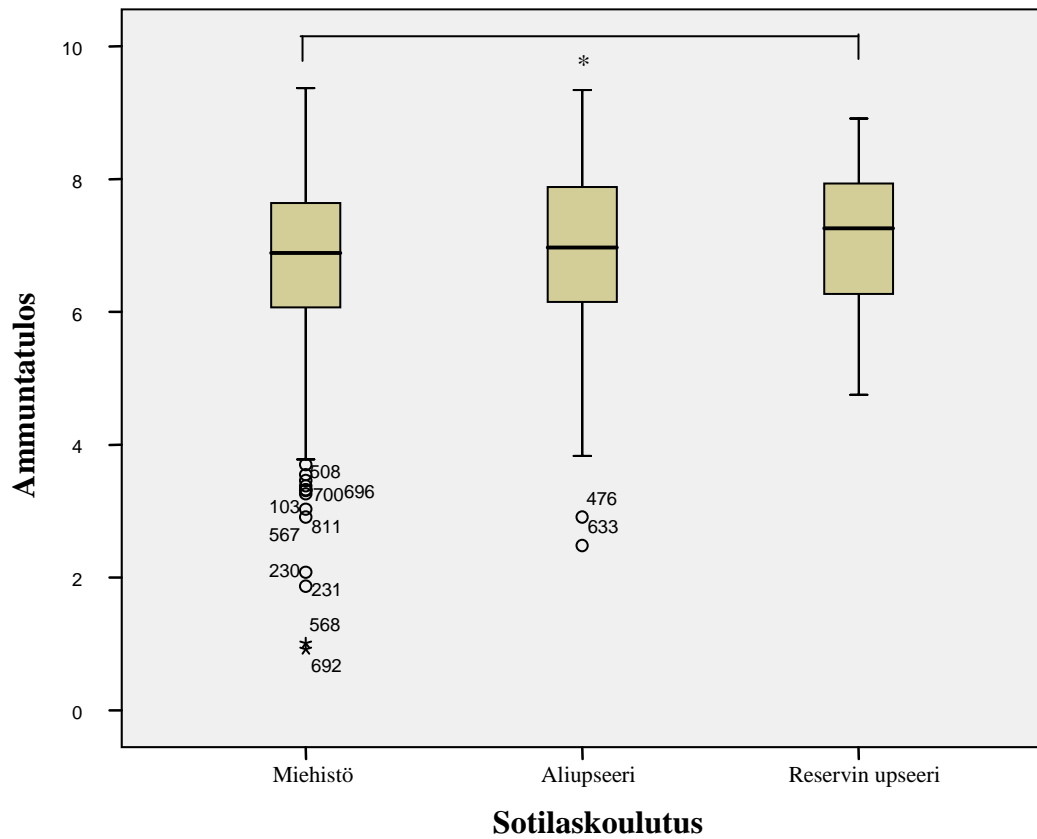
Pistooliammuntatulokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) ammuntaa harrastavien ja ammuntaa harrastamattomien ($8,5 \pm 0,8$ vs. $8,1 \pm 1,2$) välillä. Ammuntaa harrastavat ampuivat keskiarvollisesti 5,2 % paremmin kuin ne, jotka eivät harrastaneet ammuntaa. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 15.



KUVIO 15. Pistooliammuntatulosten mediaanit ja luottamusvälit (95 %) ammunnan harrastuneisuudella luokiteltujen ryhmien mukaan. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,001^{***}$)

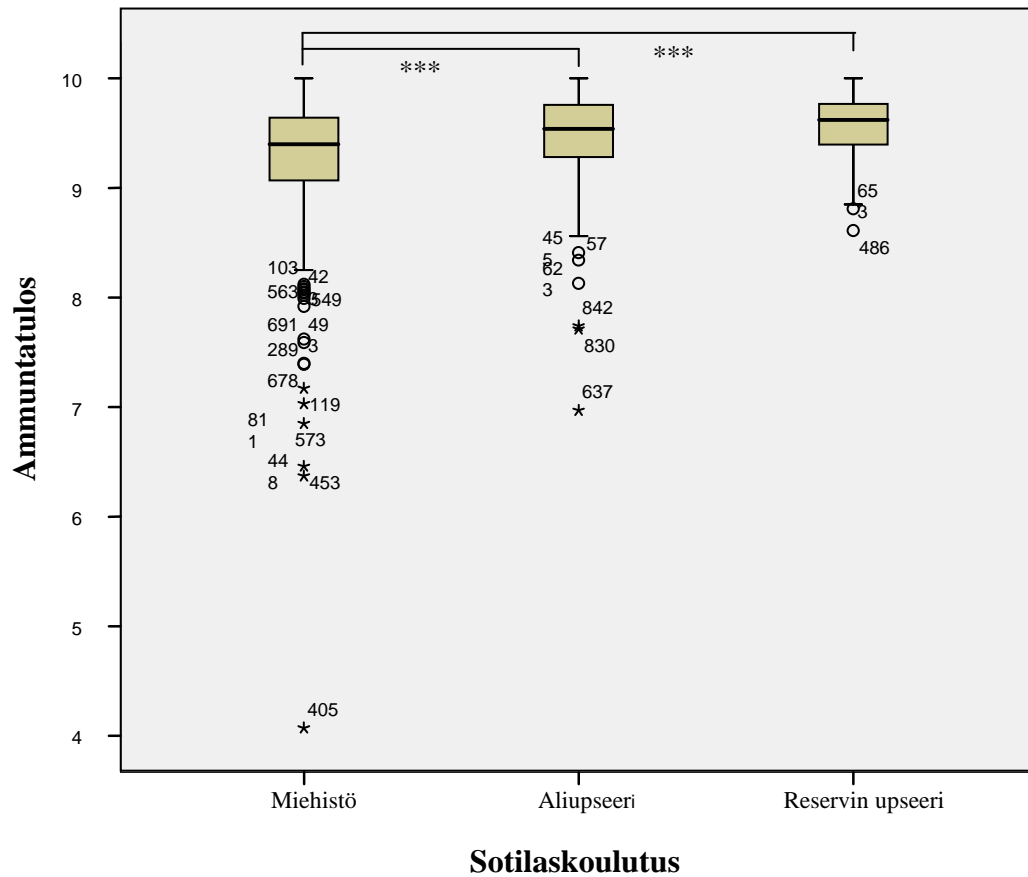
8.7 Sotilaskoulutuksen yhteys ammuntasuoritukseen

RK-ammuntatulokset pystystä erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($r < 0,05$) reservin upseerien ($n = 67$) ja miehistön ($n = 520$) ($7,2 \pm 1,0$ vs. $6,7 \pm 1,3$) välillä. Reservin upseerikoulutuksen saaneet ampuivat 6,8 % paremmin kuin miehistökoulutuksen saaneet. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 16.



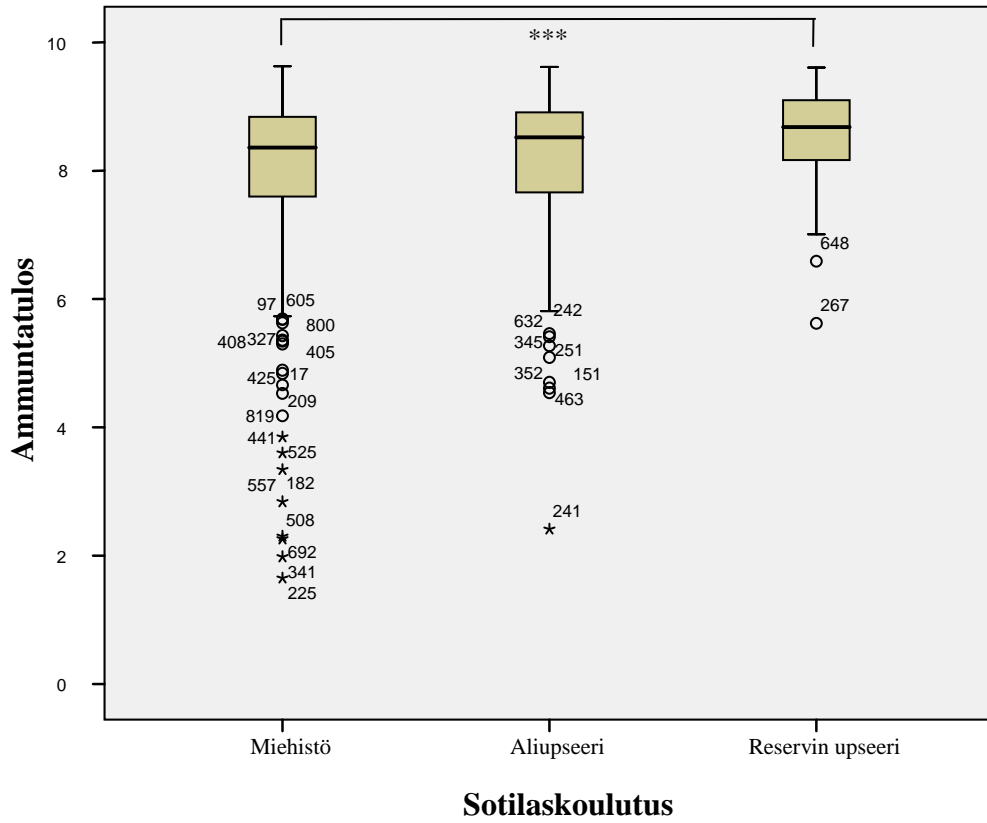
KUVIO 16. RK-pystyammunnan mediaanit ja luottamusvälit (95 %) sotilaskoulutuksella luokiteltujen ryhmien mukaan. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,05^*$)

RK-ammuntatulokset makuulta erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($r < 0,001$) reservin upseerien ja miehistö ($9,5 \pm 0,3$ vs. $9,3 \pm 0,6$) sekä aliupseerien ($n = 188$) ja miehistön ($9,4 \pm 0,4$ vs. $9,3 \pm 0,6$) välillä. Reservin upseerikoulutuksen saaneet ampuivat 2,5 % paremmin kuin miehistökoulutuksen saaneet ja vastaavasti aliupseerikoulutuksen saaneet ampuivat 1,7 % paremmin kuin miehistökoulutuksen saaneet. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 17.



KUVIO 17. RK-makuuammunnan mediaanit ja luottamusvälit (95 %) sotilaskoulutuksella luokiteltujen ryhmien perusteella. Paloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,001$ ***)

Pistooliammuntatulokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($r < 0,001$) reservin upseerien ja miehistön ($8,4 \pm 0,9$ vs. $8,1 \pm 1,2$) välillä. Reservin upseerikoulutuksen saaneet ampuivat 4,2 % paremmin kuin miehistökoulutuksen saaneet. Ammuntatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) on esitetty kuviossa 18.



KUVIO 18. Pistooliampumatuloksien mediaanit ja luottamusvälit (95 %) sotilaskoulutuksella luokiteltujen ryhmien perusteella. Palloilla tai tähdillä sekä numeroilla merkityt tulokset olivat poikkeuksellisen pieniä tuloksia. ($p < 0,001$ ***)

9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko fyysisellä suorituskyyvällä yhteyttä ampumataitton ammuttaessa Eko Aims -aseilla ja voidaanko mahdollista yhteyttä selittää aseenn liikkeen ja osumien kasan koon perusteella. Tutkimuksen hypoteeseina olivat, että fyysisellä suorituskyyvällä on suora yhteys ampumatulokseen ammuttaessa ampuma-assennoista maaten ja seisten sekä, että fyysisen suorituskyyvyn yhteys näkyy tähtäyksen aikaisen aseenn liikkeen ja osumien kasan koon perusteella.

Tämän tutkimuksen päätulokset osoittivat että:

1. Ammunta Eko Aims -aseilla näyttäisi erottelevan ammunnan harrastajat muista koehenkilöistä. Ammuntaa harrastavat ampuivat tilastollisesti merkitsevästi paremmin kuin ammuntaa harrastamattomat. Rynnäkkökivääriammunnassa pystystä erot olivat 9,4 %, rynnäkkökivääriammunnassa makuulta 2,5 % ja pistooliammunnassa 5,2 %.
2. Pidempi sotilaskoulutusaika ja mahdollisesti kertausharjoituspäivien suurempi määrä voivat olla syynä sotilaskoulutuksen muodostamiin eroihin ammutatuloksissa. Reservin upseerit ampuivat RK-pystyammunnassa 6,8 %, RK-makuuammunnassa 2,5 % ja pistooliammunnassa 4,2 % paremmin kuin miehistöön kuuluvat.
3. Maksimaalinen puristusvoimamittaus nousi vahvimaksi mittariksi selittämään ammutatuloksia kaikilla ammutatavoilla sekä niiden summamuuttujalla. Ryhmien väliset puristusvoimatasojen erot vaikuttivat vahvimmillaan rynnäkkökivääriammuntaan pystystä 3,5 %, rynnäkkökivääriammuntaan makuulta 1,7 % ja pistooliammuntaan 4,4 %.
4. Fyysisellä suorituskyyvällä näyttäisi oleva hyvin heikko, mutta tilastollisesti merkitsevä yhteys ampumatuloksiin ammuttaessa Eko Aims -aseella pystystä ja makuulta. Lihaskuntoindeksillä, puristusvoimalla, etunojapunnerruksella ja 8-juoksulla näyttäisi olevan vahvimmat yhteydet ampumatuloksiin, jotka jäivät myös merkitysasteeltaan erittäin heikoiksi.
5. Vertailtaessa etunojapunnerruksella ja maksimaalisella puristusvoimalla määriteltyjä fyysisen suorituskyyvyn tasojen ääripäitä RK-pystyampumasuorituksen kanssa oli

heikkokuntoisilla heikompi kontrolli asean pitoon tähtäyksen aikana ja myös osumien hajontakuviot olivat keskiarvallisesti suurempia kuin satunnaisesti valituilla huippukuntoisilla.

9.1 Kehon koostumuksen yhteys ampumataitoon

Kehon koostumuksella ei näyttäisi tämän tutkimuksen mukaan olevan suoraa yhteyttä ampumatuloksiin. Kehon painolla, vyötärön ympäryksellä ja rasvaprosentilla oli kuitenkin vahvat negatiiviset korrelaatiot VO₂max:n ($r = -0,45^{***}$, $r = -0,55^{***}$, $r = -0,62^{***}$) ja LKI:n ($r = -0,13^{***}$, $r = -0,24^{***}$, $r = -0,40^{***}$) kanssa sekä vahva positiivinen korrelaatio 8-juoksun ($r = 0,25^{***}$, $r = 0,33^{***}$, $r = 0,46^{***}$) kanssa. Vaikka kehon koostumuksella ei ollut tässä tutkimuksessa yhteyttä ampumataitoon, voivat kehon koostumuksen yhteydet LKI:n, VO₂max:n ja 8-juoksun kanssa muodostaa erittäin heikkoja epäsuoria yhteyksiä ampumataidon kanssa.

Useiden tutkimusten mukaan tasapainolla on erittäin vahva yhteys onnistuneeseen ammunta-suoritukseen (Aalto ym. 1990; Ball ym. 2003a; Mononen ym. 2007). Huen ym. (2007) mukaan painon vaikutus tasapainon varianssista selitti silmät auki suoritettua tasapainomittauksesta 52 % ja silmät kiinni suoritettua mittauksesta 54 %. Tasapainon heikkenemisellä ja painon nousulla näyttäisikin olevan vahva korrelaatio. Näihin väitteisiin perustuen voi tässä tutkimuksessa todettu heikkokuntoisten heikompi ampumataito selittyä osin kehon koostumuksen ja tasapainon välisestä negatiivisesta yhteydestä.

9.2 Aerobisen kestävyyyden yhteys ampumataitoon

Pp-ergometrillä suoritettulla VO₂max mittauksella ei ollut tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevää lineaarista yhteyttä ampumataidon kanssa. FSK-indeksillä, josta maksimaalinen hapenottokyky muodostaa viidesosan oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä yhteys sekä RK-makuuammunnan ($r = 0,10^{**}$) että pistooliammunnan ($r = 0,08^*$) kanssa. Yhteydet jäivät kuitenkin hyvin alhaisiksi.

VO₂max:lla oli tässä tutkimuksessa vahva yhteys LKI:n ($r = 0,45^{***}$) kanssa, joka osoittaa sen, että ainakin tässä tutkimuksessa hyvän hapenottokyvyn omaavilla oli myös hyvä lihas-kunto. Aikaisempien tutkimusten (Rinkinen 2004; Haapasaari 2008) mukaan kestävyys ja voimaominaisuudet eivät ole toisiaan poissulkevia ominaisuuksia ja niiden on osoitettu myös

parantavan toisiaan. Maksimaalista hapenottokykyä parantava harjoittelu parantaa lihasten hapenotto-ominaisuuksia kasvattamalla hiusverisuonistoa lihaksien ympärille, parantaa lihasten energiantuotto-ominaisuuksia ja voi jopa lisätä voimantuotto-ominaisuuksia. Nämä kaikki ominaisuudet ovat tärkeitä, joita tarvitaan myös ammuttaessa kiväärillä tai pistoolilla. Ampuma-asentojen hallinnassa on kehon staattisella tasapainolla ja ylävartalon isometrisillä voimaominaisuuksilla merkittävä osuus. Joten voidaan olettaa, että $VO_2\text{max}$ voi osaltaan edesauttaa muiden ominaisuuksien kautta myös ampumataitoa, vaikka suoraa yhteyttä ei löytynyt ainakaan tässä tutkimuksessa.

9.3 Lihaskestävyuden yhteys ampumataitoon

Lihaskuntoindeksillä oli tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevä, mutta melko heikko yhteys RK-pystyammuntatuloksiin ($r = 0,07^*$), RK-makuuammuntatuloksiin ($r = 0,12^{**}$) ja pistooliampumatuloksiin ($r = 0,09^*$). Vastaavasti kaikkia ammuntoja kuvaavaan ammuntojen yhteistuloksen ei LKI:llä ollut tilastollista merkitsevyyttä. LKI kuvastaa hyvin koko kehon lihaskestävyyttä, sillä sen sisällyttämät liikkeet puristusvoima, istumaan nousu, etunojapunnerrus ja toistokyykistys mittaavat kokonaisvaltaisesti koko vartalon lihasten suorituskykyä. LKI:n yhteydet ammuntatuloksiin kertovat siitä, että kokonaisvaltaisesti paremmassa fyysisessä kunnossa olevalla on myös paremmat edellytykset pitää sekä ampuma-asennot että aseiden hallinta koossa koko ampumasuorituksen ajan, sillä ampuma-asennoissa on hallittava lähes kaikki vartalon lihakset oikealla tavalla. Kuitenkin ammuntojen yhteistuloksen ja LKI:n yhteyksien jääminen tilastollisesti merkitsemättömäksi osoittaa sen, että ammuntatapahtumat eroavat merkitsevästi toisistaan ja lihaskunnon yhteyttä yleiseen ampumataitoon ei voida juurikaan selittää lihaskuntoindeksillä.

Istumaan nousulla ei ollut yksinään tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ampumataitoon, mutta osana yhdistettyä LKI:ä oli sillä osaltaan yhteys ampumatuloksiin. Keskivartalon lihaksien dynaamisella kestävyydellä ei näyttäisi olevan minkäänlaista lineaarista yhteyttä ampumatuloksiin vaikka voidaan olettaa, että tasapainoisen ampuma-asennon säilyttämiseen tarvitaan keskivartalon lihaksien toimintakyvyn aktiivisuutta. Toisaalta ampuma-asennossa tulee olla mahdollisimman liikkumattomassa tilassa, joten keskivartalon lihaksien isometrinen voimantuotto ja kestävyys voisivat olla ratkaisevammassa osassa.

Etunojapunnerruksella oli tilastollisesti merkitseviä, mutta erittäin heikkoja yhteyksiä RK-ampumatuloksiin makuulta ($r = 0,11^{**}$) ja pistooliampumatuloksiin ($r = 0,08^*$) sekä tilastolli-

sesti lähes merkitsevä yhteys RK-pystyammuntatuloksiin ($r = 0,07$, $p < 0,07$). Etunojapunnerrusliikkeen tarkoituksena on arvioida hartioiden alueen ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä sekä liikettä tukevien vartalonlihasten staattista kestävyyttä (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja 2008). Verrattaessa satunnaisotannalla valittujen reserviläisten punerrussuorituskyvyn tasoa RK-ammuntatuloksiin pystystä selvisi, että heikkokuntoisimpien ja eniten toistoja etunojapunnerrusliikkeessä suorittaneiden välillä oli havaittavissa huomattavia eroja niin aseiden liikkeen laajuudessa ja hallinnassa tähtäyksen aikana kuin osuimien hajonnankin suhteen. Tämä osoittaa sen, että myös RK-pystyammunnalla on yhteyksiä etunojapunnerrustuloksien suhteen, vaikka tilastollista merkitsevyyttä ei löytynyt tässä tutkimuksessa. On myös muistettava, että suorituskyvyn ääripäiden ja ammuntatuloksien välisten yhteyksien tarkastelu osittain tutkijan subjektiivinen kanta silmämääräisesti tehdyn tulkinnan perusteella. Toisaalta hyväkuntoisten ja heikkokuntoisten ($7,3 \pm 0,9$ vs. $6,1 \pm 1,4$) ammuntatulokset erosivat toisistaan merkittävästi. Hyväkuntoiset ampuivat 19,7 % paremmin kuin heikkokuntoiset. Lisäksi satunnaisotannalla valittujen ampujien otos jäi myös melko pieneksi olleen vain 2,5 % kokonaisotoksesta. Suorituskyvyn ja RK-pystyampumatuloksien yhteyksien heikot tilastollisesti merkitsemättömät yhteydet voivat osaksi selittyä pystyampuma-asennon vaativuudella. Tästä syystä mahdolliset ylävartalon fyysisten ominaisuuksien yhteydet eivät nouse esille RK-pystyammunnassa yhtä vahvasti kuin helpommassa RK-makuuammunnassa. Toinen selittävä tekijä voi olla se, että RK-pystyammunnassa ammuttiin vain kilpasarja, joten muihin ammuttoihin verrattuna ei reserviläisillä ollut mahdollisuutta totuttautua ammuntaan kyseisessä ampuma-asennossa yhtä hyvin kuin muissa ammuttamuodoissa.

Toistokyykistyksellä oli tilastollisesti merkitsevä, mutta erittäin heikko yhteys ainoastaan RK-makuuammuntaan ($r = 0,07^*$) ja LKI:n kautta myös muihin ammuttamuotoihin. Toistokyykistysmittauksen tarkoituksena oli arvioida jalkojen lihaksien anaerobista kestävyyttä (Kuntotestaajan käsikirja 2008). Tällä tutkimuksella saavutettu tulos ei tue täysin Barinin (1989) ja Rankinin (2000) oletuksia, joiden mukaan jalkojen voimantuoton tasolla oli yhteyksiä jalkojen lihaksien aktiivisuuteen ja sen kautta parempaan tasapainon hallintaan. Toisaalta jalkojen lihaksien voimantuoton olemattomat yhteydet ampumasuorituksiin seisten voivat selittyä ammuttasuoritusten lyhyen keston perusteella. Tällöin heikot laukaukset selittyvät todennäköisemmin heikomman ampumatekniikan ja ylävartalon suorituskyvyn perusteella.

9.4 Maksimaalisen puristusvoiman yhteys ampumataitoon

Isometrisellä maksimaalisella puristusvoimalla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys RK-ampumatuloksiin pystystä ($r = 0,15^{**}$) ja makuulta ($r = 0,13^{**}$) sekä pistooliammuntaan ($r = 0,14^{**}$). Lisäksi puristusvoima oli ainoa muuttuja, jolla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys ammunnan yhteistuloksen. Tässäkin yhteys jäi hyvin alhaiseksi ($r = 0,18^{***}$), mutta vahvistui hieman verrattaessa yksittäisiin ammuntamuotoihin. Maksimaalinen puristusvoimamittaus mittaa ensisijaisesti käsien maksimaalista puristusvoimaa, mutta osoittaa myös samanaikaisesti yläraajojen, niskan ja hartiasseudun toimintakyvyn tasoa (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja 2008). Ampuma-asennoissa seisten on aseiden painon ja vartalon huojunnasta johtuvan aseiden liikkeen muutokset kyettävä hallitsemaan, jotta aseiden piippu saataisiin pidettyä laukaisuhetken ajan oikeassa linjassa kohti taulua. Tämä vaatii erityisesti RK-pystyammunnassa ylävartalon lihasten isometristä kontrollia ja voimantuottoa, joiden indikaatioina voidaan mielestäni pitää puristusvoimalla mitattua suorituskyvyn tasoa. Käsien puristusvoima oli ainoa yksittäinen muuttuja, jolla oli selvä, vaikkakin verrattain heikko, yhteys ammuntasuorituksiin kaikilla ammuntatavoilla. Yhteyksien prosentuaaliset vaikutukset jäivät kuitenkin erittäin heikoksi (RK-pysty 2,3 %, RK-makuu 1,7 % ja pistooli 2,0 %). Yleisesti ottaen voidaan todeta, että maksimaalisilla puristusvoimatuloksilla voidaan selittää ampumatuloksien tasoa kaikissa ammuntamuodoissa. Tätä oletusta tukee ammuntojen yhteistuloksen vahvempi yhteys maksimaalisen puristusvoiman suhteen kuin yksittäisillä ammuntamuodoilla.

Puristusvoimatasoilla luokiteltujen suorituskykyä kuvaavien ryhmien (hyvä vs. heikko) väliset ammuntatuloksien erot olivat RK-ammunnassa pystystä 3,4 % ja makuulta 1,7 % sekä pistooliammunnassa 4,4 %. Näitä eroja tukevat myös satunnaisotannalla tarkasteltujen yksittäisten ampujien ammuttujen laukausten kasojen koot ja aseiden liikkeet tähtäyksen aikana. Tarkastellessa yksilötasolla puristusvoimatuloksien ääripäiden vaikutuksia RK-pystyampumasuorituksiin havaittiin, että parhaimpia tuloksia puristaneet hallitsivat paremmin aseiden pidon ennen laukaisuhetkeä ja sen jälkeisen jälkipidon. Heidän osumista muodostuneet kasat olivat myös huomattavasti pienemmällä alueella kuin erityisen huonoja arvoja puristaneilla. Hyväkuntoiset ampuivat 13,6 % paremmin kuin heikkokuntoiset.

9.5 Dynaamisen tasapainon yhteys ampumataitoon

Tässä tutkimuksessa reserviläisten dynaamista tasapainoa arvioitiin 8-juoksulla. Sillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys RK-ampumataitoon makuulta ($r = 0,08^*$). Samoin 8-juoksulla luokiteltujen suorituskykyä kuvaavien ryhmien välisistä eroista tilastollisesti merkitseviksi nousivat vain RK-makuuammunnassa ryhmien 3 ja 1 sekä ryhmien 3 ja 2 väliset erot. Ryhmän 3 ammuttulokset olivat ensimmäisessä tapauksessa 2,5 % heikommät kuin ryhmän 1 tulokset ja toisessa tapauksessa 1,5 % heikommät. Eroja oli havaittavissa myös muissa ammuttamuodoissa suoritusaikojen ja ammuttulosten suhteen, joissa erot eivät kuitenkaan nousseet tilastollisesti merkitseviksi. 8-juoksun suoritusaikaa voidaan Carterin ym. (2001; 2002) mukaan pitää negatiivisesti suoraan verrannollisena dynaamiseen tasapainoon. Dynaamisessa tasapainossa ja staattisessa tasapainossa käytettävät aistijärjestelmät ovat samat, joten 8-juoksun ja ammuttulosten välisistä yhteyksistä voidaan päätellä, että 8-juoksulla mitattua dynaamista tasapainoa voidaan verrata ampuma-asennossa vaadittavaan staattiseen tasapainoon. Tämän mukaan 8-juoksussa menestyneet ampuivat myös osittain paremmin sekä makuulta että pystystä. Yhteydet jäivät kuitenkin hyvin heikoiksi tai olemattomiksi.

9.6 Ammunnan harrastamisen ja sotilaskoulutuksen yhteys ampumataitoon

Ammunnan harrastamisesta muodostetulla muuttujalla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys RK-ampumatuloksiin pystystä ($r = 0,18^{***}$) ja makuulta ($r = 0,16^{***}$), pistooliampumatuloksiin ($r = 0,13^{***}$) sekä amuntojen yhteistuloksen ($r = 0,19^{***}$). Ammunnan harrastamisen yhteys ampumatuloksiin nousi maksimaalisen puristusvoiman ohella vahvimaksi selittäväksi muuttujaksi kaikilla ammuttavoilla. Summamuuttujan vahvempi yhteys, verrattaessa yksittäisiin ammuttapoihin, osoittaa sen, että ammunnan harrastamisella oli yhteys kaikkiin ammuttamuotoihin vaikka ampumaharrastuksen muotoa ei eritelty. Ammunnan harrastamista kuvaava muuttuja ei toteuttanut täysin Spearmanin korrelaatioille vaadittavaa järjestyasteikkolisuusoletusta, sillä siinä oli vain kaksi ulottuvuutta. Tämä jättää tuloksiin tulkinanvaraa, mutta osoittaa kuitenkin sen, että ammunnan harrastaminen tukee ammuttataittoa.

Ammuntaa harrastavat ampuivat kaikissa ammuttamuodoissa tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001^{**}$) paremmin kuin ne, jotka eivät harrastaneet ammuttaa. RK-pystyammunnassa olivat erot 9,4 %, RK-makuuammunnassa 2,5 % ja pistooliammunnassa 5,2 %. Ammunnan harrastamisesta muodostui merkittävin muuttuja arvioitaessa ammuttuloksia kaikkien am-

muntamuotojen suhteen. Tästä voimme päätellä, että ammunnan harjoittelulla on suuri merkitys ammuntatuloksiin myös ammuttaessa Eko Aims -aseilla. Tätä oletusta tukee Viitasalon ym. (2001) tutkimus, jossa yhden vuoden ammuttajarjoittelu paransi vähän ammuntakoke-
musta omaavalla testijoukolla kivääriampumatuloksia pystystä 20,8 %. Tämän tutkimuksen verrokkiryhmällä, joka ei harjoitellut ammuntatestien välissä, ei tapahtunut muutoksia ampu-
matuloksissa. Vaikka jokainen ammuntamuoto eroaa toisistaan huomattavan paljon, tukee yleisesti ottaen ammunnan harrastaminen menestymistä amunnassa.

Saadulla sotilaskoulutuksella näyttäisi olevan tämän tutkimuksen mukaan tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05^*$) yhteys ammuntatuloksiin sekä rynnäkkökiväärillä pystystä ja makuulta että pistoolilla. Reservin upseerikoulutuksen saaneet ampuivat RK-pystyammunnassa 6,8 % paremmin kuin miehistökoulutuksen saaneet. RK-makuuammunnassa ampuivat sekä reservin upseerikoulutuksen saaneet että aliupseerikoulutuksen saaneet tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001^{***}$) paremmin kuin miehistöön kuuluvat. Erot olivat 2,5 % ja 1,7 %. Pistooliam-
munnassa reservin upseerit ampuivat myös tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001^{***}$) pa-
remmin kuin miehistökoulutuksen saaneet. Erot olivat 4,2 % upseereiden ja miehistön välillä. Aliupseereiden ja reservin upseereiden ammuntatuloksien välille ei muodostunut tilastollisesti merkitseviä eroja. Sotilaskoulutuksen muodostamat erot ammuntatuloksissa voivat selittyä sillä, että reservin upseereista ja aliupseereista harrastivat ammuntaa prosentuaalisesti useam-
pi kuin miehistöön kuuluvista. Tässä tutkimuksessa olivat aliupseereiden ja reservin upseerien otokset huomattavasti pienemmät kuin miehistön otos, joten ammunnan harrastajien suurempi määrä ja paremmat ampumatulokset nostivat todennäköisesti aliupseereiden ja reservin upsee-
reiden keskituloksia. Erot voivat selittyä myös saadun sotilaskoulutuksen eroilla. Reservin upseerien ja aliupseerien varusmiespalvelu kestää kokonaisuudessaan 12 kk ja miehistön 6–9 kk. Lisäksi miehistölle tarkoitettuja kertausharjoituksia järjestetään valtakunnallisesti vähem-
män kuin aliupseeristolle ja reservin upseeristolle kuuluvia harjoituksia. Reservin upseeriston ja aliupseeriston pidempi palvelusaika ja mahdollisesti useammat kertausharjoitusvuorokau-
det ovat antaneet heille paremman koulutustason ja harjaantumisen myös ammuntataidossa, mikä voi osaksi selittää tässä tutkimuksessa muodostuneita ammuntatuloksien eroja.

9.7 Tulosten luotettavuus

Pohdittaessa fyysisten ominaisuuksien yhteyttä hienomotoriikkaa vaativaan suoritukseen ku-
ten tässä tutkimuksessa ampumasuoritukseen on muistettava, että ominaisuudet, joita tarvi-
taan taitoa vaativaan suoritukseen, ovat hyvin lajispesifisiä. Tästä johtuen on hyvin hankalaa

selvittää miten yleistaitoon ja fyysiseen suorituskyykyyn vaikuttavat ominaisuudet vaikuttavat motorisesti haastavaan ammuntasuoritukseen.

Tutkimuksessa ammuntataittoa mitattiin Eko Aims aseella. Ase on rekyylitön ja sen toiminta perustuu näkymättömän valoallon kulkeutumiseen aseeseen ja taulun välillä. Ase painaa kuitenkin lähes saman verran kuin oikea rynnäkkökivääri tai Eko Aims pistoolin kokoa mukaileva oikea pistooli. Liipaisu on myös hieman erilainen kuin ruutiaseessa. Aseen helppokäyttöisyyden ja rekyylin puuttumisen takia eivät tulokset anna todennäköisesti aivan samaa kuvaa kuin ammuttaessa ruutiaseella. Toisaalta ammuntatuloksien luotettavuutta ei tule aliarvioida, sillä ammuntaa harrastaneet ampuivat niin rynnäkkökiväärillä kuin pistoolillakin huomattavasti parempia tuloksia kuin ne, jotka eivät ilmoittaneet harrastavansa ammuntaa. Lisäksi ammuntasuorituksen ajankohta Pp-ergometrimittauksen jälkeen voi osaltaan muodostaa hajontaa ampumatuloksissa. Ammuntasuoritus aloitettiin pääsääntöisesti hyvän noin 15 min palautumisen jälkeen. Kuitenkin osa mitattavista tuli suoraan VO₂max-testistä ampumaan, jolloin testin aiheuttama lihasväsymys on voinut heikentää lihaskontrollia ja keskittymiskykyä ammunnan aikana. Lisäksi hyvä- ja huonokuntoisten välisten palautumisaikojen vaihtelu voi muodostaa ylimääräistä hajontaa ammuntatuloksissa. Yleisesti voidaan todeta, että kyseisen tutkimuksen tulokset fyysisen suorituskyydyn ja ampumataidon yhteyksistä ovat luotettavia vain tämän tutkimuksen osalta, mutta niitä voidaan pitää suuntaa antavina myös muissa tapauksissa.

Eko Aims -aseiden mukana tulevassa näyttölaitteessa käytettävä ohjelma huomioi automaattisesti ammuttujen laukausten jälkeen mahdollisen tarpeen tähtäinten siirrolle siirtämällä osumakeskeispisteen keskelle taulua. Tällä mahdollistetaan, että ampuja saa parhaat mahdolliset pisteet ilman tähtäinten siirtoja. Kyseinen ohjelma ei kuitenkaan huomioi mahdollisten täysin epäonnistuneiden laukauksien huomiotta jättämistä vaan laskee myös tämän osuman mukaan osumakeskeispisteeseen. Tästä johtuen ei osumakeskeispiste sijaitse aina siellä missä pääosa osumista sijaitsevat vaan jossain epäonnistuneen laukauksen ja pääkasan välissä. Tällaisissa tapauksissa, joita tässäkin tutkimuksessa havaittiin, ei ampuja saanut taitojensa mukaisia tuloksia vaan hieman heikommat. Satunnaisotannalla tarkastelemistani ammuntasuorituksista jätin huomioimatta mahdolliset yksittäiset epäonnistuneet laukaukset, jolloin sain esille huomattavasti vahvemman yhteyden vartalon ojentajien sekä maksimaalisen puristusvoiman ja ammunnan välille. Toisaalta otos satunnaistarkastelussa oli pieni 2,5 % kokonaisotoksesta, joten suuremmalla otoksella olisi tulos voinut lähestyä koko aineistosta tehtyä analyysiä.

9.8 Jatkotutkimusehdotuksia

Ampumatapahtuman tarkempaa tarkastelua varten on mielestäni tutkittava voimalevyantureiden ja kiihtyvyyssmittareiden avulla ampumatapahtumaa ruutiaseella. Tällöin saadaan esille huomattavasti enemmän informaatiota miten vartalo käyttäytyy ampumatilanteessa, jossa ammutaan ruutiaseella. Näin saataisiin enemmän tietoa siitä miten aseeseen rekyyli vaikuttaa ampuma-asentoon ja sen kautta seuraavaan laukaukseen. Ampujalle tärkeitä fyysisiä ominaisuuksia tulisi mielestäni tarkastella enemmän keski- ja ylävartalon isometrisen voimantuoton ja kestävyyyden kautta.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sotilaan on kyettävä säilyttämään toimintakykynsä pitkäkestoisessa kuormittavassa taistelussa ja kyettävä kantamaan satunnaisesti jopa oman painonsa suuruisia taakkoja. Näiden vaatimusten perusteella sotilaan on oltava suorituskyvyltään hyvässä fyysisessä kunnossa niin hermosto- ja lihaskannan kuin kestävyysominaisuuksiensa puolesta. Hyvällä fyysisellä suorituskyvyllä ja ammunnan harjoittelulla näyttäisi tämän tutkimuksen valossa olevan myös yhteyksiä ampumataitoon, joten hyvässä fyysisessä kunnossa oleva ammuntaa harjoitellut sotilas suorittaa ammuttehtävästä paremmin kuin heikkokuntoinen vähemmän ammutakoulutusta saanut sotilas.

LÄHTEET

- Aalto, H., Pyykko, I., Ilmarinen, R., Kahkonen, E. and Starck, J. 1990. Postural stability in shooters. *Oto-Rhino-Laryngology*, 52, 232–238.
- American College of Sports Medicine. 2000. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6. painos. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia.
- Ampumakoulutusopas 1992. Pääesikunnan koulutusosasto. Karisto Oy, Hämeenlinna.
- Aartolahti E ja Halonen J. 2007. Dynaamisen tasapainon mittaaminen kiihtyvyyksmittareilla takaperinkävely- ja kahdeksikkökävelytesteissä. *Terveystieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto*
- Ball K, Best R & Wrigley T. 2003a. Body sway, aim point fluctuation and performance in riflshooters: inter- and intra-individual analysis. *Journal of Sports Sciences*, 21(7):559-66.
- Ball K, Best R & Wrigley T. 2003b. Inter- and intra-individual analysis in elite sports: pistol shooting. *J Appl Biomech*
- Bassett D.R. & Howley E.T. 1999. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise* 32(1), 70-84
- Barin K. 1989. Evaluation of a generalized model of human postural dynamics and control in the sagittal plane. *Biol. Cybern.* 61.
- Bell D.G. & Jacobs I. 1990. Muscle fibre area, fibre type & capillarization in male and female body builders. *Canadian Journal of Sport Sciences*. 15(2), 115–119.
- Bolmont B, Gangloff P, Vouriot A & Perrin P. 2002. Mood states and anxiety influence abilities to maintain balance control in healthy human subjects. *Neuroscience Letters*. 329, 96–100.

- Borghuis J., Hof AL., Lemmink KA. 2008. The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med.* 38 (11):893-916.
- Bottinelli R. & Reggiani C. 2000. Human skeletal muscle fibers: molecular and functional diversity. *Prog. Biophysics & Mol. Biol.* 73(2-4): 195-262.
- Bouisset S. & Zattara M. 1981. A sequence of postural movements precedes voluntary movement. *Neuroscience Letters* 22:263-270.
- Carter N.D., Khan K.M. & Mallinson A. 2002. Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older communitydwelling women with osteoporosis. *Gerontology* 48:360-368
- Carter N.D., Khan K.M. & Petit M.A. 2001. Results of a 10 week community based strength and balance training programme to reduce fall risk factors: A randomised controlled trial in 65-75 year old women with osteoporosis. *Br J Sports Med.* 35:348-351
- Carroll T.J., Barry B., Riek S. & Carson R.G. 2001. Resistance training enhances the stability of sensorimotor coordination. *Proc. Biol. Sci.* 7;268(1464):221-7.
- Coggan A.R. 1997. Plasma glucose metabolism during exercise: effect of endurance training in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 29:620.
- Enoka R. 2002. *Neuromechanics of human movement.* 3rd ed. Human kinetics, USA.
- Enoka R. 1994. *Neuromechanical Basis of Kinesiology.* 2nd ed. Human kinetics, USA
- Era P., Konttinen N., Mehto P., Saarela P. & Lyytinen H. 1996. Postural stability and skilled performance—A study on top-level and naive rifle shooters. *J biomechanics*, 29, 3.
- Farmer S., Ingram D. & Stephens J. 1990. Mirror movements studied in a patient with Klipper-Field syndrome. *J. Physiol.*

- Fogelholm M., Malmberg J., Suni J., Santtila M., Kyröläinen H., Mäntysaari M. & Oja P. 2006a. International Physical Activity Questionnaire: Validity against Fitness. *Med. Sci. Sport Exerc.*, Vol. 38, No. 4, pp. 753-760.
- Fogelholm M., Malmberg J., Suni J., Santtila M., Kyröläinen H. & Mäntysaari M. 2006b. Waist circumference and BMI are independently associated with the variation of cardiorespiratory and neuromuscular fitness in young adult men. *Int. J. Obes.* Vol. 30, No 6, pp. 962-9.
- Forssten A-S. 2002. Varusmiesten kokemukset neljän viikon ampumarjoittelun vaikutuksista ampumasuoritukseen. MPKK, Helsinki
- Fyysisen toimintakyvyn perusteet määräys PVHSMK PEHENKOS. 2008
- Green H.J., Barr D.J., Fowles J.R., Sandiford S.D. & Ouyang J. 2004. Malleability of human skeletal muscle Na- K- ATPase pump with short term training. *J Appl Physiol*, 97:143.
- Gydikov A. & Kosarov D. 1973. Physiological characteristics of the tonic and phasic motor units in human muscle. In *Motor Control* (Eds. Gydikov & al eds.), Plenum Press, New York., 75-94.
- Gydikov A. & Kosarov D. 1974. Some features of different motor units in human biceps brachii. *Pflügers Arch.* 347: 75-88.
- Haapasaari A. 2008. Voimharjoittelun sekä yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset lihasaktivaatioon, maksimivoimaan ja räjähtävään voimaan keski-ikäisillä miehillä ja naisilla. Jyväskylän yliopisto
- Halonen P., Pulkka A-T., Kärkkäinen H. ja Saarelainen M. 2007. Kouluttajan opas. Edita Prima OY, Helsinki 2006.
- Helgerud J. 1994. Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 68:155-61

- Holloszy J. & Booth F.W. 1976. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Ann Rev Physiol.* 38:273-295.
- Horowitz JF. 2001. Regulation of lipid mobilization and oxidation during exercise in obesity. *Exerc Sport Sci Rev*, 29:42.
- Hue O., Simoneau M., Marcotte J., Berrigan F., Doré J., Marceau P., Marceau S., Tremblay A. & Teasdale N. 2007. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait and posture* 26(1):32-8. Epub 2006 Aug 22.
- Häkkinen K., Alen M., Kallinen M., Newton R.U. & Kraemer W. J. 2000. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and restrength- training in middle-aged and elderly people. *European Journal of Applied Physiology.* 83, 51–62.
- Karjalainen A. 2004. Hyvä- ja huonokuntoisten lihasaktiivisuus submaksimaalisen juoksun aikana. Jyväskylän yliopisto.
- Kerick S. E. & Allender L. E. 2004. Effects Of Cognitive Workload On Decision Accuracy, Shooting Performance, And Cortical Activity Of Soldiers. U.S. Army Research Laboratory.
- Keskinen K., Häkkinen K. ja Kallinen M. 2007. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen seura ry, Tampere.
- Konttinen N., Mets T., Lyytinen H. & Paananen M. 2003. Timing of triggering in relation to the cardiac cycle in nonelite rifle shooters. *Res Q Exerc Sport.* Dec;74(4):395-400.
- Kontinen N., Landers D.M. & Lyytinen H. 2000. Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters. *Scand J Med Sci Sports.* Jun;10(3):169-77.

- Konttinen N., Lyytinen H. & Viitasalo J. 1998. Rifle-balancing in precision shooting: behavioral aspects and psychophysiological implication. *Scand J Med Sci Sports*, Apr; 8(2):78-83.
- KvantiMOTV. Päivitetty 12.9.2008. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/variassi/anova.html>
- Mason B.R., Cowan L.F. & Gonczol T. 1990. Factors affecting accuracy in pistol shooting. *Excel*
- McArdle W., Katch F. & Katch V. 2007. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
- McCall G.E., Byrnes W.C. Dickinson A., Pattany P.M. & Fleck S.J. 1996. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of Applied Physiology* 81(5), 2004–2012.
- Mero A., Nummela A., Keskinen K., Häkkinen K. 2004. *Urheiluvalmennus, kuormitusfysiologiset, ravintofysiologiset, biomekaaniset ja valmennusopilliset perusteet*. Gummerus Kirjapaino OY, Jyväskylä.
- Milner-Brown H., Stein R. & Lee R. 1975. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflex. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* Mar; 38(3):245-54.
- Mononen K., Konttinen N., Viitasalo J. & Era P. 2007. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scand J Med Sci Sports* Apr; 17(2):180-5.
- Moore R.L. & Palmer B.M. 1999. Exercise training and cellular adaptations of normal and diseased hearts. *Exerc Sport Sci Rev*; 27:285.
- Moritani T., Muramatsu S. & Muro M. 1987. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *66:338-50*

- Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A. ja Björkqvist S-E. 2004 Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY, Porvoo.
- Nissinen V. 1992. Kivääriampujan taitoharjoittelu. Seminaarityö, Helsinki.
- Noakes T.D. 1998. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Sep; 30(9):1381-98.
- Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuus ja fyysinen työkyky määräys PVHSMK PEHENKOS. 2008
- Peter J., Barnard V., Edgerton C., Gillespie C. & Stempel K. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry* 11: 2627-2633.
- Pucci A., Griffin L. & Cafarelli E. 2006. Maximal motor unit firing rates during isometric resistance training in men. *Exp Physiol*, Jan; 91(1):171-8. Epub 2005 Oct 6.
- Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. 2008. Pääesikunta, koulutusosasto, Helsinki.
- Rankin J.K., Woollacott M.H., Shumway-Cook A. & Brown L.A. 2000 Cognitive Influence on Postural Stability: A Neuromuscular Analysis in Young and Older Adults. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, Mar; 55(3):M112-9.
- Rinkinen J. 2004. Kestävyysharjoittelun vaikutukset hermolihasjärjestelmän toimintaan ja lihaksen mekaaniin ominaisuuksiin. Jyväskylän Yliopisto.
- Sale D.G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa: Komi, P.V. (toim.) *Strength and power in sport*. Blackwell, Oxford. 2. painos, 281–314.
- Scmied A., Pouget J., & Vedel J-P. 1999. Electromechanical coupling and synchronous firing of single wrist extensor motor units in sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *Clin. Neurophysiol*, May; 110(5):960-74.

- Semmler J. & Nordstrom M. 1998. Hemispheric differences in motor cortex excitability during a simple index finger abduction task in humans. *J. Neurophysiol.* Mar; 79(3):1246-54.
- Semmler J. 2002. Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exerc. Sport Sci. Rev.* Jan;30(1):8-14.
- Spina R.J., Ogawa T. Martin WH 3rd., Coggan A.R., Holloszy J.O. & Ehsani A.A. 1992. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *J Appl Physiol.* 72:2458-62
- Spriet, L. L.. Anaerobic metabolism during high- intensity exercise. Teoksessa M. Hargreaves (toim.) *Exercise Metabolism.* Champaign IL: Human Kinetics Publishers. 1995
- Tarnanen S., Ylinen J., Siekkinen K., Mälkiä E., Kautiainen H. & Häkkinen A. 2008. Effect of Isometric Upper-Extremity Exercises on the Activation of Core Stabilizing Muscles. *Arch Phys Med Rehabil,* Mar;89(3):513-21.
- Tsao H. & Hodges P. 2007. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp. Brain. Res.* Aug; 181(4):537-46. Epub 2007 May 3.
- Van Cutsem M., Duchateau J. & Heinaut K. 1998. Changes in single motor unit behavioural contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J. Physiol.*
- Viitasalo J. T., Era P., Konttinen N., Mononen H., Mononen K., Norvapalo K. 2001. Effects of 12-week shooting training and mode of feedback on shootingscores among novice shooters. *Scand J Med Sci Sports* 2001: 11: 362–368
- Viitasalo J.T., Era P., Konttinen N., Mononen H., Mononen K., Norvapalo K. & Rintakoski E. 1999. The posture steadiness of running target shooters of different skill levels. *Kinesiology.*

- Vuillerme N. & Nougier V. 2004. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Research Bulletin*, Mar 15;63(2):161-5.
- Wilmore J.H. & Costill D.L. 2004. *Physiology of sport and exercise*, third edition. Human kinetics.
- Yao W., Fuglevand A. & Enoka R. 2000. Motor-unit synchronization increases EMG amplitude and decreases force steadiness of simulated contraction. *J. Neurophysiol.* Jan;83(1):441-52.
- Zijdewind I., Van Duinen H., Zielman R. & Lorist M. 2006. Interaction between force production and cognitive performance in humans. *Clinical Neurophysiology* Mar; 117(3):660-7. Epub 2006 Jan 23.

Hans-Christian Sundqvistin Pro Gradu -tutkielman liitteet

- LIITE 1 Puolustusvoimien kuntotestauksessa käytettyjen lihaskuntoindeksin ja fyysisen suorituskykyindeksin määrittelemiseen käytetyt viitearvotaulukot ikäryhmittäin.
- LIITE 2 Satunnaisotannalla valittujen reserviläisten ampumataulut, osumien hajonnat ja aseiden heiluntakuviot maksimaalisen puristusvoiman tasojen ääripäiden suhteen.
- LIITE 3 Satunnaisotannalla valittujen reserviläisten ampumataulut, osumien hajonnat ja aseiden heiluntakuviot etunojapunnerrussuorituskyvyn ääripäiden suhteen.

Viisiportaisessa lihaskuntoindeksissä ja fyysisessä suorituskyvynindeksissä käytetyt viitearvotaulukot ikäluokittain olivat alla olevien taulukoiden mukaiset (Puolustusvoimien Kuntotestaaajan käsikirja, 2008).

TAULUKKO 1. Maksimaalisen puristusvoiman viitearvot ikäluokittain

		Puristusvoima								
		20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64
5	72	71	70	69	68	67	66	65	64	
4,75	70	69	68	67	66	65	64	63	62	
4,5	68	67	66	65	64	63	62	61	60	
4,25	66	65	64	63	62	61	60	59	58	
4	64	63	62	61	60	59	58	57	56	
3,75	62	61	60	59	58	57	56	55	54	
3,5	60	59	58	57	56	55	54	53	52	
3,25	58	57	56	55	54	53	52	51	50	
3	56	55	54	53	52	51	50	49	48	
2,75	54	53	52	51	50	49	48	47	46	
2,5	52	51	50	49	48	47	46	45	44	
2,25	50	49	48	47	46	45	44	43	42	
2	48	47	46	45	44	43	42	41	40	
1,75	46	45	44	43	42	41	40	39	38	
1,5	44	43	42	41	40	39	38	37	36	
1,25	42	41	40	39	38	37	36	35	34	
1	40	39	38	37	36	35	34	33	32	

TAULUKKO 2. Istumaan nousun viitearvot ikäluokittain

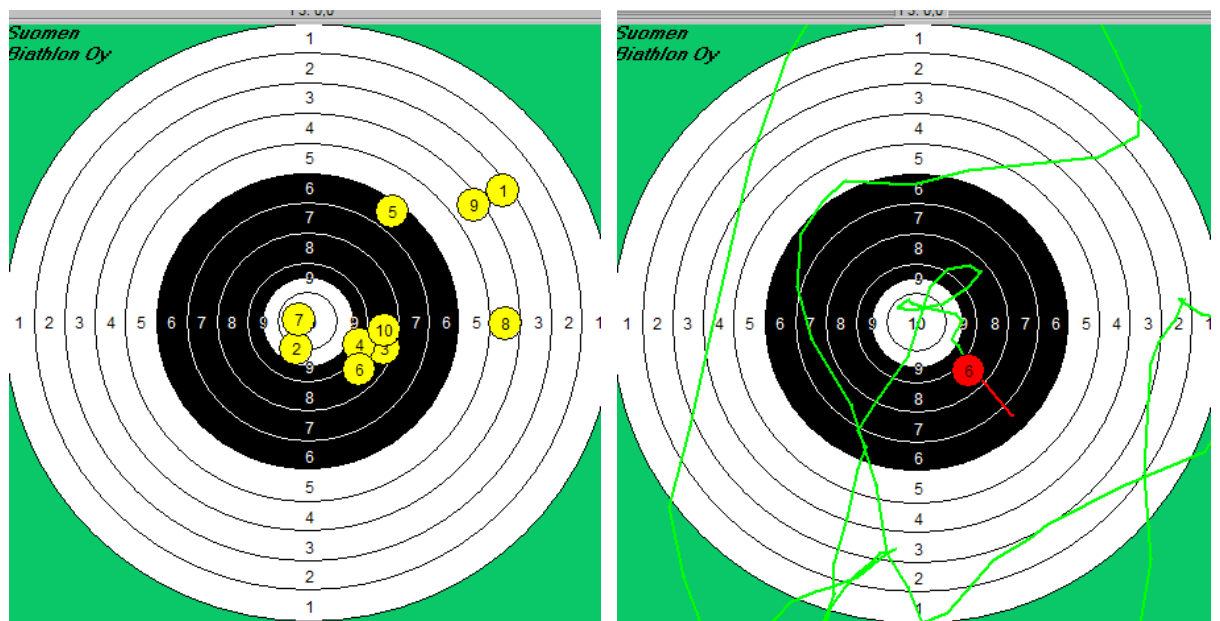
2(3)

		Istumaannousu								
		20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64
5	51	48	45	42	39	36	33	30	27	
4,75	50	47	44	41	38	35	32	29	26	
4,5	49	46	43	40	37	34	31	28	25	
4,25	48	45	42	39	36	33	30	27	24	
4	47	44	41	38	35	32	29	26	23	
3,75	46	43	40	37	34	31	28	25	22	
3,5	45	42	39	36	33	30	27	24	21	
3,25	44	41	38	35	32	29	26	23	20	
3	43	40	37	34	31	28	25	22	19	
2,75	42	39	36	33	30	27	24	21	18	
2,5	41	38	35	32	29	26	23	20	17	
2,25	40	37	34	31	28	25	22	19	16	
2	39	36	33	30	27	24	21	18	15	
1,75	34	31	28	25	22	19	16	13	10	
1,5	29	26	23	20	17	14	11	8	5	
1,25	24	21	18	15	12	9	6	4	3	
1	19	16	13	10	7	4	2	1	1	

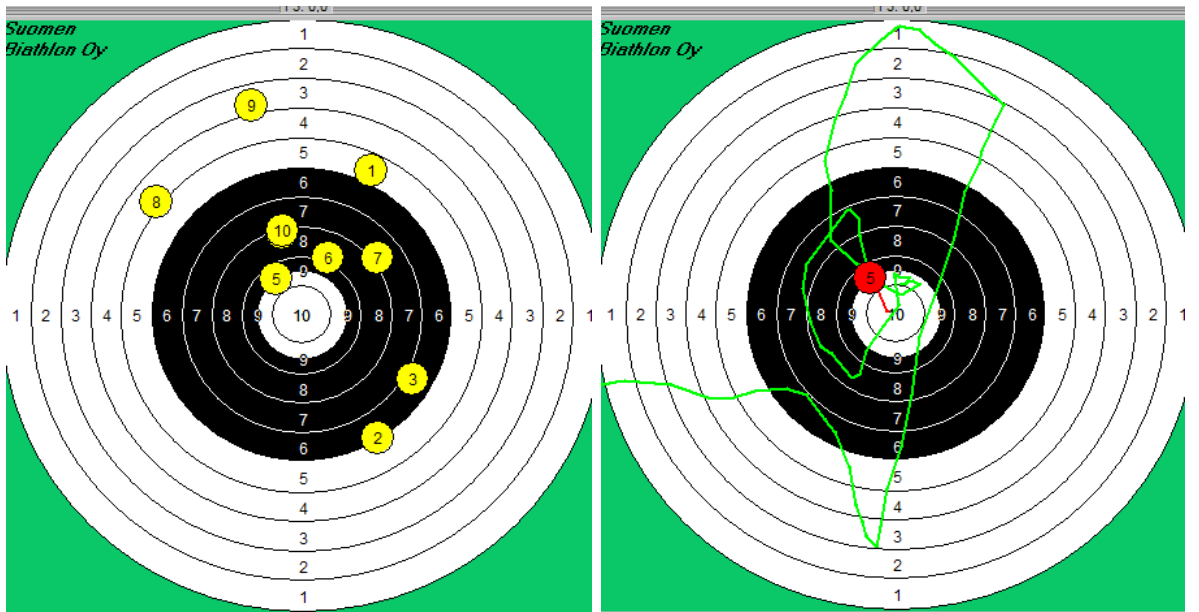
TAULUKKO 3. Etunojapunnerruksen viitearvot ikäluokittain

		Etunojapunnerrus								
		20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64
5	46	44	42	40	38	36	34	32	30	
4,75	45	43	41	39	37	35	33	31	29	
4,5	44	42	40	38	36	34	32	30	28	
4,25	43	41	39	37	35	33	31	29	27	
4	42	40	38	36	34	32	30	28	26	
3,75	41	39	37	35	33	31	29	27	25	
3,5	40	38	36	34	32	30	28	26	24	
3,25	39	37	35	33	31	29	27	25	23	
3	38	36	34	32	30	28	26	24	22	
2,75	37	35	33	31	29	27	25	23	21	
2,5	36	34	32	30	28	26	24	22	20	
2,25	35	33	31	29	27	25	23	21	19	
2	34	32	30	28	26	24	22	20	18	
1,75	29	27	25	23	21	19	17	15	13	
1,5	24	22	20	18	16	14	12	10	8	
1,25	19	17	15	13	11	9	7	5	4	
1	14	12	10	8	6	4	2	1	1	

Puristusvoimasuorituskyvyn yhteys ammuntasuoritukseen satunnaisesti valittujen yksilöiden välillä ovat esitetty alla olevilla kuvioilla. Kuvioissa 1–10 ovat hyvän puristusvoimasuorituskyvyn omaavien RK-pystyampumataulut osumineen sekä yksittäinen keskivertolaukausta kuvaava aseensheiluntakuviokuva ennen liipaisuhetkeä (vihreä viiva) ja liipaisuhetken jälkeen (punainen viiva). Kuvioissa 11–20 ovat vastaavasti heikon puristusvoimasuorituskyvyn omaavien ampumataulut ja aseensheiluntakuviot.



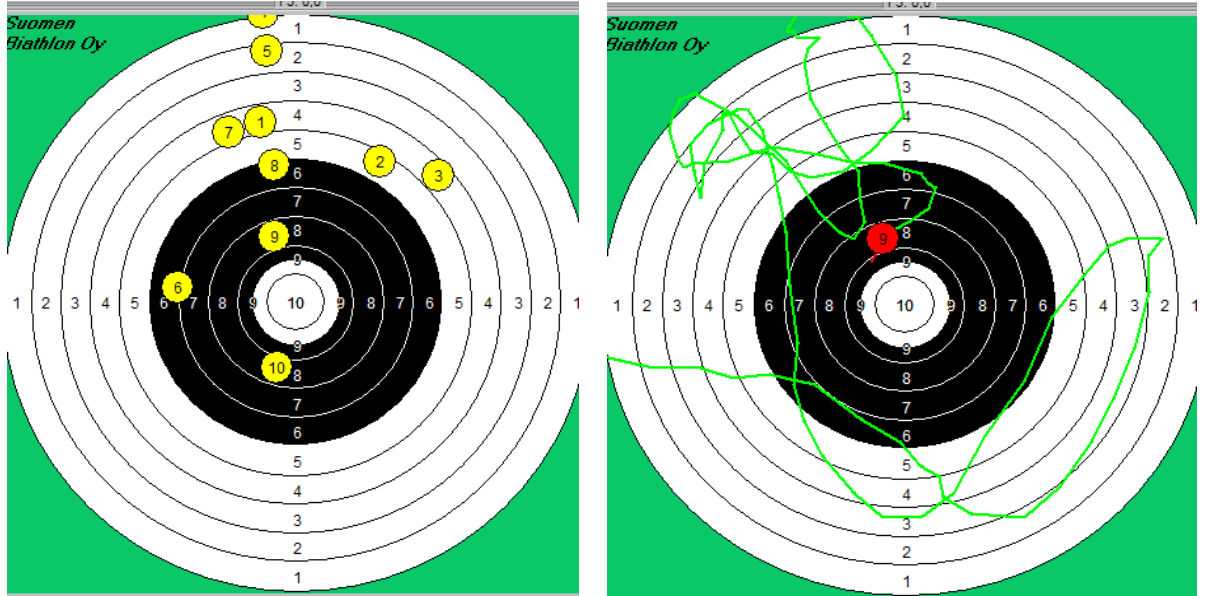
KUVIO 1. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviokuva ja aseensheiluntakuviokuva reserviläisellä, joka puristi 64,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 2. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 64,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 3. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 64,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



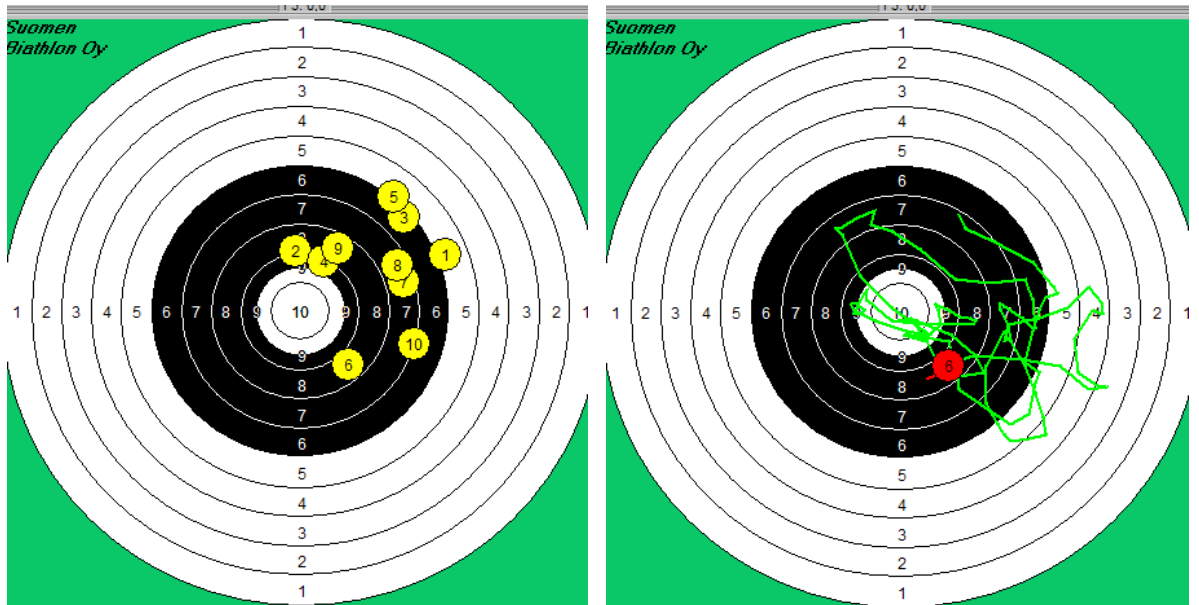
KUVIO 4. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 64,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



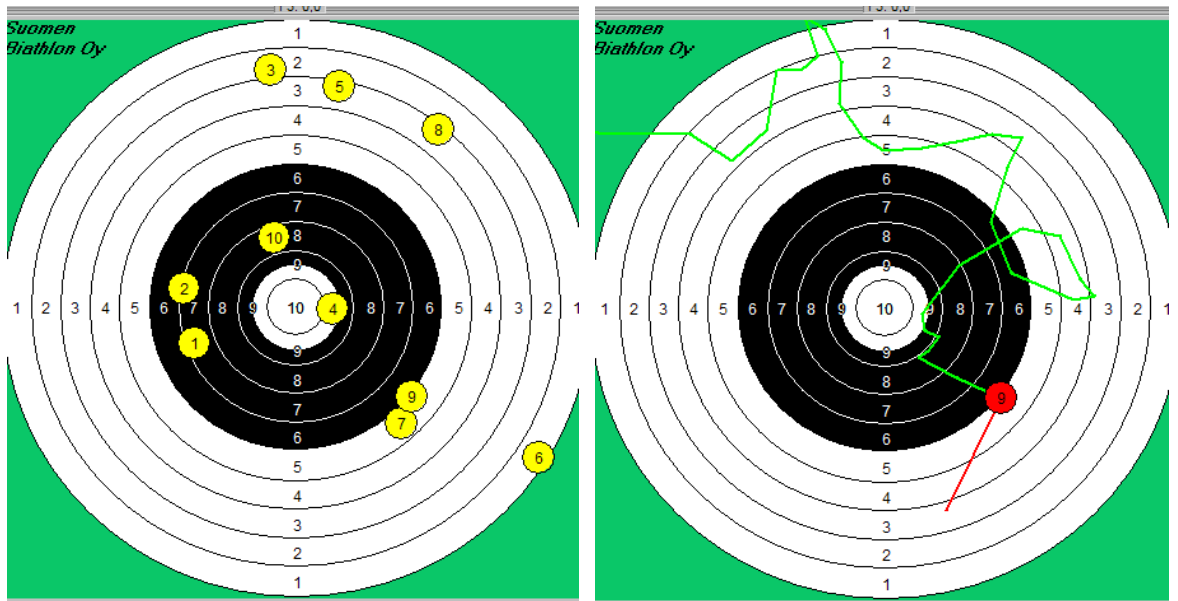
KUVIO 5. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 65,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



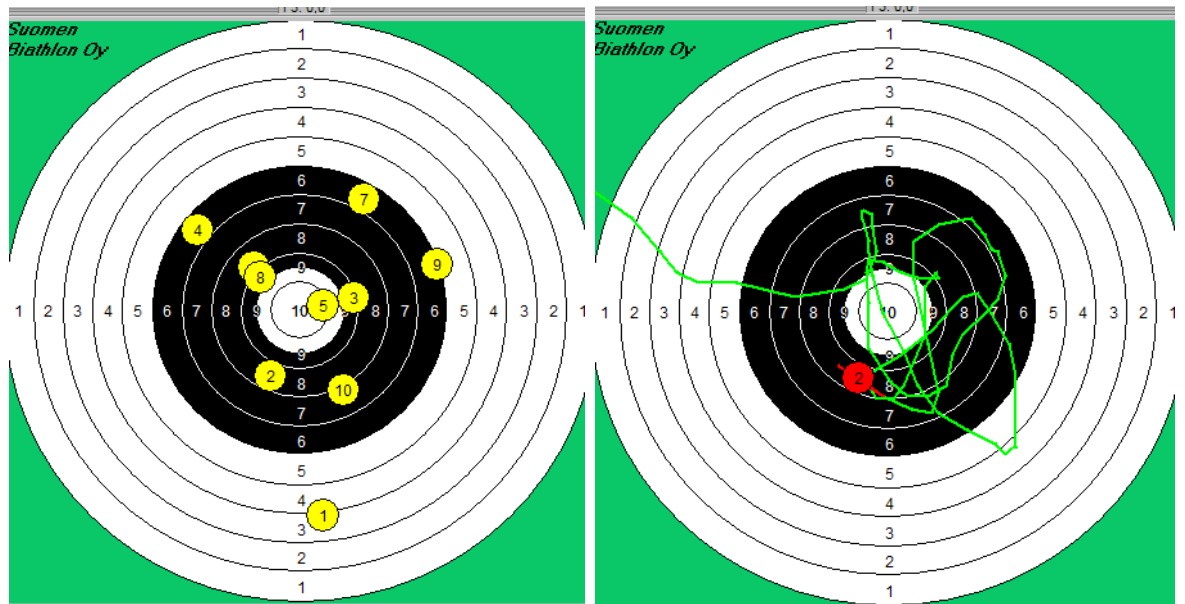
KUVIO 6. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka puristi 67,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



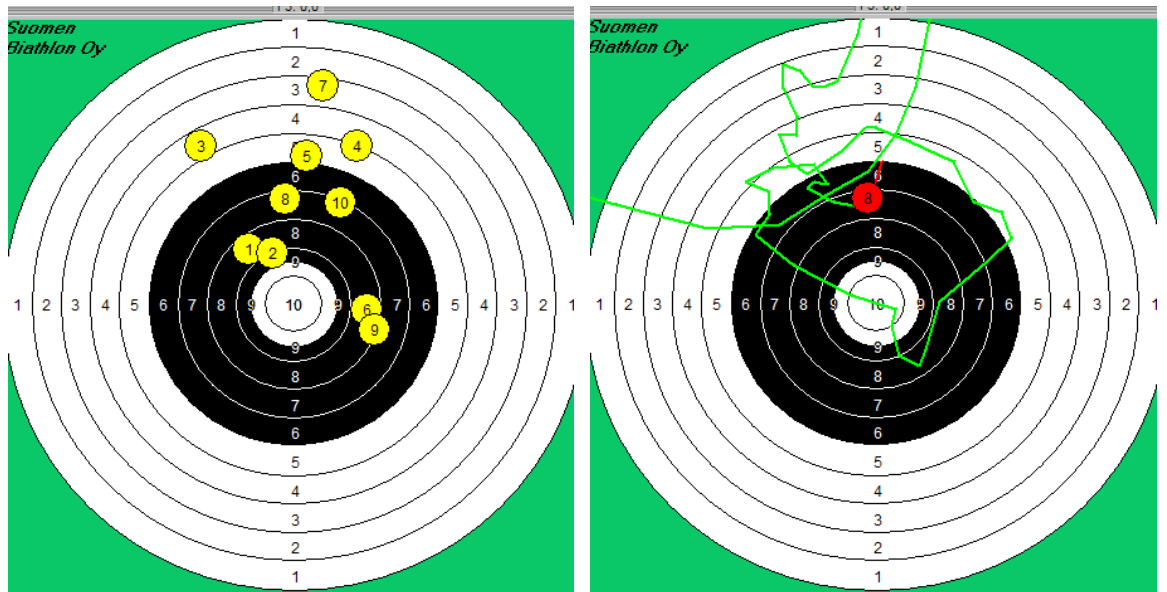
KUVIO 7. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka puristi 70,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



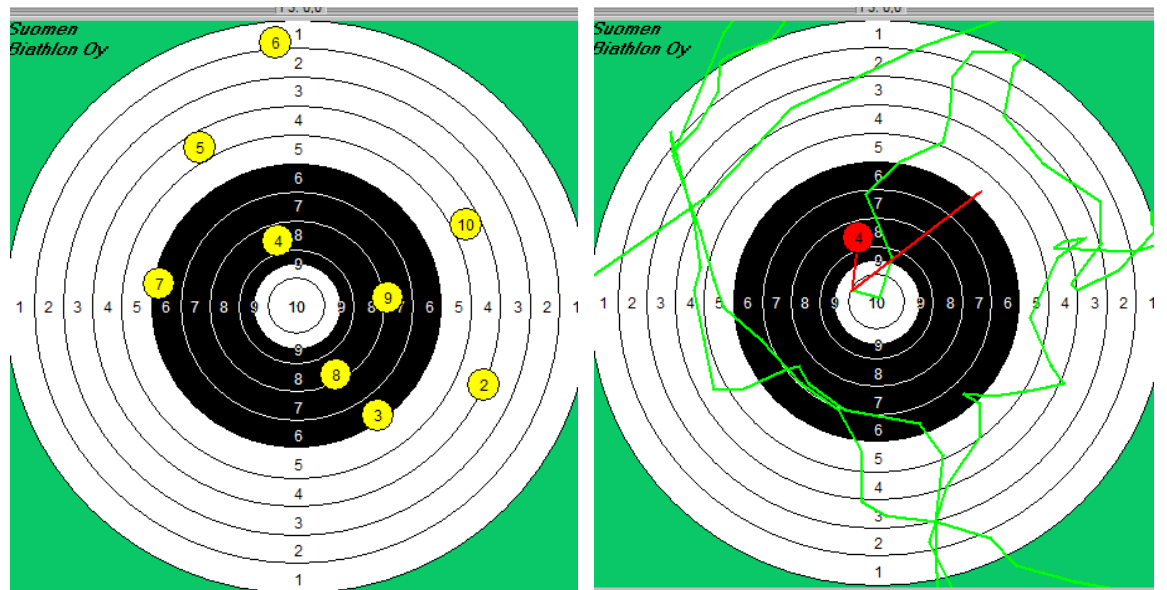
KUVIO 8. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka puristi 72,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 9. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka puristi 76,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



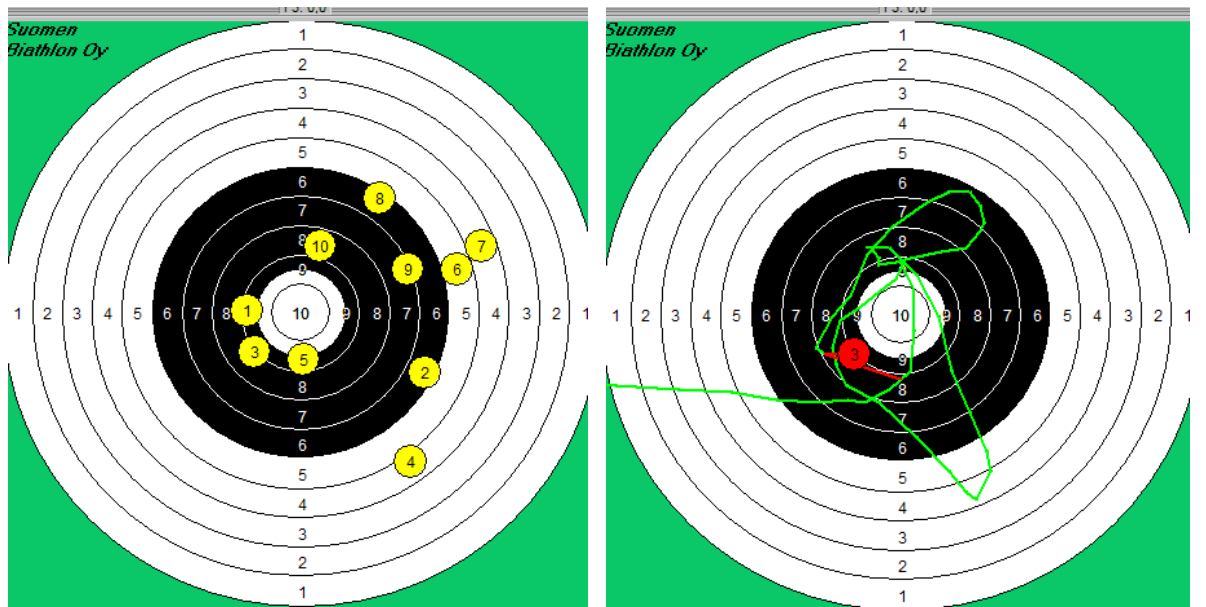
KUVIO 10. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 78,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



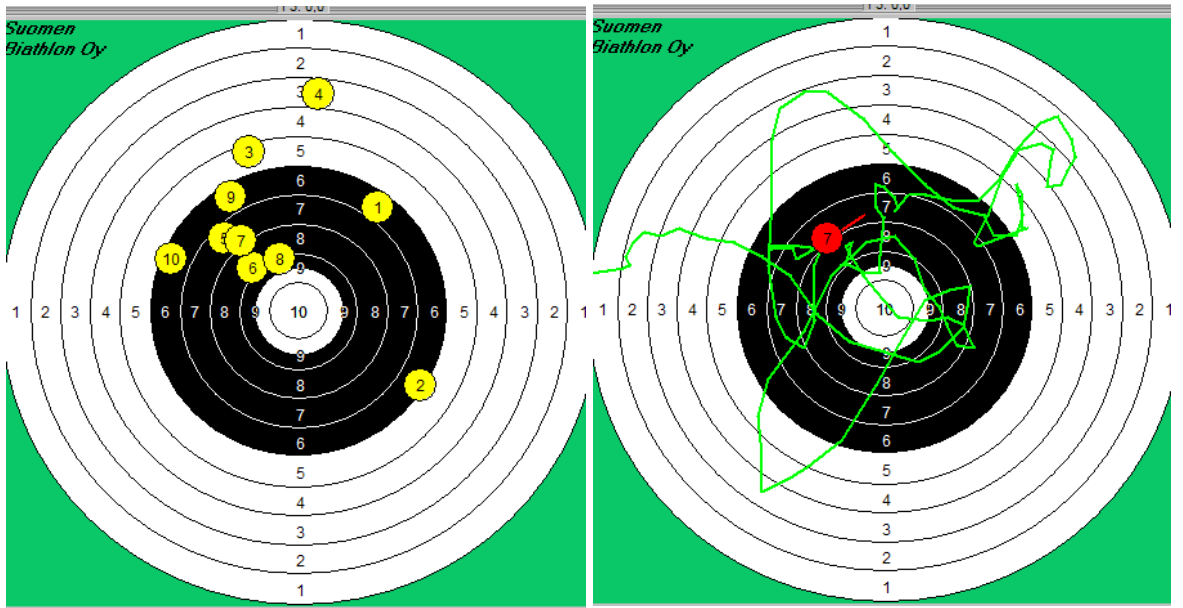
KUVIO 11. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 31,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



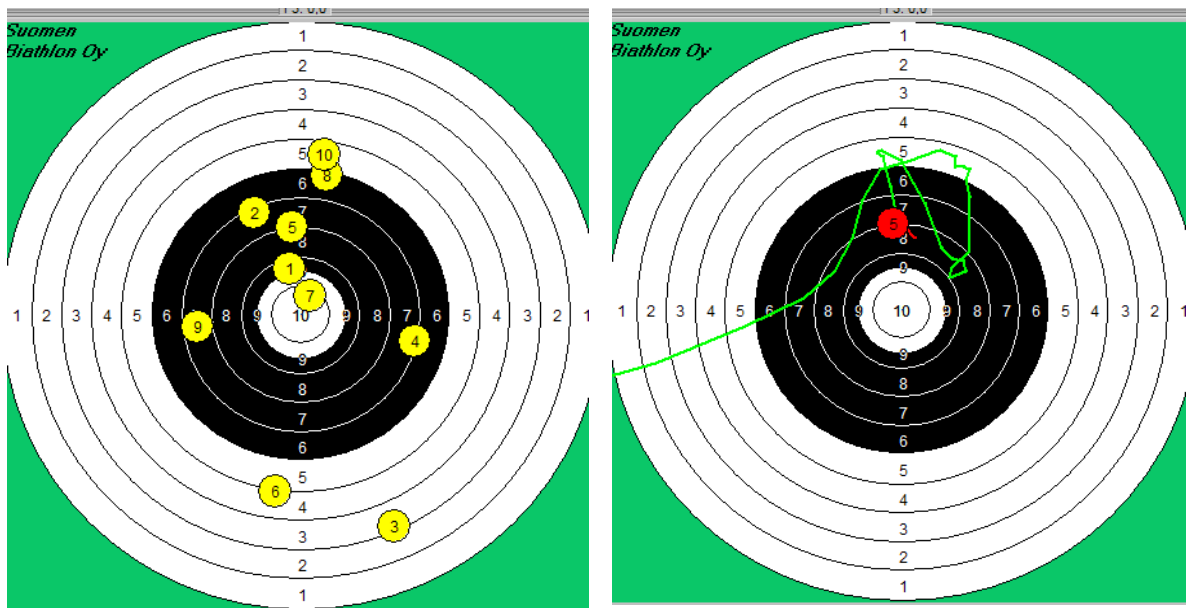
KUVIO 12. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 35,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



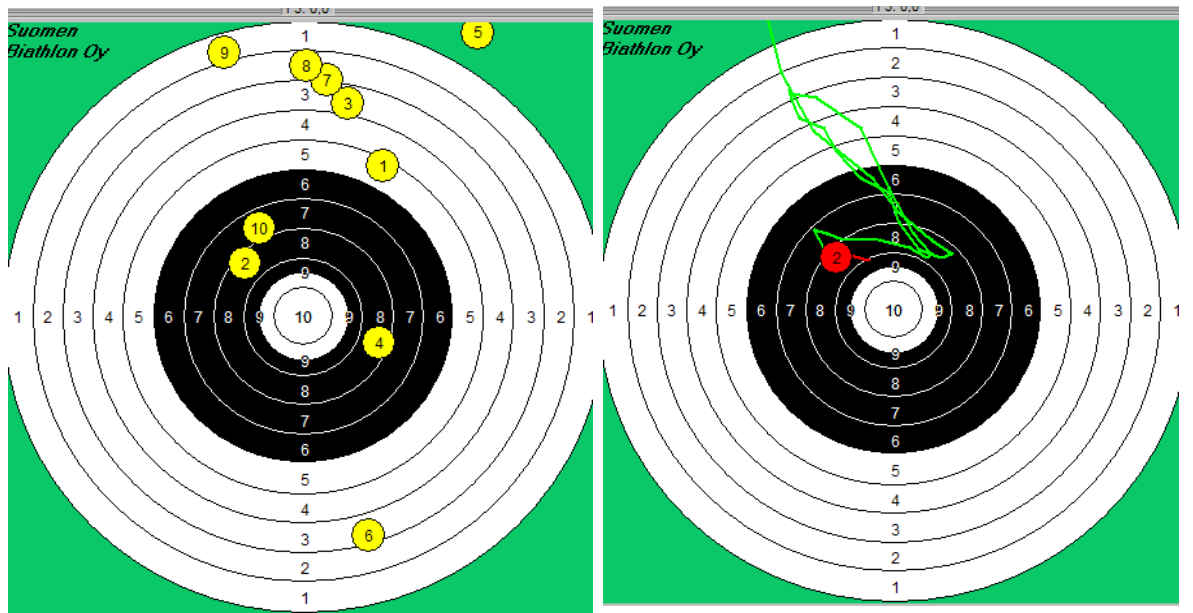
KUVIO 13. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 36,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



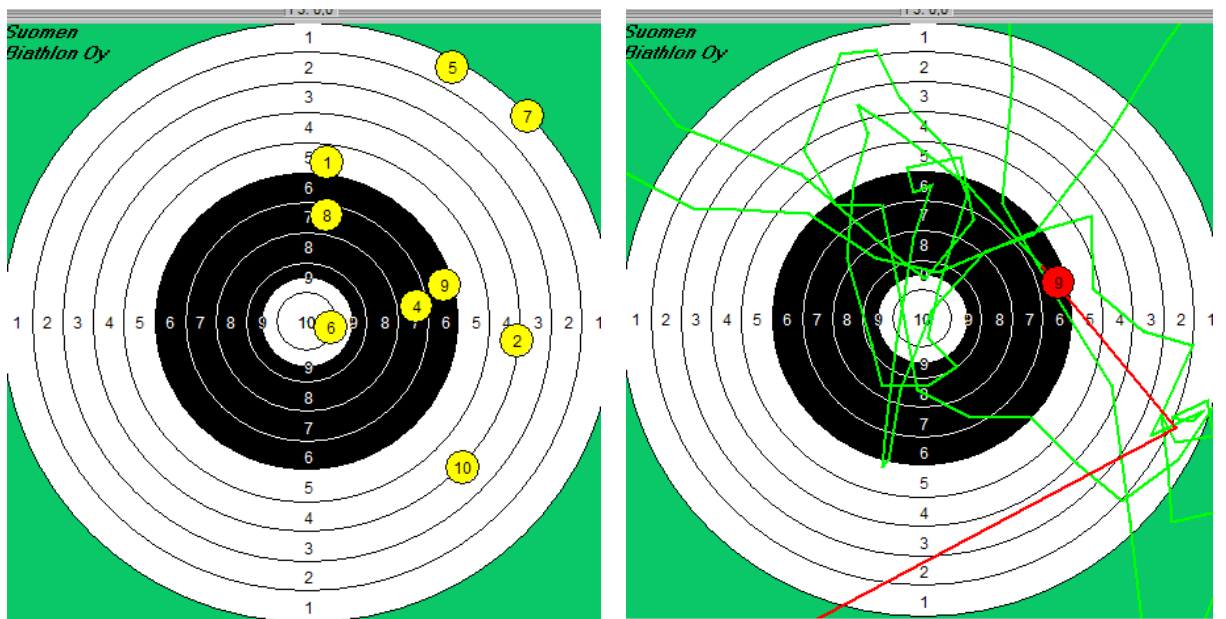
KUVIO 14. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 39,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



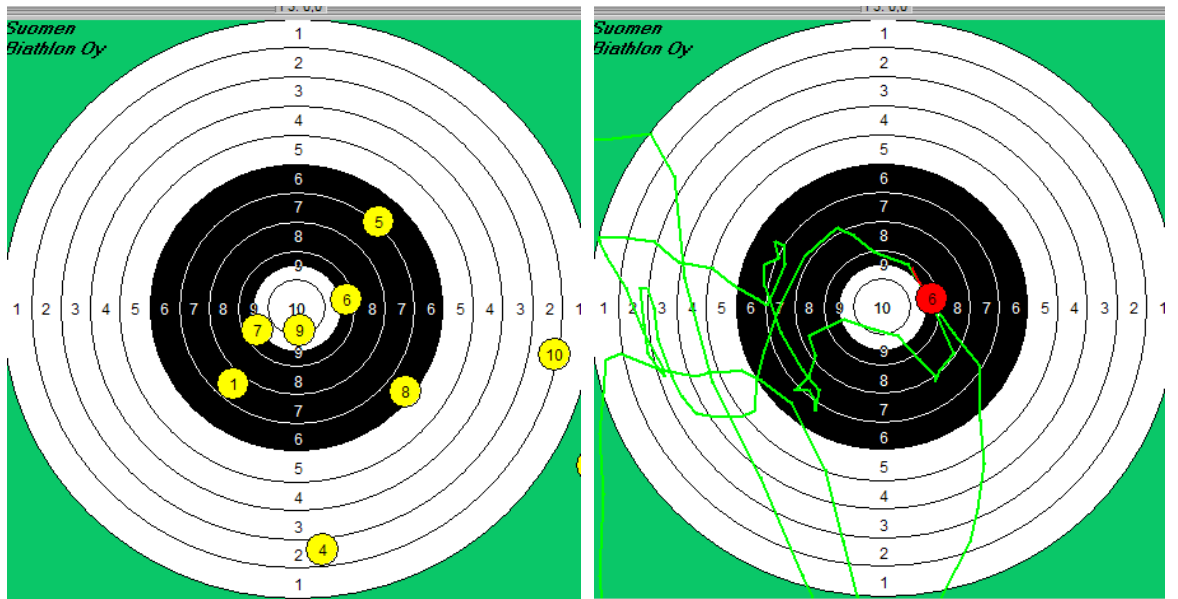
KUVIO 15. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseens heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 39,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 16. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 41,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



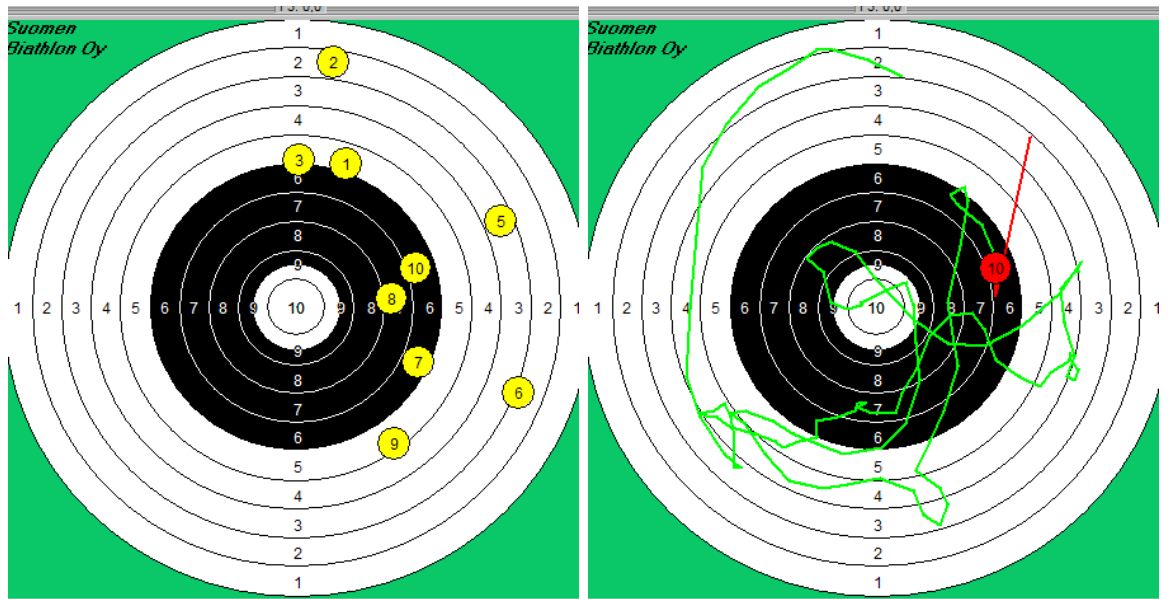
KUVIO 17. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 42,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 18. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseenn heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 42,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.

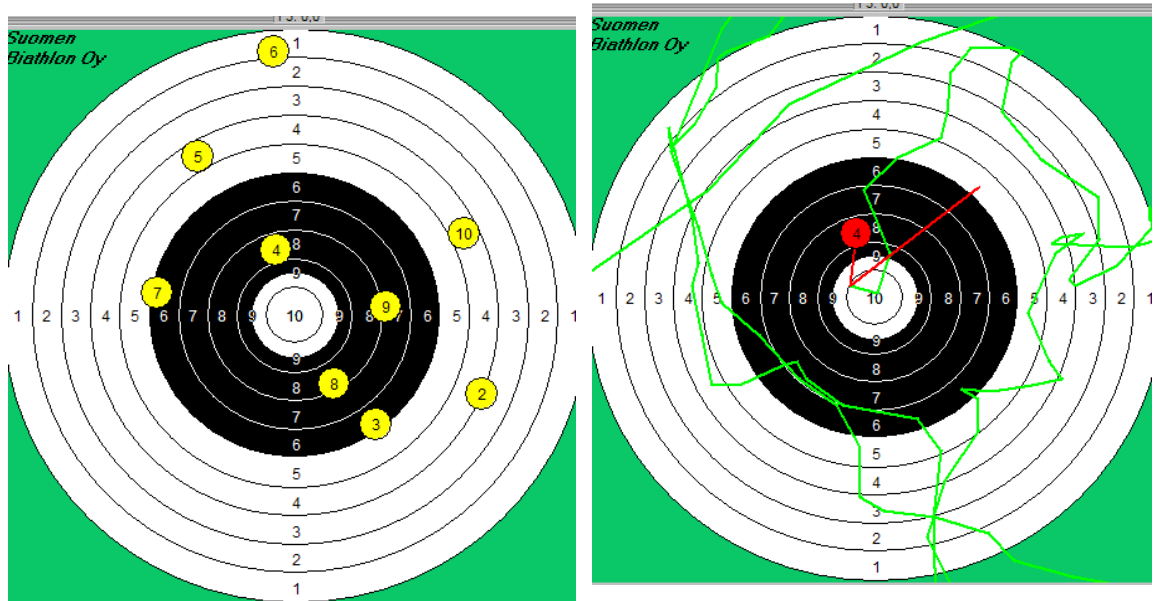


KUVIO 19. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseenn heiluntakuvio reserviläisellä, joka puristi 42,5 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.



KUVIO 20. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvi ja aseisen heiluntakuvi reserviläisellä, joka puristi 43,0 kg maksimaalisessa puristusvoimamittauksessa.

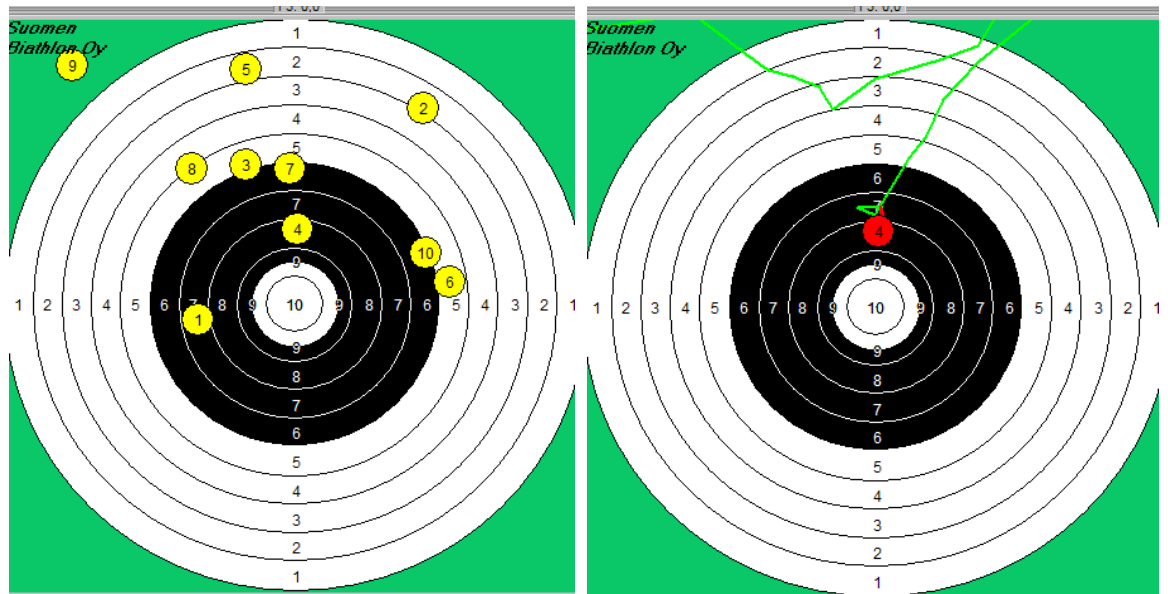
Etunojapunnerrussuorituskyvyn yhteys ammuttasuoritukseen satunnaisesti valittujen yksilöiden välillä olivat kuvioiden 1–20 mukaiset. Kuvioissa 1–10 ovat hyvän etunojapunnerrussuorituskyvyn omaavien RK-pystyampumataulut osumineen ja yksittäisen laukauksen keskiverstosuoritusta kuvaava asean heiluntakuviot ennen liipaisuhetkeä (vihreä viiva) ja liipaisuhetken jälkeen (punainen viiva). Kuvioissa 11–20 ovat vastaavasti heikon etunojapunnerrussuorituskyvyn omaavien ampumataulut ja asean heiluntakuviot.



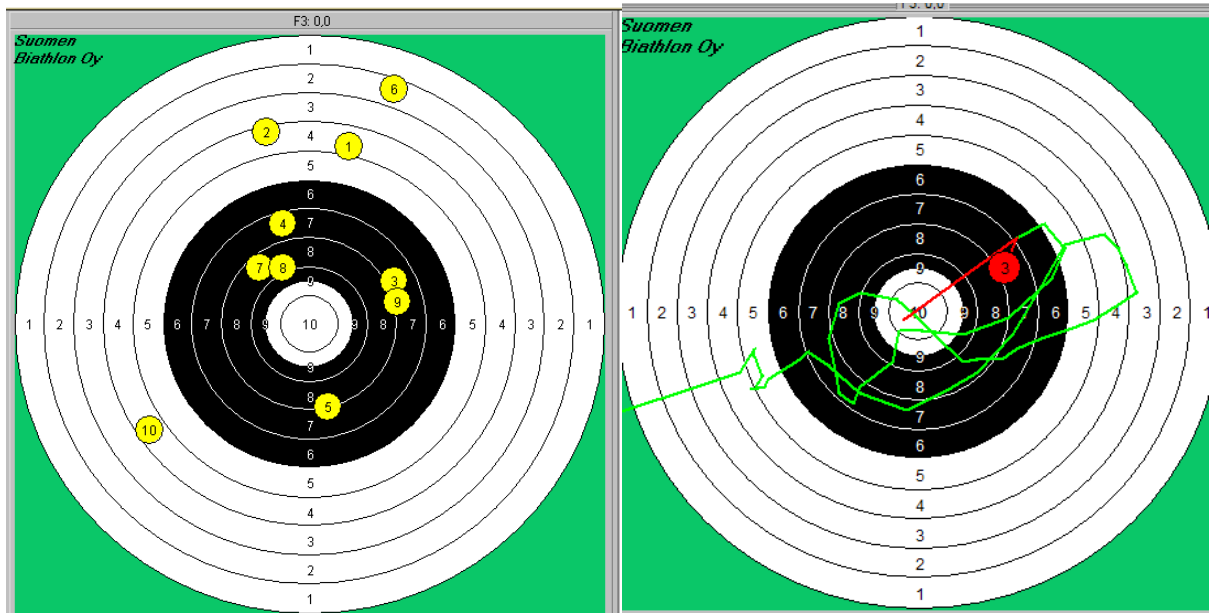
KUVIO 1. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviot ja asean heiluntakuviot reserviläisellä, joka punnersi 62 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 2. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka punnersi 61 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



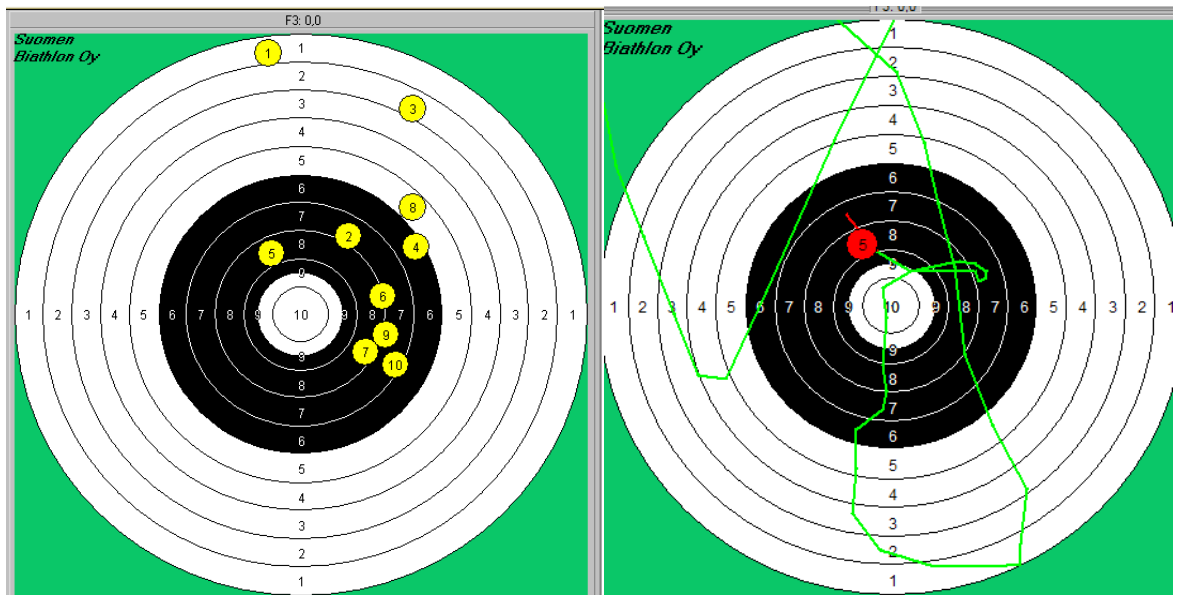
KUVIO 3. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka punnersi 58 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 4. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseiden heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 53 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



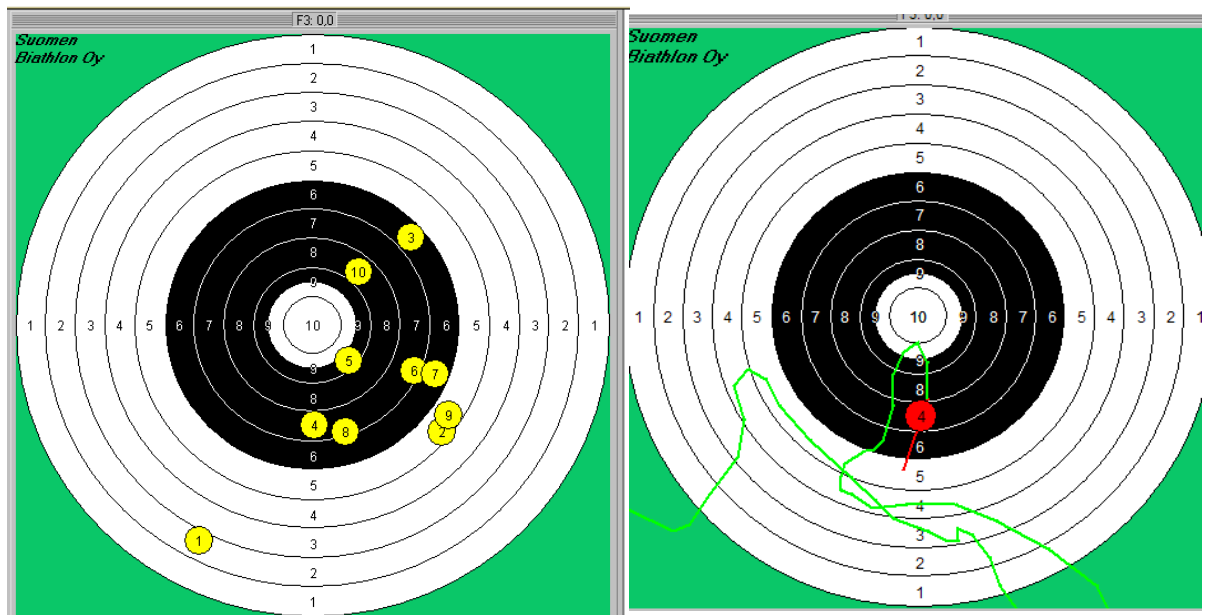
KUVIO 5. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseiden heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 53 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 6. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka punnersi 52 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



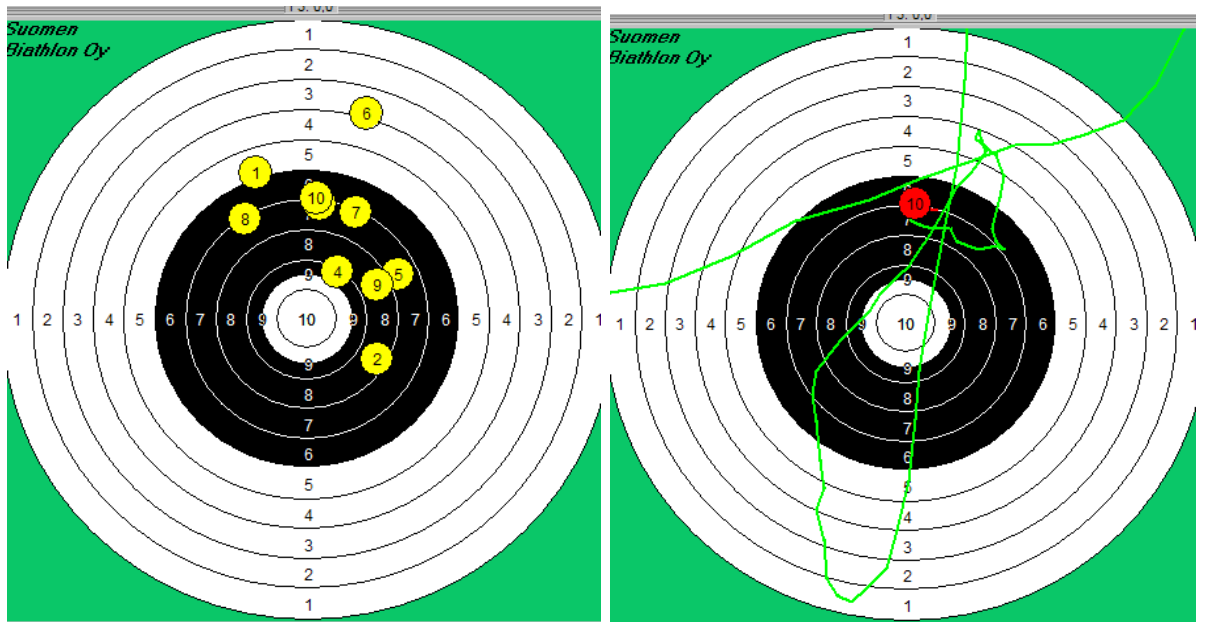
KUVIO 7. RK-pystyammunnan osumien hajontakuviota ja aseiden heiluntakuviota reserviläisellä, joka punnersi 51 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



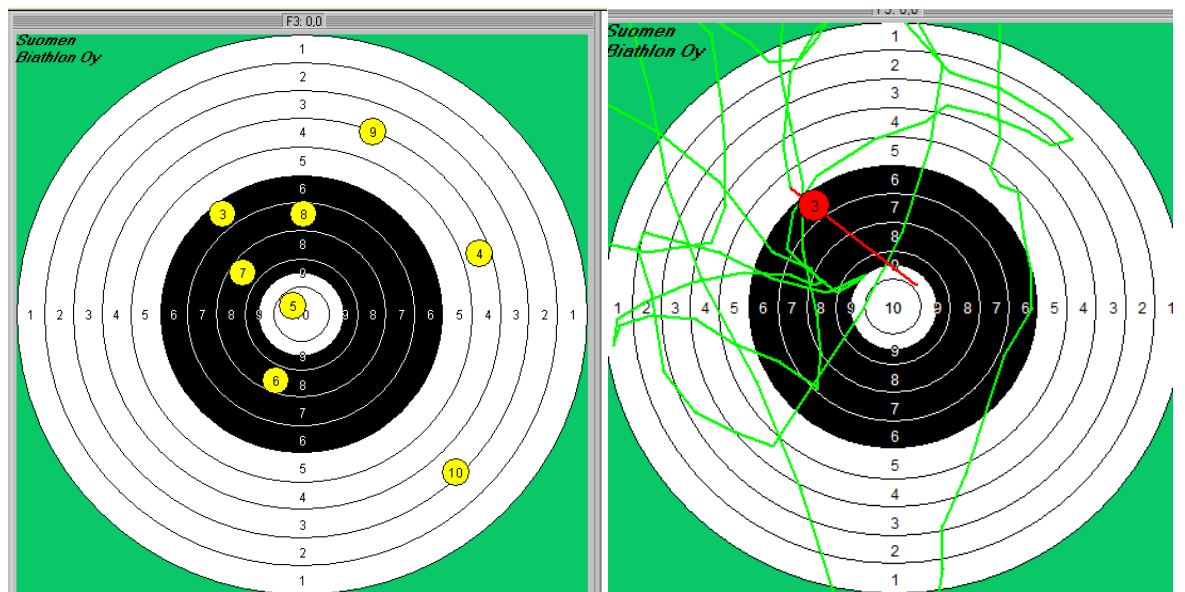
KUVIO 8. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 50 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 9. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 50 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



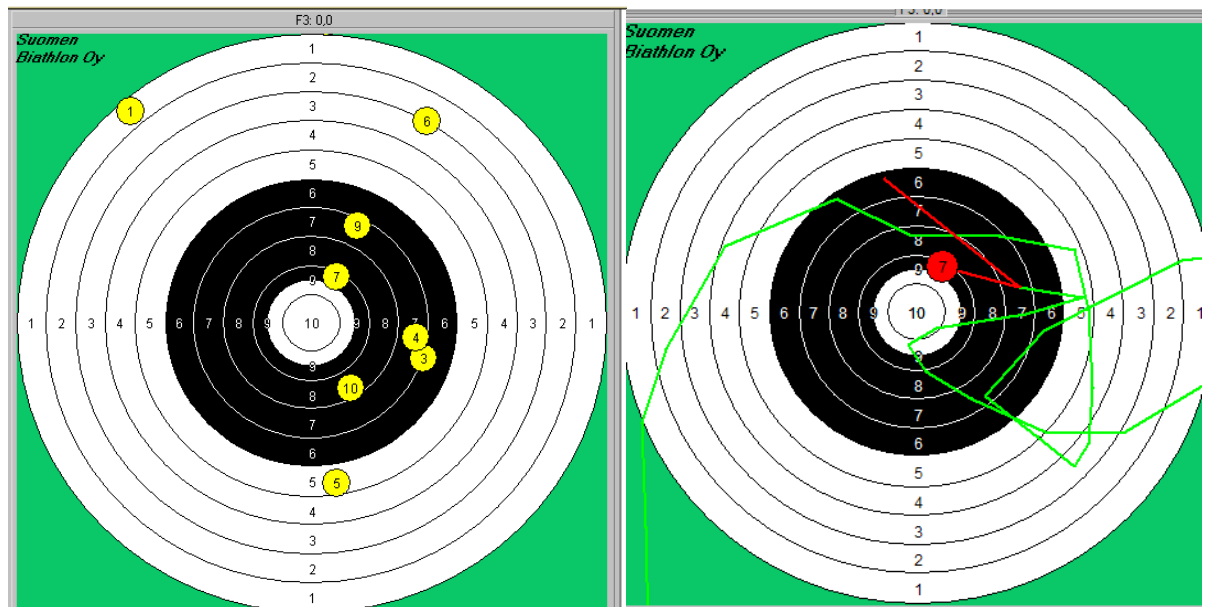
KUVIO 10. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 50 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 11. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 1 toiston/min etunojapunnerrusmittauksessa.



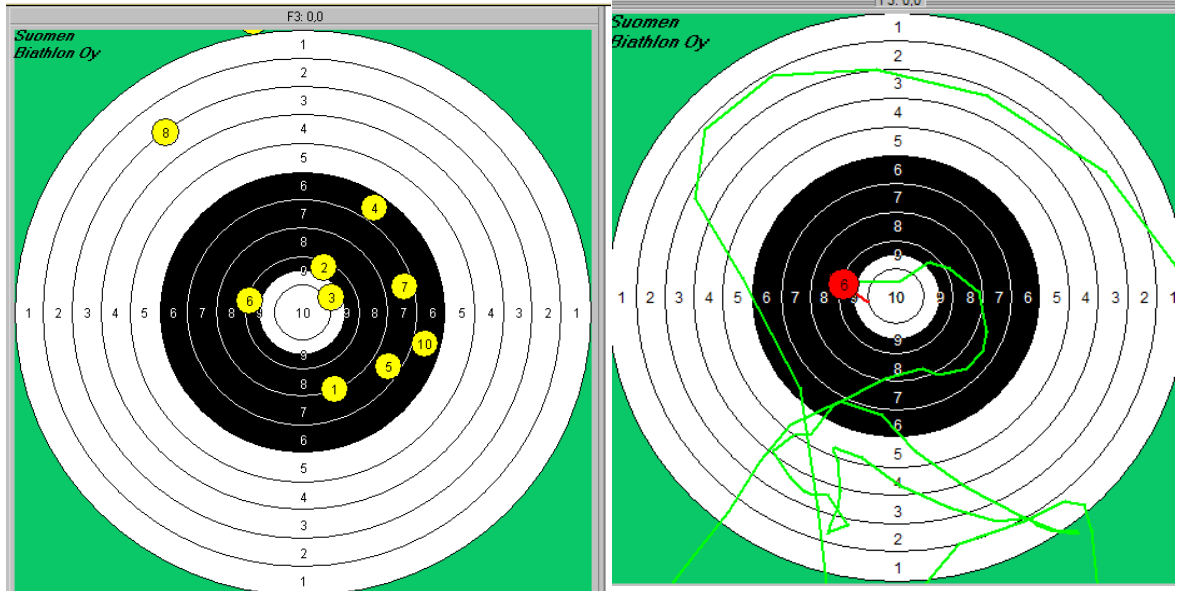
KUVIO 12. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja asean heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 2 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 13. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja asean heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 4 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



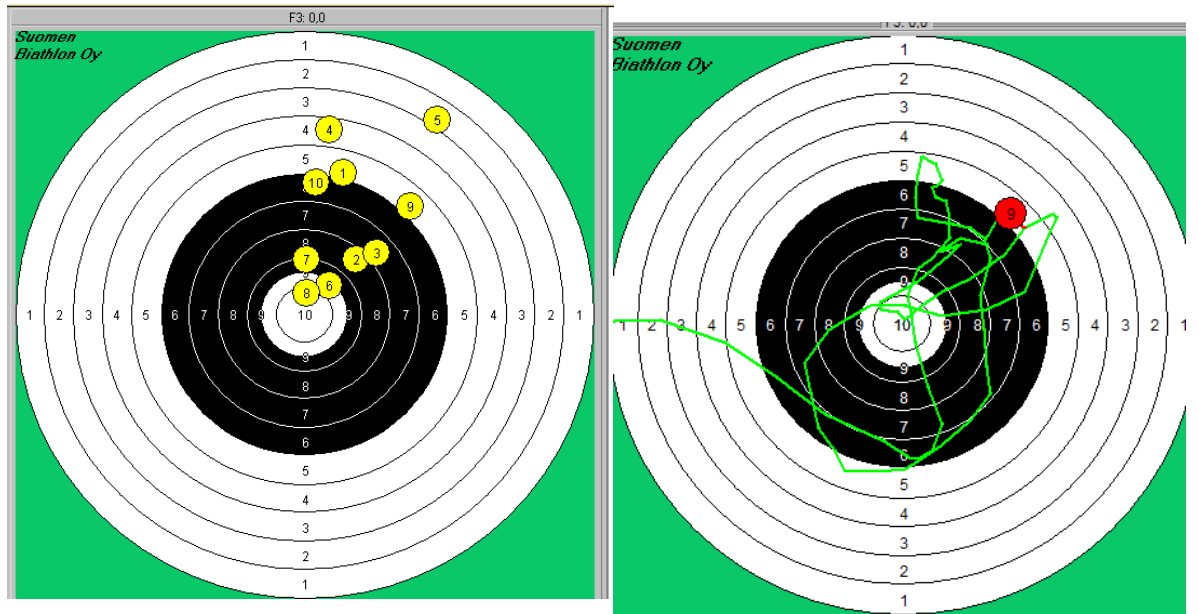
KUVIO 14. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 8 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 15. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 8 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 16. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja ase-
 heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 8 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 17. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja ase-
 heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 10 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 18. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 11 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 19. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvio ja aseän heiluntakuvio reserviläisellä, joka punnersi 12 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.



KUVIO 20. RK-pystyammunnan osumien hajontakuvi ja aseiden heiluntakuvi reserviläisellä, joka punnersi 12 toistoa/min etunojapunnerrusmittauksessa.