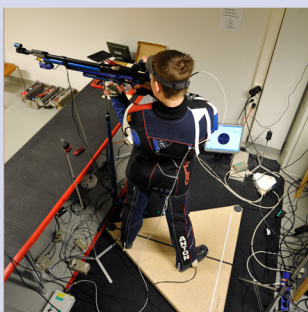
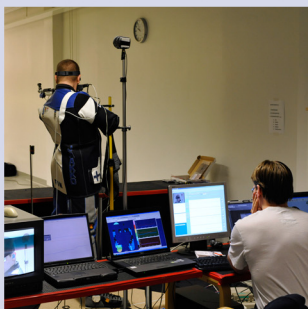


KIHUn julkaisusarja, nro 28  
ISBN 978-952-5676-45-7 (PDF)



***Simo Ihalainen, Kaisu Mononen, Sami Kuitunen,  
Niilo Konttinen, Matti Salonen, Pasi Wedman***

## **Tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon vaikutus ammuntasuoritukseen maajoukkuetason ja kansallisen tason ilmakivääriampujilla**



**Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU  
Jyväskylä 2011**

# Tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon vaikutus ammuntauoritukseen maajoukkue-tason ja kansallisen tason ilmakivääriampujilla

Simo Ihalainen<sup>1</sup>, Kaisu Mononen<sup>1</sup>, Sami Kuitunen<sup>1</sup>, Niilo Konttinen<sup>1</sup>,  
Matti Salonen<sup>1</sup>, Pasi Wedman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU

<sup>2</sup> Suomen ampumaurheiluliitto SAL

Copyright © 2011 KIHU

Kaikki oikeudet pidätetään. Tämän julkaisun tai sen osan jäljentäminen ilman tekijän kirjallista lupaa painamalla, monistamalla, äänittämällä tai muulla tavoin on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty.

ISBN 978-952-5676-45-7 (PDF)

Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä 2011

# SISÄLTÖ

SISÄLTÖ .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
1 JOHDANTO .....	4
2 MENETELMÄT .....	5
2.1 Tutkittavat .....	5
2.2 Mittausasetelma.....	5
2.3 Datan keräys.....	5
2.4 Datan käsittely ja analysointi .....	6
2.4.1 Tähtäyspisteen liikettä kuvaavat muuttujat .....	6
2.4.2 Kehon tasapainoa kuvaavat muuttujat .....	7
2.4.3 Tilastollinen tarkastelu.....	8
3 TULOKSET.....	9
3.1 Huippuampujien ja kansallisen tason ampujien ryhmävertailu .....	9
3.2 Tähtäyspisteen liikettä kuvaavien muuttujien yhteys osumatarkkuuteen .....	10
3.3 Kehon tasapainoa kuvaavien muuttujien yhteys osumatarkkuuteen .....	12
3.4 Kehon tasapainon yhteys tähtäyspisteen liikettä kuvaaviin muuttujiin .....	14
3.5 Tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon muuttujien viitearvot.....	15
4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	16
LÄHTEET .....	19
LIITE. Noptelin muuttujien mittaaminen .....	20

## TIIVISTELMÄ

Ilmakivääriammunnassa suoritus koostuu neljästä eri osa-alueesta, jotka ovat pito, tähtäys, liipaisu ja jälkipito. Myös vakaan kehon tasapainon on katsottu olevan perusedellytys hyvän ammutekniikan saavuttamiseksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata huippuampujien ja kansallisen tason ampujien tähtäyspisteen liikettä ja tasapainoa toisiinsa, ja määrittää ammunta-suorituksen kannalta oleelliset muuttujat pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon osalta.

Tutkimukseen osallistui 15 Suomen ampumaurheiluliiton maajoukkueille osallistunutta kivääriampujaa, joista neljä maailmancupiin säännöllisesti osallistunutta ampujaa luokiteltiin huippuampujiksi ja muut kansallisen tason ampujiksi. Tutkittavat ampuivat omalla aseellaan kilpasarjan, johon kuului naisilla 40 laukausta ja miehillä 60 laukausta. Kaikista laukauksista mitattiin tähtäyspisteen liike ja osuma optoelektronisella ammunthanharjoittelujärjestelmällä (Noptel Oy, Suomi). Tähtäyspisteen liikettä kuvaavista muuttujista valittiin pääkomponenttiansalyysin perusteella 9 muuttujaa kuvaamaan laukauksen pitoa, tähtäystä, liipaisua ja tähtäyksen kestoa. Ampujan kehon tasapaino tähtäyksen aikana mitattiin voimalevyn avulla (Metitur Oy, Suomi). Tasapainoa kuvaaviksi muuttujiksi valittiin painekeskapisteen paikan keskihajonta ( $sdX$  ja  $sdY$ ) kolmella eri aikavälillä. Nämä ajanjaksot olivat 7-2, 2-0 ja 0,5-0 sekuntia ennen laukausta.

Huippuampujien ryhmän osumien pistekeskisarvo ( $10,38 \pm 0,07$ ) oli odotetusti parempi ( $p < 0,001$ ) kuin kansallisen tason ampujien pistekeskisarvo ( $10,19 \pm 0,16$ ). Lisäksi huippuampujien pito, tähtäys ja liipaisu olivat parempia, sekä tasapaino vakaampi kuin kansallisen tason ampujilla. Huippuampujat myös käyttivät tähtäykseen pidemmän ajan kuin kansallisen tason ampujat. Kaikista tutkimuksessa mitatuista muuttujista pitoa kuvaava tähtäyspisteen vaakasuuntainen huojuunta viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta (DevX) oli vahvimmin yhteydessä osumien pistekeskisarvoon, ja DevX selitti 66 % pistekeskisarvon vaihtelusta. Kehon tasapainon osalta ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa tapahtuvan huojuunnan suuruus ( $sdX$ ) oli yhteydessä sekä sarjan pistekeskisarvoon että pidon vakauteen, tähtäykseen ja liipaisuun. Huippuampujien ryhmän tasapaino tässä suunnassa oli myös kansallisen tason ampujia parempi. Tärkeimmistä pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon muuttujista laadittiin viitearvot, joiden perusteella ampujan on mahdollista arvioida yksilöllisiä ammutekniikan vahvuusalueita ja kehityskohteita.

Avainsanat: Kivääriammunta, tähtäyspisteen liike, kehon tasapaino

## 1 JOHDANTO

Ilmakivääriammunnassa suoritus voidaan jakaa neljään osatekijään, joita ovat pito, tähtäys, liipaisu ja jälkipito. Pidolla tarkoitetaan tähtäyspisteen liikkeen suuruutta tähtäyksen aikana. Pidon vakauden on todettu olevan perusedellytys hyvän ammutekniikan saavuttamiseksi (Mason ym. 1990, Zatsiorsky & Aktov 1990, Mononen ym. 2003). Tähtäyksen kannalta tärkeitä tekijöitä ovat silmän vakioitu paikka suhteessa etu- ja takatähtiimiin sekä ampujan kyky havaita virheitä tähtäyksessä. Liipaisun aikana ampujan tulee kasvattaa liipaisimeen tuotettua voimaa tasaisesti ja välttää liipaisun aikaisia nykäyksiä. Liipaisua seuraavan jälkipidon tavoitteena on tukea vakaata liipaisua.

Aseen pito on yksi hyvän ammutekniikan perusedellytys. Eliittiampujilla aseiden pidon on todettu olevan vakaampaa kuin heikompi-tasoisilla ampujilla, ja pidon vakauden on todettu myös eroavan hyvien ja huonojen laukausten välillä (Viitasalo ym. 1999, Kontinen ym. 1998, 2000, Mononen ym. 2001, 2003). Eliittiampujien ryhmällä ei ole todettu yhteyttä pidon vakauden ja ampumatuloksen välillä, mikä johtunee eliittiampujien ryhmän pienistä hajonnoista sekä osumatarkkuuden että pidon vakauden osalta. Ampujakohtaisessa tarkastelussa pidon vakauden on kuitenkin todettu vaikuttavan osumatarkkuuteen joidenkin ampujien kohdalla (Ball ym. 2003).

Ampujan kehon tasapainon on esitetty olevan pidon kannalta olennainen tekijä. Ammunta-suorituksessa huippuampujien tasapainon on todettu olevan parempi heikompi-tasoi-siin tai koke-mattomiin ampujiin verrattuna. Toisaalta tasapaino ei kuitenkaan ole ratkaiseva tekijä huippu-ampujien osumatarkkuuden kannalta, kun kehon tasapaino on riittävän hyvällä tasolla (Era ym. 1996). Vaikka ryhmätasolla eliittiampujien tasapaino ei ole enää merkittävä tekijä osumatarkkuuden kannalta, niin yksilöllisessä tarkastelussa tasapainon on todettu vaikuttavan ampujien osumatarkkuuteen ja pidon vakauteen (Ball ym. 2003). Tasapainosta ja pidon tasosta annetun reaaliaikaisen palautteen on myös todettu parantavan eliittiampujien osumatarkkuutta (Mullineaux ym. 2012).

Ammunnassa tähtäyspisteen liikettä on mitattu ja analysoitu optoelektronisen järjestelmän avulla. Noptel ST 2000 sport (Noptel Oy, Suomi) järjestelmällä voidaan mitata luotettavasti pitoon, tähtäykseen ja liipaisuun liittyviä muuttujia (Mononen ym. 2003). Näiden muuttujien merkitys ilmakivääriammunnan osumatarkkuuteen on kuitenkin edelleen osittain epäselvä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on 1) verrata huippuampujien ammunnan aikaista tähtäyspisteen liikettä ja tasapainoa kansallisen tason ampujien vastaaviin muuttujiin, 2) määritellä ilmakivääriammunnan osumatarkkuuden kannalta oleellimmat muuttujat pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon osalta, sekä 3) luoda hyvän ammutekniikan saavuttamiseksi vaaditut ohjeelliset viitearvot kyseisille muuttujille.

## 2 MENETELMÄT

### 2.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui 15 Suomen maajoukkueleireille osallistunutta ilmakivääriampujaa (5 miestä ja 10 naista). Neljä maailmancupiin säännöllisesti osallistunutta ampujaa luokiteltiin huippuampujiksi ja muut ampujat kansallisen tason ampujiksi. Mittaukset suoritettiin Vierumäen ja Inkoon ampumaradoilla kymmenellä eri mittauskerralla joulukuun 2009 ja kesäkuun 2011 välisenä aikana. Mittauskertoja tutkittaville kertyi yhdestä yhdeksään.

### 2.2 Mittausasetelma

Kaikilla mittauskerroilla tutkittavat ampuivat omalla aseellaan kilpasarjan, johon kuului naisilla 40 laukausta ja miehillä 60 laukausta. Ennen kilpasarjan aloittamista ampujat ampuivat 2-6 kohdistuslaukausta, jonka jälkeen ampujat ampuivat itse hyväksi katsomansa määrän harjoituslaukauksia (5-15) riittävän ammuntatuntuman saavuttamiseksi. Laukaukset ammuttiin kymmenen metrin etäisyydeltä tasapainolevyn (Metitur Oy, Suomi) päältä standardikokoiseen ilmakivääri-  
tauluun. Laukauksen jälkeen ennen tuloksen katsomista ampujat arvioivat omaa suoritustaan kolmiportaisella asteikolla, jossa laukaus oli joko erinomainen, rutiini tai epäonnistunut suoritus. Ampujan omia arvioita suorituksesta ei ole käsitelty tässä raportissa. Laukausten arviointia lukuun ottamatta mittaus toteutettiin kilpailunomaisesti.

### 2.3 Datan keräys

Tähtäyspisteen liike ja osuma mitattiin optoelektronisella ammuttajärjestelmällä (Noptel Oy, Suomi). Järjestelmään kuului ilmakiväärin piippuun kiinnitettävä optinen lähtin-vastaanotin (140 g), taulun ympärillä oleva heijastinlevy sekä tietokone. Optisen lähtimen massan tuoma lisäys kompensoitiin poistamalla kiväärin piipun lisäpainoja. Tähtäyspisteen paikan ja osuman määrittämiseksi optisen lähtimen laser-säde (aallonpituus 0,8  $\mu\text{m}$ ) heijastui taulun heijastimista takaisin lähtimen vastaanottavaan osaan. Järjestelmä mittasi tähtäyspisteen paikan 0,1 mm tarkkuudella ja 100 Hz taajuudella. Optisen lähtimen mittaama tähtäyspisteen paikkatieto välittyi kaapelin kautta tietokoneeseen datan visuaalista tarkastelua, analysointia ja tallennusta varten.

Ampujan tasapainoa tähtäyksen aikana mitattiin kolmion muotoisen voimalevyn avulla (1175 mm  $\times$  1175 mm  $\times$  1175 mm, Metitur Oy, Suomi). Voimalevyn kaikissa kulmissa sijaitsevien venymäliuska-anturien perusteella määritettiin painekeskispisteen sijainti (mittaustarkkuus pa-

rempi kuin 1 mm) 200 Hz näytteenottotaajuudella. Signaalit kerättiin tietokoneen kovalevyllä jatkokäsittelyä varten 12-bittisen A/D-muuntimen kautta. Painekeskipisteen liikkeen lisäksi aseeseen perän ja olkapään välinen voima (venymäliuska-anturi) sekä liipaisimeen kohdistettu voima (paineanturi) kerättiin A/D-muuntimen kautta 200 Hz taajuudella. Perävoiman ja liipaisuvoiman mittaustuloksia ei ole käsitelty tässä raportissa. Laukaushetken määrittämiseen käytettiin aseeseen piipun viereen sijoitettua mikrofonia, joka lähetti laukauksen äänestä merkkisignaalin A/D-muuntimen kautta tietokoneelle.

## 2.4 Datan käsittely ja analysointi

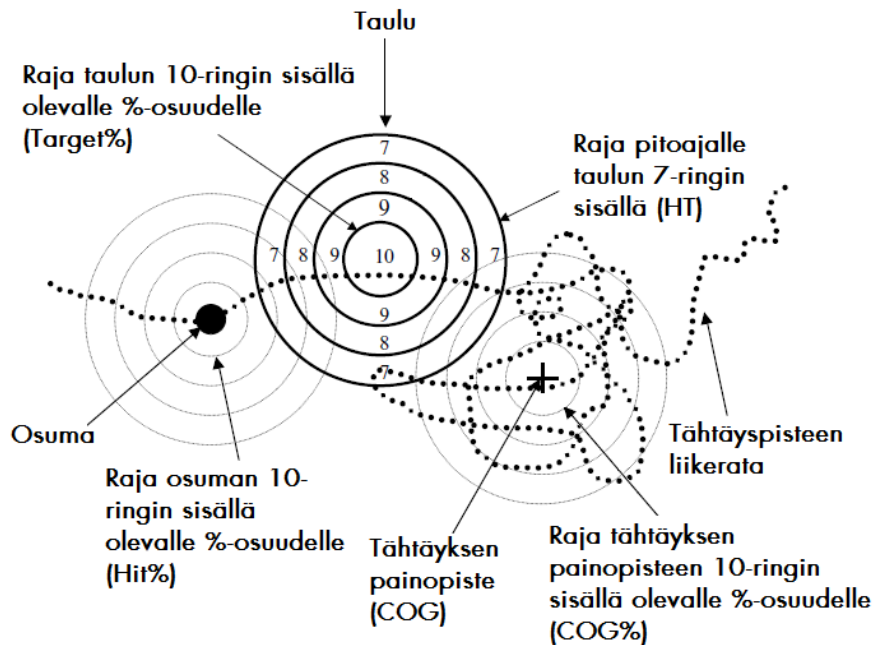
### *2.4.1 Tähtäyspisteen liikettä kuvaavat muuttujat*

Noptelin optoelektronisen ammuntajärjestelmän osumien arvot ja tähtäyspisteen liikkeen parametrit määritettiin NOSTAT-ohjelmistolla (Noptel Oy, Suomi). Ohjelmisto laski jokaisesta sarjan laukauksesta osuman lisäksi 16 tähtäysaikaan ja tähtäyspisteen liikkeeseen liittyvää muuttujaa. Muuttujille tehtiin pääkomponenttianalyysi (varimax rotaatio, ominaisarvo vähintään 1), jonka avulla pyrittiin pienentämään muuttujajoukkoa siten, että datan keskeiset piirteet säilyvät. Pääkomponenttianalyysin perusteella muuttujat jakautuivat neljään komponenttiin, jotka olivat pito, tähtäys, liipaisu ja tähtäyksen kesto. Noptelin 16 muuttujasta valittiin 9 muuttujaa kuvaamaan näitä neljää komponenttia.

Pitoa kuvaaviksi muuttujiksi valittiin tähtäyspisteen paikan vaaka- ja pystysuuntainen keskihajonta (DevX ja DevY) viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta. Hajonnan yksikkönä oli taulun rengasväli. DevX ja DevY kuvaavat tähtäyspisteen liikettä ja näin ollen pidon vakautta ammunnan aikana. Pitoa kuvaaviksi muuttujiksi valittiin myös COG% ja Hit%. COG% tarkoittaa prosentuaalista osuutta ajasta, jonka tähtäyspiste on ollut tähtäyksen painopisteen ympärille piirretyyn 10-ringin sisällä viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta (kuvio 1). Mitä laajemmalla alueella tähtäyspisteen liike on ollut (ts. mitä heikompi pito), sitä pienemmän ajan tähtäyspiste on ollut tähtäyksen painopisteen lähellä, jolloin myös COG% on alhainen. Hit% tarkoittaa prosentuaalista osuutta ajasta, jonka tähtäyspiste on ollut osuman ympärille piirretyyn 10-ringin sisällä viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta. Hit%:iin vaikuttaa myös liipaisun aikana tapahtuvat heilahdukset, joten Hit% kertoo pidon lisäksi myös liipaisusta.

Tähtäystä kuvaaviksi muuttujiksi valittiin COG ja Target%. COG tarkoittaa tähtäyksen painopistettä viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta. COG lasketaan tähtäyspisteen paikan keskiarvona kyseisenä ajanjaksona, ja yksikkönä on painopisteen paikan tulos taulussa. Tähtäyksen painopisteen ollessa keskellä taulua COG:n arvo on 10,9, ja mitä kauempana painopiste on ollut, sitä pienempi COG:n arvo on. Target% tarkoittaa prosentuaalista osuutta ajasta, jonka tähtäyspiste on ollut taulun 10-ringin sisällä viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta.

Lähellä 100 % olevat arvot kertovat tähtäyspisteen olleen keskellä taulua tähtäyksen loppuvaiheessa.



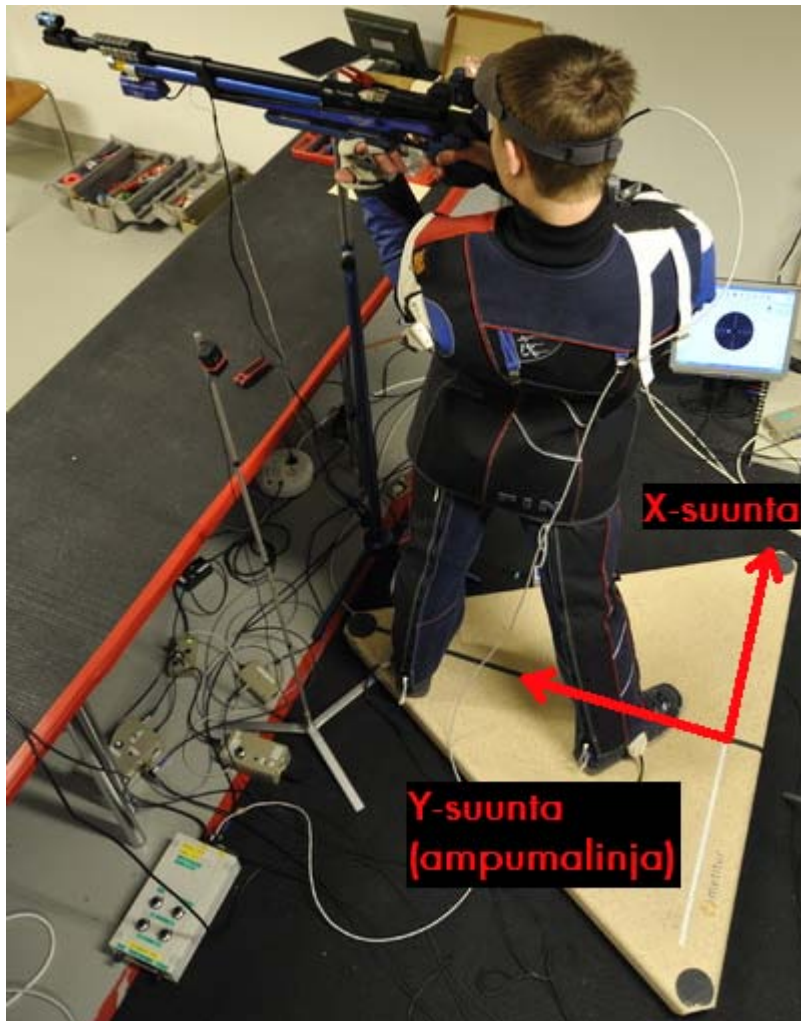
Kuvio 1. Tähtäyspisteen liikettä kuvaavista muuttujista COG% ja Hit% kuvaavat pitoa, Target% ja COG tähtäystä, ja HT pitoaikaa (mukailtu Mononen ym. 2003).

Liipaisua kuvaaviksi muuttujiksi valittiin tähtäyspisteen absoluuttinen (ATV) ja suhteellinen (RTV) liike ennen laukausta. ATV:n arvo laskettiin tähtäyspisteen vaaka- ja pystysuuntaisen paikan keskihajonnasta 0,2 sekunnin ajalta ennen laukausta. ATV:n yksikkönä on taulun rengasväli. Pienet ATV:n arvot kertovat tähtäyspisteen vähäisestä liikkeestä liipaisun aikana. RTV on suhteellinen arvo, jossa laukauksen ATV-arvo suhteutetaan tähtäyspisteen liikkeeseen (tähtäyspisteen paikan vaaka- ja pystysuuntainen keskihajonta) 2,0-0,6 sekuntia ennen laukausta. RTV:n arvo kuvaa tähtäyspisteen liikkeen pienenemistä (arvot pienempiä kuin 1) tai suurenemista (arvot suurempia kuin 1) laukaushetkeä kohti. Tähtäysaikaa kuvaamaan valittiin pitoaika taulun 7-ringin sisällä (HT).

#### 2.4.2 Kehon tasapainoa kuvaavat muuttujat

Painekeskusteen sijainnin paikkakoordinaatit suodatettiin 4. asteen vaihesiirrottomalla digitaalilla butterworth-alipäästäsuodattimella 10 Hz leikkaustaajuudella Ruhe ym. (2010) suosituksen mukaisesti. Painekeskusteen liikkeestä analysoitiin sekä ampumalinjan suuntainen (y-suunta, kuvio 2) että kohtisuoraan ampumalinjaa vasten oleva tasapainon komponentti (x-suunta). Tasapainoa kuvaaviksi muuttujiksi valittiin painekeskusteen paikan keskihajonta ( $sdX$  ja  $sdY$ ) kolmella aikavälillä: 7-2, 2-0 ja 0,5-0 sekuntia ennen laukausta. Kyseessä oleva ajanjakso on ilmoitettu muuttujien kohdalla alaindeksien 7, 2 ja 0,5 avulla ( $sdX_7$ ,  $sdX_2$  ja  $sdX_{0,5}$ ).





Kuvio 2. Tasapainon mittauksen x- ja y-suunnat suhteessa ampumalinjaan.

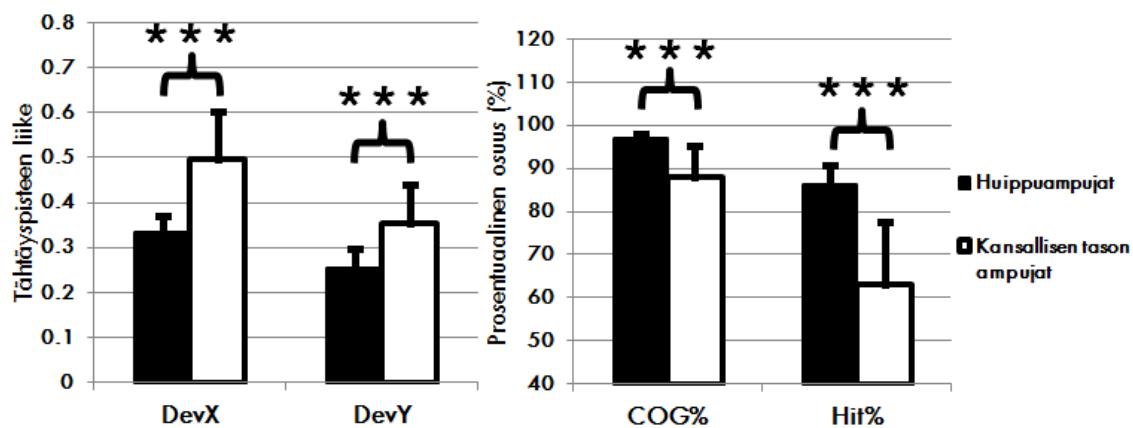
### 2.4.3 Tilastollinen tarkastelu

Ampujien kilpasarjan laukauksista laskettiin keskiarvot kaikista tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon muuttujista. Huippuampujien testikertoja oli yhteensä 30 ja kansallisen tason ampujien testikertoja 28. Tulokset on esitetty muodossa keskiarvo  $\pm$  keskihajonta. Tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon muuttujien ryhmäeroja huippuampujien ja kansallisen tason ampujien välillä testattiin riippumattomien otosten Mann-Whitney U-testillä. Noptelin ja tasapainon muuttujien yhteyttä sarjan pistekeskiarvoon tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Lisäksi kehon tasapainon muuttujien yhteyttä pidon vakauteen (DevX ja DevY) tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin  $p < 0.05$ . Ilmakiiväriammunnan osumatarkkuuden kannalta oleellisimmista muuttujista laadittiin viitearvot huippuampujien testitulosten keskiarvon ja keskihajonnan perusteella.

## 3 TULOKSET

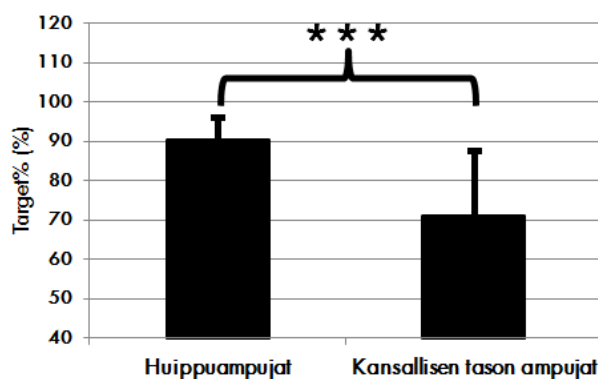
### 3.1 Huippuampujien ja kansallisen tason ampujien ryhmävertailu

Huippuampujien ryhmän osumien pistekeskisarvo ( $10,38 \pm 0,07$ ) oli odotetusti parempi ( $p < 0.001$ ) kuin kansallisen tason ampujien pistekeskisarvo ( $10,19 \pm 0,16$ ). Kaikissa ampujan pitoa kuvaavissa muuttujissa havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0.001$ ) ryhmäero huippuampujien ja kansallisen tason ampujien välillä (kuvio 3).



Kuvio 3. Pitoa kuvaavien muuttujien arvot huippuampujilla ja kansallisen tason ampujilla. Huippuampujien pito oli kaikilla valituilla muuttujilla mitattuna parempi kuin kansallisen tason ampujilla. (\*\*\*)  $p < 0.001$

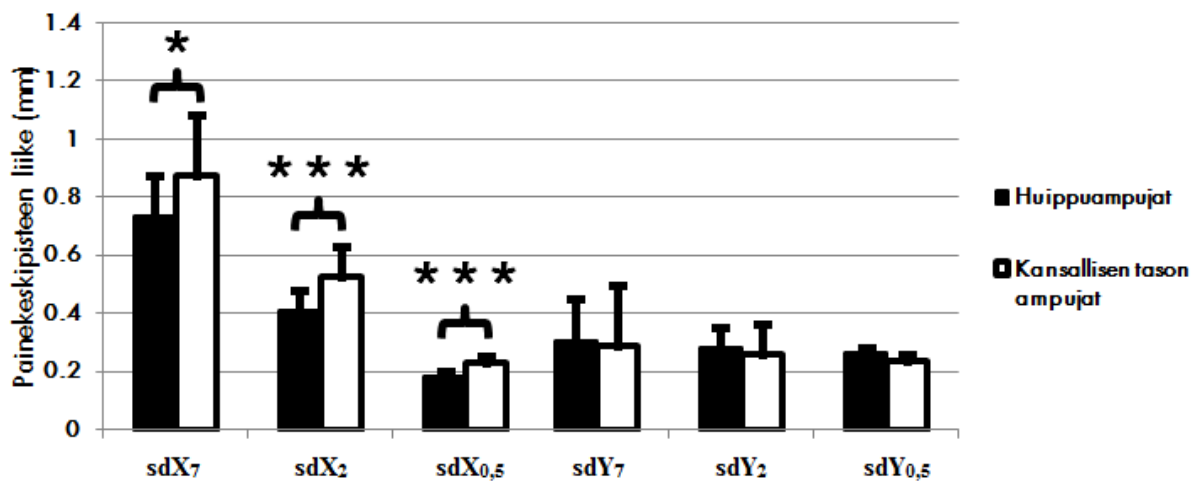
Tähtäystä kuvaavat muuttujat osoittivat, että huippuampujat tähtäivät keskemälle taulua kuin kansallisen tason ampujat. Huippuampujien tähtäyksen painopiste (COG  $10,54 \pm 0,09$ ) oli lähempänä taulun keskustaa ( $p < 0.001$ ) kuin kansallisen tason ampujien COG ( $10,37 \pm 0,21$ ). Lisäksi huippuampujien Target% oli parempi kansallisen tason ampujiin verrattuna (kuvio 4).



Kuvio 4. Tähtäystä kuvaava Target% osoitti, että huippuampujat tähtäsivät lähemmäs taulun keskustaa kuin kansallisen tason ampujat. (\*\*\*)  $p < 0.001$

Liipaisua kuvaavista muuttujista absoluuttisen liikkeen (ATV) arvot poikkesivat toisistaan ryhmien välillä ( $p < 0.001$ ). Huippuampujien ATV oli  $0,23 \pm 0,03$  ja kansallisen tason ampujien ATV  $0,31 \pm 0,06$ . Suhteellisen liikkeen (RTV) arvoissa ei ollut eroa ryhmien välillä (huippuampujat  $1,01 \pm 0,09$  ja kansallisen tason ampujat  $1,05 \pm 0,10$ ). Huippuampujien tähtäysaika (HT:  $9,5 \pm 2,2$  s) oli pidempi ( $p < 0.001$ ) kuin kansallisen tason ampujien tähtäysaika (HT:  $6,8 \pm 1,8$  s).

Huippuampujilla kehon tasapaino ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa oli vaakaampi kaikilla analysoiduilla aikaväleillä kansallisen tason ampujiin verrattuna (kuvio 5). Ampumalinjan suuntaisessa tasapainossa ei ollut eroja painekeskipisteen liikkeen suuruuden osalta.



Kuvio 5. Huippuampujien ja kansallisen tason ampujien kehon tasapainoa kuvaavat muuttujat ampumalinjaa vasten kohtisuorassa suunnassa (sdX) ja ampumalinjan suunnassa (sdY) kolmelta eri ajanjaksolta (7-2 s, 2-0 s ja 0,5-0 s).

### 3.2 Tähtäyspisteen liikettä kuvaavien muuttujien yhteys osumatarkkuuteen

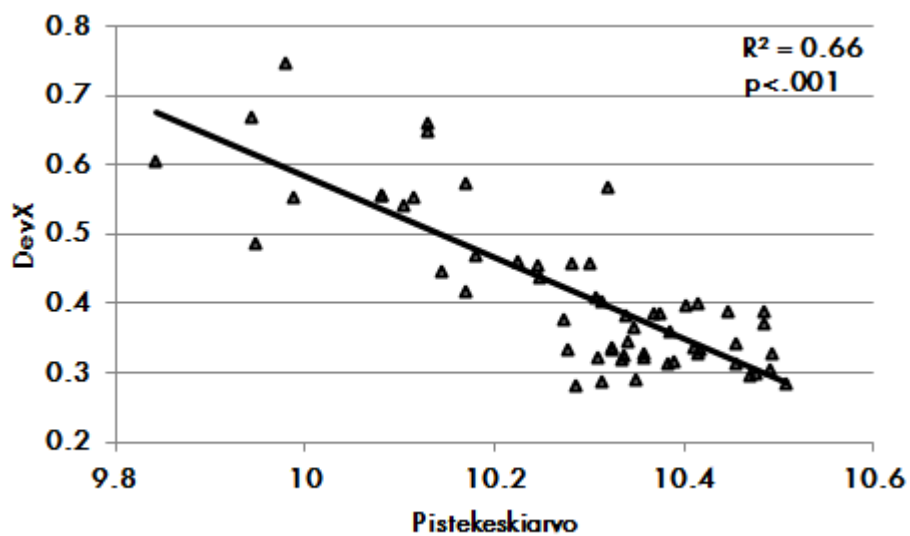
Tähtäyspisteen liikettä kuvaavilla muuttujilla oli yhteys osumien pistekeskisarvoon (taulukko 1). Pidon osalta DevX korreloi vahvimmin (kuvio 6) sarjan pistekeskisarvon kanssa. 66 % pistekeskisarvon varianssista selittyi DevX:n perusteella, kun tarkasteltiin kaikkia ampujia yhtenä ryhmänä. Tähtäyksen osalta Target% (kuvio 7) ja liipaisun osalta ATV (kuvio 8) korreloivat vahvimmin sarjan pistekeskisarvon kanssa. Jos huippuampujien ja kansallisen tason ampujien korrelaatioita pistekeskisarvoon tutkittiin erillisinä ryhminä, niin DevX ei huippuampujien kohdalla enää korreloinut pistekeskisarvon kanssa. Kansallisen tason ampujilla yhteys DevX:n ja pistekeskisarvon välillä oli edelleen vahva. Tähtäystä kuvaavista muuttujista vain COG:llä oli tilastollisesti merkitsevä korrelaatio pistekeskisarvoon sekä huippuampujien että kansallisen tason ampujien ryh-

missä. Liipaisua kuvaavista muuttujista ATV oli kansallisen tason ampujille tärkeämpi muuttuja selittämään pistekeskisarvoa, kun taas huippuampujille RTV-arvo oli parempi.

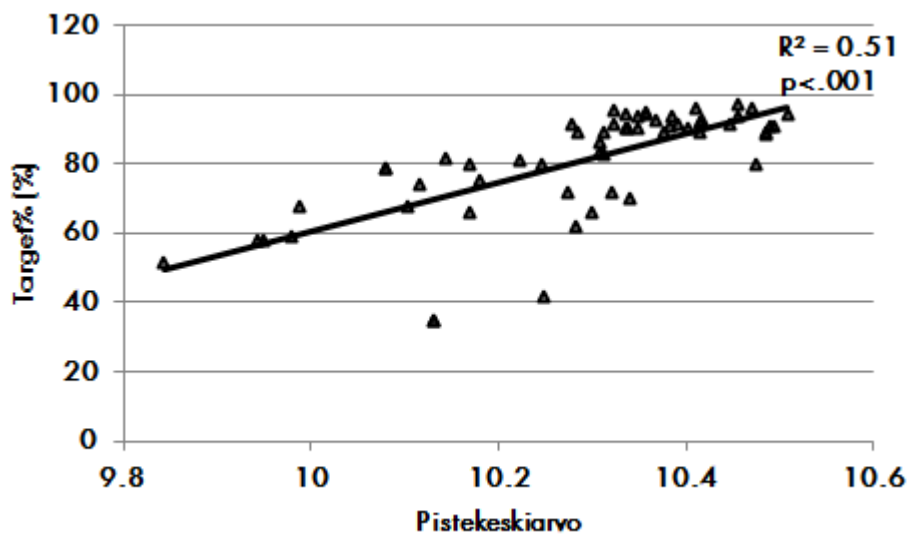
*Taulukko 1. Tähtäyspisteen liikkeen muuttujien korrelaatiokerroimen R-arvo pistekeskisarvoon kaikkien ampujien osalta, sekä erikseen huippuampujien ja kansallisen tason ampujien ryhmien osalta.*

Osa-alue	Muuttuja	Kaikki ampujat	Huippuampujat	Kansallisen tason ampujat
Pito	DevX	-0,812***	-0,235	-0,739***
	DevY	-0,539***	0,399*	-0,421*
	COG%	0,767***	0,112	0,658***
	Hit%	0,781***	0,140	0,673***
Tähtäys	COG	0,581***	0,366*	0,421*
	Target%	0,711***	0,279	0,562**
Liipaisu	ATV	-0,717***	0,070	-0,654***
	RTV	-0,339**	-0,494**	-0,207
Tähtäysaika	HT	0,508***	0,184	0,333

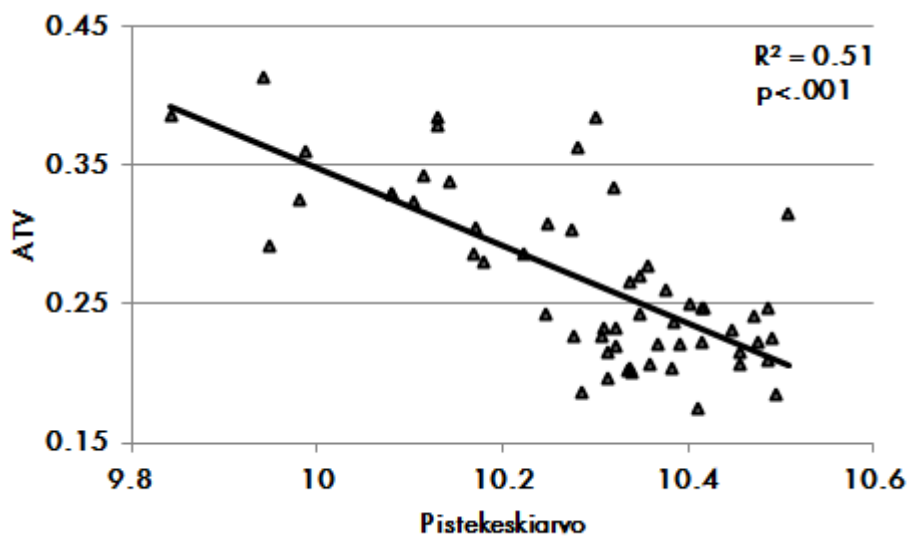
\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001



*Kuvio 6. Pitoa kuvaavan DevX:n yhteys sarjan pistekeskisarvoon kaikkien ampujien osalta.*



Kuvio 7. Tähtäystä kuvaavan Target%:n yhteys sarjan pistekeskisarvoon kaikkien ampuijen osalta.



Kuvio 8. Liipaisua kuvaavan ATV:n yhteys sarjan pistekeskisarvoon kaikkien ampuijen osalta.

### 3.3 Kehon tasapainoa kuvaavien muuttujien yhteys osumatarkkuuteen

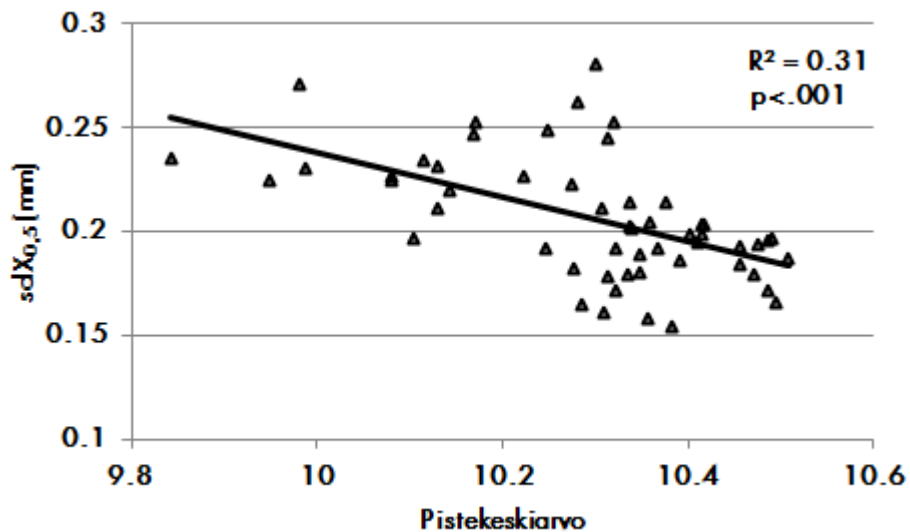
Kehon tasapainon osalta painekeskipisteen liike ampumalinjaa vasten kohtisuorassa suunnassa oli vahvemmin yhteydessä osuimen pistekeskisarvoon kuin painekeskipisteen liike ampumalinjan suunnassa (taulukko 2), kun tarkasteltiin kaikkia ampujia yhtenä ryhmänä. Kehon tasapainon muuttujista painekeskipisteen liike 0,5-0 s ennen laukausta ( $sdX_{0,5}$ ) oli vahvimmin yhteydessä pistekeskisarvoon (kuvio 9). Vastaavia yhteyksiä ei ollut havaittavissa, kun huippuampujia ja

kansallisen tason ampujia tarkasteltiin erillisinä ryhminä. Sen sijaan huippuampujien ryhmällä oli tilastollisesti merkitsevä korrelaatio painekeskapisteen ampumalinjan suuntaisen liikkeen ja pistekeskisarvon välillä (kuvio 10).

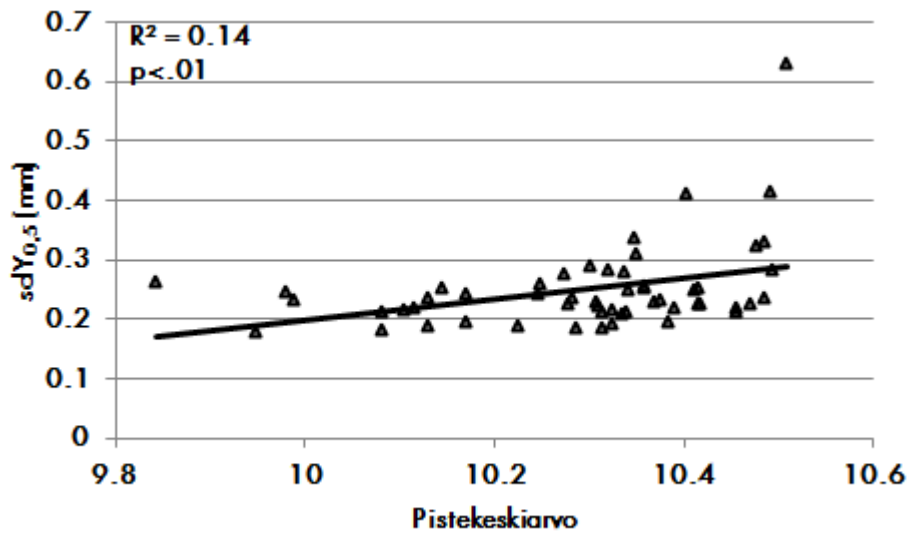
*Taulukko 2. Kehon tasapainon muuttujien korrelaatiokertoimen R-arvo pistekeskisarvoon kaikkien ampujien osalta, sekä erikseen huippuampujien ja kansallisen tason ampujien ryhmien osalta.*

Muuttuja	Kaikki ampujat	Huippuampujat	Kansallisen tason ampujat
sdX <sub>7</sub>	-0,243	0,237	-0,096
sdY <sub>7</sub>	0,257	0,515**	0,095
sdX <sub>2</sub>	-0,451**	0,178	-0,246
sdY <sub>2</sub>	0,323*	0,536**	0,199
sdX <sub>0,5</sub>	-0,554***	0,221	-0,254
sdY <sub>0,5</sub>	0,374**	0,518**	0,288

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001



*Kuvio 9. Kehon tasapainoa ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa kuvaavan sdX<sub>0,5</sub>:n yhteys sarjan pistekeskisarvoon kaikkien ampujien osalta.*



Kuvio 10. Kehon tasapainoa ampumalinjan suunnassa kuvaavan  $sdY_{0,5}$ :n yhteys sarjan pistekeskisarvoon kaikkien ampujien osalta.

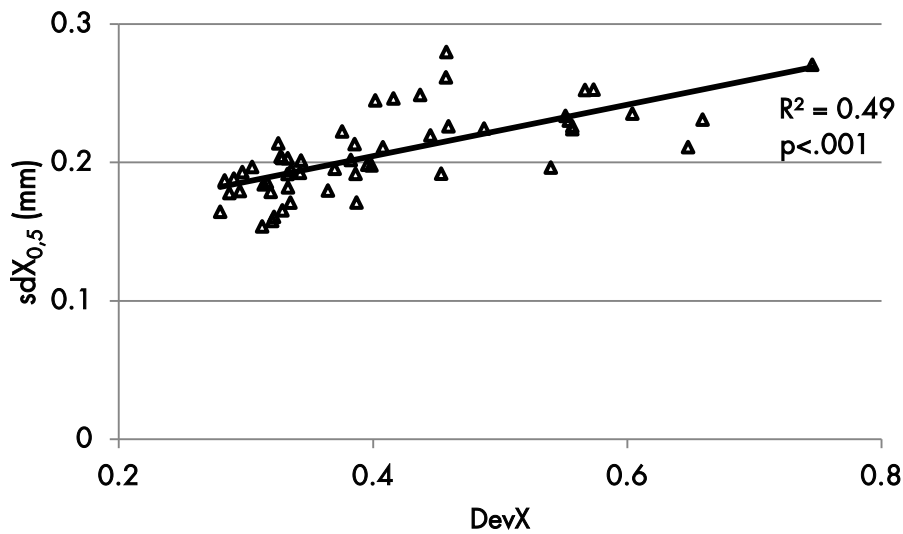
### 3.4 Kehon tasapainon yhteys tähtäyspisteen liikettä kuvaaviin muuttujiin

Kehon tasapainon osalta ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa tapahtuva painekeskipisteen liike oli yhteydessä pitoa, tähtäystä ja liipaisua kuvaaviin muuttujiin (taulukko 3). Suurimmat korrelaatiokertoimien arvot olivat tasapainoa ja pitoa kuvaavien muuttujien välillä (kuvio 11).

Taulukko 3. Painekeskipisteen ampumalinjan suuntaisen sekä ampumalinjaa vasten kohtisuoran liikkeen yhteys pitoa, tähtäystä ja liipaisua kuvaaviin muuttujiin.

	DevX	Target%	COG	ATV	RTV
$sdX_7$	0,337*	-0,269*	-0,143	0,396**	0,088
$sdY_7$	-0,050	0,110	0,179	0,162	-0,162
$sdX_2$	0,520***	-0,310*	-0,070	0,519***	0,148
$sdY_2$	-0,127	0,123	0,168	0,100	-0,218
$sdX_{0,5}$	0,701***	-0,637***	-0,458***	0,681***	0,214
$sdY_{0,5}$	-0,217	0,159	0,175	0,045	-0,214

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$



*Kuvio 11. Painekeskipisteen ampumalinjaan nähden kohtisuoran liikkeen ( $sdX_{0,5}$ ) yhteys pitoon ( $DevX$ ).*

### 3.5 Tähtäyspisteen liikkeen ja kehon tasapainon muuttujien viitearvot

Viitearvot on laadittu huippuampujien muuttujien keskiarvojen ja keskihajontojen perusteella siten, että raja-arvot muodostuvat kaavasta keskiarvo  $\pm$  keskihajonta (taulukko 4). Viitearvot on esitetty pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon osalta niistä muuttujista, joilla on ollut vahvin yhteys sarjan pistekeskiarvoon. Tähtäystä kuvaavista muuttujista on esitetty Target% lisäksi viitearvot COG:n osalta, sillä Target% on tähtäyksen lisäksi riippuvainen pidon tasosta. COG kuvaa selkeämmin vain ammunnan tähtäyksen tasoa. Ohjeet tähtäyspisteen liikkeen muuttujien mittaamiseksi Noptelin ohjelmistolla löytyvät liitteestä.

*Taulukko 4. Pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon tärkeimpien muuttujien huippuammuntaan vaadittavat viitearvot.*

	Pito	Tähtäys		Liipaisu	Tasapaino
	DevX	Target%	COG	ATV	$sdX_{0,5}$ (mm)
Viitearvot	0,30–0,37	85–96	10,45–10,63	0,20–0,26	0,17–0,20



## 4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata huippuampujien ja kansallisen tason ampujien pitoa, tähtäystä, liipaisua ja tasapainoa toisiinsa. Lisäksi tarkoituksena oli löytää huippuammunnan kannalta oleelliset kyseisiä ammunnan osa-alueita kuvaavat muuttujat, ja luoda näille muuttujille viitearvot. Huippuampujien ampumien sarjojen parempi pistekeskisarvo kansallisen tason ampujiin verrattuna oli yhteydessä huippuampujien parempaan pitoon, tähtäykseen ja liipaisuun, sekä vakaampaan tasapainoon. Huippuampujat myös käyttivät tähtäykseen pidemmän ajan kuin kansallisen tason ampujat. Erityisesti tasapaino ampumalinjaa vasten koh-tisuorassa suunnassa oli yhteydessä sarjan pistekeskisarvoon ja pidon vakauteen. Tärkeimmistä pidon, tähtäyksen, liipaisun ja tasapainon muuttujista laadittiin viitearvot, joiden perusteella ampujan on mahdollista arvioida omia ammutatekniikan vahvuusalueita ja kehityskohteita.

Ampujan pitoa kuvaavat muuttujat osoittivat, että huippuampujien pito oli parempi kuin kansallisen tason ampujien pito. Kaikista tutkimuksessa mitatuista muuttujista pitoa kuvaava tähtäyspisteen vaakasuuntainen huojuunta viimeisen sekunnin aikana ennen laukausta (DevX) oli vahvimmin yhteydessä sarjan pistekeskisarvoon. DevX selitti 66 % sarjan pistekeskisarvon vaihtelusta. Aikaisemmassa tutkimuksessa Mononen ym. (2003) totesivat DevX:n vaikuttavan osumaan ja erottelevan huippuampujien ja kokemattomien ampujien välillä. Monosen ym. (2003) tutkimuksessa mitatut DevX:n ja DevY:n arvot ( $1,2 \pm 0,6$  ja  $1,3 \pm 0,5$ ) olivat suurempia kuin tässä tutkimuksessa mitatut arvot, mikä selittyy tutkimusten eripituisesta analysointijaksosta ja erilaisesta ampuma-asennosta. Aikaisemmassa tutkimuksessa DevX ja DevY määritettiin kolmen sekunnin ajalta ennen laukausta, kun taas tässä tutkimuksessa käytettiin yhden sekunnin aikaikkunaa. Lisäksi Monosen ym. (2003) tutkimuksessa ampujat ampuivat riistamaaliammunnassa käytetyllä avoimella otteella, mikä poikkesi tässä tutkimuksessa käytetystä normaalista ilmaki-vääriammunnan ampuma-asennosta.

Pitoa kuvaavat muuttujat erottelevat hyvin eritasoisia ampujia, ja näiden muuttujien yhteys suorituskykyyn on vahva, kun tarkastellaan eritasoisia ampujia yhtenä joukkona. Jos tarkasteluun otetaan vain huippuampujat, ei pidon taso enää erottele huippuampujien välillä. Pidon tasoa voidaankin pitää perusedellytyksenä hyvän ammutatekniikan ja osumatarkkuuden saavuttamiseksi, mutta riittävän pidon tason saavutettua ampujan osumatarkkuus riippuu muista tekijöistä (esim. tähtäys, liipaisu, psyykkiset tekijät).

Tähtäystä kuvaavat muuttujat osoittivat, että huippuampujat tähtäävät keskemälle taulua kuin kansallisen tason ampujat. Huippuampujilla tähtäyksen painopiste (COG) oli lähempänä taulun keskustaa kuin kansallisen tason ampujilla. Myös Target%:n mukaan huippuampujien tähtäys oli parempi. Kaikkien ampujien Target%:n korrelaatiokerroin sarjan pistekeskisarvoon oli suurempi kuin COG:n, mutta koska Target% oli riippuvainen tähtäyksen lisäksi myös pidon tasosta, voidaan COG:n ajatella olevan parempi muuttuja puhtaasti tähtäyksen tason arvioimi-

seen. Lisäksi COG korreloi sekä huippuampujien ryhmän että kansallisen tason ampujien ryhmän osalta pistekeskisarvon kanssa.

Liipaisua kuvaavista muuttujista huippuampujien arvot olivat tähtäyspisteen absoluuttisen liikkeen (ATV) osalta parempia kuin kansallisen tason ampujien arvot, mutta suhteellisen liikkeen (RTV) arvoissa ei ollut eroa ryhmien välillä. Liipaisun muuttujista ATV:n korrelaatio pistekeskisarvoon oli vahvempi kuin RTV:n, kun tarkasteltiin kaikkia ampujia yhtenä ryhmänä. Huippuampujien tapauksessa ATV ei korreloinut pistekeskisarvon kanssa, mutta RTV korreloi. Kansallisen tason ampujilla tilanne oli päinvastainen. Ryhmien väliset erot muuttujien korrelaatioissa pistekeskisarvoon saattavat johtua RTV:n laskutavasta. RTV:n arvo saadaan suhteuttamalla liipaisun aikainen tähtäyspisteen liike pidon aikaiseen liikkeeseen. Huippuampujilla, joilla pito on hyvä, RTV:n arvot kertovat tarkasti liipaisun aikana tapahtuvasta virheestä. Heikompi-tasoisilla ampujilla pito on huonompi, jolloin liipaisussa voi tulla suurempi virhe ilman että virhe näkyy RTV-arvossa. Näin ollen ATV on heikompi-tasoisille ampujille tarkempi mittari liipaisun onnistumiselle.

Tasapainon osalta ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa tapahtuva huojuunta ( $sdX_2$  ja  $sdX_{0,5}$ ) oli yhteydessä sarjan pistekeskisarvoon, pidon vakauteen, tähtäykseen ja liipaisuun. Lisäksi huippuampujien ryhmän tasapaino tässä suunnassa oli kansallisen tason ampujia parempi. Ampumalinjan suunnassa vastaavaa eroa tasapainossa ei ollut. Tämä poikkesi Eran ym. (1996) tutkimuksesta, jossa eritasoisilla kivääriampujilla oli tasapainoeroja sekä ampumalinjan suunnassa että ampumalinjaa vasten kohtisuorassa suunnassa. Erot näiden kahden tutkimuksen välillä saattoivat johtua siitä, että yhden huippuampujan tasapaino ampumalinjan suunnassa poikkesi muista ampujista, ja tämän ampujan  $sdY$ :n arvot olivat kaikilla analysoiduilla aikaikkunoilla selvästi muita suurempia. Osumien pistekeskisarvon ja  $sdY_{0,5}$ :n kuvaajassa (kuvio 10) kuusi suurinta  $sdY_{0,5}$ :n arvoa ovat saman ampujan ampumia. Jos tämän ampujan tulokset jätetään huomioimatta, ei  $sdY$ :llä ollut enää tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota osumien pistekeskisarvoon kaikkien ampujien tai huippuampujien osalta. Huippuampujien ryhmän pieni tutkittavien lukumäärä on osaltaan voinut vaikuttaa siihen, että ryhmien välillä ei ollut tasapainoeroja ampumalinjan suunnassa.

Tavallista seisoma-asentoa tutkittaessa on huomattu, että tasapaino sivuttaissuunnassa on normaalisti huomattavasti eteen-taakse suuntaa vakaampi (Collins & De Luca 1995). Huippuampujien ja kansallisen tason ampujien ryhmien väliset erot tulivat esille juuri eteen-taakse suunnassa (ampuma-asennossa ampumalinjaan nähden kohtisuora suunta), ja tasapaino tässä suunnassa oli yhteydessä sekä pistekeskisarvoon että ammuntasuorituksen eri osa-alueisiin. Tasapaino ampumalinjan suunnassa on luonnostaan vakaampi, joten ampujien on mahdollisesti helpompi saavuttaa tässä suunnassa hyvään osumatarkkuuteen vaadittava tasapaino. Ampumalinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa riittävän tasapainon saavuttaminen saattaa vaatia suuremman määrän harjoittelua. Huipputasolle kehittyneet ampujat ovat onnistuneet saavuttamaan hyvän tasapainon myös luonnostaan epävakaammassa eteen-taakse suunnassa.

Pitoa, tähtäystä, liipaisua ja tasapainoa kuvaavista muuttujista laadittiin viitearvot huippuampujien testitulosten pohjalta. Viitearvot antavat kuvan siitä, millaisia testituloksia vaaditaan huippuampujan saavuttamiseksi ilmakivääriammunnassa. Nuorilla ampujilla viitearvoja voidaan käyttää apuna kehityksen seurannassa ja harjoittelun painopisteiden suunnittelussa. Huippuampujilla viitearvoja voidaan käyttää vahvuusalueiden ja mahdollisten heikkouksien arviointiin. Huippuampujien tulokset kuitenkin osoittavat, että ryhmätasolla eri muuttujien yhteys sarjan piste-keskiarvoon on varsin heikko. Kuten Ball ym. (2003) tutkimuksessaan totesivat, huippu-urheilijoiden suorituskyyyn arvioinnissa tulisi keskittyä ampujakohtaiseen analyysiin. Erot huippuampujien välillä ovat niin pieniä, että tilastollisesti merkitsevien yhteyksien löytäminen ryhmätasolla on vaikeaa. Yksilötasolla suorituskyyyn vaikuttavien muuttujien löytäminen on kuitenkin mahdollista, ja huippuampujalle tällainen tieto omasta amunnasta on huomattavasti tärkeämpää kuin vertailu muihin ampujiin.

## LÄHTEET

- Ball, K., Best, R. & Wrigley, T. (2003) Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. *Journal of Sport Sciences* 21, 559–566.
- 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. *Journal of Biomechanics* 29 (3), 301–306.
- Konttinen, N., Landers, D. & Lyytinen, H. (2000) Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 10, 169–177.
- Konttinen, N., Lyytinen, H. & Viitasalo, J. (1998) Rifle-balancing in precision shooting: behavioral aspects and psychophysiological implication. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 8, 78–83.
- Collins, J. & De Luca C. (1995) The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research* 103, 151–163.
- Mason, B., Cowan, L. & Gonczol, T. (1990) Factors affecting accuracy in pistol shooting. *Excel* 6, 2–6.
- Mononen, K., Viitasalo, J., Era, P. & Konttinen, N. (2003) Optoelectronic measures in the analysis of running target shooting. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13, 200–207.
- Mononen, K., Viitasalo, J., Era, P. & Konttinen, N. (2001) Effects of 12-week shooting training programme on rifle movement kinematic characteristics. *Journal of Human Movement Studies* 40, 011–027.
- Mullineaux, D., Underwood, S., Shapiro, R. & Hall, J. (2012) Real-time biomechanical bio-feedback effects on top-level rifle shooters. *Applied Ergonomics* 43, 109–114.
- Ruhe, A., Fejer, R. & Walker, B. (2010) The test–retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions – A systematic review of the literature. *Gait & Posture* 32, 436–445.
- Viitasalo, J., Era, P., Konttinen, N., Mononen, K., Norvapalo, K. & Rintakoski, E. (1999) The posture steadiness of running target shooters of different skill levels. *Kinesiology* 31, 18–28.
- Zatsiorsky, V. & Aktov, A. (1990) Biomechanics of highly precise movements: the aiming process in air rifle shooting. *Journal of Biomechanics* 23, 35–41.

## LIITE. Noptelin muuttujien mittaaminen

Tässä tutkimuksessa esitettyjen tähtäyspisteen liikkeen muuttujien mittaamiseksi tarvitaan Noptel ST 2000 sport ammuntajärjestelmä. Ennen ammuntaa ohjelmiston asetukset on määritettävä seuraavasti:

- Asetukset→Ampuja
  - Ase-kohdasta valitaan Ilmakivääri
- Asetukset→Yleiset
  - Sarjan koko-kohdasta valitaan 1
- Asetukset→Tilastolaskenta
  - Tilastot-kohdasta asetetaan ajaksi 1.0
  - Sisempi-kohdasta asetetaan osumarengasrajaksi 10.0

Kohdistuksen jälkeen ammutaan 40-60 laukausta, jotka tallennetaan. Ammunnan jälkeen tulokset saadaan seuraavasti:

- Tiedosto→Laukaukset→Lähetä statistiikka→Laukaukset
  - sarjan tulokset tallentuvat .STA-päätteiseen tiedostoon NOS4-kansioon. NOS4-kansio löytyy kansioista, johon Noptel-ohjelmisto on asennettu (tai etsi-toiminnolla koneen kovalevyiltä)
  - .STA-tiedoston voi avata esim. Excel taulukko-ohjelmalla. Sarjan osumat löytyvät allekkain Hit-sarakkeesta, pitoa kuvaava muuttuja (DevX) dev X-sarakkeesta, liipaisun muuttuja (ATV) Trigger ATV-sarakkeesta, ja tähtäystä kuvaavat muuttujat (COG ja Target%) COG Hit- ja Fine % Target-sarakkeista
  - viitearvoihin verratessa kannattaa tuloksista käyttää esim. 60 laukauksen keskiarvoa, eikä verrata viitearvoja yksittäisen laukauksen arvoihin