

STABILNOST POLOŽAJA STRIJELACA RAZLIČITIH SPOSOBNOSTI PRI GAĐANJU U POKRETNU METU

J.T. Viitasalo¹, P. Era², N. Konttinen, H. Mononen¹, K. Mononen¹, K. Norvapalo¹
i E. Rintakoski³

¹ *Istraživački institut za olimpijske sportove, Jyväskylä, Finska* Izvorni znanstveni članak

² *Metitur Ltd, Jyväskylä, Finska* UDK: 799:577.3

³ *Finska streljačka udruga, Helsinki, Finska* Primljeno: 04.05.1998.

Prihvaćeno: 08.02.1999.

Sažetak

U ovom istraživanju cilj je istražiti odnos između: 1) pomaka središnje točke sila po potpornoj površini u stojećem stavu otvorenih očiju, u stojećem stavu zatvorenih očiju te tijekom gađanja, 2) oscilacije ciljne točke te 3) rezultata gađanja u pokretnu metu strijelaca vrlo heterogenog trenajnog iskustva u gađanju. Gađanje u pokretnu metu olimpijska je disciplina u kojoj se pokretna meta kreće na udaljenosti od 10 metara u prostoru gađanja širokom 2 metra tijekom 5 sekundi (polagano kretanje). U istraživanje je bilo uključeno 20 doborovoljaca: šestorica su bili strijelci državnog međunarodnog ranga, šestorica strijelci regionalnog ranga, a osmorica ispitanika bili su lovci koji nisu bili uključeni u sustavni trening gađanja. Testiranje se sastojalo od mjerenja oscilacija središnje točke sila (OCPF od engl. *oscillations of the centre point of forces*) u laboratorijskim uvjetima na platformi za mjerenje sila dok su ispitanici stajali prvo otvorenih očiju, zatim zatvorenih očiju te tijekom gađanja. Središnja točka sila definirana je kao rezultanta svih sila reakcije koje su primijenjene na potpurnu površinu preko stopala ispitanika u stojećem položaju. Optički elektronički uređaj (Noptel ST-2000) koristio se za bilježenje rezultata gađanja i oscilacije ciljne točke oko mete.

Rezultat gađanja u pokretnu metu bio je bolji, oscilacije ciljanja manje, a OCPF manji u treniranih strijelaca, nego u slabije treniranih lovaca. U normalnom uspravnom položaju otvorenih i zatvorenih očiju trenirani su strijelci imali manji OCPF. Povećanje OCPF-a iz uspravnog stojećeg položaja otvorenih očiju glede uvjeta gađanja bilo je manje u treniranih strijelaca nego u lovaca. Kada su svi ispitanici bili tretirani kao jedna skupina rezultat je bio značajno objašnjen (74.8%) parametrima: vertikalne oscilacije gađanja, OCPF-a tijekom gađanja, razlike OCPF-a između stajanja otvorenih očiju i tijekom gađanja te stasom. Utvrđeno je da su pokreti puškom tijekom gađanja (oscilacija gađanja, vizualna povratna sprega) i kontrola uspravnog položaja tijela tijekom gađanja (OCPF, proprioceptivna i vestibularna povratna sprega) relativno nezavisni čimbenici koji dobro objašnjavaju rezultate gađanja strijelaca s heterogenim trenajnim stažom.

Ključne riječi: ravnoteža, stabilnost položaja, ljuljanje u stavu, stabilnost u stojećem položaju

Abstract:

THE POSTURE STEADINESS OF RUNNING TARGET SHOOTERS OF DIFFERENT SKILL LEVELS

The present study was designed to investigate the interrelationships between 1) the movement of the centre point of forces in a supporting surface while standing with the eyes open, closed and during aiming, 2) the oscillation of the aiming point and 3) the shooting score among running target shooters with heterogeneous a shooting training background. Running target shooting is an Olympic event in which a moving target runs at a distance of 10 m through a 2 m-wide shooting area in 5 seconds (slow run). Twenty male subjects volunteered for the study: 6 were national and international level running target shooters, 6 regional level running target shooters and 8 hunters with no systematic shooting training background. The testing protocol consisted of measurements of oscillations of the centre point of forces (OCPF) in laboratory conditions on a force platform while the subjects stood with eyes open and closed, and during shooting. The (CPF) was defined as the result of all of the reaction forces applied to the supporting surface by a standing subject through his or her feet. An optoelectronic device (Noptel ST-2000) was used to register the shooting score and oscillation of the aiming point around the target.

The running target score was found to be better, the oscillation of aiming smaller and OCPF less among the trained shooters than among the less trained hunters. In the normal upright standing position with eyes open and closed the trained shooters also produced smaller OCPF. The increase in OCPF from standing with the eyes open to the aiming condition was smaller for the trained shooters than for the hunters. When all the subjects were treated as a single group the score was strongly explained (74.8%) by the vertical oscillation of aiming, OCPF during aiming, the difference in OCPF between standing with the eyes open and during aiming, and stature. It was concluded that the movements of the rifle during aiming (oscillation of aiming, visual feedback) and the control of the body's upright position during aiming (OCPF, proprioceptive and vestibular feedback) are relatively independent factors explaining well the shooting score among shooters with heterogeneous shooting training backgrounds.

Keywords: balance, postural stability, postural sway, standing stability

Uvod

Održavanje ravnoteže u uspravnom stojećem položaju dinamički je proces na koji utječu i omogućuju njegovu prilagodbu proprioceptivne, vestibularne i vizualne informacije. Ravnoteža u stojećem položaju izložena je stalnim oscilacijama i pod nesvjesnom je čovjekovom kontrolom. Periodične oscilacije središnje točke reaktivnih sila na podlogu ispitivane su i u sportaša i u nesportaša.

Pokazalo se kako pri ispitivanju OCPF-a valja kontrolirati važne varijable: dob (Hayes i sur., 1985; Okuzimi i sur., 1995.), trenajno iskustvo (Aalto i sur., 1990; Era i sur., 1996a) i fizičku aktivnost prije testa (Niinimaa i McAvoy, 1983). Naime, OCPF je veći u starijih ispitanika, u ispitanika lošije fizičke kondicije i u izmorenih ispitanika. U dosadašnjim se istraživanjima ustanovilo kako i antropometrijska obilježja ljudskoga tijela također objašnjavaju neke interindividualne varijacije OCPF-a (Era i sur., 1996b; Hayes i sur., 1985); pokazalo se da su niski tjelesni rast i velika tjelesna masa prediktori dobrih rezultata u testovima ravnoteže.

Velika važnost vizualne informacije u održavanju ravnoteže može se ispitati usporedbom parametara OCPF-a koji su izmjereni u ispitanika zatvorenih, odnosno otvorenih očiju - OCPF je znatno viši u mjerenju zatvorenih očiju. (Aalto i sur. 1990; Raper i Soames, 1991). Taj je fenomen vjerojatno povezan sa parametrom trenajnog iskustva (ili odabira), jer je omjer među varijablama, mjerenima s vizualnom povratnom spregom i bez nje, niži u strijelaca natjecatelja (Aalto i sur., 1990) i baletnih plesača (Guidetti i Puleyo, 1996), nego u slabije treniranih ispitanika.

U mnogim sportskim disciplinama uloga ravnoteže više je nego očigledna. Treneri drže kako je u gađanju stabilnost stojećega stava važan čimbenik koji pridonosi točnosti. Postoje također rezultati istraživanja (Mason, Couwan, Gonczol, 1990) koji potkrepljuju ideju o korelaciji između varijabli ravnoteže tijela i točnosti u gađanju. Pokazalo se također da se u uspravnom stojećem položaju strijelci manje ljuljaju od ispitanika u kontrolnoj skupini (Aalto i sur. 1990). Niinimaa i McAvoy (1983) zaključuju kako je OCPF znatno manji u iskusnih strijelaca puškom nego u ispitanika koji su gađanje vježbali 4 mjeseca ili kraće.

Rezultat toga je da su u gađanju puškom podaci o kontroli stava, izmjereni metodom mjerenja sile na platformi, diferencirali skupine strijelaca prema njihovu rangu u natjecateljskom streljaštvu (Era i sur., 1996a) - muški su vrhunski strijelci uspijevali puno bolje stabilizirati svoj položaj nego ženski vrhunski strijelci ili muški strijelci državne kvalitetne razine, a koji su opet bili puno stabilniji od strijelaca bez iskustva.

Ravnoteža stava istraživala se u takvim vrstama gađanja za koje je potrebna statička ravnoteža (Aalto i sur. 1990; Era i sur., 1996a; Mason, Couwan, Gonczol, 1990; Viitasalo i sur., 1997b). Manje se pozornosti poklanjalo gađanju za koje je potrebna dobra ravnoteža stava tijekom ciljanja u pomičnu metu. Dobri primjeri za to jesu gađanje sačmaricom i gađanje u pokretnu metu koji pružaju zanimljivu mogućnost za proučavanje kontrole stava u dinamičkim uvjetima.

Ovo istraživanje oblikovano je da bi se u gađanju u pokretnu metu istražili odnosi između: 1) pomaka središnje točke sila na potpornoj površini u stojećem položaju s otvorenim, odnosno zatvorenim očima i tijekom gađanja, 2) oscilacije točke ciljanja oko mete i 3) rezultata gađanja u pokretnu metu među strijelcima s heterogenim streljačkim trenajnim iskustvom. O tome je izneseno i preliminarno priopćenje (Viitasalo i sur. 1997a).

Metode

Dvadeset muškaraca dobrovoljno se prijavilo za istraživanje: šestorica su bili međunarodno kvalitetni strijelci u pokretnu metu (skupina A), šestorica strijelci regionalnoga kvalitetnog ranga (skupina B), a osmorica su bili lovci rekreativci (skupina C).

Skupina A sastojala se od sportaša koji su se natjecali na najvišoj međunarodnoj razini, a uključivala je dobitnika srebrne medalje u muškoj konkurenciji na svjetskom prvenstvu 1994; pobjednika na juniorskom svjetskom prvenstvu i dvostrukog juniorskog europskog prvaka iz 1996. Ispitanici u skupini B trenirali su sustavno i redovno su se natjecali na regionalnim (središnja Finska) i nacionalnim prvenstvima. Skupina C sastojala se od lovaca iz lovačkog kluba (Haukanmaan, Riistamiehet, r.y.); gađali su (velikim kalibrom, gađanje sačmom) u pokretnu metu (obris sjever-

noameričkog losa) jedanput ili dvaput godišnje (ukupno od 20 do 100 hitaca godišnje tijekom posljednjih 15 - 40 godina), na otvorenoj streljačkoj stazi, ali nisu sustavno ni redovno trenirali gađanje zračnom puškom. Njihovo iskustvo u gađanju zračnom puškom bilo je rezultat rekreacijskog bavljenja tim sportom, a ne rezultat sustavnog treninga, uz prosječan broj hitaca manji od 100 godišnje. Prosječna dob (\pm S.D.), visina i težina (bez cipela) iznosila je za skupine A, B i C: 22 ± 4 , 37 ± 12 i 47 ± 11 godina; 1.80 ± 0.09 , 1.78 ± 0.08 i 1.83 ± 0.04 m te 82 ± 14 , 82 ± 12 i 82 ± 8 kg. Svi su ispitanici bili dešnjaci i ciljali su desnim okom.

Gađanje u pokretnu metu olimpijska je disciplina u kojoj se pokretna meta kreće 5 sekundi (sporo kretanje) ili 2.5 sekundi (brzo kretanje) na udaljenosti od 10 m kroz polje gađanja široko 2 m. Meta se kreće naizmjenice od desna na lijevo i obratno. U ovom istraživanju koristili smo samo sporo kretanje. Dok čeka na metu, s napunjenom puškom u stavu pripravnosti, strijelac drži zračnu pušku tako da mu/joj je usadnik u visini struka. Nakon što se meta pojavi, strijelac može podići pušku i jedanput gađati u metu u stojećem položaju bez potpore. Puška se drži uz tijelo i podržava se samo rukama. Lijeva ruka u strijelaca dešnjaka ne smije počivati na boku ili prsima. Dopuštene su sve vrste ciljnika, osim što je kod optičkog ciljnika postavljeno ograničenje na najviše fiksno četverostruko povećanje. Središte mete, koje daje rezultat "deset", promjera je 5.5 mm, a dio mete za rezultat "jedan" promjera je 50.5 mm. Promjer zrna je 4.5 mm.

Protokol testiranja sastojao se od mjerenja OCPF-a subjekata koji su stajali otvorenih, odnosno zatvorenih očiju te od mjerenja OCPF-a i oscilacije u ciljanju tijekom gađanja. Sva su mjerenja obavljena u laboratoriju posebno sagrađenom za proučavanje gađanja. Audio i vizualne smetnje svedene su tijekom istraživanja na minimum jer se pokazalo (Raper i Soames, 1991; Sihvonen, Hofmann i Era, 1998) kako slušno okruženje djeluje na stabilnost položaja. Tijekom testiranja nastojala se stvoriti atmosfera što sličnija situaciji treninga, a ne stresnoj natjecateljskoj atmosferi. Ispitanici su morali nepokretno stajati na platformi za mjerenje sile 30 sekundi otvorenih očiju i pogleda fiksiranoga na nepokretnu metu (zaustavljenu na pola staze, na uda-

ljenosti od 10 m) te 30 sekundi zatvorenih očiju s opuštenim rukama. Frontalna ravnina bila je paralelna sa smjerom kretanja mete, što je također odgovaralo x-pravcu mjerenja sila na platformi. Na početku testiranja, u razdoblju privikavanja, ispitanici su dobili informacije o eksperimentu, o opremi za mjerenje i o tehnici gađanja u pokretni cilj (skupina C), a nakon što su strijelci ispucali 40 do 60 hitaca za zagrijavanje, započelo je testiranje. Slijedilo je ispaljivanje 30 hitaca u metu koja se sporo kretala (brzina kretanja 0.4 ms^{-1}), u tri serije od po 10 hitaca u intervalu od 5 do 10 minuta. Ispitanici su mogli slobodno odabrati položaj tijela u odnosu na metu. U vrhunskih strijelaca kut koji zatvara frontalna ravnina ramena sa smjerom kretanja mete (0°) iznosio je između 36° i 45° u fazi čekanja na metu. Kut između stopala (medijalnih strana cipela) u horizontalnoj ravnini iznosio je između 10° i 59° (Norvapalo i Viitasalo, 1994.). Odabrani položaji bili su u granicama koje se navode u literaturi. Tako je tijekom gađanja x-os mjerenja sila na platformi bila paralelna sa smjerom kretanja mete, ali dijagonalna u odnosu na frontalnu ravninu strijelaca. Kako bi se uvjeti testiranja učinili što sličniji natjecateljskim uvjetima, vrhunski strijelci (skupina A) mogli su nositi odjeću i obuću koju i inače nose na treningu i natjecanju, tj. kožnu jaknu i specijalnu obuću. Ispitanici skupina B i C nosili su uobičajenu odjeću (traperice i veste) i sportsku obuću. U našem prijašnjem istraživanju (Viitasalo i sur., 1997a) nismo našli da bi obuća bilo kako utjecala na parametre OCPF-a u vrhunskih strijelaca, premda Aalto i suradnici (1990) navode kako natjecateljska odjeća smanjuje brzinu njihovanja u strijelaca puškom i pištoljem u stojećem položaju. Skupine A i B koristile su vlastite puške, dok su ispitanici iz skupine C koristili zračnu pušku *Feinwerkbau C-60*, prilagođenu antropometrijskim značajkama i osobnim željama svakog ispitanika.

Za određivanje OCPF-a korištena je platforma za mjerenje sila u obliku trokuta (svaka stranica 0.6 m, prirodna frekvencija 80Hz), opskrbljena pretvornicima tipa rasteznih mjernih vrpca ispod svakoga kuta. Platforma je bila povezana preko istosmjernog pojačala i A/D pretvornika (*AT Cudas, Data Q Instruments Inc, Ohio*) s mikroračunalom (*Toshiba T3200 SX*). Poseban računalni program koristio se za filtriranje podataka (prosjeck kretanja tri točke) i za izračunavanje

lokacije središnje točke sila. Razlučivanje lokacije središnje točke sila poslije A/D pretvorbe iznosila je 0.2 mm. Za opis OCPF-a korišteni su sljedeći parametri: standardna devijacija (SD) i srednja brzina (s) središnje točke sila u mediolateralnom (x, smjer kretanja mete) i anterioposteriornom (z, prema i od mete) smjeru, moment brzine (VEMO) (Era i sur., 1996a; Era i sur., 1996b) i polumjer kruga koji je uključivao 90% koordinatnih vrijednosti središnje točke sila (90% RAD). Srednji moment brzine uključuje stvarnu udaljenost od geometrijske srednje točke CPF-a i simultanu radijalnu brzinu kretanja tijekom određenog razdoblja čime označuje prosječno područje pomaka CPF-a tijekom svake sekunde (Era i sur., 1996a; Era i sur., 1996b). Za stojeći položaj parametri OCPF-a izračunati su za razdoblje od 20 sekundi, koje počinje u 6. sekundi mjerenja i završava 5 sekundi prije kraja mjerenja. Kretanje središta pritiska (izraženo kao kumulativna udaljenost koju središte pritiska tijela prijeđe u lateralnim i anteroposteriornim smjerovima u horizontalnoj ravnini) u stanju mirovanja i u stanju ciljanja pri gađanju iz puške pokazalo se konstantnim tijekom mjerenje u trajanju od 60 sekundi (Niinimaa i McAvoy, 1983). U fazi pucanja paramteri OCPF-a računati su samo za fazu ciljanja koja bi počinjala u trenutku kada bi bilo postignuto 80% maksimalne sile između ramena i usadnika, a završila bi okidanjem. Sile usadnika registrirane su na rasteznoj mjernoj vrpici fiksiranoj na pušci. Okidanje je registrirano uz pomoć mikrofona. Faza ciljanja trajala je prosječno 3.05 ± 0.19 s, 3.41 ± 0.39 s i 2.89 ± 0.59 s za skupine A, B i C. VEMO i 90% RAD pokazale su visok koeficijent korelacije ($r = .91$, $n = 68$). Kako je 90% RAD-a pokazao manje varijance unutar pojedine skupine i među skupinama od VEMO, potonji su rezultati uzeti za analizu, a 90% RAD isključen je iz daljnje analize.

Rezultati gađanja i oscilacije (standardna devijacija) ciljanja u metu u horizontalnim (x) i vertikalnim (y) smjerovima registrirani su računalnim, na principu prizme zasnovanim optičkim sljednikom i analitičkim sustavom Noptel ST 2000. Uređaj se sastoji od optičke jedinice (odašiljač s prijemnikom), koja je pričvršćena na puščanom zrnovodu, od optičkih reflektora iznad i ispod mete te od mikro-računala 4.86 - 66MHz. Sustav Noptel individualno se prilagođavao svakom strijelcu. Skupina A već se oprobala u korištenju

Noptela (ukupno manje od 400 hitaca po strijelcu). Skupine B i C u ovom su se istraživanju prvi put koristile sustavom Noptel. U disciplini gađanja u pokretnu metu puške se uravnotežuju dodatnim opterećenjima koja se fiksiraju na vrh zrnovoda. Smanjivanjem dodatnog opterećenja bilo je moguće kompenzirati masu (140g) Noptelovog senzora. Koordinate x, y i z za mjerenje OCPF-a i oscilacije pri ciljanju utvrđene su prema Nigg i Coleu (1994): koordinata x bila je horizontalna i paralelna sa smjerom kretanja mete, koordinata y bila je vertikalna, dok je koordinata z bila drugog horizontalnog smjera (prema i od staze). Prosjek od 30 hitaca izračunat je za svakog ispitanika i za svaki parametar. Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s naknadnim testovima (*post hoc*) koristila se za utvrđivanje značajnosti razlika među srednjim vrijednostima triju skupina. Nezavisni t-test koristio se za uspoređivanje kombinirane skupine treniranih strijelaca sa skupinom C. Izračunat je Pearsonov produkt-moment korelacije među parametrima. Izračunati su djelomični koeficijenti korelacije kako bi se uklonio utjecaj dobi i tjelesne građe na međudnose. Multiple regresijske analize koristile su se za ispitivanje količine varijance koja je objašnjena nezavisnim varijablama rezultata gađanja.

Rezultati

Analiza varijance nije pokazala statistički značajne razlike između triju skupina glede tjelesne težine ($F = 0.005$) i stasa ($F = 0.884$). Glede dobi, skupine su se međusobno značajno razlikovale ($F = 13.179$, $p < .001$), s time da su vrhunski strijelci bili najmlađa, a lovci najstarija skupina.

U tablici 1 su za sve tri skupine prikazane srednje vrijednosti: gađanja, oscilacija ciljanja u metu i parametara OCPF-a tijekom gađanja i tijekom stajanja otvorenih, odnosno zatvorenih očiju. Vrhunski strijelci postigli su vrhunske rezultate u gađanju, a netrenirani lovci najlošije. Analiza varijance gađanja u pokretnu metu pokazala je da se skupine međusobno značajno razlikuju u svim parametrima vezanima uz oscilacije ciljanja i OCPF. *Post hoc* analiza pokazala je značajne razlike između skupine lovaca i obiju skupina strijelaca, ali ne i između dviju skupina strijelaca. Oscilacija središnje točke sila tijekom

Tablica 1: Aritmetička sredina (\pm SD) rezultata gađanja, oscilacije ciljanja i parametara OCPF-a tijekom ciljanja i stajanja za tri skupine strijelaca i za kombiniranu skupinu (A+B). Zvezdica (*) označava statistički značajne razlike ($p < .05$) među skupinama u post-hoc analizi. Crtica (-) označava F-vrijednosti i t-vrijednosti koje nisu dosegnule razinu od $p < .05$

	Skupine			Statističke usporedbe			Skupina A+B	Stat. usporedba (A+B)/C	
	A	B	C	A/B	A/C	B/C		t	p<
	F	p<							
Rezultat gađanja	9.9 \pm 0.8	9.0 \pm 0.6	6.0 \pm 0.7	87.48	0.001	* * *	9.29 \pm 0.64	11.22	0.001
Oscilacija ciljanja									
x (mm)	1.5 \pm 0.4	2.2 \pm 0.3	4.4 \pm 1.7	10.03	0.01	* *	1.92 \pm 0.51	11.22	0.001
y (mm)	1.4 \pm 0.3	1.9 \pm 0.3	4.5 \pm 1.5	16.38	0.001	* *	1.67 \pm 0.40	11.22	0.001
OCPF u ciljanju									
SD x (mm)	2.6 \pm 0.6	3.2 \pm 0.8	4.4 \pm 1.0	10.67	0.00	* *	2.8 \pm 0.7	11.22	0.001
z (mm)	2.0 \pm 0.6	2.2 \pm 0.4	4.4 \pm 1.2	19.72	0.00	* *	2.1 \pm 0.5	11.22	0.001
S x (mm·s ⁻¹)	13.8 \pm 2.2	14.0 \pm 2.6	20.4 \pm 5.4	8.43	0.01	* *	13.9 \pm 2.3	11.22	0.001
z (mm·s ⁻¹)	13.4 \pm 2.4	13.6 \pm 2.4	23.0 \pm 6.6	12.97	0.00	* *	13.6 \pm 2.3	11.22	0.001
VMO (mm ² ·s ⁻¹)	39.4 \pm 11.0	50.2 \pm 14.2	130.0 \pm 55.2	17.43	0.00	* *	44.8 \pm 13.8	11.22	0.001
OCPF u stojećem položaju s otvorenim očima									
SD x (mm)	1.0 \pm 0.2	1.0 \pm 0.2	1.6 \pm 0.8	3.69	0.05	* *	1.0 \pm 0.2	11.22	0.001
z (mm)	2.4 \pm 0.2	2.2 \pm 0.4	3.8 \pm 1.2	8.58	0.01	* *	2.3 \pm 0.4	11.22	0.001
S x (mm·s ⁻¹)	12.6 \pm 1.8	11.0 \pm 1.6	11.8 \pm 1.2	2.04	-		11.6 \pm 1.8	11.22	0.001
z (mm·s ⁻¹)	14.4 \pm 2.4	13.2 \pm 1.8	15.0 \pm 3.8	0.85	-		13.7 \pm 2.1	11.22	0.001
VMO (mm ² ·s ⁻¹)	30.0 \pm 7.4	25.6 \pm 5.6	26.4 \pm 16.4	7.38	0.01		27.5 \pm 6.6	11.22	0.001
OCPF u stojećem položaju sa zatvorenim očima									
SD x (mm)	0.8 \pm 0.2	1.2 \pm 0.4	2.0 \pm 1.6	1.90	-	* *	1.1 \pm 0.3	11.22	0.001
z (mm)	3.0 \pm 0.4	3.4 \pm 1.2	5.2 \pm 2.4	3.29	-		3.3 \pm 1.0	11.22	0.001
S x (mm·s ⁻¹)	12.6 \pm 1.8	11.4 \pm 2.2	13.6 \pm 3.0	1.61	-		11.9 \pm 2.0	11.22	0.001
z (mm·s ⁻¹)	16.0 \pm 3.0	16.6 \pm 4.6	24.0 \pm 10.6	2.97	-		16.3 \pm 3.8	11.22	0.001
VMO (mm ² ·s ⁻¹)	37.0 \pm 9.4	41.4 \pm 20.8	87.0 \pm 83.4	2.09	-		39.6 \pm 16.6	11.22	0.001

Tablica 2: Aritmetička sredina (\pm SD) relativne promjene parametara OCPF-a između stajanja otvorenih očiju i ciljanja te između stajanja otvorenih i zatvorenih očiju za tri skupine strijelaca, kao i za kombiniranu skupinu (A+B). Zvezdica (*) označava statistički značajne razlike ($p < .05$) među skupinama u post-hoc analizi. Crtica (-) označava F-vrijednosti i t-vrijednosti koje nisu dosegnule razinu od $p < .05$.

	Skupine			Statističke usporedbe			Skupina A+B	Stat. usporedba (A+B)/C	
	A	B	C	A/B	A/C	B/C		t	p<
	F	p<							
OCPF tijekom ciljanja / s otvor. očima									
SD x (mm)	2.6 \pm 0.8	3.4 \pm 1.4	3.2 \pm 1.6	0.55	-		3.02 \pm 1.18	-0.38	-
z (mm)	0.8 \pm 0.4	1.0 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	3.42	0.05	* *	0.91 \pm 0.24	-2.47	0.05
S x (mm·s ⁻¹)	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	1.8 \pm 0.4	8.38	0.01	* *	1.23 \pm 0.14	-3.16	0.05
z (mm·s ⁻¹)	1.0 \pm 0.2	1.0 \pm 0.2	1.6 \pm 0.4	9.41	0.01	* *	1.02 \pm 0.08	-3.34	0.05
VMO (mm ² ·s ⁻¹)	1.4 \pm 0.4	2.0 \pm 0.4	2.8 \pm 1.0	7.12	0.01	* *	1.73 \pm 0.56	-2.84	0.05
OCPF sa zatvorenim očima / otvor. očima									
SD x (mm)	1.0 \pm 0.2	1.2 \pm 0.4	1.2 \pm 0.4	1.38	-		1.11 \pm 0.35	-0.30	-
z (mm)	1.4 \pm 0.2	1.6 \pm 0.6	1.4 \pm 0.4	0.57	-		1.46 \pm 0.41	0.37	-
S x (mm·s ⁻¹)	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	2.56	-		1.03 \pm 0.05	-1.70	-
z (mm·s ⁻¹)	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2	1.6 \pm 0.6	3.13	-		1.19 \pm 0.17	-1.90	-
VMO (mm ² ·s ⁻¹)	1.2 \pm 0.2	1.6 \pm 0.6	1.8 \pm 1.0	0.86	-		1.45 \pm 0.49	-0.78	-

Tablica 3: koeficijenti korelacije između postignutog rezultata u gađanju i varijabli OCPF-a. U analizu su uključene sve tri skupine ispitanika. (n=20)

	Ciljanje	Stojeći položaj s				Razlika između			
		otv. očima		zatv. očima		ciljanja/stajanja		otv. očiju	
		r	p<	r	p<	r	p<	r	p<
SD	x	-0.62	0.00	-0.63	0.00	-0.43	0.06	0.03	0.92
	z	-0.82	0.00	-0.69	0.00	-0.52	0.02	-0.52	0.02
S	x	-0.65	0.00	-0.09	0.71	-0.35	0.13	-0.67	0.00
	z	-0.77	0.00	-0.23	0.33	-0.50	0.02	-0.73	0.00
VMO		-0.78	0.00	-0.69	0.00	-0.45	0.05	-0.58	0.01

stajanja otvorenih očiju bila je najveća u lovaca, a najmanja u vrhunskih strijelaca kada su se u obzir uzele standardne devijacije i brzina momenta CPF-a. Srednja brzina OCPF-a nije se među skupinama značajno razlikovala. U tablici 2 prikazane su razlike OCPF-a između stajanja otvorenih očiju i ciljanja te između stajanja otvorenih očiju i stajanja zatvorenih očiju (Rombergov kvocijent). Porast OCPF-a u uvjetima stajanja otvorenih očiju i tijekom ciljanja bio je najveći (nije bio značajan za SDx) u skupini lovaca, a najmanji u skupini vrhunskih strijelaca. Nađene su značajne razlike između skupine lovaca i obiju skupina strijelaca, ali ne i između dviju skupina strijelaca. Nije bilo razlika među skupinama u promjeni OCPF-a u stojećem položaju otvorenih očiju i stojećem položaju zatvorenih očiju.

Kako se između skupina A i B nisu pojavile značajne razlike, u daljnjoj analizi obje su skupine promatrane kao jedna. Tablice 1 i 2 pokazuju također srednje vrijednosti za kombiniranu skupinu (A+B) i t- vrijednosti za tu skupinu i skupinu C.

U tablici 3 sažeto su prikazani koeficijenti korelacija između postignutih rezultata i parametara OCPF-a. Većina koeficijenata korelacije između postignutih rezultata i OCPF-a tijekom ciljanja te u stojećem položaju otvorenih, odnosno zatvorenih očiju, bila je statistis-

tički značajana, pokazujući da je OCPF najveći u lošijih strijelaca. Razlika OCPF-a između stanja "stajanje otvorenih očiju" i stanja "ciljanje" bila je najmanja u vrhunskih strijelaca, osim SDx. Kako je ovisnost rezultata o različitim parametrima OCPF-a bila istosmjerna, za daljnju analizu OCPF-a odabran je VEMO.

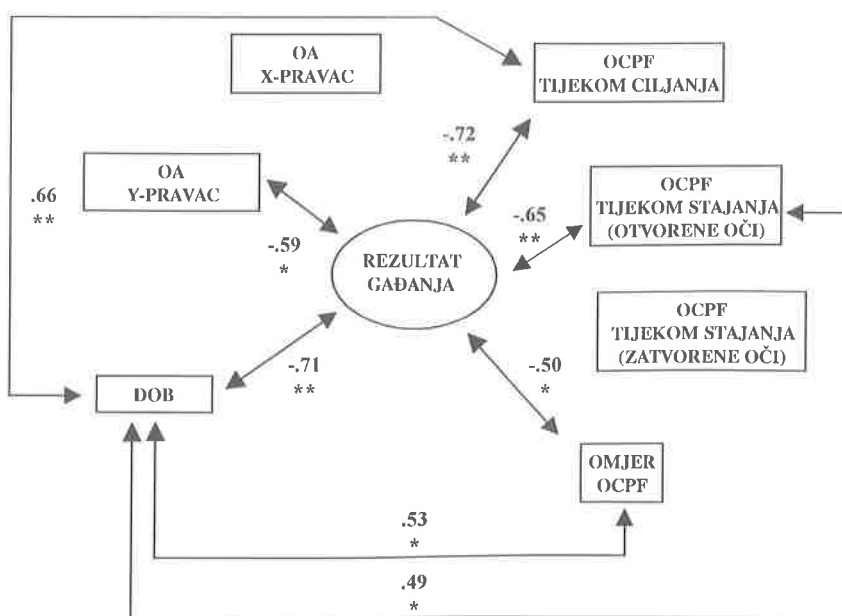
Slika 1 pokazuje kako rezultat statistički značajno korelira s OCPF-om, oscilacijom u ciljanju i dobi, ali ne i sa stasom. Dob je značajno korelirala sa tri od četiri stanja OCPF-a, a stas s parametrima oscilacije. Multipla regresijska analiza izračunata je za objašnjenje rezultata. Kao nezavisne varijable u analizu su uključeni: OCPF tijekom ciljanja (x_1), razlika u OCPF-u između stajanja otvorenih očiju i tijekom ciljanja (x_2), oscilacije ciljanja u y-smjeru (x_3) i stas (x_4). Regresijska formula glasi:

$$\text{Rezultat} = 12.90 - 0.02 \cdot x_1 + 0.27 \cdot x_2 - 0.45 x_3 - 0.02 \cdot x_4$$

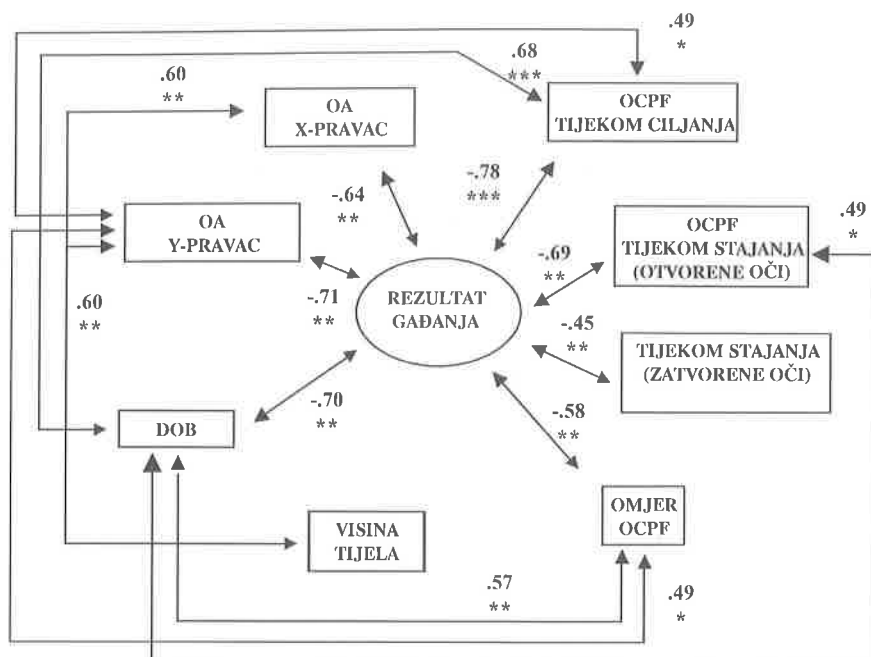
Sve varijable zajedno objasnile su 74.8%. Kada je dob uključena u regresijsku analizu, količina objašnjene varijance povećala se na 82.7% i korelirala je pozitivno s OCPF-om tijekom ciljanja.

Kada je u djelomičnoj korelacijskoj analizi kontrolirana varijabla dob, koeficijenti korelacije između postignutih rezultata i OCPF-a smanjili su se, ali su i dalje ostali

Slika 1: Odnos između parametara oscilacije središnje točke sila (OCPF, moment brzine), oscilacije ciljanja (OA), dobi, tjelesne visine i rezultata gaganja EO=otvorenih očiju, EC=zatvorenih očiju Omjer OCPF= OCPF tijekom ciljanja/OCPF tijekom stajanja otvorenih očiju * $p < 0.5$, ** $p < 0.1$, *** $p < 0.001$



Slika 2: Odnos između parametara oscilacije središnje točke sila (OCPF, moment brzine), oscilacije ciljanja (OA), dobi, tjelesne visine i rezultata gađanja uz kontrolu utjecaja tjelesne visine EO=otvorenih očiju, EC=zatvorenih očiju. Omjer OCPF= OCPF tijekom ciljanja/OCPF tijekom stajanja otvorenih očiju * $p < 0.5$, ** $p < 0.1$, *** $p < 0.001$



značajni koeficijenti korelacija postignutih rezultata i dvaju od četiriju stanja OCPF-a te između rezultata i parametara oscilacije. Kada je kontrolirana visina tijela, tri od četiri parametara OCPF-a i oba parametara oscilacije pokazala su značajne korelacije s postignutim rezultatom (slika 2). Kada su u djelomičnoj korelacijskoj analizi kontrolirani dob i stas, rezultat je pokazao značajnu korelaciju samo s parametrima oscilacije.

Rezultati su pretvoreni u z-vrijednosti za svaku skupinu odvojeno kako bi se odredile razlike među skupinama. Kada su z-vrijednosti uključene u sličnu korelacijsku analizu s OCPF-om, oscilacijom, dobi i antropometrijskim parametrima, kao što je prikazano na slici 1, nije nađena statistički značajna korelacija između dobi, visine, oscilacije tijekom ciljanja i parametara OCPF-a, s jedne strane, te z-vrijednosti s druge strane.

Diskusija

Nađeno je da je rezultat gađanja u pomičnu metu bolji, oscilacija tijekom ciljanja manja, a oscilacija središnje točke sila na potpurnu površinu manja u treniranih strijelaca negoli u manje treniranih lovaca. Strijelci su također pokazali manji OCPF u normalnom uspravnom položaju otvorenih i zatvorenih očiju. Razlika između OCPF-a faze stajanja

otvorenih očiju i faze ciljanja bila je manja za strijelce negoli za lovce. Kada su svi ispitanici tretirani kao jedna skupina, postignuti rezultat dobro je objašnjen (82.7%) vertikalnom oscilacijom ciljanja, razlikom OCPF-a u stajanju otvorenih očiju i u ciljanju, stasom i dobi. Kada je iz analize isključena varijabla dobi, količina objašnjene varijance smanjena je na 74.8%. Nađeno je da su pokreti puškom tijekom ciljanja (oscilacije ciljanja, vizualna povratna informacija) i kontrola uspravnoga položaja tijela tijekom ciljanja (OCPF, proprioceptivna i vestibularna povratna informacija) bili relativno nezavisni čimbenici u objašnjavanju rezultata gađanja. Kada su među trima skupinama kontrolirane razlike u postignutim rezultatima (z-vrijednosti), nestalo je značajnosti relacija između rezultata, oscilacija u ciljanju, te OCPF-a tijekom ciljanja i tijekom stajanja.

Rezultat koji pokazuje da su trenirani strijelci u pokretnu metu mogli bolje kontrolirati svoj OCPF u stojećem položaju od manje iskusnih strijelaca, potvrđen je i rezultatima Aaltoja i suradnika (1990), a to što je njihov OCPF bio također manji tijekom gađanja, u skladu je s rezultatima koje navode Era i suradnici (1996a). U ovom su istraživanju strijelci - natjecatelji mogli biti u opremu koju obično nose tijekom treninga ili natjecanja. Oprema uključuje kožnu jaknu i posebnu

obuču. U gađanju puškom, gdje se koriste čizme s učvršćenjem za gležanj i podstavljene kožne jakne i hlače, pokazalo se da odjeća zamjetno smanjuje OCPF tijekom ciljanja u nepokretnu metu (1990). U ovom istraživanju relativne razlike između vrhunskih strijelaca i netreniranih lovaca kretala se između 48-242%. Pri gađanju u pokretnu metu vrlo su važni rotacijski pokreti tijela oko vertikalne osi. Stoga se koriste samo kožne jakne i prsluci te obuća koja ne podupire gležanj. U našem prijašnjem istraživanju (1997b) o OCPF-u tijekom gađanja u pokretnu metu, a na temelju usporedbe između uvjeta gađanja u specijalnoj obući, u sportskoj obući za trčanje, odnosno bez obuće (u čarapama), nismo našli da obuća igra bilo kakvu ulogu. Dakle, ostaje otvoreno pitanje o učinku potpore gornjeg dijela tijela koji daje jakna u sadašnjem istraživanju. Može se, međutim, spekulirati kako odjeća i obuća imaju manji učinak na OCPF, ali mogu utjecati na oscilacije u ciljanju. Uz činjenicu da je strijelcima bila dopuštena odjeća i obuća za gađanje, svi su ispitanici tijekom ciljanja mogli slobodno odabrati svoj položaj prema smjeru pokretne mete. Ta je "sloboda" dopuštena jer su se testom i u laboratorijskim uvjetima trebali simulirati uvjeti što sličniji pravom gađanju u pokretnu metu. Vjerojatni razlozi za to što su strijelci bili bolji u održavanju uspravnoga položaja mogu biti posljedica prethodne sportske selekcije, učinaka streljačkoga treninga, učinaka posebnih vježbi za poboljšanje ravnoteže, dobre tjelesne samokontrole i /ili dobre mentalne sposobnosti. U istraživanjima s ocjenjivanjem stabilnosti ravnotežnoga položaja u uvjetima gdje se nastojala narušiti ravnoteža čitavoga tijela (Pykkö i sur., 1993) ili se samo dio tijela voljno pokretao (Era i Heikkinen, 1985), pokazalo se kako je anticipacija značajno utjecala na stabilnost tijela. Višegodišnje, intenzivno i sustavno treniranje, vježbanje obrazaca konstantnih (unaprijed određenih) kretnih struktura gađanja u pokretnu metu, moglo bi biti razlogom bolje anticipacijske sposobnosti strijelaca u odnosu na ispitanike kontrolne skupine.

Oscilacija točke ciljanja oko mete bila je manja u strijelaca negoli u slabije treniranih lovaca. To potvrđuju rezultati Zatsiorskoga i suradnika (1990) koji su u gađanju zračnom

puškom utvrdili smanjenje flukutacija puške uz povećanu razinu vještine. Mason i suradnici (1990) za gađanje pištoljem navode također da je pokret pištoljem bio povezan s horizontalnim raspršenjem. U našem je istraživanju zanimljiv rezultat koji pokazuje kako viši strijelci pokazuju veće oscilacije tijekom ciljanja od nižih strijelaca. To nije objašnjeno razlikama među skupinama i stoga se u budućim istraživanjima mora promatrati kao jedna od varijabli koje se moraju kontrolirati. Nalaz se može povezati s dužim polugama gornjih ekstremiteta u viših ispitanika, koja duljina postavlja dodatne zahtjeve na motoričku kontrolu gornjeg dijela tijela. Pokazalo se kako je senzorička povratna sprega pod utjecajem stasa (Era i sur., 1986; Halonen, 1986). Veće oscilacije točke ciljanja u lovaca pri ciljanju u metu vjerojatno su rezultat kraćeg iskustva u gađanju zračnom puškom u usporedbi s iskustvom strijelaca drugih dviju skupina.

Jedno objašnjenje bolje ravnoteže tijela i manje oscilacije tijekom ciljanja u strijelaca negoli u slabije treniranih lovaca bilo je uvjetovano dobnim razlikama među skupinama. Dosad je ustanovljeno da se sposobnost održavanja dobre stabilnosti položaja s godinama smanjuje (Hayes i sur., 1985). Učinak starenja na neuromuskularno funkcioniranje ogleda se, primjerice, u smanjenju osviještenosti položaja stopala (Robbins, Waked i McClaran, 1995) te u preciznosti i brzini pokreta, kao i u motoričkoj kontroli (Viitasalo i sur., 1997b). Istraživanje Okuzamija i suradnika (1995) pokazalo je kako se smanjenje sposobnosti održavanja dobre stabilnosti položaja jasno očituje nakon pedesete godine. Transverzalna usporedba ispitanika u dobi od 6 do 90 godina (Hytönen i sur., 1993) upućuje na to da se odnos stabilnosti položaja i dobi može opisati U - krivuljom, pri čemu najmlađi i najstariji ispitanici imaju najlošije rezultate testa, kao što je pokazano brzinom CPF pokreta. U studiji Hytöna i suradnika (1993) navodi se kako bi ravnoteža mogla biti najstabilnija oko pedesete godine. Međutim, u opsežnijem ekstenzivnom istraživanju u kojemu su uspoređeni muškarci u dobi od 31-35, 51-55 i 71-75, Era i Heikkinen (1985) pokazuju kako sredovječni muškarci imaju lošije rezultate u testovima ravnoteže od dvadeset godina mladih muškaraca. Prosječna dob lovaca u

ovom istraživanju iznosila je 47 godina, dok su trenirani strijelci bili 10-20 godina mlađi. Na temelju navedenih rezultata prijašnjih istraživanja može se zaključiti da utjecaj dobnih razlika na rezultate u ovom istraživanju ostaje otvoreno pitanje, ali ne osobito važno. Također je u objašnjenju dobivenih razlika među skupinama vrlo teško razdvojiti utjecaj dobi od utjecaja streljačkog iskustva (trenažno iskustvo). Dobra stabilnost položaja i male oscilacije pri ciljanju smatraju se u znanstvenim člancima i u svakodnevnoj trenažnoj praksi preduvjetom za dobre rezultate. Zanimljivo je da su se ta dva čimbenika u ovom istraživanju pokazala prilično nezavisnima u objašnjenju rezultata (bez značajne korelacije kada je tjelesna visina bila pod kontrolom). Rezultati ovog istraživanja potkrijepljeni su i rezultatima Masona i suradnika (1990), prema kojima su ljučenje tijela i pokret pištoljem međusobno gotovo nezavisni. Taj podatak može upućivati na različite sustave kontrole ili povratne sprege koji su odgovorni za ta dva čimbenika u gađanju. Za kontrolu puške tijekom ciljanja u pokretnu metu odlučujuća je vizualna povratna sprega uz odgovarajuću i konstantnu strukturu pokreta. Četverostruko uvećanje optičkoga ciljnika najvjerojatnije povećava važnost vizualne povratne sprege i naglašava potrebu da se odrede veličine ostalih povratnih sprege i da se kontrolni mehanizmi prilagode skali uvećanja. Vjerojatno su za kontrolu čitavoga tijela tijekom rotacijskog pokreta pri gađanju u pokretnu metu drugi senzorni i mehanizmi povratne sprege važniji od vizualnih. Proprioceptivna i receptivna senzorna informacija pritiska postaju ključnima. Već je ranije ustanovljena važna uloga takvih senzornih modaliteta tijekom normalnog stajaćeg stava (Soames i Reper, 1992; Magnusson i sur., 1990). Razlika OCPF-a između stajanja otvorenih očiju u strijelaca i ciljanja u strijelaca pokazuje da gore spomenuti senzorni modaliteti bolje kontroliraju reguliranje tjelesne ravnoteže u strijelaca nego u manje treniranih lovaca. Važnost stabilnosti položaja za gađanje u nekim je istraživanjima utvrđena usporedbom različitih skupina ispitanika s različitim iskustvom u gađanju

(Aalto i sur., 1990; Era i sur., 1996a). Ipak, utjecaj stabilnosti položaja na rezultat gađanja nije se opsežnije izučavao. U istraživanju Masona i suradnika (1990) OCPF i pokret pištoljem objašnjavali su 53% varijabilnosti opće preciznosti gađanja u muških i ženskih strijelaca seniora i muških strijelaca juniora. U ovom istraživanju uspjeli smo objasniti čak 83% varijance preciznosti gađanja u pokretnu metu. Ipak, naš model objašnjavanja mogao bi navoditi na pogrešne zaključke zbog razlike u dobi/trenažnom iskustvu među skupinama. Kada smo, uporabom z-vrijednosti, kontrolirali razlike u prosječnim rezultatima gađanja (trenažno iskustvo) između triju skupina, nestalo je značajnosti odnosa između rezultata i oscilacije u gađanju, OCPF-a tijekom ciljanja i OCPF-a tijekom stajanja. To znači kako unutar skupina postoje i druge varijable osim fluktuacije središnje tjelesne točke pritiska i oscilacije ciljanja koje objašnjavaju prosječan rezultat ispitanika u određenom testu.

Trenutak ispaljivanja hica ili anticipacija i čistoća okidanja konačne su varijable koje snažno utječu na kvalitetu hica. Te varijable nismo uključili u ovo istraživanje, međutim, o njima bi se u idućim studijama itekako moralo voditi računa. Bilo bi jednako tako zanimljivo i važno utvrditi može li model uporabljen za objašnjenje heterogene skupine strijelaca (A+B) vrijediti također i za strijelce pojedince ili za veće homogene skupine koje se ne razlikuju glede svoga trenažnog iskustva. Takva istraživanja pomogla bi nam bolje razumjeti motoričku uspješnost, a dala bi nov poticaj za trening strijelaca.

Zaključeno je kako su kretnje puškom tijekom ciljanja (oscilacije ciljanja, vizualna povratna informacija) i kontrola tijela u uspravnom stojećem stavu tijekom ciljanja (OCPF, proprioceptivna i vestibularna povratna informacija) relativno nezavisni faktori koji dobro objašnjavaju rezultate gađanja u strijelaca s heterogenim iskustvom.

Literatura

1. Aalto, H., Pyykkö, I., Ilmarinen, R., Kähkönen, E. and Starck, J. (1990). Postural stability in shooters. *Otol. Rhinol. Laryngol*, 52, 232-238.
2. Dichgans, J. and Diener, H.C. (1989). The contribution of vestibulo-spinal mechanisms to the maintenance of human upright posture. *Acta Otolaryngol*, 107, 338-345.
3. Eng, J.J., Winter, D.A., MacKinnon, C.D. and Patla, A.E. (1992). Interaction of the reactive moments and centre of mass displacements for postural control during voluntary arm movements. *Neuroscience Research Commun*, 11, 73-80.
4. Era, P. and Heikkinen, E. (1985). Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *J of Gerontol*, 40, 287-295.
5. Era, P., Jokela, J., Suominen, H. and Heikkinen, E. (1986). Correlates of vibrotactile thresholds in men of different ages. *Acta Neurol Scand*, 74, 210-217.
6. Era, P., Konttinen, N., Mehto, P., Saarela, P. and Lyytinen, H. (1996a). Postural stability and skilled performance-A study on top-level and naive rifle shooters. *J Biomech*, 29, 301-306.
7. Era, P., Schroll, M., Ytting, H., Gause-Nilsson, I., Heikkinen, E. and Steen, B. (1996b). Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women : a cross-national comparative study. *J of Gerontol*, 51, M53-M63.
8. Guidetti, L. and Pulejo, C. (1996). Balance ability of young female ballet dancers: posturographic analysis. *Coaching and sport science journal*, 1(4), 25-29.
9. Halonen, P. (1986) Quantitative vibration perception threshold in healthy subjects of working age. *Eur J Appl Physiol*, 54, 647-655.
10. Hayes, K.C., Spencer, C.L., Riach, C.L., Lucy, S.D. and Kirshen, A.J. (1985). Age-related changes in postural sway. U: *International series on biomechanics*, Biomechanics IX-A. Vol. 5A. (ur. Winter, D.A.; Norman, R.W.; Wells, R.P.; Hayes, K.C.; Patla, A.E), str. 383-387, Champaign, IL: Human Kinetics.
11. Hytönen, M., Pyykkö, I., Aalto, H. and Starck, J. (1993). Postural control and age. *Acta Otolaryngol (Stockholm)*, 113, 119-122.
12. Magnusson, M., Enbom, H., Johansson, R. and Pyykkö, I. (1990). Significance of pressor input from the human feet in antero-posterior postural control. *Acta Otolaryngol. (Stockholm)*, 110, 182-188.
13. Mason, B.R., Cowan, L.F. and Gonczol, T. (1990). Factors affecting accuracy in pistol shooting. *Excel*, 6(4), 2-6.
14. Nigg, B.M. and Cole, G.K. (1994). Optical methods. U: *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. (ur. Nigg, B.M.; Herzog, W), str. 274 - 279. John Wiley & Sons.
15. Niinimaa, V. and McAvoy, T. (1983). Influence of exercise on body sway in the standing rifle shooting position. *Can J Appl Spt Sci*, 8, 30-33.
16. Norvapalo, K.M.A. and Viitasalo, J.T. (1994). *Biomechanics of running target shooting*. (Research report), Research Institute for Olympic Sports, Finland.
17. Okuzumi, H., Tanaka, A., Haishi, K., Meguro, K-I., Yamazaki, H. and Nakamura, T. (1995). Age-related changes in postural control and locomotion. *Percept Mot Skills*, 81, 991-994.
18. Pyykkö, I., Aalto, H., Starck, J. and Ishizaki, H. (1993). Postural stabilization on a moving platform oscillating at high frequencies. *Aviat Space Environ Med*, 64, 300-305.
19. Raper, S.A. and Soames, R.W. (1991). The influence of stationary auditory fields on postural sway behavior in man. *Eur J Appl Physiol*, 63, 363-367.
20. Robbins, S., Waked, E. and McClaran, J. (1995) Proprioception and stability: foot position awareness as a function of age and footwear. *Age and Ageing*, 24, 67-72.
21. Soames, R.W. and Raper, S.A. (1992). The influence of moving auditory fields on postural sway behavior in man. *Eur J Appl Physiol*, 65, 241-245.

22. Viitasalo, JT., Era, P., Norvapalo, K., Mononen, H., Mononen, K. and Salonen, M. (1997a). Posture control in running target shooting. U: *XVith Congress of the International Society of Biomechanics (ISB)*, August 25-29, Tokyo, Japan. (Ed: Miyashita, M et al), str. 133.
23. Viitasalo, JT., Era, P., Norvapalo, K., Mononen, H., Mononen, K. and Salonen, M. (1997b). Effects of footwear on posture control of running target shooters. U: *XVith Congress of the International Society of Biomechanics (ISB)*, August 25-29, Tokyo, Japan. (ur. Miyashita, M et al), str. 129.
24. Walker, N., Philbin, DA. and Fisk, AD. (1997). Age-related differences in movement control: Adjusting submovement structure to optimize performance. *Journal of Gerontology: Psychological sciences*, 52B, P40-P52.
25. Zatsiorsky, VM. and Aktov, AV. (1990). Biomechanics of highly precise movements: the aiming process in air rifle shooting. *J Biomech*, 23(Suppl. 1), 35-41.