

EFEKTI NAČINA UVJEŽBAVANJA I POZICIJE CILJA NA NEKE ASPEKTE VREMENA I TOČNOSTI POKRETA

ILIJA MANENICA
ZVJEZDAN PENEZIĆ
Filozofski fakultet u Zadru
Faculty of Philosophy in Zadar

UDK/UDC: 159.9:331.101
Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Primljeno : 1996-02-01
Received

Cilj serije ispitivanja, u kojima su sudjelovale tri skupine od po šest ispitanika, u dobi 19-23 godine, bio je da se utvrde efekti načina uvježbavanja na izvođenje pokreta podlakticom različitih amplituda. Ispitanici su uvježbavali lučne pokrete podlakticom bez vidne kontrole, čije su amplitude iznosile 20, 40, 60 i 80 stupnjeva. Pokreti su bili lateralno-ventralnog i ventralno-lateralnog smjera. Od spomenute tri skupine jedna je uvježbavala pokrete prvo dominantnom, zatim nedominantnom rukom, a druga skupina obrnuto. Treća skupina uvježbavala je iste pokrete bibracijalno.

Smatralo se da su skupine uvježbane kad analiza varijance rezultata nije pokazivala nikakav prividni progres u uvježbavanju.

Nakon uvježbavanja sve su skupine bile uključene u seriju ispitivanja točnosti i brzine izvođenja pokreta unibracijalno lijevom i desnom rukom, te bibracijalno.

Analiza dobivenih rezultata je pokazala da su odstupanja od cilja (pogreške) bila najmanja kad se cilj nalazio više ventralno, bez obzira na smjer i amplitude pokreta, što je potvrdilo rezultate nekih ranijih ispitivanja. Dominantnost ruke, pak, te unibracijalno ili bibracijalno izvođenje nisu imali značajnih efekata na ovu varijablu. Kako se moglo i očekivati, ukupno vrijeme zadatka (TT) i vrijeme pokreta (MT) skoro su linearno rasla s povećanjem amplitude, dok analiza rezidualnog vremena (TT-MT) nije pokazala promjene u funkciji promjena veličine amplitude. Prilikom bibracijalnog izvođenja pokreta kod unibracijalno

uvježbanih ispitanika došlo je do *en bloc* porasta rezidualnog vremena. Ovo ukazuje da je struktura motoričkih programa koji se formiraju bibracijalnim, odnosno unibracijalnim uvježbavanjima, različita. Iz rezultata se može zaključiti da se, bez obzira na način uvježbavanja (bibracijalno, unibracijalno), za izvođenje pokreta formira poseban "program" za svaku ruku, s tim da se kod bibracijalnog uvježbavanja pokreta formira i "subrutina" za njihovu koordinaciju.

Uvod

U slučajevima kada nema mogućnosti vidne kontrole pokreta, proprioceptivne, tj. kinestetičke informacije postaju prominentne za njihovo izvođenje, te one uglavnom određuju njihove spatiotemporalne karakteristike.

Jedno od osnovnih pitanja u svezi izvođenja pokreta jest pitanje interakcije, odnosno dominantnosti uloge, centralnih motoričkih programa i perifernih (proprioceptivnih) mehanizama, koji su u ovo uključeni. Naime, Corlett i Megaw (1969) su ustvrdili, kad se uklone efekti vježbe iz rezultata, kako se može uočiti da se kod ispitanika javlja tendencija reprodukcije prethodnog pokreta. Na osnovi ovog su zaključili da je odašiljanje salvi motornih impulsa za izvođenje nekog pokreta unaprijed u cijelosti programirano.

Rezultati koje su dobili Glencross i Gould (1979) i Manenica (1984) nisu govorili u prilog hipoteze o "predprogramiranim pokretima", jer se kod složenijih pokreta tzv. rezidualno vrijeme (vrijeme zadatka minus vrijeme samog pokreta) povećavalo u funkciji povećanja složenosti zadatka.

U ponovljenim ispitivanjima, koja je izvršio Manenica (1988) na dobro uvježbanim ispitanicima, dobivena rezidualna vremena nisu se razlikovala u funkciji promjena veličine amplitude. Ovi rezultati su, dakle, sugerirali da su pokreti kod dobro uvježbanih ispitanika, bez obzira na stupanj složenosti zadatka, unaprijed programirani, što bi značilo da proprioceptivne informacije nisu važne za njihovo izvođenje. No, podrobnija analiza podataka je pokazala da se prilikom uvježbavanja pokreta formira "program" za njihovo izvođenje, koji kod uvježbanih ispitanika iskorištava proprioceptivne informacije na drugi način nego kod neuvježbanih. Kod manje uvježbanih ispitanika proprioceptivne informacije se upotrebljavaju "off-line", što rezultira dužim rezidualnim vremenom kod složenijih pokreta. Kod dobro uvježbanih ove se informacije integriraju u program "on-line", pa se rezidualno vrijeme ne mijenja promjenom amplitude pokreta. Drugim riječima, procesiranje proprioceptivnih informacija kod neuvježbanih ispitanika odvija se izvan

motoričkog programa, iako se rezultati ovog procesiranja koriste u samom programu. Nasuprot ovome, kod dobro uvježbanih, motorički program direktno prihvaća proprioceptivne informacije i njima se koristi za kontrolu pokreta.

Nadalje, Swinnen et al. (1991) navode da prilikom simultanog izvođenja pokreta, bez obzira na to da li su istih kinematičnih osobina, dolazi do promjena u spatiotemporalnoj efikasnosti. Ovome je, prema njihovu mišljenju, uzrok prirodna tendencija sustava motorne kontrole da nameće zajedničke "programe" ekstremitetima.

Cilj ovog ispitivanja bio je ispitati da li sekvenca i smjer uvježbavanja izvođenja unibrahijalnih pokreta različitih amplituda imaju značajnih efekata na formiranje motoričkih programa i korištenje proprioceptivnih informacija prilikom njihova izvođenja. Naime, u prethodnim ispitivanjima (Manenica 1984 i 1988) pokazalo se da su, općenito govoreći, pogreške, tj. odstupanja od cilja, znatno veće kad se cilj nalazio lateralno, nego kad je bio ventralno, bez obzira na veličinu amplitude samog pokreta uz koji se pogreška vezala. Ovo je pripisano razlikama u diferencijalnoj osjetljivosti proprioceptora, koji su u funkciji kad se podlaktica nalazi ventralno, odnosno lateralno, u odnosu na tijelo. S obzirom na to da u prethodnim ispitivanjima smjer uvježbavanja, kao ni dominantnost ruke, nisu posebno tretirani, pokušalo se odrediti i njihove efekte. Budući da su različiti aspekti sinhronizacije simultanog izvođenja pokreta pokazali da im sistem motorne kontrole nameće u velikoj mjeri zajedničke spatiotemporalne karakteristike, htjelo se utvrditi vrijedi li ovo samo za simultano uvježbavane pokrete, ili, pak, i za ostale slične pokrete koji nisu simultano uvježbavani. Naime, ako centralni mehanizam *a priori* ima ovakvu tendenciju, kako navode Swinnen et al. (1991), onda bi se moglo očekivati da su spatiotemporalne karakteristike istih pokreta lijeve i desne ruke koji nisu simultano uvježbavani, potpuno iste kao i kod simultano uvježbavanih pokreta. Drugim riječima, ne bi trebalo očekivati razlike u brzini i točnosti simultanih bibrachijalnih pokreta bez obzira na način uvježbavanja.

Metoda

U ispitivanju je sudjelovalo 18 ispitanika, u dobi od 19 do 23 godine, podijeljenih u tri skupine. U svakoj skupini su bila po tri ispitanika s dominantnom desnom rukom i po tri s dominantnom lijevom rukom.

Početni dio ispitivanja uključivao je uvježbavanje ispitanika u reprodukciji horizontalnih pokreta podlaktice, bez vidne kontrole, na kinesteziometru standardne "Lafayette" izrade. Kinesteziometar se sastojao od

pokretne platforme za podlakticu i podloge na kojoj se nalazio luk, nešto veći od jednog kružnog kvadranta, sa skalom od nula do sto stupnjeva. Platforma je jednim krajem bila fiksirana osovinom oko koje se kretala, a ispod, na suprotnom dijelu nalazio se plastični kotačić koji je omogućavao njenu bešumnu i nesmetanu rotaciju oko osi. Svaki pomak platforme iz nultog položaja (nula stupnjeva) mjerio se stupnjevima na spomenutoj skali na podlozi kinesteziometra. U ispitivanju su upotrebljena dva identična kinesteziometra, koji su imali ugrađene mikroprekidače za aktiviranje elektronskog kronometra prilikom pomaka iz nultog položaja. Kronometar se mogao zaustaviti pritiskom na drugi mikroprekidač, koji je ispitanik držao u aktivnoj ruci za vrijeme izvođenja pokreta.

Prva skupina ispitanika uvježbavana je u izvođenju lateralno-ventralnih i ventralno-lateralnih pokreta dominantnom, a zatim nedominantnom rukom. Druga skupina je uvježbavala izvođenje istih pokreta obrnutim slijedom, tj. nedominantnom, pa zatim dominantnom rukom. Treća, pak, skupina uvježbavala je simultano bibrachijalno izvođenje istih pokreta. Amplitude pokreta iznosile su 20, 40, 60 i 80 stupnjeva od standardne nulte pozicije. Za vrijeme rada ispitanici su imali neprozirne naočale na očima i podlaktice desne i lijeve ruke oslonjene na pokretne platforme kinesteziometara.

Tijekom uvježbavanja eksperimentator je pomicao platformu kinesteziometra s ispitanikovom podlakticom od nultog položaja za unaprijed zadanu amplitudu, tj. do cilja, a zatim je tražio od ispitanika da ponovi taj isti pokret što točnije može. Ovaj postupak je ponavljan sve dok ispitanik nije potpuno uvježban. Smatralo se da je ispitanik uvježban kada daljnje uvježbavanje prividno više nije imalo efekata na brzinu i točnost izvođenja pokreta.

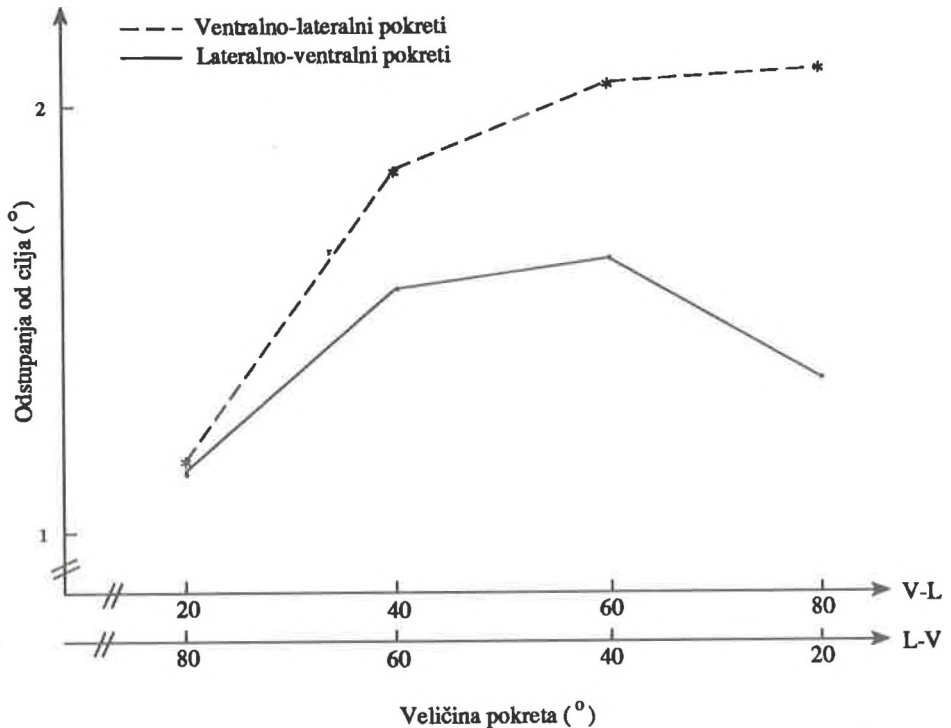
U glavnom dijelu ispitivanja ispitanici su izvodili pokrete tako da su im lijeva i desna podlaktica bile položene na platforme dvaju kinesteziometara, a pokrete su izvodili dominantnom ili nedominantnom rukom, odnosno istovremeno s obje ruke, zavisno o skupini kojoj su pripadali.

Svaki pokret počinjao je od nulte pozicije aktivirajući mikroprekidač i elektronski kronometar. U trenutku kada je ispitanik smatrao da je na cilju, tj. da je učinio pokret zadane amplitude, pritisnuo bi drugi mikroprekidač i tako zaustavljao kronometar. Eksperimentator je registrirao vrijeme na kronometru kao vrijeme zadatka (ms), te veličinu odstupanja od cilja (u stupnjevima). Nakon svakog eksperimentalnog bloka ispitanik je izvodio te iste pokrete pod vidnom kontrolom. Dobiveno vrijeme je tretirano kao vrijeme "čistog" pokreta koje nije uključivalo vrijeme potrebno za proprioceptivne i druge intervencije, kao što je to slučaj kad se pokreti izvode bez vidne kontrole.

Rezultati i diskusija

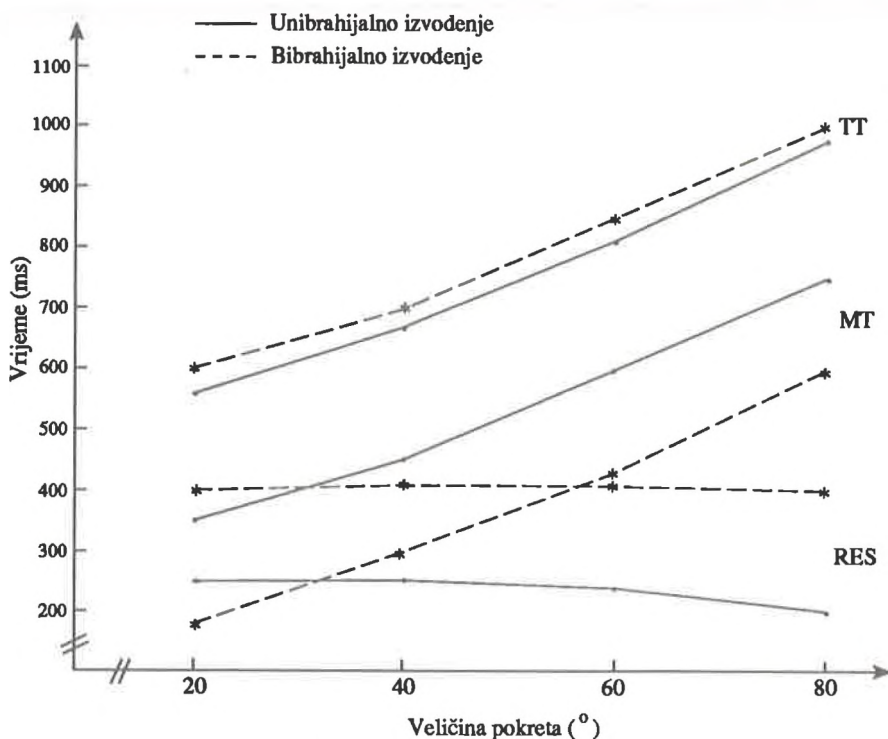
Analiza dobivenih rezultata pokazala je da ni slijed uvježbavanja (desna ruka - lijeva ruka) ni smjer (ventralno - lateralno) uvježbavanja nemaju efekata na spatiotemporalne karakteristike pokreta. Pokazalo se također da ne postoji razlika u ovim karakteristikama kad su u pitanju dominantna i nedominantna, odnosno lijeva i desna ruka (tabela 1. i tabela 2.).

Kao što pokazuje slika 1., osim veličine amplituda, značajne efekte na točnost izvođenja pokreta imala je spacijalna pozicija podlaktice. Naime, bez obzira na smjer pokreta (ventralno - lateralno) i veličinu amplituda, veća odstupanja od cilja (pogreške) dobivena su kad se cilj nalazio u lateralnoj, nego u ventralnoj poziciji. Ovi rezultati su u skladu s rezultatima koje je dobio Manenica (1988), a razlike u odstupanjima pripisao je većoj diferencijalnoj osjetljivosti proprioceptora koji su u funkciji kad se podlaktica nalazi ventralno u odnosu na tijelo.

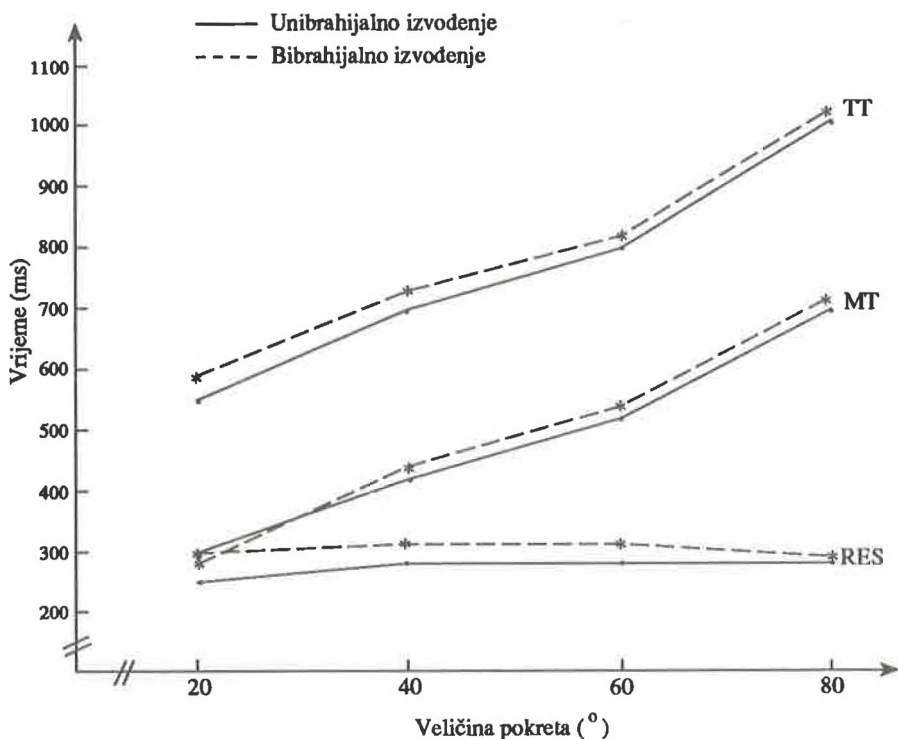


Slika 1. Veličina pogrešaka u funkciji promjena amplitude i smjera pokreta

I u ovom ispitivanju su dobiveni rezultati koji sugeriraju postojanje motoričkih programa za uvježbane pokrete. Drugim riječima, nisu dobivene značajne razlike u rezidualnom vremenu u funkciji povećanja amplituda pokreta, unutar ni među grupama (tabela 2.). Rezultati također ukazuju da je procesiranje proprioceptivnih informacija za kontrolu pokreta različito kod neuvježbanih i uvježbanih ispitanika. Kod prvih, čini se, ove se informacije barem dijelom procesiraju "izvan" motoričkog programa, pa se zatim uključuju u program. Ovo je u nekim ispitivanjima (Manenica, 1984) rezultiralo povećanjem rezidualnog vremena u funkciji povećanja amplitude pokreta. Nasuprot tome, kod uvježbanih ispitanika rezidualno vrijeme se ne mijenja (slika 2. i slika 3.), što sugerira da se proprioceptivne informacije direktno uključuju u motorički program, pa se kontrola pokreta vrši po "on-line" principu.



Slika 2. Promjene vremena izvođenja zadatka (TT), vremena pokreta (MT) i rezidualnog vremena (RES) s obzirom na amplitudu i način izvođenja pokreta kod unibrahijalno uvježbanih ispitanika



Slika 3. Promjene vremena izvođenja zadatka (TT), vremena pokreta (MT) i rezidualnog vremena (RES) s obzirom na amplitudu i način izvođenja pokreta kod bibrahijalno uvježbavanih ispitanika

Nadalje, kad je riječ o sinhronizaciji bibrahijalnih pokreta istih osobina, rezultati pokazuju da su rezidualna vremena unibrahijalno uvježbavanih ispitanika, prilikom izvođenja sinhroniziranih bibrahijalnih pokreta, značajno duža od njihovih vremena dobivenih prilikom izvođenja istih pokreta unibrahijalno (slika 2. i tabela 2.). Nasuprot tome, nema razlika među rezidualnim vremenima prilikom unibrahijalnog i bibrahijalnog izvođenja pokreta kod ispitanika koji su uvježbavani bibrahijalno (slika 3. i tabela 2.). Rezultati, dakle, sugeriraju da je struktura motoričkih programa, koji su rezultat unibrahijalnog, odnosno bibrahijalnog načina uvježbavanja, različita, pa se može kazati da kod prvih nedostaje segment ("subrutina") motorične bibrahijalne sinhronizacije.

Tabela 1. *Trosmjerna analiza varijance pogrešaka*

VRSTA POKRETA	SKUPINA	IZVOR VARIJANCE	df	F-omjer
LATERALNO- VENTRALNI POKRETI	UVJEŽBAVANA PRVO DOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.17
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	0.17
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	3.38*
	UVJEŽBAVANA PRVO NEDOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	1.65
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	4.03
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	6.84**
	UVJEŽBAVANA S OBJE RUKU ISTOVREMENO	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.93
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	3.10
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	6.65**
VENTRALNO- LATERALNI POKRETI	UVJEŽBAVANA PRVO DOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.08
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	0.12
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	11.11**
	UVJEŽBAVANA PRVO NEDOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.09
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	0.76
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	18.61**
	UVJEŽBAVANA S OBJE RUKU ISTOVREMENO	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.006
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	2.83
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	15.93**

* - $p < 0.05$ ** - $p < 0.01$

Tabela 2. Trosmjerna analiza varijance rezidualnog vremena

VRSTA POKRETA	SKUPINA	IZVOR VARIJANCE	df	F-omjer
LATERALNO- VENTRALNI POKRETI	UVJEŽBAVANA PRVO DOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	1.78
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	8.91**
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	1.47
	UVJEŽBAVANA PRVO NEDOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	2.69
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	4.72*
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	3.03
	UVJEŽBAVANA S OBJE RUKU ISTOVREMENO	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.09
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	0.75
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	2.69
VENTRALNO- LATERALNI POKRETI	UVJEŽBAVANA PRVO DOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	2.57
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	25.92**
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	2.68
	UVJEŽBAVANA PRVO NEDOMINATNOM RUKOM	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.00003
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	5.82*
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	1.06
	UVJEŽBAVANA S OBJE RUKU ISTOVREMENO	DOMINANTNOST RUKE	1/20	0.15
		UNIBRAH. - BIBRAH. IZVOĐENJE POKRETA	1/20	0.90
		AMPLITUDE POKRETA	3/60	2.68

* - $p < 0.05$ ** - $p < 0.01$

Upitno je, dakle, da li do uspostave sinhronizacije pokreta dolazi zbog "prirodne tendencije" sustava motorične kontrole (Swinnen et al., 1991), ili se, pak, i sinhronizacija pokreta uvježbava. Dobiveni rezultati govore u prilog ove druge mogućnosti. "Prirodna tendencija" sustava motorične kontrole da sinhronizira pokrete ekstremiteta, mogla bi se pripisati ranije uspostavljenim općenitijim shemama sinhronizacije pokreta, koje se relativno lako uklapaju u nove kinetičke "programme". Njima je ipak potrebna specifična "dorada" kad je riječ o strogo određenim pokretima, kako je pokazalo i ovo ispitivanje.

U zaključku se može reći da neke spatiotemporalne aspekte pokreta ne određuje samo veličina amplitude nego i neki biomehanički odnosi tijelo-ekstremiteti, kao i način formiranja centralnih programa za njihovo izvođenje, koji, dakako, uključuju i procesiranje proprioceptivnih informacija.

Literatura

- CORLETT, E. N. & MEGAW, E. D. (1969): The role of visual and kinaesthetic feedback in the control of apparatus by a pedal, in: *Ergonomics of Machine Design*, Vol. 1, I. L. O. Geneva.
- GLENCROSS, D. J. & GOULD, J. H. (1979): The planing of precision movements, *Journal of Motor Behavior*, 11, 1, 1-9.
- MANENICA, I. (1984): Cirkadijurne promjene u reprodukciji pokreta, *IV dani psihologije u Zadru*, 1983, 2, 127-133.
- MANENICA, I. (1988): Proprioceptive interaction with movement programmes, *Revija za psihologiju*, 18, 1-2, 1-7.
- SWINNEN, P. S., BEIRINCKX, M. B., MEUGENS, P. F. & WALTER, C. B. (1991): Dissociating the structural and metrical specifications of bimanual movement, *Journal of Motor Behavior*, 23, 4, 263-279.

Ilija Manenica, Zvezdan Penezić: EFFECTS OF TRAINING PROCEDURES AND TARGET POSITIONS ON LOWER ARM MOVEMENTS

S u m m a r y

The aim of a series of experiments, which included three groups of six blindfolded subjects, 19-23 years of age, was to find out effects of different ways of training on some spatiotemporal aspects of different movements by lower arms. The subjects were trained to make 20, 40, 60, 80 degree movements on a kinaesthesiometer.

The direction of movements was ventral-lateral and lateral-ventral in the relation to the body. One of the groups was trained first by dominant arm, and then non-dominant, while the second group had the opposite sequences of training. The third group, however, was trained bibrachially.

After the training, the three groups took part in a series of arm movement experiments, where the task time (TT), movement time (MT) and the deviation from the target (error) were recorded for the two arms separately, as well as bibrachially.

The smallest deviations from the target were obtained in all the situations, when the target was positioned more ventrally, regardless of the amplitude or the direction of the movements. This was attributed to a higher differential sensitivity of the proprioceptors affected by the ventral movements in comparison to those affected by the lateral movements.

As could be expected, the task time and the movement time changed as the amplitude changed, while the residual time (TT-MT) stayed the same regardless of the movement amplitudes. This was discussed in the relation to the dynamics of the use of proprioceptive information by the central movement control mechanism. Furthermore, bibrachially trained subjects had the same residual time for bibrachially and unibrachially performed movements, while unibrachially trained subjects had significantly longer residual times for bibrachially performed movements. This was discussed in terms of two separate brachial "movement programmes", which were formed during the training, regardless whether it was unibrachial or bibrachial. During bibrachial training, however, an extra "subroutine" for the movement coordination seems to be formed, which requires less of the central processing time, then two separate programmes which are simultaneously executed.