

Struktura relacija motoričkih i kognitivnih dimenzija studenata fizičke kulture pod nelinearnim modelom

GUSTAV BALA

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet fizičke kulture, Novi Sad

Na uzorku od 217 studenata Fakulteta fizičke kulture u Novom Sadu primenjena je baterija od 23 motorička testa i baterija KOG3 za procenu perceptivnog, serijalnog i paralelnog procesora. Nakon transformacije rezultata iz linearnog modela relacija u nemonotonu splajn funkciju četvrtog reda, izvršene su korelacijske, regresijske, kanoničke korelacijske analize i kanoničke analize prekrivanja (redundantne analize) pod nelinearnim modelima. Pokazano je da nelinearni model obrade podataka prikazuje značajniju povezanost i bolje objašnjava zajednički varijabilitet analiziranih prostora varijabli. Dobijene relacije nisu bile simetrične, pošto se kognitivnim funkcionisanjem mogla izvršiti bolja predikcija motoričkog ponašanja, nego efikasnost kognitivnog funkcionisanja na osnovu motoričkog ponašanja ispitanika.

Ključne reči: nelinearni modeli, motoričke dimenzije, kognitivne dimenzije, studenti fizičke kulture.

Prilikom učenja složenog motoričkog zadatka neophodna je aktivnost korteksa velikog mozga, pošto se postavljeni zadatak prvo mora shvatiti. U toku učenja motoričkog zadatka uključuje se, preko sistema povratnih veza (putem raznih receptora, od kojih su veoma važni oni u mišićima, kinestetički za pokrete zglobova i oni koji reaguju na ubrzanje i promene u ravnoteži), proces regulacije. Kada se motorički zadatak automatizuje, nije potrebna više regulacija, nego samo proces upravljanja. Ako je zadatak jednostavniji, potreban je samo proces upravljanja, a kod kompleksnih zadataka prvenstvo ima proces regulacije, koji uključuje i

kognitivno funkcionisanje. Proces regulacije odvija se na više nivoa, a najviši nivo je preko korteksa. Pri rešavanju nekog motoričkog zadatka razlikuju se tri osnovna nivoa uključivanja funkcionisanja kore velikog mozga: 1) minimalna aktivnost korteksa kod jednostavnih pokreta ili kretanja, 2) delimična aktivnost korteksa kod složenih pokreta ili kretanja i 3) dominantna aktivnost korteksa pri rešavanju jako složenih motoričkih zadataka kognitivnog tipa.

Tokom rešavanja složenih motoričkih zadataka veliki značaj imaju perceptivni procesi, koji uključuju čitav sistem povratnih veza, za razliku od izvođenja jednostavnih motoričkih zadataka. Perceptivno procesiranje ima veoma važnu ulogu u efikasnosti kognitivnog funkcionisanja, jer ono zavisi od ispravnosti funkcionisanja perceptivnog sistema.

Osnova za razmišljanje o relacijama motoričkih i kognitivnih (intelektualnih) sposobnosti može se naći i u činjenici da oko 40% aksona u motoričkim živcima u mišićnim tkivima predstavlja praktično senzorna vlakna koja prenose impulse u mozak (Steinhaus, 1964, prema Ismail, 1976b). Ako se uzme u obzir da mišićno tkivo predstavlja kod prosečnog čoveka polovinu njegove telesne težine, a kod sportista i više, jasno je da mišići služe, pored ostalog, i za prenos informacija iz mišića u centralni nervni sistem i odgovarajuće centre. Naravno, ovo je samo jedan aspekt mogućeg razmišljanja o relacijama motoričkih i kognitivnih dimenzija, prilagođen problemu ovog istraživanja i analiziranim entitetima.

U istraživanju analizirane su relacije kognitivnih i motoričkih sposobnosti na uzorku ispitanika kod kojih su sve strukture u centralnom nervnom sistemu već potpuno razvijene i fiziološki sposobne da integrišu odgovarajuće sklopove podražaja i reakcija, što rezultira pravilno, pa i iznadprosečno, percepiranje kompleksnih motoričkih zadataka. Kod ovih ispitanika se dužim trenaznim procesima u odgovarajućim kineziološkim aktivnostima razvila veza između senzornih procesa i motoričkih reakcija, što je delovanjem korteksa i nižih moždanih centara poboljšalo njihovu celokupnu kognitivnu i motoričku funkciju, za koju se pretpostavlja da je efikasnija od entiteta iz standardne populacije mladih muškaraca uzrasta od 21 do 24 godine.

Za ovo istraživanje, pored onih na uzorcima iz standardne populacije dece i omladine, a naročito prema Ismailovoj teoriji integralnog razvoja (npr. Ismail, 1971, 1976a, 1976b; Ismail i O'Dwyer, 1976; Ismail, Kane i Kirkendall, 1976; Kirkendall i Ismail, 1976; Bala i sar., 1985), od posebnog značaja je istraživanje Momirovića i Horge (1982), koji su na uzorku studenata Fakulteta fizičke kulture u Zagrebu analizirali kanoničke relacije intelektualnih i motoričkih sposobnosti. Opšti zaključak bio je da je generalni kognitivni faktor, pretežno definisan efikasnošću serijalnog procesora, u značajnoj pozitivnoj relaciji sa ritmom, koordinacijom i gipkošću, a u negativnoj sa snagom i izdržljivošću. Sva istraživanja izvedena su pod pretpostavkom da su relacije između rezultata primenjenih varijabli linearnog tipa.

U antropološkim istraživanjima, a naročito u kineziologiji i psihologiji, posebnu pažnju zaslužuju analize međusobnih relacija između različitih segmenata

antropoloških dimenzija. Najčešće analize za određivanje takvih relacija izvode se postupcima u čijoj je osnovi Hotelingova biortogonalna kanonička korelaciona analiza. Pri tome se uvek polazilo od pretpostavki da su relacije između rezultata u varijablama linearnog tipa i da su međusobne relacije varijabli simetrične, odnosno da su relacije između prediktora i kriterijskih varijabli iste kao između kriterijskih i prediktorskih.

Cilj rada je da se analiziraju relacije između motoričkih i kognitivnih dimenzija pod nelinearnim modelom. Pri tome korišćen je postupak transformacije početne linearne funkcije relacije tih dimenzija u splajn funkcije. Spline funkcije dovode u celokupnom posmatranom prostoru varijabli do interpolacione funkcije koja treba da zadrži "što je moguće više 'geometrijskih' osobina funkcije (neprekidnost, konveksnost, ekstremne tačke i sl.)" (Surla, 1992: 92). U tu svrhu na pojedinim intervalima (između čvorova interpolacije) početne funkcije uzimaju se polinomi većeg stepena od onog potrebnog za interpolaciju, da bi se na kraju dobila izogeometrijska aproksimacija, odnosno najbolje odgovarajući interpolacioni spline.

Metode

Analize su provedene na uzorku od 217 studenata druge i treće godine Fakulteta fizičke kulture u Novom Sadu. Testiranje motoričkih sposobnosti izvedeno je na osnovu redukovano modela Kurelića i sar. (1975) i Gredelja i sar. (1975) baterijom od 23 motorička testa (standardizacija prema Metikošu i sar., 1989). Ti testovi su hipotetski procenjivali sledeće dimenzije redukovano modela u ovom istraživanju: 1) koordinaciju celog tela, 2) ravnotežu, 3) brzinu frekvencije pokreta, 4) gipkosti, 5) eksplozivnu snagu, 6) opštu snagu i 7) realizaciju ritmičkih struktura (ritam). Kognitivne sposobnosti procenjene su na osnovu kibernetičkog modela kognitivnog funkcionisanja, a pomoću baterije KOG3 (Wolf, Momirović i Džamonja, 1992).

Motoričke varijable obuhvaćene istraživanjem su: 1) Okretnost na tlu, 2) Provlačenje i preskakanje, 3) Osmica sa sagibanjem, 4) Stajanje na jednoj nozi poprečno - otvorene oči, 5) Stajanje na jednoj nozi uzdužno - otvorene oči, 6) Stajanje na jednoj nozi uzdužno - zatvorene oči, 7) Taping nogama o zid, 8) Taping nogom, 9) Taping rukom, 10) Ciljanje kratkim štapom, 11) Gađanje vertikalnog cilja nogom, 12) Pretklon raznožno, 13) Pretklon na klupi, 14) Odnoženje ležeći na boku, 15) Skok udalj iz mesta, 16) Bacanje medicinke iz ležanja na leđima, 17) Sprint iz visokog starta na 20m, 18) Izdržaj u skleku, 19) Zgibovi na vratilu pothvatom, 20) Horizontalni izdržaj na leđima, 21) Bubnjanje nogama i rukama, 22) Udaranje po pločama u tri ravni i 23) Udaranje po horizontalnim pločama. U skupu ovih varijabli izolovano je 5 motoričkih faktora (orthoblique transformacijom glavnih komponenti matrice interkorelacije ovih varijabli, uz PB kriterijum Štaleca i

Momirovića).¹ To su: 1) Koordinacija (KOORD), 2) Snaga (SNAGA), 3) Gipkost (GIPKOST), 4) Ritam (RITAM) i 5) Ravnoteža (BALANS), koji su činili uzorak varijabli u ovom istraživanju.

Baterija KOG3 sadrži tri testa kognitivnog funkcionisanja, koji procenjuju efikasnost perceptivnog (IT1), serijskog (AL4) i paralelnog (S1) procesora.

Rezultati testiranja i njihove relacije analizirane su transformacijom u nemonotone splajnovne četvrtog reda, a zatim su izvedene pod tako definisanim nelinearnim modelom korelacijske, regresijske, kanoničke korelacijske analize i na kraju kanonička analiza prepokrivanja, poznata i kao redundantna analiza.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati prikazani su tabelarno i sadrže mnogo informacija, ali ih nećemo sve detaljno interpretirati, jer bi to zauzimalo daleko više mesta u ovom radu. Biće interpretirane samo najvažnije relacije i to redosledom kako se vršila celokupna analiza relacija motoričkih i kognitivnih faktora pod nelinearnim modelom.

Analiza razlike zajedničkog varijabiliteta prediktorskih i kriterijskih varijabli u odnosu na linerani i nelinearni model učinjena je na osnovu Tabele 1. Pod početnim, odnosno linearnim modelom, zajednička varijansa bila je 0.06807 (6.81%), a nakon transformacije u nemonotonu splajn funkciju četvrtog reda, kada se stabilizovala nakon 42. iteracije, ona se dvostruko povećala (0.13565, odnosno 13.56%). Na taj način se ovim nelinearnim modelom mnogo više objasnio ukupan prostor varijabli, nego linearnim modelom, što može da ukaže i na značajnije veze između analiziranog motoričkog i kognitivnog prostora.

Tabela 1: Tok iterativnog procesa transformacije rezultata

Broj iteracija	Prosečna promena	Maksimalna promena	Prosečna varijansa	Promena kriterijuma
1	0.33789	5.82836	0.06807	.
2	0.11852	2.27735	0.12327	0.05520
3	0.03908	0.89432	0.13254	0.00928
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
42	0.00001	0.00022	0.13565	0.00000

¹ U jednom drugom istraživanju: Bala, G.: Motoričke dimenzije studenata fizičke kulture. Tehnički izveštaj, Fakultet fizičke kulture, Novi Sad, 1999.

Relacije između kognitivnih faktora nakon transformacije u splajn funkciju znatno su slabije nego što su uočene veze pod linearnim modelom na osnovu dosadašnjih iskustava sa istim kognitivnim faktorima, naročito korelacije perceptivnog sa ostala dva faktora (Tabela 2). Korelacije između motoričkih faktora takođe su nešto promenjene, kako kvantitativno, tako i kvalitativno. To se naročito odnosi na vezu između koordinacije i snage, koja je nakon transformacije postala negativna, te na znatno povećanu korelaciju između koordinacije i ritma, ali i na znatno smanjenu korelaciju između snage i ravnoteže, te ritma i ravnoteže (na osnovu rezultata strukture istih motoričkih faktora pod linearnim modelom²).

Tabela 2: Korelacije između kognitivnih faktora

	IT1	AL4	S1
IT1	1.000	0.094	0.174
AL4	0.094	1.000	0.288
S1	0.174	0.288	1.000

Tabela 3: Korelacije između motoričkih faktora

	KOORD	SNAGA	GIPKOST	RITAM	BALANS
KOORD	1.000	-0.200	0.241	0.334	0.189
SNAGA	-0.200	1.000	-0.097	0.058	0.058
GIPKOST	0.241	-0.097	1.000	0.191	0.020
RITAM	0.334	0.058	0.191	1.000	0.090
BALANS	0.189	0.058	0.020	0.090	1.000

Zbog uočenih promena u svakom skupu faktora nakon istovremene transformacije motoričkih i kognitivnih faktora u nemonotonu splajn funkciju četvrtog reda, realno je bilo očekivati da će se i kroskorelacije između njih promeniti (Tabela 4). Uočava se značajna pozitivna korelacija između koordinacije i serijskog procesiranja, gipkosti i perceptivnog procesiranja, ritma i paralelnog i serijskog procesiranja, te ravnoteže i serijskog procesiranja. Značajna negativna korelacija je između snage i serijskog procesiranja, te između ravnoteže i perceptivnog procesiranja, što je prilično začuđujući rezultat.

² Ibid.

Tabela 4: Kros-korelacije između kognitivnih i motoričkih faktora

	KOORD	SNAGA	GIPKOST	RITAM	BALANS
IT1	-0.023	-0.118	0.263	0.047	-0.211
AL4	0.277	-0.179	-0.007	0.194	0.162
S1	0.131	0.058	0.055	0.385	0.109

Ako se tako transformisani prostor analizira regresionim postupkom, i to tako da se motoričke dimenzije projektuju u skup kognitivnih, a zatim kognitivne u skup motoričkih, dobijaju se informacije koje ukazuju na mogućnost simetrične, odnosno asimetrične predikcije kognitivnih na osnovu motoričkih dimenzija, odnosno motoričkih na osnovu kognitivnih dimenzija (tabele 5, 6, 7 i 8).

Tabela 5: Multiple korelacije (ρ), koeficijenti determinacije (ρ^2), korigovani koeficijenti determinacije (ro^2), donje (d) i gornje (g) granice koeficijenata determinacije, testovi značajnosti multiplih korelacija (F) i verovatnoća greške pri odbacivanju nulte hipoteze za povezanost kognitivnih i motoričkih faktora (P)

	ρ	ρ^2	ro^2	d	g	F	P
IT1	0.358	0.128	0.108	0.041	0.203	6.283	0.0001
AL4	0.365	0.133	0.113	0.044	0.208	6.536	0.0001
S1	0.394	0.155	0.135	0.061	0.234	7.825	0.0001

Tabela 6: Standardizovani regresioni koeficijenti u predikciji kognitivnih na osnovu motoričkih faktora

	IT1	AL4	S1
KOORD	-0.086	0.195**	0.001
SNAGA	-0.100	-0.166*	0.030
GIPKOST	0.269**	-0.101	-0.016
RITAM	0.048	0.147*	0.380**
BALANS	-0.198**	0.124	0.073

Tabela 7: Multiple korelacije (ρ), koeficijenti determinacije (ρ^2), korigovani koeficijenti determinacije (ro^2), donje (d) i gornje (g) granice koeficijenata determinacije, testovi značajnosti multiplih korelacija (F) i verovatnoća greške pri odbacivanju nulte hipoteze za povezanost motoričkih i kognitivnih faktora (P)

	ρ	ρ^2	ro^2	d	g	F	P
KOORD	0.288	0.083	0.070	0.019	0.154	6.474	0.0003
SNAGA	0.244	0.060	0.047	0.007	0.123	4.553	0.0041
GIPKOST	0.265	0.070	0.057	0.012	0.138	5.431	0.0013
RITAM	0.396	0.156	0.145	0.069	0.243	13.301	0.0001
BALANS	0.296	0.088	0.075	0.022	0.161	6.911	0.0002

Tabela 8: Standardizovani regresioni koeficijenti u predikciji motoričkih na osnovu kognitivnih faktora

	KOORD	SNAGA	GIPKOST	RITAM	BALANS
IT1	-0.059	-0.122	0.263**	-0.024	-0.244**
AL4	0.263**	-0.208**	-0.037	0.092	0.154*
S1	0.066	0.139*	0.020	0.363**	0.106

Predikcija efikasnosti perceptivnog procesora može se značajno izvršiti na osnovu gipkosti i ravnoteže ispitanika (Tabela 6), i to tako da gipkiji ispitanici imaju značajno bolje perceptivno funkcionisanje, kao i oni sa slabijom ravnotežom. Efikasnost serijalnog procesora značajno se može proceniti na osnovu koordinacije, snage i ritma ispitanika. Bolja koordinacija i bolji osećaj za ritam, ali slabija snaga, značajni su prediktori u proceni dobrog serijalnog funkcionisanja u ovoj grupi ispitanika. Efikasnost paralelnog procesiranja može se značajno proceniti samo pomoću ritma, i to tako da bolji osećaj ritma ide sa boljim paralelnim procesiranjem.

Prilikom procene motoričkih sposobnosti na osnovu kognitivnih varijabli, uočava se simetrična kvalitativna relacija u odnosu na prethodnu analizu, ali je nešto veća razlika u veličinama standardizovanih regresijskih koeficijenata (Tabela 8). Izuzetak je u proceni gipkosti na osnovu efikasnosti perceptivnog procesora (IT1), kao i obratno, gde nema praktično razlike ni u veličini koeficijenta. U proceni ravnoteže javlja se, pored perceptivnog procesora, još i serijalni procesor kao značajno pozitivni prediktor, što je sasvim logično, pošto je ravnoteža sposobnost održavanja stabilnog položaja tokom koga dolazi do narušavanja i uspostavljanja ravnotežnog položaja ispitanika, što se kontroliše i reguliše sistemom

povratnih veza, a na osnovu informacija iz vestibularnog aparata, odgovarajućih proprioreceptora u ekstremitetima (mišićima, zglobovima i tetivama), malog mozga, kao i na osnovu vida. Sve te informacije nervni sistem treba da preradi i pošalje naredbe odgovarajućim efektorima, i to prvenstveno serijalnim procesiranjem.

Rezultati kanoničke korelacione analize i redundantne analize su u sledećim tabelama. Ono što odmah pada u oči je statistički značajan broj parova kanoničkih faktora. U nekim istraživanjima na osnovu linearnog modela ovakvih relacija dobijao se samo jedan par značajnih kanoničkih faktora, i to je objašnjavalo relaciju motoričkog funkcionisanja i efikasnost serijalnog procesiranja (npr. Momirović i Horga, 1982), ili putem regresione analize, kada je na relaciju između koordinacije i komponente za energetska regulaciju značajno uticala efikasnost paralelnog procesora (Bala, 1998). Pri nelinearnom modelu sva tri procesora značajno učestvuju u objašnjavanju motoričkog funkcionisanja. Zajednička veza između prvog, i najvažnijeg, para kanoničkih faktora iznosila je 21.4%, drugog para 11.5%, a trećeg svega 7.7% zajedničkog varijabiliteta. Naravno, od ukupne varijanse mogućih parova, koji su u ovom slučaju bili svi i statistički značajni, na prvi par otpada 56.0%, na drugi par 26.8% i na treći par 17.2% (tabele 9, 10 i 11).

Tabela 9: Kanoničke korelacije kognitivnih i motoričkih faktora (R), korigovane kanoničke korelacije (r), standardne pogreške kanoničkih korelacija (SR) i kanonički koeficijenti determinacije (R^2)

	R	r	SR	R^2
1	0.463	0.430	0.053	0.214
2	0.340	0.306	0.060	0.115
3	0.278		0.062	0.077

Tabela 10: Karakteristični korenovi kanoničke jednačine (λ), razlike karakterističnih korenova ($d\lambda$), proporcije (p) i kumulativne proporcije objašnjene varijanse (kp)

	λ	$d\lambda$	p	kp
1	0.273	0.142	0.560	0.560
2	0.131	0.047	0.268	0.828
3	0.084	.	0.172	1.000

Tabela 11: Testovi značajnosti kanoničkih korelacija: odnos verodostojnosti (L), aproksimativna F vrednost, stepeni slobode (d_1 i d_2) i verovatnoće greške pri dobijanju kanoničke korelacije jednake nuli (p)

	L	F	d_1	d_2	p
1	0.64135070	6.783	15	582.8795	0.0001
2	0.81616035	5.666	8	424	0.0001
3	0.92272865	5.946	3	213	0.0007

Tabela 12: Kanonički faktori i njihove relacije

Standardizovani koeficijenti				Struktura		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
IT1	-0.608	0.678	0.451	-0.454	0.775	0.438
AL4	0.520	-0.196	0.886	0.637	0.060	0.768
S1	0.604	0.667	-0.554	0.649	0.728	-0.220

Standardizovani koeficijenti				Struktura		
	W1	W2	W3	W1	W2	W3
KOORD	0.334	-0.283	0.478	0.513	0.052	0.582
SNAGA	-0.015	-0.045	-0.751	0.029	-0.018	-0.878
GIPKOST	-0.488	0.562	0.148	-0.281	0.637	0.295
RITAM	0.598	0.757	-0.210	0.660	0.738	-0.071
BALANS	0.495	-0.324	-0.074	0.601	-0.300	-0.042

Korelacije između kognitivnih varijabli i motoričkih kanoničkih faktora			
	W1	W2	W3
IT1	-0.210	0.263	0.122
AL4	0.295	0.020	0.213
S1	0.300	0.248	-0.061

Korelacije između motoričkih varijabli i kognitivnih kanoničkih faktora			
	V1	V2	V3
KOORD	0.237	0.018	0.162
SNAGA	0.013	-0.006	-0.244
GIPKOST	-0.130	0.216	0.082
RITAM	0.305	0.251	-0.020
BALANS	0.278	-0.102	-0.012

Na osnovu standardizovanih kanoničkih koeficijenata i strukture kanoničkih faktora u prostoru kognitivnih varijabli, može se zaključiti da prvi kanonički faktor čini efikasnost paralelnog i serijalnog procesora, drugi faktor efikasnost perceptivnog i paralelnog procesora, a treći faktor efikasnost serijalnog i znatno manje perceptivnog procesora. Prema tome, u ovom slučaju nije dobijen generalni faktor, kao što pretpostavlja kibernetički model kognitivnog funkcionisanja na standardnoj populaciji (Wolf, Momirović i Džamonja, 1992). Interesantno je ponašanje perceptivnog procesora u ovom uzorku ispitanika. Može se uočiti da je njegovo učešće negativnog predznaka u slučaju zajedničkog pojavljivanja u prvom faktoru sa paralelnim i serijalnim procesorom, pozitivno sa paralelnim procesorom na drugom faktoru i opet suprotnog predznaka na trećem faktoru u odnosu na paralelni, a pozitivni na serijalni procesor. Međutim, veličina ortogonalne projekcije na prvi i treći faktor nije takva da izražava značajno veći uticaj. To može da ukaže da se perceptivni procesor u ovom uzorku pojavljuje kao supresorska varijabla, te da u ovom slučaju nije toliko značajan u celokupnom kognitivnom procesiranju, pošto se radi o prilično homogenom uzorku ispitanika u odnosu na kognitivne i motoričke dimenzije. Na osnovu toga može se s razlogom pretpostaviti da je taj uzorak bio homogeniji u perceptivnom procesiranju, nego u ostalim dimenzijama.

Kanonički faktori iz prostora motoričkih dimenzija ukazuju da se prvi faktor može definisati kao regulacija kretanja (informatička komponenta motoričkog ponašanja), u čijoj strukturi najznačajnije korelacije imaju ritam, ravnoteža i koordinacija. Drugi faktor je kombinacija ritma i gipkosti, a treći je regulacija energije (energetska komponenta motoričkog ponašanja) sa nešto smanjenom koordinacijom. Prema tome, dobijeni kanonički faktori imenuju se kao: 1) strukturiranje, kontrola i regulacija kretanja, 2) ritam i 3) regulacija energije. Posebno treba da se istakne dobijanje faktora "ritam", kao veoma važne motoričke dimenzije, koja spaja informatičku i energetske komponentu i dovodi do skladnog i tada do, najčešće, efikasnog motoričkog ponašanja čoveka. Ritam je veoma važan, kako u kineziološkim aktivnostima, tako i u svakodnevnom životu.

Korelacije između kognitivnih faktora i motoričkih kanoničkih faktora pokazuju da je statistički značajna veza između: 1) paralelnog i serijalnog procesiranja i strukturiranja, kontrole i regulacije kretanja, 2) perceptivnog i paralelnog procesiranja i ritma, 3) serijalnog i nešto manje perceptivnog procesiranja i regulacije energije.

S druge strane, motoričke dimenzije su značajno povezane kognitivnim kanoničkim faktorima na sledeći način: 1) koordinacija, ritam i ravnoteža (strukturiranje, kontrola i regulacija kretanja) su u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa paralelnim i serijalnim procesiranjem, 2) ritam je u značajnoj i pozitivnoj korelaciji sa perceptivnim i paralelnim procesiranjem, 3) snaga je u značajno negativnoj korelaciji sa serijalnim procesiranjem, 4) gipkost je u najmanjoj meri u korelaciji sa kognitivnim faktorima i to u manjoj meri sa faktorom koji je definisan perceptivnim i paralelnim procesiranjem.

Potrebno je skrenuti pažnju da pri rešavanju kompleksnih motoričkih zadataka, gde su zahtevi pretežno koordinacijskog i ritmičkog tipa, postoji znatan uticaj transfera motoričkog iskustva na brzinu učenja takvih zadataka. Prema tome, pored učešća kognitivnih sposobnosti, koje utiču na brzinu i efikasnost rešavanja kompleksnih motoričkih zadataka, vidno je i ranije iskustvo ispitanika, koje je značajnije od njihovih vršnjaka iz populacije studenata sa ostalih fakulteta. Prema tome, opravdano je pretpostaviti da je postojala pozitivna relacija između kognitivnih sposobnosti i primene mogućeg transfera, što opet ide u prilog relaciji između kognitivnih sposobnosti i motoričkih sposobnosti prilikom rešavanja kompleksnih motoričkih zadataka.

Kod rešavanja kako motoričkih, tako i kognitivnih problema, veoma je važna brzina i složenost prolaska informacija u efektore iz kinetičkog centra, prolazom kroz sinapse, povratne veze i dr. Smatra se da je fiziološka osnova tome u brzini sinaptičke transmisije, gde se omogućuje protok jednih i blokada protoka drugih informacija. Pri tome dolazi do: a) divergentnog spoja i amplifikacije (nervni sistem može pojačati slabe signale i pretvoriti ih u jake) na motoričkom putu iz korteksa do efektor (mišića), b) konvergentnog spoja i integrativne funkcije (impulsi iz različitih izvora konvergiraju prema jednom izlaznom neuronu. Važnost konvergentnog spoja sastoji se u tome što je ovim uređajem omogućeno da svaki neuron reaguje na informacije iz mnogih izvora, a ne samo iz jednog, što je najčešće u slučajevima realizacije kompleksnih motoričkih zadataka. Pri tome on deluje i kao selektivni mehanizam, što povećava efikasnost integrativne funkcije neurona.

Prema savremenim shvatanju funkcionisanja mozga, odnosno najvišeg nivoa centralnog nervnog sistema, smatra se da leva hemisfera funkcioniše kao analitički centar gde se informacije sekvencijalno (sukcesivno) procesiraju i gde su locirani npr. centri za sposobnost rešavanja matematičkih i jezičkih problema. U desnoj hemisferi dešavaju se više integracije spacijalnog funkcionisanja, paralelnog procesiranja informacija, imaginarnost, intuicija, kreativnost, emotivnost i dr.

Prilikom rešavanja motoričkih problema, leva hemisfera, koja se ponaša kao analizator, koristi se za učenje novih veština (često uz verbalne instrukcije), korekciju tehnike izvođenja, te razvoj strategije, odnosno taktike u odgovarajućoj sportskoj aktivnosti. Desna hemisfera ima ulogu integratora, koji kontroliše način integracije potrebnih pojedinačnih komponenti u rešavanju odgovarajućeg motoričkog zadatka u kompleksnu celinu. Prema tome, leva hemisfera ima važnu ulogu tokom učenja rešavanja motoričkih zadataka, a desna prilikom izvršavanja naučenog motoričkog zadatka.

Kada se složeni motorički zadatak (gde su zahtevi koordinacijske i ritmičke prirode) rešava dobro, leva i desna hemisfera mozga učestvuju koordinisano i bez zastoja u kontroli izvođenja zadatka. Leva hemisfera (analizator) pomaže u korekciji eventualnih grešaka a desna (integrator) izvršava dobro naučene veštine automatski, ponekad čak i na neki novi kreativniji način. Međutim, ponekad ne dolazi do takve saradnje hemisfera mozga, što govori i činjenica da isti motorički zadatak isti ispitanici praktično nikada ne rešavaju na isti način i istom brzinom.

Naravno, tome mogu biti uzrok i mnogi drugi faktori (npr. umor, dosada, nemotivisanost, atmosferski i mikroklimatski uslovi i dr.), ali glavni uzrok je u koordinaciji leve i desne hemisfere mozga.

Moguće je da kod osoba koje su podvrgnute dužim kineziološkim aktivnostima, u kojima su različiti motorički problemi i zadaci, dolazi do različite koordinacije leve i desne hemisfere mozga, nego kod osoba koje nisu bile pod nekim trenažnim procesom u nekoj kineziološkoj aktivnosti. U situacijama motoričkih testiranja, gde su motorički problemi samo sekvence nekih realnih i vremenski dužih motoričkih problema, često se ne mogu valjano i pouzdano utvrditi relacije između motoričkih i kognitivnih sposobnosti. Zbog toga bi trebalo proučavati te relacije u situacijama realnog motoričkog ponašanja. Međutim, takva istraživanja teško je kontrolisati, organizaciono su kompleksna i skupa, a pitanje je da li bi i ona pružila valjane i pouzdane informacije.

Može se izvesti generalni zaključak da relacije između kognitivnih i motoričkih sposobnosti ukazuju na postojanje opšte sposobnosti prilagođavanja pri rešavanju motoričkih zadataka u motoričko-kognitivno problemskim situacijama. Ta opšta sposobnost može se definisati kao "motoričko ponašanje", a po nekima čak i kao "motorička inteligencija". Nivo tog ponašanja zavisi od kompleksnosti motoričkih, odnosno motoričko-kognitivnih problema, tj. što je situacija jednostavnija, motoričko ponašanje neće zahtevati značajnu zastupljenost kognitivne komponente tog ponašanja, a što je situacija složenija, motoričko ponašanje pretvara se sve više u kognitivno ponašanje, sa maksimalnom ekonomičnošću i efikasnošću korišćenja odgovarajućih efektor, i ispoljavanja i nekih drugih unutrašnjih komponenta motoričkog ponašanja (npr. konativnih karakteristika i emotivnosti pri specifičnom rešavanju motoričkih problema, koje se prepoznaje kao stil motoričke realizacije).

Postavlja se pitanje koliko je učešće motoričkih, a koliko kognitivnih sposobnosti u motoričkom ponašanju, te da li je to uvek relativno stalan odnos, odnosno da li je to simetričan odnos tih sposobnosti. Na osnovu standardizovane varijanse kognitivnih faktora, koji učestvuju u zajedničkoj varijansi svakog para kanoničkih faktora iz kognitivnog i motoričkog prostora, može se uočiti da kognitivni faktori više objašnjavaju tu vezu, nego proporcije učešća motoričkih faktora (Tabela 13). Na osnovu tog nalaza može se realno pretpostaviti da stvarni oblik veze motoričkih i kognitivnih faktora nije simetričan. Ovaj nalaz verovatno je specifična karakteristika našeg uzorka ispitanika i rezultat je selekcije na osnovu preferencije prijavljivanja za fakultet fizičke kulture, a zatim i selekcije na prijemnim ispitima. Inače, u standardnoj populaciji muškaraca ovog uzrasta (21-24 godine) zapaža se da se na osnovu motoričkog ponašanja može više zaključiti o kognitivnom funkcionisanju, nego obratno.

Tabela 13: Rezultati redundantne analize

Standardizovana varijansa kognitivnih faktora objašnjena
Sopstvenim kanoničkim faktorima Motoričkim kanoničkim faktorima

	Proporcija	Kumulativna proporcija	Koeficijent determinacije	Proporcija	Kumulativna proporcija
1	0.3446	0.3446	0.2142	0.0738	0.0738
2	0.3785	0.7231	0.1155	0.0437	0.1175
3	0.2769	1.0000	0.0773	0.0214	0.1389

Standardizovana varijansa motoričkih faktora objašnjena
Sopstvenim kanoničkim faktorima Kognitivnim kanoničkim faktorima

	Proporcija	Kumulativna proporcija	Koeficijent determinacije	Proporcija	Kumulativna proporcija
1	0.2279	0.2279	0.2142	0.0488	0.0488
2	0.2087	0.4366	0.1155	0.0241	0.0729
3	0.2405	0.6772	0.0773	0.0186	0.0915

Može se generalno zaključiti da je celokupno kognitivno funkcionisanje u pozitivnoj i značajnoj relaciji sa celokupnim motoričkim ponašanjem studenata fizičke kulture, kao i motoričko ponašanje sa kognitivnim funkcionisanjem. Tu vezu više objašnjava kognitivno funkcionisanje, nego motoričko ponašanje analiziranih ispitanika, što se pripisuje njihovoj homogenosti prvenstveno motoričkih dimenzija, odnosno u motoričkom ponašanju.

Dobijene veze, najviše sa dimenzijama koje definišu sposobnosti koje zavise od efikasnosti sistema za strukturiranje, regulaciju i kontrolu kretanja, mogu se objasniti učešćem kognitivnih procesa pri analizi povratnih informacija pri adaptaciji i regulaciji kretanja, kao i uticajem brzine protoka informacija i regulisanjem nivoa ekscitacije pri složenijim kretanjima ili statičkim stavovima ili položajima celog tela. Pri tome suvišna ekscitacija u vidu korišćenja snage deluje negativno. Naravno, i ovde se, verovatno, radi o specifičnoj karakteristici uzorka ispitanika, pošto su ispitivane osobe one koje karakteriše nadprosečna snaga celokupnog lokomotornog aparata u odnosu na standardnu populaciju vršnjaka.

Na osnovu kibernetičkog modela kognitivnih sposobnosti Momirovića i dr. (1978), a prema Wolfu, Momiroviću i Džamonji (1992), i funkcionalnog modela motoričkih sposobnosti Kurelića i dr. (1975) i Gredelja i dr. (1975), te na osnovu dobijenih rezultata u ovom istraživanju, moguće je analogno analizirati motoričko-

kognitivno ponašanje, koje se manifestuje kroz aktivnosti ovih funkcionalnih jedinica sistema za procesiranje informacija:

- 1) Receptorski sistem putem prvog i drugog signalnog sistema, odnosno gledanja i slušanja, te mehano-receptora, a naročito proprioreceptora, prima informacije za motoričko-kognitivno ponašanje. Ispravnost ovog sistema je neophodan uslov da se dođe do prijema informacija.
- 2) Na osnovu procesora za dekodiranje, strukturiranje i pretraživanje ulaznih informacija iz bilo kog receptora formiraju se perceptivne sposobnosti, koje se koriste za rešavanje i kognitivnih i motoričkih zadataka, odnosno problema.
- 3) Jedinica za kratkotrajno memorisanje, gde se privremeno čuvaju informacije prikupljene pomoću receptorskog sistema, ali i perceptivne sposobnosti, kao i svesnost o potencijalnim kapacitetu motoričkih sposobnosti.
- 4) Jedinica za dugotrajno memorisanje, gde su smeštene obrađene informacije i razni dinamički stereotipi kretanja, stvoreni tokom života u raznim svakodnevnom i kineziološkim aktivnostima. Pretražuju se i aktiviraju zavisno od naredbi paralelnog ili serijalnog procesora, što je uslovljeno kompleksnošću motoričko-kognitivnog problema. Stvara se na osnovu nekog trenažnog intelektualnog ili kineziološkog procesa, ili na osnovu bavljenja nekim aktivnostima u svakodnevnom životu ili poslu.
- 5) Procesor za serijalnu analizu informacija zadužen za sekvencijalne kognitivne procese, sekvencijalno pretražuje kratkotrajne i dugotrajne memorije, te za analizu informacija u obliku nekih simboličkih kodova. Tu su stečena znanja, sposobnosti za verbalno i simboličko rezonovanje, između ostalih i o tehnici izvođenja motoričkih zadataka, te o raznim taktičkim varijantama i slično. Izgleda da pri rešavanju motoričkih problema ovaj procesor najviše utiče na ispoljavanje i kontrolu motoričkih sposobnosti tipa snage (energetska regulacija) i gipkosti.
- 6) Procesor za paralelnu analizu informacija, čija uloga je da simultano procesira veći broj informatičkih tokova i da paralelno pretražuje kratkotrajne i dugotrajne memorije. U psihološkom pogledu odgovoran je za rešavanje problema gde je potrebno rezonovanje, specijalizacija, odnosno sposobnosti edukcije. U motoričkom ponašanju treba da aktivira što efikasnije motoričke sposobnosti tipa koordinacije, ravnoteže i ritma, odnosno da efikasno reguliše kretanje.
- 7) Centralni procesor programira, reguliše i kontroliše rad svih ostalih procesora. Kako u svakodnevnom i profesionalnim, tako i u kineziološkim aktivnostima centralni procesor donosi odgovarajuće odluke i kontroliše njihovu realizaciju.
- 8) Kinetički procesor nakon svih pretraživanja i obrađivanja informacija deluje i upravlja efektorskim sistemom (mišići, tetive i zglobovi sa odgovarajućim kostima ekstremiteta i trupa, a u manjoj meri i glave.

Navedene jedinice imaju svoju fiziološku podlogu, koja je u skladu sa Lurijinim istraživanjima kortikalne, ali i subkortikalne aktivnosti, kao i sa fiziološkim procesima u efektorima. Naravno, na ovom mestu je nemoguće, a za ovaj rad i nije potrebno, ulaziti u sve detalje tih fizioloških osnova i procesa, mada su neki već spomenuti ranije.

Potrebno je ukazati na važnu činjenicu da su veze iznedu svih navedenih jedinica obostrane, stvaraju interaktivne efekte i kvalitativnog i kvantitativnog karaktera. Ova varijabilnost u manifestovanju motoričko-kognitivnog ponašanja dovodi često do neočekivanih odstupanja u odnosu na uobičajeno motoričko-kognitivno ponašanje, kako u pogledu kvaliteta, tako i kvantiteta, odnosno intenziteta ispoljavanja prilikom motoričko-kognitivne problemske situacije. Naravno, takva varijabilnost i kod samo jedne osobe predstavlja teškoću u merenju i procenjivanju njegovog realnog potencijala motoričkih i kognitivnih sposobnosti u zadatim problemskim situacijama, što se povećava kada se merenja i procenjivanja izvode na većem uzorku entiteta, a posebno na onima koji su u toku ili su ranije bili podvrgnuti nekom kineziološkom trenažnom procesu.

U kineziološkim aktivnostima poznato je da je za dobro i adekvatno manifestovanje motoričkog ponašanja uz pomoć dobro razvijenih i organizovanih motoričkih sposobnosti, naročito za složenija kretanja, neophodan dobar genetski potencijal (npr. koordinacija, ritam, ravnoteža), a da neke sposobnosti mogu da se razviju i održavaju i bez naročitog genetskog potencijala (npr. snaga i gipkost). S druge strane, prema Katelu (1971) i Hornu (1976) (prema Momirović, Bosnar i Horga, 1982) kognitivno funkcionisanje može da se objasni kapacitetom nervnog sistema, znači više genetskim potencijalom, te sposobnošću učenja u rešavanju onih problema koji su zajednički svim kulturama, i tada se govori o fluidnoj inteligenciji. Osim ove dimenzije intelektualnog funkcionisanja, koja se bazira na fiziološkim osnovama, to funkcionisanje je definisano i kulturalnim uticajima, specifičnim za razne kulture, a tada je reč o kristaliziranoj inteligenciji. Ako se zna da paralelno procesiranje pripada fluidnoj inteligenciji, te da koordinacija, ritam i ravnoteža pripadaju takođe onim sposobnostima za čije razvijanje je potreban veći genetski potencijal, jasno je da je potrebno na tom području tražiti objašnjenje za dobijene relacije. Isto tako, serijalno procesiranje može se shvatiti kao kristalizirana inteligencija, ili obratno, koje se razvija pod uticajem spoljašnjih faktora, kao i razni vidovi snage, sem eksplozivne, i gipkosti, u slučaju kada je lokomotorni aparat čoveka bez znatnih aberacija, naročito u najvažnijim zglobovima. Međutim, takva jednostavna podela u ovom slučaju nije moguća, jer se javlja interakcija paralelnog i serijalnog, kao i perceptivnog procesora, kao značajan uslov motoričkog ponašanja ispitanika. S druge strane, višegodišnji trenažni tretman u odgovarajućim kineziološkim aktivnostima, kod većine ispitanika i pod čestim takmičarskim problemskim stresovima, doprineo je da se izgradi relativno specifično kognitivno funkcionisanje, koje traži veću interakciju navedenih kognitivnih dimenzija. Naravno, raznim kineziološkim aktivnostima, u raznim vremenskim periodima, ponavljanjem i intenzitetom trenažnih procesa, razvija se i različito kvalitativno i

kvantitativno kognitivno funkcionisanje. Zbog toga se kod analiziranih ispitanika više može prognozirati njihovo motoričko ponašanje na osnovu kognitivnog funkcionisanja, nego obratno.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se generalno zaključiti da:

- Nelinearni model obrade podataka prikazuje značajniju povezanost i bolje objašnjava zajednički varijabilitet analiziranih motoričkih i kognitivnih faktora;
- dobijene relacije nisu simetrične, pošto se kognitivnim funkcionisanjem mogla izvršiti bolja predikcija motoričkog ponašanja, nego efikasnost kognitivnog funkcionisanja na osnovu motoričkog ponašanja ispitanika;
- dobijene rezultate treba proveriti na entitetima koji nisu podvrgnuti raznim tretmanima kinezioloških aktivnosti većeg obima, intenziteta i učestalosti, kako bi se utvrdilo da li su dobijeni rezultati specifični za analizirani uzorak ispitanika ili se može pomišljati na njihovu generalizaciju i na ostale osobe istog pola i uzrasta.

Reference

- Bala, G., Nikolić, V., Jovanović, M., Banić, M., Doroški, Nj., Jovanović, G., Milojević, M. (1985): *Sposobnosti i osobine lakše psihički ometenih učenika*. Fakultet fizičke kulture Univerziteta u Novom Sadu.
- Bala, G. (1998): The relations of motor and cognitive functioning of male students of Faculty of Physical Education. *Technical report*, Faculty of Physical Education in Novi Sad.
- Gredelj, M., Metikoš, D., Hošek, A., Momirović, K. (1975): Model hijerarhijske strukture motoričkih sposobnosti. I. Rezultati dobijeni primjenom jednog neoklasičnog postupka za procjenu latentnih dimenzija. *Kineziologija*, 5: 1-2, 7-82.
- Ismail, A. H., Gruber, J. J. (1971): *Integrated development - Motor aptitude and intellectual performance*. Columbus, Ohio, Charles E. Merrill Books, Inc.
- Ismail, A. H. (1976a): Djelovanje dobro organiziranog programa fizičkog odgoja na intelektualni status. *Kineziologija*, 6: 1-2, 29-36.
- Ismail, A. H. (1976b): Povezanost između kognitivnih, motoričkih i konativnih karakteristika. *Kineziologija*, 6: 1-2, 47-58.
- Ismail, A. H., Kane, J., Kirkendall, D. R. (1976): Povezanost između intelektualnih i neintelektualnih varijabli. *Kineziologija*, 6: 1-2, 37-46.

- Ismail, A. H., O'Dwyer, S. (1976): Usporedba normalne i lako mentalno retardirane djece predadolascenata u motoričkim zadacima. *Kineziologija*, 6: 1-2, 117-126.
- Kirkendall, D. R., Ismail, A.H. (1976): Mogućnost razlikovanja triju grupa različitog intelektualnog statusa pomoću motoričkih varijabli. *Kineziologija*, 6:1-2, 59-64.
- Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., Viskić-Štalec, N. (1975): *Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine*. Beograd, Fakultet za fizičko vaspitanje.
- Metikoš, D., Prot, F., Hofman, E., Pintar, Ž., Oreb, G. (1989): *Mjerenje bazičnih motoričkih dimenzija sportaša*. Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.
- Momirović, K., Šipka, P., Wolf, B., Džamonja, Z. (1978): Prilog formiranju jednog kibernetškog modela kognitivnih sposobnosti. Sarajevo, VI kongres psihologa Jugoslavije.
- Momirović, K., Horga, S. (1982): Kanoničke relacije hipotetskih dimenzija izvedenih iz mjera intelektualnih i motoričkih sposobnosti. *Kineziologija*, 14: 5, 121-124.
- Momirović, K., Bosnar, K., Horga, S. (1982): Kibernetički model kognitivnog funkcioniranja: pokušaj sinteze nekih teorija o strukturi kognitivnih sposobnosti. *Kineziologija*, 14: 5, 83-108.
- Surla, K. (1992): *Numeričke i statističke metode u obradi eksperimentalnih podataka*. Univerzitet u Novom Sadu, Institut za matematiku.
- Wolf, B., Momirović, K., Džamonja, Z. (1992): *KOG 3 - Baterija testova inteligencije*. Beograd, Savez društava psihologa Srbije, Centar za primenjenu psihologiju.

Structure of the Relations Between the Motor and Cognitive Dimensions of the Students of Sport Under the Non-linear Model

GUSTAV BALA

The set of 23 motor tests and the battery KOG3 to estimate the perceptive, serial and parallel processor were applied on the sample of 217 students of the Faculty of Physical Education in Novi Sad. After the transformation of the results from linear model of the relations in the non-monotonous spline function of the forth degree, the results of correlation, regression, canonical correlation and redundancy analyses were subjected to the non-linear model analysis. The obtained results showed that the non-linear model of data analyses pointed to more significant relations and explained better the common variance of the two sets of variables. The relations were not symmetric, because the cognitive functioning was better predictor of motor

behaviour, than the motor behaviour was the predictor of the efficiency of cognitive functioning of the students.

Key words: non-linear model, motor dimensions, cognitive dimensions, students of sport.

Структура отношений моторных и когнитивных измерений студентов физической культуры под нелинейной моделью

ГУСТАВ БАЛА

На примере 217 студентов Факультета физической культуры в Нови-Саде применена батарея, содержащая 23 моторных теста и батарея KOG 3 для оценки перцептивного, сериального и параллельного процессоров. После трансформации результатов из линейной модели отношений в немонотонную сплайн функцию четвертого ряда, проведены корреляционные, регрессивные, канонические корреляционные анализы и канонические избыточные анализы под нелинейными моделями. Показано, что нелинейная модель обработки данных оказывает значительную взаимосвязь и что лучше объясняет общую переменчивость анализируемых пространств переменных. Полученные отношения оказались несимметричными, потому что когнитивным функционированием могла быть выполнена лучшая предикация моторного поведения, чем эффективность когнитивного функционирования на основании моторного поведения исследуемого.

Ключевые слова: нелинейные модели, моторные величины, когнитивные величины, студенты физической культуры.