

Egon Zakrajšek
Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko,
Ljubljana

Ankica Hošek
Fakultet za fizičko kulturo, Zagreb

Milutin Stojanović
Fakultet za fizičko vaspitanje, Beograd

Marjan Lanc i Konstantin Momirović
Fakultet za fizičko kulturo, Zagreb

**UTJECAJ ANTROPOMETRIJSKIH DIMENZIJA
NA SILU MJERENU DINAMOMETROM**

THE INFLUENCE OF ANTHROPOMETRIC DIMENSION ON THE DYNAMOMETRIC FORCE

On the basis of the analysis of canonical relationships between morphological characteristics and dynamometric force it was established that morphological structure is mainly manifested in general force of attempted movements, and especially in the force of upper extremities. After partialisation of this information, i.e. that emitted by the first pair of canonical factors, the existence of specific mechanisms was established. They differentiated between subjects whose force is the consequence of constitutional characteristics and the subjects whose force is the consequence of specific activities. In the case of the third pair of canonical factors clear negative influence of lever length on the magnitude of the force on the end of the lever was established.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА СИЛУ, ИЗМЕРЯЕМУЮ ПРИ ПОМОЩИ ДИНАМОМЕТРА

На основании канонических отношений между морфологическими характеристиками и силой, измеряемой при помощи динамометра, определено, что морфологическая структура в основном проявляется в генеральной силе движений, в особенности в силе рук. После того, как проведена парциализация этих информаций, т. е. информаций, излучаемых первой парой канонических факторов, определено существование латентных механизмов, которые дифференцируют испытуемых, у которых сила является последствием конституциональных характеристик от испытуемых, у которых сила является последствием определенной деятельности. На основании третьей пары канонических переменных определено существование отрицательного влияния длины плеча рычага на величину силы, произведенной в конце рычага.

1. PROBLEM

Relacije između morfoloških karakteristika i različitih oblika manifestacije sile i snage bile su predmet velikog broja istraživanja.* U više je mahova utvrđeno, obično na temelju regresijskih analiza (Šturm, 1975.; Kurelić, Momirović, Stojanović, Šturm, Radojević i N. Viskić — Štalec, 1975.; Gredelj, 1976.; Metikoš, 1976.), da manifestacije sile, mjerene dinamometrom, u vrlo velikoj mjeri ovise o strukturi morfoloških karakteristika. Ta je sila imala značajne pozitivne parcijalne veze sa mjerama aktivne mišićne mase (i općenito mase tijela), i nevelike, ali također značajne parcijalne veze s mjerama transverzalnih dimenzija skeleta. Mjere longitudinalnih dimenzija skeleta ponašale su se različito; u pravilu su parcijalne veze tih dimenzija s manifestacijama sile mjerene dinamometrom bile niske i negativne, premda su korelacije nultnog reda, zbog veza između longitudinalnih dimenzija skeleta i mase tijela, bile redovito pozitivne. Mjere masnog tkiva obično su imale nulte parcijalne korelacije s mjerama dinamometrijske sile.

Na žalost, kanonički odnosi između strukture morfoloških karakteristika i strukture manifestacija sile mjerene dinamometrom bili su vrlo rijetko predmet antropoloških istraživanja**, jako je kanonički model očito superioran regresijskom za određivanje stvarnih relacija između dva skupa međusobno povezanih antropoloških karakteristika.

Zbog toga je svrha ovog istraživanja da pruži neke informacije o strukturalnim relacijama morfoloških karakteristika, procjenjenih mjerama antropometrijskih dimenzija, i sposobnosti za generiranje sile, mjerene dinamometrom; ovo zato što te relacije mogu biti od izvjesnog značaja za određivanje temeljnih značajki funkcioniranja integralnih antropoloških sustava.

2. METODE

Na uzorku od 684 muškarca starih od 19 do 27 godina, koji je izvučen kao dvoetafni grupni uzorak s optimalnom alokacijom iz jugoslovenske populacije klinički zdravih osoba te dobi i spola, izmjerene su 23 antropometrijske karakteristike i 6 mjera sile pokušanih pokreta.

Antropometrijske mjere (1. visina 2. biakromijalni raspon, 3. dužina ruke, 4. dužina noge,

5. dužina stopala, 6. težina, 7. obim grudi, 8. obim nadlaktice, 9. obim podlaktice, 10. dužina šake, 11. obim natkoljenice, 12. obim potkoljenice, 13. nabor na pazuhu, 14. nabor na leđima, 15. nabor na nadlaktici, 17. nabor na potkoljenici, 18. dijametar lakta, 19. dijametar ručnog zgloba, 20. širina šake, 21. bikristalni raspon, 22. dijametar koljena i, 23. širina stopala) uzete su u skladu s procedurom koju predlaže Međunarodni biološki program. Da bi se postigla pouzdanost rezultata, potrebna za istraživanja ove vrste, sva su mjerenja izvršena po tri puta, a mjerenja srednjeg obima grudi i kožnih nabora po šest puta. Rezultat u svakoj varijabli definiran je kao vrijednost subjekta na prvoj komponenti ponovljenih mjerenja reskaliranih na antiimage metriku.

Tako su dobijeni i konačni rezultati u mjerama sile pokušanih pokreta. Ta su mjerenja izvedena pomoću elektroničkih dinamometara i uređaja za fiksaciju, i za svaki pokret ponovljena po šest puta*.

Relacije morfoloških karakteristika i sile mjerene dinamometrom analizirane su uobičajenom kanoničkom metodom H. Hotellinga (Hotelling.; 1936.). Značajnost koeficijenata kanoničke korelacije testirana je Bartlettovim postupkom (Cooley i Lohnes, 1972.). U skladu s procedurom koju su prvi predložili Cooley i Lohnes (1963.) i Veldman (1967.) kanoničke varijable interpretirane su na osnovu matrice interkorelacija varijabli i kanoničkih dimenzija koja je tretirana kao faktorska matrica. Izračunane su i mjere opsega kanoničkih faktora i redundantnost tih dimenzija, kao i generalizirani indeks kanoničke korelacije, ali ovim parametrima nije pridat poseban značaj zbog njihove matematičke nejednoznačnosti (Nieewander i Wood, 1974.)

3. REZULTATI

Kao što se i moglo očekivati utvrđene su značajne veze između strukture morfoloških karakteristika i različitih tipova manifestacije mišićne sile mjerene dinamometrom.

Čak je pet kanoničkih korelacija značajno različito od nule, s pogreškom zaključivanja manjom od 10^{-4} . Prva je kanonička korelacija vrlo visoka, a druge dvije znatne; međutim, četvrta i peta su manje od generaliziranog indeksa kanoničke korelacije, pa nije sigurno da njima pripadajućim kanoničkim faktorima imaju ozbiljnijeg interpretativnog smisla (tabela 1).

Struktura prvog kanoničkog faktora** izoliranog iz skupa mjera morfoloških karakteristika, jednako kao i sklop vektora koji sadrže koeficijentne kanoničke transformacije, jasno pokazuju

* Opsežni i kritički pregledi tih istraživanja mogu se naći u radovima Šturma (1975), Kurelića, Momirovića, Stojanovića, Šturma, Radojevića i M. Viskić — Štalec (1975.), Gredelja, Metikoša, A. Hošek i Momirovića (1975.), Gredelja (1976.), Metikoša (1976.) i drugim.

** Vidi o tom поближе u Blašković, 1976.: takođe i u Metikoš, 1976.

* Opis uređaja vidi u Horvat, Štruka i Heimer, 1972.; proceduru mjerenja i metrijske karakteristike ove procedure vidi u Momirović, Wolf i Štalec 1975.

da je prva kanonička dimenzija morfoloških karakteristika u suštini mjera aktivne mišićne mase. Znatne korelacije svih opsega, kao i svih skeletalnih dimenzija, s ovom kanoničkom varijablom posljedica su pozitivne povezanosti svih morfoloških karakteristika s količinom mišićne mase, pa čak i onih koje su direktna mjera potkožnog masnog tkiva.**

Prvi kanonički faktor izoliran iz mjera mišićne sile ponaša se slično generalnom faktoru sile pokušanih pokreta, ali je znatnije saturiran mjerama sile ruku i šaka. Očito je, prema tome, da se morfološka struktura povoljna za generiranje sile normalno manifestira prije svega u sili koju proizvode gornji ekstremiteti.

Koliko god interpretacija prvog para kanoničkih varijabli bila neproblematična, interpretacija* drugog para pričinjava znatne teškoće. Drugi kanonički faktor u skupu morfoloških karakteristika diferencira mjere transverzalnih dimenzija skeleta donjeg dijela tijela i neke mjere potkožne masti od dijametra ručnog zgloba. Odgovarajuća kanonička dimenzija izolirana iz mjera mišićne sile diferencira fleksiju desne podlaktice i plantarnu fleksiju stopala od stiska šaka. Moguće je da je ova kanonička korelacija posljedica specifičnog značaja dijametra koljena za određivanje jednog posebnog tipa morfološke strukture. Već je u istraživanju Stojanovića, S. Solarić, Momirovića i Vukosavljevića (1975.) pokazano da dijametar koljena ima znatne korelacije ne toliko s ostalim transverzalnim dimenzijama skeleta, koliko s volumenom i masom tijela, pa i s količinom potkožnog masnog tkiva. Zbog toga se javlja znatna kanonička korelacija, nakon parcijalizacije kanoničke veze između mišićne mase i ukupne sile, s onom mjerom sile koja najviše zavisi baš o bazičnoj morfološkoj strukturi, a ne o sili koja se može steći specifičnim vježbanjem ili aktivnošću, kao što je to sila šaka. Izgleda da drugi par kanoničkih dimenzija diferencira subjekte kod kojih je sila posljedica konstitucional-

nih karakteristika, od subjekata kod kojih je sila prije svega posljedica specifičnih aktivnosti ili vježbi. Moguće je, međutim, da je ova kanonička korelacija posljedica relativne nezavisnosti funkcionalnih struktura o kojima zavisi sila stiska šaka od funkcionalnih struktura o kojima zavisi sila pokreta ostalih dijelova tijela.*

Interpretacija trećeg para kanoničkih varijabli veoma je jednostavna. Ovi faktori duguju svoju egzistenciju negativnom utjecaju dužine kraka poluge na veličinu sile koja se na kraju toga kraka generira, uz konstantnu silu proizvedenu mišićem koji aktivira neki segment tijela. Stisak šaka, mjera koja zavisi o gotovo svim linearnim kombinacijama morfoloških karakteristika, ima pozitivnu korelaciju s kanoničkom varijablom izoliranom iz skupa dinamometrijskih mjera zbog toga što na učinak u ovom pokretu dužine krakova poluga, naravno, nemaju nikakvog utjecaja, a postoji pozitivna korelacija između dimenzionalnosti skeleta i mišićne mase.

Veliko je pitanje ima li četvrti par kanoničkih varijabli ikakvu egzistenciju osim statističke. Korelacija ovog para kanoničkih varijabli vrlo je mala, manja od one koja bi se mogla očekivati na temelju prosječnog koeficijenta determinacije mjera sile u prostoru antropometrijskih karakteristika.

Kanonička varijabla iz mjera sile diferencira ekstenziju potkoljenice, kojom je dominantno definirana, od plantarne fleksije stopala, ekstenzije trupa i ekstenzije podlaktice. Učinak u mjeri sile koja definira ovu dimenziju pozitivno je povezan sa skeletalnim karakteristikama donjih ekstremiteta i to je vjerovatno glavni razlog za formiranje ovog para kanoničkih faktora.

Peti par kanoničkih varijabli ne samo da ima nisku korelaciju, nego je i struktura kanoničkih dimenzija takva da ne dopušta nikakvu pouzdanu interpretaciju. Ekstenzija trupa koja definira kanoničku dimenziju izoliranu iz mjera sile ovisi o vrlo amorfnoj strukturi morfoloških karakteristika u kojoj je teško naći bilo kakav sklop kojem bi se mogao pripisati odlučujući utjecaj na ovu dinamometrijsku varijablu.

Neki uvid u relacije morfoloških karakteristika i mišićne sile mjerene dinamometrom može se dobiti inspekcijom matrice kroskorelacija ovih varijabli, koja je navedena u tabeli 6. Naravno, nije uvijek jednostavno naći korespondenciju izme-

** Struktura kanoničkih faktora izoliranih iz morfoloških mjera navedena je u tabeli 2, a struktura kanoničkih faktora izoliranih iz mjera mišićne sile u tabeli 3. U tabelama 4 i 5 su vetkori koeficijenata kanoničke transformacije na odgovarajuće kanoničke faktore.

** Treba međutim upozoriti da se, pri formiranju prve kanoničke varijable, mjera potkožne masti ponašaju kao supresori i da prema tome učinak što ga je ova kanonička dimenzija imala na manifestacije mišićne sile ovisi o odnosu aktivne i neaktivne mase.

* Drugi i svi slijedeći parovi kanoničkih varijabli izolirani su, naravno, na temelju parcijalnih korelacija, uslijed čega su zapravo posljedica relativno specifičnih strukturalnih odnosa između analiziranih skupova varijabli.

* Gredelj, Metikoš, Hošek i Momirović (1975.) utvrdili su da se sila stiska šaka ponaša drugačije od ostalih mjera sile pokušanih pokreta. Gredelj (1976.) je nakon parcijalizacije morfoloških karakteristika utvrdio da sila stiska šaka tek uvjetno pripada mjerama sile pokušanih pokreta. Uostalom, od svih mjera sile ova mjera ima najveću multiplu korelaciju sa strukturom morfoloških karakteristika (Momirović, Medved, Pavišić i Horvat, 1969.), pa u varijanci koju ova mjera dijeli s varijancom morfoloških karakteristika ima dovoljno prostora za učešće specifičnih morfoloških struktura, uključivši i one koje su i same posljedica djelovanja egzogenih činilaca.

đu strukture kanoničkih varijabli i strukture korelacijskih koeficijenata nultog reda, budući da struktura kanoničkih varijabli ovisi i o konfiguraciji vektora u oba analizirana skupa.*

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize kanoničkih relacija između morfoloških karakteristika i sile mjerene dinamometrom utvrđeno je da se morfološka struktura uglavnom manifestira u generalnoj sili pokušanih pokreta, a posebno u sili koju proizvode gornji ekstremiteti. Nakon parcijalizacije ovih informacija, tj. onih koje emitira prvi par kanoničkih faktora, utvrđena je egzistencija latentnih mehanizama koji diferenciraju subjekte kod kojih je sila posljedica konstitucionalnih karakteristika, od subjekata kod kojih je sila posljedica specifičnih aktivnosti.

U slučaju trećeg para kanoničkih varijabli utvrđen je jasan negativan utjecaj dužine kraka poluga na veličinu sile koja se generira na kraju poluge.

Tabela 1.

KANONIČKE KORELACIJE ANTROPOMETRIJSKIH DIMENZIJA I DIMENZIJA SILE MJERENE DINAMOMETROM

CANONICAL CORELATIONS BETWEEN ANTHROPOMETRIC DIMENSIONS AND DYNAMOMETRIC STRENGTH

Roots	Canonical R	R-Squared	Chi-square	N. D. F.	Lambda prime	Probability
1.	.7234	.523	1223.95	138	.1664	.0000
2.	.5936	.352	718.26	110	.3491	.0000
3.	.5626	.316	421.80	84	.5390	.0000
4.	.3270	.107	162.09	60	.7886	.0000
5.	.2675	.072	84.90	38	.8830	.0000
6.	.2212	.049	34.24	18	.9511	.0118

ALPHA = .236595

MEIG = 3

* Ove matrice nisu navedene, ali su pohranjene u Računskom centru za kineziologiju Fakulteta za fizičku kulturu, i na zahtjev mogu biti date na uvid.

Tabela 2.

STRUKTURA KANONIČKIH FAKTORA IZOLIRANIH IZ SISTEMA ANTROPOMETRIJSKIH VARIJABLI

STRUCTURE OF CANONICAL FACTORS OF ANTHROPOMETRIC DIMENSIONS

1. VISINA	-.49	-.22	.54	.05	-.02
2. BIAKRO	-.52	.04	.23	-.01	-.09
3. DUZIRU	-.39	-.27	.58	.03	-.20
4. DUZINO	-.38	-.31	.52	-.01	-.20
5. DUZIST	-.50	-.23	.49	-.27	-.06
6. TEZINA	-.82	-.13	.10	.13	-.16
7. OPGRUD	-.78	-.10	-.04	.15	-.37
8. OPNADL	-.82	-.12	-.35	.19	-.02
9. OPPODL	-.82	-.27	-.16	.18	-.01
10. DUZISA	-.50	.12	.66	-.12	-.03
11. OPNATK	-.70	.01	-.16	-.06	-.27
12. OPPOTK	-.66	-.01	.07	.11	.05
13. NAPAZU	-.22	-.29	.00	.23	-.06
14. NANALE	-.27	-.36	-.09	.34	-.23
15. NATRBU	-.19	.01	.06	.24	-.06
16. NANADL	-.11	-.46	-.06	.33	-.31
17. NAPATK	-.05	-.27	-.23	.12	-.15
18. DILAKT	-.52	-.12	-.03	.12	.05
19. DIRUZG	-.49	.34	.22	.14	.02
20. SIRISA	-.54	.03	.27	-.15	-.02
21. BIKRIS	-.39	-.40	.13	.00	-.09
22. DIKOLJ	-.37	-.77	.16	-.24	.13
23. SISTOP	-.45	-.07	.20	-.20	.02

Tabela 3.

STRUKTURA KANONIČKIH FAKTORA IZOLIRANIH IZ SISTEMA VARIJABLI SILE MJERENE DINAMOMETROM

STRUCTURE OF CANONICAL FACTORS OF DYNAMOMETRIC STRENGTH

	1	2	3	4	5
1. MDSEPK	-.52	.11	-.23	-.60	-.39
2. MDSPFS	-.48	-.32	.14	.31	-.15
3. MDSETR	-.56	-.10	-.13	.32	-.75
4. MDSELP	-.77	.13	-.57	.23	.12
5. MDSFDP	-.67	-.71	-.09	-.15	-.01
6. MDSSTS	-.79	.43	.44	.04	.05

Tabela 4.

KOEFICIJENTI TRANSFORMACIJE ANTROPO-
METRIJSKIH VARIJABLI U KANONIČKE
FAKTORE

CANONICAL WEIGHTS OF ANTHROPOMETRIC
DIMENSIONS

	1	2	3	4	5
1. VISINA	-.09	.09	.50	.64	.69
2. BIAKRO	.02	.12	.08	-.12	.00
3. DUZIRU	.02	-.12	.35	.32	-.12
4. DUZINO	.03	-.27	-.13	-.51	-.67
5. DUZIST	-.04	-.15	-.03	-.67	.05
6. TEZINA	-.04	.23	-.64	1.02	.42
7. OPGRUD	-.20	-.08	.13	.00	-1.06
8. OPNADL	-.56	.05	-.60	-.08	.67
9. OPPODL	-.18	-.42	.08	.35	.12
10. DUZISA	-.17	.32	.41	-.14	-.03
11. OPNATK	-.13	.42	-.13	-1.33	-.82
12. OPPOTK	-.01	.11	.41	.24	.51
13. NAPAŽU	-.08	.14	.26	-.17	.76
14. NANALE	.04	-.13	.07	.33	-.41
15. NATRBU	.21	-.12	.29	.26	.02
16. NANADL	.19	-.22	.12	.47	-.62
17. NAPOTK	.17	-.06	-.33	-.18	-.03
18. DILAKT	.13	-.02	-.28	.07	.17
19. DIRUZG	-.21	.24	.12	.07	-.04
20. SIRISA	.03	.07	.10	-.05	-.31
21. BIKRIS	.04	-.15	-.05	.09	.00
22. DIKOLJ	-.12	-.60	.04	-.53	.23
23. SISTOP	-.01	-.06	.00	-.20	.11

Tabela 5.

KOEFICIJENTI TRANSFORMACIJE VARIJABLI
SILE MJERENE DINAMOMETROM U
KANONIČKE FAKTORE

CANONICAL WEIGHTS OF DYNAMOMETRIC
STRENGTH

	1	2	3	4	5
1. MDSEPK	-.09	.24	-.21	-.96	-.33
2. MDSPFS	-.01	-.28	.32	.39	.18
3. MDSETR	-.03	.02	-.06	.49	-1.11
4. MDSELP	-.32	.32	-.97	.40	.54
5. MDSFDP	-.39	-.91	.14	-.35	.23
6. MDSSTS	-.54	.45	.82	-.04	.18

Tabela 6.

KORELACIJE ANTROPOMETRIJSKIH DIMEN-
ZIJA I DIMENZIJA SILE MJERENE
DINAMOMETROM

CROSSCORRELATIONS BETWEEN ANTHROPO-
METRIC DIMENSIONS AND MEASURES OF
DYNAMOMETRIC STRENGTH

	MDSEPK	MDSPFS	MDSETR	MDSELP	MDSFDP	MDSSTS
1. VISINA	.11	.29	.18	.09	.29	.35
2. BIAKRO	.22	.26	.21	.22	.22	.36
3. DUZIRU	.07	.25	.18	.01	.28	.30
4. DUZINO	.08	.25	.18	.02	.29	.27
5. DUZIST	.18	.25	.17	.08	.32	.34
6. TEZINA	.30	.37	.38	.42	.43	.46
7. OPGRUD	.32	.35	.42	.44	.41	.40
8. OPNADL	.31	.30	.39	.57	.45	.35
9. OPPODL	.29	.36	.38	.50	.51	.36
10. DUZISA	.13	.18	.14	.07	.17	.47
11. OPNATK	.34	.27	.34	.43	.34	.35
12. OPPOTK	.25	.31	.27	.36	.30	.38
13. NAPAŽU	.02	.16	.14	.11	.22	.05
14. NANALE	.05	.21	.22	.17	.27	.04
15. NATRBU	.03	.12	.11	.10	.07	.12
16. NANADL	-.01	.18	.17	.06	.23	-.07
17. NAPOTK	.05	.11	.10	.09	.14	-.10
18. DILAKT	.18	.24	.22	.30	.29	.26
19. DIRUZG	.14	.12	.17	.24	.08	.42
20. SIRISA	.21	.21	.19	.21	.24	.38
21. BIKRIS	.14	.28	.19	.15	.34	.15
22. DIKOLJ	.10	.26	.13	.08	.51	.05
23. SISTOP	.22	.24	.15	.17	.23	.28

5. LITERATURA

1. Cooley, W.E. and P.R. Lohnes. Multivariate procedures for the behavioral sciences. John Wiley and Sons, New York, 1962.
2. Gredelj, M. Latentna struktura motoričkih dimenzija nakon parcijalizacije morfoloških karakteristika. Magistarski rad, Zagreb, 1973.
3. Gredelj, M. D. Metikoš, A. Hošek i K. Momić. Model hijerarhijske strukture motoričkih sposobnosti. I. Rezultati dobijeni primjenom jednog neoklasičnog postupka za procjenu latentnih dimenzija. Kineziologija, 1975., Vol. 5., br. 1—2, str. 7—81.
4. Horvat, V.; K. Štuka i S. Heimer. Maksimalna manifestna sila nekih pokušanih pokreta. Kineziologija, 1972. vol. 2, br. 1, str. 81—88.
5. Hotelling, H. Relations between two sets of variates. Biometrika, 28, 1936., pp. 321—337.

6. Kurelić N.; K. Momirović, M. Stojanović, J. Šturm, Đ. Radojević i N. Viskiće-Štalec. Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine. Institut za naučna istraživanja Fakulteta za fizičko vaspitanje, Beograd, 1975.
7. Metikoš, D. Utjecaj parcijalizacije morfoloških karakteristika na latentnu strukturu dimenzija sistema za regulaciju intenziteta i trajanja ekscitacije u motoričkim područjima centralnog nervnog sistema. Dizertacija, Zagreb, 1976.
8. Momirović, K.; B. Wolf i J. Štalec. Pouzdanost nekih kompozitnih testova primarnih motoričkih sposobnosti. Kineziologija, 1975., vol 5. br. 1—2, str. 169—192.
9. Momirović, K.; R. Medved i V. Pavišić. Some relation between anthropometric dimension and motor abilities. Symposium Scientifique International, Bucarest — Mamai, 1939.
10. Stojanović, M.; S. Solarić, K. Momirović i R. Vukosavljević. Pouzdanost antropometrijskih mjerenja. Kineziologija, 1975., vol. 5 br. 1—2, str. 155—168.
11. Šturm, J. Relacije tjelesne snage i nekih morfoloških i motoričkih karakteristika. Disertacija, Beograd, 1975.

