

**RADOVAN MEDVED, STJEPAN HEIMER,
VLASTA PAVIŠIĆ-MEDVED**

Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu

Izvorni znanstveni članak

UDC 612.1/2 : 572.5

Primljeno 6. 4. 1984.

RELACIJE DIJAMETARA I VOLUMENA SRCA I NEKIH FUNKCIONALNIH KARAKTERISTI- KA RESPIRATORNOG I KARDIOVASKULAR- NOG SISTEMA*

/ srce, dimenzije / antropometrijske karakteristike / kardiovaskularni sistem / respiratorni sistem / funkcionalne sposobnosti, predikcija / testiranje / studenti fizičke kulture /

Dimenzije srca omogućuju statistički značajnu procjenu osnovnih pokazatelja plućnih kapaciteta, frekvencija srca pri submaksimalnom opterećenju, veličine bazalnog metabolizma, maksimalnog opterećenja i energetske potrošnje pri tom opterećenju, te maksimalnog duga kisika i ventilacije i razine aerobnog energetskog tempa u toku anaerobnog fizičkog opterećenja.

1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Srce se u pogledu interesa nalazi u centru pažnje sportske medicine i to iz više razloga:

- (1) ono je pumpa koja je odgovorna za postizanje maksimalnih vrijednosti minutnog volumena srca, fiziološke veličine koja izgleda najviše doprinosi aerobnom kapacitetu, koji opet igra odlučujuću ulogu u nekim kineziološkim aktivnostima;
- (2) srce je organ koji može u odnosu na druge organe relativno češće biti kongenitalno ili bolešću oštećeno što smanjuje funkcionalne sposobnosti kardiovaskularnog sustava, a osim toga traži, u interesu zaštite zdravlja, u tim slučajevima ograničenje sportske natjecateljske aktivnosti;
- (3) srce je organ čiju je funkciju moguće relativno jednostavno pratiti registracijom dvaju parametara — frekvencije srca i arterijskog tlaka;
- (4) srce je vodeći organ u pogledu projekcija određenih subjektivnih poteškoća (npr. u vidu palpitacija, »napadaja« ubrzanog rada, probadanja u području srca, itd.);
- (5) srce je organ, interesantan u kineziološkim zbivanjima, čiji se volumen može determinirati relativno jednostavnim metodom.

Veliki broj knjiga i monografija u svjetskoj literaturi posvećen je srcu sportaša (Reindell i sur., 1959, 1960, 1967; Mellerovicz, 1962; Israel, 1968; Plas, 1976; Karpman i sur., 1968; Gottschalk, 1967; Rost i Hollmann, 1980; Schneider i sur., 1970; Butschenko, 1967; Jokl i McClellman, 1971; Morse, 1974 i ostali).

Osnovna morfološka osobina transformacijskog procesa kardiovaskularnog sistema u toku trenažnog procesa tipa izdržljivosti jeste povećanje volumena srca. Zbog toga je

veliki broj publikacija posvećen problemu veličine i forme »sportskog srca« (Mylin, 1957; König i sur., 1961; Reindell i sur., 1960; Scheppard i sur., 1969; Weens i sur., 1974; Reindell i sur., 1954; Durusoy, 1974; Medved i sur., 1978; Novak i sur., 1971; Medved i sur., 1976; Reindell i sur., 1967; Hollmann, 1965; Israel 1968).

U našoj ustanovi provedena su također mnogobrojna istraživanja veličine srca u sportaša (Medved i sur., 1963; Medved i sur., 1964; 1966; 1967; 1970; 1973; Medved, 1975, 1977; Medved i sur., 1975; Friedrich i Medved, 1965; Medved 1976; Medved i sur., 1977, 1978, 1980, 1983). Objavljeni rezultat najvećeg srca u jednog sportaša (Medved i sur., 1964, 1985) i jedne sportašice (Medved i sur., 1975) često se citiraju u svjetskoj literaturi (Karpman i sur., 1968; Kral i sur., 1969; Adam i sur., 1977; Gottschalk 1982; Reinke 1982; Querg, 1966; Israel, 1968; Hollmann i Hettinger, 1980; Hollman, 1977). Citirani su i oni radovi koji tretiraju veličinu srca u sportaša (Kazakov i sur., 1978; Hollmann, 1977; Israel, 1968; Mosterd i sur., 1971; Haune-Paparo, 1980; Reinke, 1982; Weicker i Schubnell, 1979; Szögy i Rosca, 1973; Szögy i Charebetiu, 1972).

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA VELIČINE SRCA U SPORTAŠA

Utvrđivanje veličine srca od interesa je kako za kliničare tako i za sportskog liječnika s tom razlikom što povećanje srca u kliničkoj medicini znači u pravilu bolest a u sportskoj medicini naprotiv poboljšanje funkcionalnog statusa.

Gruba orijentacija o veličini srca može se doliti najjednostavnijom fizikalnom metodom — perkusijom. Tako je Henschen već 1899. perkusijom ustanovio da najveća srca imaju najuspješniji natjecatelji u daljinskom trčanju na skijama (Henschen, 1899). Rendgenološka je metoda nedugo zatim potisnula perkutornu, pa su tako Moritz i Dietlen bili prvi koji su Henschenova zapažanja potvrdili mnogo preciznijom i pouzdanijom rendgenološkom metodom

* Ispitivanje provedeno na bazi ugovora sa Republičkom samoupravnom interesnom zajednicom fizičke kulture Hrvatske

(Dietlen i sur., 1908). Isprva se veličina srca ocjenjivala samo na temelju snimke u jednoj ravnini, a zatim i u dvije ravnine, ali u vertikalnom položaju tijela. Kasnije je uočeno (Reindell, 1967) da je u sportaša daleko pogodnije određivanje volumena srca u horizontalnom položaju, zbog značajnijeg utjecaja ortostaze na količinu rezidualne krvi.

Danas je određivanje volumena srca u sportaša pomoću tzv. rendgenvolumetrije postala rutinska metoda kako u sklopu ocjene zdravstvenog, tako i funkcionalnog stanja kardiovaskularnog sustava. Postoji vjerojatnost da će u buduće neke druge metode nadomjestiti rendgenlošku — a to je u prvom redu ehokardiografija (Rost i sur., 1972; Laurencan i sur., 1978; Giebert i sur., 1977; Rubenheimer i sur., 1978; Cahill i sur., 1978; Ehsani i sur., 1978; Morganroth i sur., 1975; Rost i sur., 1972).

U svjetskoj je literaturi objavljen veliki broj radova u kojima je prikazana veličina srca kod pojedinih grupa sportaša. Nešto manji broj autora prikazuje relacije volumena srca i antropometrijskih varijabli. Tako su Keul i sur., (1966) i Mushoff i sur., (1961) utvrdili da postoje pozitivne relacije između volumena i veličine srca zdravih netreniranih kao i treniranih osoba neovisno o dobi i spolu. Posebno su za trenirane osobe to dokazali Medved i sur., (1978, 1980, 1983).

Manji broj radova obrađuje pitanje relacija volumena s većim brojem antropometrijskih dimenzija. Koliko je autorima poznato, samo su Medved i sur. izvršili analizu relacija između tri dimenzije i volumena srca s jedne strane i većeg broja antropometrijskih dimenzija (18) s druge strane na skupini od 65 studenata fizičke kulture (Medved i sur. 1983).

U tabeli 1 prikazana je matrica korelacije antropometrijskih varijabli i izvornih i izvedenih varijabli dijametara i volumena srca koje su dali Medved i sur. (1983). Inspekcijom ove matrice uočava se primjerna visina korelacija između triju izvornih dimenzija srca i svih longitudinalnih, transverzalnih i cirkulatornih mjera. Najveća je korelacija između DIMSR1 i težine tijela (0,63), a zatim slijedi korelacija DIMSR2 i visine tijela. Autori to tumače time što se DIMSR1 geometrijski više poklapa s transverzalnim antropometrijskim dimenzijama, a DIMSR2 s longitudinalnim dimenzijama. Od ostalih ističu visoke korelacije širine zdjelice sa svim dimenzijama srca. Zašto je ta korelacija veća nego, npr., s opsegom prsnog koša nisu za sada mogli razjasniti.

Ako se srce promatra kao cjelina, tj. ako se analiziraju korelacije VOLSRC, uočiti će se najveća korelacija s težinom, zatim širinom zdjelice, visinom, dužinom ruke, itd. Ovi rezultati se uglavnom poklapaju s rezultatima koje su dobili Medved i sur. (1980) kod izabranih skupina vrhunskih sportaša (vaterpolisti, veslači, košarkaši). Korelacije volumena srca i težine tijela su približno iste (vaterpolisti, 0,74; košarkaši, 0,71; veslači, 0,64), ali su korelacije volumena srca i visine tijela znatno niže (vaterpolisti, 0,41; košarkaši, 0,33, a veslači 0,23). Sve dimenzije pokazuju negativne, ali neznačajne korelacije s kožnim naborima.

Tablica 1

MATRICA KORELACIJA ANTROPOMETRIJSKIH VARIJABLI I IZVORNIH I IZVEDENIH VARIJABLI DIMENZIJA I VOLUMENA SRCA.

(opis i kratica vidi pod 3.2.1. Kožni su nabori mjereni i uneseni u tablicu 3 puta; Medved i sur., 1983)

	DIMSR1	DIMSR2	DIMSR3	VOLSRC	VOLSV	VOLST
DÖB	.00	-.04	.02	-.01	-.00	-.01
VISINA	.54	.62	.41	.64	.47	.26
TEŽINA	.63	.56	.53	.69	.63	.03
DUŽNOG	.51	.55	.33	.56	.41	.26
DUŽRUK	.54	.53	.41	.60	.53	.32
ŠIRRAM	.48	.48	.41	.56	.52	.31
ŠIRZDJ	.62	.60	.42	.66	.59	.39
DIJLAK	.43	.45	.25	.45	.40	.02
DIJRUIZ	.49	.43	.24	.46	.40	-.03
DIJKOL	.47	.42	.31	.47	.41	.08
OPGRUD	.57	.39	.46	.57	.53	.02
OPNADL	.44	.20	.18	.31	.33	-.17
OPNAD2	.37	.17	.17	.27	.29	-.20
OPPODL	.46	.34	.37	.47	.45	-.13
OPPOTK	.43	.33	.45	.48	.46	-.09
NANAD1	-.07	-.21	-.21	-.21	-.15	-.37
NANAD2	-.03	-.18	-.20	-.18	-.12	-.36
NANAD3	-.03	-.19	-.19	-.18	-.12	-.36
NALED1	.04	-.11	-.00	-.04	.02	-.28
NALED2	.00	-.13	.01	-.05	-.00	-.31
NALED3	.02	-.14	.00	-.05	.00	-.32
NATRB1	.01	-.12	.03	-.04	.02	-.24
NATRB2	.05	-.08	.03	-.02	.05	-.22
NATRB3	.03	-.10	.01	-.03	.03	-.24
NAPOT1	.03	-.05	-.08	-.06	-.02	-.25
NAPOT2	.02	-.06	-.06	-.06	-.02	-.27
NAPOT3	.00	-.06	-.04	-.06	-.02	-.27

2. NAŠA ISPITIVANJA

2.1 Uzorak ispitanika

Uzorak je sačinjavalo 65 muškaraca u dobi od 20 do 25 godina, natprosječnog ali ne i vrhunskog stupnja treniranosti. Bili su to studenti III i IV godine studija Fakulteta za fizičku kulturu u Zagrebu.

2.2 Cilj ispitivanja

Cilj je ispitivanja bio da se utvrdi kakve su relacije dimenzija srca i nekih fizioloških pokazatelja, te da se ocijeni da li se i u kojoj mjeri može, na temelju pojedine dimenzije, odnosno sustava dimenzija, izvršiti predikcija fizioloških pokazatelja.

2.3 Postupci mjerenja

Kod svih ispitanika izvršeno je:
(1) određivanje antropometrijskog statusa

- (2) mjerenje nekih funkcija kardiovaskularnog i respiratornog sustava sa ciljem ocjene funkcionalnog statusa
 (3) određivanje volumena srca.

Izmjerene su slijedeće antropometrijske mjere:

- (1) VIS — Visina
 (2) TEŽ — Težina
 (3) DUŽRUK — Dužina ruke
 (4) DUŽNOG — Dužina noge
 (5) ŠIRRAM — Širina ramena
 (6) ŠIRZDJ — Širina zdjelice
 (7) DIJLAK — Dijametar lakta
 (8) DIJRUZ — Dijametar ručnog zgloba
 (9) DIJKOL — Dijametar koljena
 (10) OPGRUD — Opseg grudnog koša
 (11) OPNAD1 — Opseg nadlaktice I
 (12) OPNAD2 — Opseg nadlaktice II
 (13) OPPODL — Opseg podlaktice
 (14) OPPOTK — Opseg potkoljenice
 (15) NANAD — Kožni nabor nadlaktice
 (16) NALED — Kožni nabor leđa
 (17) NATRB — Kožni nabor trbuha
 (18) NAPOT — Kožni nabor potkoljenice.

Mjerenje je izvršeno sukladno propisima Međunarodnog biološkog programa, uz određene korekcije koje se primjenjuju na Fakultetu za fizičku kulturu. Mjerni postupak je opisan na drugom mjestu (Medved, 1980).

Mjere fizioloških funkcija navedene su u tabeli 3.

Primijenjena je metodologija određivanja volumena srca kod koje se volumen srca izračunava iz dva rendgenska snimka (AP i sa strane), učinjenih u ležećem položaju na slijedeći način: ispitanik legne na kasetu veličine 35x35 cm, a cijev se vertikalno odmakne na 2 metra visine. Iza toga se u ispitanika (također u ležećem položaju) s kasetom položenom uz rub lijevog torakalnog zida izvrši snimanje sa strane. Da bi se bolje prikazao stražnji rub srca daje se ispitaniku žlica barijeve paste, koja ispuni jednjak i time bolje ocrta stražnji rub srčane siluete. Ispitanicima valja rastumačiti kako treba da dišu, da ne zatvaraju usta, i da zadrže dah u fazi udisaja, ali bez napinjanja, tako da ne bi došlo do efekata pokusa po Valsalvi, što bi utjecalo na volumen.

Utjecaj faze srčanog rada u kojoj je učinjena snimka malen je i može se zanemariti. Umjerene, katkada neizbježne razlike u dubini inspiracije mogu se također zanemariti, jer nitri razlika između faza maksimalnog udisaja i izdisaja nije značajna.

Na AP snimci izmjere se dimenzije u milimetrima na ovaj način: uz elipsoid, dobiven produženjem i spajanjem lijeve i desne konture srca, povuku se linije tzv. četvorokuta po Moritzu. Dulja stranica četvorokuta daje promjer DIMSR1 koji odgovara dužini četvorokuta, a promjer DIMSR2 odgovara širini četvorokuta. Na snimci sa strane izmjeri se najveći vodoravni promjer — DIMSR3.

Na temelju ovih mjera izračunava se volumen srca prema formuli Rohrera i sur., (1916/17):

$$\text{volumen} = K \times Fa \times \text{DIMSR3}$$

»Fa« odgovara ortorendgenografski određenoj površini srca frontalne snimke, a DIMSR3 najvećem dubinskom promjeru slike sa strane. »K« je konstanta, dobivena interpoliranjem vrijednosti paraboloida i elipsoida i iznosi 0,63. Površina »Fa« izračunava se prema formuli za izračunavanje površine elipse:

$$Fa = \frac{\pi}{4} \times \text{DIMSR1} \times \text{DIMSR2}$$

Uzimajući u obzir različiti razmak objekt-film kod frontalne (10 cm) i postranične slike (20 cm) i uvođenjem ove korekture u formulu, proizlazi:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= 0,63 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{200-20}{200} \times \text{DIMSR1} \times \frac{200-10}{200} \times \\ &\quad \text{DIMSR2} \times \frac{200-20}{200} \times \text{DIMSR3} = 0,40 \times \text{DIMSR1} \times \\ &\quad \times \text{DIMSR2} \times \text{DIMSR3}. \end{aligned}$$

Ova formula daje srčani volumen i, ako se dijometri mjere centimetrima (s točnošću od 1 mm), tada se dobiva volumen izražen u kubičnim centimetrima. Kahlstorf (1932) je ustanovio na srcima obrađenim formalinom da varijacije stvarnog i na ovakav način izračunatog volumena ne iznosi više od $\pm 5\%$.

2.4 Obrada rezultata

Za podatke dobivene mjerenjem izračunati su osnovni deskriptivni statistički parametri, aritmetička sredina (\bar{X}), standardna devijacija (SD) i raspon rezultata.

Izračunate su korelacije slijedećih grupa mjera: dimenzija i volumena srca (1) i funkcionalnih pokazatelja (2).

Za procjenu međusobne povezanosti pokazatelja funkcionalnog statusa i dimenzija, odnosno volumena srca primijenjena je regresijska analiza (program PITIA), tako da su kao prediktorski sistem upotrebijene dimenzije srca, a kao kriterijske varijable pokazatelji funkcionalnog statusa. Po završenom formiranju regresijske funkcije izračunati su regresijski koeficijenti i vrijednosti konstante u regresijskoj funkciji, standardne pogreške regresijskih koeficijenata, standardizirani regresijski koeficijenti, parcijalne korelacije između prediktorske i kriterijske varijable, a značajnost regresijskog koeficijenta i koeficijenta parcijalne korelacije testirana je T i F testom.

Za granične značajnosti uzeta je razina od 0.05.

3. REZULTATI

Osnovni deskriptivni statistički parametri antropometrijskih varijabli pokazani su u tablici 2, funkcionalnih pokazatelja u tablici 3, a dimenzija i volumena srca u tablici 4.

Tablica 2

SREDNJE VRIJEDNOSTI, STANDARDNE DEVIJACIJE I RASPON NAJMANJE I NAJVEĆE VRIJEDNOSTI ANTROPOMETRIJSKIH MJERA SKUPINE OD 65 ISPITANIKA

Mjera	\bar{X}	S.D.	RASPON
(1) VIS — Visina tijela	177,6	5,78	163,4—1921
(2) TEŽ — Težina tijela	72,8	7,22	56,2—105,0
(3) DUČNOG — Dužina noge	99,8	4,19	89,8—110,0
(4) DUŽRUK — Dužina ruke	77,2	3,45	70,1— 94,8
(5) ŠIRRAM — Širina ramena	40,3	1,85	36,1— 46,9
(6) ŠIRZDJ — Širina zdjelice	27,8	1,44	25,1— 32,2
(7) DIJLAK — Dijametar lakta	6,98	0,33	6,1— 7,8
(8) DIJRUZ — Dijametar ruč. zgloba	5,89	0,32	5,2— 6,6
(9) DIJKOL — Dijametar koljena	9,38	0,44	8,1— 10,9
(10) OPGRUD — Opseg grudnog koša	95,7	4,39	83,9—111,0
(11) OPNAD1 — Opseg nadlaktice I	31,6	1,93	25,5— 38,5
(12) OPNAD2 — Opseg nadlaktice II	33,2	1,89	38,4— 39,0
(13) OPPODL — Opseg podlaktice	27,2	1,42	24,0— 32,0
(14) OPPOTK — Opseg potkoljenice	37,1	2,08	32,1— 43,4
(15) NANAD — Kožni nabor nadlaktice	8,27	2,62	4,3— 17,5
(16) NALED — Kožni nabor leđa	8,68	1,63	5,6— 13,9
(17) NATRB — Kožni nabor trbuha	8,10	3,10	4,1— 20,7
(18) NAPOT — Kožni nabor potkoljenice	5,7	2,23	2,9— 17,1

Tablica 3

ARITMETIČKE SREDINE, STANDARDNE DEVIJACIJE I RASPON VARIJABLI KARDIOVASKULARNOG, RESPIRACIJSKOG I ENERGETSKOG SISTEMA

Varijabla	jed. mjere	\bar{X}	S.D.	min	max
1. Koncentracija hemoglobina HEMOGG (hemoglobin conc.)	g/l	155.3	9.9	128	180
2. Vitalni kapacitet VK (Vital cap.)	ml	5866.8	779.1	4475	8380
3. Forsirani vitalni kapacitet VFK (Forced vit. cap.)	ml	6122.4	800.1	4725	8380
4. Sekundni vitalni kapacitet FEV ₁ (FEV ₁)	ml/s	5269.0	754.0	3850	7290
5. Frekvencija srca pri submaksimalnom opterećenju od 150W ASTFSR (Submax. heart rate)	broj/min	147.8	11.5	128	171
6. Frekvencija srca u mirovanju PULSMM (Heart rate-rest)	broj/min	57.5	6.8	40	84
7. Sistolički krvni tlak u mirovanju RRMIRS (RR Systolic-rest)	mmHg	117.4	7.3	100	145
8. Dijastolički krvni tlak u mirovanju RRMIRD (RR Diastolic-rest)	mmHg	75.1	7.3	60	95
9. Sistolički krvni tlak pri maksimalnom opterećenju RRMAX (RR sist.-max)	mmHg	234.0	20.7	185	270
10. Dijastolički krvni tlak pri maksimalnom opterećenju RRDMAX (RR diast.-max)	mmHg	93.7	20.4	60	150
11. Minutni volumen disanja u mirovanju MIRMVD (Ventilation-rest)	broj/min	8.3	1.4	5	13
12. Frekvencija disanja u mirovanju MIRFD Breathing rate-rest)	broj/min	13.1	3.7	5	23

Tabela 3 — nastavak

Varijabla	jed. mjere	\bar{X}	S.D.	min	max
13. Primitak kisika u mirovanju					
MIRVO ₂ (VO ₂ -rest)	m ³ /min	274.6	41.1	190	370
14. Respiracijski kvocijent u mirovanju					
MIRRQ (RQ-rest)		.74	.07	.56	.91
15. Maksimalno postignuto opterećenje na biciklometru					
MAXW (Watt-max)	W	277.8	32.9	180	330
16. Maksimalni minutni volumen disanja					
MAXMVD (Ventilation-max)	broj/min	134.0	25.5	67	179
17. Maksimalna frekvencija disanja					
MAXFD (Breathing rate-max)	broj/min	49.5	9.3	24	74
18. Maksimalni primitak kisika					
MAXVO ₂ (VO ₂ -max)	broj/min	3.9	.5	2.7	5.3
19. Maksimalni postignuti respiracijski kvocijent					
MAXRQ (RQ -max)		1.18	.09	1.00	1.44
20. Maksimalna frekvencija srca					
MAXP (Heart rate-max)	broj/min	187.3	9.0	165	206
21. Maksimalni volumen viška ugljičnog dioksida					
MAXEXC ((Excess CO ₂ -max)	broj/min	1.3	.3	.52	2.13
22. Frekvencija srca pri aerobno-anaerobnom pragu					
PRAGP (Heart ratethreshold)	broj/min	130.1	14.4	100	177
23. Intenzitet rada pri aerobno-anaerobnom pragu					
PRAGW (Watt threshold)	W	117.7	35.0	60	270
24. Maksimalni MVD pri anaerobnom testu					
ANTMVD (Vent. anaer.)	br/min	124.6	23.4	85	183
25. Maksimalna frekvencija disanja pri anaerobnom testu					
ANTFD (Breating rate anaer.)	broj/min	47.8	10.1	29	80
26. Maksimalna frekvencija srca pri anaerobnom testu					
ANTP (Heart rate anaer.)		174.2	9.8	154	200
27. Maksimalni pritisak kisika pri anaerobnom testu					
ANTVO ₂ (VO ₂ -anaer. test)	broj/min	3.9	.5	2.7	5.3
28. Dug kisika					
O ₂ DUG (DO ₂)	lit.	6.5	1.8	3.5	12.5

Tabela 4

OSNOVNI PARAMETRI PROMJERA (u cm) I VOLUMENA SRCA (u cc³); SREDNJE VRIJEDNOSTI (\bar{X}) I STANDAR-DNE DEVIJACIJE (S.D.) I RASPON VRIJEDNOSTI

	\bar{X}	SD	raspon
DIMSR1	15.66	0.88	14.0— 18.0
DIMSR2	12.78	0.78	10.6— 14.0
DIMSR3	11.43	0.81	9.6— 13.0
VOLS (volumen srca)	899.8	130.7	658.0—1348.0
VOLST (relativni volumen — volumen srca)	12.5	1.4	10.0— 17.0
kg težine			

U tabeli 5 prikazane su interkoleracije fizioloških veličina.

Tabela 5

INTERKOLERACIJE FIZIOLOŠKIH VELIČINA

	HEMOGG	VK	FKV	FEV1	ASTFRS	PULSMM	RRMIRS	RRMIRD	RRSMAX	RRDMAX	MIRMVD	MIRFD	MIRVO ₂	MIRRQ	MAXW	MAXMVD	MAXFD	MAXVO ₂	MAXRQ	MAXP	MAXXC	PRAGP	PRAGW	ANTMVD	ANTFD	ANTP	ANTVO ₂	O ₂ DUG
HEMOGG	1.00																											
VK	.08	1.00																										
FKV	.02	.95	1.00																									
FEV1	.02	.87	.90	1.00																								
ASTFRS	.02	-.32	-.31	-.32	1.00																							
PULSMM	.10	-.23	-.24	-.20	.29	1.00																						
RRMIRS	.16	.07	.06	.09	.17	.23	1.00																					
RRMIRD	.21	.13	.13	.11	.12	.13	.58	1.00																				
PRSMAX	.03	.09	.12	.21	-.27	-.01	.04	-.10	1.00																			
PRDMAX	.04	.06	.02	.05	-.05	.04	.03	.16	.28	1.00																		
MIRMVD	.07	.20	.26	.27	-.27	-.02	-.07	.02	-.03	-.01	1.00																	
MIRFD	-.05	.01	.01	.09	-.09	-.13	-.13	-.02	-.17	.00	.47	1.00																
MIRVO ₂	.17	.35	.38	.29	-.46	-.05	-.01	.13	.07	-.02	.55	.07	1.00															
MIRRQ	-.21	-.10	-.08	.01	.06	-.27	-.02	.03	-.16	-.01	.04	.32	-.13	1.00														
MAXW	-.01	.42	.37	.35	-.52	-.15	-.01	.10	.08	.08	-.05	.09	.21	.02	1.00													
MAXMVD	-.11	.32	.26	.25	-.32	-.22	-.02	.13	.05	.09	-.07	.22	.03	.14	.77	1.00												
MAXFD	-.21	-.22	-.29	-.26	-.03	-.06	-.12	.03	-.19	.06	-.17	.30	-.25	.18	.29	.62	1.00											
MAXVO ₂	-.08	.33	.29	.23	-.35	-.06	-.00	.08	.22	.12	-.17	-.14	.20	-.15	.74	.74	.24	1.00										
MAXRQ	-.30	-.09	-.04	-.05	.11	-.32	-.06	-.07	-.17	.01	.01	.17	-.19	.71	.12	.27	.26	-.10	1.00									
MAXP	.10	-.24	-.20	-.29	.27	.30	.18	-.02	-.10	-.15	-.33	-.26	-.20	-.17	.07	.11	.13	.31	-.04	1.00								
MAXXC	-.32	.19	.19	.10	-.12	-.16	-.05	-.03	.02	.13	-.12	-.07	.12	.05	.51	.64	.35	.63	.39	.26	1.00							
PRAGP	.22	.02	-.01	.02	-.03	.31	.32	.04	.07	-.07	-.15	-.35	-.00	-.20	-.00	-.09	-.20	.15	-.32	.40	-.10	1.00						
PRAGW	.15	.30	.25	.28	-.46	-.09	.17	.09	.26	.08	-.05	-.15	.25	-.21	.46	.33	-.05	.50	-.24	.06	.16	.64	1.00					
ANTMVD	.13	.27	.24	.22	-.33	-.16	.02	.02	-.02	.06	.10	.23	.28	-.01	.46	.54	.35	.32	.04	-.02	.24	.01	.27	1.00				
ANTFD	.05	-.25	-.28	-.29	.05	-.08	-.01	-.01	-.26	-.11	-.05	.22	-.10	.10	-.05	.15	.53	-.15	.09	.10	-.06	-.03	-.11	.66	1.00			
ANTP	.22	-.24	-.21	-.31	.35	.28	.22	.07	-.21	-.10	-.17	-.29	-.06	-.08	-.10	-.11	-.10	.02	.03	.61	.14	.28	-.15	.16	.27	1.00		
ANTVO ₂	.16	.22	.17	.13	-.37	.04	.02	-.00	.21	.21	-.12	-.19	.32	-.34	.58	.40	.04	.66	-.27	.24	.40	.25	.47	.37	-.09	.18	1.00	
O ₂ DUG	-.00	.09	.14	.09	-.17	.09	.14	.07	-.08	-.12	.06	-.05	.05	-.09	.39	.18	-.04	.28	-.13	.25	.20	.11	.13	.21	.02	.31	.39	1.00

U tablici 6 prikazane su interkorelacije dimenzija i volumena srca.

Tabela 6

MATRICA INTERKORELACIJA VARIJABLI DIMENZIJA I VOLUMENA SRCA

	VOLSTE	VOLSV	VOLSRC	DIMSR3	DIMSR2	DIMSR1
DIMSR1	1.00					
DIMSR2	.76	1.00				
DIMSR3	.36	.40	1.00			
VOLSRC	.83	.86	.76	1.00		
VOLSV	.82	.83	.76	.98	1.00	
VOLSTE	.57	.76	.55	.74	.77	1.00

VOLSRC = volumen srca

VOLSV = volumen srca/visina

VOLSTE = volumen srca/težina

U tablicama 7.1 do 7.6 prikazani su rezultati regresijske analize. Kao prediktorski sistem upotrebljene su dimenzije srca, a kao kriterijske varijable funkcionalni pokazatelji. Zvijezdicom su označeni koeficijenti značajni na nivou od 0.05.

Tablica 7.1. Regresija varijabli kapaciteta pluća

	VK			FVK			FEV ₁		
	R	Par-r	Beta	R	Par-r	Beta	R	Par-r	Beta
	DIMSR1	.25 ^x	-.05	-.05	.35 ^x	.09	.12	.30 ^x	.01
DIMSR2	.33 ^x	.15	.21	.36 ^x	.08	.11	.35 ^x	.14	.20
DIMSR3	.45 ^x	.37	.38 ^x	.50 ^x	.41	.41 ^x	.44 ^x	.34	.35 ^x
		Δ .23			Δ .28			- .22	
		δ .48			δ .53			δ .47	
		Q .00			Q .00			Q .00	

Tablica 7.2. Regresija frekvencije srca pri submaksimalnom opterećenju (ASTERS)

	R	PART-R	BETA
DIMSR1	-.37*	.08	.09
DIMSR2	-.51*	-.32	-.40*
DIMSR3	-.57*	-.47	-.44
		Δ .42	
		ρ .64	
		Q .00	

Tablica 7.3.

Regresija varijabli transportnog sistema za kisik i varijabli energetske potrošnje u mirovanju

	HEMOGG	PULSMN	RRMIRS	RRMIRD
	DIMSR1	nije značajno	nije značajno	nije značajno
DIMSR2				
DIMSR3				
	MIRMVD	MIRFD	MIRVO ₂	MIRRO
	R PART-R BETA			
DIMSR1	nije značajno	nije značajno	.35* —.01 —.01	nije značajno
DIMSR2			.43* .21 .29	
DIMSR3			.50* .39 .39*	
			Δ .31	
			ρ .56	
			Q .00	

Tablica 7.4.

Regresija varijabli transportnog sistema za kisik i varijabli energetske potrošnje pri maksimalnom aerobnom opterećenju

	RRSMAX	RRDMAX	MAXW	MAXMVD	MAXFD
	DIMSR1	nije značajno	nije značajno	.43* .14 .19	nije značajno
DIMSR2			.44* .16 .23		
DIMSR3			.34* .18 .17		
			Δ .24		
			ρ .49		
			Q .00		
	MAXVO ₂	MAXRQ	MAXP	MAXEXC	
	R PART-R BETA				
DIMSR1	.35* .14 .20	nije značajno	nije značajno	.37* .18 .26	
DIMSR2	.35* .13 .20			.34* .08 .12	
DIMSR3	.15 —.00 —.00			.19 .05 .05	
			Δ .14	Δ .14	
			ρ .38	ρ .39	
			Q .02	Q .02	

Tablica 7.5.

Regresija varijabli aerobno-anaerobnog praga

	PRAG P	PRAG W
DIMSR1	nije značajno	nije značajno
DIMSR2		
DIMSR3		

Tablica 7.6.

Regresija varijabli transportnog sistema za kisik i varijabli energetske potrošnje pri maksimalnom anaerobnom opterećenju

	ANTMVD			ANTFD	ANTP	ANTVO ₂			O ₂ DUG	
DIMSR1	.24	— .09	— .13	nije	nije	.34*	.16	.23	.41*	.37 56*
				značajno						
DIMSR2	.38*	.30	.46			.33*	.13	.19	.24	— .10 .43
DIMSR3	.17	.03	.03			.07	— .08	— .09	.04	— .10 .44
	Δ.15					Δ.13			Δ.19	
	p.39					p .36			p.43	
	Q.02					Q.17			Q.00	

4. DISKUSIJA

4. 1 Antropometrija

Inspekcijom tablice 2 može se uočiti da se radi o skupini ispitanika nešto natprosječnih antropometrijskih dimenzija sa umjereno razvijenim slojem potkožne masti. Relacije između antropometrijskih varijabli i dimenzija i volumena srca prikazane su u tablici 1, a detaljno opisane na drugom mjestu (Medved i sur., 1982).

4. 2 Funkcionalni pokazatelji

Diskusija se osniva na rezultatima u tablici 3.

(1) Koncentracija hemoglobina kod naših ispitanika nalazi se unutar fizioloških granica. Horvat (1973) iznosi niže vrijednosti hemoglobina kod studenata VŠFK, te ujedno prikazuje nižu koncentraciju Hb u sportaša različitih sportova. Zaključuje da je kod dobro treniranih sportaša opravdano očekivati niže vrijednosti eritrocita i hemoglobina zbog prevladavanja mlađih formi crvenih krvnih stanica siromašnijih u sadržaju krvnog pigmenta. Nalaz se tumači adaptacijskim sniženjem viskoznosti krvi u prilog olakšanog rada srca i povećanja minutnog volumena srca, kao osnovnog faktora transportne sposobnosti za kisik. U istom se radu citira nalaz Berry-a (1949) da je na 147 olimpijskih natjecatelja koncentracija hemoglobina imala aritmetičku sredinu 160 g/l sa rasponom 137-186 g/l, što se, usprkos laganoj deokstropoziciji slaže sa našim rezultatima.

(2) Dobiveni podatak vitalnog kapaciteta je za cca 300 ml viši od normativa za normalnu populaciju istovjetne dobi i visine (Praktikum FRIS, 1981), što bi moglo ukazivati na veće antropometrijske karakteristike kao i na određeni kineziološki utjecaj.

(3) Kao što se može očekivati, zbog intenzivnog angažiranja ekspiracijske muskulature, srednje vrijednosti forsiranog vitalnog kapaciteta u pravilu nadmašuju one kod »normalnog« VK. Zanimljivo je da je maksimalna vrijednost praktički identična s izmjerenom na varijabli VK, a što se može dvojako interpretirati. Postoji mogućnost da su ti ispitanici forsirano izdisali u oba testa, ili pak, da je efikasnost njihovog mišićnog mijeha na zavidnoj visini bez obzira na intenzitet mobilizacije.

(4) Rezultat forsiranog ekspiracijskog volumena u prvoj sekundi (sekundni vitalni kapacitet) značajno nadmašuje odgovarajuću vrijednost kod prosječne muške populacije iste dobi i visine ($\bar{x}=4530$ ml) (Praktikum FRIS, 1981). Nalaz ukazuje na izrazito bolju ventilacijsku sposobnost našeg selekcioniranog uzorka.

(5) Frekvencija srca pri submaksimalnom opterećenju od 150W (ASTFSR) izražava se brojem srčanih revolucija u jednoj minuti. Registrirane su vrijednosti u petoj minuti rada na biciklometru. Osnovni statistički parametri ukazuju na prosječan maksimalni primitak kisika od 3,3 l/min s rasponom od 2,6—4,2 l/min. Ovom metodom procijenjeni aerobni kapacitet, iako iznad prosjeka »obične« populacije, nešto je nižih vrijednosti od direktno izmerenog, no, poznato je da Astrandov test pri višim vrijednostima podbacuje u odnosu na realne direktno izmjerene vrijednosti za cca 15-20% (Đurđević, 1978).

(6) Budući da se srednje vrijednosti najniže izmjerene frekvencije srca u mirovanju (PULSMM) u općoj populaciji kreću oko 70/min, može se utvrditi da u ispitanika našeg uzorka prevladava vagotonija kao izraz djelovanja odgovarajućih kinezioloških aktivnosti. Praktički 30% ispitanika ima izrazito nisku frekvenciju srca, dok je čak kod 95% ispitanika vrijednost ovog pokazatelja ispod 70/min.

(7) Sistolički arterijski tlak u mirovanju (RRMIRS) izražen je u milimetrima stupca žive (mmHg) (prema sadašnjem Zakonu o mjerama službena jedinica za tlak je 1 Paskal: 1 mmHg=0,133 kPa; kPa=kilopaskal). Utvrđene vrijednosti nalaze se unutar fiziološkog raspona.

(8) Rezultati dijagnostičkog arterijskog krvnog tlaka u mirovanju (RRMIRD) se u pravilu nalaze unutar fizioloških granica.

(9) Sistolički krvni tlak pri maksimalnom opterećenju (RRSMAX) pokazuje u našem uzorku vrijednost, koja je u granicama prosjeka populacije odgovarajuće dobi i spola. Raspon pokazuje, međutim, da se u uzorku nalaze i osobe s hipotenzivnom, ali i s hipertenzivnom reakcijom.

(10) Dijastolički krvni tlak pri maksimalnom opterećenju (RRDMAX) pokazuje primjerenu aritmetičku sredinu (93,7 mmHg—12,46 kPa) normoreaktivnih osoba. Raspon, me-

đutim, potvrđuje da u uzorku postoje i ispitanici čije vrijednosti dijastoličkog tlaka premašuju tolerantnu granicu normotenzivnog područja.

(11) Nalaz minutnog volumena disanja u mirovanju (MIR MVD) pokazuje da se uzorak po ovoj karakteristici nalazi unutar fiziološkog raspona populacije identičnog spola i dobi.

(12) Frekvencija disanja u mirovanju (MIRFD) je unutar prosječnih fizioloških granica.

(13) Primitak kisika u mirovanju se nalazi unutar fiziološkog prosjeka opće muške populacije odgovarajuće dobi (250—300 ml/min). Budući da mnogi faktori, a među njima dominantno tjelesna masa, utječu na ovu karakteristiku, sasvim su u skladu s potvrđenom normalnom raspodjelom i rezultati unutar raspona od 190—370 ml/min.

(14) Respiracijski kvocijent u mirovanju (MIRRO) odgovara očekivanoj vrijednosti ove varijable primjerene bazalnom metabolizmu. Raspon ukazuje na prisutnost obostranih ekstremnih odstupanja, u kojima se najvjerojatnije potkrpala greška instrumentarija, posebno u odnosu na niže vrijednosti.

(15) Maksimalno dostignuto opterećenje na biciklometru odgovara gornjem dijelu prosjeka u generalnoj muškoj populaciji odgovarajuće dobi kod koje se maksimalna savladiva opterećenja na biciklometru uz postizanje aerobnog kapacitetnog platoa kreću u rasponu od 200—300 W.

(16) Prosječne vrijednosti maksimalnog minutnog volumena disanja (MAXMVD) kreću se u netreniranih muškaraca između 60 i 90 l/min, prosječno treniranih osoba između 120 i 140 l/min, dok vrhunski sportaši sportova izdržljivosti premašuju 140 l/min. Iz navedenog proizlazi da se naš uzorak nalazi u klasi prosječno treniranih sportaša.

(17) Vrijednosti maksimalne frekvencije disanja pri maksimalno dostignutom aerobnom opterećenju (MAXFD) kod netreniranih osoba kreću se između 55 i 65/min, a kod dobro treniranih sportaša između 35 i 45/min. Kao i u prethodnoj varijabli prosjek našeg uzorka nalazi se u rasponu dobro treniranih osoba.

(18) Maksimalni primitak kisika (MAXVO₂) pokazuje nešto više vrijednosti, koje se mogu protumačiti poznatim podbacivanjem procijenjenog maksimalnog primitka u Astrandovom postupku u području viših rezultata. Praktički se svi rezultati kreću od granice maksimuma netreniranih osoba na više.

(19) Maksimalni postignuti respiracijski kvocijent (MAXRQ) u očekivanim je granicama. To potvrđuje i raspon rezultata, gdje niti u jednom slučaju RQ nije ispod 1.00. Prekoračivanje ove vrijednosti ukazuje na supraaerobni režim terminalnog opterećenja, što potvrđuje i nalaz u varijabli 21.

(20) Maksimalna frekvencija srca kod mladih odraslih muškaraca, bez obzira na stupanj treniranosti, pri kratkotrajnim maksimalnim aerobnim opterećenjima kreće se, u pravilu, između 180 i 200/min, da bi tek pri dugotraj-

nim aktivnostima maksimalnog intenziteta prešla 210/min (Smirnov i sur., 1974). U promatranom uzorku 80% ispitanika ima FS u navedenom rasponu ili tek nešto iznad 200/min, što kao i prethodna varijabla ukazuje da su svi oni i prema kriteriju pulsa vrlo vjerojatno postigli maksimalno opterećenje. To ujedno upućuje na zaključak da je kod ispitanika sa FS ispod 180/min postojao neki drugi razlog za prekidanje testa, odnosno neki drugi kriterij na osnovi kojeg nije dozirano daljnje opterećenje.

(21) Maksimalni volumen viška ugljičnog dioksida (Excess CO₂) — MAXEXC aritmetičkom sredinom, a i rasponom rezultata ukazuje na izlučivanje prekomjernog CO₂ neenergetskog porijekla i potvrđuje uključenje anaerobnih procesa i aktiviranje adicio bazičnog puferskog mehanizma.

(22) Aritmetička sredina frekvencije srca pri aerobno anaerobnom pragu (PRAGP) odgovara tzv. granici aerobne izdržljivosti, pri kojoj počinje parabolični rast mliječne kiseline u arterijskoj krvi (Hollmann, 1961). Upravo ovu vrijednost pulsa Hollmann (1976) naziva »granicom izdržljivosti« iznad koje je izdržljivost vremenski ograničena u energetske kineziološkom smislu. To ujedno znači da razina odgovara tzv. aerobnom pragu pri koncentraciji mliječne kiseline od 22 mmol/l. Simon i sur. (1981) iznose znatno više vrijednosti pulsa za aerobno-anaerobni prag pri koncentraciji mliječne kiseline od 4 mmol/l, što također potvrđuje prethodnu konstataciju. Kriteriji po kojima je ovaj prag procjenjivan (nagli skok RQ) (James, 1976) odgovaraju razini izlaska iz čisto aerobnog režima, dakle pri »granicom izdržljivosti«.

(23) Intenzitet rada pri aerobnoanaerobnom pragu (PRA GW), upravo kao i prethodna varijabla, ukazuje na razinu opterećenja koja odgovara prelasku »granice izdržljivosti«. Ova je razina nešto ispod polovine maksimalno postignutog opterećenja u aerobnom testu, a bila bi oko polovine da se aerobni test u terminalnoj fazi ne izvodi na račun anaerobne rezerve, o čemu govori višak ugljičnog dioksida. Ova se varijabla također procjenjuje na temelju skoka respiracijskih pokazatelja tokom progresivnog opterećenja.

(24) Kod najvišeg dostignutog (maksimalnog minutnog volumena disanja u testu anaerobnog kapaciteta (ANT MVD), iako se registrira pri tzv. supramaksimalnom opterećenju (iznad maksimalnog aerobnog), sasvim je razložno očekivati nižu ventilacijsku vrijednost nego u testu aerobnog kapaciteta zbog toga, što se iscrpljenje i prekid rada postiže prije nego što regulacijski mehanizmi induciraju maksimalni plato ventilacije.

(25) Usporedba najviše dostignute maksimalne frekvencije disanja u testu anaerobnog kapaciteta s odgovarajućom varijablog registriranom pri maksimalnom aerobnom opterećenju (MAXFD, var. 17) pokazuje praktičnu identičnost obiju veličina. Takav nalaz uz niži minutni volumen disanja u anaerobnom testu tumači se značajnim pneumotoksičnim djelovanjem povišenog parcijalnog tlaka CO₂ i povećanjem koncentracije vodikovog iona, što je posljedi-

ca izrazito povećane produkcije CO_2 i H^+ iona u anaerobnom glikolitičkom mehanizmu oslobađanja energije. Naime, uz kisiku stehiometrijsku produkciju CO_2 koja nastaje pri dostignutoj razini aerobnog metabolizma, snizuje se pH zbog intenzivnih glikolitičkih procesa u kojima nastaje mliječna kiselina, što konsekutivno dodatno oslobađa prekomjernu količinu CO_2 iz bikarbonatnog puferskog sistema. Ova dva udružena supstrata intenzivno ekscitiraju centar za regulaciju disanja, što se dominantno odražava na frekvenciji disanja.

(26) Usporedbom najviše dostignute maksimalne frekvencije srca u testu anaerobnog kapaciteta s identičnim pokazateljima pri maksimalnom aerobnom opterećenju može se uočiti da je prvi u prosjeku niži za 13/min. Takav se nalaz obrazlaže iscrpljenjem organizma i prekidom rada prije, nego što inertnost regulacijskog mehanizma inducira maksimalnu frekvenciju srca, dostignutu pri dužem radu za vrijeme maksimalnog aerobnog opterećenja.

(27) Razlog za nižu razinu primitka kisika u testu supramaksimalnog opterećenja objašnjava se identičnim mehanizmima kao i kod pokazatelja transportnog sistema za kisik (ANTMVD i NAT P). Ipak, imajući u vidu kratkoću izvođenja napora u ovom testu, postignut je relativno visok VO_2 max.

(28) U literaturi postoje različiti podaci o veličini maksimalnog duga kisika, koji se kreće od 4—5 litara pa sve do 20—23 litre (Magle, 1973). Brojni faktori otežavaju određivanje duga, npr. trajanje vremena mjerenja, određivanje razine VO_2 u mirovanju, kalorigeničko djelovanje povišenja temperature tijela nakon rada, povišena potreba dišne i srčane muskulature za kisikom. No, ipak je utvrđeno da je anaerobni kapacitet izražen u litrama kisika barem jednak ili viši od maksimalnog primitka kisika, i da trening istovremeno povećava obje sposobnosti. Ujedno se pokazalo da postoji značajna razlika u veličini duga kisika kod vrhunskih sportaša (posebno anaerobnih sportova), treniranih i netreniranih osoba, dakle, u korist treniranih.

U skladu s tim, a na osnovi srednje vrijednosti i pregleda razreda, može se konstatirati da u našem uzorku prevladavaju ispitanici s osrednjim anaerobnim sposobnostima, i da tek 5% njih ulazi u područje vrijednosti duga karakterističnih za osobe višeg stupnja anaerobnih sposobnosti (iznad 10 l).

4.3 Dimenzije srca

Inspekcijom tablice 4 može se uočiti da su sve dimenzije srca naših ispitanika nešto iznad vrijednosti normalne populacije netreniranih osoba, što je i razumljivo s obzirom na činjenicu da su naši ispitanici umjereno trenirani, što, između ostalog, ima utjecaja na veličinu srca. To je osobito vidljivo u tzv. relativnoj veličini srca, koja u naših ispitanika iznosi 12.5 što je više nego kod netreniranih muških ispitanika (10—11,0).

4.4 Relacije funkcionalnih pokazatelja

(1) Koncentracija hemoglobina (HEMOGG) pokazuje veću negativnu korelaciju samo s dvije varijable promatranog skupa, i to s maksimalno postignutim respiracijskim kvocijentom (MAXRQ) i s maksimalnim prekomjernim izlučenim ugljičnim dioksidom (MAXEXC), što ukazuje na značaj hemoglobinskog pufera u alkalnoj rezervi. Njegov viši parcijalni udio u raspoloživom puferskom kapacitetu umanjuje oslobađanje CO_2 iz raspoloživog bikarbonatnog segmenta.

(2) Mjere pulmonalnog kapaciteta (VK, FVK i FEV_1) međusobno su, dakako, u vrlo visokim korelacijama. Sve tri mjere pokazuju praktički jednako visoku značajnu negativnu povezanost sa frekvencijom srca pri submaksimalnom opterećenju (ASTFSR), što bi, dakako, ukazivalo na bolju sposobnost cirkulacijskog sistema osoba s bolje razvijenim dišnim sistemom.

Bolje zajedničke veze uočljive su s mjerom ispoljene energetske sposobnosti, maksimalnim dostignutim intenzitetom rada (MAXW). Proporcionalnost mjera vitalnog kapaciteta s bazalnim metabolizmom (MIRVO_2) objašnjava je proporcionalnošću tjelesnih dimenzija (od kojih je značajna indirektna mjera VK) i ukupne potrošnje energije u jedinici vremena pri mirovanju.

Sam VK uočljivo je povezan i s maksimalnom ventilacijom (MAXMVD), a time i s maksimalnim primitkom kisika (MAXVO_2).

(3) Razina frekvencije srčanog ritma pri submaksimalnom opterećenju (ASTFRS) naglašeno je negativno povezana s mjerama aerobne energetske potrošnje (MIRVO_2 , MAXVO_2 i ANTVO_2) u svim režimima energetske tempa. Pozitivna povezanost postoji i s dostignutom frekvencijom srca pri izvođenju testa s maksimalnim anaerobnim opterećenjem (ANTP). Ovakav se nalaz temelji s jedne strane na proporcionalnom odnosu efikasnosti srčanog rada i energetske potrošnje pri zadanom opterećenju, pri čemu viša frekvencija srca ukazuje na nižu efikasnost transportnog sistema.

(4) Frekvencija srca u mirovanju (PULSMM) pokazuje nisku značajnu povezanost s varijablama MAXRQ, MAXP i PRAGP. Sasvim je razumljivo da je inicijalni puls proporcionalan onom pri određenoj energetskej razini. Negativna povezanost s maksimalnim respiracijskim kvocijentom temelji se na činjenici da je viši bazalni puls izraz slabije aerobne sposobnosti, pa opterećenje pri aerobnom kapacitetu ne dozvoljava nastavak rada niti u kompenzacijskom anaerobnom režimu, jer su energetske izvori već istrošeni.

(5) Arterijski sistolički i dijastolički krvni tlak (RRMIRS i RBMIRD) međusobno su značajno povezani. Jedina preostala naglašenija veza postoji između sistoličkog tlaka i praznog pulsa (PRAGP), nalaz koji bez detaljnije analize nije moguće argumentirano tumačiti. Interesantno je uočiti nalaz odsustva značajnijih veza između arterijskih tlakova u mirovanju i pri maksimalnom opterećenju, te istovjetan nalaz između maksimalnih tlakova i svih ostalih promatranih mjera funkcionalnih sposobnosti.

(6) Mjere respiracije i energetskeg statusa u mirovanju (MIRMVD, MIRFD, MIRVO₂ i MIRRO) pokazuju da je ventilacija u mirovanju, sasvim očekivano, značajno povezana s učestalošću disanja i primitkom kisika. Ove su mjere, naime, međusobno zavisne. Primitak kisika u mirovanju kao mjera bazalne potrošnje vezane na tjelesnu masu nije pokazao značajnu povezanost s aerobnim kapacitetom, jer na njega dominantno djeluju mnogi drugi endogeni i egzogeni faktori, već samo s razinom aerobne potrošnje pri anaerobnom opterećenju, koje je u suštini pretežno proporcionalno mišićnoj masi.

Respiracijski je kvocijent u mirovanju izrazito povezan sa svojim maksimalnim ekvivalentom; podloga ove veze leži u aktualnom nutricionalnom statusu.

MIRRO pokazuje i negativnu povezanost s maksimalnim primitkom kisika u toku anaerobnog testa (ANTVO₂). Takav se nalaz možda može pripisati neproporcionalnom povećanju CO₂ baziranom na već inicijalno višoj razini ovog metabolita, što dovodi do ranijeg prekida aktivnosti u testu zbog prijevremenog nastupa općeg iscrpljenja. Povezanost varijabli MAXEXC i ANPVO₂ govori bi u prilog takvog stava.

(7) Maksimalno postignuto opterećenje u aerobnom testu (MAXW) u pravilu je visoko pozitivno povezano sa svim respiracijskim i energetskeg mjerama promatrane baterije. Takav je nalaz sasvim razumljiv, jer je energetska potrošnja i aktivacija transportnog sistema za kisik direktna funkcija intenziteta rada. Ovo se odnosi na varijable MAXMX, MAXVO₂, MAXEXC, PRAGW, ANTMVD, ANTVO₂ i O₂DUG.

(8) Maksimalno postignuta frekvencija disanja u aerobnom testu (MAXFD) direktno je inducirana prekomjernim CO₂ u istom testu, koji djelovanjem na respiracijski centar ubrzava disanje. Značajna se veza uočava i s ventilacijom u anaerobnom testu (ANTMVD), a posebno s brzinom disanja u istom testu (ANTFD) iz razloga što se u osnovi ove veze nalazi netom spomenuti mehanizam regulacije disanja.

(9) Maksimalni primitak kisika (MAXVO₂) slično je kao i maksimalni intenzitet povezan s varijablama transportnih i energetskeg pokazatelja u submaksimalnom i maksimalnom opterećenju oba metabolička režima. Najznačajnija je veza s maksimalno dostignutim primitkom kisika pri anaerobnom testu (ANTVO₂), te prekomjernim CO₂ (MAXEXC) u aerobnom testu. Taj paralelizam govori o energetskeg i puferskeg snazi organizma. Viša aerobna sposobnost omogućuje i supresiju koncentriranja mliječne kiseline u toku rada, pa je značajno povezana s opterećenjem na razini aerobno-anaerobnog praga.

(10) Respiracijski je kvocijent pri maksimalnom opterećenju (MAXRQ), naravno, u značajnoj pozitivnoj korelaciji s viškom CO₂ (MAXEXC). MAXRQ istovremeno je negativno povezan s frekvencijom srca na razini aerobno-anaerobnog praga. Ovakav nalaz pobuđuje pažnju, jer niti jedan drugi pokazatelj energetske razine (MAXVO₂, MAXEXC) nema značajnu povezanost s frekvencijom srca na razini praga. Upravo izoliranost nalaza ne omogućuje njegovu argumentiranu interpretaciju.

(11) Frekvencija srca pri maksimalnom aerobnom opterećenju (MAXP) značajno je povezana sa svojim ekvivalentom pri aerobno-anaerobnom pragu, a posebno visoko povezana s maksimalno postignutom frekvencijom srca pri anaerobnom testu. Nalaz ukazuje na proporcionalnost reakcije kardiovaskularnog sistema na različite intenzitete fizičkog opterećenja.

(12) Izlučeni ugljični dioksid iznad energetske razine u aerobnom testu (MAXEXC) značajno pozitivno korelira s maksimalno postignutim primitkom kisika u anaerobnom testu (ANTVO₂). Mehanizam ove veze leži, identično onom u točki (9), u povezanosti puferske i energetske sposobnosti pri maksimalnom i supramaksimalnom opterećenju.

(13) Frekvencija srca pri aerobnoanaerobnom pragu (PRAGP) visoko je povezana s intenzitetom rada pri tom istom pragu (PRAGW), što je sasvim razumljivo zbog već spomenute povezanosti razine opterećenja i reaktivnosti kardiovaskularnog sistema.

(14) Intenzitet rada pri aerobnoanaerobnom pragu (PRAGW) naglašeno je povezan s maksimalno dostignutim primitkom kisika u anaerobnom testu (ANTVO₂). Ovakav nalaz govori u prilog spoznaji da sposobnost supresije zakiseljenja tkiva do višeg opterećenja ujedno označava i povećanu aerobnu sposobnost pri višim, pa i maksimalnim anaerobnim opterećenjima.

(15) Grupa fizioloških pokazatelja vezanih za test maksimalnog anaerobnog opterećenja (ANTMVD, ANTFD, ANTP, ANTVO₂ i O₂DUG) međusobno su različito povezani.

Maksimalni minutni volumen disanja u ovom testu (ANTMVD) posebno je visoko povezan sa svojim ingredijentom (ANTFD) i kompleksnom mjerom koje je i sam sastavni dio — ANTVO₂.

Frekvencija srca maksimalno dostignuta u anaerobnom testu (ANTP) upravo je granično značajno povezana s drugom kisika, upravo kao što je i maksimalno dostignuti primitak u ovom testu (ANTVO₂) proporcionalan dugu kisika (O₂DUG).

4.5 Relacije dijametara i volumena srca

Relacije između pojedinih dimenzija srca kao i dimenzija prema volumenu srca (tablica 6) su pozitivne i značajne što se moglo i očekivati, budući da predstavljaju sistem mjera za procjenu istog organa. Viši koeficijent korelacije između DIMSR1 i DIMSR2 (0.76) nego između ovih dimenzija i DIMSR3 (0.36 i 0.40) je logična posljedica mjerenja srca u istoj ravni (frontalnoj) — prva dva dijametra, dok treća dimenzija sama definira drugu ravan (sagitalnu).

Visoke korelacije volumena srca s pojedinim dimenzijama srca umjetno su postignute, jer svaka dimenzija sudjeluje u formiranju volumena. Najveća je korelacija nađena između volumena srca (VOLSR) i relativnog volumena srca (VOLSV) (jak 0.98). I veličina ove korelacije je posljedica toga što je u obje varijable koje sudjeluju u formiranju koeficijenta korelacije prisutan volumen srca. Osim toga, izgleda da je u pogledu visine naša skupina prilično homogena, pa je standardna devijacija visine relativno ma-

lena, dok je npr. standardna devijacija težine velika (vidi tablicu 1).

4.6. Regresijska analiza

U tabelama 7.1—7.6. prikazani su rezultati regresijske analize, u kojoj su kao prediktori uzete dimenzije srca (DIMSR1, DIMSR2 i DIMSR3), a kao kriterijske varijable pojedini fiziološki pokazatelji. Kriterijske su varijable postavljene u nekoliko hipotetskih funkcionalnih cjelina, što omogućuje bolje sagledavanje odnosa prediktora i kriterijskih varijabli.

Tabela 7.1. prikazuje rezultate regresijske analize u kojoj su prediktori navedene dimenzije srca, a kriterijske varijable neke od mjera plućnih volumena i kapaciteta (VK, FVK, FEV₁). Dimenzije srca definirane regresijskom funkcijom u značajnoj su pozitivnoj korelaciji sa sve tri analizirane kriterijske varijable. Korelacije sa tri prediktora statistički su značajne s kriterijskim varijablama plućnog kapaciteta. Ipak se na temelju vrijednosti parcijalnih korelacija može zaključiti da dominantna povezanost perzistira između prediktorske varijable DIMSR3 i triju kriterijskih mjera. Stojanović i sur. (1980) utvrdili su da samo dijometri grudnog koša imaju značajan utjecaj na veličinu vitalnog kapaciteta. Budući da transverzalna dimenzija grudnog koša ne može biti ograničavajući faktor za povećanje srca, a sagittalna može (srce je stešnjeno između sternuma i jednjaka) dobiveni rezultat izgleda razumljiv.

Tabela 7.2. prikazuje rezultat regresijske analize u kojoj su tri dimenzije srca prediktori, a frekvencija srca pri submaksimalnom opterećenju kriterijska varijabla (ASTFSR). Dimenzije srca definirane regresijskom funkcijom u značajnoj su negativnoj korelaciji s frekvencijom srca pri određenom submaksimalnom opterećenju. Negativni je predznak razumljiv, budući da niža frekvencija srca pri submaksimalnom radu označava bolji funkcionirani status, koji je između ostalog ovisan i o veličini srca. Od dimenzija srca najveći značajni koeficijent korelacije ima mjera DIMSR3, nešto manji DIMSR2, a najmanji, ali statistički još uvijek značajan, DIMSR1. Sličan je nalaz pri parcijalnim korelacijama, s tim što iz rezultata proizlazi da dimenzija DIMSR1 nije značajan prediktor kriterijske varijable.

Može se prema tome zaključiti da su dvije dimenzije srca DIMSR3 i DIMSR2 dobri prediktori frekvencije srca pri submaksimalnom radu. Ovo zapažanje ide u prilog vrijednosti tzv. indirektnih testova aerobnog kapaciteta.

Tabela 7.3. sadrži rezultate regresijske analize niza varijabli transportnog sistema za kisik i varijabli energetske potrošnje u mirovanju na temelju dimenzija srca.

Pregledom tabele može se utvrditi da se jedino primitak kisika u mirovanju (MIRVO₂) može statistički značajno predviđjeti na temelju uvida u dimenzije srca, dakle kriterij koji bi uvjetno odgovarao veličini bazalnog metabolizma. Koeficijent multiple korelacije, kao i korelacije sve tri prediktorske dimenzije, posebno DIMSR3, s ovom kriterijskom mjerom značajne su, pozitivne i prilično visoke. Na ovako visoke koeficijente korelacije svakako posredno utječe visoka pozitivna korelacija tjelesne mase s volumenom srca,

kao i činjenica da veća tjelesna masa troši više kisika u mirovanju. Parcijalna je korelacija visoko značajna za dimenziju DIMSR3, dok za ostale ne prelazi razinu značajnosti.

Iako ostale varijable ove tabele ne pokazuju statistički značajnu multiplu povezanost s prediktorskim skupom, nije na odmet u nekoliko riječi razmotriti i takav nalaz.

Kriterijska varijabla HEMOGG (koncentracija hemoglobina) nije predvidiva dimenzijama srca. Ukupna količina krvi, pa prema tome i proporcionalna apsolutna količina hemoglobina, u fiziološkim su uvjetima paralelni tjelesnoj masi i razini treniranosti s čime je veličina srca također proporcionalna. Koncentracija hemoglobina, međutim, predstavlja relativnu vrijednost, zavisno od više hematoloških karakteristika (hematokrit, količina ukupne krvi, zrelost eritrocita, količina i metabolizam željeza i vitamina), pa zbog toga i ne začinuje bitno sniženje relacija s mjerama srčanog volumena. Ograničene mogućnosti laboratorija ne dozvoljavaju nam za sada utvrđivanje apsolutne količine hemoglobina u organizmu.

Iznenaduje nalaz statistički neznačajne korelacije između dimenzija srca i frekvencije srca u mirovanju (PULSMM), jer bi se na osnovu dosadašnjih istraživanja očekivala visoka negativna korelacija promatranog prediktora i kriterija (Israel, 1968). Možda je tumačenje u tome što je Israel svoje rezultate dobio na vrhunskim sportašima sa širokim rasponom apsolutnog i relativnog volumena srca, dok je u našem istraživanju uzorak u pogledu veličine srca daleko homogeniji.

Dimenzije srca definirane regresijskom funkcijom nisu statistički značajno povezane s kriterijskim varijablama sistoličkog i dijastoličkog arterijskog tlaka u mirovanju (RRMIRS, RRMIRD). Uzrok takvog nalaza, koji odstupa od spoznaje da sportaši imaju nešto niže vrijednosti sistoličkog tlaka, vjerojatno leži kao i prethodni, u uzorku ispitanika obuhvaćenom ovim istraživanjem.

Rezultati analize predikcije ventilacijskih mjera u mirovanju (MIRMVD, MIRFD) mjerama veličine srca, prema očekivanju i nisu statistički značajni, što ukazuje na izrazitu međusobnu nezavisnost ovih karakteristika.

Apsolutna nezavisnost prediktivnog sistema i kriterijske varijable respiracijskog kvocijenta u mirovanju (MIRRO) utvrđena je praktički nultom multiplom korelacijom.

U tabeli 7. 4. iskazani su rezultati regresijske analize mjera transportnog sistema za kisik i mjera energetske potrošnje pri maksimalnom aerobnom opterećenju na temelju mjera veličine srca. Statistički značajna povezanost prediktorskog sistema i kriterijskih varijabli postoji samo s mjerama maksimalnog potignutog intenziteta rada i energetske karakteristika koje omogućuju ispoljavanje takve snage (MAXL, MAXVO₂, MAXEXC).

Dimenzije srca pokazuju statistički značajnu multiplu korelaciju s maksimalno postignutim opterećenjem dostignutim u aerobnim uvjetima na biciklometru. Pojedinačne korelacije također su primjereno visoke i značajne. Tumačenje ovakvog nalaza neminovno se odnosi na povezanost tjelesne mase s veličinom srca, odnosno količinom mišićne mase i maksimalno mogućeg radnog kapaciteta. Naime,

pri većoj tjelesnoj masi, a radi se o populaciji studenata Fakulteta za fizičku kulturu kod kojih nema većih interindividualnih varijacija mase masnog tkiva, nalazi se veća mišićna masa, koja može generirati veću snagu i postići višu razinu opterećenja. Trening opće aerobne sposobnosti, kod kojeg je osnovni modalitet ciklička dugotrajna aktivnost, ima paralelan efekt i na sposobnost prvenstveno donjih ekstremiteta, koji su efektor u najvećem broju cikličkih aktivnosti, i na veličinu srca, koje osigurava energetske opskrbu pri takvim aktivnostima.

Budući da je za vršenje rada neophodna ekvivalentna količina energije, sasvim je razložno uz predhodni nalaz očekivati i značajnu povezanost dimenzija srca i maksimalnog primitka kisika (MAXVO₂). Veličina je srca jedan od osnovnih strukturalnih uvjeta značajnog povećanja maksimalnog udarnog, a time i maksimalnog minutnog volumena srca, kao osnovne determinante maksimalnog primitka kisika. Veličina zajedničke varijance i umjereno visoka multipla korelacija upućuju na statistički značajnu prediktivnost aerobnog kapaciteta mjerama dimenzija srca.

Statistički značajno predviđanje prekomjernog izlučivanja ugljičnog dioksida pri maksimalnom opterećenju (MAXEXCO) može se protumačiti boljom sposobnošću organizma da pri maksimalnom opterećenju aerobnog tipa uspijeva snažno puferским sistemom kompenzirati acidogeni poremećaj homeostaze. Ova se sposobnost poboljšava istim trenajnim operatorima kojima se poboljšava opća energetska sposobnost, a koji ujedno induciraju i povećanje veličine srca.

Kriterijske se varijable arterijskih tlakova pri maksimalnom aerobnom opterećenju ne mogu predvidjeti veličinom srca. Ove determinante hemodinamskih karakteristika bitnije ovise o nizu drugih perifernih i centralnih činitelja, nego što je sama veličina srca.

Ventilacijski pokazatelji pri maksimalnom opterećenju nemaju dovoljno zajedničkog s dimenzijama srca, a da bi se mogli procijeniti na temelju tih podataka o volumenu srca, iako je maksimalni minutni volumen disanja u pravilu proporcionalan razini treniranosti kao što je to i veličina srca, no očito taj paralelizam nije statistički značajan.

Udio energetske tvari koje se razgrađuju pri maksimalnom aerobnom opterećenju i zbirni pokazatelj metaboličkih zbivanja pri tom (MAXRO) sasvim sigurno nema ništa zajedničkog s veličinom srca, o čemu govori i količina zajedničke varijance prediktorskog sistema s ovim kriterijskim indeksom.

Maksimalna frekvencija srca pri aerobnom opterećenju ne pokazuje značajnih razlika u osoba različite tjelesne mase i različitog stupnja treniranosti. Stoga ovaj kriterij nije predvidiv niti veličinom srca, koja je proporcionalna masi organizma i razini aerobne sposobnosti.

Uvid u tabelu 7.5. navodi na zaključak da dimenzije srca nemaju značaj u procjeni mjera aerobno-anaerobnog praga (PRAG P, PRAG V).

Tabela 7.6. sadrži rezultate regresijske analize varijabli transportnog sistema za kisik i varijabli energetske potrošnje pri maksimalnom anaerobnom opterećenju na temelju dimenzija srca. Od pet promatranih kriterija dva nemaju

statistički značajnu multiplu korelaciju s prediktorskim sistemom. To su frekvencija disanja (ANTFD) i frekvencija srca (ANTP).

Najveću multiplu korelaciju prediktorski sistem ima s kompleksnom mjerom veličine anaerobnog kapaciteta, dugom kisika (G2DUG). Ova veza, kao i niz prethodnih, može se protumačiti činjenicom da veće srce u našem relativno homogenom uzorku znači i veću tjelesnu masu, koja će, naravno, generirati veću količinu deponirane energije, realizirajući u toku maksimalnog anaerobnog rada značajan deficit kisika. Tako oslobođena anaerobna energija restituira se u oporavku i ispoljava dugom kisika.

Dostignuta razina primitka kisika na kraju anaerobnog testa (ANTVO₂) ima statistički značajnu multiplu korelaciju s prediktorskim sistemom dimenzija srca. Nalaz se može pripisati karakteristikama odgovornima i za postizanje veće razine maksimalnog primitka kisika. Uzimajući u obzir trajanje testa, proporcionalnost srčanih dimenzija i ANTVO₂ govori u prilog i bolje reaktivnosti većeg srca, tj. sposobnosti bržeg povećanja transporta kisika u odnosu na energetske potrebe.

Interesantno je da se statistički značajna multipla povezanost između prediktorskog sistema veličine srca i jednog od ventilacijskih pokazatelja pojavljuje tek u testu anaerobnog kapaciteta. Minutni volumen disanja koji se dostiže pri kraju tog testa (ANTMVD) je upravo ta kriterijska varijabla. Kao i u ostalim sličnim situacijama, ne radi se o neposredno vezanom mehanizmu, već se nameće misao o značajnijem reagiranju respiracijskog centra u toku anaerobnog opterećenja proporcionalnom veličini tijela i treniranosti, a pod utjecajem prvenstveno kiselih metabolita.

Ako se žele tumačiti odvojeno veze između pojedinih dimenzija srca i fizioloških pokazatelja, tada se prvo moraju objasniti karakteristike pojedinih dijametara, tj. što oni zapravo mjere.

Prve dvije dimenzije srca (DIMSR1 i DIMSR2) definiraju veličinu plohe koju srce projicira na frontalnu ravan, a treća dimenzija srca (DIMSR3) dubinski promjer, tj. projekciju na sagitalnu ravan. U formiranju prve dimenzije (DIMSR1) sudjeluju slijedeće strukture srca: lijeva klijetka, desna klijetka i lijeva pretklijetka. Svi ovi dijelovi srca projiciraju se na frontalnu ravan i ova ih dimenzija siječe. Teško je reći koji dio srca dominira, tim više što se lijeva i desna klijetka jednim dijelom prekrivaju. U formiranju druge dimenzije (DIMSR2) sudjeluje zapravo zid (debljina zida) lijeve klijetke, šupljina desne klijetke i dio atrioventrikularne granice. Prema tome, ovaj je promjer možda najteže povezati s pojedinim segmentom srca. Treća dimenzija (DIMSR3) mjeri pretežno dimenzije desne klijetke i samo manjim dijelom lijevu pretklijetku. Prema tome, treća dimenzija pretežno pripada desnom srcu.

Najpregnatnija je, dakle, treća dimenzija, tj. ona koja mjeri pretežno desnu klijetku. Za prvu dimenziju moglo bi se pretpostaviti da mjeri ponajviše lijevu klijetku. No kad smo ovako pokušali definirati šta mjere pojedine dimenzije, moramo iznijeti još neke činjenice koje dovode u pitanje opravdanost i svrsishodnost daljnjeg zaključiva-

nja. Promjer koji mjerimo obuhvaća, kada govorimo o klijetkama ili pretklijetkama, sumu dvaju medija: srčanog mišića i krvi koja ispunjava šupljinu. Diferencijacija ovih medija, a što bi za daljnju analizu bilo veoma značajno, putem rendgenske snimke nije moguća. To bi jedino bilo moguće primjenom ultrazvučne dijagnostike, te bi u tom smislu bilo potrebno proširiti ispitivanje tom metodološkom, koja, osim svih ostalih prednosti, ima još i očitu prednost što se tiče bezbjednosti (nema zračenja).

Valja nadalje pretpostaviti da i sama procedura rendgenske volumetrije nije najpouzdanija, te da se pri korištenju i najboljih rendgenskih aparata i preciznog postupka računa s greškom od 5%.

Nekoć se mislilo, da sportska aktivnost razvija i jača pretežno miokard lijeve klijetke. Danas se, međutim, zna da su obje klijetke u zdravom srcu jednako opterećene u odnosu na masu miokarda. Desna klijetka je tanjeg zida, jer je manje tlačno opterećena. Pri opterećenju jednako se naravno povećava minutni volumen obiju klijekti, tj. one su jednako volumno opterećene. Zbog toga se i sportsko srce jednako i harmonično razvija i povećava. Prema tome, gotovo je nemoguće s fiziološke strane tumačiti promjene koje bi se jednom vezale na desnu, a drugi puta na lijevu klijetku, odnosno na relevantne dijemetre.

6. LITERATURA

- Adam, K. i sur.: Rudertraining, Limpert, Bad Hamburg, 1977.
- Astrand, P.O., T.E. Cuddy, B. Saltin, J. Stenberg: Cardiac output during submaximal and maximal work, *J. Appl. Physiol.* 16, 6, 977, 1961.
- Broustet, J.P.: Sportkardiologie, Enke, Stuttgart, 1980.
- Buttschenko, L.A.: Das Ruhe und Belastungs Ekg bei Sportlern, J.A. Barth, Leipzig, 1967.
- Cahill, N.S., M. O'Brien, A. Rodahl, D. Knight: Left ventricular dimensions and wall stress before and after submaximal exercise: an echocardiographic study. Intern. Conf. Sports Cardiol. abstr. Book, Giovanni Lorenzini, Rome 1978.
- Cvitaš, T. i N. Kallay: Fizičke veličine i jedinice međunarodnog sustava, Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 1975.
- Dietlen, H., Moritz, F.: Über das Verhalten des Herzens nach langdauerndem und anstrengendem Radfahren, *Münch. med. Wschr.* 10, 489, 1908.
- Durusoy, F.: Heart volume and its relationship to body weight in trained Sportsmen, *J. Sports. Med.* 14 : 178, 1974.
- Đurđević, V.: Ergometrija, Med. knjiga, Beograd-Zagreb, 1978.
- Đurđević, V.: Sportsko srce, Sportska knjiga, Beograd, 1981.
- Ehsani A.A., J.M. Hagberg, R.C. Hickson: Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning, *Am. J. Cardiol.*, 42:52, 1978.
- Friedrich V., R. Medved: Das größte registrierte absolute Herzvolumen eines gesunden Leistungssportlern, *Med. Sport.* 5, 48, 1965.
- Gilbert Ch. A., D.O. Nutter, J.M. Felner, J.V. Perkins, S. M. Heymsfield, R. C. Schlant: Electrocardiographic study of cardiac dimensions and function of the endurance athlete, *Am. J. Cardiol.* 40, 528, 1977.
- Cottschalk K.: Kardiodynamik in Sport, Sportmedizinische Schriftenreihe, 18, J. A. Barth, Leipzig 1982.
- Hanne-Paparo, N.: Heart hypertrophy and fitness u Lubich T. A. Venerendo, Sport aCrdiologö, Aulo Gaggl, Bologna 1980.
- Heimer, S., E. Žuškin, D. Beritić-Stahuljak: Praktikum fiziologije rada i sporta, FFK i ŠNZ »A. Štampar« Med. fak. Zagreb, 1981.
- Henschen, S.W.: Skilauf und Skiwettlauf, Eine medizinische Sportstudie. Mitteilungen aus der Medizinischen Klinik in Upsala Jena, 2, 15, 1899.
- Hollmann, W.: Körperliches training als Prävention von Herz, Kreislaufkrankheiten, Hippokrates, Stuttgart, 1965.
- Hollmann, W. i Th. Hettinger: Sportmedizin-arbeits und Trainingsgrundlagen, F.K. Schatlaue, Stuttgart-New York, II, 1980.
- Hollmann W.: Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit, *Fortschr. med.*, 79, 439, 1961.
- Hollmann, W.: Zentrale theme der Sportmedizin, Springer, Berlin — Heidelberg — New York, 1977.
- Horvat V.: Analiza vrijednosti hemoglobina i broja eritrocita kod vrhunskih sportaša, *Kineziologija*, 3, 1, 7, 1973.
- Israel, S.: Sport, Herzgösse und Herckreislaufdynamik, Barth, Leipzig, 1968.
- James, A.D., P. Vodak, J.H. Wilmore, J. Vodak, P. Kurtz.: Anaerobic threshold and maximal aerobic power for Three modes of exercise, *J.A.P.*, 41, 4, 544, 1976.
- McClellan, J.T., E. Jokl: Exercise and cardiac Death S. Kerger, Basel — Sydney, 1971.
- Kahlstrof, A.: *Fortschr. Röntgnstahlen*, 45, 123, 1932.
- Karpman, V.L. i G.M. Kukolevskogo: Serdce i Sport, Medicina, Moskva 1968.
- Kazakov, M. B., Krivinjuk, N.F. i Z.N. Mjakiševa: Rentgenokimografija serdce u sportsmenov s različnoj napravlenostju trenirovočnogo processa, Sverdlovsk, 1978.
- Keul, J., Doll, E., Naumer, J. i H. Reindell: Über das Herzvolumen und seine Beziehungen zu anatomischen und funktionellen Massen bei Säuglingen und Kleinkinder, *Arch. Kreislaufforsch* 51, 199, 1966.
- König, K., Reindell, H., Mushoff, H., Roskamm, H. i M. Kessler: Das Herzvolumen und die Körperliche Leistungsfähigkeit bei 20 bis 60 jährigen gesunden Männern. II. Mitteilung. *Arch. Kreislaufforsch* 35:37, 1961.
- Král, J. i sur.: Telooychovné lékerství Stjtúí zdravotnické nakladatelství, Praha 1969.
- Laurencan J.L., Turcot, J. i J.G. Dumesnil: Echocardiographic study of Olympic athletes, Intern. Conf. Sports Cardiol. Abstr. Book, Giovanni Lorenzini, Rome, 1978.
- Magle, F. J.: Physiological assessment of maximal performance, u Exercise and sport sciences Reviews, Academic Press, New York — London, 1973.
- Medved R.: To wich limit values has the athlete's heart enlarged, *the Journal of Sports medicine* 16, 2, 138, 1976.
- Medved, R.: Sportska medicina, Jumena Zagreb 1980.
- Medved, R. i V. Pavišić-Medved: Utjecaj antropometrijskih dimenzija na veličinu sportskog srca, *Sportnomedicinske Objave*, 15, 10, 466, 1978.
- Medved, R. i V. Pavišić-Medved: To which limit has the athlete's heart enlarged, *Journal of Sport Medicine*, 16, 138, 1976.
- Medved, R., Pavišić-Medved, V. i S. Heimer: The Relationship between cardiac diameter and volume and anthropometric dimensions, *Sportnomedicinske Objave*, 1983 (u štampi).
- Medved, R.: Volumen srca rendgenološkom metodom, *Anal. Kliničke bolnice »dr Mladen Stojanović«*, Vol. XIV, 2, 147, 1975.
- Medved, R.: Granične vrijednosti povećanja srca zdravih osoba, *Zbornik I. simpozij medicinskih odjeljenja Jugoslavenskih akademija*, Titograd, 1977.

41. Medved, R. i V. Pavišić-Medved: Veslači i vaterpolisti sportaši sa najvećim srcima, Športnomedicinske Objave, 4, 205, 1967.
42. Medved, R. i V. Friedrich: Das grösste registrierte absolute Herzvolumen eines gesunden Leistungssportlers, Medizin und Sport, 2, 5, 48, 1965.
43. Medved, R., Pavišić-Medved, V., Momirović, K. i H. Hošek-Momirović: The Influence of anthropometric measures on the heart volume in athletes, Aulo Gaggi, 127, 1980.
44. Medved, R. i V. Friedrich: Oarsmen and water-polo player-sportmen with the largest heart. Zbornik kongresa za sportsku medicinu, Hanover, 639, 1966.
45. Medved, R. i V. Friedrich: Dimensions du coeur les joueurs de water-polo, Zbornik I. evropskog Kongresa Sportske medicine, 10—12. VI 1963. Prag, 506.
46. Medved, R. i V., Pavišić-Medved: Utjecaj antropometrijskih dimenzija na veličinu sportskog srca, Športnomedicinske Objave, 15, 10, 466, 1978.
47. Medved, R. i V. Pavišić-Medved: Granične vrijednosti povećanja srca u sportaša, Kineziologija, 3, 2, 71, 1973.
48. Medved, R., Horvat, V. i K. Štülka: Odnos volumena srca i maksimalnog primitka kisika kod sportaša, Zbornik I. Jug. simpozija »Kardiovaskularni sistem i sport«, 34, Zrenjanin, 1970.
49. Medved, R. i V. Pavišić-Medved: Volumen srca kod jugoslavenskih vrhunskih košarkaša. Zbornik III Kongresa Sportske medicine, A.S.M.B., Športnomedicinske Objave, 14, 10, 626, 1977.
50. Medved, R.: Granične vrijednosti povećanja srca zdravih osoba, I Simpozijum međuakademijskog koordinacionog odbora, 3, 63, 1977.
51. Medved, R. i V. Friedrich: Najveće do sada zapaženo sportsko srce, Liječnički vjesnik, 7, 86, 843, 1964.
52. Medved, R.: Herzvolumen bei Basketballspieler der Spitzenklasse, Medizin und Sport, 16, 12, 396, 1967.
53. Medved, R. i V. Pavišić-Medved: Das grösste gesunde Sportherz bei Frauen Sportarzt und Sportmedizin, 26, 8, 174, 1975.
54. Mellerowicz, H.: Ergometrie, Von urban u. Schwarzenburg, Berlin 1962.
55. Morganroth, J., Maron, B.J., Henry, W.L. i S.E. Epstein: Comparative left ventricular dimensions in trained athletes, Ann. Int. Med., 82, 521, 1975.
56. Morse, R.L.: Exercise and the heart, Charles C. Thomas, Springfield — Illinois, 1974.
57. Mosterd, W.L.: Water Polo, Encyclopedia of Sport Sciences and Medicine, ed. L.A. Larsen, Mac Millan, New York, 419, 1971.
58. Musshoff, K., Reindell, H., König, K., Keul, J. i H. Roskamm: Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 10 bis 19 jährigen gesunden Kindern und Jugendlichen, Arch. Kreislaufforsch 35, 12, 1961.
59. Nagle, F.J.: Physiological Assessment of maximal Performance, u »Exercise and Sport Sciences Reviews«, Academic Press, New York — London, 1, 1973.
60. Novak, Đ., Milojević, M. i V. Vljankov: Vrednosti volumena srca i srčanog volumnog ekvivalenta u sportista različitih sportskih grana, Športnomedicinske Objave, 8, 10, 651, 1971.
61. Nylin, G.: The clinical applicability of roentgenological heart volume. Determination with special reference to residual blood. Acta Cardiol., 12:588, 1957.
62. Plas, F.: Guide de cardiologie du Sport, J.B. Baillière, Paris 1976.
63. Querg, H.: Auswertung von teleröntgenographischen Herzvolumenbestimmungen sowie elektrokardiografische Messgrößen bei Rennruderinnen, Medizin und Sport, 6, 86, 1966.
64. Reindell, H., Musshoff, K.H. Klepzig, R. Weyland: Über eine art von Sofordepot des Kreislaufs. Verh. Deutsch, Gesellsch. Innere Med., 60:538, 1954.
65. Reindell, H., K. König, H. Roskamm: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens G. Thieme, Stuttgart, 1967.
66. Reindell, H., H. Roskamm: Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des Intervalltrainings unter besonderer Berücksichtigung des Kreislaufes. Schw. Leitschr. Sportmed, 7:1, 1959.
67. Reindell, H., K. Musshoff, K. König, W. Gerbhardt, H. Roskamm, J. Keul: Volumen und Leistung des gesunden und kranken Herzens. Acta med. scand. Suppl. 472:38, 1967.
68. Reindell, H. Klepzig, H., Steim, H.: Die Sportärztliche Herz und Kreislaufberatung, med. Univ. Freiburg., im Br., 1959.
69. Reindell, H., H. Klepzig, H. Steim, K. Musshoff, H. Roskam, E. Schildge: Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport, Barth, Munich, 1960.
70. Reindell, H., H. Klepzig, H. Steim, K. Musshoff, H. Roskamm, E. Schildge: Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport. Publ. aBrth Verlag, Munich, 1960.
71. Reinke, A.: Vergleichende Untersuchungen zur echokardiographischen, röntgenologischen und elektrokardiographischen Darstellung der Sportherzhypertrophie, Deutsche Sporthochschule, Köln, Dissertation, 1982.
72. Rohrer, F.: Volumenbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiographischem Wege, Fortschr. Röntgenstr. 24, 285, 1916/17.
73. Roskamm, H., H. Reindell, J. Keul: Über Veränderungen von Herzgröße und Leistungsfähigkeit bei unterschiedlicher Trainingsbelastung. Der Sportarzt, 9: :240, 1961.
74. Roskamm, H., Reindell, H. i M. Müller: Herzgröße und ergometrische gestete ausdauerleistungsfähigkeit bei Hochleistungssportlern aus 9 deutschen Nationalmannschaften, Zeitschr. Kreislaufforsch, 55: :2, 1966.
75. Roskamm, H. i H. Reindell: The heart and circulation of the superior athlete. In: Training, Scientific Basis and Application. Ed. A.W. Taylor, Publ. ch. c. Thomas, Springfield, Ill. 1972.
76. Rost, R., Schneider, K.W. i N. Stegmann: Vergleichende echokardiographische Untersuchungen am Herzen des Leistungssportlers und des Nichttrainierten, Die Med. Welt, 3, 33—34, 1972.
77. Rost, R. i W. Hollmann: Elektrokardiographie in der Sportmedizin, Thieme, Stuttgart — New York, 1980.
78. Rubenheimer, P., Samek, L., Schmelsser, H.J. i H. Roskam: Echocardiographic evaluation of left ventricular function during exercise in untrained young men and athletes, Int. Conf. Sports Cardiol. Abstr. Book, Giovanni Lorenzini, Rome, 1978.
79. Schneider, K. W., Rost, R. i W. Gattenlöhner: Kreislauffunktion beim Sportler, F.K. Schattauer, Stuttgart New York, 1970.
80. Shephard, R.J., Allen, C., Barov, O., Davies, C.T.M., Degre, S., Hedman, R., Ishii, K., Kaneks, M., Lacour, J. R., Di Prampero, E. i V. Seliger: The working capacity of Toronto school children. Canad. Med. Assoc. J. 100:560, 1969.
81. Simon, G., Berg, A., Dickhuth, H.H. Simon-alt, A. i J. Keul: Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom alter und vor der Leistungsfähigkeit, Deutsch. Zeit. für Sportmed. 1, 7:14, 1981.
82. Smirnov, K.M.: Sportphysiologie, Veb Verlag, Volk und Gesundheit, Berlin, 1974.
83. Stojanović, M., Ilić, N., Momirović, K. i A. Hošek: Relacije vitalnog kapaciteta pluća i antropometrijskih dimenzija u mladih odraslih muškaraca, Kineziologija, 10, 3, 27, 1980.
84. Szögy, A. i E. Rosca: Einige Sprioergometrische Befunde und Herzvolumenbestimmungen bei Wasserballspielern, Sportarzt und Sportmedizin, 24, 253, 1973.
85. Szögy, A. i G. Cherebetiu: Herzvolumenaspekte bei

Hochleistungssprintern, Sportarzt und Sportmedizin, 23, 170, 1972.

86. Weens, S.H. i B.B. Gay: Radiologia examination of the heart, In: The Heart. Eds. Hurst, W.J. B.R. Lague, R.C. Schlant, N.K. Wenger, 3 rd. Ed. Publ. Mc Graw Hill Book Comp. New York, 1974.
87. Weicker, H. i M. Schubnell: Sportmedizin in Sportwissenschaftlichen Studium, Verlag Karl Hofmann, Schondorf 1979.

Radovan Medved, Stjepan Heimer, Vlasta Pavišić-Medved
Faculty for Physical Education, University of Zagreb

UDC 612.1/2 : 572.5

RELATIONS BETWEEN DIAMETERS AND THE X HEART VOLUME AND CERTAIN FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE RESPIRATORY AND CARDIOVASCULAR SYSTEM

heart, dimensions / anthropometric characteristics / cardiovascular system / respiratory system / functional abilities
prediction / testing / physical education students

The subjects were 65 males, between 20 and 25 years old, of above-average physical ability (students of the Faculty for Physical Culture). The characteristics of anthropometric status, the functional status of the oxygen transport system, and the diameters of the heart, from which the volume of the heart was computed, were recorded. The results cover the basic statistic parameters, the correlation coefficients of physiological dimensions, as well as the correlations among the indicators of heart dimensions. In agreement with the purpose of the study, the regression analysis was done with the heart dimensions as prediction variables and the recorded functional measures as criterion variables. The results showed that statistically significant prediction of the basic indicators of lung capacities, the submaximum heart rate, the dimension of basal metabolism, the maximum strain and energy expenditure under that strain, the maximum oxygen debt and ventilation, and the level of aerobic energy tempo during anaerobic physical strain on the basis of heart dimensions was possible.

Радован Медвед, Степан Хаймер, Власта Павишич-Медвед

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ДИАМЕТРОВ И ОБЪЕМОВ СЕРДЦА И НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ

В выборке, состоящей из 65 мужчин в возрасте от 20 до 25 лет, у которых физические способности сверх нормы (это были студенты Факультета физической культуры), проведено измерение свойств антропометрического состояния и функционального состояния системы для транспорта кислорода, а также и диаметров сердца, на основе которых вычислен объем сердца. Полученные результаты представляют изложение основных статистических параметров переменных, коэффициентов корреляции физиологических характеристик, а также корреляции между параметрами измерений сердца. В работе приводятся результаты регрессионного анализа, в котором размеры сердца представляют предсказательные переменные, а оценочными переменными являются функциональные параметры. На основе размеров сердца можно статистически достоверно предсказать основные свойства легочной емкости, частоту пульса при субмаксимальной нагрузке, размеры базального метаболизма, максимальной нагрузки и потребления энергии при такой нагрузке, а также максимальный долг кислорода и вентиляции, уровень аэробного энергетического темпа в течение анаэробной физической нагрузки.