

中学・高校競泳選手の身体特性

出村 慎一* 松沢甚三郎** 中比呂志*** 北 一郎****

PHYSICAL CHARACTERISTICS IN WELL-TRAINED YOUNG SWIMMERS

SHINICHI DEMURA, JINZABURO MATSUZAWA, HIROSHI NAKA and ICHIRO KITA

Abstract

Well-trained young swimmers seem to have different physical characteristics as compared with non-athletes of the same age group. The purpose of this study was to determine physical characteristics of well-trained young competitive swimmers from a standpoint of differences in training, sex, and growth and development. A total of 47 boy and girl swimmers and 124 untrained boys and girls were selected as subjects.

All swimmers began to swim regularly in an elementary school age and continued hard swimming training for at least 2 years. A battery of 53 parameters representing each physical domain such as physique, muscular strength, flexibility, neuromuscular function, cardio-respiratory function, were selected to examine subject's physical characteristics. The following results were found: boy swimmers have less body fat, superior physique, muscular strength, flexibility, agility, and also superior cardio-respiratory function as compared with untrained boys. Also girl swimmers have almost the same physical characteristics except for physique and general static strength. Boy swimmers possess larger stature and bone width, and superior muscular strength and cardio-respiratory function as compared with girl swimmers. A similar sex difference is found in non-athletes. High school swimmers have more solid body mass, and superior dynamic and static strength, relating to an achievement of swimming speed, than junior high school swimmers.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1991, 40 : 278~287)

key words : young swimmer, physical characteristics, training, sex difference.

1. 結 言

長期に及ぶ激しい身体運動は、成長期の児童・生徒の身体発達に大きな影響を及ぼすと考えられる。水泳は代表的な持久性運動であり、また、水中という特異な環境の下で運動が行われることから、陸上における他の多くの運動とは異なる身体的効果があると考えられる。これまでの、主とし

て成人や大学生水泳選手を対象とした研究^{5~7,11~14,17~19,21,22,24,31,35,36)}から、水泳はとくに筋力、柔軟性、心肺機能の発達や体組成の変化に大きな影響を及ぼすことが示唆されている。成長・発達の著しい年齢段階にある中学生や高校生がハードな水泳トレーニングから受ける身体的効果は大学生や体力の低下傾向にある成人の場合とは異なると考えられる。

*金沢大学教育学部体育教室
〒920 石川県金沢市丸の内1-1

**福井医科大学一般教養
〒910-11 福井県吉田郡松岡町下合月23

***福井工業高等専門学校
〒916 福井県鯖江市下司町

****東京都立大学理学部体育学教室
〒152 東京都目黒区八雲1-1-1

*Faculty of Education, Kanazawa University, Marunouchi,
Kanazawa, Ishikawa 920, Japan*

Fukui Medical School, Matuoka, Yoshida, Fukui 910-11, Japan

*Fukui National College of Technology, Geshi, Sabae, Fukui
916, Japan*

*Tokyo Metropolitan University, Yagumo, Meguro, Tokyo 152,
Japan*

本研究の目的は、数年にわたってハードな水泳トレーニングを積んだ中学生および高校生競泳選手と一般生徒の形態および体力を総合的に比較・分析し、若い競泳選手の身体特性を性差および発育差の観点から明らかにすることである。

II. 方 法

A. 被験者

被験者は、十分に水泳トレーニングを積んだ国体候補競泳選手47名（中学男子17名，中学女子13名，高校男子17名）と一般中学生124名（男子49名，女子75名）であった。選手はいずれも小学校低・中学年から水泳練習を開始し，2年以上の競技経験と高い技能（水泳連盟競技成績資格表の10級以上）を有し，この2年間は週5日，1日平均5000m以上の水泳トレーニングを行った。よって，選手の身体は水泳トレーニングの影響を十分に受けていると考えられた。一方，対照群として選ばれた一般中学生はいずれも特別な運動を行っておらず，多くの者は文化部に所属していた。また，中学生4群（選手と一般生徒の男女）の平均年齢間に統計的に有意な差異はみられなかった。

B. テスト変量

一般に行動体力は，形態と機能に大別され，後者は筋機能，関節機能（柔軟性），神経機能，および心肺機能に分けて考えられる。これらの各領域を代表する53変量を妥当性，信頼性，および実用性などを考慮して選択した（表1）。柔軟性の多くの項目は，妥当性，信頼性が高い角度法³⁰⁾を用いて測定を行った。最大作業能力（PWC_{max}）および最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_{2max}$ ）は，津山社製の Cateye ergociser を用いて，安静1分後，9分間，毎分50～59回転のペダル運動を行わせ，各負荷に対する脈拍数から推定した。最大無酸素パワーはコンビ社製のパワーマックスVを用いて負荷値，回転数から算出した。筋力，柔軟性，神経機能，および形態に関するテスト方法は先行研究¹³⁻¹⁶⁾および一般的な方法^{26,27)}に従った。なお，体密度，除脂肪体重，体表面積，体脂肪量，および体脂肪率は，長嶺²⁹⁾および Brožek ら²⁾の推定式を利用して算出した。また，種々の事情により必ずしも全

被験者に全テストを実施することは出来なかった。

表1. 変 量

	番号	変 量
形 態	1	身長 (cm)
	2	体重 (kg)
	3	胸 囲 (cm)
	4	骨端幅 上腕 (cm)
	5	" 大腿 (cm)
	6	上腕囲 (cm)
	7	下腿囲 (cm)
	8	皮脂厚 上腕三頭筋 (mm)
	9	" 腸骨上部 (mm)
	10	" 肩甲骨下部 (mm)
	11	" 下腿部 (mm)
	12	ローレル指数 (kg/cm ³)
	13	体密度
	14	除脂肪体重 (kg)
	15	体表面積 (m ² ×100)
	16	体脂肪量 (kg)
	17	体脂肪率 (%)
	18	総脂肪量 (kg)
筋 機 能	19	握 力 (kg)
	20	背筋力 (kg)
	21	脚筋力 (上方) (kg)
	22	" (下方) (kg)
	23	肩腕力 (押) (kg)
	24	" (引) (kg)
	25	腕筋力 (kg)
	26	垂直跳 (cm)
	27	立幅跳 (cm)
	28	腕立て伏せ (times)
	29	上体起こし (times)
神 経 機 能	30	反復横跳び (times)
	31	バービーテスト (times)
	32	タッピング (times)
	33	ステップング (times)
	34	全身反応時間 (second)
	35	閉眼片足立ち (second)
	36	開眼片足爪先立ち (second)
関 節 機 能	37	体側屈 (degree)
	38	体捻転 (degree)
	39	肩後方拳 (degree)
	40	肩前方拳 (degree)
	41	足首伸展 (degree)
	42	足首屈曲 (degree)
	43	立位体前屈 (cm)
	44	伏臥上体反し (cm)
	45	立位体前屈 (degree)
	46	立位体後屈 (degree)
心 肺 機 能	47	努力性肺活量 (cc)
	48	PWC _{MAX} (watt)
	49	PWC _{MAX} (watt/kg)
	50	最大酸素摂取量 (l/min)
	51	" (l/min·kg)
	52	最大無酸素パワー (watt)
	53	" (watt/kg)
	54	年 齢 (age)

表2. 平均値および標準偏差

	変 量 番 号	水 泳 選 手						一 般 生 徒			
		中学生男子		中学生女子		高校生男子		中学生男子		中学生女子	
		AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD
形 態	1	168.4	6.05	157.5	4.20	171.7	5.17	157.6	9.86	154.9	5.50
	2	58.4	6.87	47.6	3.50	65.1	6.65	49.7	11.82	46.6	6.85
	3	85.1	3.41	81.1	2.64	90.2	3.85	76.5	7.48	76.8	6.09
	4	6.6	0.37	5.7	0.29	6.5	0.44	6.1	0.43	5.5	0.60
	5	9.7	0.49	8.5	0.69	9.5	0.73	9.1	0.59	8.7	0.78
	6	29.0	2.12	25.3	1.26	31.2	1.95	25.7	3.93	23.6	2.57
	7	35.2	1.90	32.4	1.72	36.4	2.28	33.3	3.71	32.6	2.47
	8	4.0	1.33	5.9	1.12	4.0	1.44	13.9	4.97	13.9	2.54
	9	5.0	2.30	6.7	1.37	6.5	3.01	12.3	6.60	13.6	5.42
	10	3.9	0.92	5.7	1.85	5.3	2.05	11.4	4.17	12.4	3.32
	11	4.3	1.33	6.2	1.23	4.5	1.62	15.5	4.02	17.7	5.19
	12	121.8	7.24	121.7	6.55	128.8	14.51	124.1	17.20	117.9	12.77
	13	108.1	0.25	107.4	0.38	107.9	0.41	105.4	0.87	105.5	0.54
	14	53.3	5.99	42.2	3.17	59.0	5.30	39.4	8.41	37.7	2.30
	15	167.7	12.39	146.5	6.99	178.0	9.64	147.9	18.49	146.0	4.77
	16	5.1	1.05	5.4	0.82	6.1	1.61	9.5	2.79	9.0	1.53
	17	8.7	1.00	11.3	1.51	9.2	1.62	26.4	29.81	19.2	2.30
	18	17.2	5.01	24.4	4.50	20.3	7.40	53.1	18.86	57.6	13.68
筋 機 能	19	38.0	6.29	24.8	3.66	44.8	4.36	27.2	9.50	22.0	5.01
	20	112.6	25.48	76.1	16.55	133.2	22.71	84.2	26.82	64.4	16.90
	21	24.1	5.44	13.0	3.53	25.2	4.52	20.8	6.50	14.6	4.22
	22	21.8	4.37	13.1	2.95	25.2	5.15	14.6	4.47	12.6	2.26
	23	28.0	5.15	22.9	3.50	40.2	9.40	19.7	8.34	18.0	5.20
	24	32.3	10.26	21.0	3.19	35.8	7.55	18.3	7.68	14.9	4.13
	25	16.4	4.30	10.1	2.49	19.8	2.92	9.6	5.43	5.7	1.93
	26	58.7	8.83	45.3	5.40	61.1	7.28	46.3	9.35	39.6	7.60
	27	228.1	21.47	185.2	12.01	236.4	15.72	184.6	30.09	170.6	59.68
	28	37.9	10.82	31.0	9.62	47.9	7.25	23.7	10.40	17.4	5.88
	29	36.8	3.73	39.1	5.65	41.2	5.43	29.1	5.90	23.3	6.73
神 經 機 能	30	42.8	4.51	38.8	5.09	45.9	4.25	38.8	8.45	38.8	6.76
	31	6.2	0.52	6.1	0.45	6.5	0.66	5.6	0.73	5.3	0.65
	32	70.3	6.62	67.2	6.97	76.4	9.80	67.2	10.35	64.5	7.12
	33	51.1	5.15	53.5	6.82	58.6	7.24	52.5	7.23	51.3	7.49
	34	316.5	40.96	333.5	40.02	296.9	35.98	379.0	48.17	424.1	66.71
	35	24.1	15.60	18.3	7.06	51.3	42.19	31.8	28.34	39.7	35.72
	36	26.8	16.84	17.2	4.85	43.6	26.61	34.2	24.74	23.7	10.55
関 節 機 能	37	64.1	7.43	63.7	8.24	62.9	4.78	52.5	11.59	47.6	9.84
	38	144.6	13.23	144.0	15.52	145.9	16.68	103.2	12.29	105.1	14.00
	39	75.4	9.27	85.9	10.85	77.2	10.63	74.9	10.24	81.2	11.97
	40	196.8	5.66	200.9	8.56	198.2	4.85	190.9	4.65	194.1	7.91
	41	171.1	3.20	174.4	3.48	172.1	6.10	167.8	4.73	166.8	4.88
	42	77.3	7.48	80.5	9.32	81.7	6.36	101.8	10.40	104.7	9.46
	43	12.7	5.05	14.9	7.68	19.2	4.52	1.8	8.58	4.6	7.40
	44	47.9	9.59	53.6	6.19	55.1	10.03	44.2	11.82	50.4	8.87
	45	154.0	13.48	157.3	15.30	160.7	9.95	121.6	19.22	132.4	17.86
	46	54.3	16.40	60.2	13.95	53.4	10.72	56.7	14.18	53.5	15.23
心 肺 機 能	47	4307.5	802.89	3477.7	336.78	5303.5	573.57	2716.7	656.95	2221.5	600.32
	48	261.7	49.02	210.3	30.15	291.1	48.64	152.9	31.33	151.5	49.59
	49	44.7	5.96	44.4	7.40	45.0	7.40	29.8	8.15	32.7	10.86
	50	3791.9	631.83	3006.9	427.32	4202.6	706.26	2538.6	940.54	2195.5	542.56
	51	65.0	7.16	63.5	10.52	64.9	10.41	48.9	17.11	47.5	12.88
	52	694.6	161.47	412.1	69.50	824.6	120.49	488.8	139.30	337.5	55.33
	53	11.8	1.81	8.6	1.04	12.7	1.00	9.5	1.62	7.2	1.11
	54	14.0	0.68	13.6	0.73	16.5	0.82	13.8	0.90	13.7	0.86

注: 変量番号は表1と同じ。

表3. 平均値の差異の検定結果

番号	二要因分散分析(中学生4群)			男子	女子	SG	NG	中学生と高校生	
	F 1	F 2	IN	SN	SN	BG	BG	t-値	JH
1	19.78**	20.20**	7.46**	∩		∩	>	1.626	
2	7.02**	14.75**	4.50*	∩		∩	>	2.747**	
3	24.65**	2.03	2.82	∩	>	∩		3.903**	<
4	11.30**	40.07**	1.01	∩		∩	>	0.683	
5	1.50	29.52**	6.16*	∩		∩	>	0.846	
6	14.82**	19.81**	1.74	∩		∩	>	3.009**	<
7	1.91	7.98**	2.90	∩		∩	>	1.507	
8	143.05**	1.52	1.59	∩	∩			0.120	
9	36.44**	1.66	0.02	∩	∩			1.521	
10	93.82**	3.37	0.27	∩	∩			2.443*	<
11	154.25**	5.20*	0.02	∩	∩		<	0.468	
12	0.04	0.69	0.69	∩				1.735	
13	159.26**	3.02	3.36	∩	>			1.139	
14	22.70**	11.00**	5.95*	∩		∩		2.810**	<
15	6.00*	7.68**	5.40*	∩		∩		2.597*	<
16	48.39**	0.02	0.40	∩	<			1.994	
17	5.40*	0.17	0.78	∩	<			1.088	
18	118.85**	3.43	0.19	∩	<			1.384	
19	20.12**	36.53**	6.90*	∩		∩	>	3.510**	<
20	16.68**	33.02**	2.90	∩		∩	>	2.375*	<
21	0.49	51.29**	4.09*	∩		∩	>	0.658	
22	21.27**	41.28**	15.90**	∩		∩	>	1.994	
23	22.77**	5.89*	1.53	∩	∩	∩	>	4.533**	<
24	48.98**	26.19**	7.55**	∩	∩	∩	>	1.108	
25	39.24**	33.33**	1.77	∩	∩	∩	>	2.573*	<
26	26.88**	33.29**	3.66	∩	∩	∩	>	0.835	
27	8.83**	8.47**	2.18	∩	∩	∩	>	1.214	
28	43.78**	9.82**	0.02	∩	∩	∩	>	3.042**	<
29	70.54**	1.59	8.61**	∩	∩	∩	>	2.632*	<
30	1.55	1.61	1.58					2.028	
31	24.49**	1.77	0.51	>	>			1.680	
32	2.72	2.61	0.01					2.038	
33	0.06	0.17	1.38					3.319**	<
34	40.52**	6.64*	1.36	<	<		<	1.419	
35	5.11*	0.03	1.12				>	2.346*	<
36	3.55	7.42**	0.01				>	2.060*	<
37	40.46**	1.51	1.03	∩	∩			0.542	
38	184.50**	0.05	0.18	∩	∩			0.254	
39	1.04	10.67**	0.64			<	<	0.484	
40	15.08**	3.94	0.08	∩	∩			0.757	
41	27.79**	1.17	4.31*	∩	∩		<	0.577	
42	123.30**	1.88	0.01	∩	∩			1.744	
43	43.89**	2.37	0.04	∩	∩			3.786**	<
44	2.46	7.48**	0.02				<	2.049*	<
45	56.22**	3.38	0.95	>	>			1.569	
46	0.45	0.18	1.98					0.170	
47	104.55**	22.65**	1.45	∩	∩	∩	>	3.992**	<
48	61.39**	6.10**	5.47*	∩	∩	∩	>	1.644	
49	35.81**	0.31	0.54	∩	∩	∩	>	0.073	
50	42.87**	12.80**	1.96	∩	∩	∩	>	1.669	
51	35.81**	0.31	0.54	∩	∩	∩	>	0.027	
52	26.48**	63.41**	5.80*	∩	∩	∩	>	2.551*	<
53	27.75**	63.13**	1.42	∩	∩	∩	>	1.679	
54	0.00	2.18	0.93					9.425**	<

注：F 1=訓練差(選手と一般生徒)要因，F 2=性差要因，IN=交互作用，BG=男女間，SN=選手と一般生徒間，SG=選手，NG=一般生徒，JH=中学生と高校生，変数番号は表1と同じ，*p<0.05，**p<0.01，SNの下の>は選手が一般生徒より，BGの下>は男子が女子より各々有意に大，JHの下<は高校生が中学生より有意に大であることを意味する。

C. 解析方法

各変量について選手と一般生徒間および男女間の差異を検討するために、中学生4群間の平均値差の検定を行った(二要因分散分析)。水泳選手の身体の発育差を検討するために、男子の中学生と高校生間の平均値の差異を検定した。また、各体力領域別に、相関行列を作成し、それに因子分析法を適用して因子を解釈し、その平均得点の差異の検定も実施した。なお、分散分析の場合、主要因に差異が認められた時、多重比較検定を行った。

III. 結 果

A. 中学水泳選手(SG)と一般中学生(NG)との体力差および性差

表2は、中学男女選手、一般男女中学生、および高校男子選手の5群について、各変量の平均値および標準偏差を示している。表3は、各変量について、平均値の差異の検定結果を示している。男女共通にSGはNGに比べて、体脂肪に関する

変量は有意に小さく、胸囲や体密度は大きい値を示している。身長、体重、骨端幅、上腕囲、体表面積、除脂肪体重、などは男子にのみ有意な差異が認められ、SGのほうがNGより大である。筋力領域では、男子では全ての変量に、女子では握力、背筋力、脚筋力の静的筋力および垂直跳び以外の変量においてSGが有意に大きい値を示している。神経機能の領域では、男女共、パービーテストと全身反応時間にのみ有意差が認められ、柔軟性の領域では、肩の後方挙、体後屈、上体反らし以外の変量に有意差が認められ、SGのほうが勝っている。心肺機能の領域では、男女ともすべての変量においてSGが有意に大きい値を示している。

一方、性差に関しては、形態面では、SGおよびNGともに、身長、骨端幅、および上腕囲に男子のほうが有意に大であるが、胸囲や体脂肪に関する変量には有意な性差がみられない。体重、下腿囲、除脂肪体重、および体表面積などはSGに

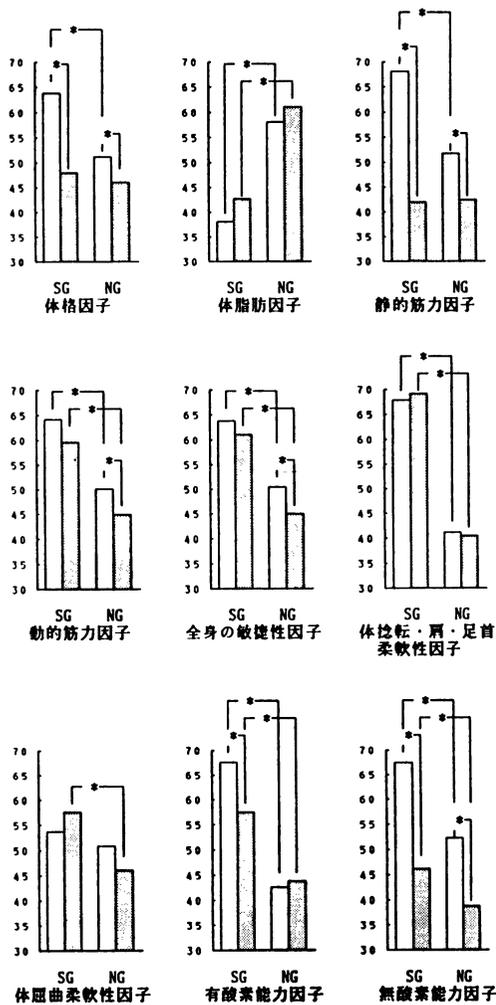
表4. 因子得点の平均値、標準偏差および差異の検定結果(二要因分散分析)

因子名	集団名		男子水泳選手		女子水泳選手		男子一般生徒		女子一般生徒		検 定 結 果			
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	F 1	F 2	IN	
形態	体 格	63.9	10.10	48.0	5.15	51.2	17.37	46.1	10.07			7.50**	15.49**	4.10*
	体 脂 肪	38.2	3.61	42.8	3.86	58.1	13.67	61.1	10.17			67.18**	2.69	0.12
筋機能	静 的 筋 力	68.1	11.28	42.1	7.98	51.9	13.44	42.6	7.04			10.73**	53.76**	12.02**
	動 的 筋 力	64.2	5.72	59.7	6.23	50.2	6.54	44.9	11.10			58.33**	6.55*	0.05
神経機能	全身の敏捷性	63.9	6.58	61.1	7.15	50.5	8.20	45.0	8.97			70.64*	5.58*	0.57
	平 衡 性	51.3	7.11	45.4	6.38	49.4	14.78	51.7	14.04			0.57	0.40	2.02
	四肢の敏捷性	52.5	9.50	52.8	10.85	51.5	14.23	48.7	11.55			0.93	0.23	0.36
関節機能	体捻転・肩・足首柔軟性	67.9	2.28	69.2	2.40	41.2	2.26	40.5	3.53			1669.65**	0.21	2.26
	体屈曲柔軟性	53.7	13.65	57.7	12.60	50.9	12.47	46.1	12.29			6.89**	0.02	2.54
心肺機能	有酸素性能力	67.7	7.51	57.5	8.70	42.7	9.31	43.9	11.65			60.33**	3.33	5.32*
	無酸素性能力	67.6	12.03	46.3	5.98	52.3	10.33	38.9	5.39			29.14**	68.11**	3.57

注：F 1=訓練差(選手と一般生徒)要因，F 2=性差要因，IN=交互作用，* $p<0.05$ ，** $p<0.01$

のみ有意差が認められ、男子のほうが大きい値を示している。筋力の領域では SG および NG とともにほとんどの変量に有意な性差が認められ、男子のほうが大であるが、神経機能および柔軟性変量にはほとんど有意な性差があるとは認められない。心肺機能の領域では、SG の場合、体重当たりの PWC_{max} および $\dot{V}O_{2max}$ を除く変量において、NG の場合、肺活量および最大無酸素パワーにおいてのみ男子のほうが有意に大である。

表 4 および図 1 は、各体力領域別に作成された



□：男子 ▨：女子 *：P < 0.05 SG：水泳選手 NG：一般生徒
 図 1. 中学生水泳選手男女および一般生徒男女の体力因子の差異

相関行列に因子分析を適用し、解釈された因子名および平均因子得点の差異の検定結果を示している。形態は指数(表 1 の変量番号 12~18)を除く 11 変量からなる相関行列に因子分析を適用した。体格因子と体脂肪因子が解釈された。両因子ともに有意差が認められ、多重比較検定の結果(図 1)、体格因子は男子において SG が NG に比べて大であり、性差は SG および NG とともに男子のほうが大である。体脂肪因子は、男女とも、NG が SG に比べて有意に大であるが、性差は認められない。筋力領域では、静的筋力と動的筋力の 2 因子が解釈され、前者は男子において SG のほうが有意に大であり、また、性差は SG および NG とともに認められ、男子のほうが大である。動的筋力因子は男女ともに SG が NG に比べて大であり、性差は NG においてのみ認められ、男子のほうが大である。神経機能領域では全身の敏捷性、平衡性、および四肢の敏捷性の 3 因子が解釈され、全身の敏捷性のみ有意な差異が認められ、男女ともに SG が NG より大であり、性差は NG にのみ認められ、男子のほうが大である。柔軟性の領域は角度法に基づく 8 変量からなる相関行列に因子分析法が適用された。体捻転・肩・足首の複合柔軟性因子と体屈曲柔軟性因子が解釈され、前者は男女とも、SG が NG より大であり、後者は女子にのみ差異が認められ、SG が NG より大である。心肺機能の領域は有酸素性能力と無酸素性能力の 2 因子が解釈され、前者は男女ともに SG のほうが大であり、性差は SG にのみ認められ、男子のほうが大であるが、後者の因子は、男女ともに SG が NG に比べて、また、NG および SG とともに男子のほうが女子に比べて有意に大である。

B. 男子中学生と高校生水泳選手の体力差

表 3 から両群の形態・体力変量の平均値差の検定結果から、形態では、体重、胸囲、上腕囲、皮脂厚、除脂肪体重、および体表面積に有意な差異がみられ、筋力の領域では、筋持久力や肩腕の静的筋力変量に有意な差異が認められ、いずれも高校生のほうが大きい値であるが、脚筋力や瞬発筋力変量には差異があるとは認められない。神経機能の領域では下肢の敏捷性や静的平衡性に関する

変量に, 柔軟性の領域では距離法による柔軟性変量にのみ有意な差異が認められる. これは身長や腕長の大小が測定値に影響したものと推測される. 心肺機能の領域では, 肺活量と最大無酸素パワーにのみ有意な差異が認められ, 高校生のほうが大きい値を示している.

IV. 考 察

A. 中学水泳選手と一般中学生との体力差および性差

水泳選手と一般人との体力に関する比較研究^{6, 19, 21)}, 水泳成績と体力要因との相関研究^{5, 13~20, 32, 36)}, あるいは水泳トレーニング前後の身体的効果に関する実験的研究^{7, 11, 22, 24, 31, 35)} などから, 水泳が体力の中でも特に心肺機能, 筋力, 柔軟性などの発達や体脂肪量の減少に影響を及ぼすことが示唆されている. しかし, 多くの研究は, 成長がほぼピークに達した大学生を対象としており, 成長の著しい段階にある中学・高校の水泳選手を対象とした研究は極めて少ない. 本研究の結果でも, 従来の報告とほぼ同様に, 水泳選手は同年代の一般生徒に比べて, 体脂肪が少なく, 心肺機能, 柔軟性, 筋持久力や肩腕の静的筋力に優れていることが確認された. 十分に訓練を積んだ技能の高い水泳選手の身体機能が発達しているということは, 水泳運動成就のためにその能力が必要であり, また, その能力の関与が高いことを意味すると考えられる. 選手はパフォーマンス向上に必要な体力を, 水中および陸上におけるトレーニングによって発達させた, あるいは, 水泳運動成就に関与の高い体力を有する者が選手になっていると推測させる. 形態面では, 選手は体脂肪が少なく, ハードな水泳訓練は体脂肪の減少に影響を及ぼすと考えられる. 身長, 骨端幅, 周育, 除脂肪体重は男子にのみ差異が認められた. この中で周育や除脂肪体重は筋肉の発達と密接な関係がある. 中学生の年齢段階では, 男子は著しい成長過程にあるが, 女子の場合は成長がほぼピークに達する段階である³⁴⁾. 身長や骨端幅は遺伝的影響が強く, これらの差異は水泳による影響とは考え難い. 水泳記録の向上は長育の伸びと密接な関係にある¹⁵⁾

²⁰⁾ 男子の場合, この年齢段階において, 身長や骨端幅が大きい選手, あるいは, これらの伸びつつある選手は記録の向上も著しいと推測される.

水泳の運動特性から選手の筋持久力が発達しているのは妥当であろう. 水泳の場合, 移動の主体が腕であり, 速度の約二乗に比例して増大する¹⁾ ²⁸⁾水の低抗に打ち勝つ大きな推進力を生み出すために, 肩や腕の筋力が主に利用される^{1, 9, 13)}. 従って, 選手の肩腕の静的筋力が発達しているものと考えられる. しかし, 握力, 背筋力, 脚筋力などの静的筋力の差異が, 男子における選手と一般学生間にのみ認められたことは注目される. この年齢段階において, 男子は男性ホルモンによる蛋白同化作用が促進し, 筋力の性差が顕著になる^{25, 33)}. しかし, 筋力の発達は運動刺激の程度によっても左右される. 男子の場合は女子と比べて筋力の発達可能性が非常に高い時期であり, かつ運動刺激が著しく異なったために前述一般的な静的筋力の発達差が表れたと推測される. これに対して女子の場合は, 男子と同様に運動刺激は異なるが筋力の発達可能性が男子と比べて高くないので, 速泳に直接的に関与し特に運動刺激が高い筋力以外は発達差が表れなかったと推測される. 神経機能の結果から, 水泳選手は, 一般生徒よりも四肢の敏捷性や平衡性よりも全身の敏捷性において優れていると推測される.

一方, 有意な性差は, 選手および一般生徒ともに, 身長, 骨端幅, 筋力, および無酸素能力に認められた. 身長や骨端幅は遺伝的影響が強く, 一般に男子のほうが女子に勝り, 筋力や無酸素能力も一般に男子のほうが勝る. 従って, これらに関しては選手の場合も一般生徒と同様な性差が存在すると考えられる. 体脂肪に関しては中学水泳選手を対象とした出村¹⁶⁾の研究とは異なる結果であった. 水泳選手の体脂肪はシーズンによってもかなり変動する^{3, 4, 12)}. 本研究の測定は被験者がハードなトレーニングを積んでいた時期に行われたため, 女子も余分な体脂肪がほとんどなかったと思われる. 柔軟性は一般に女子のほうが勝る³⁴⁾. 出村の研究では解釈された6身体柔軟性因子の内, 体側屈と肩の柔軟性を除く因子に性差を認めてい

る。本研究の結果では必ずしも女子の柔軟性が優れていなかった。中学生の年齢段階では必ずしもすべての身体部位の柔軟性において女子のほうが勝る訳ではなく³⁴⁾、各身体部位柔軟性の発達は泳法によっても異なり¹⁷⁾、また、比較的短期間のトレーニングによっても改善される^{22,24)}。心肺機能に関しては、選手の場合、無酸素能力および有酸素能力において、男子のほうが女子より勝る傾向が認められた。両能力の性差は体力面からみた水泳記録の差異を生み出す重要な要因の一つと考えられる。 $\dot{V}O_{2max}$ は、女子の場合中学生後半の年齢段階においてはほぼピークに達するが、男子はまだ発達段階にある³⁴⁾。本研究では、一般生徒の場合、男子の有酸素能力が勝る傾向を示したが、統計的に有意な差異は認められなかった。

B. 発達差

各種身体機能の発達順序は必ずしも同じではなく、例えば、神経機能は幼児期に著しく発達するといわれる。また、各身体機能の一般的な発達傾向はハードな身体トレーニングによって影響を受ける可能性があると考えられる。本研究の結果では、形態面における差異は、体重、胸囲、上腕囲、および除脂肪体重などの栄養摂取やトレーニング条件のような環境的影響の高い変量にのみ認められ、身長や骨端幅のような遺伝的影響の高い変量には認められなかった。身長は18~19歳にはほぼピークに達する³⁴⁾ことから、本研究の高校選手や中学選手の身長は同年代のもの比べて高いと思われる。特に中学生の場合は身長と比較的高い者が選手として活躍していると考えられる。中学生と高校生の身長や骨端幅に差異が認められないにもかかわらず、周育や量育に差異が認められたことから、栄養的・トレーニング的要因により高校選手は身体の充実度が高いと推測される。

筋力に関しては、握力、背筋力、肩腕力、腕筋力などの静的筋力および筋持久力変量に高校生のほうが高い値を示した。一般にこれらの筋力は20歳頃まで加齢とともに発達する³⁴⁾ことから、水泳選手の場合も一般人の発達と同様な傾向にあると推測される。しかし、脚筋力や脚パワーに関する変量に有意な差異が認められなかったことは注目

される。水泳は陸上における運動とは異なり、体重負荷が下肢長管状骨にかからないので肥満者や膝関節障害者の運動として有効である。しかし、成長期においては、下肢への適当な荷重刺激は体重を支える下肢筋力の発達のために必要である。最近、温水プールの普及により水泳選手は年間を通して泳ぐことが可能になり、また、低年齢段階から1日数時間以上の練習を行うことも多く、下肢に体重負荷がかかる運動を行う機会が比較的少なくなった。この影響は、男性ホルモンの分泌が盛んになり、筋力の発達が著しくなる中学・高校の年齢段階に顕著に表れてくるものと推測される。池上²³⁾は水泳のデメリットとして前述の点を指摘している。また、水泳の場合、スタート時の飛び込み以外、体重を負荷として脚筋力を瞬間的に発揮するバリストックタイプの運動がほとんどみられない。最大筋力の発達のためには一定強度以上の負荷刺激が必要であるが、水泳は最大筋力の発達に有効な刺激であるとはいえない²¹⁾。つまり、水泳練習においてキックは頻繁に行われるが、脚筋の最大筋力を発達させる強い刺激ではなく、また、選手は記録向上のために、筋力トレーニングを実施していると考えられるが、移動の主体が腕であるために、脚筋力よりも肩腕や上体の筋力向上に主眼が置かれる傾向にある。以上のような理由から、脚筋力に差異が認められなかったと思われる。水泳選手の神経機能に関する研究は極めて少ない。本研究の結果では全身の機敏で素早い移動、瞬間的な筋収縮が伴うテスト変量に差異が認められなかった。水泳の場合、そのような筋収縮を伴う運動の機会が極めて少なく、従って、水泳だけを行っている限り、全身の敏捷性の発達はあまり期待出来ないと推測される。柔軟性は、水泳運動の成就に重要な体力要因の一つとして考えられている^{5,6,8,9,10,22,24)}。本研究の結果では、角度法による身体部位の柔軟性にはいずれも有意な差異があるとは認められなかった。各身体部位の柔軟性は成長期において必ずしも加齢とともに発達するとは限らない³⁴⁾。選手の場合、中学から高校生の年齢段階において柔軟性が向上しなかったというより、中学生の段階においてすでに水泳に

必要な柔軟性が十分に発達していたと考えられる。また、選手にとって柔軟性が極端に劣っているならば問題であるが、柔軟性が優れている程よいという訳でもなく、一定以上の柔軟性があれば支障はないと考えられる。成長期においては、水泳に必要な柔軟性が高められ、水泳を継続している限り、それ以上の向上も低下もなくそれが維持される可能性があると考えられる。従って、水泳選手の柔軟性の発達傾向は一般人の場合と異なるであろう。一般に $\dot{V}O_{2max}$ や PWC_{max} は中学・高校生の年齢段階において加齢とともに増加する³⁴⁾。しかし、本研究の結果では、中学生と高校生との間に有意な差異があるとは認められなかった。選手は小学校時代からすでに相当ハードなトレーニングを開始しており心肺機能が発達している。換言すれば、選手的心肺機能は低年齢からのハードな訓練により一般的な発達よりも早められていると考えられる。個人の能力の発達には限界があり、中学生段階で十分発達した能力が高校生になって同様なトレーニングを継続したとしても大きな発達は期待できない。若年期におけるハードな身体訓練は一般的な機能の発達パターンに変化をもたらす可能性があると考えられる。しかしながら、今回の資料は、心拍数からの推定値であり、また、横断的資料であることからこの点に関しては追跡研究が必要であろう。

V. ま と め

本研究の目的は、若い競泳選手の身体特性を性差および発達差の観点から明らかにすることであった。被験者は、中学および高校競泳選手47名、一般中学生124名であった。形態、筋力、柔軟性、神経機能、および心肺機能の各身体要因を代表する53変数が選択された。以下の事が明らかにされた。

1. 中学水泳選手は同年代の一般生徒に比べて、男子の場合は体脂肪が少なく、体格全般に勝り、静的・動的筋力、柔軟性、全身の敏捷性、および心肺機能に勝る。女子選手の場合は体格面および一般的な静的筋力にはほとんど差異が認められなかったが、他の機能については男子の場合と

ほぼ同様な傾向が認められた。

2. 中学男子選手は女子選手に比べて、身長や骨端幅が大きく、筋力や心肺機能において優れるが、神経機能や柔軟性にはほとんど性差がない。一般中学生の場合も心肺機能以外において選手とほぼ同様な性差が認められた。

3. 高校水泳選手は中学選手に比べて、量育や周育に勝り、筋力では肩腕や上体の静的筋力および筋持久力、ならびに静的平衡性に勝るが、脚的・静的筋力、柔軟性、および心肺機能には差があるとは認められなかった。

(受付 平成2年11月20日)

文 献

- 1) 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺 融(1984): 競泳, 飛込, 水球, シンクロナイズド・スイミング, 日本泳法, 現代体育・スポーツ体系, 第14巻. 講談社, 東京, 6-19.
- 2) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and Keys, A. (1963): Densitometric analysis of body composition. review of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140.
- 3) Bruce, W. M. and Malina, R. M. (1985): Changes in body composition and physique of elite university-level female swimmers during a competitive season. *J. Sports Sci.*, **3**, 33-40.
- 4) Clarke, D. H. and Vaccro, D. (1979): The effect of swimming training on muscular performance and body composition in children. *Res. Quart.*, **50**, 9-17.
- 5) Cureton, T. K. (1930): Mechanics and kinesiology of swimming (the crawl flutter kick). *Res. Quart.*, **1**, 87-121.
- 6) Cureton, T. K. (1941): Flexibility as an aspect of physical fitness. *Res. Quart.*, **12**, 381-391.
- 7) Cureton, T. K. (1963): Improvements in physical fitness associated with a course of U. S. navy underwater trainees, with and without dietary supplements. *Res. Quart.*, **34**, 440-447.
- 8) Cureton, T. K. (1961): Physical fitness of champion athletes. *Univ. of Illinois Press, Urbana Illinois*, 11-60.

- 9) Counsilman, J. E. (1968) : The science of swimming, Preitice Hall., 204, 308.
- 10) Counsilman, J. E. (1977) : Competitive swimming manual for coaches and swimmers. Counsilman, Co. Inc., 125-130.
- 11) Davis, J. F. (1959) : Effects of training and conditioning for middle distance swimming upon various physical measures. Res. Quart., **30**, 399-412.
- 12) Dickson, C. A. (1971) : The effects of swimming instructin method on selected aspects of physical fitness. Doctoral dissertation, University of Texas.
- 13) 出村慎一, 松浦義行(1979) : 筋力と水泳パフォーマンスとの関係. 体育学研究, **24**, 59-70.
- 14) 出村慎一, 松浦義行(1982) : 大学男子水泳選手のための柔軟性組テスト. 体力科学, **31**, 94-102.
- 15) 出村慎一(1983) : 水泳能力因子構造の性差—中学生水泳選手—. 体育学研究, **27**, 287-299.
- 16) 出村慎一(1983) : 中学生水泳選手の形態, 筋力, 及び柔軟性の性差・学年差の検討. 体力科学, **32**, 8-16.
- 17) 出村慎一(1984) : 泳法別に見た水泳選手の形態, 筋力, 柔軟性, 及び神経機能の比較. 体育学研究, **29**, 25-34.
- 18) 出村慎一(1986) : 大学競泳選手の体格, 体力, 及び水泳技能の性差. 体育学研究, **31**, 151-161.
- 19) Demura, S.(1988) : Relationship of physique with crawl swimming performance in competitive college male swimmers, Bull. Faculty of Education, Kanazawa University, **38**, 135-143.
- 20) Demura, S. (1990) : Factorial structure of swimming ability and its sexual difference in well-trained schoolchild swimmers. Japan. J. Phys. Educ., 36 (in press).
- 21) Faulkner, J. A. (1966) : Physiology of swimming. Res. Quart., **37**, 41-54.
- 22) Healey, J. H. (1970) : A comparative study to determine the relationship between plantar flexion at the ankle joint and success in selected skills in swimming. Doctoral dissertation, Univ. of Utah.
- 23) 池上晴夫(1990) : 適度な運動とは何か?. 講談社, 東京, 179-220.
- 24) Jorndt, G. T. (1973) : The effects of exercise on ankle flexibility and on three swimming kick. Doctoral dissertation, Univ. of Utah.
- 25) 松浦義行(1983) : 体力の発達. 朝倉書店, 東京, 68-122.
- 26) 松田岩男, 小野三嗣(1974) : スポーツマンの体力測定. 大修館, 東京, 77-112, 230-232.
- 27) 松井三雄, 水野忠文, 江橋慎四郎(1974) : 体育測定法. 体育の科学社, 東京, 42-170.
- 28) 宮下充正(1970) : 水泳の科学~キネシオロジーと指導への応用~. 杏林書院, 東京, 1-25.
- 29) 長嶺晋吉(1979) : スポーツとエネルギー・栄養, 現代のスポーツ科学講座, 第2巻. 大修館, 東京, 259-283.
- 30) 大山良徳(1974) : 体力づくりと身体柔軟性. 不味堂, 東京, 224-256.
- 31) Ross, D. T. (1970) : Selected training procedures for the development of arm extensor strength and swimming speed of the sprint crawl stroke. Doctoral dissertation, Univ. of Arkansas.
- 32) Sprague, H. A. (1976) : Relationship of certain physical measurements to swimming speed. Res. Quart., **47**, 810-814.
- 33) 高石昌弘, 樋口 満, 小島武次(1983) : からだの発達—身体発達学へのアプローチ—. 大修館書店, 東京, 129-238.
- 34) 東京都立大学身体適性学研究室編(1989) : 日本人の体力標準値, 第4版. 不味堂, 東京.
- 35) Wade, C. E. (1976) : Effect of a season's training on the body composition of female college swimmers. Res. Quart., **47**, 292-295.
- 36) Zaciorsky, V. M., und Safarjan, I. G. (1972) : Untersuchung von Factoren zur Bestimmung der maximalen Geschwindigkeit im Freistilschwimmen. Theorie und Praxis der Körper Kultur, 695-708.