昭和57年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. Ⅸ　陸上中，長距離選手の心機能ならびに有酸素的作業能に関する縦断的研究

―第１報―

財団法人　日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和57年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告

NO. Ⅸ 陸上中、長距離選手の心機能ならびに有酸素的作業能に関する縦断的研究

――第1報――

報告者　(財)日本体育協会　スポーツ科学研究所
雨宮輝也　黒田善雄　塚越克己　伊藤静夫　金子敬二
松井美智子

研究協力者　有吉正博(東京学芸大学)　沢木啓祐(順天堂大学)
山西哲郎(群馬大学)　佐々木功(新日本電気KK)

はじめに

われわれは中学，高校，大学，実業団のそれぞれの立場で陸上中・長距離選手の体力，競技力に興味をもつ指導者との間で，しばしば話題になる問題のひとつに，同じようにトレーニングを継続しているにもかかわらず，競技力に差が生じてくることである。

これまで全身持久性のトレーニングを実施した結果，作業成績は向上し，最大酸素摂取量，酸素摂取水準の改善がみられてきた[1)2)3)4)]。事実一流競技選手の最大酸素摂取量は二流，大学クラスの選手よりは明らかに高い[5)]。しかしながら彼らの能力がトレーニングとの関わりの中で，いつの時点から変化してきたか，明確に把握されていない。

小林[6)]によるとジュニア陸上優秀選手のAerobic Powerの発達はトレーニングを持続したならば増加パターンを描き，個人差はあるが70ml/kg/min以上の値を示すと報告している。

また古くから全身持久性のトレーニングを長期にわたって継続することにより，胸部X線の心影像が大きくなることが「スポーツ心臓」の呼称で知られている[7)]。また最近は超音波エコー図の利用がスポーツ心臓の究明に活用されるようになってきた。

そこで今回われわれは18才～19才を中心とした陸上中・長距離選手を対象に全身持久性のトレーニングを積むことが，彼らのX線心影像，心エコー図，心電図ならびに有酸素時作業能にいかなる影響を及ぼすか，練習内容，Performanceの変化等を記録しながら，縦断的にとらえようとした。本報告はその第1年次の結果である。

研究方法

(1)被検者：本研究の被検者は大学1年生及び高校から実業団入社1～2年目の18歳から19歳を中心とした陸上中・長距離選手24名を対象に実施した。**表1**に被検者の一覧表を示したが，被検者KUを除き高校生時代あるいは中学生の頃からこれまで継続して規則的な陸上競技のトレーニングを行なってきたものである。従って競技の経験年数は3年または6年間続いている者が多い。

(2)トレーニング内容：トレーニング内容は5月の1週間にわたるスケジュールを**表2**に示した。各大学に所属する選手の競技水準や指導者の方針によって異っているが，その主な内容は，インターバル，時間走，ファトレク，タイムトライアル，レペティション，L.S.D.(Long Slow Distance)等である。なお年間を通してのトレーニング内容ではトラック試合(4月～10月)以後は大学箱根駅伝競走を目ざしたロード中心の内容のものが増える傾向にある。

(3)最大酸素摂取量：最大酸素摂取量にはトレッドミルを用い傾斜を登り勾配5度(約8.7%)に保ち，スタートから3分間は一定スピードで走行させ，3分以降は2分ごとに20m/minづつ漸増させexhaustionに達するまで走行させた。採気はダグラスバック法で行い，呼気分析はウエストロン社製の質量分析型呼気ガス分析装置(WMBS 1300)を使用した。なお較正にはショランダー微量ガス分析器を用いて行なった。最大酸素摂

取量測定時の環境条件は温度20°C，湿度60％の　　一定条件下で実施した。

表1．被検者一覧表

被検者	年齢 歳	体重 kg	身長 cm	経験年数	競技記録（自己最高）		
					1,500m	5,000m	10,000m
S.K.	18	55.8	168.5	6		15′55″8	
S.H.	18	57.2	176.5	6		15′27″3	31′54″
E.S.	19	59.4	169.5	8	4′09″2	15′29″0	33′41″
M.K.	18	52.4	163.3	5	4′12″5	15′57″0	33′34″
A.N.	18	53.8	171.4	3	4′18″0	16′11″0	33′50″
M.I.	23	55.1	165.7	6		15′24″0	32′30″
A.T.	19	56.0	171.0	6		15′53″0	31′59″
K.A.	18	57.5	164.7	3	4′40″0		
Su.K.	18	58.7	169.1	6	4′32″0	16′59″0	36′38″
T.I.	19	50.0	168.3	6	4′10″0	15′42″0	32′08″
Y.T.	18	61.7	169.0	6	4′15″8		35′02″
J.S.	19	48.5	163.2	6	4′24″0		
H.K.	18	54.8	170.0	6	4′27″0	18′00″0	
K.U.	19	62.0	171.8	0.2			
Si.K.	18	53.1	165.7	3	3′58″8	14′52″0	31′00″
M.M.	19	56.0	162.7	7	4′09″0	14′49″0	30′31″
T.T.	19	62.3	176.4	6	3′58″6	14′52″0	31′35″
T.K.	18	62.4	176.2	6	4′01″9	15′04″0	31′18″
S.O.	18	60.7	176.5	6	4′02″0	14′55″6	33′01″
T.O.	18	58.6	172.5	6	3′58″5	14′27″8	30′46″
M.T.	18	69.5	177.0	3	4′00″6	15′01″2	30′14″
S. Ko.	19	63.4	176.4	6	3′58″2	15′28″0	32′12″
Y.I.	19	61.5	177.0	3	3′52″5	14′27″4	31′43″
K.T.	20	55.9	168.5	3	4′06″6	15′15″9	32′00″

表2　トレーニング計画

	A Univ.		B Univ.	
	Training contents	Distance km	Training contents	Distance km
Mon.	Free		Free	
Tue.	15km running (75～80%)	15	3000m Dash Interval	5
Wed.	1000m×12	15	1000m Interval×7	10
Thu.	Free		Jogging(60min)	15
Fri.	Jogging(90min)	20	Free(jogging)	10
Sat.	3000m T.T. Jogging(20min)	10	5000m T.T.	5
Sun.	25km T.T.	25	L.S.D(90min)	20
	TOTAL	85		65

(4)心臓容積：心臓容積は立位による背腹位と左側面位から心拍同調装置によって胸部X線撮影した心臓影からMoritzの方法で心臓容積を算出した[8]。

(5)心エコー図：心エコー図はMモード法により，安静仰臥位での大動脈径（AOD），左房径（LAD），左室拡張終期径（LVDd），左室収縮終期径（LVDS），心室中隔厚（IVST），左室後壁厚（LVPWT）を測定した。これら測定値をもとに左室を回転楕円体とみなし左室容積，駆出量，左室駆出分画，左室心筋重量を以下の式で求めた。

$LVEDV = (LVDd)^3$

$$LVESV = (LVDs)^3$$
$$SV = LVEDV - LVESV$$
$$EF = \frac{SV}{LVEDV}$$
$$LVmass = \{(IVST + LVDd + PWT)^3 - (LVDd)^3\} \times 1.05$$

最大酸素摂取量，心臓容積，心エコー図ともに5月の下旬から6月にわたり実施した。

結　　果

(1)競技記録

各被検者の1500m，5000m，10000mの自己最高記録は表1に示すごとくである。24名の中で最高記録は1500m3分52秒5，5000m14分24秒4，10000m30分14秒であった。空欄はこれまで正式な競技会に出場していないため，公認された記録がないも

表3　最大酸素摂取量測定結果

Subjects (被　検　者)		$\dot{V}O_2max$ (最大酸素摂取量) mℓ/min	mℓ/kg/min	$\dot{V}E$ (換気量) ℓ/min	MaxH.R (最高心拍数) beats/min	MaxR.R (最高呼吸数) cycles/min
1	S.K.	3656	65.53	142.6	198	74.0
2	S.H.	4124	72.10	141.1	192	60.5
3	E.S.	4077	68.64	168.8	184	76.5
4	M.K.	3678	70.19	147.6	203	66.5
5	A.N.	3542	65.83	126.1	194	61.0
6	M.I.	4208	76.37	154.7	182	78.2
7	A.T.	3617	64.59	140.1	203	69.5
8	K.A.	4003	69.62	129.6	192	69.0
9	Su.K.	4190	70.08	154.4	194	64.5
10	T.I.	3244	64.89	122.2	189	72.5
11	Y.T.	3717	60.54	145.3	187	81.0
12	J.S.	3329	68.64	127.3	202	59.5
13	H.K.	3700	67.51	120.3	194	59.0
14	K.U.	3851	62.12	142.9	200	60.0
15	Si.K.	4075	76.75	135.4	199	62.0
16	M.M.	4099	73.20	150.3	197	66.5
17	T.T	4505	72.30	152.2	188	65.5
18	T.K.	4604	73.90	153.5	197	61.0
19	S.O.	4241	69.87	142.4	188	62.0
20	T.O.	4224	72.08	157.3	192	92.0
21	M.T.	5122	73.70	175.4	194	71.0
22	S. Ko.	4197	66.20	145.1	188	63.0
23	Y.I.	4180	67.97	146.4	186	77.0
24	K.T.	3877	69.35	153.0	203	63.0

のである。被検者K.Uは高校時代まで山岳部に所属し，大学に入ってから陸上競技部に入部しトレーニングを開始した。

(2)最大酸素摂取量

最大酸素摂取量については**表3**に示した。24名の平均値は4003ml/min，体重当り69.25ml/kg/minであった。最も高い者で被検者S.Kの76.75ml/kg/min，最低が被検者Y.Tの60.54ml/kg/minであった。

そこで最大酸素摂取量と記録の関係をみると**図1**のようになる。すなわち1500mはr＝−0.3050，5000mはr＝−0.4304，10000mはr＝−0.4883（P<0.05）であって，10000mのみ有意な関係がえられた。24名の最大酸素摂取量について，60ml/kg/min台をAグループ，70ml/kg/min台をBグループに区別するとそれぞれ12名づつに分けられ，平均値はAグループ65.98±2.58ml/kg/min，Bグループ 72.51±2.30ml/kg/minであった。なおその他の項目についても**表4**に両グループの平均値，標準偏差CV，最小，最大を示した。

(3)心臓容積

X線心影像の計測値は**表5**に示すごとくである。24名の平均心臓容積は669±111mlで，最大は被検者S.Koの899ml，最小は被検者T.Iの494mlであった。

(4)心エコー図

心エコー図の計測値は**表6**に示すごとくである。平均値は左室拡張終期径（LVDd）が46.89mm，左室収縮終期径（LVDs）が31.22mm，左室拡張終期容積（LVEDV）105.15ml，左室収縮終期容積（LVESV）が31.76ml，心室中隔厚（IVST）が9.03mm，左室後壁厚（LVPWT）が9.50mm，左室心筋重量（LVmass）187.04g，駆出量（SV）が73.40mlであった。

最大酸素摂取量と心臓容積，LVmassとの関係をみると，最大酸素摂取量と心臓容積との間にはr＝0.600（P<0.01）で有意な相関関係が認められた。（**図2**）その回帰直線は$\hat{Y}$＝2.210×＋2524.4となった。なおグループAおよびグループBについても両者の関連を図中に示した。

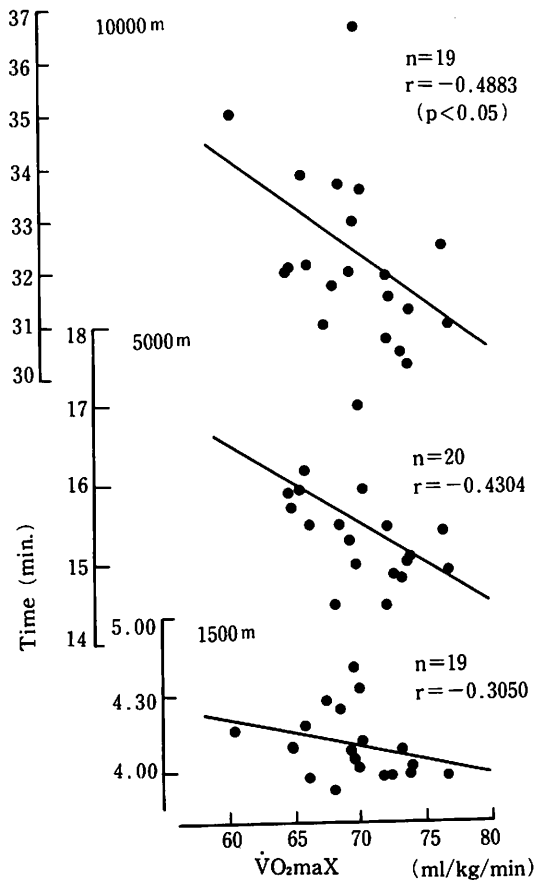

図1　最大酸素摂取量と記録の関係

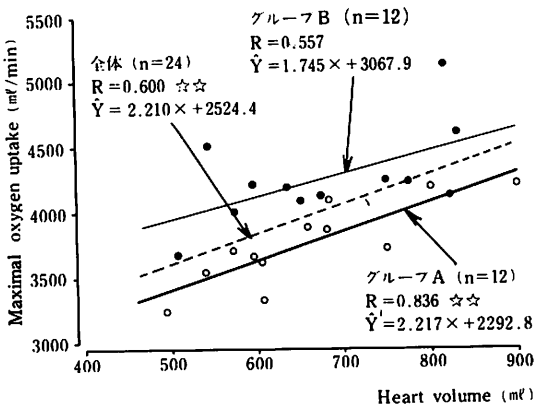

図2　心臓容積と最大酸素摂取量との関係

表4　グループA，グループBの測定結果（平均値，標準偏差，変動係数，最小，最大）

		Wt.（体重）kg	Ht.（身長）cm	$\dot{V}O_2$ max（最大酸素摂取量）mℓ/min	mℓ/kg/min	$\dot{V}_E$（換気量）ℓ/min	Max H.R（最高心拍数）beats/min	Max R.R（最高呼吸数）cycles/min	H.V（心臓容積）mℓ	HV/B.S.A mℓ/m²	HV/wt mℓ/kg	$\dot{V}O_2$ max/H.V mℓ/mℓ
グループA	MEAN	56.90	170.38	3748.92	65.98	140.01	194.00	68.00	656.67	390.78	11.48	5.80
	S.D.	4.60	3.53	292.21	2.58	13.44	6.78	7.62	110.11	50.72	1.24	0.60
	C.V.	8.1	2.1	7.79	3.91	9.00	3.50	11.21	16.77	12.98	10.83	10.28
(n=12)	MIN	48.50	163.2	3244.00	60.54	120.30	184.00	59.00	494.00	314.40	9.90	4.67
	MAX	63.40	177.0	4197.00	69.35	168.80	203.00	81.00	899.00	500.00	14.20	6.57
グループB	MEAN	58.63	170.53	4256.08	72.51	149.49	193.17	68.23	680.92	400.43	11.59	6.37
	S.D.	4.49	5.63	343.26	2.30	11.28	5.35	8.61	109.62	53.45	1.59	0.88
	C.V	7.7	3.3	8.07	3.18	7.54	2.77	12.62	16.10	13.35	13.68	13.82
(n=12)	MIN	52.40	162.7	3678.00	69.62	129.60	182.00	60.50	509.00	304.40	8.70	5.01
	MAX	69.50	177.0	5122.00	76.75	175.40	203.00	92.00	831.00	478.20	14.40	8.30

		LVDd（左室拡張終期径）mm	LVDs（左室収縮終期径）mm	IVST（心室中隔厚）mm	LVPWT（左室後壁厚）mm	LVEDV（左室拡張終期容積）mℓ	mℓ/m²	LVESV（左室収縮終期容積）mℓ	mℓ/m²	S.V（駆出量）mℓ/beat	mℓ/m²	EF（駆出分画）%
グループA	MEAN	45.58	30.71	8.85	9.23	95.54	56.93	29.40	17.53	66.14	39.40	69.14
	S.D.	2.46	2.17	0.79	0.93	15.56	7.63	6.18	3.33	12.37	6.46	4.71
	C.V.	5.40	7.08	8.90	10.11	16.29	13.40	21.02	19.02	18.71	16.40	6.80
(n=12)	MIN	42.00	27.00	7.00	7.40	74.10	44.50	19.70	11.80	52.40	32.60	61.50
	MAX	50.00	35.00	10.00	10.00	125.00	70.90	42.90	23.90	91.00	55.20	77.80
グループB	MEAN	48.19	31.74	9.21	9.77	114.75	67.13	34.12	20.00	80.65	47.13	70.95
	S.D.	4.34	4.65	1.07	1.21	34.78	17.11	16.18	9.03	24.38	11.69	8.27
	C.V.	9.02	14.64	11.67	12.39	30.31	25.49	47.42	45.14	30.23	24.81	11.65
(n=12)	MIN	42.00	24.00	8.00	8.10	74.10	45.80	13.80	8.50	60.30	37.30	48.90
	MAX	60.00	41.50	11.00	12.00	216.00	115.30	71.50	41.80	152.00	81.10	81.40

		LVmass（左室心筋重量）g	g/m²
グループA	MEAN	171.66	102.62
	S.D.	15.74	8.67
	C.V.	9.17	8.45
(n=12)	MIN	137.90	87.90
	MAX	198.90	113.20
グループB	MEAN	202.43	119.07
	S.D.	40.58	20.93
	C.V.	20.04	17.58
(n=12)	MIN	154.60	97.00
	MAX	310.80	165.80

表5　X線心影像計測値

Subjects (被検者)		L (心縦径) cm	uBr (心幅径) cm	oBr (心幅径) cm	cardiac surface (心方形面積) cm²	Lmax (深径) cm	Heart Volume (心臓容積) mℓ	HV/B.S.A. (心容積/体表面積) mℓ	HV/Wt (心容積/体重) mℓ/kg	$\dot{V}O_2$ max/HV mℓ/mℓ
1	S. K	13.3	5.2	5.5	142.3	9.5	595	361.3	10.6	6.15
2	S. H	15.8	6.6	5.0	181.7	10.2	823	478.2	14.4	5.01
3	E. S	14.5	5.5	4.7	147.9	10.5	683	402.0	11.5	5.97
4	M. K	12.7	5.5	4.3	124.5	9.3	509	324.6	9.7	7.23
5	A. N	13.7	5.1	5.2	141.1	8.7	540	328.9	10.0	6.56
6	M. I	14.7	5.0	4.9	145.5	9.3	596	368.4	10.8	7.06
7	A. T	14.0	5.3	4.8	141.1	9.7	604	362.3	10.8	5.99
8	K. A	14.2	5.5	4.7	144.8	9.0	574	349.8	10.0	6.97
9	Su. K	14.1	6.0	5.0	155.1	9.3	635	376.4	10.8	6.60
10	T. I	13.2	5.1	4.9	132.0	8.5	494	314.4	9.9	6.57
11	Y. T	15.2	5.9	5.3	170.2	10.0	749	434.7	12.1	4.96
12	J. S	14.5	5.8	5.4	162.4	8.5	607	400.4	12.5	5.48
13	H. K	13.8	5.4	4.5	136.6	9.5	571	347.1	10.4	6.48
14	K. U	15.2	5.9	4.8	162.6	9.5	680	389.2	11.0	5.66
15	Si. K	14.9	5.9	5.0	162.4	9.1	650	408.0	12.2	6.27
16	M. M	15.0	5.8	4.4	153.0	10.0	673	418.5	12.0	6.09
17	T. T	13.4	5.2	4.7	132.7	9.3	543	304.4	8.7	8.30
18	T. K	15.9	6.6	5.4	190.8	9.9	831	465.8	13.3	5.54
19	S. O	14.9	6.3	5.0	168.4	10.1	748	423.8	12.3	5.67
20	T. O	14.7	6.0	5.4	167.6	10.5	774	452.4	13.2	5.46
21	M. T	14.5	6.7	5.7	179.8	10.3	815	434.9	11.7	6.28
22	S. Ko	16.0	6.9	5.5	198.4	10.3	899	500.0	14.2	4.67
23	Y. I	15.0	6.5	5.5	180.0	10.1	800	449.7	13.0	5.23
24	K. T	14.8	5.4	4.7	149.5	10.0	658	399.3	11.8	5.89

表6　心エコー図計測値

		AOD (大動脈径) mm	LAD (左房径) mm	IVST (心室中隔厚) mm	IVST /B.S.A. mm/m²	LVPWT (左室後壁厚) mm	LVPWT /B.S.A. mm/m²	LVDd (左室拡張期径) mm	LVDd /B.S.A. mm/m²	LVDs (左室収縮期径) mm	LVDs /B.S.A. mm/m²	LVEDV (左室拡張期容積) mℓ	LVEDV /B.S.A. mℓ/m²	LVESV (左室収縮期容積) mℓ	LVESV /B.S.A. mℓ/m²	SV (駆出量) mℓ	SV /B.S.A. mℓ/m²	EF (駆出分画) %	LVmass (左室心筋重量) g	LVmass /B.S.A. g/m²
1	S. K	30	26	10	6.1	10	6.1	44	26.7	30	18.2	85.2	51.7	27.0	16.4	58.2	35.3	68.3	185.8	112.8
2	S. H	30	32	9	5.2	9	5.2	45	26.2	29	16.9	91.1	52.9	24.4	14.2	66.7	38.8	73.2	166.9	97.0
3	E. S	27	30	8	4.7	10	5.9	44	25.9	31	18.3	85.2	50.2	29.8	17.5	55.4	32.6	65.0	160.8	94.6
4	M. K	27	28	8	5.1	9	5.7	45	28.7	30	19.1	91.1	58.1	27.0	17.2	64.1	40.9	70.4	154.6	98.6
5	A. N	28	27	9	5.5	10	6.1	45	27.4	31	18.9	91.1	55.5	29.8	18.2	61.3	37.3	67.3	179.6	109.4
6	M. I	31	32	10	6.2	10	6.2	42	26.0	24	14.8	74.1	45.8	13.8	8.5	60.3	37.3	81.4	172.5	106.6
7	A. T	27	28	9	5.4	10	6.0	42	25.2	27	16.2	74.1	44.5	19.7	11.8	54.4	32.6	73.4	160.5	96.3
8	K. A	26	27	9	5.5	10	6.1	47	28.6	32	19.5	103.8	63.3	32.8	20.0	71.1	43.3	68.5	192.9	117.6
9	Su. K	29	29	8	4.7	9	5.3	47	27.9	30	17.8	103.8	61.5	27.0	16.0	76.8	45.5	74.0	166.2	98.5
10	T. I	25	25	9	5.7	10	6.4	44	28.0	32	20.4	85.2	54.2	32.8	20.9	52.4	33.4	61.5	173.1	110.2
11	Y. T	27	31	9	5.2	9	5.2	46	26.7	31	18.0	97.3	56.5	29.8	17.3	67.5	39.2	69.4	173.0	100.4
12	J. S	33	27	8	5.3	9	5.9	42	27.7	27	17.8	74.1	48.9	19.7	13.0	54.4	35.9	73.4	137.9	91.0
13	H. K	27	30	9	5.5	10	6.1	46	28.0	33	20.1	97.3	59.2	35.9	21.8	61.4	37.3	63.1	186.2	113.2
14	K. U	27	30	7	4.0	9	5.2	47	26.9	30	17.2	103.8	59.4	27.0	15.5	76.8	44.0	74.0	153.5	87.9
15	Si. K	24	26	10	6.3	11	6.9	47	29.5	33	20.7	103.8	65.2	35.9	22.5	67.9	42.6	65.4	221.1	138.8
16	M. M	30	33	11	6.8	11	6.8	48	29.9	33	20.5	110.6	68.8	35.9	22.3	74.7	46.5	67.5	244.0	151.7
17	T. T	33	30	8	4.5	11	6.2	49	27.5	28	15.7	117.6	65.9	22.0	12.3	95.7	53.6	81.4	206.6	115.8
18	T. K	29	30	8	4.5	12	6.7	46	25.8	30	16.8	97.3	54.5	27.0	15.1	70.3	39.4	72.3	199.7	111.9
19	S. O	28.9	28.1	9.6	5.4	8.1	4.6	50.4	28.6	30.4	17.2	128.0	72.5	28.1	15.9	99 9	56.6	78.0	197.2	111.7
20	T. O	31.9	31.9	8.9	5.2	8.1	4.7	51.9	30.3	41.5	24.3	139.8	81.7	71.5	41.8	68.3	39.9	48.9	196.6	114.9
21	M. T	31.1	31.9	11.0	5.9	9.	4.8	60.	32.0	40.0	21.3	216.0	115.3	64.0	34.2	152.0	81.1	70.4	310.8	165.8
22	S. Ko	33.3	27.4	9.0	5.0	9.	5.0	50	27.8	35.0	19.5	125.0	69.5	42.9	23.9	82.1	45.7	65.7	198.9	110.6
23	Y. I	31.9	27.4	9.6	5.4	7.4	4.2	48.1	27.0	31.9	17.9	111.3	62.6	32.5	18.3	78.8	44.3	70.8	172.8	97.1
24	K. T	27.4	26.7	9.6	5.8	7.4	4.5	48.9	29.7	29.6	18.0	116.9	70.9	25.9	15.7	91.0	55.2	77.8	177.8	107.9

最大酸素摂取量とLVmassではr=0.701（P<0.001）と有意な相関がえられ，その回帰直線は$\hat{Y}$=8.300×+2450.1であった。（図3）

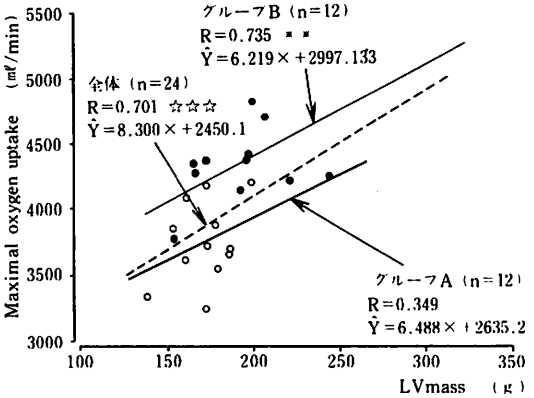

図3　左室心筋重量と最大酸素摂取量との関係

心臓容積とLVmassとの間にはr=0.326で有意な相関がえられなかった。（図4）

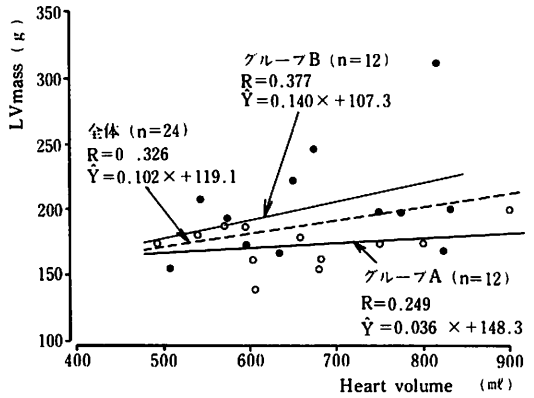

図4　心臓容積と左室心筋重力との関係

なお心エコー図の24名の最高値はLVDd60mm，LVDs41.5mm，LVEDV216.0ml，LVESV64.0ml，IVST11.0mm，LVPWT12.0mm，LVmass310.8g，SV152.0mlであった。

考　　察

本研究は全身持久性トレーニングを長期間にわたり継続することによる有酸素的作業能力の変化，心臓の形態的変化を縦断的に分析し，検討しようとして着手した研究の第1回目の報告である。従って今後今回の資料をもとに縦断的にトレーニングと心機能の改善の過程を分析していかなければならない。そこで対象とした本研究の被検者の実態について（1)一般人との比較（2)一流長距離選手との比較を行って被検者のレベルを明確にし研究を進めていきたい。

1．一般人との比較

これまで報告されているわが国一般人の1500m，最大酸素摂取量，心面積，LVmassの値について比較したのが図5である[9) 10) 11) 12)]。1500m r=15.077，最大酸素摂取量r=13.902，心面積r=4.076,LVmass r=4.040と両者の間にはいずれも0.1%水準で有意差が認められた。しかしながら被検者24名の平均体重，身長は57.8kg，170.5cmで同年齢の全国平均値61.7kg，170.2cmにほぼ等しい値である。このことはすでにこれまで3年間あるいは6年間にわたり定期的に実施してきた持久性トレーニングの影響が1500m以下の持久性因子の差として現われているものと思われる。特に

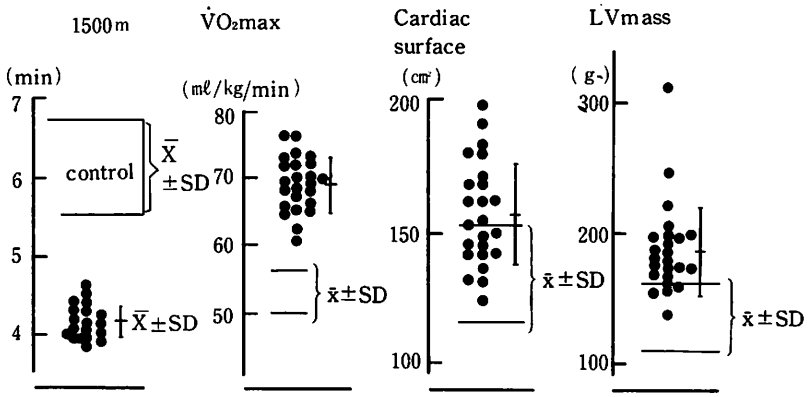

図5　一般成人との比較

performance，最大酸素摂取量に著しい差がみられた。

山地[13]は一般成人33名と大学陸上中・長距離選手の呼吸循環機能を調べ報告している。その報告によると，中・長距離選手の最大酸素摂取量，max$\dot{V}$e, maxDLo_2, maxQ 及びmaxSV は一般成人のそれぞれの項目よりも統計的に高い値（P<0.01）を示した。従って今回のわれわれの報告と同様，中・長距離選手は一般成人に比べ有酸素的作業能にすぐれていることが明らかである。

しかしながら表4，5にみられるように HV は494～899ml，LVmass は137.9～310.8g と最小値と最大値の間には大きな差があって，個人的には一般人と変らない値を示しているものも認められる。しかし performance は相当に高水準にあるわけで，今後これらの選手がどのように変化していくか興味がもたれる。

2．一流選手との比較

24名の平均最大酸素摂取量69.25±4.08ml/kg/min はこれまでわが国一流マラソン選手の84.23ml/kg/min 長距離選手の81.62ml/kg/minよりも劣っているのは明らかである[5]。今回の被検者を表4に示したように グループA($\dot{V}O_2$maxが平均66ml/kg/min)とグループB($\dot{V}O_2$maxが平均72.5 ml/kg/min)に区分し，わが国一流競技選手の最大酸素摂取量，performanceを比較すると図6のようになる[14]。当然のことであるが，グループAと一流選手（P<0.001）グループBと一流選手(P<0.05)の間には有意差が認められ，また5000mの記録はグループAとグループBともに一流選手と0.1%で有意差が認められ，有酸素的能力の劣っていることが performamce にも影響していることが明らかであった。

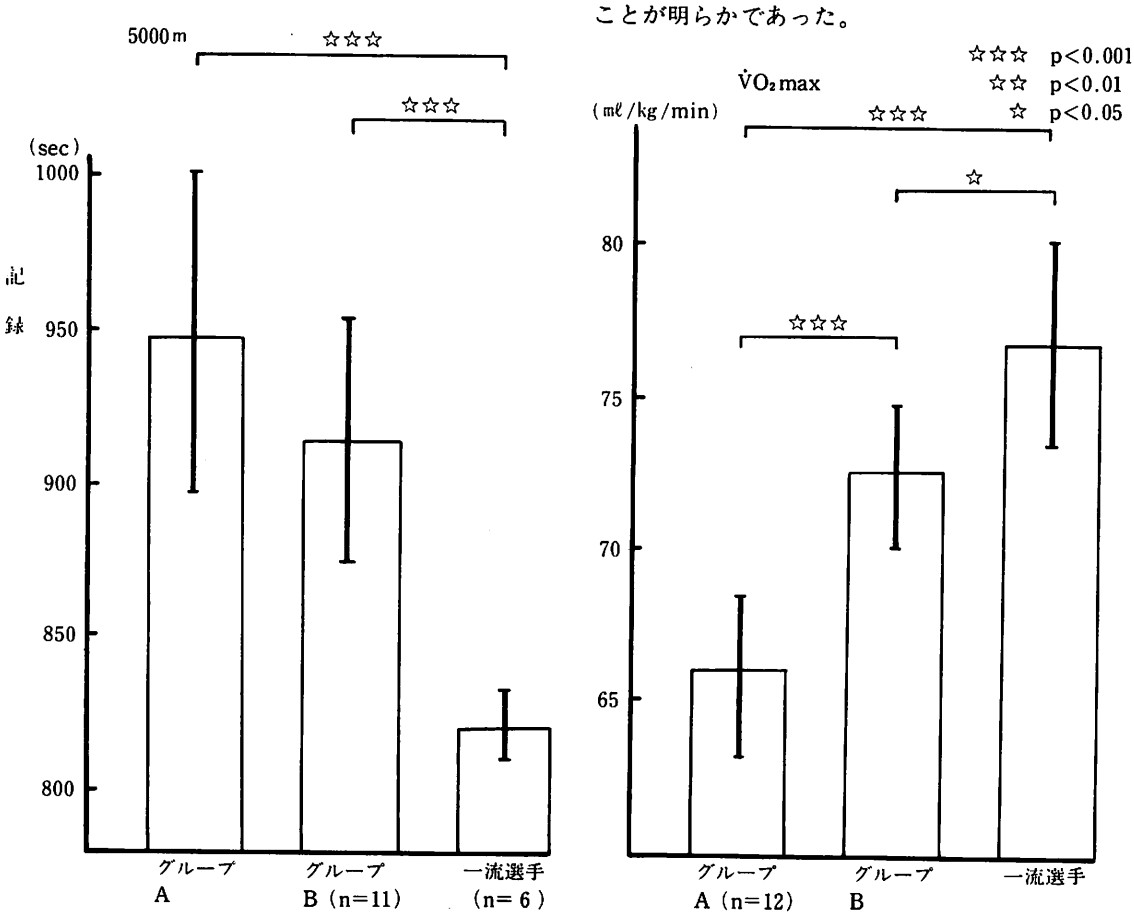

図6　5000m，VO_2maxの一流選手との比較

山地は3年間の全身持久性のトレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸循環機能に及ぼす影響の研究で対象にした大学生(18～24歳，n＝14名)1年次の最大酸素摂取量は68.1ml/kg/min, 1500m 4分19秒5, 5000m16分27秒6であったものが，3年間で最大酸素摂取量が増加した5名，最大酸素摂取量がほとんど変らない者4名，最大酸素摂取量が若干低下を示す者5名に分かれた。彼らの1500m，5000mの記録はどのグループも向上し，その要因として最大酸素摂取量が増加したグループはトレーニング前の水準と個人の遺伝的な上限との間にまだ伸びる余地が残されていたことが主な要因であって，トレーニング前後の最大作業時の心拍出量において統計的に有意な差が認められないことから，最大酸素摂取量の増加は主に動静脈酸素較差の増大によるものであるとしている。一方最大酸素摂取量に増加が認められないグループは，疾走フォームおよびペース配分等の技術的改良による疾走効率の改善，酸素負債量の改善，疾走時の酸素摂取水準の高まり等が考えられるとしている[1)2)]。従って今回の被検者についても，一流選手とは最大酸摂取量が低いばかりでなく，疾走時の酸素摂取水準の維持能力，疾走効率，酸素負債量にも差があるものと思われる。

次に心臓容積について一流選手と比較したのが図7の上段である。グループAは656.7±110.11ml，グループBは680.9±109.6ml，一流選手は773.2±96.03mlであった。体の大きさと心臓容積との間に密接な関係があるので，体表面積（B.S.A）で除した値を比較してみると，グループAの390.8±50.7ml/m^{2}と一流選手の460.6±54.4ml/m^{2}との間には5%水準で有意差が認められた。

Ekblom[15)]らのスウェーデン一流選手1140ml，二流運動選手960mlはわが国の一流選手よりも大きい値を示し，体表面積ではそれぞれ573ml/m^2，500ml/m^{2}と体表面積で除した値でもわが国一流選手よりも大きい。

X線の心影像から求めた心臓容積と最大酸素摂取量との間に高い正の相関関係がみられることは，これまでの多くの報告で認められていることから，心臓容積から全身持久性の能力を推定，評価することは可能であると思われる[16)]。

超音波心エコー図によれば，スポーツ心臓では左室内径の増大と左室心筋厚さの増加，すなわち，肥大拡張共にあるといわれている[7)]。

これまで内外の一流長距離選手の心エコー図に関する報告によると，Morganroth[17)]らは国際級のアメリカ長距離選手（n＝10人）を測定し，LVDd48～59mm，LVPWT10.8±0.2mm，LVEDV154.5±8.3ml，SV113.4±11.2ml，LVmass282.9±10.6gであった。

Zoneraich[18)]はアメリカのマラソンランナー(n＝12)を測定し，LVDd55.3±0.51mm, LVDs36.3±0.49mm，LVPWT10±2mm，LVEDV 172.69±48.33ml, LVESV50.42±27.78ml，SV 122.27±32.80ml，EF71±7%，LVmass212.43±55.86gと報告している。

Zeppilli[19)]はイタリアの一流水泳（n＝13人），中・長距離選手（n＝14）を測定しLVDd 50.6±4.4mm，LVDs 35±3.7mm，LVPWT 9.6±1.4mm，IVST 11.9±2.9mm，LVEDV 122.4±23.4ml，LVESV 49.2±12.85，SV 72.84±17.33ml，EF 59±8.67%，LVmass 244.5±22.3g，LVmass/BSA 133.8±9.1g/m^{2}であった。

Underwood[20)]らはアメリカのエリート長距離・マラソンランナー（n＝20人）を測定し，LVPWT 9.8±1.0mm，LVDd 51.0±3.8mm，LVDs 34.2±4.4mm，LVEDV 141.2±30.0ml，LVESV 44.1±14.2ml，SV 96.4±21.2ml，EF 67±7%，LVmass 189.0±34.9gと報告している。

伊藤[21)]らはアジアの長距離選手(n＝17人)を測定し，LVPWT 9.7±1.52mm，IVST 8.7±1.32mm，LVDd 50.2±4.22mm，LVDs 34.7±2.99mm，LVEDV 129.2±30.64ml，LVESV 42.8±10.61ml，SV 86.3±24.15ml，LVmass 208.5±45.86g，LVmass/BSA124.5±25.52g/m^{2}であった。

またわが国一流長距離選手（n＝6人）はLVPWT 10.2±0.70mm，IVST 8.5±1.1mm，LVDd 50.8±2.9mm，LVDs 36.3±2.4mm，LVEDV 132.8±23.5ml，LVESV 48.8±9.1ml，SV 84.0±22.0ml，EF 62.9±7.9%，LVmass 216.0±39.5g，LVmass/BSA 128.4±16.7g/m^{2}であった[14)]。

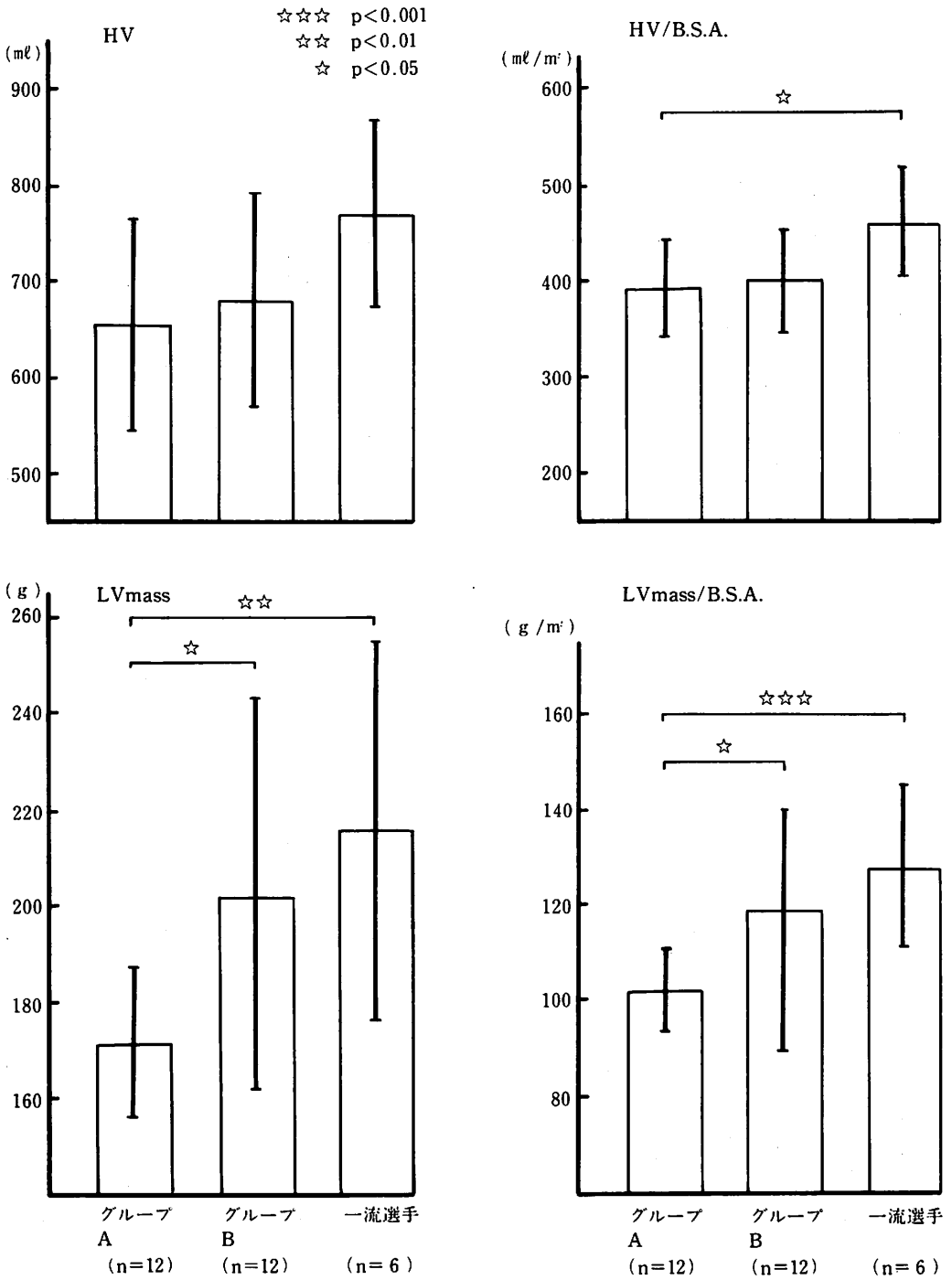

図7　HV，LVmassの一流選手との比較

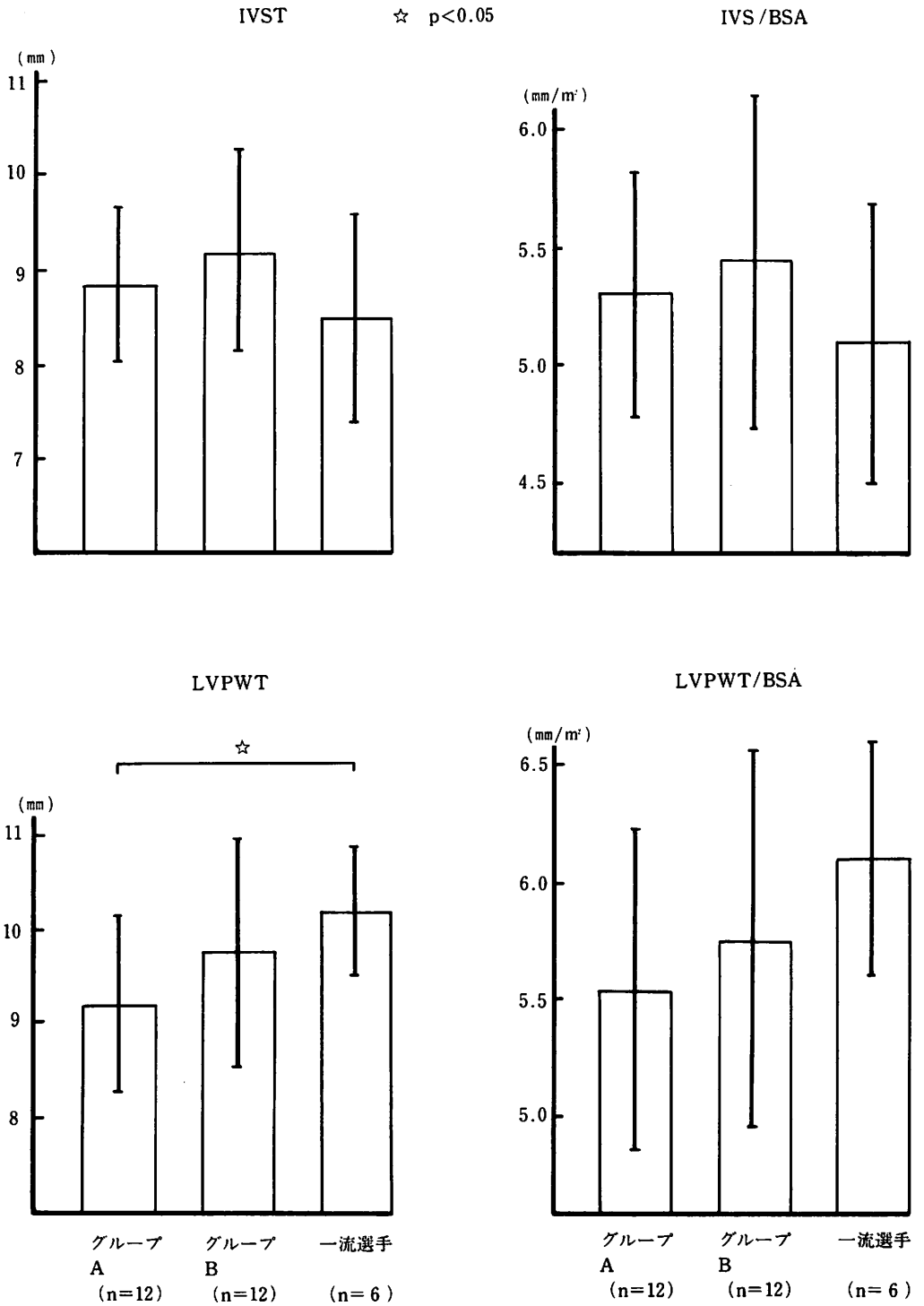

図8　IVST,LVPWTの一流選手との比較

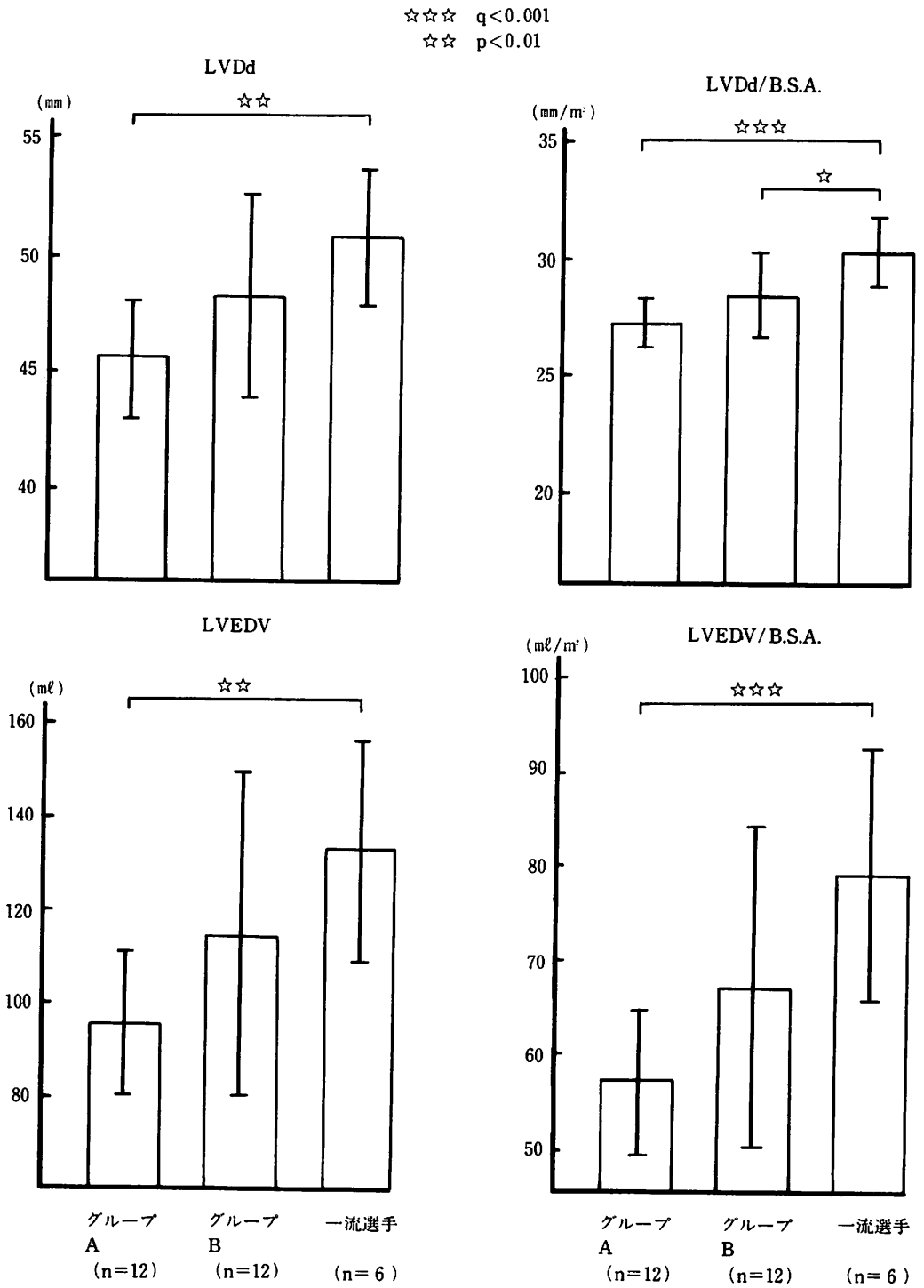

図9　LVDd,LVEDVの一流選手との比較

以上の一流長距離選手に比べ，今回の中・長距離選手は低い値であった。

わが国一流選手の最大酸素摂取量とLVPWT（r=0.541，p<0.01），LVEDV（r=0.405，p<0.01），LVmass（r=0.619，p<0.01）との間に有意な正の相関関係が認められており，有酸素的作業能に優れた者ほど心臓は拡大しており，それは心肥大並びに心拡張の両者が関与していることが示唆されたと報告している。本研究のグループAとグループBをわが国一流選手と比較してみると,図7,8,9のようになった。すなわちLVmass, LVmass/BSAともにグループAとグループBに5%，グループAと一流選手の間に1%，0.1%で有意差があった。IVST，IVST/BSA，LVPWT，LVPWT/BSAでは，LVPWTのグループAと一流選手との間に5%の有意差があったのみで，その他は統計的な差は認められなかった。

一方LVDdは，グループAと一流選手との間に1%，LVDd/BSAはグループA，グループBと一流選手との間にそれぞれ0.1%，5%，LVEDVはグループAと一流選手との間に1%，LVEDV/BSAはグループAと一流選手との間に0.1%の有意差があった。以上の結果から，中・長距離選手の心拡大が心筋の肥大より内腔の拡張から始まる傾向がみられた。今後トレーニングを継続していく中でperformanceの向上とともに，これらの選手が一流選手の心機能に近づくことが予測される。各個人のトレーニングの量及び質など縦断的資料を加えながら検討を進めていかなければならない。

まとめ

大学入学1年生及び高校から実業団入社1～2年目の18歳から19歳を中心とした陸上中・長距離選手24名を対象に最大酸素摂取量，心臓容積，心エコー図の縦断的測定の第1年次を実施し次のような結果をえた。

1．競技記録1500m，5000m，10000mと最大酸素摂取量との間には10000mのみr=−0.4883（p<0.05）で有意な相関関係が認められた。

2．24名の平均最大酸素摂取量は69.25±4.08 ml/kg/min心面積157.1±19.23cm²，LVmass 187.04±34.4gは同年齢の一般人に比べ0.1%水準で有意に大きい値を示した。

3．平均心臓容積668.79±110.53ml，HV/BSA 395.6±52.33ml/m²，LVmass187.04±34.4g，LVmass/BSA110.85±18.01g/m²で日本の一流長距離選手に比べ劣っていた。

4．最大酸素摂取量が66.0ml/kg/minのグループA（n=12名）と72.5ml/kg/minのグループB（n=12名）とわが国一流長距離選手（n=6名）の心容積，心エコー図を比較すると，心容積，LVDd，LVPWT，LVEDV，LVmass，は最大酸素摂取量が高いグループほど大きい傾向がみられたが，IVST，IVST/BSAについては必ずしもその傾向がみられず，長距離選手の心拡大が心筋の肥大より内腔の拡張に依存する傾向がみられた。

参考文献

1．Daniels, J and N. Oldbridge：Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training Med. Sci Sports 3, (4) 161—165, 1971.

2．山地啓司　他：3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響，体育学研究．21,(4) 181～189, 1976.

3．黒田善雄　他：酸素摂取水準の維持能力に関する研究．昭和46年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告，NO.Ⅶ，1971.

4．黒田善雄　他：酸素摂取水準の維持能力に関する研究．昭和50年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告，NO.IX，1975.

5．黒田善雄　他：日本人一流選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量—第3報—昭和52年度　日本体育協会スポーツ科学研究報告，NO.XⅢ，1977.

6．小林寛道：日本人のエアロビック・パワー．杏林書院，1982.

7．杉下靖郎：心臓と運動(2)—スポーツ心臓—，呼吸と循環，26,(9) 852，1978.

8．黒田善雄　他：心電図R棘同調装置によるX線心臓影に関する研究，昭和44年度日本体育協会スポーツ科学研究報告，NO.Ⅶ.

9．文部省体育局：体力・運動能力調査報告書.

10．朝比奈一男，浅野勝己，草野勝彦，中川功哉，道明博，砂本秀義：都市青少年の有酸素的作業能力に関する研究．体育学研究．16(4)：197—213，1972.

11．名取礼二，小川義雄，横堀栄，木村邦彦：最新体力測定法．同文書院，211—216，1970.

12. Toshihiro Nishimura, M. D., Yoshihisa Yamada, M. D., and Chuichi Kawai, M. D.: Echocardiographic Evaluation of long-term Effects of Exercise on Left Ventricular Hypertrophy and Function in Professional Bicyclists. Circulation, 61 (4), 1980.
13. 山地啓司：最大作業時の日本人一般成人と中・長距離選手の呼吸・循環機能一心臓容積を中心として一. 体育学研究. 18 (5), 1974.
14. 黒田善雄　他：わが国における代表的な競技選手についての健康診断, 体力測定報告昭和55年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, NO.Ⅶ, 1980.
15. Ekblom, B., and L. Hermansen,: Cardiac output in athletes. J, Appl. physiol. 25: 619—625, 1968.
16. Astrand, P. -O., Cuddy, T. E., Saltin, B. and Stenbeng, J.: Cardiac output during submaximal and maximal work. J. Appl. Physiol., 19, 268—274, 1964.
17. Morganroth, J., B. J. Maron, W. L. Henry, and S. E. Epstein,: Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. Ann. Intern. Med. 82: 521—524, 1975.
18. Zoneraich, S, J. J. Rhee, O. Zoneraich, et al: Assessment of cardiac Function in marathon runners by graphic noninvasive techniques. Ann N Y Acad Sci 301: 900—917, 1977.
19. Zeppilli, P., S. Sandric, F. Cecchetti, A. Spataro, and R. Fanelli,: Echocardiograhic assessments of cardiac arrangements in different sports activities, in "Sports Cardiology international conference."ed. T. Lubich and A. Venerando, Aulo Gaggi Publisher, Bologna, 723—734, 1980.
20. Underwood. R, H., and Schwade. J, L.,: Noninvasive analysis of cardiac function of elite distance runners -Echocardiography, vectorcardiography, and cardiac intervals. Annals New York Academy of Sciences, 297—309, 1977.
21. 日本陸上競技連盟：第4回アジア陸上競技大会体力測定報告, 日本陸上競技連盟. 1981