

昭和60年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.X 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 4 報——

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会



# 昭和60年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

## No.X 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 4 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

**研究協力者** 有吉正博 (東京学芸大学)

佐々木 功 (新日本電気フォームエレクトロニクス)

山西哲郎 (群馬大学)

#### I 目的

本研究は陸上中・長距離選手を対象に競技的に持久性トレーニングを継続的に実施することにより、有酸素的作業能ならびに心機能に及ぼす影響を明らかにする目的で研究を実施してきた。これまで大学あるいは実業団で競技的にトレーニングを積んでいる選手を縦断的に4年間も追跡した報告はみられない。

すでに第1報<sup>1)</sup>第2報<sup>2)</sup>第3報<sup>3)</sup>で研究の途中経過を報告した。それによるとすでに大学に入る3～4年前から本格的な持久性トレーニングを積んできたものが多く、有酸素的作業能に対するトレーニング効果がある程度高められた水準にあるので、これ以上効果を期待するのがむずかしい者が多いとおもわれた。しかしX線心画像や心エコー図からは心拡大の傾向がみられ、スポーツ心臓が形成されつつあると推察している。

以上のことから、本報告はこの研究のまとめとして4年間の測定結果について検討しようとするものである。

#### II 研究方法

##### (1) 被検者

本研究の被検者はすでに第1報で報告しているように1982年6月に大学1年生及び高校から実業団へ入社して1～2年目の18～19歳の男子中・長距離選手24名を対象として実施してされ、1983年には15名、1984年には12名、1985年の今回は12名の選手が残った。しかしながら12名の内けがなど本人の都合で4年間継続的に測定を実施できなかった3名を除く、9名である。

##### (2) 測定項目

イ. 最大酸素摂取量：最大酸素摂取量はトレッドミルによる負荷漸増法で測定した。すなわちトレッドミルに登り傾斜5度を保ち、スタートは120m/分の一定スピードで3分間走行させ、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、各スピードにおける後半1分間の採気も実施した。呼気分析はウエストロン社製、質量分析型呼気ガス分析装置(WMBS1300)を使用した。

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気温20℃、相対湿度60%の一定条件下で実施した。

ロ. 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心電図R波と同期させ胸部X線撮影による心臓影からMoritzの方法で算出した<sup>4)</sup>。

ハ. 心エコー図：心エコー図はMモード法により、安静仰臥位で大動脈径、左房径、左室拡張終期径、左室収縮終期径、心室中隔厚、左室後壁厚を測定した。これら測定値から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。

$$LVEDV = (LVDd)^3$$

$$LVESV = (LVDs)^3$$

$$SV = LVEDV - LVESV$$

$$EF = \frac{SV}{LVEDV}$$

$$LVmass \{ (IVST + LVDv + PWT)^3 - (LVDd)^3 \} \times 1.05$$

なお、今回は超音波診断装置(SSD-720 フクダ製)が断層像表示に器種が新しくなったため、1年目から4年目までのデータを一括して再度計測して結果をまとめた。

ニ. ベクトル心電図：Frankの誘導法により仰臥位で記録した。

ホ. 競技記録：各被検者の800m、1500m、500m、10000m、20km、30km、42.195kmの記録は測定年次ごとに正式な競技会の記録を本人に申告させた。正式な競技会に出場していない種目は大学の記録会なども含めて出来るだけ記録をとどめるようにした。しかしながら1年間に一度も走ったこともない種目は空欄にせざるをえなかった。

### III 結果

9名のそれぞれの測定結果については図の下に第1年次から第4年次まで順次並べてある。各データについて平均値、標準偏差を求め各年度の有意差を求めてみても、個人ごとにその増減はまちまちであるから今回は集計し、集団としての分析はおこなわなかった。そこで各データについて4年間の増加の程度についてその結果をまとめてみた。

#### (1)身長、体重

身長は4年間でほとんど変化はなかった。

体重は4年間で最も増加した者が5.7kg、最小は変化なしであった。

#### (2)有酸素的作業能

最大酸素摂取量は最も大きな増加は絶対値で3717ml/minから4227ml/minの745ml/minの増加、体重当りの量では60.54から68.23ml/kg/minの7.69ml/kg/minの増加であった。逆に4年間で64.89ml/kg/minから51.27ml/kg/minと減少した者も認められた。今回の体重当りの最高値はM.Mの第3年次の79.55ml/kg/minであった。

最高心拍数及び最高呼吸数は4年間で顕著な増加はなかった。

トレッドミル走のオールアウトタイムは、11分から20分の範囲にあり、ほとんどの者が各年次で2～3分の間の変動であった。一人T.Iが第1年次15'49"、第2年次15'24"、第3年次15'32"であったが4年次は11'00"と大巾に短縮した。

#### (3)競技記録

800mから42.195kmまで4年間記録を調べてみたが、20km以降の距離は試合機会も少く、正式な記録が1年に1度もない者が多かった。今回の被検者の4年間における最高記録を調べてみると、800mは2分03秒、1500mは4分9秒、5000mは14分30秒、10000mは29分58秒、20kmは1時間2分、30kmは1時間36分、42.195kmは2時間16分12秒であった。

#### (4)心エコー図

心エコー図については左室心筋重量をみると4年間で最も増加したものは138gから235gの97gであった。逆に第1年次219gから第4年次157gと62gも減少した者もあり、個人によるバラツキがあった。

#### (5)心容積

心容積については第1年次573ml、第4年次811mlで238mlの増加が最大であった。693mlから671mlとわずかに減少した者も認められた。

#### (6)ベクトル心電図

ベクトル心電図については前額面、水平面の最大QRSベクトルの大きさについて、その変化量の最大を調べてみると、前額面では、1.9mVから2.6mVが最も多い増加であった。水平面については1.3

mV から2.3mV の増加であった。

#### IV 考 察

陸上中・長距離選手について縦断的な追跡調査から全身持久性のトレーニングが彼らの競技成績および有酸素的作業能、心機能にどのような影響を及ぼしてきたか、第1報、第2報、第3報で検討を加えてきた。少くとも平均値でみると競技成績、最大酸素摂取量には有意差は認められなかったが、心容積、左室心筋重量は有意に増加し、心臓の拡大傾向がみられた。しかしながら、今回4年継続の個々の被検者の測定値をみると、いろいろなタイプに分かれているようにみえる。また当初同じようにトレーニングしているにもかかわらず、競技力に差が生ずる問題にも検討を加えようとしたが、指導者、本人の報告にもあるように、けがその他の条件が加わって、必ずしも思うよう

に4年間トレーニング出来なかった者もいるようである。

競技成績に関与する因子は大きく分けると技術と体力であろう。長距離競技に必要な体力は呼吸循環系に関するものであろう。技術については走の効率、走り方、レースのかけひきなどがあげられる。そこで今回9名の被検者について、競技成績に関与した技術、体力から分析を加え、4年間の経過を追って、持久性トレーニングが有酸素的作業能ならびに心臓に及ぼす影響を検討してみようとした。競技成績には800mから42.195kmまであるが、すべての被検者が4年間記録のそろっているものとして、5000m走を基準とした。5000m走の記録が4年間で伸びたもの、あまり変らなかった者、記録が悪くなった者の3種類に分類して考察を進めることとした。

(1) 競技記録の向上がみとめられた被検者

イ. 被検者M, K

5000mの競技記録, 最大酸素摂取量, 走技術の評価として最大下の一定スピード走行時の酸素摂取量を示したのが図1である。

5000mの記録は15分57秒, 15分34秒, 15分14秒, 14秒59秒7と順次短縮し3年間で57秒3の向上をみた。被検者M, Kは9名の中でも特に記録の伸びが順調でトレーニング効果の大きいひとりであったといえよう。最大酸素摂取量は各年次によって

若干のバラツキはあろうが, 大きな差はみられなかった。また最大下運動(220m/min)中における酸素摂取量は第2年次が小さく, 第4年次が64ml/kg/minと増加していた。心容積の推移を見ると第1年次から第2年次での増加が著しく521mlから645mlになり, それ以降はあまり変化がみられなかった。心容積増加は心方形面積の増加に由来しており, 心方形面積増加は心の縦径の増大が大きいことがうかがわれた。

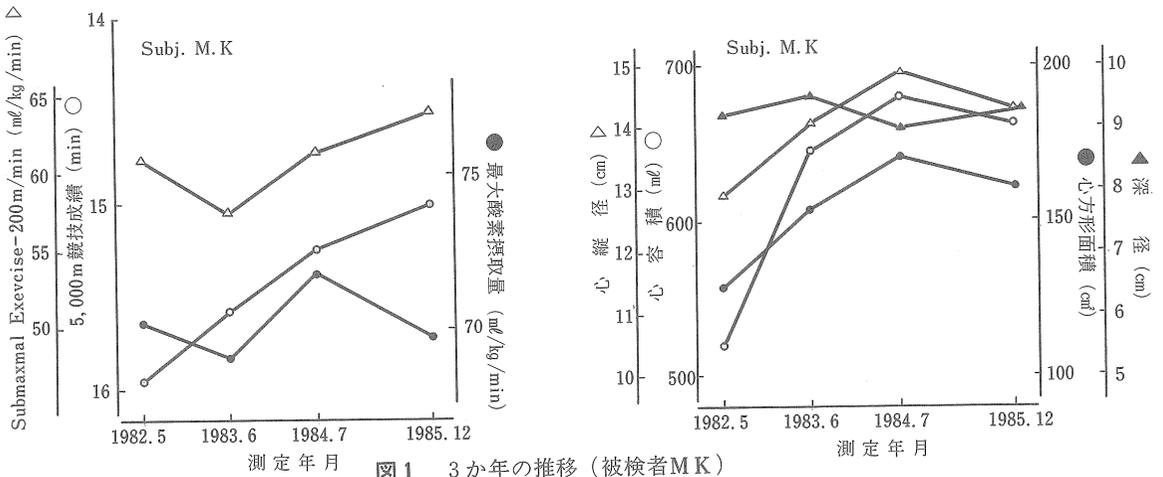


図1 3か年の推移(被検者MK)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		163.3	163.9	163.0	163.8	左室拡張終期容積 (ml)		186	131	139	103
体重 (kg)		52.4	53.9	52.7	52.6	左室収縮終期容積 (ml)		71	43	37	35
競技記録1500m (min)		4'12"5	4'11"8	4'14"	4'16"	駆出量 (ml)		114	88	102	68
500m (min)		15'57"	15'34"	15'14"	14'59"7	心筋重量 (g)		219	192	196	157
10000m (min)		33'34"	32'42"	31'51"	31'27"4	駆出分画 (%)		61	67	73	66
20km (h, min)			1'06"28"	1'05"06"	1'04"06"	心方形面積 (cm <sup>2</sup> )		129	154	171	161
42.195km (h, min)			160.8	2'41"53"		深径 (cm)		9.2	9.5	9.0	9.3
換気量 (l/min)		147.6	160.8	159.81	137.74	心容積 (ml)		521	645	680	663
最大酸素摂取量 (ml/min)		3678	3720	3781	3665	QRSベクトルの角度	F	44	46	48	43
最大酸素摂取量 (ml/min/kg)		70.19	69.02	71.75	69.69		S	45	102	86	72
最高心拍数 (beats/min)		203	203	203	201		H	-19	12	-3	-16
最高呼吸数 (cycles/min)		67	68	70	66	QRSベクトルの大きさ (mV) F		1.9	1.8	2.3	2.3
オールアウトタイム (min)		16'47"	18'00"	18'00"	17'04"		S	1.4	1.4	1.7	1.7
A T (% $\dot{V}_{omax}$ )		66	55	52	55		H	1.5	1.3	1.5	1.8
大動脈径 (mm)		30	26	26	25	Tベクトルの角度	F	44	46	48	43
左房径 (mm)		29	29	29	27		S	45	102	86	72
左室拡張終期径 (mm)		57	51	52	47		H	15	3	5	5
左室収縮終期径 (mm)		42	35	33	33	Tベクトルの大きさ (mV)		1.9	1.8	2.3	2.3
心室中隔厚 (mm)		8.1	9.0	9.0	8.2			0.8	1.4	1.7	1.7
左室後壁厚 (mm)		8.1	8.2	8.0	8.2			0.8	0.7	0.7	0.5

ロ。被検者A.N

被検者A.Nについては図2に示した。5000m走の記録は16分11秒、16分19秒、16分00秒、15分49秒7で4年間で21秒3の短縮がみられた。最大酸素摂取量は1年次65.83ml/kg/minが2年次、3年次は63ml/kg/min 台に減少したが4年次に68.07 ml/kg/min と増加がみられた。最大下走行時(220

m/min) の酸素摂取量は58.6, 57.9, 62.9と増加傾向がみられた。しかしATついて図2でみると、1年次から3年次まではほとんど変化がなかったのだが、4年次に60%から70%と一挙に10%の上昇をみた。また左室心筋重量は1年次から4年目まで増加傾向が認められ、記録の向上に影響を与えているものと思われる。

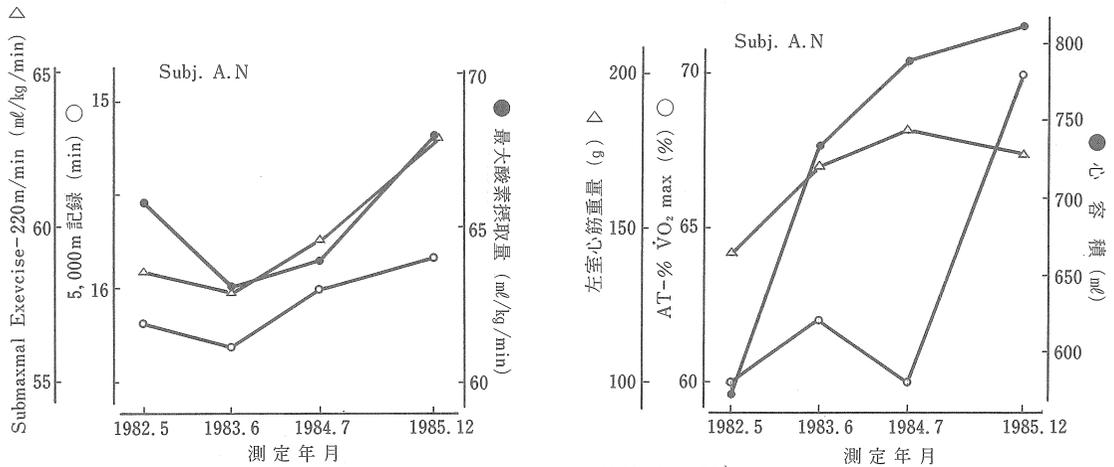


図2 3か年の推移(被検者A.N)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		171.4	170.7	171.0	170.8	左室拡張終期容積(ml)			159	144	154
体重 (kg)		53.8	58.3	56.3	56.2	左室収縮終期容積(ml)			47	46	46
競技記録1500m (min)		4'18"0	4'14"	4'21"		駆出量(ml)			112	99	108
5000m (min)		16'11"	16'19"	16'00"	15'49.7"	心筋重量 (g)			228	177	184
10000m (min)		33'50"		36'00"	33'33"	駆出分画(%)			70	68	70
20km (h, min)			1'10'27"	1'9'56"	1'09'56"	心方形面積(cm <sup>2</sup> )		142	170	182	174
42.195km(h, min)			2'41'58"	2'58'39"		深径 (cm)		9.1	9.8	9.9	10.6
換気量 (l/min)		126.1	136.2	136.01	142.36	心容積 (ml)		573	733	789	811
最大酸素摂取量(ml/min)		3542	3677	3598	3825	QRSベクトルの角度	F	30	26	33	36
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		65.83	63.12	63.92	68.07		S	47	50	72	100
最高心拍数(beats/min)		194	190	192	204		H	-34	-26	-24	7
最高呼吸数(cycles/min)		61	76	73	61	QRSベクトルの大きさ(mV)	F	2.2	2.8	2.8	2.8
オールアウトタイム(min)		17'29"	16'29"	16'30"	17'00"		S	1.4	1.6	1.6	1.7
AT (% $\dot{V}O_2$ max)		60	62	60	70		H	1.9	2.4	2.4	2.4
大動脈径(mm)		28	29	29	30	Tベクトルの角度	F	30	26	33	36
左房径(mm)		28	26	29	29		S	47	50	72	100
左室拡張終期径(mm)			54	53	54		H	33	13	22	40
左室収縮終期径(mm)			36	36	36	Tベクトルの大きさ(mV)	F	2.2	2.8	2.8	2.8
心室中隔厚(mm)			9.0	7.4	7.3		S	1.4	1.6	1.6	1.7
左室後壁厚(mm)			9.0	8.0	8.2		H	0.8	1.1	1.0	0.6

ハ. 被検者H, K

被検者H, Kの500m記録は18分00秒, 17分02秒, 17分36秒, 16分26秒で4年間に94秒短縮された。大学入学時の記録が18分00秒と長距離選手としては競技レベルが低いことが, 以降のトレーニング効果を著しく向上させたものと思われる。しかしながら大学3年生の時の最高記録は17分36秒と大巾に増加した。この年は9月ころ貧血になり(ヘモグロビンが10.6mg/dl)体調を悪くした結果によるものと思われる。10月以降病院に通って貧血の治療を受け体調も良くなり, 大学4年になってトレーニング量も増加させていったものと思われる。従って最大酸素摂取量も3年次には大巾に減少し,

55.5ml/kg/minになり4年次には67.7ml/kg/minまで回復した。最大下運動時(200m/min)の酸素摂取量は最大酸素摂取量のカーブと同じ変動傾向を示した。

しかしながら, 図3にみられるように, 心容積, 左室心筋重量は第3年次に減少がみられず, 増加を示していた。おそらく, 体調がよくなかったが練習はある程度継続していたことが, 心機能は低下したが心形態を減少させなかったものと思われる。

A Tは第3年次が著しく低下し最大酸素摂取量と同じ傾向にあった。

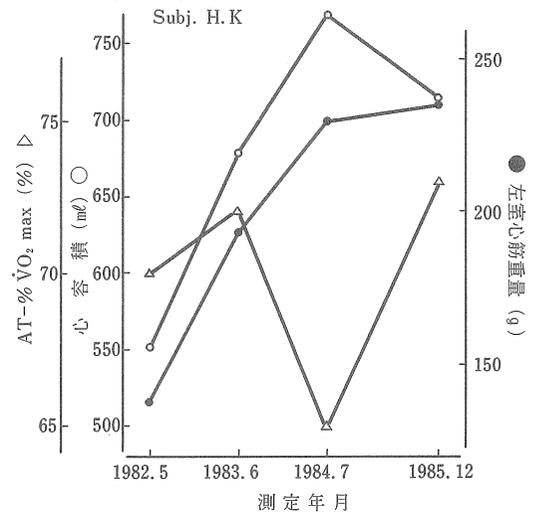
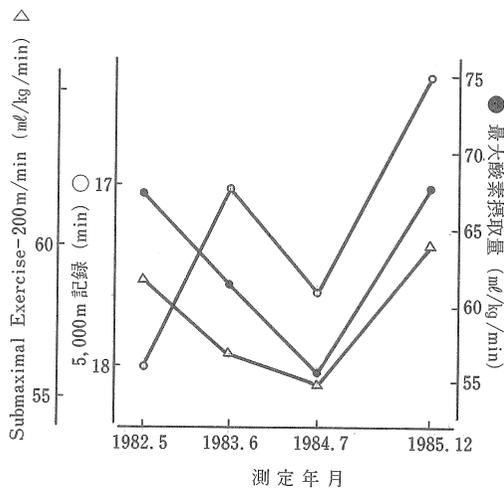


図3 3か年の推移(被検者H, K)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		170.0	170.2	170.2	170.6	左室拡張終期容積(ml)		90	109	119	125
体重 (kg)		54.8	56.8	56.2	55.9	左室収縮終期容積(ml)		43	45	48	34
競技記録1500m (min)		4'27"	4'35"			駆出量 (ml)		47	64	71	91
5000m (min)		18'00"	17'02"	17'36"	16'26"	心筋重量(g)		138	193	230	235
10000m (min)					35'20"	駆出分画(%)		52	59	60	73
20km (h, min)		1'17'15"	1'17'30"	1'12'20"	1'10'52"	心方形面積(cm <sup>2</sup> )		141	172	176	164
42.195km (h, min)			3'00'41"	2'52"	2'51'14"	深径 (cm)		8.9	9.0	9.9	9.9
換気量 (l/min)		120.3	149.3	161.92	134.24	心容積 (ml)		552	679	768	714
最大酸素摂取量(ml/min)		3700	3495	3119	3784	QRSベクトルの角度	F	38	36	39	42
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		67.51	61.53	55.50	67.70		S	64	24	53	32
最高心拍数(beats/min)		194	190	180	187		H	-4	9	1	-43
最高呼吸数(cycles/min)		59	92	68	80	QRSベクトルの大きさ(mV)	F	2.0	2.0	1.7	2.0
オールアウトタイム(min)		14'26"	15'26"	11'56"	15'44"		S	1.3	1.4	1.1	1.7
A T (% $\dot{V}_{O_2max}$ )		70	72	65	73		H	1.6	1.6	1.3	1.8
大動脈径(mm)		25	22	31	30	Tベクトルの角度	F	38	36	39	42
左房径 (mm)		26	22	29	28		S	64	24	53	38
左室拡張終期径(mm)		45	48	49	50		H	14	19	9	48
左室収縮終期径(mm)		35	35	36	32	Tベクトルの大きさ(mV)		2.0	2.0	1.7	2.0
心室中隔厚(mm)		8.2	9.7	10.6	10.2			1.3	1.4	1.1	1.7
左室後壁厚(mm)		7.5	9.0	9.8	10.2			0.6	0.4	0.3	0.3

二. 被検査者 T. A

被験者 T. A の5000m記録は15分53秒, 15分48秒, 15分29秒9, 15分11秒8で4年間で41秒2短縮された。最大酸素摂取量は1年次64.59ml/kg/minから2年次67.17ml/kg/minに増加したが, 2年次以降は67ml/kg/minであとんど変わらなかった。最大下運動(220m/min)における酸素摂取量

は60.6, 60.0, 60.3ml/kg/minと変化なし4年次で61.9ml/kg/minと多少増加した。

最大酸素摂取量は2年次以降変化がみられなかったが, ATは3年次63%に減少したが, 4年次は72%に増加し記録の向上に影響を及ぼしたものと思われる。また心容積, 左室心筋重量は1年次より著しく増加がみられた。

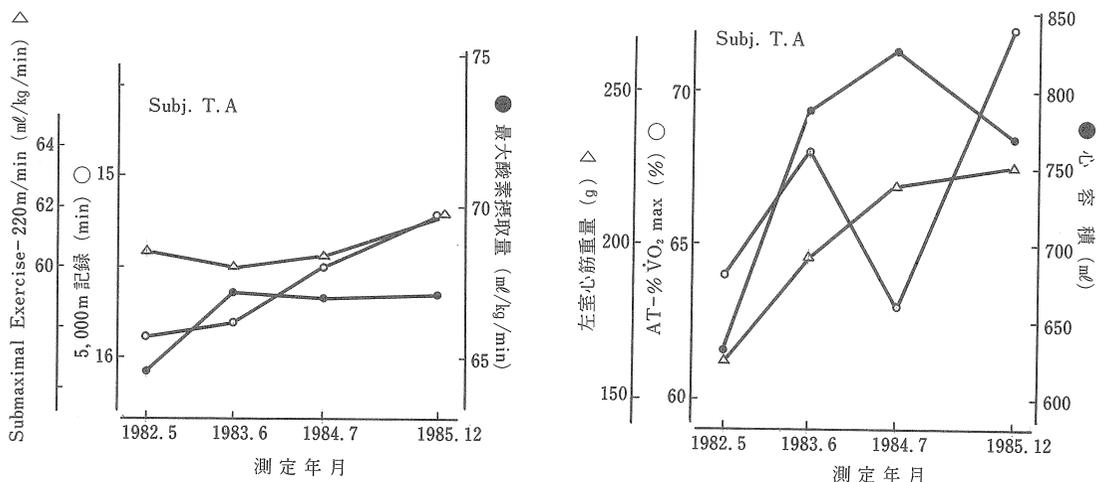


図4 3か年の推移(被験者T.A)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長(cm)		171.0	170.6	171.0	170.5	左室拡張終期容積(ml)		78	134	120	148
体重(kg)		56.0	54.7	55.7	58.2	左室収縮終期容積(ml)		16	31	42	43
競技記録1500m(min)			4'14"			駆出量(ml)		62	102	77	105
5000m(min)		15'53"	15'48"	15'29'9"	15'11'8"	心筋重量(g)		162	196	219	225
10000m(min)		31'59"	33'22'7"	31'23"	32'25"	駆出分画(%)		79	76	65	71
20km(h, min)			1'08'59"	1'07'30"	1'04'29"	心方形面積(cm <sup>2</sup> )		148	166	178	166
42.195km(h, min)			2'33'07"	2'45'35"		深径(cm)		9.7	10.8	10.5	11.0
換気量(l/min)		140.1	155.8	156.51	147.70	心容積(ml)		632	787	826	759
最大酸素摂取量(ml/min)		3617	3671	3734	3907	QRSベクトルの角度 F		44	30	44	34
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		64.59	67.17	67.04	67.13	S		117	119	114	106
最高心拍数(beats/min)		203	195	204	204	H		25	17	20	10
最高呼吸数(cycles/min)		70	76	81	79	QRSベクトルの大きさ(mV) F		1.6	2.0	1.9	2.2
オールアウトタイム(min)		15'48"	16'40"	17'00"	16'04"	S		1.2	1.2	1.4	1.3
AT(% $\dot{V}O_{2max}$ )		64	68	63	72	H		1.3	1.9	1.5	1.9
大動脈径(mm)		32	26	31	32	Tベクトルの角度 F		44	30	44	34
左房径(mm)		32	25	31	34	S		117	119	114	106
左室拡張終期径(mm)		43	51	49	53	H		29	9	12	12
左室収縮終期径(mm)		25	32	35	35	Tベクトルの大きさ(mV)		1.6	2.0	1.9	2.2
心室中隔厚(mm)		9.7	8.3	9.8	9.2			1.2	1.2	1.4	1.3
左室後壁厚(mm)		9.0	9.0	9.8	9.2			0.7	1.1	0.7	0.9

(2)競技記録が変化しなかった被検者

イ. 被検者 Y. T

被検者 Y. T の5000m走の記録は、1年次は公式な記録がなく、2年次以降は16分50秒、15分50秒、16分35秒で3年次に記録は伸びたが4年次はまた低下した。最大酸素摂取量は第1年次60.54ml/kg/minから第4年次68.23ml/kg/minまで順次増加

傾向がみられた。最大下運動(200m/min)中の酸素摂取量は1年次は53.9ml/kg/minであるが、3年次56.7ml/kg/min、4年次59.5ml/kg/minと増加した。

しかしATの値、それに心容積は記録と同様3年次を頂点とする山型の傾向を示し、AT、心容積と記録との関連がみられた。

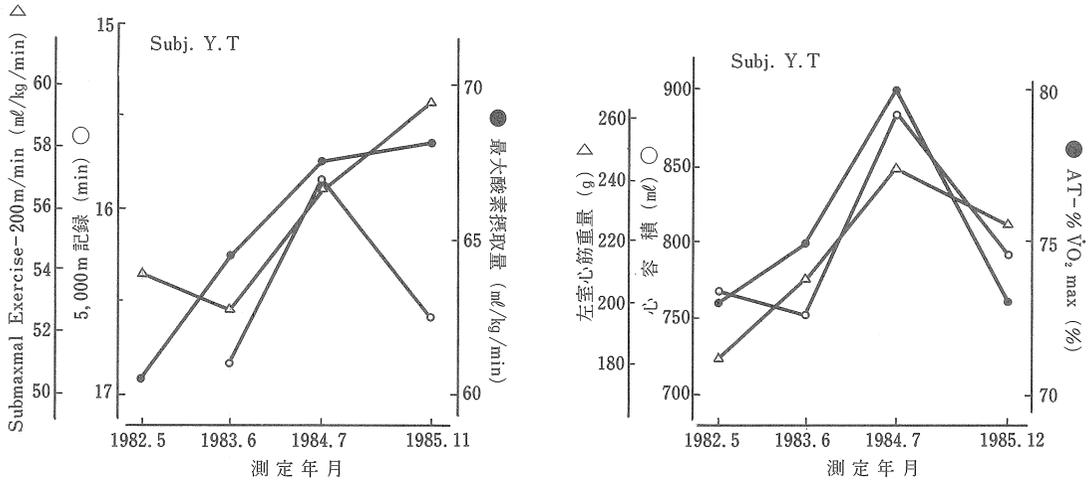


図5 3か年の推移(被検者 Y. T)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		169.0	168.8	169.1	169.2	左室拡張終期容積(ml)		117	139	150	145
体重 (kg)		61.7	65.8	62.5	65.4	左室収縮終期容積(ml)		44	42	60	38
競技記録1500m(min)		4'15"4	4'16"5	4'16"9		駆出量 (ml)		73	97	89	107
5000m(min)			16'50"	15'50"4	16'35"	心筋重量(g)		182	208	244	226
10000m(min)		35'02"		33'33"		駆出分画(%)		62	70	60	74
20km(h, min)			1'16"35"	1'06"53	1'11"35"	心方形面積(cm <sup>2</sup> )		173	178	200	181
42.195km(h, min)			3'54"30"			深径 (cm)		10.1	9.6	10.0	9.9
換気量 (l/min)		145.3	175.1	155.67	165.45	心容積 (ml)		768	752	883	791
最大酸素摂取量(ml/min)		3717	4244	4227	4462	QRSベクトルの角度 F		39	38	33	41
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		60.54	64.51	67.64	68.23	S		-146	137	129	118
最高心拍数(beats/min)		187	197	193	201	H		-26	-8	-26	-25
最高呼吸数(cycles/min)		81	74	71	73	QRSベクトルの大きさ(mV) F		2.3	2.0	2.6	2.2
オールアウトタイム(min)		14'10"	16'00"	16'15"	14'57"	S		1.2	1.6	1.9	1.6
AT (%V̇O <sub>2</sub> max)		73	75	(80)	73	H		1.9	1.7	2.2	1.8
大動脈径(mm)		28	28	28	32	Tベクトルの角度 F		39	38	33	41
左房径 (mm) 左室拡張終期径		34	36	36	34	S		-146	137	129	118
左室拡張終期径(mm)		49	52	53	53	H		-17	-14	-17	13
左室収縮終期径(mm)		35	35	39	34	Tベクトルの大きさ(mV)		2.3	2.0	2.6	2.2
心室中隔厚(mm)		9.0	8.9	10.0	9.3			1.2	1.6	1.9	1.6
左室後壁厚(mm)		8.3	8.9	9.5	9.3			1.4	1.6	1.6	0.8

ロ. 被検者 S. K

被検者 S. K の 5000m 記録は 16 分 59 秒, 16 分 32 秒, 16 分 45 秒, 17 分 08 秒と第 2 年次にわずかな記録の向上をみたが 3 年次行こう記録は停滞し, 結果的には記録はほとんど変わらなかったようである。大学の長距離選手で 17 分台ではレベル的に相当低い。他の競技成績をみても 5000m 同様伸びがみられていない。

最大酸素摂取量は 1 年次が最も高く 70.08ml/kg/min で 4 年次は 63.82ml/kg/min に減少した。また最大下運動 (200m/min) 中の酸素摂取量は 66.9, 62.0, 66.3, 64.4ml/kg/min と大学 2 年次が多少減少した以外は他の年次に変わらなかった。

4 年間のトレーニング内容の詳細な分析は不可能であるが, おそらく, 被検者 S.K にとって, 実施されたトレーニング内容は必ずしも適応された内容のものではなかったものと推察される。トレーニングの量及び質の与え方にも問題があったと思われる。図 6 にみられるように AT は 1 年次から 4 年次まで増加がみられ, 心臓容積は 1 年次から 2 年次に著しく増加し, 第 3 年次で 2 年次より減少したが, 4 年次にまた増加が認められた。被検者 S. K の 4 年間の体重変化をみると, 1 年次から 3 年次までは 2 kg の増減で変動していたが, 4 年次は 3 年次から 4.4kg と著しく増加したため, 体重当りの心臓容積は 2 年次以降変わらなかった。

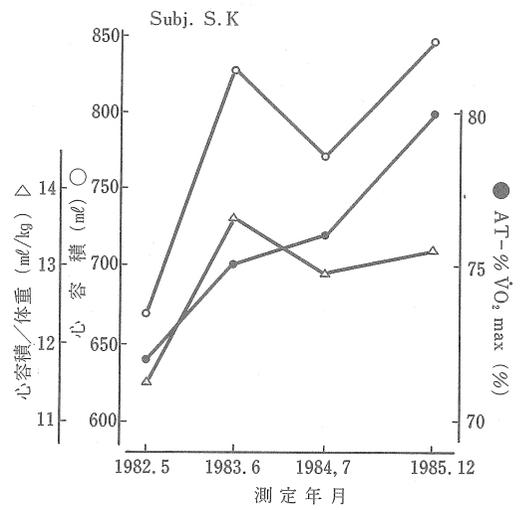
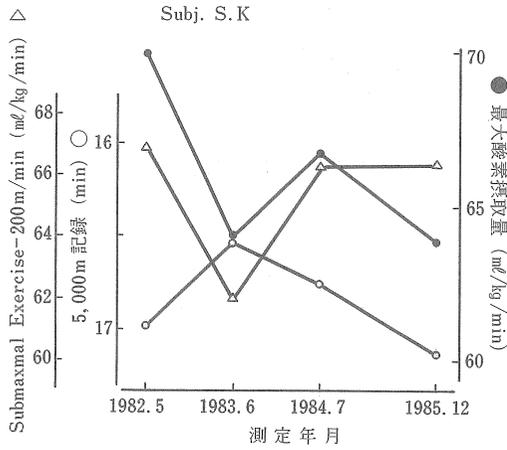


図 6 3 年次の推移 (被検者 S. K)

項目	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)	169.1	169.4	169.0	169.5	左室拡張終期容積(ml)		120	114	213	171
体重 (kg)	58.7	60.8	57.6	64.0	左室収縮終期容積(ml)		31	35	74	40
競技記録1500m(min)	4'32"	4'33"			駆出量 (ml)		89	79	139	131
5000m(min)	16'59"	16'32"	16'45"	17'08"	心筋重量(g)		152	195	293	223
10000m(min)	36'38"	35'52"	36'38"		駆出分画(%)		74	69	65	77
20km(h, min)	1°18'35"	1°17'33"	1°13'29"		心方形面積(cm <sup>2</sup> )		160	197	181	195
42.195km(h, min)		3°26'17"	2°53'19"		深径 (cm)		9.5	9.6	9.7	9.9
換気量(l/min)	154.4	147.7	138.03	139.80	心容積 (ml)		669	827	771	847
最大酸素摂取量(ml/min)	4190	3895	3976	4084	QRSベクトルの角度	F	48	33	33	30
最大酸素摂取量(ml/min/kg)	70.08	64.06	66.71	63.82		S	43	61	71	70
最高心拍数(beats/min)	195	192	197	195		H	-48	-13	-14	-12
最高呼吸数(cycles/min)	65	64	65	64	QRSベクトルの大きさ(mV)	F	1.9	2.5	2.5	2.6
オールアウトタイム(min)	16'00"	15'00"	15'41"	14'00"		S	1.9	1.5	1.4	1.4
A T (% $\dot{V}_{O_2max}$ )	72	75	76	80		H	1.8	2.1	2.2	2.2
大動脈径(mm)	27	28	30	30	Tベクトルの角度	F	48	33	33	30
左房径(mm)	28	28	30	30		S	43	61	71	70
左室拡張終期径(mm)	49	49	60	56		H	12	14	13	14
左室収縮終期径(mm)	31	33	42	34	Tベクトルの大きさ(mV)		1.9	2.5	2.5	2.6
心室中隔厚(mm)	7.5	9.1	9.5	9.3			1.9	1.5	1.4	1.4
左室後壁厚(mm)	7.5	9.3	9.8	7.9			0.6	1.2	1.0	0.8

ハ. 被検者M. M

被験者M. Mの5000m走記録は14分49秒, 14分52秒, 14分30秒, 14分44秒と多少の記録の増減が認められるも, 4年間それ程大きな変化はなかった。今回の被検者の中で最も競技能力, 有酸素的作業能が高い選手である。

最大酸素摂取量は競技成績と同じパターンの変動であった。すなわち3年次79.55ml/kg/minをピークとする山型であった。最大下運動(260m/min)

の酸素摂取量は第1年次より69.5, 68.9, 69.9ml/kg/minと3年次までは目立った変化はないが, 4年次は71.5ml/kg/minと増加した。

A Tは第2年次60%であったのが, 第4年次には72%に増加した。また心筋重量は第1年次249gであったのが第4年次には319gに増加し心肥大が観察された。しかし心容積は第2年次が752mlと最も高くなったが以降は減少を示し, A T及び心筋重量とことなった傾向を示した。

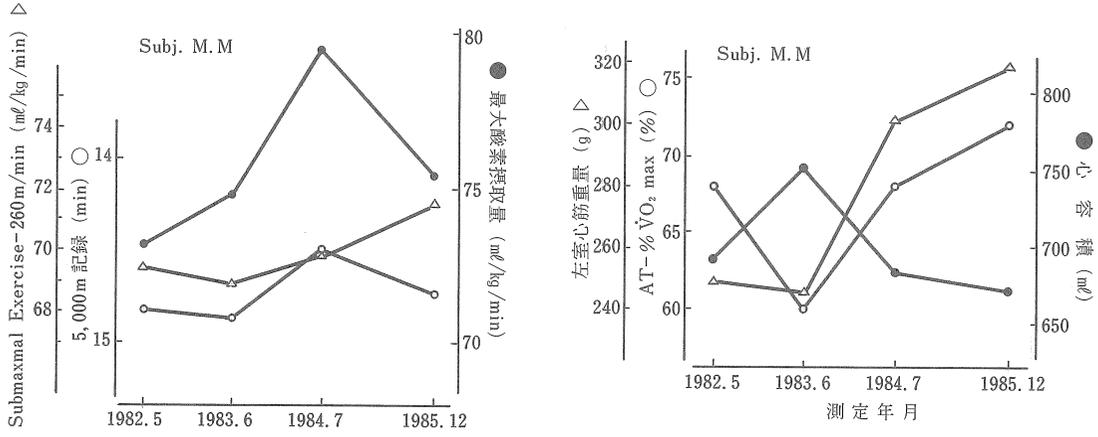


図7 3か年の推移 (被検者M. M)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		162.7	162.2	162.5	162.5	左室拡張終期容積(ml)		165	186	204	184
体重 (kg)		56.0	55.0	55.1	56.0	左室収縮終期容積(ml)		58	64	58	62
競技記録1500m(min)		4'09"				駆出量 (ml)		107	122	146	122
5000m(min)		14'49"	14'52"	14'30"	14'44"	心筋重量(g)		249	245	304	319
10000m(min)		30'31"	30'58"	30'30"	29'58"	駆出分画(%)		65	66	72	66
20km(h, min)		1'05'23"	1'02'00"			心方形面積(cm <sup>2</sup> )		159	173	160	148
42.195km(h, min)				2'24'19"	2'16'12"	深径 (cm)		9.9	9.9	9.7	10.3
換気量(l/min)		150.3	151.5	150.74	152.89	心容積 (ml)		693	752	684	671
最大酸素摂取量(ml/min)		4099	4112	4383	4223	QRSベクトルの角度 F		37	33	33	33
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		73.20	74.77	79.55	75.42	S		103	39	104	82
最高心拍数(beats/min)		197	205	213	207	H		2	-15	7	-6
最高呼吸数(cycles/min)		67	68	67	71	QRSベクトルの大きさ(mV) F		2.6	2.7	3.1	3.2
オールアウトタイム(min)		19'00"	20'00"	20'14"	19'13"	S		1.6	1.6	1.8	1.8
A T (% $\dot{V}O_{2max}$ )		68	60	68	72	H		2.1	2.2	2.6	2.7
大動脈径(mm)		30	30	31	34	Tベクトルの角度 F		37	33	33	33
左房径 (mm)		33	31	32	34	S		103	39	104	82
左室拡張終期径(mm)		55	57	59	57	H		21	4	27	23
左室収縮終期径(mm)		39	40	39	40	Tベクトルの大きさ(mV)		2.6	2.7	3.1	3.2
心室中隔厚(mm)		10.0	8.9	10.9	11.5			1.6	1.6	1.8	1.8
左室後壁厚(mm)		9.0	8.9	9.3	10.3			1.3	2.0	1.0	1.4

### (3) 競技記録が悪くなった被検者

#### イ. 被検者 T. I

被検者 T. I の5000m走記録は15分42秒, 16分00秒 2, 16分02秒, 4年次は記録がなくおそらくこれまでのような記録で走るのとは不可能であったと思われる。

最大酸素摂取量は第1年次から第3年次まではわずかな減少であったが, 第4年次は51.27ml/kg/minと第3年次より11.91ml/kg/minと大幅な減少を示した。従って, 最大下運動(180m/min)中

の酸素摂取量とはほぼ同じパターンを示していた。また AT についても第1年次から順次減少傾向を示した。

心容積及び左室心筋重量は同様な傾向を示し, 1年次から3年次までは増加し4年次になって減少した。おそらく, 心拡大, 心肥大はトレーニング継続の中で performance の減少, 最大酸素摂取量の減少などより遅れてあらわれる傾向がみられた。

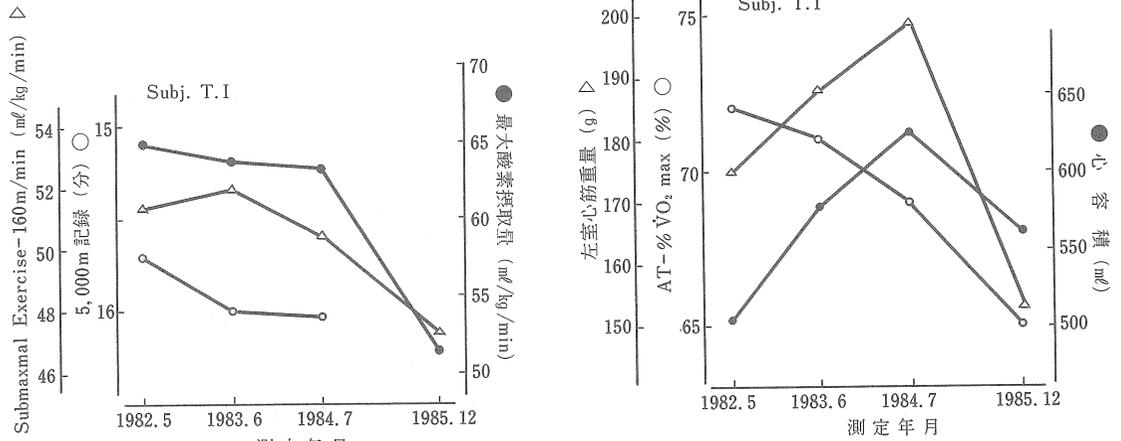


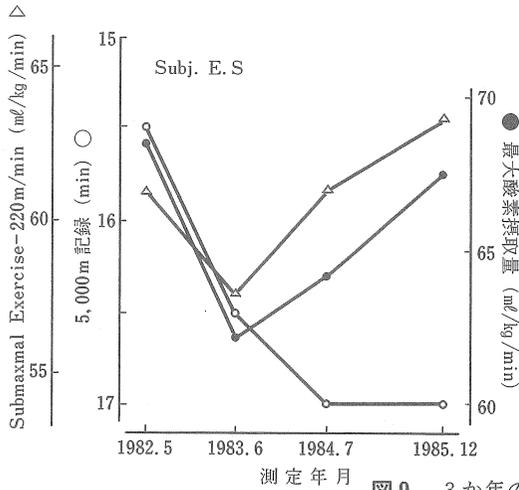
図8 3年次の推移(被検者 T. I)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		168.3	168.2	168.0	168.0	左室拡張終期容積(ml)		109	114	112	112
体重 (kg)		50.0	53.6	54.3	55.7	左室収縮終期容積(ml)		31	40	44	48
競技記録1500m(min)		4'10"	4'26"			駆出量 (ml)		77	74	68	64
5000m(min)		15'42"	16'00"2	16'02"		心筋重量(g)		175	188	199	153
10000m(min)		32'08"				駆出分画(%)		71	65	60	57
20km(h, min)		1'15'30"	1'12'42"	1'12'40"		心方形面積(cm <sup>2</sup> )		133	148	149	135
42.195km(h, min)						深径 (cm)		8.6	8.9	9.5	9.4
換気量(l/min)		122.2	134.4	130.42	115.54	心容積 (ml)		504	578	625	561
最大酸素摂取量(ml/min)		3244	3410	3430	2856	QRSベクトルの角度 F		69	44	51	51
最大酸素摂取量(ml/min/kg)		64.89	63.68	63.18	51.27	S		111	101	107	85
最高心拍数(beats/min)		189	184	183	190	H		-34	19	32	55
最高呼吸数(cycles/min)		73	81	74	66	QRSベクトルの大きさ(mV) F		3.2	2.7	2.2	2.2
オールアウトタイム(min)		15'49"	15'24"	15'32"	11'00"	S		1.6	3.2	1.8	3.0
AT (%VO <sub>2</sub> max)		72	71	69	65	H		1.3	2.2	1.7	2.3
大動脈径(mm)		30	28	28	25	Tベクトルの角度 F		69	44	51	51
左房径 (mm)		28	25	28	24	S		111	101	107	85
左室拡張終期径(mm)		48	49	48	48	H		-11	23	17	20
左室収縮終期径(mm)		32	34	35	36	Tベクトルの大きさ(mV)		3.2	2.7	2.2	2.2
心室中隔厚(mm)		9.0	9.7	9.1	8.2			1.6	3.2	1.8	3.0
左室後壁厚(mm)		8.3	8.2	9.8	7.3			1.4	1.1	1.1	0.7

ロ. 被検者 E. S

被検者 E. S の5000m走記録は15分29秒, 16分30秒, 17分00秒, 17分00秒と競技成績は低下していった。しかし1985年2月のマラソン試合において2時間35分36秒と自己新記録で走行しており, この記録から換算すると5000mはもっと早く走るとは, 可能だと思われる。

最大酸素摂取量は第1年次68.64, 第2年次62.23, 第3年次64.23, 第4年次67.51ml/kg/minと2年次以降増加傾向にある。



最大下運動 (220m/min) における走行時の酸素摂取量は最大酸素摂取量と同様な傾向であった。ATは第2年次が最も高く78%であったが, 第3年次65%, 第4年次70%にとどまっていた。しかし心容積は1年次から3年次までほとんど変らなかったが, 第4年次に著しい増加を示し, マラソンで自己新を出した背景として心拡大の増大が原因になっているのかも知れない。左室の心筋重量は1年次から2年次に増加したがそれ以降はあまり変化をしなかった。

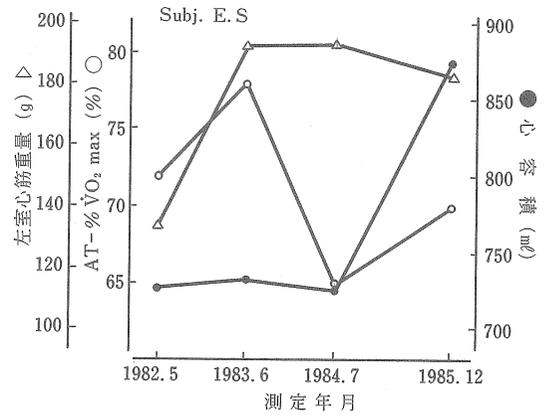


図9 3か年の推移 (被検者 E. S)

項目	年度	1982	1983	1984	1985	項目	年度	1982	1983	1984	1985
身長 (cm)		169.5	169.0	168.0	169.5	左室拡張終期容積 (ml)		106	131	108	113
体重 (kg)		59.4	60.8	61.3	61.6	左室収縮終期容積 (ml)		27	40	34	29
競技記録1500m (min)		4'09"2	4'26"	4'34"	4'31"	駆出量 (ml)		79	90	75	84
5000m (min)		15'29"	16'30"	(17'00")	(17'00")	心筋重量 (g)		134	192	193	182
10000m (min)		33'41"		35'54"	35'01"	駆出分画 (%)		74	69	69	74
20km (h, min)		(1'14')	1'13'	1'12'43"	(1'15'台)	心方形面積 (cm <sup>2</sup> )		158	153	157	172
42.195km (h, min)		2'44'18"		2'47'20"	2'35'36"	深径 (cm)		10.5	10.9	10.5	11.6
換気量 (l/min)		168.8	(171.4)	165.64	179.74	心容積 (ml)		727	732	726	875
最大酸素摂取量 (ml/min)		4077	(3784)	3937	4159	QRSベクトルの角度 F		38	35	40	38
最大酸素摂取量 (ml/min/kg)		68.64	(62.23)	64.23	67.51	S		111	117	96	116
最高心拍数 (beats/min)		186	(188)	185	199	H		16	19	7	20
最高呼吸数 (cycles/min)		77	(80)	80	72	QRSベクトルの大きさ (mV) F		2.8	2.9	2.6	3.1
オールアウトタイム (min)		17'18"	16'22"	16'00"	15'04"	S		1.9	1.9	1.8	2.2
AT (%V̇O <sub>2</sub> max)		72	78	65	70	H		2.3	2.5	2.1	2.6
大動脈径 (mm)		29	31	31	31	Tベクトルの角度 F		38	35	40	38
左房径 (mm)		30	33	28	26	S		111	117	96	116
左室拡張終期径 (mm)		47	51	48	48	H		26	21	27	25
左室収縮終期径 (mm)		30	34	32	31	Tベクトルの大きさ (ml)		2.8	2.9	2.6	3.1
心室中隔厚 (mm)		6.8	8.2	9.2	9.7			1.9	1.9	1.8	2.2
左室後壁厚 (mm)		7.5	9.0	9.5	8.0			1.0	1.1	0.9	0.9

今回4年間継続的にトレーニングした被検者を競技結果から大きく3つに分類してみた。各個人の特長を把握しながら、心機能及び有酸素的作業能に及ぼす影響をまとめてみると、競技記録が伸びた被検者の最大酸素摂取量はすでに大学入学以前のこれまでのトレーニングによってある程度水準まで高められている傾向にあった。従って今後トレーニングを積んでも彼らの最大酸素摂取量の大幅な増加は期待できないであろう。

最大下運動における酸素摂取量の変動をみると、第1年次より第2年次というように第4年次がおしなべて高い傾向にあった。持久性トレーニングをすることにより同一強度の運動をした場合、より有酸素的に仕事が行なわれるようになり、無酸素的エネルギー発生過程への依存度が少なくなる<sup>5)</sup>ことが認められていることから、走の技術的な面の改善がなされてきたと思われる。心容積及び左室心筋重量ともに順次増加し、心拡大がみられた。特に心容積は最初の年の増加量が大きい傾向がみられた。第3報でもこの点については報告されているが、有酸素的作業能は頭打ちでも心拡大が著明であることが、4年間の結果でも同様であった。また心容積の増大に影響を与えるのは、心方形面積であるようだ。ATについては増加傾向が認められトレーニングによって改善される因子であろう。

次に競技成績が変わらない、ほぼ横ばい状態であった被検者の最大酸素摂取量は増加、変化なし、減少とまちまちであったが、増加した被検者のATは変わらなかったが他の2例はATは増える傾向にある。また心容積、左室心筋重量は増えていくが、4年目でほぼ増加が止まるものもみられる。最大下運動の酸素摂取量は記録の伸びがみられた被検者と同じような傾向がみられ、4年次が高い値を示していた。

次に競技成績が悪くなった被検者の最大酸素摂取量は減少した。ATも減少傾向がみられた。ま

た最大下運動時の酸素摂取量も減少している。ただ被検者E. Sは1500m, 5000m, 10000m, 20kmなどはすべて記録はのびていないのだが、マラソンだけ1年2時間44分18秒, 3年2時間47分20秒, 4年2時間35分36秒と4年生の時に自己新記録を出している。マラソンを走りながらそれなりのトレーニングを積んで出場しているものと思われる。マラソンより短い距離のレースで高いスピードでの走行が出来なくなった原因については明確でない。心容積も4年次で著しく増加した。この点についてはさらに詳細なる検討が今後とも必要なことだと思われる。

## V 参考文献

- 1) 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; 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—, 昭和57年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. IX, 1982.
- 2) 伊藤静夫, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 金子敬二, 金子美智子; 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2報—, 昭和58年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. IX, 1983.
- 3) 伊藤静夫, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 金子敬二; 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3報—, 昭和59年度日本体育協会スポーツ化学研究報告 VIII, 1984.
- 4) 黒田善雄, 加賀谷燕彦, 塚越克己, 雨宮輝也, 太田裕造, 成沢三雄; 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化学研究報告 No. VII, 1969.
- 5) Hermansen. L.; Oxygen transport during exercise in human subjects. Acta physiol. Scand. Suppl. 399. 1973.





この報告書は「オートレース」の  
公益資金による「日本小型自動車振  
興会」の補助金をうけてできました。