

# 大学中・長距離選手の心形態ならびに 有酸素的作業能に関する縦断的研究

財団法人日本体育協会 伊藤 静夫  
(共同研究者) 同 雨宮 輝也  
群馬大学 山西 哲郎  
東京学芸大学 有吉 正博  
富山大学 山地 啓司

## **Longitudinal Study of Aerobic Capacity and Cardiac Dimension in College Longdistance Runners**

by

Sizuo Itoh, Teruya Amemiya  
*Japan Amateur Sports Association*

Teturou Yamanishi  
*Gunma University*

Masahiro Ariyoshi  
*Tokyo Gakugei University*

Keiji Yamaji  
*Toyama University*

### **ABSTRACT**

Maximal aerobic capacity, chest X ray, vectorcardiographic, and echocardiographic examination were undertaken once a year for two years during the course of training in 12 young male long distance runners starting from 18~19 years, who belonged to college or company track team.

Cardiac volume and left ventricular mass were significantly increased for two years. Significant increase in the interventricular septum and left ventricular posterior wall was also observed but no difference was made in the left ventricular internal diameter, stroke volume, and ejection fraction.

These findings suggest that cardiac enlargement observed in the present study resulted from thickening of the IST and PWT.

Maximal aerobic capacity and athletic performance remained unchanged. There were no relationship between the change in LV mass and  $\dot{V}O_2$  max. It seems probable that cardiac enlargement observed in athletes does not necessarily occur in parallel with increase of aerobic capacity.

Significant increase was observed in maximal QRS vector amplitude, which shows the left ventricular hypertrophy. Otherwise, maximal QRS vector tended to be directed anteriorly. It is suggested that the right ventricular hypertrophy occurred following endurance training.

## 要 旨

大学および実業団の陸上競技部に所属する長距離選手12名を対象に、有酸素的作業能、胸部X線写真、ベクトル心電図、心エコー図を年1回、二年間にわたり測定した。

心容積および左室心筋重量は二年間で有意に増加した。また、心室中隔厚、左室後壁厚にも有意な増加がみられた。一方、左室内腔、駆出量、駆出分画には著明な差はみられなかった。このことから、本研究で観察された心拡大は主に心室中隔厚、左室後壁厚の肥大によるものと考えられる。

有酸素的作業能および競技成績では顕著な変化がなかった。また、心筋重量の変化量と最大酸素摂取量の変化量の間に関係がみられなかった。すなわち、競技者にみられる心拡大は有酸素的作業能の発達と必ずしも平行して進行するものではないことが示唆された。

最大QRSベクトルの電位が有意に増加しており、左室肥大が想起される。一方、最大QRSベクトルの方向は年次前方へ向かう傾向が観察された。持久性トレーニングによる心拡大において、右室肥大も考慮する必要があると思われる。

## はじめに

一般に、いわゆるスポーツ心臓は長期間の身体

トレーニングによってもたらされる生理的適応の結果と解釈され、身体トレーニングとの関係について興味もたれている。これまでにX線写真による心陰影をはじめ、ECG、ベクトル心電図などを用いた研究が行われてきた。近年、特に心エコー図の発達により、スポーツ心臓に関する詳細な研究報告がみられるようになった。

しかし、その多くは横断的研究であり、また縦断的研究においてもそのトレーニング期間は8～20週間と比較的短期間のものが多い。対象も非鍛練者に関するものが多く、競技者を長期間にわたり縦断的に追跡した例はほとんどみられない。

そこで本研究では、陸上競技中・長距離選手を対象に高校から大学へ進学、あるいは実業団へ入社して以後、競技的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明らかにすることを目的とした。本報は、大学入学時（入社時）以後二年間にわたり毎年一回測定を継続した結果を報告する。

## 研究 方法

被験者は、大学1年生および高校から実業団入社1～2年で18～19歳の陸上長距離選手12名を対象とした。競技記録は、高校時代の最高タイムが5,000mで平均15分47秒で、最高が14分47秒、最低が18分であった。初年度測定時の最大酸素摂取

量では、平均 67.7ml/kg/min, 最高が 77ml 最低が 60ml であった。競技能力および有酸素的作業能にかなり幅のある被験者である。

測定項目は、最大酸素摂取量、心エコー図、心容積およびベクトル心電図である。

最大酸素摂取量は、トレッドミル（傾斜+5度）による負荷漸増法で測定した。負荷設定方法は同一被験者に対し測定ごとに同一の方法を用いるようにした。

心エコー図は、Mモード法により安静仰臥位で記録し、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。これらの測定値から、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、左室心筋重量を計算式から求めた。

心臓容積は、心拍同調装置によって心電図R波

と同期させた胸部X線写真を立位の背腹位ならびに左側面位で記録し、Moritzの方法で算出した。

ベクトル心電図は、Frankの誘導法を用い、仰臥位で記録した。

測定時期については、大学入学時（あるいは入社時）の6月に第1回目の測定を実施し、1年後、2年後の測定も同じ6月に実施した。

### 研究結果

#### (1) 最大酸素摂取量および競技記録

表1には、被験者の体重、トレッドミル・テストの結果、5,000mの競技記録の変化を示した。また、図1に最大酸素摂取量とトレッドミル走のオールアウト・タイムについて三回にわたる測定値を比較した。ただし、被験者1名はトレッドミル・テスト時に体調が悪く十分追い込むことがで

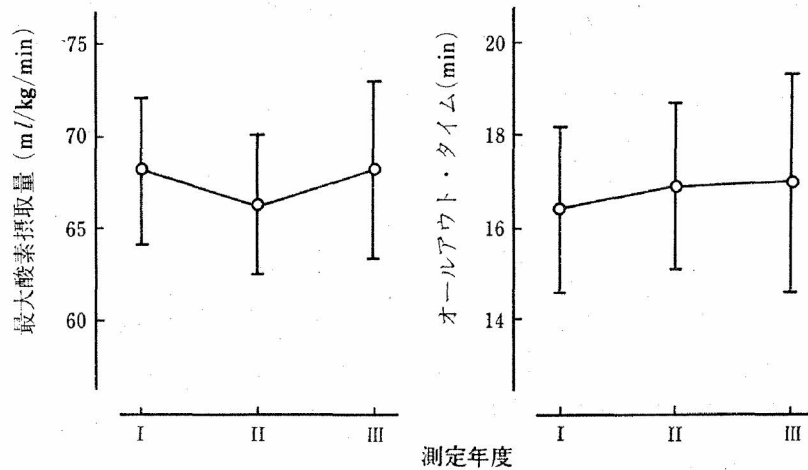


図1 最大酸素摂取量とトレッドミル、オールアウト・タイムの変化

表1 トレッドミルテスト結果および5,000mの競技記録

	n	初年度		2年次		3年次	
		平均	S.D.	平均	S.D.	平均	S.D.
体重 (kg)	11	56.3	4.6	57.8	4.2*	57.4	4.0*
最高心拍数 (/min)	11	195.0	5.6	194.2	6.2	195.8	8.0
最大換気量 (l/min)	11	140.8	11.7	149.9	14.3*	144.2	12.7
最大酸素摂取量 (ml/min)	11	3,822	438	3,871	378	3,901	426
最大酸素摂取量 (ml/kg/min)	11	67.8	4.4	66.5	4.4	68.0	5.1
オールアウト・タイム (min)	11	16.6	1.7	17.0	1.9	17.0	2.4
5,000m 記録 (m/sec.)	8	5.21	0.31	5.27	0.26	5.28	0.34

\*初年度との有意差,  $p < 0.05$

きなかった。したがって、この値を集計から除外した。

被験者の体重は、初年度のものに比較し二年次、三年次でわずかながら有意に増加していた。最大酸素摂取量では、絶対値ならびに体重当りの量ともに二年間で顕著な差が生じなかった。最大換気量は、初年度から二年次で有意な増加を示した。最高心拍数は三回の測定で変化がみられな

った。

トレッドミル走のオールアウト・タイムならびに5,000mの競技記録にも、二年間で有意な変化を認めなかった。

(2) 心エコー図および心容積

心エコー図とX線写真による心容積の計測値の平均値と標準偏差を図2に示した。

心室中隔厚では、初年度から第二年度で有意な

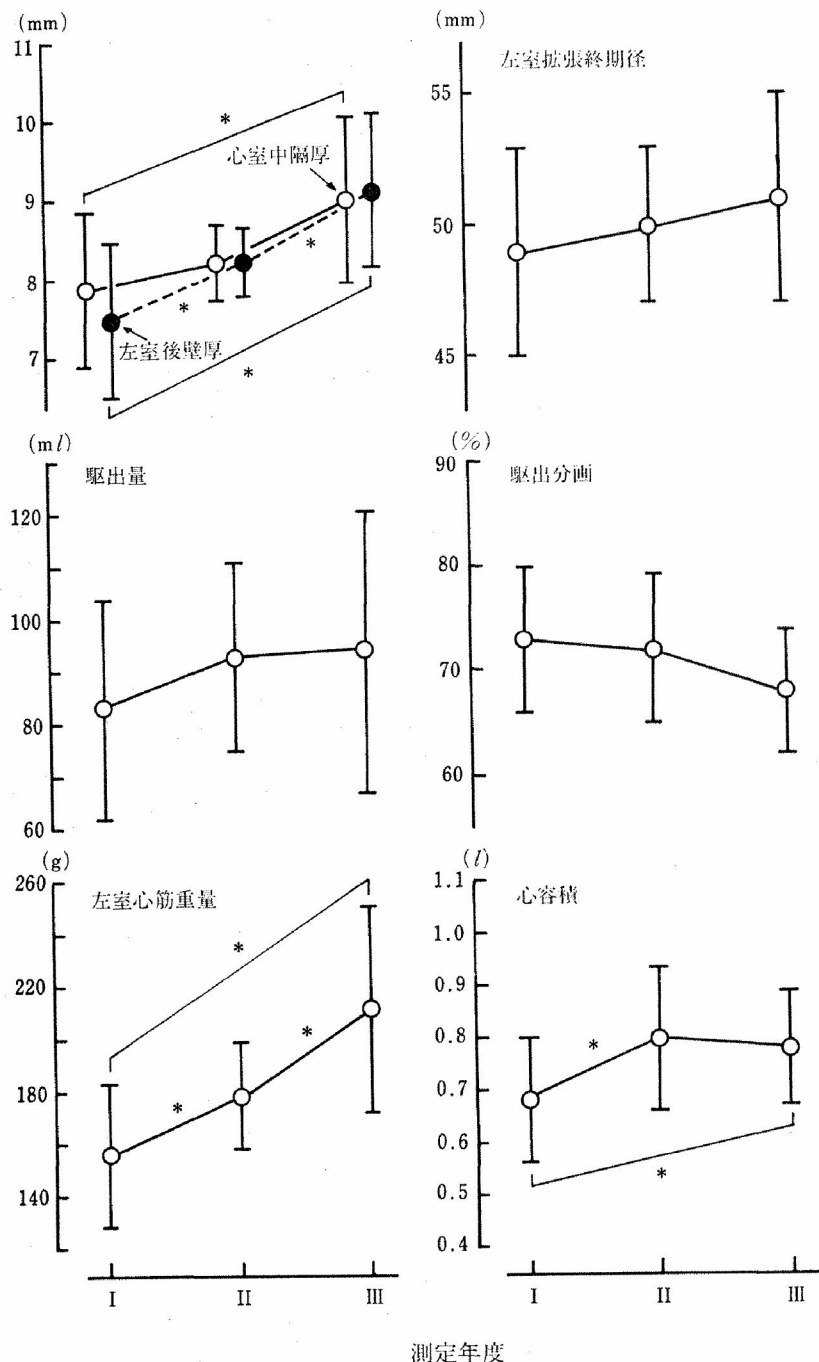


図2 最大QRSベクトル容積の変化 (\*p<0.05)

増加がみられた。左室後壁厚は、初年度から第二年度、第三年度と年々有意に増加した。左室拡張終期径では、各年度で有意な差が認められなかったが、年々増加する傾向がうかがわれる。駆出量および駆出分画では、二年間で著明な差はみられなかった。左室心筋重量では、初年度と第二年度さらに第二年度と第三年度に有意な差がみられ、年々増加する傾向が観察された。心陰影から算出した心容積でも、初年度の測定値に比べ第二年度、第三年度ともに高値を示した。

(3) ベクトル心電図

図3は、ベクトル心電図の前額面と水平面における最大QRSベクトルの平均値と標準偏差を示したものである。本被験者の三回の測定値と、日本人男子健常者(19~20歳)の値として岡本<sup>1)</sup>の報告値を比較した。

前額面では、最大QRSベクトルの大きさで本

被験者のものが日本人平均より大きくなっていった。また、本被験者の初年度の値より第三年度のものの方が有意に大きくなっていった。前額面の最大QRSベクトルの角度では、本被験者が日本人平均より小さく、また本被験者の初年度に比し第二年度で有意に小さかった。

水平面では、ベクトルの大きさは前額面と同じく日本人平均より本被験者の方が大きく、角度が大きくなっている。本被験者の三回にわたる測定では、ベクトルの大きさで初年度に比べ第三年度が有意に高値を示した。ベクトルの角度では、三回の測定値間に有意な差はないが、初年度に比べ第二年度、第三年度のもの大きい傾向にある。

(4) 最大酸素摂取量と心形態との関係

二年間にわたる最大酸素摂取量の変化と心形態の変化との関係について注目した。図4は、最大酸素摂取量と心筋重量について初年度と第三年度

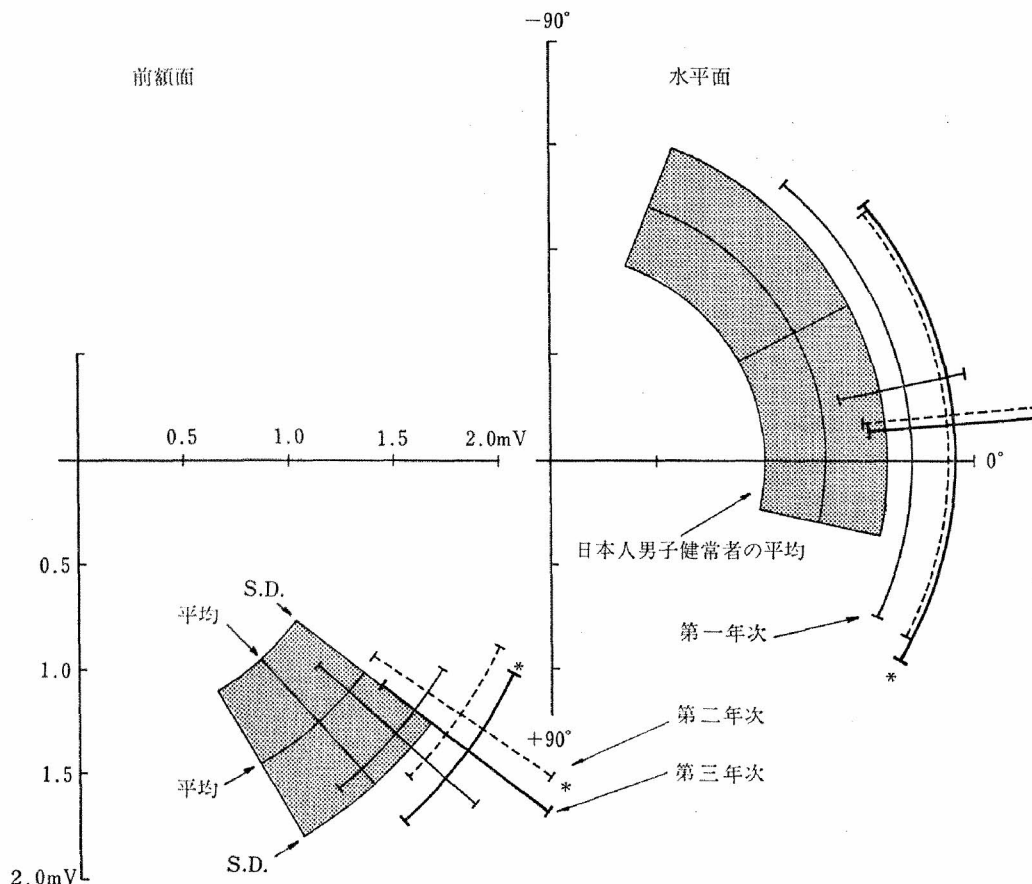


図3 最大QRSベクトルの変化 \*初年度との有意差,  $p < 0.05$

の値の差をとり、その関係をみたものである。最大酸素摂取量の変化量と心筋重量の変化量との間には有意な相関々係は認められなかった。この他、心エコー図の諸測値および心臓容積の二年間にわたる変化量と最大酸素摂取量の変化量との間にも有意な相関々係はみられなかった。

考 察

Marganroth ら<sup>3)</sup> は、大学運動部員の心エコー図測定結果から、運動部員は一般学生より左室心筋重量が重くなっていることを報告している。さらに、持久的なトレーニングでは主に拡張による心拡大であるのに対し、筋力トレーニングでは拡張を伴わない心筋肥大によって心拡大をおこすと説明している。一方、日本人一流競技者を対象にした測定報告では、持久的競技者の心拡大には左室内腔の拡張と左室壁の肥大の両者が関与していることが観察されている<sup>2)</sup>。同様の観察結果は、Underwood ら<sup>8)</sup>、Paulsen ら<sup>4)</sup> の報告にもみられ

る。

本研究結果では、二年間の長距離走トレーニングによって心容積、左室心筋重量が増加し、心拡大のあったことが観察された。また、左室腔の増大よりむしろ心室中隔厚、左室後壁厚の増加が顕著であった。すなわち、本研究結果から、持久性トレーニングによるスポーツ心臓の成因には左室壁厚の肥大が強く関与しているものと考えられる。

持久性トレーニングによる心エコー図への影響を縦断的に観察した報告例では、多くが非鍛練者を対象としたもので、トレーニング期間も8~20週間と短い<sup>9)</sup>。これらの報告では最大酸素摂取量が5~35%増加しているのに、心臓には顕著な変化がみられない。本研究結果は、これらの報告と対照的である。二年間で心拡大がみられたのに対し、最大酸素摂取量および競技成績には著明な向上が認められない。本研究の被験者は、すでに5~6年間競技的トレーニングを積んできたもの

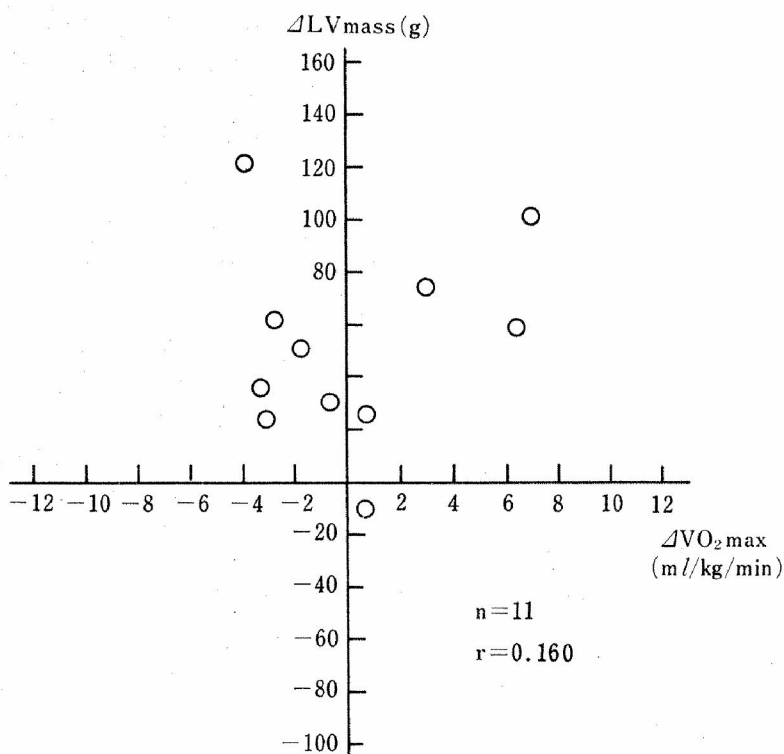


図4 最大酸素摂取量および左室心筋重量の2年間の変化量の比較

である。最大酸素摂取量もある程度高い水準にまで高められている。したがって、有酸素的作業能に対するトレーニング効果の出にくい状態であったとも考えられる。これとは逆に、心エコー図、心容積、ベクトル心電図所見から心拡大が推察された。すなわち、持久性トレーニングによる有酸素的作業能の発達と心拡大とは必ずしも平行して進行するものではないことが示唆された(図4)。

スポーツ心臓が発育期のどの時期で顕著に表われるか、極めて興味深い。トレーニングによる心拡大は青年期において最も著しいのではないか、というのが一般的な考え方であろう<sup>7)</sup>。この説に従えば、中学～高校では有酸素的作業能が急速に増大する一方、心臓の発達はまだ十分ではない。図4へあてはめるとX軸付近にプロットが集中することになる。高校から大学にかけては、本研究結果にみられるように、有酸素的作業能は頭打ちになるが心拡大が顕著になり、図4のプロットはY軸の方に集中することになる。

しかし、思春期前の競技的トレーニングを実施している子供において、著明な心拡大を認めた報告もみられる<sup>7)</sup>。今後この問題についてより詳細な検討が必要であろう。

本研究のベクトル心電図所見から、最大QRSベクトルの大きさが年次増加する傾向がみられた。すなわち、心エコー図の所見と合せて考えれば、左室の肥大が当然考えられる。一方最大QRSベクトルの方向では、左後上方に偏位するのが左室肥大の特徴的な所見といわれる。本研究では、2年間のトレーニングで年次前上方へ向かう傾向がうかがわれた。このことは、右室肥大を想起させる。Roeskeら<sup>6)</sup>、Underwoodら<sup>8)</sup>の報告にも、同様の例をみることができる。スポーツ心臓の形態的な特徴として、左室肥大だけでなく右室肥大も考慮する必要があると思われる。この点についても、今後の研究課題としたい。

## 結 論

大学入学(あるいは入社)から二年間の競技的トレーニングを継続した長距離選手12名の有酸素的作業能および形態の変化を追跡調査した。

その結果、競技記録ならびに有酸素的作業能には向上がみられなかった。心エコー図、心陰影、ベクトル心電図所見からは心拡大傾向が観察された。またベクトル心電図所見から、右室肥大が推察された。

## 文 献

- 1) 岡本登; 心電図とベクトル心電図の正常と異常, 最新心電図・ベクトル心電図学, 山口和正監修, 145—198, メディカル出版(1978)
- 2) 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, No. VII 昭和55年度日本体育協会スポーツ科学研究報告(1980)
- 3) Morganroth, J. et al; Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann. Intern. Med.*, **82**, 521—524 (1975)
- 4) Paulsen, W.J. et al; Left ventricular function in marathon runners; echocardiographic assessment, *J. Appl. Physiol.; Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **51**(4), 881—886 (1981)
- 5) Peronnet, F. et al; Echocardiography and the Athlete's Heart, *Phys. Sportsmed.*, **10** (March), 33—43 (1982)
- 6) Roeske, W.R. et al; Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes, *Circulation*, **52** (2), 286—292 (1976)
- 7) Rost, R. & W. Hollmann; Athlete's heart—a review of its historical assessment and new aspects, *Int. J. Sports Med.*, **4**, 147—165 (1983)
- 8) Underwood, R.H. et al; Noninvasive analysis of cardiac function of elite distance runners—echocardiography, vectorcardiography and cardiac intervals, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **301**, 297—309 (1977)