

長距離選手の左室心筋重量に及ぼすトレーニング量の効果について
：心エコー図を用いて

齊藤 和人*, 芝山秀太郎*, 倉田 博*, 平田 文夫*

Echocardiographic evaluation of the left ventricle in the college distance runners and elite runners

Kazuto SAITO*, Hidetaro SHIBAYAMA*, Hiroshi KURATA* and Fumio HIRATA*

Abstract

The left ventricular (LV) function and LV mass were measured by echocardiography in 21 elite distance runners and 8 college distance runners, and maximal oxygen consumption was also evaluated in elite runners.

The thickest LV wall among the athletes measured 20mm, compatible with the diagnosis of hypertrophic cardiomyopathy. The LV wall thickness of other athletes was within 13mm. We didn't use the echocardiographic data of this athlete with LV wall thickness of 20mm for statistical analysis. The LV dimensions and LV mass in elite distance runners were significantly greater than in college distance runners. However, no statistical significance was detected in any other echocardiographic data between the two groups.

The correlation of LV mass/body weight with maximal oxygen consumption (ml/min/Kg) was significant ($r = 0.548$, $p < 0.05$) in elite runners.

These results indicate that LV mass and LV dimensions increased according to the quantity of training, and LV mass measured by echocardiography may be useful to predict the aerobic capacities even in elite distance runners.

KEY WORDS: *Echocardiography, Distance runner, Training, Oxygen consumption*

【緒 言】

スポーツ活動などの高度のトレーニングを持続すると、心臓の形態や機能に種々の変化が生じることは古くから知られており、このような心臓はスポーツ心臓と呼ばれている^{1)・4)}。心臓の肥大・拡張、及び徐脈などが代表的な変化である。

運動には、大別すると動的運動と静的運動がある。動的運動は骨格筋の長さを大きく変化させることにより身体を動かす運動である。ランニング、サイクリング、水泳などの運動がこれにあたり、運動中の骨格筋における酸素需要の増大に応じるために心拍出量の増大が必要となり、心臓には容量負荷として働くとされている。静的運動は骨格

*鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kagoshima, Japan.

筋の長さを大きく変化させずに大きな力を発生させるような運動で、重量挙げ、レスリングなどが代表で、運動中の心拍出量の増大は軽度であるが、血圧の上昇が特徴的で、心臓には圧負荷として働くとされている¹⁾。

これまでの心エコー図による長距離ランナーの心形態評価では、左室腔の拡大のみでなく、左室心筋重量の増大が報告されている。これらの変化の要因の一つとして運動量の大小が考えられるが、これらについて検討した報告はほとんどみられない。そこで本研究では、練習量の異なる2群の長距離ランナーの心エコー図を施行し、運動量が左室腔と左室心筋重量にどのような影響を及ぼすかを検討した。

【方 法】

オリンピック候補の一流長距離選手を含む男子実業団長距離選手21名 (Aグループ) と本学の男子長距離選手8名 (Bグループ) を被験者とした。Aグループでは、30km/日を週5日間、Bグループでは10km/日を週5日間を通常のトレーニング量としていた。

実験1

被験者を仰臥位にし、安静時の左室内腔の心エコー図を記録した。心エコー図は電子走査型超音波診断装置 (SSH-65A, 東芝) を用い記録した (紙送り速度50mm/秒)。心エコー図の観察・記録には、探触子を第Ⅲないし、第Ⅳ肋間胸骨左縁に置き、心断層図を実時間で観察しつつ、僧帽弁前尖ないし腱索の一部が見える通常の短軸測定方向のビームを選び、心室中隔、左室後壁及び左室内腔を呼気止めで記録した。そして心電図のR波の頂点で、左室拡張期径 (Dd)、左室後壁厚 (PWth) 及び心室中隔厚 (IVSth) を、心音図の第2音大動脈弁成分の開始時点で左室収縮径 (Ds) を計測し、左室駆出率 (EF)、一回拍出量 (SV) および左室心筋重量 (LVM) を以下の式を用いて求めた⁵⁾。

$$SV = Dd^3 - Ds^3$$

$$EF = SV / Dd^3$$

$$LVM = 1.04 \{ (Dd + PWth + IVSth)^3 - Dd^3 \} - 13.6$$

実験2

Aグループの20名については、床埋込型トレッドミル (西川鉄工製) による漸増負荷法により VO_2max の測定を行った。傾斜角度を0° 2分間の段階的負荷を走行速度160m/分から開始し、20m/分ずつ漸増させた。速度200m/分に達した後は1分毎に10m/分ずつ漸増させて疲労困憊に至るまで走行を維持させた。呼気ガスの分析はPerkin Elmer社製呼気ガス分析装置 (MGA-1100) を用い、ダグラスバッグ法により採集した呼気により、分時酸素摂取量を求めた。

統計解析は両グループ間の差の検定には対応のないt検定を、酸素摂取量と心エコー図所見との相関関係には最小二乗法による一次回帰を行い、いずれも $P < 0.05$ 以上を有意と判定した。

【結 果】

<トレーニング量による心形態の差異>

左室の心エコー図により得られた個々の所見をAグループは表1に、Bグループでは表2に示した。Aグループ中のNO.9の左室の断層図を図1に、Mモードを図2に示してある。その左室壁厚は明らかに肥厚し、特に後壁は約20mmと著明な肥厚を示した。(トレーニングによる左室の壁厚は16mm以下とされているので、両群間を比較するに際してはAグループのNO.9を除き検討した。)

両群間において、体重、身長、体表面積、左室中隔厚、左室後壁厚、一回拍出量、左室駆出率では有意差は見られなかったが、左室径、左室心筋重量においてはAグループが有意に大であった (表3)。

さらに左室拡張期径では、正常値上限56mmを越えるものは、Bグループでは8名中1名に過ぎなかったが、Aグループでは21名中10名と約半数を占めていた (図3)。左室心筋重量はBグループの最大値が247.2gであったが、Aグループでは250gを越えるものが20名中13名にもものぼった (NO.9を除く)。

表1. 実業団・長距離選手の身体, 心エコー図所見および酸素摂取量

NO	BV (kg)	HEIGHT (cm)	BSA (m ²)	Dd (mm)	Ds (mm)	IVSth (mm)	PWth (mm)	SV (m ³)	EF (%)	LVW (g)	LVM/BW (g/kg)	LVM/BSA (g/m ²)	VO2 max (ℓ)	VO2 max (mℓ/kg)
1	58.0	166.8	1.648	59	35	7	10	163	79	288.9	3.95	138.9	3.58	61.7
2	56.0	171.0	1.653	55	38	10	10	112	67	251.7	4.50	152.3	4.18	74.6
3	64.4	178.1	1.807	60	43	11	11	136	63	334.8	5.20	185.3	4.46	69.3
4	53.9	166.4	1.595	56	37	10	12	125	71	296.9	5.51	186.2	4.08	75.7
5	53.2	159.8	1.540	52	33	11	11	105	74	261.2	4.91	169.6	4.03	75.8
6	57.0	167.0	1.637	54	35	12	12	115	73	315.8	5.54	192.9	4.04	70.9
7	62.5	171.3	1.734	55	35	11	11	124	74	287.8	4.60	165.9	4.12	65.9
8	51.5	160.8	1.526	57	39	9	9	126	68	232.1	4.51	152.2	3.61	70.1
9	55.0	166.4	1.608	49	33	15	20	82	69	480.1	8.73	298.5	3.74	68.0
10	59.3	174.6	1.719	59	37	11	11	155	75	265.9	4.48	154.7	4.11	69.3
11	51.1	161.2	1.523	52	37	11	11	90	64	244.3	4.78	160.4	3.79	74.2
12	51.2	163.1	1.538	49	31	10	10	88	75	205.3	4.01	133.5	3.66	71.5
13	54.5	166.5	1.603	48	32	10	10	78	70	198.0	3.63	123.5	3.89	71.4
14	62.5	174.5	1.758	52	34	10	10	101	72	227.9	3.65	129.7	3.84	61.4
15	59.5	167.2	1.669	58	37	10	10	144	74	276.6	4.65	165.8	4.03	67.7
16	55.1	175.8	1.675	58	37	10	10	144	74	257.9	4.68	154.0		
17	52.9	165.1	1.573	52	33	9	9	105	74	212.0	4.01	134.8	3.79	71.6
18	55.0	165.9	1.605	56	37	12	12	125	71	316.1	5.75	197.0	4.11	74.7
19	61.5	180.4	1.788	60	42	10	10	142	66	293.8	4.78	164.3	4.27	69.4
20	61.1	172.5	1.726	58	40	10	10	131	67	276.6	4.53	160.2	4.38	71.7
21	60.0	176.1	1.739	54	38	8	8	103	65	179.0	2.98	102.9	3.98	66.3
平均	57.0	169.1	1.656	55	36	10	11	119	71	272.6	4.73	161.7	3.98	70.1
SD	4.0	5.6	0.084	4	3	2.4	1.4	24	4	34.4	1.19	39.2	0.24	4.1

表2. 体育大・長距離選手の身体および心エコー図所見

NO	BV (kg)	HEIGHT (cm)	BSA (m ²)	Dd (mm)	Ds (mm)	IVSth (mm)	PWth (mm)	SV (m ³)	EF (%)	LVW (g)	LVM/BW (g/kg)	LVM/BSA (g/m ²)
1	59.0	168.0	1.669	59	37	9	9	155	75	247.2	4.19	148.2
2	57.0	166.0	1.630	52	35	10	10	98	70	227.9	4.00	139.8
3	58.0	167.0	1.649	48	32	10	9	78	70	183.8	3.17	111.4
4	55.0	164.0	1.591	48	29	11	10	86	78	212.6	3.87	133.6
5	58.0	168.0	1.656	49	34	11	10	78	67	220.4	3.80	133.0
6	59.0	170.0	1.683	54	34	10	10	118	75	243.7	4.13	144.8
7	54.0	178.0	1.801	55	35	10	9	124	74	234.4	3.66	130.1
8	54.0	160.0	1.551	51	35	11	10	90	68	236.2	4.37	152.3
平均	58.0	167.0	1.657	52	34	10	10	103	72	225.8	3.90	137.2
SD	2.8	4.8	0.073	4	2	0.7	0.5	25	4	19.2	0.40	17.8

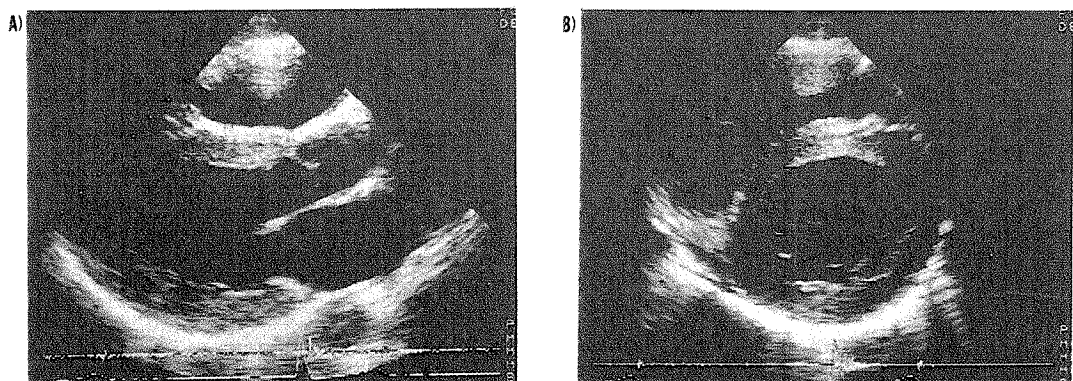


図1. 著明な左室肥大を示した実業団選手の断層心エコー図
左室長軸断層図 (A) および短軸断層図 (B) で心室中隔および後壁の著明な肥大が認められる。

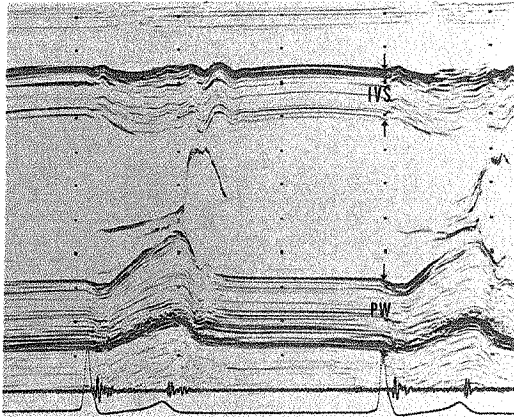


図2. 著明な左室肥大を呈したMモード心エコー図
図1の症例に同じ。後壁は20mmと著名に
肥大している。
IVS : 心室中隔
PW : 左室後壁

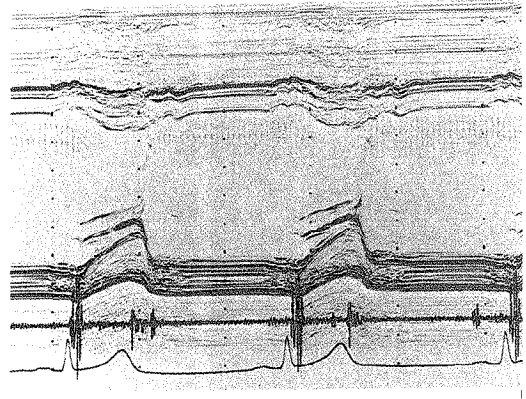


図3. 著明な心拡大を呈した実業団選手のMモー
ド心エコー図
左室内腔の拡大が著しいが左室壁厚の肥大
や壁運動の低下は認められない。

表3. 両グループの心エコー図所見 (平均値±標準偏差)

	A (n=20)	B (n=8)	P
左室拡張期径	(mm) 55.2±3.4	52.0±3.6	*
左室収縮期径	(mm) 36.5±3.0	33.9±2.3	*
心室中隔厚	(mm) 10.1±1.2	10.3±0.7	NS
左室後壁厚	(mm) 10.4±1.0	9.6±0.5	NS
一回拍出量	(ml) 121±23	103±25	NS
左室駆出率	(%) 70.8±4.2	72.1±3.7	NS
左室心筋重量	(g) 261.1±41.4	225.8±19.1	*
体重当たり左室心筋重量	(g/kg) 4.53±0.67	3.90±0.35	*
体表面積当たり左室心筋重量	(g/m ²) 156.2±23.6	136.7±12.0	*

NS: not significant.

*: p < 0.05

表4 心形態及び機能と最大酸素摂取量との関係

	最大酸素摂取量	
	(l/min)	(ml/kg/min)
左室拡張期径	0.477*	-0.218
左室収縮期径	0.631*	0.016
心室中隔厚	0.496*	0.488*
左室後壁厚	0.347	0.393
一回拍出量	0.289	-0.325
左室駆出率	-0.456*	-0.274
左室心筋重量	0.564*	0.093
体重当たり左室心筋重量	0.446	0.548*
体表面積当たり左室心筋重量	0.506*	0.451

NS: not significant.

*: p < 0.05

<最大酸素摂取量と心エコー図所見との関係>

Aグループ19人の最大酸素摂取量と心エコー図所見との相関関係を表4に示した。体重当たりの最大酸素摂取量は体重当たりの心筋重量と最も高い相関を示した。

【考 察】

心エコー図を用いた長距離選手の左室拡張期径は正常人(45~55mm)より拡大していると報告されている。UnderwoodとSchwadeは世界級・大学の長距離ランナーおよび正常人のMモードのみ心エコー図を比較し、左室拡張期径は世界級と大学の選手との間で差はなかったと報告している⁶⁾。しかし、今回の結果では、トレーニング量の多い実業団選手の左室拡張期径の方が有意に大きく、また約半数が56mm以上を示した。

この差異の原因は不明であるが、一つには断層図で左室内腔を確認しながら記録したMモード心エコー図と、Mモードのみの記録の違いによるものと考えられる。左室拡張期径の最大値はいずれのグループでも60mmであり、これは従来の報告と一致している^{3) 7)}。

左室拡張期径のある程度の拡大は、Frank-Starlingの法則により、心筋収縮力を強め、血液駆出量を増加させるが、それ以上になると収縮力は減弱する。さらに著明な拡大は僧帽弁逆流を来し、心機能は低下する。以上よりトレーニング効果による左室拡張期径の拡大は60mm前後が最大限度と考えられる。

スポーツ競技者の左室心筋重量が正常人よりも増加していることはこれまでも報告されており、長距離ランナーもその例外ではない。しかしこの左室心筋重量の増大はおもに左室径の拡大のために生じているとされている。スポーツのエリート選手に関する内外の報告でも左室の壁厚の増大はさほど著明ではなく、13mmを越えるものは希であり、最大でも16mmであったと報告されている⁷⁾。今回の結果でもAグループの1例を除き心室中隔厚および左室後壁厚はすべて12mm以下であった。病的肥大として肥大型心筋症があるが、この場合の中隔厚/後壁厚の比は1.3を越え

る非対称性肥大を示すとされている。13mm以上の例(no.9)は15mm/20mm<1.3であるが後壁厚は20mmと、16mmを越えているので、トレーニングのみによる心肥大とは考えにくく、ある程度病的因子が加わっているものと考えられた。

今回は、この例を除いてもAグループの左室心筋重量はBグループよりも有意に大きく、トレーニング量の多い方が有意に心筋重量の増大を来すことが明らかとなった。

最大酸素摂取量と左室拡張期径に有意な関係が見られるという報告^{8) 9) 10)}と、これを否定する報告^{11) 12)}がみられる。著者らの新入生78人を被験者として最大酸素摂取量と心エコー図所見を検討した結果では、左室拡張期径よりも体重当たりの左室心筋重量との間で有意な相関が認められた($r=0.47$, $P<0.05$)。

いずれにしてもAdamsら¹³⁾は左室拡張期径と左室心筋重量の増加は運動中の一回拍出量をより大きくさせると報告しているので、長距離選手の有酸素性作業能力にはこの2つの因子が大きく関与していると考えられる。

今回の結果からはエリート長距離選手においても、体重当たりの左室心筋重量を測定することにより、有酸素性作業能力を評価できることが示唆された。

【結 論】

トレーニング量の異なる長距離選手の心エコー図、最大酸素摂取量を検討し、以下の結論を得た。

- 1) 長距離ランナーにおいては左室拡張期径の拡大と左室心筋重量の増加が存在すること、さらにトレーニング量の大きいほどその程度は大きいことが判明した。
- 2) エリート長距離選手において、体重当たりの左室心筋重量と最大酸素摂取量の間において有意の相関関係を示した。

【文 献】

- 1) Morganorth J, Maron BJ: The athlete's heart syndrome: a new perspective. Ann NY Acad Sci 301:931-941, 1977

- 2) Huston TP, Puffer JC, Rodney WMcM : The athletic heart syndrome. *New Eng J Med* 313:24-32, 1985
- 3) Maron BJ : Structural features of the athletic heart as defined by echocardiography. *JACC* 7: 190-203, 1986
- 4) 松田光生 : スポーツ心臓. *Medicina* 26:1598-1604, 1989
- 5) Devereux RB, Reichek N : Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. *Circulation* 55:613-618, 1977
- 6) Underwood RH, Schwade JL : Non-invasive analysis of elite distance runners : Echocardiography, Vectorcardiography and cardiac intervals. *Ann NY Acad Sci* 301:297-309,1977
- 7) Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan M, Spirito PS : The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *New Eng J Med* 324:295-301, 1991
- 8) Zeldis SM, Morganorth J, Rubler S : Cardiac hypertrophy in response to dynamic conditioning in female athlete *J Appl Physiol* 44:849-852, 1978
- 9) Bekaert I, Pannier JL, de Weghe CV, Durme JP, Clement DL, Pannier R : Noninvasive evaluation of cardiac function in professional cyclists. *Br Heart J* 45:213-218, 1981
- 10) 大西祥, 山崎元 : 運動選手の左室形態と有酸素運動能の関係. *臨床スポーツ医学* 9:225-231,1992
- 11) Wieling W, Borghos EAM, Hollander AP, Danner SA, Dunning AJ : Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in oarsmen during training. *Br Heart J* 46:190-195,1981
- 12) 平田文夫, 武田誠司, 末次哲郎, 齊藤和人 : 新人運動選手の左室心筋重量と有酸素性作業能力の関係. *鹿屋体育大学学術研究紀要* 10:43-50, 1993
- 13) Adams TD, Yanowitz FG, Fisher AG, Ridges JD, Lovell K, Pryor TA : Noninvasive evaluation of exercise training in college-age men. *Circulation* 64:958-965, 1981