

長期トレーニングが長距離選手の右心系におよぼす影響について

齊藤 和人*, 平田 文夫*

The effects of endurance training on the right heart chambers in college distance runners

Kazutō SAITO* and Fumio HIRATA*

Abstract

We studied the effects of endurance training on the right heart chambers by using two-dimensional and Doppler echocardiography in 8 college distance runners. Apical four-chamber views echocardiograms were analysed before and after 13 weeks of training for tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), a simple echocardiographic parameter which reflects right ventricular (RV) ejection fraction, right atrial (RA) area at end-systole and RV area at end-diastole. The pulmonary arterial pressure was also estimated by measuring acceleration time (AcT) and RV ejection time (RVET) on RV out flow Doppler wave form. After training, RV and RV areas were increased significantly (RA: 13.7 ± 2.2 to 15.6 ± 1.6 cm²; $p < 0.05$, RV: 16.1 ± 3.8 to 20.0 ± 2.9 cm²; $p < 0.01$), whereas the TAPSE, AcT, RVET and the ratio of AcT/RVET were unchanged.

These results indicate that endurance training increases the RA and RV chambers without change of PA pressure and RV ejection fraction in college distance runners.

Key Words: *Endurance Training, Right Heart Chambers, Echocardiography*

<はじめに>

スポーツ心臓とは、激しいトレーニングに生理的に適応した心臓のことをいい、主に徐脈、心肥大、心拡大などを伴うことが知られている⁽¹⁻³⁾。Morganroth¹⁾らは、長距離走や水泳などの主として動的運動を行っている選手の左心室は容積と重量が増加し、重量挙げや投てき選手のように静的運動を主とする選手においては左心室壁厚と重量が増していることを報告している。前者は心室への容量負荷に対する適応であり、後者は圧負荷に対する適応の結果と考えられている。これまでの陸上長距離選手の心臓に関する研究では、一回拍出量および左室内径の増大など体循環に血液を送

り出す左心系については多くの報告がなされている。^{4,5)} 著者らも陸上長距離選手の左心室におよぼす長期トレーニングの効果を心エコー図を用いて検討し、左室内径や心筋重量の増加を来すことを報告した。⁶⁾

しかし、還流静脈血を肺循環に送り出す右心系についての報告はほとんど見られない。著者らは、長期トレーニングの陸上長距離選手の右心系に及ぼす影響について心エコー図を用いて検討した。

<方 法>

鹿屋体育大学の長距離選手（新入生）6人および外傷などにより4月よりトレーニングを開始した2年生2人の計8人を被験者とした。トレーニ

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

ング期間は13週間で、その前後で心エコー図を測定した。

トレーニングは一週間あたり午前3回、夕方5回の合同練習を基本とし、強化練習時は160km以上を一週間の走行距離とした(図1)。

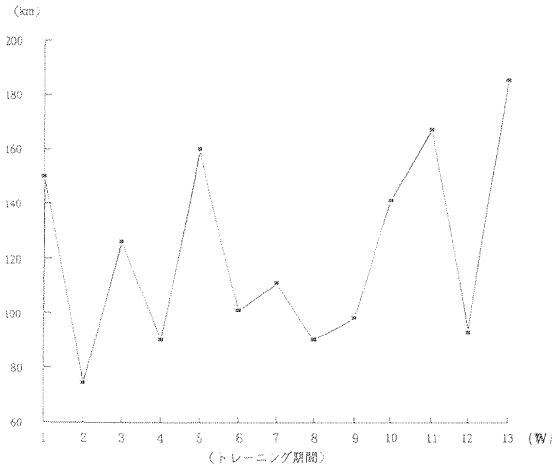


図1 トレーニング期間とトレーニング量の変動

心エコー図測定は電子走査型超音波診断装置 (SSH-140A 東芝) を使い、発振周波数2.5MHZ、パルス繰り返し周波数4 KHZ を使用した。被験者を左半側臥位にし、呼吸停止下に、心尖部より四腔断層図(図2)をビデオテープに記録し、収縮末期の右房面積および拡張末期の右室面積、つまり、それぞれの最大面積を連続5心拍について測定した。

さらに右室駆出率 (RVEF) と良く相関する Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) を Kaul ら⁷⁾の方法で以下のようにして測定した。拡張末期の四腔断層図で右室の自由壁と三尖弁の接点と、扇状エコー図の中心点を結び、収縮期の三尖弁との交点との差を(↔) TAPSE とし測定した(図3)。

右室駆出血流速波形は、第3~4肋間胸骨左縁より右室流出路長軸断面像を抽出し、パルス・ドプラー法を用いて記録した。サンプルボリュームを肺動脈弁下に設定し、呼気上めで Stript chart recorder に紙送り速度100mm/秒で記

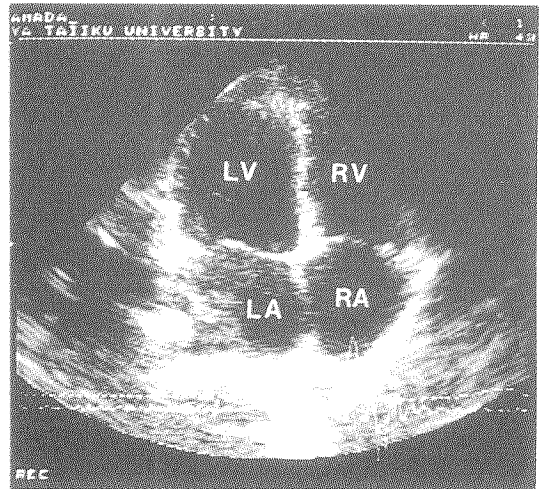


図2

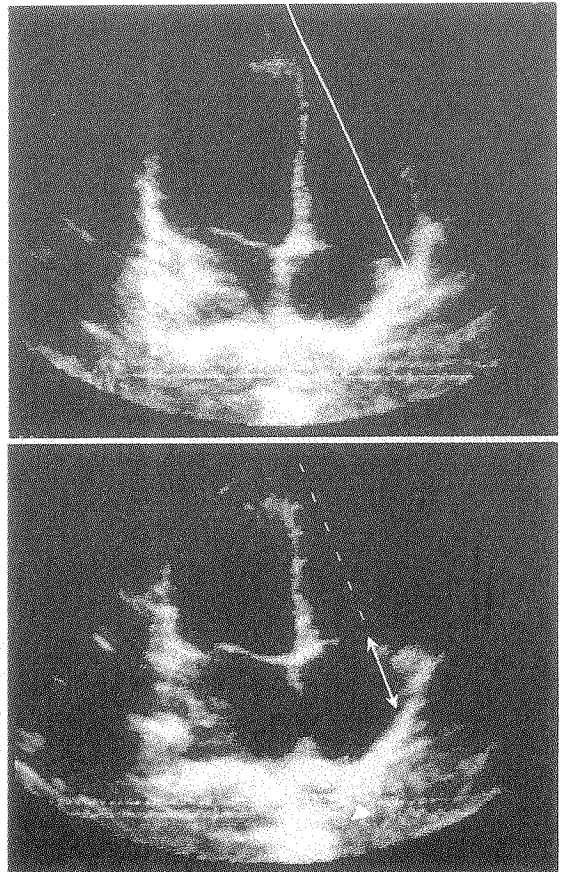


図3

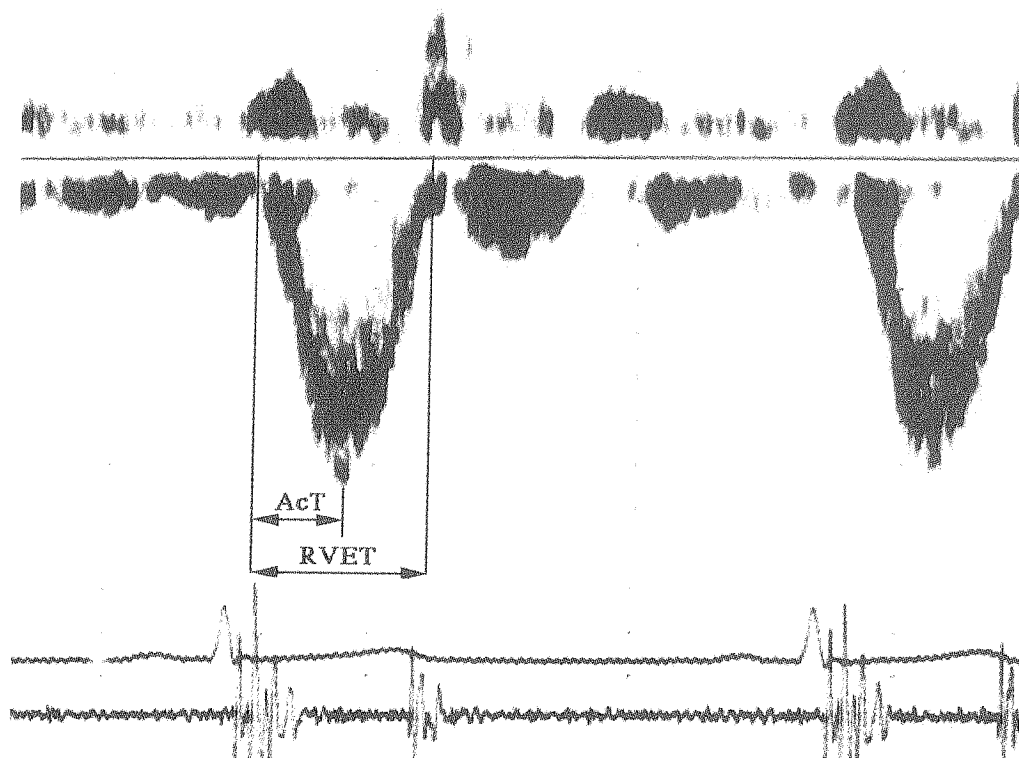


図4

表1 被験者の身体特性 (平均値±標準偏差)

	トレーニング	後	P 値
身長 (cm)	171.4 ± 1.7	171.9 ± 1.5	NS
体重 (kg)	57.5 ± 2.9	57.1 ± 2.1	NS
体表面積 (m ²)	1.67 ± 0.04	1.67 ± 0.03	NS

NS=not significant.

表2 トレーニング前後の右心系の心エコー図所見 (平均値±標準偏差)

	トレーニング前	後	P 値
右房面積 (cm ²)	13.7 ± 2.2	15.6 ± 1.6	0.05
右室面積 (cm ²)	16.1 ± 3.8	20.0 ± 2.9	0.01
TAPSE (mm)	19.7 ± 3.1	20.2 ± 3.1	NS
AcT (msec)	164.7 ± 27.4	161.3 ± 18.3	NS
RVET (msec)	349.0 ± 26.4	351.3 ± 27.2	NS
ACT/RVET	0.47 ± 0.05	0.45 ± 0.03	NS

NS=not significant. AcT=Acceleration Time RVET=Right Ventricular Ejection Time

TAPSE=Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion

録した。そして駆出開始からピーク血流に達するまでの時間 (AcT) と右室駆出時間 (RVET) をそれぞれ連続5心拍について測定した (図4)。

結果はすべて平均値±標準偏差で表わし, 統計は対応のあるt検定を用い, P<0.05をもって有意差ありとした。

＜結 果＞

13週間のトレーニング前後で身長、体重および体表面積に有意の変化は見られなかった(表1)。

右心形態・機能のトレーニングによる変化を表2に示した。トレーニングにより右房および右室面積は有意な増大を示した。しかしRVEFや肺動脈圧と深い関係を示すTAPSEとAcT/RVET比は有意の変化を示さなかった。

＜考 察＞

単発の運動に対する右心系の反応は左心系と比べて異なることが報告されている^{8,9)}。Gurtnerら⁸⁾は正常人にエルゴメーターを用いて2段階の運動負荷を加え、その間右心カテーテルを行い以下のような報告をしている。すなわち運動量が大きくなるほど肺動脈圧は体血圧よりも大きく上昇し(平均69% VS26%)、肺血管抵抗も体血管抵抗に比べてあまり低下せず(平均33% VS51%)、右心室の仕事量は左心室の約2倍になるという。

今回、収縮期または平均肺動脈圧と非常に強い逆相関を示すとされるAcT/RVET比¹⁰⁾はトレーニング前後で有意の変化は見られなかった。これはトレーニング中は肺動脈圧が上昇しても安静時には元に戻ることや肺血管抵抗が低下するためと考えられた。

Douglasら¹¹⁾は41人のトライアスリートを対象とし、トライアスロン前、直後および28時間後の心尖部よりの四腔断層心エコー図を用いて各心室の面積を測定し、レース直後には両心房と左室の面積は減少したにもかかわらず右室面積は有意に増大し、これは両心房、左室の面積が前値に復した28時間後も続くことを報告し、右室は左室に比べて運動に対して異なる反応を示すと推定している。今回の13週間にわたる長期の長距離走トレーニングでは右房および右室面積が有意に増大したがRVEFと良く相関するTAPSE値⁷⁾には変化が認められなかった。

今回、右房面積はDouglasらの結果と異り増大していた。これは、運動量の違い(トライアスロン:競泳3.9km, 競輪180.2km, 競走42.2km vs 最

高20km走)と比較的急性の変化と慢性の変化の違いによると考えられた。さらに長期のトレーニングはDouglasらの結果と異り左房が拡大すると報告されている^{2,4,5)}ので、同じような変化が右房にも生じたものと考えられる。

長期のトレーニングは心臓の左心系の拡大および体血管抵抗の低下により心拍出量の増大を来すとされているが、今回の結果より右心系にも同じような変化(右房および右室の拡大と肺血管抵抗の低下)が生じていることが明らかとなった。

＜ま と め＞

長距離選手を対象として、13週間トレーニングの右心系に及ぼす影響を心エコーを用いて検討し、以下の結論を得た。

長期トレーニングにより、肺動脈圧および右室駆出率を変えることなく右心系(右房, 右室)の拡大を来すことが判明した。

参考文献

- 1) Morganroth 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 athletic heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 7: 190-203, 1986
- 4) Morganroth J, Maron BJ, Henry WL and Epstein SE: Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Int Med* 82:521-524, 1975
- 5) Underwood RH, Schwade JT: Non-invasive analysis of cardiac function of elite distance runners-echocardiography, vectorcardiography and cardiac intervals. *Ann NY Acad Sci* 301:297-309, 1977
- 6) 平田文夫, 武田誠司, 末次哲朗, 斎藤和人: トレーニングの長距離ランナーおよび短距離ランナーの左心機能および左室形態におよぼす影響: 心エコー図を用いて。鹿屋体育大学学術研究紀要 9: 11-15, 1993
- 7) Kaul S, Tei C, Hopkins J Mand Shah PM: Assesment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 107: 526-531, 1984

- 8) Gurtner HP, Walser P and Fassler B: Normal values for pulmonary hemodynamics at rest and during exercise in man. *Prog Resp Rev* 9:295-315, 1975
- 9) Ekelund LG, Holmgren A: Central hemodynamics during exercise. *Circ Res* 20/21 supplI: I-33-43, 1967
- 10) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Masuyama T, Tanouchi J, Morita T, Mishima M, Uematsu M, Shimazu T, Hori M, Abe H: Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. *Circulation* 68:302-309, 1983
- 11) Douglas PS, O' Toole ML, Hiller WDB, and Reichek N: Different effects of prolonged exercise on right and left ventricles. *J Am Coll Cardiol* 15:64-69, 1990