

# 長期トレーニングの大学女子ボート選手の 左室収縮および拡張機能に及ぼす影響について

齋藤 和人\*, 松下 雅雄\*, 松尾 彰文\*

## The effects of training on the left ventricular systolic and diastolic functions in college female rowers

Kazuto SAITO\*, Masao MATSUSHITA\* and Akifumi MATSUO\*

### Abstract

We studied the effects of training on the left heart chambers by using M-mode, two-dimensional and Doppler echocardiography in 9 college female rowers. Echocardiographic measurements were performed before and after training. Diastolic function was also estimated by measuring isometric relaxation time (IRT), acceleration time (AcT), deceleration time (DcT), rapid filling flow peak (E), atrial filling peak (A) and the ratio of A/E on LV inflow Doppler wave form. In female rowers The rowing training caused a significant increase in left ventricular diastolic dimension (LVDd), posterior wall thickness (PWth), left atrial dimension (LAd), LV mass, LV mass index and stroke volume (SV). No significant change was detected after training in the IRT, AcT, DcT and E; nevertheless a significant decrease was found in A, A/E ratio and the percent of SV contributed by atrial systole.

These results indicate that in college female rowers rowing training increases the LVDd and LVM without impairment of LV diastolic function.

**KEY WORDS:** *Left Ventricle, Rowing, Training, 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、主に心肥大や心拡大などを伴うことが知られている。スポーツ種目によりその程度は様々であるが、激しい動的運動と静的運動をともに行うボート選手の左心室の拡大及び肥厚は著しいことが報告されている<sup>1,2)</sup>。さらにいくつかのスポーツ種目においては長期のトレーニングにより左室内径や心筋重量の増加を来すことが報告されている<sup>3-5)</sup>。しかしボート選

手についての報告は少なく<sup>6,7)</sup>女子についての報告はほとんどみられない。著者らは長期トレーニングの大学女子ボート選手の左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>

本学ボート部女子選手9名を被験者とした。トレーニング期間は20週間で、その前後で心エコー図を測定した。トレーニングは通常的水上トレーニングで、4月から6月の間は週5日間で1週間70km、7・8月の間は週5日間で1週間90kmで

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

あった。

心エコー図測定は電子走査型超音波診断装置 (SSH-140A, 東芝) を用いて, 被検者を仰臥位にし, 安静時の左室内腔の心エコー図を記録した (紙送り速度50mm/秒)。心エコー図の観察・記録の際には, 探蝕子を第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記録した。そして, 心電図のR波の頂点で, 左室拡張期径 (LVDd), 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期経 (LVDs) を計測し, 左室駆出率 (EF), 一回拍出量 (SV) 及び左室心筋重量 (LVM) を以下の式を用いて求めた。

$$SV = LVDd^3 - LVDs^3, EF = SV / LVDd^3$$

$$LVM = 1.04 \{ (LVDd + PWth + IVSth)^3 - LVDd^3 \} / 1000 - 14^{81}$$

僧帽弁流入波形は被験者を左半側臥位にし, 心尖部より四腔断層像を抽出しながらパルス・ドップラー法 (発振周波数2.5MHZ, パルス繰り返し周波数4KHZ) を用いて測定した。サンプルボリュームを僧帽弁輪部に設定し (図1), 呼吸止めでStrip chart recorder に紙送り速度100mm/秒で記録した。左室流入血流パターンは急速流入血流波 (E) と心房収縮波 (A) からなり, そのピーク流速, E波の減衰時間 (deceleration time: DcT), 加速時間 (acceleration time: AcT), および等容拡張期時間 (isometric relaxation time: IRT) をそれぞれ連続5心拍について測定した (図2)。さらに Finkelhor 等の方法<sup>9)</sup>を用いて心房収縮の一回拍出量に占める割合 (ASC to SV) を%で計算した。

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

### < 結 果 >

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みられなかった (表1)。トレーニ

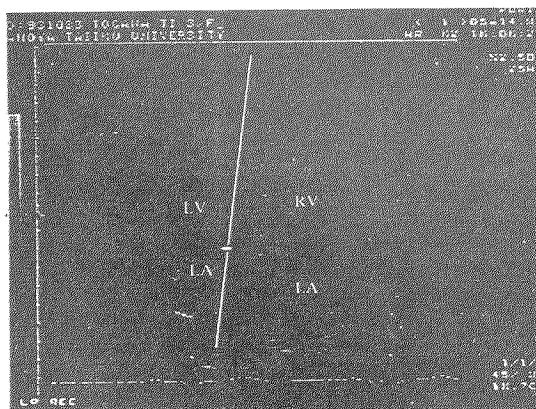


図1

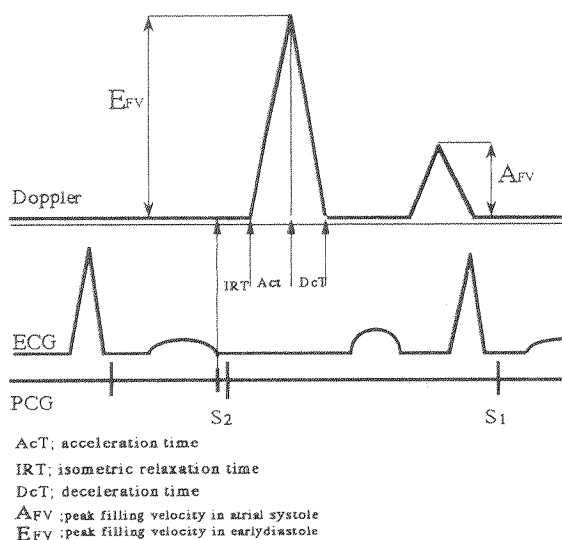


図2

表1

	トレーニング前後の身体特性		P値
	トレーニング前	トレーニング後	
身長 (cm)	167.1±4.3	166.5±4.3	NS
体重 (Kg)	64.8±9.2	63.5±10.2	NS
体表面積 (m <sup>2</sup> )	1.73±0.10	1.71±0.10	NS
N S ; not significant			

ング前後の心エコー図およびドップラー心エコー図所見を表2に示した。トレーニングによりLVDd, PWth, SV, LVM, LVM / 体重比, LVM index および左房径の有意の増大が認められたが, IVSth, EF および大動脈径には有意の変化は認められなかった。僧帽弁流入波形を用いて測

表 2

トレーニング前後の心エコー図所見 (平均値±標準偏差)				
	トレーニング前	トレーニング後		P値
LVDd	49.9±5.5	51.3±5.6		0.001
LVDs	33.3±5.1	33.8±4.5		NS
IVSth	7.6±0.9	8.2±1.2		NS
PWth	7.6±1.2	8.7±1.0		0.001
SV	88.9±25.6	99.3±33.0		0.005
EF	70.0±5.3	71.1±5.7		NS
LVM	147.6±49.9	179.2±57.4		0.001
LVM/weight	2.24±0.52	2.79±0.54		0.001
LVM/B.S.A	84.5±23.5	103.7±25.9		0.001
AoD	29.1±2.8	28.9±2.7		NS
LAoD	31.9±2.6	34.1±2.8		0.001

LVDd: 左室拡張期 LVDs: 左室収縮期 IVSth: 心室中隔厚  
 PWth: 左室後壁厚 SV: 一回心拍出量 EF: 左室駆出率  
 LVM: 左室心筋重量 B.S.A: 体表面積 NS: not significant

表 3

トレーニング前後のドップラー心エコー図所見				
	トレーニング前	トレーニング後		P値
HR	65.4±5.2	61.1±5.5		NS
IRT(msec)	58.1±9.6	53.6±11.6		NS
AcT(msec)	92.9±19.5	94.0±14.2		NS
DcT(msec)	127.9±24.4	163.0±42.2		NS
E(cm)	73.6±13.8	84.8±13.1		NS
A(cm)	42.9±5.6	35.0±8.7		0.05
A/E	0.60±0.06	0.42±0.09		0.01
AC to SV(%)	18.5±3.2	13.4±2.3		0.05

平均値 ± 標準偏差 NS: not significant  
 HR: heart rate IRT: isometric relaxation time  
 AcT: acceleration time DcT: deceleration time  
 E: peak flow velocity in rapid filling A: peak flow velocity during atrial systole  
 AC to SV: contribution rate of atrial systole to stroke volume

定した左室拡張期の指標のトレーニングによる変化を表3に示した。トレーニングにより安静時心拍数、急速流入血流波(E)、DcT、AcTおよびIRTは有意の変化を示さなかったが、心房収縮波(A)、E/A比および心房収縮の一回拍出量に占める割合は有意の減少を示した。

### <考 案>

水泳, ランニング, サイクリングおよびクロスカントリースキーなどの長期のトレーニングは程度の違いはあるものの左室内径や心筋重量の増加を来すことが報告されている<sup>3-5)</sup>。Wieling等は長期トレーニングの大学男子ボート選手の左心系に及ぼす影響を心エコー図を用いて検討し、新入生では7カ月のトレーニングによりLVDd, LVDs, IVSthおよびPWthの有意の増大を示したが、上級生ではLVDdは有意に増大したもののLVDs, IVSthおよびPWthは有意の変化を示さなかったと報告している<sup>6)</sup>。これに反し世界トップレベルの男子ボート選手15人を用いたCavallaro等の研究では5カ月の激しいトレーニ

ングによりLVDd, LVDs, IVSth, PWthおよびLV mass indexはいずれも有意に増大したと報告している<sup>7)</sup>。これはLVDsとIVSthの変化を除けば著者らの大学女子ボート選手の結果とよく一致している。トレーニングの質, 量, 期間および個人の能力などにより若干の違いはあるものの長期のボート・トレーニングは女子においても左室内径や心筋重量の増加を来すものと考えられた。

高血圧などによる病的な肥大心では収縮機能が保たれていても拡張機能に異常をきたしていることが報告されている<sup>9,10)</sup>。これに反しスポーツ・トレーニングによる生理的肥大心では拡張機能は正常に保たれているという報告<sup>11-14)</sup>と充進しているという報告がみられる<sup>15-17)</sup>。これらの拡張機能は長期のトレーニングによりLVDdやLVMが有意に増加するにもかかわらず変化しないとされている<sup>7,18)</sup>。

今回のパルス・ドップラー法による左室流入血流速パターンでの検討では急速流入血流波(E)のピーク流速, E波の減衰時間(DcT), 加速時間(AcT), および等容拡張期時間(IRT)は有意の変化を示さなかったが、心房収縮波(A)のピーク流速, A/E比および心房収縮の一回拍出量に占める割合(%)は心拍数の有意の減少がないにもかかわらず有意に減少した。

Finkelhor等<sup>11)</sup>は正常人と長距離ランナーの安静時の左室流入血流速パターンをパルス・ドップラー法を用いて検討し心房収縮の一回拍出量に占める割合(%)は正常人より減少して入ること, そしてそれは心拍数減少による拡張期間の延長によるものであり運動中の一回拍出量増加に関与していると報告している。しかし今回の結果は心拍数減少を伴わずに心房収縮の一回拍出量に占める割合(%)は減少していた。これらの違いは性差やトレーニングの質, 量, 期間などによるものと思われる。

Adams等はLVDdとLVMの増加は運動中の一回拍出量より大きくさせると報告している<sup>19)</sup>ので、今回の結果は運動中の一回拍出量を増加させるための生理的適応が収縮期および拡張期の両機能に起きたためと考えられる。またVanoverschelde等

は A / E 比が最大酸素摂取量の一番有意の規定因子と報告している<sup>20)</sup>。

以上より長期トレーニングは大学女子ボート選手の左心室の収縮期および拡張期の機能を改善し運動中の一回拍出量を増加させ最大酸素摂取量を増大させることが示唆された。

### <ま と め>

大学ボート部女子選手9名を対象として、約5か月の水上トレーニングの左心室の収縮期および拡張期機能に及ぼす影響をMモードおよびドップラー・心エコーを用いて検討し、以下の結論を得た。

トレーニングにより、安静時の左室拡張期径、一回拍出量、左室心筋重量の増加と心房収縮波(A)のピーク流速、A/E比および心房収縮の一回拍出量に占める割合(%)の減少を来すことが判明した。

### <文 献>

- 1) Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan MA, Spirito P: The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *New Eng J Med* 24: 295-301, 1991.
- 2) Maron BJ, Pelliccia A, Spataro A, Granata M: Reduction in left ventricular wall thickness after deconditioning in highly trained Olympic athletes. *Br Heart J* 69: 125-128, 1993.
- 3) Ehsani AA, Hagberg JM, Hickson RC: Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning. *Am J Cardiol* 42: 52-56, 1978.
- 4) Fagard R, Aubert A, Staessen J, Vanhees L, Armeij A: Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structures and function in cyclists. *Circulation* 67: 896-901, 1983.
- 5) 平田文夫、武田誠司、末次哲朗、斉藤和人：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.
- 6) Wieling W, Borghols EA, Hollander AP, Danner SA, Dunning AJ: Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in oarsmen during training. *Br Heart J* 46: 190-195, 1981.
- 7) Cavallaro V, Petrena M, Betocchi S, Salvatore C, Morgano G, Bianchi V, Breglio R, Bonaduce D: Effects of sustained training on left ventricular structure and function in top level rowers. *Eur Heart J* 14: 898-903, 1993.
- 8) Devereux RB, Reichek N: Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. *Circulation* 55: 613-618, 1977.
- 9) Lorell BH, Grossman W: Cardiac hypertrophy: The consequences for diastole. *J Am Coll Cardiol* 9: 1189-1193, 1987.
- 10) Sziachic J, Tubau JF, O'Kelly B: Correlates of diastolic filling abnormalities in hypertension: A Doppler echocardiographic study. *Am Heart J* 20: 386-391, 1990.
- 11) Finkelhor RS, Hanak u, Bahler RC: Left ventricular filling in endurance-trained subjects. *J Am Con Cardiol* 8: 289-293, 1986.
- 12) Fagard RH: Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin* 10: 241-256, 1992.
- 13) Fagard R, Broeke CVD, Vanhees L, Staessen J, Amery A: Noninvasive assessment of systolic and diastolic left ventricular function in female runners. *Eur Heart J* 8: 1305-1311, 1987.
- 14) Fagard R, Broeke CVD, Bielen E, Vanhees L, Staessen J, Amery A: Assessment of stiffness of the hypertrophied left ventricle of bicyclists using left ventricular inflow Doppler velocimetry. *J Am Coll Cardiol* 9: 1250-1254, 1987.
- 15) MacFarlane N, Nerthridge DB, Wright AR, Grant S, Dargie HJ: A comparative study of left ventricular structure and function in elite athletes. *Br J Sport Med* 25: 45-48, 1991.
- 16) Missault L, Durprez D, JordaenL, Buyzere M, Bonny K, Adang L, Clement D: Cardiac anatomy and diastolic filling in professional road cyclists. *Eur J Appl Physiol* 66: 405-408, 1993.
- 17) Nixon JV, Wright AR, Porter TR, Roy V, Arrowood JA: Effects of exercise on left ventricular diastolic performance in trained athletes. *Am J Cardiol* 68: 945-949, 1991.
- 18) Galanti G, Comeglio M, Vinci M, Capelli B, Vono MC, Bamoshmoosh M: Echocardiographic Doppler evaluation of left ventricular diastolic function in athlete

- hypertrophied hearts. *Angiology* 44: 341-346, 1993.
- 19) 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.
- 20) Vanoverschelde J-LJ, Essamri B, Vanbutsele R, D' Hondt A-M, Cosyns JR, Detry J-M, Melin JA: Contribution of left ventricular diastolic function to exercise capacity in normal subjects. *J Appl Physiol* 74: 2225-2233, 1993.