

拡張型心筋症症例の運動負荷心エコー図所見

Evaluation of left ventricular function in patients with dilated cardiomyopathy by exercise echocardiography

早川 正徳
猪尾 力
川西 秀夫
郭 鴻圖
熊木 知行
横田 慶之
福崎 恒

Masanori HAYAKAWA
Tsutomu INOH
Hideo KAWANISHI
Kohzu KAKU
Tomoyuki KUMAKI
Yoshiyuki YOKOTA
Hisashi FUKUZAKI

Summary

In order to evaluate left ventricular function of dilated cardiomyopathy, 24 patients and ten healthy subjects were studied by exercise echocardiography.

The patients with dilated cardiomyopathy were classified into 3 groups according to the presence or absence of mitral regurgitation and the severity of left ventricular dilatation:

Group I was consisted of five cases with mitral regurgitation.

Group II was consisted of seven cases without mitral regurgitation who had marked left ventricular dilatation, where the left ventricular end-diastolic dimension index (DdI) was greater than 46 mm/m² and left ventricular end-systolic dimension index (DsI) was greater than 40 mm/m².

Group III was consisted of 12 cases without mitral regurgitation who had moderate left ventricular dilatation, where the DdI was less than 46 mm/m² or DsI was less than 40 mm/m².

The ergometer exercise tests were performed for 3 min at 25 watts in a supine position.

There was no significant differences of exercise-induced increases in heart rate, elevations of systolic blood pressure and increases of rate pressure product, respectively, between healthy subjects and each group of dilated cardiomyopathy.

In healthy subjects, both DdI and DsI were unchanged on exercise. In Group I, DdI was unchanged but DsI decreased ($p < 0.02$), thus percent fractional shortening of the left ventricle (ΔD) was increased ($p < 0.05$).

神戸大学医学部 第一内科
神戸市中央区楠町 7-5-1 (〒650)

The First Department of Internal Medicine, Kobe
University School of Medicine, Kusunoki-cho, 7-
5-1, Chuoh-ku, Kobe 650

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982

Received for publication June 10, 1982

In Group II, both DdI and DsI were unchanged. In Group III, DdI was increased ($p < 0.05$) while DsI was unchanged, thus ΔD was increased ($p < 0.02$).

These results suggested that the left ventricle is able to respond to exercise by its further dilatation (increase of preload) in mild to moderate dilated cardiomyopathy (Group III). On the other hand, in cases with marked left ventricular dilatation (Group II), the further dilatation is not induced. The same was true in dilated cardiomyopathy with mitral regurgitation (Group I), where the left ventricle had almost the same size as in Group II, although changes in DsI and ΔD were not evaluated precisely because of the associated regurgitation.

Key words

Dilated cardiomyopathy
dimension Preload

Exercise echocardiography

Left ventricular function

Left ventricular

はじめに

近年断層心エコー図¹⁻³⁾・RI アンジオグラフィ^{4,5)}を用いて、非侵襲的に運動負荷時の左心機能の詳細な検討が行われている。我々は今回種々の程度の左室機能障害を有すると考えられる拡張型心筋症 (dilated cardiomyopathy) に、自転車 ergometer による動的運動負荷を施行し、断層心エコー図を用いて左室動態を観察した。

対象と方法

対象は健常人 10 例、拡張型心筋症 24 例である。拡張型心筋症例は検査時、全例旧 NYHA 心機能分類 II 度から III 度の状態であった。症例を僧帽弁閉鎖不全の有無および安静時心エコー図による左室短径拡大の程度により、3 群に分類した (Table 1)。Group I は左室造影にて僧帽弁閉鎖不全を確認し得た 5 例である。Group II は僧帽弁閉鎖不全を認めず、体表面積で補正した左室拡張末期短径 (left ventricular end-diastolic dimension index, 以下 DdI) 46 mm/m^2 以上で、かつ体表面積で補正した左室収縮末期短径 (left ventricular end-systolic dimension index, 以下 DsI) 40 mm/m^2 以上の高度左室拡大例で 7 例である。Group III は僧帽弁閉鎖不全を認めず DdI 46 mm/m^2 未満、もしくは DsI 40 mm/m^2 未満の中等度までの左室拡大例で 12 例である。

運動負荷は Monark 製仰臥位自転車 ergometer

を用いて、25 watt を 3 分間単一水準で加えた。東芝製電子扇型走査型心断層装置 SSH-11A を用いて、腱索 level の左室短軸断層像の monitor 下に、心室中隔、左室後壁 M-mode 図を Honeywell 製 line scan recorder Model FR-06A により、紙送り速度 50 mm/秒 で記録した。M-mode 図記録は運動負荷前および運動負荷中止直前に呼吸停止下に行い、左室短径は 3 心拍平均により求めた。諸計測値は $\text{mean} \pm \text{S.D.}$ で表わし、有意差検定は paired t 検定、non-paired t 検定を用いた。

Fig. 1 に健常例の安静時および運動時の M-mode 心エコー図を示す。

成 績

1. 運動負荷時の心拍数、血圧変化

Fig. 2 に運動負荷による心拍数の変化を示す。心拍数は運動負荷により健常群では、 $68 \pm 10 \text{ bpm}$ より $108 \pm 23 \text{ bpm}$ に、Group I では $67 \pm 3 \text{ bpm}$ より $113 \pm 25 \text{ bpm}$ に、Group II では $76 \pm 5 \text{ bpm}$ より $127 \pm 19 \text{ bpm}$ に、また Group III では $74 \pm 12 \text{ bpm}$ より $137 \pm 26 \text{ bpm}$ におおの各群とも有意に増加した。各群間の比較では、Group II および Group III の運動負荷時の心拍数は健常群の運動負荷時の心拍数と比べて大なる傾向はあったが、安静時、運動負荷時ともに各群間に有意差は認められなかった。

Fig. 3 に運動負荷による収縮期血圧の変化を

Table 1. Materials

Normal subjects	10 cases
DCM	24 cases
Group I with MR	5 cases
Group II without MR DdI \geq 46 mm/m ² and DsI \geq 40 mm/m ²	7 cases
Group III without MR DdI<46 mm/m ² or DsI<40 mm/m ²	12 cases

DCM=dilated cardiomyopathy; MR=mitral regurgitation; DdI=left ventricular end-diastolic dimension index; DsI=left ventricular end-systolic dimension index.

示す。運動負荷により収縮期血圧は健常群では 130 \pm 8 mmHg より 166 \pm 14 mmHg に、Group I では 117 \pm 10 mmHg より 156 \pm 20 mmHg に、Group II では 131 \pm 20 mmHg より 172 \pm 19 mmHg に、また Group III では 123 \pm 10 mmHg より 167 \pm 26 mmHg におのおの各群とも有意に上昇した。しかし各群の収縮期血圧の間には運動負荷前および運動負荷時とも有意差は認められなかった。

Fig. 4 に rate pressure product, すなわち double product の運動負荷による変化を示す。運動負荷により rate pressure product は、健常群では (88 \pm 15) \times 10² より (179 \pm 44) \times 10² に、Group I では (78 \pm 7) \times 10² より (178 \pm 61) \times 10² に、Group II では (98 \pm 9) \times 10² より (216 \pm 32) \times 10² に、また Group III では (91 \pm 17) \times 10² より (229 \pm 60) \times 10² に、各群ともおのおの有意に増加した。各群間の比較では運動負荷前、運動負荷時とも有意差は見出せなかった。

2. 運動負荷時の左室短径の変化

Fig. 5 に運動負荷による DdI の変化を示す。運動負荷により、DdI は健常群では 28.4 \pm 3.1 mm/m² より 28.5 \pm 2.8 mm/m² に、Group I では 47.6 \pm 0.2 mm/m² より 48.0 \pm 0.5 mm/m² に、また Group II では 50.6 \pm 2.3 mm/m² より 50.8 \pm 2.6 mm/m² となったが、これらの群では運動負荷による有意の変化は認められなかった。しか

し Group III の DdI は運動負荷によって 41.2 \pm 3.6 mm/m² より 42.0 \pm 3.5 mm/m² へと増大し、この変化は有意であった (p<0.05)。

Fig. 6 に運動負荷による DsI の変化を示す。DsI は健常群では運動負荷によって 17.9 \pm 1.7 mm/m² より 17.2 \pm 2.1 mm/m² となり、減少する傾向はあったが、この変化は有意ではなかった。僧帽弁閉鎖不全を有する Group I の DsI は、運動負荷によって 40.2 \pm 2.3 mm/m² より 36.4 \pm 1.7 mm/m² へと有意に減少した (p<0.02)。Group II の DsI は運動負荷前 45.7 \pm 0.8 mm/m² より運動負荷時 45.6 \pm 0.8 mm/m² に、Group III の DsI は運動負荷前 34.3 \pm 4.1 mm/m² より運動負荷時 33.5 \pm 5.3 mm/m² となったが、両群とも有意の変化ではなかった。

Fig. 7 に運動負荷による左室 percent fractional shortening [(左室拡張末期短径-左室収縮末期短径)/左室拡張末期短径 \times 100%] (以下 4D) の変化を示す。健常群の 4D は DsI の減少傾向を反映して、運動負荷前 37.0 \pm 3.2% より運動負荷時 40.0 \pm 4.1% に増大したが、この変化は有意ではなかった。僧帽弁閉鎖不全を有する Group I では、DsI が有意に減少したため、4D は運動負荷前 15.5 \pm 4.9% より運動負荷時 24.0 \pm 4.2% となり、有意に増大した (p<0.05)。高度の左室拡大を有する Group II では、4D は運動負荷前 9.8 \pm 3.1%、運動負荷時 10.3 \pm 3.3% であり、運動負荷による有意の変化は認められなかった。中等度までの左室拡大を有する Group III では、DdI の増大を反映して 4D は運動負荷によって 16.9 \pm 5.5% より 20.7 \pm 8.0% となり有意に増大した (p<0.02)。

考 案

1. 運動負荷時の心拍数および血圧の変化

一般に不全心における運動負荷時の異常反応のひとつとして、健常心に比し著明な心拍数の増加がみられるとされている⁶⁾。しかしながら、本研究では **Fig. 2** に示したごとく、Group II、

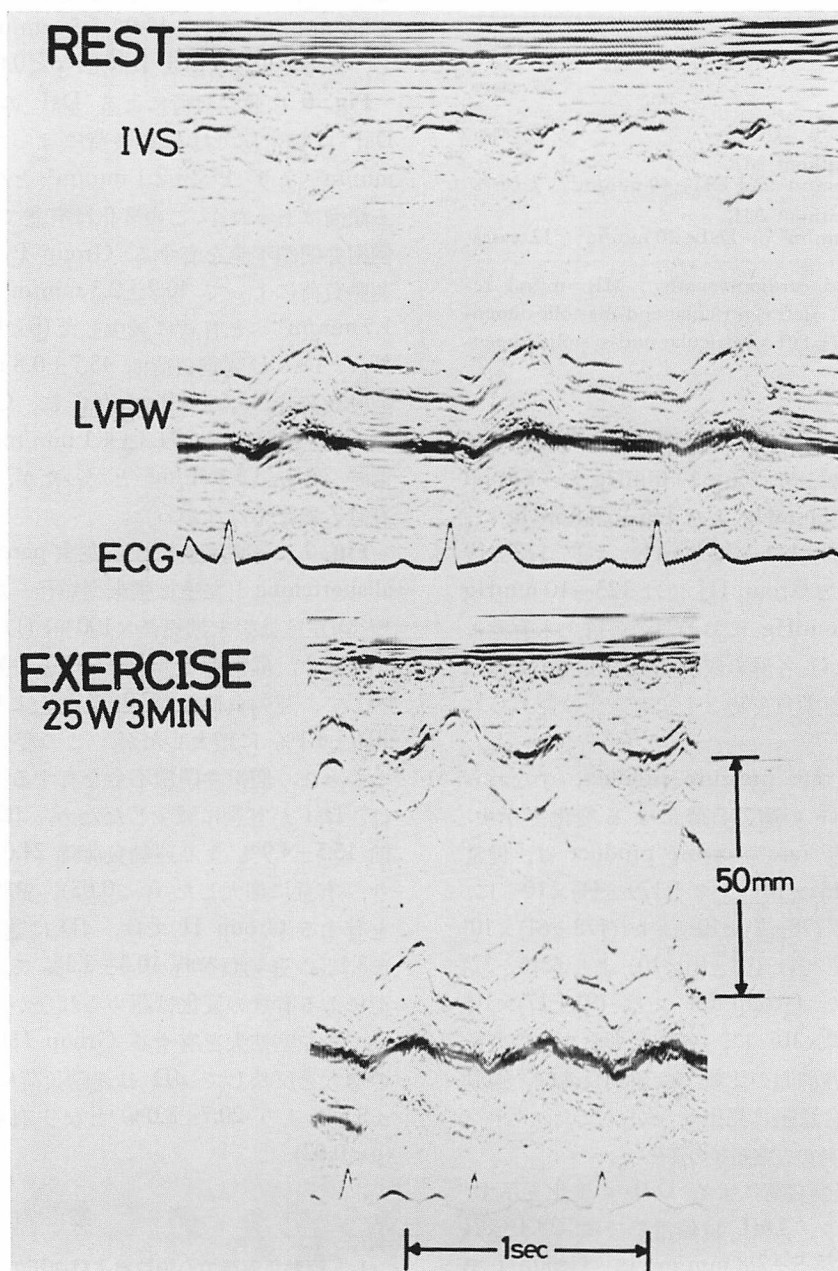


Fig. 1. M-mode echocardiogram before and during exercise in a healthy subject.
IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall; 25W3MIN=25 watt×3 minutes.

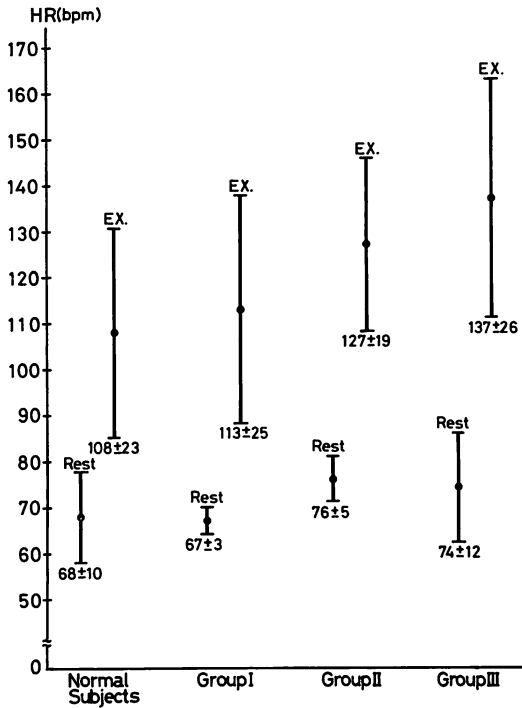


Fig. 2. Heart rate before and during exercise. Values are mean ± SD. HR=heart rate; EX=exercise.

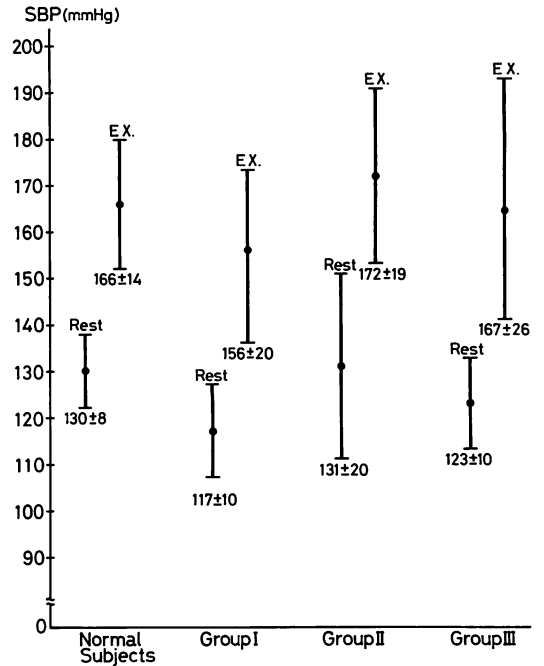


Fig. 3. Systolic blood pressure before and during exercise. SBP=systolic blood pressure.

Group III の運動負荷時心拍数は健常群の運動負荷時心拍数と比較してやや大なる傾向はみられた。しかし、健常群、拡張型心筋症各群の到達心拍数の間には有意差はなく、また収縮期血圧、rate pressure product についても同様に各群間に有意差は認められなかった。これは本研究においては、重篤な心室性不整脈⁷⁾および心不全症状を有する拡張型心筋症に対して可能な範囲の軽度の運動を負荷したためであると考えられ、この程度の負荷量では心拍数、収縮期血圧、rate pressure product の変化からは本症の心予備能の低下を検出することはできなかった。

2. 運動負荷時の左室短径の変化

運動負荷により心拍出量が増加することは一般に認められているが、このさい心拍数増加と1回心拍出量増加のいずれが主体となるかについて

は、負荷方法および負荷量等の条件により議論のあるところである。また運動負荷時に1回心拍出量の増加をみた報告でも、心筋収縮力増強による因子と、あるいは前負荷 (preload) 増大の因子の両者の関与の理解に問題を残している^{8~14)}。本研究では比較的軽度の運動負荷量であったためか、健常群では心拍数は増加したが、DdI, DsI ともに不変で、1回心拍出量の増加は認められなかった。一方杉下ら¹⁵⁾は、中等度までの心機能低下例では preload の増加による効果が生じると述べている。

今回の我々の検討では、左室拡大の程度が中等度である Group III では、運動負荷により DsI は不変であったが、DdI が有意に増大して ΔD が増加した。すなわち拡張型心筋症においても、 $DdI < 46 \text{ mm/m}^2$ あるいは $DsI < 40 \text{ mm/m}^2$ 程

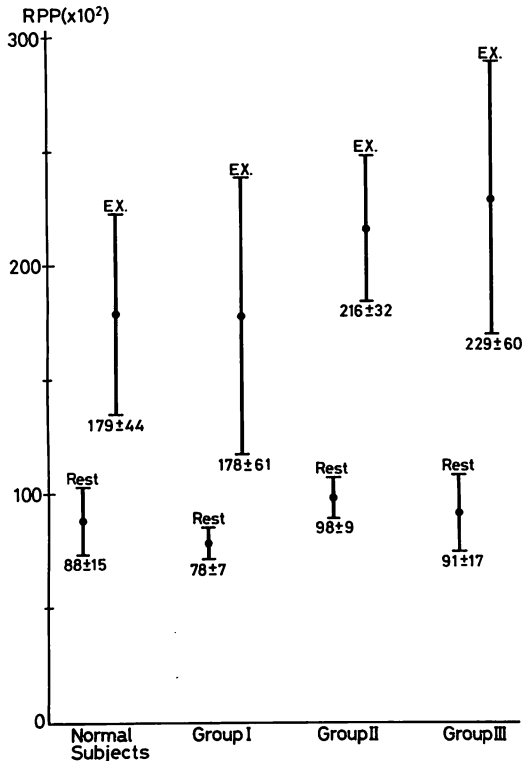


Fig. 4. Rate pressure product before and during exercise.

RPP=rate pressure product.

度であれば、運動負荷にさいして、なお preload 増加による対応能を有していると考えられた。しかるに Group II の成績でみられたごとく、DdI ≥ 46 mm/m², DsI ≥ 40 mm/m² 程に高度の左室拡大例では運動負荷時に DdI, DsI, ΔD ともに不変で、左室の高度の拡張、心筋の線維化のため preload の増加による対応能を失い、また心収縮力増強による 1 回心拍出量の増加も期待し得ない状況にあると考えられた。

僧帽弁閉鎖不全を有する Group I では運動負荷時 DdI は不変で、DsI は減少、 ΔD は増大し、一見、心筋収縮力の増強をうかがわせたが、運動負荷時の僧帽弁逆流量の変化が関連しているため、DsI, ΔD による心予備能の評価は困難であ

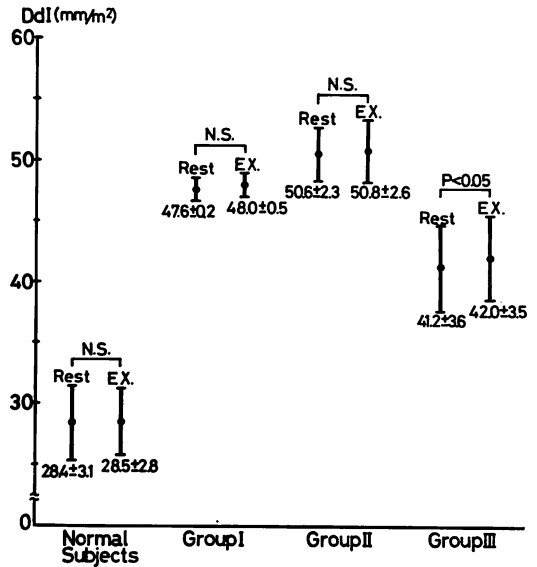


Fig. 5. Left ventricular end-diastolic dimension index before and during exercise.

In Group III, left ventricular end-diastolic dimension index is increased during exercise.

DdI=left ventricular end-diastolic dimension index.

る。本群の運動負荷前の DdI は 47.6 ± 0.2 mm/m² で Group II と近似した高度の左室拡大を有しており、運動負荷時にも DdI は不変であり、preload の増大による対応能を有していないものと理解された。すなわち僧帽弁逆流を有する例では、DdI の変化から preload による対応能を観察することも左室機能の評価の一助になり得るものと考えられた。

要 約

種々の程度の心機能障害を有すると考えられる拡張型心筋症 (dilated cardiomyopathy) の運動負荷時左室動態を、断層心エコー図を用いて検討した。対象は健常例 10 例、拡張型心筋症 24 例である。症例を僧帽弁閉鎖不全の有無および左室短径拡大の程度により、3 群に分類した。

Group I は僧帽弁閉鎖不全を合併した 5 例であり、Group II は僧帽弁閉鎖不全を認めず、体

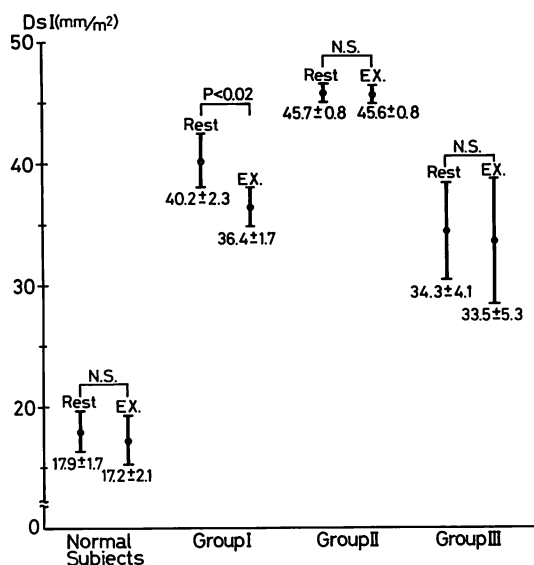


Fig. 6. Left ventricular end-systolic dimension index before and during exercise.

In Group I, left ventricular end-systolic dimension index decreased during exercise.

DsI = left ventricular end-systolic dimension index.

表面積で補正した左室拡張末期短径 (DdI) ≥ 46 mm/m² で、かつ体表面積で補正した左室収縮末期短径 (DsI) ≥ 40 mm/m² の高度左室拡大例 7 例である。Group III は僧帽弁閉鎖不全を認めず、DdI < 46 mm/m² もしくは DsI < 40 mm/m² の中等度までの左室拡大例 12 例である。

仰臥位自転車 ergometer による 25 watt 3 分間の運動負荷前、および中止直前に左室短軸断層像の monitor 下に M-mode 心エコー図を記録し、心拍数、収縮期血圧、左室短径の変化を観察した。

運動負荷前および負荷時の心拍数、収縮期血圧、rate pressure product には、各群間で有意差は認められなかった。左室短径については健常群では DdI, DsI とともに不変で、Group I では DdI は不変、DsI は減少し、左室 % fractional shortening (ΔD) は増加した。Group II では DdI, DsI とともに不変であった。Group III では DdI

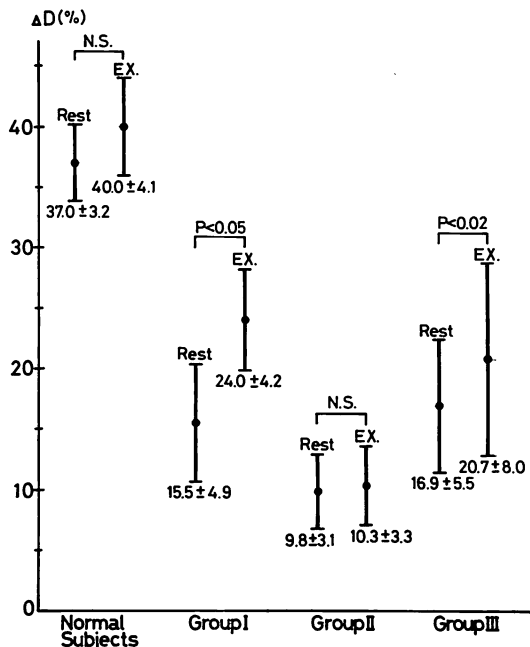


Fig. 7. Left ventricular percent fractional shortening (ΔD) before and during exercise.

In Group I and III, ΔD increased during exercise.

が増大し、DsI は不変で、ΔD は増加した。

重篤な心室性不整脈および心機能障害を有する拡張型心筋症患者に、中等度以上の運動負荷を施行することは通常不可能である。したがって、本研究では比較的軽度の運動負荷を施行したが、左室拡大が中等度に留まる群 (Group III) では DdI の拡大をみ、preload 増大による対応能を残していると理解された。一方、高度の左室拡大を有する群 (Group II) ではそれ以上に DdI は拡大せず、preload の増大による対応を期待し得ない状況にあった。Group II と近似する高度の左室拡大を有する僧帽弁逆流合併例 (Group I) では、僧帽弁逆流のため、運動負荷時の DsI 減少、ΔD の増大からは左室機能を評価できなかったが、やはり preload 増大による対応能を失っていると理解された。

本研究は一部厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 (班長戸嶋裕徳教授) 研究費の援助を受けた。

文 献

- 1) Wann LS, Faris JV, Childres RH, Dillon JC, Weyman AE, Feigenbaum H: Exercise cross-sectional echocardiography in ischemic heart disease. *Circulation* **60**: 1300, 1979
- 2) Morganroth J, Chen CC, David D, Sawin HS, Naito M, Parrotto C, Meixell L: Exercise cross-sectional echocardiographic diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol* **47**: 20, 1981
- 3) Zwehl W, Gueret P, Meerbaum S, Holt D, Corday E: Quantitative two dimensional echocardiography during bicycle exercise in normal subjects. *Am J Cardiol* **47**: 866, 1981
- 4) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, Schuler G, Pfisterer M, Peterson K, Ashburn W: Response of left ventricular volume to exercise in man assessed by radionuclide equilibrium angiography. *Circulation* **60**: 565, 1979
- 5) Schoolmeester WL, Simpson AG, Sauerbrunn BJ, Fletcher RD: Radionuclide angiographic assessment of left ventricular function during exercise in patients with a severely reduced ejection fraction. *Am J Cardiol* **47**: 804, 1981
- 6) 安田寿一, 坂本三哉, 工藤俊彦, 木村 孝: 特発性心筋症における運動負荷時の循環動態. 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 昭和 52 年度研究報告集 p 137, 1978
- 7) 猪尾 力, 早川正徳, 川西秀夫, 熊木知行, 松本幸平, 横田慶之, 福崎 恒: 拡張型特発性心筋症における急死ならびに不整脈. 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班 昭和 56 年度研究報告集 p 355, 1982
- 8) Horwitz LD, Atkins JH, Leshin SJ: Role of the Frank-Starling mechanism in exercise. *Circulat Res* **31**: 868, 1972
- 9) Vatner SF, Franklin D, Higgins CB, Patrick T, Braunwald E: Left ventricular response to severe exertion in unanesthetized dogs. *J Clin Invest* **51**: 3052, 1972
- 10) Sharma B, Goodwin JB, Raphael MJ, Steiner RE, Rainbow RG, Taylor SH: Left ventricular angiography on exercise. A new method of assessing left ventricular function in ischemic heart disease. *Br Heart J* **38**: 59, 1976
- 11) Stein RA, Michielli D, Fox EL, Krasnow N: Continuous ventricular dimensions in man during supine exercise and recovery. An echocardiographic study. *Am J Cardiol* **41**: 655, 1978
- 12) Noda H, Ogita K, Amano N, Koro T, Ito Y, Akaike A, Kogure T: Echocardiographic estimation of left ventricular responses to supine bicycle exercise. A study on normal subjects. *J Cardiology* **8**: 237, 1978 (in Japanese)
- 13) Weiss JL, Weisfeldt ML, Mason SJ, Garrison JB, Livengood SV, Fortuin NJ: Evidence of Frank-Starling effect in man during severe semisupine exercise. *Circulation* **59**: 655, 1979
- 14) Crawford MH, White DH, Amon KW: Echocardiographic evaluation of left ventricular size and performance during handgrip and supine and upright bicycle exercise. *Circulation* **59**: 1188, 1979
- 15) Sugishita Y, Koseki S, Matsuda M: Evaluation of left ventricular reserve by dynamic exercise echocardiography. *J Cardiology* **10**: 689, 1980 (in Japanese)