

エルゴメーター運動負荷における
労作狭心症の左心機能について：
心エコー図および左室収縮時間による検討

Left ventricular function during ergometer exercise in patients with effort angina: Echocardiographic and mechanocardiographic determination

鯨坂 隆一
藤原 秀臣
飯泉 智弘
丹羽 明博
宮原 康弘
家坂 義人
伊東 春樹
篠田 俊雄
谷口 興一
武内重五郎

Ryuichi AJISAKA
Hideomi FUJIWARA
Tomohiro IIIZUMI
Akihiro NIWA
Yasuhiro MIYAHARA
Yoshito IESAKA
Haruki ITO
Toshio SHINODA
Koichi TANIGUCHI
Jugoro TAKEUCHI

Summary

In order to evaluate left ventricular function in effort angina, simultaneous determination of systolic time intervals and echocardiographic measures of left ventricular function during ergometer exercise were obtained in 2 patients with effort angina and 7 normal subjects. LVET and PEP were corrected for the heart rate in accordance with Weissler's equation and they were nominated as LVETc and PEPc, respectively.

The results were as follows:

- 1) PEPc decreased during exercise in patients with angina. But it did not change in normal subjects.
- 2) LVETc increased during exercise in patients with angina and in normal subjects. After exercise, LVETc returned to the level before exercise rapidly in one patient with angina but did not in the other.
- 3) Decrease of PEP/LVET was observed during exercise in both patients and normal subjects.

東京医科歯科大学医学部 第二内科
東京都文京区湯島 1-5-45 (〒113)

The Second Department of Internal Medicine, Faculty
of Medicine, Tokyo Medical and Dental University,
Yushima 1-5-45, Bunkyo-ku, Tokyo 113

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
Received for publication July 4, 1977

- 4) In normal subjects, mean VCF increased during exercise, but did not change in patients with angina.
- 5) SV decreased in one patient with angina, but increased in the other, when anginal pain occurred.

Key words

Echocardiography

Systolic time intervals

Left ventricular function

Exercise

Effort angina

はじめに

心機図における心収縮時相 (systolic time intervals 以下 STI), および心エコー図 (以下 UCG) によって得られる左心機能の諸指標は, 心臓カテーテル検査あるいは左室造影などの観血的な方法から得られる諸指標と, 比較的良好な相関を有するといわれている¹⁻⁴⁾.

虚血性心疾患においては心筋の局所的収縮異常 (以下 asynergy) が存在することがあり, このような場合, 非観血的な左心機能の評価には制約があるが, STI と UCG は安全かつ反復して施行しうる点で, 臨床上有用と考えられる. 今回, 我々は, 心機図および UCG の同時記録を行い, 運動負荷による労作狭心症の左心機能を非観血的に検討したので報告する.

対象および方法

健常男子 7 例 (平均 22 歳) を対照とし, また安静時 UCG で, 明らかな asynergy を認めず, かつ運動負荷を 5 回以上反復して施行しえた, 典型的労作狭心症患者 2 例 (53 歳・男性, 49 歳・男性) を対象とした.

運動負荷の方法は仰臥位にて, Godart 製 Ergometer を用いた多段階負荷漸増法で, 初回負荷量は 40 または 50 watt とし, 以後 3 分ごとに 10 watt ずつ増量し, 9 分間施行したが, 患者については狭心痛発現の時点で中止した. UCG 装置は, Aloka 製 SSD-90 で, 2.25 MHz, 直径 10 mm の平板探触子を使用し, 探触子を胸骨左縁第 4 肋間ないし, 第 5 肋間に固定し, まず僧帽弁前尖エコーを促え, ついで探触子を心尖部方向へ向け, 心室中隔エコーと左室後壁心内膜エコー

が同時にかつ明瞭にとらえられるビーム方向を選んだ. 記録は, strip chart recorder を用い, 紙送り速度は 25~50 mm/sec とした.

心機図は, 第 2 誘導心電図, 胸骨左縁第 2 肋間での心音図と頸動脈波の 3 素子とし, 紙送り速度 100 mm/sec で記録した. 血圧は, 間接法により右上腕で測定した. 血圧測定, 心電図, 心機図および UCG の記録は, 運動負荷前より負荷終了後 5 分までのおおの 1 分ごとに記録した.

左心機能の指標としては, 心機図における STI, すなわち左室駆出時間 (left ventricular ejection time, 以下 LVET), 前駆出時間 (pre-ejection period, 以下 PEP), PEP/LVET および UCG による平均左室円周方向線維短縮速度 (mean Vcf), fractional shortening (FS) および 1 回拍出量 (stroke volume, 以下 SV) を選んだ.

成 績

1. UCG

Fig. 1 は狭心症例の負荷前および負荷中の UCG 記録の 1 例である. 狭心症例では, 体動および呼吸により心臓の偏位が大となり, 連続して明瞭な記録を得るのは困難であった. そのため得られた記録の中から, 心室中隔エコーおよび左室後壁心内膜エコーが同時に明瞭にとらえられ, かつ負荷前と同一のビーム方向と考えられるところのみを選び, それらの平均値をとって各時点での計測値とした.

2. 血 圧

狭心症例では, 負荷の増量とともに, 収縮期および拡張期血圧の著明な上昇を示した. しかし負荷後は, 2 例で異なった態度をとり, 1 例は次第に低下して前値に復したが, 他の 1 例は血圧の回

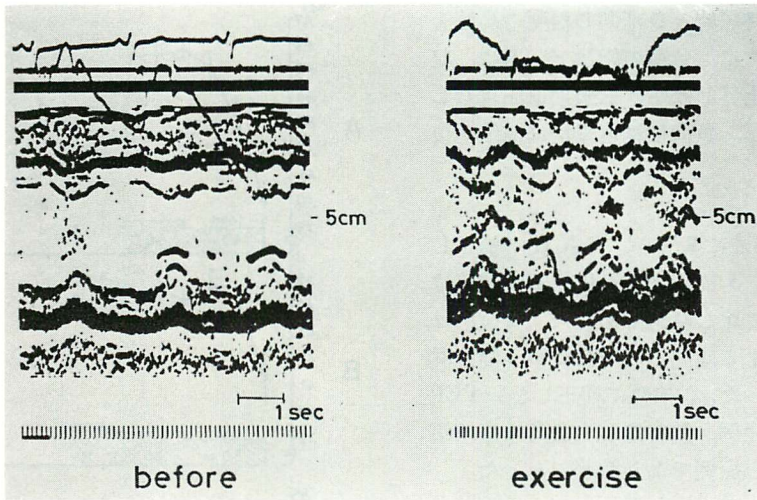


Fig. 1. Echocardiograms of a patient with effort angina.

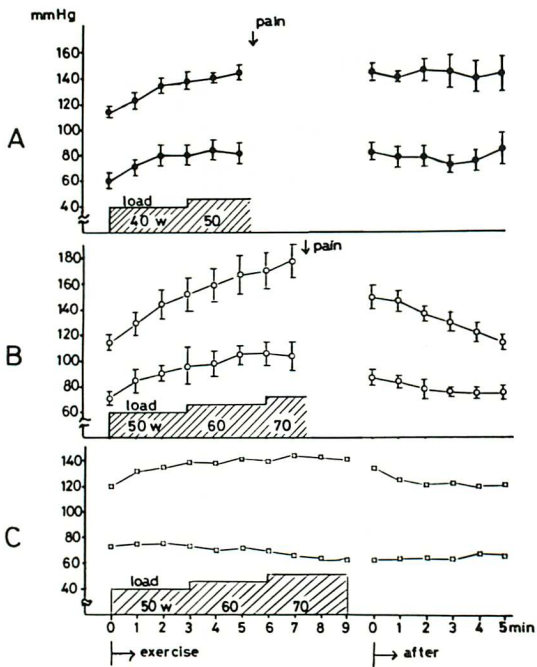


Fig. 2. Blood pressure at rest and following exercise.

Vertical bars indicate the standard errors of each mean values, A and B: patients with effort angina, C: 7 normal subjects.

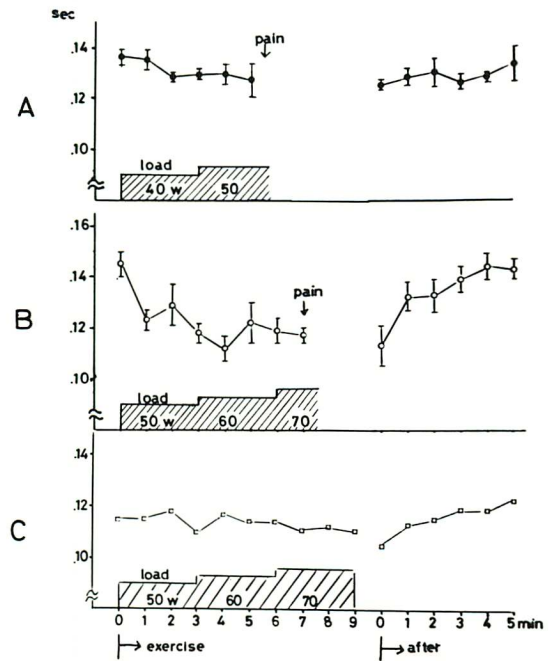


Fig. 3. PEPC at rest and following exercise.

PEPC: pre-ejection period, corrected for the heart rate.

復が遅延し, 負荷終了時とほぼ同じ程度の高値を呈した. 健常対照群は, 負荷の増量とともに, 収縮期血圧が軽度上昇したが, 拡張期血圧はむしろ軽度の低下を示し, 負荷後は速やかに前値へ復した (Fig. 2).

3. PEP

Weissler の回帰式に基づき, 心拍数で補正した PEP_c は, Fig. 3 に示すように, 負荷前値は, 狭心症例が健常群に比し高値であった. 負荷中は, 狭心症例では短縮する傾向がみられたが, 健常群ではほぼ不変であった. 心拍数で補正しない PEP については, 狭心症例, 健常群とも負荷中短縮傾向を認めたが, 狭心症例でより顕著であった.

4. LVET

PEP と同様, Weissler の回帰式で補正した LVET_c についてみると, 負荷前値は, 狭心症例と健常群とで有意差はなかった. 負荷中は, 狭心症例では, 開始直後に急激に上昇し, 以後もゆるやかな上昇傾向を示したが, 健常群では, 開始直後に急激に上昇するが, 以後はほとんど不変であった.

負荷後は, 狭心症 2 例のパターンが異なり, 1 例は健常群と同様に比較的速やかに前値へ復したが, 他の 1 例は血圧の推移と同様, 負荷終了時の値のまま変化せず, 回復がみられなかった (Fig. 4). 心拍数で補正しない LVET は, 狭心症例, 健常群とも短縮を認めた.

5. PEP/LVET

負荷前値は, 健常群に比して狭心症例で高値であった. 負荷中は, 狭心症例, 健常群とも低下傾向を示したが, 血圧と同様, 狭心症例でより顕著であった. 負荷後の推移は, 狭心症 2 例で異なった態度をとり, 1 例は健常群と同様, 比較的急速に前値へ復したが, 他の 1 例は終了後 5 分でも前値へ復さなかった (Fig. 5).

6. Mean V_{CF}

負荷前, 狭心症 2 例はともに健常群よりかなり低値を示した. 負荷中は, 健常群では, 負荷の増量とともに上昇する傾向を示したが, 狭心症例で

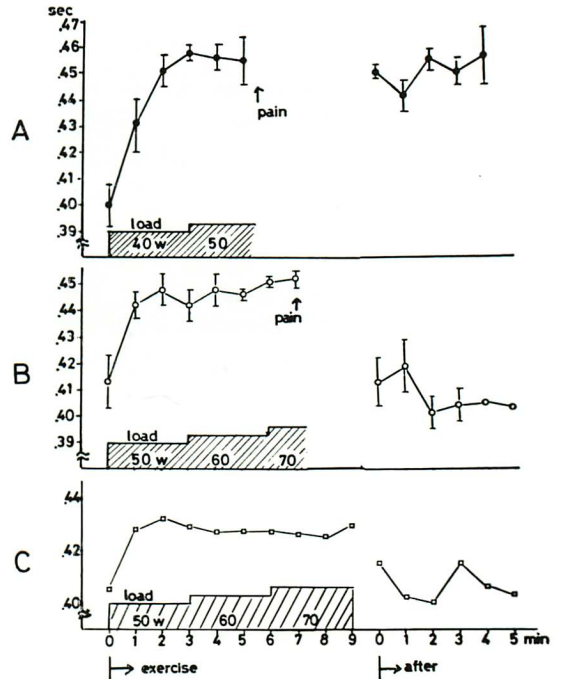


Fig. 4. LVET_c at rest and following exercise.

LVET_c: left ventricular ejection time, corrected for the heart rate.

は, 変動が大きく全体として不変傾向であった. 負荷後も, 狭心症例では変動が大で, 健常群と異なったパターンを呈した (Fig. 6). また FS も mean V_{CF} とほぼ同様の推移を示した.

7. SV

健常群では, 負荷開始直後に増加し, 以後, 負荷の増量とともにわずかに増加する傾向を示した. これに対し, 狭心症例では負荷開始 1 分で健常人と逆に減少を示し, 以後漸増傾向を呈し, 負荷 4~5 分でほぼ前値に回復したが, 胸痛発現に至る推移については, 1 例は胸痛の直前に SV が増加し, 他の 1 例は減少するパターンが観察された (Fig. 7).

考 察

運動負荷中の UCG は, 体動および呼吸によって心臓全体の偏位も増大し, 持続的に左室の同一

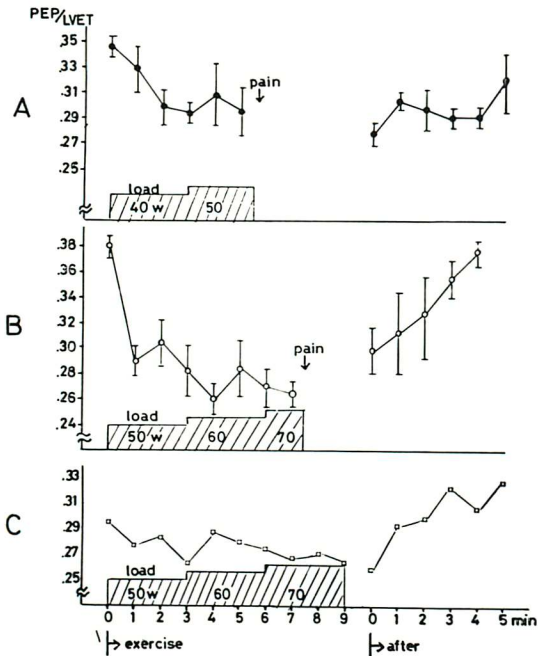


Fig. 5. PEP/LVET at rest and following exercise.

部位を記録することは困難であり、鮮明な UCG 記録を得るにはかなりの熟練を要する⁵⁾。また運動負荷により、左室の asynergy が顕性化する可能性もあり、左室全体としての心機能評価そのものに問題が生ずる可能性がある。しかし、同一症例における諸指標の推移による心機能評価は、ある程度可能と考えられる。

VCF は、駆出期の左室心筋収縮能を示す指標として、従来 cineangiography により測定されてきたが、UCG による非観血的な測定も可能となってきた。临床上、心筋収縮能の低下が推定される心筋梗塞、うっ血型心筋症などで低値となることが知られており⁶⁾、比較的有用な心筋収縮能の指標とされている。しかしながら、同一個体においても UCG のビーム方向により、VCF が変動することが知られており⁷⁾、asynergy の症例においては、その評価にも問題が生ずる。また afterload の影響を受けやすい点にも注意を払う

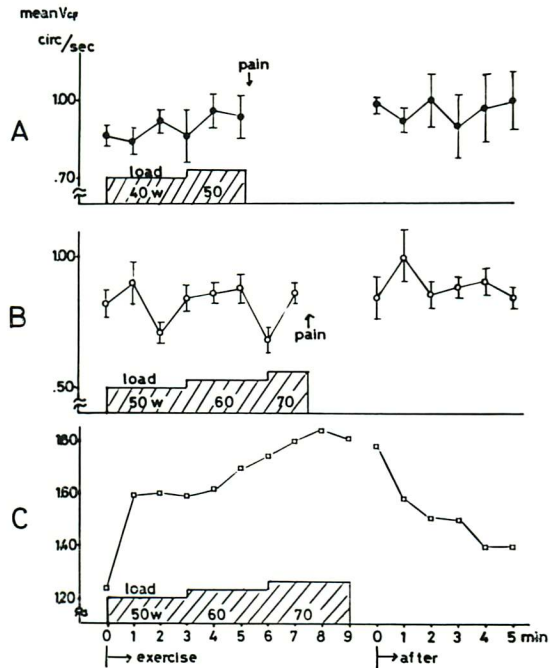


Fig. 6. Mean V_{CF} at rest and following exercise.

必要がある。

今回の労作狭心症 2 例においては、mean VCF は負荷中、負荷後も健常人と異なったパターンを呈し、負荷の増量とともに変動を示した。このことは、健常人に比べ、運動中の体動および呼吸による心臓の偏位が大であるために、ビーム方向が変動した可能性や、血圧上昇が大きく、afterload などの血行動態の影響をより強く受けた可能性も否定できないが、運動負荷により生ずる心電図上の ST-T 変化の部位を考慮に入れるならば、虚血性心疾患に特有な asynergy が顕性化した可能性も考えられる。なお、健常群と狭心症例の年齢に差があるので、今回の成績では年齢因子の関与も考えねばならない。

一方、PEP/LVET は、狭心症例、健常群とも負荷中低下の傾向を認めたが、患者においては安静時に PEP/LVET がすでに高値であり、運動による低下がより顕著であった。健常成人での運

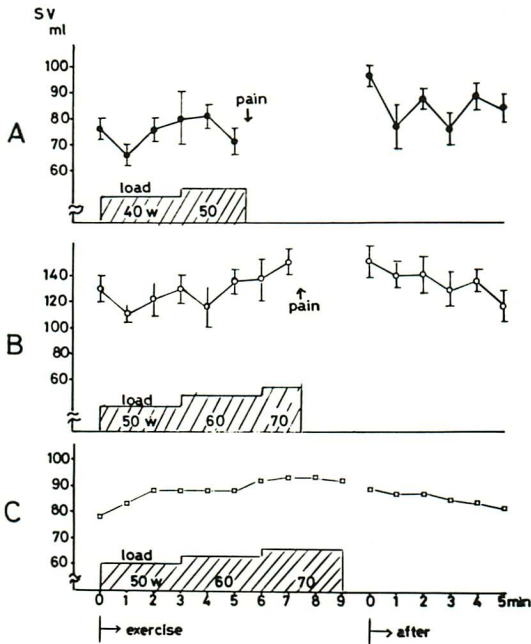


Fig. 7. SV at rest and following exercise.
SV: stroke volume.

動負荷による PEP/LVET の変化は、各報告者により、増加^{8,9)}、不変¹⁰⁾、減少^{11,12)}とまちまちである。このことは、負荷方法の差異も考慮すべきであるが、PEP/LVET が、心筋収縮能のみならず SV, afterload, preload, 心係数ならびに、年齢因子など種々の因子の影響をうけることが示唆される。

したがって、労作狭心症の運動負荷における非観血的な左心機能の評価には、症例を厳選し、種々の条件を揃える必要があり、さらに単一の指標のみでは制約があるため、種々の指標から多角的に検討する必要があると考えられる。

結 論

典型的な労作狭心症 2 例に、ergometer 運動負荷を反復施行し、健常人と対比して非観血的な左心機能評価を試みた。段階的運動負荷を入力とした場合、出力としての左心機能指標の動態を観察

し、健常例と狭心例ではそのパターンに差がみられ、狭心症にも病態の差により異なったパターンが認められた。

1) 運動負荷中、PEPc は短縮傾向、LVETc は延長傾向を示した。PEP/LVET は健常成人と同様に、負荷中低下傾向を示したが、その変化はより顕著であった。負荷後は各症例で異なったパターンを呈した。

2) mean VCF は負荷中、健常成人が段階的に上昇する傾向を示したのに対し、狭心症例では変動が大きく全体として不変傾向を示し、asynergy の顕性化の可能性が示唆された。SV は狭心症例で、狭心痛発現時に増加、減少と異なったパターンが観察された。

虚血性心疾患の運動負荷における、非観血的な左心機能評価には種々の制約があるが、同一症例に安全かつ反復して施行できる利点があり、症例を重ねて検討中である。

要 約

非観血的な左心機能評価として、UCG および心機図は有用な手段と考えられる。我々は明確な asynergy はないと考えられる、典型的な労作狭心症 2 例を対象として、多段階負荷漸増法による ergometer 運動負荷を施行し、非観血的な左心機能評価を試みた。左心機能に関する指標として、PEP, LVET, PEP/LVET, mean VCF, SV を選んだ。

労作狭心症 2 例では、負荷中、PEPc は減少、LVETc は増加、PEP/LVET は減少と健常人と同様の傾向を示したが、負荷後は各症例で異なったパターンを呈した。一方、mean VCF は負荷中健常人で上昇傾向を示したのに対し、労作狭心症 2 例では変動を示しながら不変傾向であった。SV は負荷中、健常人と同様一定の傾向がなかったが、胸痛発現時の SV は 1 例は増加、1 例は減少と異なったパターンを呈した。虚血性心疾患の運動負荷における非観血的な左心機能評価には限界があるが、同一症例に安全かつ反復して施行しう

る利点があり、さらに症例を重ねて検討中である。

文 献

- 1) Kroetz FW, Kioschos M, Mozena D, Shierholz J: Correlation of left ventricular pre-ejection period with left ventricular ejection fraction in patients with heart disease (abstr). *J Lab Clin Med* **74**: 971, 1969
- 2) Garrard CL, Weissler AM, Dodge HT: The relationship of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patients with cardiac disease. *Circulation* **42**: 455, 1970
- 3) Arnow WS, Bowyer AF, Kaplan MA: External isovolumic contraction time ratios at rest and after exercise in coronary heart disease. *Circulation* **43**: 59, 1971
- 4) Ahmed SS, Lerinson GE, Schwartz CJ, Ettinger PO: Systolic time intervals as measures of the contractile state of the left ventricular myocardium in man. *Circulation* **46**: 559, 1972
- 5) 小林 正, 水谷浩也, 山本 楯, 渡辺 務: 運動負荷時の UCG 所見. *日超医講演論文集* **29**: 83, 1976
- 6) 松尾裕英, 北島 颯, 浜中康彦, 土井光徳, 辻岡克彦, 千田彰一, 高橋良夫, 松本正幸, 仁村泰治, 阿部 裕: 左室収縮能の評価に対する超音波法の応用. *最新医学* **32**: 48, 1977
- 7) 松尾裕英, 松本正幸, 北島 颯, 浜中康彦, 高橋良夫, 別府慎太郎, 大原龍彦, 土井光徳, 千田彰一, 仁村泰治: UCG による左室円周方向短縮速度 (Vcf) の計測に関する基礎的検討 (第 1 報). *日超医講演論文集* **28**: 187, 1975
- 8) Houston JD, Atkins JM, Blomqvist G: Cardiovascular response to isometric forearm contraction. *Clin Res* **18**: 70, 1970
- 9) Frank MN, Haberern N: The effect of handgrip and exercise on systolic time intervals in human subjects. *Amer J Med Sci* **261**: 219, 1971
- 10) Grossman W, McLaurin LP, Saltz SB, Paraskos JA, Dalen JE, Dexter L: Changes in the inotropic state of the left ventricle during isometric exercise. *Brit Heart J* **35**: 697, 1973
- 11) Siegel W, Gilbert CA, Nutter DO, Schlant RC, Hurst JW: Use of isometric handgrip for the indirect assessment of left ventricular function in patients with coronary atherosclerotic heart disease. *Amer J Cardiol* **30**: 48, 1972
- 12) Stefadouros MA, Grossman W, Shahawy ME, Stefadouros F, Witham AC: Noninvasive study of effect of isovolumetric exercise on left ventricular performance in normal man. *Brit Heart J* **36**: 988, 1974