

陳旧性心筋梗塞における運動耐容能と諸種非侵襲的検査法による安静時左室機能指標との対比

Comparison of exercise capacity with resting left ventricular function evaluated by various non-invasive methods in patients with old myocardial infarction

山辺 裕  
小林 克也  
田尻 英一  
早川 正徳  
南地 克美  
前田 和美  
猪尾 力  
福崎 恒

Hiroshi YAMABE  
Katsuya KOBAYASHI  
Eiichi TAJIRI  
Masanori HAYAKAWA  
Katsumi MINAMIJI  
Kazumi MAEDA  
Tsutomu INOH  
Hisashi FUKUZAKI

**Summary**

The purpose of this study was to investigate the relationship between exercise capacity and resting left ventricular function assessed by several non-invasive methods in patients with old myocardial infarction. Subjects were 25 male patients whose endpoint was either dyspnea or general fatigue at the symptom-limited maximal graded treadmill exercise test according to Bruce protocol. The indices obtained by non-invasive cardiac examinations included left ventricular fractional shortening (% FS), scintigraphic infarct size (% SIS) by  $^{201}\text{Tl}$  myocardial scintigraphy and PEP/ET (so-called Weissler's index).

A significant correlation of exercise duration with % FS ( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ) or with % SIS ( $r=-0.55$ ,  $p<0.02$ ) indicated that the more was impaired resting left ventricular function, the more was decreased exercise capacity. Also, a significant correlation of systolic blood pressure at the endpoint in exercise test with % FS ( $r=0.58$ ,  $p<0.005$ ) or with % SIS ( $r=0.69$ ,  $p<0.001$ ) indicated that inadequate blood pressure response might be partially attributed to impaired left ventricular function during exercise. The response of heart rate at the Bruce protocol stage I correlated with % FS ( $r=$

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 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981

Received for publication November 9, 1981

-0.67,  $p < 0.001$ ) and with % SIS ( $r = 0.53$ ,  $p < 0.02$ ), respectively. These findings may be interpreted as chronotropic compensatory mechanism for limited stroke volume during exercise in patients with impaired left ventricular function.

Thus, it was concluded that resting left ventricular function assessed by non-invasive cardiac examinations may predict exercise capacity prior to the test to some extent. These informations can be utilized for the decision of the planning at cardiac rehabilitation and also for the guidance in daily activities. Additionally, low level exercise test with treadmill is considered to be valuable for screening cases with impaired left ventricular function in old myocardial infarction.

### Key words

Old myocardial infarction

Exercise capacity

Left ventricular function

## 緒 言

陳旧性心筋梗塞の予後を決定する重要な因子としては、罹患冠枝数、重篤な不整脈の出現、および左室機能障害の程度等があげられ、これらの情報を知ることが、陳旧性心筋梗塞患者のリハビリテーションや生活指導、治療方針の決定にさいしても重要である。このような病態の分析は、諸種の侵襲的および非侵襲的検査法の結果より総合的に判定されるべきではあるが、このうち侵襲的検査を反復することは通常は不可能である。したがって非侵襲的な左心機能評価法が日常の診療にさいし有力な手段となる。この目的のためには、超音波心臓検査法、心臓核医学や心機図を用いた左室収縮位相分析等が幅広く利用されるに至っている。一方、陳旧性心筋梗塞の心予備能を定量評価する1つの方法として、近年、特にトレッドミルを用いた多段階式運動負荷試験が広く用いられるようになり、予後の判定、リハビリテーションの指針として、重要な情報を提出しうることが評価されてきた。しかし安静時に計測された左室機能を表示する諸指標と運動耐容能の間の相関については、疑問視する報告もある<sup>1,2)</sup>。そこで我々は、陳旧性心筋梗塞を対象として、非侵襲的検査法により評価した左室機能と、多段階トレッドミル運動負荷試験を用いた運動耐容能との相関につき検討することを、本研究の主目的とした。

## 対象と方法

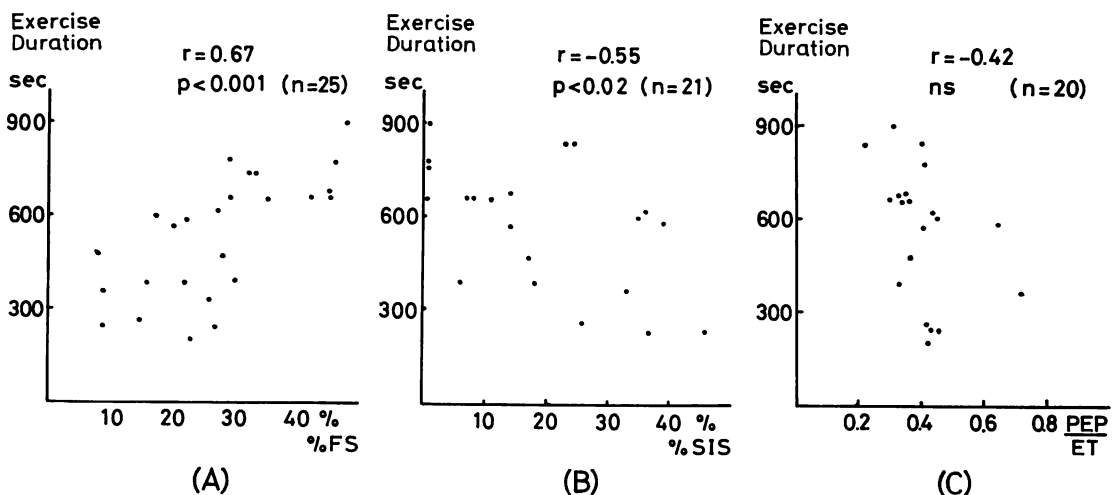
対象は陳旧性心筋梗塞患者25例で、全例男性、平均年齢は52歳(31~69歳)である。梗塞部位は前壁梗塞11例、下壁梗塞9例、前壁および下壁梗塞5例であり、心筋梗塞の発作から検査までの期間は平均5カ月(1カ月半~48カ月)であった。トレッドミル運動負荷試験はBruce法による自覚的最大の負荷法により施行した。運動中止理由がdyspneaまたはgeneral fatigueであった者のみを今回の検討の対象とした。非侵襲的検査法による左室機能の指標としては、心エコー図よりfractional shortening(以下%FS)、<sup>201</sup>Taリウム心筋シンチグラフィを用いたscintigraphic infarct size(以下% SIS)、および心機図を用いたPEP/ET(いわゆるWeissler's index)の3つの指標を検討した。運動負荷試験と各非侵襲的検査法の施行の間隔は2週間以内であった。トレッドミル運動負荷装置はフクダ電子製MAT-1500で、心電図モニターはML-30を用い、心エコー図は東芝製SSH-11Aにより施行した。%FS算出のための左室描出部位は腱索が出現するレベルで、M-mode心エコー図により%FSを算出した。<sup>201</sup>Taリウム心筋シンチグラフィは東芝製GCA-401で、コンピューターシステムはDAP-8000を用い、%SISの計測はカラー表示による欠損部について正面、側面、左前斜位の3方向の角度の和を360で除して求めた<sup>3)</sup>。心機図はSiemens Elema Mingograf-82を用いて記録し、

PEP/ET は心電図, 心音図, 頸動脈波の同時描記による従来の計測法に従って求めた.

結 果

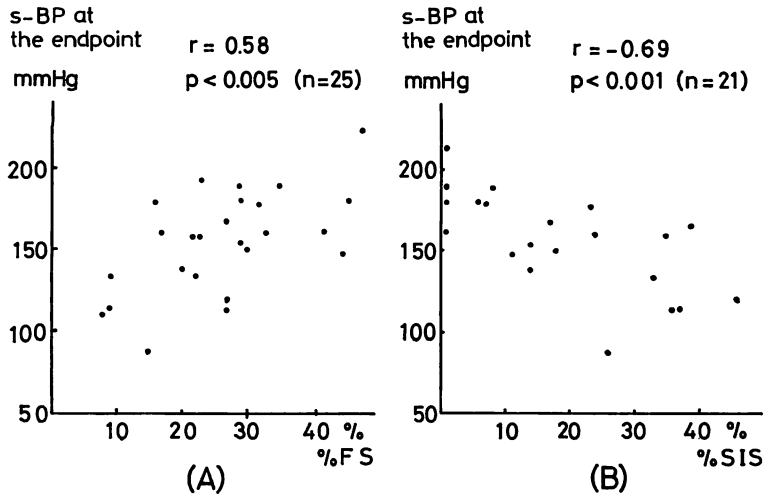
自覚的最大の負荷法における運動耐容時間と非侵襲的心機能検査法による各指標との相関をみると, % FS との間には **Fig. 1** に示されるごとく,  $r=0.67, p<0.001$  の有意な正の相関がみられ, % FS の低下した症例ほど運動耐容能の強い低下が認められた. 一方, % SIS との間には  $r=-0.55, p<0.02$  と弱い負の相関があり, 梗塞領域が大きいほど運動耐容能は低下する傾向があった. PEP/ET との間には  $r=-0.42$  と負の相関の傾向はあるものの, 統計的に有意ではなかった. 運動終了時における収縮期血圧とこれら各指標との相関をみると, **Fig. 2** に示されるごとく, % FS との間には  $r=0.58, p<0.005$  の有意な正の相関が, また % SIS との間には  $r=-0.69, p<0.001$  の有意な負の相関があり, % FS が低下しているほど, あるいは梗塞領域が大きいほど, 運動負荷による昇圧反応が減少する傾向を示した.

PEP/ET との間には  $r=-0.41$  と, 有意な相関は認められなかった. 一方, 心拍数との関係を見ると, 運動負荷試験により到達した最大心拍数と各指標との間には, % FS と  $r=0.06$ , % SIS と  $r=0.09$ , PEP/ET と  $r=0.28$  と, 全く相関関係を認めなかった. しかし, **Fig. 3** に示されるように, low level exercise である Bruce 法の stage I における心拍数と各指標との間には, % FS と  $r=-0.67, p<0.001$  の有意な負の相関が, また % SIS と  $r=0.53, p<0.02$  の有意な正の相関があり, % FS が低下しているほど, また梗塞領域が大きいほど, low level exercise において頻脈となる傾向が認められた. 一方, この心拍数と PEP/ET との間には有意な相関を認めなかった. したがって今回対象とした心筋梗塞のうち, 安静時における左室機能を表示する指標が中等度以上の障害を示すと考えられる (% FS  $\leq 22\%$ , % SIS  $\geq 25\%$ , PEP/ET  $\geq 0.47$  のいずれかを有する) 11 例を選び, 運動耐容能と各指標との間の相関を検討したところ, **Fig. 4** にみられるごとく, % FS, % SIS, PEP/ET のいずれとも相関を認めなかつ



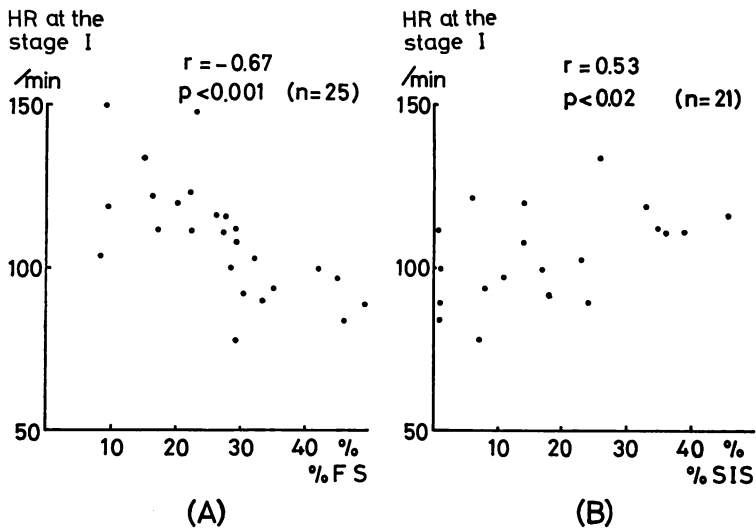
**Fig. 1. Correlation of exercise duration with left ventricular fractional shortening (A), <sup>201</sup>Tl scintigraphic infarct size (B) and PEP/ET by mechanocardiography (C).**

Impaired left ventricular function indicated by a decrease in % FS and infarct size assessed by % SIS correlate with low level exercise capacity. However, PEP/ET does not correlate well.



**Fig. 2. Correlation of systolic blood pressure at the endpoint with echocardiographic left ventricular fractional shortening (A) and with  $^{201}\text{Tl}$  myocardial scintigraphic infarct size (B).**

Inadequate systolic blood pressure response correlates with impaired left ventricular function indicated by decreased % FS and the extent of % SIS.



**Fig. 3. Correlation of heart rate at the Bruce protocol stage I with echocardiographic left ventricular fractional shortening (A) and with  $^{201}\text{Tl}$  myocardial scintigraphic infarct size (B).**

A positive correlation between heart rate at the low level exercise and impaired left ventricular function may suggest compensatory mechanism of chronotropic competence the limited stroke volume during exercise. Therefore, low level exercise test may be valuable for screening impaired left ventricular function in patients with old myocardial infarction.

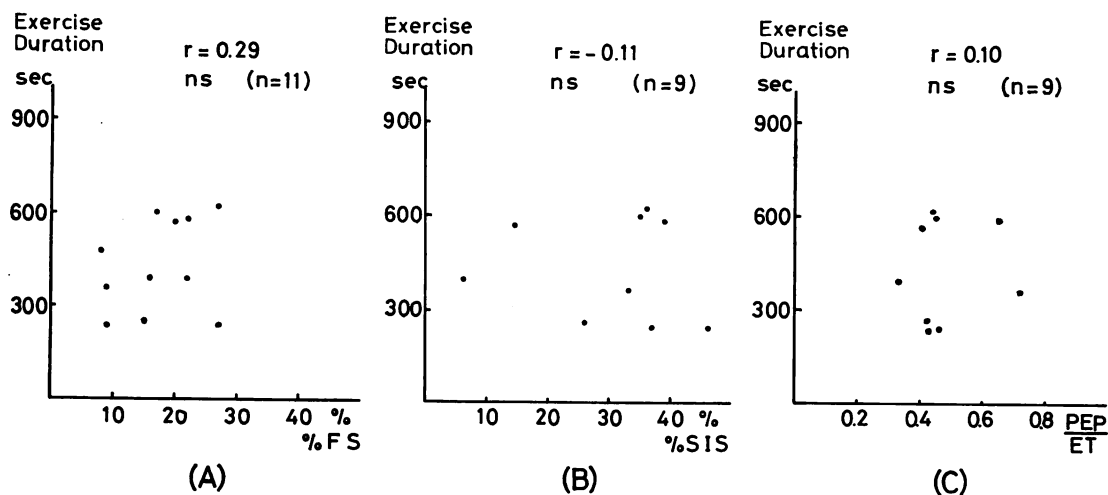


Fig. 4. Correlation between exercise capacity and resting left ventricular function in patients with moderately or severely impaired left ventricular function.

In selected patients with the moderately or severely impaired resting left ventricular function, there is no correlation of exercise capacity with resting left ventricular function.

た。同様にこれらの症例では、運動終了時における収縮期血圧、および Bruce 法 stage I での心拍数等の間にも相関を認めなかった。

#### 考 察

心疾患患者の運動能が心疾患の重症度に依存することは、NYHA 機能分類<sup>4)</sup>にも利用され、広く受け入れられている。しかし慢性的な心機能障害を有する場合、運動能を保持する種々の適応機構が成立するために、日常の診療において、運動耐容能と安静時における心機能指標との間に解離を認める場合が経験される。これら心機能障害の指標と運動耐容能の関係を修飾する因子として、性、年齢、生活上の活動性 (sedentary か active か)、トレーニング効果<sup>5)</sup>等の諸因子と、左室容積の拡大による 1 回拍出量の保持、諸種のストレスにおける心拍反応に基づく心拍出量の維持、 $O_2$  extraction の増大、肺リンパ流の増大による肺浮腫出現の防止等、血行動態的な代償機構があげられる<sup>1)</sup>。逆に安静時心機能の指標に比べ、運動耐容能の著しい低下を示す病態の 1 つとして労作性狭

心症があり、運動により誘発された心筋虚血の結果、急性の左室機能障害と胸痛発現により、運動耐容能は極めて強く制限される。今回は発表しなかった成績ではあるが、陳旧性心筋梗塞症における運動負荷試験で、運動中止理由が狭心痛であった群に関しては、運動耐容時間と % FS, % SIS, PEP/ET との間には全く相関は認められなかった。そこで今回の検討では、運動負荷試験において運動中止理由が狭心痛や重篤な不整脈の出現であった例を除外し、左室機能障害に依存する可能性が強いと考えられる dyspnea か general fatigue の例のみを対象とした。一方、非侵襲的検査法の指標とした心エコー図上の % FS は、左室造影上の駆出率とよく相関することが知られ<sup>6)</sup>、非侵襲的検査法として優れた指標の 1 つとされるが、局所的壁運動の異常を特徴とする心筋梗塞においては、左室造影の駆出率との相関は低下し<sup>7)</sup>、むしろ心筋梗塞の発生後、残存した心筋により保持される収縮能の指標と考えることが妥当であろう。したがって陳旧性心筋梗塞における % FS の低下は運動耐容能の低下と相関すること

が予想されたが, 今回の検討で得られた相関係数  $r=0.67$  (Fig. 1-A) は, Paine ら<sup>9)</sup>の陳旧性心筋梗塞における左室造影上の駆出分画と運動耐容能との相関係数  $r=0.65$  と近似している. かくして心エコー図における % FS は陳旧性心筋梗塞の非狭心症例では運動耐容能をあらかじめ推測しうる指標となり, 日常の診療にさいして臨床的意義を有するものと考えられる. 201 タリウム心筋シンチグラフィによる % SIS に関しては, 運動耐容能との相関は % FS よりも低かったが, % SIS による評価法は左室造影上の壁運動異常部位の拡がりとはよく相関するものの, 下壁梗塞の場合は前壁梗塞に比し大きい値を示す傾向がある<sup>9)</sup>. これは左室機能の保持にとってより大きな意義を有する前壁, 心尖部の梗塞領域を過小評価する傾向があることが, 本研究の結果に影響を与えているものと考えられる. したがって今後はさらに梗塞部位別にみた対比検討が必要と思われる.

運動中における血圧上昇度の低下は予後不良の徴候であるとの報告<sup>9)</sup>があり, 運動負荷試験を用いた心機能判定の重要な指標となり得るが, 運動終了時における収縮血圧と % FS, および % SIS との間に相関がみられたことは興味深い (Fig. 2). 運動中の血圧反応は, 体液性, 神経性に行われる末梢動脈抵抗の調節因子と, 運動による心拍出量増加の反応により規定されるが, 今回得られた結果は, 左室機能低下によって, 運動中における心拍出量増加の障害に関連性のある機序をみているのではないかと推測される.

心拍数と各非侵襲的検査法による指標との間では, 到達した最大心拍数とは相関がみられなかった. これは左室機能障害例では, 運動レベルをあげてゆくと, 1 回拍出量の低下を心拍数の増加で補う代償機序が存在し, しかもその程度に個体差が大きいための結果であると考えられる. したがってむしろ一定の low level exercise での心拍数が % FS と負の相関, % SIS と正の相関を示すという事実が (Fig. 3), この代償機序を示して

いるものと考えられる. 観点を変えれば, 負荷量の低い運動負荷試験で, 比較的安全に左室機能低下例の screening を行うことが可能ではないかと考えられる.

しかし, 今回の検討で, 安静時左室機能障害の程度が比較的強い症例のみを選択した場合には, 非侵襲的検査法による諸指標と運動耐容時間, 血圧反応, 心拍数との間にまったく相関傾向を認めなかった (Fig. 4). これは安静時における心機能諸指標と運動耐容能とは相関しないという, 従来の報告と一致する<sup>1,2)</sup>. したがって左室機能が比較的よく保持された群と左室機能障害の強い群との間には運動耐容能に明瞭な差を認めるが, 左室機能障害の強い群のみを対象とした場合には, 各個体における代償機序の発揮される程度の差に基づく修飾が大きな要素を占めると考えられる.

今回の検討で PEP/ET が運動耐容能との間に相関傾向を有するものの, % FS, % SIS と異なり, 有意でなかった理由は明らかではない. PEP/ET は左室造影上の駆出率とよい相関があるとする報告<sup>10)</sup>はあるが, この指標は心筋収縮力以外に前負荷や後負荷の変化によりかなり変動する指標であること, および今回の対象例すべてで PEP/ET を計測したわけではないことなどがその理由として考えられた.

## 結 論

陳旧性心筋梗塞では, 心エコー図上の % FS, 201 タリウム心筋シンチグラフィ上の % SIS は, 運動耐容能が dyspnea または general fatigue で規定されている症例に限定すると, トレッドミル運動負荷試験による運動耐容能と比較的よく相関し, これら非侵襲的左室機能の指標が, 日常診療においてリハビリテーションや生活指導等に役立ち得ることが示された.

## 要 約

陳旧性心筋梗塞例において, 運動耐容能と非侵襲的検査法を用いて評価する安静時左室機能の相

文 献

関を検討した。Bruce 法を用いた多段階式トレッドミル運動負荷試験を自覚的最大の負荷により施行し、運動中止理由が *dyspnea* か *general fatigue* であった 25 例を対象とした。非侵襲的左室機能検査の指標としては、心エコー図による *fractional shortening* (% FS), 201 タリウム心筋シンチグラフィによる *infarct size* (% SIS), 心機図による PEP/ET を用いた。運動耐容時間と % FS の間には  $r = 0.67$ ,  $p < 0.001$ , また % SIS との間には  $r = -0.55$ ,  $p < 0.02$  の有意な相関があり、% FS が低下するほど、また梗塞領域が広いほど、運動耐容能が低下することが示された。運動終了時における収縮期血圧と % FS の間には  $r = 0.58$ ,  $p < 0.005$ , また % SIS との間には  $r = -0.69$ ,  $p < 0.001$  の有意な相関があり、運動負荷による昇圧反応の低下が左室機能障害の強い例に生じやすいことが示された。Low level exercise である stage I での心拍数は % FS と  $r = -0.67$ ,  $p < 0.001$  また % SIS と  $r = 0.53$ ,  $p < 0.02$  の有意な相関があった。また左室機能低下の強いほど low level exercise で頻脈となる傾向があり、1 回拍出量の減少を代償とする機序を示すと考えられた。PEP/ET は統計学的に有意な相関を示さなかった。以上より、陳旧性心筋梗塞で自覚的最大の運動負荷法により *dyspnea* または *general fatigue* のために運動耐容能が規定されている症例では、安静時左室機能を表示する指標としての % FS および % SIS から、ある程度、運動耐容能の推測が可能で、臨床的にリハビリテーションの進行程度や生活指導に役立つ情報となり得ると思われた。一方、トレッドミル運動負荷試験による low level exercise の心拍数が、左室機能障害例の screening test として役立ち得ることも示された。

- 1) Bonge W, Litchfield RL, Marcus HL: Exercise capacity in patients with severe left ventricular dysfunction. *Circulation* **61**: 955-959, 1980
- 2) Franciosa JA, Park M, Leveine TB: Lack of correlation and indexes of resting left ventricular performance in heart failure. *Am J Cardiol* **47**: 33-39, 1981
- 3) 中島義治: 陳旧性心筋梗塞症における運動負荷 Thallium-201心筋シンチグラフィの臨床的評価. 神戸大学医学部紀要 **42**: 1-10, 1981
- 4) Criteria Committee of the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Disease of the Heart and Great Vessels. 7th ed. Little, Brown, Boston, 1973 p 286
- 5) Verani MS, Hartung GH, Harris JH, Welton DE, Pratt CM, Miller RR: Effects of exercise training on left ventricular performance and myocardial perfusion in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **47**: 797-803, 1981
- 6) Quinones MA, Pickering E, Alexander JK: Percent of shortening of the echocardiographic left ventricular dimension: Its use in determining ejection fraction and stroke volume. *Chest* **74**: 59-65, 1978
- 7) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlation in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol* **37**: 7-11, 1976
- 8) Paine TD, Dye LE, Roitman DI, Scheffeld LT, Rackley CE, Russel RO, Rogers WJ: Relation of graded exercise test findings after myocardial infarction to extent of coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol* **42**: 716-723, 1978
- 9) Irving JB, Bruce RA, DeRouen TA: Variations in and significance of systolic pressure during maximal exercise (treadmill) testing: Relation to severity of coronary artery disease and cardiac mortality. *Am J Cardiol* **39**: 841-848, 1977
- 10) Stack RS, Sohn YH, Weissler AM: Accuracy of systolic time intervals in detecting abnormal left ventricular performance in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **47**: 603-609, 1981