

## 安定型労作性狭心症患者の運動負荷に対する

## ウォーミングアップ効果について

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

竹田 賢\*・長崎 文彦\*・山口 洋\*

労作性狭心症患者の発作が午前中、特に早朝におこりやすく、その後、日常生活で体を動かしていくことにより発作の頻度、程度が減少することはよく知られている。これは、一般に warming up 効果にもとづくものとされているが、その臨床的特徴および成因については十分明らかにされているわけではない。

われわれは安定した労作性狭心症患者を対象に短時間の間隔をおいて早朝2回、午後2回、計4回の運動負荷試験を行い、症状、負荷耐容時間、血圧、心拍数、心電図 ST 低下などの諸指標を比較し、warming up 効果について検討したので報告する。

## I 対 象

対象は安定した労作性狭心症患者16名(全例男性、年齢31~67歳、平均年齢52.7歳)。冠状動脈造影検査により左冠動脈または左冠動脈と右冠動脈に75%以上の狭窄病変を有するものとした。心筋梗塞の既往のあるものは5名であるが、左心室造影検査で心筋障害は軽度であった。16名中11名は左心カテーテル検査中にもエルゴメーターによる運動負荷を行い、狭心症発作出現時に冠状動脈造影を施行したがスパズムによる狭窄度の進行は認められなかった。

## II 方 法

運動負荷は坐位自転車エルゴメーターを用い、初期量 0.75 Watt/kg あるいは 1.0 Watt/kg より開始し、3分ごとに 0.25 Watt/kg ずつ増加する多段階漸増負荷法によった。患者は早朝空腹時に30分間の安静ののち第1回目の負荷(以下 Ex<sub>1</sub>)を行い、狭心症状の消失と ST 低下の回復を確認した時点で第2回目の負荷(以下 Ex<sub>2</sub>)を行った。その後、自由行動ののち午前中と同様の条件下に第3回目、第4回目(以下 Ex<sub>3</sub>、Ex<sub>4</sub>)を行った(図1)。

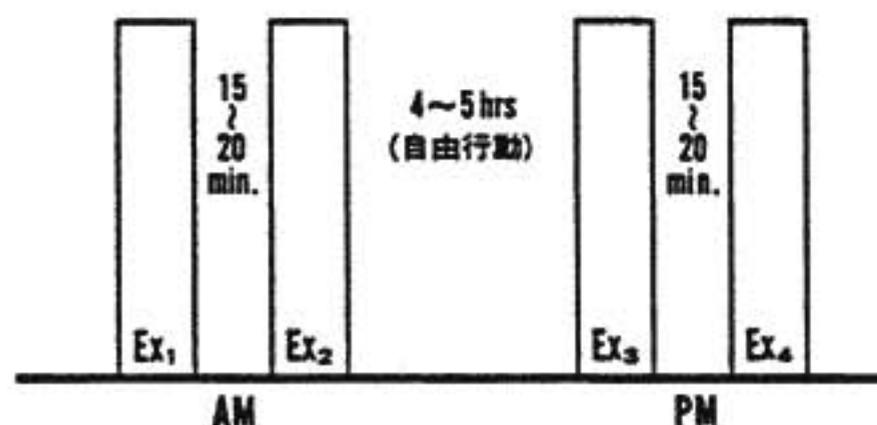


図1 運動負荷方法

(多段階漸増負荷法による坐位自転車エルゴメーター)

運動負荷の終点は4回の負荷とも Kattus 分類2度の狭心症状が出現し、かつ CM<sub>5</sub> モニター誘導にて 0.5 mm 以上の ST 低下を認めた時点とした。血圧、心拍数は負荷前、負荷中、負荷後に1分ごとに求め、これより Pressure Rate Product (PRP) を算出した。心電図 ST 部分の測定は負荷前、負荷中は CM<sub>5</sub> 誘導により、負荷後は V<sub>5</sub> 誘導により S 波より 0.08 秒の点で1分ごとに5心拍の平均として求めた。そして負荷終了後の回復期1~10分までの ST 低下の総和を“ΣST”として算出し、また負荷終了後から低下した ST が負荷前に回復するまでの時間を“ST 低下持続時間”として求めた。負荷により出現した狭心症状が、負荷終了後より消失するまでの時間を“症状持続時間”とした。

なお、全例負荷試験の48時間前からβ遮断剤等は中止し、亜硝酸剤は12時間前から使用しなかった。また今回の負荷試験の前に全例とも最低1回のエルゴメーター検査を行い、方法と意義を十分納得してもらった。

## III 結 果

短時間内の warming up 効果については、Ex<sub>1</sub> と Ex<sub>2</sub>、および Ex<sub>3</sub> と Ex<sub>4</sub> を比較検討した。比較的長時間の warming up 効果、すなわち午前と午後の日内変化については Ex<sub>1</sub> と Ex<sub>3</sub> の間で検討した。各負荷試

\* 虎の門病院 循環器センター 内科

験間の比較は paired t-test を用い有意差検定を行った。

1) 負荷開始前の比較

負荷開始前の心拍数 (HR) は  $Ex_1$  よりも  $Ex_2$ ,  $Ex_3$  よりも  $Ex_4$ ,  $Ex_1$  よりも  $Ex_3$  で多かった。収縮期血圧 (BPs) は各負荷試験間で有意差はなく, PRP は  $Ex_1$  よりも  $Ex_2$  で多かった。

2) 負荷終点における比較

負荷終点において4回の負荷試験とも全例 Kattus 分類2度の狭心症状がおこった。4回の負荷試験の終点での ST 低下度は統計的に有意差がなく, 4回の負荷試験とも同程度の心筋虚血が生じたものと考えた (図2-1)。負荷耐容時間は  $Ex_1$ - $Ex_3$  では差はなかったが,  $Ex_1$  より  $Ex_2$  で,  $Ex_3$  より  $Ex_4$  で負荷耐容時間の延長が認められた (図2-2)。また負荷終点における PRP は  $Ex_2$  は  $Ex_1$  より,  $Ex_4$  は  $Ex_3$  より高値を示した (図3)。

3) 負荷終了後の回復期の比較

回復期における“症状持続時間”は4回の負荷試験の間で有意差はなかったが, 回復期の ST 変化には差が認められた。すなわち, “ $\Sigma$  ST” は  $Ex_1$ - $Ex_2$ ,  $Ex_3$ - $Ex_4$ ,  $Ex_1$ - $Ex_3$  のいずれの比較でも改善が認められた (図4-1)。また“ST 低下持続時間”は  $Ex_1$  より  $Ex_2$  で,  $Ex_3$  より  $Ex_1$  で短かった (図4-2)。

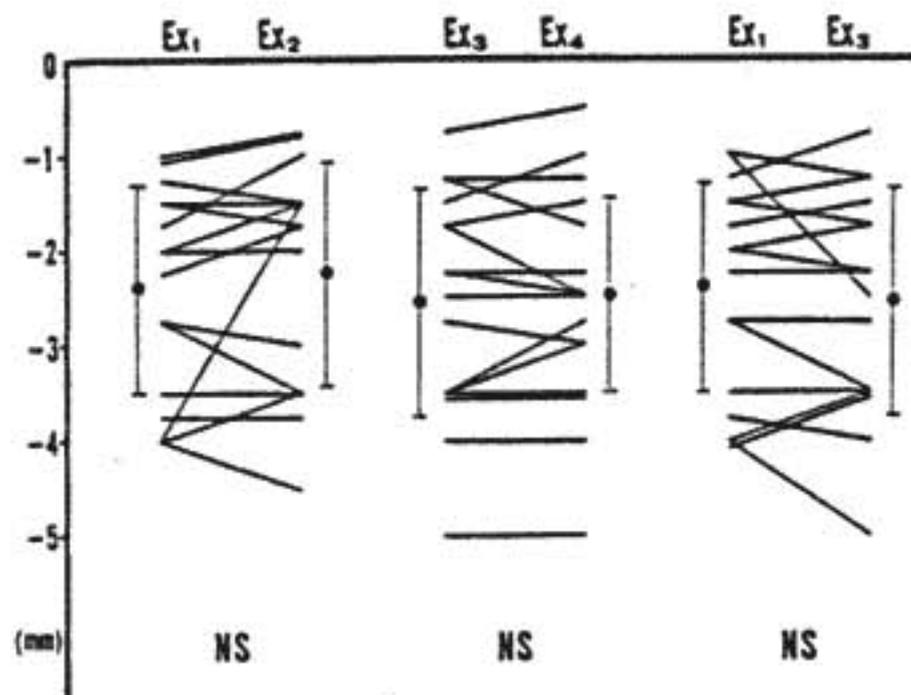


図2-1 運動負荷終点のST低下の比較 (CM<sub>s</sub>)

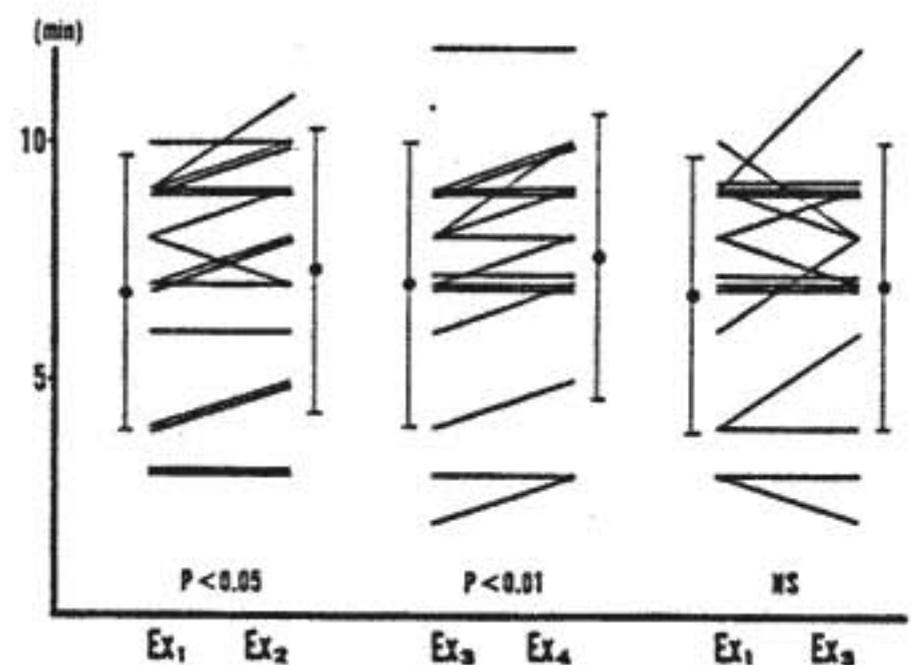


図2-2 負荷耐容時間の比較

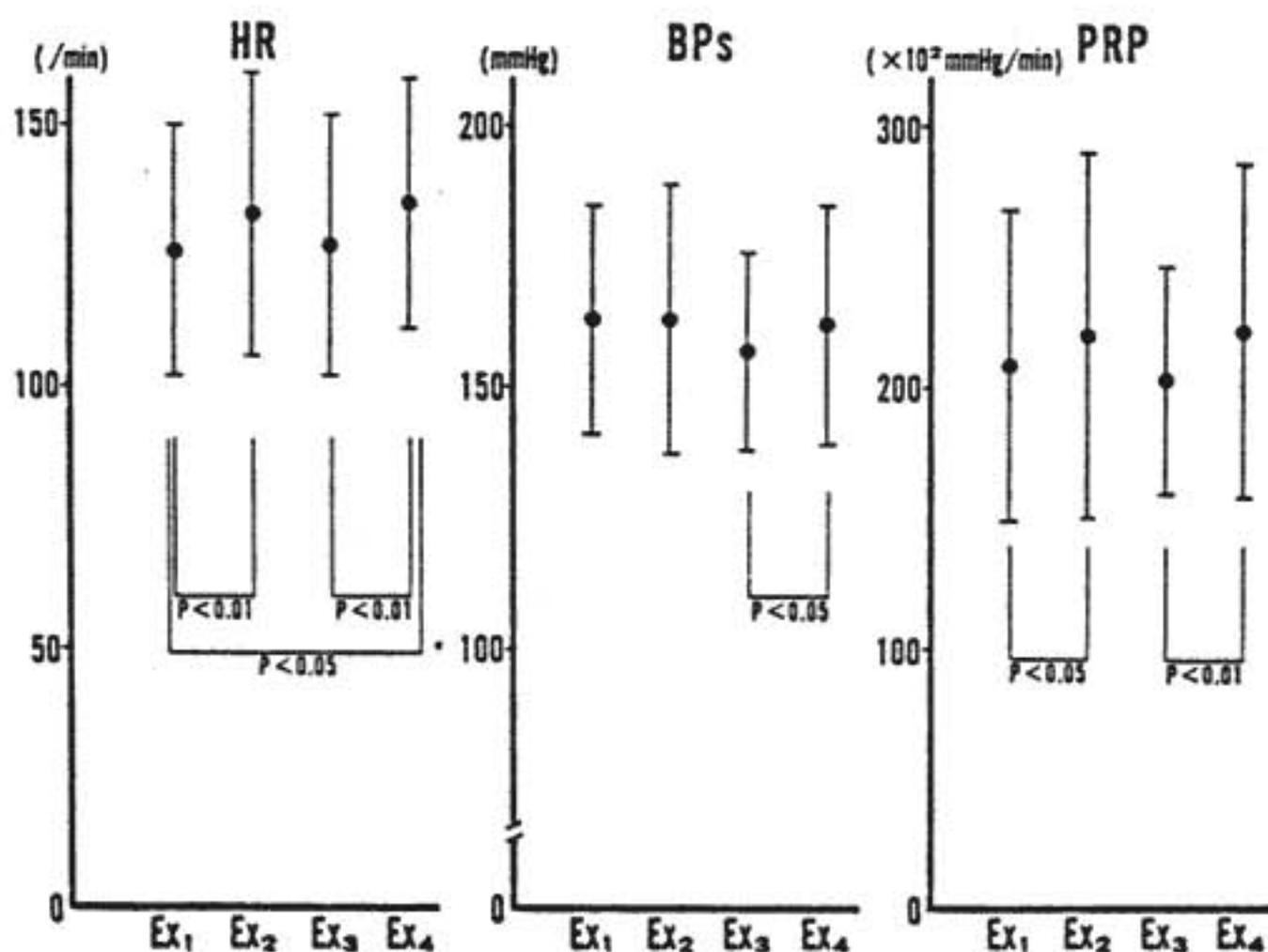


図3 運動負荷終点の HR, BPs, PRP

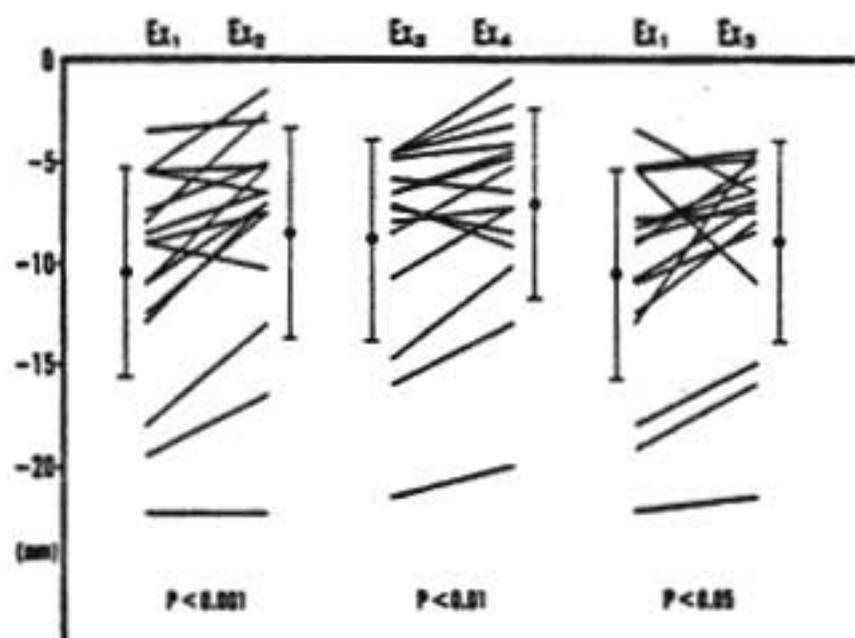


図4-1 回復期10分間のΣSTの比較

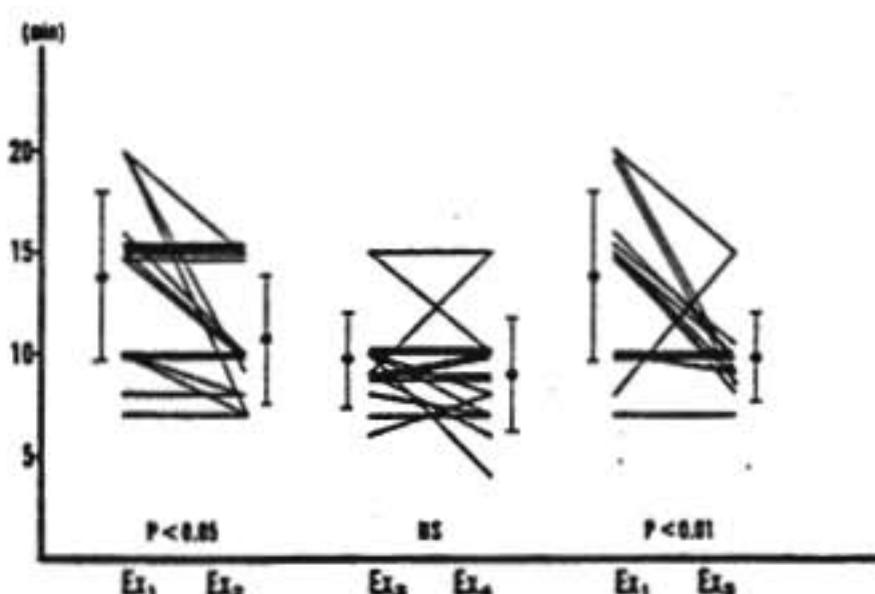


図4-2 回復期ST低下の持続時間の比較

表1 運動負荷による諸指標の比較

≪ (P < 0.001)    < (P < 0.01)  
 < (P < 0.05)    - (NS)

	短時間での比較		AM・PMの比較
	Ex <sub>1</sub> -Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>2</sub> -Ex <sub>4</sub>	Ex <sub>1</sub> -Ex <sub>3</sub>
1. 負荷前			
HR	<	<	<
BPs	-	-	-
PRP	<	-	-
2. 負荷終点			
負荷耐容時間	<	>	-
ST低下 (CM <sub>s</sub> )	-	-	-
HR	>	>	-
BPs	-	>	-
PRP	<	>	-
3. 負荷終了後			
症状持続時間	-	-	-
ΣST	≫	>	>
ST低下持続時間	>	-	>
HR	<	-	-
BPs	-	-	-
PRP	-	-	-

IV 考案およびまとめ

表1に4回の負荷試験での諸指標の有意差を示した。短時間の間隔をおいて行った2回目の負荷試験に表れる効果は、①負荷耐容時間延長とPRP上昇に見られる負荷耐容量の増加、②回復期におけるST低下度の減少に見られる負荷耐容能の改善であり、特に午前中の負荷試験で顕著であった。また午前と午後の日内変化については上記①の負荷耐容量は不変であるものの、②の回復期ST低下度は午後の負荷試験で改善を認めた。

運動の持続、または反復による負荷耐容能の改善は“second wind”, “walking through 現象”あるいは“warming up 現象”として諸家により報告されている<sup>1-3)</sup>。その成因については、①冠血流の改善、②心筋酸素消費量減少、③体酸素消費量減少、④負荷法に対する慣れなどが考えられている。最近では、同一負荷時間、同一負荷量の条件下での心筋酸素消費量減少に注目する報告が多い。われわれの検討ではwarming up効果が認められた症例では、PRP増加を伴う負荷耐容量増加にもかかわらず、生じた心筋虚血は同程度であり、心筋酸素需要増加に見合った心筋酸素供給増加が示唆された。これは、われわれの症例からは太い冠動脈のspasmがwarming up現象に関与していることは否定的であり、全体の冠循環調節機構が運動することにより、より効率よく働くようになったためと思われる。

文 献

- 1) Price R. K. : First effort angina. Second wind in angina pectoris. Br. Heart J. 13 : 197, 1951.
- 2) MacAlpin R. N., Kattus A. A. : Adaptation to exercise in angina pectoris. Circulation 33 : 183, 1966.
- 3) Kattus A. A., Alvano A., MacAlpin R. N. : Treadmill exercise test for capacity and adaptation in angina pectoris. J. Oral. Med. 10 : 627, 1968.

## WPW 症候群におけるトレッドミル運動負荷

## —QRS 波形の変化を中心に—

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

賀 来 俊\*・深 谷 真 彦\*・橋 場 邦 武\*

## はじめに

WPW 症候群における副伝導路の性質を検討する一方法として, 運動負荷や薬物負荷を行い, デルタ ( $\Delta$ ) 波を含む心室波形の変化を観察することがある。運動負荷に伴う  $\Delta$  波を含む心室波形の変化には, 副伝導路・正常伝導路の相互の位置, 不応期, 伝導速度の変化などが関与すると思われる。われわれは, 精査のために入院した WPW 症候群患者に対し, トレッドミル運動負荷を行っているが, 今回はこの QRS 波形の変化に注目して検討を加えた。

## I 対象および方法

対象は入院中にトレッドミル負荷を行った WPW 症候群の男性11例, 女性8例 (14歳から62歳, 平均28歳) の合計19例である。Rosenbaum<sup>1)</sup> の分類にしたがうと, A型が11例, B型が8例であった。運動負荷は, 薬物を投与しない状態で, 米国マーケット社製トレッドミル CASE を用い, 原則として Bruce proto-

col, 一部40歳以上は Modified Bruce Protocol にしたがって亜最大負荷を行った。

検査中の心電図波形の観察は, 主として  $V_1, V_5, aV_f$  で行い, 雑音を除くため25心拍の平均波形として記録し, 必要に応じて real time の記録を行った。

## II 成 績

ほとんどの症例が, 予測最大心拍数の90%まで達し, 達成心拍数は平均178/分であった。

## 1) 心拍数増加に伴う心室波形の変化

図1に示すように, 運動負荷による心拍数増加に伴う心室波形の経時的変化は, 3群に分類された。I群 (4例) は, 心拍数増加につれて QRS 全体の幅は多少減少を示すが,  $\Delta$  波の部分についてはほとんど変化がみられなかった症例。II群 (13例) は, 心拍数の増加とともに PJ が短縮するために, 徐々に  $\Delta$  波が消失し, 痕跡程度にまでなった症例。III群 (2例) は, 比較的少ない心拍数で急に  $\Delta$  波が消失し, QRS 波形が大きく変化した症例。各群間の達成心拍数に差はな

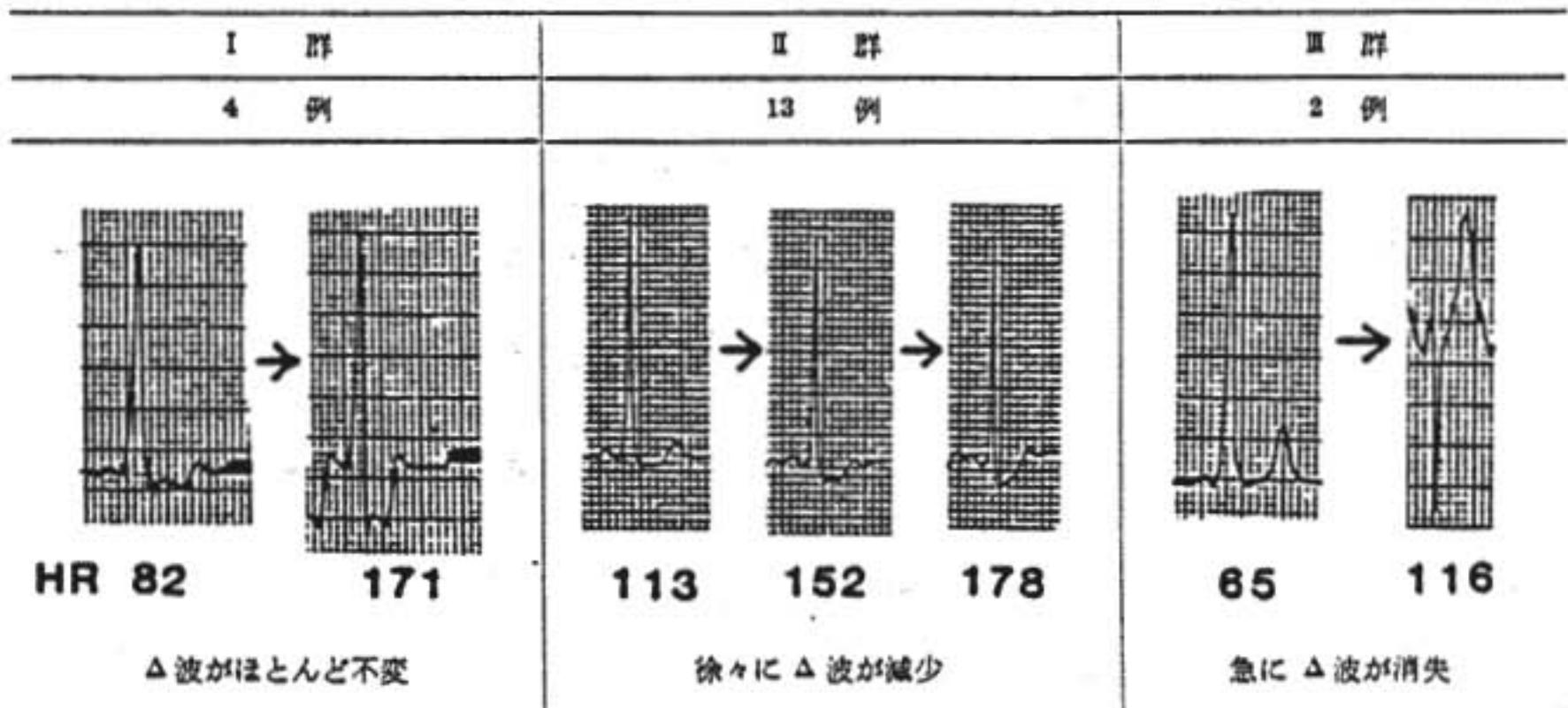


図1 心拍数増加に伴う心室波形の変化の分類

く、負荷量に差はないと考えられる。

2) 心室波形変化の分類と、臨床的・電気生理学的特徴

表1に示すように、I, II, IIIの各群と、Rosenb-

表1 心室波形の変化の型と臨床的背景

群	Rosenbaum 分類	病歴上の PSVT Paf	ペースングに よる PSVT 誘発
I 4例	A 2	1 2	1
	B 2	2 0	2
II 13例	A 8	4 1	3
	B 5	3 0	3
III 2例	A 1	0 0	0
	B 1	1 0	1

PSVT: 発作性上室性頻拍  
Paf: 発作性心房細動

baum 分類のA, B型に分布の差異はなく、病歴上の発作性上室性頻拍 (PSVT) や発作性心房細動 (Paf) の有無、さらに Pacing study 中の PSVT 誘発の有無にも一定の傾向は認められなかった。図2は副伝導路の不应期を示し、○は副伝導路の不应期 (ERP<sub>AP</sub>) が正常伝導路の不应期 (ERP<sub>AVN</sub>) よりも短い症例を示す。各群で、不应期の長さや、副伝導路・正常伝導路の不应期の長短関係に分布の差はみられなかった。

3) 「Q波」の出現

図3はII群A型の実例を示す。V<sub>1</sub>のQRS波形に注目すると、心拍数増加とともにPJが短縮し、Δ波の占める部分が少なくなる。さらにΔ波に続いて

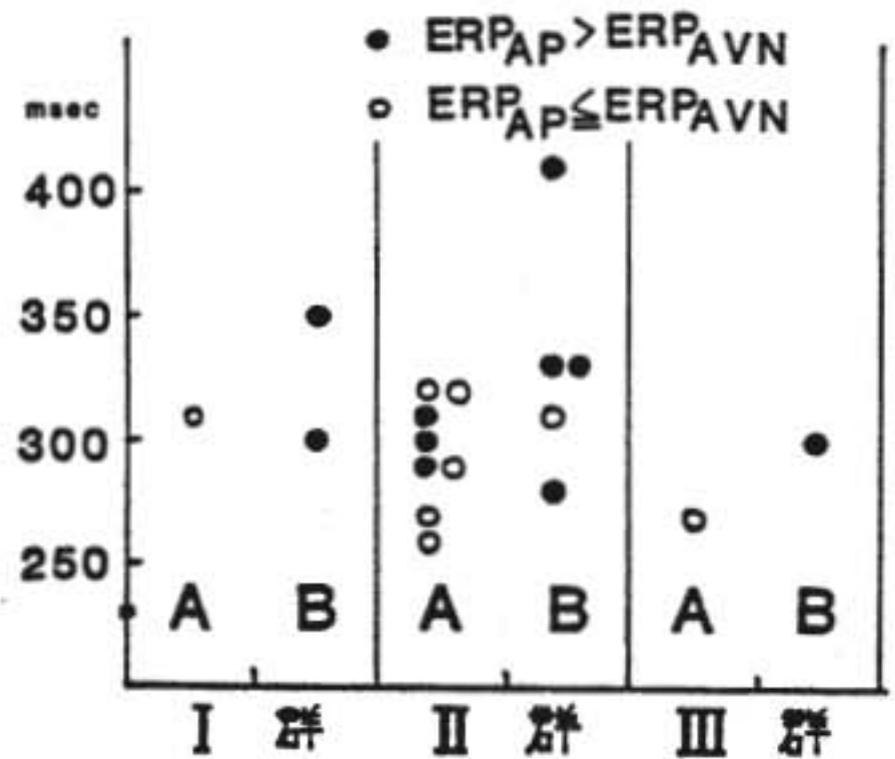


図2 副伝導路の不应期  
(A, Bは Rosenbaum の分類)

小さな negative deflection が現れ、次第に増大し、ついには痕跡程度のΔ波に続く「Q波」様の深い negative deflection となる。

図4はII群B型の同様な例の実例である。いずれの場合もこの「Q波」は負荷終了後はすみやかに消失している。負荷増大中の心拍数とQRS波形とを比較すると、負荷終了後はまだ頻拍が続いている時期に「Q波」はすでに消失している。

図5はB型の症例であるが、上記2例と異なり、「Q波」が出現しない実例である。Δ波の減少は十分にみられるにもかかわらず、negative deflection の出現はわずかな notch 程度にとどまっている。

4) 「Q波」出現と副伝導路の位置

このように、運動負荷により「Q波」様の振れが出

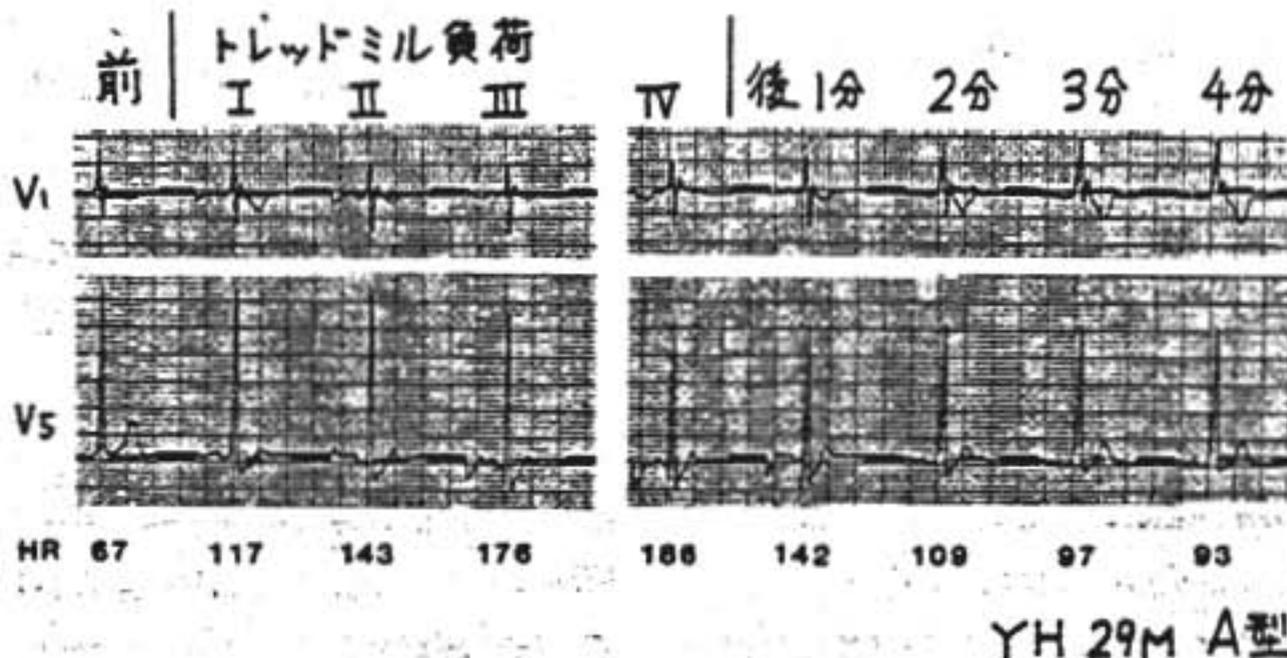


図3 「Q波」出現例 (Δ型)

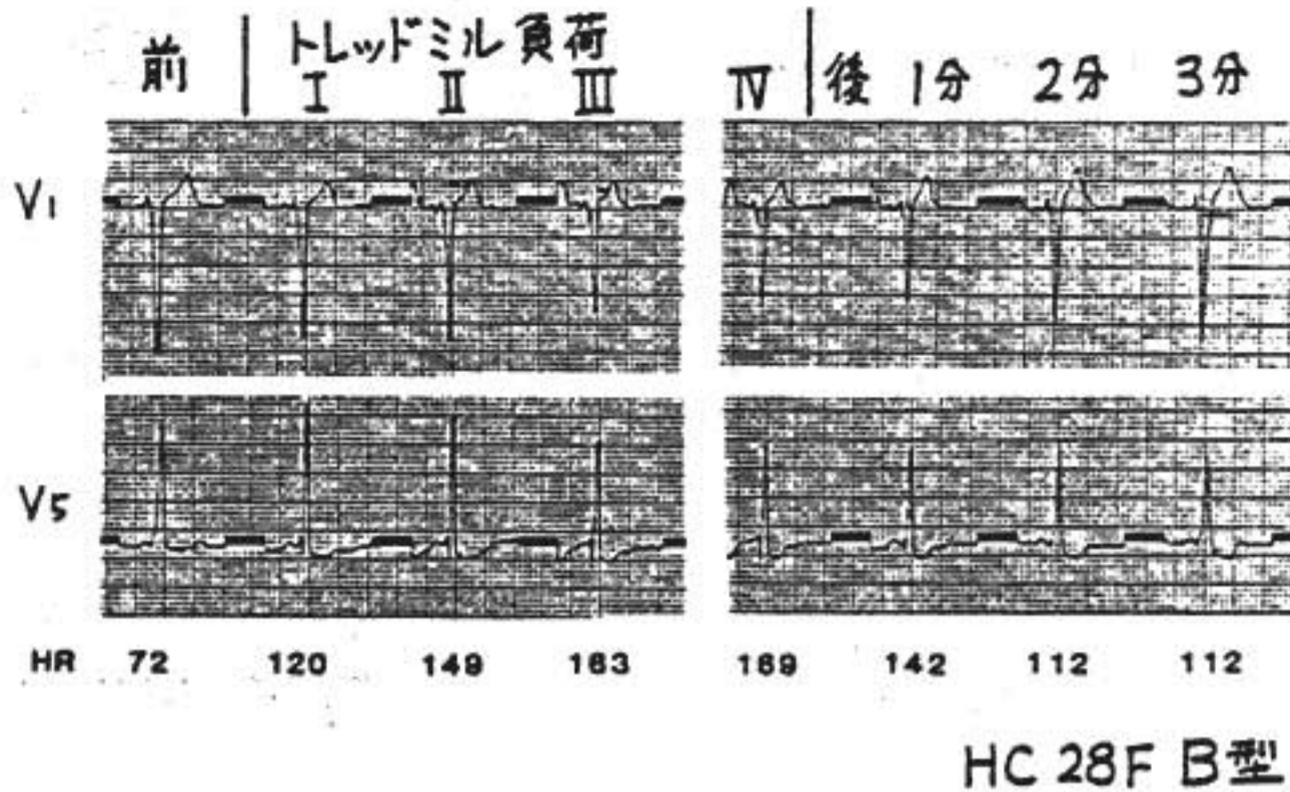


図4 「Q波」出現例 (B型)

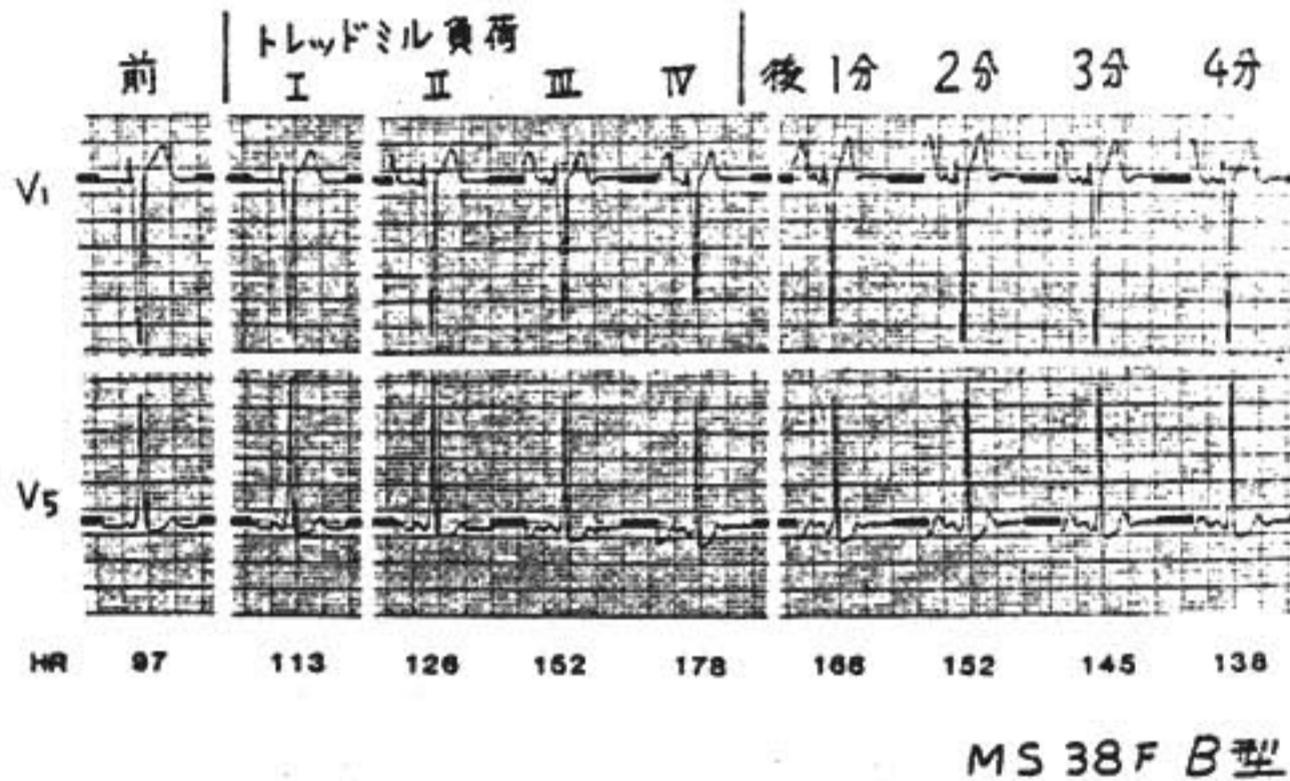


図5 「Q波」非出現例 (B型)

現するものと、全く生じないか、わずかな notch 程度しか示さないものは、A型B型の両者にそれぞれみられた。

岩の分類<sup>2)</sup>にしたがって、副伝導路の位置と、「Q波」出現の関係について検討した(表2)。

A型の場合、左室前壁と左室側壁に副伝導路の位置が推定される症例では「Q波」の出現がみられるが、左室後壁の場合にはみられない。一方B型では、右室前壁と側壁に副伝導路が推定される例では「Q波」が出現せず、右室後壁にあるものでは出現がみられた。

「Q波」出現の有無については、達成心拍数に差はなく、副伝導路と正常伝導路の不応期の相互関係につ

いても検討したが、一定の法則は見いだし得なかった。

### III 考 按

WPW 症候群の心室波形はΔ波と正常QRS波の融合波形であり、その程度は諸条件で変化しうる<sup>3)</sup>。運動負荷を行うと、交感神経の興奮により正常伝導路の伝導速度が速くなり、PJが短縮しΔ波の部分が次第に減少する。これらの一連の変化に影響を与える因子として、副伝導路の解剖学的位置、正常伝導路と副伝導路の不応期の値や、その相互の長短関係が考えられる。例えばⅢ群のように、心拍数増加により突然Δ波が消失し、狭いQRS波形に変化する場合は、副伝導

表2 副伝導路の部位と「Q波」の出現

型	症 例	達成 心拍数	副伝導路の 部位	「Q波」 の出現
A	HG 14M	184	L-ant	+
	YH 29M	184	L-ant	+
	WS 36F	161	L-ant	+
	KH 18F	202	L-lat	+
	HK 22M	191	L-lat	+
	IK 15M	191	L-post	-
	AS 33F	173	L-post	±
	ST 16F	193	L-post	±
B	TK 29M	195	R-ant	±
	TY 32M	183	R-lat	-
	MS 38F	178	R-lat	±
	SH 14M	162	R-lat	±
	HC 28F	173	R-post	+

路の不応期が長い可能性が考えられた。また臨床的な PSVT の起こりやすさや、ペーシングでの PSVT の誘発のされやすさなどとも関係が予想された。しかし、表1・図2に示されるように、これらの因子と各群には一定の法則を示唆する所見は得られなかった。

運動負荷時の左側胸部誘導における septal Q波の変化が、虚血性心疾患の診断率向上に有用であるとして注目されている<sup>4)</sup>。今回のわれわれの検討において、 $\Delta$ 波の直後に生じる小さな negative deflection は、本来のR波の直前に位置するところからQ波と考えられるものである。われわれの症例は、ほとんどが若年者であり、虚血性心疾患の合併は考え難い。

この「Q波」の出現の有無は、Rosenbaum の分類によっては分類されないため、さらに岩<sup>2)</sup>の分類にしたがった副伝導路の位置との関係について検討を試みた結果、上記の所見を得たものである。 $\Delta$ 波のベクトル方向は当然副伝導路の位置に規定されるが、中隔ベ

クトルも運動負荷によって波高と方向が変化すると思われる<sup>5)</sup>。運動負荷時はさらに、心房内伝導速度、正常伝導路の伝導速度の変化が加わり、中隔の興奮様式に対する副伝導路の関与の程度も変化すると思われる。このようにして、両伝導路の時間的、空間的影響の変化が「Q波」の出現様式に関与していると思われるが、合理的な説明にはいたっていない。

今後、アミサリンやアジマリンによって $\Delta$ 波を消失させた場合の波形変化、アトロピンやイソプロテレノール投与時の波形変化との比較により、さらに検討を加えてみたい。

## 文 献

- 1) Rosenbaum F. F., et al.: The potential variations of the thorax and esophagus in anomalous atrioventricular excitation. (Wolff-Parkinson-White syndrome). *Am. Heart J.* 29: 281, 1945.
- 2) Iwa T., et al.: Localization and interruption of accessory conduction pathway in the Wolff-Parkinson-White syndrome. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 80: 281, 1980.
- 3) Boineau J. P., et al.: Basis of static and dynamic electrocardiographic variations in Wolff-Parkinson-White syndrome. Anatomic and electrocardiographic observations in right and left ventricular preexcitation. *Am. J. Cardiol.* 32: 32, 1973.
- 4) Morales-Ballejo H., et al.: Septal Q wave in exercise testing: Angiographic correlation. *Am. J. Cardiol.* 48: 247, 1981.
- 5) Froelicher V. F., et al.: Variations in normal electrocardiographic response to treadmill testing. *Am. J. Cardiol.* 47: 1161, 1981.

## 健常成人におけるジギタリスの運動負荷時循環動態に及ぼす影響

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

金木英輔\*・杉本恒明\*

余川茂\*・萩野茂継\*・浦岡忠夫\*

ジギタリス長期投与の健常成人における運動負荷時の循環動態に対する影響を知るためその投与前後で定量運動負荷を行い検討した。

## I 対象と方法

対象は健康な男性17例とした。年齢は34歳～64歳、平均46.9歳であった。全例にジギタリス剤としてジゴキシン(D) 0.25 mg/日、4週間の投与を行った。D投与前後における定量運動負荷として、トレッドミルを用い、多段階方式 Bruce の変法(各ステージの速度を原法の62.5%とした)にしたがい、12分間(ステージ4)の負荷を与えた。運動負荷前、中を通じて1分ごとに心拍数(HR)、収縮期血圧(SBP)、分時酸素消費量( $\dot{V}O_2$ )、分時換気量( $\dot{V}E$ )を測定した。HRは心電図モニターにより、SBPはCuff法により、 $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}E$ はモーガン社製オキシログを用いて測定

した。有意差の検定には paired t test を用いた。

## II 結果

図1にD投与前後における心拍数と収縮期血圧の変化を示した。心拍数はD投与により安静時  $76.0 \pm 2.8$  (SE) beats/min から  $69.9 \pm 2.7$  beats/min ( $p < 0.005$ ), 運動負荷時  $130.9 \pm 4.7$  beats/min から  $123.7 \pm 3.8$  beats/min ( $p < 0.05$ ) と共に有意の低下を示した。収縮期血圧は安静時にはD投与により  $132.8 \pm 2.2$  mmHg から  $128.8 \pm 2.2$  mmHg (NS) へと有意の変化はなかったが、運動負荷時には  $182.5 \pm 5.3$  mmHg から  $173.5 \pm 5.7$  mmHg ( $p < 0.05$ ) へと有意の低下を示した。図2に double product DP ( $SBP \times HR$ ) と酸素消費量のD投与前後における変化を示した。Double product の安静時D投与前後の値はそれぞれ  $10200 \pm 400$ ,  $9000 \pm 400$  ( $p < 0.001$ ), 運動負荷時それ

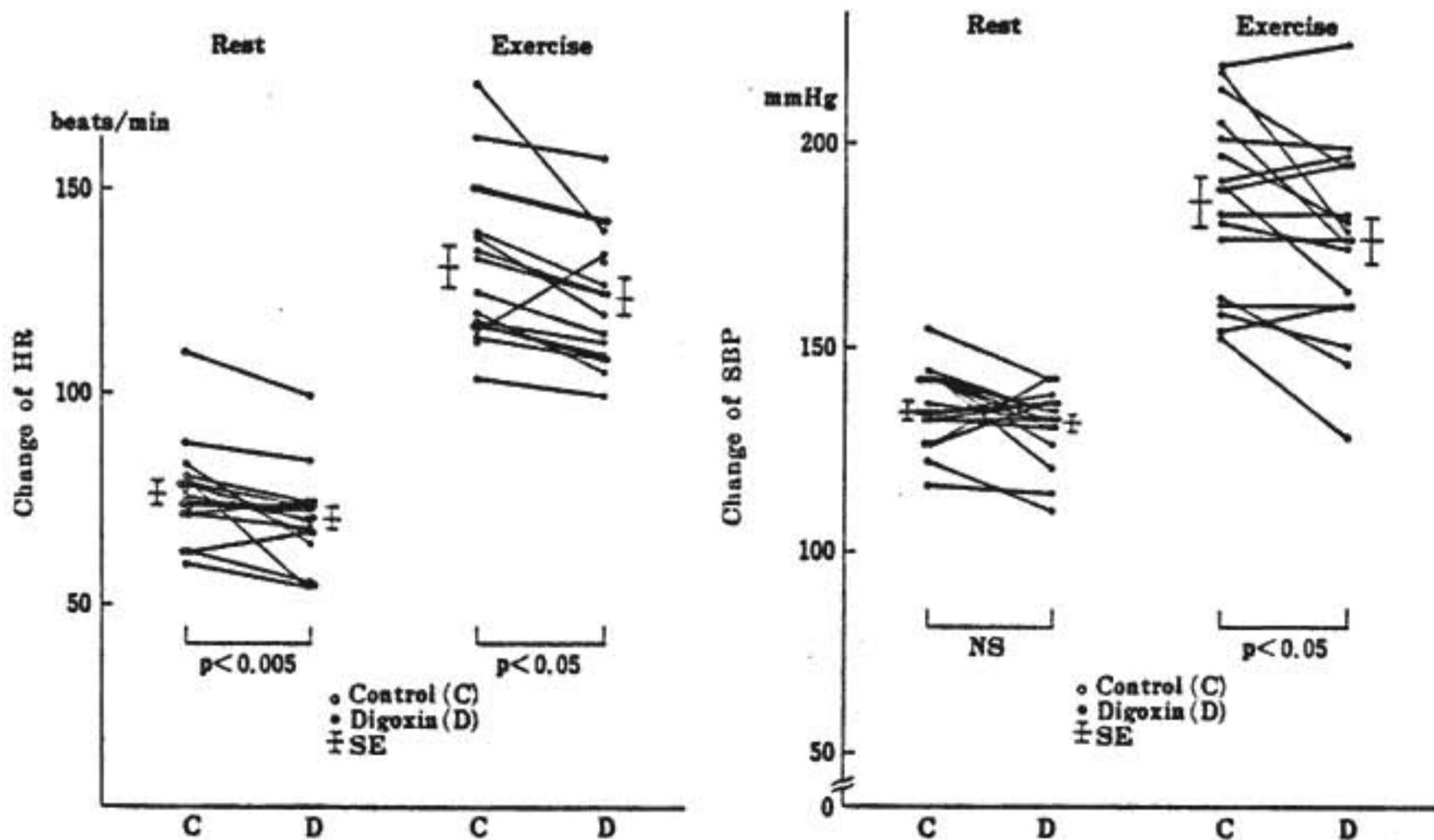


図1 ジギタリス投与前後における心拍数および収縮期血圧の変化

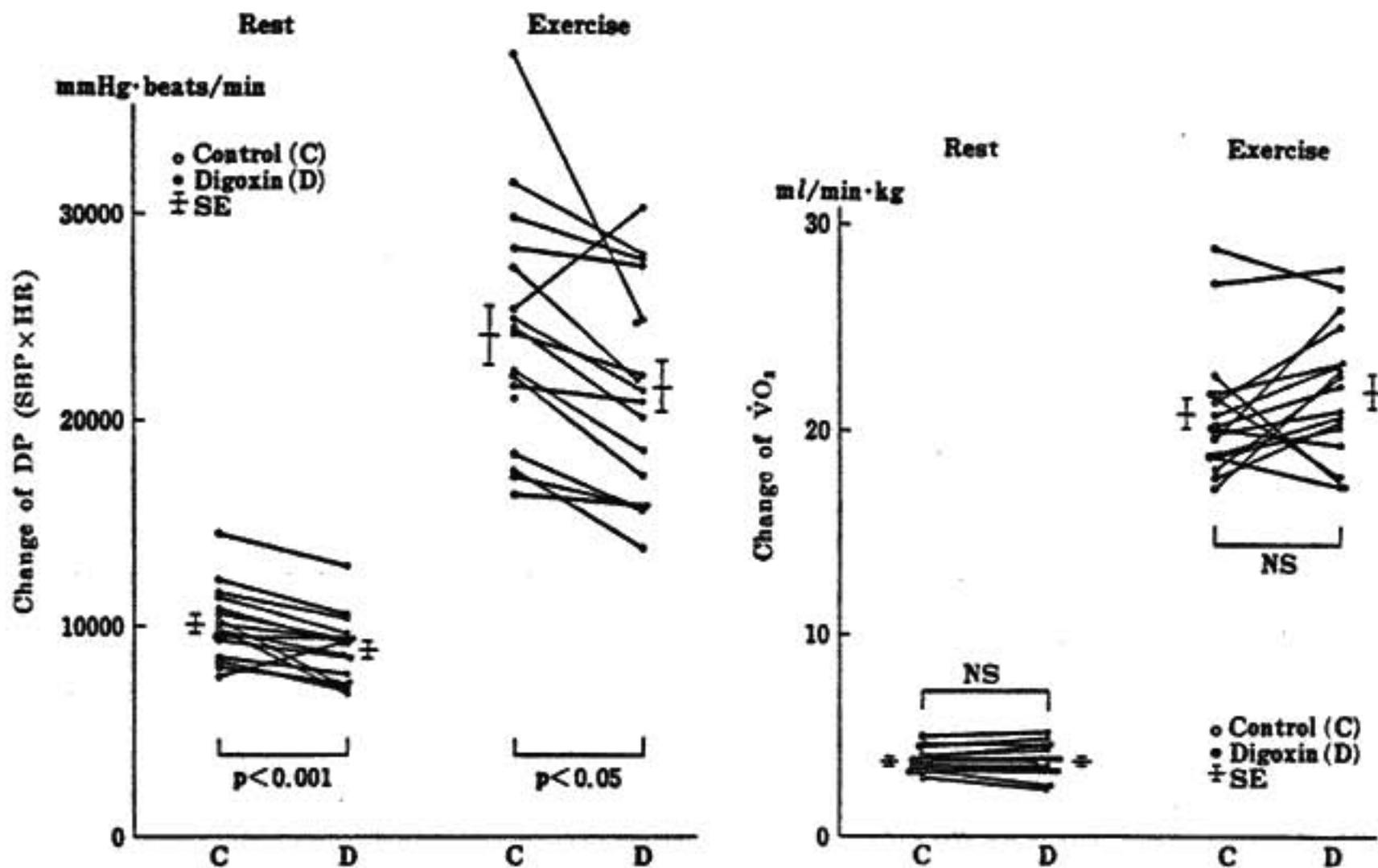


図2 ジギタリス投与前後における double product (SBP x HR) および酸素消費量の変化

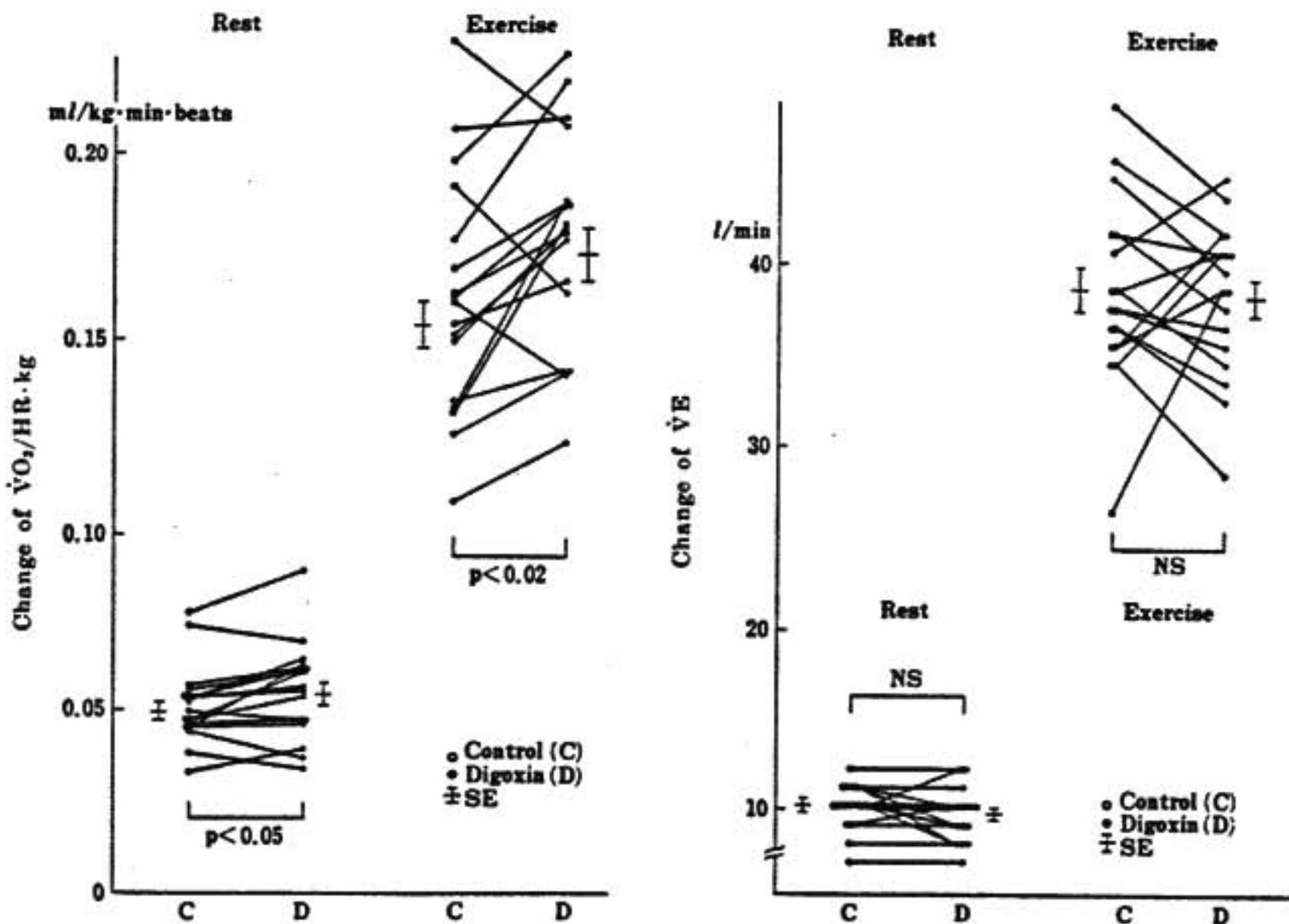


図3 ジギタリス投与前後における酸素脈 (酸素消費量/心拍数) および換気量の変化

それぞれ  $24100 \pm 1400$ ,  $21600 \pm 1200$  ( $p < 0.05$ ) と共に D により有意の低下を示した。酸素消費量の D 投与前後における値は、それぞれ安静時  $3.72 \pm 0.12$  ml/kg·min,

$3.71 \pm 0.18$  ml/kg·min (NS), 運動負荷時  $20.35 \pm 0.75$  ml/kg·min,  $21.43 \pm 0.78$  ml/kg·min (NS) と安静時、運動負荷時とも D 投与による変化はみられなかった。

図3にD投与前後における酸素脈(酸素消費量/心拍数)および換気量の変化を示した。酸素脈のD投与前後における値は安静時それぞれ  $0.048 \pm 0.003 \text{ ml/kg} \cdot \text{beats} \cdot \text{min}$ ,  $0.054 \pm 0.003 \text{ ml/kg} \cdot \text{beats} \cdot \text{min}$  ( $p < 0.05$ ), 運動負荷時それぞれ  $0.151 \pm 0.006 \text{ ml/kg} \cdot \text{beats} \cdot \text{min}$ ,  $0.171 \pm 0.007 \text{ ml/kg} \cdot \text{beats} \cdot \text{min}$  ( $p < 0.02$ ) と共に有意の増加をみとめた。換気量のD投与前後の値は安静時それぞれ  $9.9 \pm 0.3 \text{ l/min}$ ,  $9.6 \pm 0.3 \text{ l/min}$  (NS), 運動負荷時それぞれ  $37.9 \pm 1.2 \text{ l/min}$ ,  $37.6 \pm 1.0 \text{ l/min}$  と安静時, 運動負荷時共にDによる有意の変化はみられなかった。

図4は全例について運動負荷前, 運動負荷3分後,

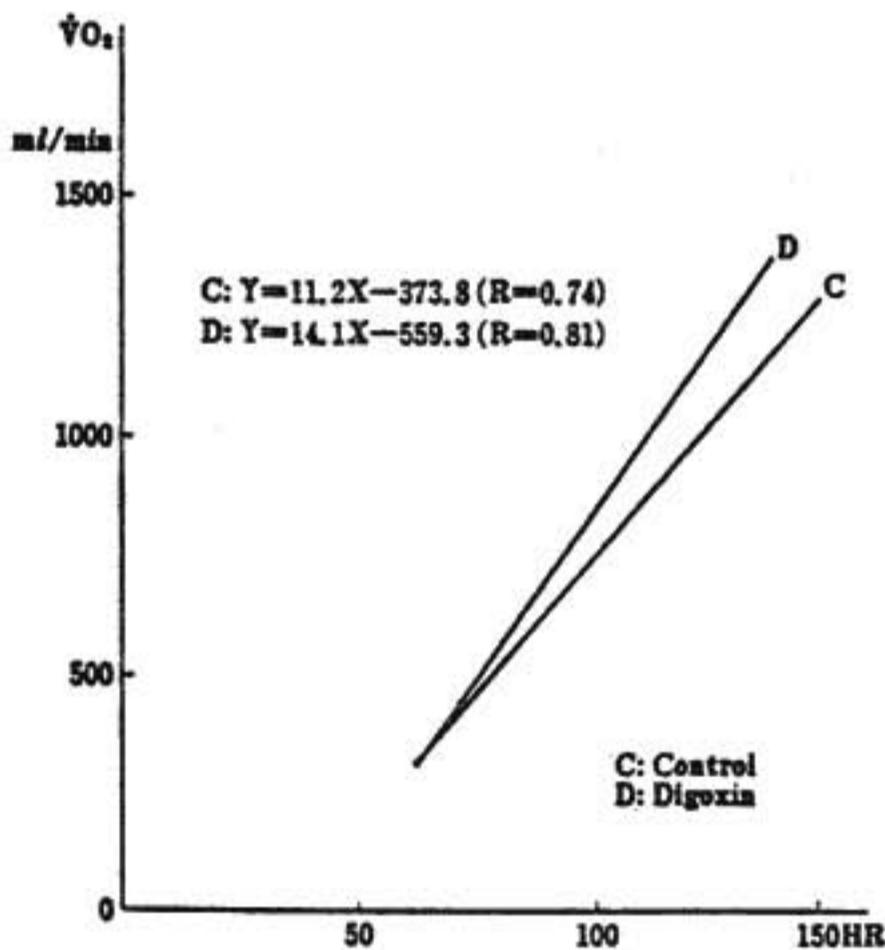


図4 ジギタリス投与前後における運動負荷時酸素消費量と心拍数の関係

6分後, 9分後, 12分後の HR と  $\dot{V}O_2$  をプロットし, 縦軸に  $\dot{V}O_2$ , 横軸に HR をとり回帰直線を求めたものである。D投与後で直線の勾配は11.2から14.1へと増加しており, 酸素消費量増加に伴い酸素脈の増加することがみとめられた。

D投与による運動の主観的強度の変化をみるため, 図5に示したように, 主観的強度の rating scale として7段階に分けたものを用いた<sup>1)</sup>。D投与により主観的強度は  $4.03 \pm 0.18$  から  $3.82 \pm 0.19$  ( $p < 0.05$ ) へと有意の低下を示した。

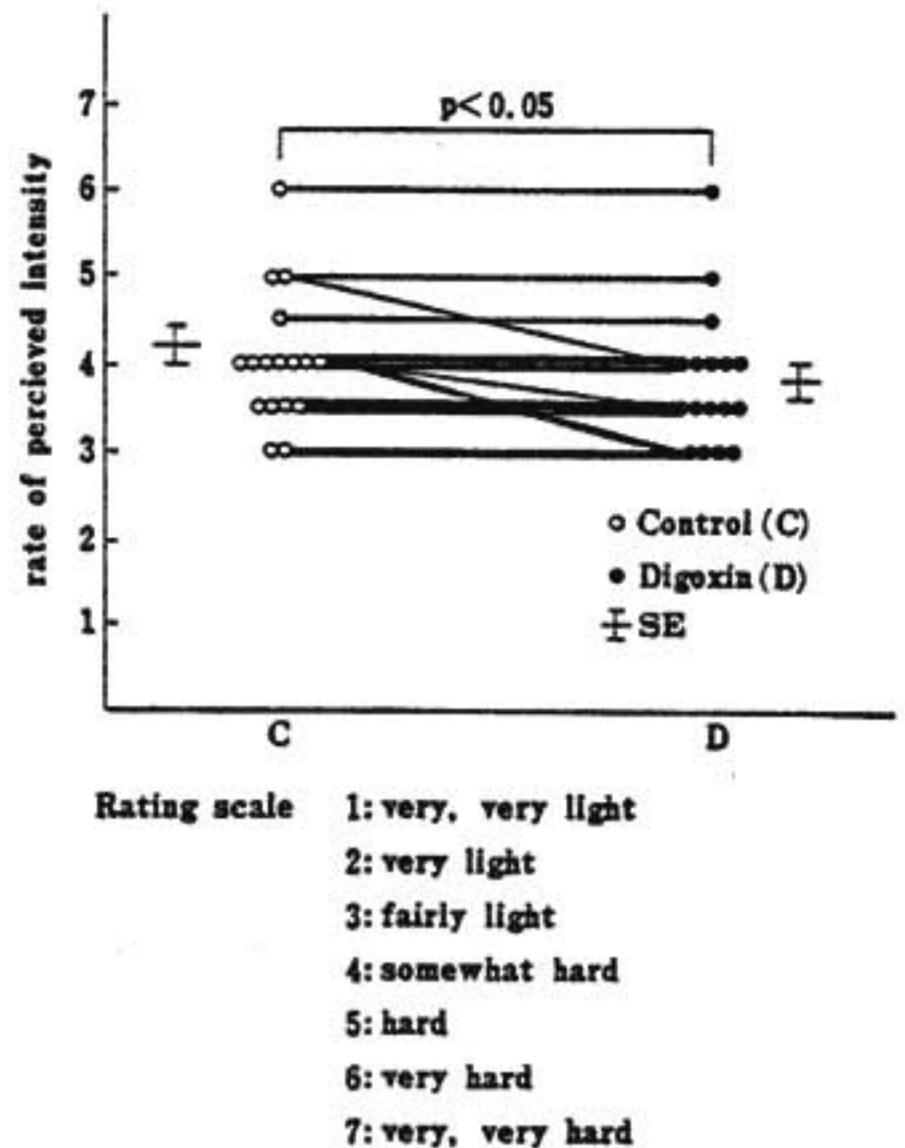


図5 ジギタリス投与前後における運動の主観的強度の変化

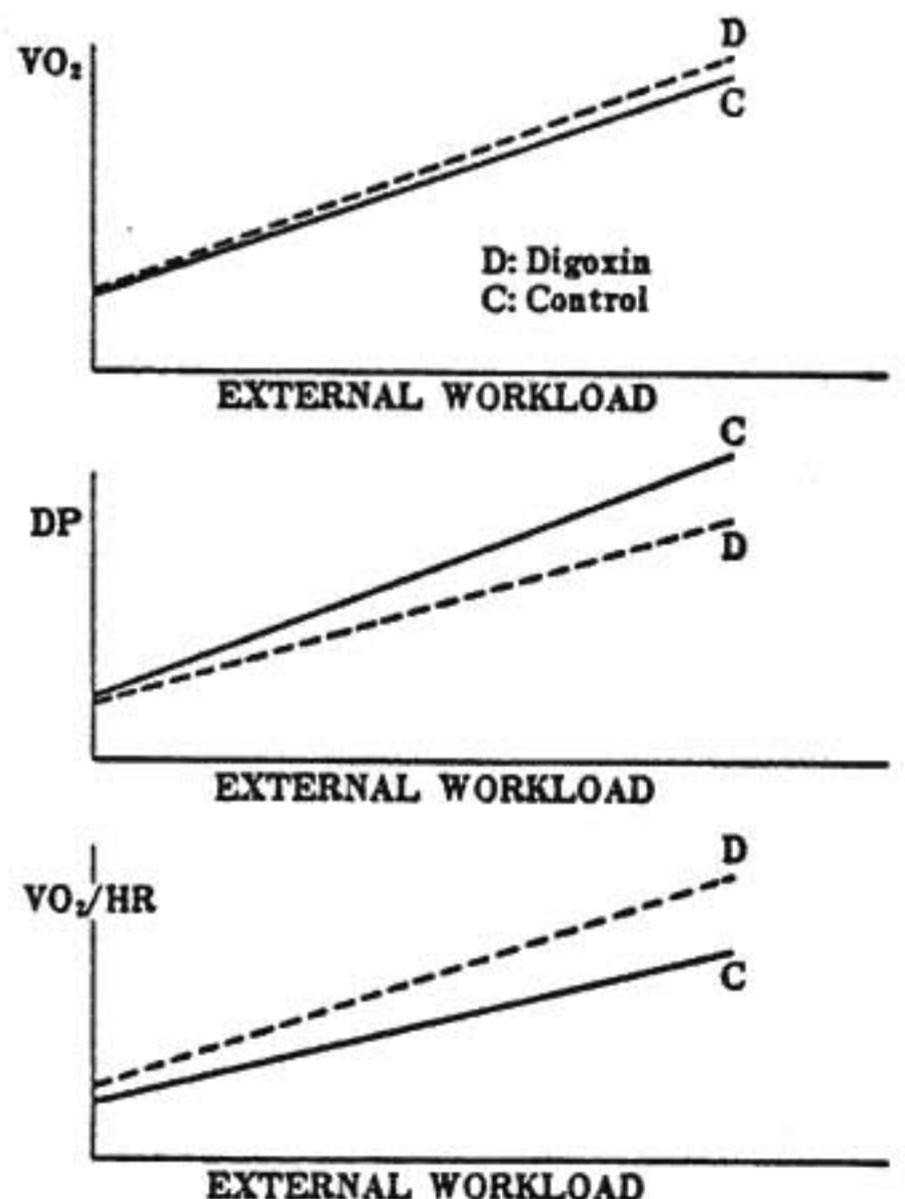


図6 ジギタリス運動負荷時酸素消費量, double product および酸素脈に及ぼす影響

## III 考 察

ジギタリスは心不全を有しない例では心筋酸素消費量を増大させるといわれている<sup>23)</sup>。また一方では、ジギタリスを長期使用した場合、安静時、運動負荷時とも、心拍数、収縮期血圧に影響はみられなかったという報告<sup>24)</sup>もある。また心拍数は安静時、運動負荷時とも、有意の減少をみたが、血圧に対する影響はなかったという報告<sup>25)</sup>もある。今回の我々の成績では、ジギタリスにより心拍数は安静時、運動負荷時とも有意の低下を示し、収縮期血圧は運動負荷時に有意の低下をみとめた。

運動負荷に対する酸素消費量はジギタリス投与後でほとんど変化なく (図6上段)、心拍数と収縮期血圧の積の増加の程度はジギタリス投与後低下した (図6中段)。このことは定量運動負荷時、心に課せられる負荷がジギタリスにより軽減したことを示唆する。また運動負荷の増大に伴って酸素脈の増加することがみとめられた (図6下段)。運動の主観的強度のジギタリス投与後の軽減は、このようなジギタリスによる運動時心負荷量の軽減や、酸素運搬における循環系の効率の改善にもとづくものと思われた。

## 文 献

- 1) 小野寺孝一：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性。体育学研究 21 : 191~203, 1976.
- 2) Mason D. T., et al. : Digitalis and angina pectoris. Chest 64 : 415~416, 1973.
- 3) Covell J. W., et al. : Studies on Digitalis. XVI Effects on myocardial oxygen consumption. J. Clin. Invest. 45 : 1935~1942, 1966.
- 4) Vogel R., et al. : Short and long-term effects of Digitalis on resting and posthandgrip hemodynamics in patient with coronary artery disease. Am. J. Cardiol. 40 : 171~175, 1977.
- 5) Firth B. G., et al. : Effects of chronic oral Digoxin therapy on ventricular function at rest and peak exercise in patient with ischemic heart disease. Am. J. Cardiol. 46 : 481~490, 1980.
- 6) 斎藤和人, 他 : ジゴキシンの正常心に対する陽性変力効果 : 安静時ならびに運動時左心機能の心エコー図ならびに心機能図による検討。Jpn. Circ. J. 43 : 25~34, 1979.

## 運動耐容能評価法としての Anaerobic Threshold

## ——血中カテコールアミン測定の意味について——

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

児 島 俊 一\* . 松 村 尚 哉\* . 西 島 宏 隆\*  
橋 本 文 教\* . 南 勝\* . 安 田 寿 一\*

## はじめに

漸増式運動負荷試験においては、血中乳酸値が上昇を開始する時点、つまり好氣的代謝に嫌氣的代謝が加わる時点、それはその時の体酸素消費量で示され嫌氣的代謝閾値 (Anaerobic Threshold, AT) という。

そしてそれが運動耐容能を評価するのに非常に良い指標となるといわれている<sup>26)</sup>。われわれは先にその値を非観血的方法により求め、心疾患患者では健常者に比べその値が低下することを報告した<sup>27)</sup>。今回はこの AT の生理的ならびに臨床的意義を明らかにする目的で血漿カテコールアミン (CA) 濃度との関連を

\* 北海道大学医学部 循環器内科

検討したので報告する。

## I 対 象

健常者6名(年齢20~41歳, 平均29.2歳), 心疾患患者11名(33~61歳, 44.7歳, 内訳は, 弁膜症6名, 陳旧性心筋梗塞症3名, 心筋症1名, バルサルバ洞破裂1名), また心疾患患者の NYHA 機能分類では I 度3名, II 度6名, III 度2名であった。

## II 方 法

トレッドミルを用いる3分漸増式運動負荷試験を行ったが, 健常者6名全員, 心疾患患者 NYHA I 度3名については Bruce 原法を, 他の心疾患患者8名については以前報告したわれわれの施設でのよりゆるやかな Bruce 変法<sup>4)</sup>を用いた。運動の終点は最大の運動で自覚症が出現し運動持続が困難となった時点(Symptomatic Max.)とした。心電図は CM<sub>5</sub> で連続モニターし, 1分ごとの記録から心拍数を求めた。また血圧はカフ法により1分ごとに求めた。血中乳酸値と血漿 CA 濃度測定のための採血を各 stage 2~3分の間に行った。経時的に採血を行うため, 静脈針をあらかじめ留置し, 安静時の値は立位5分目とした。血中乳酸値は Roche 社製乳酸分析装置を用いて測定し, 今回 AT は乳酸値の変動から直接法で求めた。血漿

CA 濃度は, 高速液体 chromatography を用いた THI 蛍光法により測定した。

## III 結 果

安静時心拍数は健常者, 心疾患患者でそれぞれ  $84 \pm 12$ ,  $85 \pm 23$ , AT 時  $155 \pm 19$ ,  $134 \pm 37$ , 最大運動時  $189 \pm 17$ ,  $155 \pm 38$ /分 (Mean  $\pm$  SD) であり AT 時, 最大運動時とも健常者は心疾患患者にくらべ増加の傾向が大であったが有意の差はなかった。収縮期血圧はそれぞれ安静時  $116 \pm 16$ ,  $117 \pm 24$ , AT 時  $162 \pm 27$ ,  $152 \pm 33$ , 最大運動時  $199 \pm 14$ ,  $173 \pm 34$  mmHg であり健常者は心拍数と同様増加の傾向が大であった。

図1に予測分時酸素消費量 ( $\dot{V}O_2$ ) を横軸にとり縦軸に血中乳酸値の変動を示した。心疾患患者では乳酸値の上昇開始(すなわち AT) も運動の限界も健常者のそれにくらべ低いレベルの分時酸素消費量でみられた。つまり AT 時(健常者  $40.4 \pm 3.4$ , 心疾患  $20.7 \pm 7.5$  ml/kg/min,  $p < 0.001$ ) 最大酸素消費量(健常者  $63.3 \pm 4.3$ , 心疾患  $33.2 \pm 10.1$  ml/kg/min,  $p < 0.001$ ) とも心疾患患者は健常者にくらべ著しく低く, その間に有意の差を認めた。しかしながら最大運動時の血中乳酸値には両群で有意の差がなかった。(健常者  $5.7 \pm 1.7$ , 心疾患  $4.4 \pm 2.2$  mM/l)。なお今回全員の酸素消費量は実測していないので, 図中にある各段階での

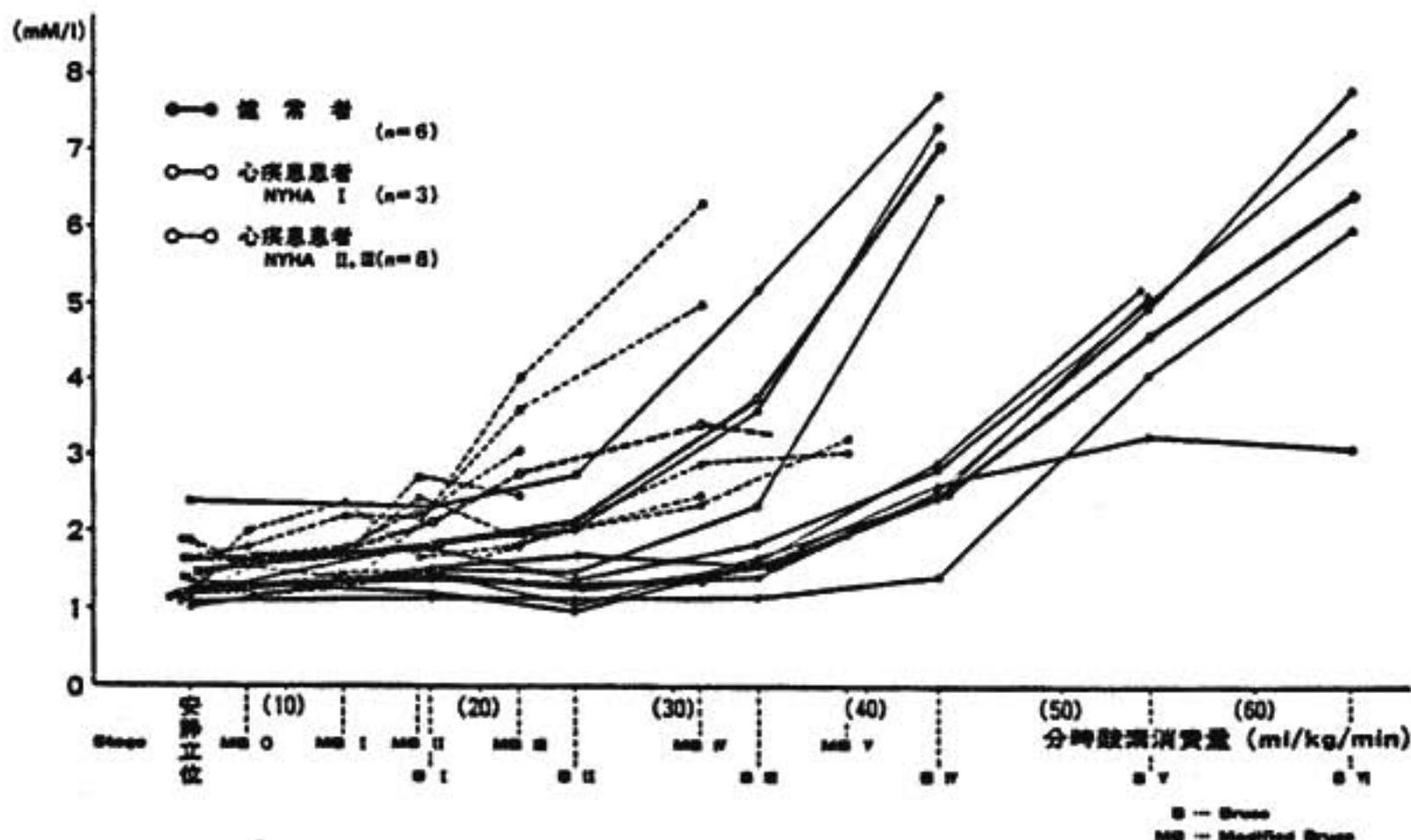


図1 個々例での運動による血中乳酸値の変動  
太線で各群の平均を示した。

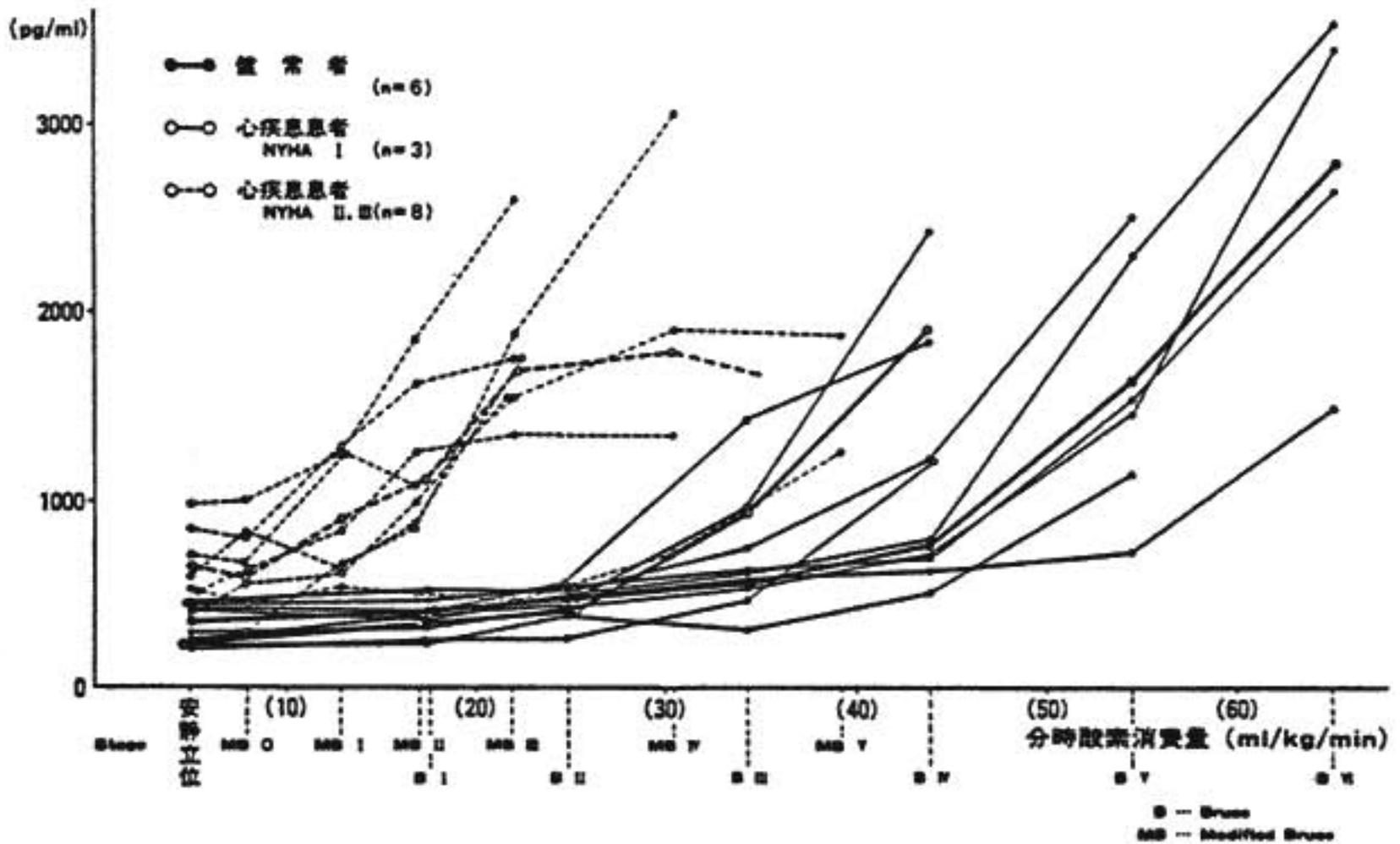


図2 個々例での運動による血漿ノルエピネフリン濃度の変動  
太線で各群の平均を示した。

酸素消費量はわれわれが以前実測した値から予測し用いた。

図2に同じく運動中の血漿ノルエピネフリン (NEp) 濃度の変動を全例について示した。NEp 濃度は安静時, AT 時, 最大運動時に健常者, 心疾患患者でそれぞれ,  $366 \pm 91$ ,  $518 \pm 254$  pg/ml,  $719 \pm 301$ ,  $926 \pm 385$  pg/ml,  $2467 \pm 979$ ,  $1883 \pm 588$  pg/ml であり各時点とも各群間で有意の差を認めなかった。しかし心疾患患者では安静時および軽量負荷ではわずかの上昇にすぎないが, ある時点から急激に上昇した。健常者ではやはり AT 以下の運動ではほとんど変化がないが, その後急激な上昇を示し, 最大時ではむしろ心疾患患者より高値を示す傾向がみられた。つまり健常者では血漿 NEp は容易に上昇せず, しかしある程度以上の運動強度によって著明に上昇することが分かった。血漿 エピネフリン (Ep) 濃度は安静時, AT 時, 最大運動時に健常者, 心疾患患者でそれぞれ  $64 \pm 45$ ,  $53 \pm 31$  pg/ml,  $143 \pm 81$ ,  $78 \pm 113$  pg/ml,  $525 \pm 353$ ,  $278 \pm 407$  pg/ml であり, 各時点とも各群間で有意の差を認めなかった。しかしその変動は NEp の変動と同様の傾向があった。

運動強度と血漿 NEp 濃度との関連をみるため図3 Aに AT 時点での血漿 NEp 濃度を個々の例につい

て示し比較した。図に示すごとく AT の高い健常者ほど, この時点での血漿 NEp 濃度は幾分低めであったが有意ではなかった。図3 Bに安静時 NEp 濃度に対する AT 時点での NEp 濃度の変化率を示した。同様に運動強度と変化率の間には全く相関がない。つまり AT に到達するまでは血漿 NEp 濃度の有意の上昇はないと考えてよい。

図4 Aに最大酸素消費量とその時の血漿 NEp 濃度を個々の例で示した。健常者で最大酸素消費量の高いものほど, 最大運動時の NEp 濃度は高めの傾向があった。図4 Bに同様に最大運動時の酸素消費量と血漿 NEp 濃度の変化率を示した。最大酸素消費量の高いものほど血漿 NEp の変化率が大きであった。

図5に以上の成績をまとめ平均値で示した。すなわち横軸に酸素消費量, 縦軸に血漿 NEp 濃度のそれぞれの平均を示した。心疾患患者では, 安静時, 軽量負荷および AT 時点での血漿 NEp 濃度に比べ高めであるが, AT をこえる運動強度では血漿 NEp 濃度は急激に上昇した。健常者では AT まではゆるやかな上昇であるが, 最大運動時では心疾患患者に比べ健常者で特にその上昇が大であった。

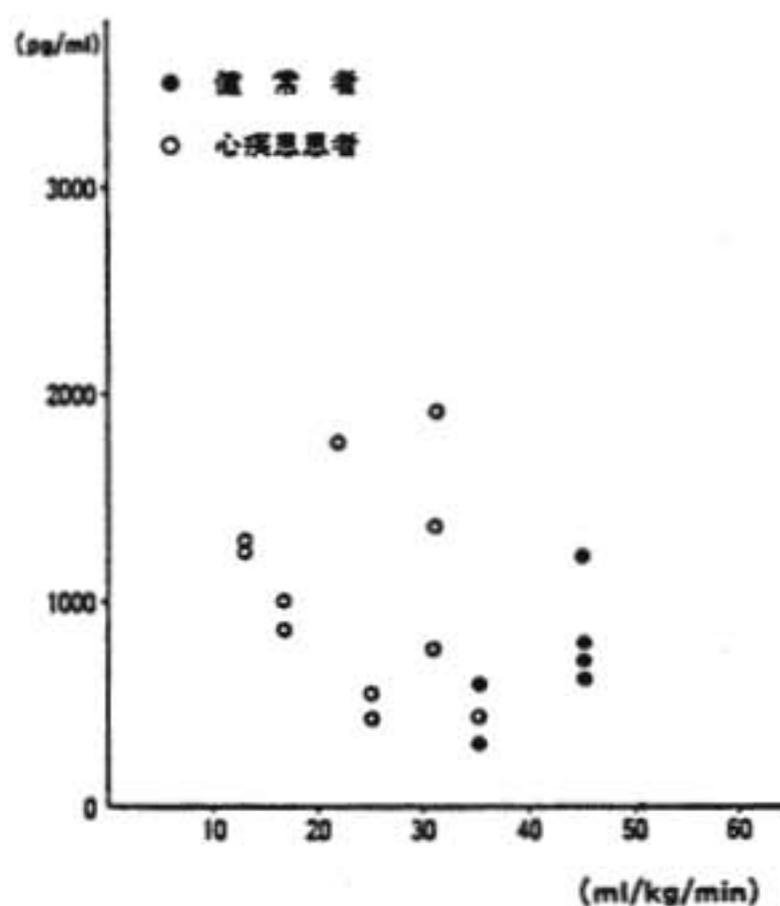


図3 A 嫌気性代謝閾値 (AT) 時の血漿ノルエピネフリン濃度

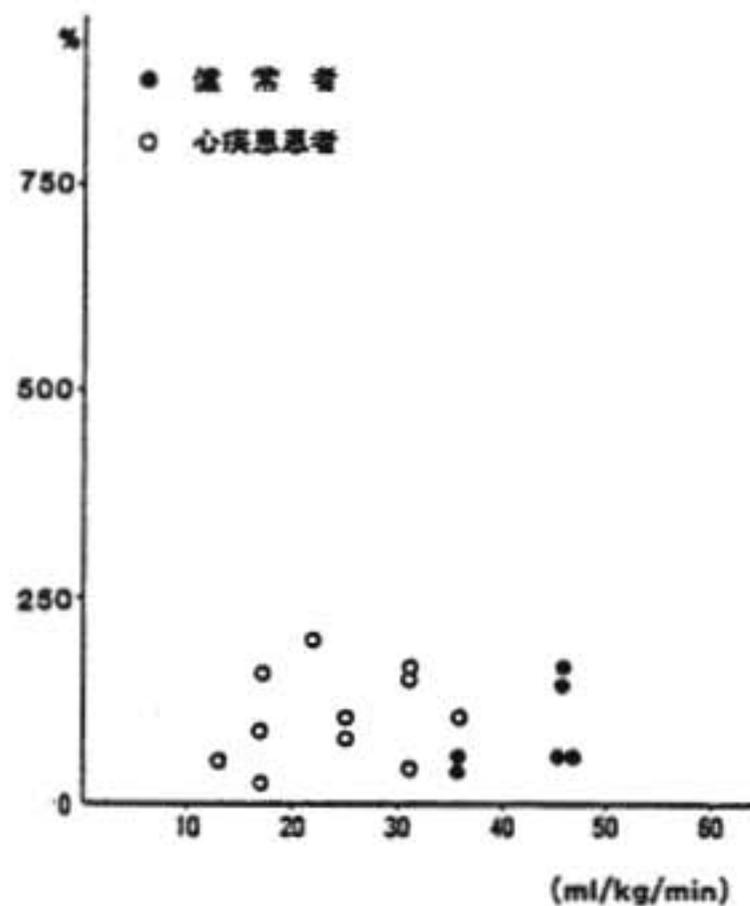


図3 B 安静時に対する嫌気性代謝閾値 (AT) 時の血漿ノルエピネフリン濃度変化率

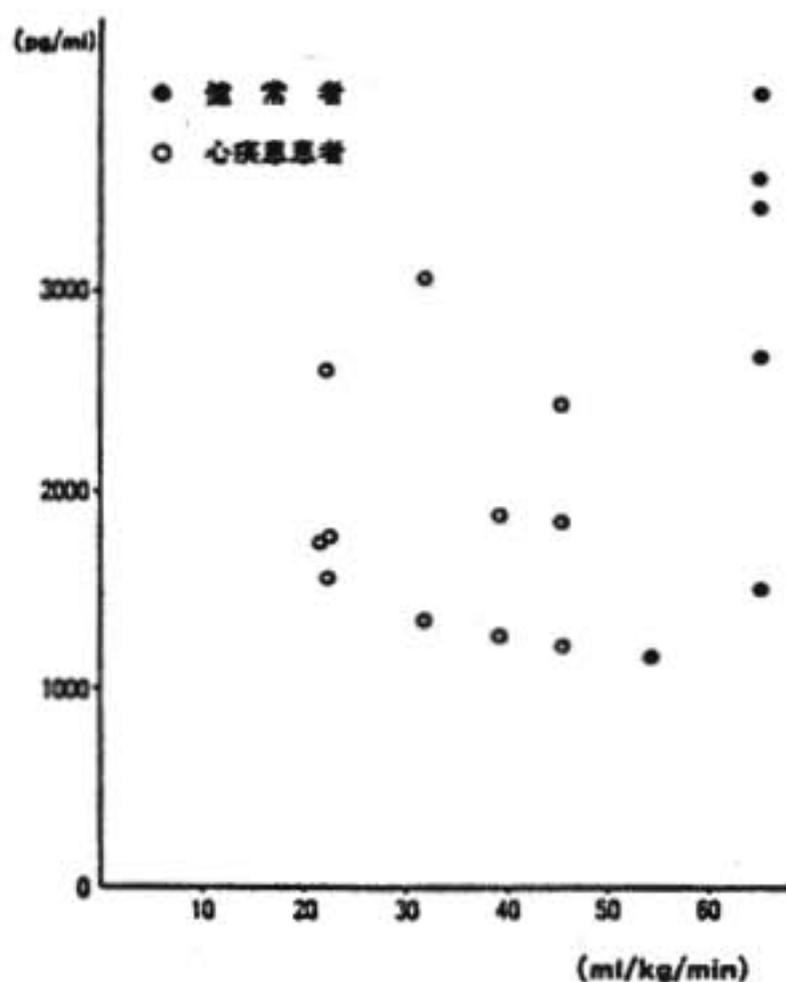


図4 A 最大運動時の血漿ノルエピネフリン濃度

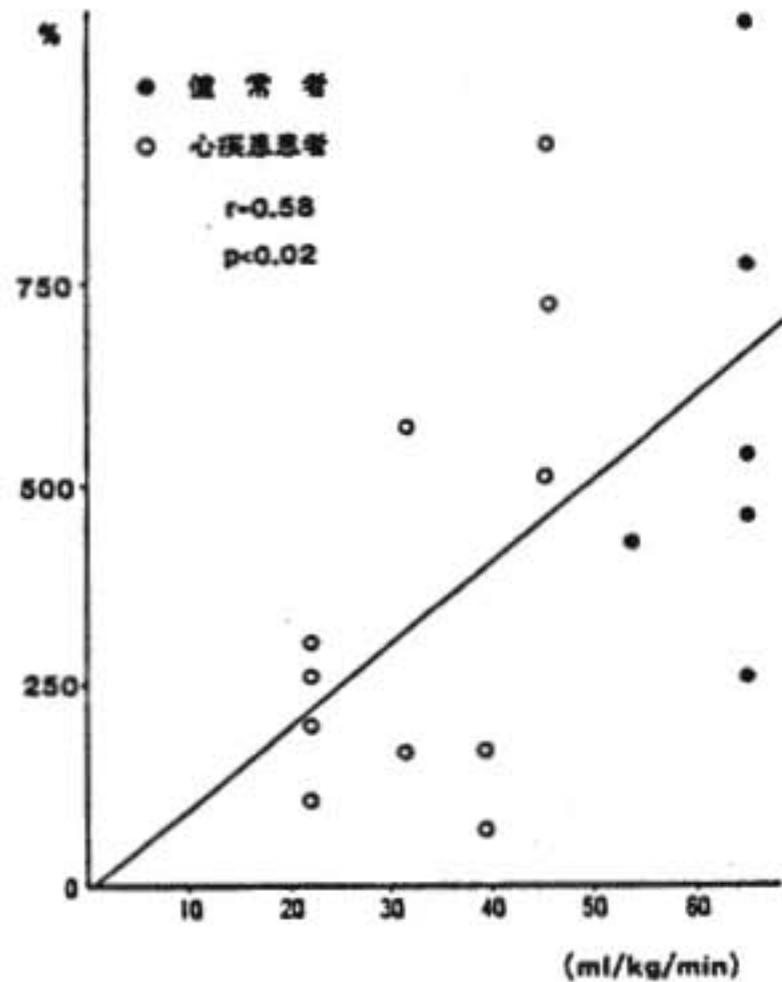


図4 B 安静時に対する最大運動時の血漿ノルエピネフリン濃度変化率

#### IV 考 案

嫌気性代謝閾値 (AT) は漸増式運動負荷の際, エネルギー需要増加に対応する酸素運搬系の機能が不十分となって運動筋群への酸素供給が不足し嫌氣的解糖過程によるエネルギー産生が開始される点とされてい

る<sup>12)</sup>。血中乳酸値が上昇を開始するこの点は, 酸素消費量と換気量の関係から求められ, 心疾患でその重症度を反影して重症者ほど低い酸素消費量で出現するところから, われわれは本法により心疾患患者の運動耐容能を非観血的に客観的に評価することができ, 有用な方法であるとして臨床的に応用してきた<sup>13)</sup>。一方

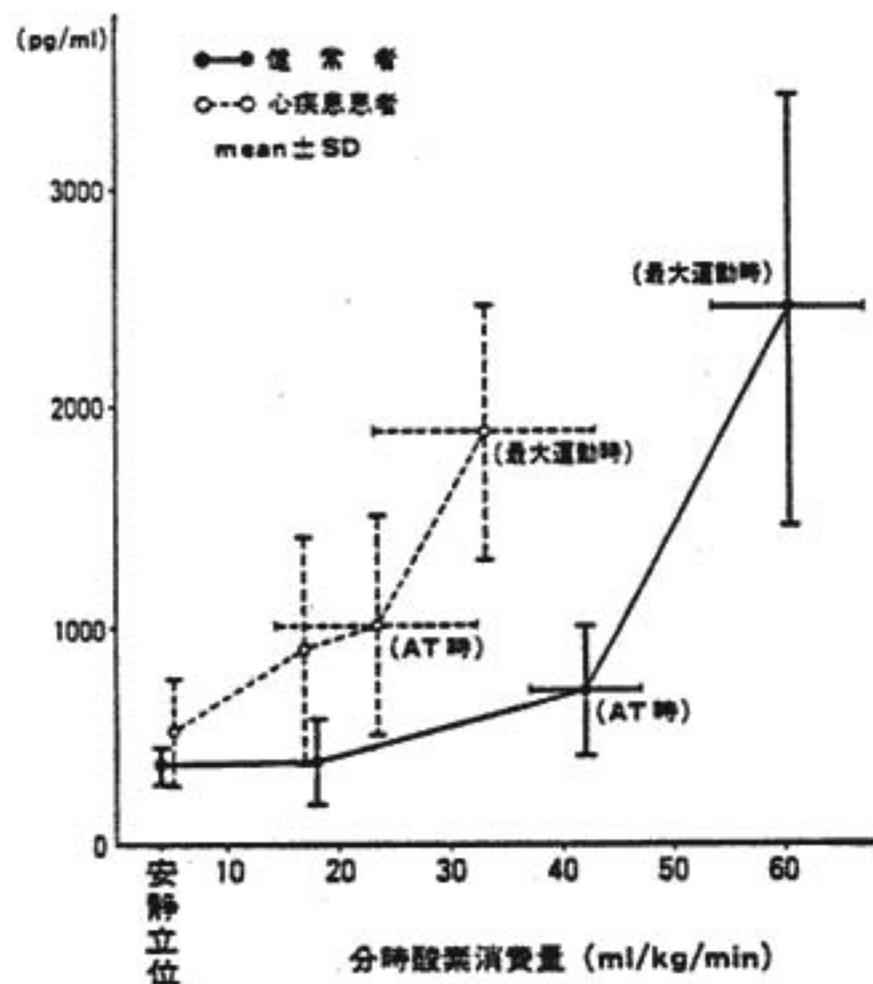


図5 安静立位, 軽量負荷時 ( $\dot{V}O_2$  約 17 ml/kg/min 相当), 嫌気性代謝閾値 (AT) 時, 最大運動時の血漿ノルエピネフリン濃度

われわれは, 心疾患患者における運動による血漿カテコールアミン濃度の著明な上昇は, 運動時の血流分布の変化を伴う交感神経系の調節機序を示すものとしてきた<sup>5)6)</sup>. しかし今回むしろ健康者でも強度の運動では血漿カテコールアミン濃度の上昇は大であった. 運動筋への好氣的エネルギー供給が不十分となる段階をこえ最大運動を行う際には, 運動筋への血流を最大限に維持するため心疾患患者以上に健康者においても交感神経系を介する循環調節機序の働くことが示唆された. つまり生体の防禦反応の一つと考えられた. したがって今回運動中の血中乳酸値, カテコールアミン濃度を同時に測定することにより健康者, 心疾患患者の

いずれにおいても交感神経系を介する強度の調節機序を受ける以前に AT が出現することを確認したので, 最大運動以下のより少ない運動強度でみられる AT を運動耐容能判定の指標として用いることは運動負荷において安全性を守る点からも推奨されるべき方法と思われる.

## ま と め

嫌気性代謝閾値 (AT) は, 先に報告したように換気応答から非観血的, 客観的に運動耐容能の判定が可能である. 加えて今回カテコールアミン濃度を測定することにより安全性においても臨床的に意義があり, 有用であることを確認した.

## 文 献

- 1) Wasserman K., et al. : Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35 : 236, 1973.
- 2) Wasserman K. and Whipp B. J. : Exercise physiology in health and disease. *Am. Rev. Resp. Dis.* 112 : 1975.
- 3) 松村尚哉, 安田寿一, 他 : 心疾患患者の運動耐容能—オキシログによる検討—. *最新医学* 37 : 186, 1982.
- 4) 児島俊一, 安田寿一, 他 : 心不全患者の運動耐容能を評価するためのトレッドミル負荷試験の検討. *心臓* 13 : 1239, 1981.
- 5) Nishijima H., Yasuda H., et al. : Usefulness of core-temperature thermistor : (abst.). *Circulation. part II* 60, Number 4, 234, 1979.
- 6) 児島俊一, 安田寿一, 他 : 心疾患患者の運動負荷時の手掌部温度変化. *最新医学* 38 : 189, 1983.

## 運動負荷試験により周期的 ST 上昇を示した異型狭心症の 1 例

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

佐藤 啓 男\*・下村 克 朗\*・大江 透\*

松久 茂久雄\*・鎌倉 史 郎\*・池田 正 男\*

異型狭心症における狭心痛発作や心電図の ST 上昇が冠動脈の収縮によって生じることはよく知られている。近年この異型狭心症でも運動負荷により狭心痛や ST 上昇が生じることが知られ、これも冠動脈収縮によって生じることが冠動脈造影で確かめられている<sup>1)</sup>。しかしこの冠動脈収縮の発生機序については不明な点が多く、また冠動脈収縮と冠動脈硬化性病変との因果関係<sup>2)</sup>についても十分な解明に至っていない。今回我々は冠動脈収縮によると考えられる運動負荷時の ST 上昇発作が周期的に繰り返す特異な 1 症例を経験し、冠動脈収縮の発生機構や冠動脈硬化性病変との関連を考慮する上できわめて興味のある症例と考えられたので報告する。

## I 症 例

64歳の男性、書店主。10年前から糖尿病があり、経口糖尿病剤の投与でコントロールされていた。1日60本40年間の喫煙歴がある。父、糖尿病。

昭和55年7月、通勤歩行中に突然強い背部痛を生じ約1時間持続した。直ちに近医を受診し、心電図検査によって狭心症と診断され、以後通院治療を受けていた。その後狭心痛を自覚することはなかったが昭和56年6月午前中、庭の芝刈り中に中等度の前胸部痛がありニトログリセリン舌下後5分で軽快した。その頃より歩行中に頸部に軽度の不快感を感じたり、早朝胸部不快感で目を覚ますことがしばしばあった。昭和56年8月精査のため当センター受診。午前中に行われたマスター負荷試験で中等度の狭心痛とともに II, III,  $V_1$  誘導における ST 上昇を認めたため、昭和56年8月24日入院した。

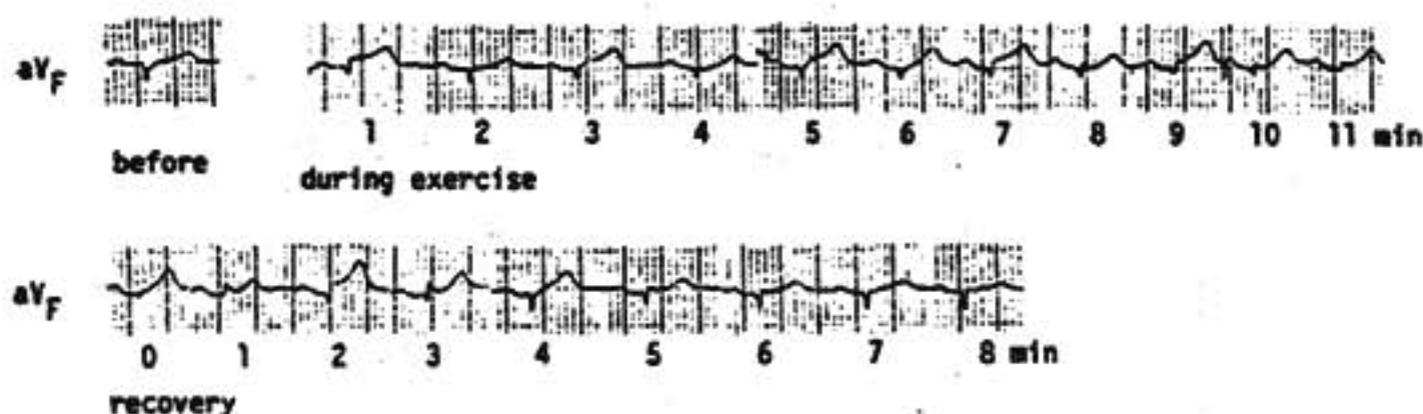
入院時理学的所見では心尖部に Levine II/VI の収縮期駆出性雑音を聴取するのみで他に異常は無く、眼底所見も正常であった。血液生化学検査でも GTT で

糖尿病型を示したが他に異常は認めず、空腹時血糖も正常であった。胸部レ線写真も軽度の左室拡大を認めるのみであった。

入院時の安静時心電図では III が rSr 型で  $aV_F$  に q 波が見られ、陳旧性下壁梗塞が疑われた。入院後に行ったトレッドミル運動負荷試験 (図 1) では負荷前安静時には ST 上昇は認めなかったがきわめて軽い負荷の Stage 0 (2.5 km/h, 0%) の運動開始後 1 分目より II, III,  $V_1$  誘導で約 1.5~2.0 mm の ST 上昇を認め、 $V_2, V_3$  の reciprocal な ST 低下が見られた。胸痛がないためそのまま運動を続けると 2 分目には ST は基線に戻り正常化し、その後再び ST が上昇するという周期的 ST 上昇を示した。運動量を増加させるにもかかわらずその現象は持続し、Stage 3 (4.5 km/h, 10%) の運動負荷で ST 上昇が固定化したかに見えたため運動を中止したが、その間全く狭心痛は訴えなかった。図 1 の下段 (B) に  $V_1, V_3, aV_F$  の ST 偏位度と傾斜のトレンドを示したが、運動開始とともに約 2 分間の周期ではほぼ同程度の ST 上昇を繰り返していることが明らかに認められた。この運動負荷試験による周期的 ST 上昇は再現性が良好で、別の日に行われたトレッドミル検査でも全く同様の所見が得られた (図 2)。

入院後自覚的には狭心痛発作は認められなかったが、Holter 心電図で長軸方向の双極誘導で自覚症状を伴わない ST 上昇発作が頻回に見られ、特に早朝に集中していた。散発的に生ずる比較的持続の長い発作とともに、持続の短い小さな発作が比較的周期的に生じているのが認められた。同時期に行われた Cold Pressor 試験では 15 秒間冷水に手をつけるだけで ST 上昇と軽い胸痛を生じ、この ST 上昇も約 2 分の周期で 3 回繰り返すのが観察された。ニトロール舌下後には同試験で ST 上昇は誘発されなかった。

## A



## B

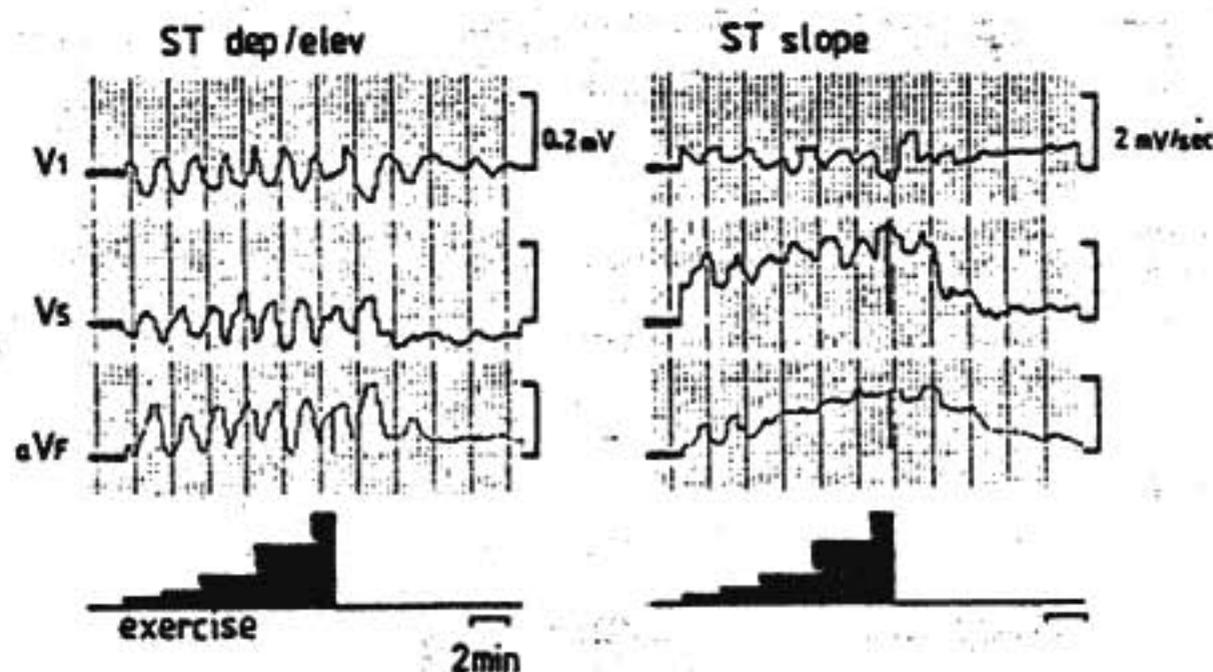


図1 トレッドミル運動負荷試験

A: マルケット社製 CASE によるコンピューター処理した aVF 誘導心電図記録。周期的な ST 上昇が見られる。  
 B: ST 偏位度と ST 勾配のトレンドグラム。aVF での周期的 ST 上昇と胸部誘導での相対的 ST 低下が見られる。

Diltiazem 60mg 6 時間ごとの投与を開始すると Holter 心電図上で全く ST 上昇発作は消失した。Diltiazem 60 mg 服用 2 時間後に行ったトレッドミル運動負荷試験ではもはや周期的 ST 上昇は見られず、かなりの高負荷の Stage 5 (5.5 km/h, 14%) の運動になって初めて ST 上昇を生じ、運動中止後も周期的変動は示さず約 5 分間 ST 上昇の持続が見られた。

冠動脈造影検査では ST 上昇自然発作時および 130/分の右房ペーシングで誘発された ST 上昇発作時には右冠動脈の distal portion (AHA の 3 の部位) に末梢側の造影遅延を伴う 99% の狭窄が見られた。非発作時およびニトログリセリン舌下後では同部に末梢側造影遅延を伴わない 90% の狭窄が認められた。ニトログリセリン後の右房ペーシングでは ST 変化もなく冠動脈狭窄も見られなかった。また、左回旋板の distal portion (13 の部位) に 75% の器質的狭窄を認めた。以上より右冠動脈に器質的 90% 狭窄があり、それが冠動脈狭窄により 99% 以上の狭窄となって ST 上昇を生

じたものと考えられた。左室造影では後下壁の壁運動がやや不良で Segment 4 の一部が none であった。左室駆出率は 42% であった。Cold pressor test 併用の Tl-C1 心筋シンチグラフィでは後壁～後中隔の perfusion defect があり、同部は 2 時間後にわずかな再分布を認めた。

Diltiazem 1 日 240 mg 分 4 投与により ST 上昇発作は消失し、退院後も全く自覚症状もなく、退院 5 カ月目には Diltiazem 投与を中止しても Holter 心電図上 ST 変化は見られず、トレッドミル運動負荷試験でも全く ST 上昇発作は生じず Stage 7 (5.5 km/h, 22%) の運動で下肢疲労のため中止した。この間安静時心電図に変化は認めず、再梗塞の徴候は認めなかった。

## II 考 案

この症例に見られた周期的 ST 上昇は、冠動脈造影で証明された右冠動脈の器質的狭窄に重なって生じた冠動脈狭窄によって惹起されたものと推測される。運

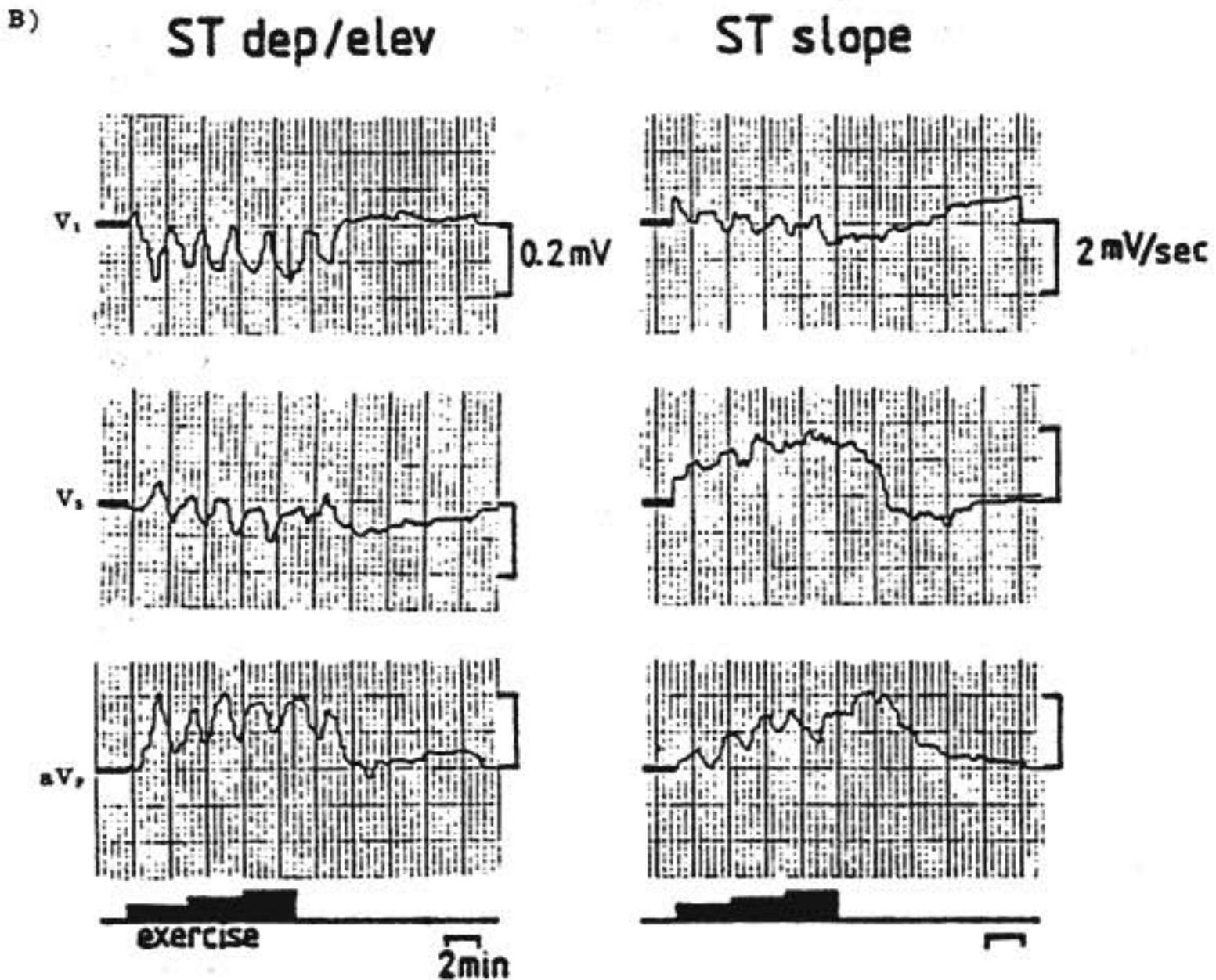
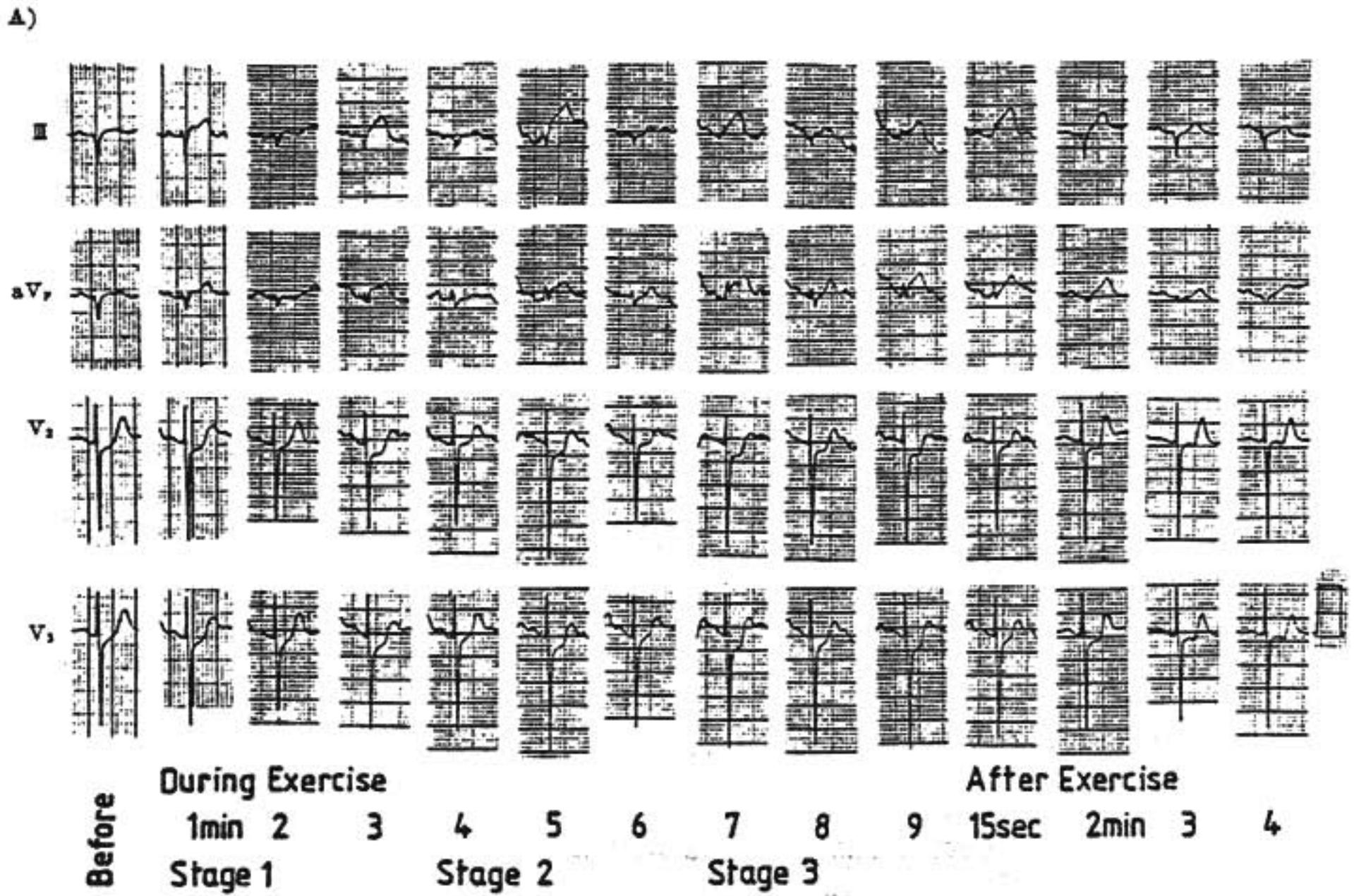


図2 図1と別の日に行われたトレッドミル運動負荷試験

A) III, aV<sub>r</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> 誘導の実記録, III, aV<sub>r</sub> に周期的 ST 上昇と V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> に周期的 ST 低下 (相反的) が見られる.  
 B) ST 偏位度と ST 勾配のトレンドグラム, aV<sub>r</sub> で周期的 ST 低下が見られる.

動負荷時の ST 上昇の他の原因として梗塞部の壁運動異常に伴うものや器質的冠動脈狭窄による高度な貫壁性心筋虚血が考えられるが、これらの原因機構では運動量と無関係な周期性を説明することはできない。この約2分という一定の周期的 ST 上昇は運動の持続にもかかわらず5~6回繰り返すことから、いわゆる Walkthrough 現象<sup>4)</sup>とは異なり、冠動脈平滑筋本来の収縮の性質を反映しているものと推測される。Prinzmetal ら<sup>6)</sup>の原著の記載のごとく、異型狭心症の症例では発作が夜間や早朝の安静時に比較的周期的に繰り返す現象がしばしば観察されている<sup>6)</sup>。しかし運動負荷によって周期的 ST 上昇を示す現象はきわめて稀なものと考えられる。

最近、内田ら<sup>9)</sup>や Folts ら<sup>10)11)</sup>は動物実験において部分的な狭窄を作製すると冠血流の周期的変動が見られると報告している。Folts ら<sup>10)11)</sup>は Aspirin でこの現象が消失することから、その原因として冠動脈の収縮よりも血小板凝集能の変化による可能性を重視している。

一方、Ginsburg ら<sup>12)</sup>や Ross ら<sup>13)</sup>は人工移植の際に取り出した冠動脈の輪切り標本で60~80秒の周期を持つ平滑筋の自発的な周期的収縮を認め、この周期的収縮は noradrenaline や ergonovine で発生または増強し、verapamil や diltiazem で消失すると報告している。また、人の冠動脈平滑筋は種々の agonist に対して収縮し、初期の急速な持続の短い収縮とやや遅れて出現する緩徐で強力な持続性の収縮から成る二相性の反応があることを示している。本症例の ST 上昇発作は周期もほぼ一致し、自然発作時にも2種類存在することから Ginsburg らや Ross らによって観察された人の冠動脈に見られる平滑筋固有の収縮と共通の性質を示している可能性が考えられる。

近時冠動脈造影、冠収縮の誘発法、Ca<sup>+</sup>拮抗剤の開発などによって冠収縮の臨床的意義に関して多大の関心が寄せられている。冠収縮を生じる原因や病因的背景は未だ明らかでないが、逆に Maseri ら<sup>3)</sup>は冠収縮性狭心症の発作そのものが動脈硬化の促進因子である可能性を述べている。この点本症例は高度の器質的狭窄と冠収縮の関係を示唆するきわめて貴重な症例といえよう。

## 文 献

- 1) Fortuin N. J., Friesinger G. C. : Exercise-induced ST segment elevation : Clinical, electrocardiographic and arteriographic studies in twelve patients. *Am. J. Med.* 49 : 459, 1970.
- 2) Yasue H., Omote S., Takizawa A., Nagao M., Miwa K., Tanaka S. : Circadian variation of exercise capacity in patients with Prinzmetal's variant angina : Role of exercise-induced coronary arterial spasm. *Circulation* 59 : 938, 1979.
- 3) Maseri A., Severi S., De Nes M., L'Abbate A., Chierchia S., Marzilli M., Ballestra A. M., Parodi O., Biagini A., Distante A. : "Variant" angina : One aspect of a continuous spectrum of vasospastic myocardial ischemia. *Am. J. Cardiol.* 42 : 1019, 1978.
- 4) MacAlpin R. N., Kattus A. A. : Adaptation to exercise in angina pectoris. The electrocardiogram during treadmill walking and coronary angiographic findings. *Circulation* 33 : 183, 1966.
- 5) Rizi H. R., Kline R. C., Besozzi M. C., Kalf V., Rabinovich M., Chan W., Thrall J. H., Pitt B. : Walk-through angina phenomenon demonstrated by graded exercise radionuclide ventriculography : Possible coronary spasm mechanisms. *Am. Heart J.* 103 : 292, 1982.
- 6) Prinzmetal M., Kennamer R., Merliss R., Wada T., Bor N. : Angina pectoris. I. A variant form of angina pectoris. *Am. J. Med.* 27 : 375, 1959.
- 7) Prinzmetal M., Ekmekci A., Kennamer R., Kroczynski J. K., Schbin H., Toyoshima H. : Variant form of angina pectoris. Previously undelineated syndrome. *JAMA* 174 : 1794, 1960.
- 8) Murao S., Shimomura M., Yoshimoto N., Tseng Y.-Z., Takayanagi K., Matsuo H., Murayama M., Mashima S., Harumi K. : Nocturnal angina pectoris : Comparison between angina with ST segment elevation and depression documented by continuous orthogonal ECG recording. *Jpn. Heart J.* 21 : 607, 1980.
- 9) Uchida Y., Yoshimoto N., Murao S. : Cyclic fluctuations in coronary blood pressure and

- flow induced by coronary artery constriction. *Jpn. Heart J.* 16 : 454, 1975.
- 10) Folts J. D., Crowell E. B., Rowe G. G. : Platelet aggregation in partially obstructed vessels and its elimination with aspirin. *Circulation* 54 : 365, 1976.
- 11) Folts J. D., Gallgher K., Rowe G. G. : Blood flow reduction in stosed canine coronary arteries : Vasospasm or platelet aggregation? *Circulation* 65 : 248, 1982.
- 12) Ginsburg R., Bristow M. R., Harrison D. C., Stinson E. B. : Studies with isolated human coronary arteries. Some general observations, potential mediators of spasm, role of calcium antagonists. *Chest* 78 : 180, 1980.
- 13) Ross G., Stinson E., Schroeder J., Ginsburg R. : Spontaneous phasic activity of isolated human coronary arteries. *Cardiovasc. Res.* 14 : 613, 1980.

## Syndrome X における交感神経機能

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

小 西 孝\* . 由 井 芳 樹\*  
神 原 啓 文\* . 河 合 忠 一\*

Syndrome X については様々な病因<sup>1-9)</sup>が推定されてきたが, 現在まだ確定するに至っていない。今回, 我々は Syndrome X における交感神経機能を検討するため, 労作性狭心症を対照として Syndrome X の運動負荷中の血漿ノルエピネフリンを測定した。なお「胸痛を有し心電図上 ST 低下を伴うが, 正常冠動脈造影を呈する症例」を Syndrome X とした。

### I 対象および方法

対象は Syndrome X 6例(男2例, 女4例)で, 労作性狭心症8例(男)を対照とした。患者は安静臥床後, 心拍数, 血圧および心電図の監視下で臥位エルゴメーターにて, 150 KPM で3分間, 続いて 300 KPM で3分間の計6分間運動を負荷し, 運動前と運動終了直前の2回, 前腕に留置した翼状針から採血し血漿ノルエピネフリンを測定した。血漿ノルエピネフリンの測定は我々が開発した高速液体クロマトグラフィー-蛍光法<sup>10)</sup>により行った。なお, 患者には検査期間中胸痛時のニトログリセリンの舌下ないし以下に述べる試験薬以外の投与はせず, 無投薬時と nifedipine 10

mg 投与40分後, または, propranolol 20 mg 投与60分後のいずれかを第1日, 他剤を第2日と計3回の運動負荷を行った。

### II 結 果

血漿ノルエピネフリン: 図1に示すごとく, Syndrome X の6例中2例では運動負荷中の血漿ノルエピネフリンは, 無投薬時著明に高値(平均 2498 pg/ml)となり, nifedipine 投与後にはさらに著明な高値(平均 4002 pg/ml)を示したが, propranolol 投与後には無投薬時より低値(平均 1708 pg/ml)となり, 同時に運動時の胸痛も軽快した。Syndrome X 6例中の他の4例は, 労作性狭心症群<sup>11)</sup>とほぼ同一の血漿ノルエピネフリン値であった。

収縮期血圧: 図2に示すごとく, 運動中の血漿ノルエピネフリンが著明な高値を示した Syndrome X の1例では, 運動中の収縮期血圧が無投薬時に高く, nifedipine 投与後に低下したが, propranolol 投与では低下しなかった。一方, Syndrome X の他の5例は収縮期血圧が労作性狭心症群とほぼ同一の値であっ

\* 京都大学医学部 第三内科

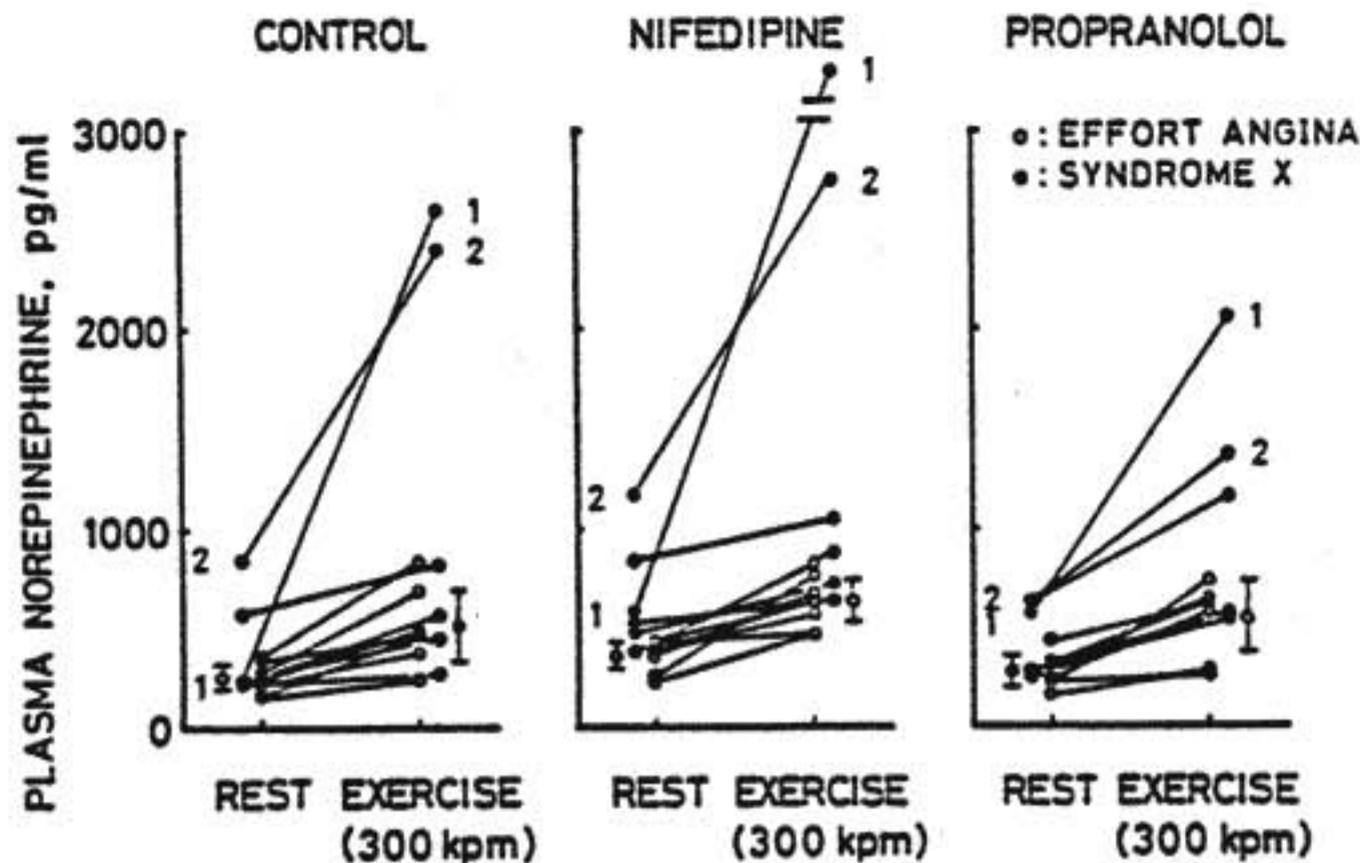


図1 臥位エルゴメーター運動負荷時の血漿ノルエピネフリン

⌋: 労作性狭心症群の平均±1 S. D. 1, 2: 運動時血漿ノルエピネフリンが高値であった Syndrome X.

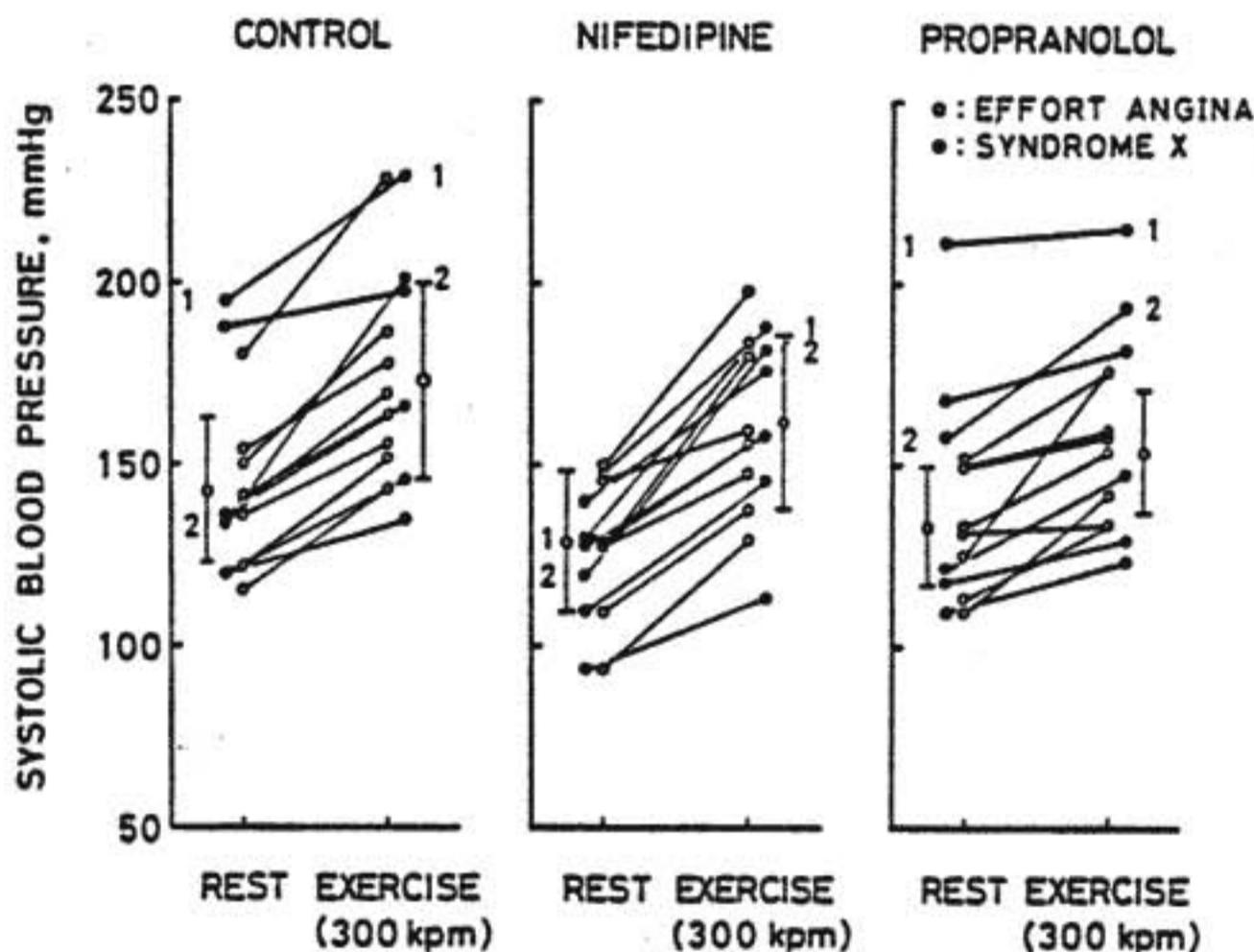


図2 臥位エルゴメーター運動負荷時の収縮期血圧

⌋: 労作性狭心症群の平均±1 S. D. 1, 2: 運動時血漿ノルエピネフリンが高値であった Syndrome X.

た。  
心拍数: 図3に示したように、前述の Syndrome X の2例のうち1例では運動中の心拍数が無投薬時に著明に多く nifedipine 投与後ではほぼ同じ程度であるが、propranolol 投与後には強く抑制された。他の1例では心拍数はその他の4例の Syndrome X とほぼ等しかった。

ダブルプロダクト: 前述の Syndrome X の2例のうち1例では、図4に示したように運動中のダブルプロダクトが無投薬時に著明に高値であるが、nifedipine 投与後軽度低下し、propranolol 投与後さらに低値となった。

無投薬時の運動負荷による血漿ノルエピネフリンの増加とダブルプロダクトの増加の相関を図5に示すと、

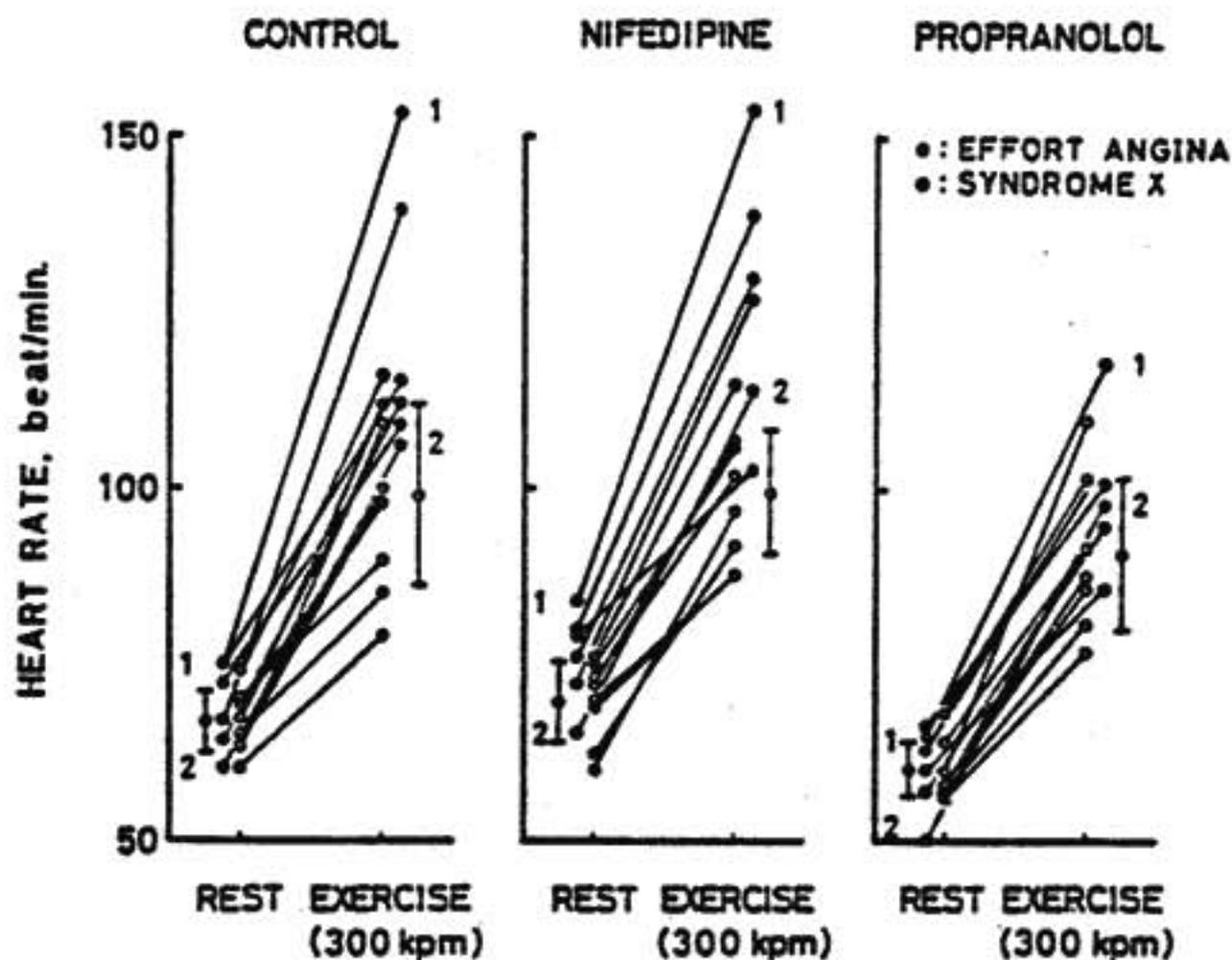


図3 臥位エルゴメーター運動負荷時の心拍数

⊥: 労作性狭心症群の平均±1 S. D. 1, 2: 運動時血漿ノルエピネフリンが高値であった Syndrome X.

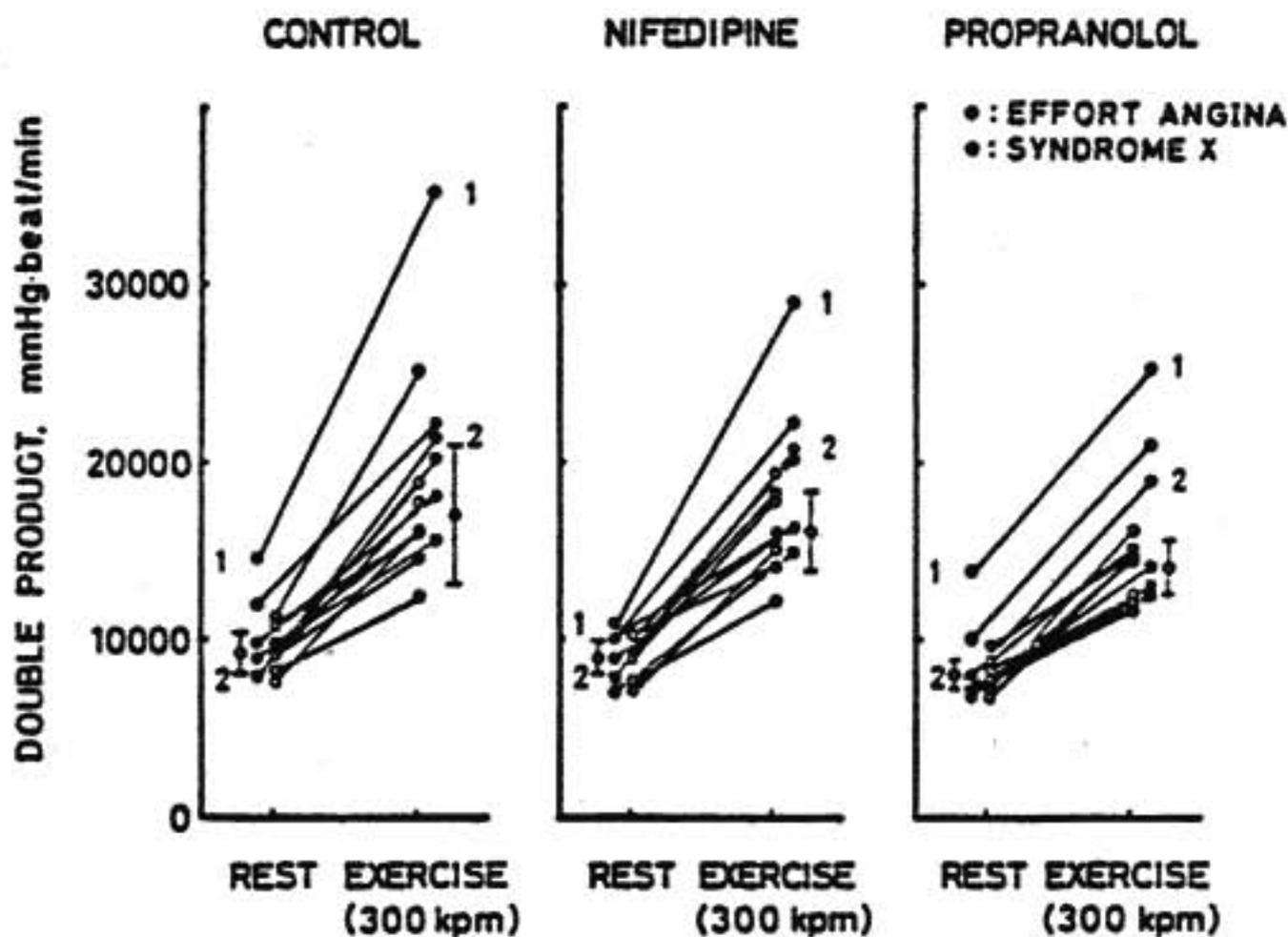


図4 臥位エルゴメーター運動負荷時のダブルプロダクト

⊥: 労作性狭心症群の平均±1 S. D. 1, 2: 運動時血漿ノルエピネフリンが高値であった Syndrome X.

点線は対照である労作性狭心症群の一次回帰直線であるが、Syndrome X の6例のうち血漿ノルエピネフリンが高値でなかった4例は労作性狭心症群とほぼ同一の分布を示すが、運動時血漿ノルエピネフリンが著明な高値であった2例は、この点線の右下方に存在し

た。これは同じ程度のダブルプロダクトの増加に対してこの2例は血漿ノルエピネフリンの増加が著しかったことを示している。

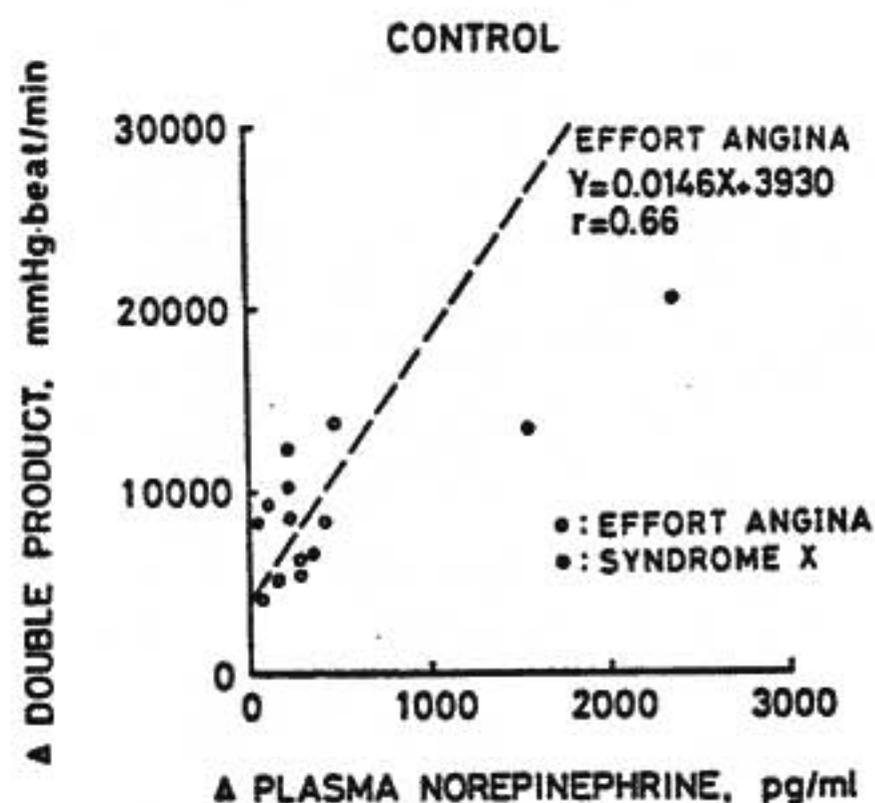


図5 臥位エルゴメーター運動負荷による血漿ノルエピネフリンの増加とダブルプロダクトの増加との相関

### III 考 案

Syndrome X の6例中2例は運動時血漿ノルエピネフリンが非常に高値であり、血圧降下による反射的な交感神経系の緊張の亢進を引きおこす nifedipine により運動中血漿ノルエピネフリンがさらに著明な高

値となった。また、βブロッカーである propranolol による運動中の収縮期血圧低下は軽度であったが、血漿ノルエピネフリン、心拍数およびダブルプロダクトの減少は著明であり、症状も改善した。一方、その他の4例の Syndrome X は労作性狭心症群とほぼ同じ変化を示し、運動時の血漿ノルエピネフリンも高値でなかった。

以上より、6例中の2例ではあるけれど、Syndrome X として診断されている集団の中には交感神経系の制御異常が病態と密接に関連した症例が含まれていることが示唆された。

### 参 考 文 献

- 1) Likoff W., et al. : N. Engl. J. Med. 276 : 1063, 1967.
- 2) Eliot R. S., et al. : Am. J. Cardiol. 23 : 633, 1969.
- 3) Opherk D., et al. : Circulation 63 : 817, 1981.
- 4) Bemiller C. R., et al. : Circulation 47 : 36, 1973.
- 5) Kemp H. G. : Am. J. Cardiol. 32 : 375, 1973.
- 6) Yui Y., et al. : Clin. Chem. 26(2) : 194, 1980.
- 7) 飯村 攻 : 呼吸と循環 28 : 1129, 1980.

## 運動負荷心電図試験における septal Q 波の有用性

### —冠動脈造影との対比—

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

岡 島 智 志\* . 館 啓 二\*

横 井 宏 志\* . 中 川 立 一\* . 勅使河原 敬明\*

大 橋 進\* . 菱 田 仁\* . 水 野 康\*

運動負荷心電図における心筋虚血の診断は、従来主に虚血性 ST 低下によりなされてきた。しかし ST 低下基準に基づくと偽陽性例あるいは偽陰性例も少なくなく、診断精度上問題も多い。そのため R 波高の変化あるいは U 波陰転にも注目して、運動負荷試験の虚血

性心疾患の診断能を向上させる試みが数多く検討されている。最近 Morales-Ballejo ら<sup>1)</sup>は冠動脈疾患の検出に septal Q 波が有用であることを報告した。

本研究では、運動負荷心電図における虚血性心疾患の診断にこの septal Q 波が有用であるか否かを検討

\* 名古屋保健衛生大学医学部 内科

するため, 虚血性心疾患の疑われた患者を対象に連続的多段階 treadmill 運動負荷試験を行い冠動脈造影所見と対比分析した。

## I 対象と方法

対象は胸痛を主訴とし虚血性心疾患の疑われた41例で, 年齢は32歳から68歳までであった。心筋梗塞の既往のある者, 特発性心筋症患者, 心室内伝導障害を有する者は除外した。

全例に, 選択的冠動脈造影検査および修正 Bruce 法<sup>2)</sup>による treadmill 運動負荷試験を施行した。冠動脈内腔の75%以上の狭窄を有意病変とし, 冠動脈造影所見より, 正常冠動脈群 (男子16例, 女子6例の計22例, 平均年齢51歳), および冠動脈疾患群 (男子18例, 女子1例の計19例, 平均年齢55歳) の2群に分類した。運動負荷の end-point は胸痛の出現, 心電図上虚血性 ST 低下, 目標心拍数到達, 下肢倦怠感などとした。運動負荷心電図における  $V_5$  誘導の septal Q 波振幅 ( $QV_5$ ) の連続する8ないし10心拍の平均値について検討した。なお, 運動時の心拍数による  $QV_5$  の変化を検討するため, 健常成人男子12例 (平均年齢27歳) を用いた。

運動負荷心電図の判定基準は, ST 低下に関しては J 点より 80 msec 以上続く 0.1 mV 以上の水平型または下行傾斜型 ST 低下を示す場合を, そして Q 波に関しては安静時, 運動負荷後ともに  $QV_5$  を欠如するもの, および安静時に比し運動負荷後に  $QV_5$  が不変ないし減少するものを, いずれも虚血性反応陽性とした。

推計学的検定には, paired および unpaired t test, ならびに  $\chi^2$  test を用いた。

## II 結 果

### 1. 運動時の心拍数による septal Q 波の変化

図1は, 健常成人男子12例における運動時の心拍数の増加による  $QV_5$  の変化を示したものである。 $QV_5$  は安静立位時(心拍数平均70/分)の平均 0.036 mV に比べ, 心拍数 100/分で平均 0.057 mV と有意に ( $P < 0.01$ ) 増大した。その後も  $QV_5$  は心拍数の増加とともに増大し続け, 心拍数 160/分における  $QV_5$  は平均 0.11 mV で, 安静時の約2.7倍に達した。

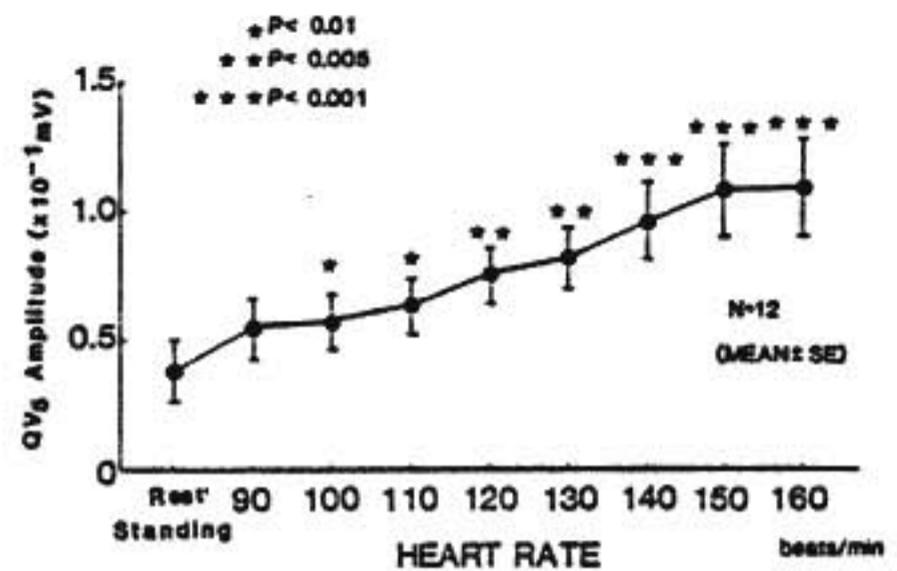


図1 運動時の心拍数の増加による  $V_5$  誘導 Q 振幅の変化

図中の値は, 健常成人男子12例 (平均年齢27歳) における  $QV_5$  の Mean  $\pm$  S. E. を表す。

### 2. 正常冠動脈群と冠動脈疾患群の $QV_5$ の検討

図2 A は, 正常冠動脈群 (NCA 群) と冠動脈疾患群 (CAD 群) の安静時および運動負荷直後の  $QV_5$  を示す。安静時の  $QV_5$  は NCA 群の平均 0.061 mV に比べ CAD 群では平均 0.048 mV と低値を示し, また Q 波欠如例は NCA 群の 5 例 (23%) に対し CAD 群では 8 例 (36%) とやや多かったが, いずれも有意差を認めなかった。運動負荷により NCA 群では負荷後の  $QV_5$  は平均 0.096 mV で, 安静時に比べ有意に ( $P < 0.001$ ) 増大した。また安静時に Q 波を欠如する 5 例のうち 3 例は負荷後に Q 波が出現した。一方, CAD 群では安静時に比べ負荷後の  $QV_5$  は平均 0.045 mV と減少傾向を示したが, 有意ではなかった。負荷後の  $QV_5$  は NCA 群に比し CAD 群では低値であったが, 両者間に有意差を認めなかった。負荷後に Q 波を欠如する例は NCA 群の 2 例 (9%) に対し CAD 群では 10 例 (53%) と有意に ( $P < 0.05$ ) 多かった。

Septal Q 波が心室中隔の起電力を反映することより, 心室中隔を主として支配する左前下行枝 (LAD) 近位部の病変が他枝より強い群 (LAD 群) 14 例と, 左回旋枝 (LCX) または右冠動脈 (RCA) の病変が LAD より強い群 (非 LAD 群) 5 例に分けて  $QV_5$  を検討したのが, 図 2 B である。LAD 群の  $QV_5$  は 1 例を除きすべて負荷後に不変ないし減少した。非 LAD 群の  $QV_5$  は症例数が 5 例と少なく, 一定の傾向を認めなかった。

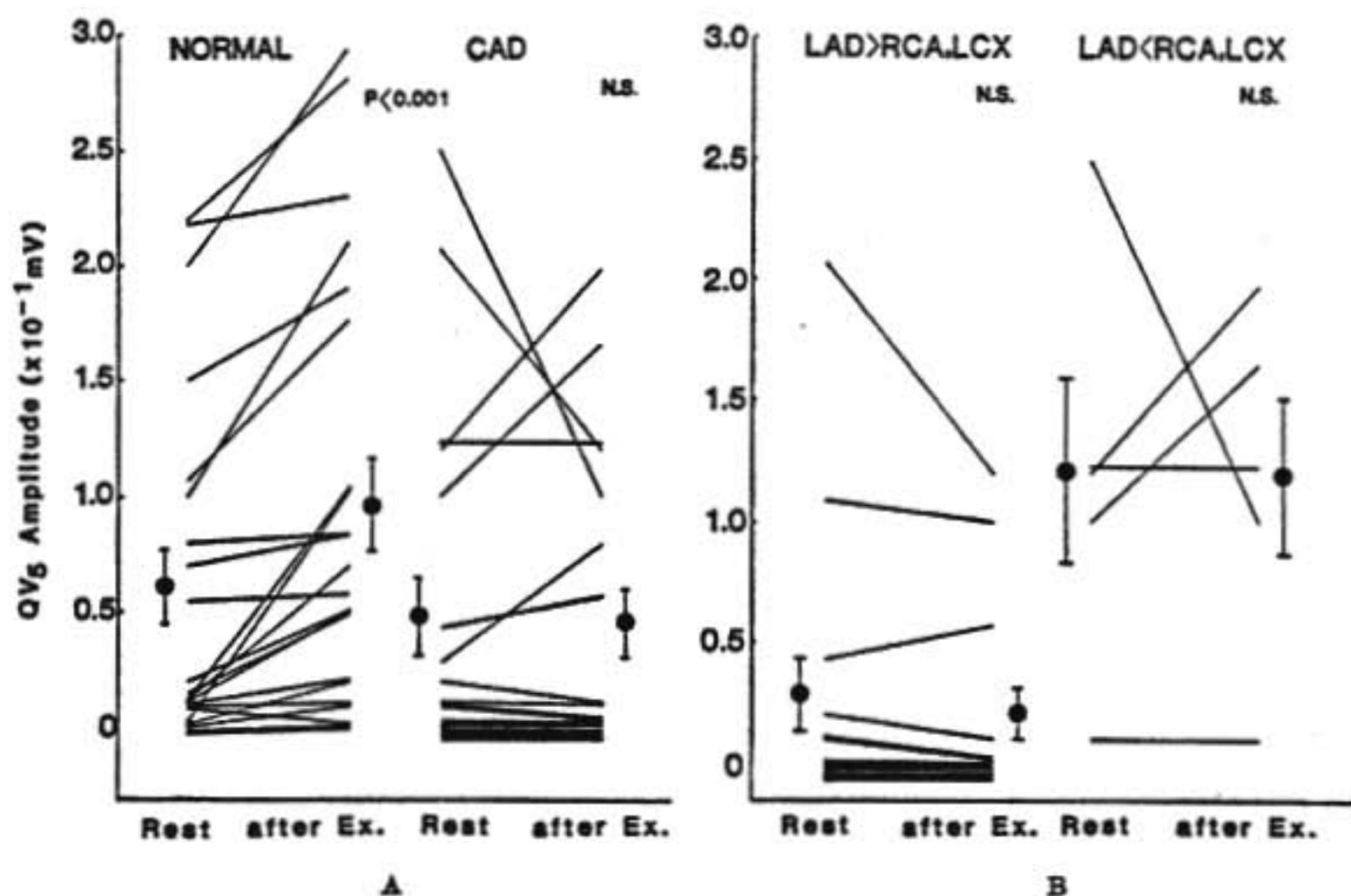


図 2

- A. 正常冠動脈群と冠動脈疾患群の運動負荷による V<sub>5</sub> 誘導 Q 振幅の変化  
 B. 左前下行枝近位部の病変が他枝より強い群 (LAD 群), および左回旋枝または右冠動脈の病変が左前下行枝より強い群 (非 LAD 群) の運動負荷による V<sub>5</sub> 誘導 Q 振幅の変化

### 3. ST 低下基準と Q 波基準の冠動脈疾患診断能の比較

運動負荷心電図の虚血性心疾患診断能は, ST 低下基準では感度 68% (13/19 例), 特異度 68% (15/22 例), 陽性試験の予測値 65% (13/20 例), 陰性試験の予測値 71% (15/21 例) および精度 68% (28/41 例), 一方 Q 波基準では各々 79% (15/19 例), 82% (18/22 例), 79% (15/19 例), 82% (18/22 例), 80% (33/41 例) であり, いずれも Q 波基準の方が ST 低下基準より優れていた。

### 4. ST 低下基準偽陽性例, 偽陰性例の Q 波基準による検討

ST 低下基準による偽陽性例 7 例 (男子 3 例, 女子 4 例) および偽陰性例 6 例 (全例男子) に Q 波基準を適用したところ, 前者では 6 例 (86%) が虚血性反応陰性と正診され, 後者では 5 例 (83%) が虚血性反応陽性と正診された。

## III 考 案

1981 年 Morales-Ballejo ら<sup>11)</sup>は, 亜最大 treadmill 負荷試験における CM<sub>5</sub> 誘導の septal Q 波を検討し,

septal Q 波は正常群では安静時平均 0.105 mV から運動負荷直後平均 0.179 mV へ有意に増大, 一方冠動脈疾患群では安静時平均 0.046 mV, 運動負荷直後平均 0.048 mV でほとんど変化しなかった, そして Q 波振幅の不変ないし減少を虚血性反応陽性とする Q 波基準を提唱し, その感度, 特異度および陽性試験の予測値は各々 82, 88, 87% を示し, ST 低下基準の各々の値 52, 74, 70% に比べいずれも高く, 特に ST 低下基準に Q 波基準を加えることにより感度 (92%) は有意に高くなったと報告した。

本研究では, V<sub>5</sub> 誘導の septal Q 波を分析したが, QV<sub>5</sub> は NCA 群では安静時平均 0.061 mV から運動直後平均 0.096 mV へと有意に増大し, CAD 群では安静時平均 0.048 mV, 運動直後平均 0.045 mV で軽度減少を示したのみであった, また ST 低下基準の感度, 特異度および陽性試験の予測値はそれぞれ 68, 68, 65%, Q 波基準の各々の値は 79, 82, 79% であり, ST 低下基準に Q 波基準を加えた感度は 95% で ST 低下基準のそれに比し有意に高く, 彼らと同様の成績であった。

以前より, 運動負荷に対する心電図反応は心拍数と

相関するとされ, R波高, S波振幅については詳細な報告<sup>24)</sup>がみられる。しかしQ波振幅については健常人で運動により増大することが Bruce ら<sup>25)</sup>, Wolthuis ら<sup>26)</sup>により報告されているが, Q波振幅がR波高やS波振幅に比べきわめて低電位差であるためか, 運動中の心拍数によるQ波振幅の変化に関する報告はみられない。我々の成績では, 運動中の QV<sub>5</sub> は心拍数の増加とともに増大し, 安静時に比べ心拍数100/分以上ではすべて有意差を認め, 160/分では安静時の約2.7倍に達した。したがって運動負荷心電図におけるQ波基準は運動中止の心拍数とは無関係に一律に適用しうると考えられた。

健常人において運動によりQ波振幅が増大する機序として, Bruce ら<sup>25)</sup>は心臓の位置の変化, あるいは心室拡張期の血液充満の増大による心筋の伸展などを挙げているが, 明確ではない。山田ら<sup>27)</sup>は, 人胸体模型内に犬肺または肺模型を入れると, 人工双極子により生じた電流線が肺モデルを避けて分布するため, 正規直交誘導の誘導ベクトルX成分が減少し, Y成分およびZ成分が増大することを観察した。この成績を考慮すると, 運動による肺内空気含有量の増加により肺抵抗の増大が起こり, 心起電力ベクトルの前方成分が増大したため, septal Q波振幅の増大を示したとも考えられる。また運動による心臓の位置ならびに回転の変化により, 心室中隔左室面に始まり心室中隔を右方へ向かう興奮前面に対して V<sub>5</sub> 誘導が張る立体角が大きくなった可能性も考えられる。更に運動による交感神経活性の亢進, カテコールアミン分泌増大による影響, あるいは運動による心臓の血行動態や肺内の血流分布の変化による影響なども考えられる。

我々<sup>28)</sup>は, 別に NCA 9例および CAD 16例を対象に運動負荷体表表面心臓電位図 (MAP) を記録し, septal Q波を反映しうると考えられる V<sub>4</sub> から V<sub>7</sub> まで, 且つ第4肋間から第7肋間までの16誘導点についてQ波基準による虚血性心疾患診断能を検討した。感度は V<sub>6</sub>, V<sub>6R</sub> が88%と最も高く, 次いで V<sub>5</sub>, V<sub>5R</sub>, V<sub>5L</sub>, V<sub>4R</sub> が81%を示し, 特異度は V<sub>5</sub> の88%, V<sub>5L</sub>, V<sub>6L</sub> の75%の順に, そして精度は V<sub>5</sub> の83%, V<sub>5L</sub>, V<sub>6</sub> の79%の順に優れていた。したがって septal Q波による虚血性心疾患の診断には左前胸部誘導のうちでは V<sub>5</sub> 誘導を用いるのが妥当と考えられた。

Septal Q波は心室中隔の起電力を反映し, この心室中隔を支配領域とする冠動脈は主に LAD である。そこで我々は CAD 群を更に LAD 近位部病変が他枝より強いかなにかにより LAD 群と非 LAD 群に分けて QV<sub>5</sub> を検討したところ, 前者では1例を除きすべて QV<sub>5</sub> は安静時に比べ負荷後に不変ないし減少した。更に前述した運動負荷 MAP の16誘導点のQ波振幅の総和 ( $\Sigma Q$ ) の検討<sup>29)</sup>で, NCA 群 (9例) および非 LAD 群 (4例) では  $\Sigma Q$  は負荷後に増大傾向を示したのに対し, LAD 群 (12例) では  $\Sigma Q$  は安静時平均 1.16 mV から負荷後平均 0.74 mV へ有意に ( $P < 0.005$ ) 減少した。したがって運動負荷時の septal Q波の変化には LAD 近位部病変との関係が強く示唆された。この septal Q波の変化の成因として, 心室中隔の虚血により誘発される局所の心室内伝導障害あるいは心室中隔心筋の起電力の減少などが考えられた。

本研究で, Q波基準の方が ST 低下基準より優れた成績を示したのは, 対象に LAD 病変例が多かったためと考えられた。

女性では明らかに健常者と考えられるにもかかわらず, 運動負荷により虚血性 ST 変化を示すものが少なくないことが以前より指摘されている。本研究で偽陽性を示した7例のうち4例 (57%) が女性であった。これらの偽陽性例にQ波基準を適用すると, 6例 (86%) が虚血性反応陰性と正診された。一方, 冠動脈1枝病変例では偽陰性率が高いといわれる。本研究の偽陰性例6例はすべて1枝病変であり, うち5例が LAD 1枝病変であった。これらの偽陰性例にQ波基準を適用すると, 5例 (83%) が虚血性反応陽性と正診された。したがって ST 低下基準にQ波基準を加えることにより, 運動負荷心電図の偽陽性例, 偽陰性例は減少するものと考えられた。

以上のごとく, Q波基準は虚血性心疾患の診断, 特に LAD 近位部病変の診断に有用であると考えられたが, その適用に際し, 次の点に留意すべきである。

第1は, septal Q波の成因を考慮すると, その変化は LAD 近位部あるいは左冠動脈主幹部に特異的と考えられ, RCA, LCX または LAD 末梢部に有意病変を有する場合, Q波基準では虚血性反応陰性と判定される可能性が強いことである。但し, 心室中隔

後下方の領域は一般に RCA により支配されているといわれ、したがって RCA に有意な病変を有する場合にも septal Q波に影響を及ぼす可能性があるであろう。本研究で非 LAD 群5例のうち1例が QV<sub>5</sub> の減少を示したが、これは RCA により強い狭窄を有する2枝病変例であり、運動により RCA 支配を受けている心室中隔に虚血を生じたためかもしれない。

第2は正常者の8~14%ではベクトル心電図 QRS 環の起始部は水平面で左前方に向かうといわれ<sup>9)</sup>、これらの症例では安静時、運動負荷直後ともに V<sub>5</sub> 誘導の septal Q波を欠如し、虚血性反応陽性と判定される可能性があることである。

## 結 語

運動負荷心電図における虚血性心疾患の診断に septal Q波基準は有用であり、特に LAD 近位部病変

に特異的であると考えられた。

## 文 献

- 1) Morales-Ballejo H., et al. : Am. J. Cardiol. 48 : 247, 1981.
- 2) Sotobata I., et al. : Jap. Circ. J. 43 : 161, 1979.
- 3) Wolthuis R. A., et al. : Circulation 60 : 1028, 1979.
- 4) Gerson M. C., et al. : Am. J. Cardiol. 46 : 778, 1980.
- 5) Bruce R. A., et al. : Am. Heart J. 71 : 455, 1966.
- 6) 山田和生, ほか : 環境医学研究所年報 20 : 158, 1968.
- 7) 館 啓二, ほか : 別冊心電図 p. 23, 1983.
- 8) 森 博愛 : 心電図とベクトル心電図, 金原出版, 東京, p. 104, 1972.

# 運動負荷 RI 心アングリオによる心機能評価

—虚血性心疾患を中心に—

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

栗原 正\*・成田 充 啓\*  
村野 謙 一\*・宇佐美 暢 久\*

運動時に心筋酸素需給の不均衡を生じ、左心機能の低下をきたす虚血性心疾患 (IHD) においては、運動時左心機能の観察は、診断のみならず、治療上の有用な情報を提供すると考えられる。現在、最も信頼性の高い左心機能検査法である左心造影は、技術上、安全上の問題から、主として安静時に施行され、一般には運動時には行われていない。われわれは、非観血的左心機能検査法である RI 心アングリオにより、IHD 患者の運動時左心機能を観察し、その診断上の有用性ととも、IHD における運動時左心機能の応答機序を検討した。

## I 対象および方法

対象は、健常成人10例、平均年齢35歳 (21~65歳)、および IHD 33例、平均年齢55歳 (44~67歳) の計43例である。IHD の内訳は労作性狭心症 (EA) 11例、陳旧性心筋梗塞 (MI) 22例で、全例で冠動脈の1枝以上に75%以上の狭窄をみとめ、1枝疾患22例、2枝疾患6例、3枝疾患5例であった。不安定狭心症例、心不全例 (NYHA 3, 4 度) は対象より除外、いずれも症状の安定した時期の患者である。

RI 心アングリオは、 $^{99m}\text{Te}$  による生体内赤血球標識を行った後、臥位、modified LAO 40° の体位で撮影した。使用器機は、parallel hole all-purpose collimator 装備の Pho/Gamma V 型シンチカメラと minicomputer (Scintipac 1200) である。まず、安静時に、心電図 R 波を trigger とし、30又は 40 msec/frame の multi-gate 法を用い、8分間心プールイメージを記録したのち、運動負荷を行った。

運動負荷は、自転車エルゴメーター (Monark 社製 Rehab-trainer) による 2 段階連続負荷を、臥位にて

行った。25又は 50 Watt 3分間の第1負荷 (Ex-1)、続いて 25 Watt の負荷量を追加し、3分間の第2負荷 (Ex-2) を行い、各段階の最終2分間に運動負荷心プールイメージを記録した。運動による心拍数増加に伴う R-R interval の短縮を考慮し、Ex-1 では 30 msec/frame, Ex-2 では 20 msec/frame の multi-gate 法を用いた。運動中は CM, 誘導にて心拍数、心電図のモニターを行った。

撮影した心プールイメージは、computer 処理を行い、左室駆出率 (LVEF) を算出<sup>2)</sup>するとともに、左室拡張終期容積 (LVEDV)、収縮終期容積 (LVESV)、1回心拍出量 (SV) を求めた<sup>3)</sup>。これらの値は体表面積で normalize した。

## II 成績

全例で満足すべき安静時および運動負荷心プールイメージが得られた。健常および虚血性心疾患の成績を表1に示す。

### 1. 健常例 (図1)

健常群では、運動時に LVEDV は不変であり、LVESV は有意に減少 ( $p < 0.01$ )、LVEF の有意の上昇を示した。安静時、運動時ともに左室の均等収縮を示した。

### 2. 虚血性心疾患 (図1)

IHD は、安静時に、健常群に比し LVEF の低下、LVEDV, LVESV の増大をみとめた。運動時に LVEDV, LVESV の有意の増加、( $p < 0.01$ ) LVEF の低下を示した。

IHD を EA と MI の2群に分け、それぞれの運動時左室容積の変化を検討した。

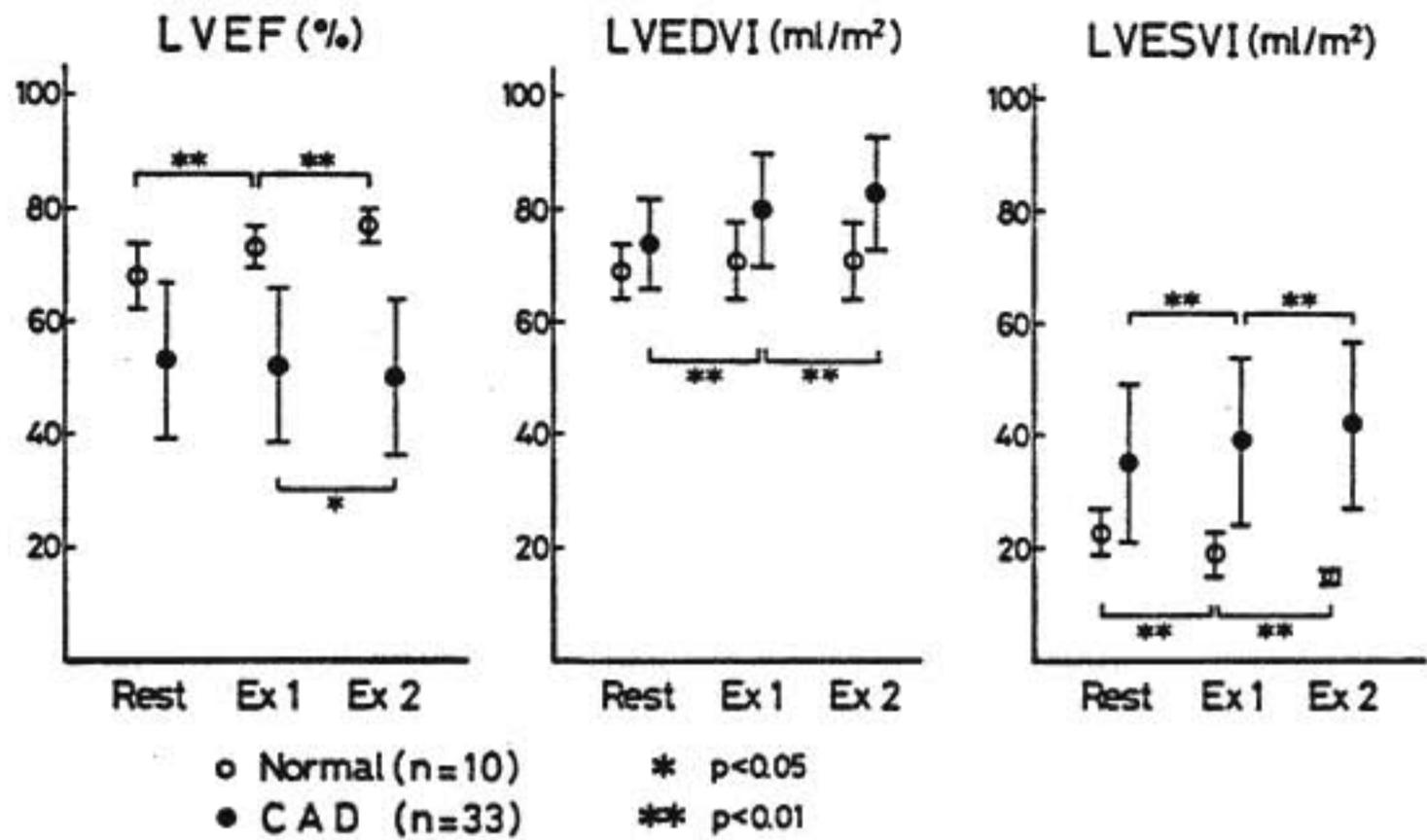


図1 健常および虚血性心疾患 (CAD) における運動時の左心機能諸指標の変化

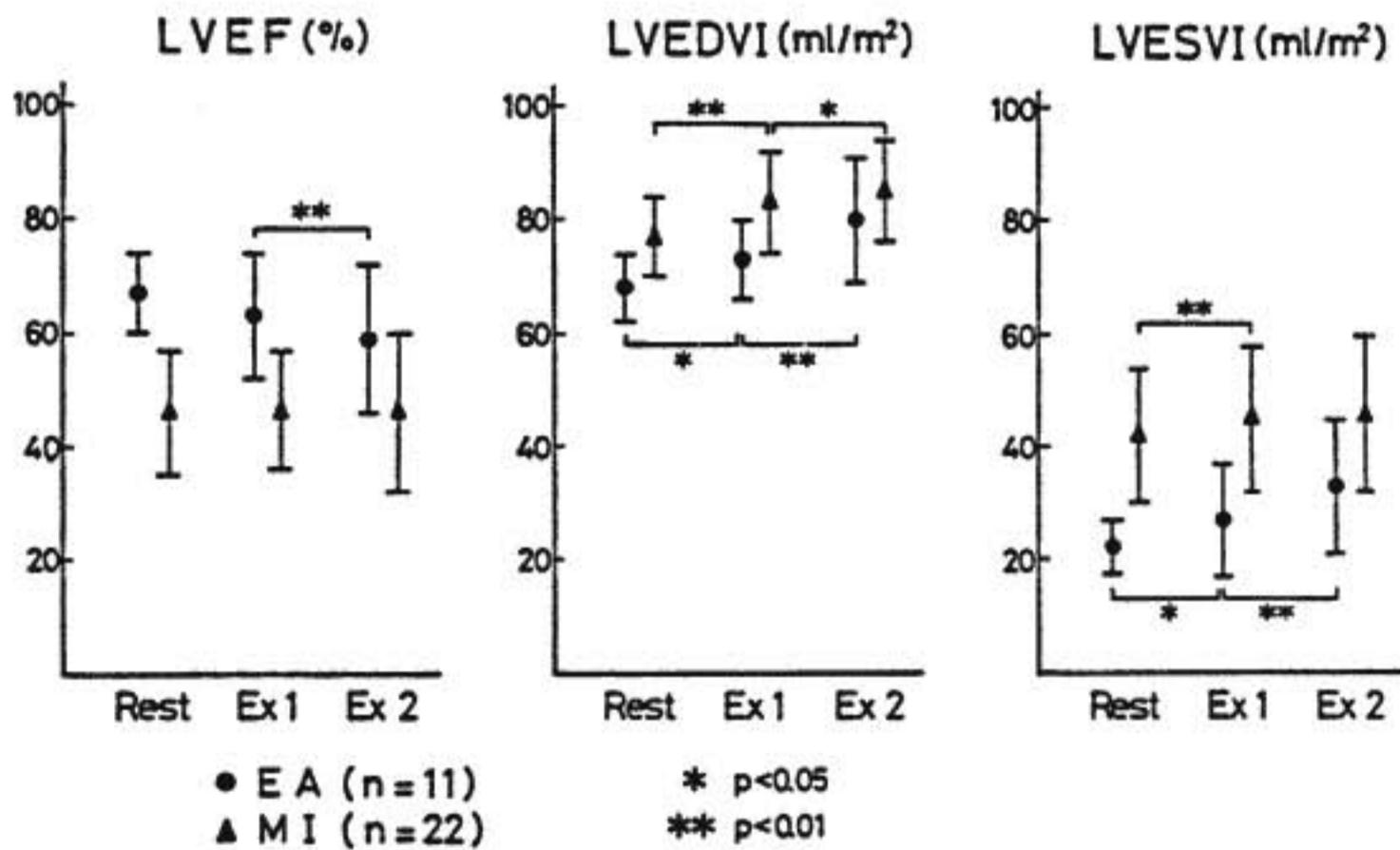


図2 労作性狭心症 (EA) および心筋梗塞 (MI) の運動時の左心機能諸指標の変化

i) 労作性狭心症 (図2)

11例の安静時左心機能は、健常群と同等であった(表1)。Ex-1にて2例、Ex-2にて6例に胸痛and/or 心電図 ST 低下が出現した。運動時に、LVEDV, LVESV はともに増加、LVEF は低下した。Ex-2で胸痛、心電図変化をみた6例では、これのみとめられなかった Ex-1 においても LVEF の低下、左室壁局所運動異常をみた。

ii) 心筋梗塞 (図2, 図3)

MI 22例では、安静時 LVEF, LVEDV, LVESV は

いずれも健常群、EA 群との間に有意を示した(表1)。運動時 LVEDV, LVESV は増加したが、LVEF には変化をみとめなかった。各症例の運動時 LVEF の反応の方向が一定しないため、運動時に LVEF が“4”以上の上昇を示した8例 (Group I)、低下を示した6例 (Group II)、±4未満の変化にとどまった8例 (Group III) の3群に分け、各群の運動時左室容積の変化を検討した。

安静時に Group III で他の2群に比し LVEDV, LVESV が大きく、LVEF が低い傾向にあったが、

表1 安静時および運動時の左室駆出率 (LVEF), 左室拡張終期容積 (LVEDV), 左室収縮終期容積 (LVESV), 1回の拍出量 (SV)

	LVEF (%)				LVEDV (ml/m <sup>2</sup> )				LVESV (ml/m <sup>2</sup> )				SV (ml/m <sup>2</sup> )				
	Rest		Ex-2		Ex-1		Ex-2		Rest		Ex-1		Ex-2		Rest	Ex-1	Ex-2
Normal (n=10)	67.3±4.3	73.0±3.5**	76.9±2.8**	71.0±7.3	70.8±7.1	71.0±7.3	68.6±4.8	22.6±3.8	19.4±3.6**	15.4±1.2**	46.6±3.8	51.7±4.9**	54.4±4.7**				
IHD (n=33)	53.1±14.2†	51.8±13.7	49.8±14.2*	83.0±9.8**	79.5±9.7**	83.0±9.8**	74.1±7.9†	35.4±13.8†	39.2±14.6**	42.3±14.8**	38.6±8.6†	40.4±8.9*	40.9±11.2*				
EA (n=11)	67.1±7.0	63.4±10.9	58.9±12.9**	79.5±10.8**	72.7±6.9**	79.5±10.8**	67.6±5.8	22.0±4.5	26.9±9.6**	33.3±12.5**	45.4±6.7	45.8±7.2	46.5±10.5				
MI (n=22)	46.0±11.4†	46.1±11.2	45.9±13.1	84.5±7.1**	82.8±9.2*	84.5±7.1**	77.3±6.9†	42.1±11.8†	45.3±12.8**	46.1±14.2**	35.1±7.3†	37.8±8.5*	38.4±10.8*				
Group I (n=8)	47.8±7.4	51.3±7.9**	53.8±8.7**	83.2±6.7*	80.9±6.4	83.2±6.7*	76.9±4.6	40.2±7.8	39.3±6.9	38.4±7.5	36.6±4.4	41.6±8.2*	44.9±8.6**				
Group II (n=6)	49.9±11.7	46.6±10.8**	42.2±12.2**	88.0±11.7**	83.9±10.1*	88.0±11.7**	74.3±9.8	38.3±14.1	46.1±13.7**	51.8±17.2**	36.4±6.4	38.5±6.9	36.3±9.0				
Group III (n=6)	41.3±13.1	40.5±12.1	40.1±15.1	82.9±9.5	84.0±10.8	82.9±9.5	80.2±4.6	47.3±11.7	50.5±14.6	50.0±15.4	32.9±9.8	33.4±8.4	32.9±11.7				

Abbreviations: IHD: ischemic heart disease, EA: effort angina, MI: myocardial infarction.

\* : p&lt;0.05 vs Rest \*\* : p&lt;0.01 vs Rest

† : p&lt;0.05 vs Normal ‡ : p&lt;0.01 vs Normal

各群間に有意差はみとめられなかった。運動時には、Group I では LVEDV は増加、LVESV は減少の傾向を示した。Group II では LVEDV, LVESV ともに増加、Group III では LVEDV, LVESV とも安静時の値と有意の変化を示さなかった (図3)。各群の冠動脈病変の重症度を図4に示す。Group I 8例中7例、Group III 8例全例が1枝疾患であったのに対し、Group II 6例全例が多枝疾患であった。

### III 考 案

RI 心アングิโอは、信頼性の高い非観血的左心機能検査法であることが、左室造影との対比により示されている<sup>30)</sup>。本法は、1回の静注にてくり返し心プールイメージが得られ、また、左室造影や心エコー図法で用いられる geometric assumption によらず、LVEF や左室容積の測定が行える点に特徴がある。

運動時に LVEDV に変化をみず、LVESV は減少、LVEF の上昇をみ、心収縮性の亢進を示した健常例に対し、IHD では LVEDV, LVESV の増加、LVEF の低下を示した。これは、IHD では運動時に LVEF の上昇反応をみないとした諸家の成績<sup>31)</sup>に一致する。EA においては、LVEF の低下は、11例中6例で胸痛、ST 低下に先行してみられ、運動時左心機能の低下が IHD 診断に鋭敏であり、運動負荷 RI 心アングิโอの有用性が示された。EA における LVESV の増加は、運動による虚血のため左室収縮能が低下したことを示し、LVEDV の増加は、これを代償し SV を維持すべく Frank-Starling mechanism が作動しているかのごとく思われた。

MI 群では運動による LVEF の変化がみとめられなかった。subgroup での検討では、LVEF の低下を示した Group II においては、全例が多枝疾患であり、LVEDV, LVESV の反応は EA 群と同様であった。これは、運動時に非梗塞部心筋の虚血を生じたためと考えられ、Dehmer ら<sup>32)</sup>の成績ともよく一致している。ほぼ全例が1枝疾患であった Group I と Group III の間には、有意でないものの、Group III で安静時 LVEF が低く、LVEDV, LVESV が大きい傾向がみられ、また Group III では運動時に LVEDV, LVESV は変化をみなかった。安静時 LVEF は梗塞巣の大きさとの間に負の相関がある<sup>33)</sup>ことから、Group III で

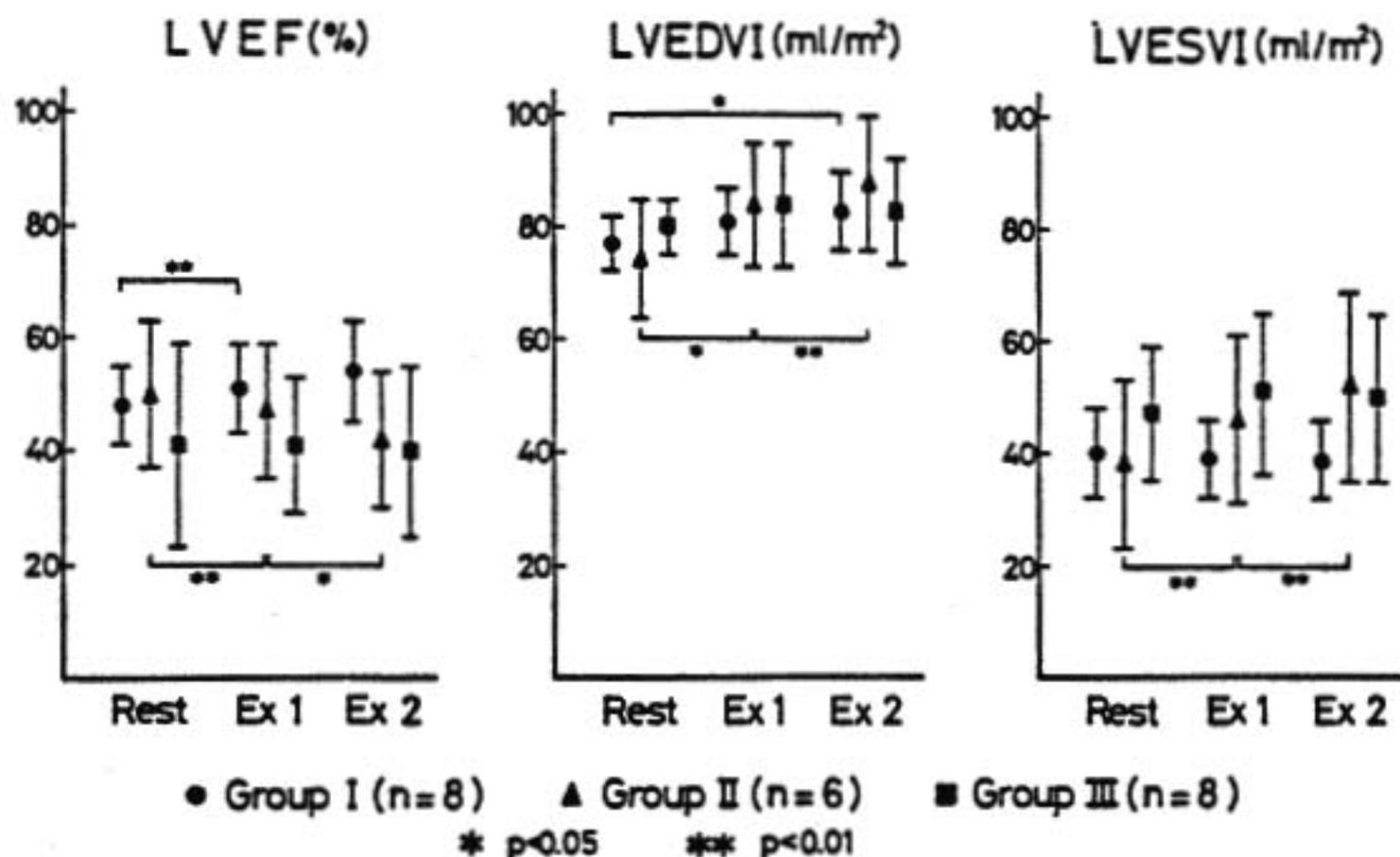


図3 心筋梗塞各群の運動時左室容積の変化

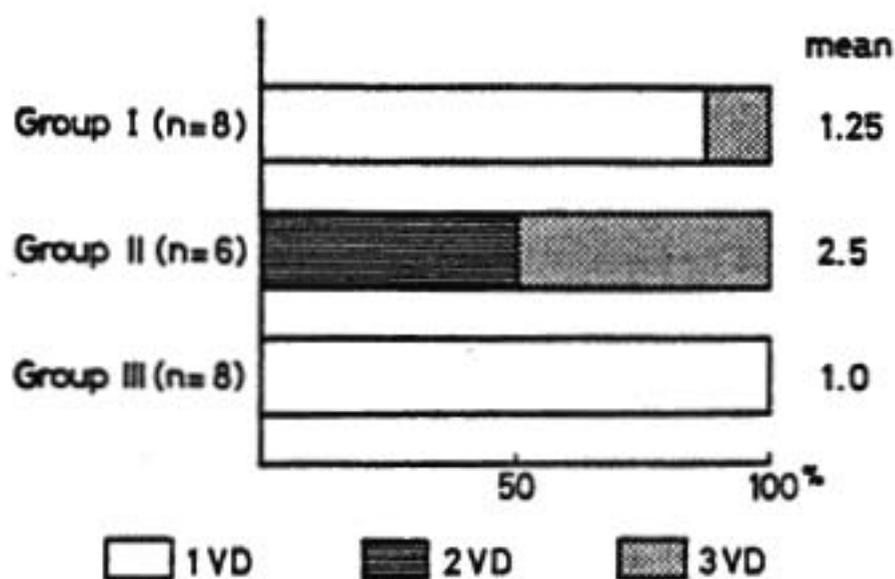


図4 心筋梗塞各群の冠動脈造影所見の対比

応は多様であり、運動負荷 RI 心アングジオは、これらの患者における心予備能の評価に有用であると考えられた。

参 考 文 献

- 1) 成田充啓, 他: 核医学 19: 409, 1982.
- 2) 栗原 正, 他: 核医学 18: 1295, 1981.
- 3) Buro R. D., et al.: Circulation 56: 1024, 1977.
- 4) Ashburn W. L., et al.: Prog. Cardiovasc. Dis. 20: 267, 1978.
- 5) Borer J. S., et al.: N. Engl. J. Med. 296: 839, 1977.
- 6) Caldwell J. H., et al.: Circulation 61: 610, 1980.
- 7) Dehmer G. J., et al.: Circulation 63: 1008, 1981.
- 8) 成田充啓, 他: 呼吸と循環 25: 917, 1977.

は梗塞 size が大きいいため、LVEDV による代償機序が安静時に最大限に働いており、運動時に左室収縮能の低下を生じないものの、LVEDV の代償による LVEF の上昇が不能な状態にあるものと推定された。このように、IHD における運動時の左心機能の反

## 運動負荷 radionuclide multigated ventriculography

## による虚血性心疾患の心機能評価

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

金谷 透\*・渡辺 佳彦\*  
殿岡 一郎\*・安井 昭二\*

## はじめに

虚血性心疾患の心機能評価法としては侵襲的な方法として心臓カテーテル検査法があげられるが, 年齢や手技上の問題, 運動負荷の方法等についてかなりの制約をうけることは免れない。一方非侵襲的な方法として心エコー法があるが心カテーテル法と同様, 多くの問題を含んでいる。近年 radionuclide multigated ventriculography による種々のパラメーターによる心機能評価が簡便で非侵襲的で再現性もあること等より広く行われるようになってきた。1979年, Adamら, Fourier 級数の一次項のみで volume curve を近似して行う位相解析を発表<sup>1)</sup>して以来, 新しい cardiac functional imaging として, 心機能を時間的かつ空間的に把握することが可能となった。今回著者らは従来の左室駆出率 (LVEF) 等のパラメーターに加え, Fourier 級数の一次項のみの近似による phase analysis ではなく, 当院で開発した2次関数近似による収縮終期の時相解析法<sup>2)</sup>を臨床応用し, 本法の有用性につき検討したので報告する。

## I 対象並びに方法

Treadmill 運動負荷心電図, 冠動脈写 (CAG), 左室造影 (LVG) 等にて診断した狭心症 (AP) 群15名, 心筋梗塞 (MI) 群7名, MI に心室瘤 (AN) を合併した MI+AN 群13名, 正常群7名の計42名, 平均年齢54歳の成人を対象とした。なお, 脚ブロック, 重症弁膜症症例は除外した。

仰臥位エルゴメーターによる亜最大負荷を施行し, 負荷終了直前に <sup>99m</sup>TcDTPA 20 mCi を右肘静脈より急速静注し, slant hole collimator を装着したシンチカメラ Ohio-nuclear Σ410S にて RAO30°, first pass

法にて data を on-line で接続したミニコンピューター DEC 社 PDP11/34 に list mode で収集した。約1時間後の安静時に <sup>99m</sup>Tc HSA 20 mCi を同じく急速静注し, 同様に data を収集した。得られた data より, 左室の volume curve を求め, 負荷時, 安静時の LVEF を求めた。また左室内各 pixel ごとの volume curve を作製し図1に示すごとく, 2次関数近似を用いた収縮終期の時相解析法 (E-S法) による phase, amplitude image を作製した。Phase image

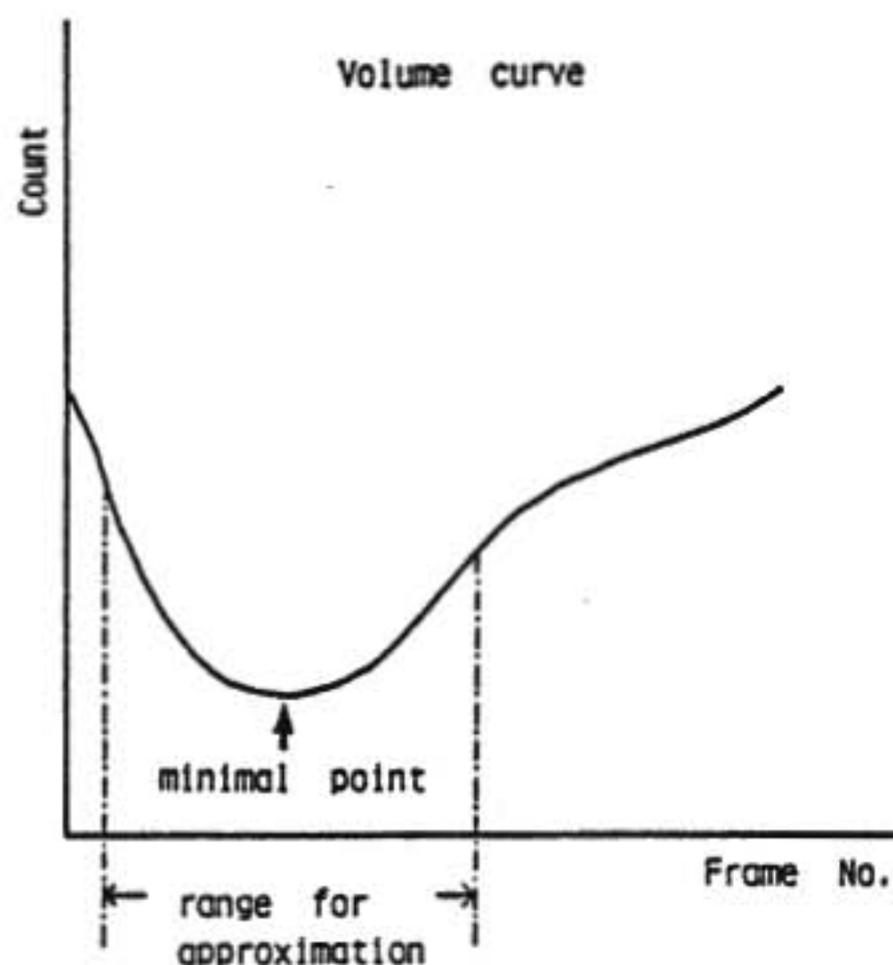


図1 最小2乗法を用いた2次関数近似による収縮終期の時相解析法

$$Y = aX^2 + bX + c$$

$$P = -\frac{b}{2a}$$

P: Phase

a, b, c: calculated by least square method

Amplitude:  $\frac{\max - \min}{\max} \times 100$

max: maximal value of volume curve

min:  $aX(p)^2 + bX(p) + c$

は左室内相対的駆出時間差として msec で表示し、amplitude image は局所駆出分画として%表示した。左室内 phase の最も早い部位と最も遅い部位との差である phase delay を maximal phase delay(MPD) とし、左室不均等収縮の指標とした。同時に左室内時相分布の histogram を作製し、標準偏差 (SD) を求めた。安静時、負荷時の MPD を ECG の RR 間隔の平方根で補正した。AN の診断は LVG にて行った。

CAG の検討は主冠動脈 3 本につき、当科で行っている Pujadas の評価法<sup>3)</sup>に従い、おのおの 0~5 まで grading し、その総和を coronary score として冠動脈病変の重症度の指標とした。統計処理は non-paired t 検定を行い、一部の data については paired t 検定を行い危険率 5%以下を有意とした。

以上 radionuclide multigated ventriculography により得られた LVEF, MPD, SD の 3 つのパラメータを負荷時、安静時で比較し、CAG の coronary score と検討した。

## II 結 果

Phase analysis による sensitivity につき検討した。なお異常の有無はパターン認識にて 2 人の検者にて行った。AP 群に関しては負荷をかけることにより sensitivity は高くなり (100%)。MI 群では安静時にすでに高い sensitivity (100%) を有し、AN を合併した MI 群においては全例、心尖部に 250 msec 以上の phase delay を示した。負荷時の amplitude image からの sensitivity は AP 群、MI 群ともに低値を示した。

LVEF の負荷時の異常反応として、安静時に比し +5%以上の増加をみないものと定義した場合、正常群では全例正常反応を示し、AP 群に関しては15例中 8 例、MI+AN 群では20例中13例で異常反応を示した (図 2)。なお AP 群で負荷時 EF の増加した症例は罹患冠動脈の軽い病変のものが多く、MI、MI+AN 群の中には安静時にすでに LVEF の低下している症例が多かった。

AP 群で負荷時異常パターンを示した症例に関して、安静時同部位比較 phase delay を検討した結果、負荷時 phase delay は有意に増加した (図 3)。また

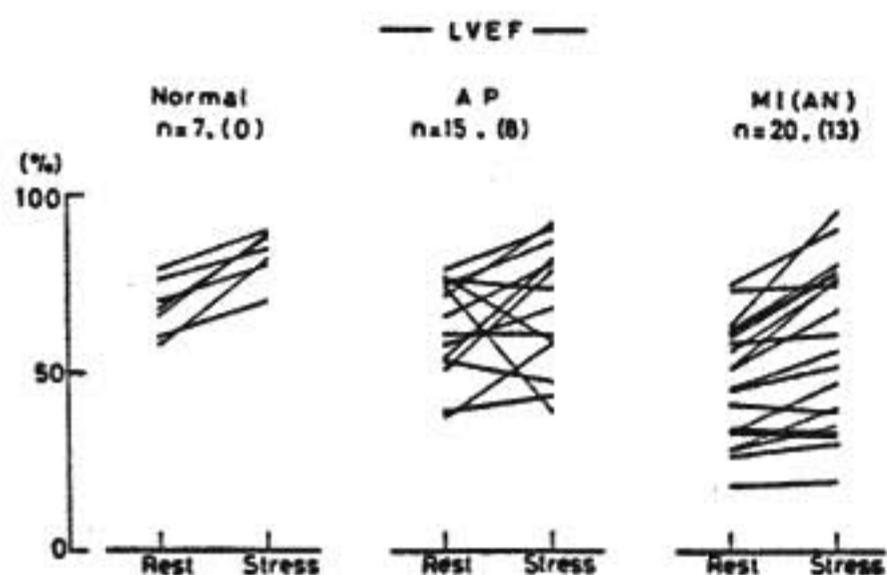


図 2 LVEF at rest and peak stress

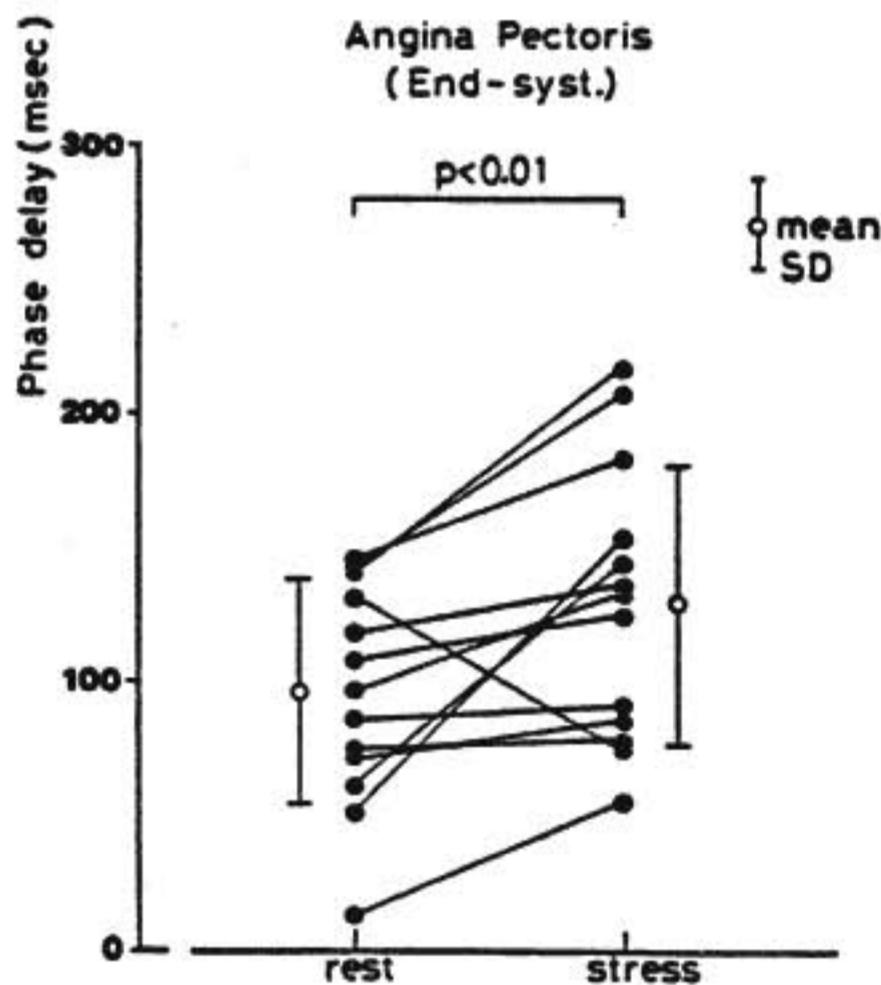


図 3 Changes of phase delay in angina pectoris

MI 群、MI+AN 群では負荷時 MPD は有意に ( $p < 0.01$ ) 増加した。一方正常群は有意な増加を示さなかった。

SDに関しては AP 群、MI 群では負荷時有意の増加を示さず、MI+AN 群でのみ有意に増加した。

次に左心機能に影響を及ぼすと考えられる coronary score と負荷時の LVEF との関係について MI、MI+AN 群において検討した結果、 $r = -0.91$ ,  $p < 0.001$ の有意の負の相関を得た。一方 AP 群に関しては有意の相関は示さなかった。以上より梗塞群においては冠動脈重症度と左室収縮能を表す LVEF とは関連があると考えられた。

以上の結果に基づき、梗塞群において、coronary

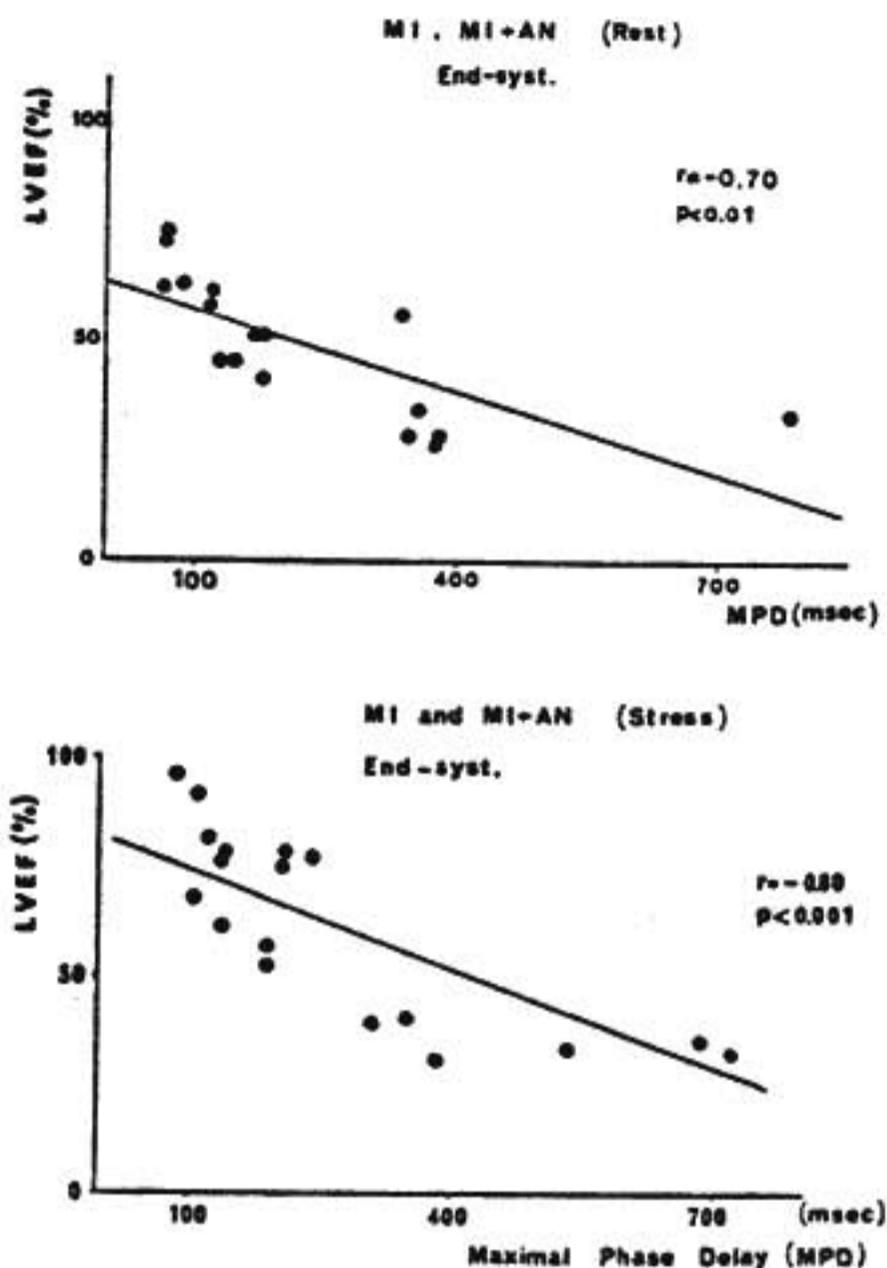


図4 Relationships between LVEF and MPD at rest and peak stress in MI and MI+AN groups

score と MPD, LVEF と MPD との関係を検討した結果, 図4に示すごとく, 負荷時に MPD と LVEF はより高い相関を得た。また, coronary score と MPD も同様に負荷時により良い相関を得た。

### III 考 案

従来の phase analysis では Fourier 級数の一次項のみで近似していたため, 長い拡張期を有する場合, volume curve の近似がうまくいかず, phase が実際よりも小さく算出される傾向にある。著者らは今回 volume curve の中で検出しやすい end-systolic point に注目し, 拡張期の影響をさほど受けない近似範囲で, 最小2乗法を用いた2次関数近似による方法を臨床応用し, 良好な結果を得た<sup>4)</sup>。左室内 MPD は asynergy に関与すると思われる coronary score と

よく相関し, 負荷により梗塞部で有意に上昇した。また MPD が 250 msec 以上を示す部位は全例 LVG にて心室瘤を認めた。SD による虚血心の心機能評価についてはすでに玉木ら<sup>5)</sup>も報告している。しかし狭心症に関しては, phase analysis をいかに適用するかは未だ十分に検討されていない。今回の著者らの検討では方向性を加味した同部位比較 phase delay が SD よりも有用であることが示唆された。今回は first pass 法についてのみ検討したが, 本法は収集カウント数が少なく, 処理によりノイズも入りやすい欠点を有する。しかし臨床的には充分応用しうると考えられた。今後は症例を重ね, 収縮期のみならず, 拡張期の phase analysis の検討も行いたいと考えている。

### ま と め

虚血性心疾患の心機能評価を目的として, 運動負荷 radionuclide multigated ventriculography を施行し, LVEF, phase analysis より求めた MPD, SD の3つのパラメーターと CAG からの coronary score とを比較検討した。前述のパラメーターのうち MPD が虚血心における心機能低下を最も良く反映した。

### 参 考 文 献

- 1) Adam W. E., et al.: Equilibrium gated radionuclide ventriculography. Cardiovascular Radiology 2: 161, 1979.
- 2) 高橋和栄, 他: 2次関数近似による収縮終期の時相解析法。第38回日本放射線技術学会総会, 予稿集: 401, 1982.
- 3) Pujadas, et al.: Coronary angiography. McGraw-Hill, chapter 13: 223-263, 1980.
- 4) 金谷 透: 運動負荷 RI 心血管造影法による虚血性心疾患の検討。—Fourier 解析による phase analysis と収縮終期時相解析法の臨床的有用性について—。Newtown conference 報文集, p. 21, 1982.
- 5) 玉木長良, 他: Phase analysis による左室局所壁運動の定量的評価 一位相分布ヒストグラムによる検討一。核医学 9: November, 1241, 1981.

## 断層心エコー図法による運動負荷中の左心機能の評価

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

板家守夫<sup>\*1</sup>・井福正保<sup>\*1</sup>・戸嶋裕徳<sup>\*1</sup>  
高橋啓美<sup>\*2</sup>・古賀義則<sup>\*2</sup>・宇津典彦<sup>\*2</sup>

運動耐容能は最も有用な心機能評価法の一つで、心疾患患者の治療方針の決定や社会復帰を考える際には是非これを正確に把握する必要がある。このうち虚血性心疾患患者の運動耐容能は心筋虚血の発現で規定され、これは心電図でのST降下などで適確に把握しうる。一方、非虚血性心疾患患者では運動時の心機能が運動耐容能を規定するものと考えられるが、その客観的評価法は確立されていない<sup>1)2)</sup>。そこで本研究では、断層心エコー図法を用いて、運動時の左心動態の経時的变化を検討し、心筋疾患、逆流性弁膜疾患患者の運動耐容能の客観的評価を試みた。

## I 対象および方法

対象は心筋疾患14例(拡張型心筋症4例、収縮不全を伴う高血圧性心臓病5例、その他5例)平均年齢は47±14歳、および弁膜症14例(大動脈弁閉鎖不全症10例、僧帽弁閉鎖不全症4例)平均年齢40±11歳である。これらのうち心不全の既往のない、心筋疾患6例、弁膜症9例を軽症群、心不全の既往を有する心筋疾患8例、弁膜症5例を重症群とした。なお虚血性心疾患は今回の対象からは除外した。対照として健常者12人(年齢32±10歳)を用いた。

自転車エルゴメーター負荷試験は左半側臥位で行い、負荷量は20ワットから3分ごとに20ワットずつ漸増し、end-pointは症状出現時または目標心拍数とした。負荷中は1分ごとに心電図記録、カフ法による収縮期血圧(SBP)測定と同時に、断層心エコー図法にて腱索レベルの左室短軸像を記録し、拡張末期面積(EDA)と収縮末期面積(ESA)を計測した。そしてEDA、ESA、駆出分面に相当するfractional area change [FAC=(EDA-ESA)/EDA]、収縮末期左室圧-容積関係に対応するSBP/ESAの経時的变化を安静時の値を基準にして、心拍数100/分、120/分、最大負

荷時の%変化率で求めた。

## II 結 果

健常者の拡張末期および収縮末期左室短軸断面積(EDA, ESA), fractional area change (FAC), SBP/ESAの運動中の変化を表1および図1~4にmean±SDで示す。EDAは心拍数100/分の時点では6.8±14.9%と軽度拡張したが心拍数120/分では安静時のレベルに復し、その後は漸減した。ESAは運動開始直後より漸減し続け最大負荷時には-33.8±12.0%に達した。その結果、駆出分面に相当するFACは心拍数120/分では18.1±8.9%まで増加し、その後もわずかながら増加し続けた。contractilityの指標の一つとして臨床上用いられているSBP/ESAは、連続的に上昇し続け、最大負荷時には132.9±47.4%まで達した。

心疾患症例のEDAの経過(表1および図1)は重症度にかかわらず、弁膜症群では運動初期より減少し始め、一方心筋疾患群でも拡大は認めず、健常者とはやや異なった経過を示した。ESAの運動時の変化(表1および図2)は、重症群では両疾患群とも心拍数100/分の運動でも縮小せず、更に運動量が増えると、健常者とは逆に拡大し、最大負荷時には弁膜症群では7.0±10.6%、心筋疾患群では3.0±2.2%となった。一方軽症群はほぼ健常者と同様に变化したが、弁膜症群では心拍数120/分を超えてからのESAの縮小はみられなかった。その結果、FACの変化(表1および図3)は重症群では両疾患群とも心拍数100/分の運動レベルから健常群とは逆に低下し始め、最大負荷時には弁膜症群では-20.3±9.5%、心筋疾患群では-36.7±13.8%と著明な低下を示した。軽症群では心拍数120/分の運動レベルまでは弁膜症群は健常群と比較するとやや低値をとりながらも上昇し、心筋疾患は健常群

表1 % Change of hemodynamic measurements during exercise

	Valvular disease CHF history		Myocardial disease CHF history		Control n = 12
	(-) n = 9	(-) n = 5	(-) n = 6	(-) n = 8	
Heart rate 100 (beats/min)					
SBP	20.9 ± 3.0	20.3 ± 5.5	12.0 ± 4.2	14.2 ± 3.9	22.7 ± 8.1
EDA	-5.7 ± 2.2	-8.5 ± 1.9	-0.6 ± 3.2	-3.2 ± 2.1	6.8 ± 14.9
ESA	-13.0 ± 4.5	-2.2 ± 2.9	-12.2 ± 2.4	-2.0 ± 3.0	-12.7 ± 11.3
FAC	3.6 ± 3.9	-8.0 ± 6.3†	18.8 ± 7.5	-4.0 ± 8.2†	13.1 ± 12.1
SBP/ESA	42.0 ± 8.9	22.8 ± 5.9	27.8 ± 4.8	17.3 ± 6.1†	43.2 ± 20.1
Heart rate 120 (beats/min)					
SBP	29.0 ± 5.0	33.5 ± 5.9	17.6 ± 7.9†	17.3 ± 6.2‡	34.6 ± 8.8
EDA	-9.4 ± 4.0	-9.0 ± 1.1	-10.4 ± 3.5	-2.5 ± 1.7	-3.5 ± 9.3
ESA	-11.4 ± 4.6	4.3 ± 5.3*	-21.4 ± 3.5	0.1 ± 2.7*	-23.6 ± 10.2
FAC	10.4 ± 3.9	-19.2 ± 6.7*	17.6 ± 12.5	-10.2 ± 9.8†	18.1 ± 8.9
SBP/ESA	69.7 ± 13.9	20.0 ± 9.9‡	47.6 ± 14.9	18.0 ± 8.2‡	83.3 ± 23.2
Maximal exercise					
SBP	29.8 ± 4.0*	44.3 ± 6.8*	22.5 ± 12.2*	13.3 ± 5.3*	49.5 ± 16.1
EDA	-12.2 ± 4.3	-9.0 ± 2.5	-28.0 ± 7.6	-3.8 ± 2.3	-9.7 ± 11.6
ESA	-20.0 ± 7.9	7.0 ± 10.6*	-31.7 ± 2.7	3.0 ± 2.2*	-33.8 ± 12.0
FAC	8.5 ± 7.6	-20.3 ± 9.5*	6.8 ± 25.2	-36.7 ± 13.8*	21.8 ± 13.4
SBP/ESA	68.0 ± 15.6†	39.0 ± 13.8‡	78.0 ± 21.5	10.3 ± 6.9*	132.9 ± 47.4

Values are mean ± standard deviation.

Abbreviation: CHF=congestive heart failure, SBP=systolic blood pressure,

EDA=left ventricular end-diastolic area, ESA=left ventricular end-systolic area,

FAC=left ventricular fractional area change, SBP/ESA=systolic blood pressure/left ventricular end-systolic area, †p<0.05, ‡p<0.01, \*p<0.001.

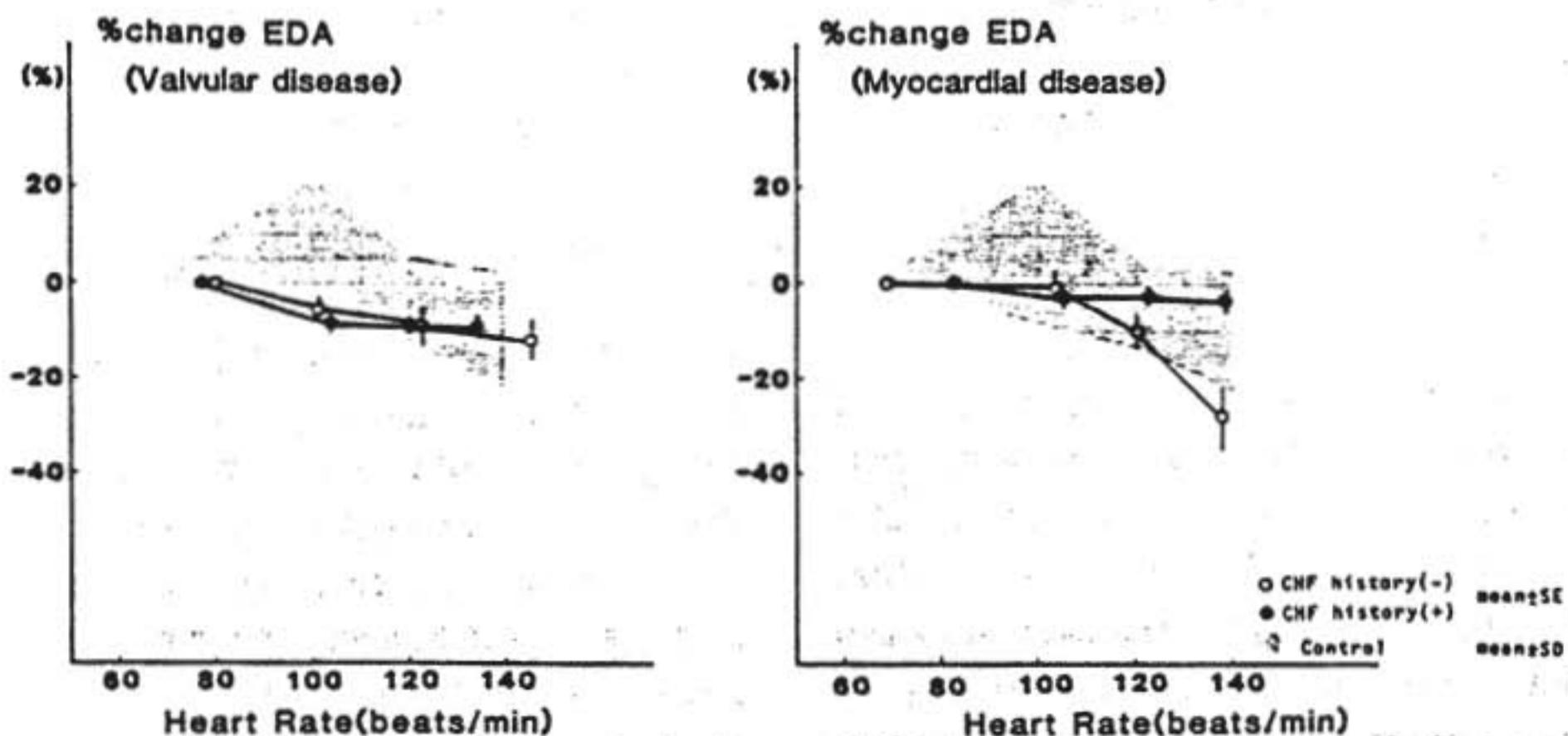


図1 運動時の左室拡張末期面積の安静時値に対する変化率

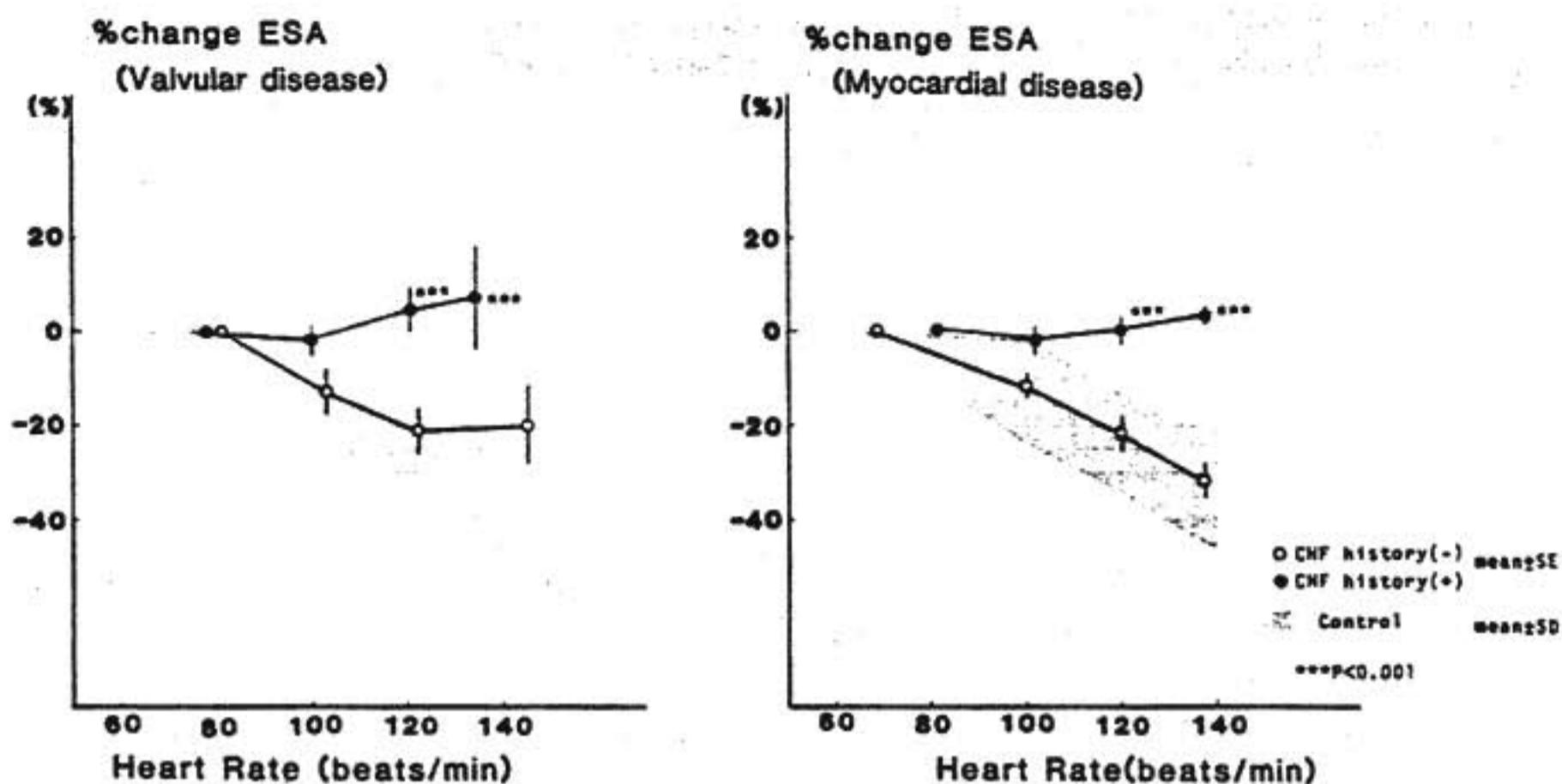


図2 運動時の左室収縮末期面積の安静時値に対する変化率

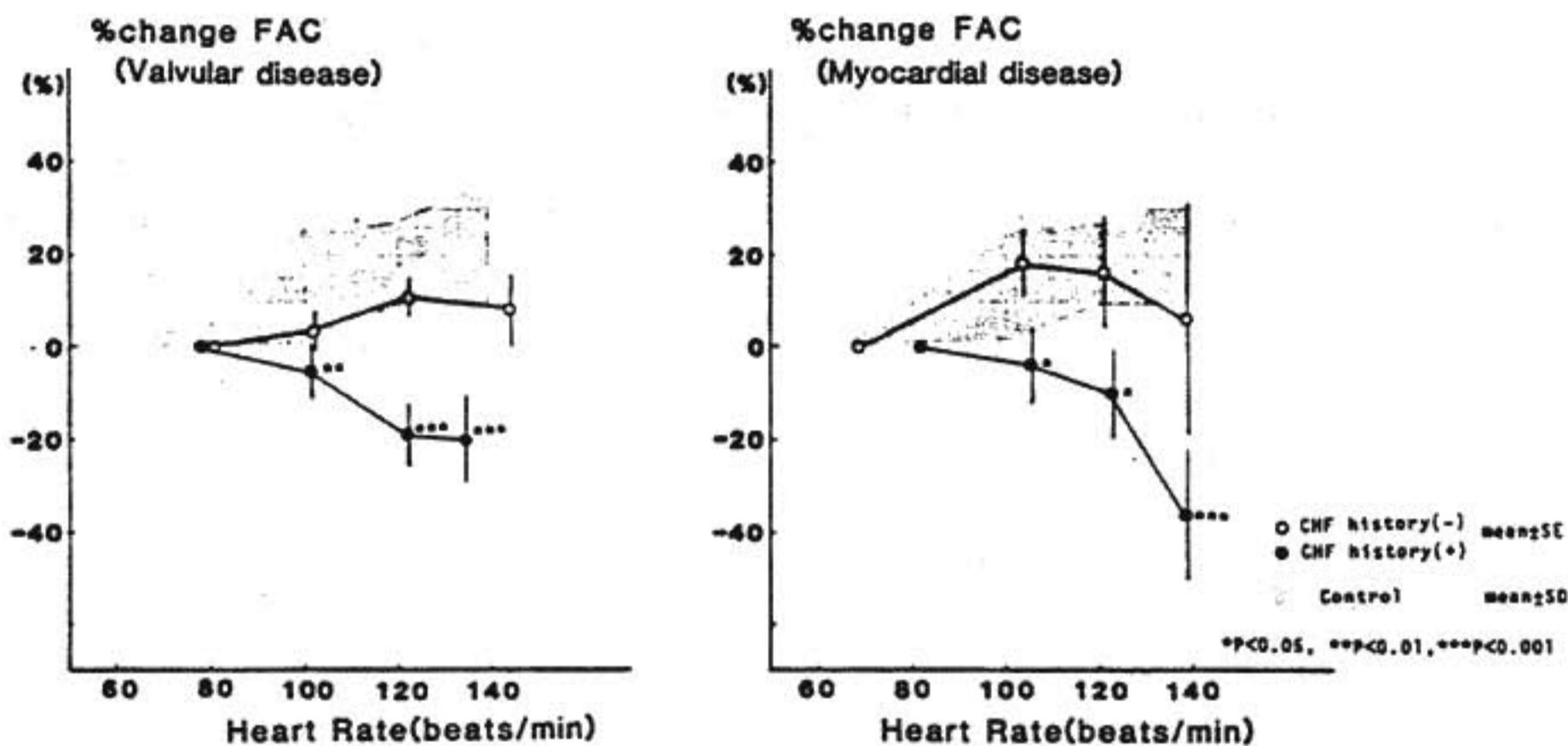


図3 運動時の左室面積変化率の安静時値に対する変化率

と同様の変化であったが両疾患群とも最大負荷時には低下を示した。contractility の指標の一つである SBP/ESA の変化(表1および図4)は、いずれの重症群でも心拍数100/分の負荷時よりすでに健常群の mean-1SD より低値であり、弁膜症群では最大負荷時にも  $39.0 \pm 13.8\%$  とその後の上昇が健常者に比較して有意に低値で、心筋疾患群では心拍数100/分以後は上昇せず、最大負荷時には、むしろ逆に低下した。一方軽症群のうち弁膜症群では心拍数120/分までは健常

群と同様に上昇したが、それ以後の増加はみられず、心筋疾患群では最大負荷時まで直線的に上昇したが、その増加率は健常群の mean-1SD より低値であった。

### III 考 案

運動時には末梢の酸素需要増大に対応して心拍出量を増大させる必要がある。このためには心臓は心拍数と1回拍出量を増大させ、心拍出量を増加するが、後者には拡張末期容積の増加による Frank-Starling 効

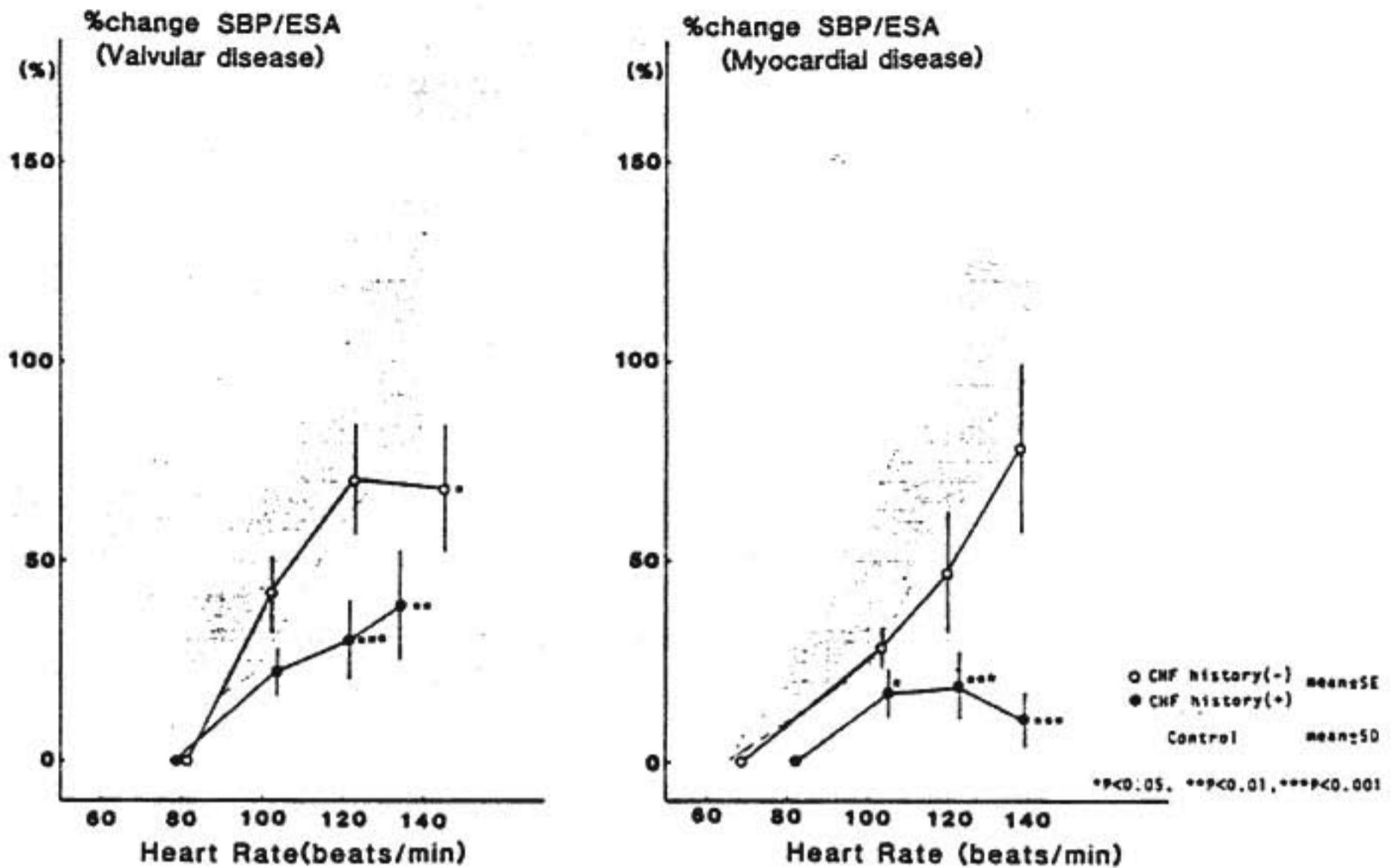


図4 運動時の収縮期血圧-左室収縮末期面積比の安静時値に対する変化率

果と contractility の増大が関与していると考えられる。今回の検討では拡張末期面積の変化は、健常者では心拍数100/分の運動レベルでわずかに拡大したがその後は漸減した。一方心筋疾患群でも拡張末期面積の増大はほとんど認められず、逆に弁膜症群は重症度にかかわらず、拡張末期面積は運動負荷早期から減少し、この傾向は特に大動脈弁閉鎖不全症例で著明であった。RI を用いた検討でも同様の結果が報告されており<sup>2)</sup>、これは心拍数の増加のための拡張期の短縮による逆流量の減少を反映した所見と解された。いずれにしても、今回用いた臥位運動負荷では一般に拡張末期容積の変化は少ないとされている<sup>3)</sup>が、健常心と同様不全心でも運動時に Frank-Starling 効果はそれほど強く作動していないものと考えられた。一方、心拍数や contractility の指標の一つと考えられる SBP/ESA<sup>4)</sup>は健常群では運動終了時まで直線的に増加し、運動時の心拍出量の増加は主として交感神経の作動により、心拍数と contractility が増大し、1回拍出量が増加することによるものと考えられた。その結果、健常群では運動終了時まで ESA は直線的に減少し、駆出分画に相当する fractional area change は連続的に増

大したものと考えられる。心筋疾患、弁膜症群のうち心不全の既往を有する重症群では SBP/ESA の上昇が乏しく、特に心筋疾患では最大運動時には逆に低下した。また ESA も健常例とは逆に漸増し、fractional area change は心拍数100/分の時点よりすでに低下していた。心不全の既往のない軽症群でも SBP/ESA の上昇は健常例に比し低値で、心筋疾患群では fractional area change は心拍数100/分の時点を peak にその後は低下した。以上のように心疾患患者では運動時に心筋の contractility が充分増加しえず、このために fractional area change 等の左心ポンプ機能が運動途中で、健常例とは逆に低下し始めるものと考えられた。心拍出量は重症例も低いながらも漸増するが、これは心拍数の増加で補われているものと考えられ、通常重症心疾患群でみられる運動時の急激な心拍数の増加は contractility が上昇しえないための代償機転と解釈された。

これらの心疾患患者の運動耐容能をどのような基準で評価するかは临床上重要な問題で今後更に検討していく必要があるが、少なくとも fractional area change などの左心ポンプ機能がもはや上昇しえないか、逆に

低下する強度の運動を続ければやがて心不全を招来し心筋障害を更に増大させ、悪循環に陥っていくものと考えられる。特に重症例では心拍数100/分の時点ですでに fractional area change が低下し始めたにもかかわらず自覚的には大半の例で心拍数120/分を超える運動が可能であった点が注目される。したがってこれらの例ではややもすれば、心ポンプ機能の限界を超える日常生活を行いがちで、このために心不全に陥ったものと解される。

以上のように“fractional area change の peak 時”が運動時左心機能の限界を示す一つの指標になりうるものと考えられ、運動負荷断層心エコー図法は非虚血性心疾患患者の運動耐容能の評価に有用な方法となりうるものと考えられた。

### 文 献

- 1) Franciosa J. A. : Functional capacity of patients with chronic left ventricular failure. *Am. J. Med.* 67 : 460-465, 1979.
- 2) Hecht H. S., Karahalios S. E., Ormiston J. A., Schnugg S. J., Hopkins J. M., Singh B. :

- Pettern of exercise response in patients with severe left ventricular dysfunction. *Am. Heart J.* 104 : 718-724, 1982.
- 3) Steingart R. M., Yee G., Weinstein L., Scheuer J. : Radionuclide ventriculographic study of adaptations to exercise in aortic regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 51 : 483-488, 1983.
  - 4) Crawford M. H., White D. H., Amon K. W. : Echocardiographic evaluation of left ventricular size and performance during handgrip and supine and upright bicycle exercise. *Circulation* 59 : 1188-1195, 1979.
  - 5) Grossman W., Braunwald E., Mann T., McLaurin L. P., Green L. H. : Contractile state of the left ventricle in man as evaluated from end-systolic pressure volume relations. *Circulation* 56 : 845-852, 1977.
  - 6) Osbakken M. D., Boucher C. A., Okada R. D., Bingham J. B., Strauss H. W., Pohost G. M. : Spectrum of global left ventricular responses to supine exercise. *Am. J. Cardiol.* 51 : 28, 1983.

## 心機能評価における運動時1回心拍出量の経時的変化の意義

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

古瀬 俱之\*・笠原 尚\*・安梅 正則\*  
黒田 聡\*・乗本 業文\*・真柴 裕人\*

### はじめに

運動による血行動態変化を検討する場合、数値そのものを評価するよりも運動量の増加に伴う各種血行動態指標の反応態度がより重要な意味をもつことが多い。各種血行動態指標のうち心拍出量 (CO) および1回心拍出量 (SV) は心臓全体の機能を反映するものとして極めて重要な指標である。今回われわれは運動時に SV を経時的に求め、その反応態度を他の臨床データと比較し運動時 SV 測定 of 臨床的意義につき検討した。

### I 対 象

運動負荷試験 (運動負荷) を施行し同時に CO を測定した虚血心は102名で、このうち次の条件を満たすものを対象とした。①男性、②30 Watt (W) 以上の運動が可能、③運動中 1mm 以上の虚血型 ST-T 下降を認める、④安静時に心不全症状を認めない。以上より心筋梗塞53名、労作性狭心症10名、計63名 (54±11歳) を虚血群とした。なお、臨床的に明らかな心肺疾患を有せず、安静時および運動時心電図で著変を認めない男性25名 (41±14歳) を非虚血群とした。

## II 方 法

仰臥位安静 5~10分後, 仰臥位エルゴメーターを用い 15W から始め, 以後3分ごとに 15W ずつ負荷量を増した。CO は色素希釈法 (イアピース法) で, 血圧は聴診法で測定した。心電図は12誘導を記録しこれから心拍数 (HR) を求めた。これらはいずれも各 stage の終了時に測定, 記録し血行動態指標として平均血圧 (mBP), double product (DP), 心係数 (CI), 1回心拍出係数 (SVI), 末梢血管抵抗係数 (TVRI) を求めた。end point は非虚血群は全例 60W とし, 一方虚血群は安静時に比べ ST が 1mm 以上虚血型下降を示した時点とした。虚血群の end point は全例 60W 以下であった。なお, 運動負荷の前後1週間以内に, 虚血群31名に冠動脈造影 (CAG), 左室造影 (LVG) を行った。CAG は Sones の方法で, 左冠動脈は RAO 30°, LAO 60°, cranio-caudal の3方向, 右冠動脈は LAO 60°, RAO 30° の2方向で撮影し, 主要冠動脈の75%以上の狭窄を有意狭窄とした。LVG はRAO 30°, LAO 60° で撮影し, AHA 分類に従い左室壁を7つの segment に区分し asynergy の程度を hypo, non, dys, aneurysmal の4段階で評価した。

## III 結 果

個々の症例について安静時から end point までSVI を経時的にプロットすると (図1) 4型に大別された。I型は運動の増加に伴い増加するもの (I a), 途中から変化しないもの (I b), 途中から減少するもの (I c) の3つの subtype に分かれるが, いずれも安静時に比べて end point で増加するものである。II型は安静時, 運動中ともに不変, III型は途中から減少するもの, IV型は運動に伴い減少するもの。すなわち, III型, IV型は安静時に比べ end point で減少するものである。全症例を型別に分類すると (表1), 虚血群はI型21名, II型15名, III型7名, IV型20名で, 非虚血群はI型12名, II型13名でIII型, IV型を示す症例はなかった。以上の結果より, 以後I型, II型を正常反応型 (N type), III型, IV型を異常反応型 (A type) とする。虚血群を N type と A type に分け安静時心電図 (心筋梗塞の有無, 梗塞部位, QS 型の有無, 異常

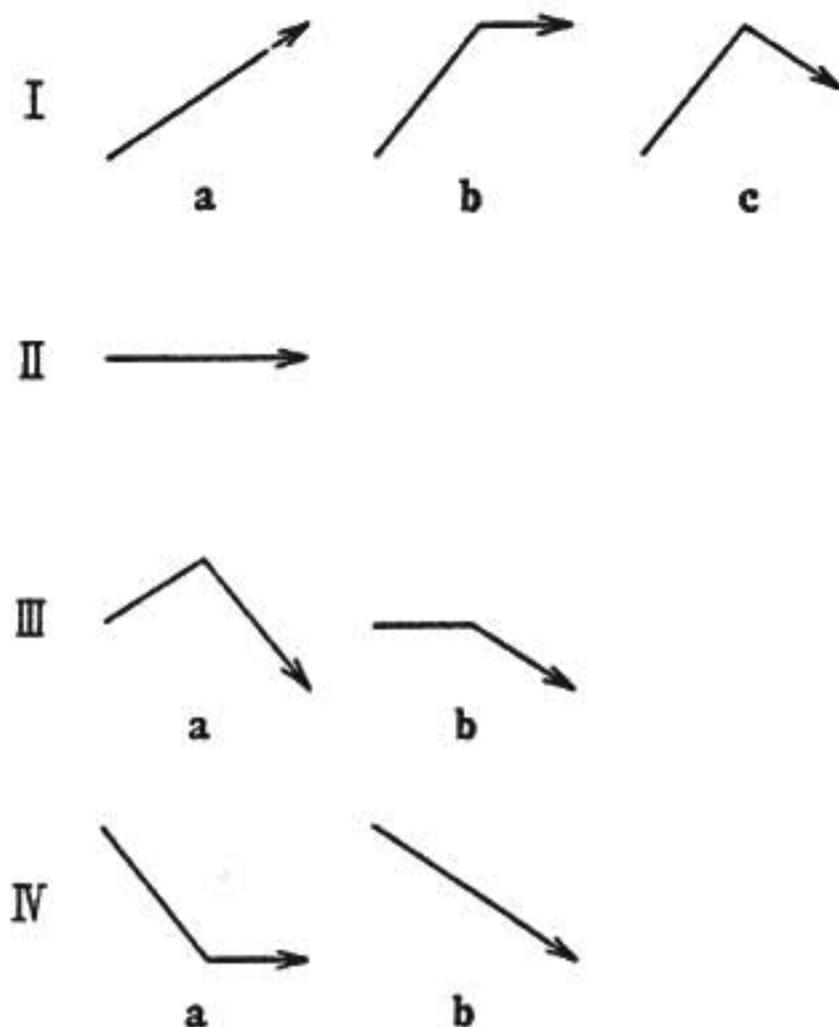


図1 Scheme of SVI changes during exercise

表1 Response type and the number of patients with or without IHD

	IHD	non IHD
a	2	2
I b	6	8
c	13	2
II	15	13
I + II	36	25
III a	3	0
b	4	0
IV a	7	0
b	13	0
III + IV	27	0

Q, R波減高がみられる誘導数, ST 低下の総和) の差異について, さらに安静時血行動態 (mBP, HR, DP, CI, SVI, TVRI) の差異を検討したが, いずれも差は認めなかった。運動負荷の4日前から試験当日まで, 同じ薬剤を服用していた症例について, 5種類の薬剤 (ISDN, カルシウム拮抗剤,  $\beta$  ブロッカー, ジピリダモールないしトラピジル, ワーファリンないしアスピリン) に関し両 type 間でその服薬率に差があるかどうか検討したが, いずれにも差を認めなかった。

虚血群で運動時 ST が 2 mm 以上下降した N type 13名, A type 11名について ST 低下の程度を比較した (図 2). ST 低下の程度を示す指標として, ST 低下を認めた誘導数に ST 低下の総和を乗じ, それを運動時間で除し基準化したものを用いた. その結果, A type は N type に比べ ST 低下の程度が有意に大きかった ( $p < 0.005$ ). CAG による狭窄枝数と型

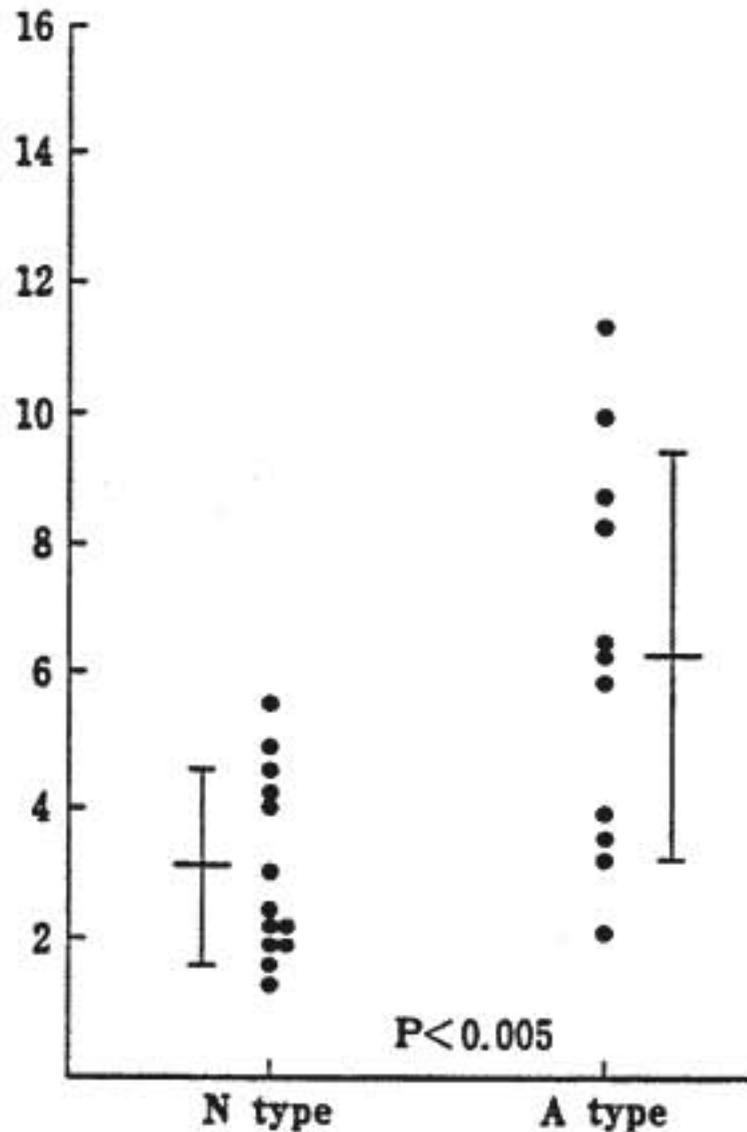


図 2 Response type and ST depression

の関係をみると (図 3, 右), I 型では多枝狭窄例はなく, 一方 IV 型は全例 1 枝以上の狭窄を有していた. LVG で asynergy が認められた segment の数と各型の関係をみると (図 3 左), III 型, IV 型を示す症例は全例 2 つ以上の segment に asynergy がみられた. 一方, I 型, II 型 16 名中 7 名に 2 つ以上の segment に asynergy が認められた. すなわち, 2 つ以上の segment に asynergy を認めても運動すると N type を示す症例と A type を示す症例とがあった. A type を示した 6 名に 3~10 日間 ISDN を内服投与し同様の運動負荷試験を行ったところ, 5 名が N type となった. この 5 名の asynergy はいずれも hypokinesis ないしは non で, 残りの 1 名のそれは aneurysmal であった.

#### IV 考 案

虚血群の 17 名に心臓カテーテル中ほぼ同時に熱希釈法とイアピース法で CO を測定した結果, 両法による CO は良好な相関 ( $r = 0.92, p < 0.001$ ) を認め, イアピース法による CO は信頼性があると考えた. しかし, 熱希釈法および Fick 法でも約 10% 程度の測定誤差は免れないといわれており, 今回 SVI の型分類を行うときは  $\pm 10\%$  以上の差を有意として増減を判定した. また, 初回運動負荷から 1~2 週後, 非虚血群の 5 名に同様の検査を行い型の再現性を検討した. 2 回目も全例 N type を示し再現性は良好と考えた.

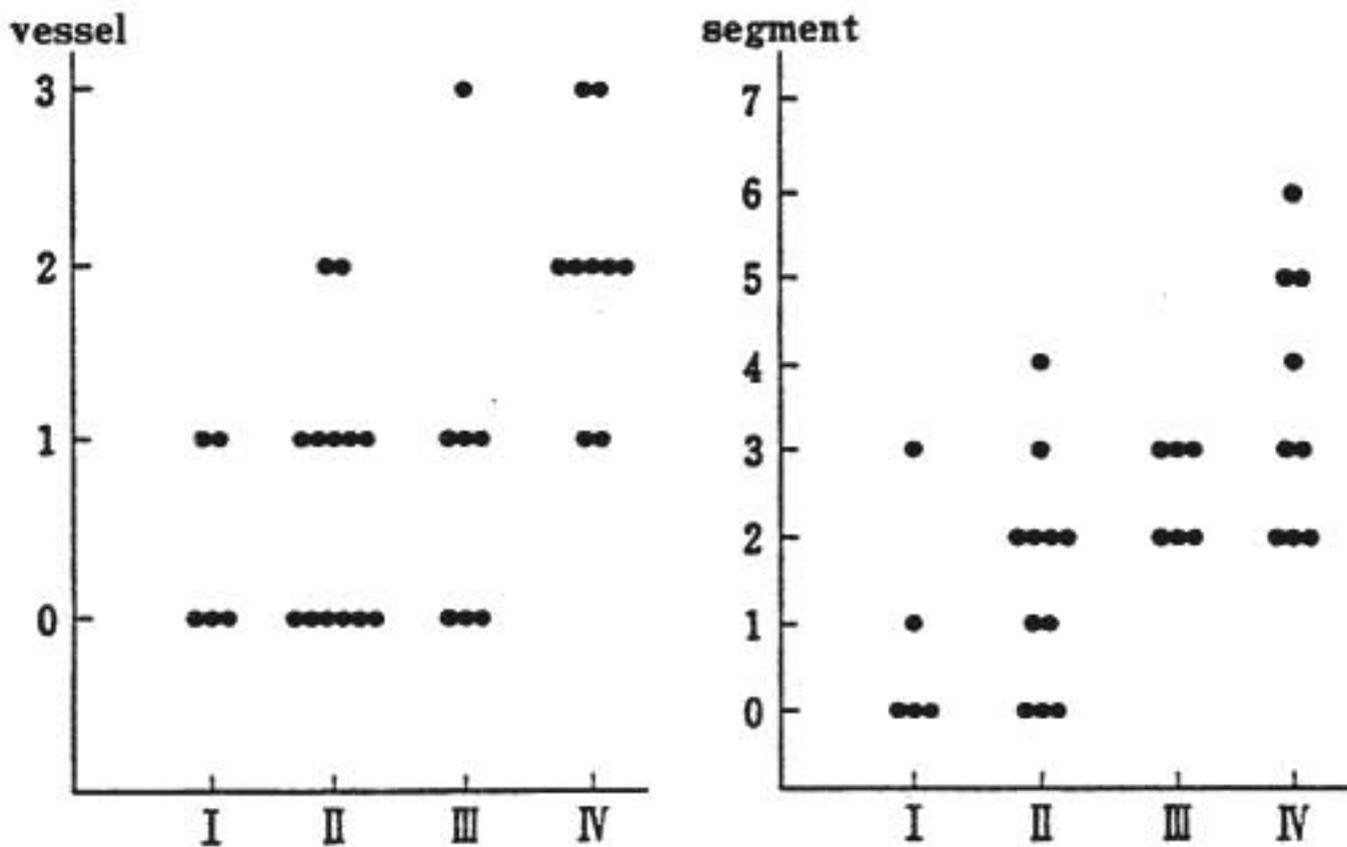


図 3 Stenotic coronary artery

Abnormal wall motion

虚血心では運動に伴い左室拡張末期圧が上昇し, 狭窄枝数が多いほどその上昇が著しいという報告がある<sup>12)</sup>. 左室拡張末期圧の上昇は左室 compliance の低下に起因し, 結果的に CO, SV の減少をもたらす<sup>3-7)</sup>. しかし, 今回の検討では狭窄が認められないのに左室壁の動きが悪い症例があり, したがって左室 compliance に直接関連するのは狭窄枝よりも左室壁運動と考え, 反応型と asynergy の関連性を検討した. そしてⅢ型およびⅣ型を示す症例, すなわち A type は2つ以上の segment に asynergy を認めるという結果を得た. 一方, 2つ以上の segment に asynergy を認めても運動すると N type を示す症例がある. N type を示す症例は狭窄枝が0~1枝と少なく, かつ側副血行路の発達がみられ asynergy の程度も hypo がほとんどで aneurysmal で示される重症の asynergy はみられなかった. このことは運動に際し冠血流量はあまり減少せず, したがって健全心筋は十分に血液供給を受けるので運動時に代償する, もしくは新たに asynergy が生じる可能性が少ないと思われる. また asynergy の程度も軽いのでその部の動きが運動中変わらないとすれば血行動態上ほとんど影響をおよぼさないとも考えられる. Upton ら<sup>11)</sup>によれば1枝狭窄例に運動を行うと56%に新たに asynergy が生ずる. 今回の検討では1枝以上の狭窄例で異常反応型を示すものは63%でその比率が似ていることから異常反応型の症例は運動時に新たな asynergy が生じている可能性もある. 近年, ISDN により安静時および運動時の asynergy が改善されるという報告が多く<sup>9-13)</sup>, このような asynergy は A-C バイパス術により改善される可能性が大きいといわれている<sup>11)</sup>. また, 心電図の Q 波に相当する部位の asynergy<sup>14)</sup> あるいは dys は ISDN によって改善しにくい<sup>9)</sup>が hypo はよく改善するといわれている<sup>9)12)13)</sup>. 今回の結果も同様で ISDN 投与後 N type を示した症例はいずれも hypo ないしは non と軽症の asynergy で, 一方, ISDN 投与後も A type を示した症例は aneurysmal で示される重症な asynergy を有していた.

## ま と め

運動時の1回心拍出係数を測定することにより asynergy の程度が推測でき, さらに ISDN 投与前後で

比較すれば asynergy の状態がより詳細に分析できる可能性が示唆された.

## 文 献

- 1) Martin C. M., et al. : Maximal treadmill exercise electrocardiography. Correlations with coronary arteriography and left ventricular hemodynamics. *Circulation* 46 : 956, 1972.
- 2) McConahay D. R., et al. : Postexercise electrocardiography; correlations with coronary arteriography and left ventricular hemodynamics. *Am. J. Cardiol.* 28 : 1, 1971.
- 3) Cohen L. S., et al. : Hemodynamic studies during angina pectoris. *Circulation* 31 : 409, 1965.
- 4) McCans J. L., et al. : Left ventricular pressure-volume relationships during myocardial ischemia in man. *Circulation* 48 : 775, 1973.
- 5) Newman G. F. : Comparison of electrocardiographic and left ventricular functional changes during exercise. *Circulation* 62 : 1204, 1980.
- 6) Parker J. O., et al. : Temporal relationships of myocardial lactate metabolism, left ventricular function and S-T segment depression during angina precipitated by exercise. *Circulation* 40 : 97, 1969.
- 7) Wiener L., et al. : Left ventricular hemodynamics exercise-induced angina pectoris. *Circulation* 38 : 240, 1968.
- 8) Upton M. T., et al. : The reproducibility of radionuclide angiographic measurements of left ventricular function in normal subjects at rest and during exercise. *Circulation* 62 : 126, 1980.
- 9) Dumesnil J. G., et al. : Regional left ventricular wall dynamics before and after sublingual administration of nitroglycerin. *Am. J. Cardiol.* 36 : 419, 1975.
- 10) Harderson T., et al. : Prolonged salutary effects of isosorbide dinitrate and nitroglycerin ointment on regional left ventricular function. *Am. J. Cardiol.* 40 : 90, 1977.
- 11) Helfant R. H., et al. : Nitroglycerin to unmasked reversible asynergy. *Correlation*

- with post coronary bypass ventriculography. *Circulation* 50 : 108, 1974.
- 12) Henning H. H., et al. : Beneficial effects of nitroglycerin on abnormal ventricular wall motion at rest and during exercise in patients with previous myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* 37 : 623, 1976.
- 13) McAnulty J. H., et al. : Improvement in left ventricular wall motion following nitroglycerin. *Circulation* 51 : 140, 1975.
- 14) McDonald I. G., et al. : Analysis of left ventricular wall motion by reflection ultrasound. Application to assessment of myocardial function. *Circulation* 46 : 14, 1972.
- 15) Theroux P., et al. : Regional myocardial function in the conscious dog during acute coronary occlusion and responses to morphine, propranolol, nitroglycerin, and lidocaine. *Circulation* 53 : 302, 1976.
- 16) Banka V. S., et al. : Determinants of reversible asynergy. Effect of pathologic Q waves, coronary collaterals, and anatomic location. *Circulation* 50 : 714, 1974.

## 等尺性負荷試験による心機能評価

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

丹羽 明 博\* . 白 井 隆 則\*

中 村 滋\* . 辻 林 隆\* . 谷 口 興 一\*

循環器領域で試みられる等尺性負荷試験はマスター2階段や自転車エルゴメーターなどの動的負荷試験に比して、心筋酸素消費量は小であるため、胸痛の発現や心電図上の虚血性変化が出現し難く、虚血性心疾患の診断には不適といわれている。しかしながら、等尺性負荷では著しい血圧上昇が認められ確実に後負荷の増しが得られる<sup>1)</sup>ため、負荷に伴う心血管系の反応を検討することにより心機能評価が可能であると考えられている<sup>2)</sup>。

今回は虚血性心疾患を中心に負荷中の循環諸指標を測定して、健常人の血圧および心拍数の推移と比較し、等尺性負荷による心機能評価の有用性について検討した。

### I 対象および方法

対象は胸痛の精査を目的として当科に入院した男37例、女4例の計41例、年齢は $53.1 \pm 6.8$ 歳である。疾患のうちわけは陳旧性心筋梗塞(以下 OMI) 25例と狭心症16例である。対照は $27.3 \pm 4.2$ 歳の若年健常男

子8例である。負荷の方法は当教室考案の定滑車重量負荷法<sup>3)</sup>、臥位にて最大握力の50%に相当する重量の錘を3分間左手にて保持する方法である。疾患群に対しては左右心カテーテル時に定滑車重量負荷を施行し、心内圧と心拍数は負荷前、負荷中および負荷後6分まで1分ごとに記録し、心拍出量はcuvetteによる色素稀釈法にて測定した。健常群では負荷後6分まで非観血的に血圧と心拍数を1分ごとに測定した。疾患群に対しては負荷前と負荷3分時に第1斜位30°にて左室造影を施行した。AHAの方法にしたがい左室を5分画にわけてプランニメーターにより各区画の面積を計測し、(拡張終期面積-収縮終期面積)/拡張終期面積をregional fraction(以下 RF)としてregional wall motionを検討した。検討例は期外収縮および造影の不明瞭な例を除外した。冠動脈病変例15例、非冠動脈病変例4例の19例である。

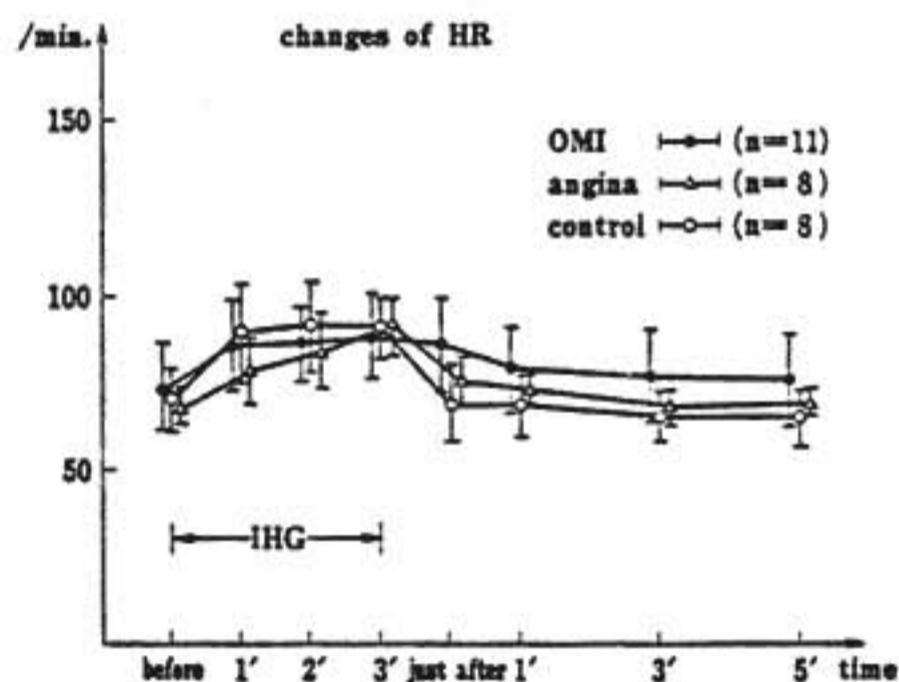
統計学的処理はpaired t検定を用い、冠動脈病変に関する検討はnon-paired t検定により行った。

\* 東京医科歯科大学医学部 第二内科

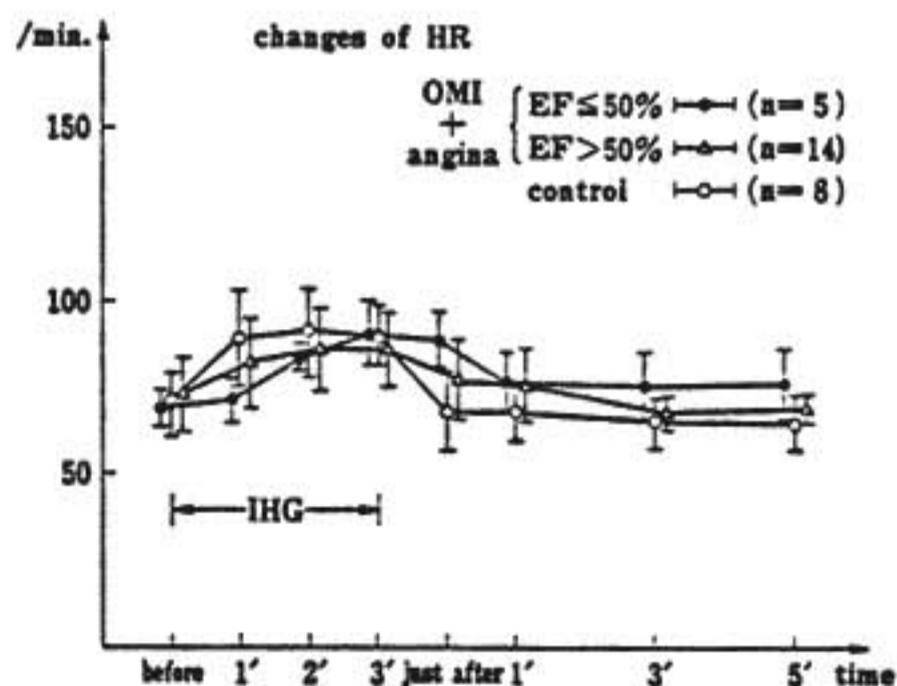
## II 結 果

① 心拍数：健常群については負荷1分で有意な増加を示し、その後はほぼ一定となり、負荷直後には速やかに負荷前値に復した。これに対して狭心症群では、負荷3分まで徐々に増加し、回復過程については負荷後3分ではじめて負荷前値に復した。OMI群においては健常群と同様に負荷1分で増加し、その後負荷直後まで負荷前値に比して一定の持続した高い値を示した(図1A)。

つぎに虚血性心疾患群を左室造影により求めた左室駆出率(以下EF)50%以下のEF低下群と50%以上のEF正常群にわけて検討した。EF低下群では負荷1~3分にかけて徐々に増加し、しかも、回復過



(A) OMI・angina, control 群における心拍数の推移



(B) 心機能正常群 (EF>50%)・低下群 (EF≤50%) control 群における心拍数の推移。

説明は本文参照。グラフは mean ± S. E.

図 1

程はきわめて遅延し、負荷後5分経過しても高値を示していた。EF正常群では負荷1~3分はほぼプラトーであり、負荷直後の値はEF低下群と健常群の中間に位置しており、負荷1分後に前値に復した(図1B)。

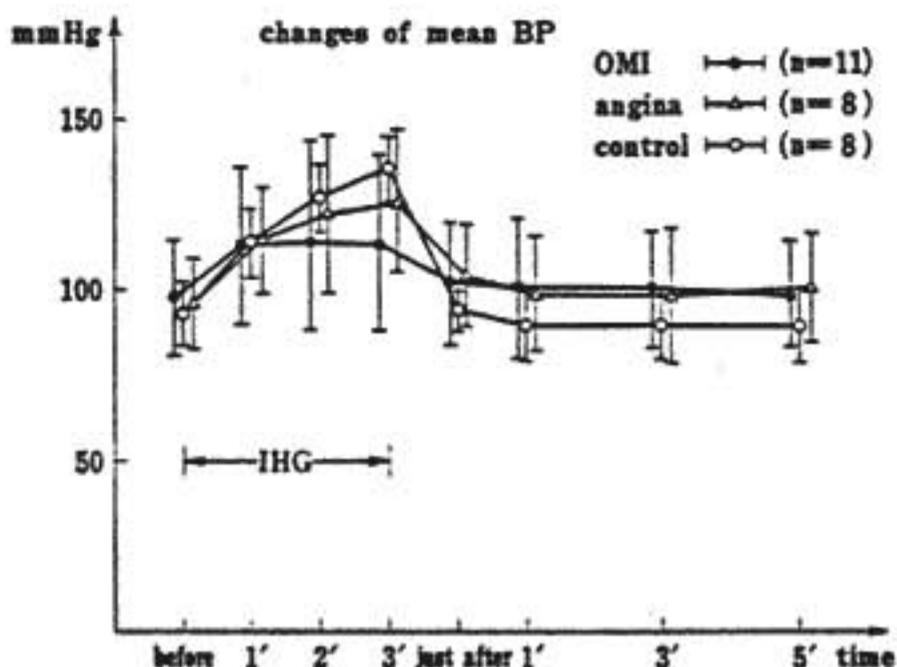
② 平均血圧：健常群では負荷1分から3分に至るまで上昇し続けるが、負荷直後には負荷前値に復した。これに対してOMI群では負荷1分で有意な上昇を示すが、1~3分の間では血圧の上昇は認めなかった。回復過程については、負荷直後は負荷前値に比し有意に高く、負荷後1分で負荷前値に復した。狭心症群においては、健常群とOMI群の中間のパターンを示し、回復過程はOMI群と同様であった(図2A)。

EF低下群では負荷1~3分の血圧上昇は認められず、負荷後1分において負荷前値に回復した。EF正常群では健常群とEF低下群の中間のパターンを示した(図2B)。

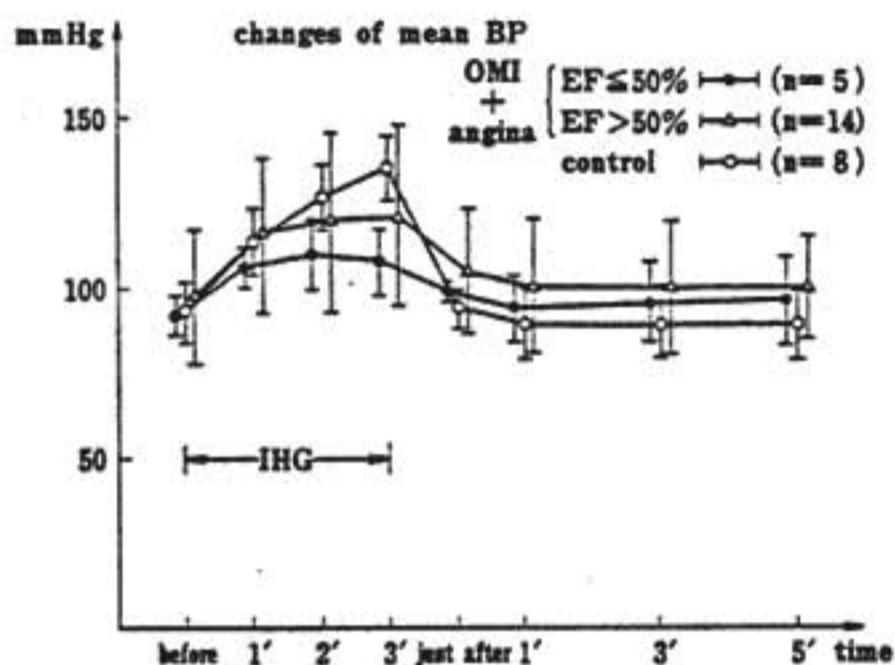
③ 循環動態：肺動脈拡張終期圧(PAd)と心拍出係数(CI)の負荷前値と負荷3分時の変化について検討した。OMI群においてはPAdは10.9より15.9 mmHg, CIは2.6から3.2 l/min/m<sup>2</sup>といずれも有意な増加を認めた。狭心症群においても同様にPAdは9.1より15.1 mmHg, CIは2.5から2.9 l/min/m<sup>2</sup>と増加を示し両群のパターンには差異はみられなかった(図3A)。

つぎにEF正常群と低下群とに関して左室拡張終期圧(LVEDP)とCIの動態を検討した。LVEDPについてはEF正常群では18.6から23.3 mmHg, EF低下群では19.4から27.3 mmHgと両群とも負荷3分時に有意な上昇を認めたが、変化の程度については、EF低下群が大となる傾向がみられた。CIに関してはEF正常群では2.9より3.2 l/min/m<sup>2</sup>と有意な増加を示したが、EF低下群では負荷前2.7 l/min/m<sup>2</sup>, 負荷3分時2.7 l/min/m<sup>2</sup>と変化はみられなかった(図3B)。

④ Regional Wall Motion：安静時において冠動脈病変(+)群が(-)群に比して有意な低下を示した部位はApical areaのみであった。これに対して負荷3分時にはAnterolateral, ApicalおよびPosterobasalの3区画にRFの低下を認めた。一枝病変例と多枝病変例の間には差異は認められなかった(図4)。



(A) OMI・angina, control 群における平均血圧の推移



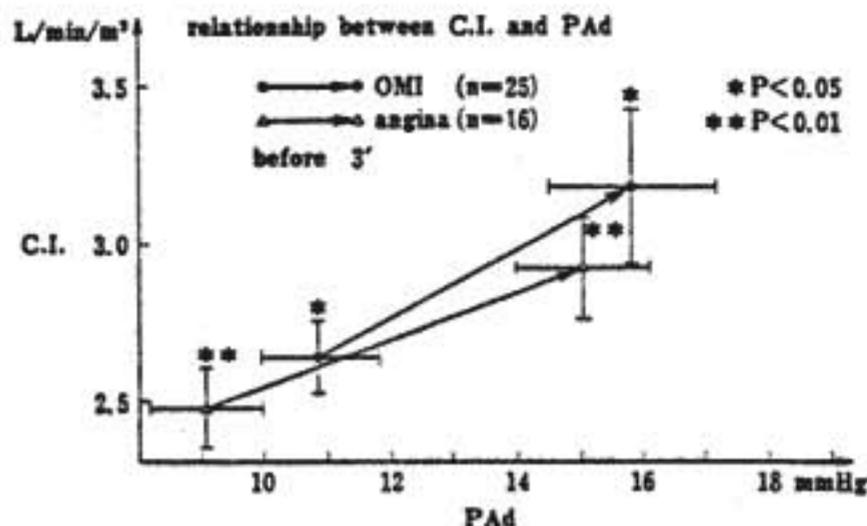
(B) 心機能正常群 (EF>50%)・低下群 (EF<=50%)・control 群における平均血圧の推移。説明は本文参照。グラフは mean ± S. E.

図 2

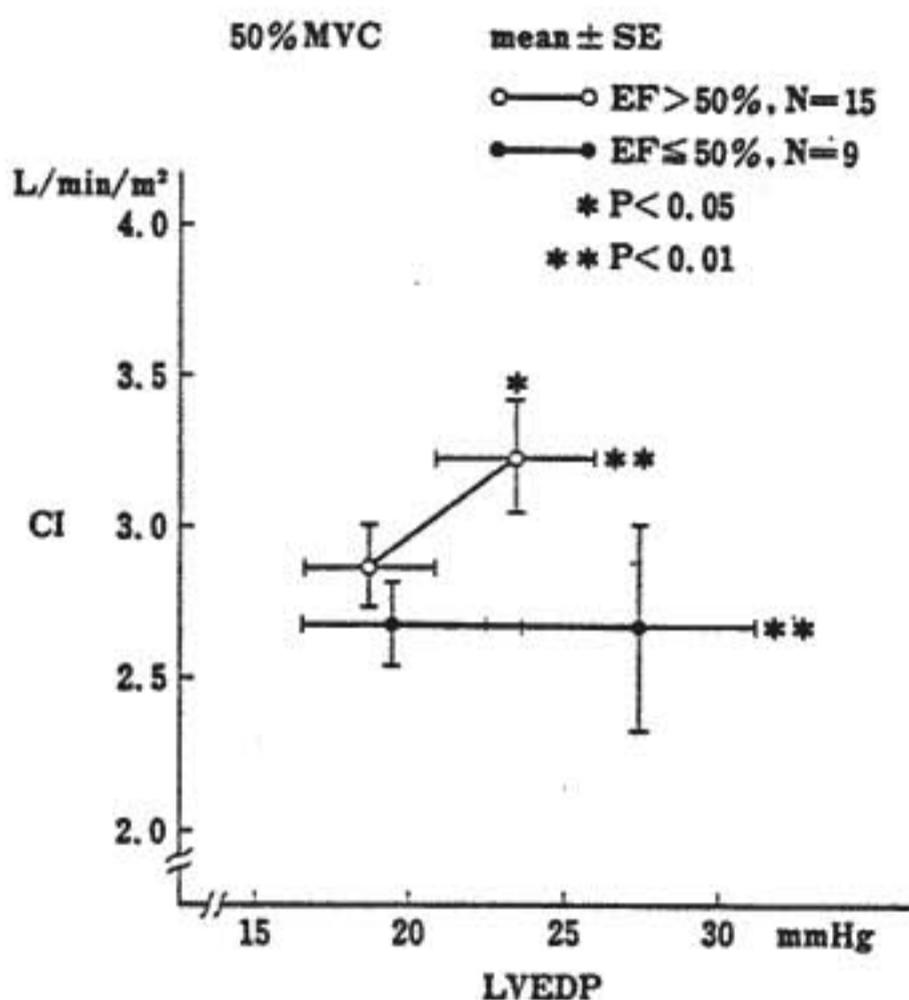
### III 考 察

定滑車重量負荷法は通常の等尺性負荷のもつ欠点、すなわち、負荷量の恒常性が得られ難く、Valsalva 効果が出現しやすいという点を改善した方法であり、負荷中の血行動態諸量の測定が容易であるため、日常、臨床応用している方法である<sup>15)</sup>。

一般に等尺性負荷では心拍数の上昇より血圧の上昇が著しく、また負荷終了後は急速に負荷前値に復るといわれている<sup>16)</sup>。健常群における心拍数と血圧の推移をみると、心拍数の増加は負荷1分のみであるが、血圧は負荷を通して増加し続け、負荷直後、すなわち、10~20秒後には負荷前値に復した。これに対してOMI群では血圧の増加は負荷1~3分ではみられなかった。



(A)



(B)

図 3 前負荷と心拍出係数 (CI) の推移

(A) OMI 群と angina 群での比較。(B) 心機能正常群 (EF>50%) と低下群 (EF<=50%) における比較。説明は本文参照。

EF 低下例においても負荷中の血圧上昇は認めず、心拍数は徐々に増加して健常群とは対照的な推移を示した。EF 正常群では健常群と EF 低下群との中間の動きを示した。したがって、心機能低下群では負荷に対して血圧上昇で反応するのではなく、心拍数の増加で対応することが示された。回復期の動態をみると、心機能低下群では血圧・心拍数ともに回復遅延が認められた。

EF 低下群と正常群について、PAd ないし LVEDP と CI の関係を見ると、前負荷の増しは EF 低下群

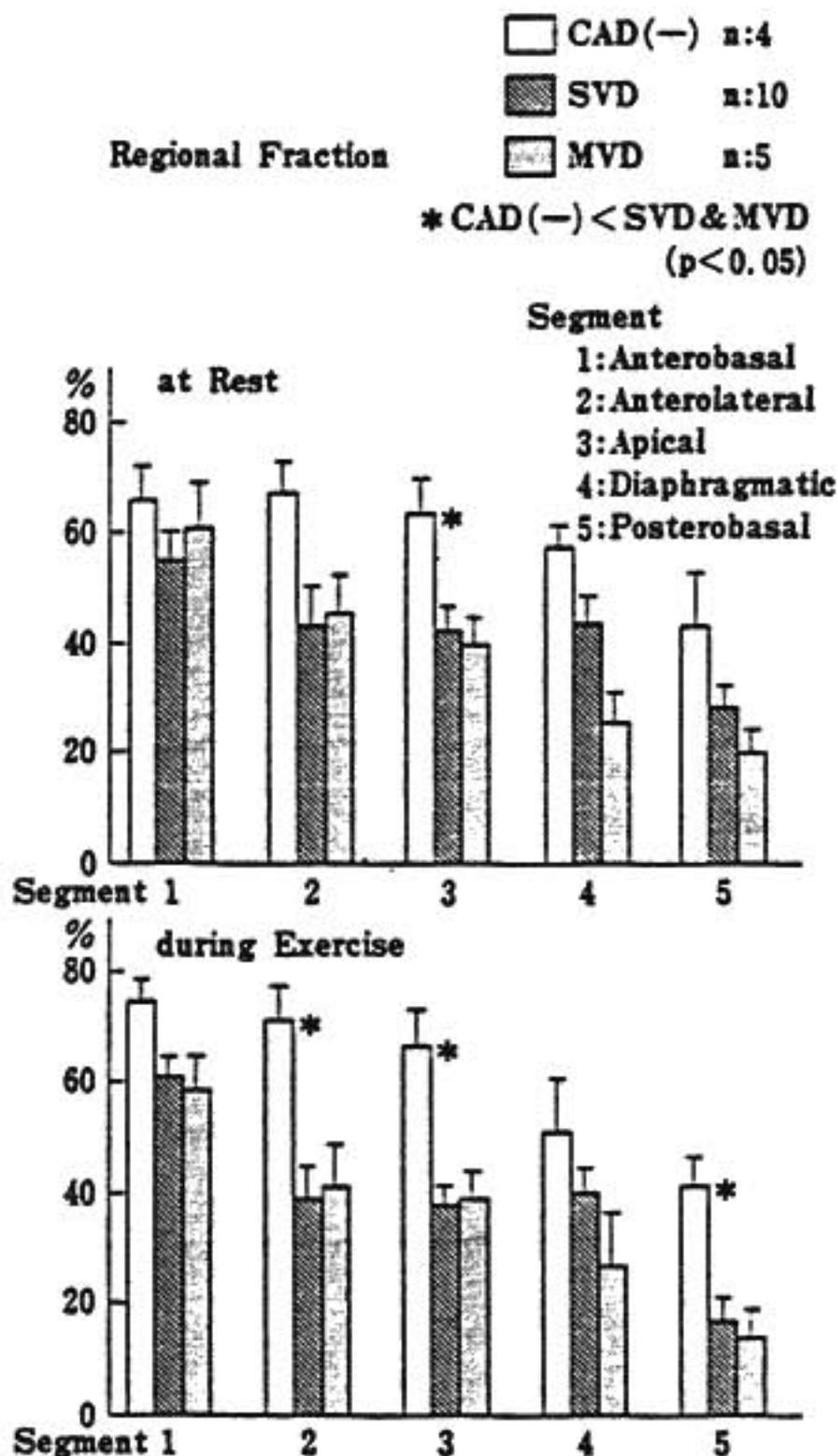


図4 負荷前と負荷中における regional wall motion  
 負荷中において冠病変(-)群(CAD(-))と冠病変(+)  
 群との間の差異を呈する segment は増加する。  
 SVD: 一枝病変, MVD: 多枝病変

で大となる傾向を認め, CI は EF 正常群で増大した, 心拍数の変化は EF 正常群で小であることを考えると, この CI 増加は心収縮能の増しが大きく関与していることが示唆される。通常, 等尺性負荷に対して健常群では主として心収縮力の増大で, 心機能低下群では主として Frank-Starling 効果で対応するといわれている<sup>27)</sup>。本研究においても疾患別の差異はみられなかったが, EF で分類した心機能正常群と低下群で

は反応態度に相違がみられた。

左室収縮動態に関しては, EF は健常群では増大, 冠疾患群では不変ないし低下<sup>28)</sup>といわれており, また, 拡張動態も異なることが指摘されている<sup>29)</sup>。著者らも冠疾患群では拡張動態が異なることを報告した<sup>10)</sup>。左室 regional wall motion に関する報告は少ないが, Krayenbuehl ら<sup>30)</sup>は等尺性負荷は異常収縮を誘発しやすいと述べており, 今回の検討でも RF の低下が顕著となり, 左室 Asynergy の評価に有用であることが示された。

## ま と め

健常群と虚血性心疾患群に対し, 定滑車重量負荷を施行し, 心機能評価に対する有用性を検討した。1) 血圧と心拍数は両群で異なる推移を示した。2) 等尺性負荷に対し健常群では主として心収縮能の増大で, 疾患群では前負荷の増しで対応する。3) regional wall motion の異常が誘発されやすい。4) 以上より, 定滑車重量負荷では, スクリーニングから wall motion の評価まで, ある程度の心機能評価が可能であると考えられる。

## 文 献

- 1) Lind A. R. : Circulation 41 : 173, 1970.
- 2) Helfant R. H., et al. : Circulation 44 : 982, 1974.
- 3) 谷口興一 : 臨床成人病 4 : 987, 1974.
- 4) 藤原秀臣, 他 : 心臓 10 : 791, 1978.
- 5) 丹羽明博, 他 : 最新医学 38 : 178, 1983.
- 6) Bruce R. A., et al. : Clin. Sci. 34 : 29, 1968.
- 7) Miyazawa K., et al. : Tohoku J. Exp. Med. 130 : 63, 1980.
- 8) Reduto L. A., et al. : Circulation 63 : 1228, 1981.
- 9) Krayenbuehl H. P., et al. : Am. J. Cardiol. 35 : 785, 1975.
- 10) Niwa A., et al. : Jpn. Circul. J. 46 : 784, 1982.

# 心筋梗塞急性期の低レベル運動試験の有用性

——心機能との対比——

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

宗 像 一 雄\* · 金 沢 正 邦\*

畑 典 武\* · 岸 田 浩\* · 早 川 弘 一\*

心筋梗塞例における低レベル運動試験の臨床的有用性、特に左心機能評価に有用であるかどうかを検討した。

## I 対象と方法

対象は、心筋梗塞発作にて日本医大CCUに収容され、発作後1～2カ月の時点にて低レベル運動試験を実施し、かつその前後2週以内に冠動脈造影、左室造影を含む心臓カテーテル検査を受けた30例(男25例、女5例、33～67歳、 $56.5 \pm 10.7$ 歳)である。心電図より判定した梗塞部位は、前壁(中隔)9例、前側壁6例、側壁1例、下側壁1例、下壁12例、心内膜下1例である。

低レベル運動試験は、アビオニックス社製E-20B型を使用したトレッドミル法により実施。II・V<sub>1</sub>・V<sub>5</sub>誘導の心電図を連続記録し、血圧を1～3分ごとにマンシェット法にて測定した。運動試験のプロトコールは、ベルト速度を時速2.7kmと一定とし、角度のみを3分ごとに6段階(0%、2%、5%、7.5%、11%、14%)に変化させる金沢らの方法に準じた。運動試験の中止理由は、①心拍数の過度の上昇(120/分以上)、②胸痛、③全身倦怠感、④下肢倦怠感、⑤息切れ、⑥早期出現の2.0mm以上のST低下、⑦血圧低下または急激な上昇、⑧重症不整脈、⑨めまいである。

低レベル運動試験の評価は、耐容時間、心拍数の変化、心電図変化、血圧変化、自覚症状より総合的に判定し、I=poor群、II=fair群、III=good群、IV=excellent群の4段階に分けた。

低レベル運動試験は、患者が300m以上の平地歩行が可能になった時点で実施され、発作後4週目、5

週目、6週目、7週目、8週目に行われた症例は、それぞれ8例、3例、5例、2例、8例で、8週以後のものも4例あった。なお、低レベル運動試験実施時期は、総合判定、耐容時間などの運動試験の結果には大きな影響を与えなかった。

冠動脈造影、左室造影、心内圧測定などを含む心臓カテーテル検査は、通常の方法により行ったが、今回は、左室造影所見より算出した駆出率と左室拡張末期圧(LVEDP)を使用した。

## II 結 果

(1) 中止理由：心拍数が120以上になり中止したのが14例で約半数あったが、うち5例でST変化を同時に認めた。胸痛にて中止したのが3例、全身倦怠感にて中止したのが1例だったが、この例では同時に血圧反応も異常であった。下肢倦怠感にて中止したのが6例、うち3例が同時に血圧、STに異常を認めた。息切れにて中止したのは今回の症例では1例もなかった。全プロトコールを完了したのは、30例中わずかに2例であった。また著明なST低下が早期に出現したため中止したのが3例あった。

(2) 運動耐容時間：中止理由のいかんにかかわらず運動試験中止までの運動耐容時間をみると、0～3分のstage 1にて中止したのが一番多く8例、3～6分のstage 2が7例、6～9分のstage 3が1例、9～12分のstage 4が5例、12～15分のstage 5が3例で、stage 6までいったものも30例中6例(20%)あった。

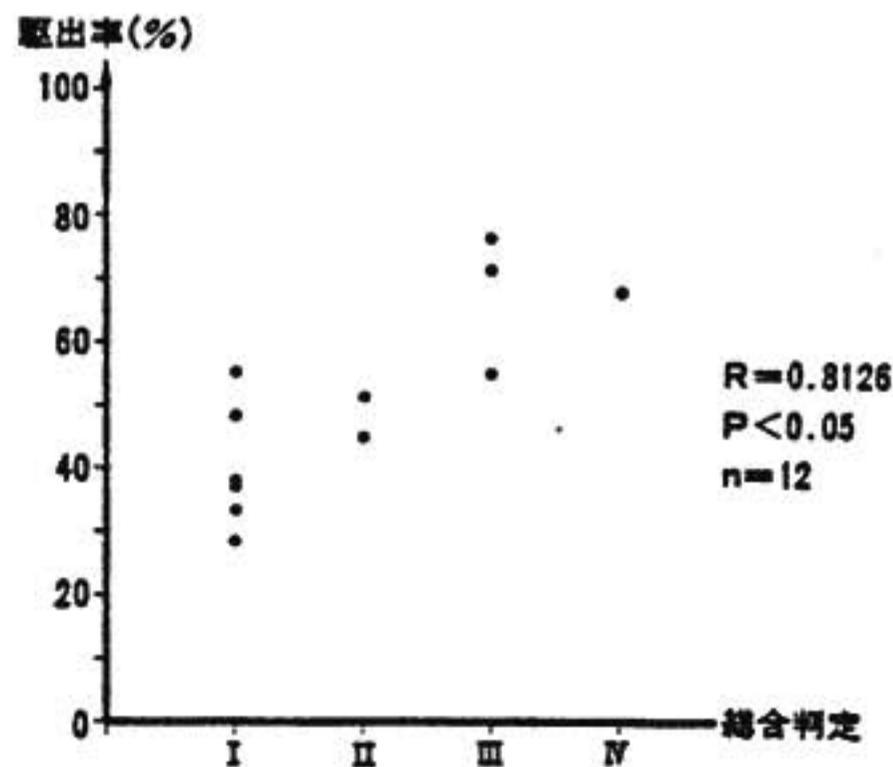
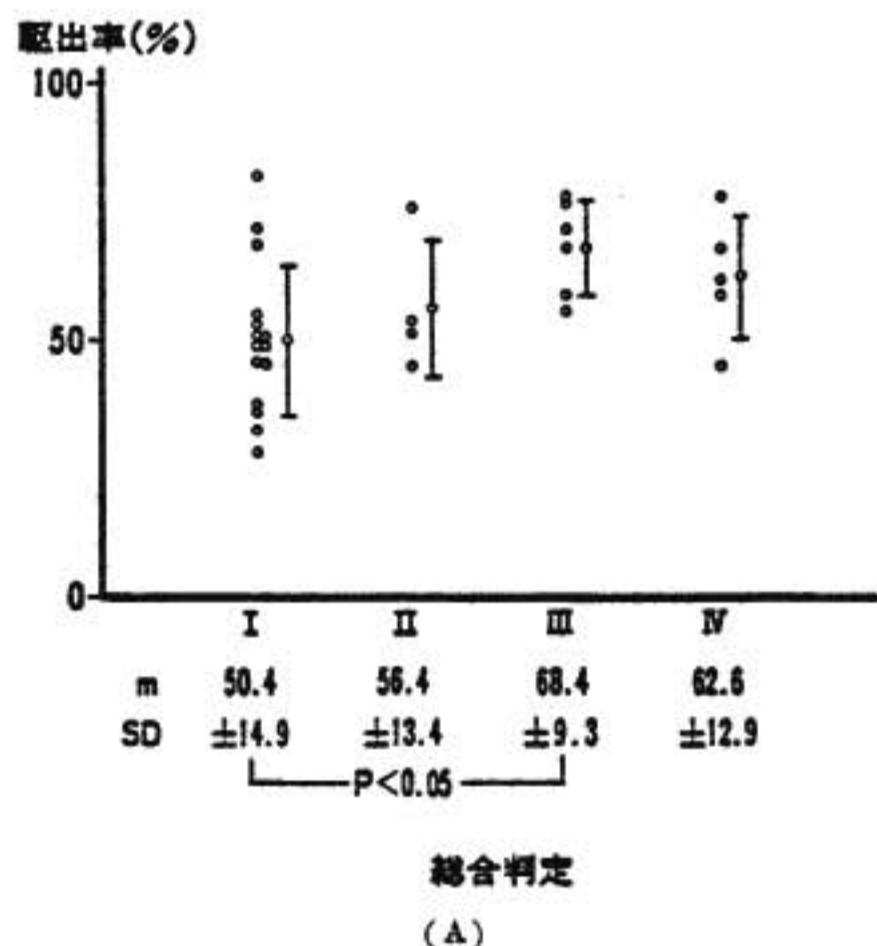
(3) 総合評価：I(poor)群は、15例で半数を占めた。II(fair)群、III(good)群、IV(excellent)群は、それぞれ4、6、5例で、IIIおよびIVの良好な反

応を示した例は11例で, 約1/3であった。

(4) 中止した stage と総合評価との関係: 両者はほぼ一致するが, 2例で stage より総合評価で悪く判定された。その理由は, 1例では血圧低下, ST低下を示したため, 他の1例では, 心拍数が100前後の時点で心室性期外収縮が多発したためである。

(5) 駆出率: 60%以上の正常例が11例で約1/3を占め, 軽度低下 (51~60%) 群9例, 中等度低下 (41~50%) 群6例, 著明低下 (40%以下) 群4例であった。

(6) 中止理由と駆出率との関係: おおのこの中止理由の群の症例数が少なく, 明瞭な関係は見いだせな



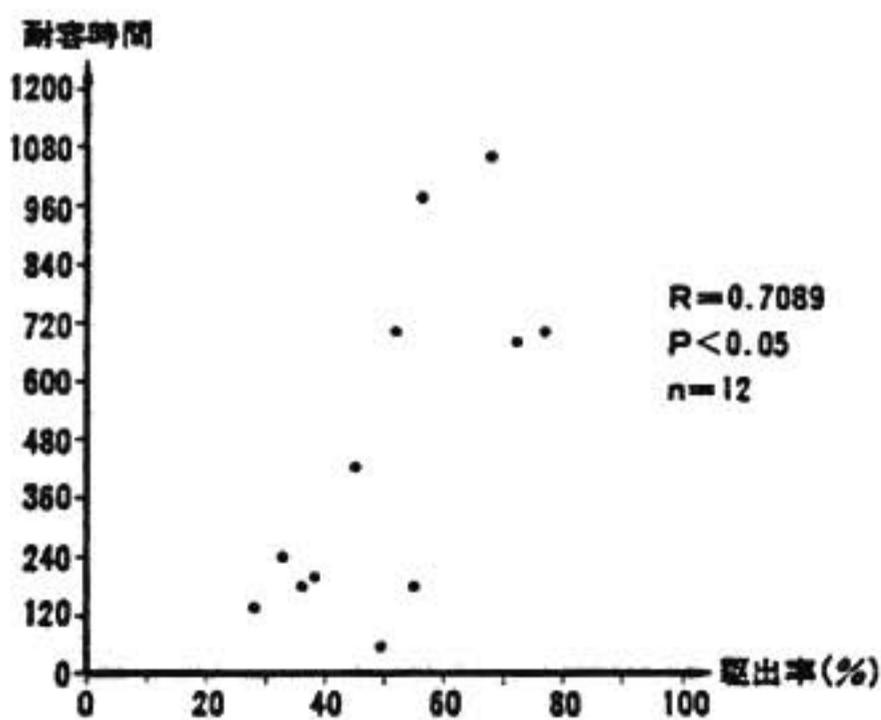
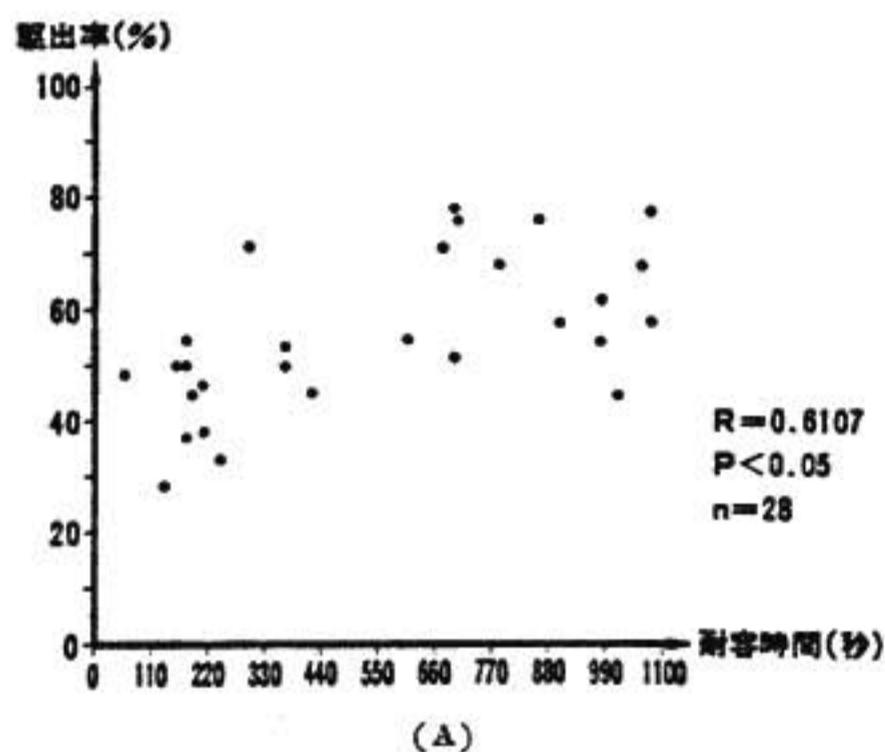
(B) 心拍数120により中止した群

図1 総合判定と駆出率

かったが, 心電図上 ST 上昇を呈した3例は, いずれも駆出率が40%以下の著明低下群であった。

(7) 総合評価と駆出率 (図1(A)): 総合評価の各群の駆出率は, I群で $50.4 \pm 14.9\%$ , II群で $56.4 \pm 13.4\%$ , III群で $68.4 \pm 9.3\%$ , IV群で $62.6 \pm 12.9\%$ でI群とIII群との間に有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。またI群15例中駆出率が50%以下の例は9例 (60%) であり, 特に40%以下の症例はすべてI群に含まれた。一方, 総合評価がIIからIVまでのもの15例では, 駆出率が50%以下のものは2例 (13%) のみであった ( $\chi^2 = 5.167$ ,  $p < 0.05$ )。

(8) 運動耐容時間と駆出率 (図2(A), (B)): 駆出率と運動耐容時間との関係, ベルトに乗った直後で運動開始前にすでに心拍数が増加した2例を除く28例で検討すると, 耐容時間と駆出率との間には, 有意



(B) 心拍数120以上にて中止した群

図2 運動耐容時間と駆出率

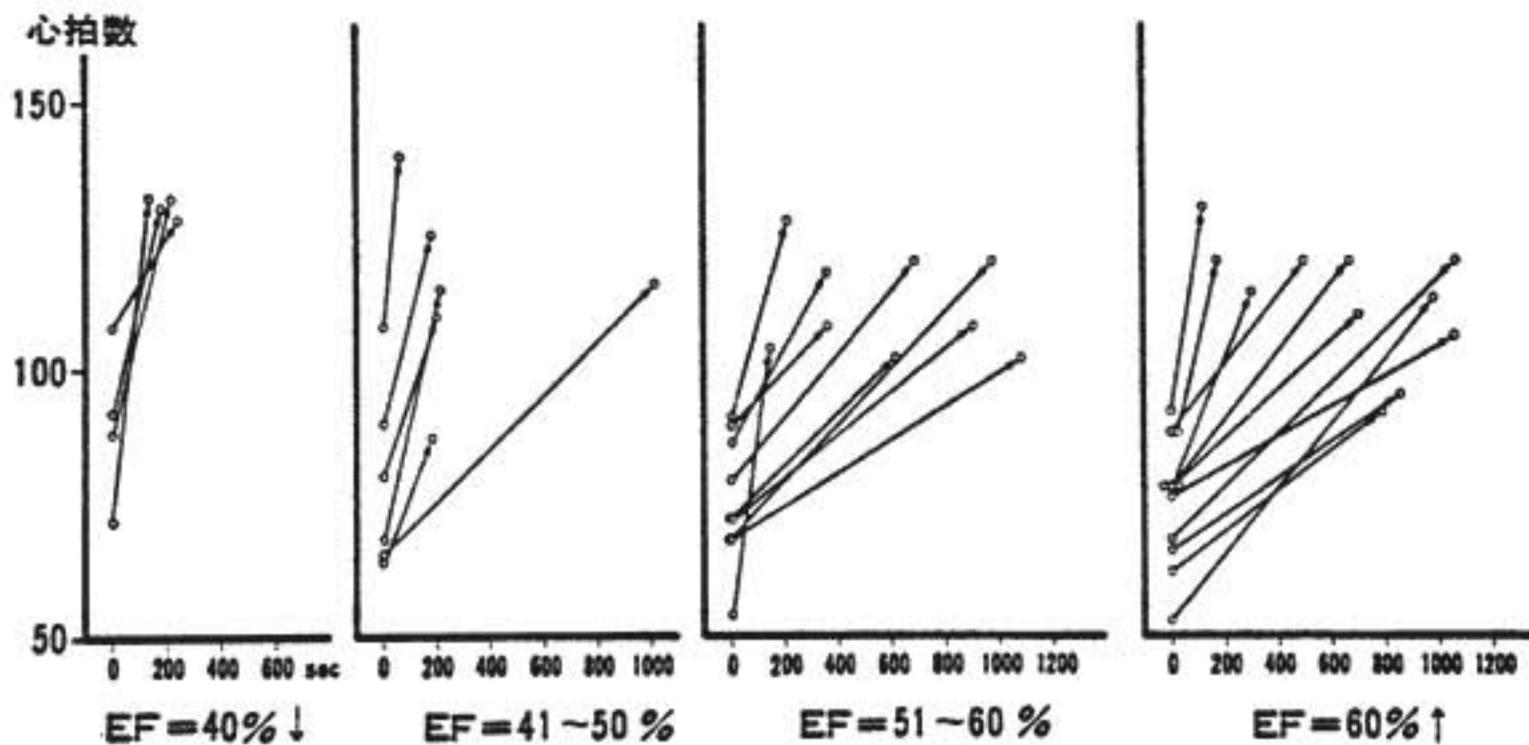


図3 心拍数反応と駆出率 (EF)

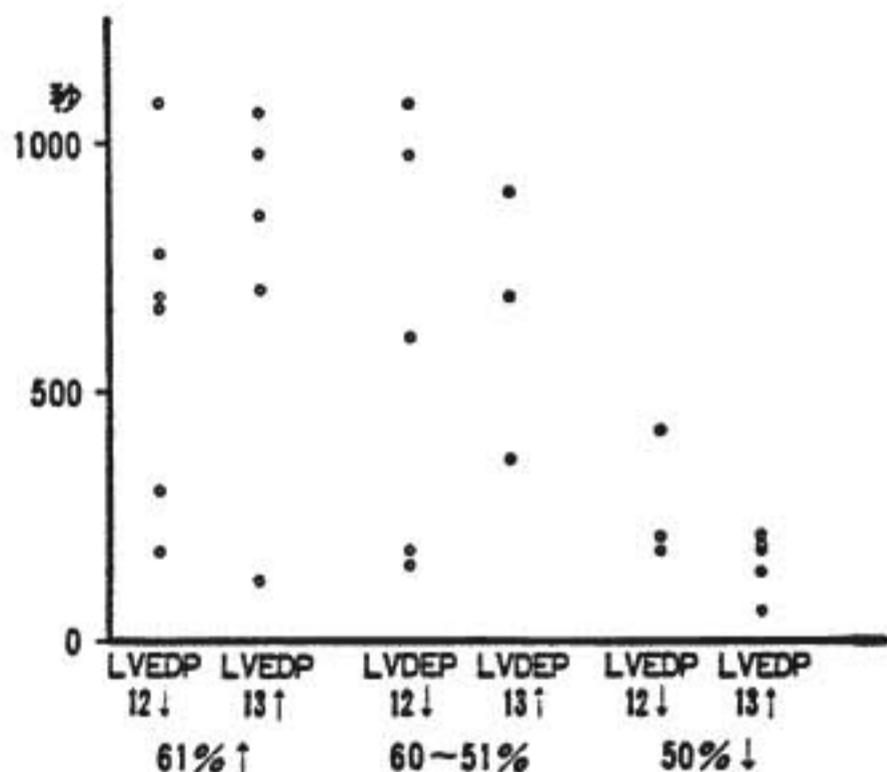


図4 駆出率 (EF)、左室拡張末期圧 (LVEDP) と運動耐容時間

の正の相関 ( $r=0.61, p<0.05$ ) があった。なお2例を加えても相関係数は0.4と低下するがまだなお有意であった。

特に心拍数が120/分以上になり中止した14例中前述の2例を除く12例で、運動耐容時間と駆出率との関係をみると、耐容時間と駆出率との間には、 $R=0.71$ で有意な ( $p<0.05$ ) 正の相関が認められ、耐容時間が長ければ長いほど駆出率が良好であった。またこの12例では、総合評価と駆出率との間 (図1(B)) にも有意の正の相関 ( $R=0.81, p<0.05$ ) があり、総合評価が良好なほど駆出率は大きであった。

(9) 心拍数反応と駆出率 (図3) : 駆出率著明低下群および中等度低下群では、心拍数の上昇が急峻であったのに対し、軽度低下群および正常群では、緩徐

であった。

(10) 運動耐容時間に及ぼす駆出率と左室拡張末期圧との影響 (図4) : 駆出率が51%以上のものでは、左室拡張末期圧の影響は明瞭ではなかったが、駆出率が50%未満のものでは、左室拡張末期圧が13 mmHg以上の例において、未満の例に比し、運動耐容時間が短い傾向が認められた。

### 結 語

心筋梗塞急性期に実施した低レベル運動試験の中止理由、総合評価、耐容時間と左室機能特に駆出率との関係を検討した結果、①中止理由と駆出率との間には、あまり明瞭な関係はなかったが、運動試験中 ST 上昇を呈したものの駆出率は、全例で40%以下で著明に低下していた。②総合判定と駆出率との間には有意の関係があり、総合判定が悪い例では、駆出率が低下していた③耐容時間と駆出率との間には有意な関係が認められ、耐容時間が長ければ長いほど駆出率は良好であった。④運動試験中の心拍数は、駆出率50%以下の中等度低下群及び40%以下の著明低下群で急峻であり、51%以上のものでは緩徐であった。⑤左室拡張末期圧は、駆出率が51%以上の例では、運動耐容時間にあまり影響を与えなかったが、50%以下の例では左室拡張末期圧上昇例では、運動耐容時間が短縮していた。

これらの結果は、心筋梗塞患者において、急性期の低レベル運動試験が左室機能評価の上で非観血的に実施可能な測定法になることを示唆しており、臨床上有用であることが判明した。

## 各種心疾患における運動時心機能の評価

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

杉下靖郎<sup>\*1</sup>・松田光生<sup>\*1</sup>鯉坂隆一<sup>\*1</sup>・飯田啓治<sup>\*1</sup>・飯田要<sup>\*1</sup>松本龍馬<sup>\*1</sup>・伊藤巖<sup>\*1</sup>・小関迪<sup>\*2</sup>

従来は運動負荷時の循環動態・心機能の検査は血圧・心拍出量程度であったが, 近年左心機能そのものに関する検査も行い得るようになった。運動負荷試験時の左心機能検査の目的は, 左心機能の予備力の評価にある。

## I 左心機能予備力の評価方法

左心機能は, 心筋収縮力, 前負荷, 後負荷の総合であるポンプ機能として現れる。そのような機械的(メカニカル)現象とその予備力を修飾するものとして, とくに運動時には神経体液性因子がある。

心機能検査法の原理は, 歴史的には, カテーテル法による圧測定, Fick 法・稀釈法による流量の測定, と来て, 近年は, X線造影法, 超音波心エコー図, 心プールシンチなど画像による方法が盛んになり, 駆出期の左室全体の指標とともに左室局所の機能も知られるようになった。

これら心機能測定法を運動負荷時に適用するには条件がある<sup>1)</sup>。それには, i) 再現性があること, ii) 測定者間の測定値の変動が小さいこと, iii) 負荷による値の変動がその測定法の誤差より大きいこと, iv) 負荷前後の指標の対比が可能であること, などが挙げられる。その意味では前述の各検査法が応用可能であるが, 非侵襲的方法が望まれるのは当然である。

神経体液性因子の評価には血中ノルエピネフリン(NE)濃度などが用いられる。

以下のわれわれの成績は, 各種心疾患患者について仰臥位自転車エルゴメータ運動負荷時の心エコー図<sup>2)</sup>, 心プールシンチ(狭心症例)<sup>3)</sup>を施行した結果である。心エコー図では心拍数100~110拍/分の軽量負荷にて, ポンプ機能の指標として Gibson 法<sup>4)</sup>による1回拍出量(SV); 駆出期指標として左室短縮率 fractional

shortening(FS)( $= (Dd - Ds) / Dd$ , Dd, Ds: 拡張終期, 収縮終期左室内径), 左室平均円周短縮速度  $\mu V_{cr}$ ( $= FS/ET$ , ET= 駆出時間); 前負荷の指標として Dd; 後負荷の指標として左室最高収縮期応力( $\sigma$ ) (Weiss<sup>5)</sup>の式によりエコー図と末梢血圧より求めた, 相対誤差<24%) ; を用いた<sup>6-9)</sup>, 心プールシンチでは駆出分画(EF)を求めた。

## II 左室疾患一般の左心機能予備力

a) ポンプ機能の予備力: 安静時には SV は健常者, 心疾患患者・軽症, 中等症, 重症(総合的判定による)(逆流例を除く)各群間に有意差はなかった。運動時に SV は重症例で低下, 他は不変であった。

b) 心筋収縮力の予備力: 安静時に, 重症群で  $\mu V_{cr}$ , FS 小,  $\sigma$  大以外に各群間に差はなかった。運動時に, 軽症群で  $\mu V_{cr}$  増加,  $\sigma$  不変; 中等症群で  $\mu V_{cr}$ ,  $\sigma$  ともに変動は少なく, 重症群で  $\mu V_{cr}$  減少,  $\sigma$  増加した。すなわち, 運動時の  $\mu V_{cr}$  の変化は, 後負荷の変化を加味した上で, 心筋収縮力予備力の指標となり得る<sup>7-10)</sup>。

c) 前負荷の予備力: Dd は, 健常者で, 安静時に正常範囲内にあり, 運動時に不変~減少傾向にあった。軽症群で, 安静時に正常範囲内, 運動時に不変~軽度増加した。中等症の多くは運動時増加した。重症の多くは, 安静時大きく, 運動時軽度増加した<sup>1)</sup>。軽症例にて運動負荷をさらに強くすると,  $\mu V_{cr}$  とともに Dd も増加した。

d) 拡張期機能: 健常者にて pVd は運動時増加し, 運動中止後3分にも持続した<sup>11)</sup>。pVd/pVs は運動時増加し, 拡張期弛緩速度増加のより強いことを示した<sup>12)</sup>。大動脈弁閉鎖不全などでは運動時 pVd の増加度は低かった。

\*1 筑波大学臨床医学系 内科 \*2 筑波記念病院

表1 左室疾患の重症度の表現

(r : 安静時, ex : 運動時)

Severity	Subject. Complaint		LV performance indices					
			Ejection Indices		Preload		Cardiac Output	
	r	ex	r	ex	r	ex	r	ex
normal	-	-	~	↑	~	~↓	~	↑
I	-	-	~	↑	~	~	~	↑
II	-	(+)	~	~↓	~↑	↑	~	↑
III	-	+	↓	↓↓	↑	↑	~	~
IV	+	/	↓↓	/	↑↑	/	↓	/

e) 左心機能およびその予備力の評価・表現:

表1に左室疾患の重症度の主観的および客観的表現をまとめる。重症度を便宜上I~IV度に区分する。IV度は高度重症で運動負荷不可能な例とする。自覚症状による表現は従来広く用いられる New York Heart Association 旧機能分類に相当する。客観的指標も安静時、運動時(軽量負荷)について表す。これよりみると、ポンプ機能は最後に障害され、他の因子がその代償をしている。駆出期指標、前負荷指標はより敏感に変化する。各指標においては、安静時よりも運動時の方が1段階早く変化する。自覚症状よりも早く変化する。運動負荷量を増すと、 $mV_{CF}$  は図1のごとく変化する。いずれも  $mV_{CF}$  の増加に限度があるが、そのレベルに差がある。これを前負荷が補うが、重症では前述のごとく Dd の運動時増加は少なく、SV は低下する (Cardiovascular drift phase)<sup>12)</sup>。

III 各種心疾患の左心機能予備力の特徴

a) 肥大心と拡張心: 容積負荷(拡張)心(大動脈弁閉鎖不全, 拡張型心筋症)では圧負荷(肥大)心(高血圧)に比し、安静時、運動時ともに駆出期指標は低い傾向にあり、前負荷の反応性悪く、ポンプ機能予備力が低い<sup>13)</sup> (図2)。

b) 僧帽弁閉鎖不全(MR): 左房への逆流のため駆出期抵抗が低く、安静時駆出期指標は高値を示す。しかし予備力の低い例では、運動時に値が低下する。

c) 僧帽弁狭窄(MS): 左室は一般に障害されず駆出期指標の反応性はよい。左室流入障害のため運動時

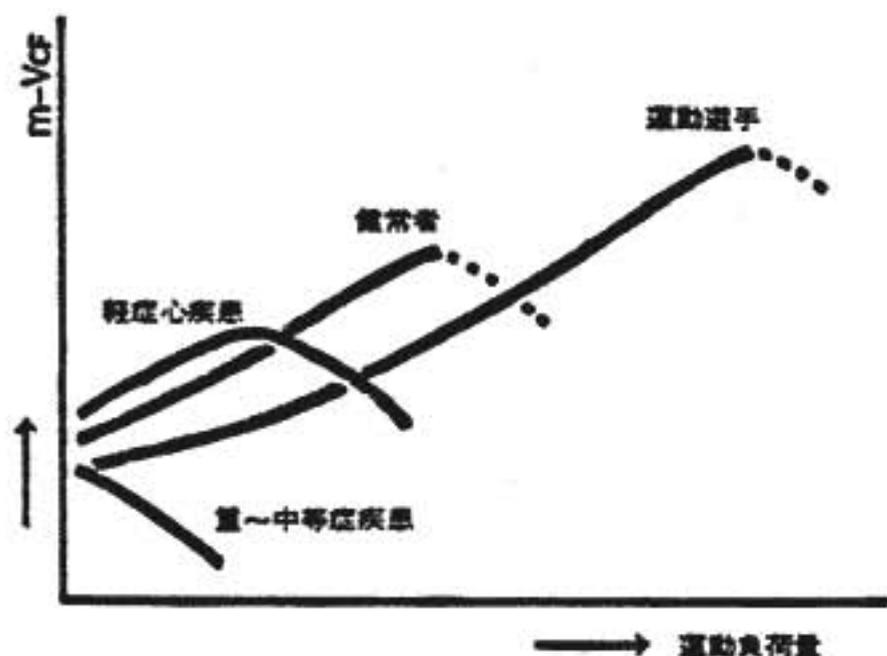


図1 各種心状態における運動負荷量と駆出期指標の関係

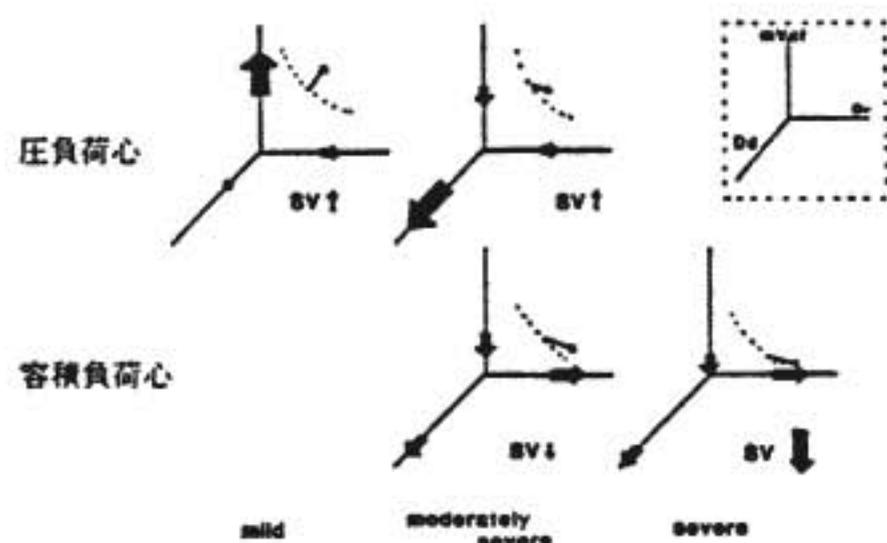


図2 圧負荷心、容積負荷心における運動負荷時左室機能諸指標の変化

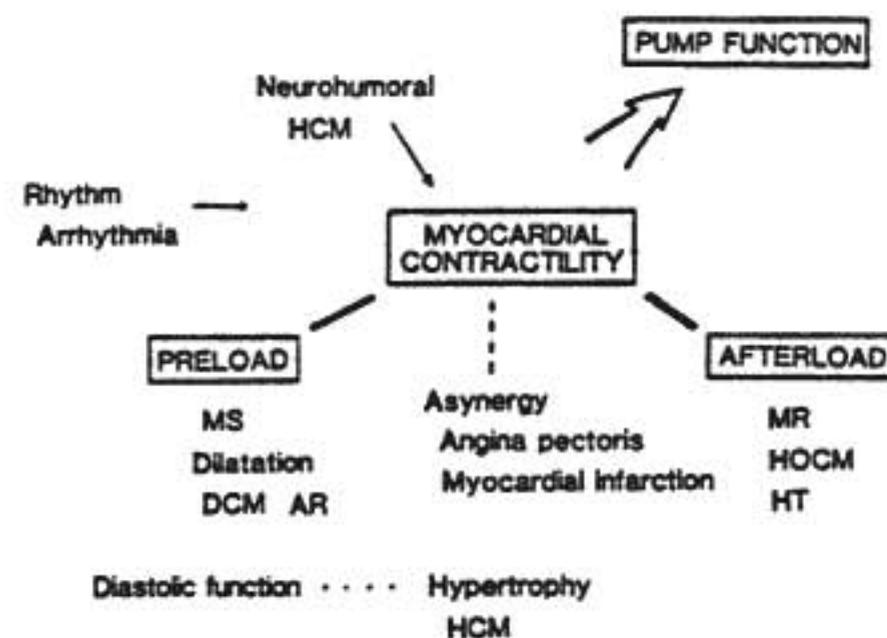


図3 各種心疾患における、運動負荷からみた特徴

Dd は減少し、ポンプ機能は低下する。

d) 肥大型心筋症(HCM): 運動時に流出路閉塞の出現~増強例がある<sup>14)</sup>。運動時、概して収縮期機能の反応性はよい(閉塞型を除く)が<sup>14)</sup>、拡張期機能の反応性は悪い<sup>15)</sup>。HCMのうち心尖部肥大型、高血圧合併、心不全例を除くと、軽い運動負荷時血中NE値

が低値傾向にあり, 本症の成因に $\beta$ 受容体系機能亢進の可能性を示す。

e) 労作性狭心症: 本症の運動時心機能規定因子には, 障害冠状動脈枝数, 副血行路, 虚血心筋範囲などがある<sup>17)18)</sup>, 虚血時の壁運動異常は心電図より敏感と思われる<sup>19)</sup>。

f) 各種心疾患の特徴のまとめ: 図3に示す。

## ま と め

左室ポンプ機能の予備力は, 心筋収縮力, 前負荷などの各因子の予備力に規定される, それらを用いて重症度を表現すれば, New York Heart Association機能分類よりも客観的に表現できる, 運動時の駆出期指標, 前負荷指標が敏感である, 心疾患の種類により指標の変化に差がある, 運動耐容量との関係については, さらに末梢因子も関係があろう。

## 文 献

- 1) 杉下靖郎: 負荷試験, 沖野 達, 編: 心機能とその指標, p. 207, 南山堂, 1983.
- 2) 杉下靖郎, 小関 迪: 動的運動負荷心エコー図法, 仰臥位エルゴメータ運動負荷による方法の検討, *J. Cardiography* 7: 551, 1977.
- 3) Sugishita Y., Koseki S.: Dynamic exercise echocardiography, *Circulation* 60: 743, 1979.
- 4) Sugishita Y., Koseki S., Matsuda M., Ooshima M.: Evaluation of left ventricular performance and of its reserve by radionuclide angiography: Comparison with other methods, *Jpn. Circ. J.* 45: 91, 1981.
- 5) Gibson P.G.: Estimation of left ventricular size of echocardiography, *Br. Heart J.* 35: 128, 1973.
- 6) Weiss M.B., Ellis K., Scicca P.R., Johnson I.I., Schmidt D.H., Cannon P.J.: Myocardial blood flow in congestive and hypertrophic cardiomyopathy. Relationship to peak wall stress and mean velocity of circumferential fiber shortening, *Circulation* 54: 404, 1976.
- 7) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生: 動的運動負荷心エコー図法による左心機能予備力の評価, *J. Cardiography* 10: 689, 1980.
- 8) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 伊藤 巖: 運動反応性より見た左室機能分析, 最新医学 37: 200, 1982.
- 9) 杉下靖郎: 収縮弛緩特性諸指標の予備力と相互関係, 松村幹郎, 他: 心臓の収縮弛緩における特性に関する研究, 昭和54~56年度循環器病研究委託費による研究成果報告書, p. 27, 1982.
- 10) Sugishita Y., Koseki S., Matsuda M.: Indications, applications and future prospects of diagnostic examinations in clinical cardiology, *Jpn. Circ. J.* 46: 1138, 1982.
- 11) 松田光生, 杉下靖郎, 小関 迪, 伊藤 巖: 左室収縮速度と拡張速度との関係: 第1報, 健康若年者における動的運動負荷心エコー図法による検討, *J. Cardiography* 9: 333, 1979.
- 12) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 大島統男: 臨床運動心臓学, 医学のあゆみ 113: 62, 1980.
- 13) Sugishita Y., Matsuda M., Ito I., Koseki S.: Evaluation of left ventricular reserve in left ventricular diseases: non-invasive analysis of its determinants by dynamic exercise echocardiography, *Acta Cardiologica* 38: 103, 1983.
- 14) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 山口 徹, 田村 勤, 東郷利人, 飯田啓治, 伊藤 巖: 肥大型心筋症における運動負荷時の左室動態の検討, 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班, 昭和55年度研究報告書, p. 152, 1981.
- 15) 杉下靖郎, 松田光生, 飯田啓治, 山口 徹, 小関 迪, 田村 勤, 東郷利人, 飯田 要, 伊藤 巖: 肥大型心筋症の左室拡張機能の運動反応性, 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班, 昭和56年度研究報告書, p. 215, 1982.
- 16) 杉下靖郎, 飯田啓治, 松田光生, 鯉坂隆一, 松本龍馬, 藤田享宣, 伊藤 巖: 肥大型心筋症の運動時血中カテコラミン反応性の感受性, 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班, 昭和57年度研究報告書, p. 168, 1983.
- 17) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 飯田 要, 飯田啓治, 伊藤 巖, 大島統男, 秋貞雅祥: 虚血性心疾患診断法としての左室壁運動の検査, 臨床成人病 12: 71, 1982.
- 18) 杉下靖郎: 左室壁の動きの評価の循環器学的意義—運動負荷試験を中心に—, ニュータウンカンファレンス第4回心臓核医学, p. 44, 1981.
- 19) Sugishita Y., Koseki S., Matsuda M., Tamura T., Yamaguchi I., Ito I.: Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during myocardial ischemia induced by exercise in patients with angina pectoris, *Am. Heart J.* 105: 1, 1983.

# 虚血性心疾患のエルゴメーター負荷試験に 対する血行動態的反応性

(第15回 循環器負荷研究会, 1982年8月7日)

齊藤 俊弘\*・清水 正比古\*

蒔田 国伸\*・水野 毅\*・稲垣 義明\*

## はじめに

近年、虚血性心疾患の運動療法およびリハビリテーションが盛んに行われるようになった。この際、各人の身体活動能を適確に評価しなければならないが、それには安静時および運動時の血行動態を知ることが大切である。そこで、われわれはエルゴメーターを用いた多段階運動負荷試験に対する虚血性心疾患の血行動態的反応性について検討した。

## I 対象および方法

虚血性心疾患の血行動態は年齢、性、冠血管の傷害部位などにより多種多様である。したがって、本疾患の運動負荷に対する血行動態的反応性を論じるには一定の基準にもとづいて症例を選択する必要がある。われわれは虚血性心疾患の症例選択基準を表1のように設け、これを満たす症例のみを対象とした。このようにして選んだ対象は健常31例(年齢47.7歳±8.3歳、血圧127.7±14.5/81.0±10.0 mmHg)、労作性狭心症23例(年齢53.6±8.7歳、血圧151.7±20.6/90.6±13.0 mmHg)、前壁梗塞35例(年齢52.8±9.1歳、血圧138.0±19.0/84.1±8.9 mmHg)で、それぞれに多段階運動負荷試験を施行した。運動負荷は定量負荷型臥位自転車エルゴメーターを用い、1.0 W/kgより開始し、4分ごとに0.25 W/kgずつ増量し、原則として自覚的最大まで行った。しかし、虚血性心疾患では、進行性血圧低下、狭心痛や0.2 mV以上の虚血性ST低下、著しい血圧上昇(収縮期血圧250 mmHg以上、拡張期血圧130 mmHg以上)を示した場合には中止した。運動耐容時間により労作性狭心症は4分しかできなかった症例をAP-I群、8分までできた症例をAP-II群とした。また、前壁梗塞については4分し

表1 症例選択基準

1. 年齢45～65歳の男性
2. 狭心症は労作性狭心症のみ、心筋梗塞は前壁梗塞で発症から2ヵ月以上経過していること。
3. 原則として冠動脈造影を行ってあること。
4. 運動負荷心電図のS波より0.08秒の時点で0.1 mV以上の虚血性ST低下を示すこと。
5. 運動負荷開始直前に自覚的および他覚的な心不全徴候のないこと。
6. 運動負荷前、中、後で次の測定をすべて行ってあること。
  - 1) 血圧
  - 2) 心電図
  - 3) 心拍出量
  - 4) 左室収縮期時相分析値
7. 原則として、運動前、中、後で肺動脈圧を測定してあること。

かできなかった症例をMI-I群、8分までできた症例をMI-II群、12分まで可能であった症例をMI-III群とした。運動前、中、後で血圧、心拍数、心拍出量および左室収縮期時相分析値STIを同時にもとめた。心拍出量は色素稀釈法を用い、4分ごとに測定、STIは心電図・心音図・頸動脈脈波の同時記録より1分ごとにもとめた。また、一部の症例については、上記検査と同時に運動前、中、後にRI法による左室駆出分画EFおよびSwan-Ganzカテーテルによる肺動脈圧を測定した。EFはBios社製核聴診器を用い、<sup>99m</sup>Tc 20 mCiを静注後、ventricular function modeでもとめた。また、大部分の例は冠動脈造影を行った。冠動脈造影所見は、75%以上の狭窄を有る病変とした。

## II 結 果

## A. 安静時血行動態および冠動脈造影所見

運動負荷試験に先立って、安静時血行動態をしらべた(表2)。健常群に比し、虚血性心疾患群で血圧が

表2 安静時血行動態

	健 常	狭 心 症		心 筋 梗 塞		
		AP-I 群	AP-II 群	MI-I 群	MI-II 群	MI-III 群
Ps (mmHg)	127.7 ± 14.5	144.4 ± 20.1	159.0 ± 17.2	144.6 ± 20.1	135.7 ± 20.7	136.8 ± 11.4
Pd (mmHg)	81.0 ± 10.0	84.2 ± 10.9	97.0 ± 11.0	88.0 ± 6.0	90.0 ± 5.6	86.0 ± 6.6
HR (/min)	69.3 ± 9.3	69.7 ± 12.4	67.2 ± 9.3	65.0 ± 15.3	73.5 ± 16.5	63.2 ± 5.6
CI (l/min/m <sup>2</sup> )	3.12 ± 0.59	2.86 ± 0.69	2.90 ± 0.39	2.88 ± 0.91	3.20 ± 0.81	2.67 ± 0.27
SI (ml/min/m <sup>2</sup> )	46.3 ± 8.7	48.2 ± 4.1	43.7 ± 5.6	47.2 ± 11.1	43.3 ± 9.9	42.1 ± 4.0
ET (msec)	288.3 ± 20.7	281.8 ± 25.7	281.8 ± 28.1	288.1 ± 38.0	270.8 ± 32.1	310.0 ± 35.5
PEP (msec)	95.1 ± 13.4	111.1 ± 18.1	106.6 ± 8.9	110.9 ± 20.9	94.3 ± 10.1	101.3 ± 15.4
ET/PEP	3.11 ± 0.52	2.67 ± 0.67	2.64 ± 0.29	2.65 ± 0.58	2.88 ± 0.34	3.06 ± 0.58
EF (%)	63.6 ± 1.7	56.0 ± 7.2	64.3 ± 8.7	71.3 ± 14.2	63.2 ± 10.0	58.3 ± 11.5

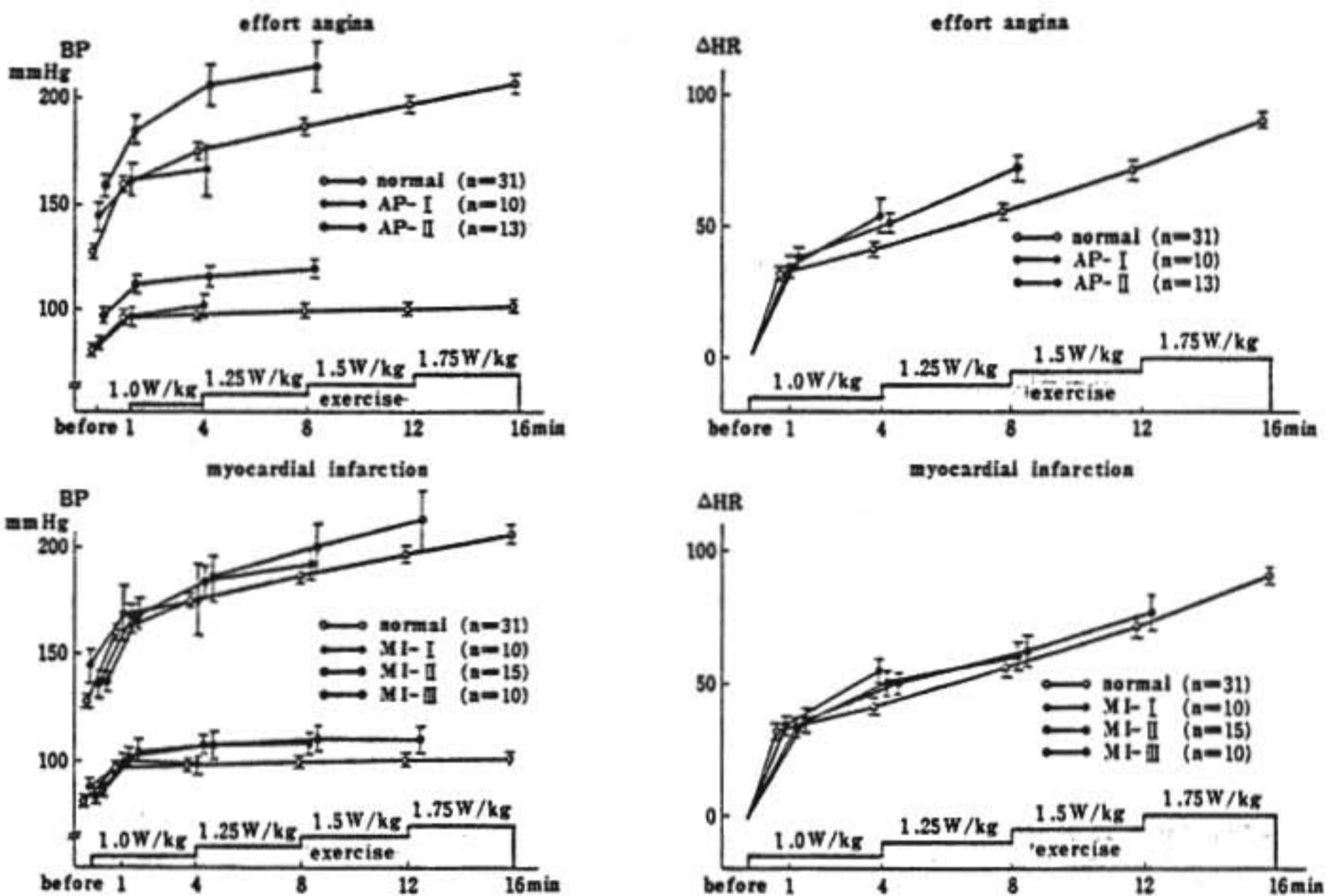


図1 運動中のBPおよびHRの経時的変化  
上段は労作性狭心症, 下段は心筋梗塞

やや高いことおよび心係数と駆血期 ET/前駆血期 PEP がやや小さいこと以外には明らかな差異を認めなかった。虚血性心疾患群を冠動脈造影による傷害血管数で分類すると、運動耐容時間の短い AP-I 群は 9 例中 6 例 (66.6%)、MI-I 群は 8 例中 5 例 (62.5%) が多枝疾患であるのに対し、運動耐容時間の長い AP-II 群は 11 例中 3 例 (27.2%)、MI-I 群は 8 例中 0 例に多枝疾患を認めるにすぎなかった。すなわち運

動耐容時間の短い群では多枝疾患、長い群は 0 ないし 1 枝疾患が多かった。

## B. 運動負荷による心行動態変化

### 1. 血圧 BP (図1左)

健常群も虚血性心疾患も運動量の増加につれて収縮期血圧、拡張期血圧いずれも上昇した。労作性狭心症のうち、AP-II 群でその上昇傾向が著しいのに対し、AP-I 群では 1 分以降ほとんど上昇しなかった。心

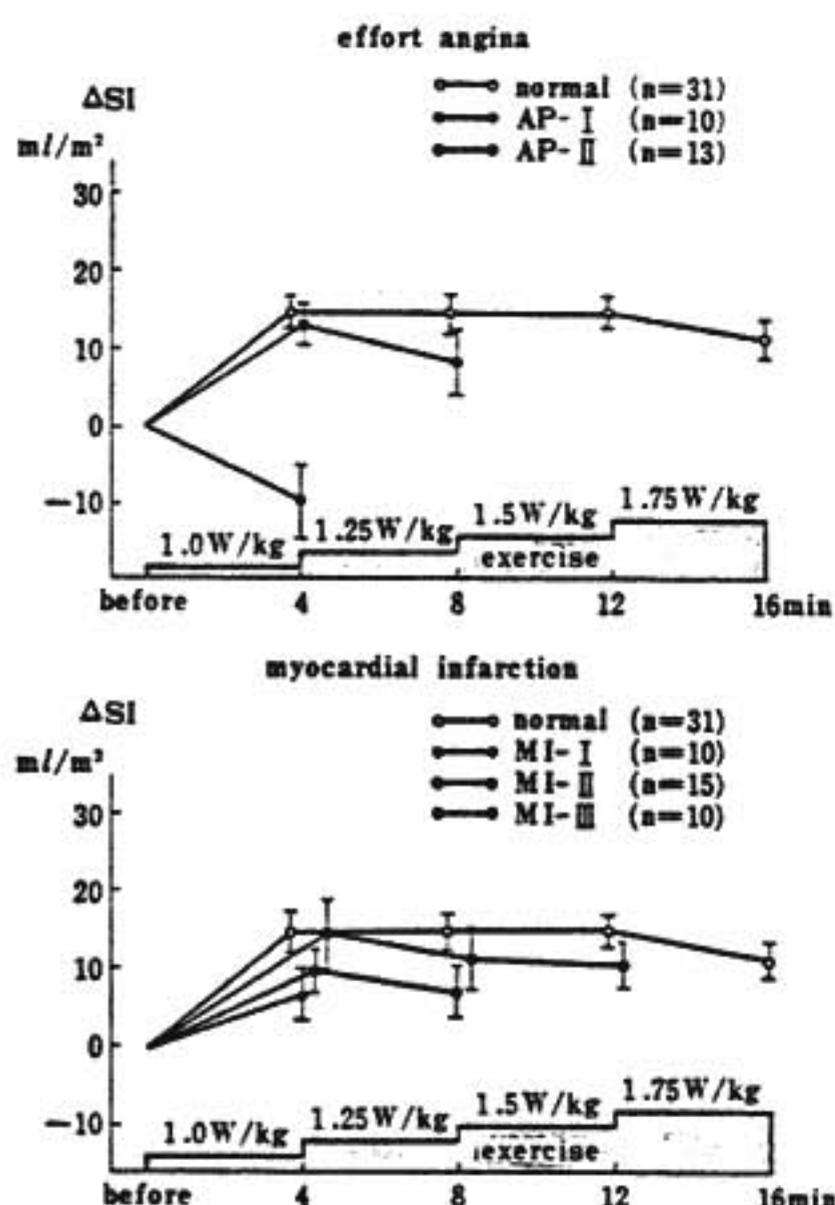
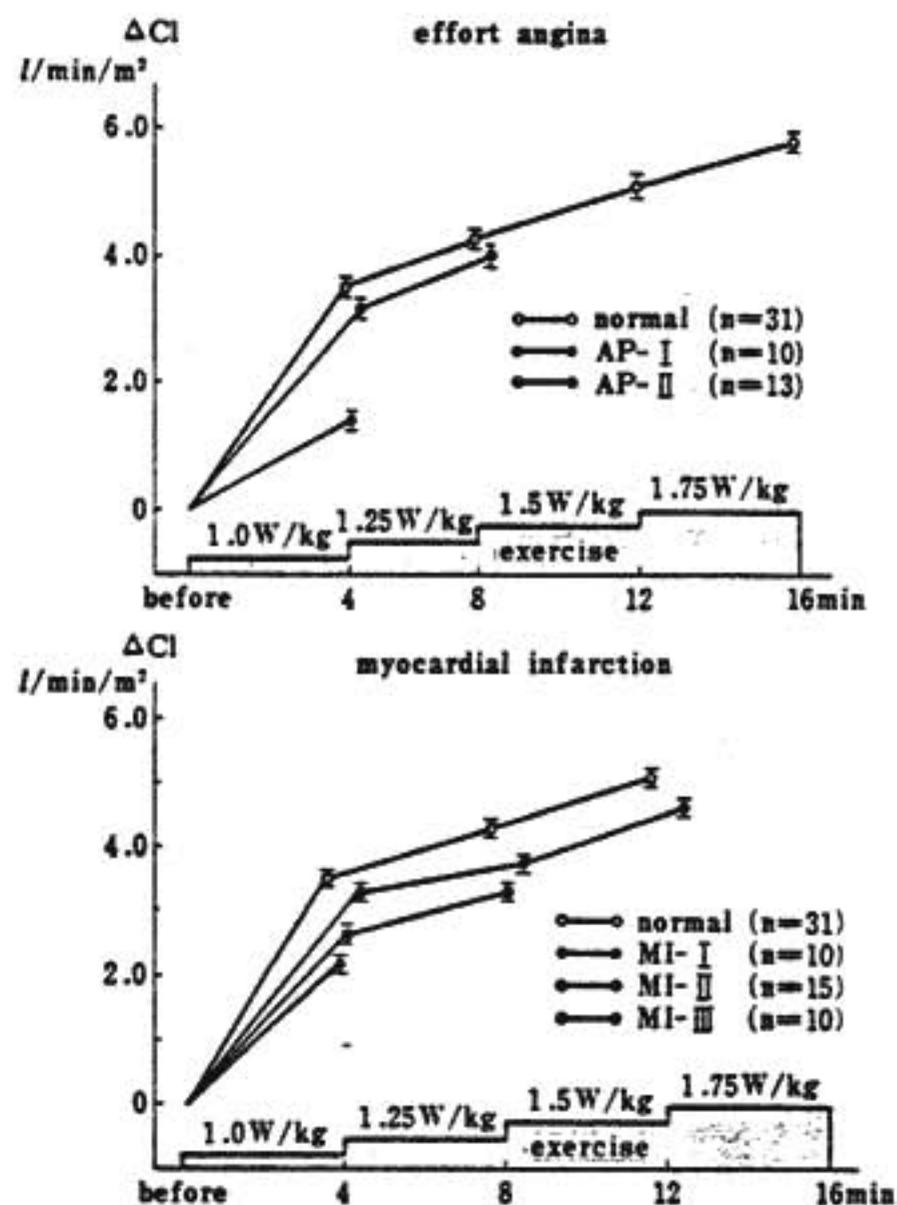


図2 運動中の CI および SI の経時的変化

筋梗塞も MI-II 群では健常群とほとんど差がなかったが MI-I 群では AP-I 群と同様、その上昇度が小さかった。

## 2. 心拍数 HR (図1右)

健常群に比し、虚血性心疾患群でその増加度が大きかったが、とくに運動耐容時間の短い AP-I 群、MI-I 群で著しかった。

## 3. 心係数 CI (図2左)

健常群に比し、虚血性心疾患群では労作性狭心症、心筋梗塞いずれもその増加度が小さく、とくに運動耐容時間の短い AP-I 群および MI-I 群でその傾向が著しかった。すなわち、AP-I 群および MI-I 群では、運動負荷に対する CI の反応性が悪いといえる。

## 4. 1回拍出係数 SI (図2右)

健常群では4分まで増加し、以後横ばい傾向をとり、12分以後減少傾向を示した。一方、労作性狭心症において、AP-I 群では4分ですでに減少し、AP-II 群も4分以後減少傾向を示した。心筋梗塞でも同様に MI-I 群で SI の増加度がもっとも小さく、MI-II 群、MI-III 群で4分以後減少傾向を示した。すなわち、虚血性心疾患では健常群に比し、運動による前半部の SI

の増加度が小さく、運動後半における減少傾向が大きかった。

## 5. 左室収縮期時相分析値 STI (図3)

労作性狭心症では運動の増加とともに ET および PEP は短縮するが、PEP は運動耐容時間の短い群ほど早期に横ばい傾向をとった。ET/PEP は健常群では4～8分に最高値をとり、12分後低下傾向を示し、労作性狭心症では1～4分で最高値をとり、それ以後低下した。また、ET/PEP は運動耐容時間の短い群ほどその最高値が小さく、その後の減少度が大きかった。この傾向は心筋梗塞においても同様で、耐容時間の短い MI-I 群で PEP の早期横ばい傾向および ET/PEP の早期低下が著しかった。

## 6. 左室駆出分画 EF (図4)

ET は聴診器を用いて測定した。健常群では負荷量の増しとともに上昇し、12分以後は横ばいしないし低下傾向を示したが前値より高く保たれていた。一方、虚血性心疾患群では負荷量の増しとともに減少する傾向を示した。この傾向は運動耐容時間の短い AP-I 群および MI-I 群でとくに著しかった。すなわち、運動耐容時間の短い群ほど EF の低下度が大きかった。

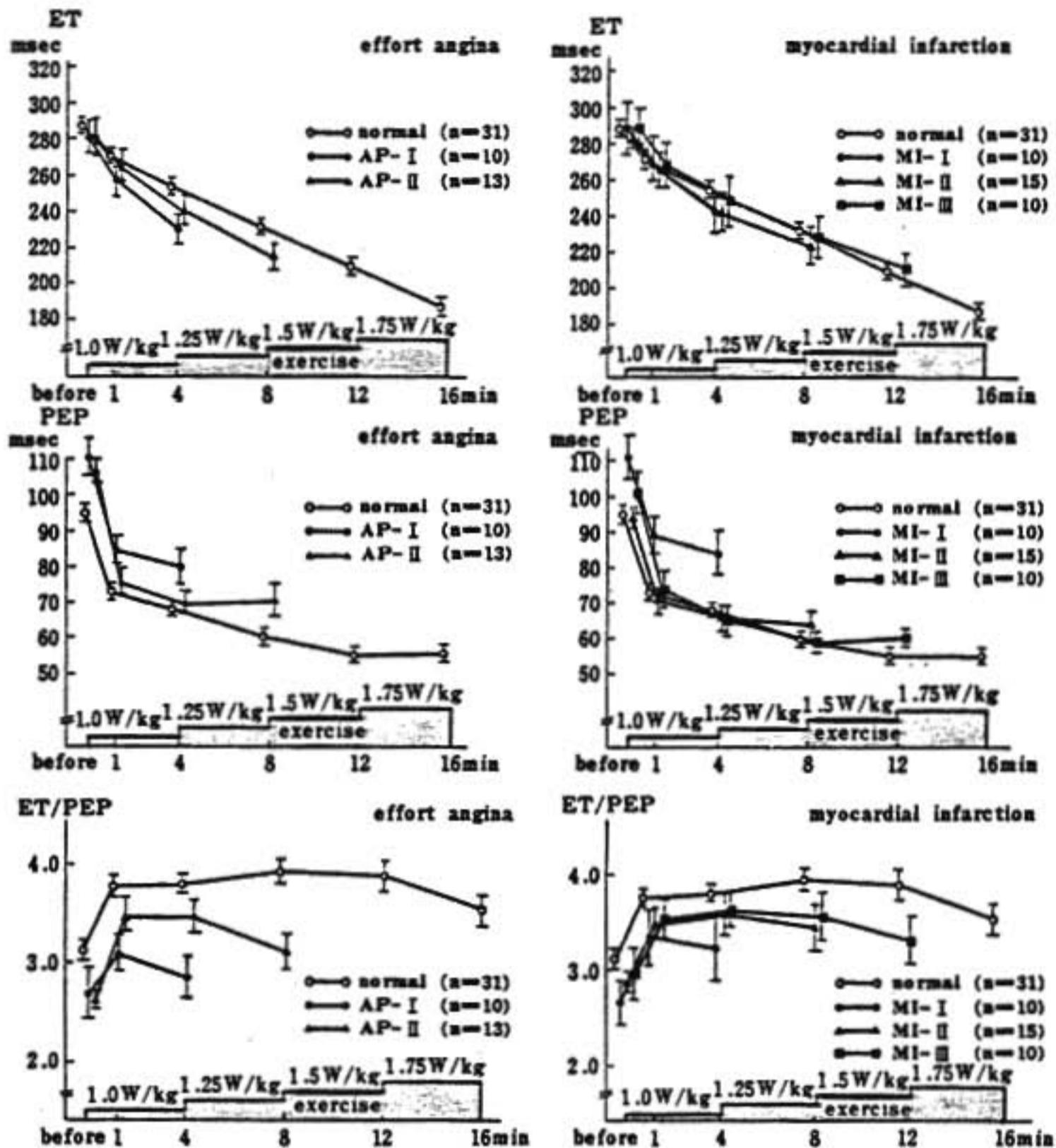


図3 運動中の STI の経時的変化  
左は労作性狭心症, 右は心筋梗塞

た。

#### 7. 肺動脈圧 PAP (図5)

PAP は運動の増しとともに上昇したが, 狭心症では運動耐容時間の短い AP-I 群でその増加度が著しかった。また, 心筋梗塞の場合も同様で MI-I 群でその増加度が大であった。

### III 考 察

虚血性心疾患の運動時における血行動態については多くの報告があるにもかかわらず, 一定の見解をみない。これは運動負荷方法および対象の年齢, 性, 冠血管の傷害部位が多種多様で, 統一されていないことも一因である。そこで症例選択基準をきびしくし, なるべく対象を均一化する必要が生じる。しかし, この場

合には症例数が少なくなる。われわれは過去9年間にエルゴメーター負荷試験を行った約2000例の中から一定の基準を満たす症例のみを58例選んだ。また健常群はほぼ同年代の男子31例を無作為に選んだ。

運動負荷中の血行動態評価には血圧, 心拍数, 心拍出量, STI, EF および PAP を用いた。運動中の血圧は本来, 直接法を用いるべきであるが種々の困難さを有するため, 間接法(聴診法)を用い, 拡張期圧は Swan の第4点でもとめた。色素稀釈法による心拍出量測定には, 理論的には cuvette 法を用いるべきであるが全例に可能ではない。そこでわれわれはあらかじめその信頼性と再現性を検討した上で, ear-piece 法を用いた。Ear-piece 法は注意深く用いるならば安静および運動時いずれにおいても cuvette 法とよく相

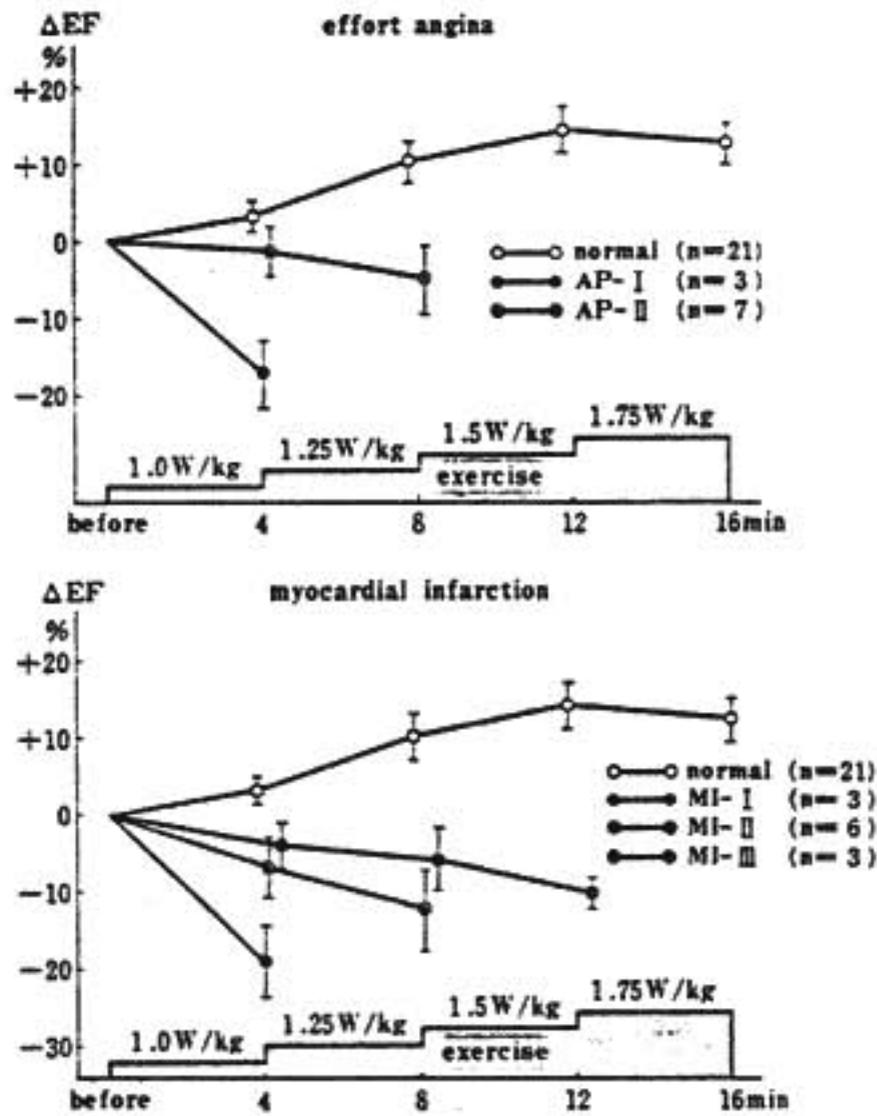


図4 運動中の EF の変化

関し、よい再現性がえられる。また、EF の測定法としてはマルチゲート法 (MUGA 法) による RI 法および左室造影法などが用いられているが、運動負荷中の経時的変化をみるには、いずれも種々の困難さを伴う。そこでわれわれはリアルタイムで簡便に、くりかえし測定できる核聴診器を用いて EF を測定した。核聴診器による EF は、左室造影法によりチャップマン法ではほぼ同時にもとめた EF と  $r=0.74 (P<0.01)$  の相関を示した。また、RI 法を用いた MUGA 法と安静時  $r=0.89 (P<0.001)$ 、運動時  $r=0.91 (P<0.001)$  といずれも極めてよい相関を示した。さらに、5 分間隔で 2 回測定した核聴診器による EF は  $r=0.91 (P<0.001)$  と極めてよい再現性があった。

われわれはこれらの測定法を用いて虚血性心疾患における運動中の血行動態をしらべた。

### ま と め

運動中の血行動態をしらべた結果、安静時血行動態にほとんど差異を認めない虚血性心疾患でも運動負荷試験により差異を生じ、本法は虚血性心疾患の心予備能評価に極めて有用であることが明らかになった。

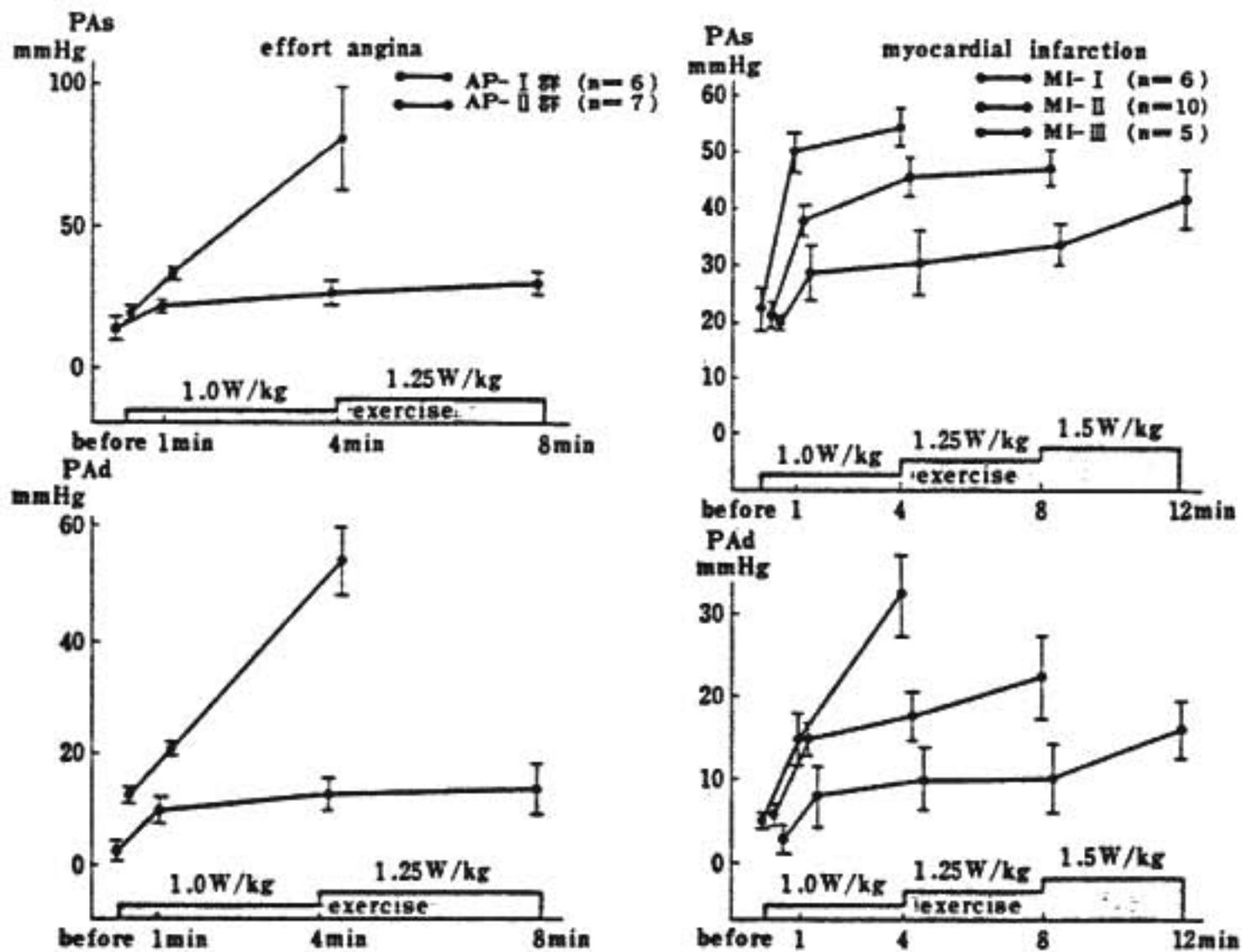


図5 運動中の PAP の変化

## 文 献

- 1) 村山 紘, 齊藤俊弘, 稲垣義明, 他: イヤーピース色素稀釈法の信頼性と限界について, 第21回日本尿管学会発表 (1980年10月福岡)
- 2) 富谷久雄, 齊藤俊弘, 稲垣義明, 他: 核聴診器よりもとめた左室駆出率の信頼性と臨床応用, 第5回ニュータウンカンファランス (1982年7月東京)

# 循環器負荷研究会

第15回 昭和57年8月7日 エーザイ株式会社本社新館5階ホール

## I. 研究報告 (第15回)

1. 安定型労作性狭心症患者の運動負荷に対するウォーミングアップ効果について  
虎の門病院 循環器センター 内科  
竹田 賢, 長崎 文彦, 山口 洋…………… (163)
2. WPW 症候群におけるトレッドミル運動負荷—QRS 波形の変化を中心に—  
長崎大学医学部 第三内科  
賀来 俊, 深谷 真彦, 橋場 邦武…………… (166)
3. 健常成人におけるジギタリスの運動負荷時循環動態に及ぼす影響  
富山医科薬科大学医学部 第二内科  
金木 英輔, 杉本 恒明, 余川 茂, 萩野 茂継  
浦岡 忠夫…………… (170)
4. 運動耐容能評価法としての Anaerobic Threshold—血中カテコールアミン測定の意味について—  
北海道大学医学部 循環器内科  
児島 俊一, 松村 尚哉, 西島 宏隆, 橋本 文教  
南 勝, 安田 寿一…………… (173)
5. 運動負荷試験により周期的 ST 上昇を示した異型狭心症の1例  
国立循環器病センター 内科  
佐藤 磐男, 下村 克朗, 大江 透, 松久茂久雄  
鎌倉 史郎, 池田 正男…………… (178)
6. Syndrome X における交感神経機能  
京都大学医学部 第三内科  
小西 孝, 由井 芳樹, 神原 啓文, 河合 忠一…………… (182)

7. 運動負荷心電図試験における septal Q 波の有用性

—冠動脈造影との対比—

名古屋保健衛生大学医学部 内科

岡島 智志, 舘 啓二, 横井 宏志, 中川 立一

勅使河原敬明, 大橋 進, 菱田 仁, 水野 康…… (185)

II. シンポジウム (第15回)

「心機能評価のための運動負荷試験」

1. 運動負荷 RI 心アングリオによる心機能評価

—虚血性心疾患を中心に—

住友病院 内科

栗原 正, 成田 充啓, 村野 謙一, 宇佐美暢久…… (190)

2. 運動負荷 radionuclide multigated ventriculography による

虚血性心疾患の心機能評価

山形大学医学部 第一内科

金谷 透, 渡辺 佳彦, 殿岡 一郎, 安井 昭二…… (194)

3. 断層心エコー図法による運動負荷中の左心機能の評価

久留米大学医学部 第三内科

板家 守夫, 井福 正保, 戸嶋 裕徳

同 循環器病研究所

高橋 啓美, 古賀 義則, 宇津 典彦…… (197)

4. 心機能評価における運動時1回心拍出量の経時的変化の意義

鳥取大学医学部 第一内科

古瀬 俱之, 笠原 尚, 安梅 正則, 黒田 聡

乗本 業文, 真柴 裕人…… (201)

5. 等尺性負荷試験による心機能評価

東京医科歯科大学医学部 第二内科

丹羽 明博, 白井 隆則, 中村 滋, 辻林 隆

谷口 興一…… (205)

6. 心筋梗塞急性期の低レベル運動試験の有用性

—心機能との対比—

日本医科大学 第一内科

宗像 一雄, 金沢 正邦, 畑 典武, 岸田 浩

早川 弘一…… (209)

7. 各種心疾患における運動時心機能の評価

筑波大学臨床医学系 内科

杉下 靖郎, 松田 光生, 鯉坂 隆一, 飯田 啓治

飯田 要, 松本 龍馬, 伊藤 巖

筑波記念病院

小関 迪…… (212)

8. 虚血性心疾患のエルゴメーター負荷試験に対する血行動態的反応性

千葉大学医学部 第三内科

斉藤 俊弘, 清水正比古, 蒔田 国伸, 水野 毅

稲垣 義明…… (215)