

## 体位変換による肺ラ音誘発法

## —意義と機序について—

平 川 千 里\*・鈴 木 孝 彦\*

後 藤 紘 司\*・木 田 恵 次\*

麻 生 哲 郎\*・大 塚 成 子\*・八 木 安 生\*

## I はじめに

肺の湿性ラ音(肺ラ音)は, 循環器疾患において, 左心不全を示唆する重要な徴候のひとつとされてきた。私達は各種疾患において, 体位性に肺ラ音を誘発できる場合があることを発見し, その発生頻度と機序を検討してきた。体位性に誘発される肺ラ音が軽症の左心不全を意味する場合と, 軽症の左心不全を意味しない場合があるようなので, これについて報告する。

## II 対象および方法

各種疾患患者205名について, 合計449回, 体位性に誘発される肺ラ音の有無を調べた。

聴診器にて, 後腋窩線, 第8肋間辺りを調べ, 吸期の終りに聞こえる捻髪性の小水泡性ラ音の有無を検討した。患者はまず坐位, 次いで仰臥位, 次いで他動的に両下肢を約30°の角度に挙上した体位をそれぞれ3分間ずつとらせ, 各体位において上記の肺ラ音の有無を調べた。一部の患者では, r-camera を用いた RI-angiocardiology により仰臥位における肺血液量(PBV)を教室の方法により求め, 肺野からのアイソトープのカウントが両下肢挙上によってどれだけ増すかを調べることにより, 教室の方法にて肺血液量の増加分( $\Delta$ PBV)を算出した。同時に Swan-Ganz catheter により仰臥位における平均肺動脈楔入圧(PAW)と両下肢挙上によるその増加分( $\Delta$ PAW)を求めた。

肺ラ音が体位性に誘発されるとは, 次の3つの場合をいう。すなわち, (1) 肺ラ音が, 坐位(-)→仰臥位(-)→両側下肢挙上位(+), (2) 肺ラ音

が坐位(-)→仰臥位(+)->坐位(-)の場合, (3) 肺ラ音が坐位(-)→仰臥位(+)->両側下肢挙上位(++)の場合, である。一方, 坐位にてすでに肺ラ音が存在するものは持続型ラ音(persistent rale)として, 誘発ラ音とは考えなかった。

## III 結 果

(1) 典型的な脚気心の1症例を表1に示す。本症

表1 脚気心の症例

T. H.: 28, M  
Beriberi heart (whole blood vit. B<sub>1</sub> = 50 ng/ml)  
Dyspnea (-), Neck vein distension (-),  
Leg edema (-), Hepatomegaly (-)  
Chest X-ray: No sign of congestion  
Cardiac index (L/min/m<sup>2</sup>): 5.6 (thermodilution)  
8.28 (radiocardiography, normal range 2.4-4.2)  
Right atrial p.: 7.7 mmHg (0-8)  
Pulmonary artery p.: 33/18 mmHg (15-30/4-12)  
Pulmonary artery wedge p.: 17 mmHg (1-12)  
Antecubital venous p.: 117 mmHg (0-90)  
Pulmonary rales: Sitting (-), Supine (-),  
Leg elevation, l (+) r (-)

例には軽い左心不全が存在するものと思われるにもかかわらず(PAW=17 mmHg), 呼吸困難はなく, また坐位や仰臥位にて肺ラ音は聴取されなかった。しかし他動的両下肢挙上により肺ラ音が左肺に誘発された。これは体位性に誘発される肺ラ音が軽症の左心不全を意味すると考えるべき1例である。しかしこのような場合は多いものではなく, 弁膜疾患および先天性心疾患にて体位性に誘発される肺ラ音を認める頻度は22%と低かった(表5)。

(2) 左心不全が存在するとは考え難い患者において肺ラ音が体位性にかなりの高頻度で誘発された。肺

表2 肺疾患患者における誘発肺ラ音

Interstitial Pneumonia	T. M.	41F	R	R	R
Chr. Bronchitis	T. H.	34F			R
Pleuritis + Intersti. P'neu.	M. O.	67M	R	R	R
Chr. Bronchitis	R. K.	61M	R	R	R
Chr. Bronchitis	S. M.	49F			
Pulm. T. B. C. + D. M.	K. M.	73M	R	R	
Pneumonia + D. M.	H. O.	62M			R
Bronchiectasis + Hypo-γ-globulinemia	M. H.	23F	R	R	
Pulm. Infarction	H. K.	29M			
Pulm. Emphysema	T. Y.	72M	R		
Pulm. T. B. C.	H. I.	66M			
Sarcoidosis	M. I.	40F	R		
Pneumonia + Chr. Hepatitis	S. M.	49M			
Bronchiectasis	T. A.	44M	R		
Lung Cancer + D. M. + H. T.	F. Y.	57M	R		

(注) 誘発肺ラ音の表示は以下の如くである。

- sitting(-)
- supine(-)
- leg elevation(-)
- sitting(-)
- supine(-)
- leg elevation(+)
- sitting(-)
- sitting(+)
- sitting(-)
- sitting(-)
- supine(+)
- leg elevation(++)
- sitting(+)
- supine(+)-(++)
- leg elevation(+)-(++)

誘発肺ラ音陽性率 5/9=55%

表3 心筋梗塞後患者における誘発肺ラ音

NYHA					
Myo. Inf.	1~8W	K. Y.	48F	2	3
Myo. Inf.	8W	T. N.	68M	2	
Myo. Inf. + Ang. Pect. + H. T.		T. G.	67F	2	
Myo. Inf. + D. M. + H. T.	7W	H. I.	47F	2	
Myo. Inf.	7W	S. T.	82M	3	R4
Myo. Inf. + D. M.	5W	T. W.	71F	3	R 2
Myo. Inf. + H. T.	5W	K. K.	46M	3	2
Myo. Inf. + D. M.	2Y	K. F.	60M	2	
Myo. Inf. + H. T. + D. M.	16W	S. N.	71M	2	
Myo. Inf.	3W	Y. O.	52M	2	
Myo. Inf.	8W	H. A.	50M	2	
Myo. Inf.	4W	S. T.	49M	2	
Myo. Inf.	4W	S. S.	44M	2	
Myo. Inf. + Ang. Pect.	5M	M. A.	79M	2	R
Myo. Inf.	2W	H. Y.	68M	3~2	3 2
Myo. Inf. + Ang. Pect. + H. T.	10M	S. Y.	60M	2	
Myo. Inf. + H. T. + Cerebral Thrombosis	2~4W	K. G.	58M	2	
Myo. Inf. + H. T. + Cerebral Infarct.	3W	S. T.	55M	3~1	R
Myo. Inf.	1W	J. K.	47M	2	
Myo. Inf. + H. T. + D. M.	2W	T. H.	68F	2	R R
Myo. Inf. + D. M.	1M	H. K.	72M	2	
Myo. Inf. + Vent. Aneurym	6.5M	K. K.	72M	2	
Myo. Inf.	3W	C. H.	59F	2	R

36/47=77%

疾患群では持続型肺ラ音(大文字Rで示す)が多かったが、体位性にラ音が誘発される頻度も55%とかなり高かった(表2)。状態が安定した時期における心筋梗塞群では77%と高率に(表3)、また本態性高血圧を伴う狭心症では比較的高率(58%)に、体位性に肺ラ音が誘発された(表4)。なお表3, 4においては、呼吸困難に関する身体的能力(physical capacity)を旧 New York Heart Association (NYHA) 分類で示した。殆んどの症例が、NYHA class 2(安静時には症状がないが普通の身体活動にて呼吸困難を自覚する)に属し、顕性左心不全は稀である。

一方、弁膜性心疾患および先天性心疾患群での誘発率は22%と低値を示した(表、省略)。

疾患別の誘発肺ラ音の発現頻度は表5に示されるごとくであ

表4 本態性高血圧を伴う狭心症患者における誘発肺ラ音

	Coronary Angio.	ST-Depres.	B. P.	Anti-Hypertensive Drugs		NYHA		
A. P. + H. Y. + THY* (E)		Att	145 / 75	Trichlormethiazide 2mg: Rescinnamine 3mg	M. M. 58F	2		
A. P. + H. T. + D. M. (ER)	LCA Main 50% RCA Dist 90%	Att Ex	110 / 70		H. I. 52M	2		Digitalis
A. P. + H. T. + D. M. (ER)		Att Ex	120 / 70		F. H. 57F	3		
A. P. + H. T. (R)	LAD Prox 90% Dist 50%	Att Ex	178 / 116	Oxazolam 30mg	H. K. 35M	1		→ Myo. Inf →
A. P. + H. T. (ER)			180 / 120	Trichlormethiazide 4mg: Hydralazine 75mg	M. Y. 35M	2		→ Myo. Inf 35M
A. P. + H. T. (E)		Att Ex	146 / 70	Trichlormethiazide 2mg	A. N. 78M	2		→ Myo. Inf 5M
A. P. + H. T. (R)	LAD 90%	Att Ex	156 / 70	Trichlormethiazide 2mg: Oxazolam 30mg	H. T. 73M	2		
A. P. + H. T. (R)		Att Ex	110 / 70	Diazepam 6mg: (Furosemide 40mg)	M. A. 79M	3		→ Myo. Inf 12M
A. P. + H. T. (E)	LCA Main 75%	Att	122 / 60		K. M. 50M	2		

19 / 33=58% on Exercise; Ex. during Attack; Att, THY\*: Hyperthyroidism

表5 各疾患における誘発肺ラ音陽性率一覧表

Diagnosis	average age	No. of cases	No. of tests	No. of positive tests	Incidence of positive tests
Myocardial infarction	60.6	23	47	36	77%
Angina Pectoris with Essential Hypertension	57.8	9	33	19	58%
Angina Pectoris without Essential Hypertension	50.4	5	10	3	30%
Essential Hypertension	56.1	35	60	19	32%
Valvular and Congenital Heart Diseases	44.1	39	76	17	22%
Other Cardiac Diseases	45.9	32	51	12	24%
Pulmonary Diseases	51.1	15	9	5	55%
Liver Cirrhosis or Liver Tumor	53.0	4	8	8	100%
Renal Failure	43.0	4	12	8	67%
Diabetes Mellitus	49.6	7	13	3	23%
Other Non Cardiac Diseases	35.2	32	48	3	6%

った。

(3) 平均肺動脈楔入圧 (PAW) の両下肢他動的挙上による変化を主として心筋梗塞と狭心症の患者について調べ、誘発肺ラ音陽性群 (n=11), 陰性群 (n=9) において、 $\overline{PAW}$  はそれぞれ  $9.1 \pm 3.4$  mmHg (mean  $\pm$  SD) と  $9.7 \pm 2.5$  mmHg のごとく差を認めず、 $\Delta \overline{PAW}$  も  $3.1 \pm 1.3$  mmHg と  $1.5 \pm 0.5$  mmHg のごとく差は僅少であった。肺血液量 (PBV) も  $268 \pm 80$  ml/M<sup>2</sup> (mean  $\pm$  SD) と  $259 \pm 38$  ml/M<sup>2</sup> のごとく差なく、 $\Delta PBV$  も  $21.8 \pm 7.3$  ml/M<sup>2</sup> と  $18.9 \pm 7.3$  ml/M<sup>2</sup> のごとく差は認めなかった。

#### IV 考 案

体位性に誘発される肺ラ音の意義は、脚気心の症例 (表1) にみられるように、軽い左心不全→肺動脈楔入圧の上昇、すなわち肺静脈うっ血→肺ラ音 (下肢挙上時に顕性となる) という機序が考えられる。これに反し肺疾患 (表2), 心筋梗塞 (表3), 本態性高血圧を併う狭心症 (表4), 更には肝硬変, 腎不全 (表5) は体位性に誘発される肺ラ音の陽性率が 55~100% と高率であるが、これらに左心不全が存在するとは考え難かった。その証拠のひとつとして (主として心筋梗

塞と狭心症の場合),  $\overline{PAW}$ ,  $\Delta\overline{PAW}$ ,  $PBV$ ,  $\Delta PBV$  に関して誘発肺音陽性者 ( $n=11$ ) と陰性者 ( $n=9$ ) との間に, 差はほとんど認めなかった。従って, 虚血性心疾患の場合, 体位性に肺音誘発されるのは気道粘膜下の微小血管壁の透過性の亢進 (または透過面積の拡大) が寄与していることが示唆される。

## V 要 旨

体位性に誘発される肺音の検査を205名について, 計449回行った。

(1) 誘発テスト陽性率は, 肺疾患55%, 急性期を過ぎて状態の安定している心筋梗塞77%, 本態性高血圧を併う狭心症58%と高率であった。また少数例ながら肝硬変 (100%), 腎不全 (67%) においても高率であった。

(2) 虚血性心疾患を主とする20例において, 約30°の角度に他動的に両下肢を挙上させるとき,  $\Delta\overline{PAW}=1.5\sim 3\text{ mmHg}$ ,  $\Delta PBV=19\sim 22\text{ ml/M}^2$  で, 肺音誘発テスト陽性者 ( $n=11$ ) と陰性者 ( $n=9$ ) との間に有意差はなかった。

(3) 心筋梗塞後の安定期の症例およびおそらく本態性高血圧を併う狭心症の患者にあつては, 体位性に誘発される肺音発生のメカニズムは, 潜在性左心不全に基づくものでなく, 気道粘膜下の微小血管の透過

性の亢進 (または透過面積の増大) によるものと示唆される。

## 文 献

- 1) 栗山逸子, 木田恵次, 日江井恵次, 平川千里, 杉山豊久: 両下肢挙上による肺音誘発法, 疾患による特徴とその機序の推定について, 日本循環器学会東海地方会 (第39回)・(1975, 6月), 岐阜
- 2) 栗山逸子, 平川千里: 両下肢の他動的挙上による肺音誘発 (第2報) —肺うっ血の役割り—第12回東海北陸循環ポリグラフィ研究会 (1978, 9月), 名古屋.
- 3) 木田恵次, 日江井恵次, 栗山逸子, 鈴木孝彦, 後藤紘司, 平川千里: 両下肢の他動的挙上による肺音誘発の意義, 第28回中部地区老年医学談話会 (1978, 9月), 岐阜
- 4) Arakawa, M., Hirakawa, S., Kuriyama, I., Kida, K., Hiei, K., Otsuka, S., Yagi, Y., Goto, K., Suzuki, T. and Fuseno, H.: Prognostic significance and mechanisms of the pulmonary rales induced by passive leg elevation in ischemic heart diseases, In: Florence international meeting on myocardial infarction, 1979, Vol 2, Excerpta Medica, p. 855-6.
- 5) 平川千里: 体位性に誘発される肺音, 心疾患及び非心疾患における研究, 岐阜大学医学部紀要 27: 73, 1979.

## 高血圧症における運動負荷時の血圧変動 (予報)

平 祐 二\*・今 泉 勉\*

中 垣 修\*・竹 下 彰\*・中 村 元 臣\*

### I はじめに

一般に正常成人においては, 運動負荷後, 収縮期血圧は上昇し, 拡張期血圧は不変ないし低下するといわれている。

また, 最近運動負荷後に拡張期血圧が有意に上昇する場合, 冠動脈硬化性心疾患である可能性が高く, 従

ってその診断の指標になるという報告がなされた<sup>1)</sup>。

しかし, 高血圧症における運動負荷時の血圧変動については, 意外に報告が少なく, 一般に負荷後の収縮期血圧の上昇が正常者に比して, より大きいと信じられているにすぎない。

そこで, 我々は外来及び入院患者について行われた運動負荷時の血圧変動を retrospective に調査検討し

\* 九州大学医学部 循環器内科

てみた。特に拡張期血圧の変化について検討を加え、高血圧者では、負荷後拡張期血圧が、非高血圧者に比較して有意に上昇するという結果を得たので、ここに予報ながら発表する。

## II 対象ならびに方法

対象は1976年より1978年までの九大循環器内科の外来及び入院患者で、運動負荷テストを行った高血圧症(境界域高血圧も含む)76名と、高血圧の病歴もなく血圧の異常高値を一度も認めなかった非高血圧者21名を用いた。これらは他に器質的心疾患を持たない症例である。なお、心不全のあるものや降圧剤を使用しているものは調査の対象から除外した。

運動負荷前の血圧値により、WHOの基準に準じて、表1に示したごとく、対象例を3群に分けた。さらに、

表1 Classification of the patients

	Number
I Hypertension	44
Systolic pressure >160 and/or Diastolic pressure >95	
a) with LVH in ECG (SV1+RV5 or SV1+RV6 >40 mm)	25
b) without LVH in ECG	19
II Borderline Hypertension	32
Excluding I and III	
III Control	21
Systolic pressure <140 and Diastolic pressure <90	

第1群を心電図上左室肥大所見を有する例と有しない例に分けた。

運動負荷としては、Bruce法によるtreadmill testまたはMaster's double two step testを使用した。負荷前、負荷直後に仰臥位で血圧を上腕カフ型血圧計により非観血的に、また、心拍数を心電図からそれぞれ

測定した。本研究では拡張期血圧として、聴診法で5点を用いた。

## III 結 果

各群の症例数、平均年齢、負荷前血圧、負荷後の血圧上昇(収縮期血圧の上昇  $\Delta s. p.$  と拡張期血圧の上昇  $\Delta d. p.$ )、最大心拍数を表2に示した。収縮期血圧は負荷後、各群ともに30 mmHg前後の上昇を示した。拡張期血圧は負荷後、高血圧症・境界高血圧症のいずれにおいても上昇を示したが、非高血圧者(control)では逆に低下を示した。

図1は、負荷後の拡張期血圧の上昇度をグラフに表

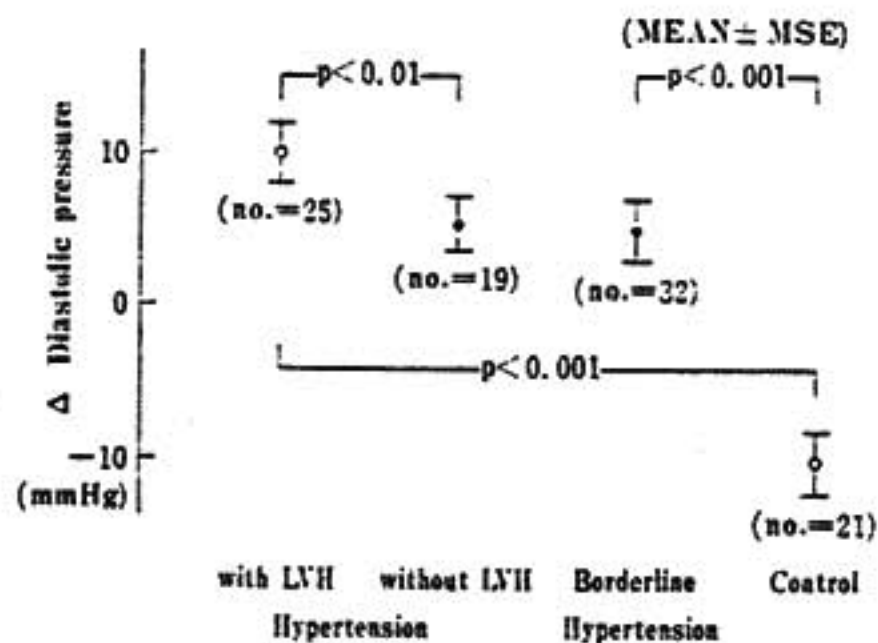


図1 Diastolic pressure response to exercise

わしたものである。高血圧症(境界域高血圧も含む)と非高血圧者との間には、推計学的に有意差を認めた(t-testで  $p < 0.001$ )。また、心電図上左室肥大のある高血圧症と、左室肥大を認めない高血圧症や境界域高血圧症との間にも、それぞれ有意差を認めた( $p < 0.01$ )。

各群において、運動負荷後に拡張期血圧が上昇した症例が占める割合(%)を図2に示した。すなわち、

表2

	Hypertension		Borderline Hypertension	Control
	with LVH	without LVH		
Number	25	19	32	21
Age (yr)	51 ± 3	57 ± 3	45 ± 3	37 ± 4
Resting blood pressure (mmHg)	166 ± 4/92 ± 2	167 ± 4/91 ± 2	141 ± 1/86 ± 1	116 ± 1/75 ± 2
Δ Systolic pressure (mmHg)	39 ± 4	27 ± 3	38 ± 3	33 ± 3
Δ Diastolic pressure (mmHg)	10 ± 2	5.4 ± 2	4.8 ± 2	-11 ± 2
Peak heart rate (beats/min)	114 ± 6	120 ± 6	123 ± 5	136 ± 9

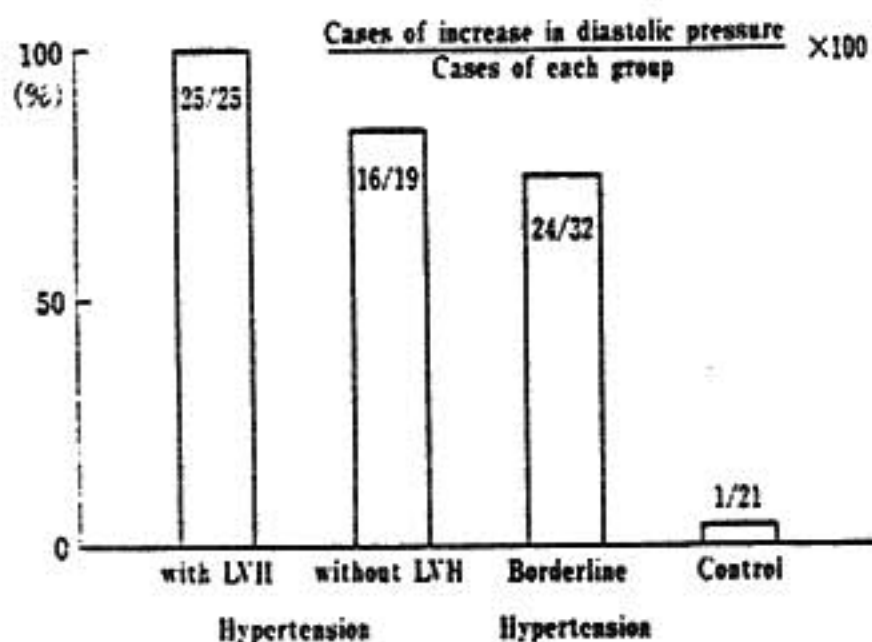


図2 Percentage of increase in diastolic pressure after exercise

左室肥大を伴う高血圧症では100%, 左室肥大を伴わない高血圧症では84%, 境界域高血圧では75%, 非高血圧者では4.5%に負荷後拡張期血圧が上昇した。

#### IV 考 察

今回の retrospective な調査において, 運動負荷後の拡張期血圧は, 境界域高血圧も含めた高血圧症では, 明らかに高頻度に有意の上昇をきたすが, 非高血圧者では逆に下降するという結果を得た。

負荷後の拡張期血圧上昇の機序については, Bruceらは虚血性心臓病, 心不全では, 運動負荷時に骨格筋の循環血液量が不足に傾き, その代償としての反射機構によって, 交感神経を介して血圧を上昇させる機序が働き, そのために拡張期血圧が上昇すると説明している<sup>2)</sup>。本研究では, 対象とした症例には虚血性心臓病や心不全は含まれていない。

Juliusによると運動負荷時には, 心拍出量は増加し, 全血管抵抗は減少するといわれている<sup>4)</sup>。Levyらは, 1967年, 運動負荷時の心拍出量の変化は, labile hypertension と正常者との間に有意差を認め難いと発表している<sup>5)</sup>。従って, 高血圧症において運動負荷後, 拡張期血圧が上昇する機序は, 運動負荷時の全血管抵抗の減少が高血圧患者で小さいためであると考えられる。高血圧患者で運動負荷時の全血管抵抗の減少が起こりにくい機序は不明であるが, 血管の器質的変化の存在や圧受容体反射機能の低下などの関与が考えられる。

#### V ま と め

高血圧症及び非高血圧症について, 運動負荷前と負荷後の血圧と心拍数を retrospective に調査検討した。運動負荷後の拡張期血圧は高血圧症では有意に上昇したが, 非高血圧症では逆に下降を示した。高血圧症において運動負荷後に拡張期血圧が上昇する機序について若干の考察を加えた。

#### 文 献

- 1) Sheps, D. S., et al. : Am. J. Cardiol. 43 : 708, 1979.
- 2) Bruce, R. A., et al. : Circulation 49 : 696, 1974.
- 3) Mason, D. T., et al. : Prog. Cardiovasc. Dis. 19 : 475, 1977.
- 4) Julius, S., et al. : Circulation 43 : 382, 1971.
- 5) Levy, A. M., et al. : Circulation 35 : 1063, 1967.

#### 質 疑 討 論

森 (徳島大) 左室肥大所見を伴う高血圧では, peak heart rate がかなり少ないという結果が出ていますが, そのメカニズムはどのようにお考えですか。

平 (演者) 結果としては, このようになりましたが, メカニズムの考察はしておりません。

福田 (大阪大) 森先生と同様の質問ですが, 我々も5年位前によく似た研究をして論文にしておりますが, 脈拍数の増加と血圧の上昇の相関関係は如何でしょうか。

中村 peak heart rate と血圧との相関について, 推計学的検討をまだやっておりません。

福田 我々の研究では double product はほとんど変わりませんでした。

中村 傾向は似ているように思います。先ほどの森先生の質問にも関連しますが, 機序については, まだ公表をさけたいのですが, 何らかの反射を考えています。

司会 (杉本) 運動強度との関係は如何でしょうか。

平 今回の調査では検討しておりません。

司会 予報ということですが, 今後はどのような計画をお持ちですか。

中村 高血圧症の運動負荷時の血圧変化ということに関しては, 意外に論文が少ないので, 今回の調査を

行い、演者が申しましたような結果を得たわけです。今後上肢の運動と下肢の運動時の差異、血管抵抗上昇

の機序、神経反射との関係等を見ていきたいと思っています。

## 仰臥位安静時の心係数—肘静脈圧—プロットと、下肢 屈伸運動時にみられる同プロットのシフトについて

### —右心機能よりする左心機能の推定—

堀江和子\*・後藤紘司\*・鈴木孝彦\*  
安田洋\*・藤原英樹\*・大角幸男\*  
熊谷正彦\*・八木安生\*・平川千里\*

#### I はじめに

当教室における Hirakawa らの研究により、仰臥位における肘静脈圧 (VP) と心係数 (CI) を同時に測定し、かつ仰臥位下肢屈伸運動中の準定常状態 (semi-steady-state) にてもこれらを測定し、CI-VP plot と運動によるその plot の shift から右心作業状態の一面を non-invasive に評価することが (第一義的に左心を侵す疾患にて) 行われてきた<sup>1)</sup>。しかし、左室の filling pressure である肺動脈楔入圧 (PAW) などは測定されておらず左心のポンプ機能について評価するに至っていなかった。そこで今回は、第一義的に左心を侵す心疾患患者において、肘静脈圧 (VP)、平均肺動脈楔入圧 ( $\overline{PAW}$ )、心拍出量 (CO) 及び心係数 (CI) を、同一人でほぼ同時に測定し、縦軸に CI、横軸に  $\overline{PAW}$  をとった plot とその運動 (水平仰臥位下肢屈伸運動) 中の shift から左心の作業状態の一面を推定し、縦軸に CI、横軸に VP をとった plot とその運動中の shift から右心の作業状態の一面を推定し、CI- $\overline{PAW}$  plot と CI-VP plot の関係を検討したので報告する。

#### II 対 象

弁膜疾患 (僧帽弁及び大動脈弁疾患) (n=11),

虚血性及び高血圧性心疾患 (n=9) ならびに心筋症など (n=2) の第一義的に左心を侵す心疾患患者、計22例を検討した。これとは別に心機能がほぼ正常と思われる軽度の不整脈患者など (n=6) を対象群とした。

#### III 方 法

水平仰臥位にて上肢より、いわゆる Swan-Ganz catheter を挿入し中心静脈圧 (CVP)、 $\overline{PAW}$  を測定し、thermodilution method により CO を測定した。また他方の肘静脈より、Moritz-Tabora 法を改変した方法<sup>2)</sup>で安静時の肘静脈圧 (VP) を測定した。ついで、メトロノームに合わせて、33回/分の速度で下肢屈伸運動 (1回1側とし、1側下肢を股及び膝関節でまげ、ついでこれを伸ばす間は、他側下肢は伸展静止の状態に保ち、ついで同じ運動を他側に行わしめ、膝をマットレスから浮かすことを禁じた) を、約4~5分間おこない、観測される VP の上昇が止り、プラトーに入った時点、すなわち準定常状態に VP が入ったと思われる時点で、運動を続けながら VP、CVP、 $\overline{PAW}$ 、CI を測定し、安静時よりの増加分をそれぞれ  $\Delta VP$ 、 $\Delta CVP$ 、 $\Delta \overline{PAW}$ 、 $\Delta CI$  とした。なお  $\overline{PAW}$  の単位は mmHg、VP の単位は mmH<sub>2</sub>O で示し、ゼロ圧基準面は胸郭中点 (mid-thoracic, 略し

て m. t.) に置いた。VPmt とは m. t. 点にゼロ圧基準面を置いた場合の肘静脈圧である。

予備実験にて運動負荷時に, thermodilution method により CO を測定することの妥当性を検証した。図は省略するが, 我々が負荷中の CO 及び他のパラメータを測定している時点, すなわち運動開始後4~5分では7例にて肺動脈血温度は, 0.1℃ 以下の誤差

をもって大体一定で base-line はほぼ水平である。この事実より, 我々が用いた程度の軽労作で, かつ準定常状態を狙った測定では, base-line はほぼ水平であって, thermodilution method により運動中の CO が十分測定可能と考えられる。このことを支持する他の証拠としては, thermodilution method による CO と, 同時に行われた心放射図 (BCG) による CO

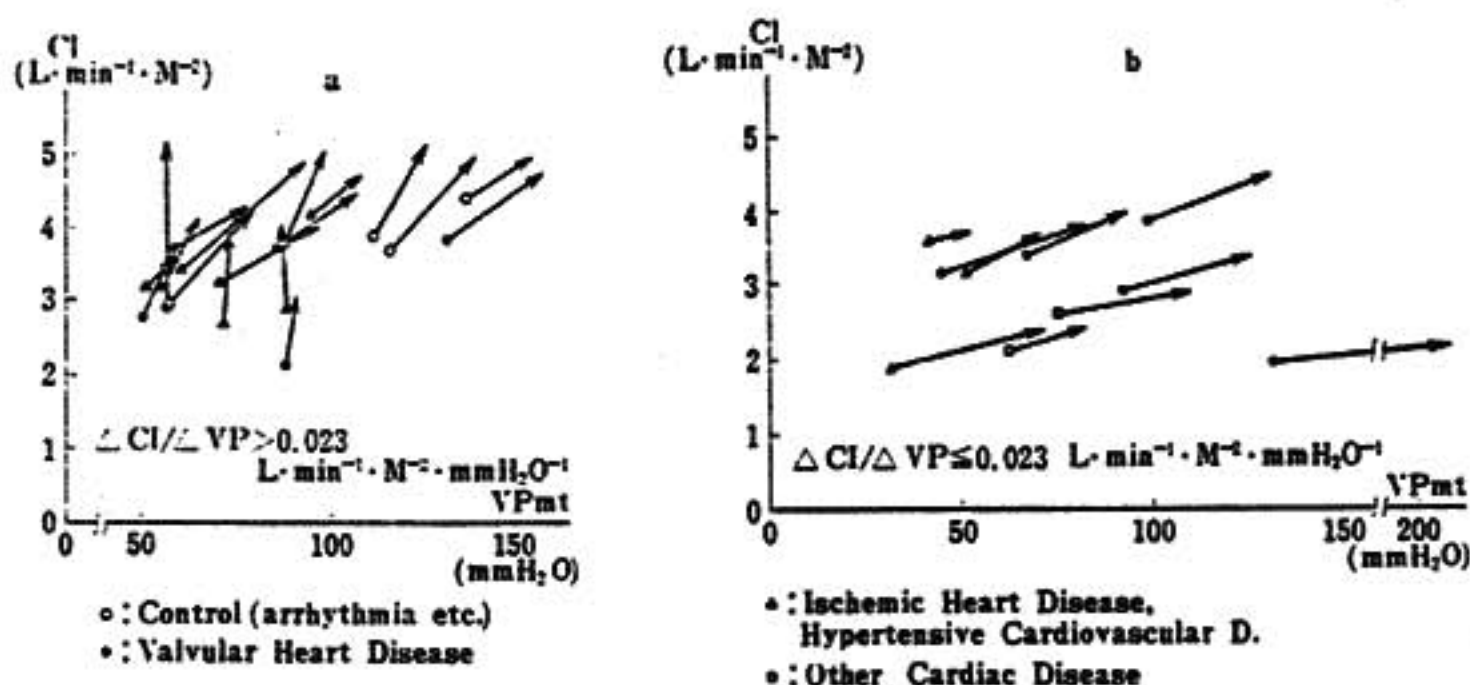


図1 CI-VP plot and its shift with supine leg exercise

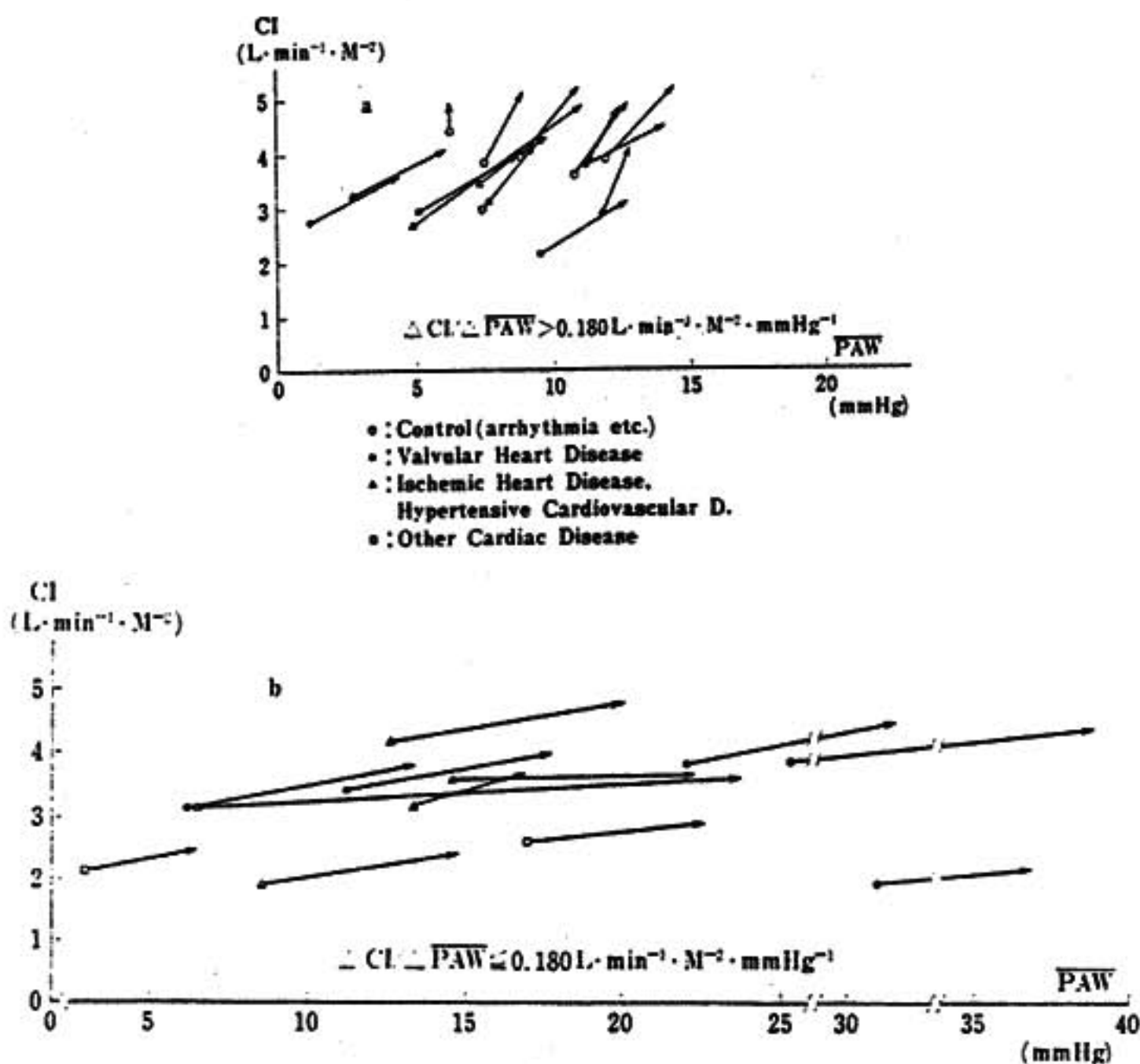


図2 CI-P̄AW plot and its shift with supine leg exercise



測定 (14回) は, 小さい ( $\pm 11\%$ ) 誤差をもって良く一致している。

#### IV 結 果

図1に CI-VP-plot とその運動時の shift を矢印で示す。ここで  $\Delta CI/\Delta VP = 0.023$  [ $L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} (\text{mmHg})^{-1}$ ] にて二群に分け, 0.023より大の者は, 右心機能良好 (a), 0.023あるいはそれ以下のものは右心機能劣化 (b) と定義した。

図2に CI-PAW-plot とその運動中の shift を示す。成績は,  $\Delta CI/\Delta PAW = 0.18$  [ $L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} (\text{mmHg})^{-1}$ ] にて二群に分け, 図2 (a)のごとく勾配が急峻で0.18を越えるものは, 左心機能良好, 図2 (b)のごとく勾配が水平に近く,  $\Delta CI/\Delta PAW$  が, 0.18 または 0.18 以下のものは左心機能劣化と定義した。

我々の問いかけへの回答を表1に示す。我々が対象

表 1

Well-functioning Right Heart	18	Well-functioning Left Heart	16
		Poorly-functioning Left Heart	2
Poorly-functioning Right Heart	10	Well-functioning Left Heart	0
		Poorly-functioning Left Heart	10

Well-functioning Right Heart :

$$\Delta CI/\Delta VP > 0.023 L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} \cdot \text{mmHg}^{-1}$$

Poorly-functioning Right Heart :

$$\Delta CI/\Delta VP \leq 0.023 L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} \cdot \text{mmHg}^{-1}$$

Well-functioning Left Heart :

$$\Delta CI/\Delta PAW > 0.180 L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} \cdot \text{mmHg}^{-1}$$

Poorly-functioning Left Heart :

$$\Delta CI/\Delta PAW \leq 0.180 L \cdot \text{min}^{-1} \cdot M^{-2} \cdot \text{mmHg}^{-1}$$

とした。第一義的に左心を侵す心疾患患者では, 右心機能が悪い10例 (その定義は上に述べた) では, 全例左心機能も悪く, これには例外はなかった。また, 右心機能が良好18例のうち, 2例 (約10%) では左心機能が悪い (その定義は上に述べた) ことを発見したが, 残りの16例では左心機能は良かった。

#### V 結 語

心機能がほぼ正常と思われる軽い不整脈の症例など ( $n = 6$ ) を対象として, 第一義的に左心を侵す心疾患患者群 ( $n = 22$ ) につき仰臥位下肢屈伸運動から, 心臓作業状態に関する右心-左心相関を調べた。

1. CI-VP-plot 及び CI-PAW-plot とそれぞれの運動時の shift から, 右心及び左心のポンプ機能を, 一定の定義のもとに判定した。

2. 右心機能から, 直ちに左心機能を推定する場合, 右心機能が劣化している症例 ( $n = 10$ ) は, 全例左心機能の劣化を推定して, これは正しかった。右心機能が良好な症例 ( $n = 18$ ) で, 左心機能が良好と推定すると約10%においてのみ誤りを生ずることを見出した。

#### 文 献

- 1) Hirakawa, S., Kinoshita, M. and Hayase, S. : Non-invasive assessment of the performance of the right heart during dynamic exercise, a study of left-sided heart disease. Jap. Circ. J. 40 : 35, 1975.
- 2) 近藤靖士 : 静脈圧測定法. 総合臨牀 20 : 936, 1971.
- 3) Lyons, R. H., Kennedy, J. A. and Burwell, C. S. : The measurement of venous pressure by the direct method. Am. Heart J. 16 : 675, 1938.

## 運動負荷による抗狭心症薬の効果判定(第2報)

## —運動負荷試験による再現性について—

宮田 捷 信<sup>\*</sup>・長谷川 昭<sup>\*</sup>関 克 美<sup>\*</sup>・土谷 正 雄<sup>\*</sup>橋本 啓<sup>\*</sup>・柳沼 淑夫<sup>\*</sup>・細田 瑳一<sup>\*</sup>

## I はじめに

労作性狭心症患者では、虚血性 ST 降下と心筋酸素消費量の目安となる Pressure Rate Product (PRP) との間には一定の関係があるとされている。しかしながら長期間にわたった観察では、同じレベルの PRP でも虚血性 ST 降下の程度に差が生ずることも認められている。この ST 降下の変動は抗狭心症薬の効果判定<sup>1)</sup>に際しもっとも注意すべき問題点である。そこで労作性狭心症患者の運動負荷試験による ST 降下度の再現性を検討し、若干の知見を得たので報告する。

## II 対象及び方法

対象は安定型労作性狭心症、男11例、女3例の計14例で、平均年齢は58.7才である。運動負荷は CASE treadmill<sup>®</sup> を用い、午前中の空腹時60分以上の安静を保った後行った。運動負荷による短時間内の再現性については、最初 control 負荷を行い、次いで同一量の負荷で15分後、更に60分後、更に30分後の順で行った。運動負荷の終点は Bruce 法、modified Bruce 法または manual exercise により 2 mm 以上の虚血性 ST 降下、または Kattus らの2度以上の狭心痛の出現した時点とした。ST 部分の測定は J point の ST 降下度と ST slope から算出した McHenry ら<sup>2)</sup> の ST index を用いた。血圧 (BP)、心拍数 (HR)、PRP は非観血的に運動負荷を通して1分毎に測定した。また一部の症例では体酸素消費量 ( $\dot{V}O_2$ ) についても検討した。ST 降下度の再現性の検討では、それぞれの時間で行った時の ST 降下度の変動の範囲が control 運動負荷と比べ20%を超えて変化した場合、再現

性不良と判定した。

## III 結 果

## 1. 1カ月以内の再現性

図1-a は control 負荷後1日、7日、14日、30

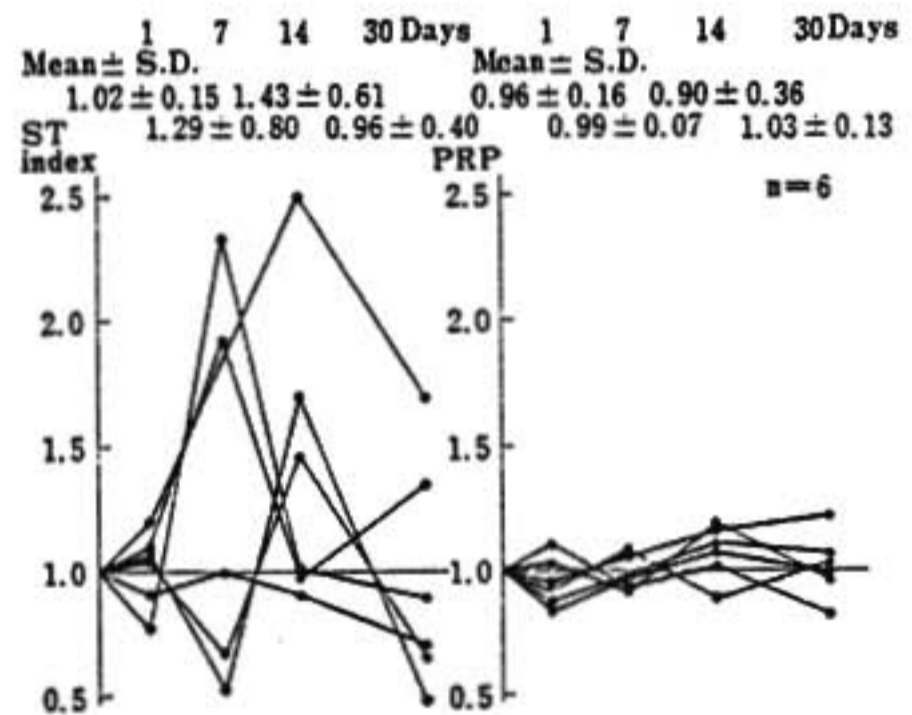


図1-a Changes in ST index and PRP due to same load

日目に同一量の運動負荷を行った時の ST index と PRP の変動である。縦軸は ST index, PRP の control に対するそれぞれの比を表わし、1 は control と比べ不変、1 以上は悪化または増加、1 以下は改善または減少を示す。ST index の変動の範囲は control 負荷の翌日で20%の範囲内で良好な再現性を認めた。一方、7日、14日、30日目では ST index の変動はいずれも20%以上と大きく、再現性は悪かった。また PRP の変動の範囲はいずれの時期でも20%以内で再現性は良好であった。

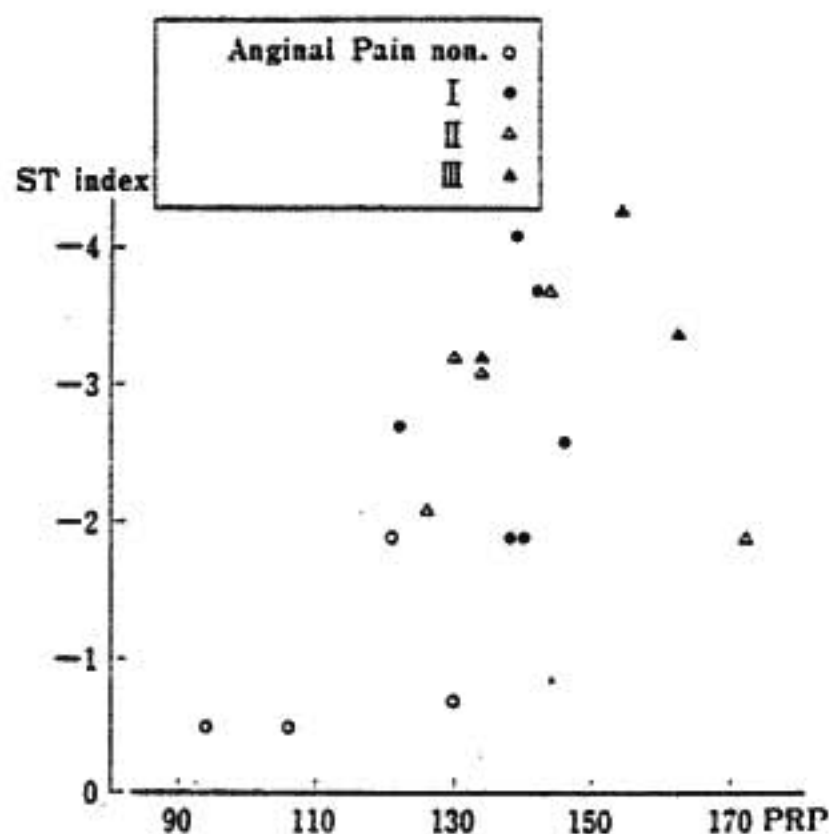


図1-b Correlation between ST index and PRP  
Y. W. 65 y. o. M. old MI. effort angina

図1-bは労作性狭心症における運動負荷によるST降下度, PRPと狭心症の重症度の関係を表わした一例である。ST indexはPRP 140前後で-1.9から-4.0と著明な変動を示し, またST indexの降下レベルが同じでも狭心症の重症度に差が認められた。

## 2. 短時間内の再現性

図2-aはexercise protocolに従いcontrol負荷及びその15分後, 60分後, 30分後の同一負荷量に対するST index, HR, BP, PRPの再現性の検討である。15分後のST indexの変動は $0.70 \pm 0.24$ と大きく, 20%以内の範囲(ST index比 $1 \pm 0.20$ )の変動を示す例は4例にすぎず再現性は不良であった。しかし, 60分後のST indexの変動の範囲は全例20%以内で良好な再現性を示した。一方30分後における20%以内の変

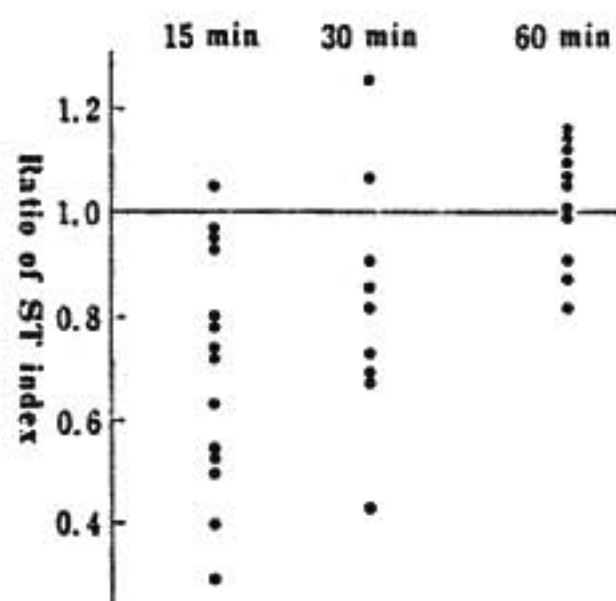


図2-a Reproducibility of ST index in each period

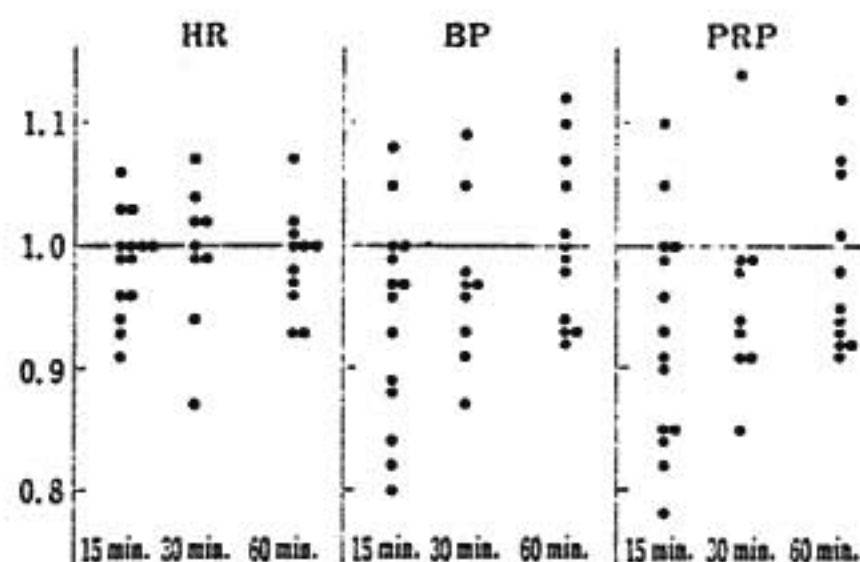


図2-b Reproducibility of HR, BP and PRP in each period

動を示す例は9例中4例で, 15分後と60分後運動負荷の中間値を示した。

図2-bはこの時のHR, BP, PRPの変動である。HRの変動の範囲は15分, 30分, 60分後の負荷で1例を除きいずれもcontrol負荷に比し10%以内であった。BP及びPRPはともに同じように変動推移し, 10%以内の変動を示す例は15分後で14例中9例で, 60分後では11例中10例と増加した。

Control負荷と15分後に行ったST indexの変動の範囲は60分後に行った運動負荷と比べ大きく, この現象はwarm up効果による影響と考えられた。ST indexがcontrolに比し20%以上改善した例をwarm up効果(+), 20%以内の例をwarm up効果(-)とすると, 労作性狭心症14例中warm up効果(+ )は10例, warm up効果(-)は4例であった。図3はcontrol運動負荷と15分後の負荷におけるHR, BP, PRPの運動負荷中の増加率をwarm up効果の有無別に検討したものである。HRはwarm up効果の有無で差を認めず, BP及びPRPはwarm up効果(+ )例で減少傾向を示した。一方, warm up効果(-)例ではBP及びPRPの減少を認めなかった。

図4-aはwarm up効果を認めた労作性狭心症の一例で, control負荷及びその15分後, 60分後の運動負荷による心電図 $V_5$ 及び $V_5$  ST trend, HR, BP, PRP,  $\dot{V}O_2$ である。Control負荷ではKattusらの2度の胸痛を伴い,  $V_5$ のSTは2.4mmの水平降下を示したが, 15分後に行った負荷では狭心症はほとんどなく $V_5$ のST降下度は1.2mmで自覚症状並びに心電図上明らかな改善を認めた。しかし60分の間

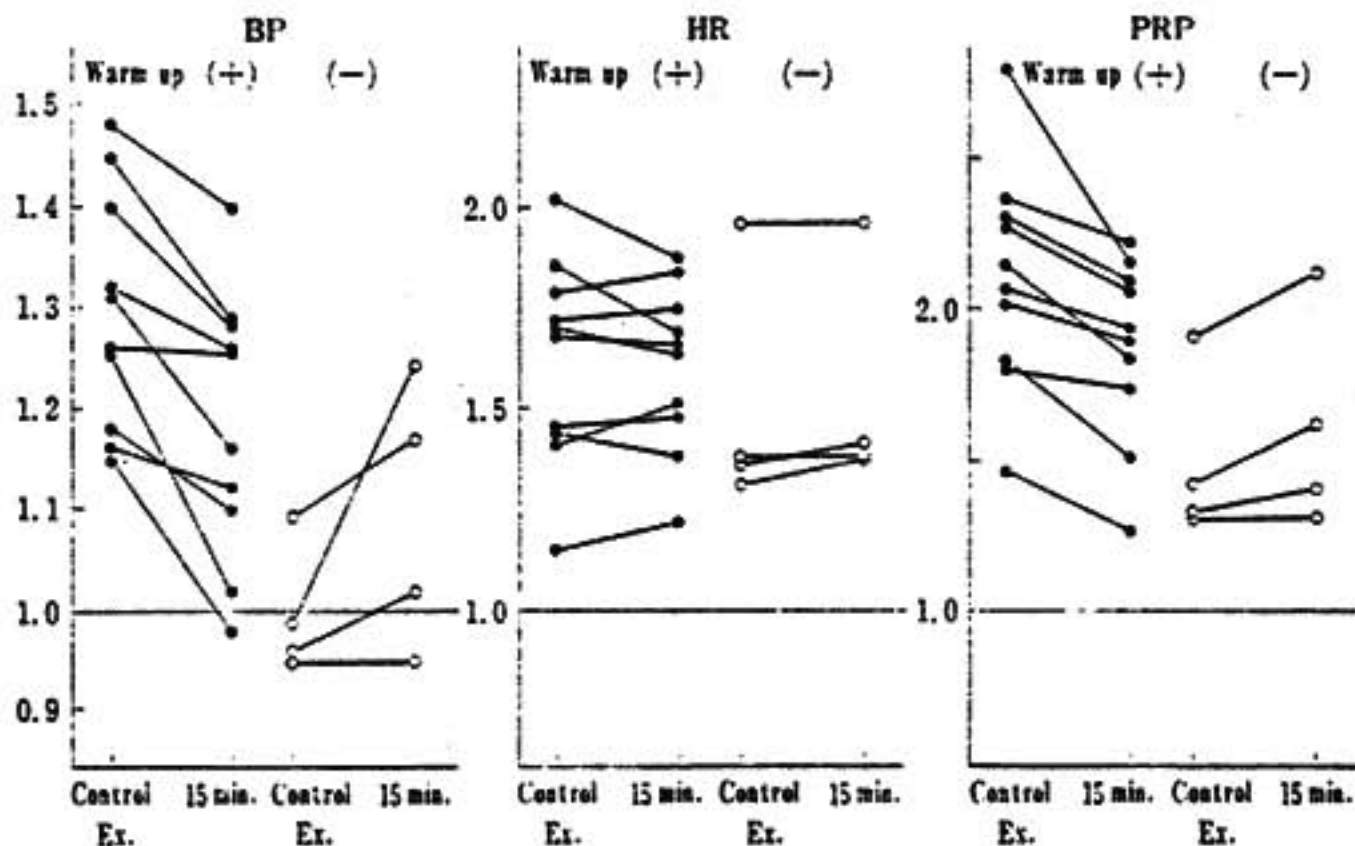


図3 Comparison between warm up positive and negative cases

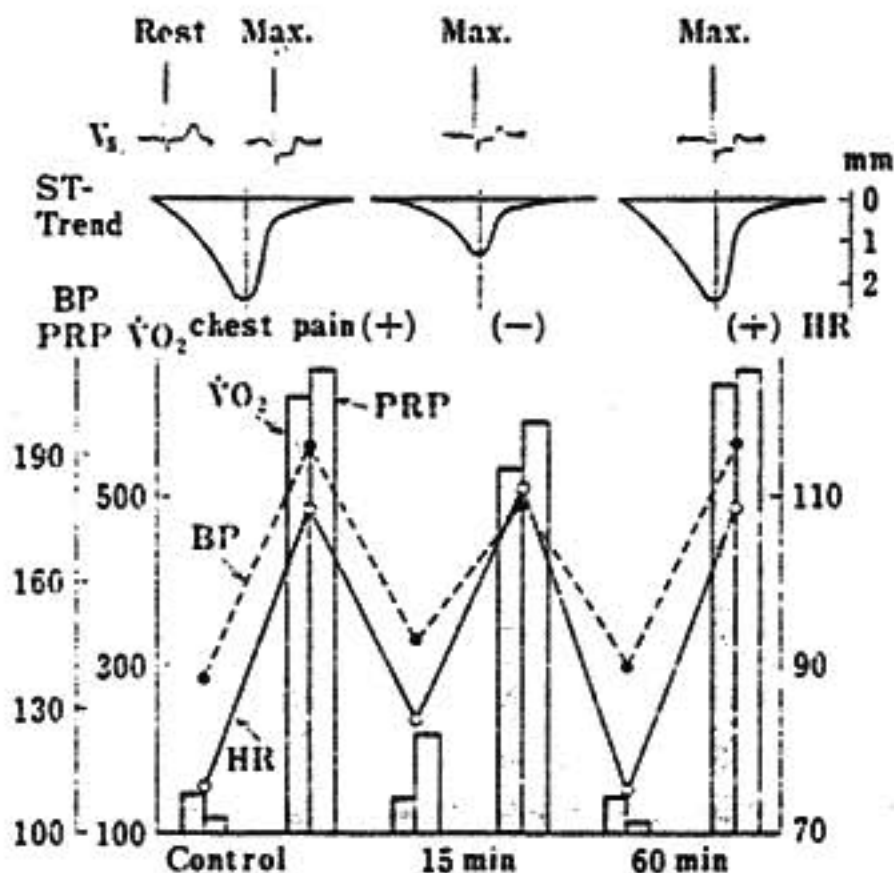


図4-a Effort angina with warm-up effect

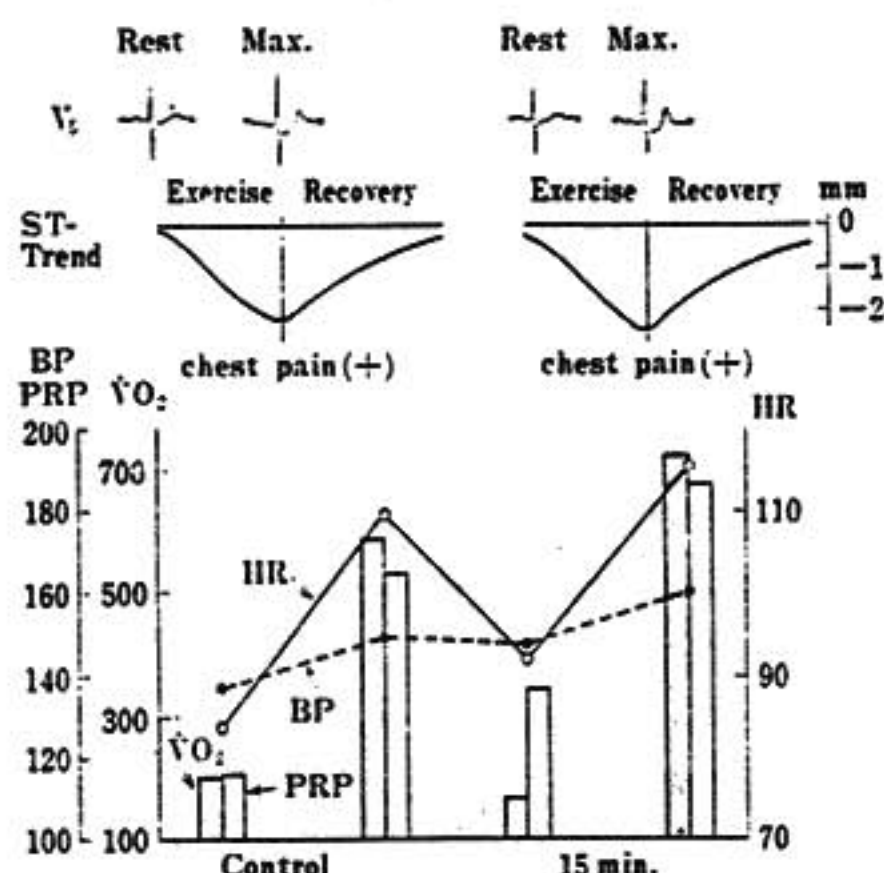


図4-b Effort angina without warm-up effect

隔において負荷を行った時の  $V_s$  の ST 降下度は control と比べて差を認めず、また狭心痛の出現も同程度に起り、この時点では warm up 効果による影響は認められなかった。同時に測定した PRP 及び  $\dot{V}O_2$  の control と15分後負荷中の比較では、PRP は210から198、 $\dot{V}O_2$  は620から530 ml/min とそれぞれ低下した。しかし60分後の負荷中の PRP 及び  $\dot{V}O_2$  は control と比べて差を認めなかった。

図4-bは warm up 効果を認めない労作性狭心症の一例で、control 負荷では Kattus らの2度の胸痛を伴い、 $V_s$  の ST は2.2 mm の水平降下を示した。

15分後の負荷では  $V_s$  の ST 降下度は2.4 mm で control と比較して差を認めなかった。同時に測定した control と15分後の負荷中における PRP は168から187、 $\dot{V}O_2$  は590から724 ml/min と15分後で軽度上昇傾向を示した。

#### IV 考 按

抗狭心症薬の効果を運動負荷を用いて判定する際、運動負荷による狭心症状の出現の程度、心電図 ST 降下度、血圧、心拍数等の再現性の検討は不可決である。典型的労作性狭心症を対象とし、control 負荷後1、

7, 14, 30日目に同一量の運動負荷を行った時の ST index の変動の範囲は1日後を除いていずれも20%以上と大きく再現性は悪かった。しかし PRP の変動はいずれの時期でも20%以内で再現性は良好であった。また同じレベルの狭心痛の出現を目標に負荷を行っても ST 降下度の変動の範囲は大きかった。このことは control 負荷後1日目を除けば同一レベルの運動負荷量または PRP あるいは狭心痛を目標に負荷を行っても ST 降下度の再現性が乏しいことを意味し、運動負荷法による薬効判定には個々の症例毎にそれらの再現性を十分吟味した上で行われる必要がある。

一方、短時間内に繰り返し運動負荷を行い薬効判定する場合、warm up 効果による影響を考慮する必要がある。労作性狭心症で warm up 現象すなわち運動の継続または繰り返しにより運動耐容量を増すことはよく知られているが、まとまった報告例<sup>3-6)</sup>は少なく、その成因はほとんど検討されていない。warm up 現象の成因<sup>3,4)</sup>として(1)冠血流量増加による局所冠循環の改善、(2)心筋酸素消費量、心効率の改善、(3)体酸素消費量の改善、(4)神経体液性因子の影響、(5)運動負荷方法の慣れ、skill 等がある。MacAlpin ら<sup>3)</sup>は warm up 現象の成因として狭窄冠動脈の灌流域の血流量が運動により増加すると述べている。我々の検討では、warm up 現象は心筋酸素消費量の減少と関係し、warm up 効果の有無と  $\dot{V}O_2$  の関係では  $\dot{V}O_2$  は warm up 効果 (+) 例で低下し、warm up 効果 (-) 例で有意の低下を認めなかった。warm up 効果は同一量の運動負荷に対し末梢血管拡張による血圧低下や  $\dot{V}O_2$  低下など全身の代謝の影響などによる局所冠循環の改善の結果起ると考えられた。

## V 結 語

安定型労作性狭心症14例に繰り返し同一量の運動負

荷を行い、臨床症状、心電図 ST 降下度、HR、BP、PRP の再現性を検討した。

1. Control 負荷後7, 14, 30日目に同一量の運動負荷を行った時の ST index の変動の範囲はいずれも20%以上と大きく再現性は悪かった。

2. Control 負荷後1日目、60分後に行った ST 降下度の変動の範囲はいずれも20%以内で良好な再現性を認めたが、15分、30分の間隔をおいて行った ST 降下度の再現性は悪く、これは warm up 効果による影響と考えられた。

## 文 献

- 1) 長谷川昭, 宮田捷信, 田原一二, 関 克美, 土谷正雄, 橋本 啓, 柳沼淑夫, 細田達一: 運動負荷による抗狭心症薬の効果判定. 薬剤血中濃度との関係. 最新医学 35: 648, 1980.
- 2) McHenry, P. L., Phillips, J. F. and Knoebel, S. B.: Correlation of computer-quantitated treadmill exercise electrocardiogram with arteriographic location of coronary artery disease. Am. J. Cardiol. 30: 747, 1972.
- 3) MacAlpin, R. N. and Kattus, A. A.: Adaptation to exercise in angina pectoris. Circulation 33: 183, 1966.
- 4) Kattus, A. A., Alvaro, A. and MacAlpin, R. N.: Treadmill exercise tests for capacity and adaptation in angina pectoris. J. O. M. 10: 627, 1968.
- 5) Leftwich, P.: Angina pectoris with second wind. S. A. Med. J. 23: 454, 1953.
- 6) Blomqvist, G. and Atkins, J. M.: Repeated exercise testing in patients with angina pectoris. Reproducibility and follow-up results. Circulation 44 Suppl II: 76, 1971.

## 心筋梗塞患者の急性期および退院時の定量的運動負荷試験

丸 岡 隆 芳\*・藤 田 良 範\*・長谷川 武 志\*  
 桑 原 敏 樹\*・内 田 宏 子\*・新 村 与 平\*  
 林 正 博\*・内 島 宏\*・新 谷 博 一\*

### I はじめに

急性心筋梗塞のリハビリテーション(以下リハ)は早期離床・退院を目指す方向にある。しかしその入院中の運動耐容量の経過についての報告はまだ少ない。今回我々は入院中リハ進行の1つの指標として、また入院期間短縮の可能性を求める目的で、入院中比較的早期と退院時、6カ月に定量的運動負荷を行い心機能の経過について検討した。

### II 対象ならびに方法

対象は当科CCUに入院した急性心筋梗塞患者39例で全例男子、平均年齢56.4才、初発作27例、再発作12例、心筋梗塞の重症度を示すPeelの予後指数は平均10.9である。負荷時期は既報のリハプログラム<sup>1)</sup>で100~300m歩行時と退院時で、坐位自転車エルゴメーターを使用し負荷を行った。負荷は最初50W負荷を5分間行い、後述の負荷中止基準に達しない例には75W, 100W, 125Wと間歇的に増量し、50W負荷中止例には25W負荷を行った。負荷前・中・後にわたり有線テレメーターを使用して心電図を監視記録し、同時に血圧、心拍数、体酸素摂取量、Minnesota impedance cardiographにより心拍出量を測定し、心機能を検討した。負荷中止基準は①胸痛、高度の呼吸困難、動悸、倦怠感などのため運動の続行が不可能な場合、②安静時に比べSTの0.2mV以上の偏位、期外収縮の頻発・連発、重症不整脈の出現などとした。ただし入院中の負荷では最大心拍数が130/分に達した場合も負荷中止とした。入院中の負荷で最大運動耐容量(max PWC) 100W以上の例をI群、100W負荷途中中止例をII群、75W途中中止例をIII群、50W5分以内中止例をIV群、50W3分以内中止例をV群

とした。

### III 結 果

入院中負荷は発作後平均27日で行った。入院中負荷では100W以上負荷可能であるI群はなく、II群20.5%、III群20.5%、IV群25.7%、V群33.3%であった。各群の平均年齢はII群51.3才、III群55.4才、IV群57.4才、V群58.4才とmax PWCの大きい例ほど若い傾向を示した。Peelの予後指数もII群10.7、III群9.0、IV群10.9、V群11.4とIII群は少し低いが、max PWCの大きい例に低い傾向を示した。

入院中、退院時、6カ月のmax PWCを図1に示

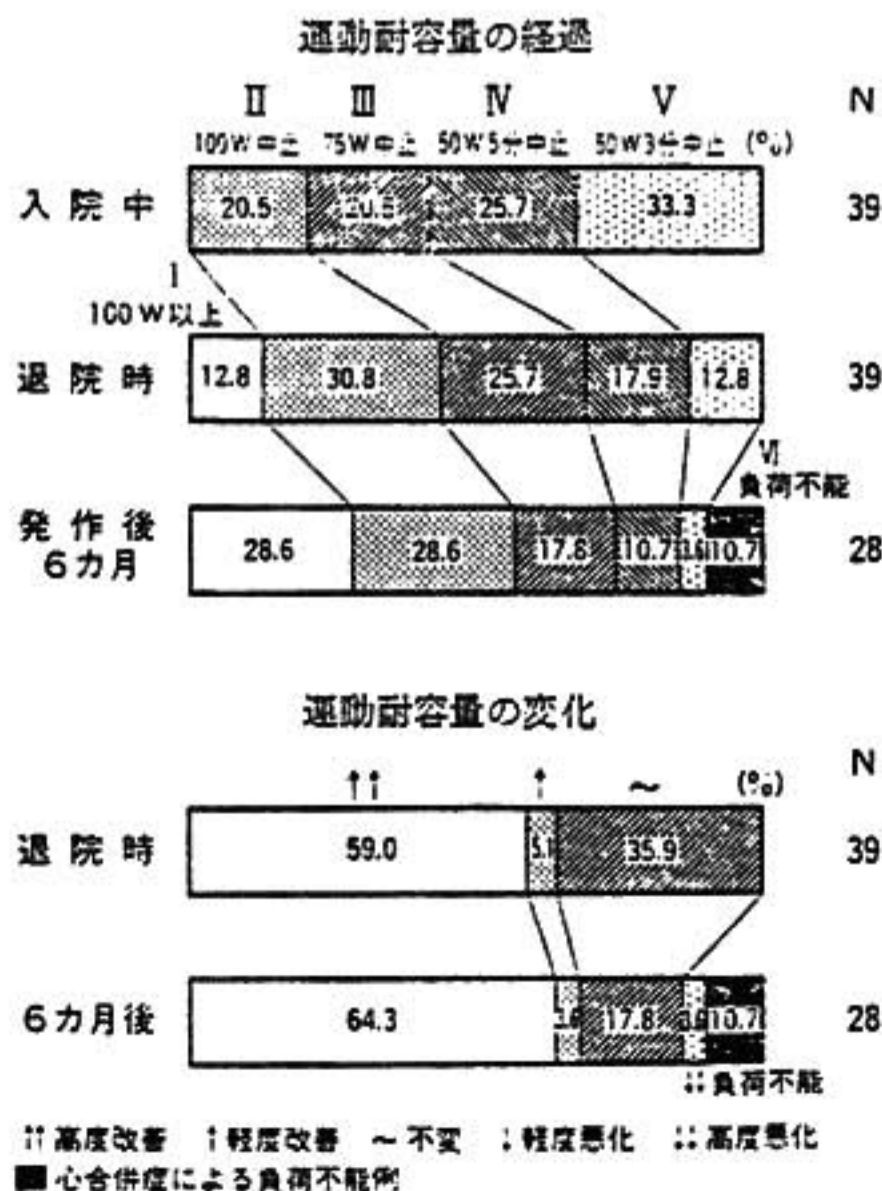


図1

\* 昭和大学医学部 第三内科

した。入院中はII群, III群あわせて41.0%であるが, 退院時には PWC は増加し, I群も12.8%みられ, I, II, III群あわせて69.3%となる。発作後6カ月ではさらに75.0%と増加し, 経過とともに max PWC は増加する。しかし発作後6カ月には不整脈, 狭心症などの出現したため負荷不能となる例が3例みられたが, この3例はいずれも入院中の負荷でIV群, V群の心機能の悪い例であった。入院中の負荷に比べ退院時に max PWC の増加例は64.1%, 不変例は35.9%, 6カ月では67.9%で max PWC が増加している。1例のみが max PWC が低下し, 3例が退院後不整脈, 狭心症などの出現のため負荷不能となっている(図1下段)。各種パラメーターの経過を図2, 3に示すが, 最大心拍数(max H.R.)は入院中119/分, 退院時

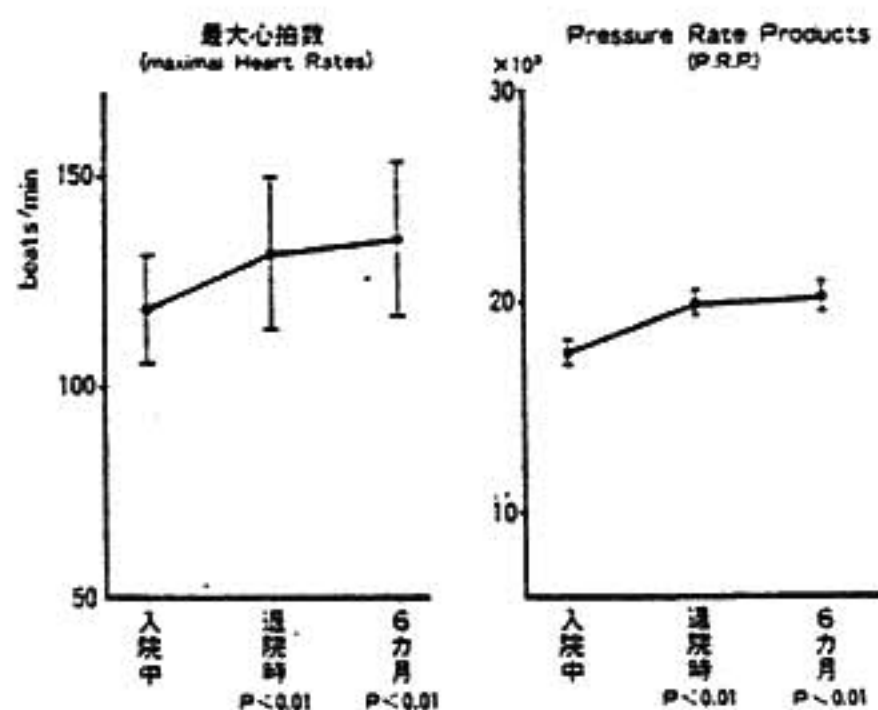


図2 各種パラメーターの経過 (1)

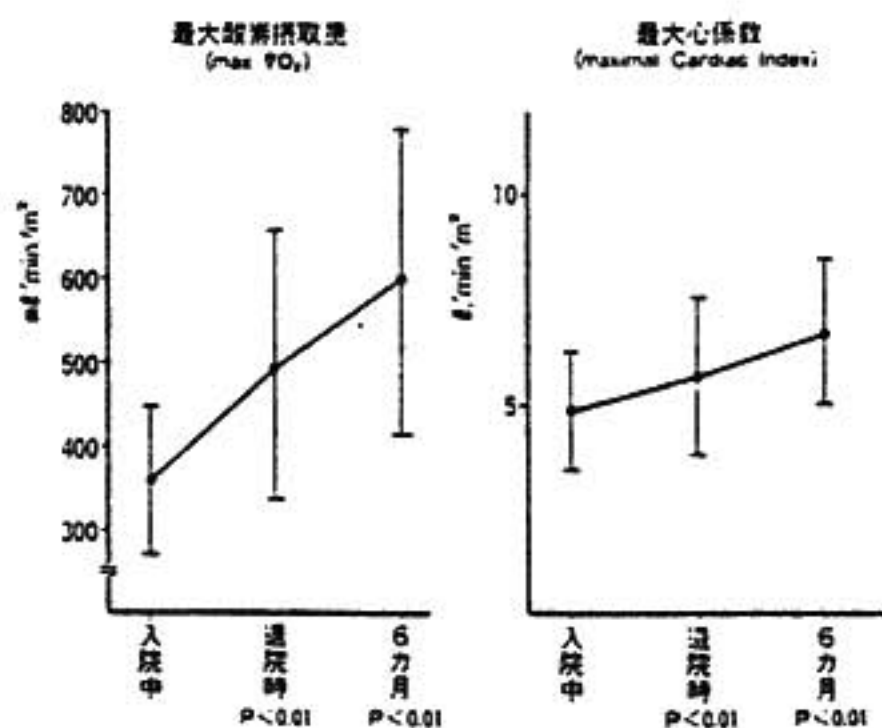


図3 各種パラメーターの経過 (2)

132/分, 6カ月136/分と経過とともに増加し, 特に入院中から退院時にかけて増加が著しい。同様に収縮期圧×心拍数である Pressure Rate Products (P.R.P.)も入院中 $17.9 \times 10^3$ , 退院時 $20.5 \times 10^3$ , 6カ月 $21.6 \times 10^3$ と増加する。最大酸素摂取量(max  $\dot{V}O_2$ ), 最大負荷終了直後の心係数(max C.I.)も有意に増加し, 心機能が経過とともに改善することを示している。心筋梗塞の範囲を心電図上より狭い例, 広い例にわけ max PWC を比較すると, 心機能のよいII群, III群は梗塞範囲の狭い例が多く, IV群, V群は広い例が多い傾向を示した。入院時の心不全の有無はII, III, IV群では明らかな差がないが, 心機能の悪いV群には心不全例が多くみられている。入院中 max PWC と入院期間については, 39例の入院期間は平均58.5日, 発症から離床(歩行開始)までの期間は平均14.4日, 離床から退院までの期間は44.1日である。各群で見るとII群46.0日, III群54.4日, IV群59.3日, V群66.1日とPWCの少ない例ほど入院期間は長くなる傾向を示し, II群とV群では有意の差がみられた。しかし発症から離床(歩行開始)までの期間はいずれの群もほとんど差がなく, 入院期間の差は主に離床後の期間の差である。入院中に比べ退院時に PWC が増加した例は不変例に比べ年齢は若く, 梗塞範囲も狭い傾向を示した。また入院中から退院時にかけて PWC はいずれの群にも増加例はみられるが, 入院中負荷で心機能の良いII, III群は, 悪いIV, V群に比べ PWC の増加する例が多い傾向を示している。

#### IV 考按ならびに結論

急性心筋梗塞の退院時<sup>2)</sup>, 退院後の運動耐容量の経過について<sup>3)</sup>はすでに報告してきた。また以前使用していた8週のリハビリプログラム<sup>4)</sup>と現在使用している4週のリハビリプログラムを比較検討した結果でも早期離床・退院が可能であった例は社会復帰率もよかった。今回我々は入院中の比較的早期と退院時に運動負荷を行い, 心機能の経過を検討した。max PWC は経過とともに増大し, 入院中の負荷では50W 5分中止例以下の心機能の例は59.0%であるが, 退院時には30.7%に減少し, 逆に心機能のよい例が増加し, I, II, III群あわせて69.3%となる。しかし6カ月ではI, II, III群あわせて75.0%であり, 入院中から退院時の

増加に比べてゆるやかである。また max H. R., P. R. P., max C. I. max  $\dot{V}O_2$  などのパラメーターも同様の経過を示している。現在入院中は系統的なリハビリプログラムでリハを行っているが退院後には積極的なリハを行っている例は少ない。経験的には退院後積極的に運動等を行った例では心機能の改善がよい例が多い。今後退院後にも積極的な運動療法を行うなど退院後のリハの検討が必要と思われる。

入院中の max PWC に影響をおよぼすと思われる因子として、年齢、心不全、梗塞範囲などについて検討した。max PWC は年齢が若いほど大きい傾向を示している。この39例の負荷中止理由として、自覚症状(狭心症)出現のため中止は1例のみであり、他は心電図変化、特に ST 変化で中止した例が多かった。入院中負荷の負荷強度を Robinson の年齢別の max H. R.<sup>9)</sup> でみると各群とも約70%程度の中等量の負荷であった。ST 偏位による中止基準は施設により種々いわれており、統一されたものはないが、一応我々は0.2mV 以上の変化があれば中止している。比較的早期であるためこの程度の心電図変化が max H. R. の70%程度でできることが多いためかも知れない。入院時の心不全はV群においてのみ多い傾向を示した。今回の症例の Peel の予後指数は10.9と比較的軽症例であったということもあるが、治療に対する反応など検討が必要と思われる。梗塞範囲についてみると、max PWC の大きい例は梗塞範囲の狭い例が多い傾向を示している。広い範囲の梗塞があれば、それによる心筋障害は大きく心機能の低下も大きいものと思われる。また梗塞範囲が大きい場合は心不全等の合併症の出現する可

能性も高く、入院中から退院時の負荷を比較しても PWC の増加は悪い傾向にあり、今後梗塞巣の拡大防止など治療面で積極的な方法が望まれる。入院中 max PWC の大きい例はリハ進行を阻害する心不全、狭心症、不整脈、リハビリプログラムで運動量を増加する毎に行う任意歩行による負荷心電図異常の出現することも少なく、離床後のリハ進行がスムーズなため入院期間が短くなったと考えられる。発作後6カ月に負荷を行い得なかった例は入院中負荷でIV群、V群に属する例であり、いずれも入院中から退院時にかけて max PWC の増加のみられなかった例である。入院中早期の PWC を知ることはリハ進行の一つの指標として、また退院後の社会復帰のための指標としても有用と思われる。

#### 文 献

- 1) 藤田良範, ほか: 心筋梗塞に対するリハビリテーションと負荷試験における問題点. リハビリテーション医学 15: 151, 1978.
- 2) 新村与平, ほか: 心筋梗塞症の運動負荷試験—退院時心機能と入院中臨床所見との対比—. リハビリテーション医学 16: 349, 1979.
- 3) 内島 弘, ほか: 運動負荷試験による心筋梗塞患者の退院後心機能経過について. リハビリテーション医学 17: 1980, 掲載予定.
- 4) 加藤敏平: 心筋梗塞症の初期リハビリテーション・プログラムと長期予後. 昭和医誌 37: 15, 1977.
- 5) Robinson, S.: Experimental studies on physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiol 10: 251, 1938.



## ペースメーカー患者における運動負荷

藤原秀臣\*・家坂義人\*

谷口興一\*・武内重五郎\*

## I はじめに

一般に運動負荷による心拍出量の増大は、心拍数および一回拍出量の増加によってもたらされる。しかし自発心拍のみられない pacemaker 植込み患者においては、負荷に対応した心拍出量の増大は、一回拍出量の増加のみによってなされるため、心収縮性、心ポンプ機能より直接的な評価が可能であると考えられる。そこで pacemaker 植込み患者に運動負荷法を実施し、心エコー図法を用いて左室壁動態についての検討を試みたので報告する。

## II 対象および方法

対象は11例で、年齢は21歳から76歳(平均56歳)、男性8例、女性3例である。疾患は洞不全症候群4例、完全房室ブロック2例、徐脈性心房細動2例、洞性徐脈1例、高度房室ブロック1例、先天性房室ブロック1例である(表1)。運動負荷の方法は、25% MVC 3分間、50% MVC 3分間の2段階定滑車重量負荷法を用いた<sup>1)</sup>。UCG 記録は Aloka SSD 90 または110

表1 症例

Subjects			
	case	age	Disease for pacing
Group I	H. M.	48	SSS
	K. H.	21	Congenital AV block
	F. E.	66	SSS
Group II	K. I.	67	Complete AV block
	F. T.	66	Af, Bradycardia
	K. I.	76	Complete AV block
	S. K.	45	Af, Bradycardia
	S. M.	43	Sinus bradycardia
	Y. N.	55	Advanced AV block
	E. I.	67	SSS
	T. K.	70	SSS

を用い、第3ないし第4肋間胸骨左縁より beam を投入し、心室中隔振幅 (IVSE)、後壁振幅 (PWE)、拡張終期径 (Dd)、収縮終期径 (Ds)、後壁収縮速度 (PWV)、短縮率 ( $\% Dd-Ds/Dd$ ) などの諸指標を測定した。

## III 結 果

1) Exercise induced asynergy: Pacemaker 植込み患者は基礎疾患として虚血性心疾患を有している場合が多いことを考慮し、われわれの提唱した運動負荷心エコー図のグラフ上にプロットした<sup>2)</sup>(図1)。す

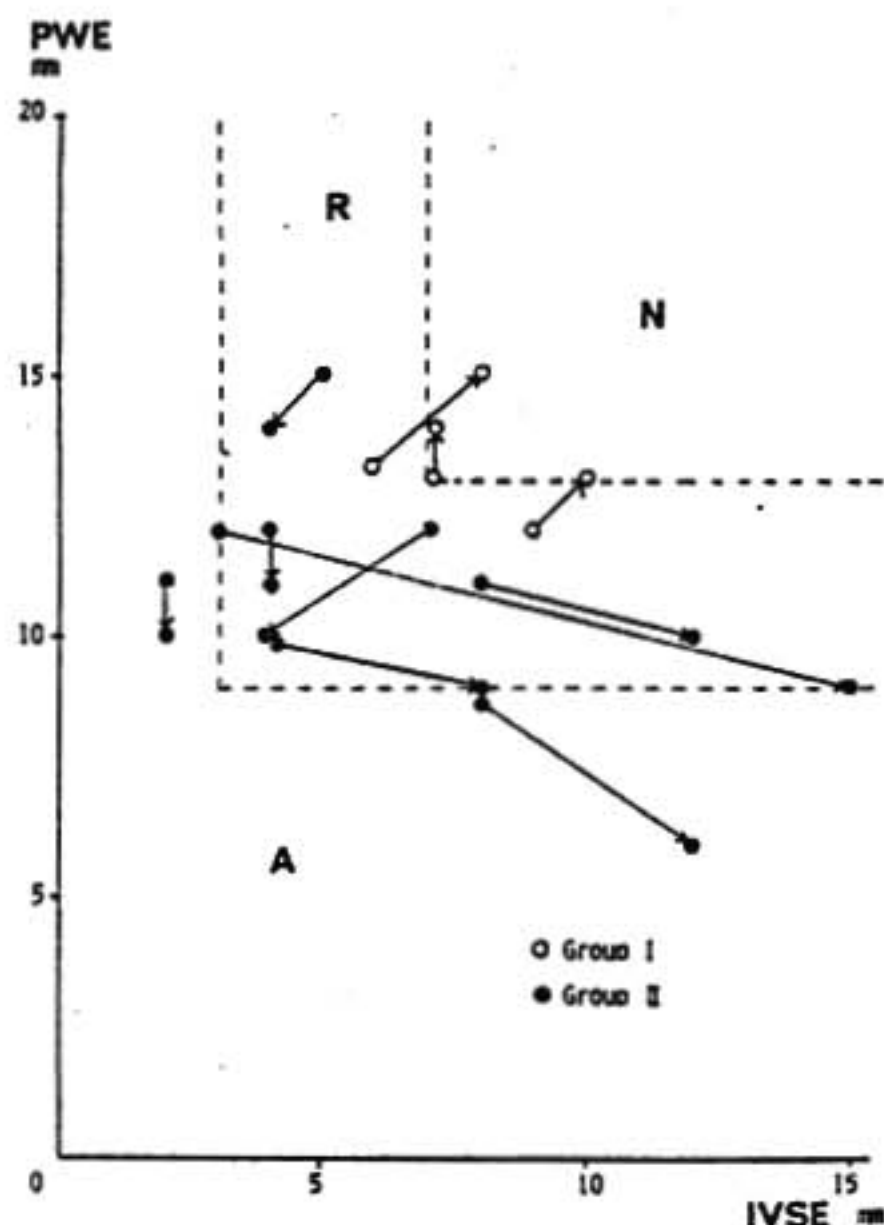


図1 Exercise induced asynergy のノモグラム  
Exercise induced asynergy を量さない3例をI群 (G-I) (図中、白丸)、それ以外の8例をII群 (G-II) (図中、黒丸) とした。

なわち、縦軸を PWE, 横軸を IVSE とし, 運動負荷 PWE 13 mm 以上, IVSE 7 mm 以上になるものを正常, それ以下のものを exercise induced asynergy とみなすものである。その結果, 21歳の若年者を含む 3例が正常パターンを呈し, 心機能良好と考え I群 (G-I) とし, exercise induced asynergy を呈した 8例を II群 (G-II) とした。

2) 血圧: 血圧は運動負荷の結果, 収縮期, 拡張期ともに全例で上昇しており, 安静時との間に明らかな有意差が認められた (図 2)。

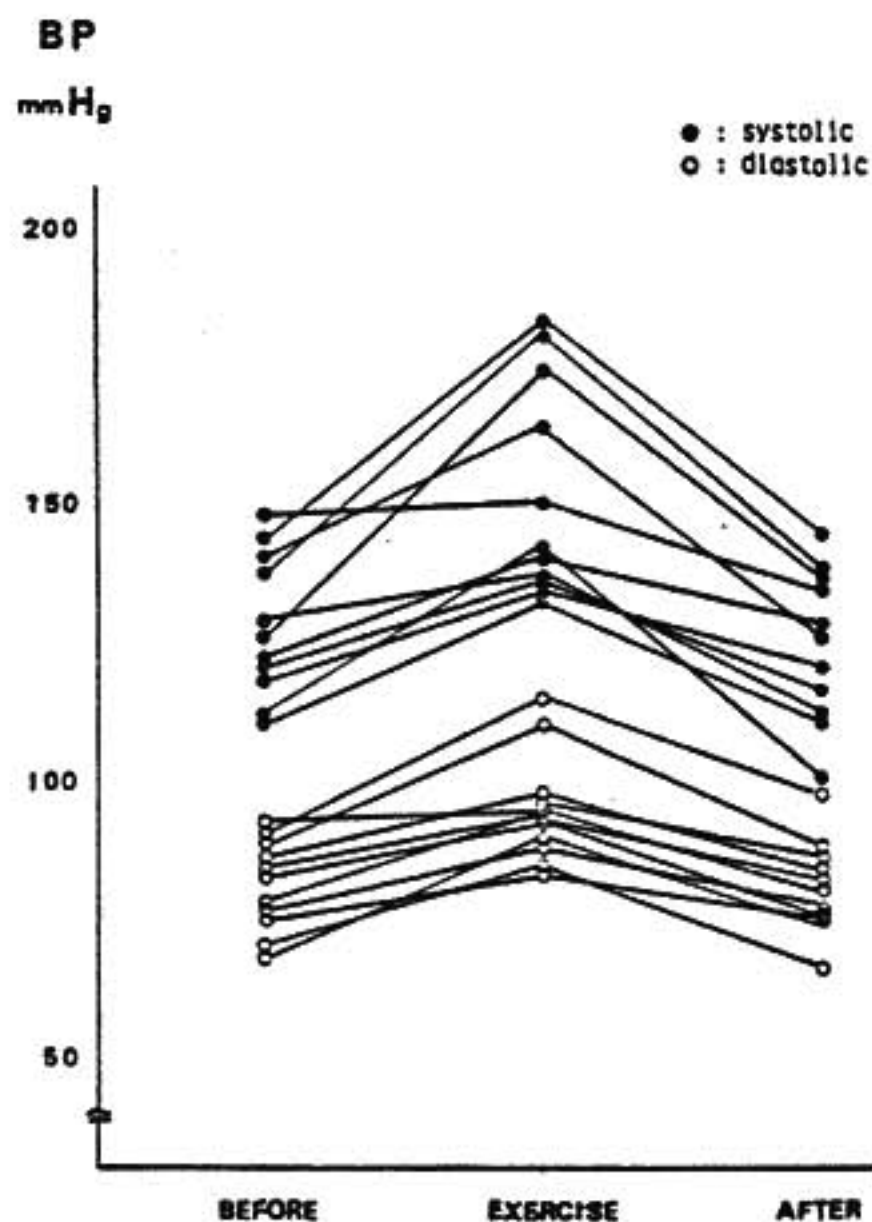


図 2 血圧の推移

運動負荷により全例で収縮期血圧および拡張期血圧の明らかな上昇が認められた。

3) 短縮率 (% Dd/Ds/Dd): 左室収縮性の指標のひとつと考えられている短縮率の変化をみると, G-I の 3例では安静時の値も大きく, 運動負荷による増大も明らかであった。一方, G-II では安静時の値が 37%以下と小さく, 運動負荷の結果, 自発心拍の発現がみられた 2例を含む 4例はその値が上昇したが, 他の 4例は逆に低下を示し, 左室収縮性の低下傾向が示唆された (図 3)。

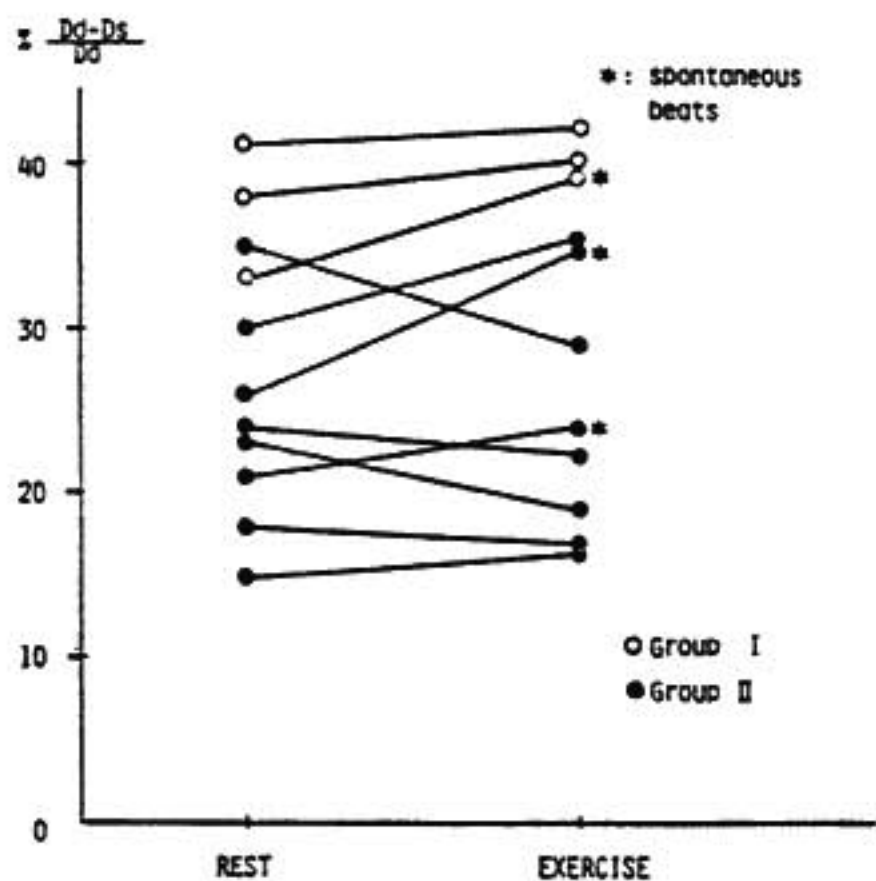


図 3 短縮率 (%Dd-Ds/Dd)

G-I の 3例では安静時の絶対値も大きく, 運動負荷による増大も明らかであったが, G-II では安静時の値が 37%以下で, 運動負荷により減少するのも認められた。

4) 左室後壁収縮速度 (PWV): G-I の 3例では PWV は増加しており, 左室収縮性が良好であることが示唆された。また G-II の自発心拍の出現した 1例を除く 7例は運動負荷によって PWV は有意に低下しており, 左室収縮性の障害が示唆された (図 4)。

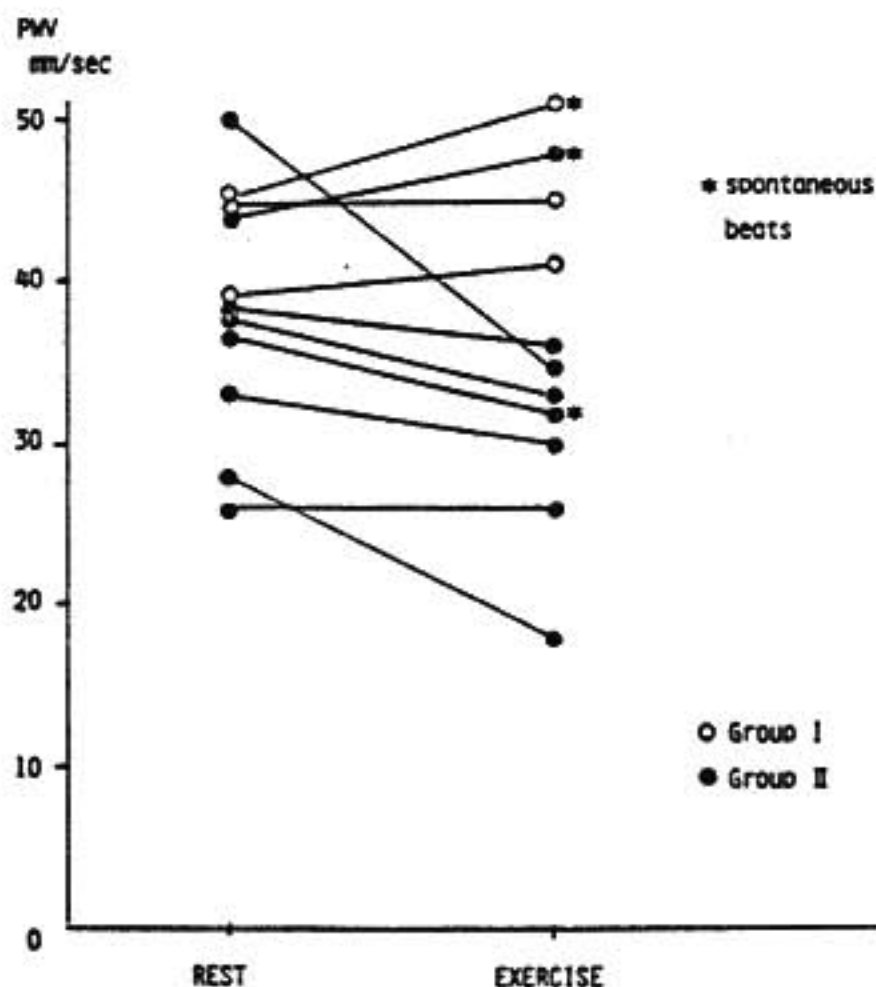


図 4 左室後壁収縮速度

G-I の 3例では増大傾向がみられたが, G-II の 7例では明らかな減少傾向が認められた。

5) 左室内径変化 (Dd-Ds) : 左室 dimension の変化を縦軸に Ds, 横軸に Dd をとり検討した. その結果, 全例で右上方に向っており, pacemaker 植込み患者では運動負荷において, preload の関与が大きいことが示唆された (図5).

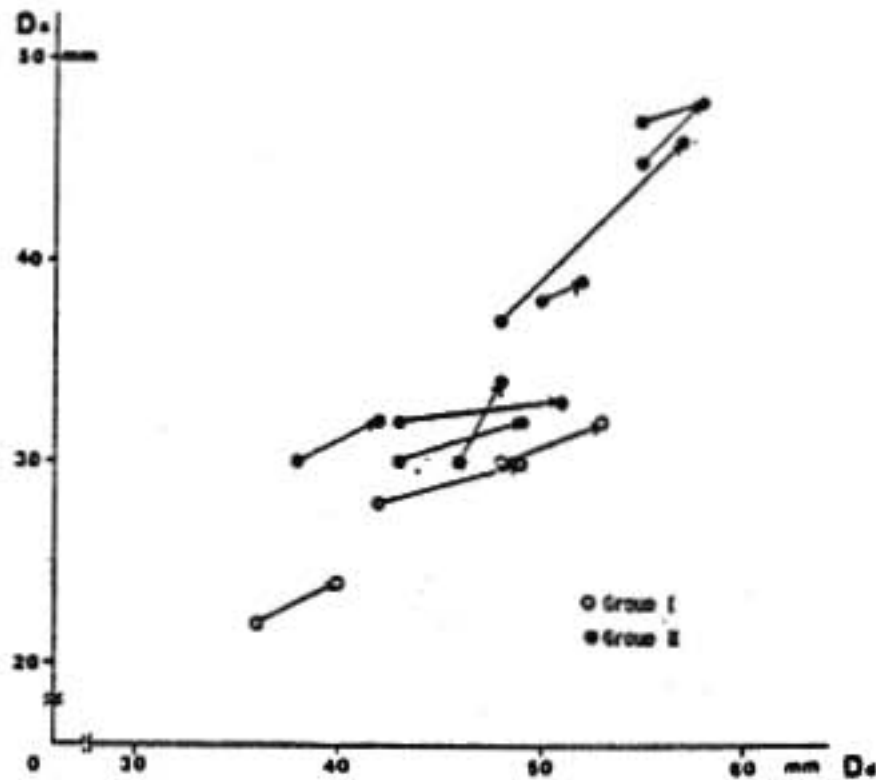


図5 左室内径 (Dd-Ds)

全例右上方に向っており運動負荷による Dd の増大が認められ, pacemaker 植込み患者の運動負荷においては preload の関与が大きいことが示唆された.

#### IV 考 察

Pacemaker 植込み患者は, ペーシング調律であるため常に一定の心拍数を呈しており, 多くの場合, 運動負荷によっても自発心拍の出現はみられない. しかし, 洞不全症候群の一部の患者では, 運動負荷によって自発心拍が間歇的あるいは連続的に出現してくる場合もある. pacemaker 患者に運動負荷を施行することの意義は, 心拍が変動しない場合の運動負荷に対する反応は, 心拍数出量の増加が, 心のポンプ機能をより直接的に反映すると考えられることより, 心機能の評価が容易となることにある. そこで今回, pacemaker 植込み患者の心機能が実際, 心エコー図法を用いてどの程度評価が可能であるかについて検討を試みた.

心エコー図法を用いた運動負荷試験で, 虚血性心疾患における asynergy の出現は重要であり, 狭心症の多くの例では exercise-induced asynergy が認められる<sup>2-6</sup>. われわれは exercise-induced asynergy を検

出する方法として, 心エコー図法による IVSE, PWE の二者の変動を用いたノモグラムを提唱している<sup>23</sup>. pacemaker 植込み患者は基礎疾患として虚血性心疾患を有していることが多いことより, このノモグラムを用いて asynergy がなく心機能良好な I 群とそうでない II 群に分けて心エコー図の諸指標を検討した. 血圧は全例, 収縮期, 拡張期血圧ともに増大しており負荷が有効であることが示唆される. 短縮率 (%Dd-Ds/Dd) は, G-I では安静時の絶対値も大で負荷による増大傾向も認められた. 後壁収縮速度 (PWV) も G-I では増加傾向があり, G-II では低下傾向が認められた. PWV は測定上の誤差も大きく, 左室収縮性の指標としての信頼性に乏しいともされているが, 短縮率の評価と併せて G-I の心機能は良好であると考えることができる. また左室 dimension Dd, Ds の両者の変動は, やはり asynergy や左室機能のひとつの指標と考えられる<sup>24</sup>. 今回検討した pacemaker 植込み患者では G-I も含めて全例右上方に向っており, 運動負荷による Dd の増大は preload の増大を示唆している. すなわち, pacemaker 植込み患者では心拍数の増加がないため, 心拍出量の増大に対する preload の関与が大きいと考えられる.

#### V 結 語

Pacemaker 植込み患者に運動負荷を実施し, 心エコー図法により左室壁動態を検討した結果, 1) Exercise-induced asynergy が11例中8例に認められ, 基礎疾患としての虚血性心疾患の存在が示唆された, 2) Exercise-induced asynergy を呈した II 群は %Dd-Ds/Dd は低値を, PWV は低下傾向を呈した, 3) Pacemaker 植込み患者は運動負荷において preload の関与が大きいと考えられた.

#### 文 献

- 1) 藤原秀臣, 谷口興一, 飯泉智弘, 丹羽明博, 鯉坂隆一, 家坂義人, 新富芳明, 武内重五郎: 等尺性負荷による循環諸指標の評価一定滑車重量負荷法による. 心臓 10: 791, 1978.
- 2) 鯉坂隆一, 藤原秀臣, 丹羽明博, 飯泉智弘, 谷口興一, 武内重五郎: 労作狭心症の運動負荷における心室壁運動: 心エコー図法による検討. J. Cardiography 9: 511, 1979.

- 3) 藤原秀臣, 総坂隆一, 谷口興一, 武内重五郎: 虚血性心疾患の左室動態. 心臓 12: 562, 1980.
- 4) McLaughlin, P. R., Doherty, P. W., Martin, R. P., Goris, M. L., Harrison, D. C.: Myocardial imaging in a patient with reproducible variant angina. Am. J. Cardiol. 39: 126, 1977.
- 5) McLaughlin, P. R., Martin, R. P., Doherty, P.

- Daspit, S., Goris, M., Haskell, W., Lewis, S., Kriss, J. P., Harrison, D. C.: Reproducibility of thallium 201 myocardial imaging. Circulation 55: 497, 1977.
- 6) 杉下靖郎, 小関 迪, 新富芳明: 運動負荷と心エコー図法. 日循会誌 42(Suppl.): 38, 1978.

## 起立および過換気試験を運動負荷施行前に行う必要性について

鈴木 健\*・久保田 一輝\*・岸田 浩\*

### I はじめに

運動負荷成績の判定が, ST の下降を目標としてなされることはいうまでもない. しかしながら, 体位<sup>2)</sup>, 過呼吸<sup>3)</sup>, 細胞外カリウム濃度変化<sup>4)</sup>, 頻脈, 交感神経緊張<sup>5)</sup>などによっても ST の下降をきたすことがあり, そのような場合には判定がまぎらわしくなる. そこで, 運動負荷試験の際, 運動開始前に立位や過呼吸による ST 変化を調べておくことは, 運動終了後の負荷成績の判定に役立つといえる. かかる見地に立って, 著者らは運動試験にて ST 下降を示した症例で体位および過呼吸との関係を調べ, さらに冠動脈造影所見とも対比した.

### II 対象と方法

対象は胸痛を主訴として来院した患者30例(男22例, 女8例)で, 年齢は17~69才, 平均年齢55.9才である. かかる例はトレッドミル運動試験にて虚血性 ST 変化を示し, 全例に冠動脈造影が施行された.

運動負荷試験の手順は, 運動開始前にて臥位, 起立5分後<sup>6)</sup>, さらにその状態にて過呼吸を30秒間<sup>7)</sup>行わせそれぞれの心電図を記録した. ついで, 運動中および終了後(起立位または坐位)にて心電図を連続記録した. なお, 誘導方法として Modified II, V<sub>1</sub> および V<sub>5</sub> の双極・3誘導を用いた.

運動負荷方法は Bruce の方法<sup>8)</sup>における stage 1

の前に速度 1 mph・傾斜角度10%をもうけ, 以後 Bruce のプロトコルにて施行し, おのこの stage の運動時間は2分とした. 運動試験の endpoint はいずれかの誘導で J 点より 0.04 秒の点で 0.1 mV 以上の虚血性 ST の下降を示し, 胸痛, 不整脈出現および亜最大心拍数に達した場合とした. なお, ST レベルは最大下降時の値で計測された.

冠動脈造影は Judkins 法により, 左冠動脈を3方向より, 右冠動脈は2方向から撮影された. 冠動脈に51%以上の狭窄を有した場合を狭窄ありと判定した. そのうち, 冠動脈正常ないしほぼ正常は12例, 狭窄を有するものは19例(1枝障害7例, 2枝障害5例, 3枝障害7例)である.

なお, 既往に心筋梗塞, 伝導障害, 心臓弁膜症, 特発性心筋症, および狭心症治療薬投与中のものは本研究から除外された.

### III 結 果

図1は, 冠動脈疾患のない例における臥位, 起立位, 過呼吸中, 運動終了後の第II誘導と V<sub>5</sub> 誘導での ST 偏位を示す. 第II誘導では, 図1上段のごとく, 起立位には臥位に比し, また, 過呼吸中には起立位に比し有意の差をもって ST の下降がみられ ( $p < 0.02$ ,  $p < 0.05$ ), さらに運動終了後の ST 偏位は過呼吸中に比し有意の差をもって下降した ( $p < 0.001$ ). なお, 図1には示していないが, V<sub>5</sub> 誘導での ST 偏位はいず

\* 日本医科大学 第一内科

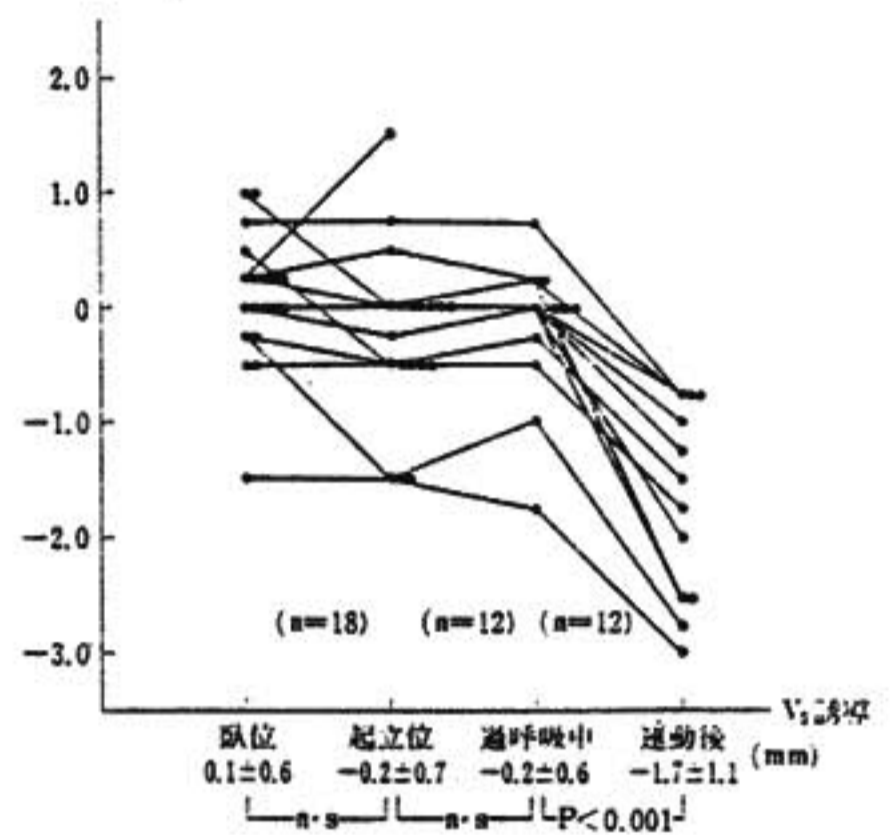
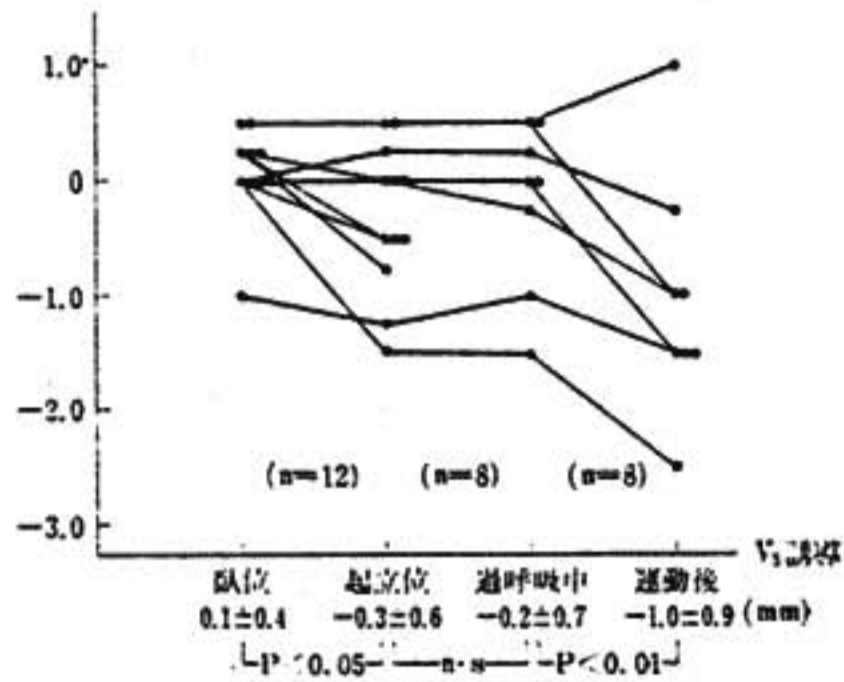
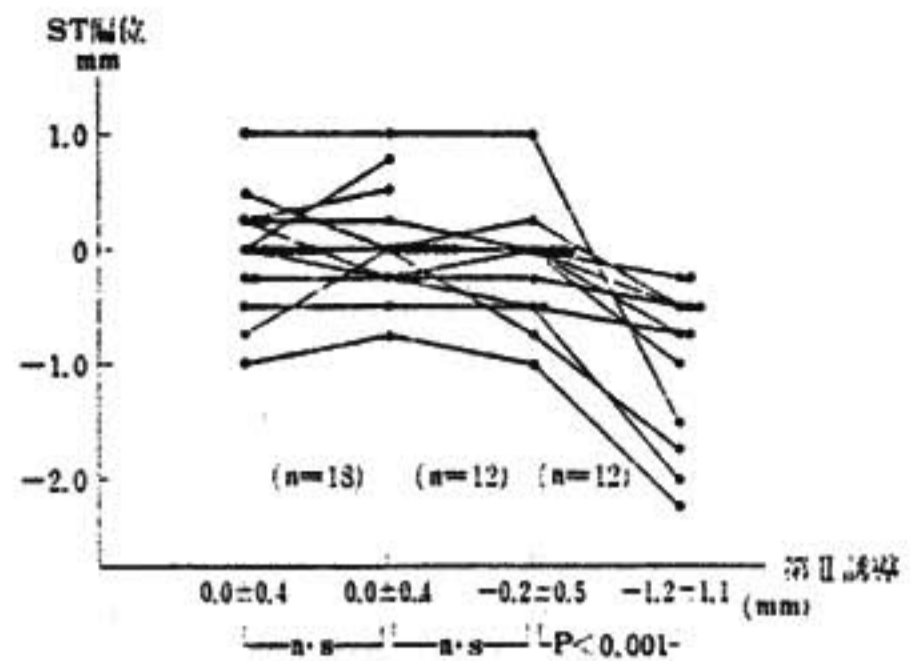
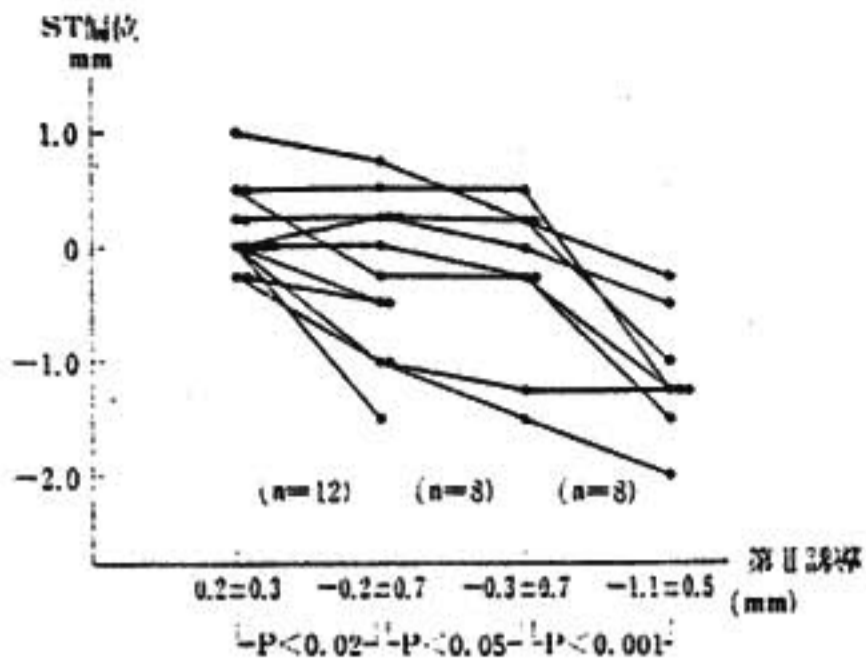


図1 冠動脈正常群のST偏位

( ) 内は例数を示す。数値はST偏位実測値 (平均±標準偏差)

図2 冠動脈狭窄群のST偏位

( ) は例数を示す。数値はST偏位実測値 (平均±標準偏差)

れの間にも有意の差は認められなかった。

図2は、冠動脈疾患を有する例における臥位、起立位、過呼吸中、運動終了後のST偏位の推移を示す。図2上段に示すごとく、第II誘導では、臥位、起立位、過呼吸中の間には有意差が認められなかったが、運動終了後には有意の差をもってSTが下降した ( $p < 0.001$ )。V<sub>1</sub>誘導でも、図2下段のごとく、臥位、起立位、過呼吸中の間には有意差がなく、運動終了後に有意の差をもってSTの下降が認められた ( $p < 0.001$ )。なお、V<sub>1</sub>誘導におけるST偏位はいずれの間にも有意の差はみられなかった。

図3のごとく、第II誘導におけるST偏位を冠狭窄の有無により比較した。図3左側に示すごとく、臥位と起立位におけるST偏位の差は、冠狭窄群に比し正常群において有意の差をもって著明に下降した ( $p <$

0.01)。しかし、図3中央および右側に示すごとく、起立位と過呼吸中および過呼吸中と運動終了後のST偏位の差は、冠正常群と狭窄群の間で有意の差は認められなかった。

図4は、V<sub>1</sub>誘導にて同様の比較をした成績を示す。図4の左側および中央に示すごとく、ST偏位は臥位と起立位、起立位と過呼吸中で冠正常群と狭窄群の間に有意の差はみられなかったが、図4右側に示すごとく過呼吸と運動終了後の間では、冠狭窄群は正常群に比し有意の差をもって運動後でSTが下降した ( $p < 0.05$ )。

なお、V<sub>1</sub>誘導におけるST偏位の差は、いずれの間にも冠正常群と狭窄群で有意の差は認められなかった。

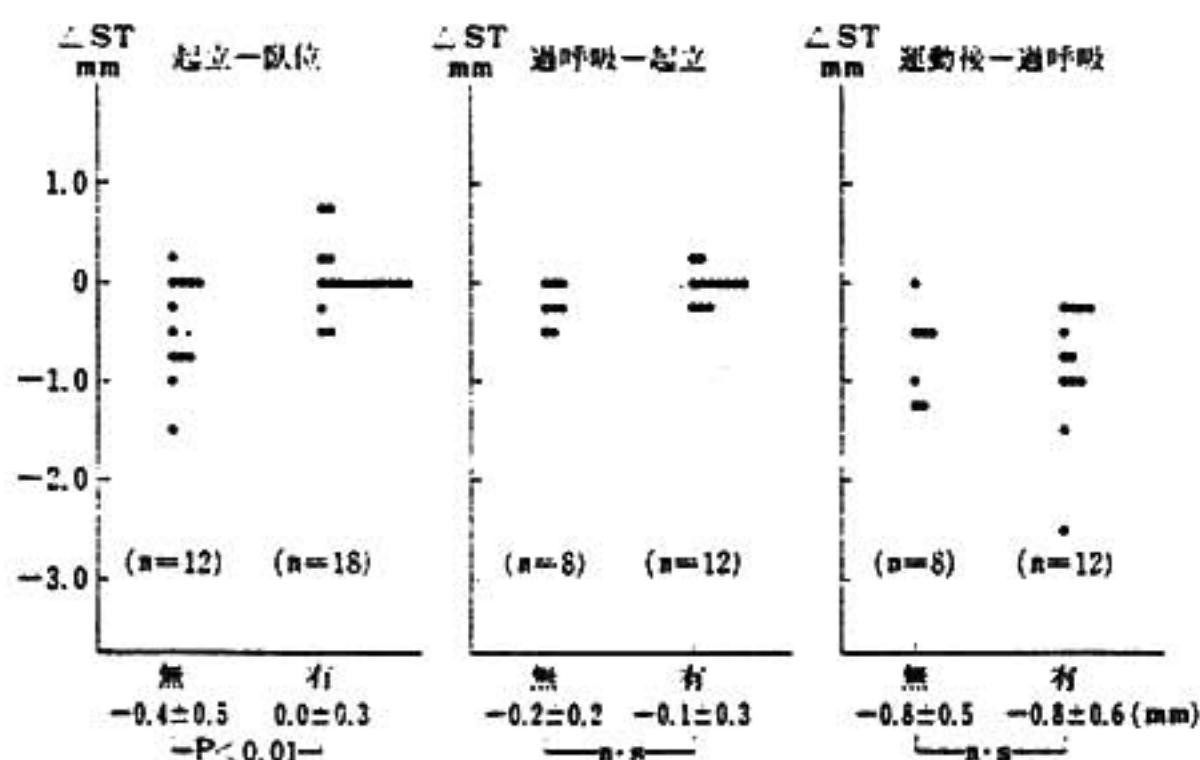
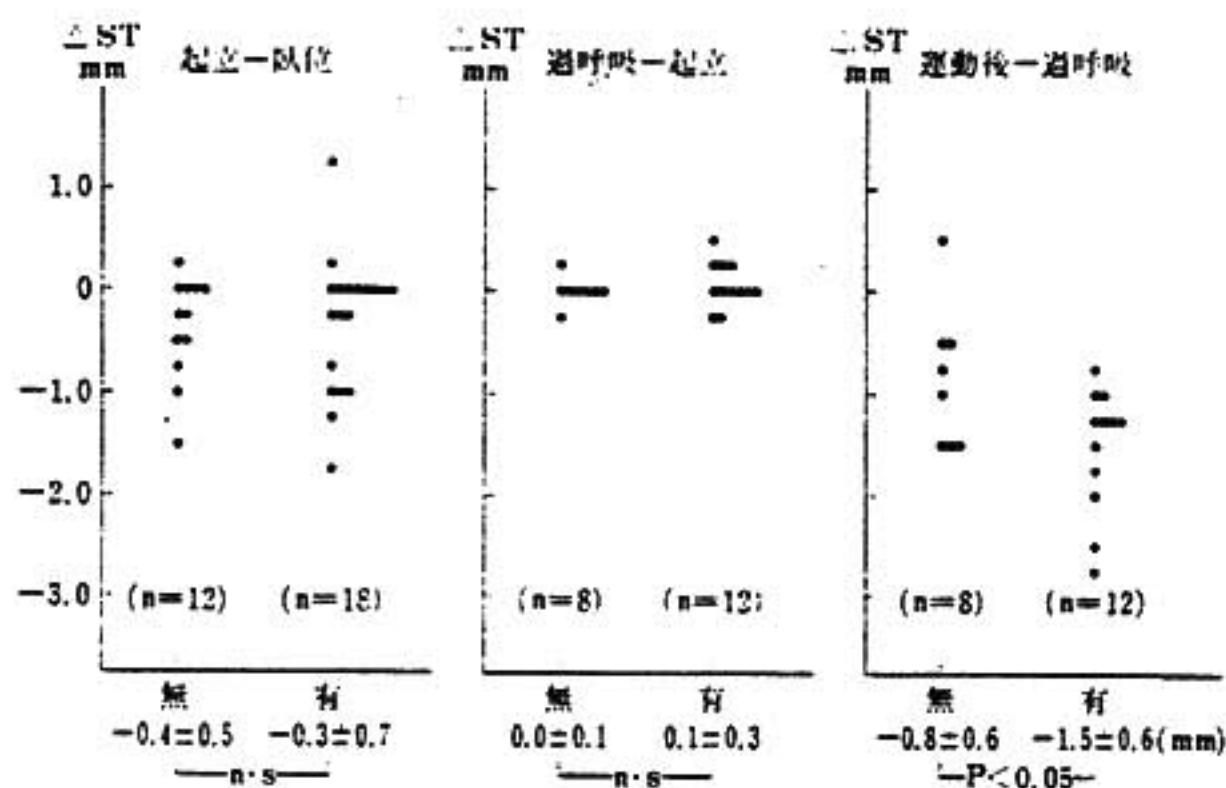


図3 冠狭窄の有無とST偏位(第II誘導)

図4 冠狭窄の有無とST偏位(V<sub>5</sub>誘導)

#### IV 考 案

著者らの成績をまとめると、第II誘導のST下降の推移は、冠正常群では臥位・起立位、過呼吸中・運動終了後にかけて、それぞれ有意の差をもって段階的に下降したのに対し、冠狭窄群では運動終了後初めて下降した。V<sub>5</sub>誘導についても同様の関係がみられたが、冠正常群の起立位と過呼吸中の間では有意の差は認められなかった。従って、冠正常群でも運動負荷によりSTの下降をきたすことがあるが、かかる例では起立ないし過呼吸によりすでにSTが下降している場合が多いので、運動負荷試験開始前に臥位のみならず起立位で心電図を記録し、さらに過呼吸テストを行うことがすすめられる。

一方、第II誘導にて起立性試験におけるST偏位が冠狭窄群に比し冠正常群にて有意の差をもって下降した。過呼吸テストにても同様の傾向があった。起立位のST-T変化はheart positionの変化や交感神経緊張<sup>2)</sup>などにより、過呼吸テストのそれは呼吸性アルカローシス<sup>4)</sup>、冠動脈スパズム<sup>5)</sup>、再分極相の不均一な短縮<sup>6)</sup>などによって説明されている。

冠疾患の有・無や、その重症度は運動試験における胸痛の有無、ST下降の程度・パタン・出現時間、終了時心拍数、不整脈の出現などにより予測できるとされている。我々の成績から、起立試験および過呼吸テストによるST下降出現の有無によっても、運動開始前に冠動脈疾患の有無を推測しうる可能性も示唆された。

また、冠正常群でも運動終了後STは過呼吸に比し有意の差をもって下降したが、冠狭窄群ではこの下降が正常群よりも有意の差をもってさらに著明であった。このことは、負荷試験の判定には第II誘導よりも

V<sub>5</sub>誘導が有利であることを示した。

#### V ま と め

運動試験開始前に起立位および過呼吸中の心電図記録の必要性を冠動脈造影所見と対比して述べた。

#### 文 献

- 1) 木村栄一：狭心症，永井書店，1974。
- 2) Holmgren, A., Strom, G. : Acta Med. Scand. 164 : 113, 1959.
- 3) Thompson, W. P. : Am. Heart J. 25 : 372, 1943.
- 4) Yu, P. N., Stanfield, C. A. : Arch. Intern. Med. 103 : 902, 1959.
- 5) 中村祐久：日医大誌 33 : 33, 1966.
- 6) Biberman, L., Surawicz, B. : Am. Heart J. 81 :

166, 1971.

- 7) Bruce, R. A., Hornsten, T. R. : Prog. Cardiovasc. Dis. 11 : 371, 1969.
- 8) Oliva, P. B. : N. Engl. J. Med. 288 : 746, 1973.
- 9) Ellestad, M. H. : "Stress Testing" F. A. Davis Company, Philadelphia, 1977.

### 質 疑 討 論

田村 (新潟大) この成績からは起立心電図に比べて過呼吸の必要はないのではないか。

鈴木 (日本医大) 症例が少ないため明らかな傾向が出なかったものと思われる。

岸田 (日本医大) 過呼吸の目的は運動終了時への影響をみるためではなく, 冠狭窄有・無の群にてそれぞれの反応が異なるかいなかをみるために行った。

岡本 (愛知県総合保健センター) 血圧, 心拍数の変化はどうか, 第II誘導を用いた理由, 起立によるST下降が運動後正常化したか。

鈴木 起立中, 過呼吸中の血圧は調べていない。起立中心拍数は臥位に比べ冠正常群で約14%, 冠狭窄群で約20%増加した。第II誘導は中村の論文に従った。ST 正常化例はなかった。

伊藤 (三峯病院) 立位ST 下降例は坐位でもST 下降をみたか, 立位から臥位何分後でST が正常化したか。

鈴木 今回坐位は検討していない。ST 正常化は中村の報告によると4分以内である。

村山 (司会) 過呼吸30秒の根拠は。

鈴木 Surawicz の報告を参考にした。

## トレッドミル負荷試験におけるR波の検討

大 江 透\*・鎌倉 史郎\*

江尻 成昭\*・松久 茂久雄\*・下村 克朗\*

### I はじめに

最近, 運動負荷時のR波の変化が, 虚血性心疾患患者と正常者とで異なることを論じた報告が散見される。

しかしこれまでの発表の多くは, 運動負荷後のR波の変化であり, 運動負荷中の変化について論じたものは少ない。

そこで我々は, 冠動脈正常者と冠動脈異常者両群にトレッドミル運動負荷テストを行い, 運動中及び運動後のR波の変化を比較検討した。

### II 対 象

安静時心電図が正常で, 1978年9月から, 1979年7月までに, 冠動脈撮影とトレッドミル運動負荷テストを施行した50名で, その内訳は表1に示す。

表1

冠動脈病変	患者数	平均年齢	M/F
正 常	24	48	12/12
一 枝 障 害	6	53	5/1
二 枝 障 害	7	57	6/1
三 枝 障 害	13	58	13/0

### III 方 法

運動負荷方法は, 表2に示すごとく各stage 3分間の継続的多段階トレッドミル運動負荷法で, 各stageの負荷量はメートル法を使用した我々独自のプロトコールによった(表2)。

心電図のモニターには, 米国 Marquette 社製 case エニター装置を使用した。この記録装置は V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, aV<sub>r</sub>,

\* 国立循環器病センター 内科 心臓部門

表2 トレッドミル運動負荷法

Stage	0	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Speed km/h	2.5	2.5	2.5	3.5	4.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.5	7.5
Grade %	0	5	10	10	10	10	14	18	22	22	22

の三誘導をモニター誘導とし、4 msec おきの電位を25心拍の平均値で心電図波形として打ち出すが、我々はこの出力を同時に別の記録装置に導き、毎分2mmの低速で記録させることによって運動時のQRSの波高の変化を心電図の圧縮記録の形で観察できるようにした。その典型的な正常人パターンを、図1に示す。R波の変化については今回はRV<sub>5</sub>のみを検討した。

IV 結 果

運動負荷直後のRV<sub>5</sub>の変化を、冠状動脈正常群、

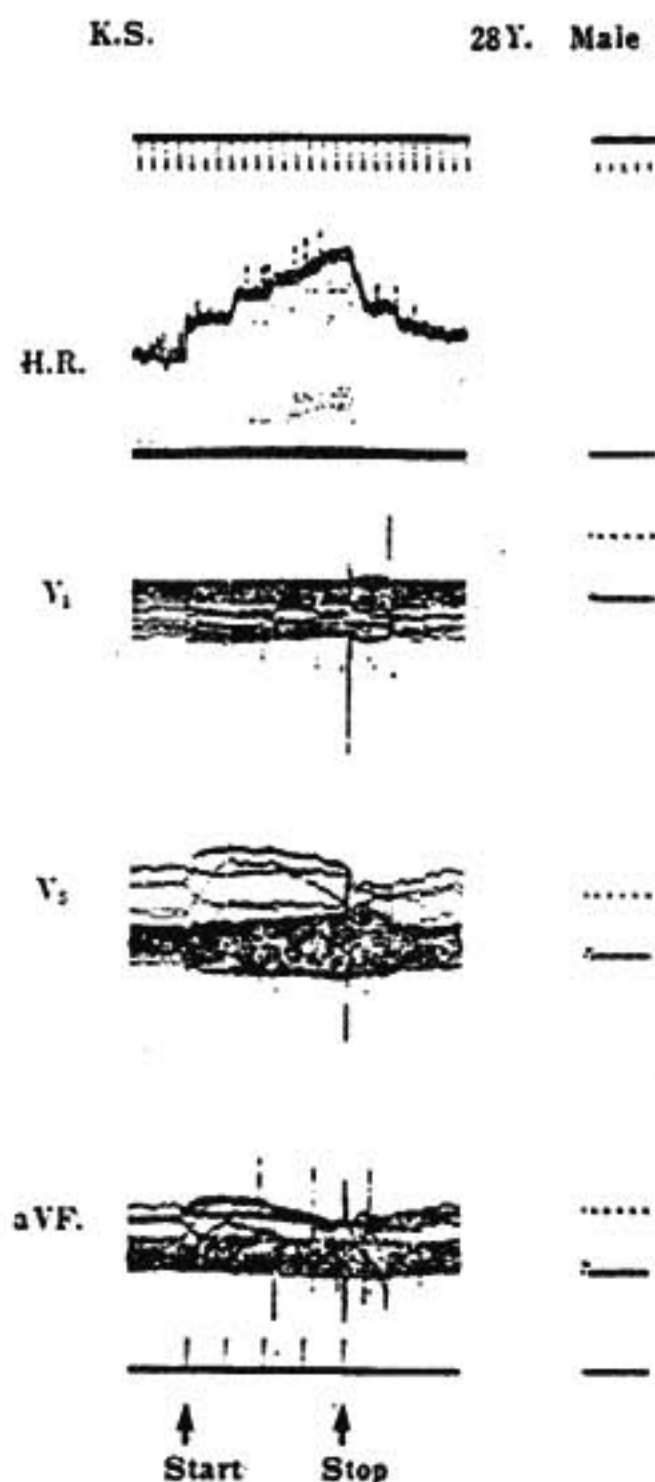


図1 運動負荷時における正常者のR波の変化

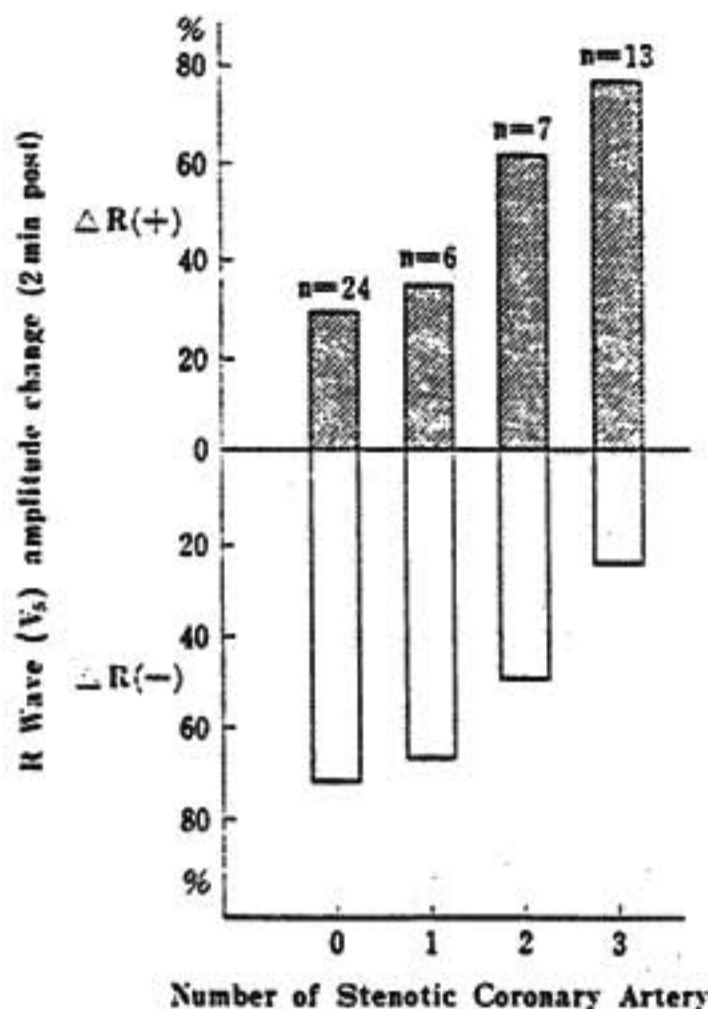


図2 冠動脈の障害度と運動直後のR波の変化との関係

1枝障害群、2枝障害群、3枝障害群に分けて、比較した。図2の斜線部分は、負荷後のRV<sub>5</sub>で安静時に比して高い患者の比率、白部分は低くなった患者の比率を示す。正常群では約30%がRV<sub>5</sub>で安静時に比して高くなった。これに反して、3枝障害群では、70%が高くなり30%が低くなった (p<0.01で有意)。

しかし、正常群と1枝障害群との間、また2枝障害と3枝障害群との間では、有意差はなかった。

次に、運動負荷後のRV<sub>5</sub>の経時的な変化を調べた。冠状動脈正常群と1枝障害群を黒丸、2枝障害群と3枝障害群を白丸としてまとめてみると、図3のごとく、両者の間では、R波の高さの変化は、負荷後3分まで p<0.02で有意であった。

運動負荷中のRV<sub>5</sub>の変化を、正常群と3枝障害群で比較してみると、図4に示すごとく、stage 4まで両者に有意差なく、また3枝障害群では、胸痛・ST変化等のために、stage 5以上の負荷はかけられなかった。

そこで、正常群の9名について、3枝障害患者と同じstage 4までの負荷をかけ、負荷後のRV<sub>5</sub>の高さの変化を調べた。図5に示すごとく、stage 4までの正常者では3枝障害の患者と同様に、負荷後のRV<sub>5</sub>は、安静時に比して高いが、stage 7まで行った正常



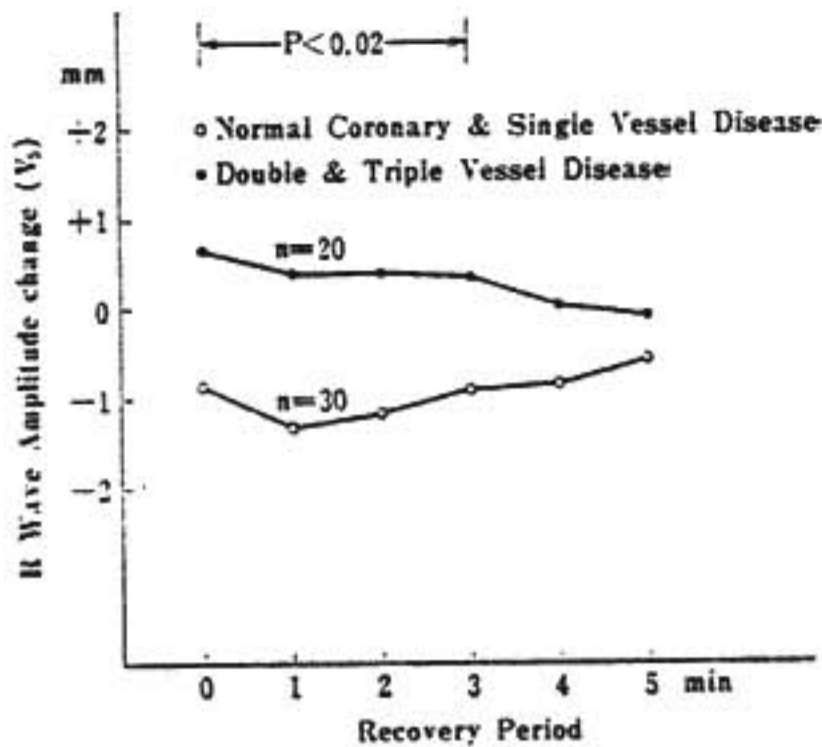


図3 説明本文

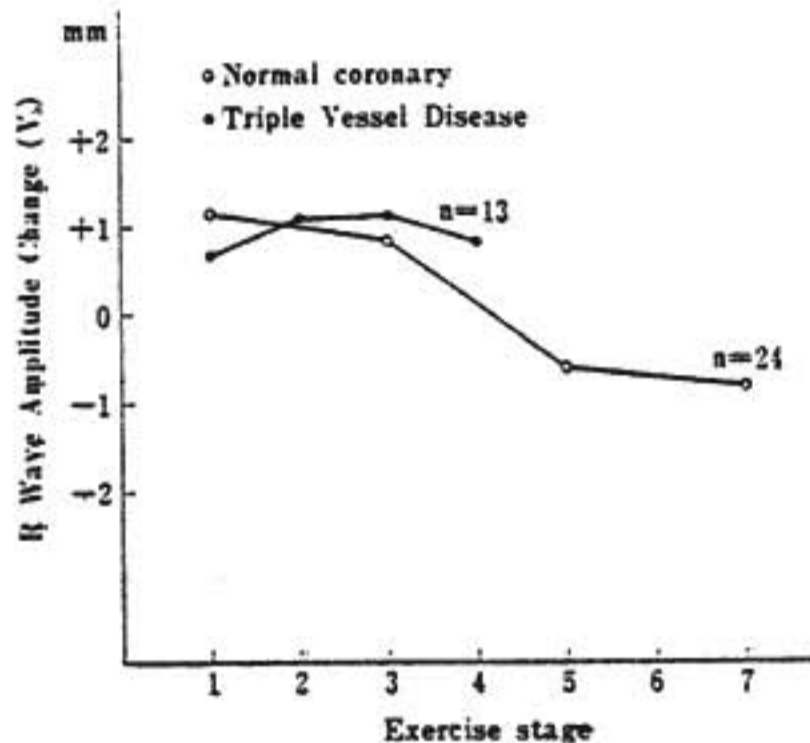


図4 説明本文

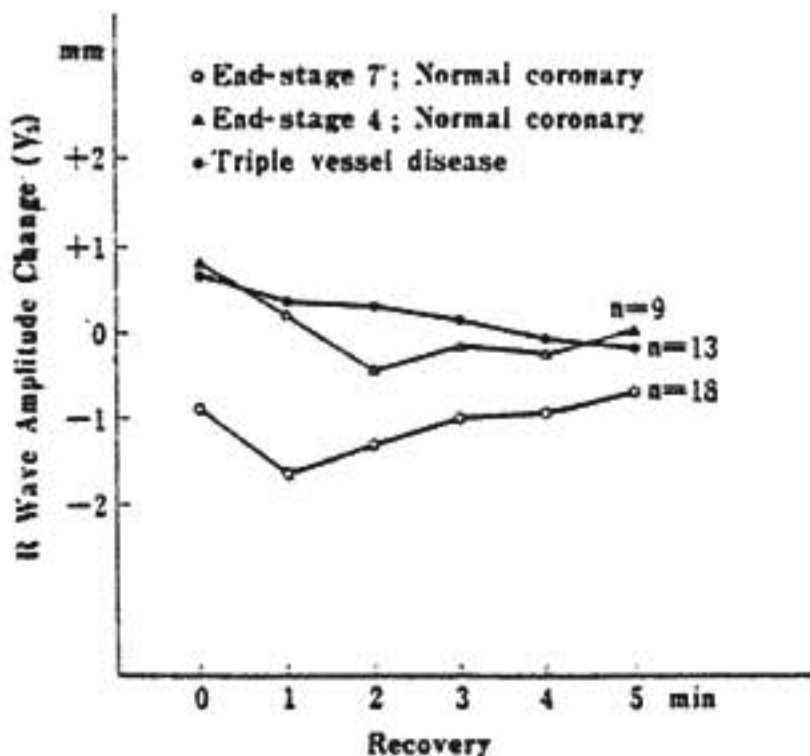


図5 説明本文

## V 考 察

運動負荷時のR波の高さが、安静時に比べて変化することは、今日まで多くの人によって実証されてきた。しかし、R波の高さは、

- (1) 心臓の位置の変化
- (2) 心室内伝導の変化
- (3) 起電力の変化
- (4) ヘマトクリット値の変化
- (5) 肺の含気量の変化

等、種々の因子が関与していると思われる。

最近、Bonoris 等が運動負荷後のR波の高さは、安静時に比べ正常者では低下し、虚血性心疾患患者では増加すると述べてこれを運動時の左室機能の dysfunction に帰し虚血性心疾患の診断の指標として用いることを報告した。今回の我々の結果も、Bonoris 等の報告と同様に、トレッドミル運動負荷後のR波の高さは、冠動脈正常群では低下、異常群では増加した。しかし運動負荷中のR波の変化は、両群に有意差はなく、さらに、運動負荷量を3枝障害群と正常群とで同一にすると、正常群の負荷後のR波の高さは、3枝障害群同様増加した。この事からトレッドミル運動負荷後に生じる、両者のR波の変化の差は、両者の心室機能の差によるものではなく、単に運動負荷量の差をみている可能性が示される。運動中または運動後のR波の変化が虚血性心疾患の指標になりえるか否かは、今後なお検討を要する問題と思われる。

## VI ま と め

運動負荷時にみられるRV<sub>s</sub>の増高・減高は冠動脈疾患の指標であるよりも負荷量の差が原因と思われる。増高減高の機序については今後の検討に俟ちたい。

## 文 献

- 1) Bonoris, P. E., Greenberg, P. S., Castellonet, M. J., Ellestad, M. H.: Significance of changes in R wave amplitude during treadmill stress testing: angiographic correlation. *Am. J. Cardiol.* 41: 846-851, 1978.
- 2) Bonoris, P. E., Greenberg, P. S., Christison, G. W., Castellonet, M. J., Ellestad, M. H.: Evaluation of R wave amplitude changes versus ST

者では、負荷後のRV<sub>s</sub>は、安静時に比して低くなっている。

segment depression in stress testing. *Circulation* 57: 904-910, 1978.

- 3) Bruce, R. A., Mazzei, J. A., Jordan, J. W., Green, E. E.: Quantitation of QRS and ST segment responses to exercise. *Am. Heart J.* 71: 455-466, 1966.
- 4) Simonson, E.: Effect of moderate exercise on the electrocardiogram in healthy young and middle-aged men. *J. Appl. Physiol.* 5: 584-587, 1953.
- 5) E. Kentala and O. Luurila.: Response of R wave amplitude to postural changes and to exercise. *Ann. Clin. Res.* 7: 258-263, 1975.

### 質 疑 討 論

竹内 運動量の差が非常に問題になると思いますが、それに関連して、運動中に stage 3~4 になった時に、R波の減高があった症例がありました。運動量が増すとR波が高くなるのではなく、むしろ減ってくるのでしょうか？

大江 stage 1~3 まではR波は高くなり、stage 4~5より、徐々に減高してきます。3枝障害群では、ほとんどの症例が stage 4 以下で、end-point となり、R波が高いまま recovery period に入ると考えています。

竹内 私どもは、4~5年前にQRSの高さを、マスターテストで調べました。この方法では、安静時に比してR波は低くなっていました。R波の高低は運動量が大きく関与していると思います。それから、運動を立位で行うか臥位で行うかでR波の高さが異なるということが5~6年前にフィンランドから報告されていましたが、R波の高さについては、いろいろと問題があると思います。

村山(座長) R波の変化と運動量の間に関与する機序について、何をお考えですか？

大江 R波の変化を心室容積の変化や Brody 効果で説明する考えがありますが、それだけでは説明できないようです。心室内伝導の変化、心臓の位置の変化、肺の含気量の変化等いろいろな因子が複雑に関与していると思われます。

## 長時間心電図記録からみた運動負荷心電図

内 山 巖 雄\* . 川 原 貴\*  
村 山 正 博\* . 村 尾 覚\*

### I はじめに

虚血性心疾患の診断には、運動負荷心電図が重要であるが、我々は、診断をより確実にするために、トレッドミル運動負荷試験、および24時間心電図を併用している。今回は、両者の結果の比較を試み、それぞれの特徴、および有用性の検討を加えた。

### II 対象および方法

対象は過去1年間に当科外来を、胸痛、胸部不快感

等を主訴として受診し、虚血性心疾患を疑われた患者のうち、24時間心電図と、運動負荷試験の両者を実施した男子31名、女子8名で、年齢は男子が40~71才、女子は23~74才である。臨床最終診断は、労作狭心症22名、陳旧性心筋梗塞に労作狭心症を伴う者6名(5名の安静狭心症を含む)、陳旧性心筋梗塞2名、他疾患9名で、この中には、心筋症、心膜炎、弁膜症が含まれている。

この39名に、24時間心電図とトレッドミル運動負荷試験をできる限り同じ日に連続して行った。服用して

いた薬は、症状の許す限り中止して、中止後3日以降に試験を行った。トレッドミルは各人の運動能力に合わせ、30 m/分または40 m/分、5度傾斜から始め、3分ごとの多段階法を主に行い、症状出現、重症不整脈の出現、心拍数予測値到達、STの著明な低下により中止し、1 mm以上のST低下を陽性とした。24時間心電図では、発作の自覚症状があり、STが1 mm以上低下したものを陽性とした。誘導は、24時間心電図の場合は原則としてCH<sub>2</sub>またはSM<sub>2</sub>誘導で行い、運動負荷はV<sub>5</sub>誘導と比較した。

### III 結 果

表1に示すごとく、39例のうち、24時間心電図で陽

表1

	24 hour ECG	Treadmill	
		positive	negative
positive	25	23	2
negative	14	4	10
total	39	27	12

性例は25例で、このうちトレッドミルで陽性であったのが23例、陰性であったのが2例認められた。24時間心電図で陰性のもの14例のうち、トレッドミルで陽性のもの4例、陰性が10例であった。両検査法で、またはどちらか一方で陽性の患者29例を外来、入院別にみると、入院患者は8例で、24時間心電図で陰性の4例はいずれも入院中の患者で、行動が日常動作より制限されており、このために陰性にでたものと思われる。一方トレッドミルで陰性の2例は、外来通院中の患者で、2例とも労作狭心症であり、心拍数、血圧ともに十分に負荷により上昇させ得たが、結果は陰性であった。しかし、両者の組み合わせにより、虚血性心疾患のほぼ全例に、陽性所見が得られ、診断の確実性が増したと思われる。

次に発作誘発時の心拍数を比較すると(同一人で発作が何回も起こっている場合には、その最小の心拍数で比較)24時間心電図で見られる発作の場合の心拍数が、運動負荷による発作誘発時の心拍数と等しいか、または多い症例は5例で、しかも最高で20心拍多い程度にとどまる。一方その他の17例では、いずれもトレ

ッドミル運動負荷で誘発した場合の方が心拍数は多く、20拍から40拍程度多い症例がもっとも多く、15例である。40拍以上多い2例は、いずれも24時間心電図では、睡眠中に発作がおこっている例で、その時の心拍数が非常に低かった例であるので、ほとんどの例が発作の誘発は20拍から40拍程度、運動負荷の方が心拍数が多いといつてよい。

この差を生ずる原因の1つとして、発作心拍数のピークに達するまでの時間を比較すると(表2)、24時

表2 発作心拍数(ピーク)に達する時間

	24 hour ECG	Treadmill
< 30 sec.	4	0
< 1 min.	4	0
< 2 min.	9	7
≤ 3 min.	5	15

間心電図では、30秒以内に上昇するものが4例、1分以内が4例あり、この時の動作としては、階段昇降、駆け足、夜間睡眠中などがあり、特殊な例では、地震に驚いたもので、瞬時に心拍数が増加し、発作をおこしている。一方トレッドミルでは、全例2分から3分になって発作心拍数のピークに達しており、warm up効果もあるものと思われる。

次に発作時および負荷中止後の2分から3分後まで見た不整脈の出現頻度を比較してみると、24時間心電図では、上室期外収縮5例、心室期外収縮1例、両者の合併が5例にみられるが、このうち3例は安静時にも心室期外収縮があり、心拍数が100以下の比較的遅い心拍数の発作のときに出現している。一方運動負荷では、上室、心室期外収縮が、おのおの1例ずつみられたのみであった。

24時間心電図における発作の誘因動作は、平地歩行がもっとも多く、延べ21回、排尿、排便が8回、階段昇降時7回、就寝、起床時5回、食事中、食後が4回と続くが、24時間心電図で見える限り、日常労作では、心拍数は120~130心拍が最高である。

発作時刻は、朝方起床時前後7回、日中の労作時が46回、夜間の排尿時が10回であった。このうち睡眠中および夜間の排尿時、または、起床時のみに発作が起こった症例が3例あり、この患者はトレッドミルでは、

自然発作と同じ心拍数ではまったく症状およびSTの変化がなく、30~40拍以上多い負荷をかけると、軽度の症状が出現することが注目された。

次に24時間心電図の症例を示す。

図1は61才の女性で、不安定狭心症と考えられる症例であるが、発作心拍数に達するまでの時間をみると、非常になだらかに心拍数が上昇してきて、ピークに達する場合と、急激に発作の心拍数にまで上昇する場合がみられる。動作の種類にもよるが、発作をおこす心拍数も多少異なり、同一人でもこのような現象がみられる。

図2は、早朝時にしか発作をおこさない症例で、運動負荷を相当量行っても発作を誘発することができなかったが、24時間心電図をつけて、早朝6時30分にジョギングを行うと、図右側に示すように、著明にST低下がみられ、しかもこの時の心拍数は運動負荷時より少ないことがわかる。

#### IV 考 案

運動負荷試験は、虚血性心疾患の診断、心機能の回復程度の観察に使用されるが、single two step testは診断率が低く、multistage bicycle ergometric test

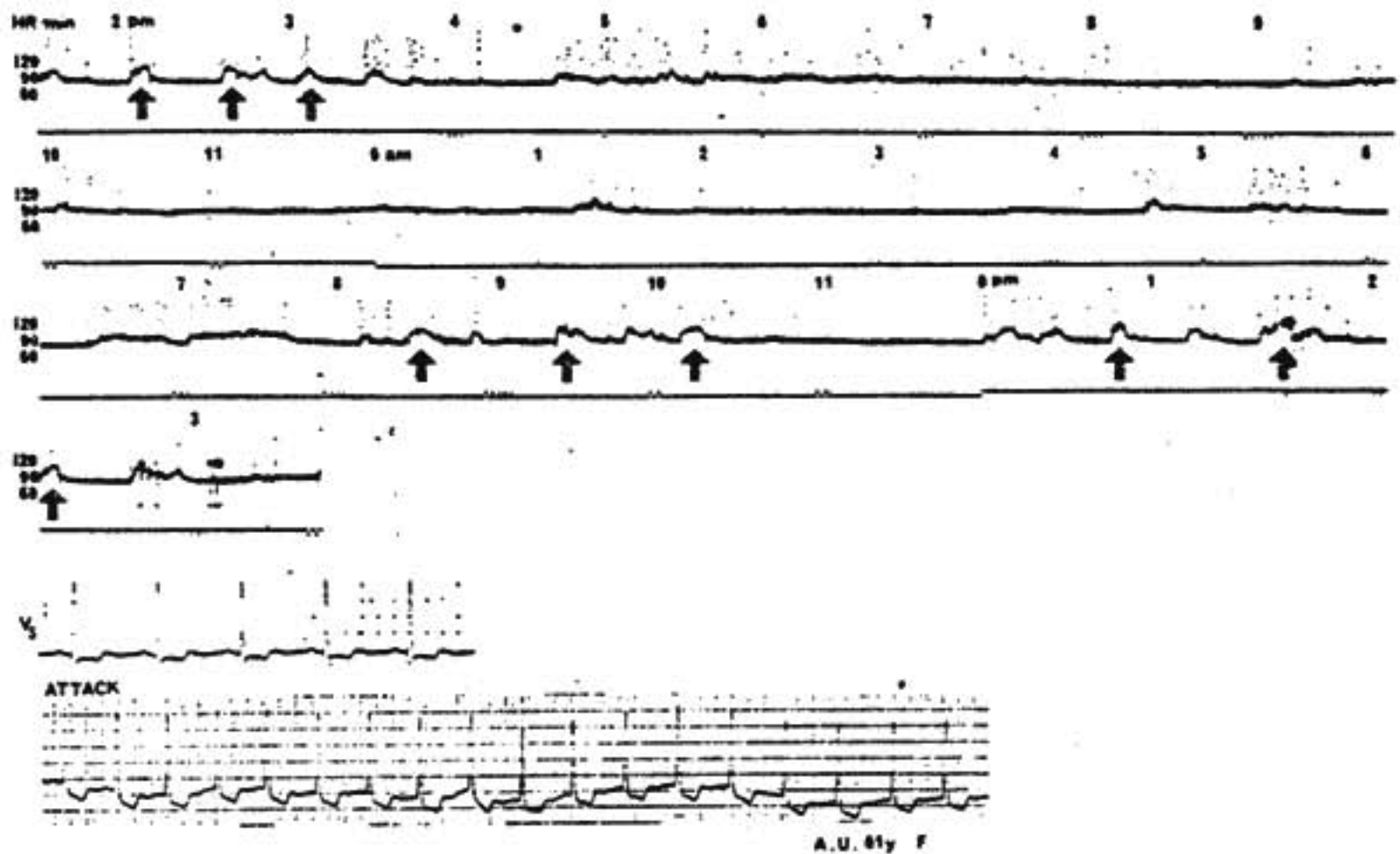


図1

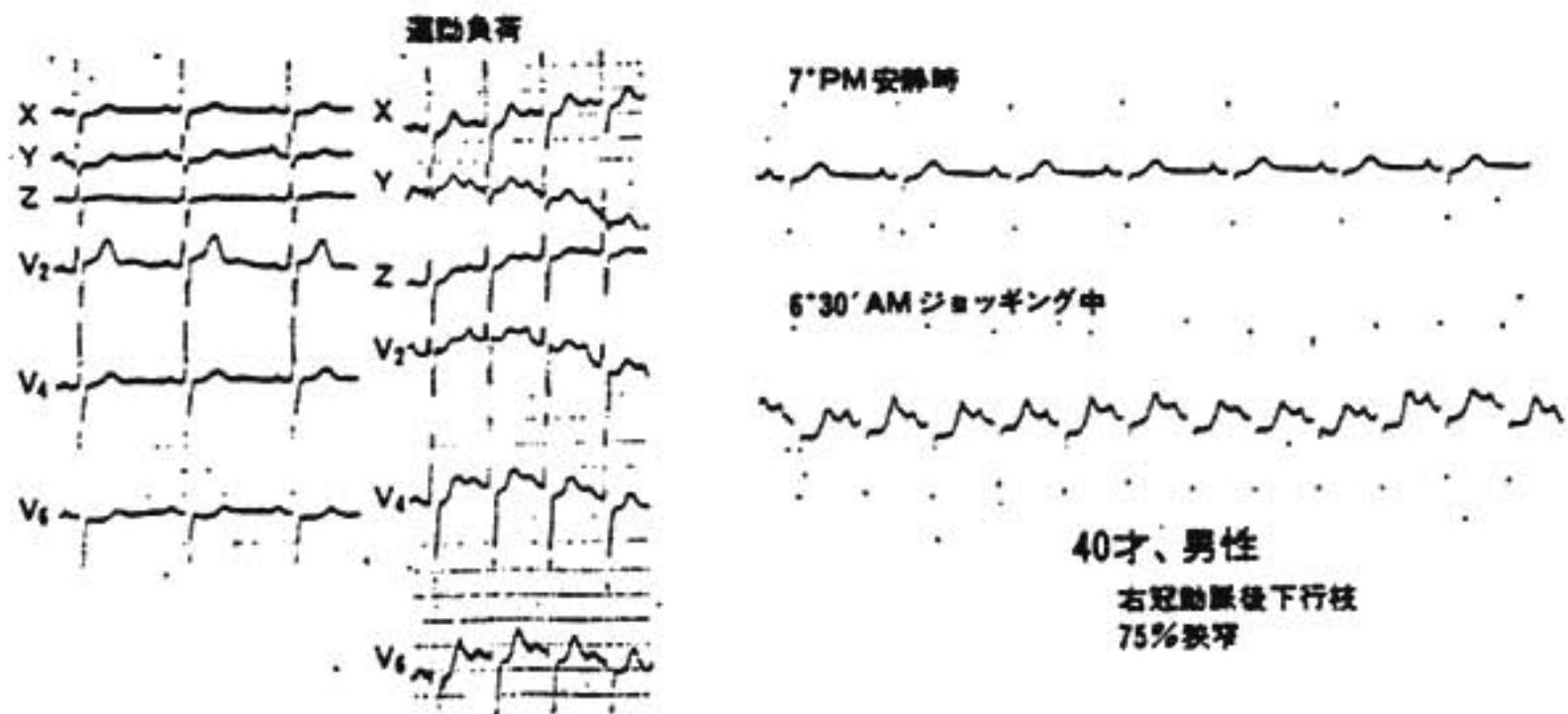


図2

は24時間心電図と同じ診断率であり<sup>2)</sup>、また、treadmill と24時間心電図もほぼ同様である<sup>2)</sup>。また長時間心電図における有用性を示したものも多い<sup>3)</sup>。我々も、両検査法を組み合わせることにより、診断率を高めることができた。発作時の心拍数は、大多数の症例で、運動負荷の方が、24時間心電図より20~40拍多いことが認められたが、5例では24時間心電図の自然発作の方が多かった。この原因として、日常生活の方が、閾値心拍数に達する時間が短いことが多く、運動負荷の場合は warm up 効果があることが一つの理由として考えられよう。また逆に、急激に心拍数が上昇する運動をした時には、自然発作の方が心拍数が多くなってしまふことも考えられる。

運動負荷時における不整脈の出現とその危険率は、村山等の報告<sup>4)</sup>があるが、長時間心電図の方が、日常生活、および発作前後の不整脈の同定には、運動負荷より優れていることは報告されており<sup>4)</sup>、今回の結果も同様であった。早朝のみの労作狭心症、夜間排尿時におこる狭心症は、その心拍数よりも、30~40拍以上の運動負荷を行わないと陽性所見が得られず、典型的な労作狭心症とは異なる感じを受けるが、今後の検討が必要である。

## V ま と め

運動負荷心電図法は、長時間心電図法からみた日常

生活の労作時の発作をよく再現し、その閾値心拍数は、やや高い者が多かった。

日常生活での労作時には、発作のピーク心拍数に達する時間が早いものが多く、日常労作には、急激な運動が含まれていることが示唆された。

早期におこる労作狭心症、夜間の排尿時の発作心拍数は、運動負荷試験時の発作閾値心拍数より30~40心拍低いことが認められた。

## 文 献

- 1) Wolf, E., Tzivoni, D., Stern, S. : Br. Heart J. 36 : 90, 1974.
- 2) Tamura, K., et al. : VIII World Congress of Cardiology, 1978, Abstracts I 0366.
- 3) Stern, S., Tzivoni, D. : Br. Heart J. 36 : 481, 1974.
- 4) Stern, S., Tzivoni, D., Stern, Z. : Circulation 52 : 1045, 1975.
- 5) Murayama, M., Shimomura, K. : Jap. Circ. J. 43 : No3, March 247, 1979.
- 6) Crawford, M., O'Rourke, R. A., Ramakrishna, N., Henning, H., Ross, J. : Circulation 50 : 301, 1974.

## ストレス心筋シンチの診断的価値

## 運動負荷心筋タリウムシンチにおける定量的評価の検討

古賀 靖\*・松本 博光\*\*

益海 信一郎\*\*・春見 建一\*\*

## はじめに

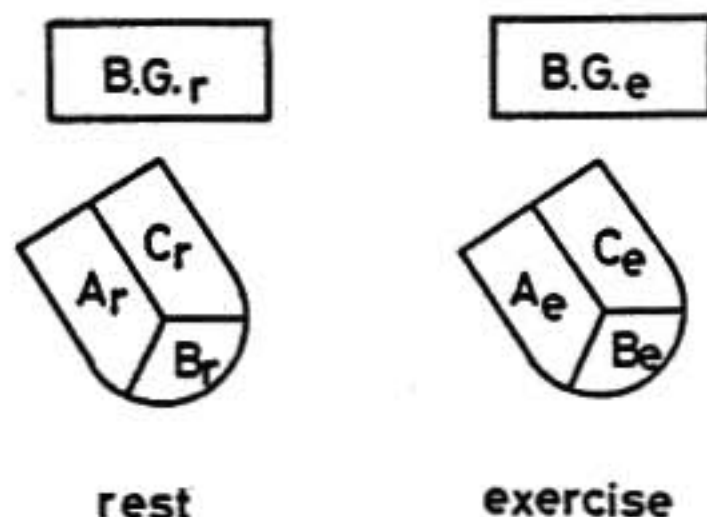
心筋負荷タリウムシンチグラムは現在運動負荷時の心筋血流を直接的に反映すると考えられる方法としてますます臨床的に利用されてきている。この検査は非侵襲的であり、重症例や小児にも検査可能であるが、Tl-201の持つ物理学的性質や、シンチカメラの性能、あるいは心臓の動きによる解像力の低下等がいろいろあり、実際の判読には十分な注意を要する<sup>1)</sup>。労作狭心症における負荷 Tl の Specificity は84%から100%といわれているものの、Sensitivity は68%から95%、disease prevalence は59%から76%といまだに満足のいく数値に達していないのは、上記の条件によるものと考えられる<sup>2)3)4)</sup>。一方、一般に我々が心筋タリウムシンチを判読するのは、フィルムに撮影された像を肉眼で見て行うのであるが、その判読に何らかの定量的評価の裏付けがあれば、より客観的な所見が得られるであろう。今回我々は虚血性心疾患、心筋疾患を含む19例の症例につき心筋シンチグラムを行い安静時、負荷時の左室血流の相違を半定量的に評価し、視覚による判定との対比を試みたので報告する。

## I 症 例

対象症例は狭心症様胸痛を訴え、冠動脈写正常であった1例、狭心症2例、心筋梗塞9例、特発性心筋症5例、そのほか2例の計19症例である。

## II 方 法

心筋 Tl シンチは前面、左斜位45°、左側面で撮られたものを使用し、安静時及び負荷時のシンチグラムと対比した。半定量化には64×64マトリックスで採取されたイメージを図1のごとく安静時、負荷時ともに同じ位置、同じ大きさで3分割したエリアを設定し、更に安静時、負荷時とも心に対して同じ位置関係、同じ



$$\text{MPEI:A} = \frac{(A_e - \text{B.G.e}) \cdot \text{B.G.r}}{(A_r - \text{B.G.r}) \cdot \text{B.G.e}}$$

図1 myocardial perfusion enhancement index (MPEI)

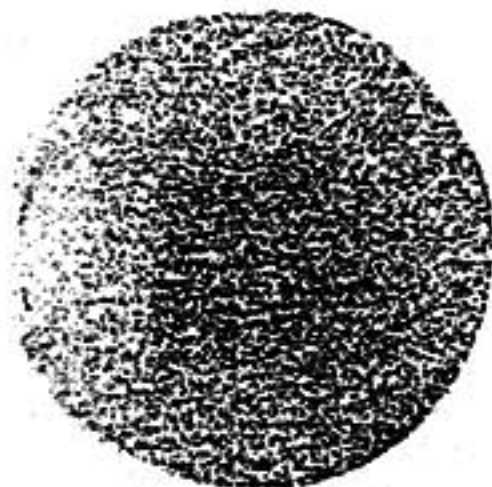
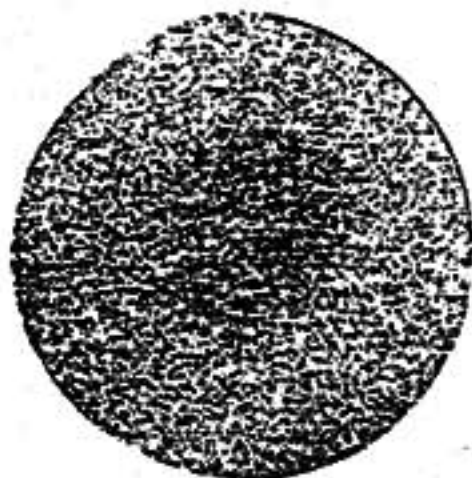
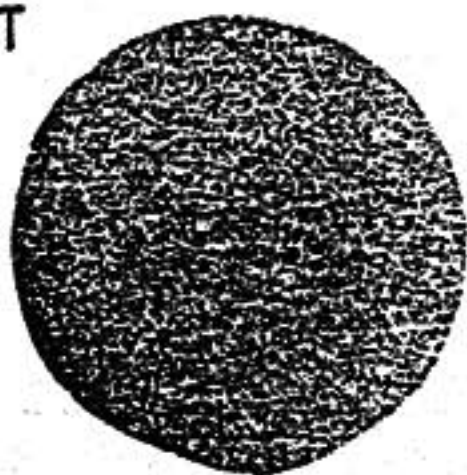
大きさを持つバックグラウンドを肺野ないし縦隔に設定した。安静時、負荷時ともにバックグラウンドが変化していないと仮定して心のおのおののエリアをバックグラウンドで補正し、安静時、負荷時の比をとり MPEI とした。MPEI は各方向3カ所及び全左室の4個を3方向で合計12個算出した。

## III 結 果

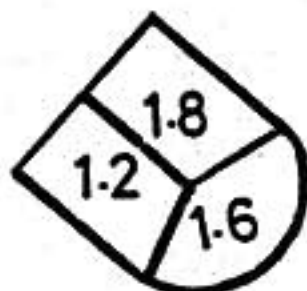
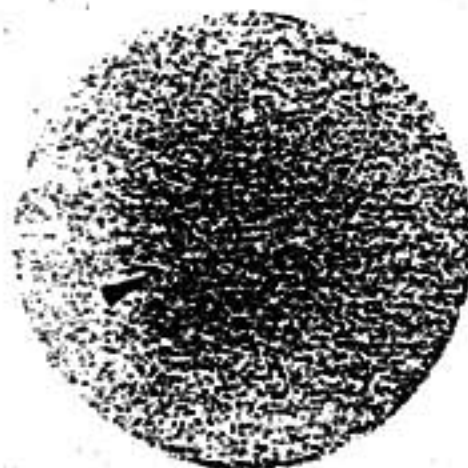
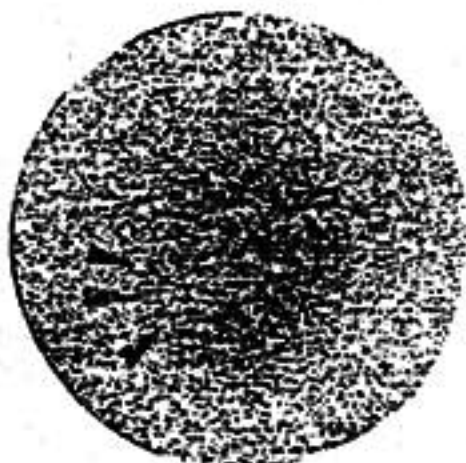
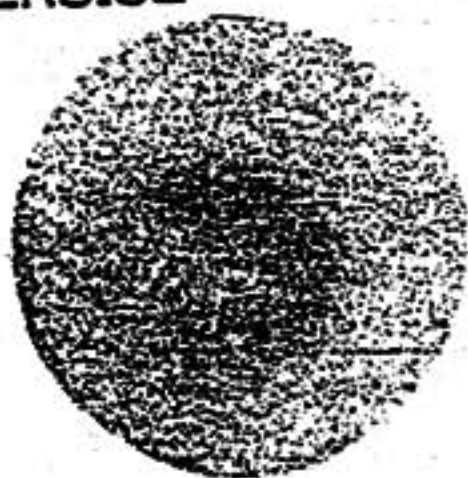
まず症例を呈示する。図2は68才男性、不安定狭心症の症例で、上段に安静時の、中段に負荷時のシンチグラムを、下段に各部位の MPEI を示した。その下の数値は各方向における全 area の MPEI を示している。負荷シンチグラムは master 2 step single を施行直後 Tl 静注、さらに1分間の負荷を加え、その後1時間以内に撮影した。写真上では安静時のシンチグラムは中隔に小さな欠損があるが、負荷シンチグラムでは左前斜位像で広範囲な前中隔の血流欠損と、左側面像で前下壁の小範囲の血流欠損が認められる。MPEI は1.1から2.6までに分布し、前中隔の欠損部の MPEI は1.1で、この症例9カ所の MPEI のう

S-K 68Y ♂

REST



EXERCISE



1.5

ANT



1.3

LAO45°



2.3

L-LAT

図 2

ち一番低い数値である。図 3 に 19 症例における MPEI の分布状態を示す。上記症例の MPEI の分布状態は左から 2 番目に示されている。白丸は各方向における全 area の MPEI である。これより冠動脈疾患では MPEI の数値差が大きい傾向があり、心筋疾患そのほかでは小さい傾向があった。しかしながら MPEI の平均値は、各疾患群で大小さまざまであった。表 1 はシンチグラムを読影し、左室全体の血流が増加している症例 (increase) と不変 (no change) の症例に分け、MPEI の平均値と比較してみたものである。

全体の MPEI の平均値は増加群  $1.25 \pm 0.38$ 、不変群  $1.02 \pm 0.44$  であった。両者の間には統計的な有意差はみられなかった。表 2 はシンチグラム上で負荷により局所的な心筋血流の低下がみられた群を (+)、低下がみられなかった群を (-)、境界域群を (±) とし、それと MPEI の最高値と最低値の差の大きさを対比したものであるが、(+) 群の平均値は 1.26、(-) 群の平均値は 0.48 で、この 2 群の間には 5% 以下の危険率で有意差が認められた。

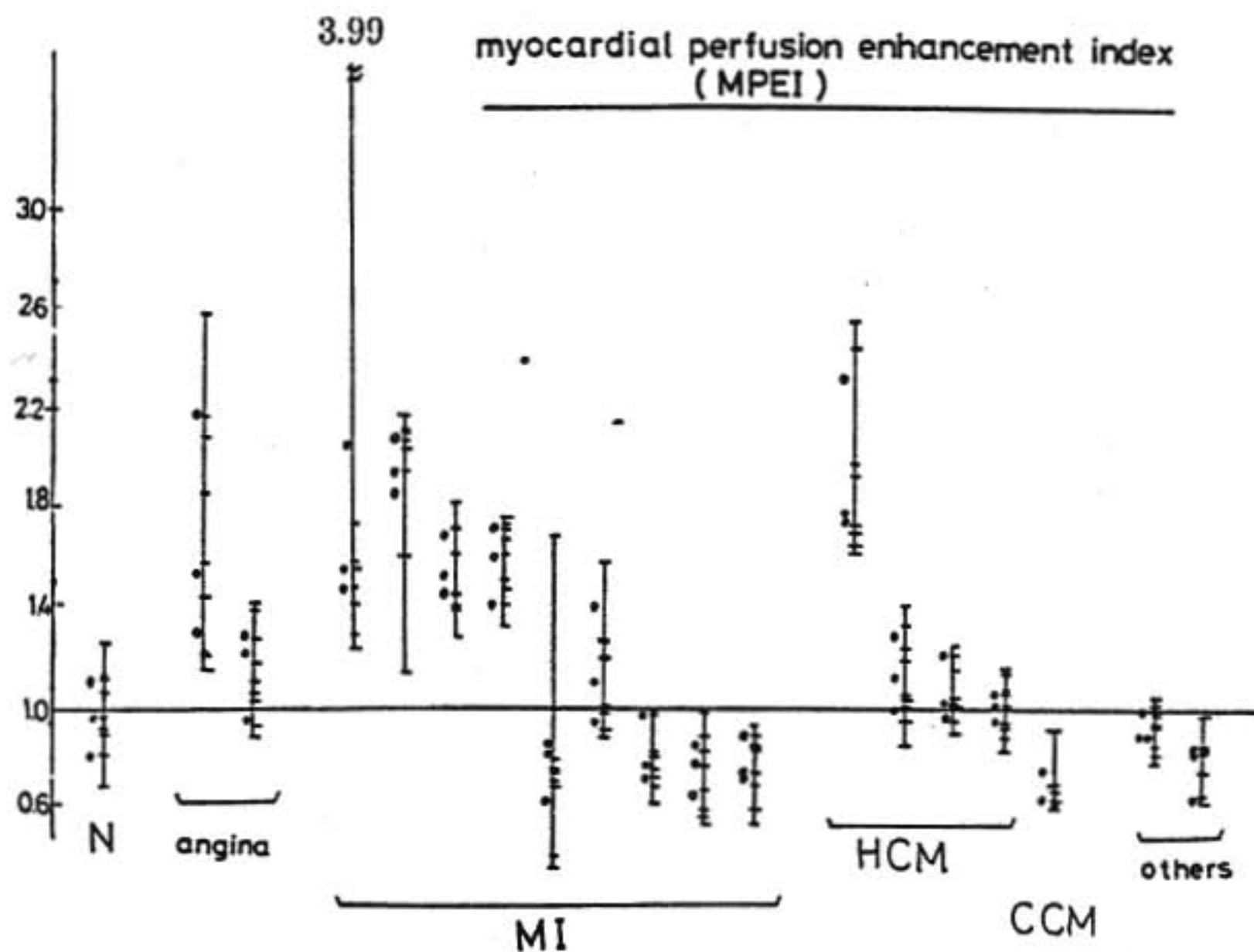


図 3

表 1 visual evaluation LV perfusion

	increase	no change
n	13	6
mean of MPEI	1.06	0.77
	1.66	1.95
	1.69	0.76
	1.13	0.82
	1.14	1.15
	1.56	0.69
	1.58	
	1.96	
	0.77	
	0.76	
	0.96	
	0.92	
	1.01	
mean	1.25	1.02
±SP	±0.38	±0.44

表 2 visual evaluation : exercise induced ischemia

	+	±	-
n	6	4	9
range of MPEI	0.4	0.35	0.91
	1.43	0.38	0.53
	2.77	0.70	0.54
	0.56	0.32	0.45
	1.04		0.41
	1.33		0.35
			0.57
			0.32
		0.22	
mean	1.26	0.44	0.48
(±SP)	±0.77	±0.15	±0.19

IV 考 按

現在心筋血流を簡便に非侵襲的に評価するには Tl-201 心筋イメージが最もすぐれているといわれている。しかし Tl-201 の物理特性は核医学イメージに通常用

いられる Te-99 m と比較し、非常に吸収が大きく、水中においては 5 cm で40%に、10 cm では20%に減少してしまう<sup>1)</sup>。また通常我々がシンチグラムでみている像は、心筋血流を2次元画像としてみているにすぎない。また Tl-201 は肺、前縦隔胸壁にもとり込まれるため、シンチグラム上での判定はこれらの background に大きな影響をおよぼすことになる。そこで心筋イメージの判定を視覚による判定に加え、客観的



に評価する試みが種々なされている<sup>10)</sup>。今回我々が試みた方法は、通常視覚で判定している安静時負荷時の比較を、バックグラウンドを補正して各部位のカウント数の比におきかえたものである。本法の長所としては、方法が比較的簡便であること、決められた area 内での Tl-201 のカウント数の比較は視覚より正確に算出できることである。したがって表1の視覚所見と MPEI との間に有意差がみられなかったということは、視覚による血流の増加の判定がイメージの撮影条件や注入された RI 量のちがいににより誤まっている可能性があることを示している。一方今回のような大きな area の設定では血流欠損の範囲が小さくなればなるほど MPEI を測定した area の方が正常心筋を多く含み、MPEI の変化が出にくくなる。さらに細かく MPEI の area を設定するとカウント数の統計変動、安静時一負荷時の位置の再現性等により MPEI の信頼性は低下する。MPEI をどの程度まで細かく設定したら良いかは今後の検討を要すると考えられる。しかし表2で示したごとくこのような大きな area の設定でも有意差がみられたということは、視覚判定は局所の評価に関してはかなり信頼がおけそうに思われる。以上我々が今回検討した MPEI はそれのみでは心筋 Tl の所見を十分に反映はしないものの、通常肉眼的に見ている像と MPEI を照らしあわせて考えることにより、より正確な負荷心筋 Tl シンチグラムの判定が可能になろう。

## 文 献

- 1) Budinger, T. F., et al. : Physics and instrumentation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 20 : 20, 1977.
- 2) Hamilton, G. W., et al. : Myocardial imaging with Thallium-201 ; The controversy over its clinical usefulness in ischemic heart disease. *J. Nucl. Med.* 20 : 201-205, 1979.
- 3) McKillop, J. H., et al. : Can the extent of coronary artery disease be predicted from Thallium-201 myocardial image? *J. Nucl. Med.* 20 : 715-719, 1979.
- 4) Meade, R. C., et al. : Quantitative methods in the evaluation of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J. Nucl. Med.* 19 : 1175-1178, 1978.
- 5) Niess, G. S., et al. : Usefulness and limitation of Thallium-201 Myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. *Circulation* 59 : 1010-1019, 1979.
- 6) Burow, R. D., et al. : "Circumferential profiles : "A new method for computer analysis of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J. Nucl. Med.* 20 : 771-777, 1979.
- 7) Verani, M. S., et al. : Sensitivity and specificity of Thallium-201 perfusion scintigrams under exercise in the diagnosis of coronary artery disease. *J. Nucl. Med.* 19 : 773-782, 1978.

## ストレス心筋シンチの診断的価値

### 冠動脈造影所見および負荷心電図所見との対比

栗原 正\*・成田 充啓\*・宇佐美 暢久\*

## はじめに

放射性カリウムの同族体が心筋細胞に集積すること<sup>1)</sup>が示されて以来、心筋 imaging が心筋梗塞の診断に利用されるようになった。さらに、これらの同位

元素のうち <sup>40</sup>K, <sup>86</sup>Rb, <sup>201</sup>Tl が、心筋局所灌流状態に応じて、静注後速やかに心筋内に摂取されることにより、運動負荷などにより生じた一過性の虚血をも診断しうる事が明らかとなり<sup>2)</sup>、虚血性心疾患の診断に有用であることが、すでに多くの研究者により示され

\* 住友病院 内科

ている<sup>3)</sup>。特に  $^{201}\text{Tl}$  は、心筋への摂取率が高く<sup>4)</sup>、80 keV という低エネルギーであること、半減期が、短時間であること<sup>5)</sup>などの利点を有し、最もよく利用されている。この  $^{201}\text{Tl}$  を用い、冠動脈造影を行った42症例につき、運動負荷心筋シンチグラフィを行い、その有用性と限界を、運動負荷心電図、冠動脈造影所見と対比検討した。

## I 対象および方法

対象は、冠動脈造影にて少なくとも1本の主要冠動脈に50%以上の狭窄を認めた冠動脈疾患30例、冠動脈に狭窄を認めない12例の計42例で、男子39例、女子3例、年齢は42~74才、平均55才である。冠動脈疾患の内訳は、陳旧性心筋梗塞7例、陳旧性心筋梗塞兼狭心症7例、心内膜下梗塞2例、狭心症14例で、一枝疾患17例、二枝疾患7例、三枝疾患6例である。右冠動脈に狭窄を有し、かつ左冠動脈主幹部にも狭窄を有する例は、三枝疾患に分類した。

シンチグラムは、pararell hole high resolution collimator を装置した Pho/Gamma HP 型シンチカメラを on-line でミニコンピュータに接続して記録した。

安静時心筋シンチは、 $^{201}\text{Tl}$  2 mCi を静注後15分より、正面、左前斜位45度、左側面の3方向にて、ポラロイドフィルムに40万カウントの集積像を撮影すると同時に、ほぼ時間コンピュータにも記録した。

運動負荷心筋シンチは、自転車エルゴメーターを用い、坐位にて25又は50 watt の負荷量より開始、3分毎に25又は30 watt ずつ負荷量を増す多段階漸増法にて行った。負荷中は、胸部双極誘導 ( $\text{CM}_5$ ) にて心電図モニターを行い、各負荷段階の最終1分間に血圧を測定、II~III度の狭心痛、モニター心電図における2 mm 以上のST低下、年齢別予測最大心拍数の85%、重症不整脈、疲労などの中止基準に達した時点で  $^{201}\text{Tl}$  を静注、さらに1分間同レベルの運動を続けた後、負荷を終了、直後、3分後に12誘導心電図を記録し、負荷終了10分後より、安静時と同様にシンチグラムを撮影した。

運動負荷心電図の判定は、positive, equivocal, negative の3段階に分類した<sup>6)</sup>。負荷中、負荷後ともにH又はS型ST型1 mm 以上、あるいはJ型ST低下2 mm 以上かつ  $\text{QX}/\text{QT} \geq 50\%$  を positive、負荷

中H又はS型ST低下1 mm 以上、J型2 mm 以上かつ  $\text{QX}/\text{QT} \geq 50\%$ , and/or 負荷後H又はS型ST低下0.5 mm 以上1 mm 未満を equivocal, それ以外を negative と判定した。なお、不整脈、梗塞部誘導でのST上昇、T波の変化のみものは判定の考慮より除外した。

運動負荷心筋シンチは、ポラロイド像、補間法による background 除去心筋像<sup>7)</sup>、および各心筋区域における Tl 摂取係数<sup>8)</sup>を用いて判定、安静時正常 image を呈する場合は、運動負荷により defect の出現をみた場合に、また、安静時に defect を有する例では、運動負荷により defect の拡大をみるか、これと別の部位に新たな defect の出現をみた場合にのみ陽性と判定した。

## II 結 果

### 1) 冠動脈疾患例

冠動脈疾患30例中、運動負荷心電図陽性は13例 (43%)、equivocal を加えても16例 (53%)、運動負荷心筋シンチ陽性は20例 (67%) であり、有意差はみられなかったが、心筋シンチの方が、一過性心筋虚血の診断にすぐれていた。また、両者のうちいずれかが陽性を示したものは24例 (80%) で、両者の併用により虚血性心疾患の診断率は向上すると考えられた (図1)。

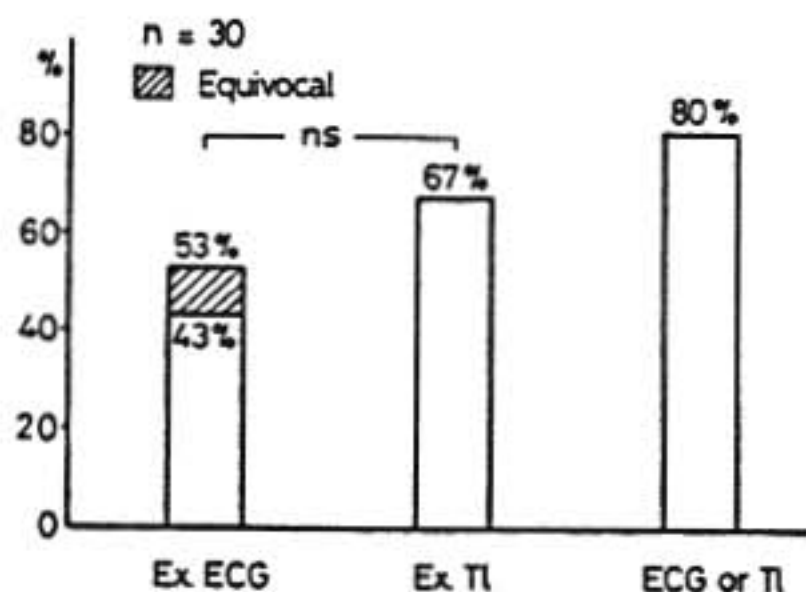


図1 冠動脈疾患の診断にたいする運動負荷心電図と運動負荷心筋シンチの陽性率の比較

一枝疾患17例中運動負荷心電図陽性は7例 (41%)、equivocal を加えて9例 (53%)、運動負荷心筋シンチ陽性は11例 (65%) であった。多枝疾患13例では、負荷心電図陽性は、予想に反し、equivocal を加えても7例 (54%) と、一枝疾患における陽性率と同等で

あった。一方、負荷心筋シンチは10例 (77%) が陽性であった (図2)。

安静時心電図に異常Q波を有する14例中、運動負荷

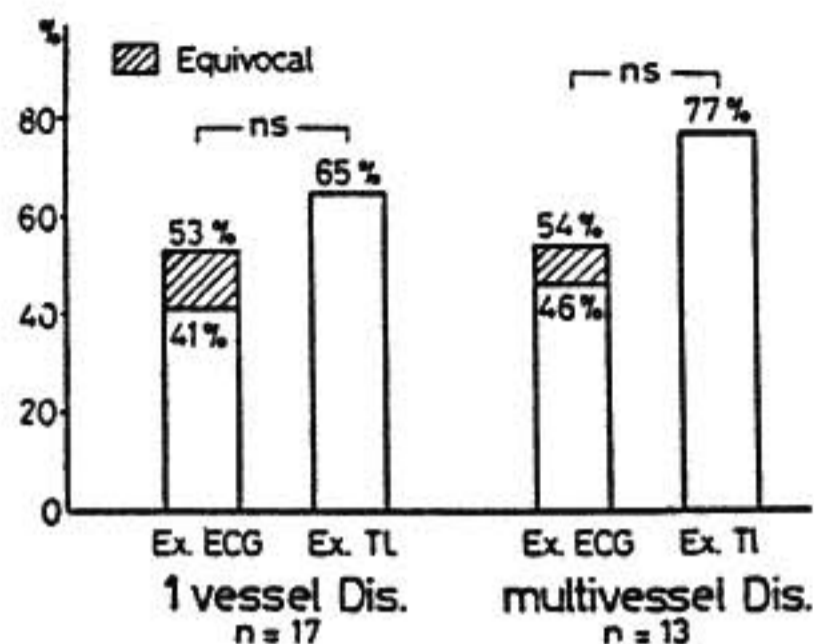


図2 一枝疾患, 多枝疾患における運動負荷心電図と運動負荷心筋シンチの陽性率の比較

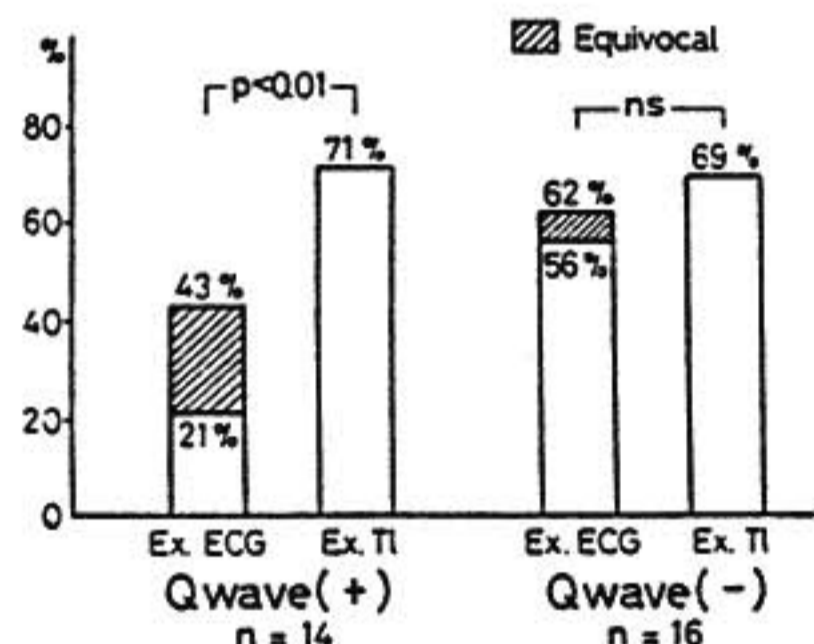


図3 安静時心電図異常Q波の有無による運動負荷心電図と運動負荷心筋シンチの陽性率の比較

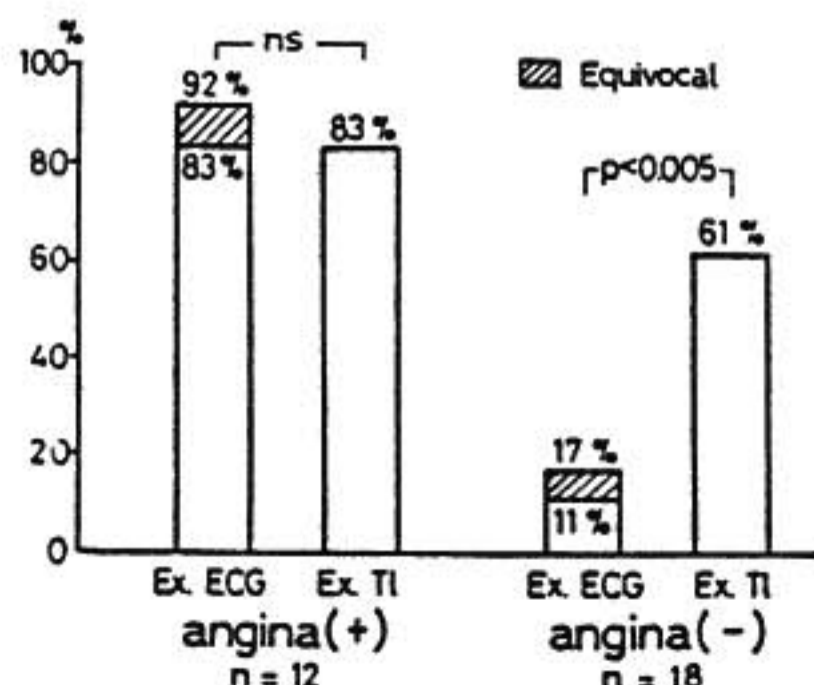


図4 運動負荷時の狭心痛出現の有無による運動負荷心電図と運動負荷心筋シンチの陽性率の比較

心電図陽性はわずかに3例 (21%) であるのに対し、運動負荷心筋シンチ陽性は11例 (69%) と、有意に高い診断率を示した。一方、Q波を認めない16例では、負荷心電図、負荷心筋シンチ陽性は、それぞれ、9例 (56%)、11例 (69%) と、ほぼ同等であった (図3)。

運動負荷試験時に狭心痛の出現をみた12例では、運動負荷心電図、運動負荷心筋シンチは、いずれも10例 (83%) が陽性を示したが、狭心痛の出現をみなかった18例では、負荷心電図陽性2例 (11%)、心筋シンチ陽性11例 (61%) と、有意に心筋シンチがすぐれていた (図4)。

## 2) 正常冠動脈例

冠動脈造影にて狭窄を認めなかった12例は、atypical chest pain 4例、安静時狭心症4例、正常冠動脈を示す心筋梗塞2例、肥大型心筋症1例、運動負荷心電図陽性であった無症候の1例であり、いずれも男性であった。

このうち4例 (33%) に運動負荷心電図 false positive がみとめられたが、運動負荷心筋シンチは全例陰性であり、その specificity の高いことが示された。

## III 考 案

冠動脈疾患を対象とした運動負荷心電図と運動負荷心筋シンチの比較は、Bailey ら<sup>9)</sup>、Ritchie ら<sup>10)</sup>により報告されており、われわれの成績は、負荷心電図53%、運動負荷心筋シンチ67%の診断率を示し、彼等の成績とはほぼ一致する。しかし、われわれの成績では、一枝疾患と多枝疾患の間に、負荷心電図の陽性率に差をみず、負荷心電図は多枝疾患においてすぐれているとの一般の報告と異なっている。これは、多疾患では心筋梗塞例が多数を占めていたためであろうと考えられた。心筋梗塞例では、負荷心筋シンチは、負荷心電図と比較して、有意に高い陽性率を示した。これは、安静時の心電図異常が、虚血性変化の出現をとらえにくくするためと考えられた。一方、非梗塞例では、心電図、心筋シンチの間に差をみなかった。

また、運動負荷中に狭心痛の出現をみた例では、両者の間に診断率に差をみなかったが、狭心痛出現のなかった例では、陽性は負荷心電図11%に対し負荷心筋シンチ61%と、有意に心筋シンチがすぐれていた。

このように、運動負荷心筋シンチは、心筋梗塞例、

あるいは運動負荷時に胸痛の出現がなく、また心電図 ST 変化がみられないか、もしくは equivocal change を示す例における一過性虚血の診断に有効であると考えられる。さらに、その specificity の高いことから、左室肥大、左脚ブロックなどにより負荷心電図の判定が困難な場合、あるいは、負荷心電図が陽性でありながら、診断に疑問のある場合に、一過性虚血の存否の確認にも有効な方法と考えられる。

しかし、false negative が約30%存在する。シンチでとらえられる虚血巣の大きさの限界、運動負荷が十分に加えられたか否か、運動負荷終了後の速やかな冠循環の回復により、血中を循環する Tl の虚血心筋への取り込みが短時間内に生ずる可能性などが考えられるが、その詳細の解明は今後に残された問題であろう。

## 参 考 文 献

- 1) Love, W. D., et al. : *Circ. Res.* 2 : 112, 1954.
- 2) Zaret, B. L., et al. : *N. Engl. J. Med.* 288 : 809, 1973.
- 3) 成田充啓, 他 : *核医学* 15 : 57, 1978.
- 4) Strauss, H. W., et al. : *Circulation* 51 : 641, 1975.
- 5) Bradley-Moore, P. R. : *J. Nucl. Med.* 16 : 156, 1975.
- 6) Narita, M., et al. : *Jpn. Circul. J.* 43 : 191, 1979.
- 7) Goris, M. L., et al. : *J. Nucl. Med.* 17 : 744, 1976.
- 8) 成田充啓, 他 : *核医学* 16 : 897, 1979.
- 9) Bailey, I. K., et al. : *Circulation* 55 : 79, 1977.
- 10) Ritchie, J. L., et al. : *Am. J. Cardiol.* 42 : 345, 1978.

## ストレス心筋シンチの診断的価値

### 運動負荷心電図及び冠動脈造影からみたストレス心筋シンチの意義

神 原 啓 文\* . 吉 田 章\*

川 下 憲 二\* . 河 合 忠 一\*

門 田 和 紀\* . 米 倉 義 晴\*\* . 石 井 靖\*\*

## I 目 的

虚血性心疾患において、最近  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィが普及してきたが<sup>1)2)</sup>、従来より行われている運動負荷心電図 (Ex. ECG) と冠動脈写 (CAG) との対比を検討した。

## II 対 象

胸痛又は心電図異常の精査のため Ex. ECG, CAG 及び運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィ (Ex.  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチ) を施行した。冠動脈疾患 (CAD) 35例 (うち陳旧性心筋梗塞19例, 狭心症16例) ; atypical chest pain 14例 (男12, 女2), 肥大型心筋症 (HCM) 10例 (男7, 女3), 及びうっ血型心筋症 (CCM) 1

例 (男) を含む CAD 以外の25例の合わせて60例であった。CAD は全例男性で平均年齢は55才, 非 CAD 群は心筋症を除くと平均年齢は55才であった (なお CAD 35例は, 1枝病変16例, 2枝13例, 3枝6例であった)。

## III 方 法

Monark 社製 bicycle ergometer による運動負荷を施行し, ECG は aVF,  $V_4$  及び  $V_5$  の3誘導でモニターし, 適宜12誘導を施行した。ST 低下は horizontal 1 mm 以上, junctional 2 mm 以上を陽性とした。ECG にて虚血性変化を生じた時点, あるいは狭心痛ないし疲弊を訴えた時点で 2 mCi の  $^{201}\text{Tl}$  を静注し, 更に1分間運動を続けさせ, シンチカメラに

て Polaroid 上に撮像した。判定は visual assessment で行った。陰影欠損の程度は score 0 を negative, 1 を equivocal (円周角 0~15°), 2 を small (15~45°), 3 を medium (45~90°), 4 を large (90°以上) として 5 段階に分類した。CAG は Sones 法又は Judkins 法にて行い, CAG と左室造影 (LVG) の判定は American Heart Association の分類<sup>2)</sup>にしたがった。

1) 冠動脈狭窄病変の程度と LVG との対比で, 75%以下の狭窄の場合は, markedly reduced, akinesis 及び dyskinesis を合わせて19%で, 76%以上の狭窄の場合には LVG の収縮異常が非常に高率にみられた(表1)。したがってここでは, 一応76%以上の狭窄をもって有意な冠動脈狭窄とした。

表1 CAG & LVG in CAD

		% Stenosis of donor artery			
		≥50	51-75	76-99	100
No of Coronary Artery (46 cases)		64	12	38	16
L V G	Markedly reduced	0	0	10	3
	Akinesis	1	1	3	6
	Dyskinesis	0	1	5	4
		1 (2%)	2 (17%)	18 (47%)	13 (81%)

ii) <sup>201</sup>Tl 心筋シンチにおけるスコアと CAD の診断率について心筋症を除く49例において検討した(表2A)。スコア3と4を陽性, スコア0~2を陰性と判定した場合, sensitivity は63%, specificity は100%であった。スコアを2~4を陽性とする sensitivity は86%, specificity は100%となる。スコア1~4を陽性とする sensitivity は100%, specificity は86%となった。心筋症を含めた全症例60例で検討すると, スコア2以上を陽性とした場合, CAD 数は同じなので sensitivity は86%と不変だが, specificity は76%, スコア1以上を陽性とした場合, sensitivity は上がるが specificity は60%とかなり下がる結果となった(表2B)。したがって我々は <sup>201</sup>Tl 心筋シンチの判読はスコア2以上をもって陽性とした。

$$\text{Sensitivity (\%)} = \frac{\text{True positives (TP)}}{\text{TP} + \text{False negatives (FN)}} \times 100$$

$$\text{Specificity (\%)} = \frac{\text{True negatives (TN)}}{\text{TN} + \text{False positives (FP)}} \times 100$$

#### IV 結 果

sensitivity について Ex. ECG 及び Ex. <sup>201</sup>Tl 心筋シンチで比較すると ECG は77%, 心筋シンチは66%であった。非 CAD 群25例について false positive となったものは, ECG では28%, Ex. 心筋シンチは24%であった(図1A)。CAD 30例中心筋梗塞(MI)を除いた16例の Angina 例についてみると, sensitivity は ECG 69%, 心筋シンチ81%で, 有意差はな

表2 Thallium-201 scoring in CAD

Ex. Tl (score)		CAD (+) 35	CAD (-) 14	Sensitivity	Specificity
(A)	P 3-4	22	0	63%	100%
	N 0-2	13	14		
	P 2-4	30	0	86%	100%
	N 0-1	5	14		
	P 1-4	35	2	100%	86%
	N 0	0	12		
		CAD (+) 35	CAD (-) 25		
(B)	P 2-4	30	6	86%	76%
	N 0-1	5	19		
	P 1-4	35	10	100%	60%
	N 0	0	15		

CAD: coronary artery disease

P: Positive N: Negative

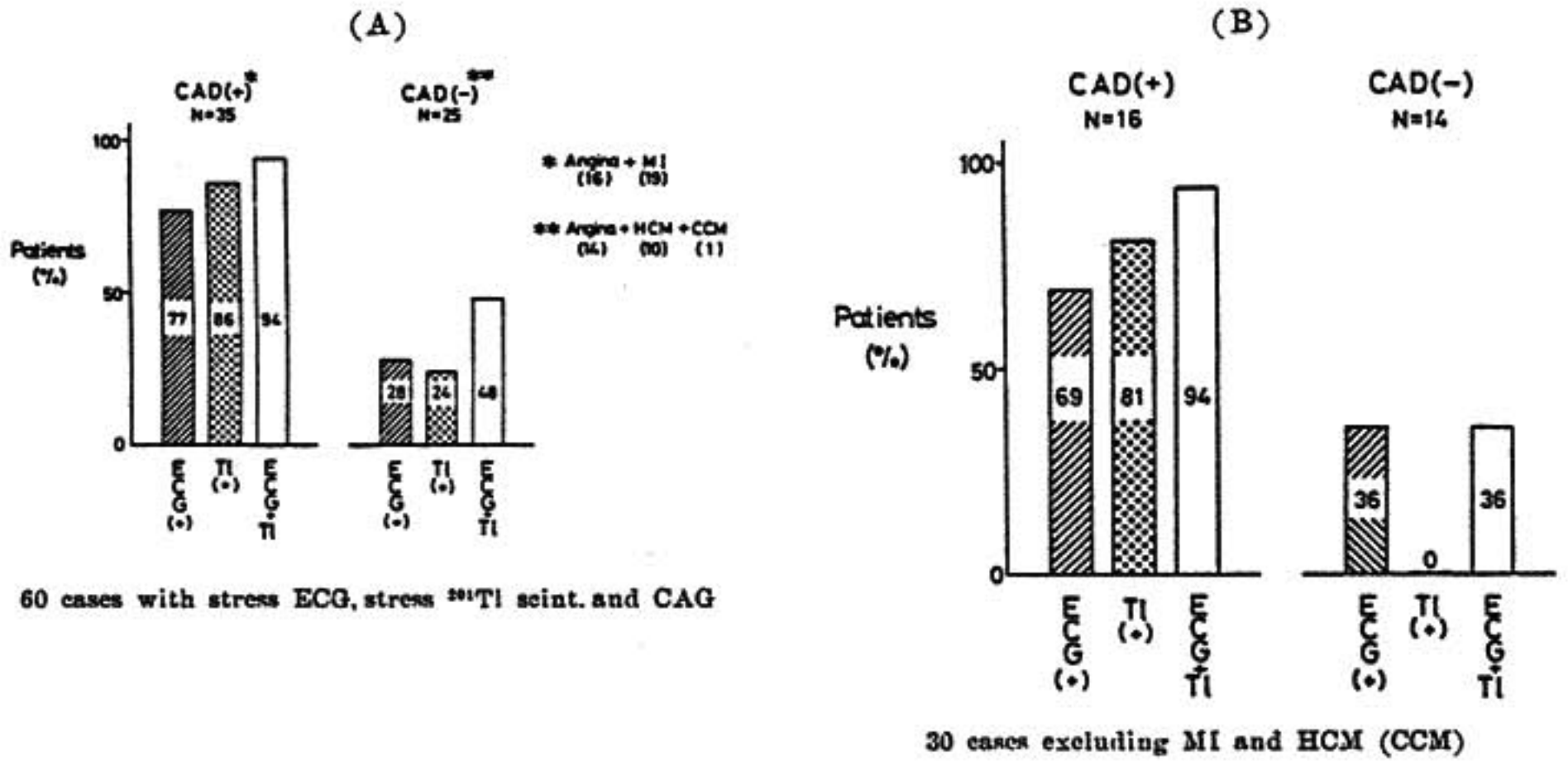


図 1

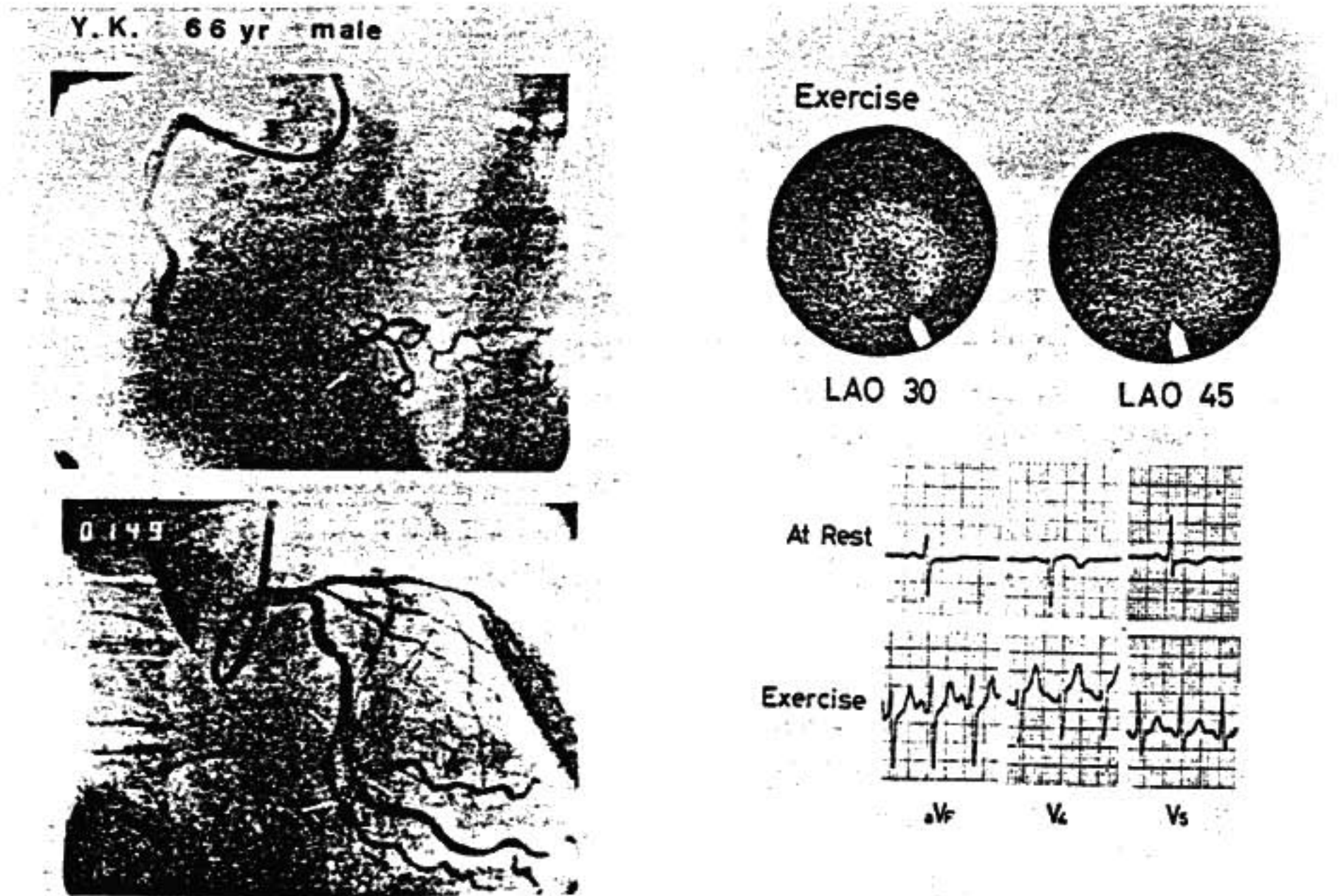


図 2 Case 1

いが <sup>201</sup>Tl 心筋シンチの方が sensitivity が高い傾向を示した。非 CAD 群のうち心筋症を除いた症例では、ECG の false positive が36%となるのに対して、心筋シンチでは0%であった (図 1 B)。

CAD のうち罹患血管数による sensitivity について検討した。Ex. ECG と Ex. <sup>201</sup>Tl 心筋シンチの sensitivity は1枝例で (ECG 68% ; 心筋シンチ 75%)、2枝で (92% ; 100%)、3枝で (83% ; 100%)

F. Y. 57 y.o. male

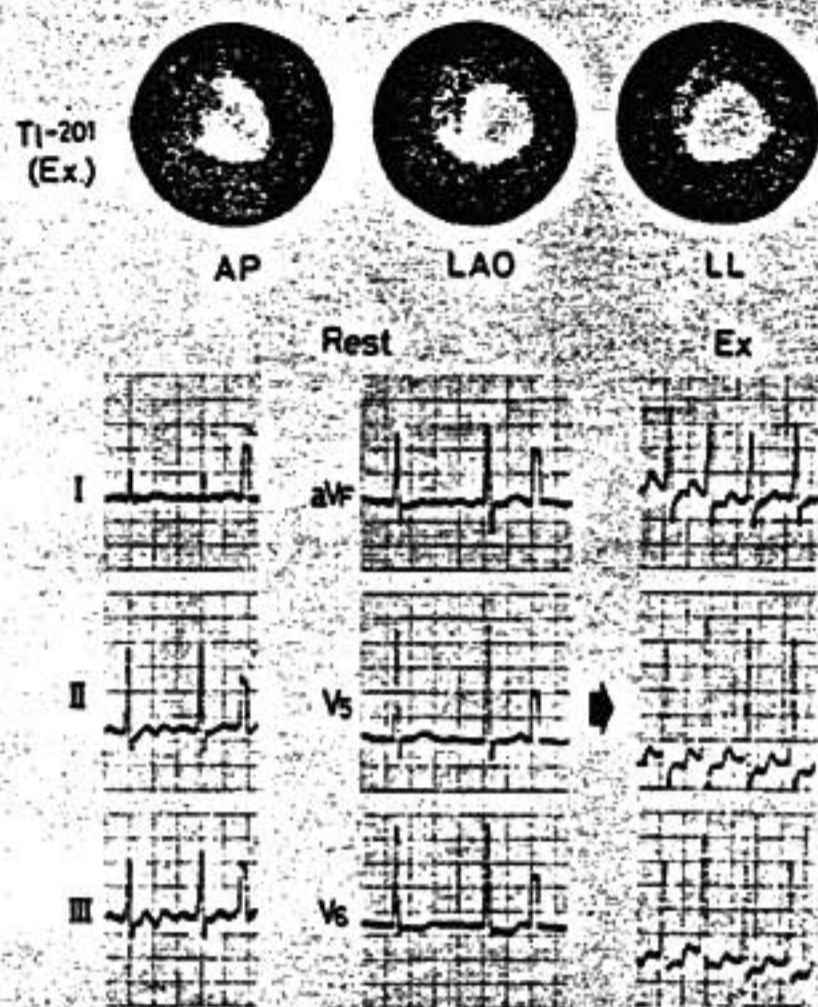
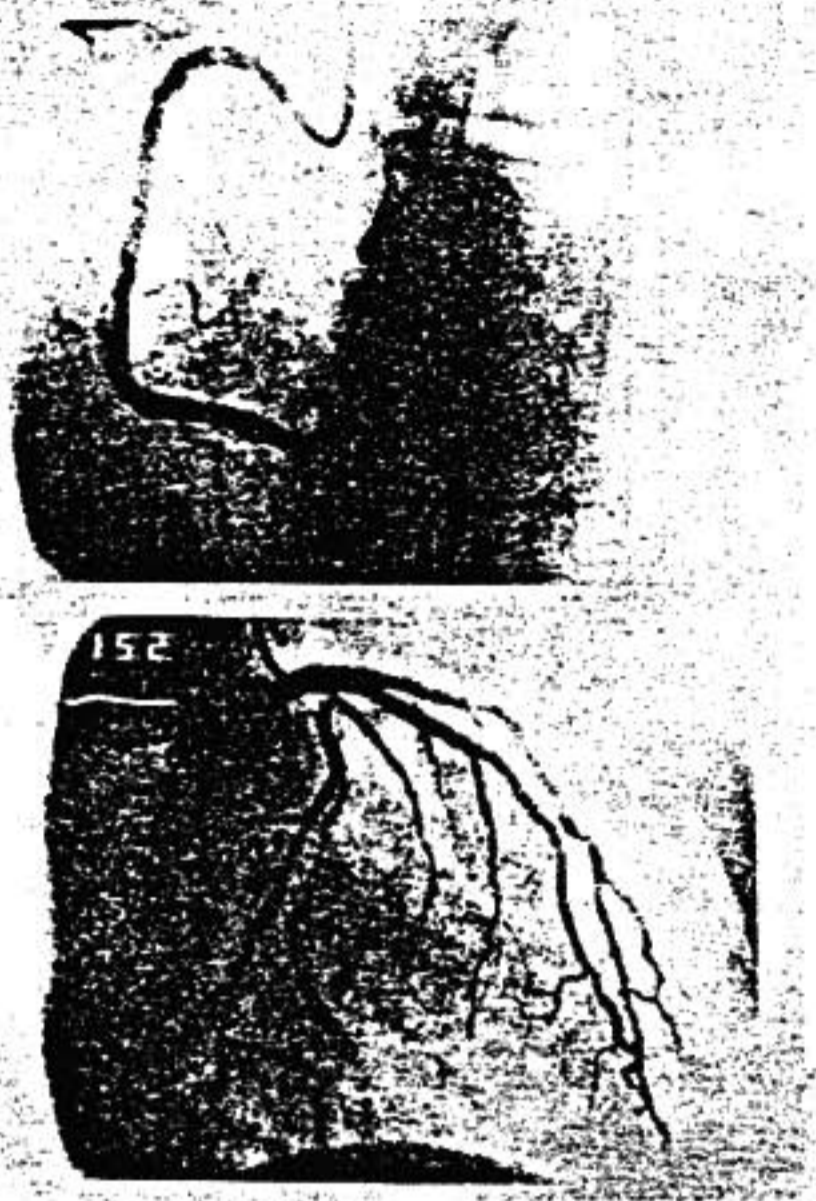


図3 Case 2

となり, 心筋シンチの方が高い傾向を示した.

LVG の収縮異常と Ex. ECG あるいは Ex.  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチの陽性化との合致率を検討してみると, Ex. ECG とは60%, Ex. 心筋シンチとは78%であった.

Case 1: Y. K. (triple vessel disease)

Ex. ECG は陰性だが, Ex.  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチで陰影欠損が明らかになった.

Case 2: F. Y. (非 CAD 群)

Ex. ECG では aVF, V<sub>5</sub> 及び V<sub>6</sub> で ST 低下を認め陽性だが, Ex.  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチでは特に陰影欠損は認められない. CAG でも特に異常所見はなかった.

## V 考 按

1枝病変で Ex.  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチ陰性の症例では LVG, EF とともに正常で, 心筋シンチのスコアが, 左室の機能をよく反映すると考えられる. 左前下行枝近位部の高度狭窄例では, Ex. ECG 陽性にもかかわらず, 心筋シンチは陰性であった. 本例における  $^{201}\text{Tl}$  の投与量に対する心筋摂取率の運動負荷変動率<sup>4)</sup> は

-30%であった. この Index は正常群では増加するのに対し, IHD 群では減少又は不変となり, ある程度心筋総血流量を反映する指標として使えると思われる. 2枝及び3枝病変における Ex. ECG の sensitivity の差は, 3枝病変の症例数が少ないため, 更に症例を増やして検討する必要がある. 非 CAD 群で Ex. 心筋シンチが false positive となったのは HCM 例であり, その原因はその geometric configuration によるものであろう.

## 結 語

- i) 運動負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチは運動負荷心電図に比べ sensitivity, specificity とともに高い傾向を示した.
- ii) Ex. 心筋シンチは Ex. ECG に比べ, 心筋血流あるいは心機能をより適確に反映する指標と考えられる.
- iii) 心筋血流が global に低下した場合には, 陰影欠損を生じない場合があり, 全心筋血流を反映する指標を検討することは有用である.

## 文 献

- 1) Bailey, I. K., et al. : Circulation 55 : 79, 1977.
- 2) Botvinick, E. H., et al. : Am. J. Cardiol. 41 : 43, 1978.
- 3) Austen, W. G., et al. : A Reporting System on Patients Evaluated for Coronary Artery

- Disease : Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association, Circulation 51 : (4, Suppl) : 1975.
- 4) 石井 靖, 他 : 核医学 13 : 787, 1976.

## ストレス心筋シンチの診断的価値

## 運動負荷心筋シンチグラムの読影における問題点の検討

安 藤 譲 二\* . 宮 本 篤\*

小 林 毅\* . 松 村 尚 哉\*

伊 藤 勤 司\* . 安 田 寿 一\* . 古 館 正 従\*\*

## はじめに

タリウム201は、生体内に投与されると、冠血流量を反映して心筋に分布する。狭心症では運動負荷により狭心発作が誘発されている時点での心筋シンチグラムでは虚血部が Cold area として描出されてくる。こうした負荷心筋シンチグラフィでは非侵襲的に心筋虚血を映像として視覚化できるため虚血の診断が速かにまた容易に行える<sup>1-3)</sup>特徴がある。一方、シンチグラムの診断は一般的に濃淡の差を見分ける作業であり、画像のコントラスト及び読影者の経験が影響し、情報としての客観性が低下する制約をもっている。

今回、我々は負荷心筋シンチグラフィの情報としての客観性及び診断の精度を高める目的で、(1)読影者による診断のばらつき、(2)負荷心筋画像の客観化、(3)Color imaging の応用の3点につき検討を加えた。

## 検 討 (1)

心筋画像の Cold area の判定において読影者の違いによる診断のばらつきについて検討するため、判定すべき症例に関して予備知識を持たない3名の医師に

(H)

(+) )

(-)



明瞭な欠損像

不均等分布

ほぼ均等分布

図1 三段階の画像評価

よる診断結果を比較した。

画像の評価基準を便宜的に図1のごとく3段階に分類した。(H)は明らかな欠損を呈する画像、(+)は欠損までいかないが不均等分布のある画像、(-)はほぼ均等と考えられる画像とした。なお、検討は300画像で行った。

結果は表1のごとく、3名の判定結果が一致したのは300画像中193画像で、その割合は64%であった。1名のみが異なる判定をしたのは全体の32%、3名がすべて異なる判定をしたのは全体の4%であった。1名のみが異なる判定をした中にも、2名が(H)で1名が(-)、2名が(-)で1名が(H)など判定の差が大きな場合もみられた。



表1 読影者A, B, Cによる判定結果

A	B	C	No.	%	
+	+	+	21	7	64%
+	+	+	6	2	
-	-	-	166	55	
+	+	+	7	2	32%
+	+	+	7	2	
+	+	-	3	1	
+	-	-	10	4	
+	+	-	20	7	
+	-	-	49	16	
+	+	-	11	4	4%
			300	100	

(+) 明瞭な欠損像 (++) 不均等分布  
 (-) ほぼ均等分布

このことは、心筋画像の少なくとも30%については読影者の違いにより診断がばらつく可能性のあることを示している。

## 検 討 (2)

こうした視覚的評価の制約を補い、情報を客観化する目的で Computer を用いるデータ処理を試みた。

心筋各部位のタリウム集積量を実際の count 数で表示する方法は、タリウム集積量の相対的な比較が容易であり客観的である。図2は第2斜位45°の負荷心筋画像である。Graphic Display のカーソル線を用い、A, B, Cの3カ所および background として縦隔部に関心領域を設定する。図2右は計測した平均 count を示しているが、前壁中隔部に相当する関心領域Aの count がほかのB, Cに比較して低値をとり、同部位の低灌流を反映しているものと考えられる。

こうした count 法を用いて低灌流部を診断する場合には、どの程度の count の差が有意の変化であるかを決めておく必要がある。

表2は、この目的のために、健常者の安静及び負荷心筋画像、有意の冠動脈狭窄を有し、負荷陽性の狭心症例の安静及び負荷心筋画像、心電図で異常Q波を呈し、臨床的に診断された心筋梗塞例の安静心筋画像につき、タリウム分布の不均一性を検討したものである。

健常者の安静及び負荷心筋画像では、それぞれ13.8±5.7%, 14.6±7.1%のタリウム集積量の部位による差を認めている。一方、灌流低下のおきていると思わ

## ○関心領域の設定と計数値の表示

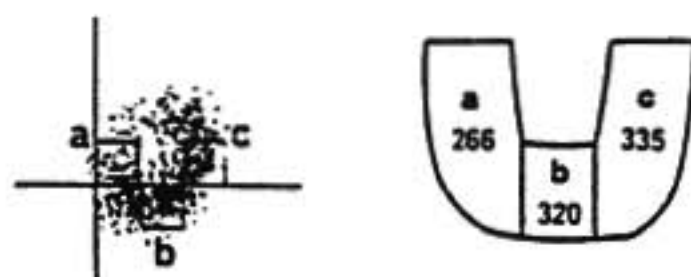


図2 カウント法による心筋シンチグラムの異常部位の判定

表2 心筋シンチグラムにおけるタリウム集積量の不均一性

$$\frac{[\text{最大放射活性値}] - [\text{最小放射活性値}]}{[\text{最大放射活性値}] - (\text{background})} \times 100(\%)$$

平均値 ± S D

健常者の安静心筋画像	13.8 ± 5.7%
健常者の負荷心筋画像	14.6 ± 7.1%
狭心症例の安静心筋画像	17.4 ± 9.3%
狭心症例の負荷心筋画像	37.2 ± 12.0%
心筋梗塞例の安静心筋画像	39.7 ± 15.4%

表3

50%以上の冠動脈狭窄	心筋像上の欠損の有無	
	+	-
+	55	15
-	92	88

Sensitivity : 73%  
 Specificity : 96%  
 false negative : 15%  
 false positive : 9%  
 Predictive value : 91%

れる狭心症例の負荷心筋画像、心筋梗塞例の安静心筋画像では、40%前後の大きな差を生じている。

このことより、健常者の心筋画像に見られる差の上限である22%以上のcountの差がある場合には、有意の変化 (Pathological) と考えることができる。

こうした客観的な判定方法を用いて狭心症において臨床的に問題となる冠動脈病変の診断を行った。

冠動脈造影及び負荷心筋シンチグラフィを施行した49例を対象に、50%以上の冠動脈狭窄の診断率を検討した。結果は表3のごとく、検出率は73%、特異性は96%、偽陰性率15%、偽陽性率9%であった。偽陰性となった多くの例は3枝病変であり全体的な心筋の

低灌流がおこる場合には、相対的なタリウム集積変化より診断する本法では誤差を生じやすいものと考えられた。また偽陽性例の多くは、冠動脈に50%以下ではあるが狭窄性病変が認められた。

これらの結果より、count法を用いる冠動脈病変の診断は、臨床的に十分使用可能と思われた。本法の利点は各心筋部の相対的なタリウム集積の変化が数値で表示できるので、判定が客観的で容易であること、またタリウムの投与量とか、imagingの際のcontrastの違いなどには影響をうけないことである。

### 検 討 (3)

心筋シンチグラフィは本来映像診断を行うものであり、映像自体が判定しやすく客観性を持つならば、より望ましいといえる。

こうした目的で、独自の処理方法を用い負荷心筋シンチグラムのカラー変換を試みた。

カラー変換は、島津製シンチバック1200コンピューターを使用し、180秒間の収録画像を補間法によるbackgroundの除去を行い、ついで9点スムージングをかけ、その後画像を2倍に拡大する。画像表示はcut levelを100~30%にし、color levelを4段階に設定し、カラーポラロイドフィルムに撮影した。

図3は運動負荷により狭心痛の誘発される狭心症例である。負荷心電図ではST低下が見られる。負荷心筋画像では第2斜位45°で前壁中隔部に欠損が認められる。本症例の冠動脈写では左冠動脈前下行枝に90%の狭窄が確認された。

こうしたカラー画像は従来より行われているポラロイドフィルムもしくはX線フィルムに撮影する白黒画像と比較すると異常部位の判定が容易であった。このことは心筋画像の視覚的診断において、段階的に色分けされるカラー画像は、実際の放射活性の差を明瞭に

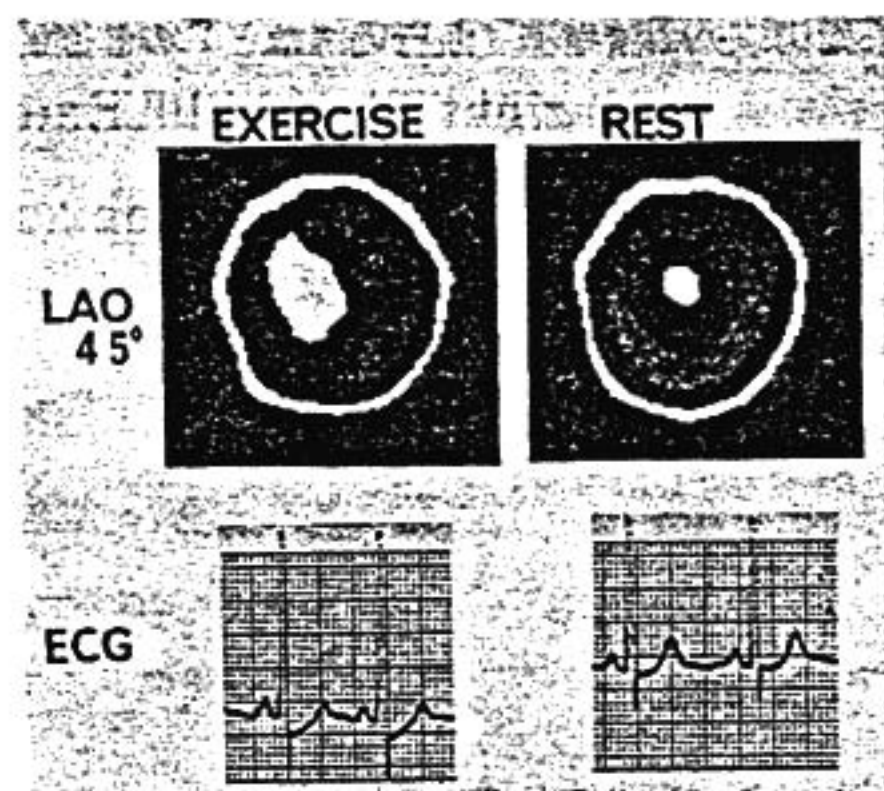


図3 S. K ♂ Angina Pectoris

描出し、読影者の違いによる診断のばらつきを少なくするものと考えられた。

### 結 語

(1) 心筋画像の視覚的診断においては読影者により、判定のばらつきが大きい。

(2) 負荷心筋シンチグラフィのコンピューター処理によるcount法は、客観的に有意の冠動脈狭窄を高率に診断するうえで有用であった。

(3) 負荷心筋シンチグラムをカラー表示する方法では、従来の白黒表示に比較し、より客観的で説得力のある情報が得られた。

### 文 献

- 1) 宮本 篤, 他: 心臓 10(7): 687, 1978.
- 2) 安藤譲二, 他: 呼吸と循環 26(8): 773, 1978.
- 3) 安田寿一, 他: 臨床成人病 8(8): 216, 1978.
- 4) 宮本 篤, 他: 最新医学 34(5): 1125, 1979.
- 5) Kobayashi, T., et al.: Jpn Circul. J. 44: 209, 1980.

心電図以外の諸指標（血行動態など）の診断的意義およびその測定法

## Upright Treadmill Exercise による最大, 最小血圧, 心拍数 Index の変動推移について

長谷川 元 治<sup>\*1</sup>, 川 崎 健<sup>\*1</sup>

荒 井 親 雄<sup>\*2</sup>, 柏 倉 義 弘<sup>\*2</sup>

岸 良 典<sup>\*3</sup>, 江 森 勇<sup>\*3</sup>, 吉 村 正 蔵<sup>\*4</sup>

### はじめに

運動負荷中ならびに前後の最大, 最小血圧, 心拍数, 左室収縮時間等 hemodynamic parameter の変動推移は無侵襲的心機能評価の上で重要な要因となる。今回, コロトコフ音によらない, 運動中でも血圧測定を可能とする装置を開発し, 非心疾患群を対象として upright treadmill exercise 法による

1. 勾配, 速度等条件を変えた場合
2. 条件を一定にした場合

の最大, 最小血圧, 心拍数の変化から算出される cardiac work response (CWR), min. blood pressure response (MBPR) の閾値, 分布特性に興味ある知見を得たので報告する。

### I 対 象

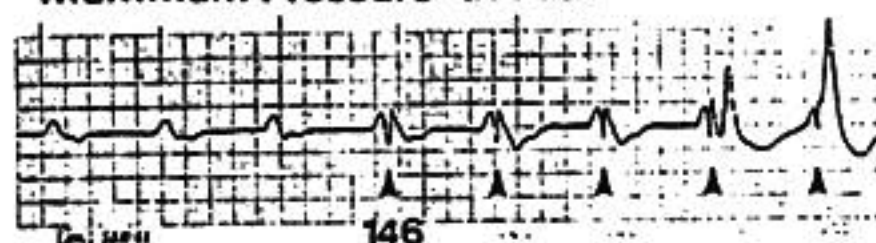
対象Aは24才男1例, 対象Bは年齢30才から75才まで計78例, いずれも非心疾患例である。対象Aには, 運動条件を種々変化させ, 対象Bには一定条件で負荷を実施した。

### II 方 法

#### 1. 血圧測定原理及び方法 (図1)

測定原理は超音波変位計から立証された動脈口径微小変位波形がカフ圧減少に伴って鋭いノッチを発生し, さらに減圧するとノッチが消失するが, このノッチの出現が最大血圧に, ノッチの消失が最小血圧に一致することを実験的に立証, かつ理論的に裏付けた<sup>1)2)</sup>。各ノッチに同調してカフ圧に直結した血圧値が印字され, 値の読み取りを容易にした。又心拍数はノッチ間

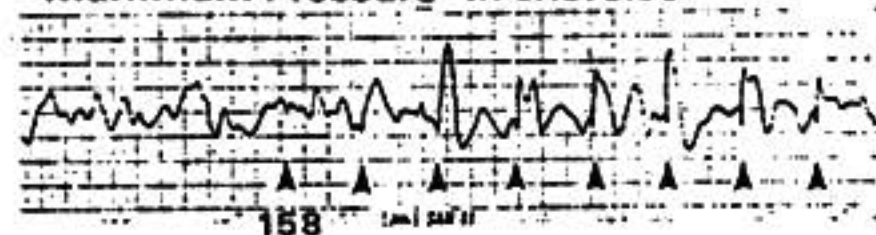
#### Maximum Pressure at rest



#### Minimum Pressure at rest



#### Maximum Pressure in exercise



#### Minimum Pressure in exercise

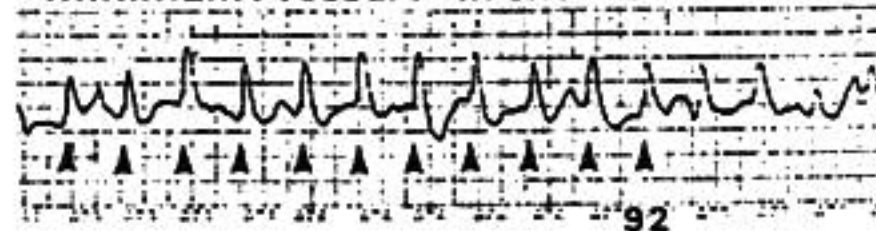


図1 動脈波形による血圧の認識

隔から換算する。

#### 2. 負荷法

運動負荷は upright treadmill exercise 法である。

1) 対象Aに対し勾配10%, 15%, 20%, 25%の4段階条件を各2分毎に順次連続し, 計8分の負荷法を速度 2 km/h, 3 km/h, 4 km/h, 5 km/h, 6 km/h の5種について実施し, それぞれ負荷前, 中, 後常態復帰まで最大血圧, 最小血圧, 心拍数を測定した。

2) 対象Bに対し, 一律勾配14%, 速度 3 km/h, 時間4分の負荷条件を設定し, 対象A同様各因子を測

<sup>\*1</sup> 東邦大学医学部 臨床生理機能学研究室 <sup>\*2</sup> 浦和市立病院 循環器科 <sup>\*3</sup> 社会保険大宮総合病院 内科

<sup>\*4</sup> 慈恵医科大学 第四内科

定した。

### 3. 評価因子

1) 運動負荷開始直前の最大血圧, 心拍数を基準とし, 全区間記録した両値の変化率の相乗値を経過時間に対応して求め, 縦軸を変化率相乗値, 横軸を時間(分)として描かれた領域の面積を cardiac work response (CWR) と規定して名称した。運動負荷中の CWR を in load, 負荷後常態復帰までを after load, その和を total とした。

2) 最小血圧を縦軸に, 時間を横軸に配し, 測定点より描かれた領域の面積量を min blood pressure response (MBPR) とし, 負荷前の値を基準に増加分を正, 減少分を負と評価した。

## Ⅲ 成 績

### 1. 最大血圧の変動推移

図2は勾配の変化により最大血圧が変化する状態を

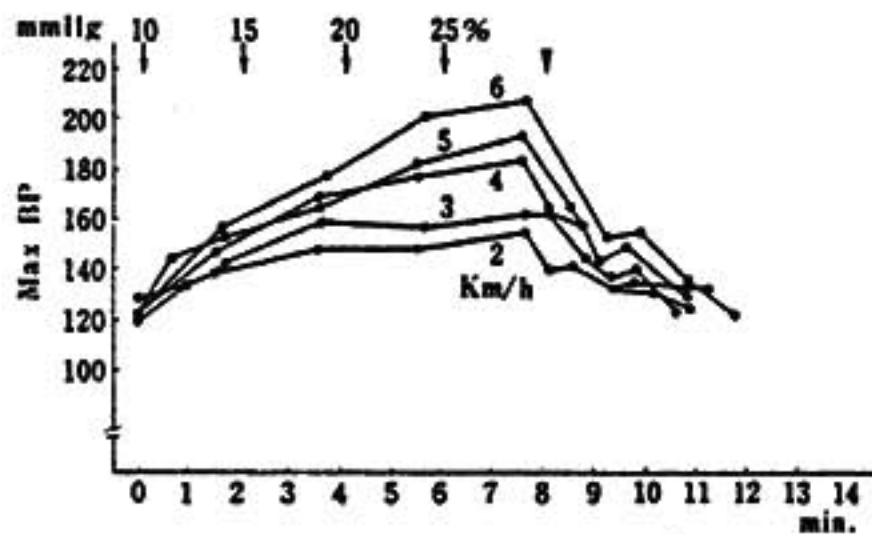


図2 負荷条件による最大血圧の推移

各速度毎に比較したものである。勾配, 速度の増加に対応して最大血圧は増加する。速度 6 km/h の場合勾配が10%から25%まで増加した8分後には最大血圧は 120 mmHg から 220 mmHg に達し, 負荷前に比し 100 mmHg 増となった。又勾配25%の場合, 速度 2 km/h と 6 km/h を比較すると, 最大血圧は 150 mmHg, 220 mmHg であり負荷前に比し 70 mmHg 増となった。速度, 勾配を問わず, 負荷条件の加重, 加算によって評価される運動量に十分対応する最大血圧変化であることが推定される。

### 2. CWR の変動推移

図3は前記1の成績を CWR total に換算しその推移を比較したものである。CWR の内容をさらに分析

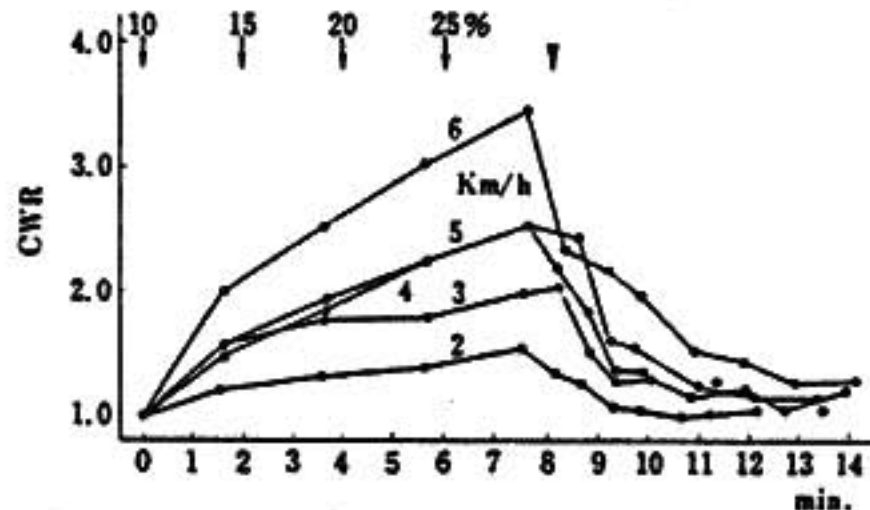


図3 負荷条件による CWR の推移

速度	2	3	4	5	6 km/h
in load	3.7	7.5	10.3	10.5	17.4
after load	0.6	1.7	2.6	3.4	6.0
total	4.3	9.2	12.9	13.9	23.4
after/total	0.14	0.18	0.20	0.24	0.26

してみると, in load, after load, total 共速度増加により増量した。ちなみに CWR 各値を 2 km/h と 6 km/h で比較してみると前記の順に3.7~17.4(4.7倍), 0.6~6.0 (10倍), 4.3~23.4 (5.4倍) である。一方 after/total についてみると, 各条件で一定値を示さず, 速度が 2 km/h から増加するのに対応してそれぞれ0.18, 0.20, 0.24, 0.26と漸増の傾向をみた。これは同一人でも, 運動量が加重され CWR total がそれに伴って増加するものの, 内容的には, after load の占める割合が次第に増加することを示すものである。

### 3. CWR, MBPR の分布

1) 図4 a~d は CWR 各値の年齢分布をみたものである。CWR の4因子共年齢傾向は明らかでなく, 今回対象とした非心疾患群の成績では CWR total 2~7, in load 1~4.5, after load 0.2~4.0, after/total 0.15~0.45 の閾値内分布特性をみとめた。

2) 図5 a~c は CWR 及び min blood pressure response (MBPR) の in load, after load, total をそれぞれ組合せその分布特性をみたものである。a, b, c とも正の相関を示しその係数 r は a = 0.619 (p < 0.001) b = 0.489, (p < 0.001) c = 0.600, (p < 0.001) であった。MBPR を末梢抵抗に関与する因子とみなすと, CWR は external efficiency として MBPR の影響を十分受けることが予想される。

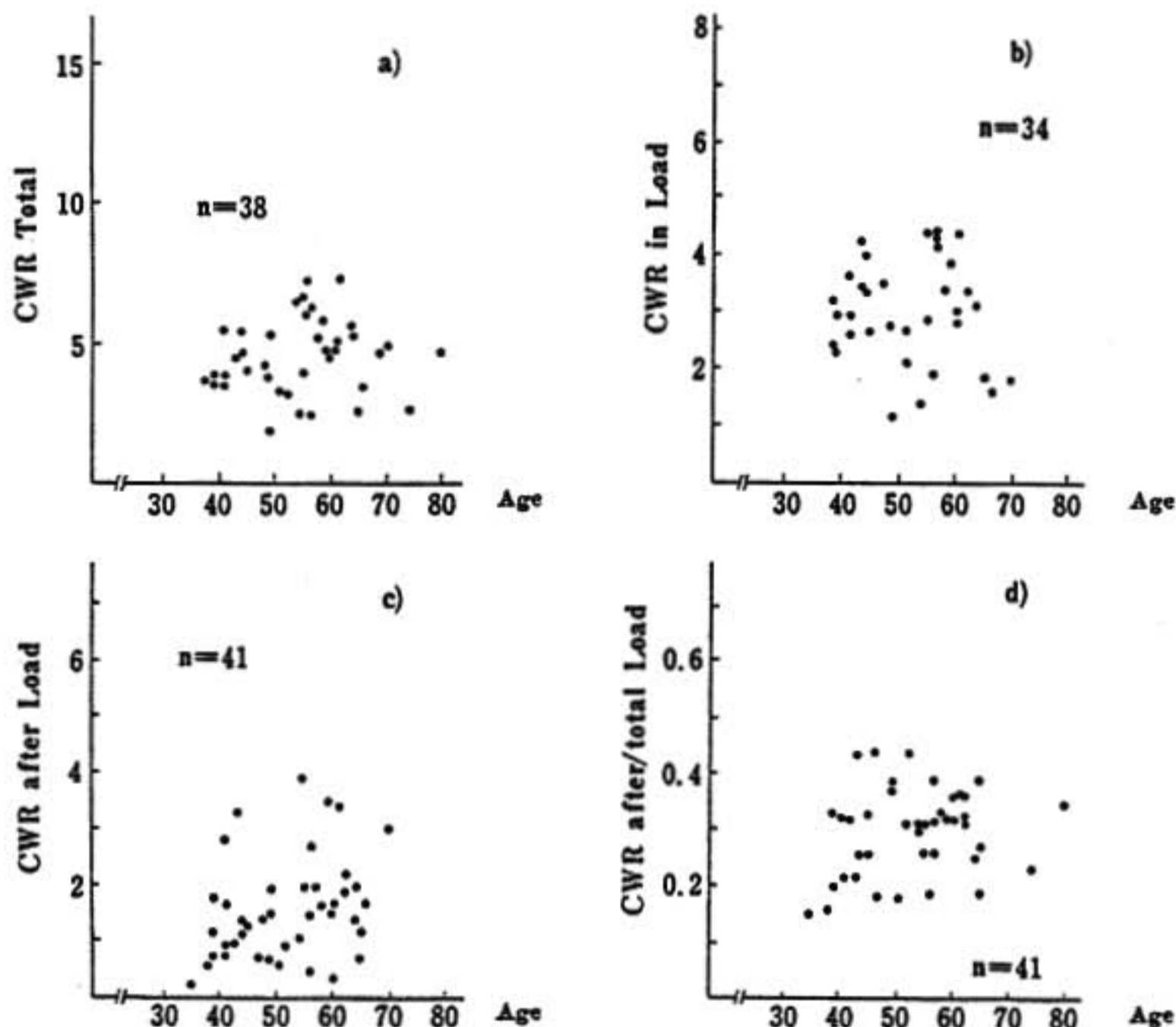


図4 CWR 各値の健常群における閾値

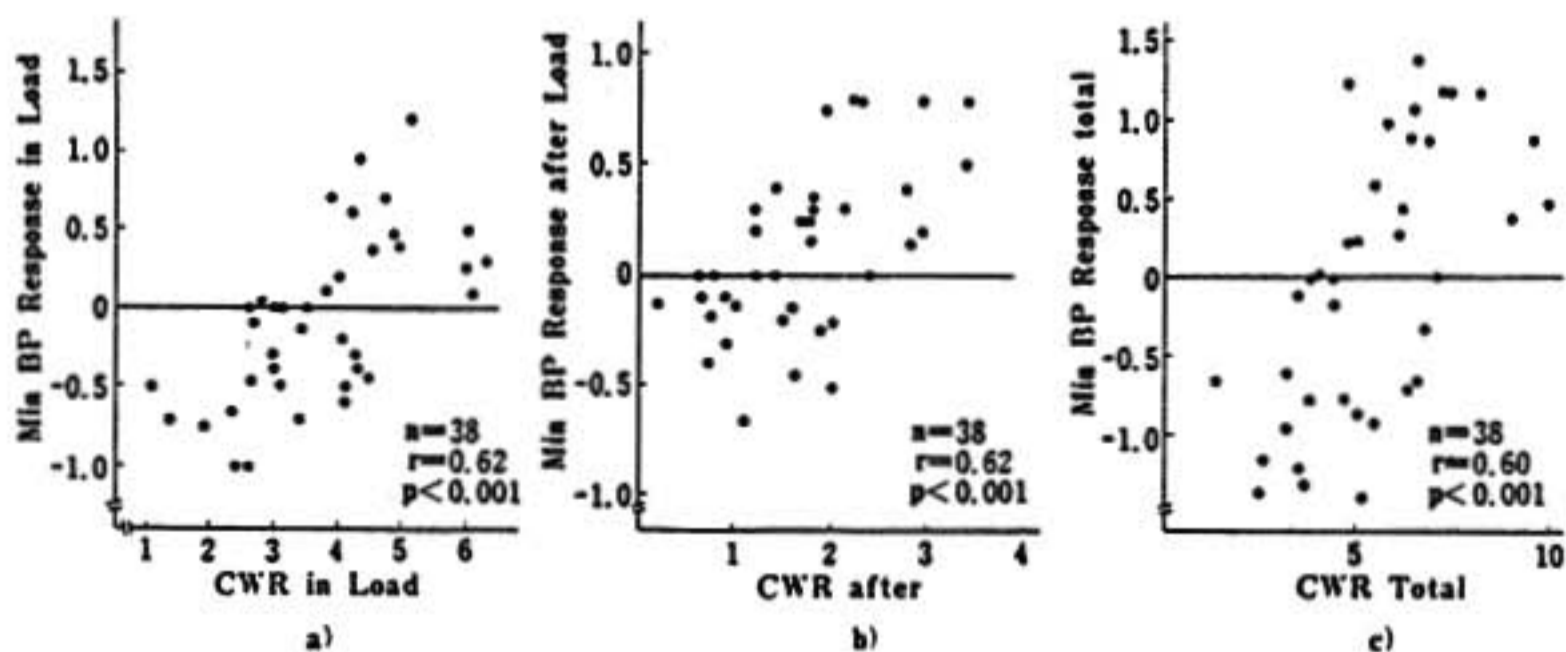


図5 Min. Blood Pressure Response と CWR の関係

#### IV 考 察

Sarnoff<sup>23)</sup>, Monroe<sup>24)</sup> らは基礎実験により最大血圧, 心拍数, ejection time 等の hemodynamic parameter から算出される index は心筋酸素消費量と関係のあることを報告している。今回, 著者らは upright treadmill exercise での血圧測定を可能とし, 従

来の観血的, 実験的研究結果の考察をおこなった。同一個体で運動量の加重, 加算により CWR は十分対応して増加するが, これは心仕事増加の忠実な反映とみるべきであろう。但しこれら hemodynamic parameter は cardiac work の external efficiency とみなすべきで, この点末梢抵抗の因子を解析することは重要である。最小血圧変化量 MBPR はその意味で

末梢抵抗に近い要素を持ち、CWR に十分関与することが考えられる。事実、今回の成績でみられるように MBPR 値の増加により CWR 値も増加しており、両値は密接な関係にあることがわかった。したがって CWR を評価する場合、MBPR 関与度の認識が条件となるわけである。after load の意義については、推測の域を脱しないが、運動負荷後常態復帰まで hemodynamic parameter が辿る軌跡は心及び末梢組織の酸素消費に対する回復の態度と見てよいかも知れない。この場合の CWR も MBPR の関与があることは言うまでもない。

### 文 献

- 1) 中山 淑他：超音波による血管壁変位検出の一方  
法。第10回日本 ME, 1971.
- 2) 八木晋一, 他：超音波変位計による頸動脈弾性特

- 性の測定。第14回日本 ME, 1975.
- 3) Sarnoff, et al. : Hemodynamics Determinations of Coronary Flow : Effect of Changes in Aortic Pressure and Cardiac Output on the Relationship Between Myocardial Oxygen Consumption, Am. J. Physiol. 192 : 157, 1958.
  - 4) Sarnoff, et al. : Hemodynamics Determinants of Oxygen Consumption of the Heart with Special Reference to the Tension-Time Index, Am. J. Physiol. 192 : 148, 1958.
  - 5) Monroe, et al. : Left Ventricular Pressure-Volume Relationship and Myocardial Oxygen Consumption in the Isolated Heart, Circ. Res. 9 : 362, 1961.
  - 6) Monroe, et al. : Myocardial Oxygen Consumption during Ventricular Contraction and Relaxation, Circ. Res. 14 : 294, 1964.

心電図以外の諸指標（血行動態など）の診断的意義およびその測定法

## 運動負荷時の Systolic Time Intervals 及び心エコー図よりみた 左心機能の評価と $\beta$ -blocker の影響

福 田 純\*・針 谷 吉 人\*

多 島 信 彦\*・早 川 弘 一\*・木 村 栄 一\*

### はじめに

運動時の左心機能を調べることは重要であり、これを正確に知るには左心カテーテル法を行うのが妥当とされている。しかし運動をしながら左心カテーテル法を施行することは繁雑である上、被検者に苦痛を与えるため、繰り返し実施することは非常に困難である。

これに対し、心機図、特に頸動脈波曲線をもとに計測される systolic time intervals (以下 STI) や心エコー図法では、非観血的かつ繰り返し検査できるという利点があり、これより得られた値は左心カテーテル法で計測された各パラメータと高い相関を示すこと

が報告されている<sup>1-7)</sup>。今回、我々は運動負荷時の左心機能変化を心機図及び心エコー図法より求め、さらに  $\beta$ -blocker の影響を検討した。

### I 対象及び方法

対象症例は年齢25才から36才の健常男子10例。運動負荷は、齊藤・小川ら<sup>8)</sup>により開発された電気制動式定量負荷型仰臥位用自転車エルゴメータを用いた。負荷量は 1 Watt/kg, ペダル回転数60~80/分、運動負荷時間7分とし、 $\beta$ -blocker 投与前後につきこれをしらべた。 $\beta$ -blocker は penbutolol を 20~40 mg 1回経口投与した。STI の記録は日本光電社製 RM-5 型

を、頸動脈波記録には同社製 TF 111S を用い、100 mm/秒の紙送り速度で行った。心エコー装置は東芝製 SSL 51 U で、直径 10 mm, 2.25 MHz の平板探触子を用い、紙送り速度 50 mm/秒で strip chart recorder を用いて、胸骨左縁第 3～5 肋間から記録した。

計測項目は心拍数、血圧及び double product (心拍数×収縮期血圧) の他、STI として left ventricular ejection time (以下 LVET), pre-ejection period (以下 PEP), PEP/LVET を計測、算出した。STI のうち LVET は心拍数の影響を強く受けるので、本研究では、 $LVETc = LVET / \sqrt{R \cdot R}$  の補正式<sup>10)</sup>を採用した。さらに心エコー図より算出したパラメータは left ventricular end diastolic volume (以下 LVEDV), left ventricular end systolic volume (以下 LVESV), stroke volume (以下 SV) である。これらの算出は Teichholz の式<sup>10)</sup>にしたがった。なお測定値は連続する 5 心拍の平均値とした。

各パラメータは、まず penbutolol 服薬前に運動前、運動終了直後、運動終了後 3 分の値を計測し、後日 penbutol 服薬の 2 時間後より、服薬前と同様の運動負荷にて同様の計測を行った。

## II 結 果

### (1) 運動による心拍数、血圧および double product の変化に対する penbutolol の影響 (図 1)

運動前の心拍数は服薬前  $69.7 \pm 12$ /分であったが服薬後  $57.2 \pm 5.6$ /分と有意に減少し、運動終了直後、3 分後も服薬後では服薬前にくらべ心拍数の有意なる減少がみられた (直後  $98.1 \pm 18.5$ /分  $\rightarrow$   $82.2 \pm 11.8$ /分, 3 分後  $84.8 \pm 16.5$ /分  $\rightarrow$   $69.9 \pm 8.7$ /分)。これに対し血圧は服薬前後の運動前および運動後の値に有意差はみられなかった。double product はほぼ心拍数の変化と同様の傾向を示し、服薬後では有意な減少がみられた。

### (2) 運動負荷による STI の変化に対する penbutolol の影響 (図 2)

運動前および運動 3 分後の LVETc は服薬前後で有意差を認めなかったが、運動終了直後では服薬後に有意の延長がみられた ( $312 \pm 17$  msec  $\rightarrow$   $331 \pm 13$  msec)。PEP は運動前、運動終了直後、運動後 3 分のいずれにおいても、服薬前  $92.3 \pm 10.2$  msec,  $69.4 \pm 12.1$  msec,  $79.2 \pm 13.8$  msec であったのに対し、服薬後ではそれぞれ  $108.3 \pm 12.6$  msec,  $81.6 \pm 10.0$  msec,  $91.0 \pm 13.9$  msec と、いずれも有意の延長がみられた。PEP/LVET は運動前の値が服薬前  $0.318 \pm 0.031$  か

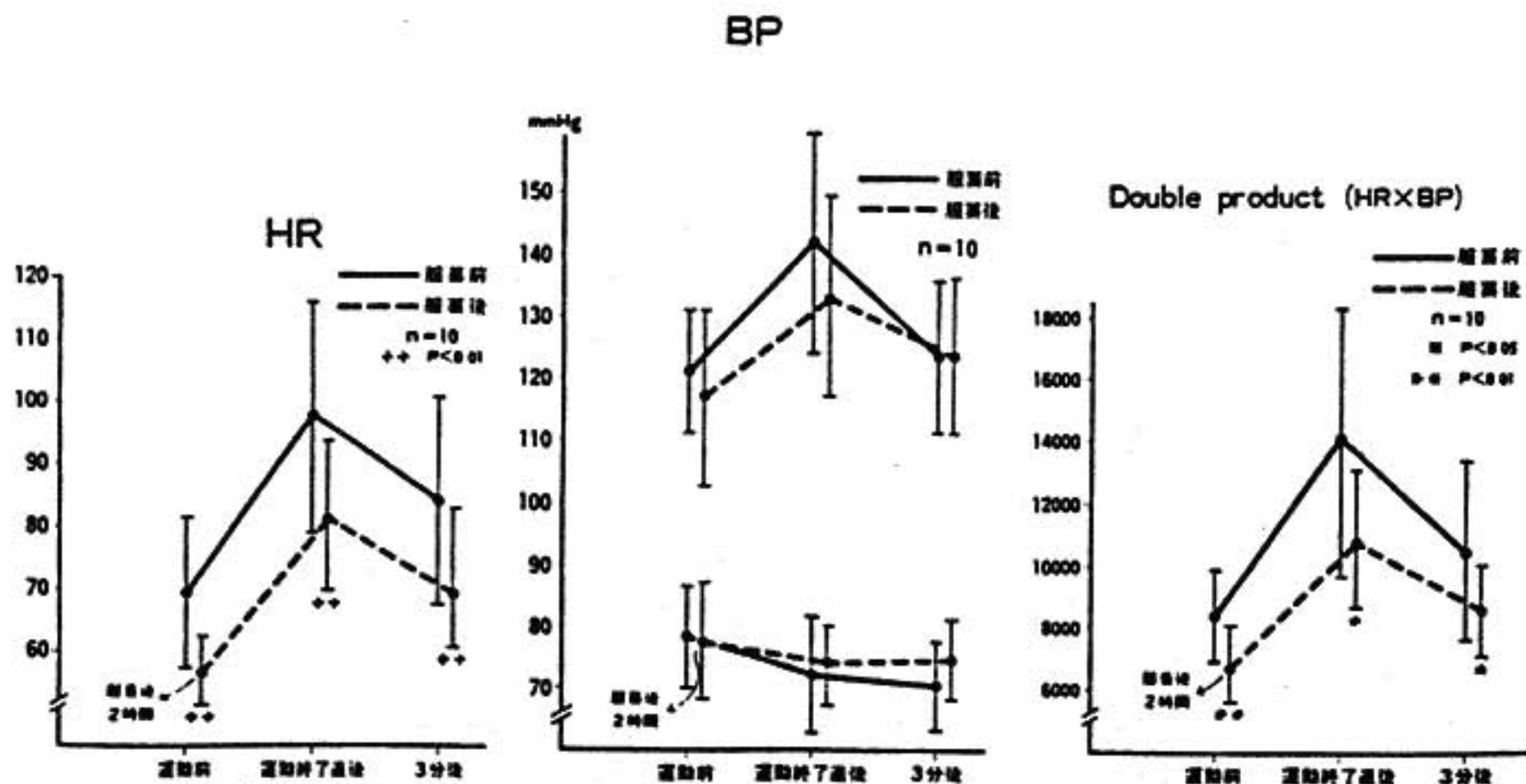


図 1 運動による心拍数、血圧および double product の変化に対する penbutolol の影響

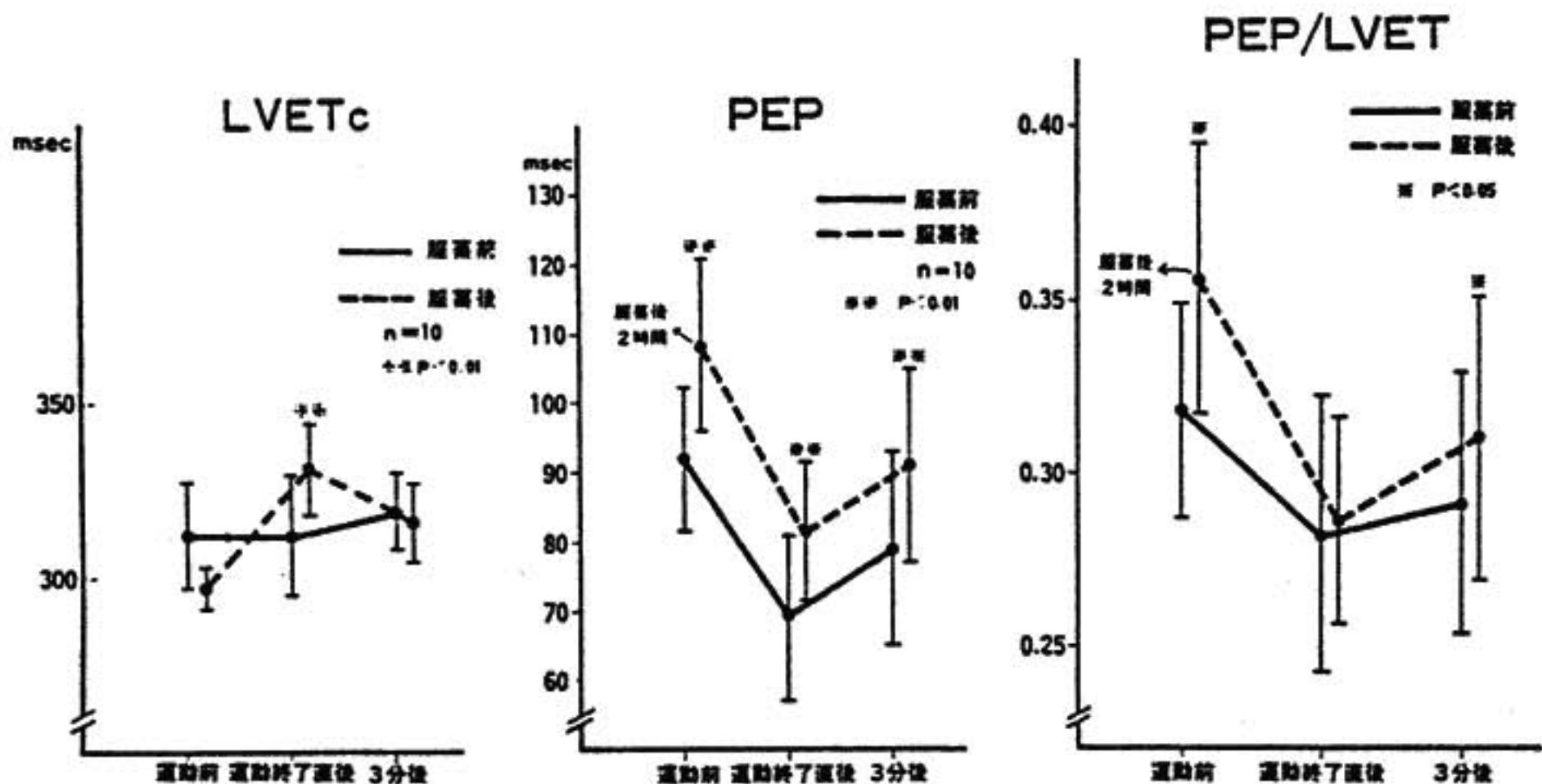


図2 運動負荷による STI の変化に対する Penbutolol の影響

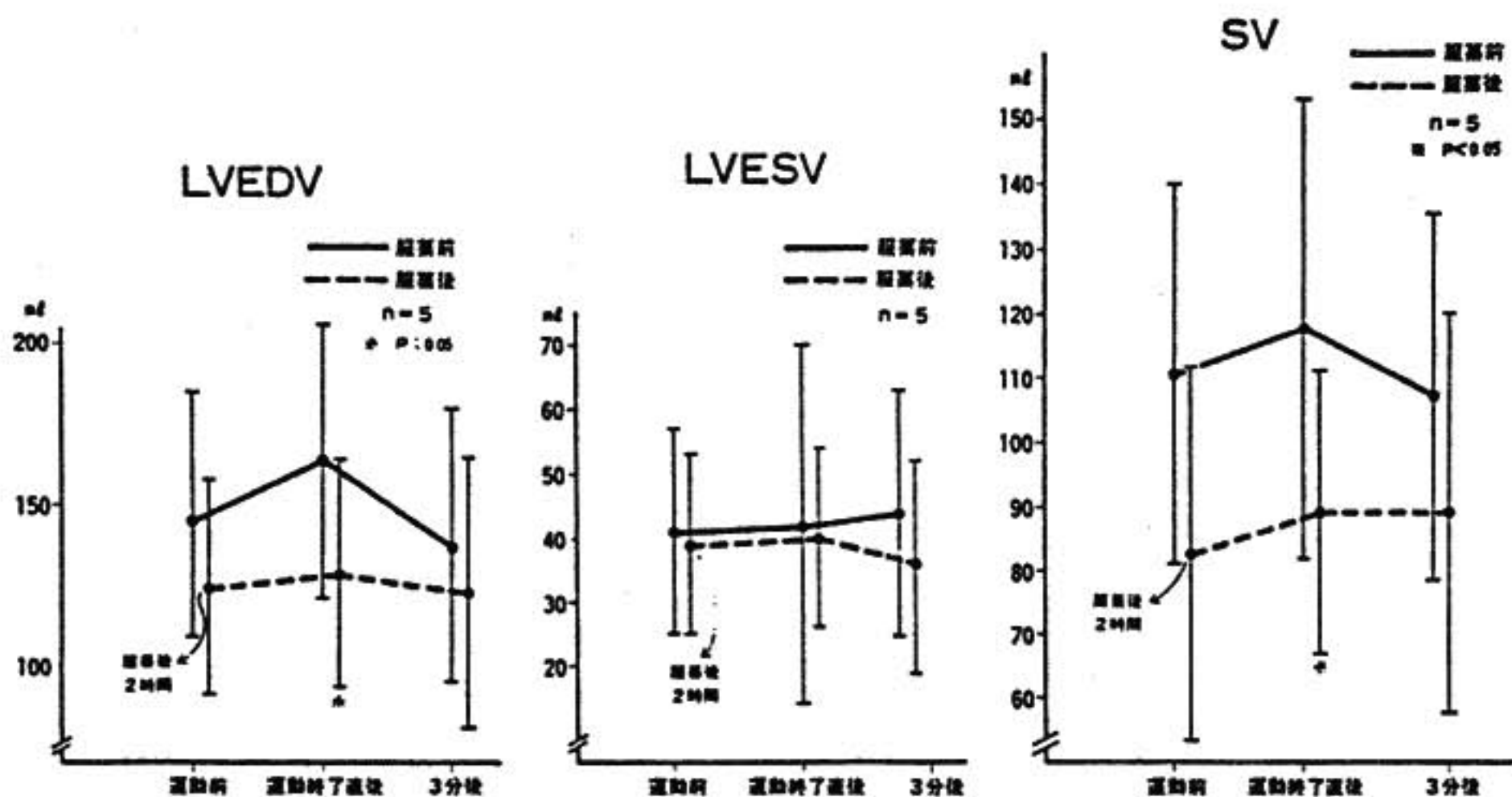


図3 運動負荷による心エコー図計測値の変化に対する Penbutolol の影響

ら服薬後 $0.356 \pm 0.039$ と有意に増大したが、運動終了直後には差がなくなり運動終了3分後に再び運動前と同様有意差がみられた。

(3) 運動負荷による心エコー図計測値変化に対する penbutolol の影響 (図3)

心エコー図を記録した5例につき検討した。服薬後 LVEDV と SV は、服薬前に比し、運動直後のみ有意な減少がみられた。LVESV は服薬前後に有意差

をみとめなかった。SV は本剤服薬後の値は服薬前より小さかった。

(4) 運動負荷による STI と LVEDV の関係に対する penbutolol の影響 (図4)

STI と LVEDV の関係につき検討した。図左は PEP と LVEDV の関係を penbutolol 服薬前後でみたもので、運動前、直後ともに1例を除き服薬後の LVEDV は減少し、PEP が延長するため、値は左



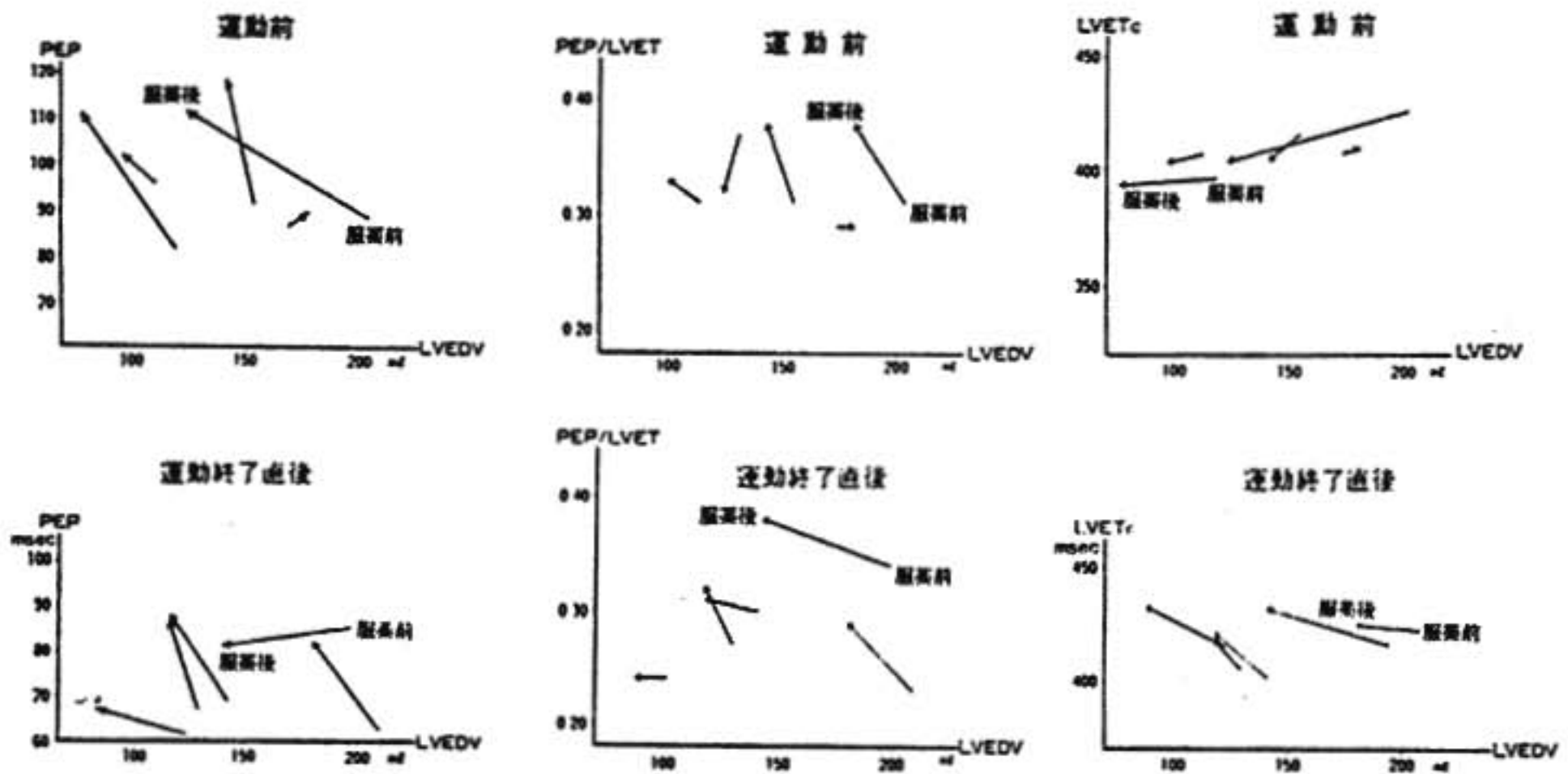


図4 運動負荷による STI と LVEDV の関係に対する Penbutolol の影響

上方へ推移した。PEP/LVET と LVEDV の関係は図中のごとく、運動前には服薬前後で一定の傾向はみられなかったが、運動終了直後では服薬後に LVEDV の減少とともに PEP/LVET が増大した。LVETc と LVEDV の関係は図右のごとくで、LVEDV は運動前では服薬後には減少するとともに LVETc が短縮する傾向をみたが、運動直後には LVETc はかえって延長するのがみられた。

### III 考 案

以上のごとく PEP および PEP/LVET は運動負荷前・後ともに服薬前に比べ、服薬後には有意に延長する傾向がみられた。従来報告では、PEP および PEP/LVET は心収縮性と逆相関するとされることから考えると、以上の成績は penbutolol による心収縮抑制作用によるものとみなされる。一方、LVETc は penbutolol 服薬前では運動負荷前と後では変化がみられなかったが、服薬後には、運動直後に延長することがみとめられた。LVETc は SV と正相関するといわれる<sup>10)</sup>。しかし、我々の心エコー図からの成績では、SV は服薬後に減少し従来の成績と異なった。一方、LVETc は心筋抑制作用も反映するといわれる。以上の点から考えると LVETc が延長し SV が減少したのは penbutolol が心拍出量増加作用よりも心筋抑制作用を強く持つ  $\beta$ -blocker であるとも考えられ

るし、もしくは本剤が静脈還流量の減少をもたらした結果 SV を減少させた結果とも推察される。さらに STI 各パラメータと LVEDV の関係から、服薬前後ともに運動直後の PEP や PEP/LVET は LVEDV が減少するとともに延長したのも、本剤により心筋収縮性が低下したり、静脈還流量が減少したためかもしれない。

今回の研究の対象となったのは健常者であり、この  $\beta$ -blocker が抗狭心症薬として、狭心症例にどのように作用するかは不明であり、またこの結果が  $\beta$ -blocker 全般に適応されるとは限らない。いずれにしても、運動時の循環動態をこのように非観血的に調べることは狭心症の発生機序や心不全の耐運動能を知る上に役立つばかりでなく、 $\beta$ -blocker をはじめとする各種心疾患治療薬の奏効機序を解明するのに有用と考えられる。

### 文 献

- 1) Feigenbaum, H., Zaky, A. and Nasser, W. K. : Use of ultrasound to measure left ventricular stroke volume. *Circulation* 35 : 1092, 1967.
- 2) Pombo, J. F., Troy, B. L. and Russell, R. O. : Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 43 : 480, 1971.

- 3) Fortuin, N. J., Hood, W. P. Jr., Sherman, M. E. and Craige, E. : Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* 44 : 575, 1971.
- 4) Troy, B. L., Pombo, J. F. and Rackley, C. E. : Measurement of left ventricular wall thickness and mass by echocardiography. *Circulation* 45 : 602, 1972.
- 5) Murray, J. A., Johnston, W. and Reid, J. M. : Echocardiographic determination of left ventricular dimensions, volumes and performance. *Am. J. Cardiol.* 30 : 252, 1972.
- 6) Belenkie, I., Nutter, D. O., Clark, D. W., McCraw, D. B. and Raizner, A. E. : Assessment of left ventricular dimensions and function by echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 31 : 755, 1973.
- 7) Gibson, D. G. : Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Br. Heart J.* 33 : 128, 1973.
- 8) 齊藤十六, 稲垣義明, 小川潔以知 : 定量運動負荷型エルゴメーターの試作と応用. *医用電子と生体工学* 4 : 345, 1966.
- 9) Spodick, D. H. and Quorrey-Pigott, V. M. : Effects of posture on exercise performance. Measurement by systolic time intervals. *Circulation* 48 : 74, 1973.
- 10) Teichholz, L. E., Kreulen, T., Herman, M. V. and Gorlin, R. : Problems in echocardiographic volume determinations ; Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am. J. Cardiol.* 37 : 7, 1976.
- 11) Weissler, A. M. : "Noninvasive cardiology Grune & Stratton, New York & London, 1974.
- 12) Weissler, A. M., Harris, W. S. and Schoenfeld, C. D. : Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 37 : 149, 1968.
- 13) Lewis, R. P., Rittgers, S. E., Forester, W. F. and Boudoulas, H. : A critical review of the systolic time intervals. *Circulation* 56 : 146, 1977.
- 14) Ferro, G., Chiariello, M., Trimarco, B., Perticone, F., Laccarino, V., Ricciardelli, B. and Rengo, F. : Correlation between systolic time intervals and roentgen findings in normal subjects and cardiopathic patients. *Jpn. Heart J.* 19 : 732, 1978.
- 15) Weissler, A. M., Peeler, R. G. and Roehll, W. H. : Relationship between left ventricular ejection time, stroke volume and heart rate in normal individuals and patients with cardiovascular disease. *Am. Heart J.* 62 : 367, 1961.

心電図以外の諸指標（血行動態など）の診断的意義およびその測定法

## 運動負荷試験における左心カテテル所見および

### 冠血流量の変化とその意義

五十嶋 一成\*・遠藤 孝雄\*

清野 精彦\*・高山 守正\*

畑 典武\*・金澤 正邦\*・宗像 純司\*\*

#### はじめに

狭心症発作中の左心機能と冠血流量の変化、およびこれらの関係についての臨床的研究はいまだ少なく、その成績の評価も一定しているわけではない。そこで狭心症を誘発した際の左心機能と冠血流量を心カテテル法により検討した。

#### I 対象および方法

典型的な労作時狭心症を有する36例を対象とした。(年齢37才~69才, 男30例, 女6例), いずれも安静時の心電図に異常なく, マスターの二階段試験(double)あるいはトレッドミル試験にて胸痛とともに虚血性 ST 降下を示した例である。虚血性 ST 降下の判定はマスターの基準<sup>1)</sup>にしたがった。トレッドミル法は Ellestad の変法<sup>2)</sup>を用い, 速度および傾斜角度を1分30秒ごとに段階的に増加させた。

##### a) 狭心症誘発法

##### i) 運動負荷法

心カテテルを挿入したまま運動誘発発作中の左心機能を調べるために, 斎藤・小川ら<sup>3)</sup>によって開発された電気制動式の定量負荷型仰臥用自転車エルゴメータを用いた。

負荷量は斎藤らにしたがひ, 50 watt もしくは 1 watt/kg にセットし, 虚血性 ST 降下あるいは胸痛が誘発されるまで運動を行なわせた。

##### ii) 右房ペースング法

7F の NIH ペースング用カテテルを右房高位に挿入し, 安静時の心拍数より20回/分早い頻度で右房ペースングを始め, 胸痛あるいは虚血性 ST 降下をき

たすまで, 7分ごとに20回/分ずつペースングレートを早めるという方法を用いた。

##### b) 心臓カテテル法

右上腕動脈を切開して 7F または 8F Lehman カテテルをレントゲン透視下に左室まで挿入し, 左室内圧, 左室 max dp/dt, 心拍出量(CO), 平均動脈圧(BP<sub>m</sub>)を測定, V<sub>max</sub>, 心係数(CI), 1回拍出量(SV), 1回拍出量係数(SVI), 左室仕事量(LVW), 左室1回仕事係数(LVSWI), tension time index (TTI), double product を算出した。

##### c) 冠血流量 CSBF の測定法

Ganz-Webster の CS サーモダイリュージョンカテテルを用い, Harvard ポンプにより20℃の生理食塩水を1分間 30 ml の速度で注入し, Ganz らの方法にしたがって冠静脈流出量を算出した。

#### II 成績

##### a) 運動誘発冠不全における左心機能の変化

表1は上記運動負荷により, ST 降下もしくは狭心痛が誘発された11例の負荷前後の左心機能の変化である。なお, 全例典型的な狭心症を誘発したわけではないので, 冠不全誘発時と表現した。

運動により冠不全が誘発された時には負荷前に比し, LVSWI を除いたパラメータすべてが有意の増加ないし上昇を示した。

##### b) 心房ペースング誘発冠不全における左心機能の変化

表2は右房ペースング法により冠不全を誘発した8例における左心機能の変化で, TTI, LV<sub>max</sub> dp/dt, V<sub>max</sub> の有意の増加がみられたが, LVSP には差が

表1 運動による冠不全誘発時の左心機能

	例数	運動負荷前	冠不全誘発時	変化率(%)	P 値
心拍数 (HR, /min)	11	78±13	118±13	+47.6	<0.001
平均動脈圧 (BPm, mmHg)	11	104±10	119±12	+15.0	<0.001
左室収縮期圧 (LVSP, mmHg)	11	149±22	176±29	+18.3	<0.001
左室拡張末期圧 (LVEDP, mmHg)	11	10±14	21±8	+126.7	<0.001
心係数 (CI, L/min/m <sup>2</sup> )	9	2.89±1.45	4.28±2.26	+47.1	<0.01
左室仕事量 (LVW, kg·m/min/m <sup>2</sup> )	9	5.43±2.45	8.70±4.18	+59.1	<0.001
左室1回仕事係数 (LVSWI, g·m/m <sup>2</sup> )	9	67.8±18.9	73.6±29.6	+5.5	n.s.
Tension Time Index (TTI, mmHg/min)	11	1540±496	2524±694	+70.0	<0.001
L Vmaxdp/dt (mmHg/sec)	11	1903±607	2854±1040	+52.5	<0.001
Vmax (muscle length/sec)	9	2.17±0.89	3.04±1.57	+41.7	<0.01

表2 ペーシング法による冠不全誘発時の左心機能

	例数	ペーシング前	冠不全誘発時	変化率(%)	P 値
HR	8	75±17	125±15**	+72.2	<0.001
LVSP	8	136±22	145±15	+7.8	n.s.
LVEDP	8	7±4	8±7 (14±8)***	+8.5(+101.1)	n.s. (0.05)
TTI	8	1129±292	1630±356	+47.0	<0.001
L Vmaxdp/dt	8	2094±1203	2729±1050	+42.7	<0.05
Vmax	8	1.99±0.67	2.85±0.84	+49.1	<0.001
BPm*	5	98	101	+3.4	
CI*	5	3.4	3.0	-4.9	
LVW*	5	5.82	5.59	-2.1	
LVSWI*	5	83.3	41.0	-45.0	

\* 5例のみの検索なので有意差検定せず。

\*\* 刺激頻度を示す。

\*\*\* ペーシング中止直後。

表3 運動誘発冠不全とペーシング誘発冠不全における誘発時の左心機能の変化率(%)の比率

	運動誘発冠不全	例数	ペーシング誘発冠不全	例数	P 値
HR	+47.6±17.7	11	+72.2±25.2	8	<0.01
BPm	+15.0±5.5	11	+3.4±6.3	5	<0.01
LVSP	+18.3±9.9	11	+7.8±10.1	8	n.s.
LVEDP	+126.7±72.1	11	+8.5±61.3(+101.1±111.2)*	8	<0.01 (n.s.)
CI	+47.1±37.6	9	-4.9±34.4	5	<0.05
LVW	+59.1±35.1	9	-2.1±24.4	5	<0.01
LVSWI	+5.5±21.9	9	-45.0±20.9	5	<0.01
TTI	+70.0±35.1	11	+47.0±24.66	8	n.s.
L Vmaxdp/dt	+52.5±38.6	11	+42.7±41.8	8	n.s.
Vmax	+41.7±30.0	11	+49.1±43.0	8	n.s.

\* ペーシング中止直後の変化率

みられなかった。LVEDP の冠不全誘発時の値は、誘発前と有意差がなかったが、ペーシング中止直後の値とくらべて有意の上昇を示すのがみられた。

c) 運動誘発冠不全と心房ペーシング誘発冠不全の比較(表3)

負荷前後の各パラメータの変化率を運動負荷法とペーシング法で比較した。

まず冠不全が誘発されたときの心拍数は、運動負荷

の+47.6%にくらべ、ペースング法では+72.2%であり有意に高かった。これに反し、平均血圧は運動負荷の方が+15%とペースング法+3.4%より有意に高いのがみられた。LVEDPで、運動負荷法では+126.7%と著明な上昇を示したのに対し、ペースング法では冠不全誘発時には上昇を示さず、したがって他のパラメータとくらべ両方法間で最も大きな差がみられた。なおペースング法ではLVEDPは中止直後になって、ペースング前にくらべ有意の上昇を示した。この値は運動負荷法のそれとくらべると、差がないという結果がえられた。

またCIについても運動負荷法では+47.1%と増加がみられたのに対し、ペースング法では-4.9%とほとんど不変であり、両者の間に有意の差がみられた。LVW, LVSWIについても同様な傾向がみられた。一方、TTI,  $LV_{max} dp/dt$ ,  $V_{max}$ では両群とも有意の増大を示し、運動誘発とペースング誘発の間に差がなかった。

#### d) ST降下の有無と冠血流量

図1はペースングにより冠不全の誘発を試みた24例を誘発時STが低下した群(図左13例)と、低下しなかった群(図右11例)に分けた際の冠血流量の変化を示したものである。Bはペースング前、P<sub>1</sub>はペー

シングの中間段階で、90~110のレートの時期の値、P<sub>2</sub>は冠不全誘発時、あるいはペースング中止直前の値、offは中止5分後の値を示す。

ST降下群ではCSBFはP<sub>1</sub>で増大したのち、P<sub>2</sub>ではかえって減少するのがみられた。これに対し、ST非降下群では、P<sub>1</sub>後もひきつづき増大を示す傾向にあり、P<sub>2</sub>で最大に達する例が多くみられた。ST降下群と非降下群の間にはP<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>の間の変化率に関し、推計学的に有意の差がみられた。

### III 考 察

#### (1) 冠不全誘発時の左心機能

冠不全時の心機能は、運動により誘発された場合でも、ペースングにより誘発された場合にでもほとんど同様な変化を示すのではないかと期待されたが、以上の検討により必ずしもそうでないという成績がえられた。これは運動負荷時には交感神経系の著明な亢進があるのに、ペースング法ではそれほどではないという差が関係しているのかも知れない<sup>5)</sup>。

#### (2) ST降下の有無と冠血流量の変化の意義

図1左の群でみられる冠静脈流出量の減少傾向から、これがST降下の出現を助長していると想像される。しかし、動物実験では冠血流量が約1/3に減少しなけれ

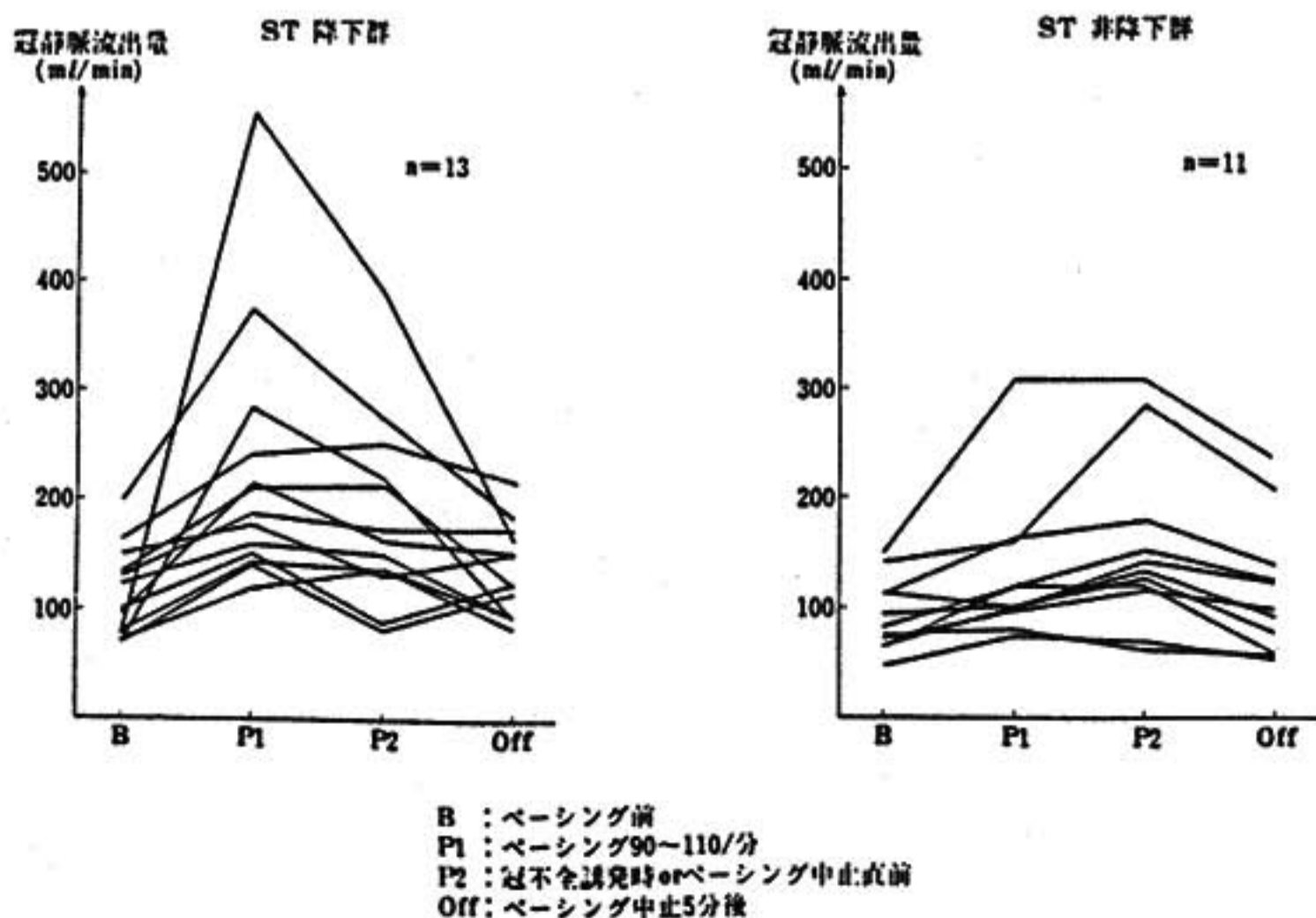


図1 ST降下群と非降下群における冠静脈流出量の変化

ば、ST 降下をきたさないといわれる<sup>4)</sup>。そうすると、以上の成績で示された程度の冠静脈流出量の減少では ST は降下しないと考えられ、その原因は他の何らかの factor に求めなければならない。この問題に関しては将来冠静脈流出量の測定とともに LVSP, LVEDP,  $dp/dt$ , TTI, 乳酸摂取率などの変動をくわしく分析し、これと関連づけて考察を行う必要がある。

## 文 献

1) Master, A. M. and Rosenfeld, I. : JAMA 178 :

283~289, 1961.

2) Ellestad, M. H., et al. : Circulation 39 : 517~522, 1969.

3) 齊藤十六, 稲垣義明, 小川潔以知 : 日本臨床 28 : 115~125, 1966.

4) Ganz, W., et al. : Circulation 44 : 181~195, 1971.

5) Linhart, J. W. : Circulation 44 : 203~212, 1971.

6) 木村栄一, 他 : 内科 1 : 45~55, 1958.

心電図以外の諸指標 (血行動態など) の診断的意義およびその測定法

## 左心機能 (局所および全体) の運動反応性の診断的意義

杉 下 靖 郎\* . 小 関 迪\*

松 田 光 生\* . 伊 藤 巖\* . 大 島 統 男\*\*

### はじめに

本研究の目的は次の2点である。

1) 従来、左心機能について数多くの細かな指標が出されている。そのことは、一面では左心機能の概念そのものが理論的にも未だ十分確立されたものがなくて、基礎的研究の重要性を表わしているのであろう。一方、そのような指標が日常の患者の診療に直結していない場合が多く、例えばそのように数多くの指標を算出する一方で、個々の患者については、自覚症状を基盤とする New York Heart Association 機能分類が広く用いられている。今回は、いわゆる左心機能の指標は個々の患者に feed back させ得る情報となり得るか否か、とくに運動負荷による心機能予備力の検索が個々の患者に役立つか、を検討する。

2) 左室機能を局所機能と全体機能に分けて考える。虚血性心疾患は局所的な冠状循環異常の疾患と考える。局所機能の予備力により「冠不全の予知」を行い、左室全体機能の予備力により「心不全の予知」を行う。

### I 対象および方法

#### (A) 局所心筋機能

労作性狭心症26例を対象とした。

i) 動的運動負荷心エコー図法 : 1976年われわれが発表した方法であり、詳細は既報のため<sup>1)2)</sup>、省略する。局所機能は、左室後壁および心室中隔の壁の動きより見、左室全体機能は、左室拡張終期内径 (Dd) を参考にした。運動負荷は仰臥位エルゴメーターにより行い、運動中止点は狭心痛発現時とした。

ii) 運動負荷 RI アンギオグラフィ : Baird Atomic 社製 Autofluoroscope 77により、<sup>99m</sup>Tc-pertechnetate を用いて、運動前後の左室像を得た。運動負荷は i) と同じである。

iii) 運動負荷心筋スキャン : Searl 社製 scintillation camera にて、上述と同じ負荷の像を得た。

#### (B) 左室全体機能

対象は、弁膜症、高血圧、心筋症などの左心疾患例105例を用いた。

安静時に心エコー図を撮影した。その後、上述の

「動的運動負荷心エコー図法」を行ったが、このときの運動中止点は、心拍数 100/分とした。Dd, 平均心筋短縮速度 ( $mV_{cr}$ ), 左室応力 ( $\sigma$ ) を求めた。本検査施行後、1年半以上 (平均2年半) 内科的に経過観察した時点で、心不全の治療としてジギタリスおよび利尿薬がともに不要な例 (I群), それが必要な例又は死亡例 (II群) に分けた。

## II 結 果

### (A) 局所心機能一冠不全の予知

図1に、RI アンギオによる運動時の変化の実例を

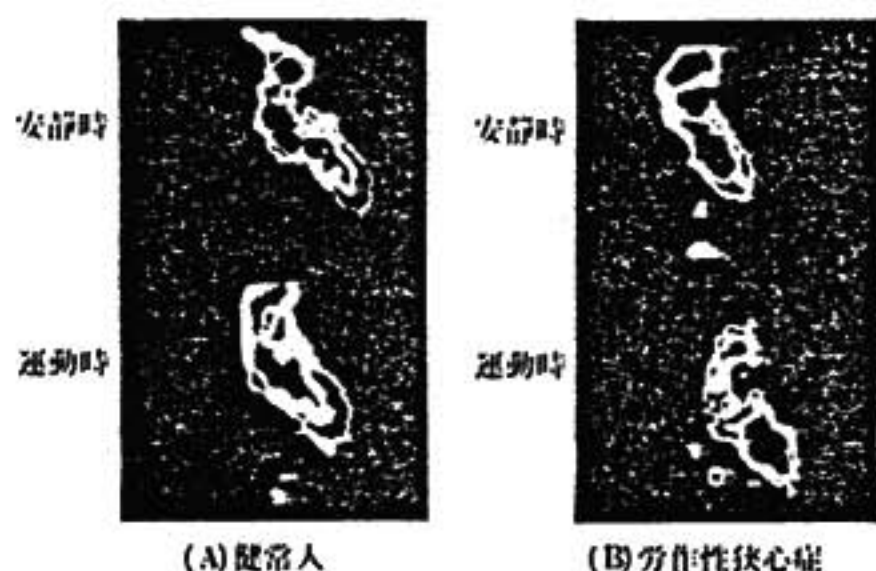


図1 RI アンギオグラフィーにより見た安静時および運動時の左室輪郭

A) 健康人 B) 労作性狭心症  
各々上段: 安静時, 下段: 運動時

示す。図1Aは健康人であって、安静時、運動時ともに左室は均等に収縮している。

図1Bは、労作性狭心症、43才、男 (#32031) である。3年前、朝、重い荷物を運んだとき胸部絞扼感あり、最近、回数増加、走るとき胸痛あり、血圧 122/80 mmHg. 心電図は、安静時正常、負荷時に狭心発作とともに  $ST_{V_{5,6}}$  下降。心筋スキャンは、安静時正常、運動負荷時、心尖部、中隔部、後壁部に灌流低下出現。RI アンギオは、同様に、運動時に心尖部、中隔部、後壁部に壁運動異常を示し、運動時の心筋虚血出現を示唆する。

図2は、「動的運動負荷心エコー図」の運動中経過の代表例2例を示す。

左: 36才、男 (#32345)

1年前より、重い物を持ち上げるとき、急いで歩くと狭心発作あり。心電図は、安静時  $ST_{V_{5,6}}$  軽度下降、負荷時増強。負荷心エコー図では、運動早期より心室中隔 (IVS) の動きが低下し始め、後壁 (PW) では動きの亢進が見られ、駆出分画 (EF) は一定値を保ち、血圧 (BP) は上昇した。すなわち、本例では運動により一部に虚血が生じたが、他が代償した例である。

右: 68才、女 (#16359)

6年前、農作業中に胸部絞扼感あり、その後増強。

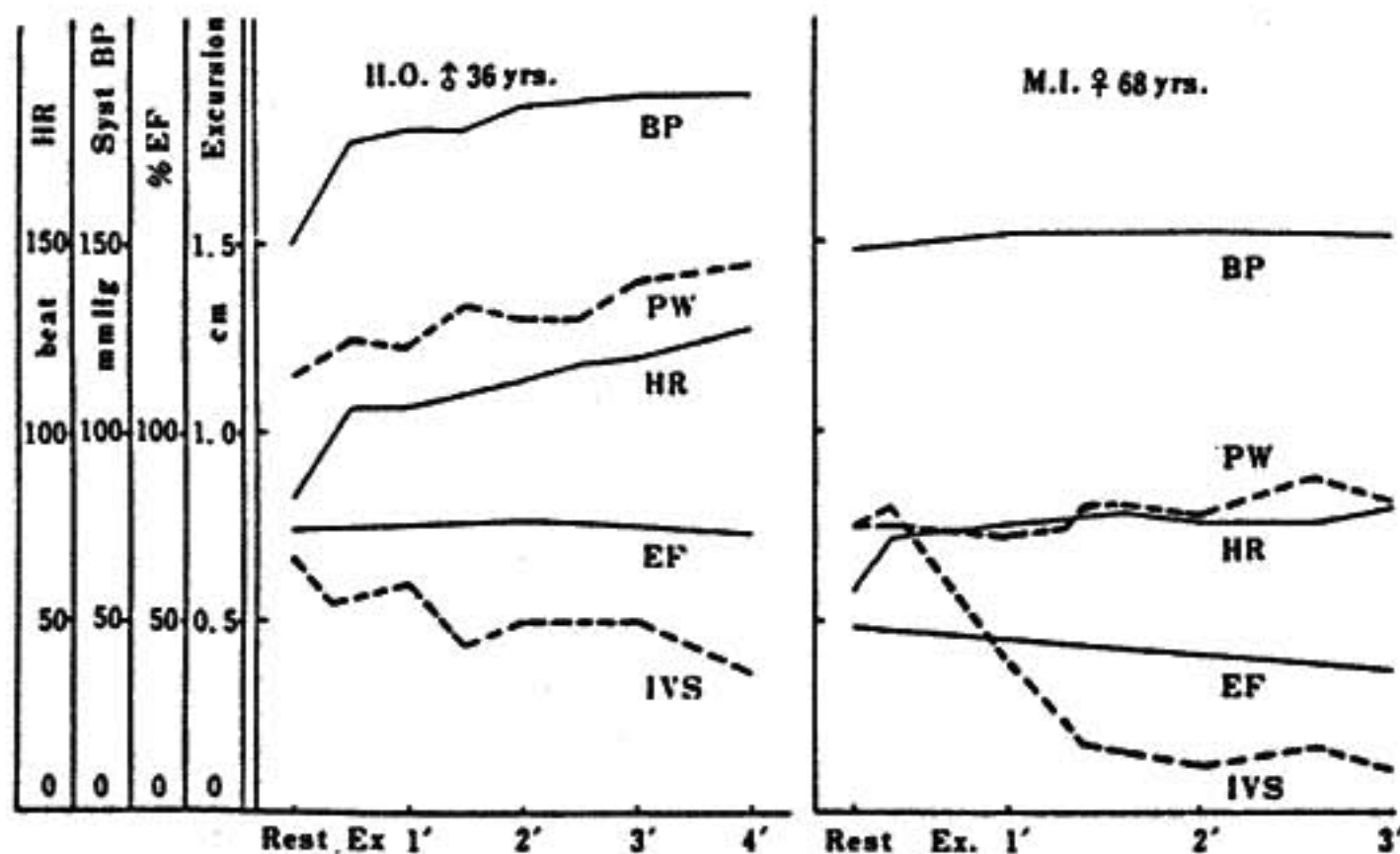


図2 動的運動負荷心エコー図により見た労作性狭心症2例の左心機能諸指標の運動中の変動

BP: 血圧, PW: 左室後壁の動き, IVS: 心室中隔の動き, HR: 心拍数,  
EF: 左室駆出分画

最近歩行時に胸痛、動悸、息切れあり、亜硝酸薬有効。血圧 110/50 mmHg。心電図は、安静時 II, III aV<sub>r</sub> に異常Q, ST<sub>v4-6</sub> 下降。負荷時 ST 下降はむしろ軽減。心筋スキヤンでは安静時に欠損あり、運動時拡大。負荷心エコー図では、IVS が早期より著明に低下、PW の動きの亢進はごくわずかであり、EF 低下、血圧上昇せず。本例は、全体の影響が強く現われた例である。

他の例でも、運動中の局所壁運動に差が見られた。

運動負荷 RI アングロと運動負荷心エコー図の局所壁運動異常部位はよく一致し、両方法の妥当性が示唆された。壁運動異常部位と、負荷心筋スキヤンの灌流異常部位に概して一致したが、前者の方が広いものがあった。

狭心発作時 Dd は概して大きくなった。

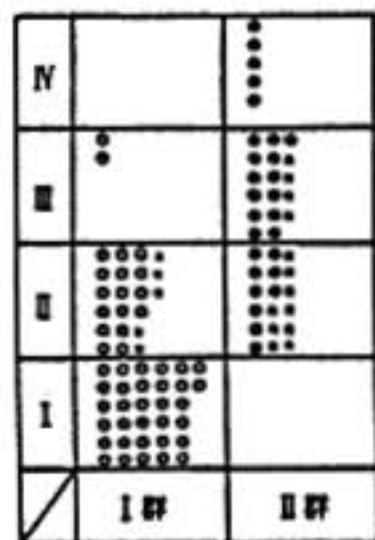
負荷心電図陽性で、冠状動脈造影上異常のない例では、運動負荷時壁運動異常は概して見られなかった。

(B) 左室全体機能一心不全の予知

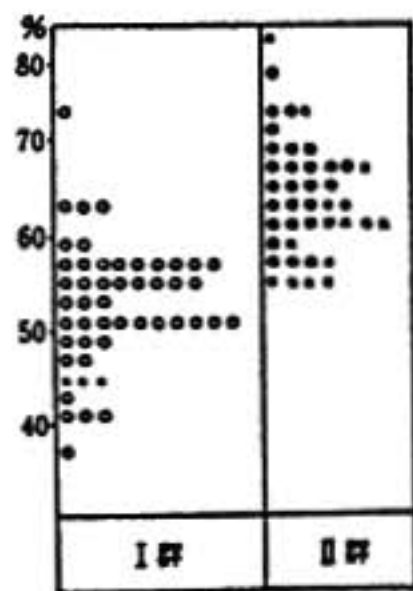
I 群60例中54例は、平均2年半前の検査時にも、治療不要であった。II 群45例中、14例は2年半前の検査時治療不要、7例は現在と同じ治療、15例は検査時よりも現在は強力な治療を要し、9例は死亡した(悪化: 14+15+9/45=84.4%)。

図3 Aは、検査時の NYHA 機能分類を示すが、II 度に大きな重なりが見られる。図3 BのX線写真心胸郭係数も重なりを示す。

図4は、安静時の  $mVcf$  と Dd の関係を示す。II



(A) NYHA機能分類



(B) 心胸部係数

図3 検査時点における NYHA 機能分類 (A) およびX線写真心胸部係数 (B) と予後

× 僧帽弁狭窄症 ○ その他の心疾患 (I 群) ● その他の心疾患 (II 群)

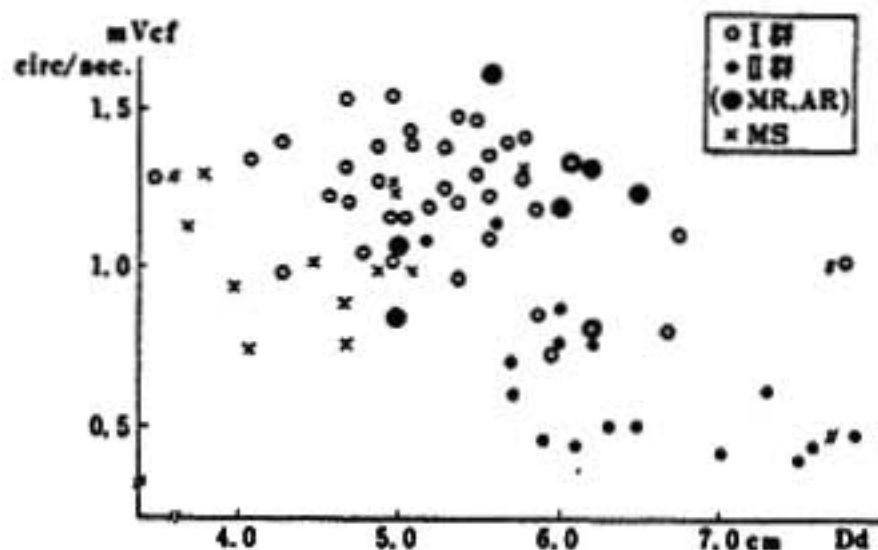


図4 安静時の  $mVcf$  と Dd の関係と予後

MR: 僧帽弁閉鎖不全症, AR: 大動脈弁閉鎖不全症  
MS: 僧帽弁狭窄症

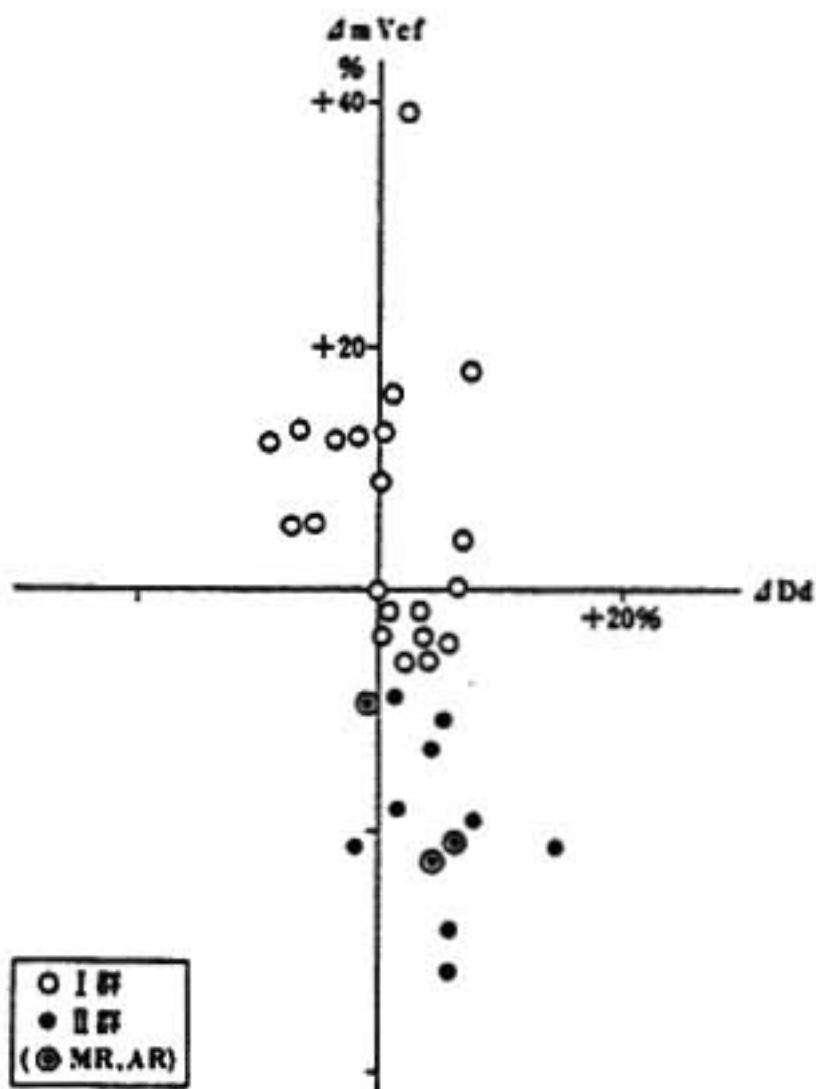


図5 動的運動負荷心エコー図法による  $mVcf$  変化率と予後

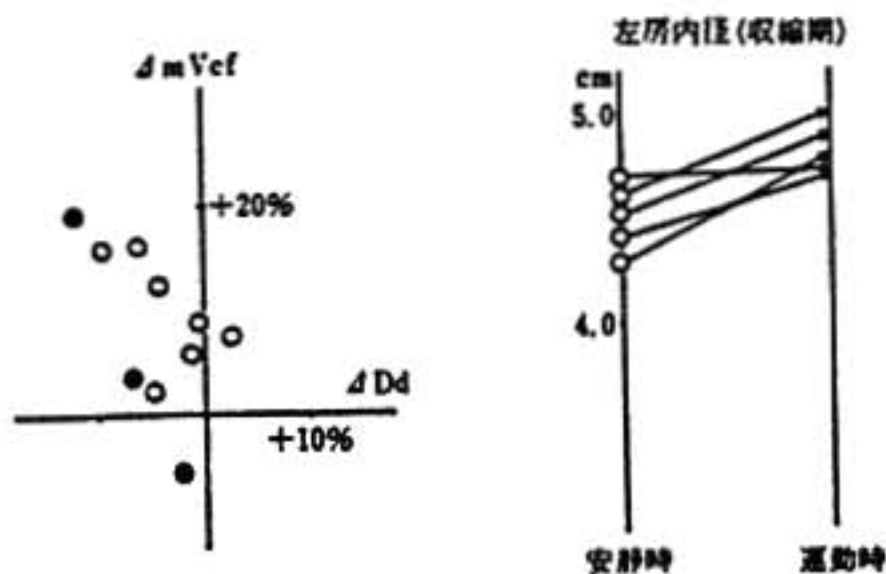


図6 僧帽弁狭窄症における運動時の変化



群の右下に位置する一部を除き、とくに逆流例で重なりが多い。張力・速度関係 ( $\Delta V_{CF} \cdot \sigma$ ) も同様であった。

図5の  $\Delta V_{CF}$  の運動時変化率は、 $\pm 5\%$  を不変とすると、II群では逆流例も含み、すべて減少した。II群の Dd はやや増加した。張力・速度関係の変化も群間に明らかな差が見られた。

図6の僧帽弁狭窄症ではII群でも Dd 減少、 $\Delta V_{CF}$  増加傾向を示し、左房は拡大した。

### III 考 按

従来、冠不全の予知に、多く負荷心電図が用いられ

たが、特異性に問題があった。従来われわれは左室局所心機能を心筋虚血の指標として用い<sup>3)</sup>、今回も冠循環予備力評価に用いた。

左室全体機能予備力評価により、予後の推定が可能となり、客観的指標の有用性を知った。

### ま と め

運動負荷時の、左室局所機能により冠循環予備力を、全体機能により左室機能の予備力をみ、各々冠不全、心不全の予知を個々の患者につき行い、機能的診断に役立った。

心電図以外の諸指標（血行動態など）の診断的意義およびその測定法

## 心疾患患者の運動負荷試験における Exercise Factor の意義について

高橋長海<sup>\*†</sup>、古荘陽三<sup>\*††</sup>  
板家研一<sup>\*</sup>、戸嶋裕徳<sup>\*</sup>

### はじめに

運動負荷後の心電図 ST 低下は、一般に心筋虚血の表現と考えられているが、心臓のポンプ機能としての客観点評価のためには、その他の指標が必要である。

exercise factor (ExF) は、安静時レベルから一定運動状況における酸素摂取量 100 ml/ 増加に対する心拍出量の比をいい、Ferrer<sup>1)</sup> らにより提唱された概念で、Hearvey<sup>2)</sup> らにより心臓のポンプ機能の 1 指標として用いられたものであるが、Epstein<sup>3)</sup> らのように中等度までの運動では正常群と心疾患群との間には重複が見られ絶対値の有用性に否定的な見解もある。今回この ExF を応用し、坐位自転車エルゴメーターを用い負荷強度を増す多段階負荷試験を行い各ステージにおける ExF の推移からその有用性を検討したので報告する。

### I 対 象

当大学第3内科入院中で僧帽弁交連切開術10例、僧帽弁交連切開術+三尖弁輪縮術6例、僧帽弁、大動脈弁、人工弁置換術6例、等のリウマチ性心臓病術後患者 (RHD) 22例 (男性11例、女性11例)、安静時心電図にて ST-T に異常を認め、左室造影にて確認し得た特発性肥大型心筋症 (HCM) 16例 (男性14例、女子2例) と、冠疾患、弁膜症、高血圧等を有しない正常者 (control) 6例 (全例男性) を対象とした。なお年齢はそれぞれ  $38.9 \pm 9.3$  才、 $38.7 \pm 12.8$  才、 $29.4 \pm 14$  才である。又 RHD では全例にジギタリス剤の投与がなされている。

### II 方 法

坐位自転車エルゴメーターを用い、RHD では初期負荷強度 20 watt より3分毎に 20 watt 増しの負荷を HCM, control では初期負荷強度 20 watt あるい

\* 久留米大学医学部 第三内科 † 現 国立久留米病院 循環器科 †† 現 国立別府病院 循環器科

は 60 watt より 3 分毎に、20~40 watt 増しの多段階運動負荷試験を行ない、血行動態検査は臥位にて上腕静脈より Swan-Ganz カテーテル (側孔は先端より 10 cm) を挿入し、心電図は通常の四肢誘導を両肩及び両腸骨に固定し、胸部誘導  $V_{3,4,5}$  の 3 電極を普通の位置につけ圧測定と同時に毎分記録した。心拍数は心電図 15 秒の記録より求め、心拍出量は直接 Fick 法にて測定し、血圧は水銀血圧計とドップラー血圧計を組み合わせ橈骨動脈に付着したトランスジューサーにより最初に得られる音で収縮期血圧を測定した。

なお一部では直接上腕動脈より上行大動脈に Sones カテーテルを挿入し動脈圧を記録した。坐位運動中の圧 0 レベルは第 4 肋間とし心電図 ST 部の計測は S 波後 60 mm·sec 部の ST 部分の Q-Q 線よりの低下を 15 拍平均で求めた。

運動中止は全身あるいは下肢疲労感、息苦しさ等の自覚症の出現を前提とし、高度の不整脈の出現あるいは年齢別予測心拍数の 85% で得られる目標心拍数に達した時点とした。

### Ⅲ 結果および考察

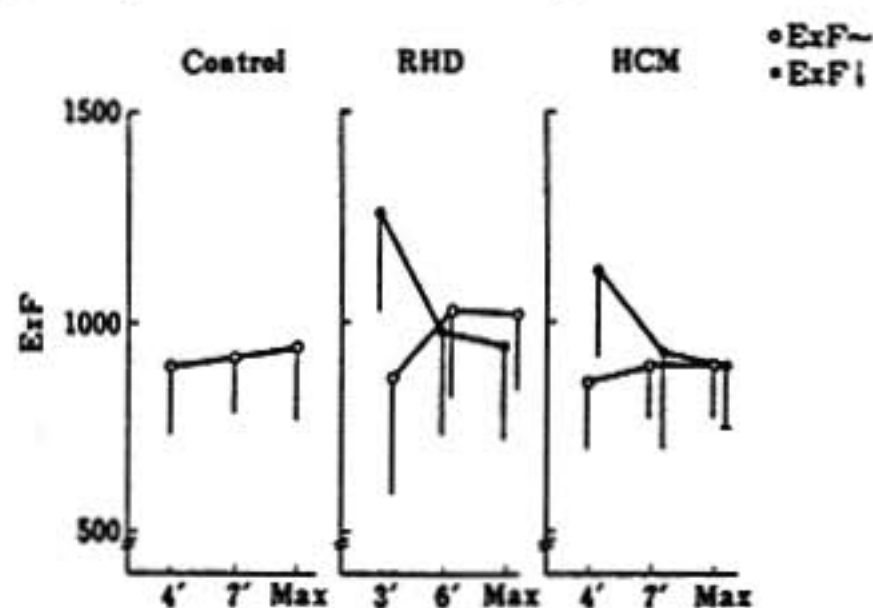
ExF の経時的变化における最高値を Max ExF としてその時点における各指標を見ると、酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )、一回心拍出係数 (S. I.) 肺動脈楔入圧 (PCPm.) との間には特に相関が見られなかった。当教室の片山<sup>9)</sup>は虚血心につき運動時の ST, T 反応と ExF の関連を検討し、一定強度の運動負荷試験にて、運動終了時に ST の有意な低下を認めた冠疾患群では終了時の ExF は平均より低下を見、冠及び体循環ともに調節不全が起きていることを反映していると報告している。いたがって ExF の絶対値のみではなく、運動強度増加に伴う各ステージにおけるその推移を検討してみた。

図 1 に示すように control では運動強度増加にもかかわらず、 $892 \pm 157$ ,  $901 \pm 137$ , 最大負荷時、 $929 \pm 166$  と大きな変化を見ないが、RHD, HCM では、負荷初期  $1360 \pm 233$ ,  $1155 \pm 192$  より最大負荷時  $949 \pm 219$ ,  $899 \pm 198$  とそれぞれ  $p < 0.025$ ,  $p < 0.001$  と有意な低下を認める群と、 $848 \pm 276$ ,  $896 \pm 198$  から各々  $1017 \pm 175$ ,  $966 \pm 258$  と低下をみない群に分け得るようである。いずれにおいても ExF 低下群では負荷初期に明らかな高値を示している。運動負荷に伴い有意な ExF の低下を見る A 群、及び不変 B 群にわけ更に検討してみた (表 1)。

心係数で見ると、RHD で A 群は、 $3.6 \pm 0.6$  l/min·m<sup>2</sup> から最大負荷時  $6.8 \pm 0.9$  l/min·m<sup>2</sup>, B 群で  $3.1 \pm 0.7$  l/min·m<sup>2</sup> から  $7.7 \pm 1.5$  l/min·m<sup>2</sup>, HCM で A 群  $3.1 \pm 0.7$  l/min·m<sup>2</sup> から  $6.8 \pm 2.0$  l/min·m<sup>2</sup> から B 群で  $4.1 \pm 0.8$  l/min·m<sup>2</sup> から  $9.7 \pm 1.5$  l/min·m<sup>2</sup> といずれも有意な上昇を認めているが、両者とも A 群にては、負荷 6, 7 分より最大負荷にかけほぼ横這い状況が見られる (図 1 B)。

$\dot{V}O_2$  でみると RHD では A 群  $266 \pm 57$  ml/min ( $5.0 \pm 0.6$  ml/kg·min) から  $770 \pm 118$  ml/min ( $14.8 \pm 2.7$  ml/kg·min) に、B 群では  $241 \pm 45$  ml/min ( $4.9 \pm 0.9$  ml/kg·min) から  $789 \pm 241$  ml/min ( $17.5 \pm$

A) Changes in exercise factor during exercise



B) Changes in stroke volume index during exercise

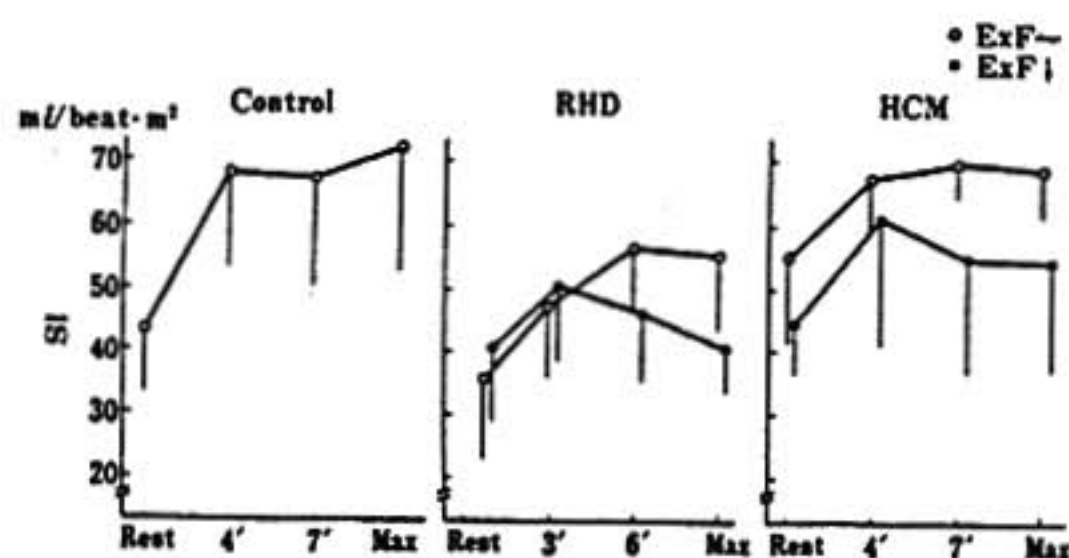


図 1

表1 負荷前及び Max 負荷時の指標の変化 Mean±SD

	N	ExF		Heart Rate	$\dot{V}O_2$ ml/min	$\dot{V}O_2$ ml/kg·min	CI l/min	PCPmmHg
Control	6	4'	Rest	84±17	300±56	5.2±0.8	3.6±0.5	4±3
		Max	Max	160±8	1703±499	29.2±8.1	11.6±3.0	8±2
RHD	7	3'	Rest	93±17	266±57	5.0±0.6	3.6±0.6	9±3
		Max	Max	171±17	770±118	14.8±2.7	6.8±3.2	23±5
	15	3'	Rest	83±13	241±45	4.9±0.9	3.3±0.7	10±6
		Max	Max	144±16	789±241	17.2±3.5	7.7±1.5	21±10
HCM	6	4'	Rest	70±10	270±79	4.5±0.8	3.1±0.7	8±4
		Max	Max	125±16	920±368	14.9±3.8	6.8±2.0	23±10
	10	4'	Rest	76±11	298±66	5.1±0.9	4.1±0.8	5±2
		Max	Max	141±19	1242±294	21.8±6.9	9.7±1.5	12±7

3.5 ml/kg·min), HCM では, A群 270±79 ml/min (4.5±0.8 ml/kg·min), から 920±368 ml/min (14.9±3.8 ml/kg·min) に, B群では 298±66 ml/min (5.1±0.9 ml/kg·min) から 1242±294 ml/min (21.8±6.8 ml/kg·min) とそれぞれ有意な増加が見られた。

心拍数で見ると両者では少し反応が異なり RHD ではA群は 93±17 bpm より最大負荷時 171±17 blm と, B群では 83±13 bpm より 144±16 bpm とA群にて著明な増加をみるが, HCM では逆にA群で 70±16 bpm から 125±16 bpm, B群 76±11 bpm から 141±19 bpm とB群に増加が多いようである。

心拍数と  $\dot{V}O_2$  との関係で見ると, B群では従来より報告されているがごとく正常者と同様に, RHD, HCM, とともに両者間に直線的な相関を見るが, A群では負荷 6, 7分より最大負荷時に向け心拍数の増加の割には  $\dot{V}O_2$  の増加が少なく, 横這い傾向が見られ, 特に RHD では負荷 6分より急激な心拍数の増加があるにもかかわらず  $\dot{V}O_2$  の増加はほとんどみられない。

PCPm, の変化で見ると, RHD ではA群B群ともに, 9±3 mmHg から 23±5 mmHg, 10±6 mmHg から 21±10 mmHg と両群とも同様の増加を見ている。一方 HCM では, 両群にて反応が異なるようであり, A群で 8±4 mmHg から 23±10 mmHg, B群 5±2 mmHg から 12±7 mmHg と, 安静時, 及び最大負荷時いずれにてもA群ではB群より高値を認めている。一般に虚血心においては PCPm は左室拡張

張末期圧を反映すると考えられており, PCPm の上昇はコンプライアンスの低下あるいは異常により左室壁運動が障害されそれに伴い左室拡張末期容量が増加し, SI は減少すると考えられ, いわゆる負荷に伴う不全心と考えられている<sup>9)</sup>。このことはA群にて息切れ, 呼吸困難等の自覚症の出現を見たことと一致している。

負荷に伴う SI の変化で見ると, control では, 安静時 43.2±8.4 ml/beat·m<sup>2</sup> から 68.2±14.5 ml/beat·m<sup>2</sup>, 67.3±16.3 ml/beat·m<sup>2</sup> 最大負荷時 71.8±17.7 ml/beat·m<sup>2</sup> と負荷初期有意な上昇をみその後ほぼ不変である。RHD, HCM でA群は, 負荷 3分, 4分をピークとし以後負荷強度増加に伴い, ExF の低下とともに SI の低下を見ている。このことは RHD では心筋にも障害があると考えられ<sup>9)</sup>, HCM では更に線維化や心筋配列の乱れがあることから収縮力の低下あるいは, コンプライアンスの異常によりもたらされているのではないかと考えられる<sup>10)</sup>。更に興味深かったのは, 負荷に伴う心電図 ST の変化である。A群では RHD で, -1.6 mm, HCM で-1.3 mm とB群に比し有意な低下を認めていることである。虚血心においては負荷後の ST 低下は心筋虚血の反映と考えられ広く認められているが, RHD, HCM においても負荷により同様の心電図変化を示すことがあるが, その意義は不明でありしばしば偽陽性とも考えられている。しかしながら ExF 低下群に有意な ST 低下を認めたことは Buckbeng らが述べているような心

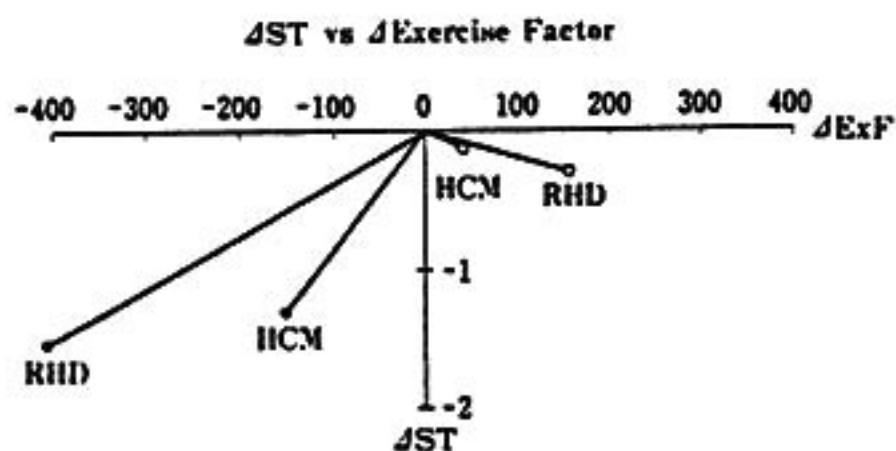


図2 負荷後の ST 低下と ExF

筋の心内膜下層への血流を減少させる血行動態因子によるものであるかもしれないとする考えを支持するようである。

## ま と め

運動負荷試験に伴い運動強度の増加につれ、ExFの低下するA群では、RHD、HCMともに負荷初期のExFは1000以上の高値を示し、その時点でのSIはすでにピークに達しており、ExFの低下とともにSIの低下をみている。したがってExFの絶対値よりはむしろ、運動負荷に伴う変化により大きな意味を持つようである。なお問題はあるが、ExFが低下するA群に明らかなST低下を認めたことより、負荷後のSTが有意に低下するものではポンプとしての心機能は異常であり、過負荷であると判断してよいように思われる。

## 文 献

- 1) Ferrer, M. I., et al. : Hemodynamic studies in rheumatic heart disease. *Circulation* 6 : 688, 1952.
- 2) Harvey, R. M., et al. : The response of the abnormal heart to exercise. *Circulation* 26 : 341, 1962.
- 3) Epstein, S. E., et al. : Characterization of the circulatory response to maximal and upright exercise in normal subjects and patients with heart disease. *Circulation* 35 : 1049, 1967.
- 4) 片山文路 : 冠動脈性心疾患における運動中の ST 低下と酸素摂取量, tension time index の増加率および exercise factor との相関について. *日内会誌* 63 : 1415, 昭49.
- 5) Miki, N., et al. : Relationship between ischemic ST segment depression and left segment depression and left ventricular function during sitting bicycle exercise. *Jpn. Circul. J.* 43 : 233, 1979.
- 6) Kasalicky, J., et al. : Left ventricular haemodynamics at rest and during exercise in patients with mitral stenosis. *Br. Heart J.* 30 : 188, 1968.
- 7) Toshima, H., et al. : Peak negative dp/dt as an index of left ventricular relaxation. *Jpn. J. Med.* 15 : 322, 1976.
- 8) 戸嶋裕徳, ほか : 特発性心筋症と ブロッカー. *臨床成人病* 7 : 415, 昭52.

# 循環器負荷研究会

第9回 昭和54年8月4日 エーザイ本社五階ホール

## 2. ストレス心筋シンチの診断的価値 (第9回)

### 1) 運動負荷心筋タリウムシンチにおける定量的評価の検討

昭和大学藤が丘病院 放射線科, \* 同 内科

古賀 靖, 松本 博光\*, 益海信一朗\*, 春見 達一\* ..... (31)

### 2) ストレス心筋シンチの診断的価値—冠動脈造影所見 および負荷心電図所見との対比

住友病院 内科

栗原 正, 成田 充啓, 宇佐美暢久 ..... (34)

### 3) 運動負荷心電図および冠動脈造影からみたストレス 心筋シンチの意義

京都大学 第三内科, \* 京都大学 核医学科

神原 啓文, 吉田 章, 川下 憲二, 河合 忠一

門田 和紀, 米倉 義晴\*, 石井 靖\* ..... (37)

### 4) 運動負荷心筋シンチグラムの読影における問題点の検討

北海道大学 循環器内科, \* 同 放射線科

安藤 謙二, 宮本 篤, 小林 毅, 松村 尚哉

伊藤 勤司, 安田 寿一, 古館 正従\* ..... (41)

## 3. 心電図以外の諸指標 (血行動態など) の診断的意義 およびその測定法 (第9回)

### 1) Upright Treadmill Exercise による最大, 最小血圧, 心拍数 Index の変動推移について

東邦大学 臨床生理機能学研究室 長谷川元治, 川崎 健

浦和市立病院 循環器科 荒井 親雄, 柏倉 義弘

社会保険大宮総合病院 内科 岸 良典, 江森 勇

慈恵医科大学 第四内科 吉村 正蔵 ..... (44)

### 2) 運動負荷時の Systolic Time Intervals および心エコー図 よりみた左心機能の評価と $\beta$ -blocker の影響

日本医科大学 第一内科

福田 純, 針谷 吉人, 多島 信彦, 早川 弘一

木村 栄一 ..... (47)

### 3) 運動負荷試験における左心カテーテル所見および 冠血流量の変化とその意義

日本医科大学 第一内科, \* 駒込病院 循環器内科

五十嶋一成, 遠藤 孝雄, 清野 精彦, 高山 守正

畑 典武, 金澤 正邦, 宗像 純司\* ..... (52)

### 4) 左心機能 (局所および全体) の運動反応性の診断的意義

筑波大学 内科, \* 同 放射線部

杉下 靖郎, 小関 迪, 松田 光生, 伊藤 毅

大島 統男\* ..... (55)

### 5) 心疾患患者の運動負荷試験における Exercise Factor の 意義について

久留米大学 第三内科

高橋 長海, 古荘 陽三, 板家 研一, 戸嶋 裕徳 ..... (58)