

# 虚血性心疾患の運動負荷回復期における STI 変化 (第1報)

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

黒田 聡\*・安梅 正則\*・川本 浩雄\*  
 長谷川 純一\*・小竹 寛\*・川田 秀一\*  
 三好 秀樹\*・乗本 業文\*・西尾 昌憲\*  
 秦 正\*・古瀬 俱之\*・真柴 裕人\*

## 緒 言

虚血性心疾患患者のリハビリテーションにおいては、各患者の各時期の運動能力に適したトレーニングプログラムにより、積極的に運動療法を行わねばならない。そのためには、個々の患者の正しい運動能力の把握が必要である。特に急性心筋梗塞症の回復期において、運動負荷に対する左室ポンプ機能を知ることは、その患者に対し適量のリハビリテーションを決定し、予後を推察する上で重要な意義を持つ。しかし、運動負荷に対する左室ポンプ機能について検討した報告は比較的少ない。

今回我々は、仰臥位エルゴメーターに STI, 及び DDG 法による血行動態諸計測を行い、特に虚血性心疾患の運動負荷回復期における、諸計測値の推移について検討したので報告する。

## I 対象及び方法

対象は、虚血性心疾患26例、健常者12例である。虚血性心疾患の内分けは、心筋梗塞19例、労作性狭心症7例、平均年齢58歳で、高血圧、あるいは糖尿病等の合併症を有しないものを選んだ。健常者の平均年齢は23歳である。

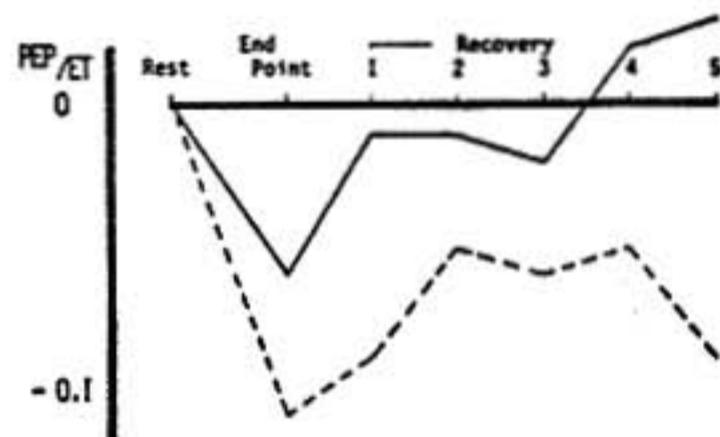
負荷方法は、仰臥位エルゴメーターを用い、15 watt より開始し、3分ごとに15 watt ずつ漸増した。end point は、60 watt 3分終了時、ないしは虚血型 ST 低下 2 mm 以上、ないしは自覚症状出現時とした。測定項目については、血圧及び心電図は1分ごと回復期5分まで、心拍出量は、DDG 法により、前及び運動中は3分ごと、運動終了後は4分において測定した。STI は連続4心拍以上の頸動脈波につい

て計測し、その平均値を使用した。

## II 結 果

虚血性心疾患では運動に対する PEP/ET の反応様式が三つに大別された。PEP/ET が運動中減少し、運動終了後前値に向かい回復するNタイプと、回復期に運動前値を超えて増加するHタイプと、運動時からすでに前値を超えて増加し、回復期においてさらに増加するRタイプである。タイプ別にみるとN型は虚血性心疾患26例中15例 (58%)、H型は8例 (31%)、R型3例 (11%) であった。一方健常者では12例中全例

CASE 1



CASE 2

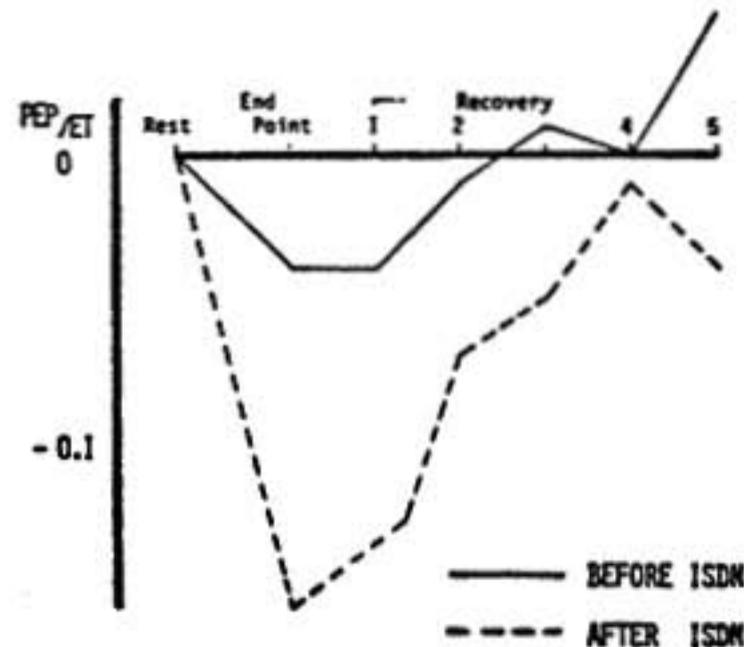


図1 Changes of STI before and after ISDM

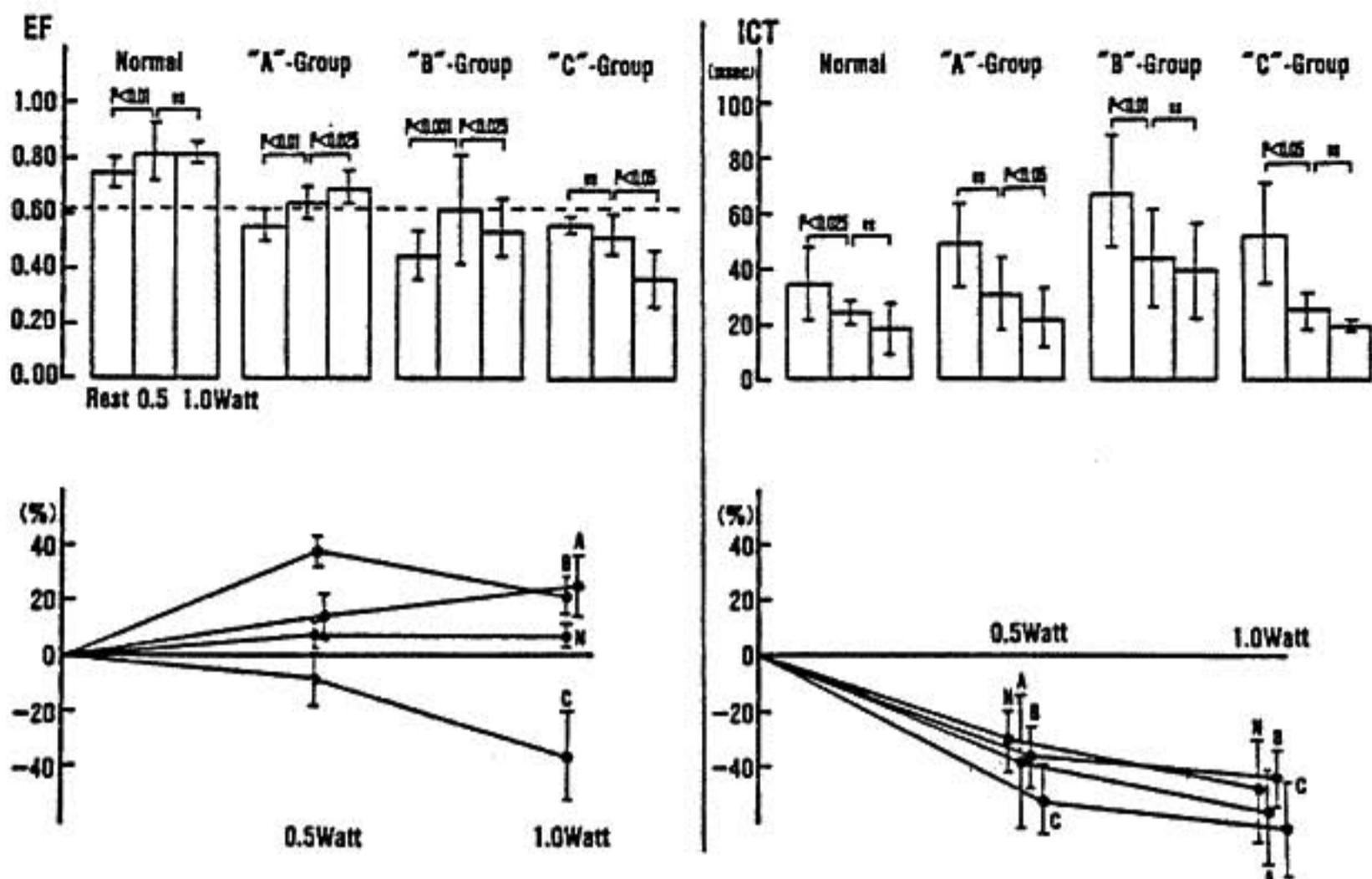


図5 Changes of EF and ICT during exercise in normal and "decreased EF" Groups

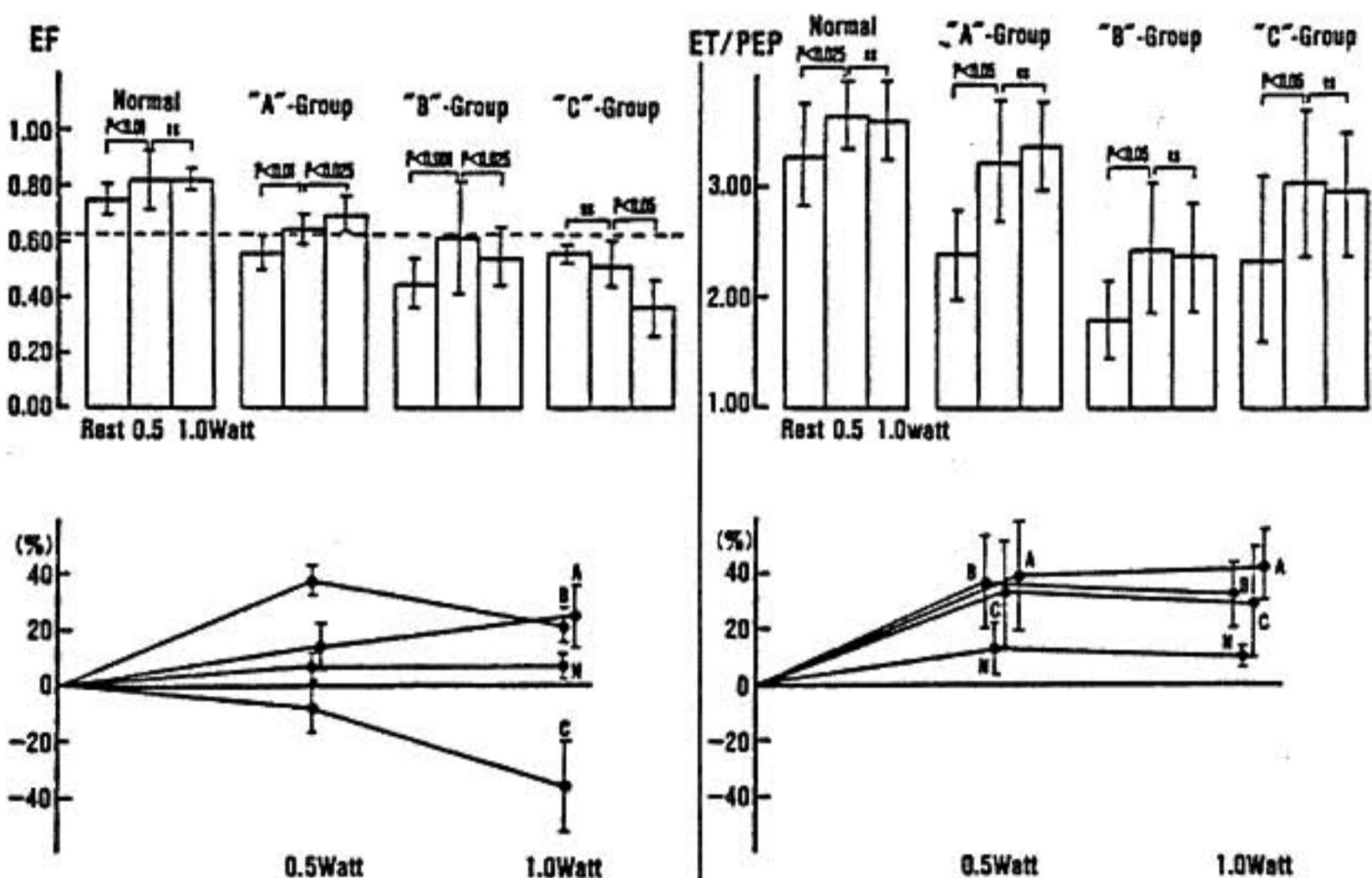


図6 Changes of EF and ET/PEP during exercise in normal and "decreased EF" Groups

較差の減少とも関係をもつとも考えられる。ET/PEP についてみると、これは心機能の指標であると同時に 圧反応および容量反応の指標でもあることから、心予備力の少ない障害心が運動負荷により preload を増加したためとも理解でき、この観察で対象としたような心不全傾向をもつ症例で ET/PEP を用いる場合の限界を示すものと考えられる。またその変化率は、A、

B、C群の順にその変動は小さく、inotropic reserve の低下を示唆するものと考えられる。以上 EF の変化との関連において STI の適用の限界について報告した。

#### 文 献

- 1) 矢端幸夫, 野呂忠慈, 木川田隆一: 最新医学 33: 436, 1978.

## 運動誘発狭心症およびペーシング誘発狭心症における左心機能

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

五十嶋 一成<sup>\*1</sup>・金澤 正邦<sup>\*1</sup>早川 弘一<sup>\*1</sup>・宗像 純司<sup>\*2</sup>・栗田 明<sup>\*3</sup>

## はじめに

preload をあらわす左室拡張末期圧 (LVEDP) の上昇は狭心症発作時にもしばしば認められるが、この LVEDP の変化が、労作性狭心症の運動による発作誘発時と、ペースメーカーによる頻数刺激による発作誘発時にどのように変化するかについて調べた報告は少ない。よってわれわれはかかる異なった手段によって労作性狭心症の発作を誘発せしめ、その際における LVEDP の経時的な変化を調べるとともに、ST segment, 心筋乳酸代謝の面からも検討した。

## I 対象および方法

典型的な労作性狭心症を有する29例を対象とした。すなわち年齢37~69歳、男25例、女4例でいずれも安静時の心電図に異常なく、Masterの2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 降下に示した例である。なおこの際のトレッドミルテストは、Ellestad らのプロトコールにしたがい、また虚血性 ST 降下の判定は Master の2段階試験の場合は Master の基準にて、トレッドミル試験の場合は 1.0 mm 以上 (J点0.08秒) の水平ないし、下向型 ST 降下を陽性とした。なお全例 Judkins 法ないし、Sones 法による冠動脈造影を施行し、すくなくとも1枝に50%以上の狭窄を認め、全例本テスト施行4日前よりニトログリセリンを除く抗狭心剤の投与を中止した。

## a) 狭心症誘発法

## i) 運動負荷法 (EX 法)

まず本テスト施行最低3日前に斎藤・小川らによって開発された電気制動式の定量負荷型仰臥位用自転車エルゴメーターを用い、負荷量を 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わせ、狭心発作の閾値を定めた。ついで本検査当日はこの閾値を目標に 7F Lehman のカテーテルを左室内に挿入し、同じエルゴメーターを用いこの閾値まで運動負荷をした。

## ii) 右房ペーシング法 (PAC 法)

冠血流量測定用の Wilton Webster のカテーテル (Model CCS-7U-90A) を冠静脈洞 (CS) 内に挿入し、CS 内からペーシングを行った。PAC には Cordis 社 デマンド・ペースメーカーを用い、安静時の心拍数よりおよそ20心拍多い頻度で刺激し始め、胸痛ないし虚血性 ST 降下が起こるまで刺激頻度を原則として7分間で20心拍ずつ、おおむね17分まで増加した。

## b) 左心内圧、心筋乳酸摂取率の測定法

左心内圧は、右上腕動脈を切開するか、Seldinger 法にて左室内に挿入した 7F もしくは 8F の Lehman ないし pig tail カテーテルを用い、Statham 23Dd の transducer を介して、YHP8890A 型多素子記録器により心内圧曲線を記録し、左室収縮期圧 (LVSP) と左室拡張末期圧 (LVEDP) を毎秒25 mm の紙送り速度で記録し、安静時、負荷中、負荷終了直後の10心拍の圧波形を計測し、その平均値を採用した。ついで、CS に挿入した Wilton Webster の冠血流量測定用カテーテル (Model CCS-7U-90A) により、CS から 3ml の静脈血を、さらに左室に挿入した Lehman ないし pig tail カテーテルから 3 ml の動脈血をそれぞれ採血し、直ちに除蛋白後、酵素法により測定し、心筋乳酸摂取率  $\left(\frac{LV-CS}{LV} \times 100\%\right)$  を算出した。ここで LV は動脈血の乳酸含量、CS は静脈血の乳酸含量である。

## II 成績

## a) EX 法と PAC 法による LVEDP の変化の比較 (図1)

LVEDP の負荷前後の変化を EX 法と PAC 法で

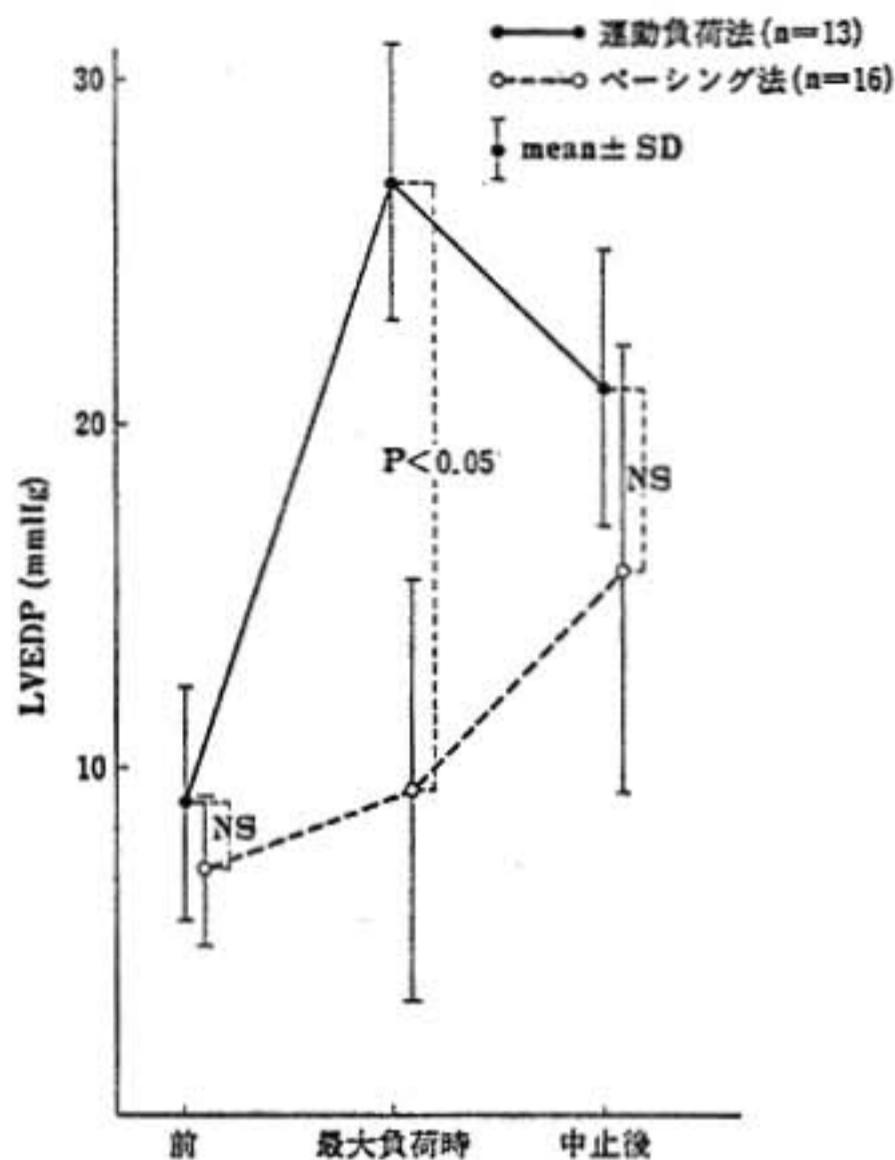


図1 運動負荷およびペースング法による LVEDP の変化

比較した。図1に示すようにエルゴメーターによる EX の際の LVEDP は中止直前の最大負荷時には  $27 \pm 4$  mmHg と、PAC 法の  $9.3 \pm 6.2$  mmHg と比べ約 18 mmHg も有意に高かった。しかし EX を中止すると LVEDP はやや低下したのに対し、PAC 中止後には LVEDP は逆に上昇して  $15.7 \pm 6.5$  mmHg となりその値は図1に示すごとく、両者の間に有意の差はなかった。

#### b) PAC 法による ST 降下と LVEDP の経時的な変化の分析

表1はPACによって誘発された労作性狭心症14例の成績を示す。刺激頻度毎分90~110の  $P_1$  の stage では、LVEDP と ST はほとんど負荷前と変わらないが、刺激頻度毎分130以上の  $P_2$  で平均  $-1.8 \pm 0.8$  mm の ST 降下が認められた。しかしこの時期では、LVEDP はまだごくわずかの上昇を示すのみであった。しかし PAC を中止すると平均  $15.7 \pm 6.5$  mmHg と、ペースング前に比べて有意に上昇するのが認められた。

表1 LVEDP の時間的推移

		LVEDP (mmHg)	有意差
全例 (n=14)	ペースング前	$7.4 \pm 2.2$	$\begin{cases} \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{P} < 0.001 \\ \text{---} & \text{P} < 0.05 \end{cases}$
	Stage I	$7.4 \pm 5.8$	
	Stage II	$9.3 \pm 6.2$	
	中止直後	$15.7 \pm 6.5$	
	中止後5分	$11.1 \pm 6.7$	
ST降下群 (n=11)	ペースング前	$7.1 \pm 2.4$	$\begin{cases} \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{P} < 0.001 \\ \text{---} & \text{P} < 0.05 \end{cases}$
	Stage I	$8.1 \pm 6.4$	
	Stage II	$9.8 \pm 6.7$	
	中止直後	$16.5 \pm 7.1$	
	中止後5分	$11.3 \pm 7.6$	
ST非降下群 (n=3)	ペースング前	$8.3 \pm 1.2$	$\begin{cases} \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \end{cases}$
	Stage I	$5.0 \pm 2.0$	
	Stage II	$7.3 \pm 4.5$	
	中止直後	$12.7 \pm 1.5$	
	中止後5分	$10.7 \pm 2.3$	
胸痛ある群 (n=7)	ペースング前	$6.9 \pm 2.4$	$\begin{cases} \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{P} < 0.01 \\ \text{---} & \text{n. s.} \end{cases}$
	Stage I	$7.1 \pm 4.6$	
	Stage II	$9.9 \pm 6.3$	
	中止直後	$16.6 \pm 7.2$	
	中止後5分	$12.7 \pm 9.1$	
胸痛ない群 (n=7)	ペースング前	$7.9 \pm 2.0$	$\begin{cases} \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{n. s.} \\ \text{---} & \text{P} < 0.05 \\ \text{---} & \text{n. s.} \end{cases}$
	Stage I	$7.7 \pm 7.2$	
	Stage II	$8.7 \pm 6.7$	
	中止直後	$14.9 \pm 6.2$	
	中止後5分	$9.6 \pm 3.2$	

c) PAC による LVEDP の時間的推移ならびに虚血性 ST 降下・胸痛の有無による分析(表1) 症例の中には、狭心痛がまだ起こらなくても明らかな虚血性の ST 降下をきたしたために、PAC を中止させた症例があった。表1中段のごとく PAC 負荷をした14例に関し、end point で J 点より 0.08 秒で 1mm 以上の ST 降下を示した群と、1mm 以下の群に分けて分析したところ、1mm 以上の群はそれ以下の群に比べて、PAC 中止後には LVEDP が有意に高値であった。しかし胸痛の有無に関しては表1下段に示すように両群間で有意の差はなかった。

#### d) PAC による心筋乳酸摂取率の変化、胸痛の有無による分析

PAC 負荷を行った16例につき、胸痛有る無しの2群に分けて、PAC 前と刺激頻度毎分130以上の  $P_2$  における心筋乳酸摂取率の変化を分析した。胸痛群では PAC 前  $+22.9 \pm 16.2\%$  に比べ  $P_2$  では  $-5.0 \pm 36.2\%$

へと有意に減少し、心筋乳酸摂取から産生へ転じたのに対し、胸痛の無い群では PAC 前と P<sub>2</sub> に有意差は認められなかった。

### III 考 察

本研究の結果 EX 中の LVEDP は EX 開始直後より徐々に上昇を始め、狭心症発作時か虚血性 ST 降下時には著明となり負荷を中止すると下降したのに比べ、PAC による負荷の場合は、負荷時には安静時と変わらないのに、刺激を中止すると著明な上昇が認められ、その値は EX と比べやや低値であるものの有意ではなかった。かかる負荷による LVEDP の上昇はすでに Khaja<sup>1)</sup>, Bahler<sup>2)</sup>をはじめ多くの学者によって指摘されており、一般には一過性の左心不全ないし左室コンプライアンスの低下に基づくと解釈されている<sup>3)</sup>。しかし負荷中 EX の場合 LVEDP は上昇したのに比べ、PAC による場合はその上昇は著明でないのに刺激を中止すると上昇した。この違いについて詳細に調べた報告はあまりみられない。通常 EX 負荷の際には運動によって心拍数の増加のほかに LVSP, max dp/dt の上昇が認められ<sup>4)</sup>、心筋酸素需要が増したことにより心筋酸素の需要と供給のアンバランスをきたし、その結果狭心痛発症とともに一過性の左心不全をきたしたと考えられる。一方 PAC 負荷の場合 EX では認められないのに、頻脈による 1 回拍出量 (SI) の低下のほか、LVSP の上昇も安静時と比べてあまり変わらなかったことより冠灌流圧が低下し、その結果心筋酸素供給の低下により狭心発作を起こし、PAC を中止することにより SI は元に戻るのに、一過性の左心不全を起こしたため LVEDP が上昇したと考えられる<sup>5)6)</sup>。事実 PAC により狭心症誘発時ないし虚血性 ST 降下時の冠血流を経時的に測定し、ST の非降下群と比べて冠血流の上昇は認められず逆に減少したことを観察した<sup>6)</sup>。

なお胸痛、虚血性 ST 降下の有無によって分析した結果、胸痛を訴え虚血性 ST 降下をきたした症例ほど PAC 中止直後の LVEDP の値は高値な傾向が認められ、心筋乳酸較差も摂取より産生の傾向が認められたこれらの成績は Parker<sup>7)</sup>, Chiong<sup>8)</sup>らの報告に近い。しかし、Helfant<sup>9)</sup>は胸痛群では LVEDP は上昇し、心筋乳酸産生がみられたのに、心筋乳酸産生と ST 降下の間には胸痛のある群でも無い群でも一定の関係はなかったと述べ、報告者によって異なっている。このことは胸痛が自覚的なものであり、個人によって感じ方にかなり差があることによるのかもしれない。いずれにしても冠動脈造影検査時に狭心症発作が強く、著明な ST の変化の認められる症例ほど、LVEDP の著明な上昇例をしばしば経験するが、かかる際、最近では血小板凝集や血管作動性物質の関与も報告されており、一過性の左心不全時の心筋の代謝はかなり複雑で簡単には説明できない<sup>10)</sup>。

### 文 献

- 1) Khaja F., et al.: Am. J. Cardiol. 26: 107-116, 1970.
- 2) Bahler R. C., et al.: Circulation 43: 407-419, 1971.
- 3) Wiener L., et al.: Circulation 38: 240-249, 1969.
- 4) 栗田 明: 日医大誌 41: 158-172, 1974.
- 5) 金沢正邦: 日医大誌 46: 8-24, 1979.
- 6) 五十嶋一成: 日医大誌 48: 339-354, 1981.
- 7) Parker J. O., et al.: Circulation 40: 113-131, 1969.
- 8) Chiong M. A., et al.: Circulation 49: 283-290, 1974.
- 9) Helfant R. H., et al.: Circulation 42: 601-610, 1970.
- 10) Dusting G., et al.: Prog. Cardiovasc. Disease 21: 405-430, 1979.

# RI による虚血心の運動負荷による心機能変化 —PSP/ESVI の変化について—

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

尾崎 正治\*・山岸 隆\*

小川 宏\*・松崎 益徳\*

松田 泰雄\*・久萬田 俊明\*・楠川 禮造\*

## はじめに

前負荷, 後負荷に影響されない心収縮性を表す指標として  $E_{max}$  なる指標が Suga, Sagawa らによって提唱された<sup>1)2)</sup>. Nivatpumin ら<sup>3)</sup>, 我々<sup>4)5)</sup> は非観血的に心収縮性を表す指標として, 最高血圧 (PSP) を

左室収縮末期容積 (ESV) で割った値 (PSP/ESV) が  $E_{max}$  によく相関し, 本指標が心収縮性を表す指標となりうることを報告してきた. 今回は労作性狭心症患者について, 運動負荷によって誘発された狭心症発作時に, 心収縮性がどのように変化するかについて, RI 法にて求めた PSP/ESV の変化について正常対象群との比較検討を行った.

## I 対象と方法

表1に正常対象群 (Normal 群) 7名と労作性狭心症群 (IHD 群) 7名を示す. IHD 群のうち3名は冠動脈に有意な器質的狭窄を認めないが, 労作により前下行枝 (LAD) 起部に99~100%の spasm による狭窄が出現し,  $V_1 \sim V_3$  で ST 上昇を伴う狭心症発作が出現し, この現象は再現性があった. 運動負荷は自転車エルゴメーターにて行い, 50W より始め3分ごとに25W ずつ負荷量を増していき最高9分まで行なった. IHD 群では狭心症発作出現によりエルゴメーター負荷をやめ, 直ちに hand grip 負荷を行いなから RI 検査を行った. Normal 群の運動負荷は最高9

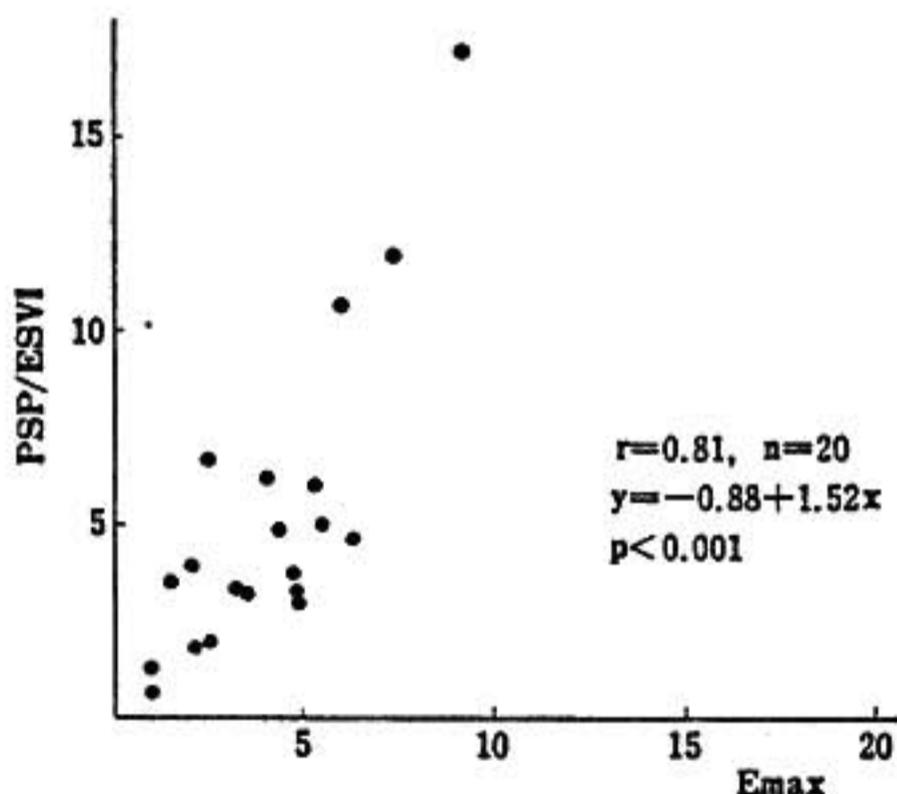


図1 正常冠動脈を有する20名のPSP/ESVIと  $E_{max}$  との関係

表1 7名の正常者群と7名の虚血性心疾患群

7 Normals			7 Ischemic heart diseases					
Name	Age	Sex	Name	Age	Sex	RCA	LAD	LCx
SN	35	M	KS	64	M	90	85	60
NM	25	M	NY	48	M		0 (100)	
TY	29	M	YY	54	M		95	
MO	32	M	AY	58	M		0 (99)	
SO	51	F	UO	63	M		90	
YF	38	F	KO	58	M		40 (100)	
HM	53	F	NO	58	M		95	

m. 33

m. 57

( ) ; Spasm on exercise.

分まで行なったが疲労にて中止し、IHD 群と同様に hand grip 負荷を行いながら RI 検査を行った。RI 検査は  $^{99m}\text{Te}$ -HSA による平衡時に ECG-Gate 法で LAO-45° で行った。 $^{99m}\text{Te}$ -HSA 注入10分後に安静時に 600beats を集積した。次いで運動負荷時に200beats を集積した。血圧は右上腕にて cuff 法で求めた。RI 法による左室駆出率 (EF) は、左室に ROI を設定し、ED と ES の間隙に back-ground を取り、volume curve を作成して求めた。また左室容積は次の方法によって求めた、 $\text{CO}/\text{HR}=\text{SV}$  (CO: 心拍出量, HR: 心拍数, SV: 1 回拍出量)  $\text{SV}/\text{EF}=\text{EDV}$ ,  $(1-\text{EF})\times\text{EDV}=\text{ESV}$  (EDV: 左室拡張末期容積, ESV: 左室収縮末期容積)。ここで CO は安静時に色素希釈法で求め、EF は RI 法より求めた。運動負荷による EDV の変化は左室にとった ROI のカウント (C) の変化に比例するから、 $V_2/V_1=C_2/C_1$  したがって  $V_2=C_2\times V_1/C_1$  ( $C_1, C_2$ : Count 1, 2,  $V_1, V_2$ : Volume 1, 2)。ここでの count はいずれも background のカウントを差し引いた値である。

## II 結 果

心拍数と最高血圧 (S-BP) の変化を表 2 に示す。

表 2 運動負荷による心拍数, 最高血圧の変化

HR		
	Rest	Exercise
Normal	71.6 ± 3.1	108.6 ± 4.6
IHD	62.1 ± 4.0	89.6 ± 6.9
(m ± se)		
S-BP (mmHg)		
	Rest	Exercise
Normal	124.6 ± 4.7	170.6 ± 11.5
IHD	142.9 ± 7.1	161.7 ± 5.5

IHD 群では労作にて胸痛が出現するため、運動負荷量が Normal 群に比して少なかった。したがって HR, S-BP は IHD の方が増加率が少なかった。体表面積当たりの左室収縮末期容積 (ESVI), 拡張末期容積 (EDVI) の変化を表 3, 図 2 に示す。安静時では Normal 群と IHD 群に ESVI, EDVI に有意差はみ

表 3 運動負荷による左室収縮末期容積および拡張末期容積の変化

ESVI (ml/m <sup>2</sup> )			
	Rest	Exercise	
Normal	29.1 ± 3.6 (m ± se)	25.0 ± 4.0	p < 0.02
IHD	34.3 ± 3.8	45.1 ± 6.4	p < 0.05
	NS	p < 0.05	
EDVI (ml/m <sup>2</sup> )			
	Rest	Exercise	
Normal	74.1 ± 6.4	75.3 ± 7.1	NS
IHD	84.4 ± 8.1	98.9 ± 10.4	p < 0.01
	NS	p < 0.1	

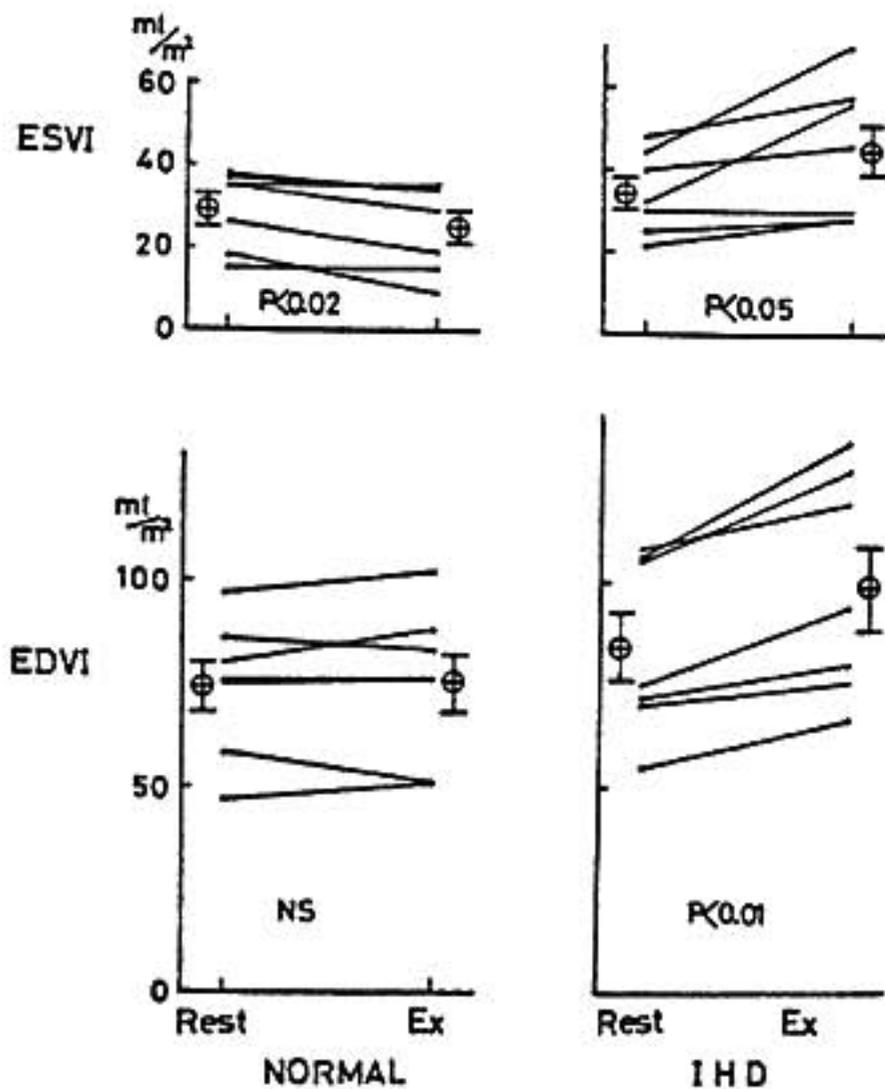


図 2 運動負荷による左室収縮末期容積および拡張末期容積の変化

られなかった。しかしながら運動負荷にて Normal 群では ESVI は有意に減少したが (p < 0.02), IHD 群では逆に有意に増加し (p < 0.05), Normal 群とに有意な差 (p < 0.05) が生じた。EDVI は Normal 群では運動負荷にて有意な変化がみられなかったが、IHD 群では有意に増加した (p < 0.01)。

心収縮性を表す指標としての PSP/ESVI とポンプ

表4 運動負荷による PSP/ESVI, EF の変化  
PSP/ESVI (mmHg/ml/m<sup>2</sup>)

	Rest	Exercise	
Normal	4.76 ± 0.66 (m ± se)	8.13 ± 1.43	p < 0.02
IHD	4.43 ± 0.49	4.06 ± 0.56	NS
	NS	p < 0.05	

	Rest	Exercise	
Normal	61.4 ± 2.9	67.6 ± 3.9	p < 0.02
IHD	59.1 ± 1.9	55.1 ± 3.2	NS
	NS	p < 0.05	

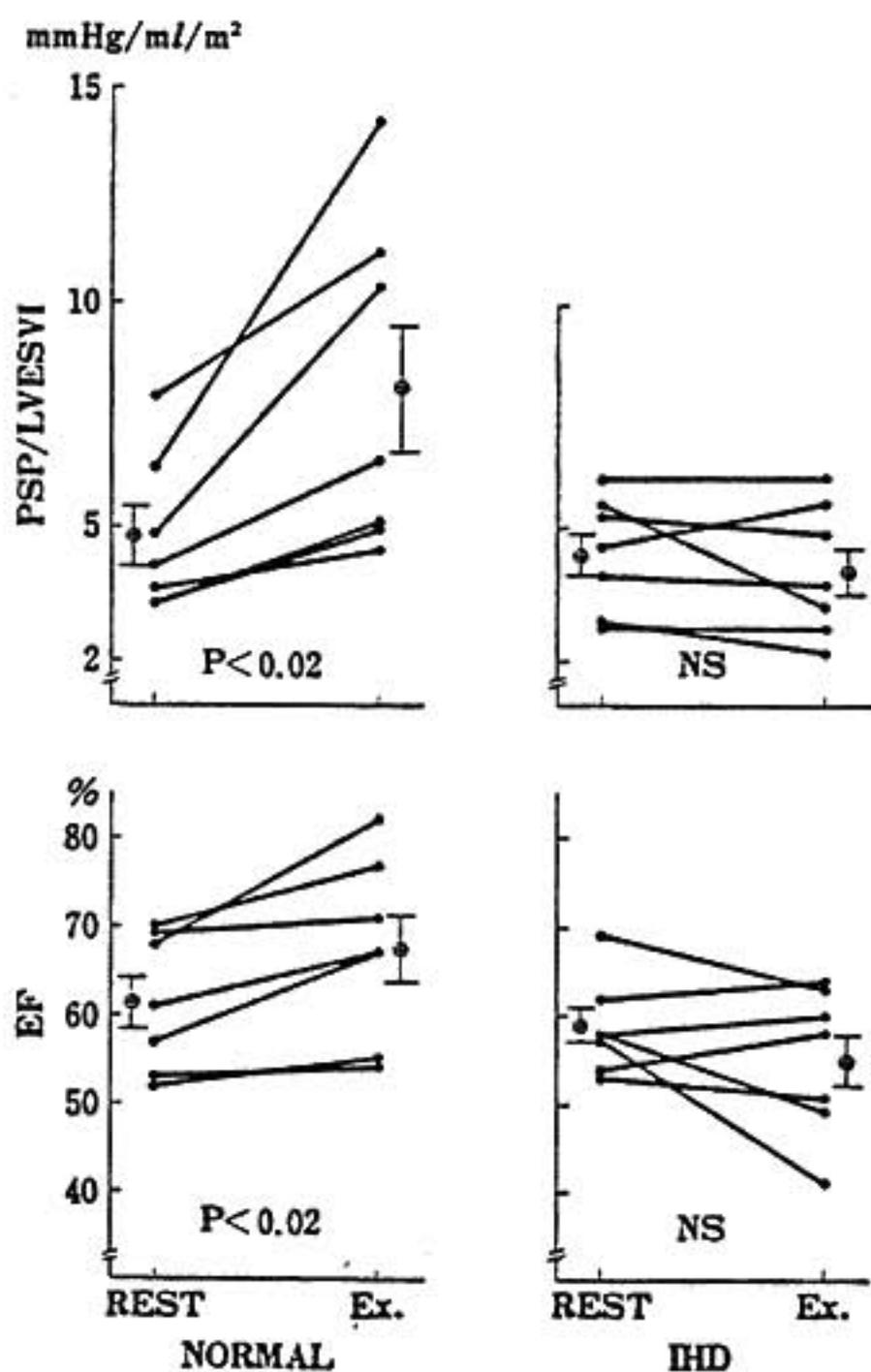


図3 運動負荷による PSP/ESVI および EF の変化

機能を表す指標としての EF の変化を表4, 図3に示す。PSP/ESVI は安静時には Normal 群と IHD 群には有意な差がみられなかったが, 運動にて Normal 群は有意に増加した (p < 0.02) のに対し, IHD

群では逆に減少傾向となり, Normal 群とに有意な差 (p < 0.05) が生じた。EF は PSP/ESVI と同様の変化がみられた。

PSP/ESVI と EF の関係を図4に示す。図のごと

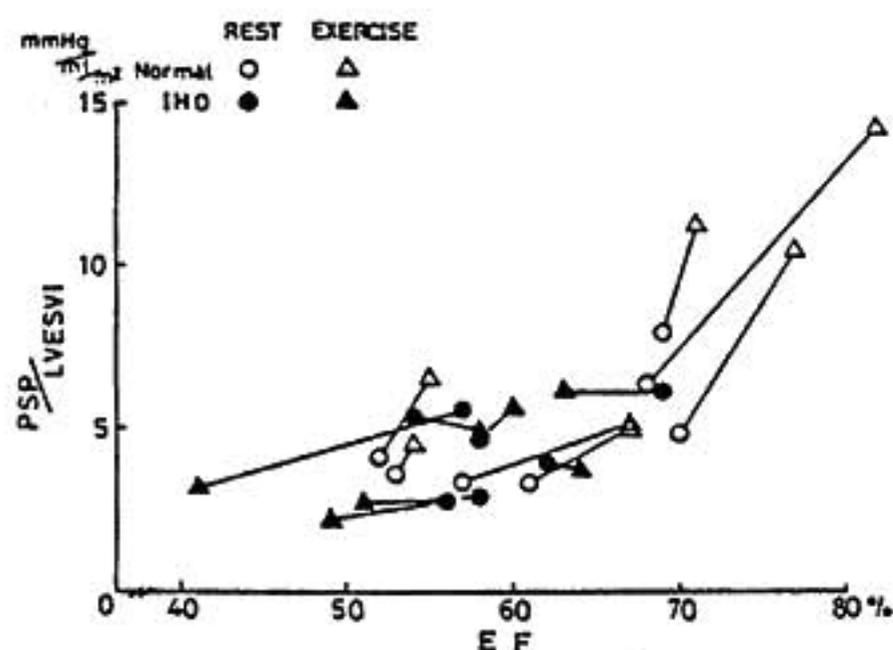


図4 PSP/ESVI と EF の関係

く右上りの曲線に相関した。PSP/ESVI と EF はほぼ同方向への変化を示したが, 心機能の悪い例では EF の方が, 心機能の良いものでは PSP/ESVI の方が変化が大きかった。

### III 考 案

心収縮性を表す指標として Suga, Sagawa らにより提唱された Emax なる指標は, 前負荷, 後負荷に影響されない心収縮性を表す指標であるとされている。この Emax 類似の心収縮性を表す指標として我々は, PSP/ESVI が Emax とよく相関し心収縮性を表す指標となりうることを報告した。RI 法を用いることにより非観血的に左室の容積算出が可能となった。RI 法で求めた PSP/ESVI の指標を用いて労作性狭心症患者での運動時の変化をみると, 正常者にみられる運動時の PSP/ESVI の増加がみられず, 虚血心筋部の収縮性低下を健常心筋が十分に代償しえていないことがわかる。またポンプ機能としての EF の変化も PSP/ESVI の変化と同様の変化を示しており, ポンプ機能変化についても同様のことがいえる。Slutsky ら<sup>6)</sup>によれば虚血心における運動負荷による反応は, PSP/ESVI の変化の方が EF の変化より感度が良いとしている。我々の結果では虚血心と正常心を運動負荷にて区別するうえで, PSP/ESVI と EF の変

化で両者の感度には差がみられなかった。図4でわかるように、PSP/ESVI と EF の関係は右上りの曲線となるため、運動負荷による心機能変化をみる指標としては、心機能が悪化する例では EF の方が、また亢進する例では PSP/ESVI の方が変化率が多い。

## 結 論

正常対象者7名と労作性狭心症7名について、運動負荷時の心機能変化について、RI法にて求めたPSP/ESVI, EFの変化について検討した。狭心症発作時には正常者と異なりPSP/ESVI, EFの両者とも低下を示した。

## 文 献

- 1) Hiroyuki Suga, Kiichi Sagawa and A. A. Shoukas : Load Independence of the Instantaneous Pressure-Volume Ratio of the Canine Left Ventricle and Effects of Epinephrine and Heart Rate on the Ratio : *Circ. Res.* 32 : 314, 1973.
- 2) Kiichi Sagawa, Hiroyuki Suga, A. A. Shoukas and K. B. Bakalar : End-Systolic Pressure/Volume Ratio : A New Index of Ventricular

- Contractility. *Am. J. Cardiol.* 40 : 748, 1977.
- 3) Thasana Nivatpumin, Stanley Katz and J. Scheuer : Peak Left Ventricular Systolic Pressure/End-Systolic Volume Ratio : A Sensitive Detector of Left Ventricular Disease. *Am. J. Cardiol.* 43 : 969, 1979.
  - 4) Masunori Matsuzaki, Ken Ishida, Y. Tohma, K. Katayama, Y. Matsuda, H. Ogawa, T. Sasaki, T. Kumada and R. Kusakawa : Noninvasive evaluation of the left ventricular contractility : Peak left ventricular systolic pressure end-systolic volume relations and peak systemic pressure/end-systolic volume ratio. *J. Cardiography* 10 : 663, 1980.
  - 5) 佐々木 徹 : 心収縮性評価における非観血的指標—PSP/ESVIの有用性—。山口医学 31 : 121, 1981.
  - 6) Robert Slutsky, Joel Karliner, K. Gerber, A. Battler, V. Froelicher, G. Gregoratos, K. Peterson and W. Ashburn : Peak Systolic Blood Pressure/End-Systolic Volume Ratio : Assessment at Rest and During Exercise in Normal Subjects and Patients with Coronary Heart Disease. *Am. J. Cardiol.* 46 : 813, 1980.

## 狭心症症例における運動負荷時の血圧・心拍反応に対する薬物効果

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

金 木 英 輔\*・杉 本 恒 明\*

浦 岡 忠 夫\*・寺 田 康 人\*・余 川 茂\*

井 内 和 幸\*・秋 山 真\*・神 保 正 樹\*

西 野 章\*・藤 沢 貞 志\*・吉 田 繁 樹\*

### はじめに

我々は同一狭心症患者においていくつかの種類の狭心症治療薬の急性効果を Treadmill 運動負荷法により検討し、運動負荷時の心拍数、収縮期血圧、両者の

積 double product 及び胸痛発現時間に及ぼす薬物の影響を比較することによってそれぞれの薬物の作用機転の違いを検討した。

## I 対象と方法

対象は胸痛を運動負荷時の end point とする労作性狭心症の患者 9 例 (男性 5 例, 女性 4 例) である。年齢は 43~76 歳, 平均年齢 53.3 歳であった。9 例中 7 例に冠動脈造影を施行し, うち 3 例が 75% 以上の狭窄を有する 3 枝病変, 2 例が 1 枝病変, 2 例が正常冠動脈像を示した (表 1)。薬物としては, Nitrate として

表 1 Clinical data in 9 patients

CASE	AGE	SEX	CAG (75%)				REMARKS
			RCA	LMT	LAD	LCX	
1	46	male					hyperlipidemia
2	56	female	■	■	■	■	HT, hyperlipidemia
3	52	female				■	DM, hypothyroidism
4	44	female					
5	55	male	■	■	■	■	DM, OMI
6	76	female					OMI
7	43	male					DM, (ASH)
8	47	male				■	
9	61	male	■	■	■	■	OMI

CAG=coronary arteriography; RCA; right coronary artery; LMT=left main trunk; LAD=left anterior descending artery; LCX=left circumflex artery; ■=stenosis over 75%; ×=CAG not performed

Nitroglycerin 0.6 mg または Isosorbide Dinitrate 10 mg, Diltiazem 60 mg, Nifedipine 20 mg, Propranolol 20 mg を用いた。各薬物投与前にはコントロールとして Treadmill 検査を施行した。Nitroglycerin はコントロールの Treadmill 終了 30 分後に舌下投与し, その 3 分後に再び Treadmill を施行した。その他の薬物は, コントロールの Treadmill 終了 5 分後に経口投与し, Isosorbide Dinitrate は投与 30 分後, 他は投与 2 時間後に再び Treadmill を施行した。運動負荷は多段階方式 Bruce の変法 (各ステージの速度を原法の 62.5% とした) を用い, 胸痛発現が負荷開始後大体 3~6 分間に生じるようにした。負荷は胸痛発現または運動続行不能の訴えがあったときに中止した。

## II 結 果

図 1 は日を違えて繰り返し行った計 4 回のコントロール時の angina threshold を心拍数 (HR), 収縮期血圧 (BP), その両者の積 double product (DP), 及び胸痛発現時間 (time) についてみたものである。

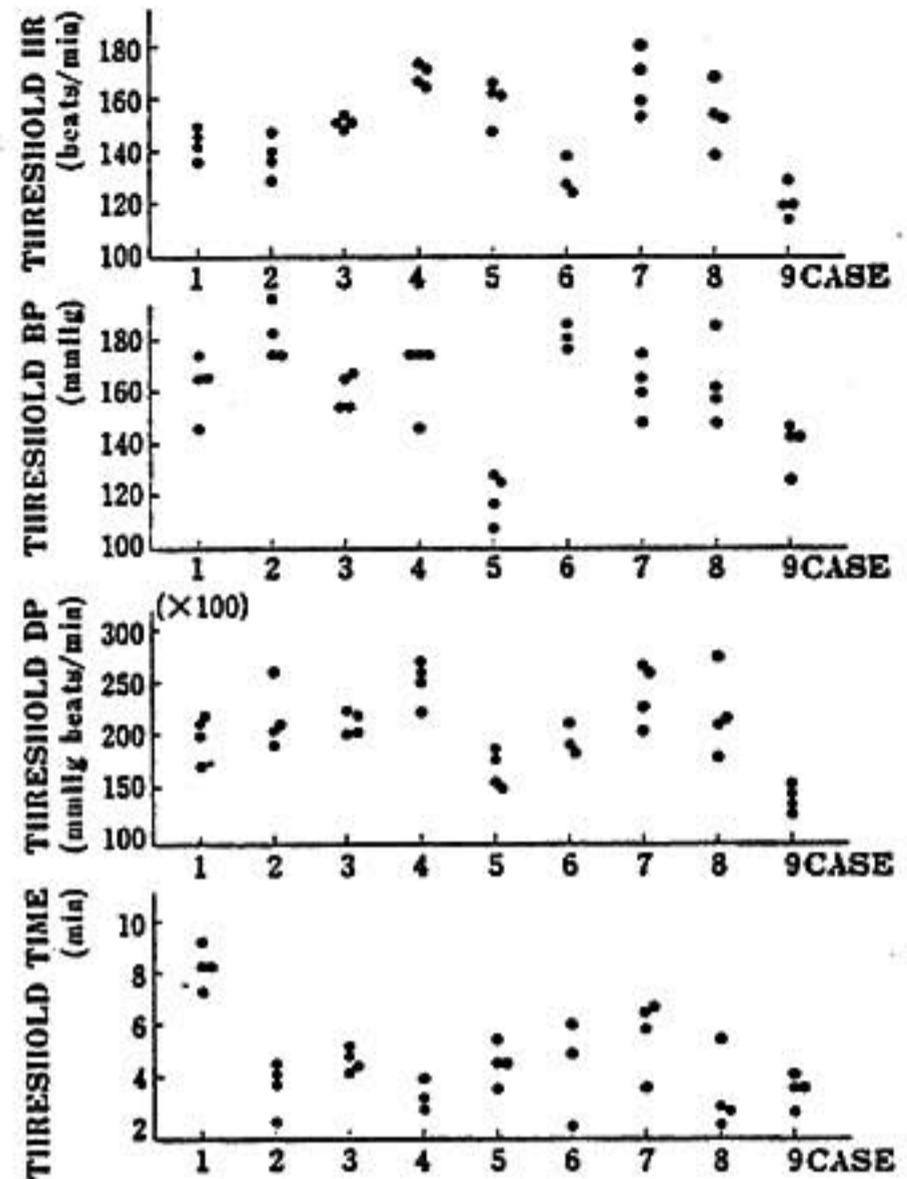


図 1 Reproducibility of angina threshold in each case

HR=heart rate; BP=systolic blood pressure; DP=double product

各例における胸痛発現時の HR, BP, DP, time のそれぞれの平均からの deviation を%で表し, これを 9 例で平均してみると, HR は $\pm 2.2\%$ , BP は $\pm 2.6\%$ , DP は $\pm 4.2\%$ , time は $\pm 7.3\%$ の deviation がみられた。これによると angina threshold は HR, BP, DP, time について, この順に再現性があった。Time, すなわち胸痛発現時間における再現性が低いのは胸痛確定の仕方に問題があると思われた。

表 2 は各指標の angina threshold を threshold-time, -HR, -BP, -DP とし, それぞれに対する薬物の影響を%change で表したものである。各症例を患者が自覚的に最も有効と答えた薬物別にグループに分け, どの指標の動きが自覚的に評価される有効性と関連するかを調べた。当然ではあるが胸痛発現時間を延長させた薬物の評価は高かった。Nitrate を有効と答えた 3 例中 2 例でわずかではあるが threshold-BP の低下と threshold-HR の増加がみられ, threshold-DP には変化はみられなかった。1 例で threshold-DP の著増がみられ, これは Diltiazem を有効とした例と

表2 Drug effects on angina threshold

(Δ: %change in threshold)

## —Nitrate effective—

Case	Drug	ΔTime	ΔHR	ΔSBP	ΔDP
2	ISDN	+50	+26	+33	+69
	DIL	+40	+9	+4	+14
	NF	+50	+15	+7	+24
	PROP	+0	-17	-7	-22
6	NG	+90	+3	-2	+1
	ISDN	+0	-7	-7	-14
	DIL	+5	-2	+3	+2
9	ISDN	+116	+7	-4	+3
	DIL	+50	+0	+16	+16
	NF	+16	+13	-9	+4
	PROP	+58	+3	-2	+2

## —Diltiazem effective—

4	NG	+20	+1	-2	-1
	DIL	+33	+10	+27	+39
	NF	+25	+1	-14	+4
	PROP	+33	-20	-13	-31

## —Nifedipine effective—

1	NG	+10	+13	-6	+7
	DIL	+25	+9	-7	+1
	NF	+33	+25	-17	+4
	PROP	+33	-6	-6	-11
3	NG	+0	+2	-7	-5
	DIL	+20	+4	-2	-1
	NF	+40	+13	-15	-4
	PROP	+20	-19	-13	-29
5	NG	+0	+0	+6	+6
	DIL	-17	+3	+26	+29
	NF	+20	+10	-22	-14
	PROP	+25	-9	-15	-23

## —Propranolol effective—

7	ISDN	-12	-2	-22	-24
	DIL	-1	-12	-1	-7
	NF	+50	+18	-22	-2
	PROP	+57	-10	-1	-11
8	ISDN	-33	-11	-10	-21
	DIL	-10	-18	-13	-29
	NF	+47	+14	-7	+7
	PROP	+11	-18	-17	-32

ISDN = isosorbide dinitrate

NG = nitroglycerin

DIL = diltiazem

NF = nifedipine

PROP = propranolol

同じく threshold-HR と threshold-BP の両者の増加を伴っていた。これらの Nitrate 有効3例中2例は3枝病変、1例は陳旧性心筋梗塞（冠動脈造影せず）であった。Nifedipine を有効とした例では、threshold-BP の増加が最も大きく抑制された薬物を最も有効と答えていた。ただし、逆に threshold-HR は増加しており、その結果 threshold-DP は一定の変化を示さなかった。Nifedipine 有効例は、3枝病変1例、1枝病変1例、高脂血症1例（冠動脈造影せず）の3例であった。Propranolol を有効とした例では、Propranolol は threshold-HR を主として下げ、同時に threshold-BP も下げ、その結果 threshold-DP も低下させていた。Propranolol 有効例は1枝病変の2例であった。以上より有効薬剤と病変の程度との間には特定の関係はみられず、それぞれの薬物の特徴とする作用が十分発揮された例ではその薬物が有効と判断されるという傾向があるように思われた。

つぎに各薬物の胸痛発現時の threshold-HR, -BP, -DP に及ぼす影響を threshold-time の変化との関係において検討した（図2）。Nitrate 投与では、9例中5例で10~116%（平均57.2%）の threshold-time の延長を認めたが、threshold-DP は2例で増加を示し、他の3例では明らかな変化を示さなかった。Diltiazem では、9例中5例で20~50% 平均33.6%の threshold-time の延長がみられ、うち3例で threshold-DP は14~39%（平均23.0%）増加し、2例で不変であった。threshold-HR は4例で4~10%（平均8.0%）増加し、threshold-BP は2例で低下、3例で上昇した。Nifedipine では threshold-time は8例で16~50%（平均35.1%）延長した。このうち threshold-BP は7例で-7~-22%（平均-14.0%）低下し、threshold-HR は全例で1~25%（平均13.6%）と増加、threshold-DP は4例で増加、4例で減少した。Propranolol では全例で threshold-time の0~58%（平均29.6%）の延長が認められた。threshold-HR は1例を除いて-6~-20%（平均-14.1%）低下し、threshold-BP も全例で-1~-17%（平均-9.3%）低下した。threshold-DP は1例を除いて-11~-32%（平均-22.7%）の低下を示した。

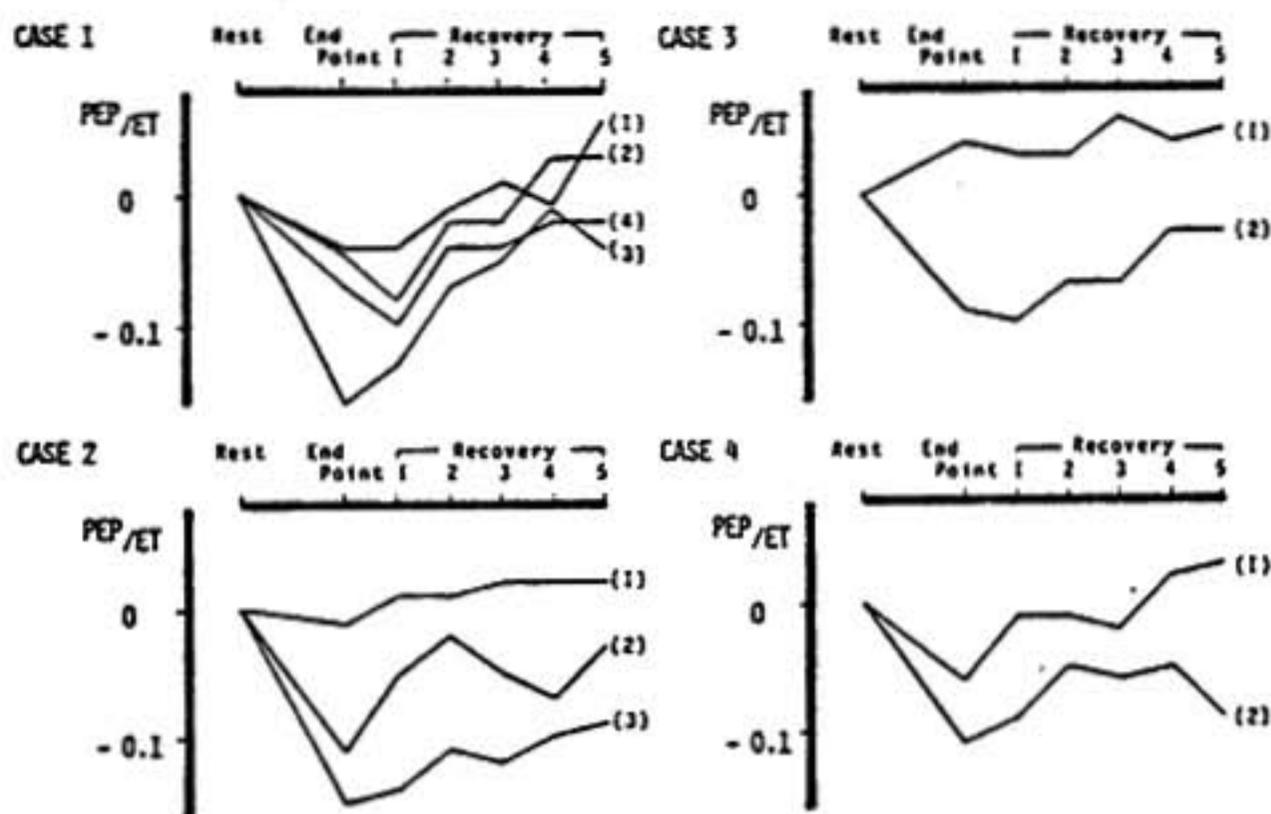


図2 STI Changes in patients became N type by re-exercise

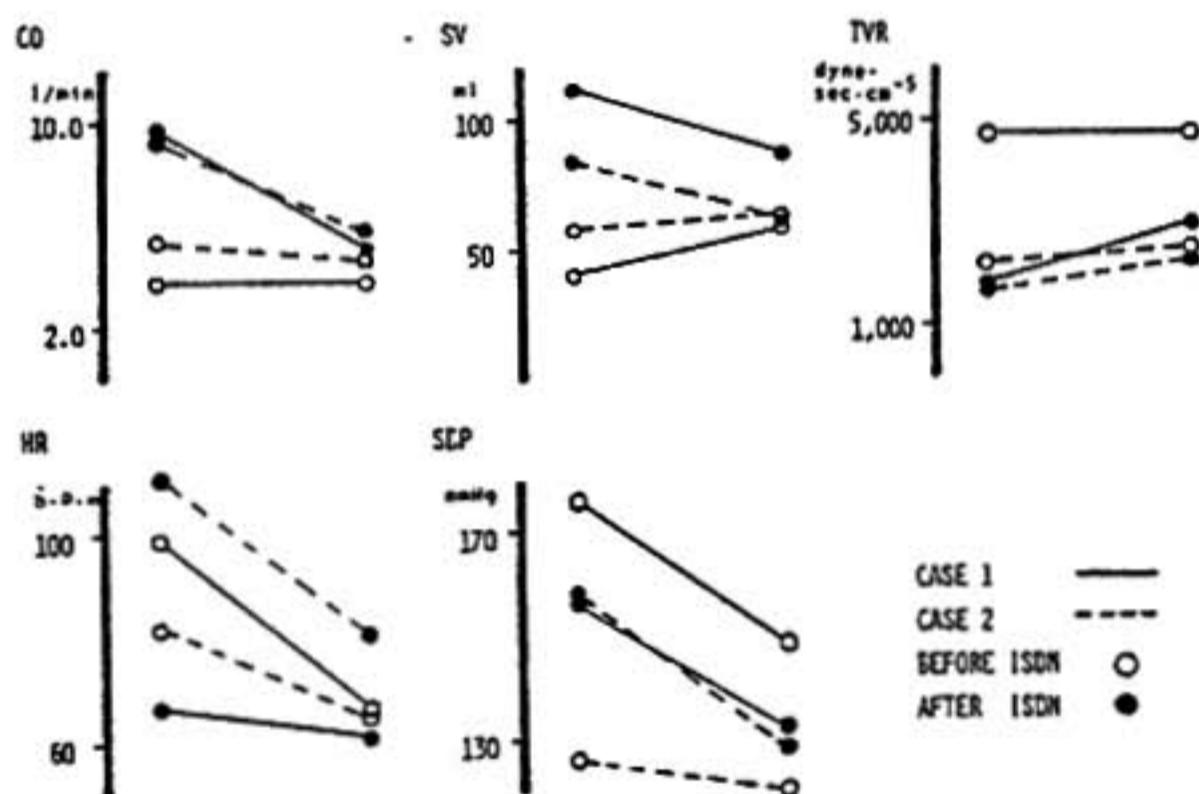


図3 Differences of hemodynamics before and after ISDN

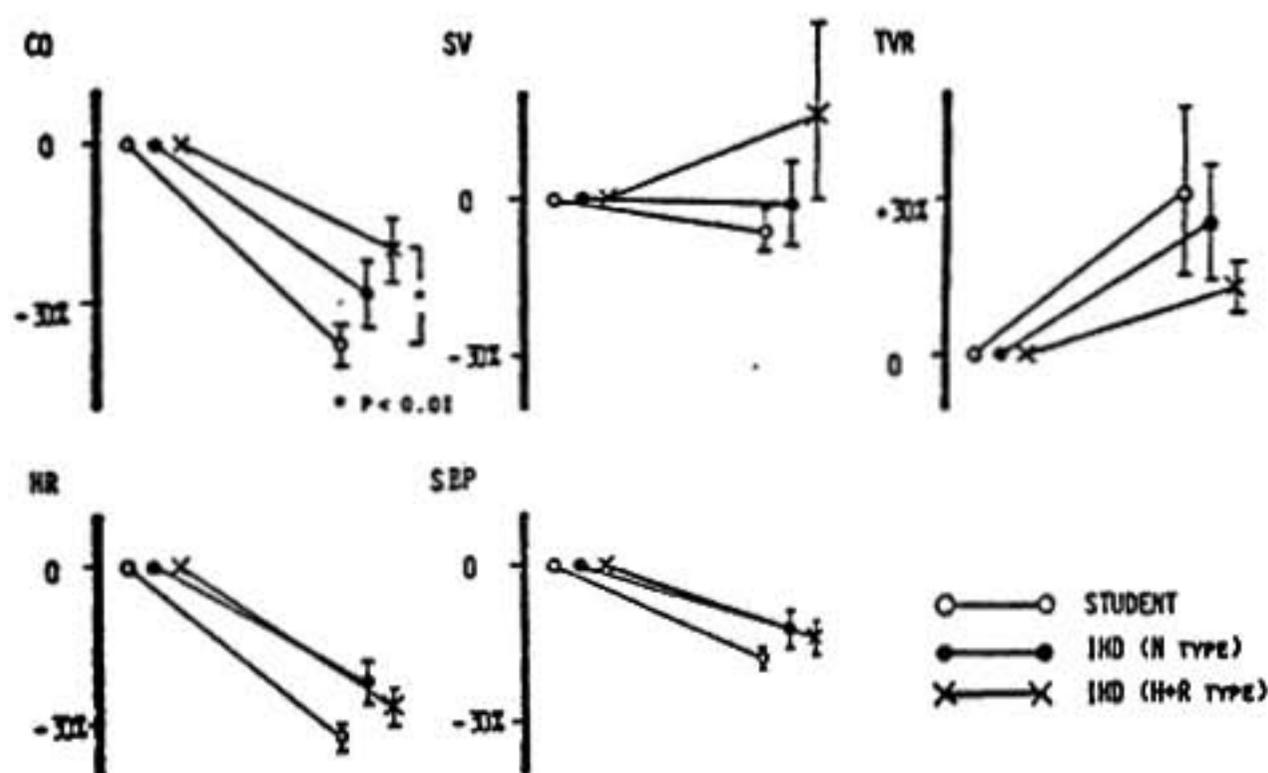


図4 Differences of hemodynamics between N type and H+R type

N型を示した。

H型を示した症例2例に、1週間後 ISDN (Isosorbide Dinitrate) 5 mg を舌下投与し、その5分後から運動負荷を行った(図1)。2症例とも ISDN 投与後N型に移行した。

初回検査時、H型ないしはR型を示した症例のうち、経過を追って2回以上検査しえた4症例の PEP/ET の反応パターンを検討した(図2)。症例1では初回及び2回目の検査ではH型を示したが、3回目及び4回目の検査ではN型を示した。症例2、3、4は初回検査時それぞれH型、R型、H型を示したが、以後3症例ともN型に移行した。

ISDN 投与を行ったH型2症例について、ISDN 投与前後の end point と回復期4分で血行動態の変化を検討した(図3)。ISDN 投与後2症例とも運動負荷量が1段階ずつ増加したため、end point で投与前よりも心拍出量、一回心拍出量は増加し、総末梢血管抵抗は減少した。心拍出量についてみると、ISDN 服用前と回復期において増加したが服用後は減少し逆の反応様式を示した。

健常者と、虚血性心疾患のN型と、HあるいはR型の3群間において、end point と回復期4分との間で、血行動態諸計測値の変化率を検討した(図4)。心拍出量、総末梢血管抵抗では、H型ないしR型は、N型に比べ減少率が低値を示し、回復が遅延する傾向を示した。1回心拍出量においては、HあるいはR型は回復期に増加し、一方N型は減少を示した。

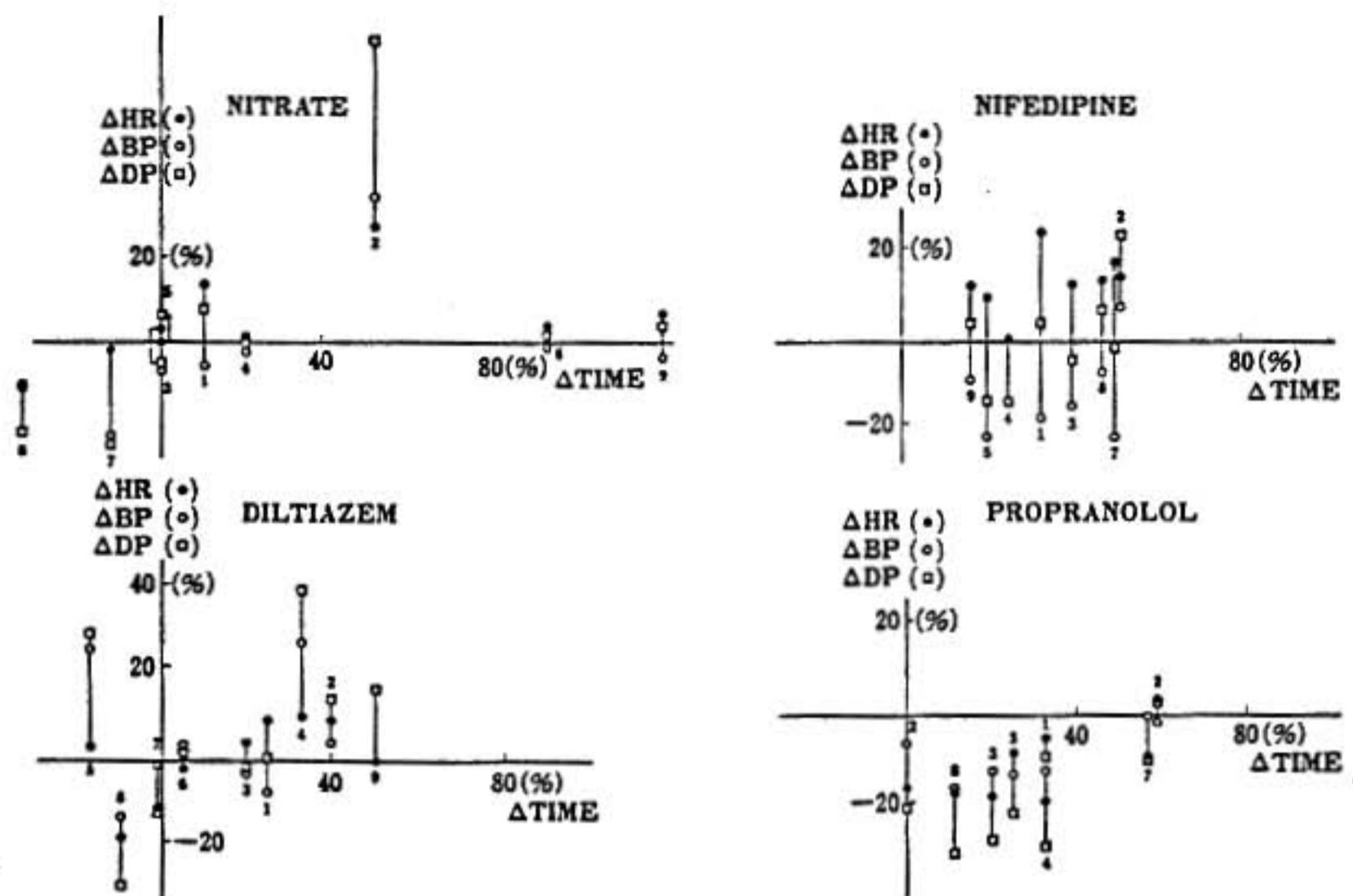


図2 Relation of per cent changes in the threshold-heart rate, systolic blood pressure and double product to that in threshold-time after the administration of the drugs  
Numbers indicate the case number. HR=heart rate; BP=systolic blood pressure; DP=double product

### Ⅲ 考 案

Nitrate は胸痛発現時の threshold-DP と threshold-BP を増加させたという報告<sup>1)</sup>があるが、今回の我々の観察では、threshold-BP はむしろ軽度低下、threshold-HR 軽度上昇し、その結果 threshold-DP は不変である傾向がみられた。Diltiazem は亜最大運動負荷時の DP の増加を小さくするが最大運動負荷時には抑制しないといわれている<sup>2)</sup>。我々の成績では threshold-time の延長を認めた6例中3例で threshold-DP は不変、3例で増加した。これは運動耐容能が改善して負荷運動量が増大したためと思われた。

Nifedipine は threshold-BP を著しく低下させたが、threshold-HR は抑制せずむしろ上昇させ、したがって threshold-DP は、一定の傾向を示さなかった。Ekelund らも同様の報告をしている<sup>3)</sup>。Propranolol は負荷による threshold-BP, HR 共に低下させ、その結果 threshold-DP も減少させるといわれている<sup>4)</sup>が、我々の成績も8例中7例で同様であった。

### 結 論

以上の成績に基づき、各薬物の労作性狭心症における運動耐容能増加の機序を図3のごとくに分類した。

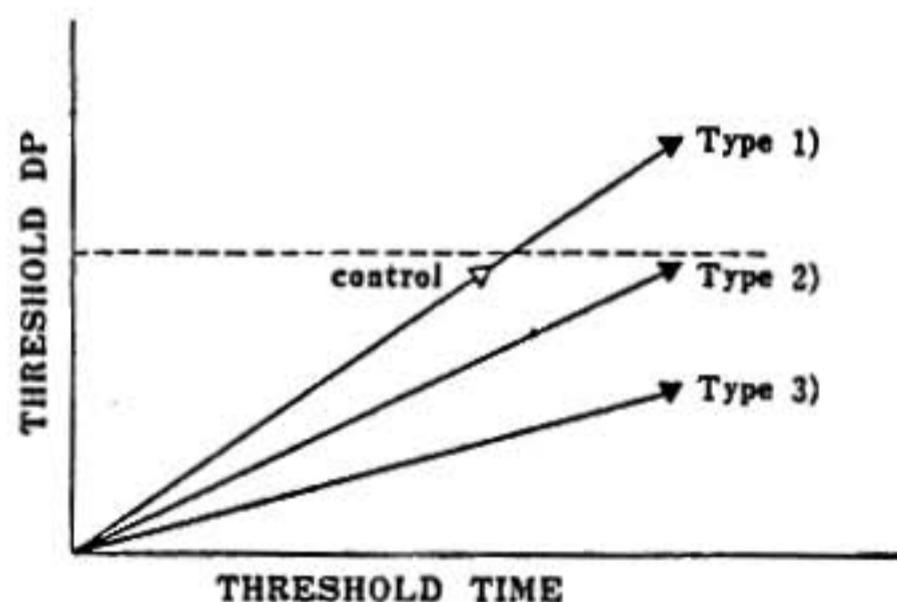


図3 Three types of the effects of the drugs on the exercise tolerance in the patients with exertional angina

すなわち、threshold-time がコントロール(→▷)から延長(→▶)するとき、threshold-DP がコントロールより大きくなるものを type 1、不変のものを type 2、小さくなるものを type 3 とした。

Type 1) の薬物には Nitrate の一部と Diltiazem が挙げられた。この機序には恐らく冠拡張による酸素供給能の改善が考えられる。

Type 2) の薬物には Nitrate の大部分と Nifedipine があつた。この機序としては酸素需要の増加の抑制が考えられる。

Type 3) の薬物は Propranolol であつた。かかる働きを生じる薬物は酸素需要の増大の抑制効果をもちながら酸素供給能はむしろ悪くすると思われるものであり、恐らく冠拡張を生じにくくする働きをもつものと考えられる。

## 文 献

- 1) Thadani U., et al. : Am. J. Cardiol. 49 : 411, 1982.
- 2) Hossack K. T., et al. : Am. J. Cardiol. 49 : 567, 1982.
- 3) Ekelund L-G., et al., edited by Hashimoto K., et al. : Ist International Nifedipine 《Adalat》 Symposium, Bayer Yakuhin Ltd., Osaka, Japan, 144, 1975.
- 4) Thadani U., et al. : Am. J. Cardiol. 44 : 118, 1979.

## 心プールイメージングによる多段階エルゴメーター 負荷時の左心機能の検討

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

吉田 章\*・鈴木 幸園\*・田巻 俊一\*  
門田 和紀\*・神原 啓文\*・河合 忠一\*

### はじめに

冠動脈疾患の診断および心機能評価において、核医学的方法の果たす役割が増加してきた。今回、われわれは Tc-99m 標識赤血球による心電図同期心プールスキャン (以下心プールスキャンと略す) を用いて、電気制御型仰臥位エルゴメーターによる多段階運動負荷試験を行い、左室駆出率 (LVEF) の経時的变化を検討した。

### I 対 象

心疾患を有しない正常対照群 8 例、冠動脈疾患群 (CAD) 20 例のうち 1 枝病変群 (1VD) 12 例 (陳旧性心筋梗塞 9 例、労作性狭心症 3 例) および多枝病変群 8 例 (陳旧性心筋梗塞 3 例、労作性狭心症 5 例) を対象とした。各群の年齢および男女比は表 1 に示す。

表 1 Patients

	n	Sex (M/F)	Age
Normal	8	7/1	52 ± 12
1VD	12	12/0	55 ± 11
2&3VD	8	8/0	54 ± 8

### II 方 法

運動負荷は、電気制御型仰臥位エルゴメーターにて 3 分ごとに 25 W ずつ漸増する多段階運動負荷試験を行った。運動の終点は原則として symptom-limited としたが、心電図モニターで心室性期外収縮の頻発した場合は、症状がなくとも直ちに中止した。心プールスキャンは、5 mg のピロ磷酸を静注し 30 分後に 20 mCi の Tc-99m pertechnetate を静注して赤血球を *in vivo* で標識し、平衡時法にて行った。ガンマカメラ (Pho/Gamma, LFOV ; Searl) に汎用平行コリ

メーターを装置し、オンラインで接続したミニコンピュータ (PDP 11/60; DEC) にデータを収集した。心プルスキャンは安静時500心拍, 運動負荷時は各3分間の負荷段階のうち後半2分間のデータを収集した。ガンマカメラは足方に $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$  傾斜させた左前斜位 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ で, 左右心室の最もよく分離する角度に設定した。心電図は  $aV_r, V_2$  および  $V_3$  の3誘導でモニターし, 各負荷段階の終わりにカフマノメーターにて血圧を測定した。

### III 症 例

58歳男性 労作性狭心症例で, 上図は左室における volume curve で, 安静時 (Rest) の LVEF 58% が最大運動負荷時 (PEx) には39%に低下し, 心電図でも  $aV_r$  で虚血性の ST 低下を示した (図1)。

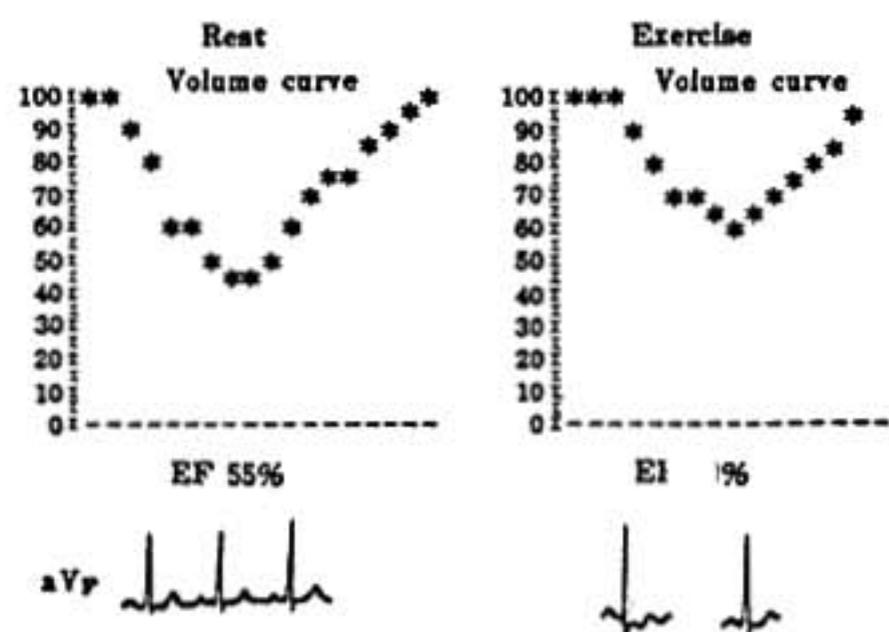


図1 Volume curve  
Angina pectoris 58M

### IV 結 果

安静時と最大運動負荷時の LVEF を比較すると, 正常群では全例5%以上の上昇 (Rest:  $59.6 \pm 4.8\%$ , PEx:  $72.8 \pm 9.8\%$ ) を示した (図2A), 1枝病変群では LVEF は安静時に比して最大運動負荷時には軽度の上昇 (Rest:  $48.9 \pm 13.7\%$ , PEx:  $54.0 \pm 14.4\%$ ) を示したが有意な差はなかった。このうち狭心痛の生じた3例は, いずれも LVEF は安静時よりも低下した (図2B), 多枝病変群では LVEF は安静時に比して最大運動負荷時では低下する傾向 (Rest:  $60.9 \pm 7.9\%$ , PEx:  $56.0 \pm 7.9\%$ ) にあったが有意な差はなかった (図2C)。

LVEF の経時的变化をみると, 正常群では負荷量の増加とともに上昇した (図3A), 1枝病変群においては, 軽い負荷段階では次第に LVEF は上昇し, 右冠動脈閉塞のみによる小範囲の下壁梗塞の2例は, 正常群と同様な LVEF の上昇を示したが, 運動により狭心痛を生じた3例 (図中■で示す) は, 胸痛の出現とともに LVEF は低下した (図3B), 多枝病変群においても, 軽度ではあるが軽い負荷段階では LVEF が上昇し, 胸痛の出現した5例は症状出現とともに LVEF は低下した (図3C)。

### V 考 案

最大運動負荷時の左室の global な EF は, 正常対照群では安静時に比して5%以上の有意な上昇を示した。CAD 群では, 不変または低下する傾向を示し,

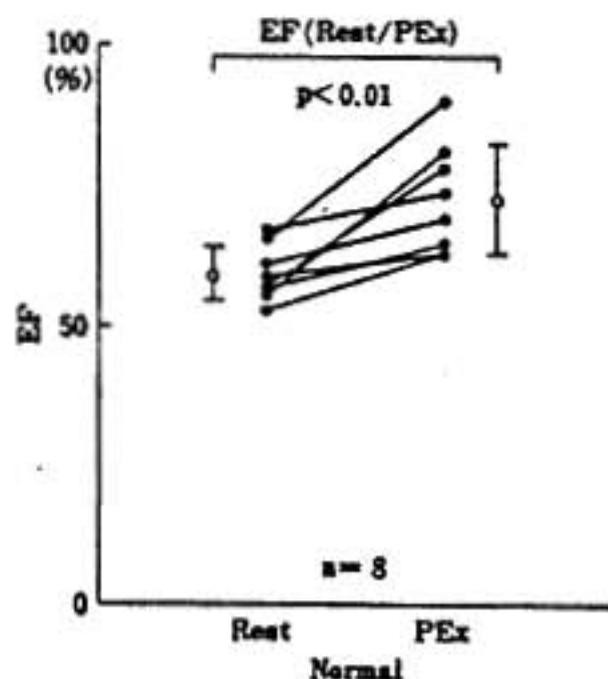


図2(A) EF (Rest/PEx)

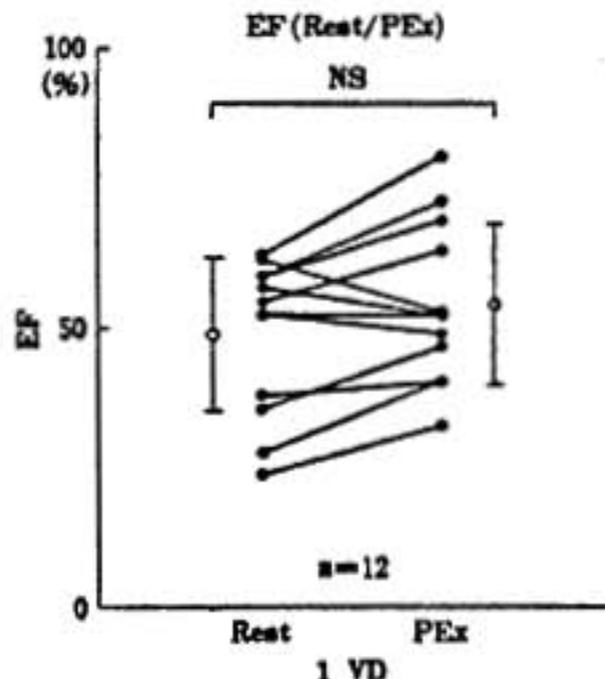


図2(B) EF (Rest/PEx)

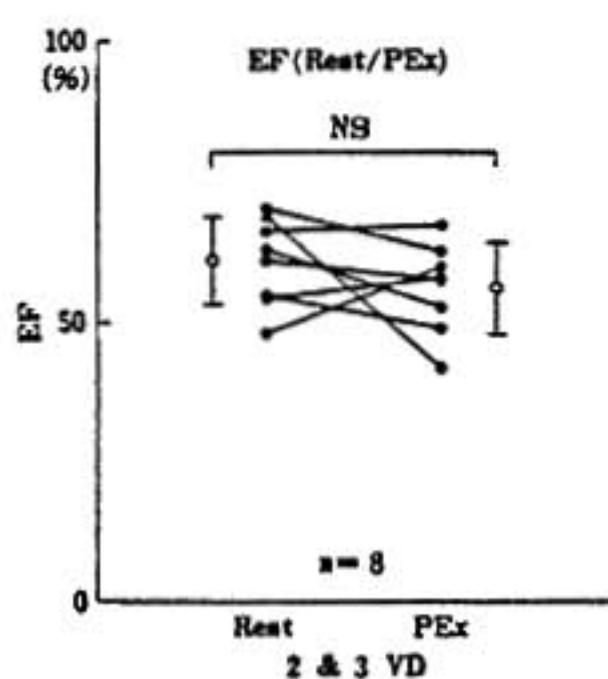


図2(C) EF Rest/PEx

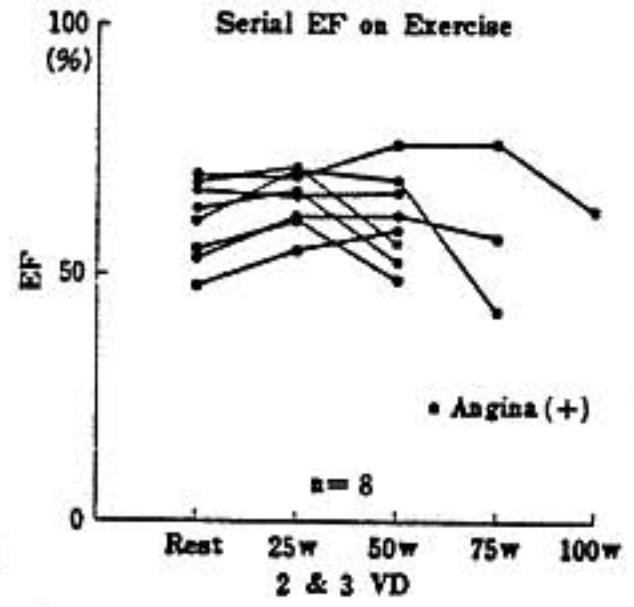
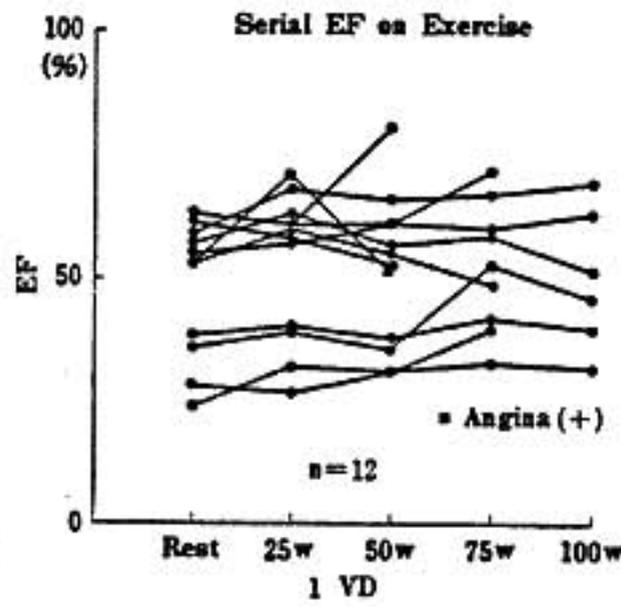
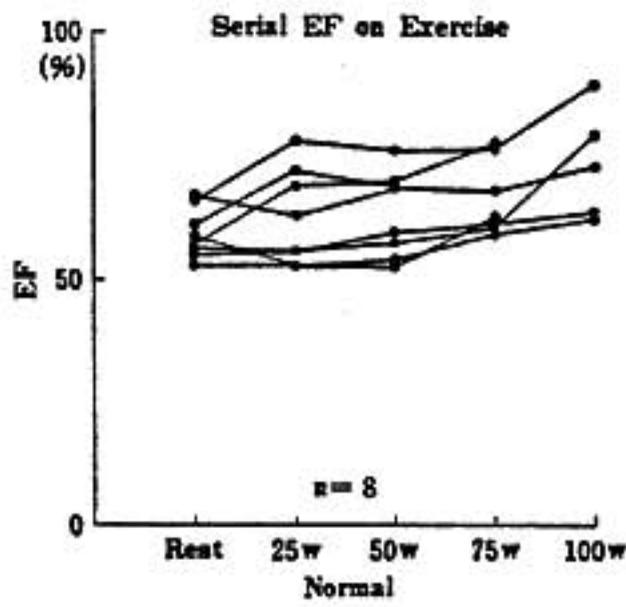


図3(A) Serial EF on exercise 図3(B) Serial EF on exercise 図3(C) Serial EF on exercise

これまでの報告<sup>2-4)</sup>と一致した、経時的な LVEF の検討では、CAD 群でも亜最大負荷時には安静時よりも LVEF が上昇している例もあり、十分な量の負荷を加えることが診断上重要なことが示唆された。右冠動脈のみに閉塞病変を有し、運動負荷時に狭心痛を伴わない小さな下壁梗塞例には、正常群と同様な反応を呈するものがあつた。これは閉塞した血管以外に有意な狭窄病変がなく、壁運動の異常も心尖部に限局されているため、健常部位の代償が大きく、LVEF の悪化が運動負荷時に生じなかつたと考えられる。CAD 群において、運動負荷時に狭心痛が誘発された例は、いずれも LVEF は低下したが、これらは虚血部位が

広範囲のために、健常部位の代償機転が充分でなかつたためと考えられた。左室の収縮動態の運動負荷時の変化は、冠動脈疾患においては、左室の global な EF の変化のみならず、局所の壁動態も考慮することが必要であり、今後更に症例を増やして検討したい。

文 献

- 1) Pavel D. B., et al. : J. Nucl. Med. 18 : 305, 1977.
- 2) Borer J. S., et al. : N. Engl. J. Med. 296 : 839, 1977.
- 3) Jengo J. A., et al. : Circulation 59 : 60, 1979.
- 4) Borer J. S., et al. : Circulation 60 : 572, 1979.

労作性狭心症における運動負荷 RI アンジオグラフィと  
運動負荷心筋シンチグラフィの相関

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

都 田 裕 之\*・河 合 直 樹\*

岩 瀬 正 嗣\*・志 貴 一 仁\*

都 築 雅 人\*・近 藤 照 夫\*・横 田 充 弘\*

山 内 一 信\*・林 博 史\*・外 畑 巖\*

緒 言

近年、冠動脈疾患の診断において RI を用いた運動負

荷試験の有用性が報告されている<sup>1-3)</sup>。今回、我々は、冠動脈疾患の検出および罹患冠動脈枝の推定における運動負荷 RI アンジオグラフィ (RNA) および運動

\* 名古屋大学医学部 第一内科

負荷  $^{201}\text{Tl}$  心筋シンチグラフィ (MPI) の診断能を比較し, かつ, 両検査法の成績の相関性について検討した。

## I 対 象

対象は, 選択的冠動脈造影にて左冠動脈主幹部に50%以上, または, その他の主要冠動脈枝に75%以上の内径狭窄を認め, かつ, 左室造影にて無収縮または奇異性収縮を認めない労作狭心症患者30例 (男28例, 女2例, 平均53.8歳) であり, 正常対照として健常男子8例 (平均31.9歳) を用いた。

## II 方 法

臥位自転車エルゴメータによる運動終了直後および1時間後安静時に  $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$  または  $^{99\text{m}}\text{Tc-HSA}$  20mCi を静注し, 右前斜位において第1回循環時に RNA を記録し, 左室壁運動の評価および左室駆出率の算出を行った<sup>1)</sup>。坐位自転車エルゴメータによる運動終了1分前に  $^{201}\text{Tl}$  2 mCi を静注し, 運動終了直後に正面, 30°, 45° および60° 左前斜位, および左側面の5方向から MPI を撮像した。MPI のデータ処理については, Goris ら<sup>2)</sup>の方法によりバックグラウンド処理を行った後, 左室心筋上の各区域に関心領域 (ROI) を設定し, 各方向において, 最大のカウント数を示す ROI の値に対する各 ROI のカウント数の比率を求め局所心筋摂取率 (MUR) とした<sup>3)</sup>。

両運動負荷 RI 検査における運動終了点は, 狭心症群では全例中等度の狭心痛, 健常対照群では目標心拍数 (年齢別予測最大値の85%) または下肢疲労であった。

## III 結 果

### 1) 冠動脈疾患の検出能

表1に示すように, 運動負荷 RNA において①「運動による新たな左室壁運動異常の出現」を陽性とする基準では, 感度は83%, 特異度は100%, 診断精度は87%であった。また, ②「運動による左室駆出率の減少または不変 (±5%以内の増減)」を陽性とする基準では, 感度は87%, 特異度は100%, 診断精度は89%であった。運動負荷 RNA の陽性判定基準を①および (または) ②とすると, 診断精度は95%であった。

表1 Diagnostic reliabilities of exercise stress radionuclide angiocardiology and exercise stress thallium-201 myocardial perfusion imaging for detecting coronary artery disease

Criterion	RNA			$^{201}\text{Tl}$ MPI
	① development of an abnormal wall motion	② decrease or no change* in LVEF	① or ②	minimum MUR $\leq 65\%$
Sensitivity	83% (25/30)	87% (26/30)	93% (28/30)	73% (22/30)
Specificity	100% (8/8)	100% (8/8)	100% (8/8)	100% (8/8)
Diagnostic Accuracy	87% (33/38)	89% (34/38)	95% (36/38)	79% (30/38)

\* changes within  $\pm 5$  percent

Abbreviations: LVEF: Left Ventricular Ejection Fraction  
MUR: Myocardial Uptake Ratio

一方, 運動負荷 MPI において「左室壁の ROI のいずれかにおいて運動直後の MUR が65%以下」を陽性とする基準では感度は, 73%, 特異度は100%, 診断精度は79%であった。

### 2) 罹患冠動脈枝の推定能

狭心症群30例を少なくとも左前下行枝 (LAD) または左冠動脈主幹部 (LMT) に有意狭窄を有する20例と右冠動脈 (RCA) または左回旋枝 (LCX) にのみ有意狭窄を有する10例とに分類し, 両 RI 運動負荷試験の LAD 病変推定能を比較検討した (表2)。運動負荷 RNA において「運動により前壁基部または前側壁, または心尖部のみに新たな壁運動異常出現」

表2 Diagnostic reliabilities of exercise stress radionuclide angiocardiology and exercise stress thallium-201 myocardial perfusion imaging for detecting LAD or LMT lesion, and RCA or LCX lesion in all 30 patients

Method	LAD or LMT Lesion		RCA or LCX Lesion	
	RNA	$^{201}\text{Tl}$ MPI	RNA	$^{201}\text{Tl}$ MPI
Criterion	abn wall motion in ant wall	hypoperfusion in ant wall	abn wall motion in inf or post wall	hypoperfusion in inf or post wall
Sensitivity	85% (17/20)	70% (14/20)	38% (9/24)	29% (7/24)
Specificity	90% (9/10)	90% (9/10)	100% (4/4)	100% (4/4)
Diagnostic Accuracy	87% (26/30)	77% (23/30)	46% (13/28)	39% (11/28)

Abbreviations: LAD: Left Anterior Descending Artery  
LMT: Left Main Trunk  
RCA: Right Coronary Artery  
LCX: Left Circumflex Artery

を陽性と判定する基準では、感度は85%、特異度は90%、診断精度は87%であった。一方、運動負荷 MPI において「運動により中隔または前壁、または心尖部のみに低灌流出現」を陽性と判定する基準では、感度は70%、特異度は90%、診断精度は77%であった。

狭心症群30例から少なくとも RCA または LCX に有意狭窄を有する24例と、LAD にのみ有意狭窄を有する4例を選び、これら2群について RCA または LCX 病変の推定能を検討した(表2)。運動負荷RNA において「運動により下壁または後壁に新たな壁運動異常出現」を陽性と判定する基準では、感度は38%、特異度は100%、診断精度は46%であった。一方、運動負荷 MPI において「運動により下壁、後壁または側壁に低灌流出現」を陽性と判定する基準では、感度は29%、特異度は100%、診断精度は39%であった。

狭心症群30例から LAD または LMT にのみ有意狭窄を有する6例と、RCA または LCX にのみ有意狭窄を有する10例を選び、これら2群について LAD 病変の推定能を検討した(表3)。運動負荷 RNA に

表3 Diagnostic reliabilities of exercise stress radionuclide angiocardiology and exercise stress thallium-201 myocardial perfusion imaging for detecting LAD or LMT lesion, and RCA or LCX lesion in 16 patients without combined lesions

Method	LAD or LMT Lesion		RCA or LCX Lesion	
	RNA	<sup>201</sup> Tl MPI	RNA	<sup>201</sup> Tl MPI
Criterion	abn wall motion in ant wall	hypoperfusion in ant wall	abn wall motion in inf or post wall	hypoperfusion in inf or post wall
Sensitivity	100% (6/6)	100% (6/6)	60% (6/10)	60% (6/10)
Specificity	90% (9/10)	90% (9/10)	100% (4/4)	100% (4/4)
Diagnostic Accuracy	94% (15/16)	94% (15/16)	71% (10/14)	71% (10/14)

において、感度は100%、特異度は90%、診断精度は94%であった。一方、運動負荷 MPI において、感度は100%、特異度は90%、診断精度は94%であった。

狭心症群30例から、RCA または LCX にのみ有意狭窄を有する10例と、LAD にのみ有意狭窄を有する4例を選び、これら2群について RCA または LCX 病変の推定能を検討した(表3)。運動負荷 RNA において、感度は60%、特異度は100%、診断精度は71%であった。一方、運動負荷 MPI において、感度は

60%、特異度は100%、診断精度は71%であった。

3) 運動負荷 RNA および運動負荷 MPI の相関  
表4に運動負荷 RNA における左室壁運動異常部

表4 Agreement of exercise-induced wall motion abnormality and thallium-201 hypoperfusion in segmental left ventricular wall

	Anterior Wall	Apex	Inferior Wall	Posterior Wall	Percent Agreement
MPI ⊕ RNA ⊕ (13/15)	87%	65%	89%	50%	74% (37/50)
RNA ⊕ MPI ⊕ (14/14)	100%	100%	100%	43%	90% (37/41)

位と運動負荷 MPI における低灌流域との一致率を示す。壁運動異常を認めた領域のうち低灌流を認めた領域の比率は、前側壁(前壁)では87%、心尖部では65%、下壁では89%、後壁では50%、全体では74%であった。一方、低灌流を認めた領域のうち壁運動異常を認めた領域の比率は、前壁(前側壁)、心尖部および下壁では100%、後壁では43%、全体では90%であった。

図1に示すように、狭心症群30例において運動負荷 RNA における運動時左室駆出率と運動負荷 MPI における最小局所心筋摂取率の間には弱い正相関 ( $r =$

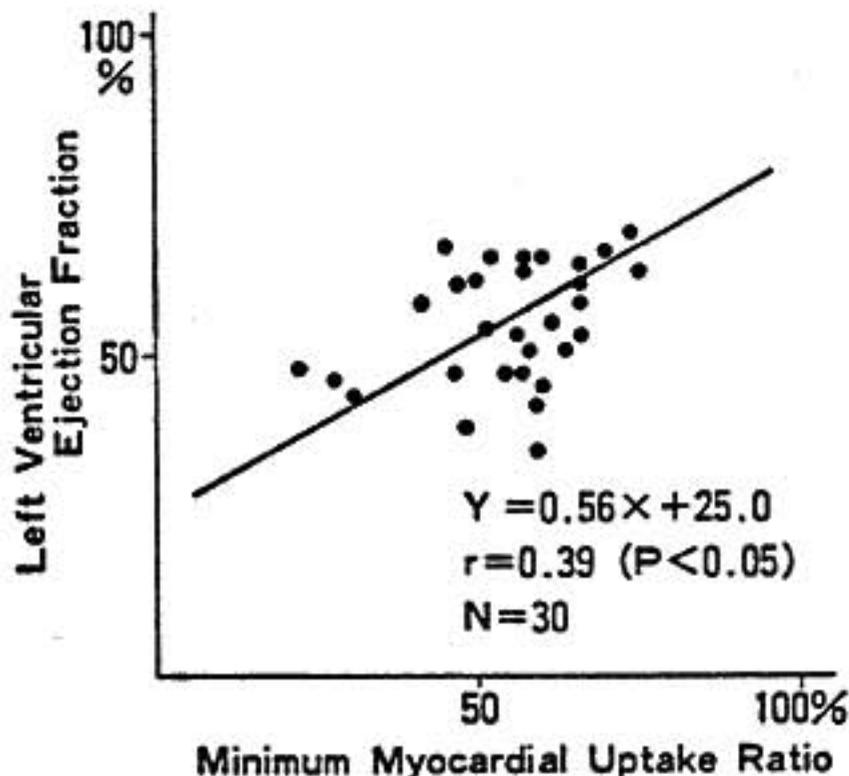


図1 Correlation between minimum thallium-201 myocardial uptake ratio and left ventricular ejection fraction by radionuclide angiocardiology immediately after exercise

0.39,  $p < 0.05$ ) が認められた。

#### IV 考 案

冠動脈疾患の検出において、左室壁運動基準および駆出率基準による運動負荷 RNA の診断精度は、局所心筋摂取率基準による運動負荷 MPI に比して高かった<sup>2)</sup>。冠動脈枝を中隔および前壁を支配する左前下行枝 (LAD) と、下壁、後壁および側壁を支配する右冠動脈 (RCA) および左回旋枝 (LCX) の2群に分けて、罹患冠動脈枝推定の診断精度をみると、狭心症群全体では運動負荷 RNA が運動負荷 MPI に比して高かったが、各群の病変が独立して存在する場合は、RNA および MPI は同等の診断精度を示した。局所心筋摂取率は、定義より心筋灌流の相対的指標である。各方向での撮像で最大カウントを示す ROI のカウントが正常に比し低下するほどの広範な心筋虚血ではさらに虚血の程度の強い他の ROI の局所心筋摂取率は正常範囲に留まり、結果は偽陰性と判定される。さらに負荷 MPI の評価方法を検討する必要があると考えられた<sup>2)</sup>。

運動負荷 RNA と運動負荷 MPI の相関において、運動による壁運動異常部位と低灌流域は比較的良好一致した。また、左室駆出率と最小局所心筋摂取率との間には弱い正相関が認められた。

以上より、両運動負荷 RI 法は運動誘発心筋虚血を

臨床的に評価するのに有用な手段であると考えられた。

#### 文 献

- 1) Jengo J. A., Oren V., Conant R., et al.: Effects of maximal exercise stress on left ventricular function in patients with coronary artery disease using first pass radionuclide angiography. A rapid, noninvasive technique for determining ejection fraction and segmental wall motion. *Circulation* 59: 60, 1979.
- 2) Rigo P., Bailey I. K., Griffith L. S. C., et al.: Value and limitations of segmental analysis of stress thallium myocardial imaging for localization of coronary artery disease. *Circulation* 61: 973, 1980.
- 3) Jengo J. A., Freeman R., Brizendine M., et al.: Detection of coronary artery disease: Comparison of exercise stress radionuclide angiography and thallium stress perfusion scanning. *Am. J. Cardiol.* 45: 535, 1980.
- 4) Goris M. H., Daspit S. G., McLaughlin P., et al.: Interpolative background subtraction. *J. Nucl. Med.* 17: 744, 1976.
- 5) 渡辺佳彦, 稲垣春夫, 河合直樹: 核医学. 現代医学 26: 311, 1979.

### 1 枝病変狭心症患者の運動負荷心電図

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

吉 田 茂\*・齊 藤 宗 靖\*

上 田 栄 蔵\*・布施野 日出生\*・本 田 喬\*

土 師 一 夫\*・平 盛 勝 彦\*・池 田 正 男\*

#### はじめに

狭心症患者の運動負荷心電図上における虚血性変化の局在と広がりには、冠動脈病変の部位と程度、血管

の支配領域、側副血行路の発達等の複雑な諸因子の関与が考えられる。今回我々は、心筋梗塞を伴わない狭心症のうち、冠動脈造影上1枝病変例のみを対象とし、冠動脈造影所見と、運動負荷心電図上の虚血性変化の

\* 国立循環器病センター 心臓内科

広がり、および狭心症病型を対比検討したので報告する。

### I 対象および方法

対象は国立循環器病センター心臓内科に入院し冠動脈造影を施行した症例のうち、心筋梗塞を合併していない1枝病変狭心症で、安静時心電図がほぼ正常と考えられる連続45例である。ストレイン型左室肥大、弁膜症、脚ブロック、WPW 症候群の合併例およびジギタリス使用例は対象より除外した。年齢は37~66歳(平均54歳)である。

運動負荷試験は多段階トレッドミル法を用い、Marquett 社 CASE<sup>TM</sup> にて解析したが、同検査が施行されていない2症例では、double Master 試験で代用した。J点から0.08秒後での1.0mm以上のST下降および虚血性と考えられる1.0mm以上のST上昇(3例)を陽性とした。冠動脈造影はAHAの基準<sup>1)</sup>に従って判読し、75%以上の狭窄を有意とした。冠動脈狭窄部位は、左前下行枝(以下LADと略す)29例、左回旋枝(LCx)9例、および右冠動脈(RCA)7例であった。狭窄部位と狭窄程度の分布を表1に示す。

表1 器質的狭窄部位と程度

狭窄部位	LAD 本幹	LAD 分枝	LCX	RCA	合計
狭窄程度					
75%	7	1	3	1	12
90%	9	1	2	2	14
99%	5	2	3	1	11
100%	4	0	1	3	8
合計	25	4	9	7	45
Collateral (+)	8	2	2	4	16

病歴を中心に狭心症病型を次の3群に分類した；①：労作性にのみ狭心発作のみられる群(effort angina)12例、②：冠動脈造影上で冠血管収縮が証明されたか、あるいは安静時胸痛発作でST上昇がとらえられた群(vasospastic angina)17例、③：両群どちらにも分類不能な群(unclassified)16例である。

### II 結 果

図1に、冠動脈病変部位別の心電図各誘導での sen-

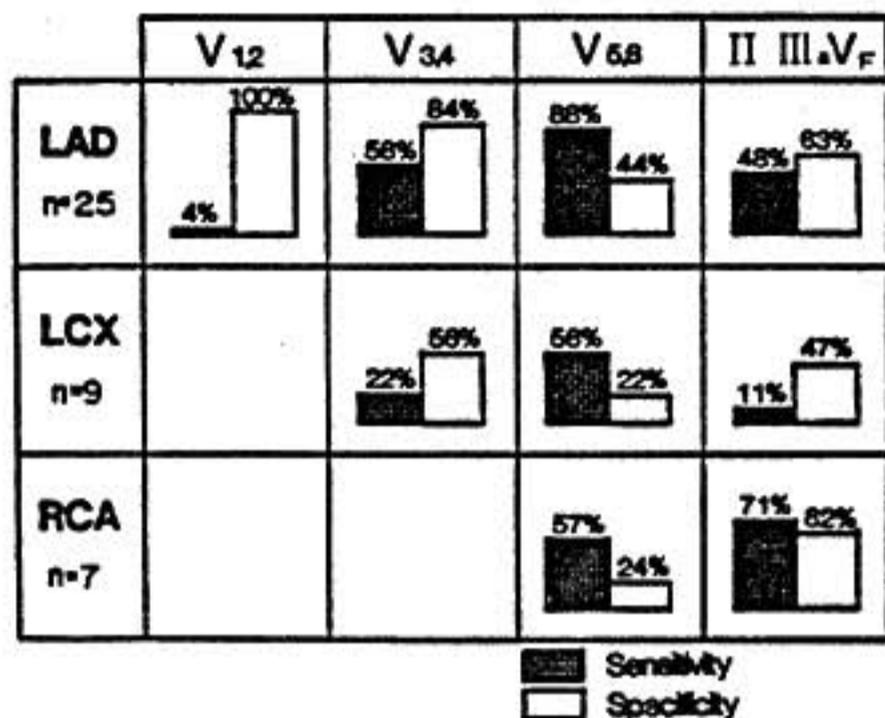


図1 1枝病変運動負荷心電図における、心電図各誘導の sensitivity および specificity

この場合の sensitivity は、例えば LAD 病変の V<sub>34</sub> を例にとると (LAD 病変のある例のうち、V<sub>34</sub> で陽性となった例/LAD 病変のある例) として、また specificity は (LAD 病変のなかった例のうち、V<sub>34</sub> で陰性となった例/LAD 病変のなかった例) として計算した。

sensitivity, specificity を示した。例えば V<sub>34</sub> を例にとると、LAD 病変を有する例の56%が V<sub>34</sub> で検出され、LAD 病変を有しない例の84%が検出されないことを意味する。V<sub>12</sub> では LAD 病変の1例で検出されたのみであった。V<sub>34</sub> では LAD 病変の specificity 84%, sensitivity 56%であるのに対し、LCx 病変および RCA 病変では sensitivity はそれぞれ22%, 0%であった。V<sub>56</sub> は特に LAD 病変に88%と高い sensitivity を示すが、LCx 病変および RCA 病変でも約半数が検出され、specificity は低値である。II, III, aV<sub>F</sub> 誘導では、RCA 病変の sensitivity が71%と高値であるが、LAD 病変の48%でも検出され、specificity は高くなかった。

LAD 本幹の病変において、第1対角枝(Dx1)の虚血が心電図上に及ぼす影響を調べるため、Dx1の分枝部より中枢側に病変がある場合と末梢側の場合とに分けて、sensitivity の検討を行った(図2)。Dx1を含む病変の方が、全般に sensitivity は高値を示した。また運動負荷時に胸痛のある例の方が、sensitivity が高い傾向がみられた。

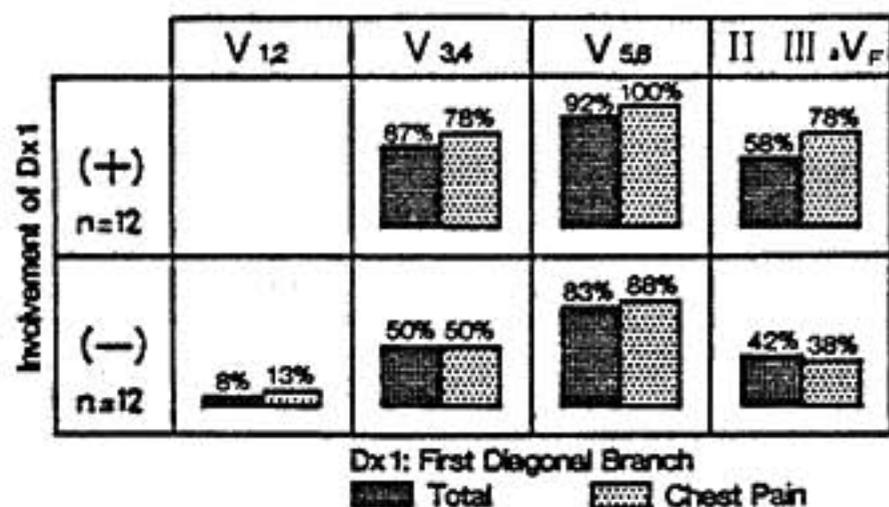


図2 第1対角枝領域を虚血域に含むか否かでの sensitivity の検討

全体および運動負荷時胸痛のみられた群での sensitivity を示す。

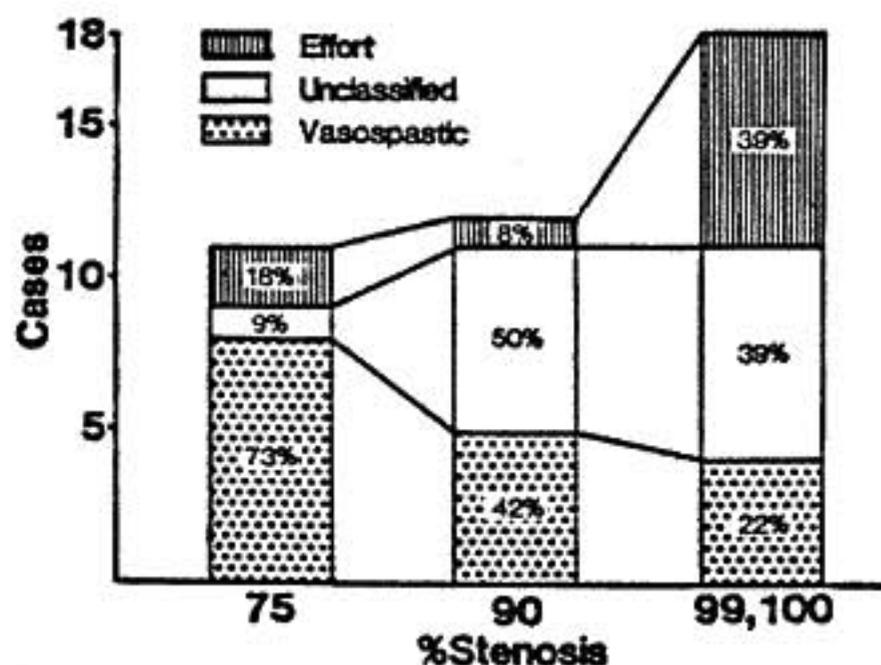


図3 冠動脈狭窄度と狭心症病型

狭心症病型については本文参照。

冠動脈狭窄度と狭心症病型との関係を図3に示した。75%及び90%狭窄群では vasospastic angina がそれぞれ73%, 42%にみられ、逆に純粋な労作性狭心症と考えられる例はそれぞれ18%, 8%と少数であった。

### III 考 案

冠動脈病変の有無の診断には、トレッドミル等の運動負荷試験の果たす役割が大きい。Minnesota code<sup>2)</sup>によれば、anterolateral site (I, aV<sub>L</sub>, V<sub>6</sub>), posterior inferior site (II, III, aV<sub>F</sub>), anteroseptal site (V<sub>1,2,3,4,5</sub>) と示されている。しかしこれらが必ずしも冠動脈病変と対応しないことは日常経験するところであり、また Kaplan ら<sup>3)</sup>も left main trunk の病変を除き、罹患血管の判定は困難としている。Robertson ら<sup>4)</sup>も右冠動脈病変で II, III, aV<sub>F</sub>, 左冠動脈病

変で I, aV<sub>L</sub>, V<sub>2-6</sub> で主に ST が変化すると報告しているが、対象例として多枝病変患者や心筋梗塞合併例が含まれていることに問題がある。今回我々は、特に1枝病変狭心症で心筋梗塞の合併していない例に限り、心電図各誘導の、各冠病変に対する sensitivity, specificity を検討した。その結果、V<sub>3,4</sub> は LAD 病変にかなり specific (84%) であり、この誘導での ST 変化は LAD 病変を強く示唆するが、検出率の低いこと (56%) が問題であった。V<sub>5,6</sub> はいずれの病変でも sensitivity が高く、特に LAD 病変に著明 (88%) であったが、specificity はいずれの病変にも低く、V<sub>5,6</sub> の変化から冠動脈病変部位の推定は困難であった。II, III, aV<sub>F</sub> は RCA 病変に sensitivity が高い (71%) が、LAD 病変でも約半数に陽性となり、必ずしも RCA 病変に specific とはいえ難かった。LCx 病変はいずれの誘導でも sensitivity, specificity は低かった。Dx1 を虚血域に含む場合、sensitivity は向上するが、これは虚血域が広いためと推定された。

1枝病変全体の検出率は、Kaplan ら<sup>3)</sup> (46%), McHenry ら<sup>5)</sup> (61%), Bartel ら<sup>6)</sup> (40%) の報告にあるように低値である。その理由のひとつとして対象群に心筋梗塞が含まれていたり、心電図誘導数が少ない等の要素が考えられるが、さらに冠収縮の影響も見逃せない。池田ら<sup>7)</sup>によれば、75%狭窄においては、いわゆる純粋な労作狭心症を生ずるものは極めて少ないとしている。今回我々の検討でも、75%および90%狭窄群では、effort angina の占める割合が18%, 8%と低く、逆に vasospastic angina が73%, 42%と高率を占めている。vasospastic angina は運動負荷心電図の再現性が悪いとされており、1枝病変における sensitivity の低下には、このような因子も関与しているものと考えられる。今回の検討では、1枝病変全体の sensitivity は80%と高値であった。この理由として、対象群を狭心症のみに絞ったこと、12誘導心電図によるトレッドミル検査を施行したこと、1枝病変の中でも比較的検出されやすいといわれる LAD 病変の症例数が多かったこと、さらに複数回のトレッドミル検査の施行されている例では、最も変化の強かったものを選んだことなどが考えられた。

## ま と め

冠動脈1枝に75%以上の狭窄を有する狭心症45例 (LAD 29, LCx9, RCA7) について運動負荷試験を行い、次の結果を得た。

- ①  $V_{3,4}$  は LAD 病変に specificity が高いが、sensitivity は低かった。
- ②  $V_{5,6}$  は LAD 病変に sensitivity が特に高かったが、RCA, LCx 病変の半数でも検出され、specificity は低かった。
- ③ 下壁誘導は RCA 病変において sensitivity は高かったが、specificity は低かった。
- ④ LAD 主幹部の病変では、第1対角枝を含む群が含まない群に比して sensitivity が高い傾向がある。また運動負荷時、胸痛のある群が sensitivity

が高い傾向を示した。

- ⑤ 75%狭窄病変例においては、冠血管収縮を証明された例が3/4を占めた。

## 文 献

- 1) Austin W. G., et al. : Circulation 51 : 7, 1975.
- 2) Rose G. A., et al. : Circulation 47 Suppl 1 : 39, 1973.
- 3) Kaplan M. A., et al. : Circulation 47 : 250, 1973.
- 4) Robertson D., et al. : Am. Heart J. 91 : 437, 1976.
- 5) McHenry P. L., et al. : Am. J. Cardiol. 30 : 747, 1972.
- 6) Bartel A. G., et al. : Circulation 49 : 348, 1974.
- 7) 池田正男, ほか : 日内会誌 70 : 280, 1981.

## エルゴノビン負荷による心電図変化の検討

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

日 浅 芳 一<sup>\*1</sup>・岩 野 健 造<sup>\*1</sup>

石 田 孝 敏<sup>\*1</sup>・相 原 令<sup>\*1</sup>・森 博 愛<sup>\*2</sup>

## は じ め に

労作性狭心症の診断法として、運動負荷心電図法が汎用され、診断的価値も確立されている。一方、冠動脈収縮性狭心症の心電図診断法としては、長時間記録心電図法がある。しかし、本狭心症の心電図診断に関しては、詳細な検討はいまだ行われていない。そこで本研究では、ergonovine maleate を用いて冠動脈収縮を誘発させ、その状態と12誘導心電図を対比検討した。

## I 対象ならびに方法

## 1. 対象

冠動脈造影検査の際施行した ergonovine 負荷試験陽性54例 (男47例, 女7例, 平均年齢55.1歳) および

陰性103例 (男58例, 女45例, 平均年齢51.0歳) を対象とした。

## 2. ergonovine 負荷試験および陽性基準

ergonovine maleate は 0.05 mg から 0.20 mg を Sones のカテーテルを通してバルサルバ洞内に動注した。負荷試験陽性基準としては、冠動脈内径を亜硝酸剤投与後のそれと比較し、50%以上の狭細化を呈した場合を陽性とした。これを形態上A型: total spasm, B型; multiple spasm, C型; mono spasm, D型; diffuse spasm の4型に分類<sup>1)</sup>した。

## 3. 冠動脈造影検査

冠動脈造影は、Sones 法にて施行した。コントロール, ergonovine 動注4分後あるいは心電図に明らかな異常出現時、亜硝酸剤投与後の計3時点で撮影した。右冠動脈は LAO 30度, 左冠動脈は RAO15 度で撮

\*1 小松島赤十字病院 循環器科 \*2 徳島大学医学部 第二内科

### Ⅲ 考 察

虚血性心疾患では運動負荷に対し PEP/ET の反応様式が、N型、H型、R型の三つに大別され、一方健康者では全例N型を示した。またH型を示した症例に ISDN を投与したところ、N型に移行した事実と、さらにH型あるいはR型を示した急性心筋梗塞患者は、経過とともにN型に移行した事実より、HあるいはR型は虚血性心疾患と深く関連していることが示唆された。このHあるいはR型と虚血性心疾患との結びつきを考えると、虚血性心疾患において PEP, ET を測定し PEP/ET の反応様式をさぐることは、心筋虚血の存在とその程度を調べる上で、臨床的に役立つのではないかと思われる。

しかしまだ今回の検討においては症例数が少ないこともあり、それぞれのグループ間におけるもろもろの血行動態の較差、あるいは PEP/ET の反応様式への影響因子が何であるかなどの検討は十分されておらず、今後の課題である。

### 文 献

1) Gillian R. E., et al. : The prognostic value of

systolic time intervals in angina pectoris patients. *Circulation* 60 : 268, 1979.

2) Bowlby J. R. : The effect of exercise on left ventricular ejection time in patients with hypertension or angina pectoris. *Am. Heart J.* 97 : 348, 1979.

3) Inagaki Y., et al. : Exercise stress testing and systolic time intervals. *Jpn. Circ. J.* 43 : 207, 1979.

4) Northover B. J. : Left ventricular systolic time intervals in patients with acute myocardial infarction. *Br. Heart J.* 43 : 506, 1980.

5) Sugiura T., et al. : Noninvasive assessment of left ventricular performance in patients with ischemic heart disease. *Am. J. Cardiol.* 48 : 101, 1981.

6) Kenneth L., et al. : Systolic time intervals in adolescent. *Circulation* 63 : 204, 1981.

7) Stack R. S., Sohn Y. H., Weissler A. M. : Accuracy of the systolic time intervals in detecting abnormal left ventricular performance in coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 47 : 603, 1981.

## トレッドミルの各種負荷量に対する心拍数応答特性

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

佐藤 磐 男<sup>\*1</sup>・江尻 成 昭<sup>\*1</sup>

鎌倉 史 郎<sup>\*1</sup>・松久 茂久雄<sup>\*1</sup>

大江 透<sup>\*1</sup>・下村 克 朗<sup>\*1</sup>・長谷川 泰 洋<sup>\*2</sup>

### はじめに

最大または亜最大運動負荷試験では年齢別の予測最大心拍数を目安として負荷量の選択や運動終点の決定がなされている。しかし、正常人においても亜最大レベルの各種負荷量に対する心拍数や血圧の反応は個人差が大きく、まして、患者やβ遮断剤などの薬剤服用

中ではそれらの反応性が著しく異なり、最適負荷量の選定はしばしば困難である。

一方、心拍数は自律神経性心臓調節機能に最も鋭敏に反応する循環系パラメータの一つであり、この心拍数の運動負荷に対する反応性は自律神経を中心とした心臓調節機能を反映しているものと考えられ、その病態生理学的意義を明らかにすることは Treadmill 負

影した。

#### 4. 心電図記録法および異常基準

電極は、X線透過性炭素電極を使用し、検査終了まで1分ごとに12誘導心電図を記録した。心電図異常基準としては、(i) 1mm以上の虚血型ST低下あるいはST上昇、(ii) T波極性の変化あるいは増高尖鋭化、(iii) U波の陰転化、(iv) 30%以上のR波高の増高を用いた。

## II 結 果

### 1. 心電図各棘波の変化と冠動脈収縮との関係

表1に心電図変化と冠動脈収縮との関係を示す。

表1 心電図変化と冠動脈収縮との関係

	Sensitivity	Specificity	Predictive accuracy
overall	38/54 (70.4)	93/103 (90.3)	38/48 (79.2)
ST segment	29/54 (53.7)	101/103 (98.1)	29/31 (93.5)
(ST alone)	0/54 (0)	103/103(100.0)	0/0
T wave	38/54 (70.4)	93/103(90.3)	38/48 (79.2)
(T alone)	8/54 (14.8)	95/103(92.2)	8/16 (50.0)
U wave	9/54 (16.7)	102/103(99.0)	9/10 (90.0)
(U alone)	0/54 (0)	102/103(99.0)	0/1 (0)
R wave	16/54 (29.6)	103/103(100.0)	16/16(100.0)
(R alone)	0/54 (0)	103/103(100.0)	0/0

( )%, sensitivity=true positive/(true positive+false negative), specificity=true negative/(false positive+true negative), predictive accuracy=true positive/(true positive+false positive) で計算した。

ergonovine 負荷試験の結果、冠動脈収縮を生じた54例中、心電図上いずれかの棘波に変化を生じた例(true positive)は38例、心電図変化を生じなかった例(false negative)は16例であった。ergonovine 負荷試験陰性103例中、心電図変化を生じなかった例(true negative)は93例、心電図変化を生じた例(false positive)は10例存在した。心電図変化の冠動脈収縮に対する sensitivity は70.4%, specificity は90.3%, predictive accuracy は79.2%であった。

各棘波別の検討では、predictive accuracy の最も高いものはR波増高(100%)であり、低いものはT波変化(79.2%)であった。一方、sensitivity の最も高いものはT波変化(70.4%)で、最も低いものはU波の陰転化(16.7%)であった。冠動脈収縮を生じ

た症例中、T波単独で変化する例が8例(14.8%)存在したが、他の棘波は単独で変化するものはなかった。

### 2. 不整脈の出現頻度

冠動脈収縮を生じた54例中10例に不整脈を認めた。内訳は、I度房室ブロック3例、完全房室ブロック2例、心室細動1例、心停止1例、short run型心室性期外収縮1例、高度洞徐脈1例、補充調律1例、右脚ブロック2例、左脚ブロック1例の延べ13例であった。一方、冠動脈収縮を生じなかった103例には、不整脈は1例も出現しなかった。

### 3. 主要冠動脈分枝別および冠動脈収縮の形態別に見た心電図変化の出現頻度

表2におのおの場合の心電図変化の出現頻度と $\chi^2$

表2 主要冠動脈分枝別および冠動脈収縮の形態別に見た心電図変化の出現頻度

	心電図変化の出現頻度	有意差検定
前下行枝	27/35 (77.1)	* ]
右冠動脈	24/41 (58.5)	
回旋枝	15/29 (51.5)	
A型	20/23 (87.0)	** ]
B型	13/29 (44.8)	
C型	16/19 (84.2)	
D型	17/34 (50.0)	

( )%, \*P<0.05, \*\*P<0.01

検定による有意差を示す。冠動脈分枝別の検討では、前下行枝に収縮を生じた場合、最も高頻度(77.1%)に、回旋枝では最も低頻度(51.5%)に心電図変化を生じる。これらの2者の間には有意差(p<0.05)があった。

冠動脈収縮の形態別の検討では、A型が最も心電図変化を生じやすく、B型は最も生じにくい。C型はA型と、D型はB型とほぼ同程度の頻度で心電図変化を生じた。

## III 考 察

冠動脈収縮性狭心症の代表的な診断法としては、長時間記録心電図法および冠動脈造影検査中施行する種々の誘発検査法がある。このうち ergonovine maleate は、冠動脈収縮の誘発法として最も特異性および感受

性の高い薬物とされている<sup>2)</sup>。また、この薬物負荷の結果生じた冠動脈痙攣の状態は、自然発作時のそれと極めてよく類似している<sup>3)</sup>。冠動脈痙攣の状態と心電図各棘波の変化を直接対比した報告は少ない<sup>4-6)</sup>。

心電図各棘波のうち、R波、ST部およびU波の3棘波は、predictive accuracy および specificity は高く、sensitivity は低かった。故に、これらの棘波の変化を認めた場合は、冠動脈痙攣を生じていると診断してよいと思われる。また、これら3棘波とも冠動脈痙攣が生じた場合、単独で変化することはなく、他の棘波の変化を伴っていた。

T波の変化は、predictive accuracy は他の3棘波に比しやや低値を示すものの、sensitivity および specificity とも高かった。冠動脈痙攣を生じた例にT波のみの変化を認めた例が14.8%存在した。このことは、軽微な冠動脈痙攣を診断するためには、T波変化に注目すべきであることを示唆している。心電図全体の冠動脈痙攣に対する sensitivity は70.4%、specificity は90.3%、predictive accuracy は79.2%であった。この値は、労作性狭心症における運動負荷心電図のそれと近似する。

明らかな冠動脈痙攣が生じているにもかかわらず、何らの心電図変化を呈さなかった例が16例、無症状の例が17例存在した。かかる関係を図1に示した。冠動脈痙攣性狭心症の非観血的診断には、問診や心電図法を含め詳細な総合診断が必要である。

冠動脈痙攣を生じた54例中10例 (18.5%) に不整脈の出現を認め、完全房室ブロック、心室細動、心停止、高度洞徐脈など致死的なものも5例に認めた。このことは、ergonovine 負荷試験が致死的になりうること、また冠動脈痙攣性狭心症には致死的な不整脈を伴いやすいことを示している。

主要冠動脈分枝別の検討では、前下行枝に痙攣を生じた場合は心電図変化を認めやすく (77.1%)、右冠動脈 (58.5%) や回旋枝 (51.5%) では心電図変化を生じにくい。冠動脈痙攣の形態別の検討では、total spasm であるA型が最も心電図変化を生じやすく (87.0%)、mono spasm (C型) (84.2%) がこれにつづき、multiple spasm (B型) (44.8%) や diffuse spasm (D型) (50.0%) は、低い出現率であった。

この結果、前下行枝に total spasm を生じると全

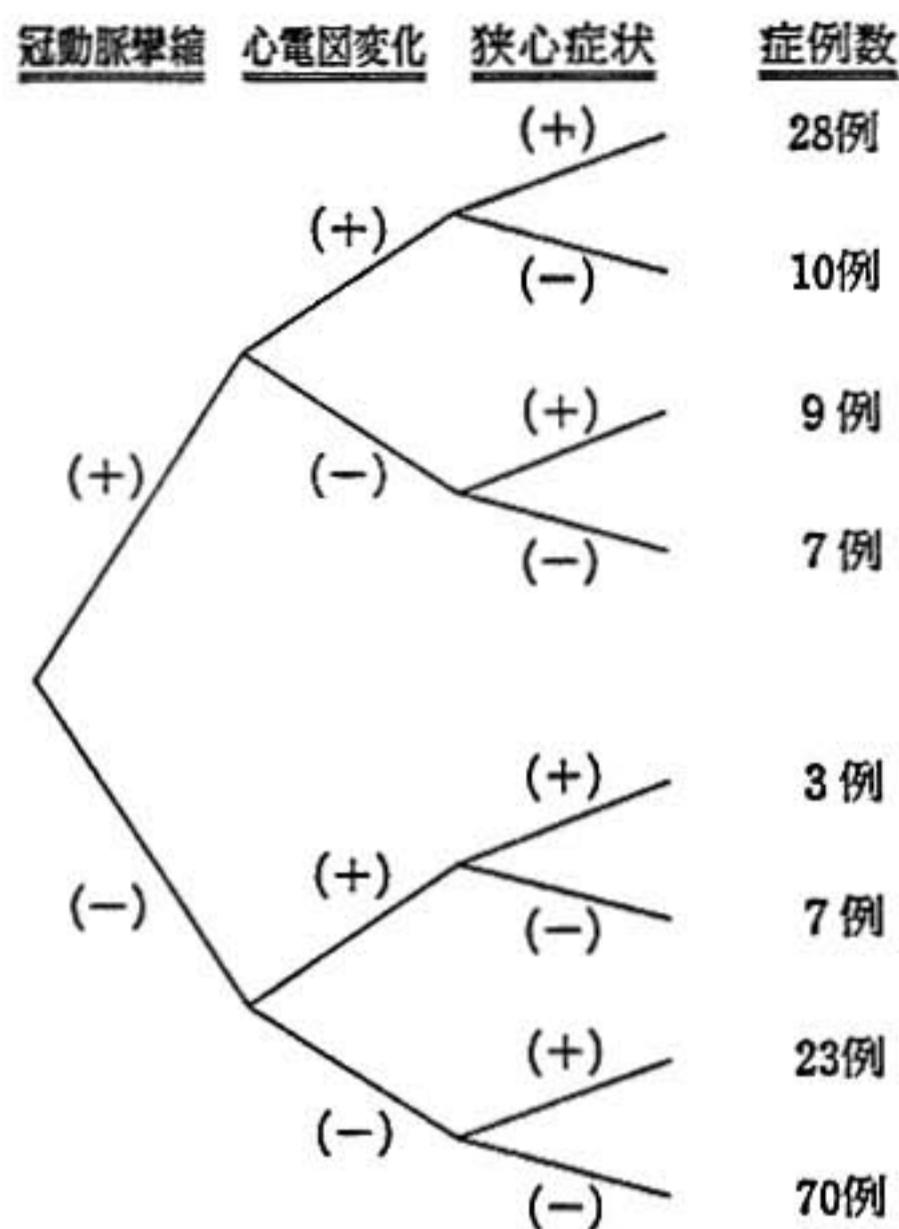


図1 冠動脈痙攣、心電図変化および狭心症状の有無からみた症例の分類

例に心電図変化を認めたが、回旋枝や右冠動脈に multiple spasm や diffuse spasm を生じても60%程度は心電図変化を生じないことが判明した。冠動脈痙攣性狭心症を強く疑わせしめるのに、心電図変化を認めない場合は、回旋枝や右冠動脈に multiple spasm や diffuse spasm が生じている可能性も考慮すべきである。

### 結 語

1. ergonovine maleate により冠動脈痙攣を誘発させ、心電図と対比検討した。
2. 心電図の冠動脈痙攣に対する sensitivity は70.4%、specificity は90.3%、predictive accuracy は79.2%であった。
3. T波変化は、軽微な冠動脈痙攣でも生じ、診断上重要な棘波と思われた。
4. 前下行枝の痙攣は心電図変化を生じやすく、回旋枝や右冠動脈は生じにくい。
5. total spasm や mono spasm は心電図変化を生じやすく、multiple spasm や diffuse spasm は

生じにくい。

## 文 献

- 1) 延吉正清：現代の診療 21 : 1665, 1979.
- 2) Heupler F. A., et al. : Am. J. Cardiol. 41 : 631, 1978.

- 3) MacAlpin R. N., et al. : Am. Heart J. 99 : 555, 1980.
- 4) Maseri A., et al. : Am. J. Cardiol. 42 : 1019, 1978.
- 5) Curry R. C., et al. : Circulation 59 : 307, 1979.

## Treadmill 負荷による空間的 ST 変化の検討

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

荒 牧 保 幸\* . 大 和 朋 子\* . 二 宮 謙 一\*  
 福 地 靖 範\* . 安 部 晋之介\* . 中 村 次 弘\*  
 千 田 豊\* . 中 島 康 秀\* . 黒 岩 昭 夫\*

### はじめに

ベクトル心電図法を導入した虚血性心疾患患者の運動負荷試験は標準誘導によるものほど一般化されていないし、その判定基準も確立されていないのが現状である。

今回、我々はフランク誘導の XYZ 心電図より ST のベクトル諸量をマイクロコンピューターにて同時記録できる装置、実時間空間的 ST モニター（以下、ST モニターと略す）を用い、運動負荷時の空間的 ST 偏位量を測定し、臨床的に有益な結果が得られたので報告する。

### I 対象と方法

対象は胸痛、動悸を訴えた 120 例のうち男性 64 例、女性 56 例、平均年齢は 53.3 歳であった。

全例、運動負荷試験装置 Case system (Marquette 社製) で運動負荷を実施した。運動負荷は、Bruce 変法を用い、終了点は原則として症状の発現または亜最大心拍数とした。

負荷時の  $V_5$ ,  $aV_F$ ,  $V_1$  の心電図をそれぞれ Frank 誘導の XYZ 誘導と仮定し、ST モニターに入力し空間的 ST 偏位量 ( $ST_M = \sqrt{ST_x^2 + ST_r^2 + ST_z^2}$ )、方位角 ( $Az = \tan^{-1} ST_z / ST_x$ )、仰角 ( $El = \tan^{-1} ST_y / \sqrt{ST_x^2 + ST_z^2}$ )、および心拍数を自動的に計測記録し

Case system の結果と比較した。

運動負荷反応の判定は、Case system では  $V_5$  の変化のみ機械的に判定しているが、医師がその結果を参考にして、すべての誘導を検討して陰性、境界型、陽性の 3 群に分類した。陽性は ST<sub>j</sub> より 80 msec の部位での 1 mm 以上の虚血性低下または上昇とした。

### II 結 果

医師の判定では陽性 34 例、境界型は 39 例、陰性は 47 例であった。

ST モニターにおいてこの 3 群の負荷前と負荷後の空間的 ST 偏位量 ( $ST_M$ ) の変化について比較検討すると負荷前の ST 偏位量は 3 群ともほとんど差はないが、負荷後、陽性群では ST 偏位量 ( $ST_M$ ) は平均 0.171 mV、また安静時からの変化量 ( $\Delta ST_M$ ) は 0.111 mV と明らかに他の 2 群より有意で高度の変化を示した (図 1)。

次に運動負荷の判定に用いた  $V_5$  の ST 変化を空間的 ST 偏位量 ( $ST_M$ ) と比較した (図 2)。グラフ縦軸には運動負荷後の  $ST_{V_5}$  の偏位を、横軸には運動負荷後の空間的 ST 偏位量 ( $ST_M$ ) の値をプロットした。図では陽性群は原点より離れるものが多く、陰性群、境界群では原点近くに分布するものが多かった。両者の回帰式は  $Y = -0.770X - 0.008$  あるいは  $ST_M = -1.299 ST_{V_5} - 0.010$  と表された。相関係数は  $-0.522$  で

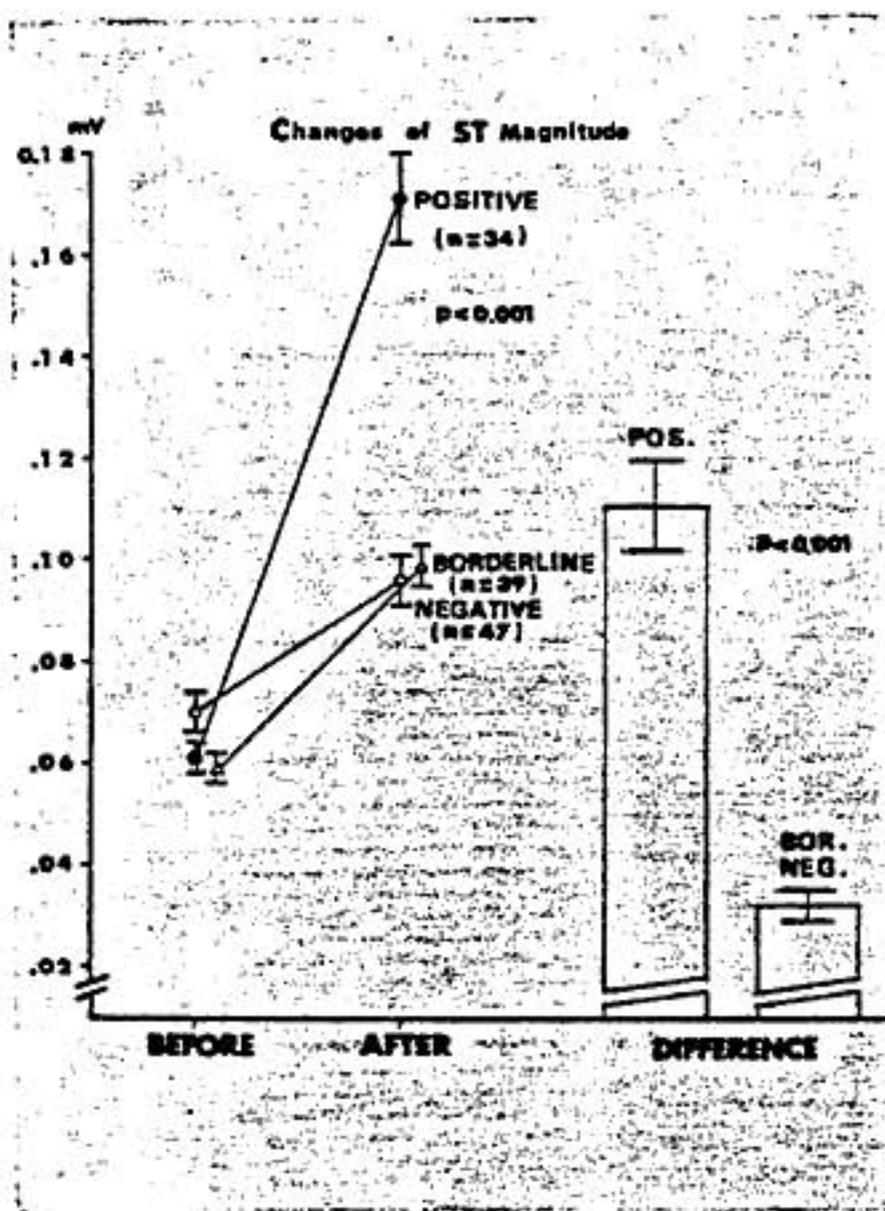


図1 Treadmill 運動負荷前後の空間的 ST 偏位量 (ST<sub>M</sub>) の変化

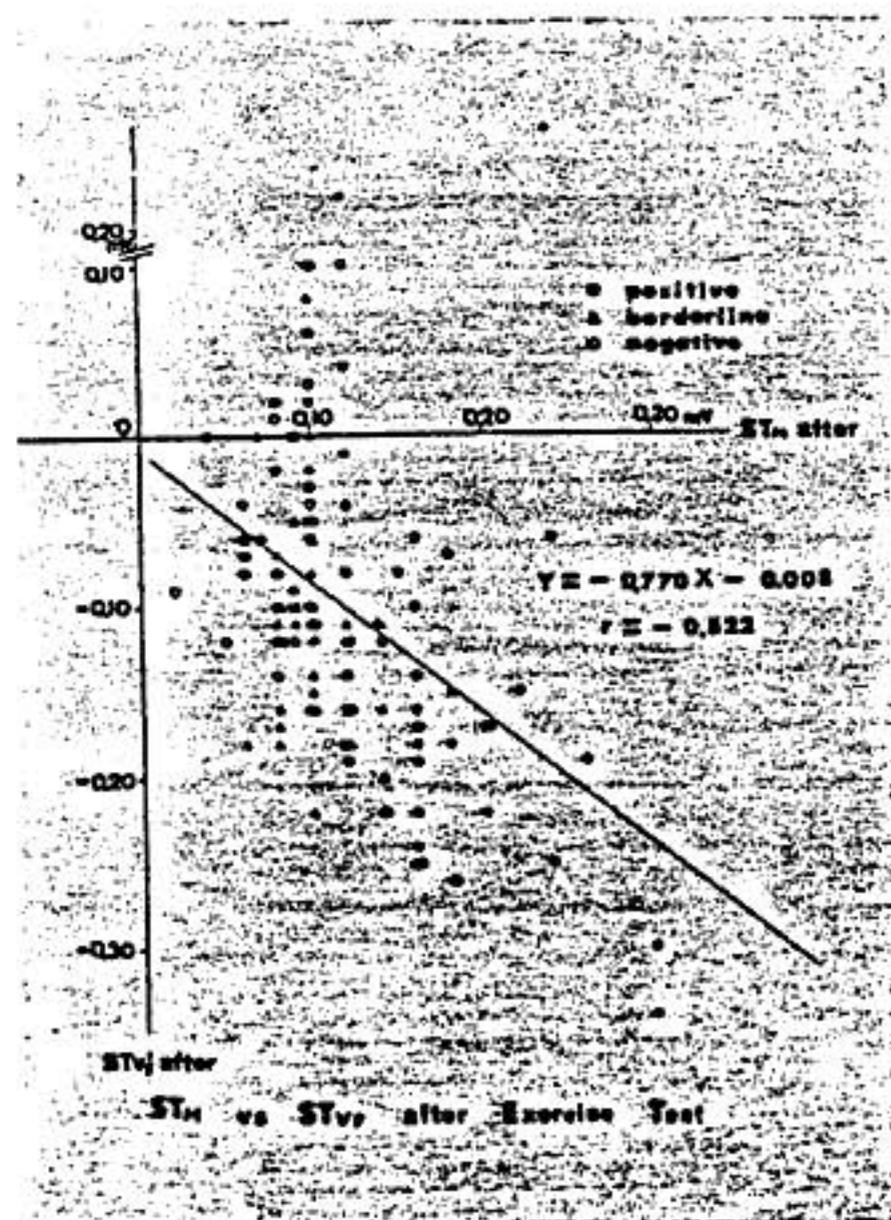


図2 Treadmill 運動負荷後の空間的 ST 偏位量 (ST<sub>M</sub>) と ST<sub>V5</sub> の変化

それほどよい相関ではなかった。V<sub>5</sub> が -0.1 mV 以下でも陽性群では aV<sub>F</sub> の変化が強かったものがあった。ST 偏位を安静時との差でも検討したが、ほぼ同様の成績であった。

次に運動負荷試験で ST 下降型狭心症を呈した例と、ST 上昇型狭心症を呈した例とを示す。

症例1 : 65歳, 女性, 労作性狭心症。

運動負荷試験では Case system も医師も陽性と判定した。図3の左端は安静時心電図, および負荷心電図を示すが運動負荷開始後4.8分で狭心発作を生じ、V<sub>5</sub>, aV<sub>F</sub> で ST 低下を認めた。図中央は Case system のトレンドグラムを示し、上段から心拍数, 次に V<sub>5</sub>, aV<sub>F</sub>, V<sub>1</sub> の ST 偏位を示す。心拍数は最高122拍/分で目的心拍数の81%に達した。ST<sub>V5</sub> および ST<sub>aV\_F</sub> はともに下降し、ST<sub>V1</sub> には変化は認めなかった。右端は前述した ST モニターで同心電図を解析したもので、上段より心拍数, 空間的 ST 偏位量 (ST<sub>M</sub>), 次に V<sub>5</sub>, aV<sub>F</sub>, V<sub>1</sub> の ST 偏位量のトレンドグラムを示す。Case system とほぼ同様の変化を示しており、その空間的 ST 偏位量 (ST<sub>M</sub>) は0.04 mV から 0.17 mV と変化している。冠状動脈造影では前下行枝に90%の狭窄を、右冠状動脈にも75%の狭窄を認める2枝病変であった。

症例2 : 61歳, 男性, 新鮮狭心症。

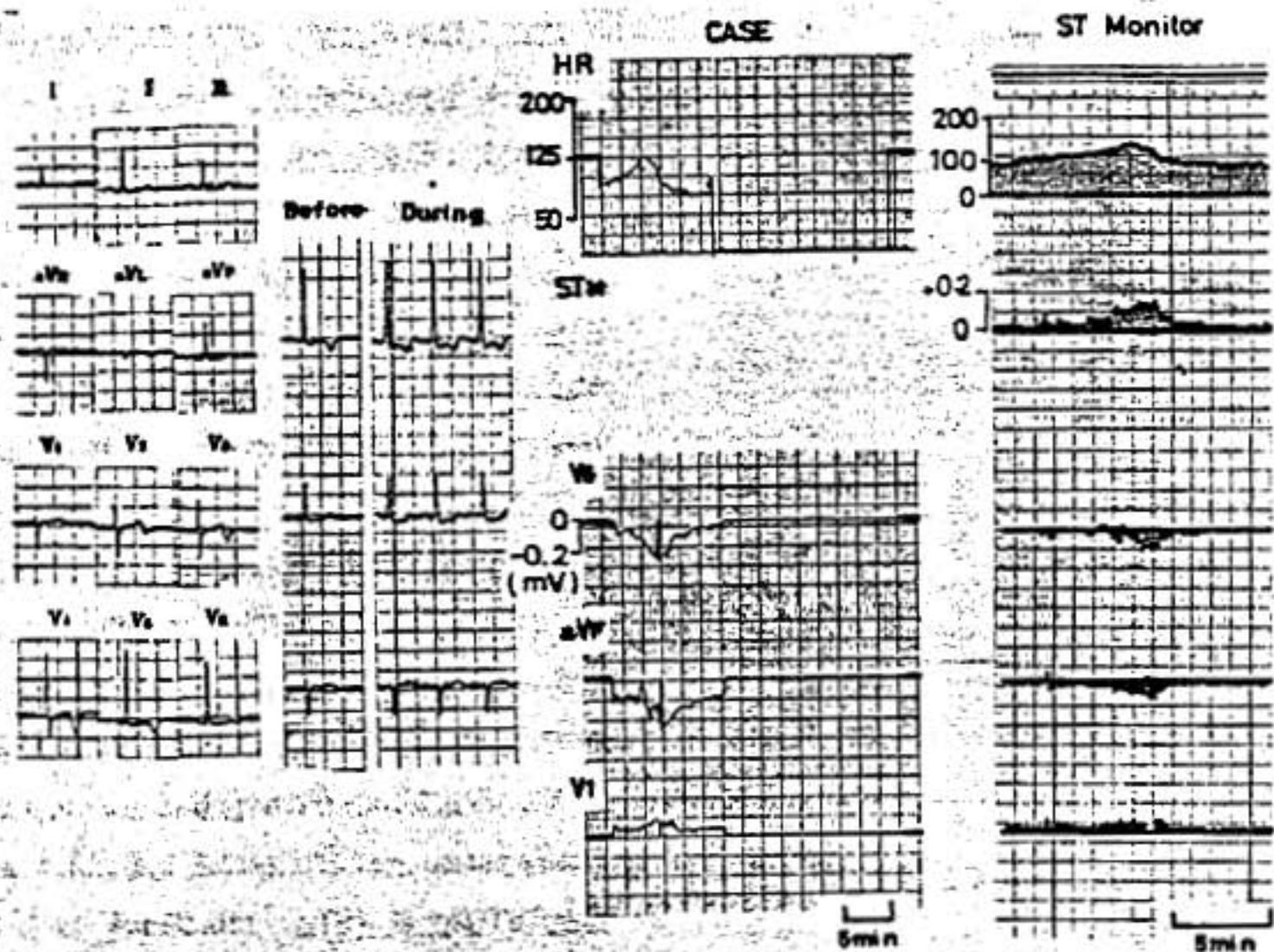
安静時心電図は異常なく、運動負荷試験では6.4分で狭心発作が出現したため負荷を中止した。中央のトレンドグラムでは、心拍数, 114拍/分で目標心拍数の75%に達した。ST<sub>V5</sub> は高度上昇, ST<sub>aV\_F</sub> は下降, ST<sub>V1</sub> は上昇した。右端の ST モニターでは空間的 ST 偏位量 (ST<sub>M</sub>) は0.06から 0.26 mV と大きく変化した (図4)。ST 上昇のため Case system の判定基準では陰性であったが陽性とすべき変化である。その後の運動負荷試験では ST<sub>V5</sub> の低下があり Case system の判定も陽性となった。冠状動脈造影では左冠状動脈の前下行枝に75%の狭窄を認めた。右冠状動脈には明らかな狭窄は認められなかった。1枝病変である。

### III 考 案

我々の成績をまとめると、運動負荷試験専用装置、Case system で判定した3群 (陽性, 境界型, 陰性)

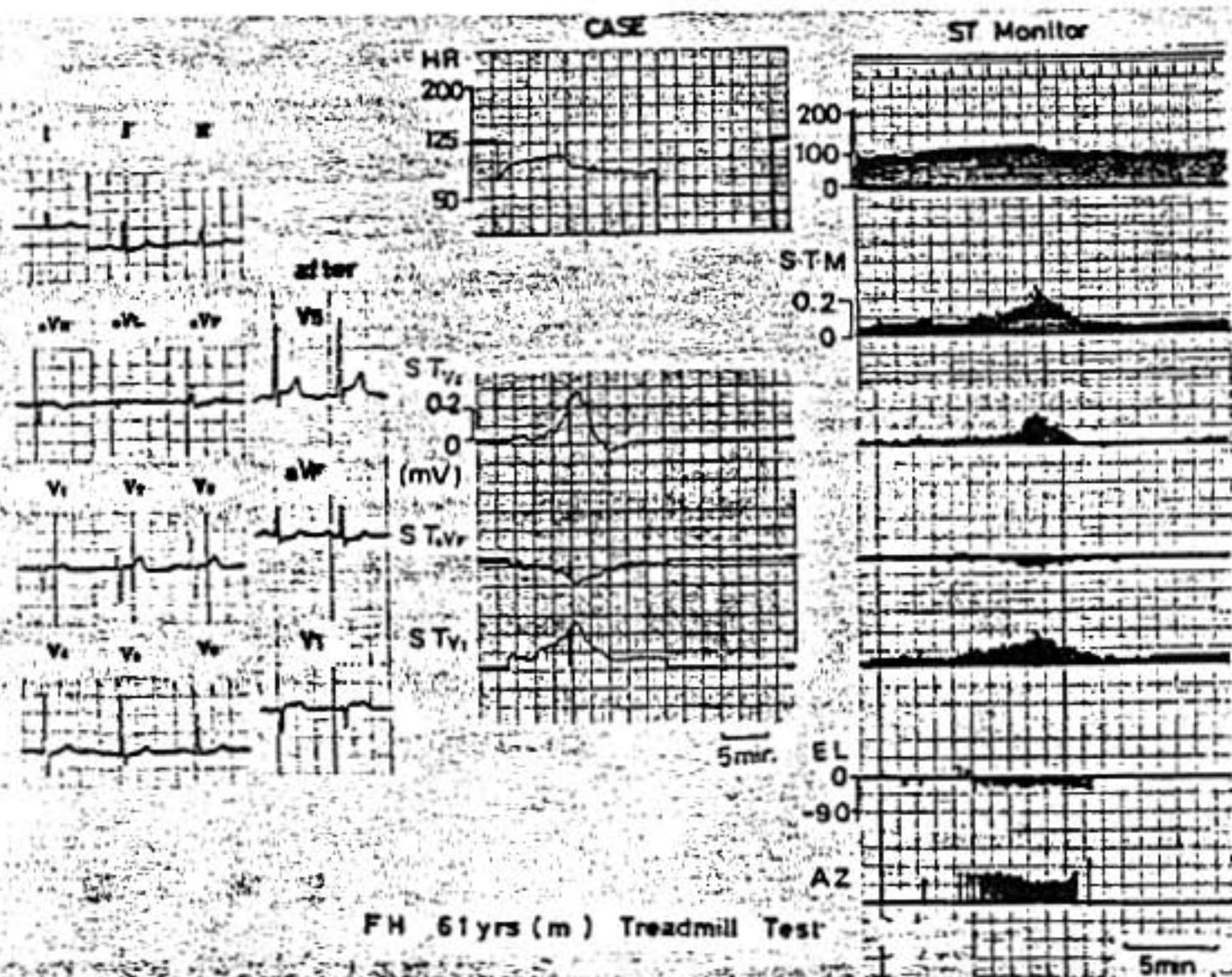
のうち、負荷後の空間的 ST 偏位 (ST<sub>M</sub>) は陽性群で著明な変化を示したが他 2 者では高度の変化はなかった。

ST 偏位を考えると、①V<sub>s</sub> の変化は比較的軽度であらう。前後方向 (V<sub>i</sub>) や上下方向 (aV<sub>r</sub>) の変化もあって、空間的变化量は大きいこともある。②V<sub>s</sub> に変



MR 65 yrs (f) Treadmill Test

図3 症例1



FH 61 yrs (m) Treadmill Test

図4 症例2

化はなくても、他の誘導に変化の強いことがある。③上昇も有意とすべきである。例数は少なくとも異型狭心症や心筋梗塞後狭心症では ST 上昇がある。以上のことを考えると、ST モニターでは  $V_1, V_5, aV_F$  の3誘導すべての情報を用いるために、精度が向上することが期待される。ST モニターでは、空間的 ST 偏位量が大きければ陽性と考慮して判定したが、症例2のような例も当然、陽性例に含まれる。

空間的 ST 偏位量をどの程度、異常とするかについてはまだ断定できない。しかし、また、あまり細かい基準を設定しても臨床上有用とはならない。図1でみるように  $V_5, aV_F, V_1$  より算出した近似的空間的 ST 偏位量 ( $ST_m$ ) の絶対値としては負荷後 0.15 mV 以上、負荷前との変化量 ( $\Delta ST_m$ ) として 0.1 mV 以上が簡単で妥当な線ではないかと考えられた。 $ST_m$  0.15 mV 以上とすると sensitivity 68%, specificity 94%, accuracy 87% となり  $\Delta ST_m$  0.10 mV 以上とすると、それぞれ 62%, 97%, 87% であった。

### ま と め

実時間空間的 ST 偏位量モニター装置を用いて、運

動負荷時の  $V_1, V_5, aV_F$  より近似的空間的 ST 偏位量を計測し検討した。

近似的空間的 ST 偏位量が、負荷後 0.15 mV 以上あるいは負荷前との差が 0.1 mV 以上あるときは負荷試験陽性が大部分であった。

本方法は心電図3誘導の情報を用いるので  $V_5$  のみによる判定に比し、優れていると考えられた。

### 参 考 文 献

- 1) 水野 康, 福田市蔵: 循環器負荷試験法. 診断と治療社, 1981.
- 2) Isaacs J. H., Morris H. and Kuhn R.: Vector-electrocardiographic exercise test in ischemic heart disease; J. A. M. A. 198: 139, 1966.
- 3) 村山正博, 村尾 覚, 他: 運動負荷ベクトル心電図 T 環の simulation. 日本臨牀 30: 7, 1972.
- 4) Tom R., Hornsten M. D., Robert A., Bruce M. P.: Computed ST forces of Frank and bipolar exercise electrocardiogram. Am. Heart J. 78: 346, 1969.

## 左冠動脈主幹部病変の運動負荷 ST マッピングの特徴について

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

川久保 清\*・村山正博\*

川原 貴\*・大城雅也\*

沈 鉄寛\*・真島三郎\*・村尾 覚\*

### はじめに

冠動脈疾患のうち左冠動脈主幹部 (以下 LMCA) 狭窄例は、内科的治療での予後は悪く、積極的に外科的治療がすすめられるものである<sup>1)</sup>が、虚血性心疾患のすべての患者に冠動脈造影 (以下 CAG) を施行するわけにはゆかず<sup>2)</sup>、また CAG を施行する場合、術

中術後の合併症は LMCA 狭窄例に多いとされている<sup>3)</sup>。非侵襲的検査にて LMCA 狭窄を予測しうるものがあれば、積極的に CAG をすすめることができ、また CAG 術中の注意を未然に促すことができ有用であると考えられる。

我々は、体表面に36誘導の電極をつけて運動負荷テストを行い ST マッピングを作成する方法を従来行

\* 東京大学医学部 第二内科

っている<sup>3)</sup>が、今回、本法にて、LMCA 狭窄例と非狭窄例の鑑別点について検討し有用な所見が得られたので報告する。

## I 対象および方法

対象は CAG を施行し主要冠動脈枝に75%以上の狭窄を認めた狭心症例33例である。いずれも運動負荷にて ST が有意に下降したものとした。CAG 上 LMCA に50%以上の狭窄のあった例6例(すべて男性、年齢31~66歳、平均51±11歳)を LMCA(+) 群とし、LMCA に狭窄を認めなかった27例(男24、女3、年齢42~67歳、平均56±6歳)(LMCA(-)群)と運動負荷諸指標について比較検討した。

運動負荷は Bruce のプロトコールに従い、トレッドミルによる多段階式運動負荷を施行した。End-point は(1)進行性に増強する狭心痛(2)ST 下降とした。電極は従来我々が報告している方法<sup>3)</sup>に従い、上方は第二肋間、下方は剣状突起下 10 cm、右方は胸骨右縁・背方は胸椎左縁とし、前胸部に26個、左背部に10個、合計36個つけた(図1)。標準胸部6誘導は36個内に含まれた。各電極はスイッチボックスを経て通常の6素子心電計に連結され、心電図は、運動前、中、後とすべて立位で記録された。J点より0.08秒にて ST 偏位を計測し、運動前に比して 1 mm (0.1 mV) 以上の ST 下降を陽性にとり、0.5 mm ごとの ST 等電位図を作成し ST マッピングとした。

以上の方法に従い、End-Point, Bruce のプロトコール上の運動時間、到達最大心拍数、ST が 1 mm 以上下降した領域に含まれる電極の数(ST下降領域)、最大 ST 下降の大きさ(mm)、運動終了後 ST 下降持続時間、異常血圧反応(ここでは収縮期血圧の低下あるいは上昇が 10 mmHg 以下)の有無について、LMCA (+)群、LMCA (-)群に分けて検討した。

統計的有意差は t 検定にて検討し  $p < 0.01$  を有意にとった。

## II 結 果

(1) 心筋梗塞症の既往のあるのは LMCA(+) 群 6 例中 1 例、LMCA(-) 群 27 例中 9 例であった。LMCA(+) 群のうち CAG 上他枝病変がないのが 3 例であり、残りの 3 例は他枝狭窄がみられた。LMCA

(-) 群 27 例の内訳は 1 枝狭窄 5 例、2 枝狭窄 16 例、3 枝狭窄 6 例であった。また LMCA(+) 群のうち 1 例は梅毒性血管炎と考えられた 1 例であった。LMCA(+) 群は全例 CAG 施行前に運動負荷テストを行ったが、LMCA(-) 群 27 例中 12 例は CAG 施行後に運動負荷テストを行った。

(2) End-point は、LMCA(+) 群 6 例中 5 例、LMCA(-) 群 27 例中 22 例は狭心痛であった。他は ST 下降を End-point とした。到達最大心拍数、運動時間は両者にて有意の差はみられなかった(表1)。LMCA(+) 群は全例 Bruce の第 2 段階にて運動を中止した。ST が 1 mm 以上下降した領域に含まれる電極の数は LMCA(+) 群全例 18 個以上で LMCA(-) 群に比し有意に多かった。また最大 ST 下降の大きさは LMCA(+) 群全例 3 mm 以上で LMCA(-) 群に比して有意に大きかった。運動終了後 ST 下降持続時間には有意の差はみられなかった。異常血圧反応を示したのは LMCA(+) 群 6 例中 4 例、LMCA(-) 群 27 例中 6 例であった。

(3) 今回対象とした全 33 例中について、最大 ST 下降の大きさ (X mm) と、ST が 1 mm 以上下降した領域に含まれる誘導電極の数 (Y) を比べると、 $Y = 4.94 \times X + 1.67$  ( $r = 0.78$ ,  $p < 0.001$ ) の有意の相関が得られ、ST 下降の程度が大きいほど ST 下降領域が広いという関係が示された(図2)。最大 ST 下降の大きさ 3 mm 以上、ST 下降領域 18 個以上の範囲には LMCA(+) 群 6 例全例と、LMCA(-) 群のうち 3 例が入り、この範囲を判定基準とすると、LMCA 狭窄診断の sensitivity は 100%、specificity は 89% となった。LMCA(-) 群でこの範囲に入った例は 3 枝狭窄 6 例中 2 例、2 枝狭窄 16 例中 1 例にすぎなかった。

## III 考 案

LMCA 狭窄例は、内科的治療の予後の悪さから積極的にバイパス術のすすめられるものであり<sup>3)</sup>、また CAG 術中の心停止<sup>3)</sup>や、術後の心筋梗塞発生<sup>4)</sup>の合併症が多いとされ、非侵襲的検査にて、LMCA 狭窄を予測しうるものがあれば有用と考えられる。患者の臨床歴としては、梅毒性大動脈炎のような特殊な etiology がまれにみられることもあるが<sup>5)</sup>、臨床歴だけか

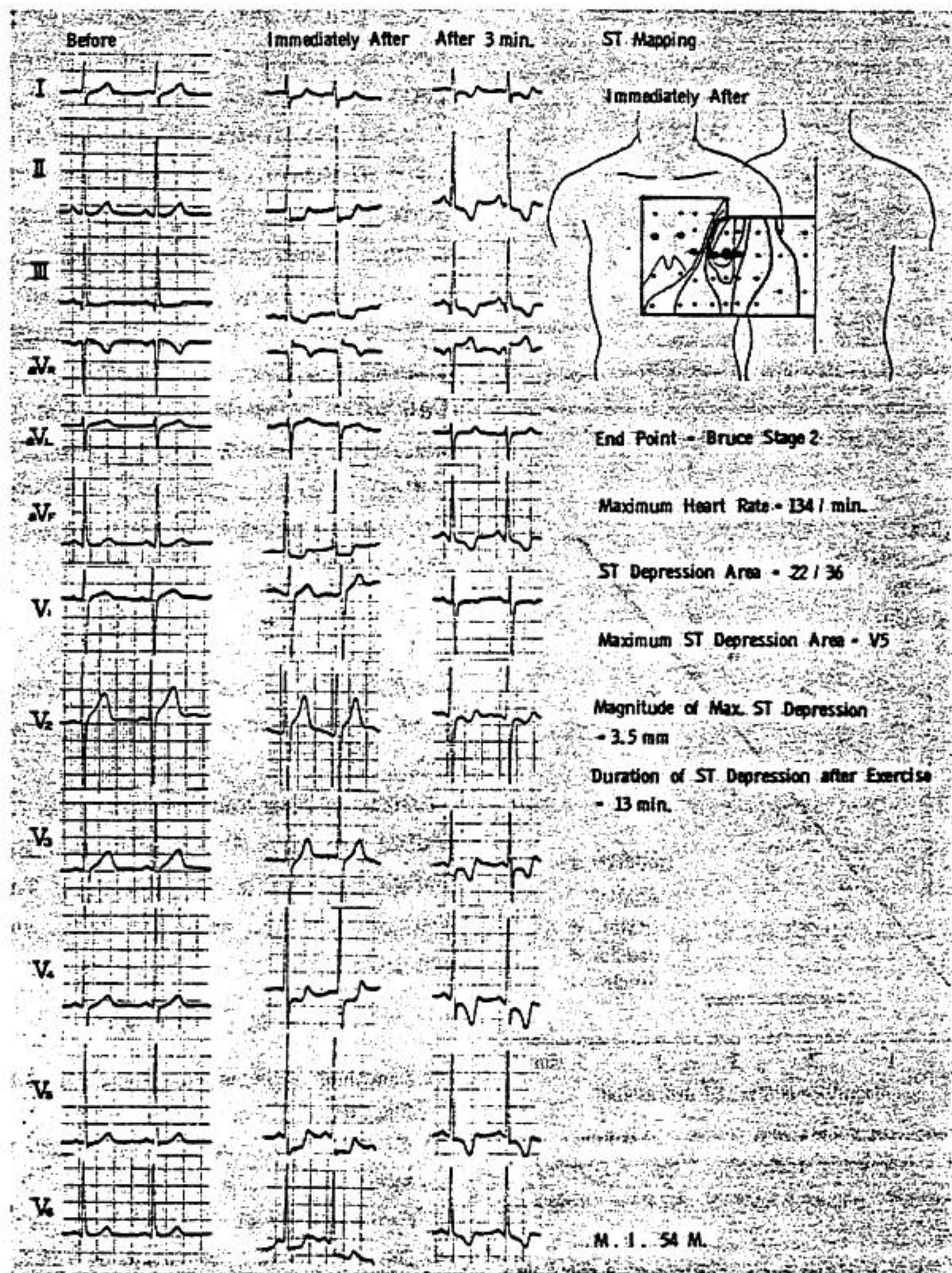


図1 LMCA 狭窄例の運動負荷心電図

右上は ST マッピングを示す。黒丸は、体表面36誘導の電極の位置を示す。●は V<sub>1</sub> から V<sub>6</sub> の位置を示す。

ら、LMCA 狭窄を予測するのは困難である。Weyman ら<sup>2)</sup>は、超音波断層法により LMCA 狭窄病変を描出しようとしたが、著者らの検討では、LMCA そのものを描出しえない例が多く、また LMCA 狭窄と見誤る例が少なからずあることを報告した<sup>3)</sup>。

LMCA 狭窄例の運動負荷テストの特徴としては、

ST 下降 2 mm 以上、運動終了後 ST 下降の持続時間が長い、心拍数の反応が悪い、異常血圧反応<sup>4)</sup>などが従来より挙げられているが、ST 下降領域の広さについて注目した文献は少ない<sup>5)</sup>。我々は従来体表面36誘導による運動負荷テストを行い虚血領域の違いについて報告してきたが<sup>6)</sup>、今回は ST マッピングの広さ

表1 運動負荷諸指標の対比

	LMCA(+) 群 n = 6	LMCA(-) 群 n = 27	有意差
年齢	31~66歳 (51±11)	42~67歳 (56±6)	N. S.
最大心拍数	100~138/m (122±14)	92~150/m (120±14)	N. S.
運動時間	4.0~5.0 min (5.0±1.0)	1.5~9.0 min (6.0±2.5)	N. S.
ST下降領域	18~24 (21±2)	6~25 (12±5)	P<0.001
最大ST下降 (mm)	3.0~4.5 mm (3.8±0.5)	1.0~4.0 mm (2.1±0.7)	P<0.001
ST下降時間	5.0~13.0 min (8.2±3.1)	1.0~18.0 min (8.9±3.6)	N. S.

( ) 内は平均値と標準偏差を示す。

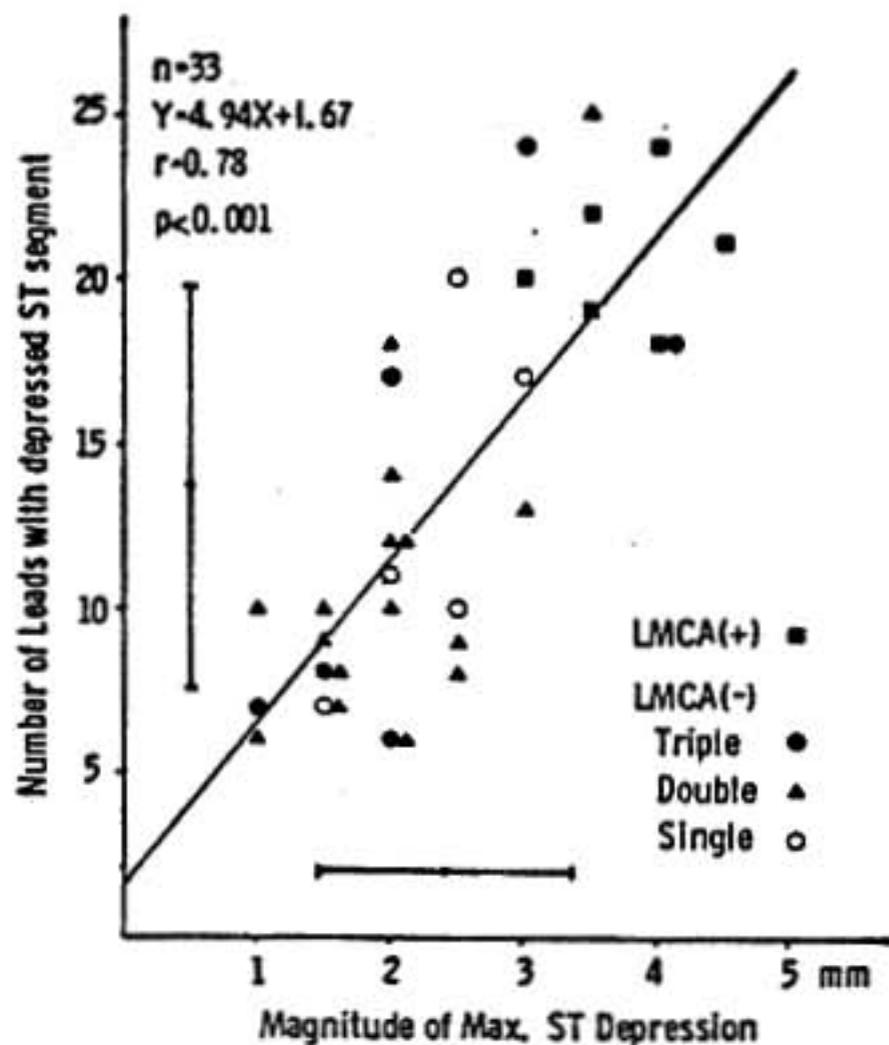


図2 全33例の最大ST下降の大きさ (X軸mm), と, ST下降領域内の電極の数 (Y軸) との関係

Triple = 3枝狭窄, Double = 2枝狭窄, Single = 1枝狭窄

と, 最大ST下降の大きさという観点からLMCA狭窄例について検討を行った。今回検討したLMCA(+)群は, End-Point, 運動時間, 到達心拍数という点では, LMCA(-)群と同様であったが, ST下降領域の広さ, 最大ST下降の大きさは有意に大きく, 両者を加味することにより, LMCA(+)群とLMCA(-)群とを鑑別することができた。すなわち最大ST下降の大きさ3mm以上, 36電極のうち, STが1mm以上下降した領域内の電極の数18個以上を判定基準と

すると, LMCA狭窄診断の sensitivity は100%, specificity は89%となった。LMCA群6例中3例は, LMCAだけに狭窄がみられ, 他枝病変のない例であり, この特徴は, LMCA狭窄に特徴的な所見と考えられた。LMCA(-)群では3枝狭窄や2枝狭窄でも, 狭い範囲でしかST下降がみられない例があった(図2参照)。今回の検討では, 異常血圧反応がLMCA(+)群に多かった(%)が, 運動終了後ST下降持続時間にはLMCA(+)群, (-)群に有意の差がなく, 従来の報告と異なった。また, LMCA(+)群は全例CAG施行前に運動負荷テストを行ったが, 全例Bruceのプロトコールの第2段階まで運動可能であり, LMCA(-)群に比して運動時間, 到達心拍数に差がなく, 血圧, 心電図をモニターしている限り安全に施行しえらると思われた。

## まとめ

体表面36誘導による運動負荷テストを行い, 左冠動脈主幹部狭窄例のSTマッピングの所見について検討した。

LMCA(+)群はLMCA(-)群に比して, ST下降領域の広さ, 最大ST下降の大きさは有意に大きく, 36電極のうち18個以上, ST下降の大きさ3mm以上を判定基準とすると, sensitivity 100%, specificity 89%となった。

## 文献

- 1) Chaitman B. R., et al. : Am. J. Cardiol. 48 : 765, 1981.
- 2) Bristow J. D., et al. : Circulation 55 : 969A, 1977.
- 3) Cabin H. S., et al. : Am. J. Cardiol. 48 : 1, 1981.
- 4) Davis K., et al. : Circulation 59 : 1105, 1979.
- 5) 川久保 清, 他 : 最新医学 36補録 : 138, 1981.
- 6) Conti C. R., et al. : Prog. Cardiovasc. Dis. 22 : 73, 1979.
- 7) Weyman A. E., et al. : Circulation 54 : 169, 1976.
- 8) 川久保 清, 他 : J. Cardiography 10 : 821, 1980.
- 9) Weiner D. A., et al. : Am. J. Cardiol. 46 : 21, 1981.

## 質 疑 応 答

- 外畑 (名大) : 先生のところと外国の文献を比較して、ここが特徴だということはあるか。
- 川久保 (東京大) : ST 下降が運動終了後何分続くかという点ですが、外国の文献では LMCA 狭窄例で長いといわれているが、今回の検討では有意の差はなかった。
- 田村 (山梨大) : LMCA 狭窄例は、スタンダード

の Bruce のプロトコルは禁忌で、low level のプロトコルを使えとしているが、

- 川久保 (東京大) : 今回の LMCA 狭窄例は全例 CAG 施行前に負荷テストを行ったので Bruce の第1段階から始めた。
- 村山 (東京大) : 始めから LMCA 狭窄を臨床的に疑うことは困難である。また LMCA 狭窄例でも案外運動能力がある例があると考えていただきたい。

## 定滑車重量負荷法と Hand Grip 法の比較

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

丹 羽 明 博\* . 宮 原 康 弘\*

高 元 俊 彦\* . 梅 沢 滋 男\* . 谷 口 興 一\*

## は じ め に

## I 方 法

等尺性負荷試験は運動負荷試験の1種であるが、心電図上の虚血性変化や胸痛の発現は少ないため、虚血性心疾患の診断には不適とされている。しかしながら等尺性負荷は確実に後負荷を増強する特徴を有している<sup>1)</sup>ため、負荷に対する心血管系の反応を検討することによって心機能評価が可能であり、病的心では Frank-Starling 効果で反応し、正常心では心収縮力の増強で反応する<sup>2)</sup>ことが知られている。負荷の方法としては、一般には市販の握力計が用いられている(以下 HG 法)が、HG 法には負荷量の不安定さや Valsalva 効果の関与などの問題点が知られている。そこでわれわれは HG 法の欠点を補うために、定滑車重量負荷法(以下 WS 法)を考案し、臨床応用を行っている。

今回は健常例において HG 法と WS 法を比較し、WS 法の方法論上、および、循環動態上の特徴を検討した。

対象は21~33歳、平均27.0歳の健常男子8例である。HG 法は臥位にて右腕で握力計を持ち、最大握力(以下 MVC)の30%重量に相当する目盛に握力計の指針を3分間合わせるもので、検者の1人に握力計の先端を保持させて、被検者の右腕に握力計自体の重量がかからないように配慮した。WS 法は天井に固定した定滑車を介して一定重量のオモリを吊し(図1)、臥位

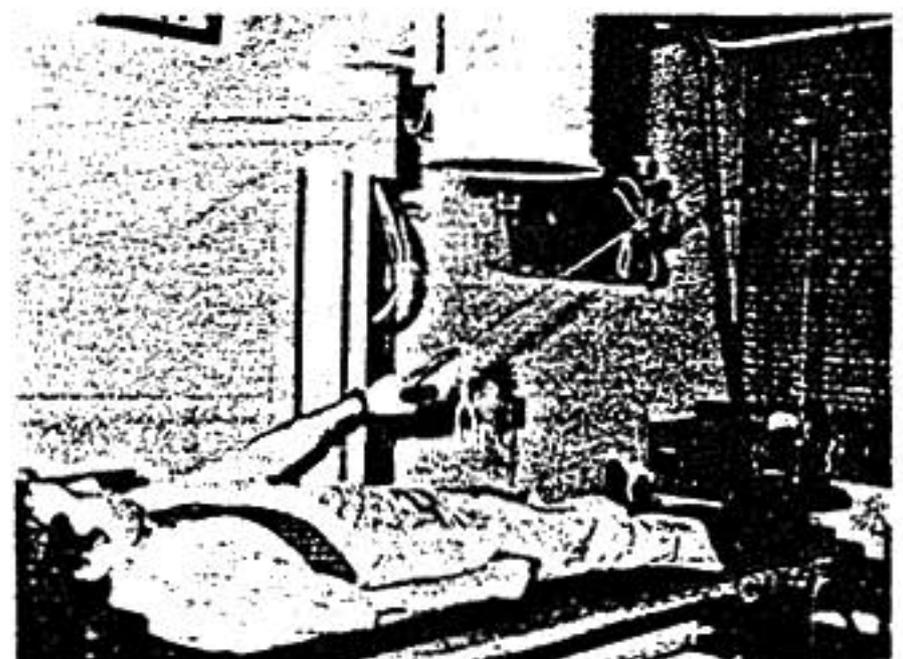


図1 定滑車重量負荷法の実施手技

荷試験に新たな情報をもたらす、その診断的価値も増加するものと期待される”。

このような考え方から、Treadmill 運動負荷に対する心拍数の反応性をシステム論的な解析法<sup>2)</sup>を用いて定量的に測定し、正常若年者の各種負荷量に対する心拍数反応性を検討した。

## I 対象と方法

ある公立大学の卓球部に所属する20歳から23歳の健康男子学生6名を対象とした。対象の最大酸素消費量は2.5から3.7 l/minで、平均  $3.0 \pm 0.5$  l/minであった。

トレッドミル運動負荷試験は Marquette社製CASEを用い、当センターの運動負荷プロトコールのうち stage 1 (2.5 km/hr, 10%), stage 3 (4.5, 10), stage 5 (5.5, 14), stage 7 (5.5, 22) の4運動負荷量についてのみ検討を加えた。

これらの各 stage のトレッドミル運動を図1のごとく19分間に擬似ランダム的に4回 on-off 刺激入力として与え、それに対する心拍数の反応を周波数解析<sup>2)</sup>した。3秒ごとに R-R 間隔の逆数から瞬時心拍数を求め、運動負荷という入力(すべての負荷量の運

動=1, 立位安静=0とした)の自己相関関数と、この入力と心拍数という出力との間の相互相関関数から荷重関数を求め、それをラプラス変換することにより周波数伝達関数を求めた。これを対数表示した周波数に対する伝達関数の利得と位相角として Bode 線図上に表現した。

これら心拍数応答解析のための運動負荷試験の終了の後、同じレベルの運動を4分間行い最後の1分間にダグラスバッグに呼気ガスを採取するとともに肘静脈より採血し、酸素消費量と血中乳酸濃度を測定した。

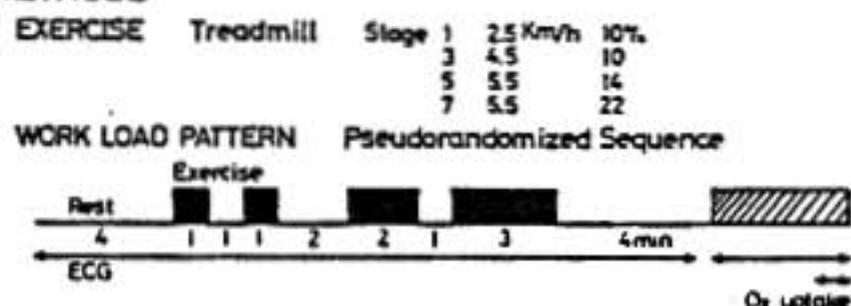
## II 結 果

各 stage の運動時の酸素消費量、心拍数、伝達関数より求められた定常状態での最大心拍数増加量K、血圧、血中乳酸の全例平均を表1に示した。酸素消費量は stage に対しほぼ直線的に増加し、血圧もほぼ直線的に増加するが心拍数は stage 7 でやや急峻に増加し、同時にK値も stage 7 で著明な増加を示した。また血中乳酸も stage 7 で急峻な増加を示し、この運動量で嫌氣的代謝が関与してくることが推測された。

心拍数応答解析法によって求められた伝達関数が充分信頼しうるか否かを見るため、ある対象で行った stage 7 の運動負荷試験での瞬時心拍数の実測値と伝達関数より求めた理論値を図2に示した。両者がよく一致し、細かな心拍数の変動をもよく反映していることが示された。この例での両者の値の相関係数は0.980であり、求めた伝達関数が心拍数調節系の動特性を充分正確に表現しているものと考えられた。

上述の実験例で得られた伝達関数の Bode 線図を図3に示した。図の上段に各周波数に対する系の利得を dB 表示し、下段にその位相角を度表示した。利得は低周波領域ではプラトーを形成し、周波数が高くなるにつれ減少し、0.2 cpm と 0.4 cpm 付近で二つのピ

### METHODS



### INSTANTANEOUS HEART RATE 3sec Intervals FREQUENCY ANALYSIS OF HR RESPONSE TO EXERCISE

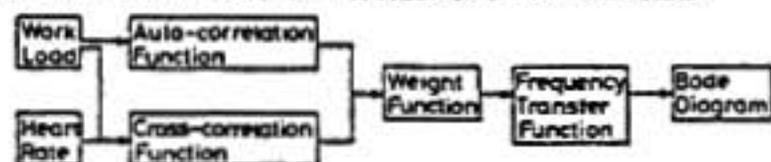


図1 方法

表1

	$\dot{V}O_2$ ml/min	HR /min	K /min	sBP mmHg	dB $\mu$ mmHg	Blood lactic acid mg/dl
Rest	$243 \pm 23$	$74 \pm 10$		$117 \pm 11$	$76 \pm 9$	$11.4 \pm 2.6$
Stage 1 2.5 Km/h, 10%	$706 \pm 111$	$80.7 \pm 6.3$	$12.8 \pm 2.3$	$125 \pm 11$	$70 \pm 10$	$7.1 \pm 1.6$
Stage 3 4.5 Km/h, 10%	$988 \pm 143$	$92.9 \pm 6.7$	$24.0 \pm 8.2$	$138 \pm 12$	$73 \pm 8$	$8.3 \pm 1.7$
Stage 5 5.5 Km/h, 14%	$1380 \pm 174$	$105.5 \pm 4.8$	$37.6 \pm 12.1$	$147 \pm 10$	$73 \pm 7$	$9.6 \pm 1.9$
Stage 7 5.5 Km/h, 22%	$1734 \pm 178$	$126.8 \pm 12.0$	$72.2 \pm 25.2$	$163 \pm 20$	$68 \pm 7$	$16.8 \pm 4.7$

にて3分間保持する方法である。なお、装置の構造上25 kg を負荷重量の上限とした。

負荷の方法はHG法と2種類のWS法、すなわち、30%MVCに相当する重量を負荷するWS30%法と、50%MVCを負荷するWS50%法の計3種類の負荷を1週間以内に施行した。2種類の負荷を同一日に施行する際には、両負荷法の間には1時間以上の間隔をおいた。測定項目は心拍数、および、間接血圧であり、平均血圧は拡張期血圧に脈圧の1/3を加えて算出し、負荷前、負荷中1・2・3分、負荷直後、負荷後1・3・5分に測定した。また、心拍数に収縮期血圧を乗じてDouble Productを算出した。

各負荷法の間にはStudentのt-検定を用いた。

## II 結 果

3分間の負荷時間における負荷量の恒常性についてみると、WS法では3分間を通じて一定であるのに対して、HG法では負荷開始時の負荷量を3分間保持することは極めて困難であり、当初の負荷量を維持しえたのは1例のみであった(図2)。また、HG法では被験者自ら握力計の目盛に指針を合わせる努力が必要

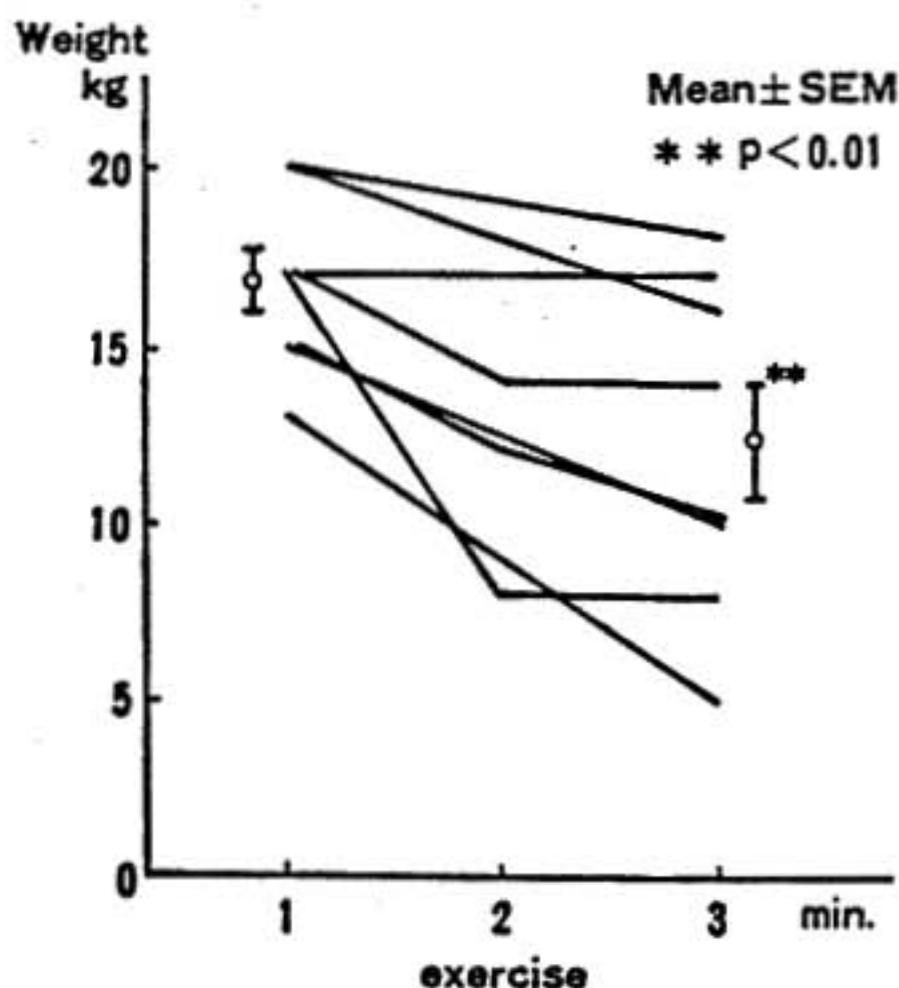


図2 握力計を用いた通常の等尺性負荷法における負荷目盛の経時的変化

最大握力の30%負荷量を3分間維持しえたのは1例のみである。

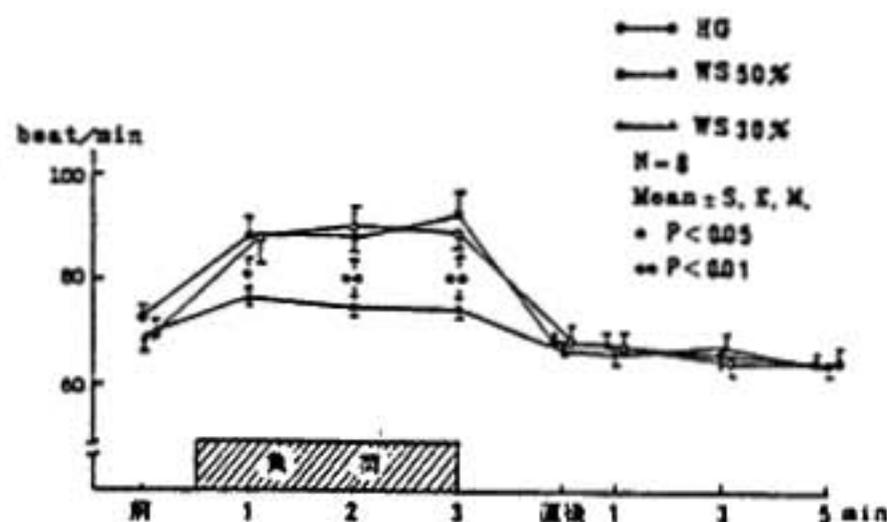


図3 等尺性負荷における心拍数の変化

HG; 握力計による方法。

WS 50%; 定滑車重量負荷で負荷量50% MVC。

WS 30%; 定滑車重量負荷で負荷量30% MVC。

であり、いきみ現象が強く認められたが、WS法では被験者は楽に呼吸をすることが可能で、いきみ現象はみられなかった。

HG法、WS30%法、および、WS50%法の3法について心拍数の推移をみると(図3)、HG法とWS50%法との間には負荷前、負荷中、負荷後を通じて差は認められなかった。これに対して、WS30%法とHG法との間には、負荷1~3分において有意な差を認めた。また、3負荷法いずれにおいても、心拍数は負荷直後に負荷前値に復し、以後5分間にわたってその値に変動は認められなかった。負荷直後は本研究においては負荷終了後約10秒の値である。

平均血圧について3負荷法を比較すると(図4)、HG法とWS50%法においては心拍数の推移と同じく両者は同様の動態を示した。WS30%法については

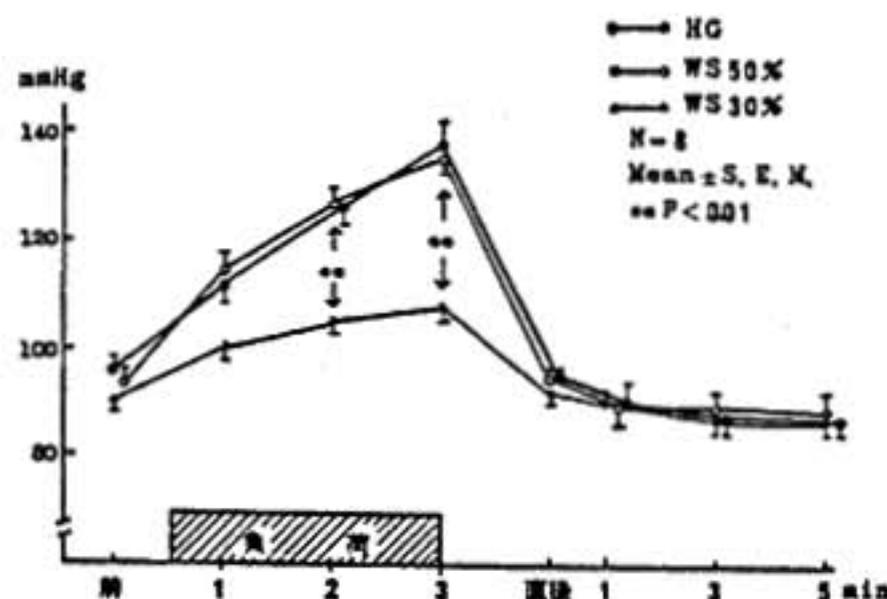


図4 等尺性負荷における平均血圧の推移

HG; 握力計による方法。

WS 50%; 負荷量50% MVCの定滑車重量負荷。

WS 30%; 負荷量30% MVCの定滑車重量負荷。

血圧の上昇は小さく負荷2分および3分時に、HG法との間に明らかな差異を認め、負荷終了後の回復過程については3負荷法いずれも負荷直後にすでに負荷前値に復しており、負荷後5分までその値に変化はみられなかった。また、WS50%法とHG法においては負荷3分間を通じて血圧は上昇を続けた。

Double Product については血圧とはほぼ同じ動態を示した(図5)。すなわち、負荷3分間を通じてHG

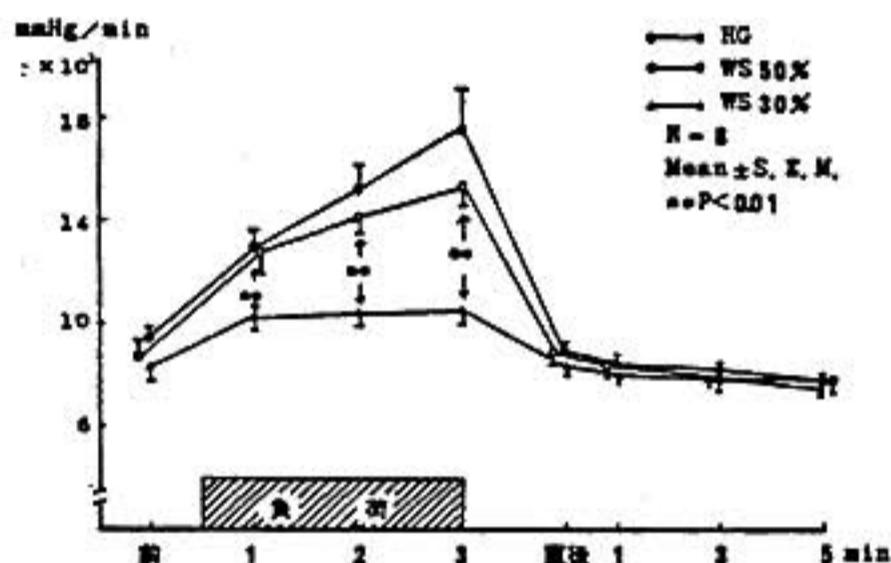


図5 等尺性負荷における Double Product の推移  
HG; 握力計による方法。  
WS 50%; 負荷量50% MVC の定滑車重量負荷。  
WS 30%; 負荷量30% MVC の定滑車重量負荷。

法とWS50%法における値は上昇し続け、両負荷法は同じ動態を示したのに対し、WS30%法では明らかな低値を示した。また、いずれの負荷法においても、負荷直後にはすでに負荷前値に回復していた。

### III 考 察

HG法とWS法における方法論の特徴を比較すると、HG法では一定の負荷量を持続することが極めて困難であり、しかも、Valsalva効果が現れやすいのに対して、WS法では負荷量は一定であり、かつ、負荷のかけ方が受動的であるためValsalva効果の関与が小さいと考えられる。装置の大きさについては、HG法の方が明らかに小さくて手軽であるが、WS法においても広い場所は必要でなく、滑車、ロープ、および、オモリがあれば負荷は可能であり、経済面から考えても手軽な負荷法ということができる。

心拍数、平均血圧、Double Productなどの循環動態については、HG法とWS50%法は全く同じ動態

を示し、WS30%法は前二者とは明らかに異なり、3指標ともその変化量は小であった。WS法の50%MVC負荷量はHG法における30%MVC負荷量にほぼ等しく、また、これまで発表してきた成績<sup>4-6)</sup>から考えると心機能評価を行うに足る後負荷の増しを得ることができる負荷量であり、前述の負荷の定量性とValsalva効果の関与を考え合わせると、WS50%法は負荷の方法として優れた点を有していると考えられる。運動負荷試験における自律神経系の関与は明確にされたとはいえないが、 $\beta$ 神経系が大きく関与する動的負荷に対して等尺性負荷の循環系の反応は $\beta$ 遮断薬でブロックされないため、 $\beta$ 神経系の反応は小さいと考えられている<sup>7)</sup>。このような、神経系の関与について検討するためにも可能な限りValsalva効果等、負荷と直接関連のない神経反射は取り除く方法を用いるべきであると考えられる。

### ま と め

若年健常男子に対して通常のHG法と当教室で用いているWS法の両等尺性負荷を施行し、30%MVC負荷量のHG法と、30%および50%MVC負荷量のWS法における循環動態を比較した。WS50%法はHG法と同等の循環動態を示したが、WS30%法では変化量は小さく負荷量としては不十分であった。

したがって、WS50%法は負荷として十分な循環動態の変化がみられ、かつ、負荷量が一定でValsalva効果の関与が小さいため、臨床応用しやすく有用な等尺性負荷法と考えられる。

### 文 献

- 1) Bruce R. A., et al.: Clin. Sci. 34: 29, 1968.
- 2) Helfant R. H., et al.: Circulation 44: 982, 1971.
- 3) Perez J. E., et al.: Chest 77: 194, 1980.
- 4) 丹羽明博, 他: 第45回日循総会発表, 1981.
- 5) 丹羽明博, 他: 第46回日循総会発表, 1982.
- 6) 丹羽明博, 他: 最新医学 投稿中.
- 7) Gonyea W. J., et al.: Circ. Res. 48(6-II): I-63, 1981.
- 8) Martin C. E., et al.: J. Clin. Invest. 54: 104, 1974.

## 健常人における臥位多段階 Ergometer 負荷と心拍出応答

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

山口一郎\*, 宮沢光瑞\*, 安井昭二\*\*

健常人における臥位多段階運動負荷に対する心拍出応答を観察し, 負荷強度と心行動及び運動耐容能と心機能の関係を検討した。

## I 対象並びに方法

いわゆる運動家や肥満者, 虚弱者を除外した一般健康青年男子20名 (19~37歳平均26.9歳, 体表面積 $1.56 \sim 1.91\text{m}^2$  平均  $1.70\text{m}^2$ ) を対象とし, 午後空腹時に検査を行った。被検者を検査用ベッドに仰臥位とし, 両足をペダルに静止した状態に15分間保ち, まず安静時の心電図, 血圧, 心拍出量 (CO), 心エコー図を記録した。次に心電図の連続記録監視下に, 毎分60回転で25W から3分間ごとに25W ずつ漸増の連続負荷を all out まで加えた。負荷中血圧を左上腕でカフ法により30秒ごとに測定し, CO, 心エコー図を各負荷段階2分30秒から3分間に記録した。CO は ICG 5 mg を右肘静脈より注入し, 虚血校正方式イヤピース濃度計による稀釈曲線から Lilienfield-Kovach 法で算出した。一回拍出量 (SV) は CO を心拍数 (HR) で除して求めた。心エコー図はMモードで僧帽弁直下左室腔を記録し, 拡張末期径 (LVDd), 収縮末期径 (LVDs) を計測した。数値は平均±標準偏差で表示し, 統計検定はtテストを用い,  $p < 0.05$  を有意とした。

## II 結果

図1に安静時及び負荷時の心拍出応答を全例の平均値で示した。CO は安静時  $6.1 \pm 1.3 \text{ l/min}$  から25W 当たり  $2.3 \text{ l/min}$  ずつほぼ直線状に増加し, 125W 時には  $17.8 \pm 3.2 \text{ l/min}$  と2.9倍に達した。HR も安静時  $69 \pm 11 \text{ beats/min}$  から125W 時  $155 \text{ beats/min}$  へとほぼ直線状に2.2倍に増加した。SV は安静時  $89 \pm 20 \text{ ml/beat}$  から75W 時  $113 \pm 24 \text{ ml/beat}$  まで1.3倍に漸増したが, それ以上の負荷では不変であった。

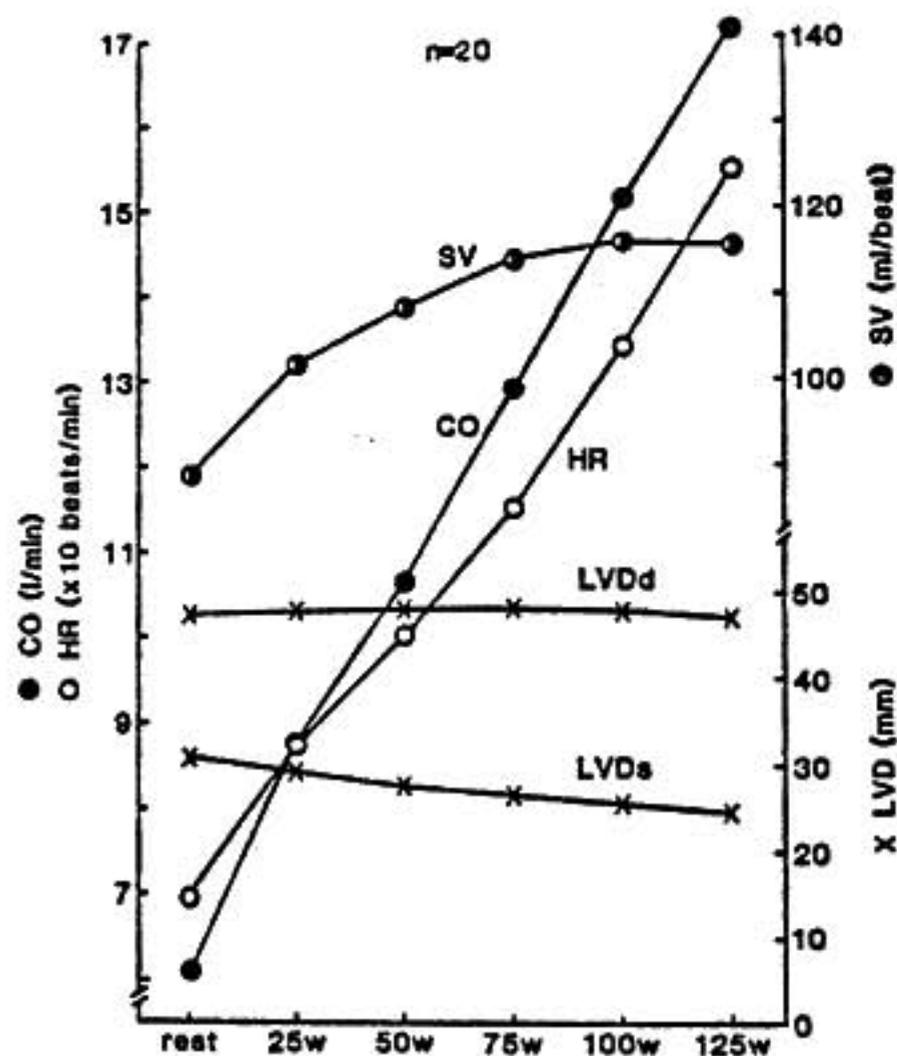


図1 臥位運動時循環諸量の推移  
略号は本文参照

LVDd は安静時  $48 \pm 3 \text{ mm}$  で, 負荷時にも不変であったが, LVDs は安静時  $31 \pm 3 \text{ mm}$  から125W 時  $24 \pm 3 \text{ mm}$  へと漸減した。収縮期血圧は安静時  $122 \pm 7 \text{ mmHg}$  から125W 時  $187 \pm 19 \text{ mmHg}$  に漸増したが, 拡張期血圧は安静時  $74 \pm 9 \text{ mmHg}$  から25W 時  $79 \pm 9 \text{ mmHg}$  に有意に増加したが, それ以上の負荷では125W 時  $85 \pm 14 \text{ mmHg}$  へと微増した。

被検者の負荷持続時間は12.5~24.0分, 平均17.3分と幅広い分布を示した。そこで21分以上の4例 (平均22.5歳,  $1.84\text{m}^2$ ) を第1群, 18分以上21分未満の7例 (25.3歳,  $1.67\text{m}^2$ ) を第2群, 18分未満の9例 (30.1歳,  $1.66\text{m}^2$ ) を第3群と, 運動耐容能により対象を3群に別け, おおのの心拍出動態を比較した。図2に各群の安静時及び負荷時の HR, SV, CO の推移を示した。前2者の対数を横, 縦軸に取ることにより両者

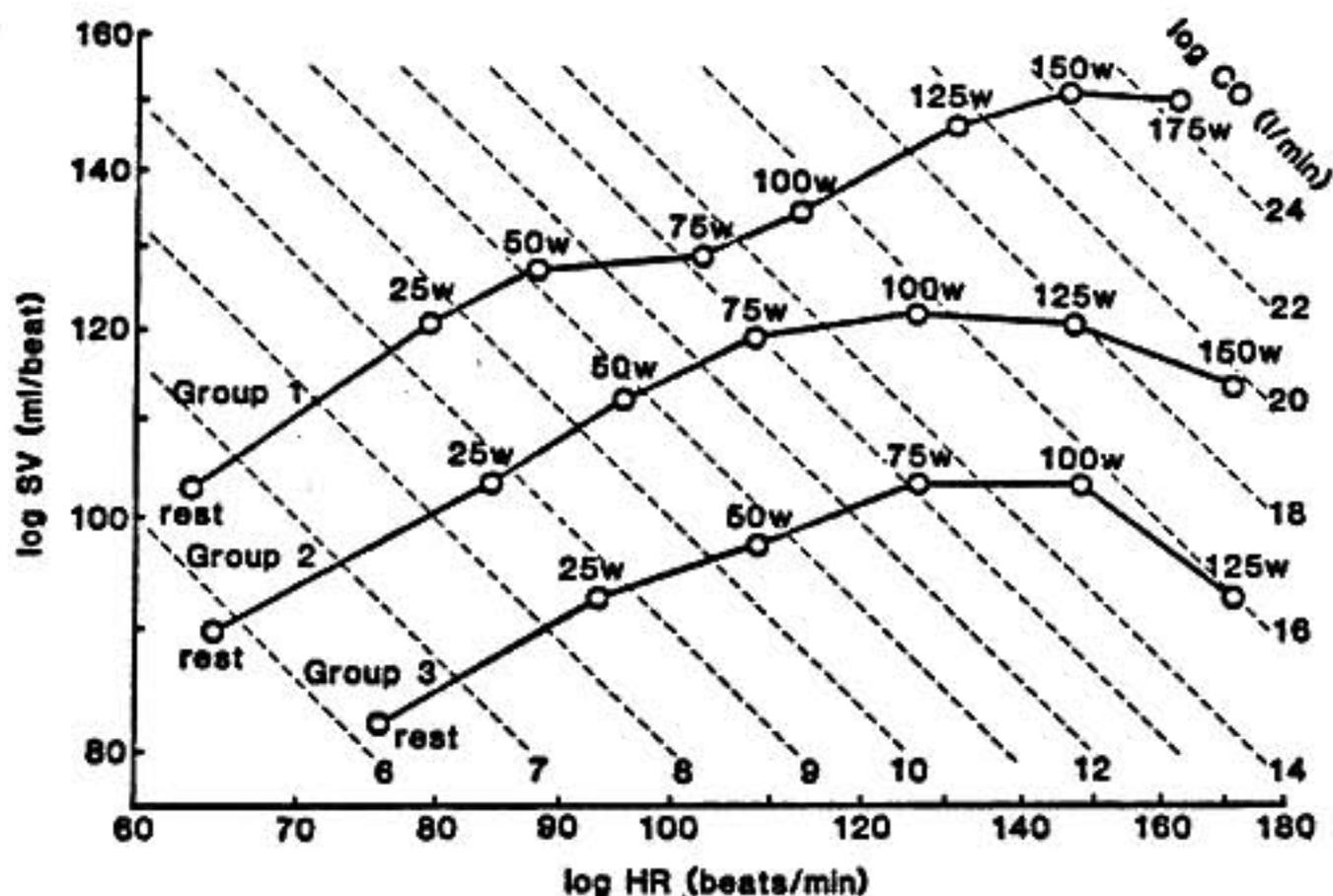


図2 運動耐容能, 大, 中, 小3群の運動時心拍出動態

表1 運動耐容能, 大, 中, 小3群の運動時左室 dimension 変化

	Rest	25W	50W	75W	100W	125W	150W	175W
Group 1 LVDd	48 ± 3	48 ± 3	48 ± 3	49 ± 2	49 ± 2	48 ± 3	48 ± 3	47 ± 4
Group 1 LVDs	30 ± 2	29 ± 3	28 ± 3	27 ± 3	26 ± 4	24 ± 3	23 ± 3	21 ± 3
Group 2 LVDd	48 ± 4	48 ± 3	49 ± 3	49 ± 2	48 ± 3	48 ± 2	48 ± 2	
Group 2 LVDs	32 ± 4	29 ± 3	28 ± 3	26 ± 3	25 ± 4	25 ± 3	23 ± 3	
Group 3 LVDd	47 ± 3	47 ± 3	48 ± 3	48 ± 3	47 ± 4	46 ± 4		
Group 3 LVDs	30 ± 3	29 ± 3	27 ± 3	26 ± 3	25 ± 3	24 ± 4		

Abbreviations : LVDd=Left ventricular diastolic dimension (mm)  
LVDs=Left ventricular systolic dimension (mm)

の積の CO がやはり対数で傾き45°の軸上に示される。各群とも負荷増加に伴い HR, SV 両者によって CO が増加し, 同一負荷時の CO は3群ともほぼ同一であった。例えば 50W では第1群  $11.0 \pm 2.8$  l/min, 第2群  $10.8 \pm 2.3$  l/min, 第3群  $10.5 \pm 1.9$  l/min, 100W 時にはおのこの  $15.0 \pm 2.7, 15.5 \pm 2.6, 15.2 \pm 3.2$  l/min でいずれも群間に差がなかった。しかし図上明らかなくとく各負荷段階とも3群の心行動様式は異なり, 第1群は HR 小, SV 大, 第3群は HR 大, SV 小で, 第2群は中間に位置した。例えば 100W におけるSV は第1群  $134 \pm 33$ , 第2群  $122 \pm 16$ , 第3群  $103 \pm 25$  ml/beat, HR はおのこの  $114 \pm 13, 127 \pm 9, 149 \pm 15$  beats/min で, 第1, 第3群間に有意差を認めた。各群の左室内径推移を表1に示すが, 安静時及び各負荷段階で LVDd, LVDs とともに群間の差がなかった。

### III 考 按

自転車エルゴメータの動的運動負荷法としての第1の特徴は, 負荷量である外部仕事量の絶対値を正確に設定できることである。トレッドミルやマスター2段階法では外部仕事は対重力であり, 被検者の体重に比例する。したがって定量負荷とはいえず, トレッドミルの傾斜, スピードの設定とエルゴメータのワット数とは意味が異なり, 例えば Bruce プロトコル1段階が何Wに相当という比較は, 体重が一定の特定集団, 個人には成立しても普遍性はない。エルゴメータ運動で同一外部仕事に対する心拍出応答を検討する場合には, 負荷量が絶対値である以上, 循環諸量も絶対値で評価することが妥当である。すなわち, 動的運動では仕事量と体酸素摂取率 ( $\dot{V}O_2$ ) は比例関係にあり, 個人差が少ないことが知られており<sup>1)</sup>,  $\dot{V}O_2$  は Fick の

原理から CO と動脈酸素較差の積で表される。動脈酸素較差は体格の大小に依存するものではなく、したがって以上の関係において体格の差に影響される項目はなく、負荷量、CO は絶対値で結ばれることが理解されよう。

負荷の増加に対して CO は 25W 当たり 2.3l/min ずつほぼ直線状に増加し、これは心行動上 HR の直線状、SV の双曲線状の増加により達成された。すなわち HR 120 程度の中等度負荷までは HR, SV 両者が増加し、それ以上の負荷での CO 増加は HR 依存であった。心エコー図上 LVDd は負荷時不変で、LVDs は負荷増加とともに漸減した。負荷時の収縮期血圧は増加したことから、SV の増加は心筋収縮能亢進が主役と解され、Frank-Starling 機序の関与は明らかではなかった。心エコー図による運動時左室内径変化に関して定説はないが、Crawford ら<sup>2)</sup>は臥位運動で中等度負荷までではあるが、我々と極めて類似した成績を示している。HR, 心筋収縮能両者が増加したことから、運動時心行動変化には、交感神経β受容体を介する機序が強く関与することが示唆された。

運動耐容能の異なる3群の同一負荷時 CO は等しく、興味ある事実として注目された。同一負荷時  $\dot{V}O_2$  は3群同等と考えられ、したがって動脈酸素較差も等しいと推察された。すなわち、一般健常人では運動時の血流を介した肺及び末梢での酸素運搬動態は運動耐容能と関連しないと解された。しかし同一負荷時同一 CO において、3群の心行動様式には明らかな差が認められ、運動耐容能の大なる第1群は HR 小、SV 大、耐容能小なる第3群は HR 大、SV 小で、耐容能が中間の第2群は HR, SV ともにその中間であった。各群の最大心拍数はいずれも180 beats/min と差がなく、また中等度負荷以上での SV はほぼ一定であったことから、3群の運動時循環機能の差は最大 CO の差で、これは SV の大小に基因すると考えられた。このことは非運動家と運動家の比較<sup>3)</sup>、トレーニングによる運動耐容能増大に伴って観察された結果<sup>4)</sup>と軌を一にしており、注目された。しかし心エコー図による左室内径動態は表1のごとく各群に差がなく、色素希釈法による結果と矛盾した。心エコー図左室内径から求めた SV と左室造影法、指示薬希釈法、Fick

法などによる SV との安静時での比較は多いが、最近の Gibson<sup>5)</sup> の報告によれば asynergy がない場合でも相関は当初の報告ほど良好でないとの指摘がある。運動時では杉下ら<sup>6)</sup>が軽度負荷時に色素法との良好な相関を報告しているが、中高度負荷では呼吸終末期しか記録できない例がほとんどであるなど、問題が多い。一方、色素法による SV 動態には論理的整合性があることから、筆者らは本法による測定がより妥当と考えている。

## ま と め

- 1) 一般健常青年男子20名の臥位負荷時心拍出応答を色素希釈法、心エコー図から検討した。
- 2) 中等度負荷までは HR, SV の、それ以上では HR の増加により CO (色素法) が負荷量にほぼ比例して 25W 当たり 2.3l/min) 増加した。
- 3) 負荷時に LVDd が一定、LVDs が漸減、収縮期血圧が上昇したことから、SV 増加は心筋収縮能亢進に基づくと解され、Frank-Starling 効果の関与は明らかではなかった。
- 4) 運動耐容能の異なる3群で、同一負荷時の CO は等しかったが、耐容能の優れたものほど、SV 大、HR 小であった。
- 5) 運動耐容能の大小は最大 CO と関連し、これは最大 HR でなく SV の大小に基因した。
- 6) 運動耐容能の異なる3群の色素法による SV と心エコー図による左室内径動態とは一致せず、運動時の後者の意義については更に検討を要すると考えられた。

## 文 献

- 1) Åstrand P. -O. : Prog. Cardiovasc. Dis. 19 : 51, 1976.
- 2) Crawford M. H., et al. : Circulation 59 : 1188, 1979.
- 3) Bevegård S., et al. : Acta Physiol. Scand. 57 : 26, 1963.
- 4) Clausen J. P. : Physiol. Rev. 57 : 779, 1977.
- 5) Gibson D. G. : Prog. Cardiol. 10 : 217, 1981.
- 6) Sugishita Y., et al. : Circulation 60 : 743, 1979.

## 心不全患者のトレッドミル運動負荷による運動耐容能の評価

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

児島俊一\*・松村尚哉\*・橋本文教\*  
西島宏隆\*・南勝\*・安田寿一\*

## 緒言

狭心症診断のために行われるトレッドミル運動負荷試験では、従来からの Bruce のプロトコール<sup>1)</sup>が一般的に最もよく用いられてきた。しかしながら、われわれは高齢者あるいは心予備力低下の著しい弁膜症、心筋症等の基礎疾患を有する症例を対象として運動耐容能を評価するために運動負荷検査を行う場合には、本来の Bruce のプロトコールでは導入の負荷強度がきつく、また負荷増加率も急峻であり運動負荷法として適当でない場合が多く、困難を感じていた。そのため、かねてから Bruce 原法よりゆるやかな Bruce 変法を考案して使用してきた<sup>2)</sup>。昭和55年6月以後ほぼ1年間に382例の健常者および各種心疾患患者でトレッドミル運動負荷検査を施行したが、前述の理由から Bruce 変法を用いたのは210例(55%)に達し、われわれの施設では軽量負荷により各種心疾患患者の心機能、運動耐容能を評価する割合が大きくなってきた。以下 Bruce 原法とわれわれの Bruce 変法について運動強度や心拍数、血圧等に及ぼす影響を比較検討したので報告する。なおその際、特にわれわれがすでに報告した非観血的に求める嫌気性代謝閾値 Anaerobic Threshold (AT)<sup>3)</sup>についても検討したので加えて報告する。

## I 対象ならびに方法

## 1) 対象

トレッドミル負荷を行い、その基礎的な検討を行ったものは、健常者6名および心疾患患者106名(NYHA機能分類<sup>4)</sup> I度29名、II度58名、III度19名)の計112名であった。このうち健常者6名(平均29±5歳)および NYHA 機能分類 I度またはII度に属する心疾患患者10名(44±14歳:弁膜症8名、心筋症1名、先天性心疾患1名)については分時酸素消費量( $\dot{V}O_2$ )

と分時換気量( $\dot{V}E$ )を同時記録した。またこれとは別に健常者7名(31±5歳)、心疾患患者32名(44±13歳:NYHA機能分類 I度7名、II度13名、III度12名)については、嫌気性代謝閾値を求めた。

## 2) トレッドミル運動負荷様式

トレッドミルはアビオニクス社製のものを用いた。運動プロトコールとしては Bruce 原法および表1に示したように、以前報告した速度1.1マイル/時、傾斜0%(stage 0)で開始し、その後は速度を原法の65%に減じた Bruce 変法を用いた。

3) 心電図・血圧・分時酸素消費量( $\dot{V}O_2$ )・分時換気量( $\dot{V}E$ )の測定および記録

心拍数は胸部双極誘導(CM<sub>5</sub>)で連続記録心電図により、血圧はカフ法で聴診により求めた。 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ はモルガン社製オキシログによって測定した。 $\dot{V}O_2$ は Scholander 法により、 $\dot{V}E$ は、Tissot の spirometer によって校正し、いずれも STPD で表記した。被検者はまず坐位とし、その時点で測定した値を前値とし、次いでトレッドミル運動開始後1分ごとに負荷終了まで測定を行った。なお各段階3分目の値をその段階での値とした。

## 4) 嫌気性代謝閾値の求め方

先に報告したごとく嫌気性代謝閾値は、負荷試験時の $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}E$ の相関をマイクロコンピュータで描画し、両者の直線的関係が失われて $\dot{V}E$ が $\dot{V}O_2$ に比し急峻な上昇を開始する変曲点での $\dot{V}O_2$ 値をもって表す間接法<sup>5)</sup>によって求めた。

## II 成績

## 1) Bruce 原法とわれわれの Bruce 変法との比較 (表1, 図1)

表1に健常者による Bruce 原法、同変法での $\dot{V}O_2$ 値を示した。 $\dot{V}O_2$ でみると Bruce 原法 stage I は同変法の stage II にほぼ相当し、Bruce 変法は同原法

\* 北海道大学医学部 循環器内科

stage I 以前に2段階を加えその後もゆるやかに運動強度の増すプロトコールであることがわかる。図1は健常者について運動強度すなわち  $\dot{V}O_2$  (ml/kg/min) と心拍数, 収縮期血圧,  $\dot{V}E$  の関係を Bruce 原法と同変法で比較した, すなわち横軸に  $\dot{V}O_2$  の平均, 縦

軸にそれぞれ心拍数, 収縮期血圧,  $\dot{V}E$  の平均をプロットしたが, いずれの指標も Bruce 原法, 同変法ではほぼ同一線上にあった, すなわちプロトコールの違いによる負荷時間の長短はあっても同一運動強度 ( $\dot{V}O_2$ ) であれば, 健常者では諸指標の反応にあまり差のないことがわかった。

表1 トレッドミル運動負荷の増加に伴う酸素需要の増加, Bruce 原法と Bruce 変法との対比

NYHA 機能分類	臨床状態	酸素需要 ml O <sub>2</sub> /kg/分	トレッドミル試験	
			Bruce原法 3分毎の段階	Bruce変法 3分毎の段階
正常者 および I	身体的に活動的な人 坐りがちの生活を している健康人	56.0		
		52.5		
		49.0		
		45.5	(IV) 43.8	1.7マイル/時 16%
		42.0		(V) 39.1 1.7マイル/時 18%
		38.5		
		35.0	(II) 34.3	1.7マイル/時 14%
		31.5		(IV) 31.4 1.7マイル/時 16%
		28.0		
		24.5	(I) 24.8	1.7マイル/時 12%
II	回復した病人	21.0		(II) 22.1 1.7マイル/時 14%
		17.5	(I) 17.4	1.7マイル/時 10%
III	症状を有する患者	14.0		(I) 12.9 1.1マイル/時 10%
		10.5		
IV		7.0		(0) 8.9 1.1マイル/時 0%
		3.5		

2) Bruce 変法での軽症心疾患患者と健常者の反応の比較 (図2)

次に健常者6名, 軽症心疾患患者10名を対象として, Bruce 変法で全員達成可能であった0-I-II 3段階9分負荷の各段階3分目の  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}E$ , 心拍数, 収縮期血圧について両群を比較した。  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}E$  ではこの段階までの軽量負荷では両群ともほぼ同じ値をとった。心疾患患者は健常者に比べ心拍数では多め, 収縮期血圧では低めであったが両群間に有意の差を認めなかった。

3) 心疾患患者におけるわれわれの運動負荷法の達成率 (表2)

表2は Bruce 変法で症状による限界を終点とする最大負荷を行った心疾患患者106名について, Bruce 変法 0-I-II 3段階9分負荷を途中で中止することなく達成したものの割合と NYHA 機能分類でみた重症度との関係を示してある。 NYHA III度群で明らかにその達成率は低かった。最大負荷を行ったにもかかわらず, この負荷法で特別な副作用はなく, 負荷中止の理由となった症状, 所見も運動中止により速やかに

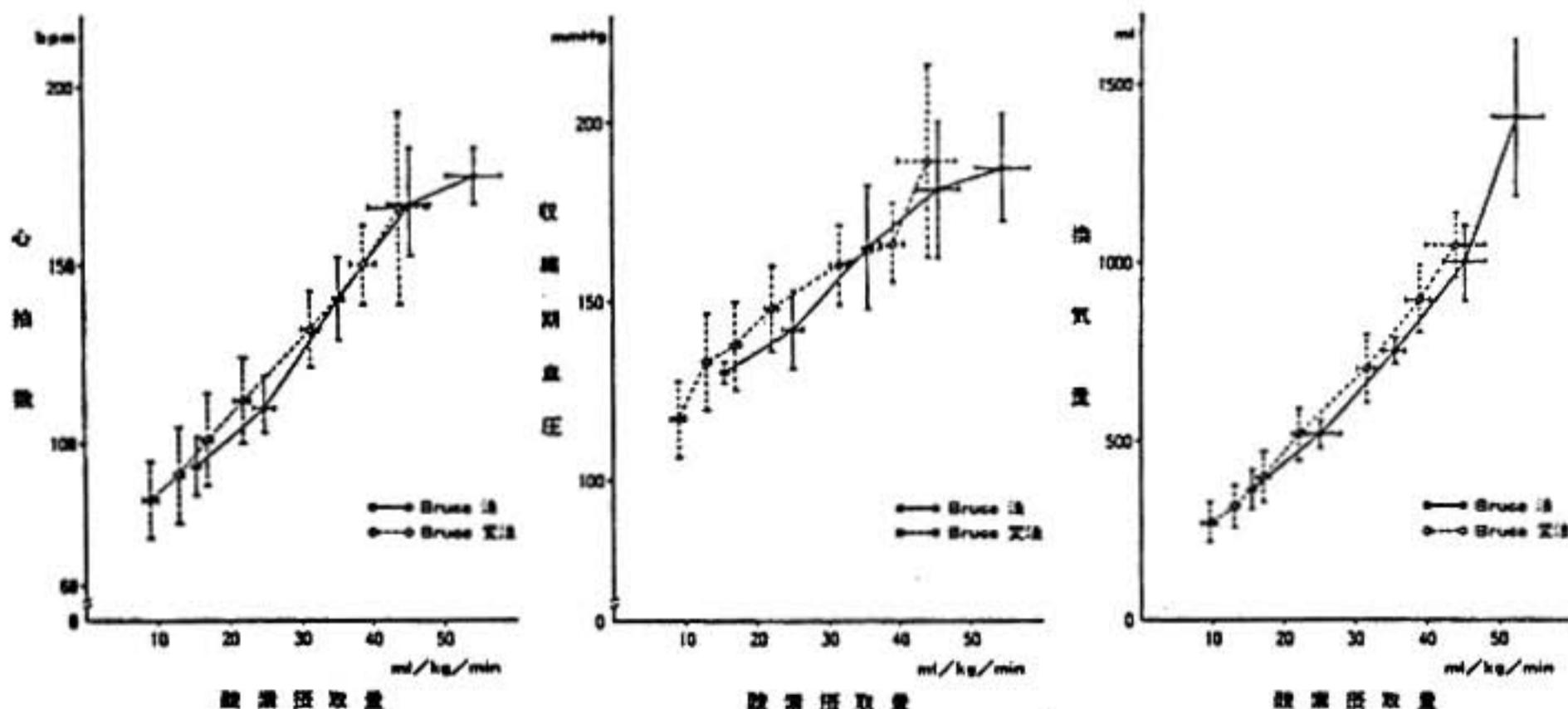


図1 健常者における運動強度 ( $\dot{V}O_2$ , mean±SD) に対する Bruce 法, Bruce 変法での心拍数, 収縮期血圧, 分時換気量 (いずれも mean±SD) の反応の相違

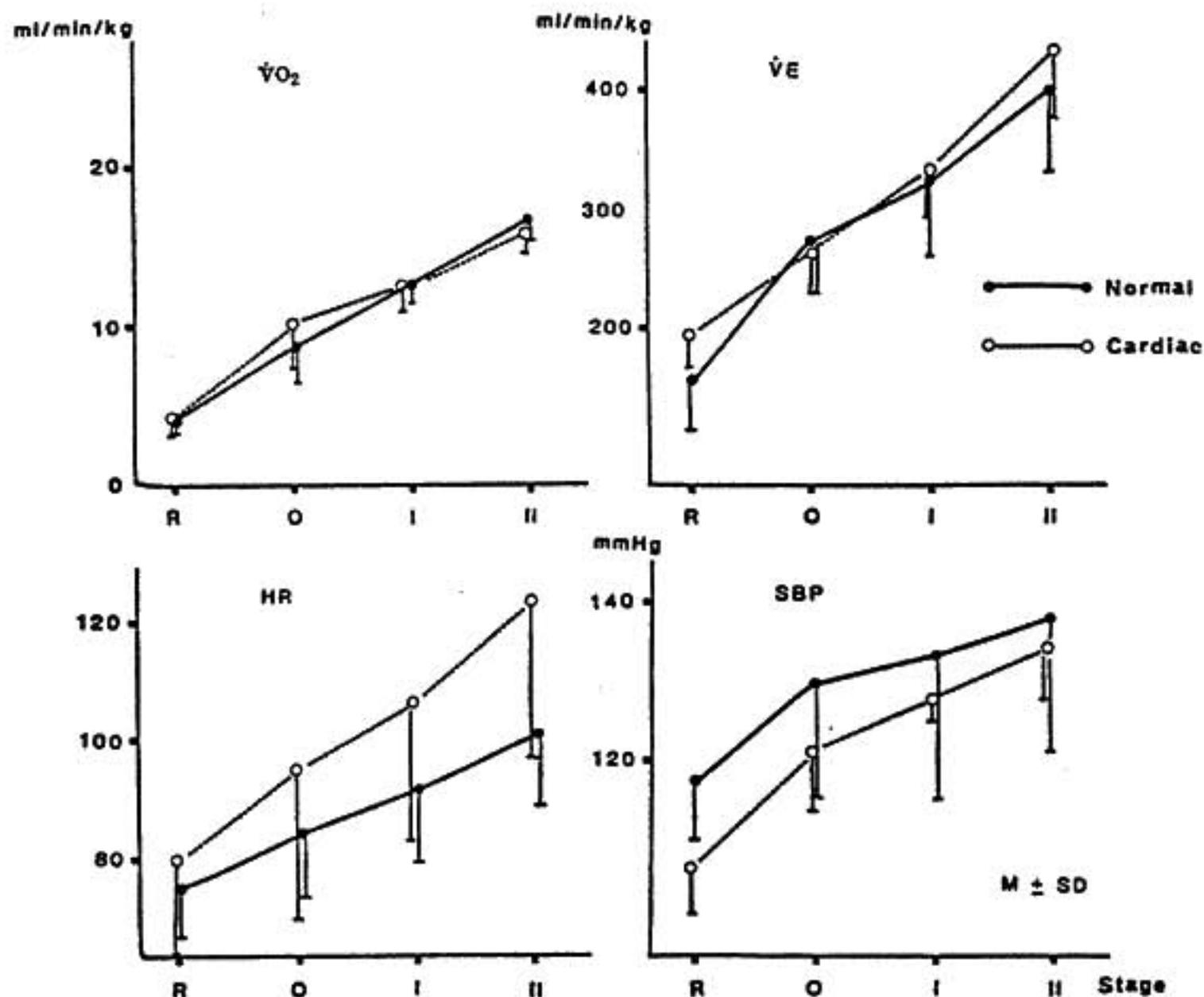


図2 Bruce 変法における健常者 (Normal) と軽症心不全患者 (Cardiac) の各段階での分時酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ), 分時換気量 ( $\dot{V}E$ ), 心拍数 (HR), 収縮期血圧 (SBP)

表2 われわれの負荷法(Bruce 変法), 0-I-II 9分間での心不全患者の負荷達成率

NYHA機能分類	被検者数	試験達成者数	負荷試験達成率
I	29	28	96.6%
II	58	51	87.9%
III	19	11	57.9%
IV			

消失した。

4) Bruce 変法による嫌気性代謝閾値 (図3)

図3に嫌気性代謝閾値に達するまでの時間とその時の  $\dot{V}O_2$  を示した。健常者, NYHA I, II, III度では嫌気性代謝閾値時間は, それぞれ  $16.3 \pm 1.1$ ,  $12.3 \pm 1.1$ ,  $9.7 \pm 2.4$ ,  $6.9 \pm 1.7$ 分であり, その時の  $\dot{V}O_2$  はそれぞれ  $34.82 \pm 2.40$ ,  $21.80 \pm 4.19$ ,  $17.00 \pm 3.17$ ,  $13.01 \pm 2.88$  ml/kg/min であった。いずれも心疾患

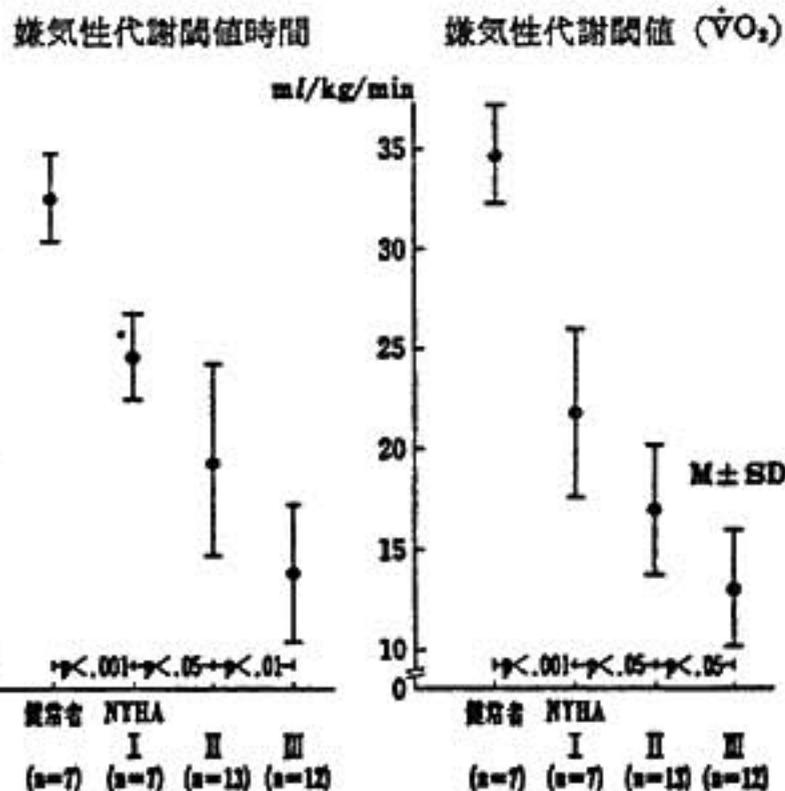


図3 健常者および心疾患 NYHA I, II, III 度群における Bruce 変法による嫌気性代謝閾値時間 (min) と嫌気性代謝閾値 ( $\dot{V}O_2$ )

の重症度をよく反映して重症者ほど早くに嫌気性代謝閾値に達し, またその時点の  $\dot{V}O_2$  も重症者ほど低かった。なおこの嫌気性代謝閾値 ( $\dot{V}O_2$ ) は max  $\dot{V}O_2$  をよく反映してその60~70%に相当した。

### Ⅲ 考 案

われわれの Bruce 変法は, Bruce 原法に比べ症状を終点とする最大負荷を行う場合においても, より安全かつ詳細に運動耐容能を評価することが可能であった. またこの方法では, Bruce 原法に比べ同一運動強度までの  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}E$  の測定回数が多くなり,  $\dot{V}E$  が  $\dot{V}O_2$  に比べ急峻な上昇を始める点, すなわち嫌気性代謝閾値をより明確に見いだすことができた. この嫌気性代謝閾値を指標として用いると Bruce 変法の運動強度の低い段階で, 好氣的運動耐容能の評価が可能であり, 心疾患患者の治療効果の判定, 臨床病状の推移を追うのにも安全, 容易に繰り返し負荷が可能と思われた. しかし, 一方 Bruce 原法は早くに嫌氣的運動強度に達し, 狭心症などの心電図診断に有用と思われるが心予備力の低い症例の運動耐容能を知るためには不適と思われた. したがって, 運動負荷プロトコールは目的, 症例に応じて使い分けるのが临床上適当であると考えた.

### 結 語

心予備力の低下している心疾患患者の運動耐容能を

知る目的で, トレッドミル段階負荷 Bruce 原法を改変した. この結果, 特に NYHA III度群でも安全かつ詳細に目的を達することができた. さらに嫌気性代謝閾値を指標として用いることにより, この負荷方法の運動強度の低い段階で心疾患患者の好氣的運動耐容能を判定することが可能となった.

### 文 献

- 1) Bruce R. A., Blackmon J. R., Jones J. W. and Strait G.: Exercise testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics* 32 (suppl 4): 742, 1963.
- 2) 児島俊一, 他: 心不全患者の運動耐容能を評価するためのトレッドミル負荷試験の検討. *心臓* 13: 1239, 1981.
- 3) Wasserman K. and Whipp B. J.: Exercise physiology in health and disease. *Am. Rev. Resp. Dis.* 112: 1975.
- 4) AHA committee on Exercise: Exercise testing and training of apparently healthy individuals. *A handbook for physicians*, p. 13, 1972.
- 5) 松村尚哉, 他: 心疾患患者の運動耐容能—オキシログによる検討— *最新医学* 37: 186, 1982.

## Ellestad のプロトコールについて

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

田 村 康 二\*

このシンポジウムを企画された戸山先生の私に対するお尋ねは,

①なぜトレッドミルを用いて多段階運動負荷試験をする必要があるのか?

②なぜ私は診断のために Ellestad のプロトコールを用いているのか?

③日本人にはどのようなプロトコールがよいと考えているのか?

ということだと思うので, それについて私の考えを述べる.

運動負荷試験で問題となることは, プロトコールをつくり, それを用いる概念が医者によってかなり異なっている. 運動とは movement, motion, exercise 等の訳語である. ここで movement とは, A地点から B地点まで動くという1回限りの移動をいうのである. その例が student movement である. つまり single stage test ということになる. motion とはある目的点に達するまでの絶えざる動きをいうと思う. そのよい例は political motion で, multistage test となる.

\* 山梨医科大学 第二内科

ところで exercise とは、運動よりはむしろ鍛練と訳すべきで、ギリシア以来の西欧文化、芸術の根本をつくっている概念であると思う。すると運動とは、当然のことながら multistage test となる。負荷とは体罰を与えることなので、医者と患者の間に同意が必要であるが、そこに前述の共通した文化的背景が前提となる。

multistage test を行う場合に、プロトコールの目標、すなわち運動の終点をあらかじめ設定しておくことが必要である<sup>1-4)</sup>。終点が  $\dot{V}O_2$  の最大、つまり生理的最大のするのは機械的判定なので、臨床的プロトコールはとうていつくれない。患者の自覚最大、すなわち患者の精神的最大を終点とするのは Bruce のプロトコールである。医者の判定による最大、すなわち臨床的最大の終点とするのは、Ellestad や Kattusらのプロトコールである。マスターズテストは検査技師も行っているのが、わが国の現状と思う。

Bruce と Ellestad のプロトコールの比較をすると<sup>1)</sup> Bruce はトレッドミルの傾斜角度と速度を増しているのに対して、Ellestad らは角度はそのままで、速度を増している。最近では Ellestad はプロトコールを少し変えている。しかし与えた負荷量に対する最大酸素消費量、あるいは心拍数に関する限り、Bruce と Ellestad のプロトコールには差がない。

Ellestad は一つのプロトコールであるのに対して Bruce は表1のように適心に従って standard と low level の二つの方式を用いている。試験に際して Ellestad は医者がおかしいと思ったら試験をやめるとしているのに対して Bruce では aerobic maximum か symptomatic maximum までやって、その後でやめるのを原則としているというのが、大きな違いである。負荷の中止基準として、予測心拍数<sup>5)</sup>、ST 変化、

あるいは血圧の上昇等を決めて、Ellestad はこれらを警戒信号としているのに対して、Bruce はこれらの信号を必ずしも重視しない立場をとっている。負荷に伴い生じた胸痛も、負荷以前に感じた最大の痛みをIV度として、Ellestad はその一歩手前のIII度で中止するのに対して、Bruce の standard のプロトコールは、最大の4点までに至って初めて中止するのを原則としている点が大きく違う。図1は33歳の健康な医者であるが、負荷が増すにつれて  $\dot{V}O_2$  最大、すなわち生理的最大の達し、見るからに苦しそうになったにもかかわらず、自覚最大、すなわち生理的最大のはならなかった。ECG では ST 降下が認められた。さらに  $\dot{V}O_2$  が減少するので、臨床的最大のと考えて運動を終了させた。後で聞いたら、心臓が破れそうに苦しかったけれどもがんばったとのことだった。

すなわち Ellestad は、運動負荷法に習熟した医師が最大と思われるところで負荷を中止し、患者にもいまままで経験した最大の苦痛に達する前にやめるようにとっておくのに対して、Bruce は  $\dot{V}O_2$  最大か患者の自覚最大まで運動させるのを原則としていると思う。私は運動負荷などは、医者の責任上、臨床的最大の点をとるのが患者や機械に頼るよりよいと思うので、Ellestad のプロトコールを採用している。

第2の問題については多段階運動負荷試験の利点は、医者と患者が各々評価できる試験であるということである。医者が直接患者を観察して、運動に伴う反応状態や機能を検討できる。次に機械で患者のモニタリングをする。また患者がおのれの体についての自信を得て、鍛練していこうとすることになる。またさらにおのれの体力について自覚をして、禁煙や減食に積極的になるという教育効果をもたらすと思う。

表1 Ellestad と Bruce プロトコールの差違について

		適応	禁忌	Policy	中止基準	胸痛
					予測心指数, ST, BP	
Ellestad		明らか	あり	Stop test in doubt.	黄信号	3/4
Bruce	Standard	Clinically stable pt. normal	あり	Aerobic max. Symp max.	青信号	4/4
	low-level	AMI のあと	不詳		赤信号	1/4

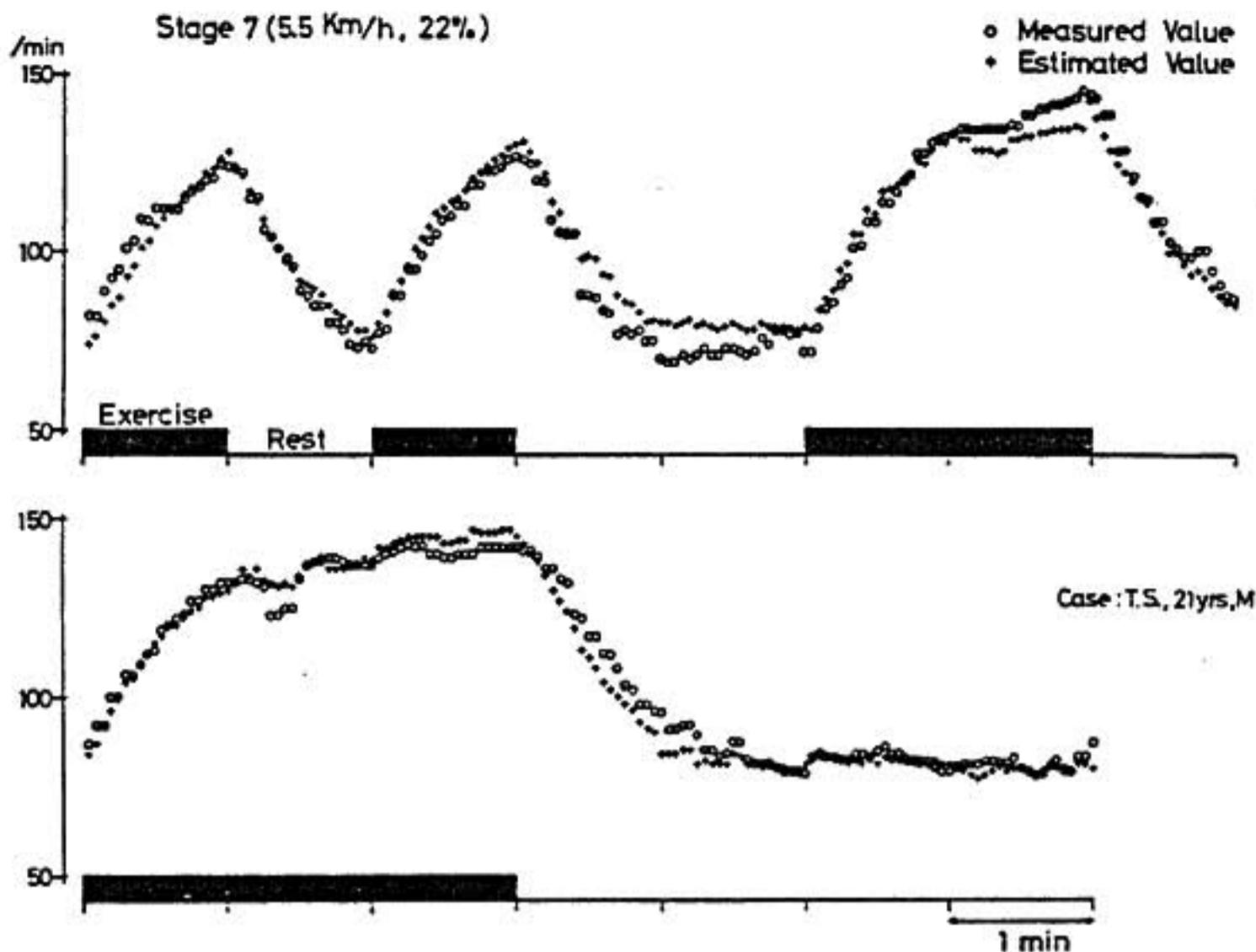


図2 症例 TS の stage 7 の運動に対する瞬時心拍数の反応

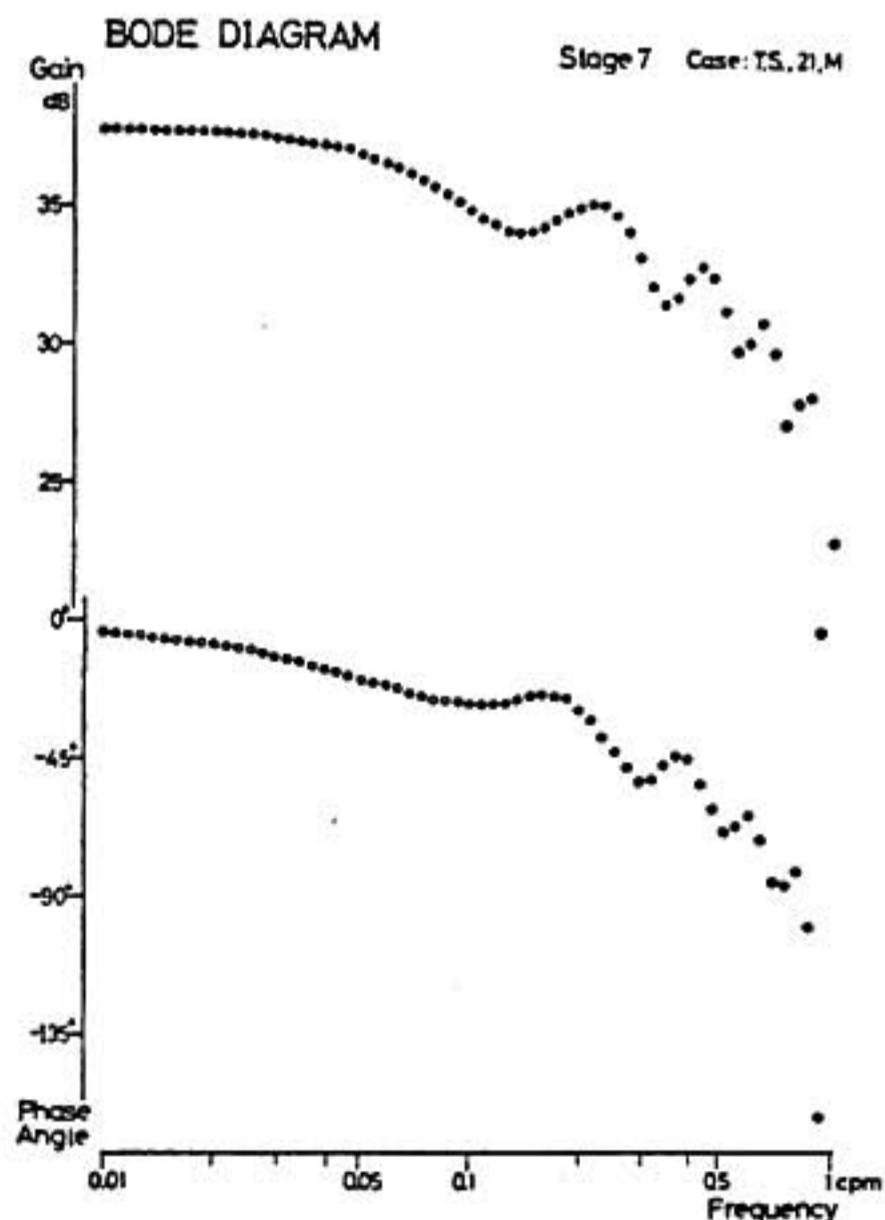


図3 症例 TS の stage 7 の運動に対する心拍数反応の動特性 (Bode 線図)

ークを作り、それ以上の高周波領域では著明に減少した。位相角も同様に周波数が高くなるにつれ位相が遅れ、利得のピークにはほぼ一致してピークを示した。

図4に各 stage での平均伝達関数を示した。低域の利得は stage と平行して増加を示すが、中高域での利得は stage に伴い増加するもののその増加の程度は低い stage の方が大きく、stage 1 や 3 ではプラトー相以上に大きな利得のピークを示した。一方、位相角の遅れは、stage が低いほど少なく、stage 1 や stage 3 での中域の位相角はむしろ進みを示した。stage 5 や 7 では中域の遅れが著明であるが、0.2cpm 以上の高域では stage に関係なくほぼ同程度に位相角の著明な遅れが見られた。

### III 考察と結語

運動負荷時の心拍数応答特性の解析には、Stegemann<sup>2)</sup>以来、仮想方程式への fitting 法が用いられてきた。しかし、これらの方法が多数回の実験を必要とし、想定された方程式の特性により得られる情報が限定され、その生理学的意味づけも困難であるのに比し、今回我々の用いた方法は、多数回の実験を必要とせず、細かな心拍数の変動をもよく反映し、心拍数調節系の

運動負荷の四つの方式の各々について、払う代価と得る受益とについて比較してみた(表2)。まず、マスターズテストでは必ずしも医師が立ち会っていない

のが、わが国の現状だと思うが、その他のテストでは医師の立ち会いは不可欠である。用具や試験時間を考えると、マスターズテストはトレッドミル試験よりは安上がりである。逆に受益では、負荷量はトレッドミル試験で最大となりうる。虚血の検出では、すでに述べたように ECG と ECG 以外の方式では下がると考えている。ECG でみる限り、われわれの成績でも各方法で感度に大差はない。しかし壁運動をみるならば、トレッドミルはマスターに比べてはるかに優れていると思われる。さきに述べた鍛練する効果は、トレッドミルでは優れているが、マスターではこの効果はまずないと思う。また試験に伴う収入は、トレッドミルではマスターに比べて安過ぎるように思う。

3 番目の問題で、日本人にはどのようなプロトコルが良いかということを考えてみたい。まず第1に、運動が文化であって科学で

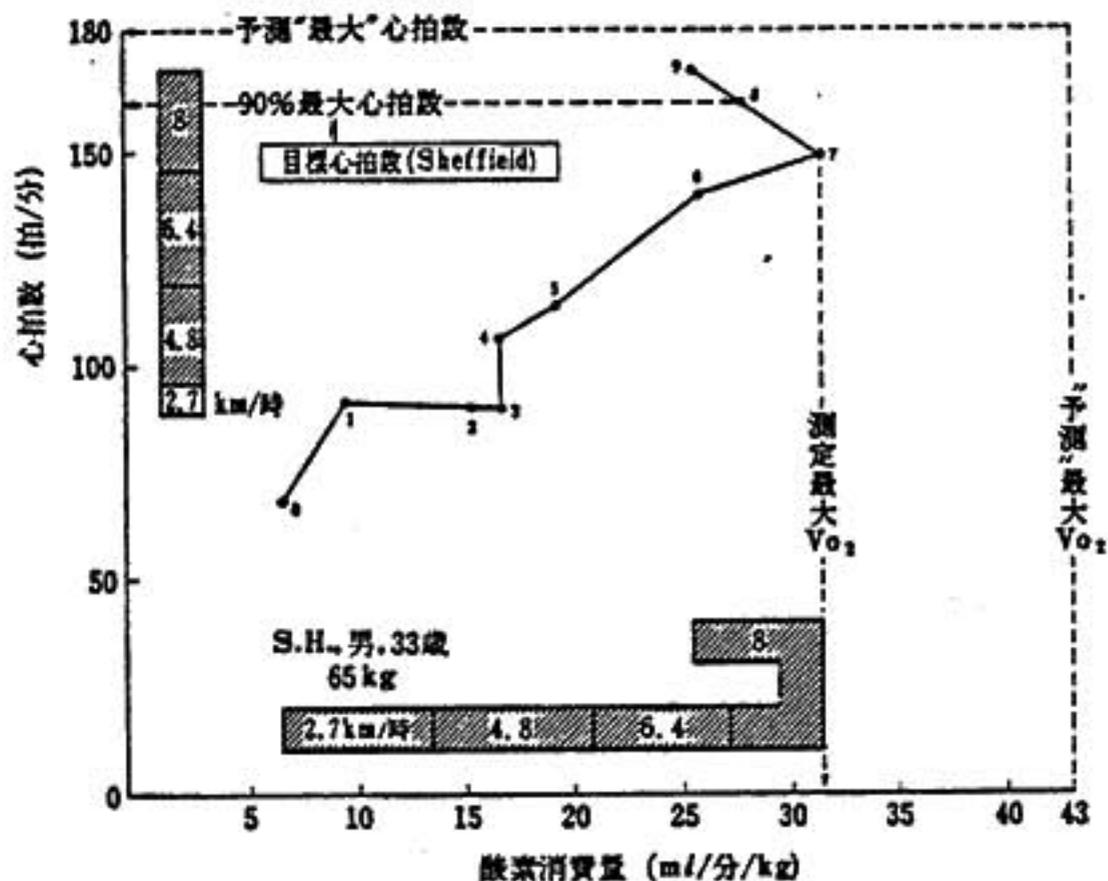


図1 健康人でのトレッドミル試験の1例

表2 運動負荷の方式とその差異について

	代 価			受 益					
	医 師	用 具	試験時間	負 荷 量	虚血の検出		感 度	た ん れ ん 効 果	収 入
					ECG	Non ECG			
1. Master's test	要?	安 価	短	○	○	×	大 差 な し	(-)	
2. Step test			◎	○	○	○		○	
3. Treadmill test	要	高 価	長	◎	○	○		◎	
4. Ergometer				◎	○	◎		◎	

表3 トレッドミル試験の中止理由について

(NO = No of cases)	Completion of the protocol	Over predicted max. heart rate	Onset of arrhythmia	Progressive hypotension and bradycardia
Angina pectoris (213)	73 (34%)	2	1	2
Myocardial infarction (93)	29 (31%)	2	1	0
Arrhythmia (29)	16 (55%)	1 (3%)	0	1 (3%)
Others (173)	105 (61%)	2	2 (1%)	0
Total (509 cases)	223 (44%)	7	7 (1%)	3 (1%)

はない以上、運動哲学の論議がトレッドミルの検討には必要である。

第2に負荷の技術上、どのプロトコールが良いかということである。Ellestad のプロトコールどおり、われわれがこれまで約1000例施行したうち、負荷の中止理由の明らかな509例を検討した(表3)。509例中223例、すなわち44%はプロトコールを完了しなかった。44%はプロトコールを完了したが、残る56%は完了できなかった。その主な理由は、fatigue, dyspnea, leg pain, chest pain 及び ST 異常であった。これらのうち、fatigue, dyspnea 及び leg pain は、プロトコールによってかわりうる中止理由だと思う。

トレッドミルが日常生活での歩行をさせるという負荷を原則にしており、走らせないのが原則であるという前提で、考えてみたいと思う。日本人男子の普通歩行は図2のようで平均成年で 2.6 mile/hour, 老人で 1.5 mile/hour となる。ところで米国白人と日本人の歩行の差が股下の長さにあると考えると、約9%の差がある。日本人の歩行速度の9%増の値は、図2の左

のように各々1.7と3 mile/hour となる。図2の Ellestad のプロトコールでは、前に述べた1.7及び3 mile/hour の値を負荷の最初に用いている。そこでこれの9%少ない量、すなわち91% Ellestad を仮定すると図2のような負荷となる。これまでの成績をもとに、心拍数の変化の平均をみると、傾斜の少し緩やかな変化となり、日本人により適しているのではないかと考えている。

## ま と め

- ①まず運動負荷は多段階で行うのがよいと思う。
- ②トレッドミル負荷は臨床的最大の終点とするのがよい。
- ③日本人には Ellestad の原法の9%ぐらい少ない歩行速度が適しているように思う。

## 文 献

- 1) Pollock M. L., Bohannon L., Cooper K. H., Ayres, Steve R., White A. C., Linnerud Ph. D. : A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am. Heart J.* 92 : 39, 1976.
- 2) Kouji Tamura : "Maximal" exercise stress test by treadmill for evaluation of cardiac function (シンポジウム). *Jpn. Circ. J* 43 : 159, 1979.
- 3) 田村康二, 小沢武文, 室岡 寛 : 運動負荷心電図法における負荷量の検討—その受益と代価について. *心臓* 12(1) : 3~9, 1980.
- 4) 吉崎哲也, 他 : 血中乳酸値測定による運動中の心機能評価の試みについて. *最新医学* 35(3) : 653, 1980.
- 5) 田村康二, 小沢武文, 他 : トレッドミル最大運動負荷試験における「目標心拍数」の意義について. *心臓* 11 : 383, 1979.

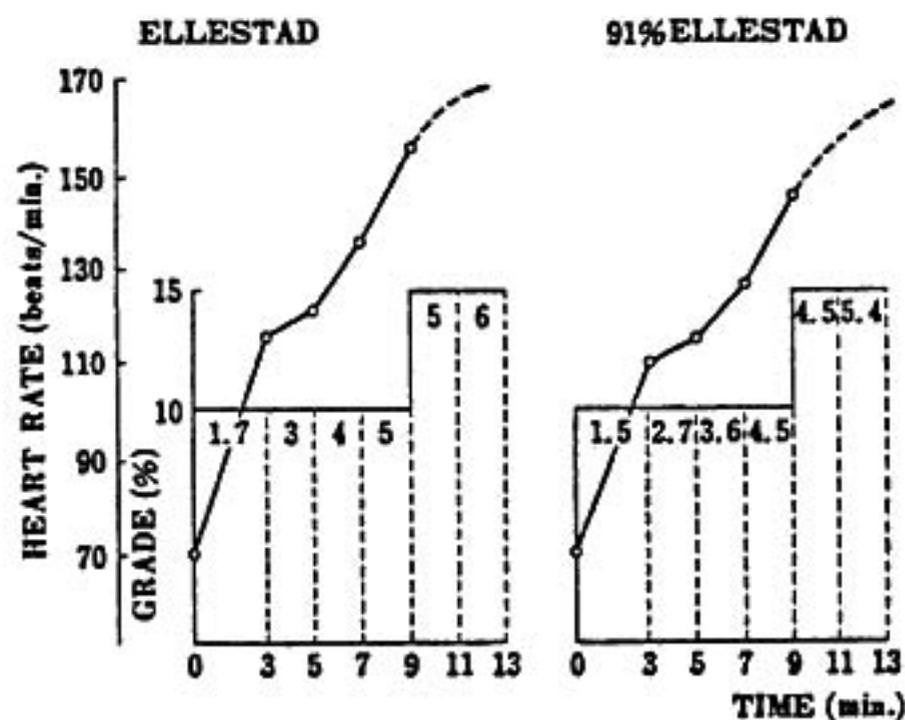


図2 Ellestad のプロトコールとその日本人への応用について

## 多段階トレッドミル負荷試験における問題点

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

齊藤宗靖\*・吉田茂\*

西山誠一\*・菅野和治\*・土師一夫\*

平盛勝彦\*・下村克朗\*・池田正男\*

## はじめに

多段階トレッドミル負荷試験(以下 TM 試験)を行うにあたり, 留意すべき点として, ① 検査の対象と目的, ② TM 試験プロトコル, ③ 心電図判定基準, ④ 冠動脈有意狭窄の基準, ことに冠収縮の絡んだ狭心症をどう扱うか, などがあり, これらはいずれも TM 試験を評価する上で重要である. 本研究においては, この中から, 心電図判定基準, ことに最近広く使われるようになった負荷心電図コンピュータ解析装置(Marquett 社製 CASE<sup>TM</sup>)の判定基準, および, 冠収縮の絡んだ狭心症における TM 試験の解釈の2点につき検討を加えた.

## I 対象と方法

狭心症患者145例および健常者45例の計190例を対象とした. 狭心症患者は全例に冠動脈造影が施行されており, これを次の3群に分けた: ① 1枝以上に75%以上の器質的狭窄を有し, 陳旧性心筋梗塞を有しない症例(A群, 58例), ② 同様, 器質的狭窄を有し, 陳旧性心筋梗塞を有する症例(B群, 53例), ③ 75%以上の器質的狭窄を有しない狭心症例(C群, 34例)で, C群は, 3例を除く全例に, 冠動脈造影中に, 冠収縮が証明されており, 残りの3例も安静時 ST 上昇を伴う胸痛発作が記録されている, いわゆる Vasospastic Angina (以下 VA) である. 健常者(D群)45例中, 26例は非定型的胸痛のため冠動脈造影を施行, 75%以上の狭窄を認めず, また冠収縮も証明されなかった症例で, 残り19例はいわゆる健常者である.

TM 試験プロトコルは, stage 0: 2.5 Km/hr, 0%, stage 1: 2.5 km/hr, 10%, stage 2: 3.5 km/hr, 10%, stage 3: 4.5 km/hr, 10%, stage 4: 5.5 km/

hr, 10%, stage 5: 5.5 km/hr, 14%, stage 6: 5.5 km/hr, 18%, stage 7: 5.5 km/hr, 22%で通常 stage 1より始め, 検査前の問診から運動能力の明らかに低い者に対しては, 1 stage ごとに, それ以外の者に対しては 2 stage ごとに負荷量を上げ, 中等度の胸痛, 水平 2 mm 以上の ST 低下, ほか一般的な運動中止基準に従って運動を中止, 1分間の Cool Down の後, 坐位にて10分まで観察した. 心電図の解析は, Marquett 社製 CASE<sup>TM</sup> を用いて行い, 記録された J 点偏位と ST slope から J-0.08" の ST 偏位を計算した.

CASE<sup>TM</sup> においては, 心電図波形は25心拍逐次平均加算されて記録されるが, その圧縮心電図中, V<sub>s</sub> の J 点偏位 (mm) と, J 点から 1/8 R-R ないし 80 msec 進んだ点とを結ぶ slope (mv/sec) の和, すなわち ST index<sup>1)</sup> を, 逐次図 1 に示す, J 点と slope で構成する平面上にプロットし, その位置する最高の zone 番号をとって判定する仕組みである. zone の区分けは, 1: negative, 2: borderline, 3: positive である. 他に V<sub>s</sub> と aV<sub>r</sub> の J 点と slope が 1 分ごとに印字されており, これらの値から種々の基準を計算することも可能である. 今回検討した判定基準は, V<sub>s</sub> および aV<sub>r</sub> の J-0.08" の ST 偏位 (-0.5 mm と -1.0 mm), ST index (-0.5, -1.0), CASE 判定 (negative, borderline, positive) の 3 種である. なお, CASE 判定以外の判定基準においては, 運動中, 回復期を通し, ST が最大に下降した時点を採用した.

冠動脈造影の判定は AHA の基準<sup>2)</sup>に従い, 75%以上の狭窄をもって有意とした.

\* 国立循環器病センター 内科心臓部門

## II 結 果

### 1. 各種 ST 判定基準の検討

負荷心電図 ST 判定基準として、 $V_s$  における J-0.08" ST 偏位 (cut off level として -1.0 mm, -0.5 mm),  $V_s$  と  $aV_F$  の ST index (-1.0, -0.5),  $V_s$  または  $aV_F$  の ST index が基準 (-1.0, -0.5) を満たせば陽性とする判定, および CASE<sup>(TM)</sup> 判定基準 (zone 2 を陰性とする場合と陽性とする場合) の五つにつき, 有意狭窄群 (A群+B群) より sensitivity を, 有意

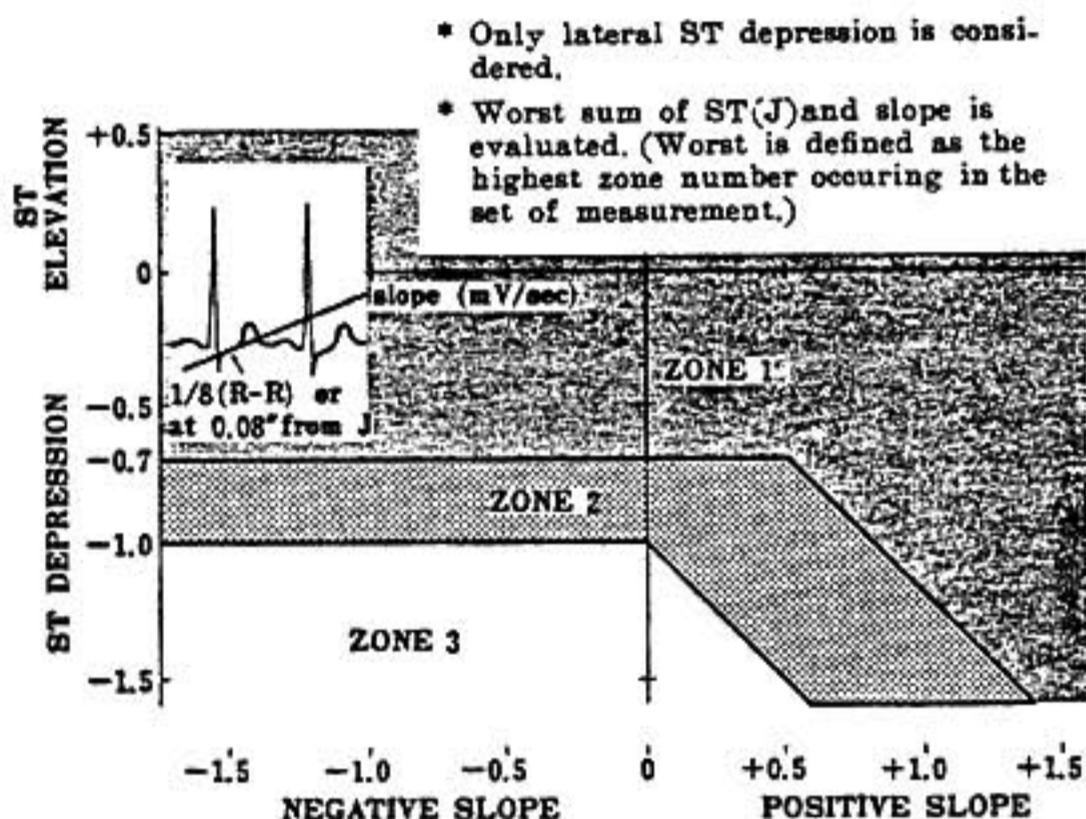


図1 Marquett社 CASE<sup>(TM)</sup>による負荷心電図判定方法  
zone 1: negative, zone 2: borderline, zone 3: positive.  
説明は本文参照.

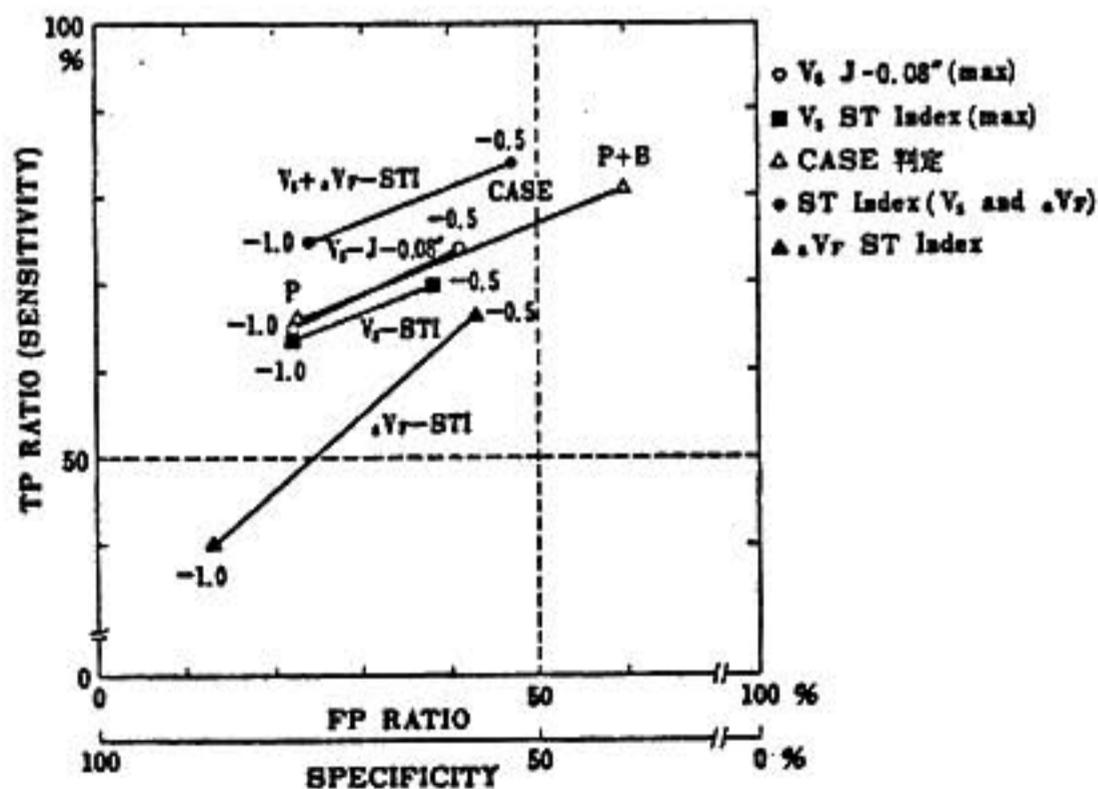


図2 負荷心電図各種判定基準の sensitivity, specificity  
各判定基準につき二つの cut off level をとり, ROC 平面上に  
直線で結んで示した.

狭窄のない群 (C群+D群) から specificity を求め, 二つの cut off level を直線で結んで, ROC 平面上に示した (図2). この平面上, 左上方に位置するほど sensitivity, specificity が高く, 良い判定基準といえる.  $aV_F$  ST index は, 平面下方に位置し,  $aV_F$  単独使用が好ましくないことは従来どおりである. specificity 80%前後が必要であるとの前提に基づいて, 他の基準をみると,  $V_s$  J-0.08" ST 偏位 (-1.0 mm),  $V_s$  ST index (-1.0), CASE<sup>(TM)</sup> 判定基準 (zone 2 を陰性とした場合) の三つがいずれも sensitivity 64~65%

で, 差がみられない. これに対し,  $V_s$  または  $aV_F$  いずれかの ST index -1.0以下を陽性とした場合 ( $V_s$  and  $aV_F$  ST index), specificity を下げることなく (76%), sensitivity を上げることが可能であった (75%).

### 2. $aV_F$ の負荷心電図 sensitivity における役割

$aV_F$  単独の場合 sensitivity は低いが,  $V_s$  に  $aV_F$  を加えることにより sensitivity が上昇する. そこで  $aV_F$  の役割を, 陳旧性心筋梗塞を有する狭心症例を対象に検討した. 表1に, 心筋梗塞の有無と, TM 試験 sensitivity の関係を示す. 判定基準として,  $V_s$  または  $aV_F$  の ST index (-1.0) を用いた,  $V_s$  および  $aV_F$  ST index の, 梗塞を有しない群 (A群) における sensitivity はそれぞれ66%, 36%, 梗塞を有する群 (B群) におけるそれは, それぞれ62%, 43%であった.  $V_s$  に  $aV_F$  を加える ( $V_s$  and  $aV_F$  ST index) と, sensitivity はA群において5% (66% → 71%) 上昇するのに対し, B群では17% (62% → 79%) の上昇が見られた. さらに梗塞部位別に見ると, 前壁梗塞において,  $aV_F$  のみで陽性となる症例が20% (6/30) と多く,  $V_s$  に  $aV_F$  を加えることにより, Sensitivity は20%上昇し, 下壁梗塞の8%より大であった.

### 3. Vasospastic Angina における TM 試験陽性率 (表2)

Vasospastic Angina (C群, 34例) における TM 試験陽性率は,  $V_s$  and  $aV_F$  ST index

表1 心筋梗塞の有無および部位と, V<sub>5</sub>, aV<sub>F</sub> 誘導の虚血検出率 (sensitivity)

判定基準	A群 (心筋梗塞なし, n=58)	B群 (心筋梗塞あり, n=53)
V <sub>5</sub> ST index	66%	62%
aV <sub>F</sub> ST index	36%	43%
V <sub>5</sub> and aV <sub>F</sub> ST index	71%	79%

B群に関し			
	前壁梗塞 (n=30)	下壁梗塞 (n=13)	前壁・下壁梗塞 (n=10)
V <sub>5</sub> ST index	63%	54%	70%
aV <sub>F</sub> ST index	50%	31%	40%
V <sub>5</sub> and aV <sub>F</sub> ST index	83%	62%	90%
V <sub>5</sub> のみで陽性	10	4	5
aV <sub>F</sub> のみで陽性	6	1	2
両誘導で陽性	9	3	2
両誘導で陰性	5	5	1

V<sub>5</sub> and aV<sub>F</sub> ST index は, V<sub>5</sub> または aV<sub>F</sub> いずれかの誘導で基準を満たせば陽性とする基準

表2 Vasospastic Angina における TM 試験虚血検出率

	Sensitivity (V <sub>5</sub> または aV <sub>F</sub> ST index)
器質的狭窄を有する狭心症 (A+B群)	75% (83/111)
血管攣縮性狭心症 (C群)	29% (10/34)
A, B 群中で攣縮性要素の大きい狭心症	33% (5/15)
A, B 群から上記15例を除外した場合	81% (78/96)

(-1.0) を用いた場合 29%, CASE<sup>TM</sup> 判定 (zone 3 のみ陽性) を用いた場合 21% と低値であった。また, A, B 群中, 攣縮性要素の大きいと考えられた 15 例 (冠攣縮の証明された症例 5 例, ST 上昇発作の記録された症例 2 例, 発作が主に安静時である症例 8 例) についても, 陽性率はともに 33% であった。さらに, A, B 群からこれら 15 例を除外することによって, 陽性率は 75% から 81% に上昇した (表 2)。

### III 考 案

負荷心電図 computer 解析装置が最近我が国でも普及しつつあるが, 今回はこの中から Marquett 社 CASE<sup>TM</sup> の判定基準に検討を加えた。この装置は,

ST index による zone 判別法を用いており, この zone 判別法自体は, 従来の ST 判定基準と sensitivity, specificity の点で差はみられなかった。しかしながら, CASE<sup>TM</sup> 判定が V<sub>5</sub> のみで行われているところに問題があり, V<sub>5</sub> に aV<sub>F</sub> を加えることによって, specificity を落とすことなしに sensitivity を上げることが可能であった。また aV<sub>F</sub> の虚血診断における有用性は, 心筋梗塞を有する狭心症患者, 中でも前壁梗塞例に顕著であることが示され, CASE<sup>TM</sup> 判定解釈の上で留意しなければならない点と考えられた。

今回の対象における TM 試験虚血検出の specificity は約 80% であり, これは過去の文献<sup>3)</sup> に比べ低い。この理由として, 対象とした健常者群に偏りがあることが考えられた。すなわち, D 群 34 例中 26 例が冠動脈造影を施行された非定型胸痛患者であり, これらの症例には, 負荷心電図異常を伴うものが多く, 冠動脈に異常がない症例が必ずしも健常者を代表していないと考えられた。文献的には 90% 前後の specificity が報告されているが<sup>3)</sup>, 今回これらの事情を考慮し, 80% 前後の specificity のもとに, sensitivity を論じた。

近年, 狭心症発生機序における冠攣縮の役割が強調されており, 冠攣縮の絡んだ狭心症例において, TM 試験陽性率の低いことが報告されている<sup>4)</sup>。今回とりあげた C 群および, A, B 群中, 攣縮性要素のつよい狭心症群においては, TM 試験陽性率は, それぞれ 29%, 33% と明らかな低値を示した。TM 試験 sensitivity, specificity を論ずるにあたっては, 冠動脈有意狭窄基準や, 狭心症病型に対する配慮が重要であることが示唆された。

### 結 語

TM 試験に関する 2~3 の問題点につき検討し, 次の結果を得た。

1. Marquett 社 CASE 判定基準は, V<sub>5</sub> 誘導のみで行われ, 下壁誘導が考慮されていない点に問題点が提起された。

2. 梗塞を有する狭心症例 (ことに前壁梗塞症例) において, 下壁誘導の重要性が大であった。

3. 冠攣縮の絡んだ狭心症例における, TM 試験陽性率は低く, これを含めて負荷心電図の sensitivity を論ずることに, 問題があった。

## 文 献

1) McHenry P. L., et al. : Am. J. Cardiol. 30 : 747, 1972.

2) Austen W. G., et al. : Circulation 51 : 7, 1975.

3) 斎藤宗靖, 他 : 総合臨牀 30 : 1961, 1981.

4) 深見健一, 他 : 呼吸と循環 29 : 1213, 1981.

## 虚血性心疾患の診断および薬効の評価における treadmill 負荷の有用性

(第18回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

岡 島 智 志\* . 館 啓 二\*

勅使河原 敬明\* . 大 橋 進\* . 水 野 康\*

### はじめに

treadmill 負荷は、虚血性心疾患の診断、心機能の評価、虚血性心疾患治療剤の効果判定、心筋梗塞後のrehabilitationなどに適応を有し、今日循環器領域で広く用いられている。

今回、我々は、主として虚血性心疾患の診断における treadmill 負荷の有用性、および treadmill 負荷の薬効評価への適用について述べる。

### I 方 法

treadmill 負荷はフクダ製 treadmill を用い、修正 Bruce 法<sup>1)</sup>あるいは我々の考案した low level protocol<sup>2)</sup>に従い行った。運動負荷心電図の判定基準は、Master 2 階段法では 0.05 mV 以上、treadmill 負荷では 0.1 mV 以上の虚血性 ST 低下を陽性とした。酸素消費量はフクダ製 electrometabolor BMS-600 を用い連続測定した。

選択的冠動脈造影は Judkins 法により行い、冠動脈内腔の50%以上の狭窄を有意病変とした。

血漿レニン活性 (PRA) は radioimmunoassay により測定した。

### II 結果ならびに考案

#### 1. 虚血性心疾患の診断における treadmill 負荷の有用性、特に Master 2 階段法との比較

##### 1) 運動負荷試験陽性率の比較

無症候者に運動負荷試験を行い、その陽性率および予後について検討した報告は少ない。Master 2 階段法での陽性率は1.0~11.9%、一方多段階 treadmill 負荷での陽性率は8.9~44%と報告され、多段階 treadmill 負荷の方が陽性率が高い。また Froelicher<sup>3)</sup>、Aronow<sup>4)</sup>、Doan<sup>5)</sup>らは同一被検者に両運動負荷を行い、Master 2 階段法に比し多段階 treadmill 負荷の陽性率が3~9倍多いと報告している。

我々は、胸痛を主訴とし虚血性心疾患の疑われた102例を対象として、Master 2 重2階段法および多段階 treadmill 負荷の両者をほぼ同じ時期に実施し、運動負荷試験陽性率を比較した。運動負荷試験陽性例は Master 2 階段法では19例 (19%) であったのに対し、treadmill 負荷では36例 (35%) とほぼ2倍に増加し、同様の成績であった。

##### 2) 運動負荷心電図と冠動脈造影との対比

我々は、虚血性心疾患の疑いで冠動脈造影を施行した31例について、Master 2 重2階段法および多段階 treadmill 負荷の心電図所見を比較した。冠動脈内腔の50%以上の有意な狭窄のある16例のうち、運動負荷心電図陽性例 (sensitivity) は、Master 2 階段法では7例 (44%) であったのに対し、treadmill 負荷では10例 (63%) に増加した。一方、有意な冠動脈病変のない15例のうち、運動負荷心電図陰性例 (specificity) は Master 2 階段法では9例 (60%)、treadmill 負荷では14例 (93%) であった。

運動負荷心電図所見と冠動脈造影所見とを対比した

諸家の報告では、虚血性 ST 低下を Master 2 階段法では 0.05 mV 以上、多段階 treadmill 負荷では 0.1 mV 以上を陽性とし、冠動脈内腔 50% 以上の狭窄を有意な病変とした場合、sensitivity は Master 2 階段法では 48~65%、treadmill 負荷では 71~80% であり、一方 specificity は各々 80~83%、88~97% という成績<sup>11-12)</sup>である。

以上のごとく、虚血性心疾患の検出およびその発症の予測には Master 2 階段法より treadmill 負荷の方が有用である。

多段階 treadmill 負荷の方が Master 2 階段法より sensitivity が高い理由として、第 1 に運動負荷量の差が考えられる。冠予備能の高い患者に、Master 2 重 2 階段法を実施すれば、狭心発作および心電図の虚血性 ST 低下を招来せず偽陰性となる可能性が強い。第 2 の理由として、運動中の心電図記録を行っているか否かが考えられる。Berkson ら<sup>13)</sup>は、運動負荷中にのみ心電図 ST 低下の出現する症例が 16% 存在したと報告しており、通常運動中の心電図を記録しない Master 2 階段法では陽性検出率は低下するであろう。

## 2. low level protocol による treadmill 負荷

運動能力の著しく低い患者では、Bruce 法<sup>14)</sup> 1 stage でも過大負荷となる可能性がある。Sheffield の方式<sup>15)</sup>は Bruce 法 1 stage の下に 1.7 mph 0% および 1.7 mph 5% の 2 段階を加え、患者の運動能力に応じて運動開始の stage を選択できるようになっている。しかし老人では 1.7 mph のベルト速度に足が伴わないことが多い。そこで、我々はベルトの傾斜に加え速度も減じ、0.5 mph 0%、1.0 mph 5% および 1.0 mph 10% の 3 段階を Bruce 法 I stage の下に追加した low level protocol を考案した。健常男子 7 例 (平均年齢 23 歳) にこの low level protocol による treadmill 負荷を実施したところ、各 stage の 3 分目の酸素消費量 ( $\dot{V}O_2$ ) の平均値は、Bruce 法 I stage までほぼ直線的に増加し、運動時間  $t$  との間に高度に有意な正相関 ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ) を示し、回帰式  $\dot{V}O_2=0.81t+4.92$  が得られた。我々は患者の運動能力に応じて、low level protocol の運動開始の stage を選択している。この low level protocol を用いることにより、単一段階負荷の代表である Master 2 階段法に比し、冠予備能の低い患者にも安全に運動負荷を

行いうる。このようにベルトの速度、傾斜を変化させることにより、容易に望みの運動量を負荷しうることも treadmill の利点の一つである。

## 3. 薬効評価における treadmill 負荷の有用性

treadmill 負荷は、エネルギー消費の再現性が高く、定量負荷が可能で、しかも運動中の血圧測定や心電図記録が容易であるため、各種薬剤の効果判定に汎用されつつある。

### 1) 虚血性心疾患治療剤の薬効評価

虚血性心疾患治療剤の薬効判定は、一般に患者の自覚症状、亜硝酸剤の使用量、心電図所見などを指標として行われてきた。しかし自覚症状および亜硝酸剤の使用量は患者の日常労作、気温などの環境、精神的因子など種々の因子に左右され、且つ主観的である。そのうえ患者が狭心発作が起こらない程度の労作におさえってしまうため、見かけ上発作回数が減少することもしばしば経験する。これらのため、狭心症に対し、placebo のみでも 35~38% の効果があると報告されており<sup>20)21)</sup>、この方法では薬効判定の客観性に欠ける。

ところで狭心症患者では狭心痛発現の閾値が個々の患者ではほぼ一定しており、pressure rate product (PRP)、triple product などの指標が各患者固有の閾値を超えると狭心痛が発生するという<sup>16)17)</sup>。したがって狭心症患者に一定の protocol に従い狭心痛発現まで運動負荷を行い、運動持続時間、運動終了時の PRP および負荷量を指標として薬効判定を行うことにより客観的成績を得ることができる。

その 1 例として、労作性狭心症患者 8 例 (平均年齢 58 歳) に冠拡張剤 trapidil を平均 8 週間投与し、その前後で treadmill 負荷を施行したときの成績を示す<sup>18)</sup>。

図 1 は、53 歳男子の修正 Bruce 法 treadmill 負荷時の心電図を示す。本剤投与前の treadmill 負荷では運動 5 分で胸痛が出現し、心電図に明らかな ST 低下が認められた。本剤投与後 13 週に再度 treadmill 負荷を実施した成績では、運動持続時間は 6 分と延長し、前回運動終了となった運動開始 5 分後の心電図との比較では、ST 偏位の明らかな改善がみられた。運動負荷により心電図 ST の下降が最も著しかった誘導における ST 偏位を、全例について本剤投与前の運動終了時と投与後の同一運動時間とで比較した成績では、本剤投与により ST 偏位の有意な ( $p<0.05$ ) 改善がみ

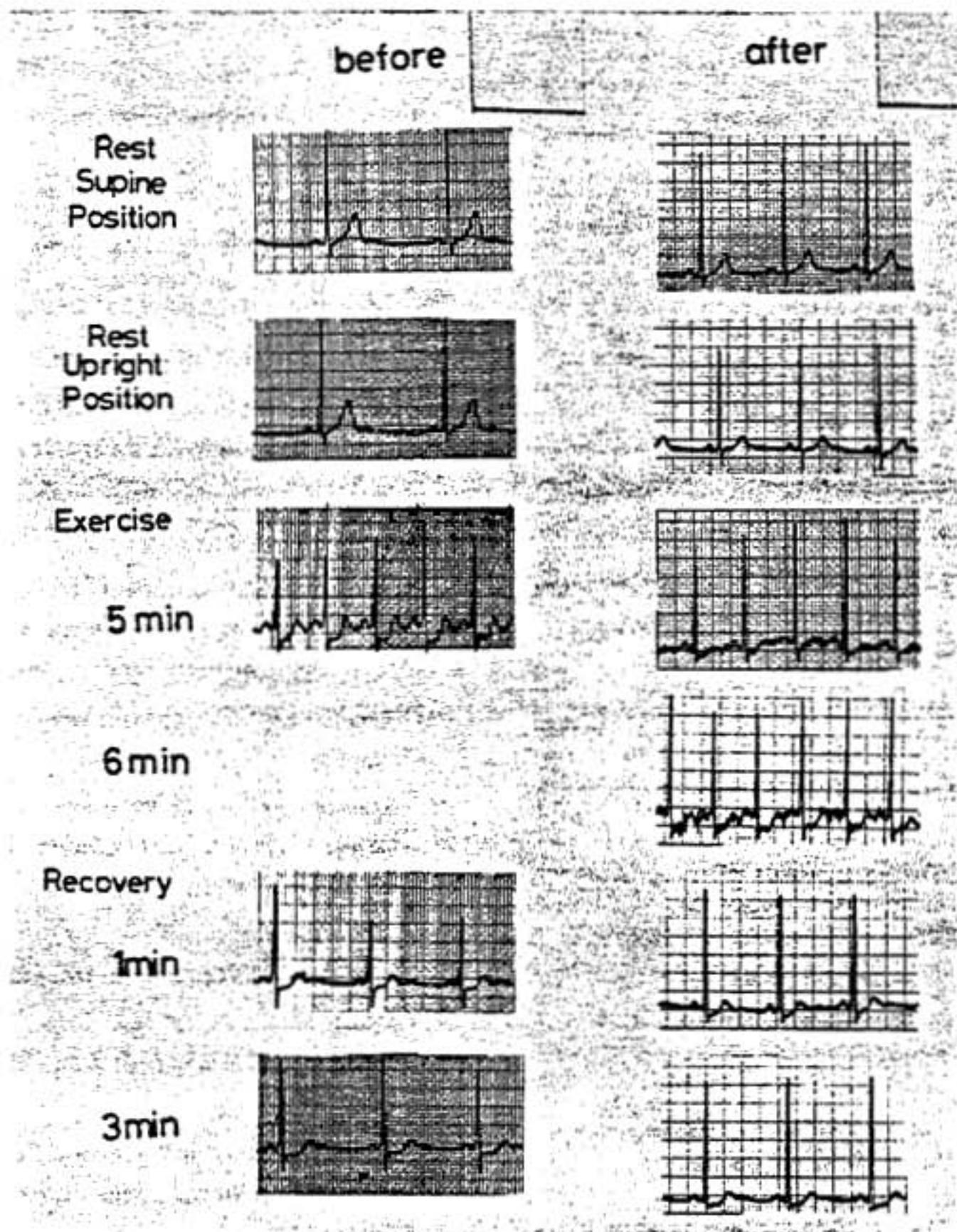


図1 Trapidil 投与前後の多段階 treadmill 運動負荷心電図  
53歳男子, 労作性狭心症, CM, 誘導, 1mV=1cm.

られた。

運動持続時間は投与前平均5.2分から投与後平均6.1分へ有意に延長し ( $p < 0.05$ ), 運動持続時間の延長を示した5例のうち2例に負荷量の1 stage 上昇がみられた。運動終了時のPRPは, 本剤投与前平均 $176.83 \times 10^2$  から投与後平均 $184.40 \times 10^2$ へやや増加傾向を示した。

これらの負荷心電図所見ならびに運動持続時間, 運動終了時のPRPと負荷量を指標とした運動耐容能に対する効果を加えて薬効判定を行うことにより, 従来の方法に比べ, より客観性が向上すると考えられる。

## 2) treadmill 負荷による $\beta$ 遮断薬の内因性交感

### 神経刺激作用 (ISA) の有無の検討<sup>19)</sup>

健常成人男子7例 (平均年齢25歳) を対象として, 未投薬時 (control) に年齢別最大予測心拍数の70%を目標とする treadmill 負荷を行い, 次いで1週間の間隔をおき, 臨床的にはほぼ等力価と思われる propranolol 20 mg または pindolol 5 mg を屯用内服させ2時間後に, control と同一負荷量の運動を行ったときの心拍数および血圧を図2に示す, 運動中の心拍数は両  $\beta$  遮断薬間に差を認めなかった。回復期の心拍数は pindolol 服用時には control とほぼ同じ値を示したのに対し, propranolol 服用時には control より低値を示した。拡張期血圧は propranolol 服用時には con-

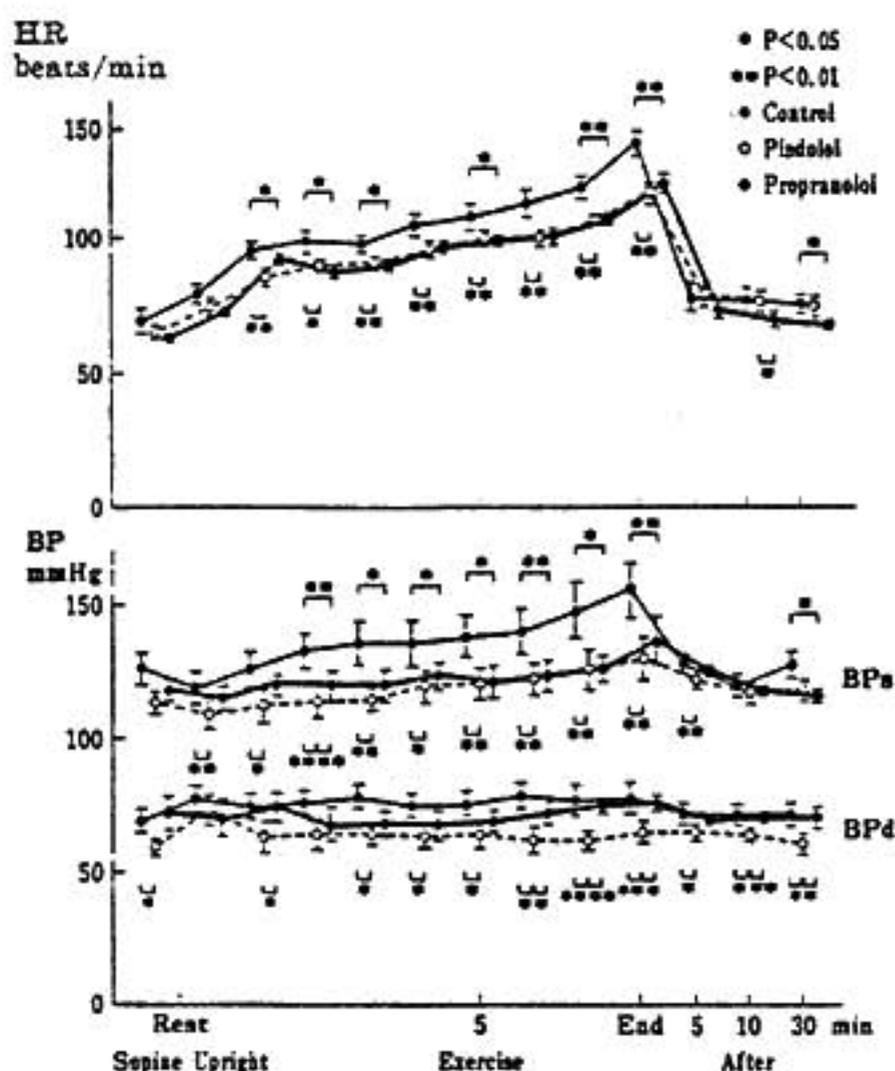


図2 Treadmill 運動負荷時の心拍数および血圧の経時的変化

図中の値は mean  $\pm$  SE を示し, ●はcontrol, ○は pindolol 服用時, ◆は propranolol 服用時の値を表す, \*は 5%以下, \*\*は 1%以下の危険率で推計学的有意差の存在を示す。

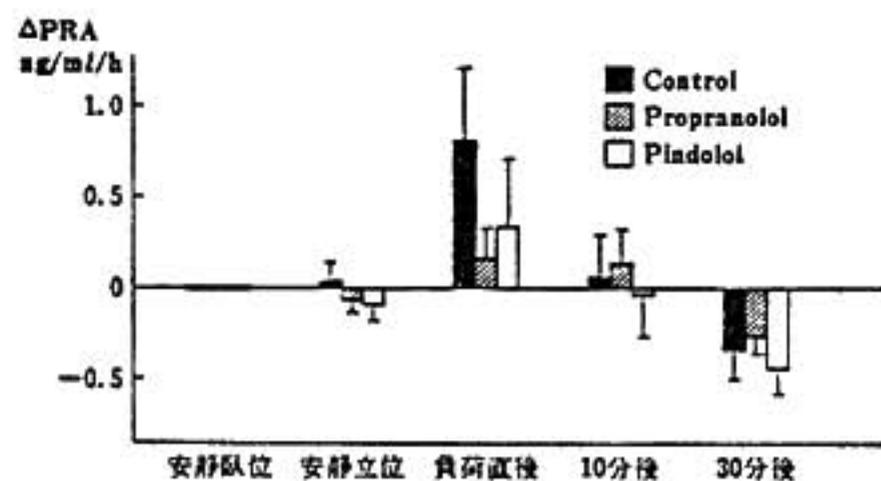


図3 Treadmill 運動負荷前後の血漿レニン活性 (PRA) の変化

図中の値は安静臥位を基準とした PRA の変化分 ( $\Delta$ PRA) を示し, ■は control, ▨は propranolol 服用時, □は pindolol 服用時である。

trol とほとんど差を認めなかったが, pindolol 服用時には安静臥位および回復期で有意な低値を示した。

図3は安静臥位を基準とした PRA の変化分 ( $\Delta$ PRA)を示す。  $\Delta$ PRA は運動負荷直後を除くすべての時点で, pindolol 服用時の方が propranolol 服用時よりも低値であった。

これらの心拍数, 拡張期血圧および PRA に対す

る propranolol と pindolol との差は ISA の有無が一因と考えられ, 両薬遮断薬の効果の差は treadmill 運動負荷後の交感神経の緊張が解除される回復期に著明であった。

## 結 語

虚血性心疾患の診断および薬効判定における treadmill 負荷の有用性について述べた。 treadmill 負荷は多くの利点を有し, 今や循環器領域では不可欠の検査法であり, 今後ますます多用されることが考えられる。

## 文 献

- 1) Sotobata I., et al. : Jpn. Circ. J. 43 : 161, 1979.
- 2) 水野 康, 岡島智志 : 虚血性心疾患への新たな展望, p. 55, 持田製薬, 東京, 1981.
- 3) Froelicher V. F., et al. : Am. J. Cardiol. 34 : 770, 1974.
- 4) Aronow W. S. : Circulation 47 : 287, 1973.
- 5) Doan A. E., et al. : Am. Heart J. 69 : 11, 1965.
- 6) Fitzgibbon G. M., et al. : Ann. Intern. Med. 74 : 509, 1971.
- 7) McConary D. R., et al. : Am. J. Cardiol. 28 : 1, 1971.
- 8) Kassebaum D. G., et al. : Am. Heart J. 75 : 759, 1968.
- 9) Mason R. E., et al. : Circulation 36 : 517, 1967.
- 10) Roitman C., et al. : Ann. Intern. Med. 72 : 641, 1970.
- 11) Most A. S., et al. : Ann. Intern. Med. 71 : 1043, 1969.
- 12) Herman M. V., et al. : Circulation 35 : 834, 1967.
- 13) Berkson D. M., et al. : Am. J. Cardiol. 18 : 43, 1966.
- 14) Bruce R. A., et al. : Am. Heart J. 85 : 546, 1973.
- 15) Sheffield L. T. : A handbook for Physicians. Am. Heart Association, The Committee on Exercise. p. 35-38, 1972.
- 16) Robinson B. F. : Circulation 35 : 1073, 1967.
- 17) Redwood D. R. : Circulation 43 : 618, 1971.
- 18) 岡島智志, ほか : 臨床薬理 12 : 61, 1981.
- 19) 岡島智志, ほか : 心臓 14 : 1347, 1982.
- 20) Greiner T., et al. : Am. J. Med. 9 : 143, 1950.
- 21) Beecher H. K. : J. A. M. A. 159 : 1602, 1955.

## トレッドミル法とマスター法の比較

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

前田 泰治\*・山上 徹\*  
藤本 淳\*・戸山 靖一\*

## はじめに

冠動脈疾患の診断及び重症度判定に我が国では、従来よりマスター二階段試験が広く用いられている。最近、負荷強度を広範囲に調節できるトレッドミルやエルゴメーターを用いた負荷試験も行われるようになってきたが、なお、マスター試験の簡便さは捨て難く、ルーチン検査としてマスター試験を用いる施設が、まだ多いようである。

当センターにおいても、マスター負荷試験とトレッドミル負荷試験の両者を併用しており、今回、両者によって得られた心電図所見と、冠動脈造影所見とを対比し、その有用性につき検討を加えた。

## I 対象ならびに方法

対象は、胸痛発作を訴える患者、計144例で、そのうち、男性98例、女性46例で、年齢は、男性が平均51.6歳、女性が平均52.2歳である。心筋梗塞の既往のあるもの、心室内伝導障害、特発性心筋症の症例は、除外して検討した。

冠動脈造影 (CAG) は、Judkins 法にて施行し、75%を超える狭窄を有意として分類した。

マスター負荷試験の判定は、戸山の基準<sup>1)</sup>を用い、ST 偏位に関しては、S波の谷より 80 msec 後の時点で計測した。

トレッドミル負荷試験は、Quinton 社製、Model 710, 741, を用い、当センター独自の Protocol (図1) を使用し、各 Stage 3分間ごとの多段階連続負荷を行い、年齢別予測最大心拍数の85%を目標とする亜最大負荷を行った。なお、運動耐容量が比較的大きいと予想される場合は、適宜、Stage I, Stage IIを省略した。

誘導方法は、Mason の方法を用い、胸部誘導は原

則として、V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub> を、下壁の誘導は、主として aV<sub>F</sub> をモニターした。

判定は、McHenry<sup>2)</sup> に従い、1mm 以上の ST 降下があり、かつ、ST index が 0 以下となったとき、Positive とした。また、目標心拍数に到達するまでに、何らかの症状で、負荷を中止せざるをえなくなり、有意の ST 偏位が出現しなかった場合を Incomplete test、有意の ST 偏位のないまま、目標心拍数に到達して、負荷を中止したものを Negative とした。

なお、ST 降下は、R波のピークより 60 msec 後方の点で計測し、ST の slope は R波のピークから 60 msec の点と 105 msec の点との勾配をコンピューターにて計算して求めた。上述した、ST index という指標は、次の式で表されるものとした。

$$ST \text{ index} = ST \text{ level (mm)} + \frac{1}{2} ST \text{ slope (mm/sec)}$$

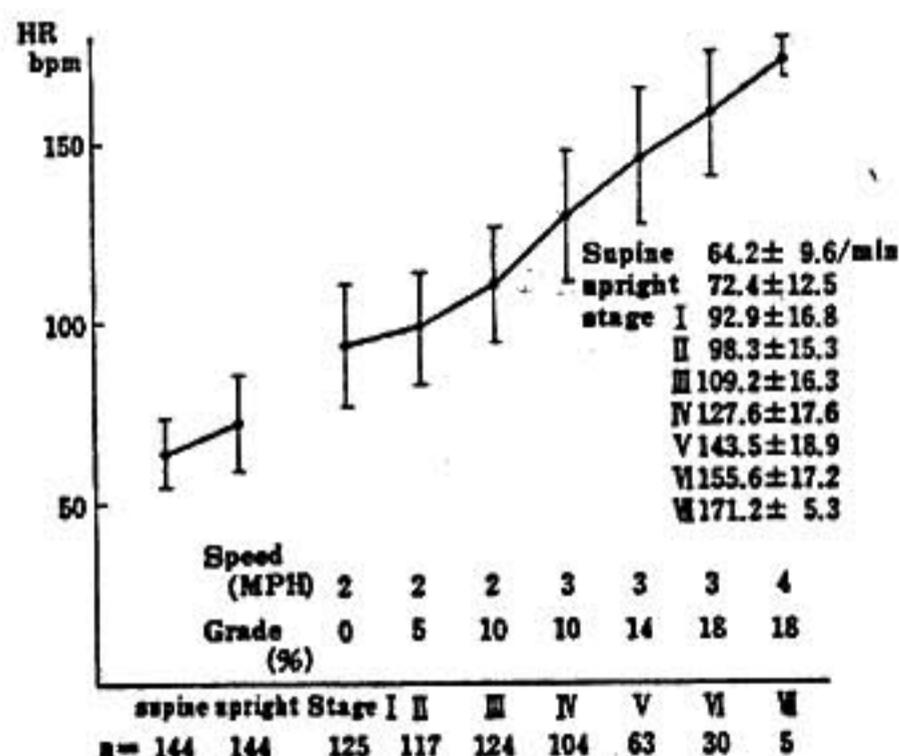


図1

## II 結果

図1は、我々の Protocol に従って行ったトレッドミル試験での、各 Stage 3分目の心拍数の推移をみ

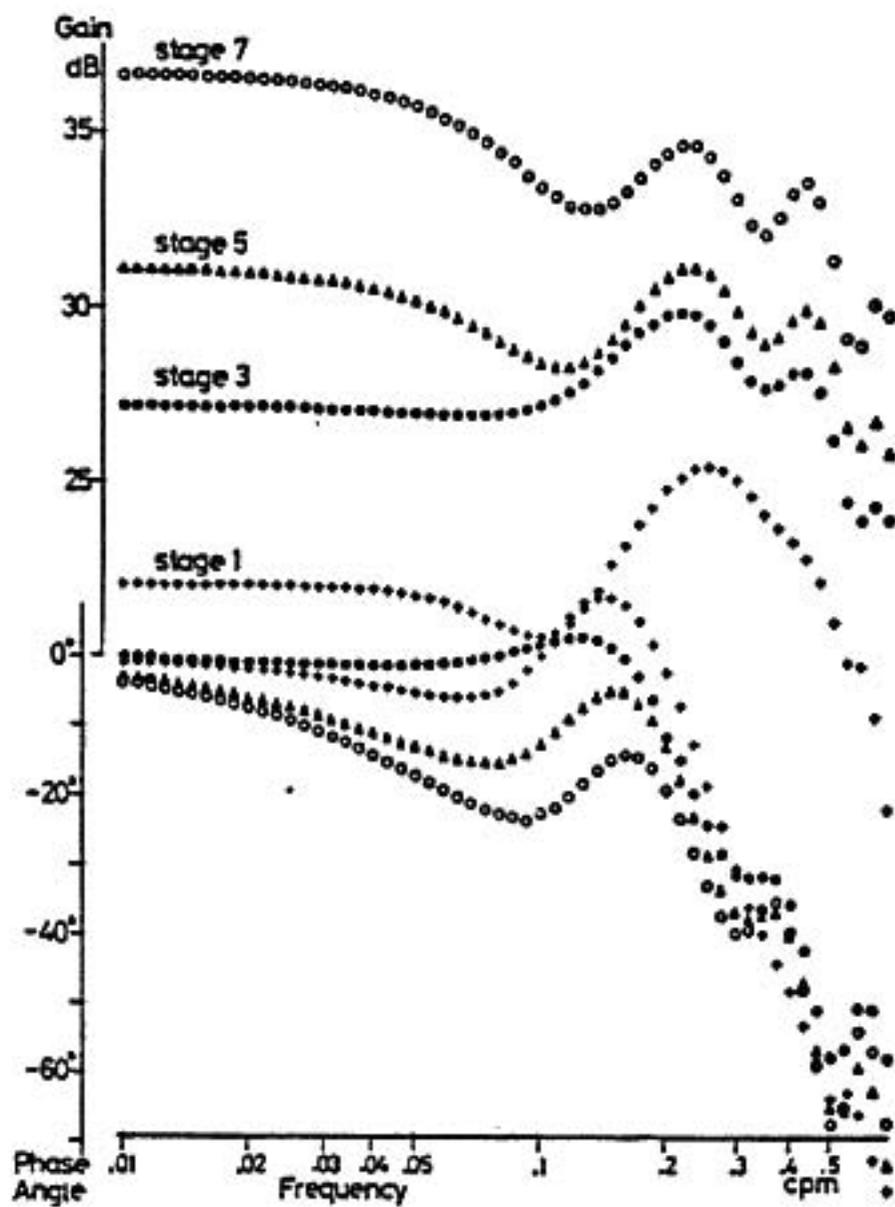


図4 各 stage での平均伝達関数

動特性を正確に表現しうる”。

従来, 各種負荷量の運動に対する心拍数の反応は, その運動を充分長く続け定常状態に達した時点での心拍数の絶対値または負荷前安静時心拍数に対する増加量として測定評価されてきた。それによると, 達しえた心拍数は亜最大運動までは酸素消費量にほぼ平行して増加するとされている<sup>4)</sup>。しかし, Robinson<sup>5)</sup> が指摘するごとく, 軽負荷では主に迷走神経により, ある程度以上の負荷では主に交感神経によって心拍数は増加するため, 負荷量によって心拍数調節系の特性が異なることが推測される。

今回行った各種負荷量の心拍数調節系の伝達関数に与える影響の観察により示された変化の特徴を, 以前に行った薬理学的自律神経遮断法を用いた自律神経性

心拍数調節機能に関する基礎的検討結果<sup>6)</sup> から解釈すると以下のように考えられる。

主に迷走神経によって制御される時定数が1分30秒以下の運動初期の速い反応においてもすでに負荷量に応じた反応性の強さの変化がみられる。しかし, その変化の程度は遅い反応成分の変化よりも少ない。したがって, 運動開始後, 比較的早い時期にすでに負荷量の認識がなされ, それに応じた心臓調節が行われていると考えられる。また, 軽い運動では初期の速い反応が相対的に大きく, また早く出現すると考えられる。したがって比較的遅い反応成分に関与する交感神経系の心拍数調節は stage 5 以上の比較的強い運動になって初めて明らかな役割を演じてくるものと考えられる。

以上のごとく, 運動負荷量の相異により, 運動に対する心臓調節系の反応はその量的変化のみでなく, 質的にも反応態度は異なっている。したがって, 虚血性心疾患などの診断のために行う運動負荷試験においても, 各種運動負荷量における心筋酸素消費量の推定評価のみならず, このような心臓自律神経機能の変化を考慮に入れることにより, より正確に病態生理を理解しうるものと考えられる。また逆に, すでにわれわれが数種の疾患で報告しているごとく<sup>7,8)</sup>, 各種疾患での自律神経性心臓調節機能異常を本法により評価し, 臨床上有用であると思われる。

## 文 献

- 1) 佐藤啓男, 他: 呼吸と循環 28: 964, 1980.
- 2) Sato I., et al.: J. Appl. Physiol. 41: 790, 1976.
- 3) Stegemann J.: Pflügers Arch. 276: 511, 1963.
- 4) Åstrand P.-O., Rodahl K.: Textbook of work physiology. McGraw-Hill, New York, 141, 1970.
- 5) Robinson B. F., et al.: Circ. Res. 19: 400, 1966.
- 6) Sato I., et al.: Pflügers Arch. 384: 1, 1980.
- 7) Sato I., et al.: Nagoya Med. J. 22: 1, 1977.
- 8) 佐藤啓男, 他: 医学のあゆみ 113: 471, 1980.

たものである。Stage I から II への心拍数の増加は5/分あまりで、増加分は少ないが、以後は、Stage が進むにつれ、ほぼ、直線的に心拍数の増加が得られ、心拍数の反応からみれば、protocol として、ほぼ妥当なものと思われた。

テレメーターを用いたマスター試験の成績では、二重負荷で、 $119 \pm 17/\text{min}$  ( $n=24$ )、一重負荷で  $111 \pm 15/\text{min}$  ( $n=34$ ) の心拍数を示しており、心拍数で比較すると、マスター二重負荷試験は、我々の Protocol の Stage III と IV の間に相当するものと思われる。

表1は、CAG とトレッドミル試験及び、マスター試験との関連をみたものである。

CAG 所見で分類すると、非狭窄群 (N)、一枝狭窄群 (S)、二枝狭窄群 (D)、三枝狭窄群 (T)、は各々、82例、37例、16例、9例であった。

トレッドミル試験では、Incomplete test 群 (±) が144例中30例と、比較的、高率を占めた。冠狭窄群 (CAD 群) では、負荷 Negative (-) が62例中4例と少なく、殊にD群、T群では、負荷陰性例が一例もなかった。一方、N群では、負荷 Positive (+) の例が82例中30例と高率を示した。

Incomplete test 群を除外して計算すると、トレッドミル試験において、sensitivity, 91.3% (42/46), specificity 55.9% (38/68), predictive value 58.3% (42/72), predictive error 9.5% (4/42) という結果であった。

マスター試験でも、0.5 mm 未満の ST 降下を示す疑陽性例 (±) が144例中28例と比較的多かった。次に、マスター試験においても、トレッドミル試験と同様、False Positive (負荷陽性、CAG 正常) が28例と多かった。一方、False Negative (負荷陰性の CAD 群) は16例あり、そのうち大半はS群 (14例) であり、D群に2例あったのみで、T群には一例もなかった。これも、疑陽性 (±) を除外して計算すると、sensitivity 69.8% (37/53), specificity 55.6% (35/63), predictive value 56.9% (37/65), predictive error 31.4% (16/51) である。

False Positive の比較的多い女性群を除いて男性例のみで、トレッドミル試験、マスター試験の成績を求めたところ、表2のごとく、トレッドミル試験、マスター試験とも、女性を含めたときの成績と大きな変化

表1

Treadmill test and CAG

	N	S	D	T	Total
+	30	21	14	7	72
-	38	4	0	0	42
±	14	12	2	2	30
Total	82	37	16	9	144

	N	CAD	Total
+	30 42%	42 58%	72 100%
-	38 91%	4 9%	42 100%
Total	68 60%	46 40%	114 100%

Sensitivity	91.3% (42/46)
Specificity	55.9% (38/68)
Predictive value	58.3% (42/72)
Predictive error	9.5% (4/42)

+ : positive  
- : negative  
± : incomplete test

Master test and CAG

	N	S	D	T	Total
+	28	17	12	8	65
±	19	6	2	1	28
-	35	14	2	0	51
Total	82	37	16	9	144

	N	CAD	Total
+	28	37	65
-	35	16	51
Total	63	53	116

Sensitivity	69.8% (37/53)
Specificity	55.6% (35/63)
Predictive value	56.9% (37/65)
Predictive error	31.4% (16/51)

+ : positive  
± : suspicious positive  
- : negative

N : normal coronary artery  
S : single vessel disease  
D : double vessel disease  
T : triple vessel disease  
CAD : coronary artery disease

はないが、specificity の多少の改善が認められた。

次に、トレッドミル試験での陽性例において、有意の ST 降下が出現した時点の心拍数について検討した。マスター二重負荷に相当する心拍数、すなわち、120/min 未満の心拍数のときに、陽性所見が得られたも

表2

Treadmill test and CAG (Male)

	N	S	D	T	Total
+	15	19	11	6	51
±	7	10	1	2	20
-	25	2	0	0	27
Total	47	31	12	8	98

	N	CAD	Total
+	15	36	51
-	25	2	27
Total	40	38	78

Sensitivity	94.7% (36/38)
Specificity	62.5% (25/40)
Predictive value	70.6% (36/51)
Predictive error	7.4% (2/27)

Master test and CAG (Male)

	N	S	D	T	Total
+	12	18	8	7	40
±	12	5	2	1	20
-	23	13	2	0	38
Total	47	31	12	8	98

	N	CAD	Total
+	12	28	40
-	23	15	38
Total	35	43	78

Sensitivity	65.1% (28/43)
Specificity	65.7% (23/35)
Predictive value	70.0% (28/40)
Predictive error	39.5% (15/38)

のは、N群43% (13/30), S群62% (13/21), D群71% (10/14), T群71% (5/7), CAD群67% (28/42)であった。この成績より、冠狭窄群、殊に、多枝病変群ではマスター試験の負荷量は必ずしも少ないとはいえず、一枝狭窄群では、やや負荷量が不充分であると推測された。

トレッドミル試験において、ST 以外に、負荷中に誘発される狭心痛に着目してみた。(表3) 負荷陰性群では、狭心痛が誘発されたものは無く、Incomplete群では、30例中7例、陽性群では72例中23例に狭心痛が誘発された。

狭心痛が誘発された30例中28例に有意の冠狭窄があり、Incomplete test 群においても、狭心痛の誘発さ

表3

Treadmill test	Chest pain	Normal	CAD	Total
Positive	+	2 9%	21 91%	23 100%
	-	28 57%	21 43%	49 100%
Incomplete	+	0 0%	7 100%	7 100%
	-	14 61%	9 39%	23 100%
Negative	+	0	0	0
	-	38 90%	4 10%	42 100%

れたものは、全例、冠狭窄を有していた。このことより、負荷中に誘発される狭心痛は、冠狭窄の Indicator として、sensitivity は低い (45%, 28/62) が、specificity は非常に高い (98%, 80/82) のものであるといえよう。

### ま と め

当センターでのマスター試験とトレッドミル試験の成績につき若干の検討を加えた。

運動負荷試験の成績は、その対象、負荷方法、判定基準、誘導方法等により、大きく左右されるといわれている。当センターでの成績では、マスター試験においては、トレッドミル試験に比し、二枝、三枝病変群では、ほぼ、同様の感度を示したが、一枝狭窄群では負荷量が不充分なためか、その感度は良好とはいえなかった。また、諸家の報告<sup>3)</sup>に比し、トレッドミル試験、マスター試験ともに、False Positiveが多く、試験の特異性について両者ともに難点がみられたが、これは、一つには、対象の偏りによるものと思われた。一方、負荷中に誘発される狭心痛は、冠狭窄を示す Indicator として感度は低いが非常に特異的なものであることを示した。

以上の成績より、冠動脈疾患の診断のためのスクリーニングとしてマスター法は、なお有用なものと思われた。一枝狭窄例などの、運動耐容能が比較的大きい症例の診断や、冠疾患の重症度判定に際しては、トレッドミル試験が必要となるであろう。

### 文 献

- 1) 戸山靖一, 鈴木恵子: 日本臨牀 28: 2577, 1970.
- 2) McHenry P. L., Phillips J. F., Knoebel S. B.: Am. J. Cardiol 30: 747, 1972.
- 3) Redwood D. R. and Epstein S. E.: Circulation 46: 1115, 1972.

## 心筋梗塞患者の運動能力の評価

### ——マスター二階段法とトレッドミル法の比較——

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

板家研一\*, 長田浩司\*, 戸嶋裕徳\*

#### はじめに

最近心筋梗塞患者に対し, 退院時あるいは運動療法開始時にトレッドミルを用いた運動能力評価が行われることが多い。我々は長年マスター二階段法を応用して運動能力を評価し, リハビリテーションや退院時の生活指導を行ってきた。今回は心筋梗塞患者を対象とし, 退院時に2階段法とトレッドミル法による運動負荷試験を同時に行い, それぞれの方法による運動能力評価を比較検討した。

#### I 対象および方法

対象は心筋梗塞患者45例, 全例男性である。年齢は29~72歳, 平均53.3歳, 梗塞部位は前壁27例, 下壁16例, 前壁および下壁2例であった。心筋梗塞発作から運動負荷試験までの期間は5~57週, 平均17.2週であった。

トレッドミル法ではBruce<sup>1)</sup>のプロトコルを用い, 運動能力の低い一部の症例ではScheffield<sup>2)</sup>のプロトコルを用いた。運動中止基準は原則として自覚症状の出現としたが, 異常徴候, 2mm以上のST偏位, 有意の不整脈および運動中の血圧低下を認めた場合, あるいは予測最大心拍数の85%以上に達した場合は自覚症状出現以前に運動を中止した。中止基準到達時の酸素摂取量を運動能力の指標とした。

2階段法ではMasterの示した基準量(Single)の1/2の回数を90秒間に行う負荷を最初に行い, 次いでSingle, Doubleの負荷を行った。負荷前後の標準12誘導心電図を比較し, 1mm以上のST偏位, Tの陰性化あるいは陰性Tの増大, 陰性u波の出現, 有意の不整脈や脚ブロックの出現のない最大の負荷量を運動能力の指標とした。

また正常男子25例, 平均年齢34.9歳(23~59歳)を

対象として2階段運動中の酸素摂取量を測定した。

#### II 結果

心筋梗塞患者のトレッドミル法による運動負荷試験では運動終了時の酸素摂取量は10.2~42.7 ml/min/kg, 平均23.2±7.1 ml/min/kgであった。心拍数は139.3±21.2/分, 収縮期血圧は162.7±24.8 mmHgであった。運動中止理由は胸痛16%, 呼吸困難13%, 下肢疲労や全身疲労などその他の自覚症状49%, 歩行異常2%, 目標心拍数到達20%であった。心電図変化のみが中止理由となった例はなかったが1mm以上のST降下が22%に, ST上昇が16%に, 心室性期外収縮が4%に認められた。

2階段法では1/2以下と評価された例は4例(9%), 1/2と評価された例は5例(11%), Singleと評価された例は10例(22%), Doubleと評価された例は26例(58%)であった。能力評価に適用された心電図変化はST降下20% ST上昇13%, T波の変化, 陰性U波, 右脚ブロック, 心室性期外収縮の出現がそれぞれ2%であった。原則としてDouble以上の負荷は行われておらず, 運動能力がDoubleであると評価された26例では有意の心電図変化を示さなかった。

2階段法により評価された運動能力別にトレッドミル法との比較を行った(表1)。2階段法で1/2以下と評価された4例のトレッドミル法による酸素摂取量は13.3±3.1 ml/min/kgであった。この群は1/2量の負荷で2例がST降下, 1例がST上昇, 1例が右脚ブロックの出現を認めたために運動能力が1/2以下であると評価された。ST降下を示した2例はトレッドミル法では2例とも胸痛で運動を中止したが同時にST降下を認めた。ST上昇の1例は目標心拍数に達したため運動を中止したがST上昇も同時に認めた。右脚ブロックの出現した1例は呼吸困難のために運動を中止

\* 久留米大学医学部 第三内科

表1 2階段法とトレッドミル法の運動能力評価の比較

Master 2 step (pred. $\dot{V}O_2$ /wt)	Treadmill $\dot{V}O_2$ /wt	Criteria for master 2 step	Step code for treadmill
<1/2 N: 4	13.3±3.1	ST↓ 2 ST↑ 1 RBBB 1	chest pain 2 (ST↓ 2) THR 1 (ST↑ 1) dyspnea 1 (VPBs 1)
1/2 (14.1±1.3) N: 5	13.7±1.5	ST↓ 3 ST↑ 1 neg. U 1	chest pain 2 (ST↓ 2) ataxic gait 1 leg weakness 1 (ST↑ 1) leg weakness 1 (ST↑ 1)
S (19.3±1.7) N: 10	19.8±2.8	ST↓ 4 ST↑ 4 T change 1 VPBs 1	chest pain 2 (ST↓ 1) fatigue 2 (ST↓ 1) dyspnea 3 (ST↑ 1) chest pain 1 fatigue 2 (ST↓ 1) dyspnea 1 (VPBs 1)
D ≤ (23.3±2.2) N: 26	27.8±5.0	none 26	dyspnea 1 leg weakness 1 (ST↓ 1) (ST↑ 2) fatigue 6 THR 8 (ST↓ 2) (ST↑ 1)

したが心室性期外収縮の出現も認められた。

1/2と評価された5例のトレッドミル法による酸素摂取量は  $13.7 \pm 1.5$  ml/min/kg であった。5例の2階段法における心電図変化はST 降下3例、上昇1例、陰性U波の出現1例であった。トレッドミル法における中止理由は、2階段法でST 降下を示した3例中2例がST 降下を伴う胸痛、1例が歩行異常であった。ST 上昇例および陰性U波出現例はトレッドミル法ではともにST 上昇を伴う下肢疲労であった。

Single と評価された10例のトレッドミル法による酸素摂取量は  $19.8 \pm 2.8$  ml/min/kg であった。10例のうち2階段法においてST 降下を示した4例はトレッドミル法では2例が胸痛、2例が全身疲労で運動を中止し、うち2例にST 降下を認めた。ST 上昇を示した4例では3例が呼吸困難、1例が胸痛で運動を中止し、呼吸困難で中止した1例はST 上昇を伴った。T変化、心室性期外収縮を示した各々1例は、それぞれST 降下を伴う全身疲労、心室性期外収縮を伴う呼吸困難で運動を中止した。

Double 以上と評価された26例のトレッドミル法による酸素摂取量は  $27.8 \pm 5.0$  ml/min/kg であった。本群は2階段法では有意の心電図変化はなく、トレッ

ドミル法では胸痛が中止理由となった例はなかった。中止理由は呼吸困難の1例以外は下肢疲労および全身疲労であり直接的には心由来とはいえない症状あるいは目標心拍数達成であった。有意のST 変化が26例中6例(23%)に認められた。

正常男子25例の2階段運動中の酸素摂取量と心拍数を表2に示す。酸素摂取量は1/2では  $14.1 \pm 1.3$  ml/min/kg, Single では  $19.3 \pm 1.7$  ml/min/kg, Double では  $23.3 \pm 2.2$  ml/min/kg であり、加齢とともに減少する傾向を示した。運動中の心拍数は1/2では  $96.1 \pm 6.3$  /分, Single では  $107.8 \pm 6.01$  /分, Double では  $112.6 \pm 7.4$  /分であった。

正常男子の2階段運動中の酸素摂取量を心筋梗塞患者に適用し、トレッドミル法による酸素摂取量と比較した。前述のように1/2と評価された4例のトレッドミル法の酸素摂取量は平均  $13.7$  ml/min/kg であり、正常男子において実測された1/2の平均値  $14.1$  ml/min/kg とほぼ等しい値(97%)であった。同様に Single と評価された10例のトレッドミル法における平均値  $19.8$  ml/min/kg もほぼ等しい値(103%)を示した。Double と評価された22例ではトレッドミル法における酸素摂取量は  $27.8$  ml/min/kg であり、Double の

表2 正常男子の2階段運動中の酸素摂取量および心拍数

		total	20s	30s	40s	50s
1/2	$\dot{V}O_2/\text{wt}^*$	$14.1 \pm 1.3$	$14.2 \pm 1.5$	$14.0 \pm 1.6$	$14.2 \pm 0.9$	$13.1 \pm 0.9$
	HR(Ex)**	$96.1 \pm 6.3$	$99.4 \pm 7.8$	$95.4 \pm 5.6$	$94.3 \pm 5.3$	$92.5 \pm 0.7$
	(Pl)	$70.9 \pm 6.8$	$71.0 \pm 8.4$	$69.6 \pm 8.4$	$70.0 \pm 7.0$	$78.5 \pm 4.9$
S	$\dot{V}O_2/\text{wt}$	$19.3 \pm 1.7$	$20.4 \pm 1.6$	$19.3 \pm 1.8$	$18.8 \pm 1.4$	$17.4 \pm 0.5$
	HR(Ex)	$107.8 \pm 6.0$	$111.6 \pm 4.3$	$107.9 \pm 5.4$	$104.1 \pm 6.7$	$106.5 \pm 3.5$
	(Pl)	$74.0 \pm 8.4$	$77.3 \pm 8.7$	$74.9 \pm 3.9$	$67.9 \pm 8.6$	$83.0 \pm 1.4$
D	$\dot{V}O_2/\text{wt}$	$23.3 \pm 2.2$	$24.3 \pm 1.7$	$23.9 \pm 2.4$	$22.0 \pm 2.2$	$22.3 \pm 1.3$
	HR(Ex)	$112.6 \pm 7.4$	$116.6 \pm 5.7$	$115.9 \pm 5.4$	$105.8 \pm 7.0$	$113.0 \pm 1.4$
	(Pl)	$77.8 \pm 10.5$	$81.8 \pm 10.6$	$80.1 \pm 5.7$	$69.1 \pm 9.0$	$89.0 \pm 9.9$

\* ml/min/kg \*\* bpm

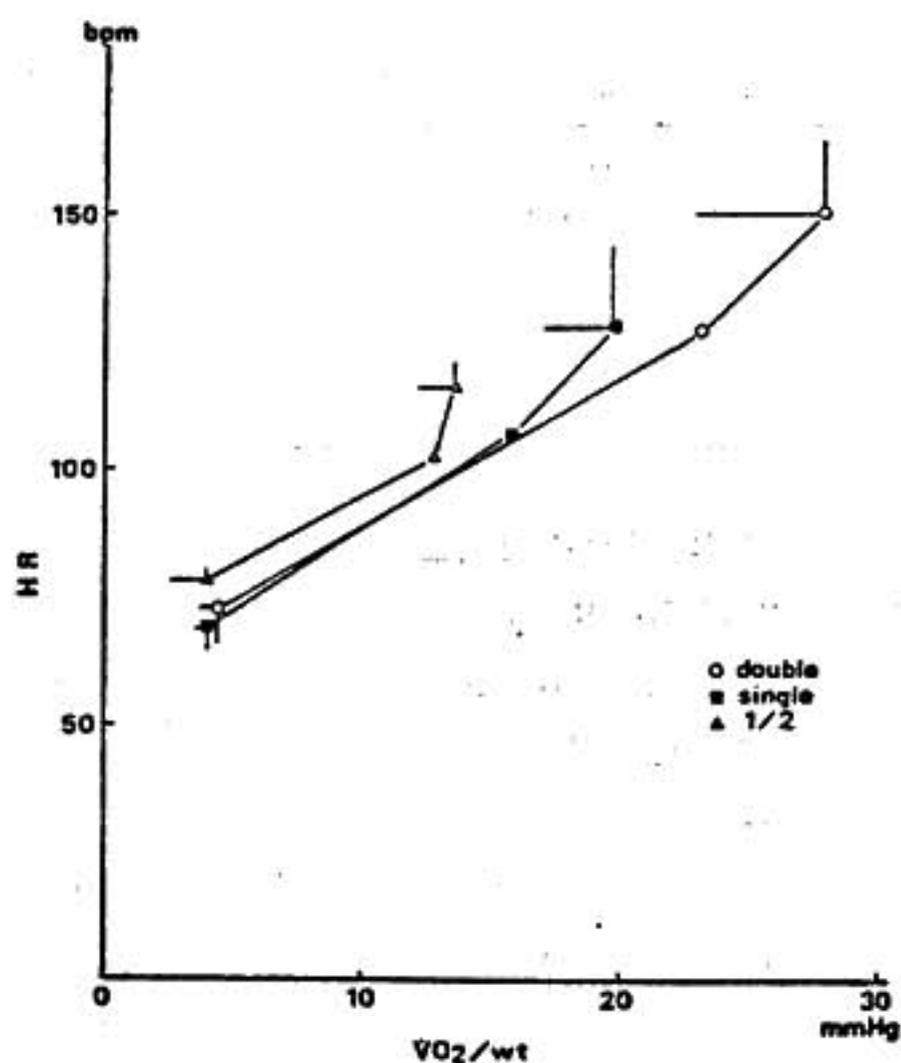


図1 2階段法による運動能力評価別のトレッドミル法における酸素摂取量と心拍数の関係

酸素摂取量  $23.3 \text{ ml/min/kg}$  より高値 (119%) を示した。

図1は2階段法による運動能力別にトレッドミル法による運動中の酸素摂取量と心拍数の関係を示す。○はDoubleと評価された群、■はSingle、△は1/2である。直線上の3点は左より安静時、運動中止より1 stage前、運動中止時の値を示す。運動中止1 stage前から運動中止時へかけて運動能力の低い群ほど心拍数の増加に比し酸素摂取量の増加が少ない傾向を示した。なお運動中止1 stage前では自覚症状や有意の心電図変化の出現はなかった。

### III 考 案

Masterのdouble 2 step運動時の酸素摂取量は福田ら<sup>3)</sup>は  $25.2 \text{ ml/min/kg}$ 、外畑ら<sup>4)</sup>は40歳代では  $23.1 \text{ ml/min/kg}$  であるとしている。また外畑らはMaster's double 2 step test時の酸素摂取量は年齢との間に有意の負相関があるとしている。我々のMaster double 2 step運動時の酸素摂取量は  $23.3 \pm 2.2 \text{ ml/min/kg}$  であり、福田ら、外畑らの値と近似した値であった。また酸素摂取量は加齢とともに低下傾向を示した。1/2およびSingleの負荷においては運動時間が90秒と短く、恒常状態に達していない可能性はあるが、測定値のばらつきは少なく、定量的な負荷として用いることができると考えられた。

正常男子の2階段法で得られた値を心筋梗塞患者に適用し、トレッドミル法で実測された酸素摂取量と比較すると、2階段法においてSingleあるいはそれ以下と評価された患者では両負荷法の評価が非常によく合致することが確認された。両負荷法では運動能力の評価の基準が異なるにもかかわらず酸素摂取量で表される運動能力が近似した値を示したが比較的小さな運動で心電図変化を示す例では心電図変化を示す時期から心機能の低下が起こりその後の酸素摂取量の増大が抑制されることや心電図変化後短時間のうちに自覚症状が出現することなどがその理由として考えられる。また2階段法の酸素摂取量推定に用いた値の得られた対象が若年であったため2階段法の酸素摂取量が高めに推定されている可能性もあるかもしれない。

## ま と め

心筋梗塞患者においても非常に運動能力の良好な例があり、Master 法を応用した2階段法は高い運動能力の評価には限界があるが、約6~7 METs までの運動能力の患者に対しては定量的な運動能力評価に充分用いる方法であると考えられる。

## 文 献

- 1) Bruce R. A., et al. : Pediatrics 32 : 742, 1963.
- 2) Scheffield L. T. : A handbook for physician. Am. Heart Association, The Committee on exercise, pp 35-36, 1972.
- 3) 福田市蔵, 他 : 呼吸と循環 23 : 985, 1975.
- 4) 外畑 巖, 他 : 循環負荷試験法, 水野 康, 福田市蔵編, 診断と治療社, 東京, pp 172-196, 1978.

## 冠動脈狭窄を有する狭心症例に対する Treadmill と Master 運動負荷試験法の比較

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

大 津 文 雄\* . 鈴 木 健\*  
岸 田 浩\* . 早 川 弘 一\*

本研究では、Master 二階段試験(M試験)と Treadmill 運動負荷試験を比較し、さらに冠動脈造影所見と対比検討した。

## I 対象と方法

労作時に胸痛発作を有し冠動脈造影所見にて75%以上の狭窄を認めた男22例、女8例計30例(年齢 $54.5 \pm 9.9$ 歳)を対象とした。なお心筋梗塞の既往を有するもの、不安狭心症例は除外した。

M試験は double two step 法を採用し、Treadmill 試験は Bruce のプロトコル<sup>1)</sup>に従った。心電図記録は、M試験では負荷開始前、終了直後および後1分、3分、5分、7分、10分に I・II・III・V<sub>1</sub>・V<sub>5</sub> 誘導で記録し、0.05mV 以上の虚血性 ST 低下を示した場合を陽性とした。Treadmill 試験では、II, V<sub>1</sub>, V<sub>5</sub> に相当する双極誘導を、開始前より終了まで連続的に記録し、0.1mV 以上の虚血性 ST 低下を示した場合に陽性とした。

## II 結 果

## 1. 負荷陽性率

両負荷試験の成績を表1に示す。Treadmill 試験を

表1 両負荷試験終了直後の成績

	Treadmill test	Master double two step test
負荷試験陽性	30/30(100%)*	22/30(73.3%)*
胸痛出現	28/30(93.3%)*	5/30(16.7%)*
心拍数(/分)	$130.4 \pm 20.5^*$	$94.5 \pm 20.5^*$
心拍数増加率	$53.4 \pm 16.3^*$	$25.5 \pm 16.7^*$
収縮期血圧(mmHg)	$171.5 \pm 24.7$	$166.3 \pm 23.8$
収縮期血圧増加率	$40.4 \pm 16.0$	$35.4 \pm 15.7$
Double product	$22706 \pm 5041^*$	$15856 \pm 4381^*$
ST 低下度(mV)	$0.22 \pm 0.06^*$	$0.10 \pm 0.07^*$

\* P < 0.05

施行した30例のうち28例は胸痛の出現により、他の2例は下肢の疲労、息切れにて負荷を中止したが、いずれも0.1mV 以上の虚血性 ST 低下が認められた。一方、M試験では30例中22例(73.3%)に有意の ST 低下を生じ陽性と判定されたが、胸痛がみられたのは

5例のみであった。

負荷終了直後の心拍数・心拍数増加率は、Treadmill試験ではM試験より有意に大であったが、収縮期血圧、収縮期血圧増加率に関しては両群間に差を認めなかった。

## 2. M試験陽性例と陰性例の年齢と心拍数

今回の成績では、全例 Treadmill 試験陽性だったので、M試験陽性群と陰性群につき、年齢・心拍数などを対比した。その結果表2のごとく、陰性群では陽

表2 Master two step test 陽性例と陰性例の比較

	陽性	陰性
例数	22	8
年齢	57.4±7.8*	46.5±10.5*
女/男	6/16(37.5%)	2/6(33.3%)
M. 終了時		
収縮期血圧(mmHg)	166.7±25.2	165.3±21.2
増加率	36.1±15.9	33.5±15.9
心拍数 (beats/分)	96.5±22.3	89.9±12.5
増加率	29.0±17.6*	15.8±8.6*
Double product (mmHg·beats/分)	16201±4723	14912±3331
増加率	81.2±34.1*	53.7±22.2*

\* P<0.05

性群に比し年齢がやや若く、運動後の心拍数の増加が軽度であったのに対し、陽性群では心拍数増加率は陰性群に比し有意に大であった。

## 3. M試験と冠動脈造影所見

### 1) 冠動脈障害枝数

M試験と冠動脈障害枝数の関係を表3(a)に示す。陽性群のうち2枝病変以上は10/22例(45.5%)と陰性群の37.5%と比しより多く、特に3枝病変の2例はいずれも陽性群であった。しかしM試験陽性群の1枝病変例では、25%にのみ副血行路が認められたのに対し、陰性群は60%と副血行路を有する率が高く、多枝障害例はむしろ逆の傾向がみられた(表3(b))。

1枝病変群につき狭窄冠動脈とM試験の関係をみると、表4のごとく陽性例では左前下行枝の狭窄が多いのに対し、陰性群ではこの分枝の狭窄は一例のみで、回旋枝に狭窄を有する例が多かった。

### 2) 冠動脈最大狭窄度

表5のごとく、99%以上の狭窄例のなかにも陰性例が3例もあるなど、冠動脈の狭窄度とM試験の間には

表3(a) 冠動脈障害枝数と運動負荷試験

	1枝病変	2枝病変	3枝病変	計	
M試験	陽性	12	8	2	22
	陰性	5	3	0	8
計	17	11	2	30	

$\chi^2$ -test: P<0.05

(b) 副血行路と運動負荷試験

	1枝病変	2枝病変	3枝病変	計	
M試験陽性	副血行路 有	3	5	1	9
	副血行路 無	9	3	1	13
M試験陰性	副血行路 有	3	1	0	4
	副血行路 無	2	2	0	4

M試験: Master double two step test

表4 冠動脈狭窄部位と運動負荷試験(1枝病変群)

	LAD	CX	RCA	計	
M試験	陽性	9(3)	2	2	12(3)
	陰性	1(1)	4(2)	0	5(3)
計	10(4)	6(2)	2	17(6)	

LAD: 左前下行枝, CX: 左回旋枝, RCA: 右冠動脈  
( )は副血行路を有する例

M試験: Master double two step test

表5(a) 最大冠狭窄度と運動負荷試験

	≥99%	99%>≥90%	90%>≥75%	計	
M試験	陽性	8	13	1	22
	陰性	3	5	0	8
計	11	18	1	30	

(b) 副血行路の有無と運動負荷試験

	≥99%	99%>≥90%	90%>≥75%	計	
M試験陽性	副血行路 有	5	4	0	9
	副血行路 無	3	9	1	13
M試験陰性	副血行路 有	3	1	0	4
	副血行路 無	0	4	0	4

M試験: Master double two step test

特別な関係はみられなかった。副血行路の有無も高度狭窄例に出現する傾向はみられたが、M試験との間には特別な関係は認めなかった。ただし99%以上の冠動脈狭窄を有するにもかかわらず、M試験陰性の3例においてはいずれも副血行路がみられた。

### Ⅲ 考 案

労作性狭心症におけるM試験と Treadmill 試験の陽性率の違いを、木村ら<sup>2)</sup>は両試験の負荷終了直後の心拍数の差、すなわちM試験では Treadmill 試験ほど心拍数が増加しないためとしている。今回の成績でも、両負荷試験において収縮期血圧およびその増加率には差をみなかったのに対し、負荷直後の心拍数および増加率はM試験では Treadmill 試験よりも有意に低く、この傾向はM試験陰性群では陽性群に比し顕著であった。

M試験陽性群と陰性群の冠動脈造影所見を比較すると、75%以上の冠狭窄を有した例の73.3%がM試験陽性例であった。この成績は60%以上の冠狭窄群について検討した石村ら<sup>3)</sup>の報告とほぼ一致する。なおCohnら<sup>4)</sup>は75%以上の冠狭窄例の86%がM試験陽性だったとし、我々の成績とやや異なる結果を報告しているが、その理由は負荷直後の心拍数が110/分以上の例が対象として選択されたためと思われる。

さらに我々の成績では、冠障害枝数の増加にともない、M試験陽性例も増加し、さらに左主冠動脈に狭窄を有する例、3枝病変例はいずれもM試験陽性であった。この結果は、石村ら<sup>3)</sup>、Cohnら<sup>4)</sup>の結果とも一致する。また一枝病変例のみを対象とした場合、回旋枝狭窄例ではM試験の陽性率が低かったが、石村ら<sup>3)</sup>も同様の指摘を行っている。石村ら<sup>3)</sup>は、左前下行枝例にM試験陽性例が多い理由として、左前下行枝は左室灌流域が広く、かつその虚血部位が心電図上前胸部誘

導に反映されやすいことをあげている。我々の結果からも、冠最大狭窄度とM試験陽性率の間に有意の関係はみられず、むしろ多枝病変群、左前下行枝に狭窄を有する群と、広範囲に虚血を生じる可能性の高い群にM試験陽性例が多いことより、M試験の成績は、冠動脈の狭窄の程度よりもむしろ障害された冠動脈の灌流域の広さによると思われる。

副血行路に関しては、1枝病変群では副血行路を有する群の陽性率が低く、多枝病変群ではその逆の傾向がみられた。Fusterら<sup>5)</sup>も同様の成績を報告しているが、Helfantら<sup>6)</sup>、延吉ら<sup>7)</sup>は副血行路を有する群の陽性率が高いという逆の成績を報告している。我々の成績からは、1枝病変群では副血行路への供給血管に障害がなく、副血行路もその機能を果たすが、すでに供給血管にも障害を有する多枝病変群では、副血行路もその機能を十分に発揮できないためとも解釈される。

以上の結果はM試験と Treadmill 試験の陽性率の差は負荷量の差によるものであり、Cohnら<sup>4)</sup>、石村ら<sup>3)</sup>のごとく心拍数増加が不十分な例を除外することにより、偽陰性例を最小限にすることも可能と思われる。

### 文 献

- 1) Bruce R. A., et al. : Prog. Cardiovasc. Dis. 11 : 371, 1969.
- 2) 木村栄一, 他 : 臨床成人病 18 : 559, 1978.
- 3) 石村孝夫, 他 : 総合臨牀 26 : 395, 1977.
- 4) Cohn P. F., et al. : JAMA 220 : 501, 1972.
- 5) Fuster V., et al. : Circulation 59 : 1137, 1979.
- 6) Helfant R. H., et al. : New Engl. J. Med. 284 : 1277, 1971.
- 7) 延吉正清, 他 : 心臓 13 : 790, 1981.

## 運動負荷における Ejection Fraction の変化について

(第13回 循環器負荷研究会, 1981年8月8日)

野呂忠慈\*・清水完悦\*・木川田隆一\*

## はじめに

以前われわれはこの会において, systolic time intervals (STI) による非観血的な心予備力の評価について報告した<sup>1)</sup>. 今回は, 運動中の STI の変化と, RI 法より求めた ejection fraction (EF) の変化との関係について報告する.

## I 対象および方法

対象は, 健常例7例, 心筋梗塞7例, 心筋梗塞を除く虚血性心疾患3例, 本態性高血圧症2例の19例である. なお, 健常例以外はすべて EF の低下している症例, すなわち, 健常例での値 $0.74 \pm 0.05$ から求めた正常下限値 mean-2SD すなわち $0.64$ 以下のものを対象とした.

運動負荷は, Collins 社の電気制動式定量型ペダル式エルゴメーターを用い, 臥位で,  $0.5 \text{ watt/kg}$ ,  $1.0 \text{ watt/kg}$  と間歇的に増量, EF は <sup>99m</sup>Tc-HSA を用いて, multi-gate 法により求めた. なおこの際, 運動中のデータの収集は, 運動開始3分後より始め, カウント数により, ほぼ7~8分後まで行った. また, 運動中, 体の動きが著しく, データ処理上問題がある例は除外した.

STI は, Mingograf 81 により記録した頸動脈脈波, 心電図および心音図を含む心機図より, Blumberger-Holldack 法により求めた.

## II 成績

対象とした疾患例は, 安静時,  $0.5 \text{ watt/kg}$  負荷時,  $1.0 \text{ watt/kg}$  負荷時の順に EF が増加する A 群,  $0.5 \text{ watt/kg}$  で増加するが  $1.0 \text{ watt/kg}$  ではそれよりも低下する B 群, 負荷量の増加に従って低下する C 群の3群に分けて以下の観察を行った.

このように分類した理由は, 問題はあるにしても EF は心機能の総括的な指標の一つであること, 複雑

な内包を有する種々の反応様式を示すものを除き, 分析を簡明にするためである.

図1は, 健常群における変化を示す. EF は, 安静時 $0.75 \pm 0.05$ ,  $0.5 \text{ watt/kg}$  で $0.82 \pm 0.05$ ,  $1.0 \text{ watt/kg}$  で $0.82 \pm 0.03$ と, 安静時に比し  $0.5 \text{ watt/kg}$  も  $1.0 \text{ watt/kg}$  もその増加率は等しく9%であった. ejection time (ET) は負荷量の増加に従い短縮した. isovolumic contraction time (ICT) および preejection period (PEP), また ET/PEP は,  $0.5 \text{ watt/kg}$  でそれぞれ有意の短縮, あるいは増加を示したが,  $0.5 \text{ watt/kg}$  と  $1.0 \text{ watt/kg}$  の間に有意差はなく, その変化は EF のそれと同様であった.

図2は, A群における変化を同様に示したものであるが, EF はそれぞれ $0.56 \pm 0.05$ ,  $0.65 \pm 0.06$ ,  $0.70 \pm 0.06$ , ET には有意の変化はなく, ICT および PEP はしだいに減少, ET/PEP は  $0.5 \text{ watt/kg}$  と  $1.0 \text{ watt/kg}$  間の有意差は認められなかったが, 平均値は段階的な増加を示した.

B群について同様にその変化をみると(図3), EF はそれぞれ  $0.45 \pm 0.09$ ,  $0.61 \pm 0.10$ ,  $0.55 \pm 0.10$ と  $0.5 \text{ watt/kg}$  で最大値を示した. ICT および PEP はしだいに短縮したが,  $0.5 \text{ watt/kg}$  と  $1.0 \text{ watt/kg}$  間に有意差は認められなかった. ET/PEP は, 安静時は $1.79$ とかなり低値を示したが  $0.5 \text{ watt/kg}$  では $2.45$ と有意の上昇,  $1.0 \text{ watt/kg}$  で有意差はなかったが低下傾向を示した.

C群では(図4), EF はそれぞれ $0.56 \pm 0.03$ ,  $0.52 \pm 0.07$ ,  $0.36 \pm 0.10$ , ICT および PEP はしだいに短縮したが,  $0.5 \text{ watt/kg}$  と  $1.0 \text{ watt/kg}$  の間に有意差は認められなかった. ET/PEP は  $0.5 \text{ watt/kg}$  で上昇し  $1.0 \text{ watt/kg}$  では低下傾向を示した.

各群における EF と ICT の変化を比較すると(図5), 健常群に比し EF 低下の各群で安静時 ICT はいずれも延長, それら各群の心機能低下を推定させた. B, C群において  $0.5 \text{ watt/kg}$  と  $1.0 \text{ watt/kg}$  の間

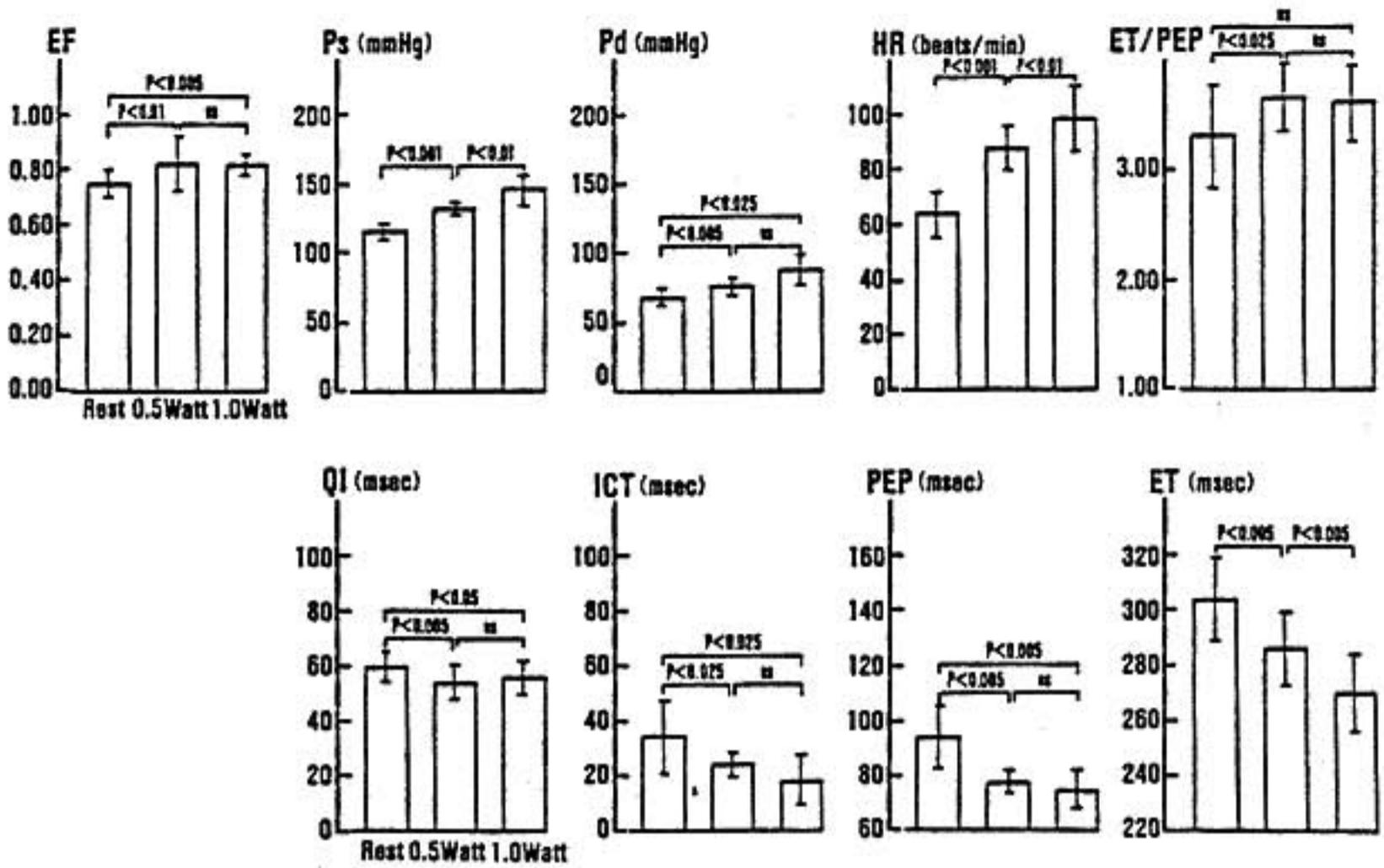


図1 Hemodynamic changes during exercise in normal group (n: 7)

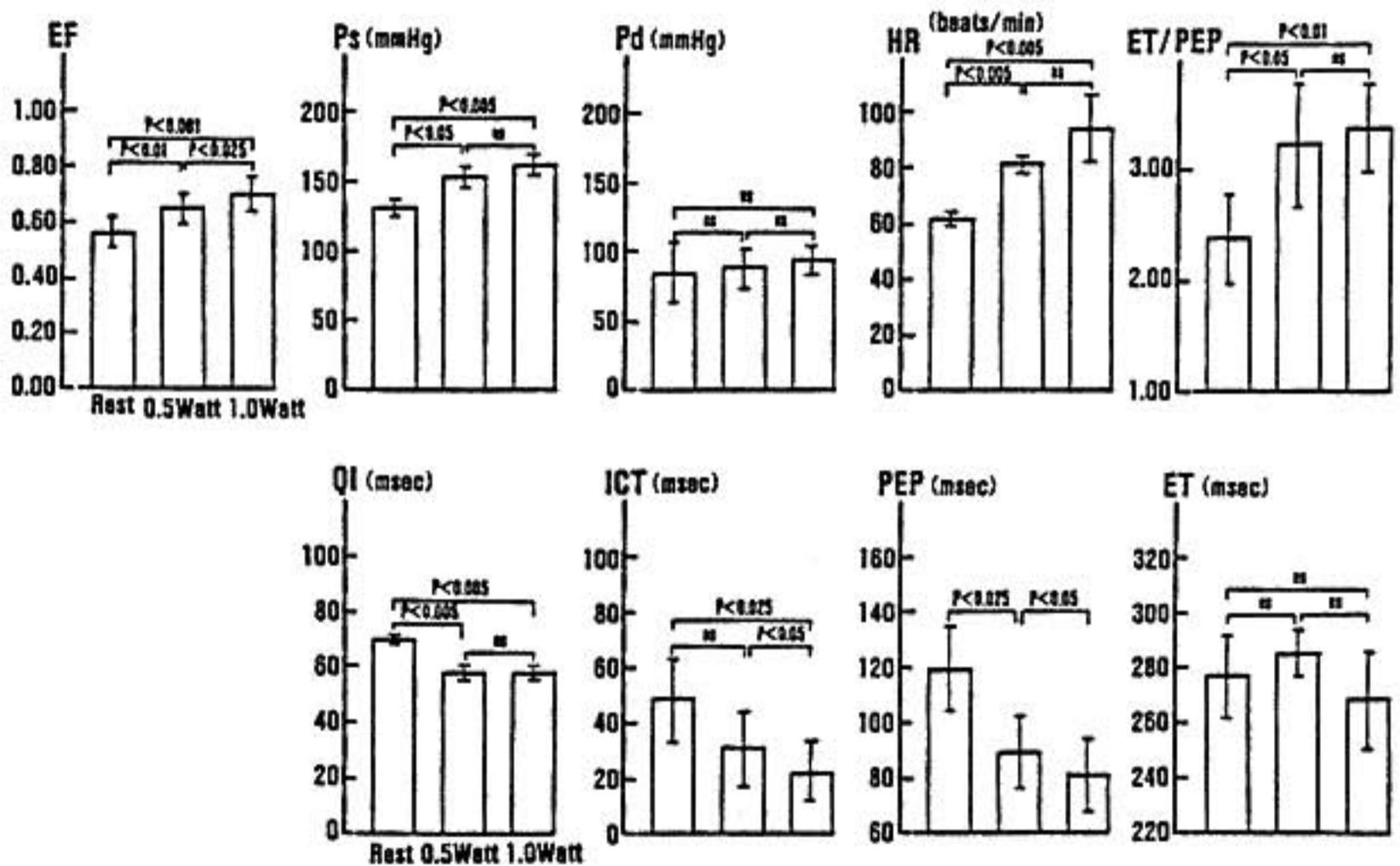


図2 Hemodynamic changes(%) during exercise in "A"-Group (n: 4)

の EF の低下は有意であるにもかかわらず, ICT のその際の短縮に有意差は認められなかった. EF と PEP の関係は, EF と ICT のそれとほぼ同様であった. また, ET/PEP についてみると (図 6), 安静時の値は健常群に比し EF 低下の各群で著明な減少を示し, また, EF の変化傾向と ET/PEP のそれは,

健常群, A 群および B 群ではかなり類似していたが, C 群では 0.5 watt/kg においても 1.0 watt/kg においてもかなりの高値を示し, ET/PEP とは異なった動きを示した.

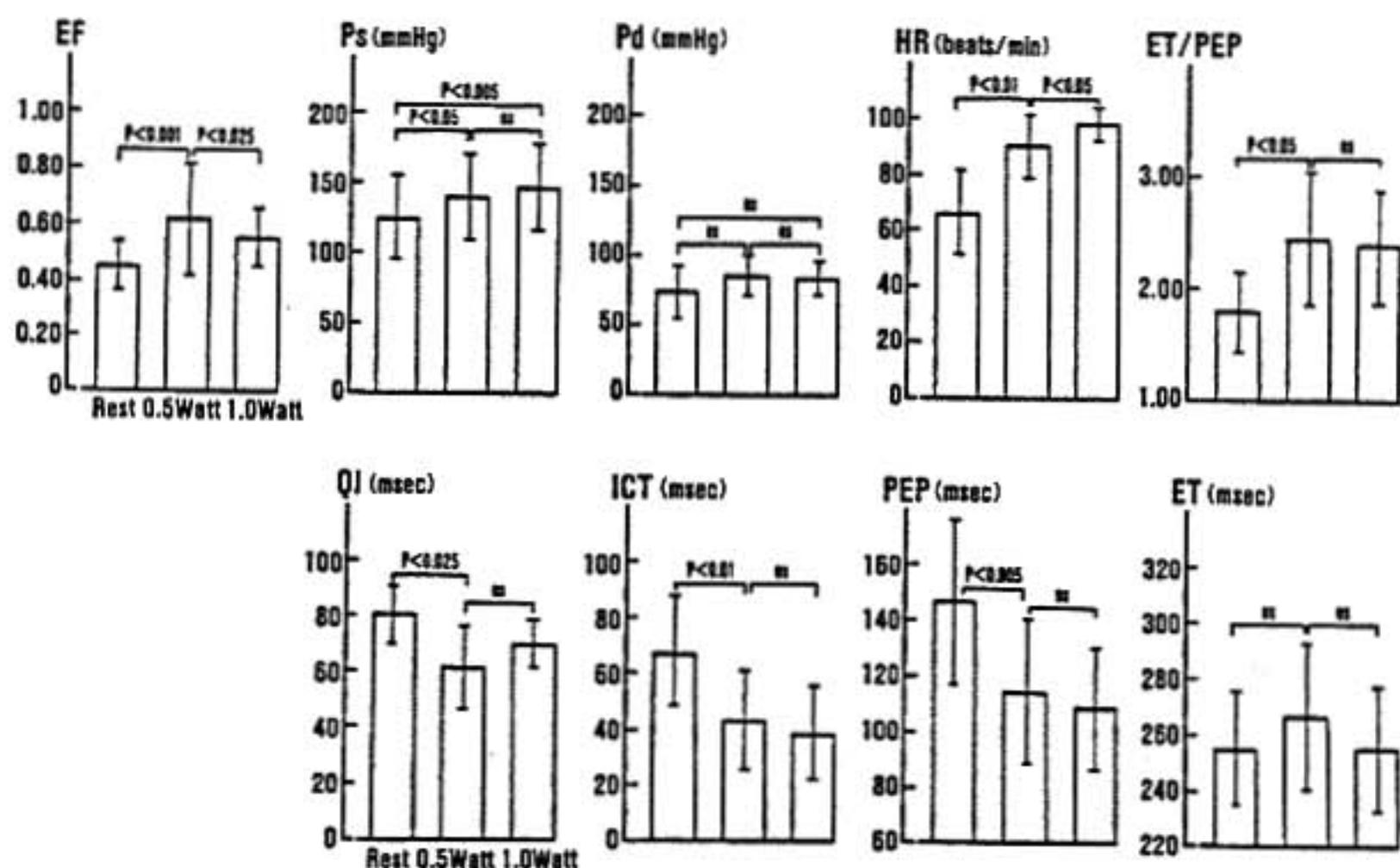


図3 Hemodynamic changes during exercise in "B"-Group (n: 4)

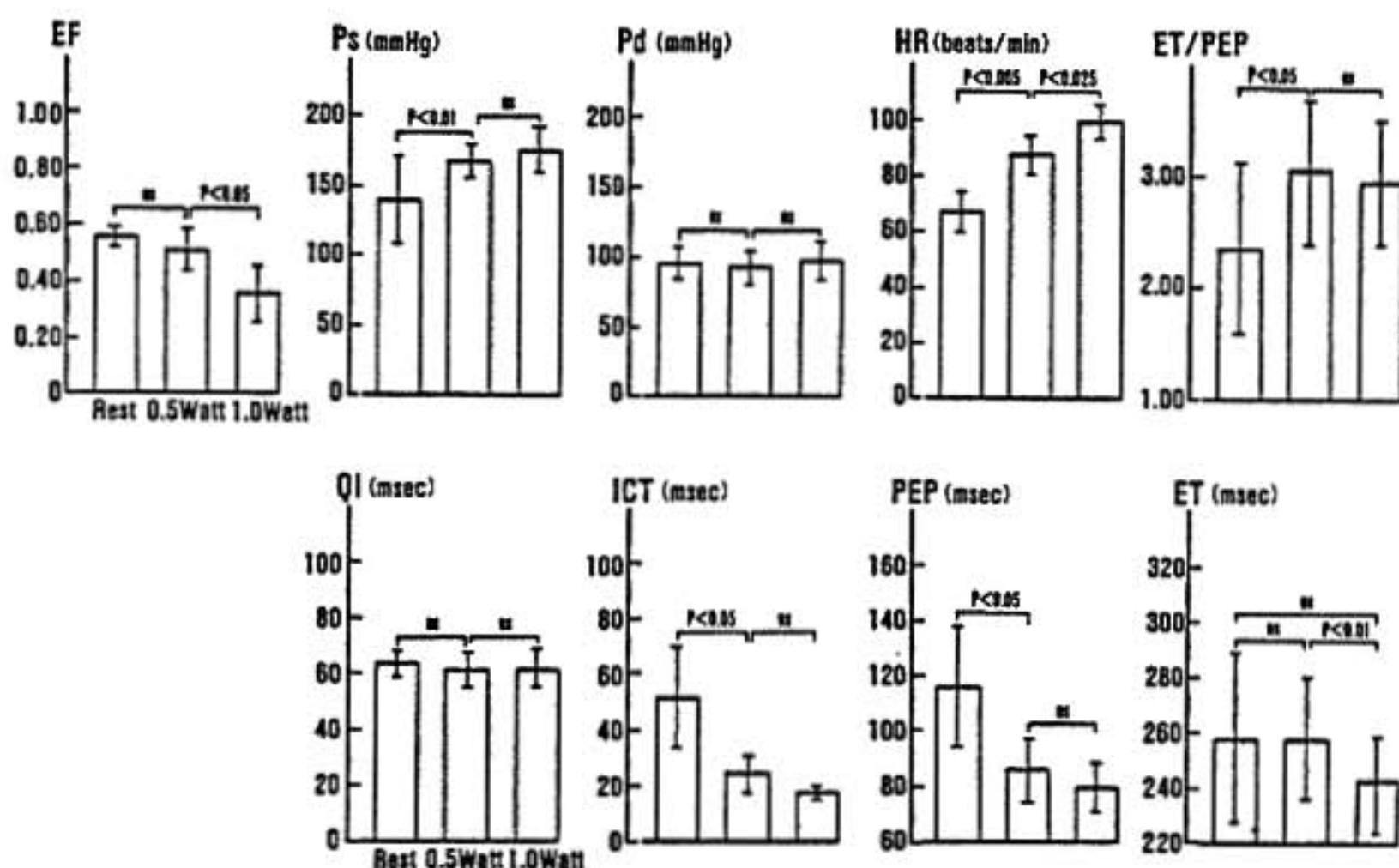


図4 Hemodynamic changes during exercise in "C"-Group (n: 4)

### Ⅲ 考按およびまとめ

今回の観察では、心筋梗塞を主とする障害心で EF の低下している症例について、運動負荷中の EF の変化と STI のそれを対比し、心予備力の評価における STI の有用性ならびに心不全傾向をもつ症例におけるその適用の問題点について検討を加えた。

われわれの観察においてもっともめだつ点は、ICT および ET/PEP の変化傾向についてである。すなわち、B、C群において運動負荷中の EF の低下はそれにみあった ICT の短縮を示さず、このことは心筋の inotropic reserve の減少とも関係する現象と思われる。しかし ICT の減少率が3群中C群でもっとも大きいことは、preload の増加による大動脈・左室圧

# 循環器負荷研究会

第13回 昭和56年8月8日 エーザイ株式会社本社新館5階ホール

## I. 研究報告 (第13回)

### 1. 虚血性心疾患の運動負荷回復期における STI 変化

鳥取大学医学部 第一内科

黒田 聡, 安梅 正則, 川本 浩雄, 長谷川純一

小竹 寛, 川田 秀一, 三好 秀樹, 乗本 業文

西尾 昌憲, 秦 正, 古瀬 俱之, 真柴 裕人…………… (1)

### 2. トレッドミルの各種負荷量に対する心拍数応答特性

国立循環器病センター

佐藤 啓男, 江尻 成昭, 鎌倉 史郎, 松久茂久雄

大江 透, 下村 克朗

名古屋市立大学医学部 第一生理

長谷川泰洋…………… (3)

### 3. 運動負荷における Ejection Fraction の変化について

北里大学医学部 内科

野呂 忠慈, 清水 完悦, 木川田隆一…………… (7)

### 4. 運動誘発狭心症およびペーシング誘発狭心症における左心機能

日本医科大学 第一内科

五十嶋一成, 金澤 正邦, 早川 弘一

駒込病院 循環器内科

宗像 純司

防衛医科大学校 第一内科

栗田 明…………… (11)

### 5. RI による虚血心の運動負荷による心機能変化

—PSP/ESVI の変化について—

山口大学医学部 第二内科

尾崎 正治, 山岸 隆, 小川 宏, 松崎 益徳

松田 泰雄, 久萬田俊明, 楠川 禮造…………… (14)

### 6. 狭心症症例における運動負荷時の血圧・心拍反応に対する薬物効果

富山医科薬科大学医学部 第二内科

金木 英輔, 杉本 恒明, 浦岡 忠夫, 寺田 康人

余川 茂, 井内 和幸, 秋山 真, 神保 正樹

西野 章, 藤沢 貞志, 吉田 繁樹…………… (17)

7. 心プールイメージングによる多段階エルゴメーター  
負荷時の左心機能の検討  
京都大学医学部 第三内科  
吉田 章, 鈴木 幸園, 田巻 俊一, 門田 和紀  
神原 啓文, 河合 忠一..... (21)
8. 労作性狭心症における運動負荷 RI アンジオグラフィと  
運動負荷心筋シンチグラフィの相関  
名古屋大学医学部 第一内科  
都田 裕之, 河合 直樹, 岩瀬 正嗣, 志貴 一仁  
都築 雅人, 近藤 照夫, 横田 充弘, 山内 一信  
林 博史, 外畑 巖..... (23)
9. 1 枝病変狭心症患者の運動負荷心電図  
国立循環器病センター 心臓内科  
吉田 茂, 齊藤 宗靖, 上田 栄蔵, 布施野日出生  
本田 喬, 土師 一夫, 平盛 勝彦, 池田 正男..... (26)
10. エルゴノビン負荷による心電図変化の検討  
小松島赤十字病院 循環器科  
日浅 芳一, 岩野 健造, 石田 孝敏, 相原 令  
徳島大学医学部 第二内科  
森 博愛..... (29)
11. Treadmill 負荷による空間的 ST 変化の検討  
産業医科大学 第二内科  
荒牧 保幸, 大和 朋子, 二宮 謙一, 福地 靖範  
安部晋之介, 中村 次弘, 千田 豊, 中島 康秀  
黒岩 昭夫..... (32)
12. 左冠動脈主幹部病変の運動負荷 ST マッピングの特徴について  
東京大学医学部 第二内科  
川久保 清, 村山 正博, 川原 貴, 大城 雅也  
沈 鉄寛, 真島 三郎, 村尾 覚..... (35)
13. 定滑車重量負荷法と Hand Grip 法の比較  
東京医科歯科大学医学部 第二内科  
丹羽 明博, 宮原 康弘, 高元 俊彦, 梅沢 滋男  
谷口 興一..... (39)
14. 健常人における臥位多段階 Ergometer 負荷と心拍出応答  
山形大学医学部附属病院 中央検査部  
山口 一郎, 宮沢 光瑞  
同 第一内科  
安井 昭二..... (42)

## II. シンポジウム (第13回)

### 「トレッドミル負荷試験」

1. 心不全患者のトレッドミル運動負荷による運動耐容能の評価  
北海道大学医学部 循環器内科  
児島 俊一, 松村 尚哉, 橋本 文教, 西島 宏隆  
南 勝, 安田 寿一…………… (45)
2. Ellestad のプロトコールについて  
山梨医科大学 第二内科  
田村 康二…………… (48)
3. 多段階トレッドミル負荷試験における問題点  
国立循環器病センター 内科心臓部門  
斉藤 宗靖, 吉田 茂, 西山 誠一, 菅野 和治  
土師 一夫, 平盛 勝彦, 下村 克朗, 池田 正男…………… (52)
4. 虚血性心疾患の診断および薬効の評価における treadmill 負荷の有用性  
名古屋保健衛生大学医学部 内科  
岡島 智志, 館 啓二, 勅使河原敬明, 大橋 進  
水野 康…………… (55)
5. トレッドミル法とマスター法の比較  
大阪府立成人病センター  
前田 泰治, 山上 徹, 藤本 淳, 戸山 靖一…………… (59)
6. 心筋梗塞患者の運動能力の評価  
—マスター二階段法とトレッドミル法の比較—  
久留米大学医学部 第三内科  
板家 研一, 長田 浩司, 戸嶋 裕徳…………… (62)
7. 冠動脈狭窄を有する狭心症例に対する Treadmill と Master  
運動負荷試験法の比較  
日本医科大学 第一内科  
大津 文雄, 鈴木 健, 岸田 浩, 早川 弘一…………… (65)