

## 〔第4回研究会報告〕

## 運動負荷心電図陽性者の長期予後調査の集計結果

水野 康\*

## I. 長期予後集計結果

## 1. はじめに

Master 二段階試験陽性者の5年以上の長期予後調査の集計結果について報告します。

参加機関は

北海道大学医学部

札幌医科大学

千葉大学医学部

循環器内科

第二内科

第三内科

日本医科大学

東京大学医学部

東京大学医学部

昭和大学医学部

順天堂大学医学部

北里大学医学部

心臓血管研究所

新潟大学医学部

岐阜大学医学部

第一内科

第二内科

第四内科

第三内科

循環器内科

内科

第一内科

第二内科

\* 名古屋保健衛生大学医学部 内科

金沢大学医学部	第一内科
名古屋保健衛生大学医学部	内科
大阪府立成人病センター	
性友病院	内科
山口大学医学部	第二内科
九州大学医学部心臓血管研究施設	循環器内科
久留米大学医学部	第三内科
長崎大学医学部	第三内科
愛知県総合保健センター	成人病診断部

の21機関である。

図1Aに示す患者調査用紙を配布し, coronary risk factor, 心電図負荷試験陽性発見時より現在までの経過の概要, 転帰を記入し, その間の心電図(安静時, Master 運動負荷後)所見の推移を図1Bに示す, ST 偏位の程度と形態, T, Uの形態を調査した。

2. 成績

回答をえた症例は111例で, その中, ST-Tの改善をみたものは(男30例, 女11例), 不変ないし悪化は37例(男30例, 女7例)であった。この他, 5年間に

心筋梗塞を発症したものは27例, この中現在生存者は15例(男13例, 女2例)である。梗塞発生直後またはその後死亡したものは12例全例男性であった(表1)。その他の原因で死亡したものは6例あるが, その中3例は急死, アダムス・ストークス症候群1例, 腹部大動脈破裂1例, 脳梗塞1例で全例, 心臓血管障害が原因と思われる。

これらの対象の有する risk factor と予後との関係を図2に示す。高コレステロール血症は予後が悪く, 心電図の改善者は9例にすぎず, 46例中16例が心筋梗塞になっている。高血圧は53例合併していたが, 15例が心筋梗塞になり, 一方, 心電図改善者は15例であった。喫煙者は54例であったが, この中13例が心筋梗塞を発症している。

運動負荷陽性をはじめて発見された年齢は, 40才未満は比較的少なく, 50才代, 60才代に集中している。また40才代といった比較的若い年齢から運動負荷陽性者は5年間に心電図改善例がかなりみられているのも注目すべきである。

患者調査表

1. 診療機関名 \_\_\_\_\_ カルテ番号 \_\_\_\_\_ 主治医 \_\_\_\_\_

2. 患者氏名 \_\_\_\_\_ 性別  男  女 年齢  $\frac{M}{Y}$  年  $\frac{M}{D}$  月  $\frac{D}{S}$  日 生

3. 臨床診断 \_\_\_\_\_

4. 合併症 \_\_\_\_\_

7. Coronary risk factor (負荷陽性所見発見当時)

高コレステロール血症 (T.Chol. \_\_\_\_\_ mg/dl)

高トリグリセリド血症 (T.G. \_\_\_\_\_ mg/dl)

高尿酸血症 (U.A. \_\_\_\_\_ mg/dl)

糖尿病 (F.B.S. \_\_\_\_\_ mg/dl)

肥満 (身長 \_\_\_\_\_ cm, 体重 \_\_\_\_\_ kg)

高血圧 ( \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ mmHg)

喫煙 \_\_\_\_\_

酒量 ( \_\_\_\_\_ 本/日 \_\_\_\_\_ 本より \_\_\_\_\_ 本まで)

その他 \_\_\_\_\_

8. 経過の概要 (詳し, 所見, 治療内容など)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. 特殊検査所見 (たとえば冠動脈造影など)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

10. 転帰 (S \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月現在: 負荷陽性所見発見より \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月)

生存中

負荷心電図所見改善

負荷心電図所見不変~悪化

心筋梗塞発作 (S \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日, 部位 \_\_\_\_\_)

死亡 (S \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日)

死因 \_\_\_\_\_

(心電図所見部位 \_\_\_\_\_)

11. 資料・運動負荷心電図所見用紙 \_\_\_\_\_ 枚

図1A

運動負荷心電図所見 (No. \_\_\_\_\_)

氏名 \_\_\_\_\_ 記録: S \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

異常所見のある項目だけに符号でご記入下さい。記録のない項目には / をおつけ下さい。

(符号)

	S	T	低	T	ST上昇	T	U
		horizontal	sagging	junctional	+	平位: -	
0~0.4mm	H-0					(±2mm以内)	
0.5~0.9mm	H-1	S-1	J-1			陰性: -	陰性: -
1.0~1.9mm	H-2	S-2	J-2			陽性: +	陽性: +
2.0mm以上	H-3	S-3	J-3			二相性: ±	

安静時心電図診断 \_\_\_\_\_

負荷時所見

single 負荷時 \_\_\_\_\_ 分

double 負荷時 \_\_\_\_\_ 分

	負荷時			負荷時 _____ 分			負荷時 _____ 分		
	ST	T	U	ST	T	U	ST	T	U
I									
II									
III									
aV <sub>1</sub>									
aV <sub>2</sub>									
aV <sub>3</sub>									
V <sub>1</sub>									
V <sub>2</sub>									
V <sub>3</sub>									
V <sub>4</sub>									
V <sub>5</sub>									
V <sub>6</sub>									

脈速 \_\_\_\_\_ /分

不変時 \_\_\_\_\_

血圧 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

図1B

表1 調査症例

転帰	男性	女性	計
改善	30	11	41
不変～悪化	30	7	37
梗塞生存	13	2	15
梗塞死亡	12	0	12
他死	4	2	6
計	89	22	111

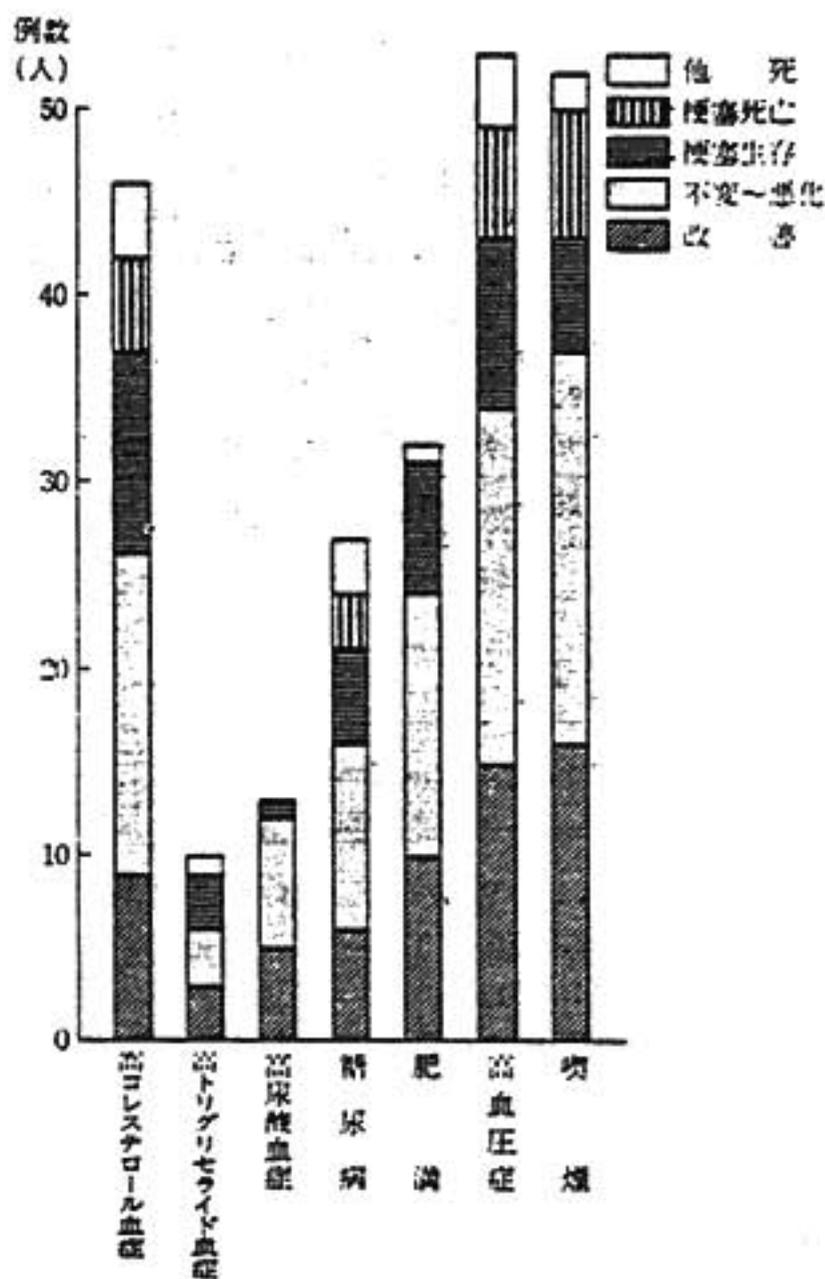


図2 Risk factor と予後

塞発症の有無をみた (図4)。観察5年以内に心筋梗塞となった20例中7例 (35%) が運動負荷陽性発見時には安静時心電図にST 偏位がみられなかったことは注目すべきである。運動負荷心電図のST 偏位の形態と程度と心筋梗塞発症の関係を図5に示す。非梗塞群50例中には負荷後2mm以上のjunctional型ST降下のみられたものが2例含まれているが、心筋梗塞に発展した群20例ではすべてhorizontal型、またはsagging型すなわちischemic typeを示していた。しかし、ST偏位の軽度なH-1 (horizontalで0.5~0.9mmの降下)を示したものが4例あり、この中1例が死亡していることは興味深い。もちろん同じischemic typeのST降下でも、偏位の強いH-3、S-3に梗塞発症が多く、その多くが死亡している。

負荷心電図のST偏位の形態をhorizontal, sagging, junctional型に分けてみると、女性ではH型が比較的多く、また梗塞に進展する率も多かった。junctional

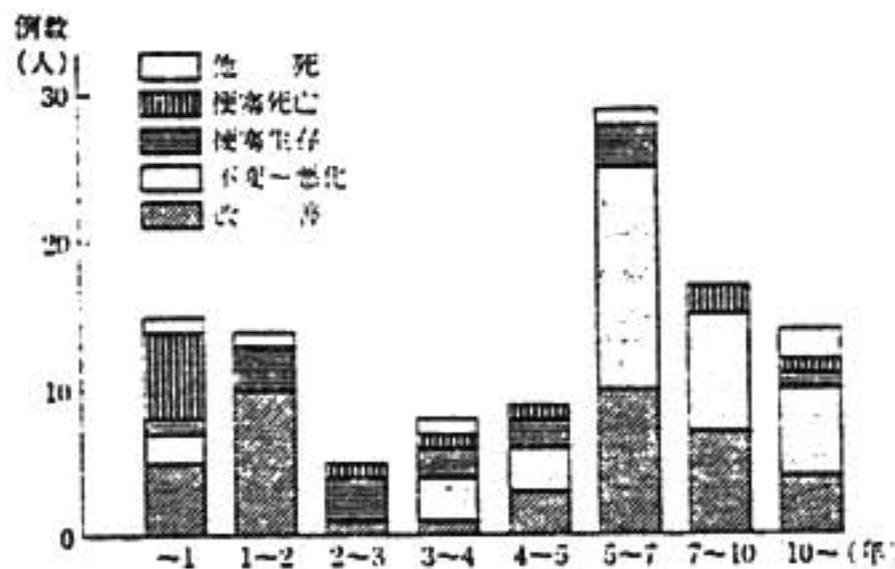


図3 観察期間

図3は集計された対象の観察期間を示したもので、111例中運動負荷陽性を発見してから1年未満で心筋梗塞発症例は7例、中1例を除いて死亡している。また5年以上観察された60例中に何らかの原因で死亡したか、心筋梗塞とならなかった例は50例あり、これらの中には心電図ST-T変化の改善例も約半数の21例みられた。

安静時の心電図ST偏位の形態と程度を分類したものと、心筋梗

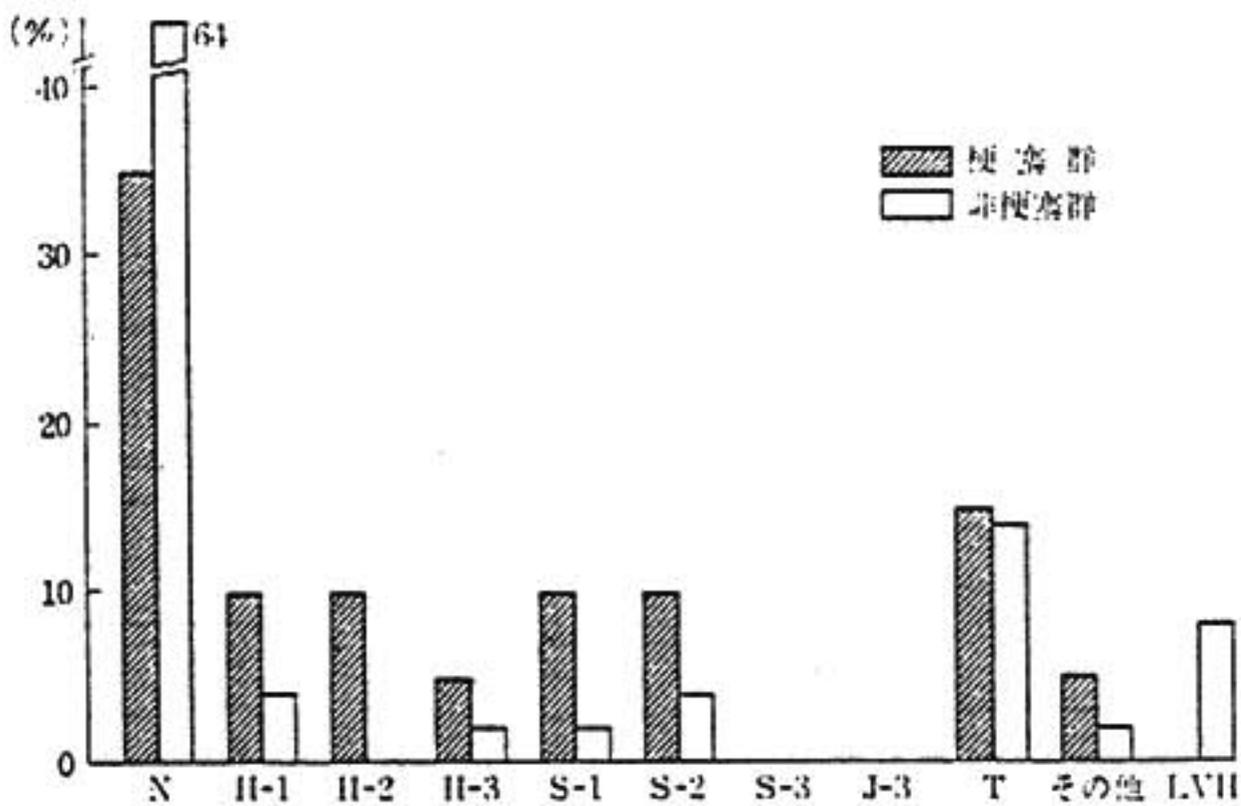


図4 安静時心電図所見

型 ST 降下を示した群からは梗塞は出ていない。

この集計は、対象の選び方に考慮がはられず、かつ少数例であるために、この分析結果から直ちに何ら

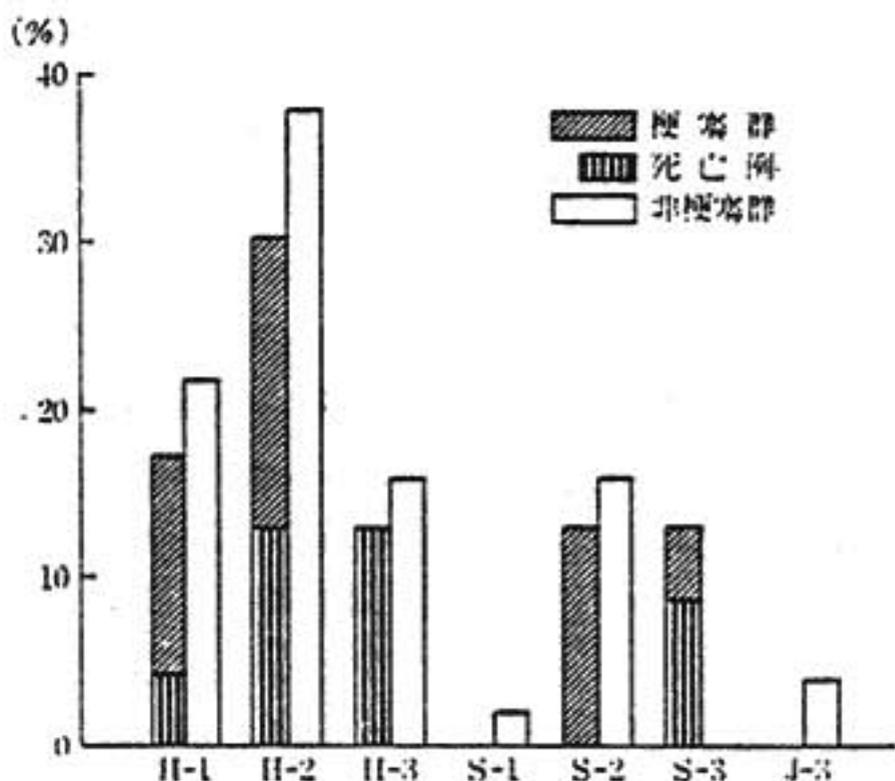


図5 負荷心電図 ST-T 所見

かの結論を出すことは困難である。しかし、心電図 Master 運動負荷試験陽性者では狭心症、心筋梗塞に発展する例が多く、ST 降下の程度の大きい程梗塞発生率は高く、その予後も不良と考えられる。

表2 対象 (愛知県総合保健センター)

アンケート発送人間ドック受診者		回答者
昭和46年	16,978人	(49年調査) 8,876人 (52.2%)
昭和47年		
昭和48年	11,022人	(50年調査) 5,807人 (52.7%)

年齢別	~39才	40~49才	50~59才	60~69才	70才~	計
46年	1977	3484	2267	979	169	8876
47年	(22.3%)	(39.3%)	(25.5%)	(11.0%)	(1.9%)	
48年	1351	2536	1424	431	65	5807
	(24.3%)	(43.7%)	(24.5%)	(7.4%)	(1.1%)	

表3 心筋梗塞発症例 (34例)

1. 受診時虚血性変化あり (15例)

受診年	年齢	安静時心電図	Master	受診より発作までの月数	生死
48	67	下壁梗塞		0.5	H
46	75	LVH ST-T		1	A
47	71	CRBBB	(+)	1	A
46	45	IRBBB ST-T		2	A
48	46	洞性徐脈 ST-T		7	D
48	54(F)	LVH ST-T		8	A
47	62	前壁梗塞 ST-T		10	A
48	70	前壁梗塞		11	A
47	63	下壁梗塞		12	D
48	57	前側壁梗塞		13	D
47	53	下壁梗塞		14	H
46	64	洞性徐脈 Border	(+)	15	A
46	62	LVH	(+)	19	D
47	65	LVH ST-T		20	D
48	47	ST-T		22	A

2. 虚血性変化なし (19例)

受診年	年齢	安静時心電図	Master	受診より発作までの月数	生死
47	55	LVH SVPB・VPB	-	0.5	D
47	52	LVH	-	1	H
48	54	LVH	-	1	D
47	36	-	-	2	H
48	44	-	-	3	A
47	46	LVH	-	4	A
46	41	Border	-	10	A
47	40	LVH	-	11	A
48	50	PA-V ブロック	-	11	A
47	63	-	-	12	H
48	53	-	-	17	A
48	50	-	-	18.5	H
48	60(F)	LVH	-	21	D
47	59	-	-	23	H
46	51	LVH?	-	24	D
47	40	LVH?	-	24	A
46	72	RBBB	-	26	A
46	55	-	-	29	A
46	57	BVH	-	34	D

対象	46年		10,904	47年		14,968	48年	
	男	女		男	女		男	女
	7,867	2,037		597 (7.6%)	409 (20.1%)		955 (9.2%)	630 (20.0%)

46年		47年		48年	
男	女	男	女	男	女
7,270	1,628	10,817	2,594	9,420	2,521

5例 8例 5例 1例

D: 死亡  
A: 入院  
H: 自宅

## II. 愛知県総合保健センターにおける運動 負荷試験陽性者の予後について

愛知県総合保健センターにて昭和46年, 47年に外来人間ドックを受診した16,978名と, 昭和48年受診者11,022名について, アンケートによる予後調査を行い, 受診時の心電図 Master 運動負荷試験陽性者と陰性者との予後を比較検討した。

これらの対象は大部分, 名古屋市内及び近郊の在住者で, かつほぼ正常な生活を送っている人達である。昭和46・47年受診者に対して昭和49年調査のアンケート回答は8876人(52.2%)であった。昭和48年受診者

に対しては昭和50年にアンケートを行い5807人(52.7%)の回答を得た。人間ドック受診者は40才代, 50才代が大部分で約65%を占めている(表2)。

これらの回答から人間ドック受診から2年間に心筋梗塞の発生したものが34例確かめられた(表3)。ドック受診時心電図で虚血性心疾患が認められたもの(総合保健センターでは心電図は自動診断されているため, これらに対しては運動負荷を行わない), または, Master 運動負荷試験陽性(安静時心電図でST-Tはほぼ正常のもの)から15例出現している。ST-T異常者(Master陽性を含む)は46年に1006名(全受診者中男7.6%, 女20.1%)で梗塞発生4例は男のみ,

表4 狭心症発症例(22例)

受診時虚血性変化あり(7例)						虚血性変化なし(15例)					
受診年	年齢	安静時心電図	Master	受診より発症までの月数	生死	受診年	年齢	安静時心電図	Master	受診より発症までの月数	生死
47	52		±	3	A	46	46	LVH	-	0.5	H(異型)
46	62	PA-Vブロック VPB	+	6	A	47	40	LVH	-	2	A
46	48	洞性徐脈 ST-T・LVH		9	A	48	47	-	-	2	H
47	35	洞性頻脈 ST-T		10	A	47	56	LVH	-	3	A
48	52	LVH	+	13	H	48	41	-	-	4	A
47	49	LVH ST-T		22	A	47	69(F)	LVH	-	6	A
47	61	LVH 前壁梗塞の疑		22	H	47	53	-	-	7	H
						47	62(F)	-	-	9	A
						48	46(F)	-	-	10	H
						46	58	VLH	-	11	H
						47	61	LVH	-	13	H
						48	47	LVH	-	13	A
						48	78	LVH	-	16	H(貧血)
						48	45	-	-	20	H
						47	53	-	-	21	A(DM)

D: 死亡, A: 入院, H: 自宅

表5 Master 二段階試験陽性者の経時的変化と Risk factor (3~5年)

心電図	Risk factor															
	例数	男	女		コレステロール	尿酸	FBS	負荷血糖1時間値	肥満	血圧	CTR	眼底	%VC	貧血	計	
改善	35	22	13	改善	2	0	2	6	6	6	9	4	0	4	39	
				不変	0	1	0	3	9	4	8	1	4	2	32	
				悪化	2	1	1	2	0	1	0	2	1	1	11	
不変	7	3	4	改善	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	
				不変	1	1	0	1	2	2	3	1	1	1	13	
				悪化	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	3	
悪化	20	15	5	改善	3	2	0	4	0	0	0	0	0	0	9	
				不変	1	0	0	0	6	4	6	2	0	0	19	
				悪化	3	1	2	4	2	9	6	4	1	1	33	

47年1558名(男7.5%, 女20.8%)で梗塞発生の5例は男のみ、48年1585名(男9.2%, 女20.0%)で男5例、女1例に発症している。

安静時心電図が正常、または、虚血性心疾患以外の変化のみがみられ、Master 運動負荷試験も陰性の群からは、46年男7,270名中5例、47年男10,817名中8例、48年男9,420名中5例、女2521名中1例、計19例の心筋梗塞が発生している。

これらは受診後半月から2年以内に心筋梗塞になっている。受診時心電図で左室肥大だけがみられ、Master 陰性にもかかわらず、1カ月後に梗塞になったものが52才男と54才男とあり、後者は死亡している。36才の男で受診時心電図正常で、かつ、Master 負荷試験も陰性で2カ月後に梗塞を発生したのもあることは注目したい。このデータから、心電図のみで心筋梗塞の発生の予測はまったく困難といえよう。

人間ドック受診後2年間に狭心症を発症したものは22例あり、受診時心電図で虚血性変化を指摘されたものから7例発生したのに対し、受診時心電図上虚血性変化なしと判定されたものから15例発症している(表4)。この点でも心電図検査から予後を判定することはきわめて困難といえよう。

そこで狭心症、心筋梗塞発症には、他の risk factor の関与が大きいと考えられ、3~5年間毎年人間ドックを受診している症例62例を選び、心電図の経時的変化と、risk factor の推移とを比較してみた(表5)。3~5年間に心電図の改善したもの35例、不変7例、悪化が20例であった。他の risk factor の経時的変化

をみると、心電図改善例に他の risk factor の改善を伴うものが多く、悪化例に他の risk factor が悪化するものが多かった。表5の risk factor の項は、最初の受診時 risk factor がみられたのにその後の受診時に改善または消失したものを改善、逆に、初回受診時みられなかった risk factor がその後の受診で出現したり悪化したものを悪化として表示してある。心電図改善あるいは悪化と関係の深い risk factor としては、血圧、肥満、CTR、血糖、耐糖能などが挙げられる。このように心電図の改善、悪化は、他の risk factor の推移ときわめて密接な関係がある。

### 質疑応答

竹内(東大) 集計データで Junctional depression の症例は total でも少ないと思いますけれども、その中から心筋梗塞の発生は1例もなかったのですか。

水野 いただきました例数の中では1例もございません。

竹内 Junctional の depression はその中に含まれているのですか。

水野 はい、含まれております。

竹内 何件くらいですか、大体の印象で。

水野 あまり多くの例ではございませんが、負荷後ですとたった2例でございました。皆さんが意識してそういう例はあまりお寄せいただかなかったということになるんじゃないかと思いますが。

## 1. Frank 誘導運動負荷中心電図の自動解析に関する研究

## —連続自動監視とデータ圧縮—

岡本 登\*・水野 嘉子\*・横井 正史\*  
魚住 善一郎\*・岩塚 徹\*・高橋 春雄\*

## 1. はじめに

運動負荷中の動的心電図検査は、安静時あるいは負荷後の心電図では得られない多くの有用な情報を提供する。また心疾患患者のリハビリテーションプログラムを安全にすすめる為にも必要で、臨床的にきわめて有意義な検査である<sup>1-4)</sup>。しかし運動負荷中の動的心電図は、心電図に混入するノイズやアーティファクトなど技術的な問題や、連続監視の困難性および長時間心電図データの整理や複雑さの為に、わが国で広く実用化されているとはいえない。最近 ME 技術、とくにコンピュータ技術の進歩や優れた電極、誘導コードなどの開発により比較的安定した記録が得られるようになり、ようやく普及の段階に入ったといえよう<sup>5)</sup>。

我々はすでに運動負荷前後の心電図自動診断システムを実用化し、総合健診受診者約10万例に施行した。これらの技術や経験をもとに、汎用のミニコンピュータを使用して運動負荷中の動的心電図を連続監視しつつ、オンラインおよびオフラインで自動解析し、龐大なデータを圧縮して検査中の全経過を評価し易いグラフで表示するシステムを実用化した。今回は主としてオフライン処理の方法論を中心に報告し、動的心電図自動処理の問題点につき述べる。

## 2. 対象

対象は主として愛知県総合保健センターの総合健診システムで心電図異常を指摘されながら自覚症の軽度な例、および自覚症からは異常を疑われながら安静時心電図で著変を認めなかった例、あるいは軽度の高血圧、糖尿病、肥満者などいわゆる半健康人である。その他、明らかな心疾患患者の運動耐容力の評価を目的とした症例も含まれる。

## 3. 方法

運動負荷は Quinton のトレッドミルを用いて行い、その他トレッドミル制御装置、発信機、受信機、モニタ用ブラウン管、データレコーダ、ミニコンピュータ等より成るシステムである。CPU は 32 KW のミニコン (JEC 980-B) を中心とするデータ処理装置を使用した。

受診者は充分の休養の後、Frank 誘導3チャンネルテレメータ装置を用い、校正波を記録した後まず運動負荷前の心電図を坐位および立位でおのおの1分間コントロールとして監視しつつ、データレコーダに記録あるいはコンピュータに直接入力した。次いで対象の性、年齢、臨床所見より決められた運動プログラムにしたがってスタートし、原則として各ステップ3分毎に多段階的に運動量を増加した。オフラインの場合は、医師がモニタ用ブラウン管の X, Y, Z 波形を監視しながら、水銀血圧計を用いて30秒ないし、1分毎に非観血的に上腕血圧を測定した。また心拍表示目盛により心拍数を連続モニタし、毎分90点、1分間 2.0 cm の紙送り速度で、トレッドミルの速度、勾配の変化と心拍数のトレンドグラフを打点記録した。

運動負荷の Endpoint は自覚症状の出現の他、心拍数が目標の数に達した時、心電図上虚血を示唆する ST 低下や重篤な不整脈を認めた場合などであり、運動量を減ずるか停止した。

トレッドミルによる平均運動時間は15分、運動後回復時の観察は約10分で、全経過約30分の Frank 誘導 X, Y, Z 心電図を TEAC-R410 のデータレコーダに毎秒 9.5 cm のテープスピードで連続記録し、オフライン処理のデータとした。

心電図誘導法は Frank 誘導を修正し、原法の左下

\* 愛知県総合保健センター 成人病診断部

肢電極を仙骨部に、右頸部電極を胸骨柄部に装着し筋電図の除去に努めた。アース電極は右胸部に装着した。心電図テレメータ装置はフクダ電子製 RTS 300 型装置で、FM-FM 方式、副送波周波数はそれぞれ1.3, 3, および 7 KHz の3チャンネルで、入力インピーダンス 1 MΩ 以上、時定数 2 秒、高域遮断フィルタは 150 Hz であった。電極はベックマン社製、アビオニクス製および日本製の銀-塩化銀の Pellet 型電極を使用した。

#### 4. データ処理の方法と計測項目

運動負荷中にオンライン・リアルタイムで計測される R-R 時間や心拍数、QRS 時間、各棘波の振幅値や時間幅、ST-T の計測値などは、4 msec 毎に AD 変換するコンピュータの空き時間に、処理が終わった時刻とともに並行的にプリントした。

データ処理中に検出された期外収縮その他異常波形を含むデータや、加算平均したデータは、検査終了後に処理時刻とともに時間的に圧縮されたフォーマットでプロッタで一括出力した。

その他、ST<sub>T</sub> 点より 20 msec 毎の ST-T 値の経時的变化、基線と ST-T top で囲まれる部分の面積変化、ST<sub>T</sub> と 40 msec 後の勾配 (slope 1)、ST 40 msec と ST 80 msec の間の勾配 (slope 2) の経時的变化を出力した (図1)。また期外収縮の数、心拍数、用手測定して入力した血圧値などのトレンドグラフをプロッタに描かせ、加算平均した X, Y, Z 波形より合成した T ベクトル環の時間的变化から、全体的経過の分析

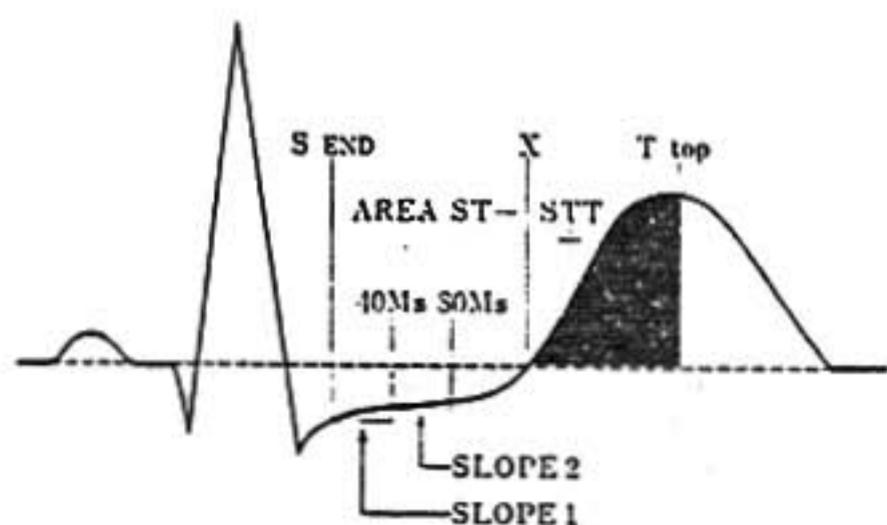


図1 ST-T の計測項目

基線と ST および T の頂点 (T top) で囲まれた部分を ST-T 面積とし、基線より下をマイナス、上をプラスとして別々に計測。ST segment の Slope 1 は ST<sub>T</sub> (S<sub>ST</sub>) と 40 msec 後の点を結ぶ勾配、Slope 2 は 40 ms と 80 ms 点の勾配。

評価を容易にした。

#### 5. 雑音の除去と平滑化

Frank 誘導法を動的運動負荷中心電図に適用する為に、下肢電極を仙骨部に、頸部電極を胸骨柄部に装着し筋電図やドリフトの混入を避けた。トルソモデルの実験から、修正 Frank 法は、誘導ベクトルの大きさ、方向共原法に近く実際の心電図波形も原法とよく一致した (図2)。

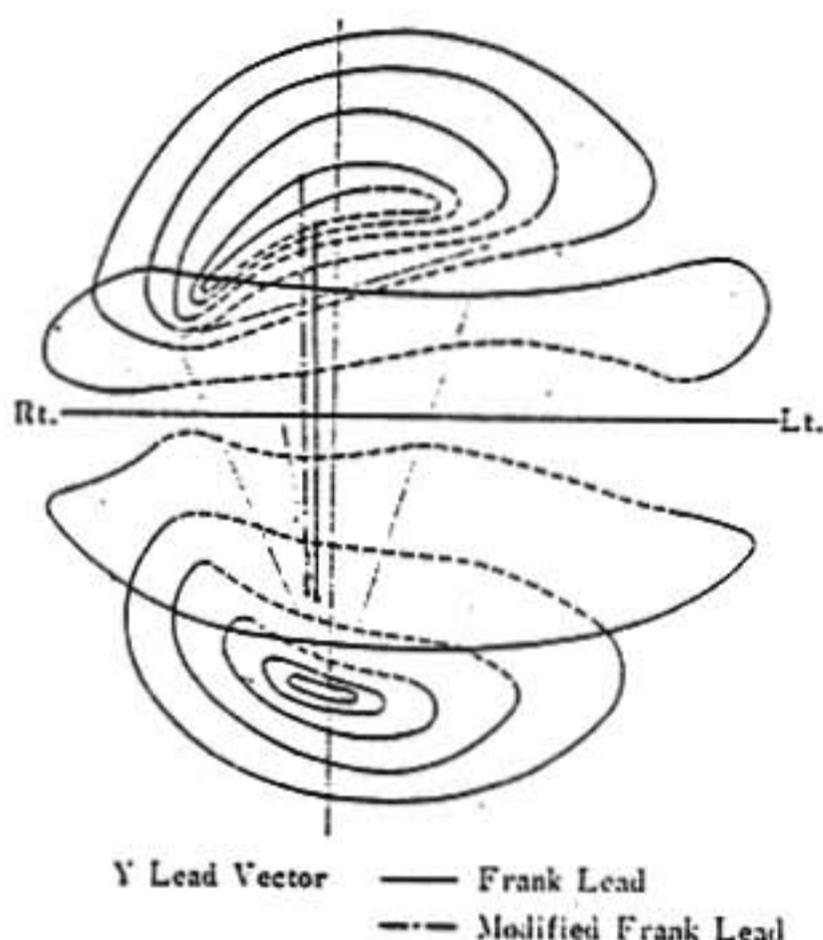


図2 修正 Frank 誘導の誘導ベクトル (正面図)

トルソモデル実験から求めた image surface で、Frank 誘導の原法の誘導ベクトルを実線、修正法を点線で示す。両者の方向、大きさはよく近似している。

動的心電図187例について、熱ペン記録波形より X, Y, Z 誘導別に筋電図や Jitters など高周波ノイズとドリフトの程度を比較した。高周波ノイズの基準は、記録良好でノイズ 1 mm 以下を good (A), 1~2 mm を sufficient (B), 2 mm 以上を poor (C) とした。ドリフトの程度では、基線が安定しその勾配が水平 10 cm に対して上下 1.0 cm 以内を good (A), 勾配が1以上であるが基線のアンダーフローやオーバーフローを認めないものを sufficient (B), ドリフトが強く基線のアンダーフローやオーバーフローを認めた場合を poor (C) として比較した。

図3に示すごとく高周波ノイズはZ誘導がもっとも少なく good が約2/3を占めた。基線はX誘導がもっと

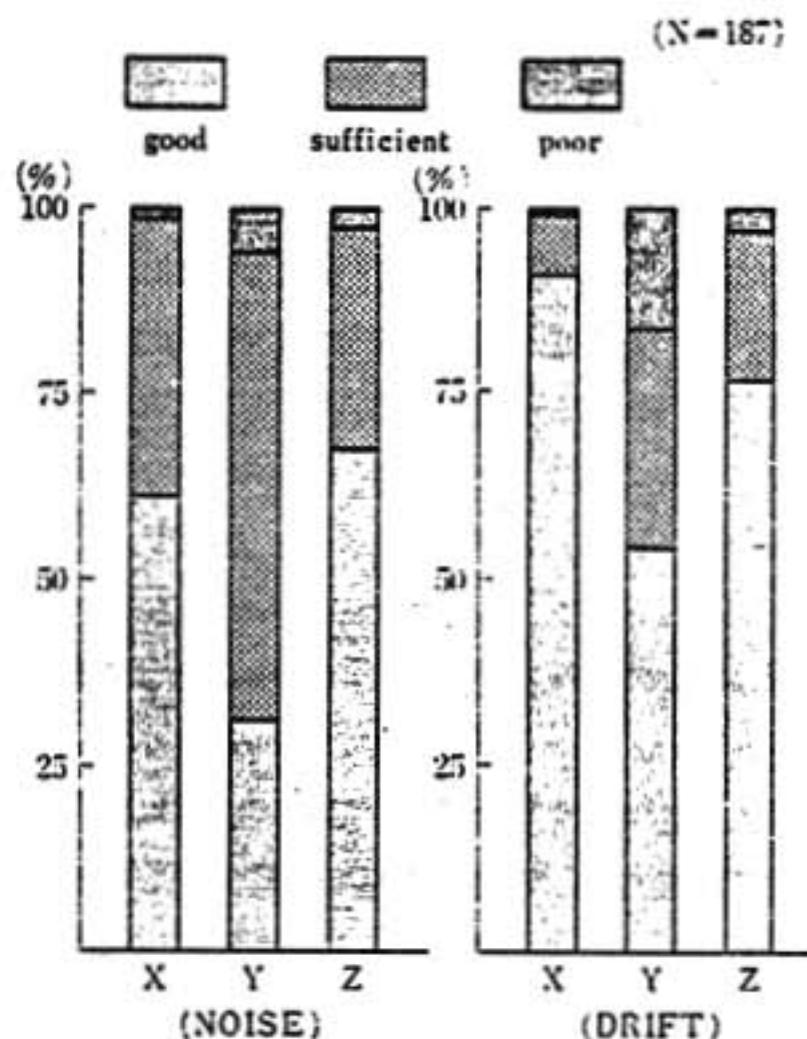


図3 Frank誘導無線テレメーター心電図における誘導とSN比との関係

X, Z誘導は許容範囲内にあるが, Y誘導はノイズ, ドリフト共, 相対的に大きい。

も安定し good が90%以上であった。Y誘導は3誘導中ノイズもドリフトももっとも大きく, ノイズの good は1/6以下, ドリフトの poor が1/6を占めた。誘導電極や誘導法に改良の余地が残されているとともに, ノイズやドリフトに弱い自動計測においてはノイズ消去の前処理が必須であることを示唆した。

ノイズ消去の一方法として用いられる加算法のSN比改善効果を検討する為, 加算する心拍数と波形との関係と比較した。SN比は加算心拍数の平方根に比例して改善するが, 多くの実例で8, 16, 32心拍加算を比較すると, 原図形のノイズは8心拍加算では消去不十分で, 16心拍加算で平滑化され区分点の認識も容易となった。しかし32心拍の加算はQRS波高の減高と, 小さなq波やs波の認識が悪くなる場合があり, 運動中心電図のノイズ消去には16心拍加算が適当と考えられた。

なおノイズの少ない安静時心電図自動計測の場合の区分点認識には普通差分心電図がよく用いられるが, ノイズの多い運動中心電図の処理には不適當で, 平滑化と増幅の効果およびSN比改善の機能を有する面積差分値をパラメータとして利用した。

## 6. データ処理の実際

心電図データの処理過程は次下の通りである。まず検査日, 個人識別番号を入力後, 初期条件を設定し入力する。すなわちAD変換のサンプリング頻度, 加算心拍数, 4秒間隔でくりかえす不整脈検出作業の回数などの条件を入力する。ついで校正波を計測しタイマーをリセットする。

入力信号の前処理は smoothing および filtering が主な操作で, ノイズやアーティファクトの処理, 200 msec を超すアンダフローやオーパフローデータのキャンセルを行う。またR波の鋭さを指標としてR・Rリズムより不整脈を連続的に検出する。すなわち面積差分値をパラメータとして4秒間のR波の識別, 個々のR・R時間と平均R・R時間および心拍数を求めた。なおこの間に検出された期外収縮はカウントされ記憶される。

加算は差分心電図から求めるトリガー点を同期として8~16点加算する。しかし200 msec以上のアンダフロー, オーパフローやアーティファクトのある場合, および不整脈が検出された場合は加算されない。

QRS群の立ち上がり点および終わり点の同定には3チャンネルデータを利用し同時計測した。振幅の計測は, 基線補正の後q波の始点を基点として計測した。QT時間は $0.39\sqrt{R\cdot R}$ から大よそ推定し, その近傍でT波のtopおよび終点を認識しQT時間を求めた。運動負荷心電図の分析でもっとも重要なST-T変化として, ST<sub>1</sub>およびST<sub>2</sub>から40 msecおよび80 msec, Tのtop値の時間的経過を追跡した。また前述のごとくST<sub>1</sub>からT波のtopまでを20 msec毎に分画し, 基線との間の面積の時間的変化, およびST segmentのslope 1とslope 2についても連続的に計測した。

(註) 心電図所見より心拍数の変化, ST-T変化および重要な不整脈の出現など, 以下の諸条件を満足する場合にはアラームのベルを鳴らし事故防止に注意した。

1. 予め指定したターゲット心拍数に達した時
2. 運動中に心拍数が急に減少した場合
3. 期外収縮が心拍数の40%以上と多発した場合, あるいはR on T所見やrunsのみられた場合
4. 右脚ブロック, 左脚ブロックなど心室内伝導障害が出現した時

5. 発作性頻拍や心房細動の出現
6. 徐脈性の洞房ブロックや房室ブロックの出現
7. X, Y誘導でST<sub>1</sub>点が0.3 mV以上低下するか(Grade 1), あるいはST<sub>1</sub>と40 msec後の点がいずれも0.3 mV以上低下した場合(Grade 2)

最後に、すべての処理が終わった段階で、コンソールよりの命令でコンピュータに格納されているデータすなわち期外収縮の数および波形、加算平均のデータ、および処理時刻などをデータ圧縮してプロッタ上にトレンドグラフとして描記した。またSTレベル、ST-T面積、ST slope、ST-Tベクトル環などの経時的変化もトレンドグラフとして図示した。なお処理途中でトレンドグラフを図示しない場合には、オフラインではsense switchを切り換えて処理することも可能である。

データ処理に要する時間はプリンタやプロッタの性能により異なるが、現在のミニコンシステムでは、加算波形のプロットに約10分、すべてのトレンドグラフとST-Tベクトル環のプロットに約30分要し、より迅速な処理の為には高速プリンタおよびプロッタを必要とする。

以下2~3の実例を示す。

図4は上段よりFrank X, Y, Z誘導における16心拍加算心電図の経時的変化を示す。時間的には左に圧縮される為長時間データの整理が容易で、経過全体が

評価し易い。

図5は同一症例のトレンドグラフで、上段よりX, Y, Z誘導を表わし、左端はST<sub>1</sub>, ST<sub>40</sub>, ST<sub>80</sub>, T topの4点についての時間的経過を示す。中央はST-T面積変化のグラフで、運動終了後にX誘導のT波が陰転した所見に対応して、ST(-)部分の面積が大きくなっている。またYとZ誘導では、運動中下向きのST-T面積がやや小さくなったことが分る。右端はST segmentのslope 1と2の傾斜の程度をX, Y, Z誘導別にトレンドグラフとしてプロットした図で、slope 1とslope 2の相対的關係からパターンとして理解し易い。

図6は上室性不整脈が頻発する陳旧硬塞例の圧縮心電図の経過である。16心拍加算中に検出された不整脈は加算されないままリアルタイムでプロットされ、加算波形と並んでいる。本例では運動初期から終了まで期外収縮が続いていたことが分る。

図7は同じ症例のトレンドグラフである。右端上段は心拍数と期外収縮の数を表わし、心拍数に対する期外収縮の比率が分り易く、運動中不整脈が持続していることが理解出来る。右端下段は用手計測した血圧と心拍数の時間的経過を示すグラフである。

図8は同一症例のT環の経時的変化を示す。上段より正面図(F), 左側面図(S), 水平面図(H)を表わし、回転方向は小さい矢印で図示した。下段には対

(501029M)



図4 16心拍加算心電図の連続記録例(本文参照)

(501029M)

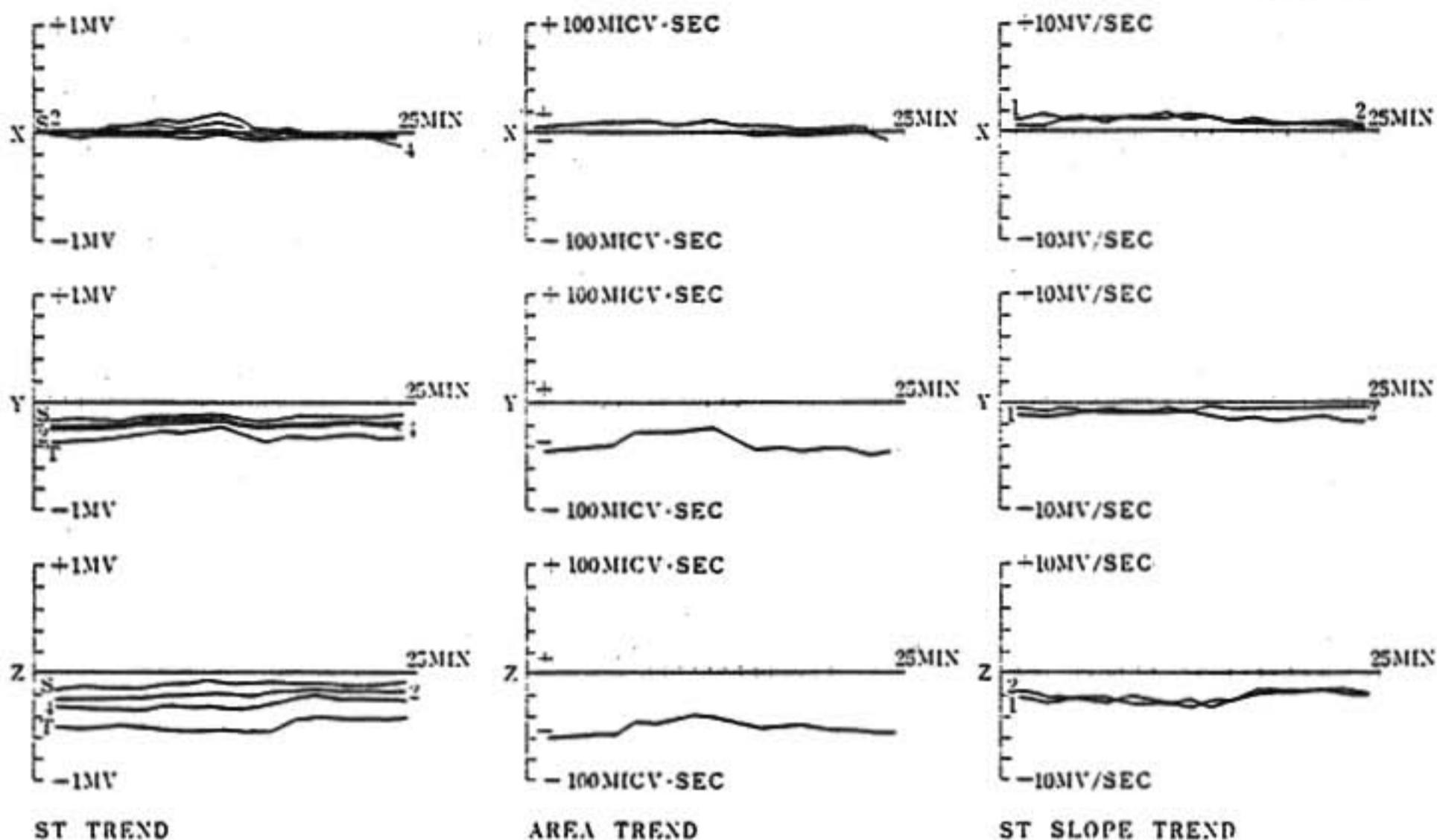


図5 各種計測項目のトレンドグラフ

X, Y, Z誘導別に、時間軸を横軸に、ST segment (ST TREND), ST-T 面積変化 (AREA TREND), ST slope (ST SLOPE TREND) の変化を縦軸に一括プロットした図形

(50828 IN)

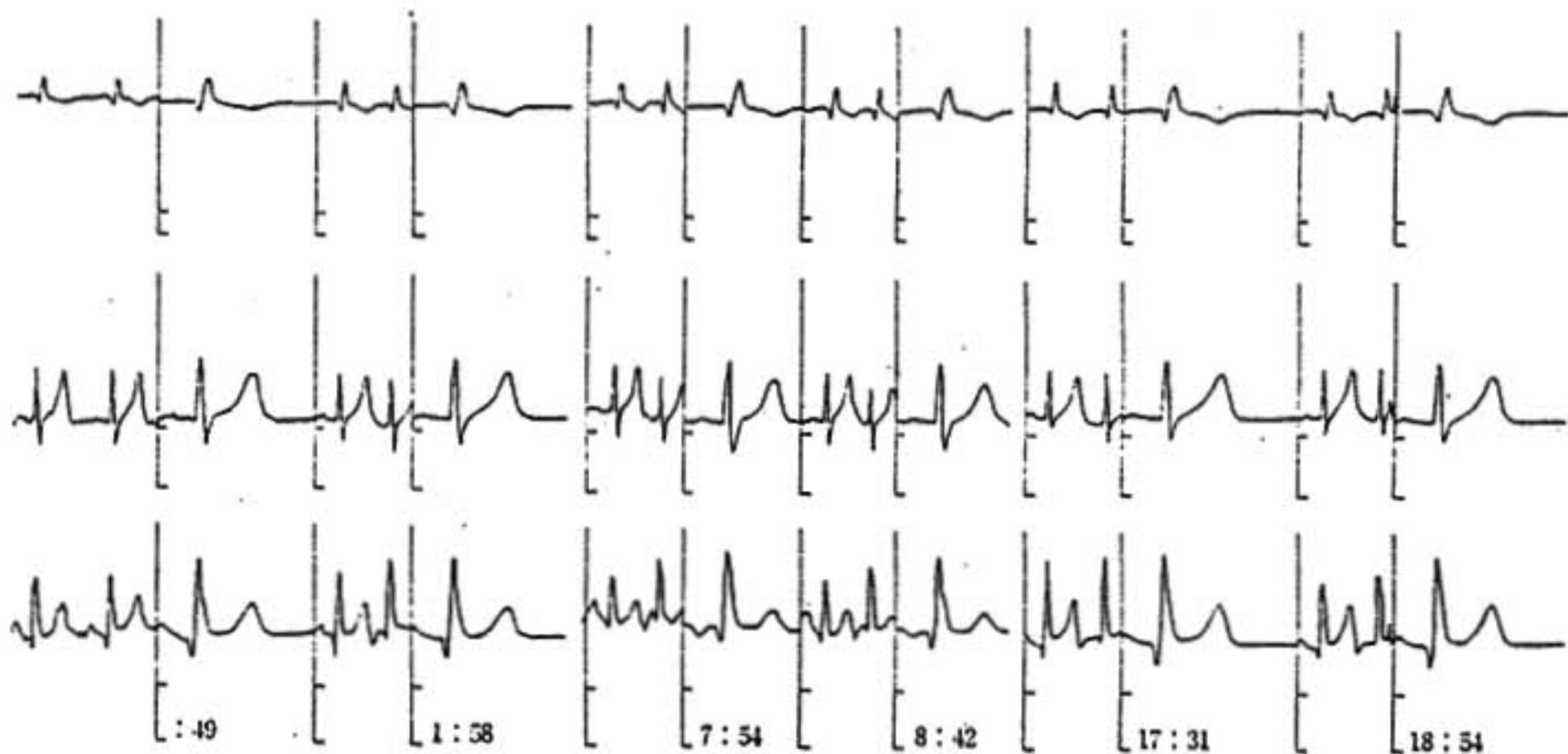


図6 不整脈が検出された症例の心電図トレンド出力例

リズム分析中に検出された不整脈や、平均加算中に検出された不整脈やノイズはそのまま格納され、圧縮されないリアルタイムでプロットされている。

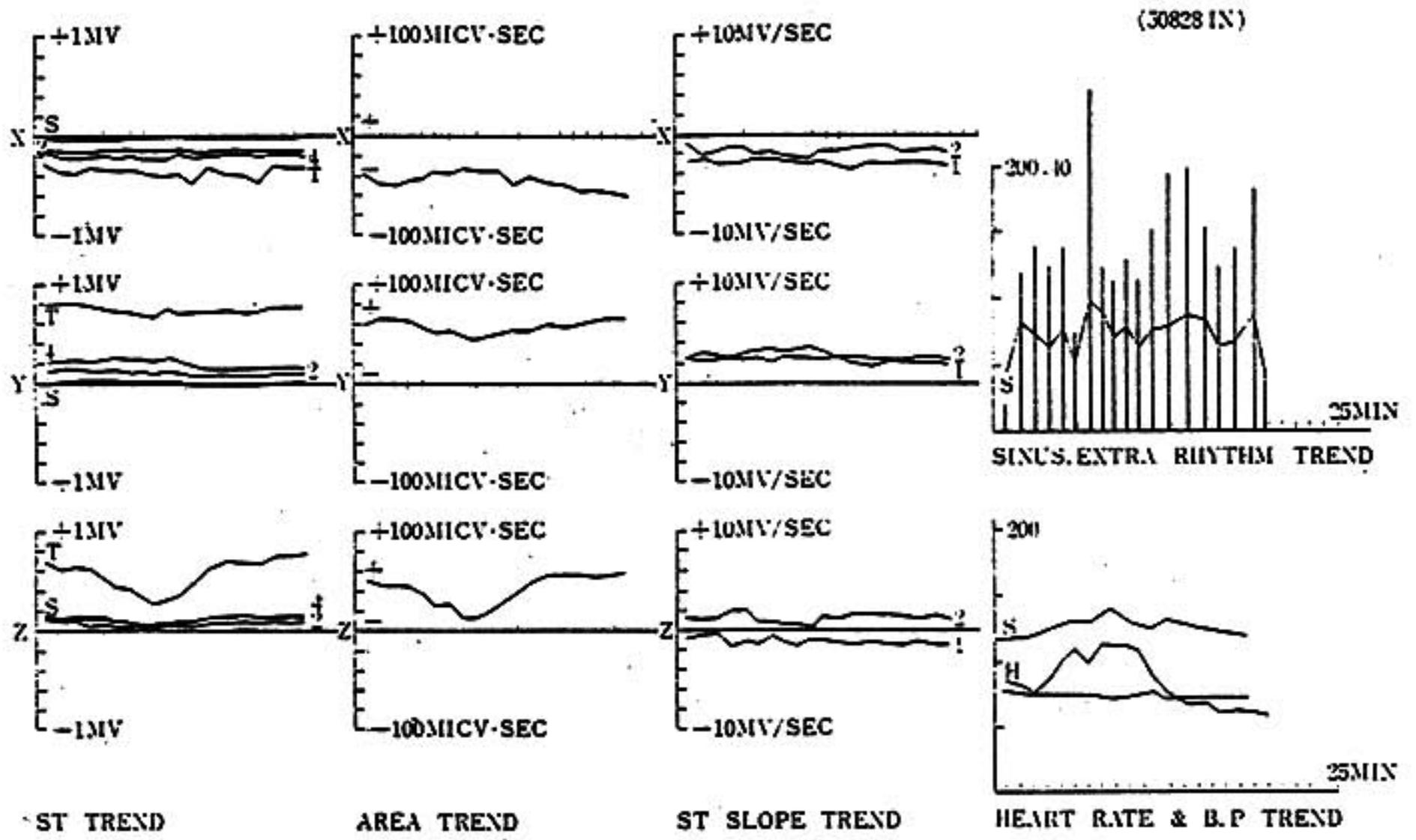


図7 各種計測項目のトレンドグラフ (本部参照)

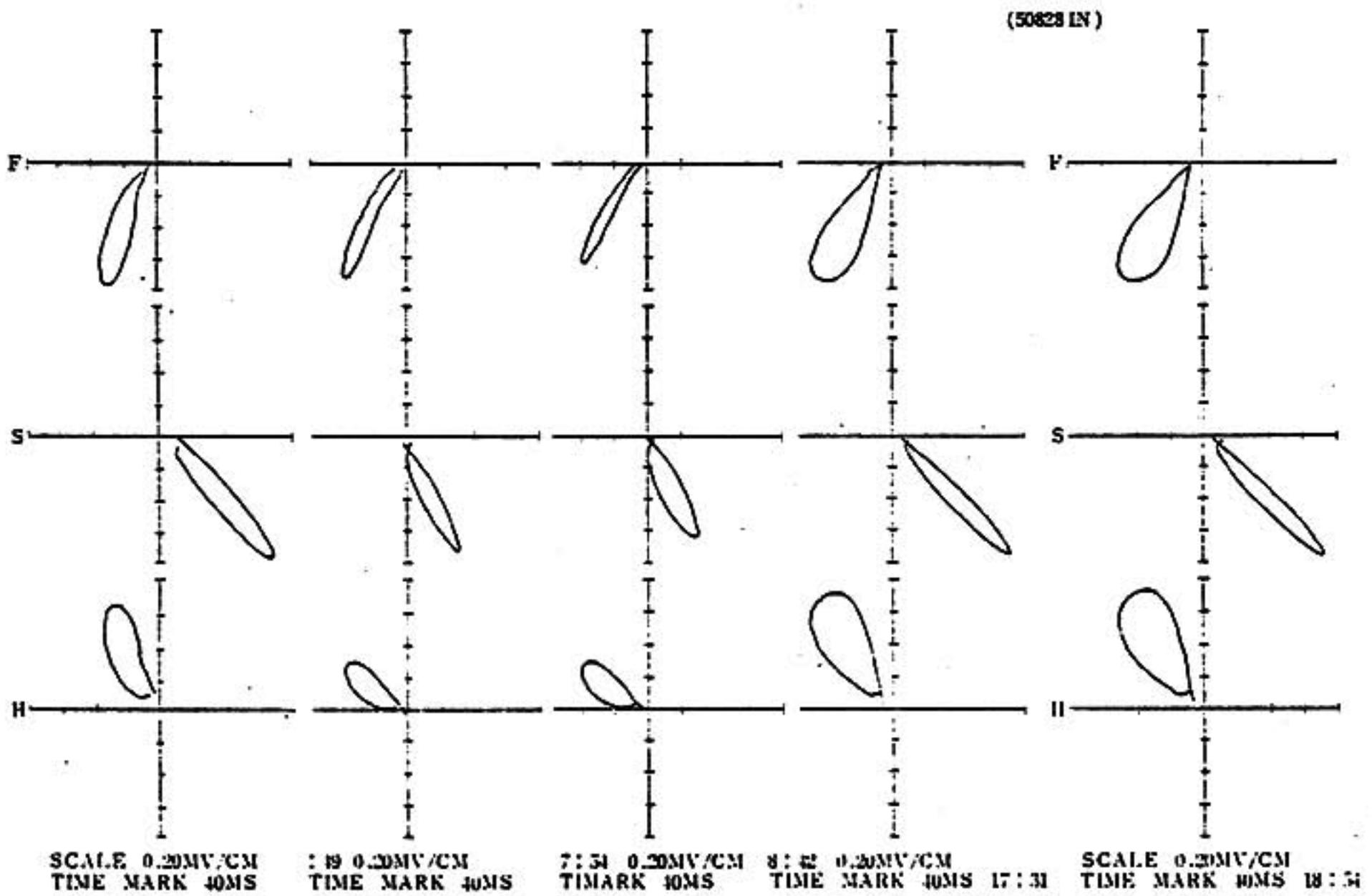


図8 Tベクトル環のトレンド

上段より正面図 (F), 左側面図 (S), 水平面図 (H) を表わす。最下段は時刻。

応する時刻がプロットされている。運動中および回復時T環の大きさや形, 最大ベクトルの方向の変化がスカラ心電図より理解し易く, スカラ心電図と併用とすれば診断精度の向上に有用である。

## ま と め

汎用のミニコンピュータを使用し, 3チャンネル運動負荷中心電図のオンラインあるいはオフライン自動解析システムを実用化した。

Frank誘導法の修正とコンピュータによる前処理により, SN比が許容範囲内で自動解析可能な動的な心電図を収集・入力することが出来た。

不整脈の検出, ST-Tの変化など負荷心電図診断上重要な項目を自動的に, 連続的に計測し並行処理的にプリントした。長時間記録における不整脈の有無, 心拍数の変動やST-Tの経時的変化, Tベクトル環の変化など全経過中の成績を圧縮されたトレンドグラフとして図示した。したがってデータ整理が省力化, 簡略化され, 効率のよい客観的, 定量的分析評価が容易となった。またコンピュータによるオンライン・リアル

タイムの監視とアラーム条件の設定により, 運動負荷中の心電図検査が安全に施行出来, 医師および検査技師の負担を軽減するのに役立ち, さらに診断精度の向上に有用であった。

## 文 献

- 1) Karvonen, M. J. and Barry, A. J. (Ed.) : Physical activity and the heart. Charles C. Thomas publisher, 1967.
- 2) AHA : Response to exercise after bed rest and after training. AHA Monograph No. 23, 1968.
- 3) Blackburn, H. (Ed.) : Measurements in exercise electrocardiography. Charles C. Thomas. publisher, 1969.
- 4) Naughton, J. P. Hellerstein, H. K. and Mohler, I. C. (Ed.) : Exercise testing and exercise training in coronary heart disease. Academic Press. 1973.
- 5) Elliot, R. S. (Ed.) : Stress and heart. Futura Publishing CO, 1974.
- 6) American College of Sports Medicine : Guidelines for exercise testing and exercise prescription. Lea & Febiger, Philadelphia, 1975.
- 7) CASE (Computer assisted system for exercise), Operator's manual, Marquette Electronics Inc., 1976.
- 8) Mortara, D. W. : A new pattern recognition approach to exercise analysis. Trend in computer-processed electrocardiograms, TC-4 (IFIP.) 1976.

## 2. 運動負荷試験における体位の影響

### —トレッドミルと仰臥位用自転車エルゴメータを用いた比較—

多 島 信 彦\* . 久保田 一 輝\*  
鈴 木 謙 吾\* . 大 津 文 雄\*

狭心症の診断には, Masterの2階段試験やトレッドミルを用いる運動負荷試験がもっぱら行われているが, 発作中の左心機能を調べるためには, 仰臥位で運動試験を行うことが必要である。この際心房ペースングや isoproterenol を用いる方法もあるが, 自然発生の狭心症にもっとも近い状況すなわち仰臥位運動により発作を誘発させて検索の対象とするのが適当である。そうすると仰臥位運動で起こした狭心症と, 起立位に

おける歩行で起こした狭心症とを, はたして同様のものとして取り扱ってよいか問題となる。以下の研究はこの点について検討を行った成績である。

## 対 象

典型的な労作性狭心症を有する男子7例, 女子3例計10例を対象とした。ただし心筋梗塞後のものは除外した。年齢は38才から70才である。

\* 日本医科大学 第一内科

## 方 法

起立位の運動試験には建部青州堂製 AC 1005 A 型トレッドミルを用い、仰臥位の運動試験には小川ら<sup>1)</sup>により開発された電気制動式定量負荷型仰臥位用自転車エルゴメータを用いた。いずれの場合にも、心電図に虚血性の ST 変化とともに狭心痛が発生するまで運動を行わせた。原則としてトレッドミル試験をまず行い、翌日ないし1週間以内に仰臥位運動試験を施行した。抗狭心症薬を使用している場合には、少なくとも1週間休薬した後運動試験を行った。

負荷前より終了後10分までテレメータを用いて心電図を連続記録。原則として  $C_1 \sim C_{12}$  誘導を行った。血圧は負荷前、終了直後、3分、5分、7分、10分に聴診法により測定した。Systolic time intervals として、 $QIIa$  時間(心電図 Q 波開始より II 音大動脈成分開始まで)、左室駆出時間(LVET, 頸動脈波立ち上がりから大動脈切痕まで)、駆出前期(PEP,  $QIIa$ -LVET により算出)を、負荷前、終了直後、3分、5分、7分、10分における心電図・心音図・頸動脈波の同時記録で各5心拍の平均値より求めた。この際仰臥位運動試験では仰臥位でこれらのグラフを記録したことはないが、トレッドミル試験では運動終了直後のデータをも知る必要があるため、運動前から全経過を通じ起立したまま記録を行った。

## 結 果

狭心症では、心拍数があるレベルに達すると発作が起こるとされ<sup>2)</sup>、この心拍数は症例ごとに異なる。Sheffield ら<sup>3)</sup>の graded exercise test では near maximal の心拍数を目標として運動試験が行われており、その他多くの方法でも心拍数が運動試験の目標とされている。

そこでまず起立位運動と仰臥位運動における狭心症誘発時の心拍数につき比較を行ったところ、図1のごとく、仰臥位の方が有意に低いという成績が得られた。この際運動前の心拍数が問題となるが、図2左に示すごとくやはり起立位より仰臥位で有意に低かった。しかし心拍数の増加および変化率については図2中、右のごとく有意の

差はなかった。

図3は収縮期血圧について同様の関係を探ったもので、運動前には仰臥位血圧が起立位より有意に低かったが、狭心症誘発時および運動による変動については体位による差はみられなかった。拡張期血圧についても、収縮期血圧とはほぼ同様の関係がみられた。

次に心筋酸素消費量を示すパラメータとして、まず心拍数×収縮期血圧(double product<sup>4)</sup>)は図4のごとく、狭心症誘発時の値は仰臥位において有意に低く、しかも運動前の値も低値を示したが、運動による変化については体位による差はみられず心拍数と同様の態度を示した。これに対し、心拍数×収縮期血圧×LVET(Triple product<sup>5)</sup>)は図5のごとく、狭心症誘発時の値については体位による差はなかったが、運動前の値が起立位において有意に高く、そのため運動による変化率が仰臥位において有意に大であった。さらに PEP/ET については図6のごとく、狭心症誘発

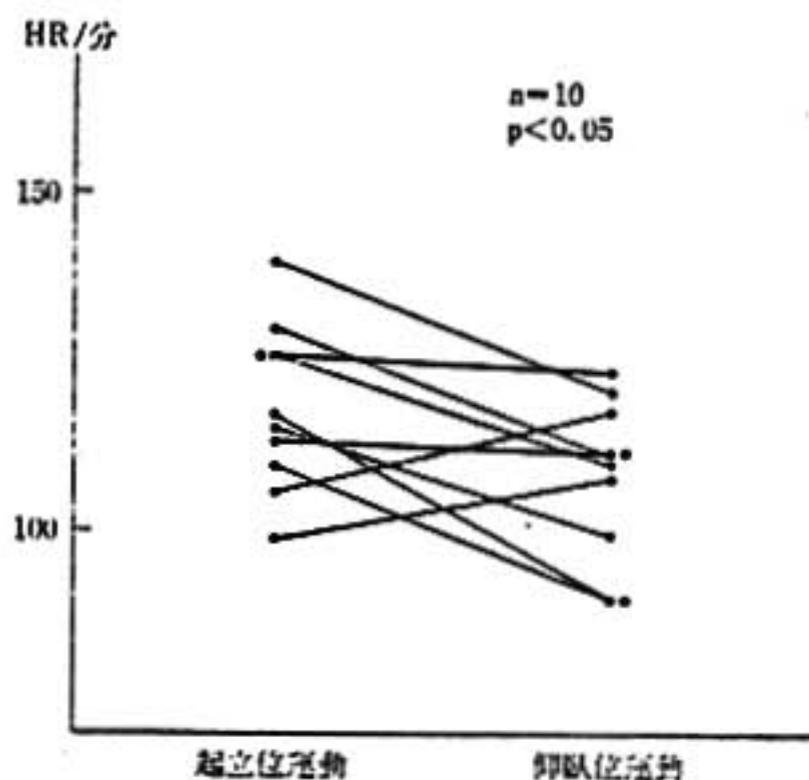


図1 狭心症誘発時の心拍数

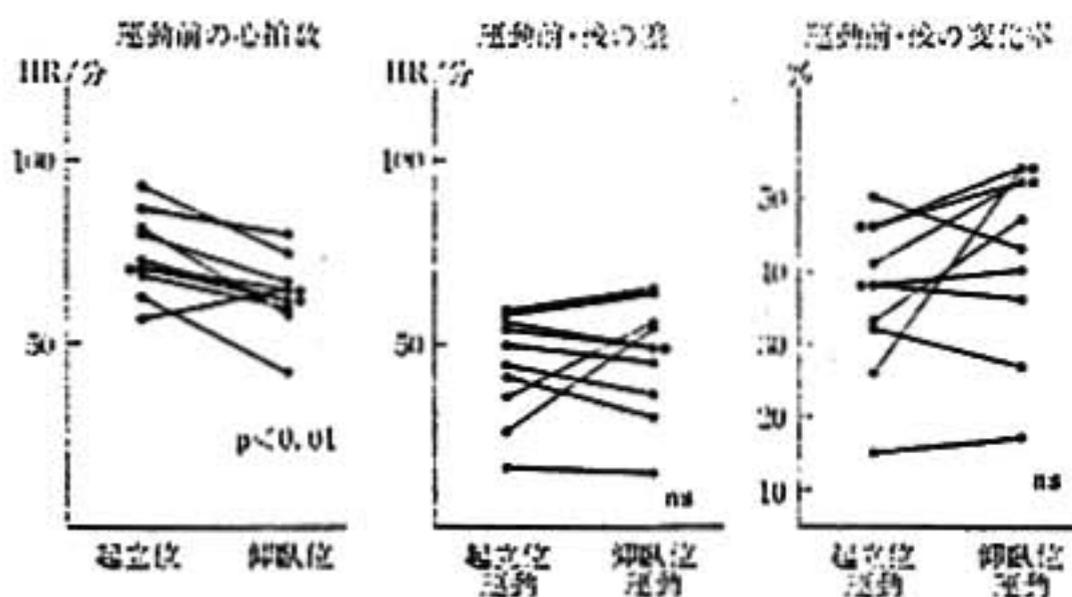


図2 運動前後の心拍数の比較

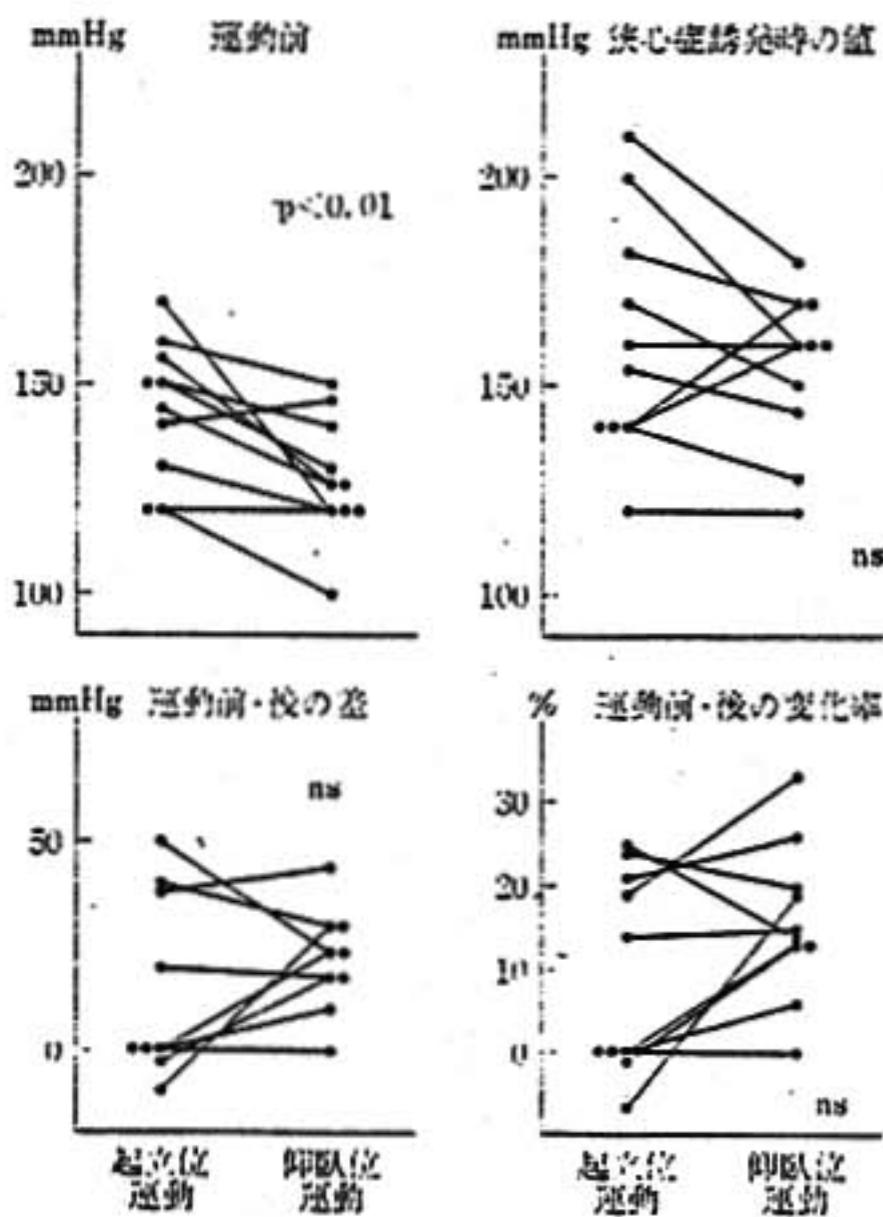


図3 収縮期血圧の変化 (n=10)

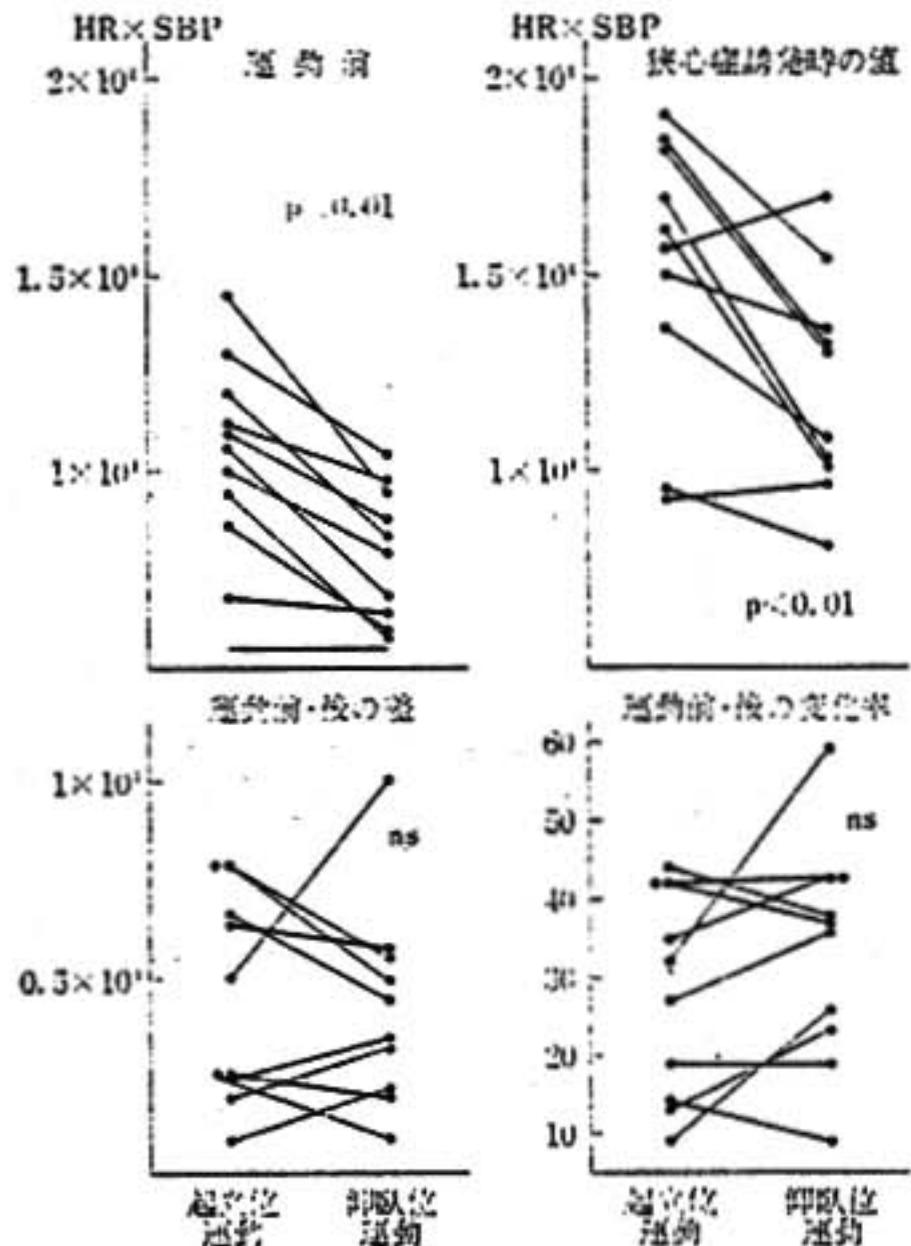


図4 心拍数×収縮期血圧の変化 (n=10)

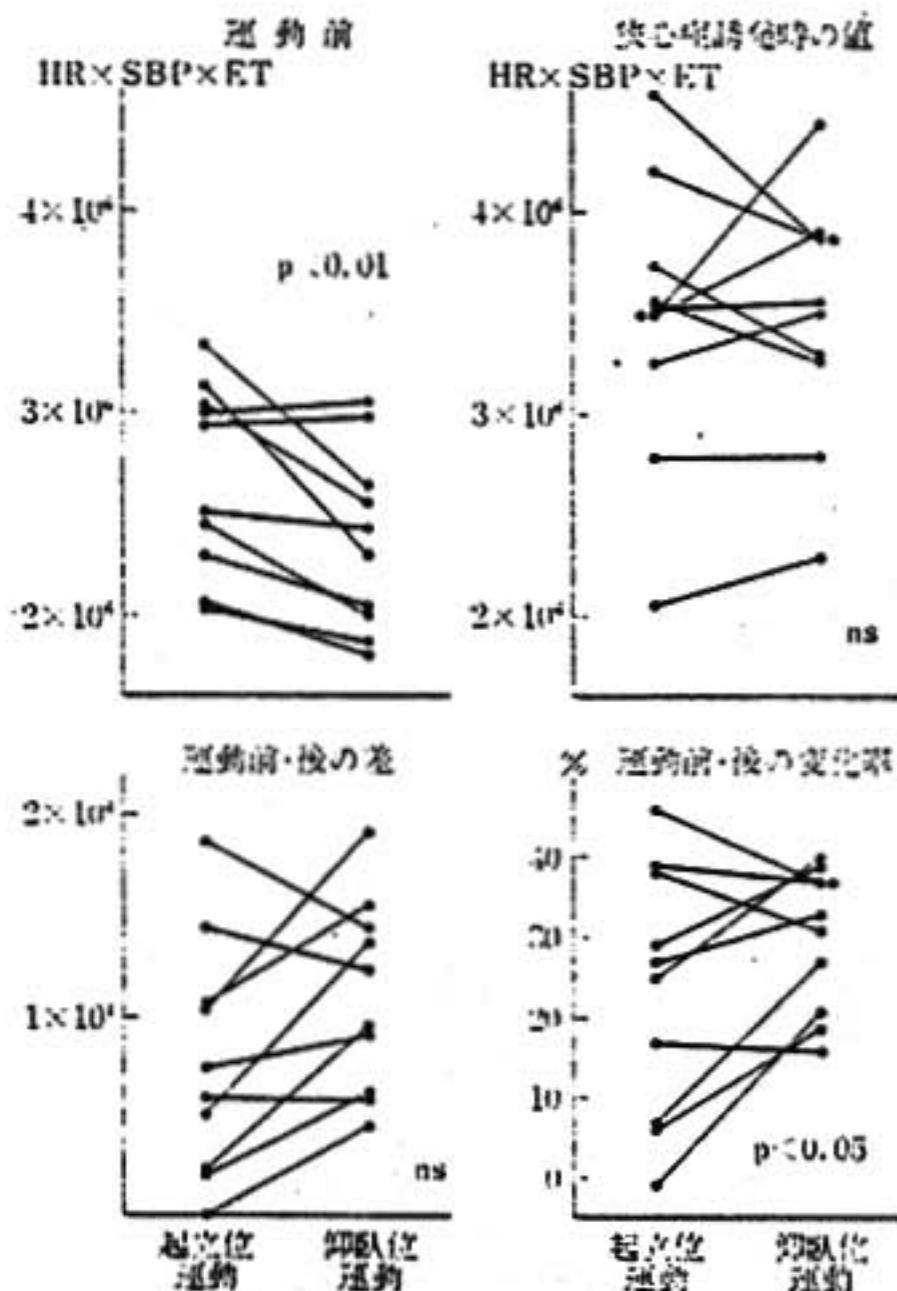


図5 心拍数×収縮期血圧×左室駆出時間の変化 (n=10)

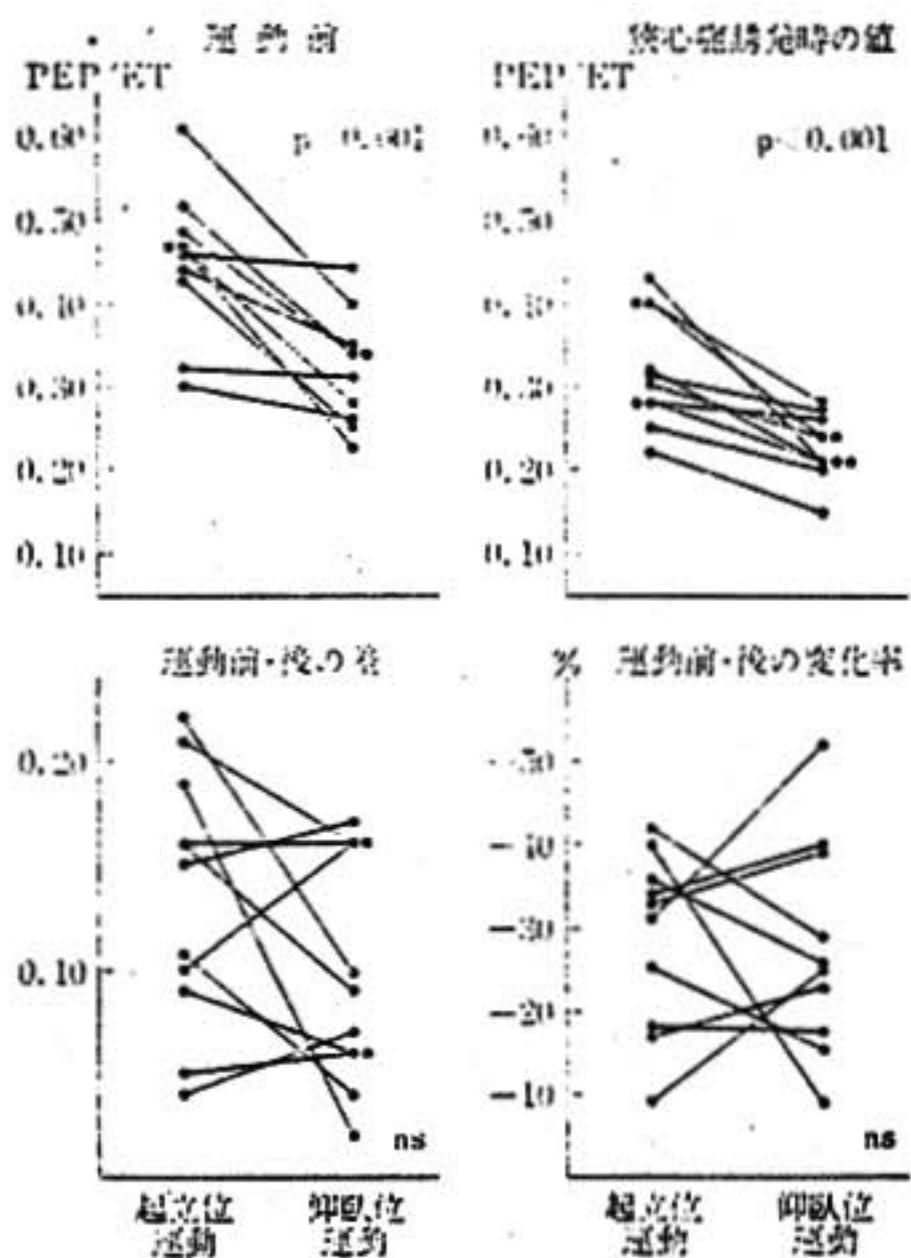


図6 PEP/ET の変化 (n=10)

表1 運動前後の各測定値の比較

	運動前	誘発時	運動前後の差	運動前後の変化率
a 1 心拍数	起立位>仰臥位	起立位>仰臥位	ns	ns
b 2 血圧	起立位>仰臥位	ns	ns	ns
a 3 Double product (HR×SBP)	起立位>仰臥位	起立位>仰臥位	ns	ns
a 4 Double product (HR×mBP)	起立位>仰臥位	起立位>仰臥位	ns	ns
c 5 Triple product (HR×SBP×ET)	起立位>仰臥位	ns	ns	起立位<仰臥位
b 6 Triple product (HR×mBP×ET)	起立位>仰臥位	ns	ns	ns
a 7 PEP/ET	起立位>仰臥位	起立位>仰臥位	ns	ns
a 8 RPQ index (HR×mBP×QT)	起立位>仰臥位	起立位>仰臥位	ns	ns
c 9 RPQ index (HR×SBP×QT)	起立位>仰臥位	ns	ns	起立位<仰臥位

HR: 心拍数 SBP: 収縮期血圧 mBP: 平均血圧 ET: 左室駆出時間 PEP: 駆出前期 QT: QT時間

時の値および運動前の値が仰臥位においてともに有意に低く、心拍数および double product と同じ関係を示した。

なお収縮期血圧の代わりに平均血圧を用いた場合や、あるいは木村ら<sup>9)</sup>の提唱した RPQ index, すなわち心拍数×平均血圧×QT 時間についても検討した。

以上まとめたものが表1であって、運動前における各パラメータはいずれも仰臥位において低値を示した。狭心症誘発時の値について、心拍数, double product, PEP/ET, RPQ index は仰臥位の値が起立位に比べ有意に低かったのに対し、その他のパラメータは両体位で差がなかった。なお運動による変化率は、Triple product と心拍数×収縮期血圧×QT 時間が起立位で有意に小さかった。

## 考 察

我々はこの研究を行うにあたり、表1に示すいろいろなパラメータの狭心症誘発時の値は、トレッドミル運動試験でも仰臥位運動試験でもほとんど等しい値をとるであろうと予測した。ところが、えられた成績は表1のごとくで、必ずしも一致しなかった。

しかし全般的にいえることは仰臥位の値は起立位より小さいか、または等しく、大きな値を示す項目は一つもなかった。

なお運動前後の差、運動前と狭心症誘発時の値の差は、いずれの項目においても体位による違いをみなかった。Triple product および収縮期血圧を用いる RPQ index においてのみ運動前後の変化率が仰臥位において有意に大であったが、これは運動前の値が仰臥位において有意に小さく、誘発時の値が両体位で差

のなかったことにより説明される。

我々と同様の研究として、Lecroff ら<sup>7)</sup>が坐位用エルゴメータと仰臥位用エルゴメータによる狭心症誘発試験を比較し、誘発時の心拍数および double product が仰臥位において有意に低かったと述べている。このデータは我々のと一致する。

狭心症ないし冠不全の発症に心筋酸素消費量がもっとも重要な役割を演ずることはいうまでもない。表1の心拍数, double product, PEP/ET などのパラメータの示すところは、仰臥位の方が“心筋酸素消費量がそれほど増大しなくても狭心症が起こること”, 簡単にいえば“狭心症を起こしやすいこと”を示すといつてよかろう。ただし triple product についてその差がはっきりしなかったことについては、さらに検討を要すると思う。

## ま と め

トレッドミルおよび仰臥位用エルゴメータを用いて狭心症誘発試験を行い、体位による差異について検討を加えた。

## 文 献

- 1) 小川繁以知, 稲垣義明, 宇佐美暢久, 他: 医用電子と生体工学 5: 323, 1967.
- 2) Lau, S. H., Cohen, S. T., Stein, E., et al.: Circulation 38: 711, 1968.
- 3) Sheffield, L. T., Holt, J. H., Reeves, T. J.: Circulation 32: 622, 1965.
- 4) Robinson, B. F.: Circulation 35: 1073, 1967.
- 5) Epstein, S. E., Redwood, D. R., Goldstein, R. E.: Ann. Intern. Med. 75: 263, 1971.
- 6) Kimura, E., Yoshida, K., Ushiyama, K.: Jap. Heart J 8: 219, 1967.
- 7) Lecroff, H.: Br. Heart J. 33: 78, 1971.

## 討 論

戸嶋 (久留米大) 狭心症誘発時に各パラメータを比較しているわけだが, 狭心痛の程度は,

多島 Moderate の痛みがくるまで行かせた。

戸嶋 ST depression のある level で double product, triple product……を比較できないか。

木村 (日本医大) 立位で頸動脈波を連続記録することは practical には困難だ。

多島 RPQ index ならば可能だが, 今回血圧は運動中測定していない。

村山 (東大第二内科) 運動終了後の recovery が立位と臥位では当然違ってくると思う, 例えば心拍数, 血圧, ejection time… と申しますのは以前私は Treadmill で運動させて, 起きたまま heart rate および心電図をとったのと, 運動をやった直後に寝かせて同じ患者でやって比較した印象ですが, heart rate の落ち, つまり recovery は寝た方が最後まで下っているという印象がある。それがどういう理由でそうなるか分からないもので何かヒントがありましたら。

多島 Heart rate に関しましては recovery をみておきますと確かに仰臥位の方が戻りが早いと思う。

Mechanism に関してははっきり分らないが立位と臥位の stroke volume が臥位の方がかなり多いということが関係しているように思う。

伊藤 (東大第四内科) 臥位と立位の場合, 運動負荷したとき一番問題となるのは venous return で, そうしますと Herz は臥位の方が運動時には大きくなっているのではないか。運動前, 後で胸部写真はとっておりますか。

多島 撮ってない。話題からはずれてしまうかも知れないが, corrected ejection time でみると両体位とも運動により増えるが, そのときの立位, 臥位を比べると臥位の方が値が大きく, したがって volume も多くなっているといえるかも知れない。

杉本 (金沢大) 狭心症閾値の再現性についてあまりバラツキなしに得られるか。

木村 (日本医大) heart rate に threshold があるといっても115なら115ときちっとしていないと思う。例えば90前後で起こる人はいつも90前後で起こる, つまり±15ぐらいの差はあると思う。負荷をかけた時間を目標としてみても, 大体同じやり方で行えば, 5分で起こる人は±30秒の範囲で起こる。その程度の意味での閾値と考えて頂ければよい。

### 3. トレッドミル最大運動負荷試験と冠静脈洞ペーシング

#### 負荷試験の評価の差異について

小 沢 武 文\* . 樋 熊 紀 雄\*

荒 井 裕\* . 田 村 康 二\*

#### I. はじめに

従来より負荷心電図法として各種の運動負荷試験, ペーシング負荷試験, 低酸素負荷試験, 薬物負荷試験, 精神的負荷試験等が行われている。今回我々はトレッドミル最大運動負荷試験と冠静脈洞ペーシング負荷試

験を同一症例に行い, 冠動脈造影所見及びペーシング前後での冠静脈洞血流量と心筋乳酸摂取率の変化を測定することにより, 両負荷試験の比較を行った。

#### II. 対象及び方法

対象は表1に示すごとく, 男14例, 女1例の計15例

表1 対象例

No.	Age Sex	Clinical diagnosis	Cor. Angio. (>75%)*	C. B. F. ▲(△%)	Lactate Product.	Treadmill ★Test	Pacing ★Test
1	58M	Myocard. infarct.	LAD, RC	+31	-	+	+※
2	33M	Angina pectoris	LCX	+45	-	-	?
3	50M	Angina pectoris	RC	+37	+	+	?
4	54M	Myocard. infarct.		-5	-	?	?
5	41M	Angina pectoris	LAD	+5	-	+	?
6	39M	Aortic insuff.	RC	+34	-	+	?
7	53F	S-A block		+165		?	-
8	59M	Angina pectoris	LAD, RC, LCX	+39	-	+	+
9	26M	Myocardiopathy	-	+13		-	?
10	64M	Angina pectoris	LAD	+27	+	?	?
11	61M	Angina pectoris	LAD		+	+	+
12	55M	Myocard. infarct.	LAD	+26	-	-	?
13	54M	Angina pectoris	LAD	+20	+	+	+
14	36M	Cardiac neurosis	-	+25		-	-
15	62M	Angina pectoris	LAD	+27		+※	?

\* LAD : Left anterior descending artery  
 LCX : Left circumflex artery  
 RC : Right coronary artery  
 ▲C. B. F. : Increment of coronary  
 blood flow by pacing

★+ : Positive with chest pain  
 + : Positive without chest pain  
 ※ : S T elevation  
 - : Negative  
 ? : Undetermined

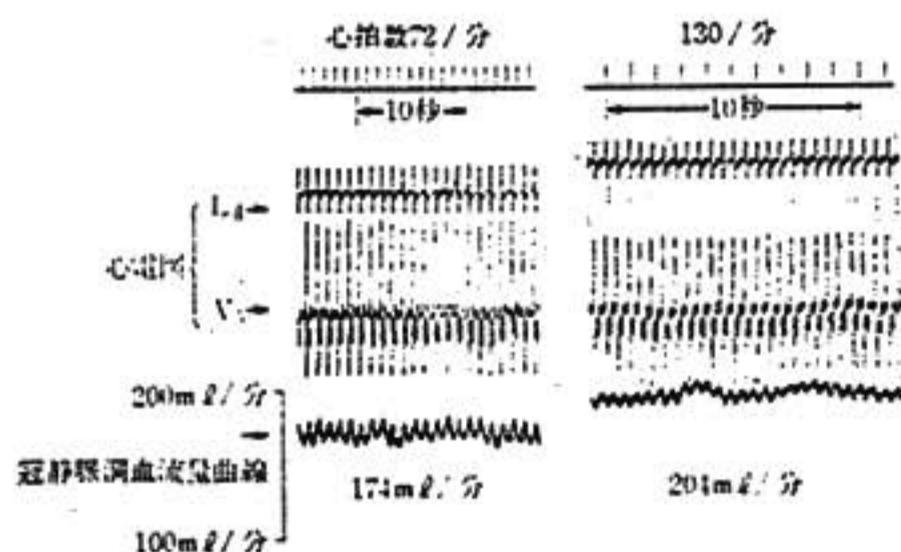
で年齢は26~64才であり、狭心症8例、陳旧性心筋硬  
 塞症3例、大動脈弁閉鎖不全症、洞房ブロック、特発  
 性心筋症、心臓神経症各1例であった。

冠動脈造影は Judkins 氏法による選択的冠動脈造  
 影法を行い<sup>1)</sup>、左前下行枝、左回旋枝、右冠動脈のお  
 のおのについて75%以上の狭窄を認めた場合を狭窄あ  
 りとした。

冠静脈洞血流量の測定は冠静脈洞に挿入したカテー  
 テルを用いて、局所熱希釈法にてペースング前後で行  
 い<sup>2)</sup>(図1)、ペースング後と前の冠静脈洞血流量の差  
 と前値との比を冠静脈洞血流量増加率とし、+50%以  
 上の群と、+50%未満の群に分けた。

乳酸の測定は冠静脈洞ペースング前と後に大動脈と  
 冠静脈洞で採血して行い、大動脈と冠静脈洞での乳酸  
 値の差と、大動脈の乳酸値との比を心筋乳酸摂取率と  
 し、ペースング後に心筋乳酸摂取率が-30%以下にな  
 るものを心筋での乳酸産生ありとした。

トレッドミル最大運動負荷試験(以下トレッドミル  
 試験と略す)は Kemp, Ellestad 等の方式に従がい、  
 10%の傾斜で毎時1.7マイル3分間、3マイル2分間、  
 4マイル2分間、5マイル3分間の計10分間の負荷を  
 行った<sup>3)</sup>(図2)、負荷試験中に胸痛、下肢の疲労、



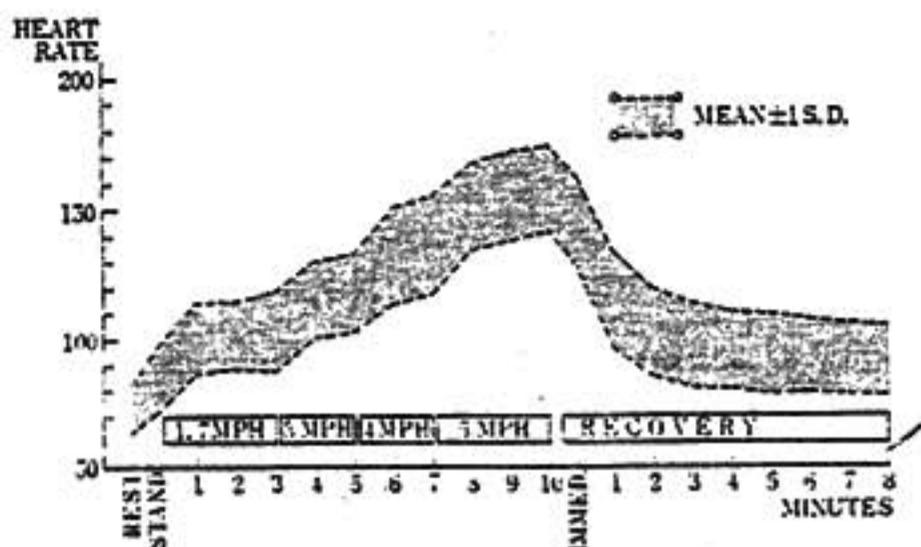
判定基準

- 陽性 : ペースング中又は終了後に1mm以上のST  
 水平下降、又はST上昇するもの
- 陰性 : 150/分までペースングしても上記のST変化  
 ないもの
- 判定不能 : 途中でペースングを中止し上記のST変化な  
 いもの

図1 冠静脈洞ペースング負荷試験

ペースング前後での心電図変化と冠静脈洞血流量の変化

0.08秒持続する2mm以上のST下降、ST上昇等が  
 出現した場合には負荷を中止した。心電図は胸部双極  
 誘導CM<sub>1</sub>を用い、負荷前には坐位、立位、過呼吸を  
 させて記録し、運動負荷中、後には1分毎に終了後8  
 分まで記録した。負荷判定基準は図2のごとくであ  
 る。



心電図誘導法: CM<sub>1</sub>

判定基準

陽性: 運動負荷中又は負荷後に0.08秒持続する2mm以上のST下降, もしくはST上昇するもの

陰性: 10分間の負荷にて上記のST変化ないもの

判定不能: 途中で運動負荷を中止し上記のST変化ないもの

図2 トレッドミル最大運動負荷試験

図中黒色の部分は我々が行なった正常成人男子45例での心拍数の平均値±1標準偏差値を示す

冠静脈洞ペーシング負荷試験 (以下ペーシング試験と略す) は先端に双極刺激電極のついたカテーテルを冠静脈洞内に挿入して体外ペースメーカーに接続して心房ペーシングを行い, Sowtonらの方式に従い, 自発心拍数より10拍ずつ, 90秒毎にペーシング心拍数を増加させ, 胸痛, 房室ブロック, 1mm以上のST水平下降がない限り毎分150拍まで増加させた<sup>4)</sup> (図1). 心電図は第II誘導及びV<sub>5</sub>を用い, 負荷前, 及びペーシング時は90秒毎に, 終了後は1分毎に10分まで記録した. 負荷判定基準は図1のごとくである.

トレッドミル試験もペーシング試験も陽性的場合, 胸痛を伴うものと伴わないものとに分けて検討した.

### III. 結 果

表1に示すごとく, 冠動脈造影所見では2本以上の冠動脈狭窄例は2例, 1本だけの狭窄例は9例, 狭窄のない例は2例であった. ペーシング後の冠静脈洞血流量が+50%以上の例は1例で, +50%未満の例は13例であった. 心臓での乳酸産生のある例は4例で, ない例は7例であった.

トレッドミル試験では8例陽性でそのうち2例に胸痛を伴い, 4例陰性で, 3例判定不能であった. ペーシング試験では4例陽性でそのうち3例に胸痛を伴い, 2例陰性で, 9例判定不能であった.

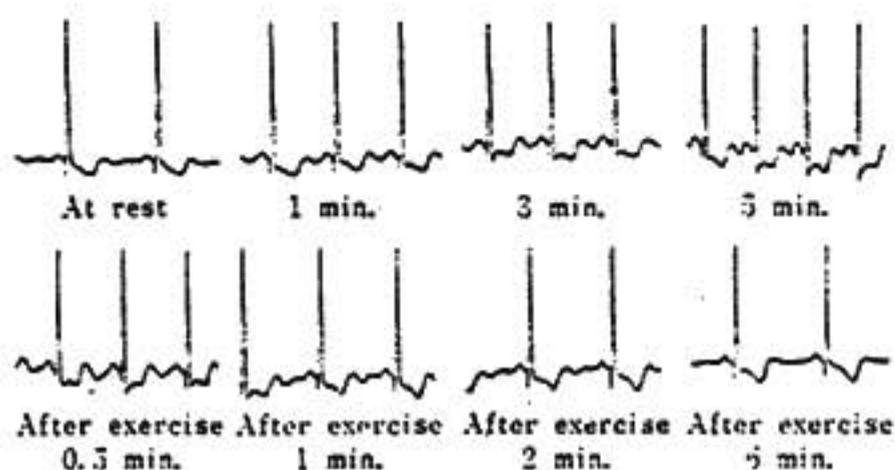


図3 トレッドミル最大負荷試験での心電図変化

(表1での症例①)

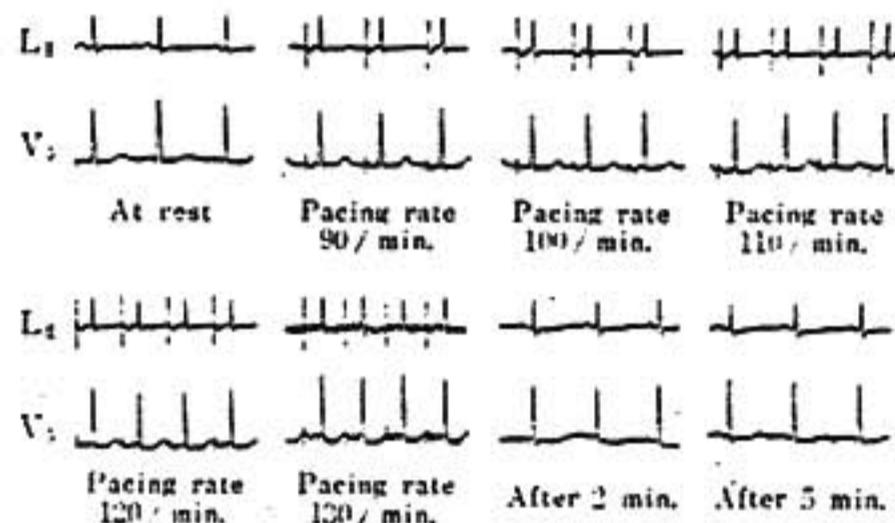


図4 冠静脈洞ペーシング負荷試験での心電図変化

(表1での症例③)

次に両負荷試験での心電図変化の実例を示す. 図3は症例①におけるトレッドミル試験での心電図変化であるが, 負荷前にすでに sagging 型の ST 下降を認めるが, トレッドミル試験5分後 (毎時3マイル) に約4mmのST水平下降をきたしたため負荷を中止し, 負荷中止6分後にほぼ負荷前の記録にもどっている. 図4は症例③におけるペーシング試験での心電図変化であるが, ペーシング頻度を増加することにより徐々にSTが下降し, 毎分130拍の刺激では胸痛を生じ, V<sub>5</sub>にて1mm以上のST水平下降が認められる.

#### 1) トレッドミル試験とペーシング試験の比較

両負荷試験の結果を比較すると表1のごとく, トレッドミル試験では陽性例が8例と多く, ペーシング試験では判定不能例が9例と多くなっていた. 胸痛を伴う例はトレッドミル試験では2例, ペーシング試験では3例とほぼ同じ位であった. 両負荷試験の結果が相反した症例はなく, 一致した症例は判定不能例が多いため5例と少なかったが, ST変化と胸痛を伴う例では結果がよく一致していた.

表2 上段: 判定不能症例での判定不能理由  
下段: ペーシング試験にて Wenckebach 型房室ブロック出現した例としない例の比較

判定不能症例		例数	
トレッドミル負荷試験		3	
〔下肢の疲労 胸痛(+), ST変化(-)〕		2	
1		1	
ペーシング負荷試験		9	
〔Wenckebach 型房室ブロック 胸痛(+), ST変化(-)〕		7	
2		2	

ペーシング負荷試験		例数		陽性例		陰性例	
房室ブロックなし	6	131.7 ± 22.29	2	2	33%	2	
		(P < 0.005)					
房室ブロックあり	9	107.6 ± 13.88	3	0	23%	0	

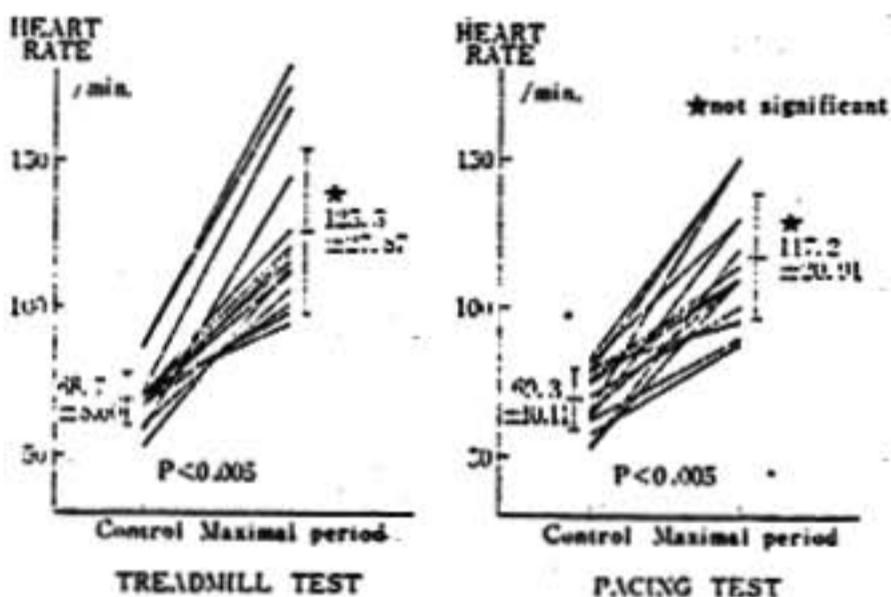


図5 トレッドミル最大運動負荷試験と冠静脈洞ペーシング負荷試験での負荷前と負荷後の最大心拍数の変化

表2 上段に判定不能例の内訳を示すが、ペーシング試験では Wenckebach 型房室ブロックによるものが圧倒的に多かった。

このように両負荷試験にて陽性例の出現頻度に差が認められた一因として、ペーシング試験にて Wenckebach 型房室ブロック出現のため充分心拍数を増加させることができなかつたことが考えられ、ペーシング試験時にアトロピンを投与することにより房室ブロック出現を防止することが必要なのかもしれない<sup>5)</sup>。しかし図5に示すごとく、両負荷試験での負荷後の最大心拍数に有意差を認めないこと、及び表2下段に示すごとく、ペーシング試験で Wenckebach 型房室ブロック出現の有無で負荷後の最大心拍数に差が認められても、陽性例の出現頻度には大差がないことなどから、両負荷試験での結果の差異には心拍数以外の因子が関与していると思われる。

2) 冠動脈造影所見と両負荷試験の対比(表1)

冠動脈狭窄を有する11例中トレッドミル試験では8例、ペーシング試験では4例陽性であったが、2本以上の冠動脈狭窄を有する2例では両負荷試験とも陽性であった。1本の冠動脈狭窄をもつ9例中陽性例はトレッドミル試験で6例と多く、判定不能例はペーシング試験で7例と多くなっており、狭窄部位別にみると左前下行枝及び右冠動脈狭窄例でトレッドミル試験の方がペーシング試験よりも陽性例が多かった。冠動脈狭窄のない2例ではトレッドミル試験は2例とも陰性で、ペーシング試験では1例陰性で1例判定不能であった。

3) 冠静脈洞血流量増加率と両負荷試験の対比(表1)

ペーシングによる冠静脈洞血流量増加率の程度と両負荷試験の結果は比較できなかつたが、冠静脈洞血流量増加率+50%未満の13例ではトレッドミル試験で陽性例が8例と多く、ペーシング試験で判定不能例が9例と多かつた。

4) 乳酸産生の有無と両負荷試験の対比(表1)

乳酸産生のおつた4例中トレッドミル試験では3例、ペーシング試験では2例陽性で、判定不能例はおのおの1例、2例で両負荷試験の結果に大差はなく、乳酸産生のおつた7例中、トレッドミル試験では4例、ペーシング試験では2例陽性で、判定不能例がおのおの1例、6例で両負荷試験の結果に差があつた。

IV. 結 語

1) 1/3の例ではトレッドミル試験とペーシング試験の結果が一致しており、特に胸痛を伴う陽性例では両負荷試験の結果がよく一致していた。

2) トレッドミル試験ではペーシング試験に比べて陽性例が多かつた。

3) ペーシング試験での判定不能例が多く、大部分が Wenckebach 型房室ブロック出現のためであつた。

4) 高度の心筋虚血群では両負荷試験の結果に大差はなかつたが、軽度の心筋虚血群ではトレッドミル試験で陽性例が多く、ペーシング試験で判定不能例が多かつた。

## 文 献

- 1) Judkins, M. P. : Selective coronary arteriography. Radiol. 89 : 875, 1967.
- 2) 田村康二, 他 : 持続的局所熱希釈法によるヒトの冠静脈洞血流量の測定について, 心臓 4 : 548, 1972.
- 3) 田村康二, 他 : トレッドミル最大運動負荷試験への正常人の反応について, 新潟医学会雑誌 89 : 8, 393, 1975.
- 4) 梶熊紀雄, 他 : ペーシング誘発狭心症の代謝, 心臓 8 : 103, 1976.
- 5) Kelemen, M. H., et al. : Diagnosis of coronary disease by maximal exercise and atrial pacing. Circulation 48 : 1227, 1973.

## 4. RI による運動負荷時心筋血流障害の診断

## —Ecg 変化との対比—

成 田 充 啓\*・栗 原 正\*・宇佐美 暢 久\*

## I. 緒 言

近年における核医学的手技の発達は, 虚血性心疾患に対する, 非侵襲的な診断や機能評価を可能としつつあり, この一つとして  $^{42}\text{K}$  と, その同族体である  $^{86}\text{Rb}$ ,  $^{201}\text{Tl}$  による心筋シンチグラムがある。これらの RI は, 静注後すみやかに心筋内に取り込まれ, その局所灌流状態に応じて, 機能心筋細胞内に分布すると言われている<sup>1)2)</sup>。これらの心筋内に取り込まれた RI が, 逆に心筋から血中に放出されるのは緩徐であり, 少なくとも静注後1時間は, 初期分布に一致したシンチグラムがえられるという<sup>3)4)</sup>。これらの事実を利用すると, こうした RI は, 単に心筋壊死部や恒久的虚血部を描出しようのみでなく, 運動負荷により, 一過性に誘発せしめた心筋虚血の診断も可能となる<sup>5)6)</sup>。それゆえ, われわれは, 虚血性心疾患例等を対象とし, 安静時, 運動負荷時に  $^{86}\text{Rb}$  あるいは  $^{201}\text{Tl}$  による心筋シンチグラムを施行し, 負荷心電図(1部では冠動脈造影所見)との対比を行った。

## II. 方 法

心筋シンチグラムは, Pho/Gamma HP 型シンチカメラと, ミニコンピュータをオンラインで接続し施行した。シンチグラム採取法の詳細<sup>7)</sup>は, すでに報告し

たので省略する。Rb は 4 mCi, Tl は 2-3 mCi を静注した。

## 1) 運動負荷シンチグラム

運動負荷には, モナルク社製自転車エルゴメーターを用い, 3分間に 150 kpm/分の漸増負荷法を用い, 胸部双極誘導  $\text{CM}_5$  でモニターした。心電図上 STj 2 mm の低下出現時, 狭心症発作出現時, または maximal predicted heart rate の85%である Scandinavian Myrtle Beech Committee の target heart rate に至った際 RI を静注し, さらに同レベルの運動を1分間継続した後シンチグラムをえた。

## 2) 負荷心電図判定基準

Positive, equivocal, negative の3群に分類した。  
i) positive : 負荷中双極誘導, 負荷後12誘導とも ST 低下が Junction type (J-type) では 2 mm 以上,かつ QX/QT が50%以上, Horizontal type (H-type), Sagging type (S-type) では 1 mm 以上のもの。

ii) equivocal : 負荷中双極誘導のみが positive の基準をみたすか, もしくは, 負荷後12誘導で ST 低下が H または S-type で 0.5-1.0 mm のもの。

iii) negative : i) ii) 以外。

## 3) 対象

健常4例, 労作性狭心症12例, 安静時狭心症2例,

表1 疾患別にみた負荷心筋シンチ, 負荷心電図成績

Dx (Patient No)	Exercise Scinti.		Exercise Ecg		
	positive	negative	positive	equivocal	negative
Normal (4)	0	4	0	0	4
effort angina (12)	10	2	7	3	2
resting angina (2)	0	2	0	0	2
angina ? (6)	2	4	0	3	3
IHD a pain (3)	1	2	0	1	2
ASH (1)	0	1	0	0	1
NCA (1)	0	1	0	0	1
total (29)	13	16	7	7	15

表2 冠動脈造影所見と負荷心筋シンチ, 負荷心電図所見

Dx	Patient	CAG findings (location %)	Ex. Scintigram (newly developed defect)	Post-Ex. Ecg (ST↓)
effort angina	1) MM	LAD prox. 75% RCA prox. 75%	anterior inferior	V5,6 H1.0 II, III, aVF H1.0
	2) TY	LAD mid 50-75% RCA mid 50%	anterior inferior	V5,6 H1.0 II, III, aVF H0.5 >> 1.0
	3) IK	LAD prox. 75-90%	anterior	(-)
	4) NN	LAD prox. 75%	anterior	V5 H0.7 V6 S0.5
resting angina	1) MH	(-)	(-)	(-)
	2) MoH	(-)	(-)	(-)
normal	1) IKa	(-)	(-)	(-)

狭心症の疑い6例, 無痛性虚血性心疾患3例, asymmetrical septal hypertrophy 1例, NCA 1例の計29例である(表1).

冠動脈造影は7例に施行した(表2).

### III. 結 果

全29例中, 運動負荷シンチグラムで, 安静時存在しなかった低灌流部の出現をみたのは13例であった. 29例の負荷心電図の成績は positive 7例, equivocal 7例, negative 15例であった.

#### 1) 負荷心筋シンチグラム陽性例

負荷心筋シンチグラム陽性13例中, 負荷心電図 positive は6例, equivocal 5例, negative 2例であった(表3). 疾患別にみると労作性狭心症10例, 狭心症の疑い2例, 無痛性虚血性心疾患1例であった(表1).

#### 2) 負荷心電図と負荷シンチグラムの対比(表3)

負荷心電図 positive 7例中6例で負荷シンチグラム陽性であり, 負荷心電図でのST低下部と, 負荷シンチグラムでの低灌流部は, ほぼ一致した. equivocal

7例中5例で負荷シンチが陽性であった. equivocal に属し負荷シンチ陰性の2例は, いずれも負荷中のみ J-type 2mm の ST 低下をみ, 負荷後の心電図では ST に著変をみなかった. 図1は陳旧性心硬塞兼労作性狭心症で, 負荷シンチ陽性, 負荷心電図 equivocal 例である.

負荷心電図 negative で負荷シンチ陽性が2例存在したが, 1例は陳旧性心硬塞兼労作性狭心症例, もう1例は労作性狭心症を疑われた例であった.

#### 3) 労作性狭心症と負荷心筋シンチグラム, 負荷心電図(表1)

労作性狭心症12例中, 負荷シンチ陽性は10例(陽性率83%)であるのに対し, 負荷心電図 positive は7例(58%)にすぎなかった. これに equivocal を加えると83%の検出率となった(ただし equivocal 群7例中2例は負荷シンチ陰性である). さらに負荷シンチ, 負荷心電図の少なくとも一方が陽性のものをとると診断率は11/12と, さらに向上した.

#### 4) 冠動脈造影所見と負荷心筋シンチグラム, 負荷

表3 負荷心電図 positive, equivocal, negative 各群における心筋シンチ成績

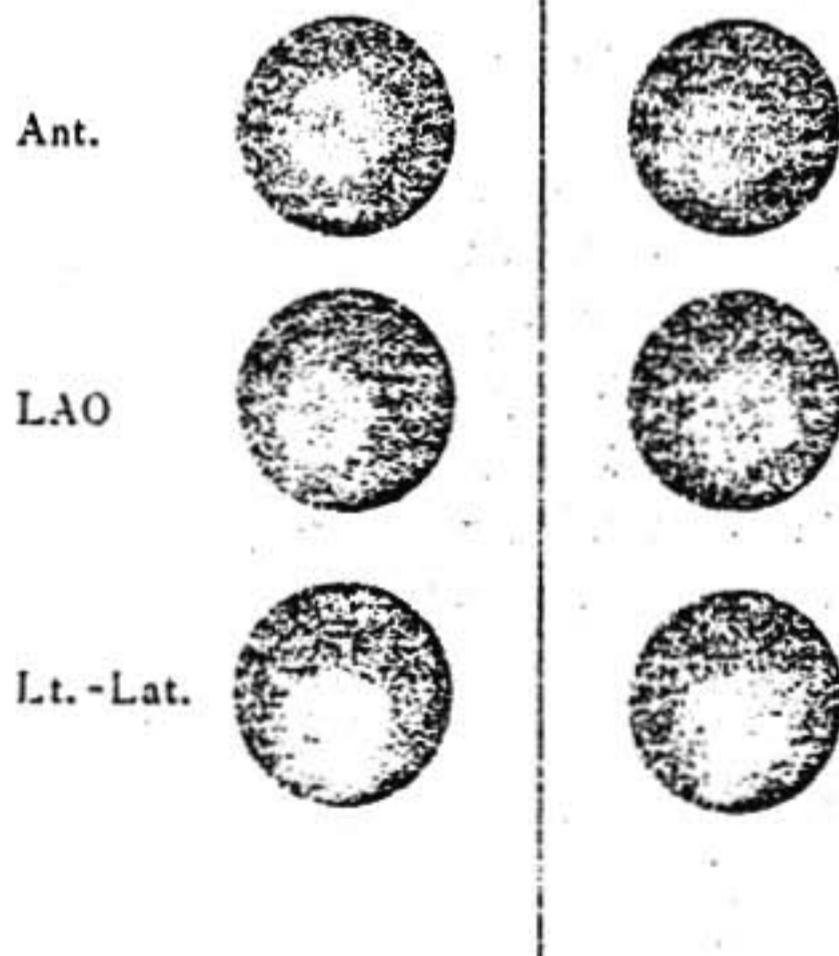
Patient	Age	Sex	Exercise Ecg			Ex Scintigram New developed defect	Clinical Dx.
			Du	Ex.	Post Ex. S T ↓		
1) S. T.	66	M	H	1.5	V5, 6	Apex~Ant	effort A
2) S. T.	65	M	H	1.5		Postero-lat	effort A
3) S. K.	55	M	H	2.5	II III aVF V5, 6	Ant. Inf.	MI + EA
4) A. M.	59	M	H	1.0	V5, 6	Ant. ~Lat.	effort A
5) M. M.	54	M	H	2.0	V5, 6 II III aVF	Ant. Inf.	effort A
6) K. Y.	50	M	J	2.0	V5	(-)	effort A
7) T. Y.	51	M	H	2.0	V5 (II III aVF)	Ant. Inf.	effort A
1) I. K.	44	F	H	2.0	(-)	Ant.	Angina ?
2) M. Y.	52	M	H	1.0	(II III aVF)	Inf.	effort A
3) M. J.	50	M	J	2.0	(-)	(-)	Angina ?
4) K. H.	44	M	J	2.0	(-)	(-)	Angina ?
5) I. K.	66	M	H	0.7-1.0	(-)	Ant.	MI + EA
6) N. N.	59	M	(-)	(-)	(V5)	Ant.	effort A
7) I. S.	49	M	(J 1.5)	(-)	V5 II aVF	Ant. Inf. ?	IHD s pain
1) Y. K.	56	F	(-)	(-)	(-)	Ant.	MI + EA
2) M. H.	45	F	(-)	(-)	(-)	Ant.	Angina ?
3) -15)			(-)	(-)	(-)	(-)	

( ) S T ↓

H or S type  $0.5 < < 1.0$ 

Rest

Stress



I.K. (66y.o.) Anteroseptal MI + Angina.

図1 心硬塞(陳旧性)兼労作性狭心症例の安静時および負荷時心筋シンチ  
負荷により硬塞部周辺に虚血が出現している。

## 心電図の対比(表2)

安静時狭心症の2例と健常の1例では冠動脈造影上狭窄をみず、負荷心電図、負荷シンチとも陰性であった。労作性狭心症の4例では全例に有意の狭窄があった。負荷シンチは全例で冠動脈狭窄に一致した部位に心筋低灌流を示したが、負荷心電図の冠動脈疾患に対する診断率は劣っていた。

運動負荷シンチと運動負荷心電図所見との関係をさらに明確とするため、負荷中、負荷直後の心電図におけるST低下のタイプと程度、および負荷シンチが陽性か陰性かを表4のごとくプロットした。この表より、J-typeのST低下は虚血を反映しているか否か疑わしい。負荷直後心電図では、H or S-typeでST低下が0.5-1.0mmの例も、運動負荷により誘発された心筋虚血を含んでいる可能性が大であると考えられた。

## IV. 考 案

Tl, Rb は生物学的にKと同様の性格を有しており、静注後速やかに機能心筋細胞に取り込まれる。この取

り込みの程度には、局所灌流血流量、細胞膜の Na-K dependent ATPase の活性、細胞内の K 含有量などの種々の因子が関与している<sup>4)</sup>。しかし radioactive microsphere によって測定した心筋局所灌流状態と、これら RI の心筋細胞内の分布を比較した研究では、RI の分布は、ことに虚血状態では、心筋局所灌流状態をもっとも反映しているという<sup>10)</sup>。したがって運動負荷により誘発された心筋シンチでの cold area は運動負荷による虚血を示していることとなる。

我々は、運動負荷心筋シンチと、負荷心電図を虚血性心疾患患者を中心として比較し、労作性狭心症例では、シンチの診断率が83%、負荷心電図58%、両者を併用すると91%との結果をえた。また冠動脈造影所見との対比でも、負荷シンチの方が診断率において優れていた。同様の結果は、有意の冠動脈狭窄を有する例を対象として運動負荷シンチと負荷心電図を比較した Berman ら<sup>6)</sup>、Hamilton ら<sup>10)</sup>、Bailey ら<sup>11)</sup> の報告とも一致する。ただ Bailey ら<sup>11)</sup>、Hamilton ら<sup>10)</sup> の報告では、負荷心電図の診断率が我々の場合より多少優れている。これは我々は、maximal predicted heart rate の85%に至ると運動を中止しているが、前述の研究者らは、maximal exercise を行っているという差によるものとも考えられる。

以上のように、運動負荷シンチグラムと負荷心電図の併用により、かなりの信頼度で、非観血的な虚血性心疾患の診断が可能と考えられる。また負荷後心電図での ST 低下が H or S-type で 0.5-1.0 mm の例<sup>1)</sup>にも、運動による心筋虚血を反映している例が含まれていると考えられた。

文 献

- 1) Prokop, E. K., et al. : Circulation 50 : 978, 1974.
- 2) Strauss, W. H., et al. : Circulation 51 : 641, 1975.
- 3) Pitt, B., et al. : Am. J. Cardiol. 37 : 797, 1976.
- 4) Maseri, A., et al. : Circulation 54 : 280, 1976.
- 5) Strauss, H. W., et al. : Radiology 108 : 63, 1973.
- 6) Berman, D. S., et al. : Circulation 52 : 619, 1975.
- 7) 成田充啓, 他 : RADIOISOTOPE 26 : 26, 1977.
- 8) Martin, N. D., et al. : Radiology 111 : 651, 1974.
- 9) Mueller, T.M., et al. : Circulation 54 : 640, 1976.
- 10) Hamilton, G.W., et al. : J. Nucl. Med. 17 : 522, 1976.
- 11) Bailey, L. et al. : J. Nucl. Med. 17 : 522, 1976

表4 ST 低下のタイプ、程度と負荷シンチ

ST-change (-)	Type	ST change (+)				
		<0.5	0.5 ≦ < 1.0	1.0 ≦ < 1.5	1.5 ≦ < 2.0	2.0 ≦
● ○	J-Type	○	●	○○○ ○○○	●○○	○○○
	H or S-Type		●●○ ○○	●●● ●		●●● ●
●○○ ○○○ ○○○ ○	J-Type	○				
	H or S-Type	●●● ○○○ ○○○	●●● ●● ○	●●● ●●● ○	●	

● Exercise Scintigram (+)  
○ Exercise Scintigram (-)

討 論

司会 (戸山) 質問がありましたらー

村尾 (東大) 大変興味ある話です。アイソトープの defect が flow dependent という結論であるが、冠動脈狭窄部より末梢での flow が減っていると考えるのか？ flow は local には減っておらず、metabolism が亢進するから anoxemia になると考えるのか？

成田 Absolute に減じたというよりは、むしろ relative に減じたと。

村尾 私は anoxemia が relative coronary insufficiency ということでなく、何か積極的に、coronary resistance がますような機序があると考えている。どちらの考えを持っているか伺いたい。

成田 健康部が運動により非常に血流量が増す。それに比し病変部はそれ程ふえないという relative なものが主と考える。

伊藤 (東大) シンチグラムは健康な心筋とそうでない部分の差をはっきりするため、差し引きしてカウントしているのかまたはネットのものを…

成田 ネットのものをカウントしている。

伊藤 Angina の患者では exercise により cold area がふえるということになると、collateral はまったく効かないということになるが。

成田 collateral がまだ不十分というふうに考えた

伊藤 Nifedipin や Nitroglycerin 等使うとー

成田 まだやっていない。

宇佐美 (住友病院) シンチは一定のカウント数になるとスイッチが切れるようになっており、心筋内の RI の取り込みの差が写真にでてくるのであって、絶対的な血流は不明である。

富本 (北大) 負荷心電図の ST 低下と、シンチでの ischemic lesion の拡がりのパラレルでない症例があるか?

成田 負荷心電図陰性、シンチ陽性例が2例、負荷心電図陽性、シンチ陰性が1例あった。

安井 (名古屋大) コンピューターはどのように使用しているか?

成田 画像処理、バックグラウンドの差し引きに使

用している。

宇佐美 近年 target heart rate が導入され、これを使用すると、heart rate は Master 運動量にも及ばぬ内に ergometry を中止しなければならなくなってしまう。このような例では、Master テストより負荷量が少ないのかかわらず、ST 低下が 0.5-1.0 mm の間は陰性となってしまう。このシンチのデータと突き合わせてみると、H または S-type で ST 低下が 0.5-1.0 mm の間も、ある程度とらなければいけないという気がしている。

司会 (戸山) そろそろ時間がまいりました。

## 5. 運動負荷時における非観血的心機能指標の変化

矢端 幸夫\*・野呂 忠 慈\*・木川田 隆 一\*

### 1. はじめに

生体に運動負荷を加えると、酸素需要の増加に対して呼吸循環系の予備力が動員される。運動負荷に対する反応は、心健常者と心予備力の低下した心疾患患者(とくに虚血性心疾患)では異なったものとなる。我々は運動負荷をかけた状態における心機能図により、非観血的に心の予備力について検討した。

### 2. 対象、ならびに方法

対象は、23~26才の心健常若年者11例(すべて男性)、52~63才で、中等度の肉体労働に従事し、心電図の Master two-step test において陰性であった心健常高年者17例(男性7、女性10)、および33~67才の虚血性心疾患19例(男性16、女性3)である。

方法は、仰臥位で Collins 社製の電気制動式定量負荷型 Pedal mode ergometer を用い、健常者の maximale Ergostase が 50 watt であったという松山<sup>1)</sup>らの報告にしたがって、身長、年齢より計算した標準体重 1 kg あたり 0.5、および 1.0 watt の負荷をそれぞれ

5分間ずつ段階的に上昇させて負荷をかけた。非観血的に頸動脈波、心電図、および心音図、さらに一部の例で心尖拍動図を同時記録し、Blumberger-Holldack 法により心力学的分析を行った<sup>2)</sup>。

### 3. 成績

#### 1) 心健常若年群と心健常高年群

運動負荷前、中、後の収縮期圧 (Ps)、拡張期圧 (Pd)、および心拍数 (HR) の変化率を経時的にみると(図1)、高年群において Ps および Pd は負荷前の平均値が若年群にくらべて高く、負荷後の回復過程において負荷中と逆の降圧がみられた。HR は負荷中に著しく増したが両群の差はなかった。左心収縮時相においては(図2)、Q-I 音時間は両群において前値に差はないが、高年群において負荷中の減少が高度であった。両群とも負荷後の回復過程で負荷中と逆に増した。昇圧期 (ICT) は前値で高年群がやや低値をとり、負荷中の減少も高度であった。負荷後には高年群において負荷中と逆に増した。緊張期 (PEP) は前値で高年群が低く、負荷中の減少も高度であった。緊

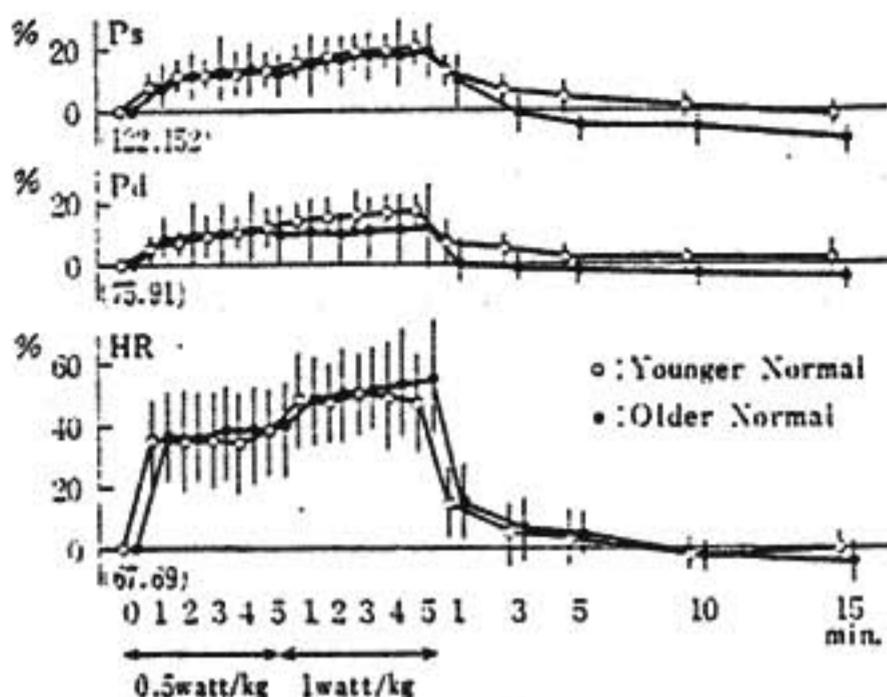


図1 CHANGES in Ps, Pd & HR during & after EXERCISE

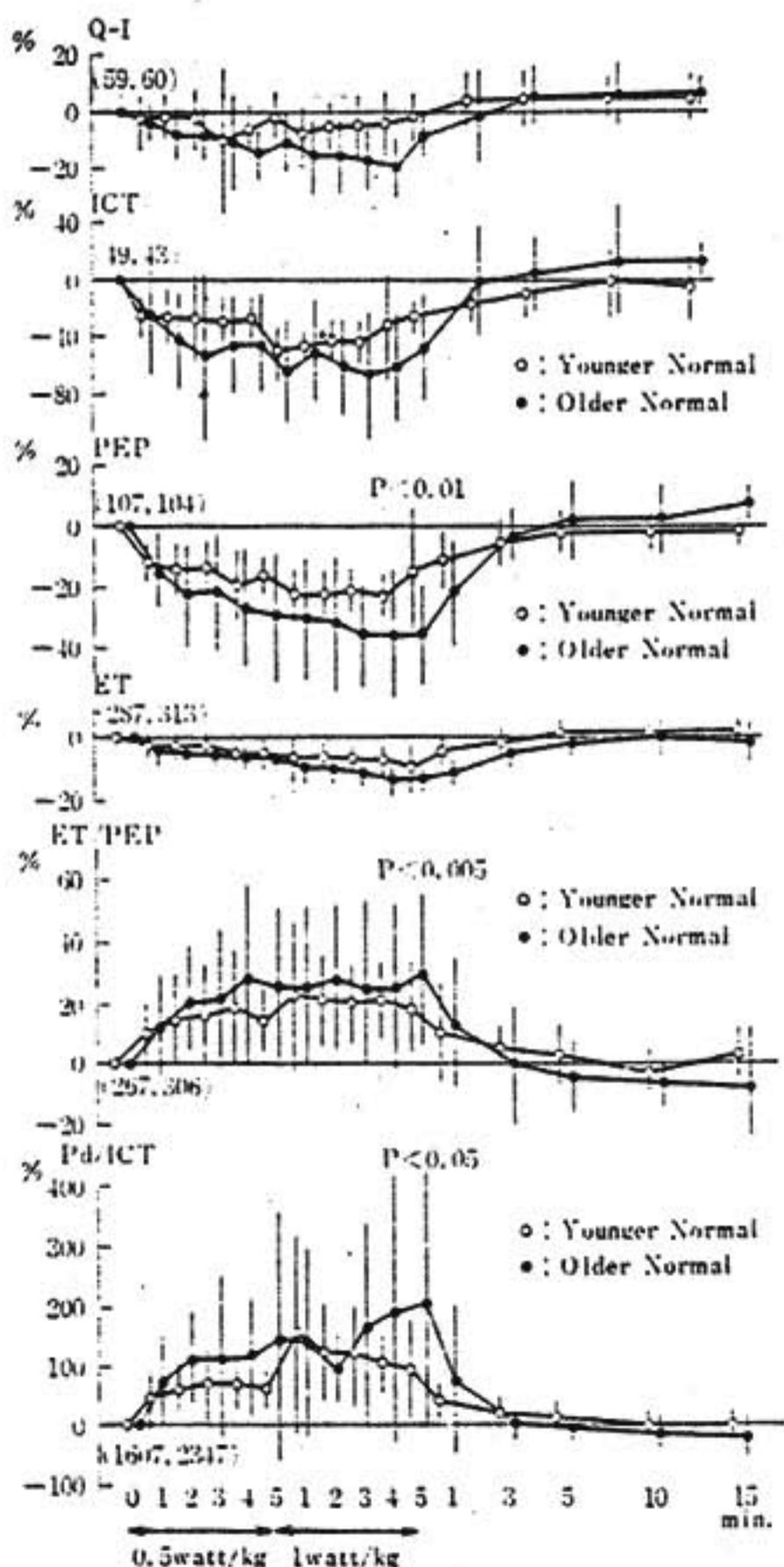


図2 CHANGES in Q-I, ICT, PEP, ET, ET/PEP & Pd/ICT during & after EXERCISE

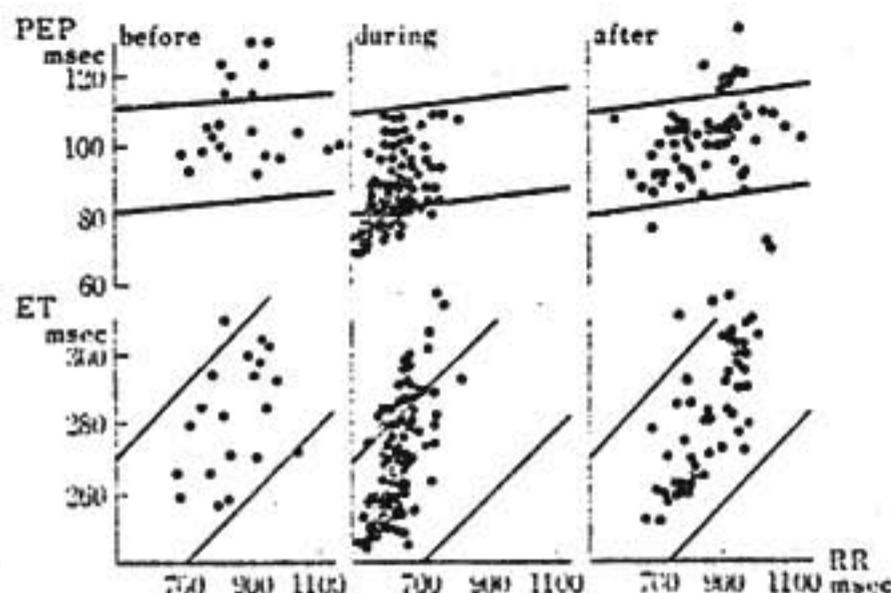


図3 RELATIONSHIP between PEP or ET & RR

血期 (ET) は前値で高年群が高値であったが、負荷中の減少は変わらなかった。

若年群における PEP, および ET と心周期 (RR) との関係を負荷前, 中, 後でみると (図3) (実線で心健常178例における安静時の回帰式から求めた尋常範囲を示す), PEP の負荷前値で尋常範囲から逸脱する例がみられるが, ET はほぼ尋常範囲に入った。負荷中における関係は, PEP, ET とともに回帰式の勾配と異なり, 急峻化した。負荷後には負荷前の関係にもどった。高年群でも同じことがみられた。

一部には心収縮性を示すとされる ET/PEP の変化率をみると, 高年群においては若年群にくらべて負荷前の値は高く, 負荷中の増加も高度であり, 負荷後の回復過程で負荷中と逆に前値より減少した。同じく Pd/ICT の変化をみると, ET/PEP と同じように負荷中に増し, 高年群でより高度であった。負荷後には両群ともに前値にもどった。

## 2) 虚血性心疾患群

対象の虚血性心疾患群を, 尋常血圧群13例と高血圧群6例に分けて, 心健常高年群と対比した。負荷前, 0.5 watt/kg 負荷5分後, および 1.0 watt/kg 負荷5分後の各パラメーターの変化率をみた (図4)。高血圧性虚血性心疾患群 (HI) において Ps の増加率が他の2群にくらべ低値であったが, Pd は3群に差がなかった。HR の増加率は, 尋常血圧性虚血性心疾患群 (NI), および HI 群ともに心健常高年群にくらべやや低値をとったが, 両群の差はなく段階的增加を示した。Q-1 音時間, ICT, および PEP において, HI 群, NI 群のいずれにおいても心健常高年群における短縮率より低く, かつ負荷量の増しによってあま

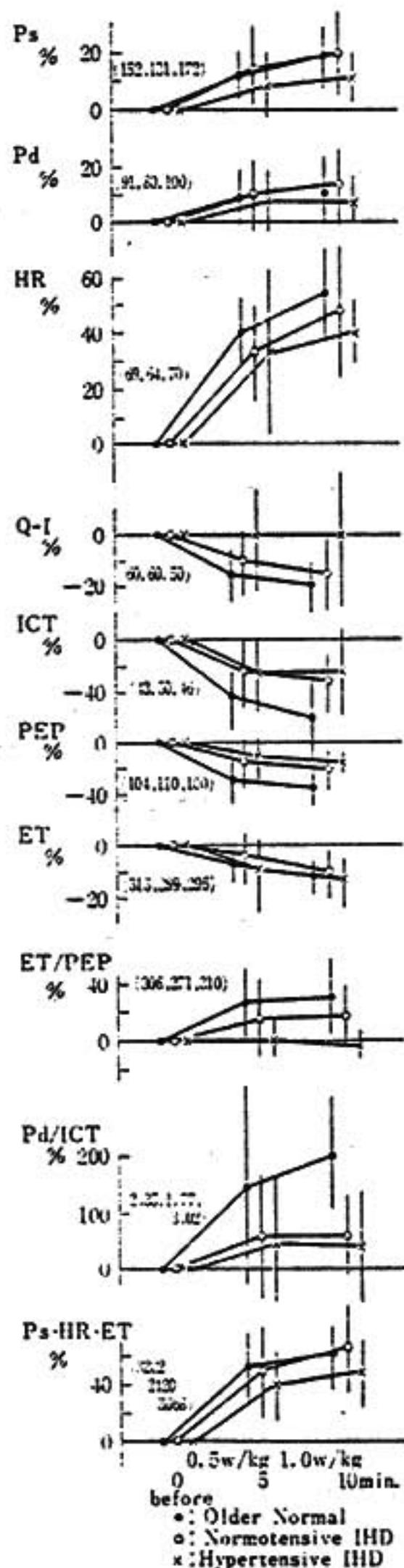


図4 CHANGES in Ps, Pd, HR, QI, ICT, PEP, ET, ET/PEP, Pd/ICT & Ps · HR · ET during & after EXERCISE

り変化しない傾向がみられた。ET は3群で明らかな差はなかった。ET/PEP, および Pd/ICT の変化率は健常心にくらべて虚血心の増加反応が弱く, かつ負荷を増しても増加傾向がみられなかった。これはとくに HI 群で明らかであった。Triple Index (Ps·HR·

ET) は HI 群の増加率が低かった。

#### 4. 考 案

運動負荷時の心の予備力としては, まず交感神経緊張による心拍数の増加がある。運動時に心拍出量は増すが, 1回拍出量はほとんど不変ともいわれている。虚血性心疾患群で心健常群にくらべ増加率はやや低値をとった。しかし, 運動負荷中の心周期と PEP, および ET の関係は図3に示したように安静時のものと異なっており, 心拍数増加以外の因子が関与していることを示している。そこで次の予備力として Preload の増しによる Starling メカニズム, および心収縮性の増しを考える必要がある。Q-I 音時間, および ICT が高年群においてより著明に短縮したのは, Preejection period が収縮性の関与とともに Preload の影響を大きく受ける時期であることに注意する必要がある。心収縮性を示すとされる ET/PEP, および Pd/ICT が負荷中に増したことも, 心収縮性の問題とともに Preload の増しによる容量反応を考えなければならぬ。ET/PEP が高年群で若年群より高値を示したのは, 容量反応を示していたものが, 負荷によりさらにその反応を増したものと考えられた。虚血心, とくに高血圧群において, 両パラメーターともに心健常高年群にくらべ増加率が低く, 負荷の増しても増加しなかったことは心収縮性の低下を示唆した。

負荷中に心尖拍動図の記録できた健常若年者の成績(図5-a)をみると, Preload の指標である AO/EO は著しく増し, 負荷後すみやかにもどった。ET/PEP はこの例ではあまり増さないが, Pd/ICT は2倍に増し, 負荷後も増しつづけた。Pd/ICT は Preload の影響をうけつつ心収縮性を示すので AO/EO で補正した  $\frac{Pd/ICT}{AO/EO}$  をみると負荷開始直後と増量直後に増すが動揺を示す。しかし負荷後の回復過程では増加傾向を維持していた。健常高年者(図5-b)では, AO/EO は著しく増し, 負荷後前値にもどった。ET/PEP, Pd/ICT は増し傾向を示したが,  $\frac{Pd/ICT}{AO/EO}$  は動揺を示し, 0.5 watt/kg 負荷時に一過性に増すが負荷がつづくにつれて減少し, 負荷後3分で前値にもどった。虚血性心疾患患者(図5-c)では, AO/EO は著しく増した。ET/PEP, Pd/ICT は増し傾向を示したが,  $\frac{Pd/ICT}{AO/EO}$  は負荷開始直後より低下しつづけて

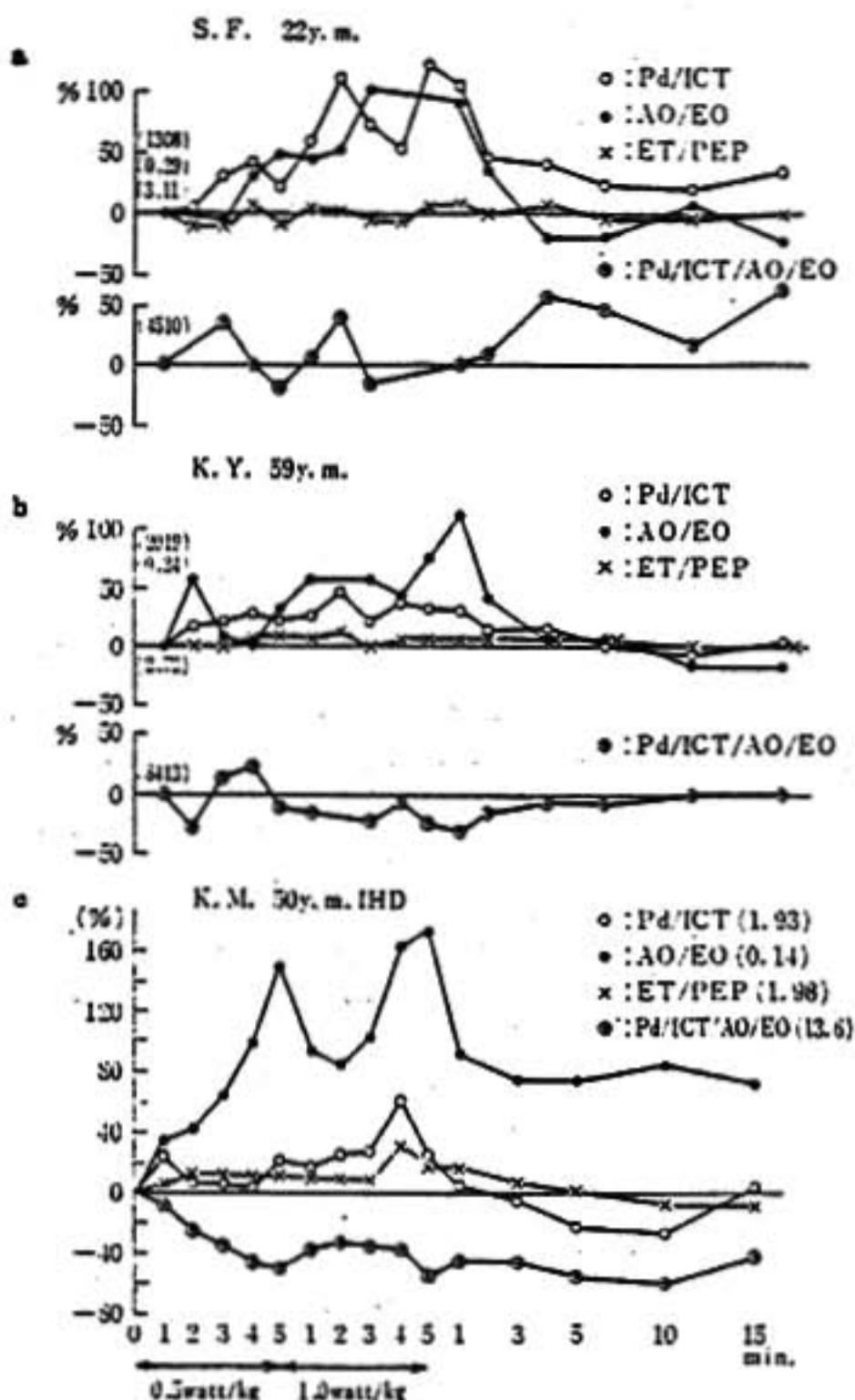


図5

負荷後もなかなか回復しなかった。健康若年者では心収縮性の増しが示唆されたが、高年者、および虚血性心疾患患者ではむしろ減少傾向がみられた。運動負荷中の心の予備力を調べるのに Preload の増しを無視することはできないが、運動中に心尖拍動図を記録することはむずかしく、実用の面で問題がある。むしろ負荷終了後の回復過程における AO/EO の変化が有用である可能性がある。

実用的な心の予備力判定法として1つの試みをした。指標として ET/PEP を用い、0.5 watt/kg、および 1.0 watt/kg 負荷時の反応によって5型にわけた。

I型：0.5 watt/kg 負荷で ET/PEP が5%以上増すもの。さらに 1.0 watt/kg 負荷における反応により3つに細分した。

Ia型：1.0 watt/kg 負荷でさらに5%以上増す。

Ib型：変わらない。Ic型：5%以上減る。

II型：0.5 watt/kg 負荷で±5%以内の変化。

III型：0.5 watt/kg 負荷で5%以上減少。

Ia型は十分な予備力のあるもの、Ic型は1.0 watt/kg 負荷が maximal に達したもの、Ib型はその疑いのあるもの。III型は0.5 watt/kg 負荷がすでに maximal に達しているもの、II型はその疑いのあるものである。

この判定法によると(表1)、I型は健康若年群で

表1. Types of ET/PEP change during exercise

0.5watt/kg				Type N	1.0watt/kg					
Y	O	I	HI		Y	O	I	HI		
11	17	13	6	I	Ia ┌──┐ └──┘	82	58	23	15	
91	82	92	64			Ib └──┘	9	12	61	16
							9	12	8	36
9	12	8	36	II └──┘						
	6									

(%)

Y: Younger Normal  
O: Older Normal  
I: Ischemic Heart Dis.  
H: Hypertensive IHD

91%、健康高年群で82%、HI群で92%であった。圧負荷の加わった HI 群では64%と減少した。一方、健康高年群でII、III型に属するものがある点は注目された。また、負荷増量で健康若年群では82%が Ia型に属したのに対し、健康高年群では58%にすぎなかった。虚血性心疾患群では20%内外であった。

ET/PEP は非観血的収縮性指標とされているが Preload, Afterload の影響をまぬがれることはできない。運動時に Preload と心収縮性が増せば ET/PEP は増し、Preload のみ増せば ET/PEP は軽度の増しにとどまり、Preload が増し、心収縮性が低下すれば競合で変化するが、多くは心収縮性が競りかち ET/PEP は減る。ET/PEP を用いて心の予備力を判定するさい高年心と虚血心でかなりオーバーラップを示すが ET/PEP の精度というより加齢現象の特長で、一見健康にみえる高年者の中に病的に予備力の低下しているものが混入していることを示唆した。一方、虚血心でもかなりの予備力を供えているものもあった。

## 文 献

- 1) 松山大秀: 千葉医学会誌 42: 402, 昭42.  
2) 斎藤十六, 他: 呼と播 12: 15, 1964.

## 討 論

森 (徳島大) Pd/ICT はどういう血行動態的なものを反映しているのか。

矢端 (北里大) Landry らによってとりあげられた指標で, max dp/dt とよく相関し, Preload によって影響をうけるが, Afterload には支配されないとい

われている。

稲垣 (千葉大) 我々も負荷中の STI をみているが, 健常例にも虚血性心疾患例においても負荷中に ET/PEP が減ることがあり, 心の負担を思わせるが。

矢端 表1に示したように, 高血圧のある虚血性心疾患において多くみられた。

宇佐美 (住友病院) Pd は観血的なものの方が信頼できる。運動中は交感神経のドライブ (カテコラミン) が大きな役割をはたしているということも考えなくてはいけないと思う。

## 6. 運動負荷試験 (マスター) の予後的意義

高橋 宣光\*・加藤 和三\*

## 目的及び方法

著者らは coronary risk factor との関連において運動負荷心電図を見直す必要があると考え, 運動負荷試験 (double Master) を行った症例中, 狭心症, 心筋硬塞の既往・現症のないものについて, 判定と risk factor との関係を検討し, 次に8年間の経過における狭心症, 心筋硬塞の発生を判定別, 性別, 年齢別に retrospective に観察し, また臨床進展に及ぼす陽性所見と risk factor の影響を比較した。

## 対 象

症例は狭心症, 心筋硬塞の既往・現症のない1,444例で, 年齢は35歳から79歳, 平均年齢は57.7歳である

表1 症例

心電図	正 常	1224 (85)	121	陽 陰	負 荷 試 験
	ST下降 (<1 mm)	220 (15)	27	193	
計		1444	148	陽 陰	

(表1, 図1). 心電図は正常のもの1,224例中121例が負荷により2mm以上のST下降, あるいは1mm以上の虚血型ST下降を示し, 安静時1mm未満の

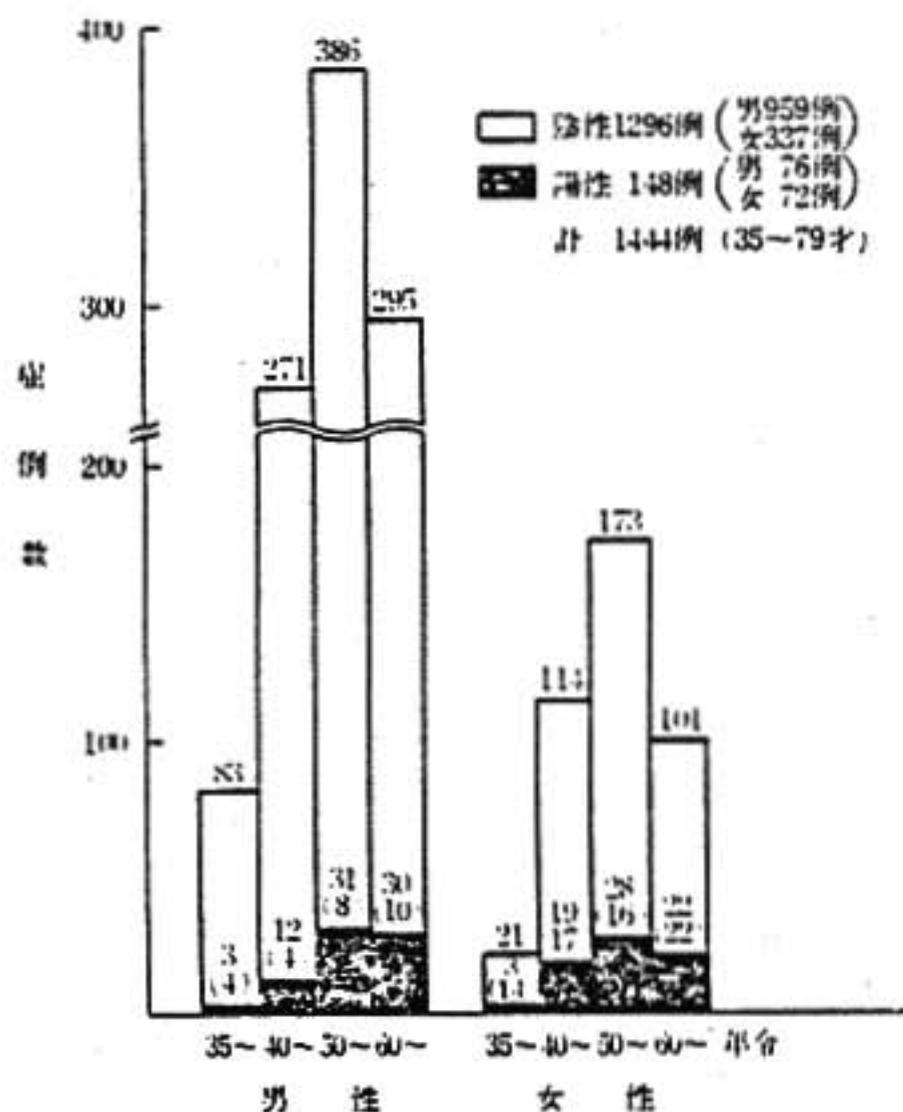


図1 症例の性・年齢及び負荷試験判定別分布

ST 下降のもの220例中27例が負荷により 2 mm 以上の ST 下降を示した。すなわち、計148例が陽性者で、うち72例は女性である(図1)。

成 績

性、年齢、判定別分布では、男性陽性者は図1の括弧内の数値が示すように、30歳代4%、40歳代4%、50歳代8%、60歳代とそれ以上は10%であるが、女性はそれぞれ14%、17%、16%、22%で、各年齢層を通じ女性の陽性頻度が高く、ことに50歳未満では男性に比し著明であった。

高血圧、糖尿病の既往・合併、肥満、心拡大、高コレステロール血症などの risk factor の頻度は陽性群において高く、表2の括弧内の数値が示すように、陰

表2 負荷試験判定別臨床及び検査所見(I)

判 定	陽 性	陰 性
高血圧の既往・合併	49 (33)	42 (3)
	P < .001	
糖尿病の既往・合併	11 (7)	13 (1)
	P < .001	
肥 満	17 (11)	112 (9)
	N. S	
心 拡 大	51 (39)	125 (10)
	P < .001	
血清「コ」 レ値 mg/dl	≤249	1017 (74)
	250~299	207 (16)
	≥300	72 (5)
	P < .001	
計	148	1296

性群の3%、1%、9%、10%、21%に対し、それぞれ33%、7%、11%、39%、36%の例にみられた。また陽性群を50歳未満、50歳以上、男性、女性に分けてそれぞれを陰性群と対比した場合も risk factor の頻度が高く、ことに高血圧の既往・合併、高コレステロール血症が有意に高いのがみられた(表3)。

次に高血圧、糖尿病の既往・合併、肥満、心拡大の各危険因子有無別に陽性者の占める割合をみると(図2)、たとえば高血圧の既往・合併のない1,353例中7%が陽性者であるのに対し、既往・合併のある91例中54%が陽性者であり、その他の危険因子を持つ者においても陽性者の占める割合が高いのがみられた。また

表3 負荷試験判定別臨床及び検査所見(II)

年令, 性	陽 性				陰性	
	<50	≥50	男	女	35~79 男 女	
高血圧の既往・合併	9 (25) <.001	40 (36) <.001	29 (38) <.001	20 (28) <.001	42 (3)	
糖尿病の既往・合併	1 (3) N. S	10 (9) <.001	10 (13) <.001	1 (1) N. S	13 (1)	
肥 満	5 (14) N. S	12 (11) N. S	13 (17) <.02	4 (6) N. S	112 (9)	
心 拡 大	7 (19) N. S	44 (39) <.001	27 (36) <.001	24 (33) N. S	125 (10)	
血清「コ」 レ値 mg/dl	≤249	22 (61)	47 (42)	47 (68)	48 (66)	
	250~299	8 (22)	26 (23)	19 (25)	15 (21)	
	≥300	6 (17) <.01	13 (12) <.001	10 (13) <.001	9 (13) <.01	1017 (74)
					207 (16)	
					72 (5)	
	36	112	76	72	1296	

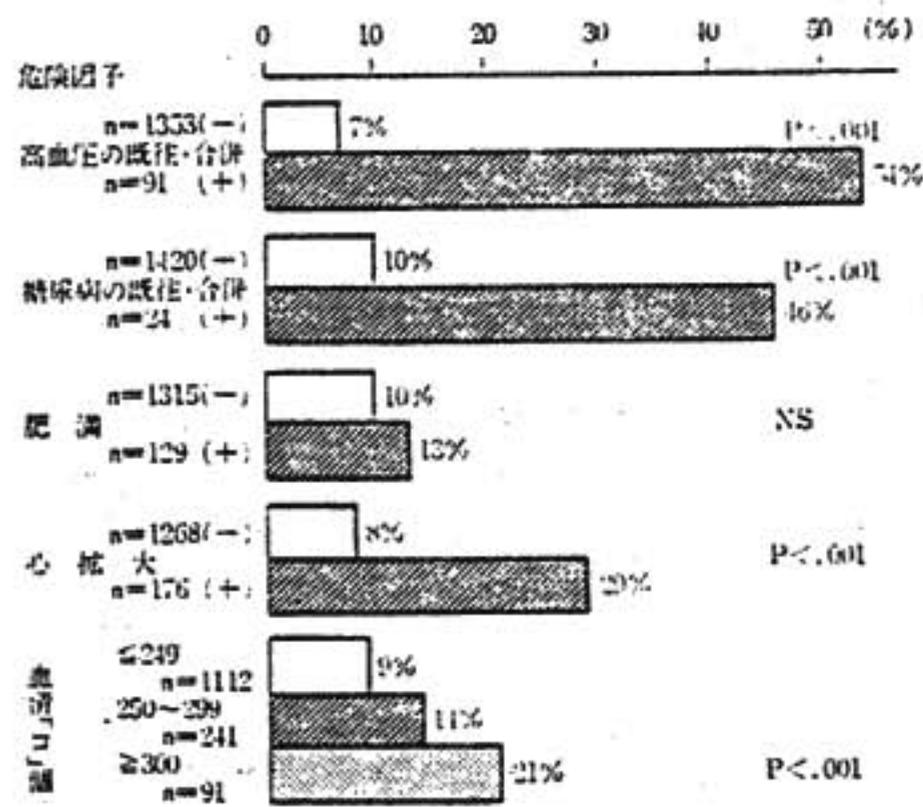


図2 各危険因子の有無と陽性例の頻度

血清コレステロール値249まで、250から299まで、300以上別の陽性者はそれぞれ9%、14%、21%を占めた。すなわち、陽性所見と危険因子との間には相互に密接な関係があると考えられる。

次に負荷試験判定別に、自然発作を確認した狭心症、急性心筋梗塞の発生例数をみると(表4)、8年の観察期間中陽性群から10例(女性は2例)の狭心症及び1例の硬塞が発生、陰性群から9例の狭心症及び7例(女性が1例)の硬塞が発生した。陽性群における狭心症等の発生は陰性群の1.2%に対し有意に高く、7.4%である。また性別発生では男性の陽、陰性間で有意

表4 負荷試験判定別の狭心症・心筋硬塞発生率 (平均)

負荷試験判定	狭心症発生	心筋硬塞発生	発生率 (%)	性別発生率 (%)
陽性 (148例)	10 (女2)	1	7.4	男 11.8
				女 2.8
陰性 (1296例)	9	7 (女1)	1.2	男 1.7
				女 0.3

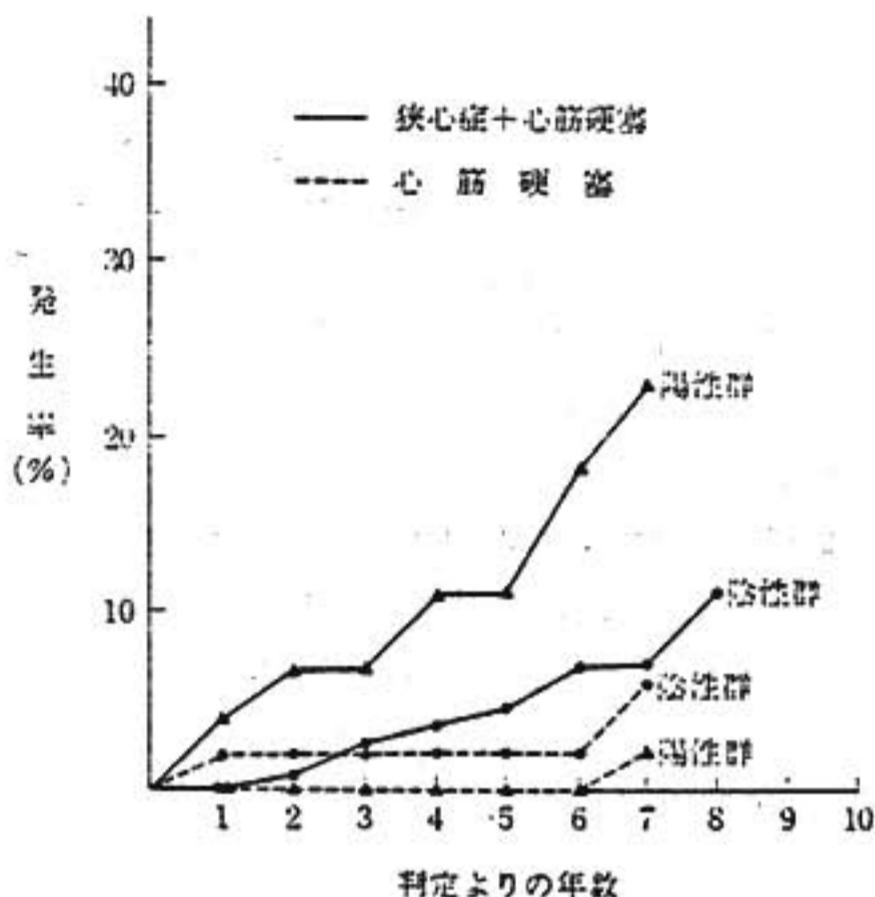


図3 狭心症・心筋硬塞の発生

差がみられた。女性については有意差はなかった。

判定よりの年数別に、狭心症+心筋硬塞の発生率を求めると(図3)、陰性群において1, 5, 7年後0%, 5%, 7%であるのに対し、陽性群ではそれぞれ4%, 11%, 23%であった。硬塞のみに限定した場合、1, 5, 7年後の発生率は陰性群で2%, 2%, 6%であり、陽性群では0%, 0%, 2%で、差はなかった(図3)。

図4にみるごとく、男性では陽性者が陰性者に比し狭心症等の高い発生を示し、1, 5, 7年後陰性者が0%, 9%, 11%であるのに対し、陽性者ではそれぞれ5%, 18%, 34%であったが、女性では判定別で大差なく、5年後発生率はともに2%以下であった。また細線で示す50歳未満, 以上の陽性者の1, 3年後における発生率は前者で4%, 17%, 後者で3%, 7%で、50歳未満の者が以上の者よりかえって高い発生率を示した。

次に陽性者を男性50歳未満, 男性50歳以上, 女性50

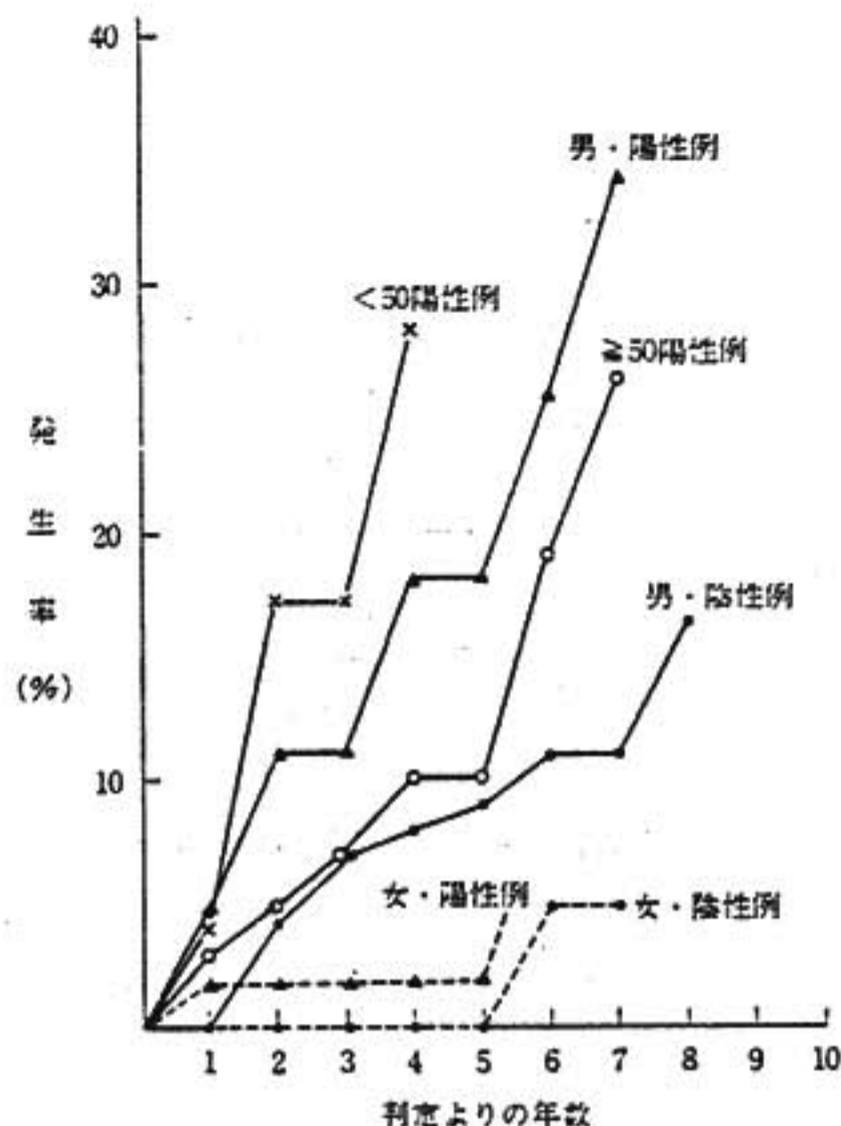


図4 狭心症・心筋硬塞の発生 (性・年齢)

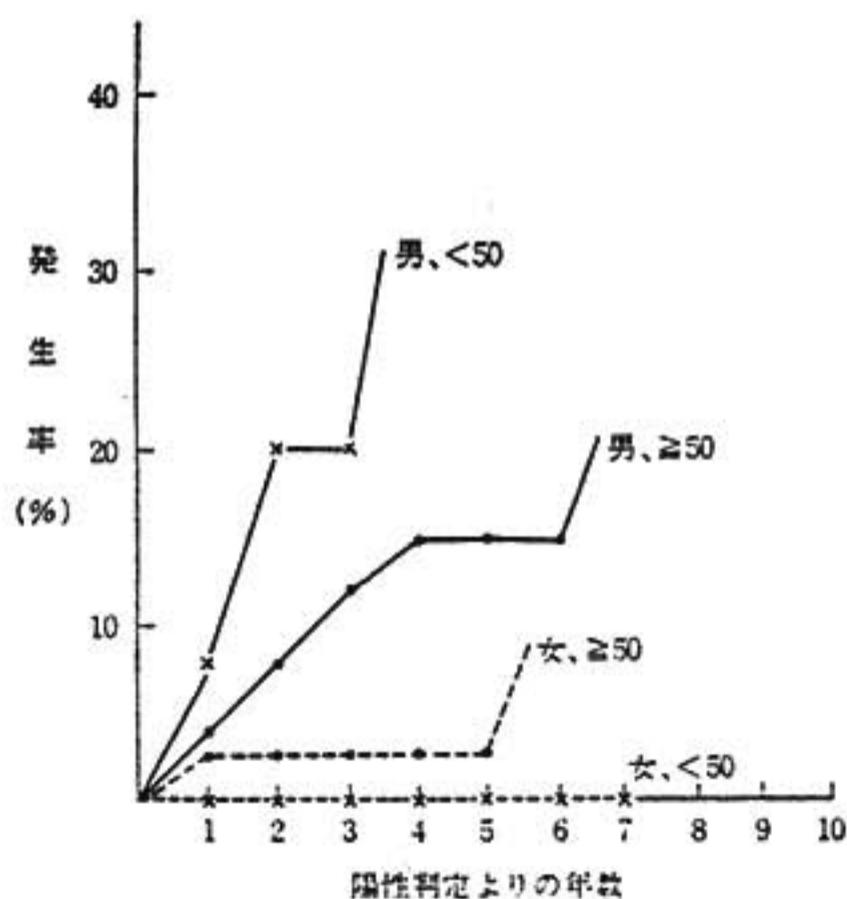


図5 狭心症・心筋硬塞の発生 (年齢・性)

歳未満, 女性50歳以上の4群に分け, 狭心症等の発生曲線を求めると, 男性50歳未満がもっとも高く, 次いで男性50歳以上, 女性50歳以上の順で, 女性50歳未満がもっとも低い発生曲線を示した(図5)。このような経過に対して, 陽性所見と危険因子とではいずれが大きな影響力を持つかは興味があるが, 年齢, 性別各群について8年後の発生例数(0)と, Framingham

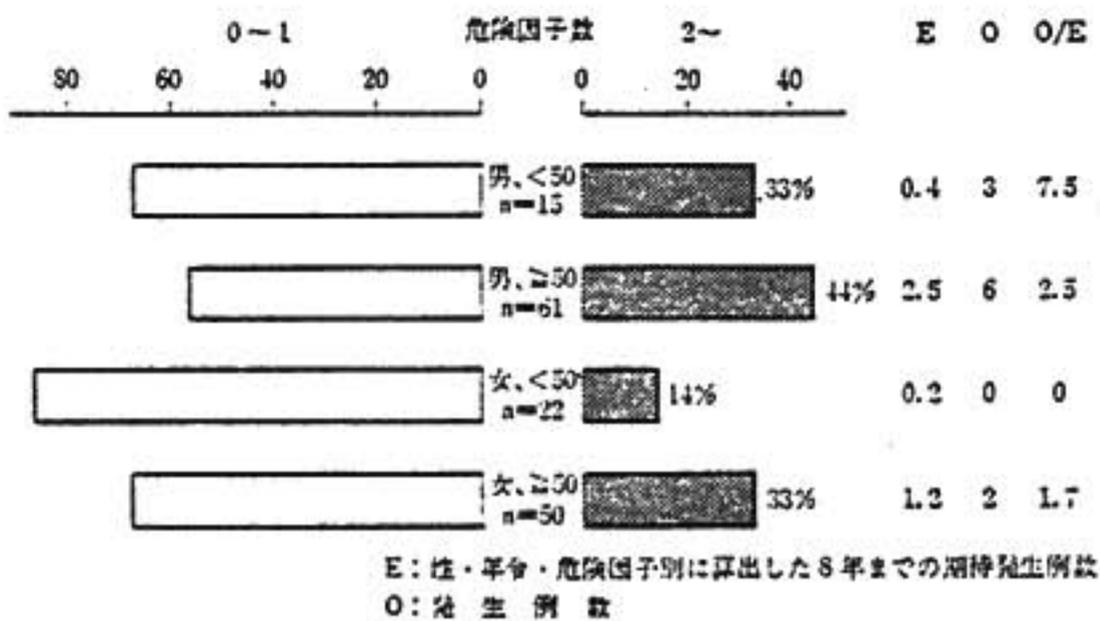


図6 陽性例における危険因子数と虚血性心疾患の発生(性・年齢)

Study に準拠して low risk 及び high risk 別構成人員と発生確率<sup>1)</sup> から得られる期待発生例数 (E) との比はそれぞれほぼ 8, 3, 0, 2 となる (図6).

### 考 按

潜在性冠動脈疾患の診断における運動負荷心電図の信頼性を評価するには、長期間経過を観察することにより、狭心症や心筋硬塞の発生率を見る以外に、以前は方法がなかった。3~11年にわたる諸家ら<sup>2)</sup> の、主に男性における観察は、ST 下降を見た例の発生率は ST 下降のないものの約11倍で、両者間に有意の差があることを示した。しかし近年発達した冠動脈造影によって、運動負荷心電図による潜在性冠動脈疾患の診断には議論の多いことが明らかとなり、ことに女性においては predictive accuracy の低いことを指摘するものがある。

わが国では、ことに最近の10年間、狭心症や心筋硬塞が主に都会を中心として発生が多くなってきたことは確かであるものの、欧米における程ではなく、運動負荷陽性所見の意義づけは慎重を要すると思われる。一つの解決法はわが国における運動負荷心電図と冠動脈造影所見との関係を調査することであるが、無症候の者に冠動脈造影を行う適応は米国においても限られており<sup>3)</sup>、多くは期待できぬであろう。このような現状を踏まえて、運動負荷心電図による潜在性冠動脈疾患の診断をどう体系づけるかは重要な問題であろう。

一方、Framingham Study, National Pooling Project, Stockholm Prospective Study など長期にわたる疫学調査は coronary risk factor として高血

圧、高コレステロール血症、耐糖能異常、心拡大、喫煙などをあげ、狭心症・心筋硬塞の発生にはこれらが multi-factorial に働くことが多いとし、high risk のものは low risk のものに比し冠動脈疾患の発生率が高いことを示した。この事実は運動負荷心電図による冠動脈疾患の診断に際して等閑に付することはできない。

著者らの成績は、運動負荷による ST 下降は危険因子と密接な関係があることを示した。それ故 high risk の陽性者は管理上、潜在性冠動脈疾患患者として扱うべきで

ある。また年齢・性により狭心症等の発生率が異なった。それ故、無症候の者に冠動脈造影を行うとすれば50歳未満の男性陽性者が対象となるであろう。ただし更に厳選するため、standing または hyperventilation test などを行う必要があるかも知れない<sup>4)</sup>。また50歳未満の女性陽性者は相当の high risk が存在しない限り、潜在性冠動脈疾患と診断することには問題が多いと考えられる<sup>5)</sup>。なお実数としてはむしろ陰性群に冠動脈疾患の発生が多い。これを可及的に少なくするため high risk の陰性者は冠動脈疾患罹患可能者として定期的に負荷試験を繰り返さし、いつから陽性化するかを確認することが必要である<sup>6)</sup>。

### 結 論

潜在性冠動脈疾患の診断において、運動負荷による ST 下降は少なくとも3つの要因、すなわち年齢、性、危険因子により評価されるべきである<sup>7)</sup>。

### 文 献

- 1) Kannel, W. B.: Some lessons in cardiovascular epidemiology from Framingham. *Am. J. Cardiol.* 37: 269, 1976.
- 2) 高橋直光: 第一回循環器学教育セッション資料, 1973.
- 3) Bristow, J. D., et al.: Report of the Ad Hoc committee on the indications for coronary arteriography. *Circulation* 55: 972A, 1977.
- 4) McHenry, P. L.: The actual prevalence of false positive ST-segment responses to exercise in clinically normal subjects remains undefined. *Circulation* 55: 683, 1977.
- 5) Redwood, D. R., et al.: Whither the ST segment during exercise? *Circulation* 54: 703, 1976.
- 6) Sheffield, L. T., et al.: The exercise test in perspective. *Circulation* 55: 681, 1977.
- 7) Takahashi, N.: How to use the exercise test in perspective in practice (to the editor). *Circulation* 56: 894, 1977.

# 循環器負荷研究会

第4回：昭和52年1月22日

於：赤坂プリンスホテル

## 〔第4回研究会〕

### 報 告

運動負荷心電図陽性者の長期予後 ..... 名古屋保健衛生大学 水野 康 (199)  
調査の集計結果