

運動負荷断層心エコー図法：
運動時の asynergy と冠動
脈病変との比較検討

Exercise two-dimen-
sional echocardiography:
Correlation between ex-
ercise induced asynergy
and coronary artery
lesions

高橋 啓美
戸次 久敏
古賀 義則
宇津 典彦
長田 浩司*
板家 守夫*
大北 泰夫*
板家 研一*
吉岡 春紀*
戸嶋 裕徳*

Hiromi TAKAHASHI
Hisatoshi BEKKI
Yoshinori KOGA
Fumihiko UTSU
Hiroshi NAGATA*
Morio ITAYA*
Yasuo OHKITA*
Kenichi ITAYA*
Haruki YOSHIOKA*
Hironori TOSHIMA*

Summary

Exercise two-dimensional (2-D) echocardiography was performed in patients with suspected coronary artery disease, and exercise induced left ventricular asynergy was evaluated qualitatively and was compared with the coronary artery stenosis and electrocardiographic ST changes. Subjects were 12 patients with angina of effort, 8 patients with spontaneous angina, 8 patients with chest pain syndrome with the normal coronary artery, and 7 patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM). Cases with myocardial infarction were excluded from this study.

1) Left ventricular asynergy during exercise was observed in 10 and ST depression in 11 of 12 patients with angina of effort. In patients with spontaneous angina, left ventricular asynergy and ST depression during exercise were observed in 2 of 8 patients without anginal pain, and both patients had coronary artery stenosis of 90% or more.

2) Exercise induced asynergy was also observed in 4 of 7 patients with HCM without coronary artery stenosis. It seemed likely that the markedly hypertrophied myocardium and impairment of left ventricular compliance and relaxation may induce relative myocardial ischemia.

久留米大学医学部 循環器病研究所
*同 第三内科
久留米市旭町 67 (〒830)

Institute of Cardiovascular Diseases, Kurume Uni-
versity, Asahi-machi 67, Kurume 830

Presented at the 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981
Received for publication January 30, 1982

3) No asynergy was detected in patients with chest pain syndrome. Therefore, anginal pain or ST depression during exercise in these patients was not supposed to be the manifestation of myocardial ischemia.

4) Exercise induced asynergy appeared in all patients who had coronary artery stenosis of 75% or more except 2 patients complicated with coronary artery spasm and patients with HCM. Consequently, stenosis of 75% or more would be appropriate as a criteria of significant coronary artery lesion. However, in patients with coronary artery stenosis of 50% or 75%, exercise induced asynergy appeared in only those who had multi-vessel diseases or coronary artery spasm. On the other hand, asynergy was induced in 18 of 19 patients with coronary artery stenosis of 90% or more. Therefore, stenosis of 90% or more seemed to be a coronary artery lesion which could consistently induce left ventricular asynergy during exercise.

5) In comparison with exercise electrocardiography, exercise 2-D echocardiography appeared to be superior in specificity (77.3% vs 50.0%) for the detection of coronary artery stenosis of 75% or more. This method was particularly useful in the differentiation of chest pain syndrome.

Key words

Exercise induced asynergy Coronary stenosis Angina of effort Chest pain syndrome
Hypertrophic cardiomyopathy

はじめに

心電図法は運動負荷時に発生する心筋虚血を評価する方法として、冠動脈疾患の診断に広く用いられているが、その sensitivity や specificity 等の診断率はそれ程高くない¹⁻¹¹⁾。その原因としては、通常有意とされる 75% 以上の冠動脈狭窄例の中には最大負荷時にも必ずしも酸素の需給バランスの破綻をきたし、心筋虚血に陥らない場合があることが考えられる。逆に偽陽性率が高い原因としては冠動脈は正常でも、種々の代謝や血行動態異常あるいはそのための相対的心筋虚血により、ST・T 波が変化しうるものが考えられよう。したがって心電図所見の診断率は本来冠動脈病変ではなく、心筋虚血そのものを基準にして検討されるべきものと考えられるが、現状で臨床的にこれを行うことはまず困難であろう。

我々は先に、運動負荷断層心エコー図法が冠動脈疾患において負荷中に生じた左室局所壁運動異常—asynergy—の観察に優れた方法であることを報告したが¹²⁾、これは心臓の電気現象を体表面で投影して記録している心電図法に比し、より直接的に心筋虚血を反映しているものと考えられる。

そこで本研究ではこの運動負荷断層心エコー図法を用いて 1) 負荷心電図法で偽陽性所見を示す胸痛症候群・肥大型心筋症の負荷中の左室壁運動を観察し、2) 狭心症例を用いて冠動脈狭窄の程度と負荷試験での asynergy の誘発率の関係を検討した。さらに 3) sensitivity, specificity 等の診断率を心電図法と比較し、運動負荷断層心エコー図の臨床的有用性につき検討した。

対象と方法

対象は虚血性心臓病の疑いで当科に入院し、冠動脈造影、左室造影を施行した 35 例(男性 29 例・女性 6 例)であり、心筋梗塞例は除外した。最終診断は労作性狭心症 12 例、安静狭心症 8 例、いわゆる胸痛症候群 8 例と運動時に胸痛や心電図の ST 低下が出現して冠動脈病変の合併が強く疑われた肥大型心筋症 7 例である。

運動負荷法は Siemens 製 ergometry system 380B を用いた臥位多段自転車エルゴメーター運動負荷法であり、負荷量は 20 watt より開始し 3 分ごとに 20 watt ずつ漸増させた。運動負荷終了は狭心痛や重症不整脈の出現、収縮期血圧の 10 mmHg 以上の低下、または目標心拍数 {(220—

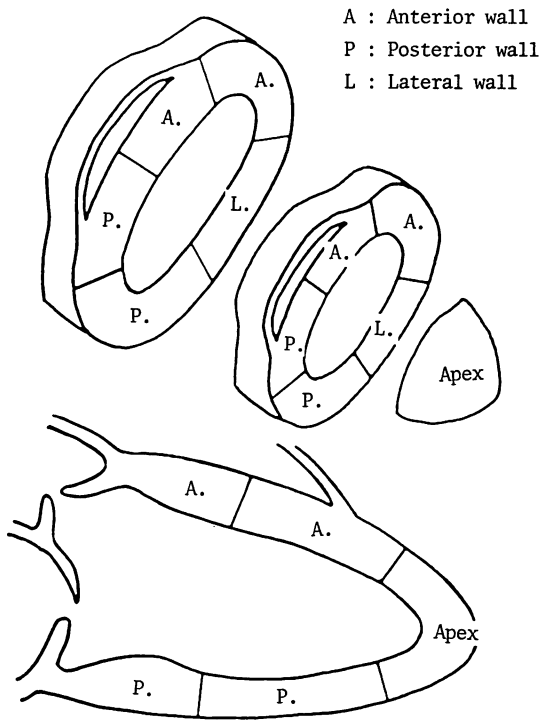


Fig. 1. Two-dimensional (2-D) echocardiographic views of the left ventricle used in this study.

Left ventricular wall is divided into three parts (anterior, posterior and lateral). The anterior half of the septum is included in the anterior part and the posterior half in the posterior part. Wall motion is judged to be normal or abnormally reduced and dyskinetic.

年齢) $\times 0.85$ }, および下肢疲労または息切れでもうそれ以上運動続行が困難と思われた時点とした。臥位運動中に毎分、血圧、心電図の記録とともに断層心エコー図法を用いて長軸断面、短軸断面を観察し、探触子を動かしてできるだけ左室全体の壁運動を記録できるように努力した。良好な断層図を得るために患者の体位は約 30° の半坐位でかつ約 30° の左側臥位とした。装置は東芝製電子扇型走査型超音波断層装置 SSH-11A を用い、ビデオテープに記録した。Asynergy の部位は、左室長軸・短軸像を Fig. 1 のように Feigenbaum

らの方法¹⁵⁾に準じて分割し、前壁部・側壁部・後壁部に大別して検討した。なお心室中隔は冠動脈支配領域を考慮して、さらに前方および後方中隔に分画し、前方中隔は前壁部に、後方中隔は後壁部に含ませた。Asynergy の評価は定性的に左室造影の asynergy の判読に準じて行い、normal, moderately reduced, severely reduced, none, dyskinetic に分類し、安静時 normal の部位に以上の明らかな壁運動異常が出現した場合を asynergy (+) と判定した。

心電図の記録は四肢誘導および超音波ビームの投入部位を避けた左胸部6誘導とし、主として V_{4R} , V_1 , V_2 , V_4 , V_6 , および背部の V_8 を用いた。心電図のST低下はRから、0.08 sec で計測し、0.1 mV 以上の低下を有意とした。安静時からSTが低下しており、それがさらに低下した場合は安静時からの偏位を計測し、安静時上昇していたSTが基線を越えて低下した場合は基線からの偏位を計測した。

冠動脈造影所見はAHAの分類に基づいて判定した。

結 果

Tables 1 & 2 に今回用いた症例の冠動脈造影所見、安静時および運動負荷時の心電図、断層心エコー図所見を示す。

Fig. 2 に運動負荷で前壁部に asynergy を来した1例 (Case 1) を示す。本例では冠動脈主幹部に50%の狭窄が認められ、断層心エコー図では安静時に asynergy は認められないが、運動負荷により前壁部に asynergy (none) が出現し、心電図ではII, III, aVF および V_{4-6} でSTが低下した。

Fig. 3 に疾患別にみた asynergy の出現頻度を示す。労作性狭心症では12例中10例に asynergy が出現した。Asynergy が出現しなかった2例中1例 (Case 4) は負荷中のSTも変化せず、他の1例 (Case 3) では負荷中の心電図で0.15 mV STが低下した。安静狭心症では8例中2例に

Table 1. Profiles of patients studied

Case	Age	Sex	Max. HR	End point	Coronary artery stenosis (%)			Exercise induced change	
					LAD	RCA	LCX	ST-depression	Asynergy
Angina of effort									
1	43	F	120	CP, BP ↓	50	—	50	II, III, F, V ₄₋₆	A
2	45	M	80	CP	99	100	99	V ₄₋₆	A+P
3	48	F	89	CP	99	—	—	V ₃₋₅	—
4	47	M	112	LW	75	—	—	—	—
5	59	M	83	CP	25	75	25	II, III, F, V ₅₋₆	P
6	46	M	111	CP, BP ↓	90	75	99	I, II, III, L, F, V ₃₋₅	A+L
7	54	M	92	CP	99	50	90	V ₅₋₆	A+L
8	56	M	120	CP, LW	25	50	—	II, III, F, V ₄₋₆	P
9	58	M	95	CP	90	99	90	II, III, F, V ₄₋₆	P+L
10	54	M	87	CP	90	100	—	II, III, F, V ₅₋₆	P
11	52	M	108	CP	90	—	—	III, F, V ₅₋₆	A
12	55	M	84	CP	90	75	75	II, III, F, V ₄₋₆	P
Spontaneous angina									
13	34	M	145	LW	25	25	25	—	—
14	52	M	109	LW, SOB	90	99	90	II, III, F, V ₅₋₆	A+P
15	63	F	135	THR	75	75	25	—	—
16	50	M	122	LW	—	25	—	—	—
17	43	M	105	SOB	90	—	25	V ₅₋₆	A
18	65	M	97	LW	—	25	—	—	—
19	57	M	121	LW	50	50	50	—	—
20	44	M	128	LW, SOB	—	—	—	—	—

LAD=left anterior descending coronary artery; RCA=right coronary artery; LCX=left circumflex coronary artery; CP=chest pain BP=blood pressure; LW=leg weakness; SOB=shortness of breath; THR=target heart rate; A=left ventricular anterior wall; P=left ventricular posterior wall; L=left ventricular lateral wall.

asynergy が出現した。この2例では負荷中に狭心痛はなかったが、心電図ではSTの低下が認められ、90%以上の冠動脈狭窄を有していた。胸痛症候群には正常冠動脈例5例、25%狭窄例1例、50%狭窄例2例を含み、負荷中の心電図では8例中5例にSTの低下が認められたが、asynergyの出現は全例に認められなかった。胸痛や負荷心電図でSTの低下が認められ、冠動脈病変の合併を疑われた7例の肥大型心筋症では、4例で主として心室中隔の肥大部位と一致してasynergyが出現したが、冠動脈は全例正常であった。

次に狭心症および胸痛症候群の28例を用いて、

冠動脈病変の程度と運動時のasynergyとの関係を検討した。まず、左前下行枝について見ると (Table 3), 25%狭窄以下の13例では2例のみにasynergyが出現したが、これは後壁部にみられ、ともに右冠動脈に75%狭窄があった。左前下行枝に50%または75%の狭窄がみられた5例では、1例にのみ前壁部にasynergyが出現したが、他の例にはasynergyの出現はみられなかった。この例はCase 1で左冠動脈主幹部に50%の狭窄があり、加えて冠動脈攣縮の合併が強く疑われた症例であった。左前下行枝に90%以上の狭窄がみられた10例では、asynergyの出現が前壁部に6例、後壁部に5例、側壁部に3例みられ、

Table 2. Profiles of patients studied

Case	Age	Sex	Max. HR	End point	Coronary artery stenosis (%)			Exercise induced change	
					LAD	RCA	LCX	ST-depression	Asynergy
Chest pain syndrome									
21	49	F	153	THR	—	50	—	I, II, III, F, V ₄₋₆	—
22	42	M	124	LW, SOB	—	—	—	—	—
23	54	M	104	LW, SOB	—	—	—	—	—
24	35	M	150	LW, SOB	—	—	—	II, III, F, V ₄₋₆	—
25	67	M	95	CP	50	—	50	V ₄₋₆	—
26	51	F	130	CP	—	—	—	II, III, F	—
27	39	M	138	LW	—	—	—	—	—
28	48	M	128	CP	25	25	—	II, III, F, V ₄₋₆	—
Hypertrophic cardiomyopathy									
29	49	F	135	CP	—	—	—	II, III, F, V ₄₋₅	A
30	44	M	118	SOB	—	—	—	II, III, F, V ₄₋₆	—
31	57	M	87	LW	—	—	—	V ₄₋₆	A
32	21	M	130	CP	—	—	—	—	A
33	58	M	100	LW	—	—	—	—	—
34	49	M	105	CP	—	—	—	—	—
35	56	M	136	CP	—	—	—	II, III, F, V ₃₋₅	A

Abbreviations; see Table 1.

asynergy が出現をみなかった例は1例のみであった。うち後壁部に asynergy が出現した5例中4例では、右冠動脈に90%以上、他の1例では75%の狭窄が認められた。また側壁部に asynergy が出現した3例では、全例が左回旋枝に90%以上の狭窄を有していた。

次に右冠動脈について検討すると (Table 4), 右冠動脈狭窄が25%以下の16例では3例のみに前壁部に asynergy が出現し、他の例には asynergy の出現はなかった。これらの3例中2例は前下行枝に90%以上の狭窄がみられ、残りの1例は左主幹部50%狭窄の Case 1 であった。右冠動脈に50%または75%の狭窄を有した8例では、後壁部に3例、前壁部に2例、側壁部に2例の asynergy の出現を認めた。このうち後壁部に asynergy が出現した3例中2例は冠動脈攣縮の合併が強く疑われた例であり、他の1例は左前下行枝に90%、左回旋枝に75%の狭窄を有する多

枝病変例であった。前壁部に asynergy が出現した2例では、ともに左前下行枝に90%以上の狭窄が認められ、側壁部に asynergy が出現した1例でも左回旋枝に90%以上の狭窄を認めた。

同様に左回旋枝について検討すると (Table 5), 左回旋枝狭窄が25%以下であった19例では、側壁部に asynergy が出現した例はなく、前壁部の3例、後壁部の3例に asynergy の出現を見たが、これらの例はおのおの左前下行枝や右冠動脈に90%以上の狭窄を有した例か、あるいは50%または75%の狭窄を有し、その上に冠動脈攣縮の合併を強く疑わせた症例であった。左回旋枝に50%または75%の狭窄を有した4例でも側壁部に asynergy が出現した例はなく、1例のみに後部壁部に asynergy が見られたが、この例も右冠動脈に75%の狭窄をみた例であった。左回旋枝に90%以上の狭窄がみられた5例では側壁部に3例、前壁部に4例、後壁部に3例と全例に asynergy

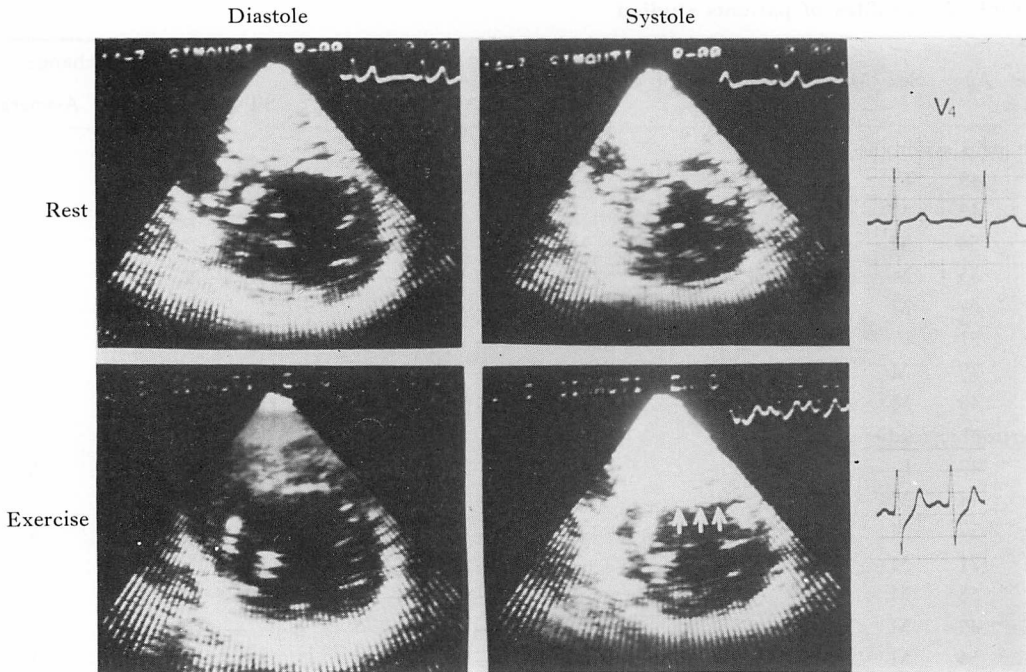


Fig. 2. 2-D echocardiographic and electrocardiographic findings of Case 1.

Exercise induced asynergy is detected in the anterior wall of the left ventricle (white arrows) and ST depression is observed in leads II, III, aVf and V₄₋₆.

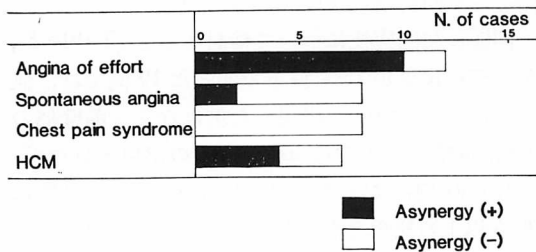


Fig. 3. Exercise induced left ventricular asynergy appeared in all patients with coronary stenosis of 75% or more except 2 patients complicated with coronary artery spasm and patients with HCM.

Exercise induced asynergy is observed in 4 of 7 patients with HCM without coronary stenosis. No asynergy is observed in patients with chest pain syndrome without coronary stenosis, who have anginal pain or ST depression on exercise.

の出現が見られた。このうち、前壁部、後壁部に asynergy を見た例では、おのおの左前下行枝、右冠動脈にも 90% 以上の狭窄の合併がみられた。

このように冠動脈狭窄の程度が強くなるにつれ、前下行枝病変例では前壁部の、左回旋枝病変例では側壁部の、右冠動脈病変例では後壁部の asynergy の出現頻度が増加し、同部がおのおの冠動脈の支配領域であるものと考えられた。

そこで3本の冠動脈の狭窄度とその支配領域の asynergy の出現頻度をまとめたのが Table 6 である。その結果、25% 以下の狭窄を有する冠動脈 48 本中、その支配領域に asynergy が出現した例はみられなかった。一方、90% 以上の狭窄を有する冠動脈 19 本では 13 例でその支配領域に asynergy が出現し、5 例で支配領域以外の部位に asynergy が見られ、asynergy を検出しえなかったのは 1 例のみであった。支配領域以外に asy-

Table 3. Severity of coronary artery lesions and exercise induced asynergy in patients with angina pectoris and chest pain syndrome ... LAD

Coronary artery lesions (LAD)	No. of cases	Asynergy (+)			Asynergy (-)
		Anterior	Posterior	Lateral	
~25%	13	0	2	0	11
50, 75%	5	1	0	0	4
90~%	10	6	5<4>	3[3]	1

< >=number of cases with RCA stenosis \geq 90%; []=number of cases with LCX stenosis \geq 90%.

Table 4. Severity of coronary artery lesions and exercise induced asynergy in patients with angina pectoris and chest pain syndrome ... RCA

Coronary artery lesions (RCA)	No. of cases	Asynergy (+)			Asynergy (-)
		Anterior	Posterior	Lateral	
~25%	16	3<2>	0	0	13
50, 75%	8	2<2>	3	2[2]	3
90~%	4	2<2>	4	1[1]	0

< >=number of cases with LAD stenosis \geq 90%; []=number of cases with LCX stenosis \geq 90%.

Table 5. Severity of coronary artery lesions and exercise induced asynergy in patients with angina pectoris and chest pain syndrome ... LCX

Coronary artery lesions (LCX)	No. of cases	Asynergy (+)			Asynergy (-)
		Anterior	Posterior	Lateral	
~25%	19	3<2>	3[1]	0	14
50, 75%	4	0	1	0	2
90~%	5	4<4>	3[3]	3	0

< >=number of cases with LAD stenosis \geq 90%; []=number of cases with RCA stenosis \geq 90%.

Table 6. Severity of coronary artery lesions and exercise induced asynergy in patients with angina pectoris and chest pain syndrome

Coronary artery lesions	No. of vessels	Asynergy (+)		Asynergy (-)
		Perfused area	Other area	
~25%	48	0	10	38
50, 75%	17	4	4	9
90~%	19	13	5	1

Table 7. Comparison of ECG and 2-D echocardiography during exercise

	Including HCM		Excluding HCM	
	2-D echo.	ECG	2-D echo.	ECG
Sensitivity	76.9	84.6	76.9	84.6
Specificity	77.3	50.0	86.6	53.3
Predictive accuracy	66.7	50.0	83.3	61.1

Significant coronary artery lesion: $\geq 75\%$ stenosis.

nergy が出現した 5 例中 4 例では, その領域の支配冠動脈にも 90% 以上のより重症の狭窄が見られ, 他の 1 例でも 75% の狭窄が見られた. 50% または 75% の狭窄を有した冠動脈 17 本では, その支配領域に asynergy が出現した例は 4 例であった. このうち 2 例は他枝にも 75% 以上の狭窄を有する多枝病変例であり, 2 例は冠動脈攣縮の合併が強く疑われた例であった. 支配領域以外の部位に asynergy が出現した 4 例では, 3 例にその部位の支配冠動脈に 90% 以上の狭窄がみられ, 他の 1 例でも 75% 狭窄を認めた.

そこで 75% の狭窄を有意の冠動脈狭窄として, 今回の対象例における運動負荷断層心エコー図法と運動負荷心電図法の冠動脈病変に対する診断率を検討した (Table 7).

狭心症, 胸痛症候群のみを用いて検討すると, 運動負荷断層心エコー図法は sensitivity 76.8%, specificity 86.6%, predictive accuracy 83.3% で, 運動負荷心電図法のそれ (84.6%, 53.3%, 61.1%) に比し specificity, predictive accuracy が高い方法であると考えられた. 肥大型心筋症を加えた場合にも同様の傾向が見られ, 運動負荷断層心エコー図法は specificity に優れ, 特に胸痛症候群との鑑別に有用であると考えられた.

考 案

心筋への酸素の供給が何らかの機序でその需要を満たせなくなり, 酸素の需要・供給バランスが破綻すると心筋は虚血に陥る. その結果, 心筋の代

謝が障害され機械的な収縮・拡張の障害や電気現象の異常が生じる. 従って, 心筋虚血を臨床的に観察する方法としては, 心筋の乳酸代謝や心エコー図・左室造影による左室壁運動あるいは心電図が用いられており, また最近では ^{201}Tl 心筋シンチグラフィが直接冠血流障害を検出する方法として注目されている. これらの方法のうちどれが運動負荷時の心筋虚血の検出に適した方法であるかは, おのおのが異なった角度から虚血を観察しているわけであり, 議論の分かれる所であるが, 左室壁動態の異常は心機能と直接関係しており, 臨床的には最も重要な所見といえよう. 本研究ではこの壁運動の異常を検出する方法として, 断層心エコー図法を用いたが, 本法を用いると実験的にも電気現象に先行して生じるとされる虚血時の機械的異常を心電図の ST 変化より先に検出することが確認されている¹²⁻¹⁴. また心筋肥大・心筋組織性状・電解質異常など色々な因子の影響を受ける心電図とは異なり, 左室の局所的な asynergy は負荷時に生じた心筋虚血に比較的特異的に対応するものと考えられる.

まず, 運動負荷時の左室 asynergy の出現頻度を疾患別に検討すると, 労作性狭心症では 12 例中 10 例で ST 低下とともに運動時に asynergy が出現した. Asynergy が出現しなかった 2 例のうち, 1 例に狭心痛とともに心電図の ST 低下を見た. この例は左前下行枝に 90% の狭窄を有する例で, 心尖部の観察が不十分であったために asynergy を見逃したと考えられ, 偽陰性例と考えられた.

一方, 今回用いた肥大型心筋症 (HCM) 7 例では, 冠動脈は全例正常であったが 4 例で運動中に ST が低下し, 4 例で狭心痛が出現し, 4 例に前壁部の asynergy が出現した. HCM では冠動脈は正常でも負荷中に ST が低下することはよく知られており, 著者らは以前よりこれらの例では負荷中に著明な左心機能低下を生じていることに注目してきた. また, 最近教室の緒方らは HCM で心房ペースング負荷中の乳酸代謝を検討し, ST

低下例では冠動脈は正常にもかかわらず乳酸産生に転ずる例が多いことを認め、これらの例では何らかの機序で心筋が虚血に陥っていることを示した¹⁶⁾。また、Pitcher らは ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィで HCM でも運動負荷により一過性の perfusion defect が見られることを報告している¹⁷⁾。彼らは HCM でも心筋肥大により酸素需要の増大に加えて、恐らくは左室 relaxation の障害や compliance 異常のため、労作時には冠血流量の低下をきたし、perfusion defect を生じたものと推測している。今回の結果もこれらの所見を支持し、ST 低下例では実際に左室の asynergy が生じ、このためにますます著明な左心機能低下をきたしているものと考えられた。

冠動脈が正常ないわゆる胸痛症候群で、負荷時に胸痛や ST 低下を来す機序については十分解明されていない。Opherk ら¹⁸⁾のようにこのような例では心房ペースティング中に乳酸の産生が見られたという報告も多いが、逆に Mammohansingh ら¹⁹⁾は安静時の心電図が正常であった例では心房ペースティングで乳酸産生は認められなかったと述べている。そして彼らは乳酸産生を来した例の多くに安静時の心電図に異常がみられ、冠動脈病変以外の心筋障害でも乳酸代謝異常を来しうることを示唆した。また、²⁰¹Tl や ¹³³Xe を用いた心筋シンチグラフィでも、胸痛症候群で運動負荷により perfusion abnormality を認めたとする報告と認められなかったとする報告が相半ばし、明確な結論は得られていない²⁰⁻²²⁾。我々の今回の検討では、胸痛症候群 8 例中 5 例において安静時には正常であった ST が、運動負荷により低下したが asynergy の出現した例はなく、左室はむしろ hyperkinetic に動く例が多く見られた。したがって本研究の結果からは、本症での胸痛や ST 低下は心筋虚血を反映した所見とは言い難いものと考えられた。

一般に有意な冠動脈病変として、50% 以上あるいは 75% 以上の狭窄が用いられている¹⁻¹¹⁾。これは coronary reserve が 30~45% の狭窄で減少し始め、88~93% の狭窄で消失するという

Gould らの報告など²³⁾の実験結果に基づくものであろう。しかし臨床的には安静時ではなく労作時の酸素の需給バランスが最も重要であり、したがって労作時にこれを破綻させ心筋虚血を招来する狭窄度が本来の有意性の基準とされるべきであろう。そこで本研究では心筋虚血の最も重要な反映と考えられる左室の asynergy を指標として、冠動脈狭窄度との関係を検討した。

まず冠動脈の支配領域を検討すると、冠動脈の狭窄度が増すにつれ、左前下行枝では前壁部、左回旋枝は側壁部、右冠動脈は後壁部にそれぞれ asynergy の頻度が増加し、これらの組み合わせがおのおのの冠動脈の支配領域として最も妥当であると考えられた。左回旋枝の支配領域を側壁部のみに限定することはその解剖学的走行や左回旋枝による梗塞例の asynergy の出現部位から考えて若干問題が残るものと考えられるが、今回は上記の組み合わせで冠動脈狭窄度とその支配領域での asynergy の出現頻度を検討した。その結果、冠動脈攣縮の関与が疑われた 2 例を除き、asynergy が出現した例では全例に 75% 以上の冠動脈狭窄が見られ、したがって 75% 以上の狭窄を有意とする考え方は、一応妥当なものと考えられた。しかし 75% 狭窄例 17 例では、多枝病変例や冠動脈攣縮の関与が示唆された 8 例にのみ asynergy の出現が見られたにすぎず、一方 90% 以上の狭窄では、19 例中 18 例に asynergy がみられ、確実に asynergy を来す狭窄度の基準としては 90% 以上の狭窄を用いるべきものと考えられた。心電図の ST 所見との関係を検討すると、asynergy を来した例では全例心電図でも ST が低下した。したがって心電図法は有意な狭窄度を 75% とした場合の冠動脈病変の診断法としては、それほど sensitive な方法といえないとしても、その結果生じる局所の asynergy そして恐らくは心筋虚血の検出には十分 sensitive な方法と考えられた。このように従来心電図偽陰性とされた大半の例には、冠動脈狭窄はあっても、実際には運動負荷でも心筋虚血が誘発されなかった例と考えられ、こ

の意味では偽陰性例でなく真の陰性例とも考えられよう。

最後に 75% 以上を有意な狭窄として運動負荷心電図法と断層心エコー図法による冠動脈病変の診断率を比較した。狭心症および胸痛症候群を対象とした場合には、運動負荷断層心エコー図法の sensitivity 76.9%, specificity 77.3%, predictive accuracy 66.7% は運動負荷心電図法のおおの 84.6%, 50.0%, 50.0% に比べて特に specificity が高く、また冠動脈病変の合併が疑われた肥大型心筋症を加えても同様の傾向であった。このように本法は胸痛症候群を鑑別できる点で、心電図法に比べ specificity に優れた方法と考えられ、虚血部の部位診断も可能であることも併わせて、臨床的に非常に有用な方法と考えられた。

要 約

断層心エコー図法を用いて、虚血性心臓病が疑われた患者 35 例 (心筋梗塞を除く) の臥位多段階自転車エルゴメーター運動負荷中の左室壁動態を観察し、以下の所見を得た。

1) 負荷時の左室 asynergy は狭心症のほかに冠動脈が正常な肥大型心筋症にもみられ、心筋の肥厚や compliance, relaxation 障害のための相対的な心筋虚血による所見と考えられた。

2) 胸痛や負荷時の ST 低下がみられるにもかかわらず、冠動脈が正常な胸痛症候群では負荷中 asynergy の出現はみられず、本症の胸痛や ST 低下は心筋虚血を反映する所見とはいえないものと思われた。

3) 狭心症および胸痛症候群では冠動脈攣縮が疑われた 2 例を除き、運動負荷により asynergy が出現した例では全例に AHA の基準で 75% 以上の狭窄が認められ、一般に用いられる 75% 以上を有意な狭窄とする基準に一致した。しかし 50% または 75% の狭窄で asynergy をみた例は冠動脈攣縮または多枝病変の合併例にのみであり、一方 90% 以上の狭窄では 95% に asynergy が出現した。したがって運動負荷によって確実に虚血を

きたすのは、90% 以上の狭窄と考えられた。

4) 75% 狭窄を有意として心電図法と比較した場合、断層心エコー図法は specificity に優れ、特に胸痛症候群を鑑別しうる点で有用と考えられた。

文 献

- 1) Schweitzer P, Jelinek VM, Herman MV, Gorline R: Comparison of the two step and maximal exercise test in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **33**: 797, 1974
- 2) Likoff W, Kasparian H, Segal BL, Forman H, Novack P: Coronary arteriography: Correlation with electrocardiographic response to measured exercise. *Am J Cardiol* **18**: 160, 1966
- 3) Mason RE, Likar I, Biern RO, Ross RS: Multiple lead exercise electrocardiography. *Circulation* **36**: 517, 1967
- 4) Roitman D, Jones WB, Sheffield LT: Comparison of submaximal exercise ECG test with coronary cineangiogram. *Ann Intern Med* **72**: 641, 1970
- 5) McHenry PL, Phillips JF, Knoebel SB: Correlation of computer-quantitated treadmill exercise electrocardiogram with arteriographic location of coronary artery disease. *Am J Cardiol* **30**: 747, 1972
- 6) Martin C, McConahay DR: Maximal treadmill exercise electrocardiography. Correlations with coronary arteriography and cardiac hemodynamics. *Circulation* **46**: 956, 1972
- 7) Sketch MH, Mohiuddin SM, Lynch JD, Zencka AE, Runco V: Significant sex differences in the correlation of electrocardiographic exercise testing and coronary arteriograms. *Am J Cardiol* **36**: 169, 1975
- 8) Borer JS, Brensike JF, Redwood DR, Itscoitz SB, Passaman ER, Stone NJ, Richardson JM, Levy RI, Epstein SE: Limitations of the electrocardiographic response to exercise in predicting coronary-artery disease. *N Engl J Med* **293**: 367, 1975
- 9) Goldschlager N, Selzer A, Cohn K: Treadmill stress tests as indicators of presence and severity of coronary artery disease. *Ann Intern Med* **85**: 277, 1976
- 10) Tonkon MJ, Miller RR, DeMaria AN, Vismara LA, Amsterdam EA, Mason DT: Multifactor evaluation of the determinants of ischemic elec-

- trocardiographic response to maximal treadmill testing in coronary disease. *Am J Med* **62**: 339, 1977
- 11) Kassebaum DG, Sutherland KI, Judkins MP: A comparison of hypoxemia and exercise electrocardiography in coronary artery disease. *Am Heart J* **75**: 759, 1968
 - 12) Takahashi H, Koga Y, Itaya M, Nagata H, Itaya K, Ohkita Y, Bekki H, Jinnouchi J, Utsu F, Toshima H: Detection of exercise induced left ventricular asynergy by two-dimensional echocardiography. *J Cardiography* **11**: 1193, 1981
 - 13) Battler A, Froelicher VF, Gallagher KP, Kenper WS, Ross J: Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during ischemia in the conscious dog. *Circulation* **62**: 735, 1980
 - 14) Upton MT, Rerych SK, Newmann GE, Port S, Cobb FR, Jones RH: Detecting abnormalities in left ventricular function during exercise before angina and STsegment depression. *Circulation* **62**: 341, 1980
 - 15) Heger JJ, Weyman AE, Wann LS, Dillon JC, Feigenbaum H: Cross-sectional echocardiography in acute myocardial infarction: Detection and localization of regional left ventricular asynergy. *Circulation* **60**: 531, 1979
 - 16) Ogata Y: Mechanism of ST depression during exercise in hypertrophic cardiomyopathy; Changes of myocardial lactate metabolism in atrial pacing. personal communication.
 - 17) Pitcher D, Wainwright R, Maisey M, Curry P, Sowton E: Assessment of chest pain in hypertrophic cardiomyopathy using exercise thallium-201 myocardial scintigraphy. *Br Heart J* **44**: 650, 1980
 - 18) Opherk D, Zebe H, Weite E, Mall C, Duerr C, Gravert B, Mehvel HC, Schwarz F, Kuebler W: Reduced coronary dilatory capacity and ultrastructural changes of the myocardium in patients with angina pectoris but normal coronary arteriograms. *Circulation* **63**: 817, 1981
 - 19) Mammohansingh P, Parker JO: Angina pectoris with normal coronary arteriograms; Hemodynamic and metabolic response to atrial pacing. *Am Heart J* **90**: 555, 1975
 - 20) Green LH, Cohn PF, Holman L, Adams DF, Markis JE: Regional myocardial blood flow in patients with chest pain syndrome and normal coronary arteriograms. *Br Heart J* **40**: 242, 1978
 - 21) Korhola O, Valle M, Frick H, Wiljasalo M, Rilhimaeki E: Regional myocardial perfusion abnormalities on xenon-133 imaging in patients with angina pectoris and normal coronary arteries. *Am J Cardiol* **39**: 355, 1977
 - 22) Meller J, Goldsmith SJ, Rudin A, Pichard AD, Gorlin R, Teichholz LE, Herman MV: Spectrum of exercise thallium-201 myocardial perfusion imaging in patients with chest pain and normal coronary angiograms. *Am J Cardiol* **43**: 717, 1979
 - 23) Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW: Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis. *Am J Cardiol* **33**: 87, 1974