

イソプロテレノール負荷心
エコー図法による冠動脈疾
患の診断

Isoproterenol infusion
stress two-dimensional
echocardiography in de-
tecting coronary artery
disease

鯨坂 隆一
藤田 享宣
松本 龍馬
飯田 啓治
小川 剛
松田 光生
杉下 靖郎
伊藤 巖

Ryuichi AJISAKA
Takanori FUJITA
Ryuma MATSUMOTO
Keiji IIDA
Takeshi OGAWA
Mitsuo MATSUDA
Yasuro SUGISHITA
Iwao ITO

Summary

Dynamic exercise two-dimensional (2-D) echocardiography has been utilized as a valuable method in the diagnosis of coronary artery disease (CAD). However, there are some limitations in this technique including inability to apply for patients whose physical capacity is limited. Moreover, appropriate echocardiographic recordings are frequently difficult because of bodily movements and/or hyperventilation during exercise. In order to overcome these limitations, we examined whether isoproterenol (ISP) infusion stress 2-D echocardiography could detect transient LV asynergy or not.

The subjects consisted of 19 cases with angina pectoris (AP), 16 with old myocardial infarction (OMI), nine with atypical chest pain syndrome and six with miscellaneous heart disease. ISP stress test was performed prospectively as follows: ISP was infused at a rate of 0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ until anginal pain occurred or significant ST depression (elevation) developed. Real time 2-D echocardiograms were obtained in the short-axis or apical RAO views of the LV before and every one minute during ISP infusion test. Coronary artery stenosis was considered to be present if the narrowing was 50% or more in the luminal diameter.

The results were as follows:

1. Adequate echocardiographic recordings were obtained in 86.1% of LV segments at rest, and in 82.2% during ISP infusion. Echocardiographic recordings during ISP infusion were feasible in almost all cases.

2. LV wall motion abnormalities were detected in 12 (86%) of the 14 subjects with OMI and

筑波大学臨床医学系 内科
茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 (〒305)

Department of Internal Medicine, Institute of
Clinical Medicine, University of Tsukuba, Sakura-
mura, Niihari-gun, Ibaraki 305

Presented at the 25th Meeting of the Cardiography Society held in Tokushima, October 9-10, 1982
Received for publication May 4, 1983

two (29%) of the seven subjects with AP at rest, while induced or exaggerated in nine (64%) of the 14 subjects with OMI and all of the 7 subjects with AP during ISP infusion. On the other hand, LV wall motion remained entirely normal during ISP infusion in 11 (92%) of the 12 subjects without CAD. In 4 (40%) of these 10 subjects without CAD, electrocardiographic judgements were positive in the ISP stress test.

3. None had hazardous arrhythmias or severe anginal pain.

ISP infusion stress 2-D echocardiography possessed feasibility of detecting LV wall motion abnormalities because this method could exclude difficulty of recordings due to bodily movements and/or hyperventilation seen in exercise echocardiography. Compared with ISP stress electrocardiography, 2-D echocardiography seemed to be superior with respect to the specificity in detecting CAD. In conclusion, ISP stress echocardiography is a safe and useful method in the diagnosis of CAD.

Key words

Isoproterenol infusion stress test

Coronary artery disease

Two-dimensional echocardiography

はじめに

冠動脈疾患における心筋虚血検出には、心電図上の ST-T 変化がもっとも一般的に用いられている指標であるが、その診断精度は必ずしも十分ではない¹⁻³⁾。一方、実験的にも⁴⁾、臨床的にも^{5,6)}、心筋虚血により左室局所壁動態の異常 (asynergy) が発現することが知られており、さらに asynergy は、心筋虚血によって ST-T 変化よりも早期に出現し、かつ偽陽性が少ないことから、より鋭敏な心筋虚血の指標とする報告もある^{7,8)}。

心筋虚血の誘発には運動負荷試験が広く用いられ、その有用性は十分知られているが、運動負荷は、高齢者、慢性閉塞性肺疾患、下肢運動器障害などで施行困難例があること、運動に伴う体動や過呼吸のため、心電図、心エコー図の記録が困難な場合があることから、かかる症例にも施行でき、かつ運動負荷と同程度、もしくはそれ以上の診断精度を有する負荷法があれば、臨床的に有用と考えられる。

イソプロテレンール (isoproterenol: ISP) は β 受容体刺激薬であり、心拍数増加、心収縮力増強作用などにより心筋酸素消費量を増加させるため、心筋虚血を誘発させる可能性があり、その有用性を認めた報告もみられる⁹⁻¹¹⁾。しかし、ISP 負荷による心電図上の虚血性変化を冠動脈造影所

見と対比検討した報告はなく、ISP 負荷により惹起される局所壁動態の変化について検討した報告もほとんどみられない¹²⁾。

本研究の目的は、ISP 静注により惹起される心電図および心エコー図上の虚血性変化により、冠動脈疾患を非観血的に診断し得るか否かを検討することにある。

対象と方法

対象は胸痛や心電図異常などから冠動脈疾患を疑われた 56 例であるが、ISP 負荷による心拍数の増加が安静時に比し 20% 未満の増加にとどまった 4 例は負荷が不十分と考えられたことから除外した。また安静時より心室性期外収縮を認め、負荷によりこれが多発した 1 例、負荷により完全左脚ブロックが発現した 1 例の計 2 例も、負荷時の壁動態評価が困難と考えられたため除外し、残る 50 例について、以下の検討を行った。

対象 50 例の年齢は 27~73 歳、平均 53.8 歳で、男性 32 例、女性 18 例である。50 例の最終診断は労作狭心症 14 例(男 10 例、女 4 例、35~70 歳)、安静狭心症 5 例(男 2 例、女 3 例、44~69 歳)、陳旧性心筋梗塞 16 例(男 14 例、女 2 例、37~69 歳、うち 4 例で労作狭心症を合併)、非定型的胸痛 9 例(男 2 例、女 7 例、27~62 歳)、その他の心疾患 6 例(男 5 例、女 1 例、30~73 歳)である。50 例中

35例に冠動脈造影を施行した。その内訳は、冠動脈に有意狭窄のないもの12例、一枝狭窄5例、二枝狭窄10例、三枝狭窄8例である。

ISP 負荷試験方法：患者を背臥位あるいは30度程度の左側臥人位とし、血圧、心電図(標準肢誘導, V_1, V_3, V_5)、超音波心断層図(cross-sectional echocardiogram: CSE, 断層法)を、安静時から負荷後10分まで1分ごとに記録した。心電図は持続的にモニターし、不整脈の発現に注意した。ISPは、毎分、体重あたり $0.02 \mu\text{g}$ を輸液ポンプを用いて正肘静脈より静注した。ISP負荷試験の終了点は狭心痛の発現あるいは有意のST偏位とした。有意のST偏位とは、J点より80 msecでの 0.1 mV 以上のST低下、またはJ点での 0.1 mV 以上のST上昇とした。狭心痛の発現もなく、ST偏位も示さなかった5例では、10分間でISP静注を中止した。

断層心エコー図は東芝製電子走査セクタースキャン型心断層装置(SSH-11A)を用い、左室短軸乳頭筋レベルまたは心尖部RAO方向にて記録した。一部の症例では、負荷を2回施行し、両方向で記録した。断層図の記録は呼吸位で呼吸を止めて、収縮末期・拡張末期像をポラロイドフィルムに撮影するとともに、ビデオテープに収録し、再生像より局所壁動態を定性的に評価した。

冠動脈造影および左室造影は負荷試験終了後、2週間以内に施行した。冠動脈造影はJudkins法またはSones法にて施行し、主要冠動脈枝の50%以上の狭窄を有意狭窄とした。冠動脈枝はAHAの分類により区分し、右冠動脈(RCA)のSeg. 1, 左冠動脈前下枝(LAD)のSeg. 6, 左冠動脈回旋枝(LCX)のSeg. 11を、それぞれ各冠動脈枝の近位部とし、他の部分を遠位部とした。左室造影(LVG)はRAO 30° 方向とLAO 60° 方向とを同時撮影し、左室壁動態を定性的に評価した。

左室壁の区分は諸家の報告を参照し¹³⁻¹⁵⁾, Fig. 1に示すごとく、以下の5区画に区分した。すなわち、断層図上、左室短軸乳頭筋レベルでは、前

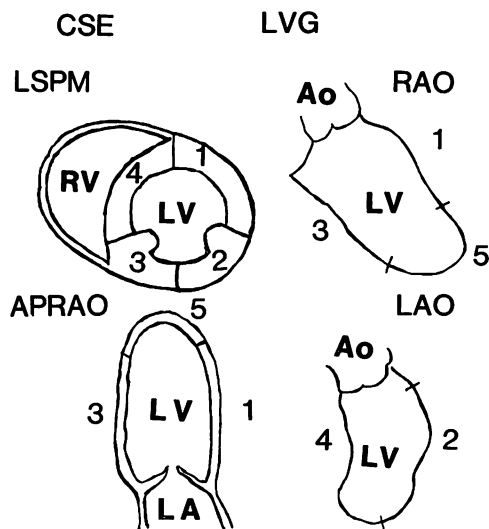


Fig. 1. Segmentation of left ventricular wall on cross-sectional echocardiograms (CSE) and left ventriculograms (LVG).

Segmentation of the left ventricle is indicated as follows: 1=anterior wall; 2=posterior wall; 3=inferior wall; 4=septum; 5=apex.

LSPM=short-axis view at the level of the papillary muscles of the left ventricle; RV=right ventricle; LV=left ventricle; APRAO=apical right anterior oblique equivalent view; LA=left atrium; Ao=aorta.

壁、後壁、下壁(後部中隔を含む)、中隔の4区画に区分し、心尖部RAO方向の断層像および左室造影RAO像は、前壁、心尖部、下壁の3区画に区分し、左室造影LAO像は、後壁、中隔の2区画に区分した。そして、各区画について、壁運動を、normokinesis, hypokinesis, akinesisおよびdyskinesisの4段階に評価した。なお、各検査の評価は、他の検査所見を知らない検査者が独自に求めた。負荷断層図法における判定基準は以下のごとく定義した。すなわち、断層図上、負荷により新たにasynergyが発現した場合、あるいは、安静時に認められたasynergyが、負荷により一段階以上増悪した場合を負荷断層図法陽性とした。

結 果

1. ISP 負荷試験による循環指標の変化

心拍数は, 安静時 69.2 ± 13.0 (mean \pm SD) より, 負荷終了時, 104.9 ± 20.3 へと, 平均 52% の増加を認めた ($p < 0.01$). 一方, 収縮期血圧は安静時 123.5 ± 18.2 mmHg より 130.8 ± 12.8 mmHg へと平均 6% 増加した ($p < 0.01$), 一方, 拡張期血圧は安静時 76.8 ± 8.8 mmHg より, 負荷終了時 71.0 ± 12.4 mmHg へと平均 8% 低下した ($p < 0.01$). 一方, 狭心痛の発現は 50 例 7 例 (14%) にのみ認めた. 心室性期外収縮は 11 例 (22%) に認めたが, 全経過を通じ 5 個以上認められたのは 3 例のみで, 連発あるいは多源性期外収縮, R on T などは認められず, 何らかの治療を要したものは 1 例もなかった.

2. 断層心エコー図法による左室各区画の検出率 (Table 1)

安静時における検出率は, Table 1 に示すごとくで, 各部位でほぼ同値, 全体では 86.1% であったが, 心尖部の検出率が, 他の部位より低かつ

た. 一方, 負荷時の検出率は全体では 82.2% であったが, 同様に心尖部では低率であった. 安静時に記録可能でありながら, 負荷時に記録しえなかったのは, 各区画とも 1~3 例にすぎず, 負荷中の記録は容易であった.

3. 断層心エコー図法による左室壁運動評価の妥当性

安静時における断層図法の左室壁運動評価に対する妥当性を, 左室造影のそれと対比検討した (Table 2). 全体としての一致率は 118 区画のうち 95 区画 (81%) であった. 造影上正常な壁運動を示した 81 区画のうち 77 区画 (95%) は断層図上も正常壁運動を呈した. 造影上 asynergy を認めた 37 区画のうち 28 区画 (76%) では, 断層図法でも同程度の asynergy を認めた. 不一致の程度は, 1 例を除き, 一段階以内に留まり, その多くは hypokinesis にまつわるものであった.

4. 負荷断層心エコー図法および心電図法の冠動脈疾患に対する診断精度 (Table 3)

陳旧性心筋梗塞 14 例のうち 12 例 (85.7%) で, 安静時に asynergy を認めた. 一方, 負荷断層図

Table 1. The rate of detection of each segment

	Anterior	Septum	Inferior	Posterior	Apex	Total
REST	89.6%	88.9%	89.6%	86.5%	72.7%	86.1%
ISP	87.5%	83.3%	83.3%	83.8%	69.7%	82.2%

REST=at rest; ISP=during isoproterenol infusion stress; Anterior=anterior segment; Inferior=inferior segment; Posterior=posterior segment.

Table 2. Comparison between left ventricular wall motion abnormalities detected by cross-sectional echocardiography (CSE) and those by left ventriculography (LVG)

		LVG (REST)				Total
		Dyskinesis	Akinesis	Hypokinesis	Normokinesis	
CSE (REST)	Dyskinesis	1	2	0	0	3
	Akinesis	1	2	2	0	5
	Hypokinesis	0	5	15	4	24
	Normokinesis	1	0	8	77	86
	Total	3	9	25	81	118

Ninety-five segments display a concordant finding between LVG and CSE (81% of a total of 118 segments).

Table 3. Correlation of cross-sectional echocardiographic and electrocardiographic findings during ISP test with coronary arteriographic findings

CAD	Asynergy		Total
	+	-	
+	16 (76%)	5 (25%)	21
-	1 (8%)	11 (92%)	12

CAD	ISP-ECG		Total
	Positive	Negative	
+	16 (76%)	5 (25%)	21
-	4 (40%)	6 (60%)	10

CAD (+)=luminal narrowings of 50% or more in at least one major coronary arterial branch; CAD=coronary artery disease; ISP=isoproterenol infusion stress.

法陽性例は 14 例中 9 例 (64.3%) であった。また非梗塞例については、冠動脈疾患を有する労作狭心症 7 例の中で、安静時に asynergy を認めたのは 2 例 (29%) にすぎなかったが、全例が負荷陽性であった。したがって冠動脈疾患を有する 21 例中 16 例 (76%) で負荷陽性であった。一方、冠動脈疾患を有しない例についてみると、安静時には 12 例中 2 例 (16.7%) で asynergy を認めたが、2 例とも負荷による asynergy の増強を認めず、左室壁全体の hypokinesis を認め、最終的には拡張型心筋症と診断された。一方、12 例中 11 例 (91.7%) で負荷陰性であった。

心電図所見についてみると、冠動脈疾患を有する 21 例中 16 例 (76%) にて、有意の ST 偏位を認めた。他の 12 例では、脚ブロックのため判定しえない 2 例を除くと、10 例中 6 例 (60%) で有意の ST 偏位を認めなかった。

すなわち、冠動脈疾患の診断に関する sensitivity は、今回の検討では、両方法とも 76% と一致した。しかし、specificity については、断層図法では 92% と良好であったのに対し、心電図法では 60% と低かった。

Table 4. Relationship between left ventricular asynergy induced or exaggerated by isoproterenol infusion and the locations of coronary artery lesion responsible for the asynergy

Coronary: stenosis	Asynergy		Total	
	+	-		
LAD	+	13 (81%)	3 (19%)	16
	-	4 (31%)	9 (69%)	13
LCX	+	3 (33%)	6 (67%)	9
	-	2 (12%)	15 (88%)	17
RCA	+	8 (80%)	2 (20%)	10
	-	2 (11%)	16 (89%)	18

LAD=left anterior descending artery; LCX=left circumflex artery; RCA=right coronary artery. Regional wall motion abnormalities of anterior and septal walls are considered to correspond to LAD lesions. Abnormalities of posterior and inferior walls are regarded as LCX and RCA lesions, respectively.

5. Asynergy と冠動脈病変との関連

冠動脈の狭窄部位と、その灌流域に相当する部位の ISP 負荷時 asynergy との関連について検討した (Table 4)。このさい、LAD と前壁または中隔、LCX と後壁、また RCA と下壁が対応するとした。LAD の狭窄と前壁または中隔の asynergy の関係を見ると、LAD に有意の狭窄を認めた 16 例中 13 例 (81%) に asynergy を認め、LAD に狭窄を認めなかった 13 例中 9 例 (69%) で asynergy を認めなかった。正常冠動脈で asynergy を認めた 4 例中 2 例は拡張型心筋症と考えられた。LCX の狭窄と後壁の asynergy の関係を見ると、LCX に有意の狭窄を認めた 9 例のうち、わずかに 3 例 (33%) にのみ asynergy を認めた。LCX に有意の狭窄を認めながら asynergy を認めなかった 6 例のうち 5 例は LCX 遠位部の狭窄であった。LCX に有意の狭窄を認めなかった 17 例中 15 例 (88%) で asynergy を認めなかった。RCA に有意の狭窄を認めた 10 例のうち、8 例 (80%) で下壁の asynergy を認め、狭窄を認めな

Table 5. Relation between the location of CAD and severity of left ventricular asynergy

Severity of asynergy	Proximal lesions	Distal lesions
Dyskinesia	3 } 15 (65%)	0 } 1 (10%)
Akinesia		
Hypokinesia	5 } 8 (35%)	4 } 9 (90%)
Normokinesia		
Total	23	10

Proximal lesions of the LAD, LCX and RCA indicate stenosis proximal to the origin of the first septal branch, obtuse marginal branch and anterior right ventricular branch, respectively.

かった18例のうち, 16例(89%)で asynergy を認めなかった。

以上の関係を, さらに近位部狭窄と遠位部狭窄にわけて検討した (Table 5). Dyskinesia ないし akinesia を呈した16区画のうち, 15区画(94%)が, 近位部狭窄に対応していた。残り1区画のみが遠位部狭窄と対応していたが, 中隔の一部に局限した akinesia であった。一方, 近位部狭窄を有する血管の灌流する23区画のうち, 15区画(65%)で dyskinesia ないし akinesia を認めたが, 遠位部狭窄を有する血管の灌流する10区画については, 1区画(10%)のみ高度の asynergy を認めた。さらに, 冠動脈の狭窄の重症度と asynergy の重症度との関連について検討した (Table 6). Akinesia 以上の高度の asynergy を呈した13区画のうち, 11区画は90%以上, 2区画は75%以上の狭窄に対応し, 75%未満の狭窄では, 高度の asynergy との対応を認めなかった。しかし, 75%以上の狭窄があっても, 2例では正常壁運動を認めた。

6. 症例呈示

症例 1: 57歳, 男性

胸痛発作を主訴とする正常冠動脈例である。ISP 負荷時, 心電図上は有意の ST 低下を認めたが, 断層心エコー図上は, 安静時, 負荷時とも

Table 6. Correlation between severity of CAD and that of asynergy

Severity of asynergy	Severity of coronary lesions (%)			
	>90	>75	≥50	<50
Dyskinesia	3	0	0	0
Akinesia	8	2	0	0
Hypokinesia	4	1	3	1
Normokinesia	1	1	4	6
Total	16	4	7	7

Dyskinesia or akinesia are present only in cases with coronary artery stenosis of more than 75%.

asynergy を認めなかった (Fig. 2).

症例 2: 35歳, 女性

労作狭心症例である。断層心エコー図上, 安静時には正常壁運動を示した (Fig. 3). 左室造影でも asynergy を認めなかった。ISP 負荷により胸痛発作を生じ, 心電図上, V₃, V₅ にて ST 低下を認め, 断層図上も前壁に asynergy を認めた (Fig. 3). 冠動脈造影においては, LAD の近位部 (No. 6) に 99% の狭窄を認めた。

考 接

冠動脈疾患の診断を目的として, 従来より種々の負荷試験が行われてきた。そのなかで, 運動負荷心エコー図法は非観血的な方法であり, しかも real time に心室壁動態を観察しうる点で, 冠動脈疾患の診断法として有用性が高いとの報告がなされてきた¹⁶⁻²²⁾。その負荷法としては, 等尺性負荷を用いたものもある²⁰⁾が, 大部分は動的負荷が用いられている。しかし運動負荷心エコー図法にはいくつかの制約がある。すなわち, 冠動脈疾患患者の多くは高齢者であり, 十分な運動負荷を施行することが困難な症例が少なくない。また, 慢性閉塞性肺疾患や下肢の運動器障害を合併している症例についても, 同様の困難がある。一方, 運動負荷が可能な症例であっても, 高齢, 肺気腫, 肥満などのため, 明瞭な超音波像を得られない症例があり, さらに運動に伴う体動, 過呼吸, 頻脈

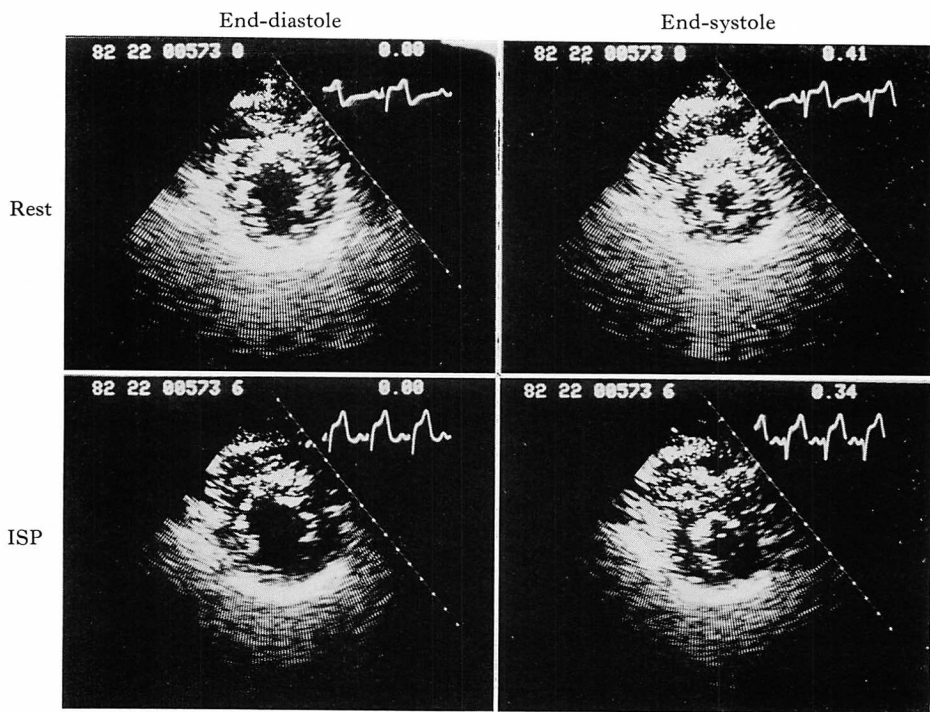


Fig. 2. Cross-sectional echocardiograms of Case 1.

Left ventricular asynergy is not induced by ISP test in spite of significant ST depression.

などが、明瞭な超音波像を得る上で障害となっている。後者の困難性を克服するため、特殊な負荷tableを用いたり²²⁾、体位を左30°側臥位にする²¹⁾などの工夫がなされ、検出率を向上させている施設もあるが、それでも負荷中の心エコー図記録には、かなりの熟練が要求される。こうした運動負荷心エコー図法にまつわる制約をふまえて、運動以外の負荷による心筋虚血の検出を目的として、ISP負荷心エコー図法を施行した。ISP負荷は、運動負荷に比し、心エコー図記録という点からみると容易であった。その理由としては、第一に呼吸を停止して記録できるため、呼吸の影響を除外しうること、第二に、体動の影響が全くないこと、第三に、撮影するにあたって体位に制約をうけることなく、もっとも明瞭に撮影できる体位をとらせることができることなどがあげられる。今回の結果をみても、左室各区画の検出率が、安静時と負

荷時とでほとんど差がなく、安静時に良好な記録が得られるならば、大部分の症例でISP負荷時にも記録が容易であることが示された。

ISP負荷試験は、本剤の有する強力な陽性変力および変時作用による心筋酸素消費量の増大が心筋虚血を誘発させることを目的として施行されてきた。木村ら¹⁰⁾は25例の狭心症を対象として、ISP負荷試験およびMaster二階段試験を施行し、狭心痛の発現、有意のST変化の出現のいずれについても、前者での陽性率が高かったと報告した。蔵本らはISP負荷試験における心電図所見と剖検時の冠動脈病変とを対比し、ISP負荷心電図法が冠動脈疾患に対する診断能の高いことを報告した¹¹⁾。すなわち、ISP負荷心電図法は、運動負荷心電図法と少なくとも同程度の冠動脈疾患の診断精度を有することが示唆された。しかし、ISP負荷心エコー図に関する報告は、これま

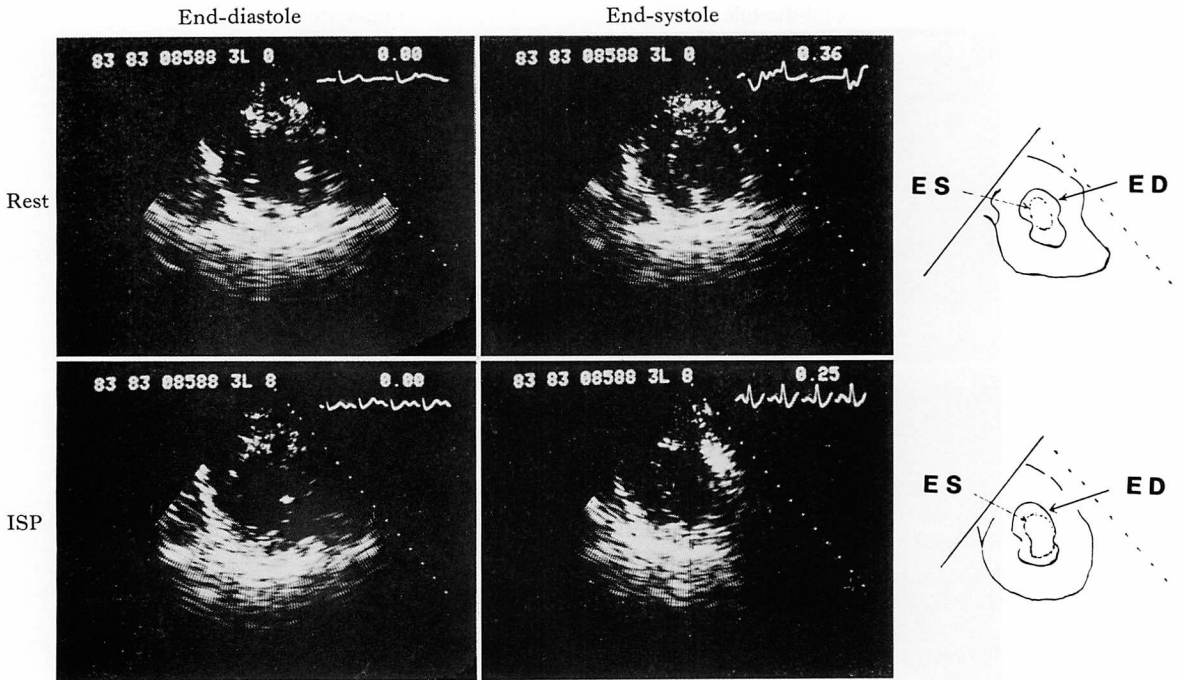


Fig. 3. Cross-sectional echocardiograms and the schematic diagrams of Case 2.

Left ventricular asynergy is revealed by ISP test in the anterior segment. This case has LAD lesions on the coronary angiograms.

で、ほとんどなされていない¹²⁾。

急性の心筋虚血のさいには、局所壁運動の異常が心電図上の ST-T 変化より早期に出現し、偽陰性が少ないとする報告がある^{7,8)}。ISP 負荷においても、断層心エコー図による局所壁運動評価が、心電図による判定よりも鋭敏に心筋虚血を検出する可能性が考えられた。事実、両診断法は sensitivity においては一致していたが、specificity では断層法の方がより優れていた。正常冠動脈例における負荷心電図上の“虚血性”変化の機序については議論のあるところであり、心筋虚血に起因する可能性も十分考えられるが、少なくとも冠動脈狭窄の有無に関する specificity は、負荷心電図法よりも ISP 負荷断層心エコー図法が優れており、いわゆる胸痛症候群の診断により有用と考えられる。高橋らも、運動負荷断層心エコー図法を用いた検討により、この方法が心電図法よ

り冠動脈疾患診断における specificity が高かったと報告している²¹⁾。

断層法における左室局所壁運動評価の精度を確かめるために、本研究では左室造影のそれと対比検討した。両者が同時に施行されてはいないこと、断層法の短軸像は左室造影の断面とは異なることなどから、両者の比較には困難な面もあるが、安静時に関する両者の評価は、ほぼ一致していた。両者の大幅な不一致例は、左室造影で dyskinesia と判定し、断層法で正常壁運動と判定した症例であるが、この症例は心尖部を中心に dyskinesia を認めた症例であり、左室造影では diaphragmatic segment の心尖部よりが dyskinesia と判定されたが、posterobasal segment は正常壁運動であった。一方、心エコー図は左室短軸乳頭筋レベルで記録したため、左室造影における diaphragmatic segment の心尖部寄りの dyskinesia

を見落してしまったことも考えられる。しかし、本症例は、冠動脈造影上、RCA は正常冠動脈であり、LCX も No. 13 に 50% 狭窄を認めるのみで、下壁の asynergy を説明しうる高度の冠動脈狭窄所見がみられないことから、この部位を正常壁運動とする断層図上の判定は、冠動脈疾患の診断には問題がなかったと考えられる。本例の diaphragmatic segment の心尖側の異常運動は、心尖部の dyskinesis による tethering による可能性がある。

Asynergy の発現部位よりの冠動脈狭窄の部位の推定は、LAD 狭窄と前壁、前部中隔の asynergy、RCA 狭窄と下壁については比較的良好的な対応を認めたが、LCX 狭窄と後壁の asynergy との対応は悪かった。Lenaers らは負荷心筋シンチグラフィを用いて、シンチ所見と CAD との対比を行っているが、彼らの報告でも LCX 狭窄については 49% の感度で、LAD や RCA 狭窄に比し悪かった²³⁾。さらに今回の対象は、LCX 狭窄に関しては遠位部狭窄が多かったことも、不一致の一因と考えられる。また一般に冠動脈の灌流範囲は個々の症例において多様であり、super-dominant な LAD が下壁と後壁の一部を灌流することもあり、LCX と RCA については dominance の問題もある。さらに側副血行の有無、さらにはその発達程度なども心筋虚血の発現に影響すると考えられる。筆本らも、同様の理由から、心筋シンチグラム所見より、冠動脈狭窄部位の推定が可能なのは、前壁対 LAD のみと述べている²⁴⁾。

本試験は一般には危険性が高いと考えられているが、これを安全に施行するためには、以下の点に注意しなければならない。すなわち、心室性頻拍の既往歴を有するものや心室性期外収縮の多発例はもちろん、心筋梗塞の急性期(発症より2ヵ月以内)、心室瘤のある患者、僧帽弁逸脱症候群のある患者など、重篤な心室性不整脈をおこす危険性を有する症例は対象より除外すべきである。ことに特発性の心室性頻拍症では、極めて微量の

ISP 静注により心室性頻拍症が誘発されるといわれており、対象の選択には十分な注意が必要であろう。また、大動脈弁狭窄症では ISP 注入により急激な低血圧を起こす可能性があり、注意を要する。注入量の問題としては、我々の約 150 例の経験では、0.04 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ までの注入速度では重篤な心室性不整脈の発現を認めなかったもので、この程度の注入量とすべきであろう。また、心室性頻拍などの危険な不整脈は ISP 注入中に認められるとは限らず、注入中止後数分にして突然起こることがあり、したがって ISP 注入中止後も最低 30 分間は心電図をモニターする必要がある。また除細動器などの救急セットを standby させておくことは当然である。以上の点に注意して施行するかぎり、本負荷試験では、危険な不整脈や重篤な狭心発作の発現もなく、安全に施行しうる方法と考えられる。

要 約

運動負荷断層心エコー図法は、冠動脈疾患の診断上、有用であることが報告されているが、運動負荷施行困難例には適用できず、体動や過呼吸のため断層心エコー図(CSE)の記録の困難な症例が少なくない。この点を解決するために我々はイソプロテレノール(ISP)静注による負荷試験を施行し、ISP 負荷 CSE 法の臨床的有用性について検討した。

対象は 50 例であり、その最終診断は、労作狭心症 14 例、安静狭心症 5 例、陳旧性心筋梗塞 16 例、非定型的胸痛症候群 9 例、その他の心疾患 6 例である。ISP 負荷の方法は、ISP を 0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{分}$ にて静注し、負荷の終点は、狭心痛の発現または有意の ST 偏位の出現とした。負荷試験中、1 分ごとに、血圧、心電図、CSE の記録を行った。CSE は左室短軸乳頭筋レベルまたは心尖部 RAO 方向にて記録した。上記検査終了後 2 週間以内に冠動脈造影を施行した。冠動脈造影上、50% 以上の狭窄を有意とした。

1. CSE による左室各区画の検出率は安静時

86.1%, 負荷時 82.2% であり, 負荷により記録困難となる症例はほとんどなかった。

2. 冠動脈疾患 21 例のうち, 安静時には陳旧性心筋梗塞 14 例中 12 例(86%), 労作狭心症 7 例のうち 2 例(29%) に asynergy を認め, 負荷時には陳旧性心筋梗塞 9 例(64%), 狭心症 7 例全例に asynergy の発現ないし増悪を認めた。一方, 冠動脈疾患のない 12 例中 11 例(92%) で asynergy を認めなかった。心電図上は, 冠動脈疾患のない 10 例のうち 4 例(40%) で負荷陽性の所見を認めた。

3. 重篤な不整脈, 狭心発作は認めなかった。

ISP 負荷 CSE 法は, 体動, 呼吸の影響を受けないため, 運動負荷 CSE 法に比し記録が容易であり, 負荷心電図法に比し, 特異性において優れていた。以上より, ISP 負荷 CSE 法は, 安全性が高く, 運動負荷施行困難例にも利用でき, 臨床に適用出来る方法と考えられた。

超音波の記録および資料の整理に御協力いただいた当院機能検査部の稲葉 武氏に深謝します。

文 献

- 1) Likoff W, Kasparian H, Segel BL, Forman H, Novack P: Coronary arteriography. Correlation with electrocardiographic response to measured exercise. *Am J Cardiol* **18**: 160, 1966
- 2) Borer JS, Brensike JF, Redwood DR, Itscoitz SB, Passamani 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
- 3) Tonkon MJ, Miller RR, DeMaria AN, Vismiera LA, Amsterdam EA, Mason DT: Multifactor evaluation of the determinants of ischemic electrocardiographic response to maximal treadmill testing in coronary disease. *Am J Med* **62**: 339, 1977
- 4) Tennant R, Wiggers CJ: The effect of coronary occlusion on myocardial contraction. *Am J Physiol* **112**: 351, 1935
- 5) Borer JS, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Epstein SE, Johnston GS: Real-time radionuclide cineangiography in the noninvasive evaluation of global and regional left ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary-artery disease. *N Engl J Med* **296**: 839, 1977
- 6) Bailey IK, Griffith LSC, Rouleau J, Strauss HW, Pitt B: Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest and during exercise. Comparative sensitivity to electrocardiography in coronary artery disease. *Circulation* **55**: 79, 1977
- 7) Upton MT, Rerych SK, Newmann GE, Port S, Cobb FR, Jones RH: Detecting abnormalities in left ventricular function during exercise before angina and ST segment depression. *Circulation* **62**: 341, 1980
- 8) Battler A, Froelicher VF, Gallagher KP, Kemper WS, Ross J Jr: Dissociation between regional myocardial dysfunction and ECG changes during ischemia in the conscious dog. *Circulation* **62**: 735, 1980
- 9) Combs DT, Martin CM: Evaluation of isoproterenol as a method of stress testing. *Am Heart J* **87**: 711, 1974
- 10) Kimura E, Ushiyama K, Kikuchi H, Mabuchi G: Diagnosis of angina pectoris by intravenous infusion of isoproterenol. *J Jap Soc Intern Med* **57**: 644, 1968 (in Japanese)
- 11) Kuramoto K, Matsushita S, Mifune J, Sakai M, Murakami M: Electrocardiographic and hemodynamic evaluations of isoproterenol test in elderly ischemic heart disease. *Jpn Circ J* **42**: 955, 1978
- 12) 新田政男, 鯨坂隆一, 丹羽明博, 谷口興一: イソプロテレノール負荷による血行動態と心エコー図. *日超医講演論文集* **40**: 367, 1982
- 13) Kisslo JA, Robertson D, Gilbert BW, Ramm O, Behar VS: A comparison of real-time, two-dimensional echocardiography and cineangiography in detecting left ventricular asynergy. *Circulation* **55**: 134, 1977
- 14) Ohuchi Y, Kuwako K, Umeda T, Machii K: Real-time, phased-array, cross-sectional echocardiographic evaluation of left ventricular asynergy and quantitation of left ventricular function. A comparison with left ventricular cineangiography. *Jpn Heart J* **21**: 1, 1980
- 15) Ohsugi J, Yamamoto S, Hirai M, Hirayama H, Shiki K, Kinoshita J, Hiraiwa K, Takatsu F, Ishikawa H, Nagaya A: A correlation between left ventriculography and ultrasonic cardiography in cases of ischemic heart disease. *J Cardio-raphy* **10**: 1169, 1980 (in Japanese)
- 16) Ajisaka R, Fujiwara H, Niwa A, Iizumi T, Taniguchi K, Takeuchi J: Effect of supine bicycle

- ergometer exercise on left ventricular wall motion in patients with effort angina: An echocardiographic study. *J Cardiography* **9**: 511, 1979 (in Japanese)
- 17) Wann LS, Faris JV, Childress RH, Dillon JC, Weyman AE, Feigenbaum H: Exercise cross-sectional echocardiography in ischemic heart disease. *Circulation* **60**: 1300, 1979
 - 18) Maurer G, Nanda NC: Two dimensional echocardiographic evaluation of exercise-induced left and right ventricular asynergy: Correlation with Thallium scanning. *Am J Cardiol* **48**: 720, 1981
 - 19) Morganroth J, Chen CC, David D, Sawin HS, Naito M, Parrotto C, Meixell L: Exercise cross-sectional echocardiographic diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol* **47**: 20, 1981
 - 20) Mitamura H, Ogawa S, Hori S, Yamazaki H, Handa S, Nakamura Y: Two dimensional echocardiographic analysis of wall motion abnormalities during handgrip exercise in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **48**: 711, 1981
 - 21) Takahashi H, Bekki H, Koga Y, Utsu F, Nagata H, Itaya M, Ohkita Y, Itaya K, Yoshioka H, Toshima H: Exercise two-dimensional echocardiography: Correlation between exercise induced asynergy and coronary artery lesions. *J Cardiography* **12**: 347, 1982 (in Japanese)
 - 22) Sugishita Y, Koseki S: Dynamic exercise echocardiography. *Circulation* **60**: 743, 1979
 - 23) Lenaers A, Block P, van Thiel E, Lebedelle M, Becquevort P, Erbsmann E, Ermans AM: Segmental analysis of Tl-201 stress myocardial scintigraphy. *J Nucl Med* **18**: 509, 1977
 - 24) Fudemoto Y, Yoshino K, Hirobe K, Kobayashi T, Fujimoto J, Yamagami T, Toyama S: Evaluation of myocardial imaging with thallium-201 and invasive methods in ischemic heart diseases. *Kokyu to Junkan* **26**: 57, 1978 (in Japanese)