

急性心筋梗塞症における僧
帽弁三角波エコー：臨床的
ならびに実験的検討

Echocardiographic tri-
angular patterns of the
mitral valve in acute
myocardial infarction:
A clinical and experi-
mental study

谷本 眞穂
山本 忠生
斉藤 良夫
安富 栄生
巻幡 修三
木村 道
古出 隆士
河合 喜孝
岩崎 忠昭
依藤 進

Masaho TANIMOTO
Tadao YAMAMOTO
Yoshio SAITO
Nagao YASUTOMI
Shuzo MAKIHATA
Susumu KIMURA
Takashi KOIDE
Yoshitaka KAWAI
Tadaaki IWASAKI
Susumu YORIFUJI

Summary

Echocardiographic study was performed on the mitral valve echogram in cases with clinical as well as experimental acute myocardial infarction (AMI).

The echocardiograms were recorded in 88 patients with AMI within 7 days from the onset. In 8 patients (9%), an abnormal monophasic triangular diastolic pattern of the mitral valve was observed. Among them, 6 were examined within 12 hours after the onset and the remainder 2 within 24 hours. In all 8, markedly prolonged isovolumic relaxation time (IRT) was present.

Mitral valve motion, IRT and peak negative dp/dt of the left ventricle were examined in 5 mongrel dogs following obstruction of the main left coronary artery, one of which was followed up for next 24 hours. Following coronary occlusion, the IRT progressively prolonged from the control value of 20 msec to 130 msec (15 min), 130 msec (30 min), 140 msec (1 hr), 150 msec (6 hr) and 160 msec (24 hr), respectively. The respective values of peak negative dp/dt were 2,000, 800, 840, 840, and 620 mmHg/sec.

The possible explanation for these changes was the impaired active relaxation of the left ven-

兵庫医科大学 第一内科
西宮市武庫川町 1-1 (〒663)

The First Department of Internal Medicine, Hyogo
College of Medicine, Mukogawa-cho 1-1, Nishino-
miya 663

Presented at the 22nd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 25-26, 1981
Received for publication May 15, 1981

tricle, resulting in a delayed opening (or at least the lack of usual diastolic opening) of the mitral valve, which gave an abortive E-point or a markedly delayed D point.

We conclude that the diastolic monophasic triangular pattern of the mitral valve echogram is a reflection of the prolonged left ventricular isovolumic relaxation, and an index of impaired left ventricular diastolic relaxation.

Key words

Acute myocardial infarction Echocardiographic triangular pattern of the mitral valve Isovolumic relaxation time (IRT) Peak negative dp/dt

はじめに

心エコー図において、正常者の拡張期僧帽弁前尖の運動は左室拡張の開始とともに、左房から左室への急速な血流により形成される大きな E 波と、拡張末期に心房収縮により形成される A 波との 2 峰性 M 型を呈する。一般的に頻脈時には、拡張期の短縮により E と A 波が融合するため、僧帽弁エコーは一相性三角波となると考えられている¹⁾。しかし、我々は頻脈の影響とは考えられない僧帽弁一相性三角波エコーを、急性心筋梗塞症の極めて早期の記録に認め、それは発症に近いほど高率に認めた。その僧帽弁一相性三角波エコーの発生の意義と機序について検討を試みた。

臨床的検討

1. 対象と方法

心筋梗塞症の急性期(発症より 7 日まで)に僧帽弁エコーを記録した 91 例で、判読不能の 3 例を除いた 88 例について検討した。

使用した装置は、Aloka 製 SSD 90 または 110, 東芝製 01A の M モード装置で、記録はポラロイドフィルムまたはストリップチャートに、50 mm/sec または 100 mm/sec の紙送り速度で記録した。

2. 結果

急性心筋梗塞症における僧帽弁一相性三角波エコーが出現する頻度の時間的経過を検討した。その結果を **Table 1** に示す。僧帽弁一相性三角波エコーを認めたのは 88 例中 8 例 (9.1%) であっ

Table 1. The incidence of a triangular pattern of the mitral valve















Echocardiographic feature	Triangular pattern	Non triangular pattern	Total
Times after the onset			
Within 12 hours	6	1	7
From 12 to 24 hours	2	7	9
After 24 hours	0	72	72
Total	8	80	88

た。8 例中 6 例 (75%) は発症より 12 時間以内に記録した症例で、8 例中 2 例 (25%) は 12~24 時間の間の記録で、24 時間以後の記録には 1 例も認められなかった。また 12 時間以内に記録した症例は 7 例で、一相性三角波エコーを認めたのは 7 例中 6 例 (85%) であった。12~24 時間の間に記録したのは 9 例で、一相性三角波エコーを認めたのは、9 例中 2 例 (23%) であった。

このように、心筋梗塞症における僧帽弁一相性三角波エコーは、発症に近いほど高率に認められ、心筋梗塞症の極めて急性期の血行動態を示す一指標となる可能性が示唆された。

Table 2 は僧帽弁一相性三角波エコーを呈した 8 例の、経過による変化を示したものである。一相性三角波エコー出現時には、全例弁開放開始は心電図 P 波より遅れ、等容拡張期 isovolumic relaxation time (IRT) の延長を認めた。経過観察できた 6 例において、時間経過より **Figs. 1, 2** の症例に示すごとく、弁開放開始は早くなり、それとともに僧帽弁エコーは 2 峰性 M 型となった。

Table 2. The changes of a triangular pattern of the mitral valve

Case No.	Age & Sex	Times after onset	Echocardiographic feature
1	57 M	12 hours	
2	51 M	5 hours	
3	74 M	1 hours	
		24 hours	
4	54 M	12 hours	
		4 months	
5	73 M	18 hours	
		5 days	
6	68 M	6 hours	
		3 days	
7	76 M	3 hours	
		3 days	
8	82 M	10 hours	
		2 days	

症例 1: 76 歳男性で、急性広範囲前壁中隔心筋梗塞例の僧帽弁エコーの経過を Fig. 1 に示した。(A) は、発症 3 時間に記録した僧帽弁エコーで、僧帽弁の開放は図示したごとく、心電図 P 波より遅れ、ゆっくりとした開放から急速な開放へと続く一相性三角波エコーを呈していた。(B) は、発症 2 日後の僧帽弁エコーで、まだ弁開放開始点は心電図 P 波より遅れており、一相性三角波であった。心音図 II 音より僧帽弁開放開始点までの時間、等容拡張期 (IRT) は 140 msec と延長を

示していた。(C) は、発症 3 日後の僧帽弁エコーで、弁開放開始は早くなり、心電図 P 波より早くなり、IRT は 80 msec と正常よりは延長しているが、2 カ月後よりは短縮傾向を示し、僧帽弁は E 波が出現して 2 峰性 M 型となった。

症例 2: 82 歳男性で、急性広範囲前壁心筋梗塞症例の僧帽弁エコーの経過を Fig. 2 に示した。(A) は、発症 10 時間に記録した僧帽弁エコーである。図示したごとく、僧帽弁開放開始点は心電図 P 波より遅れ、IRT は 70 msec と延長し一相性三

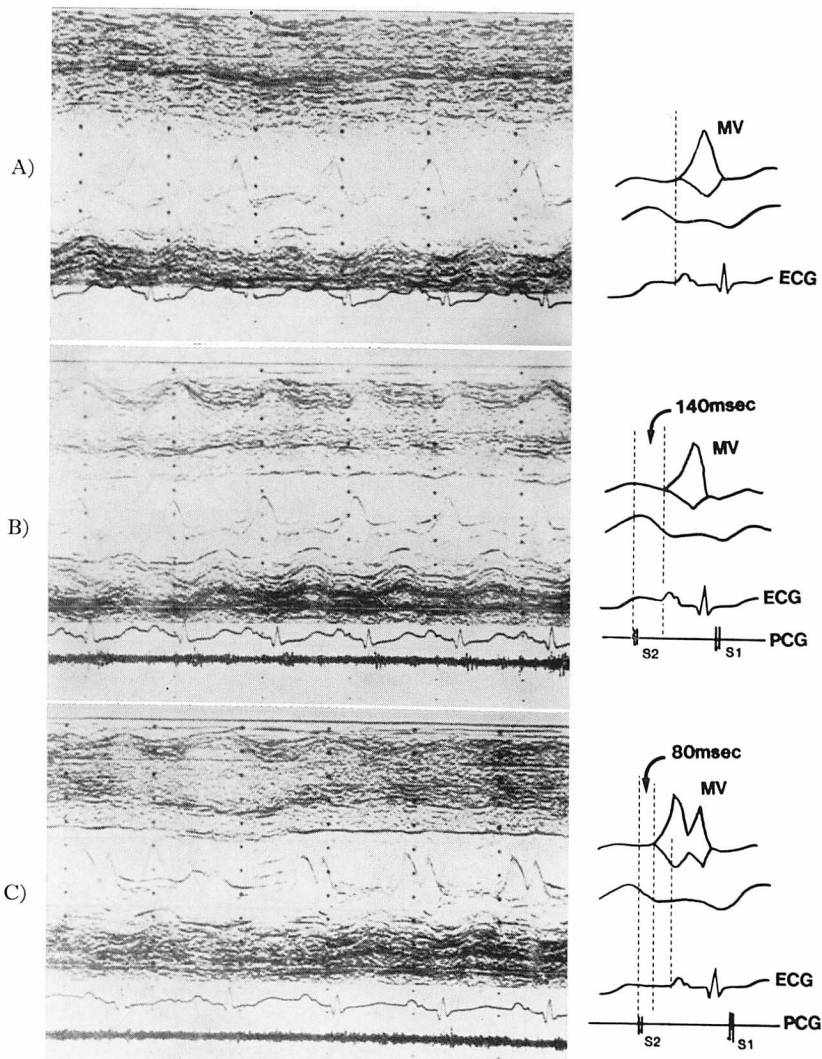


Fig. 1. Echocardiograms of the mitral valve in Case 7.

Panel A is the echocardiogram recorded 3 hours after the onset of infarction and shows a triangular pattern. The opening of the mitral valve is delayed. Panel B is the echocardiogram recorded 2 days after the onset and shows the triangular pattern. Panel C is the echocardiogram recorded 3 days after the onset and shows the M-shaped pattern. The opening point of the mitral valve is earlier in timing.

MV=mitral valve; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram; S₁=first heart sound; S₂=second heart sound. The same abbreviations are used in the following figures.

角波エコーであった。(B)の2日後の記録では、僧帽弁開放開始は心電図P波より早くなり、IRTは50 msecと短縮傾向を示し、僧帽弁エコー

は2峰性M型となった。(C)は7日後の記録でIRTは30 msecとさらに短縮を示し、僧帽弁開放開始点は心電図P波より早くなり、2峰性

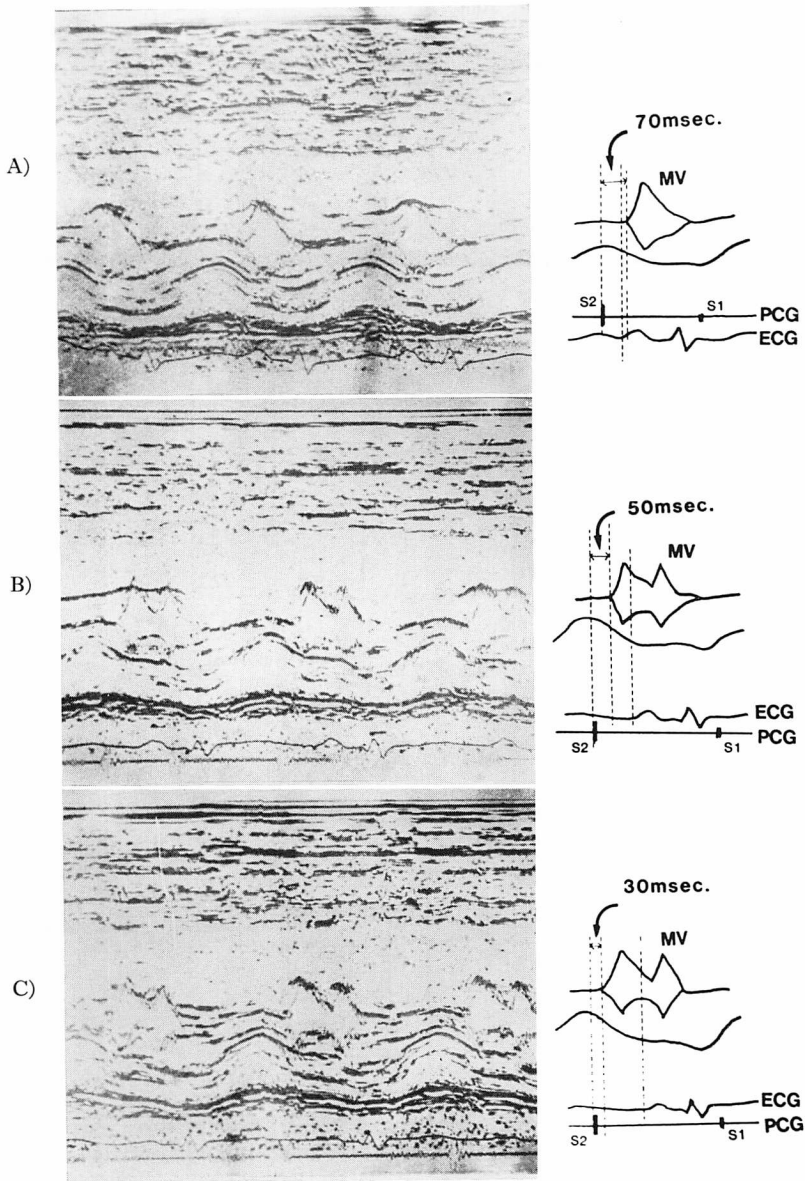


Fig. 2. Echocardiograms of the mitral valve in Case 8.

Pannel A is the echocardiogram recorded 10 hours after the onset and shows a triangular pattern. The opening of the mitral valve is delayed. Pannel B is the echocardiogram recorded 2 days after the onset and shows the M-shaped pattern. The opening point of the mitral valve is earlier in timing. Pannel C is the echocardiogram recorded 7 days after the onset and shows the M-shaped pattern.

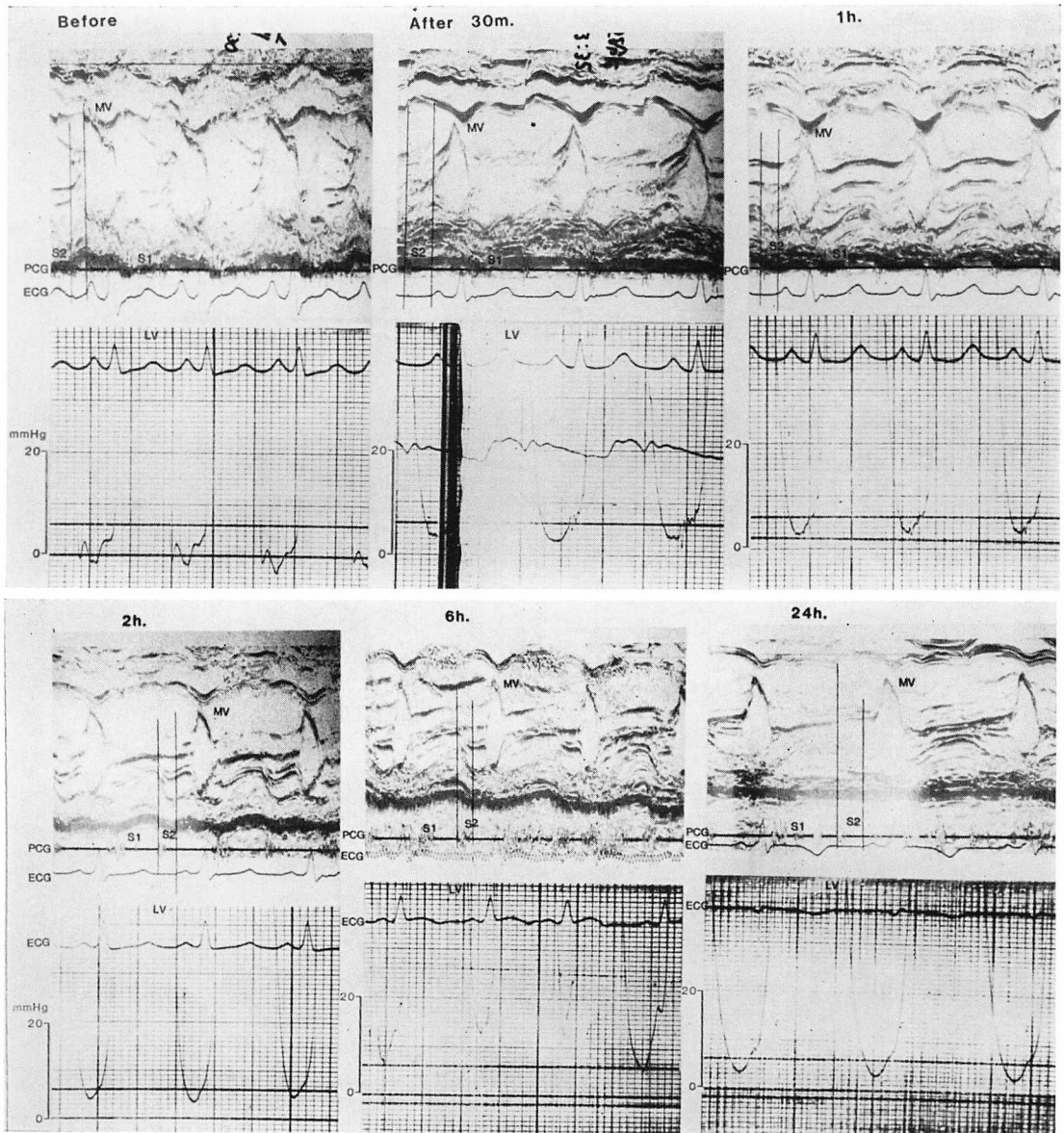


Fig. 3. Echocardiograms of the mitral valve and left ventricular pressure curves in experimental acute myocardial infarction.

The echocardiogram of the mitral valve shows the M-shaped pattern before occlusion of the coronary artery and the triangular pattern thereafter. In left ventricular pressure curve negative dp/dt decreases simultaneously.

LV=left ventricular pressure curve.

M型となった。

実験的検討

臨床的検討より、僧帽弁一相性三角波エコーは左室 IRT が延長するために出現し、急性心筋梗塞症のごく早期の血行動態を示す一所見ではないかと推測したが、この僧帽弁一相性三角波エコーの出現の意義、および機序を解明するために実験的検討を試みた。

1. 対象と方法

雑種成犬を用い、ペントバルビタール 30 mg/kg にて麻酔し、人工呼吸器にて呼吸管理した。心筋梗塞は特製のカテーテルを左頸動脈より挿入し、左冠動脈前下行枝起始部にてバルーンを膨らませ、非開胸的に心筋梗塞を作成した。5頭に心筋梗塞を作成したが、24時間の経過観察ができたのは一頭のみであった。僧帽弁エコーは、イヌを特製の台上にのせ、右側臥位にして記録した。左室内心圧波を僧帽弁エコーと同時に記録、心拍出量も同時に測定した。僧帽弁エコーおよび左室内心圧波は、ストリップチャートに 100 mm/sec の速度で記録した。

2. 結果

Fig. 3 は実験的に作成した心筋梗塞の僧帽弁エコーおよび左室内心圧波形を経時的に記録したものである。冠動脈閉塞前においては、僧帽弁エコーは2峰性 M 型で、弁開放開始点は心電図 P 波より早く、IRT は 20 msec であった。左室拡張終期圧 2 mmHg であった。左室内心圧下降脚最大勾配を peak negative dp/dt として測定すると、2,000 mmHg/sec であった。閉塞後 30 分には僧帽弁エコーは一相性三角波となり、弁開放開始は遅れ IRT は 120 msec と延長を示した。しかし、まだ弁開放開始は心電図 P 波より早期であった。Peak negative dp/dt は 840 mmHg/sec と低下を示し、左室拡張終期圧は 7 mmHg と上昇した。閉塞 1 時間後には僧帽弁エコーは一相性三角波で、弁の開放開始点はさらに遅れ、心電図 P 波より遅れ IRT は 130 msec と延長した。Peak

negative dp/dt は 840 mmHg/sec と低下し、左室拡張終期圧は 8 mmHg と上昇を示した。

Fig. 3 下段は閉塞後 2 時間、6 時間、24 時間の僧帽弁エコー、左室内心圧波形を示す。2 時間後には、僧帽弁エコーは一相性三角波であり、弁開放開始点は心電図 P 波より著明に遅れ、IRT は 150 msec とさらに延長を示している。左室 peak negative dp/dt は 620 mmHg/sec と低下し、左室拡張終期圧は 10 mmHg と上昇した。6 時間後もやはり僧帽弁エコーは一相性三角波であり、弁開放開始点は心電図 P 波より遅れ、IRT は 140

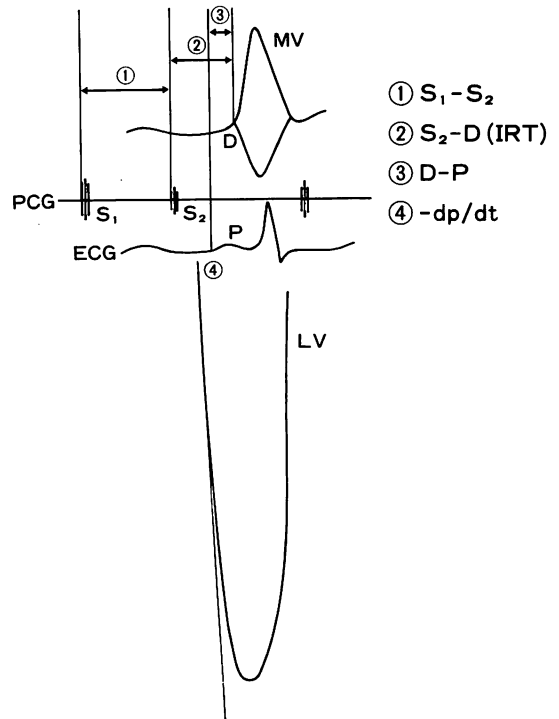


Fig. 4. Diagrammatic tracings of the echocardiogram of the mitral valve, electrocardiogram (ECG), phonocardiogram (PCG) and left ventricular pressure curve (LV).

The S_1 - S_2 interval, S_2 -D interval (IRT), D-P interval and negative dp/dt ($-dp/dt$) are calculated from these tracings.

D=opening point of the mitral valve; P=P wave of the electrocardiogram.

msec と延長し, 左室 peak negative dp/dt は 840 mmHg/sec と低下し, 左室拡張終期圧は 18 mmHg と著明に上昇した. 24 時間後にはやはり僧帽弁エコーは一相性三角波であるが, 弁開放開始点は 6 時間後までに比べて心電図 P 波に近づき, IRT は 160 msec であった. 左室 peak negative dp/dt は 620 mmHg/sec と低下しているが, 左室拡張終期圧は 8 mmHg と改善を示した.

以上のごとく実験的心筋梗塞症においても, 僧帽弁一相性三角波エコーを作成できた. この僧帽弁エコーの変化と血行動態の変化を対比するため, Fig. 4 に示した指標を計測し, その時間的経過を検討した. 1) 心音 I ~ II 音までの時間

(S₁-S₂). 2) II 音から僧帽弁開放点 D までの時間, すなわち等容拡張時間 (IRT). 3) 僧帽弁開放点 D より心電図 P 波までの時間 D-P (interval). 4) 左室心内圧波下降脚最大勾配: peak negative dp/dt の各指標を計測した. IRT, D-P, S₁-S₂ は心拍数の影響を除外するため, IRT, S₁-S₂ は $\sqrt{R-R}$ で除し, S₁-S₂ は Weissler の式で補正 (S₁-S_{2c}) した.

Fig. 5 に IRT/ $\sqrt{R-R}$, (D-P)/ $\sqrt{R-R}$, S₁-S_{2c}, peak negative dp/dt に加え, 左室拡張終期圧 (LVEDP), 心係数 (C.I.) の経過による変化を示した.

(D-P)/ $\sqrt{R-R}$ は閉塞前では +0.9 で, 閉塞後 15 分には +0.2 と心電図 P 波に近づき, 30 分には

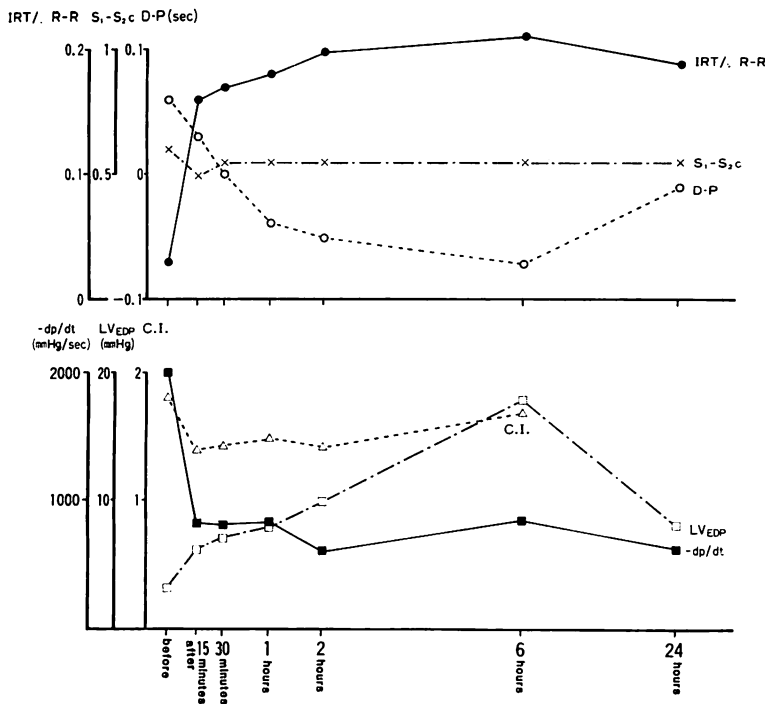


Fig. 5. Changes of IRT/R-R, S₁-S_{2c}, D-P, -dp/dt, LVEDP, C.I. before and after coronary occlusion.

IRT=isovolumic relaxation time; R-R=R-R interval of the electrocardiogram; S₁-S_{2c}=S₁-S₂ rate-corrected by Weissler's formula; S₁-S₂=S₁-S₂ interval of the phonocardiogram; -dp/dt=negative dp/dt of the left ventricular pressure; LVEDP=left ventricular end diastolic pressure; C.I.=cardiac index.

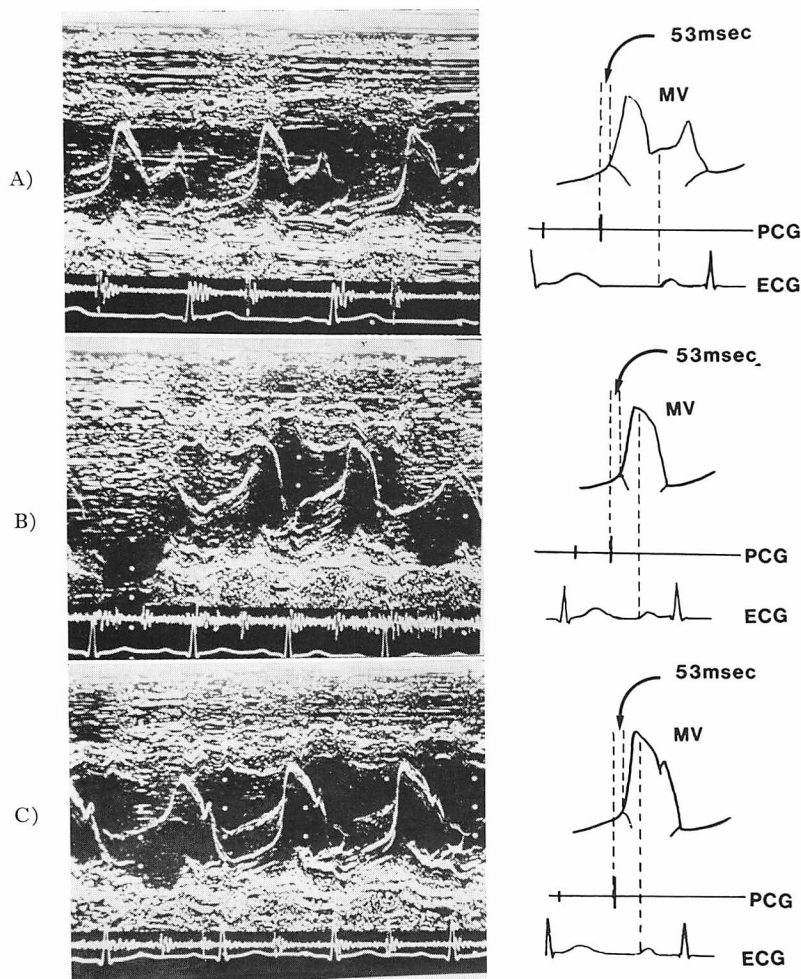


Fig. 6. Changes of the mitral valve echo by heart rate.

Panel (A) is the echocardiogram before exercise and shows the M-shaped pattern. Heart rate is 80/m. IRT is 53 msec. Panel (B) is the echocardiogram during exercise and shows the triangular pattern. Heart rate is 120/m. IRT is 53 msec. Panel (C) is the echocardiogram after exercise and shows the M-shaped pattern. Heart rate is 90/m. IRT is 53 msec.

-0.2 となり心電図 P 波より遅れ、以後 6 時間後まで次第に P 波より遅れを示した。しかし、24 時間後には逆に -0.1 となり P に近づいた。IRT/

$\sqrt{R-R}$ は閉塞前では 0.03 であったが、閉塞 15 分後には 0.16 と延長し、その後徐々に延長し 6 時間後に 0.21 となり、最も延長を示した。そして、

24時間後には0.19と逆に短縮傾向を示し、(D-P)/ $\sqrt{R-R}$ と相関した変化を示した。S₁-S_{2c}は閉塞前、後において有意の変化は示さなかった。Peak negative dp/dtは閉塞前では2,000 mmHg/secであったが、閉塞15分後には950 mmHg/secと著明に低下し、以後24時間後まで同様の低下が持続した。左室拡張終期圧は閉塞前は2 mmHgであり、閉塞15分後には6 mmHgとなり、その後徐々に上昇し6時間後には18 mmHgと最も上昇、24時間後には8 mmHgと改善傾向を示した。C.I.は閉塞前が1.85であったが、閉塞15分後には1.4と低下し、2時間後には1.45と同程度の低下を示したが、6時間後には1.75とほとんど閉塞前まで回復を示した。

考 察

急性心筋梗塞症の僧帽弁エコーを検討したところ、僧帽弁一相性三角波エコーを心筋梗塞症の極めて急性期に認めた。僧帽弁一相性三角波エコーの出現時、各症例とも弁開放開始点は心電図P波より遅れ、IRTは著明延長していた。そしてIRTは経過とともに短縮改善し、それとともに僧帽弁エコーは2峰性M型を呈した。

IRTを左右する因子として、心筋弾性低下が重要な因子とされており²⁻⁴⁾、宮武ら²⁾、梅田ら³⁾は、虚血性心疾患において心筋特性の変化により、左室弛緩速度が低下し、IRTが延長、また反対に左房圧上昇により短縮するとしている。

我々の検討においては、経過とともにIRTが短縮し僧帽弁エコーが一相性三角波から2峰性M型に変化するの、経過により左室弛緩能が改善するためと左房圧が上昇するためといった両者の原因が考えられる。

実験的検討では、左室終期圧は閉塞後次第に上昇し、6時間後に最も上昇し、24時間後には改善傾向を示した。にもかかわらず、IRTは閉塞後次第に延長、6時間後に最も延長を示し、24時間後には短縮傾向を示しており、IRTの変化は左房圧上昇の影響は少なく、IRTの変化は左室弛緩

能の変化がおもな因子であることが示唆された。

同時に測定した左室 peak negative dp/dt は、閉塞前には2,000 mmHg/secであったが、閉塞15分後には950 mmHg/secと著明に低下し、24時間後まで低下を示した。

左室 peak negative dp/dt は左室弛緩能の指標と考えられており⁵⁻¹⁰⁾、Matheyら⁷⁾も我々の実験的検討と同様に、実験的梗塞により peak negative dp/dt が著明に低下することを報告している。

このように、急性心筋梗塞症の極めて急性期においては、左室弛緩能が強く障害され、peak negative dp/dt の低下によりIRTが延長することが考えられる。そして、僧帽弁一相性三角波エコーは peak negative dp/dt の低下によるIRTの延長により出現すると考えられ、臨床上、左室弛緩能を示す重要な所見と考えられる。

我々が検討した心筋梗塞症における僧帽弁一相性三角波エコーは、左室弛緩能の強い障害により、拡張早期の左室への血流が障害され、弁開放が著明に遅れるためと考えられるが、拡張早期の左室への血流が障害されるため、E波が消失し代償性に増強した心房収縮により出現したA波のみの所見か、E波と増強したA波が融合した所見か現在のところ不明であり、今後の検討を要する。

我々が示した心筋梗塞症における僧帽弁一相性三角波エコーと、頻脈によりAとE波が融合した三角波エコーとの鑑別が必要である。Fig. 7に示したごとく、正常若年男子に運動負荷することにより、頻脈とした時の僧帽弁エコーの変化を検討した。(A)にみられるごとく、負荷前では心拍数80/分で、僧帽弁エコーは2峰性M型であるが、(B)においては心拍数は120/分の頻脈となり、僧帽弁は一相性三角波となっている。(C)は負荷後30秒であるが、心拍数は90/分で僧帽弁エコーは2峰性に回復している。そして負荷前、負荷中、負荷後においてII音から僧帽弁開放開始までの時間(IRT)はそれぞれ53 msecであり、

心拍数が変化しても IRT には変化はみられず、心筋梗塞症における一相性三角波が著明な IRT の延長を示した所見と明らかに異なっている。このように、急性心筋梗塞症において、左室拡張早期弛緩能の障害により IRT が延長するために出現する僧帽弁一相性三角波エコーと頻脈による三角波エコーとは、IRT の延長の有無で明らかに鑑別できると考える。

僧帽弁一相性三角波エコーの報告は、Mashiro ら¹¹⁾の、重症高血圧性心不全にみられた1例と、Feigenbaum ら¹²⁾の肺高血圧例にみられた1例の計2例のみである。Mashiro らは心房収縮増強の所見であり、左室コンプライアンスの低下により心房収縮力の増強を示す所見とし、Feigenbaum らは心拍出量の著明な低下により僧帽弁口血流が減少し、心房収縮時のみ僧帽弁が開放するためとしている。しかしながら、左室コンプライアンスは左室拡張終期の拡張能を示す指標であり、Mashiro らが報告している僧帽弁一相性三角波エコーにおいても、IRT の著明な延長を認め、左室拡張早期の弛緩能の障害を示す所見と考えるほうが妥当と考える。Feigenbaum らの心拍出量の著明な低下により出現するという考察に対して、Laniado ら¹³⁾が体外循環を使用して作成した低心拍出量犬では僧帽弁は、一相性三角波にはならず2峰性 M 形を呈することが報告されており、低心拍出状態のみでは、僧帽弁は一相性三角波エコーは呈しないと考えるほうが妥当と考える。

要 約

急性心筋梗塞症の僧帽弁エコー所見について、臨床的および実験的検討を加えた。

臨床的検討：急性心筋梗塞症で僧帽弁エコーを記録でき、判読可能な88例について検討した。88例中8例(9%)に、僧帽弁が一相性三角波エコーを呈した。この8例中6例(75%)は発症より12時間以内の記録であった。8例中2例(25%)は12~24時間内の記録で、24時間以後には1例も認められなかった。そして8例の経過観察では、三

角波エコー出現時、僧帽弁開放は心電図 P 波より遅れ、左室等容拡張期 (IRT) は著明に延長していた。経過とともに IRT は次第に短縮し、弁開放は P 波より早くなり、僧帽弁エコーは2峰性 M 型を呈する経過を示した。

すなわち、僧帽弁一相性三角波は、IRT が著明に延長するために出現する可能性が示唆された。

実験的検討：雑種成犬の左冠動脈起始部を非開胸的に閉塞し心筋梗塞を作成した。一頭に24時間の経過観察ができた。僧帽弁エコーは閉塞前は IRT は 20 msec で2峰性 M 型であったが、閉塞 15 分後には IRT は 130 msec と延長、僧帽弁は一相性三角波を呈した。以後 IRT は 30 分 130 msec, 1 時間後 140 msec, 2 時間後 150 msec, 6 時間後 150 msec, 24 時間後 160 msec と延長し、僧帽弁は一相性三角波を呈していた。また同時に測定した左室 peak negative dp/dt は、前 2,000 mmHg/sec, 15 分後 800 mmHg/sec, 30 分後 840 mmHg/sec, 1 時間後 840 mmHg/sec, 2 時間後 620 mmHg/sec, 6 時間後 840 mmHg/sec, 24 時間後 620 mmHg/sec と閉塞後著明に低下を示した。

すなわち、急性心筋梗塞症の24時間以内は左室拡張早期弛緩能の指標の peak negative dp/dt が低下し、IRT は延長、左室弛緩が障害されていることが考えられた。

臨床的、実験的結果より僧帽弁一相性三角波エコーは IRT が著明に延長するため出現し、左室弛緩能が強く障害されていることを示す重要な所見と考えられる。

文 献

- 1) Buyukozturk K, Kingsley B, Segal EL: The influences of heart rate, age and sex on the movements of mitral valve. *Acta Cardiol* 27: 427-444, 1972
- 2) Miyatake K, Tsuda S, Kawamura S, Ono J, Takahashi Y, Sugita M, Matsuo H, Sakakibara H, Nimura Y: Analysis of a cardiac cycle in cases of ischemic heart disease with the ultrasonic Dop-

- pler method. *J Cardiography* **3**: 411-418, 1973
- 3) 梅田 徹, 尾本良三, 古田昭一, 町井 潔, 松田光生, 山口 徹: UCG, 心音図, 頸動脈波曲線による左室等容収縮期, 等容拡張期の計測とその意義. *心臓* **7**: 325-330, 1975
 - 4) Kurata E, Fujino T, Kanaya S, Ito M, Fujino M, Yamada K, Hamanaka Y, Kinoshita R, Ueno T: Isometric contraction and relaxation times of the left ventricle in patients with myocardial infarction measured by bidirectional echocardiography. *J Cardiography* **9**: 65-74, 1979
 - 5) Weisfeldt ML, Scully HE, Frederiksen J, Rubenstein JJ, Pohost GM, Beierholm E, Bello AG, Daggett W: Hemodynamic determinants of maximum negative dp/dt and periods of diastole. *Am J Physiol* **227**: 613-620, 1974
 - 6) Hirota Y: A clinical study of left ventricular relaxation. *Circulation* **62**: 756-762, 1980
 - 7) Mathey D, Bleifeld W, Franken G: Left ventricular relaxation and diastolic stiffness in experimental myocardial infarction. *Cardiovasc Res* **8**: 583-592, 1974
 - 8) McLaurin LP, Rolett EL, Grossman W: Impaired left ventricular relaxation during pacing-induced ischemia. *Am J Cardiol* **32**: 751-756, 1973
 - 9) Watanabe T, Shintani F, Fu L, Kato K: Maximal rate of the left ventricular pressure fall (peak negative dp/dt) in early stage of myocardial ischemia following experimental coronary occlusion. *Jpn Heart J* **16**: 583-590, 1975
 - 10) Papapietro SE, Cogelan HC, Zissermann D: Impaired maximal rate of left ventricular relaxation in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *Circulation* **59**: 984-990, 1979
 - 11) Mashiro I, Kinoshita M, Tomonaga G, Hoshino T, Shimono Y, Kusakawa R: Echocardiographic observations in hypertension. *Jpn Circul J* **39**: 1097-1109, 1975
 - 12) Feigenbaum H: *Echocardiography*. Second edition, Lea & Febiger, Philadelphia, 1976
 - 13) Laniado L, Yellin E, Kotler M, Levey L, Stadler J, Terdiman R: A study of the dynamic relation between the mitral echogram and phasic mitral flow. *Circulation* **51**: 104-113, 1975