

超音波断層ドプラー・心エコー図法による梗塞心左室内血流動態の分析 (予報)

Analysis of left ventricular blood flow in cases of myocardial infarction: A preliminary report

宮武 邦夫  
朴 永大  
木下 直和  
岡本 光師  
別府慎太郎  
泉 司郎  
高尾 精一  
榊原 博  
仁村 泰治

Kunio MIYATAKE  
Yung-Dai PARK  
Naokazu KINOSHITA  
Mitsunori OKAMOTO  
Shintaro BEPPU  
Shiro IZUMI  
Seichi TAKAO  
Hiroshi SAKAKIBARA  
Yasuharu NIMURA

**Summary**

Analysis of left ventricular blood flow in cases of myocardial infarction was attempted by two-dimensional Doppler echocardiography.

Subjects consisted of 25 cases of myocardial infarction with and without ventricular aneurysm, and 15 healthy persons as controls. The Doppler recordings were made in nine areas within the left ventricular cavity from the apical approach.

1. For healthy subjects, ejection flows were recorded in the main cavity and directed towards the aortic orifice in systole, and diastolic flows in the left ventricular inflow were recorded from the mitral orifice to the apex. However, diastolic flows toward the aortic orifice were also recorded along the interventricular septum, and interpreted as eddy currents from the apical cavity. There were no high velocity flows in the phases of isometric contraction and relaxation.

2. In seven of 25 cases of myocardial infarction, abnormally high velocity flows of more than 30 cm/sec were recorded in the isometric relaxation phase, which were directed away from the asynergic part.

3. In eight of the 25 patients examined, high velocity flows toward the cardiac apex were recorded at the posteroapical area in systole. Such flows have never been observed in healthy subjects. Inertia of the diastolic mitral inflow is considered to continue during systole due to impairment of contractions of the apicoinferior wall.

**Key words**

Left ventricular blood flow

Two-dimensional Doppler echocardiography

国立循環器病センター  
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

National Cardiovascular Center, Fujishiro-dai 5-7-1,  
Suita 565

Received for publication February 24, 1984 (Ref. No. 22-16)

## はじめに

梗塞心における左室壁運動の異常は、左室造影法<sup>1-3)</sup>や断層心エコー図法<sup>4,5)</sup>などにより、すでに広く検討されている。しかし、壁運動異常に伴う左室内の血流動態の変化は、まだ詳細には検討されていない。本研究では断層ドプラー・心エコー図法によりサンプル部位を二次元的に確認しつつ、梗塞心の左室内血流動態の変化を詳細に分析した。

## 対 象

対象は陳旧性心筋梗塞 25 例である。その年齢は 26~75 歳、平均 54 歳である。このうち 10 例には左室造影または断層心エコー図によって典型的な左室瘤の所見<sup>4,5)</sup>が認められた。また比較対照のため、健常者 15 名についても検討した。その年齢は 13~56 歳、平均 34 歳である。

## 装 置

使用装置は超音波断層ドプラー・心エコー図装置(東芝製 SSH-11A/SDS-10A)である。この装置は、超音波ドプラー血流計が扇形電子走査断層機構の中に組み込まれたもので、単一の探触子のみで断層心エコー図とドプラー信号の記録をともに行うことが出来る。超音波周波数は 2.4 MHz、パルス繰り返し数は 4 または 6 KHz である。サンプル領域は幅 4 mm、深さ 2 mm の tear drop 型である。ドプラー用ビーム方向およびサンプル部位は、おのおの断層図上に白線とその上の白点で示されている。

断層像と血流パターンを同時にモニターすることが可能であるが、記録に際しては、いずれか専用に切りかえて行った。

ドプラー信号はリアル・タイムに周波数分析を行った後、サウンド・スペクトログラムの形で心電図、M モード心エコー図とともに同時記録した。この際の紙送り速度は 50 mm/sec である。

## 記録方法

被検者を左半側臥位にし、10 分間安静ののち、心尖拍動部附近より超音波ビームを投入した。左室長軸断層図を描出したのち、左室腔内を 9 ヶ所に大別して、その各部位でのドプラー記録を行った。その 9 ヶ所とは、左室を心尖、中央、心基部と 3 分割し、おのおのの部位で前方、中央、後方に 3 分割したものである。また胸骨傍アプローチを用いても検討した。今回記録したドプラー信号の流速表示では、ドプラー偏差値周波数 1 KHz がビーム方向成分の速度 31.25 cm/sec に相当する。

## 結 果

### 1. 健常者

健常例における左室腔内の主な血流は、収縮期駆出血流と拡張期流入血流であるが、等容性拡張期、等容性収縮期にも僅かな血流がみられた。

#### a) 収縮期血流

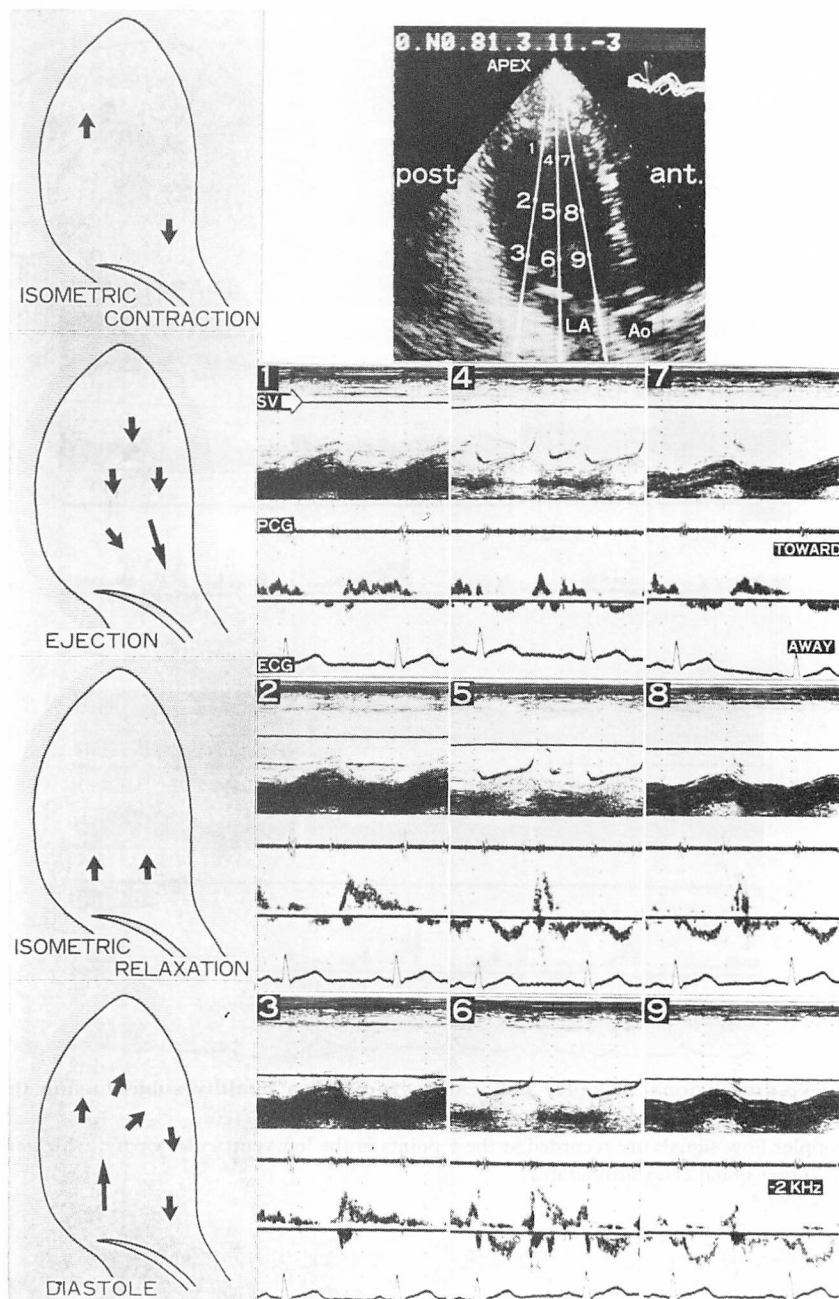
心尖部アプローチ、胸骨傍アプローチ、それぞれの所見からみれば、収縮期には左室腔全般において心尖から遠ざかり、左室流出路および大動脈弁に向うパターンがみられ、これは全体として駆出流を形成しているものと見られた。その流速は左室流出路に近づくにつれて大となった。左室後壁側では流速は比較的遅かった (Figs. 1,2)。

#### b) 等容性拡張期血流

等容性拡張期にはほとんどの部位で、持続の短い心尖に向う II 音前後にみられる速い血流以外には、わずかに心尖方向に向う遅い (15 cm/sec 以下) 血流が認められるのみであった (Figs. 1,2)。

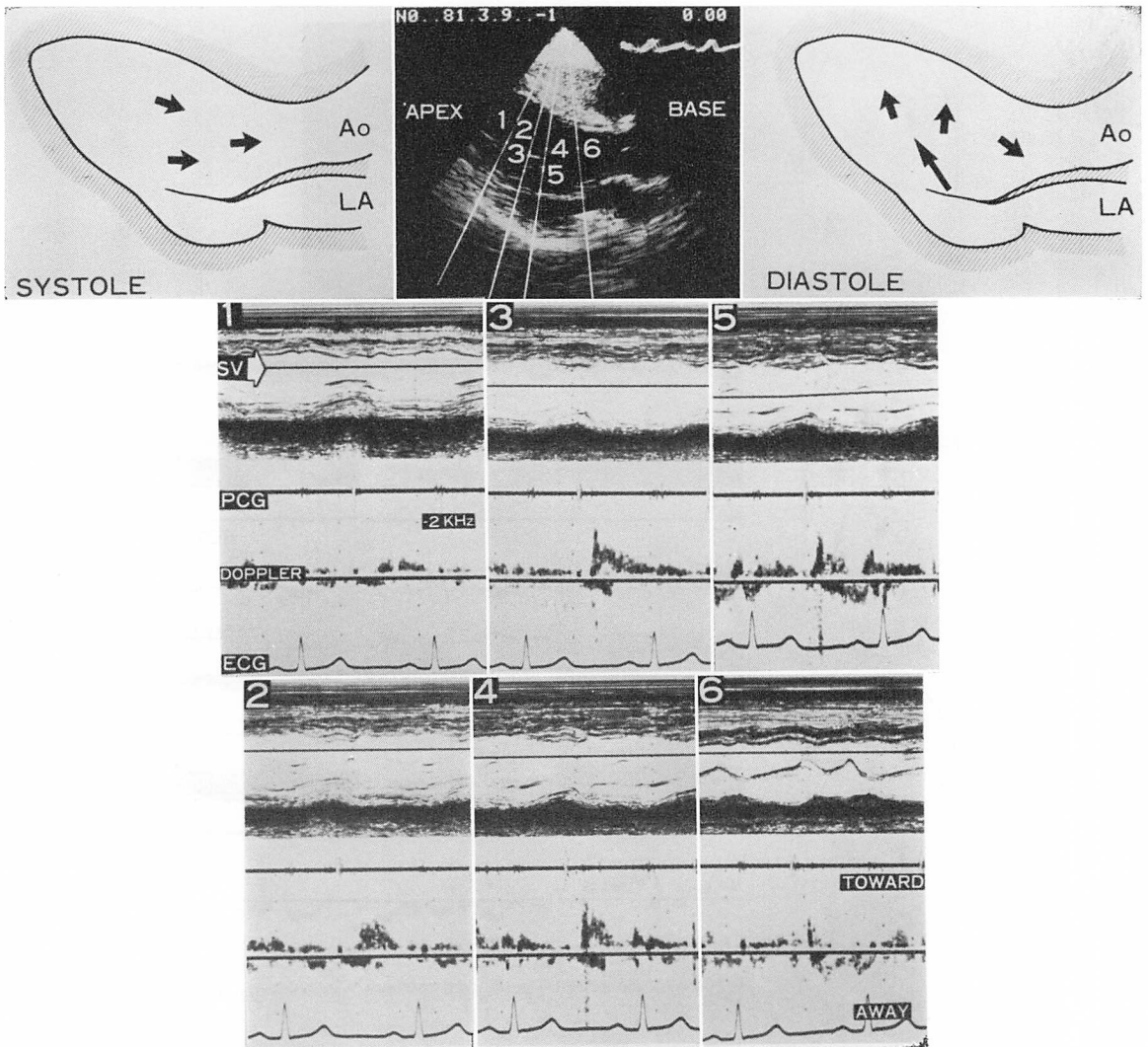
#### c) 拡張期血流

拡張期には、左室の大部分で血流は心尖方向に向い、その流速には拡張初期と前収縮期との二つのピークが見られた。これらはそれぞれ急速流入、心房収縮による流入と考えられる。また、僧帽弁前尖の先端付近からは心室中隔方向に向う成分があり、さらに心基部の心室中隔沿いには大動



**Fig. 1.** Two-dimensional Doppler echocardiograms in a healthy subject using the apical approach.

The Doppler flow signals are recorded at the 9 points in the left ventricular cavity, which are shown in the two-dimensional echocardiogram.



**Fig. 2. Two-dimensional Doppler echocardiograms in a healthy subject using the parasternal approach.**

The Doppler flow signals are recorded at the 6 points in the left ventricular cavity, which are shown in the two-dimensional echocardiogram.

脈弁方向に向う成分が見られ、これは流入血流が反転してここに及んでいるものと考えられた (Figs. 1, 2).

d) 等容性収縮期血流

等容性収縮期には左室全般には速い血流は認められないが、左室後壁心尖部近くでは、比較的緩

やかな心尖方向に向う成分があり、これは左室流入血流から減速しながら続いているものとみられる。一方、左室中央レベルの心室中隔付近から流出路にかけて、大動脈基部方向に向う血流が認められた。これには上述した心房収縮期の流入から反転した血流が続いているものと考えられる。こ

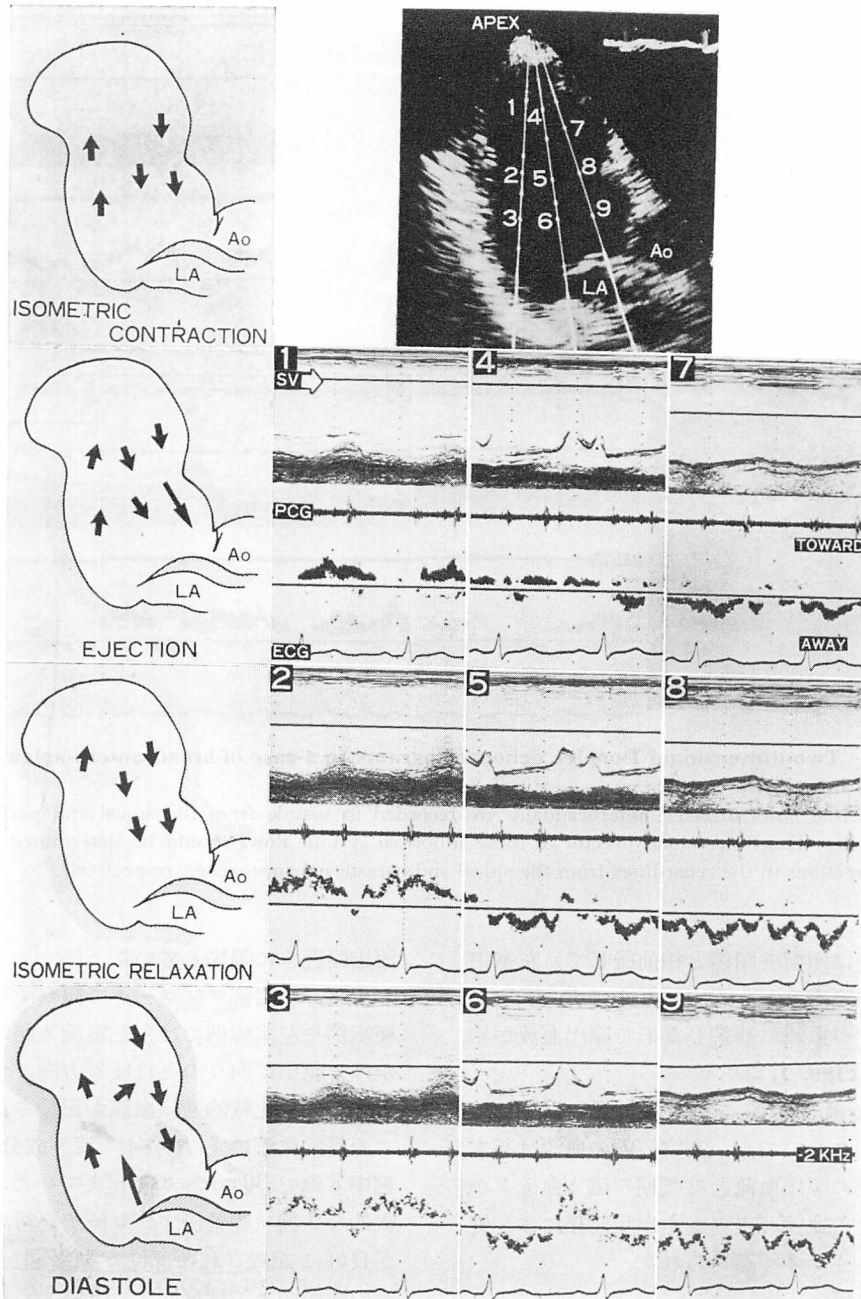
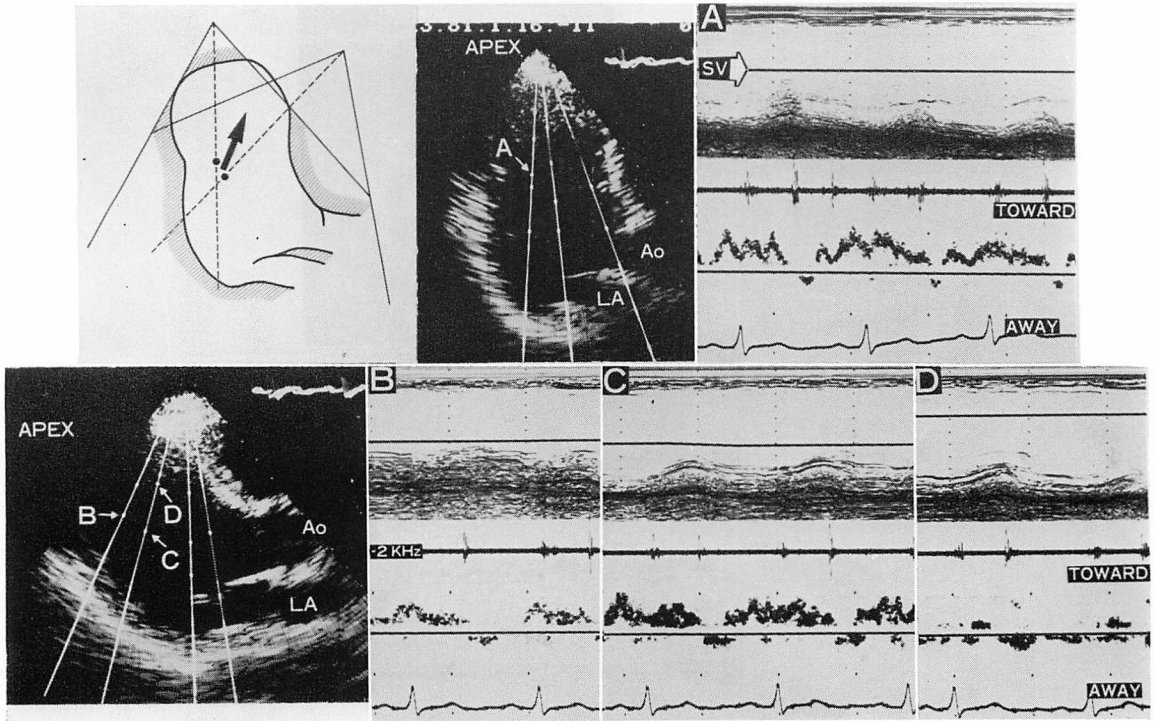


Fig. 3. Two-dimensional Doppler echocardiograms in a case of broad antero-apical myocardial infarction.

Abnormal flows directed toward the apex are recorded along the posterior wall in systole (No. 1, 2, 3).



**Fig. 4. Two-dimensional Doppler echocardiograms in a case of broad antero-apical myocardial infarction.**

Abnormal flows directed antero-caudally are recorded in systole from the apical and parasternal approaches. The flow velocity vector of these abnormal systolic flows should be determined by the flow directions in the recordings from the apical and parasternal approaches, respectively.

の血流の流速は僧帽弁閉鎖と相前後して、左室中央部の心室中隔寄りから流出路近くで最大となり、また、この血流に連続した形で駆出血流が始まっていた (Figs. 1, 2).

## 2. 心筋梗塞例

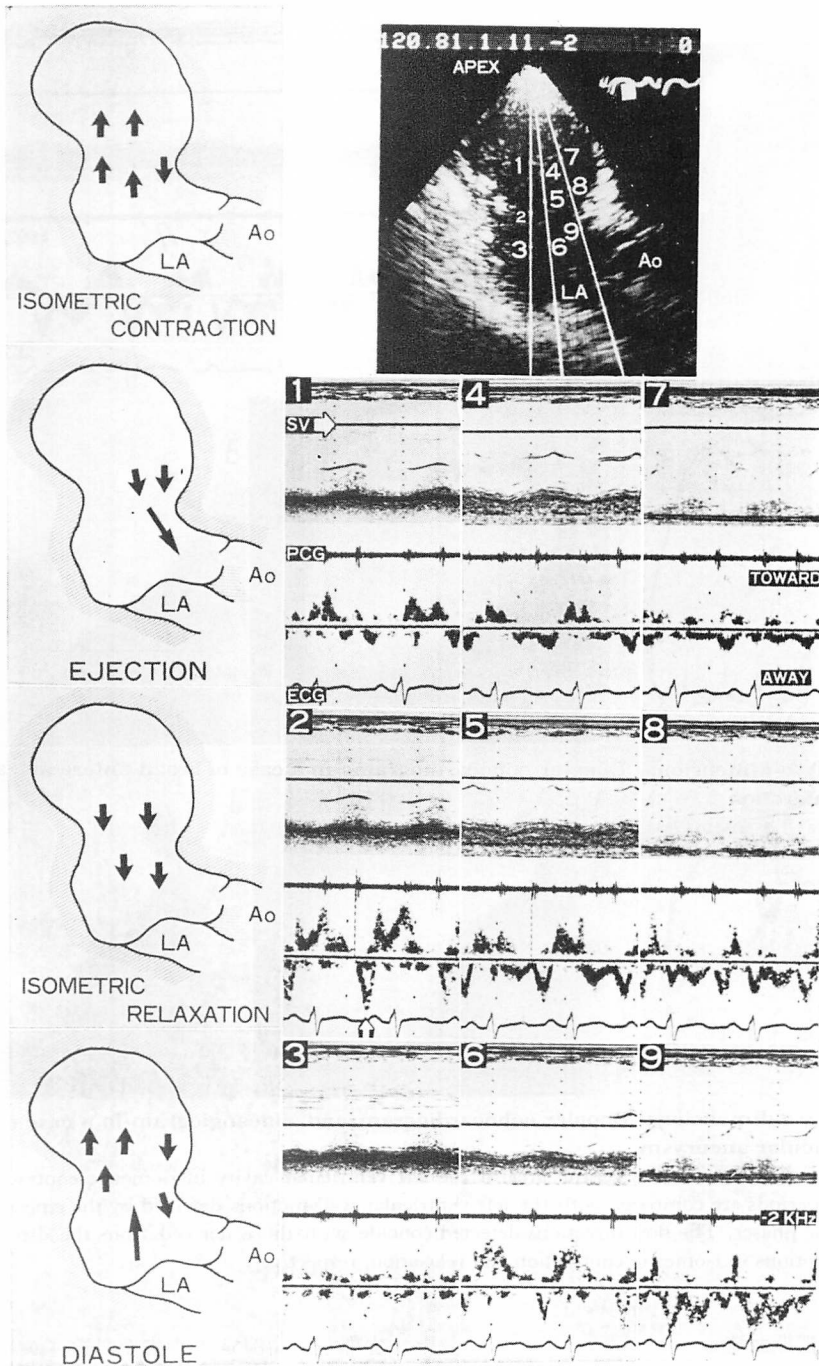
心筋梗塞例においても、左室腔内の血流は基本的には収縮期の駆出血流と拡張期の流入血流とから成るが、その血流パターンや出現時相には、健常者と異なる点が多く認められた。

### a) 駆出血流

梗塞心での駆出血流は明瞭に左室流出路を中心に認められたが、健常心とは異なり、他の部位では明瞭でないという傾向を有していた。特に広範囲梗塞例などの左室拡大例では、速い駆出血流は

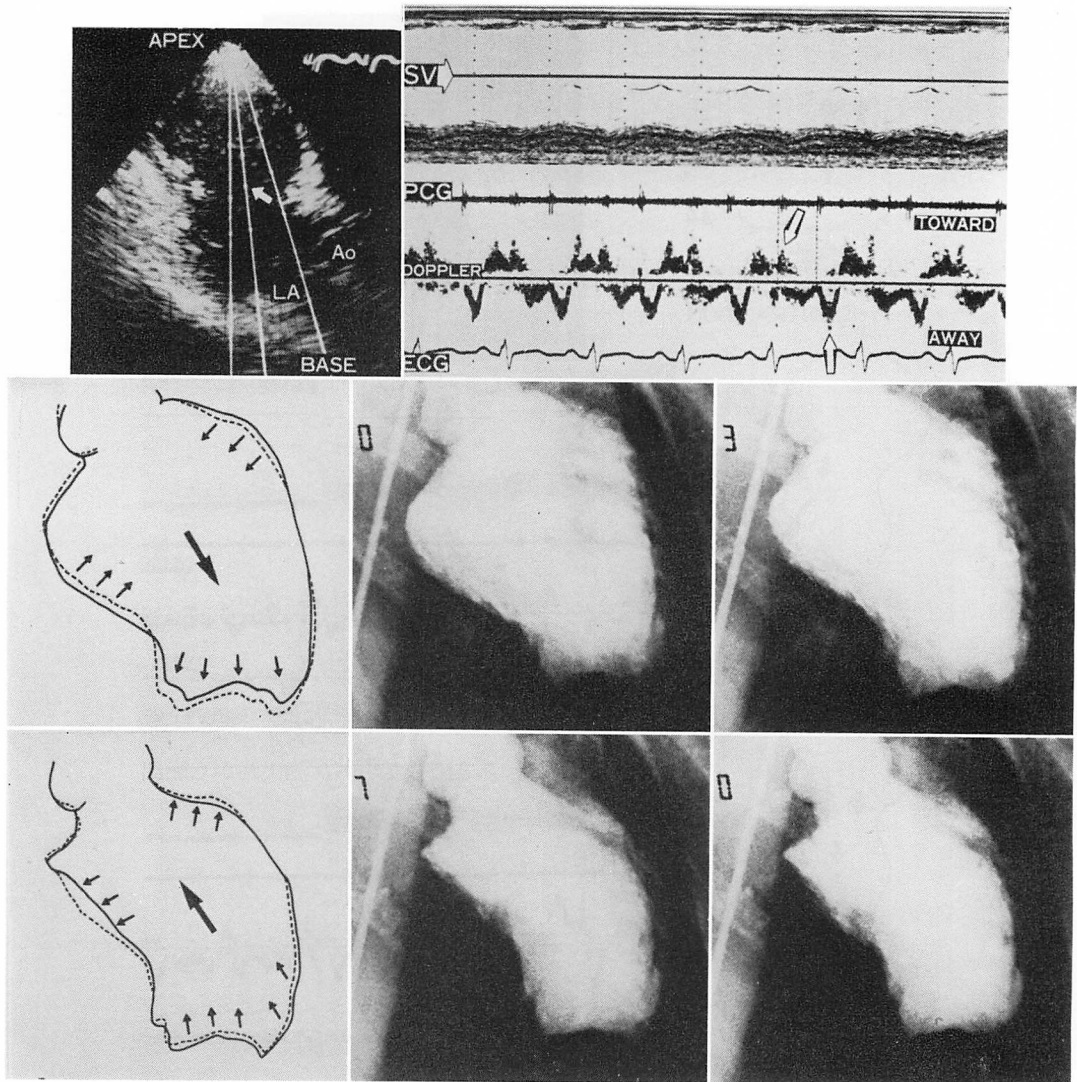
流出路近くに局限していた。

また、心尖部アプローチで観察すると、広範囲梗塞例や左室瘤例では、左室流入路から心尖部にかけて駆出に向うのとは反対方向、すなわち心尖方向に向う比較的速い血流が記録された (Fig. 3)。この異常血流の心尖方向の流速成分は梗塞心 25 例中 8 例で 30 cm/sec を超えていた。このうち代表的な 3 例で胸骨傍アプローチを行い、異常血流が良好に記録された部位で断層図を重ね合わせ、その断層図上、ほぼ同一点と考えられる所で流速ベクトルの合成を試みた (Fig. 4)。その結果、この収縮期異常血流は、健常例の駆出血流とは明らかに異なり、心室中隔ないし心尖に向い、流出路方向と直交ないしは反対方向に向っていた。



**Fig. 5. Two-dimensional Doppler echocardiograms in a case of apical left ventricular aneurysm from the apical approach.**

In the isometric relaxation phase, the flows are directed toward the base in the central area of the left ventricle, and their directions are opposite to the normal.



**Fig. 6. Two-dimensional Doppler echocardiogram and cineangiogram in a case of apical left ventricular aneurysm.**

The flow directions at the central area of the left ventricular cavity in isometric contraction and relaxation periods are compared with the left ventricular wall motions detected by the cineangiogram in the same phases. The flow directions detected coincide with those derived from the directions of the wall motions in isometric contraction and relaxation, respectively.

b) 等容性拡張期血流

等容性拡張期では、ことに心室瘤の入口部付近で、心室瘤から遠ざかる方向の異常血流が認められた。すなわち、心尖部アプローチでみると、心

尖部左室瘤例では心尖から遠ざかる方向の (Fig. 5), 心基部心室瘤では心尖に向う方向の異常血流が認められた。この血流の流速は速く、心尖部梗塞 25 例中 7 例では心尖部からの記録で最高流速



が 30 cm/sec を超えていた。このような異常血流は、左室瘤以外の左室壁運動が、断層心エコー図上、比較的良好な例に多く認められた。

心尖部左室瘤の 2 例で、等容性拡張期開始時と終了時の左室造影像を重ね合わせ、左室壁運動を分析した (Fig. 6)。その結果、等容性拡張期には心基部の残存心筋部は外方へ拡張し、心室瘤部では内方へ移動していた。心室瘤から遠ざかる方向の血流は、以上のような左室壁運動に対応するものと考えられた。

#### c) 拡張期流入血流

僧帽弁口部における流入血流パターンは、すでに報告<sup>6)</sup>されているごとく、心房収縮期の最高流速が急速流入期より大となる場合など、種々の変化が認められた。流入血流は通常左室中央から後壁寄りを流入した。この主な流路は左室腔の拡大と関係があり、拡大が著明な例では、流入の流れの影響は直接心室中隔近くまでは達しないようで、中隔寄りの大部分の部位ではその反転血流のみが認められる例もあった (Fig. 3)。

#### d) 等容性収縮期

左室後壁寄り、流入血流に続いて、連続的に心尖部に向う血流が認められた。心尖部の左室瘤例でも同様に、比較的速い血流として認められた。心尖部中隔寄りでは、心尖から遠ざかる方向の遅い血流が認められ、中隔に沿って流出路近くになると、比較的流速の大きな血流として認められた。これらのパターンは全般的には健常者のそれと同様であった (Fig. 3)。

#### e) 心室瘤内血流

一部の症例を除き、心室瘤内では特異な血流パターンがみられた。すなわち、心尖部心室瘤内で、ドプラー用サンプル・ボリウムを心基部から連続的に移動させて観察すると、全般に心室瘤入口部より心室瘤内に入ったところで、流速は低下した。その流速は、心尖方向成分で 15~20 cm/sec 以下であった。かつ、大多数の例では、この血流は収縮期から拡張期にかけて、後壁寄り部分では常に心尖方向に、心室中隔寄りでは、逆に心

尖から遠ざかる方向に向っていた (Fig. 5)。すなわち、心周期を通じて、心尖部心室瘤では後方から流入し、心尖を回って中隔寄りに出る旋回流が存在すると考えられる。その流速が拡張期に収縮期よりやや速いことからみて、この旋回流は主に左室流入血流により惹起されるものようであった。左室瘤例で瘤内にほとんど血流を記録できない例もあった。

## 考 察

梗塞心における左室機能の計測法には、心拍出量や左室駆出分画の測定、左室壁運動の分析など種々のものがある。しかし、左室機能を検討する場合、これらに加えて、左室内の血流状況を分析し、それと、左室ポンプ機能との関連をみることも重要と考えられる。

本研究では、かかる観点から断層心エコー図・ドプラー法を用いて、梗塞心の左室内血流分析を行った。

健常人では僧帽弁口より流入した血流が左室腔を充滿したのち、流出路から駆出される。今回の所見からは、この流入血流は僧帽弁口から心尖部ないし心室中隔に向って拡がり、反転して心室中隔沿いに流出路へと旋回するものと解釈出来る。このことは Bellhouse ら<sup>7)</sup>により実験的に示されたものと同じである。

また等容性収縮期や等容性拡張期にも血流が存在する。これは先行する時相での流れの影響が残ることや、等容期に左室が多少変形<sup>8-10)</sup>することなどによるものと考えられる。これらのうち最も流速が速いのは、等容性収縮期における左室流出路の血流である。この血流は一般にはそのまま駆出につながる。それゆえ、この血流は駆出の pre-drive としての意義を持つと考えられる。

梗塞心では、一般的傾向として、拡張期における急速流入の影響が、直接、心室中隔まで達しにくかったり、心房収縮による流入が相対的に優位になるなどの変化がみられる。これはすでに虚血心一般の傾向としても報告<sup>6)</sup>されているところで、

心腔の拡大傾向, また心室の拡張初期の伸展性の減弱, およびに代償的な心房収縮の役割の増大によるものであろう。

しかし, 梗塞心では, 一般の虚血心とは異なり, 梗塞心特有の変化が見られる。その主なものは, 通常の大動脈方向への流れとは異なる, 収縮期に左室流入路から心尖方向に向うかなり速い成分があること, また等容性拡張期にはこれと反対方向に向かうと考えられる流れがあり, 心尖部心室瘤例では心尖部から遠ざかる成分, 心基部心室瘤では心尖方向に向う成分があって, かつそれらの流速がかなり速いと言うことである。これは当然, 断層心エコー図, あるいは心室造影などで知られる心室瘤の動き, あるいはそれに至らないまでも心室 asnergy に対応して, その方向に向い, あるいはその方向から健常部分の方へ復帰する血液を示しているものと考えられる。等容性拡張期のこの種の異常血流が, 心臓の残存機能が比較的良好と思われる症例で検出され易い傾向があるのは, このような症例では, 拡張初期の心室の伸展性の障害が比較的軽いためではないかと考えられる。さらに等容性収縮期でも, 一般の場合に比し, 左室後方に心尖部に向う成分が認められやすい。この時期には, もちろん, 心房収縮による僧帽弁流入血液の慣性が持続していると考えられるが, さらに左室圧上昇に伴い, 心室瘤に流入する動きが始まっているため, その成分が見易くなっているものと考えられる。いずれにせよ, 心室瘤ないし asynergy 部分の周辺これらの動きは, その方向から見て, 左室のポンプ作用には負の因子であることが明らかである。

梗塞心に見られる他の一つの特徴的な血流は, 左室瘤内の血流である。瘤内では血流速度は遅く, かつ心周期を通じて緩徐に旋回しているように見える。この旋回方向そのものは通常左室内の血流の動きの方向と同じであり, 当然前者は後者の影響を受けていると考えられるが, その速さ, 時期から見て, おおむね別個の血流塊を形成しているといえる。すなわち, 心室瘤によって心

腔全体の容積が拡大するが, 血流の面から見ると, 血流は通常のような過程でその広い内腔を流れるのではなく, 拡った部分は全く別個の付加物, すなわち心機能の面から考えれば負荷になっている流れといえる<sup>11-13)</sup>。

結局, 心室瘤内部ないしその周辺における血流の動きを併せ考えて, 心室瘤ないし asynergy は, 単にその部分の有動心収縮へ不参加になっているというのみならず, 病態生理的にそれを超えた負の因子となっていることが示される。この面から見ても, 例えば心室瘤切除術は, 単に瘤破裂を予防するというよりも, 病態生理的な負荷を除くという意義<sup>11-15)</sup>が大きいと考えられる。なお現在のところ, これらのポンプ機能への影響がどの程度のものかを定量的に示すことは難しく, 壁運動と関連せしめて更に詳細に検討する必要がある。

更に, 心室瘤内で流速が緩徐なことは, その傷害部に予想される心内膜面の変化と相俟って, 瘤内の血栓形成に一つの素地になると考えられる。

## 要 約

梗塞心の左室内血流動態を断層ドプラー心エコー図法を用いて分析した。

対象は左室瘤例を含む心筋梗塞 25 例で, 健常者 15 例をコントロールとした。ドプラー記録は左室腔を 9 分割し, 心尖部アプローチにて行なった。

1. 健常例では収縮期に左室腔の大部分より大動脈弁口に向う駆出血流が記録された。一方, 拡張期には, 僧帽弁口から心尖部に向う左室流入血流が記録された。しかし, 心室中隔に沿って大動脈弁口に向う拡張期血流も記録され, これは心尖部からの渦流によるものと考えられた。等容性収縮期および等容性拡張期には速い血流はなかった。

2. 心筋梗塞 25 例中 7 例で, 30 cm/sec 以上の速い異常血流が等容性拡張期に認められた。この血流方向はアシナジーの部分から遠ざかる方向であった。

3. 心筋梗塞 25 例中 8 例で, 収縮期に心尖方

向に向う速い異常血流が心尖後方で認められた。このような血流は健常例では全く認められなかった。この血流は、心尖後部の左室収縮障害により、拡張期の僧帽弁口からの流入血流の慣性が持続しているものと考えられた。

文 献

- 1) Herman MV, Gorlin R: Implications of left ventricular asynergy. *Am J Cardiol* **23**: 538-547, 1969
- 2) Tzivoni D, Diamond G, Pichler M, Stankus K, Forrester J: Analysis of regional ischemic left ventricular dysfunction by quantitative cineangiography. *Circulation* **60**: 1278-1283, 1979
- 3) Rigaud M, Rocha P, Bosch J, Farcot JC, Bardet J, Bourdarias JP: Regional left ventricular function assessed by contrast angiography in acute myocardial infarction. *Circulation* **60**: 130-139, 1979
- 4) Weyman AE, Peskoe SM, Williams ES, Dillon JC, Feigenbaum H: Left ventricular aneurysm by cross-sectional echocardiography. *Circulation* **54**: 939-943, 1976
- 5) Barrett MJ, Charuzi Y, Corday B: Ventricular aneurysm: cross-sectional echocardiographic approach. *Am J Cardiol* **46**: 1133-1137, 1980
- 6) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Tanouchi J, Masuyama T, Abe H, Morita H, Senda S, Matsuo H: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease: A study by pulsed Doppler technique. *Jpn Circ J* **46**: 92-102, 1982
- 7) Bellhouse BJ, Bellhouse FH, Ganning AJ: Studies of a model mitral valve with three cusps. *Br Heart J* **35**: 1075-1079, 1973
- 8) Gibson DG, Preweitt TA, Brow DJ: Analysis of left ventricular wall movement during isovolumic relaxation and its relation to coronary artery disease. *Br Heart J* **38**: 1010-1019, 1976
- 9) Ruttley MS, Adams DF, Cohn PF, Abrams HL: Shape and volume changes during "isovolumetric relaxation" in normal and asynergic ventricles. *Circulation* **50**: 306-316, 1974
- 10) Alan SE, Tansey WA, Cameron A, Kemp HG: Asynchronous ventricular relaxation: An angiographic temporal analysis of asynchronous left ventricular relaxation in man. *Am J Cardiol* **43**: 41-46, 1979
- 11) Kitamura S, Kay JH, Krohn BG, Magidson D, Dunne EF: Geometric and functional abnormalities of the left ventricle with a chronic localized noncontractile area. *Am J Cardiol* **31**: 701-707, 1973
- 12) Holman BL, Wynne J, Idoine J, Neill J: Disruption in the temporal sequence of regional ventricular contraction. *Circulation* **61**: 1075-1083, 1980
- 13) Klein MD, Herman MV, Gorlin R: A hemodynamic study of ventricular aneurysm. *Circulation* **35**: 614-630, 1967
- 14) Cooperman M, Stinson EB, Griep RB, Shumway NE: Survival and function after left ventricular aneurysmectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* **69**: 321-328, 1975
- 15) March JD, Kalser GC, Barner HE, Codd JE, William VL: Left ventricular aneurysmectomy. *Arch Surg* **111**: 419-422, 1976