

大動脈弁エコー動態の解析：  
内圧および血流速度変化と  
の関係

Echocardiographic anal-  
ysis of an aortic valve  
motion in relation to  
changes in aortic pres-  
sure and flow velocity

椎名 明  
近藤 邦夫  
仲宗根 豊  
土谷 正雄  
柳沼 淑夫  
細田 瑳一

Akira SHIINA  
Kunio KONDO  
Yutaka NAKASONE  
Masao TSUCHIYA  
Toshio YAGINUMA  
Saichi HOSODA

**Summary**

We evaluated an aortic valve motion by M-mode echocardiography in relation to the changes in aortic and left ventricular pressures and an aortic flow velocity in 46 cases with heart disease. Patients with aortic valve disease were excluded from this study. Aortic and/or left ventricular pressures measured by a catheter-tip probe were simultaneously recorded with flow velocity (FV) at the aortic valve orifice measured by an electromagnetic catheter-tip FV probe in all cases. Aortic and/or left ventricular pressures and an aortic FV were simultaneously recorded with the aortic valve echogram in 11 cases. An aortic valve motion was classified into five types as follows:

Type 1: keeps a maximum opening position during almost entire systole and closes rapidly in late systole;

Type 2: has a rapid opening followed by a closing motion during mid to late systole;

Type 3: has a rapid opening followed by a mid-systolic semi-closure with a reopening;

Type 4: has a rapid opening followed by a mid-systolic semi-closure without a reopening; and

Type 5: has a slow and small opening followed by a closing motion during mid to late systole.

In cases with aortic valve motion of type 1, the FV increased in early systole and decreased in mid to late systole and aortic pressure reached a maximum level later than the peak of FV. On the contrary, in cases with aortic valve motion of type 2, the FV started to decrease in early systole and the maximum of aortic pressure approximately coincided with that of the FV. This type of motion was recognized in 4 of 7 cases with mitral regurgitation and in 3 of 14 cases with hypertrophic cardiomyopathy. Changes in the FV and aortic pressure were well related to the valve motion in cases with the aortic valve motion of types 3 and 4. In cases with the aortic valve motion of type 5, the aortic FV showed a slow increase followed by a slow decrease, and their cardiac indices were smaller than 2.0

自治医科大学 循環器内科  
栃木県河内郡南河内町薬師寺 3311 の 1 (〒329-04)

Department of Cardiology, Department of Internal  
Medicine, Jichi Medical School, Minamikawachi-  
machi 3311-1, Kawachi-gun, Tochigi 329-04

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 14-15, 1980  
Received for publication August 6, 1982

l/min/m<sup>2</sup>. Systolic opening area surrounded by the two leaflets on the aortic valve echogram was well correlated with stroke volume in 28 cases with sinus rhythm without a semi-closure of the valve ( $r=0.81$ ). It was suggested that an aortic valve motion demonstrated by M-mode echocardiography is a good indicator of changes in the FV during left ventricular ejection in cases without aortic valve disease.

### Key words

Echocardiography

Aortic valve motion

Flow velocity

Aortic pressure

### はじめに

大動脈弁エコー運動は, M モード心エコー図から得られる数多くの情報の中でも重要なものの1つであり, 各種心疾患の診断に大きな手掛かりを与える<sup>1-4</sup>. 中でも収縮期弁半閉鎖運動は, 肥大型閉塞性心筋症例<sup>5-10</sup>や discrete 型大動脈弁下部狭窄症<sup>6,9,11,12</sup>の診断上, 特徴的な所見として知られている.

しかしながらこの大動脈弁エコー運動の血行動態的意義に関しては, 十分な解明がなされていない. この点に関し我々は, 血流速度および内圧変化などの左室の血液駆出動態を, 大動脈弁エコー運動がどこまで精度良く反映しているかについて検討した.

### 対象および方法

対象は心臓カテーテルにより診断した各種心疾患 46 例で (Table 1), 大動脈弁膜症は除外した. 全例カテ先血圧計 (Millar 製) で大動脈および左室圧を測定し, うち 33 例は両者の同時記録を行った. また 46 例全例でカテ先電磁流速計 (Millar 製) を用いて大動脈弁上部血流速度を内圧と同時記録したが, うち 11 例ではさらに大動脈弁エコーとも同時記録を行った.

大動脈弁エコーの記録は超音波心臓断層法を併用し, 超音波ビーム方向と弁の位置関係を確認する事により, 弁運動が最も明瞭に記録される位置および方向を選んで行った.

心エコー図は Smith-Klein-Ekoline 20A および東芝製 SSH-11A を用い, Electronics for Medicine VR-12 連続記録装置および東芝製 line

scan recorder (LSR-20A) にて記録した.

弁運動を解析する上での基準として大動脈弁エコーを, Fig. 1 に示すごとく, 5つの型に大別した.

I 型: いわゆる正常型で弁開放後収縮終期まで最大開放位置に滞り, 急速に閉鎖する (24 例).

II 型: 弁が急速に開放した後徐々に閉鎖に向う (7 例).

III 型: 急速な弁開放後, 収縮中期に一旦半閉鎖し, その後再開放する (6 例).

IV 型: III 型と同様開放後一旦半閉鎖を示すがその後半閉鎖位置に滞り再開放しない (3 例).

V 型: 弁の最大開放振幅が小さく, かつ開放後徐々に閉鎖に向う (6 例).

対象 46 例は全例上記 5 つの型のいずれかに分類し得たので, これらの型を示したそれぞれの群について, 弁エコー運動パターンを, 大動脈弁上部血流速度および内圧波形と対比検討した. このさい, 心房細動例については, 記録の中で弁エコーが最大開放振幅を示したもので型分類を行った.

心房細動例および収縮期弁閉鎖運動がみられた

Table 1. List of patients studied

Hypertrophic cardiomyopathy	14
Congestive cardiomyopathy	3
Valvular disease	11
Ischemic heart disease	9
Hypertension	6
Congenital heart disease	3
Total	46

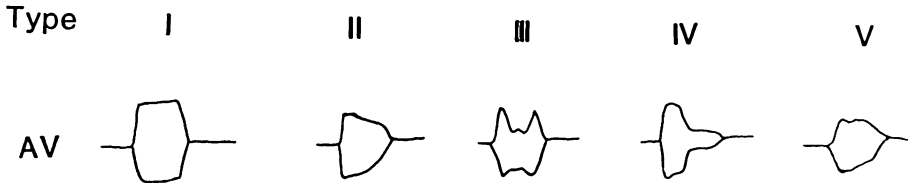


Fig. 1. Classification of aortic valve motion.

III, IV 型の症例を除いた 28 例について、大動脈弁エコーの囲む面積（開放面積）を planimeter を用い計測し、それぞれの例について thermodilution 法により測定した一回拍出量と対比した。

### 結 果

I 型を示した 24 例全例で、血流速度は上昇した後比較的緩徐に低下、血流速度の上昇に伴い大動脈圧は上昇し、圧のピークは血流速度のピークに遅れて形成された。

Fig. 2 にその 1 例を示す。症例は 56 歳、男性、高血圧症。図中上段は大動脈圧と大動脈弁上部血流速度の同時記録、下段は同一症例の大動脈弁エコーである。これに対し、II 型を示した 7 例の血流速度および内圧波形は I 型（正常型）を示した例とは異なり、血流速度は急速に上昇し、その後早期に低下した。また、大動脈圧は血流速度とほぼ一致した時期にピークを形成し、その後、血流速度の低下に伴い低下した。弁も血流速度および内圧の低下に時間的にほぼ一致し、閉鎖方向運動を示した。この II 型を呈した 7 例中 4 例は僧帽弁閉鎖不全症例（いずれも Sellers 3 度）で、3 例が apical hypertrophy を示す肥大型心筋症（HCM）症例であった。

III 型を示した 6 例全例で、血流速度波形は収縮早期の急速な上昇と収縮中～後期の二峰性を示し、それに伴い大動脈圧波形でも一時低下、再上昇が認められた。これらの血流速度および圧変化とはほぼ時間的に一致して、弁開放、閉鎖・再開放運動がみられた。

Fig. 3 は III 型の弁運動を呈した 1 例を示す。

これは 30 歳、男性、特発性肥大型大動脈弁下狭窄症（IHSS）症例の大動脈圧、左室圧および血流速度と弁エコーの同時記録である。このような III 型の弁運動を呈した 6 例中 4 例は、IHSS 3 例および mid-portion obstruction の HCM 1 例であり、他の 2 例は心室中隔欠損症と純型僧帽弁狭窄症例であった。

IV 型を示した 3 症例では、血流速度の急速な上昇およびその後の早期低下と、それに伴う大動脈圧の低下が認められ、両者のピークも時間的に相接して形成された。大動脈弁はこれらの変化に伴い収縮早期の急速な開放と、収縮中期半閉鎖およびその後の半閉鎖位置を保つ運動を呈した。IV 型を示した 3 症例は mid-portion obstruction の HCM 2 例と、僧帽弁閉鎖不全 1 例（Sellers 4 度）であった。

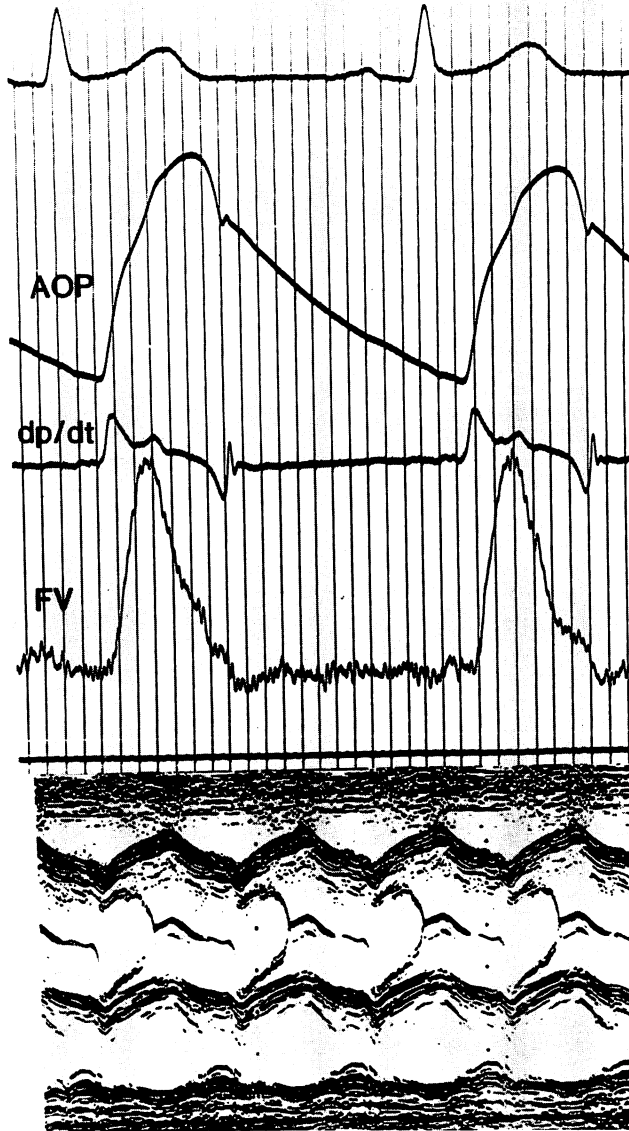
V 型を示した 6 例では、Fig. 4 のごとく、いずれも血流速度は I~IV 型を呈した症例とは異なり、ゆるやかな上昇・低下が認められた。この V 型を示した 6 例は、いずれも心係数  $2\text{ l/m}^2$  以下の低心拍出症例であった。

Fig. 5 に I~V 型の大動脈弁運動と、それぞれの大動脈圧および大動脈弁上部血流速度波形との関係を図示した。

大動脈弁エコーグラム上の開放面積（弁エコーにより囲まれた面積）と一回拍出量は、 $r=0.81$  と有意に相関した（Fig. 6）。

### 考 案

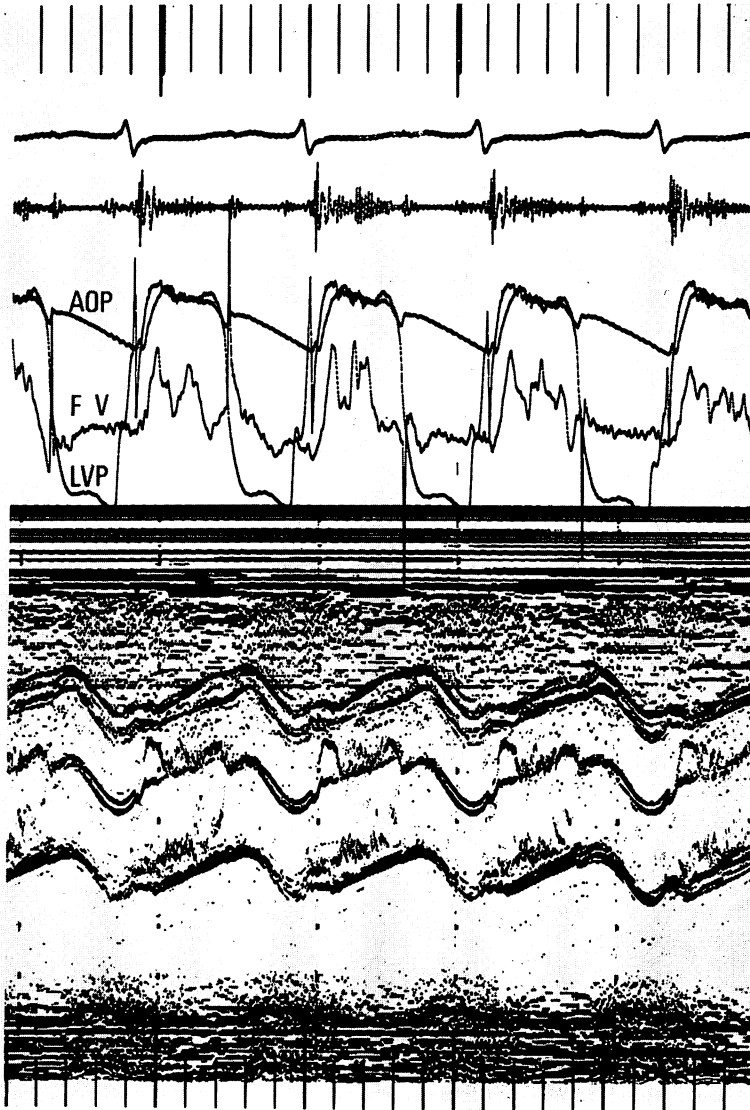
心エコー図により左室の血液駆出動態を知る上で、大動脈弁運動は左室壁運動と同様に重要な情



**Fig. 2. Simultaneous recordings of aortic pressure,  $dp/dt$ , and flow velocity at the aortic valve orifice (upper panel), and the aortic valve echogram (lower panel) in a patient with hypertension.**

Note that the peak of aortic pressure follows that of flow velocity. The echogram shows Type I (normal) motion.

AOP=aortic pressure; FV=flow velocity.



**Fig. 3. Simultaneous recordings of aortic pressure (AOP), left ventricular pressure (LVP), aortic flow velocity (FV) and the aortic valve echogram in a patient with idiopathic hypertrophic subaortic stenosis.**

An apparent biphasic FV pattern associated with early peaked pressure is recognized. Related to these changes, a mild mid-systolic semi-closure with reopening of the aortic valve (Type III motion: *cf.* Fig. 1) is seen.

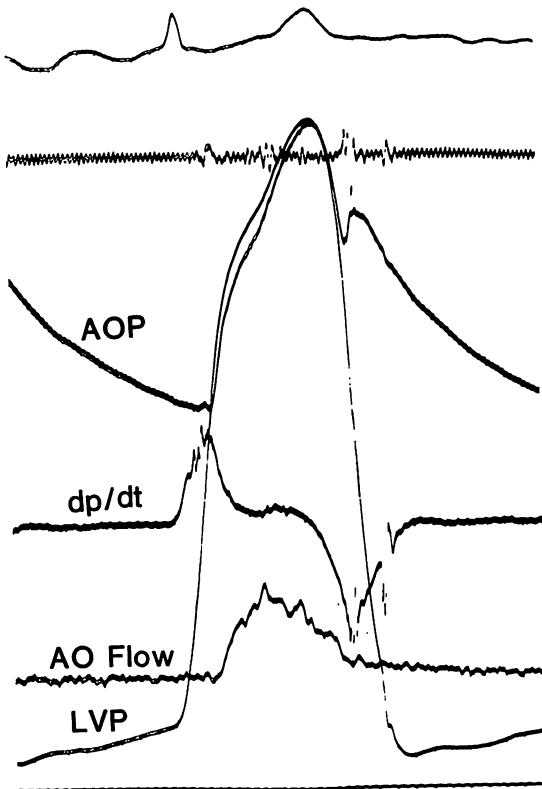


Fig. 4. Simultaneous recordings of aortic pressure (AOP), left ventricular pressure (LVP), dp/dt and aortic flow velocity (AO Flow) in a patient with low cardiac index.

The flow velocity curve reveals a slow increase and decrease during systole and the peak of AOP and LVP follows that of aortic flow velocity.

報を提供する。とくに収縮期大動脈弁半閉鎖運動は閉塞型の HCM 例<sup>5-10)</sup>や、discrete 型大動脈弁下狭窄症<sup>6,9,11,12)</sup>に特徴的な所見であり、この弁運動は収縮期における血流の増減を表現していると報告されている<sup>8,13,14)</sup>。さらに臨床的には、この半閉鎖運動の開始時期を検討することにより、IHSS と discrete 型大動脈弁下狭窄症の鑑別<sup>9,12)</sup>や、両疾患の合併を診断することが可能であり<sup>15)</sup>、半閉鎖運動の存在は、HCM 例における閉塞の有無やその程度を知る上でも有用な所見であると考えられている<sup>10)</sup>。しかしながら、一方、

半閉鎖運動が、明らかな閉塞所見のない HCM 症例<sup>16)</sup>や左室形態上異常のない症例<sup>17)</sup>でも認められたという報告があり、この弁運動の機序として、急速な血流によって生ずる suction (いわゆる Venturi effect) の関与を提唱する論文も少なくない<sup>8,13,16,18)</sup>。さらに同様の弁運動は HCM 以外の疾患(僧帽弁閉鎖不全症<sup>19)</sup>、心室中隔欠損症<sup>19)</sup>、バルサルバ洞動脈瘤破裂<sup>6)</sup>)でも認められることから、この大動脈弁運動の血行動態的意味づけについては、より詳細な検討が必要である。この目的で pulsed Doppler 法を用いた研究が行なわれているが<sup>8,20)</sup>、これらは主に HCM 例が対象であり、内圧および血流両面から検討した論文は少ない。我々が今回、時間遅れのないカテ先血圧および電磁流速計を用い、心内圧と大動脈弁上部血流速度を同時記録し、大動脈弁エコー運動と対比することにより、各種心疾患における弁運動の血行動態的解析を試みたのはこのためである。

大動脈弁の開放・閉鎖運動の開始時期は、左室-大動脈圧較差によって決定されると考えられるが<sup>21)</sup>、弁の開放速度や駆出期動態は種々の因子により変化すると思われる。すなわち大動脈弁運動は、左室収縮様式のみならず、近位大動脈系の抵抗、あるいは弁自体の特性によっても影響を受けると考えられる。左室収縮により血液が大動脈に駆出される結果圧が生ずるが、この圧は動脈の抵抗によって変化すると考えられ、大動脈弁自体に高度の器質的変化のない症例においては、大動脈あるいは左室内圧と大動脈弁口部血流速度波形から、弁運動を解析することが可能と思われる。本研究では大動脈弁膜症は対象疾患から除かれているが、高血圧症や 60 歳以上の高齢者 8 例を含んでいる。したがって大動脈弁の器質的変化例が症例中に含まれていることは否定出来ないが、本研究の症例では、少なくとも心エコー図および心断層図上、大動脈弁エコー輝度の著明な亢進や多層弁エコーは認められず、かつ造影上大動脈弁に有意な異常所見がみられない例のみであるので、問題は無いと思われる。

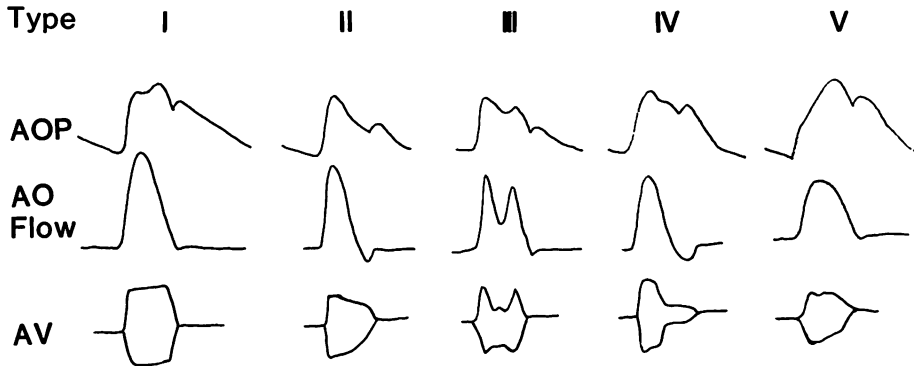


Fig. 5. Schema showing 5 types of aortic valve motion in relation to changes in aortic pressure and flow velocity.

Type=type of valve motion (cf. Fig. 1), AOP=aortic pressure, AO Flow=aortic flow velocity, AV=aortic valve motion.

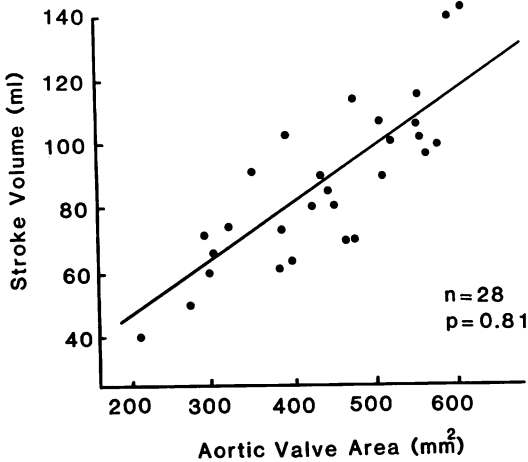


Fig. 6. Correlation between stroke volume and opening area of the aortic valve echogram in 28 cases with sinus rhythm without semi-closure of the valve.

In relation to a decrease in stroke volume, the opening area of the aortic valve decreases.

I 型, すなわち弁開放後収縮終期まで最大開放位置に留まり, 急速に閉鎖する型を示した 24 例全例では, 大動脈弁上部血流速度は上昇した後比較的緩徐に低下し, 大動脈圧は血流速度の上昇にわずかに遅れて上昇し, そのピークも血流速度に遅

れて形成されている (Figs. 2, 5). この血流速度および圧波形から考えると, I 型では, 左室収縮が比較的緩徐であっても, 大動脈への血液駆出は著しい動脈系の抵抗を受けることなく一様に行われ, 血流速度の上昇に伴い, 大動脈圧の上昇がやや遅れて生じ, その後の比較的緩徐な血流速度の低下につれ, 圧の低下が起こっていることが示唆される. これに対し, 大動脈弁が急速に開放した後, 徐々に閉鎖に向う II 型では, I 型とは異なり, 血流速度は急速に上昇し, その後早期低下を示し, また内圧もこのような血流速度波形の変化に伴って, I 型に比しより早期にピークを形成し, 血流速度のピーク形成時期に近づき, その後血流速度の低下につれ比較的早期に低下している. すなわち II 型の弁運動は血流速度波形の変化をよく反映しており, 心内圧変化はむしろ動脈系の抵抗により決定されていると考えられる. この II 型を示した 7 例中 4 例が中等度以上の僧帽弁閉鎖不全症例であり, かかる例では左室から左心房への収縮期逆流によって急速な左室内血液量の減少を生じ, その結果, 血流速度および心内圧の低下がもたらされ, 弁エコー上, 収縮早期からの閉鎖運動がみられると考えられる.

このような血流速度および内圧変化と弁運動変

化との関係は, 収縮中期弁半閉鎖運動を呈した III 型および IV 型大動脈弁運動の例でより顕著に認められる. すなわち血流速度の収縮早期における急速な上昇および収縮中～後期の二峰性波形と, それに伴う内圧の上昇, 一時低下, 再上昇波形は, 収縮期大動脈弁半閉鎖運動と良く一致している (Fig. 3). しかも弁再開放運動のない IV 型を示した例では, 血流速度および内圧の再上昇が認められなかったことも, 弁エコー運動が精度良く血流速度および内圧変化を反映していることを示唆している (Fig. 5). IV 型を呈した症例の中に重症の僧帽弁閉鎖不全 1 例が含まれていた事実から, さきに述べた僧帽弁逆流によってもたらされる弁閉鎖方向運動は, 逆流がより重症な場合, II 型ではなく, IV 型を呈することを示唆している.

V 型, すなわち弁開放速度が遅く, かつ最大開放振幅が小さく, 開放後閉鎖運動が認められた 6 例では, Fig. 4 のごとく, 血流速度は I~IV 型を呈した症例群とは異なり, 緩やかな上昇および低下を示している. これらの例はいずれも心係数が  $2.0 \text{ l}/\text{分}/\text{m}^2$  以下の低心拍出例であったことから, V 型の大動脈弁運動は, 低心拍出状態における左室の血液駆出動態を良く表現していると思われる.

以上, 心内圧および血流速度波形の変化と大動脈弁運動の変化との関係を各種心疾患について述べたが, これらの関係を今回検討した疾患中 14 例の HCM 群に当てはめると, びまん性肥厚で閉塞所見のない 5 例では, 全例, 血流速度はやや急峻な上昇と比較的緩徐な低下を示し, 弁運動も正常 (I 型) であったのに対し, apical, mid-portion および大動脈弁下部に閉塞病変が認められた例では, 閉塞の部位およびその程度によって血流速度波形は異なり, それに伴い, 大動脈圧波形も変化していた. 弁運動もこれらの変化に一致して閉鎖運動 (II 型—apical obstruction), 半閉鎖・再開放 (III 型—mid-portion obstruction) あるいは subaortic stenosis), 半閉鎖・非再開放 (IV 型—mid-portion obstruction) を示している. こ

のように我々の分類した I~IV 型の大動脈弁運動から, HCM 症例における内腔閉塞所見の有無, その部位および左室の血液駆出状態等を推定することが可能であると考えられた.

以上のごとく, 大動脈弁の開放・閉鎖運動は左室の血液駆出状態を良く反映している. 大動脈弁エコーグラム上の開放面積 (弁エコーの囲む面積) と 1 回拍出量との対比では (Fig. 6), 1 回拍出量と弁開放面積は平行して減少し, 収縮期弁半閉鎖運動を示した例を除けば, 大動脈弁開放面積は 1 回拍出量の増減をよく表現しているといえる.

先に述べたごとく, 弁運動に与える近位大動脈の抵抗の影響についても検討が必要である. 今回検討した症例の中に, ほぼ同様の左室収縮様式および弁エコー運動を示した例でも, 高血圧を伴うものと然らざる例の両者が含まれている. 高血圧症例では血流速度と内圧のピークがずれるが, 弁運動上, 高血圧症例と非高血圧症例間に大きな差異は見い出されていない. したがって弁運動は動脈系の抵抗よりも, 左室収縮様式をより強く反映するものと考えられた. 今後さらに動脈系の特性および左室収縮様式を詳細に検討することにより, 抵抗系としての大動脈弁の役割をより明確にし得ると考えられた.

## 要 約

大動脈弁エコーの形態が大動脈圧, 左室圧および大動脈弁上部血流速度などの変化をどこまで精度よく反映するのかについて検討した.

対象は各種心疾患 46 例で, 全例, カテ先血圧計および電磁流速計を用い, 内圧および血流速度を記録し, 弁エコーと対比した. うち 11 例では, 大動脈圧と血流速度を弁エコーと同時記録した.

弁運動は次の 5 型に大別された.

- 1) 開放後収縮終期まで最大開放位置に滞り, 急速に閉鎖する型.
- 2) 開放後徐々に閉鎖に向う型.
- 3) 開放後, いったん半閉鎖し, 再開放する型.
- 4) 開放後, 半閉鎖し, 再開放しない型.



5) 最大開放振幅が小さく、開放後閉鎖に向う型。

1型を示した例では、血流速度は上昇した後比較的緩徐に低下し、大動脈圧は血流速度に遅れて最大となったが、II型では血流速度は収縮早期から低下し、大動脈圧は血流速度とほぼ同時期に最大となった。II型の弁運動は4例の僧帽弁閉鎖不全症と3例の肥大型心筋症例にみられた。III, IV型では血流速度および大動脈圧の増減は弁運動に一致した。V型では血流速度、大動脈圧とも緩やかな増減を示し、V型を呈した6例は全例、低心拍出例であった。

弁エコーの開放面積は、洞調律例では、III, IV型を除き、一回拍出量と良く相関した ( $r=0.81$ )。

以上の所見から、大動脈弁エコー運動は左室の収縮に伴う大動脈への血液駆出状態を良く反映していることが示唆された。

#### 文 献

- 1) Gramiak R, Shah PM: Echocardiography of the normal and diseased aortic valve. *Radiology* **96**: 1, 1970
- 2) Nanda NC, Gramiak R, Manning J, Mahoney EB, Lipchik EO, DeWeese JA: Echocardiographic recognition of the congenital bicuspid aortic valve. *Circulation* **49**: 870, 1974
- 3) Wray TM: Echocardiographic manifestations of flail aortic valve leaflets in bacterial endocarditis. *Circulation* **51**: 832, 1975
- 4) Chang S, Clements S, Chang J: Aortic stenosis: Echocardiographic cusp separation and surgical description of aortic valve in 22 patients. *Am J Cardiol* **39**: 499, 1977
- 5) Feigenbaum H: Clinical applications of echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis* **14**: 531, 1972
- 6) Johnson ML, Warren SG, Waugh RA, Kisslo JA, Sabiston DC, Lester RG: Echocardiography of the aortic valve in non-rheumatic left ventricular outflow tract lesions. *Radiology* **112**: 677, 1974
- 7) Tajik AJ, Giuliani ER: Echocardiographic observations in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Mayo Clin Proc* **49**: 89, 1974
- 8) Boughner DR, Schuld RL, Persaud JA: Hypertrophic obstructive cardiomyopathy: Assessment by echocardiographic and Doppler ultrasound techniques. *Br Heart J* **37**: 917, 1975
- 9) Krajcer Z, Orzan F, Pechacek LW, Garcia E, Leachman RD: Early systolic closure of the aortic valve in patients with hypertrophic subaortic stenosis and discrete subaortic stenosis: Correlation with preoperative and postoperative hemodynamics. *Am J Cardiol* **41**: 823, 1978
- 10) Chahine RA, Raizner AE, Nelson J, Winters WL Jr, Miller RR, Luchi RJ: Mid systolic closure of aortic valve in hypertrophic cardiomyopathy: Echocardiographic and angiographic correlation. *Am J Cardiol* **43**: 17, 1979
- 11) Davis RH, Feigenbaum H, Chang S, Konecke LL, Dillon JC: Echocardiographic manifestations of discrete subaortic stenosis. *Am J Cardiol* **33**: 277, 1974
- 12) Krueger SK, French JW, Forker AD, Caudill CC, Popp RL: Echocardiography in discrete subaortic stenosis. *Circulation* **59**: 506, 1979
- 13) Hernandez RR, Greenfield JC Jr, McCall BW: Pressure-flow studies in hypertrophic subaortic stenosis. *J Clin Invest* **43**: 401, 1964
- 14) Boughner DR: Transcutaneous aortic velocity patterns and the echocardiogram in IHSS. *in* White D, Brown RE, eds. *Ultrasound in Medicine*, vol 3A. Plenum Press, New York, 1977, p 139
- 15) Hagaman JF, Wolfe C, Craige E: Early aortic valve closure in combined idiopathic hypertrophic subaortic stenosis and discrete subaortic stenosis. *Am J Cardiol* **45**: 1083, 1980
- 16) Gilbert BW, Pollick C, Adelman AG, Wigle ED: Hypertrophic cardiomyopathy: Subclassification by M-mode echocardiography. *Am J Cardiol* **45**: 861, 1980
- 17) Wei JY, Weiss JL, Bulkley BH: The heterogeneity of hypertrophic cardiomyopathy: An autopsy and one dimensional echocardiographic study. *Am J Cardiol* **45**: 24, 1980
- 18) Fleming PR: The mechanism of the pulsus bisferiens. *Br Heart J* **19**: 519, 1957
- 19) Feigenbaum H: Echocardiography. 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1976, p 161
- 20) Kinoshita N, Nimura Y, Miyatake K, Nagata S, Sakakibara H, Hayashi T, Asano M, Terao Y, Matsuo H: Studies on flow patterns in the aortic arch in cases with hypertrophic cardiomyopathy using pulsed ultrasonic Doppler technique. *J Cardiology* **8**: 325, 1978
- 21) Shiina A, Matsumoto Y, Kawasaki K, Tsuchiya M, Itoh K, Hokamaki H, Miyata K, Tomita T, Matsumoto Y, Yaginuma T, Hosoda S: Analysis of opening and closing of the valve by simultaneous echocardiogram and pressure tracing across the valve. *J Cardiology* **6**: 661, 1976