

## 心エコー図法による左室機能評価

## Echocardiographic assessment of the left ventricular function

藤井 諄一  
久保木正夫  
相沢 忠範  
渡辺 潔  
小山晋太郎  
加藤 和三

Junichi FUJII  
Masao KUBOKI  
Tadanori AIZAWA  
Hiroshi WATANABE  
Shintaro KOYAMA  
Kazuzo KATO

**Summary**

It has been shown that left ventricular function can be depicted by force-length relation, force-velocity relation, end-systolic pressure-volume relation, etc. However, it is difficult to obtain two or more points correlating left ventricular end-diastolic volume (EDV) with stroke volume (SV) or stroke work (SW), mean circumferential fiber shortening rate (mean VCF) with mean brachial artery pressure (mean BAP), left ventricular end-systolic volume (ESV) with end-systolic pressure (ESP), respectively in an individual patient, and invasive method such as left ventricular cineangiography, which is usually employed in the measurement of left ventricular volume, can not be used safely in patients with acute and severe heart failure. Echocardiography offers a possible alternative to measure left ventricular dimension and volume.

In this study, we evaluated the reliability of echocardiographic measurement of left ventricular volume (Figs. 1~9) and applicability of echocardiography to the assessment of force-length relation, force-velocity relation, and end-systolic pressure-volume relation, which are known to show myocardial contractility of the left ventricle (Figs. 10~19).

Left ventricular function curve (VFC) was obtained by plotting EDV against SV or SW before and after sublingual administration of isosorbide dinitrate (ISDN) (Fig. 10), isometric exercise (Fig. 15), or by plotting EDV against SV in 60-90 consecutive beats in patients with atrial fibrillation who showed beat-to-beat change in EDV and SV (Figs. 11~14). Inotropic agents shifted VFC upward and to the left, whereas depression of myocardial contractility shifted VFC downward and to the right.

Force-velocity relation was obtained by plotting mean VCF against mean BAP before and after ISDN administration (Fig. 16). Mean VCF was reduced by depression of myocardial contractility and increased by lowering mean BAP (afterload reduction).

The ratio of end-systolic pressure to volume appears to be independent from afterload and preload and can be used as an index of myocardial contractility<sup>16,17</sup>. Emax, which is the slope of ESP-ESV line, was obtained by plotting diastolic BAP against ESV before and after ISDN administration

(Figs. 17~19). Depression of cardiac contractility estimated by decreased ejection fraction (EF), VFC and NYHA functional capacity reduced  $E_{max}$  and dirotic BAP/ESV value.

Echocardiographic assessment of the left ventricular function was based on the accuracy and reliability of echocardiographic measurement of left ventricular dimension and volume. The present study as well as others<sup>1-5)</sup> showed a close correlation between left ventricular volumes measured by cineangiography and echocardiography, especially by using Teichholz's method. Real-time two-dimensional echocardiography, which has appeared recently in the clinical use, may take the place of M-mode echocardiography in the assessment of left ventricular function in the near future.

**Key words**

Echocardiographic measurement of the left ventricular volume  
Left ventricular function curve

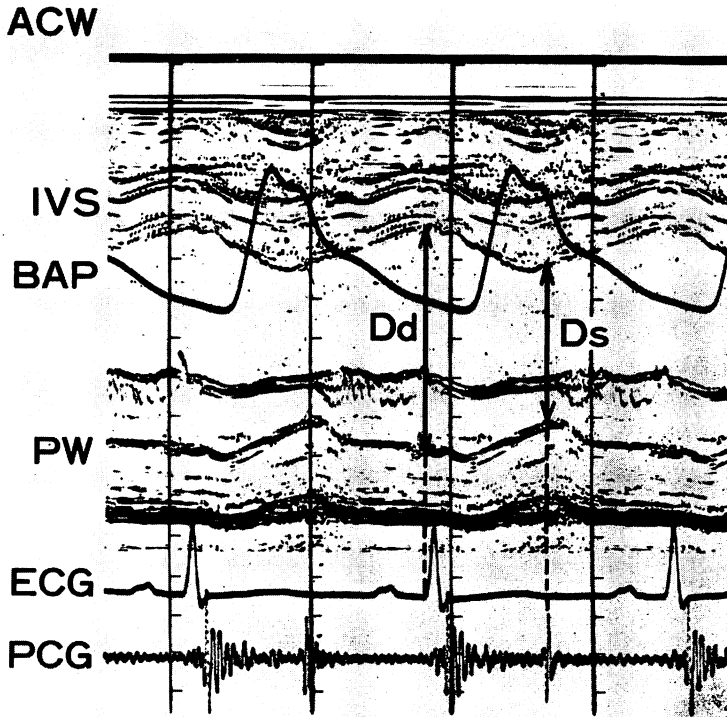
End-systolic pressure-volume relation

はじめに

心エコー法は比較的容易に実施され、心臓の構造や動態を非観血的かつ瞬時的に記録することが

できるという特徴を有することから、すでに種々の心疾患の診断のみならず、心臓の計測や心機能の評価に利用されている<sup>1-6,13-15,18,19)</sup>.

そこで左室機能の評価における心エコー法の有



**Fig. 1. Echocardiographic measurement of the left ventricular dimension.**

ACW=anterior chest wall, IVS=interventricular septum, PW=left ventricular posterior wall, BAP=brachial artery pressure, Dd=left ventricular end-diastolic dimension, Ds=left ventricular end-systolic dimension, ECG=electrocardiogram, PCG=phonocardiogram.

用性と問題点について、1) 左室容積測定、2) 左室機能曲線、3) 力-速度関係、4) 収縮終期圧-容積関係への本法の適用に注目し、主として著者らの検討をもとにまとめてみた。

### 左室容積測定

左室径の計測および左室の容積測定は左室機能を表す種々の関係の基盤となる重要な問題であり、心エコー法による左室機能の評価はつまるところ本法による左室計測の妥当性に依存している。

そこで asynergy を示す心筋梗塞例および右心容量負荷例を除く各種心疾患 52 例において、可能な限りリアルタイム心断層法によりビーム方向を確認しながら記録した中隔、後壁エコーグラムより、Fig. 1 のごとく心電図 R 波の開始点の時点で、拡張終期径 (Dd)、II 音大動脈弁成分の時点で収縮終期径 (Ds) をそれぞれ計測した。そして現在広く使われている Pombo 法<sup>1)</sup>、Teichholz 法<sup>4)</sup>、Gibson 法<sup>2,3)</sup>を用いて算定した左室容積と右前斜位の左室造影より、Dodge の面積・長さ法を用いて算定した左室容積とを比較検討してみた。

僧帽弁前尖先端付近をとるビームで得られた左室径は、近似的に左室短軸径を表わすものと考えられ、さらに左室を短軸の 2 倍の長軸を有する回転楕円体と仮定すると、左室短軸 (D) の三乗から左室容積が近似的に得られることになる。これがいわゆる Pombo 法<sup>1)</sup>の原理である。Fig. 2 は Pombo 法により得られた左室拡張終期容積 (EDV (Echo)) と左室造影法による EDV (Angio) との関係を見たものであるが、両者は  $r=0.89$  ( $p<0.001$ ) の密な正相関を示した。回帰式の勾配は 0.63 で、EDV が約 200 ml 以内では心エコー法が過少評価し、それ以上では過大評価する傾向がみられた。同じく Fig. 3 は両法により得られた収縮終期容積 (ESV) の関係を示す。同様に  $r=0.89$  ( $p<0.001$ ) の密な正相関が認められた。回帰式の勾配は 0.87 で EDV のそれに比して点線で示した identity line により近かった。Fig.

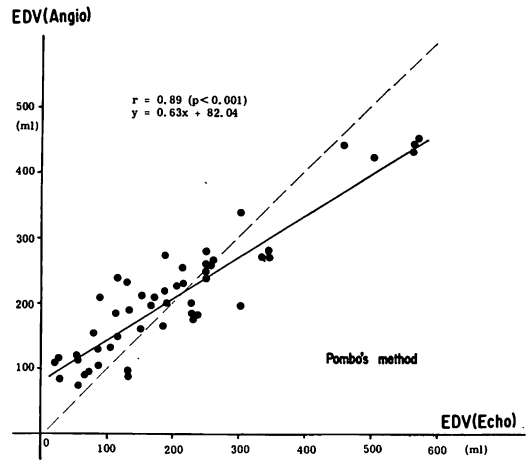


Fig. 2. Relationship between left ventricular end-diastolic volume (EDV) measured by cineangiography and echocardiography using Pombo's method.

EDV (Angio)=end-diastolic volume measured by single plane cineangiography using Dodge's area-length method (RAO); EDV (Echo)=end-diastolic volume measured by echocardiography using Pombo's method (Dd<sup>3</sup>).

There is a close correlation between EDV (Angio) and EDV (Echo). Dotted line is an identity line.

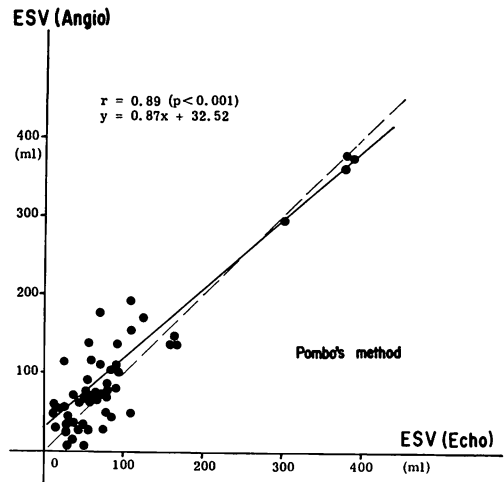


Fig. 3. Relationship between ESV measured by cineangiography and echocardiography using Pombo's method (Dd<sup>3</sup>).

There is a close correlation between ESV (Angio) and ESV (Echo).

4 は両法により得られた駆出量 (SV) の関係を示す。両者の間には  $r=0.65$  ( $p<0.001$ ) の良好な正相関が認められたが, SV 100 ml 以上では心エコー法が過大評価する傾向を示した。Fig. 5 は両法により得られた駆出分画 (EF) の関係を示す

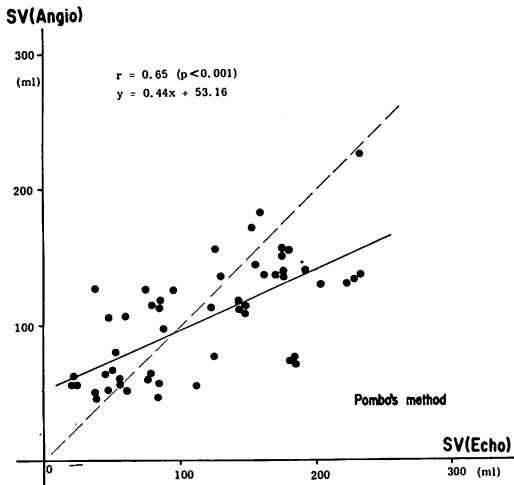


Fig. 4. Relationship between left ventricular stroke volume (SV) measured by cineangiography and echocardiography using Pombo's method.

There is a good correlation between SV (Angio) and SV (Echo).

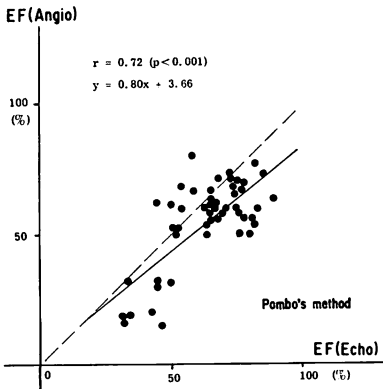


Fig. 5. Relationship between ejection fraction (EF) measured by cineangiography and echocardiography using Pombo's method.

There is a good correlation between EF (Angio) and EF (Echo).

が,  $r=0.72$  ( $p<0.001$ ) の良好な正相関が認められた。回帰線の勾配は 0.80 で, identity line に比較的近かった。

以上のごとく, Pombo 法は拡大心の左室容積, ことに EDV を過大評価する傾向があり, その原因の 1 つとして心拡大に伴い長軸短軸比が減少することが考えられる。そこで, 長軸の要素を加味した Teichholz 法<sup>4)</sup>および Gibson 法<sup>2,3)</sup>による容積測定の妥当性について検討してみた。Fig. 6 は Pombo 法, Teichholz 法, Gibson 法の 3 つの方法により求めた EDV と, 左室造影法による値とを比較したものである。いずれも  $r=0.89\sim 0.90$  ( $p<0.001$ ) の密な正相関を示したが, Pombo 法に比して Teichholz 法, Gibson 法が, 点線で示した identity line により近づいていた。

Fig. 7 は同じく 3 つの方法による ESV を左室造影法による値とを比較したものであるが, いずれも  $r=0.87\sim 0.89$  ( $p<0.001$ ) の密な正相関を示し, 回帰式は Gibson 法がもっとも identity line に近かった。同様に SV の比較を Fig. 8 に示す。いずれも  $r=0.65\sim 0.71$  ( $p<0.001$ ) の良好な正相関を示したが, Pombo 法に比し Teichholz

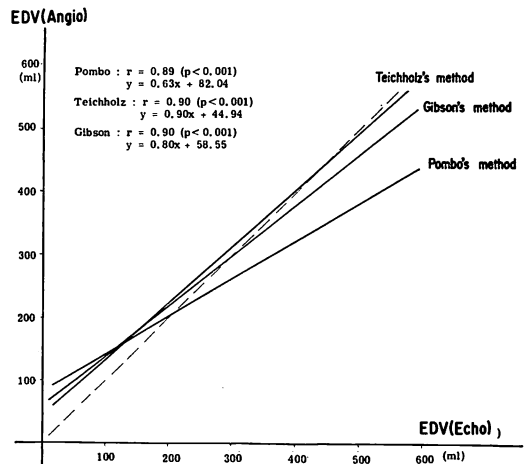


Fig. 6. Relationship between EDV measured by cineangiography and echocardiography using Pombo, Teichholz and Gibson's methods.

Dotted line is the identity line.

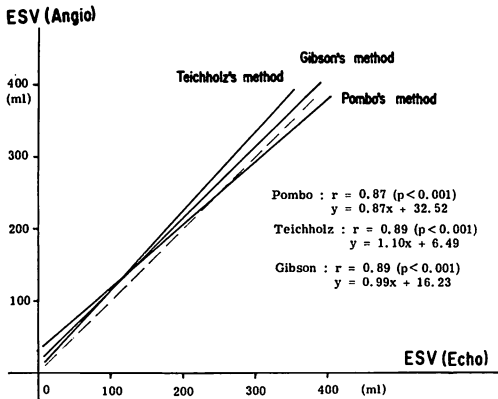


Fig. 7. Relationship between ESV measured by cineangiography and echocardiography using Pombo, Teichholz and Gibson's methods.

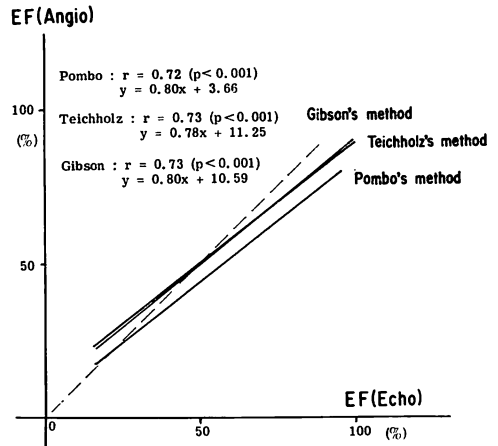


Fig. 9. Relationship between EF measured by cineangiography and echocardiography using Pombo, Teichholz and Gibson's methods.

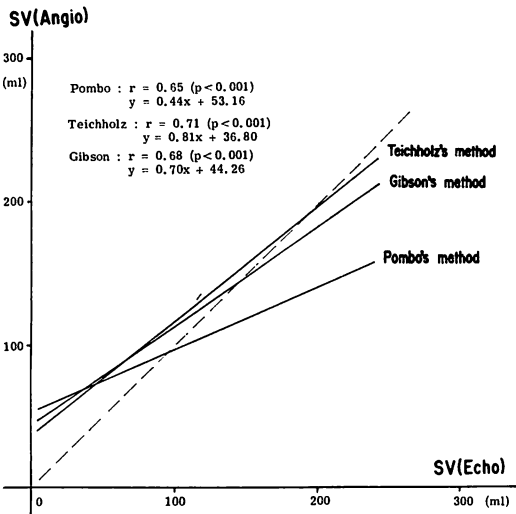


Fig. 8. Relationship between SV measured by cineangiography and echocardiography using Pombo, Teichholz and Gibson's methods.

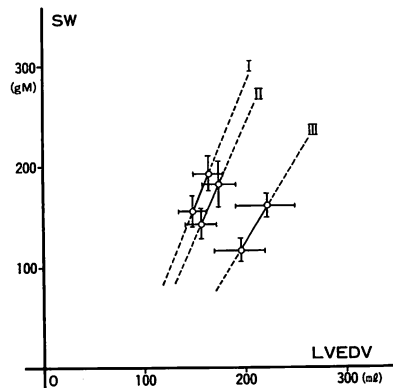


Fig. 10. The left ventricular function curves (VFC) in patients of aortic regurgitation with the NYHA functional capacities of I, II and III, obtained by plotting SW against EDV before and after ISDN administration.

Each bars show one standard deviation and mean values. VFC in patients with the NYHA functional capacity of III shifts to the right and downward, and the slope of this VFC is smaller than those of NYHA I and II.

法, Gibson 法がより identity line に近い値を示した. Fig. 9 は 3 つの方法および左室造影法により得られた EF の関係を示すが, いずれも  $r=0.72\sim0.73$  ( $p<0.001$ ) の良好な正相関を示した. また Gibson 法および Teichholz 法の回帰式がより identity line に近かった.

以上の結果から明らかなように, 心エコー法で得られた左室容積は左室造影法による値と一致はしなかったが, きわめて密な相関を示したことから, これらは実際の左室容積をよく反映したもの

と考えられ, ことに Teichholz 法と Gibson 法がより左室造影法に近い値を示しているものと考えられた. そこで以下の検討における左室容積測定は Teichholz 法により行った. なお, asynergy を有する心筋梗塞例では本法の適用には問題があるが, 著明な心室瘤を有さぬ限り, EDV の測定には有用であると考えられている<sup>5)</sup>.

なお最近, リアルタイム心断層法の普及に伴い, 左室長軸断層像に area-length 法を適用して左室容積を測定する試みが成されている. 著者らの検討によると asynergy を有する症例においても, 左室造影法より求めた値との密な相関が得られた<sup>20)</sup>. 今後の検討が期待される.

左室機能を規定する基本的な関係としては, 長さ-張力関係, 力-速度関係, 収縮終期圧-容積関係などがある. 臨床例で種々の負荷をかけること

によりこれらの関係を求め, 左室の収縮性が評価されているが, 従来の方法では観血的手技が必要であるため, 反覆施行やその適用には限界があった. しかし心エコー法を応用することにより, 造影剤などの非生理的な負荷をかけることなしに, 左室容積の情報をうることができる. 以下にそれらの実例を自験例で示す.

### 左室機能曲線

心臓は心室への流入に応じて, 一回心仕事量ないしは拍出量を変化させる性質を有することが, Frank<sup>7,8)</sup>, Starling<sup>9)</sup>, Sarnoff ら<sup>10-12)</sup>により検討され, Frank-Starling 曲線あるいは心機能曲線 (VFC) と呼ばれているのは周知の事実である. この曲線は心臓の前負荷 (preload) と拍出量の関係を規定する最も重要な基本的関係であり, posi-

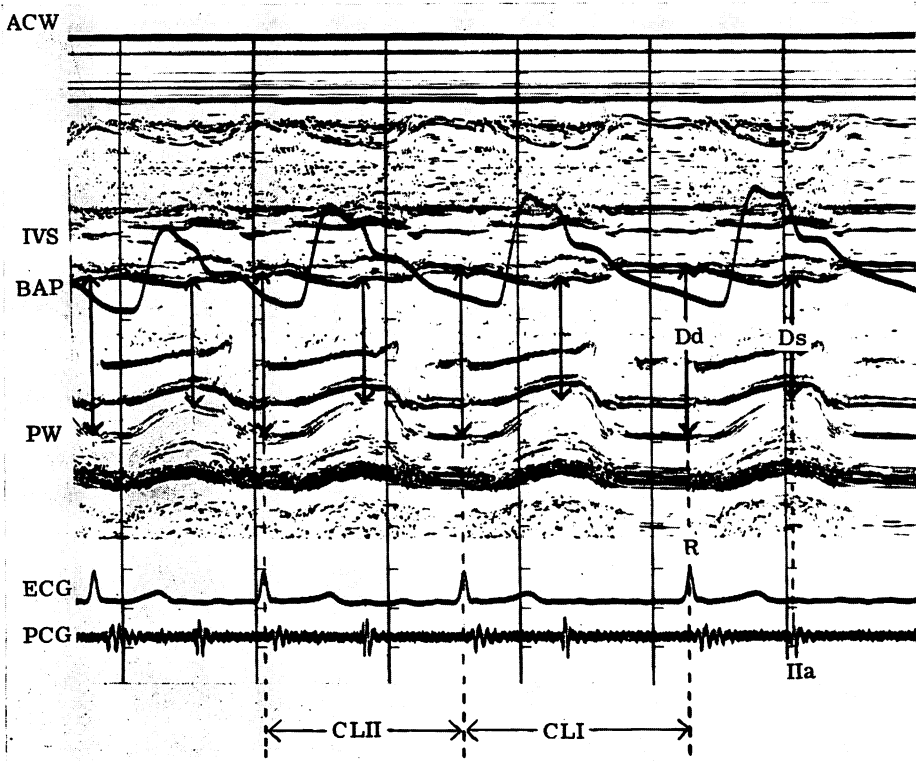


Fig. 11. Simultaneous recording of the echocardiogram and BAP in patients with atrial fibrillation, who show beat-to-beat changes in EDV and SV.

tive inotropicaction で曲線の左上方移動と勾配の増加が、また negative inotropicaction で右下方移動と勾配の減少が認められ、左室収縮性が評価される。しかし臨床的には種々の負荷により preload を変化させたさいに、心拍数や動脈圧 (afterload) が変化したり、心収縮性の変化が多少加わったりするために、得られた関係は厳密な意味ではむしろ modified VFC と考えられる場合のほうが多いのが実情である。しかし、いずれも臨床症状その他の各種指標から予想される疾患の重症度をよく反映していることが知られている<sup>13,14)</sup>。

負荷の方法としては、dextran 静注、造影剤注入、下肢挙上、ISDN 舌下などがある。

Fig. 10 は種々の重症度の大動脈弁閉鎖不全症 30 例で、ISDN 5 mg 舌下投与前後の EDV と左室仕事量 (SW) との関係より得た左室機能曲線を、NYHA の functional capacity 別に表示したものである。functional capacity の低下に従って、心機能曲線が右下方へ偏位し、勾配が減少する傾向が認められた。

心房細動例では Fig. 11 のごとく先行 R-R の変動に伴い EDV が変化するため、多数心拍の EDV と SV の関係より左室機能曲線を描くことができる。Fig. 12 は EDV, EF, SV がいずれも正常で左室機能正常と考えられた孤立性心房細動 4 例において、70~90 心拍の EDV と SV の関係から得られた左室機能曲線を示す。いずれも

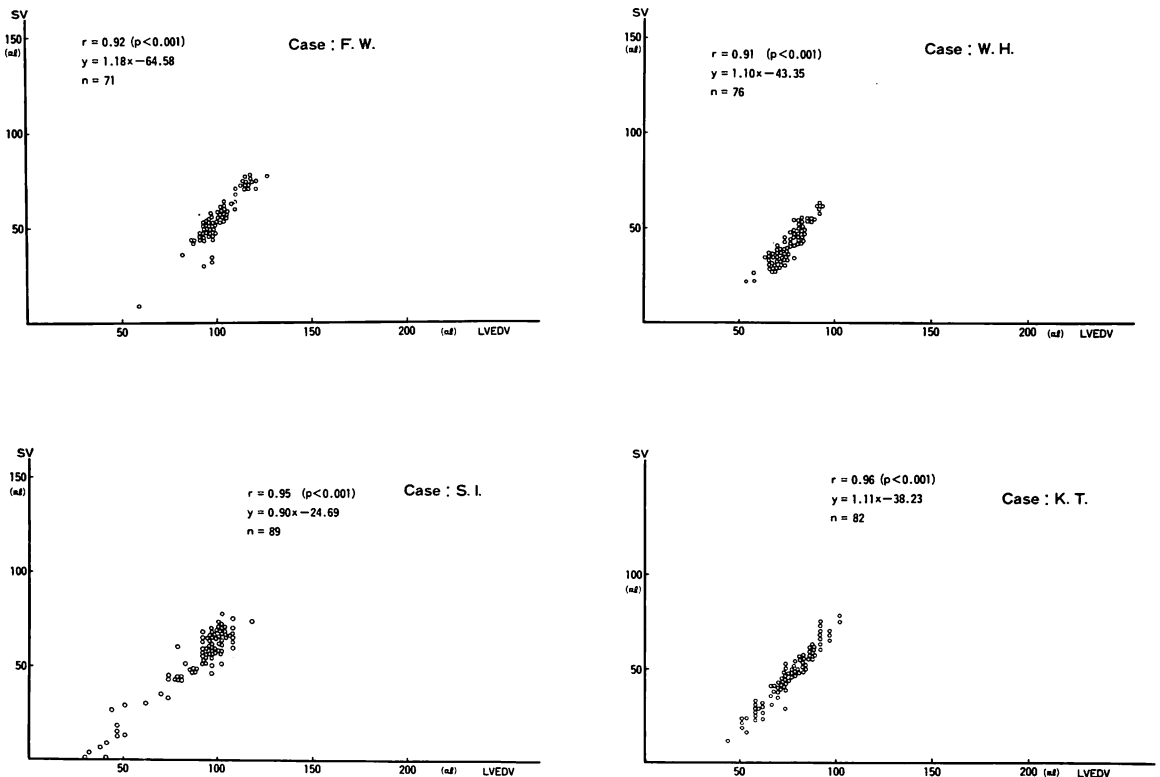
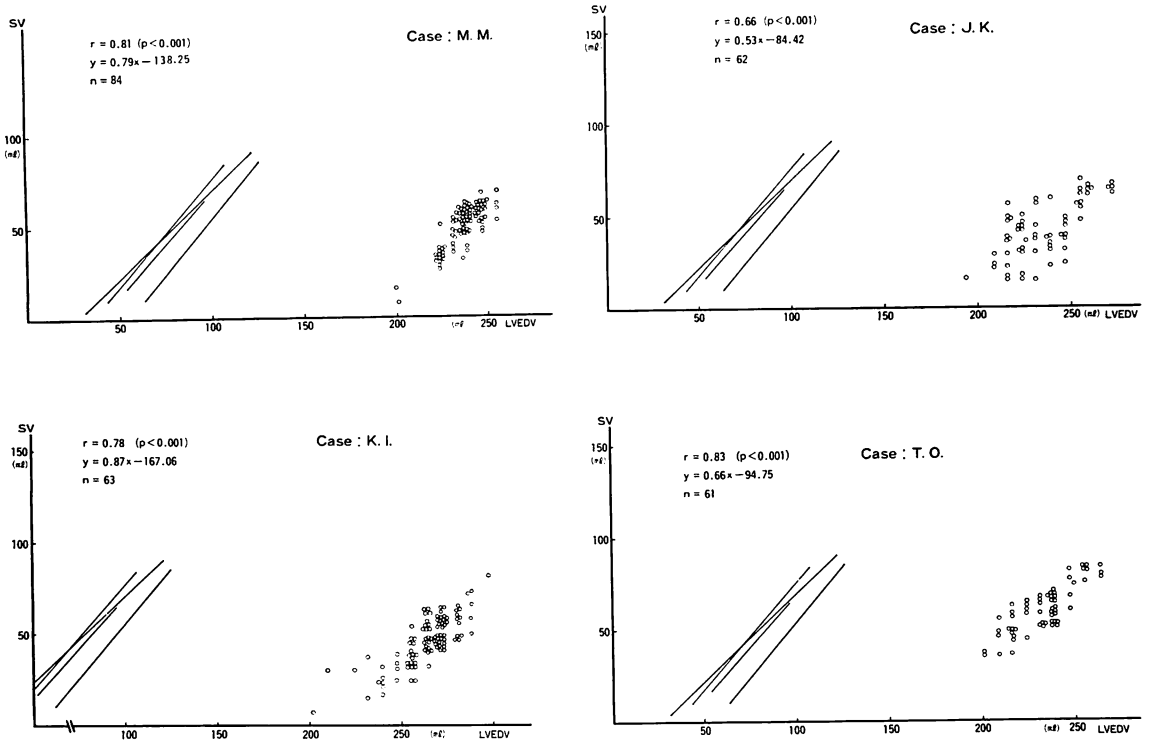


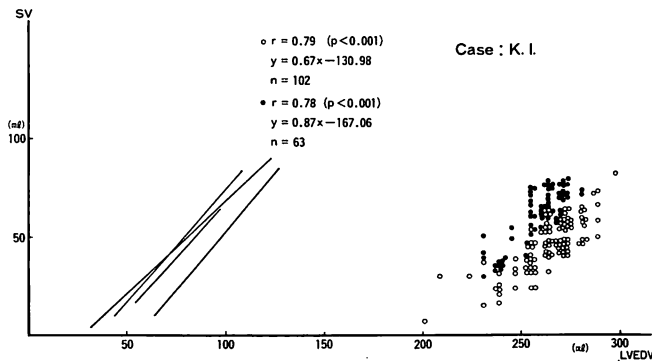
Fig. 12. The left ventricular function curves in four patients with lone atrial fibrillation obtained by plotting SV against EDV in 70-90 consecutive beats.

These function curves are used as normal controls.



**Fig. 13. The left ventricular function curves in 4 patients with congestive cardiomyopathy (CCM).**

VFCs in patients with CCM shift downward and to the left from control curves indicated by solid lines.



**Fig. 14. Changes in the left ventricular function curves (VFC) before (open circle) and after (solid circles) treatment with digitalis and diuretics in a patient with CCM.**

VFC in a patient with CCM shifts upwards and to the left after treatment, but is still situated downward and to the left from control curves indicated by solid lines.



右上りの急峻な直線に近い関係が得られた。

それに対して NYHA III~IV 度の functional capacity で、EF, SV が著明に低下し、重症の左心不全を示すと考えられるうっ血型心筋症 (CCM) 4 例の左室機能曲線は、Fig. 13 のごとく実線で示した孤立性心房細動例のそれらに比して右方へ偏位し、かつ勾配も減少していた。

Fig. 14 はうっ血型心筋症の 1 例における digitalis および利尿剤による治療前後の左室機能曲線を示す。治療後には closed circle で示す左室機能曲線は、open circle で示す治療前のそれから左上方へ偏位し、直線に近似した左室機能曲線の勾配は 0.67 から 0.87 へ増加していた。既報のごとく<sup>14)</sup>、心房細動例における各心拍の血行動態には preload の変動のみならず、afterload や potentiation の影響をも加味したものと考えられ、したがって得られた機能曲線は、いわゆる modified VFC であるが、疾患の重症度をよく反映しているものと考えられた。

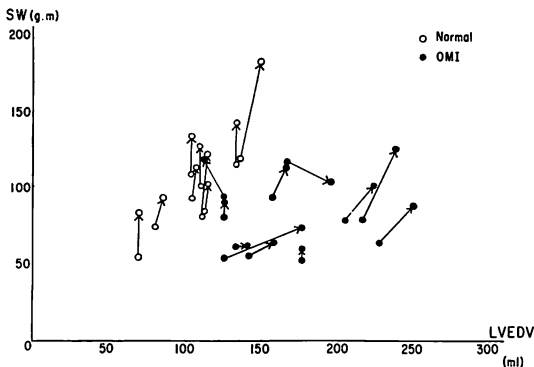


Fig. 15. Changes in the relation between EDV and SW during isometric exercise in 9 normal subjects (open circles) and 11 patients with old myocardial infarction (closed circles). These are so-called modified VFCs. SV is measured by dye dilution method in patients with old myocardial infarction. EDV is measured by echocardiography using Teichholz's method. VFCs in patients with old myocardial infarction (OMI) shift downward and to the right from normal VFCs and the slopes of VFCs in patients with OMI are smaller than those of normal subjects.

Fig. 15 は正常例 9 例と陳旧性心筋梗塞 11 例で、isometric exercise 前後の EDV と SW の関係より得た左室機能曲線を示す。Asynergy が存在するため、陳旧性心筋梗塞例の SV は色素希釈法 (Cuvette 法) で求めた。それと直接上腕動脈 (平均) 圧との積から SW を算定し、心エコー法による EDV との関係から左室機能曲線を描いた。Open circle で示す正常例の急峻な機能曲線に比して、closed circle で示した心筋梗塞例の機能曲線は右下方に偏位し、勾配もゆるやかな傾向を示した。

### 左室収縮速度

力-速度関係は心臓の機能を規定するもう 1 つの基本的な関係であるが、心エコー法で得られるものは駆出期の指標である、左室収縮速度 Vcf である。ことに mean VCF は心エコー法で容易に得られ、VCE に相当するとされる peak tension での VCF とよく相関することから、左室収

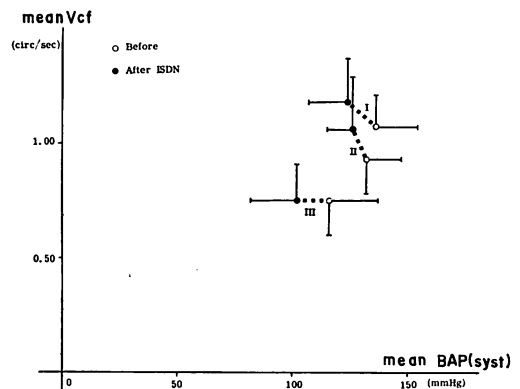


Fig. 16. Changes in the relationship between mean Vcf and mean BAP before and after ISDN administration in patients with aortic regurgitation (AR) of NYHA I, II and III.

Mean Vcf in patients of AR with NYHA III is smaller than those with NYHA I and II. So-called force velocity curve in patients of AR with NYHA II is steeper than that with NYHA I. Mean Vcf increased after lowering of BAP in patients with NYHA I and II, but did not in patients with NYHA III.

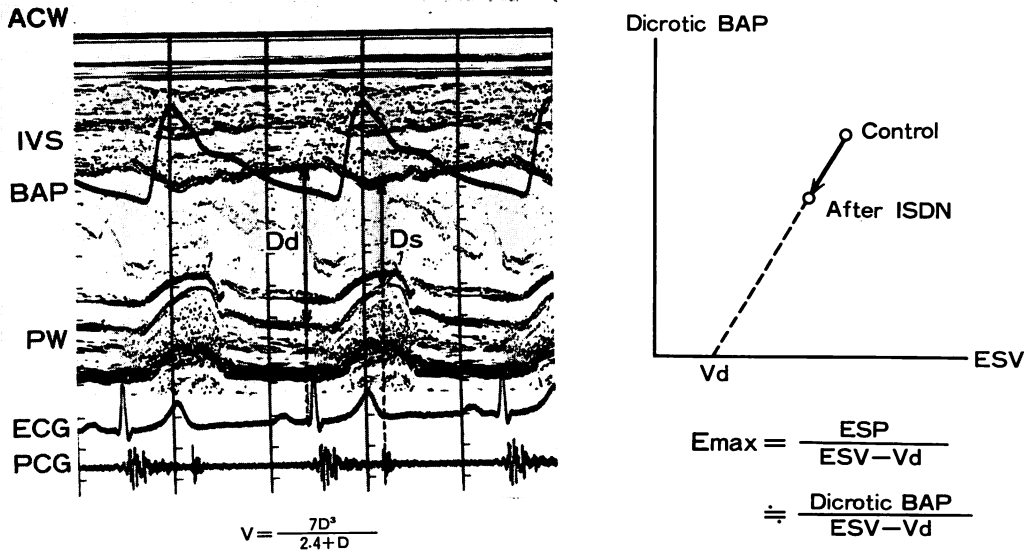


Fig. 17. End-systolic pressure-volume relationship obtained by plotting dicrotic BAP against ESV before and after ISDN administration in patients with AR.

ESV is measured by echocardiography and ESP is approximated to dicrotic BAP. Emax is the slope of end-systolic pressure-volume line.

縮性の評価に広く使われている<sup>15)</sup>.

Fig. 16 は functional capacity I~III 度の大動脈弁閉鎖不全症 30 例において, ISDN 5 mg 舌下投与前後の mean VCF と平均収縮期圧との関係を示すが, functional capacity の低下に従い, mean VCF が減少する傾向がみられた. 平均収縮期圧と mean VCF の関係は一種の力-速度関係を示すが, Fig. 16 のごとく平均収縮期圧の減少に伴い mean VCF の増加をみ, その程度は NYHA I 度の群より II 度の群に著しかった. しかし NYHA III 度の群ではほとんど不変であった.

収縮終期左室圧-容積関係について

収縮終期の圧-容積関係が負荷に関係なく, ほぼ一定の直線関係を示し, 収縮性に依じてこの直線の勾配 (Emax) が変化することから, 左室収縮能の評価に利用できることが, 菅ら<sup>16~19)</sup>により明らかにされた.

大動脈根部での dicrotic pressure と上腕動脈での dicrotic pressure (dicrotic BAP) を比較してみると, 両者は  $r=0.99$  ( $p<0.001$ ) の密な相

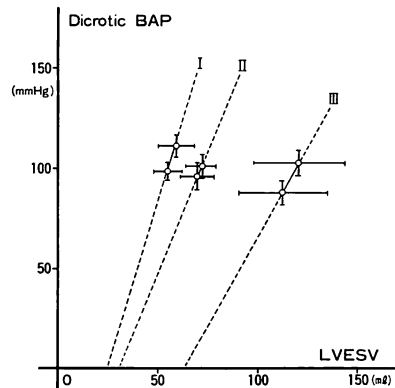
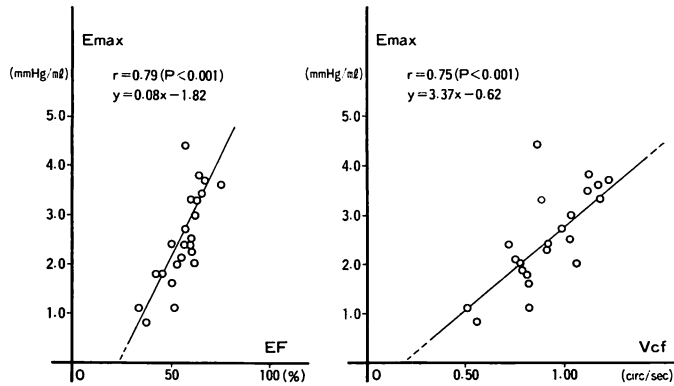


Fig. 18. Dicrotic BAP-ESV line in patients of AR with NYHA I, II and III.

The slope of this line, Emax, in patients with NYHA III is smaller than those with NYHA I and II.



**Fig. 19. Relationships between Emax and EF, and between Emax and Vcf.**

There are good correlations between Emax and EF, and between Emax and Vcf, respectively.

関を示すことから、左室収縮終期圧 (ESP) の近似値として用いることが可能であると考えられた。そこで Fig. 17 のごとく ISDN 5 mg 錠舌下投与前後の dicotic BAP と、心エコー法による ESV との関係より、近似的に収縮終期の左室圧-容積関係を求め検討した<sup>19)</sup>。

種々の重症度の大動脈弁閉鎖不全症 30 例で、以上の方法により求めた収縮終期の圧-容積関係を Fig. 18 に示す。Functional capacity の低下に伴い、直線の勾配すなわち Emax は減少する傾向を示し、さらに dicotic BAP/ESV 値自体も減少する傾向が認められた。また直線の x 切片 (すなわち菅らの Vd) は Emax の減少、ESV の増加に伴い増大する傾向を示した。さらに ESV の値自体も心機能の低下、Emax の減少に伴い増加する傾向がみられた。

Fig. 19 は Emax と EF および mean Vcf との関係を示す。Emax と EF は  $r=0.79$  ( $p<0.001$ ) の、Emax と Vcf は  $r=0.75$  ( $p<0.001$ ) の良好な正相関を示した。

以上から Emax は臨床例においても左室収縮性の指標として有用であると思われる。しかし本来、Emax は収縮終期圧-容積直線の勾配であり、臨床的に得られる圧変動の範囲内での測定は、きわめて誤差を生じやすい。したがって前述のごと

く一点の値である dicotic BAP/ESV、あるいは ESV 自体が左室収縮性をよく反映するとすれば、はるかに臨床的には有用であり、我々の検討でもそれを示唆する所見が得られた<sup>18,19)</sup>。しかし Emax の周辺は心の大きさによる標準化の問題、Vd の問題などむしろ実験的に解決されねばならない問題が今なおいくつか残されている。

## 総 括

心エコー法による左室機能の評価は、本法による左室径ないしは左室容量測定の精度に依存している。M モード法のみにより、左室径の計測に適した中隔・後壁エコーグラムを記録するためには、心臓の三次元的な解剖構造に関する十分な理解と、それに基づいたかなり高度な記録技術が要求されるものと考えられる。最近普及しつつあるリアルタイム心断層法を併用すると、はるかに短時間で理想的なビーム方向を決定しうる。ことに僧帽弁先端付近で中隔、後壁に対して 90 度の線から大幅にずれるビーム方向での記録は、棄却すべきである。以上の点を十分に注意し記録された左室径は、前述のごとく実際の左室径、左室容積をよく反映しているものと考えられ、それに基づいた心エコー法による左室機能の評価は、臨床きわめて有用であると考えられる。

文 献

- 1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 2) Gibson DC: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128, 1973
- 3) Gibson DG, Brown D: Measurement of instantaneous left ventricular dimension and filling rate in man, using echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 1141, 1973
- 4) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7, 1976
- 5) Sweet RL, Moroski RE, Rusel RO, Rackley CF: Relationship between echocardiography, cardiac output, and abnormally contracting segments in patients with ischemic heart disease. *Circulation* **52**: 634, 1975
- 6) Gehrke J, Leeman S, Raphael M, Pridie RB: Non-invasive left ventricular volume determination by two-dimensional echocardiography. *Brit Heart J* **37**: 911, 1975
- 7) Frank O: Zur Dynamik des Herzmuskels. *Ztschr Biol* **32**: 370, 1895
- 8) Frank O: On the dynamics of cardiac muscle. (Translated by Chapman CB, Wasserman E) *Amer Heart J* **58**: 282 and 476, 1959
- 9) Starling EH: The Linacre Lecture on the Law of the Heart (given at Cambridge, 1915). London, Longmans, Green, 1918
- 10) Sarnoff SJ, Berglund E: Ventricular function: I. Starling's law of the heart studied by means of simultaneous right and left ventricular function curves in the dog. *Circulation* **9**: 706, 1954
- 11) Sarnoff SJ: Myocardial contractility as described ventricular function curves. *Physiol Rev* **36**: 400, 1955
- 12) Sarnoff SJ, Mitchell J: The regulation of the performance of the heart. *Amer J Med* **30**: 747, 1961
- 13) 藤井諄一, 渡辺 灝, 渡辺 坦, 久保木正夫, 加藤和三: UCG による心機能評価~心筋異常例における等尺運動負荷時の心反応の検討. *日超医講演論文集* **28**: 203, 1975
- 14) 藤井諄一, 渡辺 灝, 久保木正夫, 加藤和三: 心エコー図法による心房細動例の左室機能曲線の検討. *J Cardiography* **9**: 459, 1979
- 15) Cooper RH, O'Rourke RA, Karliner JS, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. *Circulation* **46**: 914, 1972
- 16) Suga H, Sagawa K, Shoukas AA: Load independence of the instantaneous pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart rate on the ratio. *Circulat Res* **32**: 314, 1973
- 17) Suga H, Sagawa K: Instantaneous pressure-volume relationships and their ratio in the excised, supported canine left ventricle. *Circulat Res* **32**: 117, 1974
- 18) Nivatpumin T, Katz S, Scheuer J: Peak left ventricular systolic pressure/end-systolic volume ratio: A sensitive detector of left ventricular disease. *Amer J Cardiol* **43**: 969, 1979
- 19) 藤井諄一, 久保木正夫, 渡辺 灝, 加藤和三: 心エコー法による Emax と左室機能曲線, EF, Vcf の比較検討. *J Cardiography* (in press)
- 20) 藤井諄一, 相沢忠範, 久保木正夫, 小野彰一, 渡辺 灝, 太田昭夫, 小山晋太郎, 加藤和三: 超音波心断層法と左室造影法による左室容積測定と比較検討. *日誌* **69**: 203, 1980