

## 左室容量負荷時の心エコー法による左室容積評価の問題点

## Problems in left ventricular volume estimation in left ventricular volume overload

琴浦 肇  
西村 敏弘\*  
小坂田元太\*  
高橋 正明\*  
神奈木俊子\*  
藤田 正俊\*  
河合 忠一\*

Hajime KOTOURA  
Toshihiro NISHIMURA\*  
Genta OSAKADA  
Masaaki TAKAHASHI\*  
Toshiko\* KANNAGI\*  
Masatoshi FUJITA\*  
Chuichi KAWAI\*

### Summary

M-mode echocardiography, two-dimensional echocardiography and cineangiography were performed in 7 patients with left ventricular volume overload (4 with chronic mitral regurgitation and 3 with chronic aortic regurgitation; NYHA class 2-3) to study the problems in estimation of left ventricular volume. Instantaneous left ventricular volume by M-mode echocardiography was overestimated than that of cineangiography. Cineangiograms showed that the ratio of the short to long axis of the left ventricle was beyond 0.6 in 6 of 7 cases. Two-dimensional echocardiography revealed that the interventricular septum protruded to the right ventricle in 6 of 7 cases and that the transverse area of the left ventricle showed ellipsoidal configuration with the long axis in antero-posterior direction. It is necessary to examine the left ventricular shape using two-dimensional echocardiography to evaluate left ventricular volume obtained by M-mode echocardiography, because the ultrasound beam may transmit the left ventricle in oblique direction or shape abnormality may occur in the left ventricle of volume overload.

### Key words

Echocardiography      Left ventricular volume overload      Left ventricular volume

### はじめに

Mモード心エコー法により心内容積を計算することは、非観血的に心機能を評価するさい、最

も基本的な事項である<sup>1-3)</sup>。この点に関しては、従来より心アンジオ法と心エコー法との対比がなされており、形態異常、収縮異常、拡大心などを除けば、両法より求められる心容積はほぼ一致する

京都大学付属病院 検査部  
\*同 医学部 第三内科  
京都市左京区聖護院川原町 (〒606)

Central Clinical Laboratory, Kyoto University Hospital, \*The Third division, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyoto University, Kawara-machi, Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

Presented at the 17th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Sendai, October 20-21, 1978  
Received for publication January 24, 1979

ことが知られている<sup>4-6)</sup>. 今回は左室容量負荷心における左室容積計算上の問題点について検討した.

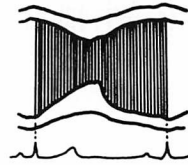
### 対象および方法

対象は左室容量負荷を伴う慢性の僧帽弁閉鎖不全症4例, 慢性の大動脈弁閉鎖不全症3例であり, いずれも NYHA 分類 2~3 度の症例である. 全例に対し, ほぼ同時期に M モード心エコー法, 超音波断層法, シネアンジオ法を行った. M モード心エコー図は Aloka 製 SSD-110, SSD-80 を用い, ブラウン管または連続記録装置により記録し, 左室エコー図は通常の方法により左室最大径を通過する連続性のあるエコー図として記録した. 左室径は心電図波の頂点より 40~50 ms ごとに計測し, 瞬時左室容積を  $D^3$  法および Gibson の変法<sup>7)</sup>にて計算し, 心容積曲線を作製した (Fig. 1 上段). 超音波断層図は日立製 EUB-10 を用い, 毎秒 18 コマで 8 mm シネフィルムに記録した. 左室長軸に沿った縦断像より, 拡張末期の大動脈-心室中隔の成す角  $\theta$  を計測した. 左室長軸に直角で最大径を示す横断像から両乳頭筋間の中央を通過する線上で, 拡張終期の左室径  $S_1$ , その線の中央直角方向の径  $S_2$  を計測し, 両者の比  $S_1/S_2$  を求めた (Fig. 1 中段). シネアンジオグラムは Philips 製 U-Stand を用いて右前斜位 30°, 毎秒 60 コマで 35 mm シネフィルム上に撮影し, Sandler-Dodge の Kennedy の変法<sup>8)</sup>により左室容積計算を 1 コマずつ行い, 容積曲線を作製した. また拡張終期の長軸および短軸を実測し, その比  $S/L$  を求めた.

### 結 果

Fig. 2 は僧帽弁逸脱を伴う僧帽弁閉鎖不全症例の心エコー図で, 上段は M モード法, 下段左は超音波断層左室縦断像, 右は横断像で, いずれも拡張終期の像である. 両法による像はともに心内腔の拡大がみられた. 超音波断層図では左室像の著明な変形はみられない. これを 1 群とする. Fig. 3

#### 1. M MODE ECHOCARDIOGRAPHY



INSTANTANEOUS LV VOLUME

$D^3$  FORMULA

GIBSON'S FORMULA

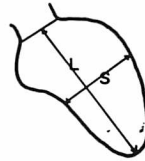
#### 2. TWO DIMENSIONAL ECHOCARDIOGRAPHY



AO-IVS  
ANGLE ( $\theta$ )

$S_1/S_2$

#### 3. CINE ANGIOGRAPHY



INSTANTANEOUS LV VOLUME

SANDLER-DODGE'S  
METHOD

$S/L$

Fig. 1. Methods of measurement and calculation.

は腱索断裂を伴う僧帽弁閉鎖不全症例の心エコー図である. M モード法, 超音波断層法ともに左室腔の拡大がみられた. 断層図の拡張終期縦断像, 横断像ともに心室中隔が右室側へ突出しており, 横断像にて左室が全体として前胸壁-左室後壁方向に長い楕円形を呈した. これを 2 群とする. Fig. 4 は大動脈弁閉鎖不全症の例であるが, 左室腔の拡大が著明で断層像にて心室中隔が右室側へ突出し, 前胸壁-左室後壁方向に長い楕円形を呈する 2 群の例である.

Fig. 5 は M モード心エコー法とシネアンジオ法による瞬時左室容積の対比である. 心エコー図の容積計算は  $D^3$  法を用いた. Open circle, open triangle は 1 群の症例であり, closed circle, closed triangle は 2 群の症例である. 全例とも拡張末期からほぼ収縮中期まで, アンジオ法より心エコー法のほうが容積を過大評価する傾向があり, とくに 2 群の例で著明であった.

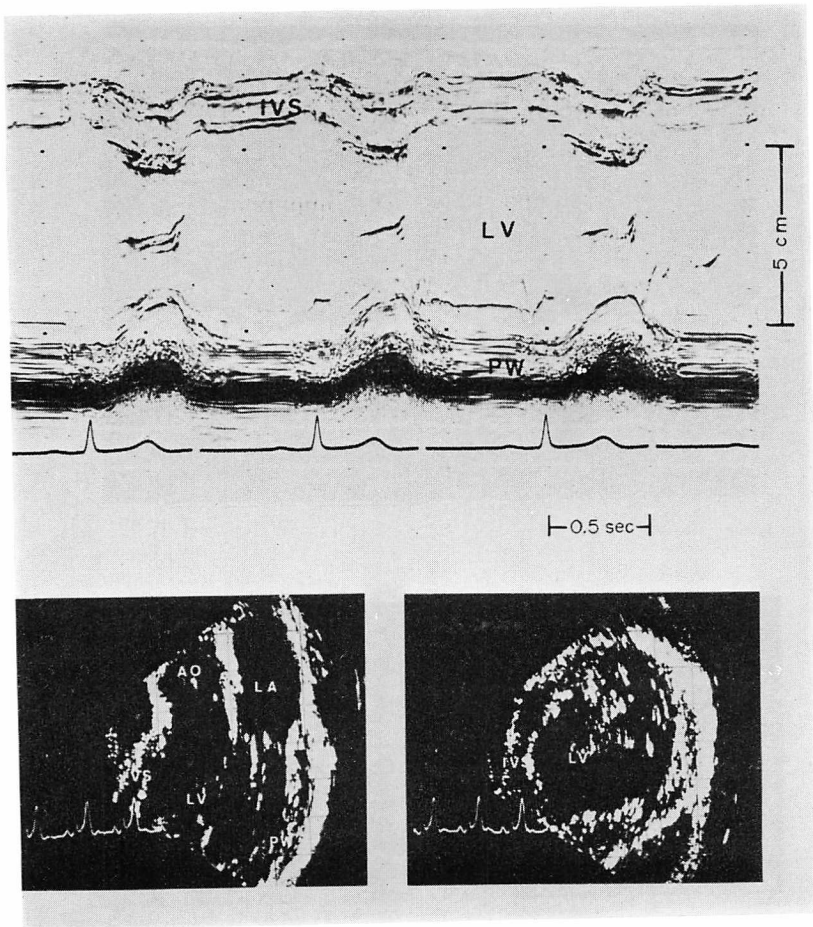


Fig. 2. A case of Group 1.

Left ventricular echogram from a patient with mitral regurgitation due to mitral valve prolapse. Top: M mode echogram, bottom left: longitudinal section in diastole, bottom right: transverse section showing nearly normal configuration in end-diastole. LV=left ventricle; IVS=interventricular septum; PW=left ventricular posterior wall; AO=aortic root; LA=left atrium.

Fig. 6 は心エコー図の容積計算を Gibson 変法によって行ったものである。D<sup>3</sup> 法に比し心エコー法の過大評価の程度は少ないが、類似の所見がみられる。Fig. 7 はその他の測定値を示す。斜線部分は本院での正常標準値の範囲を示す。超音波断層横断像の S<sub>1</sub>/S<sub>2</sub> 比は増大の傾向にあり、15% 以上の増大例が 4 例にみられた。超音波断層縦断像での大動脈-心室中隔の角度  $\theta$  は増大の傾向にあり、2 群ではとくに大であった。シネア

ンジオ像における拡張終期の長短軸比は、7 例中 6 例に増大がみられた。シネアンジオ法による拡張終期容積はいずれも増大を示したが、1, 2 群間の差異はみられなかった。

#### 考 案

左室容量負荷のさい、M モード法による容積がアンジオ法より過大評価されることが知られている。これは左室容量負荷心では、長短軸比が心

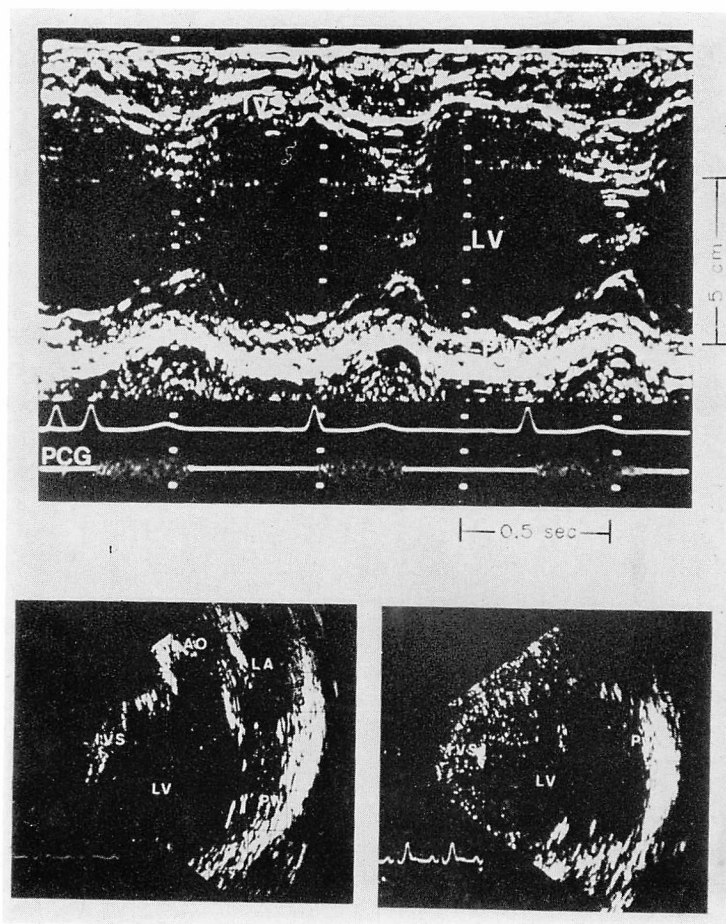


Fig. 3. A case of Group 2.

Left ventricular echogram from a patient with mitral regurgitation due to ruptured chordae tendineae. Top: M-mode echogram, bottom left: longitudinal section in end-diastole, bottom right: transverse section showing ellipsoidal configuration of left ventricle in end-diastole. PCG=phonocardiogram.

エコー法による容積計算の仮定である 2:1 をはずれ、より球形に近づくことによるとされている。今回の症例においても、S/L 比が増大していたことは同様の傾向を示すものと考えられる。しかしながら、7 症例中 4 症例に、超音波断層図上、左室横断面における前胸壁-左室後壁方向の径が、それに直交する径に比しとくに大となる所見がみられた。このことは、今回、容積評価の上で M モード心エコー法とシネアンジオ法との間に顕著な

差異が示されたごとく、前者による容積計算がより過大評価されやすいものと考えられる。この断層像の所見から、左室容量負荷心における左室形態の変形を即断することはできない。

ここで左室容量負荷心において、超音波断層図の左室横断像がなぜ前胸壁-左室後壁方向に長い楕円形を呈するかについて考察してみる。第 1 は装置に関する問題であり (Fig. 8 左)、高速超音波断層像は距離分解能は優れているが、方位分解

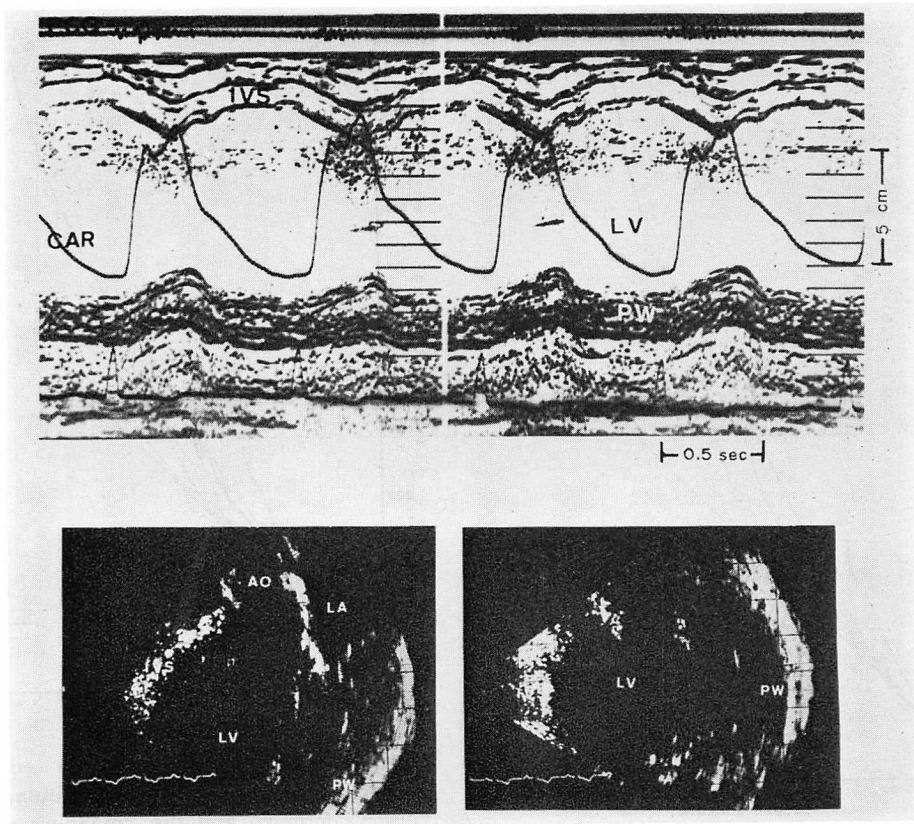


Fig. 4. A case of Group 2.

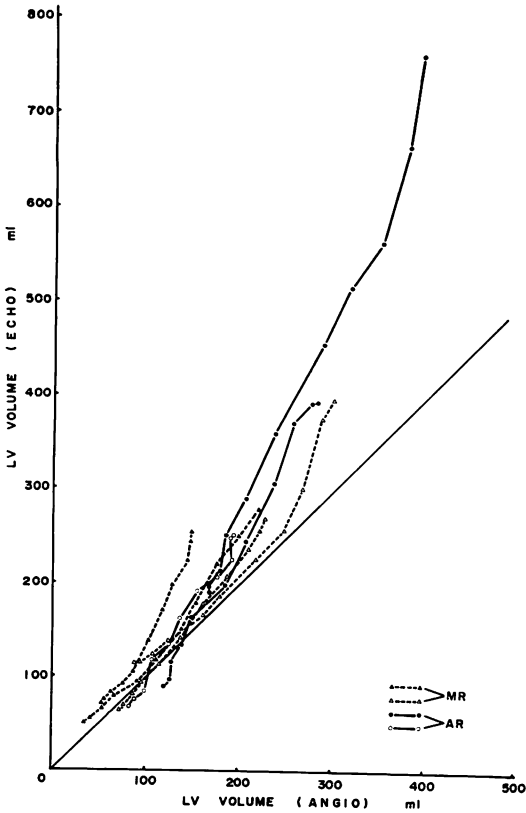
Left ventricular echogram from a patient with aortic regurgitation. Top: M-mode echogram, bottom left: longitudinal section in end-diastole, bottom right: transverse section of the left ventricle showing ellipsoidal configuration in end-diastole. CAR=carotid pulse tracing.

能の悪さが指摘されている。すなわち像の中央と周辺部のエコーの出方に差異があり、断層像での縦横方向の計測上の問題、運動する物体の画像歪みなど、セクター式実時間断層像による定量にはまだ問題が残されている<sup>9,10</sup>。

第2は超音波技術上の問題である (Fig. 8 中央)。左室容量負荷心では左室が球形に近くなり、断層縦断像で心室中隔が正常に比し右室側へ突出し、心室上部からのほうが心長軸に直角の方向よりビームが入りやすい。左室にとっては斜に入射されているにもかかわらず、良好な左室エコーが得られることが考えられ、Mモードの左室最大

径が必ずしも左室横径を示していない可能性がある<sup>11,12</sup>。

第3に左室容量負荷心の左室形態の変化で、長短軸比のみならず横断面の形態が変形している可能性である (Fig. 8 右)。右室容量負荷心のさいに、左室の形態に異常が出現し、心室中隔が左室側へ偏移、左室は前胸壁-左室後壁方向に短い楕円形となり<sup>13</sup>、肺高血圧を伴うとさらにその程度が増強することが知られている<sup>14</sup>。左室容量負荷心において、左室横断面の変形についての報告はほとんどなく、超音波断層法による報告はみられない。そもそも心室中隔は正常では左室後壁に比

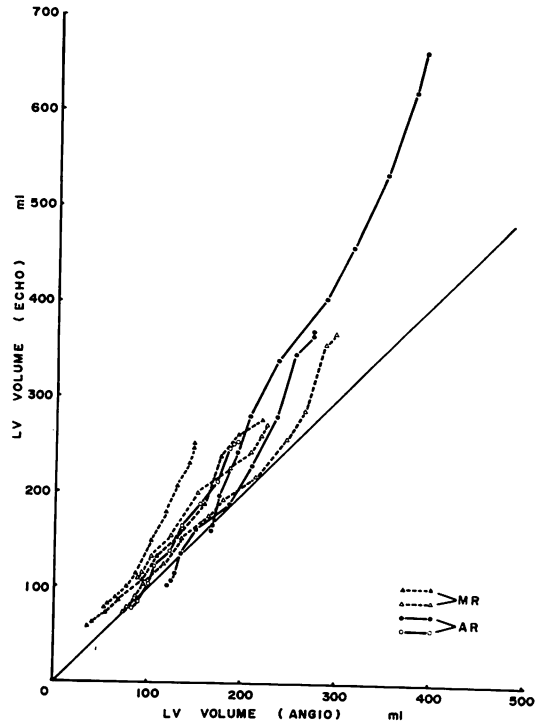


**Fig. 5. Correlation between the echocardiographic instantaneous left ventricular volume (D<sup>3</sup> formula) and the cineangiographic instantaneous left ventricular volume.**

Open circle, open triangle: Group 1, closed circle, closed triangle: Group 2.

し平坦であり、左室容量負荷で右室側へ突出する傾向があるとする報告がある<sup>15)</sup>。急性大動脈弁閉鎖不全を作製した動物実験で、前胸壁-左室後壁方向がそれに直交する方向に比し大となった報告がある<sup>16)</sup>。また大動脈弁閉鎖不全症において、左室収縮様式が部位により異なり、Mモード法による心機能の評価が必ずしも妥当ではないとの指摘もある<sup>17)</sup>。

したがって左室容量負荷心において、左室横断面が形態異常を示す可能性も否定はできない。しかしながら、今回の症例は慢性の左室容量負荷心



**Fig. 6. Correlation between the echocardiographic instantaneous left ventricular volume (Gibson's formula) and the cineangiographic instantaneous left ventricular volume.**

Abbreviations as before.

であるから、超音波ビームが斜に入射している可能性が除外できず、真の横断面をとらえていることは確認できないので、真の形態異常か否かは現在のところ不明である。最近、直角方向の超音波断層図が同時に得られる装置<sup>18)</sup>が開発されており、このような問題についてより正確な情報が得られるものと思われる。いずれにせよ、これら種々の原因のため、左室容量負荷心のさいにはMモード心エコー法による左室容積は過大評価されやすい傾向があり、少なくとも超音波断層法による左室形態の観察が必要である。

### ま と め

- 1) 左室容量負荷を伴う7症例(慢性僧帽弁閉

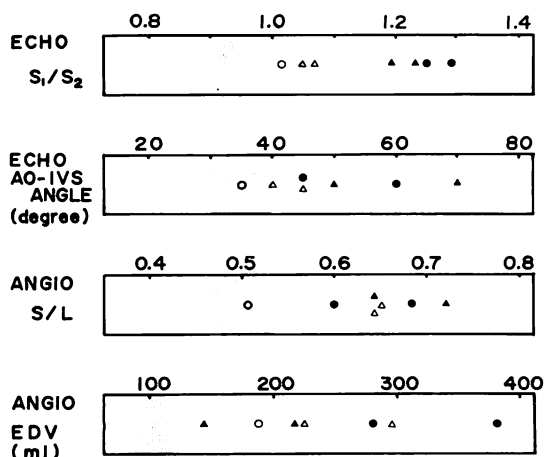


Fig. 7. Parameters of the left ventricle by two dimensional echocardiography and cineangiography.

Abbreviations as before. Shaded area indicates normal range.

鎖不全症 4 例, 慢性大動脈弁閉鎖不全症 3 例, NYHA 2~3 度) に, 右前斜位 シネアングジオ法, M モード心エコー法, 超音波断層法を施行し, 左室容積計算の問題点を検討した。

2) M モード心エコー法, シネアングジオ法による瞬時左室容積の比較から, 前者による容積が後者のそれより過大に評価された。

3) シネアングジオ法による左室長軸に対する短軸の比は, 7 例中 6 例で 0.6 以上であった。

4) 超音波断層法により, 7 例中 6 例に心室中隔の右室への突出がみられ, 左室横断面で 7 例中 4 例が前胸壁-左室後壁方向に 15% 以上長い楕円形を呈した。

5) 左室容量負荷心においては, 左室形態の異常が生じている可能性があり, M モード心エコー法による左室容積の評価のさいには, 超音波断層法による形態の観察が必要である。

文献

- Fortuin NJ, Hood WP Jr, Sherman E, Craig E: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* 44: 575, 1971
- Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* 35: 128, 1973
- Feigenbaum H: Echocardiographic examination of the left ventricle. *Circulation* 51: 1, 1975
- Ludbrook P, Karliner JS, Peterson K, Leopold G, O'Rourke RA: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurement of left ventricular performance. *Brit Heart J* 35: 1026, 1973
- 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
- Linhardt JW, Mintz GS, Segal BL, Kawai N, Kotler MN: Left ventricular volume measurement by echocardiography: Fact or fiction? *Amer J Cardiol* 36: 114, 1975
- 松尾裕英, 北島 颯, 松本正幸, 永田正毅, 土井光徳, 千田彰一, 仁村泰治, 阿部 裕: 左室収縮能の

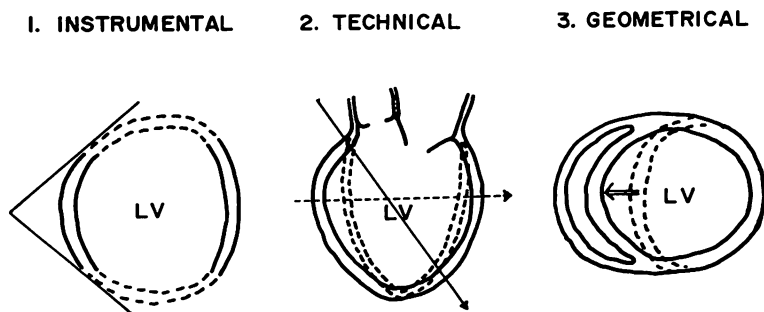


Fig. 8. Schematic diagram showing the assumptive factors to effect the echocardiographic shape change in left ventricular volume overload.

琴浦, 西村, 小坂田, ほか

- 評価に対する超音波法の応用. 最新医学 30: 1144, 1975
- 8) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiogram. A comparison of anteroposterior and right anterior oblique methods. Amer Heart J 80: 344, 1970
  - 9) 竹村靖彦: メカニカルと電子スキャン装置. 日超医講演論文集 31: 329, 1977
  - 10) 瀬沼訓行, 渋谷 昇, 油田信一, 伊藤健一, 横井浩: 動物のリアルタイム表示像のひずみ. 超音波医学 5: 191, 1978
  - 11) 陣内重三, 吉岡春紀, 安達 教, 古賀義則, 戸嶋裕徳, 木村 登: 心エコー図法による心室中隔肥厚の計測に関する検討. 高速度超音波断層法との対比. 日超医講演論文集 31: 155, 1978
  - 12) Bhartt DR, Isabel-Jones JB, Villora GJ, Nakazawa M, Yabek SM, Marks RA, Jarmakani JM: Accuracy of echocardiography in assessing left ventricular dimensions and volume. Circulation 57: 699, 1978
  - 13) Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload: A cross-sectional echocardiographic study. Circulation 54: 179, 1976
  - 14) 琴浦 肇, 西村敏弘, 高橋正明, 小坂田元太, 盛岡茂文, 長井征夫, 河合忠一: 高度の肺高血圧症を伴う心房中隔欠損症の超音波所見. 日超医講演論文集 30: 191, 1976
  - 15) Hutchins GM, Bulkley BH, Moore GW, Piasio MA, Lohr FT: Shape of the human cardiac ventricles. Amer J Cardiol 41: 646, 1978
  - 16) Ross J Jr, Sonnenblick EH, Taylor RR, Spotnitz HM, Covell JW: Diastolic geometry and sarcomere length in chronically dilated canine left ventricle. Circulat Res 28: 49, 1971
  - 17) Johnson AD, Alpert JS, Francis GS, Vieweg VR, Ockene I, Hagan AD: Assessment of left ventricular function in severe aortic regurgitation. Circulation 54: 975, 1976
  - 18) 田中元直, 寺沢良夫, 奥島基良, 大槻茂雄, 儀我健二郎, 萩原芳夫, 重山貞夫, 藤江 健: 心断層法における2方位断面同時描写法 biplane cardiography. 超音波医学 5: 103, 1978