

## 心尖部心断層図法による左室容積の検討

## Estimation of left ventricular volume by apex echocardiography

高橋 正明  
中村 正治  
神奈木俊子  
山元 明子  
安永公平正  
琴浦 肇  
河合 忠一

Masaaki TAKAHASHI  
Masaharu NAKAMURA  
Toshiko KANNAGI  
Akiko YAMAMOTO  
Koheisho YASUNAGA  
Hajime KOTOURA  
Chuichi KAWAI

### Summary

Two-dimensional echocardiography and cineangiography were performed in 30 patients with various heart disease to evaluate the applicability of apex echocardiography to the left ventricular volume and ejection fraction. We recorded the apical long axis view and parasternal long axis view by sector scan, phased array, two-dimensional echocardiography. Kennedy's modified area-length method was used to calculate the left ventricular volume from the apical long axis view and cineangiogram. Good correlations were found between echocardiographic and cineangiographic left ventricular volumes ( $r=0.01$  for end-diastolic volume and  $r=0.91$  for end-systolic volume). A good correlation was also found between echocardiographic ejection fraction and cineangiographic ejection fraction ( $r=0.87$ ), even in patients with left ventricular asynergy. However, apical long axis view underestimated left ventricular volume because of the underestimation of the minor axis of the left ventricle. Left ventricular volume calculated by Kennedy's formula, from the long axis length of the apical long axis view and short axis length of the parasternal long axis view, correlated well with that of cineangiogram (left ventricular volume at end-diastole:  $r=0.89$ , ejection fraction:  $r=0.78$ ), and underestimation of left ventricular volume from the apical long axis view was corrected by this method.

### Key words

Two-dimensional echocardiography    Apex echocardiography    Left ventricular volume  
Ejection fraction    Apical long axis view

### はじめに

M-mode 心エコー図により左室容積を推定で

きることはすでに数多く報告されているが<sup>1-3)</sup>, 拡大心において左室容積を過大評価することが指摘され<sup>4)</sup>, また形態異常, 異常壁運動を示す症例に

京都大学医学部 第三内科  
京都市左京区聖護院川原町(〒606)

The Third Division, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyoto University, Kawaracho, Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

Presented at the 19th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 20-21, 1979

Received for publication November 26, 1979

おいては一方方向のビームだけでは正確な左室容積の推定は困難とされている<sup>5,6)</sup>。近年超音波断層法の進歩により, 心臓の一断面をリアルタイムに描出できるようになり, より多くの情報を得ることが可能になった。しかし現在の装置では, 成人の場合通常記録部位である胸骨左縁第 3~4 肋間からの左室長軸断面で左室全体を描出することは困難である。そこで我々は心尖部よりビームを投入して, 左室長軸全体像を記録してその断面より推定した左室容積をシネアンジオグラムより求めた値と対比し, その問題点について検討を加えた。

### 対象および方法

対象は **Table 1** に示すごとく, 左室造影, 超音波心断層図を行って得た各種心疾患患者 30 名である。内訳は虚血性心疾患 19 例, 大動脈弁閉鎖不全症 2 例, 先天性心疾患 3 例 (心室中隔欠損症 2 例, 三房心 1 例), 肥大型心筋症 4 例, うっ血型心筋症 1 例, 心筋炎 1 例である。虚血性心疾患 19 例のうち 8 例は左室造影, 超音波心断層図で壁異常運動を示した。心房細動を持つ症例は対象より除外した。性別は男 26 例, 女 4 例, 年齢は 15~66 歳 (平均 47 歳) であった。

左室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 シネフィルムに撮影した。大動脈起始部中点から心尖部までの最大距離を長軸径とした。左室容積は Sandler-Dodge の area-length 法を用いて算

出し, Kennedy の式にて補正計算した<sup>7)</sup>。また同時に左室短軸径を左室長軸に直角で最大距離として実測した。

超音波心断層図は東芝製セクター式電子走査型超音波断層装置 SSH-11A を使用した。心尖部にプローベをおき, 左室, 大動脈, 左房を含む左室長軸断面を記録した (心尖部左室長軸像, **Fig. 1**)。この断面はシネアンジオグラムの右前斜位に近い像と考えられた。左室長軸径は大動脈弁の部位にて, 大動脈の中点より心尖部までの距離とした。また左室長軸径に直角で最大距離を左室短軸径とした。ビデオテープレコーダーに記録した断層像をテレビモニターに再生し, 左室内腔を別紙にトレースした後, Hewlett-Packard 製 9874A digitizer にて digitize し, 同社製システム 45 ミニコンピュータでシネアンジオ法の時と同様, Kennedy の方法により左室容積を計算した。また同時に胸骨左縁第 3~4 肋間より通常の左室長軸断層像 (傍胸骨左室長軸像) を記録し, 左室最大短径にビームを固定し, strip chart recorder または 35 mm カメラにて M-mode 左室エコー図を記録した (**Fig. 2**)。

### 結 果

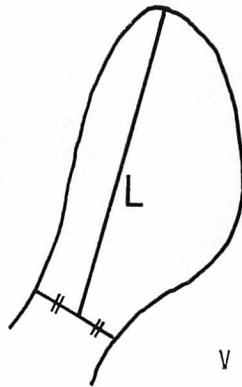
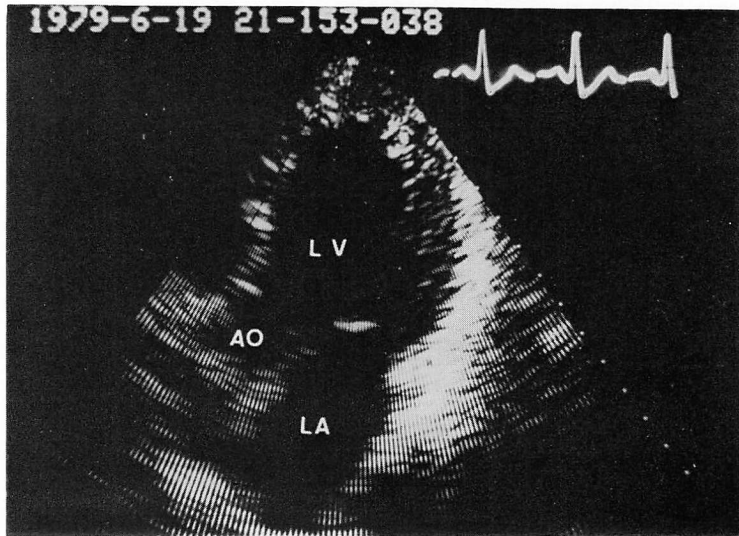
#### 1. 心尖部左室長軸像と左室シネアンジオ法との左室容積, 駆出率の比較

心尖部左室長軸像より area-length 法を用いて計算した左室拡張終期容積は, **Fig. 3** に示すごとくシネアンジオ法と回帰式  $y=0.65x+17.1$  ( $y$ : 心断層法による値,  $x$ : 左室シネアンジオ法による値), 相関係数  $r=0.91$ , 収縮終期容積は **Fig. 4** に示すごとく, 回帰式  $y=0.61x+11.7$ ,  $r=0.91$  と両者ともに良好な相関を示したが, 心断層法による値はシネアンジオ法に比して低値となり, 左室容積が大となるほどその傾向は強くなった。

心尖部左室長軸像より求めた駆出率は, **Fig. 5** に示すごとくシネアンジオ法と回帰式  $y=0.76x+11.3$ ,  $r=0.87$  と良い相関を示したことより,

**Table 1. Patient population**

Total patients studied	30
Diagnosis	
Coronary artery disease	19
with abnormal wall motion	8/19
Valvular heart disease	2
Congenital heart disease	3
Hypertrophic cardiomyopathy	4
Congestive cardiomyopathy	1
Myocarditis	1



$$V = 0.81(\pi/6)D^2L + 1.9$$

$$D = \frac{4A}{\pi L}$$

**Fig. 1. Measurement of left ventricular volume by the apical long axis view.**

Original tracing is on the upper panel, and diagrammatic representation on the lower panel. LV= left ventricle; AO=aorta; LA=left atrium; V=left ventricular volume calculated from Kennedy's method; D=short axis; L=longest measured length; A=planimetered area of the left ventricle.

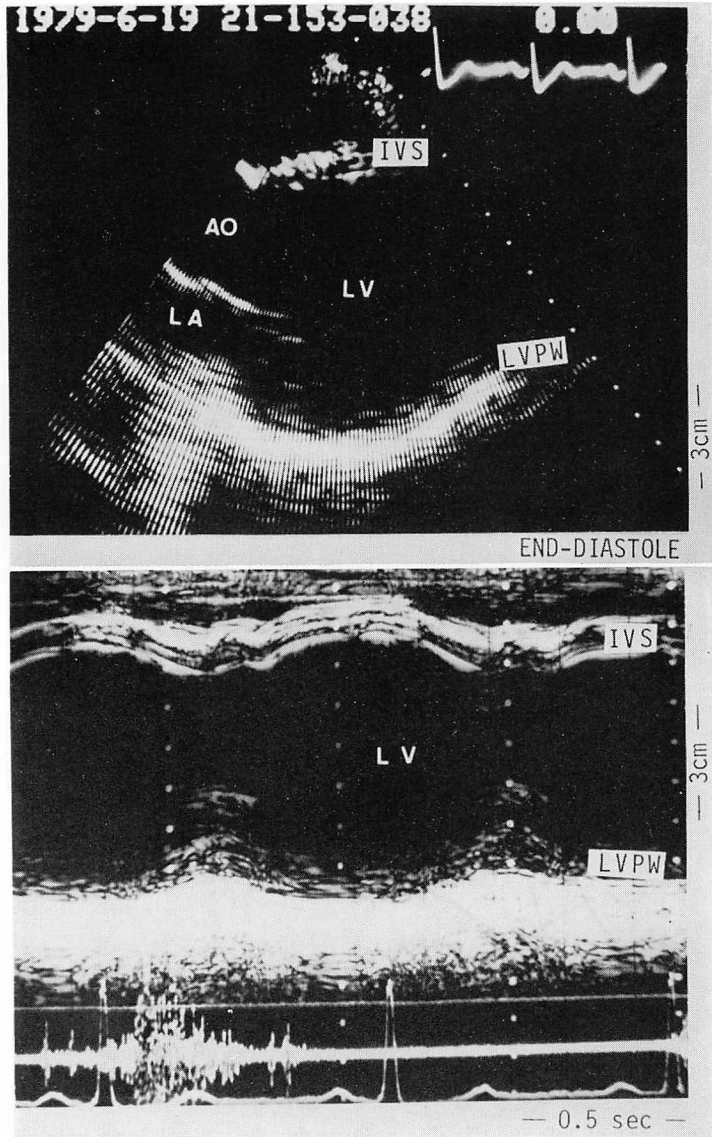


Fig. 2. Two-dimensional echocardiogram of the parasternal long axis view is on the upper panel, and M-mode echocardiogram of the left ventricle obtained from parasternal long axis view on the lower panel.

IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall.

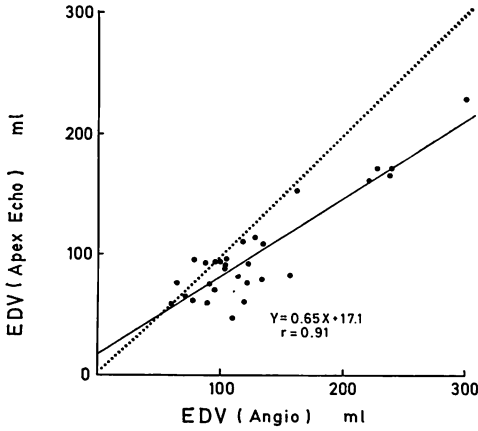


Fig. 3. Comparison of end-diastolic volume determined from apex echocardiography and cineangiography.

Solid line indicates the regression equation and dotted line the line of identity.

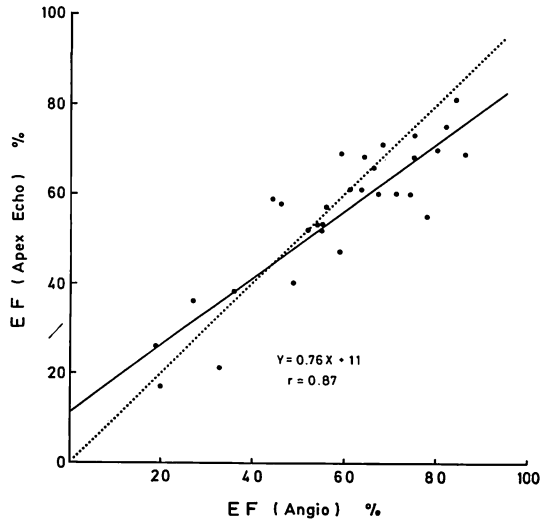


Fig. 5. Comparison of ejection fraction determined from apex echocardiography and cineangiography.

EF=ejection fraction.

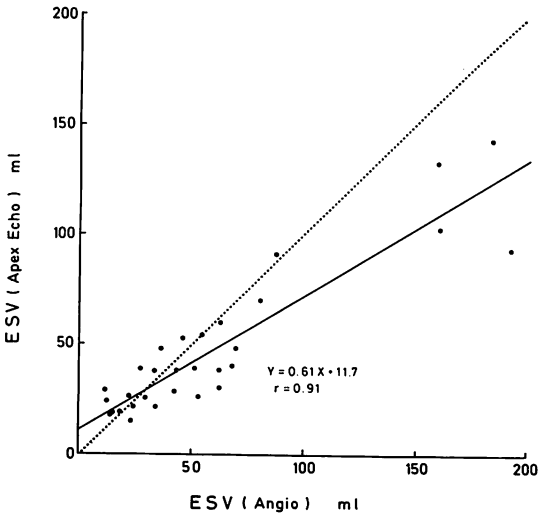


Fig. 4. Comparison of end-systolic volume determined from apex echocardiography and cineangiography.

ESV=end-systolic volume.

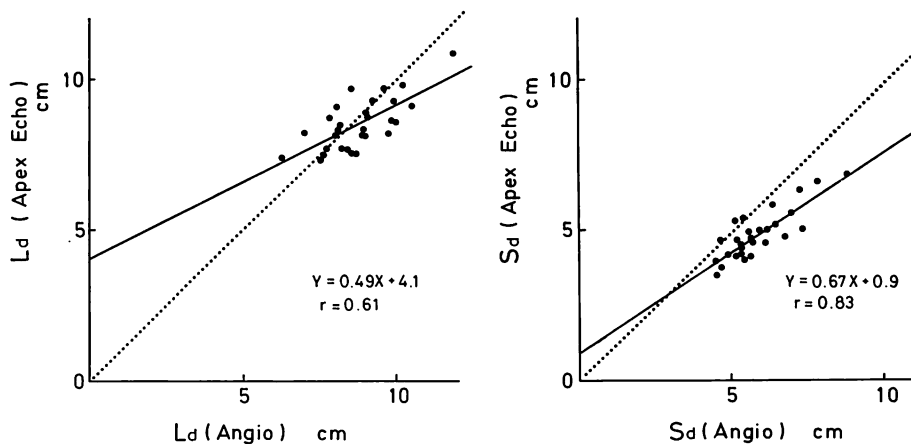
心断層法は壁の異常運動を示す症例を含めた場合においても、左室の収縮状態を良く反映すると考えられた。

## 2. 心尖部左室長軸像の長軸径および短軸径の検討

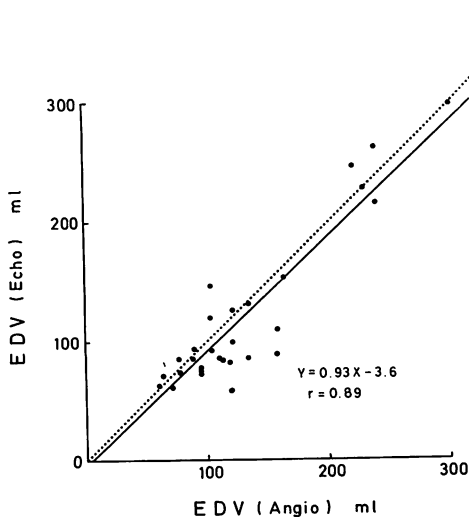
心尖部左室長軸像の拡張終期の長軸径と短軸径を、シネ法のそれと比較したのが Fig. 6 である。左室長軸径は Fig. 6 左図に示すごとく、超音波法とシネアンジオ法とはほぼ等しい値を示すのに比し、左室短軸径は右図のごとく断層法のほうが有意に低値を示し ( $p < 0.001$ )、主として短径の短縮が左室容積過少評価の原因と考えられた。また傍胸骨左室長軸像と心尖部左室長軸像の拡張終期短径の比較においても、心尖部左室長軸像のほうが有意の短縮を示した ( $p < 0.001$ )。

## 3. 二方向左室長軸像による左室容積評価の補正

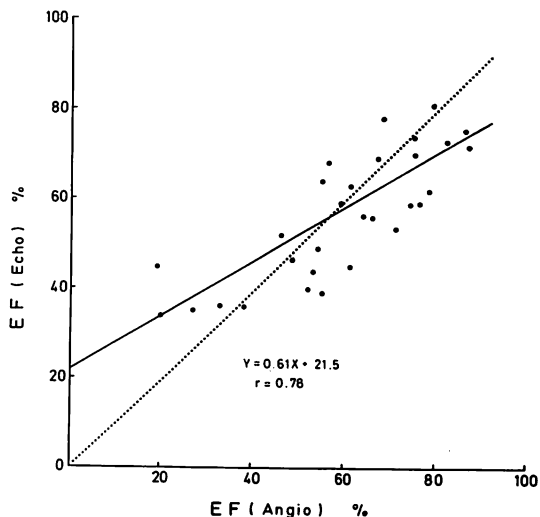
傍胸骨左室長軸像の短径を心尖部左室長軸像の代用として使用し、心尖部左室長軸像の長径とから Kennedy の補正式に代入して計算した拡張終期左室容積 (Fig. 1) は、シネアンジオ法と回帰式  $y = 0.93x - 3.6$ ,  $r = 0.89$  の関係をもち、心尖部左室長軸像よりの左室容積の過少評価はほぼ補正された (Fig. 7)。またこの方法により計算した



**Fig. 6. Comparison of end-diastolic long axis length (left panel) and end-diastolic short axis length (right panel) determined from apex echocardiography and cineangiography.**  
 Ld=long axis length at end-diastole; Sd=short axis length at end-diastole.



**Fig. 7. Comparison of end-diastolic volume determined from biplane echocardiography and cineangiography.**  
 Echo=biplane echocardiography.



**Fig. 8. Comparison of ejection fraction determined from biplane echocardiography and cineangiography.**

駆出率はシネアンジオ法と回帰式  $y=0.61x+21.5$ ,  $r=0.78$  の関係をもち, 心尖部左室長軸像より area-length 法を用いて計算した 駆出率と比較してやや低い相関を示した (Fig. 8).

### 考 案

超音波心断層法による左室容積の検討は, King ら<sup>8)</sup>, Gehrke ら<sup>9)</sup>により報告されているが, 心拍

同期法による断層像のため十分に満足できるものではなかった。深谷ら<sup>10)</sup>は電子スキャン装置を用いて、小児において左室容量の推定を行いシネアングロ法と良好な相関を示したと報告しているが、小児と異なり成人においては、通常の部位よりの左室長軸像では左室全体を描出することは困難である。

最近 Can ら<sup>11)</sup>はメカニカルスキャンを用いて、心尖部より左室断面を含め4方向の断面より左室短軸径、長軸径を算出して左室容積、駆出率を計算し、とくに駆出率に左室造影法と良い相関を認めたと報告している。

Schiller ら<sup>12)</sup>は心尖部よりの左室長軸像 (two chamber view) と左室短軸像がそれぞれシネアングロ法の右前斜位、左前斜位にあたるとして Simpson 変法を用いて左室容積を計算し、左室壁の異常運動をもつ症例においても、左室造影法と良い相関をもったと報告している。

今回我々が検討した症例において、30例中8例が異常壁運動をもつ虚血性心疾患患者であり、他に肥大型心筋症、肺高血圧を伴う三房心の症例等

左室の形態に異常を示す症例を含めても、左室容積、駆出率はシネアングロ法と良好な相関を示したことより、M-mode 法と比べ断層法のほうがより左室の収縮状態を表わすと考えられる。

しかしながら心尖部よりの左室長軸像には、多くの問題点をもっていると考えられる。

第1に心尖部左室長軸像が左室造影右前斜位像と等しいかどうかである。超音波法は左室心尖部よりみた真の左室長軸像をとらえようとするのに対し、左室造影法は体に対して常に一定の方向からみようとするため、左心室の位置関係より考えて厳密には一致しないと考えられるが、両者とも左室長軸像にほぼ近い像と考えられ、今回比較検討した。

第2に心尖部左室長軸像において、左室前壁または中隔、後壁は超音波のビーム方向とほぼ平行となるため、左室心内膜エコーが不明瞭となることがあることである。1枚のスチールだけではなく、拍動する心臓より心内膜エコーを決定することが必要である。

第3に心尖部左室長軸像より推定した左室容積

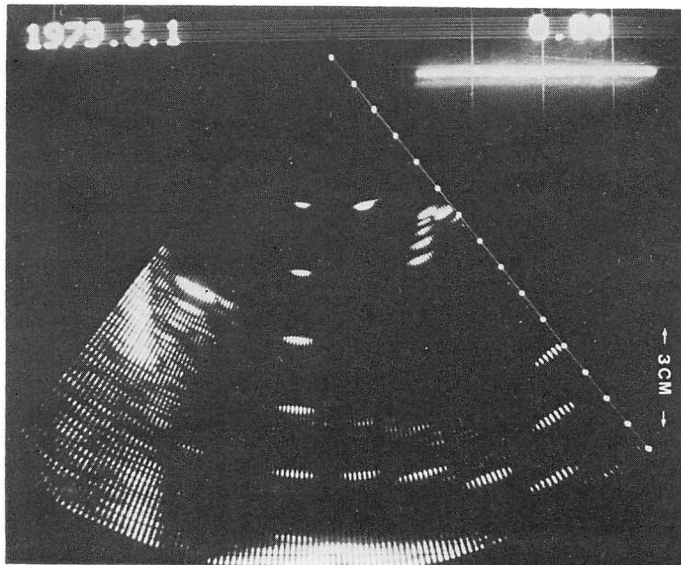


Fig. 9. Two-dimensional echogram from the arrangement of the fine silk thread. Each thread is separated by 2 cm.

は、過少評価の傾向にあるということである。シネアンジオ法は透過像をみており、その方向での最大面積をとらえるのに比し、超音波法は一断面をみているにすぎず、必ずしも最大面積をみているとはかぎらないと考えられる。またビーム投入部位が心尖部よりずれた場合でも左室長軸像と認識でき、その場合長軸径よりも短軸径のほうがより短縮する傾向になると考えられる。心尖部より左室長軸像を記録する場合、エコー記録上の制限はあるにしても、通常の方法での左室長軸像を参考に、できるだけ大きい断面をとるように心がける必要があると考えられた。

また左室容積過少評価の断層装置上の問題点として、サイドロープの影響が考えられる。

**Fig. 9** は 2 cm 間隔に細い絹糸をはったファントムを水槽に入れ、断層装置にて記録したものである。深さ方向はエコーの立ち上がりをとれば、ほぼ正確に距離を測定できるのに比し、断層画面の端にいくほど横方向にエコーは広がる傾向があり、もし左室断面にて心内膜の辺縁をエコーの内側にとった場合、短径を過少評価することになり、エコー・ゲインの注意深い設定が必要である。

傍胸骨左室長軸像の短径、心尖部左室長軸像の長径はビーム方向より考えてほぼ正確にその径を表わすと考えられ、それらより計算した左室容積はシネアンジオ法と良く近似していた (**Fig. 7**)。しかし駆出率は心尖部左室長軸像のみによる駆出率と比べ相関が悪かった (**Fig. 8**)。これは asynergy をもつ症例において、長径と短径の 2 つの dimension だけでは左室の収縮状態を十分に把握できないためと考えられた。

### ま と め

各種心疾患患者 30 名において、心尖部左室長軸像より Kennedy の方法により拡張終期および収縮終期左室容積、駆出率を算出し、シネアンジオ法の値と対比したところ、壁異常運動をもつ症例を含むにもかかわらず良好な相関を認めた。しかし心尖部左室長軸像よりの左室容積は過少評価

の傾向にあり、その主たる原因はシネアンジオ法との比較より、心尖部左室長軸像の短径の有意な短縮のためと考えられた。断層装置のもつサイドロープの影響、心尖部左室長軸像の心尖部よりのずれにより、短径が短縮する可能性が考えられた。心尖部左室長軸像の長径と傍胸骨左室長軸像の短径は、ビーム方向より考えれば正確にその距離を表わすと考えられ、それらより Kennedy の式に代入して計算した左室拡張終期容積は、シネアンジオ法と良好な相関をもち、心尖部左室長軸像だけからの左室容積の過少評価はほぼ補正できた。

### 文 献

- 1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480-490, 1971
- 2) Fortuin NJ, Hood WP, Sherman ME, Craig E: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* **44**: 575-584, 1971
- 3) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128-134, 1973
- 4) 琴浦 肇, 西村敏弘, 小坂元太, 高橋正明, 神奈木俊子, 藤田正俊, 河合忠一: 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. *J Cardiography* **9**: 313-320, 1979
- 5) Sweet RL, Moraski RE, Russell RO, Rackley CE: Relationship between echocardiography, cardiac output, and abnormally contracting segments in patients with ischemic heart disease. *Circulation* **52**: 634-641, 1975
- 6) Teichholtz 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**: 7-11, 1976
- 7) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS, Wash S: Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiogram. A comparison of anteroposterior and right anterior oblique methods. *Amer Heart J* **80**: 343-352, 1970
- 8) King DL, Jaffee CC, Schmidt DH, Ellis K: Left ventricular determination by cross-sectional cardiac ultrasonography. *Radiology* **104**: 201-202, 1972
- 9) Gehrke J, Leeman S, Raphael M, Pridie RB: Non-invasive left ventricular volume determination by two-dimensional echocardiography. *Brit*



- Heart J **37**: 911-916, 1975
- 10) 深谷 隆, 富田安彦, 馬場国蔵, 大脇 嶺, 吉川純一: 超高速心臓断層図による左室容積のコンピューター分析. J Cardiography **8**: 431-438, 1978
- 11) Carr KW, Engler RL, Forsythe JR, Johnson AD, Gosink B: Measurement of left ventricular ejection fraction by mechanical cross-sectional echocardiography. Circulation **59**: 1196-1206, 1979
- 12) Shiller NB, Acquatella H, Ports TA, Drew D, Goerke J, Ringertz H, Silverman NH, Brundage B, Botvinick EH, Boswell R, Carlsson E, Parmley WW: Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. Circulation **60**: 547-555, 1979