

Mモード心エコー図法によるヒト成人の左房容積の推定: 左房造影法との比較

Human adult left atrial volume estimated by M-mode echocardiography

臼井 実
麻生 哲郎
岡田 実
荒川 迪生
平川 千里

Minoru USUI
Tetsuo ASOU
Minoru OKADA
Michio ARAKAWA
Senri HIRAKAWA

Summary

There are few systematic reports of the regression equation for humans, for estimating left atrial volumes from the anteroposterior left atrial dimensions measured by M-mode echocardiography (LADAP). In addition, several pitfalls were inherent in the M-mode method.

In view of these pitfalls, we estimated the anteroposterior left atrial dimensions by directing the ultrasonic beam toward the "center" of the left atrium under the guidance of two-dimensional echocardiography. Simultaneously, we estimated left atrial volumes from anteroposterior and left lateral biplane left atrial angiocardigrams using a film changer at three frames per sec. The maximum elapsed time between the echocardiographic and angiocardigraphic studies was two days. Left atrial volumes were calculated using the method of Sauter et al. Maximum left atrial volume was calculated at the end of the T wave.

The results were as follows:

1. For phantom experiments, a cylindrical container with varying amounts of contrast material was tested by biplane angiography using a film changer. The actual volume (x) and the calculated volume (y) were in good agreement with the regression equation; $y = 1.05x - 0.1$ ($r = 0.99$, $p < 0.001$, $n = 6$).

2. The anteroposterior left atrial dimension in M-mode echocardiography (LADAP: x axis) and left atrial volume (ml) angiocardigraphically obtained (y axis) showed the curvilinear regression equation; $y = 1.4x^3 + 23$ ($r = 0.83$, $p < 0.01$, $n = 19$).

3. The relation between the left atrial cross-sectional area (cm²) obtained from the left ventricular long-axis view by two-dimensional echocardiography (x axis) and the left atrial volume (ml) by angiocardigraphy using a film changer (y axis) showed the regression equation; $y = 1.2x^{1.5} + 17$ ($r = 0.82$, $p < 0.01$, $n = 14$).

As a preliminary study, we calculated left atrial volume (LAV_{cine}) for five patients by performing biplane cineangiocardigraphy at 50 frames per sec. The results were nearly the same as those obtained using a film changer.

In summary, the derived equation predicts left atrial volume using M-mode echocardiography with considerable accuracy.

岐阜大学医学部 第二内科
岐阜市司町40 (〒500)

The Second Department of Internal Medicine, Gifu University School of Medicine, Tsukasa-machi 40, Gifu 500

Received for publication August 31, 1984; accepted October 30, 1984 (Ref. No. 22-49)

Key words

Left atrial dimension Left atrial volume Left atrial area M-mode echocardiography Two-dimensional echocardiography

はじめに

従来, 左房容積の定量化には心血管造影法が用いられていたが, 非侵襲的に左房容積を推定する方法が望まれ, 近年, M モード心エコー図による測定が報告が少なくない. すなわち, M モード心エコー図の左房径(x)から左房容積(y)を推定する回帰式としては, 成人を対象としたものとして, 例えば水野ら¹⁾は $y=2x^3$ を予備的データとして報告している. 一方, 6 ヶ月から18歳, 平均4歳の小児を対象として, Yabek らは, “normal” left atrium^{2,3)} に関しては $y=7.5x^{1.8}$, “large” left atrium^{2,3)} に関しては $y=8.1x^{2.1}$ という, 二つの回帰式を報告している.

しかしながら, 成人を対象とした報告では, その対象例, 測定方法の詳細が明らかでない. そこで我々は, 成人を対象として, 回帰式の再検討を試みた. 断層心エコー図法により, M モード超音波ビームが左房の“中心部”に垂直に入射すると思われる方向を選び, この方向の M モード心エコー図より左房径を求め, これとほぼ同時に行なわれた正側二方向の左房造影から左房容積を求め, 両者の関係を検討した. 更に断層心エコー図法の左室長軸断面に示される左房断面積と, 左房造影による左房容積の関係も検討した.

対象と方法

対象は1979年1月から1980年10月の間に, 心臓カテーテル検査を目的の一つとして岐阜大学医学部附属病院第二内科に入院した患者で, 年齢は16~63歳, 平均47歳, 男性10例, 女性10例の計20例である (Table 1). 基礎疾患は僧帽弁膜症9例, 大動脈弁膜症1例, 諸種の不整脈4例, 虚血性心疾患4例, 二次口心房中隔欠損症2例であった. なお1例 (No. 7) は三尖弁逆流を有して

いた. 心臓調律は, 僧帽弁膜症患者のうちの7例と不整脈の1例が心房細動を示したが, 他の症例はすべて検査時には洞調律であった.

左房造影

全症例において, それぞれの病態を把握する上に必要と思われる機能的, 形態的検査を含めた心臓カテーテル検査を終了した後に, 左房造影と, それに関連した諸種の血行動態諸量の測定を行なった. すなわち Swan-Ganz カテーテルによる平均肺動脈楔入圧, 熱希釈法による心係数の測定後, ただちに左房造影を行なった.

左房造影法は, 肺動脈主幹部に留置した 8F NIH カテーテル先端から 76% Urografin 40~60 ml を 2~5 秒かけて注入し, Elema-Schönander 製の biplane film changer により, 左房の前後像および左側面像を秒3枚のスピードで撮影した. 撮影にあたっては multipurpose polygraph (日本光電製) にて, 心電図とレ線曝射のタイミングを紙送り速度 50 mm/sec にて記録した. このようにして得られた左房造影像 (6~20 枚) を計測するにあたっては, 左房容積が心周期全体にわたって計測できるものでないことに留意して, 計測される左房容積がおそらく最大であろうと推定される左房像を採用した. 左房容積の計測に用いたフィルムのレ線曝射のタイミングと, 心電図 T 波終了点, すなわち左房容積が最大になると予想される時点の時間関係については後述する.

左房容積 (film changer による left atrial volume, LAV_{FC}) は正側二方向の左房造影像から Sauter らの area-length method⁴⁾ に従って求めた. Fig. 1 はその実例であり, (A) は比較の見易い左房造影像例を, (B) は左房造影を実施した20例中, 最も判定しにくかった左房造影像例を示した. 左房容積を求めるための計算方法は次の如くである.

Table 1. Clinical data for the 20 patients studied

No.	Case	Age	Sex	Diagnosis	PAW(mmHg)	CI (l/min/M ²)	cardiac cath. finding
1	T. K.	42	F	MS	14	5.0	MVA 2.6cm ²
2	O. H.	53	M	MS	12	3.8	MVA 0.9cm ²
3	M. I.	49	F	MS+af	11	3.4	MVA 1.0cm ²
4	K. I.	49	F	MS+af	11	3.4	MVA 1.0cm ²
5	S. N.	51	F	MS+af	17	2.5	MVA 1.6cm ²
6	Y. I.	53	F	MS+af	18	3.6	MVA 0.9cm ²
7	H. B.	54	F	MS+TR+af	15	2.7	MVA 0.8cm ²
8	M. S.	54	F	MS+af	14	3.4	MVA 1.0cm ²
9	O. I.	60	F	MRS+af	10	2.9	MR (II*)
10	M. K.	48	M	ARS	11	3.9	AR (III*)
11	N. S.	19	M	II*A-V block	5	6.6	HBE: AH 150msec HV 50msec
12	I. S.	51	F	WPW	—	6.1	
13	N. K.	56	M	transient af	10	3.8	
14	K. N.	63	M	af	—	2.3	
15	K. G.	58	M	MI	11	2.7	
16	Y. K.	34	M	MI	30	4.1	
17	H. T.	56	M	MI	6	5.3	
18	R. I.	41	M	AP	8	5.6	
19	S. K.	32	F	ASD	8	—	
20	S. G.	16	M	ASD	8	—	

MS=mitral stenosis, MRS=mitral regurgitation and stenosis, ARS=aortic regurgitation and stenosis, af=atrial fibrillation, MI=myocardial infarction, AP=angina pectoris, ASD=atrial septal defect, MVA=mitral valve area, HBE=His bundle electrogram, PAW=pulmonary artery wedge pressure, CI=cardiac index.

$$LAV_{FC} = 0.848 \times \frac{Aa \times AL \times (CF_m)^2 \times (CF_s)}{L_s}$$

ここで LAV_{FC}=左房容積 (単位 ml), L_s=補正されていないふたつの長径(前後像の長径(L_a), 左側面像の長径(L_l))のうちより短い長径(単位 cm), A_a=プランリメーターによる前後像の面積(単位 cm²), AL=プランリメーターによる左側面像の面積(単位 cm²), CF_m=より大きな長径をもつ左房像に対する correction factor, CF_s=対をなした一方の左房像に対する correction factor である。

なお X-ray magnification と image distortion に対する correction factor の算出には, 1 cm 四方のマス目の格子を用いた。ただし Sauter ら⁴⁾による回帰式(y=1.12x-10.6 ml, ここで y=known volume, x=calculated volume) による左房容積の更なる補正は行なわなかった。Fig. 1 (A) の症例では, 前後像では A_a=34.5 cm², L_a=7.9 cm, 左側面像では A_l=20 cm², L_l=6.2 cm, すなわち

L_s=L_l=6.2 cm, CF_m=0.83, CF_s=0.77 だったので,

$$LAV_{FC} = \frac{0.848 \times 34.5 \times 20 \times (0.83)^2 \times 0.77}{6.2} = 50 \text{ ml}$$

と計算された。

Phantom 実験

心血管造影法による容積計測の妥当性の, 少なくとも一部を検証するために, 単純な phantom 実験を行なった。既知の半径と高さを有する円筒状容器に 40, 80, 130, 170, 220, 280 ml の造影剤を入れ, カテーテル台の上に立てた。この場合, 円筒状容器の長軸の方向は, カテーテル台の水平面と垂直に交わった。

超音波心臓検査法

超音波心臓検査は左房造影を実施した日から 0~2 日(平均 0.6 日)以内に行なった。装置は, 東芝製 SSH-11A セクター電子走査型超音波診断装置で, 超音波周波数 2.4 MHz, 32 素子の探触子

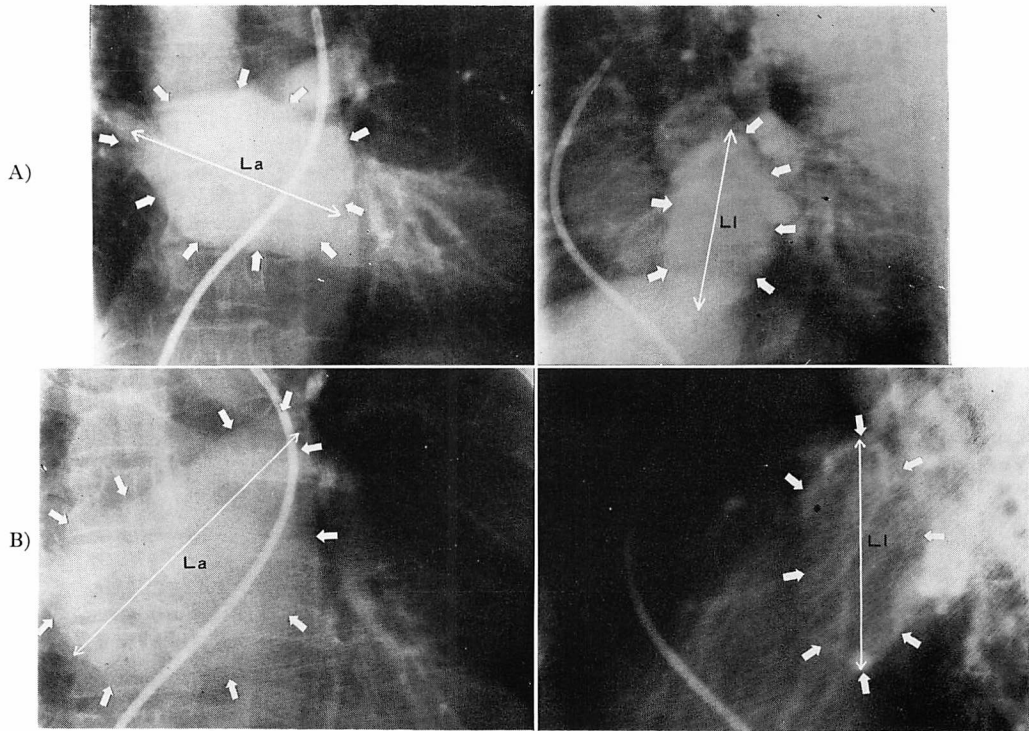


Fig. 1. Left atrial angiograms using a film changer in anteroposterior and left lateral views.

The case with the sharpest delineation is shown in A (patient No. 12), and the one with the poorest in B (patient No. 15). The margins of the left atrium are outlined by arrows. Calculation of left atrial volumes was done using the method of Sauter et al, while correcting X-ray magnification and image distortion.

La=longest dimension in the anteroposterior view; Ll=longest dimension in the lateral view.

を使用した。

Mモード心エコー図は、Honeywell製 line scan recorderにて、紙送り速度 50 mm/secにて記録した。断層心エコー図は、112本あるいは224本の走査線(すなわち1フレーム 1/30 secあるいは1/15 sec)の画像を、ポラロイドフィルムと35 mmフィルムに記録した。

Mモード心エコー図の描記にあたっては、患者を仰臥位として、胸骨左縁第3,4肋間に探触子をおき、左室長軸に沿い心臓を縦断するところの左室長軸断面を描出した後に、左房の“中心部”に垂直に超音波ビームが入射すると思われる方向と位置を確認して記録した。このMモード心エ

コー図は、前方から右室(RV)、大動脈(AO)、左房(LA)が記録される“RAL”方向⁵⁾のものであった。この方向からのMモード心エコー図より求められる左房の前後径をleft atrial dimension in anteroposterior direction(LADAP)と定義し、これをHirataらの方法⁶⁾により求めた。すなわち、心室収縮終期(end-systole)の時点で大動脈後壁が最も前方に位置する時点として同定し、この時点における左房後壁前面までの距離を計測した(Fig. 2)。なおこのようにして同定した心室収縮終期と心電図T波終了点との時間関係は0.02~0.10 sec (0.06 ± 0.02 sec, 平均値 \pm SD)であって、ほとんど常にT波が先行した。ただ

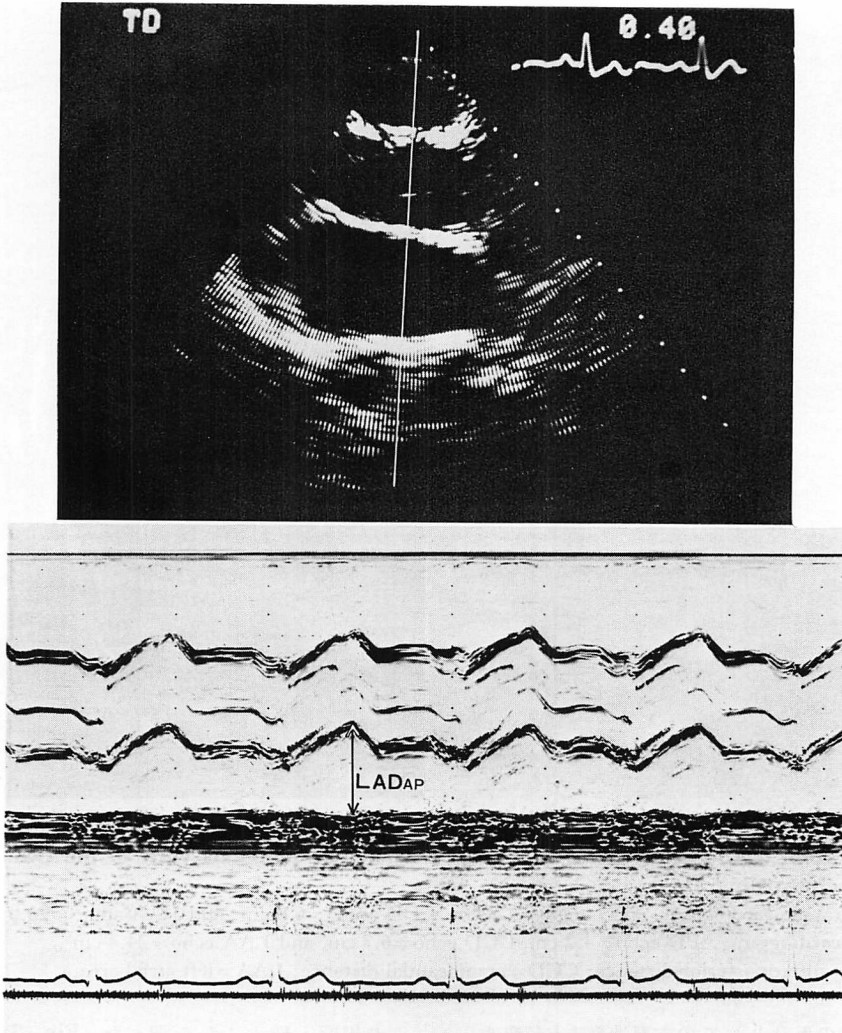


Fig. 2. Representative echocardiograms in a patient (No. 16).

The angulation and positioning of the ultrasonic beam for the left atrium in the left ventricular long-axis view are adjusted using the two-dimensional echocardiogram (top). M-mode echocardiographic left atrial dimension in the anteroposterior direction (LADAP) is shown in the bottom figure.

し、心房細動例では大動脈後壁が最も前方に動く時点での左房前後径 (LADAP) を測って、これを5心拍についての平均値をもって表示した。

断層心エコー図の描記にあたっては、上記の心室収縮終期の時相において、左室長軸断面に示される左房の前後径 (anteroposterior distance: APD echo), 頭足径 (craniocaudal distance:

CCD echo), 断面積 (left atrial area: LAA echo) を求めた。このうち断層図に示される左房の頭側端の同定は、左房後壁および大動脈後壁に接する左房前壁から連続して円蓋状に描記される辺縁を左房上縁とした。また左房の足側端は、僧帽弁閉鎖状態での僧帽弁前後尖による境界面とした。

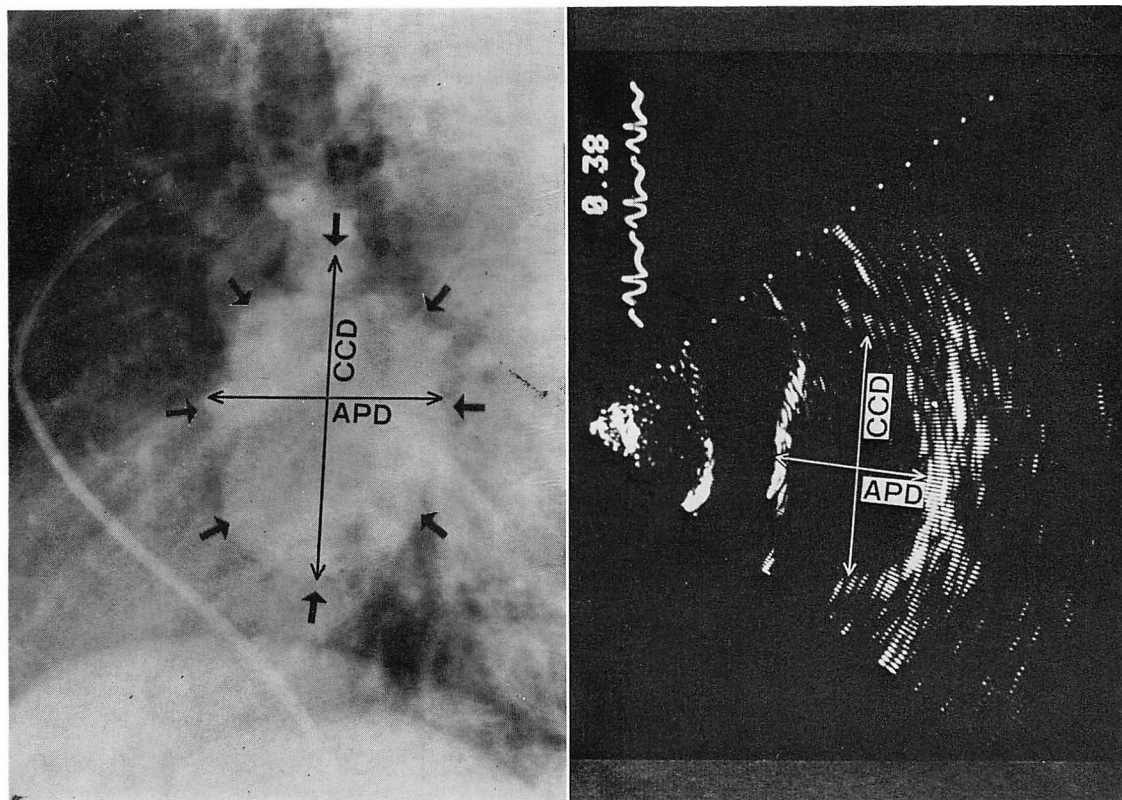


Fig. 3. Comparison of the left lateral view of left atrial angiogram (left) and the cross-section of the left atrium in the left ventricular long-axis view of the two-dimensional echocardiogram (right) (patient No. 16).

In the angiogram, APD angio=4.5 cm, CCD angio=6.0 cm, and LAA angio=23.0 cm². In the echocardiogram, APD echo=4.2 cm, CCD echo=6.7 cm, and LAA echo=24.4 cm².

APD=anteroposterior distance; CCD=craniocaudal distance; LAA=left atrial area.

左房容積測定の手段としての左房造影法と超音波心臓検査法の比較検討

“予備実験”として、左房造影の左側面像に示される左房と断層心エコー図法の左室長軸断面の左房像において、(a) 造影法での左房の前後径 (anteroposterior distance: APD angio) が断層法での前後径 (APD echo) とどの程度一致するか、また (b) 造影法での左房の頭足径 (craniocaudal distance: CCD angio) が断層法での左房の頭足径 (CCD echo) とどの程度一致するかを調べた。次に (c) 造影法での左房面積 (LAA angio) が断層心エコー図法での左房断面積 (LAA echo) とど

の程度一致するかを調べた (Fig. 3)。この際、左房造影による左房の前後径 (APD angio)、頭足径 (CCD angio)、面積 (LAA angio) は、上記の correction factor により補正した値を用いた。

次の段階において、(d) 本研究の主目的であるところの左房径からの左房容積の推定に関する計測を行なった。すなわち左房造影による左房容積 (LAV_{FC}) の値と M モード心エコー図の左房前後径 (LAD_{AP}) の値との関係を検討した。更に (e) 左房造影による左房容積 (LAV_{FC}) の値と断層法による左房断面積 (LAA echo) の値との関係を検討した。また (f) 少数ながら毎秒 50 frames の二

Table 2. Angiocardiographic data in 20 patients

No.	physiologic data								calculated data			
	Aa(cm ²)	Al(cm ²)	La(cm)	Ll(cm)	Ll'(cm)	CFm	CFs	APDangio(cm)	CCDangio(cm)	LAAangio(cm ²)	LAVFc(ml)	
1	64.9	49.7	10.2	10.1	6.9	0.81	0.76	5.2	7.7	28.8	135	
2	69.8	53.6	10.9	10.2	6.5	0.82	0.78	5.1	8.0	32.7	163	
3	94.2	53.3	12.6	9.6	7.1	0.83	0.77	5.5	7.4	32.0	235	
4	135.7	67.8	15.1	11.0	7.7	0.81	0.76	5.9	8.4	40.0	354	
5	96.8	77.9	12.3	12.2	8.3	0.81	0.77	6.4	9.4	46.0	265	
6	84.4	58.0	12.1	10.6	7.2	0.81	0.77	5.5	8.2	34.8	198	
7	64.3	40.2	11.0	8.8	6.1	0.83	0.75	4.6	6.6	22.9	129	
8	105.0	59.7	12.0	11.8	6.2	0.78	0.74	4.6	8.7	32.8	203	
9	120.6	72.1	13.8	11.1	8.2	0.84	0.76	6.2	8.4	41.8	356	
10	64.8	41.5	10.0	9.4	5.2	0.81	0.76	4.0	7.1	24.1	121	
11	41.6	21.1	9.5	6.9	3.8	0.85	0.79	3.0	5.5	13.2	62	
12	34.5	20.0	7.9	6.2	3.9	0.83	0.77	3.0	4.8	12.0	50	
13	31.1	23.9	9.6	9.6	3.6	0.82	0.77	2.8	7.4	14.1	34	
14	70.4	48.2	9.9	9.7	5.8	0.78	0.74	4.3	7.2	27.0	134	
15	49.9	24.5	9.0	7.1	4.3	0.85	0.70	3.0	5.0	12.0	74	
16	43.6	41.8	8.1	8.1	6.1	0.83	0.74	4.5	6.0	23.0	97	
17	47.9	36.4	9.4	8.6	5.3	0.83	0.76	4.0	6.5	21.1	90	
18	52.4	31.1	8.7	8.1	5.0	0.84	0.72	3.6	5.8	15.9	87	
19	43.8	25.4	9.1	7.4	4.5	0.84	0.72	3.2	5.3	13.2	65	
20	43.8	16.8	8.1	8.1	2.3	0.84	0.73	1.7	5.9	9.1	40	

Aa=area of the projected image in the AP view obtained by planimetry. Al=area of the projected image in the lateral view obtained by planimetry. La=longest measured length in the AP view. Ll=longest measured length in the lateral view. Ll'=anteroposterior length in the lateral view. CFm=correction factor for the projection with the greater major axis. CFs=correction factor for the other projection. APDangio=anteroposterior distance of the left atrium in the lateral view(Ll'×CFs). CCDangio=craniocaudal distance of the left atrium in the lateral view(Ll×CFs). LAAangio=left atrial area in the lateral view(Al×(CFs)²). LAVFc=left atrial volume by means of film changer(3/sec).

方向シネ心血管造影法による左房容積の測定実験を行なった。すなわち毎秒 50 frames で正側二方向左房造影を行ない、同時に記録した肺動脈楔入圧曲線上の v 波の頂点の時相(ほぼ左房の最大容積に一致すると考えられる時相)の左房容積(LAV cine)と M モード心エコー図による左房前後径(LADAP)を比較した。

略語

APD angio=左房造影の左側面像よりえられる左房の前後径(anteroposterior distance)

APD echo=断層心エコー図法の左室長軸断面よりえられる左房の前後径(anteroposterior distance)

CCD angio=左房造影の左側面像よりえられる左房の頭足径(craniocaudal distance)

CCD echo=断層心エコー図法の左室長軸断面よりえられる左房の頭足径(craniocaudal distance)

LAA angio=左房造影の左側面像よりえられる左房

の面積(left atrial area)

LAA echo=断層心エコー図法の左室長軸断面より

えられる左房の断面積(left atrial area)

LADAP=断層心エコー図法を用いて、左房の“中心部”に超音波ビームが入射しているとされる方向でえられる M モード心エコー図の前後方向(AP direction)の左房径(left atrial dimension)

LAV cine=正側二方向 cineangiography (50/sec) からえられる左房容積(left atrial volume)

LAVFc=film changer (3/sec) を使用して、正側二方向 angiography からえられる左房容積(left atrial volume)

成績

1. 容積計測の妥当性: phantom 実験

円筒状容器による phantom 実験の成績を Fig. 4 に示す。この場合、ヒトに用いると同じ X-ray

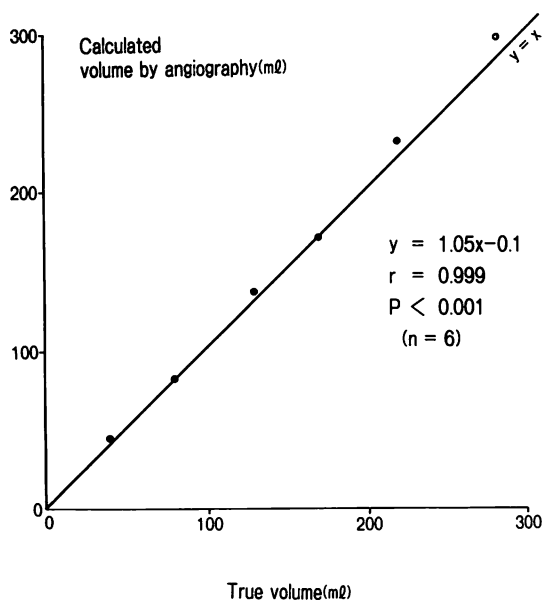


Fig. 4. Results of phantom experiment using a cylindrical container.

A cylindrical container with known values of radius and height was filled with contrast material of varying amounts (40, 80, 130, 170, 220, 280 ml), and the volumes were estimated by biplane angiography (same method for determining human left atrial volume). The calculated volume (y) is in good agreement with the true volume (x) with a regression equation; $y = 1.05x - 0.1$, $r = 0.99$.

magnification と image distortion に対する補正を行なって容積を求めた。実測値は 40, 80, 130, 170, 220, 280 ml であり, それに対応する計算値はそれぞれ 45, 137, 173, 233, 297 ml であった。計算された容積値 (y) と真の容積値 (x) の間には, $y = 1.05x - 0.1$ ($r = 0.99$, $p < 0.001$, $n = 6$) の関係があり, 両者は非常によく一致した。

2. 臨床データおよび測定対象

Table 1 に各症例の年齢, 性, 診断, 心臓カテテル検査所見を示す。

Table 2 に film changer を使用してえられた左房造影に関する諸量, すなわち physiologic data として, 左房の前後像および左側面像における左房の面積 (Aa, Al), 長径 (La, Ll), 左側面像

Table 3. Echocardiographic data in 20 patient

No.	LADAP (cm)	APDecho (cm)	CCDecho (cm)	LAAecho (cm ²)
1	5.1	5.1	6.9	29.0
2	5.5	—	—	—
3	5.2	5.1	7.6	37.5
4	5.2	5.0	8.4	34.2
5	5.6	5.5	8.6	39.3
6	4.9	5.1	7.9	30.8
7	4.5	4.8	7.1	21.7
8	4.8	4.8	6.4	25.9
9	—	4.6	8.1	32.2
10	4.2	4.2	7.9	18.2
11	3.1	—	—	—
12	3.2	3.2	4.2	12.4
13	3.5	—	—	—
14	3.6	3.5	5.2	13.7
15	3.0	—	—	—
16	4.0	4.2	6.7	24.4
17	4.2	4.1	5.5	18.8
18	3.2	—	—	—
19	3.2	—	—	—
20	2.1	1.9	6.2	9.7

LADAP=left atrial dimension in anteroposterior direction, determined by M-mode echocardiography. APDecho=anteroposterior distance of the left atrium in the left ventricular long axis view by two-dimensional echocardiography. CCDecho=craniocaudal distance of the left atrium in the left ventricular long axis view by two-dimensional echocardiography. LAAecho=left atrial area in the left ventricular long axis view by two-dimensional echocardiography by means of planimetry.

における左房の前後径 (Ll'), 両画像の correction factor (CFm, CFs), calculated data として左側面像における左房の前後径 (APD angio), 頭足径 (CCD angio), 面積 (LAA angio), 左房容積 (LAVFc) の値を示した。Table 3 には M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP), 断層心エコー図の左房前後径 (APD echo), 頭足径 (CCD echo), 断面積 (LAA echo) の値を示した。

3. 左房造影像の心電図上の時相

左房容積 (LAVFc) は, 方法の項で述べたように, 心室収縮終期 (end-systole) において測定しようとしたが, 心電図 T 波が終了する時点, すなわち心室収縮終期に film changer (3/sec) の曝射信号が入ったものは 6 例のみであった。この 6 例では, Q-T (心電図上の Q 波から T 波終了点までの時間) - Q-EX [心電図上の Q 波から X-ray exposure (EX) までの時間] は -0.03 ± 0.04 sec

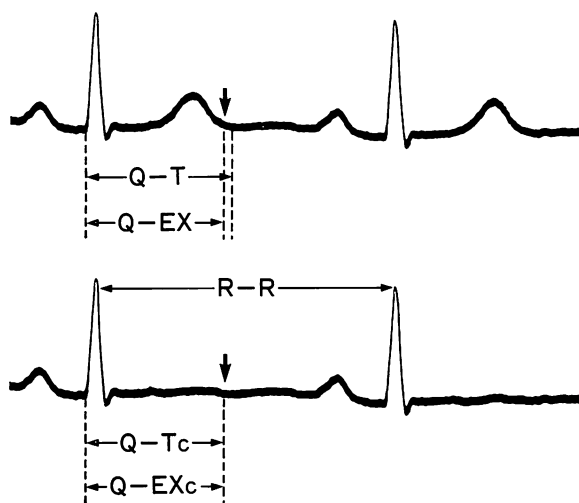


Fig. 5. Schematic illustration of the interval between the Q wave and the X-ray exposure signal (Q-Ex) and the end of the T wave (Q-T).

Q-T and Q-Ex intervals are nearly the same in 6 patients. In the case with indiscernible termination of the T wave ($n=10$), corrected Q-T interval (Q-Tc) is used to compare with corrected Q-EX (Q-EXc). The time difference is 0 ± 0.13 sec.

(mean \pm SD)であった。他の10例では心電図 T 波の終了点が明瞭に認められず、したがって便法として心拍数から補正した Q-T 時間、すなわち Q-Tc を計算し、また同じく補正した Q-EXc との比較から、 $Q-Tc - Q-EXc = 0 \pm 0.13$ sec (mean \pm SD) の定量的関係をえた (Fig. 5)。残りの4例では技術的困難性のために、レ線曝射と左室収縮終期の時間的一致性が全く明らかでなく、記録された左房像のうち左房容積が最も大きいものを選んで、これを検討材料とした。

4. 左房の左側面像における径と面積：左房造影法と断層心エコー図法の比較

左房の前後径に関して、造影法による前後径 (APD angio) を y 軸に、心エコー図法による前後径 (APD echo) を x 軸にとった場合、 $y = 1.2x - 0.3$ ($r = 0.87$, $p < 0.01$, $n = 14$) の関係があり、両者は期待されるとおり、比較的よく一致した (Fig. 6A)。

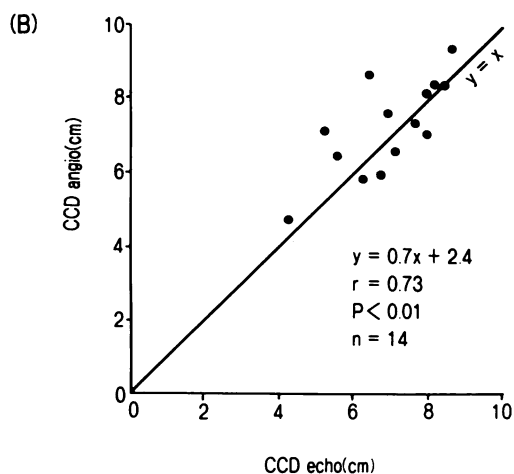
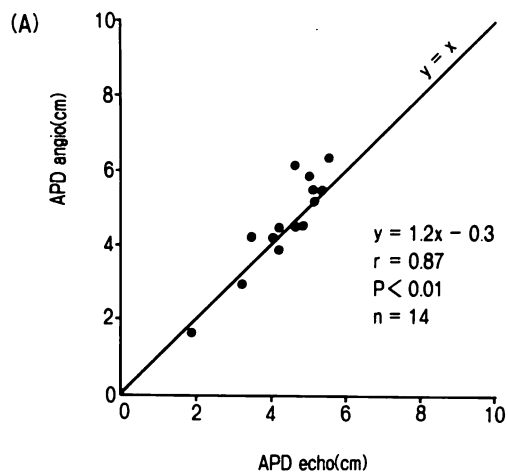


Fig. 6. Relationships between APD angio (y) and APD echo (x) (upper), and CCD angio (y) and CCD echo (x) (lower).

Both regression equations show fairly good agreement.

頭足径に関して、造影法によるもの (CCD angio) を y 軸に、心エコー図法によるもの (CCD echo) を x 軸にとった場合、 $y = 0.7x + 2.4$ ($r = 0.73$, $p > 0.01$, $n = 14$) の関係があり、両者は予期されるとおり、比較的よく一致した (Fig. 6B)。

また両方法による左房面積に関しては、造影法によるもの (LAA angio) を y 軸に、心エコー図

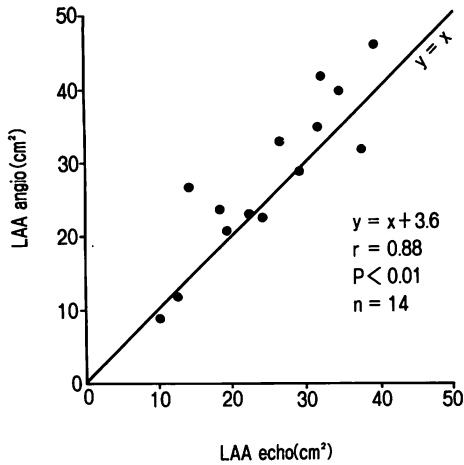


Fig. 7. Relationship between LAA angio and LAA echo.

The left atrial areas from the angiogram (LAA angio) and the echocardiogram (LAA echo) are in good agreement.

LAA angio=left atrial area in the left lateral view by angiography. LAA echo=left atrial area in the left ventricular long axis view by two-dimensional echocardiography.

法によるもの (LAA echo) を x 軸にとった場合, $y = x + 3.6$ ($r = 0.88$, $p > 0.01$, $n = 14$) の関係があり, 両者は予期の如く比較的良好一致した (Fig. 7).

5. 左房造影による左房容積と M モード心エコー図の左房前後径の関係

左房造影による左房容積 (LAVFC, 単位 ml) を y 軸に, M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP, 単位 cm) を x 軸にとった場合, $y = 1.4x^3 + 23$ ($r = 0.83$, $p < 0.01$, $n = 19$) の回帰式がえられた (Fig. 8).

一方予備実験として行なった左房二方向シネ心血管造影による検討では, 左房容積 (LAV cine) と M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP) の関係は, 5 例の検討結果ではあるが, Fig. 8 に示す如くになった. すなわち造影法を用いて, レ線の曝射のタイミングをより正確に合わせて測定した方法における左房容積のプロットは, ほぼ film changer を用いた場合の回帰式に近い位置を

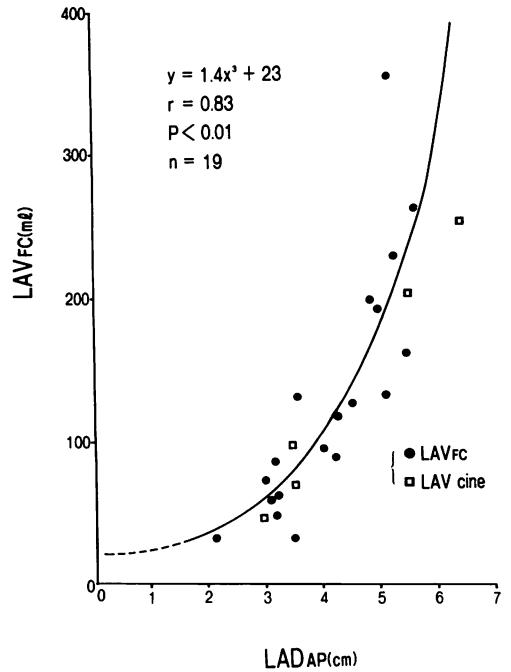


Fig. 8. Relationship between left atrial volume by angiography (LAVFC) and anteroposterior left atrial dimension by M-mode echocardiography (LADAP).

Solid circles indicate the volumes determined by a biplane film changer. Symbol squares are left atrial volumes determined by biplane cineangiography (LAVcine) (50 frames a sec), which is performed as a preliminary study.

示した.

6. 左房造影による左房容積と断層心エコー図法の左室長軸断面に示される左房断面積の関係

左房造影による左房容積 (LAVFC, 単位 ml) を y 軸に, 断層心エコー図による左房断面積 (LAA echo, 単位 cm²) を x 軸にとった場合, $y = 1.2x^{1.5} + 17$ ($r = 0.82$, $p < 0.01$, $n = 14$) の回帰式がえられた (Fig. 9).

考 按

1. 左房容積測定の方法

左房の大きさを推定するために種々の試みがなされてきた. その嚆矢は胸部レ線写真による定性

的判定であり、左房の拡大が僧帽弁膜症によく認められる特徴的な所見であった^{7,8)}。その後左房容積を定量化するために心血管造影法が使われてきた^{4,9,10)}。

左房そのものの形状は“カニの甲羅”と形容されるように、何らかの球体に似せて回帰式を作ることが困難であると思われる。しかしながら Sauter ら⁴⁾は、film changer を用いての二方向心血管造影法によって左室容積を求めるため、Dodge らが提唱した楕円体としての回帰式¹¹⁾を左房に応用し、その回帰式からえた左房容積が、剖検心で検討した左房容積にほぼ一致すると報告した。

Hirata ら⁶⁾は、M モード心エコー図の左房径(本論文でいう LADAP、すなわち前後方向での左房径)と右前斜位のシネ心血管造影に示される左房面積の比較を行ない、心エコー図法を用いて非観血的に左房の大きさを推定しようとする最初の試みを行なった。それに続いて ten Cate ら¹²⁾が左房に関して同様の報告をしている。これらの報告において、M モード心エコー図の左房径から、臨床的に左房の大きさを半定量的に求めることの妥当性が示唆された。

心エコー図から定量的に左房容積を推定しようとの試みとしては、Yabek ら²⁾によるもの、すなわち先天性心疾患をもつ平均4歳の小児を左房負荷群^{2,3)}、左房非負荷群^{2,3)}に分け、M モード心エコー図の左房径から二方向シネ心血管造影による左房容積を推定する回帰式の報告がある。また、本邦においては、水野ら¹⁾、中野ら¹³⁾によって、成人を対象として、M モード心エコー図の左房径から左房容積を推定しようとする予報的発表がある。

2. 本研究における左房容積の推定

1) 左房造影像と断層心エコー図像の一致性

左房造影の左側面像に示される左房の前後径(APD angio)、頭足径(CCD angio)、面積(LAA angio)と断層心エコー図法の左室長軸断面に示される左房の前後径(APD echo)、頭足径(CCD

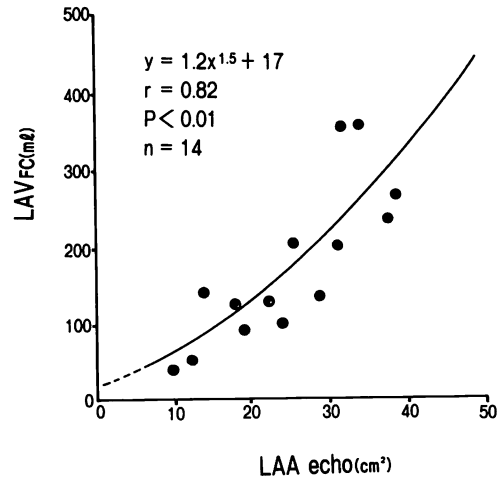


Fig. 9. Relationship between left atrial volume by angiography (LAVFc) and the area of the left atrium in the left ventricular long-axis view by two-dimensional echocardiography (LAA echo).

echo)、断面積(LAA echo)の一致性は、ともに予期されるところであり、実際、造影法による左房径(APD angio, CCD angio)は断層心エコー図法による左房径(APD echo, CCD echo)とほぼ一致し(Fig. 6)、また造影法の左房面積(LAA angio)は断層心エコー図法による左房断面積(LAA echo)とほぼ一致した(Fig. 9)。

2) M モード心エコー図の左房前後径(LAD-AP)による左房容積の推定

M モード心エコー図の左房径から、左房造影による左房容積を推定しようとする試みとして、上記の諸家による回帰式の報告がある。これらの回帰式のうち、成人を対象とした予報的発表においては、対象、方法、実測値の詳細が必ずしも明確ではない。更にM モード心エコー図のみから左房径を求めようとした過去の研究では、超音波ビームが、左房のどの部分に対してどのような方向で入射しているかを確認することは不可能であった。しかし最近では断層法を併用することで、この問題はほぼ取り除かれている。このようにして、断層法により、超音波ビームが左房の中心部

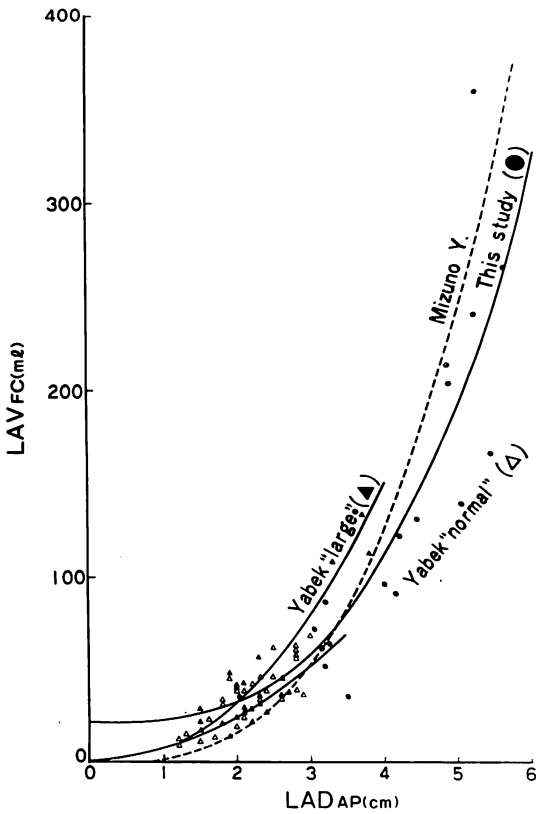


Fig. 10. Previously reported regression equations and that of the present study.

Previously reported regression equations in estimating left atrial volume by M-mode echocardiography are presented, plotting left atrial dimension by echocardiography on the x axis and left atrial volume by angiography on the y axis. Regression line reported by Mizuno et al is shown by dashed line, and that derived from the present study is shown by solid line and solid circles. Regression line reported by Yabek et al for the patients with left atrial volume overload in children is presented as a straight line by connecting solid triangles and for the patients free from left atrial volume overload is presented as a straight line by connecting blank triangles.

に垂直に入射していることを確認すればこの方向の M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP) から、二方向左房造影よりえられた左房容積 (LAVFC) に近い計測値をうる ことが可能になると考えられる。

諸家の報告している回帰線を、我々の回帰線を表わしたグラフと同一の座標中にプロットすると、我々の回帰線は比較的右寄りに位置していた (Fig. 10).

3) 断層心エコー図法の左房断面積 (LAA echo) による左房容積の推定

左房容積を推定する場合、非対称的な左房拡大を示す例や巨大左房を示す例においては、超音波の single beam による径のみから推定するよりも、断層図の面積から推定の方が望ましいといわれている^{14,15)}。一方、Schabelman ら¹⁶⁾は、二方向左房造影と M モード心エコー図の左房径の相関は悪いが、2,3の断層心エコー図断面との相関はすぐれていると報告している。しかし我々の今回の研究においては、断層心エコー図に示される左房断面積 (LAA echo) から左房容積 (LAVFC) を推定することと、M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP) より左房容積を推定することとは、大体同程度の相関であり、したがって、左房容積を推定する手段としての M モード心エコー図の左房前後径 (LADAP) は、断層図の左房断面積 (LAA echo) とほぼ同等に有用であると思われた。

要 約

ヒト左房容積を M モード心エコー図の左房前後径から推定する回帰式が、成人を対象とし、本格的測定に基づいて明瞭に記載されている文献はほとんどない。また方法論上、M モード心エコー図のみから左房前後径を計測する従来の方法では、超音波ビームの左房への入射部位や角度が不明なための誤差がある。

我々は、成人を対象として、左室長軸方向の断層心エコー図法により、超音波ビームが左房の中心部に垂直に入射する方向の M モード心エコー図に基づき、左房前後径を求めた。これとほぼ同時に film changer を用いて、正側二方向の左房造影を行ない、左房容積を求め、M モード心エコー図法と左房造影の結果を対比検討した (n=19)。

ついで左室長軸方向の断層心エコー図より左房断面積を計測し、左房造影による左房容積の関係を検討した (n=14)。これらの検討から次の結果をえた。

1. 予備実験において、ヒトの左房造影同様、既知の半径と高さを有する円筒状容器内の造影剤容積 (y) を、正側二方向の撮影像から計算した。この y と真の容積値 (x) の間には、 $y=1.05x-0.1$ ($r=0.99$, $p<0.001$, $n=6$) の関係があり、両者はよく一致した。

また左房造影に関して、心電図 T 波終末部分、すなわち左室収縮終期にて左房容積が求められるとは限らないことについて検討した。

2. M モード心エコー図の左房前後径 (LAD-AP, 単位 cm) を x 軸に、film changer (FC) を使用しての左房造影による左房容積 (LAV_{FC}, 単位 ml) を y 軸にとる場合、 $y=1.4x^3+23$ ($r=0.83$, $p<0.01$, $n=19$) の回帰式がえられた。

3. 断層心エコー図法の左室長軸断面に示される左房断面積 (LAA echo, 単位 cm²) を x 軸に、左房造影による左房容積 (LAV_{FC}, 単位 ml) を y 軸にとる場合、 $y=1.2x^{1.5}+17$ ($r=0.82$, $p<0.01$, $n=14$) の回帰式がえられた。

文 献

- 1) 水野 康, 久田澄夫, 菱田 仁, 野村雅則, 宮城裕, 大橋 進, 近藤 武, 勅使河原敬明: 心電図 P 波・ベクトル心電図 P 環と左房容積. 日内会誌 **67**: 945, 1978 (abstr)
- 2) Yabek SM, Isabel-Jones J, Bhatt DR, Nakazawa M, Marks RA, Jarmakani JM: Echocardiographic determination of left atrial volumes in children with congenital heart disease. *Circulation* **53**: 268, 1976
- 3) Graham TP, Jarmakani JM, Carnent RV, Morrow MN: Left heart volume estimation in infancy and childhood: Re-evaluation of methodology and normal values. *Circulation* **43**: 895, 1971
- 4) Sauter HJ, Dodge HT, Johnstone RR, Graham TP: The relationship of left atrial pressure and volume in patient with heart disease. *Am Heart J* **67**: 635, 1964
- 5) 平田経雄: 心エコー図入門, 金原出版, 東京, 1976
- 6) Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. *Am Heart J* **78**: 43, 1969
- 7) Logan A, Turner R: Diagnosis of mitral incompetence accompanying mitral stenosis. *Lancet* **2**: 593, 1952
- 8) Parsonnet AE, Bernstein A, Martland HS: Massive left auricle with special reference to its etiology and mechanism. *Am Heart J* **31**: 438, 1946
- 9) Soloff LA, Zatzuchini J, Stanffer HM, Kelly EW: Angiocardiographic observations of intra-cardiac flow in the normal and in mitral stenosis. *Circulation* **13**: 334, 1956
- 10) Arvidsson H: Angiocardiographic observations in mitral disease with special reference to volume variations in the left atrium. *Acta Radiol (Stockholm) Suppl.* **158**: 111, 1958
- 11) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, Load JD: The use of biplane angiocardiography for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* **60**: 762, 1960
- 12) ten Cate FJ, Kloster FE, van Darp WG, Meester GT, Roelandt J: Dimensions and volumes of left atrium and ventricle determined by single beam echocardiography. *Br Heart J* **36**: 737, 1974
- 13) 中野佐上, 藤浪隆夫, 中山広一, 林 勝彦, 高田和夫, 近藤 純, 岡本光弘, 岩瀬敬紀, 武内俊彦: 心エコー図による房室間血流からみた左房負荷の評価. *J Cardiography* **8**: 19, 1978
- 14) Kronzon I, Mehta SS: Illustrative echocardiogram: Giant left atrium. *Chest* **65**: 6, 1974
- 15) Lemire F, Tajik AJ, Hagler DJ: Illustrative echocardiograms: Asymmetrical left atrial enlargement. *Chest* **69**: 6, 1976
- 16) Schabelman S, Schiller N, Ports T, Silverman N, Parmley W: Left atrial volume by two-dimensional echocardiography. *Circulation (Suppl II)* **58**: 188, 1978