

総 説

小児科領域における心エコー図 —定量的診断の進歩—

松岡 優* 中津 忠則*

はじめに

心エコー図は、非観血的に短時間で、しかも、非常に重症な患児にも、負担を与えることなく施行できる特徴がある。しかも、診断の正確さの面からも、心臓カテーテル法、心血管造影法に劣らない情報をえることができる。今日、もっとも多く使用されている心エコー図法は、Mモード・スキャンおよび実時間断層心エコー図であろう。また応用として、contrast echocardiography、感度断層法、そしてコンピューターの導入など、が挙げられる。

本稿では、形態学的な診断に多くの著書が出ていることと、本雑誌の特長を考え、定量的診断について概説する。

1. 容量測定 (左室容量, 1回拍出量, 駆出率, 心膜液貯留)

左室容量は、左室腔を回転橢円体とみなし、その長・短軸径比が、心周期を通して一定(2:1)と仮定すれば、心エコー図法・Mモードから算出可能である。現在、左室容積は、近似式 $V = D^3$ ($D =$ 左室短軸)が、もっともよく利用される。この式より求めた左室拡張末期容量 (LVEDV = LV Dd³), 左室収縮末期容量 (LVESV = LV Ds³) および 1回拍出量 (SV) は、心血管造影法と $r = 0.75 \sim 0.91$ と良い相関が認められる^{1~4)}。しかし、実際の拡張終期における左室長軸は、短軸

の2倍もなく、また収縮終期における長軸は、短軸の2倍以上ある⁵⁾。この傾向は拡大心において、より著明であり、 $V = D^3$ による左室容量の測定は、過大評価される^{6~8)}。一方、心房中隔欠損症、三尖弁閉鎖不全症等、右室容量負荷をきたす疾患では、右室拡大に伴う左室の変形があり、このため左室容量は過少評価される^{9~10)}。

また、Starling ら¹¹⁾によると、subxiphoid approach Mモードでも、同様な $V = D^3$ の式で算出し、 $r = 0.90 \sim 0.98$ と良い相関をえている。この方法は術後や肺気腫で、parasternal approach が不可能なときでも利用できる利点がある。

また、最近、断層心エコー図による左室容量測定が行われ、apical long axis や apical four chamber view より求めた左室容量は、長軸・短軸比 = 2 : 1 の仮定がなく、心血管造影法による値との比較で、Mモードより良い相関 ($r = 0.92 \sim 0.97$) を出している³⁾。

SV は、左室内径を利用した方法だけでなく、僧帽弁が正常なら、僧帽弁前尖後退速度 (DDR) および僧帽弁開放速度が、SV とよく相関すると報告されている^{2,13)}。また、Laniado ら¹⁴⁾によると、大動脈弁開放速度および弁口面積も、SV と $r = 0.80$ および $r = 0.94$ とよく相関する。

表1に、Silverman ら³⁾による、小児先天性心疾患における心エコー図法および心血管造影法の比較を記載した。この表から、分かるように、心エコー図 (Mモード) で求めた LVEDV および SV は、心血管造影法で求めた値よりも低く出る。

*徳島大学医学部小児科教室

表 1. 心エコー図法と心血管造影法による左室容量測定と比較 (文献3より引用).

Linear Regression Equations for Comparison between Angiographic (x) and Echocardiographic (y) Volumes

Technique	Slope	Intercept	r
End-diastolic volumes			
A4C	1.01	-4.15	0.97
ALA	0.98	-2.15	0.96
BAL	1.05	-3.64	0.96
SR	0.95	-3.31	0.97
Cube	0.93	-4.60	0.83
Corr cube	0.98	-0.41	0.86
End-systolic volumes			
A4C	1.29	-1.67	0.92
ALA	1.35	-0.82	0.88
BAL	1.37*	-1.37	0.91
SR	1.25	-1.59	0.89
Cubo	0.84	-1.83	0.74
Corr Cube	1.17	-1.97	0.78
Stroke volumes			
A4C	0.86	-1.16	0.94
ALA	0.85	-1.76	0.93
BAL	0.90	-1.61	0.95
SR	0.72†	+0.87	0.92
Cube	0.90	-0.19	0.79
Corr Cube	0.88	+1.81	0.85
Ejection fraction			
A4C	0.85	+0.03	0.73
ALA	0.95	-0.08	0.77
BAL	0.87	0.00	0.82
SR	0.66*	+0.16	0.68
Cube	0.78	+0.22	0.67
Corr Cube	0.76	+0.18	0.63

*Slope significantly different from 1 at 5% level by t test.

†Slope significantly different from 1 at 1% level by t test.

Abbreviations: A4C=apical four-chamber method; ALA=apical long-axis method; BAL=biplane area-length method; SR=Simpson's rule; Cube=M-mode cube method; Corr cube=corrected cube method.

しかし、いずれも高い相関係数を示し、十分使用できることを示している。また、断層心エコー図による左室収縮末期容量は、大きく評価されるので注意を要する。

駆出率は、心エコー図法、断層心エコー図法いずれも、心血管造影法による値よりも、小さく、相関係数も低い。とくにMモードによる方法だと、回帰直線の勾配は 0.76~0.78 であり、心血管造

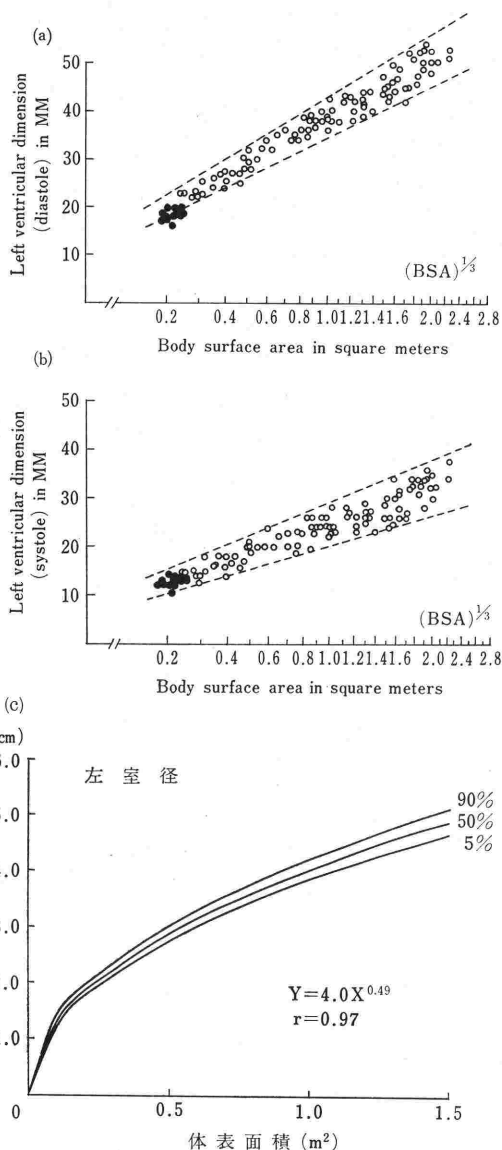
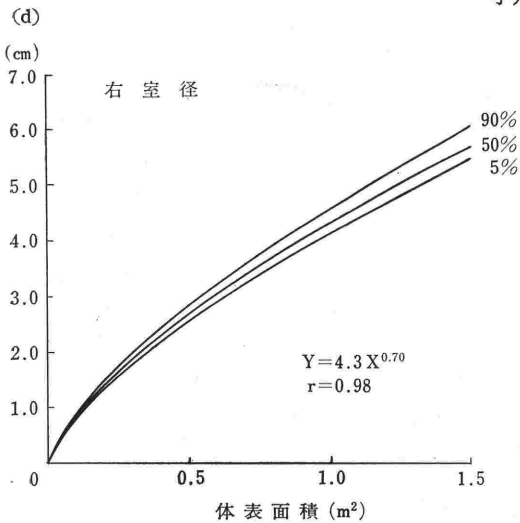


図 1. 左室径および右室径の正常値 (図 a, b : 文献15より, 図 c, d : 文献16より引用)

影法による値よりも、約 2 割小さく評価される。また、相関係数も LVEDV や LVESV より悪く $r=0.63\sim0.67$ である。この表の、cube 法とは、 $V=D^3$, corrected cube 法とは $V=7D^3/2.4+D$, である。

右室径の測定は、parasternal と subxiphoidal approach とからなされるが、右室容量の測定は、一般に困難である。図 1 に、左室および右室の正常値を記し^{15,16}、さらに新生児における正常値を表 2 に記載した^{17,18}。



Plot of end-diastolic left ventricular transverse dimension in millimeters versus a cube root function of body surface area in square meters. In this and all subsequent figures, the 95% prediction intervals for the data will be indicated by dashed lines.

心膜液貯留量の推定は、Horowitz ら¹⁹⁾によると、心外膜と心膜とのエコー・パターンによって予測される(図2)。さらに、図のパターンDのときは、 $V=D^3$ より算出した貯留量(x)と実測値(y)とのあいだに、 $Y=85X+90$ 、 $r=0.87$ の良い相関がえられると述べている。

2. 短絡疾患

短絡量の予想として、もっともよく用いられ、簡便なのは LA/Ao 比であろう。Lewis ら²⁰⁾によれば、図3のように、肺・体血流量比(Qp/Qs)は、LA/Ao 比と $r=0.96$ と良い相関をもつ。また、Silverman ら²¹⁾や Sahn ら²²⁾によると、PDA をもつ未熟児において、LA/Ao 比は、左右短絡量の定量に利用でき、対照群が、 0.86 ± 0.10 や 0.78 ± 0.01 に対して、PDA 群は、 1.28 ± 0.23 や 1.14 ± 0.11 であった、と述べている。わが

表 2. 新生児期の正常値

Age	mVcf,		NPWV		CI		T/M	RVOTDd/AoDs	LADs/AoDs
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean±SD	mean±SD	mean±SD
2 d	1.62	0.26	0.78	0.15	1.9	0.5	1.03±0.13	1.97±0.22	0.98±0.10
3 d	1.66	0.22	0.82	0.10	1.9	0.6	2.06±0.11	2.05±0.25	0.94±0.08
4 d	1.66	0.20	0.82	0.10	2.1	0.7	1.01±0.12	1.97±0.23	0.97±0.10
5 d	1.68	0.23	0.84	0.14	2.2	0.6	1.06±0.14	1.99±0.24	0.94±0.08
6~10 d	1.70	0.16	0.86	0.11	2.1	0.7	1.00±0.13	2.02±0.22	0.95±0.06
1 m	1.71	0.20	1.07	0.16	3.8	1.0			

mVcf: (circ/sec), NPWV: (/sec.), CI: (l/min/m²)

Echocardiographic criteria for normal newborn infants*

Pulmonary artery diameter (mm.):		
Range		9.4-13.0
Mean ± S.E.		11.1±0.2
Aortic room diameter (mm.):		
Range		8.1-12.0
Mean ± S.E.		10.0±0.06
Left atrial diameter (mm.):		
Range		5.0-10.0
Mean ± S.E.		7.0±0.1
Interventricular septal thickness (mm.):		
Range		1.8-4.0
Mean ± S.E.		2.7±0.04

*From Hagan, A.D., Deely, W.J., Sahn, D., and Friedman, W.F.: Echocardiographic criteria for normal newborn infants. *Circulation* 48: 1221, 1973.

Echocardiographic criteria for normal newborn infants*

	Right ventricle	Left ventricle
End-systolic wall thickness (mm.):		
Range	3.3-7.3	2.5-6.0
Mean ± S.E.	5.0±0.1	4.3±0.1
End-diastolic wall thickness (mm.):		
Range	2.0-4.7	1.6-3.7
Mean ± S.E.	3.0±0.1	2.6±0.1
End-systolic diameter (mm.):		
Range	5.5-11.4	8.0-18.6
Mean ± S.E.	9.4±0.2	13.3±0.3
End-diastolic diameter (mm.):		
Range	6.1-15.0	12.0-23.3
Mean ± S.E.	11.4±0.4	18.7±0.3

*From Hagan, A.D., Deely, W.J., Sahn, D., and Friedman, W.F.: Echocardiographic criteria for normal newborn infants. *Circulation* 48: 1221, 1973.

(上表: 文献17より, 下表: 文献18より引用)

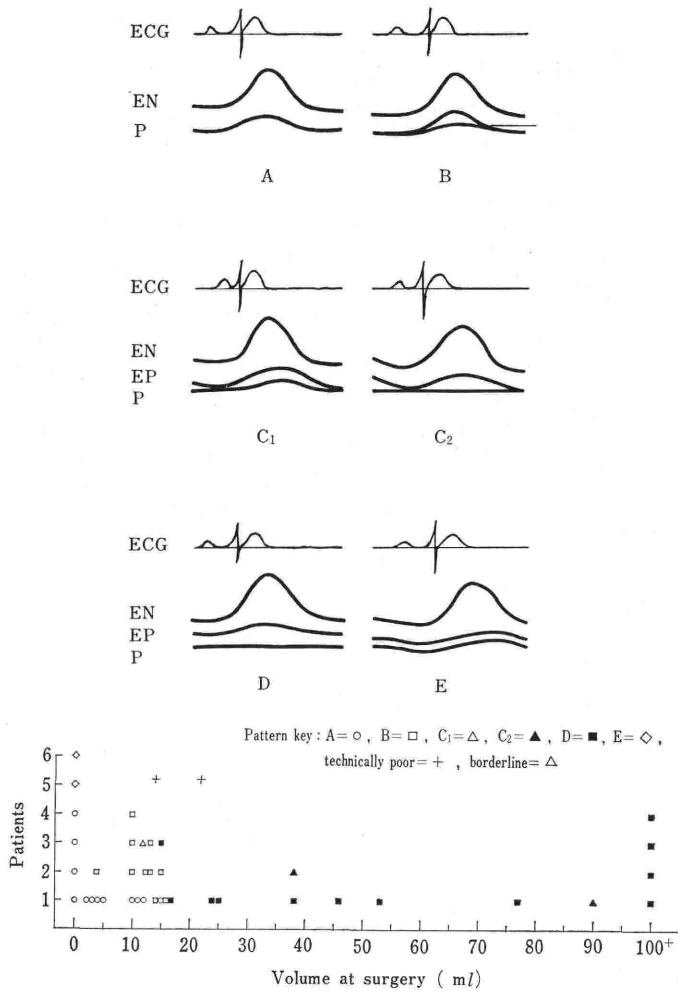
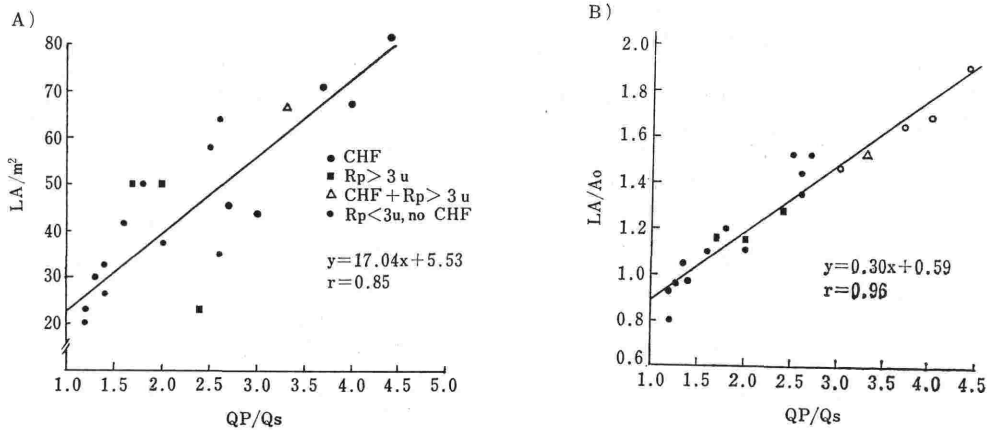


図 2. 心外膜と心膜とのエコーパターンより心膜液貯留量の推定法 (文献19より引用)



Relationship between Qp/Qs and A) LA/m²; B) LA/Ao in patients with VSD. LA/Ao has less scatter and higher correlation coefficient.

図 3. VSD における Qp/Qs と LA 径および LA/Ao 比の関係 (文献20より引用)

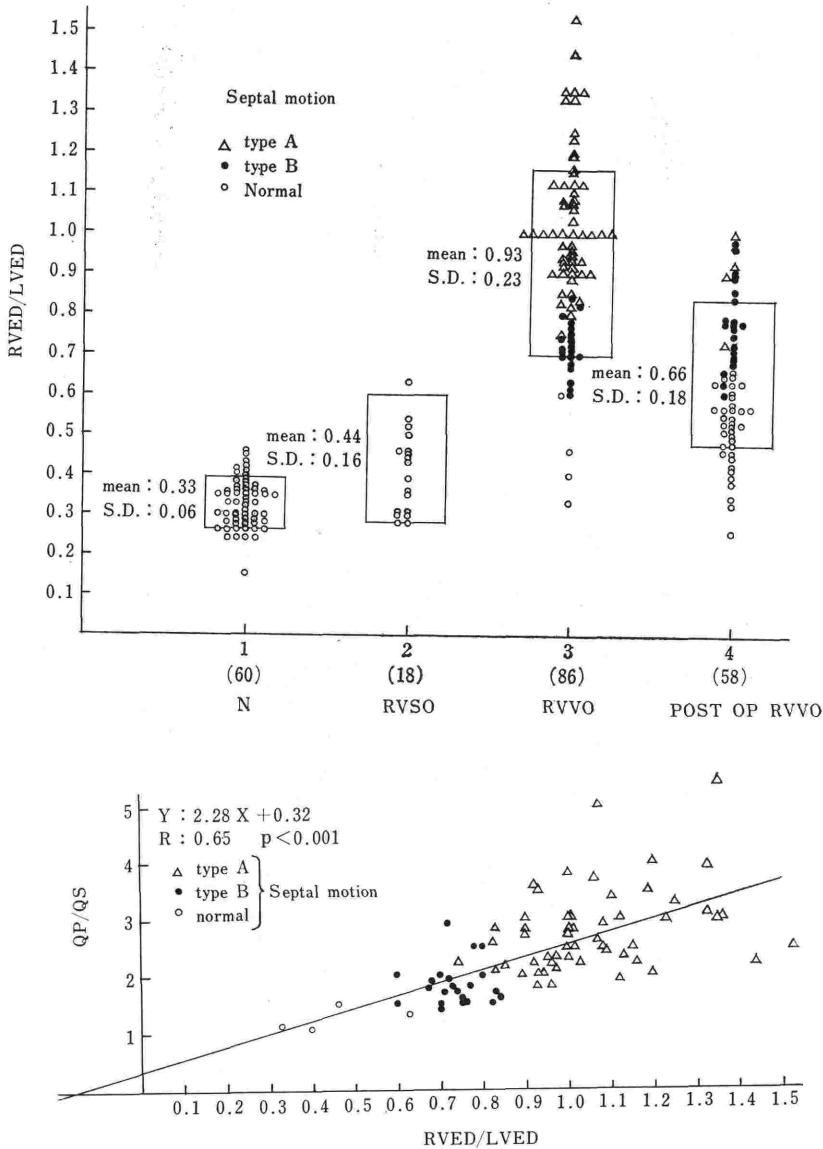


図 4. 上図: RVED/LVED 比の各疾患群の成績
 下図: Qp/Qs と RVED/LVED 比の関係
 (文献24より引用)

国における新生児の正常値は、青木¹⁷⁾によると、 $0.91 \sim 1.01 \pm 0.1$ である(表2)。

一方、ASDにおける短絡量の定量は、心房位における短絡のため、LA/Ao比が使えず、報告が少ない。Diamondら²³⁾によると、正常な肺血管床をもつASDにおいて、右室内径が、Qp/Qsと相関し($r = 0.64$)、正常者群が、平均0.7cm/m(0.5~1.1cm/m)に対して、ASD群は、平均2.2cm/m(1.2~3.3cm/m)であった、と述べて

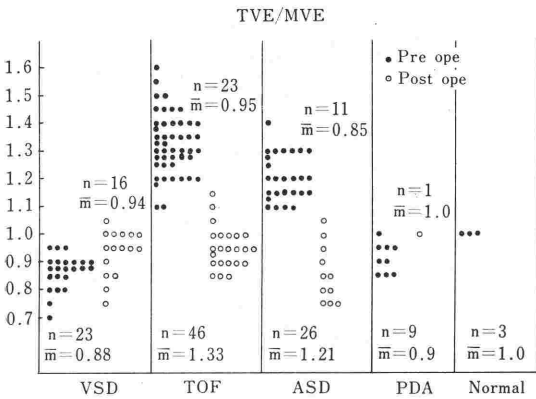
いる。同様なことを Laurenceauら²⁴⁾は、右室拡張末期径(RVED)/左室拡張末期径(LVED)比で検討し、Qp/Qsと $r = 0.65$ の相関があることを示した(図4, 下段)。さらに、彼はRVED/LVED比が、PSやTOF等の圧負荷群で、 0.44 ± 0.16 と軽度の増加に過ぎないのに比して、ASD等の容量負荷群では、 0.93 ± 0.23 と著明に高値なのを示した(図4, 上段)また、清水²⁵⁾は、三尖弁振幅(TVE)/僧帽弁の振幅(MVE)比も、短絡

の診断に利用できることを示した (図5)。Allenら²⁶⁾は, suprasternal Mモードで, 大血管を同時に検出し, 図6のように, transverse aortic arch/right pulmonary artery ratio を求めた。その結果, ASやTOFで高値を, ASD, VSD, PSで低値をとり, 診断的有用性を示した。

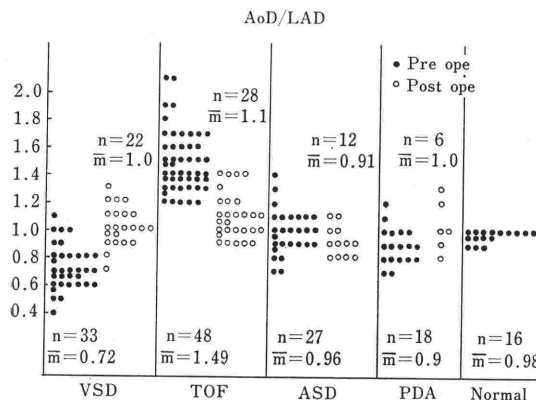
さらに, contrast echocardiogram の利用は, 右左短絡や左右短絡を定性的に診断し, Pieroniら²⁷⁾によると, 5%ほどの右左短絡も発見でき, Fick 法や色素希釈法よりも, はるかに感度が良い。

3. 心筋の厚さの測定および心内圧の予測

Feigenbaum ら²⁸⁾は, 心エコー図で求めた左室後壁の厚さが, 手術時の計測値と±0.5cm, 剖検

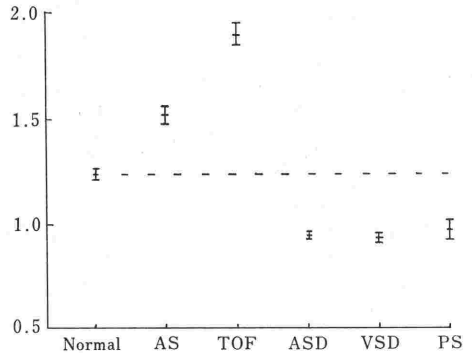
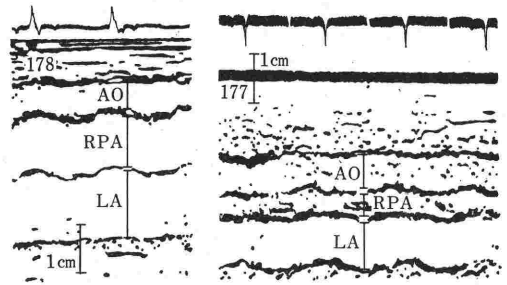


TVE : 三尖弁最大振幅 MVE : 僧帽弁最大振幅 (●手術前, ○手術後)



AoD : 大動脈径 LAD : 左房径 (●手術前, ○手術後)

図5. TVE/MVE および AoD/LAD の各種心疾患における成績 (文献25より引用)



TAA/RPA ratio data are shown for the various lesions in comparison to normal. AS=aortic stenosis; TOF=tetralogy of Fallot; ASD=atrial septal defect; VSD=ventricular septal defect; PS=pulmonary stenosis.

図6. Transverse aortic arch/right pulmonary artery ratio の測定法と各種心疾患の成績 (文献26より引用)

時と ±0.3cm 以内の差であり, 十分測定できることを示した。また, Shogren ら²⁹⁾や Troy²⁾らは, 心血管造影法で求めた左室後壁も, 心エコー図で求めた値とよく一致することを示した。

これらの事実の積み重ねのうえで, スカラー心電図や, バクトル心電図の肥大基準に偽陽性のあることを, Morganroth ら³⁰⁾や Bennett ら³¹⁾は示し注意を促している。

右室壁の厚さは, 今日では, parasternal approach でも可能になったが, 旧式や2.25MHzのトランスジューサーだと, Matsukubo ら³²⁾の報告した, subxiphoid approach がよいであろう。彼の成績では, 対照の健康成人が, 0.34±0.08cm (0.2~0.5cm) に対して, 右室圧負荷群は 0.60±0.13cm, 右室容量負荷群は 0.52±0.11cm, 右室圧および容量負荷群では 0.62±0.18cm, 左室負荷群で 0.36±0.10cm であった, と述べている。図7に, 右室, 心室中隔および左室後壁の厚さの

正常値を示した^{15,33)}.

心筋の厚さの測定は、肥大型心筋症には不可欠であり、Abbasi ら³⁴⁾によると、非閉塞性肥大型心筋症 (HCM) は心室中隔が厚く、健康成人が $1.0 \pm 0.2 \text{ cm}$ に対して、HCM では $2.5 \pm 0.3 \text{ cm}$ であった、と述べている。また心室中隔—左室後壁厚比は2.0以上であり、健康成人が 1.17 ± 0.14 で

あったのに比し、全例高値であった、と述べている。この心室中隔—左室後壁厚比は、非対称性心室中隔肥大症 (ASH) の診断にも役立つ、Henry ら³⁵⁾によれば、健康成人が平均1.03 (79例中1例を除き1.3以下) に対して、ASHは、平均1.68 (全例1.3以上) であった。

さらに著者は、収縮に伴う左室後壁の厚さの変化率も、計測すべき指標と考え、進行性筋ジストロフィー症で、著明に減少することを示した³⁶⁾。

心筋の厚さから、心内圧を予測しようとする試みも行われ、Matsukubo ら³²⁾は、右室壁の厚さと右室収縮期圧とが、 $r=0.84$ と良く相関することを示した (図8)。また、中野ら³³⁾は、右室収縮期圧 $= C \times Wc/Ds = 63 \times Wc/Ds$ ($C = \text{stress index} = 63$, $Wc = \text{収縮末期における右室前壁の厚さ}$, $Ds = \text{右室の収縮末期径}$) で、求めた右室収縮期圧が実測値と相関 ($r=0.92$) することを示した (図8)。ただし、著明な右室拡大のみられるときは使用できず、PS や PPH のときに有用であろうと述べている。

4. Systolic time interval (STI) への利用

半月弁エコー、房室弁エコーの開閉点を、記録することによって、左右駆出時間 (ET)、駆出前期 (PEP)、等容性収縮期 (ICT)、等容性拡張期 (IRT) 等を、求めることができる。STI から予測されることは多いが、利用度の高い最近のものだけを概説する。

臨床医が、知りたい大きい問題のひとつに肺血管床の状態がある。RVPEP/RVET は、肺動脈拡張期圧および平均肺動脈圧とそれぞれ、 $r=0.78$ および $0.66 \sim 0.70$ で相関し、肺高血圧症の予測に役立つ (図9)^{37,38)}。さらに、RVPEP/RVET は肺血管抵抗 (R_p) および R_p/R_s と良く相関 ($r=0.69 \sim 0.88$) する^{38,39)}。Sooner ら⁴⁰⁾は、 $(RVPEP/RVET) / (LVPEP/LVET)$ が R_p/R_s と高い相関 ($r=0.90$) をなし、両心室系の STI の利用が、RVPEP/RVET より良いと述べている (図10)。また、右脚ブロックを伴うときは、RVPEP/RVET と肺動脈拡張期圧および R_p/R_s との相関が悪くなり、このときには RVICT/RVET や RVICT がより有用である^{39,41)}。

TGA の診断に、Hirschfeld ら⁴²⁾の LVET/

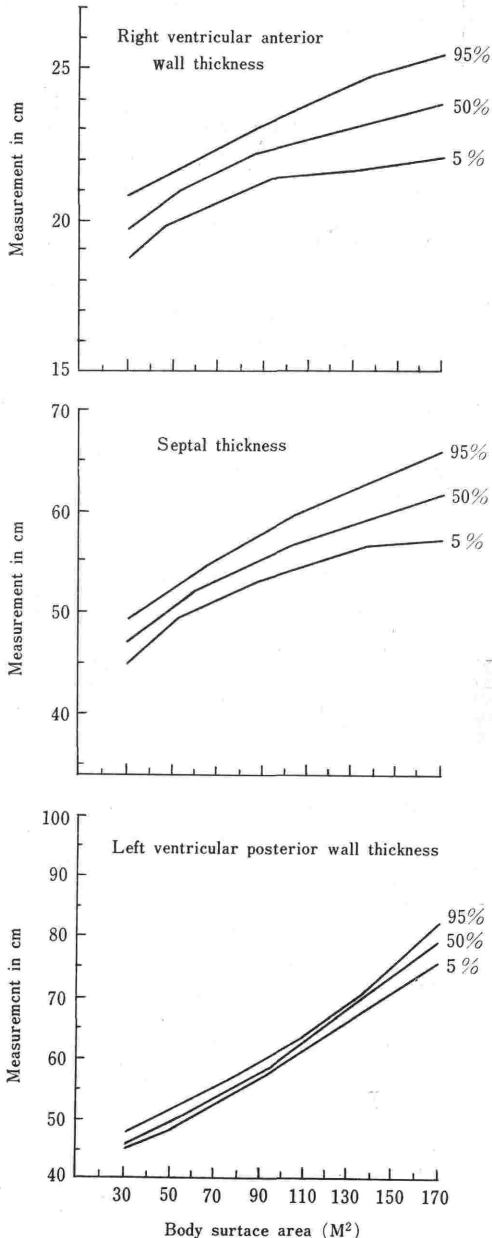


図7a. 右室、心室中隔そして左室の壁の厚さの体表面積に対する正常値 (文献33より引用)

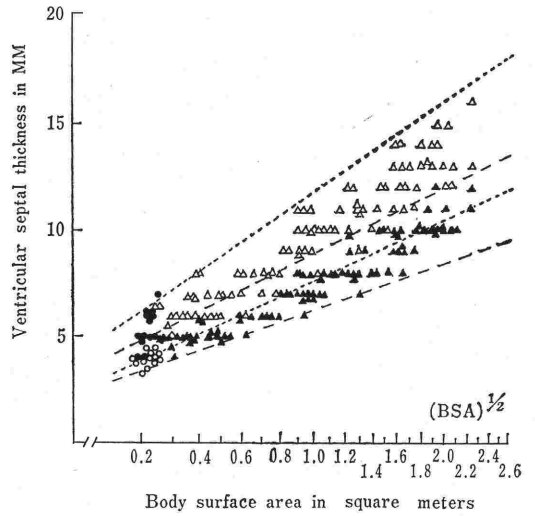
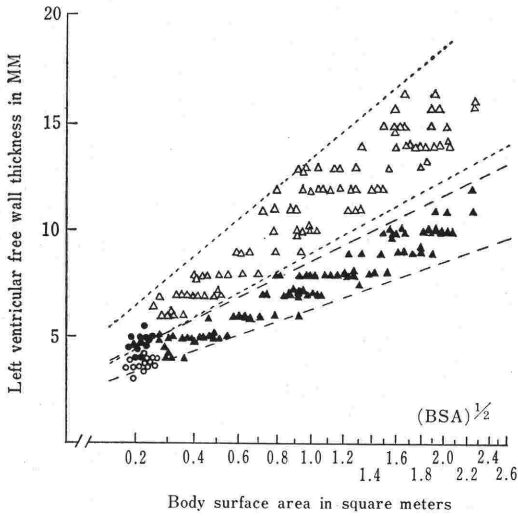


図 7b. 右室, 心室中隔そして左室の壁の厚さの体表面積に対する正常値
(文献15より引用)

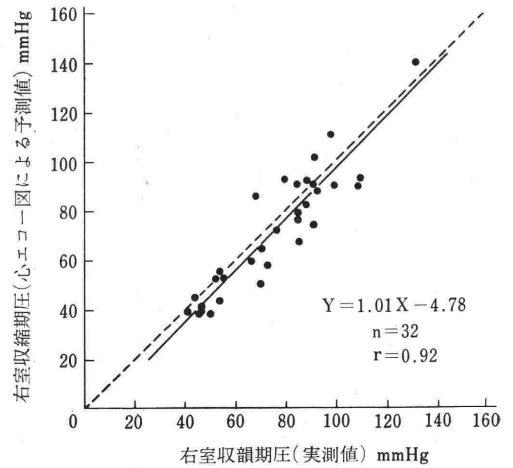
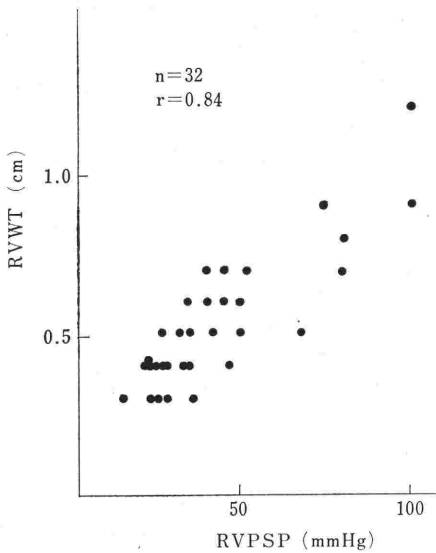


図 8. 左図: 心エコー図による拡張終期における右室壁の厚さと右室収縮期圧の関係
(文献32より引用)
右図: 心エコー図から右室収縮期圧を予測した値と実測値との関係
心エコー図からの予測=63Wc/Ds.
(文献33より引用)

RVET および LVPEP/RVPEP の差異は重用と
考えられる. すなわち, TGAでは, LVET/RVET
は平均1.22 (正常群0.80), LVPEP/RVPEP は平均
0.52 (正常群1.25) であったという. これは,
TGA では右室から血管抵抗の高い体血管に駆出
されるため, RVPEP (大動脈弁エコーより計測)
が延長し, RVETが短縮したことを示し, また左

室から体血管抵抗より低い肺血管抵抗へ駆出され
るため, LVPEP (肺動脈弁エコーより計測)は
短縮し, LVETは延長すると考えられる. Fouron
ら⁴³⁾は, TGAにおける LVPEP/LVET (肺動脈
弁エコーより求める)は, 肺動脈拡張期圧および
平均肺動脈圧と, それぞれ $r=0.65$ および $r=70$
と相関することを示した. また, Park ら⁴⁴⁾によ

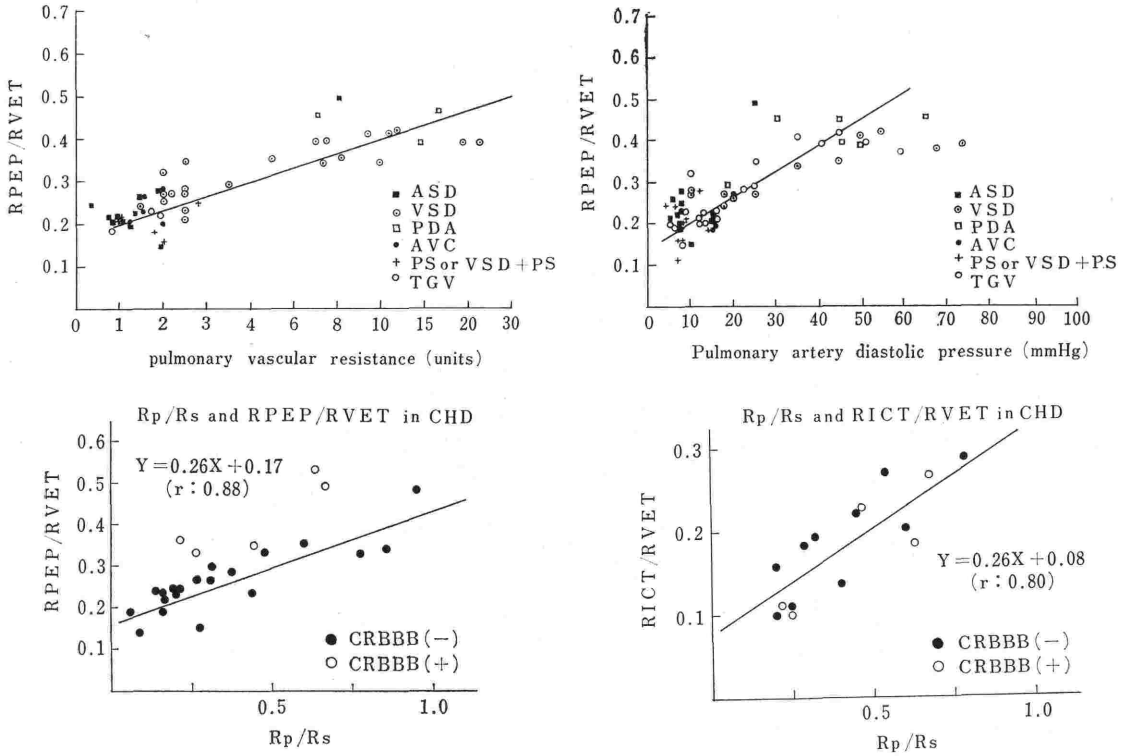
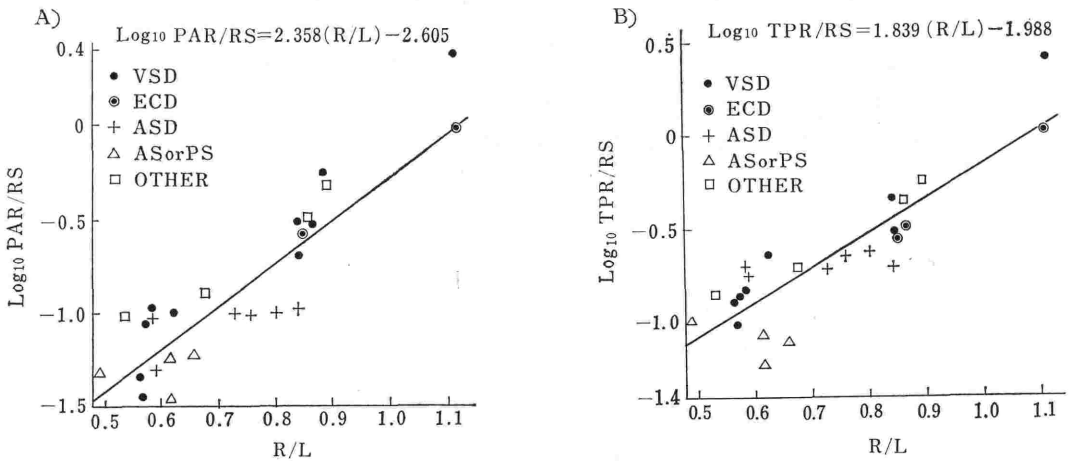
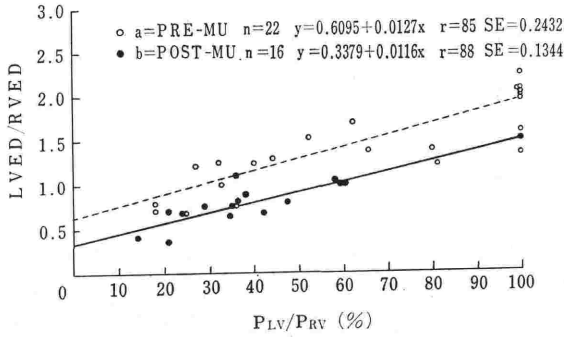


図 9. 上図：RPEP/RVET と肺血管抵抗および肺動脈拡張期圧との関係 (文献38より引用)
下図：Rp/Rs と RPEP/RVET および RICT/RVET との関係 (文献39より引用)



A) R/L is plotted against $\text{log}_{10} \text{PAR/RS}$ (pulmonary arteriolar/systemic resistance) with resultant improvement in the correlation coefficient to 0.902. The relation between the variables now appears more linear, and the linear regression equation is $\text{log}_{10} \text{PAR/RS} = 2.358(R/L) - 2.605$. B) R/L is plotted against $\text{log}_{10} \text{TPR/RS}$ (total pulmonary/systemic resistance) with a result that is also more linear. The regression equation is $\text{log}_{10} \text{TPR/RS} = 1.839(R/L) - 1.988$, $r = 0.889$.

図 10. $(\text{RVPEP/RVET})/(\text{LVPEP/LVET}) = R/L$ と Rp/Rs の関係 (文献40より引用)



Relationship between the ratio of left and right ventricular end-diastolic dimensions (LVFD/RVFD) and the peak systolic pressure ratio of left and right ventricles (P_{LV}/P_{RV} in %). Open circles indicate preoperative patients and closed circles indicate postoperative patients. The dotted line (a) is the regression line for pre-Mustard operation group and solid line (b) is the regression line for post-Mustard operation group.

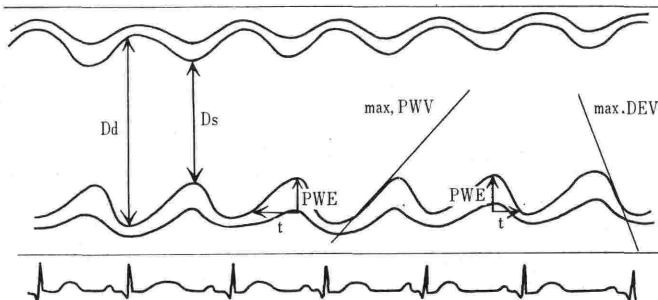
図 11. TGA における RVDd/LVDd と左室収縮期圧/右室収縮期圧の関係

(文献44より引用)

れば, TGA における RVDd/LVDd は, 左室収縮期圧/右室収縮期圧と $r=0.85\sim 0.88$ で相関し,

表 3. 心機能を表わす指標

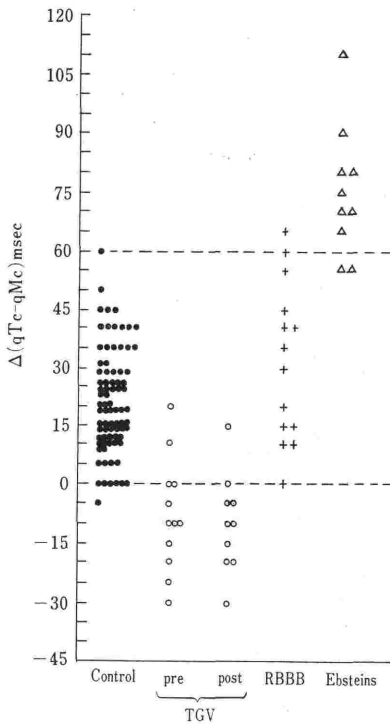
Echogram utilized
LV dimension
EDV = (LVDd) ³
SV = (LVDd) ³ - (LVDs) ³
EF = SV/EDV
LV mass = [(LVDd + 2hd) ³ - (LVDd) ³] × 1.05
LV dimension and ET
mVcf = (LVDd - LVDs)/LVDd × ET
LV posterior wall
mPWV = PWE/t
max. PWV
mDEV = PWE/t'
max. DEV
LV dimension, LV thickness and Pressure
wall stress = $7 \cdot P \cdot LVD / 8 \cdot LV \text{ thickness}$



肺血管閉塞の予測に役立つ (図11).

Milner ら⁴⁵⁾は, 心電図の Q 波から三尖弁閉鎖点までの Q-Tc interval と, Q 波から僧帽弁閉鎖点までの Q-Mc interval を求め, さらに, (Q-Tc interval) - (Q-Mc-interval) を delta 値とした. この delta 値は, 正常者が平均 20 ± 14 msec ($-5 \sim 50$ msec) であるのに対して, TGA では平均 -9 msec ($20 \sim -30$ msec) であり, ほとんどがマイナスであった, と述べられている (図12). この delta 値は, Ebstein's anomaly で 65 msec 以上と延長しており, たとえ, 新生児期でも診断的価値があると考えられている.

LVPEP および LVET が, 大動脈弁エコーからでなく, 左室後壁エコーからも求めえることが知られ, とくに心機能を知る指標の計測に用いられてきた. しかし, 著者ら⁴⁶⁾の先天性心疾患における検討では, 心室内短絡のある疾患で, 左室後壁より求めた LVET は延長し, LVPEP は短縮するので注意を要する.



The delta values of the four groups of patients are compared. The patients with transposition of the great vessels (TGV) are striking because their values are predominantly negative whereas the patients with right bundle branch block (RBBB) are normal and those with Ebstein's anomaly are the only values greater than 65 msec. Pre=preoperative; Post=postoperative.

図 12. 各種疾患における (Q-Tc interval)-(Q-Mc interval)

(文献45より引用)

5. 心 機 能

- ① 左室内径より求められる CO, EF, LVEDV.
- ② 左室後壁より求められる左室後壁平均収縮速度 (mPWV), 最大後壁収縮速度 (max. PWV), 平均後壁拡張速度 (mDEV), 最大後壁拡張速度 (max. DEV).
- ③ 駆出時間と左室内径を利用した平均左室周短縮速度 (mVcf).
- ④ 圧・容積曲線から求められる E max.
- ⑤ その他に, wall stress 等があり, 各測定方法は表 3 に記した.

EF, CO, mPWV, mVcf が, ポンプ機能を表わしているのに対して, max. PWV は, 心筋収縮力に近く, なかでも E max は, 優れた心筋

収縮力の指標と考えられている. これら心機能を表わす指標を使って心筋症および術後経過を評価しようとされている.

文 献

- 1) Meyer, R. A. *et al.*: Echocardiographic determination of left ventricular volumes in pediatric patients. *Circulation* 51:297, 1975.
- 2) Troy, B. L. *et al.*: Measurement of left ventricular wall thickness and mass by echocardiography. *Circulation* 40: 602, 1972.
- 3) Silverman, N. H. *et al.*: Determination of left ventricular volume in children; Echocardiographic and angiographic comparisons. *Circulation* 62: 548. 1980.
- 4) 神谷哲郎ほか: 左心機能; 馬場一雄, 小林 登編, 小児の心エコー図. 金原出版, 東京, p. 229, 1980.
- 5) Pombo, J. F. *et al.*: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 42: 480, 1971.
- 6) Abdulla, A. M. *et al.*: Limitations of echocardiography in the assessment of left ventricular size and function in aortic regurgitation. *Circulation* 61: 148, 1980.
- 7) Sandler, H. *et al.*: Mechanical and dynamic implications of dimensional measurements of the ventricle. *Fed. Proc.* 28: 1344, 1969.
- 8) Miller, G. A. H. *et al.*: Myocardial function and left ventricular volumes in acquired valvular insufficiency. *Circulation* 31: 374, 1965.
- 9) 藤井諄一ほか: UCG による心拍出量の測定, 心臓 6: 1289, 1974.
- 10) 松岡 優: Echocardiography による小児の左心機能の研究; 第 1 編, 健康小児および各種心疾患児について. 日児誌 81: 52, 1977.
- 11) Starling, M. R. *et al.*: Accuracy of subxiphoid echocardiography for assessing left ventricular size and performance. *Circulation* 61:367, 1980.
- 12) Kavey, R. E. W. *et al.*: Perioperative echocardiographic evaluation of cardiovascular function; Assessment of changing hemodynamic state. *Circulation* 62: 773, 1980.
- 13) Laniado, S. *et al.*: A Study of the dynamic relations between the mitral valve echogram and phasic mitral flow. *Circulation* 51: 104, 1975.
- 14) Laniado, S. *et al.*: Hemodynamic correlates of the normal aortic valve echogram; A study of sound, flow and motion. *Circulation* 54: 729, 1976.
- 15) Henry, W. L. *et al.*: Echocardiographic measurements in normal subjects; Growth-related changes that occur between infancy and early adulthood. *Circulation* 57: 278, 1978.
- 16) 森 忠三: 心エコー図アトラス. メディカル・コア, 東京, 1979.
- 17) 青木浩之: 新生児循環と心エコー図; 馬場一雄,

- 小林 登編, 小児の心エコー図. 金原出版, 東京, 1980.
- 18) Hagen, A. D. *et al.*: Echocardiographic criteria for normal newborn infants. *Circulation* 48: 1222, 1973.
- 19) Horowitz, M. S.: Sensitivity and specificity of echocardiographic diagnosis of pericardial effusion. *Circulation* 50: 239, 1974.
- 20) Lewis, A. B. *et al.*: Echocardiographic assessment of left-to-right shunt volume in children with ventricular septal defects. *Circulation* 54: 78, 1976.
- 21) Silverman, N. H. *et al.*: Echocardiographic assessment of ductus arteriosus shunt in premature infants. *Circulation* 50: 821, 1974.
- 22) Sahn, D. J. *et al.*: Echocardiographic detection of large left to right shunts and cardiomyopathies in infants and children. *Am. J. Cardiol.* 38: 73, 1976.
- 23) Diamond, E. *et al.*: Echocardiographic features of atrial septal defect. *Circulation* 43: 129, 1971.
- 24) Laurenceau, J. L. *et al.*: Right and left ventricular dimensions as determinants of ventricular septal motion. *Chest* 69: 388, 1976.
- 25) 清水克男: 先天性心疾患の心エコー図. 小児科 21: 167, 1980.
- 26) Allen, H. D. *et al.*: Suprasternal notch echocardiography; Assessment of its clinical utility in pediatric cardiology. *Circulation* 55: 605, 1977.
- 27) Pieroni, D. *et al.*: Echocardiography to detect shunt and valvular incompetence in infants and children. *Circulation* 48 (Suppl. IV): 81, 1973.
- 28) Feigenbaum, H. *et al.*: Left ventricular wall thickness measured by ultrasound. *Arch. Intern. Med.* 121: 391, 1968.
- 29) Sjögren, A. L. *et al.*: Ultrasound measurements of left ventricular wall thickness. *Disease of Chest* 57: 37, 1970.
- 30) Morganroth, J. *et al.*: Electrocardiographic evidence of left ventricular hypertrophy in otherwise normal children. *Am. J. Cardiol.* 35: 278, 1975.
- 31) Bennett, D. H. *et al.*: Correlation of left ventricular mass determined by echocardiography with vectorcardiographic and electrocardiographic voltage measurements. *Brit. Heart J.* 36: 981, 1974.
- 32) Matsukubo, H. *et al.*: Echocardiographic measurement of right ventricular wall thickness; A new application of subxiphoid echocardiography. *Circulation* 56: 278, 1977.
- 33) Epstein, M. L. *et al.*: Great vessel, cardiac chamber, and wall growth patterns in normal children. *Circulation* 51: 1124, 1975.
- 34) Abbasi, A. S. *et al.*: Echocardiographic diagnosis of idiopathic hypertrophic cardiomyopathy without out flow obstruction. *Circulation* 46: 897, 1972.
- 35) Henry, W. L. *et al.*: Asymmetric septal hypertrophy; Echocardiographic identification of the pathognomonic anatomic abnormality of IHSS. *Circulation* 42: 225, 1973.
- 36) 松岡 優: Echocardiography による小児の左心機能の研究; 第2編 進行性筋ジストロフィー症 小児について, 日児誌 81: 61, 1977.
- 37) Silverman, N. H. *et al.*: Evaluation of pulmonary hypertension by M-mode echocardiography in children with ventricular septal defect. *Circulation* 61: 1125, 1980.
- 38) Hirschfeld, S. *et al.*: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* 52: 642, 1975.
- 39) 田中地平: 心エコー図による systolic time interval, 馬場一雄, 小林 登編, 金原出版, 東京, 1980.
- 40) Spooner, E. W. *et al.*: Estimation of pulmonary/systemic resistance ratio from echocardiographic systolic time intervals in young patients with congenital or acquired heart disease. *Am. J. Cardiol.* 42: 810, 1970.
- 41) Johnson, G. L. *et al.*: Non-invasive assessment of pulmonary artery pressure in children with complete right bundle branch block. *Am. J. Cardiol.* (Abstr.) 39: 265, 1977.
- 42) Hirschfeld, S. *et al.*: Measurement of right and left ventricular systolic time intervals by echocardiography. *Circulation* 51: 304, 1975.
- 43) Fouron, J. *et al.*: value of echocardiography in the assessment of pulmonary resistance in d-transposition of the great arteries (d-TGA). *Ped. Res.* (Abstr.) 11: 390, 1977.
- 44) Park, S. *et al.*: Echocardiographic and hemodynamic correlation in transposition of the great arteries. *Circulation* 57: 291, 1978.
- 45) Milner, S. *et al.*: Mitral and tricuspid valve closure in congenital heart disease. *Circulation* 53: 513, 1976.
- 46) 松岡 優ほか: 小児科領域における echocardiogram および心機能図による STI の検討. 小児科臨床 31: 544, 1978.