

心エコー図による左心機能
評価の妥当性：観血的方法
との対比

Validity of echocardiography in assessing left ventricular function: Comparison with invasive methods

金子 博志
神谷 哲郎
馬場 清
広瀬 修
越後 茂之
木幡 達
谷本 猛
小塚 隆弘*
太田 光重*

Hiroshi KANEKO
Tetsuro KAMIYA
Kiyoshi BABA
Osamu HIROSE
Shigeyuki ECHIGO
Touru KOWATA
Takeshi TANIMOTO
Takahiro KOZUKA*
Mitsushige OHTA*

Summary

The purpose of this study is to clarify the usefulness and limitation of echocardiography (UCG) to assess the left ventricular (LV) performance by comparison of the data obtained from UCG with those of invasive methods (ACG).

Sixty-eight children were studied. They were grouped into seven. One group consisted of postoperative patients, and preoperative patients were divided into six groups according to volume and pressure in both ventricles. UCG was taken in the catheterization room with simultaneous LV pressure and phonocardiogram, just before the biplane cineangiography. Echocardiographic estimates of LV volume were made by Pombo's method.

The results were as follows: 1) Correlation between the values of end-diastolic volume (EDV) by ACG and UCG was fairly good ($r=0.79$). EDV by UCG was smaller than that by ACG, especially in the groups of right ventricular volume overload (RVVOL) and postoperation (Postop.). 2) Correlation of ejection fractions (EF) by these two methods was not good ($r=0.44$). In the groups of RVVOL and Postope., correlations were less accurate. 3) Correlation of mean velocity of circumferential fiber shortening ($mVCF$) by the two methods was not so good ($r=0.57$). 4) There was excellent correlation between LV mass calculated by ACG and UCG ($r=0.86$). 5) Correlations of instantaneous indexes of VCF at peak stress and peak stress were poor ($r=0.45$, $r=0.14$, respectively).

These data in children suggest the following, 1) estimation of LV mass by UCG is valid, 2) values

国立循環器病センター 小児科
*同 放射線科
吹田市藤白台 5-125 (〒565)

Department of Pediatrics, *Department of Radiology,
National Cardiovascular Center, Fujishirodai 5-125,
Suita 565

Presented at the 18th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 2-3, 1979
Received for publication May 21, 1979

of volume at the two end points (EDV and ESV) are approvable, but in the groups of RVVOL and Postop., these values must be used carefully, 3) EF in these groups has a considerable limitation in estimating LV function clinically, and 4) the parameters concerning instantaneous values by UCG (VCF at peak stress and peak stress) are almost useless.

Key words

Left ventricular function

Echocardiography

Vcf at peak stress

Peak stress

はじめに

超音波検査法の進歩により, 小児期心疾患の左心機能評価において, 心エコー図を利用する方法 (UCG 法) が行われるようになってきているが, 観血的方法 (ACG 法) との比較検討はなお十分とはいえない. 今回, 小児期心疾患を対象とし, 右室, 左室それぞれの容積負荷, 圧負荷の有無で 6 群, さらに術後群を加え合計 7 群に分け, ACG 法による左心機能指標と, UCG 法による左心機能指標とを比較検討した.

対 象

症例数は 68 例で, 年齢は 8 カ月より 15 歳までである. 心疾患の内訳は川崎病 13 例, 二次口心房中隔欠損症 10 例, 動脈管開存症 9 例, 心室中隔欠損症 4 例, 肺動脈狭窄症 3 例, 大動脈狭窄症, ファロー四徴症, 僧帽弁閉鎖不全症, 心筋症各 2

Table 1. Materials

Mucocutaneous lymphnode syndrome (MCLS)	13
Atrial septal defect (secundum) (ASD)	10
Patent ductus arteriosus (PDA)	9
Ventricular septal defect (VSD)	4
Pulmonary stenosis (PS)	3
Aortic stenosis (AS)	2
Tetralogy of Fallot (T/F)	2
Mitral insufficiency (MI)	2
Primary myocardial disease (PMD)	2
Postoperative cases	13
Nonorganic heart disease (NOHD)	3
Miscellaneous	5
Total	68

例, 器質的心疾患を有しないもの 3 例, その他 5 例である. 術後患児は一括して術後群とした (Table 1). 術後群を除いた 55 例を, 右室, 左室それぞれの容積負荷, 圧負荷の有無で 6 群に分けた. 左室容積負荷は 2 歳以上で左室拡張末期容積係数 90 ml/m^2 以上, 2 歳以下で 70 ml/m^2 以上とした. 右室容積負荷は 2 歳以上で右室拡張末期容積係数 90 ml/m^2 以上, 2 歳以下で 70 ml/m^2 以上とした. 左室圧負荷は年齢にかかわらず, 左室収縮期圧 130 mmHg 以上, 右室圧負荷は右室収縮期圧 40 mmHg 以上とした.

方 法

1. ACG 法

シネ撮影は 35 mm フィルムで毎秒 90 コマ, 2 方向で行い, 左室圧とシネパルスは紙送り速度, 毎秒 200 mm で同時記録した. 心内圧, 大動脈圧は Millar 製カテ先マンメータで計測した. 右室および左室容積は Chapman らの方法¹⁾, 左室心筋重量 (LV mass) は Rackley らの方法²⁾, 円周方向の壁応力は Walker らの方法³⁾に従った. これらの分析は YHP 5600M を用いて行った. 円周線維短縮速度 (Vcf) は同一例の 10 回反復計測での変動が大きく, このままでは使用に耐えないと判断した. しかし短軸径の変動は少なかったため, この値を各フレームごとにプロットし, Nac Cardias GP 2000 を用いて Vcf を求めた.

2. UCG 法

UCG は心臓カテーテル施行中, シネ撮影直前に, 左室圧, 心音図, 心電図と同時記録した (Fig. 1). 装置は東芝製 Sonocardiography, SSL-51U を使用し, 紙送り速度, 毎秒 100 mm とした.

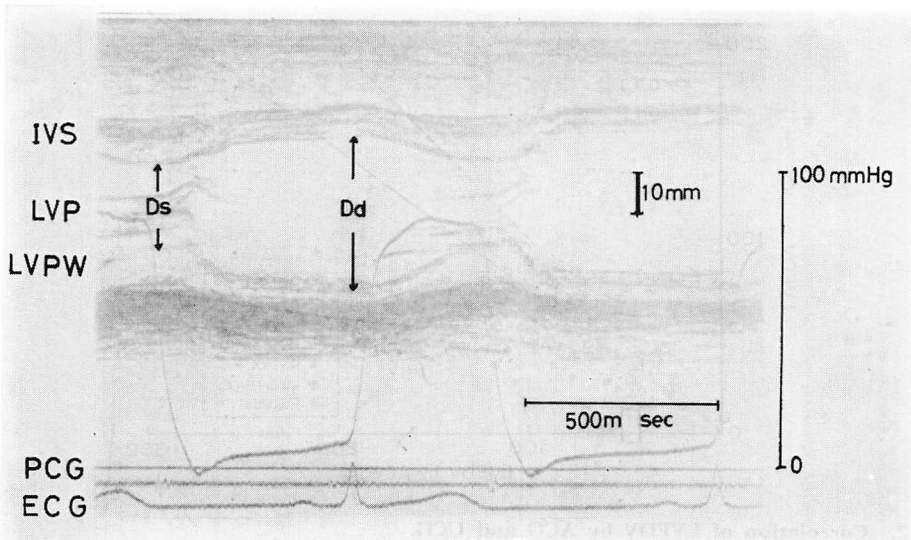


Fig. 1. Simultaneous recording of left ventricular pressure and echocardiogram.

IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall; Dd and Ds=left ventricular dimensions in end-diastole and end-systole.

データの分析は Nac Cardias GP 2000 を使用した。左室容積は Pombo 法⁴⁾、応力は Sandler, Dodge の方法によった。駆出時間は上行大動脈圧波形から求め、平均円周線維短縮速度 (mVCF) は基準化した値を使用した。左室平均心筋壁厚は ① 左室後壁壁厚 (PWT) と心室中隔厚の和と ② 2PWT の値から求め、LV mass は ① を用いて Devereux らの方法⁵⁾、② を用いて Troy らの方法⁶⁾よりそれぞれ算出した。

結 果

1) 左室拡張末期容積 (LVEDV) は UCG 法が ACG 法より小さい傾向を示した。両法の相関係数は 0.79 であった (Fig. 2)。各群についてみると、右室容積負荷群、術後群において UCG 法が小さい傾向が著しく、それぞれについて回帰直線の勾配は低かった (Fig. 3)。左室収縮末期容積 (LVESV) についてもほぼ同様の結果がえられ、両法の相関係数は 0.77 であった。

2) 駆出率 (EF) について、UCG 法がより大きく、両法の相関係数は 0.44 と良い相関は得ら

れなかった。右室容積負荷群、術後群ではとくに悪く、それぞれの群で 0.035, 0.22 の相関係数を示した (Fig. 4)。

3) mVCF は相関係数 0.57 と、あまり良い相関は得られなかった。圧、容積正常群、左室容積負荷群では相関係数はそれぞれ 0.62, 0.75 と比較的良い値を示したが、右室容積負荷群では 0.33 と良い相関は得られなかった (Fig. 5)。

4) LV mass を Devereux らの方法を用いて求めたところ、相関係数 0.86 と良い相関を示した (Fig. 6)。各群とも良い相関がみられたが、右室容積負荷群、術後群で UCG 法がやや小さい傾向を示した。Troy らの方法より求めた LV mass について、両法の相関係数は 0.82 と同様に良い相関を示した (Fig. 7)。

5) 瞬時的指標の 1 つである最大応力 (peak stress) について、両法の相関係数は 0.14 ときわめて悪い相関が得られた (Fig. 8)。各群については左室容積負荷群で、相関係数 0.66 と比較的良い相関を示したが、圧、容積正常群での相関は悪かった。

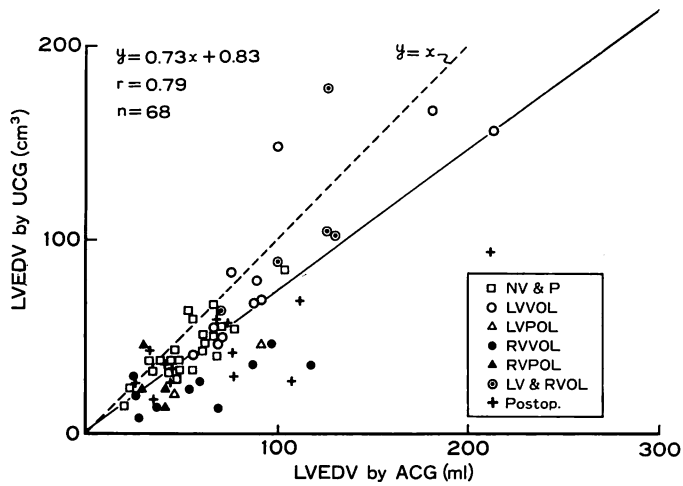


Fig. 2. Correlation of LVEDV by ACG and UCG.

LVEDV=left ventricular enddiastolic volume; NV & P=group of normal volume and pressure; LVVOL=group of left ventricular volume overload; LVPOL=group of left ventricular pressure overload; RVVOL=group of right ventricular volume overload; RVPOL=group of right ventricular pressure overload; LV & RVOL=group of both ventricular overload; Postop.=group of post-operation.

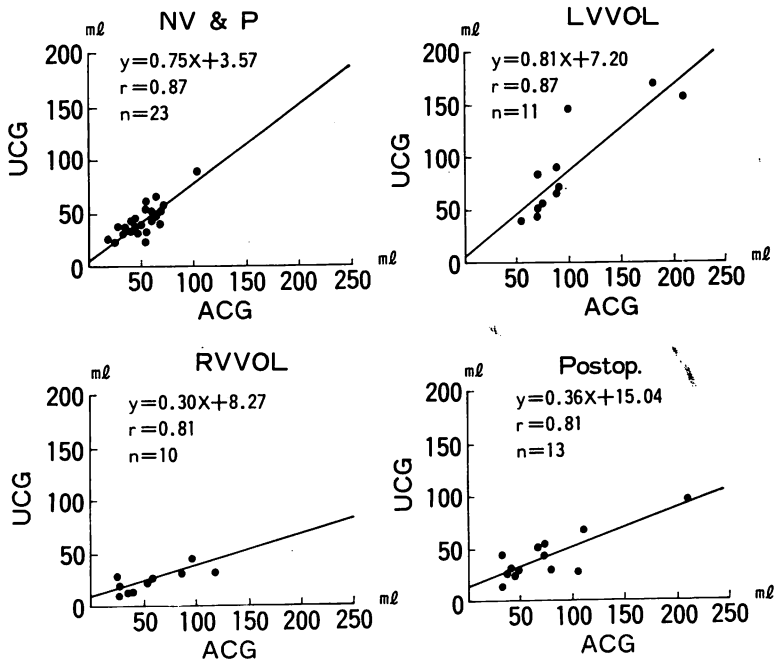


Fig. 3. Correlation of LVEDVs by ACG and UCG.

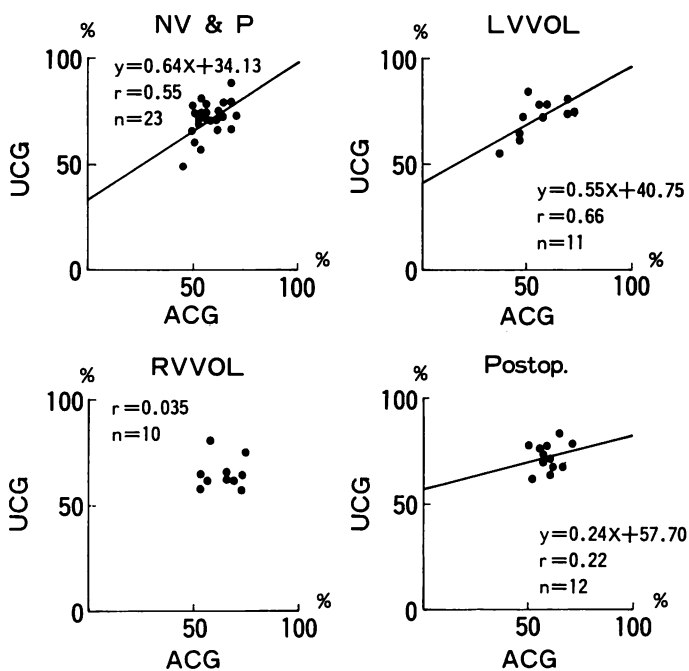


Fig. 4. Correlation of EFs by ACG and UCG.
EF=ejection fraction.

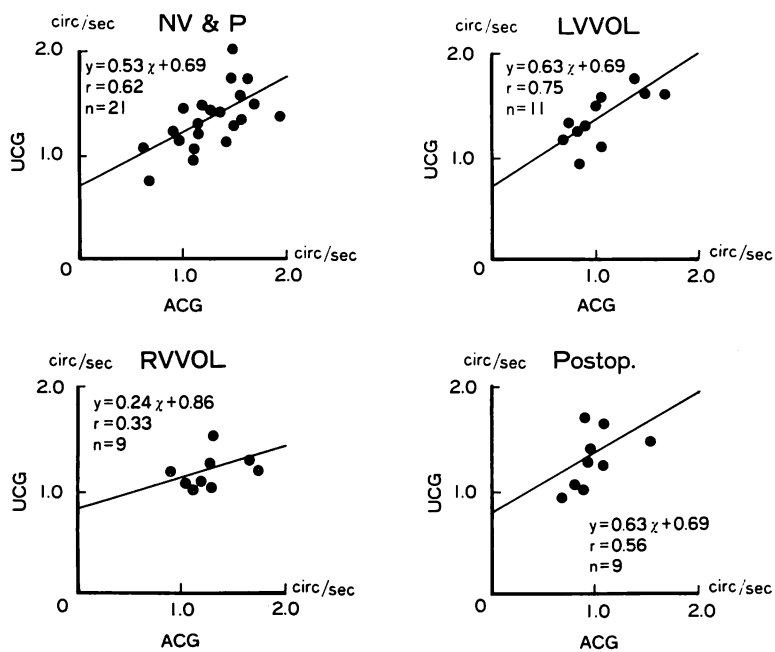


Fig. 5. Correlation of mVCFs by ACG and UCG.
mVCF=mean velocity of circumferential fiber shortening.

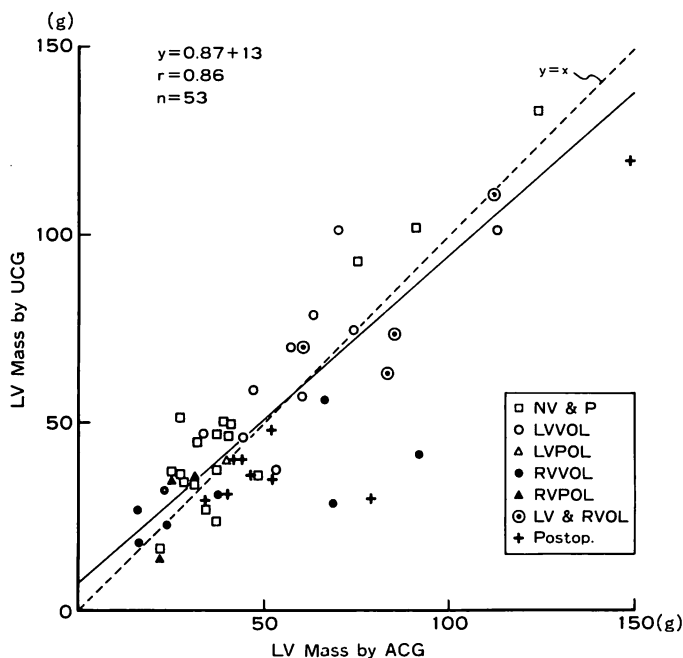


Fig. 6. Correlation of LV mass by ACG and UCG (PWT+IVST).
LV mass=left ventricular mass.

6) 瞬時的指標である VCF at peak stress について、両者の相関係数は 0.45 と良い相関は得られなかった (Fig. 9)。圧、容積正常群、左室容積負荷群ではやや良い相関を示し、それぞれ 0.57, 0.65 の相関係数を得た。

考 案

UCG 法による小児期心疾患の左心機能指標における妥当性をみるため、その評価に最も信頼性の高い方法とされている ACG 法との比較検討を行った。これら両法の間係を検討した報告はこれまで数多くみられるが、小児期心疾患についてはまだ十分とはいえず、結果も一定でない。そこで、小児期はとくに心室にかかる負荷の状態では左室の形態および運動形態が異なり、そのことが固定された一方向から評価する UCG 法による左心機能指標に影響を及ぼすものと考え、対象を前述した群に分けて検討した。また、小児期は心臓

カテーテル時に麻酔薬を用いることが多いので、同一条件下での比較をするため、左室心エコー図は全例、心臓カテーテル時に左室圧と同時に記録した。

UCG 法により左室容積を求める方法として、Pombo 法以外にもいくつかの方法^{7,8)}があるが、日常臨床に広く用いられ、しかも簡単な Pombo 法について検討した。LVEDV について両法の相関はかなり良く、UCG 法は臨床的に用いることができるが、右室容積負荷群、術後群では UCG 法がかなり小さい傾向があり、このことを銘記した上で本指標は用いられるべきである。

右室容積負荷群、術後群について、UCG 法による値が小さく算出された理由として、これらの群での左室の長軸、短軸の比率に原因があると思われるが、さらに UCG 法による短軸の評価にも問題があると思われる。その根拠として、ACG 法より算出された短軸径と UCG 法より算出され

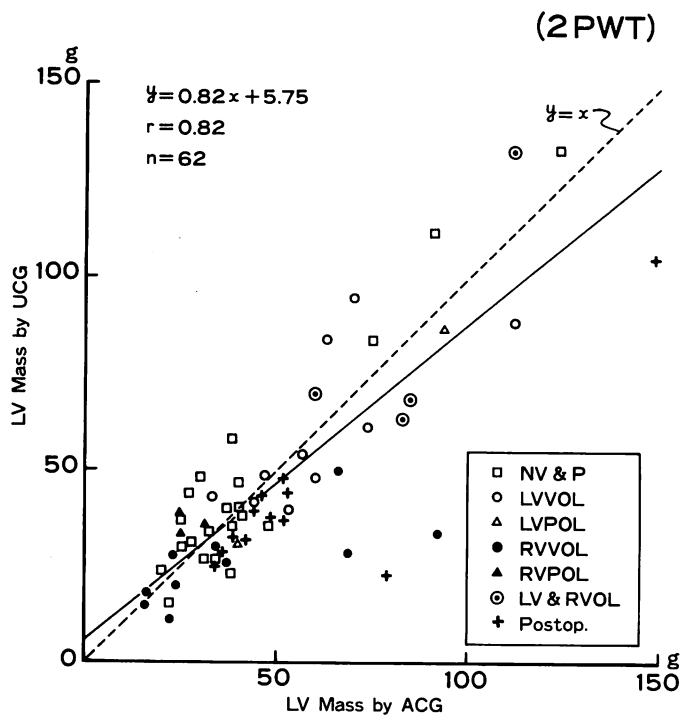


Fig. 7. Correlation of LV masses by ACG and UCG (2PWT).

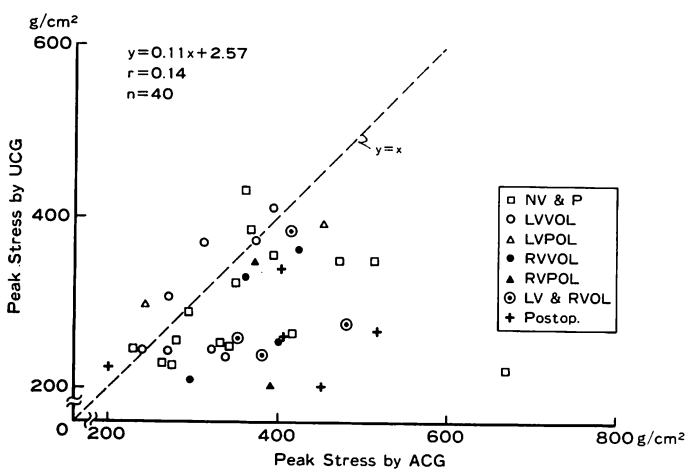


Fig. 8. Correlation of peak stresses by ACG and UCG.

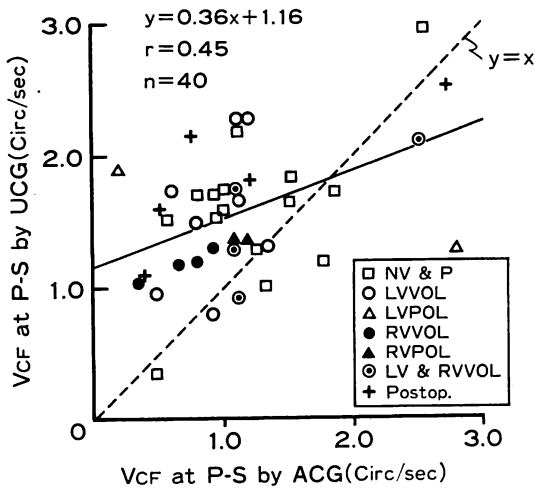


Fig. 9. Correlation of VCFs at peak stress by ACG and UCG.

た短軸径の関係をみると、これらの群では UCG 法がかなり小さい傾向を示すことがあげられる (Fig. 10).

EF はこれまでの報告^{9,10}と比較してやや悪い相関を示した。とくに、右室容積負荷群、術後群では相関係数が低く、この評価に UCG 法はあ

る程度の限界を有すると思われる。mVCF は左室収縮能について正常群と異常群を弁別するさいに有用とされているが、ACG 法との相関は、これまでの報告^{9,11}に比較すると良くない。その理由として、ACG 法による短軸の算出方法の違い、対象とした症例の差等が考えられる。

LV mass は Devereux らの方法、Troy らの方法を用いて算出したが、いずれもこれまで報告^{6,12}されているように、ACG 法と良い相関を示した。各群についても良い相関があり、両法により得られた LV mass の値は臨床的に十分用いることができる。ただし、右室容積負荷群、術後群では UCG 法がやや小さい傾向があるので注意を要する。

瞬時的指標として、peak stress と VCF at peak stress をとりあげた。Peak stress について、全体としてみるときわめて悪い相関であった。各群別にみると左室容積負荷群ではかなり良い相関係数が得られたが、症例数も少なくその評価は慎重を要する。VCF at peak stress についても両法の間にそれほど良い相関は得られなかった。小児についてこのような指標を ACG 法と UCG 法で対比した成績はまだほかにみられていないよう

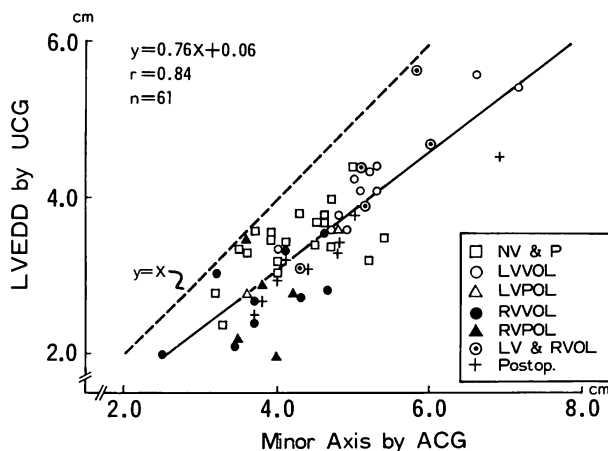


Fig. 10. Correlation between LV minor axis by ACG and LVEDD by UCG. LVEDD=left ventricular end-diastolic dimension.

あるが、両法の相関が悪かった理由として、小児は心臓の動きが大きく、UCG法のように固定した一方向でとらえると、壁厚、容積の刻々の値にACG法とズレを生じこのような結果になったものと考えられる。

文 献

- 1) Chapman CB, Baker O, Reynolds J, Bonte FJ: Use of biplane cinefluorography for measurement of ventricular volume. *Circulation* **18**: 1105, 1958
- 2) Rackley CE, Dodge HT, Coble YD, Hay RE: A method for determining left ventricular mass in man. *Circulation* **29**: 666, 1964
- 3) Walker ML Jr, Hawthorne EW, Sandler H: Methods of assessing performance for intact hypertrophied heart. *in* Hypertrophy, (ed Norman RA), Academic Press, New York, 1971, p. 387
- 4) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 5) Devereux RB, Reichek N: Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. *Circulation* **55**: 613, 1977
- 6) Troy BL, Pombo J, Rackley CE: Measurement of left ventricular wall thickness and mass by echocardiography. *Circulation* **45**: 602, 1972
- 7) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128, 1973
- 8) Teichholtz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problem in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7, 1976
- 9) Quinones MA, Gaasch WH, Alexander JK: Echocardiographic assessment of left ventricular function. *Circulation* **50**: 42, 1974
- 10) Kay HH, Tynan M, Hunter S: Validity of echocardiographic estimates of left ventricular size and performance in infants and children. *Brit Heart J* **37**: 371, 1975
- 11) Cooper RH, O'Rourke RA, Karliner JS, Peterson KL, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of mean rate of circumferential fiber shortening in man. *Circulation* **46**: 914, 1972
- 12) Murray JA, Hohnston W, Reid JM: Echocardiographic determination of left ventricular dimensions, volumes and performance. *Amer J Cardiol* **30**: 252, 1972