

各種心疾患における心エコー図による左室容積測定上の問題点：二方向シネアンジオとの対比検討

Relationship between left ventricular volume measured by echocardiography and by biplane cineangiography

升谷 一宏
野村 正幸
嵯峨 孝
村上 英徳
北野 英一
松井 忍
原 重樹
前田 正博
金 武雄
平丸 義武
竹越 襄
村上 暎二

Kazuhiro MASUYA
Masayuki NOMURA
Takashi SAGA
Hidenori MURAKAMI
Eiichi KITANO
Shinobu MATSUI
Shigeki HARA
Nobuhiro MAEDA
Takeo KIN
Yoshitake HIRAMARU
Noboru TAKEKOSHI
Eiji MURAKAMI

Summary

The ultrasonocardiogram (UCG) is a very useful method for noninvasive determination of the left ventricular volume, but measurement of the left ventricular volume by UCG necessitates 2 basic assumptions: first, it is assumed that the longitudinal apex-to-base dimension of the left ventricle is twice the minor dimension: second, that the motion of the 2 small loci of the left ventricular wall sampled by the ultrasound beam is representative of the entire chamber.

The purpose of this paper is to examine the accuracy and usefulness of UCG in calculation of the left ventricular volume in patients with various heart disease. We measured left ventricular dimension, end-diastolic volume (LVEDV) and end-systolic volume (LVESV) by UCG in 34 patients undergoing the biplane left ventricular cineangiography via pulmonary artery, 13 of whom had hypertension, 8 ischemic heart disease, 5 aortic insufficiency, 2 ventricular septal defect and 4 cardiomyopathy. The angiographic volume was calculated by the area-length method and the echographic volume was calculated by the cubic method.

There were high correlations on the whole between the echographic and the angiographic left ventricular volumes ($r=0.847$ for LVEDV, $r=0.789$ for LVESV) and between the echographic and the angiographic dimension ($r=0.789$ for major axis, $r=0.894$ for minor axis). Angiographic LVESV correlated

significantly with echographic LVESV in patients with hypertension or ischemic heart disease, but correlation coefficient was not so good as compared with correlation between angiographic LVEDV and echographic LVEDV. Although angiographic LVEDV tended to be overestimated and LVESV underestimated in patients with the left ventricular volume overload, there were high correlations between the angiographic volume and echographic volume ($r=0.964$ for LVEDV, $r=0.953$ for LVESV). There was no correlation between the angiographic left ventricular volume and echographic left ventricular volume in the patients with left ventricular asynergy on patients with marked left ventricular dilatation regardless of the types of heart disease. Thus, caution is recommended to estimate the left ventricular volume measured by UCG especially in the patients with left ventricular dilatation, hypertrophy or left ventricular asynergy.

Key words

left ventricular end-diastolic and end-systolic volume (LVEDV & LVESV)
echocardiography (UCG)
biplane cineangiography

はじめに

非観血的に心機能を評価する方法として、また弁膜症や先天性心疾患の診断のために、ultrasonocardiogram (以下 UCG と略す) は近年その重要性を増しつつある。しかるに UCG による測定には、記録の際の誤差や諸種仮定を設けるための誤差を伴うため、既知の方法で求めた値と UCG で求めた値との比較検討が重要である。今回 UCG および biplane cineangiography により左室容積を測定し、それを諸疾患別に分類して対比検討、若干の知見を得たので報告する。

対象および方法

対象は、金沢医科大学循環器内科に入院した者で、高血圧症 13 名 (以下 HT と略)、虚血性心疾患 8 名、うち心筋梗塞症 3 名 (以下 IHD と略)、大動脈弁閉鎖不全症 5 名 (以下 AI と略)、心室中隔欠損症 2 名 (以下 VSD と略)、および心筋症 6 名 (以下 CM と略) の合計 34 名である。年齢は 18 歳から 64 歳までで、平均 38.9 歳である。なお、不整脈を有する症例は対象から除外した。UCG 記録には Aloka UCG polygraph SSD-90 (周波数 2.25 MHz, 探触子の口径は 10 ないし 13 mm) を使用。胸骨左縁第 3 ~ 4 肋間より超音波

ビームを投入、僧帽弁エコーが見え隠れし、かつ左室最大径を有する部位で左室 UCG を記録し、左室拡張末期径 (Dd)、左室収縮末期径 (Ds)、左室拡張末期容積 (EDV)、左室収縮末期容積 (ESV) の指標を測定した。なお拡張末期は心電図 R 波の頂点、収縮末期は心音図 IIA とし、EDV、ESV は Dd、Ds を各々 3 乗する Pombo らの方法¹⁾ により求めた。また左室後壁の厚さは Feigenbaum らの方法²⁾ により求めた。一方 angiogram は Siemens 社製 Biplane cineangiogram を用い、毎秒 50 コマで経肺動脈的に 40~50 ml の造影剤を 24 ml/秒の速度で注入し、左室を造影、正面、側面を同時記録した。左室容積は Dodge らの area length method³⁾ を用いて計測、各々の症例の最大容積、最小容積を、それぞれ EDV、ESV とした。なお UCG 記録は原則として左室造影施行前後 3 日以内に行った。また UCG で測定した諸指標と経肺動脈性左室造影で求めた諸指標との相関の検討には、原則として、左室壁の asynergy が認められる症例は除外した。

結 果

Figure 1 は左室造影で求めた EDV (EDV_{ang}) と UCG で求めた EDV (EDV_{ucg}) との対比であ

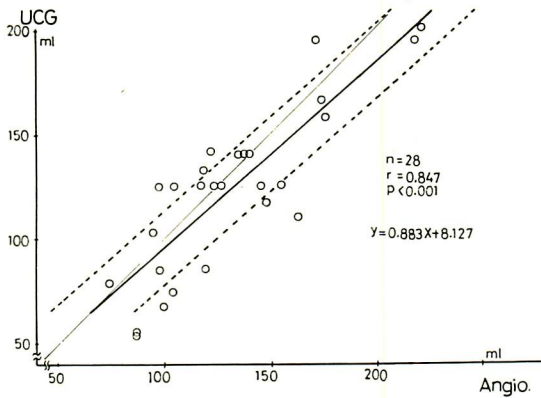


Figure 1. The relationship between left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) measured by cineangiography and measured by UCG.

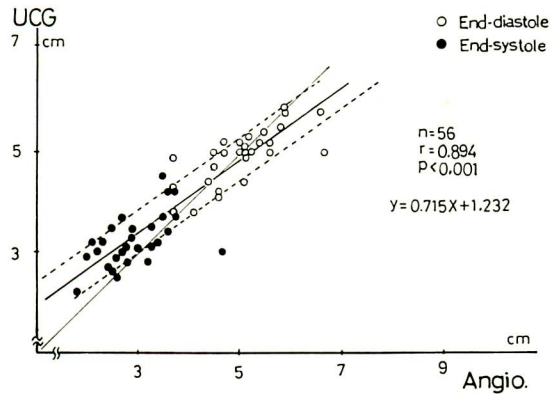


Figure 3. The relationship between minor axis measured by cineangiography and measured by UCG.

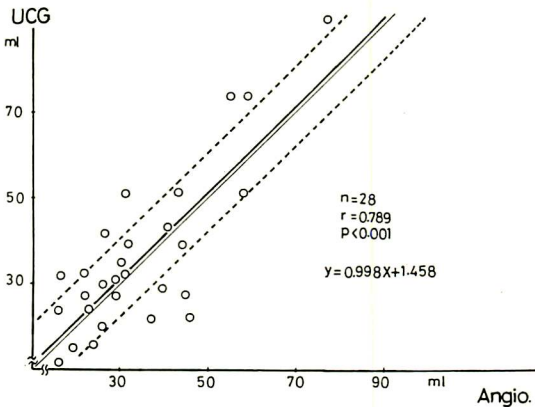


Figure 2. The relationship between left ventricular end-systolic volume (LVESV) measured by cineangiography and measured by UCG.

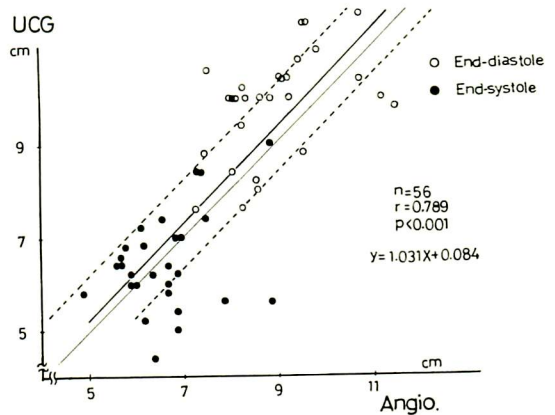


Figure 4 The relationship between major axis measured by cineangiography and measured by UCG.

るが、縦軸は EDV_{ucg}、横軸は EDV_{ang}である。また太い実線が回帰直線、細い実線が line of identity、破線が standard error of estimate を示す。多くの症例が line of identity の付近にあるが、EDV_{ang} が大なる症例が若干多かった。危険率は 0.1% 以下で良い相関を認めた。

次に、左室造影で求めた ESV (ESV_{ang}) と UCG で求めた ESV (ESV_{ucg}) との対比であるが (Figure 2)、両方法で求めた EDV の対比に比

べ、若干ばらつきが多くなるが、多くの症例が line of identity の付近にあり、0.1% 以下の危険率で良い相関を認めた。

Figure 3 は、左室造影で求めた minor axis と UCG で求めた Dd, Ds との対比を示す。収縮末期では UCG で求めた値が大なる例が多く、また拡張末期では左室造影で求めた値が大なる例がやや多い。しかし、危険率は 0.1% 以下で良い相関を認めた。

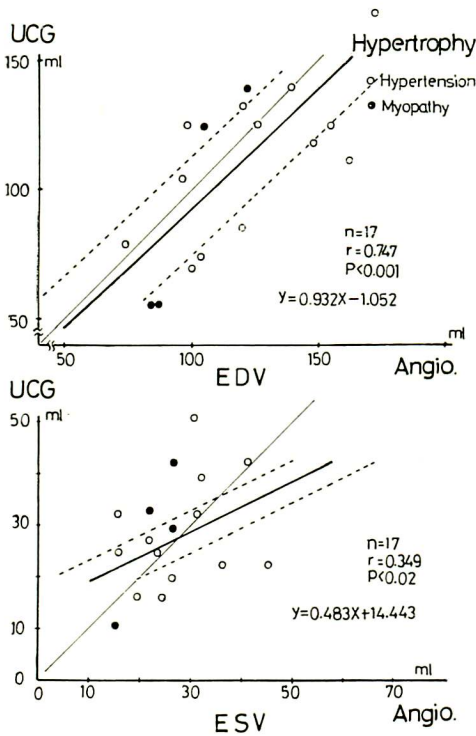


Figure 5. Angiographic left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) and end-systolic volume (LVESV) plotted against echographic LVEDV and LVESV in patients having left ventricular hypertrophy.

左室造影で求めた major axis と UCG で求めた長軸 (Dd, Ds を各々 2 倍したもの) との対比では (Figure 4), minor axis の対比に比べ, 若干ばらつきが多くなるが, 多くの症例が line of identity 付近にあり, 危険率 0.1% 以下の良い相関を認めた。

次に対象を, 左室の著明な拡張を伴わず左室壁の肥厚を主体とする群として HT 群 13 名, CM 群 4 名, 左室の容量負荷を主体とする群として, AI 群 4 名, VSD 群 2 名および IHD 群 5 名の 3 つの群に分類し, UCG および, 左室造影で求めた EDV, ESV を対比検討した。

まず, 左室壁の肥厚を主体とする群であるが

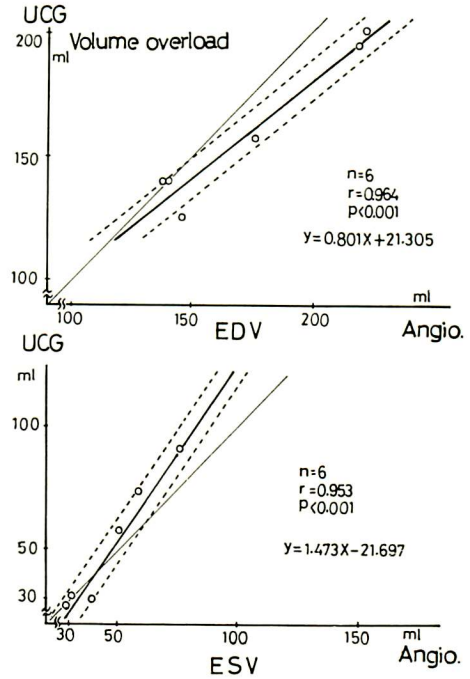
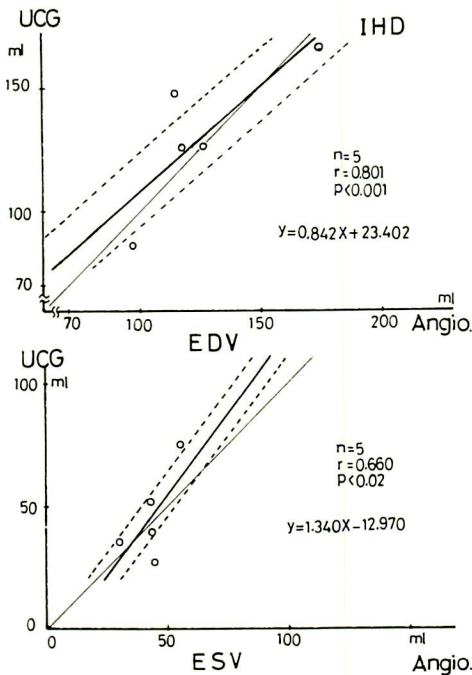


Figure 6. Angiographic left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) and end-systolic volume (LVESV) plotted against echographic LVEDV and LVESV in patients having left ventricular volume overload.

(Figure 5), 図の上段は EDV, 下段は ESV について示す。EDV については, 多くの例が line of identity の付近にあり, 危険率 0.1% 以下の良い相関を示した。しかるに ESV についてはばらつきが多く, 相関も, 図示するごとく, あまり良くなかった。Figure 6 は, 左室容量負荷を有する群についての, 両方法で求めた EDV, ESV の対比検討である。EDV, ESV とともに, 危険率 0.1% 以下の良い相関を認めるが, EDV については, EDVang が EDVucg より大なる傾向にあり, ESV については, ESVucg が大なる傾向にあった。Figure 7 は, IHD 群における, EDV, ESV の対比である。EDV については危険率 0.1% 以

Table 1. Cases which show marked discrepancies between echographic left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) and angiographic LVEDV.

Case	Diagnosis	UCG < Angio		Major axis Minor axis	Asynergy	Thickness
		EDV UCG	EDV Angio			
		(ml)	(ml)			(cm)
MY	Cardiomyopathy	226.9	295.5	1.71	(+)	1.6
HM	Cardiomyopathy	54.9	87.0	2.24	(-)	1.7
SM	Cardiomyopathy	54.9	87.5	1.79	(-)	1.6
SI	Hypertension	74.1	104.1	1.77	(-)	1.5
KY	Hypertension	117.6	148.1	3.15	(-)	2.2
KO	Hypertension	68.9	100.1	1.87	(-)	1.6
SI	Hypertension	85.2	120.5	2.17	(-)	1.5
TO	Hypertension	125.0	163.0	1.33	(-)	2.0
GY	Infarction	117.6	167.4	1.50	(+)	1.1
		UCG > Angio				
YN	Hypertension	125.0	98.3	1.75	(-)	1.8
TS	Infarction	238.3	144.8	1.57	(+)	1.2
HM	Ischemic heart disease	148.9	114.3	1.47	(-)	1.5
MS	Aortic insufficiency	405.2	216.0	1.23	(+)	1.5

**Figure 7. Angiographic left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) and end-systolic volume (LVESV) plotted against echographic LVEDV and LVESV in patients having ischemic heart disease.**

下の良い相関を認めるが、ESVについてはESVucgが大なる症例が多く、相関も悪かった。

次に、左室造影で求めた値と、UCGで求めた値が、左室壁のasynergyを有する例も含め、著しく異なる症例を、EDVについて選び検討してみると (Table 1), まずEDVucgがEDVangより小さい症例であるが、表上段に示すごとくCM 3例, HT 5例, 心筋梗塞症1例であり, CMの1例でEDVの著明な拡大を認め, CMの1例, 心筋梗塞の1例で, 左室のasynergyを認めた. さらに左室造影で求めた長軸と短軸の比をみると, CMの1例, HTの2例で著しく大となっていた (一般にUCGで求めた値が小と出る群でこの比が大なる症例が多かった). 表の右端のcolumnは左室後壁の厚さであるが, 9例中8例に, 後壁の肥厚を認めた. 表の下段はEDVucgがEDVangより大なる症例であるが, HT 1例, 心筋梗塞症1例, IHD 1例, AI 1例で, 心筋梗塞症およびAIの症例で, 左室の著明な拡大およびasynergyが認められた. また全例に, 左室後壁の肥厚を認めた.

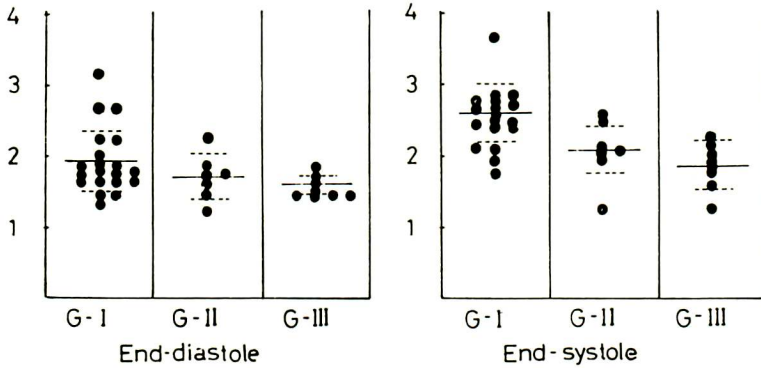


Figure 8. The ratio of the major to the minor axis measured by cineangiography.

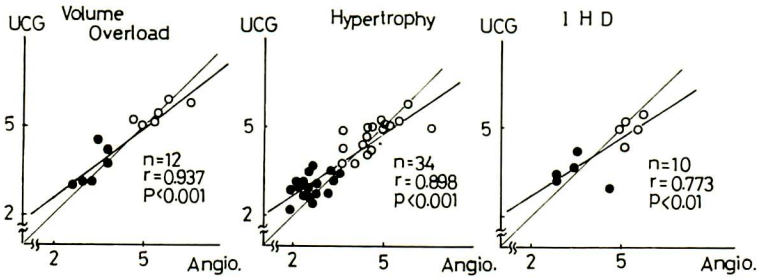


Figure 9. Minor axis measured by cineangiography plotted against minor axis measured by UCG.

考 案

非観血的に左室 dimension,⁴⁾ 左室容積,¹⁾⁵⁾⁶⁾ 左室一回拍出量,⁴⁾⁷⁾ 駆出率,¹⁾ 左室 mean rate of circumferential fiber shortening velocity⁸⁾ などの指標を測定する方法として, UCG 法の有用性は言うまでもない. しかし, UCG 法で左室容積を測定する場合, 左室長軸は短軸の2倍という仮定があり, また短軸が左室のいかなる面でも全く同じ長さであるなどの仮定が設けられている. そのために生じてくる誤差は, これを無視し得ない. とくに左室拡大の著明な例や心筋梗塞症などで, 左室壁の asynergy を有する症例では, UCG 法で求めた値と左室造影で求めた値との差が著しくなり, またこれまでその点について指摘検討した

報告が多数みられる.^{9)~12)} 我々の結果でも, 諸疾患をまとめて, UCG 法で求めた値と左室造影で求めた値とを比較すると, いずれの指標も非常に良い相関を示すが, 左室壁の肥厚を主体とする群では, ESV についての相関が悪く, かつ UCG で求めた値が小さく出る症例が多い. これは, この群では, 長軸を短軸で割った比が, 他の群に比べ大なる症例が多いためである (Figure 8). すなわち長軸方向での拡張がより大であるため長軸は短軸の2倍以上となり, UCG で求めた値が小さく出る傾向となると考えられる. 一方, 左室容量負荷を主体とする群では, EDV, ESV とともに良い相関を示すが, EDV については EDVang が, また ESV については ESVucg が大きく出る症例が多い. この群の左室造影で求めた短軸と UCG

法で求めた短軸を対比すると (Figure 9), 拡張期では左室造影で求めた値が大なる傾向にあり, 収縮末期では逆の傾向にある。しかし, この群の左室造影より求めた長軸を短軸で割った比は (Figure 8), 肥厚を主体とする群とは逆に拡張末期, 収縮末期とも小さく出る例が多く, このことは UCG で求めた短軸が必ずしも真の短軸をあらわすとは限らないことを示すものと考えられる。IHD 群も容量負荷を有する群と似た関係にあるが, 症例数が少なく, さらに検討が必要である。さらに最後の表にも示したように, 疾患のいかんを問わず, 左室壁の asynergy を有する症例では, UCG で求めた値と左室造影で求めた値との間の差が大きく, 一定の傾向を見出し得なかった。

要 約

UCG 法で求めた左室容積と左室造影により求めたそれとを対比検討すると, 疾患全体としては非常に良い相関を示すが, 疾患により, その態度が異なり, 左室壁の肥厚を主体とする群では ESV の相関が悪く, 左室容量負荷を主体とする群では EDVang が EDVucg より大なる傾向, また ES Vucg が ES Vang より大なる傾向にある。IHD 群については, 容量負荷を有する群と似た傾向にあるが, ESV についての相関が悪い。また左室の著明な拡大や左室壁 asynergy を有する症例では, 疾患のいかんを問わず, 両方法で求めた値の差が大である。ゆえに UCG 法で求めた値をすべての症例について同様に解釈することには問題があり, とくに左室の拡張や肥厚あるいは asynergy を有する症例では, その解釈に注意が必要である。

文 献

1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventri-

- cular volume and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480-490, 1971
- 2) Feigenbaum H, Popp RL, Chip JN, Haine CL: Left ventricular wall thickness measured by ultrasound. *Arch Int Med* **121**: 390-395, 1968
- 3) Dodge HT, Sandler H, Ballow DW, Lord JD Jr: The use of biplane angiocardiology for the measurement of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* **60**: 762-776, 1960
- 4) Feigenbaum H, Popp RL, Wolfe SB, Troy BL, Pombo JF, Haine CL, Dodge HT: Ultrasound measurements of the left ventricle. A correlative study with angiocardiology. *Arch Int Med* **129**: 461-467, 1972
- 5) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128-134, 1973
- 6) Fourtin NJ, Hood WP, Sherman ME, Craig E: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* **44**: 575-584, 1971
- 7) Feigenbaum H, Zaky A, Nasser WK: Use of ultrasound to measure left ventricular stroke volume. *Circulation* **35**: 1092-1099, 1967
- 8) Cooper RH, O'Rourke RA, Peterson KL, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. *Circulation* **46**: 914-923, 1972
- 9) Ludbook P, Karliner JS, Lepold G, O'Rourke RA: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of left ventricular performance in patients with and without wall motion abnormalities. *Brit Heart J* **35**: 1026-1032, 1973
- 10) Alderman EL, Brown OR, Harrison DC: Source of error in calculation of left ventricular volume by echocardiography. *Amer J Cardiol* **31**: 152, 1973
- 11) Linhart JW, Mintz GS, Segal BL, Kawai N, Kotler MN: Left ventricular volume measurement by echocardiography. *Amer J Cardiol* **36**: 114-118, 1975
- 12) Teichholz JE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7-11, 1976