

心エコー図法による左室容
量評価上の問題点：シネ血
管造影法との対比検討

Some problems on echo-
cardiographic calculation
of left ventricular vol-
ume: Comparison with
cine angiographic method

島田 俊夫*
後藤 雅博
高山 幸男
野坂 秀行
伊藤 幸義
村上 知行
松田 博子
加藤 達治
川嶋 正男
延吉 正清

Toshio SHIMADA*
Masahiro GOTO
Yukio TAKAYAMA
Hideyuki NOSAKA
Yukiyoshi ITO
Tomoyuki MURAKAMI
Hiroko MATSUDA
Tatsuzi KATO
Masao KAWASHIMA
Masakiyo NOBUYOSHI

Summary

From the point of view that echocardiogram (UCG) detects the equivalent heart structure opacified by LAO cine angiography (ACG), one cycle minor axis, left ventricular volume, ejection fraction, early diastolic filling fraction and early diastolic filling rate of UCG were compared with those of RAO 30° ACG and in part, LAO 60° ACG in 8 cases without asynergy and in 2 cases with asynergy.

The results were as follows:

1) Left ventricular enddiastolic volume was generally overestimated and left ventricular end-systolic volume was underestimated by UCG (Pombo), in comparison with RAO 30° ACG even in cases without asynergy but left ventricular volume calculation by UCG was useful. In cases with asynergy, left ventricular volume calculation by UCG was overestimated or underestimated or correctly estimated case by case, depending on the localization of asynergy.

2) Correlation of ejection fraction (EF) between UCG and RAO 30° ACG was 0.70 ($p < 0.01$) and this was statistically significant and echocardiographic estimation of ejection fraction seemed to be useful in practice.

3) Each minor axis of LAO 60° and RAO 30° ACG was pararell throughout the heart cycle in cases without asynergy.

小倉記念病院 循環器内科
北九州市小倉北区貴船町 1-1 (〒802)

*現所属：京都大学医学部 第三内科
京都市左京区聖護院川原町 (〒606)

Department of Internal Medicine, Division of Cardio-
logy, Kokura Memorial Hospital, Kifune-cho 1-1,
Kokurakita-ku, Kitakyushu, 802

Presented at the 15th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 15-16, 1977
Received for publication February 16, 1978

4) Correlative coefficients of early diastolic filling fraction and early diastolic filling rate between UCG and RAO 30° ACG were 0.81 and 0.84, respectively, in cases without asynergy.

5) Ratio of major axis to minor axis in RAO 30° ACG (L/D) was maximal at end-systole and minimal at end-diastole in cases without asynergy.

Key words

Left ventricular dimension Ventricular asynergy Echocardiography Cine angiocardiology
(right and left oblique views)

はじめに

心エコー図法 (UCG) と血管造影法による容量の対比検討は、従来から数多く報告されている。今回、我々はおもに asynergy のない対象に、UCG が LAO 方向からのシネ血管造影法 (以下 ACG と略) とほぼ同一の対象を観察するという立場か

ら、RAO 30°, LAO 60° の2方向による左室造影を用い、UCG と ACG による RAO 30° の一心周期の容量曲線の対比、LAO 60° 短軸と RAO 30° 短軸の一心周期短軸動態の相関、および UCG と ACG による拡張急速流入期の容量変化を対比検討し、さらに asynergy を有する心筋梗塞症 2 例を追加検討したので、併せて報告す

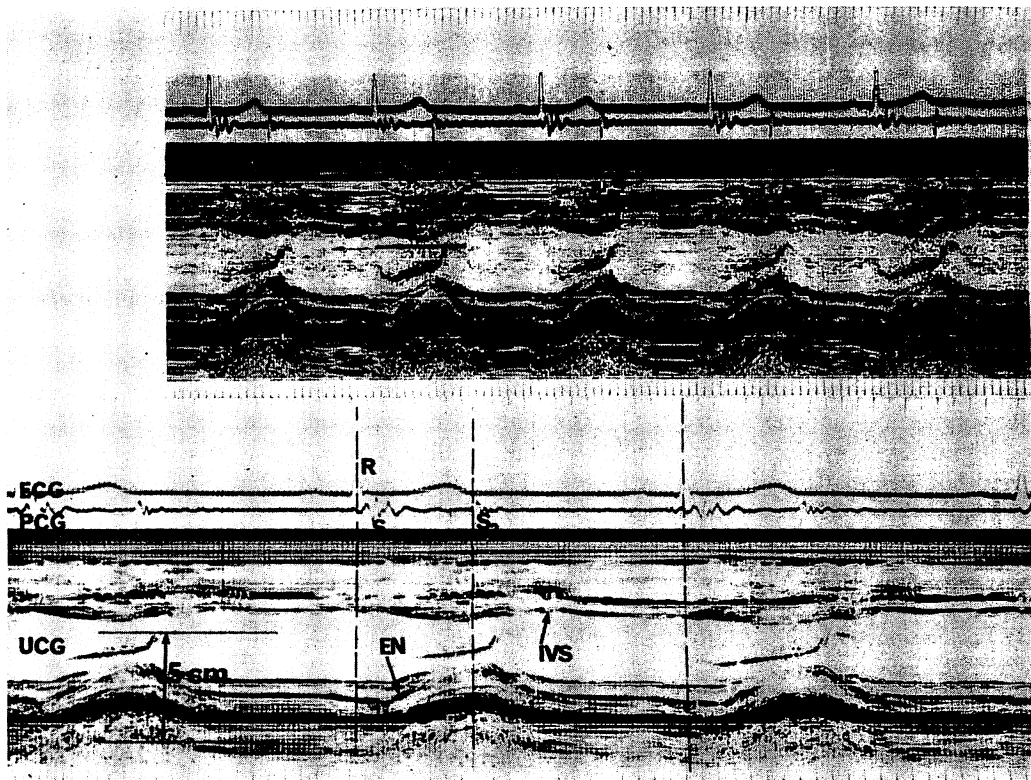


Fig. 1. Illustrative case of echocardiographic record.

Echocardiograms are recorded simultaneously with the electrocardiogram, and phonocardiogram at a paper speed of 50 (top) and 100 (bottom) mm/sec.

EN: endocardium, IVS: interventricular septum, S₁ and S₂: the first and the second heart sounds.

る。

対 象

Asynergy のない狭心症 2 例, 高血圧性心疾患 1 例, 肥大型心筋症 1 例, 正常対象 4 例の計 8 例と, asynergy を有する心筋梗塞症 2 例の計 10 例を対象とした。

方 法

UCG は, Aloka 製 SSD 90 に strip chart recorder を使用し, Fig. 1 のごとく心電図, 心音図を同記し, paper speed 50 mm/sec, 100 mm/sec にて記録した。左室容量の測定は第 4 肋間胸骨左縁から最大短軸が得られるビーム方向で行うのを原則としたが, 最大短軸を得ることができなかった症例 2 のみ, 心尖部よりのビーム方向にて記録した。拡張終期は同期した心電図の R 波のピークとし, 収縮終期は後壁心内膜エコーのピーク, あるいは心音図 2 音大動脈成分の直前とし, 40 msec の間隔にて連続的に短軸を計測し, 容量の算出は Pombo¹⁾, Gibson²⁾ の両法によって行った。ACG は Philips 製 7.5 インチ super image を用い Photosonic 製 35 mm シネカメラにて秒 48 コマにて撮影し, 島津製生体信号

装置にて心電図, 心音図を同記した。RAO 30° ACG より容量の算出は Sandler と Dodge³⁾ の area length method を用い, Kennedy⁴⁾ の式にて補正算出した。また, 短軸は RAO 30°, LAO 60° とともに area と length から minor axis を算出した。

結 果

Table 1 に示すごとく, asynergy のない 8 例の内訳は狭心症 2 例, 高血圧性心疾患 1 例, 肥大型心筋症 1 例, 正常対象 4 例の計 8 例で, asynergy を有する心筋梗塞症は 1 例が後下側壁梗塞症, 他の 1 例が下壁梗塞症である。年齢は 21~74 歳の範囲で, 性別は男性 7 例, 女性 3 例である。Ejection fraction (以下 EF と略) は上段が RAO 30° ACG より算出したものであり, 下段が UCG Pombo 法により算出したものである。心係数は熱希釈法により算出した。拡張早期流入分画 (D₁V/SV) も同様に上段が ACG, 下段が UCG Pombo 法にて算出した。症例 1 は, 左主冠動脈に 90% 以上の高度狭窄を認めたが, 明かな異常壁運動は認め難く, 右冠動脈優位でよく発達した副血行路を介し左冠動脈領域が栄養されていた。Fig. 2 は, 症例 1, 7 の RAO 30° ACG, UCG

Table 1. Subjects

Case	Sex	Age	Diagnosis	CAG	LVG	EF	CI	EDFF
1	F	21	Angina	LMT 99	Normal	0.79 0.84	3.0	0.66 0.67
2	M	60	Angina	LAD 25 RCA 75	Normal	0.58 0.80	3.5	0.64 0.55
3	M	56	HCM	No St.	Normal	0.79 0.75	2.0	—
4	M	31	Normal	No St.	Normal	0.72 0.77	3.1	0.78 0.89
5	M	45	Normal	No St.	Normal	0.82 0.86	3.8	0.64 0.55
6	F	66	Normal	No St.	Normal	0.70 0.74	3.7	0.60 0.63
7	M	29	Normal	No St.	Normal	0.79 0.87	2.9	0.82 0.82
8	F	50	HCVD	No St.	Normal	0.84 0.83	2.9	0.80 0.71

CAG: coronary arteriogram, LVG: left ventriculogram, EF: ejection fraction, CI: cardiac index, EDFF: early diastolic filling fraction, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, HCVD: hypertensive heart disease, LMT: left main trunk, LAD: left anterior descending artery, RCA: right coronary artery, No St.: no stenosis.

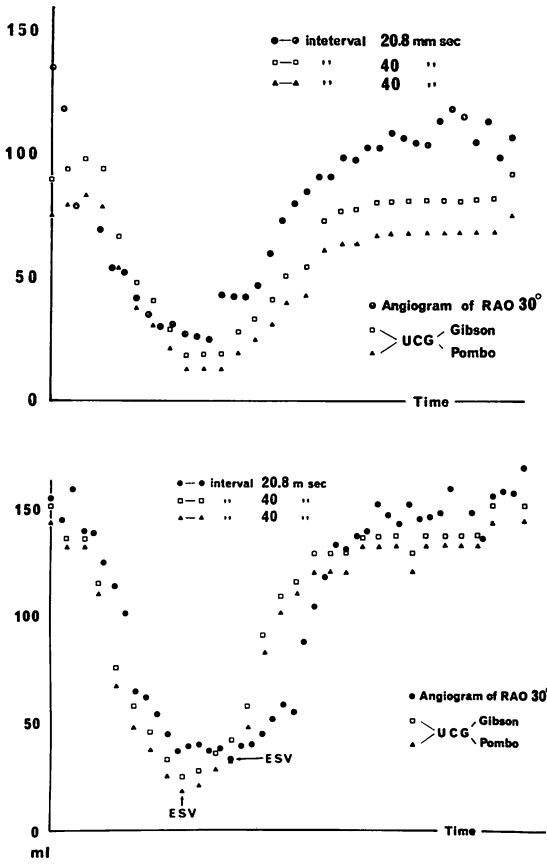


Fig. 2. Relationship of left ventricular volumes obtained by angiograms and echocardiograms in Case 1 (top) and Case 7 (bottom).

Pombo 法の両法による容量曲線の対比を示す。●は RAO 30° ACG から計算された容量曲線を示す。▲は UCG Pombo 法, □は UCG Gibson 法により算出した容量曲線を示している。測定間隔は UCG は 40 msec, ACG は 20.8 msec ごとである。ACG, UCG は同時記録されていないため心拍の変動が大きい症例が多く、相関係数の算出は行っていないが容量曲線の変化パターンの類似は認められた。症例 1 では RAO 30° ACG から算出した 1 回拍出量(以下 SV と略)は 99 ml で, UCG Pombo 法から算出した SV は 70 ml とやや低値を示した。症例 7 は

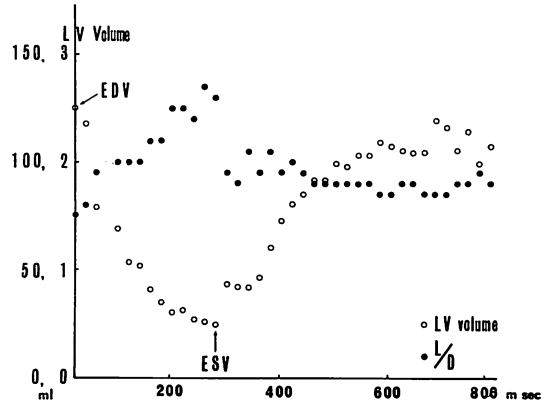


Fig. 3. Correlation between left ventricular volume and L/D in angiograms of RAO 30° in Case 1.

L/D is the ratio of major axis to minor axis. L/D is maximal at end systole and minimal at end-diastole. The range of L/D is 2.6 to 1.5.

容量曲線の変化, 容量の絶対値とも 3 法ともよく一致していた。Fig. 4 は症例 1, 2 の RAO 30° ACG, LAO 60° ACG から算出した各短軸動態を同一面上にプロットしてある。RAO 30°, LAO 60° ACG の各短軸間の相関係数はそれぞれ 0.72, 0.92 と高い相関を示した。また同一面上にプロットした UCG の短軸動態もほぼ ACG のそれと同様の動きを示した。しかしながら, 症例 2 の UCG 短軸は極度に短かかった。症例 1 について示した検討を残りの asynergy のない 7 症例についても同様に行った。ただし, 心拍の変動が 60 msec よりも大きい 2 症例を除く 6 症例については両短軸動態の相関を検討した。相関係数の平均値は 0.91 と高く, 統計上, 临床上とも有意であった。Fig. 5 は, ESV/EDV を UCG における Pombo 法, RAO 30° ACG のそれぞれについて検討した図である。平均値はそれぞれ 0.19, 0.24, 標準誤差はそれぞれ 0.02, 0.03 であり 1% の危険率で統計上有意差があった。ACG と UCG の同一対象を結んだ傾斜は L/D 1.5—1.3 の症例 2 で最大となった。また, 長短軸比は収縮期に最大となり, 拡張終期に最小となる

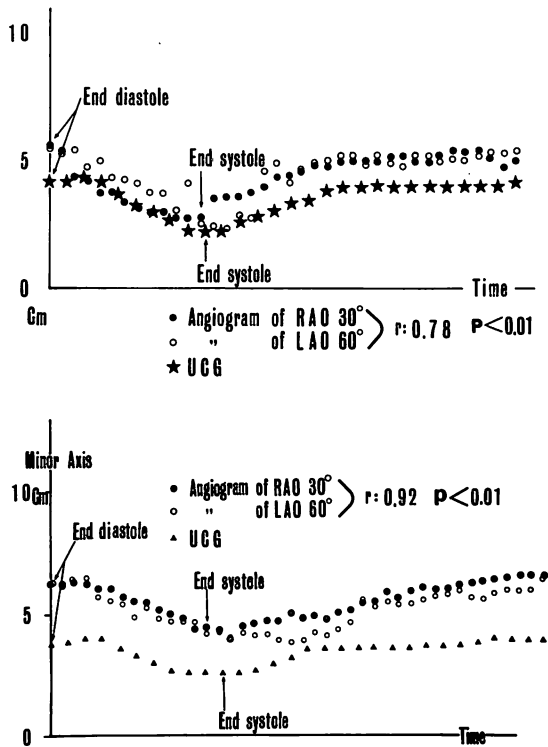


Fig. 4. Relationship between angiographic and echocardiographic minor axes in Case 1 (top) and Case 2 (bottom).

In Case 1, correlative coefficient of minor axis between RAO 30° and LAO 60° in angiograms is 0.78 ($p < 0.01$).

In Case 2, correlative coefficient of minor axis between RAO 30° and LAO 60° in angiograms is 0.92 ($p < 0.01$).

The minor axes of echocardiograms shows the same changing pattern as that of angiograms in both cases.

傾向があった。Asynergyのない群8例のL/Dの最大値の平均値は2.3, L/Dの最小値の平均値は1.5で標準誤差はそれぞれ0.05, 0.12であった。Fig. 6は, RAO 30° ACGより算出したEFを縦軸にUCG Pombo法より算出したEFを横軸にプロットした図である。症例2は, ビーム方向が心尖部よりのため拡張終期L/Dが1.3と8例中最低値を示すため, UCGのEFが極

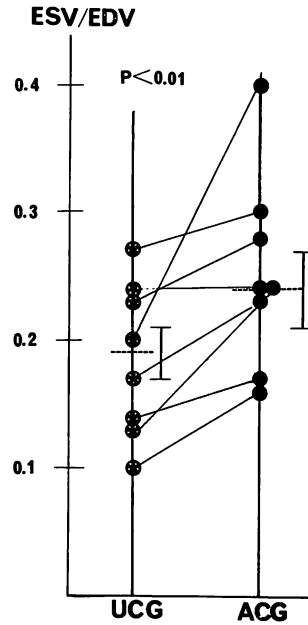


Fig. 5. Comparison of ESV/EDV in 2 methods (UCG and ACG).

ESV/EDV of angiograms is larger than that of echocardiogram in the same case.

ESV: left ventricular end-systolic volume, EDV: left ventricular end-diastolic volume.

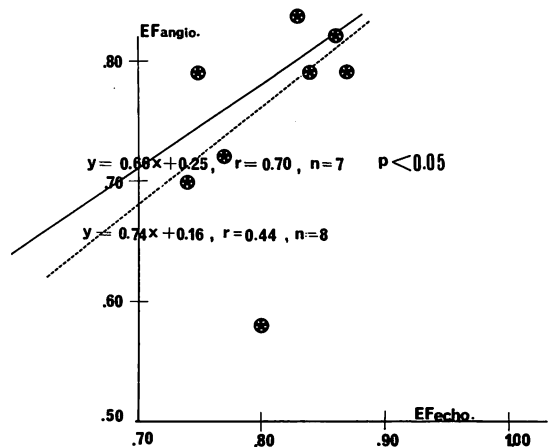


Fig. 6. Correlation between angiographic and echocardiographic ejection fraction (EF).

Correlative coefficient is 0.70 ($p < 0.05$) in 7 cases except Case 2, who has an inappropriate echo beam.

度に過大評価されるので除外し, 残りの7症例について対比検討した. 相関係数は 0.70, 危険率 5% で統計上有意であった. **Fig. 7** 上段は asynergy を有する追加検討した下壁梗塞症の UCG, RAO 30° ACG よりの容量曲線の対比を示す. 下段は UCG 短軸, RAO 30°, LAO 60° ACG それぞれの短軸の対比を示す. 拡張終期容量が UCG Pombo 法で過大に評価されていた. 長短軸比は 1.6~1.9 の範囲にあり, EDV も 130 ml と著明な心拡大は認められなかった. 後下

側壁梗塞症の症例では UCG と ACG の容量曲線のギャップは認められなかった. **Fig. 8** は拡張早期流入分画を, 右は拡張早期流入率を UCG, ACG の2法について比較検討したものである. 相関係数はそれぞれ 0.81, 0.84, 危険率それぞれ 5%, 1% で統計上有意であった. なお拡張早期流入期の開始点は ESV とし, 終了点は Hammermeister⁵⁾ に従って決定した.

考 案

症例1で RAO 30° ACG から算出した1回心拍出量は 99 ml で, UCG Pombo 法から算出した SV は 70 ml とやや低値を示すが, **Fig. 3** に示すごとく, 拡張終期長短軸比が 1.5, 収縮終期 L/D が 2.6 の値を示すため, 拡張終期容量が過大評価され, 収縮終期容量が過小評価されているにもかかわらず SV が小さく算出されているのは, ビーム方向の不良が一因であると思われる. 症例7は容量の変化, 容量の絶対値ともに3法によく一致している. これは, 拡張終期が L/D が 1.7, 収縮終期 L/D が 2.1 と Pombo 法の仮定により近いためと思われた. 症例2の UCG 短軸が極端に短いのは, 最大短軸を通るビーム方向にて中隔, 心内膜エコーを同時に記録できず, 心尖部よりのビーム方向にて記録されたのが一因と考えられた. **Fig. 5** は, Pombo 法での拡張終期容量の過大評価, 収縮終期容量の過小評価の傾向を示している. ACG と UCG の同一対象を結んだ傾きは L/D 1.5~1.3 の症例2で最大となっており, 拡張終期の球形化, ビーム方向の不良を示唆するものと考えられた. **Fig. 6** は Pombo 法を用いた場合 UCG の EF が ACG のそれよりも一般的に高値を示すことを示唆している. **Fig. 7** は, 下壁梗塞症の容量曲線, 短軸動態を示しているが, 拡張終期容量のギャップが著しいのは, 下壁梗塞のため長軸方向の動きが制限され, 短軸方向の動きが増大した結果ではないかと推察している. なお, 後下側壁梗塞例では, 長軸方向, 短軸方向への動きがともに制限され, ギャップの

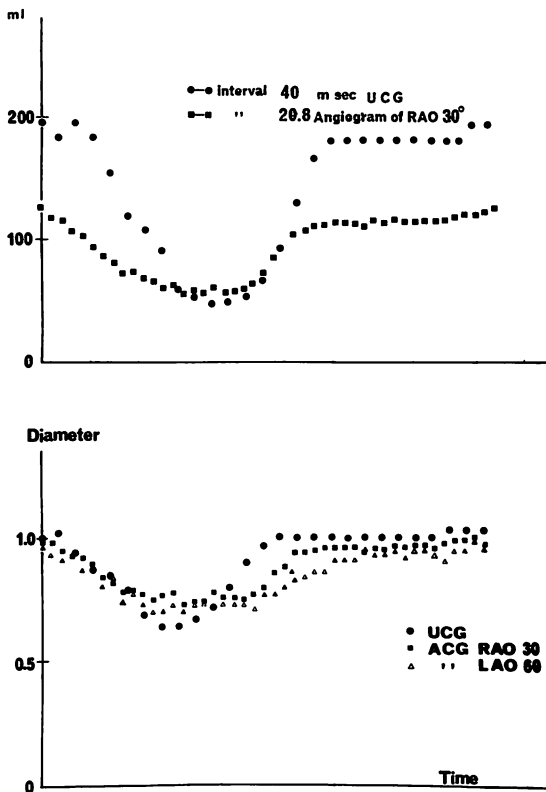


Fig. 7. Comparison of angiographic left ventricular volume with echocardiographic volume (Case 9): (top) and changes in minor axis in both methods.

The left ventricular volume during diastole, especially end-diastole is overestimated, because inferior myocardial infraction results in compensatory anterior and posterior wall movement.

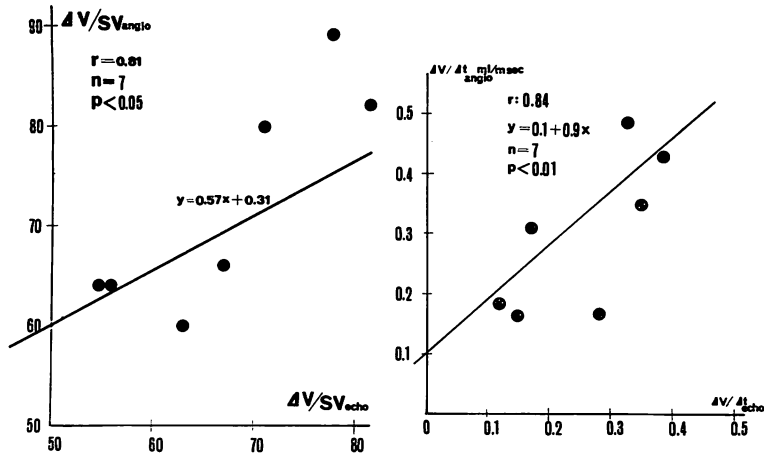


Fig. 8. Correlation of early diastolic filling fraction ($\Delta V/SV$) between UCG and ACG (left), and correlation of early diastolic filling rate ($\Delta V/dt$) between UCG and ACG (right).

Correlative coefficients of early diastolic filling fraction and rate are 0.81 and 0.84 respectively in cases without asynergy.

出現は認められなかった。ところで、UCG による容量測定の試みは従来から Pombo ら多数の人々によって報告されてきた。また、Pombo 法上考慮されていない長短軸比の変化に伴う容量への影響を補正するため、血管造影法との対比から種々の補正式が Teichholz⁶⁾, Gibson, Fotuin⁷⁾らによって検討されてきた。今回、我々は UCG による左室容量測定が LAO 方向から得られるエコー短軸の関数として決定されているという点に着眼し、asynergy のない対象 8 症例と asynergy を有する 32 症例についてシネ血管造影法を用い、RAO 方向短軸、LAO 方向短軸の動態の相関を一心周期に渡り検討し、さらに UCG 短軸動態のパターンの類似、容量の近似的一致から間接的に両短軸がほぼ等しいという結果を得た。同様の検討は、Cohn⁷⁾によって血管造影により直接的に確かめられている。しかし、今回検討した症例は少ないが、asynergy を有する場合、その局在によって UCG 短軸が強く影響されるため、補正式を考慮しても single beam での UCG による容量の算出は困難と思われた。

要 約

今回、我々は UCG が LAO 方向のシネ血管造影法と同一の対象を観察するという立場から、asynergy のない 8 症例と asynergy を有する 2 症例の計 10 症例を対象とし、RAO 30° シネ血管造影法、LAO 60° シネ血管造影法を用い、一心周期短軸動態、左室容量、EF、拡張早期流入分画流入率について比較検討し、下記の結果を得た。

1) UCG による左室容量は、RAO 30° ACG と比較すると、asynergy のない症例では一般的に拡張終期容量を過大評価し、収縮終期容量を過小評価するが、臨床上有用と思われた。Asynergy を有する症例では、asynergy の局在によって左室容量は過大評価されたり、過小評価されたり、時に正しく評価されたりする。

2) UCG の EF と RAO 30° ACG の EF の相関は 0.70、危険率 1% 以下で統計上有意で、しかも臨床上有用と思われた。

3) Asynergy のない症例では、LAO 60° ACG, RAO 30° ACG それぞれの短軸は一心周期を通じ等しく動いた。

島田, 後藤, 高山, ほか

4) Asynergy のない症例では UCG と RAO 30° ACG のそれぞれの拡張早期流入分画, 流入率の相関係数は 0.81, 0.84 であった.

5) RAO 30° ACG での長短軸比は拡張早期に最小となり, 収縮終期に最大となる傾向が認められた.

文 献

- 1) Pombo JF, Troy BL, Russell RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 2) Gibson D: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128, 1973
- 3) Sandler H, Dodge HT: The use of single plane angiocardiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* **75**: 325, 1968
- 4) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single plane cineangiogram. A comparison of antero-posterior and right anterior oblique methods. *Amer Heart J* **80**: 343, 1970
- 5) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* **49**: 739, 1974
- 6) Teichholz LE, Kreulen TH, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations. *Circulation* **46**: 11-75, 1972
- 7) Fotuin NJ, Hood WP, Sherman E, Craige E: Determinations of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* **44**: 575, 1971
- 8) Cohn PF, Gorlin R, Adams DF, Chahine RA, Vokonas PS, Herman MV: Comparison of bi-plane and single plane left ventriculograms in patients with coronary artery disease. *Amer J Cardiol* **33**: 1, 1974