

# コントラストエコー消失時間と心機能の関係について

# Evaluation of cardiac function by contrast echo disappearance time

露口 直彦  
野原 隆司  
周防 正行  
吉松 修一\*  
玉川 正秀\*  
重田 裕司\*  
橋本 光彦\*  
金子龍太郎\*

Naohiko TSUYUGUCHI  
Ryuji NOHARA  
Masayuki SUWO  
Shuichi YOSHIMATSU\*  
Masahide TAMAGAWA\*  
Hiroshi SHIGETA\*  
Mitsuhiko HASHIMOTO\*  
Ryutarō KANEKO\*

## Summary

The purpose of this study was to evaluate the usefulness of contrast echocardiography in the assessment of cardiac function. Contrast echocardiography utilizing a two-dimensional ultrasound system and peripheral venous injection was performed in 21 patients without an intracardiac shunt and valvular regurgitation. Twenty ml of cooled saline was rapidly injected by hand via right cubital vein. Appearance and decay of contrast echoes in the right ventricle was observed by the ultrasonocardiogram, and the M-mode contrast echocardiogram was recorded simultaneously by strip-chart recorder. The M-mode contrast echocardiogram was analysed by the densitographic method and the time course curve of appearance and decay of contrast echoes in the right ventricle was recorded. From this curve, the time from peak concentration to 50% decay was measured and used in terms of "50% disappearance time". On the other hand, radiocardiography was performed in each patient on the same day. The relation between 50% disappearance time and various hemodynamic parameters obtained from the radiocardiogram was investigated.

The 50% disappearance time correlated well with either cardiac output ( $r = -0.82$ ), or blood volume/cardiac output which represents mean whole body circulation time ( $r = 0.87$ ), or  $T_{r-l}$  which represents pulmonary circulation time ( $r = 0.85$ ), respectively. There was no significant correlation between 50% disappearance time and total blood volume ( $r = 0.19$ ). So it was feasible to presume cardiac output, mean whole body circulation time, and pulmonary circulation time from 50% disappearance time.

We conclude that 50% disappearance time obtained from contrast echocardiography is a useful parameter to evaluate cardiac function noninvasively.

## Key words

Contrast echocardiography      50% disappearance time      Radiocardiogram      Cardiac function

兵庫県立尼崎病院 循環器内科  
\*同 研究検査部  
尼崎市北城内 27 (〒660)

Department of Internal Medicine and \*Clinical  
Laboratory, Hyogo Kenritsu Amagasaki Hospital,  
Kitajonai 27, Amagasaki 660

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo September 14-15, 1980  
Received for publication February 5, 1981

## はじめに

Gramiak らが, コントラストエコー法が心内構造物の同定に有用であることを報告して以来<sup>1,2)</sup>, コントラストエコー法は広く臨床に応用されるようになった. 最近では, 心断層法との併用により, より正確な心内構造, 心内短絡, 弁閉鎖不全の有無などについても詳細に観察できるようになった. しかしながら, コントラストエコー法を心機能の評価に応用しようとする試みはまれである. 我々は右室内でのコントラストエコーの濃度変化から, “50% 消失時間” という指標を考案し, この指標により心機能の評価できるのではないかと考え, 心放射図 (radiocardiogram) により得られた血行動態指標と比較検討を行った.

## 対象ならびに方法

対象は心内短絡や弁閉鎖不全を伴わない疾患 21 例で, 内訳は甲状腺機能亢進症 2 例, 狭心症 9 例, 心筋梗塞 3 例, 神経循環無力症 1 例, うっ血性心筋症 1 例, 純型僧帽弁狭窄症 4 例, 大動脈弁

置換術後例 1 例であった. 年齢は 22~70 歳で平均 52.2 歳, 性別は男性 17 名, 女性 4 名であった.

コントラストエコー法は右肘静脈に 19G のエラスター針を留置し, 氷冷した生食水をよく振盪した後, 20 ml を急速注入した. また患者はできるかぎり静かな呼吸状態に置き検査した. 心断層像は東芝製 SSH-11A を用い, Fig. 1 に示すような four-chamber view あるいは右室流出路短軸断面でコントラストエコー像を観察し, 同時に図示したようなビーム方向での M モード心エコー図を Honeywell 製 strip chart recorder で記録した. なお記録速度はコントラストエコー像が緊密になるように, 10 mm/sec で行った. つぎに strip chart の記録より, 右室内でコントラストエコーの連続して密に記録された部分を選び, デンシトメーター (Beckman CDS-100 and CDS-100F computing densitometer systems) にてその濃度曲線を描かせた後, スムージングを行った. Fig. 2 は狭心症例のコントラストエコー図と, 右室内での濃度曲線である. A は右室流出路短軸断面での, B は four-chamber view での

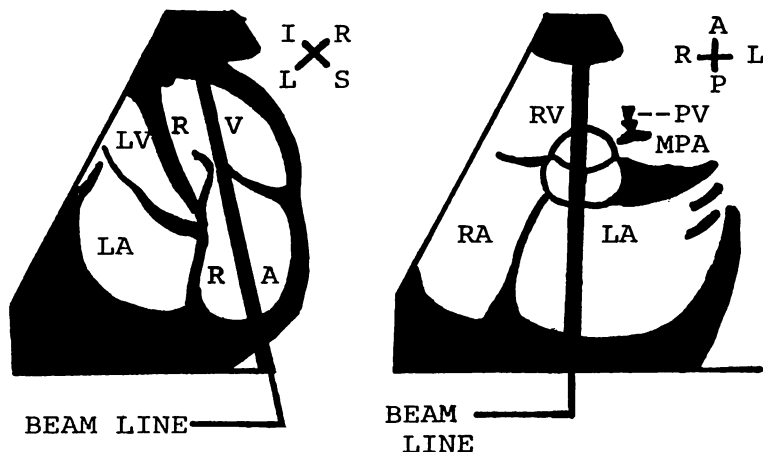
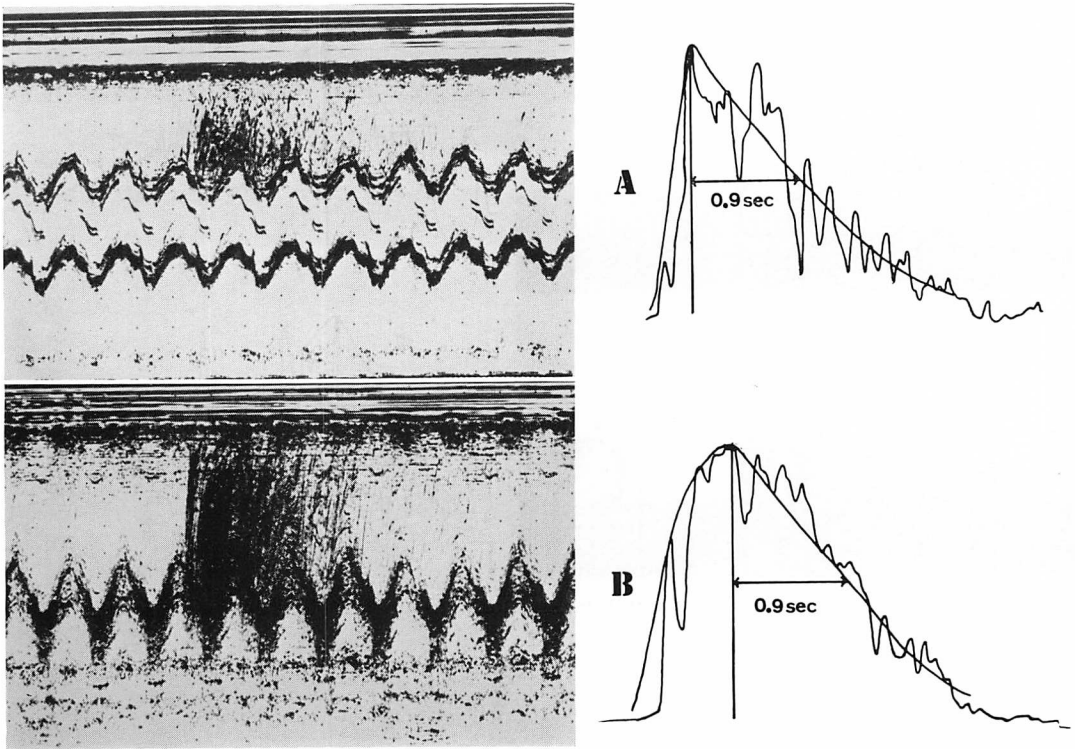


Fig. 1. Diagram of the ultrasonic tomographic planes and echo beams utilized for contrast echocardiographic recording.

Left panel: four-chamber view; right panel: short-axis view.



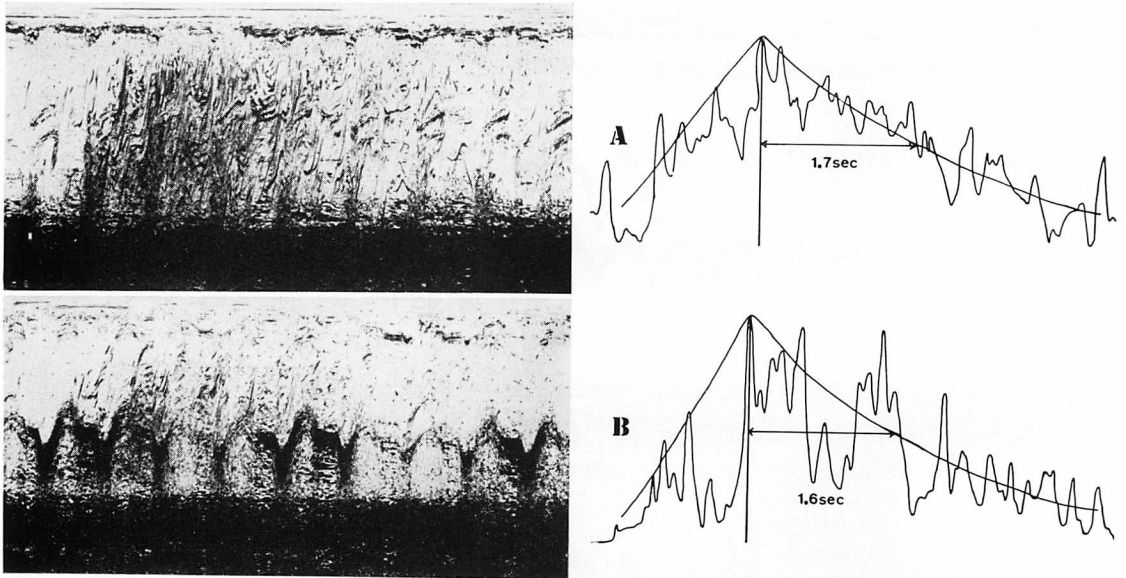
**Fig. 2. Contrast echocardiogram and its densitometric analysis in a case with angina pectoris.**

A is the recording of the short-axis view and B is the recording of the four-chamber view. The 50% disappearance time (time from peak concentration to 50% decay) is the same in both recordings.

記録である。濃度曲線のピークより、その 50% 濃度に半減するまでの時間をコントラストエコー 50% 消失時間 (50% disappearance time) として計測した。A, B ともにビーム方向の異なる記録であり、コントラストエコー像に差がみられるが、50% 消失時間は両方ともに 0.9 sec と同じである。Fig. 3 は心筋梗塞例のコントラストエコー図とその濃度曲線である。A, B はともに four-chamber view での異なった 2 方向のビームの同時記録である。B のコントラストエコー像は粗で、良い記録ではない。しかし、濃度曲線の 50% 消失時間は A では 1.7 sec, B では 1.6 sec とほぼ同じ値である。したがって、コントラストエコーの出かたやビーム方向に差があっても、50%

消失時間でみるとほとんど差はないと考えられる。今回の検査では、各症例について four-chamber view および右室流出路短軸断面それぞれについて 2 ビームで UCG を同時記録し、もっとも記録の良好なものを選んだ。

Radiocardiogram は検出器としてメトロ製動態機能検査装置を用い、検出器に 3×2 インチの NaI (TI) 単結晶に長さ 20 cm の円筒コリメーターを装置した。Ratemeter の時定数は 0.4 sec, chart speed は 30 cm/min とした。指示薬として <sup>131</sup>I 標識ヒト血清アルブミンを用い、30~50 μCi をあらかじめ緊迫せしめた肘静脈内へ注入後、一気に緊迫を解く Ordendorf の方法により投与した。患者は仰臥安静位とし、第一のコリメ

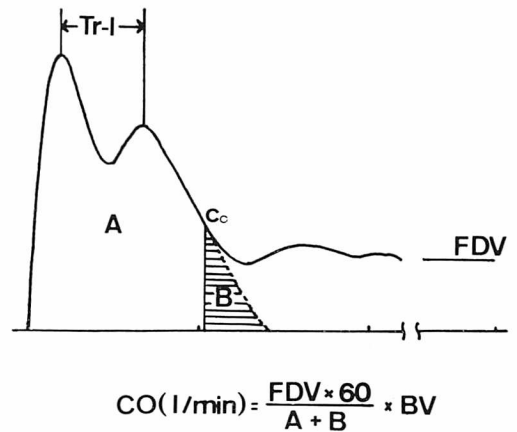


**Fig. 3. Contrast echocardiogram and its densitometric analysis in a case with myocardial infarction.**

A and B are the recordings of different echo beams in the four-chamber view. 50% disappearance time is almost same in both recordings.

ーターを心臓部, 第二のコリメーターを右上肺野においた. **Fig. 4**に心臓部での濃度曲線の模式図を示す. 濃度曲線の第1のピークすなわち右心のピークより, 第2のピークすなわち左心のピークまでの時間(sec)を $T_{r-l}$ とした. 心拍出量COは図示したように,  $CO (l/min) = FDV \times 60 / (A+B) \times BV$ で得た. なお,  $FDV$  = 最終希釈値の高さ(cm),  $A+B$  = 初回循環希釈曲線下の面積( $cm \cdot sec$ ),  $BV$  = 循環血液量( $l$ )である. 循環血液量は投与総RI量( $\mu Ci$ )を平衡時のRI血中濃度( $\mu Ci/ml$ )で除して得られるが, 我々は注射後10分後の一点採血の希釈法で行った<sup>3,4)</sup>.

このようにして得られた血行動態を現わす各指標, cardiac output, blood volume, blood volume/cardiac output,  $T_{r-l}$ とコントラストエコー50%消失時間との関係を検討した. なお, コントラストエコーとradiocardiogramは各症例についてそれぞれ同日に検査を施行した.



**Fig. 4. Estimation of cardiac output by radiocardiogram.**

CO = cardiac output ( $l/min$ );  $FDV$  = final dilution value (cm);  $A+B$  = area under the first circulation ( $cm \cdot sec$ );  $BV$  = circulating blood volume ( $l$ );  $T_{r-l}$  = time from the first peak to the second peak (sec).

結 果

1. Cardiac output

Fig. 5 に示すように、cardiac output と 50% 消失時間との間には  $r = -0.82$  と良好な相関関係があり、 $y = -3.14x + 10.0$  の回帰式を得た。したがって、cardiac output の大なるほどコントラストエコー 50% 消失時間は短くなる。Figs. 6, 7 に、cardiac output の増加した例と低下した例をそれぞれ呈示する。Fig. 6 は甲状腺機能亢進症例のコントラストエコー図とその濃度曲線を示す。この例の cardiac output は  $9.72 \text{ l/min}$  と増加しており、コントラストエコー 50% 消失時間は  $0.7 \text{ sec}$  と短縮していた。一方、Fig. 7 は僧帽弁狭窄症例のコントラストエコー図とその濃度曲線である。この例の cardiac output は  $3.24 \text{ l/min}$

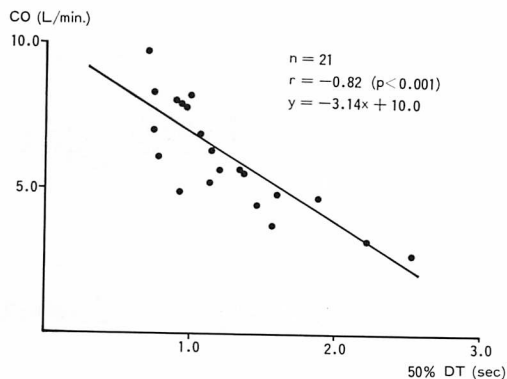


Fig. 5. Correlation between cardiac output and 50% disappearance time.

と低下し、前例の約  $1/3$  であり、50% 消失時間は  $2.2 \text{ sec}$  と前例の約 3 倍に延長していた。

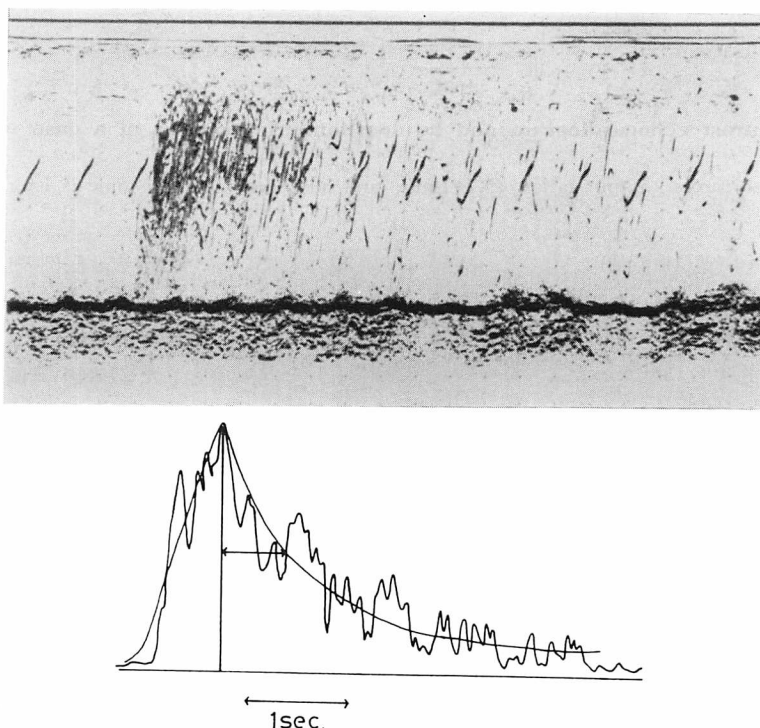
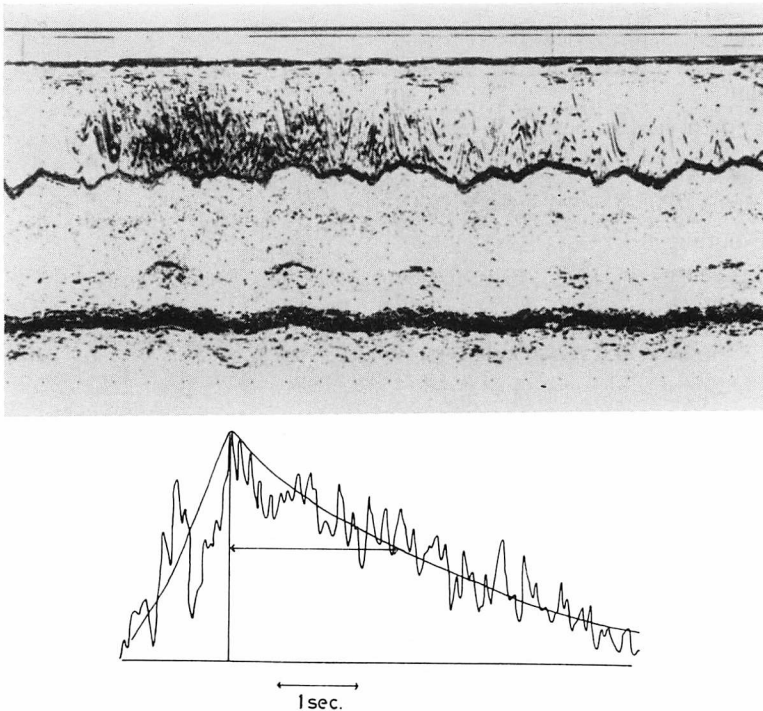


Fig. 6. Contrast echocardiogram and its densitometric analysis of a case with hyperthyroidism.

In this case cardiac output is high ( $9.72 \text{ l/min}$ ) and 50% disappearance time is short ( $0.7 \text{ sec}$ ).



**Fig. 7. Contrast echocardiogram and its densitometric analysis of a case with mitral stenosis.**

In this case cardiac output is low (3.24 l/min) and 50% disappearance time is long (2.2 sec).

## 2. Blood volume (循環血液量)

**Fig. 8** に示すように, blood volume とコントラストエコー 50% 消失時間の間には,  $r=0.19$  と有意の相関関係は認められなかった.

## 3. BV/CO (blood volume/cardiac output)

BV/CO は循環血液量を心拍出量で除した値で, 全身の平均循環時間を現わしている. この値は radiocardiogram より簡単に計算され, 我々は臨床的に心機能の状態を評価するのに有用な指標であると考えている<sup>5)</sup>. **Fig. 9** に示すように, BV/CO と 50% 消失時間の間には  $r=0.87$  と有意の相関関係が認められ,  $y=0.51x+0.17$  の回帰式が得られた.

## 4. $T_{r-l}$

$T_{r-l}$  は radiocardiogram の右心のピークより左心のピークまでの時間, すなわち肺循環時間を

現わしている. ただし, 症例の中には希釈曲線の第2の山がなまって, 左心のピークの不明なものがあり, このような例では  $T_{r-l}$  は測定困難である. 今回対象とした 21 例中 2 例は  $T_{r-l}$  が測定不能であり, 19 例について検討した. **Fig. 10** に示すように,  $T_{r-l}$  と 50% 消失時間の間には,  $r=0.85$  と有意の相関関係があり,  $y=4.6x+1.6$  の回帰式が得られた.

## 考 案

コントラストエコー造影法が, 臨床的に応用されるようになって, 心内短絡や三尖弁閉鎖不全などをコントラストエコーの動きより詳細に診断できるようになった. このようにコントラストエコー法により, 血流を定性的に評価しようとする試みは多くなされてきたが, 血流を定量的に評価し

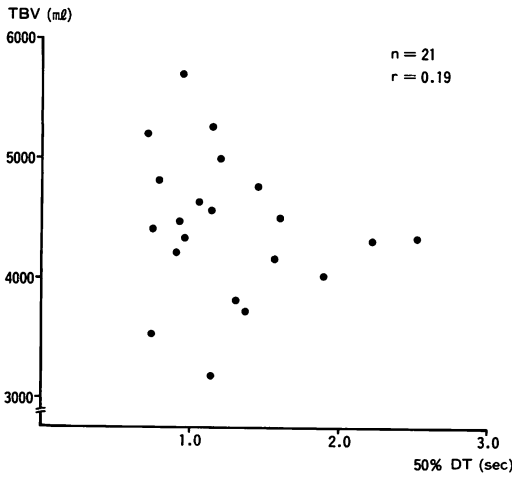


Fig. 8. Correlation between total blood volume and the 50% disappearance time.

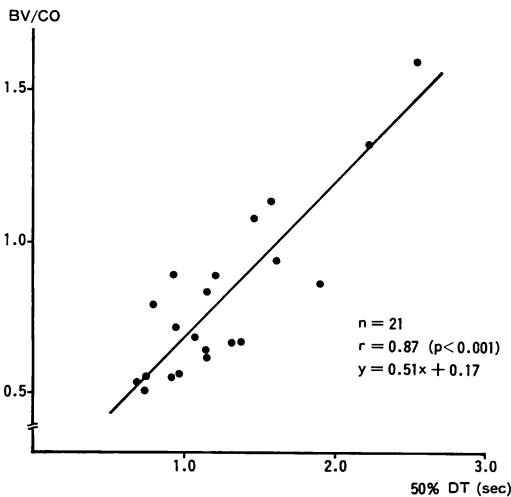


Fig. 9. Correlation between blood volume / cardiac output and the 50% disappearance time.

The BV/CO represents mean whole body circulation time.

心機能の状態を把握しようとする試みはごく限られている。

Bommer らは、心断層エコーの画面より特別の photometer を使用してコントラストエコーの

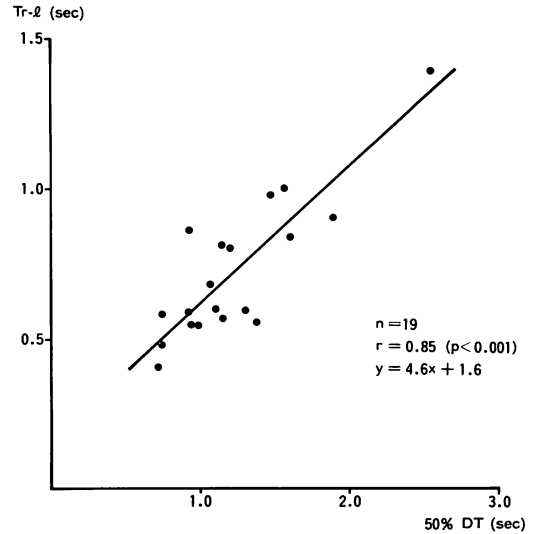


Fig. 10. Correlation between  $T_{r-l}$  and the 50% disappearance time.

The  $T_{r-l}$  is the time from the first peak to the second peak in RCG which represents pulmonary circulation time.

濃度曲線を描き、指示薬希釈法の原理を応用して心拍出量を推定しようとした<sup>6)</sup>。推名らは線状コントラストエコーより三尖弁および肺動脈弁口の血流速度を推定し、右心機能の評価を試みた<sup>7)</sup>。我々は最初は右室内でのコントラストエコーの濃度曲線より、指示薬希釈法の原理により直接心拍出量を測定できないかと考えた。現時点ではコントラストエコーのエコー源は micro bubble とされている<sup>8)</sup>。したがって、右室のコントラストエコーの濃度曲線は micro bubble の右室内への流入と流出をみていることとなる。注入された micro bubble の絶対数がわかれば、指示薬希釈法の理論より心拍出量が測定可能となる<sup>9)</sup>。しかし現実にはエコー源としての micro bubble は個々の大きさも違うし、血流の途中で消滅したり停滞したりする可能性もあり、その定量化は困難であり、直接指示薬希釈の理論より心拍出量を測定するのは問題がある。一方、右室内でのコントラストエコーの濃度曲線のピークより半減するまでの時

間, すなわち 50% 消失時間は測定も単純であり, コントラストエコーの出現のしかたやエコービームの方向などにもあまり影響されず, 同一症例ではほぼ一定の値をとり, かなりの精度をもった指標として使用しうることが明らかとなった.

今回の結果より, 50% 消失時間は心拍出量と  $r = -0.82$  と負の相関関係にあり (Fig. 7), その回帰式を用いれば 50% 消失時間より心拍出量の推定も可能である. また 50% 消失時間は全身の平均循環時間を現わす BV/CO と  $r = 0.87$  (Fig. 8), 肺循環時間を現わす  $T_{r-l}$  と  $r = 0.85$  (Fig. 9) とそれぞれ正相関関係にあり, それぞれの回帰式を用いれば, 50% 消失時間より循環時間の推定も可能である. 以上のように, コントラストエコー法に指示薬希釈法の理論を直接応用するのは問題があるが, 50% 消失時間は心拍出量や全身循環時間, 肺循環時間と密接な関係にあり, 心行動態を臨床的に評価する指標として有用であることが明らかとなった.

コントラストエコーの右室内での 50% 消失時間 (50% disappearance time) は, 非観血的に心機能の評価するのに有用な指標であると考えられた. またコントラストエコー法が, 従来あまり応用されなかった血流の定量的評価の面においても, 今後十分応用可能であることが示唆された.

## 要 約

コントラストエコー造影法を用いて, かなりの精度で心機能の評価できる指標を考案した. 右室内でのコントラストエコーをデンストメーターにて濃度曲線を描記し, そのピークより半分の濃度に減衰するまでの時間を“50% 消失時間”とした. 対象は心内短絡や弁閉鎖不全を伴わない症例計 21 例であった. 右肘静脈より氷冷した生食水 20 ml を急速注入し, 心断層法で four-chamber view および右室流出路短軸断面を設定し, コントラストエコー像を観察しながら, strip chart recorder にて UCG を同時記録した. UCG 記録をデンストメーターで分析し, 右室内でのコン

トラストエコーの濃度曲線を描き, 50% 消失時間を測定した. 一方, 各症例について同日に radiocardiogram の検査を施行した. 50% 消失時間と radiocardiogram より得られた心行動態の各指標について比較検討した.

50% 消失時間は, 心拍出量と  $r = -0.82$ , 循環血液量 / 心拍出量 (平均全身循環時間) と  $r = 0.87$ ,  $T_{r-l}$  (肺循環時間) と  $r = 0.85$  とそれぞれよい相関関係が認められた. それぞれの回帰式を用いれば, 50% 消失時間より心拍出量, 平均全身循環時間, 肺循環時間などを推定可能であると考えられる.

以上のように, コントラストエコー法により得られた“50% 消失時間”は, 非観血的に心機能の評価するのに, 臨床的に有用な指標であることが明らかとなった.

稿を終えるにあたり, コントラストエコーの濃度曲線の分析にご協力いただいた県立尼崎病院臨床検査部岡村研太郎博士に深謝致します.

## 文 献

- 1) Gramiak R, Shah PM: Echocardiography of the aortic root. Invest Radiol 3: 356-366, 1968
- 2) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH: Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. Radiology 92: 939-948, 1969
- 3) 吉松修一, 鈴木雅紹, 周防正行, 榎野征一郎, 横山達郎: 小児循環血液量の研究. 心臓 12: 136-141, 1980
- 4) 吉松修一, 荒木 健, 玉川正秀, 鈴木雅紹, 周防正行: 肺希釈曲線 (PVDC) による心拍出量の測定. 呼吸と循環 28: 1401-1404, 1980
- 5) 周防正行, 岡崎仁志, 門田和紀, 鈴木雅紹, 玉川正秀, 重田裕司: 心機能指標としての“Blood volume/Cardiac output”の検討. Jpn Circulat J 39 Suppl: 106, 1975
- 6) Bommer W, Neef J, Neumann A, Weinert L, Lee G, Mason DT, DeMaria AN: Indicator-dilution curves obtained by photometric analysis of two-dimension echo-contrast studies. Am J Cardiol 41: 370, 1978
- 7) 椎名 明, 柳沼淑夫: 線状コントラストエコーによる非観血的右心機能評価. J Cardiography 10:



649-662, 1980

- 8) 鈴木 茂, 松井道彦, 中西成元, 丸山浩一, 小机敏昭, 佐々木達梅, 宮沢総介, 新井達太, 原田潤太, 吉川義博: コントラスト断層心エコー図法: 成因に関する実験的検討とその臨床応用. J Cardiography

9: 627-648, 1979

- 9) 香取 瞭: 指示薬希釈法による心拍出量の測定・とくに方法の比較と問題点. 心臓 4: 1395-1405, 1972