

# 線状コントラストエコーによる非観血的右心機能評価

# Contrast echocardiographic evaluation of right ventricular function in terms of flow velocity

椎名 明  
柳沼 淑夫

Akira SHIINA  
Toshio YAGINUMA

## Summary

The purpose of this study is to assess the usefulness of contrast echocardiography in estimating flow velocity (FV) changes and evaluating right ventricular function in terms of FV. Twelve normal subjects and 35 patients with heart disease were studied. Each of the participants received repeated injections of indocyanine green and saline via the antecubital vein. The linear contrast echo which appeared within 120 msec following tricuspid and pulmonic valve opening was used for calculation of the contrast flow velocity (CFV) as measured by the linear contrast echo angle. The validity of the method was established by combined catheter-echocardiographic studies in 14 cases, in which FV at the tricuspid and pulmonic valve orifices was measured via an electromagnetic catheter-tip flow velocity probe simultaneously. Instantaneous changes in CFV significantly correlated with FV changes measured by the probe at the tricuspid valve orifice (mean,  $r=0.87$ ) and at the pulmonic valve orifice (mean,  $r=0.92$ ), respectively.

The CFV at the tricuspid valve orifice in 12 normal subjects was  $345 \pm 30$  mm/sec and was significantly reproducible by repeated injections. The CFV increased immediately after 45 degree passive elevation of both legs by an average maximum of 40%. It gradually decreased during the 5 sec leg elevation and returned to the control level within 2 sec after the legs were returned to the horizontal position. By comparison in 12 patients with elevated venous pressure, the increase in CFV was significantly lower and recovery to the control level required a significantly longer time than that of normal subjects. Five of those 12 patients whose venous pressure improved to the normal range by medical therapy, showed the same CFV changes as shown in normal subjects. In 4 patients with a mean cardiac index of only  $1.87$  l/min/m<sup>2</sup>, the increase in CFV was much lower than that of normal subjects and CFV returned to the control level before the legs were returned to the horizontal position. In patients with pulmonary hypertension associated with mitral stenosis, a rapid increase in CFV and a rapid return to the control level were observed. In a patient with nephrotic syndrome, in a state of dehydration the increase in CFV was far less than normal; also, CFV was less than control level during both legs elevation. By comparison in a state of overhydration in the same patient, the CFV increase was rapid and extensive and thereafter CFV showed the same pattern as that shown by normal subjects.

自治医科大学 循環器内科  
栃木県河内郡南河内町薬師寺 3311-1 (〒329-04)

Department of Cardiology and Internal Medicine,  
Jichi Medical School, Minamikawachi-machi 3311-1,  
Kawachi-Gun, Tochigi-ken 329-04

Presented at the 19th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 20-21, 1979

Received for publication March 22, 1980

We conclude that the linear contrast echo which is obtained by contrast echocardiography indicates the FV changes and facilitates evaluation of right ventricular function.

**Key words**

Contrast echocardiography      Flow velocity      Right ventricular function

はじめに

心臓のポンプ機能の解析には圧および血流の両者からの検討が必要である。超音波を用いる非観血的機能評価は、(1) 心周期に伴う壁あるいは弁動態の解析、(2) 心内血流と血圧変化の予測および解析、の二点をおもな目標として行われてきた。

我々はエコー造影法を用い、血流速度 (flow velocity: FV) を比較的簡単に、しかもかなりの精度で評価しうる方法を考案し、この方法を用いて求めた FV を指標として、各種病態下での右心機能評価を試みた。

対象および方法

対象は健常男子 12 例(平均年齢 28 歳: 26~31 歳)、心臓カテーテル法により診断された各種心疾患患者 35 例(平均年齢 45 歳: 17~72 歳)である (Table 1)。

現在エコー造影法によって得られるコントラストエコーは microbubble によるものと考えられている<sup>1-4)</sup>。この造影法の原理に基づいて考えると、三尖弁あるいは肺動脈弁口部を通過する中心血流内を移動する microbubble に対し、超音波エコービームがほぼ 180° あるいは 0° の角度で入射された場合には、十分な長さを持つ線状コントラストエコーが得られ、この線状エコーから単位時間に対する移動距離を計測すれば血流速度を測定しうる。

エコー造影法: 肘正中静脈より indocyanine green 1 ml を生食 10 ml により急速に注入し、三尖弁尖および肺動脈弁尖エコーが得られる位置で、できる限り静かな呼吸下で線状コントラストエコーを記録した。このさい、三尖弁尖エコーは

**Table 1. Description of heart disease in patients studied**

Myocardial infarction	10
Hypertension	2
Cardiomyopathy, congestive type	3
Hypertrophic cardiomyopathy	4
MSI+ASI	1
MSI+ASI+PH	2
MS+ASI+PH+af	1
MS+PH	2
AI	1
ASD+PH+af	3
Uhl's disease	1
Sick sinus syndrome	2
Angina pectoris	1
Cor pulmonale	1
Nephrotic syndrome	1
<b>Total</b>	<b>35 cases</b>

MSI=mitral stenosis and insufficiency; ASI=aortic stenosis and insufficiency; PH=pulmonary hypertension; af=atrial fibrillation; ASD=atrial septal defect.

探触子 (Electronics for Medicine, 2.25 MHz) を第 3~第 4 肋間胸骨左縁におき、やや内方にビームを向け、心房中隔エコー<sup>5-7)</sup>が三尖弁エコーの後方に記録できる位置で、また、肺動脈弁尖エコーは探触子を第 3~第 4 肋間胸骨左縁におき、上方にビームを向け、肺動脈弁エコーの後方に拡張期にのみ多層エコーが記録される位置でそれぞれ記録した。

健常例および心疾患症例にそれぞれ 2~10 回のエコー造影法を施行し、うち健常例中 5 例では第 1 回目の本法施行 2~3 日後に再造影を行った。

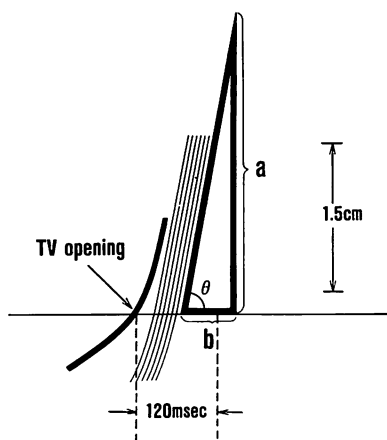
14 例で心臓カテーテル施行時に Millar 製カテ先電磁流速計および血圧計を用い、三尖弁口部あるいは肺動脈弁口部の FV と右室圧あるいは肺

動脈圧を線状コントラストエコーと同時記録した。

エコー造影法により得られた線状エコーから血流速度を測定する方法として、以下の計測法を用いた。すなわち三尖弁口部においては **Fig. 1** に示すごとく、三尖弁開放開始時期で水平線を引き、開放開始後 120 msec 以内で 1.5 cm 以上の長さで最大傾斜を示した線状エコーを用い、単位時間  $b$  における距離  $a$  で速度を表現した。したがって線状エコーの傾斜角度 ( $\theta$ ) は、上記の方法により FV として  $a/b(\text{mm/sec})$  と表わすことができる。本法により求めた FV を contrast flow velocity (CFV) とした。

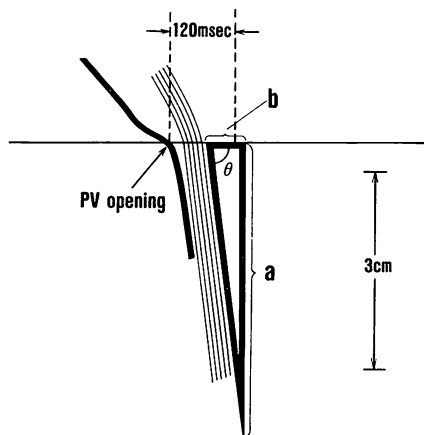
肺動脈弁口部 CFV は三尖弁口部 CFV 計測と同様の方法で (**Fig. 2**)、弁開放開始後 120 msec 以内で 3 cm 以上の長さの線状エコーの最大傾斜 ( $\theta$ ) を  $a/b(\text{mm/sec})$  として求めた。

10 例で三尖弁口部における、また、4 例で肺動脈弁口部における線状エコーを、それぞれカテ先電磁流速計で得た FV と同時記録した。カテテルから求めた三尖弁口部および肺動脈弁口部



**Fig. 1.** Schema showing the method for measurement of the FV by the linear contrast echo angle ( $\theta$ ) at the tricuspid valve orifice.

A horizontal line is drawn through the position of tricuspid valve opening. Within 120 msec of tricuspid valve opening, the peak FV is calculated as  $a/b \text{ mm/sec}$ .

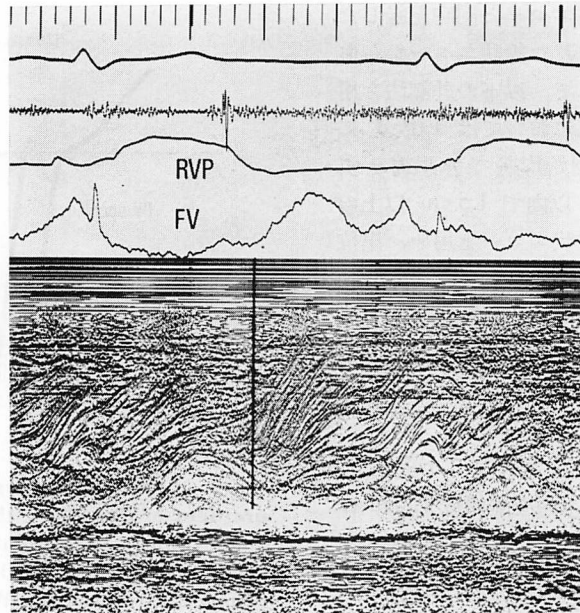


**Fig. 2.** Schema showing the method for measurement of the FV by the linear contrast echo angle ( $\theta$ ) at the pulmonic valve orifice.

A horizontal line is drawn at the position of pulmonic valve opening. Within 120 msec of pulmonic valve opening, the peak FV is calculated as  $a/b \text{ mm/sec}$ .

FV はそれぞれ **Fig. 3** と **Fig. 7** に示すごとく、弁開放後 120 msec 以内で上昇している時期であり、この時期に線状エコーから流速を計測することが適切であると考えられた。 **Fig. 3** の 1 例に示すごとく、三尖弁口部 FV は三尖弁運動と類似し、その高さが FV の速さを表わす。 **Fig. 4** は 1 例における両下肢挙上による FV の経時的变化を、血流速度計で計測した値とエコーの傾斜角度から測定した値とで対比したものである。 FV の絶対値は血流速度計で計測した値のほうがやや高値を示したが、その経時的变化の方向と相対値は両者間で良く一致した。 10 例における 2 つの測定法による変化の相関は平均  $r=0.87$  であった。

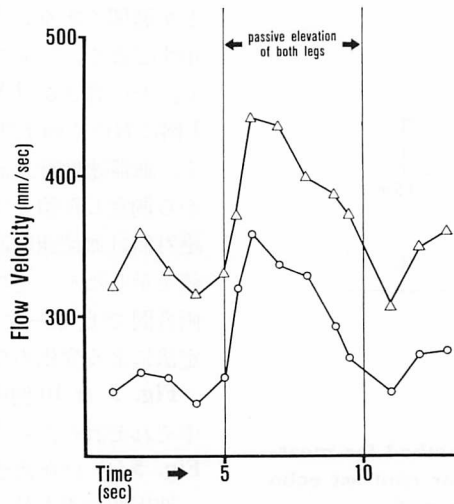
**Fig. 5** は 10 例中 3 例の両者の相関を示す。 図中それぞれの点は 1 心拍における FV 値を示す。 **Fig. 5 (a)** は血流速度計で得た FV 値が、エコー造影法で得た値より高値であった 5 例中の 1 例であり、 **Fig. 5 (b)** は両者の値がほぼ同様であった 2 例中の 1 例、 **Fig. 5 (c)** は逆にエコー造影法で得た FV 値が速度計で得た値より高値を示



**Fig. 3. Simultaneous recording of the contrast echo at the tricuspid valve orifice, right ventricular pressure, and FV curve obtained by the probe in one patient.**

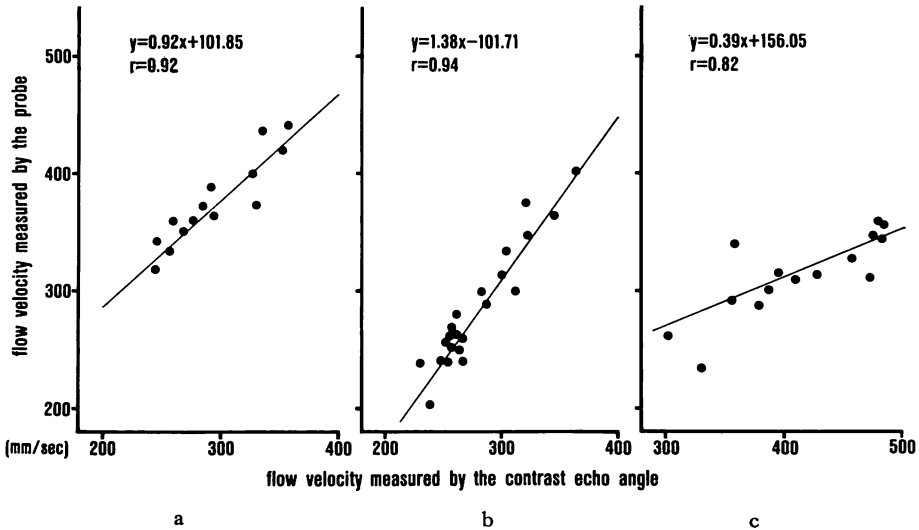
A vertical line is drawn through the point of tricuspid valve opening. Note that the FV pattern obtained by the probe is very similar to the tricuspid valve motion.

RVP=right ventricular pressure; FV=flow velocity.



**Fig. 4. Instantaneous changes in FV measured at the tricuspid valve orifice by the contrast echo angle and in simultaneously recorded FV measured by the probe during elevation of both legs in the patient shown in Fig. 5a.**

△=flow velocity measured by the probe; ○=flow velocity measured by the contrast echo angle.

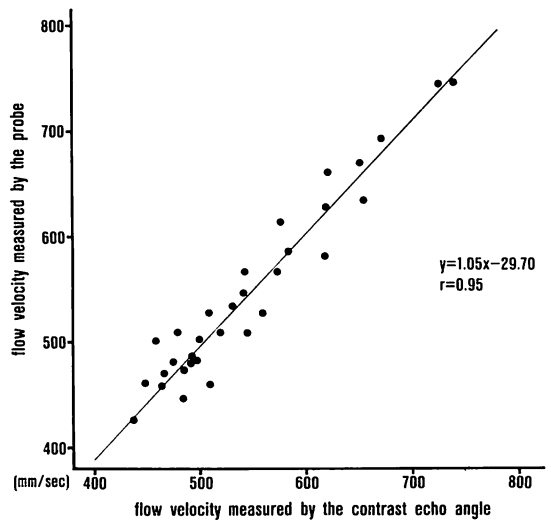


**Fig. 5.** Correlation between instantaneous changes in FV measured at the tricuspid valve orifice by the probe and contrast echo angle during elevation of both legs in 3 patients. Each dot represents one cardiac cycle.

した3例中の1例を示す。両者から測定されたFV値の差は、Fig. 5(c)で示した1例を除き、9例全例で30%以内であった。Fig. 6は心房細動例における肺動脈弁口部FVの変化について、エコー造影法および血流速度計から得た値を比較検討したものである。この例では両者間に $r=0.95$ と良好な相関が認められた。

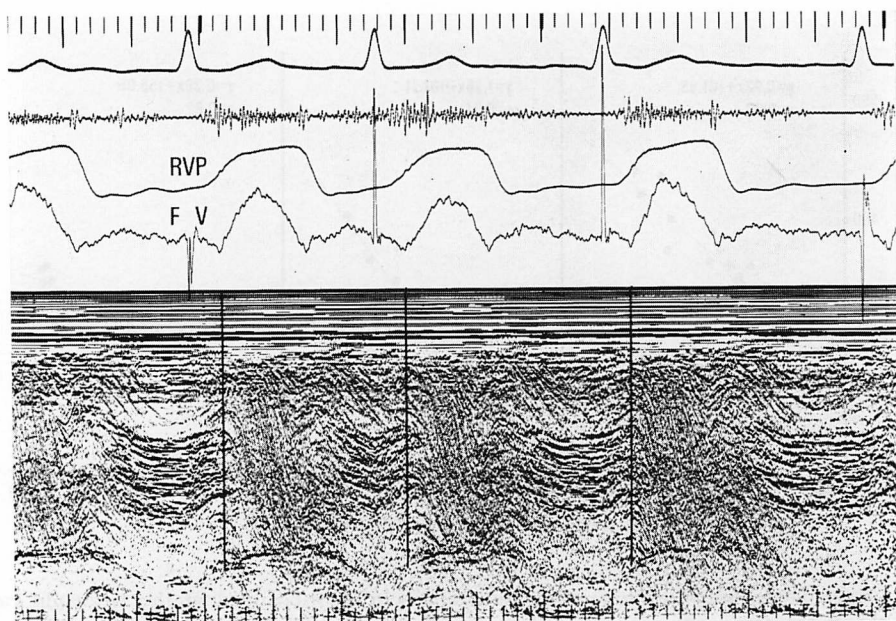
Fig. 7は同一症例における肺動脈弁口部FVと線状エコーの同時記録を示す。他の3例でも $r=0.91$ ,  $r=0.91$ ,  $r=0.92$ と良好であった。また、両者間の絶対値の差は15%以内であった。これらの検定をもとに、CFVの呼吸による変動を検討し、45°の急速な受動的両下肢挙上によるCFVの変化を健常例と各種心疾患症例とで対比した。それぞれの心疾患症例は、三尖弁閉鎖不全例を除いた洞調律例であり、両下肢挙上施行時に静脈圧および循環血液量を測定した。また、心拍出量は本法施行時か、あるいは2日以内にthermodilution methodによって測定した。

心エコー図記録は Electronics for Medicine



**Fig. 6.** Correlation between the instantaneous changes in FV measured at the pulmonic valve orifice by the contrast echo angle and the probe in a patient. Each dot represents one cardiac cycle.

Each dot represents one cardiac cycle.



**Fig. 7. Simultaneous recording of the contrast echo at the pulmonic valve orifice, right ventricular pressure, and FV obtained by the probe at the same orifice in one patient.**

Vertical lines are drawn through the point of pulmonic valve opening. Note that when the FV curve is higher, the contrast echo angle is steeper.

RVP=right ventricular pressure; FV=flow velocity.

VR-12 連続記録装置 および S.K.I. Ekoline 20A を用いて行った。

### 結 果

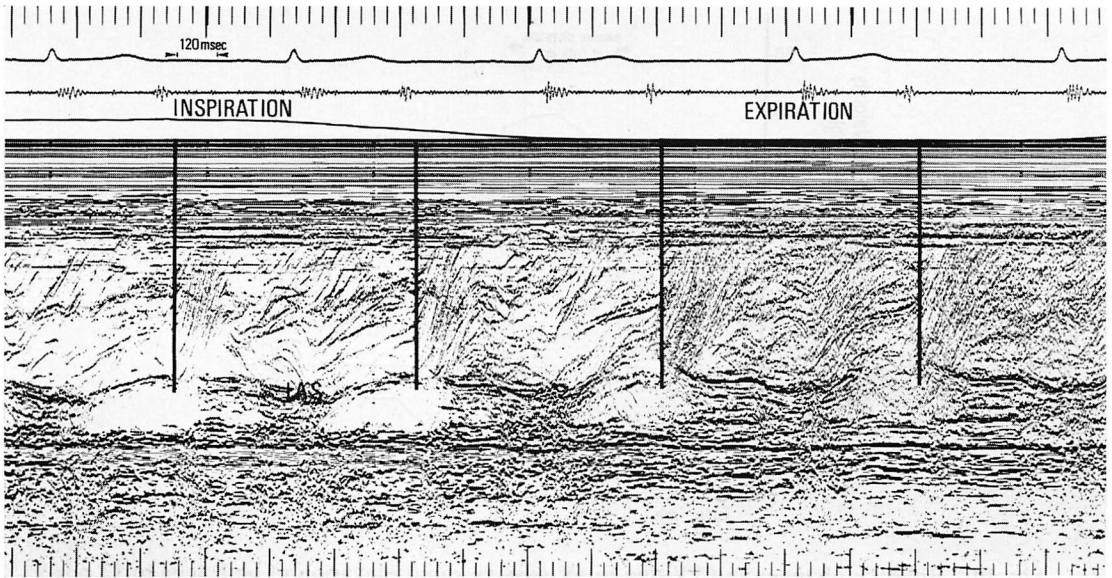
1) CFV は呼吸により著明に変動した。Fig. 8 は1例の健常例における、呼吸による三尖弁口部線状エコーの傾斜角度の変化を示す。垂線は三尖弁の開放開始時点で引いたものである。CFV は吸気と呼気で変動し、吸気では垂線と線状エコーとの角度は急峻であるのに対し、呼気では鈍であった。Fig. 9 は同一症例における呼吸の時期と、心拍数の変化に伴う CFV 値の変化を示す。吸気に心拍数が 10% 増加したのに伴い、CFV は 45% の増加を示した (CFV 前値 340~500 mm/sec へと増加)。同様の結果が他の 11 例全例に認められた。

また、呼吸停止下での CFV の変動は 5% 以

内であり、できる限り静かな呼吸下での変動は 10% 以内であった。この条件下での健常者 12 例における三尖弁口部拡張初期 CFV は、 $345 \pm 30$  mm/sec であった。

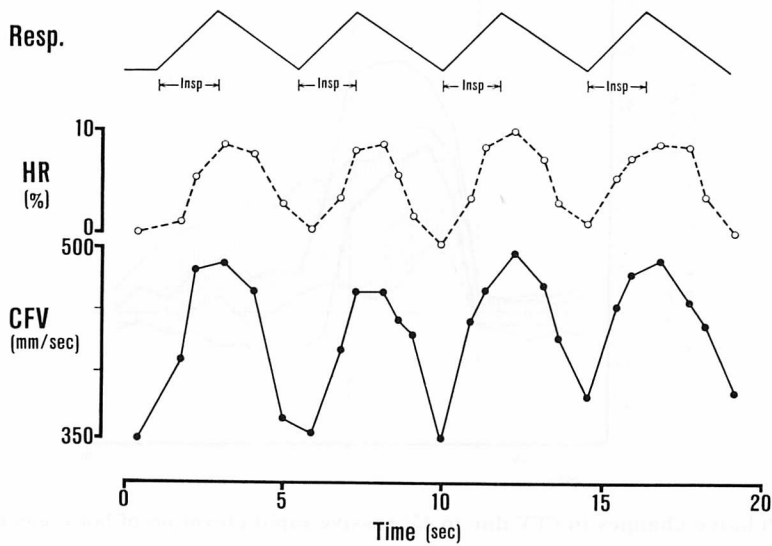
2) Fig. 10 は急速な 45° 受動的両下肢挙上による三尖弁口部 CFV 変化の、健常者 12 例における結果を示す。縦軸に両下肢挙上前 3~5 心拍の CFV の平均値を前値としてその後の増減を % 表示し、横軸は時間(秒)経過を示した。2本の線は健常例について、それぞれの 1 心拍における 1 標準偏差域を示した。両下肢挙上により CFV は約 3 秒後に最大で平均 40% の増加を示し、その後序々に減少し、終了後 2 秒で施行前値に復した。

3) 静脈圧上昇 (静脈圧:  $VP = 18.3 \pm 4.9$  cm H<sub>2</sub>O) および比較的低心拍出 (心係数 cardiac index:  $CI = 2.7 \pm 3.6$  l/min/m<sup>2</sup>) の右心不全 12 例の両下肢挙上による変化を健常例と比較した (Fig.



**Fig. 8. Contrast echo tracing at the tricuspid valve orifice in a normal subject during respiration.**

Vertical lines are drawn at the point of tricuspid valve opening. Note that CFV at deep inspiration (left) is fast, while at maximum expiration (right), it is slow.



**Fig. 9. Changes in CFV and heart rate during respiration in a normal subject.**

CFV changes in relation to changes in heart rate and respiratory phase.

Insp=inspiration; Resp=respiration; HR=heart rate; CFV=contrast flow velocity.

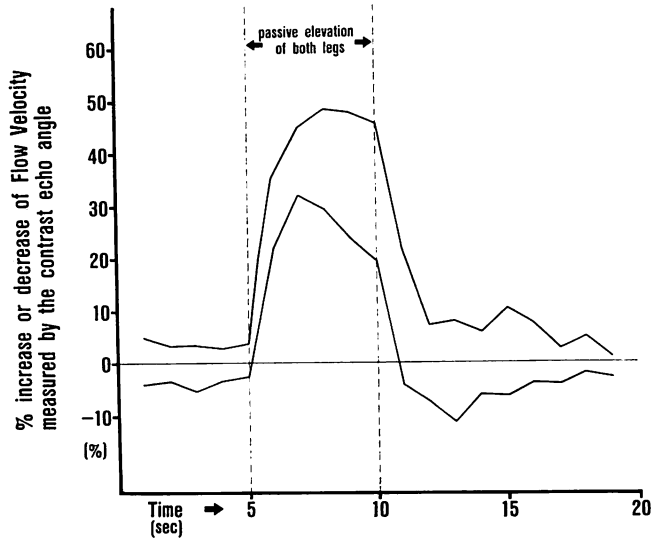


Fig. 10. Relative changes in CFV due to 45° passive rapid elevation of both legs in 12 normal subjects.

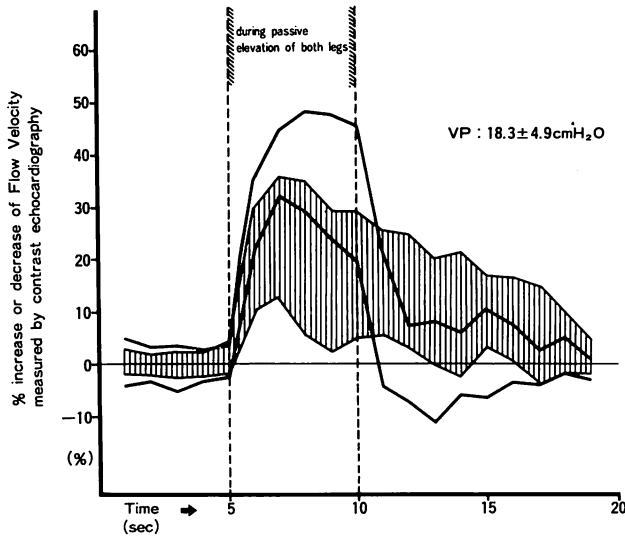
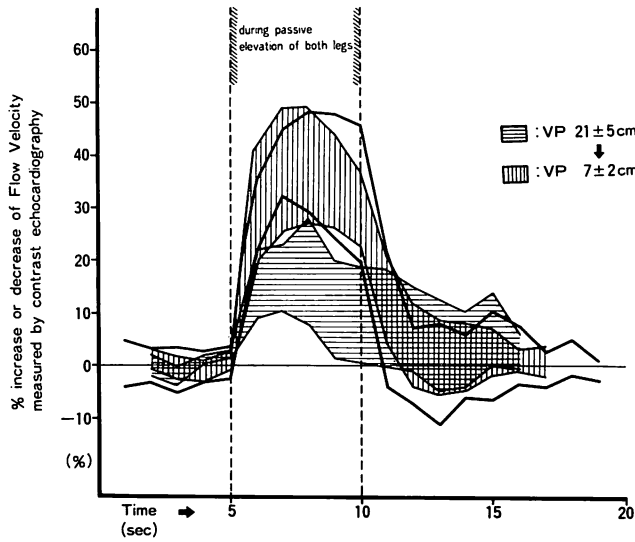


Fig. 11. Relative changes in CFV due to 45° passive rapid elevation of both legs in 12 cases with elevated venous pressure.

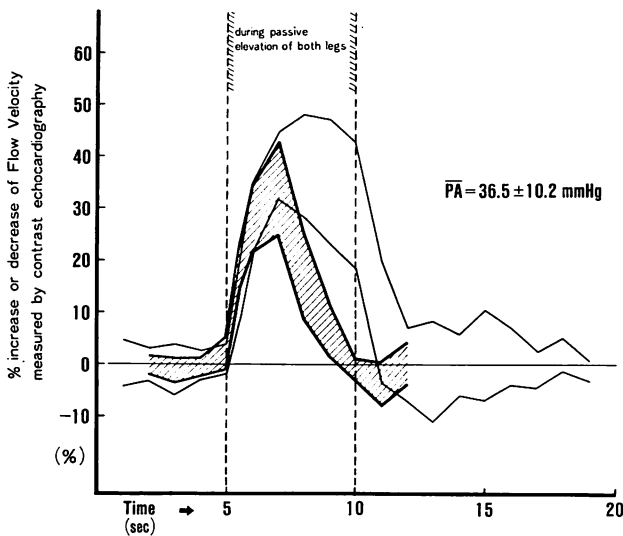
Compared with the CFV change in 12 normal subjects (shown by two solid lines), the increase in CFV is significantly lower, and recovery to the control level requires significantly longer time (hatched area).





**Fig. 12. Relative changes in CFV due to passive elevation of both legs in 5 patients with elevated venous pressure, before and after treatment.**

After improvement of venous pressure, CFV change due to both legs elevation shows the same patterns that shown by normal subjects.



**Fig. 13. Relative changes in CFV due to passive elevation of both legs in 4 patients with pulmonary hypertension associated with mitral stenosis.**

A rapid increase in CFV and rapid return to the control level are observed.

11). 図中, 2本の直線で示した健常例に比し, 縦線で示した右心不全例では挙上による CFV 上昇は有意に少なく, 施行前値に復するまでに時間を要した.

4) 上記右心不全例のうち, 内科的治療により VP の正常化した 5 例について, 治療前後の両下肢挙上による CFV の経時的变化を対比した (Fig. 12). 治療前, すなわち VP が平均  $21 \pm 5$  cmH<sub>2</sub>O と高値であったさいの CFV 変化 (横線で示す)は, VP が  $7 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O と正常化した治療後には, 縦線で示したごとく, ほぼ健常例と同様のパターンに復した.

5) 肺高血圧 (PH) を伴う僧帽弁狭窄症 4 例 (平均肺動脈圧  $36.5 \pm 10.2$  mmHg) では両下肢挙上後速やかに CFV は上昇し, その後挙上中にもかかわらず急速に低下し, 挙上終了時にはすでに施行前値にまで復した (Fig. 13).

6) CI が  $1.87 \pm 0.72$  l/min/m<sup>2</sup> と低心拍出を示した 4 例の, 心筋梗塞症例における両下肢挙上による CFV の経時的变化 (黒で示す)は, 健常例

とは著しく異なり, CFV の上昇は非常に少なく, 挙上終了前にすでに施行前値以下となった. これらの例はいずれも循環血液量, PV とも正常範囲であった (Fig. 14).

7) ネフローゼ症候群の 1 例において, 循環血液量および VP 等の所見から dehydration と考えられた時期と輸液によりむしろ overhydration となった時期とで, 両下肢挙上による CFV 変化を比較した (Fig. 15). Dehydration の時期には点線で示すごとく, CFV の上昇はきわめて少なく, 挙上中に施行前値以下となったのに対し, overhydration の時期には CFV 上昇は挙上直後より著明で, その後健常例と同様のパターンを示した.

### 考 案

最近エコー造影法の出現により先天性心疾患, とくに心内短路の診断が容易に行われるようになり<sup>8,9)</sup>, 本法の臨床的有用性は高く評価されている. 我々は本法を用い記録した線状コントラスト

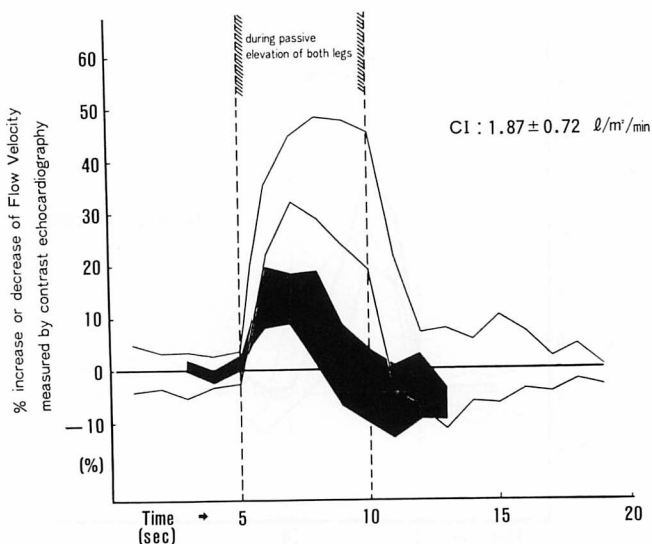
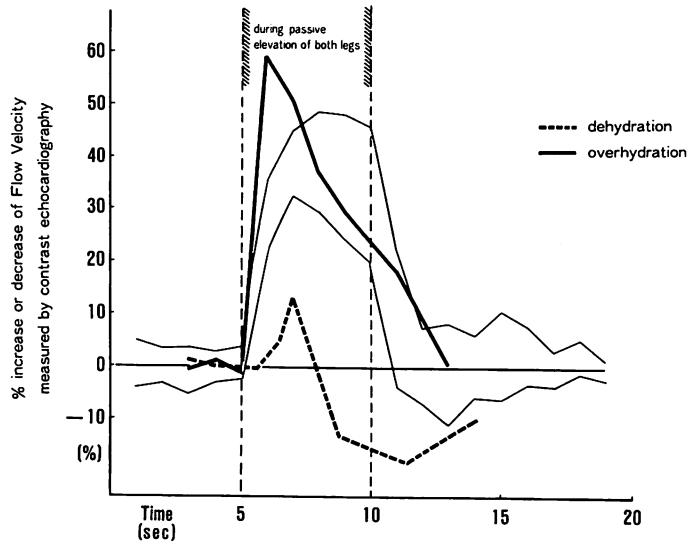


Fig. 14. Relative changes in CFV due to passive elevation of both legs in 4 myocardial infarction patients with low cardiac indices.

An increase in CFV is much lower than normal and CFV returns to the control level before the legs are returned to the horizontal position.



**Fig. 15. Relative changes in CFV due to passive elevation of both legs in one patient with nephrotic syndrome.**

In a state of dehydration, the increase in CFV is much lower than normal and the CFV is less than the control level during both legs elevation. In contrast, in a state of overhydration, the CFV increase is rapid and extensive and thereafter CFV shows the same pattern as that shown by normal subjects.

エコーは、血流の方向および流速を表わすと考  
え<sup>10)</sup>、線状エコーの傾斜角度から三尖弁および肺  
動脈弁口部 FV を評価する方法を考案し<sup>11,12)</sup>、本  
法を用いて求めた FV を指標として右心機能評価  
を試みた。

**Fig. 1, 2** に示すごとく、線状コントラストエ  
コーの傾斜角度は、三尖弁および肺動脈弁の開放  
速度より急峻であった。この結果は以下のごとく  
説明することができる。すなわち、エコービーム  
が両弁口の中心血流中に含まれる microbubbles  
にほぼ平行に入射された場合、線状エコーの傾斜  
角度から両弁口における中心血流速度を測定する  
ことができる。これに対し両弁尖は、弁が開放を  
開始する時期には中心血流に位置しているが、そ  
の後これらの血流によって中心血流から遠ざかる  
運動を呈する。それ故、弁開放速度から中心血流  
速度を測定することは不可能である。上記の理由  
に加え、エコービームの方向により弁開放速度が

異なる点、弁エコー運動は弁の同じ位置を連続的  
に記録したものではないこと、および弁開放速度  
は弁の硬さの影響を受ける等から考えても、FV  
測定に弁運動を用いるのには問題がある。

電磁流速カテーテルは中心血流部からはなれ、  
血管心内腔壁近くに位置すればその出力は低下す  
るが、流速出力の直線性がそこなわれることはな  
い。速度の異なる層流を考えない人工拍動血流の  
検定では、壁のごく近くでも最大流速で約 25%、  
1 回拍出量で約 35% の減少をみ、血管に 30° の  
角度で挿入した場合は最大流速約 18%、1 回拍  
出量で約 10% の低下をみた<sup>13)</sup>。

肺動脈弁口部における電磁流速計により測定し  
た FV と CFV との相関が良いことは、カテー  
テルが比較的 center 血流にそって挿入しうること、  
およびエコービームが胸壁より肺動脈弁口部を通  
じて、肺動脈主幹部長軸方向に向きやすい特徴に  
よると考えられる。すなわち **Fig. 7** に示すごと

く、長い (3.0 cm 以上) 線状エコーが記録された場合、エコービームは肺動脈主幹部中心血流の方向とほぼ平行に入射されており、線状エコーの傾斜角度から FV を測定しうることを示唆している。逆に線状エコーであっても、それが短かくしか記録されていない場合、エコービームは中心血流の方向とずれており、この線状エコーの傾斜角度から FV を測定するには問題がある。

今回我々の検討した 4 症例では肺動脈は拡大し、適切なビーム方向を選びえたものと思われる。今後さらにビーム方向と肺動脈弁および肺動脈の位置関係をより詳細に検討することにより、正確な FV 測定法を確立しうると思われる。

肺動脈弁口部における場合と異なり、三尖弁口部における電磁流速計によって測定した FV と CFV との間にかかなりの相違がみられたことは、おもにカテーテルを三尖弁口流入部に安定して挿入することの困難さによるとと思われる。また、右室の形態的特徴とそれに伴う血流の流出路方向への流れ、および心尖部への流れが複雑にからんでいることも考慮される。このため、肺動脈弁口部コントラストエコーが多数の平行した線状エコーとして表わされたのに対し、三尖弁口部におけるエコーはやや方向の異なる多数の線として表わされる場合がみられた。そこで三尖弁口部において最も急峻で最大距離を持つエコーを中心血流として測定したが、この CFV 値が中心血流の絶対値を示しているのか否かについては、さらに検討が必要である。

しかしいずれにしろ、血流速度計との対比検討の例で示すごとく、エコービームを一定の方向に向けておれば、相対的な FV の変化に対しては、許容範囲内の変動で直線性を示すと考えられる。そこで本法を用いて容量負荷による三尖弁口部 CFV 変化を測定し、健常例と各種心疾患例とで比較検討した。

**Fig. 11** に示すごとく、VP の上昇した 12 例の右心不全群の両下肢挙上による CFV の経時的変化は、健常例と著しく異なっている。両者間で

下肢挙上により増加した還流血流が不変だとすれば、このことは右心不全症例では心機能曲線が正常のそれに比しねているため、右室への流入速度は遅く、かつ駆出するのに時間を要していることを示している。

**Fig. 12** に示す 5 例中 3 例では、内科的治療後の循環血液量は正常値を示したのに対し、他の 2 例では治療後も完全に正常化していなかった。したがって両下肢挙上による CFV 変化は軽度の循環血液量の増加を反映しないのか、あるいは増加した循環血液量が相対的に心肺系に貯留していることを示していると思われる。さらに、CFV 変化には静脈トーンヌスや右室の拡張性 compliance 等、循環血液量以外の因子が関与していると考えられる。

著明な低心拍出の心筋梗塞 4 例における両下肢挙上による CFV 変化は、反応の少ない特徴的なパターンを示した (**Fig. 14**)。これらの 4 症例はいずれも循環血液量、VP とともに正常範囲であったため、この結果は低心拍出に伴う右心系への還流量の相対的減少が関与していると考えられる。

VP 値が  $12 \pm 2.1$  cmH<sub>2</sub>O と上昇している症例でも、肺動脈圧が  $36.5 \pm 10.2$  mmHg と肺高血圧を呈した僧帽弁狭窄症 4 例では、両下肢挙上による CFV 変化は、肺高血圧のない前記 12 例の右心不全例および健常例とは異なったパターンを示した (**Fig. 13**)。かかる例では右室圧負荷により compliance の低下をきたし、その結果容量負荷に対して右室への流入が初期のみに制限されていると考察した。

ネフローゼ症例における循環血液量の増減は、心肺系とともに体循環系への貯留によっている。そこで両病態下でポンプ機能に差がないとすれば、下肢挙上による dehydration 時の反応低下と overhydration 時の急速な初期血流速度上昇は、下肢に貯留した血液の右心系への環流の変化そのままを反映していると考えられた。

以上述べたごとく、両下肢挙上による三尖弁口部 CFV の経時的変化は静脈還流状態の変化と、

それに伴うポンプ機能の反応を表現している。すなわち、前者には下肢への貯留血液量と、下肢挙上に伴う流速(静脈壁のトーンが関与する)が影響を与え、後者には圧および容量負荷に伴う右室の形態的適応とそれに伴う compliance の変化が関与していると考えられる。

CFV はこれらの諸因子の変化に対して敏感に反応するので、心臓あるいは体循環血流量等の因子が明らかになると、それぞれ他方の因子、すなわち心予備能力や静脈系のトーンの変化等を予測することが可能となるであろう。さらに本法は、各種心疾患に特有の右室機能の評価や、同一疾患における重症度判定にも有用と思われた。

### 要 約

エコー造影法を用い、血流速度 (flow velocity: FV) を比較的簡単に、しかもかなりの精度で評価しうる方法を考案し、この方法を用いて求めた FV を指標として右心機能評価を試みた。対象は健常男子 12 例、各種心疾患 35 例。肘正中静脈より indocyanine green 1 ml を生食 10 ml により急速に注入し、三尖弁および肺動脈弁尖エコーがえられる位置で線状コントラストエコーを記録した。弁開放開始位置の深さを基線として、弁開放直後 120 msec 以内の線状エコー最大傾斜 (mm/sec) を計測した。14 例で心臓カテーテル施行時カテ先電磁流速計および血圧計を用い、三尖弁口部および肺動脈弁口部の FV と右室圧あるいは肺動脈圧を線状エコーと同時記録した。両下肢挙上による、あるいは心房細動例で先行心周期の変化に伴う FV の経時的変化を、線状エコーの傾斜角度から計測した FV (contrast flow velocity: CFV) と、カテーテル法でえた FV の両者で測定したところ、両者間には  $r=0.87$  (三尖弁口部)、 $r=0.92$  (肺動脈弁口部) と良い相関がえられた。

三尖弁口部 CFV は健常例で  $345 \pm 30$  mm/sec で再現性も良好であった。健常 12 例について行った急速な  $45^\circ$  受動的両下肢挙上により、

CFV は約 3 秒後に最大で平均 40% の増加を示し、終了後約 2 秒で施行前値に復した。これに対し、12 例の静脈圧上昇例では CFV 増加率は少なく、かつ施行前値に復する時間が有意に延長した。その後治療により静脈圧が正常化した 5 例では、CFV 変化も正常化した。著明な低心係数 (CI:  $1.87$  l/min/m<sup>2</sup>) を示した 4 例では、CFV 増加は少なく、挙上終了前にすでに施行前値に復した。肺高血圧を伴う僧帽弁狭窄症 4 例では、CFV の急速な増加とその後の著しい低下が認められた。ネフローゼ症候群の 1 例で脱水状態の時期には CFV 増加はきわめて少なく、挙上中にもかかわらず施行前値以下となったのに対し、overhydration の時期には CFV は急速に増加し、その後健常例と同様のパターンを呈した。

以上のごとく、本症は非観血的右心機能評価法として臨床的に有用である。

稿を終えるに当たり、自治医科大学循環器内科細田瑛一教授のご校閲に深謝いたします。

### 文 献

- 1) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH: Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. *Radiology* **92**: 939, 1969
- 2) Bove AA, Ziskin MC, Mulchin WL: Ultrasonic detection of in-vivo cavitation and pressure effects of high-speed injections through catheters. *Invest Radiol* **4**: 236, 1969
- 3) 増田喜一, 別府慎太郎, 永田正毅, 朴 永大, 榊原 博, 仁村泰治: コントラストエコーの発生機序に関する検討. *日超医講演論文集* **34**: 103, 1978
- 4) Meltzer R, Tickner G, Sahines T, Popp RL: The source of ultrasonic contrast effect. *Circulation* **60** (Suppl II): II-204, 1979
- 5) Matsumoto M: Ultrasonic features of interatrial septum: its motion analysis and detection of its defect. *Jpn Circulat J* **37**: 1383, 1973
- 6) Nanda NC, Gramiak R, Manning J, Gross C: Echocardiographic identification of the interatrial septum. Clinical usefulness. *Circulation* **52** (Suppl II): II-221, 1975
- 7) Nanda NC, Gramiak R, Viles P, Manning J, Gross C: Echocardiographic identification of the inter-atrial septum behind the tricuspid valve.

椎名, 柳沼

- Circulation **52** (Suppl II): II-221, 1975
- 8) Kerber RE, Kioschos JM, Lauer RM: Use of an ultrasonic contrast method in the diagnosis of valvular regurgitation and intracardiac shunts. *Amer J Cardiol* **34**: 722, 1974
  - 9) Valdes-Cruz LM, Pieroni DR, Roland JA, Varghese PJ: Echocardiographic detection of intracardiac right-to-left shunts following peripheral vein injections. *Circulation* **54**: 558, 1976
  - 10) 椎名 明, 鈴木博也, 近藤邦夫, 柳沼淑夫, 細田瑛一: エコー造影法の検討及び臨床応用. *日超医講演論文集* **34**: 105, 1978
  - 11) Shiina A, Kondo K, Suzuki H, Tsuchiya M, Miyata K, Yaginuma T, Hosoda S: Evaluation of right ventricular flow velocity changes by contrast echocardiography. *Jpn Circulat J* **43**: 715, 1979 (abstr)
  - 12) Shiina A, Kondo K, Tsuchiya M, Miyata K, Yaginuma T, Hosoda S: Evaluation of blood flow changes at pulmonic valve orifice by contrast echocardiography. *Jpn Circulat J* **43**: 717, 1979 (abstr)
  - 13) 柳沼淑夫, 土谷正雄: 大動脈コンプライアンス, 心力学血流循環計測法. *内科セミナー*. 永井書店, 東京, CVI: p. 323, 1979