

超音波パルスドプラー法による三尖弁閉鎖不全症, 肺動脈弁閉鎖不全症における異常血流の検出

Noninvasive detection of tricuspid regurgitation and pulmonary regurgitation by pulsed Doppler technique

松尾 裕英
北島 顕
林 亨
浅生 雅人
三嶋 正芳
千田 彰一
島津 敬
田内 潤
森田 久樹
阿部 裕

Hirohide MATSUO
Akira KITABATAKE
Tohru HAYASHI
Masato ASAO
Masayoshi MISHIMA
Shoichi SENDA
Takashi SHIMAZU
Jun TANOUCHI
Hisaki MORITA
Hiroshi ABE

Summary

Noninvasive detection of intracardiac blood flow was attempted to provide a precise diagnosis of tricuspid and pulmonary insufficiency, using a pulsed Doppler flowmeter (carrier frequency=2.5 MHz, pulse repetition frequency=5 KHz, sample volume=1 mm×3 mm×3 mm). The location of the sample site was identified with simultaneous recordings of A- and M- mode echocardiograms, and subsequently confirmed by two-dimensional echocardiography. The Doppler output was analyzed by a soundspectrograph. The study population consisted of 10 healthy subjects, 7 patients with tricuspid insufficiency and 3 patients with pulmonary insufficiency. The diagnosis of tricuspid insufficiency was confirmed at surgery in all patient and all of these also had aortic and/or mitral valve diseases. Three of them had a pansystolic blowing murmur, but the remaining 4 patients had no significant systolic murmur specific for tricuspid insufficiency. All of 3 patients with pulmonary insufficiency had Graham Steell murmur.

In healthy subjects, two-peaked flow signals toward the transducer were observed as a rapid in-flow peak in early diastole and a presystolic peak due to atrial contraction. No significant flow signal during systolic phase was observed in the right atrial outflow tract. In the right ventricular outflow tract, systolic flow signals away from the transducer were detected, revealing a dome-like shaped pattern. These flow signals, revealing a narrow frequency band pattern, indicated a laminar flow.

大阪大学医学部 第一内科
大阪市福島区福島 1-1-50 (〒553)

The First Department of Medicine, Osaka University
Medical School, Fukushima 1-1-50, Fukushima-ku,
Osaka 553

Presented at the 16th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 28, 1978
Received for publication February 21, 1980

In patients with tricuspid insufficiency, unidirectional or bidirectional abnormal flow signals with a wide frequency band width, a disturbed flow, were detected within the right atrium just below the tricuspid valve during systole. These flow signals appeared in the isovolumic contraction phase and continued up to the isovolumic relaxation phase. Thus, these abnormal signals indicate a tricuspid regurgitant flow. These abnormal flow signals were also observed in 4 patients without tricuspid regurgitant murmur, in whom the diagnosis was proven at operation as well as in the other 3 patients. In patients with pulmonary insufficiency, bi-directional flow signals with a wide frequency band width were observed in the right ventricular outflow tract during diastole. In one of them it was noticeable that the duration of the regurgitant flow signals was different among the sample sites. In the central site of the right ventricular outflow tract the regurgitant flow signals were observed from the isovolumic relaxation phase to isovolumic contraction phase. On the other hand, in the medial site these signals were present only in the early diastole. These findings suggested that in early diastole the regurgitant flow signals were detected in a wide area probably because of the massive regurgitation and in late diastole the regurgitant flow decreased with a decrease in the pulmonary artery-right ventricular pressure gradient and eventually resulted in diminishing the area.

Thus, the combined use of the ultrasonic pulsed Doppler technique and two-dimensional echocardiography was of great use for the noninvasive diagnosis of tricuspid and pulmonary insufficiency.

Key words

Pulsed Doppler technique Tricuspid regurgitation Pulmonary regurgitation Two-dimensional
echocardiography Blood flow

はじめに

パルス変調ドプラー法を用いることによって、左心系の心腔内血流動態を無侵襲的に評価することが可能となってきた¹⁻⁴⁾。本研究ではさらに本法を右心系に応用して、心腔内血流検出を試み、三尖弁閉鎖不全症および肺動脈弁閉鎖不全症を対象として、これらの弁閉鎖不全に起因する異常血流の検出、ならびにその流れの状況について検討を加えた。

方 法

使用したパルス変調ドプラー血流計(日立製 EUD-3Z)は搬送周波数 2.5 MHz, 繰り返し周波数は 5 KHz であり, その血流計測可能範囲は深さ約 3~15 cm である。探触子は直径 12 mm の仮想リング型探触子を用いた。距離分解能は 1 mm, 方位分解能は 3 mm であり, 最小サンプルボリュームは 1 mm×3 mm×3 mm である。

血流計測部位の同定にはドプラー信号音をモニターするとともに, 同時に表示される A モード

ならびに M モード心エコー図を用いた。すなわち, 右房流出路では三尖弁エコーを, 右室流出路では心室中隔エコーを血流計測部位決定の足がかりとした。さらに二次元的解剖学的位置の確認のために, 血流計測施行直後に血流計測に用いた超音波ビームを含む断面での超音波心臓断層図を記録した(アロカ製 SSD-30B 心拍同期重ね合わせ断層装置, または日立製 EUB-10 リアルタイム電子走査型断層装置)(Fig. 1)。

血流計測にさいしては, 被検者を安静仰臥位, もしくは左側臥位とし, エコーゼリーを介して, 直接胸壁に探触子をおき, 呼吸停止の呼吸相にて血流計測を行った。右房流出路の血流計測には胸骨左縁第3あるいは第4肋間より内側方向へ超音波ビームを投入し, 右室流出路の血流計測には同部位より頭側, ないし頭外側方向へ超音波ビームを投入した。

血流ドプラー信号の表示には, ソナグラフ(リオン製 SG-07)を用いた。ソナグラム濃淡はサンプルボリューム内を流れる血球の, それぞれ対応する周波数成分(血球運動速度に比例)に該当する,

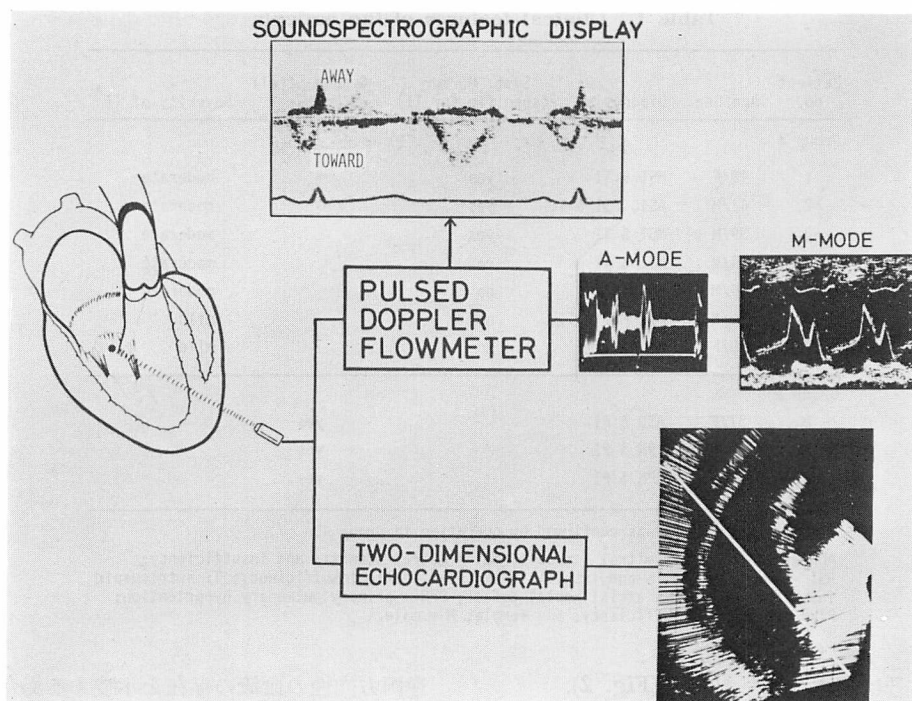


Fig. 1. A schematic drawing of the system.

The location of the sample site is identified with simultaneous recordings of A- and M-mode echocardiograms, and subsequently confirmed by two-dimensional echocardiography.

数に関係し、その濃度の分布から流れの状況が推測される⁵⁾。

対 象

対象は心手術時に確認された三尖弁閉鎖不全症例7例 (Group A, 年齢34~54歳, 平均年齢43歳, 男5例, 女2例), 肺動脈弁閉鎖不全症例3例 (Group B, 年齢36~52歳, 平均年齢42歳, 男1例, 女2例), および対照としての健常例10例 (年齢27~36歳, 平均年齢30歳, 男10例) である (Table 1)。

三尖弁閉鎖不全症の基礎疾患は全例リウマチ性心疾患で、僧帽弁狭窄の合併例2例, 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全の合併例3例, 大動脈弁ならびに僧帽弁の狭窄兼閉鎖不全の合併例2例である。なお, 三尖弁閉鎖不全症例7例中3例 (Case No. 1, 2, 3) は三尖弁領域で、収縮期に三尖弁閉鎖不全を示唆

する逆流性心雑音が聴取されたが、他の4例で (Case No. 4, 5, 6, 7) は逆流性心雑音は聴取されなかった。

肺動脈弁閉鎖不全症の基礎疾患は肺高血圧を合併した心房中隔欠損症1例, および原発性肺高血圧症2例であり、全例に Graham Steell 雑音が聴取された。

成 績

1. 右房流出路血流信号

健常例10例中4例で、明瞭な右房流出路血流パターンを記録しえた。これらの健常例では、拡張早期および前収縮期に、探触子に向う方向にピークを有する二峰性の、比較的狭帯域スペクトルの血流速度パターンを呈し、右室への流入血流信号と解せられた。一方、収縮期には右房内の三尖弁近傍を可能なかぎり探索したが、有意の流速を有

Table 1. Clinical features of the patients

Patient no.	Age/Sex	Diagnosis	Syst. Murmur (specific for .TI)	Graham Steell Murmur	Severity of TI*
<i>Group A</i>					
1.	49/F	MSI & TI	yes		moderate
2.	42/M	ASI, MSI & TI	yes		moderate
3.	39/M	MSI & TI	yes		moderate
4.	34/M	MSI & TI	no		moderate
5.	46/M	MS & TI	no		moderate
6.	54/M	AI, MSI & TI	no		mild
7.	38/F	MS & TI	no		mild
<i>Group B</i>					
8.	37/F	ASD & PI		yes	
9.	52/M	PPH & PI		yes	
10.	36/F	PPH & PI		yes	

*The severity of TI was confirmed by operation in *Group A*.

Abbreviations: MS = mitral stenosis; MSI = mitral stenosis and insufficiency; ASI = aortic stenosis and insufficiency; AI = aortic insufficiency; TI = tricuspid insufficiency; ASD = atrial septal defect; PPH = primary pulmonary hypertension; PI = pulmonary insufficiency; F = female; M = male.

する血流信号は認められなかった (Fig. 2).

リウマチ性僧帽弁疾患に合併した三尖弁閉鎖不全症例では、三尖弁の右房側にて等容性収縮期より始まり、等容性拡張期まで持続する広帯域スペクトルの異常血流信号を検出した (Figs. 3, 4, 5). これらの信号は基線の上・下に信号を有し、順・

逆両方向性の血流の存在を示唆する場合 (Figs. 3, 4) と、基線の上のみ、すなわち探触子から遠ざかる一方向性の血流の存在を示唆する場合 (Fig. 5) とが認められた。

2. 右室流出路血流信号

健常例 10 例中 4 例で右室流出路血流を捕捉し

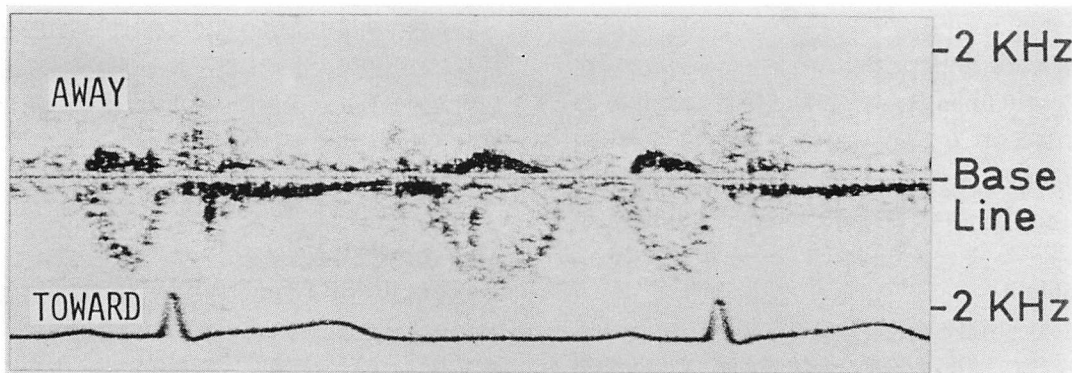


Fig. 2. The soundspectrographic display of the flow signals detected in the right atrial outflow tract in a healthy subject (H. K., 27-year-old male).

Two-peaked flow signals toward the transducer with a narrow frequency band width was observed as a rapid inflow peak in early diastole and a presystolic peak due to atrial contraction in late diastole. No significant flow signal was observed during systole.

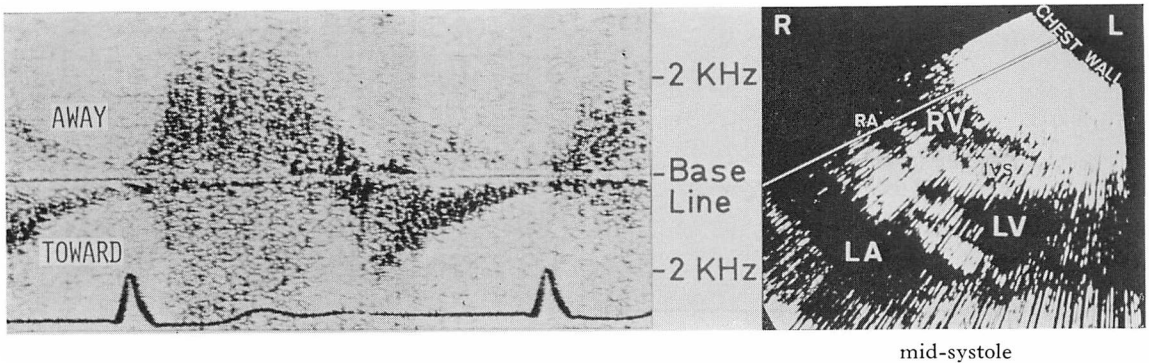


Fig. 3. Flow signals in the right atrial outflow tract in a patient with tricuspid insufficiency (S. T., 49-year-old female).

Right panel: The ultrasonic beam direction and the sample site are shown as a white line and a white rectangular-shaped mark, respectively, in the ECG gated two-dimensional echocardiogram.

Left panel: Regurgitant flow signals during systole reveal a bidirectional wide frequency band pattern. The output level of the flow signals away from the transducer is higher than that of the flow signals toward the transducer. These signals are observed from the isovolumic contraction phase to the isovolumic relaxation phase.

R and L=right and left side of the patient, respectively; RA=right atrium; RV=right ventricle; LA=left atrium; LV=left ventricle; IVS=interventricular septum.

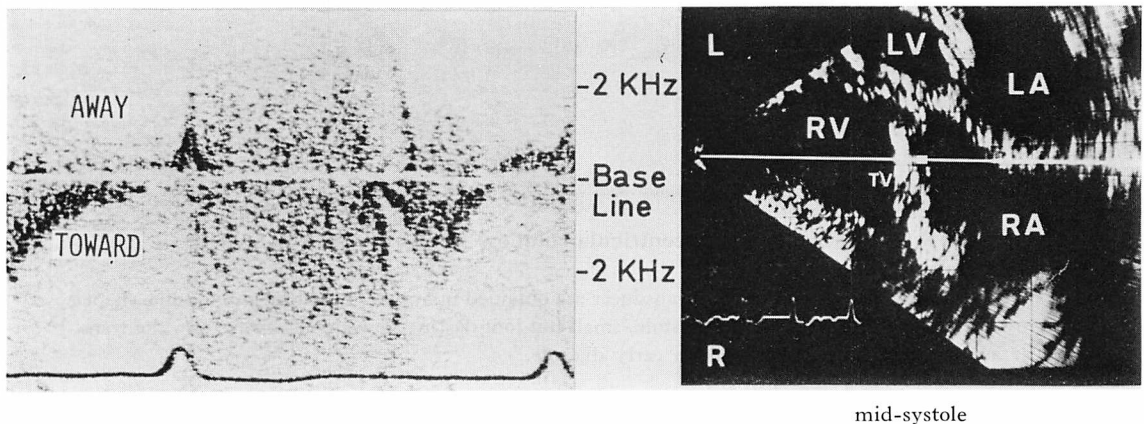


Fig. 4. Flow signals in the right atrial outflow tract in a patient with tricuspid insufficiency (H. T., 40-year-old male).

Right panel: The ultrasonic beam direction and the sample site are shown in the electronic sector scanning two-dimensional echocardiogram.

Left panel: Regurgitant flow signals reveal a bidirectional wide frequency band pattern during systole. In this patient these flow signals away from and toward the transducer have almost the same output level.

TV=tricuspid valve; Other abbreviations are the same as in Fig. 3.

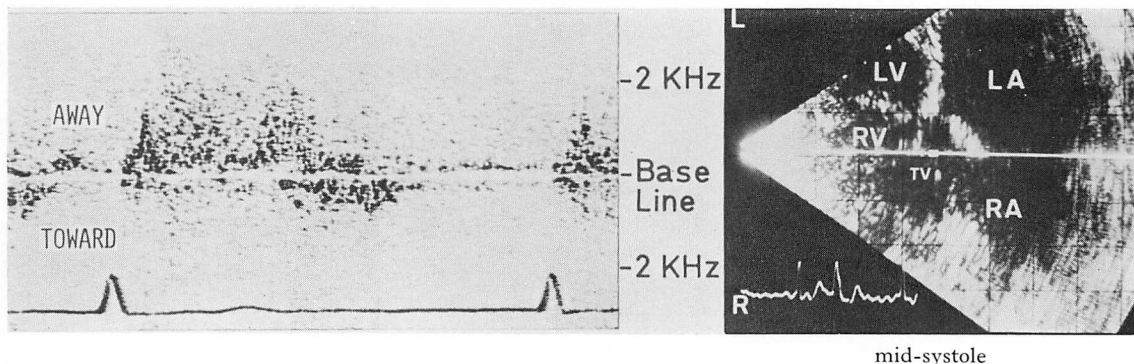


Fig. 5. Flow signals in the right atrial outflow tract in a patient with tricuspid insufficiency (M. W., 31-year-old male).

Right panel: The ultrasonic beam direction and the sample site are shown in the two-dimensional echocardiogram.

Left panel: Regurgitant flow signals during systole reveal unidirectional wide frequency band pattern.

Abbreviations are the same as in Fig. 3.

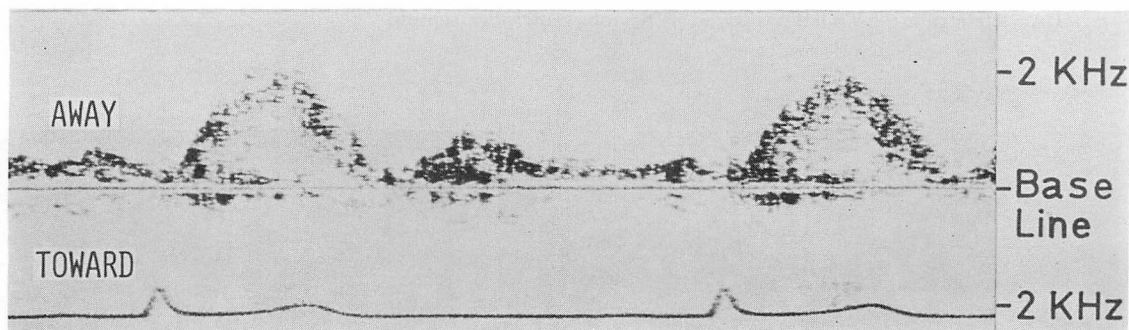


Fig. 6. Flow signals in the right ventricular outflow tract in a healthy subject (S. N., 28-year-old male).

Blood flow signals away from the transducer are obtained in systole, revealing a dome-like shaped narrow frequency band pattern. In diastole, small but long-lasting flow signals away from the transducer are detected, showing a peak in early diastole.

えた。健常例では、収縮期には一峰性でドーム型の、探触子より遠ざかる比較的狭帯域スペクトルパターンを呈する右室駆出血流信号が検出され、拡張期にも探触子から遠ざかる、すなわち心基部方向へ向かう低周波数の血流信号が検出された (Fig. 6)。

一方、肺動脈弁閉鎖不全例では拡張期に、等容性拡張期から始まる広帯域スペクトルパターンの

逆流血流信号が認められた。うち1例において逆流血流信号の持続時間が計測部位によって異なった (Fig. 7)。すなわち、心水平断面図 (Fig. 7, 右) に示されるように右室流出路の中央では駆出血流の直後より始まり、持続の長いおもに心尖部方向に向う血流信号が得られたが (Fig. 7, 左2)、その部位よりも内側では駆出血流の直後より始まるが、持続の短い血流信号が認められた (Fig. 7, 左1)。

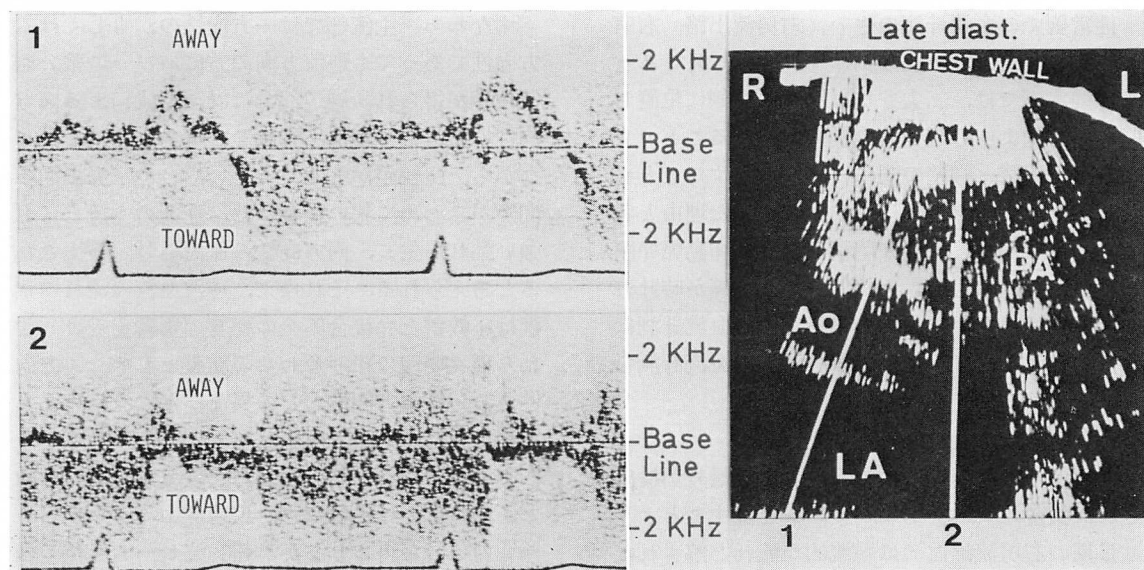


Fig. 7. Flow signals in the right ventricular outflow tract in a patient with pulmonary insufficiency (Y. H., 37-year-old female).

Right panel: The ultrasonic beam directions and the sample sites are shown.

Left panel: Regurgitant flow signals during diastole reveal a bidirectional wide frequency band pattern. The duration of the regurgitant flow signals was different among the sample sites. In the central site (2) of the right ventricular outflow tract, the regurgitant flow signals are obtained from the isovolumic relaxation phase to the isovolumic contraction phase. On the other hand, in the medial site (1) these signals are present only in the early diastole.

PA=pulmonary artery; Ao=aorta; Other abbreviations are the same as in Fig. 3.

拡張期に持続の長い異常血流信号の検出された部位では、収縮期にパワーは大きい、速度の小さい心運動に伴う心筋壁の運動によると推定される信号のみが検出された。一方、内側寄りの部位では、やや尖型の右室駆出血流信号が得られた。

考 案

パルス変調ドプラー血流計（以下パルスドプラー血流計と略）により、臨床例において心・大血管内の微小関心領域の血流計測を行い、短絡や弁閉鎖不全に起因する異常血流信号の検出による無侵襲的診断がなされつつある^{2-4,6,7)}。これらの異常血流は広帯域スペクトルパターンの信号として検出され、逆流のために生じた、乱れた流れを捕捉したものと理解されている³⁻⁵⁾。

従来の報告では、パルスドプラー血流計で同時

表示される血流計測と同一ビームによる M モード心エコー図により、血流計測部位の同定がなされてきたが、この方法による計測部位の同定は必ずしも容易ではない。すなわち、血流計測にさいしては超音波ビームと血流の方向との夾角は小さいことが望ましく、流路壁とはむしろ平行となる。他方、部位同定のために明瞭な M モード心エコー図を描記する目的のためには、超音波の良好な反射をうるため、流路壁などの心内構造物と超音波ビームとは互いに垂直方向であることが望ましい。したがって、血流計測に適するビーム方向と、M モード心エコー図に適するビーム方向とは必ずしも一致しないのが一般である。

それゆえ、本研究では血流計測に用いたビームを含む断面で、超音波心臓断層図を作成し、血流計測部位の解剖学的把握をより容易とした。

健常例での血流計測のさい, 右房流出路, 右室流出路の血流計測可能な例は 10 例中 4 例であった. 健常例では, 三尖弁口は胸骨の裏側に位置し, 胸骨が胸壁よりの超音波の進入を妨げること, また右室流出路と胸壁の間には肺が介在することが, これら血流計測を全例になしえなかった理由と考えられた. 一方, 三尖弁閉鎖不全症や肺動脈弁閉鎖不全症では右心拡大を伴い, かつ心臓が時計方向回転を示すため, 目的とする部位の血流計測は比較的容易となり, 全例で関心領域の血流計測をなしえた.

1. 右房流出路血流信号

健常例では拡張期には二峰性の血流信号が検出され, 狭帯域スペクトルパターンを呈すことより, 拡張期の右房流出血流は層流的な流れと解されたが⁵⁾, 収縮期には心筋壁由来と考えられるパワーの強い低周波数の信号を認めるものの, 有意な流速を有する血流信号は得られなかった. すなわち, 収縮期には心房は拡張し, 血液還流があると考えられるが三尖弁近傍での血流は非常に低速度か, もしくはほとんど流れていないと考えられた.

三尖弁閉鎖不全例においては収縮期に右房内で, 広帯域スペクトルパターンの血流信号が検出された. この血流信号は広帯域スペクトルパターンを呈することから乱れた流れであると考えられ, また等容性収縮期に始まり, 等容性拡張期まで続き, このような異常血流信号は健常例では認められないこと, また計測部位が右房内であることより, 三尖弁閉鎖不全による右室から右房への逆流血流によるものと考えられた.

Lorch ら³⁾は M モード心エコー図による血流計測部位同定の下に, 三尖弁閉鎖不全例において右房内で順・逆両方向性の乱流を検出したと報告しているが, 本研究で三尖弁閉鎖不全による逆流血流と考えられた異常血流信号には, 一方向性と順・逆両方向性の場合とが認められた. 弁閉鎖不全による逆流は, その主流部, 周辺部, 主流部と周辺部の境界領域など, 部位により流れの状況はそれぞれ若干異なると推察された.

すなわち, 主流部では一方向性の, もしくは二方向性であっても逆流方向の方にパワーの強い血流信号が得られ, 周辺部では渦流形成による両方向性の血流信号が検出されると解された. しかしながら, 圧較差が著しく大きい場合や, 弁尖間の間隙がきわめて狭い場合には, 逆流の主流部にも強い乱れが生じ, 両方向性の血流信号が検出されると考えられる. それゆえ, 逆流血流の流れの状況は圧較差と弁接合不全の程度の影響を受け, これら種々要因の組み合わせの結果として, 一方向性あるいは両方向性などの異なった血流信号として捕捉されるものと解される.

ところで, 流れの方向と, 超音波ビームの方向とが垂直に近い場合にも, 広帯域スペクトルパターンの信号が得られるが, 超音波ビームを種々の方向から投入しても同様の広帯域スペクトルパターンの信号が得られたこと, 心断面図上に示された超音波ビームの方向と, 予想される逆流血流の方向が垂直をなすとは考え難いことなどより, この広帯域スペクトルパターンの血流信号は, 逆流血流の乱れた流れに起因するものとするのが妥当と解せられた.

三尖弁閉鎖不全症はリウマチ性弁疾患に高頻度に合併し⁸⁾, その手術適応, 手術術式や手術成績に影響する⁹⁻¹¹⁾. それゆえ, 三尖弁閉鎖不全症の合併について, 適確な診断法の確立が目指されてきた. 現在, 本症の診断法として, 特有な身体所見¹²⁾のほか, 心カテーテル法による右房圧曲線の特徴^{13,14)}, 右室造影法^{15,16)}や指示薬希釈法^{17,18)}による逆流の証明などの侵襲的手法, 無侵襲的手法に近いコントラスト心エコー図法¹⁹⁾, そして無侵襲的手法として頸静脈波記録²⁰⁾, 超音波ドプラー法^{3,21)}などがある.

身体所見や右房圧曲線から診断可能な三尖弁閉鎖不全例はかなり重症例に限られ^{22,23)}, 右室造影法など右室に指示薬を注入する方法では, カテーテルが三尖弁口を通過していること, 注入圧が高いことから false positive の出現が問題となる²⁴⁾. 色素希釈法では左心系に弁閉鎖不全を合併してい

る場合には，三尖弁単独についての閉鎖不全の診断は困難となる^{17,18)}。また，三尖弁閉鎖不全に特異的とされる収縮期心雑音所見 (Rivero-Carvalho 徴候) は，左心系に比し右心系が低圧である故に，心雑音として聴取されるに足るほどの音を生じえない場合や，高頻度に合併する他の弁疾患に由来する心雑音が同時に存在することが多いことなどより，必ずしも三尖弁閉鎖不全例全例に明瞭に認められる訳ではない^{12,15,25)}。

このように従来の侵襲的あるいは無侵襲的手法はいずれも，軽度ないし中等度の三尖弁閉鎖不全症の診断に十分とはいえなかった。そこで最近，三尖弁閉鎖不全に起因する逆流を直接的に捕捉しようという試み，すなわち，コントラスト心エコー図法¹⁹⁾，パルスドプラー法^{3,4)}など超音波を利用した方法が登場してきた。これらの超音波を用いた方法はいずれも体外より生理的条件下で三尖弁の逆流血流を可視化することが可能であり，かつ，繰り返し施行できるという利点を有している。

三尖弁閉鎖不全の対象 7 例中，4 例には三尖弁閉鎖不全を示唆する身体所見，聴診所見はいずれも認められなかった。しかし，パルスドプラー法により，三尖弁閉鎖不全の診断を術前になし，7 例全例に心手術時に軽度ないし中等度の三尖弁逆流の存在が確認され，パルスドプラー法の有用性が示された。超音波断層法との併用から，逆流血流の捕捉範囲の検索や，乱れの程度の定量化などから，今後ある程度の重症度の診断を可能とすることも期待される。

2. 右室流出路血流信号

健常例では一峰性，ドーム型の層流的な流れと考えられる駆出血流が収縮期に検出され，拡張期には流入血流が心尖近くで翻転し，中隔沿いに心基部方向へ向う血流と考えられる，低速度の血流が検出された。

肺動脈弁閉鎖不全例では，等容性拡張期より始まり，基線の上・下に成分を有する広帯域スペクトルパターンの血流信号が検出された。この血流信号はその心時相および計測部位から，肺動脈弁

閉鎖不全に起因する逆流血流によるものと考えられた。Case 8 では右室流出路内の 2 か所で，おのおの持続時間の異なった逆流血流信号が検出され，逆流血流は中心部に高度に存在し，持続が長いことが示唆された。収縮期には健常例と同様，狭帯域スペクトルの駆出血流信号が得られたが，健常例の駆出血流とはやや異なり，ピークがやや前寄りの尖型の駆出血流パターンを呈した。この成因の 1 つとして肺動脈弁閉鎖不全例全例に合併した肺高血圧の関与が疑われるが，そのメカニズムについては今後の検討が必要である。

このようにパルスドプラー法は右心系の血流動態の計測に有用で，従来の方法では困難なこともあった三尖弁閉鎖不全症，あるいは肺動脈弁閉鎖不全症例の正確な診断法として有用と考えられた。

要 約

超音波パルス変調ドプラー血流計 (搬送周波数 2.5 MHz, パルス繰り返し周波数 5 KHz, 最小サンプルボリューム 1 mm×3 mm×3 mm) を用い，三尖弁閉鎖不全症および肺動脈弁閉鎖不全症を対象として，これらの弁閉鎖不全に起因する異常血流の検出ならびにその流れの状況について検討を加えた。血流計測部位の同定には同時表示の A モードならびに M モード心エコー図を用いた。さらに二次元的解剖学的位置の確認のため，血流計測直後に血流計測に用いた超音波ビームを含む断面での超音波心臓断層図を記録した。血流ドプラー信号の表示にはソナグラフを用いた。

対象は心手術時に確認された三尖弁閉鎖不全症例 7 例，肺動脈弁閉鎖不全症例 3 例，および対照としての健常例 10 例である。三尖弁閉鎖不全症の基礎疾患は全例リウマチ性心疾患で，僧帽弁疾患か大動脈弁疾患を合併していた。なお，三尖弁閉鎖不全例 7 例中 3 例は三尖弁領域で収縮期に三尖弁閉鎖不全を示唆する逆流性心雑音が聴取されたが，他の 4 例ではこのような心雑音は聴取されなかった。肺動脈弁閉鎖不全例では，全例に Graham Steell 雑音が聴取された。

健常例では右房流出路における拡張期の血流は探触子に向う二峰性の流れで, 拡張早期と心房収縮期にピークを示したが, 一方, 収縮期には有意の流速を有する血流信号は得られなかった. また右室流出路では収縮期に探触子から遠ざかるドーム型の駆出血流が検出された. 健常例におけるこれらの血流は, 狭帯域スペクトルパターンを呈することから, 層流的な流れと考えられた.

三尖弁閉鎖不全症例では収縮期に三尖弁の右房側で広帯域スペクトルの, 乱れた流れと考えられる異常血流信号が検出された. この血流信号は右房内で認められたこと, 等容性収縮期に始まり, 等容性拡張期まで持続したことから三尖弁逆流を捕捉したものと考えられた. この血流信号は順・逆両方向性の血流の存在を示唆する場合と, 探触子から遠ざかる一方向性の血流の存在を示唆する場合とが認められた.

肺動脈弁閉鎖不全例では拡張期に, 等容性拡張期から始まる広帯域スペクトルパターンの逆流血流信号が認められた. 1例においては逆流血流信号の持続時間が計測部位によって異なった. すなわち, 右室流出路の中央部では逆流血流信号は駆出血流の直後より始まり, 持続が長かったが, その部位よりも内側では駆出血流の直後より始まるが, 持続が短かった. このことから, この例では逆流血流は拡張早期に多く, 時間とともに減少し, 主として中心部に高度に存在することが示唆された. このようにパルスドプラー法は, 従来の方法では困難なこともあった三尖弁閉鎖不全症あるいは肺動脈弁閉鎖不全症の無侵襲的, かつ適確な診断法として有用と考えられる.

文 献

- 1) Baker DW: Pulsed ultrasonic Doppler blood-flow sensing. *IEEE Trans Sonics & Ultrasonics* (Vol. SU-17) **3**: 170-185, 1970
- 2) Johnson SL, Baker DW, Lute RA, Dodge HT: Doppler echocardiography: The localization of cardiac murmurs. *Circulation* **48**: 810-822, 1973
- 3) Lorch G, Rubenstein S, Baker D, Terryl D, Dodge H: Doppler echocardiography. Use of a graphical display system. *Circulation* **56**: 576-585, 1977
- 4) Matsuo H, Kitabatake A, Hayashi T, Asao M, Terao Y, Senda S, Hamanaka Y, Matsumoto M, Nimura Y, Abe H: Intracardiac flow dynamics with bi-directional ultrasonic pulsed Doppler technique. *Jpn Circulat J* **41**: 515-528, 1977
- 5) Matsuo H, Kitabatake A, Hayashi T, Asao M, Mishima M, Senda S, Shimazu T, Tanouchi J, Tanabe K, Inoue M, Abe H: Development of a pulsed Doppler flowmeter and its application to hydraulic model and human heart. *Jpn J Med Electr & Biol Engineering* **17**: 214-221, 1979 (in Japanese)
- 6) Baker DW, Rubenstein SA, Lorch GS: Pulsed Doppler echocardiography: Principle and applications. *Amer J Cardiol* **63**: 69-80, 1977
- 7) Kalmanson D, Veyrat C, Bouchareine F, De-groote A: Noninvasive recording of mitral valve flow velocity patterns using pulsed Doppler echocardiography. Application to diagnosis and evaluation of mitral valve disease. *Brit Heart J* **39**: 517-528, 1977
- 8) Aceves S, Carrel R: The diagnosis of tricuspid valve disease. *Amer Heart J* **34**: 114-130, 1947
- 9) 川島康生, 藤田 毅, 宮本 巍, 堀口幸夫, 内藤泰顕, 野村 望, 森 透, 堀口泰範, 岡本重一, 森護, 山本久義, 団野迪昭, 三田紀行, 永井 勲, 橋本聡一, 筆本由幸, 竹井康純, 加藤正明, 広瀬 一, 曲直部寿夫: 僧帽弁置換症例における三尖弁形成術の意義に関する研究. *日本外科学会誌* **71**: 1203-1205, 1970
- 10) 和田寿郎: 連合弁膜症の手術方針—僧帽弁膜症と大動脈弁膜症, 三尖弁閉鎖不全と僧帽弁膜症. *日胸外会誌* **20**: 237-241, 1972
- 11) Starr A, Herr RH, Wood JA: Mitral replacement. Review of six years' experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* **54**: 333-358, 1967
- 12) Sepulveda G, Lukas DS: The diagnosis of tricuspid insufficiency: Clinical features in 60 cases with associated mitral valve disease. *Circulation* **11**: 552-563, 1955
- 13) McCord MC, Blount SG Jr: The hemodynamic pattern in tricuspid valve disease. *Amer Heart J* **44**: 671-680, 1952
- 14) Hansing CE, Rowe GG: Tricuspid insufficiency: A study of hemodynamic and pathogenesis. *Circulation* **65**: 793-799, 1972
- 15) 玉木英介: 三尖弁閉鎖不全の診断に関する研究. *Jpn Circulat J* **32**: 1515-1530, 1968
- 16) Dotter CT, Lukas DS, Steinberg I: Tricuspid insufficiency: Observations based on angiocardio-

- graphy and cardiac catheterization in twelve patients. *Amer J Cardiol* **70**: 786-792, 1953
- 17) 立木 楷, 宮沢光瑞, 石川欽司, 羽根田 隆, 池田成昭, 白土邦男, 村口 至, 林 健郎, 香取 瞭: 色素稀釈法 (double injection earpiece sampling method) による三尖弁逆流の定量法について. *心臓* **4**: 1297-1306, 1972
- 18) Collins NP, Braunwald E, Morrow AG: Detection of pulmonic and tricuspid valvular regurgitation by means of indicator dilutions. *Circulation* **20**: 561-568, 1959
- 19) Lieppe W, Behar US, Scallion R, Kisslo JA: Detection of tricuspid regurgitation with two-dimensional echocardiography and peripheral vein injections. *Circulation* **57**: 128-132, 1978
- 20) 坂本二哉, 吉川純一, 井上 清, 伊藤梅乃, 林 輝美, 大久保重義, 村尾 覚: 三尖弁閉鎖不全における頸静脈波曲線の診断的意義に対する再評価. *臨床心音図* **2**: 383-396, 1972
- 21) 北畠 顕, 松尾裕英, 井上通敏, 林 亨, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 石田良雄, 森田久樹, 田内 潤, 阿部 裕: 超音波パルス・ドプラー法による右心系異常血流の検出. *日超医学会講演論文集* **33**: 53-54, 1978
- 22) Coelho E: Physiopathologic study (clinical and experimental) of the tricuspid valve. *Amer J Cardiol* **3**: 517-532, 1959
- 23) Cairns KB, Kloster FE, Bristow JD, Lees MH, Griswold HE: Problem in the hemodynamic diagnosis of tricuspid insufficiency. *Amer Heart J* **75**: 173-179, 1968
- 24) Sobel BJ, Bottex G, Emirgil C, Gissen H: Valvular insufficiency occurring during cardiac catheterization. *Amer J Cardiol* **14**: 533-536, 1964
- 25) Zeh E: Die Diagnose der Trikuspid Insuffizienz. *Arch Kreislaufforsch* **30**: 127-212, 1959