

僧帽弁閉鎖不全における弁口逆流部位の検出: Doppler 法による非侵襲的分析

Non-invasive assessment of localization and direction of mitral regurgitant flow by the combined use of ultrasonic pulsed Doppler technique and two-dimensional echocardiography

宮武 邦夫
木下 直和
岡本 光師
永田 正毅
朴 永大
榊原 博
別府慎太郎*
仁村 泰治*

Kunio MIYATAKE
Naokazu KINOSHITA
Mitsunori OKAMOTO
Seiki NAGATA
Yung-Dae PARK
Hiroshi SAKAKIBARA
Shintaro BEPPU*
Yasuharu NIMURA*

Summary

Mitral regurgitant flow was analyzed with respect to the direction in the left atrium and the localization at the mitral ostium using a combined system of the ultrasonic pulsed Doppler flowmeter and the two-dimensional echocardiography.

Subjects consisted of 40 patients with mitral regurgitation due to various etiological entities and 10 healthy subjects.

The localization and distribution of the abnormal Doppler signals indicative of the mitral regurgitant flow were displayed on the long axis two-dimensional image of the heart and the transverse section at the level of the mitral ostium.

(1) The distribution of the abnormal Doppler signals in the left atrium was interpreted to indicate the direction of the regurgitant flow. The direction of regurgitant flow in the left atrium was clearly showed in 28 of 40 patients. The regurgitant flow directed anteriorly in 4 patients with mitral valve prolapse (MVP) of the posterior leaflet, and posteriorly in 9 patients, including 5 with MVP or

国立循環器病センター病院 心臓内科

*同 研究所

吹田市藤白台 5-125 (〒565)

National Cardiovascular Center, Hospital and Research Institute*, Fujishirodai 5-125, Suita 565

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

Received for publication August 1, 1980

ruptured chordae tendineae of the anterior leaflet. In the remaining 15 patients, 13 of whom had rheumatic valvular disease, the regurgitant flow directed to the mid-portion of the left atrium or was widely distributed in the left atrium. In 27 of 28 patients, the direction of regurgitant flow determined by the present method was consistent with that by the left ventriculography.

(2) The localization of the regurgitant flow at the mitral ostium was revealed in 38 of 40 patients. The regurgitant flow localized to the medial half of the ostium in 5 patients, including 4 with MVP or ruptured chordae tendineae at the posteromedial commissure side. It was found in the lateral half of the ostium in 4 patients including 2 with MVP at the anterolateral commissure side. In the remaining 29 patients, 22 of whom had rheumatic valvular disease, the regurgitant flow was detected at the central part of the ostium or widely distributed along the coaptation line of the valve. In 31 of 34 patients who underwent mitral valve surgery, the regurgitant portion at the mitral ostium determined by the present study was identical with that estimated from the operative finding.

Key words

Mitral regurgitation Direction and localization of mitral regurgitant flow Mitral valve prolapse
Pulsed Doppler technique Two-dimensional echocardiography

はじめに

超音波パルス・ドプラー法の開発^{1,2)}とともに、各種弁膜症、先天性心疾患などにおける心臓内血流動態の変化が検索され、その臨床応用が計られつつある³⁻⁹⁾。

著者らは、先に超音波パルス・ドプラー法と断層心エコー法との組み合わせ使用により、僧帽弁閉鎖不全について検討し、左房内逆流血流を捉えることを示した¹⁰⁾。本研究では従来の知見をさらに進め、左房内における逆流方向の検出に加えて、僧帽弁における逆流部位の局在性について検索し、かつそれらと僧帽弁の病態との関連について対比検討した。

対 象

1979年3月から1980年3月までの間に検討した僧帽弁閉鎖不全ないし、僧帽弁狭窄兼閉鎖不全40例(12~65歳)を対象とした。症例中には大動脈弁や三尖弁の弁膜症を合併したものも含めた。その内訳はリウマチ性弁膜症26例、特発性僧帽弁逸脱症11例、亜急性細菌性心内膜炎2例、その他の原因(大動脈弁閉鎖不全による左室拡大が原因とされるもの)1例で、すべて左室造影により僧帽弁逆流の存在が確認されたものである。こ

れらのうち、特発性僧帽弁逸脱症の8例、亜急性細菌性心内膜炎の1例では僧帽弁腱索断裂を伴っていた。僧帽弁逸脱ないし、腱索断裂は6例で前尖、3例で後尖、3例で前後尖ともにみられた。

なお、対象40例中34例では僧帽弁置換術または僧帽弁形成術を施行した。

対照群として健常者10例についても検討を加えた。

装置および方法

方向指示型超音波パルス・ドプラー血流計(日立メディコ製EUD-4Z)と超音波心断層装置(Aloka製SSD-120)を組合せて用いた¹⁰⁾。パルス・ドプラー血流計は2.5 MHzの超音波を用い、パルス繰り返し数は4.5 KHzと6.3 KHzの二種類を用い、サンプリング・ボリウム大きさは $6 \times 6 \times 2 \text{ mm}^3$ と $6 \times 6 \times 5 \text{ mm}^3$ の二種類を用いた。以上の装置を用いて、検出部位を心断層図上で二次元的に確認、指定しつつドプラー・シグナルを記録した。

記録方法はすでに報告したものに從ったが、今回は異常ドプラー・シグナル検出部位を含む心長軸断面と僧帽弁口横断面について検討した。

心長軸断面の設定法は先に報告したとおり¹⁰⁾である。僧帽弁口横断面としては、心長軸断面での

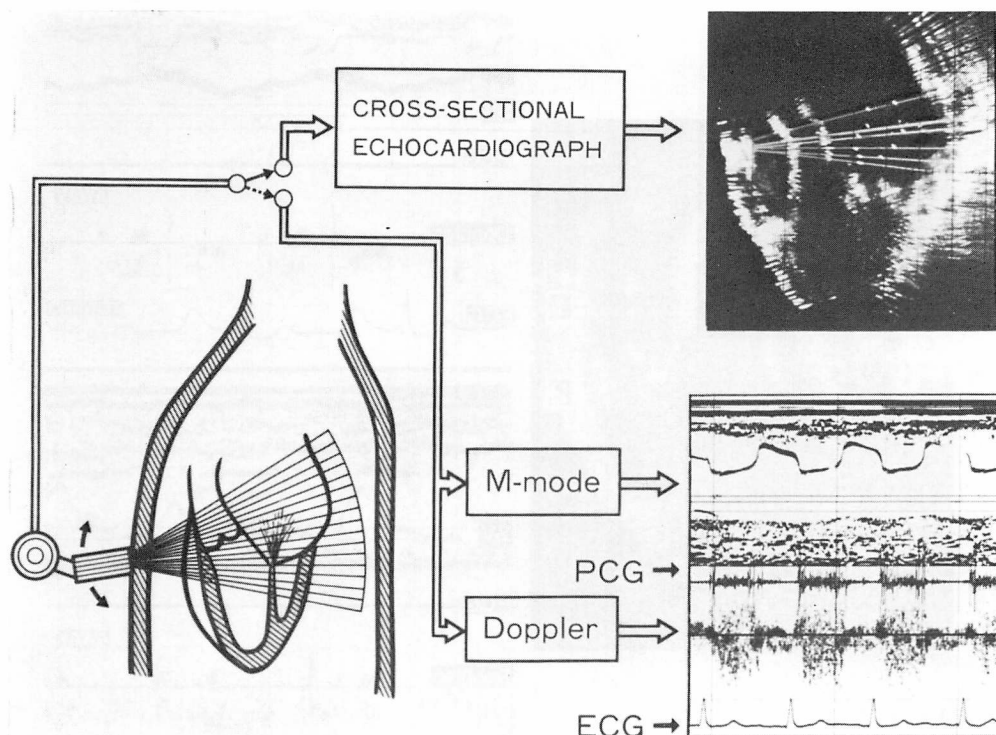


Fig. 1. Schematic diagram of the system detecting mitral regurgitation with a system for the combined use of pulsed Doppler flow-meter and two-dimensional echocardiography.

Right upper: Cross-sectional echocardiogram along the long axis of the heart. White lines indicate the beam directions for Doppler recording. The localization of abnormal Doppler signals is shown by an area encircled by white dots.

Right lower: Simultaneous recording of Doppler signals with the M-mode echocardiogram, phonocardiogram (PCG) and electrocardiogram (ECG).

僧帽弁口とほぼ直交する断面を設定した。僧帽弁逆流を示す異常シグナルは左室内では検出されず、僧帽弁口から左房内にわたって検出された。したがって、実際の作像に当たっては左房内で異常ドプラー・シグナルの検出可能なもっとも弁口寄りの断面を描いた。このさい、Mモード心エコー図をモニターしつつ、その所見を参考にした。

このようにして設定した心長軸断面、僧帽弁口横断面上で種々の方向にドプラー用超音波ビームを投入し、各ビームで異常シグナルの検出範囲を検索することにより、異常ドプラー・シグナルの存在範囲を断層面上にマッピングした。ドプラー

シグナルは実時間で周波数分析し、流れの方向と流速を時間軸にしたがって表示し、同一ビームによるMモード心エコー図、ならびに心電図、心音図をポリグラフ的に併列記録した。サンプリング・ボリュームの深さは、このMモード心エコー図上にも表示された (Fig. 1)。

結 果

1. 健 常 者

収縮期には、左房内では探触子に向う遅い血流シグナルが記録され、僧帽弁口部では、僧帽弁の動きに基づくと思われるドプラー・シグナルがわ

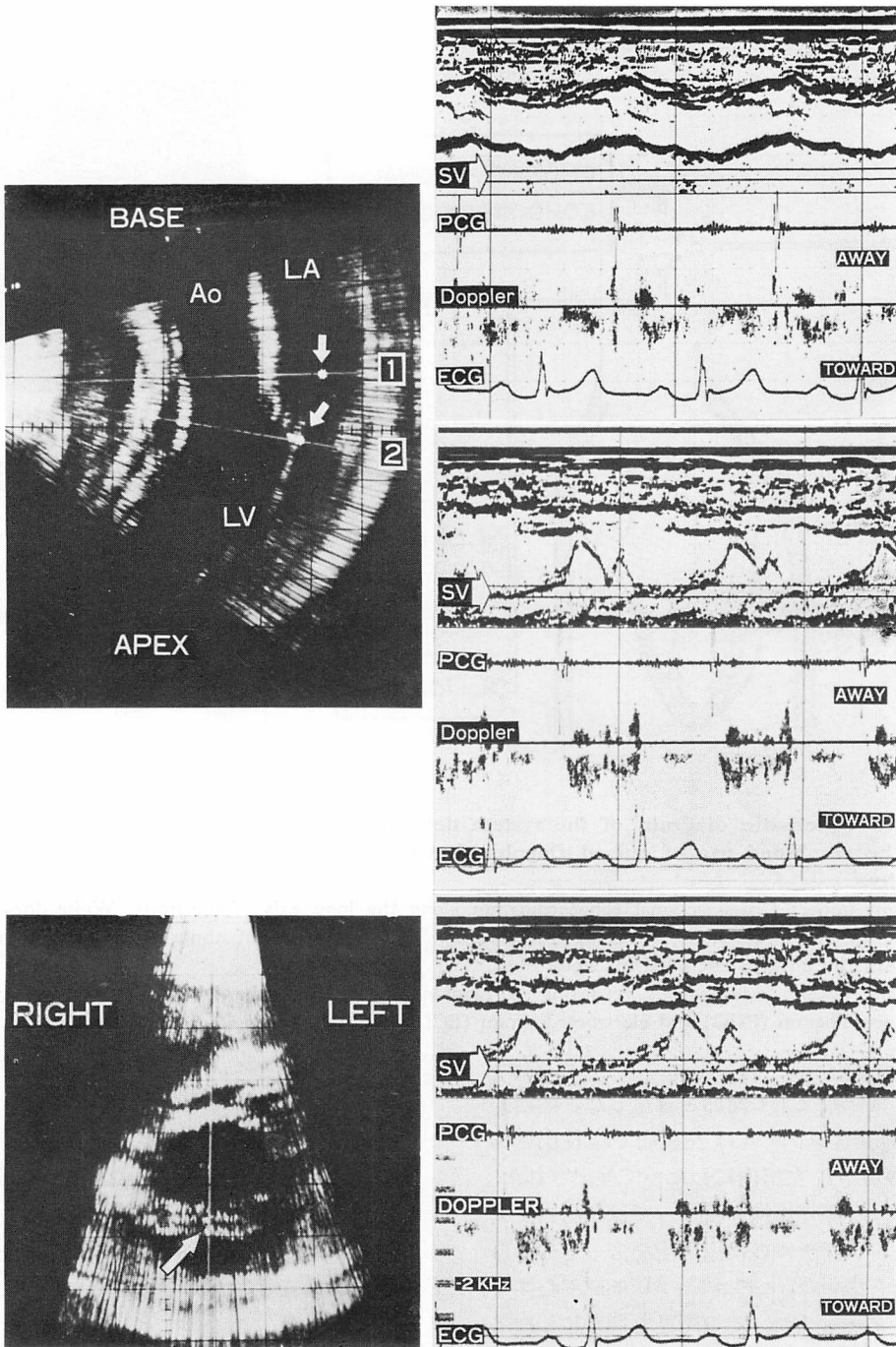


Fig. 2. Intracardiac Doppler signals in a healthy subject (M. N., a 29-year-old man).

Right upper panel shows the Doppler signals in the left atrium and right middle one at the mitral ostium. Right upper panel is recorded along line 1 and middle right panel along line 2 in the longitudinal image of the heart (left upper). Arrows in the cross-sectional image indicate the positions of the sample volume (SV) of the Doppler signal, respectively.

Right lower panel is recorded at the site indicated by the white arrow in the transverse section at the level of the mitral ostium (left lower).

AO=aorta; LA=left atrium; LV=left ventricle.

ずかに記録されるのみであった (Fig. 2). 以上の所見は前回の成績¹⁰⁾と同様であった.

2. 僧帽弁閉鎖不全例

(1) 左房内での逆流血流の方向 (心長軸断面層面での検討)

左房内にて、全収縮期性で一方向性または両方向性、かつ広周波数帯域性の異常シグナルが 40 例中 28 例 (70%) に検出された。これは逆流血流を捉えたものと考えられる¹⁰⁾。マッピング法によ

り、この逆流シグナルの左房内での存在範囲を検出すると、大別してそれは弁口部を基点として、以下の 3 つの場合があった。この拡がりは、それぞれが逆流ジェットの方法に対応するものと考えられる。

(i) 逆流シグナルが僧帽弁前尖の左房側から左房前壁にそって、左房前半部に検出されたもの (Fig. 3).

これは逆流が弁口から左房の前方に向うと考え

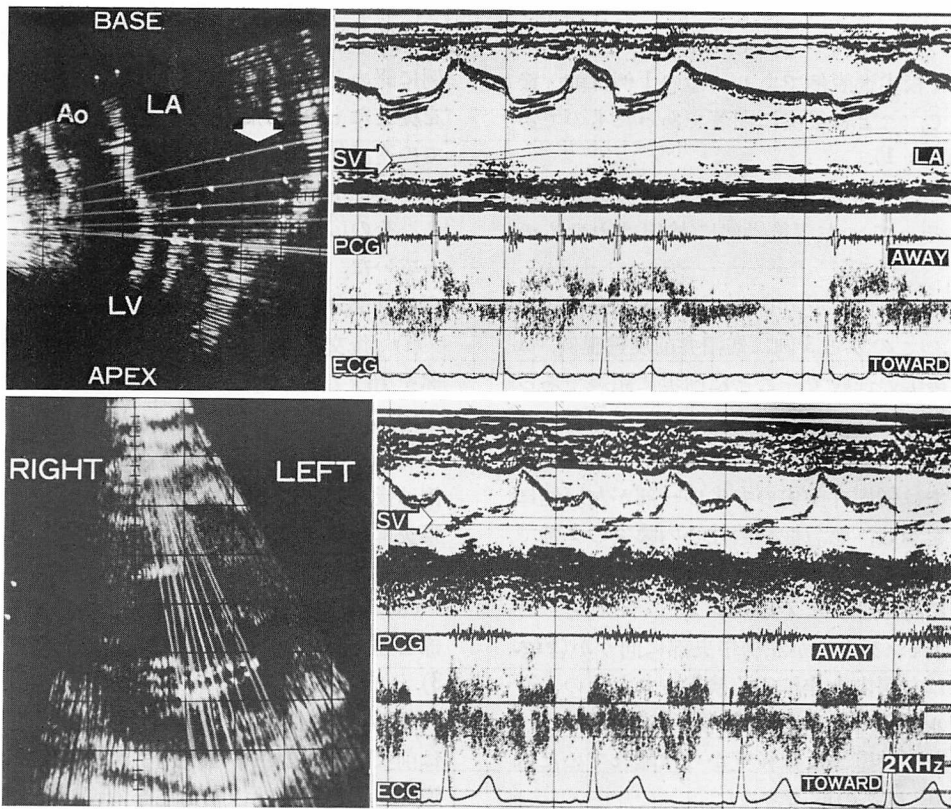


Fig. 3. Abnormal Doppler signals in a patient with ruptured chordae tendineae of the posterior mitral leaflet at the lateral side (K. Y., a 32-year-old woman).

Right upper and right lower panels represent the abnormal Doppler signals detected in the left atrium and at the mitral ostium, respectively. The distribution of the abnormal Doppler signals is shown by an area encircled by white dots in the left atrium (left upper) and at the mitral ostium (left lower), respectively. The regurgitant flow directs anteriorly along the anterior mitral leaflet and the anterior wall of the left atrium. At the mitral ostium, the regurgitant flow is localized in the lateral half of the ostium.

Abbreviations as in Fig. 2.

Table 1. Comparison of left ventriculographic and Doppler estimations of the direction of the mitral regurgitant flow in the left atrium

Angiography \ Doppler	Doppler		
	anterior	mid-portion or widely distributed	posterior
anterior	4	0	0
mid-portion or widely distributed	0	14	0
posterior	0	1	9

られるもので28例中4例にみられた。そのうち3例は僧帽弁後尖逸脱例であり、他の1例は前・後尖の逸脱で、ことに後尖に顕著であったものであった (Table 1)。

(ii) 逆流シグナルが僧帽弁後尖の左房側から左房後壁にそって、左房後半部に検出されたもの (Fig. 5)。

逆流が後方に向うとみられるもので、9例に認められた。このうち3例は僧帽弁前尖逸脱例、1例は前・後尖の逸脱で、ことに前尖に顕著であった例、3例はリウマチ性弁膜症、2例は亜急性細菌性心内膜炎であった。このうちリウマチ性弁膜症の1例では僧帽弁前尖の弁尖の一部が左房側に“ずれ”を示し、悪急性細菌性心内膜炎の1例では僧帽弁前尖の腱索断裂を有することが、それぞれ手術時に認められた (Table 1)。

(iii) 逆流シグナルが左房中央部に向うか (Fig. 4)、または左房内全体に広く検出されたもの。逆流シグナルが左房前半または後半にみられても、それぞれ左房前壁または後壁からは離れていたもの (Fig. 6) はこの群に含めた。

このような所見は15例に認められた。このうち13例はリウマチ性弁膜症で、他の2例は前尖ないし前・後尖の僧帽弁逸脱例であった (Table 1)。

(2) ドプラー法による逆流方向と左室造影法によるものとの対比

このようにして検出された長軸断層図における逆流の方向は、左室造影法で認められた逆流方向

と28例中27例においてよく対応した (Table 1)。矛盾がみられたのは僧帽弁前尖の腱索断裂の1例で、逆流はドプラー法では左房中央部に、左室造影法では左房後方に向っていた。この症例ではMモード心エコー図にて、断裂した腱索が収縮期に左房中央に反転し、かつ、微細に振動しているのが認められた。

(3) 僧帽弁口における逆流部位の局在 (僧帽弁口横断面における検討)

僧帽弁口横断面においては僧帽弁前・後尖の接合線にそった場所で、両方向性で、かつ広周波数帯域性の強大な収縮期異常シグナルが40例中38例に認められた。これは弁口部における逆流血流を捉えたものと考えられ、その検出領域は弁口部での逆流部位を示すものとみられる。検出領域はストリット状に拡がるかあるいは小範囲に限局し、その広さや弁口部での局在は症例により異なっていた。僧帽弁口での逆流シグナルは、大略つぎの3部分に局在していた。

(i) 後交連部から弁口中央にかけて (弁口中央部を超えない) 逆流シグナルが認められたもの (Fig. 7)。

これは38例中5例で認められた。このうち3例は後交連側の僧帽弁逸脱例、1例は亜急性心内膜炎による後交連部の腱索断裂例、1例はリウマチ性弁膜症であった (Table 2)。

(ii) 前交連部から弁口中央にかけて (弁口中央部を超えない) 逆流シグナルを認めたもの (Fig. 3)。

これは38例中4例でみられた。このうち2例は前交連側の僧帽弁逸脱例、1例はリウマチ性弁膜症、1例は亜急性細菌性心内膜炎であった。

(iii) 弁口中央部または、僧帽弁エコーにそって、広範囲に逆流シグナルが認められたもの (Fig. 4)。

この型を示すものがもっとも多く、29例で認められた。このうち22例はリウマチ性弁膜症で、他は僧帽弁逸脱6例、その他の原因によるもの1例であった (Table 2)。

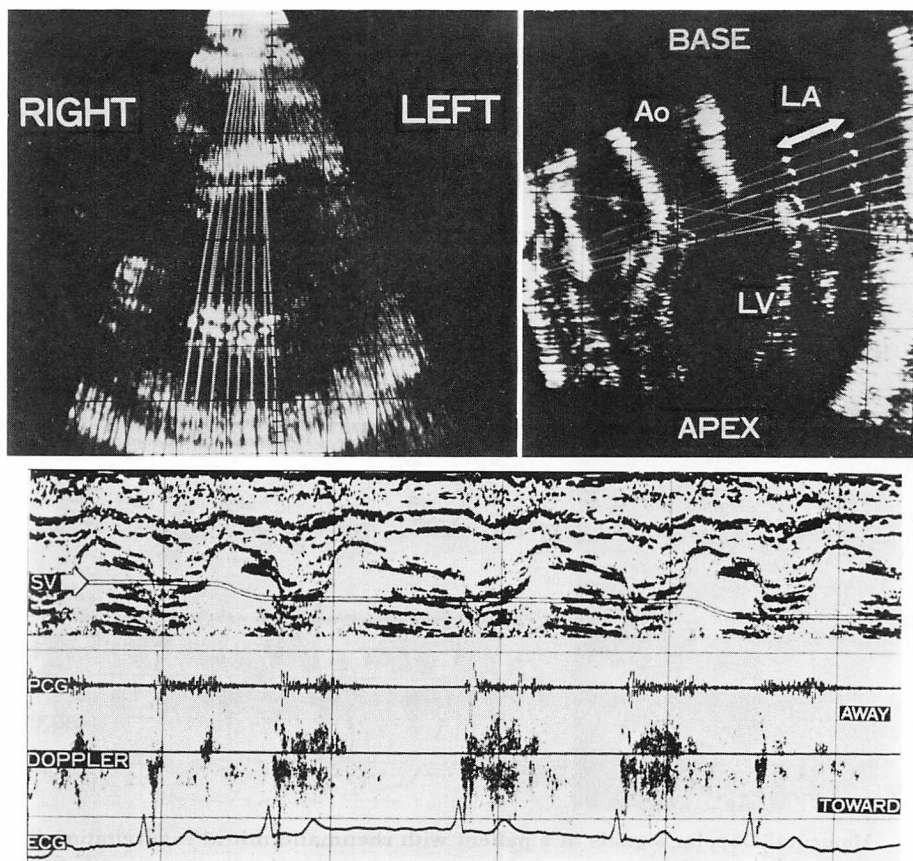


Fig. 4. Abnormal Doppler signals in a patient with rheumatic mitral regurgitation (Y. K., a 44-year-old woman).

Right upper: The longitudinal section of the heart. The abnormal Doppler signals are found in the mid-portion of the left atrial cavity extending from the mitral ostium.

Left upper: The transverse section at the level of the mitral ostium. The abnormal Doppler signals are found in the area, slit-like in shape, at the central part of the ostium. The bottom, the abnormal Doppler signals recorded at the mitral ostium.

Abbreviations as in Fig. 2.

(4) ドプラー法により推定された弁口での逆流部位と手術所見との対比

左室造影法では弁口での逆流部位の局在性および広がり詳細には知りえなかった。そこで今回は、手術中に弁変化から推定された逆流部位とドプラー所見とを対比検討した。34例中31例においてドプラー所見と手術時所見はおおむね一致した。また、ドプラー法で弁口中央部に小範囲の逆

流部位を認めた症例 (Fig. 6) が僧帽弁口中央部に逆流を認めた29例中6例存在したが、これらは全例、両交連側で前・後尖が癒着し、弁口中央部にわずかな開口部を残す僧帽弁狭窄兼閉鎖不全例であった。

両法の所見が一致しなかったのは、リウマチ性弁膜症の1例および僧帽弁逸脱症の2例であった。このリウマチ性弁膜症例では、ドプラー法で

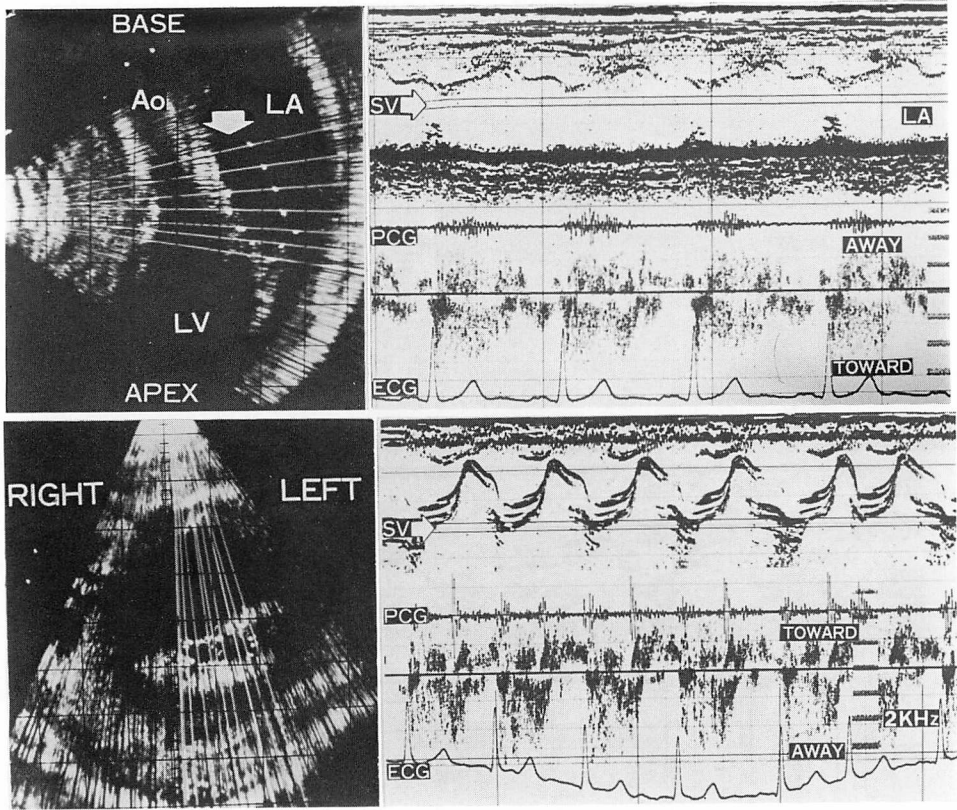


Fig. 5. Abnormal Doppler signals in a patient with rheumatic mitral regurgitation (M. O., a 29-year-old woman).

Right upper and right lower panels represent the abnormal Doppler signals detected in the left atrial cavity and at the mitral ostium, respectively. The abnormal Doppler signals are distributed from the mitral ostium to the posterior half of the left atrial cavity along the posterior wall of the left atrium (left upper). At the mitral ostium, it is localized to the central part of the ostium (the left lower).

Abbreviations as in Fig. 2.

は弁口中央から前交連部にかけて逆流シグナルが検出されていた。手術所見では両交連部は癒着しており、前交連側よりの逆流は起こりえないと考えられた。また僧帽弁逸脱例の2例では、いずれもドプラー法では弁口中央部に逆流シグナルが検出されたが、手術所見では後交連側の僧帽弁逸脱であった (Table 2)。

考 案

リアム・タイム断層心エコー図法の進歩とともに

に、僧帽弁膜疾患における弁の形態ならびに動態の変化に関して、多くの知見が集積され、その結果は広く臨床応用されている¹¹⁾。しかし、弁閉鎖不全に関しては、心エコー図法ではその直接的検出は困難で、主として間接的所見¹²⁾にとどまる。弁閉鎖不全を診断するには、むしろ逆流血流を捉えることが重要であり、これを非観血的に行うには超音波パルス・ドプラー法の応用¹³⁾がもっとも期待される。

著者らは、先に超音波断層法と超音波パルス・

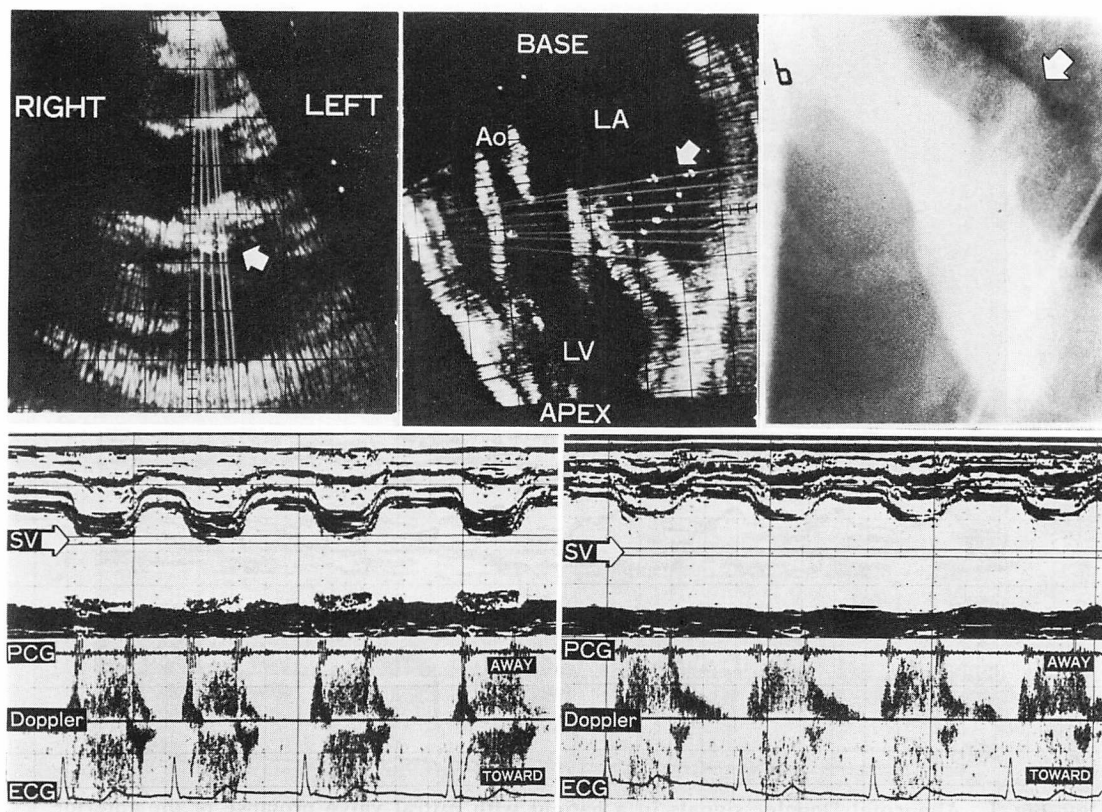


Fig. 6. Abnormal Doppler signals in a patient with rheumatic mitral stenosis-insufficiency (K. H., a 53-year-old woman).

Middle upper: The longitudinal section of the heart showing the distribution of the abnormal Doppler signals directing posteriorly from the mitral ostium. In this patient, however, the abnormal Doppler signals are not detected along the posterior wall of the left atrium.

Right upper: Left lateral view of the left ventriculogram. The direction of the regurgitant flow detected by the Doppler method is fairly consistent with that by left ventriculography.

Left upper: Transverse section at the level of the mitral ostium. The abnormal Doppler signals are found in the area, small circular in shape, at the central part of the ostium.

Lower right and lower left panels represent the abnormal Doppler signals detected in the left atrial cavity and at the mitral ostium, respectively.

Abbreviations as in Fig. 2.

ドプラー法との複合システムを用いて、僧帽弁閉鎖不全の検討を行い、心長軸断面にて僧帽弁口から左房内にわたって、逆流血流と考えられる全収縮期性の異常血流シグナルを記録した。さらに、左房内における異常シグナルの存在範囲を断層図上にマッピングすることにより、左房内における逆流血流の検出範囲、ひいては弁口より左房内へ

の逆流方向を非観血的に記録しうることを報告した¹⁰⁾。

今回の研究では、左房内における逆流方向とともに、僧帽弁口横断面における逆流血流の局在性の検出を試み¹⁴⁾、かつ、それらと弁変化との対応について検討した。

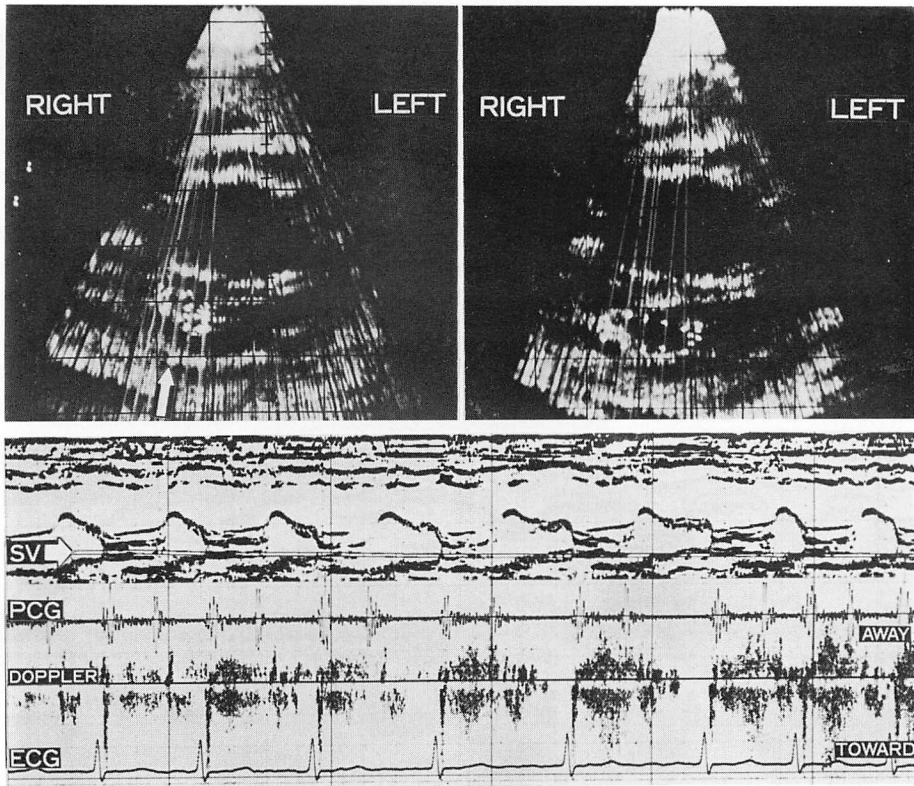


Fig. 7. Abnormal Doppler signals in a patient with mitral valve prolapse of the anterior mitral leaflet at the medial side (S. M., a 54-year-old woman).

Left upper: Transverse section at the level of the mitral ostium. The abnormal Doppler signals are found in the medial half of the ostium.

Right upper: Transverse section slightly superior to the ostium. In this section, the distribution of abnormal Doppler signal becomes wide and shifts posteriorly as compared with that at the mitral ostium level (the left upper). This suggests that the regurgitant flow directs posteriorly.

Bottom: The abnormal Doppler signals at the mitral ostium being recorded in the beam direction indicated by an arrow in the left upper panel.

Abbreviations as in Fig. 2.

(1) 左房内における逆流方向の検討

左房内での逆流血流の検出率は前回の報告¹⁰⁾では低かったが、今回の検討では 70% と高くなった。これのおもな原因は、左房内での十分な検索と far gain の調節など検出技術の向上によるものと考えられた。

逆流血流は左房の前方に向うもの、後方に向うもの、中央部に向うか、ないしは左房全体に広がるものなどがあつた。今回の研究で、“逆流血流

が前方に向う”としたものは、単に逆流シグナルが左房前半に記録されるのみでなく、左房前壁にそつて検出されることを条件とした。このような条件下では、逆流血流が左房前方に向うものはすべて僧帽弁後尖の逸脱例であつた。一方、左房後方に向うものの大部分は僧帽弁前尖の逸脱、もしくはリウマチ性弁膜症で、前尖の一部が左房側へ“ずれ”を示した症例であつた。逆流が左房中央部に向うものにはリウマチ性弁膜症が多かつた。

Table 2. Comparison of surgical and Doppler estimations of the localization of the mitral regurgitant flow at the mitral ostium

Surgery	Doppler		
	postero-medial	central or wide	antero-lateral
postero-medial	5	2	0
central or wide	0	24	1
antero-lateral	0	0	2

このように、僧帽弁前尖や後尖の逸脱や接合部の“ずれ”によって生じた僧帽弁閉鎖不全については、それが前尖、後尖のいずれの変化に基因するかによって、左房内への逆流方向が異なり、その逆流方向から障害弁尖を判定しうる可能性が認められた。

ドプラー法による逆流方向は左室造影法での所見とおおむね一致し、本法の妥当性が示された。僧帽弁前尖腱索断裂の1例では両方法による逆流方向が一致しなかったが、この例では左房中央部に反転した断裂腱索の振動がドプラー法で記録され、それを逆流シグナルと誤認した可能性がある。このことはドプラー法による逆流血流の検索にさいし、注意すべき点と考えられる。

(2) 僧帽弁口における逆流部位の検討

逆流シグナルは症例により弁口の前交連寄り、中央部、後交連寄りなどに局在して認められた。このさい、僧帽弁逸脱例ではドプラー法で推定された逆流部位は手術時に確認した弁変化部位とよく一致し、今回の方法により、僧帽弁口での逆流部位の局在についても、非観血的に推定することが可能であった。

ドプラー法による逆流の局在部位と手術時の弁変化部位が一致しなかったものは3例であった。この原因は明確ではないが、1つの可能性として、今回用いた僧帽弁口横断面の設定法では、実際の僧帽弁口全体を描出しえなかったことも考えられる。この問題も、今後リアル・タイム断層心エコー図とパルス・ドプラー血流計の複合装置の使用により僧帽弁口部を広く探索しつつ、ドプラー信

号を記録することにより改善されうるものと考えられる。

今回の検討では、ドプラー血流計のサンプル・ボリュームが $6 \times 6 \times 2 \text{ mm}^3$ と大きく、また呼吸によるサンプル部位の変動も考慮されるため、弁口での逆流部位の広さや、それと逆流程度との関係などについては検討しえなかった。しかし、僧帽弁口部での逆流部位は左室造影法によっても必ずしも明瞭に示しえない場合があり、今回の成績は僧帽弁口での逆流部位や弁の病態を把握する上で、従来にない新しい知見を提供するものと考えられる。ことに、近来、発展しつつある僧帽弁形成術の術前検査ないし、術後評価法として重要な情報を提供しうると考えられる。

要 約

超音波パルス・ドプラー法と心断層法とを組み合わせ用いて、僧帽弁閉鎖不全の左房内逆流方向と僧帽弁口での逆流部位を検討した。

対象は種々の原因による僧帽弁閉鎖不全40例と10例の健常者であった。

逆流血流を示す異常ドプラー・シグナルの局在や分布は、長軸断層面および僧帽弁口での横断層面上に表示された。

1) 左房内での異常ドプラー・シグナルの分布は逆流血流の方向を示すものと考えられた。この逆流血流方向は40例中28例で明瞭に記録された。逆流血流の方向は、4例の後尖の僧帽弁逸脱症で前方に向った。5例の前尖の僧帽弁逸脱や腱索断裂を含む9例では後方に向った。13例のリウマチ性弁膜症を含む15例では逆流血流は左房中央部に向うかまたはひろく広がっていた。

28例中27例では、ドプラー法による逆流血流方向は左室造影法によるものと一致した。

2) 僧帽弁口における逆流の局在は40例中38例でみられた。4例の後交連側の僧帽弁逸脱なし腱索断裂例を含む5例において、逆流血流の局在は弁口の内半部に認められた。2例の前交連側の僧帽弁逸脱例を含む4例において、逆流血流は

宮武, 木下, 岡本, ほか

弁口外半部に認められた。

残りの22例のリウマチ性弁膜症を含む29例では、逆流血流は弁口中央部ないしは弁接合線によって広い範囲に認められた。

僧帽弁手術を受けた34例中31例で、ドプラー法によって検出した弁口逆流部位は、術中所見によるものと一致した。

本研究は、一部昭和54年度文部省科学研究費試験(2)487094 および昭和54年度厚生省厚生科学研究費補助金によったことを付記する。

文 献

- 1) Baker DW: Pulsed ultrasonic Doppler blood flow sensing. *IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonic* (Vol. SU-17) **3**: 170-185, 1970
- 2) Peronneau P, Xhaard M, Nowicki A, Pellet M, Delouche PH, Hinglais J: Pulsed Doppler Ultrasonic flowmeter and flow patterns analysis. *in Blood Flow Measurements*. Roberts C ed, Sector Publishing Ltd, London, 1972, p 24-28
- 3) Johnson SL, Baker DW, Lute RA, Dodge HT: Doppler echocardiography: The Localization of cardiac murmurs. *Circulation* **48**: 810-822, 1973
- 4) Lorch GS, Rubenstein SA, Baker DW, Dooley T, Dodge H: Doppler echocardiography. Use of a graphical display system. *Circulation* **56**: 576-585, 1977
- 5) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG: Differentiation of ventricular septal defects from mitral regurgitation by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **56**: 14-18, 1977
- 6) Kalmanson D, Veyrat C, Bouchareine F, Degroote A: Non-invasive recording of mitral valve flow velocity patterns using pulsed Doppler echocardiography. Application to diagnosis and evaluation of mitral valve disease. *Br Heart J* **39**: 517-528, 1977
- 7) Ward JM, Baker DW, Rubentein SA, Johnson SL: Detection of aortic insufficiency by pulsed Doppler echocardiography. *J Clin Ultrasound* **5**: 5, 1977
- 8) Johnson SL: Pulsed-Doppler echocardiography: Localization of murmurs and spectrum of clinical applications. *in Advances in Heart Disease*. Mason DT ed, Grune & Stratton, New York, 1977, p 389-418
- 9) Abbasi AS, Allen MW, DeCristo faro D, Ungar I: Detection and estimation of the degree of mitral regurgitation by range gated pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **61**: 143-147, 1980
- 10) 宮武邦夫, 木下直和, 永田正毅, 榊原 博, 仁村泰治: 僧帽弁閉鎖不全症における逆流の超音波パルス・ドプラー法・断層法併用による検討. *J Cardiology* **9**: 241-249, 1979
- 11) *Echocardiography*. Feigenbaum H, ed. Henry Kimpton Publishers, London, 1976
- 12) Wann LS, Feigenbaum H, Weyman AE, Dillon JC: Cross-sectional echocardiographic detection of rheumatic mitral regurgitation. *Am J Cardiol* **41**: 1258-1263, 1978
- 13) Nimura Y, Matsuo H, Kitabatake A, Hayashi T, Asao M, Terao Y, Senda S, Sakakibara H, Abe H: Studies on the intracardiac blood flow with a combined use of the ultrasonic pulsed Doppler technique and two-dimensional echocardiography from a transcutaneous approach. *In Ultrasound in Medicine*. White D, Brown RE, ed, Plenum Publishing Co., New York, 1977, p 1279-1289
- 14) Miyatake K, Sakakibara H, Kinoshita N, Nagata S, Beppu S, Nimura Y: Noninvasive recognition of localization and direction of mitral regurgitant flow with a combined use of cross-sectional echocardiography and pulsed Doppler technique. *Circulation* **60** (Suppl II): 154, 1979