

僧帽弁逸脱に基因する僧帽  
弁逆流の時相分析：心音図  
および超音波ドップラー法  
による検討

Time analysis of mitral  
regurgitation in patients  
with mitral valve pro-  
lapse: A study by pho-  
nocardiography and  
Doppler techniques

赤阪 隆史  
吉川 純一  
吉田 清  
赤土 正洋  
城 泰子  
奥町富久丸  
小泉 克己  
白鳥 健一  
高尾 精一  
深谷 隆  
加藤 洋

Takashi AKASAKA  
Junichi YOSHIKAWA  
Kiyoshi YOSHIDA  
Masahiro SHAKUDO  
Yasuko JYO  
Fukumaru OKUMACHI  
Katsumi KOIZUMI  
Kenichi SHIRATORI  
Seiichi TAKAO  
Takashi FUKAYA  
Hiroshi KATO

**Summary**

To assess the timing and duration of mitral regurgitation (MR) in patients with mitral valve prolapse (MVP), 20 subjects with mid-systolic click(s) and/or a late systolic murmur were studied using phonocardiography, two-dimensional echocardiography (2DE) and Doppler techniques including pulsed Doppler (PD), high pulse repetition frequency Doppler (HPRF), continuous wave Doppler (CW) and M-mode color Doppler (MD) methods and two-dimensional Doppler color flow mapping (2DD). The results were compared with those of 16 patients with a pansystolic murmur having late systolic accentuation.

MVP with MR was observed in 15 of the 20 patients with mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur and in all of the 16 patients with a pansystolic murmur. Using MD, MR signals were seen throughout systole and isovolumic relaxation period in all but one of these patients, and they were not related to the patterns of the systolic murmur. In only one, an MR signal was recorded just after the click. Five patients with a mid-systolic click lacked the findings of MVP, but two of them had MR signal only in early systole.

Using PD and HPRF techniques, the timing and duration of MR signals in patients with mid-sys-

神戸市立中央市民病院循環器センター 内科  
神戸市中央区港島中町 4-6 (〒650)

Department of Cardiology, Kobe General Hospital,  
Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650

Received for publication April 22, 1987; accepted June 2, 1987 (Ref. No. 34-13)

toxic clicks and/or a late systolic murmur were varied by changing the sites of the sample volume. Similarly, the timing and duration of MR signals in these patient were dependent on the ultrasonic beam direction by the CW method. In most patients with a pansystolic murmur having late systolic accentuation, however, MR signals throughout systole and the isovolumic relaxation period were demonstrated by each Doppler method. Therefore, PD, HPRF, and CW were not so efficiently sensitive or adequate techniques for investigating the timing and duration of MR, especially in patients with mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur, who had mild or eccentric MR jets.

In conclusion, 1) MR in MVP involves the entire systole and isovolumic relaxation period, 2) PD, HPRF and CW methods are not adequate for detecting mild or eccentric MR jets in patients with mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur, and 3) MD is useful for the time analysis of MR in these patients.

#### Key words

Mitral valve prolapse      Mitral regurgitation      Mid-systolic clicks      Late systolic murmur      M-mode color Doppler echocardiography

### はじめに

僧帽弁逸脱 (mitral valve prolapse: MVP) には高頻度に僧帽弁逆流 (mitral regurgitation: MR) が認められる<sup>1-4)</sup>。起音波パルス・ドップラー法や連続波ドップラー法を用いた研究によれば, MVP にとまう MR の多くは, 収縮中期から後期にみられ<sup>5-7)</sup>, MVP にみられる心雑音の時相と, ドップラー法によって得られる MR シグナルの時相はよく一致するとされている<sup>7,8)</sup>。

近年開発された断層カラードップラー装置に常備されている M モードカラードップラー法は, 従来の FFT 方式によるパルス・ドップラー法よりも演算による時間遅れが少なく<sup>9,10)</sup>, 血流の時相分析には優れた方法である<sup>10,11)</sup>と考えられる。

我々はその利点を利用し, M モードカラードップラー法を中心に, MVP に伴う MR の時相分析を行い, 心音図所見やパルス・ドップラー所見, 連続波ドップラー所見と比較検討したので, その結果を報告する。

### 対象と方法

対象は聴診および心音図上, 収縮中期クリック, 収縮後期雑音のどちらか一方, または両方を有する 20 例 (I 群) で, その内訳は男性 7 例, 女性

13 例, 年齢は 16 歳から 73 歳 (平均 41 歳) である。

全例に, 心音図, 断層心エコー図, パルス・ドップラー法, 連続波ドップラー法, high pulse repetition frequency Doppler (HPRF) 法, M モードカラードップラー法, 断層カラードップラー法を施行し, MVP の有無および MR の有無およびその時相を検討した。

また, 収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音を有する 16 例 (男性 11 例, 女性 5 例, 15 歳から 72 歳, 平均 42 歳) を対照群 (II 群) として同様の検査を施行し, その結果を I 群と比較した。

心音図はフクダ電子製ポリグラフ MCM 8000 とミンゴグラフ 804 を使い, 紙送り速度 100 mm/秒で記録した。使用した超音波装置は東芝製 SSH 65A で, 2.5 MHz の探触子を使用した。パルス・ドップラー法は, パルス繰り返し周波数を 4 KHz とし, サンプル幅を 2 mm として施行した。断層カラードップラー法, M モードカラードップラー法, パルス・ドップラー法, 連続波ドップラー法とも low cut filter を使用し, cut-off 周波数を 400 Hz (パルス・ドップラー法) と 1600 Hz (連続波ドップラー法) として記録した。また, 連続波ドップラー法, HPRF 法は, アロカ製 SSD 730 と併用して記録した。

MVP は従来の報告<sup>12-16)</sup>に順じて, 断層心エコー

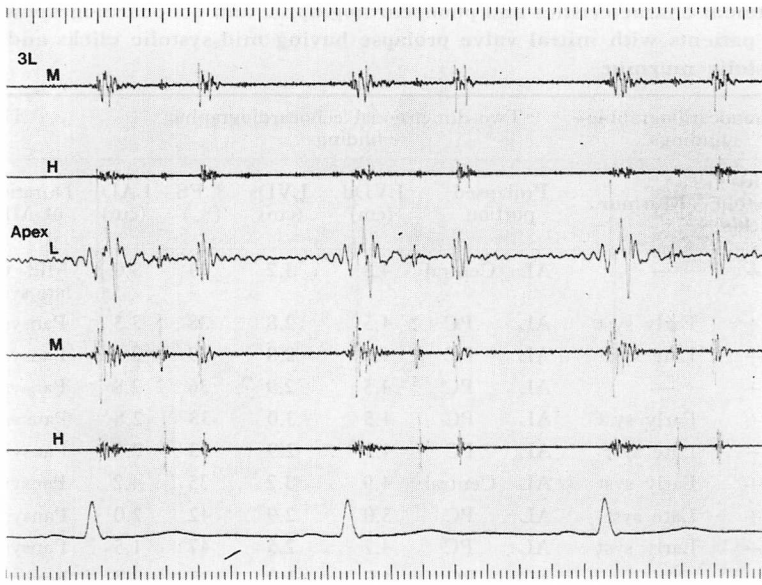


Fig. 1. Phonocardiogram obtained from a patient with a mid-systolic click. A mid-systolic click and no significant systolic murmur are recorded in this case.

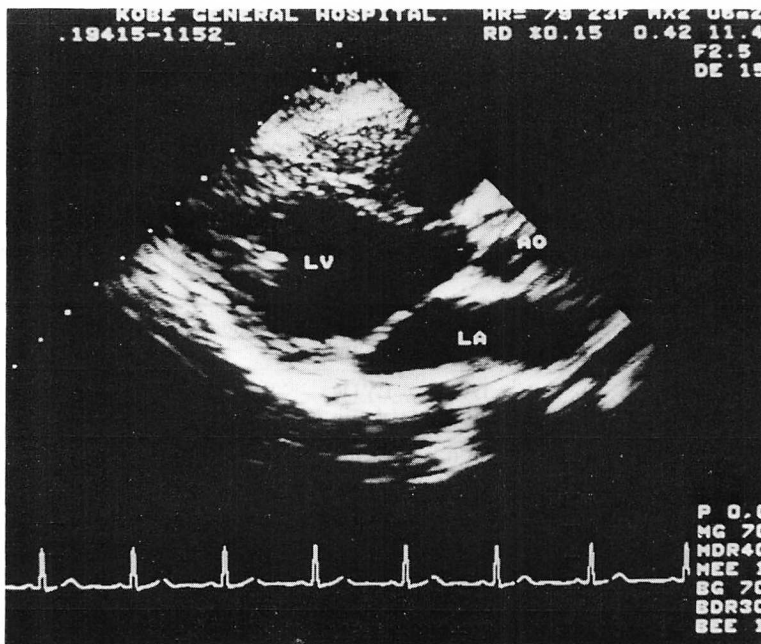


Fig. 2. Two-dimensional echocardiogram recorded from the same patient as in Fig. 1. Prolapse of the anterior mitral leaflet is seen.

**Table 1. Clinical characteristics and phonocardiographic and echocardiographic findings in patients with mitral valve prolapse having mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur**

Case	Age	Sex	Phonocardiographic findings		Two-dimensional echocardiographic findings					Doppler echo findings		
			Mid-systolic click(s)	Murmur	Prolapsed portion	LVDd (cm)	LVDs (cm)	%FS (%)	LAD (cm)	Duration of MR	Semi-quantification of MR	
1	35	M	+	—	AL	Central	4.8	3.2	33	3.0	Mid- to late syst	Mild
2	66	M	+	Early syst	AL	PC	4.5	2.8	38	3.5	Pansyst	Trivial
3	57	F	+	Late syst	AL	PC	4.6	2.8	39	2.2	Pansyst	Mild
4	25	F	+	—	AL	PC	4.5	2.9	36	2.8	Pansyst	Mild
5	54	F	+	Early syst	AL	PC	4.5	3.0	33	2.8	Pansyst	Mild
6	22	F	+	Late syst	AL	PC	4.3	2.9	33	2.5	Pansyst	Trivial
7	64	M	+	Early syst	AL	Central	4.9	3.2	35	4.2	Pansyst	Mild
8	27	M	+	Late syst	AL	PC	5.0	2.9	42	2.0	Pansyst	Trivial
9	46	F	+	Early syst	AL	PC	4.7	2.5	47	1.5	Pansyst	Mild
10	22	M	+	—	AL	PC	4.6	3.0	35	2.7	Pansyst	Mild
11	56	F	+	Late syst	AL	PC	4.0	2.5	38	3.0	Pansyst	Mild
12	45	F	+	—	AL	PC	4.7	2.5	49	3.0	Pansyst	Mild
13	34	F	+	Early syst	AL	PC	4.9	3.4	31	2.7	Pansyst	Mild
14	73	M	+	—	AL	PC	5.0	3.0	40	2.7	Pansyst	Mild
15	21	M	—	Late syst	AL	PC	4.5	3.0	33	2.9	Pansyst	Trivial
43±17							4.6±0.3	2.9±0.3	37±5	2.8±0.6		

LVDd=left ventricular end-diastolic dimension; LVDs=left ventricular end-systolic dimension; %FS=percent fractional shortening; LAD=left atrial dimension; MR=mitral regurgitation; M=male; F=female; syst=systole; AL=anterior leaflet; Central=central portion; PC=posteromedial commissure site; Pansyst=pansystole.

**Table 2. Clinical characteristics and phonocardiographic and echocardiographic findings in patients without mitral valve prolapse having mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur**

Case	Age	Sex	Phonocardiographic findings		Two-dimensional echocardiographic findings				Doppler echo findings	
			Mid-systolic click(s)	Murmur	LVDd (cm)	LVDs (cm)	%FS (%)	LAD (cm)	Duration of MR	Semi-quantification of MR
1	27	F	+	—	4.0	2.6	35	1.8	Early syst	Trivial
2	16	F	+	—	4.5	2.9	36	2.1	—	—
3	16	F	+	—	4.2	2.6	38	2.0	—	—
4	69	F	+	—	3.7	2.5	32	2.5	—	—
5	43	F	+	—	4.6	3.0	35	2.7	Early syst	Trivial
34±20					4.2±0.8	2.7±0.2	35±2	2.2±0.3		

LVDd=left ventricular end-diastolic dimension; LVDs=left ventricular end-systolic dimension; %FS=percent fractional shortening; LAD=left atrial dimension; MR=mitral regurgitation; F=female; syst=systole.

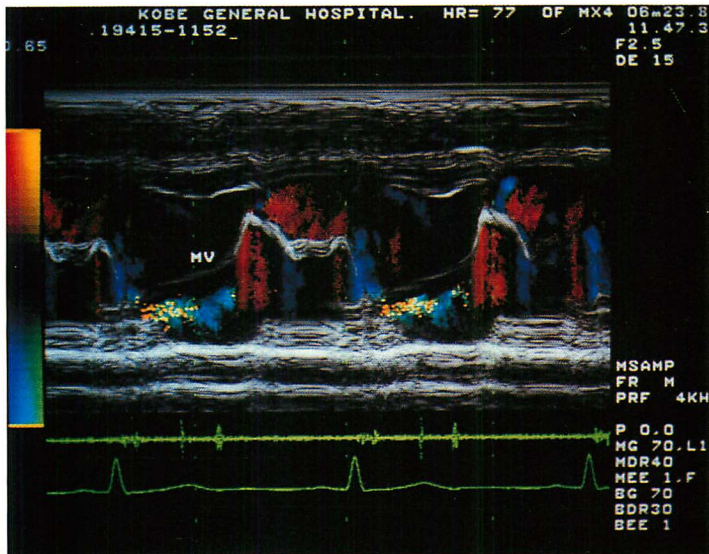


Fig. 3. M-mode color Doppler recording in the same patient as in Figs. 1 and 2. Mitral regurgitant signal is seen throughout systole and the isovolumic relaxation period. MV=mitral valve.

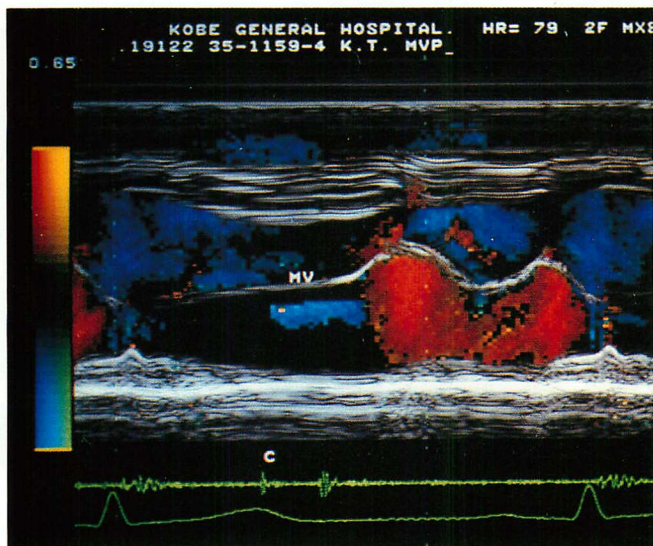


Fig. 4. M-mode color Doppler echocardiogram recorded from a patient with mitral valve prolapse and having a mid-systolic click. Mitral regurgitant signal is seen immediately after the mid-systolic click. C=mid-systolic click; MV=mitral valve.



一図所見から診断した。すなわち、傍胸骨長軸断面、心尖部長軸断面、心尖部四腔断面のいずれかにおいて、収縮期に僧帽弁が僧帽弁輪線を超えて左房内に膨隆する所見をもって MVP とした。また、僧帽弁輪線の同定には吉川ら<sup>12,13,17)</sup>の基準を用いた。さらに、逸脱部位の同定には、僧帽弁レベルの左室短軸断面も参考にした。

MR の重症度は、左房を 3 等分し、逆流シグナルの左房内への到達度により、軽症、中等症、重症とした。また、軽症 MR のうち、逆流シグナルが、弁近傍の左房側にのみ限局する場合を微小 (trivial) とした。

統計学的な有意差は t 検定を用いて求め、危

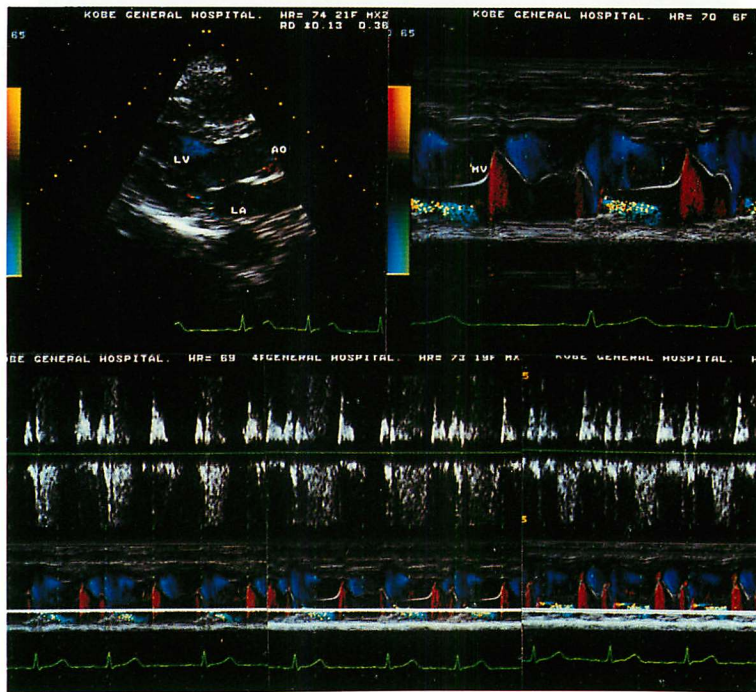
険率 5% 未満をもって有意と判定した。

## 結 果

1. 収縮期クリック、収縮後期雑音の一方または両方を有する例についての検討

1. MVP の有無

**Figs. 1, 2** は MVP を認めた症例 (症例 4) の心音図と断層心エコー図である。本例では収縮中期にクリックを認めるが、明らかな収縮期雑音はみられなかった。断層心エコー図では僧帽弁前尖が後交連側で軽く逸脱していた。このように、今回の対象 20 例 (I 群) のうち、15 例に断層心エコー図上 MVP を認めた (Ia 群)。これらの症例の心



**Fig. 5. Two-dimensional Doppler color flow imaging (left upper panel), M-mode color Doppler echocardiogram (right upper panel) and pulsed Doppler recordings (lower three panels) of a patient with mitral valve prolapse.**

Mitral regurgitant signal is recorded throughout systole and the isovolumic relaxation period when M-mode color Doppler echocardiography is used. Using pulsed Doppler echocardiography, however, the timing of mitral regurgitant signal varies from early systole (left lower) to mid- (middle lower) and late systole (right lower) by changing the sites of the sample volume.

音図所見は、Table 1 に示すごとく、収縮中期クリックを認めたもの 14 例、収縮早期雑音を認めたもの 5 例、収縮後期雑音を認めたもの 5 例であった。MVP の部位は全例とも前尖で、中央部が 2 例、残り 13 例はいずれも後交連側であった (Table 1)。

MVP を認めなかった 5 例 (Ib 群) は、いずれも有意な収縮期雑音を認めず、収縮中期クリックのみの症例であった (Table 2)。

左室拡張末期径 (LVDd) や左室収縮末期径 (LVDs)、左室収縮率 (%FS) の平均値は、Ib 群に比し Ia 群で大きかったが、統計学的な有意差はなかった。しかし、左房径 (LAD) は、Ib 群に比し Ia 群で有意に大であった ( $p < 0.02$ )。

## 2. MR の有無とその時相

断層心エコー図にて MVP を認めた 15 例 (Ia 群) 全例に、断層カラードップラー法により MR を認めたが、いずれもその程度が軽く、微小 (trivial) 例が 4 例、軽症が 11 例であった。

MR シグナルを検出し得た 15 例でその逆流時相を検討した結果、M モードカラードップラー法では、14 例で、Fig. 3 に示すような、収縮期の開始から等容拡張期に及ぶ逆流シグナルを検出

し得た。残る 1 例 (症例 1) では、Fig. 4 に示すように、収縮中期クリックに一致して始まる逆流シグナルが認められた。

パルス・ドップラー法による検討では、Figs. 5, 6 に示すごとく、サンプルボリュームの位置によって逆流シグナルの開始や持続時間が変化した、しかし、得られた逆流シグナルの時相の総和は、M モードカラードップラー法で得られた逆流の時相に一致した。また、パルス・ドップラー法による MR シグナルは、雑音の存在する時相で検出しやすかった。

連続波ドップラー法による検討では、心尖部からアプローチすると、全例で Fig. 7 に示すように、収縮中期から後期に MR シグナルを検出した。しかし、断層カラードップラー法にて逆流ジェットの方法を確認した上で、収縮早期の MR ジェットに平行になるように超音波ビーム方向を設定すると、Fig. 8 に示すように、収縮早期の MR シグナルを得ることが可能であった。このように、連続波ドップラー法では、ビーム方向によって Fig. 9 に示すごとく、得られる MR シグナルの開始や持続時間、ピークの時相が変化した。しかし、パルス・ドップラー法と同様に、検出

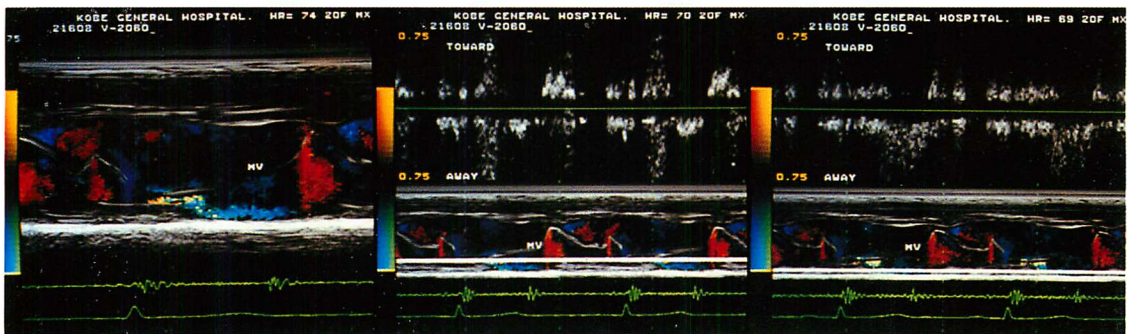
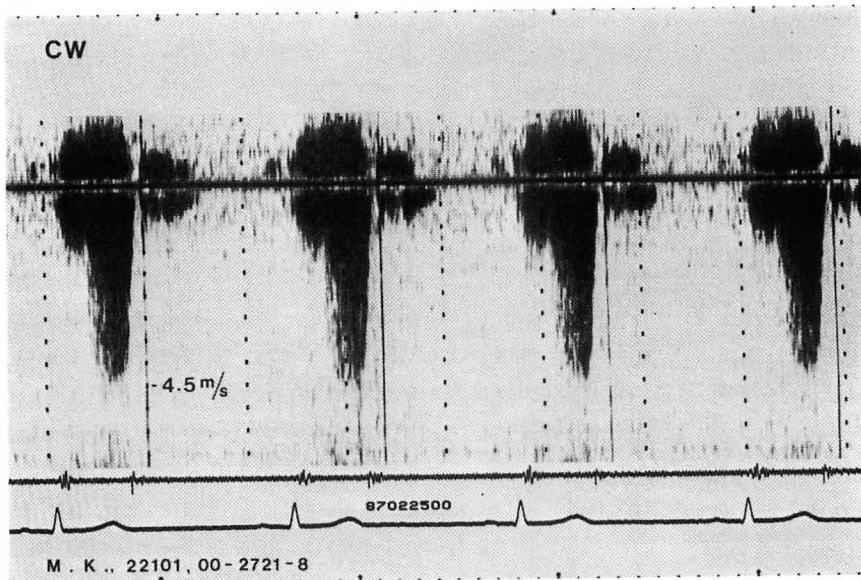


Fig. 6. M-mode color (left panel) and pulsed (middle and right panel) Doppler recordings of a patient with mitral valve prolapse.

Although mitral regurgitant signal is recorded throughout systole and the isovolumic relaxation period by M-mode color Doppler echocardiography, timing of the mitral regurgitant signal varies from early (middle) to mid- and late (right) systole by changing the sites of the sample volume when using pulsed Doppler echocardiography.

MV=mitral valve.

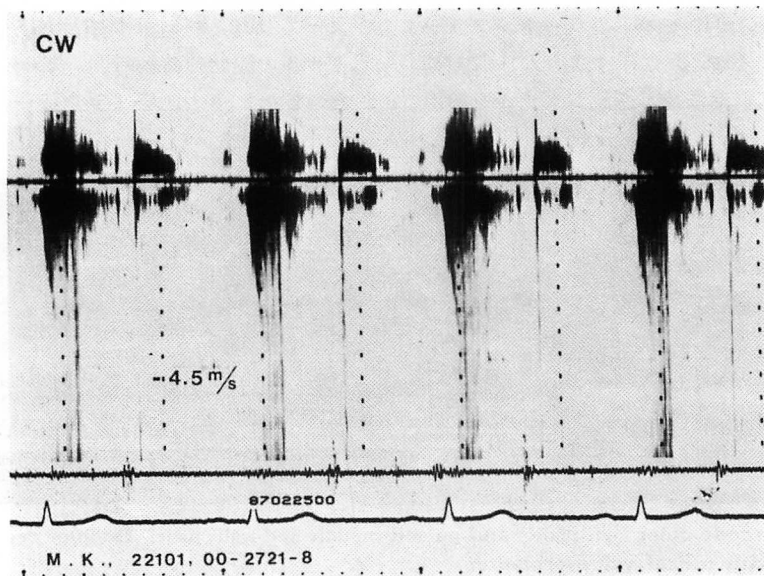




**Fig 7. Continuous wave Doppler echocardiogram of mitral regurgitation in a patient having mitral valve prolapse.**

When approaching from the apex, the mitral regurgitant signal can be recorded in mid- to late systole.

CW=continuous wave Doppler echocardiogram.



**Fig 8. Continuous wave Doppler recording of mitral regurgitation with mitral valve prolapse in the same patient as in Fig. 7.**

When approaching from the parasternal portion, the mitral regurgitant signal can be obtained in early systole.

CW=continuous wave Doppler echocardiogram.



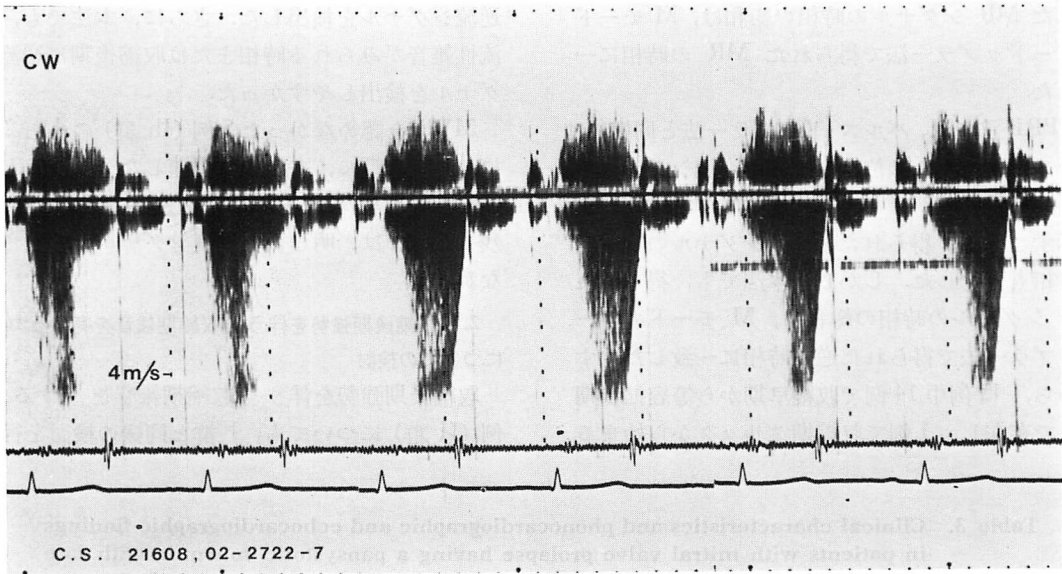


Fig. 9. Continuous wave Doppler recordings of mitral regurgitation in a patient with mitral valve prolapse.

Timing of mitral regurgitant signal varies from early (left) to mid- and late (middle and right) systole depending on the beam direction.

CW=continuous wave Doppler echocardiograms.

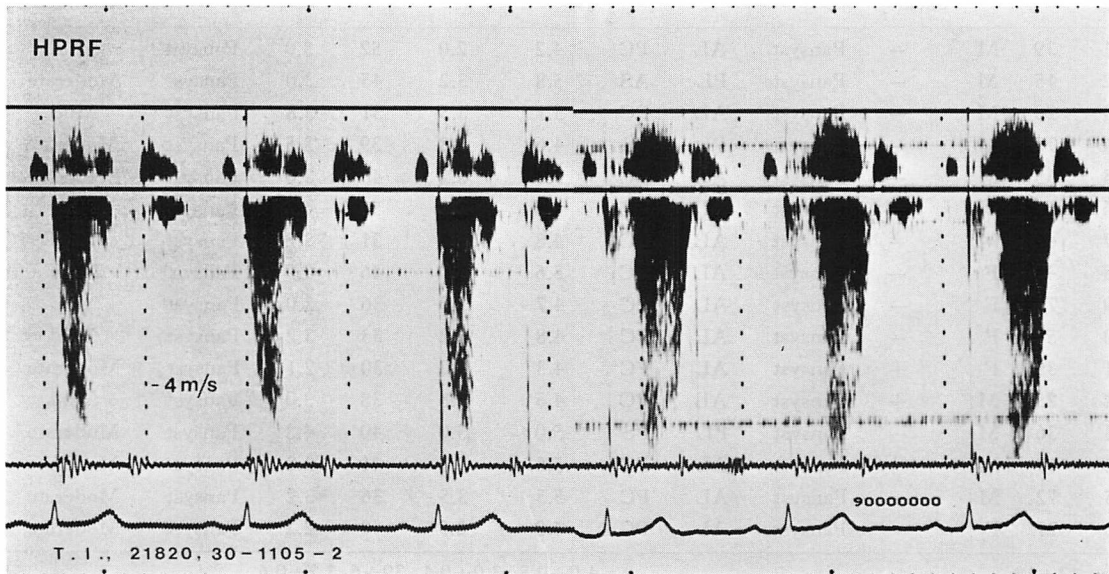


Fig. 10. High pulse repetition frequency Doppler recordings of mitral regurgitation in a patient with mitral valve prolapse.

Timing of mitral regurgitant signal varies from early (left) to mid- and late (right) systole by changing the sites of the sample volume.

HPRF=high pulse repetition frequency Doppler echocardiogram.

された MR シグナルの時相の総和は, M モードカラー Doppler 法で得られた MR の時相に一致した.

HPRF 法では, パルス・Doppler 法と同様に, サンプルボリュームの位置によって逆流シグナルの開始や持続時間が異なり, それに伴って, Fig. 10 に示すごとく, 得られた MR シグナルのピークの時相も変化した. しかし, 本法でも, 得られた MR シグナルの時相の総和は, M モードカラー Doppler 法で得られた逆流時相に一致した. すなわち, 15 例中 14 例で収縮早期から等容拡張期にまで存在し, 1 例で収縮期クリックから始まる

逆流シグナルを検出した. さらに, 本法でも, 逆流性雑音がみられる時相または収縮後期に逆流シグナルを検出しやすかった.

MVP を認めなかった 5 例 (Ib 群) のうち 2 例に, 収縮早期に, 弁閉鎖に関連したシグナルとは異なる微小な MR シグナルを検出した. しかし, 残り 3 例では, 明らかな逆流シグナルは検出されなかった.

2. 収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音を有する 16 例についての検討

収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音を有する 16 例 (II 群) についても, I 群と同様の検討を行っ

**Table 3. Clinical characteristics and phonocardiographic and echocardiographic findings in patients with mitral valve prolapse having a pansystolic murmur with late systolic accentuation**

Case	Age	Sex	Phonocardiographic findings		Two-dimensional echocardiographic findings					Doppler echo findings		
			Mid-systolic click(s)	Murmur	Pro-lapsed	portion	LVDd (cm)	LVDs (cm)	%FS (%)	LAD (cm)	Duration of MR	Semi-quantification of MR
1	39	M	-	Pansyst	AL	PC	4.2	2.0	52	3.0	Pansyst	Mild
2	15	M	-	Pansyst	PL	AS	5.8	3.2	45	3.0	Pansyst	Moderate
3	20	M	-	Pansyst	AL	PC	5.1	3.5	31	3.8	Pansyst	Mild
4	72	M	-	Pansyst	PL	PS	4.6	2.8	39	3.5	Pansyst	Moderate
5	35	M	-	Pansyst	AL	PC	5.3	3.2	40	3.0	Pansyst	Moderate
6	60	M	-	Pansyst	AL	PC	4.5	2.2	51	4.2	Pansyst	Mild
7	47	M	-	Pansyst	AL	PC	4.8	3.3	31	3.2	Pansyst	Mild
8	48	F	-	Pansyst	AL	PC	5.6	3.0	46	3.9	Pansyst	Mild
9	71	F	-	Pansyst	AL	PC	4.7	3.0	36	3.0	Pansyst	Mild
10	51	F	-	Pansyst	AL	PC	4.8	3.2	33	3.2	Pansyst	Mild
11	39	F	+	Pansyst	AL	PC	4.3	3.0	30	2.1	Pansyst	Moderate
12	25	M	+	Pansyst	AL	PC	4.5	2.8	38	3.0	Pansyst	Mild
13	36	M	-	Pansyst	PL	PS	5.0	3.0	40	4.3	Pansyst	Moderate
14	19	M	-	Pansyst	AL	PC	5.6	3.3	41	3.2	Pansyst	Moderate
15	72	M	-	Pansyst	AL	PC	5.5	3.5	36	3.2	Pansyst	Moderate
16	27	F	-	Pansyst	AL	PC	4.2	2.5	40	2.2	Pansyst	Moderate
42±18							4.9±0.5	3.0±0.4	39±6	3.2±0.6		

LVDd=left ventricular end-diastolic dimension; LVDs=left ventricular end-systolic dimension; %FS=percent fractional shortening; LAD=left atrial dimension; MR=mitral regurgitation; M=male; F=female; Pansyst=pansystole; AL=anterior leaflet; PL=posterior leaflet; PC=posteromedial commissure site; AS=anterolateral scallop; PS=posteromedial scallop.

た. 両群間で年齢に有意差はなかったが, II 群には男性が多かった (Table 3).

断層心エコー図では II 群の全例に MVP を認め, その部位は前尖の後交連側 12 例, 後尖の posteromedial scallop 2 例, anterolateral scallop 1 例, 両尖 (前尖の後交連側と後尖の posteromedial scallop) 1 例であった (Table 3). また, 心音図上, 収縮中期クリックを認めたのは, 前尖逸脱例の 2 例のみであった. 左房径は, I 群に比し大きく, 特に Ib 群に比して有意に大きかった ( $p < 0.01$ ). 左室径と FS も, Ia 群, Ib 群に比し II 群の方が大きい傾向を示したが, 統計学的に有意差はなかった.

ドップラー法による検討では II 群の全例に MR が認められ, その程度は軽症 8 例, 中等症 8 例であった. MR ジェットの方向は, 逸脱弁

尖から対側の左房内腔に向っていた.

MR の時相は, M モードカラー Doppler 法による検討では, 全例とも収縮期の開始から等容拡張期に及んでいた. パルス・ドップラー法や HPRF 法ではサンプルボリュームを適切な部位に設定することで, また連続波 Doppler 法でも超音波ビーム方向を適切に設定することで, 多くは Fig. 11 に示すごとく, 収縮期の始まりから等容拡張期に至る逆流シグナルを検出し得た. しかし, 心尖部からアプローチした場合, 連続波 Doppler 法では, Fig. 12 右図のごとく, 収縮中期から後期にかけてのシグナルしか検出できない例が多かった. 一方, 同じアプローチで, パルス・ドップラー法や HPRF 法を施行すると, Fig. 12 左図や Fig. 13のごとく, 収縮中期から後期にかけて強いシグナルを伴うが, 収縮期の開始から等容

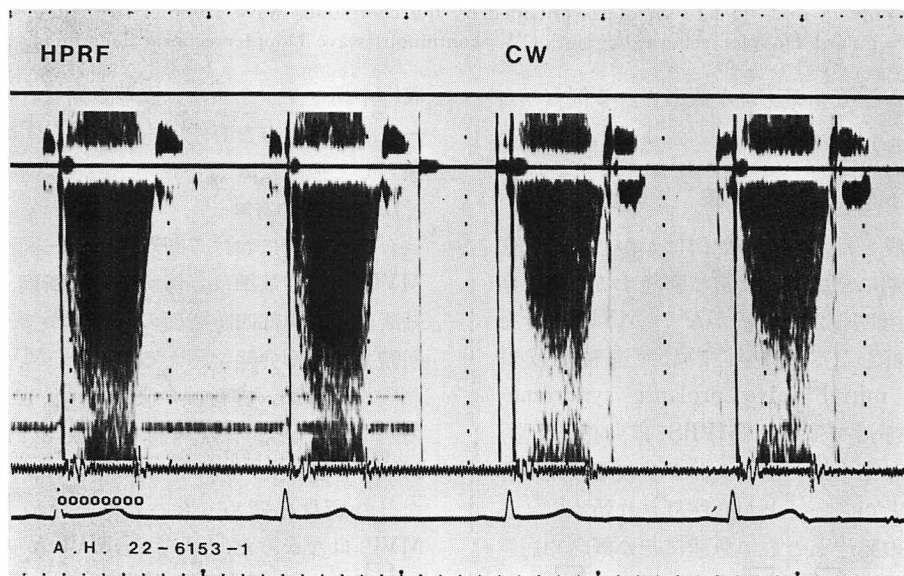


Fig. 11. High pulse repetition frequency (left panel) and continuous wave (right panel) Doppler recordings of mitral regurgitation obtained from a patient with a pansystolic murmur with late systolic accentuation.

Mitral regurgitant signal throughout systole and the isovolumic relaxation period is recorded using both techniques.

HPRF=high pulse repetition frequency Doppler echocardiogram; CW=continuous wave Doppler echocardiogram.

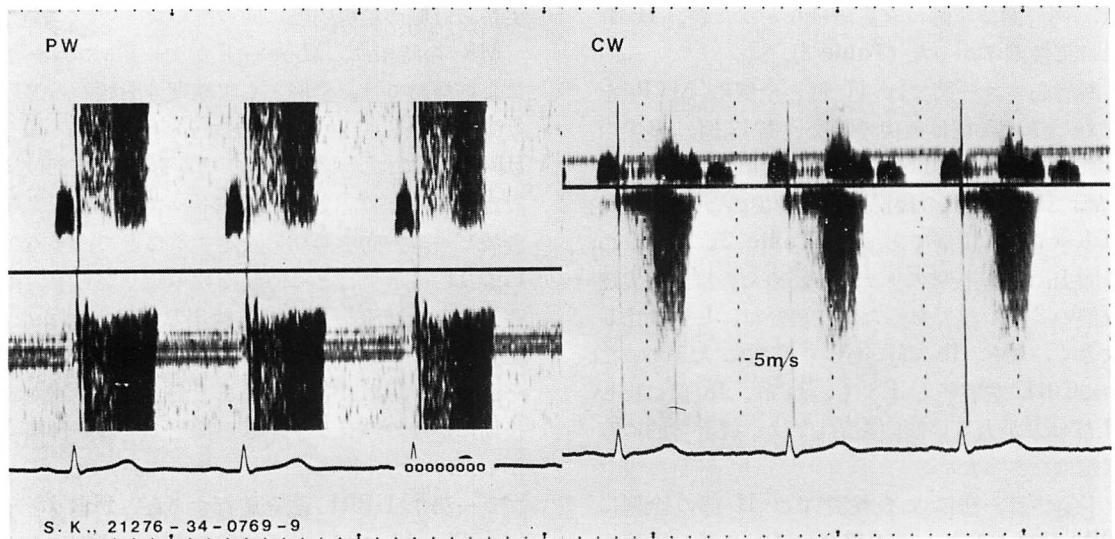


Fig. 12. Pulsed (left) and continuous wave (right) Doppler echocardiograms of a patient having a pansystolic murmur with late systolic accentuation.

Approaching from the apex, a mitral regurgitant signal throughout systole and the isovolumic relaxation period is recorded by pulsed Doppler echocardiography (left), though the mitral regurgitant signal only in mid- to late systole is obtained by the continuous wave Doppler method.

PW=pulsed Doppler echocardiogram; CW=continuous wave Doppler echocardiogram.

拡張期に及ぶ逆流シグナルが観察される例もみられた。

## 考 按

僧帽弁逸脱とは、原因の如何にかかわらず、僧帽弁が収縮期に左房側へ異常に膨隆する状態を指し、このうち明らかな原因がなく MVP をきたす臨床症候群をとくに特発性僧帽弁逸脱症候群 (idiopathic mitral valve prolapse syndrome: MVPS) と呼んでいる。MVPS は、心音異常、すなわち、収縮中期クリックおよび収縮後期雑音を呈することが多いことから注目され始め<sup>18)</sup>、心エコー図法の発達とともに急速にその概念や病態が明らかにされてきた。最近では、ほとんどその診断は断層心エコー図によってなされている。しかし、断層心エコー図による MVP の断層基準には、まだ統一されたものがなく、かなりの混乱が生まれてきているのが現状である<sup>12~17,19,20)</sup>。そこで、今回は、心音異常があるもの、すなわち、

収縮中期クリックまたは収縮後期雑音のどちらか一方または両方を有するものを MVPS とし、対象として扱った。

### 1. MVP の有無

今回の研究における断層心エコー図法を用いた MVP の判定基準は、傍胸骨長軸断面、心尖部長軸断面、心尖部四腔断面のいずれかで、収縮期に僧帽弁が僧帽弁輪を超える場合を MVP と考えた<sup>12~16)</sup>。なお、弁輪線の決定には、吉川ら<sup>12,13,17)</sup>の基準を用いた。その結果、対象 20 例中 15 例に MVP を認めた。残り 5 例の中には、腱索の延長などの所見を認めるものもあったが、明らかな MVP はなかった。とくに MVP がみられなかった 5 例は、全例、収縮中期クリック単独例で (Table 2)、収縮期クリックは必ずしも MVP に特異的であるとは言えなかった。

### 2. MVP(S) と MR の関係

MVP はあくまで形態的な異常であるが、その形態異常の結果として MR という機能的な異常



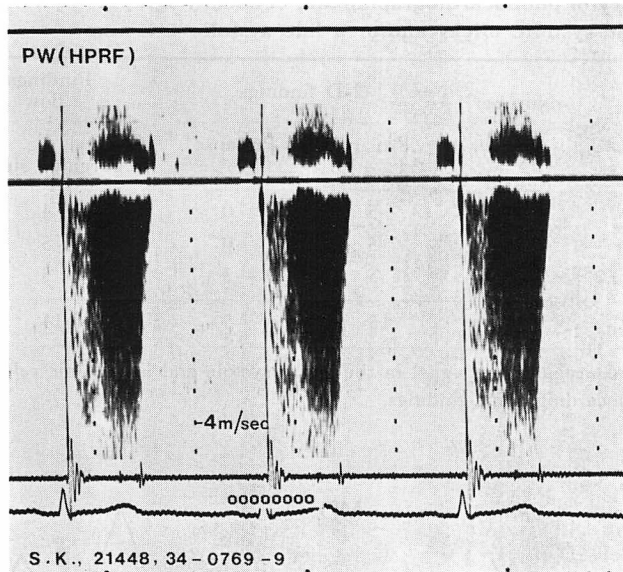


Fig. 13. High pulse repetition frequency Doppler recording of the same patient as in Fig. 12.

Regardless of whether by the apical approach, a mitral regurgitant signal is recorded throughout systole and the isovolumic relaxation period.

PW=pulsed Doppler echocardiogram; HPRF=high pulse repetition frequency Doppler echocardiogram.

が、MVP に発生しうるであろうことは十分に考えられる<sup>1-4)</sup>。今回の検討では、対象のうち、MVP の認められた 15 例全例で MR が認められた。また、MVP の認められなかった 5 例のうち、2 例で収縮早期に MR シグナルが認められた。しかしながら、健常者にも高率に MR シグナルが存在する<sup>21)</sup>ことから、MVP と MR シグナルの関係を言及するには一定の限界が存在する。

### 3. MR の時相

MVP にみられる MR ジェットは、きわめて偏位しており、通常、逸脱弁尖と対側の左房内腔へ向うと考えられている<sup>22,23)</sup>。このように偏位した逆流で、しかも逆流量が少ない場合、逆流の開始や時相を検討するには、M モードカラー Doppler 法が優れていると考えられる<sup>10,11)</sup>。今回の検討においても、M モードカラー Doppler 法では、MR の認められた 15 例中 14 例で収縮期の

開始から等容拡張期に及ぶ MR シグナルを検出できた (Tables 1, 4)。しかし、パルス・ドップラー法では、Fig. 14 に示すように、サンプルボリュームが逆流ジェットから外れるために、収縮期の一時相でしか逆流シグナルを検出できないものと思われた。しかし、パルス・ドップラー法でも、得られた逆流シグナルの時相の総和は、M モードカラー Doppler 法で得られた MR の時相に一致し、MVP に伴う MR は収縮早期から存在し、等容拡張期にまで及ぶものと考えられた。

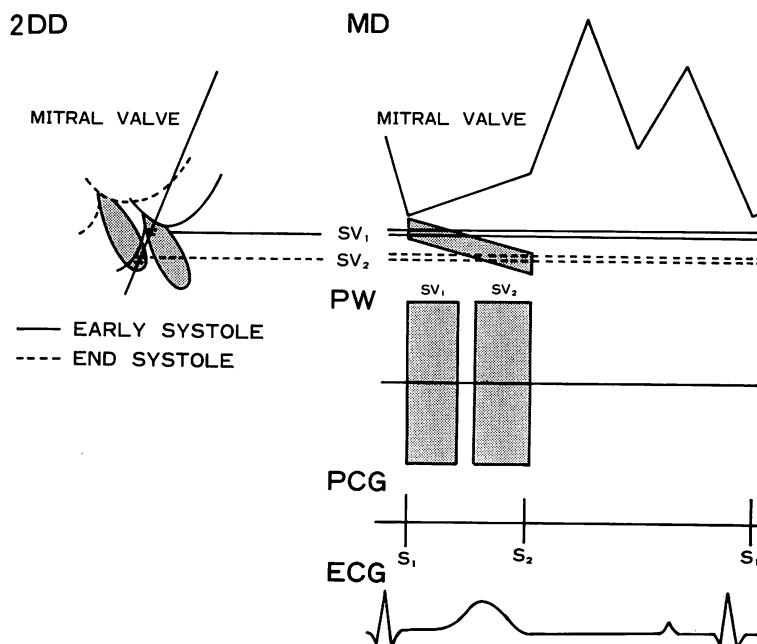
連続波 Doppler 法による検討でも、超音波ビーム方向を適切に設定すれば種々の時相で逆流シグナルが検出され、やはり、MVP に伴う MR は、収縮期の開始から等容拡張期まで存在すると考えられた。

1 例では収縮期クリックから始まる逆流シグナルしか得られなかったが、シグナルの検出できな

**Table 4. Summary of phonocardiographic and echocardiographic findings in the subjects with mid-systolic clicks and/or a late systolic murmur**

	Number of cases	2-D findings		Findings of M-mode color flow echocardiograms	
		Prolapse (+)	Prolapse (-)	Typical regurgitant signal	Other regurgitant signal
Late systolic murmur	5	5	0	4	1
Early systolic murmur	5	5	0	5	0
No significant murmur	10	5	5	5	0
Total	20	15	5	14	1

Typical regurgitant signal=regurgitant signal in the entire systole and isovolumic relaxation period. 2D=findings=two-dimensional echocardiographic findings.



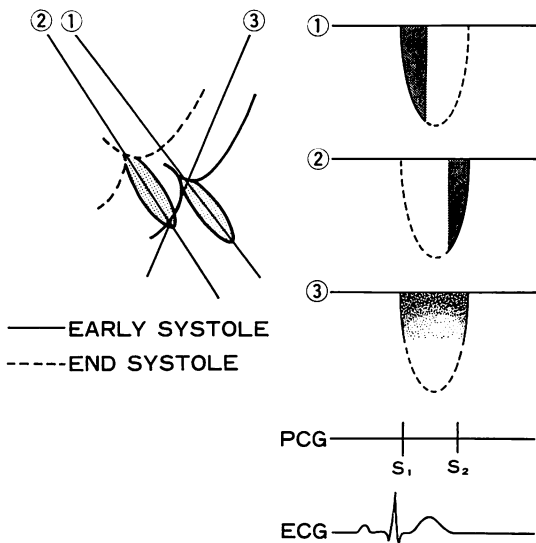
**Fig. 14. Schematic diagram showing the relationship among two-dimensional Doppler color flow (left), M-mode color flow (right upper) and pulsed Doppler (right lower) echocardiograms of mitral regurgitation in patients with mitral valve prolapse.**

Using M-mode color flow echocardiography, mitral regurgitant signal could be recorded throughout systole and the isovolumic relaxation period. With pulsed Doppler echocardiography, however, timing of the mitral regurgitant signal varies from early (SV<sub>1</sub>) to late (SV<sub>2</sub>) systole by changing the sites of the sample volume.

2DD=two-dimensional Doppler color flow image; MD=M-mode color Doppler echocardiogram; PW=pulsed Doppler echocardiogram; PCG=phonocardiogram; ECG=electrocardiogram; SV=sample volume; S<sub>1</sub>=first heart sound; S<sub>2</sub>=second heart sound.

い時相に逆流がないとは言えず、MVP に伴う MR は、収縮期の開始から等容拡張期まで存在し、心雑音のみられない時相にも存在すると考えられた。心雑音のみられない時相に MR シグナルが観察された理由としては、超音波ドップラー法は、乱流によって発生する振動のうち、可聴域に達しないような小さなエネルギーの周波数変調をも表示しうる<sup>24)</sup>ためと考えられた。また、心雑音のみられる時相ではいずれのドップラー法でも逆流シグナルを検出しやすかったことより、雑音のある時相では逆流量が多く、そのため逆流シグナルを検出しやすいものと考えられた。

連続波ドップラー法では、逆流シグナルの方向と超音波ビームのなす角度が大きい場合、Fig. 15 ③ に示すごとく、逆流シグナルのピークを表示



**Fig. 15. Schematic diagram showing the relationship between the two-dimensional Doppler color flow images (left) and continuous wave Doppler recordings (right) of mitral regurgitation in patients with mitral valve prolapse.**

Pattern of mitral regurgitant signal varies from ① to ③ by changing the beam direction (①~③) when using the continuous wave Doppler technique.

PCG=phonocardiogram; ECG=electrocardiogram; S<sub>1</sub>=first heart sound; S<sub>2</sub>=second heart sound.

できない。今回の対象のうち MR を認めた 15 例では、心尖部からアプローチした場合、Fig. 15 ② のごとく収縮中期から後期のシグナルしか得られなかった (Fig. 7)。また、これらの症例の収縮早期の MR シグナルは、傍胸骨アプローチでしか得ることができず、このような差には逆流ジェットの方法が関係していると考えられた。すなわち、収縮早期には、逸脱弁尖から左房壁に向う血流成分が主であり、傍胸骨からのアプローチでは、Fig. 15 ① のごとく、収縮早期の逆流シグナルを表示しうる。しかし、心尖部からのアプローチでは、収縮早期には超音波ビームと逆流ジェットの角度が大きく、逆流シグナルのピークが表示されず (Fig. 15 ⑤)、収縮中期から後期にかけてビームと逆流シグナルが平行に近くなるために逆流シグナルのピークを表示しうるものと思われる (Fig. 15 ②)。さらに、これには、連続波ドップラー法自体の感度が低いことも関与していると考えられる。すなわち、Figs. 12, 13 に示すごとく、HPRF 法では 4 m/sec 近くの収縮早期の血流が表示されうる場合でも、連続波ドップラー法では表示されないことがある。

#### 4. 収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音例 16 例との比較

収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音例 16 例 (II 群) では、超音波ビーム方向やサンプルボリュームを適切に設定すれば、いずれのドップラー法においても、収縮期の開始から等容拡張期に及ぶ典型的な MR シグナルを検出できた症例が多かった。これは心雑音にも反映されるごとく、収縮早期から逆流量が多く、逆流ジェットがドップラービームやサンプルボリュームから外れにくいと思われた。実際、II 群は、MR の程度も収縮期クリックのみや収縮後期雑音例 (Ia 群) に比し重症なものが多く、左房径もそれを反映して大きい傾向を示した。すなわち、Ia 群では逆流量が少なく、II 群では多いと思われた。しかし、両者間で年齢に有意差はないが、前者に女性が多く、また収縮中期クリックをもつ症例が多く、後尖の

MVP 例がなかった。さらに、今回の研究では、MVP の程度や薬物や運動負荷に対する反応性などを検討しておらず、また、長期経過観察によって、前者から後者へ移行する症例が証明されていないことなどから、両者が同一疾患群で、単に逆流量のみが異なるだけであるか否かには、今後の検討が必要である。

## 結 語

以上の検討より、次のように結論した。

1. 僧帽弁逸脱に基因する僧帽弁逆流は、収縮期の開始から等容拡張期まで存在する。
2. 逆流量は雑音に一致した時相で多い。
3. 逆流の時相分析には、M モードカラー Doppler 法が心音図やパルス・Doppler 法、HPRF 法、連続波 Doppler 法よりも有用である。

## 要 約

僧帽弁逸脱に伴う僧帽弁逆流の時相を検討するために、収縮中期クリック、収縮後期雑音のいずれか一方、または両方を有する 20 例(年齢:41±18 歳)に対し、心音図、断層心エコー図、パルス・Doppler 法、連続波 Doppler 法、high pulse repetition frequency (HPRF) 法、断層カラー Doppler 法、M モードカラー Doppler 法を施行した。さらに、収縮期強勢を伴う全収縮期雑音 16 例(年齢:42±18 歳)に対しても同様の検査を施行し、その結果を比較検討した。

1. 断層心エコー図上僧帽弁逸脱は、収縮中期クリック、収縮後期雑音の一方または両方を有する群では 20 例中 15 例に、収縮後期強勢を伴う全収縮期雑音を有する群では 16 例全例に認められた。
2. 僧帽弁逸脱を認めた症例では全例に僧帽弁逆流シグナルが検出され、M モードカラー Doppler 法では、1 例を除き、全例で収縮期の開始から等容拡張期に及ぶ逆流シグナルを検出した。
3. パルス・Doppler 法や HPRF 法ではサ

ンプルボリウムの、連続波 Doppler 法では超音波ビームの設定によって、逆流シグナルの開始や持続時間が変化したが、得られた逆流シグナルの時相の総和は、M モードカラー Doppler 法で得られた逆流の時相に一致した。

4. 全収縮期雑音を有する症例では、サンプルボリウムや超音波ビーム方向を適切に設定することで、収縮早期から等容拡張期に及ぶ逆流シグナルを検出できる例が多かった。

以上の結果から次のように結論した。

1. 僧帽弁逸脱に伴う僧帽弁逆流は、収縮期の開始から等容拡張期にまで及ぶ。
2. 僧帽弁逸脱に伴う僧帽弁逆流の時相分析には、M モードカラー Doppler 法が、心音図やパルス・Doppler 法、HPRF 法、連続波 Doppler 法よりも優れている。

## 文 献

- 1) Shah AA, Waggoner AD, Young JB, Miller RR, Quinones MA: Mitral regurgitation in mitral valve prolapse: Detection by pulsed Doppler echocardiography versus angiography and cardiac auscultation: Correlation with cardiac arrhythmias by ambulatory monitoring. *Am J Cardiol* 45: 442, (abstr) 1980
- 2) Abbasi AS, DeCristofaro D, Anabtawi J, Irwin L: Mitral valve prolapse: Comparative value of M-mode, two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2: 1219-1223, 1983
- 3) Panidis IP, McAllister M, Ross J, Mintz GS: Prevalence and severity of mitral regurgitation in the mitral valve prolapse syndrome: A Doppler echocardiographic study of 80 patients. *J Am Coll Cardiol* 7: 975-981, 1986
- 4) Come PC, Riley MF, Carl LV, Nakao S: Pulsed Doppler echocardiographic evaluation of valvular regurgitation in patients with mitral valve prolapse: Comparison with normal subjects. *J Am Coll Cardiol* 8: 1355-1364, 1986
- 5) Hatle L, Angelsen B: Doppler ultrasound in cardiology. 2nd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, 1985, p 176
- 6) Adhar GC, Abbasi AS, Nanda NC: Doppler echocardiography in the assessment of mitral regurgitation and mitral valve prolapse. *in* Doppler Echocardiography (ed by Nanda NC), Igaku-shoin,



- New York, Tokyo, 1985, p 188
- 7) 鄭 忠和: 弁膜症の超音波診断. 内科 MOOK 32 心臓弁膜症(阿部正和, 尾前照雄, 河合忠一編), 金原出版, 東京, 1986, p 117
  - 8) Yamamoto M, Fukuda N, Asai M, Ohshima C, Kusaka Y, Tominaga T, Ishimoto T, Oki T, Niki T, Mori H: Phase analysis of mitral regurgitation in mitral valve prolapse: Comparison of pulsed Doppler echocardiography with phonocardiography. *J Cardiogr* 13: 467-481, 1983 (in Japanese)
  - 9) 瀬尾育式, 佐藤 茂: ドプラ法の原理——パルス・連続波・カラー——. 超音波ドプラ法の臨床(吉川純一監修), メディカル・コア, 東京, 1986, p 7
  - 10) 吉田 清: カラードプラ法による弁膜症の診断. 超音波ドプラ法の臨床(吉川純一監修), メディカル・コア, 東京, 1986, p 65
  - 11) Akasaka T, Yoshikawa J, Yoshida K, Shakudo M, Okumachi F, Koizumi K, Shiratori K, Takao S, Asaka T, Jyo Y, Yagi T, Maenishi F, Shimada K, Nakanishi M, Minowa K, Hamazaki T, Kato H, Fukaya T: Value and limitation of M-mode color flow echocardiogram in detecting valvular regurgitation. *Jpn J Med Ultrason* 13 (Suppl II): 173-174, 1986 (in Japanese)
  - 12) Yoshikawa J, Kato H, Yanagihara K, Okumachi F, Takagi Y, Yoshida K, Asaka T, Inanami H: Criteria for the diagnosis of prolapsed mitral valve using phonocardiography and echocardiography. *J Cardiogr* 12: 773-777, 1982 (in Japanese)
  - 13) 吉川純一, 加藤 洋, 柳原皓二, 奥町富久丸, 白鳥健一, 小泉克己, 吉田 清, 浅香隆久: 心エコー図による僧帽弁逸症候群の診断とその問題点. *循環器科* 15: 680-690, 1984
  - 14) Morganroth J, Jones RH, Chen CC, Naito M: Two-dimensional echocardiography in mitral, aortic and tricuspid valve prolapse. *Am J Cardiol* 46: 1164-1177, 1980
  - 15) Morganroth J, Mardelli TJ, Naito M, Chen CC: Apical cross-sectional echocardiography: Standard for the diagnosis of idiopathic mitral prolapse syndrome. *Chest* 79: 23-28, 1981
  - 16) Perloff JK, Child JS, Edwards JE: New guidelines for the clinical diagnosis of mitral valve prolapse. *Am J Cardiol* 57: 1124-1129, 1986
  - 17) Yoshikawa J, Owaki T, Yanagihara K, Kato H, Okumachi F, Takagi Y, Yamaoka S: Diagnostic problems of M-mode and cross-sectional echocardiography in mitral valve prolapse. *J Cardiogr* 10: 101-110, 1980 (in Japanese)
  - 18) Barlow JB, Pocock WA, Marchand P, Denny M: The significance of late systolic murmurs. *Am Heart J* 66: 443-452, 1963
  - 19) Nagata S, Sakakibara H, Beppu S, Park Y, Matsuhisa M, Kimura E, Masuda Y, Nimura Y: New echocardiographic criterion in the diagnosis of mitral valve prolapse. *J Cardiogr* 12: 779-787, 1982 (in Japanese)
  - 20) Levine RA, Weyman AE: Mitral valve prolapse: A disease in search of, or created by, its definition. *Echocardiography* 1: 3-14, 1984
  - 21) Yoshida K, Yoshikawa J, Shakudo M, Akasaka T, Yagi T, Maenishi F, Okumachi F, Koizumi K, Shiratori K, Takao S, Kato H, Fukaya T: Physiological valvular regurgitation in normal volunteers: A study by Doppler techniques. *Jpn J Med Ultrason* 13 (Suppl II): 171-172, 1986 (in Japanese)
  - 22) Kitabatake A, Matsuo H, Asao M, Tanouchi J, Mishima M, Hayashi T, Abe H: Intra-atrial distribution of mitral regurgitation in mitral valve prolapse visualized by pulsed Doppler technique combined with electronic beam sector scanning echocardiography. *J Cardiogr* 10: 111-121, 1980 (in Japanese)
  - 23) 吉川純一: カラードプラ法の臨床応用における基本的事項. 超音波ドプラ法の臨床(吉川純一監修), メディカルコア, 東京, 1986, p 55
  - 24) Waggoner AD, Quinones MA, Young JB, Brandon TA, Shah AA, Verani MS, Miller RR: Pulsed Doppler echocardiographic detection of right-sided valve regurgitation: Experimental results and clinical significance. *Am J Cardiol* 47: 279-286, 1981