

超音波パルス・ドプラー法
による僧帽弁閉鎖不全の三
次元的评价： 定量評価なら
びに逆流方向の検討

Three-dimensional eval-
uation of mitral regurgi-
tation by pulsed Doppler
echocardiography: Ana-
lysis of the amount and
direction of regurgitant
flow

熊木 知行
横田 慶之
宝田 明
瀬尾 俊彦
郭 鴻図
早川 正徳
藤谷 和大
川西 秀夫*
猪尾 力*
福崎 恒

Tomoyuki KUMAKI
Yoshiyuki YOKOTA
Akira TAKARADA
Toshihiko SEO
Kohzu KAKU
Masanori HAYAKAWA
Kazuhiro FUJITANI
Hideo KAWANISHI*
Tsutomu INOH*
Hisashi FUKUZAKI

Summary

Pulsed doppler echocardiography (PDE) was used to evaluate mitral regurgitation (MR) non-invasively and quantitatively in 156 patients including 51 of rheumatic valvular disease, 57 of mitral valve prolapse (MVP) or chordal rupture of the mitral valve (RCT), and 48 of ischemic heart disease (IHD) or dilated cardiomyopathy (DCM). The severity of MR was estimated three-dimensionally by a MR scoring system as follows:

As an index of direction and extent of regurgitation, nine sampling sites were selected in the left atrium at the level of the mitral annulus. These include the anterior, mid, and posterior parts of each portion of the postero-medial, middle, and antero-lateral sides. The depth of regurgitation was graded by three degrees in the long-axis projection of the left ventricle; grade 1; MR signals localized within the level of the mitral annulus, grade 2; MR detected beyond the mitral annulus but not reaching the aortic valve level; and grade 3; MR detected beyond the aortic valve level in the

神戸大学医学部 第一内科
神戸市中央区楠町 7-5-1 (〒650)
*三木市民病院
三木市加佐 58-1 (〒673-04)

The First Department of Internal Medicine, Kobe
University School of Medicine, Kusunoki-cho 7-5-1,
Chuo-ku, Kobe 650
*Miki City Hospital, Kasa 58-1, Miki

Received for publication February 2, 1984 (Ref. No. 27-60)

left atrium. The MR score was comprised of the products of numbers of points at which MR signals were detected and the grades of the maximum depth.

The MR scores correlated well with the severity of MR as determined by the left ventriculogram (LVG); the MR score was 4.0 ± 1.6 (mean \pm S.D.) points in grade 1; 9.6 ± 2.6 points in grade 2; 18.0 ± 3.2 points in grade 3; and 23.0 ± 1.7 points in grade 4 by LVG.

Doppler mapping of the left atrium at the level of the mitral annulus suggested that the directions of MR varied with each disease and valvular lesion. Thus, these observations were helpful in the investigation of MR by PDE.

We concluded that the above-mentioned MR scoring system proves a very useful method for quantitatively evaluating MR non-invasively.

Key words

Pulsed Doppler echocardiography Mitral regurgitation Mitral valve prolapse

はじめに

超音波パルス・ドプラー法(以下 PDE)の開発により, 僧帽弁閉鎖不全(以下 MR)の非侵襲的診断が可能となり, その定性的評価のみならず, 定量的評価も試みられている¹⁻⁶⁾. しかしながら, 僧帽弁装置の障害部位やその程度により MR の広がりや重症度が異なるため, 断層心エコー図の一断面上のマッピングでは, その定量評価は不十分である. 本研究は PDE による MR の定量評価を目的として, 左房内マッピングにより MR を三次元的に検出し, その臨床的有用性, ならびに疾患別における逆流方向の特徴について検討した.

対 象

対象は PDE にて MR パターンのシグナルを検出し得た各種僧帽弁疾患 156 例(男 98 例, 女 58 例, 年齢 14~82 歳, 平均 46.8 歳)で, その内訳はリウマチ性僧帽弁膜症 51 例(I 群), 特発性僧帽弁逸脱症(MVP)および腱索断裂(RCT) 57 例(II 群), 虚血性心疾患(IHD)および拡張型心筋症(DCM) 48 例(III 群)である.

方 法

使用装置は東芝製電子走査型心断層装置 SSH-

11A とパルス・ドプラーユニット SDS-10A の複合システム, ならびに SSH-40A と SDS-21A の複合システムで, 記録はラインスキャンレコーダーに, 紙送り速度毎秒 50 mm で行った.

MR シグナルの広がりや到達深度の両面から左房内マッピング法を行い, 逆流度を評価した. まず MR の広がりやの指標として, 既報¹⁰⁾のごとく, 僧帽弁輪付近の左房内 9 ポイントでサンプリングを行った(Fig. 1). すなわち僧帽弁中央部 middle (M), 後内側交連側 postero-medial side (PM), および前外側交連側 antero-lateral side (AL) を通る左室長軸断層面をそれぞれ描出し, 各断層像における僧帽弁輪付近の左房前壁寄り(ant.), 中部(mid), および後壁寄り(post.)の 3 ポイントずつ, 合計 9 ポイントでサンプリングを行い, MR の有無につき検討した. 次に MR の到達深度の指標として, MR の最大到達部位が左室長軸断層面で, 左房内の僧帽弁輪付近に限局している場合を 1 点, 僧帽弁輪は越えるが大動脈弁レベル(AV level)に至らない場合を 2 点, 大動脈弁レベルを越える場合を 3 点と評価し(Fig. 2), これに前述の僧帽弁輪付近 9 ポイントのうち, MR の認められたポイント数を乗じた値を僧帽弁逆流度 mitral regurgitant score (MR score) とした.

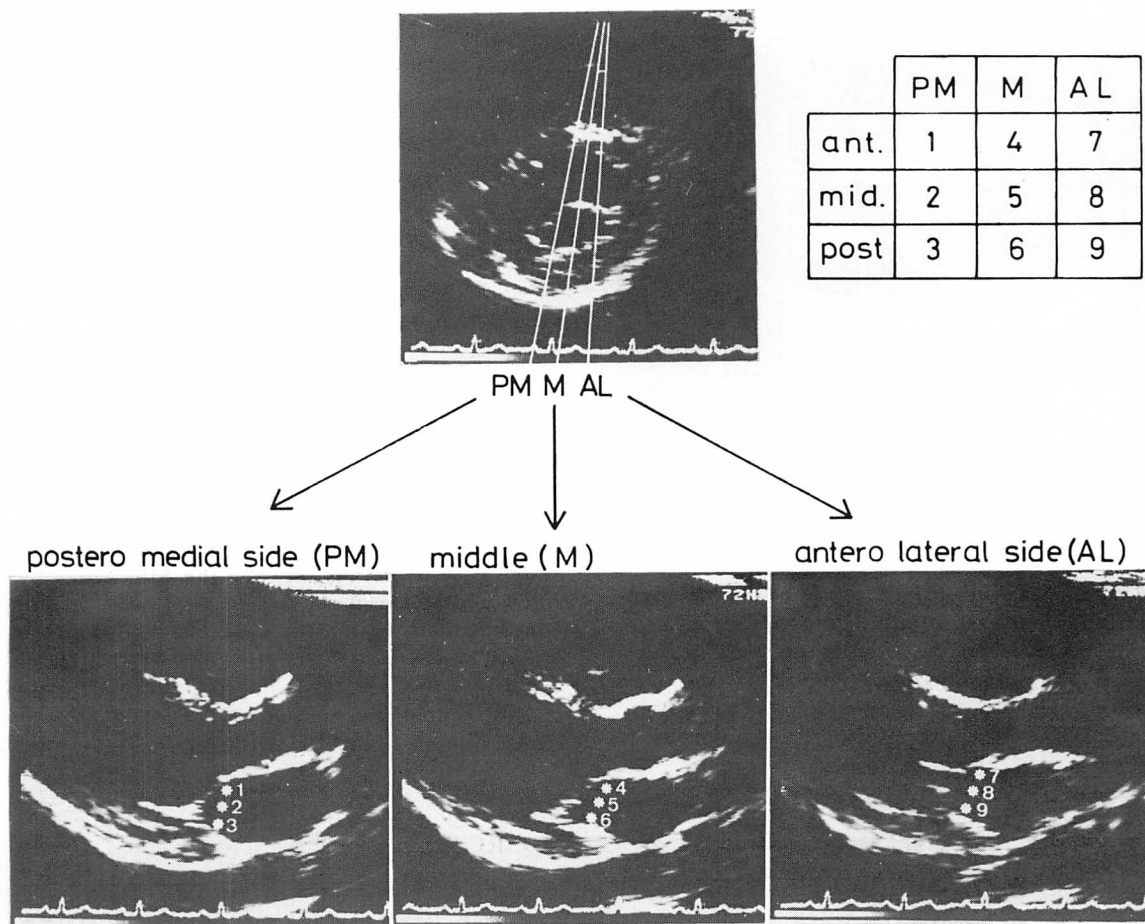


Fig. 1. Nine points of sampling volume at the level of the mitral annulus in the left atrium. PM=postero-medial side; M=middle; AL=antero-lateral side; ant.=anterior; post.=posterior.

結 果

1. 僧帽弁逆流度：PDE と左室造影法との対比

左室造影法 (LVG) 施行前後1週間以内に PDE を施行し得た 60 例につき、PDE における MR score と LVG における僧帽弁逆流度 (Cohn 分類⁹⁾) との関係を見ると、LVG 上 I° MR 例の MR score は 4.0 ± 1.6 ポイント、II° MR 例では 9.6 ± 2.6 ポイント、III° MR 例では 18.0 ± 3.2 ポイント、IV° MR 例では 23.0 ± 1.7 ポイントで、各群間に有意差を認めた (I°-II° および II°-

III°: $p < 0.001$, III°-IV°: $p < 0.02$) (Fig. 3).

2. 疾患別逆流方向の検討

1) リウマチ性僧帽弁膜症:

I 群のリウマチ性僧帽弁膜症において、僧帽弁病変の重症度を、弁肥厚が軽度で僧帽弁前尖の可動性が良好なもの (I 度)、弁肥厚がかなり認められ、前尖の可動性が低下しているもの (II 度)、弁肥厚が著明で前尖可動性も著しく制限されたもの (III 度) の 3 群に分類し (Fig. 4)、各群間での逆流方向を検討した。

症例 1 (Fig. 5): 本症例は僧帽弁病変軽症例

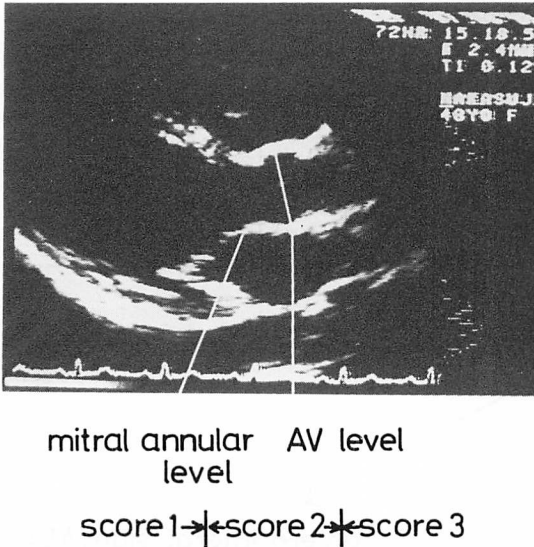


Fig. 2. Maximum depth score of the MR signal in the left atrium in the long-axis view.

Score 1: within the level of the mitral annulus, Score 2: between the mitral annulus and the aortic valve level, and Score 3: beyond the aortic valve level. AV=aortic valve; MR=mitral regurgitation.

(重症度 I 度)で, 僧帽弁輪 9 ポイント中, ポイント 3, 5, 6, 8 および 9 で MR (+) であり, 逆流方向が左房中部から後壁寄りであることを示す. 最大到達度は大動脈弁レベルには至らず, したがって MR score は $5 \times 2 = 10$ ポイントであった.

症例 2 (Fig. 6): 本症例は僧帽弁病変重症例(重症度 III 度)で, 僧帽弁輪 9 ポイント中, ポイント 2, 4, 5, 7 および 8 で MR を認め, 逆流方向は左房中部から前壁寄りであることを示す. 最大到達深度は大動脈弁レベルを越えており, MR score は $5 \times 3 = 15$ ポイントであった.

I 群 51 例についてまとめると, 弁病変軽症例では左房後壁寄りに, 弁病変が重症となるにつれて左房前壁寄りに逆流する傾向を認めた. また横への広がり, 各群とも左房中央部で最も検出率は高く, 各群間で差異を認めなかった (Table 1).

2) 特発性僧帽弁逸脱症 (MVP) および腱索断

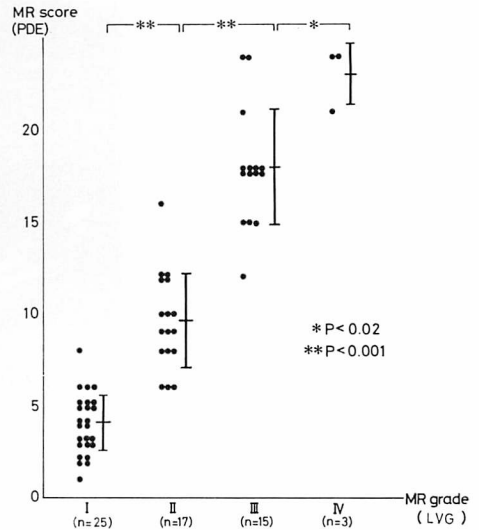


Fig. 3. Correlation between the MR scores by PDE and MR grade by LVG (Cohn's classification)⁸⁾ in 60 patients with MR.

MR scores by PDE correlate well with MR grade by LVG.

MR=mitral regurgitation; PDE=pulsed Doppler echocardiography; LVG=left ventriculography.

裂 (RCT):

症例 3 (Fig. 7): 本症例は僧帽弁前尖逸脱例で, 僧帽弁輪 9 ポイント中, ポイント 2, 3, 5, 6, 8 および 9 で MR を認め, 逆流方向は左房中部から後壁寄りであることを示す. 最大到達深度は大動脈弁レベルに至らず, MR score は $6 \times 2 = 12$ ポイントであった.

症例 4 (Fig. 8): 本症例は僧帽弁後尖逸脱例で, 左室長軸断層図上, 前外側交連側 (AL side) にて後尖の著明な逸脱を認めた. 本症例では僧帽弁輪 9 ポイント中, ポイント 1, 4, 5, 7 および 8 で MR を認め, 逆流方向は左房中部より前壁寄りであった. 最大到達深度は大動脈弁レベルを越えており, MR score は $5 \times 3 = 15$ ポイントであった.

II 群 57 例につきまとめると, 前尖逸脱例では左房後壁寄りに, 後尖逸脱例では左房前壁寄りに逆流する傾向を認め, また両尖逸脱例において

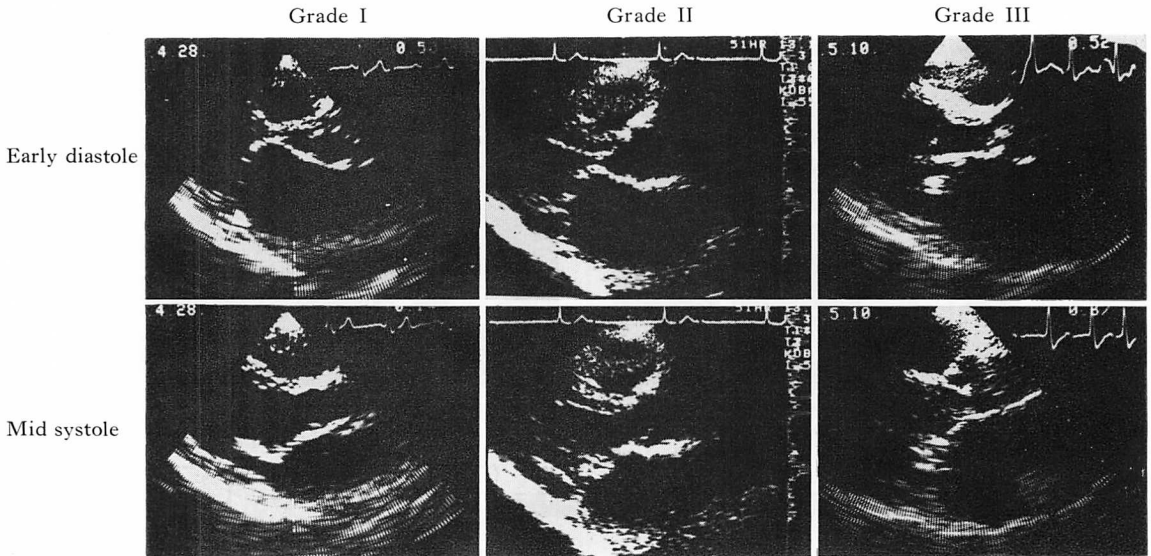


Fig. 4. Classification of the severity of mitral valve lesion in patients with rheumatic mitral valvular disease.

Upper panels show early-diastolic frames and lower panels show mid to late-systolic frames in the long-axis view of the left ventricle.

Grade I=mild lesion; Grade II=moderate lesion; and Grade III=severe lesion.

Table 1. Distribution of the MR signals at the level of the mitral annulus in 51 patients rheumatic mitral valvular disease

Valvular lesion	n	P D E					
		Anterior	Mid	Posterior	PM side	Middle	AL side
I°	n=26	3 cases (12%)	24 (92)	23 (88)	21 (81)	25 (96)	19 (73)
II°	n=20	8 (40)	20 (100)	14 (70)	12 (60)	18 (90)	14 (70)
III°	n=5	4 (80)	5 (100)	0 (0)	4 (80)	5 (100)	5 (100)

Table 2. Distribution of the MR signals at the level of the mitral annulus in 57 patients with mitral valve prolapse or chordal rupture of the mitral valve

Prolapsing leaflet	n	P D E					
		Anterior	Mid	Posterior	PM side	Middle	AL side
AML	n=30	7 cases (23%)	27 (90)	27 (90)	27 (90)	26 (87)	18 (60)
PML	n=8	8 (100)	8 (100)	1 (13)	8 (100)	8 (100)	7 (88)
Both leaflets	n=19	9 (47)	18 (95)	14 (74)	15 (79)	15 (79)	15 (79)

AML=anterior mitral leaflet; PML=posterior mitral leaflet.

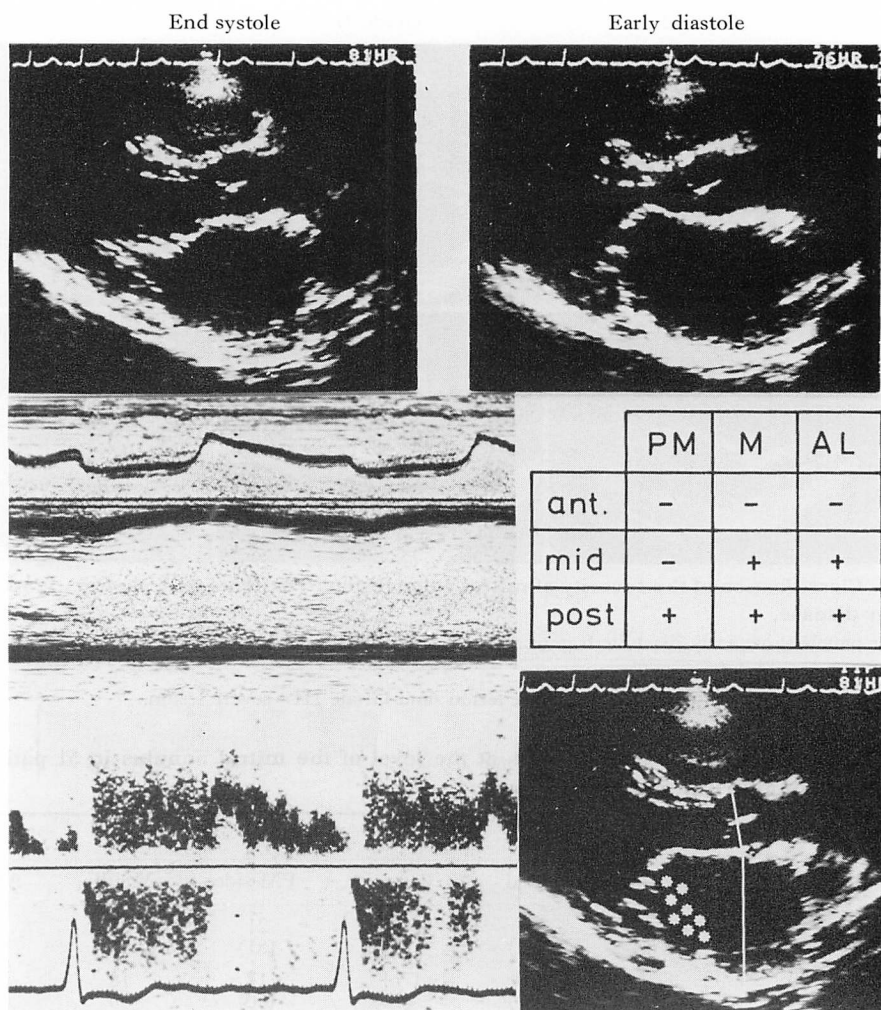


Fig. 5. A case of rheumatic mitral valvular disease with mild valvular lesion (Case 1).
 The MR signals are detected in the mid to posterior part of the left atrium. Symbols * indicate regions where the MR signals are detected.

も、逸脱度の高度な弁尖の対側方向に逆流する傾向にあった (Table 2).

3) 虚血性心疾患 (IHD) および拡張型心筋症 (DCM):

III 群の IHD および DCM における僧帽弁の心エコー図所見としては、MVP 32 例、収縮期に僧帽弁が左室側にズレを生じる、いわゆる僧帽弁接合不全 incomplete closure (I.C.) の所見を認め

たもの 13 例、そのいずれの所見も認めなかったもの 3 例であった。

症例 5 (Fig. 9): 本症例は DCM 例で、左室長軸断面および四腔断面において、僧帽弁弁尖は収縮期に左室側に牽引され、弁接合不全の所見を呈していた。僧帽弁輪 9 ポイント中、ポイント 3 を除く 8 ポイントで MR を認め、左房中部を中心に逆流が左房全体に広がる傾向を認めた。最大

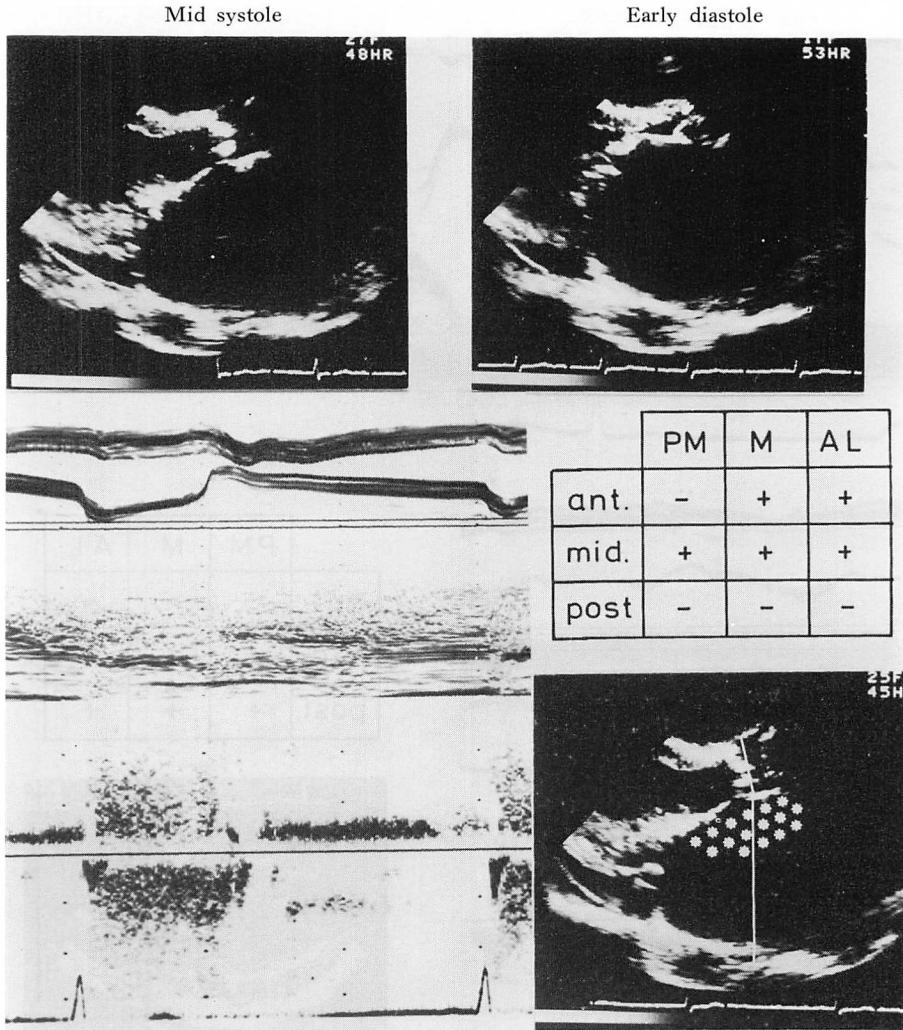


Fig. 6. A case of rheumatic mitral valvular disease with severe valvular lesion (Case 2). The MR signals are detected in the mid to anterior part of the left atrium.*: see Fig. 5.

到達深度は大動脈弁レベルに至らず，MR score は $8 \times 2 = 16$ ポイントであった。

III 群中 MVP または弁接合不全の所見を認めた 45 例についてまとめると，MVP を認めた例では，II 群同様に，逆流は逸脱弁尖の対側方向に向う傾向を認めたのに対し，弁接合不全例では左房中部を中心に，逆流が左房全体に広がる傾向にあった (Table 3)。

考 察

僧帽弁閉鎖不全 (MR) の重症度判定は従来より左室造影法によりなされてきたが^{7,8)}，超音波パルス・ドプラー法の開発により非侵襲的に MR シグナルの検出が可能となり，その定性的評価のみならず定量的評価も試みられてきた¹⁻⁶⁾。従来の方法としては，左房内マッピングにより MR シ

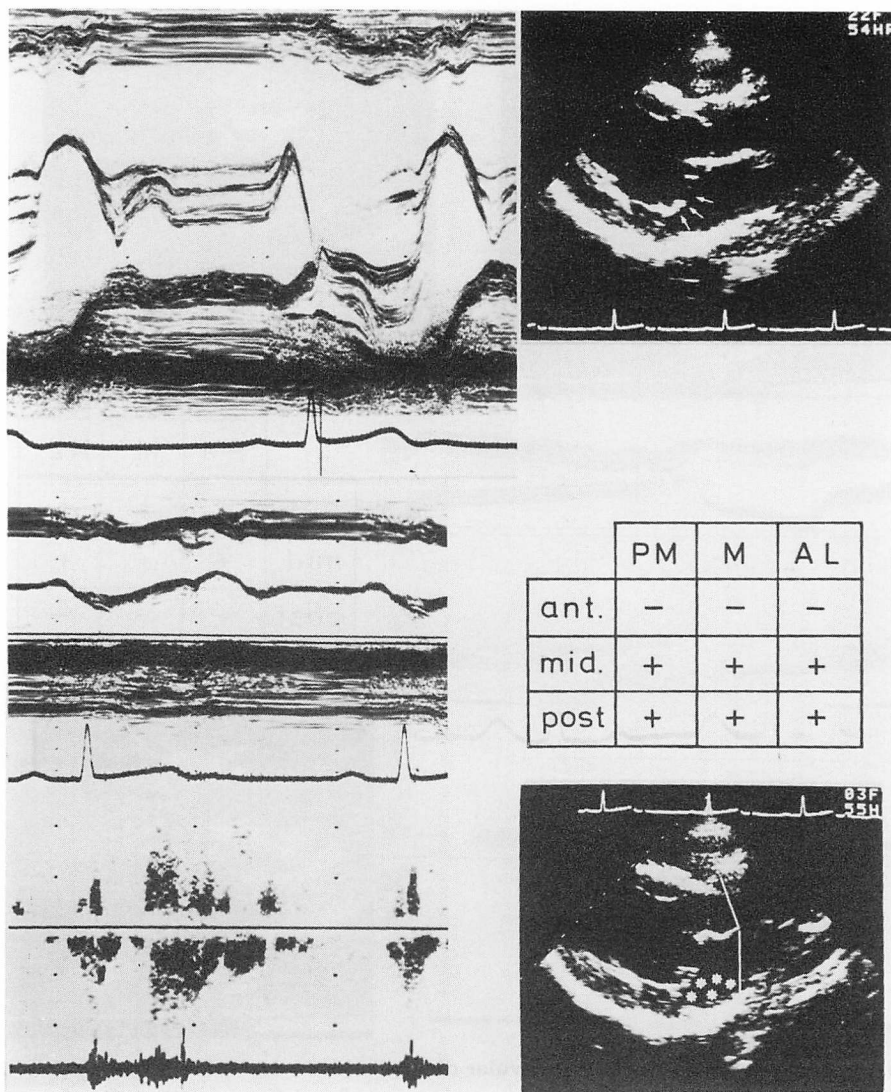


Fig. 7. A case with anterior leaflet prolapse of the mitral valve (Case 3).

In the upper right panel, arrows show anterior leaflet prolapse. The MR signals are detected in the mid to posterior region of the left atrium. * : see Fig. 5.

グナルの到達深度から重症度を判定する方法が一般的であるが、症例により僧帽弁装置の障害部位やその程度に応じて MR シグナルの広がりや方向も異なり、その結果、偽陰性例が生じたり、逆流度を過小評価する 경우가少なからず認められた。今回の検討では、僧帽弁輪面における MR

シグナルの広がりや最大到達深度の両面から MR の重症度を判定するという点で、ある程度三次元的評価が可能であり、MR シグナルの偏在する例においても評価が可能で、偽陰性例も少ないと考えられた。また本法による逆流度 (MR score) と左室造影法による逆流度との間には良好

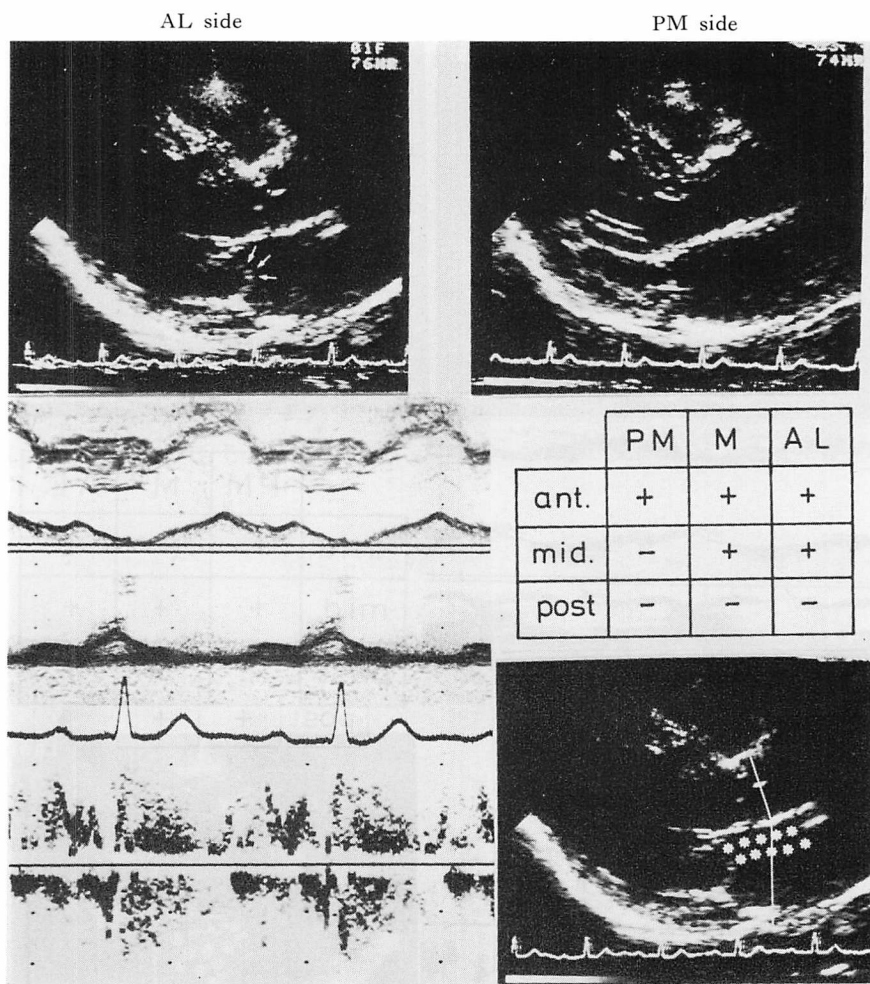


Fig. 8. A case with posterior leaflet prolapse of the mitral valve (Case 4).

Upper left panel shows a mid-systolic frame of the long-axis view through the antero-lateral side of the mitral valve. Arrows indicates posterior leaflet prolapse. The MR signals are detected in the mid to anterior region of the left atrium.* : see Fig. 5.

な相関が認められ、本法が MR の非侵襲的な定量評価法として、臨床的に有用であることが明らかとなった。

僧帽弁輪面 9 ポイントにおける MR シグナルの検討において、基礎疾患あるいはその僧帽弁病変の部位、程度によって、逆流方向に差異があることが明らかとなった。北島ら⁹⁾、宮武ら⁵⁾は、僧帽弁逸脱症あるいは腱索断裂症例において、左房

内マッピング法により逸脱弁尖の対側方向に逆流することを報告しており、我々の報告¹⁰⁾もそれに一致している。しかし他の疾患における逆流方向に関する報告はみられず、各疾患における逆流方向の特徴を知ることは、逆流度を評価するうえでも重要と考えられる。今回の検討では、I 群のリウマチ性僧帽弁膜症では、僧帽弁病変軽症例で左房後壁寄りに、僧帽弁病変が重症となるにつれて

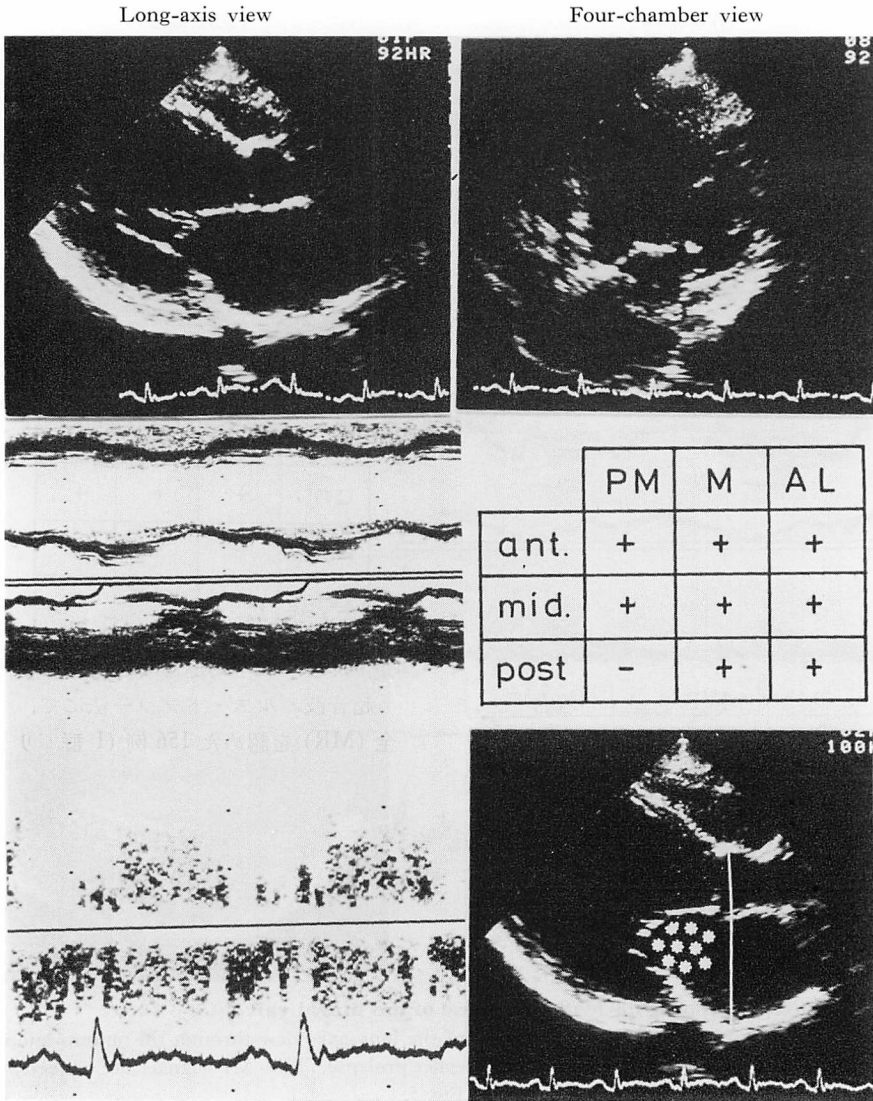


Fig. 9. A case of dilated cardiomyopathy with incomplete closure of the mitral valve (Case 5).

Mid portion of the anterior mitral leaflet is convex toward the left ventricle during systole (upper panels). The MR signals are detected in the anterior, mid, and posterior regions of the left atrium.

*: see Fig. 5.

左房前壁寄りに逆流する傾向が認められたが、僧帽弁前尖の器質的変化の少ない軽症例においては収縮期に僧帽弁前尖が左房側に凸となり、MVP類似のパターンを呈する例が多く、このため逆流方向も左房後壁側に向うと考えられた。これに対

し、僧帽弁病変が重症となるにつれ、前尖の可動性が失われ、逆流は弁口からまっすぐに左房内に向うようになるが、重症例では僧帽弁後尖基部の偽隔壁化も高度であり、左房側よりみると、僧帽弁口自体が左房前壁寄りに偏在しているため、

Table 3. Directions of MR signals at the level of the mitral annulus in 45 patients with ischemic heart disease or dilated cardiomyopathy () = %

Valvular lesion		P D E					
		Anterior	Mid	Posterior	PM side	Middle	AL side
MVP	AML n=15	1 (7)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	15 (100)	9 (60)
	PML n=7	6 (86)	6 (86)	1 (14)	7 (100)	7 (100)	6 (86)
	Both leaflets n=9	2 (22)	9 (100)	6 (67)	7 (78)	8 (89)	7 (78)
I.C.	n=13	9 (69)	13 (100)	12 (92)	13 (100)	13 (100)	13 (100)

MVP=mitral valve prolapse; AML=anterior mitral leaflet; PML=posterior mitral leaflet; I.C.=incomplete closure of the mitral valve.

マッピングでは左房前壁側に逆流を認めると考えられた。

III 群の虚血性心疾患 (IHD) ならびに拡張型心筋症 (DCM) における MR の発生机序としては、Burch ら¹¹⁾ が提唱した乳頭筋不全症が考えられているが、これには MVP を呈する場合¹²⁾ と、収縮期に僧帽弁が左室側に牽引され、ズレを生じる、いわゆる僧帽弁接合不全^{13,14)} の二つのパターンが報告されている。今回の検討では、MVP を呈する群では、II 群同様、逸脱弁尖の対側方向に逆流を認めたのに対し、弁接合不全例では、逆流は左房全体に広がる傾向を認めた。

以上の検討より、基礎疾患および断層心エコー図の僧帽弁病変の所見から、逆流方向の推定がある程度可能で、これらの所見に基づいてマッピングを行うことにより、より正確に MR を評価しうると考えられた。

結 論

1. 左房内マッピング法により、MR の広がり と到達深度の両面から、逆流度を三次元的に評価し、左室造影法における僧帽弁逆流度と非常に良い相関を認めた。
2. I 群(リウマチ性)では僧帽弁病変の重症度により逆流方向は変化し、II 群 (MVP および RCT)、および僧帽弁逸脱を有する III 群 (IHD

および DCM) 例では逸脱弁尖の対側方向に、僧帽弁接合不全を有する III 群例では左房中部を中心に左房全体に、MR の広がる傾向を認めた。

要 約

超音波パルス・ドプラー法にて、僧帽弁閉鎖不全 (MR) を認めた 156 例 (I 群: リウマチ性僧帽弁膜症 51 例, II 群: 僧帽弁逸脱症ならびに腱索断裂 57 例, III 群: 虚血性心疾患ならびに拡張型心筋症 48 例) につき、その定量評価を目的として、僧帽弁逆流の三次元的評価を行い、あわせて逆流方向についても検討した。

僧帽弁逆流は左房内マッピング法により、その広がり と到達深度 から三次元的に評価し、MR score として定量評価の指標とした。すなわち MR の広がり の指標として、僧帽弁中央部、後内側交連側、および前外側交連側を通る左室長軸断層像をそれぞれ描出し、各断層像における僧帽弁輪付近の左房前壁側、中部および後壁側の 3 ポイントずつの合計 9 ポイントでサンプリングを行った。次いで到達深度の指標として、左室長軸断層図上 MR の最大到達深度が僧帽弁輪に局限している場合を 1 点、僧帽弁輪は越えるが大動脈弁レベルに至らない場合を 2 点、大動脈弁レベルを越える場合を 3 点とし、これに僧帽弁輪 9 ポイント中、MR を認めたポイント数を乗じた値を MR

score とした.

ドプラー法による MR score と左室造影法による僧帽弁逆流度との対比では, 左室造影上 I 度 MR 例の MR score は 4.0 ± 1.6 ポイント, II 度 MR 例では 9.6 ± 2.6 ポイント, III 度 MR 例では 18.0 ± 3.2 ポイント, IV 度 MR 例では 23.0 ± 1.7 ポイントと, 各群間ともに有意差を認め, 本法が MR の定量評価法として臨床的に有用であると考えられた.

僧帽弁輪 9 ポイントにおける MR の検討から, 基礎疾患および僧帽弁病変の程度により, 逆流方向に一定の傾向があることが明らかとなった. すなわち, I 群のリウマチ性僧帽弁膜症においては軽症例ほど左房後壁寄りに, 重症になる程左房前壁寄りに逆流する傾向を認め, II 群および僧帽弁逸脱を認めた III 群例では, 逸脱弁尖の対側方向に, 弁接合不全を有する III 群例では, 左房中部を中心に左房全体に広がる傾向を認め, これらの特徴はドプラー法にて MR を検索する上で非常に参考になると考えられた.

文 献

- 1) Johnson SL, Baker DW, Lute RA, Dodge HT: Doppler echocardiography. The localization of cardiac murmurs. *Circulation* **48**: 810-822, 1973
- 2) Lorch G, Rubenstein S, Baker D, Dooley T, Dodge H: Doppler echocardiography. Use of a graphical display system. *Circulation* **56**: 576-585, 1977
- 3) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG: Differentiation of ventricular septal defect from mitral regurgitation by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **56**: 14-18, 1977
- 4) Schlüter M, Langenstein BA, Hanrath P, Kremer P, Bleifeld W: Assessment of transesophageal pulsed Doppler echocardiography in the detection of mitral regurgitation. *Circulation* **66**: 784-789, 1982
- 5) 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: 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. *J Cardiography* **11**: 21-32, 1981
- 6) Abbasi AS, Allen MW, DeCristofaro D, Unger I: Detection and estimation of the degree of mitral regurgitation by range-gated pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **61**: 143-147, 1980
- 7) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. *Am J Cardiol* **14**: 437-447, 1964
- 8) Cohn LH, Mason DT, Ross J, Morrow AG, Braunwald E: Preoperative assessment of aortic regurgitation in patients with mitral valve disease. *Am J Cardiol* **19**: 177-182, 1967
- 9) 北島 颯, 松尾裕英, 浅生雅人, 田内 潤, 三嶋正芳, 林 享, 阿部 裕: 僧帽弁逸脱症候群の左房内逆流血流の検出と弁動態: パルスドプラー法・リアルタイム心断層法の複合システムによる研究. *J Cardiography* **10**: 111-121, 1980
- 10) 熊木知行, 鄧 尚昇, 郭 鴻圖, 早川正徳, 川西秀夫, 松本幸平, 横田慶之, 福崎 恒, 猪尾 力: 超音波パルスドプラー法による特発性僧帽弁逸脱症の僧帽弁逆流に関する検討. *日超医講演論文集* **41**: 753-754, 1982
- 11) Burch GE, DePasquale NP, Phillips JH: The syndrome of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* **75**: 399-415, 1968
- 12) 熊木知行, 横田慶之, 早川正徳, 郭 鴻圖, 鄧 尚昇, 田淵 光, 宝田 明, 川西秀夫, 藤谷和夫, 猪尾 力, 福崎 恒: 陳旧性心筋梗塞症における僧帽弁逸脱一心エコー法による検討. *日超医講演論文集* **42**: 355-356, 1983
- 13) 早川正徳, 猪尾 力, 川西秀夫, 郭 鴻圖, 熊木知行, 鄧 尚昇, 福崎 恒: 乳頭筋機能不全症候群の断層心エコー図所見. *J Cardiography* **12**: 137-145, 1982
- 14) Ogawa S, Hubbard FE, Mardelli TJ, Dreifus LS: Cross-sectional echocardiographic spectrum of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* **97**: 312-321, 1979