

陳旧性心筋梗塞における僧
帽弁逆流：左室壁運動異常
との関係について

The relationship between
mitral regurgitation and
asynergy of the left
ventricle in old myo-
cardial infarction

落合 正彦*
大島 寛史
当間 三弘
栗原 裕基
板岡 慶憲
原 和弘
竹内 弘明
出川 敏行
桑子 賢司
山口 徹

Masahiko OCHIAI*
Hiroshi OHSHIMA
Mitsuhiro TOHMA
Hiroki KURIHARA
Yoshinori ITAOKA
Kazuhiro HARA
Hiroaki TAKEUCHI
Toshiyuki DEGAWA
Kenji KUWAKO
Tetsu YAMAGUCHI

Summary

To elucidate the mechanism of mitral regurgitation (MR) in patients with old myocardial infarction, two-dimensional (2D) and 2D Doppler echocardiographic examinations were performed in 92 patients. According to the sites of asynergy in the short-axis view of the left ventricle at the papillary muscle level, the patients were classified in three groups; i.e., anteroseptal (AS) group (49 cases), infero-posterior (IP) group (29 cases), and the AS+IP group (14 cases). The existence and severity of MR were evaluated by 2D Doppler echocardiography and the presence of mitral valve prolapse (MVP), by 2D echocardiography. The mitral valve ring diameter was also measured.

The incidence of MR was significantly higher in the IP group (41%) and AS+IP group (43%) than in the AS group (20%) ($p < 0.05$, respectively). In the IP group, 21 patients had left ventricular asynergy at the base of the posterior papillary muscle; eight did not. In the former 21 patients with asynergy, MR was detected in 12 (57%) and MVP in nine (43%), whereas neither MR nor MVP was detected in the eight patients without asynergy.

The grade of MR assessed by 2-D Doppler echocardiography was significantly more severe in patients with MVP than in those without MVP (MR distance: 23 ± 6 mm with MVP vs 11 ± 1 mm

三井記念病院循環器センター 内科
東京都千代田区神田和泉町1 (〒101)
*(現)東京大学医学部 第一内科
東京都文京区本郷 7-3-1 (〒113)

Center for Cardiovascular Disease, Mitsui Memorial
Hospital, Kanda-Izumicho 1, Chiyoda-ku, Tokyo 101
*(present address) The First Department of Internal
Medicine, Faculty of Medicine, University of Tokyo
Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113

Received for publication December 3, 1988; accepted February 24, 1989 (Ref. No. 33-29)

without MVP; $p < 0.05$, MR area; $312 \pm 217 \text{ mm}^2$ with MVP vs $64 \pm 29 \text{ mm}^2$ without MVP; $p < 0.05$). MR appeared at the mitral orifice between its middle portion and the posteromedial commissure, which coincided with the site of MVP in the majority of cases. In the AS and AS+IP groups, however, such close relationships between MR and MVP were absent. In these groups, mitral valve ring diameters were significantly larger in patients with MR than in those without MR (AS group: $32 \pm 3 \text{ mm}$ with MR vs $24 \pm 2 \text{ mm}$ without MR; $p < 0.01$, IP group: $26 \pm 2 \text{ mm}$ with MR vs $25 \pm 2 \text{ mm}$ without MR; NS, AS+IP group: $30 \pm 3 \text{ mm}$ with MR vs $24 \pm 1 \text{ mm}$ without MR; $p < 0.05$). Mitral valve ring diameters in the IP group with MR ($26 \pm 2 \text{ mm}$) were smaller than in those in the AS and AS+IP groups with MR, and did not differ from those in the IP group without MR ($25 \pm 2 \text{ mm}$).

In conclusion, posterior papillary muscle dysfunction was mainly responsible for MR in the infero-posterior infarction and the dilatation of the mitral valve ring in the infarction involving the antero-septal wall.

Key words

Mitral regurgitation

Old myocardial infarction

Two-dimensional Doppler echocardiography

はじめに

陳旧性心筋梗塞 (OMI) における僧帽弁逆流 (MR) の出現に関して, Burch ら^{1,2)}は乳頭筋機能不全なる概念を導入し, その機序の解明を試みた. しかしながら, その臨床像は多様性に富み, いまだ不明の部分も少なくない. 今回我々はドップラー断層法を用いて MR の発生部位とその程度を観察し, 断層心エコー図法で捉えた左室壁運動異常の局在および僧帽弁逸脱との関連を総合的に検討し, 以下の知見を得たので報告する.

対象と方法

対象は良好な断層像およびドップラー断層像が得られた OMI 92 例(男性 77 例, 女性 15 例, 平均年齢 60 ± 9 歳)である. 断層心エコー図およびドップラー断層の記録は東芝製 SSH 65A を用い, ビデオテープに録画した後観察した. 使用周波数は断層心エコー図では 3.75 MHz, ドップラー断層では 2.5 MHz である.

左室壁運動異常は乳頭筋レベルの左室短軸断層で評価した. Fig. 1 に示すように, 前室間溝から後乳頭筋付着部後縁までの前壁より 1/2 を seg. 1, 後壁より 1/2 を seg. 2, 更に左回りに前乳頭筋付着部後縁までを seg. 3, 残る前室間溝までの左室自由壁のうち, 後壁より 1/2 を seg. 4, 前壁より

1/2 を seg. 5 とし, 各 segment ごとに検討した. 壁運動異常が seg. 1, 4, 5 のいずれかに見られるものを前壁中隔群 (AS 群), seg. 2, 3, 4 のいずれかに見られるものを下後壁群 (IP 群), seg. 1, 5 のいずれかと seg. 2, 3 のいずれかに見られるものを AS+IP 群に分類した. Table 1 に各群の臨床像を示すが, AS 群 49 例, IP 群 29 例, AS+IP 群 14 例で, 性別・年齢に関して各群間に有意差は認められなかった.

僧帽弁逸脱 (MVP) の有無は左室長軸断層で正中部, 後交連側, 前交連側の 3 断層に分けて検討し, 吉川ら^{3,4)}の報告に従い, 前尖の屈曲点から後弁輪部へ引いた直線を, 前尖もしくは後尖の弁尖が収縮期に左房側へ越えるものを陽性とした. また, Fig. 2 に示したごとく, 桑子ら⁵⁾の報告に従い, 僧帽弁前尖基部の屈曲点前縁から後尖付着部前縁までを僧帽弁輪径とし, 拡張末期の正中部左室長軸断層で計測した.

MR は左室長軸断層のドップラー断層像で弁口より 10 mm 以上の逆流 jet とし, 逆流方向と左室短軸断層像での MR 発生部位を検討した. 逆流度は逆流 jet の最大距離 (distance) とその最大幅との積を area とし, 定量的指標とした.

Fig. 3 に下壁梗塞の症例を示す. 僧帽弁前尖に逸脱を認め, ドップラー断層により後交連側より生じ, 左房後壁へ向う MR jet が捉えられた.

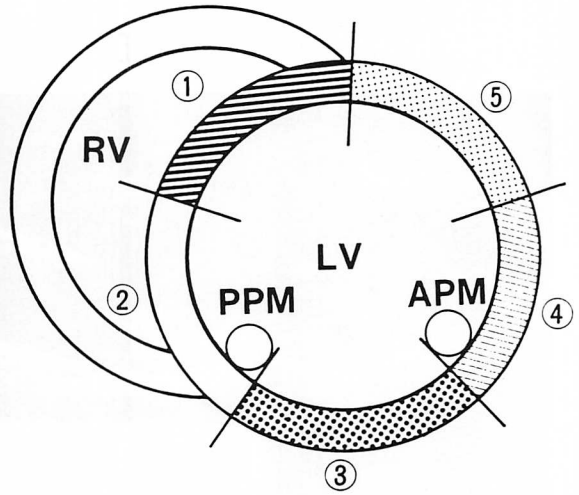
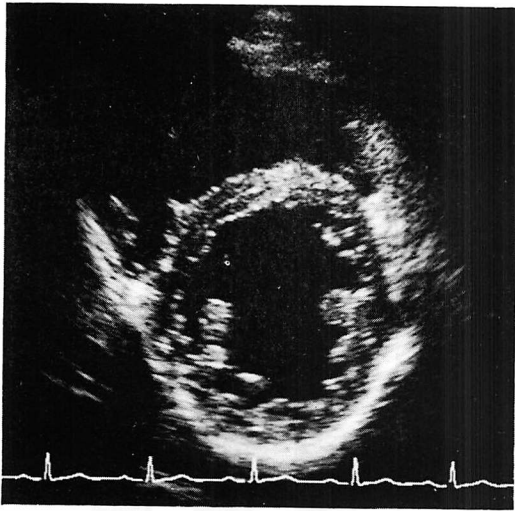


Fig. 1. Evaluation of the left ventricular wall motion in the short-axis view at the papillary muscle level.

APM=anterior papillary muscle; PPM=posterior papillary muscle; LV=left ventricle; RV=right ventricle.

The left ventricular wall was divided into 5 segments as follows; segment 1: anterior half of the interventricular septum, segment 2: posterior half of the interventricular septum including the posterior papillary muscle, segment 3: the left ventricular free wall between the posterior and anterior papillary muscle, segment 4: posterior half of the left ventricular free wall between the anterior papillary muscle and anterior interventricular sulcus including anterior papillary muscle, segment 5: anterior half of the left ventricular free wall between the anterior papillary muscle and anterior interventricular sulcus.

Table 1. Clinical characteristics of patients

Group	Male	Female	Age (yr: m±SD)
AS	40	9	59±10
IP	25	4	58±9
AS+IP	12	2	63±10
Total	77	15	60±9

AS=anteroseptal; IP=inferoposterior.

結 果

1. 各群におけるMRとMVPの相互関係

Fig. 4に各群におけるMRの出現頻度を示す。AS群で20%, IP群で41%, AS+IP群で43%にMRが認められ, AS群に比べIP群およびAS+IP群では, MRの出現頻度は有意に高率であった。

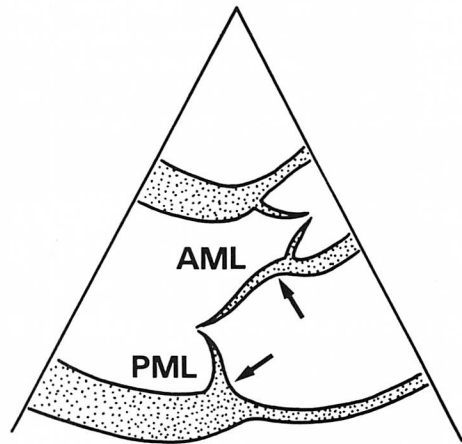


Fig. 2. Measurement of mitral valve ring diameter in the long-axis view.

The mitral valve ring diameter was measured between the leading edges (arrows) of the proximal ends of anterior and posterior mitral leaflets.

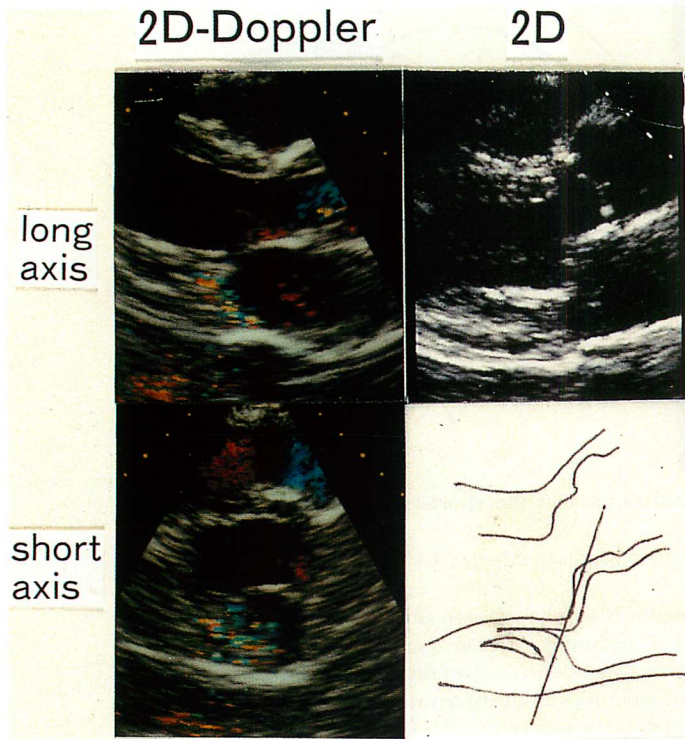


Fig. 3. A representative case of mitral regurgitation (MR) in a patient with inferior infarction.

Prolapse of the anterior mitral leaflet is observed by two-dimensional echocardiography. Mitral regurgitant jet that spurts from the posteromedial commissure towards the posterior wall of the left atrium is observed by two-dimensional Doppler echocardiography.

Fig. 5 は各群における MVP の出現頻度を示す。AS 群で 39%, IP 群で 31%, AS+IP 群で 64% に MVP が認められた。AS+IP 群での出現頻度が比較的高率であったが、各群間に有意差は見られなかった。

逸脱を生ずる弁尖は、Fig. 6 に示すように、AS 群では、前尖のみ 58%, 後尖のみ 37%, 前尖および後尖の双方 5% であった。AS+IP 群では、前尖のみ 56%, 後尖のみ 33%, 前尖および後尖の双方 11% で、AS 群とほぼ同様の傾向を示した。しかしながら、IP 群では、全例が前尖の逸脱であ

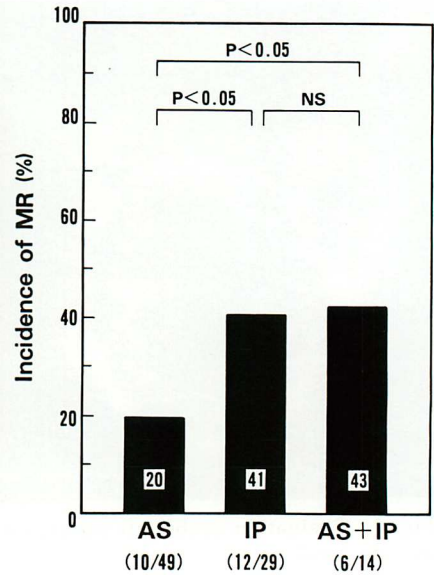


Fig. 4. Incidence of MR in each group.

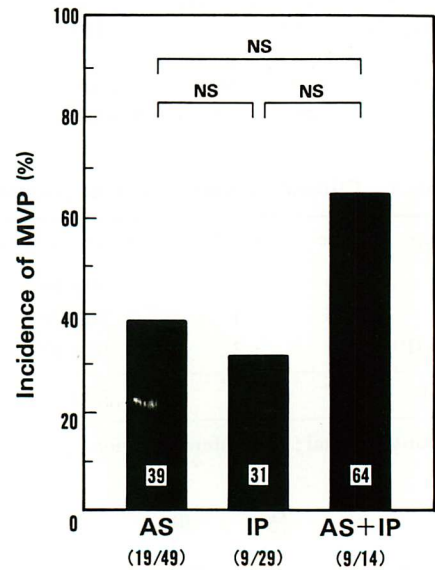


Fig. 5. Incidence of mitral valve prolapse in each group.

った。

Fig. 7 に、各群での MVP の有無による MR の出現頻度を示す。MVP を認める場合の MR

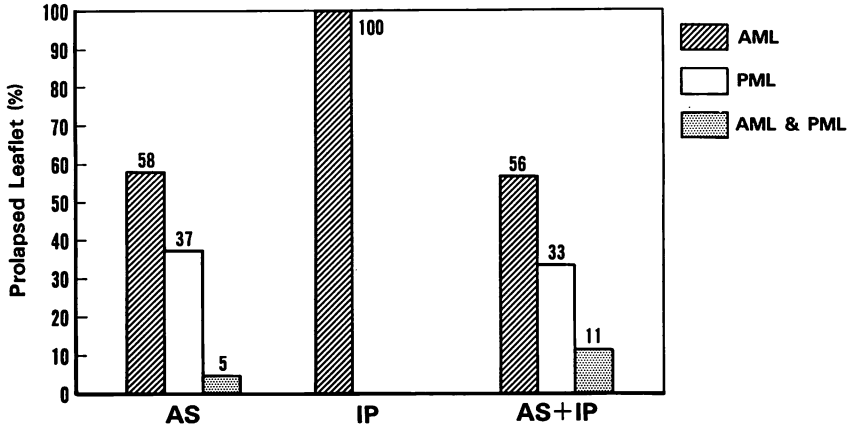


Fig. 6. Incidence of prolapsed leaflets in patients with mitral valve prolapse in each group. AML=anterior mitral leaflet; PML=posterior mitral leaflet.

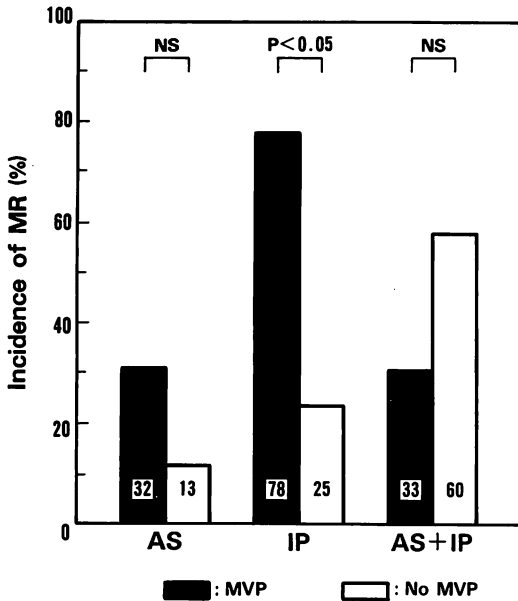


Fig. 7. Incidence of MR in each group with or without mitral valve prolapse.

の出現頻度は、AS 群 32%、IP 群 78%、AS+IP 群 33% であり、MVP を認めない場合は、AS 群 13%、IP 群 25%、AS+IP 群 60% であった。MVP を認める場合の MR の出現頻度が MVP

MVP \ MR	PC	M	AC	No MVP
PC	●●●●			●●●
M	● ××	△△ ●● ×	△△△	△△△△ ●●● ×××
AC			△	

△ : AS
● : IP
× : AS+IP

Fig. 8. Relationship between sites of mitral valve prolapse and spurting sites of MR in each group. PC=posteromedial commissure; M=middle portion; AC=anterolateral commissure.

を認めない場合に比べ有意に高率であったのは、IP 群のみであった。

Fig. 8 は、各群別に MVP の有無およびその部位と、MR の発生部位との関連を示したものである。AS 群では全例正中から前交連側よりで、IP 群では全例正中から後交連側よりで、MVP が認められた。また MVP の部位はドプラー断層法で捉えた逆流発生部位とほぼ一致していた。一方、MVP を認めない場合は弁正中中部からの逆流が多い傾向が見られた。

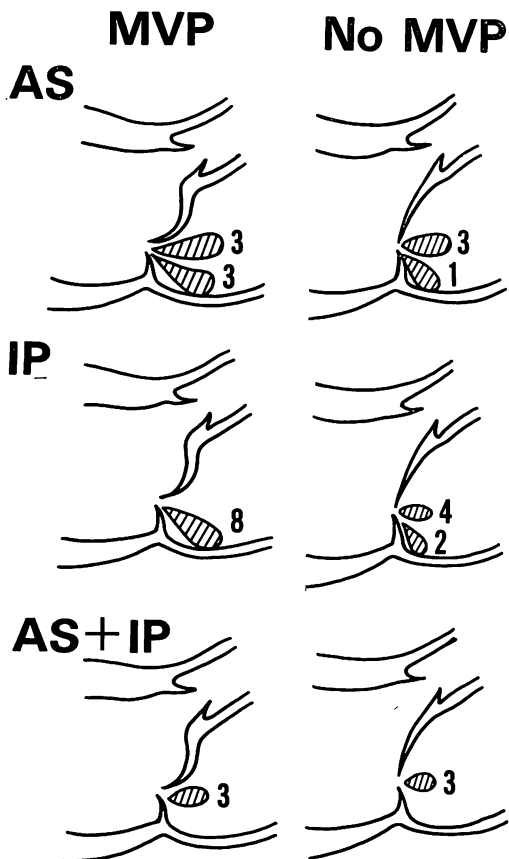


Fig. 9. Direction of MR jet in each group with or without mitral valve prolapse.

Fig. 9 は, 各群での MVP の有無と逆流方向との関連を示したものである。IP 群で MVP を認める場合, 逆流は全例左房後壁に向っていたが, AS+IP 群では, MVP の有無とは関係無く, 逆流は全例左房中央へ向っていた。AS 群では一定の傾向は認められなかった。

Fig. 10 に各群別の MVP の有無による逆流度の相違を示す。逆流 jet の distance は, MVP を認める場合は, AS 群 25 ± 6 mm, IP 群 23 ± 6 mm, AS+IP 群 14 ± 3 mm であり, MVP を認めない場合は, AS 群 21 ± 9 mm, IP 群 11 ± 1 mm, AS+IP 群 12 ± 1 mm であった。また, 逆

流 jet の area は, MVP を認める場合は, AS 群 295 ± 259 mm², IP 群 312 ± 217 mm², AS+IP 群 154 ± 102 mm² であり, MVP を認めない場合は, AS 群 231 ± 322 mm², IP 群 64 ± 29 mm², AS+IP 群 44 ± 5 mm² であった。MVP を認める場合, 逆流 jet の distance および area が, MVP を認めない場合に比べ有意に高値を示したのは IP 群のみであった。各群別の平均値は, distance が, AS 群 23 ± 11 mm, IP 群 18 ± 10 mm, AS+IP 群 13 ± 2 mm であり, area は AS 群 281 ± 260 mm², IP 群 211 ± 208 mm², AS+IP 群 104 ± 35 mm² であった。Distance では AS 群および IP 群が, area では AS 群がいずれも AS+IP 群に比べ有意に高値を示した。

2. IP 群における局所壁運動異常との関連

各群における MR と MVP の相互関係が最も明瞭であった IP 群について, 局所壁運動異常との関連を更に詳しく検討した。

Table 2 は IP 群において, 後乳頭筋付着部を含む seg. 2 の壁運動異常の有無と MR の出現頻度との関係を示したものである。Seg. 2 に壁運動異常を認める場合, MR の出現頻度は 57% と有意に高値を示した。しかしながら, 壁運動異常の程度による差は認められなかった。

Fig. 11 は, IP 群での MR と MVP の関係を総括して示したものである。MVP は seg. 2 に壁運動異常がある場合 43% の頻度で認められ, MVP を認めた場合, MR の出現頻度は高く, 逆流度も大であった。

なお, AS 群において, 前乳頭筋付着部である seg. 4 に壁運動異常を認めたものは, 49 例中 2 例のみで, いずれも MVP や MR は認められなかった。

3. 弁輪拡大および左室拡大との関連

Table 3 に各群における僧帽弁輪径と MR の有無との関連を示す。MR を認める場合の僧帽弁輪径は AS 群 32 ± 3 mm, IP 群 26 ± 2 mm, AS+IP 群 30 ± 3 mm であった。MR を認めない場合は AS 群 24 ± 2 mm, IP 群 25 ± 2 mm, AS+IP

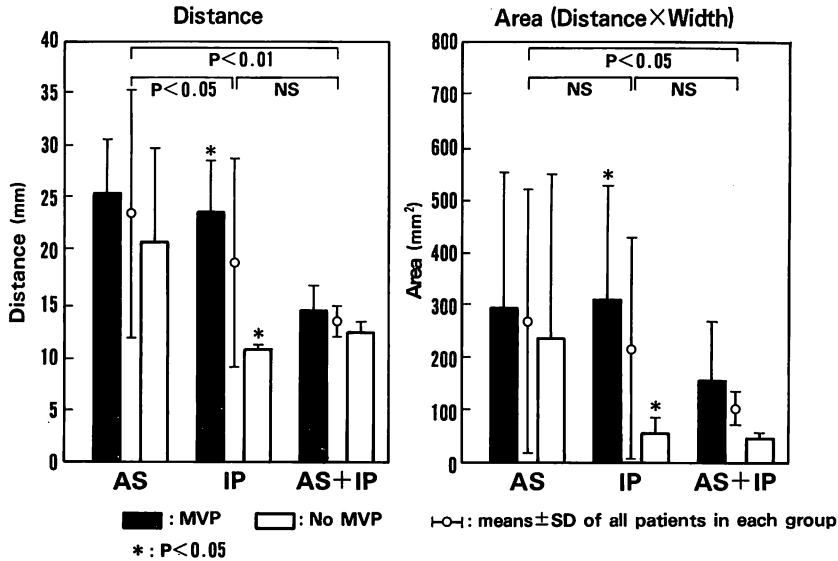


Fig. 10. Distance and area of MR jet in each group with or without mitral valve prolapse.

Table 2. Incidence of MR in IP group with or without asynergy in segment 2 of the left ventricle in the short axis view

Wall motion of seg 2	No. of cases	MR (%)	p value
Asynergy	21	12 (57%)	p < 0.05
hypokinesis	17	10	
akinesis or dyskinesis	4	2	
No Asynergy	8	0 (0%)	

群 24±1 mm であった。AS 群および AS+IP 群では、MR を認める場合、僧帽弁輪径は有意に高値を示したが、IP 群では差異を認めなかった。また、IP 群で MR を認める場合の僧帽弁輪径は、AS 群および AS+IP 群で MR を認める場合に比べ低値であった。

Table 4 は各群における左室拡張末期径 (Dd) と MR の関係を示したものである。MR を認める場合の Dd は AS 群 56±6 mm, IP 群 54±6 mm, AS+IP 群 56±10 mm であった。MR を認めない場合は AS 群 51±8 mm, IP 群 53±

7 mm, AS+IP 群 53±5 mm であった。MR の有無により Dd に有意差を認めた群は存在しなかった。

考 接

MR は弁尖、検索、乳頭筋、弁輪など, mitral complex のいずれかに破綻が生じた際に発生する。OMI において、Burch¹⁾は、乳頭筋あるいは乳頭筋付着部の左室自由壁の収縮能が低下する結果、弁尖の接合不全が生じ MR が発生すると述べている。この乳頭筋機能不全の概念は、後に心筋炎、心筋症などでの MR の発生機序をも説明すべく拡大されていった²⁾。しかし、弁尖の接合不全が生ずる原因として、Ogawa⁶⁾は、僧帽弁逸脱と左室拡大の関与をあげているが、Godley⁷⁾は、乳頭筋付着部の左室自由壁が dyskinesis を呈することが重要で、MVP の関与は無いとするなど、まだ定説は無い。これらの報告では、MR の定義は、心尖部で明らかな収縮期雑音を聴取し、左室造影上逆流を認めることとなっており、今回の我々の検討よりも重症例が多く含まれているこ

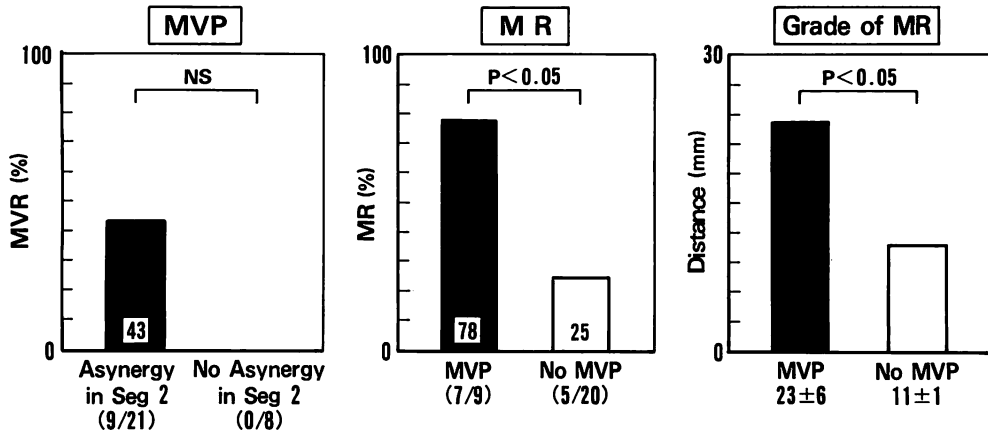


Fig. 11. Relationship between MR and mitral valve prolapse in the IP group.

Table 3. Relationship between mitral valve ring diameter and incidence of MR in each group

Group	MR	Mitral valve ring diameter (mm±SD)	p value
AS	MR(+)	32±3] p<0.01
	MR(-)	24±2	
IP	MR(+)	26±2] NS
	MR(-)	25±2	
AS+IP	MR(+)	30±3] p<0.05
	MR(-)	24±1	

Table 4. Relationship between left ventricular dilatation and incidence of MR in each group

Group	MR	LVDd (mm±SD)	p value
AS	MR(+)	57± 6] NS
	MR(-)	51± 8	
IP	MR(+)	54± 7] NS
	MR(-)	53± 7	
AS+IP	MR(+)	56±10] NS
	MR(-)	53± 5	

とは否定できない。しかし Ohwa ら⁸⁾によれば、左室造影を基準とした場合、MR の検出におけるドップラー断層法の sensitivity は 92%, specificity は 96% と極めて高く、また Izumi ら⁹⁾によれば、OMI 70 例において MR の有無およびその逆流度について左室造影とドップラー断層法を比較したところ、52 例で一致が見られ、残り 18 例もその差は Sellers 分類の I° にとどまったという。それにならい、今回我々は左室造影に代ってドップラー断層法を MR の評価に用い、OMI を左室壁運動異常の局在から、AS 群、IP 群、AS+IP 群の 3 群の分類して、各群の断層心エコー図所見、ドップラー断層所見の相違から、その発生機序を推察することを試みたが、梗塞部位によ

りその機序に違いを認めた。

まず IP 群では、後乳頭筋附着部に壁運動異常が存在する場合、芦田ら¹⁰⁾の報告と同様、主として後交連側から弁正中にかけて高頻度に僧帽弁前尖の逸脱が認められ、ドップラー断層で捉えられた逆流発生部位は、Izumi ら⁹⁾と同様逸脱部位とほぼ一致していた。また、逆流方向は左房後壁に向うことが多く、逸脱を認める場合にその逆流度も大であった。しかし、Godley ら⁷⁾とは異なり、IP 群で MR を認めた 12 例中、10 例で壁運動異常の程度は hypokinesis に過ぎなかった。これらの事実は、下後壁梗塞では、虚血による後乳頭筋収縮力の低下の結果、弁尖の腱索附着部位と乳頭筋との距離が大きい前尖が逸脱し、MR が発生す

るという機序を示唆するものと思われる。IP 群で後乳頭筋機能不全が高率に生ずる理由としては、後乳頭筋は右冠状動脈もしくは左回旋枝からの後下行枝によって血流を受けるため¹¹⁾下後壁梗塞では高率に直接障害を受けること、および後乳頭筋は前乳頭筋と異なり多くの場合2,3の筋群に分れているため¹²⁾、一部分の障害のみで乳頭筋収縮に歪を生じ得ることが考えられる。

一方、AS 群では、前乳頭筋の障害例が少なかったため、今回の検討例では前乳頭筋機能不全との関連は明確にし得なかったが、前乳頭筋は左冠状動脈の対角枝および鈍角枝の双方から血流を受けるため、前下行枝の閉塞により前壁中隔梗塞を生じても高度な障害を受けにくく、AS 群における MR の発生に、前乳頭筋機能不全の関与は少ないものと思われる。むしろ、AS 群では、MR の有無による僧帽弁輪径の差異が3群中で最も有意に大きく、弁輪拡大による coaptation zone の減少が MR の主たる発生機序であろう。左室拡張末期径 (Dd) に関しては、MR の有無で有意差を認めなかったが、Boltwood ら¹³⁾も、拡張型心筋症における MR の発生機序としては弁輪拡大の関与が最も大きく、左室拡大があっても、弁輪拡大が生じなければ MR は発生しにくいとしている。Radford ら¹⁴⁾によれば、梗塞発症後2ヵ月目以後に僧帽弁置換術を施行し、切除心筋を検索し得た32例中、28例で乳頭筋の断裂ないし線維化を認めたが、乳頭筋に変化の見られなかった残り4例はいずれも前壁中隔梗塞で、心室瘤切除を併せて施行したという。この事実は、今回の我々の検討した結果を間接的に裏付けるものと思われる。

AS+IP 群では、後乳頭筋機能不全と弁輪拡大の双方の機序の関与が考えられるが、MVP の有無にかかわらず逆流は左房中央に向かい、AS 群と同様 MR の有無により僧帽弁輪径に有意差を認めることは、弁輪拡大のより強い関与を示唆するものと思われる。しかし、Izumi ら¹⁰⁾とは逆に、今回の我々の検討では逆流度が低かったことなど

は、今後更に検討すべき課題と考えられる。

なお、今回我々が検討した92例中、僧帽弁置換術を施行した例は存在しなかった。それらの中には、ドップラー断層法によってのみ MR が捉えられた例も少なくなく、軽症例を多く含むことは否定できないが、Radford ら¹⁴⁾の僧帽弁置換術施行例32例中15例は梗塞発症後1年以上を経過してのものであり、MR の経時的変化については定期的な追跡調査による今後の検討が必要であろう。

結 論

陳旧性心筋梗塞 (OMI) 92例を対象とし、ドップラー断層法により僧帽弁逆流 (MR) と左室壁運動異常・僧帽弁逸脱 (MVP) との関連につき検討を行い、以下の結論を得た。

1. MR は anteroseptal (AS) 群に比べ、inferoposterior (IP) 群および AS+IP 群で高率に認められた。

2. IP 群では、後乳頭筋付着部に壁運動異常を認める場合、MR を高率に認めた。MVP も後交連側から正中にかけて認められ、逆流発生部位とほぼ一致し、MVP を合併する例で MR の程度はより高度であった。IP 群における MR の発生機序は、主として後乳頭筋機能不全であると考えられた。

3. AS 群および AS+IP 群では、MR と乳頭筋機能不全の間には強い関連は見られず、MR の有無により僧帽弁輪径に有意差を認めた。AS 群および AS+IP 群における MR の発生機序は、主として弁輪拡大にあると考えられた。

要 約

陳旧性心筋梗塞における僧帽弁逆流 (MR) の出現機序を推察するため、そのドップラー断層所見と断層心エコー図所見を総合的に比較検討した。

対象は陳旧性心筋梗塞92例で、乳頭筋レベルの左室短軸断層における左室壁運動異常の局在か

ら, 前壁中隔群 (AS 群) 49 例, 下後壁群 (IP 群) 29 例, AS+IP 群 14 例の 3 群に分類した. ドップラー断層法により MR の有無, 逆流発生部位, 逆流方向, および逆流度を評価した. また, 断層心エコー図法により僧帽弁逸脱 (MVP) の有無を観察し, 僧帽弁輪径, 左室拡張末期径を計測した.

MR は AS 群で 20%, IP 群で 41%, AS+IP 群で 43% に認められ, AS 群に比べ IP 群および AS+IP 群では, MR の出現頻度は有意に高率であった.

IP 群では, 後乳頭筋付着部に壁運動異常を認める場合, 左房後壁に向かう MR シグナルを 57% の高率に認めた. また僧帽弁前尖の逸脱が 43% に認められたが, 逸脱部位は全例後交連側から正中にかけてであり, 逆流発生部位とほぼ一致していた. MVP を合併する例で MR の程度はより高度であった. しかし, MR の有無により僧帽弁輪径に有意差は見られなかった.

一方, AS 群および AS+IP 群では MR と MVP の相互関係は IP 群ほど明瞭ではなく, また前乳頭筋付着部の壁運動異常と MR の出現についても, 強い関連は認められなかった. しかし, MR を認める場合の僧帽弁輪径は, AS 群 31.6 ± 3.1 mm, AS+IP 群 29.5 ± 3.3 mm, MR を認めない場合は AS 群 24.2 ± 1.6 mm, AS+IP 群 24.4 ± 1.2 mm であり, 両群とも, MR の有無により僧帽弁輪径に有意差を認めた.

以上より, 陳旧性心筋梗塞における MR の出現機序は, IP 群では主として後乳頭筋機能不全, AS 群および AS+IP 群では主として弁輪拡大にあると考えられた.

文 献

- 1) Burch GE, DePasquale N, Phillips JH: Clinical manifestations of papillary muscle dysfunction. *Arch Int Med* 112: 112-117, 1963
- 2) Burch GE, DePasquale N, Phillips JH: The syndrome of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* 75: 399-415, 1968
- 3) 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)
- 4) Yoshikawa J, Kato H, Yanagihara K, Okumachi F, 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)
- 5) Kuwako K, Umeda T, Furuta S, Machii K: Dimensions and dynamics of mitral ring assessed by real-time phased-array cross-sectional echocardiography. *J Cardiogr* 8: 621-630, 1978 (in Japanese)
- 6) Ogawa S, Hubbard FE, Mardelli TJ, Dreifus LS: Cross-sectional echocardiographic spectrum of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* 97: 312-321, 1979
- 7) Godley RW, Wann LS, Rogers EW, Feigenbaum H, Weyman AE: Incomplete mitral leaflet closure in patients with papillary muscle dysfunction. *Circulation* 63: 565-571, 1981
- 8) Ohwa M, Sakakibara H, Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Ueda E, Funahashi T, Nakasone I, Nimura Y: Mitral regurgitation: Detection and quantitative evaluation by two-dimensional Doppler echocardiography. *J Cardiogr* 15: 807-815, 1985 (in Japanese)
- 9) Izumi S, Miyatake K, Beppu S, Park YD, Nagata S, Kinoshita N, Sakakibara H, Nimura Y: Mechanism of mitral regurgitation in patients with myocardial infarction: A study using real-time two-dimensional Doppler flow imaging and echocardiography. *Circulation* 76: 777-785, 1987
- 10) Ashida T, Isshiki T, Koizumi K, Ouchi Y, Kuwako K, Umeda T, Machii K, Furuta S: Relation of left ventricular asynergy to the site of mitral valve prolapse in papillary muscle dysfunction studied by real-time phased-array cross-sectional echocardiography. *J Cardiogr* 9: 851-858, 1979 (in Japanese)
- 11) James TN: Anatomy of the coronary arteries in health and disease. *Circulation* 32: 1020-1033, 1965
- 12) Roberts WC, Cohen LS: Left ventricular papillary muscles: Description of the normal and a survey of conditions causing them to be abnormal. *Circulation* 46: 138-154, 1972
- 13) Boltwood CM, Tei C, Wong M, Shah PM: Quantitative echocardiography of the mitral complex in dilated cardiomyopathy: The mechanism of functional mitral regurgitation. *Circulation* 68: 498-508, 1983

14) Radford MJ, Johnson RA, Buckley MJ, Daggett WM, Leinbach RC, Gold HK: Survival following mitral valve replacement for mitral regurgita-

tion due to coronary artery disease. *Circulation* 60 (Suppl I): I-39-I-47, 1979