

僧帽弁狭窄における I 音および僧帽弁開放音の性状と僧帽弁前尖の形態および動態との関連性

Correlations between the features of first heart sound and opening snap and the shape and motion of the anterior mitral leaflet in patients with mitral stenosis

福田 信夫
三河 哲也
苛原 恵子
河野 和弘
四宮 秀美
富永 俊彦
大櫛日出郷
内田 知行
大木 崇
森 博愛

Nobuo FUKUDA
Tetsuya MIKAWA
Keiko IRAHARA
Kazuhiro KAWANO
Hidemi SHINOMIYA
Toshihiko TOMINAGA
Hidesato OKUSHI
Tomoyuki UCHIDA
Takashi OKI
Hiroyoshi MORI

Summary

To evaluate the relationship between the motion pattern and degree of organic change of the anterior mitral leaflet (AML) and the features of the mitral component of the first heart sound (M_1) or the opening snap (OS), 37 patients with mitral stenosis (MS) were studied by auscultation, phonocardiography and echocardiography. Based on the features of M_1 and OS according to auscultation and phonocardiography, the patients were categorized as group I, 18 patients with loud and snappy M_1 and OS; group II, 12 patients with snappy M_1 but small and dull OS; and group III, seven patients with small and dull M_1 and OS.

Intensities of M_1 and OS were calculated by the ratios of their amplitudes to the aortic component of the second heart sound on the high frequency phonocardiograms recorded at points of the maximum intensities, respectively. Echocardiographic parameters related to productions of M_1 and OS were obtained from M-mode and two-dimensional echograms of the AML; they were amplitudes and velocities on closing and opening, M_1 area defined as that between end-diastolic and systolic echoes, OS area

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本町 2-50-1 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine,
Faculty of Medicine, University of Tokushima,
Kuramoto-cho 2-50-1, Tokushima 770

Received for publication May 21, 1986; accepted July 4, 1986 (Ref. No. 31-9)

between systolic and early diastolic echoes, the doming area between the trailing edge of an early diastolic echo and a line projected from the anterior annulus to the tip of the leaflet, and the degree of systolic ballooning.

Results were as follows:

1. Significant differences in the area of the mitral valve orifice were found among three groups. The area was maximum in group II, minimum in group III and intermediate in group I.

2. In group I, the body of the AML was pliable, resulting in a ballooning into the left atrium in systole and a marked doming toward the left ventricle in early diastole. Various parameters related to the production of M_1 and OS in group I were significantly increased as compared with those of the other two groups.

3. In group II, the body of the AML was not pliable in spite of mild organic changes in the valve. The degree of early diastolic doming was mild. Compared to group III, the intensity of M_1 in group II was significantly larger, but no significant difference was observed in the parameters related to the production of M_1 between the two groups. The intensity of OS in group II was attenuated to the same degree as in group III and its grade correlated well with the grade of a decrease of the doming area. The main cause of this attenuation was thought to be low left atrial pressure and reduced diastolic suction of the left ventricle due to associated left ventricular dysfunction.

4. In group III, both the tip and body of the AML were much less mobile due to severe organic changes in the valve.

In conclusion, the auscultatory and phonocardiographic features of OS reflect well the pliability of the body of the AML, particularly of the early diastolic doming of the valve. Those of M_1 reflect well the degree of organic change in the AML.

Key words

Mitral stenosis Mitral component of the first heart sound Mitral opening snap Systolic ballooning
Early diastolic doming Organic change of the mitral valve

はじめに

僧帽弁狭窄 (mitral stenosis: MS) の I 音 (mitral first heart sound: M_1) と僧帽弁開放音 (mitral opening snap: OS) がそれぞれ僧帽弁の閉鎖および開放の際に生じる心音であることは周知の事実である。両心音は互いに counterpart であり、僧帽弁の器質的変化と対比した成績によると、両心音の聴診上および心音図上の性状は、弁の性状あるいは可動性を評価する良い指標になり得ると考えられている¹⁻⁴⁾。

一方、断層心エコー図法は非観血的に僧帽弁の形態および動態を評価するには最も有用な方法であり、本法により捉えた弁エコーの異常は、解剖学的所見とも良く一致する⁵⁻⁸⁾。

本研究の目的は、MS における M_1 および OS

の性状が僧帽弁前尖の形態および動態をどの程度反映し得るかについて、心エコー図法を用いて再検討することである。

対 象

対象は純型または最軽症の僧帽弁あるいは大動脈弁逆流を合併する MS 連続 45 例中、計測可能な心音図および心エコー図記録の得られた 37 例である。性別は男 21 例、女 16 例で、年齢は 31~74 (平均 50.2) 歳、心調律は洞調律 10 例、心房細動 27 例である。僧帽弁あるいは大動脈弁逆流の合併は 20 例に認められたが、その程度は心音図 (13 例) または心血管造影 (7 例) により判定し、心音図では逆流性雑音の音量が Levine I 度あるいはそれ以下、心血管造影では逆流度が Sellers 分類の I 度あるいはそれ以下のものを最軽症とし

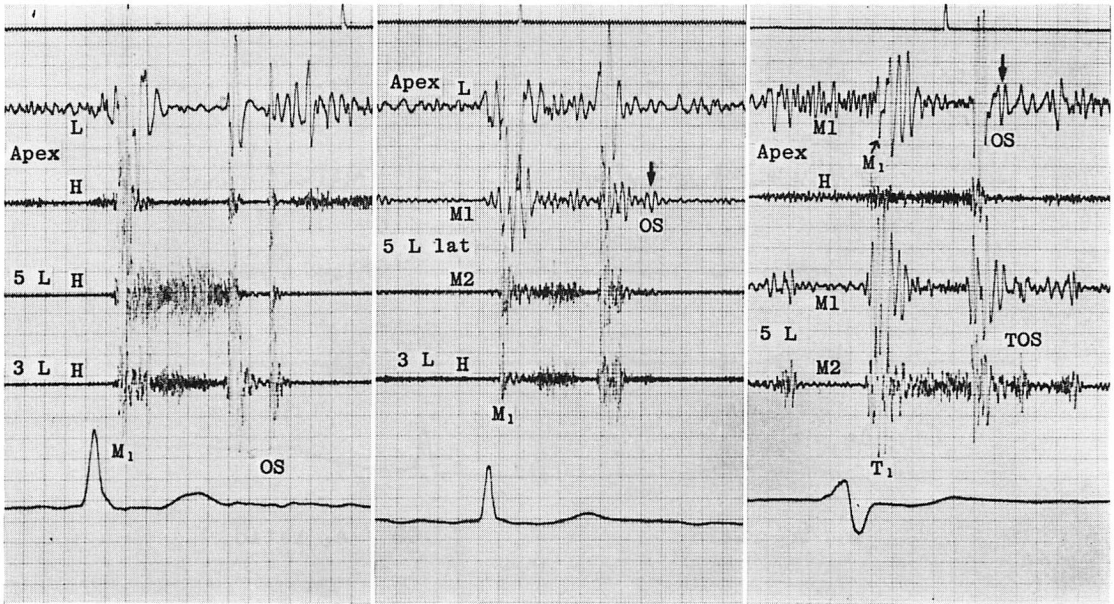


Fig. 1. Auscultatory and phonocardiographic classification of the patients with mitral stenosis based on features of the mitral component of the first heart sound (M_1) and the mitral opening snap (OS).

Group I: Both M_1 and OS are large and snappy; Group II: M_1 is snappy, but OS is small and dull; Group III: Both M_1 and OS are small and dull.

T_1 =tricuspid component of the first heart sound; TOS=tricuspid opening snap. Filter characteristics of the phonocardiograms: L=0-50, M1=50-100, M2=100-200, H=200-400 (Hz).

た.

以上の 37 例を聴診上および心音図上の M_1 と OS の性状に基づき, Fig. 1 のごとく 3 群に分類した. すなわち, M_1 , OS のいずれも強力で, snappy な性質を有する I 群, M_1 は snappy であるが, OS は小さく dull な性質を有する II 群, M_1 , OS のいずれも小さく dull な性質を有する III 群である. ここで “snappy” とは, 聴診上鋭くはじける感じで, 心音図上高調成分に富み, かつ振幅の大きい性質を有する表現であり, 一方, “dull” とは, 聴診上比較的低調で snappy な性格を欠如し, 心音図上高調成分に乏しい性質を有する表現である. 各群の症例数は I 群 18 例, II 群 12 例, III 群 7 例である.

方 法

1. 使用装置

断層心エコー図は東芝製超音波心断層装置 SSH-11A を用いてポラロイドフィルムに記録し, M モード心エコー図はアロカ SSD-110B を用いて strip chart recorder またはポラロイドフィルムにて記録した. 心音図の記録には, ポリグラフはフクダ電子製 MCM-8000, マイクロフォンは同社製 MA-250 を用い, エレマ製 8 素子ミンゴグラフにて記録した.

2. M_1 および OS の音量決定法 (Fig. 2)

M_1 および OS の音量は, 心尖部および OS 最大部位で記録した高音心音図において, それぞれの振幅と II 音大動脈弁成分 (A_2) の振幅との比 (M_1/A_2 ratio, OS/ A_2 ratio) を求めることにより

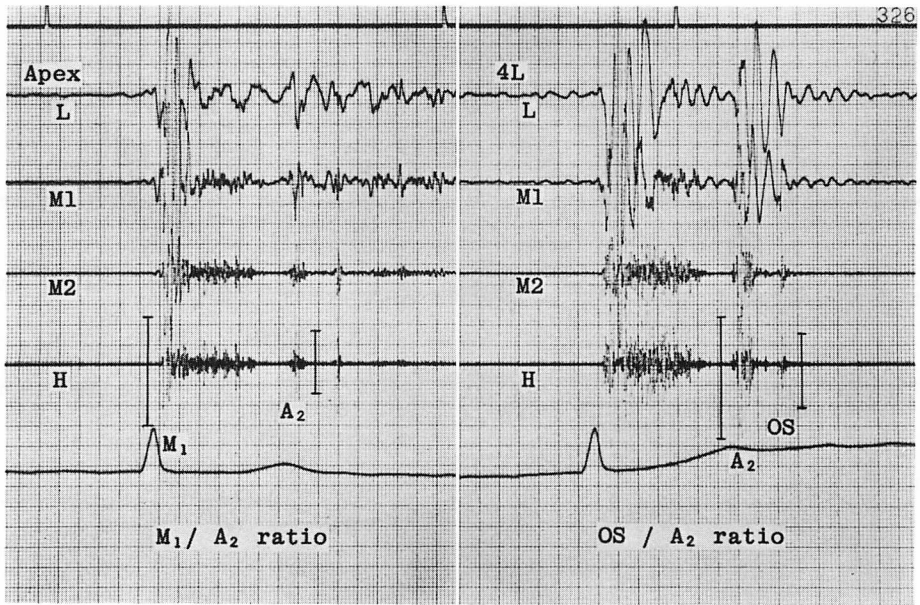


Fig. 2. Phonocardiographic determinations of the intensities of the mitral component of the first heart sound (M_1) and the mitral opening snap (OS).

The intensities of M_1 and OS are determined by the ratios of their amplitudes to the aortic component of the second heart sound (A_2) on the high frequency phonocardiograms recorded at the points of their maximum intensities, respectively.

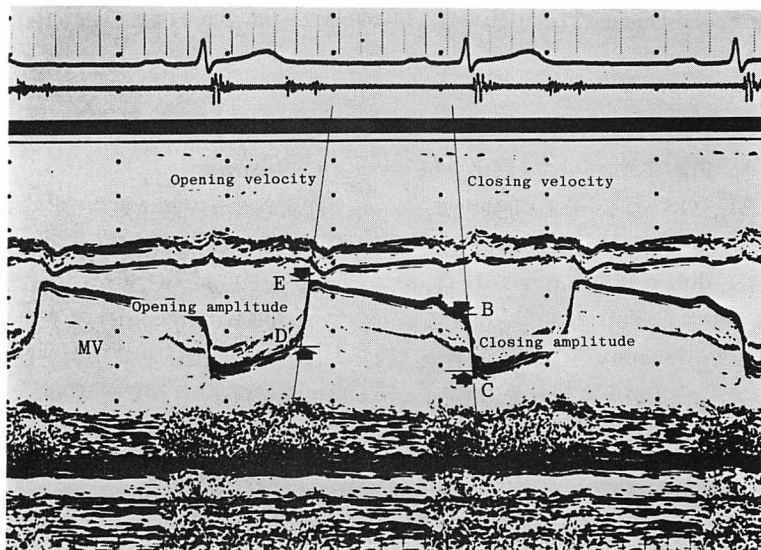


Fig. 3. Measurements of M-mode echocardiographic parameters related to the productions of the mitral component of the first heart sound (M_1) and the mitral opening snap (OS).

The amplitudes and the velocities of opening and closing of the anterior mitral valve (MV) are derived from the distances and the most rapid slopes from points D to E and B to C, respectively.

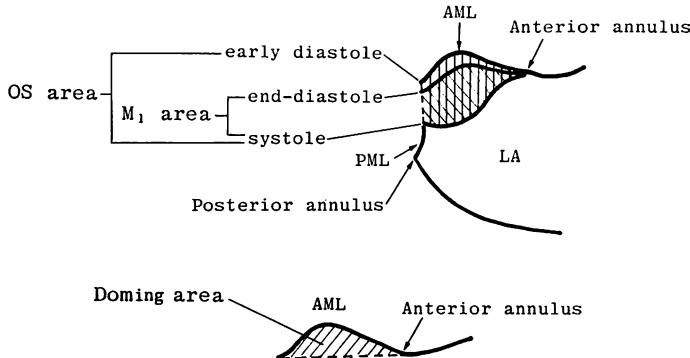


Fig. 4. Measurements of two-dimensional echocardiographic parameters related to the productions of the mitral component of the first heart sound (M_1) and the mitral opening snap (OS).

Parasternal long-axis two-dimensional echocardiograms are recorded in early diastole, end-diastole and systole. The trailing edge of the anterior mitral leaflet (AML) echo of these three phases is traced by using the anterior mitral annulus as the standard point. M_1 and OS areas are obtained by the area between end-diastolic and systolic AML echoes and that between systolic and early diastolic AML echoes, respectively.

The doming area is obtained from the area between the trailing edge of the AML echo and a line projected from the anterior mitral annulus to the tip of the AML.

PML=posterior mitral leaflet; LA=left atrium.

決定した。ただし、 M_1 および OS が極めて弱い場合には、中ないし低音心音図を用いて評価した。心房細動例では、 M_1 および OS の音量は先行 RR 間隔の変動によって変化するため、先行 RR 間隔が 0.75~1.0 秒の 5 心拍の平均により求めた。

3. M_1 および OS の発生に関係する心エコー図上の諸指標の計測法

1. M モード心エコー図：前胸壁から最大振幅の得られるビーム方向で僧帽弁前尖エコー図を記録し、B-C 間および D-E 間の振幅と傾斜を求め、それぞれを閉鎖時振幅 (closing amplitude)、閉鎖速度 (closing velocity) および開放時振幅 (opening amplitude)、開放速度 (opening velocity) とした (Fig. 3)。

2. 断層心エコー図：胸骨左縁からのアプローチにより、拡張早期、拡張末期および収縮期の左室長軸断層像を記録した。前方僧帽弁輪、すなわち大動脈弁付着部の僧帽弁前尖屈曲点を一致さ

せ、各時相の僧帽弁前尖エコー背側縁をトレースし、拡張末期エコーと収縮期エコーによって囲まれる面積を M_1 area、収縮期エコーと拡張早期エコーによって囲まれる面積を OS area として算出した (Fig. 4 上段)。

同時に、僧帽弁前尖の左室内への拡張早期 doming の程度を評価するために、拡張早期の僧帽弁前尖エコーの背側縁および弁輪と弁尖端部を結んだ直線によって囲まれる面積を doming area として算出した (Fig. 4 下段)。収縮期の左室内への ballooning の程度は、収縮期の僧帽弁前尖先端部の位置決定が困難なために、面積としては求めず、ballooning をほとんど認めないものを (-)、軽度認めるものを (+)、中等度以上認めるものを (++) として、3 段階評価を行った。

以上の評価に用いた心時相は、拡張早期を僧帽弁前尖の最大開放時点、拡張末期を心電図の R 波の頂点とし、収縮期は中期あるいは後期を用いた。各面積はグッドマン製 medical graphics

Table 1. Subclassification, clinical features and echocardiographic findings of patients with mitral stenosis

	Age (y)	AOV lesion	2-DE		M-mode		
	Range (M)		MVA (cm ²)	Organic score of AMV	FS	FS<0.2	LAD (cm)
Group I (n=18)	31-56 (42.3)	8/18 (44%)	1.1±0.4	1.0±0.5	0.29±0.05	0/15	4.8±1.0
Group II (n=12)	49-71 (58.2)	7/12 (58%)	1.5±0.6	1.1±0.5	0.25±0.06	3/12 (25%)	4.7±0.8
Group III (n=7)	48-74 (57.1)	5/7 (71%)	0.8±0.3	2.2±0.8	0.26±0.10	2/7 (29%)	5.0±0.7

y=years; M=mean; AOV=aortic valve; 2-DE=two-dimensional echocardiogram; M-mode=M-mode echocardiogram; MVA=area of the mitral valve orifice; AMV=anterior mitral valve; FS=fractional shortening of the left ventricle; LAD=left atrial dimension; n=number of cases; ns=not significant.

* and **=p<0.05 and 0.01.

analyzer TEAC-PS80 により算出した。

4. 僧帽弁前尖の器質的病変度指数 (organic score) の決定法

断層心エコー図による僧帽弁前尖の器質的变化の grading は、谷ら⁹⁾の方法に準じて、長軸断面における大動脈後壁のエコー輝度を基準として用い、僧帽弁前尖のエコー輝度が大動脈後壁以下の場合を0、大動脈後壁と同等の場合を1、大動脈後壁の輝度より明らかに増大するが肥厚の著明でない場合を2、輝度が強くかつ肥厚の著明な場合を3として、4段階に分類した。

5. 統計的処理

統計的処理には unpaired t-test を用いた。

成 績

1. 各群の臨床的特徴および心エコー図所見 (Table 1)

平均年齢はI群(42歳)が他の2群(II群58歳, III群57歳)に比し低かった。大動脈弁病変の合併率はI群(44%), II群(58%)に比してIII群(71%)でやや高かった。僧帽弁口面積はII群(1.5 cm²)が最大, III群(0.8 cm²)が最小で, I群(1.1 cm²)はそれらの中間値を示し, 各群間に有意差を認めた。僧帽弁前尖病変度指数はIII群(2.2±0.8)が他の2群(I群1.0±0.5, II群1.1±

0.5) に比して有意に高値を示した。左室の fractional shortening (FS) は3群間で差を認めなかったが, FS が0.2未満の高度左室収縮力低下例はI群には1例も認めなかったのに対し, II群では3例(25%), III群では2例(29%)に認めた。左房径は3群間に差を認めなかった。

2. 症例の呈示および一般的観察

症例1: 46歳, 女性, I群 (Fig. 5)

僧帽弁口面積1.84 cm², 平均肺動脈楔入圧10 mmHgの純型MSで, 心音図上, M₁, OSはともに高調成分に富みsnappyである。心エコー図上, 弁病変は軽度(弁病変度指数=0)で, 弁帆部の可動性は良好で, 拡張早期には大きい左室内 doming を形成し, 収縮期には弱いながら左房側に ballooning を示す (ballooning 度=1(+))。

症例2: 31歳, 男性, I群 (Fig. 6)

僧帽弁口面積0.44 cm², 平均肺動脈楔入圧45 mmHgで, 大動脈弁逆流を合併した重症MS例である。心音図上, 強大でsnappyなM₁およびOSを認める。心エコー図上, 弁病変は比較的高度(弁病変度指数=3)であるが, その変化は弁縁部に限局し, 弁帆部の可動性は良好である。僧帽弁前尖は拡張早期には大きく左室内 doming を形成し, また収縮期には強く左房側に ballooning を示す (ballooning 度=2(+))。

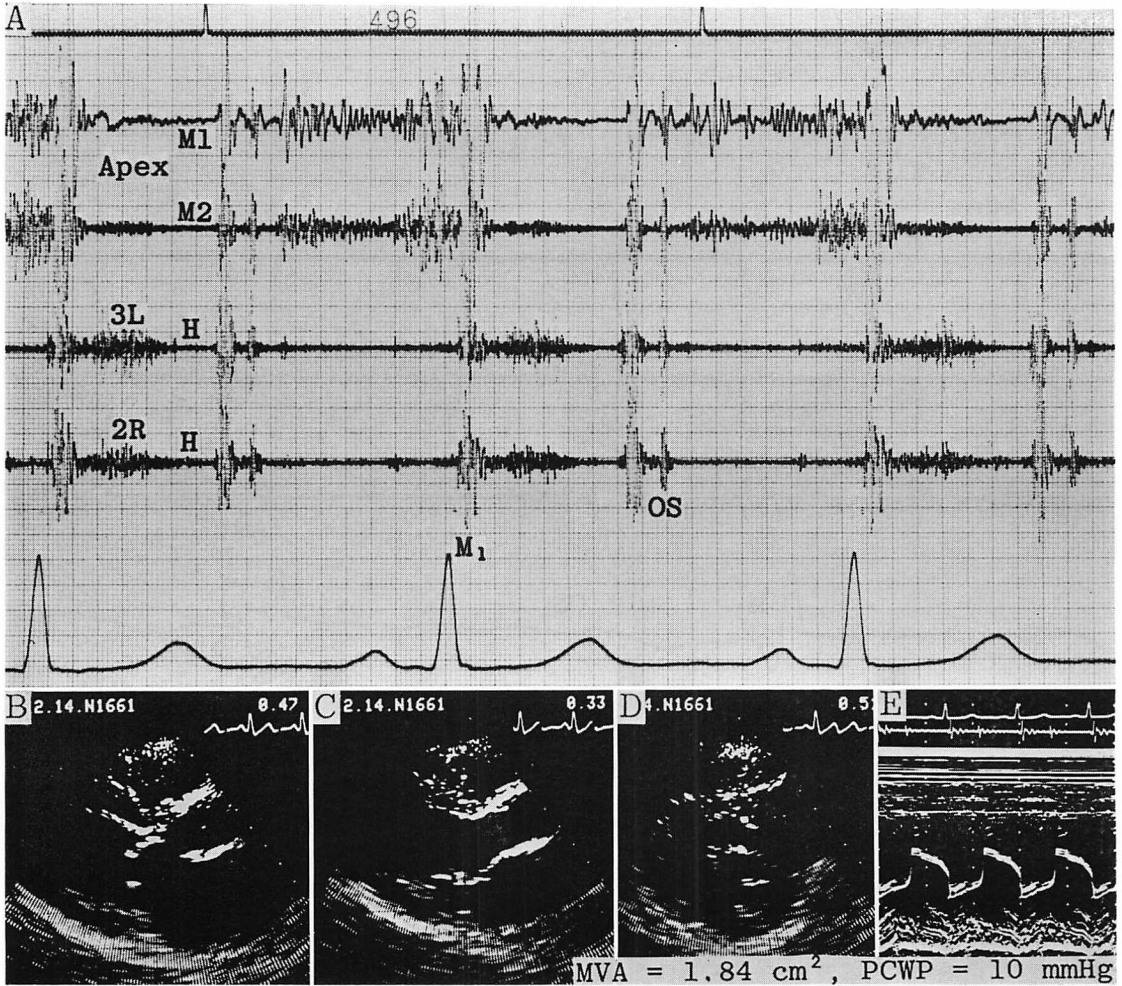


Fig. 5. Phono- and echocardiograms of a patient in group I (46-year-old woman, pure mitral stenosis).

Both M_1 and OS are large and snappy in the phonocardiogram (A). The long-axis (B: early diastole, C: systole) and short-axis (D) two-dimensional echocardiograms show diastolic doming and systolic ballooning of the anterior mitral leaflet (AML) which is thin and minimally fibrotic. The M-mode echocardiogram (E) of the AML demonstrates the maximum amplitude of 20 mm.

M_1 =mitral component of the first heart sound; OS=mitral opening snap; MVA=area of the mitral valve orifice; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure.

以上のように，I群では弁帆部の可動性が良好で，拡張早期の左室内 doming が強く，収縮期にも左房内 ballooning を示すことが特徴であった。

症例 3: 55歳，男性，II群 (Fig. 7)

僧帽弁口面積 1.53 cm²，大動脈弁逆流を合併し

た軽症 MS 例である。心音図上， M_1 は高調成分に富み，振幅も大きく snappy さを保っているが，OS は低調成分が主体で振幅も極めて小さい。心エコー図上，弁病変は軽度 (弁病変度指数=1) であるが，弁帆部の可動性は低下し，特に拡張早期

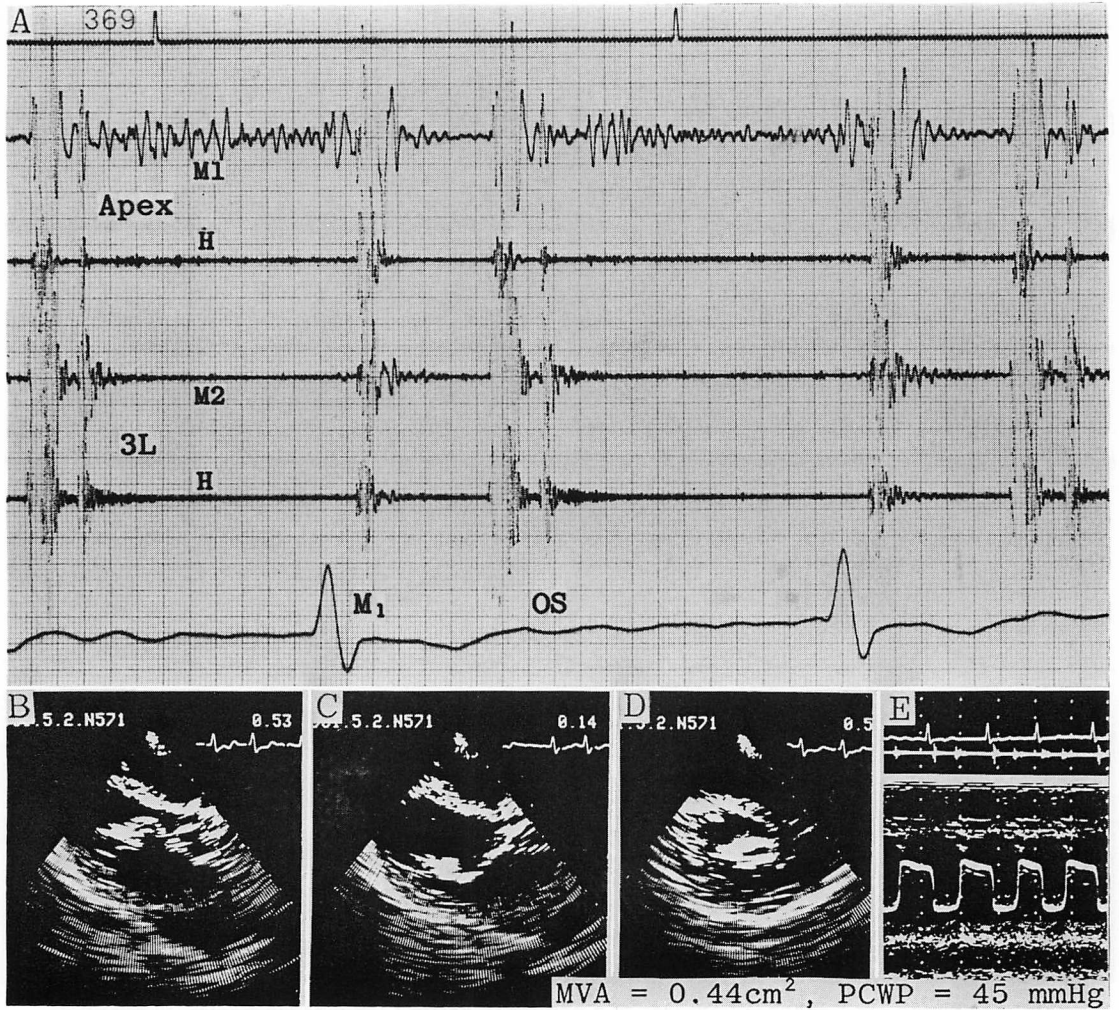


Fig. 6. Phono- and echocardiograms of a patient in group I (31-year-old man, severe mitral stenosis with minimal aortic regurgitation).

Both M_1 and OS are large and snappy in the phonocardiogram (A). In the long-axis (B: early diastole, C: systole) and short-axis (D) two-dimensional echocardiograms, organic change of the anterior mitral leaflet (AML) is relatively marked but is localized in the tip, so that the body of the AML is pliable and shows the early diastolic doming and systolic ballooning. The M-mode echocardiogram (E) of the AML shows the maximum amplitude of 28 mm.

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

の左室内 doming の程度が I 群に比して小さい。一方、収縮期の左房内 ballooning は軽度であるが認められる (ballooning 度=1(+))。

症例 4: 54 歳, 男性, II 群 (Fig. 8)

僧帽弁口面積 1.05 cm², 平均肺動脈楔入圧 18

mmHg, 大動脈弁逆流および左室機能低下を合併した中等症 MS 例である。心音図上、 M_1 は snappy さを保っているが、OS は振幅が極めて小さい。頸動脈波は左心機能の低下を反映して、心拍変動による波高の変化が著明¹⁰⁾で、先行 RR

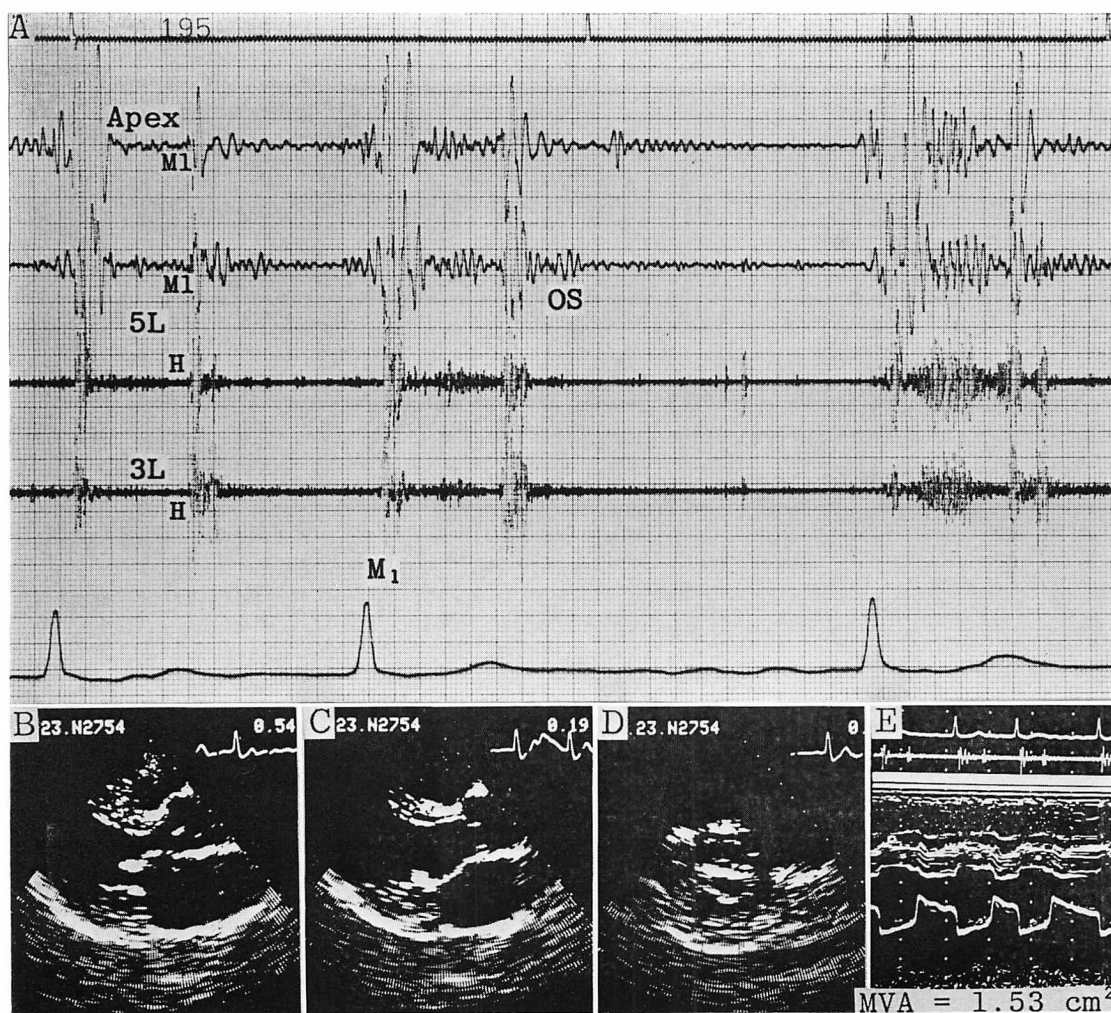


Fig. 7. Phono- and echocardiograms of a patient in group II (55-year-old man, mild mitral stenosis with minimal aortic regurgitation).

M_1 is sharp, but OS is small and dull in the phonocardiogram (A). In the long-axis (B: early diastole, C: systole) and short-axis (D) two-dimensional echocardiograms, the mobility of the anterior mitral leaflet (AML) is poor, despite mild organic change. The M-mode echocardiogram (E) of the AML shows the maximum amplitude of 14 mm.

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

間隔が短い心拍では dirotism を示す。心エコー図上、高度の弁病変を認めないが (弁病変度指数 = 1), 弁帆部の可動性は悪く、拡張早期の左室内 doming 形成は不良である。しかし、収縮期の左房内 ballooning は軽度であるが認められる (bal-

looning 度 = 1 (+)).

以上のように、II 群では高度の弁病変を認めないにもかかわらず弁帆部の可動性が悪く、特に拡張早期の左室内 doming 形成が不良なことが特徴的であった。

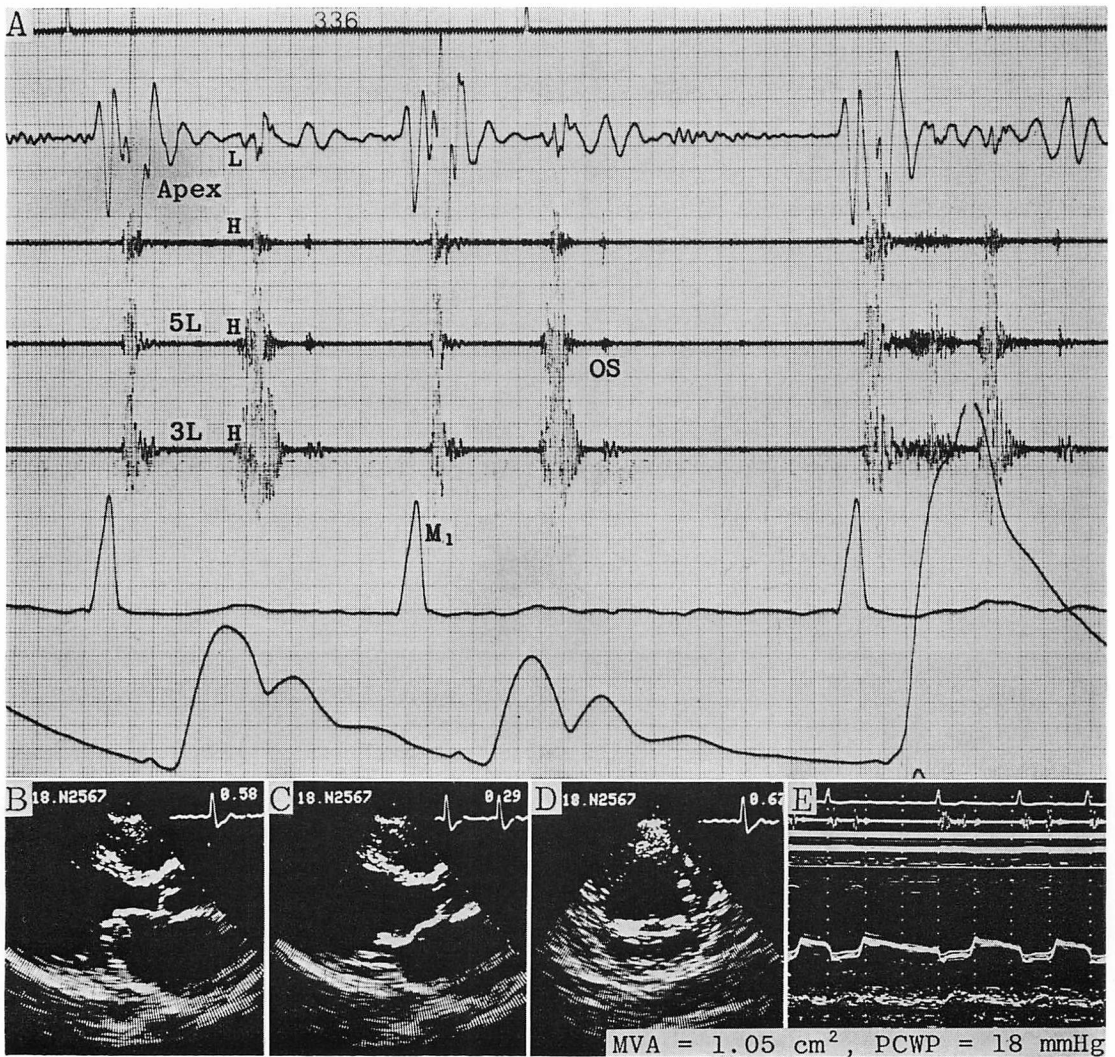


Fig. 8. Phono- and echocardiograms of a patient in group II (54-year-old man, moderate mitral stenosis with minimal aortic regurgitation and left ventricular dysfunction).

M₁ is sharp, but OS is small in the phonocardiogram (A). Carotid pulse shows a marked beat-to-beat variation of the amplitude suggesting left ventricular dysfunction. In the long-axis (B: early diastole, C: systole) and short-axis (D) two-dimensional echocardiograms, the left ventricle is dilated and the body of the anterior mitral leaflet (AML) is not pliable despite mild to moderate organic change. M-mode echocardiogram (E) of the AML shows the maximum amplitude of 16 mm.

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

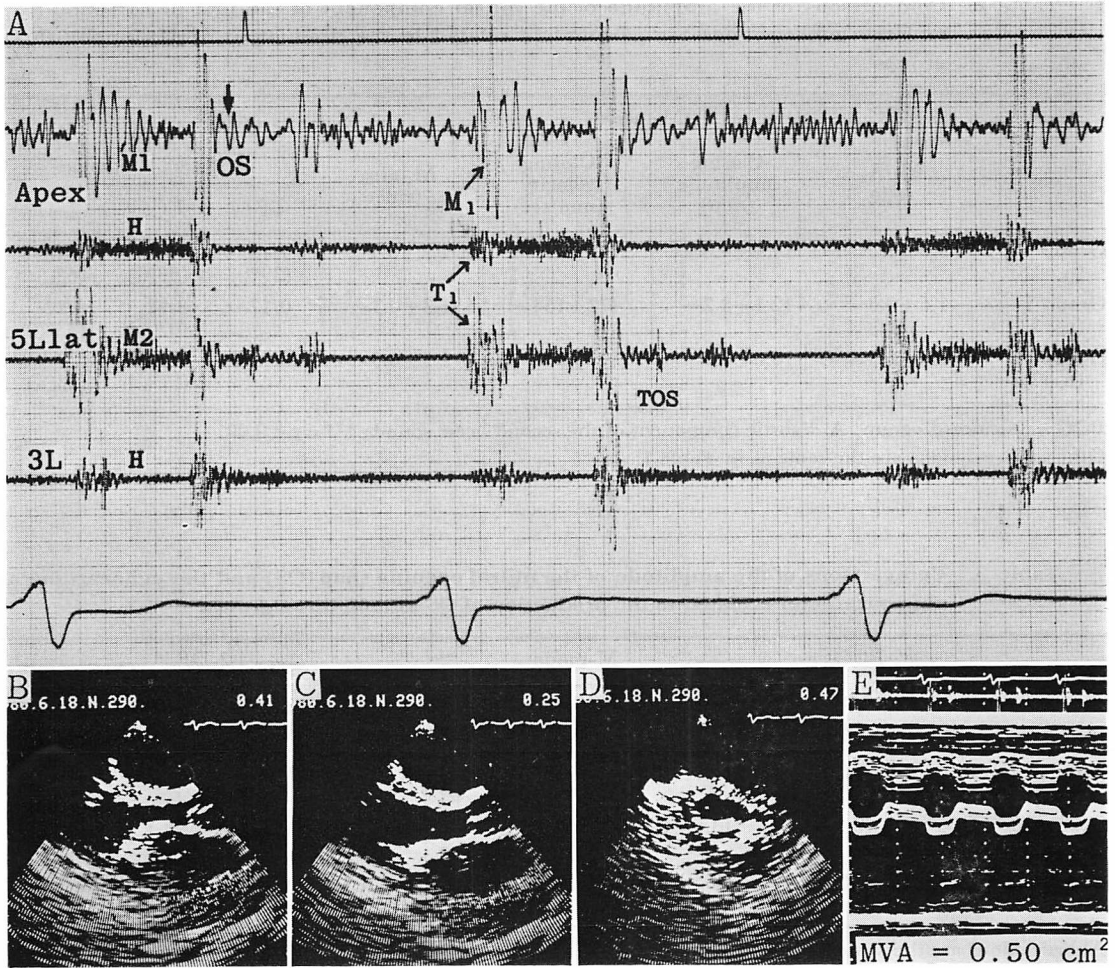


Fig. 9. Phono- and echocardiograms of a patient in group III (48-year-old man, severe mitral stenosis with minimal mitral regurgitation).

Both M_1 and OS are dull in the phonocardiogram (A). The long-axis (B: early diastole, C: systole) and short-axis (D) two-dimensional echocardiograms show a thickened and immobile anterior mitral leaflet. The M-mode echocardiogram (E) of the mitral valve demonstrates multiple thickened echoes.

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

症例 5: 48 歳, 男性, III 群 (Fig. 9)

僧帽弁口面積 0.50 cm^2 , 僧帽弁逆流を合併した重症 MS 例である。心音図上, M_1 , OS はともに高調成分に乏しく, 極めて小さい。心エコー図上, 高度の弁病変を認め (弁病変度指数=3), 弁帆部の可動性は不良で, 拡張早期の左室内 doming および収縮期の左房内 ballooning をほとん

ど認めない (ballooning 度=0)。

III 群に属する例はいずれも高度の弁病変を有し, 弁帆部の可動性が極めて不良であった。

3. M_1 の音量および M_1 発生に關係する心エコー図上の諸指標の比較 (Table 2)

M_1 の音量 (M_1/A_2 ratio) は I 群が最大, III 群が最小, II 群が両群の中間値を示し, 3 群間に

Table 2. Comparisons of the amplitude of the mitral component of the first heart sound (M₁) and the echocardiographic parameters related to the production of M₁ among three groups

	PCG	M-mode		M ₁ area (cm ²)	2-DE		
	M ₁ /A ₂ ratio	Closing amplitude (mm)	Closing velocity (mm/sec)		Systolic ballooning		
					2 (+)	1 (+)	(-)
Group I (n=18)	3.0±1.5	17.4±4.0	762±171	2.2±0.5	7/18 (39%)	10/18 (55%)	1/18 (6%)
Group II (n=12)	1.6±0.5	12.1±3.2	472±154	1.3±0.3	0/12	8/12 (67%)	4/12 (33%)
Group III (n=7)	0.8±0.3	10.0±0.9	343±120	1.2±0.3	0/7	4/7 (57%)	3/7 (43%)

PCG=phonocardiogram; A₂=aortic component of the second heart sound; ***=p<0.001. Other abbreviations are the same as in Table 1.

Table 3. Comparisons of the amplitude of the mitral opening snap (OS) and the echocardiographic parameters related to the production of OS among three groups

	PCG	M-mode		OS area (cm ²)	Doming area (cm ²)
	OS/A ₂ ratio	Opening amplitude (mm)	Opening velocity (mm/sec)		
Group I (n=18)	0.8±0.2	17.7±3.2	577±139	3.2±0.6	1.3±0.3
Group II (n=12)	0.2±0.1	13.5±1.7	397±64	2.1±0.3	0.5±0.1
Group III (n=7)	0.2±0.1	10.5±1.8	262±87	1.7±0.5	0.4±0.1

Abbreviations are the same as in Tables 1 and 2.

有意差を認めた。M₁ 発生に関係する心エコー図上の諸指標、すなわち M₁ area, 閉鎖時振幅および閉鎖速度はいずれも I 群が他の 2 群に比し有意に高値を示した。II, III 群間の比較では、閉鎖時振幅および閉鎖速度が II 群でやや増大傾向を認めたものの、3 指標とも両群間に有意差を認めなかった。

僧帽弁前尖の収縮期 ballooning の程度は、I 群で(+) 7 例, (+) 10 例と最も著明であった。II, III 群間の比較では、II 群は(+) 8 例, (-) 4 例, III 群は(+) 4 例, (-) 3 例と両群間に差を認めず、前 3 指標と同様の傾向を示した。

4. OS の音量および OS 発生に関係する心エコー図上の諸指標の比較 (Table 3)

OS の音量 (OS/A₂ ratio) は、I 群が他の 2 群に比し有意に大で、II, III 群間には差を認めなかった。OS 発生に関係する心エコー図上の諸指標の内、OS area, 開放時振幅および開放速度は I 群, II 群, III 群の順に高値を示し、各群間に有意差を認めた。一方、doming area は I 群が他の 2 群に比し有意に大で、II, III 群間には差を認めず、OS の音量と良い対応を示した。

Table 4. Comparisons of two-dimensional echocardiographic parameters related to the production of the mitral component of the first heart sound (M_1) and the mitral opening snap (OS) between 8 cases each in groups I and II with nearly equal mitral valve orifice area (MVA)

	MVA (cm^2)	M_1/A_2 ratio	M_1 area (cm^2)	OS/ A_2 ratio	OS area (cm^2)	Doming area (cm^2)
Group I (n=8)	1.5±0.2	2.9±1.6 ^{ns}	1.8±0.3*	0.7±0.2***	2.9±0.3**	1.2±0.2***
Group II (n=8)	1.5±0.3	1.8±0.6	1.4±0.3	0.3±0.2	2.3±0.4	0.6±0.1

*, **, ***=p<0.05, 0.01 and 0.001 vs group II, respectively.

Other abbreviations are the same as in Table 1.

5. M_1 , OS の発生と音量に関係する心エコー図諸指標に対する左房圧の影響

I, II 群間の差が単に左房圧の高低によるものか否かを検討するために, 僧帽弁口面積がほぼ同程度の両群各 8 例について, M_1 , OS の音量および両者の発生に関係する心エコー図上の諸指標を比較した (Table 4). 僧帽弁口面積の平均値は両群ともに 1.5 cm^2 で, ほぼ同一とみなし得る. しかし, M_1 area は I 群が II 群に比し有意に大であり, M_1 の音量 (M_1/A_2 ratio) も症例数の関係で両群間に有意差を認めなかったものの, 平均値は I 群の方が明らかに高値を示した. また, OS の音量 (OS/ A_2 ratio), OS area および doming area はいずれも I 群が II 群より有意に大で, 特に OS の音量は doming area と良い対応を示した.

考 察

僧帽弁狭窄 (MS) における I 音 (M_1) および僧帽弁開放音 (OS) は, おのおの僧帽弁, ことに前尖の閉鎖および開放に関連して生じる心音である. したがって, 僧帽弁の解剖学的変化の程度に応じて, M_1 および OS の性状が変化することが予想される.

従来, これらの心音の性状に関する検討は, 主に手術あるいは剖検所見との対比が中心であった. これらの結果を総合すると, およそ以下のごとくである¹⁻⁴⁾. 1) 弁病変が辺縁部のみに限局し, 弁帆部の可動性が良好な例では, M_1 , OS はとも

に強大である. 2) 病変が弁全体に及び, ことに石灰化をきたすと, 弁帆部の可動性が低下し, M_1 , OS のいずれも減弱する.

超音波検査法の登場以後, 非観血的に僧帽弁の形態および動態の把握が容易となり, 従来の考え方の裏づけがなされるようになった. 羽田ら¹¹⁾は M モード法を, 有川らは¹²⁾は断層法を用いて M_1 の音量決定因子に関する検討を試み, また Chandraratna ら¹³⁾は断層法を用いて, 石灰化 MS で OS が保たれる機序について検討を行った.

M_1 と OS は互いに counterpart の関係にあるので, 両者の関連性を含めて検討する必要がある. しかも, M_1 , OS の発生には, 僧帽弁の中でも前尖の果す役割が非常に大きいと考えられている. このような観点から, 本研究では M_1 と OS の性状を組み合わせることにより, 僧帽弁前尖の形態および動態をどの程度予測し得るかについて検討した.

従来, 僧帽弁動態を評価する際の指標として, M モード法による僧帽弁の閉鎖および開放の振幅および速度が用いられてきた. しかし, 単一の超音波ビームで記録した弁運動から弁全体の動態を評価することは困難であり, また弁の最大振幅を捉えているか否かを確認できない欠点もある. これらのことを考慮して, 本研究では断層法により求めた M_1 area および OS area を用い, 弁開放の際の doming の程度を評価する指標として, 新しく doming area を考案した.

M₁ area および OS area を求める際、心周期を通じて僧帽弁輪運動の影響が問題となる。僧帽弁輪径は収縮期に縮小し、その程度は犬で 30 (24~54)%¹⁴⁾、人で 26 (23~31)%¹⁵⁾ といわれている。しかし、心時相でみると、僧帽弁輪面積が最大となるのは心房収縮期であり、拡張末期には最大値と最小値(収縮中期)のほぼ中間値にまで縮小する¹⁵⁾。これらの研究結果をふまえて、本研究では拡張末期と収縮中~後期について計測を行った。また、両時相の断層像の前方僧帽弁輪を重ね合わせてトレースし、前尖のみの運動を扱ったため、後方僧帽弁輪の運動は除外し得る。したがって、M₁ area および OS area に及ぼす僧帽弁輪運動の影響は小さく、得られたデータの信頼性は高いものと考えられる。

M₁, OS とともに snappy かつ強大な I 群では、僧帽弁前尖は弁帆部の可動性が良好で、開放および閉鎖速度も著明な増大を示した。弁病変の高度な例もみられたが、その主体は弁縁部に限局していた。これらの結果は、従来の手術あるいは剖検所見と対比した成績と極めて良く一致し、M₁, OS の snappy 度には弁帆部の可動性の良否が大きく関与することを示唆する所見と考えられた。

一方、III 群では弁帆部の病変が高度であり、可動性が低下し、このことが M₁, OS 減弱化の重要な原因と考えられた。III 群と弁病変が比較的軽度の II 群とを比較すると、M₁ 発生に関係する心エコー図上の諸指標 (M₁ area, 閉鎖時振幅および閉鎖速度) には差を認めなかったにもかかわらず、M₁ の音量は II 群の方が明らかに大で、性質も snappy であった。このことは、弁閉鎖の振幅および速度は同程度であっても、弁帆部病変が高度にならなければ M₁ は減弱しないことを示す所見と考えられる。

羽田ら¹¹⁾は、M モードおよび断層心エコー図を用いてリウマチ性僧帽弁膜症の I 音音量決定因子を検討し、閉鎖開始時の弁開放度、その後の閉鎖速度および閉鎖時の弁緊張が重要であると述べている。また、有川ら¹²⁾は、閉鎖時の弁緊張に

関連して、MS の I 音亢進の原因として、僧帽弁閉鎖時の前尖の ballooning 形成の重要性を強調している。本研究においては、I 音の強大な I 群では著明な左房内 ballooning を認めたものの、II, III 群では ballooning の程度はともに低く、その程度に差を認めなかった。結局、M₁ 発生に関係した諸指標のうち、II, III 群間で差を認めたのは弁病変の程度のみであり、この点を考慮すると、弁自体の振動性の変化も MS の I 音音量決定因子として重要であると考えられた。すなわち、適度の線維性変化は弁の振動性を増大させる¹⁶⁾が、より重症となって肥厚、石灰化をきたすと、振動性は逆に減弱化するものと考えられる。

次に、II 群では弁病変は軽度でありながら、著明な OS の減弱を示した点について考察を加える。一般に OS の音量規定因子としては、僧帽弁自体の性状、左房圧、僧帽弁逆流や大動脈弁疾患の合併、肺血管抵抗の増大などがあげられ¹⁷⁾、以上のいずれの因子が関与していても、僧帽弁開放の振幅および速度が重要であると考えられている。本研究においては、II 群では III 群に比し僧帽弁開放に関係する各指標 (OS area, 開放時振幅開放速度) はいずれも有意に高値を示したにもかかわらず、OS は III 群と同程度の減弱を示した。一方、左室側への doming 形成の大小を示す指標である doming area は II, III 群間で差を認めず、OS の減弱化と良い対応を示した。したがって、OS の大小の規定因子としては、弁開放の振幅および速度以上に、doming 形成の大小が強く関与しているのではないかと考えられた。

Chandraratna ら¹⁸⁾は石灰化 MS において OS が保たれる機序について断層心エコー図を用いて検討し、OS が保たれている例では石灰化が弁縁部に限局し、弁腹部は拡張早期に鋭い doming を形成するのに対して、OS を欠如する例は石灰化が弁腹部にも及び、doming 形成を認めないことより、OS の発生には弁腹部の doming 形成が重要であると考察している。本研究における III 群

は Chandraratna らの報告した OS 欠如例に類似し, 重症弁病変のために doming 形成が低下しているものと思われる。しかし, II 群は心エコー図上弁病変も軽度で, 石灰化を示す所見もなく, doming 形成不良の原因は III 群とは明らかに異なる。

この原因については, 以下のような可能性が考えられる。第一に, M_1 に比し OS の小さい II 群では, いずれの心音も強大な I 群よりも軽症例が多く, 左房圧が低い可能性がある。このことは II 群では I 群よりも僧帽弁口面積が有意に大であることから十分考え得る。しかし, 僧帽弁口面積が同程度の両群 8 例ずつの比較において, OS の音量および doming area はともに II 群の方が明らかに小であったことから考えると, この小さな OS は単に左房圧の差だけでは説明し難い。

第二に, 左室機能の関与があげられる。古田¹⁸⁾は手術時の僧帽弁動態と OS の関連性について観察し, 術中左房内に指を挿入した際に指が僧帽弁口に吸い込まれるような例では, OS は強大であり, 左室機能が良好であることが OS 発生の重要な条件であると述べている。一方, 僧帽弁口を閉塞した際に発生する左室内の陰圧(すなわち拡張期吸引作用: diastolic suction)は左室収縮力の増大に伴って強まる¹⁹⁾。また臨床的にも, MS において拡張期左室内陰圧が証明されている²⁰⁾。

以上の諸家の報告を総合すると, 次のような考察が可能である。左室機能が良好な例では左室の拡張期吸引作用が強く, 僧帽弁を左室側に引き込むように作用するために, 弁帆部が大きく doming を示し, その結果強大な OS が発生する。一方, 左室機能低下例では左室の拡張期吸引作用が弱いために, 上記のような現象が生じず, OS は減弱化する。本研究において, fractional shortening (FS) が 0.20 以下の高度の左室機能低下例が II 群には 3 例存在したのに対し, I 群には 1 例も存在しなかった。したがって, II 群の doming 形成不良の原因の一部として左室機能低下の

関与が考えられた。

第三に, 左房拡大の影響を考える必要がある。Nishimura⁶⁾は断層心エコー図を用いて, 左房が拡大すると僧帽弁の reserve area の減少を招来し, そのために僧帽弁前尖の doming の減弱をきたすと報告している。しかし, 本研究では I, II 群間で左房径に差を認めず, II 群の doming 形成不良の原因として左房拡大の影響は考え難い。

第四に, 弁下部病変の関与があげられる。すなわち, 弁病変は軽度でも, 弁下部病変の存在が弁運動を制限させる場合も多い⁸⁾。本研究では弁下部病変を定量的に求めてはいないが, 定性的には III 群が最も強く, I, II 群間には差がなかった。したがって, 弁下部病変の影響も考え難いと思われた。

以上の考察より, II 群における OS 減弱化の原因としては, 左房圧が低いこと, 左室機能低下による拡張期吸引作用の減少によって, 弁帆部 doming 形成の不良となることが重要であると考えられた。

要 約

僧帽弁狭窄 (MS) 37 例を I 音 (M_1) および僧帽弁開放音 (OS) の性状により, 3 群 (I 群: M_1 , OS ともに強大で snappy な 18 例, II 群: M_1 は snappy であるが, OS は小さく dull な 12 例, III 群: M_1 , OS ともに小さく dull な 7 例) に分類し, 各群の心エコー図上の特徴を分析することにより, M_1 および OS の性状が僧帽弁前尖の形態および動態をどの程度反映し得るかについて検討した。

M_1 および OS の音量は, 心尖部および OS 最大部位で記録した高音心音図で, それぞれの振幅と II 音大動脈弁成分 (A_2) の振幅との比を求めることにより決定した。 M_1 および OS の発生に関係する心エコー図上の指標としては, 僧帽弁前尖の M モード像および断層像を用いて, 開放および閉鎖の振幅および速度, M_1 area, OS area, doming area および ballooning の程度を求めた。

得られた結果は以下のごとくである。

1. 僧帽弁口面積は II 群で最大, III 群で最小, I 群で中間値を示し, 3 群間に有意差を認められた。

2. M_1 および OS のいずれも強大な I 群では, 僧帽弁前尖は弁帆部の可動性が良好で, 収縮期の左房内への ballooning, および拡張早期の左室内への doming はいずれも著明であり, M_1 および OS の発生に関係するいずれの指標も, 他の 2 群に比し有意に大であった。

3. M_1 に比し OS の小さな II 群では, 僧帽弁前尖の弁病変は軽度であったが, 弁帆部の可動性が不良で, 特に拡張早期の doming 形成が小であった。いずれの心音も減弱を示す III 群との比較では, M_1 発生に関係する諸指標には差を認めなかったが, M_1 については II 群が明らかに大であった。OS は III 群と同程度に減弱化し, doming area の減少とよい対応を示した。この OS の減弱化には, 軽症で左房圧が低いこと, 左室機能不全合併による左室の拡張期吸引作用の減少などの関与が考えられた。

4. III 群の僧帽弁前尖は高度の弁病変を有し, 可動性が最も不良であった。

以上の成績より, MS における OS の性状は僧帽弁前尖の弁帆部の可動性, ことに拡張早期の doming 形成の大小を評価する上で有用であり, M_1 の性状は弁帆部病変の程度を知る上で良い指標になると考えられた。

文 献

- 1) Wynn A: Gross calcification of the mitral valve. *Br Heart J* **14**: 214, 1952
- 2) Nichols HT, Likoff W, Goldberg H, Lisan P: The relation of valve function to the genesis of the sharp first sound in mitral stenosis. *Am Heart J* **50**: 577, 1955
- 3) Davies P, Bucky NL: Tomography of calcified aortic and mitral valves. *Br Heart J* **21**: 17, 1959
- 4) Surawicz B, Mercer C, Chlebus H, Reeves JT, Spencer FC: Role of the phonocardiogram in evaluation of the severity of mitral stenosis and detection of aortic valvular lesions. *Circulation* **34**: 795, 1966
- 5) Nichol PM, Gilbert BW, Kisslo JA: Two-dimensional echocardiographic assessment of mitral stenosis. *Circulation* **55**: 120, 1977
- 6) Nishimura K: Cross-sectional echocardiographic observation of mitral leaflets and subvalvular structures in mitral stenosis. *Jpn Circ J* **43**: 523, 1979
- 7) Schweizer P, Bardos P, Krebs W, Erbel R, Minale C, Imm S, Messmer BJ, Effert S: Morphologic investigations in mitral stenosis using two dimensional echocardiography. *Br Heart J* **48**: 54, 1982
- 8) Takayama T, Furuta N, Mizuno A, Saegusa M: The study of new anatomical classification on mitral stenotic patients by U.C.T.G. examination—its clinical application compared with operation methods—. *Jpn J Med Ultra* **9**: 4, 1982 (in Japanese)
- 9) Tani M, Murayama A, Ohnishi S, Ogawa S, Handa S, Nakamura Y, Machara M, Soma Y, Inoue T: Evaluation of mitral valve, subvalvular structures and valvular flexibility in mitral stenosis by two-dimensional echocardiography. *J Cardiogr* **12**: 11, 1982 (in Japanese)
- 10) 苛原恵子, 福田信夫, 三河哲也, 大木 崇, 仁木敏晴, 森 博愛: 左心収縮期時相分析による心房細動例の左心機能評価. *Jpn Circ J* **49** (Suppl I): 159, 1985
- 11) 羽田勝征, 坂本二哉, 天野恵子, 山口経男, 高橋久子, 滝川玲子, 長谷川一朗, 高橋利之, 杉本恒明: リウマチ性僧帽弁膜症の I 音について: 心エコー図法による検討. *日超医講演論文集* **44**: 553, 1984
- 12) 有川清猛, 鄭 忠和, 安部 智, 大佐貫彰, 皆越真一, 鹿島友義, 田中弘允, 外山芳史: 僧帽弁狭窄症の I 音亢進における僧帽弁閉鎖時ドーム形成の役割. *日超医講演論文集* **44**: 551, 1984
- 13) Chandraratna PAN, Aronow WS, Lurie M: Cross-sectional echocardiographic observations of the opening snap in calcific mitral stenosis. *Chest* **78**: 822, 1980
- 14) Davis PKB, Kinmonth JB: The movements of the annulus of the mitral valve. *J Cardiovasc Surg* **4**: 427, 1963
- 15) Ormiston JA, Shah PM, Tei C, Wong M: Size and motion of the mitral valve annulus in man. I. A two-dimensional echocardiographic method and findings in normal subjects. *Circulation* **64**: 113, 1981
- 16) 上田英雄, 海渡五郎, 坂本二哉: 臨床心音図学. 第 3 版復刻版, メディカルエレクトロタイムス社, 東

- 京, 1978, p 337
- 17) Wood P: An appreciation of mitral stenosis. *Br Med J* **8**: 1051, 1954
 - 18) Furuta S: Correlation between the opening snap and left atrial pressure curve on the direct phonocardiograms. *Cardiovasc Sound Bull* **4**: 61, 1974 (in Japanese)
 - 19) Hori M, Yellin EL, Sonnenblick EH: Left ventricular diastolic suction as a mechanism of ventricular filling. *Jpn Circ J* **46**: 124, 1982
 - 20) Sabbah HN, Anbe DT, Stein PD: Negative intraventricular diastolic pressure in patients with mitral stenosis: Evidence of left ventricular diastolic suction. *Am J Cardiol* **45**: 562, 1980