

僧帽弁狭窄症における前収縮期雑音の発生機序に関する研究：とくに僧帽弁口通過血流動態との関連

Phonocardiographic and Doppler Echocardiographic Study on the Mechanism of the Presystolic Murmur in Mitral Stenosis, Especially the Relationship to Mitral Inflow Dynamics

田畑 智継
福田 信夫
井内 新
大木 崇

Tomotsugu TABATA
Nobuo FUKUDA
Arata IUCHI
Takashi OKI

Abstract

The cause of the "presystolic murmur" in mitral stenosis was investigated by phonocardiography and continuous wave Doppler echocardiography in 31 patients with mitral stenosis and sinus rhythm classified into two groups: 18 patients with and 13 without "presystolic murmur".

1. The "presystolic murmur" group demonstrated high frequency vibrations preceding the first heart sound coinciding with the initial low frequency component of the first heart sound recorded at the apex in both groups.

2. There were two types of "presystolic murmur": The first type observed in three of the 18 patients occurred during the accelerated phase of the atrial (A) wave of mitral inflow signals and lasted until the first heart sound. The A wave velocity in mitral inflow signals was high at the onset and peak, and rapidly decreased after the peak. The second type observed in 15 patients occurred during the decelerated phase of the A wave and lasted until the first heart sound. The A wave velocity in mitral inflow signals was low at the onset, but high at the peak and rapidly decreased after the peak.

3. The mitral orifice area tended to be smaller in all patients with "presystolic murmur". The peak flow velocity, deceleration rate of the A wave, and maximal pressure gradient across the mitral valve during atrial contraction were significantly increased in all patients with "presystolic murmur".

4. Five patients with newly developed "presystolic murmur" after amyl nitrite inhalation had an increased initial low frequency component of the first heart sound coinciding with the latter half of "presystolic murmur". The rate of increase in the peak flow velocity and the deceleration rate of the A wave were significantly larger and the maximal atrioventricular pressure gradient during atrial contraction tended to be larger in these five patients than those in five who did not develop "presystolic murmur".

5. The peak flow velocity, deceleration rate of the A wave and the maximal atrioventricular pressure gradient during atrial contraction had increased 1 year later compared with those immediately after cardioversion of atrial fibrillation, and newly developed "presystolic murmur" appeared according to the recovery of left atrial mechanical function.

These results suggest that the latter half of "presystolic murmur" originates from augmentation and prolongation of the initial low frequency component of the first heart sound up to the audible range caused by the sudden deceleration of mitral inflow velocity due to left ventricular contraction, and that the early half of "presystolic murmur" is the atriosystolic murmur produced by the increase in mitral inflow velocity during atrial contraction.

Key Words

mitral stenosis, presystolic murmur, phonocardiography, Doppler echocardiography

はじめに

洞調律の僧帽弁狭窄症においては、心房収縮期からI音にかけて続く漸増性の雑音がしばしば認められ、この雑音は一般に「前収縮期雑音」(presystolic murmur: PM)と呼ばれている。この前収縮期雑音の発生機序に関しては、従来心房収縮による僧帽弁口血流の加速が重要であると考えられてきた¹⁻⁵⁾。しかし、その後Tavelら⁶⁾、Armstrongら⁸⁾により、前収縮期雑音のうち、心室収縮開始以降の成分は、心房細動の僧帽弁狭窄症においても認められ、また単なる心房細動においても「I音前成分」として認識されるもので、それらの成因には心室収縮とこれに伴う僧帽弁口血流の急激な減速が関与するという指摘がなされ、新たな局面を迎えた。

1986年Hadaら⁹⁾はドップラー法を用いた研究によってこれらの考えの妥当性を立証し、Tavel¹⁰⁾もこれを認めた。しかしI音前成分と前収縮期雑音の明瞭な区別は依然未解決である。

本研究の目的は、僧帽弁狭窄症の前収縮期雑音を心房収縮期の前半成分と後半成分に分け、両成分を血流動態と対比させ、またI音前成分とも比較することにより、それぞれの発生機序について再検討することにある。

対象と方法

1. 対象

対象は正常洞調律の僧帽弁狭窄症31例(男5例、女26例、平均年齢50.2歳)で、これらを前収縮期雑音を有するPM(+)群18例と有しない(-)群13例に分類した。なお、これら31例中には開胸的僧帽弁交連切開術後の3例を含むが、カラードップラー断層法で中等度以上の僧帽弁逆流あるいは大動脈弁逆流を有する例は除外した。両群の年齢はPM(+)群 50.6 ± 10.9 歳、(-)群 52.4 ± 12.2 歳であり、両群間に有意差を認めず、また心電図のP-Q間隔はPM(+)群 167 ± 19 msec、(-)群 183 ± 24 msecであり、両群間に有意差を認めなかった。

2. 方法

心音図記録にはフクダ電子製ポリグラフMCM-8000と心音マイクロフォンMA-250およびSiemens製ミンゴグラフを用い、また超音波装置としては東芝製超音波診断装置SSH-65A、2.5MHz経胸壁探触子を用いた。

心尖部の心音図において、心電図P波の終了点付近からI音僧帽弁成分(IM)までの間に存在する雑音を前収縮期雑音(PM)と規定し、紙送り速度10cm/minで、

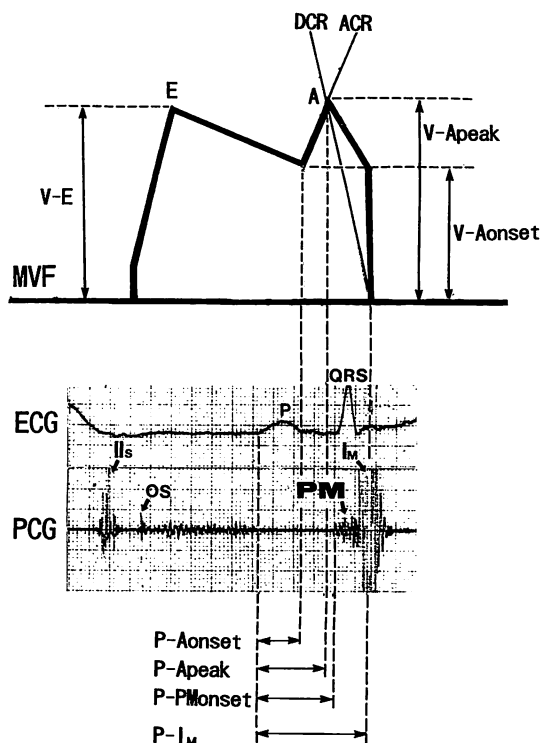


Fig. 1 Measurement methods for the mitral inflow velocity variables and the temporal relationships between the P wave (P) of the electrocardiogram (ECG), the presystolic murmur (PM) of the phonocardiogram (PCG) and the atrial systolic wave of mitral inflow velocity recording (MVF) obtained from continuous wave Doppler echocardiography

The peak flow velocity (V-E) of the early diastolic wave (E), the flow velocity at the onset (V-A onset), and the peak (V-A peak) of the atrial systolic wave (A), and the acceleration and deceleration ratios (ACR, DCR) of the A wave were measured from the mitral inflow velocity recording. For beats with similar heart rate, the intervals from the ECG P wave to the onset and the peak of the A wave (P-A onset, P-A peak), to the onset of the PM (P-PM onset), and to the mitral component of the first heart sound (P-IM) were measured on the phonocardiogram.

QRS=QRS wave of the electrocardiogram; IIs=aortic component of the second heart sound; OS=mitral opening snap

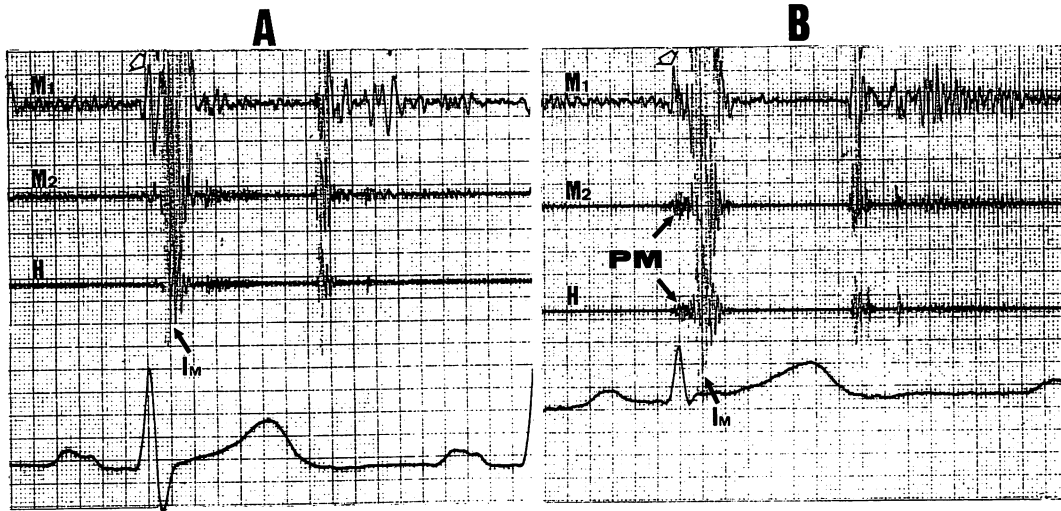


Fig. 2 Comparison of the initial low frequency component of the first heart sound and PM

Only the initial component of the first heart sound (white arrow) was observed in A, but both PM and the initial low frequency component of the first heart sound (white arrow) were recorded in B.

M₁, M₂, H=medium low, medium high, and high frequency phonocardiograms at the apex, respectively. Other abbreviations as in Fig. 1.

心電図と同時記録した中・高音 (M₂) あるいは高音 (H) の心音図でその有無を判定した。また、連続波ドップラー法で求めた僧帽弁口血流速波形を 5 あるいは 10 cm/min の紙送り速度で心電図と同時記録した。心拍数がほぼ同等の心拍で両記録の時相を一致させ、以下の項目を計測した (Fig. 1)。

1) 僧帽弁口血流速波形において拡張早期波 (E) のピーク速度 (V-E) および心房収縮期波 (A) のピーク速度 (V-A peak) を計測し、また A 波開始時の左房-左室間圧較差 (PG-A onset), A 波のピーク時の左房-左室間圧較差 (PG-A peak) および A 波の加速度 (ACR) と減速度 (DCR) を以下の方法により算出した。すなわち、加速度は接線法により、減速度は A 波の頂点から I 音僧帽弁成分の出現時相に一致するゼロ点を結んだ直線により求めた。また圧較差は Hatle ら¹¹⁾ の簡易ベルヌーイ式 ($PG=4V^2$, V: 血流速度) を用いて求めた。

2) PM (+) 群において、心電図 P 波の開始から心音図の I 音僧帽弁成分開始までの時間 (P-I_M), 僧帽弁口血流速波形の A 波の開始までの時間 (P-A onset), 同じく A 波の頂点までの時間 (P-A peak), および前収縮期雑音の開始までの時間 (P-PM onset) を計測し、前収縮期雑音と僧帽弁口血流速波形の A 波との時間関係を検討した。以上の時間関係の検討においては、ドップラー波形の時間遅れ (約 8 msec) を考慮した。さらに PM (-) 群において亜硝酸アミル負荷を行い、心拍数

の増加に伴う僧帽弁口血流速波形の各指標および前収縮期雑音の変化を検討した。なお僧帽弁口面積は僧帽弁口レベル短軸断層図の拡張早期最大開放時相における僧帽弁内縁をトレースして求めた。

結果としての各数値は平均値±標準偏差で表示し、統計学的検討は Student's *t*-test を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

結 果

1. I 音前成分と前収縮期雑音の対比

PM (-) 群, (+) 群の代表例における心音図を Fig. 2 に示す。Fig. 2-A は PM (-) 群で、中・低音 (M₁) 心音図において I 音直前の時相に低調な振動、すなわち I 音前成分 (♯) を認めるが、中・高音 (M₂) および高音 (H) の心音図では前収縮期雑音を認めない。一方、Fig. 2-B の PM (+) 群では、低調な I 音前成分 (♯) と同時に高調な前収縮期雑音 (↑) が記録されている。

2. 前収縮期雑音と僧帽弁口血流速波形の A 波の時間関係

洞調律僧帽弁狭窄症の前収縮期雑音は、その出現時相により 2 つのタイプに分類できた (Fig. 3)。第 1 は Fig. 3-A のように、前収縮期雑音が僧帽弁口血流速波形の A 波の加速過程においてすでに開始し I 音まで持続するタイプで、このような雑音を有する例は A 波開



Fig. 3 Temporal relationship between PM and the atrial systolic wave of the mitral inflow velocity recording in the two types of PM

PM in A occurred during the accelerating phase of the atrial systolic wave (A) of mitral inflow signals and lasted until the first heart sound. PM in B occurred during the decelerating phase of the atrial systolic wave and lasted until the first heart sound.

L=low frequency phonocardiogram at the apex. Other abbreviations as in Figs. 1, 2.

始時の血流速度が著明に増大していた。第2は Fig. 3-Bのように、前収縮期雑音がA波の減速過程において開始し漸増してI音に至るタイプで、このような雑音を有する例はA波開始時の血流速度は遅いものの、A波のピーク以後の減速が速やかな点特徴的であった。

Fig. 4はPM(+)群18例における前収縮期雑音と僧帽弁口血流速度波形のA波との時間関係について、P-I_M時間を1としてそれぞれの時相を比で表現した模式図である。前収縮期雑音がA波のピークより先行して出

現したのは patient 1 から patient 3 の3例であったが、いずれも重症例であり、前収縮期雑音がA波のピークにはほぼ一致して出現する7例、およびそれ以降に出現する8例と比較すると、A波開始時の血流速度 (V-A onset) が明らかに大であった。

以上の結果から、心房収縮期前半成分と後半成分の両雑音は成因が異なることが考えられたため、以下の検討では両者を別種のものとして取り扱った。

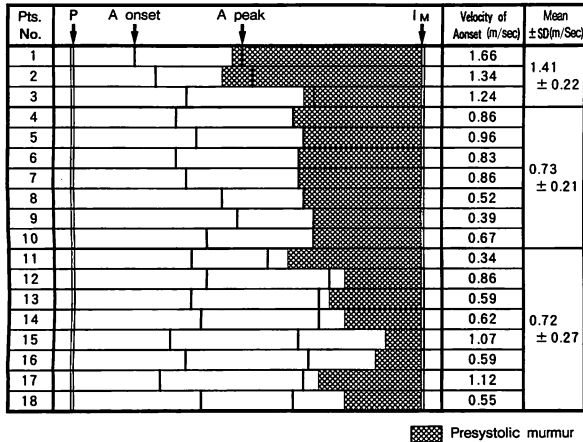


Fig. 4 Temporal relationships between PM and the atrial systolic wave of the mitral inflow velocity recording in patients with PM

The timings of the Doppler parameters and the onset of PM are expressed as the ratio to the P-I_M interval. PM started before the peak of the atrial systolic wave of mitral inflow signal in three patients (patient 1 to 3), at the peak in seven patients (patient 4 to 10) and after the peak in eight patients (patient 11 to 18). The three patients (patient 1 to 3), in whom PM appeared before the peak of the atrial systolic wave, had severe mitral stenosis and their mitral inflow velocities at the onset of atrial systole were markedly faster than those of the other 15 patients. Abbreviations as in Fig. 1.

3. PM (+)・PM (-) 両群間における心エコー Doppler 指標の比較

Table 1 は PM (+) 群 18 例のうち前収縮期雑音が心房収縮期後半成分のみからなる 15 例の心エコー Doppler 指標について、PM (-) 群 13 例のそれと比較したものである。

僧帽弁口面積は有意差はないものの、PM (+) 群が (-) 群よりも小さい傾向を認めた。僧帽弁口血流速波形の E 波のピーク速度は両群間に差を認めなかったが、A 波のピーク速度は PM (+) 群が (-) 群に比し有意に大であった ($p < 0.01$)。左房-左室間圧較差は、A 波開始時には両群間に差を認めなかったが、A 波のピーク時には PM (+) 群が (-) 群に比し有意に大で

あった ($p < 0.05$)。また A 波の加速度は両群間に有意差を認めなかったものの、減速度は PM (+) 群が (-) 群に比し有意に大であった ($p < 0.01$)。

4. PM (+) 群の代表例呈示

PM (+) 群の僧帽弁口血流速波形の形態は、Fig. 5 に示す 2 つのパターンに分類しえた。Fig. 5-A に示す重症例 ($MVA = 1.1 \text{ cm}^2$) では、A 波のピーク速度 ($V-A \text{ peak} = 1.83 \text{ m/sec}$)、A 波のピーク時の左房-左室間圧較差 ($PG-A \text{ peak} = 13.4 \text{ mmHg}$)、減速度 ($DCR = 985 \text{ cm/sec}^2$) はいずれも高値を示し、また A 波開始時の血流速度 ($V-A \text{ onset} = 1.34 \text{ m/sec}$) も増大していた。下段に本例の心音図と心尖拍動図 (ACG) を示すが、前収縮期雑音は QRS 波の開始前にすでに始まり、ACG の立ち上がり以後も持続し、漸増して I 音に続いていた。

Fig. 5-B に示す軽症例 ($MVA = 1.7 \text{ cm}^2$) では、A 波の開始時の血流速度 ($V-A \text{ onset} = 0.34 \text{ m/sec}$) は遅いが、ピーク速度 ($V-A \text{ peak} = 1.51 \text{ m/sec}$) は速く、A 波のピークでの左房-左室間圧較差 ($PG-A \text{ peak} = 9.1 \text{ mmHg}$) および減速度 ($DCR = 985 \text{ cm/sec}^2$) も増大していた。本例の前収縮期雑音は ACG の立ち上がり直後から始まり、漸増して I 音に続いていた。

5. PM (-) 群における亜硝酸アミル負荷前後の Doppler 各指標の増加率

PM (-) 群の 10 例に亜硝酸アミル負荷を行い、前収縮期雑音出現群 5 例と非出現群 5 例に分け、僧帽弁口血流速波形の各指標の増加率を比較した (Table 2)。各指標の増加率は負荷後の値を負荷前の値で除して求めた。

心拍数の増加率は両群間に有意差を認めなかった。A 波のピーク速度の増加率は出現群 (1.33 ± 0.07) が非出現群 (1.13 ± 0.11) に比し有意に大であり ($p < 0.05$)、

Table 1 Comparison of two-dimensional and Doppler echocardiographic variables between the patient groups with and without PM

Patient group	MVA (cm ²)	FS (%)	V-A onset (m/sec)	V-A peak (m/sec)	V-E (m/sec)	PG-A onset (mmHg)	PG-A peak (mmHg)	ACR (cm/sec ²)	DCR (cm/sec ²)
PM+ (n=15)	1.41 ± 0.39	35.2 ± 6.5	0.84 ± 0.35	1.64 ± 0.27*	1.66 ± 0.29	3.33 ± 2.76	11.04 ± 3.76**	535.0 ± 173.9	1,120.7 ± 281.4*
PM- (n=13)	2.01 ± 0.54	38.6 ± 9.4	0.56 ± 0.23	1.30 ± 0.30	1.32 ± 0.23	1.46 ± 1.20	7.05 ± 3.23	429.4 ± 149.1	805.0 ± 195.0

Values are mean ± SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

MVA = area of the mitral valve orifice; FS = fractional shortening of the left ventricle; V-A onset, V-A peak = mitral inflow velocity at the onset and the peak of the atrial systolic wave, respectively; V-E = peak mitral inflow velocity during early diastole; PG-A onset, PG-A peak = pressure gradient between left atrium and left ventricle at the onset and the peak of the atrial systolic wave, respectively; ACR, DCR = acceleration and deceleration rates of the atrial systolic wave of mitral inflow velocity recording, respectively; n = number of patients

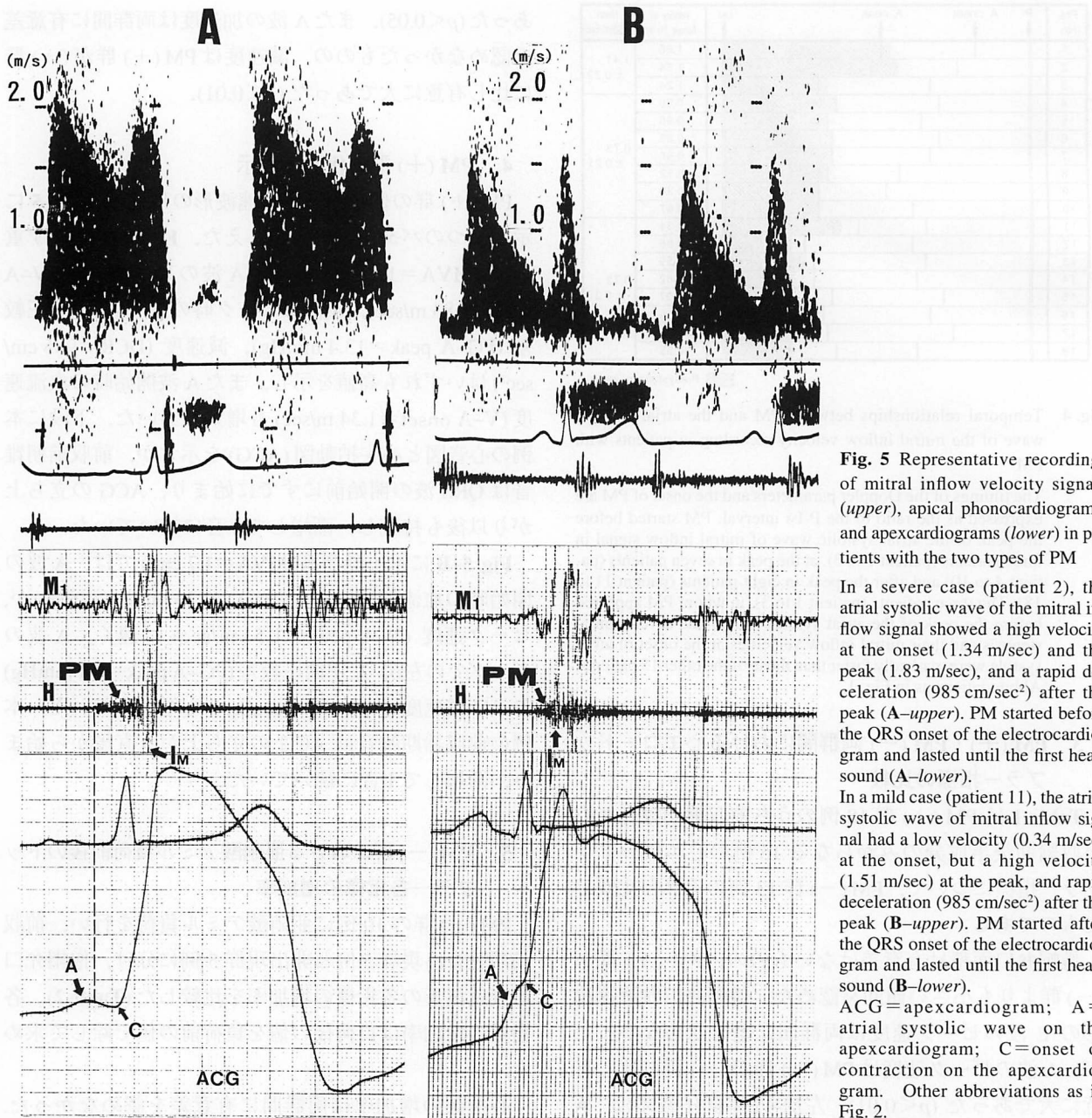


Fig. 5 Representative recordings of mitral inflow velocity signals (upper), apical phonocardiograms, and apexcardiograms (lower) in patients with the two types of PM

In a severe case (patient 2), the atrial systolic wave of the mitral inflow signal showed a high velocity at the onset (1.34 m/sec) and the peak (1.83 m/sec), and a rapid deceleration (985 cm/sec²) after the peak (A-upper). PM started before the QRS onset of the electrocardiogram and lasted until the first heart sound (A-lower).

In a mild case (patient 11), the atrial systolic wave of mitral inflow signal had a low velocity (0.34 m/sec) at the onset, but a high velocity (1.51 m/sec) at the peak, and rapid deceleration (985 cm/sec²) after the peak (B-upper). PM started after the QRS onset of the electrocardiogram and lasted until the first heart sound (B-lower).

ACG = apexcardiogram; A = atrial systolic wave on the apexcardiogram; C = onset of contraction on the apexcardiogram. Other abbreviations as in Fig. 2.

ピーク時の左房-左室間圧較差の増加率は出現群が非出現群に比し大なる傾向を認めた。A波の加速度の増加率は両群間に有意差を認めなかったが、減速度の増加率は出現群 (1.42±0.24) が非出現群 (1.06±0.07) に比し有意に大であった(p<0.05)。

6. 亜硝酸アミル負荷による僧帽弁口血流速波形と前収縮期雑音の変化の代表例

亜硝酸アミル負荷前 (Fig. 6-A) には僧帽弁口血流速

波形のA波のピーク速度は1.34 m/sec、ピーク時の左房-左室間圧較差は7.2 mmHg、その減速度は820 cm/sec²で、I音前成分(♯)は明瞭であったが、前収縮期雑音は痕跡的であった。負荷後 (Fig. 6-B) にはA波のピーク速度 (1.75 m/sec)、ピーク時の左房-左室間圧較差 (12.3 mmHg) および減速度 (1,233 cm/sec²) はいずれも著明に増大し、同時に心音図上心電図のQRS波開始点付近に始まり、I音に向かって漸増する明らかな前収縮期雑音の出現を認めた。同時にI音前成分(♯)も

Table 2 Comparison of the rate of changes in heart rate and Doppler echocardiographic variables after the inhalation of amyl nitrite (AN) between the patient groups with and without the appearance of PM

Patient group		before AN	after AN	Rate of change
Group with appearance of PM (n=5)	HR(bpm)	65.2±6.5	81.8±6.7	1.26±0.10
	V-A onset (m/sec)	0.66±0.30	1.32±0.50	2.09±0.45
	V-A peak (m/sec)	1.44±0.33	2.00±0.35	1.33±0.07*
	ACR(cm/sec ²)	602.6±301.3	660.4±236.8	1.04±0.38
	DCR(cm/sec ²)	858.0±170.8	1,300.0±243.8	1.42±0.24*
	PG-A onset (mmHg)	2.04±1.77	7.80±5.73	4.60±1.91
Group without appearance of PM (n=5)	PG-A peak (mmHg)	8.58±3.79	16.40±6.16	2.08±0.80
	HR (bpm)	61.8±12.0	72.8±15.3	1.19±0.14
	V-A onset (m/sec)	0.45±0.18	0.69±0.39	1.56±0.19
	V-A peak (m/sec)	1.13±0.33	1.28±0.41	1.13±0.11
	ACR (cm/sec ²)	544.5±112.8	472.8±110.9	0.87±0.12
	DCR (cm/sec ²)	811.0±190.4	850.8±176.6	1.06±0.07
	PG-A onset (mmHg)	0.92±0.59	2.38±2.48	2.39±0.75
	PG-A peak (mmHg)	5.16±2.84	7.00±4.53	1.29±0.24

Values are mean ±SD. **p*<0.05 vs the group without the appearance of PM
HR=heart rate. Other abbreviations as in Table 1.

増大を示した。

7. 心房機能回復に伴う前収縮期雑音出現例

心房細動除細動後の心房機能回復に伴って前収縮期雑音の出現をみた1例を Fig. 7 に示す。除細動直後 (Fig. 7-A) には A 波のピーク速度 (1.10 m/sec), ピーク時の左房-左室間圧較差 (4.8 mmHg), およびその減速度 (527 cm/sec²) はいずれも低値であり, 心音図には前収縮期雑音を認めなかった。しかし1年後 (Fig. 7-B) には, A 波のピーク速度 (1.32 m/sec), ピーク時の左房-左室間圧較差 (7.0 mmHg) および減速度 (985 cm/sec²) はいずれも増大し, 心音図上明らかな前収縮期雑音の出現を認めた。

考 察

洞調律の僧帽弁狭窄症における前収縮期雑音に関しては, Tavel ら^{6,7)}, Armstrong ら⁸⁾, Hada ら⁹⁾ の指摘以後, 概念が一変し, 現在では心房収縮性雑音 (atriosystolic murmur) と等容収縮期前振動群 (early systolic or preisovolumic vibrations) の両者からなると考えられている。

Hada ら⁹⁾ によると, 後者は I 音前成分と同様の発生機転によって生じる低調な振動群であると考えられているが, I 音前成分との区別が明確になされていない。

また前収縮期雑音の両成分と僧帽弁口通過血流動態との詳細な関係についてはいまだ明らかではない。

本研究においてわれわれは, 1) Hada らが指摘した低調な振動群と明瞭に区別できる高調な雑音が収縮極早期 (I 音直前) に存在し, これがいわゆる前収縮期雑音の後半成分を構成すること, 2) 前収縮期雑音の両成分の発生には僧帽弁口血流動態のどのような変化が重要であるかの2点を明らかにした。

I 音前成分は洞調律, 心房細動のいかんを問わず, 健常者のみならず僧帽弁置換例においても認められることから, その発生には左房収縮や僧帽弁は関与せず, 左室収縮とそれに伴う僧帽弁口血流の急激な減速が重要であると考えられている。本研究において, この I 音前成分に相当する低調な振動は前収縮期雑音の有無にかかわらず, 対象とした全症例に認められた。したがって, 本研究でわれわれが指摘した I 音直前の高調な漸増性の雑音 (すなわち前収縮期雑音の後半成分) は単なる I 音前成分とは区別して考えるべきであろう。

しかしながら, 亜硝酸アミル負荷後に前収縮期雑音が出現した例において I 音前成分の大きさを負荷前後で比べると, I 音前成分は負荷後に明らかに増大し, しかもその開始時相は I 音直前の漸増性雑音と極めてよく一致していた。この結果を考慮すれば, 僧帽弁狭窄症における I 音前成分と I 音直前の漸増性雑音の両者

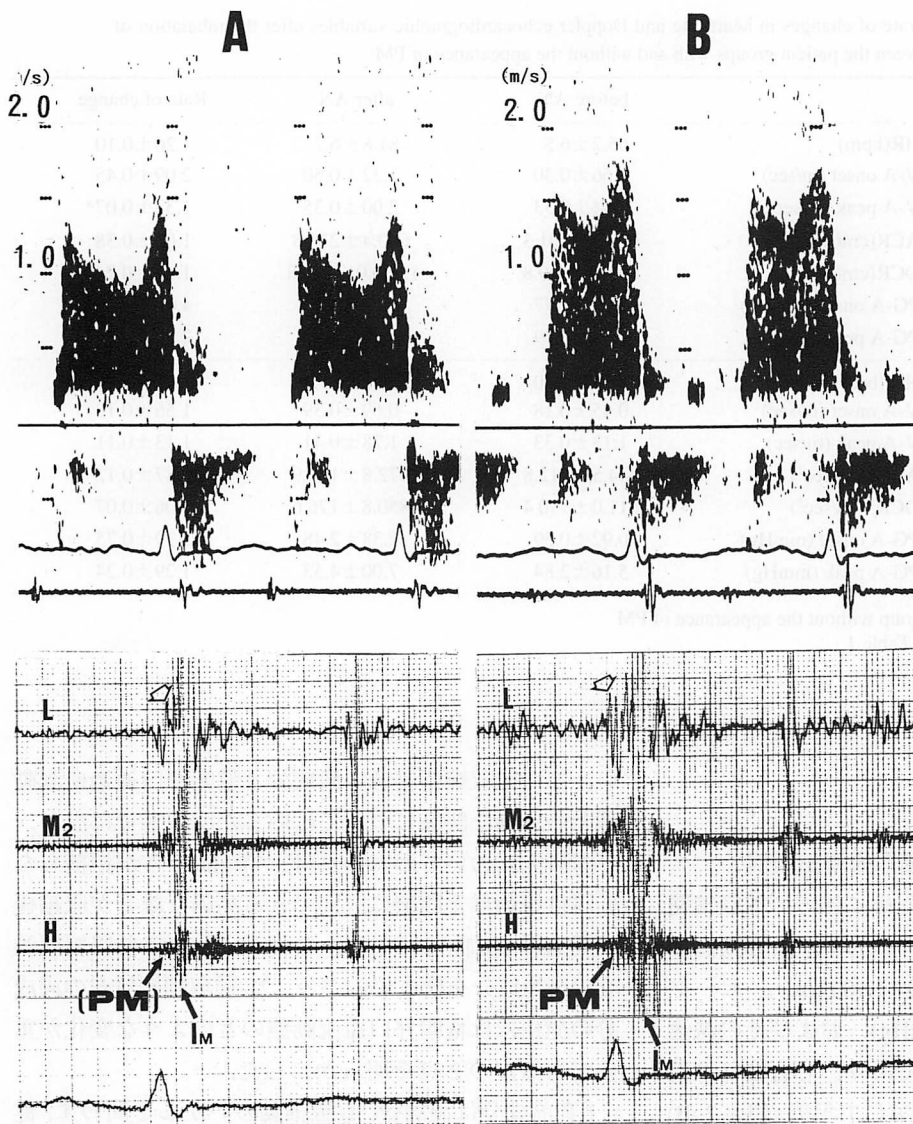


Fig. 6 Representative recordings of mitral inflow velocity signals (upper) and apical phonocardiogram (lower) before A and after B the inhalation of amyl nitrite

PM increased coinciding with the initial low frequency component of the first heart sound (white arrow) and the increase in peak velocity and deceleration rate of the atrial systolic wave of mitral inflow signal after the inhalation of amyl nitrite.

Abbreviations as in Fig. 2.

は互いに発生機転が類似している可能性が考えられる。

では、なぜ僧帽弁口通過血流が減速しつつある時期に、高調な漸増性の雑音を生じるのであろうか? このI音直前の漸増性雑音を有する例は有しない例に比して、心房収縮期における僧帽弁口通過血流速度が増大し、かつその減速も速やかであった。すなわち、心室収縮開始直前まで大きな圧較差(速い血流)が維持され、それが心室収縮に伴う僧帽弁の閉鎖によって急激に減少(減速)することが、この雑音の発生に関与するのではないかと考えられる。

Tavel¹⁰⁾はHadaら⁹⁾の論文に対するeditorial commentの中で、I音前成分が僧帽弁狭窄症で増強かつ延長す

る理由として、1)心室収縮開始時における僧帽弁口通過血流速度が速い状態で維持されていること、2)心室収縮開始から僧帽弁閉鎖までの時間が延長することの2点を挙げている。

以上のことを総合すると、I音直前の漸増性雑音の発生機序は以下のように推察される。心室収縮開始直前の左房-左室間圧較差の大きい僧帽弁狭窄症では、僧帽弁の閉鎖が遅延し、かつ閉鎖速度が増大するため、それに伴って速度の増大した僧帽弁口通過血流が急激に減速され、そのさいのエネルギーは健常例や圧較差の小さい僧帽弁狭窄症に比べて著しく大きくなる。その結果、I音前成分が著増かつ雑音化し、高音心音図にも描かれるようになるものと考えられる。

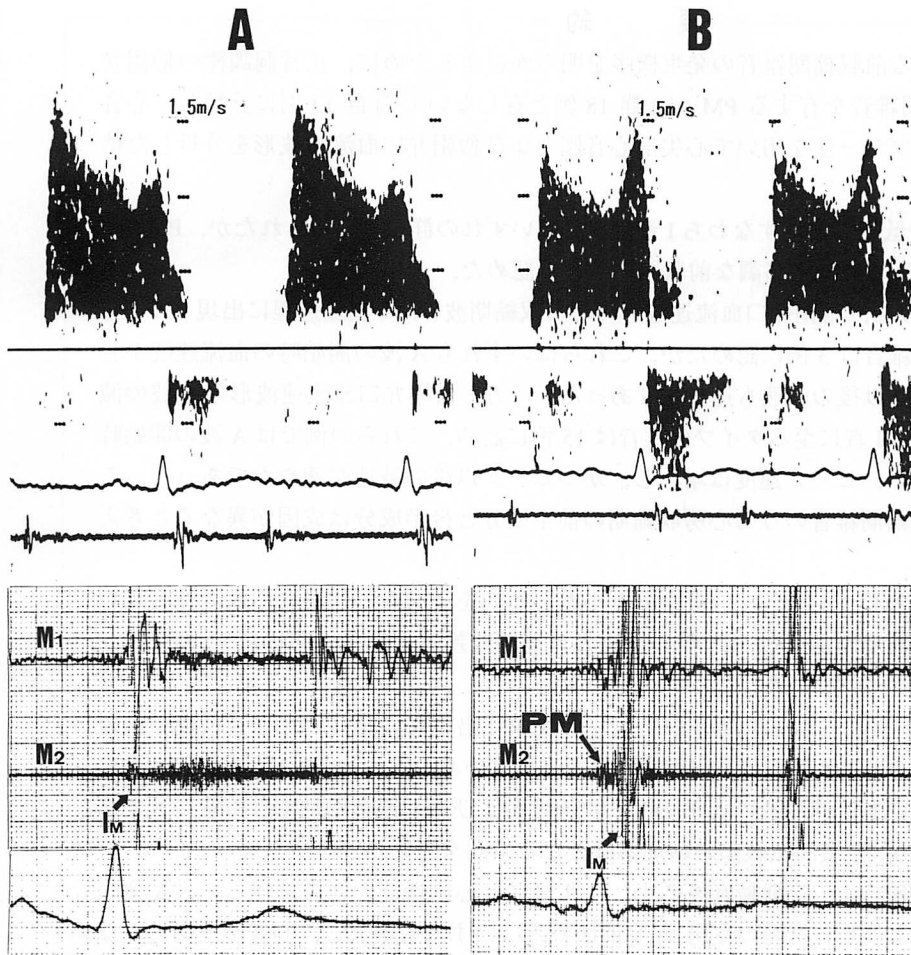


Fig. 7 Mitral inflow velocity recordings (*upper*) and apical phonocardiograms (*lower*) in a patient with a newly developed PM after cardioversion of atrial fibrillation. Both the peak flow velocity and deceleration rate of the atrial systolic wave were increased 1 year later **B** compared with immediately after **A** cardioversion with a concomitant appearance of PM. Abbreviations as in Fig. 2.

一方、心房収縮性雑音の発生機序に関しては、従来、心房の能動的収縮に伴う僧帽弁口血流の加速によって生じると考えられていた。本研究において心房収縮性雑音を認めた3例の心房収縮期僧帽弁口通過血流速度は、認めなかった15例に比して、A波の開始時点、ピーク時点のいずれにおいても増大していた。すなわち心房収縮性雑音の発生には、僧帽弁口通過血流速度(心房収縮期左房-左室間圧較差)がある一定の値以上に増大することが不可欠であると考えられた。

一般に心雑音の発生には血流速度増大が密接に関連し、その形態はドップラー法で記録した血流速波形とよく一致する¹²⁻¹⁴⁾。すなわち心雑音は血流速度がある一定の値に達した時点から開始し、その後血流速波形

と類似した形態で推移した後に、血流速度がある一定の値に減速した時点で消失する。

したがって僧帽弁狭窄症における心房収縮性雑音は心房収縮による僧帽弁口血流の加速によって生じるというよりも、むしろ心房収縮期における僧帽弁口通過血流速度がある一定のレベルを越えることにより生じると考えるべきものであり、その加速、減速の両過程を通じて認められる雑音であると考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導・ご校閲を賜った伊東 進教授ならびに、ご協力いただいた徳島大学医学部第二内科循環器研究室の方々へ深く感謝いたします。

要 約

僧帽弁狭窄症における前収縮期雑音の発生機序を明らかにするために、正常洞調律の僧帽弁狭窄症 31 例を前収縮期雑音を有する PM (+) 群 18 例と有しない (-) 群 13 例に分類し、心音図法および連続波ドップラー法を用いて心尖部心音図および僧帽弁口血流速波形を分析した結果、以下の成績を得た。

1. I 音直前の時相の低調な振動すなわち I 音前成分はいずれの群にも認められたが、PM (+) 群においては I 音前成分と同時に高調な前収縮期雑音を認めた。

2. 前収縮期雑音のうち、僧帽弁口血流速波形の心房収縮期波 (A) の加速過程に出現して I 音まで持続するタイプの雑音は 3 例に認められたが、これらはいずれも A 波の開始時の血流速度が著明に増大し、かつピーク以後の減速も速やかであった。一方、僧帽弁口血流速波形の A 波の減速過程に開始し漸増して I 音に至るタイプの雑音は 15 例に認め、これらの例では A 波の開始時の血流速度は遅いものの、ピーク速度は増大し、かつピーク以後の減速が速やかであった。これらのことから、前収縮期雑音のうち心房収縮期の前半成分と後半成分は成因が異なると考えられた。

3. 僧帽弁口面積は PM (+) 群が (-) 群よりも小さい傾向を認めた。僧帽弁口血流速波形の A 波のピーク速度、減速度およびピーク時の左房-左室間圧較差は、PM (+) 群が (-) 群に比し有意に大であった。

4. 亜硝酸アミル負荷後に前収縮期雑音が出現した例 (PM 出現群) において、I 音前成分は負荷後に増大し、しかもその開始時相は前収縮期雑音の後半成分と一致した。PM 出現群では非出現群に比して、僧帽弁口血流速波形の A 波のピーク速度および減速度の増加率は有意に大であり、またピーク時の左房-左室間圧較差の増加率は大きな傾向を認めた。

5. 心房細動除細動例では、除細動直後に比し 1 年後には心房機能の回復に伴って、A 波のピーク速度、減速度およびピーク時の左房-左室間圧較差はいずれも増大し、心音図上明らかな前収縮期雑音の出現を認めた。

以上の成績から、前収縮期雑音の発生機序について以下の結論を得た。

1. 前収縮期雑音の後半成分、すなわち I 音直前の漸増性雑音は、拡張末期まで維持された左房-左室間圧較差に基づく僧帽弁の閉鎖遅延、閉鎖速度増大により僧帽弁口血流速度が急激に減速され、その結果、I 音前成分が著明かつ雑音化し、高音心音図にも描かれるようになったものである。

2. 前収縮期雑音の前半成分、すなわち心房収縮性雑音は、心房収縮期における僧帽弁口通過血流速度がある一定のレベルを越えることにより生じるもので、加速、減速の両過程を通じて認められる雑音である。

J Cardiol 1994; 24: 299-309

文 献

- Criley JM, Hermer AJ: The crescendo presystolic murmur of mitral stenosis with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 1971; **285**: 1284-1287
- Criley JM, Feldman IM, Meredy T: Mitral valve closure and the crescendo presystolic murmur. *Am J Med* 1971; **51**: 456-465
- Lakier JB, Pocock WA, Gale GE, Barlow JB: Hemodynamic and sound events preceding the first heart sound in mitral stenosis. *Br Heart J* 1972; **34**: 1152-1155
- Fortuin NJ, Craige E: Echocardiographic studies of genesis of mitral diastolic murmur. *Br Heart J* 1973; **35**: 75-82
- Toutouzas P, Koidakis A, Velimezis A, Avgoustakis D: Mechanism of diastolic rumble and presystolic murmur in mitral stenosis. *Br Heart J* 1974; **36**: 1096-1105
- Bonner AJ, Stewart J, Tavel ME: 'Presystolic' augmentation of diastolic heart sounds in atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 1976; **37**: 427-431
- Tavel ME, Bonner AJ Jr: Presystolic murmur in atrial fibrillation: Fact or fiction? *Circulation* 1976; **54**: 167-168

- 8) Armstrong TG, Mitha AS, Matisonn RE, Weir EK, Chesler E : Non-invasive observations on initial low frequency vibrations of the first heart sound: Correlation with the 'presystolic' murmur in mitral stenosis. *Br Heart J* 1978; **40** : 750-757
- 9) Hada Y, Amano K, Yamaguchi T, Takenaka K, Takahashi H, Takikawa R, Hasegawa I, Takahashi T, Suzuki J, Sakamoto T, Sugimoto T : Noninvasive study of the presystolic component of the first heart sound in mitral stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1986; **7** : 34-50
- 10) Tavel ME : Presystolic murmur of mitral stenosis revisited. *J Am Coll Cardiol* 1986; **7** : 51-52
- 11) Hatle L, Brubakk A, Tromsdal A, Angelsen B : Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. *Br Heart J* 1978; **40** : 131-140
- 12) 吉川純一 : 理学的所見, 心音・心機図, 心エコー図からのアプローチ. *心臓病診断学の実際*, 文光堂, 東京, 1988; pp 14-17
- 13) 河野和弘, 福田信夫, 恵美滋文, 苛原恵子, 富永俊彦, 奥本哲生, 大木 崇, 森 博愛 : 肺動脈駆出性雑音の肺高血圧に伴う変化: 右室流出路駆出血流波形との対比. *超音波医学* 1987; **14** : 419-426
- 14) 載 素蘭, 羽田勝征, 伊藤敦彦, 絹川弘一郎, 田宮栄治 : 超音波ドップラー法による駆出性雑音の検討. *J Cardiol* 1992; **22** (Suppl XXVIII) : 85-94