

僧帽弁狭窄における高調な  
拡張期ランブル：僧帽弁口  
形態および左室流入血流動  
態の分析による成因の検討

Two-dimensional and  
Doppler echocardiogra-  
phic studies of the gene-  
sis of a high-pitched  
diastolic rumble in mi-  
tral stenosis: Contribu-  
tion of the deformed  
mitral orifice and eccen-  
tric mitral inflow jet

河野 和弘  
福田 信夫  
奥本 哲生  
恵美 滋文  
苛原 恵子  
内田 知行  
河野 智彦  
井内 新  
大木 崇  
森 博愛

Kazuhiro KAWANO  
Nobuo FUKUDA  
Tetsuo OKUMOTO  
Shigefumi EMI  
Keiko IRAHARA  
Tomoyuki UCHIDA  
Tomohiko KAWANO  
Arata IUCHI  
Takashi OKI  
Hiroyoshi MORI

### Summary

To clarify the genesis of a high-pitched diastolic rumble in mitral stenosis, 51 patients with mitral stenosis were studied. They were subdivided into two groups based on the pitch of a rumble; six patients with a high-pitched rumble and 45 patients with an ordinary low-pitched rumble. Phonocardiography, and M-mode and two-dimensional (2-D) echocardiography were performed in all patients. Color and continuous wave Doppler echocardiography were performed in four patients with a high-pitched rumble and in 13 with a low-pitched rumble.

Results obtained were as follows:

徳島大学医学部 第二内科  
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)

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

Received for publication January 22, 1988; accepted March 19, 1988 (Ref. No. 33-42)

1. Points of the maximum intensity of a rumble: A low-pitched rumble was best heard at the apex in all patients. A high-pitched rumble was best heard at the mesoapical area, except in one patient who had an oval mitral orifice by 2-D echocardiography.

2. Correlation between the pitch of rumble and the shape of the mitral orifice: In five of the six patients with a high-pitched rumble, the mitral orifice had a tadpole-shaped deformity, in which commissural fusion and valvular thickening were more marked anterolaterally than posteromedially. Among 45 patients with oval, slit or pinhole-like valve orifices, only one had a high-pitched rumble.

3. Direction of the left ventricular (LV) inflow jet as observed by color Doppler echocardiography: On the short-axis view at the level of the papillary muscles, the inflow jet was directed toward the medial portion of the LV cavity in the patients with a high-pitched rumble. However, it was directed towards the central portion of the LV cavity in all patients with a low-pitched rumble. On the apical long-axis view, no distinct difference was detected in the direction of the LV inflow jet between the two groups.

4. Other findings: There were no significant differences between the two groups in the mitral orifice area, the peak velocity of LV inflow, fractional shortening of the LV, dimension of the left atrium, Wells' index and the degree of organic change in the subvalvular structures.

These results suggest that the deformity of the mitral valve and resultant changes in the direction of the LV inflow jet may play an important role in the mechanism of producing a high-pitched diastolic rumble in mitral stenosis.

#### Key words

Mitral stenosis  
inflow dynamics

High-pitched diastolic rumble  
Real-time two-dimensional Doppler echocardiogram

Deformity of the mitral orifice

Left ventricular

## はじめに

僧帽弁狭窄 (mitral stenosis: MS) の拡張期心室充満雑音は通常低周波性であり, ランブルと形容されるが, まれに高調で, 大動脈弁閉鎖不全の灌水様拡張期雑音に類似することがある<sup>1,2)</sup>. この高調なランブル (high-pitched rumble) の成因に関して, 現在までに詳細な研究はなされていない.

本研究の目的は, 心エコー図法およびドップラー法を用いて, 僧帽弁口形態と左室流入血流動態を検討し, MS におけるこの心雑音の成因を明らかにすることにある.

## 対 象

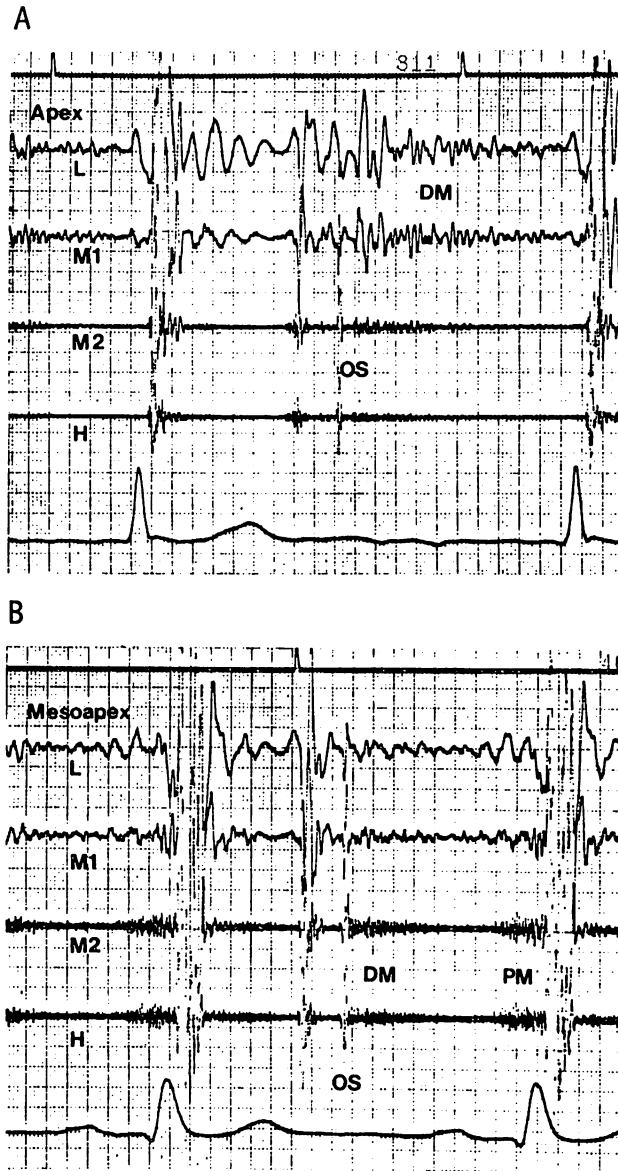
研究対象は心電図, 心エコー図検査により MS と診断された 51 例で, ランブルを認めない例 (mute MS) や血行動態的に有意と考えられる僧

帽弁閉鎖不全ないし大動脈弁病変合併例は除外した. 年齢は 23~76 (平均 57.3) 歳で, 心調律は洞調律 19 例, 心房細動 32 例である.

## 方 法

### 1. 聴診および心音図

患者を左半側臥位にして聴診および心音図記録を施行し, ランブルの音量, 性状, 最強点などの検討を行った. その結果, 全症例をランブルの性状により 2 群, すなわち high-pitched rumble を有する高調(雑音)群 6 例と, low-pitched rumble を有する低調(雑音)群 45 例に分類した. なお, 前者の雑音は聴診上高調に聴かれ, 心音図上, 低・中音 (L, M1) より高音 (H) で明瞭に記録されるものとした (Fig. 1B). 一方, 通常の高調成分を主体とするものを low-pitched rumble とした (Fig. 1A). また, 大動脈弁逆流による拡張期雑音と区別するために亜硝酸アミル吸入を行い, 三尖弁性



**Fig. 1. Phonocardiograms of two cases of mitral stenosis with a low-pitched (panel A) or a high-pitched rumble (panel B).**

DM=diastolic murmurs (rumbles); OS=opening snap; PM=presystolic murmur, Filter characteristics: L=0-50, M1=50-100, M2=100-200, H=200-400(Hz).

ランブルとは呼吸性変化あるいは雑音聴取部位などにより鑑別した。また、左房圧上昇度を評価する指標として、心音図記録から通常の方法により

Wells' index を求めた。心音図記録には、フクダ電子製マイクロフォン MA-250 を用い、エレマ製 8 素子ミンゴグラフにて毎秒 100 mm の紙送

り速度で記録した。

## 2. Mモードおよび断層心エコー図

Mモード心エコー図からは、左室収縮能の指標として左室内径短縮率 (fractional shortening) を (左室拡張末期径) - (左室収縮末期径) / (左室拡張末期径) の式により求めた。

断層心エコー図からは、僧帽弁口面積、僧帽弁口形態および弁・弁下部病変の検討を行った。僧帽弁口面積 (MVA) は、僧帽弁口レベルにおける左室短軸断層図において拡張中期の弁尖エコー

の内側縁をトレースし、Goodman製 medical graphics analyzer を用いて算出した。

僧帽弁口形態は僧帽弁口レベルでの左室短軸断層図を用いて検討し、以下の条件により4群に分類した (Fig. 2)。① oval型: MVAが $1.0\text{ cm}^2$ 以上で、かつ僧帽弁口の短径 (a) / 長径 (b) 比が0.30以上のもの、② slit型: a/b比が0.3より小さいもの、③ pinhole型: MVAが $1.0\text{ cm}^2$ より小さく、かつ円形のもの、④ tadpole型: 一方の交連側は病変が強く著明な開口制限を示すが、

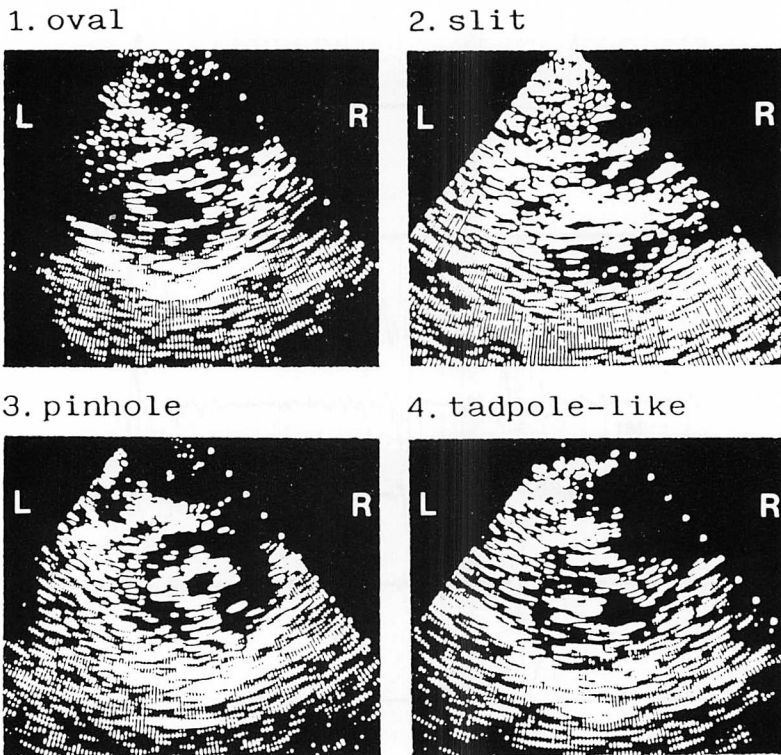


Fig. 2. Classification of the shapes of the mitral orifice in the short-axis two-dimensional echocardiograms.

Shapes of the mitral orifice are classified in four types based on the following criteria.

Oval type: Area of the mitral orifice (MVA) is greater than  $1.0\text{ cm}^2$ , and the ratio of the minor axis (a) to the major axis (b) is greater than 0.30.

Slit type: The a/b is less than 0.30.

Pinhole type: MVA is less than  $1.0\text{ cm}^2$ , with a round orifice.

Tadpole type: Commissural fusion and valvular thickening are more marked in one site than in another site, and the orifice shape resembles that of a tadpole.

他方の交連側は比較的大きな弁開口を有し、全体としてオタマジャクシに似た形態を示すもの。

また、弁および弁下部病変の評価には、左室長軸および短軸断層図を用いた。その内容は、前尖、後尖、前交連、後交連、弁下部の5つの部位のエコー性状を大動脈後壁のエコー強度と比較し、その程度および肥厚の状態によって、0, 1, 2とgrade分類し、各部位の総得点によって評価した。

使用装置は Aloka SSD-110 B, 東芝製 SSH-11A および SSH-65A である。

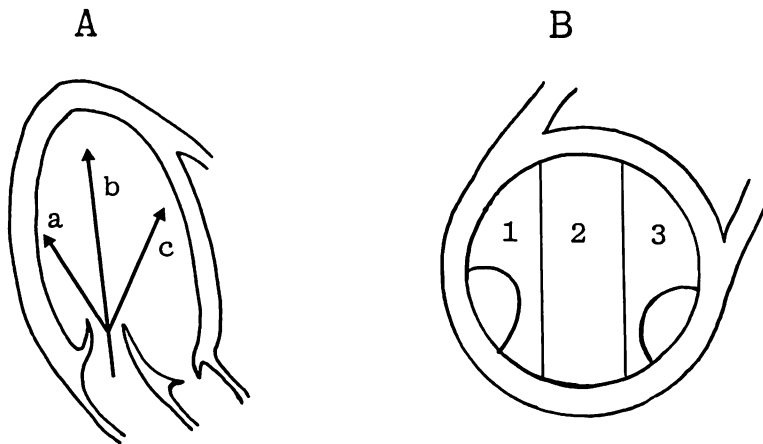
### 3. ドップラー心エコー図

高調群 4 例および低調群 13 例に対し、連続波ドップラー法とドップラー断層法を施行した。

連続波ドップラー法による左室流入血流速度波形の記録は、発振周波数 2.5 MHz のドップラー探触子を左室心尖部に置き、ドップラー断層図を参考にして超音波ビームをできるだけ僧帽弁口を通過する血流方向に平行になるように入射するこ

とにより行った。両者の関係が平行にならない場合には、左室流入血流と超音波ビームとのなす角度により血流速度を補正した。以上の方法で得た左室流入血流最大速度と、Hatle ら<sup>3)</sup>の提唱した Bernoulli の簡易式 [ $P = 4V^2$ ;  $P$ =圧較差 (mmHg),  $V$ =血流最大速度 (m/sec)] を用いて、僧帽弁口狭窄部の圧較差を算出した。左室流入血流の方向性は、心尖部長軸断面および乳頭筋レベルの左室短軸断面におけるドップラー断層所見により、以下のごとく分類した。すなわち、心尖部長軸断面において、左室流入 jet が後壁側に向かうものを a, 心尖部に向かうものを b, 中隔側に向かうものを c とし、また、短軸断面において、流入 jet が前交連側に偏位するものを 1, 中央に向かうものを 2, 後交連側に向かうものを 3 とした (Fig. 3)。

連続波ドップラー法およびドップラー断層法の記録には、東芝製 SSH-65A を用いた。



**Fig. 3. Color Doppler determination of the direction of the left ventricular inflow jet.**

Direction of the inflow jet is determined according to the region of the color flow image on the following two-dimensional echocardiograms.

Apical long-axis view (panel A): “a” indicates the inflow jet towards the posterior wall, “b” towards the apex and “c” towards the ventricular septum.

Short-axis view at the level of the papillary muscles (panel B): “1” indicates the inflow jet is towards the lateral portion of the left ventricular cavity, “2” towards the central portion and “3” towards the medial portion.

**Table 1. Comparison of phonocardiographic, M-mode and two-dimensional echocardiographic data between the groups with low-pitched and high-pitched rumbles**

	PCG		M-mode		2-DE	
	Intensity of rumble (Levine)	Wells' index	FS	LAD (cm)	MVA (cm <sup>2</sup> )	Organic score of mitral complex
Low-pitched rumble (n=45)	2.1±1.0	-1.7±2.4	0.32±0.08	4.6±0.9	1.46±0.55	1.3±1.8
High-pitched rumble (n=6)	2.1±1.2	-0.3±3.1	0.25±0.10	5.1±1.1	1.24±0.26	2.2±1.4
p value	ns	ns	ns	ns	ns	ns

mean±SD

PCG=phonocardiogram; M-mode=M-mode echocardiogram; 2-DE=two-dimensional echocardiogram; FS=fractional shortening of the left ventricle; LAD=dimension of the left atrium; MVA=area of the mitral orifice; n=number of cases; ns=not significant; SD=standard deviation.

## 結 果

### 1. 心音図所見 (Table 1)

聴診および心音図上のランブルの最強点は、低調群では全例心尖部であったのに対し、高調群では、oval 型の 1 例を除き、すべて心尖部内側にあり、胸骨左縁においてもランブルは明瞭に記録できた。ランブルの音量は、低調群 Levine 2.2±1.0 度、高調群 Levine 2.1±1.2 度で、両群間に有意差を認めなかった。

心音図から求めた Wells' index は、低・高調群でそれぞれ -1.7±2.4, -0.3±3.1 で、両群間に有意差を認めなかった。

### 2. M モード心エコー図所見 (Table 1)

左室内径短縮率は、低調群 0.32±0.08, 高調群 0.25±0.10 で、両群間に有意差を認めなかった。左房径は低・高調群でそれぞれ 4.6±0.9 cm, 5.1±1.1 cm で、両群間に有意差を認めなかった。

### 3. 断層心エコー図所見

僧帽弁口面積は、低調群 1.46±0.55 cm<sup>2</sup>, 高調群 1.24±0.26 cm<sup>2</sup> で、両群間に有意差を認めなかった (Table 1)。

ランブルの性状と弁口形態との関係を Fig. 4 に示す。oval 型, slit 型および pinhole 型を示

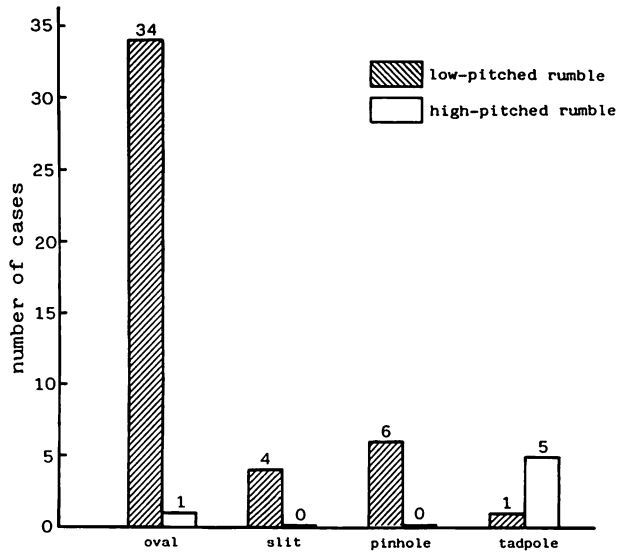
した 45 例では、44 例 (98%) が低調なランブルを有し、高調なランブルは僅か 1 例 (2%) に認めただけであった。一方、tadpole 型を示した 6 例では 5 例 (83%) が高調なランブルを示し、前 3 型と比較して高調なランブルの出現率に有意差を認めた (p<0.01)。

Tadpole 型の弁口形態を示し、かつランブルが高調であった例は、すべて前交連側には病変が大きく小さな開口を認めるにすぎないが、後交連側の病変は軽く比較的大きな開口を認めるという特徴を有した。Tadpole 型の弁口変形を示したにもかかわらず、ランブルが低調であった 1 例は、前交連側にはほとんど開口を認めず、pinhole 型に近い形態を有していた。

弁および弁下部病変の総得点は、低調群 1.3±1.8, 高調群 2.2±1.4 であり、両群間に有意差を認めなかった (Table 1)。

### 4. 連続波ドップラー所見 (Table 2)

ドップラー法を施行した低調群 13 例および高調群 4 例の左室流入血流最大速度は、前者で 1.43±0.39 m/sec, 後者で 1.63±0.47 m/sec で、両群間に有意差を認めなかった。また、簡易 Bernoulli 式により求めた房室間最大圧較差も両群間に有意差を認めなかった (低調群 11.1±6.8 mmHg, 高調



**Fig. 4. Incidence of low- and high-pitched rumbles in four types of stenotic mitral orifices.**

In 44 of 45 patients with oval, slit or pinhole-like mitral orifices, the rumble is low-pitched. However, 5 of 6 patients with a tadpole-like mitral orifice have a high-pitched rumble.

**Table 2. Comparison of continuous wave Doppler echocardiographic data among the two groups with low-pitched and high-pitched rumbles**

	Peak velocity (m/sec)	Maximum PG (mmHg)
Low-pitched rumble (n=13)	1.4±0.4	9.2±4.8
High-pitched rumble (n=4)	1.6±0.5	11.1±6.8
p value	ns	ns

(mean±SD)

PG=atrioventricular pressure gradient; ns=not significant; n=number of cases; SD=standard deviation.

群 9.2±4.8 mmHg).

**5. ドップラー断層心エコー図所見**

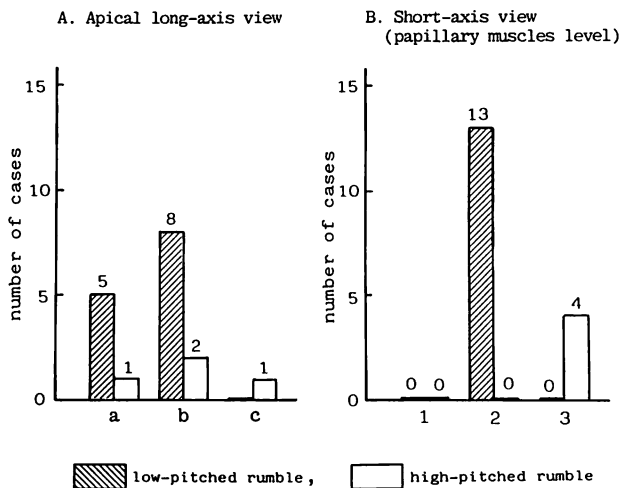
心尖部長軸断面では、両群とも左室流入血流の方向性に一定の傾向を認めなかった。しかし、乳頭筋レベルの左室短軸断面では、低調群は13例

全例、左室の中央に向かっていたのに対し、高調群では4例全例、後交連側、すなわち左室の内側に偏位していた (Fig. 5)。

**6. 症例呈示**

両群の代表例における心音図および僧帽弁レベルの左室短軸断層図を Fig. 6 に示す。低調群の代表例 (A) では、心音図上ランブルは低調成分が明らかに優位であり、断層心エコー図上、oval型の僧帽弁口形態を示す。これに対し、高調群の代表例 (B) では、心音図上心尖部内側に最強点を有する高調なランブルを認め、断層心エコー図での僧帽弁口は前交連側がほとんど開口を示さず、後交連側にのみ比較的大きな開口を有する tadpole型形態を示す。

以上2例のドップラー断層図を Fig. 7 に示す。低調なランブルの症例 (A) では、左室流入血流は心尖部方向で、かつ左室の中央に向かってのに対し、高調なランブルの症例 (B) の血流方向は左室の中央に向かわず、前内側中隔方向に向か



**Fig. 5. Relation between the direction of the left ventricular (LV) inflow jet and the pitch of the rumble.**

In the apical long-axis view (panel A), no distinct difference is observed in the direction of the inflow jet between the low-pitch and the high-pitch groups. In the short-axis view (panel B), the inflow jet is directed towards the medial portion of the LV cavity in all patients with a high-pitched rumble. However, it is directed towards the central portion of the LV cavity in all patients with a low-pitched rumble.

a, b, c, 1, 2 and 3 indicate the directions of a LV inflow jet as in Fig. 3. LV=left ventricle.

っている。

### 考 察

僧帽弁狭窄における拡張期心室充満雑音は通常低周波性で、輪転様、遠雷様、どろどろ音 (rumbling) などと形容され、心音図上も高音成分より低音成分が優位に記録される。

しかし、このランブルはまれにピッチが高く灌水様に聴かれる場合があり、高調なランブル (high-pitched rumble) と呼ばれている<sup>1,2)</sup>。この場合、大動脈弁閉鎖不全兼僧帽弁狭窄と誤診したり、時には僧帽弁狭窄の存在にまったく気づかないこともある。この高調なランブルの成因として、弁構造の異常により僧帽弁血流の方向が変化するためではないかという推論<sup>1)</sup>はあるものの、その詳細については明らかではない。

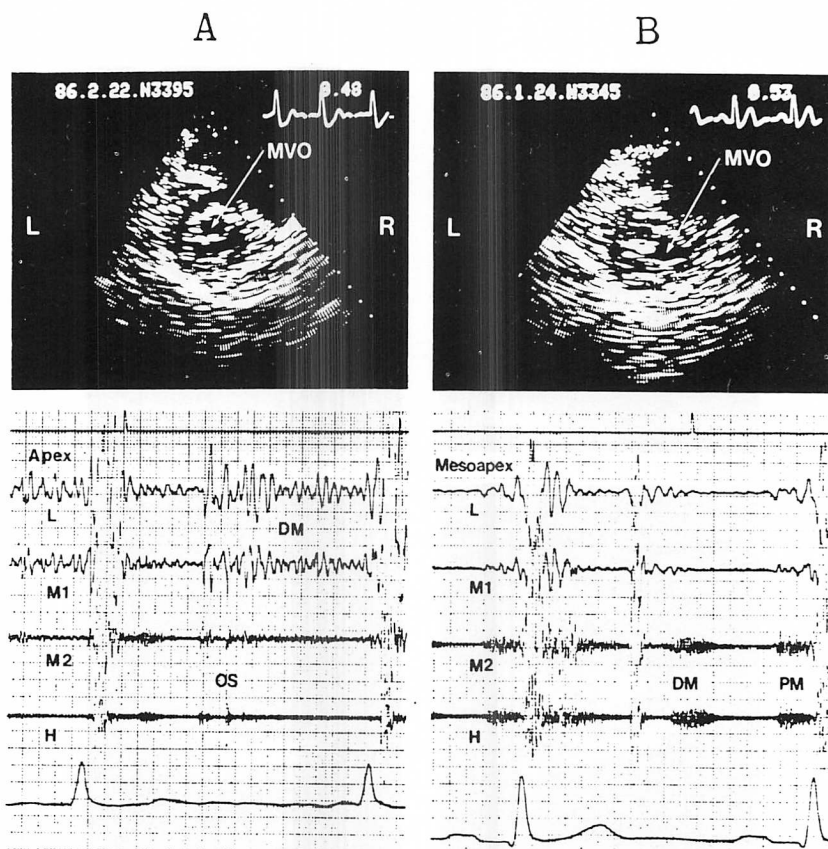
ランブルは、僧帽弁口を通過して左室内へ流入

する血流により発生する。この左室流入血流動態に影響を及ぼす因子として、① 僧帽弁口狭小度、② 弁下部病変も含めた僧帽弁の形態、③ 房室間圧較差、④ 左室収縮能、⑤ 左房径、⑥ 左室流入血流速度、⑦ 左室流入血流の方向性、⑧ 僧帽弁逆流の有無およびその程度など、が考えられている。

本研究においては、通常の低調成分主体のランブルを有する低調 (雑音) 群と高調なランブルを有する高調 (雑音) 群との間に、僧帽弁口面積、Wells' index、左室内径短縮率、左室流入血流速度および房室間圧較差の有意差を認めず、また、血行動態的に有意な僧帽弁逆流を有する例は対象から除外していることより、上記の①、③、④、⑤、⑥、⑧の諸因子は、ランブルの性状の変化にあまり関与しないのではないかと考えられる。

一方、僧帽弁口形態および左室流入血流の方向





**Fig. 6. Two-dimensional echocardiograms (upper panels) and phonocardiograms (lower panels) in two patients with a low-pitched rumble (panel A, 48-year-old male) and a high-pitched rumble (panel B, 63-year-old male).**

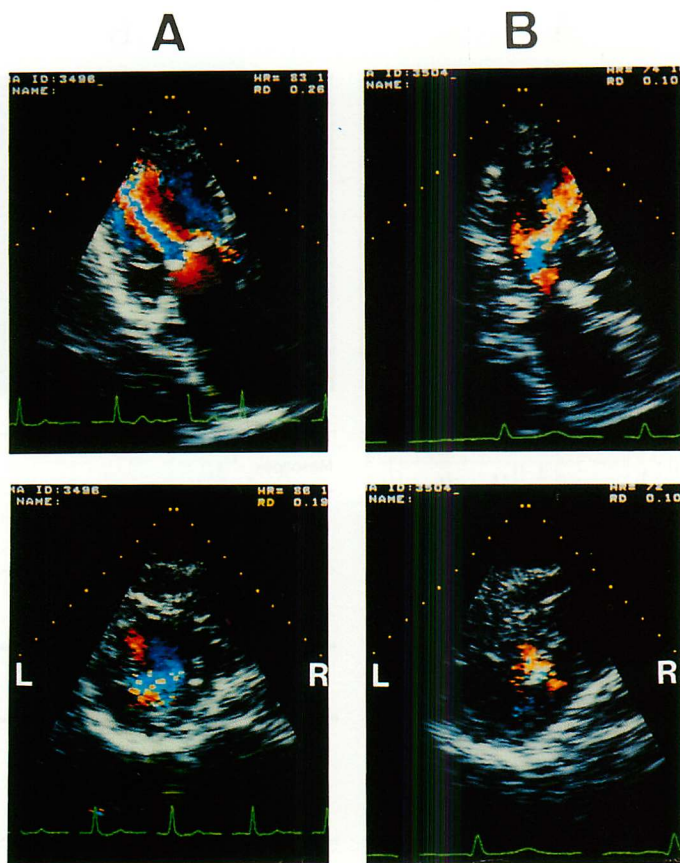
In panel A, mitral orifice (MVO) is oval-shaped, and an apical diastolic rumble (DM) is low-pitched in quality. In panel B, a high-pitched rumble (DM) and a tadpole-like deformity of the MVO are shown.

PM=presystolic murmur; OS=opening snap.

性には両群間に明らかな相違を認めた。すなわち、高調群では高率に tadpole 型の弁口変形を認め、しかも全例前交連側に病変が強く、後交連側には比較的大きな開口を認めるという特徴を有していた。また左室流入血流はすべて左室の内側に向かっていった。これに対し、低調群では tadpole 型の弁口変形を示したのは1例しかなく、その例もほぼ pinhole 型に近い形態で、残りの例は oval 型、pinhole 型あるいは slit 型であった。また、

左室流入血流は全例左室の中央に向かっていった。これらの弁口形態と血流方向との関係より、高調群における左室流入血流方向の偏位は、tadpole 型という特異な僧帽弁口形態の異常によって生じた可能性が強いと考えられる。また高調なランブルの最強点がいずれも心尖部より内側に存在したことは、左室流入血流の内側方向への偏位に関連した所見と考えられた。

流入血流方向の偏位には弁下部病変も重要な役



**Fig. 7.** Color Doppler echocardiograms in the apical long-axis views (upper panel) and short-axis views (lower panel) from the same patients as in Fig. 6.

Panel A (low-pitched rumble): The left ventricular (LV) inflow jet is directed towards the apex (upper panel) and towards the central portion of the LV cavity (lower panel).

Panel B (high-pitched rumble): The inflow jet is directed towards the ventricular septum (upper panel) and towards the medial portion of the LV cavity (lower panel).

割を果たすと考えられる<sup>4)</sup>。事実、本研究の **Fig. 7B** に示した例は弁口部のみならず弁下部においても流入血流の方向が変化を示した。しかし、このような例は1例しかなく、また弁下部病変の詳細な評価は比較的困難なこともあり、本研究では病変の程度のみを検討した。その結果、両群間に弁下部病変の程度に差を認めなかったことから、弁下部病変がランブルの高調化に重要な影響を与えているとは考え難いが、今後、更に検討すべき点と思われる。

左室流入血流の左室内側への偏位によるランブルの高調化は、心房中隔欠損症などの相対的三尖弁狭窄に伴うランブルが比較的高調であることに類似した現象と考えられる。坂本<sup>1)</sup>は、重複僧帽弁口に高調なランブルを伴った例を示し、高調な三尖弁性ランブルが右房→右室といった胸壁から遠ざかる方向に向かう三尖弁血流によって生じるように、本例でのランブル高調化の原因は、なんらかの理由により左室流入血流が心尖部方向に向かわず、胸壁から遠ざかる方向に向かうため

はないかと考察している。これは心雑音が音源の上流では高調、下流では低調に聴取されるという Bruns の説<sup>5)</sup>に基づくものと考えられる。しかし、解剖学的にみて右房→右室血流は本来胸壁に近づく方向に向かうものであり、三尖弁性ランブルは音源の下流で聴取していると考えられるため、Brunns 説のみではランブル高調化の原因は説明し得ない。

McKusick<sup>7)</sup> は、雑音伝播による雑音性状の変化に関して、雑音、ことに高周波成分に対する胸壁の減衰作用を重視し、僧帽弁狭窄のランブルに含まれる高周波成分は心尖部に達するまでに長い距離を経過するために減弱させられるのに対して、三尖弁性ランブルは胸壁直下にあるために、前者に比し高周波成分が減衰されずに高調になると述べている。この考え方を応用すれば、左室流入血流の内側方向への偏位とランブル高調化の因果関係が明らかになる。すなわち、流入血流が左室内側へ偏位した場合には、僧帽弁口から最強聴取部位(心尖部よりも内側で胸骨左縁に近い)までの距離が心尖部に向かう場合よりも短いため、高周波成分が減弱されずに高調になるのではないかと考えられる。また、特異な弁口形態のために左室流入血流のエネルギーが多少減弱化し、拡張期雑音が元来低調成分に乏しいことも加味されている可能性も考えられる。

高調群の中に oval 型の弁口形態を示した例が 1 例存在した。本例では、ドップラー検査を行っていないために左室流入血流の方向は不明である。弁下部病変も強くなく、左房内血栓も認めない。このような例のランブル高調化の原因としては、血流方向の偏位以外の因子、例えば流入血流速度の異常な増大や心臓と胸壁との異常な接近などの関与も考えるべきであろう。また、僧帽弁の石灰化<sup>2)</sup>、僧帽弁の aneurysm<sup>8)</sup> あるいは異常腱索<sup>9)</sup> などにより、ランブルが楽音様になることがあると報告されている。本研究においても、高調群のうち 2 例ではランブルの一部に楽音様の成分を含んでおり、高調化の一因として、なんらか

の振動体の関与も考えられる。

## 要 約

僧帽弁狭窄 (MS) における高調な拡張期ランブル (high-pitched rumble) の成因について、心エコー図法およびドップラー法を用いて検討した。対象は MS 51 例で、ランブルの性状により、通常の低調なランブルを有する低調群 (45 例) と高調なランブルを有する高調群 (6 例) の 2 群に分類した。

成績は以下の如くである。

1. ランブルの最強点：低調群では全例心尖部に存在したのに対し、高調群では 1 例を除きすべて心尖部内側にあり、胸骨左縁でもランブルは明瞭に聴取された。

2. ランブルの性状と僧帽弁口形態との関係：弁口形態が oval 型, slit 型あるいは pinhole 型を示した 45 例では、1 例 (2%) にのみ高調なランブルを認めたのに対して、tadpole 型の弁口形態を示した 6 例では、5 例 (83%) に高調なランブルを認めた。Tadpole 型の弁口変形は、いずれも前交連側の病変が強いため小さな開口しか認めず、一方、後交連側の病変は軽度であるため比較的大きな開口を認める形態を示した。

3. ドップラー断層法で観察した左室流入血流の方向性：心尖部長軸断面では両群とも一定の傾向を認めなかったが、乳頭筋レベルの左室短軸断面では低調群は全例左室の中央に向かっていたのに対し、高調群では全例後交連側すなわち左室内側に偏位していた。

4. その他の所見：僧帽弁弁口面積、左室流入血流の最大速度、左室内径短縮率、左房径、Wells' index および弁下部病変の程度はいずれも両群間で差を認めなかった。

以上の成績より、僧帽弁狭窄における高調なランブルの成因としては、僧帽弁の変形に伴って左室流入血流が左室の中央に向かわず、内側方向に偏位することが重要であると考えられた。

文 献

- 1) 坂本二哉: 心音図・心エコー図の読み方: 重複僧帽弁口 (狭窄) における高調な輪転様拡張期ランブル. 内科 (Sakamoto T: Phono- and Echocardiography-in-a-month: High-pitched diastolic rumble in a case with mitral stenosis having double mitral orifices. Internal Medicine) **47**: 127-132, 1981
- 2) Ueda H, Kaito G, Sakamoto T: Clinical Phonocardiography. Nanzando, Tokyo, 1963, pp 351-368 & 378-382
- 3) Hatle L, Brubakk A, Tromsdal A, Angelsen B: Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. Br Heart J **40**: 131-140, 1978
- 4) 吉川純一, 吉田 清, 加藤 洋, 柳原皓二, 奥野富久丸, 小泉克己, 白鳥健一, 浅香隆久, 赤阪隆史, 杉田市朗: 僧帽弁狭窄における特異な弁口血流パターン: リアルタイム二次元血流映像法による検討. 日超医講演論文集 **45**: 417-418, 1984
- 5) Bruns DL: A general theory of the causes of murmurs in the cardiovascular system. Am J Med **27**: 360-374, 1959
- 6) McKusick VA: Cardiovascular Sound in Health and Disease. Williams & Wilkins, Baltimore, 1958 (quoted from reference 2)
- 7) Zuckermann R: Musikalisches Diastolikum bei rheumatischer Aorteninsuffizienz. Z Kreislauforschg **46**: 477, 1957 (quoted from reference 2)
- 8) Schrire V, Vogelpoel L: The loud musical diastolic murmur of an abnormal rheumatic chorda. Am Heart J **62**: 315-319, 1961