

Björk-Shiley 僧帽弁置換例 における心尖部拡張期ラン ブル: 超音波ドップラー法 との対比による成因および 臨床的意義の検討

Genesis and clinical sig- nificance of an apical diastolic rumble in pa- tients with mitral Björk- Shiley valve: A Dop- pler echocardiographic study

河野 和弘
福田 信夫
奥本 哲生
恵美 滋文
細井 憲三
内田 知行
河野 智彦
井内 新
林 真見子
大木 崇
森 博愛

Kazuhiro KAWANO
Nobuo FUKUDA
Tetsuo OKUMOTO
Shigefumi EMI
Kenzo HOSOI
Tomoyuki UCHIDA
Tomohiko KAWANO
Arata IUCHI
Mamiko HAYASHI
Takashi OKI
Hiroyoshi MORI

Summary

The genesis and clinical significance of an apical diastolic rumble after replacement with mitral Björk-Shiley prosthesis were studied in 20 patients by left ventricular (LV) inflow dynamics using Doppler echocardiography.

1. The rumble was audible in 17 of the 20 patients (85%). In all but one patient, its intensity was less than Levine 2/6. Duration of the rumble ranged from 248 to 544 (mean 377) msec. There was no case of prosthetic valve dysfunction. Duration of the slow filling wave (SF interval) of the apexcardiogram in 19 cases ranged from 150 to 541 (mean 317) msec, and it correlated significantly with the duration of the rumble ($r=0.95$) in 15 cases.

2. In 20 patients, peak velocity of the LV inflow obtained from continuous wave Doppler echocardiograms ranged from 1.17 to 1.89 (mean 1.56) m/sec, and pressure half time (PHT) ranged from 82 to 233 (mean 134) msec. In 19 patients, the SF interval correlated significantly with PHT

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, Kuramotocho 2-50, Tokushima 770

Received for publication January 27, 1989; accepted April 26, 1989 (Ref. No. 34-10)

($r=0.87$), but not with peak inflow velocity.

3. Peak inflow velocity was significantly slower in cases without a rumble than in cases with a rumble. PHT and the SF interval tended to be shorter in the former than in the latter.

4. There was no significant difference in the SF interval, peak inflow velocity and PHT between eight patients with smaller valve sizes (≤ 25 mm) and 12 with larger valve sizes (≥ 27 mm).

5. There was no obvious relation between the direction of the main LV inflow jet as assessed by Doppler color flow mapping and the presence of the rumble in 19 patients.

6. In 19 patients, the SF interval correlated significantly with left atrial dimension ($r=0.47$), but it did not correlate with LV end-diastolic dimension, fractional shortening of the LV, and the peak lengthening rate of LV internal dimension.

7. Three patients with both the rumble and SF lasting 500 msec had prolonged PHT longer than 190 msec. One of these three had congestive heart failure and suspected prosthetic mitral valve stenosis.

From these results, we concluded that an apical diastolic rumble after replacement with mitral Björk-Shiley valve is mainly due to the increase in resistance and velocity of the LV inflow, and that both durations of the rumble and the SF intervals as well as PHT of the Doppler echocardiogram are useful in detecting stenosis of prosthetic mitral valves.

Key words

Björk-Shiley mitral valve Apical diastolic rumble Left ventricular inflow dynamics Apexcardiogram
Doppler echocardiogram

はじめに

僧帽弁位人工弁置換例では、生体弁あるいは機械弁の種類を問わず、一般に心尖部拡張期ランブルが高頻度に認められ、その原因として、人工弁により生じた拡張期房室間圧較差に基づく乱流が重要とされている¹⁻³⁾。一方、近年発達の著しい超音波ドップラー法は、置換人工弁の血流評価にも有用であることが報告されている⁴⁻⁸⁾。しかし、僧帽弁位人工弁置換例における拡張期ランブルと左室流入血流動態を対比した研究はほとんど行われていない。

本研究の目的は、Björk-Shiley 僧帽弁置換例における拡張期ランブルを超音波ドップラー法による左室流入血流動態と対比することにより、その成因および臨床的意義を明らかにすることにある。

対 象

研究対象は Björk-Shiley 弁により僧帽弁置換を受けた 20 例(男 8 例, 女 12 例)で、年齢は 39~

60 (平均 52) 歳。心調律は心房細動 18 例、洞調律 2 例である。心音図法およびドップラー法により血行動態的に有意と考えられる大動脈弁病変合併例は対象から除外した。

人工弁置換に至った基礎疾患は、僧帽弁狭窄 16 例、同閉鎖不全 3 例、Lutembacher 症候群 1 例である。手術後の経過年数は 2~14 (平均 7.7) 年で、置換弁のサイズは 23 mm 1 例、25 mm 7 例、27 mm 6 例、29 mm 6 例である。合併症は、最軽症の大動脈弁狭窄あるいは閉鎖不全 9 例、大動脈弁置換 2 例、陳旧性心筋梗塞 1 例である。

方 法

1. 聴診および心音・心機図

患者を左半側臥位にして聴診および心音図記録を行い、心尖部拡張期ランブルの有無、音量および持続時間を検討した。ランブルの音量は Levine 分類で評価し、またその持続時間は心尖部における心音図記録上、opening click のうち最大振幅を示す成分よりランブルの終了までの時間と

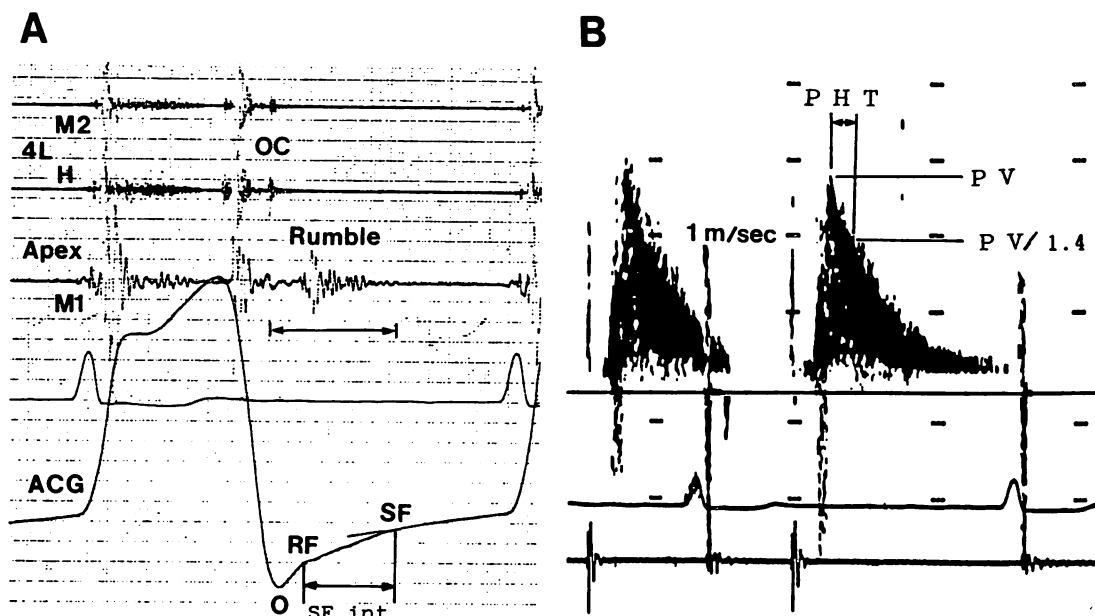


Fig. 1. Measurement methods of the phonocardiogram, apexcardiogram and continuous wave Doppler echocardiogram.

A: Duration of the rumble is defined as the interval between an opening click (OC) and the termination of a rumble on the apical phonocardiogram (PCG). SF interval (SF int.) is defined as the duration of a slow filling wave (SF) on the apexcardiogram (ACG).

B: Peak velocity (PV) is defined as the greatest velocity of an early diastolic left ventricular inflow jet. Pressure half time (PHT) is calculated according to the method of Hatle et al¹⁰.

4L=fourth left intercostal space; O and RF=early diastolic nadir and rapid filling wave of the apexcardiogram. Filter characteristics of PCG: M1=50~100, M2=100~200, H=200~400 (Hz).

して計測した (Fig. 1A).

心尖拍動図は左半側臥位で手指あるいはベルトにより固定して記録し, Fig. 1A に示す方法により緩徐流入時間 (SF 時間) を求めた. すなわち, 心尖拍動図の静止波に接線を引き, 両者が離開する時点を緩徐流入波 (SF) の終了点と規定し, 急速流入波 (RF) の終了点から緩徐流入波の終了点までを SF 時間とした.

心音図記録にはフクダ電子製マイクロフォン MA-250 を, また心尖部拡張期ランブルと心尖拍動図の同時記録には日本光電製心音・脈波トランスデューサー TK-701T と時定数 3.0 秒の増幅器 AA-601H 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 モード心エコー図

通常のビーム方向で記録した心室中隔・左室後壁エコーグラムから, 左室拡張末期径 (LVDd), 左室収縮末期径 (LVDs), 左室内径短縮率 (%FS), および左室内径最大伸展速度 (peak dD/dt) を求めた. また, 大動脈・左房エコーグラムから左房径を計測した.

%FS は $(LVDd - LVDs) / LVDd \times 100$ の式により, また peak dD/dt は中隔・後壁エコーグラムの中隔左室側および後壁心内膜側をトレースし, Goodman 製 medical graphic analyzer を用いて算出した.

3. ドップラー心エコー図

全例に連続波ドップラー法およびドップラー断

層法を施行した。僧帽弁位 Björk-Shiley 弁置換例における左室流入血流は, large orifice を通過する主血流と small orifice を通過する副血流に二分される⁹⁾が, このうち主血流の連続波ドップラー記録より, 最大血流速度 (peak velocity, PV) および最大血流速の時点から最大血流の 1/1.4 に減速するまでの時間 (pressure half time, PHT)¹⁰⁾ を求めた (Fig. 1B). なお最大血流速度を計測する際, 心尖部あるいは傍胸骨から, 超音波ビームをできるだけ主血流の方向と平行になるように入射したが, ビームと血流の方向が一致しない場合には角度補正を行った。

置換弁における左室流入の主血流の方向は, 傍胸骨および心尖部からのドップラー断層所見を総合して判定し, 心室中隔に向かうもの, 左室中央に向かうもの, および左室後壁に向かうものの3型に分類した。

M モード心エコー図およびドップラー心エコー図の記録は, 東芝製血流イメージング超音波診断装置 SSH-65A を用いた。

結 果

1. 心音・心機図所見 (Table 1, Fig. 2)

聴診および心音図上, 心尖部拡張期ランブルは 20 例中 17 例 (85%) に認められた。ランブルの音

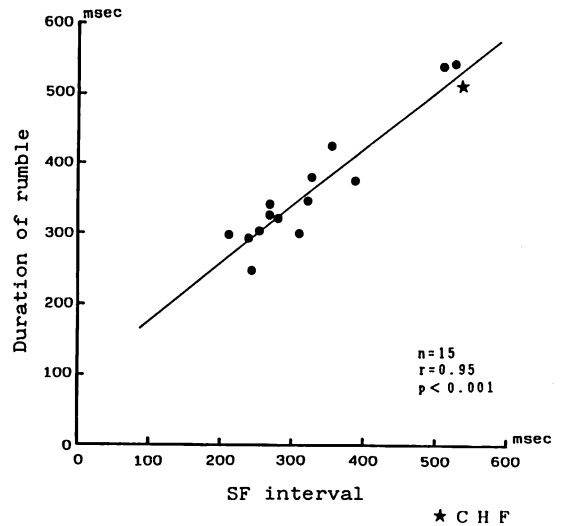


Fig. 2. Relationship between the duration of a rumble and the SF interval on the apexcardiogram.

An excellent positive correlation is found between both parameters.

CHF=patient with congestive heart failure.

量は Levine 1 度 9 例, 2 度 7 例, 3 度 1 例で, 平均 Levine 1.2 度であった。ランブルの持続時間は三尖弁性ランブルの混在が考えられた 1 例を除く 16 例において計測が可能で, その値は 248~445 msec, 平均 369 msec であり, 500 msec を超

Table 1. Mean values and standard deviations of various parameters obtained from phonocardiograms, apexcardiograms, M-mode and Doppler echocardiograms

	No. of cases	Rumble (PCG)		ACG	M-mode			Doppler		
		Duration (msec)	Intensity (Levine)	SF int. (msec)	LVDd (cm)	%FS (%)	LAD (cm)	Peak dD/dt (cm/sec)	PV (m/sec)	PHT (msec)
Total cases	20	369±90	1.2±0.6	317±109	4.8±0.7	36±8	5.6±1.1	11.5±3.5	1.6±0.2	134±46
Valve ≤25 mm	8	380±101	1.3±0.8	339±121	4.7±0.7	38±9	5.2±1.2	12.1±2.9	1.7±0.2	138±51
Valve ≥27 mm	12	361±86	1.2±0.5	300±101	4.8±0.7	35±8	5.8±1.1	11.1±3.8	1.5±0.2	131±44
p value		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

PCG=phonocardiogram; ACG=apexcardiogram; M-mode=M-mode echocardiogram; Doppler=Doppler echocardiogram; No.=number; SF int.=duration of a slow filling wave of the ACG; LVDd=left ventricular end-diastolic dimension; %FS=percent fractional shortening of the left ventricle; LAD=left atrial dimension; peak dD/dt=peak lengthening rate of left ventricular internal dimension; PV and PHT=peak velocity and pressure half time of a left ventricular inflow jet; ns=not significant.

える例は3例のみであった。なお、これらの例の中で僧帽弁逆流雑音や人工弁の開放音、閉鎖音の異常を示す例はみられなかった。

心尖拍動図は19例において記録が可能で、緩徐流入波の持続時間(SF 時間)は150~541 msec、平均 317 msec であった。

ランブルの持続時間と心尖拍動図のSF 時間の両者を計測し得た15例において両者の関係を検

討すると、極めて良好な正相関関係 ($r=0.95$, $p<0.001$) を認めた (Fig. 2)。したがって、ランブル欠如例を考慮し、以下の検討にはランブル持続時間の代わりに心尖拍動図のSF 時間を用いた。

2. SF 時間と M モード心エコー図所見との関係 (Fig. 3)

心尖拍動図の緩徐流入時間(SF 時間)と左室拡

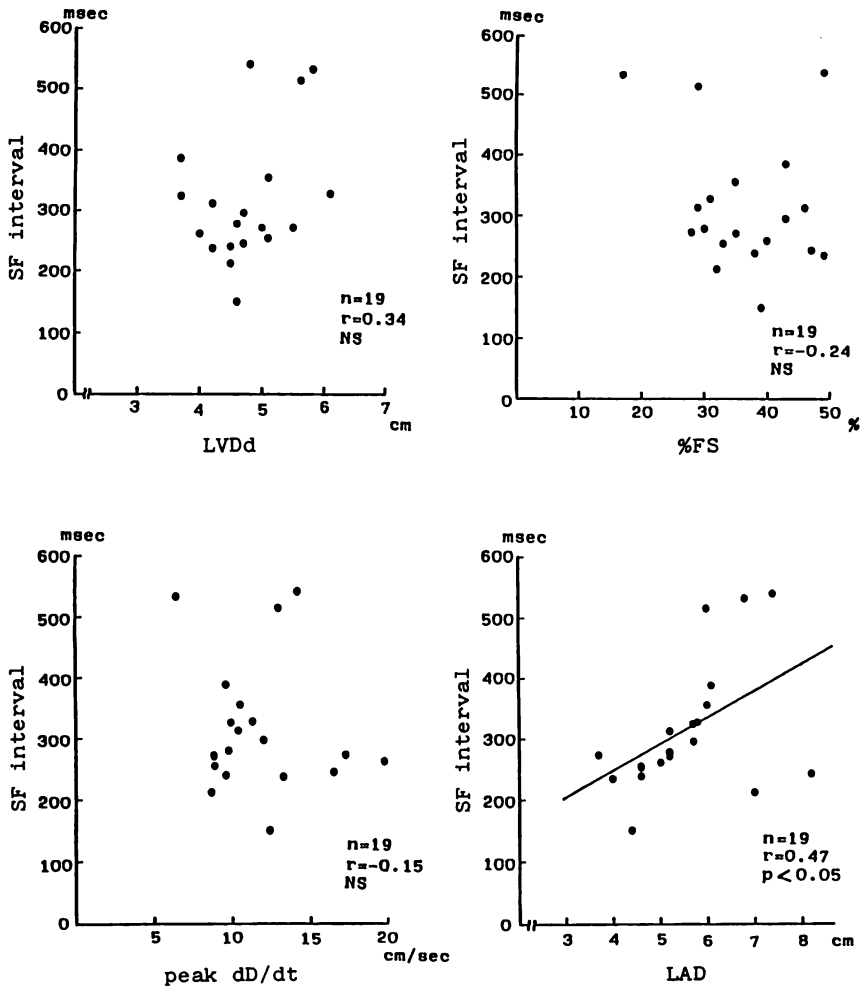


Fig. 3. Relationships between the SF interval and LVDD, %FS, peak dD/dt and LAD derived from the M-mode echocardiograms.

Only LAD shows a significant correlation with the SF interval.

Abbreviations are the same as in Table 1.

張末期径 (LVDd), 左室内径短縮率 (%FS) および左室内径最大伸展速度 (peak dD/dt) との間には, 有意な相関を認めなかった (おのおの $r=0.34, -0.24, -0.15$). しかし, 左房径との間には $r=0.47$ ($p<0.05$) の有意な正相関を認めた.

3. SF 時間と連続波ドップラー所見との関係

連続波ドップラー法により求めた左室流入血流の peak velocity (PV) および pressure half time (PHT) はおのおの 1.17~1.89 (平均 1.56) m/sec, 82~233 (平均 134) msec であった (Table 1).

心尖拍動図の SF 時間はドップラー法の pressure half time と $r=0.87$ の良好な正相関を示した ($p<0.001$) が, peak velocity とは有意な相関を示さなかった ($r=0.24$) (Fig. 4).

ランブルの持続時間および SF 時間が 500 msec 以上を示した 3 例では, pressure half time も 190 msec 以上と延長していた. なお星印で示した 1 例は, 軽度な肺高血圧 [肺動脈圧 47/20

(平均 28) mmHg] および平均肺動脈楔入圧上昇 (14 mmHg) を示し, また臨床上, 肝腫大, 下腿浮腫などの右心不全症状を有しており, 狭窄性人工弁機能異常が強く疑われた.

ランブルを有する例 (closed circle) と有さない例 (open circle) を比較すると, 後者は前者に比べて peak velocity は明らかに低値を示し, また SF 時間および pressure half time は低値の傾向を示した.

4. 人工弁の大きさによる比較

人工弁のサイズの影響を検討するために, 置換弁 20 例の弁サイズが 25 mm 以下のもの 8 例と 27 mm 以上のもの 12 例の 2 群に分類し, 両群間で SF 時間, peak velocity および pressure half time について比較した (Table 1, Fig. 5).

いずれの指標も弁サイズの大きい群が低値の傾向を示したものの, 両群間で有意差を認めなかった. また, ランブルを認めなかった 3 例の弁サイ

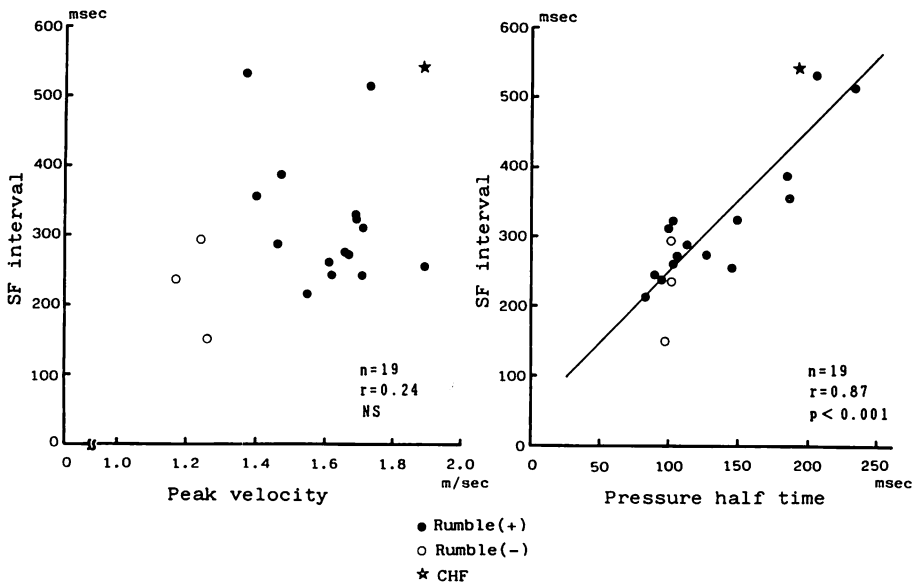


Fig. 4. Relationships between the SF interval and peak velocity and pressure half time of a left ventricular inflow jet .

SF interval correlates significantly with a pressure half time, but not with peak velocity. CHF=patient with congestive heart failure.

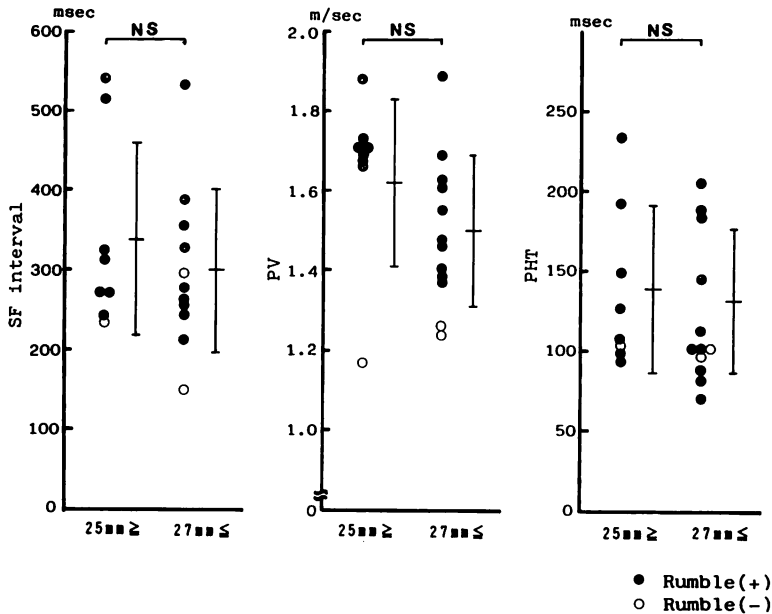


Fig. 5. Comparisons of the SF interval, peak velocity (PV) and pressure half time (PHT) between the two groups with smaller (≤ 25 mm) and larger valve size (≥ 27 mm).

There is no parameter showing significant difference between both the groups.
NS=not significant.

ズは、25 mm, 27 mm, 29 mm であった。

5. ドップラー断層心エコー図所見 (Table 2)

左室流入血流の主血流の方向を正確に判定できた19例の内、心室中隔に向かうものは13例、左室中央および左室後壁に向かうものはおのおの3例であった。19例の内ランブルを認めなかった2例の主血流はいずれも心室中隔方向に向かっていたが、他の二方向に向かう例数が少ないため、主血流の方向とランブルの有無との関係は明らかでなかった。

6. 症例呈示

心不全症状を有し、狭窄性人工弁機能異常が疑われた例の心音・心機図および連続波ドップラー心エコー図を Fig. 6 に示す。心音・心機図上、ランブルの持続時間、SF 時間はおのおの 570 msec, 530 msec と著明な延長を認めた。また、連続波ドップラー法による pressure half time は 192 msec と延長し、peak velocity は 1.9 m/sec と増大を

Table 2. Relation of the direction of a main left ventricular (LV) inflow jet to the presence or absence of a rumble

Rumble	Direction of inflow jet		
	IVS	Apex	LVPW
Present (+)	11	3	3
Absent (-)	2	0	0

IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall.

Note no relation between the two parameters.

示した。なお、本例では人工弁クリック音に異常を認めなかった。

考 察

僧帽弁位人工弁置換例における心尖部拡張期ランブルの存在は必ずしも人工弁機能異常を意味するものではなく、機能が正常の傾斜ディスク弁に

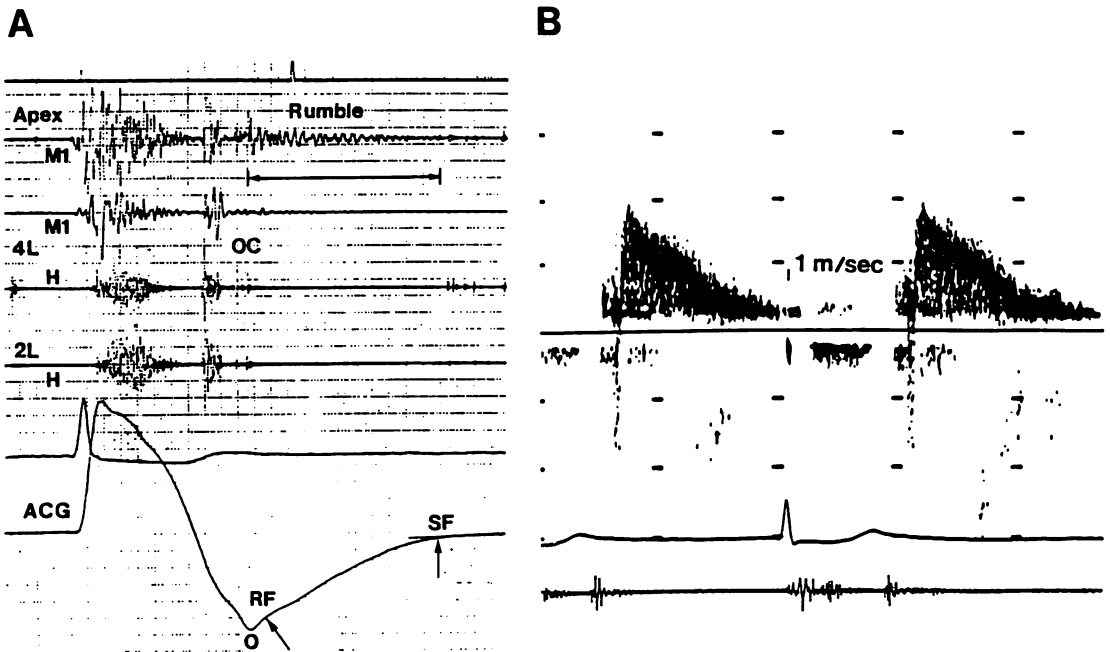


Fig. 6. Phonocardiogram and apexcardiogram (A) and continuous wave Doppler echocardiogram (B) in a patient having congestive heart failure after mitral valve replacement with a Björk-Shiley prosthesis.

Both durations of a rumble (570 msec) and the SF interval (530 msec) are significantly prolonged in panel A. In panel B, peak mitral flow velocity (1.9 m/sec) increases, and pressure half time (192 msec) is prolonged. These findings strongly suggest stenosis of the prosthetic mitral valve.

Abbreviations are the same as in Table 1.

においても Levine 1~2度のランブルが 50~70%の症例に認められるとされている^{1~11)}。このランブルの発生には、有効僧帽弁口面積の減少、およびそれに伴って生じる房室間圧較差に基づく乱流が関与すると考えられている^{1~3)}。しかし、人工弁を通過する血流を直接記録してランブルと対比させた研究はない。

近年、超音波ドップラー法の発達によって、心臓内の血流動態を容易に観察することが可能となり、人工弁置換例においても人工弁機能異常、すなわち狭窄性病変や leakage の有無などの評価に有用であることが指摘されている^{4~8)}。

本研究においては、中心流を有する傾斜ディスク弁である Björk-Shiley 僧帽弁置換例を用い、

その心尖部拡張期ランブルと左室流入血流動態を対比検討した。その結果、拡張期ランブルの出現頻度 (85%) および音量 (1例を除き Levine 2度以下) は従来の報告とほぼ一致していた^{1,11)}。ランブルを有さない例はランブルを有する例に比し、左室流入血流の peak velocity は明らかに低値であり、また左室流入血流の pressure half time は低値の傾向を示した。左室流入血流の pressure half time は僧帽弁逆流の存在、心調律、房室間圧較差、心機能などの因子にあまり影響されず、僧帽弁の有効弁口面積あるいは左室流入抵抗のよい指標になると考えられている¹⁰⁾。したがってランブルの発生には、左室流入流速の増大および左室流入抵抗の増大が重要な役割を果たしてい

ると考えられた。

Hancock 弁による僧帽弁置換例において、弁装着角度が、心室壁の細動と関連して、ランブルの発生と密接に関係するという報告がある¹²⁾。しかし、本研究においては、左室流入血流の方向性とランブルの有無との間に一定の関係を認めず、主流流が左室中央に向かう例でも、流速が速いとランブルを有し、心室中隔に向かう例でも、流速が遅いとランブルを欠如していた。すなわち流入ジェットの方がランブルの発生を規定するものではないと考えられた。

ランブルの持続時間は、心尖拍動図の緩徐流入時間、および左室流入血流の pressure half time のいずれとも良好な正相関を示した。したがって、ランブルの持続時間および心尖拍動図の緩徐流入時間は、pressure half time と同様に、置換弁口面積あるいは人工弁を通過する血流の流入抵抗をよく反映するものと考えられた。

拡張期ランブルあるいは緩徐流入波の持続時間は症例によってかなりの変動を示したが、このことは弁の有効置換弁口面積の変動を意味し、その要因としては人工弁のサイズ、僧帽弁通過血流量、左室機能（とくに拡張期コンプライアンス）、左房圧、弁自体の特性などが考えられる^{12~15)}。

一般に、置換弁のサイズが大きくなるにつれて、有効僧帽弁口面積は高値を、また左室流入血流の peak velocity は低値を示す傾向があるとされている^{13,14,16)}。しかし本研究においては、弁サイズが 25 mm 以下と 27 mm 以上の 2 群間で、緩徐流入時間、peak velocity および pressure half time に有意差を認めなかった。本研究結果が従来報告と異なった理由は、対象とした弁サイズの大部分が 25 mm から 29 mm の狭い範囲にあり、また 31 mm 以上の大きなサイズの弁がなかったためと考えられた。

また、左室拡張末期径、左室内径短縮率、左室内径最大伸展速度、および左室流入血流の peak velocity はいずれも緩徐流入時間と有意な関係を示さなかった。前三者は左室機能の指標であ

り、左室流入血流の peak velocity は最大房室間圧較差を反映するとされている¹⁷⁾。したがって、左室機能および左房圧は、いずれも単独ではランブル持続時間の変動要因とはなり得ないと考えられる。

以上の考察から、僧帽弁置換例における左室流入状況は単一の要因で規定されるものではなく、上述したごとき多数の因子が複雑に関与するものと考えられた。

本研究対象 20 例の内、ランブル持続時間および緩徐流入時間が 500 msec 以上で、かつ左室流入血流の pressure half time が 190 msec 以上の所見は 3 例にみられた。一般に、僧帽弁口面積は $220/\text{pressure half time}$ の式により求めた値とよく一致すると考えられている¹⁰⁾。したがって、pressure half time が 190 msec 以上であるということは僧帽弁口面積が約 1.16 cm^2 以下であるということの意味し、中等度の僧帽弁口狭窄の存在を示唆する。これら 3 例のうち 1 例は臨床上心不全症状を有し、また肺動脈楔入圧の上昇を認めたことより、狭窄性人工弁機能異常の存在が考えられた。

これら 3 例では、いずれも人工弁の開放、閉鎖に伴うクリック音に明らかな異常を認めなかった。一般に、人工弁クリック音の異常、とくに開放性クリック (opening click) の減弱化あるいは出現時相の異常は、人工弁機能不全の最も早期の徴候と考えられている^{3,18)}。しかし、肉芽増生や血栓形成の生じる部位によっては、クリック音に異常を認めることなく、僧帽弁狭窄に由来する症状を呈し得る¹⁹⁾。したがって、ランブル持続時間および緩徐流入時間の延長は、人工弁クリック音の異常と同様に狭窄性弁機能異常を示唆する所見として有用であり、臨床上、応用されるべきであると考えられた。

要 約

Björk-Shiley 僧帽弁置換例における心尖部拡張期ランブルの成因、および臨床的意義を明らか

にするために, 聴診, 心音図, 心尖拍動図所見を超音波ドップラー法による左室流入血流動態と対比検討した. 対象は Björk-Shiley 僧帽弁置換例 20 例 (置換術後 2~14 年, 弁サイズ: 23 mm 1 例, 25 mm 7 例, 27 mm 6 例, 29 mm 6 例) である.

1. 20 例中 17 例 (85%) にランブルを認めた. その音量は 1 例を除き Levine 2 度以下で, またその持続時間は 248~544 (平均 377) msec であった. 僧帽弁閉鎖不全を示唆する逆流性雑音や人工弁クリック音の異常を示す例は認めなかった. 心尖拍動図の緩徐流入波 (19 例) の持続時間 (SF 時間) は 150~541 (平均 317) msec であった. ランブルの持続時間と心尖拍動図の SF 時間の両者を計測し得た 15 例において, 両者の間に極めて良好な正相関 ($r=0.95$) を認めた.

2. 連続波ドップラー法より求めた左室流入血流の peak velocity および pressure half time はおのおの 1.17~1.89 (平均 1.56) m/sec, 82~233 (平均 134) msec であった. SF 時間は pressure half time と $r=0.87$ の良好な正相関を示したが, peak velocity とは有意な相関を示さなかった.

3. ランブルの認められない例はランブルを有する例に比し, peak velocity は明らかに低値で, また SF 時間および pressure half time は低値の傾向を示した.

4. 弁サイズが 25 mm 以下の群 (8 例) と 27 mm 以上の群 (12 例) の両群間で, SF 時間, peak velocity および pressure half time はいずれも有意差を認めなかった.

5. ドップラー断層法による左室流入血流の方向 (19 例) とランブルの有無との間には一定の関係を認めなかった.

6. SF 時間は左房径と $r=0.47$ の粗な正相関を示したが, 左室拡張末期径, 左室内径短縮率および左室内径最大伸展速度との間には有意な相関を示さなかった.

7. ランブル持続時間および SF 時間が 500 msec 以上であった 3 例の pressure half time はすべて 190 msec 以上であった. そのうち 1 例

は心不全症状を有し, 人工弁クリック音に異常を認めないものの, 狭窄性人工弁機能不全が強く疑われた.

以上の成績より, Björk-Shiley 僧帽弁置換例における心尖部拡張期ランブルの成因には, 左室流入速度および流入抵抗の増大が強く関与しており, またランブルの持続時間および心尖拍動図の SF 時間は左室流入血流の pressure half time と同様の意義を有し, 置換弁の狭窄性病変の診断上, 有用な指標であると結論した.

文 献

- 1) Kupari M, Harjula A, Mattila S: Auscultatory characteristics of normally functioning Lillehei-Kaster, Björk-Shiley, and St. Jude heart valve prostheses. *Br Heart J* 55: 364-370, 1986
- 2) Smith ND, Raizada V, Abrams J: Auscultation of the normally functioning prosthetic valve. *Ann Int Med* 95: 594-598, 1981
- 3) Kotler MN, Mintz GS, Panidis I, Morganroth J, Segal BL, Ross J: Noninvasive evaluation of normal and abnormal prosthetic valve function. *J Am Coll Cardiol* 2: 151-173, 1983
- 4) Holen J, Simonsen S, Froysaker T: An ultrasound Doppler technique for the noninvasive determination of the pressure gradient in the Björk-Shiley valve. *Circulation* 59: 436-442, 1979
- 5) 木佐貫 彰, 鄭 忠和, 有川清猛, 夏越久美子, 尾辻豊, 川添康郎, 田中弘允, 森下靖雄, 丸古臣苗, 平 明: 超音波連続波ドップラー法による僧帽弁置換例の評価: St. Jude Medical 機械弁とブタ異種弁との比較. *J Cardiogr* 15: 1119-1127, 1985
- 6) Sagar KB, Wann LS, Paulsen WHJ, Romhilt DW: Doppler echocardiographic evaluation of Hancock and Björk-Shiley prosthetic valves. *J Am Coll Cardiol* 7: 681-687, 1986
- 7) Panidis IP, Ross J, Minitz GS: Normal and abnormal prosthetic valve function as assessed by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 8: 317-326, 1986
- 8) Gilliams G, Labovitz AJ: Doppler hemodynamic evaluation of prosthetic (Starr-Edwards and Björk-Shiley) and bioprosthetic (Hancock and Carpentier-Edwards) cardiac valves. *Am J Cardiol* 56: 325-332, 1985
- 9) 吉田 清, 吉川純一, 加藤 洋, 柳原皓二, 奥町富久丸, 小泉克己, 白鳥健一, 浅香隆久: 実時間二次元ドプラ血流映像法および FFT 方式による大動脈

- 弁閉鎖不全診断の問題点：とくに僧帽弁置換例について。日超医講演論文集 **44**: 85-86, 1984
- 10) Hatle L, Angelsen B, Tromsdal A: Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler ultrasound. *Circulation* **60**: 1096-1104, 1979
 - 11) Gibson TC, Starek PJK, Moos S, Craige E: Echocardiographic and phonocardiographic characteristics of the Lillehei-Kaster mitral valve prosthesis. *Circulation* **49**: 434-440, 1974
 - 12) 二俣秀夫, 麻野井英次, 多賀邦章, 松原藤継, 稲坂暢, 元田 憲, 土屋和弘, 岩 喬: ハンコック弁を用いた房室弁置換例における拡張期ランブルと心室壁細動の発生に関する検討: とくに置換弁方向との関係について。 *J Cardiogr* **11**: 371-381, 1981
 - 13) Ubago JL, Figueroa A, Colman T, Ochoteco A, Duran C: Hemodynamic factors that affect calculated orifice areas in the mitral Hancock xenograft valve. *Circulation* **61**: 388-394, 1980
 - 14) Czer LSC, Gray RJ, Bateman TM, Derobertis MA, Resser K, Chaux A, Matloff JM: Hemodynamic differentiation of pathologic and physiologic stenosis in mitral porcine bioprostheses. *J Am Coll Cardiol* **7**: 284-294, 1986
 - 15) Ryan T, Armstrong WF, Dillon JC, Feigenbaum H: Doppler echocardiographic evaluation of patients with porcine mitral valves. *Am Heart J* **111**: 237-244, 1986
 - 16) 宮沢総介, 鈴木 茂, 小机敏昭, 佐々木達海, 鈴木和彦, 水野朝敏, 新井達太: 僧帽弁位人工弁における左室流入血流速度の検討—弁種とサイズによる比較—。日超医講演論文集 **48**: 377-378, 1986
 - 17) 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
 - 18) Mintz GS, Carlson EB, Kotler MN: Comparison of noninvasive techniques in evaluation of the nontissue cardiac valve prosthesis. *Am J Cardiol* **49**: 39-44, 1982
 - 19) Nitter-Hauge S: Doppler echocardiography in the study of patients with mitral disc valve prostheses. *Br Heart J* **51**: 61-69, 1984