

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

The diastolic rumble
and fluttering of the
ventricular wall after
atrioventricular valve
replacement with the
Hancock xenograft

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***

Hideo FUTAMATA
Hidetsugu ASANOI
Kuniaki TAGA
Fujitsugu MATSUBARA
Tohru INASAKA*
Akira GENDA**
Kazuhiro TSUCHIYA***
Takashi IWA***

Summary

Clinical significance of the diastolic rumble (rumble) and rough fluttering of the ventricular wall (fluttering) on the echocardiogram was studied in 16 patients with atrioventricular Hancock xenografts : 9 mitral valve replacements (MVR), 6 mitral and aortic valve replacements, and 1 tricuspid valve replacement (TVR). None of them had aortic or pulmonary insufficiency after the operation and any clinical evidence of malfunction of the replaced xenograft.

In the M-mode echocardiograms of the prosthetic valve, the E-F slope and valve excursion were determined. In 15 patients with MVR, the angle (θ) formed by the Hancock valve path and the interventricular septum in early diastole was measured on the two-dimensional echocardiograms. Post-operative cardiac catheterization was performed in 11 patients with MVR.

A rumble was confirmed in 12 patients (75%) on the phonocardiogram and 8 (50%) of them also had a fluttering. The fluttering was never observed without a rumble. Two-dimensional echocardiograms revealed that the fluttering was located in a small area of the ventricular endocardial wall

金沢大学医学部附属病院 検査部

*同 第一内科

**同 第二内科

***同 第一外科

金沢市宝町 13-1 (〒920)

The Central Clinical Laboratory, Kanazawa University Hospital, *the First Department of Internal Medicine, **the Second Department of Internal Medicine, and ***the First Department of Surgery, School of Medicine, Kanazawa University, Takaramachi 13-1, Kanazawa 920

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 14-15, 1980

Received for publication January 29, 1981

facing to the prosthetic valve. The patient with TVR showed a fluttering in the right anterior ventricular wall, while 6 with MVR in the interventricular septum, and one with MVR in the left ventricular posterior wall. In some cases, the onset of a fluttering coincided with that of the rumble. The angle (θ) in the patients with a rumble and fluttering was greater than that in the patients without them ($p < 0.01$) and the prosthetic valve path was directed more vertically to the interventricular septum in the former than the latter. Left ventricular end-diastolic pressure, pulmonary capillary wedge pressure, mean residual pressure gradient and calculated prosthetic valve area in the patients with a rumble did not significantly differ from those without a rumble. The E-F slope and the excursion and size of the prosthetic valve used had no relationship to the presence of a rumble or fluttering.

It was concluded that a diastolic rumble does not indicate malfunction of the prosthetic valve. For the production of such rumble and fluttering, the atrioventricular prosthetic blood flow toward the ventricular wall rather than the apex may be essential.

Key words

Hancock xenograft Atrioventricular valve replacement Diastolic rumble Diastolic fluttering of the ventricular wall
 the ventricular wall Prosthetic valve direction

はじめに

近年, 人工弁置換術に異種生体弁が頻用されている¹⁻⁶⁾. 本弁による房室弁置換例の術後の心音図には, 拡張期 rumble が高率に認められることはよく知られている^{3,4,7-11)}. この拡張期 rumble の存在と置換弁の機能との関係は, 臨床的にきわめて重要な問題と考えられるが, その発生要因や診断的意義については, まだ十分明らかではない^{7,8)}.

我々は Hancock 弁による房室弁置換例で拡張期 rumble のある症例に, 心エコー図上心室壁に粗い拡張期細動を認めたことから, これらの発生要因について検討した.

対象および方法

対象は金沢大学第一外科にて Hancock 弁による弁置換術を受けた僧帽弁置換 (以下 MVR) 15 例, 三尖弁置換 (以下 TVR) 1 例の計 16 例で, その内 6 例は大動脈弁置換 (以下 AVR) の同時施行例である (Table 1). これらの症例は, いずれも臨床的に弁機能障害を示唆する所見は認められていない.

心音図はフクダ電子製 MCM-8000 と MA-

Table 1. Materials

Case	Age	Sex	Valve size (mm)	Elapsed time (months)	Performed ope.
1	34	M	33	26	MVR
2	36	M	31	17	MVR
3	61	M	31	10	MVR
4	41	M	29	27	MVR
5	57	M	33	1	MVR
6	43	M	31	1	MVR
7	23	F	31	1	MVR
8	52	F	33	60	MVR
9	39	M	33	1	MVR
10	36	M	31	9	MVR+AVR
11	37	M	31	37	MVR+AVR
12	56	M	35	3	MVR+AVR
13	37	F	29	21	MVR+AVR
14	45	F	31	1	MVR+AVR
15	51	F	29	1	MVR+AVR
16	14	M	35	1	TVR

M=male; F=female; MVR=mitral valve replacement; AVR=aortic valve replacement; TVR=tricuspid valve replacement.

250 型 microphone および Siemens-Elema 製 mingograf-804 を使用し, 100 mm/sec の速度にて記録した.

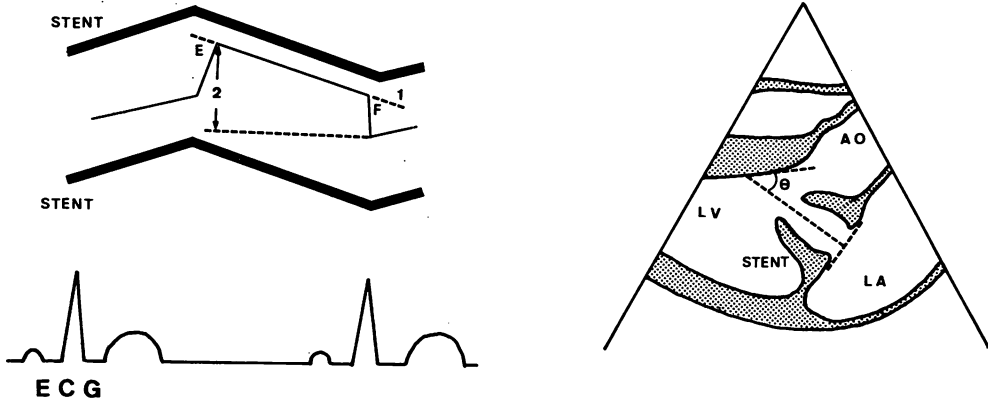


Fig. 1. Diagrammatic representation of the echocardiographic measurement.

Prosthetic valve recorded by M-mode echocardiography (left panel) and long-axis plane by two-dimensional echocardiography (right panel).

1=E-F slope; 2=leaflet amplitude; θ =angle formed by Hancock valve path and the interventricular septum; LV=left ventricle; AO=aorta; LA=left atrium; ECG=electrocardiogram.

心エコー図は Aloka 製 SSD-110 に Honeywell 製 line scan recorder を接続し、50 mm/sec または 100 mm/sec の速度にて記録した。探触子は周波数 2.25 MHz、直径 13 mm、焦点距離 7.5 cm の凹面探触子を使用した。心室壁細動の記録は細動の認められる部位が限局しているため、置換弁の向いている方向を中心に長軸と短軸の2方向に M-mode scan を行った。弁尖エコーの記録は置換弁の前方運動を示す弁尖エコーについて、全周期にわたり観察される方向で記録した¹²⁾。計測は 1) 弁尖エコーの拡張期後退速度 (E-F slope), 2) 弁尖エコーの振幅を Fig. 1 の左図のごとく行った。

超音波断層図は Aloka 製 SSD-100 と mechanical sector scanner-ASU を用い、通常のごとく第 3, 第 4 肋間より左室長軸面を描出し、16 mm cinecamera にて記録した。計測は Film motion analyzer を用いて拡張初期の静止断層像を表示させ、置換弁の向きと心室中隔のなす角度 (θ) を Fig. 1 右図のごとく計測した。

術後 16 例中 11 例に心カテーテル検査を施行した。そのうち肺動脈楔入圧と左室拡張期圧を同時

記録できた 7 例では、平均房室間圧較差と Gorlin の式より置換弁弁口面積を算出した。

成 績

対象 16 例における心音図および超音波検査成績を Table 2 に示した。心室壁細動は MVR 15 例中心室中隔に 6 例、左室後壁に 1 例、TVR 例では右室前壁に 1 例の計 8 例 (50%) に認められ、いずれも置換弁の面する心室壁に限局していた。拡張期 rumble は 16 例中 12 例 (75%) に認められ、心エコー図上心室壁に細動の認められた 8 例では、全例拡張期 rumble が記録された。また、拡張期 rumble があり細動のなかったものは 4 例、両者ともなかったものは 4 例であった。

Fig. 2 は心エコー図上拡張早期の心室中隔に粗い細動の見られた、症例 13 の超音波像である。心室中隔の粗い細動は、25~30 Hz と低周波成分に富み、大動脈弁閉鎖不全症 (以下 AR) にみられる高周波を呈する細動と異なっていた。心断層図で置換弁は、その θ が 21 度と心室中隔に向いており、細動は置換弁が面する心室中隔に限局して認められた。この細動の始まる時相は、同時記

Table 2. Phonocardiographic and echocardiographic findings in 16 patients

Case No.	Phonocardiogram				M-mode echo		T.D. echo
	Diastolic rumble	Opening snap	Presystolic murmur	E-F slope (mm/sec)	Leaflet amplitude (mm)	Fluttering of the ventricular wall	Angle (θ)
1	(+)	(+)	(-)	—	13	(-)	16
2	(+)	(-)	AF	8	—	(-)	24
3	(-)	(-)	(-)	—	—	(-)	16
4	(-)	(+)	(-)	—	—	(-)	15
5	(-)	(-)	AF	10	15	(-)	10
6	(-)	(-)	AF	40	15	(-)	14
7	(+)	(-)	(-)	32	18	(+) IVS	45
8	(+)	(+)	AF	27	11	(-)	23
9	(+)	(-)	AF	19	16	(+) IVS	38
10	(+)	(+)	AF	21	19	(+) IVS	25
11	(+)	(-)	AF	17	19	(+) LVPW	-13
12	(+)	(-)	AF	50	15	(+) IVS	46
13	(+)	(-)	AF	—	13	(+) IVS	21
14	(+)	(-)	(+)	30	16	(-)	19
15	(+)	(+)	AF	14	17	(+) IVS	32
16	(+)	(+)	(+)	—	16	(+) RVAW	—

T.D. echo=two-dimensional echocardiogram; AF=atrial fibrillation; IVS=interventricular septum; LVPW=left ventricular posterior wall; RVAW=right ventricular anterior wall.

録した心尖拍動波の O 点および心音図の拡張期 rumble の開始に一致していた。

Fig. 3 は Ebstein 氏病で TVR を行った症例 16 の超音波像である。心エコー図では拡張早期の右室前壁に振動数 60~70 Hz の細動が認められた。この細動の始まる時相は、同時記録した心音図の比較的高調な成分に富む拡張期雑音の開始に一致していた。心断層図で置換弁は右室前壁に向いており、細動は置換弁が面する心室壁に局限して認められた。

Fig. 4 は心エコー図上拡張早期の左室後壁に粗い細動の見られた、症例 6 の超音波像である。心断層図で本例の置換弁の向き θ は、-13 度と左室後壁に向いており、細動は置換弁の面する心室壁に局限して認められた。さらに本例では、Fig. 4 下段右図のように細動の見られた左室後壁心内膜側にエコー輝度の強い部分が認められた。これは藤岡ら¹⁶⁾が AR 例で認めた左室流出路上部の jet

lesion による限局性のエコー輝度の増強と類似の所見と考えられ、本例では置換弁から左室後壁へ向う血流による jet lesion の存在が示唆された。

Fig. 5 は拡張期 rumble, 心室壁細動のいずれもみられなかった症例 6 の心音図と超音波像である。心断層図上、置換弁はその向き θ が 14 度で、ほぼ心尖部を向いていた。

MVR 15 例による置換弁の向き θ と、拡張期 rumble および心室壁細動の有無との関係を Fig. 6 に示した。拡張期 rumble, 心室中隔細動ともにみられる 6 例の θ は $34.5 \pm 3.9^\circ$ (平均値 \pm 標準誤差) で、両者のない 4 例の θ の $13.7 \pm 1.1^\circ$ より大きく、置換弁が中隔へ強く向いていた。拡張期 rumble があり細動のない 4 例の θ は $20.5 \pm 1.6^\circ$ とその中間にあり、これらはいずれも推計学上有意であった。

一方、使用した置換弁の弁サイズと拡張期 rumble および細動の有無との間には、Fig. 7 の

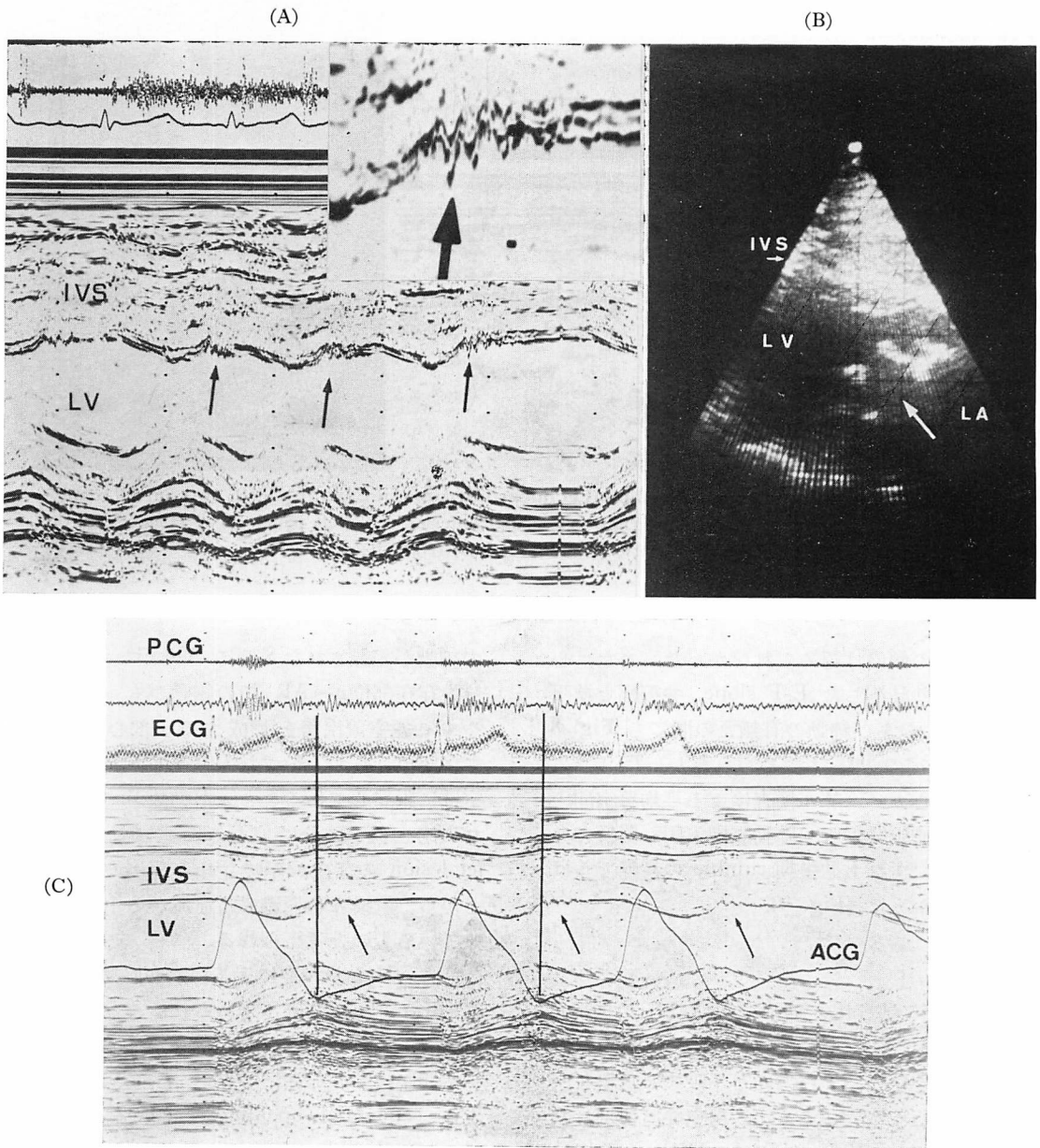


Fig. 2. M-mode and two-dimensional echocardiograms in Case 13 (MVR+AVR, 37-year-old female).

Coarse diastolic fluttering is seen in the interventricular septum (A). The Hancock valve direction is facing to the interventricular septum (B). The onset of the fluttering coincides with that of the diastolic rumble in the phonocardiogram and the O point of the apex cardiogram (C).

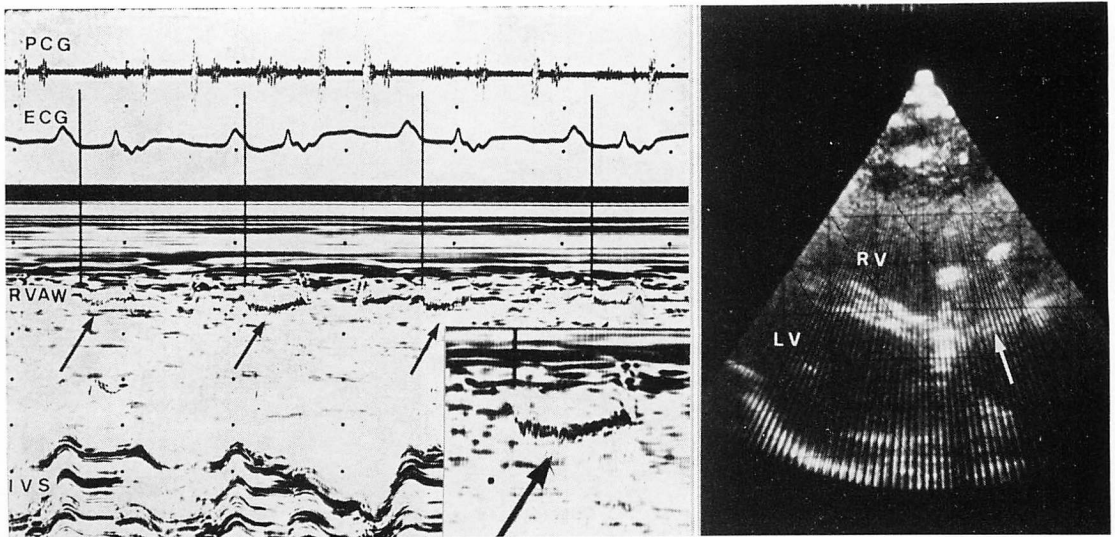


Fig. 3. M-mode and two-dimensional echocardiograms in Case 16 (TVR, 16-year-old male). Diastolic fluttering is seen in the right ventricular anterior wall (left panel). The Hancock valve direction is facing to the right ventricular anterior wall (right panel). RV=right ventricle.

ごとく一定の傾向は認められなかった。また、心エコー図より計測した E-F slope, 弁振幅と拡張期 rumble および細動の有無との間にも Fig. 8 のごとく一定の関係は認められなかった。さらに、術後の心カテーテル検査による平均房室間圧較差, 左室拡張終期圧, 肺動脈楔入圧, 置換弁弁口面積は、いずれも拡張期 rumble の有無で差は認められなかった (Fig. 9)。

考 案

心室内壁に見られる拡張期細動は、Friedenwald ら¹³⁾によって報告されて以来、AR における逆流 jet の存在および方向を示唆する重要な所見とされている¹³⁻¹⁶⁾。しかし、房室弁置換例における心室壁細動の報告は少なく、D'Cruz ら¹⁵⁾は心室中隔、左室後壁に拡張期細動の見られた Starr-Edwards 弁による MVR の 3 例を報告しているが、いずれも共存する AR の逆流 jet によるものであり、AR のなかった例に細動を認めていない。今回我々が報告した心室壁細動は、こ

の細動が記録された 8 例に AR がなかったこと、その存在部位が AR での細動がもっとも出現しやすい左室流出路を形成する上部心室中隔¹⁴⁻¹⁶⁾には認められず、いずれも置換弁方向に面する心室壁に局限していること、振動数が AR でのそれに比べ低い成分に富むこと、細動と一致して jet lesion の存在が示唆される症例のあることなどから、置換弁を通過する血流がその発生に関与しているものと考えられる。

一方、Hancock 弁による房室弁置換例には、拡張期 rumble が高率に認められることはよく知られており^{3,4,7-11)}、従来よりその発生要因として、房室間圧較差の存在^{4,8-10,18-21)}、弁尖の硬度⁴⁾、弁尖の sequential opening¹⁷⁾、弁サイズの mismatch⁸⁾、flexible stent と共振する弁尖の存在^{7,18)} および中心流が得られる構造⁷⁾などが報告されている。また、その存在は必ずしも弁機能障害を意味しないとするものが多いが^{3,7)}、置換弁の狭窄状態を示唆する所見と報告するものもあり^{4,8)}、いまだ意見の一致を見ていない。また、術後の拡張期

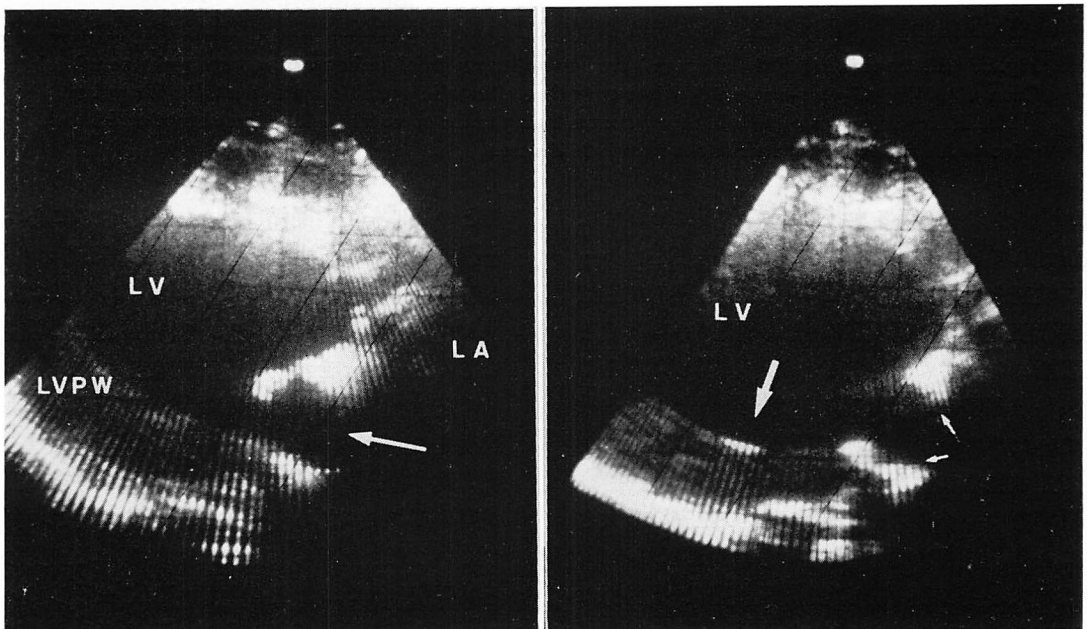
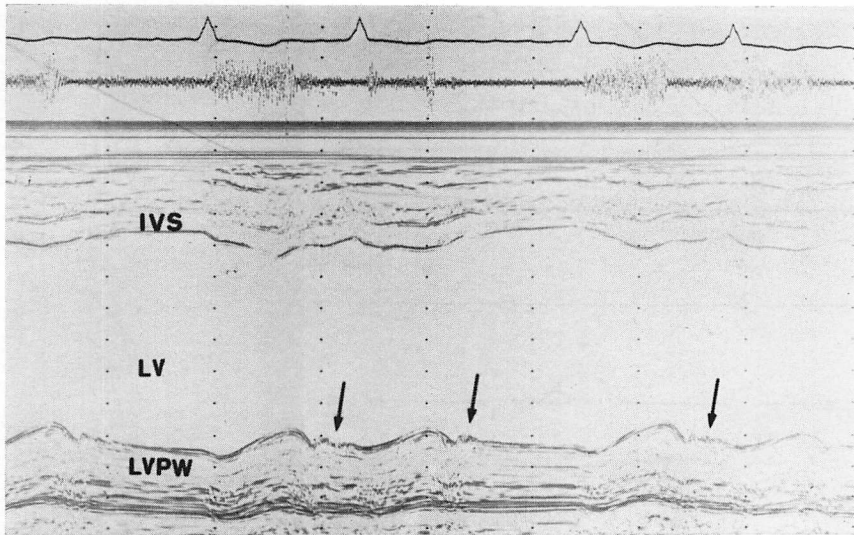


Fig. 4. M-mode and two-dimensional echocardiograms in Case 11 (MVR+AVR, 37-year-old male).

Coarse diastolic fluttering is seen in the left ventricular posterior wall (upper panel). The Hancock valve direction is facing to the left ventricular posterior wall (lower panel). The large arrow in the right panel shows the endocardium with increased intensity probably caused by atrioventricular blood flow across the prosthetic valve.

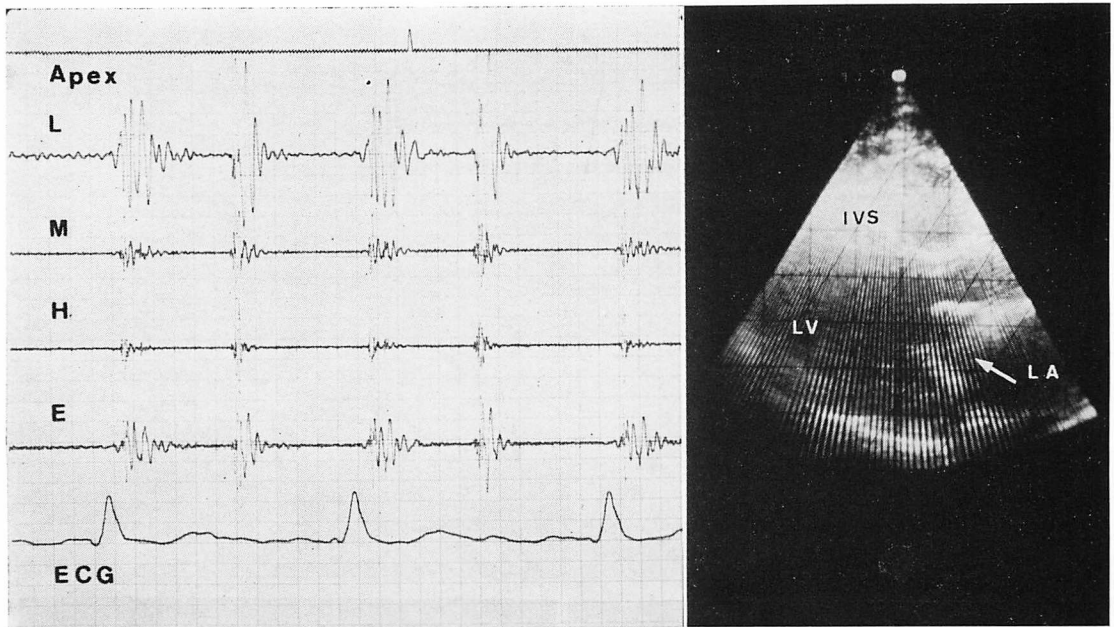


Fig. 5. Phonocardiogram (left panel) and two-dimensional echocardiogram (right panel) of Case 6 (MVR, 43-year-old male) without both a diastolic rumble and diastolic fluttering.

The Hancock valve direction in this patient is facing to the apex. The angle formed by the Hancock valve path and the interventricular septum is 14 degree.

rumbleの有無による血行動態の差異については報告されていない。そこで我々は、術後心カテテル検査を行いえた症例の肺動脈楔入圧、左室拡張終期圧、平均房室間圧較差、置換弁弁口面積を拡張期rumbleの有無に分け比較検討した。その結果各計測値は、従来の報告^{4,9,10,18-21)}とよく一致していたが、いずれも拡張期rumbleの有無によって差は見られなかった。

置換弁の弁サイズは、弁輪および左室腔の大きさにより、可能な限り大きいものが選ばれるが、弁サイズと弁口面積、房室間圧較差との関係はいまだ意見の一致を見ておらず^{9,18,20,21)}、拡張期rumbleの発生との関係も明らかではない^{7,9)}。我々の症例の置換弁のサイズは、29 mmが3例のほかはいずれも31 mm以上で、従来の報告に比べ弁サイズの大きなものが多いにもかかわらず、拡張期rumbleは16例中12例と75%の高率に認められ、しかも弁サイズと拡張期rumbleの有

無との間に一定の関係はなかった。さらに心エコー図によるE-F slope、弁振幅も拡張期rumbleの有無により差はなかった。これらの結果は拡張期rumbleの発生に置換弁の機能が必ずしも関与していないことを示すものと考えられる。

今回我々が新たに計測した超音波断層図による置換弁の向き θ は、拡張期rumbleおよび心室壁細動の発生との間にいずれも推計上有意な関係が認められ、これらの発生に置換弁の向きが関与していることを示していた。しかし、心室壁細動と拡張期rumbleはその開始がよく一致しているものの、振動数や持続時間は一致せず、さらに細動がなく拡張期rumbleがある症例が認められることなどから、心室壁細動を拡張期rumbleの発生原因とするには問題があり、置換弁からの房室間血流が非生理的な方向へ行くことにより発生する乱流などの関与が考えられる。

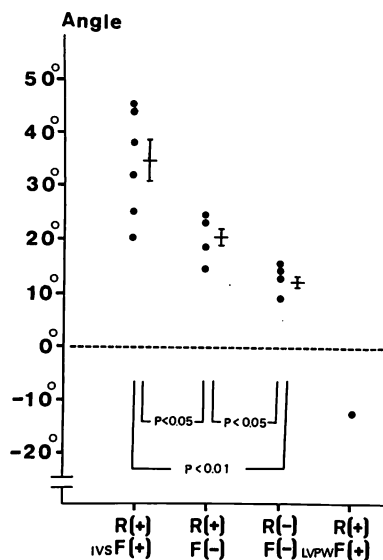


Fig. 1. Relationship between the angle formed by Hancock valve path and the interventricular septum and the presence of a diastolic fluttering or diastolic rumble.

R=diastolic rumble; F=diastolic fluttering; Bar with central line=mean±S.E.

まとめ

Hancock 弁による房室弁置換例では、弁機能障害のない症例でも75%の高率に拡張期rumbleが認められた。さらに拡張期rumbleのある症例では、房室間血流による心室壁細動が出現しやすく、これらの発生には、置換弁の弁機能よりも装着角度がもっとも関与しており、拡張期rumbleの存在は必ずしも置換弁の弁機能障害を意味するものではないと考えられる。

要約

Hancock 弁による房室弁置換例の術後の心音図、心エコー図に、拡張期rumbleと粗い心室壁細動を高率に認めたことにより、これらの発生要因について検討した。

対象は臨床的に弁機能障害が認められていない

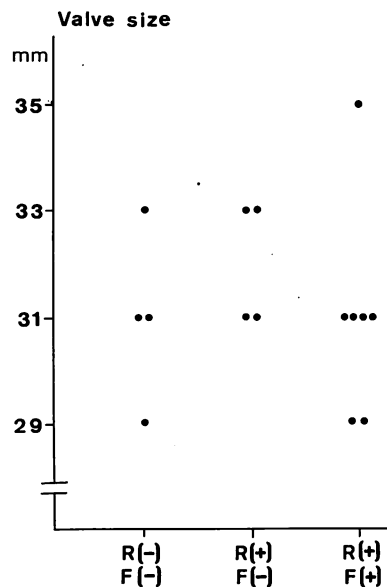


Fig. 7. Relationship between valve size and the presence of a diastolic fluttering or diastolic rumble.

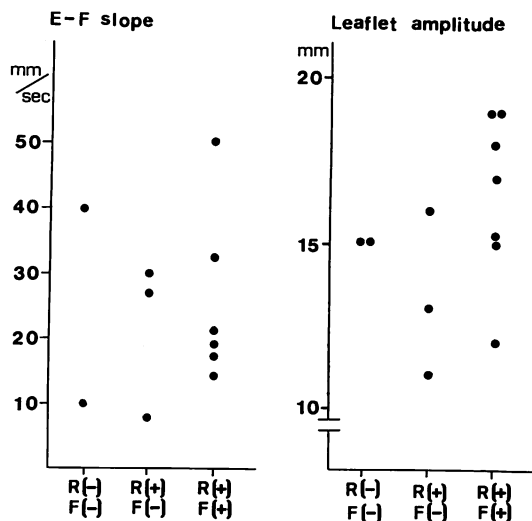


Fig. 8. Relationship between M-mode echocardiographic data and the presence of a diastolic fluttering or diastolic rumble.

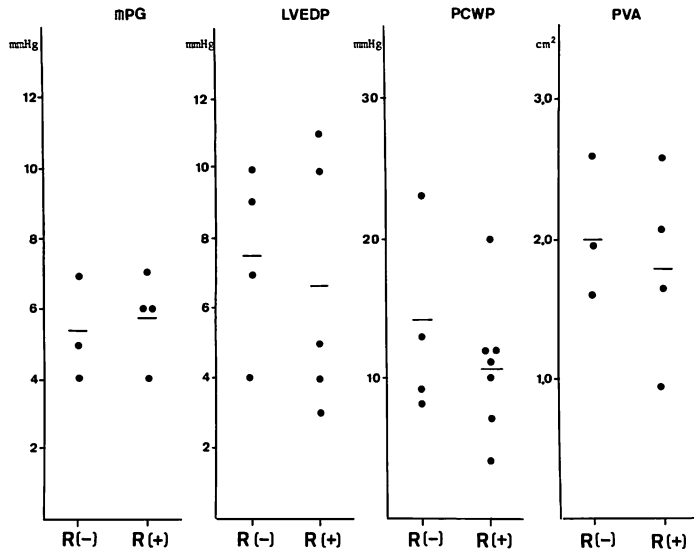


Fig. 9. Relationship between hemodynamic data and the presence of a diastolic rumble.
 mPG=mean pressure gradient; LVEDP=left ventricular end-diastolic pressure; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure; PVA=prosthetic valve area.

MVR 15例, TVR 1例で大動脈弁の同時置換例が6例あった。MVRの症例では拡張早期の超音波断層図から置換弁の向きと心室中隔のなす角度 θ を, 心エコー図からは置換弁弁尖エコーのE-F slopeと弁振幅を計測した。また11例では術後心カテーテル検査を施行した。

16例中拡張期rumbleは12例(75%), 心室壁細動は8例(50%)に認められ, 心室壁細動のあるもの全例に拡張期rumbleがあった。この場合心室壁細動は, 置換弁の面する心室壁に局限して出現し, 置換弁が左室後壁へ向くMVRや右室前壁へ向くTVRでは, それぞれ面する壁に細動を認めた。また拡張期rumbleと心室壁細動の開始点はよく一致していた。

MVRで拡張期rumbleと心室中隔の細動がある6例は, 両者のない4例よりも θ が大きく, 弁が中隔へ強く向いていた($p < 0.01$)。拡張期rumbleがあり心室壁細動のない4例の θ はこの中間にあった($p < 0.05$)。

肺動脈楔入圧, 左室拡張終期圧, 平均房室間圧

較差, 置換弁弁口面積は拡張期rumbleの有無で差はなかった。また, 置換弁弁サイズ, E-F slope, 弁振幅と拡張期rumble, 心室壁細動の有無との間に一定の関係は認められなかった。

以上より, Hancock弁による房室弁置換例では, 弁機能障害のない症例でも75%の高率に拡張期rumbleが認められ, 拡張期rumbleのある症例では房室間血流による心室壁細動が出現しやすく, これらの発生には, 置換弁の機能よりも装着角度が関与しているものと考えられる。

文献

- 1) Cévese PG, Gallucci V, Morea M, Volta SD, Fasoli G, Casarotto D: Heart valve replacement with the Hancock bioprosthesis. Analysis of long-term results. *Circulation* 56 (Suppl II): II-111-116, 1977
- 2) Carpentier A, Deloche A, Relland J, Fabiani JN, Forman J, Camilleri JP, Soyfer R, Dubost C: Six-year follow-up of glutaraldehyde-preserved heterografts. With particular reference to the treatment of congenital valve malformations. *J Thorac*

- Cardiovasc Surg 68: 771-782, 1974
- 3) 田中二仁, 平塚博男, 前田 肇, 松本 学: Bioprosthesesの耐用性と遠隔成績. 日胸外会誌 25: 36-42, 1977
 - 4) 岡村健二, 工藤龍彦, 北村信夫, 入山 正, 弓削一郎, 筒井達夫, 小柳 仁, 今井康晴, 橋本明政, 今野草二: 異種生体弁房室弁位移植例の臨床的検討. 日胸外会誌 24: 1393-1401, 1976
 - 5) 土屋和弘: 異種心臓弁移植の実験的ならびに臨床的研究. 日胸外会誌 24: 1420-1435, 1976
 - 6) 岩 喬, 土屋和弘, 上山武史, 坂東 健, 関 雅博, 河北公孝, 飯田茂穂, 羽柴 厚: 異種心臓弁移植の臨床治験. 胸部外科 30: 491-496, 1977
 - 7) Mirro MJ, Pyhel HJ, Wann LS, Weyman AE, Tavel ME, Stewart J: Diastolic rumbles in normally functioning porcine mitral valves. Chest 73: 189-192, 1978
 - 8) Wiltrakis MG, Rahimtoola SH, Harlan BJ, DeMots H: Diastolic rumbles with porcine heterograft prosthesis in the atrioventricular position. Normal or abnormal prosthesis? Chest 74: 411-413, 1978
 - 9) 継 健, 小川 聡, 中沢博江, 半田俊之介, 名越秀樹, 中村芳郎, 井上 正, 大蔵幹彦: Hancock 僧帽弁例の観血的, 非観血的弁機能評価. J Cardiology 9: 533-541, 1979
 - 10) 高木義博, 吉川純一, 大脇 嶺, 加藤 洋, 柳原皓二, 奥町富久丸, 吉栖正之, 庄村東洋, 立道 清: 異種生体弁の心音図・心機図と心エコー図所見. 呼吸と循環 27: 977-984, 1979
 - 11) 塩谷邦彦, 相良鞆彦, 杉原正義, 縄田義夫, 鳥井紳一郎, 西本昭二, 正木秀人: ハンコック弁置換後の心音および心エコー所見. J Cardiology 7: 279-293, 1977
 - 12) Horowitz MS, Tecklenberg PL, Goodman DJ, Harrison DC, Popp RL: Echocardiographic evaluation of the stent mounted aortic bioprosthesis valve in the mitral position. In vitro and in vivo studies. Circulation 54: 91-96, 1979
 - 13) Friedwald VE, Futral JE, Kinard SA, Phillips B: Oscillations of the interventricular septum in aortic insufficiency. J Clin Ultrasound 2: 229, 1974
 - 14) Cope GD, Kisslo JA, Johnson ML, Myers S: Diastolic vibration of the interventricular septum in aortic insufficiency. Circulation 51: 589-593, 1975
 - 15) D'Cruz I, Cohen HC, Prabhu R, Ayabe T, Glick G: Flutter of left ventricular structures in patients with aortic regurgitation, with special reference to patients with associated mitral stenosis. Am Heart J 92: 684-691, 1976
 - 16) 藤岡俊宏, 上田慶二, 大川真一郎, 鎌田千鶴子, 北野幸英, 伊藤雄二, 高橋竜太郎, 品川達夫, 松下哲, 杉浦昌也, 村上元孝, 羽田勝征: 心エコー図上心室中隔の波動を呈した大動脈弁閉鎖不全症の臨床病理学的検討. J Cardiography 8: 697-709, 1978
 - 17) Swales PD, Holden MP, Dowson D, Ionescu MI: Opening characteristics of three cusp tissue heart valves. Thorax 28: 286-292, 1973
 - 18) Reis RL, Hancock WD, Yarbrough JW, Glancy DL, Morrow AG: The flexible stent. A new concept in the fabrication of tissue heart valve prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg 62: 683-689, 1971
 - 19) 前田 肇, 田村榮稔, 松本 学, 田中二仁, 平塚博男, 伊藤勝啓, 中川敬之介: Bioprosthesesを用いた僧帽弁置換術: 血行動態を中心として. 日胸外会誌 25: 1202-1210, 1977
 - 20) Lurie AJ, Miller RR, Maxwell KS, Grehl TM, Vismara LA, Hurley EJ, Mason DT: Hemodynamic assessment of the glutaraldehyde-preserved porcine heterograft in the aortic and mitral position. Circulation 56 (Suppl II): II-104-110, 1977
 - 21) Horowitz MS, Goodman DJ, Fogarty TJ, Harrison DC: Mitral valve replacement with the glutaraldehyde-preserved porcine heterograft. Clinical, hemodynamic, and pathological correlations. J Thorac Cardiovasc Surg 67: 885-895, 1974