

ハンコック弁の超音波像

Evaluation of the porcine aortic bioprosthesis by M-mode and cross-sectional echocardiography

山本 忠生
 谷本 眞穂
 大上 知世
 安富 栄生
 安藤 博信
 岩崎 忠昭
 依藤 進
 清水 幸宏*
 堀口 泰範*
 宮本 巍*

Tadao YAMAMOTO
 Masaho TANIMOTO
 Tomoyo OHOGAMI
 Nagao YASUTOMI
 Hironobu ANDO
 Tadaaki IWASAKI
 Susumu YORIFUJI
 Yoshihiro SHIMIZU*
 Yasunori HORIGUCHI*
 Takashi MIYAMOTO*

Summary

Echocardiography was performed on 10 clinically stable patients with porcine aortic bioprosthesis, after the same sort of valve was evaluated in the water bath by M-mode and cross-sectional echocardiography at varied angle resulting in improved understanding of echo-source. In vivo observation, strong and well defined two separate bands echos were recorded from the anterior and posterior aspects of the stent. Within the two bands of the dense stent echoes, fine leaflets echoes were recorded. Suture ring echo was clear when the ultrasonic beam intersected vertical angle, although it was not so clear at an angle of 30°. In vitro experiment, external diameter was measured more or less than 2 mm of the true stent diameter. The maximal excursion of the anterior stent was 3 to 9 mm (mean 6 mm) with a mean systolic slope of 19 to 42 mm/sec (mean 24 mm/sec) and diastolic slope of 19 to 42 mm/sec (mean 24 mm/sec). In 8 of 10 patients it was possible to record an xenograft leaflet. Leaflet excursion was 13 to 18 mm (mean 15 mm). The diastolic slope of the anterior leaflet ranged from 9 to 30 mm/sec (mean 20.3 mm/sec). Left ventricular outflow tract was 8 to 23 mm (mean 12.8 mm) at end systole and 14 to 23 mm (mean 15.8 mm) at end-diastole. Q-C time was 0.04 to 0.01 sec (mean 0.07). Tilting motion and systolic anterior and diastolic posterior motion of the heterograft was clearly recorded in cross-sectional echocardiogram. Echocardiography is useful in evaluating the porcine aortic heterograft

兵庫医科大学 第一内科
 * 同 第一外科
 西宮市武庫川町 1-1 (〒663)

The First Department of Internal Medicine, and
 *the First Department of Surgery, Hyogo College of
 Medicine, Mukogawa-cho 1-1, Nishinomiya, 663

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
 Received for publication May 9, 1977

bioprosthesis.

Key words

Heterograft bioprosthesis Echocardiography Cross-sectional echocardiography Valvular tilt
Diastolic rumbling murmur

はじめに

血栓形成が少なく良好な血行動態が得られるため、近年豚大動脈弁による xenon 処理の異種弁 (Hancock 弁) 置換が広く行われている¹⁻³⁾。

この Hancock 弁の弁尖および弁輪の状態は超音波法で観察が可能で、弁機能不全を診断するために有効であるが、いまだに Hancock 弁の超音波所見に関する報告は少ない⁴⁻⁶⁾。とくに超音波断層法による観察報告は我々の知るところ皆無である。本論文は正常に機能している Hancock 弁の僧帽弁置換例において、M モード法および B モード法 (超音波断層法) における超音波所見の報告である。さらに三尖弁置換例、肺動脈弁置換例の超音波所見もあわせて検討を加える。

装 置

Mモード法による心エコー図は Aloka 製 SSD 90 を用い、2.25 MHz、曲率半径 7.5 cm、直径 10 mm の探触子を用い、35 mm カメラまたはフクダ電子製連続記録計により記録を行った。超音波断層法は 2.25 MHz、曲率半径 10 cm、直径 30 mm の探触子を用い、極近接水浸法により機械的扇形断層を行い、心拍同期装置を用い任意の心時相の断層図を得た。高速度断層は Aloka 製 SSD 200 を用い、16 mm シネカメラにて記録した。

対象と方法

まず、エコー源を決定するために以下の実験を行った。

水槽中に Hancock 弁を置き、弁輪を支える支柱 (stent) を上方に、弁輪を下方にして、断層を

行った。また、弁輪部を約 30° 傾け、二本の交連部を支える stent の間を超音波ビームが通過するようにし、この位置での断層図および M モード像、M モードスキャン像を得た。

臨床例は 1975 年 11 月より 1977 年 1 月まで、兵庫医大胸部外科にて Hancock 弁置換術を受けた患者 10 名で、男 2 名、女 8 名、年齢は、15~63 歳、平均 32.1 歳である。僧帽弁置換例は 7 例で、そのうちの 2 例はボール弁による大動脈弁置換も行っている。ほかの 3 例のうち、2 例は三尖弁置換、1 例は肺動脈弁置換である。

記録は手術後 3 週間から 6 カ月後に施行した。

僧帽弁置換例では、第 3 または第 4 肋間胸骨左縁で通常僧帽弁記録部位にて行った。まず、超音波ビームを右上方に向けると大動脈壁および大動脈弁エコーが記録され、それより次第にビームを左下方に向けると大動脈前壁は心室中隔エコーへ、後壁は人工弁前壁 (anterior stent) エコーへと移行する。また、anterior stent エコーと平行に動く人工弁後壁 (posterior stent) エコーを認め、anterior stent エコーと posterior stent エコーの間には弁尖エコーを認める。Posterior stent エコーの後方で、左房後壁エコーは左室後壁エコーへと移行する。

三尖弁置換例 2 例も通常三尖弁記録と同様の方法で記録した。すなわち、第 4 肋間胸骨左縁にて僧帽弁エコーを確認した後、右方に探触子向けると、右室腔内に人工弁エコーが認められた。肺動脈弁置換例では、第 4 肋間胸骨左縁より左肩方向へと超音波ビームを投入した。超音波断層法も通常弁記録部位で行った。

計測は、つぎの項目で行った。

1) 人工弁外径：前壁 (anterior stent) エコー

の立ち上がりから、後壁 (posterior stent) エコーの消失するまでの距離、

2) 人工弁内径：前壁 (anterior stent) エコーの消失する点より、後壁 (posterior stent) エコーの立ち上がりまでの距離、

3) 人工弁拡張期弁尖最大開放：大動脈弁の最大開放と同様、最大開放時の前後弁尖の距離、

4) 人工弁拡張早期後退速度：僧帽弁 EF slope と同様に、拡張早期の前弁尖の傾斜、

5) Q-C 時間：心電図の Q 波より、人工弁閉鎖点 C 点までの時間、

6) 前壁 (anterior stent) の振幅、

7) 前壁の収縮期前方運動 (systolic anterior movement),

8) 前壁の拡張期後方運動 (diastolic posterior movement),

9) 収縮末期左室流出路徑、

10) 拡張末期左室流出路徑、

11) 心室中隔の奇異性運動の有無.

結 果

1. 実験的方法 (Fig. 1, Fig. 2)

Stent のエコーと弁尖のエコーの間にはエコー強度の差があり、stent エコーはどの角度からも良く観察された。しかし、弁尖エコーは真上から弁を見下ろした位置や、交連部を支える支柱 (stent) が直接ビームに当たらないようにして、斜め(約 30°) 上方から観察した場合にのみ記録が可

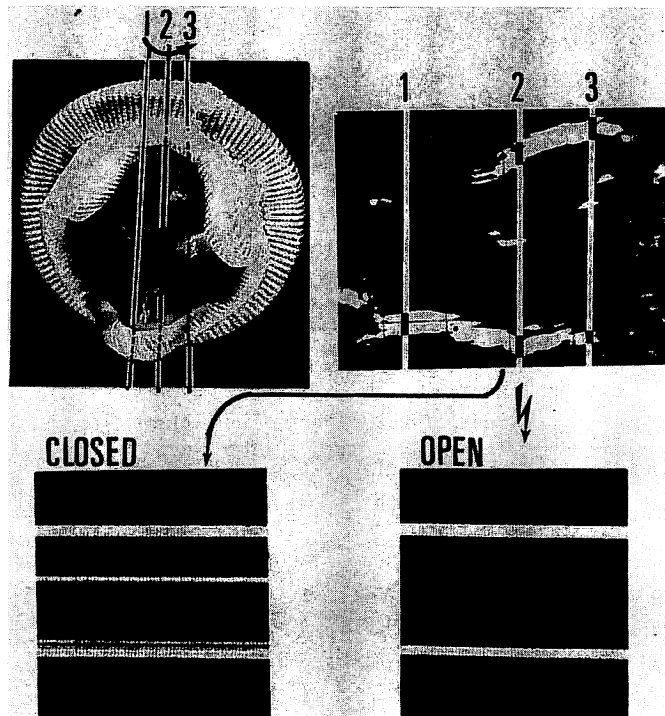


Fig. 1. In vitro echocardiogram and photograph of a porcine heterograft aortic valve (Hancock valve).

Upper right panel shows M-mode scanning from top of the stent to valvular ring (from 1 to 3 in Fig.). Lower left panel shows the valve closed and the lower right panel the valve slightly opened by the finger.

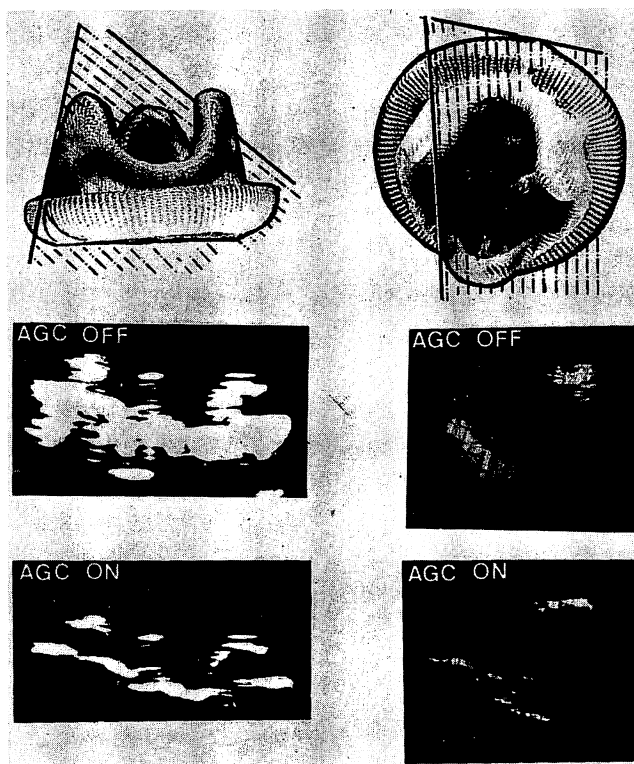


Fig. 2. In vitro echocardiogram and photograph of a porcine heterograft aortic valve (Hancock valve).

Left panel shows vertical angle recording and right panel 30° angulation recording.

Table 1. Echocardiographic measurements of the porcine heterograft (Hancock valve) bioprosthesis

Case	Age	HR	Valve size	Stent diameter		LVOT		Anterior stent movement			Leaflet separation	E-F slope	Q-C time	Septal motion
				External (mm)	Internal (mm)	ED (mm)	ES (mm)	Excursion (mm)	Systole (mm/sec)	Diastole (mm/sec)				
1. FK	51 M	72 ⁺	31	30	23	14	12	6	37	20	13	30	0.04	p
2. CO	30 F	78	31	31	22	15	8	9	33	25	13	24	0.08	n
3. MK	42 F	96 ⁺	29	30	21	15	12	5	24	19	18	10		p
4. YT	37 F	95 ⁺	29	27	20	14	12	3	25	20	17	21	0.1	p
5. SU	52 F	93 ⁺	29	27	24	23	23	5	22	40	15	28		p
6. KW	25 F	86	29	29	23	15	12	9	24	24	18	21	0.07	p
7. KM	31 F	90	31	31	25	15	11	5	15	22	15	9	0.06	p
*8. EY	27 F	43	31	31	27			6	36	30	15	20	0.14	p
*9. KK	63 F	102 ⁺	31	30	25			7	18	20				p
**10. NY	15 M	58 ⁺⁺	31	30	24			8	15	42				p

*: bioprosthesis in tricuspid position, **: bioprosthesis in pulmonic position, +: atrial fibrillation, ++: 1-st grade A-V block, p: paradoxical septal motion, LVOT: left ventricular outflow tract, ED: end diastole, ES: end systole.

能で、交連部を支える stent に直接エコービームが当たったり、人工弁の真横からエコービームを投入した場合は弁尖エコーを観察できなかった。

Stent エコーは感度を落しても約 4 mm の幅を有しており、前壁エコーの立ち上がりから、後壁エコーの消失までの距離(外径)は 32 mm で、弁の直径 31 mm と近似の値を得た。弁を 30° 傾けて、stent の先端から弁輪部へと M モードスキャンを行うと、最初に posterior stent エコーが出現し、ついで anterior stent エコー、弁尖エコーを認め、縫合輪 (suture ring) エコーは不明のまま突然に途切れた。この suture ring のエコーは人工弁を真上から見下ろした断層図では認

められたが、弁を斜め上方から見下ろした断層図では不明瞭であった。断層図では stent の真上から見下ろした断面では、人工弁を横から見た図と相似しており、斜め上から見下ろした断面では弁輪エコーが不明瞭で、強くて長い後方の stent エコーと、短い前方の stent エコーを認めた。この stent 間の距離は stent の先端と弁輪部では約 4 mm の差があり、弁輪部のほうが大きく、外径は 32 mm と計測され、内径は 22 mm と計測された。

2. 臨床例 (Table 1)

10 例中 7 例の僧帽弁置換例と Ebstein 病による三尖弁置換例の 8 例では弁尖エコーを捕えたが、

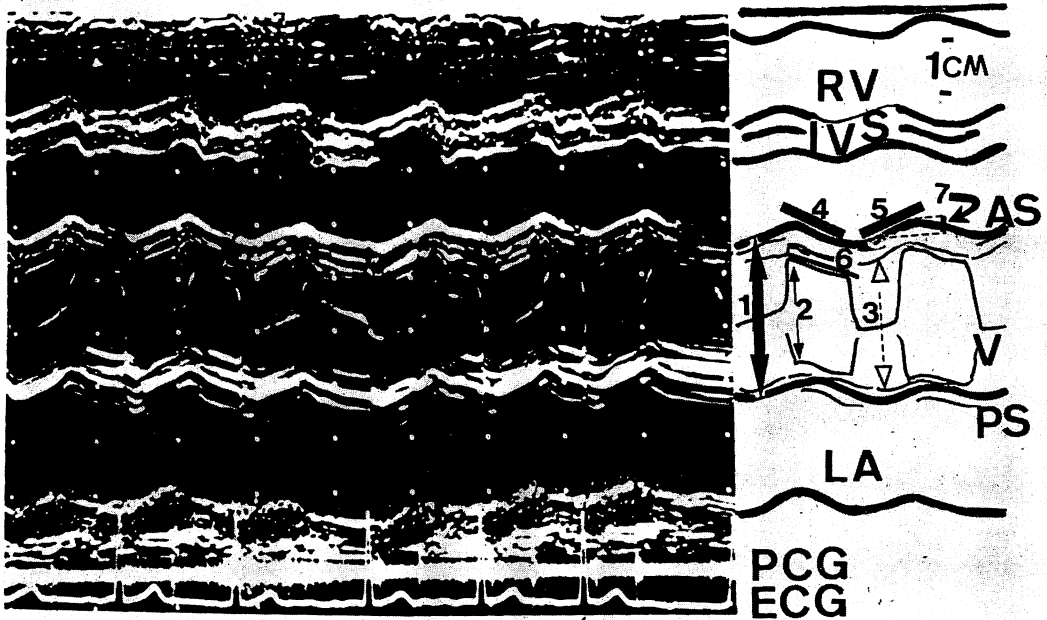


Fig. 3 Echocardiogram of the normally functioning stent mounted aortic heterograft (Hancock valve) in the mitral position.

The linear echoes of the valve leaflets (V) are recorded between the thick parallel bands echoes of the anterior and posterior stents. The diagram shows how the measurements were made. 1: external diameter, 2: maximal diastolic leaflet separation, 3: internal diameter, 4: systolic slope of anterior stent movement, 5: diastolic slope of anterior stent movement, 6: E-F slopes of the anterior leaflets, 7: excursion of the anterior stent movement.

RV: right ventricle, LA: left atrium, AS: anterior stent, PS: posterior stent, PCG: phonocardiogram, ECG: electrocardiogram.

三尖弁閉鎖不全による三尖弁置換および大血管転位への肺動脈弁置換の2例では、2本のstentエコーを認めたのみである。用いた Hancock 弁は直径 29 mm と 31 mm の2種類のみであったが、stentの外径はこの人工弁の直径と2 mm 以内の誤差であった。Stentの内径は29 mm 弁で20~24 mm, 31 mm 弁で、22~27 mm であった。弁尖の拡張期最大開放径は13~18 mm, 平均15.5 mm であった。弁尖の拡張期後退速度は9~30 mm/sec, 平均20.3 mm/sec であった。Q-C 時間は6例で計測できたが、A-V block の1例を除き、0.04~0.1 秒, 平均0.07 秒であった。

Stent は収縮期には前方へ、拡張期には後方へと動き、これは弁輪の動きを反映していると考えられるが、anterior stent で観察した振幅は3~9 mm, 平均6 mm で、収縮期前方運動 (systolic slope) は15~37 mm/sec, 平均24 mm/sec, 拡張期後方運動 (diastolic slope) は19~42 mm/sec, 平均24 mm/sec であった。左室流出路徑

は拡張末期で14~23 mm, 平均15.8 mm であり、収縮末期には8~23 mm, 平均12.8 mm であった。

心室中隔奇異性運動は、1例を除き9例に認められた。拡張期ランブル雑音は2例で心尖部に聴取された。Fig. 3 は僧帽弁置換例の超音波像と計測部位であり、Fig. 4 は三尖弁置換例の右から左への M モードスキャン像である。超音波断層像では、人工弁は収縮期には前方へ、拡張期には後方へと動き、強い stent エコーの間に開閉する弁尖エコーを明瞭に観察できた。高速度断層法を用いると、さらに人工弁の回旋運動も観察された。Fig. 5, Fig. 6 は、僧帽弁置換例の長軸および短軸方向の静止断層像であり、Fig. 7 は高速度断層像である。

考 察

Hancock 弁の機能不全として問題になるのは、1) 弁尖または、弁周囲からの逆流の発生、2) 血栓

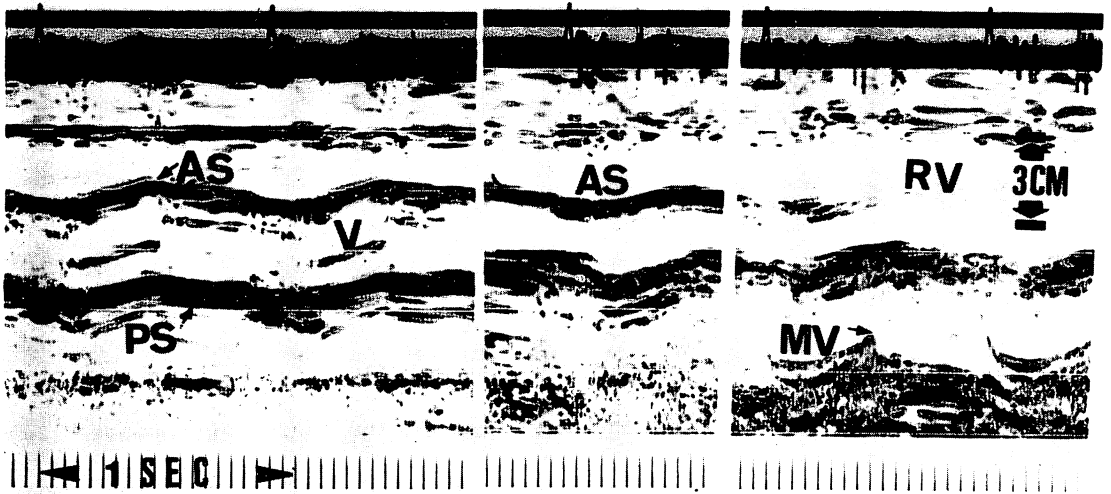


Fig. 4. Echocardiogram of the normally functioning stent mounted aortic heterograft (Hancock valve) in the tricuspid position.

Right to left scan from the bioprosthesis to the left ventricular cavity. Anterior stent echo (AS) disappears abruptly.

V: valve leaflets, PS: posterior stent, RV: right ventricle, MV: mitral valve.

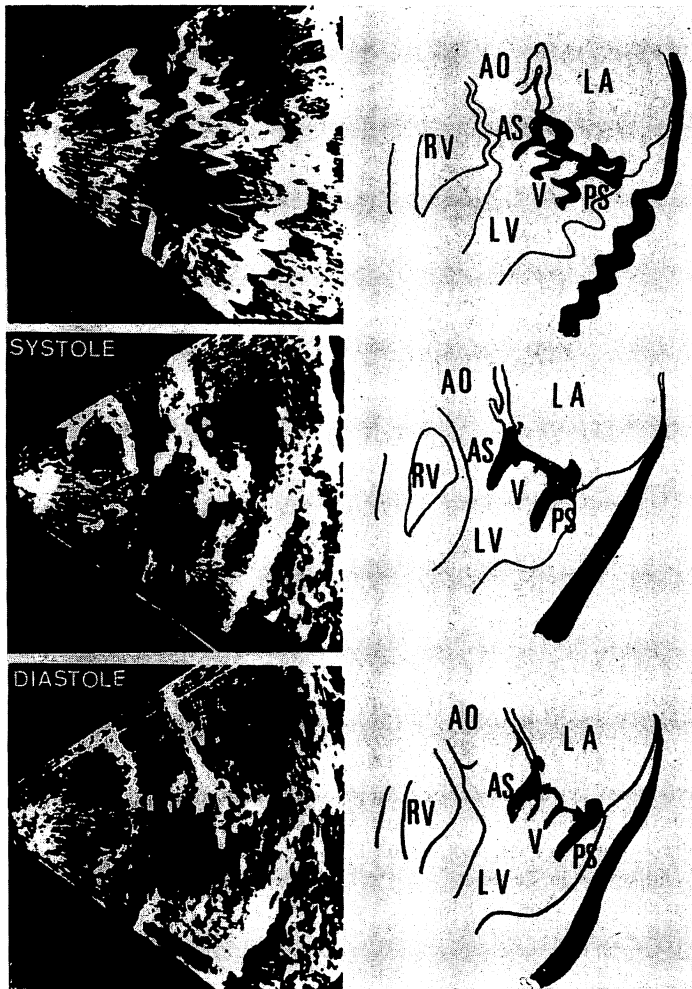


Fig. 5. Long-axis cross-sectional echocardiogram of the normally functioning stent mounted aortic heterograft (Hancock valve) in the mitral position.

Upper panel shows the long axis kymogram. Middle panel shows stop-action in systole and lower panel in diastole. Heterograft moves anteriorly in systole and posteriorly in diastole.

LA: left atrium, AO: aorta, RV: right ventricle, AS: anterior stent, PS: posterior stent, V: valve leaflet, LV: left ventricle.

形成および塞栓症の発生, 3) 弁口部狭窄をはじめとする血行動態への影響, 4) 細菌性心内膜炎などである¹⁻³⁾。これらの診断は聴診をはじめとする理学的所見⁸⁾, レ線所見, 心電図所見, さらには心カテ・アンギオ所見を参考にするのであるが, 超音波法は諸家の報ずるごとく^{7,9,10)}, 人工弁の機能不全検出に有効であり, Hancock 弁機能不全

の検出にも有効である¹¹⁾。

実験的方法では, Hancock 弁の記録は弁を真上から見下ろした場合や, 約 30° 斜め上から見下ろした場合には良くなされた。しかし, 30° 斜め上から超音波を投入しても, 交連部を支える stent が直接ビームに当たる位置に置いた場合や, 真横から超音波ビームを投入した場合には弁尖

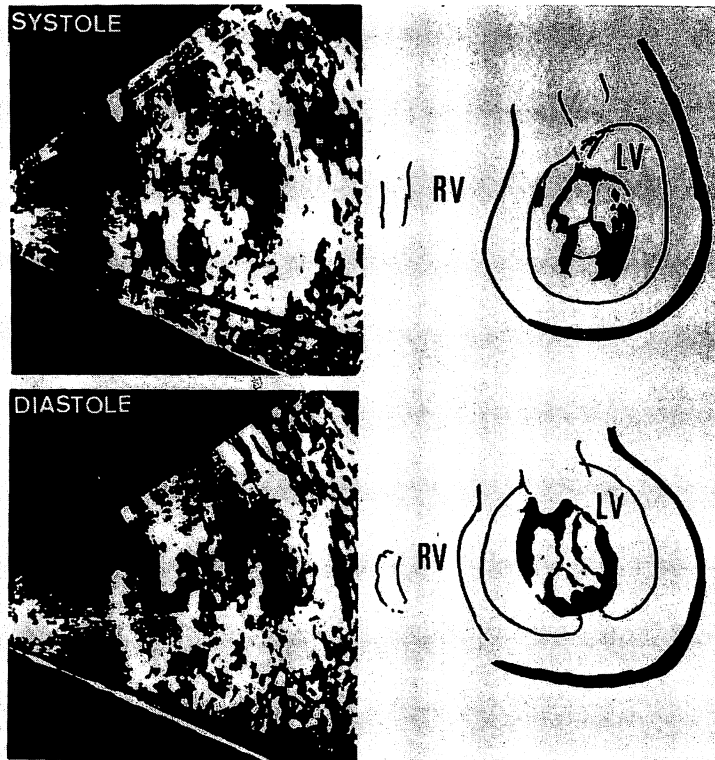


Fig. 6. Short-axis cross-sectional echocardiogram of the normally functioning stent mounted aortic heterograft (Hancock valve) in mitral position.

Upper panel shows the short axis stop-action in systole and lower panel in diastole. Heterograft closes in systole and opens in diastole.

RV: right ventricle, LV: left ventricle.

エコーの観察は不可能であった。これは stent での反射が強く、十分な弁尖からのエコーが得られないためである。また、stent の外径は約 30° 斜め前方から見下した場合、先端部と弁輪部では 4 mm の差があった。これは stent が先端部で少しせばまっており、弁輪部では suture ring のエコーと重なるためと考えられる。

臨床例では、僧帽弁置換例全例と Ebstein 氏病による三尖弁置換例では弁尖エコーを捕えられたが、これはエコービームを斜め前方から投入した角度での観察が可能のためである。しかし、手術時に交連部を支える stent が前にこないように、また一番大きな弁尖が前に位置するように注意し

て置換しているにもかかわらず弁尖の記録が不能であったのは、通常の三尖弁の記録や肺動脈弁の記録は大きな角度をつけて行われるため、超音波ビームは stent に当たり弁尖に届かなかったためであろう。臨床例の計測では条件設定を最低にして、その最大径を外径とした。その結果は先に述べたごとく、既知の外径と 2 mm 以内の誤差であった。内径はまちまちで、4~5 mm の差があった。

Bloch ら¹¹⁾は stent に血栓が付着した症例を報告しているが、幅の広い多層のエコーを stent の後方に認め、弁尖エコーは確認できなかったと述べている。我々の症例は血栓も認めておらず、こ

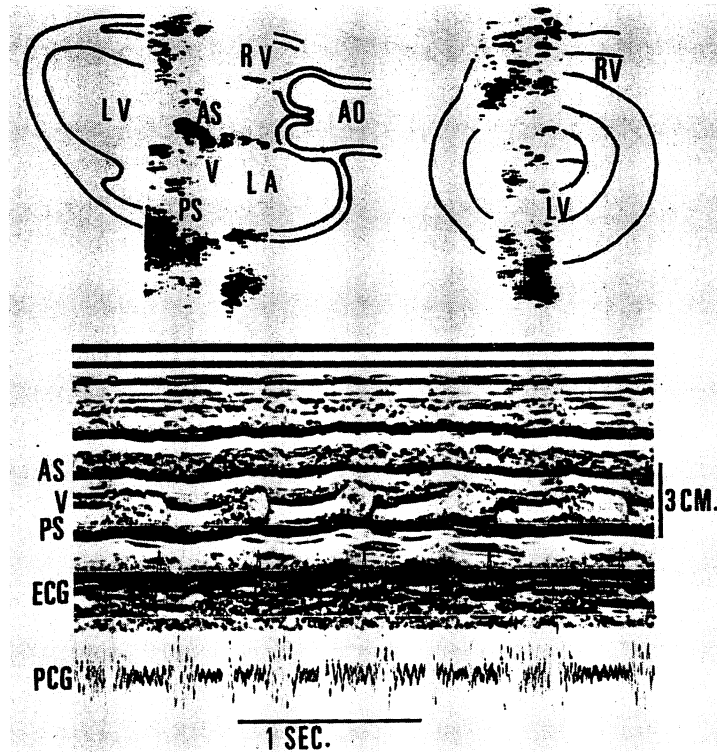


Fig. 7. Real time cross-sectional and M-mode echocardiograms of the normally functioning stent mounted aortic heterograft (Hancock valve) in the mitral position.

Upper left panel shows the long axis cross section and upper right short axis cross section at the level of the heterograft. Heterograft shows anterior-posterior motion and tilting motion.

RV: right ventricle, LV: left ventricle, AO: aorta, LA: left atrium, AS: anterior stent, PS: posterior stent, V: valve leaflet, ECG: electrocardiogram, PCG: phonocardiogram.

の原因は超音波ビームの幅により anterior stent の後方とか posterior stent の前方に位置する弁尖支持組織のエコーなどが重なり、実際の stent の幅よりも広く現されるためと考えられる。

超音波法でエコービームの立ち上がりから消失する点までの幅は対象物の幅を必ずしも示しておらず、外径内径の計測には問題があるが、実際の例では十分に診断に用いることが可能であると思えた。人工弁エコーは先にも述べたが、stent エコーよりも弱く、約 20 db のエコー強度の差が観察された。僧帽弁置換例 7 例中 4 例に 3 つの弁尖を観察できたが、これには注意深くエコービームの角度を変える必要がある。この弁尖の最大開

放は、平均 15.5 mm で正常の大動脈弁最大開放 (18 mm 以上) よりやや低値を示した。これにつき、Horowitz らの実験⁶⁾では弁開放の振幅それ自体は人工弁を通過する血流量を示しておらず、血流量により弁口がさまざまに変形していると述べている。

洞調律 3 例では前弁尖に小さな A 波を認め、M 型を示したが、拡張期後退速度は 9~30 mm/sec と、僧帽弁狭窄症における弁後退速度と同様の低値を示していた。Hannah ら³⁾によれば、29 mm 弁で平均 5.2 mmHg、31 mm 弁で平均 2.3 mmHg の左房・左室圧較差が生じるといわれており、我々が心カテーテルを行った 2 例、症例

KW で 5.8 mmHg, 症例 EY で 4.4 mmHg の圧較差を認めた. 明瞭な拡張期ランブル雑音は 2 例に聴取されたのみである. このように, Hancock 弁置換術後の血行動態は狭窄のほうに傾いているのは, 弁口自体の大きさと xenon 処理された人工弁の硬さの双方が影響していると考えた.

心電図の Q と人弁閉鎖点 C 点までの Q-C 時間は平均 0.07 秒で, 我々の正常値 0.06 秒以下よりやや延長していた. Q-C 時間を, PQ-AC 時間の代わりに用いるには多少問題があるが, 心房細動例が多いため, Q-C 時間で代用した. この Q-C 時間の延長も心筋自体の病変よりも人工弁の硬さによるものと推定した.

弁輪の動きと stent の動きは同一であると考えられ¹²⁻¹⁵⁾, Dayman ら¹⁵⁾によれば僧帽弁輪は収縮期には前方, 心尖部方向へ, 拡張期には後方心基部方向へと動き, 弁置換例でもこの前後運動は同様で, 乳頭筋や腱索の影響はあまり受けていないと報告している. 今回の症例では, anterior stent の振幅が平均 6 mm, 収縮期前方運動が平均 24 mm/sec, 拡張期後方運動は平均 24 mm/sec と比較的一定値を示しており, Bloch らの報告⁵⁾と一致する. 弁周囲の逆流があれば stent の振幅が大きくなるという報告もあり, 今後の検討課題である.

左室流出路は我々の症例では十分保たれており, 弁置換時に交連部を支える stent が流出路に向かないように気をつければ, 流出路狭窄はきたさなと思われる.

心室中隔は, 1 例を除き, 9 例で奇異性運動を示した. この弁置換後の奇異性運動の原因として, 三尖弁閉鎖不全や心包液貯留が考えられるが, 我々の症例ではとくにそういった症状も認められず, Burggraf ら¹⁷⁾は原因不明であるが 6 カ月以上経過すると自然に消失すると述べており, 今後経過を観察したい.

超音波断層法での Hancock 弁の観察は長軸方向および短軸方向で行われたが, いずれの方向でも stent エコーは容易に捕えられ, その間に開閉

する弁尖エコーが認められた. White¹⁶⁾はシネアングリオグラフィで人工弁が 12° 以上回旋する場合, 弁周囲よりの逆流があると述べているが, 高速度断層で観察した場合, 弁尖の運動はもちろんのこと, 人工弁全体の前後運動や, 回旋運動を観察でき, 今後血栓や弁周囲の逆流などの, 弁機能不全検出の有効な手段となりうると考えた.

結 語

超音波法による Hancock 弁の観察は容易であり, とくに僧帽弁置換例では弁尖の動きも良く観察された. Stent および弁尖エコーのエコー源は, モデル実験で証明した. 超音波断層法は人口弁全体の運動を観察でき, 弁機能不全を発見するにはさらに有効な方法であることが推測された.

要 約

Hancock 弁置換例 10 例を超音波法 (M モード法および断層法) にて検討した. Hancock 弁のエコー源を知るため, さらに水槽中での M モード像および断層法も検討した. In vivo では強い 2 本の stent エコーの間に弱い弁尖エコーを認めた. Suture ring のエコーは斜めに超音波ビームを投入した場合は不明で, 正面からの断層のみで観察された. In vitro では stent の外径は 2 mm 以内の誤差で計測された. Stent の最大振幅は 3~9 mm, 平均 6 mm で, 収縮期には 15~37 mm/sec, 平均 24 mm/sec の速度で前方へ, 拡張期には 19~42 mm/sec, 平均 24 mm/sec の速度で後方へと動いた. 弁尖の最大開放は 13~18 mm, 平均 15 mm であった.

弁尖の拡張期後退速度は 9~30 mm/sec, 平均 20.3 mm/sec であった. 左室流出路は収縮末期には 8~23 mm, 平均 12.8 mm であったが, 拡張末期には 14~23 mm, 平均 15.8 mm であった. Q-C 時間は 0.04~0.1 秒, 平均 0.07 秒であった.

超音波断層法は Hancock 弁全体の前後運動および回旋運動を観察できた.

超音波法は Hancock 弁の観察に有用であった。

文 献

- 1) Reis RL, Hancock WD, Yarbrough JW, Glancy DL, Morrow AG: The flexible stent: a new concept in the fabrication of tissue heart valve prostheses. *J Thorac Cardiovasc Surg* **62**: 683-689, 1971
- 2) Stinson EB, Griep RB, Oyer PE, Shumway NE: Long-term experience with porcine aortic valve xenografts. *J Thorac Cardiovasc Surg* **73**: 54-63, 1977
- 3) Hannah H, Reis RL: Current status of porcine heterograft prostheses. A 5-year appraisal. *Circulation* **54**: (suppl-III): 27-31, 1976
- 4) Horowitz MS, Goodman DJ, Popp RL: Echocardiographic diagnosis of calcific stenosis of a stented aortic homograft in the mitral position. *J Clin Ultrasound* **2**: 179-183, 1974
- 5) Bloch WN, Felner JM, Symbas PN, Schlant RC: Echocardiogram of the porcine aortic bioprosthesis in the mitral position. *Amer J Cardiol* **38**: 293-298, 1976
- 6) Horowitz MS, Tecklenberg PL, Goodman DJ, Harrison DC, Popp RL: Echocardiographic evaluation of the stent mounted aortic bioprosthetic valve in the mitral position. *In vitro* and *in vivo* studies. *Circulation* **54**: 91-96, 1976
- 7) Johnson ML: Echocardiographic evaluation of prosthetic heart valves. *in* *Cardiac Ultrasound* (Gramiak R, Waag RC, ed), Saint Louis, C. V. Mosby Co, 1975, p 149-184
- 8) Stimmel B, Stein E, Katz AM, Litwak RS, Donso E: Phonocardiographic manifestations of heterograft valve dysfunction in the mitral area. *Brit Heart J* **34**: 936-941, 1972
- 9) Winters WL, Gimenez J, Soloff LA: Clinical application of ultrasound in the analysis of the prosthetic ball valve function. *Amer J Cardiol* **19**: 97-107, 1967
- 10) Johnson ML, Holmes JH, Paton BC: Echocardiographic determination of mitral disc valve excursion. *Circulation* **47**: 1274-1280, 1973
- 11) Bloch WN, Feiner JM, Paton BC: Echocardiographic diagnosis of thrombus on a heterograft aortic valve in the mitral position. *Chest* **70**: 399-401, 1976
- 12) Zaky A, Grabhorn L, Feigenbaum H: Movement of the mitral ring: A study in ultrasonocardiography. *Cardiovasc Res* **1**: 121-131, 1967
- 13) Zaky A, Nasser WK, Feigenbaum H: A study of mitral valve action recorded by reflected ultrasound and its application in the diagnosis of mitral stenosis. *Circulation* **37**: 789-799, 1968
- 14) Chakorn SA, Sigers DC, Wharton CEP, Deucher DC: Study of normal and abnormal movement of mitral ring using reflected ultrasound. *Brit Heart J* **34**: 480-490, 1972
- 15) Dayem MK, Oakley CM, Preger L, Steiner E: Movements of the mitral valve annulus. *Cardiovasc Res* **1**: 116-120, 1967
- 16) White AF, Dinsmore RF, Buckley MJ: Cineangiographic evaluation of prosthetic cardiac valves. *Circulation* **48**: 882-889, 1973
- 17) Burggraf GW, Craige E: Echocardiographic studies of left ventricular wall motions after valvular heart surgery. *Amer J Cardiol* **35**: 473-480, 1975