

僧帽弁置換術における心臓代用弁選択に関する 実験的および臨床的検討

——とくに僧帽弁位の弁機能特性および耐久性について——

藤 井 尚 文

国立循環器病センター心臓外科
信州大学医学部第2外科学教室

Experimental and Clinical Studies for the Selection of Prosthetic Mitral Valve, with Special Reference to Valve Performance and Durability

Naobumi FUJII

*Department of Cardiac Surgery, National Cardiovascular Center
Department of Surgery, Shinshu University School of Medicine*

As the majority of patients who require mitral valve replacement (MVR) also have atrial fibrillation (Af), it is reasonable to select an appropriate valve which demonstrates the best performance with concomitant Af. Five different prosthetic heart valves, such as Hancock pericardial xenograft (HP), low-profile Ionescu-Shiley xenograft (LIS), St. Jude Medical valve (SJM), convexo-concave Björk-Shiley valve (CBS) and Carpentier-Edwards supra annular xenograft (CESA), were tested for their *in vitro* hydrodynamic characteristics in sinus rhythm and with Af. A cardiac catheterization study on patients with MVR was also undertaken. The valve characteristics were evaluated by the pump (or cardiac) output and the effective orifice area (EOA). In the clinical study, the durability of xenografts was investigated.

The following results were obtained. 1) With Af at 74 BPM, HP showed the best performance, but at 148 BPM, LIS exhibited better hydrodynamic valve characteristics than HP. 2) Although SJM was inferior to pericardial xenografts with Af, it showed better performance than CBS. CESA exhibited the least satisfactory results among the tested valves. 3) A high frequency of valve dysfunction was observed with xenografts in the follow-up period.

The valve performances of pericardial xenografts were superior to those of mechanical or porcine valves when Af was present, but the durability of pericardial xenografts was highly questionable. Considering this undesirable complication, SJM appears to be the most appropriate valve for MVR at present. *Shinshu Med. J.*, 36 : 619-630, 1988

(Received for publication April 8, 1988)

Key words : mitral valve replacement, atrial fibrillation, valve characteristics, *in vitro* valve testing system, valve durability

僧帽弁置換術, 心房細動, 代用弁機能特性, 代用弁機能特性試験装置, 代用弁耐久性

I 緒言

心臓代用弁は1960年 Harken ら¹⁾によって初めて臨床応用されて以来、幾多の改良が加えられてきたが、現在においても、弁抵抗、耐久性、および血栓形成などの問題点が指摘され、改良が続けられている。心臓代用弁の臨床応用に際しては、その弁機能特性、抗血栓形成性、耐久性等を考慮して慎重に選択をしなければならない。従来、代用弁機能特性の評価方法として、弁置換術後の心臓カテーテル検査による方法が一般的に行われてきたが、この方法では、心機能、末梢血管抵抗などの要素が各症例で異なり、代用弁の機能特性のみを正確に評価することが困難であった。この欠点をなくし同一条件下での代用弁機能特性を評価するために、国立循環器病センター研究所では代用弁機能特性試験装置²⁾を開発し、代用弁機能特性の評価を行ってきた。この代用弁機能特性試験装置は、空気圧駆動型拍動ポンプの流入側ないし流出側に試験弁を装着し、試験弁前後の圧較差、ポンプ拍出量、流入側および流出側の流量波形を測定することが可能なものである。

梅津ら³⁾は本装置を用いて洞調律（以下SR）時を想定した条件で弁機能の評価を行ったが、僧帽弁疾患においては心房細動（以下Af）は重要な病態であり、僧帽弁置換術（以下MVR）に際しては、SR時のみならずAf時における代用弁機能特性も、弁選択に際して考慮すべき大きな要因である。

今回、国立循環器病センター研究所で開発された代用弁機能特性試験装置を用い、SR時のみならずAf状態における僧帽弁位での代用弁機能特性を調査した。また、MVR症例の臨床成績を検討し、現時点での、MVRにおける心臓代用弁の選択をいかにすべきかについて検討を行った。

II 研究対象および方法

A 実験的検討

使用した代用弁は以下の5種類であり、いずれも縫着弁輪径25mmのものを1個ずつ使用して実験を行った。機械弁としては、St. Jude Medical valve（以下SJM）およびconvexo-concave Björk-Shiley valve（以下CBS）の2種類を、生体弁として、ブタ大動脈弁はCarpentier-Edwards supra annular xenograft（以下CESA）を、牛心膜弁はlow-profile Ionescu-Shiley pericardial xenograft（以下LIS）

と Hancock pericardial xenograft（以下HP）を用いて実験を行った。

代用弁試験装置は、Fig. 1のごとく、左心室として空気圧駆動型拍動ポンプと駆動制御装置、前負荷（左房）として一定の圧がかかる定圧負荷タンク、大動脈と類似の後負荷として空気室を有する密閉型コンプライアンスタンク、末梢血管抵抗としてサーボモーター付きニードル弁および流量計測用流出側定圧負荷タンクを備えた装置である。駆動制御装置として補助人工心臓用のSharp H-4000を使用し、試験した代用弁は、拍動ポンプの流入側に装着し、流出側には臨床的にもっとも使用頻度の高い23mm径のspherical Björk-Shiley valve（以下BS）を装着した。

前負荷は、定圧負荷タンクにより10mmHgと一定にし、後負荷は、拍動数80BPM、3.50 l/minの流量に対して血圧が120/80（95）mmHgとなるようニードル弁で調整し、かつ脈圧は空気室内の空気量で調整した。なお、本実験を通じて駆動陽圧は200mmHg、拡張期陰圧は-33mmHgに固定した。なお、作動流体は25°Cの食塩水を使用した。

SRの実験では、拍動数を60BPMから140BPMまで20BPMずつ増加させ、その際、60BPMから120BPMの間では収縮時間が200msecとなるように%-systole（1周期のうちのポンプ収縮時間を%で表示したもの）を変化させ、140BPMでは拡張期時間が著しく短縮するのを防ぐため、経験的に%-systoleを40%とした。

Afの実験では、データレコーダーに記録したAf症例の心電図を再生して駆動装置に入力し、心電図のR波トリガーで駆動装置を働かせてAf状態を作成した。このときの流入側、流出側の流量波形および試験弁前後の圧較差の波形はFig. 2のごとくであった。

再生したECGには1分間にR波が148個存在したので、頻脈時を想定した実験では148BPMを用い、%-systoleは前述と同様に40%とした。ついで、データレコーダーの再生速度を1/2として1分間のR波を74個にして、通常の脈拍数を想定した実験を行った。この時、収縮時間が200msecに近くなるように%-systoleは25%にした。弁機能の評価は、流出側定圧負荷タンクより流出した1分間の流量を直接計測したポンプ拍出量（以下Q）と、Gorlin and Gorlinの式⁴⁾より算出した有効弁口面積（以下EOA）により行った。Af時には、60拍動の平均圧較差とポンプ流入時間の平均値をGorlin and Gorlinの式に代入してEOA

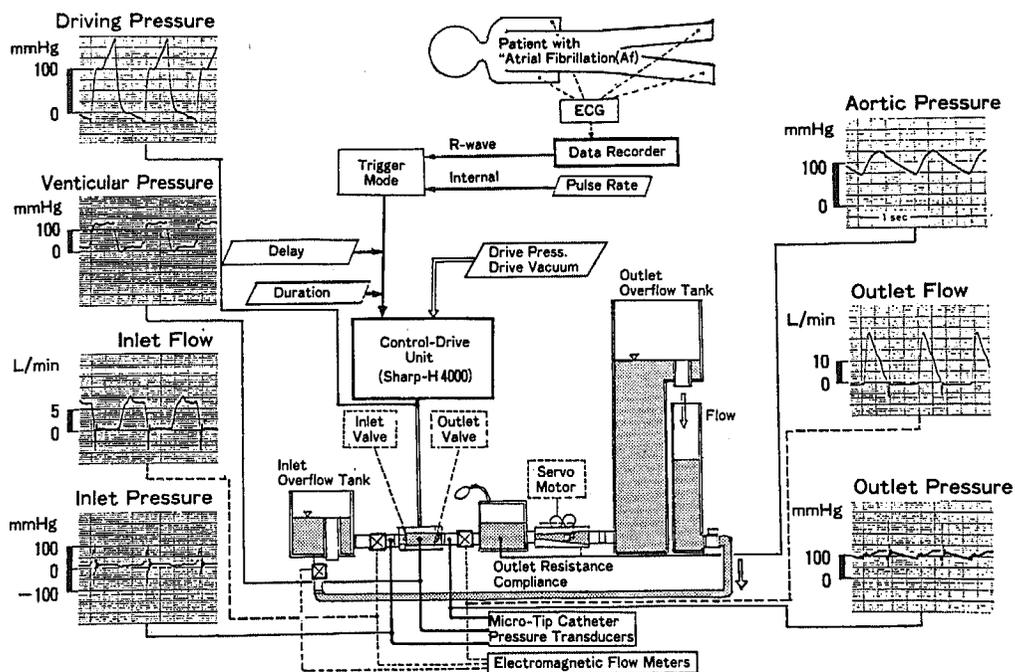


Fig. 1 Schema of *in vitro* valve testing circuit

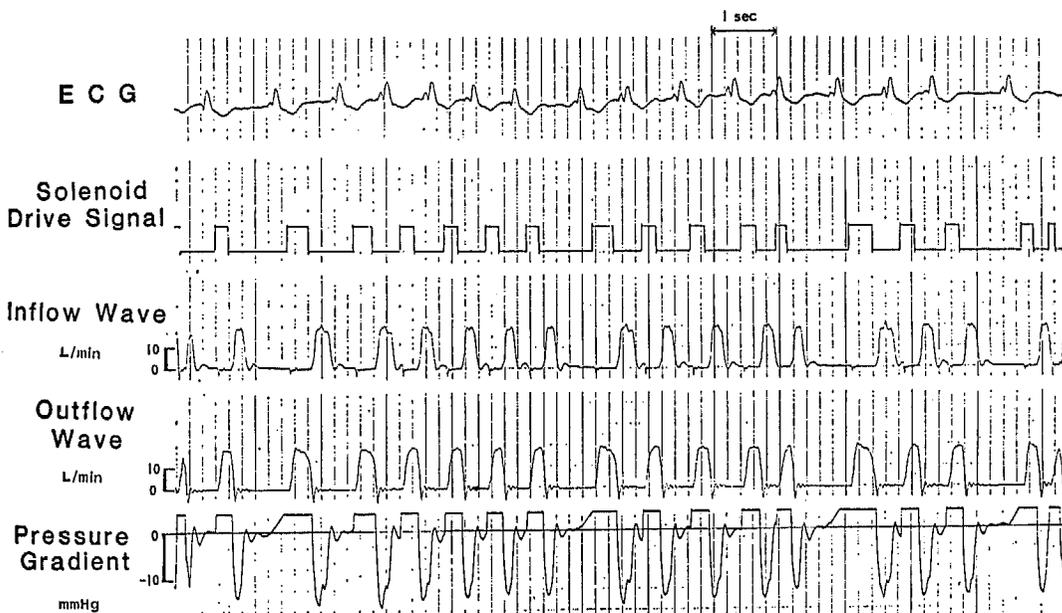


Fig. 2 Hydrodynamics during *in vitro* pumping triggered by natural hearts under atrial fibrillation

Table 1 Comparison of *in vitro* data obtained from two spherical Björk-Shiley valves

	PR (BPM)	Q (l/min)	SV (ml)	dT (msec)	mdP (mmHg)	EOA (cm ²)
1	60	3.23	53	240	5.4	2.41
	80	4.09	51	240	5.1	2.35
	100	4.53	45	235	4.9	2.17
	120	4.59	38	220	5.6	1.82
	140	4.35	31	170	7.6	1.65
2	60	3.41	56	281	4.7	2.32
	80	4.21	52	281	3.6	2.47
	100	4.80	48	312	3.2	2.15
	120	4.44	37	191	6.2	1.93
	140	4.14	29	167	7.2	1.64

PR : Pulse Rate Q : Pump Output SV : Stroke Volume
 dT : Diastolic Filling Time mdP : Mean Pressure Gradient
 EOA : Effective Orifice Area

とした。

また、本回路より得られる実験成績の普遍性を確認するため、弁輪径 25mm の BS 2 個を異なる実験日に、それぞれポンプ流入側に挿入し、SR 時の条件で実験を行った。結果は Table 1 のごとく、Q, EOA とも非常に近似した値が得られ、本実験に基づくデータの再現性が確認された。

B 臨床的検討

1. 弁機能特性の検討

弁輪径 25mm 以上の、standard type の Ionescu-Shiley pericardial xenograft (以下 IS) または SJM にて MVR を施行し、術後、心臓カテーテル検査を行った 40 症例の、心拍出量と EOA を検討した。心拍出量は Swan-Ganz カテーテルによる熱希釈法により測定し、EOA は Gorlin and Gorlin の式より算出した。IS を用いた症例は、24 症例であり、そのうち SR 症例が 8 例、Af 症例が 16 例であった。弁輪径は 25mm が 4 個、27mm が 8 個、29mm が 7 個、31mm が 5 個であった。SJM を用いた症例は 16 症例あり、そのうち SR 症例が 7 例、Af 症例が 9 例であった。弁輪径は 25mm が 1 個、27mm が 4 個、29mm が 7 個、31mm が 3 個、33mm が 1 個であった。

Af 症例の EOA は、カテーテル検査時に得られた、左房と左室の同時圧の波形から無作為に数箇所を選び、プラメーターにて測定した面積と拡張期流入時間から平均圧較差を算出し、拡張期流入時間とともに Gorlin and Gorlin の式に代入して求めた。IS の Af

症例で、EOA を算出するため使用した拡張期の数は、4 カ所から 14 カ所、平均 7 カ所であり、SJM では 3 カ所から 8 カ所、平均 6 カ所であった。

2. 代用弁耐久性の検討

国立循環器病センターにおいて、1979年から1987年までの間に MVR に使用した心臓代用弁のうち、以下に述べる 5 種類の弁機能不全発症例を調査した。対象とした代用弁は、生体弁が Hancock porcine xenograft (以下 HX), IS, LIS, HP の 4 種類であり、機械弁は SJM であった。症例数は、HX が 41 例、IS が 128 例、LIS が 62 例、HP が 11 例、SJM が 97 例、合計 339 例であった。追跡期間は HX が 6 年 8 カ月から 8 年 10 カ月まで、IS が 3 年 5 カ月から 6 年 5 カ月まで、LIS が 3 年 2 カ月から 4 年 4 カ月まで、HP が 3 年 1 カ月から 4 年 2 カ月まで、SJM が 1 カ月から 2 年 0 カ月までであった。

弁機能不全の判定は、心臓代用弁の破損により溶血ないし心不全が出現し、再手術を必要とした症例とした。

C 統計学的処理法

代用弁機能特性の成績は mean±SD で表現し、t 検定により、0.05% 以上を有意差とした。

III 成 績

A 実験的検討

1. SR 実験の結果

拍動数の変化に対する Q の変化については、試験弁

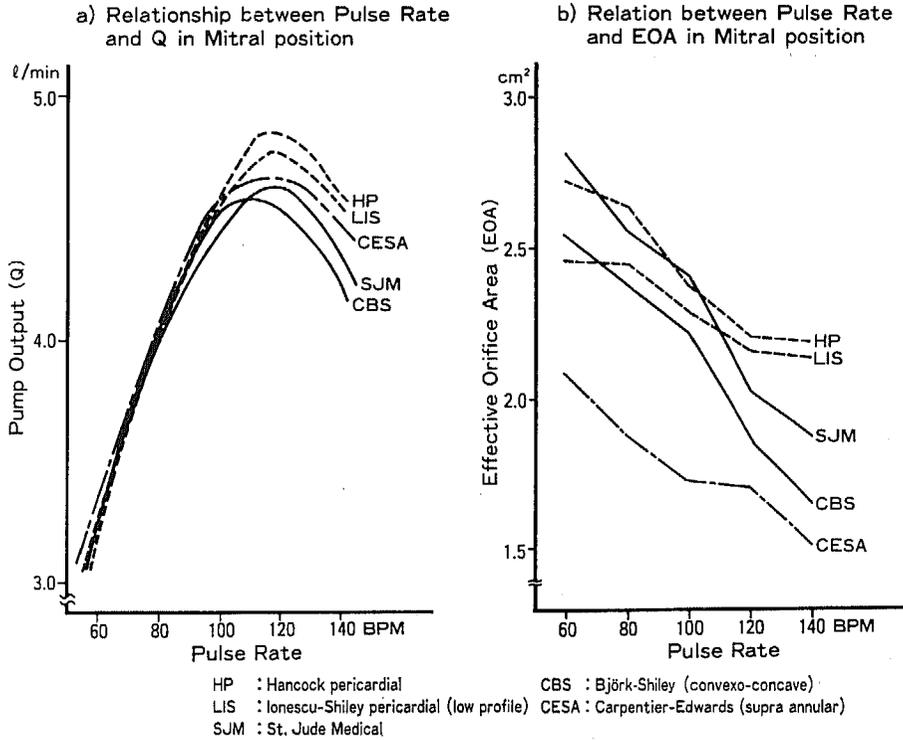


Fig. 3 Changes in Q and EOA according to pulse rate in *in vitro* experiment

の種類による差異はほとんどみられず、120BPMまでは全ての試験弁でQは増加した (Fig. 3a)。しかし、拍動数の変化に対する EOA の変化は Fig. 3bのごとく、試験弁の種類によって明確な差異が現れた。60BPMではSJMが2.80cm²、HPが2.71cm²とほぼ同等で最も大きなEOAを有し、CBSおよびLISがそれぞれ2.53cm²と2.45cm²で、それに次ぐ大きなEOAを有していた。拍動数の増加に伴い全ての試験弁のEOAは減少したが、牛心膜弁 (HPおよびLIS)の減少率は機械弁 (SJMおよびCBS)のそれより小さく、120BPM以上では牛心膜弁が機械弁より大きなEOAを有するようになった。120BPMでのHP、LISのEOAはそれぞれ2.20cm²と2.15cm²であり、SJMとCBSはそれぞれ2.02cm²と1.86cm²であった。CESAは何れの拍動数においても最も小さなEOAを示した。

2. Af 実験の結果

拍動数74BPMにおいて、SRからAfにすると、Fig. 4aのごとく、全ての試験弁においてQは減少し

た。HP、LISはそれぞれ3.90 l/minから3.79 l/min、3.83 l/minから3.72 l/minへ減少し、SJM、CBSはそれぞれ3.83 l/minから3.63 l/min、3.81 l/minから3.65 l/minへ減少した。CESAは3.87 l/minから3.64 l/minへ減少した。しかし、牛心膜弁における減少率は他の試験弁に比して小さく、Af時には牛心膜弁のQは他の3種の弁より多くなった。

一方、EOAもFig. 4bに示すごとく、全ての試験弁において、Af時にはSR時よりも減少した。HPは2.76cm²から2.68cm²へ、SJMは2.79cm²から2.53cm²へそれぞれ減少した。SR時にはSJMがHPよりわずかに大きなEOAを有していたが、HPのEOA減少率がSJMより小さかったため、AfではHPがSJMより大きなEOAを有するようになった。CBSは2.42cm²から2.24cm²へ、LISは2.44cm²から2.22cm²へそれぞれ減少した。CESAは1.87cm²から1.50cm²へ減少し、SR時、Af時いずれにおいても最小のEOAを示した。

頻脈性心房細動を想定した148BPMにおいても、

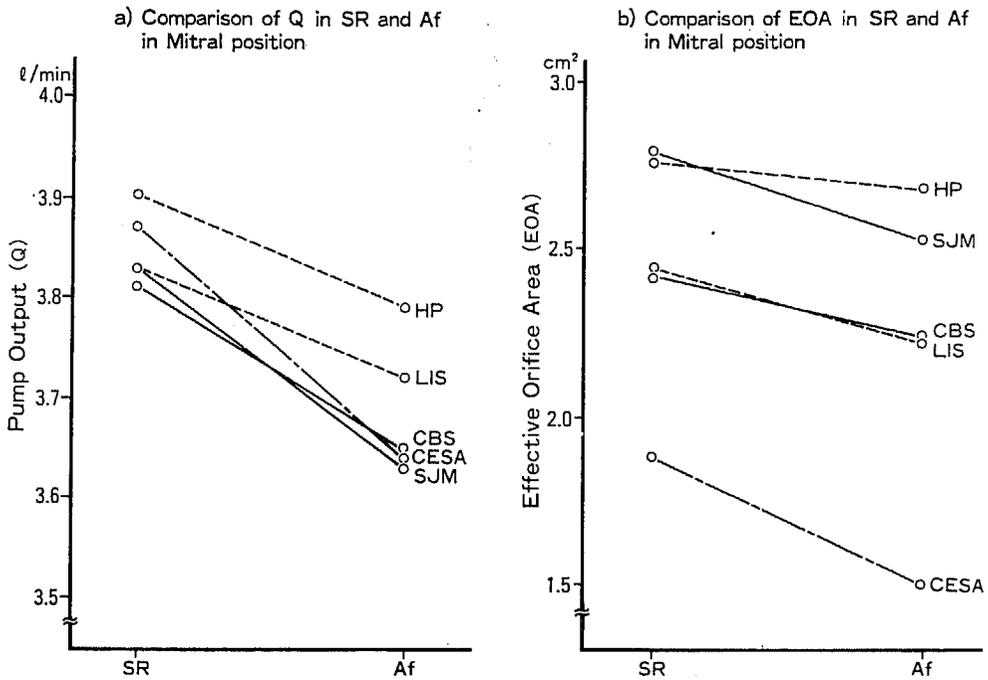


Fig. 4 Q and EOA in SR and Af at 74 BPM in *in vitro* experiment

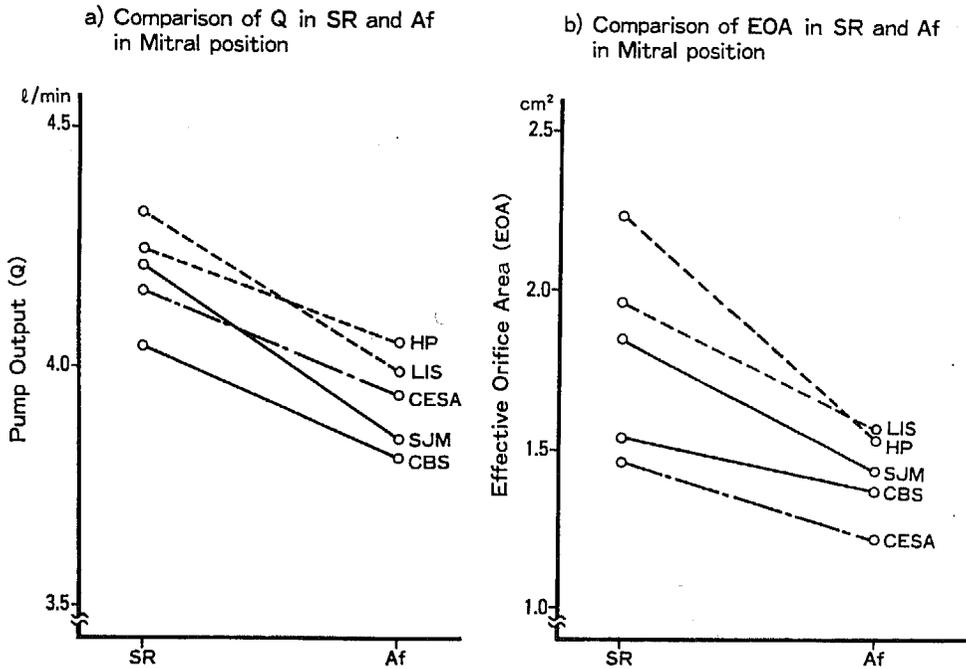


Fig. 5 Q and EOA in SR and Af at 148 BPM in *in vitro* experiment

Fig. 5 a, b に示すごとく、同様の現象がみられた。SR から Af にすると、Fig. 5a のごとく全ての試験弁においてQは減少した。また、SR時、Af時ともに、牛心膜弁が最も大きなQを保持していた。EOA も、Fig. 5b のごとく、Af 時には全ての試験弁において減少がみられ、その測定値は、LIS が 1.58cm^2 、HP が 1.51cm^2 であり、SJM、CBS、CESA の 1.42cm^2 、 1.37cm^2 、 1.20cm^2 より大きな値を示した。

B 臨床的検討

1. 代用弁機能特性の検討

まず、実験的検討で得られた SJM と LIS の、拍動数と1回拍出量（以下 SV）をプロットすると、Fig. 6 のごとく、SR 時および Af 時のいずれもほぼひとつの曲線上に位置していた。この実験成績とできるだけ近い条件下で得られた臨床成績のみを検討するために、臨床例の心拍数（以下 HR）と SV をプロットしたものに、Fig. 6 の曲線を重ね合わせ、この曲線から $\pm 15\text{ml}$ 以内の範囲に入る臨床データのみを検討の対象とした (Fig. 7)。これにより、検討対象として使用可能なものは、IS の SR 症例が 4 例、Af 症例が 12 例、SJM の SR 症例が 5 例、Af 症例が 9 例、合計 30 例であった。

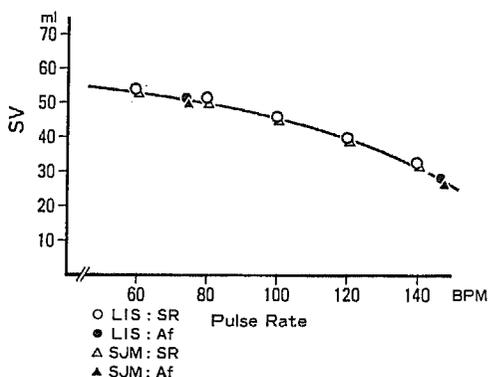


Fig. 6 Relationship between pulse rate and SV of LIS and SJM in *in vitro* experiment

これら30例の HR と心拍出量（以下 CO）の関係は Fig. 8 のごとくであり、HR は 63BPM から140BPM、CO は 3.10 l/min から 5.90 l/min の範囲内であった。CO の平均値は、IS の SR 症例が $5.13 \pm 0.76\text{ l/min}$ 、Af 症例が $4.18 \pm 0.63\text{ l/min}$ 、SJM の SR 症例が

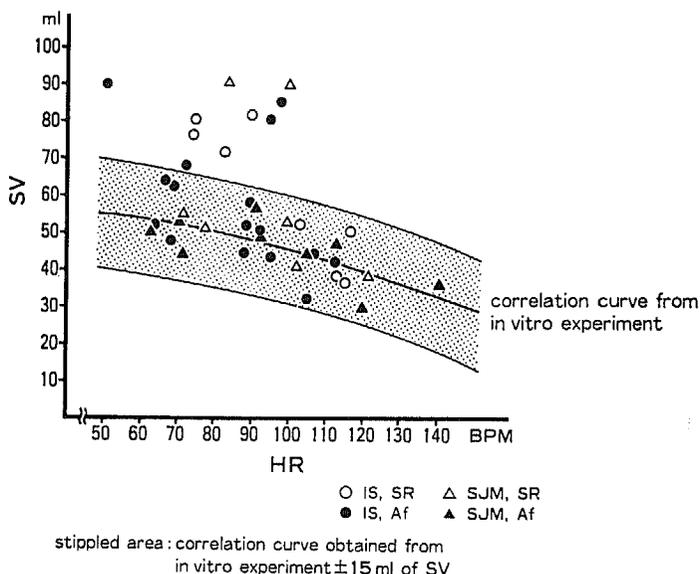


Fig. 7 Relationship between HR and SV in clinical experiment

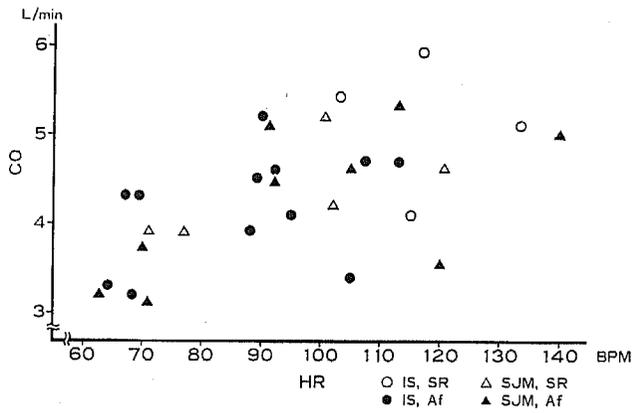


Fig. 8 Relationship between HR and CO after MVR in clinical experiment

a) Comparison of EOA during SR and Af in all cases

b) Comparison of EOA during SR and Af in tachycardia cases (over 90 BPM)

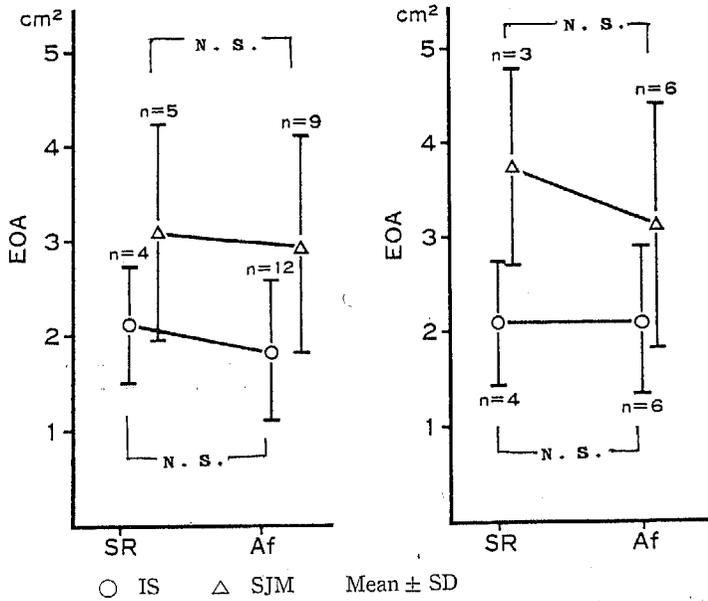


Fig. 9 Comparison of EOA in SR and Af after MVR

4.36±0.55 l/min, Af 症例が 4.22±0.86 l/min であった。有意差は認められなかったが, IS では, SR 症例が Af 症例より CO の大きいものが多少多くみられた。SJM では, SR 症例と Af 症例との間にほとんど差異はみられなかった。

次に EOA について同様に検討すると, 対象とした 30 例の EOA は 0.79cm² から 4.93cm² まで分布していた。IS および SJM それぞれの EOA を, SR と Af で比較すると, Fig. 9aのごとく, IS の SR 症例では 2.12±0.62cm² であり, Af 症例では 1.84±0.75cm² であった。SJM では, SR 症例で 3.10±1.16cm², Af 症例で 2.95±1.14cm² であった。

また, HR 90BPM 以上の頻脈症例に限ってみると, Fig. 9bのごとく, IS は SR 症例で 2.12±0.62cm², Af 症例で 2.15±0.77cm² とほとんど差異が無いのに対し, SJM では SR 症例で 3.70±1.09cm², Af 症例で 3.08±1.33cm² と, 両群間に有意差は認められなかったが, Af 症例において EOA が低値を示すものが多い傾向を認めた。

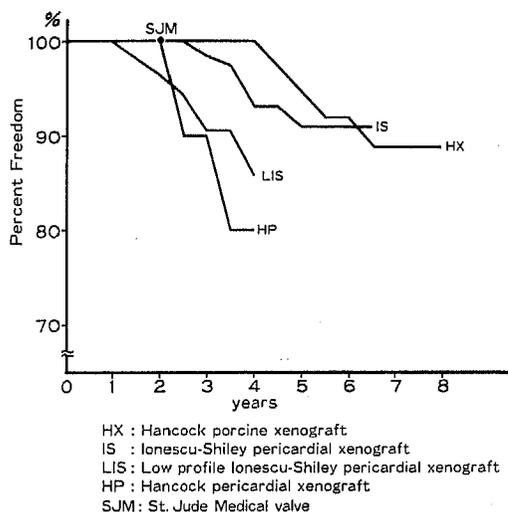


Fig. 10 Freedom from valve dysfunction after MVR

2. 代用弁耐久性の検討

MVR 施行例 339 例について弁機能不全の調査を行い, 弁機能不全非発生率を Fig. 10 に示した。弁機能不全の発生は, HX では術後 4 年以降, IS では 2 年半以降, HP では 2 年以降, LIS は 1 年以降であり, SJM は, 最長 2 年間の追跡期間であったが, 弁機能不全の発生はみなかった。術後 4 年目の弁機能不全非

発生率は HX が 100%, IS が 93±3%, LIS が 85±6%, HP が 80±13% であった。また, IS は 6 年目で 91±2%, HX は 8 年目で 88±5% の弁機能不全非発生率を示した。

IV 考 察

心臓代用弁本来の機能を比較検討する場合には, 心機能と弁機能とを分離して評価することが望ましく, その観点からみると, ポンプ機能を一定にできるシミュレーション実験が優れていると考えられる。今回の実験に使用した弁試験装置から得られた成績は Table 1 に示した基礎的実験により, 信頼できるものであることが明らかになった。また, 本装置のシミュレーションとしての妥当性については梅津ら⁵⁾の報告がある。梅津らは, HX と IS において, シミュレーション実験により得られた成績と, 術後心臓カテーテル検査により得られた成績の, 弁前後の平均圧較差と EOA の比較検討を行っているが, 僧帽弁位において平均圧較差は IS が HX より小さく, EOA は IS の方が大きく保たれるという点は実験的検討と臨床的検討で同様の傾向を示し, 本装置がシミュレーションとして信頼できるとしている。

本研究においては, 従来標準的と考えられていた代用弁およびこれに改良が加えられた代用弁を選択した。すなわち, 牛心膜弁として LIS と HP, ブタ大動脈弁として CESA, 機械弁として CBS と SJM を実験に用いた。

代用弁機能特性を総合的に評価する方法として, 一般的には Q, EOA あるいは弁抵抗係数のいずれかが用いられているので, 著者も, 代用弁機能特性の評価方法として Q および EOA を使用した。

SR 時の実験において, 低拍動数域では SJM と HP が最も大きな EOA を有し, CBS と LIS がこれに次いで大きな EOA を有していたが, 高拍動数域では牛心膜弁 (HP および LIS) が機械弁 (SJM および CBS) より大きな EOA を有するようになった。これは, 牛心膜弁の弁尖が柔らかく, 応答性に優れているためと考えられる。SJM が CBS に比較して良好な弁機能を示したのは, ディスクを二葉にし応答性を増すとともに, 弁開放角を 80° にし, 弁開放角 60° の CBS より弁抵抗の減少を計った結果と思われる。また, HP が LIS より良好な弁機能特性を示したのは, 形態上, 弁高を低くし, 弁尖の面積を小さくして, 弁開放抵抗の軽減を計ったこと, また, 材料処理のグルタールア

ルデヒドの濃度を LIS の0.5%に対し、HP では0.2%と低濃度にして弁尖の柔軟性を温存し、完全開放時の抵抗の軽減を計ったためと思われる。CESA は全ての拍動数において試験弁中最も悪い弁機能を示したが、これはブタ大動脈弁は形態が決まっており、弁形態を自由にデザインすることが不可能であること、弁開放時に全ての弁尖が均等に開かないこと等が原因と考えられ、ブタ大動脈弁の弁機能特性には限界があると考えられた。

74BPM の Af 時には、HP は SJM より大きな EOA を保持したが、CBS と LIS の EOA はほとんど同じ値を示した。これは、弁開放および閉鎖の時間が十分確保できる 74BPM の拍動数では、CBS は LIS と同等に、不規則なリズムに対応したためと考えられる。一方、HP はより素早く不規則なリズムに対応できるために、Af 時に大きな EOA を保持したと考えられた。148BPM の Af 時に、HP の EOA の減少率が LIS より大きいのは、HP は弁開放抵抗が小さく、弁尖の柔軟性も大きいため、短い流入時間でも全開大し、弁閉鎖が遅れたため逆流が増加したためと考えられた。

臨床成績と実験成績をできるだけ近い条件で比較するため、SV が著しく実験成績と異なる臨床例は除外した。しかし、実験的検討から得られた牛心膜弁と機械弁の間の明確な差異は、臨床的検討からは得られなかった。この理由は、実験的検討では拡張期陰圧は一定であったが、実際の心臓では拡張能は各症例で一定でなく、また、末梢血管抵抗や左房圧、左室拡張末期圧も症例ごとに異なったためであると考えられた。しかし、SR 時に比べ Af 時に弁機能が低下する傾向は臨床的検討でも見られ、頻脈時に SJM より IS の EOA の減少率が少ない傾向も認められた。

本実験では、左房圧（前負荷）を一定にし、リズムのみを不規則にして Af 状態のシミュレーションとしたが、SR 時より Af 時の Q は減少した。Ieri ら⁶⁾は、Af に移行した 9 例の虚血性心疾患患者を除細動で SR に戻し、Af 時と SR 時の心機能の比較をし、心拍出量は有意差をもって Af 時の方が減少したと報告している。さらに、水重ら⁷⁾は、SR 時に観察される、心房収縮に引き続く僧帽弁を閉鎖に向かわせる血流が Af 時には消失ないし減弱すると報告している。実際の心臓では、SR から Af になると拡張期の心房収縮がなくなるため、本実験で得られた以上に Af 時の心拍出量は減少し、それだけ弁機能の優秀な代用弁が有

利であると思われた。

今回の実験から、弁機能に限定して MVR に適した代用弁の選択を考えると、Af 症例には HP が、とくに、Af で頻脈の症例には LIS が有利と考えられた。

しかし、代用弁選択基準には耐久性も大きな要因となる。Fig. 10 で示したごとく、生体弁、とくに牛心膜弁は術後早期より弁機能不全の発生がみられた。Gabbay ら⁸⁾、Reul ら⁹⁾、Gallo ら¹⁰⁾、秋山ら¹¹⁾、Walley ら¹²⁾¹³⁾、Wheatley ら¹⁴⁾も牛心膜弁は耐久性に問題があると報告している。

また、牛心膜弁を用いた MVR 後 4 年目の弁機能不全非発生率は IS がもっとも高く、ついで LIS、HP の順に低くなった。これは、弁機能の改善を計って改良を加えた弁のデザインや弁尖の処理方法が、弁の耐久性を減少させる要因になった可能性を示唆したデータであると思われた。

これに対し、SJM は最高 2 年間と経過観察期間が短い、弁機能不全の発生はみえていない。Chaux ら¹⁵⁾は 5 年間の、Baudet ら¹⁶⁾は 5 年半の、Lillehei¹⁷⁾は 5 年間の、中野ら¹⁸⁾は 9 年間の SJM の遠隔成績で、SJM 自体の破損や磨耗による弁機能不全は発生しなかったと報告している。

牛心膜弁が早期から破損してくる危険性が高いことを考えると、現時点では、耐久性にも大きな問題が無く、機械弁のなかで最も良好な弁機能特性を示した SJM を MVR の第 1 選択とすべきであろうと思われた。

V 結 論

- 1) 代用弁機能特性試験装置を用い、SR 時および Af 時における僧帽弁位での 5 種類の代用弁の機能特性を調べた。
- 2) SR 時の低拍動数域では SJM と HP が同等の弁機能を示したが、高拍動数域では HP と LIS が良好な弁機能を示した。
- 3) 低拍動数の Af 時には HP が最も良好な弁機能を保ち、高拍動数の Af 時には HP および LIS が良好な弁機能を示した。
- 4) 心拍数 90 以上の MVR 症例の臨床成績では、SJM に比較して、IS が Af 時の弁機能の低下が少なかった。
- 5) 牛心膜弁 (IS, LIS, HP) の耐久性は不満足なものであった。
- 6) 現時点では、SJM を MVR の第 1 選択とすべ

きであらうと思われた。

稿を終わるに当たり、御指導、御校閲を賜りました国立循環器病センターの藤田 毅副院長、並びにご協力いただきました国立循環器病センター研究所の梅津

光生室長に深く感謝の意を表します。

なお、本論文の要旨は1983年9月、第21回日本人工臓器学会大会、および、1986年10月、第39回日本胸部外科学会総会において発表した。

文 献

- 1) Harken, D.E., Soroff, H.S., Taylor, W.J., Lefemine, A.A., Gupta, S.K. and Lunzer, S. : Partial and complete prostheses in aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 40 : 744-762, 1960
- 2) Umezu, M., Kawazoe, K., Fujii, N., Fujita, T. and Akutsu, T. : Design of a pulse duplicator system for prosthetic heart valves. *Proceedings of a multi-national instrumentation conference, part II (Miconex' 83 Shanghai)*: pp. 751-758, 1983
- 3) 梅津光生, 川副浩平, 藤井尚文, 青野信卓, 江郷洋一, 高野久輝, 藤田 毅, 曲直部寿夫, 阿久津哲造: 各種心臓代用弁の機能特性の比較. *人工臓器*, 10 : 958-962, 1981
- 4) Gorlin, R. and Gorlin, S.G. : Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. I. *Am Heart J*, 41 : 1-29 1951
- 5) 梅津光生, 川副浩平, 田中 隆, 藤井尚文, 藤田 毅, 阿久津哲造: 各種心臓代用弁の水力学的特性の比較. *人工臓器*, 13 : 3-6, 1984
- 6) Ieri, A., Zipoli, A., Bartoli, P., Marmugi, P. and Morelli, G. : Improvement of the cardiac function after electrical cardioversion of atrial fibrillation. *Echocardiographic study in patients with and without mitral stenosis*. *G Ital Cardiol*, 12 : 91-95, 1982
- 7) 水重克文, 森田久樹, 千田彰一, 和田 茂, 松尾裕英: パルス・ドプラー法による左室流出路前駆出期血流と僧帽弁閉鎖運動の関連に関する検討. *J Cardiography*, 14 : 507-519, 1984
- 8) Gabbay, S., Bortolotti, U., Wasserman, F., Factor, S., Strom, J. and Frater, R. W.M. : Fatigue-induced failure of the Ionescu-Shiley pericardial xenograft in the mitral position, *in vivo* and *in vitro* correlation and a proposed classification. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 87 : 836-844, 1984
- 9) Reul, G.J., Cooley, D.A., Duncan, J.M., Frazier, O.H., Hallman, G.L., Livesay, J.J., Ott, D.A. and Walker, W.E. : Valve failure with the Ionescu-Shiley bovine pericardial bioprosthesis. Analysis of 2680 patients. *J Vasc Surg*, 2 : 192-204, 1985
- 10) Gallo, I., Nistal, F., Revuelta, J.M., Garcia-Satue, E., Artinano, E. and Duran, C.G. : Incidence of primary tissue valve failure with the Ionescu-Shiley pericardial valve. Preliminary results. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 90 : 278-280, 1985
- 11) 秋山一也, 大澤幹夫, 原田順和, 中野清治, 松山徳大, 小林 裕, 山田雅仁: 僧帽弁位 Ionescu-Shiley 弁の弁尖亀裂による機能不全例. *胸部外科*, 39 : 311-317, 1986
- 12) Walley, V.M., Bedard, P., Brais, M. and Keon, W.J. : Valve failure caused by cusp tears in low-profile Ionescu-Shiley bovine pericardial bioprosthesis valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 93 : 583-586, 1987
- 13) Walley, V.M. and Keon, W.J. : Patterns of failure in Ionescu-Shiley bovine pericardial bioprosthesis valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 93 : 925-933, 1987
- 14) Wheatley, D.J., Fisher, J., Reece, J.J., Spyt, T. and Breeze, P. : Primary tissue failure in pericardial heart valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 94 : 367-374, 1987
- 15) Chaux, A., Czer, L.S.C., Matloff, J.M., DeRobertis, M.A., Stewart, M.E., Bateman, T. M., Kass, R.M., Lee, M.E. and Gray, R.J. : The St. Jude Medical bileaflet valve prosthesis. A 5 year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 88 : 706-717, 1984

- 16) Baudet, E.M., Oca, C.C., Roques, X.F., Laborde, M.N., Hafez, A.S., Collot, M.A. and Ghidoni, I.M. : A 5 1/2 year experience with the St. Jude Medical cardiac valve prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 90 : 137-144, 1985
- 17) Lillehei, C.W. : The St. Jude Medical prosthetic heart valve : Results from a five-year multicenter experience. In : Horstkotte, D. and Loogen, F., *Update in Heart Valve Replacement. Proceedings of the Second European Symposium on the St. Jude Medical heart valve* : pp.3-18, Springer-Verlag, New York, 1986
- 18) 中野清治, 江石清行, 今村栄三郎, 遠藤真弘, 橋本明政, 小柳 仁 : St. Jude Medical 弁による弁置換手術, 9年間の臨床経験. *人工臓器*, 16 : 1841-1844, 1987

(63. 4. 8 受稿)