

〔綜 説〕

人工弁の歴史と現況

東京女子医科大学付属日本心臓血圧研究所(所長 榑原 任教授)

講師 新 井 達 太
アラ イ タツ タ

(受付 昭和41年1月21日)

心臓弁膜症でも僧帽弁狭窄症は手術方法としては比較的容易な交連切開術で良好な成績をあげているが、大動脈閉鎖不全症(A.I.と略す)と僧帽弁閉鎖不全症(M.I.と略す)は外科手術に対して抵抗を示す疾患である。A.I.に対しては、閉鎖不全の原因である弁をつりあげる方法、一弁をとり去つて多少の狭窄を作るが病的変化の無い二弁で機能を営ませようとする二弁作成法(bicuspidization)などが行なわれ¹⁾、M.I.に対しては弁口輪縫縮手術などの方法²⁾がある。しかし手術効果が不定で、良好な例と却つて増悪する例とが相半ばしている。そのため、最近では著明なA.I., M.I.および僧帽弁、大動脈弁の石灰化が著明で、弁としての機能を営まぬ如き症例には、人工弁の移植手術が行なわれている。これは手術効果が確実であるためである。

この人工弁の研究の歴史は、心臓外科の黎明期にあたる1952年頃にさかのぼる。機能の廃絶した心臓の弁膜を何らかの形でこれに代わる機能を有する人工弁をもつて、機能を正常に近づけようとした。この試みはHufnagel³⁾のBall Valvaをもつて研究の門が開かれた。その後、Ball Valveの改良、大動脈弁のHomograftを用いた実験、Leaflet Valveの研究が盛んに行なわれるようになった。当教室でも1954年の日本胸部外科学会にFig 1の如きBall Valve、および羽二重あるいは

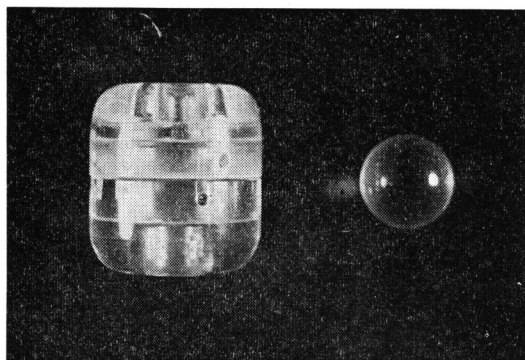


Fig. 1. 教室で試作した Ball Valve (1954年)

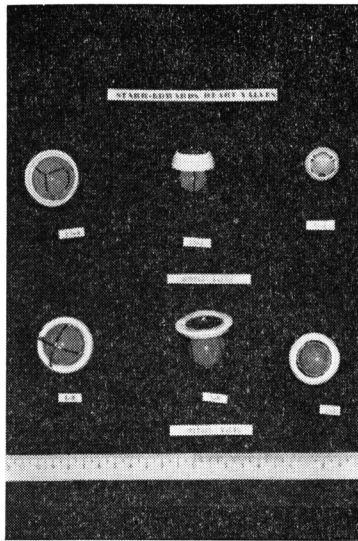
綿のブロード製の吹き流し型人工弁、大動脈弁の下行大動脈への移植実験の報告を行なつた。

実験のみで臨床応用はなかなかできないと考えられていた人工弁が、生体内での反応の少ないSilicon, Teflonなどの合成線維が作られるに及んで臨床に応用され脚光をあびた。すなわち、1960年になると、Harken⁴⁾はBall Valveで、Bahnon⁵⁾およびKay⁶⁾はTeflon製のLeaflet Valveを臨床に応用し、一応の成果をあげた。

1961年にはStarr⁷⁾が、Caged Ball Valveを発表し(Fig. 2)、僧帽弁あるいは大動脈弁への移植を行なつた。この改良された弁が現在広く用いられ、筆者らも用いている。

以上の如き経過をたどつて発達して来た人工弁を形態と機能から、Ball Valve, Leaflet Valve,

Tatsuta ARAI (The Heart Institute Japan, Tokyo Women's Medical College): History and present trend of artificial heart valve.



上：大動脈弁
下：僧帽弁

Fig. 2 Starr-Edwards Ball Valve.

Homograft Valve などに分けて文献的に考察を加え、人工弁移植のための A.I., M.I. に対する診断と、人工弁の現況を教室の症例を中心に述べて御参考にして頂き度い。

I) Ball Valve および類似の弁

ベースリングからの可動性部分 (Ball, 楕円或いは平板) の流脱を防ぐためには次の3つが考えられる。すなわち、1) Ball Valve の如く Cage により可動部分の流脱を防ぐ。2) ベースリングと可動部分の一部を接続して流脱を防ぐ。これは一弁 (Unicus Valve) と、可動部分とベースリングをスプリングで結ぶ方法がある。3) 可動部分をエの型にし、その中央にベースリングが入る Piston type に分けることができる。

1) Ball Valve

流動の圧の変化によつて、丁度ラムネ玉の如く、弁の可動部分である Ball が上下して弁の開閉を行なう弁である。前述の Hufnagel の弁は 1957年に J.H. Stuckey, M.M. Newmann⁸⁾ らによつて plastic 製の Ball Valve に改良されたが、この頃は左鎖骨下動脈より末梢の下行大動脈に挿入し、根本的に A.I. などを改善することよりも、A.I. に対する心臓その他の負担を軽減することが






型	発表年度	形態
MELVIN NEWMAN HUFNAGEL ELLIS	1957	
HARKEN	1958	
STARR	1961	STARR-EDWARDS' ball valve 
G.J. MAGOVERN	1963	Sutureless Prosthetic Heart valve 
E.A. SMELOFF	1965	Double-caged Full-orifice Ball valve 

Fig. 3 人工弁の種類 (Ball Valve 型)

考えられていた。1960年に Harken⁹⁾ は Stainless steel caged-ball valve を作った。Ball は Silicon rubber でベースリングに Ivalon をつけ、Coronary orifice よりも心臓側に弁を移植し、臨床例でも成功した。これは劃期的なことで、大動脈弁の病変をを根本的に改善させるものであつた。同年 Starr¹⁰⁾ は Silastic ball で Cage には透明な Teflon を用いた Ball Valve を作り、犬の僧帽弁に移植し良い結果を得ている。Hufnagel も Teflon で coating した金属の Cage で、大動脈壁を拡張させるための支柱を左右に出した Ball Valve を作っている。最近 Hufnagel は Fig 4 の如きブランドウィック・ハフナゲル弁を作つたが、これも Ball Valve の変型で Cage も弁も plastic に

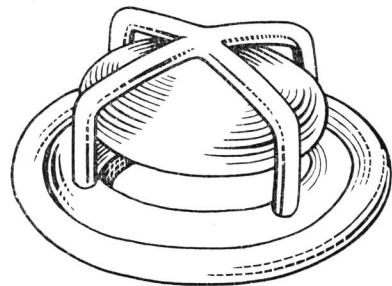


Fig. 4 ブランドウィック・ハフナゲル人工弁

Silicon を coating している。また Harken は 1963年に Cage に Titanium を用い、交叉点を避けて開放性にし、血栓形成の予防を試み、ベースリングを薄くして弁口面積を大きくした Harken-Davol Simplified Aortic and Mitral Caged Ball Valve に改良した。また Starr も種々の改良を行ない Fig 1 の如き型にした。

また 1964年には R.S. Cartwright, E.A. Smeloff は Fig 3 の一番下の如き、Ball の直径と弁口輪の直径の等しい Double-Caged Full-Orifice Ball Valve を作った。この弁は Cage が Titanium で、交叉点を開放にし、Starr の弁に比して同じ直径の Ball だと大きな弁口面積が得られ、ベースリングの上下に Cage があるため、左心室内あるいは大動脈内にある Cage が Starr の弁に比して少ないなどの特長がある。

この Ball Valve は、構造が単純で、流体力学的にみてうずの発生が比較的少なく開閉が正確で、閉鎖時にすき間が全く生じない等の多くの特長を有しており、現在、臨床に用いられているのはこの Ball Valve が最も多い。特に Starr-Edwards の Ball Valve が臨床例に用いられ、僧帽弁と大動脈弁の二弁の移植手術も行なわれている。この弁での成績をみると、Cooley¹⁴⁾ は 1962年 6月～1964年 4月の間に Ball Valve の Ball 移植を 242例 (僧帽弁 83例、大動脈弁 155例、両弁 4例) に行ない、死亡率は 19.4% である。死亡 47例中 22例は術中死を含む早期死で、25例は晩期死である。McGoon ら¹⁶⁾ は 1963年に 87例、1964年に 51例に大動脈弁への移植を行ない、19例 (14%) の死亡をみている。Kloster ら¹⁶⁾ は僧帽弁に 97例、大動脈弁に 127例、両弁に 42例、計 266例の移植手術を行ない、手術死亡は 49例 (19.4%)、晩期死は 12例 (4.5%) である。Bristow ら¹⁷⁾ は両弁移植を 12例に行ない、このうち手術後 6～19カ月の 11例に左、右心臓カテーテルを行ない、詳しい報告をしているが、9例は良好な生活をしている。晩期死の原因は上記報告者の殆んどが一致して、血栓による脳あるいは冠動脈栓塞・閉鎖、心内膜炎、心不全、弁の離脱、原因不明の突然死などをあげている。

以上の如く Starr-Edwards Ball Valve は極め

て良好な成績をあげているが、ベースリングを入れるために血流路は多少狭窄を呈し、Ball の離脱、嵌頓があり、僧帽弁に挿入した場合 Cage が左心室壁にぶつかり、心室壁の損傷を来す場合がある。これらの点は今後改良しなければならないと考える。

2) は一弁で代表される。Robert¹⁷⁾ は Flexible-mono cusp valve, Stuckey¹⁸⁾ は Flap-valve と称する金属製の弁の実験報告を行なっている。筆者ら¹⁹⁾ も天然ゴム製の一弁の人工弁を試作し実験を

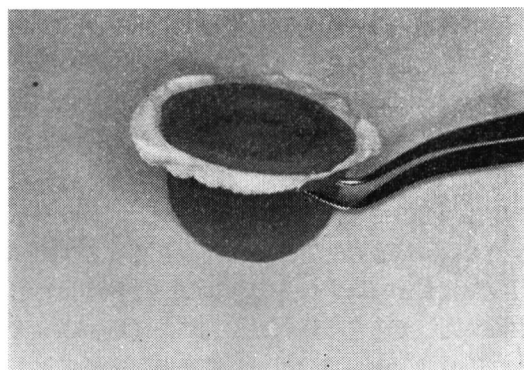
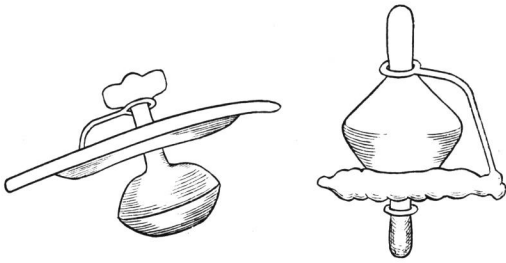


Fig. 5 教室で試作した天然ゴム製一弁

行なつた。天然ゴムという弾力性に富んだ材質を用いたので、筆者らの試作した一弁、二弁、三弁の人工弁を比較してみると、一弁が最も効率よかつた。しかし弁の可動部の一部が、ベースリングの一部と接続して、ここが常に動かぬために血栓の形成をみる欠点がある。高橋²⁰⁾ はベースリングと弁の可動部 (Silastic RTV の楕円形弁) を二本の Wire-spring で橋渡しして可動部の離脱を防ぐ新しいアイデアの Non-cage Elliptical Ball Valve と名づけた弁を試作し、動物実験を行なっている。この弁は Wire-spring の弾力に限界のあることと、断裂に心配な点があると思われる。

3) Piston type の弁は Paton²¹⁾ が試作している。また Barnard ら²¹⁾ はシイタケの笠の所をレンズ状にし、この所にささえを置いて上、下する形の U.C.T. (University of Cape Town) 人工弁を作り、僧帽弁に 18例、大動脈弁 10例、多弁 6例、三尖弁 3例に用い、死亡は 8例 (21.4%) と相当の好成績をおさめている (Fig. 6)。



Tricuspid Valve Aortic Valve
Fig. 6 U.C.T. Lenticular Valve

II) Leaflet Valve

型は大動脈の一弁と同じ型のTeflon製のBahnson²²⁾型, この弁を三つ合わせたMüller²³⁾型, 二弁のLillehei²⁴⁾型があり, 1960年から1963年にかけてLeaflet Valveが脚光をあびた。それはTeflonという線維が柔かく, 天然の弁に近い型を作ることができ, 天然の弁の機能に近かったからである。筆者ら¹⁹⁾も三弁に腱索を有するTeflon製の僧帽弁とTeflonに天然ゴムをCoatingし金属の支柱を有する僧帽弁を造つた(Fig 8)。実験的に良好であつたので, 1963年に臨床に応用した。術後10日~20日は極めて良好な経過をたどつたが, 前者は22日に一弁の縫合不全, 後者は33日に弁の外部にできた凝血による弁機能の脱落のために死亡した。1963年の中期になると, Teflon製のLeaflet Valveに批判の声が出て来た²⁵⁾。すな

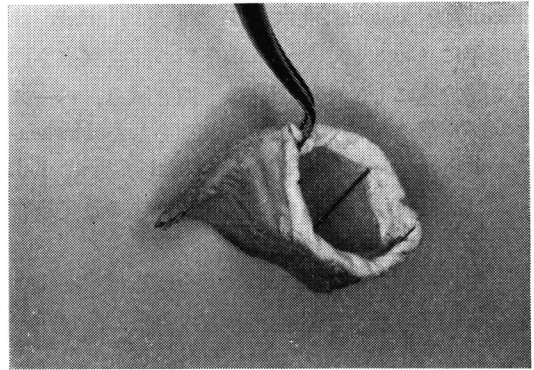


Fig. 8 教室で試作した Teflon に天然ゴムを Coating した二弁

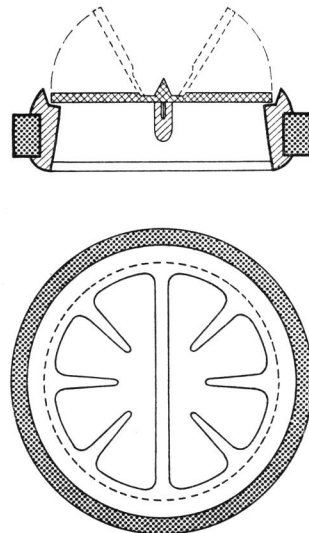


Fig. 9 Hinged-leaflet (flexible "butterfly-wing") valve.

わち, 弁の穿孔, 弁の萎縮, 弁の肥厚による弁機能の脱落である。最も多く Leaflet Valve を用いていた Kay も1964年には多くの欠点を見出して Ball Valve を使用するに至っている。

約1週間前に入手した雑誌で Young はベースリングの中央に支柱があり, 両側に蝶の羽の如き弁のある Hinged-leaflet prosthetic valve (Fig 9) を僧帽弁に移植し, 10例中死亡1例のみで8例に良好な結果を得ていることを報告しているが, 世界の犬勢は Ball Valve 使用の方向に向つている。

しかし, これは Leaflet Valve そのものの形態

型	発表年度	材 質	形 態
BAHNSON HUFNAGEL	1960	大動脈弁と類似の形態をもった Woven teflon fabric cusp Silicon rubber で被覆した Dacron cusp	
MÜLLER KAY	1960	Woven teflon flap valve の 3 cusp 型	
LONG & LILLEHEI	1961	Ivalon sponge fixation ring をもった Silicon rubber でできた bicuspid flap valve	
ESMOND LONG	1961	Silastic-dacron valve Silicon rubber bicuspid flap valve	
KAY KOLF FRATER	1960 1961 1961	teflon mitral valve で腱索あり。 Polyurethane flexible monocusp valve	
STUCKY	1959	Flap valve	

Fig. 7 人工弁の種類 (Leaflet 型)

と機能に欠点があるのではなく、材質に欠点があったと考えられる。弁の機能としては非常に優れており、多くの長所があるので、より良い材質が現われた時は再び脚光をあびると考えられる。

III) 同種大動脈弁 (Homograft Aortic Valve) の移植

Murray²⁷⁾ によつて最初に Homograft の移植が1956年に行なわれ、6例中の1例は6年の生存を得ている。1961年には DeBakery²⁸⁾ が臨床例で成功している。これらの同種大動脈弁は左鎖骨下動脈を越えた胸部下行大動脈に挿入され、疾患のある大動脈弁はそのまま残している。Bigelow²⁹⁾ は同じ方法で手術した患者の2～8年半の経過を追っているが、8例中手術死および病院死はなく、3例に晩期死(7～14カ月)があるが、生存した5例のうち4例は心臓の縮小が認められ、心臓カテーテル、Cineangiocardiology で検査した結果では、同種移植弁は明らかに機能を有していると報告している。Verwin³⁰⁾ も同様の方法で9例に手術を行ない全例生存しており、最初の例は6年半生存しており、hemodynamic を調べた結果、機能は明瞭に存在すると述べている。

その後、Coronary orifice より下に同種弁移植が実験的に試みられた。Harp³¹⁾ は子牛の弁をとり、4℃の食塩水中で4～6日保存後移植を行なった。32匹に実験を行ない、14例は5～190日生存しており、そのうち6例は100～190日生存している。175日と180日で屠殺した2例の移植弁は、正常の弁よりやや厚くなっているが、有効な機能を有し、感染や血栓形成は顕微鏡的にも認められなかつた。Ross³²⁾ は43才の男子で大動脈弁狭窄症の患者に同所同種移植を行ない成功している。

筆者ら³³⁾ は右心室→肺動脈に弁つき大動脈 Homograft を用いて Bypass を行つたが、40日の屠殺犬で三弁のうち二弁が正常に近い厚さで存在した。また接着剤を用いて犬の下行大動脈に同種移植の実験も行なつているが、血栓形成を見ることが多い。

同種弁はいわゆる人工弁とはいえないかも知れないが、広義に解釈して、同種大動脈弁移植臨床例が、8年半もその機能を有して生存することは

驚異であるとともに、今後の大きな研究課題を提出している。これ程、形態、機能共に優れている弁は無いのであるが、感染し易く、高度の肥厚、萎縮が起こり易く、これが致命傷となる。また縫合方法もその形態と機能を変えぬように行なうのは相当むずかしい。これらの解決に研究の方向を向けたいと考えている。

IV) 教室における人工弁移植の現況

上記の如く、教室でも腱索つき Teflon 製三弁、天然ゴム製二弁、あるいは Bahnsen 型人工弁などを使用したが、欠点があるので、現在では Starr-Edwards の Caged Ball Valve を用いている。Starr-Edwards の弁も前述の如く多少の欠点もあるので適応の決定には慎重を期している。

1) 適応

A.I. では自覚症が強く、特に狭心症様の疼痛発作を繰返えし、あるいは全身にしばしば浮腫を認める症例で、最低血圧は常に0、心電図上左室肥大が著明で、ST・T に変化の認められる患者を適

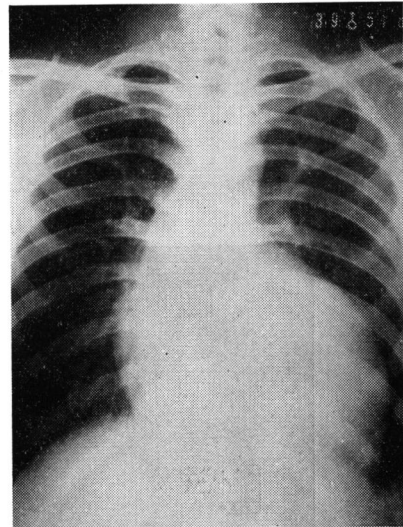


Fig 10. A.I. の患者の X-P (22才♂)

応と考えている。Starr-Edwards の弁が開発されて約5年であるため、長期予後が明確でない現在、軽・中等症は除外し、重症例を選択して行なつている。

自覚症、X-P、心電図、血圧などが重症度の判定にはなるが、閉鎖不全の程度を決定するには逆

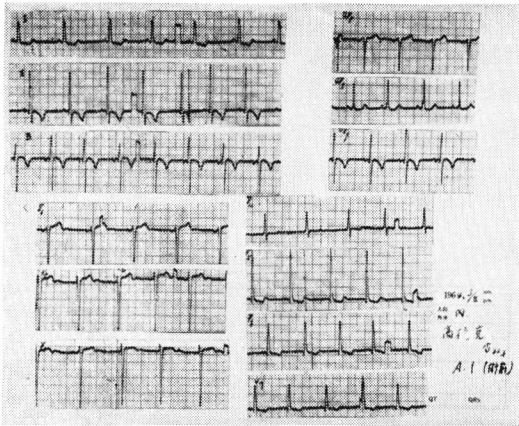


Fig 11. A.I. の患者の心電図 (♂22才)
高度の左室肥大, STTの変化あり

逆行性 Angiocardigraphy (Fig12) を行なう必要がある。腋下あるいは股動脈から Catheter を大動脈弁の直上まで入れて、30~40ccの造影剤を急速注入管で 1.0~ 2.0秒間に注入する。判定基準は Lillehei³⁴⁾ のものにほぼ従っている。すなわち、

+: 左室は造影されない。逆流した造影剤の噴出像が認められる。

++: 左室の薄い造影と逆流像。

+++: 左室の濃い造影像。逆流像は通常認められない。

++++: 大動脈よりも濃厚な左室の造影像。

手術の対象となるのは、卍と卍である。

最近、筆者らは本学放射線重田講師の指導で、逆行性 Angiocardigraphy の際に心拍連動撮影装置を用い、造影剤を心室拡張期の初期に注入し、拡張期末期に撮影する。これで大動脈弁の閉っている間の逆流の部位と程度がわかる (Fig 13)。次に心室拡張期の初期に注入し、1心拍後の拡張期末期に撮影すると、左心室の拡張の程度と心拍の間の逆流量がわかる (Fig14)。

M.I. も自覚症が強く、X-P で心拡大が著明で、心電図上 P の変化があり、左室肥大が認められる症例を対象としている。M.I. も左心室に挿入した Catheter での逆行性 Angio. が、逆流の程度を最もよく示す。Lillehei と Bjök の判定基準をもとに次の如くに分類する。

+: 左心房への Jet 状の逆流像が認められるか、薄い一過性の左心房の造影が見られ、左室および大動脈の造影像の方がはるかに濃い。

++: 左心房の造影像は+よりも濃く、左心房が完全に造影された時に、大動脈の造影は下行大動脈に達する。

+++: 左心房の造影は非常に濃く、左心房の拡大が認められ、左房が完全に造影された時の大動脈の造影は大動脈弓までである。

++++: 左心房の造影濃度は左室、大動脈とはほぼ同

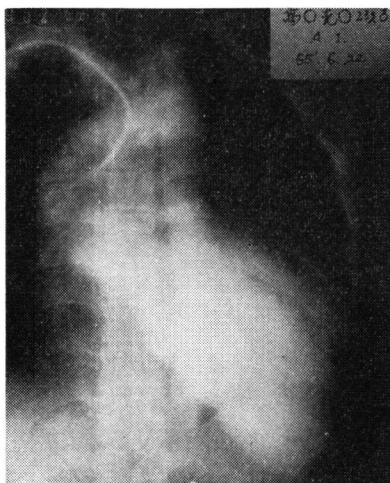


Fig 12. A.I. の逆行性 Angiocardigraphy 大動脈よりも却って濃い左心室が認められる。左心室は拡大している。分類の卍を示す。

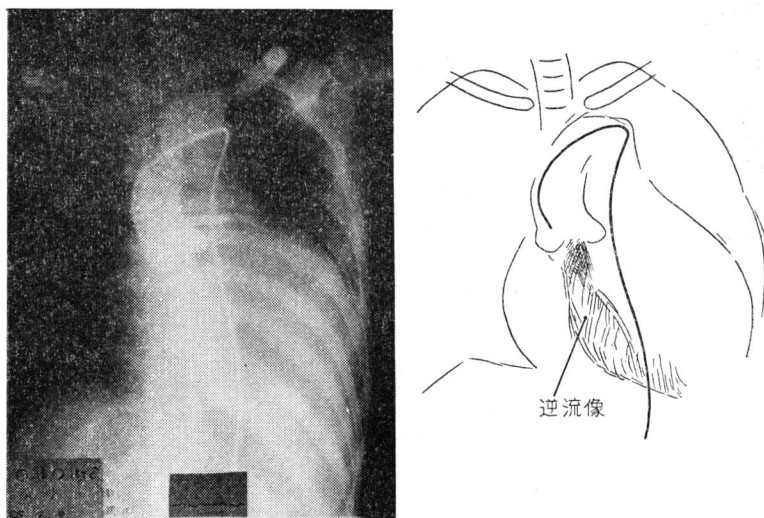


Fig 13. 大動脈弁の閉っている時の逆流像 (Jet 状の逆流が認められる) 18才♂

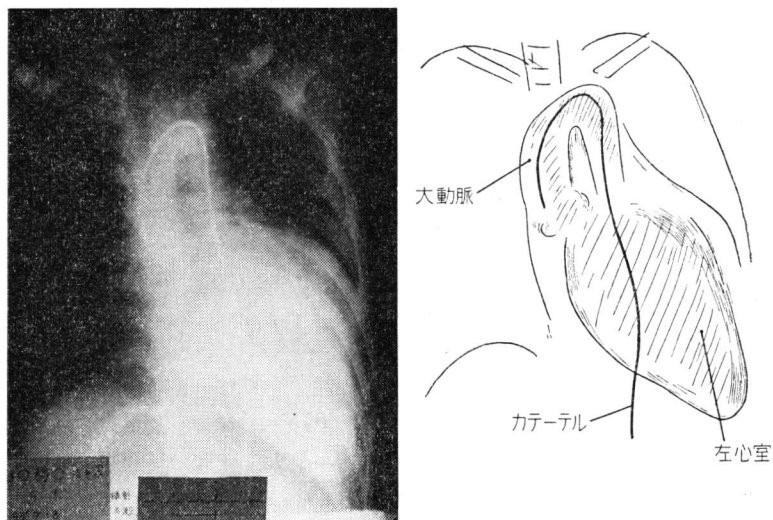


Fig 14. 一心搏後の逆流像 (拡大した左心室が認められる) Fig 13 と同一の患者 (18才♂)

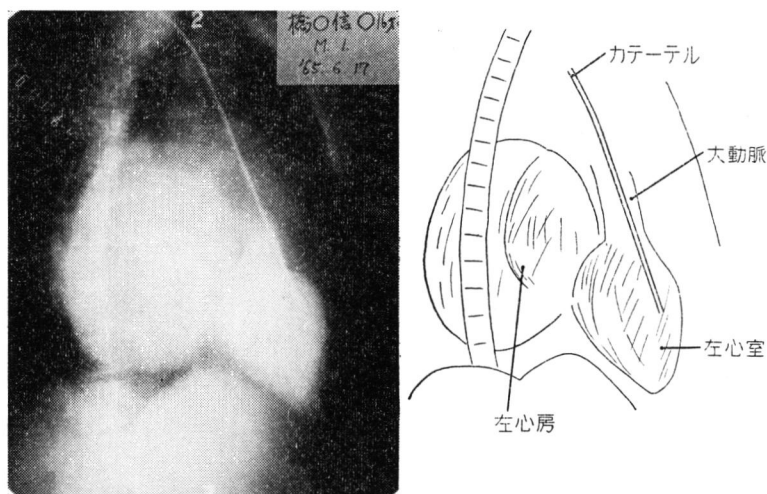


Fig 15. M.I. の逆行性 Angio. 左心房の著明な拡大が認められる. 大動脈の造影は上行大動脈の起始部. 分類の冊に属する.

じか却つて濃く、著明に大きい左房を認め、左房が完全に造影された時の大動脈の造影は上行大動脈までである。

手術の対象となるのは卅, 卅である。

2) 手術方法, 成績および改良した事項

手術は人工心肺装置廻転の下で行なう。A.I. の時は胸骨正中切開で、M.I. の時は左側開胸で入る。直腸温 30°C まで全身を冷却し、A.I. の時には冠循環を行なう。大動脈弁あるいは僧帽弁の弁をとり去り、Tetron 糸にて Starr-Edwards の弁を本来の弁の切除部に約25糸~30糸で縫合する。

手術を行なつた順に手術成績(昭和40年10月現在)をみると、14例までは不良な成績であるが(Table 1), 種々検討を行ない、次の如き改良を行なつた結果、15例以降(Table 2)はほぼ満足すべき成績となつたので、その改良点を次に述べる。

i) 冷却法および体外循環の灌流量

初め体表面冷却と循環冷却を併用していたが、冷却に長時間を要するのと、 Pco_2 の減少が著明で、高度の呼吸性アルカローシスになる傾向が認められたので、表面冷却をやめ、循環冷却のみに切り替えると共に、体外循環の灌流量を $1.7\sim 2.4\text{L}/\text{min}/\text{M}^2$ と増加させた。この結果、 Pco_2 の減少が少なく、酸塩基平衡は正常か、極く軽い呼

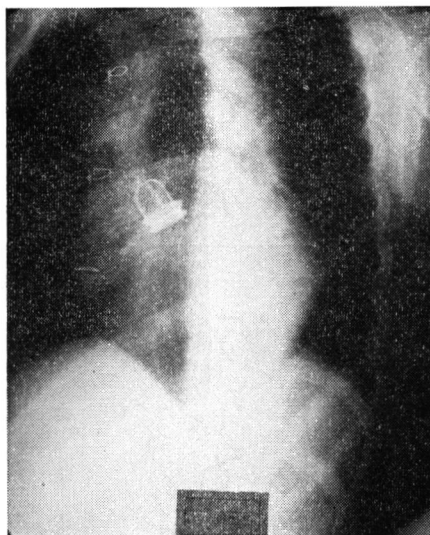


Fig 16. Starr-Edwards の弁を大動脈に移植

吸性アルカローシスがみられるのみとなつた³⁵⁾。

ii) 手術方法の改良点

a) 大動脈壁の切開を横切開から、なぎなた状あるいは縦切開にした。横切開では肺動脈側のうら側まで切開創が延びた場合、縫合と止血が極めて困難なためである。

b) 冠動脈への灌流は1台のポンプを用い、Y字管によつて左、右に分けていたが、一方に抵抗

Table 1. Starr-Edwards人工弁挿入症例 (其の1)

No.	手術年月日	姓名	性	年齢	病名	挿入弁の大きさ	予後
1	'63. 8.26	高○佳○代	♀	25	A I	12A	†
2	'64. 4.23	川○逸○	♀	15	M I	3M	† 1年 2ヵ月
3	5. 6	小○山○	♂	23	A I	13A	
4	7.27	中○真○子	♀	13	V S D + A I	12A	
5	8.31	高○義○	♂	12	V S D + A I	12A	† 第3 病日
6	9.16	森○富○子	♀	35	M I	3M	
7	10.16	横○典○	♀	18	V S D + A I	13M	† 第3 病日
8	10.21	中○忠○	♂	24	A I	11A	
9	12.21	石○久○	♂	32	A I + M S	11A	† 第5 病日
10	'65. 1.29	松○次○	♂	23	A I	12A	† 第7 病日
11	2.15	成○和○	♀	19	M I	4M	† 翌日
12	3. 3	上○達○	♀	28	M I	4M	† 第10 病日
13	3.10	○勝○	♂	22	A I	12A	†
14	3.15	齋○力○	♀	23	M I	4M	† 第12 病日

がかかると他方に必要以上の血液が流れ、かつ、左右どっちの冠循環が行なわれているか判然としないため、2台のポンプを用い左右別々に冠循環を行なうことにした。

c) 弁を切除する場合、弁を少し残し、深く切り込まぬように注意した。大動脈弁、僧帽弁とも完全に弁を切除してしまうと、縫合が極めて難しく、弁を深く切り込んでしまったために縫合不全を起こした例があるからである。

d) 人工弁を挿入する前に弁口の計測を行なうが、丁度よい大きさの弁が無い場合は小さめの弁を用いる。大き過ぎる弁を無理に挿入したため、Teflon の布の部分が金属の支柱内にめり込んで、この布が Ball を嵌頓させることがあるからである。

e) 人工弁の縫着部と Coronary orifice とは充分に離す必要がある。Coronary orifice に近いと冠循環が悪くなる。

f) M.I. の場合、左心房壁の切開は左冠動脈廻旋枝の上、約 1.5cm を切り肺静脈まで切開創を拡げると手術野が非常に広がる。肺静脈を切つ

Table 2. Starr Edwards人工弁挿入症例 (其の2)

No.	手術年月日	姓名	性	年齢	病名	挿入弁の大きさ	予後
15	'65. 3.31	笠○知○	♀	20	M I	4M	
16	4.14	石○千○	♂	14	M I	2M	
17	6.16	坂○謙○	♂	17	A I	12A	
18	6.21	篠○伸○	♂	26	A I	12A	
19	6.23	鳥○葉○	♀	29	A I	11A	
20	7.21	福○篤○	♂	26	A I	11A	
21	8.18	河○深○	♂	29	M I	4M	
22	8.20	原○操○	♀	29	M I	4M	
23	9. 8	高○克○	♂	24	A I	11A	
24	9.10	美○修○	♂	24	M I	3M	
25	9.15	橋○信○	♂	16	M I	3M	
26	9.20	鈴○英○	♂	20	V S D + A I	11A	†
27	9.26	福○清○	♂	22	A S	10A	†
28	9.29	石○勝○	♂	19	A I	11A	
29	10. 4	岩○七○	♂	25	A I	12A	

ても縫合には困難を感じない。

以上の点を改良してから手術成績は向上している。

3) 予後

最長生存例が1年9ヵ月であるために、長期予

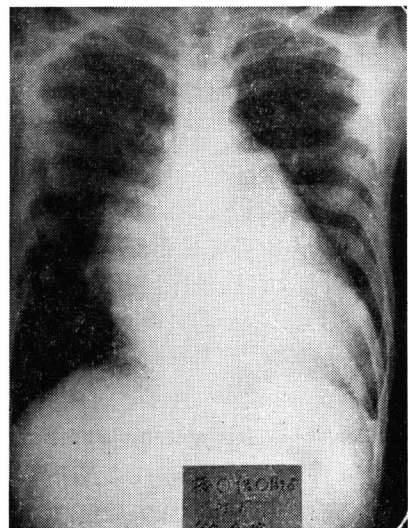


Fig 17. M.I. (16才♂) の術前 X-P

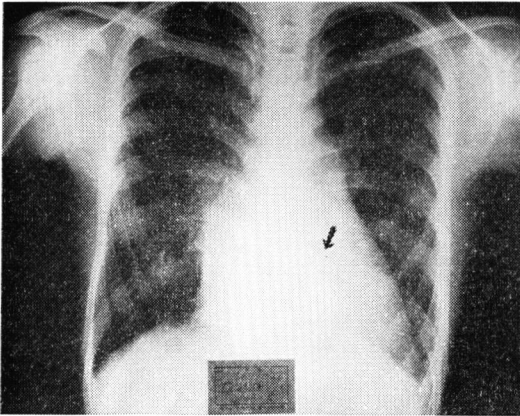
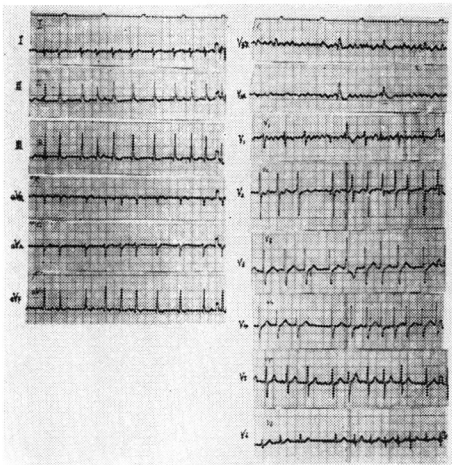


Fig 18. Fig 17 と同一患者の術後 X-P
(著明な心臓陰影の縮少をみる)
(矢印が移植した人工弁)

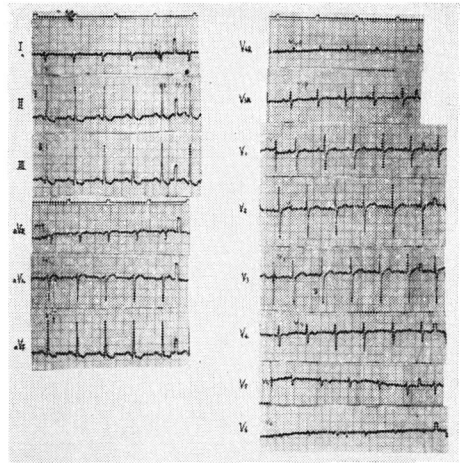


術前 橋○信○17才 (M I)
Fig 19. M.I. (17才) の術前心電図
(心房細動)

後を論ずることは未だできないが、A.I.の患者で狭心症様疼痛発作を繰り返すような例では発作が全く無くなり、M.I.の患者では X-P の上で心臓の著明な縮小を認め、生存例全例に自覚症の改善がみられる。(Fig 17 と Fig 18 の X-P を比較されたい)

結 語

人工弁 (Valve の Homotransplantation をも含めて) を形態的分類を試み、その長所欠点をあげ、文献的に考察を加えた。また教室における人工弁移植の現況をも報告した。



術後 橋○信○17才 (M I)

Fig 20. 同一患者の人工弁移植後心電図 (洞性調律)

現在の人工弁は未だ解決すべき多くの点があるので、より新しい、より良い人工弁の開発を志している。

(稿を終るに当り、御指導を頂いた榊原任教授に心から感謝致します。)

文 献

- 1) Bigelow, W.G. et al: J Thor Cardio Surg 44 1 (1962)
- 2) Kay, J.H. et al: Surgery 50 67 (1961)
- 3) Hufnagel, C.A. et al: Bull. Georgetown Univ. Med Center. 4 119 (1952)
- 4) Harken, D.H. et al: J Thor Cardio Surg 40 744 (1960)
- 5) Bahnson, H.T. et al: Ann Surg 152 492 (1960)
- 6) Kay, E.B. et al: Circulation 21 568 (1960)
- 7) Starr, A. et al: J Thor Cardio Surg 24 673 (1961)
- 8) Vernal, M.C., M.M. Newmam, et al: J Thor Surg 33 698 (1957)
- 9) Harken, D.E. et al: J Thor Cardio Surg 40 744 (1960)
- 10) Starr, A.: Prosthetic Valve for Cardiac Surgery. (1961) p. 319~328
- 11) Hufnagel, C.A.: 10) の p. 451~461
- 12) Harken: 東大における講演
- 13) Cartwright, K.S. et al: Vol. X. Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs. (1964) p. 231~234
- 14) Cooley, D.A. et al: Dis Chest 46 339 (1964)
- 15) McGoon, D.C. et al: Circulation (Supplement) XXXI 108 (1965)
- 16) Kloster, F.E. et al: Progress in Cardiovas

- Dis. 7 6 (1965)
- 17) **Robert, W.M. et al:** : 13) と同じ p. 244~265
- 18) **Stuckey, J.H. et al:** 13) と同じ p. 266~276
- 19) 倉重賢三: 東女医大誌 35 (11) 656 (1965)
- 20) 高橋雅俊: 日胸部外会誌 12 9 (1964)
- 21) **Paton, B.C.:** 13) と同じ p. 190~195
- 21) **Barnard, C.N.:** Surgery 57 2 (1965)
- 22) **Bahuson, H.T. et al:** Ann Surg 152 494 (1960)
- 23) **Müller, W.H. et al:** Circulation 21 587 (1960)
- 24) **Long, D.M. & C.W. Lillehei:** Surg Forum 10 160 (1960)
- 25) **Björk, V.O. et al:** J Thor Cardio Surg 45 5 (1963)
- 26) **Young, W.P. et al:** J Thor Cardio Surg 50 6 (1965)
- 27) **Murray, D.W.G.:** Angiology 7 466 (1956)
- 28) **Beall, A.G.—and DeBakery:** J Thor Cardio Surg 42 497 (1961)
- 29) **Bigelow, W.G. et al:** J Thor Cardio Surg 48 3 (1964)
- 30) **Kerwin, A.J. et al:** New Engl J med 86 805 (1962)
- 31) **Harp, R.A. et al:** Surg Forum XIV (1963)
- 32) **Rors, D.N. et al:** Lancet 1962 2 487
- 33) 新井達太: 胸部外科 19 (7) (1966) (掲載予定)
- 34) **Sellers, R.D. & C.W. Lillehei:** Amer J Cardiol 14 (4) 437 (1964)
- 35) 金子俊昌: 東女医大誌 35 (12) 794 (昭40)