

心筋機能と弁膜症手術について

京都大学医学部外科学教室第2講座（指導：日笠頼則教授）

鯉江久昭，杉谷 章，楠原健嗣，村岡隆介，小西 裕

京都大学医学部内科学教室第3講座（指導：高安正夫教授）

柳 沼 淑 夫

〔原稿受付：昭和47年11月26日〕

Myocardial Performance and Valvular Surgery

by

HISAAKI KOIE, AKIRA SUGITANI, KENJI KUSUHARA,
RYUSUKE MURAOKA, YUTAKA KONISHI,

The 2nd Surgical Department, Kyoto University Medical School
(Director : Prof. Dr. YORINORI HIKASA)

TOSHIO YAGINUMA,

The 3rd Medical Department, Kyoto University Medical School
(Director : Prof. Dr. MASAO TAKAYASU)

Preoperative as well as postoperative hemodynamic evaluations were performed in patients with rheumatic valvular diseases. Several parameters related with myocardial contractile state were measured.

In mitral stenosis, postoperative hemodynamic improvement was less satisfactory in those patients whose preoperative assessment revealed impaired left ventricular myocardial function, as compared with those patients whose left ventricular function was not significantly impaired preoperatively.

It was expressed that the impaired myocardial performance which existed preoperatively might have an influence upon long-term postoperative status of valvular diseases

Functional tricuspid insufficiency was followed after performing mitral valve surgery. Persisting tricuspid insufficiency after mitral surgery was observed mostly in those patients whose preoperative evaluation revealed low cardiac output without significant elevation of pulmonary arterial pressure and low ejection fraction of left ventricle. And it was suggested that these evaluations might be indicative of impaired right ventricular myocardial performance.

緒 言

弁膜症手術において、術前の心筋収縮力の低下が術後も残存し得ることは漠然と認められて来たが、それを具体的に把握することはむづかしい。著者らは、術前の血行力学的評価と、術後の改善度とを関連させ、検討することによって本問題の理解に役立てようと試みた。

症 例

京大第2外科において手術したリウマチ性弁膜症患者について検討した。

方法及び結果

左室容積の算出は、逆行性左心室造影による A-P Film により、図1の様におこなった。これは、

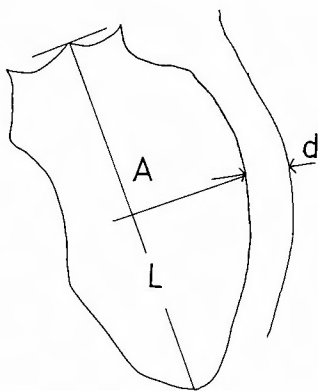


図1 A-P Film による左室容積の算出式

$$D = 4A/\pi L$$

$$V_{A-p} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \frac{L}{2}$$

$$V_{corr} = 0.951 V_{A-p} - 3.0$$

$$V'_{corr} = 0.808 f^3 A^2 / L - 3.0$$

f = correction factor

A = planimetric area

L = major axis D = minor axis

d = wall thickness

$$\text{Tension} = \text{Stress} \times d (\text{Wall thickness})$$

$$\text{Stress} = \text{Pressure} / \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) d$$

$$\text{Relative Wall Thickness} = \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) c'$$

$$R_1 = \frac{D}{2}$$

$$R_2 = \left(\frac{L}{2} \right)^2 / \frac{D}{2}$$

d Wall thickness

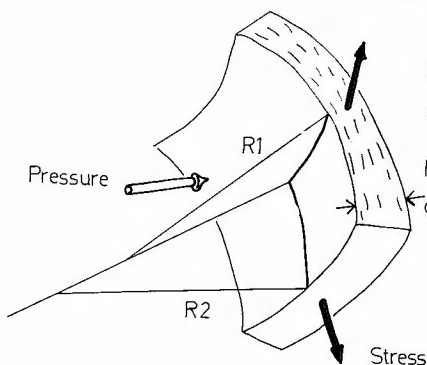


図2 左室壁 Stress 値及び Relative Wall Thickness の算出

Sandler, Dodge等¹⁾の式を基礎とした。曝射サインにより判定した収縮終期及び拡張終期における左室容積の比を左室駆出率(EF)とした。又中線延長上外側自由壁の厚さを測定し、左心室を回転橢円体と考えて、壁の厚さを2方向の曲率半径で割って、Relative Wall Thicknessとした。左室壁 StressをLaplaceの式 $\text{Stress} = \text{Pressure} / \left(-\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) d$ により計算した²⁾(図2)。

近来、多くの報告にみる様に、心筋機能に関係した指標には種々のものがある。著者らはそのいくつかについて測定、計算をおこない、弁手術患者の術前評価を試みた(表1)。それらの、あるいはその他の指標のなかで、どの指標を今後用いたらよいか更に検討が必要であるが、本論文では主として左室駆出率(EF)

表1 弁手術患者の術前評価

症 例	病 名	手 術	Vmax circ./sec.	mean dR/dt/R* circ./sec.	左室駆出 率 %	90% of ** Peak Stress/ LVET ₁	80% of Peak Stress/ LVET ₁	"△Stress"値 10 ³ dynes/ cm ²
Y. H.	MS	交連切開	1.47	0.64	35	0.48	0.72	- 87
Y. M.	AI+MS	A弁置換 M弁交連切開	1.90	0.91	48	0.37	0.55	
N. S.	MS	交連切開	1.91	0.71	47	0.37	0.49	- 50
N. Y.	ASI+MSI	A弁置換 M弁置換	1.33	0.54	46	0.42	0.55	154
Y. S.	AIS	A弁置換	1.59	0.78	50	0.29	0.45	
A. M.	MI	弁 形 成	1.23	1.00	66	0.28	0.41	-135
I. Y.	MS	交連切開	1.19	0.74	53	0.18	0.33	

* Mean circumferential shortening ratio

** 最高応力の90%値以上の持続時間/左室駆出時間

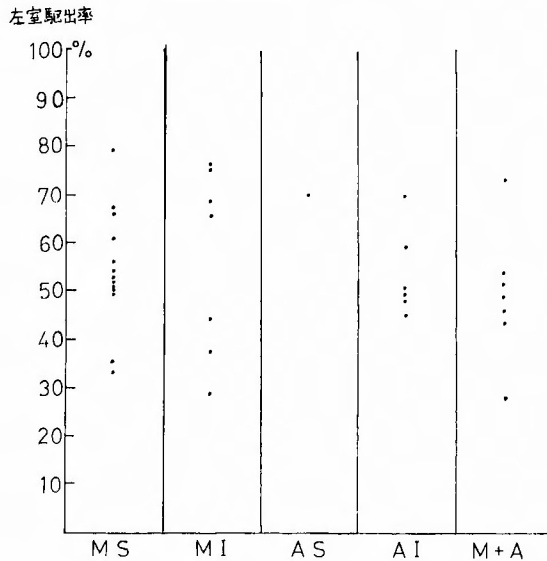


図3 弁手術例の術前における左室駆出率

MS 僧帽弁狭窄症 MI 僧帽弁閉鎖不全症 (MSIを含む)
 AS 大動脈弁狭窄症 AI 大動脈弁閉鎖不全症
 M+A 大動脈弁及び僧帽弁膜症

と, "△Stress" (柳沼) 値 (又は "Stress Change" 値 (柳沼)) をとりあげてみた。

図3は, 弁手術症例の術前に於ける左室駆出率を示した。正常心筋におけるそれは50%をさがらないものとされており, 我々の Control 例4例の平均は67% (57~79%)であった。

収縮初期の大動脈弁の開いた時期における 左室壁 Stress 値と, 収縮終期の大動脈弁の閉じる 時期の

Stress 値との差を"△Stress"値 ("Stress Change" 値) としたか, この値は心筋の収縮速度の変化と関係していると推察出来るので, 心筋収縮力に関連した1指標としてとりあげ検討を加えたのである。図4は, 同じ程度の Peak Stress 値を有する症例でも, 心不全を有するものと, ないものとでこの値が異りうることをしめしたものである。"△Stress"値が正の値にかたむく場合, 即ち収縮終期における Stress 値が収縮初期

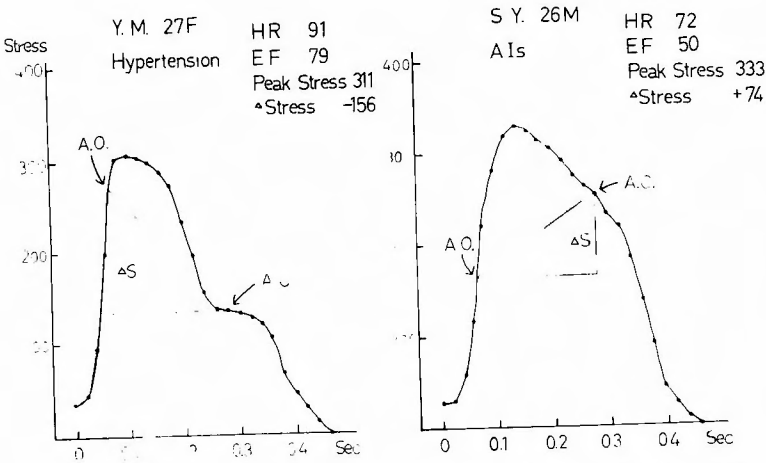


図4 同じ程度の Peak Stress 値を有しながら “ΔStress” 値が異なる 2 例。
症例 S. Y. は心不全例

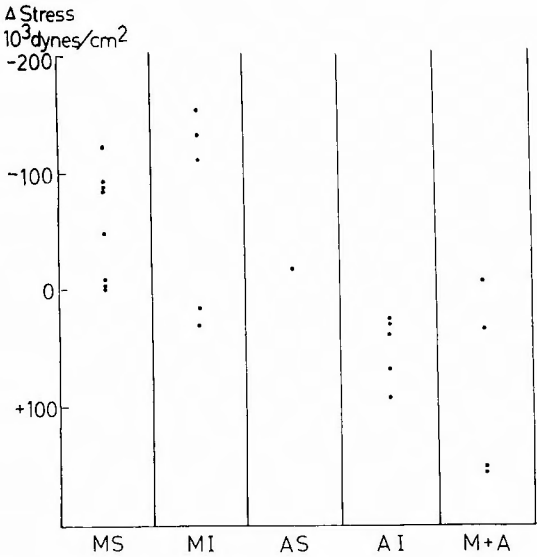


図5 各手術症例における “ΔStress” 値

の値より高い傾向にある場合心筋収縮力の不全を示唆しうるものと我々は考えている。しかし、図5に示した様に、この値は各弁疾患によって可成りまちまちであり、今後の検討が必要である。Control 4例の平均は $-56 \times 10^3 \text{ dynes/cm}^2$ であった。

表2は僧帽弁狭窄症(MS)手術例の術前評価である。いずれも、直視下交連切開を実施した症例である。この表を見ると、左室拡張終期圧は全例正常範囲内にある

が、中には左室拡張終期容積が大きい例があった。即ち、我々のControl 4例では、すべて体表面積 1M^2 あたりで 100ml 以下であったのに対し、同条件下で計測したMS例で、表の様に 100ml を越えるものがしばしばみとめられた。又、左室駆出率が低下したもの、“ΔStress” 値が0付近にあるものもあり、これら3つを指標として総合判断し、ぼうとうの○印で示した3症例を、左室心筋不全の存在が推定される症例と判

表2 MS手術例の待前評価

僧帽弁狭窄症		肺毛細管圧 mmHg	左室 拡張 終期 張圧 mmHg	左室 拡張終期 容積/M ²	左室駆出率	“△Stress” 値
症 例	調 律					
H. K.	NSR	21	8	77ml/M ²	79%	
○I. K.	AF	17	3	123	33.3	— 510 ³ dynes/cm ²
○T. C.	AF	21	5	134	54	— 3
N. K.	NSR	14	3	100	50.3	— 93
I. M.	AF	14	3	106	50.4	— 85
K. A.	AF	10	8	88	61	—122
○Y. H.	AF	29	10	117	35	— 87
N. S.	NSR	16	6	74	52	— 50
N. M.	NSR	22			66	
S. S.	NSR	10			66	
Y. S.	NSR	25	8		56	
Y. C.	AF	16	7		51.3	
I. Y.	NSR	20	10	108	54	

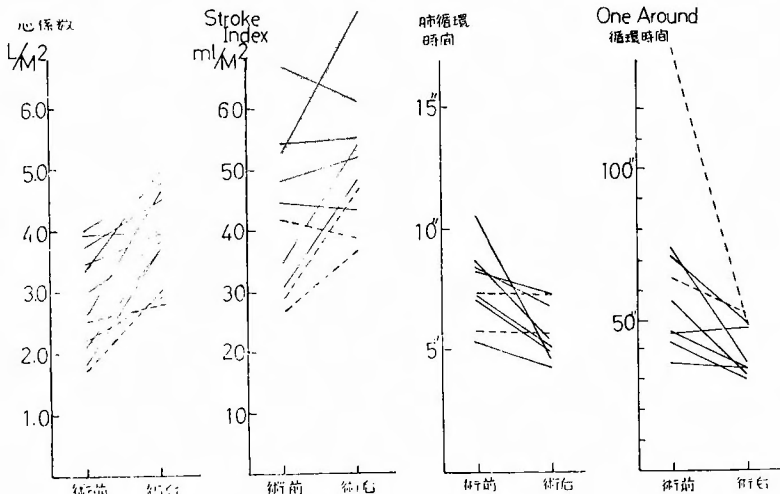


図6 純型僧帽弁狭窄症手術（直視下交連切開術）
前後の血行動態（RCG. 心カテーテルによる）
破線は術前から心筋収縮力の低下が推定された例

定して、その他の症例と比較した。

図6は、これらMS患者の心カテーテルや Radiocardiogramによる術前後計測所見で、Stroke Index や Cardiac Index、循環時間の術後改善度が、左室心筋収縮力の不全を疑わしめた症例において不著明の傾向がうかがわれた。

次に、機能性三尖弁閉鎖不全について検討をおこなった。僧帽弁、あるいは大動脈弁手術で機能性三尖弁閉鎖不全(functional TI)を放置した症例の術後遠隔でTI症状残存の有無をしらべたのが、図7である、TI

症状が著明に残存している2例は、いずれも術前心係数が2.0 L/min./M²以下の低値であり、肺動脈圧は50mmHg以下で肺高血圧が著明ではなかった。

図8では、functional TIを有する例を術前の肺動脈収縮期圧及び心係数について検討したものであり、TIの高度残存例や、三尖弁同時手術例では術前心係数が低い傾向にあるのがうかがわれる。

図9は、同じ患者の、術前の肺動脈圧と左室駆出率であり、TI高度残存例や、三尖弁同時手術例で左室駆出率が低い傾向にある。

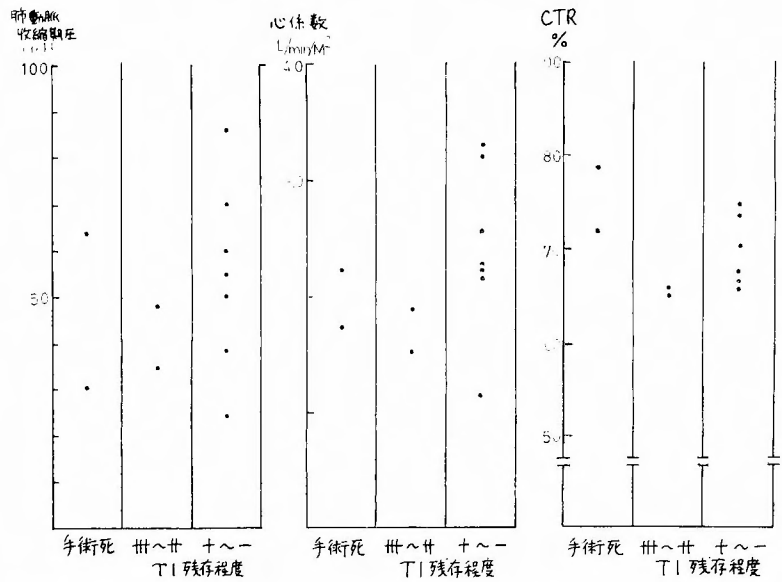


図7 手術時に TI を確認し、しかもこれを放置した例の術后 TI と、術前 PA 圧, CI, CTR との関係

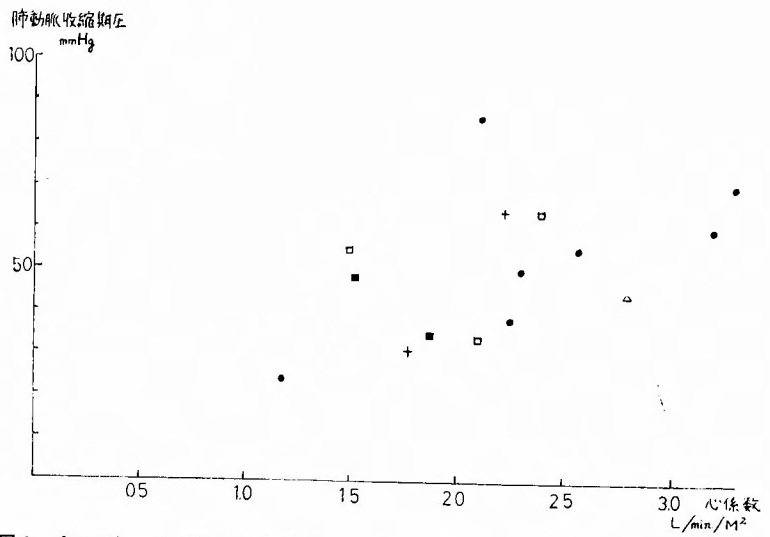


図8 functional TI を有する例の術前 PA 圧及び心係数

- TI の術後残存が高度ないし中等度の症例
- 三尖弁に弁輪縫縮, 弁置換等の手術をおこなった症例
- + 術死亡例
- TI が消失, 又は殆んど消失した例
- △ 器質性 TI 症例

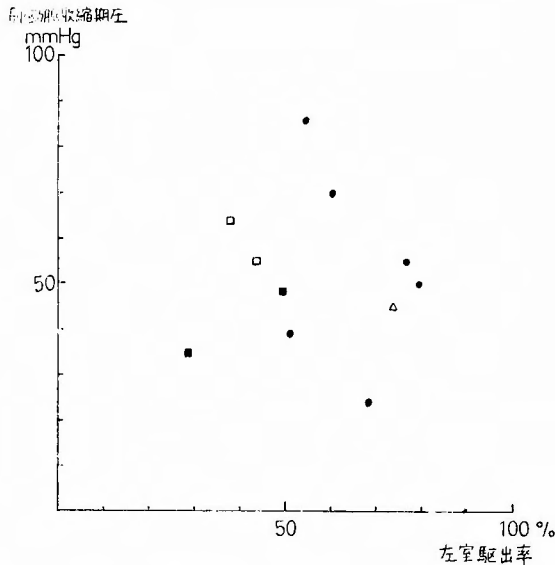


図9 functional TI を有する例の術前 PA 圧及び左室駆出率

考 按

弁膜症の病像に心筋因子が関与しているであろうことは以前より推測されて来た。

Fleming³⁾は心筋の機能不全がリウマチ性 MS 750 例中 3.2% に於いて症状発現の原因であったと述べているが、そのような症例では疲労、再発性心不全、動脈栓塞、及び心房細動の長い歴史があり、而も軽度の MS 症状を合併していたことが特徴的で、低心拍出量を認めるが、安静時左房圧等は殆んど正常であったとしている。このような症例では、僧帽弁切開手術の効果もあがらないし、また術後の栓塞をも防止することは出来ないという。

弁置換術で弁膜症患者の弁機能が略々正常近くまで回復しながら、なお心機能障害が残存している例のことが屢々経験される。僧帽弁置換術後は⁴⁾、心拍出量は通常術後早期には異常に低く、3～6 時間後に最も低下する。そして術後 48 時間位それは持続する。その後上昇傾向を示し、7 日位を経てやっと正常範囲にまで回復するようである。このように心機能を減少せしめる因子中のあるものは後には働かなくなるが、症例によっては術後 6 ヶ月以後の検討でも種々の程度の心機能障害が残存している^{4,5)}。

心拡大の面からみても、これが、僧帽弁置換術後不変、あるいはいくらかの例では却って増強していることさえあることが報告されており^{6,15)} しかも左室機能

障害のためと考えられうるのである。

このような左室機能の障害が、術前よりの心筋障害による以外に、手術時の心筋に対する侵襲、例えば開心手技や、腱索切断といった外傷が加っているかどうかはなお明確ではないが、犬における実験結果では⁷⁾ ボール型僧帽弁置換及び腱索切断によっては左室機能は術後障害されないという。

又、Braunwald 等の報告する如く⁸⁾、単弁手術例に比し大動脈弁及び僧帽弁の二弁置換術後には左室機能の障害が残存する頻度が高いことは、このような連合弁膜症が進行した弁疾患であると解釈し得るところから、術前よりの影響が残存している可能性が大いに考えられる。このような術前よりの左室心筋不全を招来せしめる可能性として、リウマチ熱その他による広範な心筋線維の崩壊と線維化^{9,10)}、あるいは弁障害の結果起る血行力学的負荷による心筋障害¹¹⁾が大いに考えられるが、その相関関係についてはなお確実に証明されているわけではない。

本論文においては、単純な MS の場合をとりあげた。この疾患では左室には圧、容積負荷は存在しない。Davila 等¹¹⁾、本症では左室心筋の変化が臨床的に問題となることは稀であるとさえしている。

Kasalickey は¹⁰⁾これに対し、MS の中には運動負荷時に左室拡張終期容積の増加を示さず拡張期圧のみが上昇してくるものがあることを指摘、左室不全の初期の徴候であるとし、その原因は左室壁がうすくな

り、線維性変化を来していることにあるとした。

又、左心室の非同時性収縮による左心機能への影響も亦報告されている。

我々のMS例では、Kasalickey が述べたのと同じく、左室拡張終期容積がかえって大きくなっている例があることを示しているが、これらの症例は別に hyperkinetic な心臓ではなく、左室駆出率の低下や、左室壁 Stress 値の変化をも伴っていることなどから判断して、術前既に左室心筋不全が存在したと推定出来、この様な例で術後の改善がよくない傾向にあるというわけである。

そこで、左室心筋機能の低下を具体的に表現することが心臓手術の予後や適応をさだめる上において又考慮すべき事柄のように思われる。心係数などは測定も簡単に広く用いられており、良い指標になり得るが、勿論、心筋性因子のみならず、その他の諸因子によっても影響を受けており、それは弁障害のみによっても低下し得るものである。

所謂心筋の収縮力に関しては、1つの指標のみによってそれを表現することは出来ないが、現在臨床的には心拍出量や心内圧測定や、心造影手技を用いて各種指標の計測が実施されるようになって来た^{12,13)}。即ち $V_{max}, \max \frac{dp}{dt}, \frac{dp}{dt}, IIT, \text{左室壁 Stress 値の変化, 左室拡張終期容積, 左室拡張終期圧, 左室駆出率, その他種々の指標をあげる事が出来よう。}$

併し、それらの指標の多くは、弁性因子の関与しているもの、あるいは又、前、後負荷や脈拍数等種々の因子の変化によっても影響をうけ得るものである。負荷による影響を除外し得るものとして、負荷が零となる点での筋収縮速度をあらわす V_{max} がもっとも信頼されているが、なお指標の選択や、計測方法をめぐって、現在諸家の興味の大なる分野でもある。

左室造影法により測定される左室駆出率は、前、後負荷により影響を受けるが、計測は割合簡単であり、臨床症状と対比してその信頼度は比較的高いように思う。

右室心筋については、その機能を臨床的に推定し得る指標は左室のそれよりすくない。右室の $\max \frac{dp}{dt}$ 値、あるいは Thermodilution法¹⁴⁾ による右室拡張終期容積の計測や、それをもとにした右室駆出率の測定などがあげられるか、現在なお研究の段階にあるといえる。

従来、僧帽弁膜症で右心不全が加ってくると、それ

まで顕著であった肺うっ血の症状が軽減して来ることが知られていたが、我々は右心不全を低心拍出量+高度肺高血圧の不在によって推定出来るのでないかと考えた。たとえば、先に述べた様に、左心系弁手術々後にも機能性三尖弁閉鎖不全症が残存した症例が術前の心係数 2.0 L./min./M^2 以下の低値で、しかも肺動脈圧が 50 mmHg 以下であったことから、この様な例では右室心筋不全のため肺動脈圧が上昇しにくいものであったと推定することが合理的と考えたのである。又、この様な例で、左室駆出率の低下が伴っていたことから推測して、リウマチ性病変の、右室を含めた心筋の全体的な傾向としてこれをあらわすものとして、左室駆出率をもってることがある程度許されるものか、今後の検討に値いすると思われる。

結 語

リウマチ性弁膜症に於いて、術前の心筋収縮力の低下が術後の改善に影響を与え得る可能性を述べた。又、TIと低心拍出量及び肺高血圧、非著明性、左室駆出率低下との関連性について検討をおこない、右室心筋機能の評価に有用であり得る事を述べた。これらは、弁膜症の評価や、手術適応の決定に示唆を与え得るものとして、更に検討を加えて行きたい。

参 考 文 献

- 1) Sandler, H. & Dodge, H. T. The use of single plane angiocardiograms for the calculation of left ventricular volume in man. *Am. Heart J.* 75 : 325, 1968.
- 2) Woods, R. H. : A few applications of a physical theorem to membranes in the human body in a state of tension, *J. Anat. & Physiology*, 26 : 302, 1892. (cited from A. C. Burton : *Physiology and Biophysics of the Circulation*, Year Book Medical Publishers, Chicago, (1965).
- 3) Fleming, H. A. : The Myocardial factor in mitral valve disease. *Brit. Heart J.* 21 : 117, 1959.
- 4) Rastelli G.C. et al : Hemodynamic state early after prosthetic replacement of mitral valve, *Circulation* 34 : 448, 1966.
- 5) Hultgren, H. et al. : Cardiac function following mitral valve replacement, *Am. Heart J.* 75 : 302, 1968.
- 6) Washio M. : Panel discussion on the operative indication for the rheumatic valvular diseases. *Jap. Circul. J.* 35:1127, 1971.

- 7) Rastelli G. C. et al : Exercise tolerance and hemodynamic studies after replacement of canine mitral valve with and without preservation of chordae tendineae. *Circulation*, **35** (Suppl. 1) ; 34, 1967.
- 8) Mason D. T. et al. : Combined prosthetic replacement of the mitral and aortic valves : preoperative and postoperative hemodynamic studies at rest and the left ventricular response to Muscular exercise, *Circulation* **35** (Suppl. 1) : 15, 1967.
- 9) 吉田浩他 : 心臓弁膜症における血行動態, 総合臨牀 **18** : 1813, 1969.
- 10) Kasalický et al. : Left heart haemodynamics at rest and during exercise in patients with mitral stenosis, *Brit. Heart J.* **30** : 188, 1968.
- 11) Davila J.C. et al.: Anatomy and Pathology for the surgeon, *Arch. Surg*, **84** : 174, 1962.
- 12) Sanmarco M. E. et al.: Myocardial Contractility : Definition and Measurements, *Prosthetic Heart Valves* (Brewer) p. 329. C.C. Thomas.: Springfield, Illinois
- 13) Falsetti, H. L. et al.: Vmax as an index of contractile state in man, *Circulation*, **43** : 467, 1971.
- 14) Rapaport, E.M. et al.: Right Ventricular volumes in patients with and without heart failure, *Fed. Proc*, **22** : 402, 1963. (cited from, Bristow, J. D. Left Ventricular Volume Measurements in Man by Thermodilution, *J. Clin. Investigation*. **43** : 1015, 1964.
- 15) Rastelli, G. C. et al.: Heart size after isolated replacement of mitral or aortic valve, *Mayo Clinic Proc*, **41** : 217, 1966.