

血行動態的にみた僧帽弁狭窄症および閉鎖不全症

Hemodynamic evaluation of mitral stenosis and insufficiency

楠川 禮造
星野 恒雄
友永 轟
本村 正一
霜野 幸雄

Reizo KUSUKAWA
Tsuneo HOSHINO
Go TOMONAGA
Masakazu MOTOMURA
Yukio SHIMONO

Summary

Hemodynamic evaluation was performed in 85 cases including 20 of mitral stenosis (MS), 28 of mitral stenosis and insufficiency (MSI), and 37 of mitral insufficiency (MI) by left and right heart catheterization and angiography.

There was a significant difference between end-diastolic volume (EDV) of MS and MSI or MI, respectively, but not between MSI and MI. Ejection fraction (EF) showed no significant difference. There was a negative correlation between EF and EDV in rheumatic MSI and MI. Significant differences were found between calculated mitral valvular area (MVA) of any 2 of the 3 groups.

Mean pulmonary artery wedge pressure showed no significant differences among 3 groups, however, Ry/V and V/mPC showed significant difference between MSI and MI. In rheumatic MSI and MI groups, Ry/V and V/mPC showed significant differences between the group with MVA less than 3.0 cm² and the group with MVA more than 3.0 cm². In MI group of various etiology, EDV, MVA, RVA, mPC and V of chordal rupture group showed significant difference from those of rheumatic group.

Key words

cardiac catheterization
cine angiography
mitral valve area
predominancy of mitral valve disease

緒 論

リウマチ性僧帽弁膜症において狭窄，閉鎖不全の程度を術前に知ることは，外科的療法の術式決定上重要な問題である。臨床上狭窄と閉鎖不全を合併する場合，何れがどの程度関与しているかを

推定するのにしばしば困難な事がある。この点の鑑別に関して以前より心音，血行動態についての多くの研究がみられる。最近心血管造影法を用いて僧帽弁流量が算出し得るようになり，これにより閉鎖不全を伴う場合でも弁口面積の計算が可能

となってきた⁷⁾. われわれは主としてX線映画法と両心カテーテル法によって, 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症のこの点について血行動態的に検討し, さらに純型狭窄症および閉鎖不全症とも比較検討を行ったので, その結果を報告する.

対象と方法

対象は天理病院循環器内科に入院した患者で, 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 (MSI) 28例, 僧帽弁狭窄症 (MS) 20例, 僧帽弁閉鎖不全症 (MI) 37例, 合計 85例である (Table 1). これ等の診断は病歴,

Table 1. Materials

1	Mitral stenosis & insufficiency	28
	age 35.3 (21~55)	
	atrial fibrillation	22
	sinus rhythm	6
2	Mitral insufficiency	37
	age 38.9 (19~62)	
	atrial fibrillation	7
	sinus rhythm	30
	Rheumatic	18
	Chordal rupture	9
	Papillary muscle dysfunction	7
	IHSS	2
	Prolapsus	1
3	Mitral stenosis	20
	age 41.4 (21~55)	
	atrial fibrillation	7
	sinus rhythm	13
	Total	85

心電図, 心音聴診および心音図, 胸部レントゲン所見等の臨床検査成績を総合して, 最終的に決定されたものである.

MSI 28例中, 男9例, 女19例で, 平均年齢は35.3才, 心房細動22例, 洞調律6例である. MS群20例中, 男5例, 女15例, 平均年齢41.4才で, 心房細動7例, 洞調律13例である. MI群37例中, 男19例, 女18例で, 平均年齢38.9才であり, 心房細動7例, 洞調律30例である. MIをさらに病因別に分けると, リウマチ性が18例, 僧帽弁腱索断裂によるもの9例, 乳頭筋不全症7

例, 特発性大動脈弁下狭窄2例, 僧帽弁逸脱症1例である.

85例中, リウマチ性 MSI 又は MI 10例, 腱索断裂7例, 乳頭筋不全1例, MS 12例に外科的治療を行っている.

これら85例に両心カテーテル検査を行った. 圧記録終了後, 左心室内に造影剤を注入して, 毎秒6駒の二方向連続撮影, および第1斜位にて, 毎秒50駒のX線映画を撮影した. 今回の報告において, 撮影等の条件により, 左室容積計算には, 63例ではX線映画, 23例では二方向連続撮影を使用した. これら諸計測値より Table 2 に示す

Table 2. Equations for calculation

1	Fick stroke volume (SVF)	$\frac{CO}{HR}$
	End-diastolic volume (EDV)	
	End-systolic volume (ESV)	
	Total stroke volume (TSV)	EDV-ESV
	Regurgitant volume (RV)	TSV-SV(F)
	Regurgitant percent (R%)	$\frac{RV}{TSV} \times 100$
2	Mean diastolic pressure gradient (mDG)	
	Mean PC diastolic pressure (PCdm)	
	Mean LV diastolic pressure (LVdm)	mDG=PCdm-LVdm
	Diastolic filling time (DFT)	
	Mean diastolic valve flow (MVF)	$\frac{TSV}{DFT}$
	Calculated mitral valve area (MVA)	$\frac{MVF}{31\sqrt{mDG}}$
3	Mean left ventricular systolic pressure (LVsm)	
	Systolic time (ST)	
	Mean systolic regurgitant flow (MRF)	$\frac{RV}{ST}$
	Calculated mitral regurgitant area (RVA)	$\frac{MRF}{31\sqrt{LVsm-PCm}}$
	Mean PC pressure (PCm)	

如き指標を算出した.

1) 左心室容積関係: X線映画による左心室容積は, すでに発表した如く¹⁶⁾area-length法によって求めた. 二方向連続撮影では, 前後方向の写真より, X線映画法と同様に計算した. 拡張終期容積 (EDV) および収縮終期容積 (ESV) は, X線映画においてはそれぞれ最大および最小容積, 二方向連続撮影では心電図 R波および T波の終に一致した写真より計算した. Fickによる一回拍出量 (SVF) は, 心拍出量 (CO) を測定中の心

拍数 (HR) で除して求めた。造影法より求めた 1 回拍出量 (TSV) には EDV と ESV の差をとり、僧帽弁逆流量 (RV) は TSV と SVF の差として計算した。又 EDV と EDV の比、駆出率 (EF) を計算した。

2) 僧帽弁口面積および僧帽弁逆流口面積：僧帽弁口面積は **Table 2** に示す式にて求めた。僧帽弁平均拡張期圧較差 (mDG) は、肺動脈楔入圧 (PC) と左心室圧 (LV) を同時記録した症例では、その差を planimetry し、別個に記録した場合には、PC 圧では v 波の頂点より拡張終期までの平均圧 (PCdm) と、LV 圧拡張期の v 波に相当する点より拡張終期までの平均圧 (LVdm) を求め、その差とした。また拡張期充満時間 (DFT) を計測した。僧帽弁平均流量 (MVF) は TSV を DFT で除して求めた。

僧帽弁逆流口面積は **Table 2** の式で計算した。左室平均収縮期圧 (LVsm) は、左室圧を拡張終期より拡張期の PC 圧 v の高さまでを planimetry し、その平均圧として求めた。収縮期時間 (ST) は planimetry した左室圧の時間間隔とした。平均収縮期逆流量 (MRF) は RV を ST にて除して求めた。

心房細動の症例では、脈波記録と左室造影の記録より同一相の心拍を選ぶことが困難であるので、今回は次のようにした。すなわち脈波の分析は、Fick 法による心拍出量を計測している際の平均 RR 間隔を求め、これと等しい先行 RR をもつものについて行った。左室造影では、先行 RR 間隔が Fick 法のそれとの差が 0.15 秒内のものについて計測を行った。

3) 肺動脈楔入圧波形の分析：肺動脈楔入圧波形を分析し、v 波の勾配を v の高さで割った Ry/v と、v の高さを平均肺動脈楔入圧 (mPC) で割った v/mPC の 2 つの指標を求めた。¹⁰⁾¹¹⁾次に左心室圧と肺動脈楔入圧の同時記録、または重ね合わせたものにつき測定し、拡張期の圧較差 (EDG) の有無を検討した。

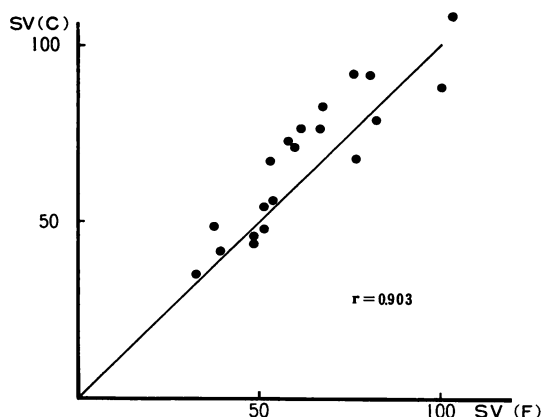


Figure 1. Correlation between stroke volume obtained from cineangiography (SV(c)) and Fick's principle (SV(F)) in 20 patients with mitral stenosis (MS).

結果

1. 心血管造影法と Fick 法による 1 回拍出量の比較検討

造影法より求めた 1 回拍出量と、Fick 法より求めた 1 回拍出量との比較検討を行った。20 例の MS における両者の関係には多少のばらつきがあり (**Figure 1**)、造影法は Fick 法に比してやや大きく出る傾向はあるが、全体として高度の相関を示していた。

2. MS, MSI, MI の 3 群における各種血行動態指標の比較

拡張終期容積を 3 群で比較すると、MS 群では平均 84.9 ml/m^2 、MSI では 160.4 ml/m^2 、MI では 164.4 ml/m^2 で、MS 群と MSI, MI 群の間には高度の有意差を認めるが、MSI 群と MI 群の間には差は認めなかった (**Figure 2**)。

駆出率は MS では 57.6%、MSI 54%、MI 58.9% で、3 群間に差を認めなかった (**Figure 3**)。

Figure 4 は、リウマチ性と考えられる MSI 群と MI 群の拡張終期容積と駆出率との関係を示しているが、有意の負の相関を示していた。

計算した僧帽弁口面積は、MS 群では平均

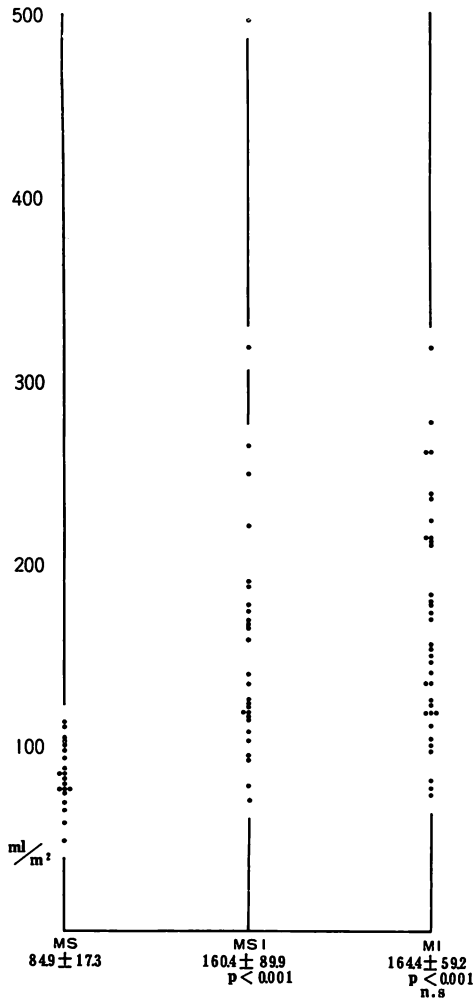


Figure 2. End-diastolic volume (EDV) in mitral stenosis (MS), stenosis with insufficiency (MSI) and insufficiency (MI) groups.

There are significant differences between MS and MSI, and MS and MI.

1.36 cm², MSI は 2.82 cm², MI では 4.55 cm² で, 多少重複はあるが, 各群間に有意差を認めた (Figure 5). 一方計算した僧帽弁逆流口面積は, MSI で平均 0.96 cm², MI では 1.14 cm² であるが各群ともばらつきが大きく, 両群間に有意差を認めなかった (Figure 6). リウマチ性と考えられる MSI, MI 群で拡張終期容積と僧帽弁逆流口

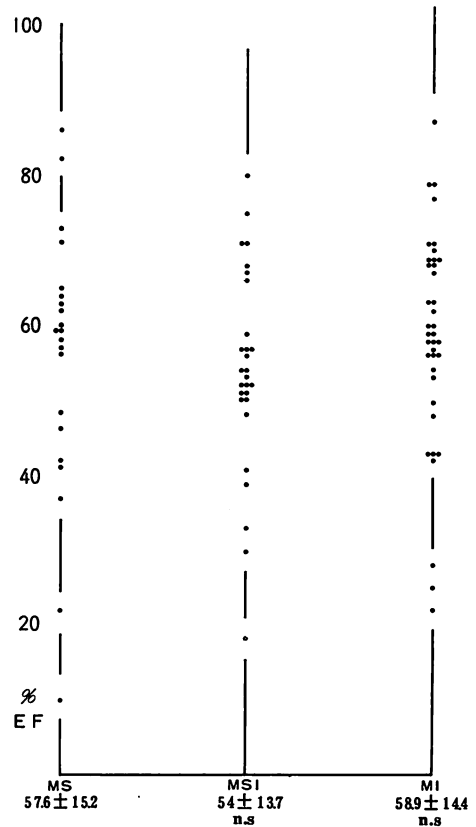


Figure 3. Ejection fraction(EF) in MS, MSI and MI groups.

There are no definite differences among 3 groups.

面積の関係をみると, 高度の正相関を示していた (Figure 7). しかし心拍出量に対する逆流量の比, すなわち逆流率は, MSI, MI 群間には有意差を認めなかった (Figure 8).

次に肺動脈楔入圧波の分析では, まずその平均圧は, MS では平均 18.3 mmHg, MSI は 19.4 mmHg, MI は 16.6 mmHg で, 3 群間に差を認めなかった (Figure 9). Ry/v の 3 群における分布状態は Figure 10 の通りであるが, その平均値は MS で 1.70, MSI は 2.30, MI は 2.94 で, 各群間に有意差を認めた. また v/mPC の値は, MS で平均 1.31, MSI では 1.43, MI は 1.64 で, 各群の間に高度の有意差を認めた (Figure 11).

3. リウマチ性 MSI, MI における各種血行動

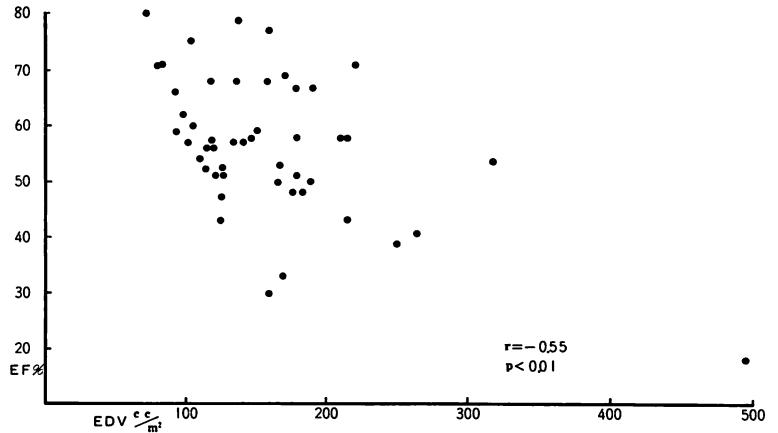


Figure 4. Relationship between EF and EDV in rheumatic MI and MSI groups.

There is a significant negative correlation.

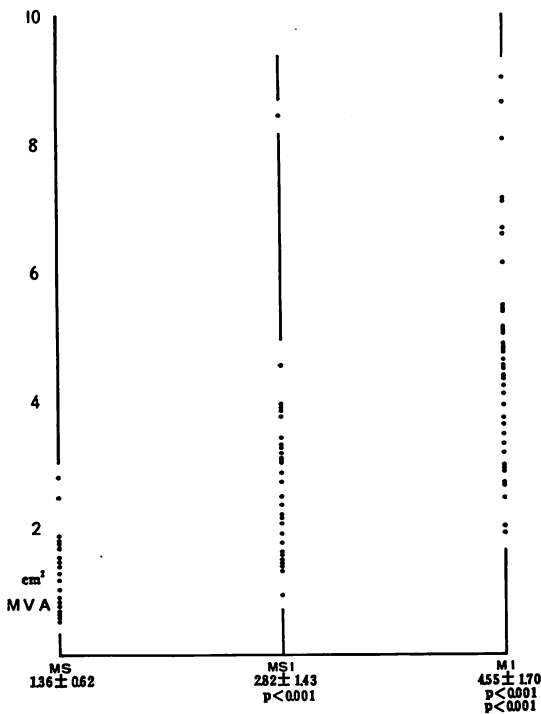


Figure 5. Calculated mitral valvular area in MS, MSI and MI groups.

There are significant differences to each other.

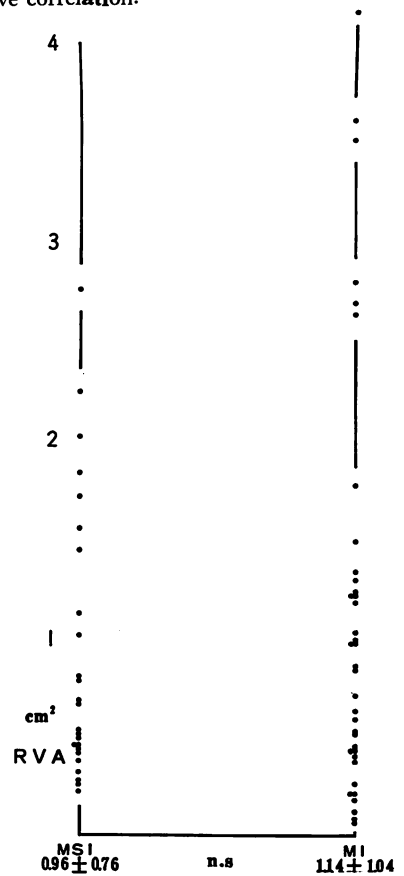


Figure 6. Calculated regurgitant valvular area in MSI and MI.

There is no definite difference.

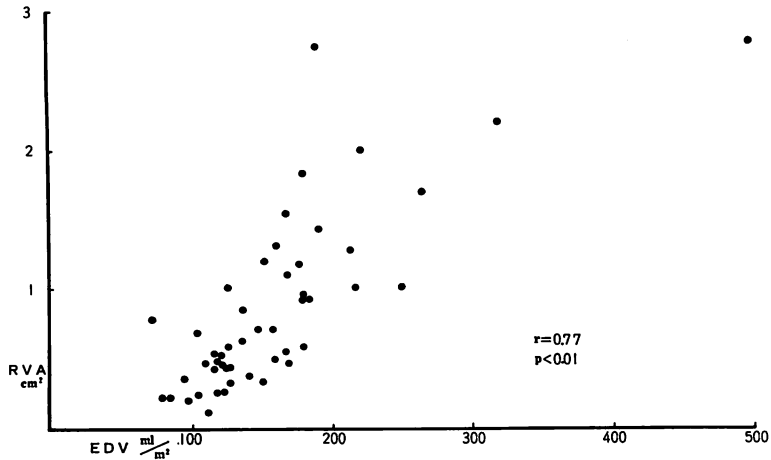


Figure 7. Relationship between calculated valvular area and EDV in MSI and MI.

There is a significant correlation.

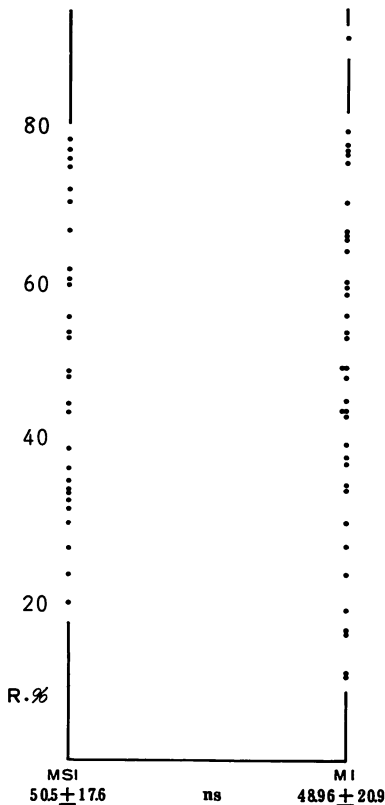


Figure 8. Regurgitant percent in MSI and MI groups.

There is no definite difference.

態指標の比較

次にリウマチ性と考えられる MSI, MI について, 各種指標を比較検討すると次の通りである。症例は MSI 28 例, MI 18 例, 合計 46 例である。この 46 例について計算された僧帽弁口面積を 1 cm² 毎に区切ってみると, **Table 3** の通りである。表は各区分における症例数, MVA の平均値, RVA の平均値, および RVA と MVA の比を示している。全例 MVA は 1 cm² 以上であり, 1 cm² 以上 5 cm² 以内がほぼ 90 % を占め, 各区分毎の発生頻度は大体同様であった。RVA は MVA 3 ないし 4 の例を除き 1 cm² 以下であり, MVA との関係は認めなかった。拡張終期圧較差の有無についてみると, MVA 3 cm² 以下の 19 例中 1 例を除いて, 全例拡張終期において圧較差を有しており, また 3 cm² 以上 27 例では 1 例を除いて認めなかった。次に MVA と v/mPC との関係は **Figure 12** の通りである。MVA 3 以下と 3 以上に分けてみると, 3 以下の 2 群では v/mPC は平均 1.31, 1.30 で有意差はなく, 3 以上の 3 群は 1.60, 1.60, 1.65 で互いに有意差はないが, 3 以下の群より何れも有意に大であった。また Ry/v も同様に, MVA 3.0 cm² 以下の 2 群は相互に有意差はないが, 3.0 cm² 以上の群は 2 以下に比して有

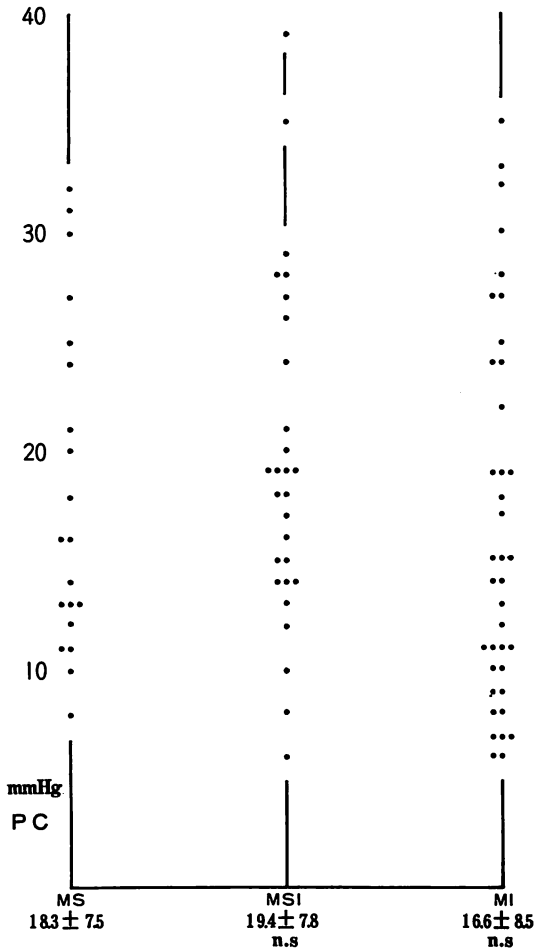


Figure 9. Pulmonary wedge pressure in MS, MSI and MI groups.

There are no significant differences between each of them.

意に大であった。

4. 各種僧帽弁閉鎖不全症の血行動態値の比較

MIを各種検査成績および病歴より病的に分類すると、リウマチ性18例、腱索断裂9例、乳頭筋不全7例、IHSS2例、僧帽弁逸脱1例、合計37例である。Table 4はMIの各群における血行動態の指標、EDV、EF、MVA、RVA、平均PC、vの平均値および標準偏差を示している。症例の少ないIHSSおよび僧帽弁逸脱症候群の2

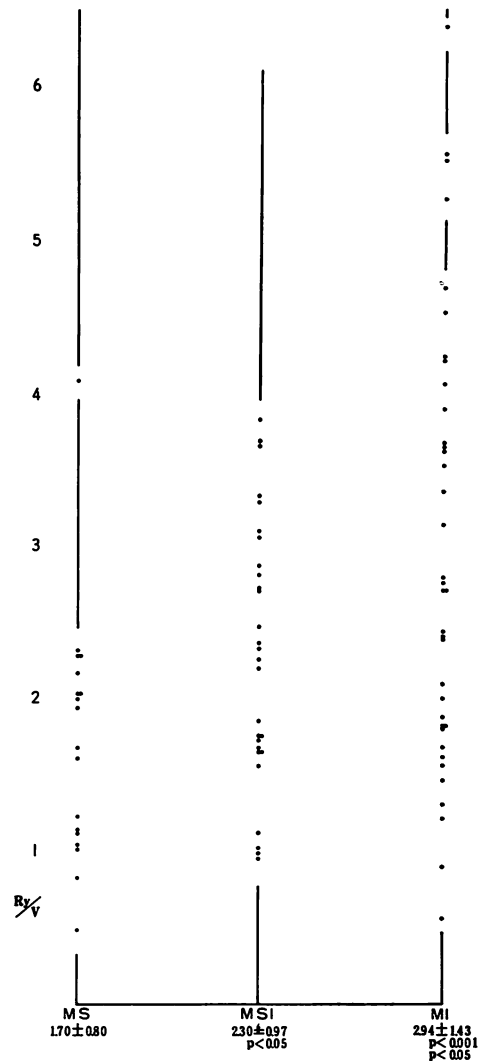


Figure 10. Ry/v in MS, MSI and MI groups.

There are significant differences between each of them.

群を除き、他の3群間の各指標の有意差をみると、まずEDVはリウマチ性と腱索断裂では後者が大であった。EFには3群間に有意差はなかった。RVAはリウマチ性と腱索断裂では後者が有意に大であった。またPC圧およびvは腱索断裂の方がリウマチ性に比して有意に大であった。乳頭筋

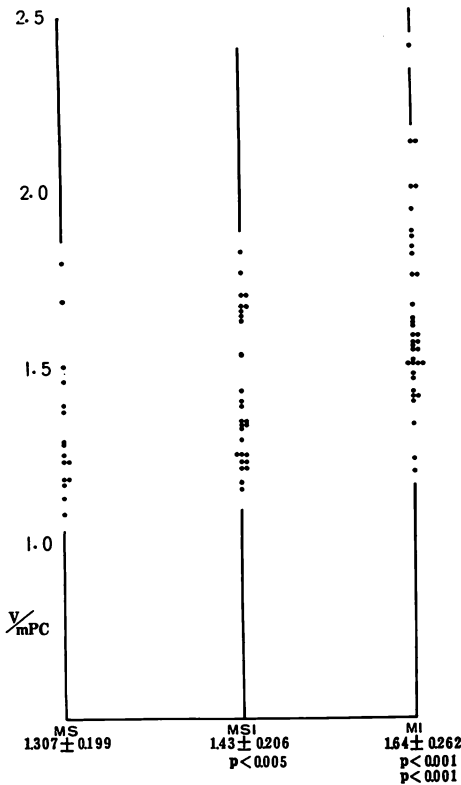


Figure 11. v/mPC in MS, MSI and MI groups.

There are highly significant differences between each of them.

不全症において EDV が増大しており, また EF 低下の傾向を示しているが, リウマチ性および腱索断裂との間には何れも有意差を認めなかった。

次に v/mPC について, リウマチ性, 腱索断裂および乳頭筋不全による MI 3 群を比較すると, Figure 13 の通りであった。腱索断裂はリウマチ性に比して有意に高値を示していた。しかし乳頭筋不全では, リウマチ性および腱索断裂の間には有意の差は認め得なかった。

考案

僧帽弁膜症の血行動態は, 左心室のみに限定すれば, 僧帽弁の狭窄および逆流の程度, 左心収縮機能によって決定され得る。本研究は, 主として

Table 3. Mean calculated mitral valvular area and regurgitant area

	n	mMVA	mRVA	mRVA / mMVA
1 < MVA < 2	9	1.45	0.422	29.1%
2 ≤ MVA < 3	10	2.51	0.887	35.3%
3 ≤ MVA < 4	13	3.44	1.179	34.2%
4 ≤ MVA < 5	10	4.54	0.655	14.4%
5 ≤ MVA < 6	3	5.09	0.737	14.4%
6 ≤ MVA < 7	1	6.56	0.711	

The patients with rheumatic MI and MSI were divided into 6 groups according to the MVA as shown in figure. Number of patient, mean value of MVA, value of RVA and the ratio of mRVA and mMVA were listed in each group.

Table 4. Mitral insufficiency groups

	EDV	EF	MVA	RVA	PC	v
Rheumatic n=18	145 ± 38.1	598 ± 109	922 ± 109	063 ± 0.37	124 ± 5.1	184 ± 9.78
Chordal rupture n=9	179 ± 42.1	634 ± 110	445 ± 197	197 ± 0.92	267 ± 54	503 ± 140
Papillary muscle dysfunction n=7	201 ± 89.9	459 ± 204	552 ± 178	115 ± 1.21	140 ± 1.94	224 ± 14.5
IHSS n=2	89 ± 17.0	745 ± 64	224 ± 0.30	046 ± 0.11	160 ± 11.3	225 ± 10.6
Prolapse n=1	260	63	900	415	19	32

The patients with pure mitral insufficiency were divided into 5 groups according to the etiology as shown in the table. The number of patients, the mean values of EDV, EF, MVA, RVA, PC and v were listed in each group. There are significant differences between rheumatic and chordal rupture group in all parameters.

リウマチ性僧帽弁膜症について血行動態的に検索し, 狭窄症, 閉鎖不全症および両者の合併した三群についてそれぞれ比較を行ったものである。同様の研究はすでに可成り以前より行われており, 純型狭窄では拡張期左房または肺動脈楔入圧-左室圧較差, および弁血流量より, 僧帽弁口面積が定量的に求められているが¹⁾, 閉鎖不全の程度は左室に造影剤を注入して得られた連続撮影より, 左房あるいは大動脈の造影状態を判定する半定量的方法⁴⁾に過ぎなかったようである。しかし左室腔の容積が左心造影法^{5), 6)}によって算出可能になって以来, 逆流を伴う狭窄症における弁口面積, 逆流量あるいは逆流口面積を求める事が可能となった⁷⁾。

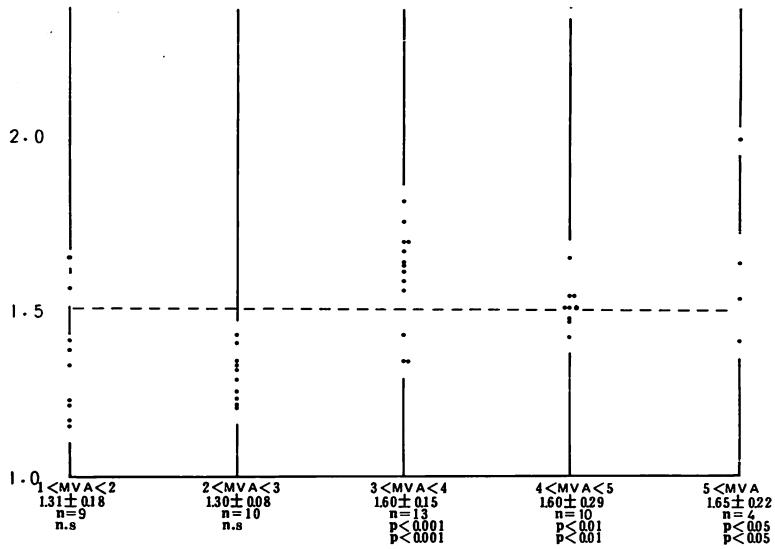


Figure 12. Mitral valve area and V/mPC in rheumatic MI and MSI groups.

The patients with rheumatic MI and MSI are divided into 5 groups according to the mitral valve area (MVA) as shown in the figure. V/mPC are significantly lower in the group with the MVA less than 3 cm² than the group with the MVA more than 3 cm².

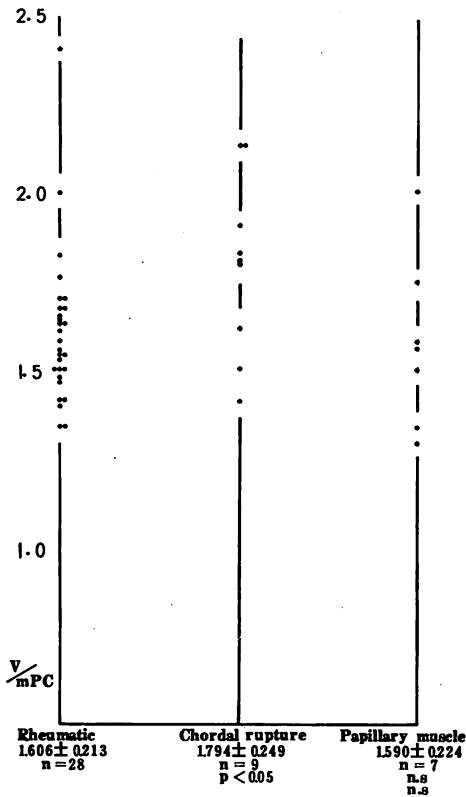


Figure 13. V/mPC in three groups of MI caused by rheumatic fever, chordal rupture and papillary muscle dysfunction.

There is a significant difference between rheumatic and chordal rupture group.

弁口面積の算定については, Gorlin ら¹⁾⁵⁾ の発表以来, 臨床的, 実験的研究が多くみられ, その信頼性については見解は必ずしも一致していないが²⁾³⁾⁷⁾, 現在, 临床上広く応用されており, 弁膜症の程度を表わす指標と考えられる。

一方, 左心室容積計算の妥当性についてはすでにいくつかの発表^{5)~7)} がみられるが, 今回われわれの用いた方法においても, **Figure 1** の如く, Fick 法より求めた一回拍出量が X 線映画法より計算したそれと高度の相関性を示したことより, それを肯定し得ると考えられる。

リウマチ性と考えられる 66 例, 他の病因による 19 例, 合計 85 例について, MS, MSI および MI 3 群に分けて各種血行動態指標の比較を行っているが, EDV では MS と他の 2 群との間に, 僧帽弁口面積は各群間に, Ry/v および v/mPC は各群間にそれぞれ有意差を認めた。左心室容積は MS においては正常もしくはそれ以下であり, 拡張終期で 125 ml/m^2 以上では他に弁逆流を伴っていることを示していると報告されているが,⁸⁾ 20 症例では平均 85 ml/m^2 であり, 全例 125 ml/m^2 以下であった。MSI, MI では拡張終期容積はそれぞれ $160, 164 \text{ ml/m}^2$ で, MS に比して高度に大であるが, 2 群間には明かな差はなかった。この拡張期容積増大の原因は弁逆流によるためと考えられるがリウマチ性 MSI, MI 群について RVA と EDV との関係をみると, **Figure 7** より明かな如く, 両者は正相関を有し, 逆流口面積増大とともに左室容積が増加することを示している。

一方, 心収縮性の指標と考えられる駆出率では, 3 群間には有意の差は認めなかった。しかし病因をリウマチ性に限って, MSI と MI の 2 群の拡張期容積と駆出率との関係をみると有意の負の相関を示している。このことはリウマチ性僧帽弁膜症において拡張終期容積の増大には, 弁逆流のみならず, 心筋機能低下が関与していることを示しており, 手術適応の決定には考慮すべき点である。

僧帽弁狭窄症に閉鎖不全を合併する場合, 臨床所見よりその優劣の判定は通常容易であるとされ

ているが,⁹⁾ 個々の症例についてはしばしば困難なことがある。この点について, 過去, 肺動脈楔入圧の分析等^{10)~12)} によってその判定が試みられている。血行動態的に 46 例のリウマチ性 MSI, MI 群についてみると, まず MVA は 1 cm^2 より 5 cm^2 の間にほぼ分布しており, 1 cm^2 以下の症例はなく, この事は高度な MS では閉鎖不全の合併し難いことを示している。まず MVA を 1 cm^2 毎に区分した場合, 1 ないし 2 cm^2 の群で平均 RVA は 0.42 cm^2 と, 他の群に比し小であり, それ以上の群ではほぼ 0.7 cm^2 である。また RVA と MVA の比は全群 50% 以下であり, Gorlin らの報告¹³⁾ と一致している。一方, 肺動脈楔入圧より求めた指標において, **Figure 12** の如く, MVA 3 cm^2 を境にして, それ以下の群では v/mPC が 2 例を除いて 1.5 以下であり, 3.0 cm^2 以上では 1.5 以上の傾向を示している。すなわち 3.0 cm^2 以下は狭窄型, 以上の群では MI 型を示しているといえる。Ry/v においても同様の傾向がみられた。さらに拡張終期における左房-左室圧較差は, MVA 3.0 cm^2 を境にして, それ以下の群では 1 例以外全例に認め, それ以上の群では 1 例以外全例に認めなかった。以上, リウマチ性 MSI, MI の血行動態的所見より, RVA に関係なく, MVA が 3.0 cm^2 以上は MI 型, それ以下は MSI 型と考えられる。また MSI 型については, MVA 1 ないし 2 cm^2 を MS 優勢, 2 ないし 3 cm^2 の群を MI 優勢と区別し得るように思われる。

このような僧帽弁における狭窄, 閉鎖不全優劣判定は, 僧帽弁閉鎖不全の手術方法がほぼ確定された今日においても, 人工弁置換に関する合併症に関連して, 手術適応の決定になお意義をもつものと考えられる。

最近リウマチ以外の病因による僧帽弁膜症についての報告が多くみられるが, その血行動態的特徴をリウマチ性のそれと比較検討した。腱索断裂, 乳頭筋不全, IHSS, 僧帽弁逸脱による MI の血行動態は表に示した通りである。腱索断裂群では

すでに発表した如く,¹⁴⁾ 肺動脈楔入圧およびv波の増高が特徴的所見であり、他の病歴、および検査所見とともに、診断的根拠となり得る。また乳頭筋不全においては、駆出率の低下が特徴的な所見である。¹⁵⁾

要 約

僧帽弁狭窄症 20 例、閉鎖不全症 37 例、狭窄兼閉鎖不全症 28 例、計 85 例に、両心カテーテル検査および左室造影を行い、血行動態的検討を行った。拡張終期容積は狭窄症と他の 2 群との間に有意差を認めたが、他の 2 群間には有意差はなかった。また計算上の弁口面積、肺動脈楔入圧より求めた Ry/v , v/mPC は、3 群間に有意差を示した。リウマチ性閉鎖不全、狭窄兼閉鎖不全の血行動態所見より、弁口面積 3.0 cm^2 以上を閉鎖不全型、それ以下を狭窄閉鎖不全型、1 ないし 2 cm^2 の群を狭窄優勢、2 ないし 3 cm^2 の群を閉鎖不全優勢と考え得る事を示した。また非リウマチ性閉鎖不全症において、腱索断裂では平均肺動脈楔入圧およびv波の高度の上昇、乳頭筋不全では駆出率の低下が特徴的所見であった。

文 献

- 1) Gorlin R, Gorlin SG: Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. *Amer Heart J* **41**: 1, 1951
- 2) Rodrigo FA, Snellen HA: Estimation of valve area and valvular stenosis. A critical study of the physical basis of the method employed. *Amer Heart J* **45**: 1, 1953
- 3) Taniguchi K: Circulatory dynamics across the stenotic mitral valve orifice. *Jap Circulat J* **37**: 775, 1973
- 4) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lellehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. Technic, indications and interpretation in 700 cases. *Amer J Cardiol* **14**: 437, 1964
- 5) Gorlin R, Lewis BM, Haynes FW, Dexter L: Studies of the circulatory dynamics at rest in mitral valvular regurgitation with and without stenosis. *Amer Heart J* **43**: 357, 1952
- 6) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, Lord JD Jr: The use of biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* **60**: 762, 1960
- 7) Sandler H, Dodge HT: The use of single plane angiogram for the calculation of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* **75**: 325, 1968
- 8) Sonnenblick EH, Lesch M: *Valvular Heart Disease*. Grune & Stratton, New York, San Francisco & London, 1974
- 9) Friedberg CK: *Disease of the Heart*. WB Saunders, Philadelphia & London, 1966
- 10) Owen SG, Wood P: A new method of determining the degree of absence of mitral obstruction: An analysis of the diastolic part of indirect left atrial tracings. *Brit Heart J* **17**: 41, 1955
- 11) Connolly DC, Wood EH: Hemodynamic data during rest and exercise in patients with mitral valve disease in relation to the differentiation of stenosis and insufficiency from pulmonary wedge pressure pulse. *J Lab Clin Med* **49**: 526, 1957
- 12) Endrys J, Zělobrádek Z, Petrie M, Steinhart L: Diagnosis of dominant mitral stenosis or regurgitation using amyl nitrite. *Brit Heart J* **26**: 250, 1964
- 13) Zimmerman HA: *Intravascular Catheterization*. Charles C Thomas, Springfield, 1966
- 14) 木之下正彦, 霜野幸雄, 友永 轟, 星野恒雄, 楠川禮造: 腱索自然断裂による僧帽弁閉鎖不全症—臨床的血行動態的特徴. *心臓* **6**: 673, 1974
- 15) Rackley CE, Dear HD, Baxley WA, Jones WB, Dodge HT: Left ventricular chamber volume, mass, and function in severe coronary artery disease. *Circulation* **71**: 605, 1970
- 16) 楠川禮造, 篠山重威: 心造影法からみた左室容積、呼吸と循環 **20**: 61, 1972