僧帽弁置換術における 両尖腱索，後尖腱索温存術式の左室局所壁運動の検討

夏 秋 正 文   伊 藤   翼   富 田 伸 司   吉 戒   勝
古 川 浩 二 郎   力 武   一 久   中 山 義 博   須 田 久 雄

僧帽弁疾患に対する人工弁置換手術（MVR）前後の左室局所壁運動を，僧帽弁閉鎖不全症（MR）では両尖腱索温存術式による MVR（Group I）の 12 例と後尖腱索温存術式による MVR（Group II）の 9 例において検討した。僧帽狭窄症では後尖腱索温存術式の 12 例を検討した（MS-Group）。術後左室局所壁運動はセンターライン法を用いて，左室の 5 領域について shortening fraction (SF) を検討した。僧帽弁閉鎖不全症では，術前に対する術後の SF の比率(%SF)は，Group I 群において Group II 群より前側壁，心尖部において有意の改善を認めた（心尖部の %SF：Group I 162 ± 79 ，Group II $61 \pm 17\%$ ， $p < 0.001$ ）。術前に対する術後の左室駆出率（%EF）を比較すると，Group I 群において II 群より良好であった。すなわち MR では両尖腱索温存術式が心機能上有効であった。MS-Group では弁下病変の強い例では術後の後心基部（PB）の壁運動は低下しており，術後も同領域は低下したままであった。MS に対する後尖腱索温存術式の術後局所壁運動は，術前の弁下病変の所在により影響を受け，弁下病変の少ない前側壁，心尖部，横隔膜面では良好であった。日心外会誌 24 巻 5 号：320-325 (1995)

Keywords：僧帽弁置換術，両尖腱索温存法，左室局所壁運動，センターライン法

Evaluation of Left Ventricular Wall Motion after Mitral Valve Replacement with Preservation of Both Anterior and Posterior or Only Posterior Chordae Tendineae

Masafumi Natsuaki, Tsuyoshi Itoh, Shinji Tomita, Masaru Yoshikai, Koujiro Furukawa, Kazuhisa Rikitake, Yoshihiro Nakayama and Hisao Suda (Department of Thoracic Surgery, Saga Medical School, Saga, Japan)

Left ventricular wall motion was evaluated after mitral valve replacement (MVR). MVR for mitral regurgitation (MR) was performed with preservation of both anterior and posterior chordae tendineae (Group I, $n=12$) or posterior chordae tendineae (Group II, $n=9$). MVR for mitral stenosis was performed with the preservation of the posterior chordae alone (MS Group, $n=12$). Postoperative regional wall motion was analyzed from the shortening fraction (SF) of the centerline method in 5 of antero-basal (AB), anterolateral (AL), apical (AP), diaphragmatic (DP) and posterobasal (PB) regions. The percentage of post-operative SF for preoperative value (%SF) was compared between Group I and Group II. The value of %SF improved much more in Group I than in Group II at the AL and AP regions. %EF was more significantly increased in Group I than in Group II, although postoperative ESVI and EDVI decreased in both groups. In the MS Group, EF, ESVI and EDVI did not change after surgery. The regional wall motion improved except in the calcified PB region. These results demonstrated that the preservation of both anterior and posterior chordae tendineae for MR was a useful procedure to improve postoperative LV regional wall motion. The preservation of posterior chordae for MS was sufficient to improve the regional wall motion except in the calcified submitral region. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 24: 320-325 (1995)

僧帽弁疾患に対する人工弁置換後の左心機能，

左室局所壁運動は，手術前後の左室前負荷，後負荷の変化により影響される。僧帽弁閉鎖不全症（MR）を主とする術前容量負荷疾患では，術後左室前負荷が減少するとともに後負荷が増大するといわれており，術後の心機能の低下が懸念され

1994 年 6 月 24 日受付，1994 年 12 月 28 日採用
佐賀医科大学胸部外科 〒 849 佐賀市鍋島 5-1-1
本論文の要旨は，第 24 回日本心臓血管外科学会学術総会（1994 年 2 月，名古屋）において発表した。

る^{1~4)}。このようなMRに対する人工弁置換術後の心機能の低下を予防する目的で、後尖腱索温存法や両尖腱索温存法などの術式が導入され、心機能の術後の改善に有用と報告されてきた^{5~8)}。われわれの施設でもMRに対して後尖腱索温存法による弁置換術を施行してきたが、前尖腱索の切離に伴い乳頭筋腱索の働きが不十分と考えられ、前尖・後尖の弁尖腱索を温存する術式を採用するようにした。MRに対する術式として両尖腱索温存法が、後尖腱索のみの温存法に比べて、左室局所壁運動に良い結果を与えるかどうかを検討した報告は少なく、本論文ではこの点を明らかにしてゆく。僧帽弁狭窄症(MS)では、術後は前負荷の増大に伴い左室拡張末期容量が増大し、左室駆出率も増大すると考えられる。ところが僧帽弁下組織癒合病変の強いMSでは左室のコンプライアンスの低下している例もあり、左室容量の増大と壁運動の改善が必ずしも得られない例もある^{9,10)}。後尖腱索温存法のMSに対する有効性の有無を検討した。

対象症例と検討方法

対象とした症例は1985年4月より1993年12月までのうち、単独僧帽弁置換術(SJM人工弁)を行った87例のうち術前後の左室造影を行った33例である。容量負荷の加わった僧帽弁閉鎖不全症(MR, MsR)が21例、弁下癒合病変の認められる僧帽弁狭窄症(MS, MSr)が12例であった。人工弁再置換例は検討より除外した。

僧帽弁閉鎖不全症に対する術式は、1988年3月までの前期の症例では主として後尖腱索温存術式を用いてきたが、心機能の面を考慮して1988年4月より前尖および後尖の両尖腱索を温存する術式を採用してきた。人工弁のサイズは前期と後期で差異を認めなかった。前尖腱索の温存はMikiら⁷⁾の方法に準じて前尖を中央で分割し両交連部へよせるようにした。僧帽弁狭窄症に対する人工弁置換術式は、前尖腱索はすべて切除し、後尖腱索温存のみを採用し、とくに大きなstrut chordaeは温存した。MR群、MS群ともに各症例の心機能は術後約1か月目の右前左前斜位左室造影法により左室収縮末期容量係数(ESVI)、拡張末期容量係

数(EDVI)を測定し、左室駆出率を求めた。左室壁運動はセンターライン法に準じて¹¹⁾、左室収縮末期拡張末期形態よりセンターラインを定め、垂線の長さをend-diastolic perimeter(拡張末期径)で補正してshortening fraction(SF)を求めた。右前斜位左室造影から左室全周を100等分(1~100)してSFの測定を行い、antero-basal(AB)、antero-lateral(AL)、apical(AP)、diaphragmatic(DP)、postero-basal(PB)の五つの領域について検討した。各領域20の平均の値を各領域の代表値とした。MR群については両尖腱索温存群(Group I, 12例)と後尖腱索温存群(Group II, 9例)の2群に分けて左室駆出率、ESVI、EDVI、SFなどを手術前後で比較検討した。また術後の心機能の指標を術前に対する比率(%EF, %ESVI, %EDVIおよび%SF)からおのの群について求め、2群間で比較検討した。心房細動合併例の左室造影の解析は、3心拍の平均値を求めて算出した。

なお左室造影上局所壁運動の解析を行った症例の選択は、本院において術前後同一倍率下で左室造影を行った例で術前後の心調律が変化しなかったpure MR, pure MSの例を対象とした。左室造影を行った症例のうち術前心房細動合併例はMR Group I群12例中6例、MR Group II群9例中5例であり、MS群では12例中11例が心房細動合併例であった。

統計的処理は各群の術前後の心機能など、対応ある場合の比較検討にはpaired *t*-testを用いた。また%EF, %ESVIなど2群間の対応のない場合の比較検討には、Mann-Whitney U検定を用いた。

結 果

1. 僧帽弁閉鎖不全症の左室局所壁運動

術前のEDVI, ESVI, EFは表1に示すようにMR Group I, II群間で有意差を認めなかった。各群の術後のEDVI, ESVI, EFを術前値と比較すると、術後のEDVIは容量負荷の軽減に伴いGroup I, II群ともに術前に比べ有意に縮小した(表2)。術後のESVIはGroup I群において有意に縮小したのに対し、Group II群では有意の縮小

表 1 僧帽弁閉鎖不全症の手術前の左室容量, 左室局所壁運動

Group	EDVI	ESVI	EF	AB	SF			
					AL	AP	DP	PB
I	162±24	63±14	60±8	3.9±1.4	3.4±1.1	3.6±1.8	4.4±1.5	3.4±1.1
II	186±59	64±18	64±5	4.1±0.8	3.8±0.7	4.8±0.9	4.3±0.4	3.4±0.4
	(ml/m ²)	(ml/m ²)	(%)					(%)

EDVI: end-diastolic volume index, ESVI: end-systolic volume index, EF: ejection fraction, AB: antero-basal, AL: antero-lateral, AP: apical, DP: diaphragmatic, PB: postero-basal, Group I: $n = 12$, Group II: $n = 9$.

表 2 僧帽弁閉鎖不全症の手術後の左室容量, 左室局所壁運動

Group	EDVI	ESVI	EF	AB	SF			
					AL	AP	DP	PB
I	126±27**	43±11**	63±10	3.6±0.9	4.5±1.4**	5.3±2.3*	4.8±1.8	2.8±1.1
II	120±29**	57±15	52±6**	3.4±0.6*	3.0±1.4*	2.8±0.7**	2.9±1.0**	2.3±0.4**
	(ml/m ²)	(ml/m ²)	(%)					(%)

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ (VS: preoperative value, paired t -test)

表 3 僧帽弁閉鎖不全症の術後の左室容量, 左室局所壁運動(術前との比較: 術後/術前)

Group	%EDVI	%ESVI	%EF	AB	%SF			
					AL	AP	DP	PB
I	79±16	70±19	107±19	100±32	142±47	162±79	118±48	96±62
II	68±15	94±33	82±14	86±18	102±54	61±17	67±23	69±18(%)
	NS	NS	$p < 0.01$	NS	$p < 0.05$	$p < 0.001$	NS	NS

Mann-Whitney U 検定

をみなかった。EF に関しても Group I 群では有意の差異はなかったが Group II 群では有意に低下した(表 2)。術後の各指標の数値を術前に対する比率で比較してみると %EDVI, %ESVI は Group I, II 群間で差異を認めなかった。%EF は Group I 群が II 群より有意に高値を示した(表 3)。左室局所壁運動では術前の AB, AL, AP, DP, PB の五つの領域において, Group I, II 群間で有意に差異をみなかった(表 1)。各群について術前後の shortening fraction (SF) をみると Group I 群では術後 AL, AP の 2 領域において有意の改善を示したのに対し, Group II 群の術後は 5 領域すべてにおいて術前に比し低値を示した(表 2)。すなわち図 1 に示すように AL 領域の術前後の SF をみると, Group I 群ではすべての例

図 1

Mitral regurgitation に対する人工弁置換手術前後の antero-lateral 領域の shortening fraction (SF) を示している。Group I: 両尖腱索温存法, Group II: 後尖腱索温存法。

表4 僧帽弁狭窄症手術前後の左室容量と左室壁運動

	術 前	術 後	p-value*
左室容量			
EDVI	95±27	102±27	NS
ESVI	40±16	42±16	NS
EF(%)	57± 6	59± 7	NS
SF(%)			
AB	3.2±0.9	3.9±1.3	NS
AL	3.1±1.0	4.1±1.1	p<0.05
AP	4.2±1.3	4.7±1.1	NS
DP	3.9±1.2	4.4±1.6	NS
PB	1.9±1.3	1.6±0.5	NS

EDVI, ESVI の単位:ml/m², *paired t-test (n = 12)

において術後上昇を認めたのに対し、Group II群では9例中8例において術後低下した。同様にapical regionについてもGroup I群では12例ともに術後増加しているのに対しGroup II群では9例ともに低下した。術後の各領域のSFを術前値との比率で2群間を比較してみると、表3に示すようにAL, APの2領域においてGroup I群の%SFはGroup II群より有意に改善している。

2. 僧帽弁狭窄症の左室局所壁運動

MSのEDVI, ESVI, EFは術前後で有意の差異を認めなかった(表4)。

左室局所壁運動は弁下組織癒合病変の強いMS例では、術前よりpostero-basal(PB)regionが他の領域に比べて低下しており、術後も同領域は低下したままであった。術後のSFはAB, AP, DPの領域では軽度の改善であり、AL領域では有意の改善を認めた。このようなPBの壁運動の低下は、非温存例のMVRの術後も認められ、術前の癒合病変の強さを反映していた。

3. 右心カテーテル検査および術後合併症

術後の肺動脈楔入圧、肺動脈収縮期圧はMRのGroup I群では明らかな低下がみられた。術後の心係数はMRのGroup I, II群ともに有意に上昇しているが、Group I群のほうがより著明な増大であった。MS Groupでは術後肺動脈楔入圧の有意の低下と心係数の有意の改善を認めた(表5)。本シリーズのMR群、MS群ともに左室破裂合併例は認めなかった。遠隔期の血栓塞栓症の発

表5 各群における手術前後の心カテーテル所見

	術 前	術 後	p-value*
Group I (MR)			
PA(w)	16.4±7.5	6.1±3.1	p<0.01
PA(s)	40±18	26±6	p<0.05
C.I	2.1±1.5	3.1±0.6	p<0.01
Group II (MR)			
PA(w)	16.0±8.7	10.5±5.0	NS
PS(s)	45±26	32±6	NS
C.I	2.5±0.6	3.2±0.6	p<0.05
Group III (MS)			
PA(w)	12.3±4.0	8.9±2.3	p<0.05
PA(s)	29±6	26±6	NS
C.I	2.1±0.7	2.9±0.5	p<0.01

Group I (n = 12), Group II (n = 9), MS Group (n = 12), PA(w): 肺動脈楔入圧(mmHg), PA(s): 肺動脈収縮期圧, C.I: 心係数(ml/m²), *paired t-test.

生は、MR Group I群では1例もなく、MR Group II群1例、MS 後尖温存群では1例であった。

考 察

僧帽弁閉鎖不全症(MR)に対する両弁尖腱索温存術式の有用性は、Davidら⁶⁾やMikiら⁷⁾により臨床面から検討され、乳頭筋腱索と弁輪の連続性の維持が術後afterloadの増大に耐え、endsystolic volumeの縮小効果を導くという心機能上の有利性が報告された。両者の術式には相違点があり、温存した前尖腱索をできる限り元の位置に残すDavidらの方法と前尖を2分割し腱索を両交連部へ移動させるMikiらの方法がある。Davidらの方法は生理的な腱索の機能を温存できる利点もあるが、人工弁の弁葉の動きが腱索により障害されやすくなる欠点を有する。これに対し、Mikiらの方法は前尖腱索を交連部へ移動させるため本来の機能を十分いかせない問題もあるが、人工弁の弁葉の働きが腱索に障害されることが少ない利点がある。

われわれはMikiらの方法により両弁尖腱索温存術式を採用したが、SJM器械弁の弁葉の開閉が障害される例はなかった。Low profileの2葉弁のSJMは両弁尖腱索温存術式に適した人工弁と考えられる。MRに対するわれわれの両尖腱索温存

術式の左室造影上の局所壁運動をみると、前側壁および心尖部が改善しており心基部については改善がみられなかった。生理的な左室の腱索乳頭筋の働きでは isovolumic contraction の際、僧帽弁輪を心尖部方向へひきよせようとする機序が働き、long axis を小さく short axis を大きくして球形にして左室容量を大きくし容量負荷を効率よくうけとめる形態をとり¹²⁾、end-systolic phase には楕円形をとることにより左室容量を小さくし、afterload に効率よく対処できる効果を有すると考えられる。生理的な左室の局所壁運動は、心基部が比較的良好な収縮を示すが、人工弁置換後では僧帽弁輪の生理的な収縮がなくなり心基部の shortening fraction は両尖腱索温存例においても不良であった。MR に対する両尖腱索温存術式では、前側壁および心尖部の局所壁運動を改善させる効果をもたらした。通常の人工弁置換では僧帽弁輪の収縮もなく、腱索乳頭筋の働きもなくなるため、左室の生理的収縮形態が保てず、術後の afterload の増大のため左室局所壁運動も低下すると考えられる¹³⁾。実験的にも Sarris らは ejecting heart preparation において僧帽弁置換後の腱索乳頭筋の働きをみるため、腱索の働きを完全に残した人工弁置換術と腱索を切断した場合の心機能を比較検討して、腱索切断により regional preload-recruitable stroke work (前負荷を変化させた時の左室局所の一回仕事量) は antero-posterior minor axis において著明に落ちることを報告した¹⁴⁾。すなわち腱索乳頭筋の連続性の欠落により乳頭筋付着領域の局所壁運動の低下が指摘された。われわれの MR に対する両尖腱索温存人工弁置換後は、antero-lateral, apical region の壁運動が改善しており、腱索乳頭筋の連続性の維持がこれらの領域に良い効果を与えた。検討した症例は、ESVI 平均 63~64 ml/m² の中等度の例であったが、さらに ESVI の大きな重症例では術後 afterload が増大すると考えられ、本術式が心機能上有用と思われる。

一方後尖腱索温存による人工弁置換後は、前尖腱索乳頭筋の働きがなくなることにより左室壁全体において壁運動が低下した。このことは実験的にも正常心での前尖腱索の機能の重要性が大きい

ことが報告されており^{15,16)}、とくに MR の術後では前尖腱索乳頭筋の働きがより大きな役割を担っていると考えられる。MR において後尖腱索温存術式で心機能の改善が得られるとする報告もあるが¹⁷⁾、われわれの結果からは MR では前尖腱索と後尖腱索の協調作用が単独後尖腱索の機能よりも大きな重要性を有していると考えられた。僧帽弁狭窄症の人工弁置換後では、術後前負荷が増大し左室のコンプライアンスが良好であれば拡張末期容量が増大し左室駆出率、局所壁運動も改善することが予測される。しかし実際には術前より左室のコンプライアンスが低下していると考えられ、術前癒合病変の強い領域では壁運動が低下しており術後も改善がみられなかった。後尖腱索の温存が癒合病変を残すことになり、PB 領域の壁運動の低下に関与していた可能性もある。

後尖腱索温存術式の MS では、PB 領域以外では左室局所壁運動の改善している領域もあり、MR の後尖腱索温存術式とは異なった壁運動を示した。

結 語

僧帽弁閉鎖不全症 (MR) では両尖の腱索を温存した術式が、後尖腱索のみの温存術式に比べて左室駆出率および前側壁、心尖部の左室局所壁運動の点から良好な結果が得られた。すなわち MR では両尖腱索機能を温存することが術後心機能上重要と考えられた。一方僧帽弁狭窄症に対する人工弁置換術では後尖腱索温存術式を採用したが、術後左室駆出率は低下することもなく前側壁領域では壁運動も改善した。僧帽弁下病変の強い例では後心基部の壁運動の低下域もみられたが、心機能全体としてはほぼ満足すべき結果であり、左室破裂合併例もなかった。

文 献

- 1) Wong, C. Y. and Spotnitz, H. M.: Systolic and diastolic properties of the human left ventricle during valve replacement for chronic mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* **47**: 40-50, 1981.
- 2) Carabello, B. A., Nolan, S. P. and McGuire, L. B.: Assessment of preoperative left ventricular function in patients with mitral

- regurgitation: Value of the End-systolic wall stress-End-systolic volume ratio. *Circulation* **64**: 1212-1217, 1981.
- 3) Zile, M. R., Gaasch, W. H., Carroll, J. D., et al.: Chronic mitral regurgitation: Predictive value of preoperative echocardiographic indexes of left ventricular function and wall stress. *J. Am. Coll. Cardiol.* **3**: 235-242, 1984.
  - 4) Corin, W. J., Monrad, E. S., Murakami, T., et al.: The relationship of afterload to ejection performance in chronic mitral regurgitation. *Circulation* **76**: 59-67, 1987.
  - 5) Lillehei, C. W., Levy, M. J. and Bonnabeau, R. C.: Mitral valve replacement with preservation of the papillary muscles and the chordae tendineae. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **47**: 532-543, 1964.
  - 6) David, T. E., Burns, R. J., Bacchus, C. M., et al.: Mitral valve replacement for mitral regurgitation with and without preservation of chordae tendineae. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **88**: 718-725, 1984.
  - 7) Miki, S., Kusuhara, K., Ueda, Y., et al.: Mitral valve replacement with preservation of chordae tendineae and papillary muscles. *Ann. Thorac. Surg.* **45**: 28-34, 1988.
  - 8) Okita, Y., Miki, S., Kusuhara, K., et al.: Analysis of left ventricular motion after mitral valve replacement with a technique of preservation of all chordae tendineae—Comparison with conventional mitral valve replacement of mitral valve repair. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **104**: 786-795, 1992.
  - 9) Sunamori, M., Suzuki, A. and Harrison, C. E.: Relationship between cardiac function following valve replacement for mitral stenosis. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **85**: 727-732, 1983.
  - 10) Kaku, K., Hirota, Y., Shimizu, G., et al.: Depressed myocardial contractility in mitral stenosis. An analysis by force-length and stress-shortening relationships. *Jpn. Cir. J.* **52**: 35-43, 1988.
  - 11) Sheehan, F. H., Stewart, D. K., Dodge, H. T., et al.: Variability in the measurement of regional left ventricular wall motion from contrast angiograms. *Circulation* **68**: 550-559, 1983.
  - 12) Rushmer, R. F.: Initial phase of ventricular systole: Asynchronous contraction. *Am. J. Physiol.* **184**: 188-194, 1956.
  - 13) Rozich, J. D., Carabello, B. A., Usher, B. W., et al.: Mitral valve replacement with and without chordae preservation in patients with chronic mitral regurgitation—mechanisms for differences in postoperative ejection performance. *Circulation* **86**: 1718-1726, 1992.
  - 14) Sarris, G. E., Fann, J. I., Niczyporuk, M. A., et al.: Global and regional left ventricular systolic performance in the *in situ* ejecting canine heart—importance of the mitral apparatus. *Circulation* **80** (Suppl. I): 24-41, 1989.
  - 15) Hansen, D. E., Cahill, P. D., Derby, G. C., et al.: Relative contributions of the anterior and posterior mitral chordae tendineae to canine global left ventricular systolic function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **93**: 45-55, 1987.
  - 16) Oe, M., Asou, T., Kawachi, Y., et al.: Effects of preserving mitral apparatus on ventricular systolic function in mitral valve operations in dogs. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **106**: 1138-1146, 1993.
  - 17) Hennein, H. A., Swain, J. A., McIntosh, C. L., et al.: Comparative assessment of chordal preservation versus chordal resection during mitral valve replacement. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **99**: 828-837, 1990.