

僧帽弁閉鎖不全症に対する外科治療成績：僧帽弁形成術の中期遠隔成績

Surgical Treatment for Mitral Regurgitation: Mid-Term Outcome Following Mitral Valve Repair

下川 智樹
加瀬川 均
鎌田 聡
維田 隆夫
川瀬 光彦
大滝 英二*
住吉 徹哉*

Tomoki SHIMOKAWA, MD
Hitoshi KASEGAWA, MD, FJCC
Satoshi KAMATA, MD
Takao IDA, MD
Mitsuhiko KAWASE, MD
Eiji OOTAKI, MD, FJCC*
Tetsuya SUMIYOSHI, MD, FJCC*

Abstract

Mid-term results of mitral valve repair for mitral regurgitation were evaluated in 173 consecutive patients (mean age 53 years, 107 males, 66 females) treated from July 1991 to March 1998. Pathological causes of the mitral valve disease were degenerative in 118 patients, infective endocarditis in 25, rheumatic in 13, and ischemic in 8 (ischemic cardiomyopathy in 7). The principal technique was chordal replacement with expanded polytetrafluoroethylene sutures for prolapse of the anterior leaflet, and Carpentier's sliding leaflet technique for prolapse of the posterior leaflet. Most patients received ring annuloplasty with a rigid ring and flexible band (physiological remodeling annuloplasty). Intraoperative transesophageal echocardiography was used after 1993.

There were 7 operative deaths (4%) and 7 mitral valve replacements (4%) during the same operation. Successful repair was achieved in 96% of patients with mitral regurgitation. Mean follow-up was 35 months (range 2 to 78 months). Survival at 6 years was 85 ± 10% of all patients, 98 ± 2% in degenerative cases. Six patients required reoperation (1.2%/patient-year) and mean time interval between initial operation and reoperation was 33.1 months. Four patients with atrial fibrillation had thromboembolic events (0.8%/patient-year). There were no anticoagulant-related complications. Freedom from reoperation and all valve-related event at 6 years was 88 ± 6% and 84 ± 6%. Late postoperative Doppler echocardiography revealed satisfactory results in 93% of the patients.

Mitral valve repair using chordal replacement, sliding plasty and ring annuloplasty provides excellent mid-term results.

J Cardiol 2000; 35(6): 425-432

Key Words

■ Mitral valve, repair

■ Mitral regurgitation

■ Mitral valve prolapse

■ Prognosis

はじめに

僧帽弁閉鎖不全症に対する僧帽弁形成術は、手術成績も良好で遠隔期の弁関連合併症も少ないことが報告され、広く行われるようになってきている¹⁻⁹⁾。とくに僧帽弁後尖逸脱に対する弁尖切除術とリングを用い

た弁輪形成術は、Cleveland Clinicでの1,072例に対する追跡調査の結果、10年の再手術回避率がほぼ100%に近い安定した成績が得られている¹⁰⁾。これらの成績を踏まえて我々は遠隔期の quality of life を考慮し、僧帽弁閉鎖不全症に対しては弁形成術を試みることを原則として外科治療を行ってきた¹¹⁾。

榊原記念病院 外科, *内科: 151-0053 東京都渋谷区代々木2-5-4

Departments of Cardiovascular Surgery and * Cardiology, Sakakibara Heart Institute, Tokyo

Address for reprints: SHIMOKAWA T, MD, Department of Thoracic Cardiovascular Surgery, Saga Medical School, Nabeshima 5-1-1, Saga, Saga 849-8501

Manuscript received October 6, 1999; revised February 28, 2000; accepted February 29, 2000

Table 1 Patient characteristics

Mean age (yr, range)	53 (5-76)
Sex (male/female)	107/66
Etiology	
Degenerative	118
Billowing valve	25
Fibroelastic deficiency	92
Marfan's syndrome	1
Infective endocarditis	25
Rheumatic	13
Ischemic	8
Congenital	5
Others	4
Carpentier's functional classification	
Type I: Normal leaflet motion	14
Annulus dilation	10
Cleft	3
Leaflet perforation	1
Type II: Prolapsed leaflet motion	147
AML prolapse	48
PML prolapse	58
AML + PML prolapse	41
Type III: Restricted leaflet motion	12
Commisure fusion and leaflet thickening	11
Calcification	1

AML = anterior mitral leaflet; PML = posterior mitral leaflet.

今回、その生存率、合併症、遠隔期僧帽弁逆流を調査し、僧帽弁形成術の中期遠隔成績について検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は1991年7月-1998年3月の僧帽弁閉鎖不全症に対する初回手術174例のうち、僧帽弁形成術を試みた173例(平均年齢53歳、男性107例、女性66例)である。病因は変性118例、感染性25例、リウマチ性13例、虚血性8例、先天性5例、その他4例で、Carpentierの機能分類ではI型14例、II型147例、III型12例であった(Table 1)。虚血性僧帽弁閉鎖不全症のうち7例は虚血性心筋症で、5例がNew York Heart Association (NYHA)心機能分類IV度であった。

Table 2 Operative procedures

Repair of anterior leaflet prolapse	
Artificial chordae (ePTFE)	103
Resection-suture	4
Chordae shortening	1
Repair of posterior leaflet prolapse	
Sliding plasty	74
Resection-suture	13
Artificial chordae (ePTFE)	7
Mitral valve annuloplasty	
Carpentier-Edward ring	95
Carpentier-Edward physio ring	10
Durun ring (total)	1
Durun ring (band)	45
Pericardial band	2
Suture annuloplasty	10
Others	
Cleft closure	3
Closure of perforation	6
Commissurotomy and mobilization	13

ePTFE = expanded polytetrafluoroethylene.

2. 方法 (Table 2)

手術手技は前尖逸脱にはゴアテックスを用いた人工腱索再建術、後尖逸脱には弁尖切除(原則としてsliding plasty)を行い、弁輪形成はリングを用いて再構築することを原則とした。できる限り簡便でかつ高い再現性を持つことが手術手技において重要であると考え、人工腱索の高さの調節はターニケットを用いて水試験を繰り返しながら細かく調節する方法を行った¹²⁾。また初期にはCarpentier-Edwardリングを用いたが、前尖の高さが高い症例に対しては限界があるため、1996年2月以降の47例ではflexible bandを用いて症例固有の前尖形態に合わせて後尖弁輪を再構築するphysiological remodeling annuloplastyを行った¹³⁾。主な同時手術は冠動脈バイパス術9例、大動脈弁置換術3例、大動脈弁形成術2例、大動脈基部置換術1例、Ross手術1例、心内修復術3例であった。1993年以降は術中経食道心エコー図法で軽度以上であれば、やり直すこと(再試行)を原則とした¹⁴⁾。

抗凝固療法(ワルファリン)は原則として術後3ヵ月間投与し、心房細動の症例はその後も継続した。

これらの症例に対して米国胸部外科学会のガイドライン¹⁵⁾に基づいて、手術成績、生存率、再手術回避率、

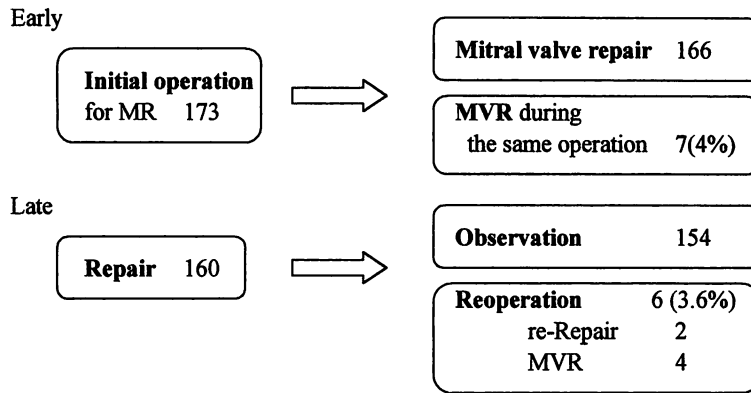


Fig. 1 Surgical results
MR = mitral regurgitation ;
MVR = mitral valve replacement.

Table 3 Incidence of successful repair

Etiology	Repair/total
Degenerative	113/118(95.8)
Billowing valve	22/25(88.0)
Fibroelastic deficiency	90/92(97.8)
Marfan's syndrome	1/1(100)
Infective endocarditis	24/25(96.0)
Rheumatic	12/13(92.3)
Ischemic	8/8(100)
Congenital	5/5(100)
Others	4/4(100)
Total	166/173(96.0)

(): %.

Table 4 Causes of early death

Pneumonia	3
Intraoperative aortic dissection	1
Multiple organ failure	3

Table 5 Causes of late death

Heart failure	1(ICM)
Sudden death(arrhythmia)	2(ICM)
Cerebral infarction	1
Pneumonia	2

ICM=ischemic cardiomyopathy.

合併症回避率, 遠隔期僧帽弁逆流を調査し, 僧帽弁形成術の中期遠隔成績について検討した. なお, 遠隔期僧帽弁逆流については体表面心エコー図検査により検出される最大逆流ジェット面積を測定し評価した. 使用装置はHewlett Packard製SONOS 1500を用いた.

生存率, 再手術回避率, 合併症回避率算出にはKaplan-Meier法を使用し, 統計ソフトはStat View 4.5を用いた.

結 果

1. 早期成績

173例の手術を施行し, 結果的に初回手術で7例が弁置換になり, 96%の166例は形成術が可能であった(Fig. 1). 全僧帽弁閉鎖不全症174例に対する形成達成率は95.4%であった. 病因別にみた形成達成率をTable 3に示す. 再手術は14例(8%)に行った.

早期死亡は7例(4%)であり, 1例は弁形成が困難で弁置換となった症例で, 術中大動脈解離を発症した. 他の6例は弁形成術が可能で, このうち4例は術前状態が不良(虚血性心筋症, 左主幹部病変を合併した急性左心不全に対して術前より大動脈内バルーンポンピング管理, 心不全肺炎で術前より人工呼吸器管理, 肝硬変)の症例であった(Table 4).

2. 遠隔成績

平均観察期間3年, 最長6.5年で6例の遠隔死亡を認めた. 虚血性心筋症の2例は突然死, 1例は心不全死であった. また再手術(弁置換術)後の肺炎による死亡を1例に認めた(Table 5, Fig. 1).

1) 遠隔期生存率

早期死亡, 弁置換を除く160例の生存率は6年で85±10%であった. 病因別にみると, 変性疾患では6年で98±2%であり, 症例数が少ないものの感染性, リウマチ性もほぼ同様であった. 虚血性のうち, 虚血

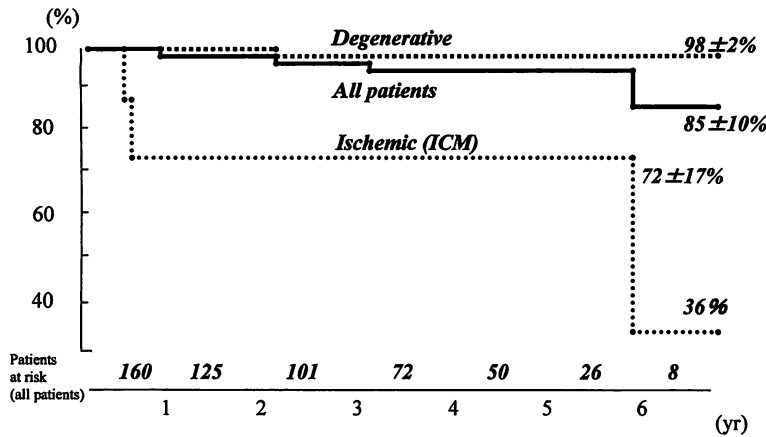


Fig. 2 Actual survival curve by Kaplan-Meier analysis
Abbreviation as in Table 5.

Table 6 Patients who underwent reoperation

Age (yr) /sex	Etiology, valve lesion	Technique of initial repair	Cause of reoperation	Time interval between initial repair and reoperation (month)
58/F	FD, AML prolapse	Chordal shortening, C-E ring 34	Increased MR	65
56/M	BV, AML and PML prolapse	Chordal replacement (6), C-E ring 34	Increased MR	61
49/M	FD, AML prolapse	Chordal replacement (4), C-E ring 32	Hemolytic anemia	7
64/M	BV, AML and PML prolapse	Chordal replacement (4), suture annuloplasty	Increased MR	41
66/F	BV, AML prolapse, PML calcification	Chordal replacement (4), suture annuloplasty	Increased MR	25
5/M	Congenital, AML prolapse	Chordal replacement (4), Durum ring (band)	Hemolytic anemia	0.4

() : number of artificial chordae.

F=female; M=male; FD=fibroelastic deficiency; C-E ring=Carpentier-Edward ring; BV=billowing valve. Other abbreviations as in Table 1, Fig. 1.

性心筋症では5年で72 ± 17%, 6年で36%の生存率であった(Fig. 2).

2) 再手術および合併症

再手術は6例に施行した。溶血による再手術の2例は再形成術を行い、残存僧帽弁逆流の増強を認めた4例は弁置換となった。このうち1例は腱索短縮術の再延長による逆流、2例はbillowing valveに対して縫合弁輪形成術を行ったが、再び弁輪拡大をきたした。残り1例は弁尖の肥厚硬化が進行したものと考えられた(Table 6)。

遠隔期合併症はいずれも心房細動の4例に脳梗塞を認めた(0.8%/patient-year)。感染性心内膜炎、抗凝固療法に伴う出血は認めなかった。6年での再手術回避率は88 ± 6%であり、再手術を含めた合併症回避率は6年で84 ± 6%であった(Fig. 3)。

3) 追跡心エコー図検査

弁置換症例、早期死亡を除いた160例での心エコー図検査の追跡を示した。退院時に重度の僧帽弁閉鎖不

全症の症例は認めず、中等度の僧帽弁閉鎖不全症が4例であった。退院時で98%、遠隔期で93%が軽度以下の僧帽弁閉鎖不全症であった。遠隔期重度の僧帽弁閉鎖不全症の2例は再手術を行った(Fig. 4)。

考 察

僧帽弁閉鎖不全症に対する僧帽弁形成術は、Carpentierら¹⁻⁴⁾によりその手術手技と遠隔成績が報告され、現在ではさまざまな手技と良好な追跡成績が報告⁵⁻⁹⁾されるに至っている。僧帽弁形成術の長期遠隔成績として、Delocheら⁴⁾は195例の手術生存率で15年の実測生存率72.4%、再手術回避率87.4%、血栓塞栓回避率93.9%、心内膜炎回避率96.6%、抗凝固療法関連出血からの回避率95.6%であったと極めて良好な成績を報告している。同時に変性疾患での再手術回避率(92%)がリウマチ性症例(76%)よりも良好であることを報告しており、どのように患者選択を行うかが重要である。

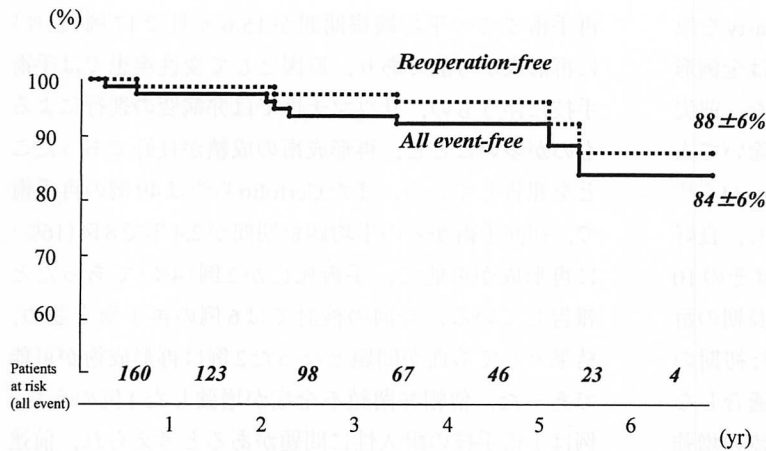


Fig. 3 Actual curve of reoperation-free and all event-free patients by Kaplan-Meier analysis

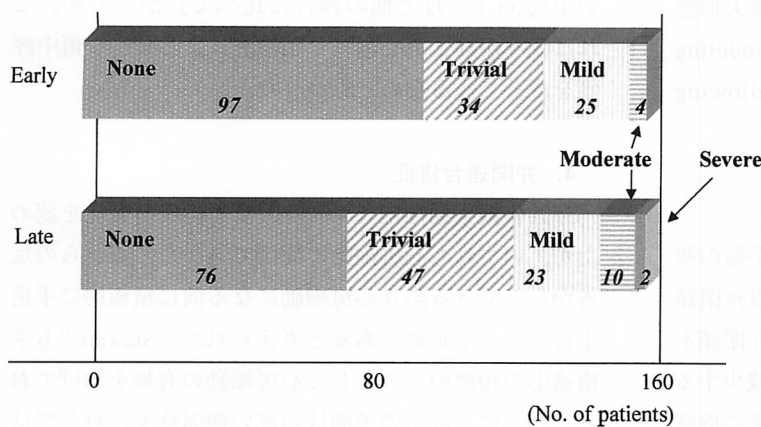


Fig. 4 Follow-up of post-operative mitral regurgitation with echocardiography

我々は人工腱索の導入により前尖の可動性が保たれていれば形成可能と考え、術前の超音波エコー図検査で判断し、初回手術症例の中では広範囲に前尖が破壊された感染性心膜炎の1例を除く全例で形成術を試みた。今回の検討では変性疾患に対する僧帽弁形成術の達成率は96%であり、その他の病因を含めても95%の達成率であった。これは変性疾患に対する最近の報告とほぼ同様の結果⁷⁻¹⁰⁾であり、その他の症例を含めて非常に高い形成達成率が可能であった。これら症例の遠隔成績は6年生存率85%、再手術回避率88%、再手術を含めた合併症回避率は84%であり、満足できる成績であると考えられた。早期死亡は4%と他の報告に対してやや多かったが、本文にも記載したように適応を拡大するうえで、虚血性心筋症や他臓器合併症など、症例の重症化につながったことが一因と考えられた。

1. 変性僧帽弁閉鎖不全症

Davidら⁸⁾は変性の程度から3群に分類し、変性疾患に対する弁形成術の結果は良好であったものの、両尖に粘液変性を持つような重度の変性症例は、僧帽弁閉鎖不全症の再発あるいは再手術の危険因子であることを報告している。我々は術中形態診断により変性疾患を fibroelastic deficiency と billowing valve に分類しているが、巨大弁尖である billowing valve が重度の変性に相当すると考えられ、我々の再手術あるいは初回手術での形成術困難症例に billowing valve が多いことと一致した。さらに Davidら¹⁵⁾はその後の報告で324人の変性僧帽弁閉鎖不全症に対する形成術の遠隔成績について10年生存率75 ± 5%、再手術回避率96 ± 1%、脳梗塞回避率94 ± 2%、心内膜炎回避率99 ± 1%であったとして、変性僧帽弁閉鎖不全症に対する形成術の高い耐久性と低い弁関連合併症を報告している。

我々は後尖切除部位の弁輪を水平に縫縮することが術後の縫合離開を予防することにおいて大切であると

考えて、compression sutureを用いるsliding plastyを原則として行い、今回の検討でも後尖逸脱例では全例形成が可能で観察期間内の再手術も認めなかった。前尖逸脱に対しては再手術になった初期の1例を除いて人工腱索を用いた。Kawazoeら⁹⁾、Fraterら¹⁶⁾、Davidら¹⁷⁾は人工腱索を用いて前尖に対する適応を拡大し、良好な初期成績を報告している。さらに最近ではその10年の遠隔成績も良好であることが報告され、長期の耐久性についても実証されつつある^{15,18)}。また初期のbillowing valve例ではリングが前尖の形態に適合しないため、縫合弁輪形成術を用いたが、残存逆流の増強する症例を認めた。このため後期の症例では正常の前尖形態(縦横径比3:4)ではなく、症例固有の前尖形態に合わせて弁輪形成を行うphysiological remodeling annuloplastyを導入し、現在までのところbillowing valveにおいても再手術は認められていない。

2. 虚血性僧帽弁閉鎖不全症

最近になり心筋症に対するさまざまな外科手術の報告があるが、Bollingら¹⁹⁾は心筋症に伴う僧帽弁閉鎖不全症に対して僧帽弁形成術を施行し、僧帽弁閉鎖不全症を消失させることで遠隔期に左室容量が減少することを報告している。虚血性僧帽弁閉鎖不全症の機序としては、1)乳頭筋断裂、機能不全による弁尖逸脱、2)左室拡大に伴う弁輪拡大、3)収縮不全と乳頭筋の線維化に伴う接合不全が挙げられる²⁰⁾が、虚血性心筋症では弁輪拡大と接合不全の弁形態(systolic restriction)をとることが多く、Bollingら²¹⁾はこれら症例に対して、より小さいリング弁輪形成術を心筋症48例に施行し、術前の左室駆出率が16%と低左心機能であるにもかかわらず、手術死亡1例、2年生存率71%であったと報告している。

我々もこのような虚血性僧帽弁閉鎖不全症はリング弁輪形成術による弁輪の縫縮で安定した良好な結果が得られ、形成術の予測性の高い病変であると考え早くから行ってきた。8例の虚血性僧帽弁閉鎖不全症のうち7例が虚血性心筋症であり、1例を多臓器不全で失ったが、5年生存率72%は虚血性心筋症の自然歴から考えて良好な成績であった。

3. 再手術

Gillinovら²²⁾は形成後の86例の再手術症例について、

再手術までの平均観察期間が15.6ヵ月で17例(21%)に再形成が可能であり、原因として変性疾患では手術手技に伴うもの、リウマチ性では弁病変の進行によるものが多いことと、再形成術の成績が良好であったことを報告している。またCerfolioら²³⁾は49例の再手術で、初回手術からの平均観察期間が2.4年で8例(16%)に再形成が可能で、手術死亡が2例(4%)であったと報告している。今回の検討では6例の再手術を認め、結果として溶血が問題となった2例は再形成術が可能であった。僧帽弁閉鎖不全症が増強した4例のうち3例は手術手技の耐久性に問題があると考えられ、前述のような術式の改良を行った。また再手術までの期間が平均33.1ヵ月と他の報告に比べて長かったが、これは我々が経食道心エコー図検査による厳格な術中評価を行っているためと思われた。

4. 弁関連合併症

今回の観察期間内に4例の血栓塞栓症の発症を認めたが、いずれも心房細動の症例であった。これらの反省から、できる限り心房細動になる前に積極的に手術を行うことが重要であると考えられた。Stewart²⁴⁾も手術適応の指標の一つとして心房細動の有無を挙げており、とくに形成術の予測性の高い病因病変に対してはより早期に手術を行うことで遠隔期の再手術のみでなく、弁関連合併症も予防することが可能であると考えられた。

5. 遠隔期僧帽弁逆流

僧帽弁形成術後の遠隔期逆流についての報告は少なく、Davidら¹⁵⁾は変性疾患に対する10年での再手術回避率は96±1%で、重度の僧帽弁閉鎖不全症の再発からの自由率は93±3%であったと報告している。今回の検討では2例が重度の僧帽弁閉鎖不全症であった。中等度以上の僧帽弁閉鎖不全症の症例は12例で、このうち4例が再手術となり、遠隔死亡1例を除いた7例が経過観察中である。

結 語

1) 僧帽弁閉鎖不全症(初回手術、純型)の96%で僧帽弁形成術が可能であった。

2) 虚血性心筋症を含めて早期死亡7例で、遠隔成績は6年生存率85%、再手術回避率88%、再手術を含

めた合併症回避率84%であった。また遠隔期僧帽弁逆流が中等度以上になった症例は12例(7%)であった。

3) 人工腱索再建術, 弁尖切除およびリング弁輪形成術を用いた僧帽弁形成術の中期遠隔成績は良好であると考えられた。

要 約

1991年7月-1998年3月に僧帽弁閉鎖不全症に対する僧帽弁形成術を試みた173例(平均年齢53歳, 男性107例, 女性66例)を対象として中期遠隔成績を検討した。病因は変性118例, 感染性25例, リウマチ性13例, 虚血性8例(虚血性心筋症7例), 先天性5例, その他4例であった。前尖逸脱には人工腱索再建, 後尖逸脱には弁尖切除を行い, 初期はCarpentier-Edwardリング, 後期(1996年2月以降)はflexible bandを用いた。1993年以降は, 術中経食道心エコー図検査で遺残逆流が軽度以上であれば, 再試行を原則とした。

初回手術で7例(4%)が術中弁置換へ移行し, 96%の166例において形成術が可能であった。早期死亡は7例(4%), 平均観察期間は3年(2-78ヵ月)で, 6例の遠隔死亡を認めた。早期死亡, 弁置換症例を除く160例の生存率は6年で85±10%, 変性では98±2%(6年), 虚血性では72±17%(5年)であった。再手術は6例に施行し, 再手術までの期間は平均33.1ヵ月で, 溶血の2例は再形成が可能であった。遠隔期合併症は心房細動の4例に脳梗塞を認め(0.8%/patient-year), 感染性心内膜炎, 抗凝固療法関連出血は認めなかった。6年での再手術回避率は88±6%であり, 再手術を含めた合併症回避率は6年で84±6%であった。追跡心エコー図検査では, 退院時で98%, 遠隔期で93%が軽度以下であった。

人工腱索再建, 弁尖切除およびリング弁輪形成術を用いた僧帽弁形成術の中期遠隔成績は良好であると考えられた。

J Cardiol 2000; 35 (6): 425-432

文 献

- 1) Carpentier A, Deloche A, Dauptain J, Soyier R, Blondeau P, Piwnicka A, Dubost C, McGoon DC: A new reconstructive operation for correction of mitral and tricuspid insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; **61**: 1-13
- 2) Carpentier A, Chauvaud S, Fabiani JN, Deloche A, Relland J, Lessana A, D'Allaines C, Blondeau P, Piwnicka A, Dubost C: Reconstructive surgery of mitral valve incompetence: Ten-year appraisal. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; **79**: 338-348
- 3) Carpentier A: Cardiac valve surgery: The "French correction". *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; **86**: 323-337
- 4) Deloche A, Jebara VA, Relland JYM, Chauvaud S, Fabiani JN, Perier P, Dreyfus G, Mihaileanu S, Carpentier A: Valve repair with Carpentier techniques: The second decade. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; **99**: 990-1002
- 5) Cosgrove DM, Chavez AM, Lytle BW, Gill CC, Stewart RW, Taylor PC, Goormastic M, Borsh JA, Loop FD: Results of mitral valve reconstruction. *Circulation* 1986; **74**(Suppl I): I-82-I-87
- 6) Galloway AC, Colvin SB, Baumann FG, Harty S, Spencer FC: Current concepts of mitral valve reconstruction for mitral insufficiency. *Circulation* 1988; **78**: 1087-1098
- 7) Duran CMG: Perspectives in reparative surgery for acquired valvular disease. *in Advances in Cardiac Surgery*, Vol 4. Mosby, St. Louis, 1993; pp1-23
- 8) David TE, Armstrong S, Sun Z, Daniel L: Late results of mitral valve repair for mitral regurgitation due to degenerative disease. *Ann Thorac Surg* 1993; **56**: 7-14
- 9) Kawazoe K, Eishi K, Sasako Y, Kosakai Y, Kitoh Y, Nakajima N, Kawashima Y: Clinical experience of mitral valve reconstruction with artificial chordae implantation. *Eur J Cardiothorac Surg* 1992; **6**: 297-301
- 10) Gillinov AM, Cosgrove DM, Blackstone EH, Diaz R, Arnold JH, Lytle BW, Smedira NG, Sabik JF, McCarthy PM, Loop FD: Durability of mitral valve repair for degenerative disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; **116**: 734-743
- 11) 加瀬川 均, 古澤武彦, 岡田吉弘, 浅川栄一, 佃 和彦, 山田研一, 菊地慶太, 万納寺栄一, 維田隆夫, 川瀬光彦: 遠隔成績向上をめざした僧帽弁形成術. *胸部外科* 1995; **48**: 638-641
- 12) Kasegawa H, Kamata S, Hirata S, Kobayashi N, Mannouji E, Ida T, Kawase M: Simple method for determining proper length of artificial chordae in mitral valve repair. *Ann Thorac Surg* 1994; **57**: 237-239
- 13) Kasegawa H, Kamata S, Ida T, Kawase M, Fujimoto T, Umezumi M: Physiologic remodeling annuloplasty to retain the shape of the anterior leaflet: A new concept in mitral valve repair. *J Heart Valve Dis* 1997; **6**: 604-607
- 14) Edmunds LH Jr, Clark RE, Cohn LH, Grunkemeier GL, Miller DC, Weisel RD: Guidelines for reporting morbidity and mortality after cardiac valvular operations: The

- American Association for Thoracic Surgery, Ad Hoc Liason Committee for Standardizing Definitions of Prosthetic Heart Valve Morbidity. *Ann Thorac Surg* 1996; **62**: 932-935
- 15) David TE, Omran A, Armstrong S, Sun Z, Ivanov J: Long-term results of mitral valve repair for myxomatous disease with and without chordal replacement with expanded polytetrafluoroethylene sutures. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; **115**: 1279-1286
 - 16) Frater RWM, Vetter HO, Zussa C, Dahm M: Chordal replacement in mitral valve repair. *Circulation* 1990; **82** (Suppl IV): IV-125-IV-130
 - 17) David TE, Bos J, Rakowski H: Mitral valve repair by replacement of chordae tendineae with polytetrafluoroethylene sutures. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991; **101**: 495-501
 - 18) David TE, Armstrong S, Sun Z: Replacement of chordae tendineae with Gore-Tex sutures: A ten-year experience. *J Heart Valve Dis* 1996; **5**: 352-355
 - 19) Bolling SF, Deeb GM, Brunsting LA, Bach DS: Early outcome of mitral valve reconstruction in patients with end-stage cardiomyopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; **109**: 676-683
 - 20) Hendren WG, Nemec JJ, Lytle BW, Loop FD, Taylor PC, Stewart RW, Cosgrove DM III: Mitral valve repair for ischemic mitral insufficiency. *Ann Thorac Surg* 1991; **52**: 1246-1252
 - 21) Bolling SF, Pagani FD, Deeb GM, Bach DS: Intermediate-term outcome of mitral reconstruction in cardiomyopathy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; **115**: 381-388
 - 22) Gillinov AM, Cosgrove DM, Lytle BW, Taylor PC, Stewart RW, McCarthy PM, Smedira NG, Muehrcke DD, Apperson-Hansen C, Loop FD: Reoperation for failure of mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; **113**: 467-475
 - 23) Cerfolio RJ, Orzulak TA, Pluth JR, Harmsen WS, Schaff HV: Reoperation after valve repair for mitral regurgitation: Early and intermediate results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; **111**: 1177-1184
 - 24) Stewart WJ: Choosing the "Golden Moment" for operation in the era of valve repair for mitral regurgitation. *ACC Learning Center Highlights*, 1994; 2-7