三尖弁形成術における MC³ リングの使用経験 ——コスグローブリングとの比較——

川 本 純 泉 谷 裕 則 澁 川 貴 規 望 月 慎 吾 西 川 大 陸

三尖弁閉鎖不全症に対する弁輪縫縮術に用いられる人工弁輪で、最近使用可能となった Edwards Lifesciences 社製 MC³ リングは、三尖弁の正常な三次元構造を復元できる人工弁輪である。2005 年 5 月から 2007 年 4 月まで三尖弁閉鎖不全症を合併した心臓手術症例 71 例に対して、人工弁輪を用いた弁輪縫縮術を行った。2006 年 9 月までは、Edwards Lifesciences 社製 Cosgrove-Edwards リングを、2006 年 10 月以降は同社の MC³ リングを使用し、それぞれ CE 群 (33 例)、MC³ 群 (38 例) とし、術後の三尖弁逆流の程度を比較した。術前三尖弁逆流の程度 (重症度により 0, 0.5, 1, 2, 3, 4) は、CE 群で平均 2.8 ± 0.67 、MC³ 群で平均 2.6 ± 0.58 と両群間で差はなかった。両群とも僧帽弁手術を行ったものが 1 番多く、ついで大動脈弁手術であった。退院時の三尖弁逆流の平均値は、CE 群で 0.92 ± 0.99 、MC³ 群で 0.34 ± 0.46 であった。平均 9 カ月後の三尖弁逆流は、CE 群で 1.5 ± 1.2 、MC³ 群で 0.42 ± 0.50 であった。逆流の程度は両群ともに術前に比し有意に減少したが、CE 群で遠隔期の再発傾向が危惧された。日心外会誌 37 巻 6 号: 317-320 (2008)

Keywords: 三尖弁閉鎖不全症, 三尖弁形成術, 三尖弁輪縫縮術, 人工弁輪

Initial Experience with the MC³ Annuloplasty Ring for Tricuspid Regurgitation: Comparison to the Cosgrove-Edwards Ring

Jun Kawamoto, Hironori Izutani, Takanori Shibukawa, Shingo Mochiduki and Dairoku Nishikawa (Division of Cardiovascular Surgery, National Hospital Organization Kure Medical Center, Kure, Japan)

The Edwards MC³ tricuspid annuloplasty system has recently become available commercially. Its anatomically correct design conforms to the three-dimensional tricuspid orifice and minimizes stress on sutures. We handled 71 patients with functional tricuspid regurgitation by open heart surgery and tricuspid valve repair between May 2005 and April 2007 in our institute. Cosgrove-Edwards annuloplasty rings were used for tricuspid regurgitation in 33 patients before October 2006. Among them, there were 30 mitral valve surgeries, 6 aortic valve surgeries, and 2 cases of atrial septal defect. Since then, we used the MC³ system in 38 cases, consisting of 30 mitral valve surgeries, 9 aortic valve surgeries, and 2 cases of atrial septal defect. Three patients died postoperatively with the Cosgrove-Edwards system, but there was no fatality with the MC³ system. The degree of tricuspid regurgitation was reduced from 2.6 ± 0.58 to 0.34 ± 0.46 (regurgitation severity scale: 0 to 4) in the patients with the MC³ ring at discharge. In the 33 patients with the Cosgrove-Edwards ring, it was from 2.8 ± 0.67 to 0.92 ± 0.99 . The severity of tricuspid regurgitation in patients with the Cosgrove-Edwards ring and the MC³ ring about nine months postoperative was 1.5 ± 1.2 and 0.42 ± 0.50 , respectively. The MC³ (rigid ring) system was more effective than the Cosgrove-Edwards (flexible band) system for decreasing tricuspid regurgitation in immediate and short-term postoperative periods. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 37: 317-320 (2008)

僧帽弁、大動脈弁の左心系心臓弁膜症手術の際に、肺高血圧症や右心系の拡大に伴ういわゆる 2 次性、あるいは機能性三尖弁閉鎖不全症を生じている症例は少なくない。このような症例で中等度以上の三尖弁逆流を伴う場合は、三尖弁形成術を同時に行うことが多い。三尖弁形成術の長期成績、予後が散見されるが、Kay 法や DeVega 法などの suture annuloplasty に比べ、rigid あるいは flexible な人

工弁輪を用いた ring annuloplasty の成績と予後の優位性が報告されている。2006 年 10 月から日本国内で使用可能となった Edwards Lifesciences 社製 MC³ リングは、三尖弁の正常解剖の三次元構造を復元できる rigid な人工弁輪である。その構造上、他の人工弁輪に比べ術後の三尖弁逆流の軽減が見込まれる。今回われわれは、三尖弁形成術において、従来から使用されている同社の flexible な人工弁輪の Cosgrove-Edwards リングと術後の三尖弁逆流の程度を比較検討した。

対象と方法

対象患者：2005 年 5 月から 2007 年 4 月まで当科で施行した人工心肺を使用する心臓手術症例のうち、三尖弁閉鎖不全症を合併し人工弁輪を用いた弁輪縫縮による三尖弁形成術を行った 71 症例を対象とした。三尖弁形成術の適応は、入院前あるいは入院時の心エコーで三尖弁逆流 I 度以上（逆流評価は後述）を合併しているものとした。2006 年 9 月までの症例は、Cosgrove-Edwards Annuloplasty System (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) を人工弁輪として用い、2006 年 10 月以降の症例は、Edwards MC³ Annuloplasty System (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) を用い、それぞれ CE 群、MC³ 群とした。CE 群は 33 例（男女比 16:17、平均年齢 72.6±9.9 歳）、MC³ 群は 38 例（男女比 14:24、平均年齢 71.4±10.1 歳）であった。術前の患者背景について、表 1 にまとめた。人工弁輪の使用サイズは、CE 群では、26 mm が 12 例、28 mm が 16 例、30 mm が 5 例であった。MC³ 群は、26 mm が 29 例、28 mm が 6 例、30 mm が 3 例であった。CE 群は、僧帽弁疾患の合併 31 例、大動脈弁疾患の合併 6 例、心房中隔欠損症の合併 2 例であった。

表 1 術前患者背景

	CE 群 (n=33)	MC ³ 群 (n=38)
Male/Female	16/17	14/24
Mean age	72.6±9.9	71.4±10.1
NYHA Class	3.07±0.7	2.86±0.7
Atrial fibrillation	27	22
CRF on HD	2	4
PH	21	25
LVEF (%)	56.0±2.0	58.5±13.2

CRF, chronic renal failure; HD, hemodialysis; PH, pulmonary hypertension; LVEF, left ventricular ejection fraction.

表 2 人工弁輪サイズ、手術概要

	CE 群 (n=33)	MC ³ 群 (n=38)
Ring size (mm)		
26	12 (36%)	29 (76%)
28	16 (48%)	6 (16%)
30	5 (15%)	3 (7.9%)
Concomitant procedure		
Mitral valve repair	25 (76%)	27 (71%)
MVR	6 (18%)	3 (7.9%)
AVR	6 (18%)	9 (24%)
CABG	5 (15%)	6 (16%)
MAZE	29 (88%)	25 (66%)
Others	2 (6%)	8 (21%)

MVR, mitral valve replacement; AVR, aortic valve replacement; CABG, coronary artery bypass grafting; MAZE, maze procedure.

MC³ 群は、僧帽弁疾患の合併 30 例、大動脈弁疾患の合併 9 例、心房中隔欠損症の合併 2 例であった。各群の主な手術術式を表 2 に示した。CE 群で 3 例の死亡例を認めたが、MC³ 群で死亡例はなかった。

手術方法

手術は、全身麻酔下に行い、全例に経食道心エコープローベを挿入した。胸骨正中切開、上行大動脈送血、上下大静脈 2 本脱血にて人工心肺を確立した。心筋保護は、順行性および逆行性冠灌流を併用した血液混合心筋保護液を使用した。逆行性冠灌流用のカテーテルは、右房切開により、直視下に挿入した。冠動脈バイパス術を合併する場合、左冠動脈前下行枝を除く、末梢吻合を上行大動脈遮断による心停止後最初に行った。僧帽弁手術の場合は、心停止下に右側左房切開にて行った。心房細動を合併する症例は、原則的に MAZE 手術を併用し、左心耳縫縮も行った。冠動脈バイパス術の中枢側吻合を上行大動脈に行う場合は心停止下に行った。三尖弁形成術は、初期の CE 群では心停止下に行ったが、CE 群の一部と MC³ 群の全例で心拍動下に行った。心拍動下に行う場合、通常 5 分間の常温血液混合心筋保護液による逆行性冠灌流後に大動脈遮断を解除し、心拍動を再開させ、右房切開から三尖弁を露出した。人工弁輪のサイジングは心拍動下に行った。人工弁輪の縫着は、2-0 ETHIBOND EXCEL 縫合糸 (ETHICON, INC, Somerville, New Jersey, USA) を用いた。CE 群は、三尖弁前尖と後尖の弁輪に 8~10 針、MC³ 群は、三尖弁前尖から後尖、中隔尖中ほどまで 10~14 針のマットレス縫合を置き人工弁輪を縫着した (図 1)。左内胸動脈と左冠動脈前下行枝吻合は、右房閉鎖後、心拍動下に行った。

三尖弁逆流評価

全例で、術前、退院時、外来経過観察時に経胸壁心エコーカラードップラー法による三尖弁逆流の評価を行った。心エコーによる逆流の程度は、逆流ジェットの到達距離により I 度（軽度）から IV 度（重度）に分類した。統計処理において、逆流なしを 0、I 度から IV 度までをそれぞれ 1, 2, 3, 4 とした。逆流の程度が 1 以下であるがわずかにあるもの（心エコー所見上 trivial）を 0.5 とした。測定値は、平均値±標準偏差で表示した。逆流の程度の比較は、Mann-Whitney 検定を行い、 $p < 0.05$ を統計学的に有意とした。

結 果

術前三尖弁逆流の程度は、CE 群は平均 2.8 ± 0.67 、MC³ 群は平均 2.6 ± 0.58 と差はなかった ($p = 0.35$)。退

図1 Edwards Lifesciences 社製 MC³ annuloplasty system を用いた心拍動下三尖弁形成術 (手術写真)

A：弁輪への糸かけ，B：人工弁輪のサイジング，C：人工弁輪テンプレートの除去，D：人工弁輪縫着終了。

院時の三尖弁逆流の程度は，CE 群の 1 例を除く全例で術前より減少した。平均の三尖弁逆流は，CE 群で 0.92 ± 0.99 ，MC³ 群は 0.34 ± 0.46 であった。三尖弁逆流の程度は両群ともに術前に比し有意に減少した。両群間の比較では，術後の三尖弁逆流は，MC³ 群で有意に少なかった ($p=0.01$) (図 2)。両群で術後に三尖弁狭窄を呈する症例はなかった。CE 群の術後平均観察期間 9.8 ± 4.7 カ月での平均の三尖弁逆流は， 1.5 ± 1.2 であった。MC³ 群の術後平均観察期間は 9.4 ± 3.3 カ月での，平均の三尖弁逆流は， 0.42 ± 0.50 であった。術後早期 9 カ月程度の三尖弁逆流は，MC³ 群で有意に少なかった ($p=0.002$)。CE 群では術後比較的早期から逆流の増加を認めた。

考 察

三尖弁閉鎖不全症は，心不全を伴わない場合，それ単独では治療されず放置されることもある¹⁾。しかし，中等度あるいは重度の三尖弁閉鎖不全症は，心機能や肺高血圧症の程度と関係なく，生存率においての独立した危険因子であるという報告がある²⁾。三尖弁そのものには異常がなく，肺高血圧症や右心系の拡大に伴ういわゆる 2 次性，あるいは機能性三尖弁閉鎖不全症の多くは，弁輪拡大やそれに伴う弁尖の接合不全により生じ，僧帽弁狭窄症や僧帽弁閉鎖不全症症例で見られることが多い。このような三尖弁逆流が僧帽弁手術後に減少あるいは消失するという報告が

図2 術前，退院時，術後早期の三尖弁逆流の変化

ある一方，僧帽弁弁膜症手術の際に放置された三尖弁逆流あるいは，三尖弁逆流を合併しないような症例においても，術後に三尖弁逆流が持続したり，あるいは新たに生じたりすることが報告されている³⁾。また，三尖弁閉鎖不全症を伴う症例は，利尿剤の長期投与，うっ血肝，浮腫などにより右心不全の症状を伴い術後 QOL を妨げる要因となることがある。さらに術後の三尖弁逆流の残存や再発に対しての，再手術例の手術成績は良好ではない⁴⁾。そのため左心系の心臓弁膜症手術に伴う機能性三尖弁閉鎖不全症に対しての三尖弁形成術は，手術の危険性を増すことなく，積極的に行うべきであるという報告も多い^{1,5-7)}。術後合併症などにより死亡率が高いという報告が多い三尖弁置換術に比べ，三尖弁輪縫縮を中心とした三尖弁形成術は手術侵襲が小さく短時間に施行できる比較的安全な手技と考えられる。

三尖弁形成術の手技については、先に述べたように機能性三尖弁閉鎖不全は弁輪拡大に伴う弁尖の接合不全が原因であるため、弁輪形成が主たる手技となる。Suture annuloplasty や ring annuloplasty により弁輪の形成あるいは縫縮を行うのが一般的である。Kay 法や De Vega 法などの suture annuloplasty は三尖弁逆流を制御し得るが、rigid あるいは flexible な人工弁輪を用いた ring annuloplasty と比べて、遠隔期の再発が多く、予後が悪いという報告がある^{1,5)}。Gilbert らは人工弁輪を用いた三尖弁形成術は、De Vega 法に比べて、生存率と心血管無事故率が改善したと報告した⁸⁾。

Rigid あるいは flexible な人工弁輪を用いた ring annuloplasty は、suture annuloplasty に比べ、成績、予後において優位である報告が多いが、人工弁輪の違いによる成績の差を強調した報告はない。今回の研究で用いた MC³ リングは、三尖弁の正常解剖の三次元構造を復元できる rigid な人工弁輪であるため、他の平面な人工弁輪や flexible な人工弁輪に比べ、術後の三尖弁逆流の軽減が見込まれる。MC³ リング開発の裏づけとなるような研究に、三尖弁輪の三次元構造の解析がある。Ton-Nu らは、心エコー所見から、三尖弁閉鎖不全症の患者と健常者の三尖弁輪面を比較した。三尖弁輪は平面ではなく、前尖、後尖側で右心房側に高い 2 点の部位があり、その間は心尖側に低く下がり、起伏のある面を呈していることを示した。健常者においてはこの起伏が激しく、三尖弁閉鎖不全の患者では弁輪が拡大すると共に、起伏が少なくなり平面に近くなることを示した⁹⁾。Fukuda らも心エコーを用いた検討で同様の結果を報告し、この結果から三尖弁形成術における理想的な弁輪の三次元構造を示した¹⁰⁾。MC³ リングの初期の成績はすでに報告され、長期成績についての評価が必要であるとしながらも、三尖弁逆流の制御に有用で初期成績は良好であったと報告している¹¹⁾。

当科では、2006 年 9 月まで、三尖弁形成術において flexible な Cosgrove-Edwards リングを使用していたが、MC³ リングが使用可能となった 2006 年 10 月以降の症例では全例 MC³ リングを使用した。今回の検討で、CE 群においては、術後早期の三尖弁逆流の制御は良好であったが、諸家の報告にもあるように時間経過と共に若干の再発傾向を認めた。しかし、MC³ 群では、CE 群に比し、同程度の観察期間では、より三尖弁逆流の制御に有用であると考えられた。今回の検討での使用人工弁輪は、CE 群では 28 mm が最も多く、MC³ 群では 26 mm を最も多く使用している。両群間で症例の偏りはないものの、MC³ 群では多くの症例で心拍動下での人工弁輪のサイジングを行ったため、CE 群に比し小さめの人工弁輪を使用する結果となったと考えられた。MC³ リングそのものの優位性は否

定できないが、小さめのサイズがより効果的であったことが、MC³ 群での術後の三尖弁逆流の抑制により有効であった可能性も考えられた。Filsoufi らの報告と同様、長期経過観察が必要であると考えられるが、今回の短期フォローのデータから、三尖弁逆流の制御という点において、いくつか使用可能な人工弁輪の中で、MC³ リングはより効果的な人工弁輪であると考えられた。

結 語

三尖弁の正常解剖の三次元構造を復元できる rigid な人工弁輪である MC³ リングは、三尖弁形成術において、術後早期の三尖弁逆流の制御に有用であった。Flexible な人工弁輪の Cosgrove-Edwards リングとの比較で、MC³ リングは、より強力に術後早期の三尖弁逆流を制御し得た。

文 献

- 1) McCarthy, P. M., Bhudia, S. K., Rajeswaran, J. et al.: Tricuspid valve repair: Durability and risk factors for failure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **127**: 674-685, 2004.
- 2) Nath, J., Foster, E. and Heidenreich, P. A.: Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J. Am. Coll. Cardiol.* **43**: 405-409, 2004.
- 3) Dreyfus, G. D., Corbi, P. J., Chan, K. M. et al.: Secondary tricuspid regurgitation or dilatation: Which should be the criteria for surgical repair? *Ann. Thorac. Surg.* **79**: 127-132, 2005.
- 4) Bernal, J. M., Morales, D., Revuelta, C. et al.: Reoperations after tricuspid valve repair. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **130**: 498-503, 2005.
- 5) Matsuyama, K., Matsumoto, M., Sugita, T. et al.: De Vega annuloplasty and Carpentier-Edwards ring annuloplasty for secondary tricuspid regurgitation. *J. Heart. Valve Dis.* **10**: 520-524, 2001.
- 6) Carrier, M., Pellerin, M., Guertin, M. C. et al.: Twenty-five years' clinical experience with repair of tricuspid insufficiency. *J. Heart Valve Dis.* **13**: 952-956, 2004.
- 7) Kuwaki, K., Morishita, K., Tsukamoto, M. et al.: Tricuspid valve surgery for functional tricuspid valve regurgitation associated with left-sided valvular disease. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* **20**: 577-582, 2001.
- 8) Tang, G. H., David, T. E., Singh, S. K. et al.: Tricuspid valve repair with an annuloplasty ring results in improved long-term outcomes. *Circulation* **114** (Suppl. 1): I 577-I 581, 2006.
- 9) Ton-Nu, T. T., Levine, R. A., Handschumacher, M. D. et al.: Geometric determinants of functional tricuspid regurgitation: Insights from 3-dimensional echocardiography. *Circulation* **114**: 143-149, 2006.
- 10) Fukuda, S., Saracino, G., Matsumura, Y. et al.: Three-dimensional geometry of the tricuspid annulus in healthy subjects and in patients with functional tricuspid regurgitation: A real-time, 3-dimensional echocardiographic study. *Circulation* **114** (Suppl. 1): I 492-I 498, 2006.
- 11) Filsoufi, F., Salzberg, S. P., Coutu, M. et al.: A three-dimensional ring annuloplasty for the treatment of tricuspid regurgitation. *Ann. Thorac. Surg.* **81**: 2273-2277, 2006.