原 著

新たな人工弁輪 Physio リング-II を用いた僧帽弁形成術

瀬在 明^{1,3)} 秋山 謙次^{1,3)} 福島 聖二^{2,4)} 柏崎 暁^{1,3)}
 高坂 彩子^{1,3)} 高森 達也^{1,3)} 塩野 元美³⁾ 高木 康博^{2,4)}
 永島 正明^{2,4)} 田中 俊行^{2,4)} 八幡 貴治^{2,4)} 渡辺 康夫^{2,4)}
 古川 力丈^{2,4)} 大島 暢^{2,4)} 平山 篤志⁴⁾

¹⁾ 日本大学医学部附属練馬光が丘病院心臓血管・呼吸器外科

²⁾ 日本大学医学部附属練馬光が丘病院循環器内科

³⁾ 日本大学医学部外科学系心臓血管・呼吸器・総合外科学分野

⁴⁾ 日本大学医学部内科学系循環器内科学分野

Mitral Annuloplasty with New Artificial Valve Ring (Physio-II Ring)

Akira SEZAI^{1,3)}, Kenji AKIYAMA^{1,3)}, Seiji FUKUSHIMA^{2,4)}, Satoshi KASHIWAZAKI^{1,3)},
 Ayako TAKASAKA^{1,3)}, Tatsuya TAKAMORI^{1,3)}, Motomi SHIONO³⁾, Yasutaka TAKAGI^{2,4)},
 Masaaki NAGASHIMA^{2,4)}, Toshiyuki TANAKA^{2,4)}, Takaharu YAHATA^{2,4)},
 Yasuo WATANABE^{2,4)}, Rikitaka KOGAWA^{2,4)}, Toru OSHIMA^{2,4)} and Atsushi HIRAYAMA⁴⁾

¹⁾ Department of Cardiovascular Surgery, Nihon University Nerima Hikarigaoka Hospital

²⁾ Department of Cardiology, Nihon University Nerima Hikarigaoka Hospital

³⁾ Division of Cardiovascular, Respiratory and General Surgery, Department of Surgery,
 Nihon University School of Medicine

⁴⁾ Department of Cardiology, Nihon University School of Medicine

We report our experience in performing mitral annuloplasty using Physio ring-II, a prosthetic valve ring modification of the Physio ring, which has semi-rigid double saddle shaped structures. Subjects consisted of 4 patients who underwent mitral annuloplasty using Physio ring-II. There were no incidences of operative death or postoperative complication, and the postoperative NYHA improved to Class I in all cases. Postoperative mitral valve regurgitation was trivial in 2 cases, and not observed in 2 cases. Postoperative LDH was in the normal range in all cases, and there were no cases where hemolysis was suspected. Physio ring-II, a prosthetic valve having a structure of physiological valve ring, was considered to increase the possibility for mitral annuloplasty.

Key words: mitral annuloplasty, artificial valve ring, mitral regurgitation

僧帽弁形成術，人工弁輪，僧帽弁閉鎖不全症

(J. Nihon Univ. Med. Ass., 2011; 70 (1): 37–41)

要旨 今回，新たに開発された Physio リング-II により僧帽弁形成術を行なった経験を報告する．Physio リング-II は，Physio リングを改良した人工弁輪で，セミリジッド構造とダブルサドルシェイプ構造をもつ．対象は Physio リング-II により僧帽弁形成術を施行した 4 例とした．手術死亡，術後合併症はなく，術後 NYHA class 分類は全例 I 度に改善した．術後僧帽弁逆流は，2 例が trivial，2 例は全く認められなかった．術後 LDH は全例正常範囲で，溶血を疑わせる症例はなかった．Physio リング-II は生理的な弁輪構造をもつ人工弁輪で，僧帽弁形成術の可能性をより広げるものであると考えられた．

はじめに

近年，僧帽弁閉鎖不全症に対しては積極的に僧帽弁形成術が行なわれるようになり，弁形成術は年々増加し，遠隔成績も安定してきている^{1,2)}．さらに今までは弁置換

術になるようなリウマチ性変化をともなった症例，感染性心内膜炎症例に対しても弁形成術が盛んに行なわれてきている³⁻⁵⁾．増加の理由に手術技術の向上とともに，人工弁輪の進歩も一助となっている．人工弁置換手術も安定した遠隔成績が認められているが，人工弁関連合併症は少なからず発生する⁶⁾．一方，弁形成術は，自己弁を温存出来るため，長期的な抗凝固療法が不要であるなど，術後の QOL の向上が期待できる．しかし，不十分な弁形成術では再発例や溶血例もあり^{7,8)}，II 度以上の僧帽弁逆流が年 3.7% 増加するといわれ⁹⁾，より確実な弁形成術を行なわなければならない．

近年様々なタイプの人工弁輪が開発，臨床応用されてきている．今回，われわれが使用した Physio リング-II は，新たに開発された人工弁輪である．classic リング，そして Physio リングを改良したものであり 2009 年末から日本でも臨床使用可能となった．本人工弁輪，『ダブ

Fig. 1 Physio ring-II.

Classic Physio Physio-II

Fig. 2 Classic, Physio and Physio-II ring (28 mm; upper: front image, lower: side image).

Fig. 3 Physio-II ring (global shape structure).

ルサドルシャイプ』と『グローバルシャイプ』をもった新しいタイプの人工弁輪である (Fig. 1-3)。本弁輪に関する臨床論文はまだ欧米からも報告はなく、今回、Physio リング-II を用いた僧帽弁形成術を行なった経験について報告する。

I. 対象ならびに方法

対象は、僧帽弁閉鎖不全に対し、Physio リング-II を用いて僧帽弁形成術を施行した 4 例とした。平均年齢は 66.3 ± 11.3 歳 (55 ~ 83 歳) で、全例男性であった。全例、術前に経胸壁心臓超音波検査と経食道心臓超音波検査で僧帽弁を観察し、逆流部位は、3 例が後尖、1 例が前尖と後尖であった。3 例は腱索の断裂がみられた。3 症例とも詳細には不明だが、心筋虚血により起こった腱索断

裂と考えられた。術前の僧帽弁逆流の程度は、II-III 度が 1 例、III 度が 3 例であった。術前の経胸壁心臓超音波検査による左室駆出率は平均 $59.8 \pm 10.3\%$ (49 ~ 74%)、BNP は 331.8 ± 159.9 pg/ml (122 ~ 805 pg/ml)、左房径は 53.5 ± 10.8 mm (45 ~ 72 mm) であった。術前の NYHA class 分類は、II 度が 1 例、III 度が 3 例であった (Table 1)。

手術法は、全例体外循環を使用し、僧帽弁到達には右側左房切開法で行なった。心筋保護液注入中に僧帽弁の逆流部分を確認し、手術方針を決定した。形成法は、弁尖に対しては quadrangular resection 法あるいは sliding 法を行ない、弁輪に対しては、quadrangular resection 法を行なう症例には、2-0 Ethibond を用い、弁輪に対して平行になるよう Z 字に縫縮した。切除した弁尖部分は 5-0

Table 1 Preoperative patient's data

Case	Age	Gender	NYHA	MR grade	position of MR	tendon rupture	EF (%)	BNP (pg/mL)	LAD (mm)
1	83	Male	III	III	P ₁ , P ₂	yes	74	154	45
2	57	Male	III	III	P ₂ , P ₃	yes	51	247	50
3	70	Male	II-III	II	P ₃	no	65	122	47
4	55	Male	III	III	A ₁ , P ₁	yes	49	805	72

NYHA: New York Heart Association class, MR: mitral regurgitation, EF: ejection fraction, LAD: left atrial dimension, P: posterior mitral leaflet, A: anterior mitral leaflet

Fig. 4 Operative photo (Case 2).

Proline を用い、単結節縫合で弁尖の形成を行なった。その際、弁尖の先端部分が合うように調整した。その後、弁輪部分に 2-0 Ehibond を全周にかけ、Phyio リング-II を縫着した。われわれの施設では、過去に Classic リング、Physio リング、Duran リングを使用しており、今回使用した Phyio リング-II は、2010 年より当院で導入後、連続的に使用している。

弁形成後、術中に経食道心臓超音波検査を行ない、逆流が II 度以上の場合は、再形成を行なう方針とした。

II. 結 果

手術死亡例、術後合併症例はなく、全例軽快退院できた。術後早期 (2 ヶ月) の NYHA class 分類は全例 I 度に改善した。僧帽弁形成術は、quadrangular resection 法が 2 例、sliding 法が 2 例で、1 例に人工腱索 (Gore-tex 社製 MC-5) による chordae reconstruction を行なった。使用した Phyio リング-II のサイズは 28 mm 2 例、30 mm 2 例であった (Fig. 4, 5)。同時手術として、1 例は冠動脈バイパス術、1 例は冠動脈バイパス術と三尖弁形成術 (DeVega 法)、1 例はメイズ手術を行なった。

術中の経食道心臓超音波検査による僧帽弁逆流は、2 例が trivial、2 例は全く認められなかった。また退院時

Fig. 5 Operative photo (Case 4).

の経胸壁心臓超音波検査による僧帽弁逆流も同様であった。PHT 法による僧帽弁の有効弁口面積は、 $3.43 \pm 0.86 \text{ cm}^2$ ($2.5 \sim 4.8 \text{ cm}^2$) で、僧帽弁収縮期前方運動 (SAM) は全例に認めなかった。術後 2 ヶ月の BNP は $125.0 \pm 26.3 \text{ pg/mL}$ ($78 \sim 182 \text{ pg/mL}$) で、症例数が少ないために術前値と統計学的に有意差はなかったが ($p=0.249$)、全ての症例が術前値に比べ低下した。

術後安定期の LDH は平均 $171.3 \pm 6.1 \text{ IU/L}$ ($165 \sim 180 \text{ IU/L}$) と全例正常範囲で、溶血を疑わせる症例はなかった (Table 2)。

III. 考 察

Carpentier Edwards 社の人工弁輪は、日本では、1980

Table 2 Surgical methods and postoperative patient's data

Case	Plasty	Ring size	Chordae reconstruction	Concomitant operation	NYHA	MR grade	EOA	SAM	BNP (pg/mL)	LDH (IU/L)
1	QR	28 mm	No	CABG	I	trivial	2.5 cm ²	none	85	165
2	sliding	28 mm	Yes	CABG, TAP	I	none	3.0 cm ²	none	182	174
3	QR	30 mm	No	none	I	none	4.8 cm ²	none	76	166
4	sliding	30 mm	No	Maze	I	trivial	3.4 cm ²	none	157	180

NYHA: New York Heart Association class, MR: mitral regurgitation, EOA: effective orifice area, SAM: systolic anterior movement, QR: quadrangular resection, CABG: coronary artery bypass grafting, TAP: tricuspid annuloplasty

年から Classic リング, 2000 年から Physio リング, そして 2009 年末から今回使用した Phyio リング-II が臨床使用可能となった (Fig. 1-3). Phyio リング-II は, Physio リングを改良したもので, 従来のセミリジッド構造に加え, 『ダブルサドルシャイプ』と『グローバルシャイプ』をもった新しいタイプの人工弁輪である. 『ダブルサドルシャイプ』とは, 前尖・後尖部それぞれに鞍型 (サドルシェイプ) になっていることである. 3D イメージやコンピュータのリモデリング技術の向上により, 本来の僧帽弁輪は前尖, 後尖ともに鞍型であることが解明され, 僧帽弁本来の立体的な形状が明らかにされた^{10, 11)}. Fig. 2 の側面像からもわかるように, 従来の人工弁輪に比べ, より前・後尖とも湾曲が強く, より本来の僧帽弁輪形状に近い形状にしたものである (Fig. 2). さらに, 新しい概念である, サイズによって形状を変えた『グローバルシャイプ』も採用している. 過去の人工弁輪は全てのサイズ同じ形状であったが, 弁輪のサイズにより, 弁輪の形状が異なることがわかったことから^{10, 11)}, 本人工弁輪は, 小さいサイズは D 型 (D シェイプ) を呈し, サイズが大きくなると弁輪部分が広がり, 楕円形を呈している (Fig. 3). 2009 年から米国で使用され, 日本でも 2009 年末から使用が可能となった. しかし, 本弁輪に関する臨床論文は日本だけでなく, 欧米からも報告はなく, 今後本弁輪に関する臨床結果が期待される.

人工弁輪には, リジットリング, セミリジットリング, フレキシブルリングがある. リジットリングは, 人工弁輪自体が硬く, 形状に柔軟性のないもので, Carpentier Edwards 社の Classic リング, IMR ETlogix リング, St. Jude Medical 社の SJM リジットサドルリングがある. フレキシブルリングは, 柔軟性のあるもので, Carpentier Edwards 社の Cosglove リング, Medtronic 社の Duran リング, St. Jude Medical 社のテイラーリングがある. セミリジットリングとは, 弁輪自体の硬さがリジットリングとフレキシブルリングの中間に位置するもので, 弁の開閉によって動きが出る部分には柔軟性をもち, 動きの少ない部分はより硬くすることで, 弁輪へ掛かるストレスを軽減するといわれている. Carpentier Edwards 社の Physio リング, そして今回使用した Phyio リング-II, St.

Jude Medical 社のセグインリングがある. どのタイプの人工弁輪が良いかは一定の見解はまだ出ていないが, 国際的にセミリジットリングが最も使用されている. どのタイプの人工弁が最も有効であるがについては未だ結論は出ていないが, 数多くの比較研究が報告されている.

Spoor らは, フレキシブルリングと非フレキシブルリングを比較し, フレキシブルリングは僧帽弁逆流の再発による再手術例が多く, 非フレキシブルリングは長期の耐久性に優れていると報告している¹²⁾. Silberman らは, Physio リングと Duran リングを比較し, Physio リングの方が, 術後の僧帽弁逆流を制御し, 血行動態的に優れていたと報告¹³⁾. Chung らは, Classic リングと Duran リングを比較し, 生存率, 僧帽弁逆流の再発には差はなかったが, パンヌス形成による僧帽弁狭窄が Duran リングに多かったと報告している¹⁴⁾. フレキシブルリングとリジットリングあるいはセミリジットリングは同等であるとの報告は多いが¹⁵⁾, フレキシブルリングの有意性を示した論文は調べ得た限りではなかった.

Physio リングによる 492 例の検討で, Accola らは, 術後遠隔期 (平均 3.2 年) の僧帽弁逆流が, I 度以下が 89.4% で, 再手術と死亡回避率は, 4 年で 81.5%, 7 年で 67.9% であり, 僧帽弁輪のリモデリング効果があると報告している¹⁶⁾. Giedel らは, Physio リングを使用した連続 100 例での検討で, 術後の心筋リモデリング予防効果により, II 度以上の僧帽弁逆流はなかったと報告している¹⁷⁾. 過去の報告から, より本来の僧帽弁の形態に近い構造を持つ, 今回使用した Phyio リング-II の結果は期待される.

著者は今まで, Classic リング, Physio リング, Phyio リング-II の 3 種類の人工弁輪を使用してきたが, Phyio リング-II は, Classic リング, Physio リングに比べると弁輪へのフィット感がよく, 水試験を行なった際の弁尖の膨らみが, 他のものよりも, より生理的な弁輪や弁尖の動きを示す印象を受け, 僧帽弁形成の完成度は高くなる可能性はあると考えられ, 手術中に MAP から MVR になる例が少なくなる可能性が示唆された. また安全性についても何ら問題ないことが今回の経験から得られた.

実際に心拍下での評価は肉眼的には出来ないが, 人工

弁輪植込み後の弁輪および弁尖について、近年、弁輪の動きが血行動態に与える影響や人工弁輪の破壊や弁輪と人工弁輪間から見られる逆流などを3DエコーやMRIにより評価しており^{18, 19)}、今後当科でも評価検討していきたい。

Phyio リング-II は、より生理的な弁輪構造をもつ人工弁輪であり、僧帽弁形成術の可能性をより広げるものであると考えられ、しかし、人工弁輪を評価する場合、より長期の結果(僧帽弁逆流の再発、溶血性貧血など)が必要であり、今回は術後急性期のみの評価であり、今後症例数を蓄積し、また遠隔期についても評価していきたい。

結 語

今回、われわれは新たに開発された人工弁輪である Phyio リング-II による僧帽弁形成術を4例に行なった。全例、術後の僧帽弁逆流は改善し、溶血や再手術例は認められなかった。弁輪へのフィット感がよく、従来の人工弁輪に比して生理的な弁輪や弁尖の動きを示す可能性が示唆された。

Phyio リング-II の弁輪構造は、現在最も生理的なものの1つであり、僧帽弁形成術の成功率を向上させることが考えられ、今後症例数を蓄積し、また遠隔期についても評価していきたい。

文 献

- 1) Carabello BA. The current therapy for mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2008; **52**: 319–326.
- 2) Kasegawa H, Shimokawa T, Horai T, et al. Long-term echocardiography results of mitral valve repair for mitral valve prolapse. *J Heart Valve Dis* 2008; **17**: 162–167.
- 3) Di Salvo TG, Acker MA, Willoam Dec G, et al. Mitral valve surgery in advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2010; **55**: 271–282.
- 4) DiBardino DJ, ElBardssi AW, McClure RE, et al. Four decades of experience with mitral valve repair: analysis of differential indications, technical evolution, and long-term outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; **139**: 76–83.
- 5) Shimokawa T, Kasegawa H, Matsuyama S. Long-term outcome of mitral valve repair for infective endocarditis. *Ann Thorac Surg* 2009; **88**: 733–739.
- 6) Sezai A, Hata M, Niino T, et al. Fifteen years of experience with ATS mechanical heart valve prostheses. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; **139**: 1494–1550.
- 7) Cerfollo RJ, Orzulak TA, Pluth JR, et al. Reoperation after valve repair for mitral regurgitation: early and intermediate results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; **111**: 1177–1183.
- 8) Lam BK, Cosblove DM, Bhudla SK, et al. Hemolysis after mitral valve repair: mechanisms and treatment. *Ann Thorac Surg* 2004; **77**: 191–195.
- 9) Flameng W, Herijgers P, Bogaerts K. Recurrence of mitral valve regurgitation after mitral valve repair in degenerative valve disease. *Circulation* 2003; **107**: 1609–1613.
- 10) Salgo IS, Gorman JH, Gorman RC, et al. Effect of annular shape on leaflet curvature in reducing mitral leaflet stress. *Circulation* 2002; **106**: 711–717.
- 11) Gorman JH, Gupta KB, Streicher JT, et al. Dynamic three-dimensional imaging of the mitral valve and left ventricle by rapid sonomicrometry array localization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; **112**: 712–726.
- 12) Spoor MT, Geltz A, Bolling SF. Flexible versus nonflexible mitral valve rings for congestive heart failure. Differential durability of repair. *Circulation* 2006; **114** (Suppl I): I-67–I-71.
- 13) Silberman S, Klustein MW, Sabag T, et al. Repair of ischemic mitral regurgitation: comparison between flexible and rigid annuloplasty rings. *Ann Thorac Surg* 2009; **87**: 1721–1727.
- 14) Chung CH, Kim JB, Choo SJ, et al. Long-term outcomes after mitral ring annuloplasty for degenerative mitral regurgitation: Duran ring versus Carpentier-Edwards ring. *J Heart Valve Dis* 2007; **16**: 544–545.
- 15) Chang BC, Youn YN, Ha JW, et al. Long-term clinical results of mitral valvuloplasty using flexible and rigid rings: a prospective and randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; **133**: 995–1002.
- 16) Accola KD, Scott ML, Thompson PA, et al. Midterm outcomes using the Physio ring in mitral valve reconstruction: experience in 492 patients. *Ann Thorac Surg* 2005; **79**: 1276–1283.
- 17) Geidel S, Lass M, Ostemeyer J. Restrictive mitral valve annuloplasty for chronic ischemic mitral regurgitation: a 5-year clinical experience with the physio ring. *Heart Surg J* 2008; **11**: E225–E230.
- 18) Kronzon I, Sugeng L, Perk G, et al. Real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography in the evaluation of postoperative mitral annuloplasty ring and prosthetic valve dehiscence. *J Am Coll Cardiol* 2009; **53**: 1543–1547.
- 19) Calmmi PP, Diterkizzi M, Grossini E, et al. Impact of prosthetic mitral rings on aortomitral apparatus function: a cardiac magnetic resonance imaging study. *Ann Thorac Surg* 2009; **88**: 740–744.