

Pacifico法を用いた動脈スイッチ手術の中期遠隔期成績

帆足 孝也¹⁾, 岸本 英文¹⁾, 川田 博昭¹⁾, 盤井 成光¹⁾
上仲 永純¹⁾, 萱谷 太²⁾

Key words :

大血管転位症, 動脈スイッチ手術,
Pacifico法, 冠動脈, 肺動脈狭窄

大阪府立母子保健総合医療センター心臓血管外科¹⁾, 小児循環器科²⁾

Middle- and Long-term Outcome of Arterial Switch Operation with Pacifico Procedure

Takaya Hoashi,¹⁾ Hidefumi Kishimoto,¹⁾ Hiroaki Kawata,¹⁾ Shigemitsu Iwai,¹⁾
Hisazumi Uenaka,¹⁾ and Futoshi Kayatani²⁾

Departments of¹⁾ Cardiovascular Surgery and ²⁾Pediatric Cardiology,
Osaka Medical Center and Research Institute for Maternal and Child Health, Osaka, Japan

Purpose: We estimated the middle- and long-term results of the arterial switch operation (ASO) using the Pacifico procedure.

Patients: Between 1995 and 2004, a total of 50 patients underwent ASO because of transposition of the great arteries. In this series, the Pacifico procedure for reconstruction of the pulmonary artery was attempted in 48 cases.

Methods: We examined (1) the success rate of the Pacifico procedure, (2) overall results of patients who underwent the Pacifico procedure, (3) rate of postoperative pulmonary artery stenosis (PS), stenotic part of pulmonary artery, and risk factors, and (4) the long-term results of PS cases. Mean follow-up time was 5 years and 10 months.

Results: The Pacifico procedure was successful in 46 of 48 patients (95.8%). Excluding early mortality, the overall survival rate was 97.8% (45/46). A case of late death was thought to be a result of the reconstructed pulmonary artery suppressing the translocated coronary artery orifices. The reoperation-free rate was 97.8% (1/45). Postoperative catheterization was performed in 40 patients, and PS was seen 10 patients (25%); supravalvular PS was not seen. Nine of 10 patients with PS underwent percutaneous balloon pulmonary artery angioplasty, and PS was not accelerated in 7 patients assessed by long-term catheterization and cardiac ultrasonography.

Conclusions: The overall outcome of ASO with Pacifico procedure was excellent, but the procedure must not be selected in cases with the possibility of the reconstructed pulmonary artery's suppressing the translocated coronary artery orifices. Postoperative PS was not present in the supravalvular pulmonary artery, and balloon pulmonary-artery angioplasty was effective in preventing the future progression of PS.

要 旨

目 的：Pacifico法を施行した動脈スイッチ手術(ASO)例の中期遠隔期成績を検討。

対 象：大血管転位症に対してASOを行った連続50例のうちPacifico法による新肺動脈再建を試みた48例。

方 法： Pacifico法施行率, 手術成績, 術後カテーテル検査施行40例における肺動脈狭窄(PS)発症率, 発生部位および危険因子, PS例の予後を検討。術後平均観察期間は5年10カ月。

結 果：Pacifico法は48例中46例(95.8%)で可能であり, 手術死亡0, 遠隔死亡1(新肺動脈による移植後冠動脈入口部の圧迫), 再手術1例であった。術後PSは10/40例(25%)に認められたが, 弁上部での狭窄はなく, うち7例でPSの進行を認めなかった。

結 論：Pacifico法を用いたASO術後の中期遠隔期成績は良好であったが, 新肺動脈による冠動脈の圧迫が懸念される症例では, 再建術式を変更すべきである。また術後肺動脈狭窄は弁直上部には認めず, 遠隔期の狭窄進行の予防には経皮的バルーン肺動脈拡大術が有効であった。

平成17年10月14日受付
平成18年2月10日受理

別刷請求先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2-E1
大阪大学大学院医学系研究科外科学講座(E1)心臓血管・呼吸器外科学
帆足 孝也

はじめに

完全大血管転位症(transposition of great arteries: TGA)に対する動脈スイッチ手術(arterial switch operation: ASO)の手術成績は、手術手技の工夫、安定化と術前術後管理の向上から近年飛躍的に改善している¹⁻⁴⁾。しかしながら遠隔期合併症である肺動脈狭窄(pulmonary artery stenosis: PS)の発生はいまだ克服されない問題⁵⁾である。

自己組織の直接吻合による肺動脈再建法(Pacifico法⁶⁾)は術後吻合部の成長が期待されることから遠隔期のPSを軽減する可能性がある⁷⁾と期待されてきた^{1,7)}。その中期遠隔成績の報告は少ない^{1,8)}。また一方では、新肺動脈による移植後冠動脈圧迫の可能性が指摘されており^{1,9)}、その適応に関しては慎重であるべきだとする報告¹⁾もある。

当施設では1995年以降の10年間、Pacifico法を第一選択とした肺動脈再建を行ってきたので、その中期遠隔期成績を後方視的に検討した。

対 象

1995年1月～2004年12月の10年間に当施設で行った、同一術者による連続するTGAに対するASOは50例であり、このうちoriginal Jatene法とAubert法を行った各1例を除くLecompte法¹⁰⁾を行った48例でPacifico法による新肺動脈再建を試み、これを対象とした(Table 1)。病型はI型36例、II型12例、手術時年齢は13～614日(中央値26日)、手術時体重は2.3～9.7kg(中央値3.5kg)で、二期的手術は8例(17%)で施行された。先行手術の術式は肺動脈絞扼術(pulmonary artery banding: PAB)1例、PAB+modified Blalock-Taussig shunt(mBTS)7例であった。Shafer分類による冠動脈走行形態は、1:28例、2A:10例、2B:4例、4:2例、7B:4例であった。対象全例で術前に心臓カテーテル検査が施行され、十分に卵円孔の大きかった2例を除く46例でバルーン心房中隔裂開術(balloon arterioseptostomy: BAS)を行った。

方 法

1. 手術方法

体外循環は大動脈送血、上下大静脈脱血により確立し、最低直腸温20°Cの超低体温とした。動脈管を離断し左右肺動脈を肺門近くまで十分に剥離しておいてから、順行性心筋保護液(blood cardioplegia)注入による心停止を得た後に大動脈を切断し、まず冠動脈ボタンを作成した。以降の心筋保護液追加は冠静脈洞からの逆行性注入で行った。肺動脈の切断は分岐部直下で行

い、Pacifico法を行うためにあえて新肺動脈組織を長く残すことはしなかった。冠動脈移植はpunch out法を原則として行ったが、新大動脈基部が短くpunch outが行えなかった2例ではJ字切開をおきtrap door法¹¹⁾による移植を行った。6-0モノフィラメント糸連続縫合による新大動脈再建の後、Lecompte法に準じて肺動脈を大動脈前方に授動した。TGA II型では0.4mm ePTFE patchにより心室中隔欠損孔を閉鎖し、卵円孔を閉鎖してから大動脈遮断を解除した後、新肺動脈の再建を心拍動下に6-0モノフィラメント糸を用いて後壁は連続縫合、前壁は連続縫合あるいは結節縫合で行った。旧大動脈と肺動脈の口径差が大きい症例では大動脈側前壁に切り込みをおいた。

2. 研究方法

Pacifico法施行率を検討した。術後追跡期間1カ月～10年(平均5年10カ月)における死亡、再手術および合併症例を検討した。対象症例中、術後カテーテル検査(術後2カ月～2年6カ月、平均1年2カ月)を行った40例における、PSの発症率と発生部位およびその危険因子を検討した。PS例における術後遠隔期カテーテル検査(術後2年2カ月～7年7カ月:平均2年6カ月)および心臓超音波検査(術後1年6カ月～9年4カ月、平均4年5カ月)からみたPSの進行度、およびPS例の予後を検討した。

3. PSの定義

PSの定義は右室圧50mmHg以上、またはそれ以下で

Table 1 Characteristics of patients undergoing the Pacifico procedure (n=48)

	n	
VSD (+)	36	
VSD (-)	12	
First-stage ASO	40	
Two-stage ASO	8	
Primary operation:	PAB	1
	PAB+mBTS	7
Coronary artery anomaly		
Shafer 1	28	
2A	10	
2B	4	
4	2	
7B	4	

VSD: ventricular septal defect, ASO: arterial switch operation, PAB: pulmonary artery banding, mBTS: modified Blalock-Taussig shunt

あっても形態的にPSと判断され経皮的バルーン肺動脈拡大術 percutaneous balloon angioplasty : PTA)を必要としたものとした(右室圧50mmHg以上の症例では、両側末梢性PSを生じPTAが適応外であった症例を除く全例でPTAを行った)。

4. 統計学的検討

連続変数は、平均 ± 標準偏差で示した。また危険因子の検討には χ^2 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意と判断した。

結 果

1. Pacifico法施行率

Pacifico法による新肺動脈再建は全48例中46例(95.8%)で可能であった。また二期的手術例においても8例中7例(87.5%)で可能であった。Pacifico法非施行の1例はShaher 4のTGA I型に対する一期的ASO例で、sinus 2が交連部に近接していたために移植後冠動脈入口部の狭窄を懸念して冠動脈ボタンを通常より大きく切除したこと、狭小右冠動脈入口部合併例であったために直接吻合した肺動脈による冠動脈入口部の圧迫を考慮し、後壁自己心膜パッチ補填による肺動脈再建とした。他の1例はShaher 2AのTGA I型に対する二期的ASO例で、Pacifico法による新肺動脈再建後、体外循環離脱時に右冠動脈領域のST低下から心室細動を生じたため、後壁を自己心膜によりパッチ補填した。

2. 手術成績

Pacifico法施行例の術後成績は良好で、手術死亡はなく遠隔死亡は術後2カ月に右冠動脈入口部閉塞、左冠動脈入口部狭窄による急性心筋梗塞を発症した1例であった(生存率97.8%(45/46例))。また、再手術例は1例で、狭小単冠動脈口を合併したShaher 7B例の術後冠動脈虚血に対するA-C bypassを術後2カ月に行った(再手術回避率97.8%(44/45例))。冠動脈合併症は、死亡例、再手術例のほかに、遠隔期に虚血性拡張型心筋症(ischemic dilated cardiomyopathy : IDCM)を生じた1例の計3例であった。II度以上の大動脈弁逆流を来した症例はなく、左室駆出率40%以下の低心機能を呈した症例はIDCMの1例のみであった。また、術後早期以降に不整脈が残存したのは1例(徐脈性のII度房室ブロック)で、この症例に対してはペースメーカー植込みを行っている。

3. 術後PS

術後カテーテル検査を行った全40例の右室圧は 39.1 ± 12.9 mmHg(19.0~79.0)であり、そのうちPSは10例、25

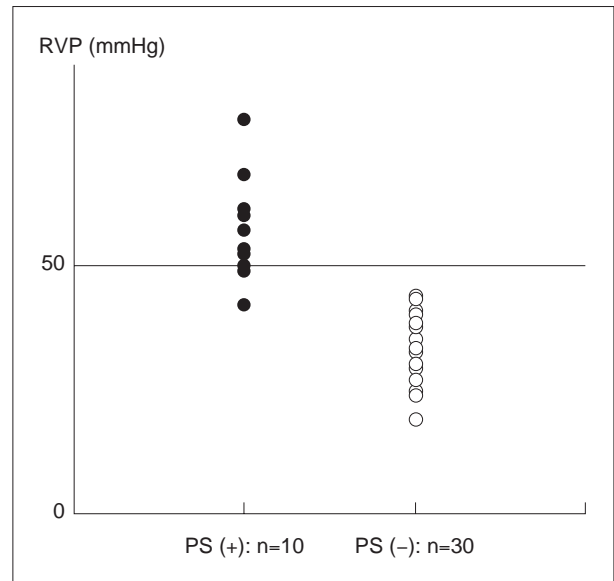


Fig. 1 Postoperative right ventricular systolic pressure. Postoperative catheter angiography showed pulmonary artery stenosis in 10 of 40 cases (25%). Closed circle shows PS case. Open circle shows non-PS case. RVP: right ventricular systolic pressure

Table 2 Stenotic part of pulmonary artery (n=10)
PS mainly occurred in the bifurcation or bilateral proximal PA. There was no supravalvular PS.

Stenotic part	n
Bifurcation or bilateral proximal PA	6
Right PA	2
Left PA	1
Bilateral peripheral PA	1

PS: pulmonary artery stenosis, PA: pulmonary artery

%に認めた(Fig. 1)。PSの発生は、弁直上部の肺動脈では認めず、分岐部ないしは両側肺動脈の近位部で6例、左肺動脈で1例、右肺動脈で2例、両側末梢性の肺動脈で1例認めた(Table 2)。PSを生じたのは全例TGA I型に対する一期的手術例であったが、II型あるいは二期的手術例との比較で統計学的に有意差は生じなかった($p = 0.087$)。

4. PS例の予後

PSを認めた10例の右室圧は 57.1 ± 10.6 mmHg(42.0~79.0)であり、このうち両側末梢性PSの1例を除く9例で1~4回、平均2.2回のPTAが施行された。その結果、術後平均2年6カ月に行った心臓カテーテル検査での右室圧は 56.1 ± 15.8 mmHg(37.0~87.0)であり(Fig. 2)、

7例(70%)ではPSの進行を認めなかった。この7例は術後平均4年5カ月に行った心臓超音波による遠隔期評価でもその後のPSの進行を認めていない。PS進行例のうち手術介入不可能な両側末梢性PSの1例を除く2例に再手術によるPS解除を予定している。

考 察

新生児に対するASOの手技的安定が得られつつある近年では、その成績の改善は目覚ましく、手術死亡5%以下との報告も散見されるようになった⁴⁾。当施設でも対象48例における死亡1例、再手術1例と良好な成績であった。また冠動脈合併症は死亡例1例、再手術例1例を含む3例であり、中等度以上の大動脈弁逆流を生じた症例は認めなかった。

Pacifico法は長期にわたる新肺動脈の成長が得られる可能性が注目されているが、長期遠隔成績の報告は少ない。これは、手技的に直接吻合が困難な場合が多い^{1, 8)}ことと、以前は高率であったパッチ補填法による術後PSの発生率が、新鮮自己心膜を用いたpantaloon型パッチ補填法の導入により改善していること^{2, 5, 12, 13)}により施行される頻度が少なくなった可能性も考えられる。

当施設では冠動脈移植を確実にを行うために十分な大きさの冠動脈ボタンを作成し、また術後大動脈弁逆流を予防するために、冠動脈ボタンをST junction内には移植せず高位に移植することを原則としているため、新大動脈の近位側をできる限り長く温存するよう肺動脈の切断位置は分岐部直下としている。このためPacifico法での新肺動脈再建は決して容易な症例ばかりではなかったが結果的には大多数の症例で可能であった。しかしながら、遠隔死亡の1例は新肺動脈による移植後冠動脈入口部の圧迫が原因であると考えられ、また術中右冠動脈圧迫が生じたと判断し肺動脈再建方法をPacifico法から後壁パッチ補填法へ変更したことで冠動脈虚血を回避し得た症例も経験した。A-C bypassを必要とした再手術例は冠動脈共通部が短く単冠動脈口が狭小であったために冠動脈移植手技が困難であったことが原因であり、Pacifico法自体が術後冠動脈狭窄の原因ではなかったと考えているが、遠隔期にIDCMを生じた症例を含めると対象48例中3例でPacifico法による新肺動脈再建が冠動脈合併症を来したと考えられることから、術後冠動脈の圧迫が懸念される症例、例えば術後冠動脈の屈曲や過進展を防ぐために冠動脈を新大動脈の比較的前方へ移植する必要のある症例などは後壁パッチ補填による再建方法を選択するべきであると思われる。

自験例での術後PSは40例中10例(25%)に生じており、

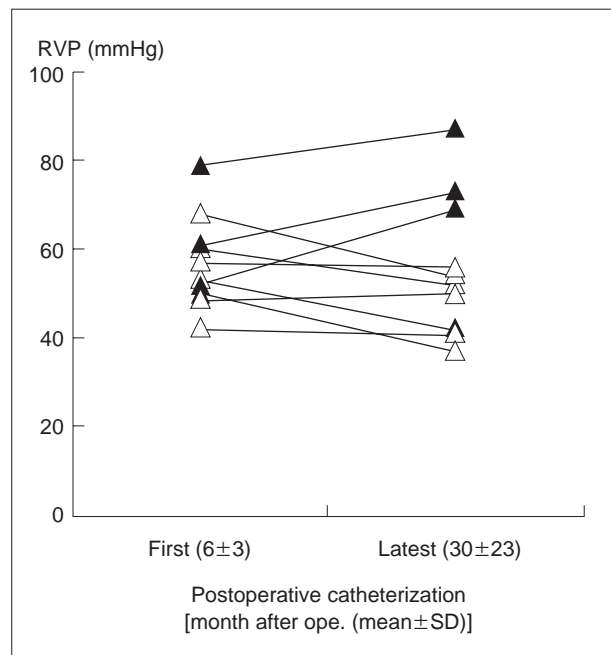


Fig. 2 Change of right ventricular systolic pressure in 10 cases with postoperative PS.

Balloon pulmonary artery angioplasty was performed 1 to 4 times (mean 2.2 times) for all 10 patients with postoperative PS except one case with bilateral peripheral PS (○).

Closed triangles show progressed PS case. Open triangles show improved or non-progressed PS case. RVP: right ventricular systolic pressure

パッチ補填による新肺動脈再建例での諸家の報告に比べて決して低率ではなかった^{2, 5, 12)}。これは前述した大血管切断位置の影響もあるが⁸⁾、うち9例でPSは左右肺動脈分岐部付近で発生していることから、Lecompte授動を行った場合に後方の新大動脈からの圧迫を避け得ないことも大きく関与していると思われる¹⁴⁾。パッチ補填法は新肺動脈を延長することでこの影響を緩和し、かえってPSを軽減しうるとも考えられる。一方で弁直上部のPSを生じた症例はなく、自己組織の直接吻合であったために吻合部の成長が得られている可能性がある。

Pacifico法による新肺動脈再建では、術後PS発症部位がほとんどの場合左右肺動脈分岐部付近であったことから、術後PSは分岐部付近の後方の新大動脈からの肺動脈の圧迫が関与したものであり、吻合部の狭窄ではないと考えられる。また当施設では同部のPTAに際して比較的小さめのサイズのパルーンを選択していることから、術後遠隔期のPSに対するPTAの有用性は、上述したPacifico法による術後PS発症の特徴に依存するものであり、PTAを施行しなくてもPSの増強を認めな

かった可能性は否定できない。しかしながら、分岐部以降のPSが合併している場合には、術後比較的早期のPTA施行¹⁵⁾が有効であるという報告もあり、必ずしもinitial flapが形成されるまでの拡大を行わなくても、積極的なPTA施行は遠隔期のPS進行の予防に効果的であったと考えている。

本検討においては術後観察期間、遠隔期カテーテルおよび心臓超音波検査施行時期にばらつきがあり、また比較的follow-up期間が短期間であるため、PS例の予後に関しては今後のさらなる観察が必要であると考えている。またPS発生部位の検討ではPacifico法施行後の肺動脈形態の特徴から、カテーテルによる引き抜き圧較差からは厳密に弁直上部狭窄と分岐部狭窄を区別することが困難であったが、少なくとも肺動脈造影上明らかに弁直上部のくびれを来した症例は存在しなかった。

今回の検討結果から、手術手技に起因する術後合併症、特に冠動脈合併症を完全に回避するためにはあえて全例でPacifico法を試みることはせずに、形態的に容易であると考えられる症例に対してのみ同法を適用することが必要と思われた。現在は後壁パッチ補填による肺動脈再建も積極的に行いつつ、検討を重ねている。

結 語

Pacifico法を用いたASO術後の中期遠隔期成績は良好な成績であった。しかしながら新肺動脈による冠動脈の圧迫が懸念される症例では後壁パッチ補填による再建方法を選択するべきであると考えられた。術後PSは10例(25.0%)に認めしたが、弁直上部での狭窄例はなく、7例(70%)ではPSが生じてもPTAを併施することで以降の進行を予防し得た。

【参考文献】

- 1) Carrel T, Mattila I, Pfammatter JP, et al: Direct reconstruction of the pulmonary artery during the arterial switch operation: An interesting surgical option with excellent hemodynamic results. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: 1115–1119
- 2) Hutter PA, Krieb DL, Mantel SF, et al: Twenty-five years' experience with the arterial switch operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 124: 790–797
- 3) Brown JW, Park HJ, Turrentine MW: Arterial switch operation: Factors impacting survival in the current era. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 1978–1984
- 4) Pretre R, Tamisier D, Bonhoeffer P, et al: Results of the arterial switch operation in neonates with transposed great arteries. *Lancet* 2001; 357: 1826–1830
- 5) Serraf A, Roux D, Lacour-Gayet F, et al: Reoperation after the arterial switch operation for transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 110: 892–899
- 6) Pacifico AD, Stewart RW, Barger LM Jr: Repair of transposition of the great arteries with ventricular septal defect by an arterial switch operation. *Circulation* 1983; 68: 49–55
- 7) 井本 浩, 角 秀秋, 麻生俊英, ほか: 動脈スイッチ手術時の肺動脈再建術式と術後肺動脈狭窄の発生に関する検討. *Pacifico変法とパッチ拡大法の比較*. *胸部外科* 1995; 48: 433–441
- 8) Prifti E, Crucean A, Bonacchi M, et al: Early and long term outcome of the arterial switch operation for transposition of the great arteries: Predictors and functional evaluation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 22: 864–873
- 9) Tamisier D, Ouaknine R, Pouard P, et al: Neonatal arterial switch operation: Coronary artery patterns and coronary events. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; 11: 810–817
- 10) Lecompte Y, Zannini L, Hazan E, et al: Anatomic correction of transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981; 82: 629–631
- 11) Brawn WJ, Mee RB: Early results for anatomic correction of transposition of the great arteries and for double-outlet right ventricle with subpulmonary ventricular septal defect. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 95: 230–238
- 12) 桜井 一, 前田正信, 宮原 健, ほか: 動脈スイッチ手術後の肺動脈狭窄予防策. *新鮮遊離自己心膜パッチ使用例の中期遠隔成績*. *胸部外科* 2000; 53: 807–816
- 13) Yasui H, Yonenaga K, Kado H, et al: Arterial switch operation for transposition of the great arteries: Surgical techniques to avoid complications. *J Cardiovasc Surg* 1992; 33: 511–517
- 14) Massin MM, Nitsch GB, Dabritz S, et al: Growth of pulmonary artery after arterial switch operation for simple transposition of the great arteries. *Eur J Pediatr* 1998; 157: 95–100
- 15) Mori Y, Nakanishi T, Niki T, et al: Growth of stenotic lesions after balloon angioplasty for pulmonary artery stenosis after arterial switch operation. *Am J Cardiol* 2003; 91: 693–698