

大血管転位に対する Jatene
手術前後の心挙動: とくに
術後にみられる肺動脈弁上
狭窄について

Cardiac performance be-
fore and after Jatene
procedure for transposi-
tion of the great arteries:
With specific reference to
post-operative supraval-
vular pulmonary stenosis

津田 悦子
小野 安生
新垣 義夫
越後 茂之
福島 英樹
高橋 長裕
神谷 哲郎
八木原俊克*

Etsuko TSUDA
Yasuo ONO
Yoshio ARAKAKI
Shigeyuki ECHIGO
Hideki FUKUSHIMA
Osahiro TAKAHASHI
Tetsuro KAMIYA
Toshikatsu YAGIHARA*

Summary

The cardiac performance was evaluated in patients who had received arterial switch operation (AS-op) for transposition of the great arteries (TGA) in their infancy with special attention to post-operative supravalvular pulmonary stenosis (SVPS).

AS-op was performed in 36 infants; 13 with simple TGA and 23 with TGA accompanied with ventricular septal defect. Nine patients had undergone pulmonary arterial banding with systemic-pulmonary shunt. The mean age at surgery was 7 months. Postoperative catheterization was performed on average of 15 months after surgery. The end-diastolic volume (EDV) and ejection fraction (EF) of the left and right ventricles (LV, RV) were calculated from biplane cineangiograms. LVEDV and RVEDV were normalized and expressed as % of normals. SVPS was defined as peak systolic pressure gradient of 50 mmHg or higher between the RV and the pulmonary artery (PA).

The mean LVEDV, RVEDV, LVEF and RVEF values were all within the normal range. Inverse correlation was observed between the peak systolic RV-PA pressure gradient and RVEF ($n=29$, $r=-0.84$, $p<0.001$). SVPS after AS-op was observed in 8 patients (22%). Stenosis was observed at the site of anastomosis of the artery. In these cases, the diameter of the PA at the stenotic site decreased to 52% of the preoperative values. Branch stenosis of the PA was observed in 3 patients who had

国立循環器病センター 小児科
*同 心臓外科
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

Departments of Pediatrics and *Cardiovascular Sur-
gery, National Cardiovascular Center, Fujishirodai
5-7-1, Suita 565

Received for publication October 18, 1989; accepted January 16, 1990 (Ref. No. 36-4)

undergone surgery during the neonatal period.

Generally, the results after AS-op were satisfactory in terms of cardiac performance. Postoperative SVPS was observed in 8 patients (22%) with decreased RVEF. Careful observations of the growth of PA after AS-op are mandatory.

Key words

Transposition of the great arteries Jatene procedure Arterial switch operation Supravalvular pulmonary stenosis

目 的

大血管転位 (TGA) に対する手術として、従来は心房内血流転換術である Mustard 手術、および Senning 手術が行われていた。近年は大血管転換術である Jatene 手術¹⁾ (Lecompte 法^{2,3)} が行われ、手術成績は向上し、1 年生存率が 91% に達している⁴⁾。このため Jatene 術後の評価を行うことは重要と考えられる。本研究では Jatene 術前後の心挙動 (パフォーマンス) について造影像を中心に検討し、Mustard 術後と比較した。また、とくに Jatene 術後では術後に生じる肺動脈弁上狭窄と大動脈閉鎖不全について、Mustard 術後では遠隔期における体心室の心挙動について検討した。

対象と方法

対象は 1981 年から 1988 年までに当センターで Jatene 手術を施行された TGA 13 例、TGA・心室中隔欠損 (VSD) 23 例の計 36 例である。これには Jatene 術前に肺動脈絞扼術を施行された 9 例が含まれている。Jatene 群では術前の心カテール検査および心血管造影 (心カテ) は平均生後 6 ヶ月に行われ、手術は平均生後 7 ヶ月 (生後 6 日から 48 ヶ月) に施行された。この中には、新生児期に一期的手術を施行された 4 例が含まれている。術後のカテは、術後平均 15 ヶ月 (標準偏差 (SD) 7 ヶ月) に施行された。Mustard 群は、手術が 1978 年から 1984 年までに施行された TGA 15 例、TGA・VSD 4 例、計 19 例である。術前の心カテは平均生後 4 ヶ月に行われ、手術は平均

生後 5 ヶ月に施行された。術後の心カテは術後平均 17 ヶ月 (SD 10 ヶ月) に施行した。また 7 例に第 2 回目の心カテを術後平均 5.4 年 (SD 1.5 年)、平均 5.9 歳に施行した (Tables 1, 2)。

Table 1. Number of subjects

	Jatene	Mustard
TGA	13 (5) [1]	15
TGA・VSD	23 (3) {1}	4
Total	36 (8) [1] {1}	19

(): pulmonary artery banding (PAB)+
(BT), []: BT, { } : PAB.
BT = Blalock-Taussig shunt.

Table 2. Mean age at procedures (months)

	Jatene	Mustard
Catheterization (pre-op)	6*	4
Surgery	7*	5
Catheterization (post-op)	22	23

* includes 4 neonates.

心内圧はカテ先圧マンメーター、または 5F ないし 6F Berman カテにより測定した。左右の心室容積は、Hewlett・Packard 製 5600M Angio-analyzer system を使用し、正測二方向シネアンジオから Graham らの式を用い、積分法にて算出した⁵⁾。左室心筋重量は Rackley らの方法で計測した⁶⁾。左右心室容積、左室心筋重量は、我々の正常値に対する % 値として表わした^{7,8)}。統計処理は Student's t-test, Scheffe's S-test, χ^2 test を用い、5% 以下の危険率をもって有意

であると判定した。

結 果

1. 手術前後の比較

Jatene 群と Mustard 群の術前後の左右心室容積(LVEDV, RVEDV)と駆出率(LVEF, RVEF)を **Figs. 1, 2** に示した。右室と左室はそれぞれ解剖学的右室と左室を示す。術前についてみると、Jatene 群、Mustard 群とも RVEDV は増加し、RVEF は低下していた。Jatene 群の LVEDV は $165 \pm 65\%$ (mean \pm SD) で、Mustard 群の $127 \pm 54\%$ に比べ、有意に大であった ($p < 0.05$)。

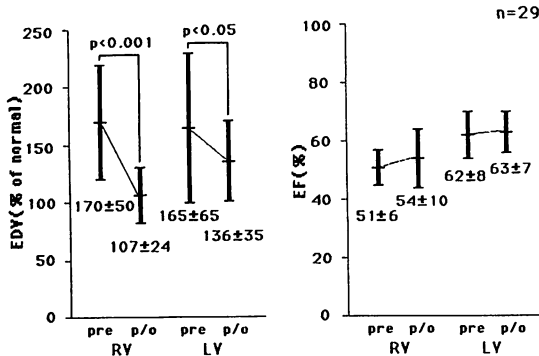


Fig. 1. Postoperative changes in end-diastolic volume (EDV) and ejection fraction (EF) (Jatene operation).

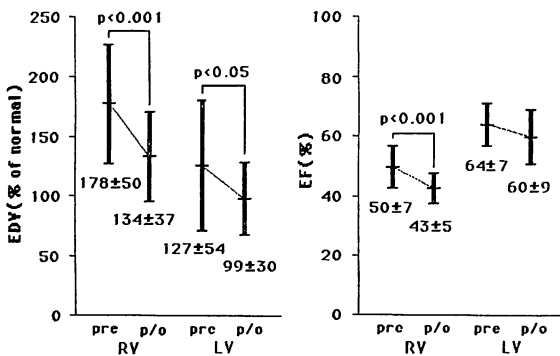


Fig. 2. Postoperative changes in EDV and EF (Mustard operation).

Jatene 群について術前後の変化をみると、LV EDV は $165 \pm 65\%$ (% of normal) から $136 \pm 35\%$ に有意に低下した ($p < 0.05$)。RVEDV も $170 \pm 50\%$ から $107 \pm 24\%$ に有意に減小した ($p < 0.001$)。LVEF, RVEF には有意な変化はなかった (**Fig. 1**)。左室心筋重量は $84 \pm 41\%$ から $79 \pm 25\%$ と有意な変化はなかった。

Mustard 群について術前後の変化をみると、LVEDV は $127 \pm 54\%$ から $99 \pm 30\%$ と有意に減小し ($p < 0.05$) RVEDV も $178 \pm 50\%$ から $134 \pm 37\%$ と有意に減小した ($p < 0.001$)。LVEF に変化はなかったが、RVEF は $50 \pm 7\%$ から $43 \pm 5\%$ と有意に低下した ($p < 0.001$) (**Fig. 2**)。

Jatene 群と Mustard 群の術後を体心室と肺心室について比較した (**Figs. 3, 4**)。体心室の EF は、Jatene 群では $63 \pm 7\%$ で、Mustard 群の $43 \pm 5\%$ に比べ有意に高かった ($p < 0.0001$)。肺心室の EF は、Jatene 群の $54 \pm 10\%$ が Mustard

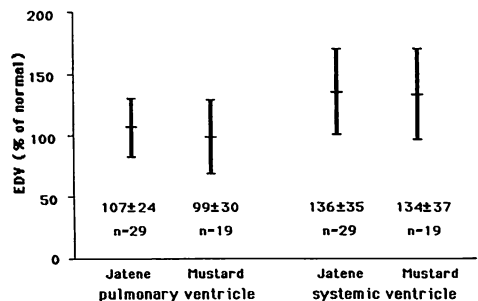


Fig. 3. Postoperative EDV.

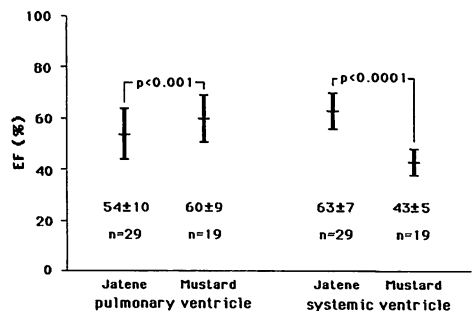


Fig. 4. Postoperative EF.

群の $60 \pm 9\%$ に比べ有意に小であった ($p < 0.001$). EDV については体心室, 肺心室とも有意な差はみられなかった.

Mustard 群について術後遠隔期に心カテが施行された 7 例の RVEDV, RVEF の変化を Fig. 5 に示した. RVEDV は術後 1 年では減少したが, 術後 5 年では再び増大する傾向を示した. RVEF は術後 1 年から術後 5 年で更に低下する傾向を示した. 左室については, LVEDV は術

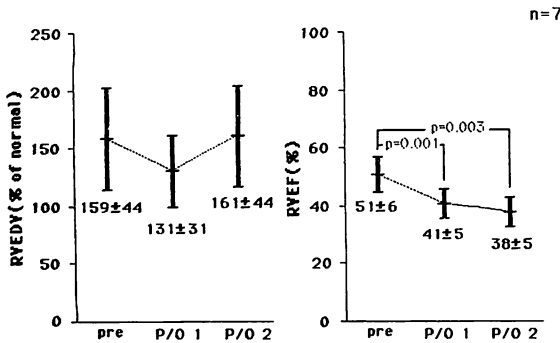


Fig. 5. Postoperative changes in right ventricular end-diastolic volume (RVEDV) (left) and ejection fraction (EF) (right) of the systemic ventricle (Mustard operation).

前 $124 \pm 69\%$, 術後 1 年 $85 \pm 34\%$, 術後 5 年 $109 \pm 24\%$ と変化し, 術後 1 年から術後 5 年では有意に増加した ($p < 0.05$). LVEF は術前 $62 \pm 6\%$, 術後 1 年 $64 \pm 5\%$, 術後 5 年 $66 \pm 7\%$ と有意な変化はなかった.

2. Jatene 術後の肺動脈弁上狭窄 (SVPS)

右室肺動脈 (RV-PA) 圧較差が 50 mmHg 以上生じた例は 36 例中 8 例 (22%) であった (右心カテが施行できなかった 5 例に対しては, 心エコー図, 超音波ドップラー法と ^{201}Tl 心筋イメージ

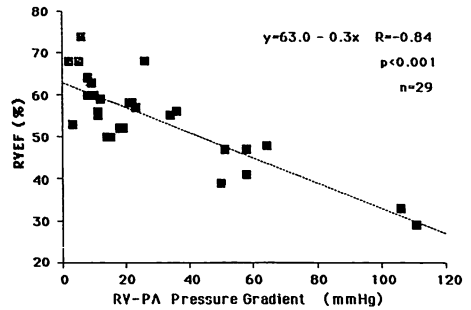


Fig. 6. Correlation between RV-PA pressure gradient due to supravalvular pulmonary stenosis and ejection fraction of the right ventricle (RVEF).

Table 3. Operative changes of the pulmonary artery in the cases with supravalvular pulmonary stenosis (pressure gradient ≥ 50 mmHg)

Patch	RV-PA Δp (mmHg)	Pre aortic valv. (mm)		Post pulm. valv. (mm)		Post stenosis (mm)		Stenosis/pre aortic valv. ratio (%)		
		AP	Lat	AP	Lat	AP	Lat	AP	Lat	
1	C	50	7.4	8.1	11.3	9.8	6.3	6.9	59	85
2	C*	51	10.9	9.6	14.3	15.7	6.3	7.7	58	80
3	C	51	9.6	10.0	10.3	11.2	5.8	5.7	60	57
4	C*	58	8.2	8.4	12.4	14.3	6.4	5.0	78	60
5	B	58	14.2	15.3	10.5	13.0	5.9	6.5	42	42
6	A	64	15.4	14.8	12.1	10.9	6.8	6.5	44	44
7	C*	106	7.5	7.6	10.0	11.7	3.0	4.1	40	54
8	A	111	9.2	9.2	7.4	8.5	3.0	3.9	33	42

A, B, C: method of operation (ref. Fig. 9); AP=anteroposterior view; Lat=lateral view. RV=right ventricle; PA=pulmonary artery; valv.=angiographically-determined diameter of the valve ring.

* neonate.

ングにより, SVPS がないことを確認した). 新生児期の手術例では 4 例中 3 例 (75%) と高い頻度を示した. RV-PA 圧較差と RVEF には有意な負の相関 ($r = -0.84$, $n = 29$, $y = 63.0 - 0.3x$, $p < 0.001$) がみられた (Fig. 6). RV-PA 圧較差が 100 mmHg 以上の 2 例で, RVEDV は 151%, 149% と増大していた.

圧較差は全例主肺動脈内で生じ, その部位は肺動脈弁上狭窄で吻合部にあると考えられた (Fig. 7). 圧較差 50 mmHg 以上の狭窄群についてみると, 最狭窄部分の新肺動脈弁輪径に対する割合

は, 正面像で $49 \pm 10\%$, 側面像で $49 \pm 12\%$ であった. 術前の大動脈弁輪径から術後の主肺動脈の最狭窄部分の径の差は, 正面像で 4.6 ± 2.8 mm, 側面像で 4.9 ± 2.7 mm 縮小し, 術前の大動脈弁輪径に対する最狭窄部分の割合は, 正面像で $52 \pm 15\%$, 側面像で $58 \pm 17\%$ であった (Table 3). また狭窄は吻合部だけでなく, 冠動脈切除後をパッチ (Rygg's patch) で補填した部分にもみられた症例があった (Fig. 7 左).

また新生児期手術例で, 肺動脈分岐部において branch stenosis が 3 例にみられた (Fig. 8).

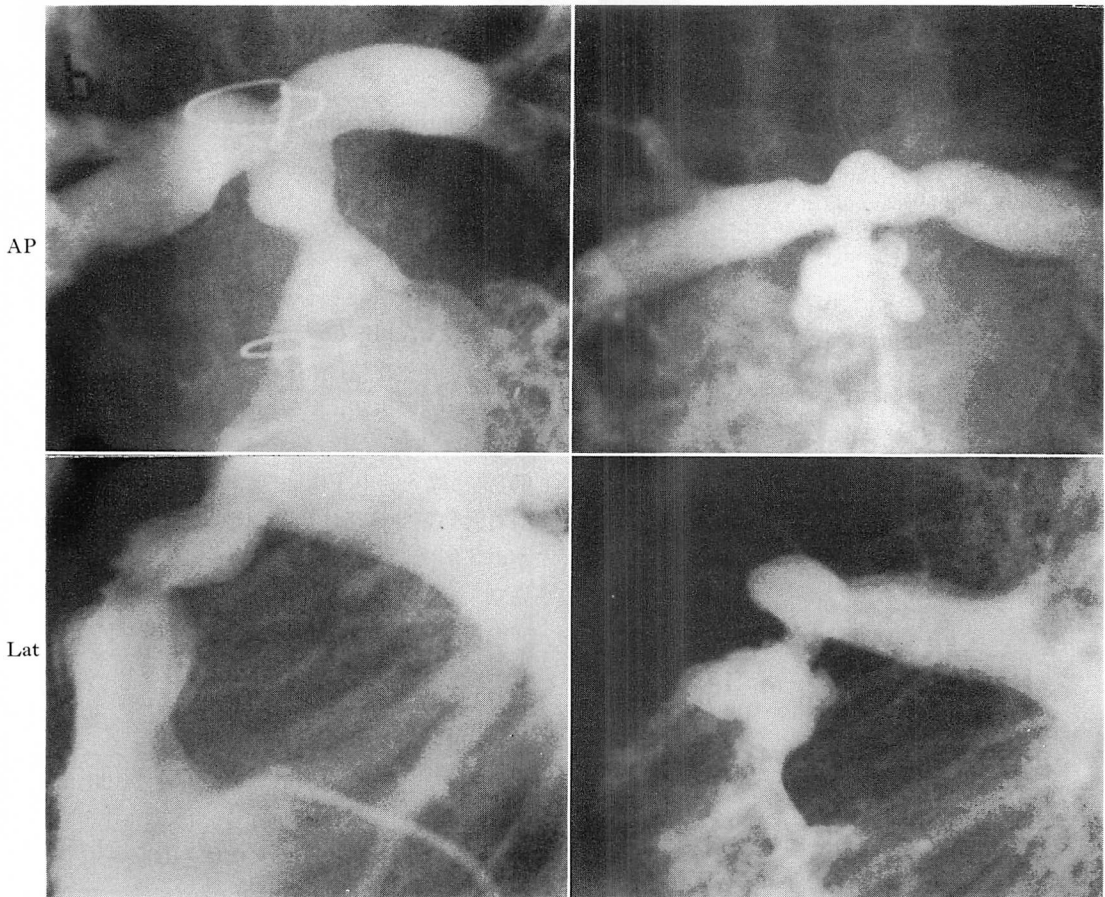


Fig. 7. Angiocardiograms of 2 cases with postoperative supra-ventricular pulmonary stenosis.

Left: 5-year-old, RV-PA pressure gradient=58 mmHg; Right: 1-year-old, RV-PA pressure gradient=106 mmHg.

AP=anteroposterior view; Lat=lateral view.

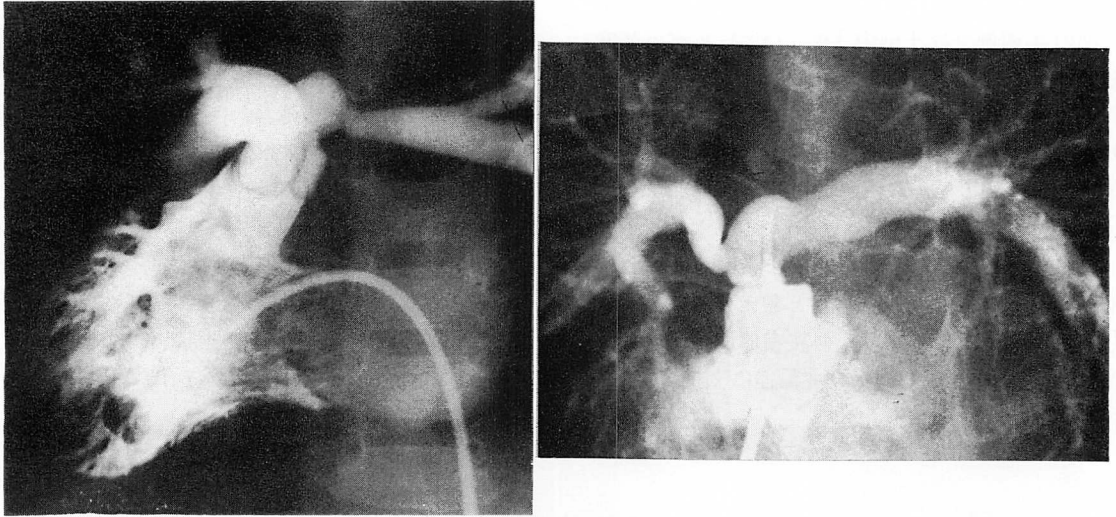


Fig. 8. Angiocardiograms of 2 cases illustrating postoperative pulmonary artery stenosis at the bifurcation (AP views).

Left=AP view ; Right=left anterior oblique 15°, cranial 25°.
Both are one year old.

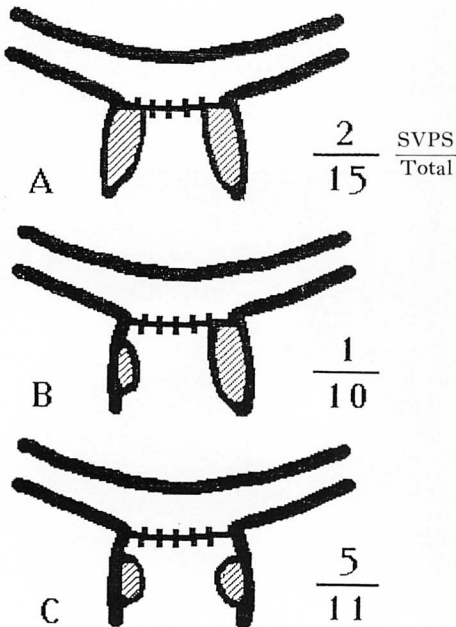


Fig. 9. Methods of reconstructing a new pulmonary artery.

Hatched areas=Rygg's pericardial patch.

新肺動脈再建について、冠動脈切除後のパッチ補填方法 (A, B, C) の差による SVPS の発生頻度には、有意な差はなかった (Fig. 9) (Fig. 7 左は B, 右は C の方法). C の方法で施行した新肺動脈弁輪径は成長がみられたが、A の 2 例, B の 1 例 (狭窄群 8 例中 3 例) では、新肺動脈弁輪径が術前の大動脈弁輪径に比べ縮小していた (Table 3). この 3 例に SVPS の解除術を施行した. 術中所見で、冠動脈切除後をパッチで補填した新肺動脈弁後側の 2 枚の弁尖が低形成のものが 1 例、後側の 2 枚の弁尖がパッチに癒着していたものが 1 例みられた.

SVPS の経過を ^{201}Tl 心筋イメージングにより追跡した (Fig. 10). RV-PA 圧較差 20 mmHg 未満の群では RV/LV (圧比) は術後 1.5 ヶ月の 0.47 ± 0.1 から術後 1 年の 0.38 ± 0.09 と有意に低下した ($p < 0.05$) が、50 mmHg 以上の狭窄群では 0.55 ± 0.15 から 0.99 ± 0.16 と有意に上昇した ($p < 0.01$).

新生児期手術例において、超音波ドップラー

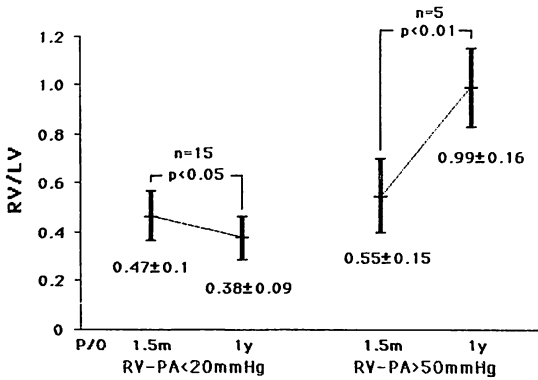


Fig. 10. Postoperative changes in the right ventricle and the left ventricle ratio (RV/LV) estimated by T1-201 myocardial imaging in 2 groups (RV-PA pressure gradient less than 20 mmHg and greater than 50 mmHg).

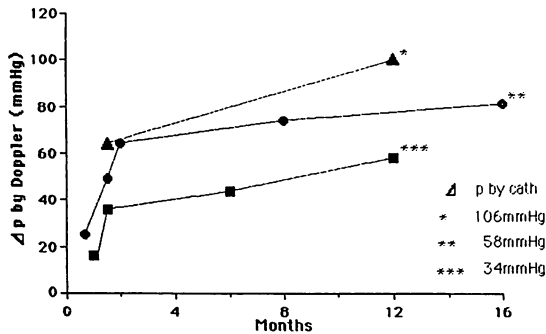


Fig. 11. Postoperative follow-up of the RV-PA pressure gradient in 3 neonatal cases by Doppler echocardiography.

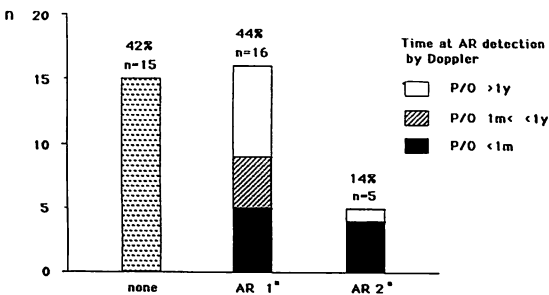


Fig. 12. Incidence of aortic regurgitation (AR) after surgery.

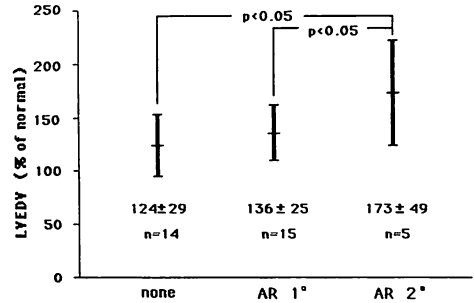


Fig. 13. Relationship between the grade of aortic regurgitation and left ventricular end-diastolic volume (LVEDV).

法により主肺動脈遠位での血流速から推定したRV-PA 圧較差の追跡結果を Fig. 11 に示した。圧較差は術後2ヵ月で生じ、徐々に増大した。

SVPS の生じた2例に対しバルーンによる経皮的肺動脈形成術を施行した。1例はRV-PA 圧較差が58 mmHg から27 mmHg に低下し、最狭窄部分が正面像で34%、側面像で21% 拡大した。他の1例のRV-PA 圧較差106 mmHg の症例は効果がみられなかった。

3. Jatene 術後の大動脈閉鎖不全 (AR)

AR 2度5例(14%)、1度16例(44%)、AR のないものが15例(42%)であった(Fig. 12)。

それぞれの群のLVEDVは、AR 2度の群で173 ± 49%であり、AR 1度の群の136 ± 25%、AR のない群の124 ± 29% に比べ、有意に増大していた(p < 0.05)(Fig. 13)。LVEF については各群間に有意差はみられなかった。

肺動脈絞扼術を施行した二次的手術群では、9例中8例にARを認め、このうち5例では1ヵ月以内にARが認められた。二次的手術群では一期的手術群に比べ、ARの生じる頻度が有意に高かった(p < 0.05)。

考 察

Jatene 手術は解剖学的修復術であり、体心室として左室を使用するため、これまでに報告されているように、術後の心挙動は一般に良好であ

る^{9,10)}.

左室の挙動について, LVEDV はやや増大していたが, LVEF は保たれていた. AR 2度の例に LVEDV の増大がみられたが, LVEF は保たれていた. 現在のところ, 術後の追跡が比較的短いため, 術後に生じた AR が左室の挙動に大きな影響を与えたという報告はみられない. しかし, 今後 AR の進行が LVEDV の増大, LVEF の低下を招く可能性があるため, さらに長期的な経過の追跡が必要であると考えられる. また, 術後 AR が肺動脈絞扼術後の二期的手術の場合に生じる頻度が有意に高いことは, 注意すべきことである¹¹⁾.

右室の挙動については, 術後 RVEDV はほぼ正常値であるが, RVEF はやや低下した. これは RVEF の低下した SVPS 群が含まれたためと考えられる. RV-PA 圧較差 20 mmHg 未満の症例では EDV, EF はともに正常範囲に保たれており, 右室挙動は良好といえる.

SVPS は主に肺動脈分岐部直下吻合部において癒痕収縮が起こり, その部に圧較差が生じるものと考えられる. 術後 2 ヶ月頃からみられ術後 1 年で徐々に進行する例が多い⁴⁾. 心エコー図で肺動脈弁上部の狭窄を捉え, 超音波ドップラー法により主肺動脈遠位での血流速度を測定して, SVPS の進行度をみる必要がある.

SVPS を生じる原因は明らかでないが⁴⁾, 肺動脈を大動脈の前方に移動させるため, 距離が不足することなどが推定される. また患児が発育の著しい乳幼児期であることなども関連するのではないかと思われる¹²⁾. 新大動脈が後方から圧排することにより, 術直後の圧測定で肺動脈の圧較差がみられた例があるが, ほとんどの例では吻合部に新大動脈の圧排はみられず, 新肺動脈そのものの癒痕収縮と考えられる.

SVPS の出現を防ぐことは, Jatene 手術の重要な課題である. SVPS の原因が冠動脈切除後の部分にあてたパッチが異物であることよるとして, 自己心膜を用いて SVPS を防ぎ得るとする

報告がある¹³⁾. また, 冠動脈切除後の punched out された部分に小さな 2 枚の異物のパッチをあてることに問題があるとし, 1 枚の大きな自己心膜をあてるのがよいとする報告もある¹³⁾. 最近我々の施設では, 冠動脈切除部分に大きな一枚のパッチをあてる方法を用いている. この方法では, SVPS は現在のところみられていない. また治療として, バルーンによる肺動脈形成術も, SVPS 狭窄解除術前に試みる価値があると考えられる.

Mustard 術後は, 体心室 (RV) の EF の低下がみられる^{15,16)}. 遠隔期にはほとんどの例に三尖弁逆流がみられ, EDV が増加した. 三尖弁置換が必要となった症例もみられた. 修正大血管転位の術後も同様の経過をとっている. このため最近我々の施設では, 修正大血管転位に対して double switch operation (Mustard+Jatene) を行っている.

結 語

Jatene 術後の心挙動は, Mustard 術後に比べ一般に良好であった. Jatene 術後の 22% に肺動脈弁上狭窄 (RV-PA 圧較差 > 50 mmHg) をきたし, RVEF は低下した. Jatene 術後 14% に AR 2度がみられ, LVEDV は増大した.

要 約

大血管転位 (TGA) に対する Jatene 手術 (Lecompte 法) に関し, 手術前後の心挙動を従来の Mustard 手術前後のそれと比較した. また, 術後の問題点として, 肺動脈弁上狭窄 (SVPS) と大動脈閉鎖不全 (AR) についてふれた.

対象は, TGA 13 例 TGA・VSD 23 例, 計 36 例である (肺動脈絞扼術後 9 例を含む). 術前の心カテは平均生後 6 ヶ月に, 手術は平均生後 7 ヶ月に, 術後の心カテは平均術後 15 ヶ月に施行した. またこれらには新生児期に一期的手術を施行した 4 例を含む. 正側二方向シネアンジオから積分法により左右心室容積, 駆出率 (LVEDV, RVEDV, LVEF, RVEF) を求めた. LVEDV と RVEDV

は我々の正常値に対する % 値として表わした。

Jatene 術後の体心室の EF は $63 \pm 7\%$ で、Mustard 術後の $43 \pm 5\%$ に比べ、有意に高かった ($p < 0.0001$)。肺心室の EF は、Jatene 術後は $54 \pm 10\%$ で、Mustard 術後の $60 \pm 9\%$ に比べ、有意に低下していた ($p < 0.001$)。EDV は体心室肺心室ともに、Jatene 術後と Mustard 術後に有意な差はみられなかった。

Jatene 術後、右室肺動脈 (RV-PA) 圧較差が 50 mmHg 以上の狭窄群が 36 例中 8 例 (22%) あり、RV-PA 圧較差と RVEF には有意な負の相関 ($r = -0.84$, $n = 29$, $y = 63.0 - 0.3x$, $p < 0.001$) がみられた。圧較差は全例主肺動脈内で生じ、吻合部にあると考えられた。最狭窄部分は術前の大動弁輪径の $52 \pm 15\%$ (正面), $58 \pm 17\%$ (側面) に縮小しており、瘢痕狭窄と考えられた。心エコー図、 ^{201}Tl 心筋イメージングによる経過観察では、術後 2 ヶ月頃から圧較差がみられはじめ、その後徐々に増大した。

AR は 2 度が 5 例 (14%), 1 度が 16 例 (44%), AR のないものが 15 例 (42%) であった。AR 2 度の群の LVEDV は、1 度および AR のない群に比べ、有意に増大していた。肺動脈絞扼術を施行した二期的手術群は、一期的手術群よりも AR の生じる頻度が高かった。

文 献

- 1) Jatene AD, Fontes VF, Paulisa PP, Souza LCB, Negar F, Galantier M, Sousa JEMR: Anatomical correction of transposition of the great vessels. *J Thorac Cardiovasc Surg* **72**: 364-370, 1976
- 2) Lecompte Y, Zannini L, Hazan F, Jarreau MM, Bex JP, Tu TV, Neveux JY: Anatomic correction of transposition of the great arteries: New technique without use of a prosthetic conduit. *J Thorac Cardiovasc Surg* **82**: 629-631, 1981
- 3) 内藤泰顕, 康 義浩, 山本文雄, 磯部文隆, 藤田毅, 曲直部寿夫: 完全大血転位 1 群に対する Jatene 手術 (Lecompte の方法). *日胸外会誌* **32**: 702-704, 1984
- 4) Nowood WI, Dobell AR, Freed MD, Kirklin JW, Blackstone EH, and the Congenital Heart Surgeons Society: Intermediate results of the arterial switch repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* **96**: 854-863, 1988
- 5) Graham TP Jr, Jarmakani JMM, Atwood GF, Canent RV Jr: Right ventricular volume determinations in children: Normal values and observations with volume or pressure overload. *Circulation* **43**: 144-153, 1973
- 6) Rackley CE, Dodge HT, Coble YD Jr, Hay RE: Method for determining left ventricular mass in man. *Circulation* **29**: 666-671, 1964
- 7) Echigo S, Kishida K, Hakajima T, Tomita H, Suzuki A, Kamiya T, Yamada O: Growth of the ventricular volume and the changes of indices of cardiac performance. (Suppl) *体力科学* **34**: 121-130, 1985 (in Japanese)
- 8) Echigo S: Personal communication.
- 9) Wernovsky G, Hougen TJ, Walsh EP, Sholler GF, Colan SD, Sanders SP, Parness IA, Keane JF, Mayer JE, Jonas RA, Castaneda AR, Lang P: Midterm results after the arterial switch operation for transposition of the great arteries with intact ventricular septum: Clinical, hemodynamic, echocardiographic, and electrophysiologic data. *Circulation* **77**: 1333-1344, 1988
- 10) Okuda H, Nakazawa, M, Imai Y, Kurosawa H, Takanashi Y, Hoshino S, Takao A: Comparison of ventricular function after Senning and Jatene procedures for complete transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* **55**: 530-534, 1985
- 11) Sievers HH, Lange PE, Arensman FW, Radley-Smith R, Yacoub MH, Harms D, Heintzen PH, Bernhard A: Influence of two-stage anatomic correction on size and distensibility of the anatomic pulmonary/functional aortic root in patients with simple transposition of the great arteries. *Circulation* **70**: 202-208, 1984
- 12) Yacoub MH, Bernhard A, Radley-Smith R, Lange PE, Sievers HH, Heintzen PH: Supraventricular pulmonary stenosis after correction of transposition of the great arteries: Causes and prevention. *Circulation* **66**: 193-197, 1982
- 13) Sidi D, Planche C, Kachaner J, Bruniaux J, Villain E, Bidois J, Piechaud JF, Lacour-Gayet F: Anatomic correction of simple transposition of the great arteries in neonates. *Circulation* **75**: 429-435, 1987
- 14) Planche C, Bruniaux J, Lacour-Gayet F, Kachaner J, Binet JP, Sidi D, Villain E: Switch operation for transposition of the great arteries in neonates. *J Thorac Cardiovasc Surg* **96**: 354-363, 1988
- 15) Graham TP Jr, Atwood GF, Boucek RJ Jr, Boerth

津田, 小野, 新垣, ほか

RC, Nerson JH: Right heart volume characteristics in transposition of the great arteries. *Circulation* **51**: 881-889, 1975

16) Kato H, Nakano S, Matsuda H, Hirose H, Shi-

mazaki Y, Kawashima Y: Right ventricular myocardial function after atrial switch operation for transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* **63**: 226-230, 1989