

完全大血管転換症 I 型に対する過度な肺動脈絞扼術後の心エコー図所見

Echocardiographic manifestations of excessive pulmonary artery banding in patients with transposition of the great arteries without ductal or ventricular shunt

片山 博視
里見 元義
高尾 篤良
神田 進
青墳 裕之
矢嶋 茂裕

Hiroshi KATAYAMA
Gengi SATOMI
Atsuyoshi TAKAO
Susumu KANDA
Hiroyuki AOTSUKA
Shigehiro YAJIMA

Summary

Recently, pulmonary arterial banding (PAB) and the Blalock-Taussig shunting operation (B-T) have been performed as a preparatory procedure for Jatene's operation for patients with complete transposition of the great arteries (TGA) without patent ductus arteriosus (PDA) or ventricular septal defect (VSD).

We reviewed the echocardiographic findings of 29 patients after PAB and B-T. Four cases had abnormal catheterization data after PAB and B-T (Group 1). Twenty-five control cases with successful two-stage Jatene's operation exhibited normal data (Group 2).

We studied 1) the grade of distortion of the interventricular septum as the a/b ratio on two-dimensional echocardiogram (2-DE), 2) the left ventricular (LV) shortening fraction (LVSF), 3) the thickening fraction (ThF), 4) the LV posterior wall thickness in diastole (LVPWTd) on M-mode echocardiogram, and 5) the LV inflow tract (LVIT) flow pattern on pulsed Doppler echocardiogram.

In Group 1, all cases revealed LVSF less than 0.19 (control group: 0.40-0.56), ThF less than 0.18 (control group: 0.43-0.81), the a/b ratio higher than 0.88 (control group: 0.53-0.79), and LVPWTd thicker than 0.67 cm (control group: 0.45-0.59 cm). These data are markedly deviated from the range of the control data ($p < 0.01$). All cases in Group 1 had LVIT flow lacking the rapid filling phase, which was recognized in the control group.

These abnormal echocardiographic findings suggest LV failure in adaptation against excessive after-

東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所 循環器小児科

東京都新宿区河田町 8-1 (〒162)

Received for publication April 27, 1990; accepted October 29, 1990 (Ref. No. 34-PS11)

Department of Pediatric Cardiology, The Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College, Kawada-cho 8-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162

load due to very tight PAB, and these figures are very different from the control group. These unusual postoperative cardiac abnormalities can be detected noninvasively using 2-DE and Doppler echocardiography. In Group 1, one patient died after Jatene's procedure, and one surviving patient showed poor LV motion on echocardiogram after Jatene's operation. Therefore, echocardiographic data should be carefully assessed for the indications and optimal timing for Jatene's operation.

Key words

Transposition of the great arteries Echocardiography Excessive pulmonary artery banding
Excessive afterload Left ventricular adaptation failure

目 的

近年, 完全大血管転換症 (transposition of the great arteries: TGA) に対し, 大血管レベルで本奇形を修復せしめる Jatene 手術¹⁾が行なわれているが, 本手術に対する一期手術として, 当施設では 1983 年から 1986 年までに本症の 51 例に対し, 肺動脈絞扼術を行なった. その中で絞扼術後の心臓カテーテル検査において最大左室収縮期圧 / 右室収縮期圧比 (left ventricular pressure / right ventricular pressure: LVp / RVp) が 1.3 以上, 左室駆出率 (left ventricular ejection fraction: LVEF) が 0.4 以下を示した症例が 4 例含まれていた. これらの症例の心エコー図は, 他の肺動脈絞扼術後の TGA の症例に比べ, 特異な所見を有していた. これらの症例は, 二期手術としての Jatene 手術の適応決定に関して極めて重要な情報を含んでいると考えられるので, その心エコー図所見を報告する.

対象と方法

対象は TGA の 4 例 (1 群) で, これらは全例, 心室中隔欠損や動脈管開存を合併していなかった. 年齢は 5~20 ヶ月, 絞扼術後 2~7 ヶ月である. 冠動脈パターンは Shaher 分類²⁾ 1, 4 および 5 型である. なお Senning 手術に変更した 1 例の冠動脈パターンは不明である.

また絞扼術後の Jatene 手術成功例の中から, データの揃っている 25 例を対照群 (2 群) として比較した.

Table 1. Catheterization data in Group 1 (excessive banding group)

Case	1	2	3	4
LVp (mmHg)	113	128	156	150
LVp/RVp	1.21	1.39	1.56	1.67
LVEDP (mmHg)	15	16	15	18
EF	0.28	unknown	0.38	0.33

LVp=left ventricular pressure; LVp/RVp=ratio of peak left ventricular pressure to right ventricular pressure; LVEDP=left ventricular end-diastolic pressure; EF=ejection fraction.

Catheter data indicate abnormally high LVp/RVp, high LVEDP and low EF. EF in Case 2 is unknown, but LV contractility seems very poor.

1 群に属する 4 例の心臓カテーテル検査結果を **Table 1** に示した.

これらの症例につき, アロカ製 SSD730 または東芝製 SSH60A を用いて得られた断層心エコー図, M モード心エコー図およびパルス・ドップラー心エコー図から収縮末期左室偏平化率 (a/b), 拡張末期左室後壁厚 (left ventricular posterior wall thickness: LVPWTd), 左室内径短縮率 (fractional shortening: LVFS), 左室後壁厚増加率 (thickening fraction: ThF), 左室流入血流パターンを検討した. 上記の a/b は乳頭筋レベルの左室短軸の心エコー図断面像において, その断面積が最小となる時相で, 心室中隔左室側内面から左室後壁内面までの距離 a を, 心室中隔が心室自由壁と接続する二点間の距離 b で除して算出した (**Fig. 1**). LVPWTd は左室短軸の M モ

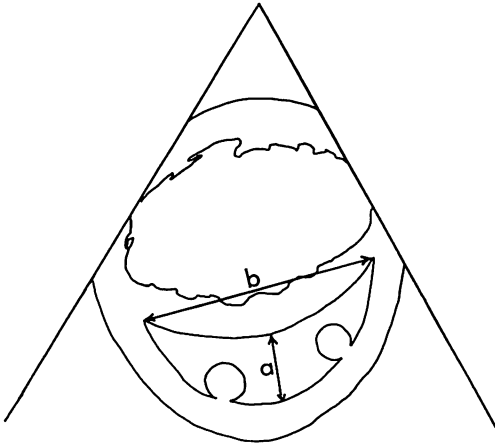


Fig. 1. Illustration to measure the a/b ratio.

Diameter "a" is the left ventricular (LV) internal dimension at the end-systolic phase at the papillary muscle level of the LV short-axis view, and "b" is the length of the interventricular septum.

ード心エコー図の心電図 QRS の始まりの時相における左室後壁厚である。左室流入血流パターンは心尖部からの四腔断面像において、左室内僧帽弁開放部にサンプルボリュームを設定し、パル

ス・ドップラー心エコー図の記録を行なった。ThF は左室内径計測用に記録した M モード心エコー図において、QRS の始まりの時相の左室後壁厚 LVPWTd, M モード心エコー図上、左室が最小となる時相の収縮末期左室後壁厚 (LVPWTs) を計測し、 $(LVPWTs - LVPWTd) / LVPWTs$ の式によって算出した値である (Fig. 2)。

結 果

Fig. 3 は 1 群の収縮末期左室短軸断面像であるが、心室中隔は右室側に突出し、2 群 (**Fig. 4**) に比し左室形態はより円形に近く、高い左室圧が示唆された。また **Fig. 5** は、1 群の左室内径計測用に記録された M モード心エコー図であるが、2 群 (**Fig. 6**) に比べ、著しい収縮能の低下と左室後壁の肥厚が認められた。また左室流入血流は 4 例とも拡張早期の急速流入期血流を欠き、心房収縮による流入のみとなっており、2 群の二峰性の血流パターンとは著しく異なっていた (**Fig. 7**)。

これら心エコー図の諸計測値を用いてその差の特徴を検討すると、以下のとおりであった。

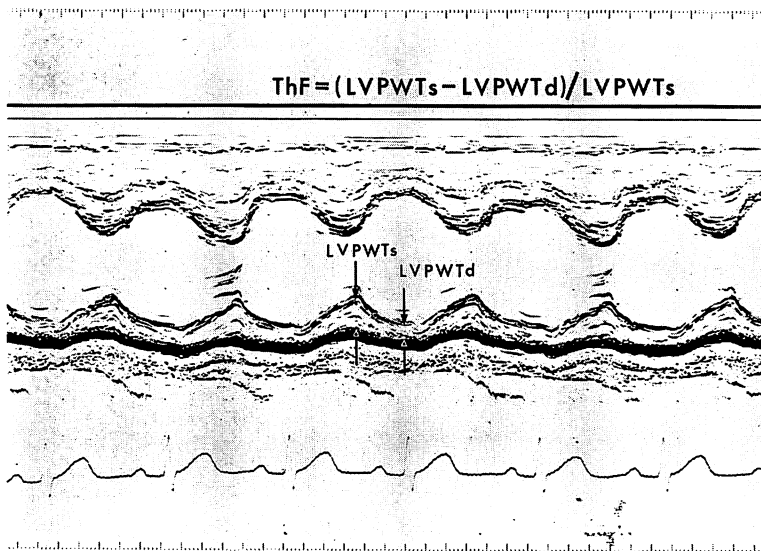


Fig. 2. M-mode echocardiogram showing the calculation of thickening fraction (ThF).

LVPWTd=left ventricular posterior wall thickness in diastole; LVPWTs=left ventricular posterior wall thickness in systole; $ThF = (LVPWTs - LVPWTd) / LVPWTs$.

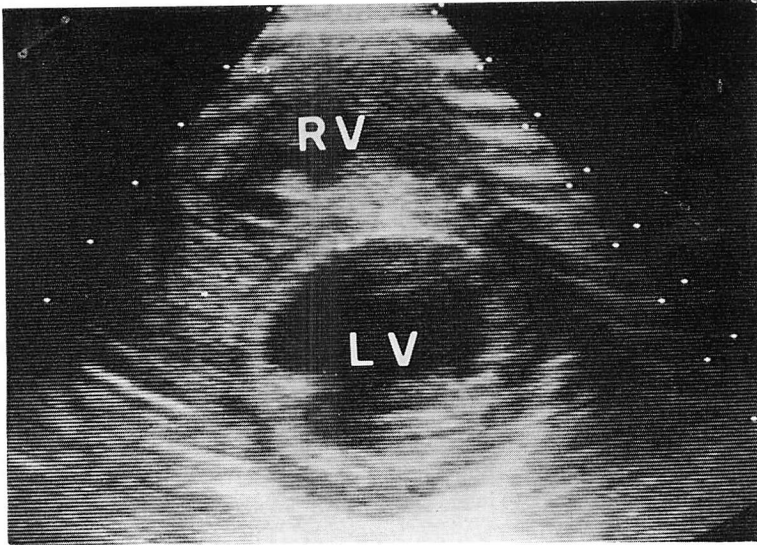


Fig. 3. Left ventricular short-axis view of a patient in Group 1 (patients with excessive banding).

The shape of the LV is nearly circular, which suggests higher LV pressure compared to the right ventricular (RV) pressure.

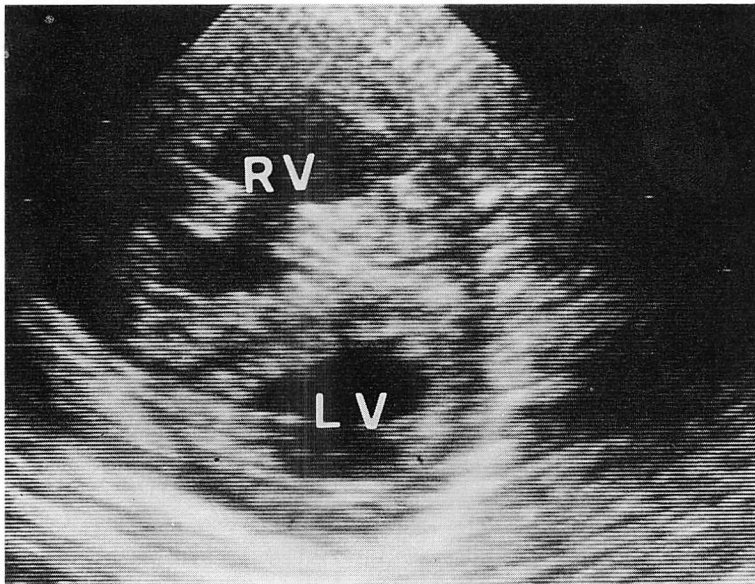


Fig. 4. Left ventricular short-axis view of a patient in Group 2 (patients with optimal banding).

The interventricular septum protrudes toward the LV side, suggesting lower LV pressure compared to the RV pressure.

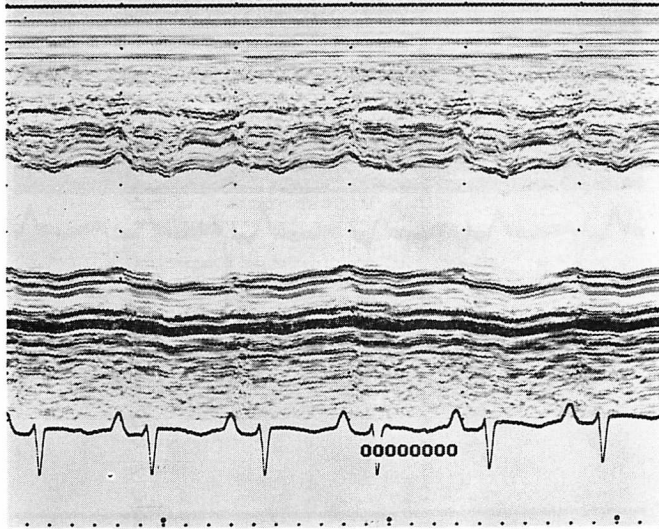


Fig. 5. M-mode echocardiogram of the left ventricle of a patient in Group 1. Markedly reduced LV contraction and thickened LV wall are observed.

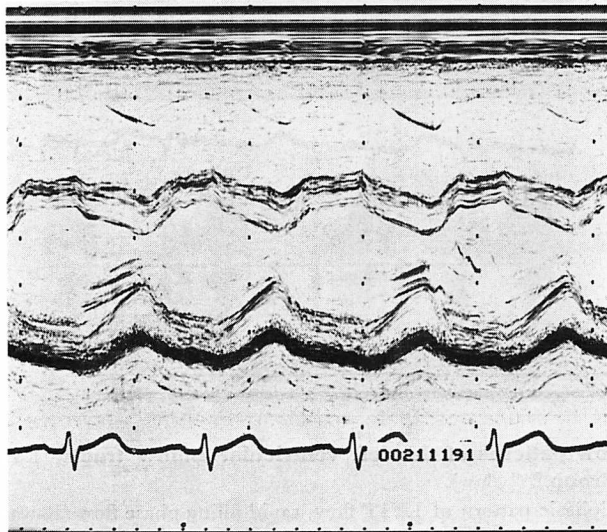


Fig. 6. M-mode echocardiogram of the left ventricle of a patient in Group 2. In contrast to Fig. 5, the LV contraction is good, and posterior wall thickness is within the normal limits.

a/b はこれらの4例では 0.88~0.95 で、2群の 0.53~0.79 (mean \pm 1 SD) に比し、有意に高値を示した ($p<0.01$) (Fig. 8 左上). LVPWTd は 0.67~0.85 cm であり、2群の 0.45~0.59 cm に比し著しく高値を示し ($p<0.01$) (Fig. 8 右上),

ThF は 0~0.18 で、2群の 0.43~0.81 に比べ、著明に低値を示した ($p<0.01$) (Fig. 8 左下). また LVSF は 0~0.19 と、2群の 0.40~0.56 に比し、明らかに低値を示した ($p<0.01$) (Fig. 8 右下).

これらの4例のうち3例に Jatene 手術を施行

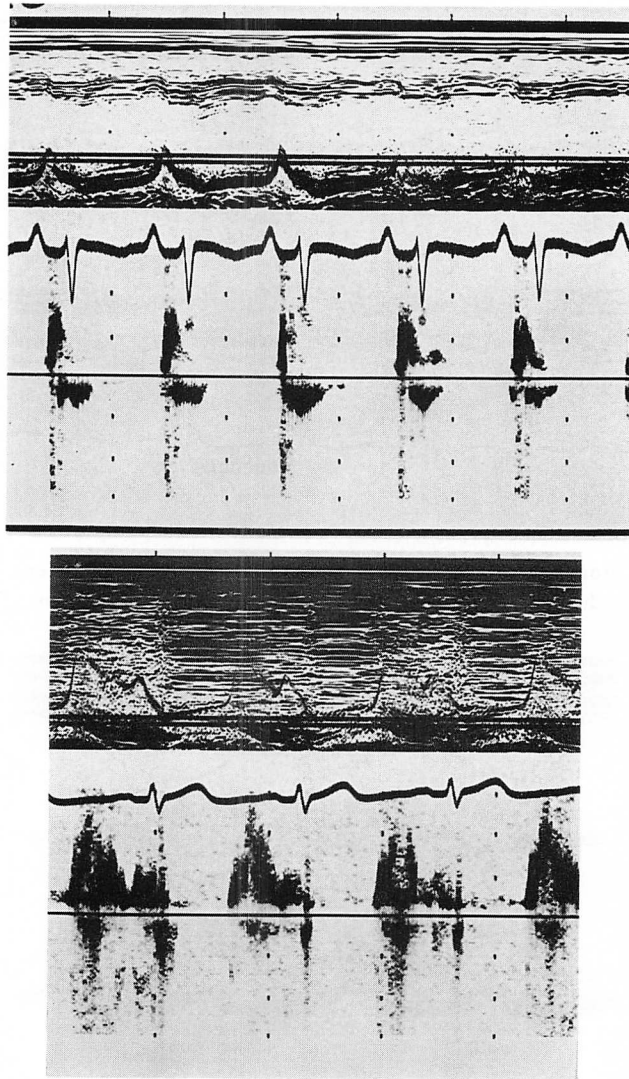


Fig. 7. Doppler flow patterns of the left ventricular inflow tracts (LVIT) of patients in Group 1 (top) and Group 2 (below).

In Group 2, the biphasic pattern of LVIT flow, rapid filling phase flow (R-wave) and end-diastolic phase flow (A-wave) are normal, and the velocity of the R-wave is higher than that of the A-wave. In Group 1, the R-wave cannot be detected, suggesting high left ventricular end-diastolic pressure.

し, 1例が低心拍出状態で死亡し, 2例が生存している. このうち1例は引き続き LVSF の低下を認めている. 他の1例は Senning 手術に変更され, 生存している.

考 察

大きな動脈管開存や心室中隔欠損を伴わない TGA では, 生直後の生理的肺高血圧の時期が過ぎると, 左室圧は急速に低下する³⁾. これらの症

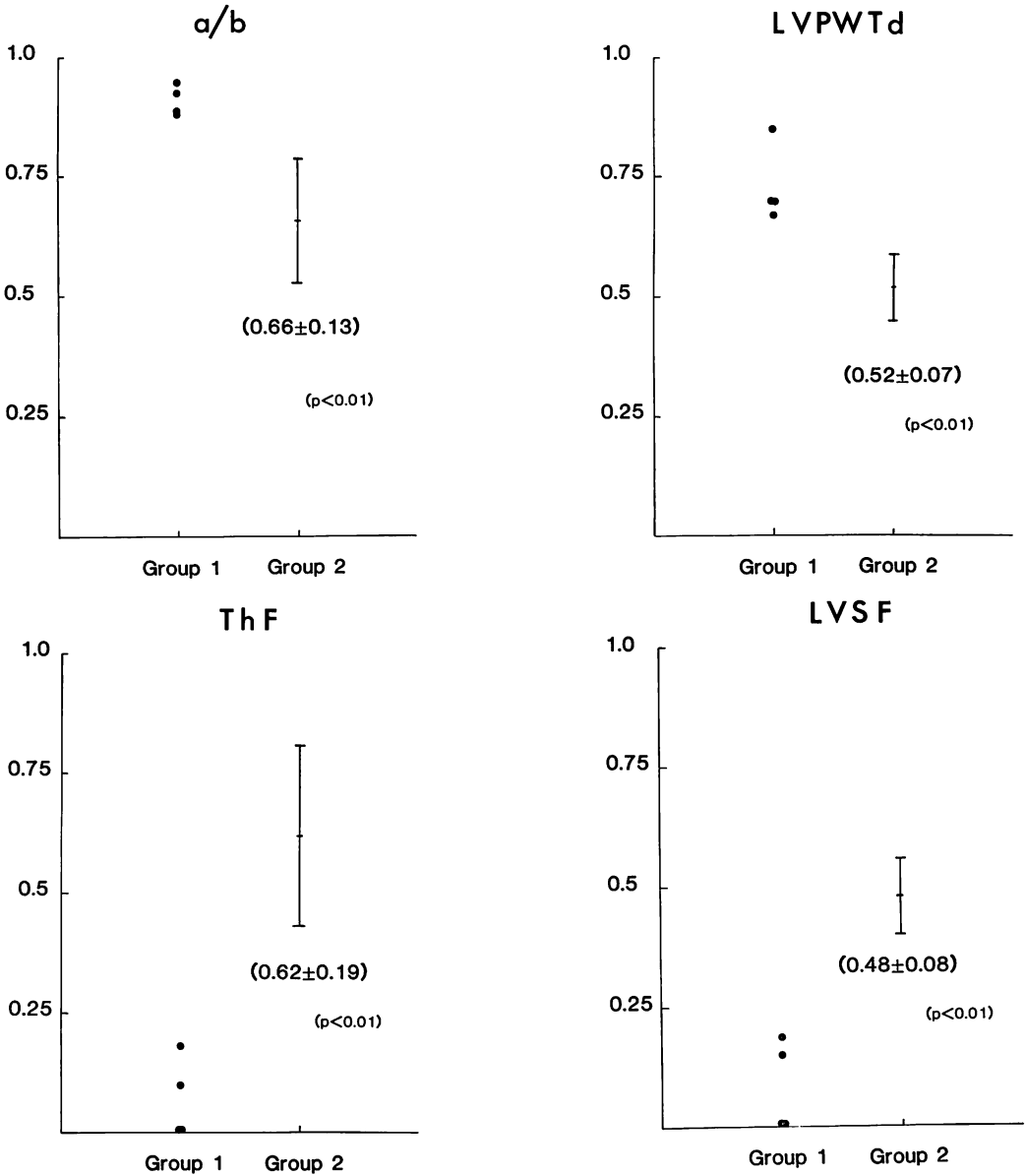


Fig. 8. Comparison of the a/b ratio, LVPWTd (cm), ThF and LVSF between Groups 1 and 2.

In Group 1, the a/b ratio is higher, LVPWTd is thicker, ThF is apparently smaller and LVSF is lower than those in Group 2.

例に対する Jatene 手術は、術直後の左室が受ける急激な後負荷のため、一期的には行ない得ないと考えられ、近年多くの施設において、肺動脈絞

扼術兼 Blalock-Taussig 短絡術が行なわれている⁴⁾。しかしこの手術は左心室に急速な容量、圧負荷を加える手術であり、適度かつ十分な負荷を

加えることが必要となる。したがって絞扼術後, 左室圧および左室の適応状態を経時的に正しく評価することが極めて重要である。

Jatene 手術成功例の術後調査では, 絞扼術後の両心室はほぼ等圧となっており, 心室壁運動も正常範囲内に保たれていた。これに対し, 今回検討の対象とした4例は, 術後の心臓カテーテル検査にて左室圧が右室圧を有意に上回り, 心収縮力も著明な低下が認められた。心エコー図においてもLVSFは対照群に比し著明な低値を示し, 左室の収縮力の低下を認めている。a/bは最初 Senning 術後症例に対し用いられた指標⁵⁾で, TGAの左室圧評価の良好な指標とされているが, 今回対象とした肺動脈絞扼術後症例では4例とも高値で, 非常に高い左室圧が示唆された。

成人の心筋梗塞や他の心筋障害の症例では, 心室壁が収縮期にも厚くならないという報告が既になされている^{6,7)}が, 我々は心室壁厚の変化をThFで検討した。ThFは4例いずれにおいても低値で, 左室の心筋障害が示唆された。またLVPWTdの増加を認め, 肺動脈絞扼術による急激な後負荷に対する求心性肥大が認められた。

正常の左室流入血流パターンはより流速の速い拡張早期の急速流入期血流と, 流速の遅い拡張後期の心房収縮期の二峰性パターンを示すことが知られている⁸⁾が, Jatene 手術成功例では, これと同様の血流パターンを示した。しかし対象の4例では急速流入期血流を欠いていた。急速流入期血流の障害は左室の拡張障害によるものという報告もあるが⁹⁾, この4例でも, 左室拡張末期圧の上昇が推測された。

4例のうち1例はJatene手術に際して冠動脈の移転が困難であるとされているShaher 5型であった¹⁰⁾が, この症例を含め, 4例とも局所的な壁運動の低下を認めたものはなく, また心電図や血液検査からも心筋梗塞を思わせる所見はなく, 心筋の虚血がその主要因になったとは考えにくい。

これらの心エコー図所見は, 肺動脈絞扼術によ

り加わった急激な過度の後負荷に対し, 左心室不適応状態を示したものと考えられた。左室拡張末期圧上昇に伴い急速流入期血流が消失し, 左房-左室流入血流量が極端に減少していたと考えられ, 左房内の血流は心房中隔經由で右房から右室, 大動脈へと流れ, Blalock-Taussig 短絡を介して肺動脈へ流入するという循環動態を呈していたことが示唆された。これは左心低形成症候群の循環動態に類似している。

このように, 4例の心エコー図所見は, 対照群に対し, 諸項目において著しく偏位しており, しかも心臓カテーテル検査での高い左室圧, 駆出率低下, 左室収縮末期圧上昇などの所見をよく反映しており, このような病態は心エコー図のみでも診断できると思われた。このような症例の心臓カテーテル検査は非常に侵襲が大きく, 非侵襲的検査のみで診断可能であるという意義は大きい。さらにこれらの症例の二期手術の成績は不良のものも含まれており, このような病態の心エコー図による評価は, 二期手術の時期および適応決定上極めて重要であると思われた。

要 約

大きな動脈管開存や心室中隔欠損などの左右短絡のないTGAに対し, Jatene手術の準備手術として, 近年多くの施設において肺動脈絞扼術兼Blalock-Taussig短絡術が行なわれている。

1983~1986年の当施設における同手術後のTGAの症例の中で, 心臓カテーテル検査においてLVp/RVpが1.3以上, LVEFが0.4以下を示した4例の心エコー図所見を検討した。対照群を25例の絞扼術後のJatene手術成功例にとり, a/b, LVPWTd, LVSF, ThF, 左室流入血流パターンを検討した。

いずれの症例もLVSFは0.19以下(対照群: 0.40~0.56), ThFは0.18以下(対照群: 0.43~0.81), a/bは0.88以上(対照群: 0.53~0.79), LVPWTdは0.67 cm以上(対照群: 0.45~0.59 cm)で, 対照群の諸項目の計測値の範囲に比して著しく偏

位していた ($p < 0.01$). 左室流入血流は対照群で認められる急速流入期血流を欠いていた. このような心エコー図所見は, 肺動脈絞扼術後の急激かつ過度な後負荷に対する左室不全の病態を示していると考えられた. またこれらの所見は対照群と著しく異なり, 今後, 肺動脈絞扼術後の TGA でこのような病態を呈する症例は, 非侵襲的に診断することが可能であると考えられた.

またこれらの4例のうち3例に Jatene 手術を施行し, 1例が死亡, 1例に LVSF の低下を認めた. また1例は Senning 手術を行ない生存している. 心エコー図によるこのような病態の把握は, 二期手術としての Jatene 手術の時期および適応決定上極めて重要である.

文 献

- 1) Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, Souza LCB, Neger F, Galantier M, Sousa JEMR, Zerbini EJ: Anatomic correction of transposition of the great vessels. *J Thorac Cardiovasc Surg* **72**: 364-370, 1976
- 2) Shaher RM, Puddu GC: Coronary arterial anatomy in complete transposition of the great vessels. *Am J Cardiol* **17**: 355-361, 1966
- 3) Castaneda AR, Norwood WI, Jonas RA, Colan SD, Sanders SP, Lang P: Transposition of the great arteries and intact ventricular septum: Anatomical repair in the neonates. *Ann Thorac Surg* **38**: 438-443, 1984
- 4) Yacoub MH, Arensman FW, Bernhard A, Heintzen PE, Lange PE, Radley-Smith R: Preparation of the left ventricle for anatomical correction of transposition of the great arteries. *Pediatr Cardiol* **4** (Suppl): I-83-I-92, 1983
- 5) Satomi G, Nakamura K, Takao A, Imai Y: Two-dimensional echocardiographic detection of pulmonary venous channel stenosis after Senning's operation. *Circulation* **68**: 545-549, 1983
- 6) Corya BC, Rasmussen S, Feigenbaum H, Knoebel SB, Black MJ: Systolic thickening and thinning of the septum and posterior wall in patients with coronary artery disease, congestive cardiomyopathy, and atrial septal defect. *Circulation* **55**: 109-114, 1977
- 7) Zoghbi WA, Charlat ML, Bolli R, Kopelen H, Hartley CJ, Roberts R, Quinones MA: End-systolic radius to thickness ratio: An echocardiographic index of regional performance during reversible myocardial ischemia in the conscious dog. *J Am Coll Cardiol* **10**: 1113-1121, 1987
- 8) Feigenbaum H: *Echocardiography*. (4th ed), Lea & Febiger, Philadelphia, 1986, pp 199-200
- 9) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Owa M, Nakasone I, Sakakibara H, Nimura Y: Augmentation of atrial contribution to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry. *Am J Cardiol* **53**: 586-589, 1984
- 10) Nakazawa M, Oyama K, Imai Y, Nojima K, Aotsuka H, Satomi G, Kurosawa H, Takao A: Criteria for two-staged arterial switch operation for simple transposition of great arteries. *Circulation* **78**: 124-131, 1988