

## チアノーゼ性心疾患に対する乳児期早期肺動脈絞扼術の検討

北川 哲也, 加藤 逸夫, 堀 隆樹, 増田 裕, 筑後 文雄  
 下江 安司, 川人 智久, 北市 隆, 福田 靖

徳島大学医学部附属病院心臓血管外科 (主任: 加藤逸夫 教授)

松岡 優

徳島大学医学部小児科

(平成7年5月26日受付)

*Pulmonary artery banding for cyanotic congenital heart defects in early infancy*

*Tetsuya Kitagawa, Itsuo Katoh, Takaki Hori, Yutaka Masuda, Fumio Chikugo, Yasushi Shimoe, Tomohisa Kawahito, Takashi Kitaichi and Yasushi Fukuta*

*Department of Cardiovascular Surgery, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima*

*Suguru Matsuoka*

*Department of Pediatrics, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima*

*(Director : Prof. Itsuo Katoh)*

SUMMARY

The early and late results of pulmonary artery banding (PAB) for cyanotic heart defects in early infancy were reviewed. Nine patients were divided into two groups: Group F (five patients) in which Fontan type repairs were expected as definitive repair in the near future; Group A (four patients) in which anatomical repairs were programmed in the near future. Six patients had a good early postoperative course, and then consisted of three patients of Group A and three patients of Group F. The band circumference, intraoperative pulmonary-to-systemic systolic pressure ratio and arterial oxygen tension after PAB in the good cases of Group A were  $20.0 \pm 1.7 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$  for each kilogram of the infant's weight,  $0.52 \pm 0.07$  and  $46.4 \pm 11.3 \text{ mmHg}$  respectively. These indices in the good cases of Group F were  $21.1 \pm 1.7 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$  for each kilogram of the infant's weight,  $0.55 \pm 0.02$  and  $38.8 \pm 1.0 \text{ mmHg}$  respectively. The standard deviations of every index for PAB in Group F were small. Three patients of Group A have undergone successful total correction. Intraoperative pulmonary-to-systemic systolic pressure ratio of 0.5 as the index of PAB is preferable to Group A. However, only two patients of Group F were waiting for Fontan type definitive repair. For the patient especially in Group F, careful observation and well-timed staged repair with regard to subaortic stenosis and restrictive atrial septal defect and ventricular septal defect are necessary after accurate PAB as mentioned above.

(received May 26, 1995)

Key words : cyanotic congenital heart defect, pulmonary artery banding, early infancy, anatomical repair, Fontan type repair

高肺血流による心不全に難渋する新生児期及び乳児期早期のチアノーゼ性心疾患に対する外科治療は、将来期待される根治手術が解剖学的根治術であろうと Fontan 型手術であろうと、肺動脈絞扼術（以下 PAB）による肺血流量規制が主体をなす。しかし、解剖学的根治術が可能な疾患、あるいは Fontan 型手術を期待せねばならない疾患により、許容される絞扼度は異なると思われる。この考えをもとに、新生児期及び乳児期早期のチアノーゼ性心疾患に対する PAB の適正な絞扼度について検討した。

症 例

症例は将来の Fontan 型手術を期待した低形成左室を有する 5 例と、解剖学的根治術を待機した大動脈弓閉鎖及び縮窄症を伴う“false Taussig-Bing”奇形（Kurosawa, Van Mierop, 1986）の 2 例、低酸素血症の高度な Rastelli 分類 C 型の完全型心内膜床欠損症 2 例の計 9 例である（Table 1）。手術時日齢は 7 から 148 日、平均 56 日、新生児例が 5 例で、手術時体重は 2.8～4.2 kg、平均 3.4 kg であった。先行治療は共通

Table 1 Summary of patients. Nine patients with cyanotic congenital heart defects underwent pulmonary artery banding in early infancy. Patients were divided into two groups: Group F in which patients were expected Fontan type repair as the definitive operation in the near future (patients 1~5); Group B in which patients were expected anatomical repair in the near future (patients 6~9).

	Patients (No.)	age (days)	body weight (kg)	diagnosis	previous interventions
Gp F	1)	14	3.0	HLHS (MS, AS)	
	2)	117	4.2	MA, DORV hypoplastic LV	BAS
	3)	18	2.9	MA, VSD, CoA hypoplastic LV	BAS
	4)	126	4.0	CAVSD, DORV hypoplastic LV	CAVVR
	5)	9	3.5	MA, VSD, CoA hypoplastic	BAS
Gp A	6)	7	3.0	DORV, IAA	BAS
	7)	12	2.8	DORV, CoA arch hypoplasia	BAS
	8)	148	4.0	CAVSD	
	9)	57	3.1	CAVSD	

HLHS=hypoplastic left heart syndrome ; MS=mitral stenosis ; AS=aortic stenosis ; MA=mitral atresia ; DORV=double outlet right ventricle ; LV=left ventricle ; VSD=ventricular septal defect ; CoA=coarctation of the aorta ; CAVSD=complete atrioventricular septal defect ; IAA=interrupted aortic arch ; BAS=balloon atrioseptostomy ; CAVVR=common atrioventricular valve replacement.

Table 2 Method of pulmonary artery banding (PAB). Commonly, the ratio of pulmonary to systemic peak systolic pressure and arterial oxygen tension were used as the indices of the degree of PAB.

patients No.	approaches	banding materials	circumference (mm)	indices of PAB	associated procedures	
Gp F	1)	posterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	28	PaO <sub>2</sub>	Van Praaph procedure, SFA
	2)	median sternotomy	Teflon tape 3 mm width	26	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	ASD creation
	3)	posterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	26	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	SFA
	4)	anterolateral thoracotomy	ligature of thick silk	?	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps, PvO <sub>2</sub>	
	5)	posterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	22	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	SFA
Gp A	6)	posterolateral thoracotomy	ligature of thick silk	?	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	arch reconstruction
	7)	posterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	22	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	arch reconstruction
	8)	anterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	26	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	
	9)	anterolateral thoracotomy	Teflon tape 3 mm width	22	PaO <sub>2</sub> , Pp/Ps	

Pp/Ps=the ratio of pulmonary to systemic peak systolic pressure ; SvO<sub>2</sub>=mixed venous oxygen saturation ; SFA=subclavian flap aortoplasty ; ASD=atrial septal defect.

Table 3 Early postoperative course

patients No.	pulmonary bleeding	duration of intubation (days)	improvement	
Gp F	1)	—	died on 7 POD	poor
	2)	—	2	good
	3)	—	2	good
	4)	—	75	fair
	5)	—	3	good
Gp A	6)	+	48	fair
	7)	+	5	good
	8)	—	2	good
	9)	—	1	good

Good : Patient was extubated by five days postoperatively, and congestive heart failure was controlled well. Fair : Patient was extubated later than the fifth postoperative day, and congestive heart failure was controlled moderately. Poor : congestive heart failure was little controlled. Abbreviation : POD=postoperative day.

房室弁置換術が1例に, balloon atrioseptostomy (BAS) が5例に施行された。

肺動脈絞扼術

approach は, 同時に Van Praagh 手術を施行した1例と大動脈再建術を施行した4例では後側方開胸を, 体外循環下の心房中隔欠損作成術を施行した1例では胸骨正中切開を, PAB 単独の3例では前側方開胸を用いた (Table 2). 大動脈縮窄・離断 (閉鎖) 複合で

は, 早期の2例には大動脈再建後に PAB を施行し, 術中肺出血を来し, 術中術後管理に難渋したため, その後の2例には, 緩めの PAB を大動脈再建前に施行して肺を保護した後に大動脈再建を行い, その後で PAB の絞扼度を再検討することとした (Table 3) (瀬瀬ら, 1989). 幅 3 mm のテフロンテープを用いた7例は, Trusler の TGA 基準の絞扼度を参考とし, 遠位側肺動脈圧と PaO<sub>2</sub> 値によりテープ周径を細かく調節した (Trusler, Mustard ら, 1972). 前述の術中肺出

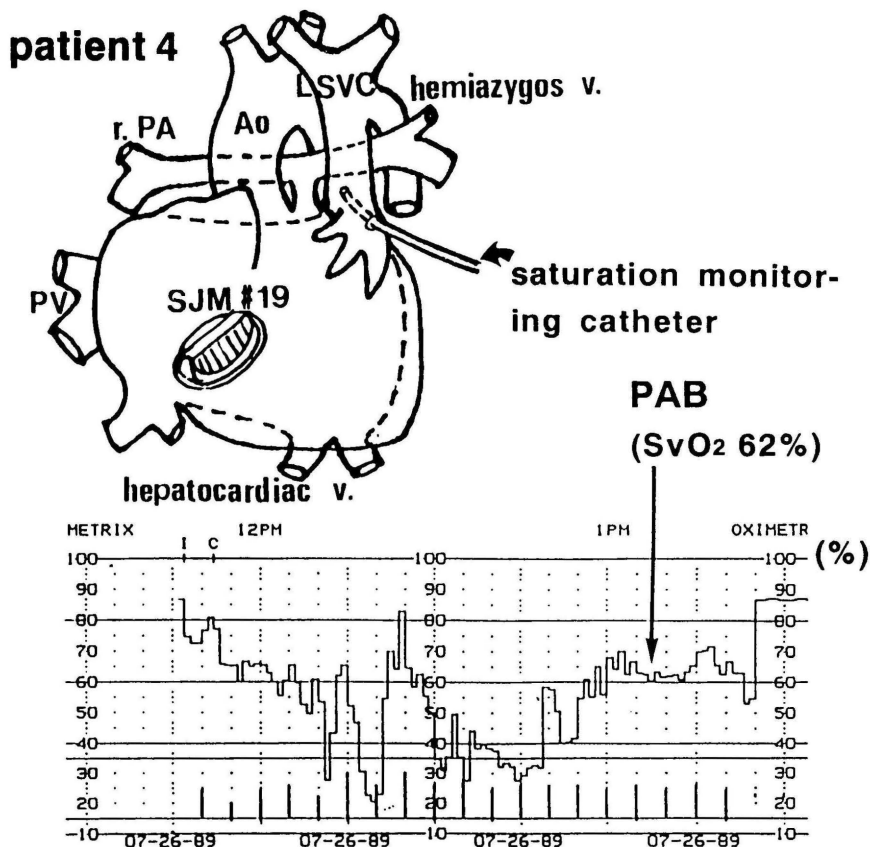


Fig.1 Intra-operative continuous monitoring of oxygen saturation of mixed venous blood.

Patient 4 underwent common atrioventricular valve replacement at three months after birth. Because of prolonged ventilation and poor control of congenitive heart failure, pulmonary artery banding was performed 14 days postoperatively. Patient had infrahepatic interruption of inferior vena cava with hemiazygos continuation. A saturation monitoring catheter was introduced from the left atrial appendage and the catheter tip was detained to the junction between left superior vena cava and atrium to measure oxygen saturation of mixed venous blood continuously. After PAB was adjusted, SvO<sub>2</sub> showed 62%.

血のために換気不全を来し、急いで PAB を施行した症例 6 と、共通房室弁置換術後に呼吸器より離脱し得なかった比較的肺動脈幹の細い症例 4 の 2 例に、太い絹糸を用いて同様の遠位側肺動脈圧と PaO<sub>2</sub> 値を指標に絞扼した。体外循環を用いた症例 2 では FiO<sub>2</sub> 1.0 で、他の症例では FiO<sub>2</sub> 0.5 の manual ventilation 下でできるだけ左肺の圧迫を除去し、血行動態の安定した PAB 後 15 分の PaO<sub>2</sub> 値を目安とした (北川ら, 1991)。また、症例 4 では、下大静脈欠損、半奇静脈結

合のため、hepatocardiac vein 以外の体静脈血が左上大静脈に還流するため、その基部に saturation monitoring catheter を留置し、PAB 前後で hepatocardiac vein 以外の体静脈還流血の SvO<sub>2</sub> 値を連続的に測定し、指標の一つとした (Fig. 1)。

結 果

全症例の PAB 前後の肺体収縮期圧比 (Pp/Ps) は  $0.86 \pm 0.15 \rightarrow 0.45 \pm 0.14$ , PaO<sub>2</sub> 値は  $71.9 \pm 12.5$

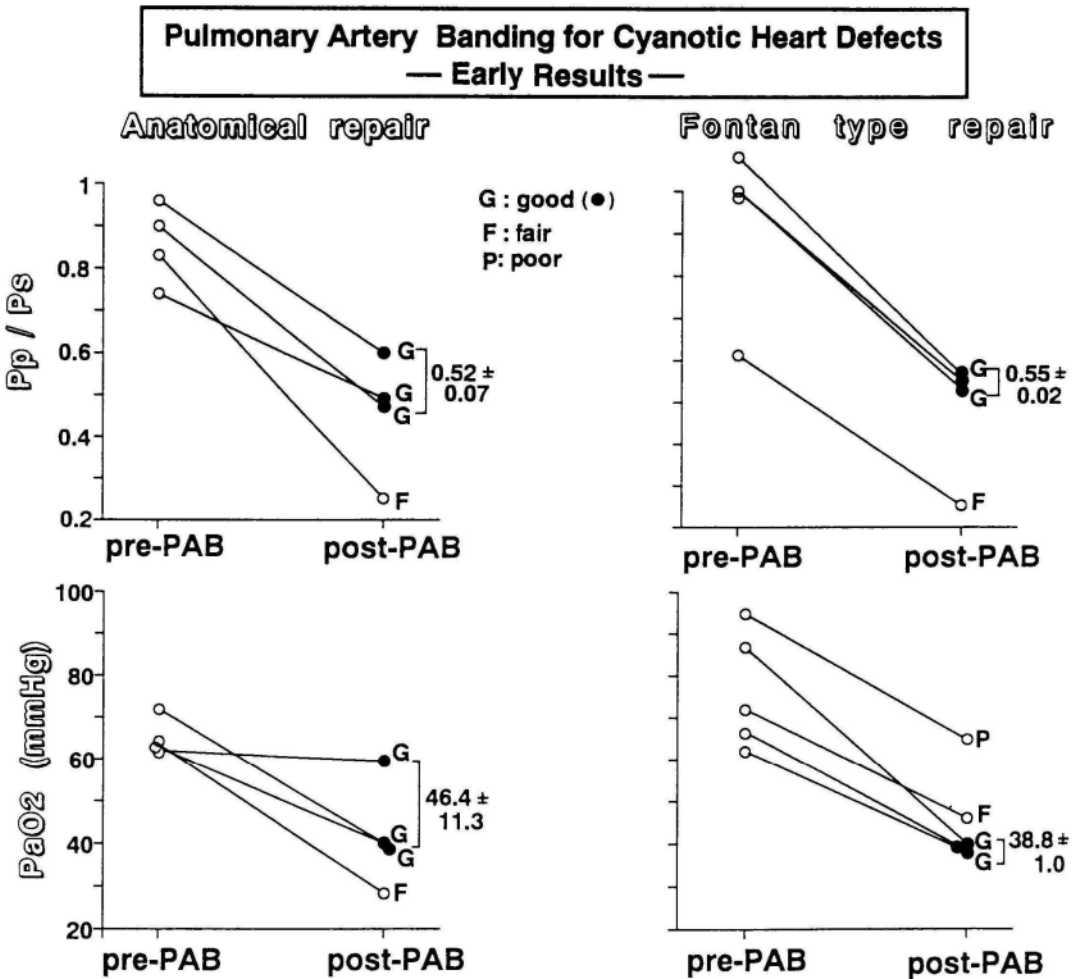


Fig. 2 The ratio of pulmonary to systemic peak pressure (Pp/Ps) after PAB with good early results showed no significant change between anatomical repair group and Fontan type repair group. Arterial oxygen tension after PAB in patients with good early results showed  $46.4 \pm 11.3$  mmHg in anatomical repair group and  $38.9 \pm 1.4$  mmHg in Fontan type repair group. Abbreviations: G = good result, F = fair result, P = poor result.

mmHg→44.5±12.0 mmHgであった。上大静脈基部に saturation monitoring catheter を留置し、PAB 前後で連続的に SvO<sub>2</sub> 値を測定した症例4は、肺体収縮期圧比0.25, PaO<sub>2</sub> 45.9 mmHg, SvO<sub>2</sub> 62%で最終的に tape を固定した。

PAB の術後早期の効果判定については、術後5日以内に抜管でき、術前の心不全が改善したものを good, 6日以上挿管期間を要したが、術前の心不全が改善したもの fair, 術前の心不全が改善しなかったものを poor とすると、good が6例, fair が2例, poor が1例であった (Table 3) (Albus ら, 1984)。

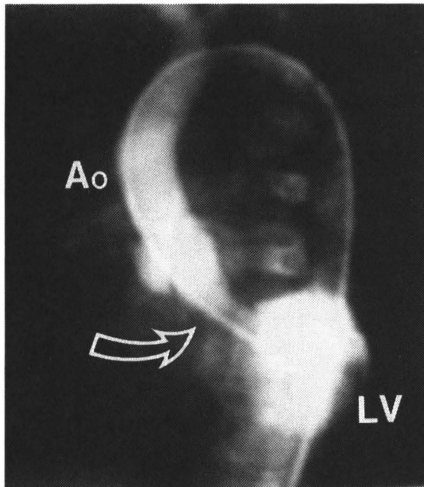
good の6例を解剖学的根治術可能群 (A群) と Fontan 型手術期待群 (F群) に分けると、PAB 周径はA群: [手術時体重(kg)+20.0±1.7] mm, F群: [手術時体重(kg)+21.1±1.7] mm, PAB 直後の収縮期 Pp/Ps はA群: 0.52±0.07, F群: 0.55±0.02, PaO<sub>2</sub> 値はA群: 46.4±11.3 mmHg, F群: 38.8±1.0 mmHg であった (Fig. 2)。

PAB 後の PaO<sub>2</sub> 値が64.7 mmHg を示した症例1 (poor 例) は第7病日に心不全死し、PAB 後45.9 mmHg を示した症例4 (fair 例) は第61病日に抜管できたが、その後もアンドーシス, 心不全が遷延し、

消化管出血後の肝不全のため第88病日に病院死した。PaO<sub>2</sub> 値がPAB 後28.4 mmHg を示した症例6 (fair 例) は、第48病日の抜管後も強い低酸素血症を認めた。

結局, good の6例と, fair の1例が遠隔生存し、内訳は解剖学的根治術を待機した4例と, Fontan 型手術を期待した3例であった。そのA群の4例では、完全型心内膜床欠損症 (CAVSD) の2例は1歳時に根治手術を施行し, false Taussig-Bing 奇形の症例6は11カ月時に secondary ventricular foramen の閉鎖と動脈スイッチ手術を施行し以後順調に経過した。しかし、同様の症例7は初回手術時の大動脈弓再建が不十分で、遠隔期に低心拍出量症候群にて死亡した。

F群の2例では、僧帽弁閉鎖 (MA), 両大血管右室起始症の症例2は3歳時に平均肺動脈圧15 mmHg, 肺血管抵抗1.4単位・m<sup>2</sup>, PA index 280 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> と Fontan 型手術可能な状態を示し、現在手術待機中である。正常大血管関係で比較的太い上行大動脈を有する MA, 筋性部心室中隔欠損, 左室低形成の症例3は、新生児期の PAB 後に restrictive ASD により肺うっ血, 心拡大を来し、再度 BAS で対処していたが、1歳時に大動脈弁下狭窄が増悪し、左室・上行大動脈



Patient 3: Mitral atresia combined with normally interrelated great vessels, normal-sized aorta, LV hypoplasia, muscular VSD, PFO, CoA and PDA)

Pressure study (mmHg)

	12 days	18 days (SFA+PAB)	77 days	8 months
	BAS	pre-PAB	post-PAB	BAS
RV	75/~18	57/~15	75/~15	105/~4
PA	60/28(50)	57/22(23)	40/16(23)	67/30(44)
LV				138/~8
asc. Ao				78/42(60)

PFO=patent foramen ovale, PDA=patent ductus arteriosus, RV=right ventricle, PA=pulmonary artery, asc. Ao=ascending aorta. Others same as in Tables 1 and 2.

Fig. 3 Patient 3 with mitral atresia underwent pulmonary artery banding 18 days after birth. The progression of restrictive ASD and subaortic stenosis had been remarkable after PAB. Significant pulmonary hypertension due to restrictive ASD and subaortic stenosis was revealed at cardiac catheterization 8 months after birth. Arrow shows subaortic narrowing. Wave line (~) means end-diastolic pressure.

間に 60 mmHg の圧較差を有し, Stansel 吻合, 心房中隔欠損作成術, Blalock-Taussig 手術を施行したが, 術前から 72/18(48) の肺高血圧状態にあり, 適切な肺血流量を得られず死亡した (Fig. 3). 同様の症例 5 では, やはり Norwood 手術の施行はためらわれ, 縮窄解除と PAB を施行した. 筋性部心室中隔欠損での圧較差が術前の 7 mmHg から PAB 2 週後には 28 mmHg と増大したが以降の増悪はみられなかった (Fig. 4). 5 カ月時のドブラー心超音波検査で左室流出路に約 15 mmHg の圧較差を認め, 心臓カテーテル検査では, 左心房圧 14 mmHg, 右心房圧 8 mmHg と restrictive ASD を呈し, 右室圧 95/EDP 5 mmHg, 絞扼部より遠位側の肺動脈圧 35/12 (22) mmHg と 60

mmHg の絞扼部圧較差を示し, 肺血管抵抗は 2.9 単位・ $m^2$  であった. まず, blade atrioseptostomy を施行し, 更に肺動脈圧の下降したと思われる 20 日後に Stansel 吻合. 心房中隔欠損作成術. bidirectional cavopulmonary shunt 手術を施行し得た (Di Donato ら, 1993).

幅 3 mm のテフロンテープを用い, 肺動脈幹の中央部で PAB を施行した症例 3 と, 太い絹糸により動脈スイッチ手術待機のため左右肺動脈分岐部直前で PAB を施行した症例 6 に右肺動脈分岐部狭窄を認めた (Fig. 5). 前者は 1 歳時の Stansel 吻合追加時に, 後者は 11 カ月時の動脈スイッチ手術時に右肺動脈の形成術を施行した.

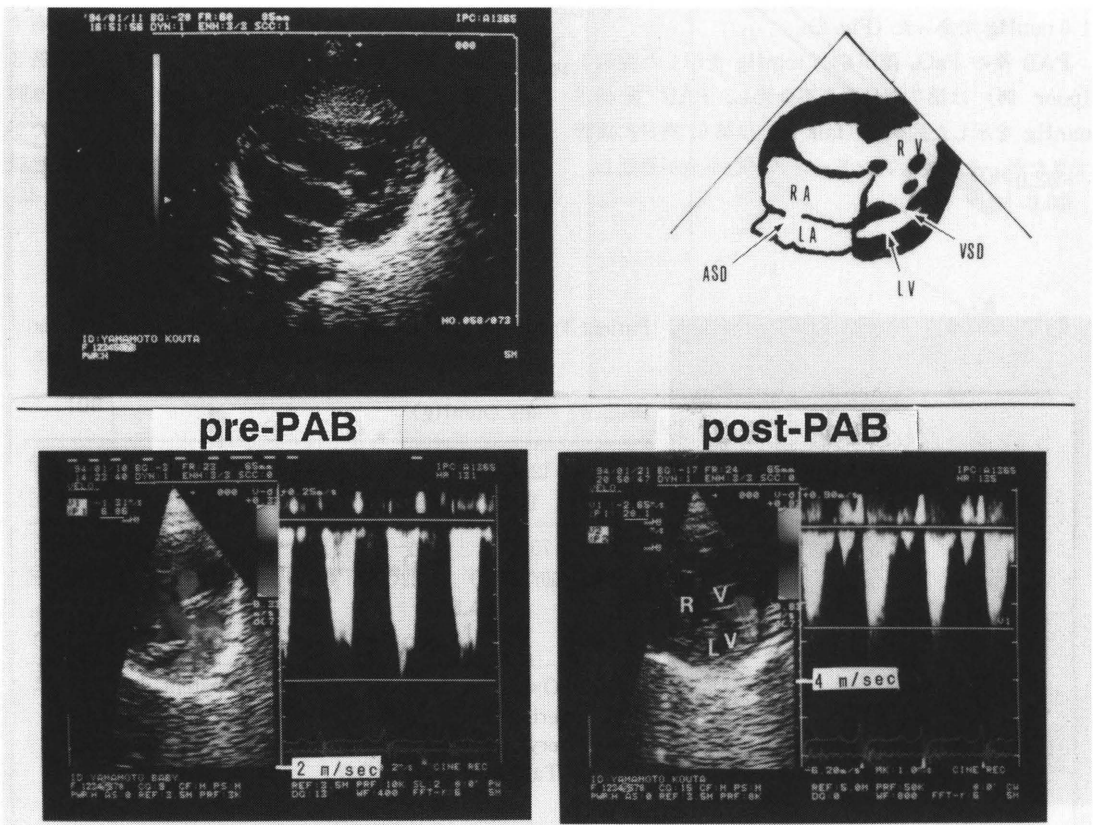


Fig. 4 Patient 5 similar to patient 3 underwent PAB 9 days after birth. Pressure gradient through muscular ventricular septal defect by doppler echocardiography increased from preoperative 7 mmHg (peak velocity: 1.31 m/sec) to postoperative 28 mmHg (peak velocity: 2.65 m/sec). Abbreviations: RA = right atrium, LA = left atrium. Others same as in Tables 1, 2 and Figure 3.

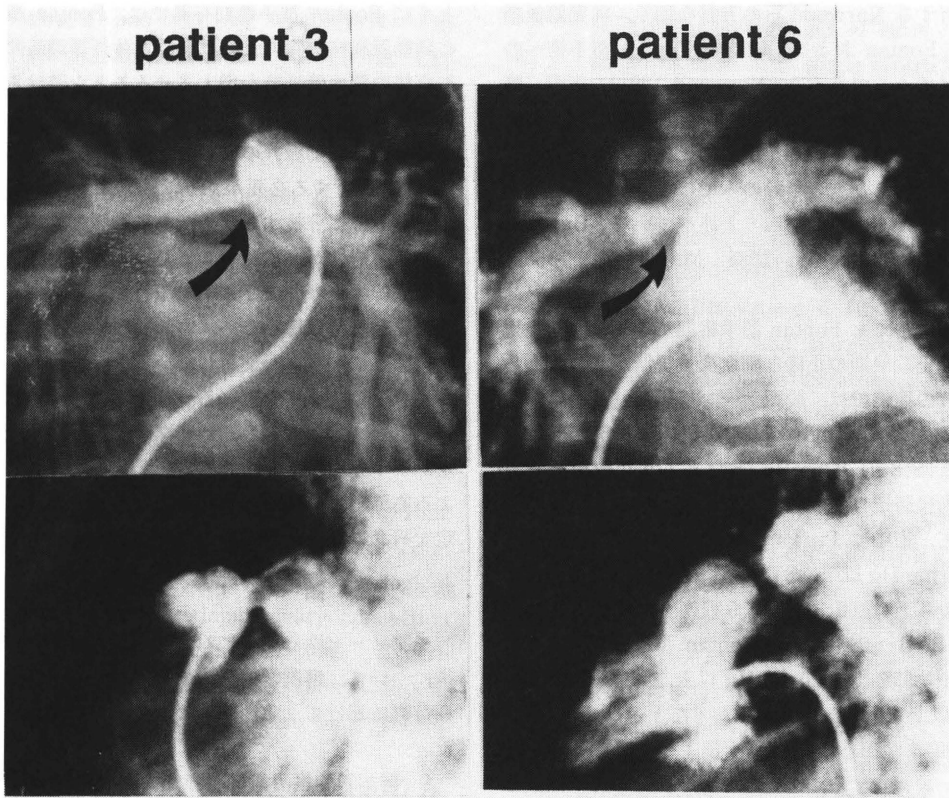


Fig. 5 Stenosis at the origin of right pulmonary artery was noted in patient 3 ten months after PAB and in patient 6 eleven months after PAB.

## 考 察

われわれの検討した症例は、一般にチアノーゼ性心疾患として扱われる Albus 等の group II (VSD with significant mixing disorders) 及び group III (僧帽弁閉鎖等の複雑心奇形群) だけでなく、group I (VSD without significant mixing disorders) として扱われている CAVSD 症例を含むが、大きな CAVSD の症例は術前から著明な低酸素血症を有し、group II のチアノーゼ性心疾患として扱ってよいと著者らは考えている (Albus ら, 1984)。

本来、肺動脈絞扼術などの姑息手術の効果は目的とすべき根治手術を安全に行い得たか否かで評価すべきである。解剖学的根治術が期待できる場合、例えば false Taussig-Bing 奇形で動脈スイッチ手術を待機する際には、術中収縮期 Pp/Ps 0.5 程度の絞扼により、術前の心不全が十分コントロールでき、体の成長した乳児期後期から 1 歳時に根治術を施行するのが良策と

思われる。たとえ、PAB が少し loose で心不全傾向であったり、あるいは少し tight で低酸素血症が強い場合にも、乳児期の根治術施行には問題が少ない。

将来の機能的根治手術としての Fontan 型手術は当初は右房肺動脈間に挿入可能な conduit の大きさから、4 歳以上で手術適応とされたが (Choussat らは、1978)、以降の、Fontan circulation に対する考え方の進歩 (Lee ら, 1986; de Leval ら, 1988) や、症例の蓄積による手術適応拡大後の遠隔成績の検討においても、3 歳以下の年齢因子が独立した手術危険因子であるとする報告と、そうでないとする報告がみられ、至適手術年齢については議論の多いところである (Fontan ら, 1983; Bartmas ら, 1990; Kirklin ら, 1986; Mayer ら, 1986, 1992)。ただ、これらの Fontan 型手術期待群は、通常、術前には健常乳児と同等の肺動脈径を有する (Alboliras ら, 1989) ため、第一期手術としての PAB により早期から肺血管床を保護し、かつ成長する肺血管床を維持できれば、左心低形成症



候群に対する Norwood らの方針の如く、乳児期後期の hemi-Fontan および1歳時の Fontan 型手術への道が開けてくるであろう (Norwood, 1991)。実際、肺血管抵抗が  $2 \text{ 単位} \cdot \text{m}^2$  以下で肺動脈狭窄がない例では、4歳未満でも Fontan 型手術後良好な経過を示したとの報告があり、若年齢のみでは Fontan 型手術非適応とならなくなるであろうと述べている (Bartmas ら, 1990; Kirklin ら, 1986; Mayer ら, 1986, 1992)。

いずれにしても Fontan 型手術期待群では、新生児期及び乳児期早期の正確な肺血流量規制が必要である。われわれの症例では、絞扼テープ周径が [手術時体重 (kg) + 21.1 ± 1.7] mm, 収縮期 Pp/Ps 0.55 ± 0.02, PaO<sub>2</sub> 値 38.8 ± 1.0 mmHg となるような絞扼度で急性期の術後経過は良好であった。高らは左室型単心室において、術中に Pp/Ps 0.3 までの絞扼を目標とし、PaO<sub>2</sub> 30 mmHg 以下, ST 変化, 不整脈, 低血圧などの悪化をみれば, 0.3 から 0.5 程度までに少し緩める方針で PAB を施行したが, Fontan 型手術期待群の遠隔期に平均肺動脈圧 20 mmHg 以上, 肺血管抵抗 4 単位・ $\text{m}^2$  以上を示した症例が多かったと述べている (高ら, 1990)。池田らは Fontan 型手術を目標とする場合, 強い絞扼をすることとしており, その際低酸素血症の改善のため Blalock-Taussig 手術の併用を薦めている (池田ら, 1989)。われわれの症例は根治術未施行であるが, 5 例中 2 例で Fontan 型手術可能な状態をつくり得, 不適例は最初の PAB が loose で病院死した 2 例と, PAB 後の大動脈弁下狭窄の増悪を見過ごし, 肺高血圧を来した症例であった。症例数が少ないが, われわれの症例からすると, Fontan 型手術期待群に対しては, Pp/Ps 0.55, PaO<sub>2</sub> 値 38.8 mmHg 程度の絞扼を施行しておき, 術後の restrictive ASD, restrictive VSD, 大動脈弁下狭窄の増悪 (Freedom ら, 1986) に対する慎重な経過観察により, 時期を逸せず肺血管床を守るための段階的治療を施行することが重要と思われる (Di Donato ら, 1993; Rychik ら, 1991; Ilbawi ら, 1991; Jonas ら, 1985)。

また奇静脈及び半奇静脈結合の症例では, hepaticocardiac vein を除いた体静脈血還流部位に catheter を留置し, SvO<sub>2</sub> 値を連続的にモニターすることで, 全身の酸素代謝をおおよそ推定でき, 安全な絞扼度の有用な指標の一つが得られる。

次に, 技術的には中心肺動脈の変形および狭窄を来し, 肺動脈発育を阻害しないように注意しなければならない (Kirklin ら, 1986; Mayer ら, 1986, 1992)。

とくに Fontan 型手術期待群では, Fontan 型手術時に肺動脈狭窄解除のために余分な体外循環時間を要し, 術直後の肺血管抵抗を増大させることを避けるべきである (Mayer ら, 1992)。動脈スイッチ手術を待機する場合には肺動脈弁の温存目的で肺動脈分岐部直前で PAB を施行する必要がある, 通常右肺動脈が左肺動脈より近位に分枝するため, 右肺動脈分岐部狭窄を併発する可能性が高くなる。また, 通常肺動脈弁上から肺動脈幹中央の間で PAB を施行する場合にも, 乳児期の肺動脈幹は短いため, 右肺動脈分岐部狭窄を来さないように, 我々が使用しているテープより狭い幅 2 mm ほどのテープを用いるべきであろう。更に, 左開胸の approach の場合, テープの肺動脈右側壁への固定が不十分になりがちであるが, テープのスリップによる右肺動脈分岐部狭窄を来さないように, 右側の固定を丹念に行う必要がある。

## 結 語

チアノーゼ性心疾患に対する乳児期早期の肺動脈狭窄について, 解剖学的根治術可能群と Fontan 型手術期待群にわけて, 急性期および遠隔期成績から検討した。

1 解剖学的根治術可能群では, 絞扼直後の収縮期肺体血圧比が約 0.5 となるような絞扼度で術前の心不全が十分コントロールでき, 乳児期後期から1歳時に4例中3例に根治術を施行することができた。

2 Fontan 型手術期待群では, PAB 周径 [手術時体重 (kg) + 21.1 ± 1.7] mm, 収縮期 Pp/Ps 0.55 ± 0.02, PaO<sub>2</sub> 値 38.8 ± 1.0 mmHg となるような絞扼度で急性期術後経過は良好で, PAB 後の大動脈弁下狭窄, restrictive ASD 及び VSD に対する慎重な経過観察により, 時期を逸せず肺血管床を守るための段階的治療を施行することが重要である。

3 Fontan 型手術期待群ではとくに右肺動脈の狭窄を来さないように, 絞扼部位, テープ幅およびその固定に留意すべきである。

## 文 献

- 1 Alboliras, E. T., Chin, A. J., Barber, G., Helton, J. G., Pigott, J. D. and Norwood, W. I. (1989): Pulmonary artery configuration after palliative operations for hypoplastic left heart syndrome. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 97, 878-885
- 2 Albus, R. A., Colonel, L., Trusler, G. A., Izuk-

- awa, T. and Williams, W. G. (1984) : Pulmonary artery banding. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 88, 645-653
- 3 Bartmus, D. A., Driscoll, D. J., Offord, K. P., Humes, R. A., Mair, D. D., Schaff, H. V., Puga, F. J. and Danielson, G. K. (1990) : The modified Fontan operation for children less than 4 years old. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 15, 429-435
- 4 Choussat, A., Fontan, F. and Besse, P. (1978) : Selection criteria for Fontan's procedure. *Pediatric Cardiology 1977* (Anderson, R. H. and Shinebourne, E. A., editor), Churchill Livingstone, Edinburgh, 559-566
- 5 De Leval, M. R., Kilner, P., Gewillig, M., Bull, C. and McGoon, D. C. (1988) : Total cavopulmonary connection. A logical alternative to atriopulmonary connection for complex Fontan operations. Experimental studies and early clinical experience. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 96, 682-695
- 6 Di Donato, R. M., Amoedo, A., di Carlo, D. D., Galletti, L., Rinelli, G., Pasquini, L. and Marcelletti, C. (1993) : Staged Fontan operation for complex cardiac anomalies with subaortic obstruction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 105, 398-405
- 7 Fontan, F., Devill, C., Quaegebeur, J., Ottenkamp, J., Sourdille, N., Choussat, A. and Brom, G. (1983) : Repair of tricuspid atresia in 100 patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 85, 647-660
- 8 Freedom, R. M., Benson, L. N. and Smallhorn, J. F. (1986) : Subaortic stenosis, the univentricular heart, and banding of the pulmonary artery. An analysis of the courses of 43 patients with univentricular heart palliated by pulmonary artery banding. *Circulation*, 73, 758-764
- 9 池田義・横田祥夫・岡本文雄・清田芳春・藤原慶一 他 (1989) : Fontan 型手術を前提とした肺動脈絞扼術—Blalock-Taussig 手術の併用. *循環器科*, 26, 600-602
- 10 Ilbawi, M. N., DeLeon, S. Y. and Wilson, W. R. Jr. (1991) : Advantages of early relief of subaortic stenosis in single ventricle equivalents. *Ann. Thorac. Surg.*, 52, 842-849
- 11 Jonas, R. A., Castaneda, A. R. and Lar, G. P. (1985) : Single ventricle (single-or double-inlet) complicated subaortic stenosis. Surgical options in infancy. *Ann. Thorac. Surg.*, 39, 361-366
- 12 Kirklin, J. K., Blackstone, E. H., Kirklin, J. W., Pacifico, A. D. and Bargerion, L. M. Jr. (1986) : The Fontan operation. Ventricular hypertrophy, age, and date of operation as risk factors. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 92, 1049-1064
- 13 北川哲也・加藤逸夫・滝浩樹 (1991) : 乳児期早期姑息的開心術における至適肺血流量について. *日心外会誌*, 20, 788-790
- 14 高英成・今井康晴・黒沢博身・副島健市・福地晋治 他 (1990) : 左室性単心室に対する肺動脈絞扼術の検討. *日胸外会誌*, 38, 194-200
- 15 Kurosawa, H. and Van Mierop, L. H. S. (1986) : Surgical anatomy of the infundibular septum in transposition of the great arteries with ventricular septal defect. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 91, 123-132
- 16 Lee, C. N., Schaff, H. V., Danielson, G. K., Puga, F. J. and Driscoll, D. J. (1986) : Comparison of atriopulmonary versus atrioventricular connections for modified Fontan/Kreutzer repair of tricuspid valve atresia. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 92, 1038-1048
- 17 Mayer, J. A. Jr., Helgason, H., Jonas, R. A., Lang, P., Vargas, F. J., Cook, N. and Castaneda, A. R. (1986) : Extending the limits for modified Fontan procedures. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 92, 1021-1028
- 18 Mayer, J. A. Jr., Bridges, N. D., Lock, J. E., Hanley, F. L., Jonas, R. A. and Castaneda, A. R. (1992) : Factors associated with marked reduction in mortality for Fontan operations in patients with single ventricle. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 103, 444-452
- 19 Norwood, W. I. Jr. (1991) : Hypoplastic left heart syndrome. *Ann. Thorac. Surg.*, 52,

688-695

- 20 Rychik, J., Murdison, K. A., Chin, A. J. and Norwood, W. I. (1991): Surgical management of severe aortic outflow tract obstruction in lesions other than the hypoplastic left heart syndrome: Use of a pulmonary artery to aorta anastomosis. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 18, 809-816
- 21 瀬瀬顯・神田好雄・上野安孝, 窪山泉・岸崎邦昭  
他(1989): 大動脈縮窄・離断複合の外科治療—特に複雑心奇形合併例と肺動脈絞扼術の有用性について—. *日胸外会誌*, 37, 49-55
- 22 Trusler, G. A. and Mustard, W. T. (1972): A Method of banding the pulmonary artery for large isolated ventricular septal defect with and without transposition of the great arteries. *Ann. Thorac. Surg.*, 13, 351-355