

先天性心疾患におけるタリウム-201の肺野への集積：
総肺静脈還流異常とファロー
一四徴の相違

Pulmonary uptake of thallium-201 in patients with congenital heart disease: Comparison between total anomalous pulmonary venous connection and tetralogy of Fallot

木幡 達
小野 安生
岩谷 一*
福島 英樹**
神谷 哲郎
八木原俊克*
西村 恒彦**
高宮 誠**

Tohru KOHATA
Yasuo ONO
Hajime IWATANI*
Hideki FUKUSHIMA**
Tetsuro KAMIYA
Toshikatsu YAGIHARA*
Tsunehiko NISHIMURA**
Makoto TAKAMIYA**

Summary

To evaluate the pulmonary extravascular space in patients with congenital heart disease, lung uptake of thallium-201 (Tl-201) was quantitatively studied. A total of 50 Tl-201 imagings were performed in 33 patients with total anomalous pulmonary venous connection (TAPVC); 4 preoperatively, 22 postoperatively in the early stage (within 6 months), and 24 in the late stage (7 months or later). The images consisted of 17 supracardiac TAPVC (type-I), 13 paracardiac (type-II) and 3 infracardiac (type-III).

In patients with tetralogy of Fallot (T/F), Tl-201 imaging was performed 15 times preoperatively, 12 in the early stage and 15 in the late stage, postoperatively. Furthermore, 29 patients with ventricular septal defect (VSD) or patent ductus arteriosus (PDA) were also studied preoperatively, and 21 in the late postoperative stage. Twenty-five patients with arrhythmias or a history of Kawasaki disease without perfusion defects were studied on Tl-201 myocardial imaging.

Lung uptake of Tl-201 was analyzed with a computer using the anterior image of the chest, and

国立循環器病センター 小児科
* 同 心臓血管外科
**同 放射線診療部
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

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

Received for publication February 2, 1991; accepted September 18, 1991 (Ref. No. 36-1)

the average count ratio of the right lung (P) to the left ventricular wall (LV) was calculated. P/LV values were compared between the patients before and after surgery, and differences in anatomical types in TAPVC were also evaluated.

In TAPVC, P/LV values decreased gradually in the postoperative state, but were significantly higher than those of controls even in the late stage. In the late postoperative stage, type-I TAPVC had significantly higher P/LV values than those of type-II.

In T/F, the P/LV values were significantly higher in the postoperative state than in the preoperative state, even in the late stage. In the VSD or PDA group, the P/LV value decreased to the normal level in the postoperative state and was significantly lower than that in the preoperative state.

It was considered that in TAPVC, the pulmonary extravascular space was large, even in the late postoperative stage, and this may be a sign of pulmonary congestion due to intrapulmonary vascular damage in utero. In T/F, scanty pulmonary vascular beds in the preoperative state were perfused with increased pulmonary blood flow postoperatively. Therefore, postoperative increases in pulmonary blood flow may be responsible for the increased pulmonary extravascular space.

Key words

Thallium-201 connection Pulmonary uptake Tetralogy of Fallot Congenital heart disease Total anomalous pulmonary venous

はじめに

タリウム-201 (以下 Tl-201) の肺への集積は、成人においては冠動脈疾患や僧帽弁疾患、また鬱血性心不全を呈する症例で高くなり、運動負荷時にも増強することが知られている^{3,4,7)}。小児においても先天性心疾患の症例で、心内修復術前後において Tl-201 の肺への集積が変化することが知られている⁶⁾。これは肺における血管外スペース、または肺組織拡散スペースへの Tl-201 のしみだし現象と考えられ、臨床的には肺鬱血を反映していると考えられている^{1,2,5,8)}。

今回、チアノーゼ性先天性心疾患のうち、肺鬱血を来することが多い総肺静脈還流異常 (TAPVC) と、肺血流の減少がみられる代表的な疾患であるファロー四徴 (T/F) との比較検討を中心にして、左右短絡性先天性心疾患である心室中隔欠損 (VSD) および動脈管開存 (PDA) の症例を含めて、Tl-201 の肺への集積を定量的に評価し、術前と術後における変化、また術後の推移につき検討した。

Table 1. Study subjects

	Pre op	Post op	
		<6 m	7 m<
TAPVC			
I: supracardiac	17	3	11
II: paracardiac	13	1	8
III: infracardiac	3		3
T/F	15	12	15
VSD, PDA	29		21

TAPVC=total anomalous pulmonary venous connection; T/F=tetralogy of Fallot; VSD=ventricular septal defect; PDA=patent ductus arteriosus; m=month.

対 象

検討対象は **Table 1** に示すごとくである。

1. TAPVC の 33 例に対して、延べ 50 回の Tl-201 イメージングを行なった。解剖学的分類では上心臓型が 17 例、傍心臓型が 13 例、下心臓型が 3 例であり、術前 4 例、術後 6 ヶ月以内の術後早期 22 例、術後 7 ヶ月以降の術後遠隔期 24 例であった。

2. T/F は肺動脈閉鎖を伴う例や、主要大動

脈肺動脈側副血行を有する例を除外した，心内修復術前 15 例，術後早期 12 例，術後遠隔期 15 例であった。

3. VSD, PDA では，術前 29 例，術後遠隔期 21 例について検討した。

以上の症例の中には，Tl-201 イメージングで心筋障害の認められる例は含まれていない。

4. 対照として，血行動態に異常を認めず，Tl-201 イメージングで左室心筋に灌流欠損を認めない川崎病や不整脈などの 25 例を用いた。

方 法

Tl-201 イメージングは，塩化タリウムを 1-2 MBq/kg 静注した後，Ohio Nuclear Σ410S ガンマカメラを用い，約 15 分後に撮像した正面のイメージを，DEC GAMMA-11，または DEC PDP 11-30 で処理した。手術前後での右室圧負荷の変化に伴う，Tl-201 の心臓への取り込みの影響を可及的に避けるため，関心領域 (ROI) を左室自由壁 (LV) および左上肺野と右の上下肺野に設定し，原則として右下肺野 (P) と左室自由壁におけるピクセルあたりの平均カウントの比 (P/LV) を算出して，Tl-201 の肺への集積を定量的に評価した。

P/LV の値を各疾患群において術前，術後早期，術後遠隔期について比較検討した。TAPVC ではその解剖学的型による差違についても併せて検討し，一部の症例については，術後の P/LV の値を Tl-201 イメージングの左前斜位像から求めた右室と左室のカウント比 (R/L) と対比検討した。

結 果

代表的な症例を呈示する。

1. TAPVC

1) 上心臓型で，術後に右上肺静脈の閉塞を来した症例。術後 1 ヶ月で Tl-201 の肺への取り込みは一旦低下したが，術後 5 ヶ月では，特に右上肺野への高度の集積がみられる (Fig. 1)。

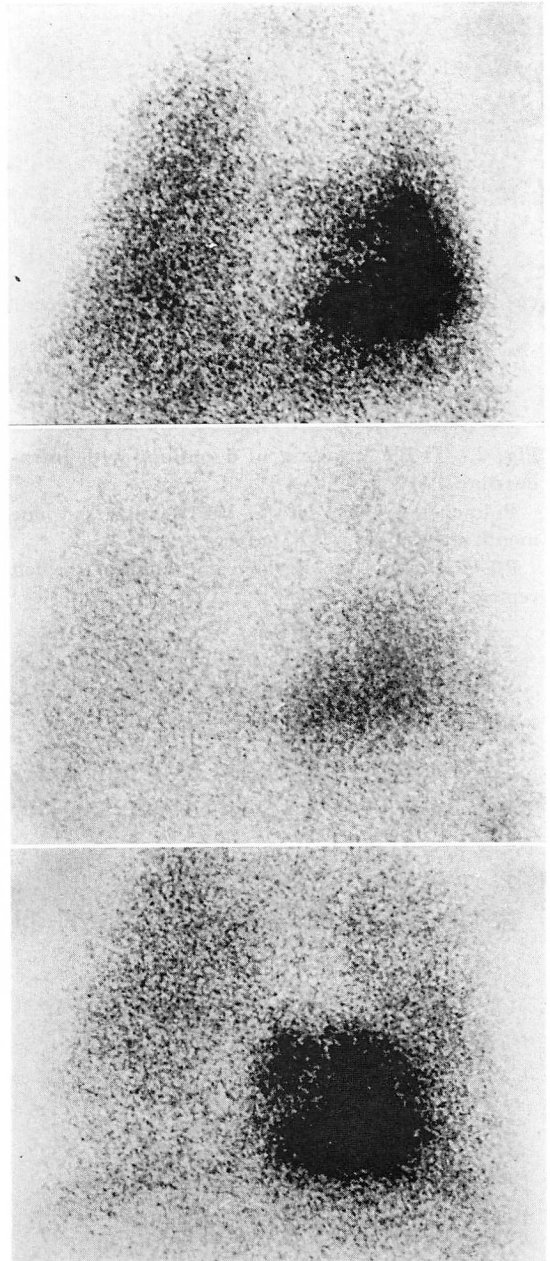


Fig. 1. Tl-201 imagings of a patient with supra-cardiac TAPVC which developed right upper pulmonary vein obstruction after surgery.

Preoperative pulmonary uptake of Tl-201 (P/LV = 0.66: top) decreased one month after surgery (P/LV = 0.58: middle), but it increased 5 months later (bottom), especially in the right upper lung.

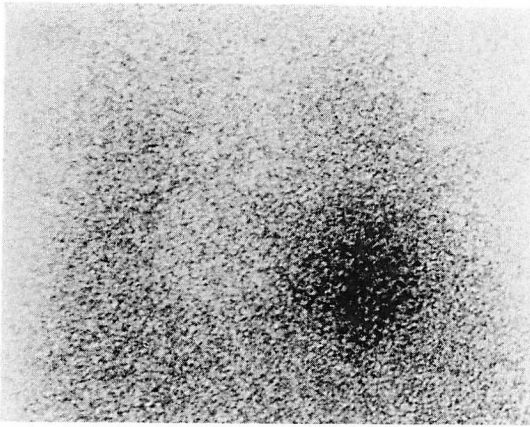


Fig. 2. Tl-201 imaging of a patient with infracardiac TAPVC.

Pulmonary uptake of Tl-201 was marked one month after surgery ($P/LV=0.63$).

P/LV =count ratio of the right lung to the left ventricular wall.

2) 下心臓型の術後1ヵ月でのイメージを示す。Tl-201の肺への集積は極めて高度にみられる (**Fig. 2**)。

3) 傍心臓型の術後1ヵ月と1年でのイメージである。Tl-201の肺への集積は術後1年では低下している (**Fig. 3**)。

2. T/F

術前, 術後早期, 術後遠隔期における Tl-201

イメージでは, 術前より術後において Tl-201の肺への集積は高度であった (**Fig. 4**)。

3. 各計測値の検討

P/LV の値を各疾患群について検討した。TAPVCは, 術前はもちろん, 術後においても, P/LV の値は対照群 (0.359 ± 0.069 : $\text{mean} \pm 1\text{SD}$)より有意に高値で, 術後早期に比し遠隔期には P/LV は低下するが, 依然として対照群より高い値を示した (0.578 ± 0.062 , 0.483 ± 0.068) (**Fig. 5**)。また, TAPVCの解剖学的型による相違について検討したところ, 術後早期には下心臓型が最も高い P/LV の値を示し, 上心臓型と傍心臓型の間には有意差を認めなかったが (0.587 ± 0.059 vs 0.543 ± 0.045), 術後遠隔期には, 上心臓型の方が傍心臓型より P/LV の値は有意に高かった (0.513 ± 0.067 vs 0.446 ± 0.050) (**Fig. 6**)。術後例における P/LV と R/L を32例において対比したところ, $r=0.701$ の良好な正の相関が得られた (**Fig. 7**)。一方, T/Fでは, P/LV は術前において対照群より低値の傾向 (0.317 ± 0.095)を示したが, 術後においては術前より有意に上昇し, 術後早期, 術後遠隔期ともに対照群より高値を示した (0.446 ± 0.078 , 0.431 ± 0.081) (**Fig. 8**)。

VSD, PDAでは, 術前例では P/LV は対照群より高値を示し, 特に鬱血性心不全を呈する例で

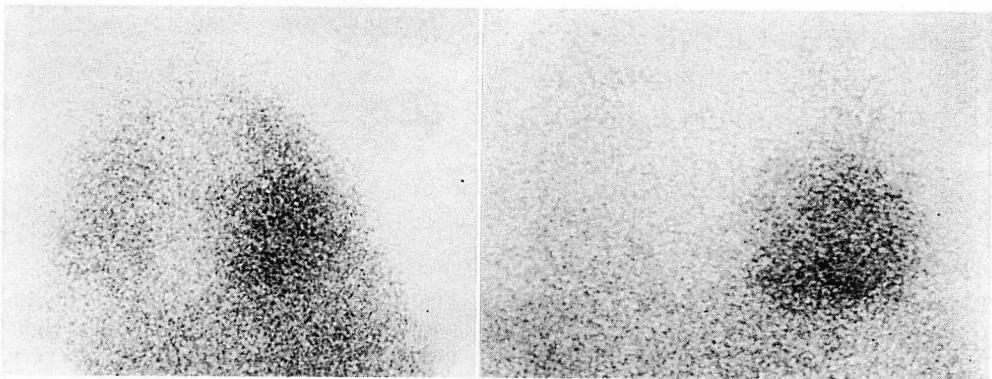


Fig. 3. Tl-201 imagings of a patient with paracardiac TAPVC.

P/LV value (0.61: one month postop, left) decreased one year and 7 months after surgery ($P/LV=0.45$, right).

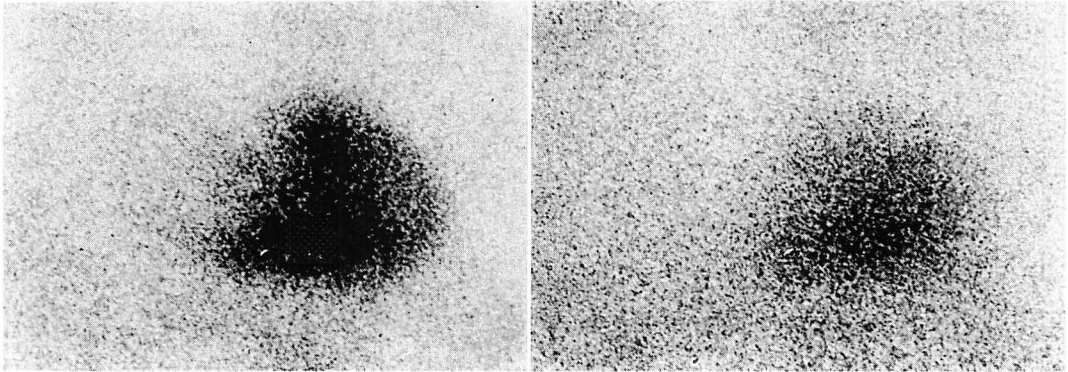


Fig. 4. Tl-201 imagings of a patient with tetralogy of Fallot.

Pulmonary uptake of Tl-201 (left: preop P/LV=0.37) increased one month postoperatively (right: P/LV=0.52).

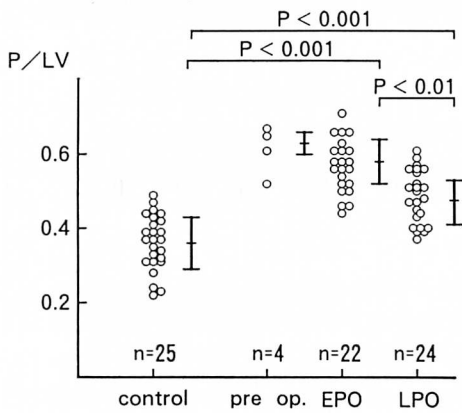


Fig. 5. Comparisons of the P/LV values of controls and those of patients with TAPVC.

EPO=early postoperative stage; LPO=late postoperative stage.

高く、術後には対照群とほぼ同じ値まで低下がみられた (Fig. 9).

考 按

Tl-201 の肺への集積は、肺の血管外スペースの大きさに左右され、臨床的には肺鬱血を反映するとされている^{1,2,5)}。先天性心疾患のうち左右短絡を有し、鬱血性心不全を呈することのある心室中隔欠損や動脈管開存の症例では、術前には P/

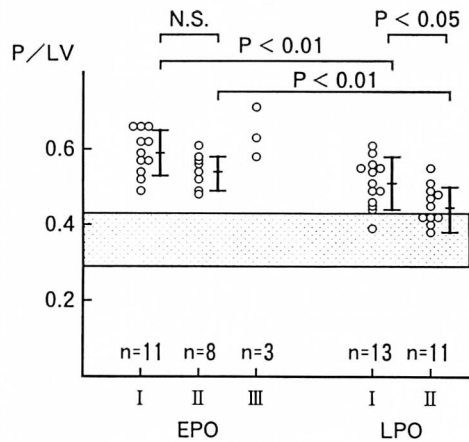


Fig. 6. The P/LV values in each anatomical type of TAPVC.

In the late postoperative stage, the P/LV value was significantly higher in patients with the supracardiac type than in those with the paracardiac type. Bar shows the normal range of the controls (mean±SD).

LV は高値を示したが、術後には正常値に低下し、臨床症状の改善とも一致した⁶⁾。TAPVC の症例においては、術前は高度の肺鬱血を呈し、肺高血圧を伴う場合が多く、P/LV は極めて高い値を示した。また、術後において肺静脈の閉塞や狭窄を来した例は、当然のことながら、臨床的に肺鬱血が明らかでなく、肺高血圧が軽減した例にお

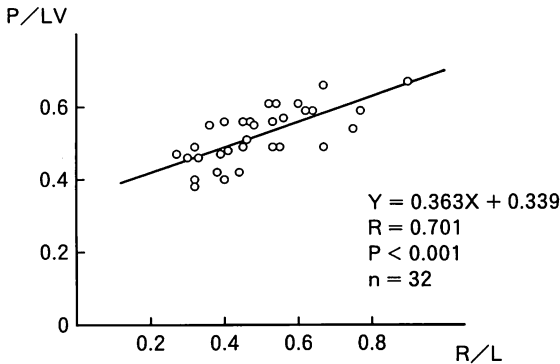


Fig. 7. Correlation between the P/LV and R/L in patients with postoperative TAPVC.

R/L=count ratio of the right ventricle/left ventricle in the left anterior oblique image.

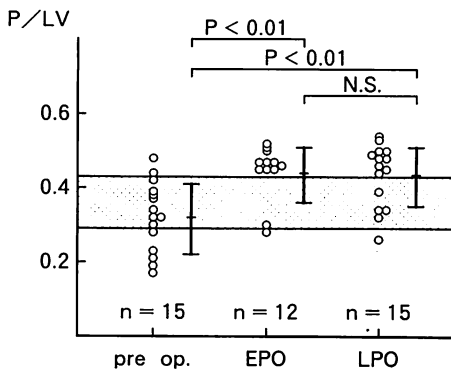


Fig. 8. Comparison of the P/LV values in patients with T/F.

The P/LV increased postoperatively and was significantly higher than those of controls.

いても, P/LV は術後かなり長期間にわたり高い値を示した. これは TAPVC の症例では, すでに胎内において, 肺内の動静脈やリンパ管系および肺外の静脈系に障害を生じており⁹⁾, 術後においてもこの障害がかなり長期に残存しているため, P/LV が正常値まで低下しないと考えられた^{10,11)}. この血管系の障害の程度は, TAPVC の解剖学的型により異なると考えられ, 臨床像からも予想されるごとく, 下心臓型において最も高度であり, 次いで上心臓型において強く, 傍心臓型において軽度であると考えられた. 今回の検討で

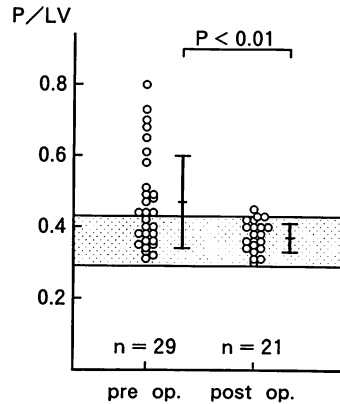


Fig. 9. Comparison of the P/LV in VSD or PDA.

The P/LV decreased to the normal level postoperatively.

は, 術後遠隔期において上心臓型は傍心臓型より有意に高い P/LV の値を示し, 上心臓型は傍心臓型に比し, 術後の肺鬱血が長期間持続するものと考えられた. Tl-201 イメージングにおいて, 右室圧負荷を評価する方法として R/L が有用であるが¹⁴⁾, P/LV は R/L と良好な相関を示し, 肺高血圧の残存例において肺鬱血が高度であることが示唆された.

一方, T/F 症例では, 一般に心内修復術前には肺血流は減少しており, 肺血管床の発育が不良な例が多いため, P/LV は対照例より低値を示す傾向にあると考えられた^{12,13)}. 術後には, 術前に心室中隔欠損を経て右左短絡していた血流が元来乏しい肺血管床へ流れることになり, 術後時日を経て肺血管床が拡大し, 増加した血流に適應できるようになるまでは肺の血管外スペースが大きく, P/LV の値が高くなるものと考えられた.

以上のごとく, VSD, PDA 群では P/LV は術前に高値を示すが, 術後には正常値に低下するのに対し, TAPVC, T/F では術後においてはともに P/LV は対照群より高値を示した. しかしながら, 両者においてその病態は異なるものと考えられる. すなわち, TAPVC では胎内から存在した肺内血管系の障害が術後にも残存しており, 臨床

的に明らかな鬱血性心不全の症状を示さない場合でも、かなり長期に及んで肺鬱血が持続していると考えられた。T/F では、術後の肺血流の増加が、肺における血管外スペースの拡大をもたらすものと考えられた。

要 約

Tl-201 の肺への集積を定量的に評価することにより、先天性心疾患における心内修復術前後の肺の血管外スペースの大きさ、すなわち肺鬱血の程度を評価した。その結果、VSD, PDA 群では、術前に高度であった肺への集積は、術後、有意に低下し、正常値を示した。これに対し、TAPVC では、Tl-201 の肺への集積は、術後には術前より低下するものの、遠隔期においても対照群より有意に高く、上心臓型の方が傍心臓型より顕著であった。これは TAPVC の症例では、胎児期より存在する肺内脈管系の障害が残存しているためと考えられた。また、T/F では、術後には術前より Tl-201 の肺への集積は高くなり、元来乏しい肺血管床への血流が術後に増加するためと考えられた。

文 献

- 1) Tamaki N, Yonekura Y, Yamamoto K, Maeda H, Murai T, Fujita T, Minato K, Ito H, Ishii Y, Torizuka K, Kanbara H, Kawai C: Lung uptake of thallium-201 on resting myocardial imaging in assessment of pulmonary edema. *Jpn J Nucl Med* **18**: 159-166, 1981 (in Japanese)
- 2) Fujii T, Hirayama J, Kanai H, Handa K, Kusuma S, Yano K, Takamoto S, Murayama K, Takizawa M: Evaluation of Tl-201 accumulation in lung: Imaging of Tl-201 in the extravascular space. *Radioisotopes* **31**: 179-184, 1982 (in Japanese)
- 3) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, Okada RD, McKusick K, Strauss HW, Pohost GM: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging: Clinical, hemodynamic and angiographic implications in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **46**: 189-196, 1980
- 4) Kushner FG, Okada RD, Kirshenbaum HD,

- Boucher CA, Strauss HW, Pohost GM: Lung thallium-201 uptake after stress testing in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 341-347, 1981
- 5) Movahed A, Wait J: Radionuclide imaging in pulmonary edema. *J Nucl Med* **26**: 97-98, 1985
- 6) Kohata T, Mitsudo K, Baba K, Shindo H, Tanaka M: Lung uptake of thallium-201 before and after operation of congenital heart disease. *Jpn Circ J* **48**: 776, 1984 (abstr)
- 7) Homma S, Kaul S, Boucher C: Correlates of lung/heart ratio of thallium-201 in coronary artery disease. *J Nucl Med* **28**: 1531-1535, 1987
- 8) Fujii T, Kanai H, Tanaka M, Hirose Y, Kinoshita O, Kono J, Hirayama J, Hongo M, Yamada H, Okubo S, Handa K, Yano K: Hemodynamic significance of diffuse lung uptake of Tl-201 in heart disease. *Jpn J Nucl Med* **26**: 601-610, 1989 (in Japanese)
- 9) Haworth S: Total anomalous pulmonary venous return: Prenatal damage to pulmonary vascular bed and extrapulmonary veins. *Br Heart J* **48**: 513-524, 1982
- 10) Shinebourne E, Jones O, Denison D, Lincoln C, Haworth S: Growth and remodelling of the pulmonary circulation in congenital heart disease: Clinical implications. *in Pediatric Cardiology 4* (ed by Godman M). Churchill Livingstone, Edinburgh, London, 1981, pp 71-80
- 11) Whight C, Barratt-Boyes B, Calder A, Neutze J, Brandt P: Total anomalous pulmonary venous connection: Long term results following repair in infancy. *J Thorac Cardiovasc Surg* **75**: 52-63, 1978
- 12) Rabinovitch M, Herrera-deLeon V, Castaneda AR, Reid L: Growth and development of the pulmonary vascular bed in patients with tetralogy of Fallot with or without pulmonary atresia. *Circulation* **64**: 1234-1249, 1981
- 13) Johnson RJ, Sauer U, Buhlmeier K, Haworth SG: Hypoplasia of the intrapulmonary arteries in children with right ventricular outflow tract obstruction ventricular septal defect and major aortopulmonary collateral arteries. *Pediatr Cardiol* **6**: 137-143, 1985
- 14) Mitomori T, Ono Y, Kohata T, Fujino N, Kamiya T, Nishimura T, Kozuka T: Non-invasive evaluation of right ventricular pressure in children with heart disease: Quantitative assessment by thallium myocardial imaging. *J Cardiogr* **16**: 993-1001, 1986 (in Japanese)