

断層心エコー図による新生
児・乳児期早期の体肺動脈
短絡術の評価

Two-dimensional echo-
cardiographic assessment
of systemic-pulmonary
shunts in infants with
cyanotic heart disease

吉野 正弘
神谷 哲郎
新垣 義夫
高橋 長裕
磯部 文隆*
康 義治*
内藤 泰顕*

Masahiro YOSHINO
Tetsuro KAMIYA
Yoshio ARAKAKI
Osahiro TAKAHASHI
Fumitaka ISOBE*
Yoshiharu KOU*
Yasuaki NAITO*

Summary

The growth of pulmonary arteries following systemic-pulmonary arterial shunt procedures in infants with cyanotic heart disease is a determining factor to the prognoses of those patients.

We assessed the validity of two-dimensional echocardiography (2DE) in evaluating pulmonary arterial growth following shunt procedures. Blood flow through the shunts was measured at the times of surgery, and the correlations between shunt flows and postoperative clinical courses were studied.

2DE was validated by its assessments of the right pulmonary artery (RPA) with an excellent correlation between the RPA diameter on 2DE and that on angiography ($r=0.97$) and/or the actual RPA diameter measured at the times of surgery ($r=0.96$) in 20 patients.

Ten patients with tetralogy of Fallot and pulmonary atresia were studied by 2DE pre- and post-operatively. The RPA diameters of six patients with effective shunts increased from 5.7 ± 1.7 mm to 8.5 ± 1.5 mm during six months after the shunts and their left ventricular end-diastolic dimensions also increased significantly. But the RPA diameters in four patients with ineffective shunts did not show significant increases after the shunts.

The shunt flows were correlated with the diameters of the anastomoses. The shunts which were obstructed within two years showed shunt flows of 83 ± 26 ml/min, while the shunts which were patent for more than two years showed shunt flows of 320 ± 126 ml/min.

Serial measurements of RPA diameters by 2DE serve as a useful method of following patients after systemic-pulmonary shunts. The amounts of shunt flows were correlated with post-operative clinical courses over two year periods.

国立循環器病センター 小児科
*同 心臓外科
吹田市藤白台 5-125 (〒565)

Department of Pediatrics and *Cardiac Surgery,
National Cardiovascular Center, Fujishirodai 5-125,
Suita 565

Received for publication December 4, 1984; accepted December 26, 1984 (Ref. No. 25-40)

Key words

Two-dimensional echocardiography
diameter Shunt flow

Systemic-pulmonary shunts in infants

Right pulmonary arterial

はじめに

近年、プロスタグランディンの普及、手術手技の向上などにより、新生児・乳児期早期の体肺動脈短絡術も安全に施行されるようになり、救命率も上昇傾向にある。しかし、短絡流量の大小による術後の心不全、短絡閉塞などの合併症の頻度は依然として高く、安定した短絡流量を得る方法を検討し、また合併症を防ぐ必要がある。我々は短絡流量と術後経過を対比検討するとともに、断層心エコー図による肺動脈径の経時的計測を行い、新生児・乳児期早期における体肺動脈短絡術の効果を評価した。

対象と方法

対象は生後4ヵ月以内に体肺動脈短絡術を施行した、動脈管依存性チアノーゼ心疾患30例である。病型はTable 1に示すように、ファロー四徴兼肺動脈閉鎖(TF・PA)12例、肺動脈閉鎖(PA with intact VS)11例、三尖弁閉鎖(TAIa)4例、エプスタイン奇型2例、単心室・肺動脈閉鎖1例である。体肺動脈短絡術としてはBlalock-Tausig手術(BT術)を24例、上行大動脈肺動脈吻合術(central shunt)を6例に行った。短絡術後、短絡流量過大による心不全症状を来した症例は5例で、いずれもcentral-shunt例であり、うち3例が死亡、2例はカテコラミンおよび強心剤の長期投与を必要とした。短絡閉塞は9例で術後3ヵ月~1年7ヵ月(平均1年3ヵ月)の経過に認め、いずれもB-T術例であった。3例が短絡不全により死亡、6例が再短絡術を要した。

断層心エコー図(2DE)により右肺動脈径(RPAd)を計測し、心血管造影(Angio)および手術時における実測値と比較した。

Fig. 1に2DEによる右肺動脈の描出方法を示

す。Parasternal long-axis, suprasternal short-axis, aortic archの3方向から右肺動脈を描出し、その平均値を2DEによるRPAdとした。Fig. 2に肺動脈閉鎖例の心血管造影を示す。それによるRPAdの計測部位は、右肺動脈の背椎中線上とした。2DEは東芝製超音波断層装置SSH-11A, 40Aを用い、測定は心血管造影、短絡手術前、1週以内に行った。対象例のうちTF・PA10例に対し、2DEによる術前・術後のRPAdの経時的計測を行い、RPAdの変化と血中ヘマトクリット値、および2DEと同時に記録したMモード心エコー図による左室拡張末期径(LVDd)の変化を対比検討した。

また術中吻合部の短絡流量を測定できた症例では、短絡流量と吻合部および術後経過を比較し、至適流量を検討した。短絡流量の測定は電磁流量計(Statham製 blood flow transducer)を用い、流量はmean flow (ml/min)にて表示した。

結 果

右肺動脈は30例全例で描出可能であった。RPAdを術中測定できた20例における2DEとアンジオ、2DEと術中実測値との比較をFig. 3とFig. 4に示す。2DEとアンジオは $r=0.97$ 、2DEと実測値は $r=0.96$ と、それぞれ高い相関を認めた。

TF・PA10例での術後のRPAd、ヘマトクリット(Ht)、LVDdの変化をFig. 5とFig. 6に示す。Fig. 5に示すように、短絡有効群(術後2年以上短絡閉塞なく経過した6例)では、術後6ヵ月でRPAdとLVDdの有意な拡大を認め、術後2年まで順調な発育を示した。また血中Htは術後1年まで有意の上昇を認めていない。一方、短絡無効群(術後1年6ヵ月以内に短絡閉塞を来した4例)では、術後6ヵ月と1年でのRPAdに有

Table 1. Clinical profiles of 30 patients who underwent systemic-pulmonary shunt operation

Diagnosis	No. of cases	Course after operation	
		CHF	Shunt obstruction
Tetralogy with PA	12	1	5
PA with complex anomaly (asplenia)	6	2	2
PA with the intact ventricular septum	5	1	1
Tricuspid atresia (type Ia)	4	0	1
Ebstein's anomaly with PA	2	1	0
Single ventricle with PA	1	0	0
Total	30	5	9

PA=pulmonary atresia; CHF=congestive heart failure.

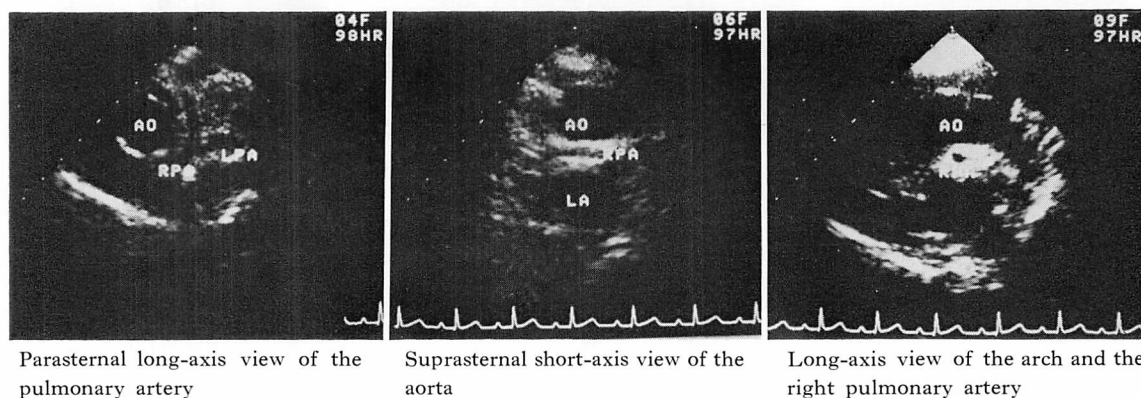


Fig. 1. Echocardiographic views used for measurement of the right pulmonary artery.

AO=aorta; RPA=right pulmonary artery; LPA=left pulmonary artery; LA=left atrium.

意な拡大はなく、他方、術後1年で血中Htの有意の上昇を認めた。

短絡流量と術後経過との比較をFig. 7に示す。短絡無効群(術後1年6ヵ月以内に短絡閉塞を来した5例)の平均流量は 83 ± 26 ml/min、短絡有効群(術後2年以上短絡閉塞のない8例)の平均流量は 330 ± 126 ml/min、術後心不全症状を来した症例の平均流量は 416 ± 53 ml/minとなった。短絡有効群と心不全群の短絡流量は、短絡無効群に比し、有意差をもって高値を示した。また短絡有効群の体重あたりの分時平均流量値は 66 ± 24 ml/kg/minとなった。Fig. 8に短絡流量と吻合径との関係を示す。短絡流量は吻合径3 mmで 62 ± 17 ml/min、3.5 mmで 153 ± 58 ml/min、4 mmで

238 ± 149 ml/min、5 mmで 303 ± 45 ml/minと、短絡流量は吻合径に比し大となり、吻合径3 mmの症例は3.5 mm、4 mm、5 mmの症例に比し、有意の低値を示した。

考 按

近年プロスタグランディンの普及¹⁻³⁾および手術手技の向上⁴⁾などにより、新生児乳児期早期の体肺動脈短絡術も安全に施行できるようになり、救命率は上昇傾向にある。しかし術後の短絡閉塞、心不全などの合併症の頻度は年長児に比し高率⁴⁻⁶⁾で術後経過に十分な注意が必要となる。特に将来の根治術が必要となる症例に対しては、肺動脈の発育が重要で⁷⁾、安定した短絡流量を得る

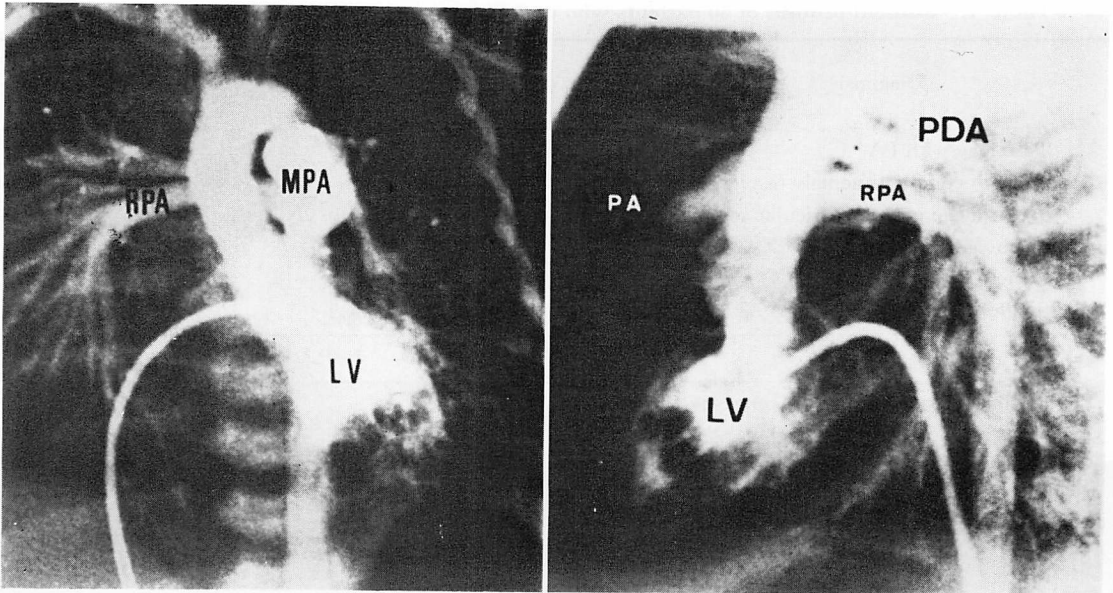


Fig. 2. Angiographic appearance of the pulmonary arteries in a one-month-old boy with pulmonary atresia.

The right pulmonary arterial diameter is measured at the midline of the spine.

LV=left ventricle; MPA=main pulmonary artery; RPA=right pulmonary artery; PDA=patent ductus arteriosus.

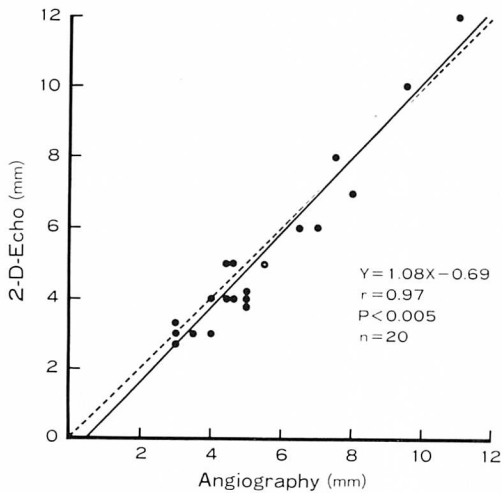


Fig. 3. Correlation between RPA diameter on two-dimensional echocardiography and that on angiography.

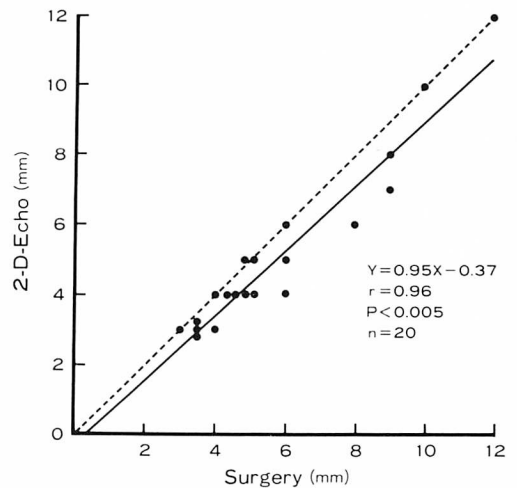


Fig. 4. Correlation between RPA diameter on two-dimensional echocardiography and that by measurements at surgery.

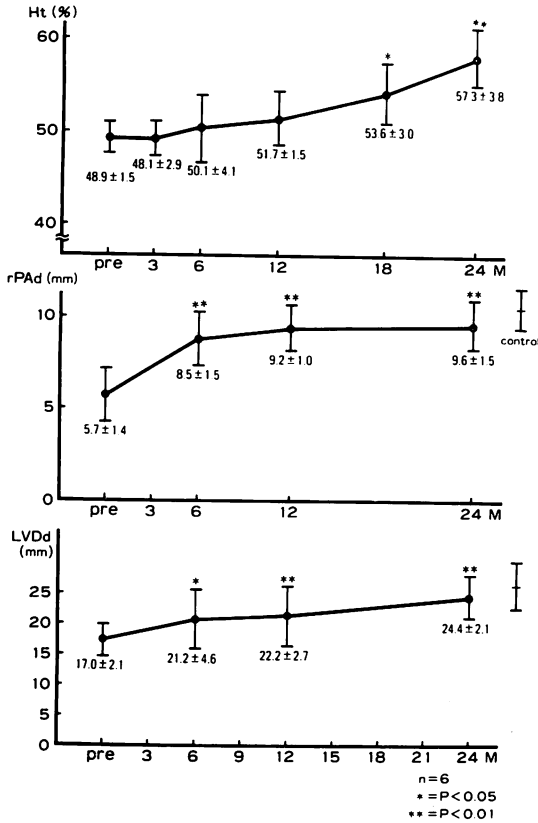


Fig. 5. Changes of hematocrit, RPA diameter and LVDD in six patients whose shunts were apparently effective.

RPA diameter and LVDD increase significantly after the shunt. There is no significant increase in hematocrit within one year follow-up.

Ht=hematocrit; rPAD=right pulmonary arterial diameter on 2DE; LVDD=left ventricular end-diastolic dimension measured by M-mode echocardiography.

方法を検討し、合併症を防ぐ必要がある。

2DE による肺動脈径の計測は正常児⁸⁾, 肺動脈閉鎖例⁹⁾で行われており, 特に右肺動脈は左肺動脈に比し描出しやすく, 2DE による rPAD が心血管造影法, 術中の実測値とよく一致することは, Huhta ら⁹⁾もすでに報告している. 我々の対象例も新生児期より全例で右肺動脈は描出可能であり, その測定値はアンジオおよび術中実測値と高い相関を示した. 短絡術後の rPAD の推移は,

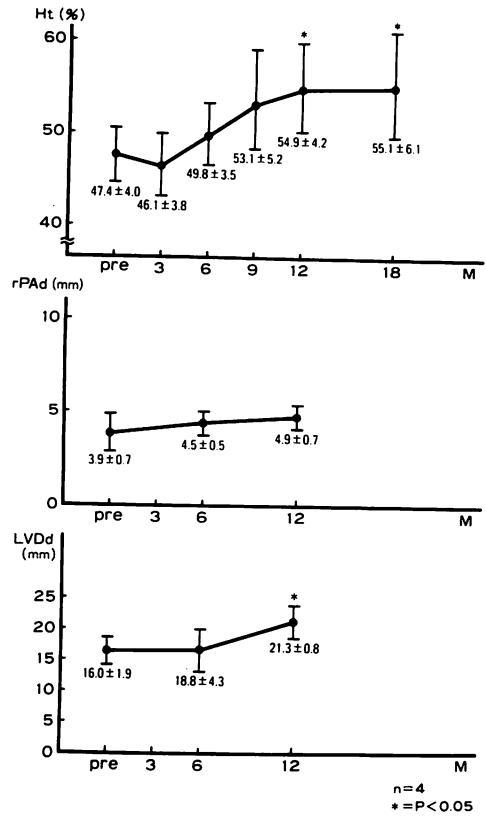


Fig. 6. Changes of hematocrit, RPA diameter and LVDD in four patients whose shunt was apparently ineffective.

RPA diameter and LVDD do not increase after the shunt, and their hematocrits continue to be high within one year follow-up.

Ht=hematocrit; rPAD=right pulmonary arterial diameter on 2DE; LVDD=left ventricular end-diastolic dimension by M-mode echocardiography.

短絡有効群では術後6カ月の時点で有意の拡大を認め, 術後2年まで順調に発育した. 同時に測定した LVDD も有意の拡大を示し, 有効肺血流量が保たれている事が確認された. 一方短絡無効群では術後6カ月の時点で rPAD, LVDD の有意の拡大はなかった. 有効群, 無効群とも術後6カ月の時点で短絡雑音は聴取できた例であり, 短絡流量の差により肺動脈, 左室容積に差が生じたものと考えられた. 血中 Ht の変化は短絡有効群では

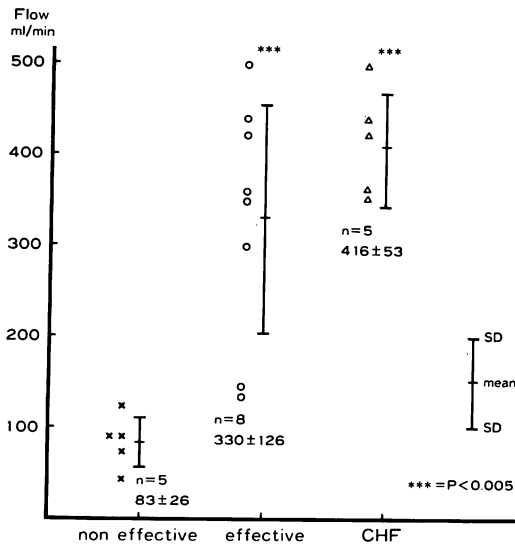


Fig. 7. Relationship between shunt flow and post operative clinical course.

non-effective=patients with ineffective shunts, which is required to have subsequent shunt surgery or the shunt is occluded; effective=patients whose shunts are patent more than two years; CHF=patients with congestive heart failure after the shunt; Flow= blood flow through the shunt.

術後2年以後, 無効群では術後1年以後上昇傾向を示し, 肺動脈の發育の低下より数ヵ月遅れて上昇することが判明した. 従来より短絡不全の指標として, 短絡音の消失, チアノーゼの増強, 無酸素発作の出現, 血中酸素飽和度の低下, 多血症の進行(血中 Ht の上昇)などがあり, これらの症例が出現してからアンジオや再短絡手術を行うことが多く, 状態を悪化させる場合が少なくない. 2DE による RPA_d の経時的計測は非観血的検査法として優れた方法と考えられた. しかし肺動脈の成長は左右対称でないこともあり, 左肺動脈の正確な摘出法を検討する余地がある.

新生児乳児期早期の体動脈短絡術の吻合径として, DiBenedetto ら⁷⁾は 4 mm~5 mm 径の開存率が非常に高いと報告している. また至適短絡流量として, Chopra¹⁰⁾は安静時心拍出量の 1/3, 645 ml/m²/min を提唱し, 赤坂ら¹¹⁾は術後経過より 50 ml/kg/min を至適短絡流量とし, 30 ml/kg/min 以下に短絡閉塞が多いと報告している. 今回の我々の検討では, 吻合径 3 mm 以下, 短絡流量 100 ml/min (30 ml/kg/min) 以下の症例で短絡閉

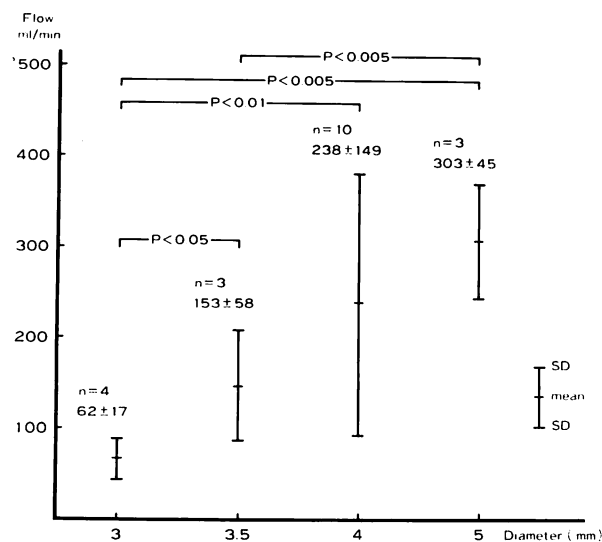


Fig. 8. Relationship between shunt flow and the diameter of anastomosis.

Flow=blood flow through the shunt.

塞を生じる危険が高く、吻合径 5 mm 以上、400 ml/min (130 ml/kg/min) 以上の症例では術後心不全症状を来し、抗心不全療法を必要とするという結果を得た。短絡有効群の平均流量は 330 ± 126 ml/min (66 ± 24 ml/kg/min) となり、赤坂ら¹¹⁾の報告とほぼ一致した。術中の短絡流量は術後経過をよく反映することが示唆された。

新生児乳児期早期の体肺動脈短絡術には、その適応と限界¹²⁾があり、すべての症例に適切な短絡流量をもった短絡術を施行することは不可能である。しかしプロスタグランディンにより吻合血管の発育を計り、有効な短絡術を施行出来る今日では、かなりの症例で根治術が期待される。

これらの症例における 2DE による肺動脈径の経時的計測は、短絡術の効果判定、再短絡術、根治術の時期決定の有力な指標の一つと考えられた。

要 約

新生児・乳児期早期のチアノーゼ性心疾患における体肺動脈短絡術後の肺動脈の発育は、これらの患児の予後を大きく左右する。我々は断層心エコー図 (2DE) を用い、短絡術後の肺動脈の発育を記録する上での 2DE の有用性を検討した。また短絡術中の吻合部の短絡流量を測定し、短絡流量と術後経過との対比検討を行った。

2DE による右肺動脈径は、心血管造影 ($r=0.97$) および術中の実測値 ($r=0.96$) と高い相関を示した。フォロー四徴と肺動脈閉鎖の 10 例を対象とし、短絡術前後の右肺動脈の発育を検討した結果、短絡有効群 6 例での右肺動脈径は、術前値 5.7 ± 1.7 mm より、術後 6 ヶ月の時点で 8.5 ± 1.5 mm と有意に拡大し、同時に記録した左室拡張末期径も有意に増大した。一方、短絡無効群 4 例では、右肺動脈径、左室拡張末期径はともに有意な増大を示さなかった。

短絡流量は吻合径に比例して大となった。術後 2 年以内に短絡閉塞を来した症例の平均流量は 83 ± 26 ml/min となり、術後 2 年以上短絡開存を示

した症例の平均流量 320 ± 126 ml/min に比し、有意の低下を示した。

2DE による短絡術後の右肺動脈径の経時的計測は、これらの患児の術後経過を評価する上で優れた方法であり、吻合部の短絡流量は術後経過をよく反映した。

文 献

- 1) Elliott RB, Starling MB, Neutze JM: Medical manipulation of the ductus arteriosus. *Lancet* 1: 140-142, 1975
- 2) Olley PM, Coceani F, Boclach E: E type prostaglandins: A New emergency therapy for certain cyanotic congenital heart malformations. *Circulation* 52: 728, 1976
- 3) Silove ED, Coe JY, Shiu MF, Brunt JD, Page AJF, Singh SP, Mitchell MD: Oral prostaglandin E_i in ductus-dependent pulmonary circulation. *Circulation* 63: 682, 1981
- 4) Lamberti JJ, Campbell C, Replogle RL, Anagnostopolus C, Lin CY, Chiemmongkoltip, Arcilla RA: The prosthetic (Teflon) central aortopulmonary shunt for cyanotic infants less than three weeks old: Results and long-term follow-up. *Ann Thorac Surg* 28: 568-577, 1979
- 5) Laks H, Fagan L, Barner HB, William VL: The Blalock-Taussig shunt in the neonate. *Ann Thorac Surg* 25: 220-224, 1978
- 6) Neches W, Naifeh JG, Park SC, Lenox C, Zuberbuhler JR, Siewers R, Pontius RG, Bahnson HT: Systemic-pulmonary artery anastomoses in infancy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 70: 921-927, 1975
- 7) DiBenedetto G, Tiraboschi R, Vanini V, Anecduno P, Aiazzi L, Capuoli C, Parenzan L: Systemic-pulmonary artery shunt using PTFE prosthesis (Gore-Tex): Early results and long term follow-up on 105 consecutive cases. *Thorac Cardiovasc Surg* 29: 143-147, 1981
- 8) Snider AR, Enderlein MA, Teitel DF, Juster RP: Two-dimensional echocardiographic determination of aortic and pulmonary artery sizes from infancy to adulthood in normal subject. *Am J Cardiol* 53: 218-224, 1984
- 9) Huhta JC, Piehler JM, Tajik AJ, Hagler DJ, Mair DD, Julstrud PR, Seward JB: Two-dimensional echocardiographic detection and measurement of the right pulmonary atresia-ventricular septal defect: Angiographic and surgical correlation. *Am*

吉野, 神谷, 新垣, ほか

J Cardiol **49**: 1235-1240, 1982

- 10) Chopra PS, Levy JM, Dacmos GC, Berkoff HA, Loring LL, Kahn DR: The Blalock-Taussig operation: The procedure of choice in the hypoxic infant with tetralogy of Fallot. Ann Thrac Surg **22**: 235, 1976
- 11) Akasaka T, Itoh K, Ohkawa Y, Shimizu S, Wake K: Postoperative study after the Blalock-Taussig anastomosis: Shunt flow, related factors, and long-term result. JJATS **30**: 1264, 1982 (in Japanese)
- 12) 曲直部寿夫: 先天性心疾患における姑息的手術の適応と限界. 日小外会誌 **14**: 705, 1978