

心室中隔欠損の血行動態：
心エコー図による簡単な評
価法

Simple method for hemo-
dynamic evaluation in
ventricular septal defect
by echocardiography

田中 地平
吉岡 史夫
横地 一興
竹内 純孝
松永 伸二
小池 茂之
加藤 裕久

Chihei TANAKA
Fumio YOSHIOKA
Kazuoki YOKOCHI
Sumitaka TAKEUCHI
Shinji MATSUNAGA
Shigeyuki KOIKE
Hirohisa KATO

Summary

Echocardiograms were recorded on 52 patients (four months to eight years of age) with isolated ventricular septal defect diagnosed by cardiac catheterization. We measured the dimensions of the right ventricular outflow tract (RVOTD), the aortic root (AoD) and the left atrium (LAD) on echocardiograms, and compared to hemodynamic data by cardiac catheterization.

A linear relationship was found between the ratio of LAD/AoD and Qp/Qs ($r=0.81$). Relationships between RVOTD/AoD and Pp/Ps, and between RVOTD/LAD and Rp/Rs had high correlation coefficient ($r=0.83$, $r=0.89$). RV systolic time intervals (RVSTI) were also measured for evaluate the cardiac performance by dual echocardiography. A linear relationship was found between RICT/RVET and Rp/Rs. In conclusion, the measurement of RVOTD, AoD and LAD, and RVSTI by echocardiography are useful to evaluate the hemodynamic (Qp/Qs, Pp/Ps, Rp/Rs) in children with VSD non-invasively.

Key words

Echocardiography Ventricular septal defect (VSD) Pulmonary vascular resistance Right
ventricular systolic time intervals Hemodynamics in VSD

久留米大学医学部 小児科
久留米市旭町67 (〒830)

Department of Pediatrics & Child Health Kurume
University School of Medicine, Asahi-machi 67,
Kurume, 830

Presented at the 15th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 15-16, 1977
Received for publication November 21, 1977

はじめに

日常臨床で、心室中隔欠損 (VSD) の血行動態を非観血的、経時的に評価することは、本症の自然歴や手術適応を知る上で大切である。従来は、胸部レントゲン写真、心電図、心音図などの臨床所見より、総合的に判断して来たが、とくに乳幼児期には自然縮小などの自然歴の動的な変化のため、これらの所見が心臓カテーテル検査から得られた VSD の血行動態との間にしばしば discrepancy を来し、その評価に苦慮した。近年、心エコー図より得られた左房径/大動脈径 (LAD/AoD) が VSD の肺対体血流量比 (Qp/Qs) と良い相関を示すと報告¹⁻³⁾ がみられるが、肺対体動脈平均圧比 (Pp/Ps)、肺対体血管抵抗比 (Rp/Rs) を心エコー図より簡便に求めたとの報告はない。今回、我々は上記 AoD, LAD の計測に右室流出路径 (RVOTD) を加えて、VSD の 3 つのパラメーターと比較検討し、よい相関を得た。また一部の症例において dual echocardiography (二方向同時記録 UCG) を用いて右室収縮時間 (RVSTI) を計測し、Rp/Rs との間により相関をみたのであわせて報告する。

対象と方法

対象は心臓カテーテル検査にて isolated VSD と診断のついた生後 4 カ月より 8 歳までの術前患児 52 名、および根治手術後 8 カ月より 16 カ月にてカテーテル検査のできた術後患児 5 名の総計 57 名である。

全例、心エコー図は心臓カテーテル検査の 24 時間以内に撮影した。心エコー図は東芝ソノカードィオグラム SSL-5IU を用いた。トランスドューサーは 10 φ 2.25 MHz, 5 φ 3 MHz, 4 MHz, 5 MHz を年齢により使いわけ、原則として、第 3~第 4 肋間胸骨左縁で撮影した。心エコー図での計測場所として右室流出路、大動脈、左房、右室体部、左室を検討した。

右室流出路径 (RVOTD) は右室心内膜より大

動脈前壁の右室側まで、大動脈径 (AoD) は大動脈前後壁の各内側までを、拡張末期の時点 (心電図の R 波の時点) にて計測した。

左房径 (LAD) は左房後壁の前縁より大動脈後壁の外側部位までを、収縮末期相にて計測した (Fig. 1)。

右室体部径 (RVD) は、僧帽弁前後尖の記録できるビーム方向で拡張末期 (心電図の R 波の時点) の右室内径を、左室径は拡張末期の内径 (LVDd) を計測した。

右室収縮時間 (RVSTI) は dual echocardiography (二方向同時記録 UCG) により求めた。Dual echocardiography は 2 つのエコーシステムを用い、1350 puls rate/sec のインパルスを交互に発信させ、互いの echo の干渉を少なくした。これにて肺動脈弁と三尖弁を同時記録した。肺動脈弁の開放点は前後尖が急峻に開放運動をはじめめる点 (PO) とし、閉鎖点は両者が一致した点 (PC) とした。三尖弁の閉鎖点は、C 点の直前で前尖 echo が軽く屈曲する点とした (TC)。TC-PO 間を右室等容収縮期 (RICT)、心電図 Q 波より PO までを右室前収縮期間 (RPEP)、PO-PC 間を右室駆出時間 (RVET) として計測した。紙おくりスピードは 100 mm/sec で 0.1 秒ごとにタイムラインを記録した (Fig. 6)。

成績

1. Qp/Qs と心エコー図との検討

左房内径 (LAD) と Qp/Qs には相関はなかったが、LAD の体表面積補正值 (LAD/BSA) と Qp/Qs とは $r = 0.70$ で正の相関を認めた。左室拡張末期径 (LVDd) と Qp/Qs との関係をみると相関は認められないが、その体表面積補正值 (LVDd/BSA) と Qp/Qs との間には $r = 0.73$ の正の相関を認めた。Qp/Qs と LAD/AoD との間には $y = 1.82x - 0.59$, $r = 0.81$, $p < 0.001$ で最も良い相関を示した (Fig. 2)。また術後の 5 名 (1 名は residual shunt あり) もこの関係を示した。

small VSD

large L-R shunt

increased PVR

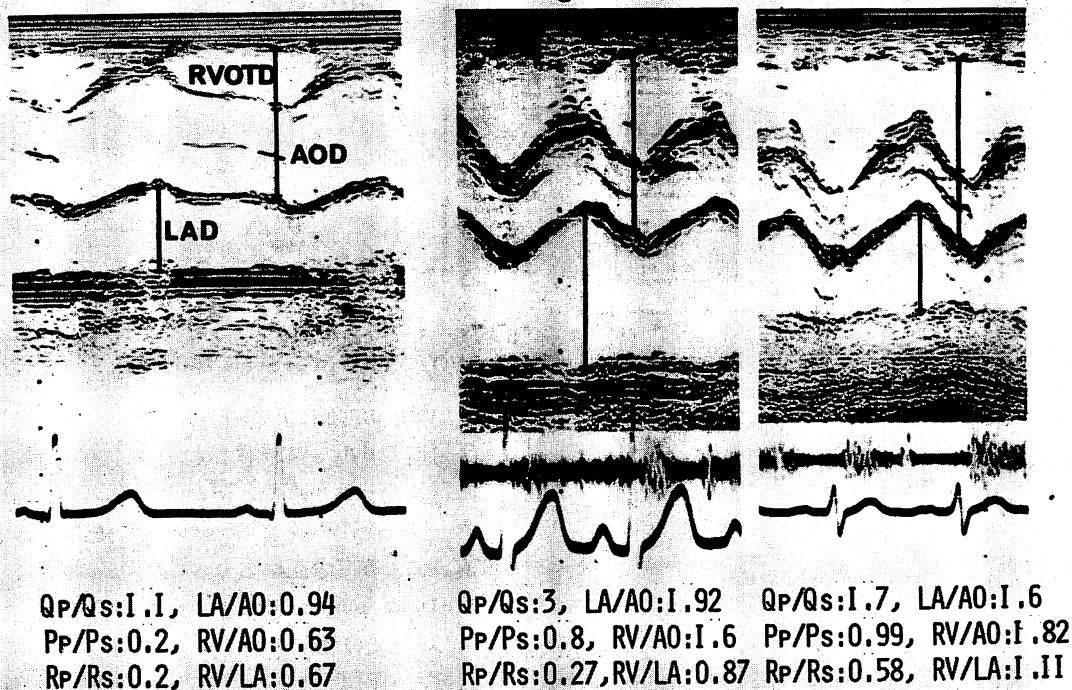


Fig. 1. Echocardiograms of three patients with different types of VSD.

Dimension of right ventricular outflow tract (RVOTD) is measured at end diastole from the right ventricular epicardium to the right side of the anterior aortic wall. Aortic root dimension (AoD) is measured at end diastole from the inner edge of the anterior aortic wall to the inner edge of the posterior aortic wall. Left atrial dimension (LAD) is measured at end systole from the posterior edge of the posterior aortic wall to the anterior edge of the posterior left atrial wall. Note that the markedly enlarged left atrium is noted in a patient with large L-R shunt and the marked enlargement of RVOTD is noted in a patient with high pulmonary vascular resistance (PVR).

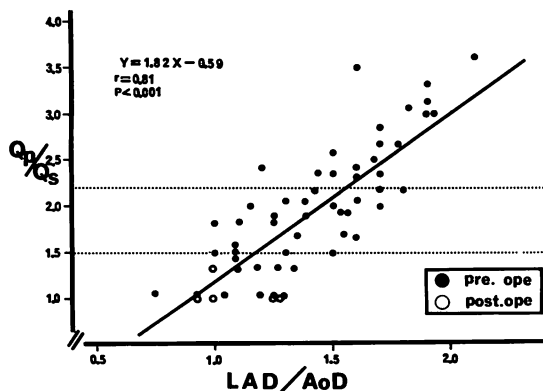


Fig. 2. Relationship between Qp/Qs and LAD/AoD in patients with VSD.

2. Pp/Ps と心エコー図との検討

右室流出路径の体表面積補正值 (RVOTD/BSA) と Pp/Ps との関係を見ると $r = 0.65$ の正の相関を認めた. RVOTD/AoD と Pp/Ps を対比してみると $y = 0.72x - 0.29$, $r = 0.83$, $p < 0.001$ でさらに良い相関を示した (Fig. 3). 術後の 5 名もこの関係を示した.

右室体部径 (RVD) を測定しえた 24 名について RVD/BSA および RVD/AoD と Pp/Ps との関係を検討したが相関は認めなかった (Fig. 4).

3. Rp/Rs と心エコー図との検討

右室流出路の体表面積補正值 (RVOTD/BSA)

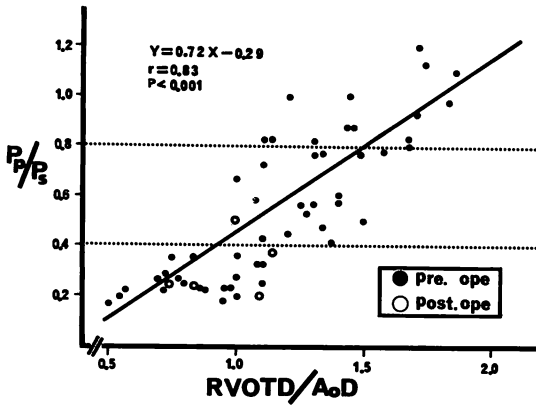


Fig. 3. Relationship between Pp/Ps and RVOTD/AoD in patients with VSD.

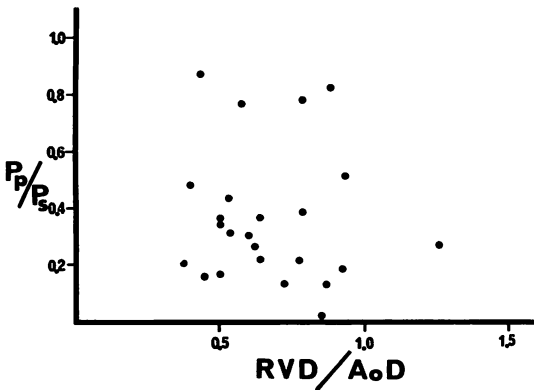


Fig. 4. Relationship between Pp/Ps and right ventricular body dimension (RVD)/AoD in 24 patients with VSD.

There is no significant correlation between them.

と Rp/Rs との間には $r = 0.38$ と低い相関係数ではあるが $p < 0.01$ で正の相関を認めた。しかし RVD/BSA と Rp/Rs との間にはまったく相関を認めなかった。

Qp/Qs と LAD/AoD, Pp/Ps と RVOTD/AoD との間には上述のごとく有意な正の相関を認めたことより, RVOTD/LAD と Rp/Rs との関係を検討した。両者間には $y = 0.64x - 0.24$, $r = 0.89$, $p < 0.001$ とさらに良い正の相関を認め, 術後の 5 症例もこの関係を示した (Fig. 5)。

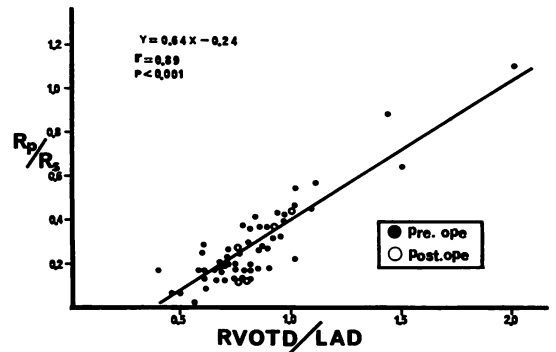


Fig. 5. Relationship between Rp/Rs and RVOTD/LAD in patients with VSD.

4. VSD の部位による評価

手術にて defect の明確にわかった 18 名について心臓カテーテル時の VSD の各パラメータと心エコー図の上記の各所見を検討した結果, defect の違いによる有意差は認められなかった。

5. Dual echocardiography を用いた ICT と PEP との関係 (Fig. 6)

ICT と PEP は左心, 右心とも術後における完全右脚ブロック (CRBBB) 患児を除いたものでは, それぞれ, $r = 0.82$, $r = 0.73$ で正の相関を示した。しかし, CRBBB 群では明らかな RPEP の延長が全例に認められるが, RICT は正常範囲から延長を示すものまで分布し, RPEP と RICT は $r = 0.81$ で正の相関を示した。さらに CRBBB 群で術後のカテで Rp/Rs の判明しているものを検討すると, 全例 RPEP の延長はあるが, Rp/Rs が大なるものほど RICT が延長する傾向を示した (Fig. 7)。

6. Rp/Rs と RPEP/RVET および RICT/RVET との関係

Rp/Rs と RPEP/RVET は心疾患児では $r = 0.88$ で正の相関を示したが, CRBBB の 5 例はこの関係式より大きくはずれていた。

Rp/Rs と RICT/RVET は心疾患児では $r = 0.80$ で正の相関を認め, 上記 CRBBB 患児はこの関係式よりはずれることはなく, 同様に評価できた (Fig. 8)。

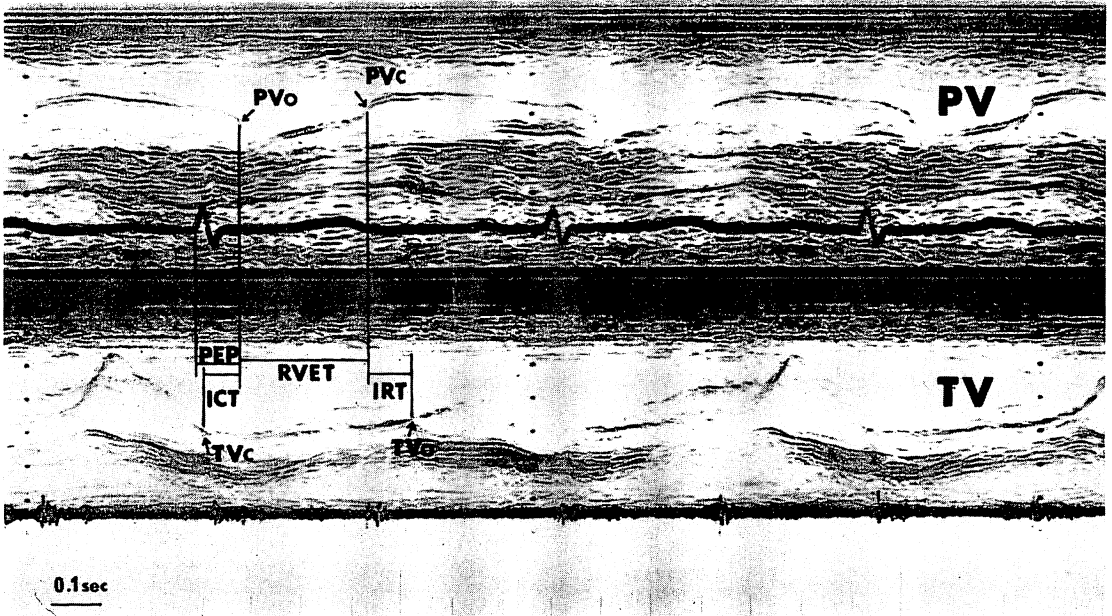


Fig. 6. Dual echocardiogram of the pulmonic valve (PV) (upper portion of tracing) and tricuspid valve (lower portion of tracing) in a patient with VSD.

The RV isovolumic contraction time (RICT) is measured as the interval between tricuspid valve closure (TVc) and pulmonic valve opening (PVo).

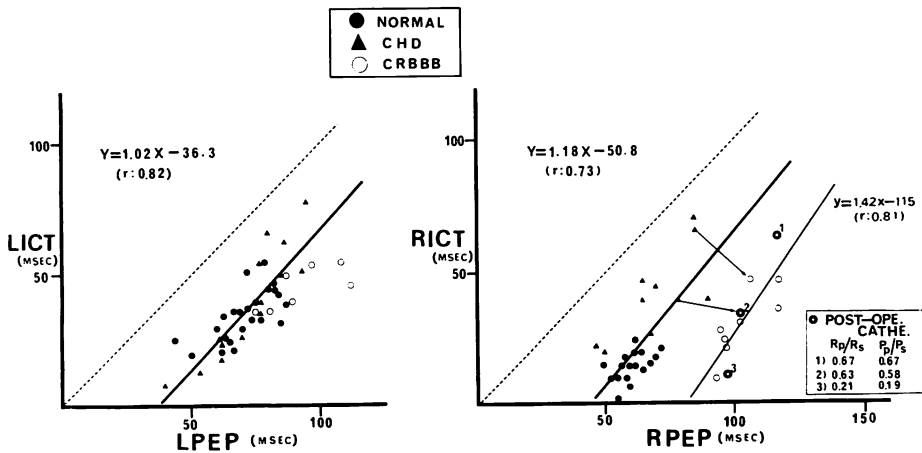


Fig. 7. Relation between ICT and PEP by dual echocardiography.

A linear relationship is found between PEP and ICT in patients without CRBBB in RVSTI.

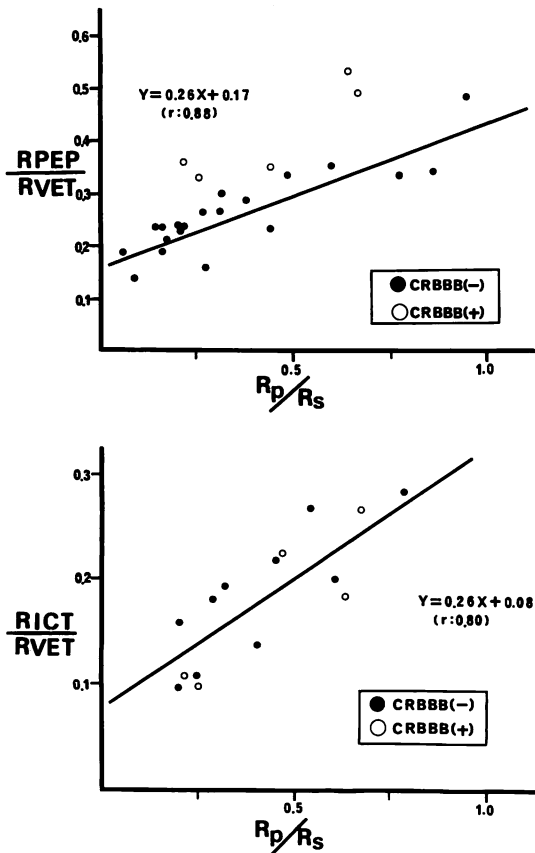


Fig. 8. Relation between Rp/Rs and RPEP/RVET, RICT/RVET in congenital heart disease.

A liner relationship is found between Rp/Rs and RPEP/RVET without CRBBB. But a liner relationship is found between Rp/Rs and RICT/RVET in congenital heart disease with or without CRBBB.

考 案

我々は今回、外来および bed-side にて VSD の血行動態を知る 1 つの手段として心エコー図による評価を試みた。

外来や bed-side でのスクリーニングとしての目的のためには簡単で、しかもだれにでも撮影できることが必要である。この意味で我々は同一画面上、すなわち 1 枚のポラロイドフィルム上にてあらわすことのできる右室流出路、大動脈、左

房の部位を撮影する方法で VSD の血行動態の概況を簡便に知ることができた。さらに 3 つのパラメーターは心エコー図の同一画面上に示されるため、同一心拍の値を容易に計測できるメリットがある。Qp/Qs を心エコー図で評価する試みは Lewis ら¹⁾により報告がある。彼らは LAD/AoD との対比において $r = 0.96$ と非常に高い相関係数を呈示している。また LAD/BSA と Qp/Qs との関係で、Lewis らは $r = 0.85$, Carter ら³⁾ は $r = 0.87$ と良い相関を示したと報告しているが、我々のデータは測定した対照や計測場所の違いもあるが、彼らのものよりそれぞれ低い相関係数を示した。一方 Silverman⁴⁾ は正常人での心エコー図測定で LAD/AoD は年齢や体格で変化するとして心エコー図よりの評価には反対している。また最近、Dillon ら⁵⁾ は Qp/Qs と LAD/AoD との関係を 23 症例で検討した結果、 $r = 0.51$ と低い相関係数しか示さなかったと述べ、radioisotope 法をすすめている。しかし、方法が容易でなく、日常外来、bed-side で評価するには問題があると思う。また、Sahn ら²⁾ は左-右短絡群では心エコー図による mean Vcf, LAD/AoD 比は正常者に比し、有意に高値をとったと述べている。

しかし、我々が検討したごとく Qp/Qs の評価は心エコー図による LAD/AoD が一番容易で信頼性もあり、bed-side で十分活用できると思われる。

現在のところ VSD での Pp/Ps, Rp/Rs と心エコー図による dimension の計測との関係についての報告はない。今回、我々は右室流出路に注目することで上述のごとく良い結果を得ることができた。その理由として、第 1 に通常計測される右室体部径 (RVD) は拡大した左室や、心室中隔の hyperdynamic な動きにより過少評価され、しかも high-flow type の VSD では、しばしば計測困難なことが多い。また右室体部の RVD は呼吸による影響を受けやすいところであり、その測定値が変動する。第 2 に RVOTD は VSD の場所

による影響を受けにくいということである。この点は、今回、手術にて VSD の部位が明確になった患児で上述のごとく有意差がないことから証明できた。最近、George ら⁶⁾も心エコー図での RVOTD および RVOTD/AoD の計測が、右室の大きさや機能の異常をみつけるために有用であると報告している。

Rp/Rs と RVOTD/LAD との間には今回、 $r=0.89$ と最も高い相関係数を得たが high-resistance の症例がまだ十分多くはなく、今後さらに追試の必要があると思われる。

また術後の例数が 5 例で、しかもそのほとんどが術後経過も長く、すでにその肺血管抵抗が正常範囲に復帰しているため、上述の心エコー図上の計測が術前のもと同様に評価できたが、はたして術後のどの時点より上記の方法にて評価できるのか今後の問題であろう。

一方、肺血管抵抗を知る目的のために右室収縮時間 (RVSTI) の検討を、今回あわせて報告した。VSD には真の ICT は存在しないという点より RVSTI を用いて評価することには問題はあると思うが、各種心疾患において右室の after-load が存在する場合、心エコー図での RPEP/RVET が高値をとるとの報告⁷⁾がなされ、我々も同様な報告⁸⁾をした。今回、Rp/Rs と RPEP/RVET および dual echocardiography より求めた、RICT/RVET を比較検討した結果、CRBBB が存在する場合には後者を用いることで評価できることがわかった。RVSTI を用いての評価は VSD のみならず、他の心疾患でも Rp/Rs を推定することができる利点がある。とくに、RVSTI を経時的にみて、肺血管抵抗の推移が評価でき、頻回のカテーテル検査を除外できるし、大血管転位 (d-TGA) などで心臓カテーテル検査にて肺動脈圧の測定できない場合など臨床上的メリットがある。

結 論

1. 心エコー図で VSD の肺血管抵抗を求める

には、RVOTD/LAD の dimension 計測より求める場合と、RICT/RVET の RVSTI より求める場合の 2 つの方法が良い相関を示した。

2. RVOTD/LAD の方が STI による方法に比べより容易であり、敏速に肺血管抵抗を判断でき、さらに Qp/Qs, Pp/Ps の算出も可能な点を考えると、VSD の血行動態を評価するには dimension の計測による方法がより臨床上有用であると思われる。

文 献

- 1) Lewis AB, Takahashi M: Echocardiographic assessment of left-to-right shunt volume in children with ventricular septal defect. *Circulation* **54**: 78-82, 1976
- 2) Sahn DJ, Vaucher Y, Williams DE, Allen HD, Goldberg SJ, Friedman WF: Echocardiographic detection of large left to right shunt and cardiomyopathies in infants and children. *Amer J Cardiol* **38**: 73-79, 1976
- 3) Carter WH, Bowman CR: Estimation of shunt flow in isolated ventricular septal defect by echocardiogram. *Circulation* **48** (Suppl IV): IV-64, 1973 (Abstr)
- 4) Silverman NH, Lewis AB, Heyman MA, Rudolph AM: Echocardiographic assessment of ductus arteriosus shunt in premature infants. *Circulation* **50**: 821-825, 1974
- 5) Dillon TD, Gelfand MJ, Breitwesser J, Meyer RA, Kaplan S: Non-invasive estimation of left to right shunts using echocardiograms and radio-nuclide angiocardiology. *Pediat Res* **11**: 388, 1977 (Abstr)
- 6) George L, DeMaria AN, Riemenschneider TA, Weinert LC, Neumann AL, Janos GG, Mason DT: Echocardiographic measurement of right ventricular outflow tract in normal children. *Pediat Res* **11**: 391, 1977 (Abstr)
- 7) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* **52**: 642-649, 1975
- 8) 加藤裕久, 小池茂之, 田中地平, 横地一興: 小児の左心機能—心エコー図による検討—. *小児科臨床* **30**: 578-584, 1977