

## 断層心エコー図を用いた小児の三尖弁弁輪径の計測： 右室容量負荷の評価

(昭和63年2月18日受付)

(昭和63年7月6日受理)

近畿大学心臓小児科

三宅 俊治 横山 達郎 砂川 晶生  
篠原 徹 中村 好秀

**key words** : 三尖弁弁輪径, 断層心エコー図, 心房中隔欠損, 右室拡張末期容積

### 要 旨

正常小児100例における三尖弁弁輪径 (TVD) を断層心エコー図を用いて計測し, 体表面積 (BSA) との間に  $TVD (cm) = 2.1 \times BSA^{0.48}$  の指数曲線の回帰式を作成した. 断層心エコー図から求めた四腔断面の拡張末期三尖弁弁輪径は, 19例のシネアンジオグラフィーから計測された右室拡張末期容積 (RVEDV) との間に  $r = 0.88$  の相関を認め, 非侵襲的に容易に計測できる右室容積の指標として有用であると考えられた. 8例の心房中隔欠損においてもシネアンジオグラフィーから求めた右室拡張末期容積は断層心エコー図から求めた TVD と  $r = 0.92$  の良い相関を得, 断層心エコー図の TVD から RVEDV を推定することが可能であった. また, 心房中隔欠損の拡張末期の三尖弁の形態は正常例と同様であり, 四腔断面の弁輪径は流入路断面に比べてやや小であった. 断層心エコー図を用いた TVD は右室容積の評価の指標として有用であると考えられた.

### はじめに

小児の先天性心疾患において右室の容量負荷を来す疾患は多い. その定量的評価法としては, 侵襲的手法であるシネアンジオグラフィーから求めた右室拡張末期容積 (RVEDV) が用いられている<sup>1)~3)</sup>. また, 心エコー図を用いた非侵襲的方法としては M モード心エコー図から求めた右室径 (RVD)<sup>4)5)</sup>あるいは RVEDV を断層心エコー図から求める方法<sup>6)~8)</sup>が用いられている. しかし, 前者は体表面積あるいは体重との相関が良くなく, また後者は Saito<sup>9)</sup>や Hiraishi<sup>10)</sup>らが指摘するように右室の内膜面が完全にトレースできないことが多く, また計測が複雑である欠点を有する. 今回我々の報告する断層心エコー図から求める TVD<sup>9)10)</sup>は, 右室容積を一次元の計測値から評価するものである. しかし, ほとんどの症例で非侵襲的に容易に繰り返し測定できる点では有用であると考えられる. そこで体表

面積で指数曲線に回帰させた小児の TVD の正常値曲線を作成し, ついで右室容量負荷疾患に応用するために心房中隔欠損における TVD をシネアンジオグラフィーから求めた RVEDV と比較検討した.

### 対 象

正常対照とした症例は, 小児100例であり男66例, 女34例である. その内訳は心雑音を主訴に来院し, 胸部 X 線写真・心電図・心エコー検査で異常を認めなかった者32例, 川崎病後の心臓カテーテル検査で異常を認めなかった者32例, 心電図異常の疑いを主訴に来院し異常を認めなかった者23例, 胸痛を主訴として来院し異常を認めなかった者10例, チアノーゼを主訴として受診し, 胸部 X 線写真・心電図・心エコー検査で心臓および肺に異常を認めなかった乳児3例である. いずれの症例も構造上正常な心臓であり, TVD を変化させないと考えられた. 年齢は生後16日から16歳5か月, 平均7歳4か月である. また体表面積は0.19から1.72 m<sup>2</sup>, 平均0.89m<sup>2</sup>である. 心臓カテーテル検査で冠動脈に病変を認めなかった川崎病17例および胸痛を主訴と

し心臓カテーテル検査を行い異常を認めなかった2例の計19例(1歳9か月から14歳11か月, 体表面積0.54から1.54m<sup>2</sup>)では, シネアングリオグラフィーからRVEDVを求めた。右室容量負荷疾患としては心房中隔欠損21例(1歳1か月~16歳2か月, 平均8歳0か月)のTVDを計測した。そのうち8例においては, 同時に行ったシネアングリオグラフィーでRVEDVを測定した。

方法

断層心エコー検査は3歳未満ではTrichlorethyl Phosphate Monosodium (Triclorlyl®) 睡眠下に仰臥位で, 3歳以上では安静仰臥位で施行した。また, 心

血管造影はPethidine Hydrochloride 2mg/kg, Promethazine Hydrochloride 1mg/kgの筋注を行い, 幼少児ではThiopental Sodium 3~4mg/kg 静注下に施行した。断層心エコー図装置は東芝社製SSH-65Aであり, 発信周波数は3.75あるいは5MHzを使用した。TVDは胸骨傍あるいは心尖部四腔断面で中隔尖および前尖の弁輪付着部間距離(内側縁から内側縁)を装置のトラックボールで計測した。また, 同時に右室流入路断面では三尖弁前尖と後尖の弁輪付着部間距離を計測した(図1)。三尖弁が弁輪と付着する部位が最も明確になる心時相, すなわち三尖弁が最大開放した時点で3回計測しその平均値を測定値とした。その

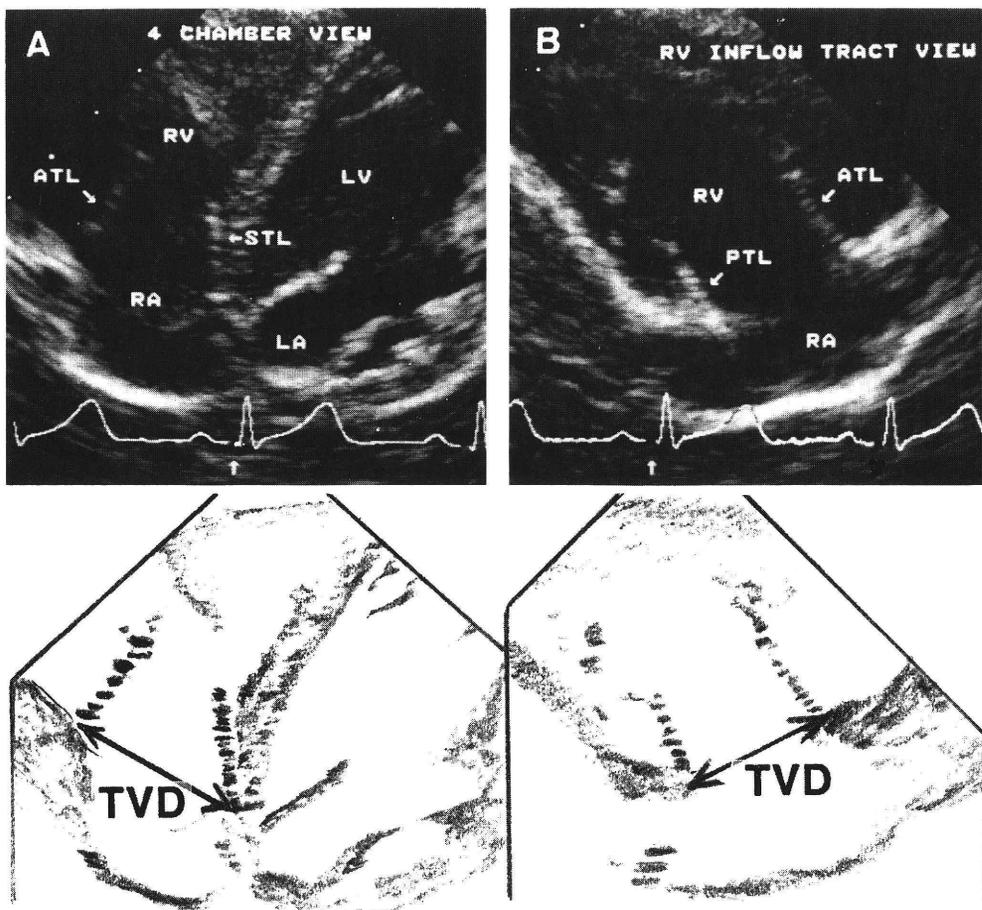


図1 三尖弁弁輪径(TVD)の計測法を示す。拡張末期の心電図上のP波とQRSの間の最大解放時相で静止画像とし弁輪部エコーの内縁間を計測する。  
 A: 胸骨傍左縁四腔断面, B: 胸骨傍左縁右室流入路断面, RA: 右房, RV: 右室, LA: 左房, LV: 左室, ATL: 三尖弁前尖, STL: 三尖弁中隔尖, PTL: 三尖弁後尖

点は心時相上心電図のP波とQRS波の中間に位置した。なお、弁輪径計測例は全例洞調律であった。3回の計測値間の差はほとんどが1~2mmであり15%を越えた例はなかった。右室拡張末期容積は2方向シネアンジオグラフィーを用いた上大静脈造影においてSimpson法を用いて計測しGraham<sup>3)</sup>の方法によって補正した値を用いた。断層心エコー図検査を用いたTVDの計測は心血管造影前2日以内に施行した。

統計的分析

回帰分析は年齢、身長、体重、および体表面積とTVDについて検討した。そして、体表面積と弁輪径に関する指数曲線による回帰において最もよい相関( $r=0.93$ )を得た。また、年齢、身長および体重に関して求めたTVDとの指数回帰における相関係数は、おのおの0.88、0.92および0.92であった。正常例のTVDの体表面積に対する回帰曲線を求めた後、95%の信頼区間を作成した。正常例と心房中隔欠損例におけるTVDとRVEDVの間の指数回帰式の比較においては、TVDおよびRVEDVの値の対数をとりLog(TVD)とLog(RVEDV)の間の回帰直線の比較を共分散分析を用いて行った<sup>11)</sup>。平均値の差の検定にはt検定を用いた。

結果

正常34例において流入路断面の弁輪径cm(y)と四腔断面の弁輪径cm(x)を対比した。両者の間には、 $y=1.03x+0.016$ ,  $r=0.94$ ,  $p<0.001$ の良好な相関が認められ、前者がやや大であった(図2)。弁輪付着部の判定は、後者の方がより容易であったため以下の検討は四腔断面におけるTVDを用いた。正常100例から求めた体表面積(BSA)と三尖弁弁輪径(TVD)の間には $TVD(cm)=2.1 \times BSA^{0.48}$ ,  $r=0.93$ ,  $p<0.001$ の良好な相関を認めた(図3)。心房中隔欠損21例のTVDは16mmから32mmであり、体表面積当りの正常値との比較では $128 \pm 15\%$  of Normal (108~163%)であった。心房中隔欠損9例における3回の測定値間のバラツキを求めると $5.2 \pm 3.1\%$  (平均±標準偏差)であり最大10.7%であった。2検者での測定値間の検討は8名において行い、Interobserver variabilityは $6 \pm 5\%$  (平均±標準偏差)でありその範囲は0~14%であった。シネアンジオグラフィー時の心拍数は $94.3 \pm 12.6$  (平均±標準偏差)、更に心エコー時の心拍数は $91.0 \pm 12.9$ であり、シネアンジオグラフィー時でやや高値であったが有意差はなかった。またシネアンジオグラフィーから求めたRVEDV(ml)とTVD

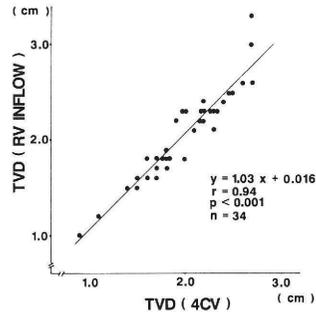


図2 正常34例における三尖弁弁輪径の四腔断面と流入路断面の対比  
TVD：三尖弁弁輪径，4CV：胸骨傍四腔断面，RV INFLOW：胸骨傍右室流入路断面

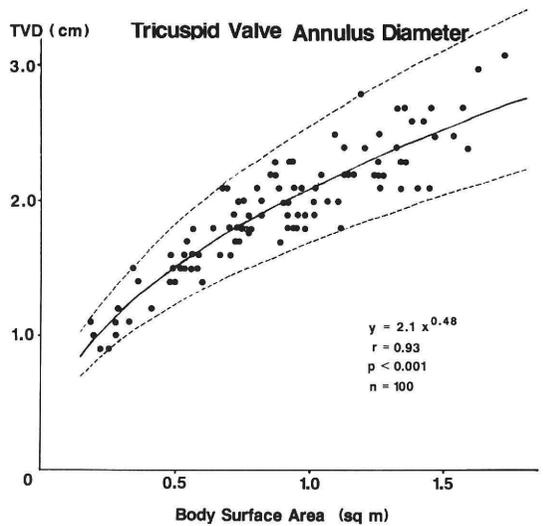


図3 正常100例における断層心エコー図から求めた三尖弁弁輪径(TVD)と体表面積の関係。実線は平均値を点線は95%信頼区間を表す。  
TVD：Tricuspid valve annulus diameter

(cm)の間には、 $RVEDV=10.44 \times TVD^{2.44}$ ,  $r=0.88$ ,  $p<0.001$ の関係を認めた(図4)。図5は、心房中隔欠損8例におけるTVDとRVEDVを正常値曲線上に記したものである。RVEDVの増大に伴ってTVDは増大している。心房中隔欠損8例におけるRVEDVとTVDの間には、 $RVEDV=20.42 \times TVD^{1.77}$ ,  $r=0.92$ ,  $p<0.01$ の良好な相関を得た。心房中隔欠損8例のRVEDVを図4におけるTVDから予測されるRVEDVで除した値は $105 \pm 15\%$  (平均±標準偏差)となり5%高値をとった。しかし、共分散分析を行った

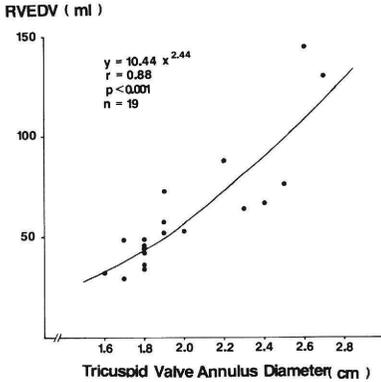


図4 正常19例におけるシネアンジオグラフィーの右室拡張末期容積(RVEDV)と断層心エコー図における三尖弁弁輪径の関係

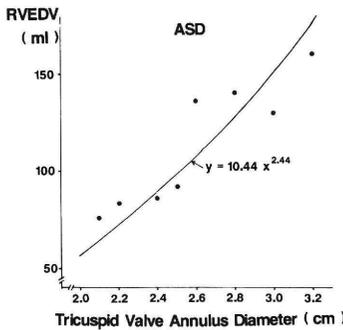


図5 心房中隔欠損(ASD)8例はほぼ図4の指数回帰曲線上にプロットされている。

RVEDV: Right ventricular end-diastolic volume

ところ Log (TVD) と Log (RVEDV) を用いた回帰直線間には残差分散, 傾斜, および高さのいずれにおいても有意差を認めなかった。心房中隔欠損9例において, 右室流入路断面 (y) と四腔断面 (x) との2方向の TVD を対比した。両者の間には  $y=0.80x+6.00$ ,  $r=0.89$ ,  $p<0.01$  の関係を認めた。正常例と同様に流入路長軸断面の TVD がやや大となった。

考 察

小児において, 心エコー図を用いた心臓内の計測値は通常体表面積との相関が良好である。Rowlatt ら<sup>12)</sup> は剖検標本における三尖弁弁輪周囲径は体表面積の対数との間により相関があるとしている。断層心エコー図および剖検において房室弁弁輪径を対比検討した Gutgessel ら<sup>13)</sup> によると, 断層心エコー図による Interobserver variability と剖検での Interobserver varia-

bility に差はなく, 断層心エコー検査を用いた弁輪径の計測は有用であるとしている。断層心エコー図から小児の TVD の正常値曲線を求めた King ら<sup>9)</sup> は, Rowlatt ら<sup>12)</sup> と同様に TVD は体表面積の対数と最もよく相関するとしている。また齊藤ら<sup>10)</sup> は, 我々と同様に TVD の対数値と体表面積の対数値が最もよく相関するとしている。King ら<sup>9)</sup> および齊藤ら<sup>10)</sup> は右室流入路断面における TVD の正常値を求めており, 我々の求めた正常値と比較してやや大であった。齊藤らは, 右室流入路断面および四腔断面における弁輪径がほぼ同じ値と報告しているが, 我々の検討においては, 前者の値が約5%大となる結果となった。Tsakiris ら<sup>14)</sup> の犬で三尖弁弁輪の動きを放射線不透過のマーカーを用いて観察した動物実験, あるいは断層心エコー図を用いて1心周期を12等分して TVD の観察をおこなった Tei ら<sup>15)</sup> によると, 弁輪径は late diastole すなわち P 波の終点で最大になるとされているが, 我々も全く同様の結果を得た。我々の計測した時相はその時相に一致しており, 心房収縮時に急速に小となる前の TVD の最大値を計測している。それにもかかわらず Rowlatt ら<sup>12)</sup> の剖検例における計測値と比較して小さい値となる理由として, 1つにはより大きい流入路断面を用いなかったことの他に断層心エコー図による断面の設定が常に最大値を取り得ない可能性があることが大きいと考えられる。また両側弁輪部共に弁輪エコーの内側縁を用いたことも他の報告に比して小さな値をとった一因と考えられる。更に, 弁輪径が過小評価される原因の1つとして超音波診断装置の方位分解能の関与も考えられる<sup>15)</sup>。

右室容量負荷の指標としては, 侵襲的方法としてシネアンジオグラフィーから求める右室拡張末期容積の%正常値を用いるのが一般的である。非侵襲的方法としては, 断層心エコー図から右室容積を求める試みも多数なされている。しかし, この方法は右室内膜面が十分にトレースできることが必要条件であり, 現在の断層心エコー図の解像力をもってしても十分なトレースができない例が多い。またその方法も種々の報告があるが, いずれも複雑でありルーチンの心エコー検査に用いられるには至っていない。また, 従来用いられている M モード心エコーから求められる右室径は体表面積との相関は不十分であり, 更に右室自由壁の心筋は胸壁から近くにあるために捕らえにくく, 左側臥位では過大評価する欠点<sup>17)</sup> も知られており右室容積の指標としては十分ではないと考えられる。

そこで、我々はほぼ全例で容易に計測可能な TVD によって右室容量負荷疾患の評価を試みた。その結果として、三次元の計測値である右室容積を一次元の指標である TVD を用いて非侵襲的に評価できるという結果を得た。また、同一症例を2名の検者によって比較検討した結果から、再現性のある検者間に差の生じない有力な右室容積の指標であると考えられる。右室容積の増大が様々な病態において TVD を拡大させることはよく知られている。心房中隔欠損においては、RVEDV と TVD がよく関連し、またその回帰式は正常例における回帰式との間に有意差を認めず、右室容積の拡大を TVD が忠実に反映することが明らかとなった。以上から、断層心エコー図を用いた TVD の計測は、右室容積の評価のための非侵襲的な定量的指標として有用であると考えられた。

#### 文 献

- 1) Jarmakani, J.M., Nakazawa, M., Isabel-Jones, J. and Marks, R.A.: Right ventricular function in children with tetralogy of Fallot before and after aortic-to-pulmonary shunt. *Circulation*, 53: 555, 1976.
- 2) Nakano, H., Saito, A. and Ueda, K.: Biplane cineangiographic estimation of right atrial, right ventricular, left atrial and left ventricular volumes in normal infants and children. *Ann. Paediatr. Jap.*, 25: 184, 1979.
- 3) 中村好秀, 砂川晶生, 篠原 徹, 横山達郎, 若木伸夫, 堀尾俊治, 佐賀俊彦, 卓 弘志, 則武正三, 西岡孝純, 奥 秀喬, 河井 淳, 城谷 均: 心血管造影法による小児の左右心房, 心室容積の正常値およびその検討. *近大医誌*, 6: 193, 1981.
- 4) Gutgesell, H.P. and Paquet, M.: *Atlas of Pediatric Echocardiography*. Harper & Row, Maryland, 1978, p. 209.
- 5) Goldberg, S.J., Allen, H.D. and Sahn, D.J.: *Pediatric and Adolescent Echocardiography*. 2nd ed., Year Book Medical Publishers, Chicago, 1980, p. 77.
- 6) Saito, A., Ueda, K. and Nakano, H.: Right ventricular volume determination by two-dimensional echocardiography. *J. Cardiology*, 11: 1159, 1981.
- 7) Hiraishi, S., Disessa, T.H., Jarmakani, J.M., Nakanishi, T., Isabel-Jones, J.B. and Friedman, W.F.: Two-dimensional echocardiographic assessment of right ventricular volume in children with congenital heart disease. *Am. J. Cardiol.*, 50: 1368, 1982.
- 8) 里見元義, 森 一博, 瀬口正史, 遠山 敏, 金谷真弓, 中沢 誠, 高尾篤良: 断層心エコー図による右室容積測定と正常値. 第3回小児心機能血行動態談話会抄録集, p. 18—21, 1983.
- 9) King, D.H., Smith, E.O., Huhta, J.C. and Gutgesell, H.P.: Mitral and tricuspid valve annular diameter in normal children determined by two-dimensional echocardiography. *Am. J. Cardiol.*, 55: 787, 1985.
- 10) 齊藤彰博, 上田 憲, 中野博行: 心室中隔欠損根治術後の三尖弁逆流症に対する超音波ドブラー法による評価. *J Cardiology* 15: 1237, 1985.
- 11) Snedecor, G.W. and Cochran, W.G.: *Statistic methods*, 6th edition, 畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎 共訳, 岩波書店, 東京, 1972, p. 405—407.
- 12) Rowlatt, U.F., Rimoldi, H.J.A. and Lev, M.: The quantitative anatomy of the normal child's heart. *Pediatr. Clin. North Am.*, 10: 499, 1963.
- 13) Gutgesell, H.P., Bricker, J.T., Colvin, E.V. and Hawkins, E.P.: Atrioventricular valve annular diameter: Two-dimensional echocardiographic-autopsy correlation. *Am. J. Cardiol.*, 53: 1652, 1984.
- 14) Tsakiris, A.G., Mair, D.D., Seki, S. and Wood, E.H.: Motion of the tricuspid annulus in anesthetized intact dogs. *Circ. Res.*, 36: 43, 1975.
- 15) Tei, C., Pilgrim, J.P., Sahn, P.M., Ormiston, J.A. and Wong, M.: The tricuspid valve annulus: Study of size and motion in normal subjects and in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation*, 66: 665, 1982.
- 16) Carr, K.W., Engler, R.L., Forsythe, J.R., Johnson, A.D. and Gosink, B.: Measurement of the left ventricular ejection fraction by mechanical cross-sectional echocardiography. *Circulation*, 59: 1196, 1979.
- 17) Feigenbaum, H.: *Echocardiography* 4th. ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1986, p. 158—159.

## Tricuspid Valve Annular Diameter in Children Determined by Two-Dimensional Echocardiography: Estimation of Right Ventricular Volume Overload

Toshiharu Miyake, Tatsuo Yokoyama, Akio Sunakawa, Toru Shinohara and Yoshihide Nakamura  
Division of Pediatric Cardiology, Department of Cardiovascular Surgery, Kinki University School of Medicine

To establish normal values for the tricuspid valve annular diameter (TVD) in children, we measured the diameter of the tricuspid valve annuli from two-dimensional echocardiograms in 100 normal children aged 16 day to 16 years. The tricuspid valve annulus was measured from the parasternal or apical four chamber views. Multiple regression analyses were performed comparing the tricuspid valve annular diameter to age, height, weight and body surface area. The logarithmic function of body surface area was best as a predictor of the logarithmic function of tricuspid valve annular diameter with a calculated correlation coefficient 0.93 ( $p < 0.001$ ). In 19 normal children, the tricuspid valve annular diameter at end-diastole was correlated to the right ventricular end-diastolic volume (RVEDV) by cineangiography ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.001$ ). In 8 patients with atrial septal defect, the correlation between the tricuspid annular diameter and right ventricular end-diastolic volume was good ( $r = 0.92$ ,  $p < 0.01$ ). The difference between normal and atrial septal defect, in the regression equation of  $\log(\text{TVD})$  and  $\log(\text{RVEDV})$ , were determined by testing the variance, slope and the Y intercept using analysis of covariance. There was no statistically significant differences between normal and atrial septal defect. The tricuspid valve annular diameter by two-dimensional echocardiography, which could be measured without difficulty, was a noninvasive characteristic of right ventricular end-diastolic volume.

---