

断層心エコー図を用いた新しい右室容積計測の試み

A new method for the measurement of right ventricular volume in children by two-dimensional echocardiography

里見 元義
中沢 誠
金谷 真弓
奈良井 栄
南 頼彰*
中村 憲司**
高尾 篤良

Gengi SATOMI
Makoto NAKAZAWA
Mayumi KANAYA
Sakae NARAI
Yoriaki MINAMI*
Kenji NAKAMURA**
Atsuyoshi TAKAO

Summary

A new method for the calculation of right ventricular volume in children by two-dimensional echocardiography (2-DE) was presented.

The study material consists of 19 cases with various congenital heart diseases (Table 1) aged from 7 months to 12 years with mean age of 5 years 1 month. The right ventricular (RV) volume measured by 2-DE was compared with that by biplane cineangiography. The echo planes used for this method were the apical four-chamber view and subxiphoid right anterior oblique (RAO) equivalent view (Fig. 1). Since the sinus portion of the RV is viewed by the apical four-chamber view and the RAO view, both of which are almost perpendicular to each other, this portion was calculated by biplane Simpson's rule method with the tricuspid orifice as a base (method 1), or by biplane area-length method (method 2). The outflow portion was calculated by the single plane area-length method. The RV volume was the sum of these two portions (Fig. 2). The third method (method 3) was made by single plane area-length method, in which the RV volume was calculated by the apical four-chamber view alone.

Result: RV enddiastolic volumes, by three different methods using 2-DE, were about half the volumes by cineangiography. The slope of the regression equation was 0.46 in method 1, 0.46 in method 2 and 0.50 in method 3, and the correlation coefficients were 0.82, 0.81 and 0.50, respectively (Figs. 3, 4 & 5). The slope for the RV endsystolic volume was 0.51 in method 1, 0.56 in method 2 and 0.24 in method 3, and the correlation coefficients were 0.72, 0.69 and 0.32, respectively (Fig. 6). For

東京女子医科大学日本心臓血圧研究所 循環器小児科

**同 内科

東京都新宿区市ケ谷河田町 10 (〒162)

*和歌山県立医科大学 小児科

和歌山市七番町 1 (〒640)

Departments of Pediatric Cardiology and Cardiology**, Heart Institute Japan, Tokyo Women's Medical College, Ichigaya Kawada-cho 10, Shinjuku, Tokyo 162

*Department of Pediatrics, Wakayama Medical College

Presented at the 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981

Received for publication January 27, 1982

the RV ejection fraction (EF), the values by the 2-DE method were correlated to the angiographic values with the approximately same slope, though the coefficients were not so high (Fig. 7).

Comments: RVEDV is estimated by the 2-DE method using the RAO view and apical four-chamber view with fairly good accuracy. The accuracy of RVESV and RVEF was not so good, and the usefulness is limited. The interexaminer's difference was small by on-going study (Fig. 8). Thus, this method is fairly useful in estimating RV volume parameters and in follow-up on patients' condition.

Key words

2-D echocardiography RV volume RAO equivalent view

はじめに

断層心エコー図を用いた右室容積計測の試みは少なくないが¹⁻⁸⁾, 右室流入部, 右室心尖部, 右室流出部を十分に描出し, その解剖学的形態を考慮した上での容積算出法には, まだ満足すべきものがない. 心房中隔欠損症や大血管転換症では, 右室流出路が右室容積全体に占める割合が正常例におけるそれと異なっていることが予想され, 特に先天性心疾患では, 流出路の容積を無視して右室の容積を論ずることは不可能である. そこで我々は, 右室の特徴的形態を考慮した上での新しい容積計測法を考案し, 興味深い結果を得たので報告する.

対 象

東京女子医大心研循環器小児科において, 2方向 cineangiography を施行した種々の先天性心疾患患児の中から, 19 例を選んで行った. 年齢は7 ヶ月から 12 歳で平均 5 歳 1 ヶ月で, 男児 12 例, 女児 7 例である. 疾患の内訳は, **Table 1** に示すとおり, 心室中隔欠損症 (VSD) 6 例, 大血管転換症 (TGA) 5 例 (うち 3 例は Senning 手術後), ファロー四徴症 (TOF) 3 例 (うち 1 例は心内修復手術後), 特発性心筋症 (PMD) 1 例, 心内膜線維弾性症 (EFE) 1 例, 心房中隔欠損症 (ASD) 1 例, 完全房室ブロック (III° AV-block) 1 例, 機能性心雑音 (fm) 1 例である.

方 法

アンジオグラフィー施行前の 24 時間以内に断層心エコー図法を行い, これより後述の方法で求めた右室容積を Simpson 法を用いてアンジオグラムから求めた右室容積と比較した. 使用した超音波診断装置は, 東芝メディカル製, 電子セクタスキャナー SSH-11A である. 断層心エコー図は, ITV カメラを介してテープ幅 3/4 インチのビデオテープに収録し, これをソニー製モーションアナライザー SVM-1110 を用いて, 毎秒 30 フレームの映像を 1 フレームずつ確実に再生しながら, スローモーションで観察した.

右室容積計測のために用いた断層心エコー図の断面は, **Fig. 1** に示すごとく, 心尖部からの four-chamber view (**Fig. 1** 左) と肋骨弓下からの第 1 斜位に相当する view (RAO equivalent view) (**Fig. 1** 右) である. 心尖部からの four-chamber

Table 1. Materials*

Ventricular septal defect	6
Transposition of great arteries	5 (3: postop)
Tetralogy of Fallot	3 (1: postop)
Primary myocardial disease	1
Endocardial fibroelastosis	1
Atrial septal defect	1
AV block	1
Functional murmur	1
Total	19

* 7 months~12 years, mean age: 5 y and 1 m.

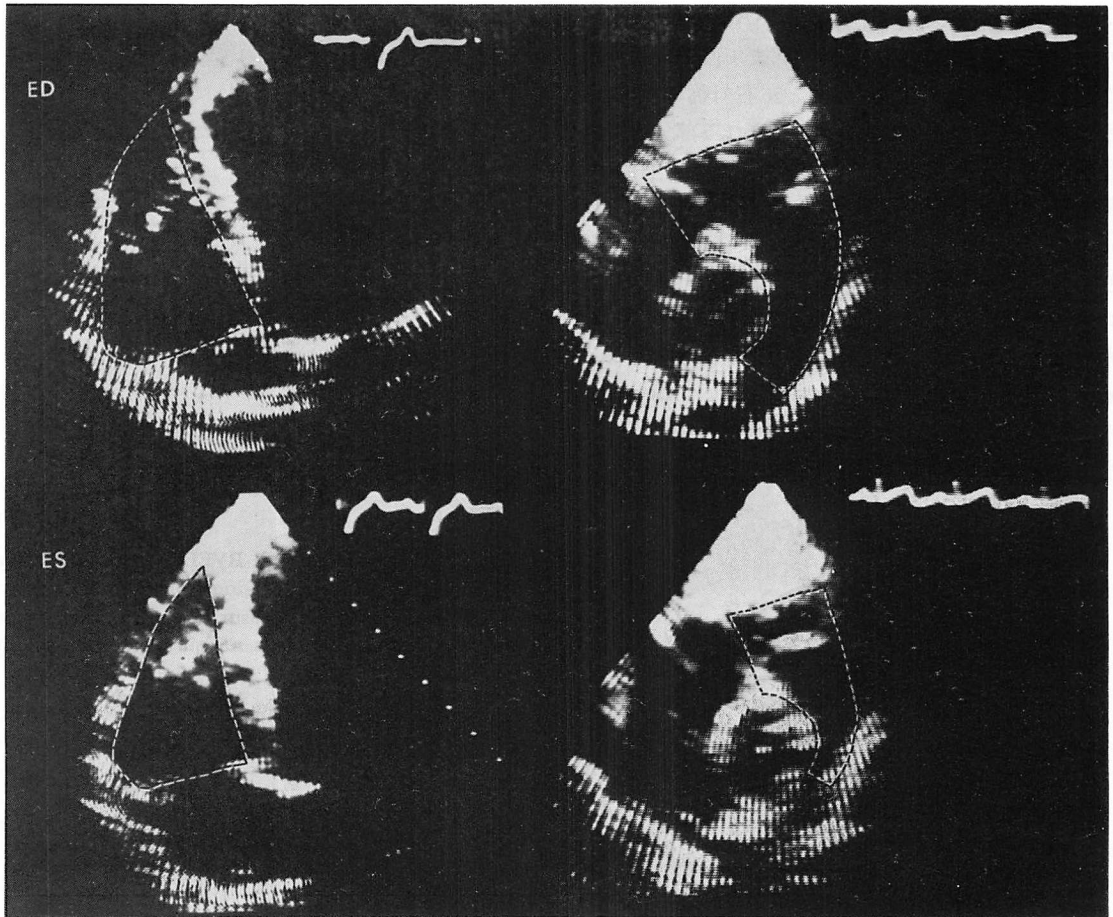


Fig. 1. Echo planes used for the measurement of right ventricular (RV) volume.

The apical four-chamber views (on the left column) and RAO equivalent views (on the right column) are used for the measurement of right ventricular volume. The upper echogram are recorded at enddiastole determined by the R wave of ECG and the lower are recorded at endsystole at the time when the area is smallest. Broken lines in these views show the endocardial echo.

view は、探触子をなるべく心尖部近くにおき、両側の房室弁が描出されるレベルで、できるだけ右室の全体像が描出される断面を選んで行った。肋骨弓下からの RAO equivalent view は、肋骨弓下から four-chamber view を描出しておいて、探触子を徐々に左肩-右腰方向へ回転させ、右室流入路部、心尖部、流出路部を同一平面に含むような断面を設定した。この view のうち、三尖弁と肺動脈弁を含み、心尖部をなるべく多く含む断

面を用いた。両断層面は右室流入路部をほぼ直交する断面になっている。拡張末期は心電図の R 波に一致した時点 (Fig. 1 上段)、収縮末期は右室内腔がもっとも狭小化した時点 (Fig. 1 下段) で trace して計測に供した。Trace は、三尖弁輪は直線で結び、心内膜と思われるエコーの内側に沿って、常時 3 人以上の interobserver を立てて行った。このようにして得られた four-chamber view と RAO equivalent view (Fig. 2) をもと

にして右室容積を算出した. RAO equivalent view で三尖弁の midpoint から心尖部まで直線を引き, これを軸にして右室横隔膜面と左右対称になるように曲線で結び, これによって囲まれる部分を, 便宜上右室流入路部分とし, 残りの部分を右室流出路部分とした. 流入路部分の容積は four-chamber view と合わせて 2 方向の Simpson 法で求め, 残りの右室流出路部分は area-length 法を用いてその容積を算出した. 比較のために流入路部分を 2 方向 area-length 法で, 流出路部分を 1 方向 area-length 法で求めたもの, four-chamber view のみを用いて 1 方向 area-length 法を用いて行ったものなどについても検討を行った.

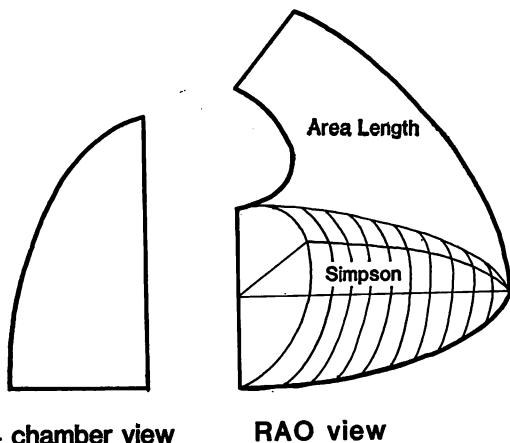


Fig. 2. Method for calculation of RV volume.

The RV area is separated into two portions. The sinus portion is viewed on the RAO view and 4-chamber view, which are perpendicular to each other. Cross-section of the sinus is assumed as a half of the ellipsoid. The center is on the line between the apex and the mid portion of the tricuspid orifice on the RAO view. One axis of the ellipsoid is twice that from the lower border of RV echo to the mid line. On the 4-chamber view, the other is the axis from the septum to free wall along the lines parallel to the tricuspid ring. RV volume is measured as the sum of RV sinus portion volume calculated by biplane Simpson's rule and RV outflow portion volume calculated by area-length method.

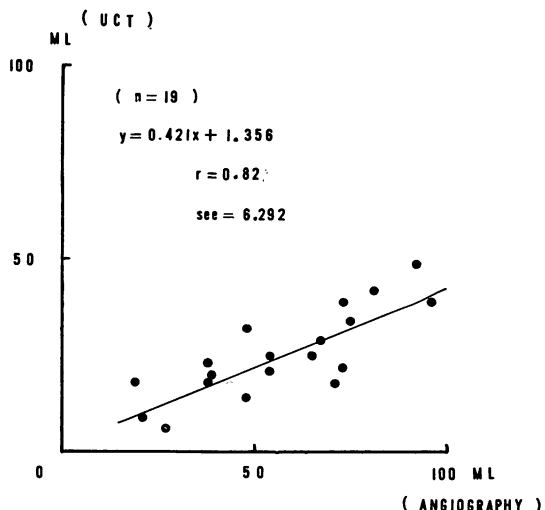


Fig. 3. Comparison of RVEDV measured by 2-DE (UCT) and cineangiography.

RV sinus portion is measured by Simpson's rule and RV outflow portion is measured by area-length method.

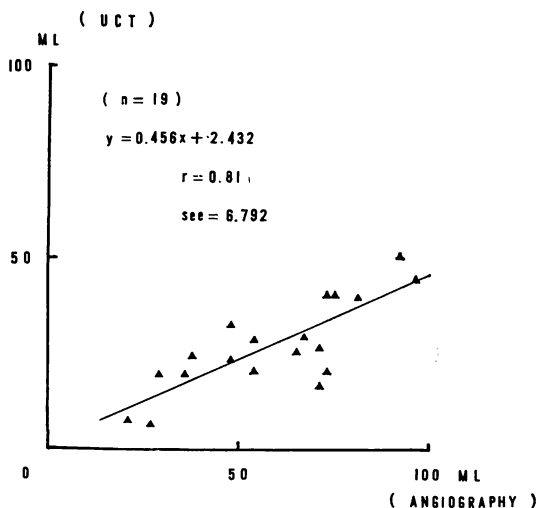


Fig. 4. Comparison of RVEDV measured by 2-DE (UCT) and cineangiography.

RV sinus portion is measured by area-length method and RV outflow portion again by area-length method.

結 果

流入路部分を2方向 Simpson 法で、流出路部分を1方向 area-length 法で求めて加えた右室拡張末期容積 (RVEDV) を、2方向 cineangiogram から求めたそれと比較したものを Fig. 3 に示す。断層エコーから求めた RVEDV は、cineangiogram から求めたものの約 1/2 と小さく算出されていたが、 $r=0.82$ の正相関を認めた。

Fig. 4 は、流入路部分は2方向 area-length 法で、流出路部分は1方向 area-length 法で算出した RVEDV を cineangiogram から求めたそれと比較したものである。前に示した Simpson 法と area-length 法の併用法とほぼ同様で、 $r=0.81$ の正相関を示した。

Fig. 5 に four-chamber view のみを用いて1方向 Simpson 法で求めた RVEDV と、cineangiogram から求めたそれとを比較したものを示す。両者の相関は $r=0.50$ であった。

次に右室収縮末期容積 (RVESV) に関しても同

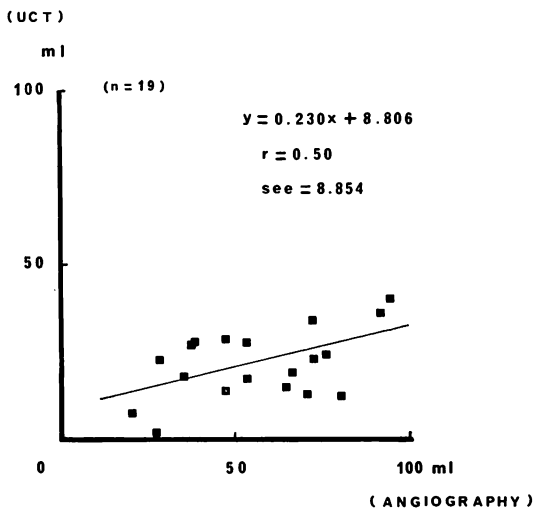


Fig. 5. A comparison of RVEDV measured by 2-DE (UCT) and cineangiography.

RVEDV is obtained using 4-chamber view alone by area-length method. There is a poor correlation between the two.

様に比較検討した (Fig. 6). 最上段に示す Simpson 法と area-length 法の併用法(流入路部分を2方向 Simpson 法で、流出路部分を1方向 area-length 法で求めて加える方法)では $r=0.72$, 中段の area-length 法と area-length 法(流入路部分を2方向 area-length 法で、流出路部分を1方向 area-length 法で求めて加える方法)で行ったものでは $r=0.69$, 最下段の four-chamber view から1方向 area-length 法で行ったものでは $r=0.32$ であった。

右室駆出率 (RVEF) を前述の3通りの方法で断層心エコー図より求め、2方向 cineangiogram より算出した RVEF と比較すると、Fig. 7 に示すごとくである。最上段の Simpson 法と area-length 法の併用法では $r=0.55$, 中段の area-length 法と area-length 法では $r=0.56$, 最下段の four-chamber view から1方向 area-length 法を用いて行う方法では $r=0.45$ を示した。

次に断層心エコー図記録者間の違いによる RV容積の誤差を検定する目的で、6例の被検者を A, B 2人の記録者が記録し、それらを基にして求めた RV-volume を比較してみた (Fig. 8). 両者の差が、求められた volume のうち大きいほうに占める割合は、RVEDV では 0.4~12.2%, 平均 5.3%, RVESV では 5.3~23%, 平均 12.2%, RVEF では 2.4~16.8%, 平均 10.8% であった。

考 案

以上の相関係数の値を表にまとめてみると、Table 2 に示すごとくになる。RVEDV に関しては、Simpson 法と area-length 法の併用法で $r=0.82$, 2-DE と angio での area-length 法で $r=0.81$ と、比較的良好な相関を認めた ($p<0.01$). Four-chamber view 1方向のみでは $r=0.50$ と弱い相関となった ($p<0.05$). RVESV に関してみると、Simpson 法と area-length 法併用法, 2-DE と angio での area-length 法では有意の相関を示した ($p<0.01$) が、four-chamber view の1方向では有意の相関は認められなかった。右室駆

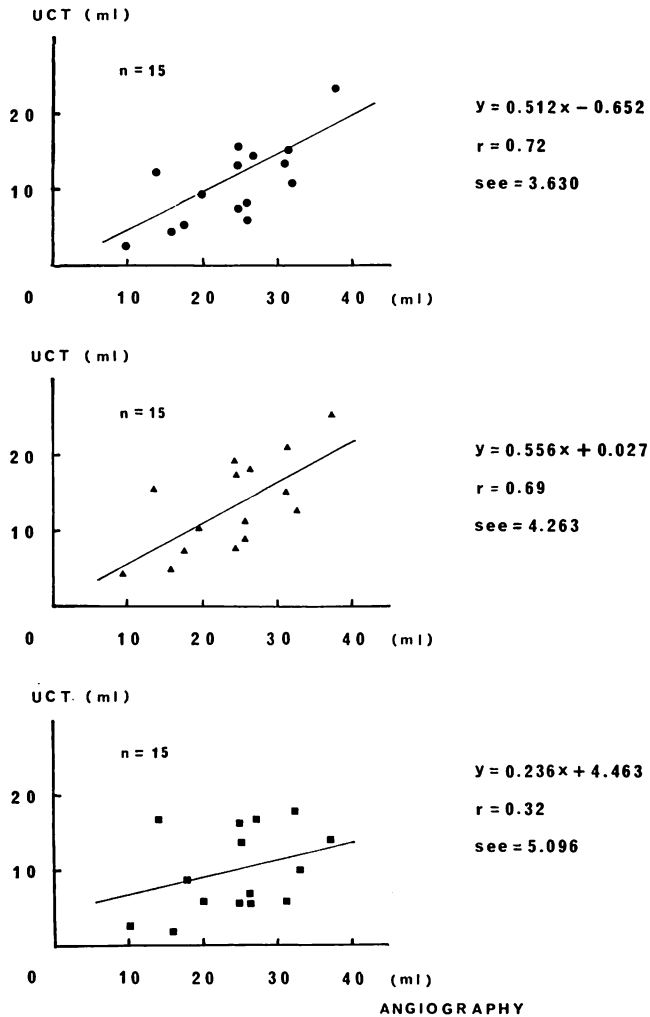


Fig. 6. Comparisons of RVESV measured by 2-DE (UCT) and cineangiography.

Upper panel; RV sinus portion: Simpson's method, RV outflow portion: area-length method.

Middle panel; RV sinus portion: area-length method, RV outflow portion: area-length method.

Lower panel; RV sinus portion: area-length method by using 4 chamber view alone.

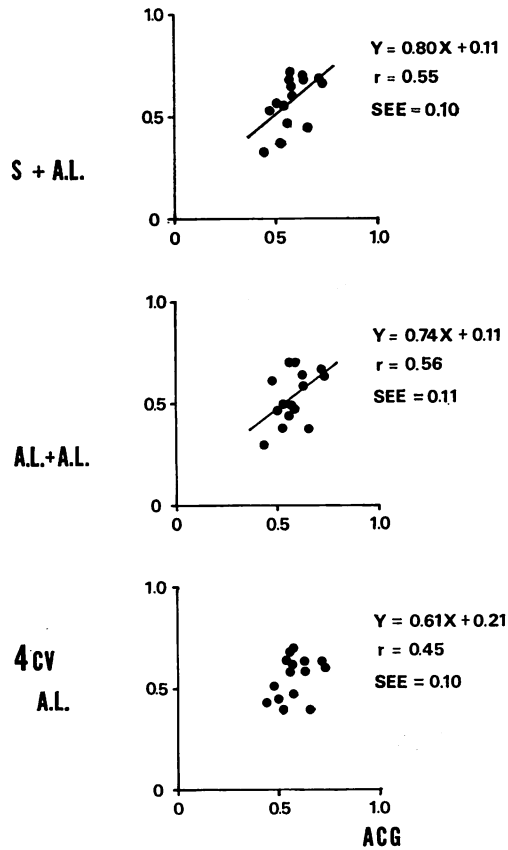


Fig. 7. Comparisons of RVEF calculated by 2-DE (UCT) and cineangiography.
 Upper panel; RV sinus portion: Simpson's method, RV outflow portion: area-length method.
 Middle panel; RV sinus portion: area-length method, RV outflow portion: area-length method.
 Lower panel; RV sinus portion: area-length method by using 4 chamber view alone.

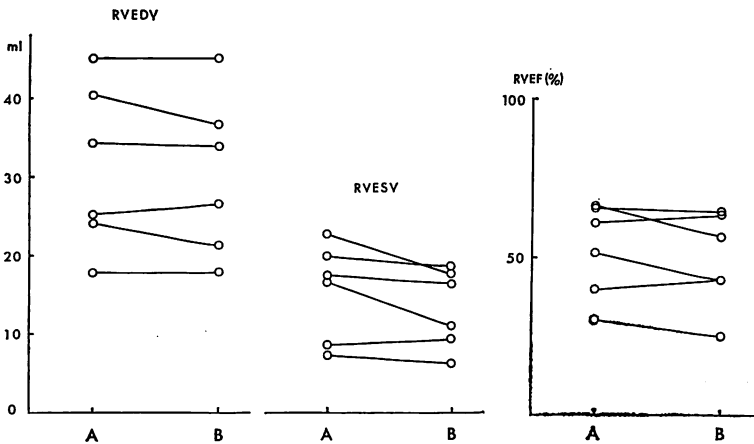


Fig. 8. Difference in calculated RV volume between examiner A and B.

Table 2. Correlation coefficient (2-DE vs angiographic method)

	RVEDV n=19	RVESV n=15	RVEF n=15
2 views			
S+A	.82*	.72*	.55**
A+A	.81*	.69*	.46
1 view			
(4CV) A	.50**	.32	.45

* p<0.01; ** p<0.05

S=Simpson; A=area-length

出率 (RVEF) に関しては Simpson 法と area-length 法併用法で弱い相関を認めた (p<0.05) のみで, 他は有意の相関を認めなかった。

小児科領域では, その特殊性にかんがみ, 肋骨弓下から RAO view に相当する view を比較的容易に断層心エコー図でとらえることができ, これを基にして, 流入路部, 流出路部を含んだ右室容積の計測を非侵襲的に行うことが可能である。今回の我々の成績では, cineangiogram から求めた右室容積との相関係数は現在までに報告されている諸家のものと大差はない¹⁻⁹⁾。しかし, 特に小児科領域の先天性心疾患における右室の大きな形状変化や, 手術後における右室流出路の拡大や狭小化などに対しては, より正確な, 非侵襲的計測法となり得ると思われる。

今回の成績からみると, RVEDV に関してはある程度定量的に用いることも可能であると思われる。RVEF に関しては, EF 低下の症例が少なかったため, 今回の成績では明らかではないが, 2 例の EF 低下例では, 断層心エコー図法でも, シネアングリオでも同様の傾向を示していたことより, 定性的には十分使用できるものと考えられる。

今後さらに症例を積み重ねて, 臨床応用についても検討を続けたい。

文 献

- 1) Bommer W, Weinert L, Neumann A, Neff J, Muson DT, DeMaria A: Determination of right atrial and right ventricular size by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **60**: 91-100, 1979
- 2) Watanabe T, Katsume H, Matsukubo H, Furukawa K, Kitamura M, Kohno Y, Kuribayashi T, Ijichi H: Estimation of right ventricular volume by two-dimensional echocardiography. *Jpn Circulat J* **45**: 923, 1981 (abstract)
- 3) Hagiwara H, Wakamatsu T, Yano T, Hara H, Uzawa H: Two-dimensional echocardiographic measurement of right ventricular volume. *Jpn Circulat J* **45**: 923, 1981 (abstract)
- 4) Saito A, Ueda K, Nakano H: Right ventricular volume determination by two-dimensional echocardiography. *J Cardiology* **11**: 1159-1168, 1981
- 5) Hiraishi S, Jarmakani JM, Disessa TG, Nakanishi T, Isabel-Jones JB, Friedman WF: Simplified angiographic right ventricular volume methods, applicable to echocardiography in children with congenital heart disease. *Circulation* **64**: IV-18, 1981 (abstract)
- 6) Silverman NH, Hudson S: Right ventricular ejection fraction in children by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **64**: IV-167, 1981 (abstract)
- 7) Ninomiya K, Duncan WJ, Cook DH, Olley PM, Rowe RD: Right ventricular ejection fraction and volumes after Mustard repair: Correlation of two-dimensional echocardiograms and cineangiograms. *Am J Cardiol* **48**: 317-324, 1981
- 8) Shimazaki Y, Kitamura S, Hata S, Nakano S, Ihara K, Yagihara T, Satoh S, Kishimoto H, Ogawa M, Kawashima Y: Right ventricular volume estimation by two-dimensional echocardiogram. *J Cardiology* **11**: 187-198, 1981