

超音波パルス・ドップラー  
法による各種右室負荷疾患  
の右心拡張動態評価

Diastolic right ventri-  
cular hemodynamics in  
right ventricular over-  
loads assessed by pulsed  
Doppler echocardiogra-  
phy

富永 俊彦  
大木 崇  
大櫛日出郷  
石本 武男  
内田 知行  
香川 哲也  
河野 和弘  
福田 信夫  
森 博愛

Toshihiko TOMINAGA  
Takashi OKI  
Hidesato OKUSHI  
Takeo ISHIMOTO  
Tomoyuki UCHIDA  
Tetsuya KAGAWA  
Kazuhiro KAWANO  
Nobuo FUKUDA  
Hiroyoshi MORI

**Summary**

To assess right ventricular (RV) filling dynamics, RV inflow velocity patterns of pulsed Doppler echocardiograms and jugular pulse tracings were analyzed in 59 patients with various types of RV overloads and in 20 normal subjects. The patients were classified as (1) RV volume overload group (RVVO) consisting of 25 patients with atrial septal defect (ASD) without pulmonary hypertension (PH), (2) RV pressure overload group consisting of 26 patients including 12 with primary pulmonary hypertension (PPH), eight with mitral stenosis, three with pulmonary stenosis and three with cor pulmonale, and (3) RV volume and pressure overload group consisting of eight patients with ASD and PH. The acceleration time (AT), deceleration time (DT) and the A/D ratio were measured from the RV inflow velocity patterns, and v-y interval and the y/H ratio were measured from jugular pulse tracings.

The results were as follows:

1. AT was significantly prolonged in groups with pressure overload as well as pressure and volume overload compared with that of the normal controls.
2. DT was significantly prolonged in all overload groups compared with that of the normal controls except for PPH, and was particularly prolonged in the group with pressure overload.
3. The A/D ratio was significantly increased in all overload groups, particularly in the groups with pressure overload.

徳島大学医学部 第二内科  
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, University of Tokushima, Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770

Received for publication December 17, 1987; accepted March 2, 1988 (Ref. No. 32-K7)

4. In patients with volume overloads, the v-y interval was longer and the y/H ratio was higher than in the normal controls. RVVO shifted to the right and superiorly. The reverse was true in the pressure overload group, and the high ratios were observed in the remainder.

5. In 12 patients with ASD evaluated pre- and postoperatively, AT, DT and the A/D ratio were restored to normal after surgery.

These findings suggest that RV volume overload was characterized not only by increased inflow velocity during the rapid filling period, but prolongation of this period and compensatory increase of atrial inflow velocity. However, the pressure overload group had disturbed rapid filling and a decrease in end-diastolic RV compliance. The group with both pressure and volume overloads was between the two.

In conclusion, the mode of RV filling in patients with RV overload showed various patterns depending on the type of overload. The RV inflow velocity pattern recorded by pulsed Doppler echocardiography is of use in discriminating these varieties.

**Key words**

Pulsed Doppler echocardiography      Right ventricular inflow velocity pattern      Right ventricular overload

はじめに

心室の拡張動態を臨床的に評価するには、その圧・容積関係を分析することが最も良いとされている。左心系におけるそれは、シネアンジオ、RIアンジオあるいは心エコー図法による左室容積計測と心室内圧の同時記録により行われているが<sup>1,2)</sup>、右心系では右室の特異な geometry のため、その容積変化の正確な計測は困難であり、事実、右室拡張動態に関する検討はあまりなされていないのが現状である。

近年、左室拡張動態を非観血的に評価する方法として、超音波パルス・ドップラー法で得られる左室流入血流速度波形を分析することの有用性が報告されている<sup>3,4)</sup>。一方、右室流入血流速度波形を用いた同様の検討は散見されるものの<sup>5,6)</sup>、系統的分析はなされていない。

本研究の目的は、成人における各種右室負荷疾患の右室流入血流速度波形を分析することにより、それぞれの右室拡張動態異常の評価を行うことにある。

対象および方法

対象は心房中隔欠損症 (atrial septal defect: ASD) 33 例, 原発性肺高血圧症 (primary pulmo-

**Table 1. Subjects**

Subjects	No. of cases	Age (yrs)
Normals	20	35±11
RV volume overload		
ASD without PH (mPAP<20 mmHg)	25	36±16
RV pressure overload		42±15
Primary PH	12	
Mitral stenosis	8	
Pulmonary stenosis	3	
Cor pulmonale (mPAP≥25mmHg or RVSP≥40 mmHg)	3	
RV volume and pressure overloads		
ASD with PH (mPAP≥25 mmHg)	8	44±17
Total	79	

RV=right ventricle; ASD=atrial septal defect; PH=pulmonary hypertension; mPAP=mean pulmonary artery pressure; RVSP=right ventricular systolic pressure.

nary hypertension: PPH) 12 例, 僧帽弁狭窄症 (mitral stenosis: MS) 8 例, 肺動脈弁狭窄症 (pulmonary stenosis: PS) 3 例, 肺性心 (cor pulmonale: CP) 3 例, および健常成人 20 例の計

79例である。これらを右室の血行動態的特徴により、以下の4群に分類した (Table 1)。

正常群：超音波および心音図検査において異常を認めない健常成人 20例 (34±11歳)。

右室容量負荷群：肺高血圧を伴わない ASD 25例 (36±16歳)。右心カテーテル法を施行した16例では、平均肺動脈圧 (mean pulmonary artery pressure : mPAP) は 20 mmHg 未満で (mPAP 15.5±2.5 mmHg)、残り 9例は超音波および心音図検査上、明らかな肺高血圧所見を示さないことから本群に含めた。

右室圧負荷群：mPAP が 25 mmHg 以上、あるいは右室収縮期圧 (right ventricular systolic pressure : RVSP) が 40 mmHg 以上の PPH 6例、MS 8例、PS 3例と、右心カテーテル検査を施行していないが、超音波および心音図検査上

明らかな肺高血圧の存在が示唆された PPH 6例および肺性心 3例を含む計 26例 (42±15歳、mPAP 40.6±9.8 mmHg)。

右室容量兼圧負荷群：mPAP が 25 mmHg 以上の ASD 8例 (44±17歳、mPAP 32.3±7.7 mmHg)。

以上の全例に、超音波パルス・ドップラー法を用いて右室流入血流速波形を記録し、また頸静脈波も記録した。

超音波パルス・ドップラー装置は、ATL 製 500A 型血流計と東芝製超音波断層装置 SSH-11A の複合システムを用いた。右室流入血流速波形の記録は、傍胸骨第4あるいは5肋間からのアプローチにて、三尖弁口にサンプル部位を設定し、紙送り速度 50 mm/sec で行った。右室流入血流速波形より、拡張早期波 (D 波) の基線から

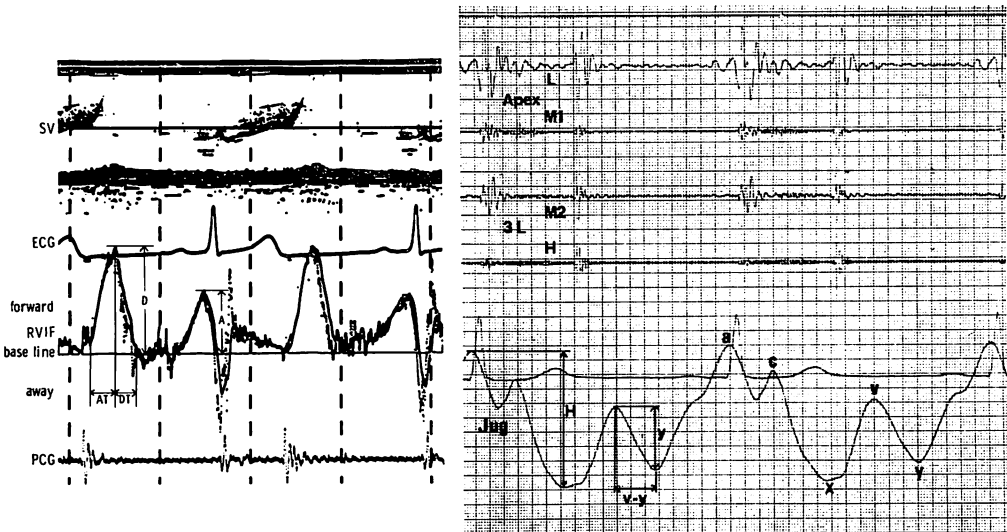


Fig. 1. Pulsed Doppler echocardiogram (left) and jugular phlebogram (right) for the analysis of various parameters.

Left panel: SV=sample volume; ECG=electrocardiogram; RVIF=right ventricular inflow; PCG=phonocardiogram; D=amplitude of an early diastolic wave; A=amplitude of an atrial contraction wave; AT=acceleration time from baseline to the peak velocity of an early diastolic wave; DT=deceleration time from the peak velocity to baseline of an early diastolic wave.

Right panel: Jug=jugular pulse tracing; H=amplitude of a total reflection; y=amplitude from the peak of v wave to the nadir of y descent; v-y=interval from the peak of v wave to the nadir of y descent.

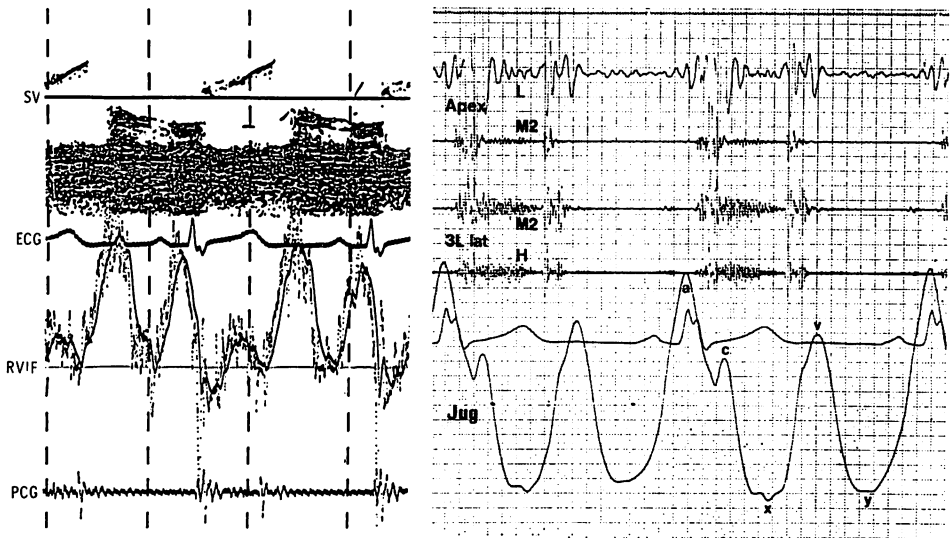


Fig. 2. Right ventricular inflow velocity pattern and jugular pulse tracing in a patient of atrial septal defect without pulmonary hypertension.

DT is slightly prolonged and the A/D ratio is increased compared with that of the normal subjects. The v-y interval is prolonged and the y/H ratio is markedly increased compared with that of the normal subjects.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 1.

ピークに達するまでの時間を加速時間 (acceleration time: AT), ピークから基線あるいは変曲点に減速するまでの時間を減速時間 (deceleration time: DT), および心房収縮波 (A 波) と D 波のピーク速度の比 A/D を計測した (Fig. 1 左). 各計測値は呼期終末 3 心拍の平均値として求め, AT および DT については, 心拍数の影響を考慮して,  $\sqrt{RR}$  で補正した値を用いた.

頸静脈波の記録には脈波用ピックアップは TY 303 を用い, 記録器はエレマ製 8 素子ミンゴグラフを用いた. 頸静脈波形より, v 波のピークから y 谷の nadir までの時間を v-y 時間 ( $\sqrt{RR}$  で補正), v 波のピークから y 谷の nadir までの波高の全波高に対する比を, y/H として計測した (Fig. 1 右).

さらに, ASD の 12 例では術前後の右室流入血流速度波形の諸指標を対比検討した.

各群における代表例の右室流入血流速度波形およ

び頸静脈波形を Figs. 1~4 に示す.

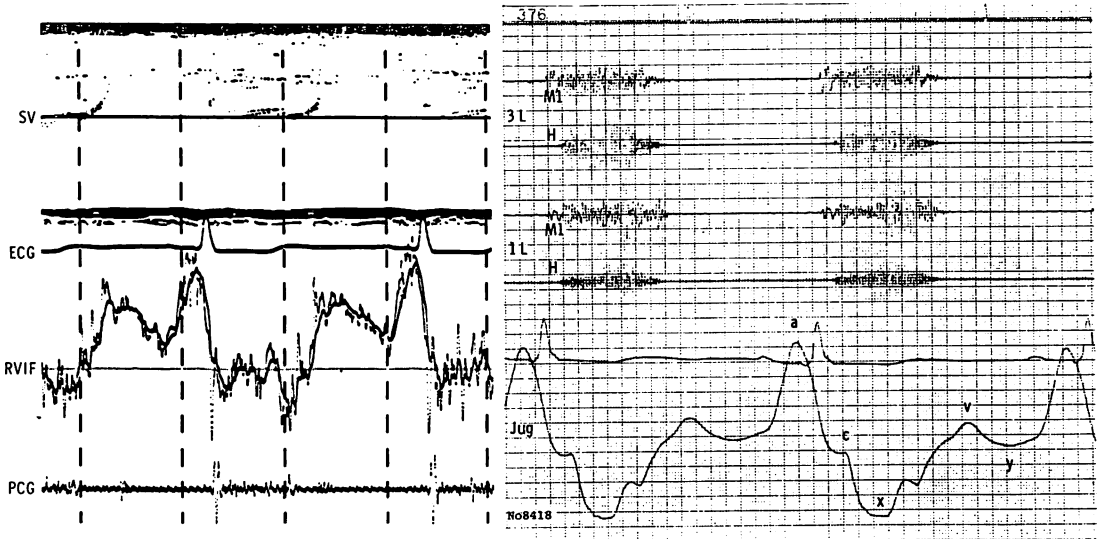
## 結 果

### 1. 加速時間 (acceleration time: AT) (Fig. 5)

右室容量負荷群の AT ( $130 \pm 12$  msec) は正常群 ( $120 \pm 18$  msec) と有意差を認めなかった. 右室圧負荷群 ( $133 \pm 20$  msec) および右室容量兼圧負荷群 ( $145 \pm 34$  msec) では, いずれも正常群に比べて有意な AT 延長を示したが (各  $p < 0.05$ ), その程度は軽度であった.

### 2. 減速時間 (deceleration time: DT) (Fig. 6)

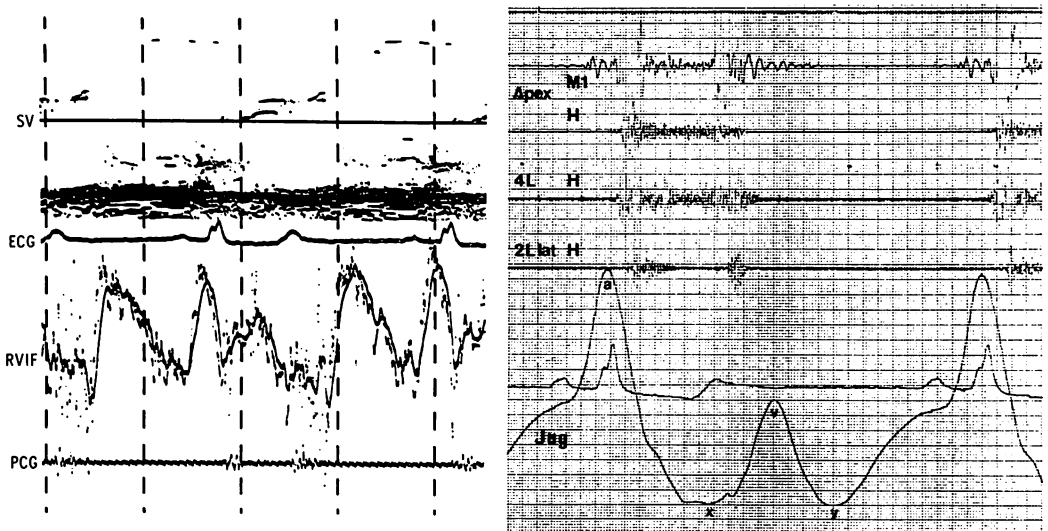
右室容量負荷群 ( $160 \pm 22$  msec), 右室圧負荷群 ( $160 \pm 42$  msec) および右室容量兼圧負荷群 ( $189 \pm 61$  msec) では, いずれも正常群 ( $127 \pm 14$  msec) に比べて有意な DT 延長を示した (各  $p < 0.01$ ). 右室容量兼圧負荷群では, 右室容量負荷群に比べて有意な DT 延長を示した ( $p < 0.05$ ). また, 右室圧負荷群のうち, PPH 12 例の DT ( $132 \pm$



**Fig. 3. Right ventricular inflow velocity pattern and jugular pulse tracing in a patient with pulmonary stenosis.**

Slight prolongation of AT, marked prolongation of DT, marked increase of A/D and marked decrease of the y/H ratio are noted.

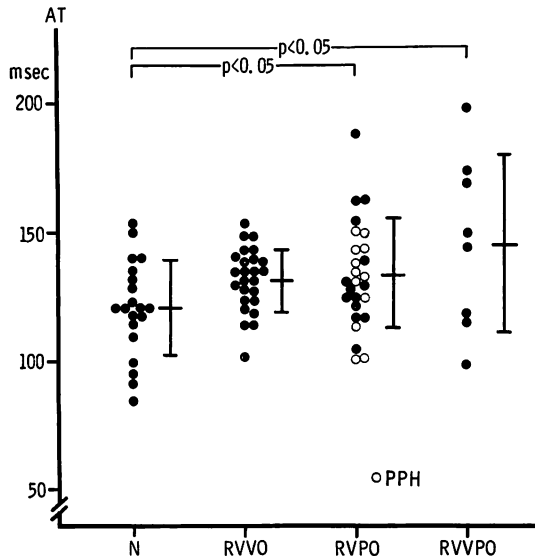
Abbreviations are the same as shown in Fig. 1.



**Fig. 4. Right ventricular inflow velocity pattern and jugular pulse tracing in a patient with atrial septal defect and pulmonary hypertension.**

DT is markedly prolonged, the A/D ratio is increased and v-y interval is prolonged. Both patterns show distinct differences compared with those of Fig. 2.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 1.



**Fig. 5. Acceleration time (AT) in the normal subjects and in various right ventricular overload groups.**

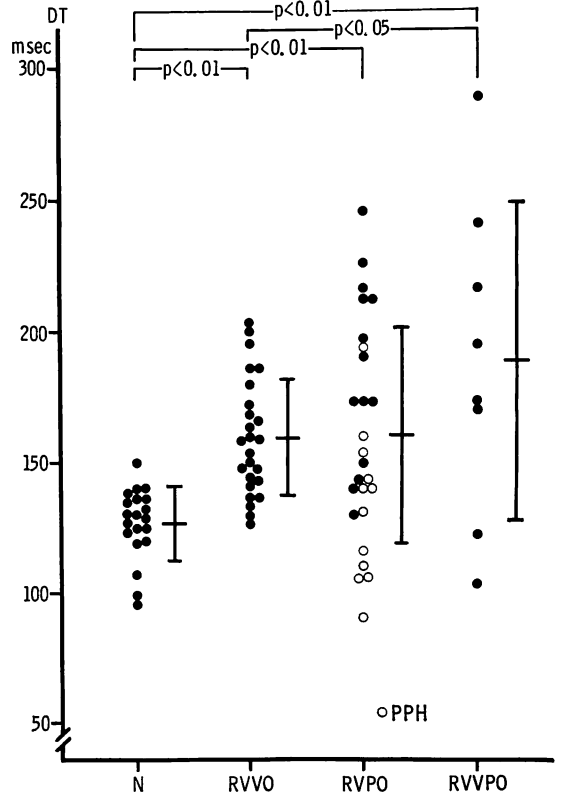
ATs of RVPO and RVVPO groups are significantly prolonged compared with those of the normal subjects (N).

PPH=primary pulmonary hypertension; N=normal group; RVVO=right ventricular volume overload group; RVPO=right ventricular pressure overload group; RVVPO=right ventricular volume and pressure overload group.

29 msec) は比較的低値を示し (Fig. 7), 正常群との間に有意差を認めなかった. 三尖弁逆流を伴う PPH 5 例の DT ( $110 \pm 19$  msec) は, 三尖弁逆流を伴わない PPH 7 例 ( $147 \pm 28$  msec) に比べ, 低値を示した ( $p < 0.01$ ).

### 3. A/D (Fig. 8)

右室容量負荷群 ( $0.80 \pm 0.15$ ), 右室圧負荷群 ( $1.15 \pm 0.29$ ) および右室容量兼圧負荷群 ( $1.01 \pm 0.16$ ) では, 正常群 ( $0.61 \pm 0.11$ ) に比べ, A/D の有意な増高を示し (各  $p < 0.01$ ), 右室圧負荷群および右室容量兼圧負荷群の A/D は右室容量負荷群に比べて有意な増高を示した (各  $p < 0.01$ ). また, PPH の A/D ( $1.14 \pm 0.33$ ) は, 他の右室圧負荷例と差がなかった.



**Fig. 6. Deceleration time (DT) in the normal subjects and in various right ventricular overload groups.**

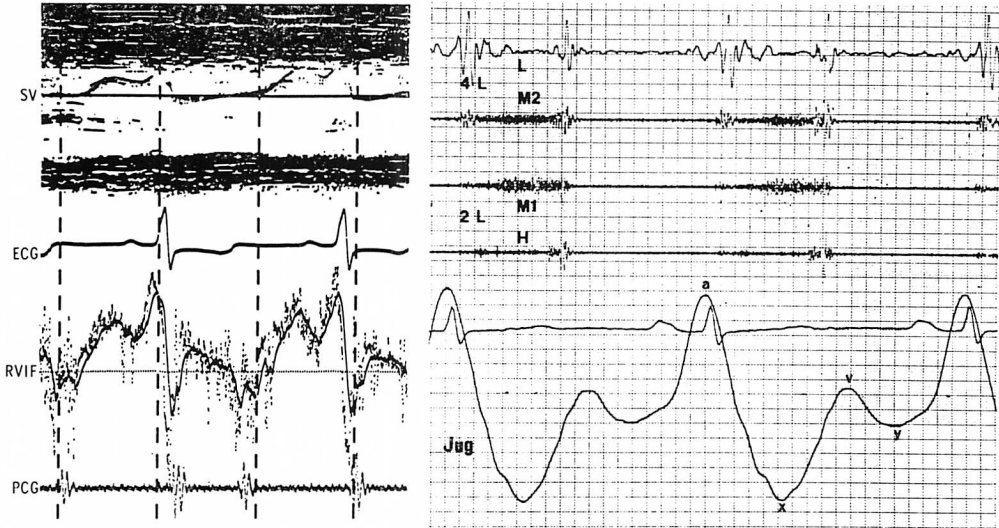
DTs of right ventricular overload groups are significantly prolonged compared with those of the normal subjects.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 5.

### 4. v-y 時間および y/H 比

右室容量負荷群 ( $151 \pm 46$  msec) および右室容量兼圧負荷群 ( $177 \pm 71$  msec) の v-y 時間は, 正常群 ( $116 \pm 23$  msec) および右室圧負荷群 ( $111 \pm 43$  msec) に比べて有意な延長を示した (各  $p < 0.01$ ). 右室容量負荷群の y/H ( $0.59 \pm 0.17$ ) は, 正常群 ( $0.35 \pm 0.11$ ), 右室圧負荷群 ( $0.25 \pm 0.14$ ) および右室容量兼圧負荷群 ( $0.38 \pm 0.12$ ) に比べて有意に大であった (各  $p < 0.01$ ).

各群の v-y 時間と y/H 比との関係を Fig. 9 に示す. 右室容量負荷群は正常群に比べて右上方



**Fig. 7. Right ventricular inflow velocity pattern and jugular pulse tracing in a patient with primary pulmonary hypertension.**

The A/D ratio is markedly increased, but DT is normal. The y/H ratio is decreased. Abbreviations are the same as shown in Fig. 1.

に、右室容量兼圧負荷群は正常群に比べて右方に、右室圧負荷群は正常群に比べて下方に位置した。

#### 5. 心拍数

各群の心拍数は、正常群  $61 \pm 10$ /分、右室容量負荷群  $64 \pm 8$ /分、右室圧負荷群  $60 \pm 14$ /分、右室容量兼圧負荷群  $60 \pm 6$ /分であり、各群間に有意差を認めなかったが、右室圧負荷群のうち PPH 12 例の心拍数 ( $74 \pm 14$ /分) は、PPH を除く圧負荷例 ( $58 \pm 11$ /分) および他の 3 群に比べ、有意に大であった (各  $p < 0.05$ )。

#### 6. 平均肺動脈圧 (mPAP) と AT, DT および A/D との関係

心カテーテル検査を施行した症例のうち、PS 3 例を除く 30 例における mPAP は A/D との間に  $r = 0.63$  ( $p < 0.01$ ) の正相関を認めたが (Fig. 10), AT および DT との間には有意な相関がみられなかった。

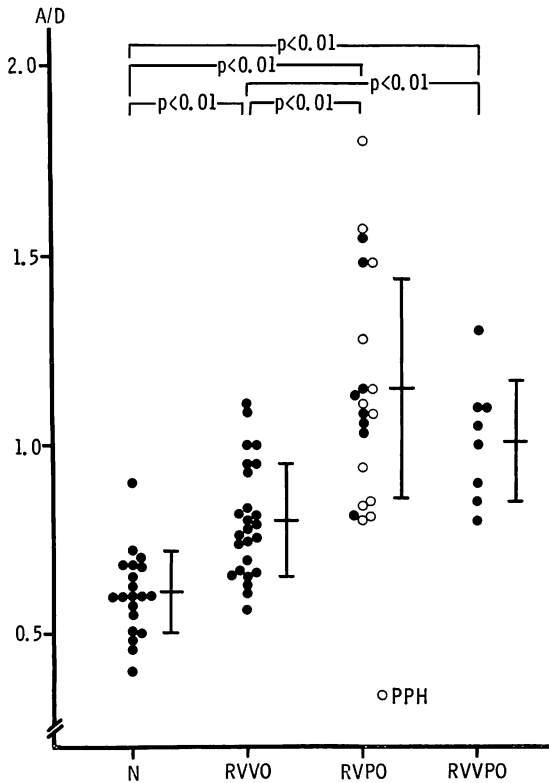
#### 7. ASD における術前後の右室流入血流速度波形の対比

術前後の右室流入血流速度波形を対比しえた

ASD 12 例において、AT は術前  $135 \pm 18$  msec から術後  $115 \pm 16$  msec に、DT は  $163 \pm 46$  msec から  $125 \pm 16$  msec に、A/D は  $0.84 \pm 0.16$  から  $0.64 \pm 0.16$  にそれぞれ有意な短縮あるいは減高を示した (各  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) (Fig. 11)。また、術後の各値は正常群と有意差を認めなかった。

#### 考 察

超音波パルス・ドップラー法を用いて得られる右室流入血流速度波形は、左室のそれと同様、洞調律例では基本的に拡張早期波と心房収縮期波の 2 峰性パターンを示す。しかしながら、浅井ら<sup>7)</sup>は、正常例における右室流入血流速度波形の拡張早期波の減速時間 (DT) は左室のそれに比べて明らかに延長し、心房収縮波と拡張早期波のピーク速度の比 (A/D) は右室においてより低いことを報告している。このように両心室の拡張特性には差異を認める可能性があり、本研究では各種右室負荷疾患における右室拡張動態異常が、左心系と同様の



**Fig. 8. A/D ratio in the normal subjects and various right ventricular overload groups.**

The A/D ratio of right ventricular overload groups, particularly of RVPO and RVVPO groups, is significantly increased compared with those of the normal subjects.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 5.

様式を示すか否かという点もふまえ、種々病態における右室流入血流速度波形の分析を試みた。

左室の容量負荷病態下では、拡張早期における左室充満の増大することが知られている<sup>8)</sup>。右室容量負荷病態については、中野ら<sup>9)</sup>がカテテル先端型電磁血流計を用いて経三尖弁口血流を計測し、小児期 ASD では正常例に比べ、拡張早期波のピーク速度の著しい増大とピークに達するまでの時間の短縮がみられることより、本症における急速流入血流の絶対的および相対的増大を指摘している。また、大和ら<sup>5)</sup>もパルス・ドップラー法

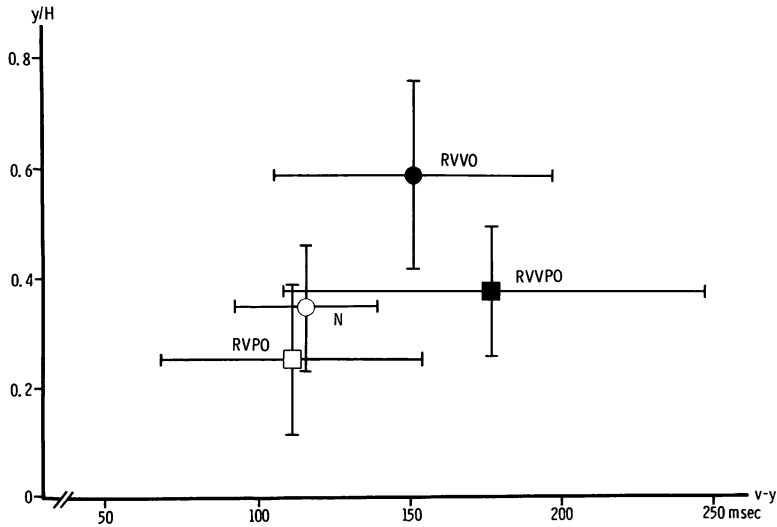
を用いて同様の結果を報告している。

一般に、肺高血圧を伴わない ASD においては、本来の右房室血流に収縮期の左右シャント血流が加わるため、拡張早期の経三尖弁口血流は正常に比べて増大することが考えられる。今回の検討では、右室容量負荷群の AT は正常群と差がなかったが、DT は明らかな延長を、A/D は増大を示した。DT は拡張早(中)期の心室充満圧による受動的拡張と密接な関係にあると考えられている。左室流入血流速度波形における DT の延長は、肥大心や虚血性心疾患のような拡張期左室コンプライアンス低下例に認められるが<sup>3,10,11)</sup>、今回の ASD における右室流入血流速度波形の DT 延長、あるいは急速流入時間の延長については、ややその機序が異なると思われる。

ASD における心房レベルの左右短絡は、心室の収縮中期から拡張末期にかけて生じ、そのピークは収縮末期、拡張(早)中期、拡張末期の3ないし4峰性を示すとされている<sup>12-14)</sup>。したがって、これらの時相における短絡血流量が、右室流入血流動態に影響を与えている可能性は十分に考えられる。頸静脈波上、ASD では y/H の増大と v-y 時間の延長を認め、前者は右室急速流入量の増大を示唆し、後者は右室急速充満時間の延長と考えられている<sup>15)</sup>。以上の点を総合すると、ASD では、急速流入期の著明な房室血流量を、流入速度の増大のみでなく、急速流入時間の延長、すなわち DT の延長により処理するものと思われ、この所見は本症にしばしば聴取される相対的三尖弁狭窄雑音(Carey Coombs 様雑音)と符合するものであろう。

一方、ASD では心房収縮期の右室流入量、および流入速度の増大も指摘されているが<sup>9)</sup>、拡張早期流入血流速度との比(A/D)については、中野ら<sup>9)</sup>は小児では正常と差がないと報告しており、われわれの成績とは異なる結果を示した。Parikhら<sup>16)</sup>は本症における心房圧波形の v 波と a 波および年齢との関連性を検討し、成人では小児に比べて右房圧の v 波は a 波より相対的に小さく、

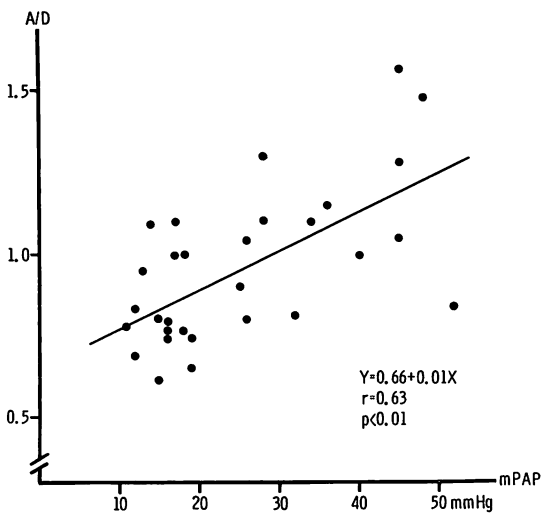




**Fig. 9. Relationship between v-y interval and the y/H ratio in the normal subjects and various right ventricular overload groups.**

The relationship of the RVVO group shifts to the right and superiorly, and that of the RVVPO, to the left and inferiorly compared with that of the normal subjects.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 5.



**Fig. 10. Relationship between mean pulmonary artery pressure and the A/D ratio in various right ventricular overloads.**

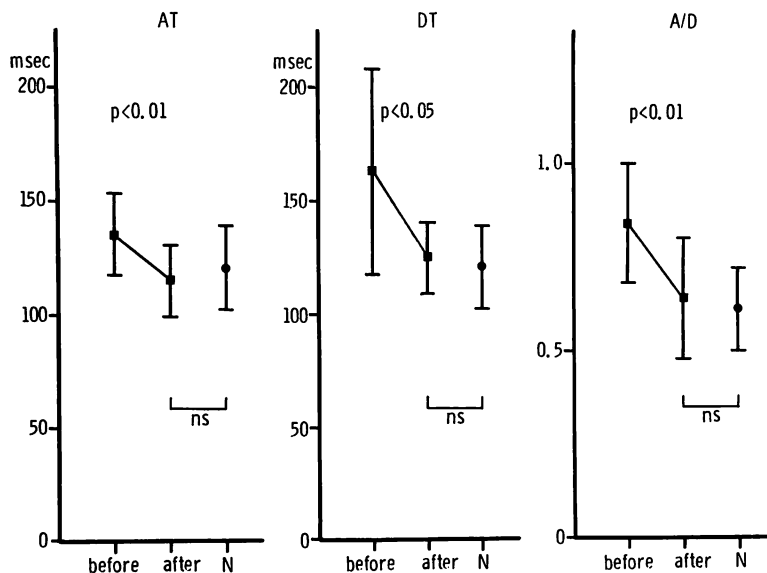
There is a significant positive correlation between mPAP and the A/D ratio.

mPAP=mean pulmonary artery pressure.

左房圧の a 波が相対的に大きいことから、拡大した右室のコンプライアンスの経年的変化により、左右短絡の systolic phase flow が減少していることを指摘している。

今回の ASD における手術前後の検討では、術前に比べて術後には AT, DT および A/D はそれぞれ短縮および減少を示し、正常群と差を認めなかった。したがって、成人 ASD の一部の例では経年的変化による右室心筋の拡張障害も予測されるが、ほとんどの例では拡張期における右室室血流の増大が右室流入血流速波形に変化を与えているものと思われる。すなわち、DT の延長は前述の機序で説明でき、A/D の高値は増大した右室流入血流量に対する相対的な右室のコンプライアンス低下、あるいは拡張早期で処理できない右房内血流量を、心房収縮により代償する表現と考えてよい。

右室圧負荷群では、AT および DT の延長から、拡張早(中)期における右室流入の障害が示唆



**Fig. 11. Changes in acceleration time, deceleration time and the A/D ratio before and after cardiac surgery in patients with atrial septal defect.**

AT=acceleration time; DT=deceleration time; before=before surgery; after=after surgery; ns=not significant; N=normal subject.

されるが, AT よりも DT の延長がより著明であった. これは圧負荷による拡張早(中)期流入障害には, DT がよりよい指標であることを示している. y/H の低値は拡張早期右室流入量の減少を示唆し, 本群では拡張早期の右室流入量の減少, および流入時間の延長が認められた. また, A/D の著しい高値から, 心房収縮期における右室流入血液量の相対的増大が考えられる. これは左心における圧負荷例の左室流入血流速度波形と同様の結果であり<sup>9)</sup>, A/D が mPAP と正相関を示すことも加味すると, 右心においても, 後負荷増大により, 拡張早期右室伸展性の障害と拡張末期コンプライアンスの低下が存在すると考えられた.

しかし, 右室圧負荷群のうち PPH 例では, 他の圧負荷例に比べて DT は短く, 正常群と有意差を認めなかった. その理由として, 本症では他の疾患群より心拍数が多いこと, 三尖弁逆流を合併する例が, それを合併しない例よりも, DT の短縮を認めることが考えられる. したがって, 拡

張早期の右室充満を評価する際には, PPH は他の圧負荷例と分けて考えるべきであり, 多数例での今後の検討が待たれる.

右室容量兼圧負荷群では, DT および A/D は容量負荷群より有意に延長, かつ増大を示した. この結果は, ASD では肺高血圧の合併により, 拡張早期右室充満の障害, および心房収縮期における代償的流入血液量の増大が出現することを示している. 一般に, ASD では肺高血圧を伴うに従い, 右室コンプライアンスは減少し, ひいては心房レベルの左右短絡血液量の減少を招来する. 本群の y/H が容量負荷群より小さいことも, これらのことを反映していると考えられる. 一方, 本群の v-y 時間は圧負荷群より延長しており, 急速流入期のピーク速度は正常より増大傾向にあるという報告<sup>9)</sup>から考えても, 拡張期流入血液量は圧負荷群に比べて多いと思われる. したがって, 本群における DT の延長および A/D の増大は, 後負荷の程度を反映したものと考えられ, ASD

に合併する肺高血圧の評価に有用と思われた。

以上のように、パルス・ドップラー法を用いて右室流入血流速度波形を検討することにより、各種右室負荷疾患の右室拡張動態の特徴を把握することができるが、特に容量負荷例における DT および A/D は、圧負荷例のそれらと臨床的意義が異なることに注意する必要がある。

## 要 約

各種右室負荷疾患の右室拡張動態を評価する目的で、正常群 20 例、右室容量負荷群 25 例、右室圧負荷群 26 例および右室容量兼圧負荷群 8 例の計 79 例に、パルス・ドップラー法より得た右室流入血流速度波形および頸静脈波を記録し、以下の結論を得た。

1. 拡張早期波から得た加速時間 (AT) は、圧負荷群および容量兼圧負荷群では正常群に比べて延長を示したが、容量負荷群では正常群と差を認めなかった。
2. 拡張早期波から得た減速時間 (DT) は、各右室負荷群では正常群に比べて有意な延長を示し、圧負荷群および容量兼圧負荷群では容量負荷群に比べて有意な延長を示した。また、原発性肺高血圧症 12 例の DT は他の圧負荷例に比べて短く、正常群と差を認めなかった。
3. 心房収縮波と拡張早期波のピーク速度の比 (A/D) は、各右室負荷群では正常群に比べて有意な増大を示し、圧負荷群および容量兼圧負荷群では容量負荷群に比べて有意な増大を示した。
4. 頸静脈波から得られた v-y と y/H の関係では、正常群に比べて容量負荷群は右上方に、圧負荷群は下方に、容量兼圧負荷群は右方に位置した。
5. 容量負荷および容量兼圧負荷群の内、手術前後の比較をし得た 12 例では、術後において AT, DT および A/D は正常に復した。
6. 以上の所見から、右室容量負荷群では増加した房室間血液量を拡張早期流入速度の増大のみでなく、流入時間の延長および心房収縮期流入血

液量の増加により処理していることが示された。一方、右室圧負荷群では拡張早期右室伸展性の障害と拡張末期コンプライアンスの低下が認められ、右室容量兼圧負荷群では上記両群の特徴が混在する血行動態を示した。したがって、右室容量負荷群と圧負荷群の DT および A/D はそれぞれにその臨床的意義が異なることが示唆された。

以上のように、右室負荷疾患の右室流入様式は病態により異なり、パルス・ドップラー法による右室流入血流速度波形の検討は、各種右室負荷病態の右室拡張動態の評価に有用と思われた。

## 文 献

- 1) Gaasch WH, Cole JS, Quinones MA, Alexander JK: Dynamic determinants of left ventricular diastolic pressure-volume relations in man. *Circulation* **51**: 317, 1975
- 2) Grossman W, McLaurin LP, Stefadouros MA: Left ventricular stiffness associated with chronic pressure and volume overloads in man. *Circ Res* **35**: 793, 1974
- 3) Matsuo H, Kitabatake A, Asao M, Terao Y, Mishima M, Senda S, Shimazu T, Tanouchi J, Abe H: Noninvasive evaluation of diastolic properties of the left ventricle by pulsed Doppler flowmetry combined with real-time two-dimensional echocardiography. *J Cardiogr* **10**: 697, 1980 (in Japanese)
- 4) Tominaga T, Oki T, Asai M, Ishimoto T, Okushi H, Uchida T, Kawano T, Kawano K, Fukuda N, Mori H: Non-invasive assessment of left ventricular filling during atrial systole by pulsed Doppler echocardiography and apexcardiography. *Jpn J Med Ultrasonics* **13**: 315, 1986 (in Japanese)
- 5) 大和眞史, 宮武邦夫, 岡本光師, 木下直和, 別府慎太郎, 朴 永大, 椿森省二, 榎原 博, 仁村泰治: 右室流入の超音波パルス・ドプラー法分析——右室負荷による変化について。日超医講演論文集 **41**: 353, 1982
- 6) 水重克文, 千田彰一, 森田久樹, 和田 茂, 三木茂裕, 高光義博, 島 匡美, 松尾裕英: 超音波パルス・ドプラー法による慢性肺疾患における右室流入血流速度パターンの解析。日超医講演論文集 **41**: 355, 1982
- 7) 浅井幹夫, 大木 崇, 竹村晴光, 富永俊彦, 大島千寿子, 村尾明之, 福田信夫, 坂井秀樹, 富田光子, 仁木敏晴, 森 博愛: 超音波パルス・ドプラー法によ

- る左室流入路血流パターンの正常値～特に加齢との関係について. 日超医講演論文集 **39**: 243, 1981
- 8) Gibson D, Brown DJ: Measurement of instantaneous left ventricular dimension and filling rate in man, using echocardiography. *Br Heart J* **35**: 1141, 1973
  - 9) 中野博行, 斎藤彰博, 上田 憲: 三尖弁血流速度による小児期心疾患の右室充満特性の評価. *呼吸と循環* **30**: 59, 1982
  - 10) Oki T, Asai M, Takemura H, Fukuda N, Sakai H, Tominaga T, Murao A, Ohshima C, Kusaka Y, Niki T, Mori H: Pulsed Doppler echocardiographic assessment of diastolic left ventricular hemodynamics in hypertrophic cardiomyopathy: Relationship between the mode of left ventricular filling and the distribution of left ventricular hypertrophy. *J Cardiogr* **13**: 523, 1983 (in Japanese)
  - 11) Ohkushi H, Asai M, Ishimoto T, Tominaga T, Fukuda N, Taoka M, Kusaka Y, Irahara K, Oki T, Niki T, Mori H: Left ventricular diastolic filling patterns in hypertrophic cardiomyopathy and myocardial infarction: Studies by pulsed Doppler echocardiography and multi-gated blood pool scans. *J Cardiogr* **14**: 95, 1984 (in Japanese)
  - 12) Levin AR, Spach MS, Boineau JP, Canent RVJ, Capp MP, Jewett PH: Atrial pressure-flow dynamics in atrial septal defects (secundum type). *Circulation* **37**: 476, 1968
  - 13) Sakakibara H, Miyatake K, Kinoshita N, Park Y, Nagata S, Nakajima K, Bepp S, Nimura Y: Noninvasive detection of shunt flow in atrial septal defect with a compound use of the ultrasonic pulsed Doppler technique and cross-sectional echocardiography. *J Cardiogr* **10**: 225, 1980 (in Japanese)
  - 14) 池田芳信, 菅原真砂子, 本間真紀子, 安宅芳春, 坂東益子, 須藤宏久, 小野幸彦, 三浦 傳, 金沢知博, 阿部忠昭: 超音波パルス・ドプラ法による心房中隔欠損症の左右短絡血流の検討——コントラストエコー法との対比. 日超医講演論文集 **42**: 473, 1983
  - 15) Tavel ME, Bard RA, Franks LC, Feigenbaum H, Fisch C: The jugular venous pulse in atrial septal defect. *Arch Intern Med* **121**: 524, 1968
  - 16) Parikh DN, Fisher J, Moses JW, Goldberg HL, Levin AR, Engel MA, Borer JS: Determinants and importance of atrial pressure morphology in atrial septal defect. *Br Heart J* **51**: 473, 1984