

急性および慢性右室圧負荷  
における右室機能の超音波  
学的検討

Echocardiographic study  
of right ventricular per-  
formance by acute and  
chronic pressure over-  
loadings

谷本 真穂  
岩崎 忠昭  
山本 忠生  
巻幡 修三  
小西池 篤  
御幡 千里  
河北誠三郎  
山崎 要  
安富 栄生  
河合 喜孝

Masaho TANIMOTO  
Tadaaki IWASAKI  
Tadao YAMAMOTO  
Shuzo MAKIHATA  
Atsushi KONISHIIE  
Senri MIHATA  
Seisaburo KAWAKITA  
Kaname YAMASAKI  
Nagao YASUTOMI  
Yoshitaka KAWAI

**Summary**

Echocardiographic analysis of right ventricular ejection time (RVET), pre-ejection time (RVPEP), RVPEP/ET and isovolumic relaxation time (RVIRT) was performed in patients with acute or chronic right ventricular pressure overloading.

Fifty-five patients undergoing right ventricular cardiac catheterization, were categorized into seven groups; 11 patients with atrial septal defect (ASD) without pulmonary hypertension (PH) (group 1), 12 with ASD with PH (group 2), six with mitral stenosis (MS) without PH (group 3), nine with MS with PH (group 4), seven with primary pulmonary hypertension (PPH) (group 5), seven with acute pulmonary embolism (PE) (group 6), and three patients with convalescence of PE (group 7).

Corrected RVIRT (RVIRTc) and RVET (RVETc) were calculated by regression analysis correlating with heart rate in normal subjects.

RVIRTc, RVETc, RVPEP and RVPEP/ET in seven groups were significantly correlated with systolic pulmonary artery pressure (SPAP) ( $r=0.62$ ,  $p<0.001$ ;  $r=-0.41$ ,  $p<0.01$ ;  $r=0.61$ ,  $p<0.001$ ;  $r=0.65$ ,  $p<0.001$ , respectively), but RVDd did not correlate with SPAP ( $r=0.370$ ,  $p<0.05$ ).

Comparing acute right ventricular pressure overloading group (group 6) with each of chronic right ventricular pressure overloading groups (groups 2, 4, 5, and 7), RVIRTc and RVDd were significantly increased in the former than the latter, but RVETc, RVPEP and RVPEP/ET were not signifi-

兵庫医科大学 第一内科  
西宮市武庫川町 1-1 (〒663)

The First Department of Internal Medicine, Hyogo  
College of Medicine, Mukogawa-cho 1-1, Nishinomiya  
663

Received for publication August 20, 1983 (Ref. No. 26-21)

cantly different in both groups. There was a significant correlation between RVIRTc and RVPEP/ET in chronic pressure overloading, but not in acute pressure overloading.

We concluded that early diastolic RV relaxation and systolic performance were both impaired by increased afterload in chronic pressure overloading. In acute pressure overloading, however, early diastolic RV relaxation was more significantly impaired possibly because of acute changes of muscle architectures due to acute right ventricular expansion and anoxia.

#### Key words

Echocardiography      Right ventricular pressure overloading      Right ventricular relaxation time      Right-sided systolic time intervals      Right ventricular relaxation and performance

### はじめに

右室の血行動態を非観血的に記録する方法は少なく、したがって非観血的にその心時相を分析することは困難であった。しかし、心エコー図法の発達によって、肺動脈弁、三尖弁の開放点および閉鎖点の記録が容易となったため、右室の心時相分析により重症患者の病態の経過をも把握することが可能になった。

我々は、右室圧負荷疾患である急性肺塞栓症において、右室等容拡張期が著明に延長し、三尖弁エコーが一相性三角波を呈することをすでに報告した<sup>1)</sup>。このことから、急性右室圧負荷により、右室拡張早期弛緩能が強く障害されることが予想された。しかしこの急性右室圧負荷や、慢性右室圧負荷、特に異なった原因による慢性右室圧負荷疾患、すなわち、肺高血圧症を来した容量負荷疾患である心房中隔欠損症、左心側の影響により肺高血圧を来す僧帽弁狭窄症、さらに、肺血管そのものの変化により肺高血圧を来す原発性肺高血圧症において、これらがいかなる右心機能障害の相違を有するかを検討した報告はない。

本研究は心エコー図、心電図、心音図などの非観血的検査法により、右室心時相分析を行い、観血的に測定した肺動脈圧と対比し、急性右室圧負荷と慢性右室圧負荷に対する右室の対応の相違を検討することを目的とした。

### 方法と対象

Aloka 製 SSD 90 または 110 超音波 M モード装置、および東芝製 SSH-11 A 超音波電子心断層装置にて、三尖弁エコー、肺動脈弁エコーを、心音図、心電図第 II 誘導と同時にストリップチャートに、紙送り速度毎秒 50 mm または 100 mm で記録した。Aloka 製 SSD 90 または 100 の超音波装置では、三尖弁と肺動脈弁エコーは別々に記録したが、東芝製超音波心断層装置では dual にて、三尖弁エコー、肺動脈弁エコーを同時記録した。

Fig. 1 に dual に記録した正常者の三尖弁エコーと肺動脈弁エコーおよび心時相の計測を示す。三尖弁開放点  $T_0$ 、閉鎖点  $T_c$ 、また肺動脈弁開放点  $P_0$ 、閉鎖点  $P_c$ 、さらに心音図肺動脈成分  $P_2$ 、心電図 Q 波との間で計測した心時相は、 $P_2-T_0$  または  $P_c-T_0$  (right ventricular isovolumic relaxation time=RVIRT),  $P_0-P_c$  (right ventricular ejection time=RVET),  $Q-T_0$  (right ventricular pre-ejection period=RVPEP), および RVPEP/ET の 4 指標である。各指標の計測は洞調律例では 3 心拍、心房細動例は 5 心拍の計測値を平均した。

平均肺動脈圧が 30 mmHg 以上を肺高血圧症 (PH) とすると、対象とした症例は、肺高血圧を有しない心房中隔欠損症 (ASD without PH) 11 例、肺高血圧を有する心房中隔欠損症 (ASD with PH) 12 例、肺高血圧を有しない僧帽

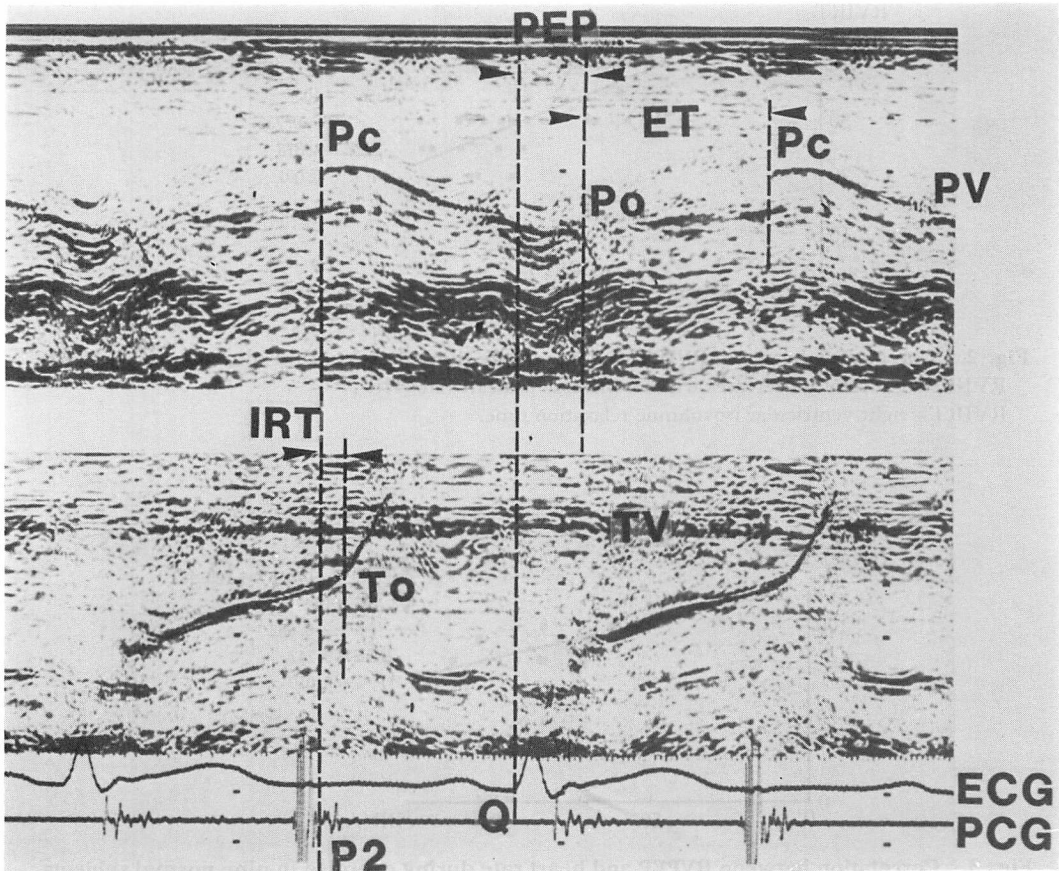


Fig. 1. Method of measurements using a dual phonoechocardiogram (normal adult).

IRT=isovolumic relaxation time; PEP=pre-ejection period; ET=ejection time; Pc=pulmonary closure point; Po=pulmonary opening point; To=tricuspid opening point; P2=pulmonary component of the second heart sound; Q=Q wave of the electrocardiogram; PV=pulmonary valve echo; TV=tricuspid valve echo; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram.

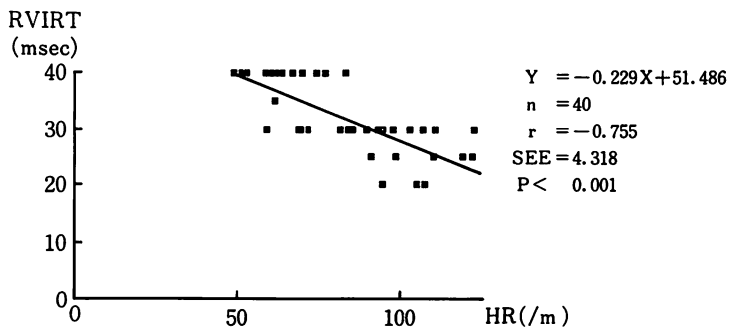
弁狭窄症 (MS without PH) 6例, 肺高血圧を有する僧帽弁狭窄症 (MS with PPH) 9例, 原発性肺高血圧症 (PPH) 7例, 急性肺塞栓症 (PE acute phase) 7例, 肺塞栓症回復期 (PE convalescence) 3例, 健常成人 (normal) 9例である. 急性肺塞栓症 7例を右室急性圧負荷群とし, それ以外の肺高血圧例を慢性圧負荷群とした.

### 結 果

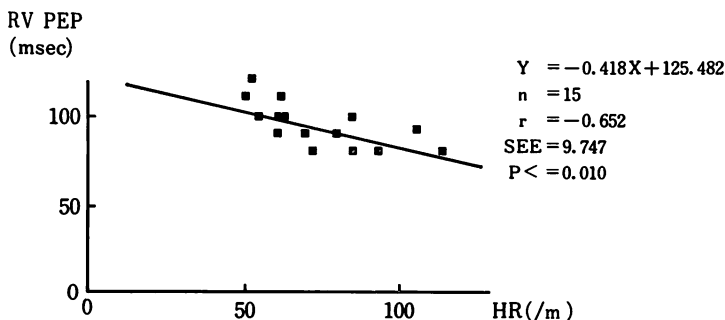
RVIRT, RVPEP, RVET の心拍数による影響

を検討した. 健常成人 9例に臥位自転車エルゴメーターによる運動負荷を施行し, HR を変化させ, 超音波断層装置により, 三尖弁エコーと肺動脈弁エコーを同時記録した. 記録が明瞭なものについて RVIRT, RVPEP, および RVET の 3 指標を計測した.

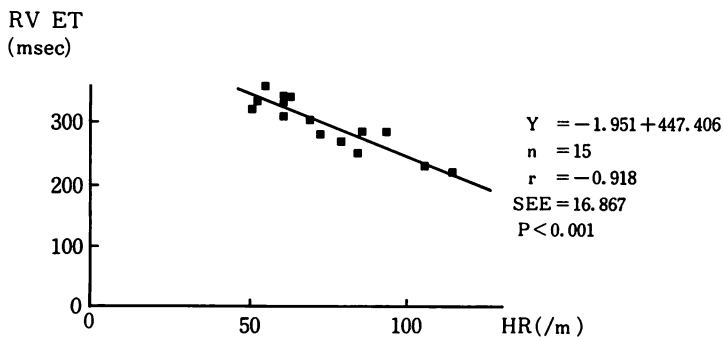
RVIRT と心拍数との間には  $r = -0.76$  ( $p < 0.001$ ) と良好な負相関を認め (Fig. 2), RVPEP と心拍数との間には  $r = -0.65$  ( $p < 0.01$ ) なる負相関を認めた (Fig. 3). また RVET と心拍数との間



**Fig. 2. Correlation between RVIRT and heart rate during exercise in nine normal subjects.**  
RVIRT significantly decreases with an increase of heart rate (HR).  
RVIRT=right ventricular isovolumic relaxation time.



**Fig. 3. Correlation between RVPEP and heart rate during exercise in nine normal subjects.**  
RVPEP decreases with an increase of heart rate (HR).  
RVPEP=right ventricular pre-ejection period.

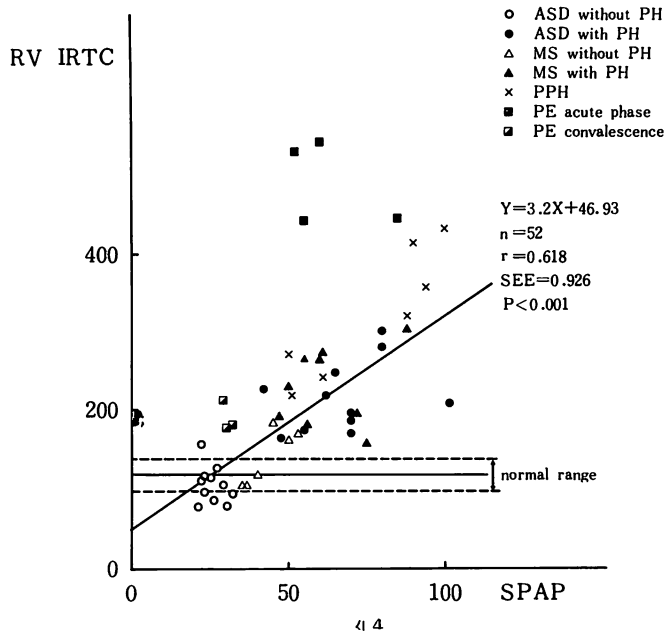


**Fig. 4. Correlation between RVET and heart rate during exercise in nine normal subjects.**  
RVET significantly decreases with an increase of heart rate (HR).  
RVET=right ventricular ejection time.

**Table 1. Summary of echocardiographic and hemodynamic data**

	HR(/m)	IRT(msec)	IRTC	PEP(msec)	ET(msec)	ETC	PEP/ET	RVDd(mm)	PAP(mmHg)
ASD without PH n=11	72±11	37±9	106±23	76±11	345±29	113±11	0.22±0.03	30±7	25±3
ASD with PH n=12	72±9	75±14	217±43	102±16	322±28	104±10	0.31±0.06	30±4	66±16
MS without PH n=6	63±6	52±13	141±36	105±17	284±46	87±12	0.37±0.04	22±3	43±7
MS with PH n=9	83±17	77±15	230±49	113±17	247±51	87±13	0.45±0.10	29±5	62±13
PPH n=7	88±18	103±24	338±112	112±11	262±11	89±3	0.42±0.04	34±5	76±21
PE acute phase n=7	99±21	130±12	462±81	100±18	236±40	92±16	0.43±0.08	34±4	63±15
PE convalesce n=3	74±16	84±23	250±92	116±28	266±35	89±11	0.44±0.18	31±9	30±1
normal n=9	83±22	32±6	109±9	95±12	305±41	99±5	0.31±0.04		

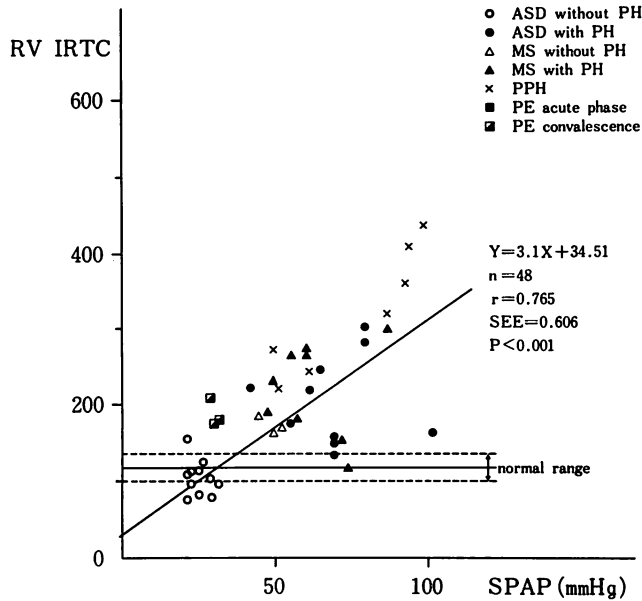
ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension; PE=pulmonary embolism; PH=pulmonary hypertension; HR=heart rate; IRT=isovolumic relaxation time; IRTc=corrected isovolumic relaxation time; PEP=pre-ejection period; ET=ejection time; ETC=corrected ejection time; PEP/ET=per-ejection period/ejection time; RVDd=right ventricular diastolic dimension; PAP=pulmonary artery pressure; convalesce=convalescence.



**Fig. 5. Correlation between RVIRTc and SPAP in 7 groups.**

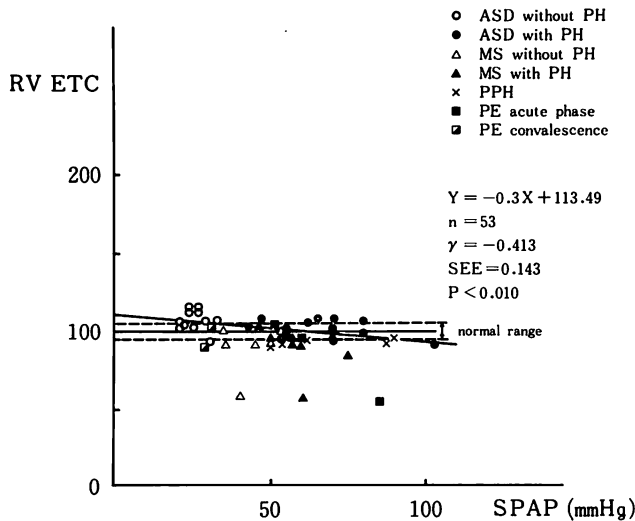
RVIRTc in acute phase of PE groups is more significantly prolonged than that of other groups of pulmonary hypertension.

RVIRTc=corrected right ventricular isovolumic relaxation time; SPAP=systolic pulmonary artery pressure; ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension; PE=pulmonary embolism; PH=pulmonary hypertension.



**Fig. 6. Correlation between RVIRTc and SPAP in seven groups except a group of acute phase of PE.**

RVIRTc is significantly increased with an increase of SPAP, and the correlation coefficient is increased from 0.62 to 0.77.



**Fig. 7. Correlation between RVETc and SPAP in seven groups.**

RVETc does not decrease significantly with an increase of SPAP.

RVETc=corrected right ventricular ejection time; SPAP=systolic pulmonary artery pressure.

には  $r = -0.92$  ( $p < 0.001$ ) と良好な負相関を認めた (Fig. 4). 心拍数と良好な相関を有した RVIRT と RVET の 2 指標に対しては心拍数の補正を行った. すなわち, 健常者における両者の関係より, 計測時の心拍数より求められる RVIRT, RVET の予測値を 100 とした時の RVIRT, RVET 値を, それぞれ RVIRTc, RVETc として求めた.

Table 1 に各群における心拍数, 肺動脈収縮期圧 (SPAP), M モード心エコー図より計測した右室拡張末期径 (RVDd), および上述の 5 指標について, それぞれの平均値と SD 値を示した.

急性右室圧負荷と慢性右室圧負荷における右室の対応の違いを検討するため, RVIRTc, RVPEP, RVETc, RVPEP/ET, RVDd の各指標と, SPAS との関係を検討した.

上述した全 7 群の疾患群における RVIRTc と SPAP との間には  $r = 0.62$  ( $p < 0.001$ ) なる有意の正相関を認めたが (Fig. 5), 急性圧負荷群の PE acute phase 例の RVIRTc は, 両者の関係より予測される値よりも著しい高値を示した. したがって PE acute phase 例を除くと, RVIRTc と SPAP との正相関は,  $r = 0.77$  ( $p < 0.001$ ) と, さらに良い関係となった (Fig. 6).

同様に全 7 群における RVETc と SPAP との関係は  $r = -0.41$  ( $p < 0.01$ ) と負相関を示し (Fig. 7), SPAP の上昇により RVETc は短縮傾向を示したが, その影響は軽度であった. また, 急性および慢性圧負荷群間には差はみられなかった. また, ASD without PH 群の多くは, normal 群よりも延長する傾向を示した.

全 7 群における RVPEP と SPAP との関係は  $r = 0.61$  ( $p < 0.001$ ) と, 有意の正相関を示した (Fig. 8). SPAP の上昇により RVPEP は延長を示したが, ASD without PH 群の多くは症例が normal 群より短縮を示した. また, 急性および慢性圧負荷群の間には差はみられなかった.

全 7 群における RVPEP/ET と SPAP との間には,  $r = 0.65$  ( $p < 0.001$ ) の有意な正相関があり

(Fig. 9), SPAP の上昇により, RVPEP/ET は延長を示した. また同様に, 急性および慢性圧負荷群の間には差はみられなかった.

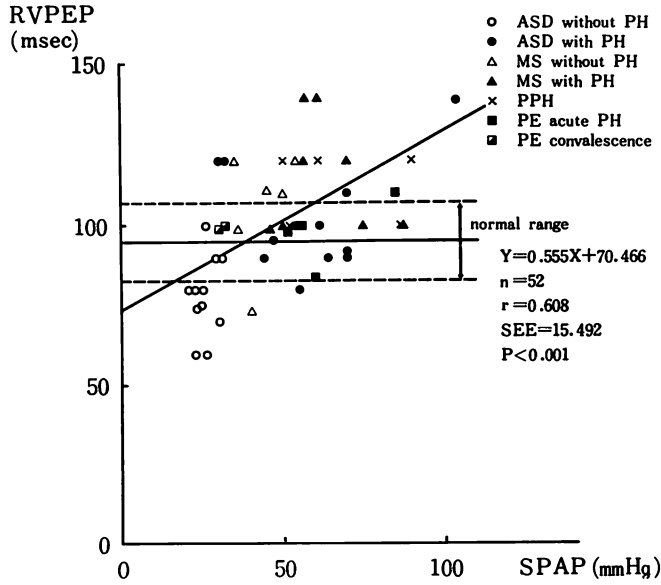
全 7 群における RVDd と SPAP の間には有意の相関はみられなかったが (Fig. 10), 急性圧負荷群の PE acute phase 例では, SPAP が同じ程度の他の慢性圧負荷群に比し, RVDd は拡大傾向を示し, 回復期には縮小した. すなわち, 急性圧負荷により右室が強く伸展拡大することが推測された.

全 7 群における RVIRTc と RVPEP/ET 間には,  $r = 0.57$  ( $p < 0.001$ ) と有意の正相関があった (Fig. 11). しかし, 急性圧負荷群の PE acute phase 例では, RVIRTc は予測値よりも著しく大であった. このような PE acute phase 例を除いた両者の関係では  $r = 0.63$  ( $p < 0.001$ ) とさらに良い正の相関が認められた (Fig. 12). 慢性圧負荷群において RVIRTc と RVPEP/ET は互いに相関して変化する傾向を示し, 急性圧負荷群は RVPEP/ET の変化の程度に比し, 著しい RVIRTc の増大を示した.

## 考 察

我々は急性肺塞栓症において, 三尖弁の一相性三角波エコーを高率に認め, そのさい右室等容弛緩期が著明に延長しており, これが三尖弁一相性三角波エコーの出現に強く関与していると報告した<sup>1,2)</sup>. しかし同じ右室に対する圧負荷においても, 急性肺塞栓のような急性負荷状態と慢性の圧負荷とでは, 右室自体が異なった対応をすることが予測される. したがって今回, 成因の異なる急性および慢性の右室圧負荷疾患について, その右心の心時相を検討してみた.

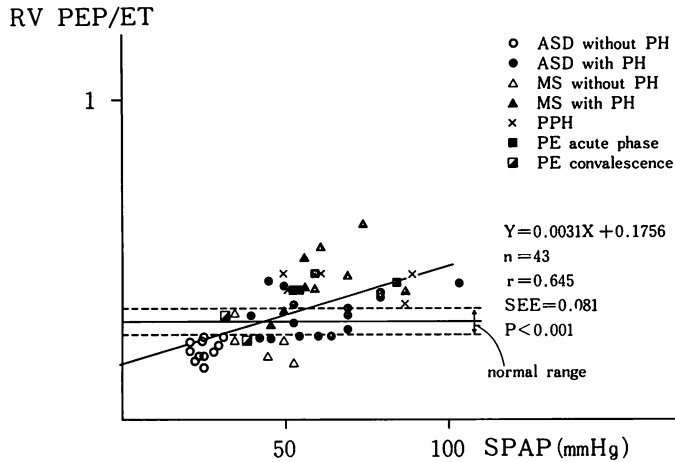
従来, 右室の心時相分析に傍胸骨拍動図<sup>3)</sup>や間接的肺動脈拍動図<sup>4)</sup>などを利用した報告があるが, それらには拍動図の検出率が低いという難点があった. しかし, 心エコー図の発達により, 直接に三尖弁や肺動脈弁の動きを記録出来るようになり, 心音図, 心電図との同時記録により, 正確



**Fig. 8. Correlation between RVPEP and SPAP in 7 groups.**

RVPEP significantly increases with an increase of SPAP. The significant difference is not shown between acute phase of PE groups and other pulmonary hypertension groups.

RVPEP=right ventricular pre-ejection time; SPAP=systolic pulmonary artery pressure.

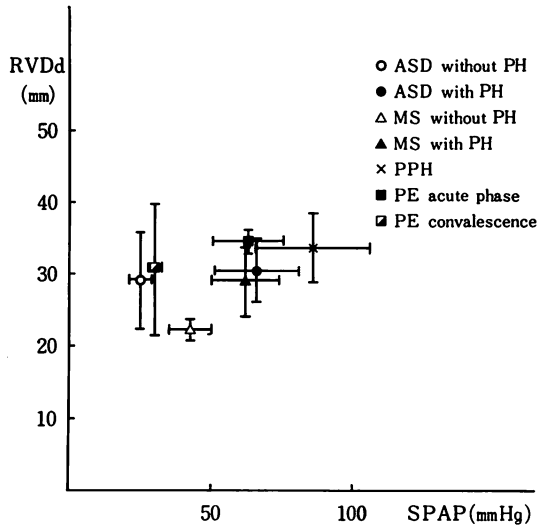


**Fig. 9. Correlation between RVPEP/ET and SPAP in 7 groups.**

RVPEP/ET significantly increases with an increase of SPAP. The significant difference is not shown between acute phase of PE group and other pulmonary hypertension groups.

RVPEP/ET=right ventricular pre-ejection period / ejection time; SPAP=systolic pulmonary artery pressure.

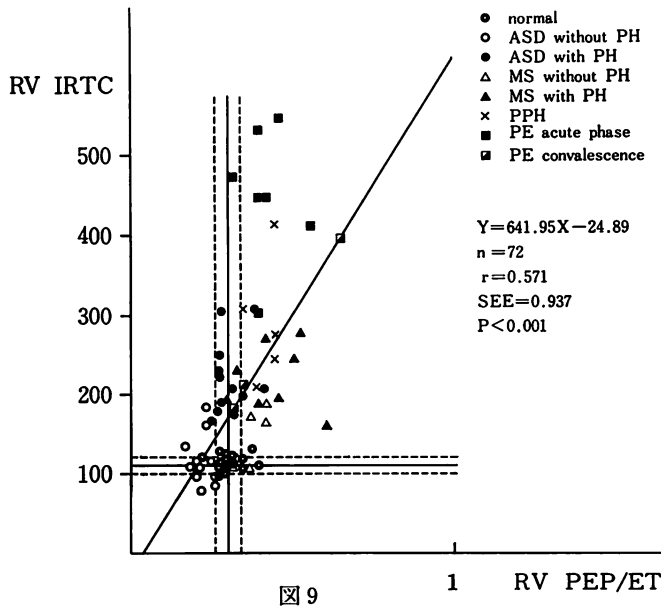




**Fig. 10. Relationship between RVDd and SPAP in 7 groups.**

RVDd has no significant correlation with SPAP in 7 groups, but more significantly increases in acute phase of PE group than in other groups of pulmonary hypertension.

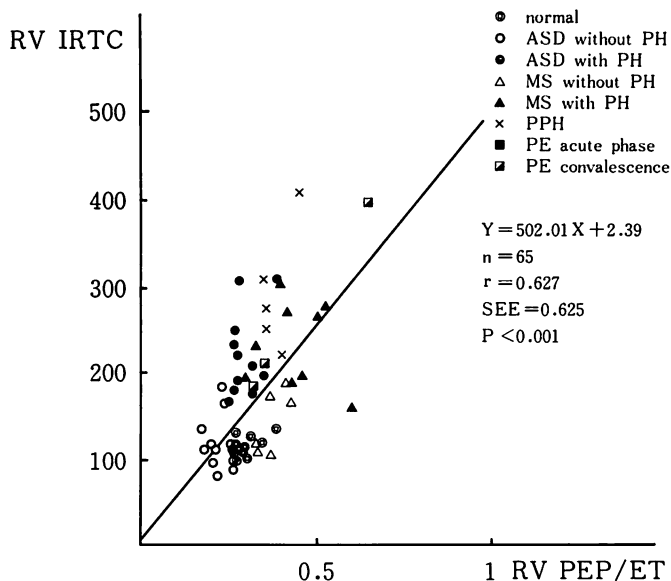
RVDd=right ventricular diastolic dimension; SPAP=systolic pulmonary artery pressure.



**Fig. 11. Relationship between RVIRTc and RVPEP/ET in 7 groups.**

RVIRTc has a significant correlation with RVPEP/ET in 7 groups, but RVIRTc in acute phase of PE group is more significantly prolonged than that of other pulmonary hypertension groups.

RVIRTc=corrected right ventricular isovolumic relaxation time; RVPEP/ET=right ventricular pre-ejection period / ejection time.



**Fig. 12. Relationship between RVIRTc and RVPEP/ET in 7 groups except for acute phase of PE group.**

The correlation coefficient increases from 0.57 to 0.63.

な心時相分析が可能になった。事実、心エコー図出現以後、多くの右室心時相分析がなされている<sup>2,5-9)</sup>。しかし、そのほとんどが右室収縮期の心時相分析であり、拡張期の検討は少ない<sup>1,2,10,11)</sup>。

今回の検討では健常人におけるRVIRT, RVET, RVPEPは、心拍数の増加により、いずれも短縮を示した。RVIRTと心拍数との関係を検討した報告<sup>12)</sup>は少ないため、比較はできないが、RVET, RVPEPと心拍数との関係は、Hirschfeldら<sup>6)</sup>、Riggsら<sup>7)</sup>の成績とも一致した結果であった。

RVIRTの検討さらには少ない。Burstinら<sup>11)</sup>は心音図、右室拍動図、頸静脈波の分析よりRVIRTを測定し、肺高血圧例で延長し、RVIRTが肺動脈圧の推定に有用であるとしているが、我々の結果も、慢性肺高血圧例においては彼等と同様であった。しかし、急性右室圧負荷例では、肺動脈圧上昇程度から予期される以上に、RVIRTが著しく延長するという興味ある所見を得た。

一般にIRTは後負荷増大および心筋肥厚、心筋虚血等、心筋特性の変化により影響を受けるとされている<sup>13)</sup>。Burstinおよび我々の慢性圧負荷群におけるその延長は、後負荷増大が主因と考えられる。しかし、急性肺塞栓症では後負荷増大のみではなく、慢性圧負荷群に比し、右室拡張末期段が肺動脈圧上昇程度以上に増大を示したことから、急激な心筋の伸展状態が出現したと考えられ、さらに低酸素状態による心筋特性の変化等、他の因子が加わり、RVIRTの延長を招来していることが考えられる。

RVPEPと肺動脈圧とは有意の正の相関を示したが、このPEPは心室分脱極開始から肺動脈弁開放までの時間で、等容収縮期(ICT)が主な部分を占める。ICTは後負荷増大により延長すると考えられており、PEPの延長はICTの延長によるものと考えられる。Curtissら<sup>14)</sup>も、慢性圧負荷疾患におけるPEPの延長は、後負荷増大によるICTが右室圧勾配に影響され延長すること

が主因であるとしている。

RVPEP/ET と肺動脈圧とは 3 指標の中で最も良い相関を示したが、この関係についてはすでに多くの報告がある。PEP/ET は心拍数や年齢に影響されない指標とされており、肺動脈圧を予測する上に最も優れた指標であるとされている<sup>5-8,10,14,15</sup>。我々の成績もそれに一致した結果であった。

RVIRT と RVPEP/ET とは急性圧負荷群における急性塞栓症例を除けば、良好な正の相関を示し、成因が異なっても慢性圧負荷群では、両者は互いに関連する結果を得た。一般に IRT は心室の拡張早期弛緩能を示す指標であり、PEP/ET は心室の収縮能を示す有用な指標と考えられている。この両者の相関は、成因が異なっても、慢性右室後負荷増大では右室拡張早期弛緩能と収縮能が関連して障害されているということを示唆していると考えられる。一方、急性肺塞栓症の急性圧負荷群では、後負荷増大に加え、急激な圧上昇による右室心筋の急激な伸展と、心筋低酸素状態による心筋特性の変化の条件が加わり、慢性圧負荷群より強く右室拡張弛緩能が障害されるものと考えられる。

## 要 約

急性右室圧負荷疾患と慢性右室圧負荷疾患において、右室の対応にいかなる差異があるかを、心エコー図法による右室心時相の分析により検討した。

三尖弁開放点  $T_0$ 、肺動脈弁開放点  $P_0$ 、閉鎖点  $P_c$ 、心音図肺動脈成分  $P_2$  および心電図 Q 波から、RVIRT ( $=P_c - T_0$  または  $P_2 - T_0$ )、RVET ( $=P_0 - P_c$ )、RVPEP ( $=Q - P_0$ )、RVPEP/ET、および RVDd (M モード心エコーによる右室拡張末期径) の 5 指標を計測した。

健常成人 9 例の RVIRT、RVET、RVPEP と心拍数との関係では、IRT は  $r = -0.76$  ( $p < 0.001$ )、ET は  $r = -0.92$  ( $p < 0.001$ ) とそれぞれ良好な負相関を認め、RVPEP も  $r = -0.65$  ( $p <$

0.01) と負相関を示した。この関係より、RVIRT、RVET は予測値を 100 とした補正值 (RVIRTc、RVETc) として検討した。

対象は、肺高血圧 (平均圧 30 mmHg 以上) を有しない心房中隔欠損症 11 例、肺高血圧を有する心房中隔欠損症 12 例、肺高血圧を有しない僧帽弁狭窄症 6 例、肺高血圧を有する僧帽弁狭窄症 9 例、原発性肺高血圧症 7 例、急性肺塞栓症 7 例、および肺塞栓症回復期 3 例である。急性肺塞栓症 7 例を急性右室圧負荷群、他の群で肺高血圧を呈した症例を慢性圧負荷群とした。

5 指標と肺動脈収縮期圧 (SPAP) との関係を検討した。

RVIRTc と SPAP は  $r = 0.92$  ( $p < 0.001$ ) と有意の相関を認めたが、急性肺塞栓症例では、他の群の SPAP と RVIRTc の関係より予測される値よりも、RVIRTc は著しく高値を示した。

SPAP と RVETc とは  $r = -0.41$  ( $p < 0.01$ ) と負相関、RVPEP とは  $r = 0.61$  ( $p < 0.001$ ) と有意な正相関、RVPEP/ET とは  $r = 0.65$  ( $p < 0.001$ ) と有意な相関を認めたが、急性圧負荷群と慢性圧負荷群とは差は認めなかった。

RVDd と SPAP は有意の相関は認めなかったが、急性肺塞栓症では圧上昇の程度からみた拡大は、他の群より著明であった。

RVPEP/ET と RVIRT は  $r = 0.57$  ( $p < 0.001$ ) と有意の正相関を示したが、急性肺塞栓症の RVIRTc は、両者の関係より予測される値よりも著しい高値を示した。

以上より、慢性右室圧負荷においては、その成因が異なっても、後負荷増大により、右室拡張早期弛緩能と収縮能とは一定の関係をもって障害される。しかし急性肺塞栓症のような急性右室圧負荷では、後負荷増大に加え、右室拡張による心筋の急激な伸展と、低酸素状態による心筋特性変化という条件が加わり、右室収縮能の障害の程度よりも、右室拡張早期弛緩能がいっそう著しく障害されるものと考えられる。

文 献

- 1) Tanimoto M, Komasa N, Oogami T, Yasutomi N, Yamamoto T, Kawai T, Iwasaki T, Yorifuji S: Echocardiographic study on acute pulmonary embolism: Demonstration of tricuspid wave in acute right heart failure. *J Cardiography* **10**: 497, 1980 (in Japanese)
- 2) Iwasaki T, Tanimoto M, Yamamoto T, Makihata S, Kawai Y: Echocardiographic abnormalities of tricuspid valve motion in pulmonary embolism. *Br Heart J* **47**: 454, 1982
- 3) Kesteloot H, Willems J: Relationship between the right apexcardiogram and the right ventricular dynamics. *Acta Caldiol* **22**: 64, 1967
- 4) Sakamoto T, Matsuhisa M, Inoue K, Hayashi T, Ito U: Clinical and hemodynamic observation of indirect pulmonary artery pulse tracing. *Cardiovasc Sound Bull* **3**: 127, 1973 (in Japanese)
- 5) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: Measurement of right and left ventricular systolic time intervals by echocardiography. *Circulation* **51**: 304, 1975
- 6) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* **52**: 642, 1975
- 7) Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knoke J, Liebman J: Assessment of the pulmonary vascular bed by echocardiographic right ventricular systolic time intervals. *Circulation* **57**: 939, 1978
- 8) Saitoh M, Kamiya T, Baba K, Hirose O, Kaneko H, Kozuka T, Mori C: Evaluation of right ventricular systolic time intervals in children: Their correlation with indices of right ventricular function. *J Cardiography* **9**: 773, 1979 (in Japanese)
- 9) Ishikawa K, Haneda T, Miura T, Nakajima T, Arai T, Kanazawa M, Onodera S, Mimata T, Shirato K, Koiwa Y, Takishima T: Echocardiographic measurement of right ventricular pre-ejection period in cases with pulmonary hypertension. *J Cardiography* **9**: 783, 1979 (in Japanese)
- 10) 津田定成: 非侵襲的右室心時相分析による右心血行動態解析に関する研究. *Jpn Circ J* **42**: 1373, 1979 (in Japanese)
- 11) Burstin L: Determination of pressure in the pulmonary artery by external graphic records. *Br Heart J* **29**: 396, 1967
- 12) Alevaro F, Sakamoto S: On the duration of the isovolumetric relaxation period (IVRP) in dog and man. *Am Heart J* **67**: 651, 1964
- 13) Miyatake K, Tsuda S, Kawamura S, Ono J, Takahashi Y, Sugita M, Matsuo H, Sakakibara H, Nimura: Analysis of a cardiac cycle in cases of ischemic heart disease with the ultrasonic Doppler method. *J Cardiography* **3**: 411, 1973
- 14) Curtiss EI, Reddy PS, O'Toole JD, Shaver JA: Alteration of right ventricular systolic time intervals by chronic pressure and volume overloading. *Circulation* **53**: 997, 1976
- 15) Leighton RF, Weissler AM, Weinstein PB, Wooley CF: Right and left ventricular systolic time intervals. *Am J Caldiol* **27**: 66, 1971