

急性肺塞栓症における心エコー図所見の検討：急性右室不全における三尖弁A波エコー

Echocardiographic study on acute pulmonary embolism: Demonstration of tricuspid A wave in acute right heart failure

谷本 真穂
小正 尚裕
巻幡 修造
大上 知世
安富 栄生
山本 忠生
河合 喜孝
岩崎 忠昭
依藤 進

Masaho TANIMOTO
Naohiro KOMASA
Shuzo MAKIHATA
Tomoyo OOGAMI
Nagao YASUTOMI
Tadao YAMAMOTO
Yoshitaka KAWAI
Tadaaki IWASAKI
Susumu YORIFUJI

Summary

Echocardiographic findings of pulmonary embolism were studied in 6 patients diagnosed by perfusion lung scan or pulmonary angiography.

M-mode echocardiograms of the tricuspid valve demonstrated a characteristic A wave in all 6 patients at the acute phase of pulmonary embolism. The opening point of the A wave had a delay to the P wave of the electrocardiogram, and the opening time was shorter than that of the mitral valve. Except a case, in which recurrent embolic episodes were observed, the pulmonary valve echocardiogram did not reveal the findings of pulmonary hypertension at acute phase, i.e., "a" dip was between 1 and 7 mm, b-c slope between 214 and 360 mm/sec and e-f slope between 2 and 36 mm/sec. Right ventricular diastolic dimension was more than 30 mm in all.

One patient undergone right ventricular cardiac catheterization using Swan-Ganz catheter at acute phase revealed RV end-diastolic pressure of 14 mmHg and a large A wave in RV pressure curve. RA mean pressure was 11 mmHg.

We concluded that the echocardiographic finding of A wave of the tricuspid valve, combined with deep "a" dip of the pulmonary valve and an enlarged RV diastolic dimension, may be the sign of

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, Nishino-
miya, 663

Presented at the 19th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 20-21, 1979

Received for publication December 7, 1979

acute right heart failure due to pulmonary embolism.

Key words

Acute pulmonary embolism Acute right ventricular failure A wave of tricuspid valve echo
Deep "a" dip of pulmonary valve echo Dilatation of right ventricular dimension

はじめに

急性肺塞栓症は我国では比較的まれな疾患とされてお¹⁾、その心エコー図所見の報告も少ない。急性肺塞栓症はできるだけ早急な診断による、早急な抗凝固療法を要する。最近我々は急性肺塞栓症6例を経験し、その心エコー図所見を検討したところ、急性肺塞栓症の早期診断の一手段となりうる結果を得たので報告する。

対 象

対象は兵庫医科大学病院に緊急入院した肺塞栓症患者6例で、男性2例、女性4例であった。年齢は28~72歳で、平均年齢は46歳である。6例中2例は塞栓反復例であった。

方 法

肺塞栓症の診断は肺血流シンチまたは肺動脈造影で行った。Mモード心エコー図に使用した装置はAloka製SSD-90または110、東芝製01Aで、探触子は2.25または3.5MHz、曲率半径7cmの凹面探触子を使用した。

症 例

Case 1 は28歳女性で、帝王切開術後の患者で、胸痛を主訴として入院した。入院時、血圧100/60 mmHg、脈拍100/分整、呼吸数は35/分と呼吸促進を示していた。血液ガス所見では、PaO₂ 50 mmHgと低酸素血症を示した。心電図(**Fig. 1**)ではI誘導に深いS、V₁でr/sが1とrの増高、V₁からV₃のT波の逆転を認め、右室負荷が疑われた。胸部写真(**Fig. 2**)では、両側肺動脈の拡大を認め、左肺は明るく肺血流の減少が考えられた。以上の臨床所見より急性肺塞栓

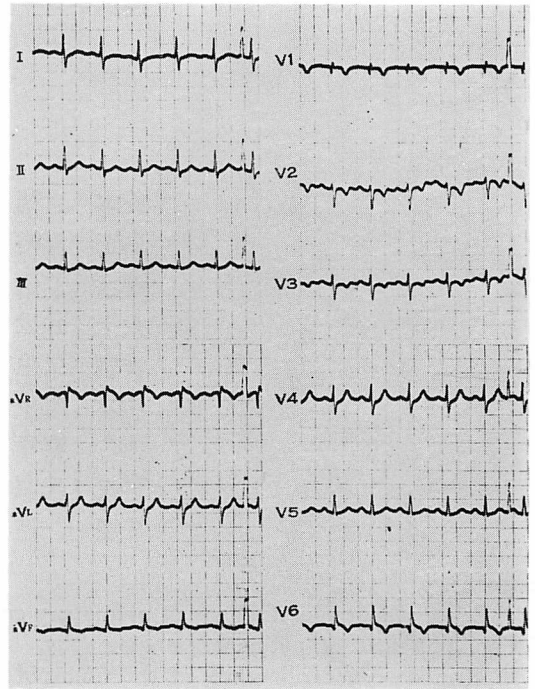


Fig. 1. Electrocardiogram of Case 1 (K. S.).

The twelve leads electrocardiogram shows right ventricular overloading (S_I, r/s=1, and inverted T waves in V₁ to V₃).

症を疑い、肺血流シンチ(**Fig. 3**)を施行した。肺血流シンチでは、左肺全野および右肺中野の陰影欠損を認め、広範囲の肺塞栓症と診断し、抗凝固療法にて救命しえた。

入院時施行した心エコー図では、三尖弁(**Fig. 4**)はA波形を呈していた。このA波と心電図との比較では、シェーマで示したごとく、Aの頂点および弁の開放開始点は、心電図P波より遅れていた。それに反し、僧帽弁(**Fig. 5**)では浅い2峰性を呈しており、弁の開放開始点は心電図P波より早く、三尖弁とは異なった所見を呈してい

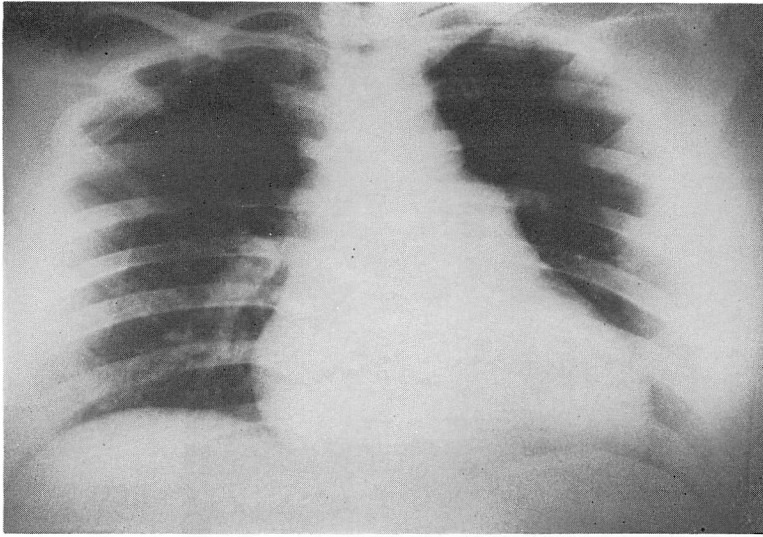


Fig. 2. Chest roentgenogram in Case 1.

Cardiac enlargement and decreased pulmonary vascular shadow in the upper zone of the left lung are shown.

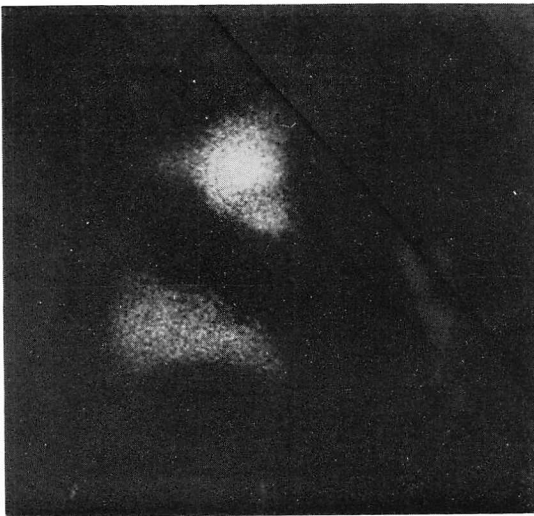


Fig. 3. Perfusion scan of the lung in Case 1.

The middle zone of the right lung and all zones of the left lung are involved in the anterior view of perfusion scan.

た。右室径は 40 mm と著明に拡大を示している。肺動脈弁エコー (Fig. 6) では、“a” dip 7 mm, b-c slope 214 mm/sec, e-f slope 36 mm/sec で、肺高血圧例であるにもかかわらず、肺高血圧所見を呈さなかった。入院時施行した右心カテーテルでは、肺動脈圧はカテーテルが入らず測定できなかったが、右室圧 (Fig. 7) では、拡張期圧は上昇し、とくに a 波は 16 mmHg と上昇していた。右心房圧も上昇し、a 波は 14 mmHg と上昇、右房収縮の増強が考えられた。

Case 2 は 34 歳男性で、強い呼吸困難を主訴として入院した。本例は 5 年前、肺塞栓を発症し左大腿静脈血栓除去術を施行しており、肺塞栓再発例であった。入院時血圧 124/100 mmHg、脈拍 120/分 整と頻脈を呈し、血液ガスでは PaO₂ 64 mmHg と低下を示した。心電図 (Fig. 8) は S₁Q_{III}, III で T 波逆転、II および胸部誘導で右房性 P を認め、V₁ から V₅ まで T 逆転、肺塞栓症を疑わせる心電図であった。胸部写真 (Fig. 9) では肺動脈幹の拡大を認め、両側肺下野は明るく肺血流減少が考えられた。

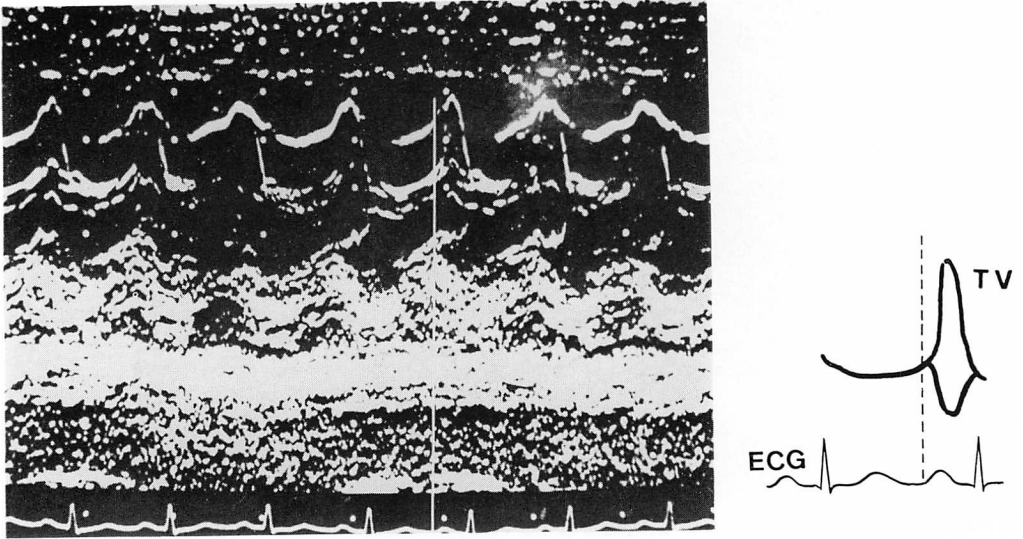


Fig. 4. Echocardiogram of the tricuspid valve in Case 1 showing A wave.
TV=tricuspid valve; ECG=electrocardiogram.

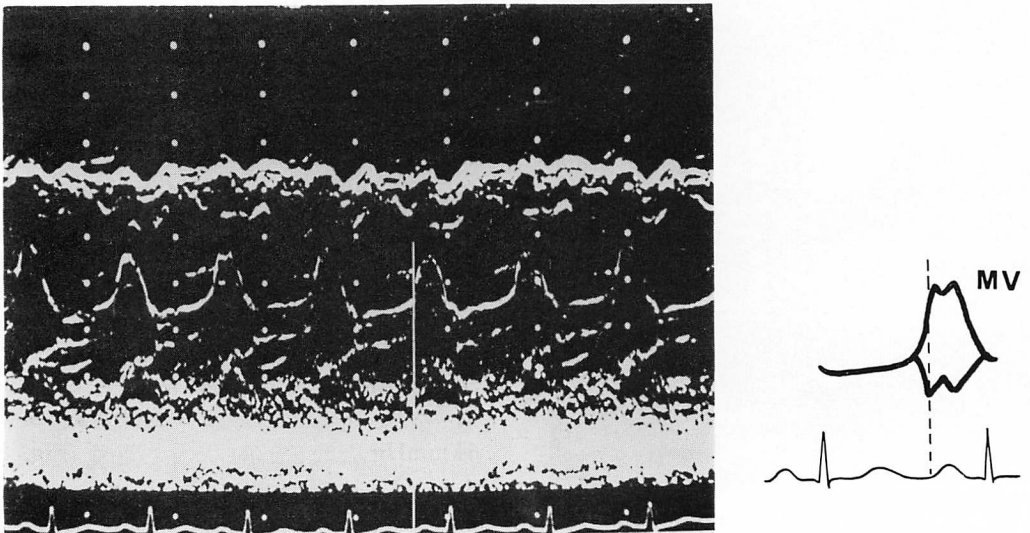


Fig. 5. Echocardiogram in Case 1 showing M wave of the mitral valve and right ventricular dilatation.
MV=mitral valve.

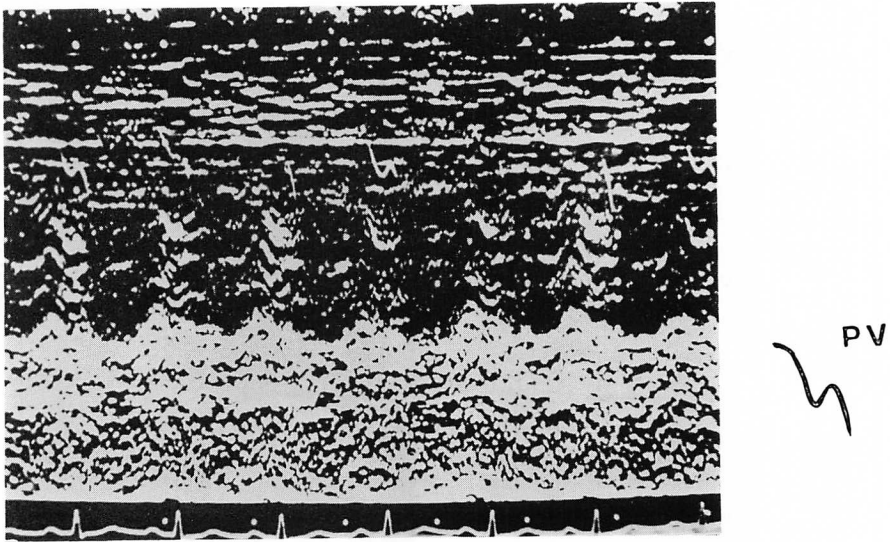


Fig. 6. Echocardiogram of the pulmonic valve in Case 1 showing the deep "a" dip.
PV=pulmonic valve.

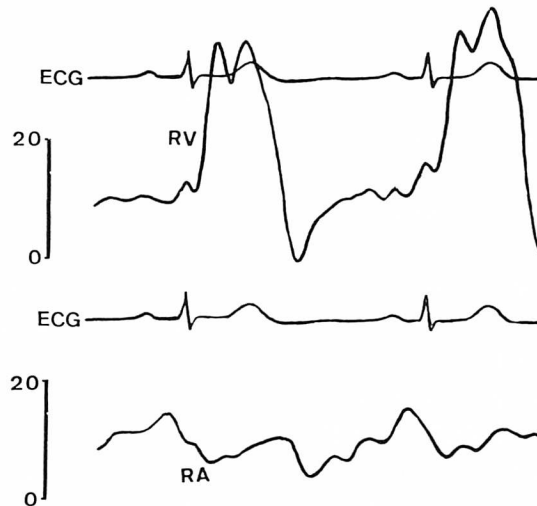


Fig. 7. The right ventricular and right atrial pressure curves in Case 1 showing a high right ventricular diastolic pressure and right atrial pressure.

RV=right ventricle; RA=right atrium; ECG=electrocardiogram.

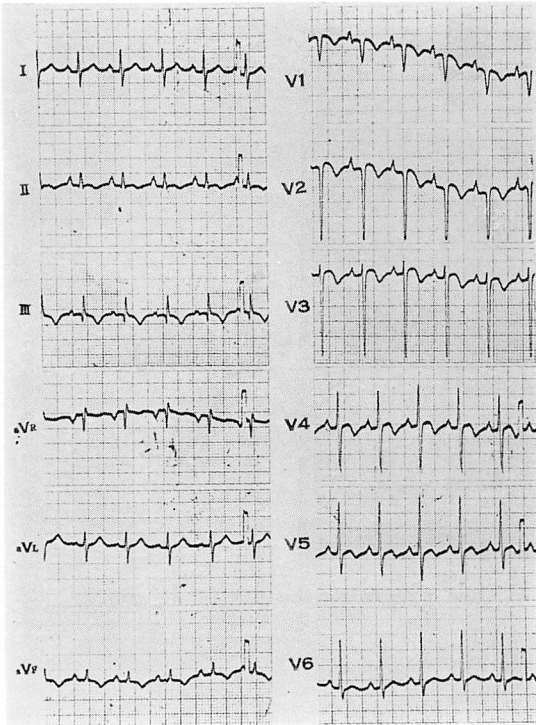


Fig. 8. Electrocardiogram in Case 2.

The twelve leads electrocardiogram shows pulmonary P wave, S_1 , Q_{III} , and the inverted T wave V_1 to V_3 .

以上の臨床所見より、急性肺塞栓を疑い肺血流シンチを施行した。肺血流シンチ (Fig. 10) では両側肺下野に陰影欠損を認め、広範な肺塞栓症と診断された。入院時施行した心エコー図では、Case 1 と同様に、三尖弁 (Fig. 11) は A 波を呈し、この A 波と心電図 P 波および心音図 2 音との関係は A 波の頂点および弁開放開始点は心電図 P 波より遅れており、心音図 2 音より弁開放開始点までの時間は 0.14 sec で、弁開放時間の短縮を認めた。これに反し、僧帽弁 (Fig. 11) では、弁の開放開始点は心電図 P 波より早く、心音図 2 音より 0.06 秒遅れており、三尖弁とは明らかに異なっていた。右室径は 40 mm と著明な拡大を示していた。

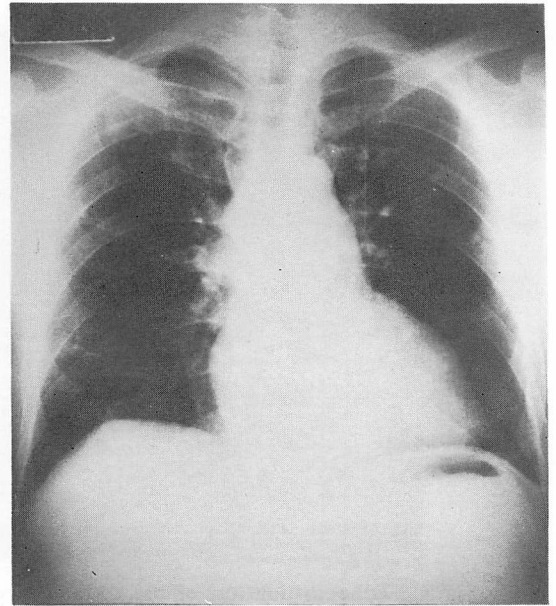


Fig. 9. Chest roentgenogram in Case 2.

Pulmonary vascular shadow decreases in the lower zone of the both lungs.

心エコー図所見

6 例中、三尖弁と僧帽弁両者が記録できた 5 例について、三尖弁および僧帽弁と心電図、心音図との関係を知るために、Fig. 12 に示したような計測を行った。P-A 時間は三尖弁における A 波頂点の心電図 P 波よりの時間であり、全例、全経過を通じて必ず心電図 P 波より遅れていることがわかった。 S_2-D 心音図 2 音より弁の開放点までの時間で、 S_2-P は 2 音より心電図 P 波までの時間である。 $(S_2-D)/(S_2-P)$ が 1 より大きければ弁の開放開始点は心電図 P 波より遅れており、1 より小さければ心電図 P 波より早いことになる。Table 1 に示したごとく、三尖弁では全経過を通じて 1~2 で、僧帽弁では 0.2~1 であった。この結果より、三尖弁の弁開放開始点は必ず心電図 P 波より遅れており、僧帽弁の弁開放開始点は心電図 P 波より早いことが理解される。

つぎに、d は弁の開放時間で、 S_2-R は心音図

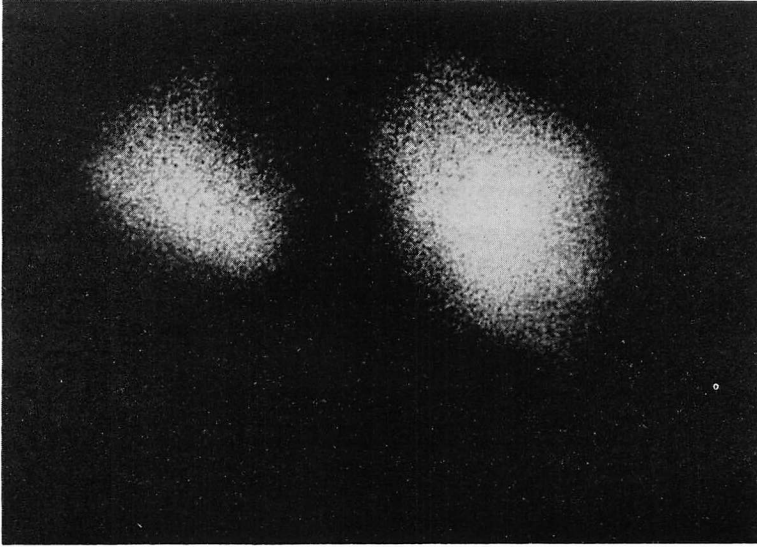


Fig. 10. Perfusion lung scan in Case 2.

The lower zone of the both lungs is involved in the anterior view of perfusion lung scan.

2音より心電図 R までの時間である。d/(S₂-R) は弁の開放時間の心拡張時間に占める割合である。Table 1 に示したごとく、三尖弁では入院時には 0.4~0.66 であり、経過により増加する傾向にあった。僧帽弁では 0.8~1 であり、経過による変化はみられなかった。この結果より、三尖弁は僧帽弁に比べ急性期には明らかな弁開放時間の短縮が起こっており、経過により次第に弁開放時間の延長がみられることが理解された。

つぎに、右室径、肺動脈弁エコー所見、右心カテーター所見を Table 2 に示した。右室径は入院時の記録では全例 30 mm 以上の拡大を示していた。肺動脈弁エコーでは 5 例に肺動脈弁を記録できたが、第 4 例目の塞栓を反復した慢性肺塞栓症例を除けば、入院時の記録では“a” dip は 4 例に認められた。とくに第 1 例目の症例では著明な肺高血圧がみられるにもかかわらず、7 mm と深い“a” dip を認めた。“a” dip を認めた 1, 2, 3 の症例では、経過に従い減少の傾向にあった。b-c slope は第 4 例目の慢性反復例では 500 mm/sec と著明に増加していたが、その他の症例では

214~360 mm/sec であり、経過に従いがい増加の傾向にあった。e-f slope も第 4 例目の症例を除けば、2~36 mm/sec で経過により低下の傾向にあった。以上の肺動脈弁エコーの所見より、肺塞栓症においては急性期には肺高血圧所見を呈さず、次第に慢性化するに従いがい肺高血圧所見を示す傾向にあった。右心カテーター検査は入院時 2 例に施行できた。第 1 例目では肺動脈にカテーターが入らず、肺動脈圧は測定できなかったが、右室拡張終期圧は 14 mmHg と上昇を示していた。右房圧の平均は 11 mmHg で、a 波は 14 mmHg と著明に増高していた。第 4 例目の慢性反復例では、肺動脈圧は収縮期圧 96 mmHg、拡張期圧 42 mmHg、平均圧 58 mmHg と著明な肺高血圧所見を呈していた。しかし、右室拡張終期圧は 8 mmHg、右房平均圧は 4 mmHg と第 1 例目の症例より低値を示していた。この右心カテーターの所見より、急性期の著明な右室拡張期圧および右房圧の上昇は、慢性化して肺高血圧が次第に充進しても、右室、右房は代障し、右室拡張期圧および右房圧は低下することが考えられた。

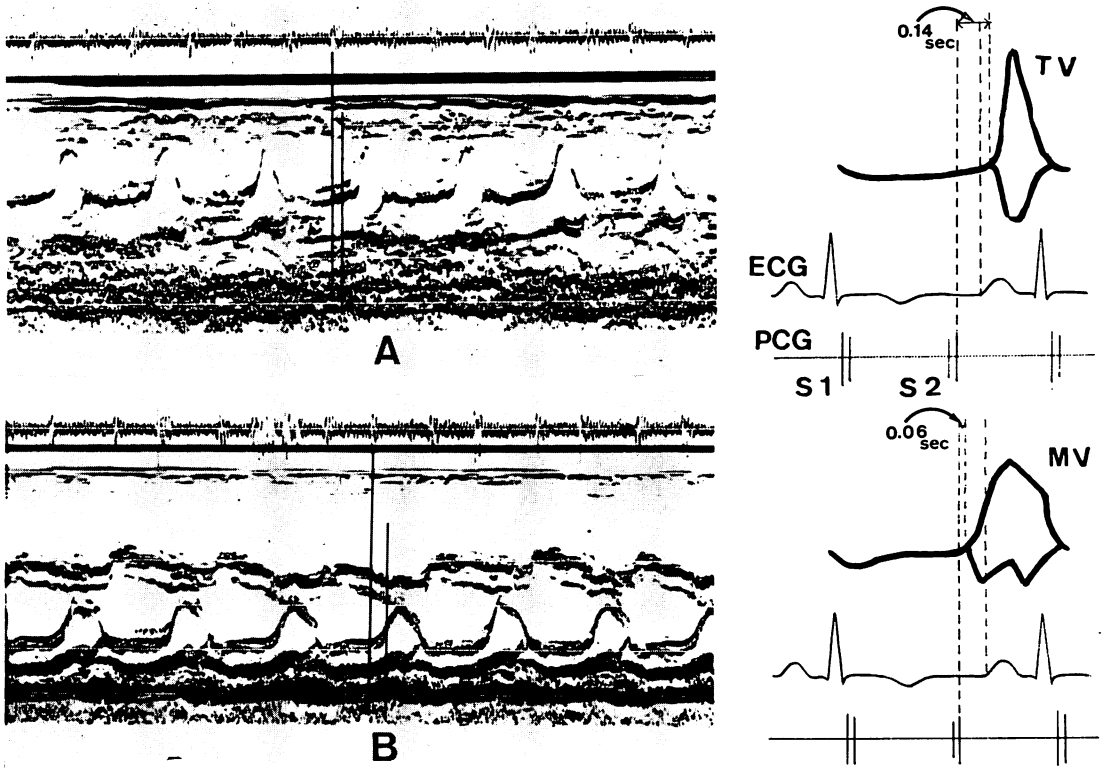


Fig. 11. Echocardiograms in Case 2.

Echocardiogram (A) of the tricuspid valve shows 1 wave. The diagram illustrates a delayed opening of tricuspid valve at 0.14 sec from S_2 of the phonocardiogram. The diagram of the mitral valve (B) illustrates a delayed opening at 0.06 sec from S_2 . TV=tricuspid valve; MV=mitral valve; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram; S_1 =the first heart sound; S_2 =the second heart sound.

考 察

急性肺塞栓症は急性右心不全の代表的な疾患であり²⁾、塞栓による異常に高度な肺血管抵抗のため、右室は肥大をきたすいとまもなく著明な拡張をきたし、右心不全に陥るのが特徴である。臨床症状として、低血圧、呼吸困難、過呼吸、胸痛等の症状が診断の手がかりとなる。胸部写真では肺血管陰影の減少、心電図¹⁾では S_1 , Q_{III} , T_{III} 型, III aVF, V_{1-4} の右室側での T 波の逆転、右軸変位、右脚ブロック、上室性不整脈等の異常がみられることがあるが、必ずしも全例に出現するとは限らず、10~20% にみられるにすぎないとさ

れている。これらの所見を手がかりとして、肺血流シンチ、肺動脈造影を施行し、早期診断により抗凝固療法を施行しなければならないが、必ずしも診断は容易ではない。

今回、我々は急性肺塞栓症6例を経験し、その心エコー図所見を検討した。その特徴的な所見として、三尖弁では急性期に全例 1 波型を呈していた。この三尖弁 1 波を検討したところ、弁開放時間は急性期には僧帽弁に比べ有意に短縮しており、1 波型の頂点および弁開放開始点は心電図 P 波より必ず遅れていた。それに反し、僧帽弁の検討では、僧帽弁の拡張期波は 2 峰性を呈し、弁開放開始点は心電図 P 波より早く出現しており、

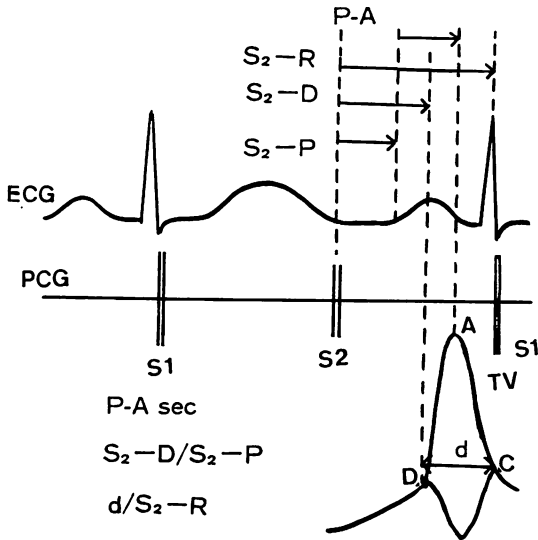


Fig. 12. The diagram illustrating the relationship between the echocardiographic tracing of the atrioventricular valve, electrocardiogram and phonocardiogram.

P-A=time interval from the onset of P wave in ECG to the top of the tricuspid A wave of the echocardiogram; S_2 -D=time interval from the beginning of the second heart sound to the beginning of the atrioventricular valve opening of the echocardiogram (D-point); S_2 -P=time interval from the beginning of the second heart sound to the beginning of the P wave in the ECG; d=time interval from the beginning of the opening point to the beginning of the closing point of the echocardiographic atrioventricular valve; S_2 -R=time interval from the onset of the second heart sound to the beginning of the QRS wave in the ECG.

三尖弁とは明らかに異なっていた。1例に、入院時に右心カテーテルを施行できたが、右室拡張期圧は上昇、とくに a 波は 16 mmHg と上昇を示し、右房圧も平均 11 mmHg、a 波は 14 mmHg と上昇しており、急性右心負荷と、心房収縮増加の所見を示していた。以上の結果より、三尖弁の A 波は E 波が消失し A 波のみ出現し、三角波を呈したと考えられた。

すなわち、肺塞栓による急性右心負荷により、右室拡張期圧は上昇し、拡張早期の右房と右室間

の圧差は減少、さらに急性右室拡張により右室コンプライアンスが低下したため、右房より右室へ拡張早期の血流が低下すると考えられる。この拡張早期の右室への血流低下のため、拡張早期の血流により出現する E 波は消失し、代償性に右心房収縮は増強、A 波のみが出現したと考えられた。この三尖弁の A 波は急性右心不全の回復とともに、E 波を伴い、次第に拡張時間の延長を認めた。たとえば Table 1 の 2 例目の症例では、Fig. 13 にみられるごとく、発症 10 日目の急性期の三尖弁エコーは三角波を呈しており、10ヵ月後の 1977 年 9 月には B-B' step が出現し、15ヵ月後の 1978 年 3 月には三尖弁は二峰性となり、E 波の出現を認めている。この症例の所見から考えても、三尖弁の E 波が消失し、A 波のみ出現した三尖弁エコーは、急性右室負荷を示す所見と考えられる。そして、慢性化するに従い、次第に右室は代償し、右室拡張早期圧は低下、右室拡張早期の右室への血流改善により E 波が出現し、右室拡張終上昇期圧を示す B-B' step が出現したと考えられる。

肺動脈弁エコー所見では、塞栓反復例の 1 例を除けば、入院時のエコー所見は有意の肺高血圧所見を呈さなかった。とくに、急性期に右心カテーテルを施行できた第 1 例目の症例では、肺高血圧が考えられるにもかかわらず、深い “a” dip が出現したのは、肺高血圧と同時に右室拡張終期圧の上昇により、肺動脈拡張期圧と右室拡張終期圧との間の圧差が減少したため、増強した心房収縮の影響を受け “a” dip が出現したと考えられる。

ところで、三尖弁 A 波が頻脈により、E 波と A 波が融合したために出現したとの疑問も出現する。Fig. 14 は起立性失調症の患者の三尖弁エコー図である。上段 (A) は安静時で、下段 (B) は起立時である。安静時には三尖弁は二峰性で、E と A 波が明らかにみられ、弁開放開始点は心電図 P 波より早く、 $d/(S_2-R)=1.02$ である。下段は起立時で、心拍数 120/分 の頻脈時の三尖弁エコーである。二峰性かどうか判定不能であるが、弁開放開始点は心電図 P 波より早く、 $d/(S_2-R)=1.25$

Table 1. Relationships between atrioventricular echocardiographic tracings, electrocardiogram and phonocardiograms in 5 patients with pulmonary embolism

Case No.	Period after onset	Tricuspid valve P-A	(S ₂ -D)/(S ₂ -P)		d/(S ₂ -R)	
			Tricuspid valve	Mitral valve	Tricuspid valve	Mitral valve
1.	24 hours	0.07 sec	1.5	0.5	0.62	1.0
2.	10 days	0.10	1.7	1.0	0.54	0.8
	10 months	0.10	2.0	1.0	0.91	0.83
	18 months	0.20	1.0	0.8	0.94	0.9
3.	12 hours	0.12	2.0	1.0	0.66	1.0
	3 months	0.04	1.0	0.2	0.88	1.0
4.	25 days	0.14	1.3	0.2	0.40	0.8
	40 days	0.16	1.2	0.2	0.40	0.92
5.	12 hours	0.09	1.3	0.7	0.62	0.94

P-A=time interval from the onset of the P wave in the ECG to the top of the tricuspid A wave of the echocardiogram; S₂-D=time interval from the beginning of the second heart sound to the beginning of the atrioventricular valve opening of the echocardiogram (D-point); S₂-P=time interval from the beginning of the second heart sound to the beginning of the P wave in the ECG; d=time interval from the beginning of the opening point to the beginning of the closing point of the echocardiographic atrioventricular valve; S₂-R=time interval from the onset of the second heart sound to the beginning of the QRS wave in the ECG.

Table 2. Echocardiographic and hemodynamic findings in 6 patients with pulmonary embolism

Case No.	Age (yr) & Sex	Times after onset	Echocardiographic findings				Hemodynamics (mmHg)
			RVDd (mm)	Pulmonic valve echo			
				"a"-dip (mm/sec)	b-c (mm/sec)	e-f (mm/sec)	
1.	28 F	24 hours	40	7	214	36	RV: 40/14
		7 days	30	3	450	34	RA: a=14, mean=11
2.	34 M	10 days	38	3	360	2	
		10 months	45	1.5	435	9	
		18 months	45	0	341	0	
3.	28 M	12 hours	30	3	250	8.3	
		3 months	25	0	260	0	
4.	67 F	25 days	38	0	500	0	PA: 96/42, mean=58
		40 days	38	0	712	0	RV: 96/8, RA: mean=4
5.	49 F	12 hours	40	1	280	11	
6.	72 F	2 months	40				

RVDd=right ventricular end-diastolic dimension; RV=right ventricle; RA=right atrium; PA=pulmonary artery.

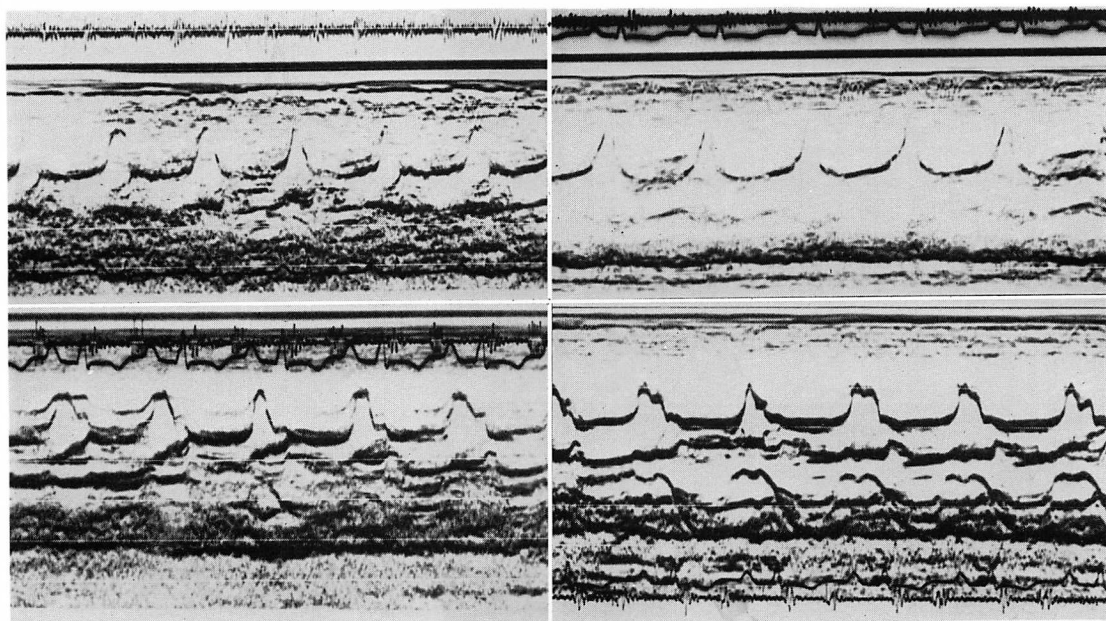


Fig. 13. Follow-up observation of the echocardiograms in Case 2.

The variation in the echocardiogram of the tricuspid valve during 16 months is shown.

と安静時とは変化なく、弁開放時間の短縮はみられず、肺塞栓症の三尖弁 *A* 波は頻脈のためでないことが理解される。

ま と め

肺塞栓症 6 例の心エコー図を検討したところ、(1) 右室径は全例 30 mm 以上の拡大を示した。(2) 三尖弁エコーは *A* 波を呈し、この所見は急性右室負荷を示す所見であり、急性肺塞栓症を間接的に示す所見と考えられた。(3) 肺動脈弁エコーは急性期に肺高血圧所見を呈さず、“a” dip を認め、これは右室拡張期圧上昇を間接的に示す所見と考えられた。

要 約

我々は肺血流シンチまたは肺動脈造影で診断した、肺塞栓症 6 例の心エコー図所見を検討した。肺塞栓症 6 例の急性期に心エコー図を記録でき、

6 例全例の三尖弁エコーが *A* 波形を呈した。三尖弁 *A* 波エコーの開放開始点は心電図 P 波より遅れていた。三尖弁 *A* 波エコーの開放時間は、僧帽弁の開放時間より短縮していた。肺動脈弁エコーにおいて急性期には、塞栓反復例の 1 例を除けば、5 例は肺高血圧所見を示さなかった。すなわち、“a” dip は 1~7 mm, b-e slope は 214~360 mm/sec, そして e-f slope は 2~36 mm/sec であった。6 例全例の右室拡張期径は 30 mm 以上の拡大を示した。1 例に急性期に右室カテーテルを施行できた。右室拡張終期圧は 14 mmHg と上昇を示し、a 波の増高を示した。右房平均圧も 11 mmHg と上昇を示した。

我々は三尖弁の *A* 波エコー、肺動脈弁エコーの深い “a” dip および右室の著明な拡大は、急性肺塞栓症における急性右室不全を示す所見と考えた。

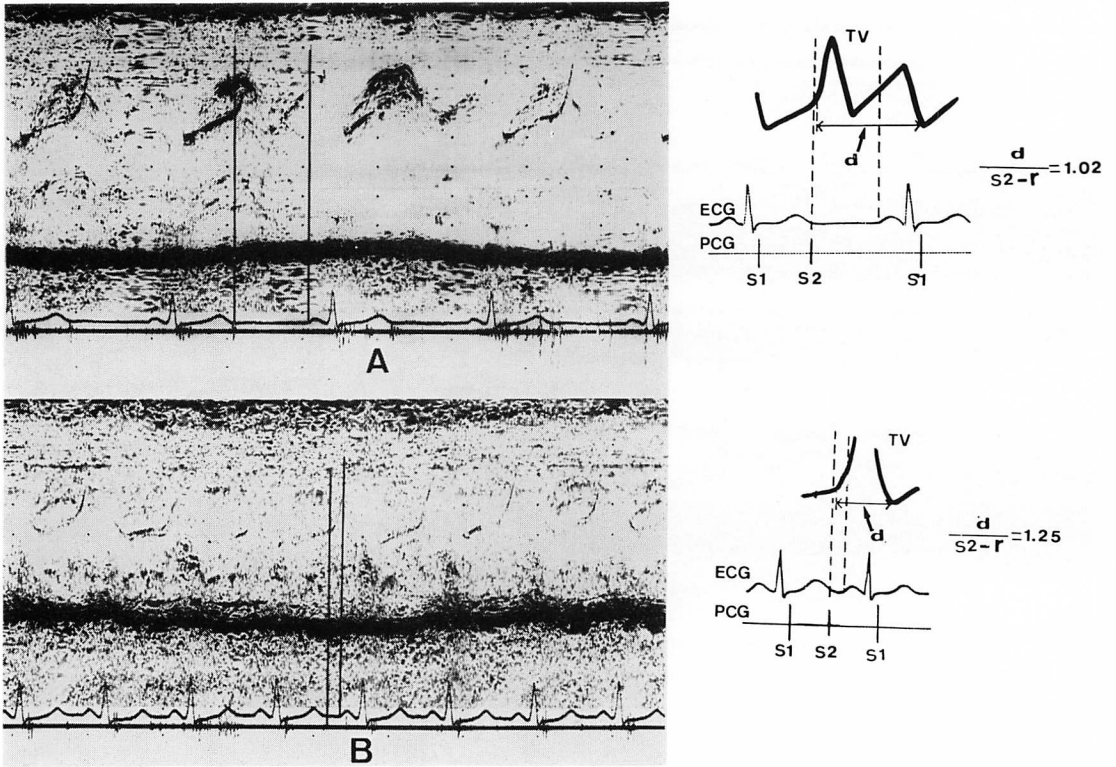


Fig. 14. The echocardiogram of tricuspid valve in the patient of Shy-Drager syndrome.
 (A): supine position; (B): standing position.

文献

- 1) 氣比 陽, 安藤博信, 山根暁一, 依藤 進: 本学に於ける肺動脈血栓栓症及び肺梗塞症例の検討. 兵庫医科大学誌 6: 148-153, 1978
- 2) 三瀬淳一: 肺性心. 臨床循環器病講座. 金原出版, 東京, 1975, p. 231-234