

三尖弁, 三尖弁輪エコーグ
ラムについて: 三尖弁狭窄,
三尖弁閉鎖不全の診断

Echocardiographic eval-
uation of the tricuspid
valve and ring: Diag-
nosis of tricuspid steno-
sis and regurgitation

桑子 賢司
遠田 栄一
井野 隆史
梅田 徹
古田 昭一
町井 潔

Kenji KUWAKO
Eiichi TOHDA
Takashi INO
Tohru UMEDA
Shoichi FURUTA
Kiyoshi MACHII

Summary

M-mode and two-dimensional echocardiograms of the tricuspid valve and ring were studied in 51 cases with rheumatic mitral valve disease (group M), 20 cases with atrial septal defect (ASD) and 15 normal controls. From these data and from contrast echocardiograms by peripheral vein injection, the accuracy of the diagnoses of tricuspid stenosis (TS) and regurgitation (TR) was evaluated.

1) Anterior and septal tricuspid leaflets were recorded in the short axis view and the four chamber view, while anterior and posterior tricuspid leaflets were recorded in the long axis view of the right ventricular inflow tract. Two-dimensional echocardiography was necessary to differentiate each leaflet in the M-mode echocardiograms. A completely continuous M-mode echocardiogram of the tricuspid valve could not be recorded in normal subjects except one, but could be recorded in 75-100% of ASD or group M with TR.

2) Amplitude and diastolic E-F slope of the tricuspid valve were small in TR (21 ± 2 mm and 44 ± 12 mm/sec) and even smaller in TS (16 ± 1 mm and 26 ± 2 mm/sec) than in normal subjects (34 ± 4 mm and 110 ± 14 mm/sec).

3) A diastolic plateau pattern of the tricuspid valve echo in the M-mode echocardiogram was observed in 12 cases (26%) of group M, 4 of which were associated with TS in operative findings. These 4 cases with TS showed 3 common features in the two-dimensional echocardiogram, i.e., thickening, restriction of opening and ballooning of the tricuspid valve.

4) It was difficult to measure true tricuspid ring diameter (TRD) in the echocardiogram, especially in cases with giant left atrium. But, in general, echocardiographic TRD was larger in TR than other groups.

5) Contrast echocardiography was a sensitive method in the diagnosis of TR. High sensitivity (93%) and specificity (98%) were obtained especially in M-mode contrast echocardiographic patterns

at the tricuspid orifice. Both contrast echo patterns at the tricuspid orifice and disappearance time of the contrast echoes from the inferior vena cava were well correlated with the severity of TR assessed at the time of operation.

Key words

Tricuspid valve
echocardiography

Tricuspid ring

Tricuspid stenosis

Tricuspid regurgitation

Contrast

はじめに

後天性弁膜症に伴う三尖弁閉鎖不全は、右室負荷に対する安全弁の役割を果たす相対的不可逆的なものであると考えられてきた¹⁾。しかし、このような考えで三尖弁障害には手をつけず従来の手術結果に対する反省から、近年は積極的に三尖弁狭窄、閉鎖不全に対して弁輪形成術や人工弁置換術が行われるようになり、良い成績をあげている²⁻⁴⁾。しかしながら従来より三尖弁疾患の確実な評価は難しく、心エコー図法もその例外ではない。それは三尖弁が胸壁に近く胸骨の裏に位置するため、右心拡大のない場合には三尖弁エコーの記録が難しいからである^{5,6)}。特殊な探触子保持器を作製して健常者の三尖弁エコー検出に数十分を要した報告もある⁷⁾。成書にも僧帽弁に比較してわずかに触れられている程度であり^{8,9)}、左心系に比べて心エコー図上の評価の基準が確立されていないのが現状である。近年発達した超音波断層装置は、探触子を当てるだけで三尖弁の記録を可能とし、また同時に M モード心エコー図も簡単に撮れるようになった。今回我々は、三尖弁エコーの撮り方、三尖弁輪径、三尖弁狭窄の診断、三尖弁閉鎖不全の診断と重症度について、断層法、M モード法を併せて検討したので報告する。

対象と方法

対象は右心系に負荷をきたす疾患として、リウマチ性僧帽弁疾患 (M 群) 51 例 (25~67 歳, 男 21, 女 30), 心房中隔欠損症 (ASD 群) 20 例 (15~59 歳, 男 11, 女 9), および正常対象群 15 例 (19~37 歳, 男 15, 女 0) である。M 群のうち 18 例は大動脈弁疾患を合併していた。M 群、

ASD 群はすべて 1979 年 6 月~1980 年 3 月の間に手術を施行し、三尖弁閉鎖不全の有無を術中に確認している。M 群のうち、術前に理学的所見 (胸骨下端部第 4~5 肋間の吸気性に増大する収縮期逆流性雑音、頸静脈怒張・拍動、肝腫大・拍動、hepato-jugular reflux) および検査所見 (心音図, 右房圧波形, 右室造影) から三尖弁閉鎖不全 (TR) と診断したもの 31 例, うち 28 例は手術で TR(+), 3 例は TR(-) と診断された。また術前に TR(-) と診断した 20 例のうち 1 例は手術で TR(+) と診断された。術前診断, 手術診断ともに TR(+) とされた 28 例中 4 例に手術所見で三尖弁狭窄 (TS) が認められた。

装置は、東芝製 SSH-11A セクター走査型超音波診断装置を用いた。装置の概要はすでに報告にしたとおりである¹⁰⁾。三尖弁エコー運動、コントラストエコー法の実時間断層図の観察には、ビデオテープに記録したものを再生して行った。三尖弁輪径の計測はボラロイド写真で行い、M モード法は紙送り速度 50 mm/sec で記録した。

1. 三尖弁の標準的記録法

1) 胸骨左縁第 3~4 肋間からの大動脈基部短軸断層 (AOS) では Fig. 1 左に示すように前尖 (ATL) と中隔尖 (STL) が記録される。2) 胸骨左縁外側第 4~5 肋間で左室長軸断層に直角に探触子を当てた四腔断層 (4CV) でも Fig. 1 中央に示すように前尖と中隔尖が記録される。3) 胸骨左縁第 4~5 肋間で左室長軸断層よりやや内側でビームを患者の右側に向けると Fig. 1 右のような右室流入路長軸断層 (RIF) が得られ、前尖と後尖 (PTL) が記録される。ビームが十分に右に向けられないと後尖の位置に中隔尖が記録されるので注意を要する。以上 3 つの断層面について、

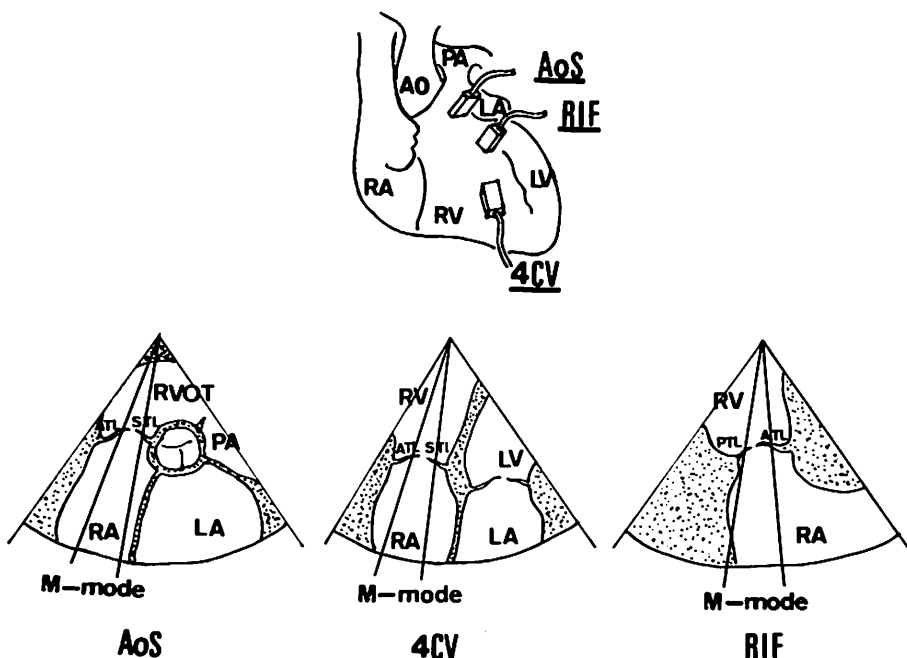


Fig. 1. Schematic drawing for method of recording of the tricuspid valve.

By three transducer positions (upper panel), three cross-sectional planes (as shown in lower panels) can be recorded.

Lower left: Anterior and septal tricuspid leaflet echograms (ATL, STL) can be recorded on the short axis view of the aorta (AoS). Lower middle: ATL and STL can be also recorded in the four chamber view (4CV). Lower right: ATL and posterior tricuspid leaflet echograms (PTL) are recorded in the long axis view of the right ventricular inflow tract (RIF).

M モード三尖弁エコーの検出率, 三尖弁振幅 (amplitude: Fig 2 の C-E 間の垂直距離), 三尖弁拡張期後退速度 (DDR: Fig. 2 の E-F または E-F₀ slope), M モードおよび断層エコー波形について検討した。

2. 三尖弁輪の記録法

Fig. 3 上図は三尖弁輪-僧帽弁輪部の断面を心尖側から見た模式図である。四腔断層面, 右室流入路断層面はおのおの 4CV, RIF と記した両端矢印の部位で三尖弁輪を横切り, 下図に示した断層図が得られる。4CV では三尖弁輪短径を, RIF では長径に近いものを記録していることがわかる。ポラロイド写真から, 拡張早期の三尖弁最大開放時 (M モードの E 点) の各弁尖のつけ根(下



Fig. 2. Schematic drawing of M-mode echograms of ATL and STL in normal subjects.

PTL is usually recorded as mirror image of ATL and STL. Amplitude of tricuspid valve=vertical distance between C-E. DDR (diastolic descent rate of tricuspid valve)=EF or EF₀ slope.

図矢印) の間を計測して三尖弁輪径 (TRD) とし, 各群の比較を行った。

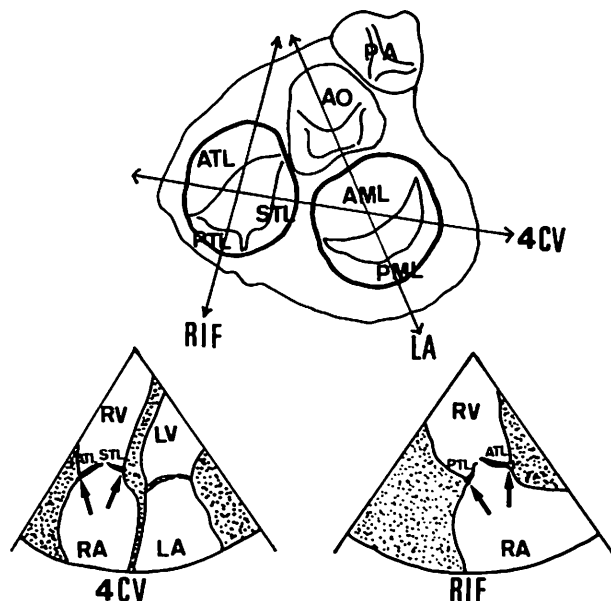


Fig. 3. Schematic drawing for method of recording of the tricuspid ring.

Upper panel shows the section of the heart at the level of the tricuspid and mitral ring seen from the apex. Arrows indicate the two-dimensional echo beams, by which 4CV and RIF can be recorded. The arrows LA indicate the long axis view of the left ventricle shown as reference. Tricuspid ring diameters can be obtained by measuring between the arrows in 4CV and RIF in the lower panels.

3. コントラストエコー法による三尖弁閉鎖不全の診断

右心コントラストエコー法は、冷却生食水 10 ml および 0.2~0.3 ml 炭酸ガスを完全溶解した冷却生食水 10 ml を、エクステンションチューブ、19G 翼状針を介して肘静脈より急速に注入して行った。4CV および剣状突起下矢状断面 (SX) で、ビデオテープと白線で示した部位の M モードを記録した (Fig. 4)。4CV では右室 (RV) から右房 (RA) へのコントラストの逆流を観察した。ビデオテープを再生して右房におけるコントラストの出現している心拍数を計測し、M モード法でコントラストエコー波形を検討した。SX では右房から下大静脈 (IVC) および肝静脈 (HV) へのコントラストの逆流を観察し、とくに M モード法でコントラスト出現の時相と心拍数を検討した。SX のコントラスト法は軽い吸気位で呼吸

停止させて行い、10 心拍以上記録したのち呼吸させて記録を続けた。なおコントラストエコー法は全例術前 10 日以内に施行した。

4. 三尖弁閉鎖不全の手術診断

右心カニューレシヨンのさい、示指を右心耳より右房内に挿入して、逆流を触れないものを negative (-)、示指の先端より狭い範囲に逆流を触れるものを mild (+)、ほぼ示指の広さに逆流を触れるものを moderate (++)、示指の広さを超えて逆流を触れるものを severe (+++) と判定した。判定はすべて 1 人の術者が行った。

成 績

1. M モード三尖弁エコーの検出率

正常者の三尖弁エコーグラムは、Fig. 2. のように拡張期に二峰性を有する形を呈するが、全心周期にわたって連続記録することは難しかった。

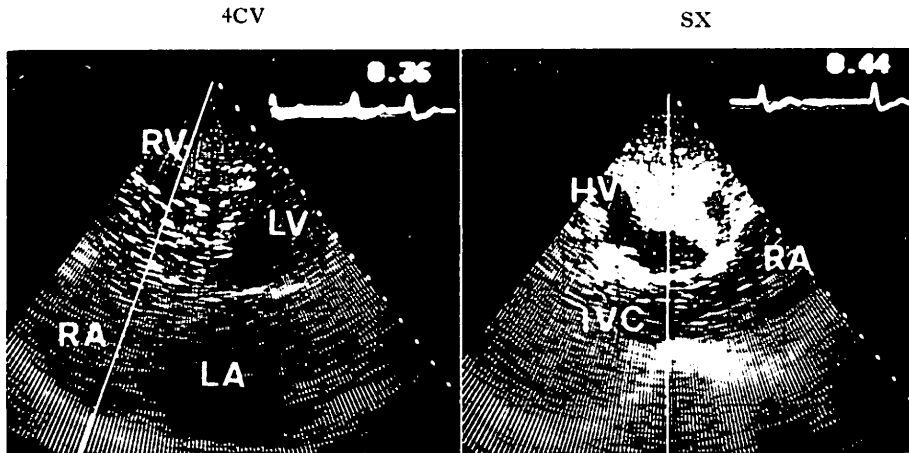


Fig. 4. Two-dimensional contrast echocardiograms.

In 4CV, contrast echo regurgitates from the right ventricle (RV) to right atrium (RA) through the tricuspid orifice in cases with tricuspid regurgitation (TR). In subxiphoid sagittal view (SX), contrast echo regurgitates from RA to inferior vena cava (IVC) and hepatic vein (HV) in cases with TR. White solid lines indicate the direction of echo beam for simultaneous M-mode record.

	No	AoS		4CV		RIF	
		ATL	STL	ATL	STL	ATL	PTL
Normal	15		7			20	
ASD	20	75	100	50	17	75	25
M	TR (-)	25	55		4	50	
	TR (+)	25	75	50	50	100	8

Fig. 5. Percentage of completely continuous M-mode tricuspid valve echo in three transducer positions.

ASD=atrial septal defect; M=rheumatic mitral valve disease; TR(-)=without TR; TR(+)=with TR.

ふつう後尖は前尖, 中隔尖と鏡像を示した. 各群について AoS, 4CV, RIF の3つの断面で各弁尖エコーが連続して完全に記録されたものの検出率を求めた (Fig. 5).

正常群で完全な記録を得ることはまれであるが, ASD 群, M 群では高率に検出可能であった. M 群ではとくに TR を有するもので記録が容易である. 部位は, 各群とも AoS での中隔尖と前尖, RIF での前尖がよく記録された.

2. 三尖弁前尖の amplitude と DDR

先に各断面で求めた M モード三尖弁エコーのうち, 検出率のよい RIF の前尖, AoS の中隔尖について連続記録の得られた症例を対象に amplitude と DDR を求め, 各群について比較した. 正常群については完全に連続した記録が得られなくても, amplitude と DDR だけは計測できるものを加えて7例とした. また M 群のうち TR(+) 群については TS(-) 群と TS(+) 群に分けて計測した. Fig. 6 には RIF の前尖についての結果だけを示してある.

RIF の前尖については, amplitude, DDR とともに各疾患群で正常群より有意に小であった. しかし, AoS の中隔尖についてみると, 正常群 amplitude 28 ± 1 mm, DDR 100 ± 23 mm, ASD 群 amplitude 31 ± 3 mm, DDR 106 ± 32 mm と RIF の前尖と逆に ASD 群のほうが正常群よ

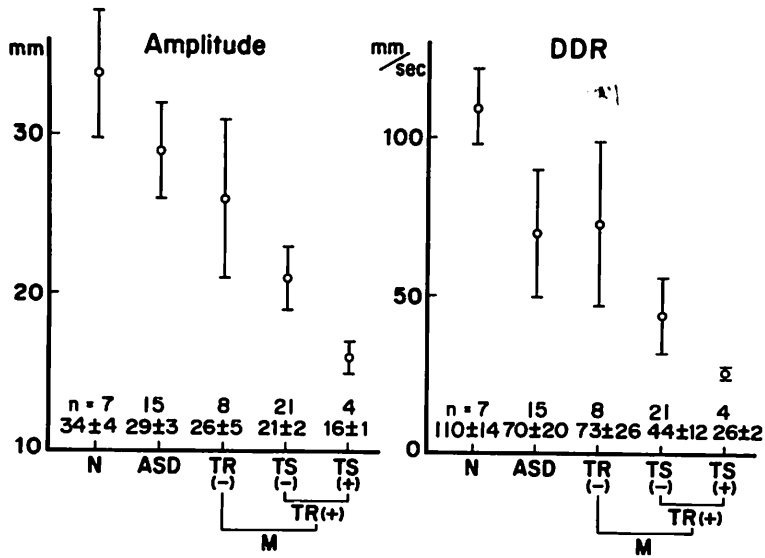


Fig. 6. Amplitude and DDR of ATL in RIF.

N=normal subjects; TS(-)=without tricuspid stenosis (TS); TS(+)=with TS.

Table 1. Normal (N pattern) and diastolic plateau pattern (TS pattern) of tricuspid valve in M-mode echocardiogram

ASD=atrial septal defect; M=mitral valve disease; TR=tricuspid regurgitation.

		N pattern		TS pattern	
	No				
NORMAL	15	15 (100)	0 (0)		
ASD	20	20 (100)	0 (0)		
M	TR(-)	19	17 (89)	2 (11)	
	TR(+)	28	18 (64)	10 (36)	

(): %

りも大であった。M 群については、AoS の中隔尖での値は amplitude, DDR ともに RIF の前尖についての値とほとんど同じであり、TR(-) 群 > TS(-) 群 > TS(+) 群という結果であった。

3. 三尖弁狭窄 (TS) の診断

M モード三尖弁エコーの波形を大別すると、鋭いピーク E 点および A 点(これは af では消失する)を有するものと、僧帽弁狭窄でみられるような矩形波を呈するものがあつた。便宜上前者を normal pattern, 後者を TS pattern としてその分布をみたのが Table 1 である。連続記録が得られなくても波形の識別は可能なので、TR の術前、手術診断の一致しなかつた M 群の 4 例を除く全例を対象とした。TS pattern は正常群, ASD 群では 1 例もみられなかつたが、M 群のうち TR(-) の 2 例(11%), TR(+) の 10 例(36%)にみられた。

M モード三尖弁エコーが TS pattern を呈した 12 例のうち、4 例は手術時に弁の肥厚、交連部の強い癒着を認め、弁口面積 0.5~2.0 cm² と狭くなっており TS と診断されたが、他の 8 例は

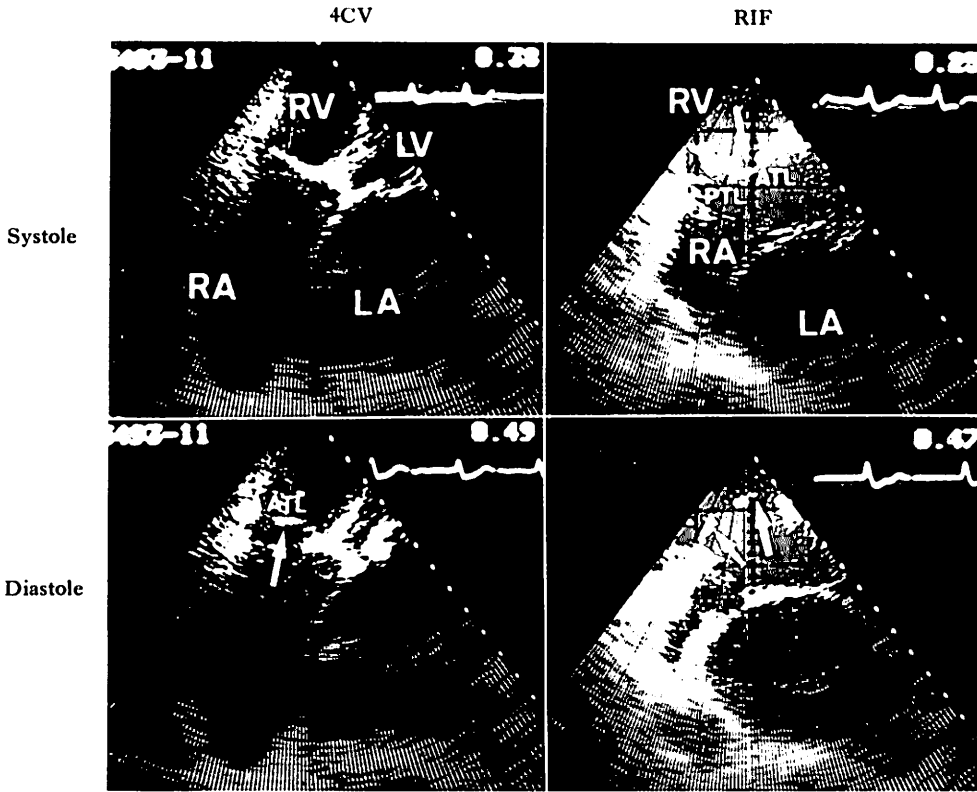


Fig. 7. Two-dimensional echocardiograms of tricuspid valves (TV) in a case with TR and TS (52-year-old female).

Thickening of TV is increased. Diastolic opening of TV is restricted (especially diastole in RIF). And TV shows ballooning to RA in systole, and to RV in diastole (as indicated by arrows).

むしろ弁輪の拡大がみられ、狭窄の所見は認められなかった。このうち弁の粗造、肥厚がみられたのは1例のみで、他の7例には触診上器質的变化はみられなかった。またTSのうち3例は、術前のカテーテル検査で拡張期に平均10~15 mmHgの右房-右室間の圧較差がみられた。

手術所見でTSのみられた4例は断層エコー上、以下に述べるような共通の特徴を有していた。

- 1) 三尖弁エコーの増強。
- 2) 弁先端の開放が著しく制限され、拡張期を通じてわずかしか開かない。
- 3) 弁腹が収縮期に右房側へ、拡張期には右室側へ ballooning し、拡張中期の半閉鎖を示さない。

これは僧帽弁狭窄の左室長軸像における特徴と酷似している。Fig. 7はTSの1例で、とくにRIFの断層面で3つの特徴がよく示されている。手術所見で弁の粗造、肥厚と弁輪の拡大がみられた1例は、断層エコー所見で前尖と中隔尖のエコーが著しく増強し可動性を減じていたが、後尖のみがよく開閉していた点がTSの4例と異なっていた。

手術時所見で明らかなTSはもちろん、器質的な弁異常を認めなかったものでもMモードでTS patternを呈するものの多いことから、TSのエコー診断には断層法の併用が不可欠であった。

4. 三尖弁輪径 (TRD)

Fig. 8 に示すように TR を合併すると 4CV, RIF とともに TRD の拡大をみる事が多かった。しかし、断層面のほとんどを占めるような巨大左房 [giant left atrium (GLA): 4CV で LA が RA の3倍以上の面積を占めるものを GLA とした] がある場合には、右心系を描出することはきわめて難しく、得られた弁輪径は弁輪の辺縁を把えているにすぎない (Fig. 9)。そこで TR(+) 群を GLA(-) と GLA(+) とに分けて検討した。4CV, RIF とともに記録が明瞭で計測可能なもののみを対象とした。計測した各群をまとめて 4CV と RIF についてみると、4CV で計測した TRD(x) と RIF で計測した TRD(y) はよく相関した ($y=0.62x+10.46, r=0.66, p<0.01$)。

各群について比較すると (Fig. 10), 4CV では正常群, ASD 群, TR(-) 群, GLA(+) の TR(+) 群はほとんど差がないが, GLA(-) の TR(+) 群だけが大きかった。RIF でみてもや

はり GLA(-) の TR(+) 群で大であるが, TR(-) 群および GLA のある TR(+) 群で正常群, ASD 群より小さいところが 4CV と異なっていた。

5. コントラストエコー法による三尖弁閉鎖不全の診断

対象と方法の項で述べた全例にコントラストエコーを行ったが、術前診断と手術診断の一致しなかった4例は、検討の対象からははずした。

1) 三尖弁口部 M モードコントラストエコー所見: 4CV (Fig. 4 左) で把えた明らかに TR のない正常人の M モードコントラストエコーでは、収縮期に Fig. 11 左のように三尖弁口部の右室内、右房内ともに心尖方向に向う右上向きの層状エコーがみられた。一方典型的な TR(+) 例では、層状の逆流エコーが全収縮期にわたって右室内 (A) および右房内 (B) でみられるが (Fig. 11 右), 症例によっては A あるいは B のみにしか呈さぬものもあった。拡張期には TR(-) 例,

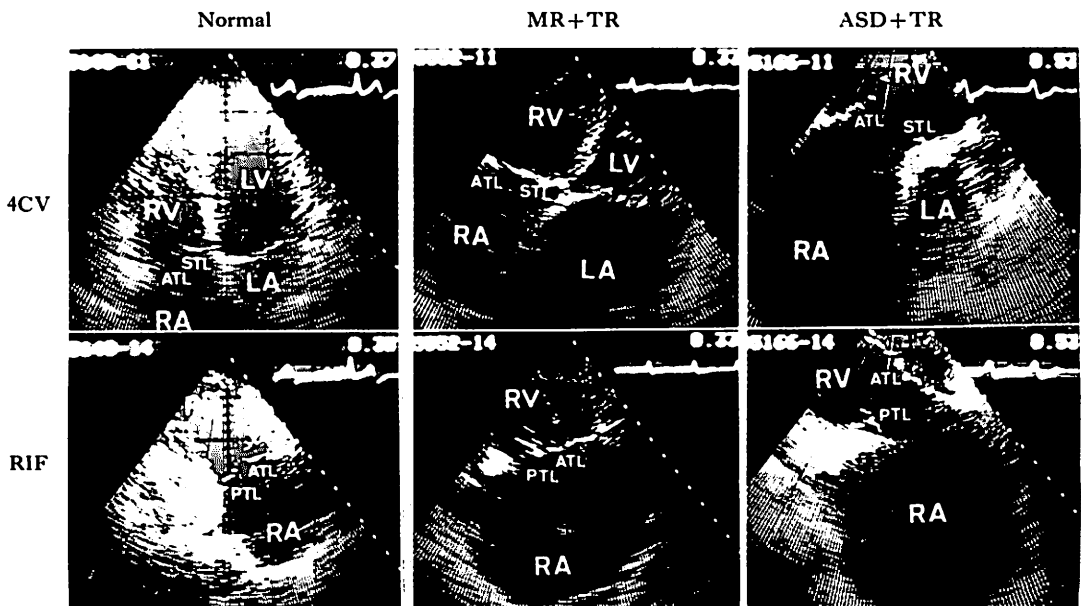


Fig. 8. Two-dimensional echocardiograms of the tricuspid ring in a normal subject, in a case with mitral regurgitation and TR and in a case with ASD and TR.

Tricuspid ring diameters are apparently larger in cases with TR than normal subjects.

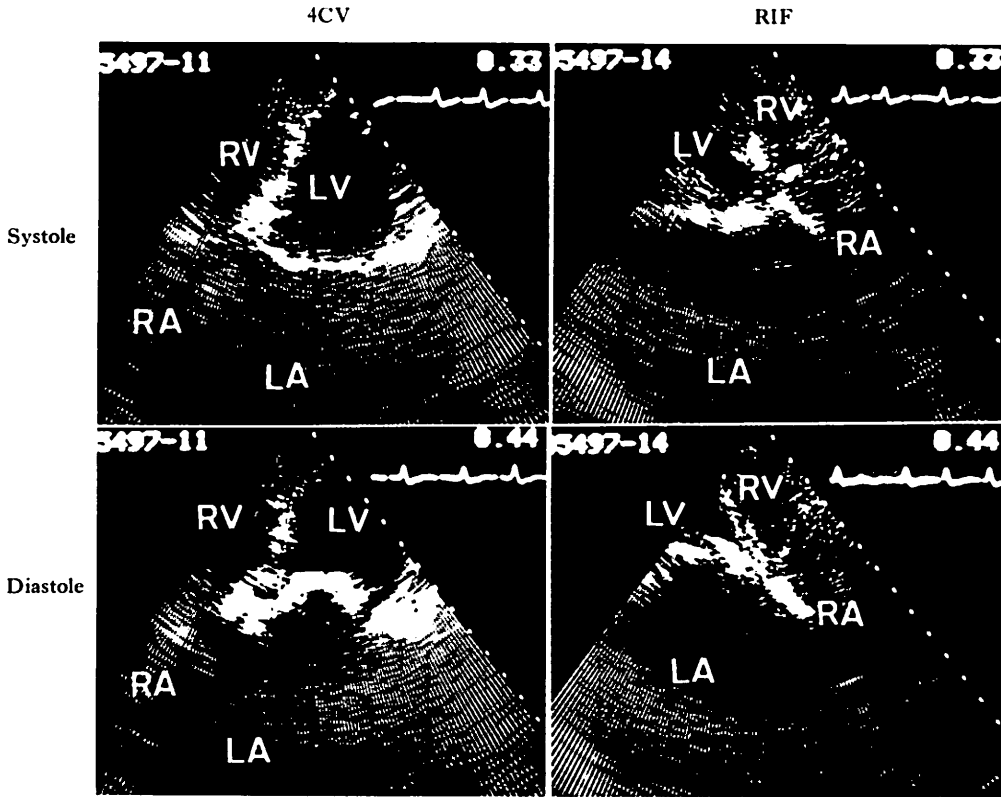


Fig. 9. Two-dimensional echocardiograms of the tricuspid ring in a case with mitral valve disease with large left atrium (31-year-old female).

Adequate recording of the tricuspid ring is impossible due to the large left atrium (LA).

TR(+) 例ともに右房から右室へ向う層状エコーがみられた。

三尖弁口部 M モードコントラストエコーの型は Fig. 12 上段のように AB, B, A, N (逆流エコーがみられないもの) の 4 型に分けられた。これを各群ごとに示したのが Table 2 である。正常群は 1 例を除きすべて N 型を呈したが、この 1 例は収縮期の後半のみ三尖弁口から右房へ向う層状エコーをみた (Fig. 13)。持続も 5 心拍と短く他の B 型とは明らかに異なっていたが、表では便宜上 B 型に入れておいた。ASD 群も M 群も TR(-) 例はすべて N 型を示した。ASD 群, M 群の TR(+) 例中 14 例(47%)が AB 型, 10 例(33%)が B 型, 4 例(13%)が A 型, 2 例

(7%)が N 型を呈した。

2) 下大静脈 M モードコントラストエコー所見: SX (Fig. 4 右) で把えた M モードコントラストエコーは, 2 つの型に大別された。1 つは典型的な TR 例にみられる型で心室収縮期に右房から下大静脈 (IVC) および肝静脈 (HV) にコントラストが逆流するもの (S 型: systolic pattern), もう 1 つは拡張期にコントラストエコーが IVC, HV に出現する型で, 正常者にもみられるものであった (D 型: diastolic pattern) (Fig. 12 下段, Fig. 14)。しかし TR の程度が強くなると収縮期に逆流したコントラストエコーが, 全心周期を通じて長く IVC, HV 内に記録された。さらにまったく逆流のみられないものを (-) 型と

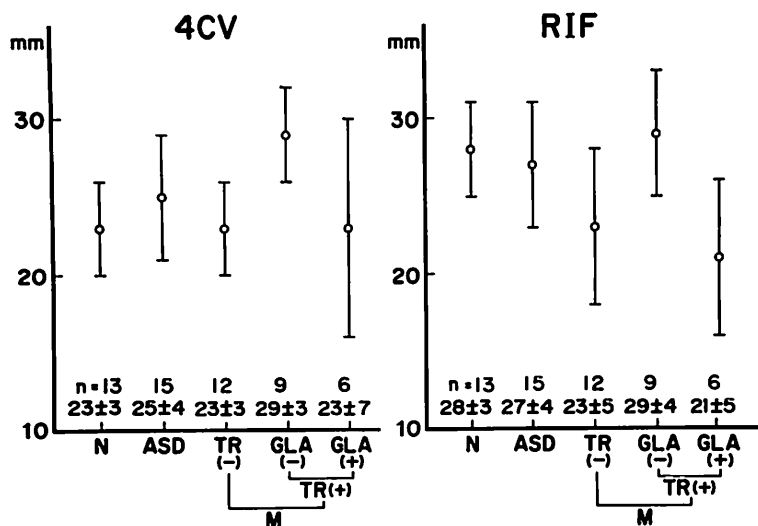


Fig. 10. Tricuspid ring diameter in 4CV and RIF.
GLA(-)=without giant LA; GLA(+)=with giant LA.

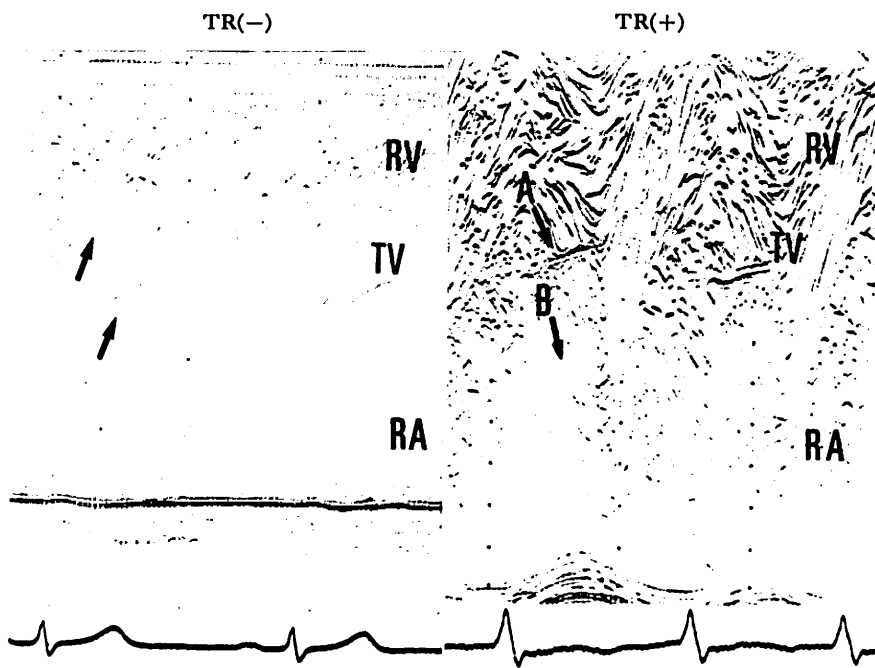


Fig. 11. M-mode contrast echocardiogram at the tricuspid orifice simultaneously recorded with 4CV of the two-dimensional echocardiogram.

Left: Contrast echo flows from RA to RV in systole in a case without TR (arrows). Right: Contrast echo regurgitates from RV to RA in a case with TR (arrow A and B). In diastole, contrast echo flows from RA to RV in both cases with or without TR.

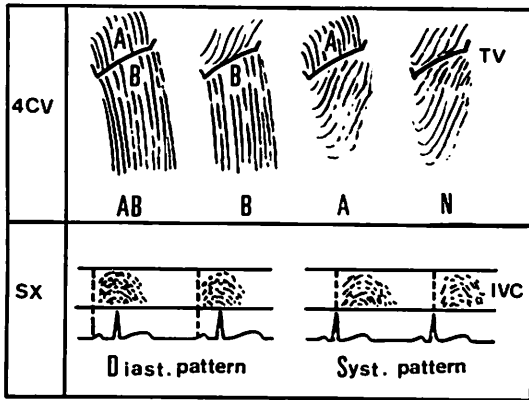


Fig. 12. Schematic drawing of M-mode contrast echocardiograms.

Upper: M-mode contrast echocardiogram at the tricuspid orifice can be classified into four patterns according to regurgitant echo in RV (A) and RA (B). Pattern N indicates no regurgitant flow. Lower: M-mode contrast echocardiogram in IVC can be classified into two patterns according to the cardiac phase when contrast echo appears.

Table 2. Patterns of the M-mode contrast echocardiogram at the tricuspid orifice in each group

Group	Echo		AB	B	A	N
	No. of pts					
Normal	15			1		14
ASD	TR (-)	18				18
	TR (+)	2	1	1		
M	TR (-)	19				19
	TR (+)	28	13	9	4	2

TR(-)=without tricuspid regurgitation (TR); TR(+)=with TR; AB, B, A, N=see Fig. 12.

して, Table 3 に各疾患群で見られる型を示した. 正常群と TR(-) の M 群で計 3 例の S 型がみられたが, これはすべて呼気時に IVC に出現し, 持続も 10 心拍以下であった. D 型が計 6 例みられたが, コントラストエコーの出現しない (-) 型が大部分であった (74%). これに対して ASD の TR(-) 群は大部分が D 型を呈し (89%),

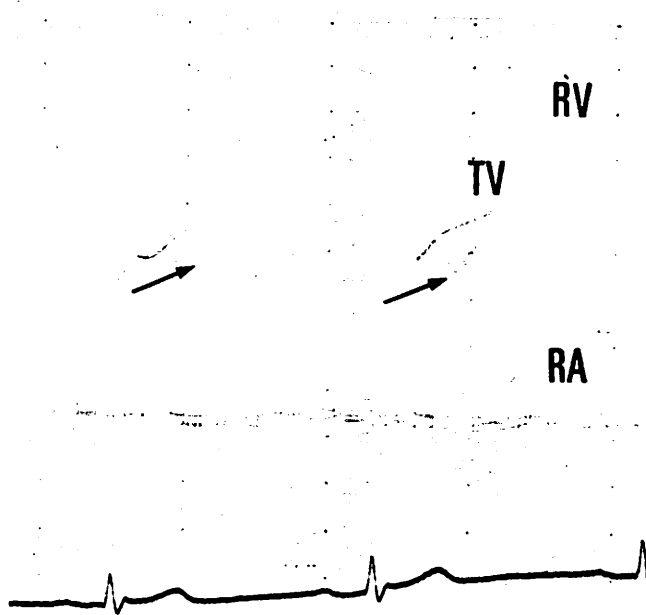


Fig. 13. M-mode contrast echocardiogram in a normal subject who shows "pseudo" B pattern (27-year-old male).

In this case, back flow in RA (arrow) is seen only in late systole, which continues only five beats. This "pseudo" B pattern does not indicate TR.

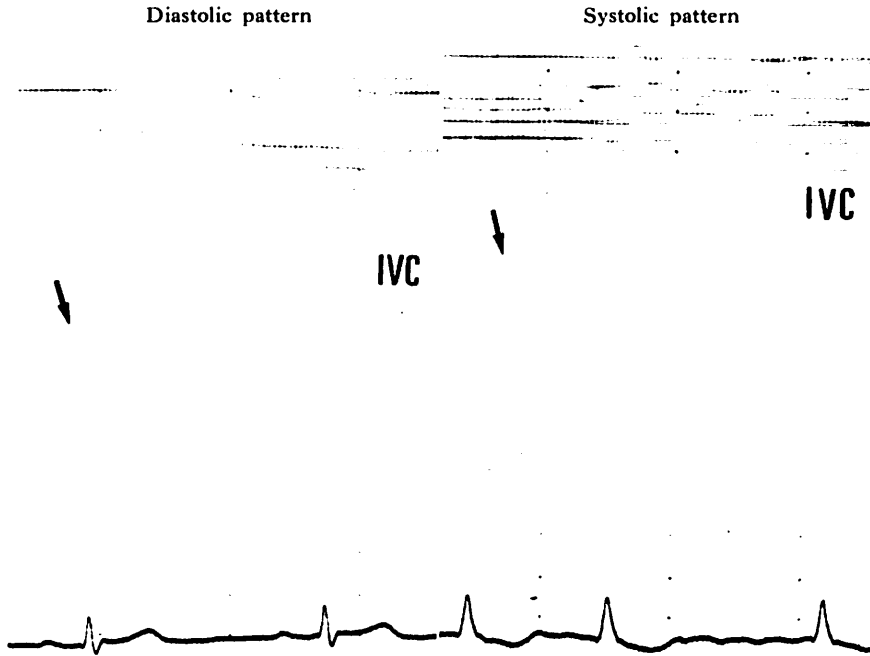


Fig. 14. Two patterns of M-mode contrast echocardiograms in IVC simultaneously recorded with SX of the two-dimensional echocardiogram. Arrows indicate the beginning of the regurgitant contrast echo.

Table 3. Patterns of M-mode contrast echocardiogram in the inferior vena cava (IVC) in each group

Group	Echo	No. of pts	Pattern		
			S	D	(-)
Normal		15	1	4	10
ASD	TR (-)	18		16	2
	TR (+)	2	2		
M	TR (-)	19	2	2	15
	TR (+)	28	24	1	3

S=systolic pattern; D=diastolic pattern; (-)=no regurgitant contrast echo. see Fig. 12.

またその特徴は他群の D 型と異なり, 拡張初期や中期に始まることは少なく, ふつう心房収縮に伴ってみられることであった. TR(+) の ASD は 2 例とも S 型を呈し, TR(-) の M 群は 1 例の D 型, 3 例の (-) 型を除いてすべて S 型を呈

した.

3) コントラストエコーの持続時間: ビデオテープを再生して, RA および IVC でコントラストエコーがまったく消失するまでの心拍数を計測した (Table 4).

RA についてみると, 正常群の大部分および TR(-) の ASD と TR(-) の M 群の 2/3 は 20 心拍以下であったが, とくに正常群の 2/3 (10 例) は 10 心拍以下であった. TR(+) の ASD のすべてと TR(+) の M 群の 2/3 は 50 心拍以上であった. TR(-) の ASD と TR(-) の M 群の各 1/3 および TR(-) の M 群の 1/3 は 20~50 心拍と overlap していた.

IVC についてみると, 正常群のすべておよび TR(-) の ASD と M 群の大部分は 20 心拍以下であり, とくに正常群では 3 例を除いてエコーがみられなかった. TR(+) の ASD 2 例と TR

Table 4. Disappearance time of contrast echo from the right atrium (RA) and inferior vena cava (IVC) observed by video-tape in each group

Group	Echo	No. of pts	RA			IVC		
			20	50	100 beats	20	50	100 beats
Normal		15	14	1		15		
ASD	TR (-)	18	12	6		16	2	
	TR (+)	2			1 1		1	1
M	TR (-)	19	12	6	1	17	1	1
	TR (+)	28		9	15 4	3	10	12 3

(+) の M 群 25 例 (89%) は 20 心拍以上であった。

4) 手術所見とコントラストエコー法の対比: 先に述べた方法により手術時の TR の程度を negative (-), mild (+), moderate (H), severe (H) に分類し, コントラストエコー所見と比較した。対象は TR の術前および手術診断の一致した M 群の 47 例とした。

a) 三尖弁口部 M モードコントラストエコー波形との対比 (Table 5): (H) は全例 AB, (H) は B 型が AB 型よりやや多くなり, (+) では AB, B, A, N がほぼ同数ずつ, (-) は全例 N 型というように, 重症なほど AB, B 型が多い傾向にあり, 明らかに重症度とエコーパターンに相関がみられた。しかし各 grade 間にかかなりの重なりがみられた。Table 6 の逆流エコー (Figs. 11, 12 の A, B) の持続心拍数をみると重症なほど大であることがわかる。(H) は全例 40 心拍以上, (H) は大部分が 15~40 心拍, (+) は全例 15 心拍以下であった。

b) 下大静脈 M モードコントラストエコー波形との対比 (Table 7): TR を有するものは (H), (+) の各 2 例を除いてすべて S 型であったのに対し, (-) では 2 例のみが S 型を呈した。しかし S 型エコーの持続心拍数をみると, (H) のすべて, (H) の大部分で 20 心拍以上記録され, また重症なほど収縮期-拡張期にわたってエコーが持続的に出現することが多かった。(+) の 2/3 は 20 心拍以下, (-) はすべて 15 心拍以下であった

Table 5. Patterns of M-mode contrast echocardiogram at the tricuspid orifice and the severity of tricuspid regurgitation (TR) assessed at operation

Ope	Echo	No. of pts	Severity of TR			
			AB	B	A	N
(H)		7	7			
(H)		11	4	6	1	
(+)		10	2	3	3	2
(-)		19				19

(H): severe TR; (H): moderate TR; (+): mild TR; (-): no TR.

Table 6. Duration of regurgitant echo (AB, B or A pattern) in M-mode contrast echocardiograms at the tricuspid orifice and the severity of TR assessed at operation

Ope	Echo	No. of pts	Duration of regurgitant echo		
			0	15	40 beats
(H)		7			7
(H)		11		1	7 3
(+)		10	2	8	
(-)		19	19		

(Table 8).

c) VTR によるコントラストエコーの持続時間との対比 (Table 9): コントラストエコーが RA および IVC 内で認められる心拍数は, 重症なほど大なる傾向がみられたが, 各 grade 間にかかなりの重なりがみられた。しかし, TR を有す

Table 7. Patterns of the M-mode contrast echocardiogram in IVC and the severity of TR at operation

Echo \ Ope	No. of pts	S	D	(-)
(卅)	7	7		
(++)	11	9	1	1
(+)	10	8		2
(-)	19	2	2	15

Table 8. Duration of regurgitant echo (S pattern) in the M-mode contrast echocardiogram in IVC and the severity of TR at operation

Echo \ Ope	No. of pts	0	15	20 beats
(卅)	7			7
(++)	11	2	1	8
(+)	10	2	3	3
(-)	19	17	2	

るものは, RA では全例 20 心拍以上 (68% が 50 心拍以上), IVC では 25/28 (89%) が 20 心拍以上であり, とくに (卅) では RA, IVC とともに全例 80 心拍以上であった. 一方, TR(-) 群についてみると, RA では 12/19 (63%) が 20 心拍以下, IVC では 17/19 (89%) が 20 心拍以下であり, それも拡張期か呼吸時に限られた.

考 案

1. 三尖弁エコーの撮り方
M モード法による三尖弁の検出は難しく, 正

Table 9. Disappearance time of contrast echo from the right atrium (RA) and the inferior vena cava (IVC) observed by video-tape and the severity of TR assessed at operation

Echo \ Ope	No. of pts	RA			IVC		
		20	50	100 beats	20	50	100 beats
(卅)	7		4	3		5	2
(++)	11	4	6	1		7	3
(+)	10		5	5	3	3	4
(-)	19	12	6	1	17	1	1

常例では連続エコーとして検出されることはまれである^{5,6)}. 連続した三尖弁エコーを記録するのは, ほとんど右心負荷のある場合である⁶⁾. 特殊な探触子支持装置を用いた Nimura らの報告でも, 正常例では数十分かけて約半数に連続エコーが記録されたのみで, しかもそのうち大部分は E 点が心臓前壁エコーと重なってみられたという^{5,7)}. 正常例の完全な連続エコーを記録し難いのは断層法を用いた場合でも同様であり, 15 例中わずか 1 例のみであった (Fig. 5). 大部分は最大開放時に弁尖がビームからはずれてしまうのである. しかし不連続な記録ならほとんどの症例に可能であり, 6 例はかろうじて amplitude, DDR の測定が可能であって, これらを含めると約半数で三尖弁エコーの形を確認できることになり, Nimura ら⁵⁾, 藤井ら⁶⁾の M モード法のみ結果と一致する.

一方, 右心負荷をきたす ASD 群, M 群では従来の報告と同様高率に検出可能であった. 完全な連続三尖弁エコーが, RIF での前尖, AoS での中隔尖で検出率が高いのは, これらがビームに直角に位置するからであろう.

弁尖の同定は断層法を併用すれば一目瞭然である. M モード法で記録される三尖弁エコーは, 従来前尖のそれであるとする報告が多いが^{5,6,8)}, 今回の断層法を併用した我々の検討では, 前尖も中隔尖もほとんど同じ深さにほぼ同じ形で記録されることが多い. これは Fig. 1 下段のシェーマからもうなずけることであろう. したがって両者の区別には断層法の併用が不可欠と考えられる.

後尖は通常他の二尖弁よりも深い位置に不連続な鏡像として記録されることが多いので, 区別は容易である。

2. 三尖弁前尖の amplitude と DDR

正常三尖弁についての計測の報告は, 記録が難しいことからきわめてわずかである^{5,6,11-13}。報告者によって値に差があるのは, E 点, F 点 (Fig. 5) が明瞭に記録されないことが多いこと, 弁尖とビームの関係が必ずしも一定になり難いこと等の, 記録, 計測の問題によるものと考えられる。

他の報告^{12,13}と同様, TR を有する M 群では, amplitude, DDR とともに他の群より低値を示し, とくに DDR が 50 mm/sec 以下では TR 合併の可能性が大である。TR 群のうち TS 例でとくに低いという結果は, 和田¹²の報告の器質的障害の強いほど amplitude, DDR が低下するという結果とよく一致している。また, TR では矩形波を呈さないものでも amplitude, DDR が低いのは, 右室拡大の程度に対する右室流入血量の相対的減少や右室コンプライアンスの低下等の要素を考える必要があるだろう¹³。

3. 三尖弁狭窄の診断

TS の M モード三尖弁エコーが, MS と同様に矩形波を呈するという事は, すでに Joyner らによって報告されている¹¹。また三尖弁に器質的障害の強い場合には, TR でも TS と同じく amplitude, DDR が低下して矩形波を呈するという^{6,12,13}。とくに和田は DDR が 50 mm/sec 以下で, 矩形波パターンを呈する例は弁間癒着以上の強い器質的障害があり, 100 mm/sec 以上の場合には器質的障害はないかあってもごく軽いと結論している¹²。我々の結果は, M 群のうち TR(+) の 10/28 (36%), TR(-) の 2/19 (11%) に矩形波を認めた。しかしながら明らかに弁口の狭窄が認められた TS の 4 例を除くと, 手術時の触診所見で弁の粗造, 肥厚, 硬化, 癒合等の器質的变化を認めたものは 1 例のみで, 他は薄くてやわらかくむしろ弁輪の拡大しているものがほと

んどであった。このような症例でも弁尖の軽度の肥厚程度の変化は存在している可能性があるが, 弁切除例はなく組織学的検索は行っていないので推測の域をでない。このような, M モードで矩形波を呈しながら手術所見で器質的病変を認めなかった症例が TR(+) 群に多いということから, 心エコー図上での TS の診断には断層法の併用が不可欠であると考えられる。ただし, 断層法にても器質的障害の強い場合には, たとえ弁口の狭窄がなくても弁の可動性が減じ, TS の有無の判定に苦しむ場合があるので, ビーム方向を変えて 3 つの弁尖について丹念に調べる必要がある。

M モード, 断層法から TS と診断され, 手術で確認された 4 例の M 群全体に対する頻度 (8.5%) は剖検による報告 (8~15%) とよく一致していた¹¹。

4. 三尖弁輪径

Silver らによると, 三尖弁輪は同一平面上にはなくややゆがんだ形をしており, 周径の正常値は男 11.4±1.1 cm, 女 10.8±1.3 cm である¹⁴。手術や剖検所見からそれはやや潰れた円形をしているので, 長径は 3~4 cm と考えられる。リウマチ性僧帽弁疾患に伴って TR をきたす場合には普通三尖弁輪は拡大するが¹⁴、断層心エコー図によって計測した値は必ずしも TR のすべてで大きくはない (Fig. 10)。とくに左房拡大の著しい例では三尖弁輪の記録自体が難しい。僧帽弁疾患では多かれ少なかれ左心系の拡大があるので, エコー上の値は必ずしも正確な弁輪径を反映していないが, TR を有するものでは大きい値を示すものが多いことは事実である。4CV で 25 mm, RIF で 30 mm を越えるものは三尖弁輪の拡大が疑われる。

5. コントラストエコー法による三尖弁閉鎖不全の診断

三尖弁閉鎖不全の診断の難しさは, 実に様々の方法が試みられながら, 確実な方法がないということに端的に表われている。New York Heart Association による三尖弁閉鎖不全の診断基準は,

第7版¹⁵⁾から改訂され(第8版, 1979も同じ), 1) 造影剤や色素等の右室から右房への逆流, 2) 右房圧曲線でX谷の消失, 3) 胸骨下端第4~5肋間で吸気性に増大する全収縮期雑音の3つとなっている. 第6版にあった, 頸静脈や肝の収縮期拍動, 頸静脈, 肝拍動波のv波などがはずされ, 右房圧波と心雑音だけが第7版に残された.

実際には TR において頸静脈圧波形や右房圧波形で X 谷が消失し, 心室化を示すのは少数である^{16,17)}. 右室造影や指示薬希釈法による方法は, 期外収縮やカテーテルによる弁の圧排等による偽陽性が多い¹⁷⁻²¹⁾. 偽陰性は少ないといわれるが¹⁷⁾, 我々の経験では TR の程度が強くと右心系の拡大が著しい場合に注入造影剤の量が少ないと, 偽陰性を生じることがある. シネを用いずロールフィルムの連続撮影¹⁸⁾では信頼性はさらに低くなると思われる.

一方, コントラストエコー法は, Gramiak らの報告以来²²⁾, シャントの検出や逆流の診断に有効であることが確認されてきた²³⁾. 末梢静脈からの方法も開発され^{24,25)}, Lieppe らによって三尖弁閉鎖不全の診断にも応用されはじめた²⁶⁻²⁸⁾.

軽度の三尖弁閉鎖不全の診断は, 前述のごとく困難なことが多いため, 我々は手術所見との対比を行ったもののみを対象とした. 手術所見は主観的なものであるため, その信頼性に問題が残るが, 4例を除いて術前の診断とよく一致した. 術前診断 TR(-) で手術所見 TR(+) の1例は, 三尖弁によるあおりを TR と誤診した可能性がある. 術前診断 TR(+), 手術診断 TR(-) の3例はいずれも術前の評価は軽度 TR であり, 手術所見の誤りの可能性のほかに手術までの安静治療や手術時の血行動態の変化によって TR が消失していた可能性もある.

4CV における三尖弁口部 M モードコントラストパターンを, 4つに分類したが (Fig. 12, Table 2), AB 型>B 型>A 型の順でより確実な所見と考えられる. TR(+) で N 型を呈したのはいずれも2例のみで, sensitivity (93%) も specificity

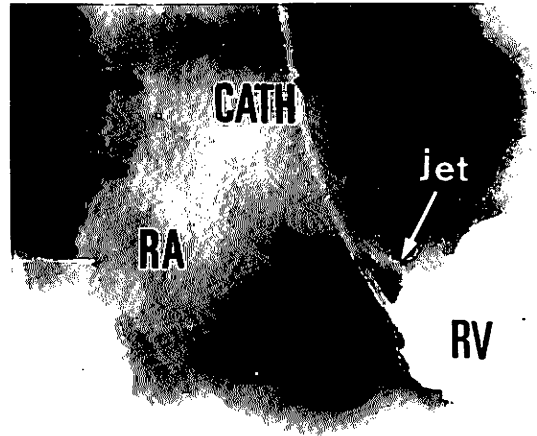


Fig. 15. Right ventriculogram in a case with TR and TS (same patient in Fig. 7).

Narrow regurgitant jet is indicated by an arrow. CATH=catheter.

(98%) も高い方法である. しかし, 明らかな TR を有しながら, 何度繰り返しても A 型しか示さず, 1度だけ 80 心拍以上におよぶ AB 型を呈した TSR 例があった. Fig. 15 はその右室造影所見で, カテーテル挿入部とは別の部分に細く強い逆流 jet がみられる. Fig. 16 はそのコントラストエコーパターンで, AB 型を示すときは A の部分がやや不完全になる. この例はエコービームが逆流 jet を把えた時のみ AB 型を呈することを示している.

このような例は, 本研究に含まれない数例 (TS なし) にも経験している. したがって上述のパターンは本質的な差を示すものではなく, 右房, 右室内での逆流の方向, 逆流束の大きさ, ビーム方向の関係によって種々のパターンを示すものと考えられる. 正常例で B 型に似たパターンを呈した1例は, 収縮期後半にのみみられ, 持続も5拍のみであり明らかに B 型とは区別される (Fig. 13). これは, ごく軽度の TR という可能性も否定できないが, むしろ弁によるあおりあるいは弁に衝突して跳ね返った血流をみているものと考え

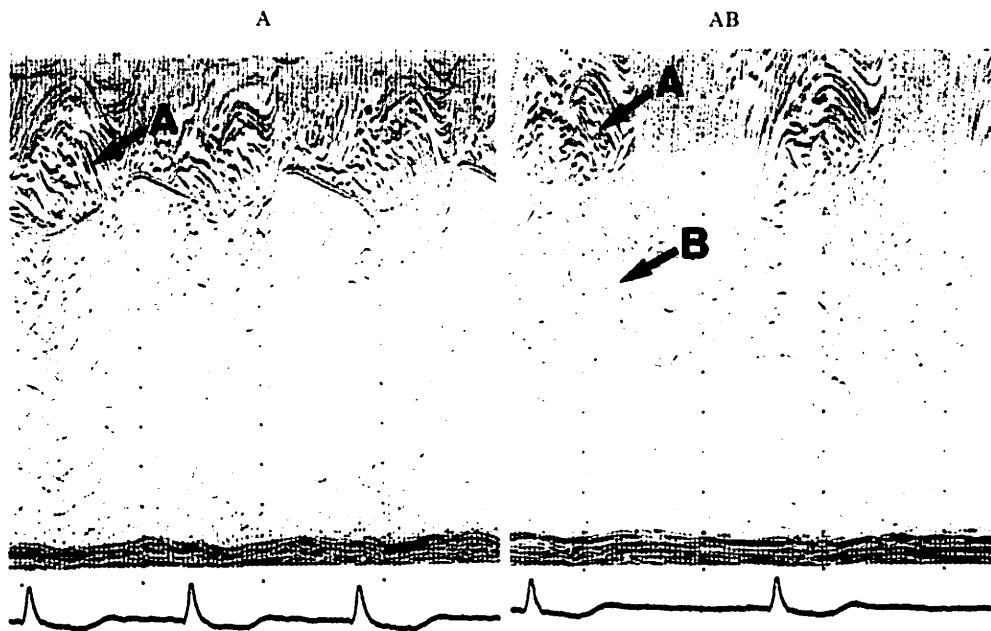


Fig. 16. Two patterns of M-mode contrast echocardiograms at the tricuspid orifice recorded in a same patient (same patient in Fig. 15).

Pattern AB can be recorded only when the echo beam passes through the narrow regurgitant jet flow.

られる。尾崎ら²⁸⁾は健常者の 67% に拡張中期から収縮早期にかけて右室から右房への逆流エコーがみられたとしているが、これは右室の収縮によって生じる逆流とはまったく異なり、単なる弁のあおりであって、“逆流”ではない。したがって全収縮期性に逆流エコーを生じる B 型とは明らかに異なり、診断上は何ら問題にならない。

下大静脈へのコントラストエコーの出現は、正常例や TR(-) 例でも少数みられるが、ほとんど拡張期か呼気時である。ASD では高率に拡張期に出現するが、これは左房から右房への短絡血流のためと考えられる。S 型を TR(+) の所見、D 型、(-) 型を TR(-) の所見とすると、sensitivity (87%), specificity (94%) とともに三尖弁口部 M モードコントラストエコーよりやや劣る。

4CV の断層法の観察からコントラストエコーの逆流を診断するのは、軽度の場合困難なことが多いので、ビデオテープを再生して、RA、IVC

におけるコントラストエコーの持続時間を測定した。コントラスト物質の種類、注入のやり方、個体差によってエコーの現われ方に差があることから同一条件での比較とはなりにくい。TR では明らかに長く、客観的な指標となりうる。RA では各群で 20~50 心拍での重なりが多いため、50 心拍以上をもって TR(+) とすると specificity (98%) は良いが sensitivity (70%) は悪く、20 心拍を境にすると逆に sensitivity (100%) は良いが specificity (73%) がかなり悪くなる。IVC では 20 心拍を境にすると sensitivity (90%), specificity (92%) とともに同程度となる。

6. 手術所見とコントラストエコー法の対比

TR の重症度判定は、右室造影¹⁷⁾や指示薬希釈法^{20,21)}によって試みられているが、方法に問題があったり、手術所見との対比がなされていないなどまだ確実なものになり得ていない。

コントラストエコー法は、TR の有無に関して

Table 10. Summary of the various contrast echocardiographic findings and the severity of TR assessed at operation

Ope	Echo	M-mode				2-D Echo	
		TVO		IVC		RA	IVC
		pattern	beats	pattern	beats	beats	beats
(卅)	AB	40~	S	20~	80~	80~	
(卅)	AB·B	15~40	S	20~	20~80	20~50	
(+)	AB·B·A	~15	S	~20	20~50	~50	
(-)	N	0	D expiration	~10	~30	~20	

TVO=at tricuspid orifice; 2D-Echo=observed by video-tape.

は前述のごとく sensitivity, specificity ともによいが, 重症度の判定となると各 grade 間にかかりの重なりがみられた. しかしエコーパターンと持続時間を組み合わせるとある程度重症度を測定することができる. **Table 10** は **Tables 6~9** をまとめたもので, 重症度判定の目安とすることができる. ただし, エコーの持続時間は注入物質や注入法によって異なるので, 方法が違うと適用できない. ここでは微量の炭酸ガスを冷却生理食塩水 10 ml に溶解した方法での値を示してある. 我々の経験から三尖弁輪形成術や人工弁置換術を必要とするのは, ふつう (卅) 以上の TR に限られ, (卅)と(+)との区別が問題になるが, これは(卅)と(卅)の区別よりは比較的容易である (**Table 10**). したがって, 三尖弁エコー所見(硬化, 狭窄), コントラストエコー所見から, 三尖弁手術の適用, 術式を事前に決めることが可能であると考えられる.

結 語

1) 三尖弁の標準的記録法として, 大動脈基部短軸断層および四腔断層で前尖と中隔尖が, 右室流入路断層で前尖と後尖が記録されるが, その同定には断層法の併用が不可欠である. 完全に連続した記録は, 断層法を併用しても正常者では困難であるが, 右心系の拡大がある場合には容易である.

2) 三尖弁閉鎖不全では amplitude, DDR ともに低下し, 三尖弁狭窄を合併するとさらに低値を示す. とくに DDR が 50 mm/sec 以下の場合には TR の合併が疑われる.

3) M 群の 26% が M モード法で矩形波を呈したが, このうち手術で三尖弁狭窄を認めたのは 1/3 であり, 心エコーによる TS の診断には断層法の併用が不可欠である.

4) 三尖弁輪の正しい記録は困難なことが多く, 必ずしも実際の拡大の程度を正確に評価できない. しかし, 巨大左房のない三尖弁閉鎖不全では大きい値を示すものが多かった.

5) コントラストエコー法による三尖弁閉鎖不全の定性的診断は, sensitivity, specificity ともに高く, ほとんどの例に診断可能である. さらにコントラストエコーパターンとその持続時間から重症度の判定が可能であると考えられた.

要 約

リウマチ性僧帽弁疾患 51 例, 心房中隔欠損 20 例, 健常者 15 例を対象として, M モード三尖弁エコーの検出率, 三尖弁輪径の計測, M モードおよび断層法併用による三尖弁狭窄, 三尖弁閉鎖不全の診断の信頼性について検討した.

1) 大動脈基部短軸断層および四腔断層では前尖と中隔尖が, 右室流入路断層では前尖と後尖が記録される. 正常者で完全に連続した三尖弁エコー

一が記録されたのは1例のみであったが, ASD, TR(+) のM群では75~100%において可能であった。

2) 三尖弁閉鎖不全(TR)では正常に比し, amplitude, DDRともに小さく(21 ± 2 mm, 44 ± 12 mm/sec; 正常群 34 ± 4 mm, 110 ± 14 mm/sec), 三尖弁狭窄(TS)を合併するとさらに小さかった(16 ± 1 mm, 26 ± 2 mm/sec)。

3) M群の12例(26%)でMモード三尖弁エコーが矩形波を呈し, このうち1/3(4例)に手術でTSが証明された。これら4例はすべて, 断層法で三尖弁エコーの増強, 弁の開放制限, ballooningを呈した。

4) 断層心エコー図上三尖弁輪は必ずしも正確な記録が得られない。とくに左房拡大の著しい場合には難しい。しかし一般的には, TRにおいて三尖弁輪の拡大している例が多くみられた。

5) コントラストエコー法によるTRの診断は非常に感度がよい。とくに三尖弁口部Mモードコントラストエコー法においては, sensitivity 93%, specificity 98%であった。また手術時に評価したTRの重症度と, コントラストエコーパターン, コントラストエコーの持続心拍数はよく相関し, コントラストエコー法からTRの重症度を判定することも可能と考えられた。

文 献

- 1) Grondin P, Lepage G, Castonguay Y, Meere C: The tricuspid valve: A surgical challenge. *J Thorac Cardiovasc Surg* 53: 7, 1967
- 2) Kay JH, Maselli-Campagna G, Tsuji HK: Surgical treatment of tricuspid insufficiency. *Ann Surg* 162: 53, 1965
- 3) Starr A, Herr R, Wood J: Tricuspid replacement for acquired valve disease. *Surg Gynec Obstet* 122: 1295, 1966
- 4) Carpentier A, Deloche A, Dauptain J, Soyfer R, Blondeau P, Piwnica A, Dubost C: A new reconstructive operation for correction of mitral and tricuspid insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg* 61: 1, 1971
- 5) Nimura Y, Wada O, Mochizuki S, Matsuo H, Aoki K, Kimura H, Izumi T, Kato K, Abe H: The ultrasound cardiogram of the tricuspid valve in healthy subjects. *Jpn Heart J* 13: 394, 1972
- 6) 藤井淳一, 森田 健, 渡辺 瀧, 加藤和三: 右心疾患の三尖弁エコーグラムについて. *臨床心音図* 5: 241, 1975
- 7) 加藤金正, 角所 収, 本宮 恵, 泉水朝見, 仁村泰治, 望月茂樹, 和田温教, 阿部 裕: 三尖弁 UCGの検出方法について. *医用電子と生体工学* 6: 472, 1968
- 8) Feigenbaum H: *Echocardiography*. 2nd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1976
- 9) 町井 潔編: *心臓の超音波検査法*. 全改訂4版, 中外医学社, 1977
- 10) 町井 潔, 遠田栄一, 井田喜博, 飯沼一浩: セクタ電子走査型装置による心臓の超音波断層法. *超音波医学* 5: 31, 1978
- 11) Joyner CR, Hey EB, Johnson J, Reid JM: Reflected ultrasound in the diagnosis of tricuspid stenosis. *Amer J Cardiol* 19: 66, 1967
- 12) 和田温教: 超音波検査法——Ultrasound cardiogram (UCG)——による三尖弁障害診断の研究. *Jpn Circulat J* 36: 1277, 1972
- 13) 西村敏弘, 盛岡茂文, 河合忠一, 琴浦 肇: 三尖弁閉鎖不全症の心エコー図所見について. *J Cardiography* 7: 177, 1977
- 14) Silver MD, Lam JHC, Ranganathan N, Wigle ED: Morphology of the human tricuspid valve. *Circulation* 43: 333, 1971
- 15) Harvey RM: *Nomenclature and criteria for diagnosis of diseases of the heart and great vessels*. 7th ed. Little, Brown and Company, Boston, 1973
- 16) 坂本二哉, 吉川純一, 井上 清, 伊藤梅乃, 林 輝美, 大久保重義, 村尾 覚: 三尖弁閉鎖不全における頭静脈波曲線の診断的意義に対する再評価. *臨床心音図* 2: 383, 1972
- 17) Cairns KB, Kloster FE, Bristow JD, Lees MH, Griswold HE: Problems in the hemodynamic diagnosis of tricuspid insufficiency. *Amer Heart J* 75: 173, 1968
- 18) 玉木英介: 三尖弁閉鎖不全の診断に関する研究. *Jpn Circulat J* 32: 1515, 1968
- 19) Parker BM, Hudson HL, Smith RM, Louis SL, Friedenber MJ: Tricuspid and mitral insufficiency in normal dogs. *Circulation* 32: 168, 1965 (abstr.)
- 20) Hansing CE, Rowe GG: Tricuspid insufficiency. A study of hemodynamic and pathogenesis. *Circulation* 45: 793, 1972
- 21) Tsuchi K, Miyazawa K, Ishikawa K, Katori R: A method for quantitative detection of tricuspid regurgitation with double injection—single sampl-

桑子, 遠田, 井野, ほか

- ing dye-dilution technique. *Jpn Heart J* 16: 11, 1975
- 22) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH: Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. *Radiology* 92: 939, 1969
- 23) Kerber RE, Kioschos JM, Lauer RM: Use of an ultrasonic contrast method in the diagnosis of valvular regurgitation and intracardiac shunts. *Amer J Cardiol* 34: 722, 1974
- 24) Valdes-Cruz LM, Pieroni DR, Roland JM, Varghese PJ: Echocardiographic detection of intracardiac right-to-left shunts following peripheral vein injections. *Circulation* 54: 558, 1976
- 25) Seward JB, Tajik AJ, Hagler DJ, Ritter DG: Peripheral venous contrast echocardiography. *Amer J Cardiol* 39: 202, 1977
- 26) Lieppe W, Behar VS, Scallion R, Kisslo JA: Detection of tricuspid regurgitation with two-dimensional echocardiography and peripheral vein injections. *Circulation* 57: 128, 1978
- 27) 天野恵子, 坂本二哉, 羽田勝征, 山口経男, 石光敏行, 足立秀樹: コントラストエコー造影法: 弁閉鎖不全への適用. *J Cardiology* 9: 697, 1979
- 28) 尾崎正治, 半田洋治, 岡部光久, 内藤秀敏, 部坂浩二, 高橋徹郎, 曾田一也, 大田宜弘: 末梢静脈注入コントラストエコー法による三尖弁閉鎖不全診断の問題点: 健常者における偽陽性例について. *J Cardiology* 10: 173, 1980