

三尖弁閉鎖不全症における
逆流血流動態と心臓理学的
所見の関連性：心音図・心
機図・ドップラー法による検
討

Relationship between re-
gurgitant flow dynamics
and cardiac physical
signs in tricuspid regur-
gitation: A phono-, me-
chano- and Doppler
echocardiographic study

恵美 滋文
福田 信夫
奥本 哲生
細井 憲三
河野 智彦
井内 新
小川 聡
林 真見子
大木 崇
森 博愛

Shigefumi EMI
Nobuo FUKUDA
Tetsuo OKUMOTO
Kenzo HOSOI
Tomohiko KAWANO
Arata IUCHI
Satoru OGAWA
Mamiko HAYASHI
Takashi OKI
Hiroyoshi MORI

Summary

To evaluate the relationships between regurgitant flow dynamics of tricuspid regurgitation (TR) and cardiac physical signs, and to clarify the role of atrial function on central venous flow, we investigated physical signs by cardiac auscultation and palpation of the liver. In addition, phonocardiography, jugular venous and hepatic pulse tracings and Doppler echocardiographic recordings were performed. The subjects, 109 patients with Doppler-detected TR, were categorized as an SR group of 42 with sinus rhythm, an Af group of 63 with atrial fibrillation and four with sinus arrest. Thirty-five patients underwent open heart surgery before six months or more.

Results were as follows:

1. In the Af group, the maximum systolic flow velocity data in the superior vena cava (SVC) and hepatic vein (HV) correlated well with the maximum tricuspid regurgitant signal area on the color Doppler echocardiogram, and systolic backward flow from the heart was more evident in the

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, Tokushima University, Kuramotocho 2-50, Tokushima 770

Received for publication April 11, 1989; accepted September 4, 1989 (Ref. No. 36-36)

HV than in the SVC. In the SR group, however, no correlation was observed between the maximum systolic flow velocity and the TR signal area, and systolic backward flow was not evident even in cases with severe TR.

2. After open heart surgery, systolic flow velocities in the SVC and HV were significantly decreased in the SR group compared to the Af group.

3. There was close correlation between the presence of hepatomegaly and systolic backward flow towards the liver. Hepatomegaly was more marked in the Af group than in the SR group.

4. Jugular venous and hepatic pulse data correlated well with the flow velocity data in the SVC and HV and with the TR signal area.

5. Intensity of the tricuspid regurgitant murmur as estimated by the Levine's classification correlated relatively well with the systolic pressure gradient between the right ventricle and right atrium as calculated by the modified Bernoulli equation, but did not correlate with the TR signal area.

From these results, we conclude that the intensity of the tricuspid regurgitant murmur and the jugular venous or hepatic pulse patterns are useful for evaluating tricuspid regurgitant dynamics, when they are applied clinically with precise recognition of their significance and limitations, and that sinus rhythm or atrial fibrillation is also an important factor.

Key words

Tricuspid regurgitation Regurgitant flow dynamics Central venous flow pattern Cardiac physical signs Atrial function

はじめに

近年, 超音波ドップラー法の進歩により三尖弁閉鎖不全症の診断は飛躍的に向上し, 各種ドップラー法を用いて, 半定量的にその逆流動態を評価し得るようになった¹⁻³⁾. しかし, ドップラー法はその感度が鋭敏すぎるため, 陽性所見を得た場合の臨床的意義に対して苦慮することがある.

また, 従来より三尖弁逆流の重症度と頸静脈波⁴⁻⁶⁾および中心静脈血流パターンとの関係⁷⁻¹¹⁾が検討されているが, 本症における肝静脈 (hepatic vein, HV) と上大静脈 (superior vena cava, SVC) の血流パターンの相違, および三尖弁逆流の中心静脈に及ぼす影響, さらに右心不全の発現が洞調律と心房細動でいかに異なるかについての検討はいまだ不十分である.

本研究の目的は, 三尖弁閉鎖不全症における三尖弁逆流動態と心臓学的所見の関連性を明らかにし, さらに洞調律と心房細動における本症の中心静脈血流動態を比較検討することにある.

対象および方法

1. 対象

対象はドップラー法にて三尖弁逆流を有する各種心疾患 109 例 (平均年齢 52 ± 15 歳) で, その内訳は弁膜疾患 61 例 (僧帽弁膜症 42 例, 連合弁膜症 19 例), 心房中隔欠損症 11 例 (内 7 例は閉鎖術後), 孤立性心房細動 8 例, 生理的と考えられる三尖弁逆流 8 例, 永久ペースメーカー植込み後 5 例, 肺性心 4 例, 三尖弁逸脱症 3 例, 肥大型心筋症 3 例, 拡張型心筋症, エプスタイン奇形, 肺動脈弁狭窄症, 心アミロイドーシス, 甲状腺機能亢進症および慢性腎不全各 1 例である. この内 35 例は開心術施行例であるが, すべて術後 6 ヶ月以上経過した例を用いた.

以上の症例を, 収縮期心房弛緩の影響を無視できる心房細動 (Af) 63 例, 洞停止 4 例の計 67 例 [Af 群 (平均年齢 59 ± 11 歳)] と洞調律 42 例 [SR 群 (平均年齢 46 ± 17 歳)] の 2 群に分類した.

2. ドップラー法による三尖弁逆流の評価法

本研究においては、カラー Doppler 断層法にて収縮期に三尖弁口から右房へ向かう異常血流シグナルが存在し、かつこの異常シグナルが M モードカラー Doppler 法にて収縮期の 2/3 以上持続する場合を三尖弁逆流陽性と判定した。

三尖弁逆流の評価に際して、カラー Doppler 法では傍胸骨四腔断面、右室流入路長軸断面あるいは心尖部四腔断面から得られる最大の三尖弁逆流シグナルより最大逆流面積と最大到達距離を測定した。Gain setting はアーチファクトが出現しないレベルでの最大 gain と規定した。また、三尖弁逆流シグナルがいずれの断面においても心房中隔に衝突し、その方向が著明に変化する例は除外した。

連続波 Doppler 法では、三尖弁逆流の最大血流速度より Bernoulli の簡易式 [$\Delta p = 4V^2$: Δp は圧較差, V は最大流速 (m/sec)] を用いて収縮期右房・右室間圧較差を求めた。なお三尖弁逆流最大速度は、傍胸骨あるいは心尖部から可能な限

り、三尖弁逆流シグナルに平行になるようにビームを投入して計測したが、平行にならない場合には角度補正を行った。

3. 上大静脈および肝静脈の血流動態評価法

上大静脈および肝静脈の血流動態は、仰臥位にて右鎖骨上窩より上大静脈、心窩部より肝静脈を描出した後、パルス・Doppler 法により呼吸息止め時にそれぞれの血流パターン(上大静脈血流、肝静脈血流)を求め、50 mm/sec の紙送り速度で strip chart に記録した。上大静脈、肝静脈のいずれにおいても血流パターンが層流で、かつ最大流速が得られる場所にサンプル部位を設定した。

いずれの血流波形もトランスデューサーに向かう方向を正、同じく遠ざかる方向を負とし、収縮期最大血流速度 (S)、拡張期最大血流速度 (D) および S/\bar{D} ($\bar{D}:D$ の絶対値) を計測した (Fig. 1)。なお、収縮期波が II 音肺動脈弁成分以前の時点で両方向性を示す場合には、陰性 (a) と陽性 (b) の最大血流速度の和を S とした (Fig. 1 B)。

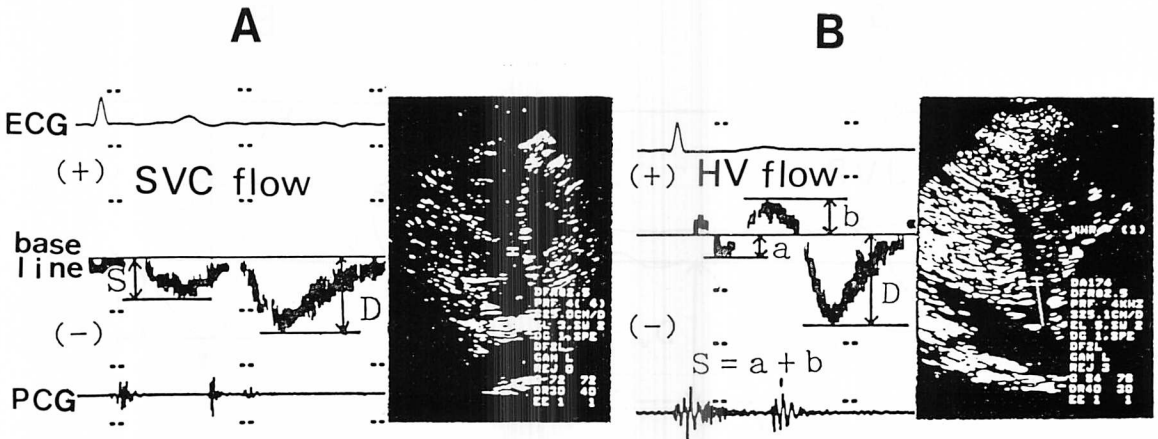


Fig. 1. Methods of measuring the pulsed Doppler flow velocity signals in the superior vena cava (panel A: SVC) and hepatic vein (panel B: HV).

Flow towards the transducer is defined as positive, and backward flow as negative. When the systolic flow velocity signal is biphasic as in panel B, the S value is calculated by the sum of a and b.

S=maximum flow velocity in systole; D=maximum negative flow velocity in diastole; a=maximum negative flow velocity in systole; b=maximum positive flow velocity in systole; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram.

4. 頸静脈波および肝拍動図の計測法

頸静脈波および肝拍動図においては、c波の立ち上がりを基線と定め、基線より上方部分を正、下方部分を負として、ドップラー法と同様の方法で S/D を計測した (Fig. 2)。洞調律例は基線の設定が困難なため、検討から除外した。

以上のドップラーおよび心機図記録の計測値は3心拍の平均により求めたが、心房細動例では先行 R-R 間隔が十分に長い心拍を用いた。

5. 三尖弁逆流雑音の音量評価法

胸骨左縁下方に最強点を有し、高調性で、心音図記録上 I 音と同時に開始するか、あるいは II 音まで持続する雑音であり、しかも吸気あるいは亜硝酸アミル吸入により増強する収縮期雑音を三尖弁逆流雑音と判定した。その音量は、防音室において仰臥位あるいは左半側臥位で聴診し、Levine 分類に従って、ドップラー所見を予知しない聴診に堪能な2名が判定した。Levine 分類上どちらとも判断し難い場合には、両者の中間値として判

定した。なお、僧帽弁逆流雑音や収縮期駆出性雑音が強大で、三尖弁逆流雑音の音量を判定し難い例は検討から除外した。

6. 肝腫大の評価法

肝腫大の程度は、触診により右季肋部鎖骨中線上にて触知し得た肝の最大径を横指として表現した。

7. 使用装置および記録条件

使用した超音波装置は東芝製超音波診断装置 SSA-100A および SSH-65A で、発振周波数 2.5 MHz の探触子を用い、パルス繰り返し周波数を 4 KHz に設定した。心音・心機図は、フクダ電子製ポリグラフ MCM-8000、心音マイクロフォン MA-250 および脈波トランスデューサー TY-303 を用い、時定数を 2.0 秒に設定し、エレマ製ミンゴグラフにて紙送り速度 100 mm/sec で記録した。

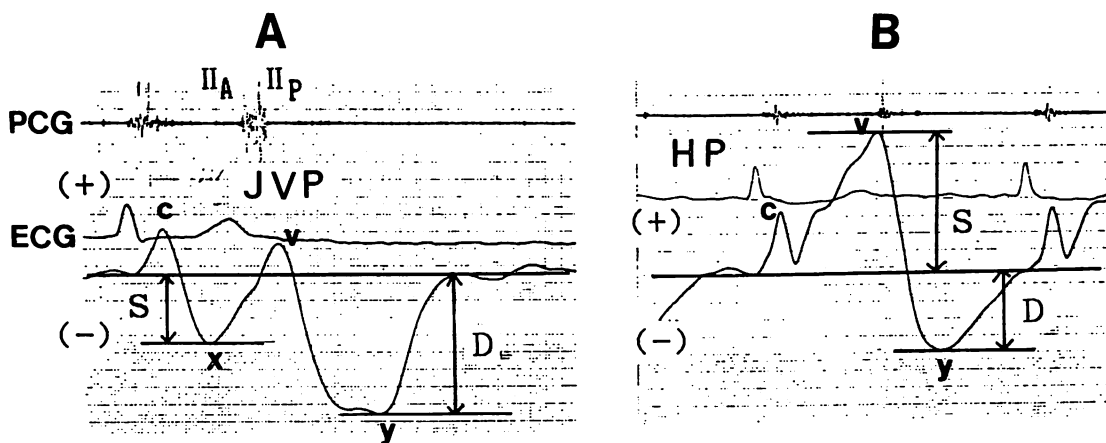


Fig. 2. Methods of measuring the jugular venous (panel A) and hepatic (panel B) pulse tracings.

The base line is defined as the upstroke point of the c wave. The c wave and the v wave after the pulmonic component of the second heart sound (II_P) are excluded from measurement. Upward deflection from the baseline is defined as positive and downward deflection as negative.

S=maximum deflection from the baseline in systole; D=maximum negative deflection from the baseline in diastole; JVP=jugular venous pulse tracing; HP=hepatic pulse tracing; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram; II_A=aortic component of the second heart sound.

成 績

1. ドップラー法により求めた三尖弁逆流の各指標と中心静脈血流の各指標との関係

Af 群においては、上大静脈血流、肝静脈血流の S および S/D̄ はいずれも三尖弁逆流の最大面積および最大到達距離との間に比較的良好な正相関 (r=0.63~0.74, p<0.01) を示した。また、S および S/D̄ と収縮期右房・右室間圧較差との関係では、肝静脈血流の方が上大静脈血流よりも有意に良好な相関を示した (Table 1A)。

Fig. 3 に Af 群における上大静脈および肝静脈血流の S と三尖弁逆流面積との関係を示す。両者の回帰直線は肝静脈血流の方が上大静脈血流よりも上方に位置し、また肝静脈血流の S は 4 cm² 以上の逆流面積を有する例が陽性化 (感受性 89%, 特異性 75%) しやすいのに対し、上大静脈血流の S は 10 cm² 以上の逆流面積によって初めて陽性化 (感受性 75%, 特異性 95%) する傾向がみられた。また、肝静脈血流では上大静脈

血流に比し、収縮期右房・右室間圧較差の大小により回帰直線より著しく上下に逸脱する例 (矢印) がみられた。

一方 SR 群においては、上大静脈および肝静脈血流から求めた各指標は、いずれも三尖弁逆流の各指標と有意な相関を示さなかった。(Table 1B)。

Fig. 4 に同程度の三尖弁逆流を有する両群の代表例を示す。両例ともカラードップラー上逆流面積が 10 cm² 以上の重症三尖弁閉鎖不全症であるが、心房細動例では上大静脈および肝静脈血流はいずれも収縮期波が陽性化しているのに対し、洞調律例では収縮期陰性波が十分保たれている。なお、心房細動、洞調律のいずれにおいても、上大静脈血流よりも肝静脈血流の方が三尖弁逆流の影響を受けやすかった。

2. 開心術の中心静脈血流動態に及ぼす影響

Fig. 5 は、Af および SR 両群を開心術後例と非開心術例に分けて、肝静脈血流の S/D̄ と三尖弁逆流面積との関係を見たものである。Af 群における肝静脈血流の S/D̄ は、三尖弁逆流面積が

Table 1. Correlation coefficients between the parameters from the pulsed Doppler method and those from color and continuous wave Doppler methods in the atrial fibrillation group (panel A) and in the sinus rhythm group (panel B)

	SVC (n=65)			HV (n=66)		
	S	D̄	S/D̄	S	D̄	S/D̄
TR area (n=67)	0.73*	-0.60*	0.68*	0.68*	-0.41*	0.66*
TR length (n=67)	0.62*	-0.47*	0.61*	0.67*	-0.47*	0.66*
PG (n=42)	0.43*	0.11	0.47*	0.63*	-0.17	0.60*

	SVC (n=42)			HV (n=41)		
	S	D̄	S/D̄	S	D̄	S/D̄
TR area (n=42)	-0.12	0.12	-0.19	0.08	0.08	0.08
TR length (n=42)	-0.08	0.11	-0.13	0.06	0.12	0.00
PG (n=14)	-0.27	0.37	-0.31	-0.17	0.44	-0.05

* p<0.01.

SVC=superior vena cava; HV=hepatic vein; TR area=maximum tricuspid regurgitant area from the color Doppler method; TR length=maximum tricuspid regurgitant length from the color Doppler method; PG=systolic pressure gradient between the right ventricle and the right atrium; n=number of cases. Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

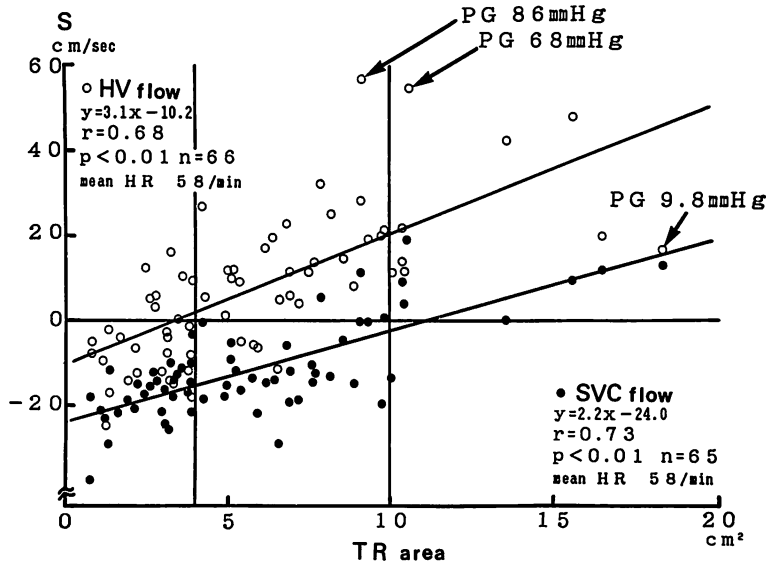


Fig. 3. Relationship between the S value in the central venous flow velocity signal and the maximum tricuspid regurgitant area (TR area) in the color Doppler method in the atrial fibrillation group.

Systolic backward flow from the heart is more evident in the hepatic vein (HV) than in the superior vena cava (SVC). Arrows indicate 3 cases that markedly deviate from the regression line.

PG=systolic pressure gradient between the right ventricle and the right atrium; HR=heart rate; n=number of cases.

4 cm² 未満の軽症三尖弁閉鎖不全例の場合には、開心術後例 (n=10, $S/\bar{D}=0.16 \pm 0.21$) が非開心術例 (n=17, $S/\bar{D}=-0.36 \pm 0.28$) に比べて有意に高値 (p<0.01) を示したが、中等症以上の三尖弁閉鎖不全例では両者に有意差を認めなかった [開心術後例 (n=16, $S/\bar{D}=0.47 \pm 0.28$), 非開心術例 (n=23, $S/\bar{D}=0.37 \pm 0.47$), ns]. その結果、 S/\bar{D} と三尖弁逆流面積との関係の回帰直線の傾きは、開心術後例が非開心術後例よりも緩徐であった。

一方、SR 群では軽症、中等症のいずれにおいても、 S/\bar{D} は開心術後例 (n=10, $S/\bar{D}=-0.56 \pm 0.52$) が非開心術例 (n=30, $S/\bar{D}=-1.70 \pm 0.76$) に比べて有意に高値 (p<0.01) を示した。すなわち、心房細動では洞調律に比べて開心術の影響を受けにくいことが理解できる。

3. 心機図とドップラー所見の比較

心房細動例において、頸静脈波および肝拍動図から求めた S/\bar{D} はいずれも上大静脈および肝静脈血流の S および S/\bar{D} と良好な正相関を示し、またカラードップラー法による三尖弁逆流の最大面積および最大到達距離との間にも良好な正相関を認めた (Table 2)。

Fig. 6 に心房細動例における頸静脈波および肝拍動図の S/\bar{D} と三尖弁逆流面積との関係を示すが、上大静脈および肝静脈血流の場合と同様に両者の回帰直線は肝拍動図の方が頸静脈波よりも上方に位置していた。

4. 三尖弁逆流の程度と肝腫大の関係

三尖弁逆流面積と肝腫大の関係について Af 群と SR 群で比較すると、三尖弁逆流が同程度であっても、Af 群の方が SR 群よりも肝腫大の程度が著明であった (Fig. 7 A)。

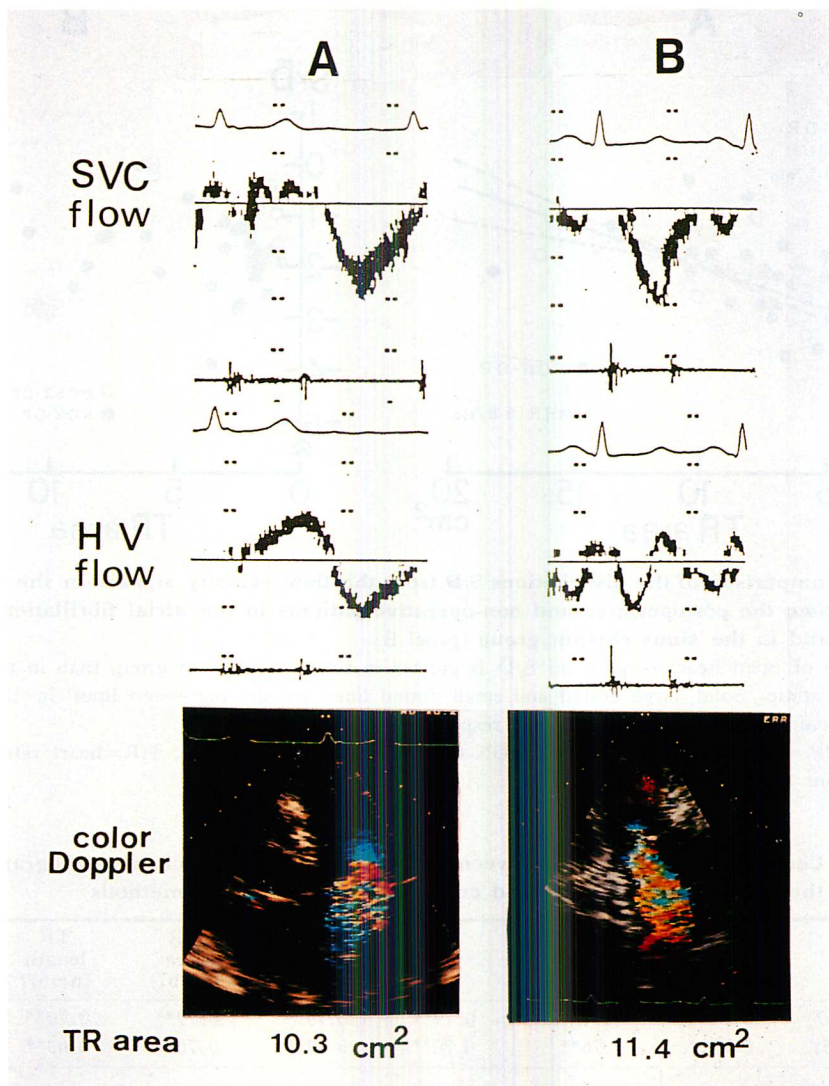


Fig. 4. Central venous flow velocity patterns and color Doppler echocardiograms in patients having severe tricuspid regurgitation with atrial fibrillation (panel A) or sinus rhythm (panel B).

Systolic backward flow is more apparent in atrial fibrillation than in sinus rhythm and furthermore this flow is more predominant in the hepatic vein (HV) than in the superior vena cava (SVC).

TR area=maximum tricuspid regurgitant area from the color Doppler method.

また、肝静脈血流の S が 10 cm/sec 以上の例 (n=29, 1.3 ± 1.2 fb) では 10 cm/sec 未満の例 (n=34, 0.2 ± 0.1 fb) に比べて、肝腫大が高率かつ著明 ($p < 0.01$) であった (Fig. 7 B)。

5. 三尖弁逆流動態と三尖弁逆流雑音の関係

三尖弁逆流雑音の音量と三尖弁逆流面積、および収縮期右房・右室間圧較差との関係を Fig. 8 に示す。三尖弁逆流雑音の音量は三尖弁逆流面積と

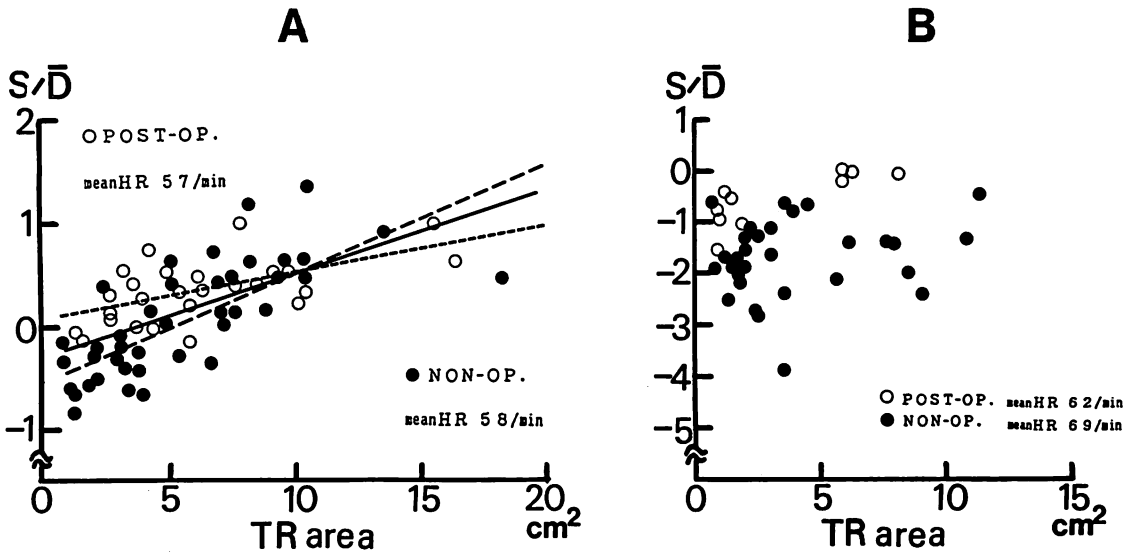


Fig. 5. Comparison of the distributions S/\bar{D} from the flow velocity signals in the hepatic vein between the postoperative and non-operative patients in the atrial fibrillation group (panel A) and in the sinus rhythm group (panel B).

Influence of open heart surgery on S/\bar{D} is greater in the sinus rhythm group than in the atrial fibrillation group. Solid, large dotted and small dotted lines are the regression lines in the total, non-operative and post-operative patients, respectively.

POST-OP.=post operative patients; NON-OP.=non-operative patients; HR=heart rate. Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

Table 2. Correlation coefficients between the parameters of mechanocardiograms and those from pulsed, color and continuous wave Doppler methods

	SVC (n=65)		HV (n=66)		TR area (n=67)	TR length (n=67)	PG (n=42)
	S	S/\bar{D}	S	S/\bar{D}			
JVP S/\bar{D} (n=67)	0.74**	0.74**	0.79**	0.79**	0.79**	0.70**	0.34*
HP S/\bar{D} (n=45)	0.78**	0.76**	0.70**	0.67**	0.70**	0.63**	0.50**

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

SVC=superior vena cava; HV=hepatic vein; TR area=maximum tricuspid regurgitant area from the color Doppler method; TR length=maximum tricuspid regurgitant length from the color Doppler method; PG=systolic pressure gradient between the right ventricle and the right atrium; JVP=jugular venous pulse; HP=hepatic pulse; n=number of cases. Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

全く相関を示さなかったが、収縮期右房・右室間圧較差との間には良好な正相関関係がみられた。また、三尖弁逆流面積が 10 cm^2 以上の重症例でも種々の程度の音量を示した。

Fig. 9 に代表例を示す。上段は Levine 3~4 度

の三尖弁逆流雑音を有する連合弁膜症例で、三尖弁逆流面積は 9.1 cm^2 と中等度であるが、その逆流シグナルはモザイク状で、また連続波ドップラー法により求めた右房・右室間圧較差は 86 mmHg と著しく高値であった。一方、下段のペースメー

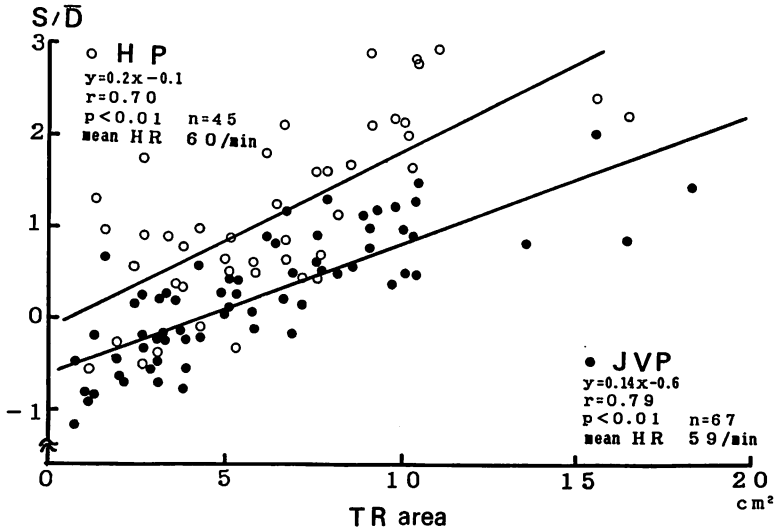


Fig. 6. Relationship between the S/D from mechanocardiograms and the maximum tricuspid regurgitant area (TR area) from the color Doppler method.

The S/D is higher in the hepatic pulse (HP) than in the jugular venous pulse (JVP) in cases with equivalent TR areas.

HR=heart rate; n=number of cases. Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

カー植え込み例では、逆流面積は 18.2 cm² と高度であるが、逆流シグナルは均一な青色で、また右房・右室間圧較差は 9.8 mmHg と著しく低値であり、逆流雑音は聴取されなかった。

考 察

1. 三尖弁逆流の程度と中心静脈血流動態の関係

従来より、頸静脈波⁴⁻⁶⁾、および中心静脈血流パターン⁷⁻¹¹⁾を用いた三尖弁閉鎖不全症の重症度評価がいくつかなされているが、三尖弁逆流を有しない心房細動例や開心術後例においても、収縮期波が減高あるいは減速し、著しい場合には逆流波が出現することから、本法の限界が指摘されてきた。しかし、これらの報告は、いずれも心房細動と洞調律を明確に区別した検討でなく、また上大静脈と肝静脈の血流パターンの比較は行われていない。

本研究において、洞停止を含めた心房細動群では、上大静脈および肝静脈の血流パターンとカラ

ードップラー法の三尖弁逆流面積との間に、いずれも比較的良好な相関が認められた。一方、洞調律群では両者間に全く相関を認めず、重症三尖弁閉鎖不全症例においても、収縮期陰性波は十分保たれていた。以上の結果は、三尖弁逆流の中心静脈に及ぼす影響が、洞調律と心房細動で明らかに異なることを示唆している。すなわち、洞調律では能動的右房拡張が存在するため、中心静脈は三尖弁逆流の影響を受けにくい、能動的右房拡張を欠如する心房細動では、その影響を受けやすいものと考えられる。このことは、右心不全徴候の一つである肝腫大が、洞調律例ではほとんど認められなかったのに対して、心房細動例では肝静脈への逆流波の出現と一致して高率にみられたことから察知でき、また同時に右心不全徴候の出現に対する心房機能の重要性を示唆するものである。

一般に開心術後には、心臓の収縮異常や右房コンプライアンスの低下などにより、中心静脈血流

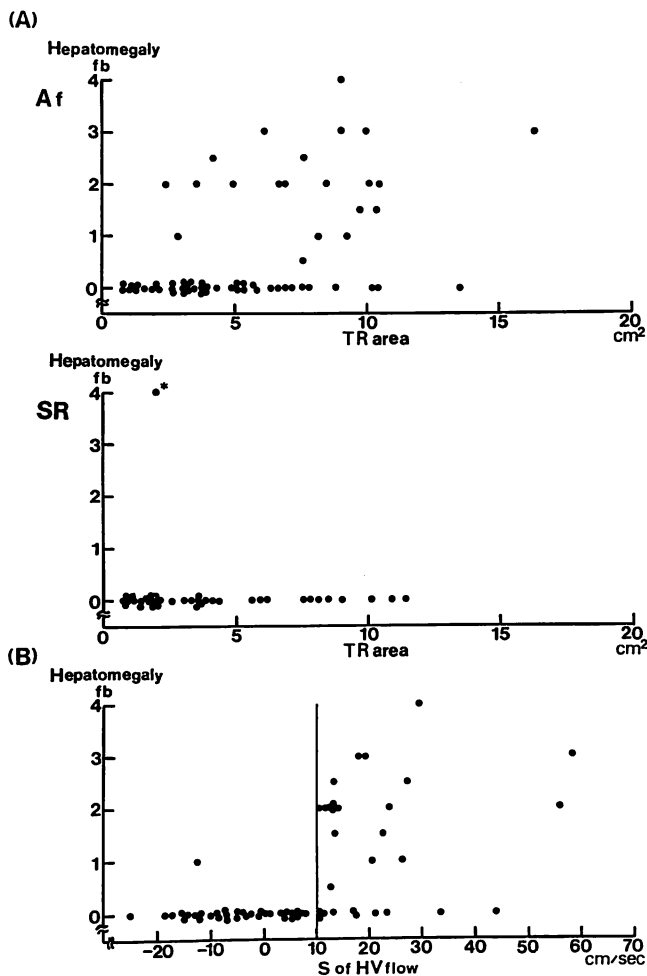


Fig. 7. Relationship between the degree of hepatomegaly and the maximum tricuspid regurgitant area (TR area) from the color Doppler method (panel A) and relationship between the degree of hepatomegaly and the S value from the flow velocity signals of the hepatic vein (HV) in atrial fibrillation (panel B).

In panel A, hepatomegaly is more marked in the atrial fibrillation (Af) group than in the sinus rhythm (SR) group. A case with the largest area is systemic amyloidosis. In panel B, there is close correlation between the presence of hepatomegaly and systolic backward flow towards the liver. The vertical line indicates 10 cm/sec of the S value.

波形や頸静脈波の収縮期波が浅くなることが知られている¹²⁻¹⁴⁾。本研究において、中心静脈血流波形に対する開心術の影響は、心房細動よりも洞調律で顕著に現われることが明らかとなった。その原因は、心房機能の関与を無視し得る心房細動例

よりも、術後に右房拡張障害の生じる洞調律例の方が、その影響を強く受けるためと考えられた。また心房細動例に限れば、開心術後の症例においても、中心静脈血流波形のパターンから、中等症以上の三尖弁閉鎖不全症の診断はある程度可能で

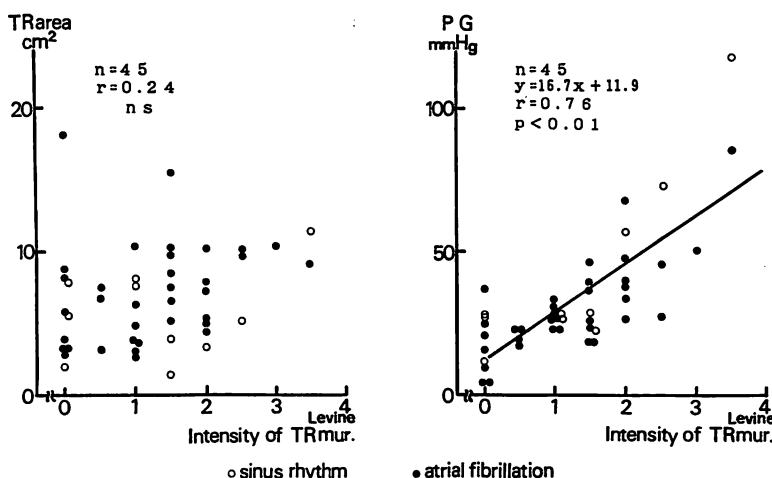


Fig. 8. Relationship between the intensity of the tricuspid regurgitant murmur (TR mur.) and the maximum tricuspid regurgitant area (TR area) from the color Doppler method (left panel), and the transtricuspid systolic pressure gradient (PG) (right panel).

Intensity of the TR murmur shows a relatively good correlation with PG, but shows no correlation with the TR area.

n=number of cases; ns=not significant.

あると考えられた。

カラードップラー法の三尖弁逆流面積から三尖弁閉鎖不全症の重症度を評価する場合、いくつかの問題点が存在するものの¹⁵⁻¹⁷⁾、正しく記録すれば、その面積は心血管造影上の三尖弁逆流重症度とよく一致するとされている^{1,8,9)}。したがって、能動的心房拡張の存在を無視できる心房細動や洞停止例においては、上大静脈および肝静脈の血流動態は三尖弁逆流の程度を比較的良好に反映するものと考えられた。

上大静脈と肝静脈の血流動態の比較では、後者の方が前者よりも逆流波が出現しやすく、また収縮期右房・右室間圧較差の影響を受けやすかった。Appleton ら¹⁵⁾は健康者における上大静脈と肝静脈の血流動態を比較し、肝静脈では上大静脈に比べて陽性血流波が出現しやすいことを指摘しているが、本研究の成績は、三尖弁逆流を有する病的心においても、その関係が同様であることを示すものである。

逆流に伴う血流異常が肝静脈の方に出現しやす

い原因としては、肝静脈が上大静脈よりも右房に近いこと、肝静脈は上大静脈と異なり胸腔内陰圧の影響を受けないこと、および肝静脈が上大静脈に比して vascular compliance が低いこと、などが考えられた¹⁸⁾。

2. 三尖弁逆流の重症度評価における頸静脈波および肝拍動図の意義

頸静脈波および肝拍動図は、心臓理学的所見のうちの視診・触診所見を客観化するうえで重要な検査法である。本研究の心房細動群における検討から、頸静脈波および肝拍動図から求めた指標は上大静脈、肝静脈の血流波形および三尖弁逆流面積のいずれとも比較的良好な相関を有することが明らかとなった。

したがって、これらの検査法によっても、中心静脈血流動態の把握、さらには三尖弁逆流の重症度評価が十分可能であると考えられた。また同時に、視診・触診といった古典的な理学的診断法も、熟練すれば、三尖弁閉鎖不全症の重症度判定に十分応用可能であり、決して軽視されるべきで

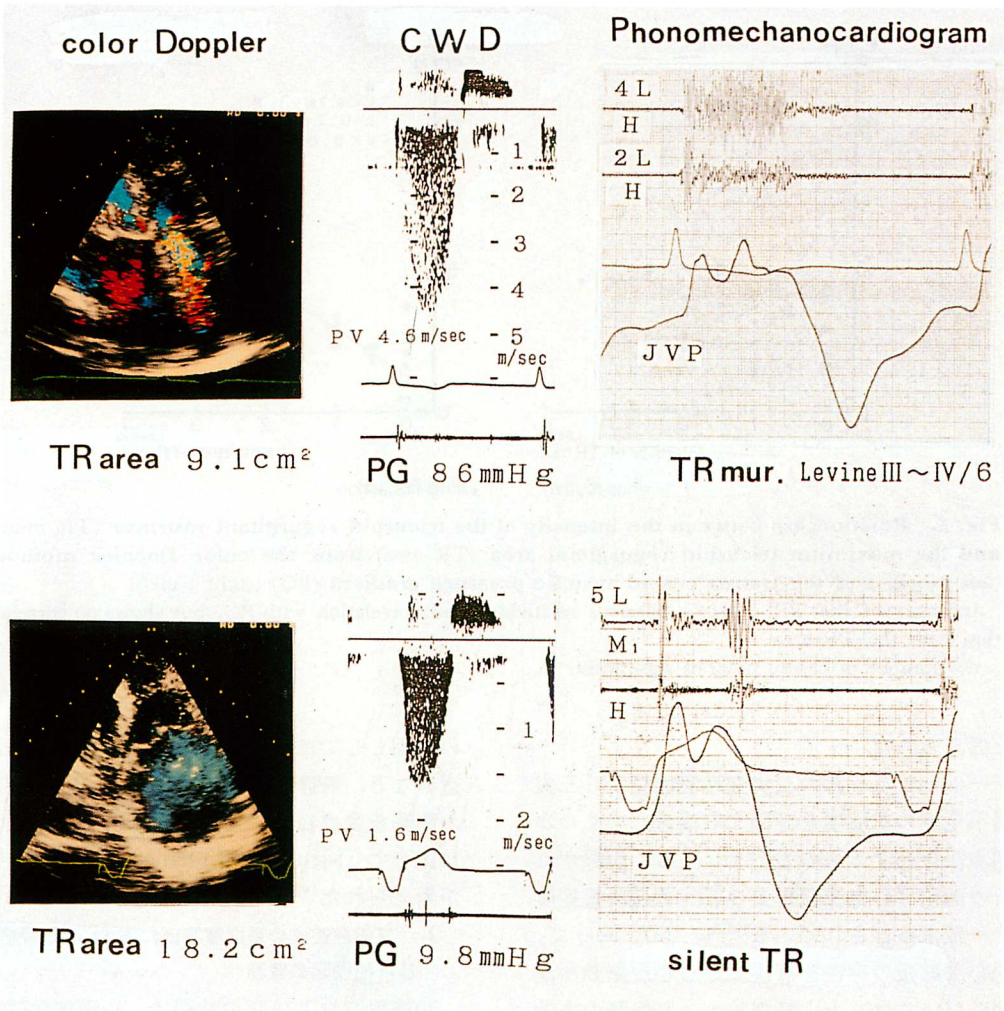


Fig. 9. Color Doppler, continuous wave Doppler (CWD) echocardiograms and phonomechanocardiograms in patients with loud tricuspid regurgitant murmurs (upper panel) and in those with silent severe tricuspid regurgitation (lower panel).

In the upper panel, a case with a loud tricuspid regurgitant murmur (TR mur.) has a large systolic pressure gradient (PG) between the right ventricle and the right atrium. On the contrary, a case with silent severe tricuspid regurgitation has a small PG (lower panel).

TR area = maximum tricuspid regurgitant area from the color Doppler method; PV = peak velocity of the tricuspid regurgitation signal; JVP = jugular venous pulse; 5L, 4L, 2L = fifth, fourth and second left intercostal spaces at the sternal border, respectively.

ないと考えられた。

3. 三尖弁逆流動態と心雑音の関係

Harlamert ら¹⁹⁾は、僧帽弁逆流雑音の音量と、カラー Doppler 法により求めた僧帽弁逆流面積

がよい相関を示すことを報告している。

しかしながら本研究においては、三尖弁逆流雑音の音量とカラー Doppler 法による三尖弁逆流面積とはほとんど有意の相関を示さず、連続波ド

要 約

ドプラー法により求めた収縮期右房・右室間圧較差と良好な正相関を示した。

これらの両結果の相違は、僧帽弁逆流と三尖弁逆流の血行動態的背景が根本的に異なることによると思われる。一般に心雑音の音量は、血流量と血流速度の両者によって規定されると考えられる。僧帽弁閉鎖不全症では体血圧が正常範囲であれば、左房・左室間の収縮期圧較差は、最重症例を除外すればほぼ 80~140 mmHg の範囲にあるため、逆流血流速度は最大の場合と最小の場合で、1.3 倍の差しか示さない。これに対し三尖弁閉鎖不全症では、右房・右室間にほとんど圧較差のない例から、右室高血圧が進行すれば 100 mmHg を越える圧較差を有する例まで、極めて多岐にわたるため、逆流血流速度は前者と後者で約 5 倍の差を示す。したがって、僧帽弁閉鎖不全症では主として逆流量が、三尖弁閉鎖不全症では主として逆流血流速度すなわち収縮期右房・右室間圧較差が音量規定因子として作用するものと考えられる。

Yoshida ら²⁰⁾は啞性重症三尖弁閉鎖不全症について検討し、本症の収縮期右房・右室間圧較差は三尖弁逆流雑音を有する重症三尖弁閉鎖不全症のそれに比べ、明らかに低値を示すことを報告している。また Tei ら²¹⁾および Minagoe ら²²⁾は、断層心エコー図上、三尖弁の収縮期離開を認める重症三尖弁閉鎖不全症では、この所見を認めない例に比べ、収縮期右房・右室間圧較差が著しく低値であり、またパルス・ドプラー法による逆流パターンが層流を示すと述べている。これらの報告は、本研究成績の妥当性を裏付けるものといえる。

一般に、三尖弁閉鎖不全症を心雑音によって評価することは、他の逆流性疾患に比して難しいとされている。しかし、三尖弁逆流を示唆する収縮期雑音が存在すれば、その音量から、右室収縮期圧の推定がある程度可能と考えられることより、心不全の際などにおける病態変化の観察には、簡便で有用な指標であると思われた。

三尖弁閉鎖不全症における逆流動態と心臓理学的所見の関連性を明らかにし、さらに本症の中心静脈血流動態に及ぼす心房収縮の影響について、洞調律と心房細動で比較するために、三尖弁逆流を有する各種心疾患 109 例(洞停止および心房細動例 67 例、洞調律例 42 例)を対象として、聴診・触診法、心音図・心機図法、パルス・ドプラー法、連続波ドプラー法およびカラードプラー法により求めた各種所見を対比検討した。

1. 心房細動例では、肝静脈および上大静脈の血流速度波形から求めた収縮期最大血流速度値(S)は、カラードプラー法により求めた三尖弁逆流面積と有意な正相関(各 $r=0.68, 0.73; p<0.01$)を示した。また、両者の関係の回帰直線は、肝静脈血流の方が上大静脈血流よりも上方に位置した。一方、洞調律例では、肝静脈および上大静脈血流の最大値 S は、いずれも三尖弁逆流面積と有意な相関を示さず、重症例においても収縮期陰性波は十分に保たれていた。

2. 中心静脈血流動態に対する開心術の影響: 洞調律例では開心術後中心静脈血流波形の収縮期波が有意に浅減化した。一方、心房細動例では、三尖弁逆流が軽症の場合には洞調律と同様の結果を示したものの、三尖弁逆流が中等症以上の場合には、開心術前後で有意差を認めなかった。

3. 肝腫大は肝静脈血流における逆流波の出現と密接な関係を有し、また三尖弁逆流の重症度が同程度であっても、心房細動例の方が、洞調律例よりも肝腫大の程度が著明であった。

4. 心房細動例において、頸静脈波および肝拍動図から求めた指標は、上大静脈、肝静脈の血流波形および三尖弁逆流面積のいずれとも有意な相関を示した。

5. 三尖弁逆流雑音の音量は、三尖弁逆流面積とは有意な相関を示さなかった($r=0.24, ns$)が、連続波ドプラー法により求めた収縮期右房・右室間圧較差とは有意な正相関($r=0.76, p<0.01$)

を示した。

以上の結果より, 視診, 触診および聴診により得られる心臓理学的所見は, それらの有する意義および洞調律と心房細動での差異を十分認識した上で臨床応用すれば, 三尖弁閉鎖不全症の逆流動態の評価に有用であると考えられた。

文 献

- 1) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita H, Ohta M, Kozuka T, Sakakibara H, Nimura Y: Evaluation of tricuspid regurgitation by pulsed Doppler and two-dimensional echocardiography. *Circulation* **66**: 777-784, 1982
- 2) Yock PG, Popp RL: Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* **70**: 657-662, 1984
- 3) Suzuki Y, Kambara H, Kadota K, Tamaki S, Yamazato A, Nohara R, Osakada G, Kawai C: Detection and evaluation of tricuspid regurgitation using a real-time, two-dimensional, color-coded, Doppler flow imaging system: Comparison with contrast two-dimensional echocardiography and right ventriculography. *Am J Cardiol* **57**: 811-815, 1986
- 4) Domanchich A, Koenker RJ, Beach L: Dynamics of the abnormal jugular bulb pulsations and their change in tricuspid regurgitation. *Am Heart J* **82**: 252-268, 1971
- 5) Sakamoto T, Yoshikawa J, Inoue K, Ito U, Hayashi T, Ookubo S, Murao S: Reappraisal of the diagnostic significance of the jugular phlebogram in tricuspid insufficiency. *Cardiovasc Sound Bull* **2**: 383-398, 1972 (in Japanese)
- 6) Yoshikawa J, Tanaka K, Owaki T, Kato H: Reappraisal of jugular phlebogram in the diagnosis of tricuspid regurgitation: Relationship between echocardiographic interventricular septal motion and jugular phlebogram. *Jpn Heart J* **18**: 31-42, 1977
- 7) Benchimol A, Harris CL, Desser KB: Noninvasive diagnosis of tricuspid insufficiency utilizing the external Doppler flowmeter probe. *Am J Cardiol* **32**: 868-873, 1973
- 8) García-Dorado D, Falzgraf S, Almazán A, Delcán JL, López-Bescós L, Menárguez L: Diagnosis of functional tricuspid insufficiency by pulsed-wave Doppler ultrasound. *Circulation* **66**: 1315-1321, 1982
- 9) Pennestri F, Loperfido F, Salvatori MP, Mongiardo R, Ferrazza A, Guccione P, Manzoli U: Assessment of tricuspid regurgitation by pulsed Doppler ultrasonography of the hepatic veins. *Am J Cardiol* **54**: 363-368, 1984
- 10) Sakai K, Nakamura K, Satomi G, Kondo M, Hirose K: Evaluation of tricuspid regurgitation by blood flow pattern in the hepatic vein using pulsed Doppler technique. *Am Heart J* **108**: 516-523, 1984
- 11) Yoshida K, Yoshikawa J, Kato H, Yanagihara K, Okumachi F, Koizumi K, Shiratori K, Asaka T, Suzuki K, Inanami H: Tricuspid regurgitation evaluated by Doppler hepatic vein flow patterns. *J Cardiol* **15**: 1157-1169, 1985 (in Japanese)
- 12) Matsuhisa M, Yui Y, Kondo C, Niki Y, Niki T, Mori H, Nishijima H: Postoperative changes of jugular pulse tracing. *J Cardiol* **6**: 403-412, 1976 (in Japanese)
- 13) Matsuhisa M, Ohki T, Niki Y, Taniguchi T, Niki T, Mori H, Sawada S: Abnormal interventricular septal motion after heart surgery: A comparative study with jugular pulse tracing. *J Cardiol* **6**: 691-703, 1976 (in Japanese)
- 14) Sivaciyan V, Ranganathan N: Transcutaneous Doppler jugular venous flow velocity recording: Clinical and hemodynamic correlates. *Circulation* **57**: 930-939, 1978
- 15) Goldman ME: Real-time two dimensional Doppler flow imaging: A word of caution. *J Am Coll Cardiol* **7**: 89-90, 1986
- 16) Bolger AF, Eigler NL, Maurer G: Quantifying valvular regurgitation: Limitations and inherent assumptions of Doppler techniques. *Circulation* **78**: 1316-1318, 1988
- 17) Bolger AF, Eigler NL, Pfaff JM, Resser KJ, Maurer G: Computer analysis of Doppler color flow mapping images for quantitative assessment of in vitro fluid jets. *J Am Coll Cardiol* **12**: 450-457, 1988
- 18) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL: Superior vena cava and hepatic vein Doppler echocardiography in healthy adults. *J Am Coll Cardiol* **10**: 1032-1039, 1987
- 19) Harlamert E, Smith M, Booth D, Grayburn P, Kwan OL, DeMaria AN: Relationship of the murmur in mitral regurgitation to jet size, shape and direction by Doppler flow imaging. *Circulation* **76** (Suppl IV): IV-317, 1987
- 20) Yoshida K, Yoshikawa J, Akasaka T, Shakudo M, Takao S, Jyo Y: Silent severe tricuspid regurgitation: A Doppler echocardiographic study. *Circulation* **76** (Suppl IV): IV-315, 1987

21) Tei C, Pilgrim JP, Shah PM, Ormiston JA, Wong M: The tricuspid valve annulus: Study of size and motion in normal subjects and in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* **66**: 665-671, 1982

22) Minagoe S, Tei C, Kisanuki A, Natsugoe K, Shibata K, Otsuji Y, Yutsudou T, Abe S, Tanaka H: Significance of systolic tricuspid cusp separation for determining severe TR. *Circulation* **76** (Suppl IV): IV-529, 1987