

カラーおよび連続波ドップ
ラー法による三尖弁閉鎖不
全症の定量的評価と外科治
療法の選択

New method quantify-
ing tricuspid regurgitant
volume by two-dimen-
sional color and con-
tinuous wave Doppler
echocardiography

杉本 貴樹
太田 稔明
中村 和夫

Takaki SUGIMOTO
Toshiaki OTA
Kazuo NAKAMURA

Summary

To determine appropriate surgical management of secondary tricuspid regurgitation (TR), we attempted to quantify TR volume by using two-dimensional color Doppler echocardiography (2-DD) and continuous wave Doppler echocardiography (CW). Thirty patients with TR associated with acquired valvular disease were selected for the study.

1. The new quantitative method: TR was observed from two right-angled cross-sections in 2-DD (one; the parasternal long-axis view of the right ventricular inflow tract, and another; the apical four-chamber view or short-axis view at the level of the aortic valve). The width of the regurgitant jet (a and b) was measured at the position just below the tricuspid valve, and the cross-sectional area (S) of TR was calculated as an ellipse where the major and minor axes were a and b ($\pi/4 \cdot ab$). The CW is recorded from the center of the regurgitant jet. The regurgitant volume of one unit area (V_p) was calculated by integrating a parabolic flow velocity signal during ejection phase ($2/3 \cdot vt$, where v =peak velocity, t =regurgitant time). Assuming that the fluid figure of TR flow is oval, the regurgitant volume per one beat (V_{TR}) was calculated by the formula: $1/3 \cdot S \cdot V_p = \pi/18 \cdot abvt$.

2. Thirty patients were classified into three groups according to V_{TR} : Group 1, <10 cc ($n=12$); Group 2, $10-20$ cc ($n=12$); and Group 3, ≥ 20 cc ($n=6$). Compared with pulsed Doppler echocardiography and right ventriculography, our classification was much more practical. Namely, in Group 1, the V_{TR} decreased postoperatively with no surgical intervention for the tricuspid valve; in Group 2, 11 underwent tricuspid annuloplasty (TAP) while one received no surgical intervention, and all showed a decrease (less than 10 cc) in the V_{TR} , in Group 3, five underwent TAP while one patient received tricuspid valve replacement (TVR), and three of the five showed $10-20$ cc postoperative V_{TR} .

3. There was a significant correlation between the preoperative V_{TR} and tricuspid annular diameter (TAD) at end-diastole, right atrial mean pressure and right ventricular end-diastolic pressure. In three patients of Group 3 with the residual postoperative V_{TR} of $10-20$ cc, preoperative right ventric-

神戸大学医学部 第二外科
神戸市中央区楠町 7-5-2 (〒650)

Department of Surgery, Division II, Kobe University School of Medicine, Kusunoki-Cho 7-5-2, Chuo-Ku, Kobe 650

Received for publication March 5, 1988; accepted March 12, 1988 (Ref. No. 35-K12)

ular systolic pressure and pulmonary capillary pressure were lower; and the preoperative systolic pressure gradient across the tricuspid valve was ≤ 20 mmHg and the TAD was > 50 mm. The TVR patient belonged to this category.

We concluded that no surgical intervention is required in patients with the preoperative $V_{TR}=10$ cc (TR I°). TAP is considered necessary and adequate for patients with the $V_{TR}=10-20$ cc (TR II°), and TVR should be performed in patients with the $V_{TR}\geq 20$ cc (TR III°), when the RVsp-RAv is less than or equal to 20 mmHg and the TAD is more than or equal to 50 mm.

Key words

Tricuspid regurgitation Quantitative method Two-dimensional Doppler echocardiography Continuous wave Doppler echocardiography Surgical management

はじめに

近年, 後天性弁膜症に続発するいわゆる二次性三尖弁閉鎖不全症 (tricuspid regurgitation, 以下 TR) に対しても, 積極的に外科的処置が加えられるようになった¹⁻⁸⁾. しかし, 二次性 TR 症例の中には, 主病変の修復のみで術後 TR が消失するものもあれば, 三尖弁輪縫縮術 (tricuspid annuloplasty, 以下 TAP) を行っても, なお術後 TR が残存する症例も認められる. したがって, どの程度の TR にどのような外科的処置を加えるのが適切であるかという術前基準を確立することは, 外科治療上極めて重要な問題といえるが, その基準を確立する十分な評価法は見当たらないのが現状である.

この問題を解決し, TR に対する外科治療法選択の新しい基準を設けるため, 我々はカラードップラー (two-dimensional Doppler echocardiography, 以下 2-DD) 法および連続波ドップラー (continuous wave Doppler echocardiography, 以下 CW) 法を用い, TR の定量的評価を試みた.

対象および方法

1986年1月より1987年7月までに, 教室で手術の行われた二次性 TR を合併した後天性弁膜症 30例(男性 12例, 女性 18例, 年齢 36~70歳, 平均 50.4歳)を対象とした. 疾患の内訳は, 僧帽弁狭窄症 (MS) 22例, 僧帽弁閉鎖不全症 (MR)

4例, 僧帽弁疾患に大動脈弁疾患を合併していたもの4例で, 手術術式は僧帽弁交連切開術 2例, 僧帽弁置換術 (MVR) 9例, MVR+大動脈弁置換術 (AVR) 2例, MVR+三尖弁輪縫縮術 (TAP) 14例, MVR+AVR+TAP 2例, MVR+三尖弁置換術 (TVR) 1例であった. なお, 三尖弁に外科的処置を加えるか否かの判断は, 術中体外循環開始前に右心耳から挿入した示指による TR 検索結果に基づいて行った. この判断基準は, 三尖弁近傍 (2 cm 以内) にのみ軽いジェットを触知するものを軽症 (mild), 母指頭大以上の太いジェットを三尖弁から 2 cm 以上離れても触知するものを重症 (severe), その中間を中等症 (moderate) とし, 中等症以上のものか, あるいは軽症でも術中右房圧が高く, 右房の拡大の認められたものに対し, 外科的処置を加えた. なお, TAP は全例 Kay 法¹⁾により, 拡大した弁輪を 2.5 横指まで縫縮した.

2-DD 法, CW 法, パルス・ドップラー (PDE) 法および心断層エコー図 (2-DE) 法に使用した装置は東芝製 SSH-65A で, 発信周波数は 2.5 MHz, PDE 法でのパルス繰り返し周波数は 4 KHz, CW 法での FFT サンプリング周波数は 25 KHz である. また, フィルターは PDE 法では 400 Hz, CW 法では 1600 Hz の高域通過フィルターを使用した. 2-DD 法は右室流入路長軸断層, 心尖部四腔断層, 大動脈基部短軸断層の 3 方向より TR を観察し, それぞれにおいて TR が最大に表示される断面で計測を行った. ドップ

ラーゲインは、背景雑音にノイズが出現しない最大のレベルに設定した。CW 法は、2-DD 上超音波ビーム方向と TR 血流方向のなす角度が 30° 以内の断面で行い、すべてに角度補正を行った。得られた血流速度波形は紙送り速度 50 mm/sec にてストリップチャートに記録し、上記 3 方向からのうち最大血流速度の得られた波形にて計測を行った。

TR の定量法：2-DD にて TR をほぼ直交する 2 断面(右室流入路長軸断層、および心尖部四腔断層または大動脈基部短軸断層)を観察し、それぞれにおける三尖弁直下部(右房内)での逆流ジェットの幅 (a, b) を計測して求めた (Fig. 1)。その部位での TR の断面を a, b を長径、短径とする楕円形とすると、その断面積 (S) は $\pi/4 \cdot ab$ として算出される。ついで、三尖弁逆流ジェットの

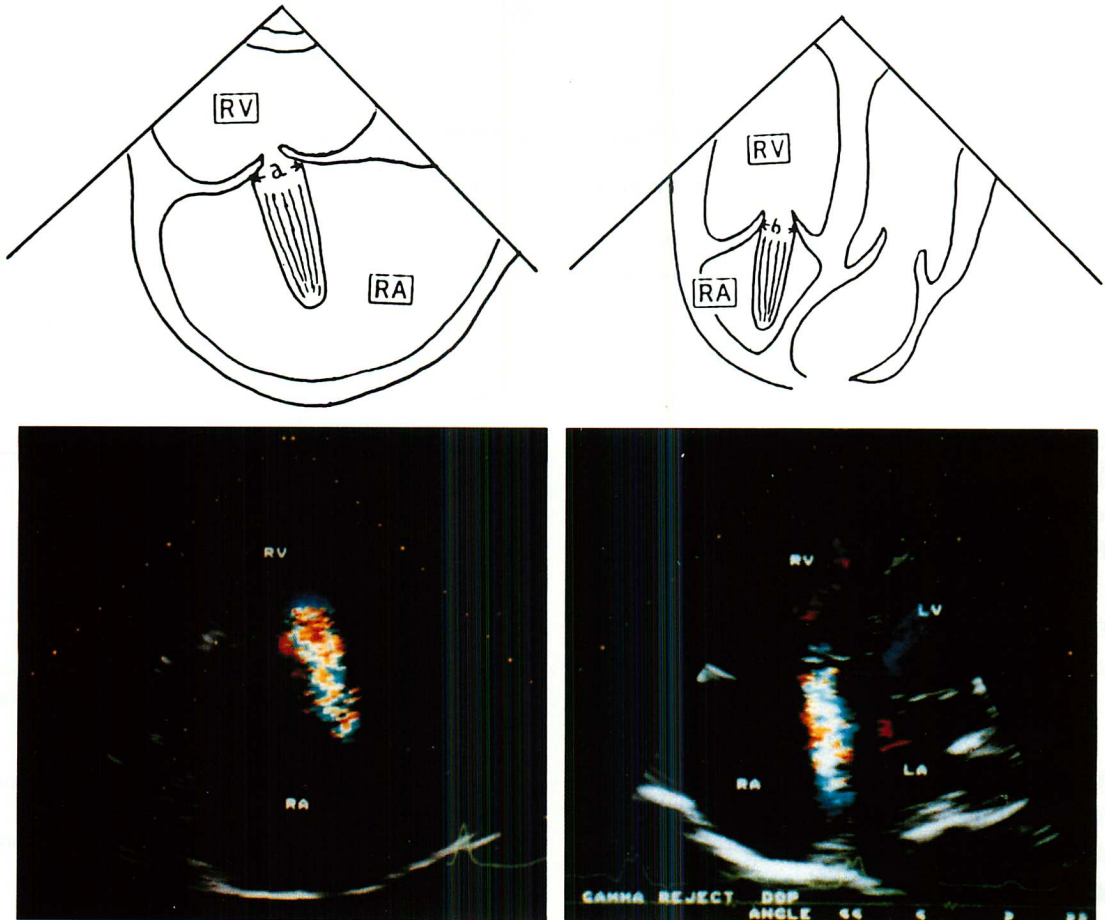


Fig. 1. Measurement of cross-sectional area (S) of tricuspid regurgitant flow by two-dimensional color Doppler echocardiography.

The width of a regurgitant jet (a and b) at the position immediately below the tricuspid valve is measured from the parasternal long-axis view of the right ventricular inflow tract (left) and the apical four-chamber view (right). S is calculated as an ellipse, where the major and minor axes are a and b ($\pi/4 \cdot ab$).

RA=right atrium; RV=right ventricle.

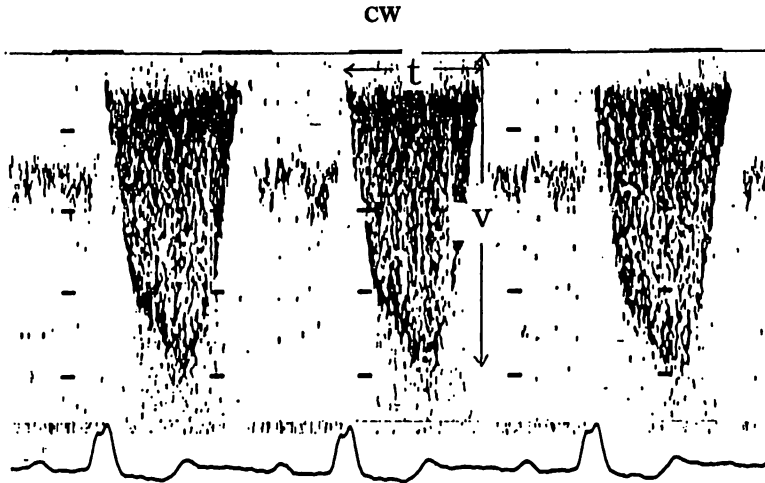


Fig. 2. Measurement of tricuspid regurgitant volume of (V_p) by continuous wave Doppler echocardiography (CW).

CW is recorded from the center of the regurgitant jet. The V_p is calculated by integrating a parabolic flow velocity signal during the ejection phase ($V_p = 2/3 \cdot vt$).

v = peak velocity; t = duration of regurgitation.

中央部にて CW を記録し, 得られた血流速波形を放物線として積分すると, その部における単位面積当たりの逆流量 (V_p) は $2/3 \cdot vt$ (v = peak velocity, t = regurgitant time) として算出される (Fig. 2). TR の流体を楕円錐形と仮定すると, その体積は $1/3 \cdot S \cdot V_p$ として求められ, これを 1 心拍当たりの三尖弁逆流量 (V_{TR}) とした (Table 1). なお各計測値は 5 心拍以上の平均値として求めた.

V_{TR} と対比すべき術前後の指標として, NYHA 機能分類, 心胸郭比, 2-DE よりの拡張末期三尖弁輪径 (tricuspid annular diameter, TAD, 以下単に弁輪径: 上記 3 断層のうち最大のもの), 心臓カテーテル検査所見からの右房平均圧 (RAm), 右室収縮期圧 (RVsp) 右室拡張末期圧 (RVEDP), 収縮期右室-右房圧較差 (RVsp-RAv; 以下右室-右房圧較差, RAv = 右房 V 波圧), 肺動脈楔入圧 (PC) を求めた. これらの術前値はすべて入院後保存的治療により血行動態の安定した時点でのものであり, シネ 2 方向による右室造影法を含む心

Table 1. Calculation of tricuspid regurgitant volume (V_{TR})

1)	$S = \frac{\pi}{4} \cdot ab$
2)	$V_p = \int_0^t v(t)dt = \frac{2}{3} \cdot vt$
3)	$V_{TR} = \frac{1}{3} \cdot S \cdot V_p = \frac{\pi}{18} \cdot abvt$

Assuming that the fluid figure of TR flow is oval, tricuspid regurgitant volume per one beat (V_{TR}) is calculated by 3).

The values are obtained from an average of more than 5 heart beats.

Abbreviations are the same as those in Figs. 1 and 2.

臓カテーテル検査は心エコー図検査と同時期に行った. また, 術後は心臓カテーテル検査が術後 1 ヶ月目に行われた以外は, 術後 6 ヶ月以降, 最も最近の値とした.

結 果

1. 施行術式および術中所見から見た V_{TR} による評価と従来の評価法 (PDE 法, 右室造影法) との対比
 個々の症例において, 術前 TR の程度を V_{TR} と従来の 4 段階評価法 (PDE 法=宮武分類⁹⁾, 右室造影法=Sellers 分類¹⁰⁾に準ずるもの) で対比し, 施行された術式とともに表示した (Fig. 3). 従来の 4 段階評価法では, TR II, III 度と判定された症例で TAP 例と無処置例が混在していたのに対し, V_{TR} による評価では V_{TR} 10 cc を境として TAP 例と無処置例をほぼ明確に区別しえた. すなわち, $V_{TR} < 10$ cc の 12 例は PDE 上 I 度 5 例, II 度 6 例, III 度 1 例, 右室造影上 I 度 4 例, II 度 6 例, III 度 2 例で, 全例 TR は無処置であった. $V_{TR} \geq 10$ cc の 18 例は, PDE 上 II 度 6 例, III 度 7 例, IV 度 5 例, 右室造影上 II 度 5 例, III 度 6 例, IV 度 7 例で, 16 例に TAP が, V_{TR} が 32 cc と最大値を示した 1 例に TVR を施行した.

以上の結果より, V_{TR} による TR の程度分類を V_{TR} 10 cc でまず区分し, さらに $V_{TR} \geq 10$ cc の症例を $10 \text{ cc} \leq V_{TR} < 20 \text{ cc}$, $V_{TR} \geq 20 \text{ cc}$ に 2 分, 計 3 段階に分類して, これを他の評価法とともに, 術中所見と対比した (Fig. 4). V_{TR} による 3 段階評価法は, 従来の PDE 法, 右室造影法による 4 段階評価法に比し, より術中所見と相対していた.

2. 術前後の V_{TR} の変動

症例を上記のごとく術前 V_{TR} により 3 群 (第 1 群: 術前 $V_{TR} < 10$ cc, 第 2 群: 術前 V_{TR} 10~20 cc, 第 3 群: 術前 $V_{TR} \geq 20$ cc) に分類し, 各群における V_{TR} の術前から術後遠隔期 (6 ヶ月) への推移を検討した (Fig. 5). 第 1 群の 12 例では全例 TR は無処置であったが, 術後 V_{TR} は減少し, 増悪した症例はなかった. 第 2 群の 12 例では, 11 例が TAP, 1 例が無処置にて, 術後 V_{TR} は全例 10 cc 以下に改善した. 一方, 第 3 群の 6 例中, TVR 例と 2 例の TAP 例 ($V_{TR} =$

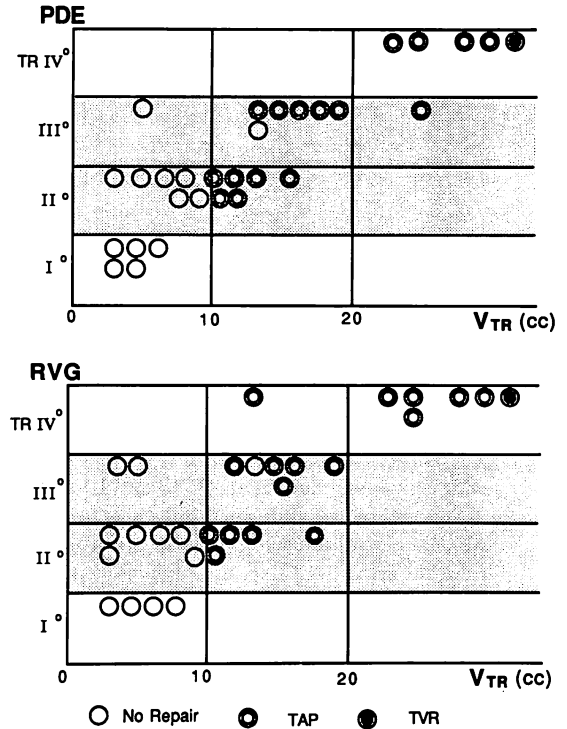


Fig. 3. Comparisons of the methods evaluating TR:

In the conventional methods (pulsed Doppler echocardiography: PDE, and right ventriculography: RVG), the selection of the management procedure (TAP or No Repair) is difficult for TR II, III° patients. The new method based on the V_{TR} , however, is suitable for selecting the appropriate procedure with greater certainty. It is suggested that patients with the preoperative $V_{TR} \geq 10$ cc are candidates for TAP.

TAP=tricuspid annuloplasty; No Repair=no surgical intervention on the tricuspid valve; TVR=tricuspid valve replacement; TR=tricuspid regurgitation.

28 cc, 23 cc) での術後 V_{TR} は 10 cc 以下と著明に改善したのに対し, 3 例の TAP 例 ($V_{TR} = 30 \text{ cc}, 25 \text{ cc}, 25 \text{ cc}$) では, 術後 V_{TR} は 10~20 cc にとどまった.

3. 術前 V_{TR} と各術前指標との対比

術前の指標のうち, V_{TR} と有意の正相関を示したのは弁輪径 ($r=0.81$), 右房平均圧 ($r=0.71$) 右室拡張末期圧 ($r=0.68$) の 3 指標で, これらは

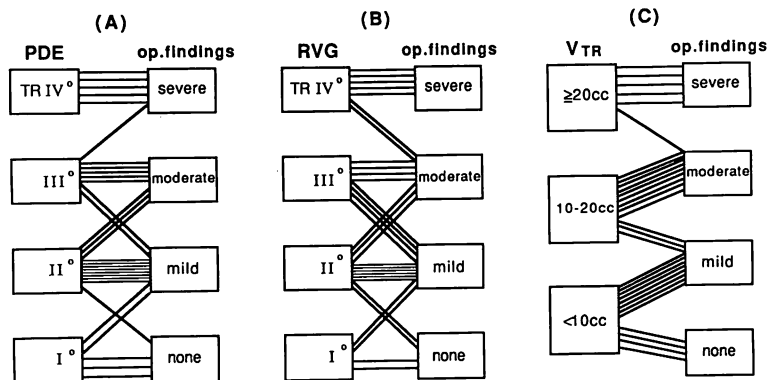


Fig. 4. Comparisons of the grading of TR by PDE (panel A), RVG (panel B) and V_{TR} (panel C) to the operative findings.

The new classification by the V_{TR} has a better coincidence with the operative findings as compared with conventional methods (PDE and RVG).

Severe=strong and broad TR jet is palpable at a distance 2 cm or more from the tricuspid valve; Moderate=intermediate grade between severe and mild; Mild=TR jet is not palpated 2 cm away from the tricuspid valve; op. findings=operative findings.

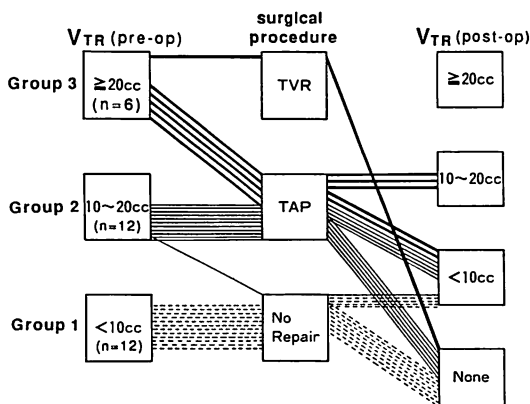


Fig. 5. Changes in the V_{TR} between the preoperative and postoperative periods (6 months).

In Group 1 ($V_{TR} < 10$ cc, $n = 12$), the V_{TR} decreases postoperatively in all patients. In Group 2 ($V_{TR} = 10\text{--}20$ cc, $n = 12$), regurgitation decreases to less than 10 cc; in this group, 11 patients underwent TAP and one had no surgical repair. In Group 3 ($V_{TR} \geq 20$ cc, $n = 6$), 5 patients underwent TVR, while one received TAP; in 3 of the TAP patients, the postoperative V_{TR} remained between 10–20 cc.

Abbreviations: same as in Fig. 3.

V_{TR} の増加とともに高値を示した (Fig. 6). また, 術前 $V_{TR} < 10$ cc の症例群 (第 1 群, $n = 12$) と $V_{TR} \geq 10$ cc の症例群 (第 2, 3 群, $n = 18$) との間で術前の各指標を対比してみると (Fig. 7), NYHA 機能分類 ($2.7 \pm 0.5 : 3.1 \pm 0.5$ 度), 心胸郭比 ($58.1 \pm 6.2 : 69.1 \pm 7.3\%$) および上記 3 指標 (弁輪径 $37.7 \pm 2.2 : 43.8 \pm 5.9$ mm, 右房平均圧 $4.7 \pm 2.1 : 7.8 \pm 2.7$ mmHg, 右室拡張末期圧 $5.8 \pm 1.7 : 9.4 \pm 2.0$ mmHg) が後者において有意に高値を示した. しかし, 右室収縮期圧, 右室-右房圧較差, 肺動脈楔入圧には両者間に有意差を認めず, 術後 V_{TR} が 10~20 cc にとどまった第 3 群の 3 例では, むしろその術前値は低い傾向を示していた.

Fig. 8 は, 術前の指標のうち, 術後 V_{TR} が 10 cc 以下になった症例 ($n = 26$) と 10~20 cc にとどまった症例 ($n = 3$) との間で, 特に差異の認められた弁輪径と右室-右房圧較差を採り上げ, 両指標と術後 V_{TR} の関係を個々の症例でみたものである. 結果は, 術後 V_{TR} が 10~20 cc にとどまった 3 例ではいずれも術前弁輪径 50 mm 以上, 右室-右房圧較差 20 mmHg 以下の範囲に入り, 他の 26 例とは明確に区別しえた. また, 術前

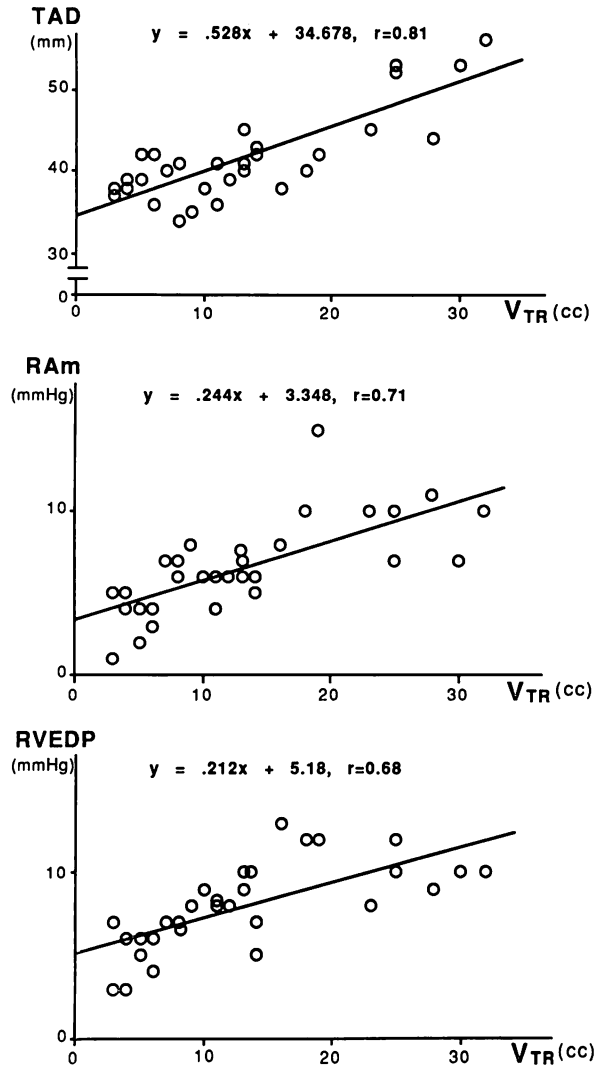


Fig. 6. Correlations between the preoperative V_{TR} and various preoperative parameters.

There is a significant correlation between the V_{TR} and TAD, RAM and RVEDP.

TAD=tricuspid annular diameter at end-diastole in two-dimensional echocardiograms; RAM=mean right atrial pressure; RVEDP=right ventricular end-diastolic pressure.

$V_{TR}=32$ cc で TVR を行った1例は、術前弁輪径=56 mm, 右室-右心房較差=18 mmHg で、TAP では術後 V_{TR} が 10 cc 以上にとどまった範囲の症例であった。

4. 各指標の術前後の推移

第1群 (n=12) と第2, 3群 (n=18) において、

術前後の各指標の推移を対比検討した (Fig. 9). 第1群では術前後の右房平均圧, 右室拡張末期圧に有意の変化は認めなかったが、NYHA 機能分類, 心胸郭比, 右室収縮期圧, 肺動脈楔入圧は術後有意に改善した. 一方, 第2, 3群では、これら指標の改善に加え、右房平均圧や右室拡張末期圧も術

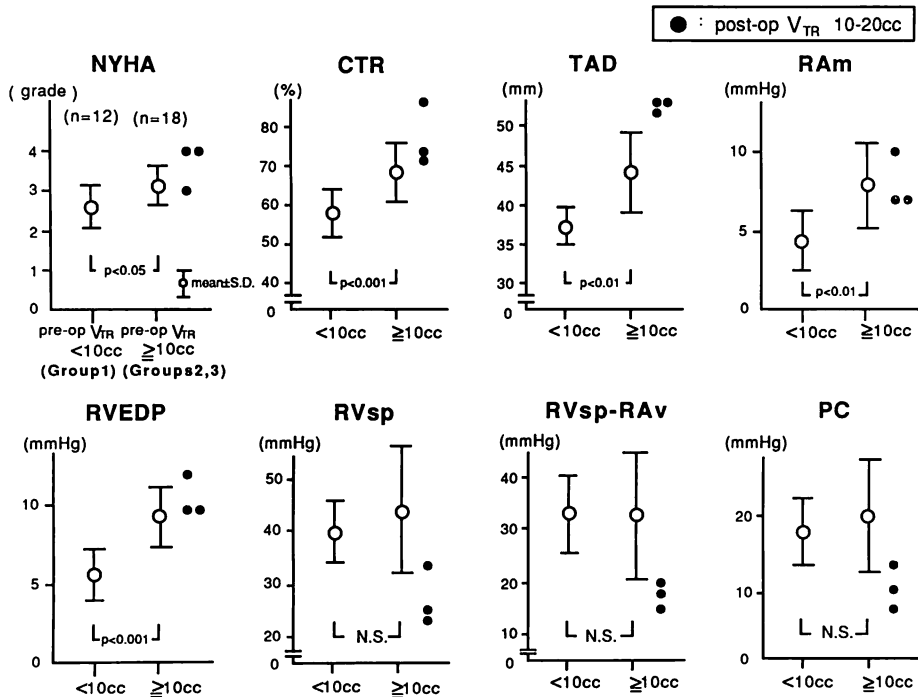


Fig. 7. Comparisons of various preoperative parameters between patients with the preoperative $V_{TR} < 10$ cc (Group 1) and those with the $V_{TR} \geq 10$ cc (Groups 2, 3).

The values of NYHA, CTR, TAD, RAM and RVEDP are significantly higher in Groups 2 and 3 than those in Group 1. RVsp, RVsp-RAv and PC values showed no significant differences between Group 1 and Groups 2 and 3; however, in 3 patients of Group 3 with the postoperative V_{TR} of 10–20 cc, these 3 values tend to be rather low.

NYHA=New York Heart Association functional classification; CTR=cardiothoracic ratio; RVsp=right ventricular systolic pressure; RAv=v wave pressure of the right atrium; PC=pulmonary capillary pressure.

後有意な改善が得られたが、術後 V_{TR} が 10~20 cc にとどまった第3群の3例では、その心胸郭比、右房平均圧および右室拡張末期圧は術後改善したものの、比較的高値にとどまっていた。

考 察

後天性弁膜症に合併する TR は、三尖弁の器質的変化を原因とするものは極めて少なく、その大半が右室の圧負荷、容量負荷による三尖弁輪拡大が惹起した機能的逆流である¹¹⁾。これはすでに多くの報告によって確認された事実であり^{12,13)}、本検討においても三尖弁逆流量 (V_{TR}) は三尖弁輪

径と明らかな正の相関を示した (Fig. 6)。

TR の有無や重症度の診断は、臨床所見^{14,15)}および各種観血的、非観血的検査法からなされてきた。観血的方法としては右室造影法、右房圧波形の分析^{14,15)}が代表的であるが、右室造影法ではカテーテルの三尖弁通過の問題や、造影剤注入時の容量負荷、および期外収縮発生による人為的逆流の問題^{14,16)}、また右房圧波形の分析では心調律による影響の問題^{14,17)}などのため、いずれも定量的評価法としては適切でない。非観血的方法としては近年心エコー図法が導入され、TR の評価がコントラスト法^{18~20)}やパルス・ドップラー法^{9,21,22)}

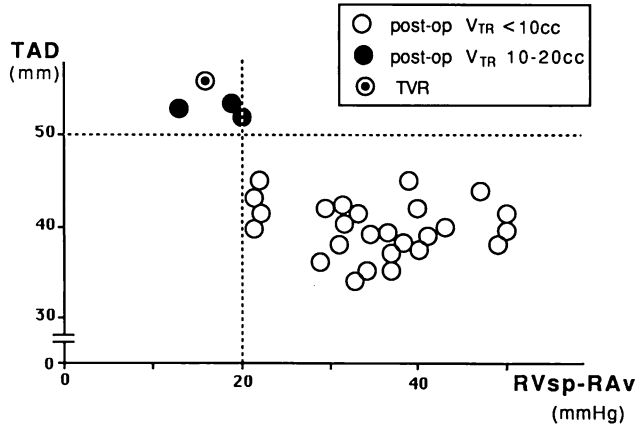


Fig. 8. Comparison between the preoperative value of RVsp-RAv and that of TAD in each of outlined cases.

In 3 patients with the postoperative V_{TR} 10-20 cc, RVsp-RAv value is less than or equal to 20 mmHg and TAD more than 50 mm. One TVR patient is included in this category.

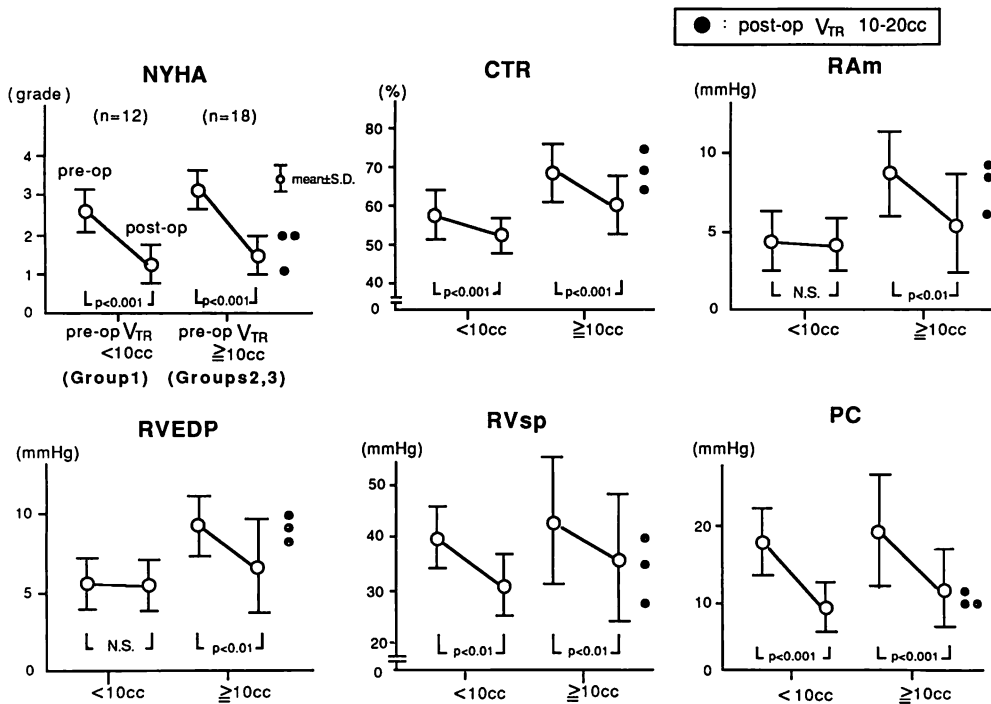


Fig. 9. Postoperative changes in the various parameters.

The values of NYHA, CTR, RVsp and PC improve postoperatively in all groups. In Groups 2 and 3, Ram and RVEDP values also significantly decrease postoperatively; however, in 3 patients of Group 3 with the postoperative V_{TR} of 10-20 cc, these two values and CTR are still high postoperatively.

により半定量的になされるようになった。しかし、コントラスト法では偽陽性症例もかなり見られること²³⁾、パルス・ドップラー法では TR の性状や方向によって時に過小評価されること^{9,22)}などの問題から、これらも術前評価法として満足出来るものではなかった。しかし、カラードップラー法が開発されるに至って、これらの問題はほぼ解決され、無侵襲に、しかも簡単に TR の可視的評価が可能となり、その診断能力は飛躍的に向上した^{24,25)}。反面、このような診断能力の向上とともに、健常心にもかなりの頻度で TR が認められることが判明し²⁶⁾、いかなる TR が病的なのか、あるいはどの程度の TR にどのような外科的処置が必要なのかなどの、正確な判定基準が必要となってきた。

TR の定量的評価は、古くは色素希釈法^{16,27)}、最近では熱希釈法⁵⁾や RI 法²⁸⁾により行われているが、いずれも無侵襲検査とは言い難く、頻回に行えないという欠点があり、一般に普及するには至っていない。これに対し、我々の考案した定量法はドップラーエコーを使用したものであり、無侵襲でしかも頻回に行えるという利点を有している。方法論的にも、本定量法は右房内三尖弁直下における単位面積当たりの逆流量の総和が楕円錐形になると想定したものであり、逆流波が右房壁に当たろうが、噴水状になろうが、本法が TR の基部での計測である以上、十分評価に耐えるものと考えている。また、本法は TR の流体を楕円錐形として算出したため、実際の逆流流量よりは低値を示す傾向は否めないが、従来の定量法が逆流率からの評価であるのに対し、本法は絶対量に相対する数量的評価であり、その意義は大きいものと考えている。さらに外科治療面から見ても、本法により、従来の右室造影法やパルス・ドップラー法では十分に区別しえなかった TAP 必要例を、ほぼ完全に区別しえた (Fig. 3) ことは、本法が TAP 施行の判定上、極めて有用であることを示すものと考えられる。

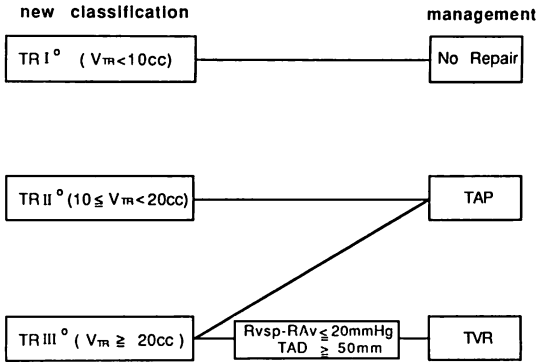
本法により求めた V_{TR} を心臓カテーテル検査

からの術前指標と対比したところ、 V_{TR} は RAm, RVEDP と正の相関関係を示し (Fig. 6)、 V_{TR} が TR の重症度を示す指標としても有用であることが裏づけられた。また、本検討から、我々は術前 $V_{TR}=10$ cc を三尖弁に外科的処置を加えるか否かの境界と考えたが、これを心臓カテーテル検査所見からみても、術前 $V_{TR}<10$ cc の症例では術前右心内圧の上昇は軽度で、TR も左心系の修復のみで術後次第に減少していった。これに対し、術前 $V_{TR}\geq 10$ cc の症例は、術前の右心内圧が明らかに上昇し、三尖弁に外科的処置を加えなければ術後経過に悪影響を及ぼす²⁹⁾と考えられた。このうち、術前 $10\text{ cc}\leq V_{TR}<20$ cc の症例では TAP により全例術後 V_{TR} は 10 cc 以下に減少し、右心内圧の改善も良好であったことから、TAP が必要かつ十分な治療法であると考えられた。しかし、術前 $V_{TR}\geq 20$ cc の症例には、術後の V_{TR} および右心内圧の推移からみて、TAP では効果不十分な症例が混在していると考えられ (Figs. 5, 9)、これらを判別する術前指標として、三尖弁弁輪径と収縮期右室 - 右房圧較差が有用であった (Fig. 8)。すなわち、術前 $V_{TR}\geq 20$ cc、かつ弁輪径 ≥ 50 mm、右室 - 右房較差 ≤ 20 mmHg の症例では Kay 法による TAP では効果が不十分で、より高い外科治療効果を得るためには、むしろ TVR を選択すべきであると考えられた。

ここで興味ある問題は、TR の重症度に関与する収縮期右室 - 右房圧較差の意義である。一般に、TR は左心系病変の増悪に伴う肺高血圧症に対し肺血管床の負荷軽減作用を果すとされているが³⁰⁾、TR が高度になると、今度は TR 自体による右室容量負荷が進行して右室機能の低下を来し、その結果、右室前方拍出量が減少して右室収縮期圧はむしろ低値を示す方向に進む¹⁴⁾。一方、右室後方拍出量は増加し、右房圧は依然高値をとるため、結果として重症 TR では上記の圧較差は低値を示す方向に進むものと考えられた。

最後に、術後における V_{TR} と臨床像との関連を述べる。術後 V_{TR} が 10 cc 以下となった症例

Table 2. Selection of the surgical management for secondary TR according to regurgitant volume V_{TR}



Abbreviations: see Figs. 1. and 2.

では NYHA 機能分類は著明に改善し、術後 V_{TR} が 10~20 cc にとどまった 3 症例においてもこの改善傾向は認められた (Fig. 9)。これは主病変の修復効果と共に TAP の効果によるものと考えられるが、これら 3 例症例の心胸郭比、右房平均圧、右室拡張末期圧は術後も比較的高値にとどまっていることから、今後長期にわたる厳重な追跡が必要であろう。

Table 2 は V_{TR} による外科治療法の選択基準を示す。結論的には術前 $V_{TR} < 10$ cc (TR I°) 例では無処置、術前 $10 \text{ cc} \leq V_{TR} < 20$ cc (TR II°) 例では TAP が必要かつ十分、 $V_{TR} \geq 20$ cc (TR III°) 例では、収縮期右室-右房圧較差 ≤ 20 mmHg、かつ三尖弁輪径 ≥ 50 mm であれば TVR を行うべきであると結論される。

結 論

後天性弁膜症に続発する TR の定量的評価法として、2-DD 法および CW 法を用いて 1 心拍当たりの三尖弁逆流流量 (V_{TR}) を算出した。この V_{TR} は、心臓カテーテル検査所見からの右房平均圧、右室拡張末期圧、2-DE 法からの拡張末期三尖弁輪径と正の相関を示し、TR の重症度を示す指標として有用であった。また、 V_{TR} による評価

法は従来の評価法に比し、より術中所見と相対した。

本検討結果に基づき、我々は新たな程度分類として、術前 V_{TR} により TR を I 度 ($V_{TR} < 10$ cc)、II 度 ($10 \text{ cc} \leq V_{TR} < 20$ cc)、III 度 ($V_{TR} \geq 20$ cc) の 3 段階に分類した。各程度段階における三尖弁への適切な治療法は、Table 2 に示すごとくと結論した。

要 約

二次性三尖弁閉鎖不全症 (TR) に対する適切な術式を選択するため、TR を合併した後天性弁膜症 30 例を対象とし、逆流量の新しい定量的評価を試みた。

1. TR の定量法: カラー Doppler 法において、直交する 2 断面 (右室流入路長軸断面および心尖部四腔断面または大動脈基部短軸断面) から TR を観察し、逆流ジェット幅 (a および b) を右房内三尖弁直下にて計測した。TR の断面積 (S) は、a および b を長径、短径とする楕円として $\pi/4 \cdot ab$ で求めた。ついで連続波 Doppler により、三尖弁直下の逆流ジェット中央部にて記録された血流速度波形を放物線として積分し、同部位での単位面積あたりの逆流量 (Vp) を $2/3 \cdot vt$ ($v = \text{peak velocity}$, $t = \text{regurgitant time}$) で求めた。また TR の流体を楕円錐形と考え、1 心拍あたりの逆流量 (V_{TR}) を $1/3 \cdot S \cdot V = \pi/18 \cdot abvt$ として算出した。

2. 対象 30 例を V_{TR} により 3 群 (< 10 cc, $10 \sim 20$ cc, ≥ 20 cc) に分類すると、この分類に基づく TR 評価が、従来のパルス・Doppler 法や右室造影法のそれに比し、術中所見および施行術式とよりよく相対した。すなわち、術前 $V_{TR} < 10$ cc の 12 例では、全例無処置で術後遠隔期に V_{TR} は減少し、術前 $10 \text{ cc} \leq V_{TR} < 20$ cc の 12 例では、11 例が三尖弁輪縫縮術、1 例が無処置にて、術後 V_{TR} は全例 10 cc 以下に改善した。術前 $V_{TR} \geq 20$ cc の 6 例では、5 例に TAP、1 例に三尖弁置換術を行ったが、3 例の TAP 例で術後遠隔期に

も 10~20 cc の V_{TR} がみられた。

3. 術前 V_{TR} は, 拡張末期三尖弁輪径, 右房平均圧, 右室拡張末期圧と正相関を示した。また, 術後 V_{TR} 10~20 cc にとどまった 3 例と弁置換例では, その術前の収縮期右室 - 右房圧較差は 20 mmHg 以下, かつその弁輪径は 50 mm 以上であった。

以上より, V_{TR} に基づく外科治療法の選択として, 術前 $V_{TR} < 10$ cc (TR I°) 例では無処置, 術前 10 cc $\leq V_{TR} < 20$ cc (TR II°) 例では弁輪縫縮術が必要かつ十分, $V_{TR} \geq 20$ cc (TR III°) 例では, 上記圧較差 ≤ 20 mmHg, 弁輪径 ≥ 50 mm を示す場合には弁置換を行うべきであると結論した。

文 献

- 1) Kay JH, Maselli-Champagna G, Tsuji HK: Surgical treatment of tricuspid insufficiency. *Ann Surg* **162**: 53-58, 1965
- 2) Carpentier A, Deloche A, Hanania G, Forman J, Sellier P, Piwnica A, Dubost C, McGoon DC: Surgical management of acquired tricuspid valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* **67**: 53-65, 1974
- 3) Breyer RH, McClenathan JH, Michaelis LL, McIntosh CL, Morrow AG: Tricuspid regurgitation: A comparison of nonoperative management, tricuspid annuloplasty, and tricuspid valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* **72**: 867-874, 1976
- 4) 小沢修一: 三尖弁閉鎖不全を伴う僧帽弁膜症の術後血行動態——三尖弁閉鎖不全の対策について——。日胸外会誌 **27**: 1039-1049, 1979
- 5) 中埜 肅: 後天性三尖弁閉鎖不全症の外科治療に関する臨床的研究——本症の定量的診断法と三尖弁弁輪形成術の術後評価に関する検討。日胸外会誌 **28**: 20-34, 1980
- 6) Rabago G, De Vega NG, Castillon L, Moreno T, Fraile J, Azpitarte J, Batanero J: The new De Vega technique in tricuspid annuloplasty. Results in 150 patients. *J Cardiovasc Surg* **21**: 231-238, 1980
- 7) Duran CMG, Pomar JL, Colman T, Figueroa A, Reveuelta JM, Ubago JL: Is tricuspid valve repair necessary? *J Thorac Cardiovasc Surg* **80**: 849-860, 1980
- 8) Mullany CJ, Gersh BJ, Orzulak TA, Schaff HV, Puga FJ, Ilstrup DM, Pluth JR, Danielson GK: Repair of tricuspid valve insufficiency in patients undergoing double (aortic and mitral) valve replacement. Perioperative mortality and long-term (1 to 20 years) follow-up in 109 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* **94**: 740-748, 1987
- 9) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Ohta M, Kozuka T, Sakakibara H, Nimura Y: Evaluation of tricuspid regurgitation by pulsed Doppler and two-dimensional echocardiography. *Circulation* **66**: 777-784, 1982
- 10) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. Technic, indications and interpretations in 700 cases. *Am J Cardiol* **14**: 437-447, 1964
- 11) Braunwald NS, Ross J Jr, Morrow AG: Conservative management of tricuspid regurgitation in patients undergoing mitral valve replacement. *Circulation* **35** (Suppl I): I-63-69, 1967
- 12) 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
- 13) Mikami T, Kudo T, Sakurai N, Sakamoto S, Tanabe Y, Yasuda H: Mechanisms for development of functional tricuspid regurgitation by pulsed Doppler and two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* **53**: 160-163, 1984
- 14) Cairns KB, Kloster FE, Bristow JD, Lees MH, Griswold HE: Problems in the hemodynamic diagnosis of tricuspid insufficiency. *Am Heart J* **75**: 173-179, 1968
- 15) Sepulveda G, Lukas DS: The diagnosis of tricuspid insufficiency. Clinical features in 60 cases with associated mitral valve disease. *Circulation* **11**: 552-563, 1955
- 16) Hansing CE, Rowe GG: Tricuspid insufficiency. A study of hemodynamics and pathogenesis. *Circulation* **45**: 793-799, 1972
- 17) Lingamneni R, Cha SD, Maranhao V, Gooch AS, Goldberg H: Tricuspid regurgitation: Clinical and angiographic assessment. *Cathet Cardiovasc Diagn* **5**: 7-17, 1979
- 18) Liew W, Behar VS, Scallion R, Kisslo JA: Detection of tricuspid regurgitation with two-dimensional echocardiography and peripheral vein injections. *Circulation* **57**: 128-132, 1978
- 19) Meltzer RS, Hoogenhuyze DV, Serruys PW, Haalebos MMP, Hugenholtz PG, Roelandt J: Diagnosis of tricuspid regurgitation by contrast echocardiography. *Circulation* **63**: 1093-1099,

- 1981
- 20) Wise NK, Myers S, Fraker TD, Stewart JA, Kisslo JA: Contrast M-mode ultrasonography of the inferior vena cava. *Circulation* **63**: 1100-1103, 1981
- 21) Waggoner AD, Quinones MA, Young JB, Brandon TA, Shah AA, Verani MS, Miller RR: Pulsed Doppler echocardiographic detection of right-sided valve regurgitation. Experimental results and clinical significance. *Am J Cardiol* **47**: 279-286, 1981
- 22) Garcio-Dorando D, Falzgraf S, Almazan A, Delcan JL, Lopez-Bescos L, Menarguez L: Diagnosis of functional tricuspid insufficiency by pulsed-wave Doppler ultrasound. *Circulation* **66**: 1315-1321, 1982
- 23) 尾崎正治, 半田洋治, 岡部光久, 内藤秀敏, 部坂浩二, 高橋徹郎, 會田一也, 大田宣弘: 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 Cardiol* **10**: 173-186, 1980
- 24) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Sakakibara H, Nimura Y: Efficacy of real-time two-dimensional Doppler flow imaging in cardiology. *J Cardiol* **14** (Suppl V): 98-100, 1984
- 25) Suzuki Y, Kambara H, Kadota K, Tamaki S, Yamazato A, Nohara R, Osakado G, Kawai C, Kubo S, Karaguchi T: 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
- 26) Yock PG, Naasz C, Schnittger I, Popp RL: Doppler tricuspid and pulmonic regurgitation in normals: is it real? *Circulation* **70** (Suppl II): II-40, 1984
- 27) Collins NP, Braunwald E, Morrow AG: Detection of pulmonic and tricuspid valvular regurgitation by means of indicator solutions. *Circulation* **20**: 561-568, 1959
- 28) Konishi Y, Tatsuta N, Hikasa Y, Tamaki N, Ishii Y, Torizuka K: Assessment of severity of tricuspid regurgitation by analog computer analysis of dilution curves recorded by scintillation camera. *Jpn Circ J* **46**: 1147-1153, 1982
- 29) Pluth JR, Ellis FH Jr: Tricuspid insufficiency in patients undergoing mitral valve replacement. Conservative management, annuloplasty, or replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* **58**: 484-491, 1969
- 30) Selzer A, Cohn KE: Natural history of mitral stenosis: A review. *Circulation* **45**: 878-890, 1972