

超音波ドップラー法による
三尖弁逆流の診断基準なら
びに健常人にみられる頻度：
年代別による検討

Incidence of tricuspid
regurgitation in normal
subjects according to a
new Doppler echogra-
phic criterion

鄭 忠和
木佐貫 彰
皆越 真一
柴田 邦彦
湯通堂敏郎
尾辻 豊
夏越久美子
田中 弘允

Chuwa TEI
Akira KISANUKI
Shinichi MINAGOE
Kunihiko SHIBATA
Toshiro YUTSUDOU
Yutaka OTSUJI
Kumiko NATSUGOE
Hiromitsu TANAKA

Summary

To develop a Doppler echocardiographic criterion for tricuspid regurgitation (TR) and to determine the incidence of TR in normal subjects, we examined 357 apparently normal subjects ranging in age from five to 95 years using pulsed and continuous wave Doppler echocardiography. A Doppler transducer was placed over the right ventricular apex, with the Doppler beam directed parallel with TR flow. TR was judged to be present when a holosystolic abnormal flow pattern with the peak velocity greater than 1.5 m/sec was recorded at the tricuspid valve orifice. This was based on the theory that in TR systolic pressure gradient across the tricuspid valve should be 10 mmHg or greater in normal subjects.

TR was detected in 87 (24%) of 357 subjects and the mean peak velocity of the TR was 2.1 ± 0.2 m/sec (mean \pm SD). It was more frequent in women (28%) than in men (19%) and differed significantly among the young, middle and old age groups. It was 79% in the first decade, 30% in the second, 10% in the third, 21% in the fourth, 5% in the fifth, 19% in the sixth, 14% in the seventh, 23% in the eighth, 37% in the ninth and 40% in the tenth. The minimum dimension of the tricuspid annulus was significantly enlarged ($p < 0.001$) in subjects with TR (2.2 ± 0.3 cm/m²) compared to that of subjects without TR (1.8 ± 0.3 cm/m²).

In conclusion, 1) a holosystolic regurgitant Doppler signal with the peak velocity greater than 1.5 m/sec appears to indicate TR ; 2) the incidence of TR in normal subjects is relatively high in the young, low in the middle aged, increasingly high again in the old age groups, and 3) the tricuspid annular dimension may be causally related to TR.

鹿児島大学医学部 第一内科
鹿児島市宇宿町 1208-1 (〒890)

The First Department of Internal Medicine, Faculty
of Medicine, Kagoshima University, 1208-1 Usuki-
Cho, Kagoshima 890

Received for publication October 8, 1986; accepted November 12, 1986 (Ref. No. 32-27)

Key words

Tricuspid regurgitation
cardiography

Continuous wave Doppler echocardiography

Pulsed wave Doppler echo-

はじめに

超音波ドップラー法が弁逆流の診断に極めて鋭敏であることはよく知られているが、最近この方法を用いて、健常人の大半に三尖弁逆流 (TR) が存在することが報告されている^{1,2)}。しかし、ドップラー法による TR の診断基準はまだ確立されておらず、その頻度については異論がある。この研究の目的は、新しい超音波ドップラー法による TR の診断基準を提唱し、健常人における TR の頻度を各年代ごとに、また男女間で比較検討することである。

対象と方法

1. 対象

対象は 5 歳から 95 歳までの健常者 357 例 (男 160 例, 女 197 例) である。これを **Table 1** に示す如く、各年代別に分類して検討した。

2. 超音波ドップラーの記録

超音波パルスおよび連続波ドップラー法を用いて、TR シグナルを記録した。いずれの方法でも探触子を右室心尖部におき、パルス・ドップラー法では sampling volume を右房内の三尖弁口部直下、連続波ドップラー法では超音波ビームが右室・右房に対して平行に入射するようにして、TR シグナルを記録した (**Fig. 1**)。TR の血流最大速度は連続波ドップラー法を用いて測定した。装置は東芝製 SSH60B あるいは SSH65A を用いた。超音波の発振周波数は 2.4 MHz、パルス・ドップラーの繰返し周波数は 4 kHz あるいは 6 kHz である。

3. TR の診断基準

健常者の収縮期における右室・右房間圧較差が少なくとも 10 mmHg 以上は存在することから、ベルヌーイの簡易式より $4 \times (\text{TR の血流最大速$

Table 1. Subjects

Age (yrs)	Male	Female	Total
<10	7	12	19
10-20	29	8	37
20-30	26	24	50
30-40	19	10	29
40-50	12	9	21
50-60	11	16	27
60-70	18	31	49
70-80	20	46	66
80-90	16	38	54
>90	2	3	5
Total	160	197	357

度)² > 10 mmHg, すなわち TR の血流最大速度は 1.5 m/sec 以上となる。したがって次の二つの基準,

(1) 逆流シグナルが全収縮期性

(2) 血流最大速度が 1.5 m/sec 以上

を満たす時、TR が存在すると判定した。そしてこのようにして診断された TR の頻度を各年代別および男女間で比較検討した。

4. 三尖弁輪径の比較

TR の有無と三尖弁輪径の関係を検討するために、断層心エコー図より三尖弁輪径を計測した。計測の断面は、探触子を右室心尖部において記録した右室流入路長軸断面とし、収縮中期の最小弁輪径を体表面積で除して補正した。対象は各年代群より無差別に選択した 87 名 [TR (+): 45 名, TR (-): 42 名] で、これを 50 歳以下と 50 歳以上の 2 群に分けて比較した。

結 果

1. ドップラー法による健常者にみられる TR の頻度

Fig. 2 は TR がみられない例のパルス・ドッ

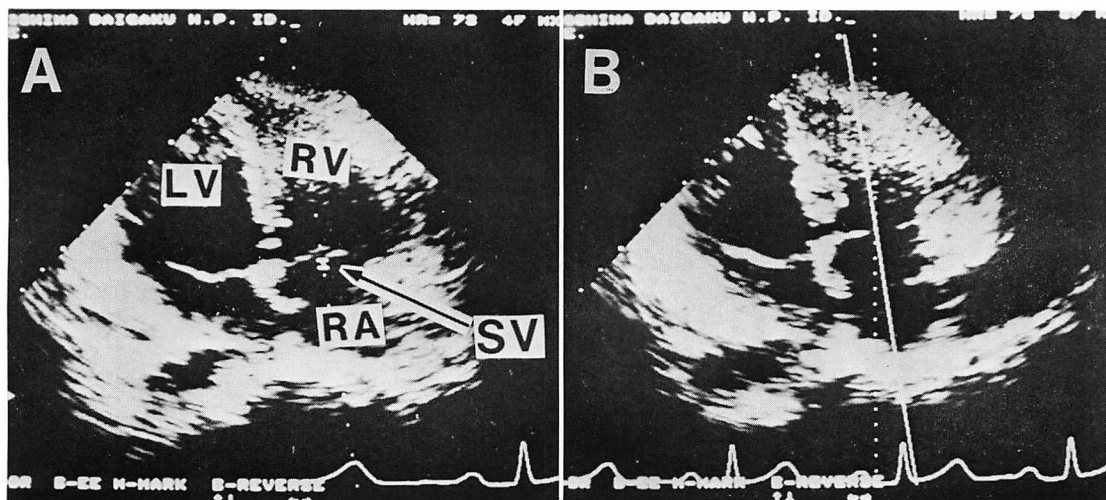


Fig. 1. Right ventricular apical long-axis views of a normal subject.

A: Pulsed Doppler echo sample volume (SV) is placed in the right atrium (RA) just above the tricuspid valve.

B: The white line shows the ultrasonic beam direction of the continuous wave Doppler echo parallel to the flow through the tricuspid valve.

LV=left ventricle; RV=right ventricle.

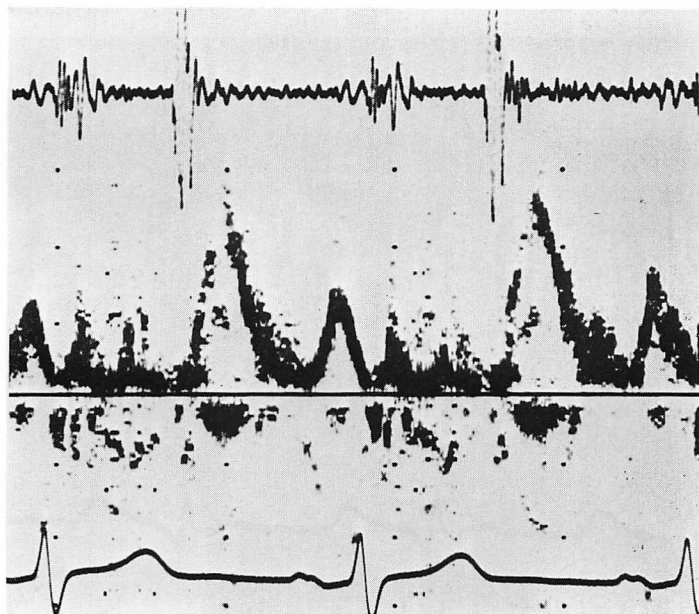


Fig. 2. Tricuspid flow recorded with pulsed Doppler echocardiogram from a normal subject without tricuspid regurgitation.

Although normal biphasic flow patterns are recorded in diastole, abnormal signals are not seen in systole.

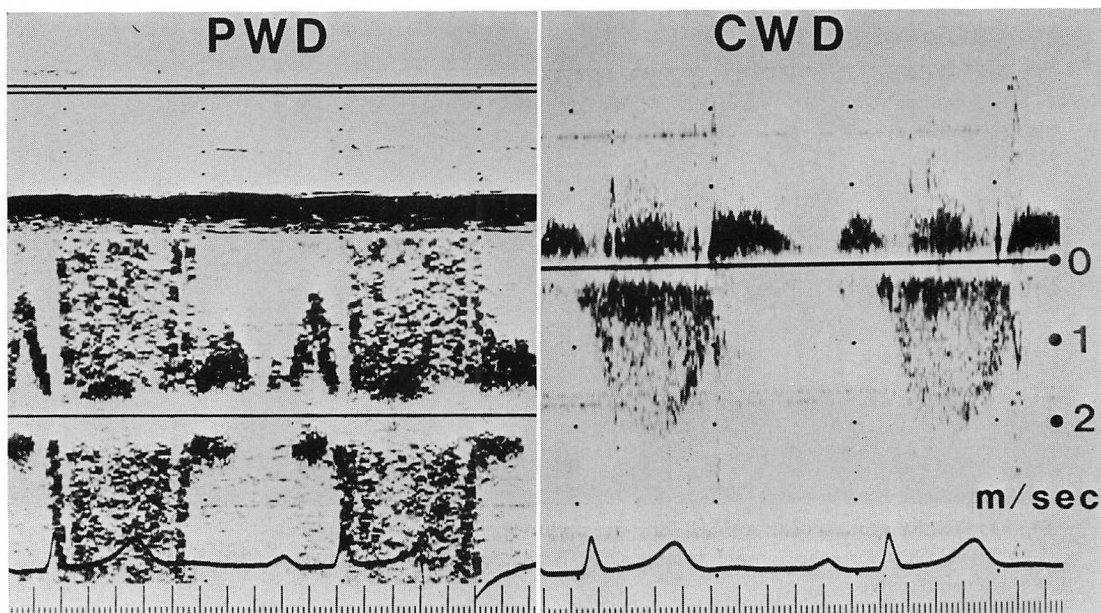


Fig. 3. Pulsed (PWD) and continuous wave (CWD) Doppler echocardiograms of tricuspid regurgitation (TR) in a normal subject.

Holosystolic regurgitant signals are observed and the peak velocity of TR is 2.0 m/sec.

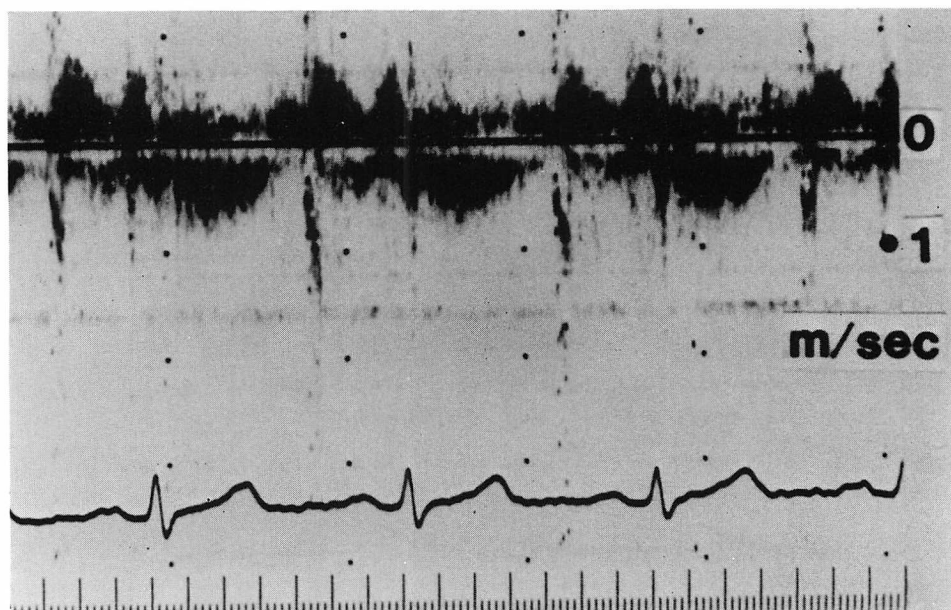


Fig. 4. Tricuspid flow recorded with continuous wave Doppler echogram from a normal subject without tricuspid regurgitation.

Although flow away from the transducer is seen in systole, the peak velocity is only 0.5 m/sec.

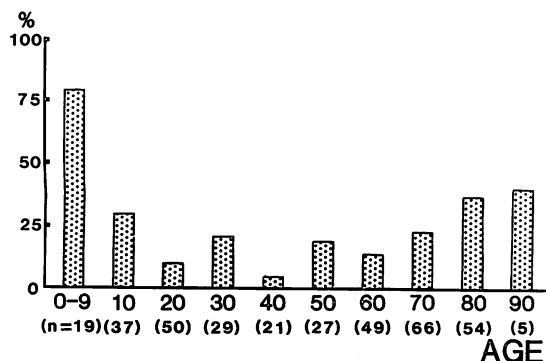


Fig. 5. Incidence of tricuspid regurgitation in normal subjects by age.

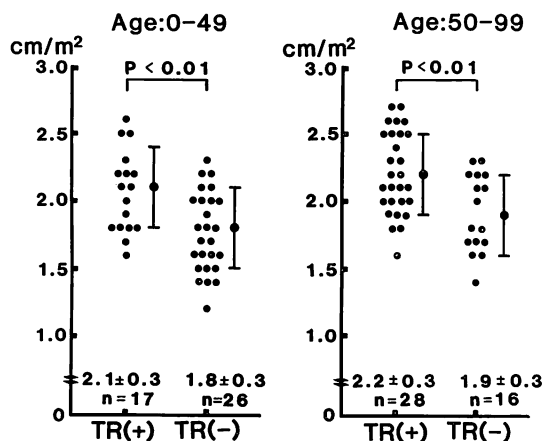


Fig. 6. Comparison of minimum tricuspid annular dimensions in normal subjects with and without tricuspid regurgitation.

Left panel consists of normal subjects under 50 years; right panel, normals over 50 years of age.

プラーエコー図を示す。収縮期の右房内に異常シグナルはみられない。これに対して Fig. 3 は健常者にみられた TR のパルス・ドップラーエコー図(左)と連続波ドップラーエコー図(右)である。いずれの図においても探触子より遠ざかる下向き全収縮期性 signal が認められ、連続波ドップラーエコー図より得られる TR の血流最大速度は 2 m/sec である。したがってこの症例は前述の TR の診断基準を満足している。一方 Fig.

4 は別の症例の三尖弁弁口部に入射して記録した連続波ドップラーエコー図である。この例では収縮期に探触子より遠ざかる下向きのシグナルが認められるが、その速度は 0.5 m/sec であり、前述の TR の診断基準を満足せず、TR 陰性と診断された。拡張期には上向きの二峰性のシグナルが記録されており、右室への流入血流と考えられる。

以上のようにして診断された TR の頻度を検討した結果、358 例中 87 例(24%)に TR が認められた。男女比では、男が 160 例中 31 例(19%)、女が 197 例中 56 例(28%)で女性に多く認められた。TR の認められた 87 例の TR の血流最大速度は、最大 2.5 m/sec、最小 1.8 m/sec であり、その平均は 2.1 ± 0.2 m/sec (mean \pm SD) であった。

TR の年代別の頻度は 10 歳以下 79% (15/19)、10 代 30% (11/37)、20 代 10% (5/50)、30 代 21% (6/29)、40 代 5% (1/21)、50 代 19% (5/27)、60 代 14% (7/49)、70 代 23% (15/66)、80 代 37% (20/54)、90 代 40% (2/5) であった。50 歳以下では 10 歳以下が最も TR の頻度が高く、その後減少傾向を示し、50 歳以上では加齢とともにその頻度が増大した (Fig. 5)。

2. 三尖弁弁輪径の比較

Fig. 6 は 50 歳以下(左)と 50 歳以上(右)の収縮中期三尖弁弁輪径を、TR の有無により 2 群に分けて比較したものである。50 歳以下で TR の認められた 17 例の弁輪径は 2.1 ± 0.3 cm/m²、TR の認められない 26 例では 1.8 ± 0.3 cm/m² であり、TR の認められた群の方が有意に ($p < 0.01$) 拡大していた。同じように 50 歳以上でも TR の認められた 28 例の弁輪径は 2.2 ± 0.3 cm/m²、TR の認められない 16 例では 1.9 ± 0.3 cm/m² であり、前者が有意に ($p < 0.01$) 拡大していた。

考 按

1. TR の診断基準

TR の診断基準にはまだ確立されたものはないが、Miyatake ら³⁾はパルス・ドップラー法を用いて右房内の三尖弁直下に、収縮期の 1/2 以上持続

し、探触子より遠ざかる血流が記録された場合を TR としている。しかし収縮期の右房内には、冠静脈洞からの血流あるいは上大静脈、下大静脈からの血流も存在しており⁴⁾、これらの血流と TR の血流を鑑別することは重要である。また健常者にみられるような非常に軽度の TR を診断する際には、問題とする血流がはたして三尖弁を通過した逆流であるか、あるいは三尖弁の閉鎖運動とともに右房内へ移動した血流であるかを鑑別することも大切である。

これらの点を鑑別するために、今回の研究では、三尖弁背方の右房内に全収縮期性の異常 signal を有し、血流最大速度が 1.5 m/sec 以上のものを TR と診断した。血流最大速度が 1.5 m/sec 以上であれば、Hatle ら⁵⁾の提唱したベルヌーイの簡易式 ($P=4V$, ここで P は圧較差, V は血流最大速度) より、この血流は 10 mmHg 以上の圧較差を反映した血流であることが示唆される。一方、TR の血流最大速度は右室・右房間の圧較差により規定されており、連続波ドップラー法より求めた TR の血流最大速度から求めた右室圧 [右室圧 = $4 \times (\text{血流最大速度})^2 + 10$] は、心カテーテルで求めた右室圧に極めてよく一致することが報告されている^{6,7)}。今回の成績で TR の血流最大速度が 1.8~2.5 m/sec, 平均 2.1 m/sec であったことは、右室圧が 23~35 mmHg, 平均 28 mmHg と算出され、正常の右室圧を反映した血流速度であることが示唆され、TR による血流速度であることが裏づけられる。また逆流の持続については、TR は一般に全収縮期性であり、三尖弁逸脱などによる収縮後半期にみられる特殊な TR は今回の検討ではみられなかった。以上より、今回用いた診断基準を満足する症例は右室から右房への真の TR を有するものと思われる。したがってこのようにして診断された TR の specificity は非常に高いことが示唆される。

一方、このような診断基準によって診断される TR の sensitivity はどうであろうか。Recusani ら²⁾はパルス・ドップラー法を用い、健常者 26 例

全例に TR signal を検出したと報告しているが、TR の血流最大速度は 0.7~2.3 m/sec で、平均は 1.2 m/sec であり、また全収縮期に逆流シグナルが記録できたのは 27% のみであった。したがって彼らの症例の過半数以上は、血流最大速度が遅く、かつ持続時間も短く、実際に三尖弁を通過した TR であるか否かは疑問が残る。今後 TR の診断基準に対しての更なる検討が要求されるが、現時点では今回提唱する診断基準は、少なくとも有意の TR と診断することが可能であり、しかも 10 歳以下の小児では、この基準を用いても 79% に TR が検出されることから、sensitivity も十分高いものと思われる。

2. 年代別による TR の頻度

健常者にみられる TR の頻度を年代別に検討した報告はまだみられない。我々は前述した診断基準を用いて、幼児から高齢者に至るまで 357 例の多数の健常者を対象として、TR の発生頻度を各年代ごとに検討した。その結果、10 歳以下では 79% もの高率に TR を認めたが、その後 TR の頻度は徐々に減少して 40 代では 10% 以下となり、50 歳以後になると加齢と共にその頻度は増大した。したがって、健常者における TR の頻度を検討する際には、対象とする症例の年齢を考慮する必要がある。では何故 10 歳以下で高率にみられる TR が 50 歳ぐらいまでは減少して、その後再び加齢とともに増大するのであろうか。この原因は不明であるが、可能性として、身体の発達過程にある幼児、小児期には三尖弁複合体のバランスが十分でなく、TR が発生しやすいが、成人になるにつれて、三尖弁複合体の調和がとれるようになり、TR の発生は減少してくることが考えられる。一方、高齢になると、三尖弁複合体の変性などにより再び TR が発現することが考えられる。

三尖弁輪の拡大が機能性 TR の原因となることは報告されているが⁸⁾、50 歳以下でも、また 50 歳以上においても、TR の認められる群の三尖弁輪径が、TR の認められない群のそれに比べて有

意に拡大していたことは、三尖弁輪の大きさが健常人における TR の発現に関与していることが示唆される。

結 論

1. 超音波ドップラー法による TR の診断基準に、血流最大速度を加えることは重要と思われる。
2. 健常人における TR の頻度は年代によって異なる。
3. 三尖弁輪径が健常人にみられる TR の原因に関与していると思われる。

要 約

超音波ドップラー法による三尖弁逆流 (TR) の新しい診断基準を提唱し、健常人における TR の頻度を各年代ごとに、また男女間で比較した。TR は右室・右房間圧較差を反映することから、全収縮期性逆流シグナルを有し、血流最大速度が 1.5 m/sec 以上のものを TR とし、5 歳から 95 歳までの健常人 357 例に対して、パルス・ドップラーおよび連続波ドップラー法を用いて検討し以下の成績を得た。

1. TR は 357 例中 87 例 (24%) に認められた。男女比では男が 160 例中 31 例 (19%)、女が 197 例中 56 例 (28%) で、女性に多く認められた。
2. TR の血流最大速度は、1.8~2.5 m/sec で、その平均は 2.1 ± 0.2 m/sec (mean \pm SD) であった。
3. TR の年代別の頻度は、10 歳以下 79% (15/19)、10 代 30% (11/37)、20 代 10% (5/50)、30 代 21% (6/29)、40 代 5% (1/21)、50 代 19% (5/27)、60 代 14% (7/49)、70 代 23% (15/66)、80 代 37% (20/54)、90 代 40% (2/5) であった。
4. 50 歳以下で TR の認められた三尖弁輪径は 2.1 ± 0.3 cm/m²、TR の認められない例では 1.8 ± 0.3 cm/m² であり、TR の認められた群において弁輪径の有意な ($p < 0.01$) 拡大をみた。50 歳以上でも、TR の認められた群の三尖弁輪径は認

められない群に比し、有意に ($p < 0.01$) 拡大していた。

以上より、健常人における TR の頻度は年代ごとに異なり、小児では高頻度にみられるが、その後減少傾向を示し、50 歳以上では加齢とともに再び増加した。また TR の認められる症例の三尖弁輪径は認められない症例に比し拡大していた。超音波ドップラー法による TR の診断基準に血流最大速度を加えることは重要と思われる。

文 献

- 1) Yock PG, Naasz C, Schnittzer I, Popp RL: Doppler tricuspid and pulmonic regurgitation in normals: Is it real? *Circulation* **70**: Suppl II-40, 1984
- 2) Recusani F, Valdes-Cruz L, Dalton N, Hoit B, Sahn DJ, Swenson R: Tricuspid and pulmonary insufficiency and right flow patterns in normals: Studies using color flow mapping and pulsed Doppler. *Circulation* **72**: Suppl III-307, 1985
- 3) 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
- 4) Miyatake K, Izumi S, Shimizu A, Kinoshita N, Okamoto M, Sakakibara H, Nimura Y: Right atrial flow topography in healthy subjects studied with real-time two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J Am Coll Cardiol* **7**: 425-431, 1986
- 5) Hatle L, Brubakk A, Tromsdal A, Angelsen B: Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. *Br Heart J* **40**: 131-140, 1978
- 6) Tei C, Kisanuki A, Arima S, Arikawa K, Otsuji Y, Ri S, Kashima T, Tanaka H: Non-invasive assessment of right ventricular pressure in patients with tricuspid regurgitation by continuous wave Doppler echocardiogram. *Circulation* **70**: Suppl II-116, 1984
- 7) Currie PJ, Fyfe DA, Seward JB, Hagler DJ, Mair DD, Nishimura RA, Tajik AJ: Noninvasive right ventricular pressure determination with continuous-wave Doppler: Simultaneous Doppler-catheterization correlation. *Circulation* **70**: Suppl II-116, 1984
- 8) Tei C, Pilgrim JP, Shah PM, Ormiston JA, Wong

鄭, 木佐貫, 皆越, ほか

M: The tricuspid valve annulus: Study of size and motion in normal subjects and in patients

with tricuspid regurgitation. *Circulation* 66: 665-671, 1982