

啞性重症三尖弁閉鎖不全：
超音波ドップラー法による
検討

Silent severe tricuspid
regurgitation: A study
by Doppler echocardiography

吉田 清
吉川 純一
赤阪 隆史
赤土 正洋
高尾 精一
白鳥 健一
奥町富久丸
小泉 克巳
加藤 洋
深谷 隆

Kiyoshi YOSHIDA
Junichi YOSHIKAWA
Takashi AKASAKA
Masahiro SHAKUDO
Seiichi TAKAO
Kenichi SHIRATORI
Fukumaru OKUMACHI
Katsumi KOIZUMI
Hiroshi KATO
Takashi FUKAYA

Summary

Sixty-eight patients with severe tricuspid regurgitation proven by right ventriculography were examined using pulsed and continuous wave Doppler echocardiography and color Doppler flow imaging. Among the 68 patients, there was no tricuspid regurgitant murmur in 16 (24%) in whom laminar regurgitant flow signals were demonstrated by pulsed Doppler echocardiography. The area in which laminar flow was detected ranged from 8 to 46 mm² (mean 19.5±9.8 mm²). The peak velocities in patients without regurgitant murmurs as measured by continuous wave Doppler echocardiography ranged from 1.1 to 1.9 m/sec (mean: 1.61±0.21 m/sec). Laminar regurgitant flow signals were obtained in six; and turbulent regurgitant flow signals in 46 of 52 patients with tricuspid regurgitant murmurs, and their peak velocities ranged from 1.7 to 5.1 m/sec (2.80±0.78 m/sec). The peak velocities of the regurgitant flow signals in patients without tricuspid regurgitant murmurs were significantly lower than those in patients with regurgitant murmurs ($p < 0.01$).

In six patients with laminar regurgitant flow signals and regurgitant murmurs, the areas of laminar flow signals ranged from 3 to 12 mm² (mean 7.0±3.5 mm²) and were smaller than those of patients without regurgitant murmurs ($p < 0.001$). A characteristic candle flame pattern of regurgitant flow signals was observed in all patients without murmurs. Thus, the absence of a tricuspid regurgitant murmur results from laminar regurgitant flow signals of low velocity and this is characterized by a candle flame pattern using color Doppler flow imaging.

Key words

Tricuspid regurgitation Doppler techniques Phonocardiography

神戸区立中央市民病院 循環器センター
神戸市中央区港島中町 4-6 (〒650)

Department of Cardiology, Kobe General Hospital,
Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650

Received for publication February 19, 1988; accepted April 1, 1988 (Ref. No. 33-50)

はじめに

従来, 三尖弁閉鎖不全の診断は, 理学的所見, すなわち, 第四肋間胸骨左縁を中心とした吸気性に増強する全収縮期雑音や, 頸静脈の怒張, 肝拍動などによりなされてきた¹⁾. しかしながら, 雑音を有さない例も知られており, 特に, 重症例でも雑音を欠如する場合があることが報告されている²⁻⁵⁾.

ドップラー法は, 非観血的に弁逆流を診断できる方法として広く臨床に応用されている⁶⁻¹⁷⁾. 殊に, 最近開発されたカラードップラー心エコー図法は断層心エコー図上にドップラーシグナルをカラーで表示できるため, 弁逆流の診断にとり, 極めて有用であるとされている¹⁸⁻²⁰⁾. 今回の研究の目的は, 啞性三尖弁逆流の特徴をドップラー法により検討することにある.

対象と方法

対象は当科にて右室造影と左室造影を施行し, 高度の三尖弁逆流が確認され, 有意の僧帽弁逆流の存在しない連続 68 例で, 年齢は 16 歳から 71 歳(平均 51 歳), 男性 25 例, 女性 43 例である. 基礎疾患の内訳は, 僧帽弁狭窄 45 例, 僧帽弁置換術後 16 例, エプスタイン奇形 4 例, 特発性心筋症 2 例, 原発性肺高血圧症 1 例である.

超音波診断装置は東芝製 SSH-65A, または Aloka 製 SSD-730 を使用し, 探触子は 2.5 MHz のものを使用した. カラードップラー法での三尖弁逆流の診断基準は, 収縮期に弁接合部より右房に向かう血流シグナルが認められるものとし, その逆流シグナルの特徴を検討した. 更に連続波ドップラー法を施行し, 逆流シグナルの最大流速を測定した. また, 通常のパルス・ドップラー法, または high pulse repetition frequency (HPRF) 法を行い, 逆流シグナルが乱流か層流かを検討し, 層流であればその検出される範囲を測定した.

心音図は Fukuda 電子製 MCM-8000 と MA-250 型マイクロフォンを用い, 紙送り速度 100

mm/sec にて記録した. 心音図法での三尖弁逆流の診断基準は第四肋間胸骨左縁を中心とした全収縮期雑音が存在するものとし, 吸気性に増強するいわゆる Carvallo 徴候も参考にした.

右室造影法には Siemens 製 biplane cineangiography 装置 (Cardskop-U, Pandoros-Optomatic) を使用した. 心臓カテーテルには 8F の NIH カテーテル, 造影剤には 76% ウログラフィンを用い, 原則として, 36 ml を毎秒 18 ml で注入した. 右室造影法での三尖弁逆流の重症度評価は以下のごとく行った.

- 1 度: 右房がわずかに造影される.
- 2 度: 右房が広く造影されるが, 右房全体は造影されない.
- 3 度: 右房全体が濃く造影される.
- 4 度: 右房全体が濃く造影され, かつ, 上大静脈, 下大静脈が造影される.

これらのうち, 3 度と 4 度を重症三尖弁逆流とした.

結 果

右室造影法で高度の三尖弁逆流が存在すると確認された連続 68 例のうち, 16 例 (24%) で三尖弁逆流 16 例の全例で, 通常のパルス・ドップラー法により層流の逆流シグナル (Fig. 1) が検出され, 層流が検出される面積は 8 mm^2 から 46 mm^2 (平均 $19.5 \pm 9.8 \text{ mm}^2$) であった. 連続波ドップラー法では (Fig. 2), 三尖弁逆流雑音を認めなかった 16 例での逆流シグナルの最大流速は 1.1 m/sec から 1.9 m/sec (平均 $1.61 \pm 0.21 \text{ m/sec}$) であった. 一方, 三尖弁逆流雑音を認めた 52 例中 6 例にのみ, パルス・ドップラー法により層流シグナルが検出され, 残りの 46 例では乱流シグナル (Fig. 3) が検出された. 連続波ドップラー法での逆流シグナルの最大流速 (Fig. 4) は, 1.7 m/sec から 5.1 m/sec (平均 $2.80 \pm 0.78 \text{ m/sec}$) で, 逆流雑音を認めない群に比べ有意に大であった ($p > 0.01$). また, 逆流雑音を認める群では, 層流シグナルが検出される面積は, 3 mm^2 から 12 mm^2 (平均 $7.0 \pm 3.5 \text{ mm}^2$)

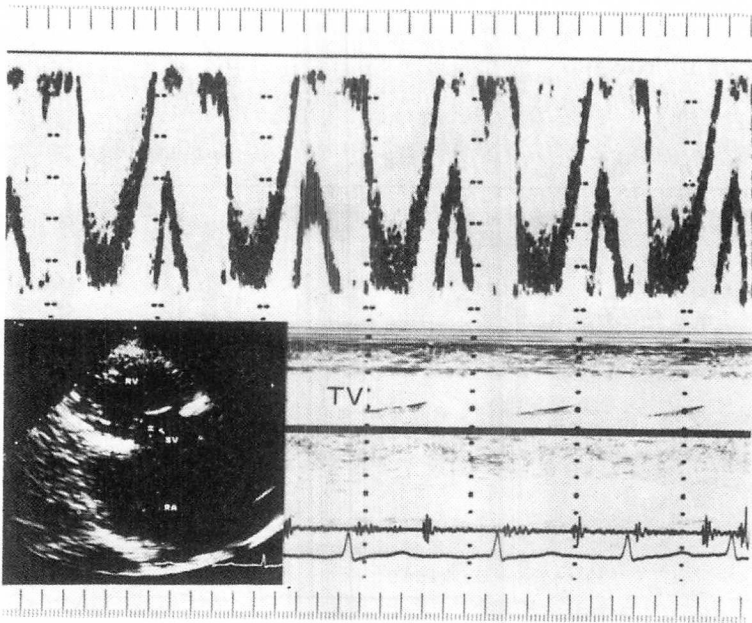


Fig. 1. Pulsed Doppler echocardiogram from a patient with silent severe tricuspid regurgitation.

Laminar regurgitant flow signals are demonstrated in the right atrium in systole.
RV=right ventricle; RA=right atrium; SV=sample volume; TV=tricuspid valve.

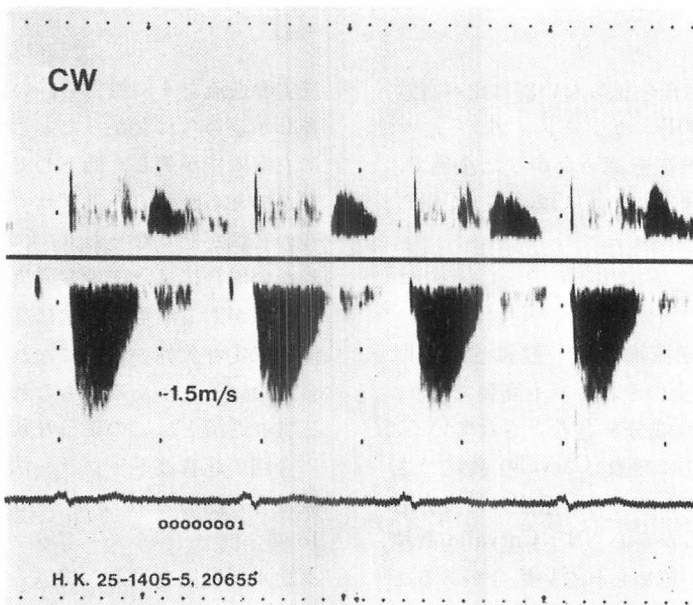


Fig. 2. Continuous wave Doppler echocardiogram from a patient with silent severe tricuspid regurgitation.

The peak velocity of the regurgitant flow signals is 1.6 m/sec.

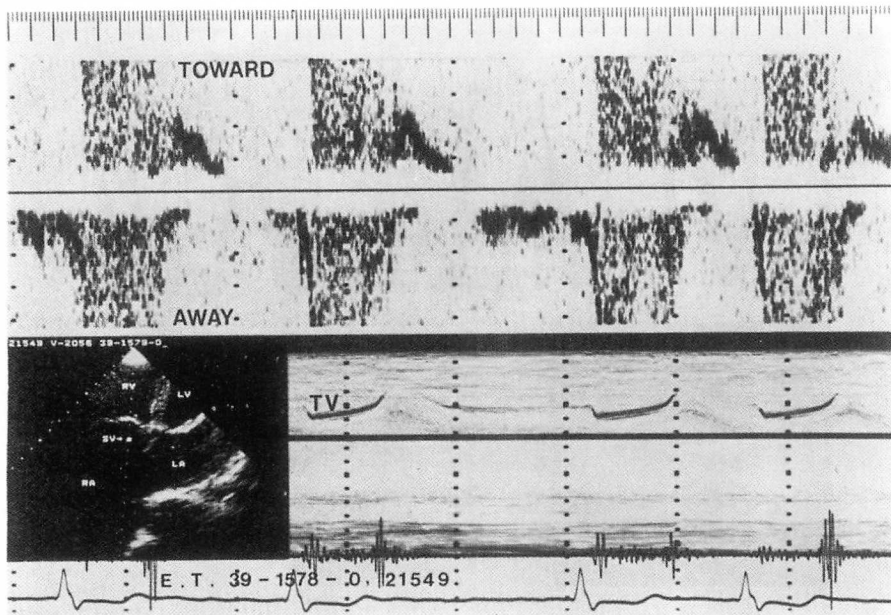


Fig. 3. Pulsed Doppler echocardiogram from a patient with severe tricuspid regurgitation with a regurgitant murmur.

Turbulent regurgitant flow signals are demonstrated in the right atrium in systole.

RV=right ventricle; RA=right atrium; LV=left ventricle; LA=left atrium; SV=sample volume; TV=tricuspid valve.

であり, これは逆流雑音を認めない群に比べ有意に小さかった ($p < 0.001$). カラードップラー心エコー図法では, 逆流雑音を認めなかった全例で, 特徴的な candle flame pattern (Fig. 5 左) が得られた.

考 按

三尖弁閉鎖不全の逆流雑音は一般に全収縮期性, かつ僧帽弁閉鎖不全のそれよりも高調であり, しばしば楽音様雑音の成分を含むとされている. 更にこの雑音は吸気性に増強 (Carvallo 徴候¹⁾) されることが多い. しかしながら, 重症の三尖弁閉鎖不全が存在するにもかかわらず, Carvallo 徴候や逆流雑音そのものが認められない場合があることが知られている³⁻⁵⁾. また三尖弁逆流雑音の音量は, 逆流量よりも右室圧に比例するとの報告も見られる. Lingamneri ら⁴⁾ は正常右室圧の重症

三尖弁逆流を 4 例報告し, いずれもごく軽度の雑音しか認められなかったとしている. また, 一般に右室機能が著しく低下している例では, 逆流雑音が捉えられにくいとされている. 三尖弁逆流雑音の音調が低くなったり, Carvallo 徴候が認められない場合には, 三尖弁逆流の存在が見逃される可能性がある. 更に非常に高度の逆流のため, 機能的三尖弁欠如の状態になれば, 全く雑音が認められないことがあるかもしれない. いわゆる啞性三尖弁逆流とはこのような状態を指している.

今回の超音波ドップラー法による検討では, 逆流雑音が認められなかった重症三尖弁閉鎖不全 16 例全例で, パルス・ドップラー法により層流シグナルが検出された. 皆越ら²²⁾ は, パルス・ドップラー法で逆流シグナルが層流を示せば, 逆流弁口面積が大きいことを示しているとしている. Fig. 6 に示すごとく, 逆流弁口面積の大小にかか

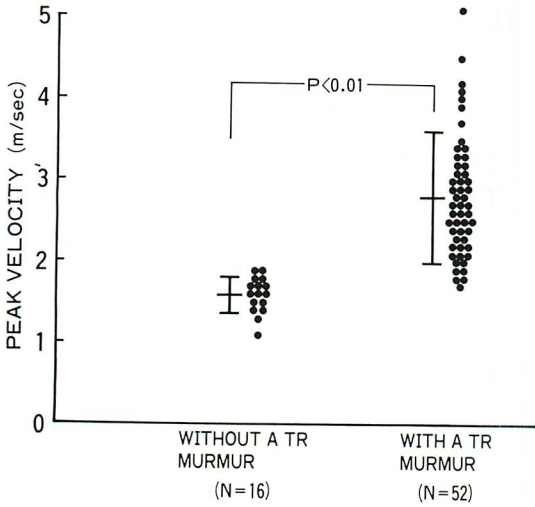


Fig. 4. Relationship between the peak velocity of tricuspid regurgitant flow signals and the presence of a regurgitant murmur.

The peak velocities of the regurgitant flow signals in the patients without tricuspid regurgitant murmur are significantly lower than those of patients with regurgitant murmur.

TR=tricuspid regurgitation.

ならず、逆流血流は層流成分をもっている。もし、逆流弁口面積が大きく、層流成分の幅がサンプルボリュームよりも大きければ(左)、サンプルボリューム内の赤血球は同じ速度をもったもののみであり、このような場合には、パルス・ドップラー法により層流シグナルが得られる。反対に、逆流弁口面積が小さく、層流成分の幅がサンプルボリュームよりも小さければ(右)、サンプルボリューム内の赤血球はさまざまな速度をもっており、パルス・ドップラー法により乱流シグナルが得られることになる。すなわち、サンプルボリュームの大きさが一定ならば、層流シグナルが捉えられれば逆流弁口面積は大きいことになる。

今回の研究では、逆流雑音が認められた例の中にも、少数ではあるが、逆流シグナルが層流に捉えられるものが存在した。しかし、逆流雑音が認められた例で、層流シグナルが検出された範囲は、逆流雑音が認められた例でのそれに比べ有意に小さかった。これは、逆流雑音を有する例の方が逆流雑音を欠如する例よりも逆流弁口面積が小さい

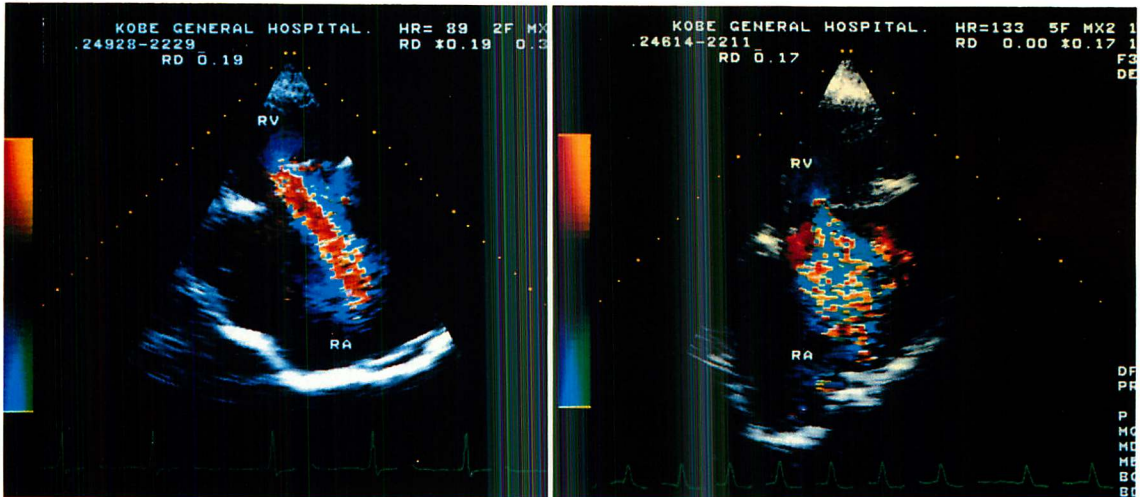


Fig. 5. Color Doppler echocardiograms of a patient with silent severe tricuspid regurgitation (left) and of a patient with severe tricuspid regurgitation with a regurgitant murmur (right).

A candle flame pattern of regurgitant flow signals is demonstrated, which is characterized by a red area surrounded by a blue zone indicating single aliasing with color reversal (left). A mosaic pattern of regurgitant flow signals is noted in the right atrium. (right)

RV=right ventricle; RA=right atrium.

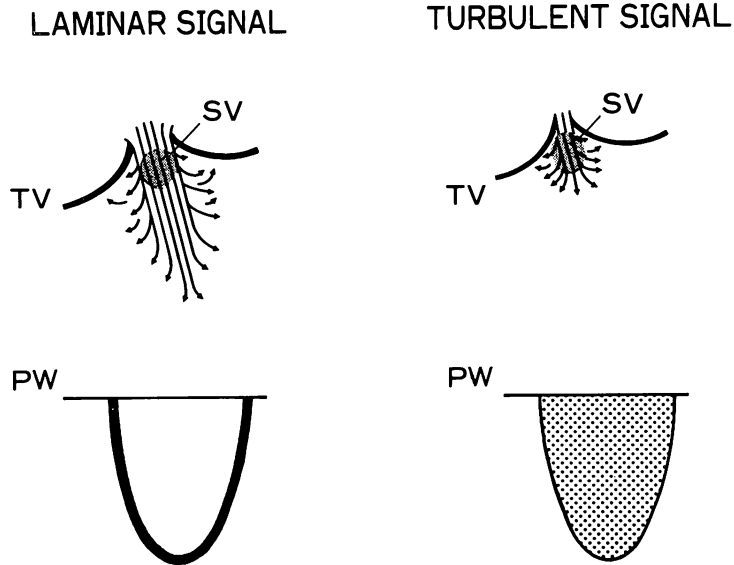


Fig. 6. Schematic representation of Doppler-detected laminar (left) or turbulent (right) regurgitation signals.

Left panel: In patients with relatively large leaking orifices, as the laminar core in the regurgitant jet is larger than the sample size, a Doppler-detected regurgitation signal is shown as a laminar pattern.

Right panel: In patients with relatively small leaking orifices, the laminar core of the regurgitant jet is smaller than the sample size, and a Doppler-detected regurgitation signal is shown as a turbulent pattern.

TV=tricuspid valve; SV=sample volume; PW=pulsed wave Doppler.

ことを示すものである。一方、連続波ドップラー法によれば、逆流シグナルの最大流速は、啞性三尖弁逆流例では、逆流雑音を有する例に比し有意に低値を示した。逆流のエネルギーは流速の2乗に比例するので、逆流血流速度が低ければ結果として逆流雑音は小さく、かつ低調になり、聴診や心音図で検出されがたくなると考えられる。カラードップラー心エコー図では、いわゆる candle flame pattern が認められたが、これは逆流血流の中央部が層流であり、全体として、流速が低いことを示していると考えられる。

心雑音の発生機序として、種々の説²³⁾が提唱されているが、最近の研究では乱流がすべての心雑音の発生原因と考えられている²⁴⁾。乱流は流速が速くなると生じるとされており、殊に、流路が狭くなったり、不規則になっている場合に生じ易

い。雑音の周波数は主に流速に影響されるが、人間の耳は周波数が高い音ほど捉え易いので、流速の低いところで生じる雑音は検出されにくくなると考えられる。これに対して、音の強さは種々の要因、例えば、逆流量や音源からの距離、更に音の伝搬の状態などにより大きく影響されると考えられる。Chaら⁵⁾は理学上、三尖弁閉鎖不全が明らかでなく、右室造影で重症三尖弁閉鎖不全が確認された6例で心腔内心音図を行い、全例で右房内で吸気性に増強する三尖弁逆流雑音が捉えられたとしている。彼らの成績は、重症三尖弁閉鎖不全の一部の症例では逆流雑音が小さすぎて胸壁から捉えられないことを示している。このことは、雑音の大きさは逆流の重症度と必ずしも相関しないことを示す。したがって、高度の三尖弁逆流を有していても、逆流血流の流速が遅く、層流成分

が大きければ、逆流雑音は捉えられないものと考えられる。

要 約

右室造影法で高度の三尖弁逆流が存在すると確認された連続68例を連続波ドップラー法、通常のパルス・ドップラー法、カラードップラー法により検討した。68例のうち、16例(24%)で三尖弁逆流雑音を認めなかった。これら啞性三尖弁逆流16例の全例で、通常のパルス・ドップラー法により層流の逆流シグナルが検出され、層流が検出される面積は8 mm² から46 mm² (平均19.5±9.8 mm²)であった。連続波ドップラー法では、三尖弁逆流雑音を認めなかった16例での逆流シグナルの最大流速は1.1 m/sec から1.9 m/sec (平均1.61±0.21 m/sec)であった。一方、三尖弁逆流雑音を認めた52例中6例でのみ、パルス・ドップラー法により層流シグナルが検出され、残りの46例では乱流シグナルが検出された。連続波ドップラー法での逆流シグナルの最大流速は、1.7 m/sec から5.1 m/sec (平均2.80±0.78 m/sec)であった。逆流血流速度は、逆流雑音を認めない群では逆流雑音を認める群に比べ、有意に低かった。(p<0.01)。また、逆流雑音を認め、層流シグナルが検出された6例では、層流シグナルが検出される面積は、3 mm² から12 mm² (平均7.0±3.5 mm²)であり、これは逆流雑音を認めない群に比べ有意に小さかった(p<0.001)。カラードップラー心エコー図法では、逆流雑音を認めなかった全例で、特徴的な candle flame pattern が得られた。

重症三尖弁閉鎖不全例で三尖弁逆流雑音が認められない原因は、逆流血流速度が遅いこと、逆流血流の層流成分が多いためと結論された。

文 献

- 1) Rivero-Carvalho JM: Singo para el diagnostico de las insuficiencias tricuspideas. Arch Inst Cardiol Mex 16: 531-535, 1946
- 2) Muller O, Schillingford J: Tricuspid incompetence. Br Heart J 16: 195-207, 1954

- 3) Starr A, Herr R, Wood J: Tricuspid valve replacement for acquired valve disease. Surg Gynecol Obstet 122: 1295-1310, 1966
- 4) Lingamneri R, Cha SD, Maranhao V, Goosh AS, Goldberg H: Tricuspid regurgitation: Clinical and angiographic assessment. Cathet Cardiovasc Diagn 5: 7-17, 1979
- 5) Cha SD, Goosh AS, Maranhao V: Intracardiac phonocardiography in tricuspid regurgitation: Relation to clinical and angiographic findings. Am J Cardiol 48: 578-582, 1981
- 6) Abbasi AS, Allen MW, Decristofaro D, Ungar I: Detection and estimation of the degree of mitral regurgitation by range-gated pulsed Doppler echocardiography. Circulation 61: 143-147, 1980
- 7) Quinones MA, Young JB, Waggoner AD, Ostojic MC, Ribeiro LG, Miller RR: Assessment of pulsed Doppler echocardiography in detection and quantification of aortic and mitral regurgitation. Br Heart J 44: 612-620, 1980
- 8) Abbasi AS, Decristofaro D, Anabtawi J, Irwin L: Mitral valve prolapse: Comparative value of M-mode, two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Coll Cardiol 2: 1219-1223, 1983
- 9) Richards KL, Cannon SR, Crawford MH, Sorenson SG: Noninvasive diagnosis of aortic and mitral valve disease with pulsed Doppler spectral analysis. Am J Cardiol 51: 1122-1127, 1983
- 10) Hoffmann A, Burckhardt D: Evaluation of systolic murmurs by Doppler ultrasonography. Br Heart J 50: 337-342, 1983
- 11) 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
- 12) Garcia-Dorado 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
- 13) 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
- 14) Patel AK, Rowe GG, Dhanani SP, Kosolcharoen P, Lyle LEW, Thomsen JH: Pulsed Doppler echocardiography in diagnosis of pulmonary regurgitation: Its value and limitations. Am J Cardiol

- 49: 1801-1805, 1982
- 15) Hatle L, Angelsen BA, Tromsdal A: Non-invasive assessment of aortic stenosis by Doppler ultrasound. *Br Heart J* **43**: 284-292, 1980
 - 16) Yock PG, Popp RL: Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. *Circulation* **70**: 657-662, 1984
 - 17) Stevenson JG, Kawabori I: Noninvasive determination of pressure gradient in children. *J Am Coll Cardiol* **3**: 179-185, 1984.
 - 18) Omoto R, Yokote Y, Takamoto S, Kyo S, Ueda K, Asano H, Namekawa K, Kasai C, Kondo Y, Koyano A: The development of real-time two-dimensional Doppler echocardiography and its clinical significance in acquired heart diseases with special reference to the evaluation of valvular regurgitation. *Jpn Heart J* **25**: 325-340, 1984
 - 19) Miyatake K, Izumi S, Okamoto M, Kinoshita N, Asonuma H, Nakagawa H, Yamamoto K, Takamiya M, Sakakibara H, Nimura Y: Semiquantitative grading of severity of mitral regurgitation by realtime two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J Am Coll Cardiol* **7**: 82-90, 1986
 - 20) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, Soto B, Adey CK, Goyal RG, Gatewood RP: Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. *Circulation* **75**: 175-185, 1987
 - 21) Cobbs BW Jr: Clinical recognition and medical management of rheumatic heart disease and other acquired valvular disease: *in* *The Heart* (ed by Hurst JW, Logue B, Schlant RC, Wenger NF). McGraw-Hill, New York, 1974, p 949
 - 22) Minagoe S, Mckay CR, Rahimtoola SH, Chandraratona PAN: Significance of laminar systolic tricuspid regurgitant flow in patients with tricuspid regurgitation: Doppler and echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* **7**: 145A, 1986
 - 23) Bruns DL: A general theory of causes of murmurs in the cardiovascular system. *Am J Med* **27**: 360-374, 1959
 - 24) Sabbah HN, Stein PD: Turbulent blood flow in humans: Its primary role in the production of ejection murmurs. *Circ Res* **38**: 513-525, 1976