

特 集

経食道ドプラ心エコー図法による
僧帽弁逆流血流の評価

— 麻酔科領域 (I) —

赤 松 繁*

超音波ドプラ法の実用化により心腔内血流を非観血的に実時間で捉えることが可能となり、心エコー図法は著しく発展した。ドプラ心エコー図法は、先天性心疾患や弁膜症などの診断や評価に広く用いられている。中でも弁逆流の検出において本法は優れた方法であり¹⁾、健常者にも弁逆流血流が存在することが明らかとなってきた^{2) - 6)}。また、従来の経胸壁ドプラ心エコー図法による非侵襲的な弁逆流の半定量的評価法も報告されている^{7) 8)}。

経食道心エコー図法は超音波の心臓への新しいアプローチとして注目され^{9) 10)}近年急速に普及しつつあり、また術中モニターとしても用いられている^{11) - 14)}。経食道ドプラ心エコー図法は左房に接した食道内に探触子があるため、僧帽弁逆流血流の検出に極めて優れている。しかし経食道ドプラ心エコー図法による僧帽弁逆流の半定量的評価は十分になされていない。僧帽弁逆流血流は循環動態の変動に伴い逆流の程度が変化するため、術中モニターとして用いる上においても経食道ドプラ心エコー図法による半定量的評価を確立しなければならない。また、経食道ドプラ心エコー図法は僧帽弁逆流血流に対する感度が鋭敏すぎ、ほとんどの健常者において僧帽弁逆流血流が検出される⁶⁾。このため得られた逆流血流が健常者でも認められる生理的な逆流なのか、僧帽弁逆流症の病的逆流なのか混乱を招くこともある¹⁵⁾。本研究では経食道ドプラ心エコー図法による僧帽弁逆流の半定量的評価を行うため、経食道カラードプラ法により得られる逆流の程度と左室造影法による逆

流の程度とを比較検討した。また、経食道パルスドプラ法を用いて健常者僧帽弁逆流血流と僧帽弁逆流症の逆流血流を比較検討した。

【対象と方法】

対象は術前に左室造影が施行され、術中モニターとして経食道心エコー図法を用いた僧帽弁疾患および虚血性心疾患症例34例と術中モニターとして経食道心エコー図法を施行した健常者（心疾患の既往、自覚症状がなく、心雑音を聴取せず、心電図が正常で断層心エコー図で器質的心疾患のないことが確認されたもの）20例とした。これらを左室造影上僧帽弁逆流が認められなかったもの10例（0群）、僧帽弁逆流が Sellers らの分類で I 度であったもの10例（I群）、II度であったもの6例（II群）、III～IV度であったもの8例（III群）と健常者20例（N群）に分類した。

全身麻酔の導入、気管内挿管の後、食道内探触子を挿入した。気管内挿管に伴う循環動態の変動が治まった後、経食道カラードプラ法で僧帽弁逆流血流の検索を行った。僧帽弁逆流血流が最も大きく捉えられる断面を描出して（図1～図3）VTR に録画した。全症例の逆流面積はプランメーターで計測し、各群間で比較検討した。なお、逆流血流が1断面で2条以上認められた症例では両方の面積の和を逆流面積とした。逆流信号がカラー表示エリアを超える症例では表示エリア内の最大面積を測定した。また、逆流血流の最大流速を経食道パルスドプラ法で計測し、1 m/sec を超えるかどうか検討した。なお、0、I、II、III群では血行動態が左室造影時にできるだけ近い状態で検討を行い、血行動態が著しく異なるものは対

*岐阜大学医学部麻酔学教室

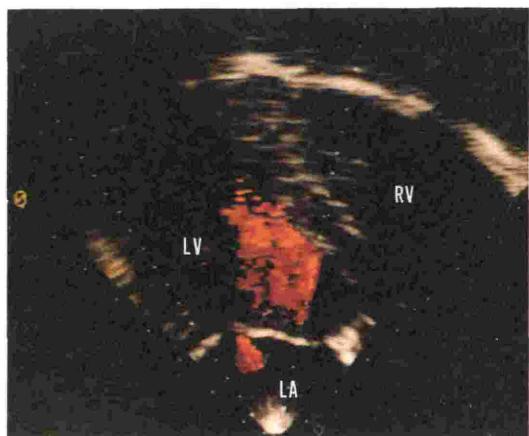


図1 N群の僧帽弁逆流血流

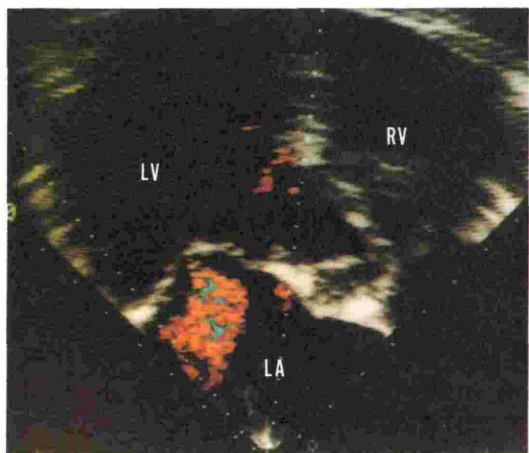


図2 I群の僧帽弁逆流血流

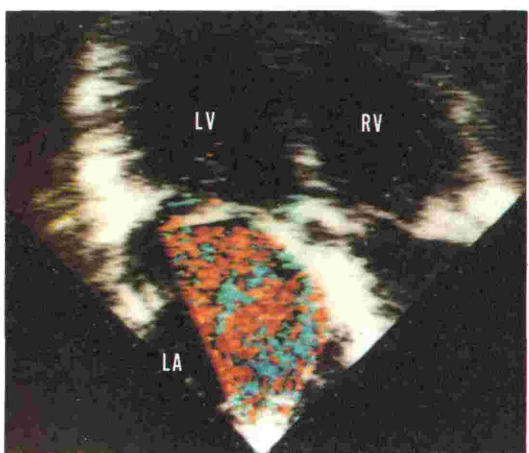


図3 III群の僧帽弁逆流血流

象から除外した。使用装置はアロカ社製SSD-860, 食道内探触子は周波数が5 MHzで走査方向が軸に対して垂直なものを用いた。繰り返し周波数は6 KHzとし、カラー表示エリアは46度、ゲインは最小に設定し、フローフィルターはHigh filterを用いた。なお、統計学的計算は分散分析法を用いて行った。

【結果】

経食道カラードプラ法による各群の逆流面積は、N群が $0.88 \pm 0.82 \text{ cm}^2$, O群が $0.94 \pm 0.68 \text{ cm}^2$, I群が $2.7 \pm 1.3 \text{ cm}^2$, II群が $5.8 \pm 1.9 \text{ cm}^2$, III群が $7.1 \pm 3.4 \text{ cm}^2$ であった(図4)。逆流面積は、N群とO群との間、II群とIII群の間には統計学的有意差が認められなかったが、他の各群の間には有意差が認められた。また、逆流の重症度につれて逆流信号がカラー表示エリアを超えるため全逆流面積を測定することができなかった症例が増加し、III群では全症例で逆流信号がカラー表示エリアを超えた。

経食道パルスドプラ法による逆流血流の流速の測定では、N群20例中14例70%の症例、O群10例中6例60%の症例において1 m/sec未達の流速

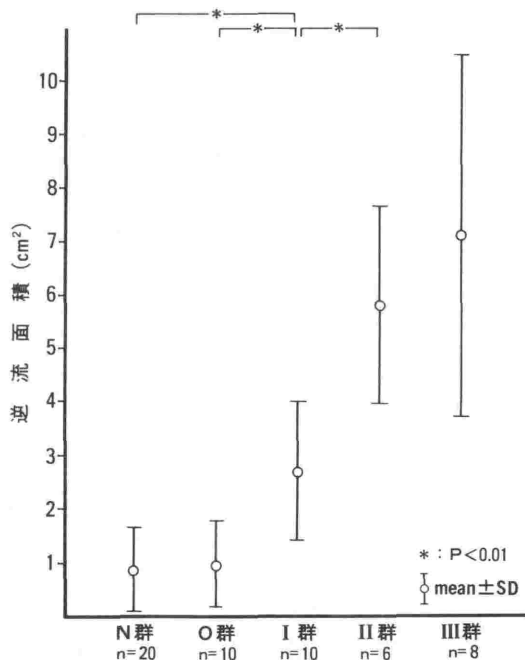


図4 僧帽弁逆流の重症度と経食道カラードプラ法での逆流面積の対比

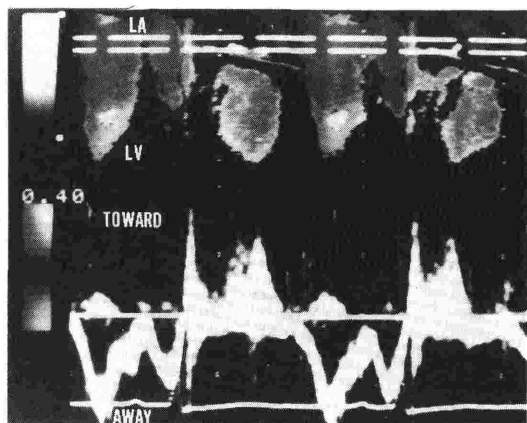


図5 Mモードカラードプラ法，パルスドプラ法によるN群の逆流信号
 逆流信号はほぼ全収縮期に検出されるが，その流速は1 m/sec を超えていない。

表1 経食道パルスドプラ法での各群の逆流血流の流速

群	N (n=20)	O (n=10)	I (n=10)	II (n=6)	III (n=8)
1m/sec以上	6 (30%)	4 (40%)	10 (100%)	6 (100%)	8 (100%)
1m/sec未満	14 (70%)	6 (60%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

しか検出することができなかったが(図5)，他の群では全ての症例で1 m/sec以上の流速が検出された(表1)。

【考 察】

超音波医学，医用電子工学の発達に伴い，心エコー図法はMモード心エコー図法から断層心エコー図法，ドプラ心エコー図法へと発展してきた。そして心エコー図法により，心臓の形態のみならず心腔内血流動態を実時間で把握することが可能となった。経食道心エコー図法は，Frazinら(1976)¹⁶⁾によって前胸壁からでは超音波ビームの入りにくい慢性閉塞性肺疾患患者において良好な映像が得られるとして最初に報告された。近年，カラードプラ法，パルスドプラ法の機能を組み込んだ経食道探触子の開発により，経食道心エコー図法は心臓への新しいアプローチとして注目されるようになってきた⁹⁾¹⁷⁾。

経食道心エコー図法は，解離性大動脈瘤や左房内血栓などの診断¹⁸⁾¹⁹⁾，開心術などでの術中モニ

ターとしてその有用性が報告されている¹¹⁾⁻¹⁴⁾¹⁷⁾²⁰⁾。本法は探触子が左房に接した食道内にあるため，被検者側の要因による影響をあまり受けず超音波の透過性，減衰の問題なく左房，僧帽弁領域の血流情報を極めて鋭敏に捉えることができる²¹⁾。軽度の僧帽弁逆流血流の検出能において，経食道ドプラ心エコー図法は左室造影法，経胸壁ドプラ心エコー図法よりも優れているとされている²²⁾。今回のわれわれの検討では経食道ドプラ心エコー図法により，左室造影で僧帽弁逆流血流を検出することができなかった症例でも全症例で逆流信号を捉えることができた。経食道ドプラ心エコー図法により健常者のほとんどに僧帽弁逆流血流が検出されるが⁶⁾²³⁾，健常者に認められる生理的な僧帽弁逆流血流と僧帽弁逆流症での僧帽弁逆流血流の境界，また，経食道ドプラ心エコー図法による僧帽弁逆流の半定量的評価は十分にされているとはいえなかった。今回のわれわれの検討では，健常者にみられる正常範囲内の僧帽弁逆流血流は経食道カラードプラ法ではその逆流面積は2 cm²程度までであり，これを超えれば病的逆流血流である場合が多いと思われた。また，経食道パルスドプラ法で計測した逆流血流の流速は，N群の70%，O群の60%の症例でのみ1 m/sec未満であった。従ってパルスドプラ法で測定した逆流血流の流速が1 m/secを超えないものは少なくとも正常範囲内の逆流であるといえる。今回の検討では連続波ドプラ法，High PRF法を用いることができなかったため，逆流血流の流速の計測ではパルスドプラ法を用いて1 m/secという基準を設けた。N群およびO群の左室，左房間の圧較差を反映しない遅い流速しか検出されなかった逆流血流は，実際に遅い流速しか持たないのではなく，逆流血流量が極めて少ないため十分に超音波ドプラ法の感度に達せず，1 m/sec未満の流速しか検出できなかったものと思われる²³⁾。

経食道カラードプラ法による僧帽弁逆流血流の逆流面積は逆流の重症度に伴い増加したが，経胸壁カラードプラ法による半定量的評価の報告⁷⁾⁸⁾と比較して，逆流面積は一般に大きく，また重症例での逆流の程度分類が明確にできなかった。これは経食道ドプラ心エコー図法では探触子が食道内にあるため自由な断面設定が行えず，探触子が

左房の背側に接して在るため左房および逆流信号の全体像を捉えることができないことが原因になっていると思われた。特に急性の僧帽弁逆流と慢性期の僧帽弁逆流では左房の大きさが異なるため、食道内の探触子から僧帽弁までの距離の長短により重症の逆流血流でも1断面上に捉えられる逆流信号の面積の間に差がでたものと思われる。

今回の検討では transverse section の探触子を用いたが bi-plane 探触子を用いると2つの断面で逆流面積が大きく異なることがあり、断面設定を調節できる探触子を開発することにより精度のよい定量的評価が可能となるものと思われる²⁴⁾。重症の僧帽弁逆流の評価は、現段階では探触子の位置を動かし逆流の全体像、左房の大きさなどを評価して総合的に判断しなければならないと思われる。しかしII度以下の僧帽弁逆流の程度分類は経食道カラードプラ法により可能であると思われた。

循環動態の変動に伴い僧帽弁逆流血流は変化するため²⁵⁾²⁶⁾、意識下の経食道心エコー図法施行時には検査に伴う循環動態の変動が起こり²⁷⁾、全身麻酔下の今回の検討とは少し異なってくると思われる。全身麻酔下の検討では麻酔の影響が考えられるが、今回の検討でも左室造影時よりも前負荷、後負荷ともに低下傾向があった。しかし左室造影時と血行動態が著しく異なったものは対象から除外しており、今回の結果は術中の僧帽弁逆流血流の評価の一つの指標になると思われる。また、重症例とともに僧帽弁逸脱のように逆流ジェットが著しく偏位した方向に噴く症例では評価が難しく、逆流血流を断面を変え追っていくことが必要であり注意を要する。

経食道ドプラ心エコー図法による僧帽弁逆流の評価には以上のような問題点もあるが、僧帽弁形成術などでは欠かすことのできない逆流の評価法であり²⁸⁾、今後の装置、探触子の改良とともに、さらなる臨床的検討が必要であると思われる。

【ま と め】

経食道ドプラ心エコー図法による僧帽弁逆流血流の評価を、経食道カラードプラ法により得られる逆流面積と左室造影法による重症度分類とを比較検討することにより行った。経食道カラードプラ法による逆流面積は、左室造影で僧帽弁逆流が認められなかった群、Sellers らの分類でI度の

群、II度の群の間に有意の差が認められたが、II度の群とIII度～IV度の群との間には有意な差が認められなかった。また、経食道パルスドプラ法による逆流血流の流速の測定で1 m/sec 未満の流速しか検出できなかった症例は、健常者群、左室造影で僧帽弁逆流が認められなかった群においてのみみられた。

以上の結果より、経食道ドプラ心エコー図法により中等度以下の僧帽弁逆流の重症度分類は可能であり、1 m/sec 未満の流速しか検出されない僧帽弁逆流は正常範囲内の逆流と判断できると思われる。

文 献

- 1) 吉田 清, 吉川純一, 赤坂隆史ほか: 弁逆流の診断における各種超音波ドプラ法の有用性と限界. *J. Cardiol.* 19:195-206, 1989.
- 2) Yock, P. G., Naasz, C., Schnittger, I., et al.: Doppler tricuspid and pulmonic regurgitation in normals; Is it real? *Circulation* 70:Suppl II-40, 1984.
- 3) 鄭 忠和, 木佐貫 彰, 皆越真一ほか: 超音波ドプラ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. *J. Cardiol.* 17:551-558, 1987.
- 4) Akasaka, T., Yoshikawa, J., Yoshida, K., et al.: Age-related valvular regurgitation; A study by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* 76:262-265, 1987.
- 5) Yoshida, K., Yoshikawa, J., Shakudo, K., et al.: Color Doppler evaluation of valvular regurgitation in normal subjects. *Circulation* 78:840-847, 1988.
- 6) Akamatsu, S., Uematsu, H., Yamamoto, M., et al.: Evaluation of physiological mitral regurgitant flow with transesophageal Doppler echocardiography. *Jpn. Circ. J.* 53:663, 1989.
- 7) Miyatake, K., Izumi, S., Okamoto, M., et al.: Semiquantitative grading of severity of mitral regurgitation by real-time two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J. Am. Coll. Cardiol.* 7:82-88, 1986.
- 8) Helmcke, F., Nanda, N. C., Hsiung, M. C., et al.: Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. *Circulation* 75:175-183, 1987.
- 9) Seward, J. B., Khandheria, B. K., Oh, J. K., et al.: Transesophageal echocardiography; Technique, anatomic correlations, implementation, and clinical applications. *Mayo Clin. Proc.* 63:649-680, 1988.
- 10) Nellessen, U., Schnittger, I., Appleton, C. P., et al.: Transesophageal two-dimensional echocardiography and color Doppler flow velocity mapping in the evaluation of cardiac valve prostheses. *Circulation* 78:848-855, 1988.
- 11) Matsumoto, M., Oka, Y., Strom, J., et al.: Ap-

- plication of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am. J. Cardiol.* **46**:95-105, 1980.
- 12) Smith, J. S., Cahalan, M. K., Benefiel, D. J., et al.: Intraoperative detection of myocardial ischemia in high-risk patients; Electrocardiography versus two-dimensional transesophageal echocardiography. *Circulation* **72**: 1015-1021, 1985.
 - 13) Abel, M. D., Nishimura, R. A., Callahan, M. J., et al.: Evaluation of intraoperative transesophageal two-dimensional echocardiography. *Anesthesiology* **66**:64-68, 1987.
 - 14) Clements, F. M., de Bruijn, N. P.: Perioperative evaluation of regional wall motion by transesophageal two-dimensional echocardiography. *Anesth. Analg.* **66**:249-261, 1987.
 - 15) Sahn, D. J., Maciel, B. C.: Physiological valvular regurgitation; Doppler echocardiography and the potential for iatrogenic heart disease. *Circulation* **78**:1075-1077, 1988.
 - 16) Frazin, L., Talano, J. V., Stephanides, L., et al.: Esophageal echocardiography. *Circulation* **54**: 102-108, 1976.
 - 17) Kyo, S., Takamoto, S., Matsumura, M., et al.: Immediate and early postoperative evaluation of results of cardiac surgery by transesophageal two-dimensional Doppler echocardiography. *Circulation* **76**(suppl V):113-121, 1987.
 - 18) Takamoto, S., Omoto, R.: Visualization of thoracic dissecting aortic aneurysm by transesophageal Doppler color flow mapping. *Herz* **12**:187-193, 1987.
 - 19) 末次正治, 松崎益徳, 塔間陽一ほか: 食道内断層心エコー・ドップラー法による左心房・左心耳内血栓の検出と左心耳内血流動態について. *J. Cardiol.* **18**:385-394, 1988.
 - 20) Leung, J. M., O'Kelly, B., Browner, W. S., et al.: Prognostic importance of postbypass regional wall-motion abnormalities in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Anesthesiology* **71**:16-25, 1989.
 - 21) 赤松 繁, 加川憲作, 上松治孝ほか: 経胸壁ならびに経食道ドプラ心エコー図法による健常者僧帽弁逆流血流の検討. *日超医論文集* **53**: 785-786, 1988.
 - 22) 吉田 清, 吉川純一: 経食道心エコー図法の有用性と限界; 特に僧帽弁疾患の評価に関して. *日超医論文集* **53**: 11-12, 1988.
 - 23) 赤松 繁, 上松治孝, 山本道雄ほか: 経食道ドップラー心エコー図法による健常者僧帽弁逆流血流の検討. *J. Cardiol.* 印刷中.
 - 24) Shah, P., Kyo, S., Matsumura, M., et al.: Intraoperative assessment of left ventricular function; A different perspective with bi-plane transesophageal probe (TEE). *Anesthesiology* **71**: A345, 1989.
 - 25) Akamatsu, S., Uematsu, H., Takenaka, M. et al.: Intraoperative monitoring for the changes of regurgitant blood flow by real-time two-dimensional Doppler echocardiography. *岐阜大学医紀* **37**: 808-812, 1989.
 - 26) 赤松 繁, 寺澤悦司, 加川憲作ほか: 術中モニターとしての経食道心エコー図法の有用性と問題点. *J. Cardiol.* 印刷中.
 - 27) 松村 誠, 許 俊鋭, 安達秀雄ほか: 経食道心エコー図法の安全性と心血行動態に及ぼす影響; 適切な前投薬, 体位の選択と検査時間の設定について. *日超医論文集* **55**: 395-396, 1989.
 - 28) 山浦泰子, 吉川純一, 吉田 清ほか: 経食道心エコー・ドプラ法による僧帽弁形成術の術前, 術中, 術後の弁構造・機能の評価. *日超医論文集* **54**: 179-180, 1989.

Transesophageal Doppler echocardiographic assessment of mitral regurgitation

Shigeru Akamatsu

Department of Anesthesiology, Gifu University School of Medicine
Tsukasa-machi 40, Gifu, 500

To assess the usefulness of transesophageal Doppler echocardiography in estimating mitral regurgitation, 54 surgical patients were studied under general anesthesia. Both transesophageal Doppler echocardiography and left ventriculography were performed in 34 patients with mitral valve disorders or ischemic heart diseases. In addition to these patients, 20 other surgical patients without cardiac disorders were studied by transesophageal Doppler echocardiography. Mitral regurgitation was graded according to the classification of Sellers et al.: Group 0 (no regurgitation), Group I (mild), Group II (moderate), Group III (moderate to severe and severe), and Group N (no cardiac disorder). The maximum area of regurgitant jet signals was compared with the severity determined by left ventriculography.

The area of regurgitant jet signals in group 1 was significantly larger than that in group 0

and N, and significantly smaller than that in group 2. There was no significant difference between the area of regurgitant signals in group 2 and that in group 3. Thus, estimation of the severity of mitral regurgitation by transesophageal color flow mapping seemed to be useful to a certain degree. In 70% of group N and 60% of group 0, the velocity of regurgitant flow measured by transesophageal pulsed Doppler echocardiography was less than 1 m/sec. In 30% of group N and 40% of group 0 and in all of other groups 1, 2 and 3, the velocity was more than 1 m/sec. The regurgitant flow with the velocity less than 1 m/sec, seems to be physiological regurgitation.

In conclusion, transesophageal Doppler echocardiography is useful for semiquantitative evaluation of most degrees of mitral regurgitation except for severe regurgitation.