

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

Evaluation of physiolog-
ical mitral regurgitant
flow using transesopha-
geal Doppler echocar-
diography

赤松 繁
上松 治孝
山本 道雄
寺沢 悦司
加川 憲作*

Shigeru AKAMATSU
Harutaka UEMATSU
Michio YAMAMOTO
Etsuji TERAZAWA
Kensaku KAGAWA*

Summary

Transesophageal Doppler echocardiography (TEDE) was performed to determine the incidence of physiological mitral regurgitation (MR) and the characteristics of regurgitant blood flow in presumably normal subjects. TEDE included color flow mapping, pulsed Doppler echocardiography and M-mode color flow mapping. Sixty-six surgical patients who had no histories or physical evidence of cardiac abnormalities were studied using TEDE under general anesthesia. MR flow was detected in 94% (62/66) of the patients by transesophageal color flow mapping. Transesophageal color flow mapping clearly differentiated physiological MR flow and signals generated from mitral valve closure.

In 40% (25/62) of the patients whose MR flow was detected, transesophageal pulsed Doppler echocardiography (TEPD) revealed regurgitant signals lasting less than half of systole. Only 31% (19/62) had peak MR flow velocities greater than 1 m/sec. TEPD could not detect high velocities reflecting the pressure gradients across the mitral valve. Since the regurgitant volume was very small, TEPD may have been incapable of detecting high velocity components of the MR flow.

In conclusion, our data suggested that nearly all normal subjects may have mild mitral regurgitation.

Key words

Physiological mitral regurgitation

Transesophageal echocardiography

Color flow mapping

はじめに

超音波ドップラー法の発達に伴い、健常者にも

弁逆流血流が検出されると報告されるようになってきた¹⁻⁸⁾。健常者における弁逆流の頻度は、右心系の三尖弁、肺動脈弁に比べ、左心系の僧帽弁

岐阜大学医学部 麻酔科

*同 第二内科

岐阜市司町40 (〒500)

Department of Anesthesiology and *The Second Department of Internal Medicine, Gifu University School of Medicine, Tsukasamachi 40, Gifu 500

Received for publication February 13, 1989; accepted July 2, 1989 (Ref. No. 36-368)

では少ないとされている^{7,8)}. しかし胸壁からのアプローチでは, 小さな僧帽弁逆流信号と僧帽弁の閉鎖に伴う信号とは鑑別困難である. また, 収縮早期にしか検出されない“逆流信号”や, 左室, 左房間の圧較差を反映しないと思われる遅い流速信号をどう解釈するかという問題があり^{9,10)}, 健常者僧帽弁逆流の評価については論議を招いている. 今回我々は, 左房, 僧帽弁領域の血流情報の検索に鋭敏な経食道ドップラー心エコー図法を用いて健常者における僧帽弁逆流の頻度, 逆流血流の特徴を検討した.

対象と方法

対象は全身麻酔下に手術を受け, その際経食道心エコー図法を術中モニターとして用いた症例で, American Society of Anesthesiologists (ASA) 分類 physical status 1, すなわち心疾患の既往, 自覚症状がなく, 心電図が正常で心雑音が聴取されず, 断層心エコー図法で器質的心疾患のないことが確認された, 13歳から72歳まで(平均年齢 44.3 ± 14.0 歳)の男性13例の女性53例, 計66例である. 対象手術は整形外科手術, 産婦人科手術を中心に, 全身状態に異常を認めない症例の手術とした. なお Hb 値が男性 12 g/dl 未満, 女性 11 g/dl 未満の者は対象から除外した.

全身麻酔の導入はチオペンタール, フェンタニール, サクシニルコリンなどで行った. 気管内挿管後, 食道内探触子を挿入し, カラードップラー法で僧帽弁逆流血流の検索を行い, Mモードカラードップラー法, パルス・ドップラー法で検討を加えた. 僧帽弁逆流血流の検討は, 気管内挿管に伴う循環動態の変動がおさまった時点で, 手術執刀前, 呼吸を停止し, パンクロニウムのみ投与下で揮発性麻酔薬を投与せず, 酸素(または空気)-筋弛緩または酸素・笑気-筋弛緩の状態で行った. なお導入に用いた麻酔薬や挿管操作の循環動態への影響を除外するため, 検討を行う際の収縮期血圧が150 mmHg以上の症例, 心拍数が55/分未満, 100/分以上の症例, および血圧, 心拍数

が安静時から20%以上変動したままの症例は対象から除外した. 使用装置は Aloka 製 SSD-860 で, 食道内探触子は 5 MHz を用いた. 経食道心エコー図の映像表示は, 我々が従来より用いている探触子を像の下端に位置し, 胸壁側を上にした上下反転像とした¹¹⁾.

結 果

カラードップラー法で66例中62例, 94%に, アーチファクトと明らかに鑑別可能な僧帽弁逆流血流が検出された (Table 1). 逆流血流が検出された者は, パルス・ドップラー法で全収縮期の50%未満にしか逆流信号を検出できなかった群 (A群), 全収縮期の50%以上に逆流信号を検出でき, かつ逆流血流の流速が1 m/sec 未満であった群 (B群), 全収縮期の50%以上に逆流信号を検出でき, かつ1 m/sec以上の流速が検出された群 (C群)の3群に分類した. 逆流血流が検出

Table 1. Detectability of physiological mitral regurgitant flow by transesophageal Doppler echocardiography

MR		Total	Detection rate
Yes	No		
62	4	66	94%

MR=mitral regurgitant flow.

Table 2. Classification of physiological mitral regurgitant flow by transesophageal pulsed Doppler echocardiography

	A	B	C	Total
Number of cases	25 (40%)	18 (29%)	19 (31%)	62 (100%)
Age (mean ± SD)	39 ± 14	47 ± 13	51 ± 13	45 ± 14

A=mitral regurgitant flow (MR) is confined in early systole (less than 50% of systole).

B=MR persists more than 50% of systole and the velocity is less than 1 m/sec.

C=MR persists more than 50% of systole and the velocity is greater than 1 m/sec.

された62例中A群は25例(40%),B群は18例(29%),C群は19例(31%)であった。各群の平均年齢はA群:39±14歳,B群:47±13歳,C群:51±13歳で,A群の平均年齢はC群に対し有意に低かった($p<0.01$)(Table 2)。また,逆流血流が検出されなかった4例は全例40歳未満の若年健常者であった。

Fig. 1はA群の逆流血流のカラードップラー法による映像である。逆流血流は弁接合部からの“漏れ血流”のように観察された。A群の逆流血流はこのように極めて小さなものが多く,aliasingを起こすことはほとんどなかった。また,逆流信号と僧帽弁の閉鎖に伴う信号とはカラードップラー法のみで容易に鑑別できたが,Mモードカラードップラー法とパルス・ドップラー法を併用することにより,それぞれの信号を分離して捉えることができた(Fig. 2)。

B群ではA群に比べてカラードップラー法で検出される逆流信号の面積は大きくなり,到達距離は長くなる傾向にあった。断面によってはFig. 3のように左房内の僧帽弁からかなり離れた部位にのみ逆流信号が検出される場合があった。B群の症例では,Fig. 4のようにパルス・ドップラー法でほぼ全収縮期に逆流信号を捉えることができたが,1 m/sec以下の流速例である。また,逆流血流量の少ないA,B群では,心拍毎に探触子と心臓の位置関係が微妙にずれサンプリングミスを起こすためか,しばしばFig. 5のように心拍毎に様々な時相に様々な持続時間の逆流信号が検出された。このような場合は,逆流信号が最も長い持続時間を示した一心拍を用いて分類を行った。

Fig. 6はC群の逆流血流である。カラードップラー法でモザイクパターンを呈する二条の僧帽弁逆流血流が観察された。本症例の逆流血流は本研究中最大のものであり,C群では他にも逆流血流が左房後壁に達するものが数例みられた。また,Fig. 6のように二条以上の逆流血流が観察されることは,A,B群でもしばしば認められた。C群の症例の逆流血流は,パルス・ドップラー法

で1 m/sec以上の流速のものである(Fig. 7)。

考 察

健常者における弁逆流の頻度には胸壁アプローチを用いた報告があり¹⁻⁸⁾,健常者僧帽弁逆流の頻度はYoshidaら⁹⁾により38~45%と報告されている。しかし,胸壁からのアプローチでは,小さな僧帽弁逆流信号と弁の閉鎖に伴う信号との鑑別が困難である^{4,7-10)}。また,高齢者などでは超音波の減衰,透過性の問題から,心臓の背側に位置する左房内の少量の逆流血流を検出できるか否か,超音波ドップラー法の感度自体が問題となる。

これに対して食道は左房に接し,僧帽弁までの距離が短いため,経食道心エコー図法は左房,僧帽弁領域の血流情報の検索に優れている^{12,13)}。経食道ドップラー心エコー図法を用いた今回の検討では,健常者の94%にアーチファクトと明らかに鑑別される僧帽弁逆流信号が検出された。Fig. 1およびFig. 6の逆流血流や各僧帽弁尖と探触子の位置関係から明白なように,両者の信号は経食道カラードップラー法で異なった位置に出現した。また,逆流信号は弁の閉鎖に伴う信号より遅い時相まで検出されるため,容易に鑑別された。僧帽弁逆流血流なしと判定した4例中2例では,カラードップラー法で収縮早期に弁接合部に小さな信号が検出されたが,パルス・ドップラー法でこの信号の持続時間は100 msec程度であり,これを逆流信号と判定することはできなかった。しかし,この2例の信号は血圧の上昇に伴い,明らかに逆流信号へと変化した。逆にニトログリセリン,プロスタグランジンE₁などの血管拡張薬を用いて低血圧麻酔を行った場合,A,B群の症例中には逆流信号が縮小し,この2例のように,逆流信号と判定できない信号に変化した症例があった。また,今回の対象からは除外した,軽い全身性疾患を持った心臓に異常を認めない症例38例全例で,僧帽弁逆流血流が検出された。

経食道ドップラー心エコー図法は,僧帽弁逆流

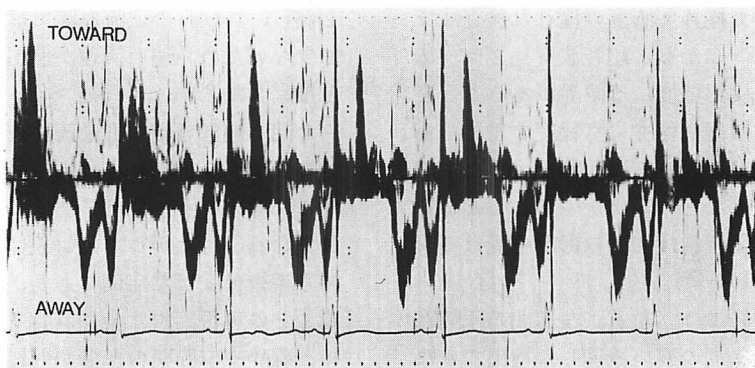


Fig. 5. Pulsed Doppler echocardiogram from a case in group B.
Regurgitant signals are observed in various durations.

Fig. 1. Transesophageal color flow image from a case in group A.

Slight mitral regurgitant signal is observed in the left atrium in the vicinity of mitral valve coaptation.

LV=left ventricle; LA=left atrium; RV=right ventricle; RA=right atrium.

Fig. 2. M-mode color (upper panel) and pulsed Doppler (lower panel) recordings from the same case as in Fig. 1.

Mitral regurgitant signal is easily differentiated from the signal due to mitral valve closure. The duration of regurgitant signals is less than half of systole.

Fig. 3. Transesophageal color flow image from a case in group B.

Regurgitant signal is detected in the left atrium, a short distance from the mitral valve in this plane.

Fig. 4. M-mode color (upper panel) and pulsed Doppler (lower panel) recordings from a case in group B.

Holosystolic regurgitant signal is observed, but the detected peak flow velocity is less than 1 m/sec (by definition).

Fig. 6. Transesophageal color flow image from a case in group C.

Regurgitant jet appears as a mosaic pattern. The area of this regurgitant signal is the largest in this study.

Fig. 7. M-mode color (upper panel) and pulsed Doppler (lower panel) recordings from the same case as in Fig. 6.

Holosystolic regurgitant signals are observed and the flow velocity is greater than 1 m/sec (by definition).

血流の検出にとって極めて感度の優れた検査法であると考えられる。しかし、超音波ドップラー法である以上、その検出精度には限界があることを考慮すると、正常機能僧帽弁にも程度の差こそあれ、多少の逆流は存在すると思われた。また、加齢に伴い弁尖の肥厚などの変化が生じることを考慮すると¹⁴⁾、逆流血流量は加齢の影響を受けるものと思われた (Table 2)。

これらの逆流信号には、左室、左房間の圧較差を反映しない収縮早期の遅い流速しか検出できなかったものから、全収縮期に速い流速が検出できたものまであった。パルス・ドップラー法で全収縮期の 50% 未満にしか逆流信号が検出できなかった症例が 40% あったが、これは小さな逆流信号では、サンプルボリュームが逆流血流から逸脱することがその一因と考えられた。経食道パルス・ドップラー法では、呼吸を停止してサンプリングを行っても、心拍毎に探触子と逆流血流の位置関係が微妙にずれ、逆流血流量の少ない症例ではサンプリングミスをおこし、一心拍の間では全収縮期の 50% 未満にしか逆流信号を捉えることができなかったものと思われた。逆流血流量の少ないこれらの症例では、収縮早期から収縮中期にかけて逆流信号が検出されたものが多かった。しかし、同一症例で様々な時相に逆流信号が検出される場合もあり、M モードカラードップラー法を併用して逆流信号の時相を詳細に検討すると、実際にはかなり長い持続時間を持った逆流信号が多いと思われた。

また、逆流信号が検出された症例中 1 m/sec 未満の遅い流速しか検出できなかった症例が 69% あった。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いこれらの逆流血流は、本当に遅い流速しか持たない“漏れ血流”なのか、逆流血流量が極めて少ないため、超音波ドップラー法では遅い流速しか検出できないのかは問題がある。我々は、このような逆流血流でもしばしば acceleration of flow が検出されること、血圧の上昇に伴い、速い流速が検出されるようになるこ

とから、これらの逆流血流では逆流血流量が極めて少ないため、速い流速が検出されなかったものと推察した¹⁰⁾。

今回の健常者僧帽弁逆流の研究では、方法として経食道ドップラー心エコー図法を用いたこと以外に、対象が手術症例であることが従来の研究とは異なる。したがって、対象はなんらかの疾患を持ち手術を受けた症例であり、これを健常者とする可否、また全身麻酔下での検討であるため、麻酔や麻酔薬の影響が問題となる。しかし手術の原疾患は全身状態に影響のないと考えられる疾患を選択しており、術前に問診、聴診、心電図、断層心エコー図により心臓に異常が認められないことを確認しているため、対象に問題はないと思われる。また、意識下でなく麻酔下での検討であることに関しては、就眠による交感神経活動の抑制、麻酔導入に用いた麻酔薬の作用、挿管操作による交感神経刺激などが循環動態に影響を及ぼすと考えられる。しかし、薬剤は短時間作用性のもの、心血管系への影響が少ないものを選択しており、健常者ではこれらにより循環動態に影響を受けることは少ないと考えられる^{15,16)}。さらに厳密を期すため、検討を行う際の循環動態を前述したような基準で限定しており、今回の研究を健常者における検討と考えて問題はないと思われる。

今回の研究は、前述の装置を用い得られた結果であるが、我々は他にも複数の装置、食道内探触子の使用経験がある。今回の検討のような、探触子から比較的近い部位の血流情報に対する検出精度は装置間にかなり差があり、ある装置で検出された僧帽弁逆流血流が他の装置では検出できないことがある。今後、早急な装置の性能の均一化が望まれる。

結 論

経食道ドップラー心エコー図法を用い、健常者僧帽弁逆流の頻度、逆流血流の検討を行った。

1. 健常者のほとんどに僧帽弁逆流血流は存在

すると思われた。

2. 逆流血流には遅い流速しか検出できないものがあつたが、本法によりアーチファクトとの鑑別は容易であつた。

要 約

心臓に異常を認めない手術患者 66 症例を対象とし、経食道ドップラー心エコー図法を用い、健常者僧帽弁逆流血流の検討を行った。カラードップラー法で 66 例中 62 例 (94%) にアーチファクトと明らかに鑑別可能な僧帽弁逆流血流が検出された。パルス・ドップラー法による検討では、僧帽弁逆流血流が検出された 62 例中 25 例 (40%) の症例で、全収縮期の 50% 未満にしか逆流信号を検出することはできなかった。また、1 m/sec 以上の流速が検出できた症例は 62 例中 19 例 31% であつた。

経食道ドップラー心エコー図法を用いることにより、健常者のほとんどに、程度の差こそあれ、僧帽弁逆流血流は存在するものと思われた。これらの中には左室、左房間の圧較差を反映しない遅い流速しか検出できない症例があつたが、これは逆流血流量が極めて少ないため、速い流速が検出できなかったものと思われた。

文 献

- 1) Yock PG, Naasz C, Schnttgeri I, Popp RL: Doppler tricuspid and pulmonic regurgitation in normals: Is it real? *Circulation* **70** (Suppl II): 40, 1984
- 2) Takao S, Miyatake K, Izumi S, Kinoshita N, Sakakibara H, Nimura Y: Physiological pulmonary regurgitation detected by the Doppler technique and its differential diagnosis. *J Am Coll Cardiol* **5**: 499, 1985 (abstr)
- 3) Recusani F, Valdes-Cruz L, Dalton N, Hoit B, Sahn DJ, Swenson R: Tricuspid and pulmonary insufficiency and right heart flow patterns in normals: Studies using color coded flow mapping and pulsed Doppler. *Circulation* **72** (Suppl III): 307, 1985
- 4) Kostucki W, Vandenbossche JL, Friart A, Englert M: Pulsed Doppler regurgitant flow patterns of

- normal valves. *Am J Cardiol* **58**: 309-313, 1986
- 5) Come PC, Riley MF, Carl LV, Nakao S: Pulsed Doppler echocardiographic evaluation of valvular regurgitation in patients with mitral valve prolapse: Comparison with normal subjects. *J Am Coll Cardiol* **8**: 1355-1364, 1986
- 6) Tei C, Kisanuki A, Minagoe S, Shibata K, Yutsudou T, Otsuji Y, Natsugoe K, Tanaka H: Incidence of tricuspid regurgitation in normal subjects according to a new Doppler echographic criterion. *J Cardiol* **17**: 551-558, 1987 (in Japanese)
- 7) Akasaka T, Yoshikawa J, Yoshida K, Okumachi F, Koizumi K, Shiratori K, Takao S, Shakudo M, Kato H: Age-related valvular regurgitation: A study by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **76**: 262-265, 1987
- 8) Yoshida K, Yoshikawa J, Shakudo M, Akasaka T, Jyo Y, Takao S, Shiratori K, Koizumi K, Okumachi F, Kato H, Fukaya T: Color Doppler evaluation of valvular regurgitation in normal subjects. *Circulation* **78**: 840-847, 1988
- 9) 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 real-time two-dimensional Doppler flow imaging technique. *J Am Coll Cardiol* **7**: 82-88, 1986
- 10) Sahn DJ, Maciel BC: Physiological valvular regurgitation: Doppler echocardiography and the potential for iatrogenic heart disease. *Circulation* **78**: 1075-1077, 1988
- 11) Akamatsu S, Uematsu H, Yamamoto M, Suzuki A: Intraoperative color flow mapping by real-time two-dimensional Doppler echocardiography for the monitoring of hemodynamics. *Masui* **37**: 1529-1536, 1988 (in Japanese)
- 12) Suetsugu M, Matsuzaki M, Toma Y, Anno Y, Maeda T, Okada K, Konishi M, Ono S, Tanaka N, Hiro J, Nishimura Y, Kusakawa R: Detection of mural thrombi and analysis of blood flow velocities in the left atrial appendage using transesophageal two-dimensional echocardiography and pulsed Doppler flowmetry. *J Cardiol* **18**: 385-394, 1988 (in Japanese)
- 13) Nellessen U, Schnittger I, Appleton CP, Masuyama T, Bolger A, Fischell TA, Tye T, Popp RL: Transesophageal two-dimensional echocardiography and color Doppler flow velocity mapping in the evaluation of cardiac valve prostheses. *Circulation* **78**: 848-855, 1988
- 14) Sahasakul Y, Edwards WD, Naessens JM, Tajik AJ: Age-related changes in aortic and mitral valve

赤松, 上松, 山本, ほか

thickness: Implications for two-dimensional echocardiography based on an autopsy study of 200 normal human hearts. *Am J Cardiol* **62**: 424-430, 1988

15) Conway CM, Ellis DB: Hemodynamic effects of

short-acting barbiturates. *Br J Anaesth* **41**: 534-542, 1969

16) Sebel PS, Bovill JG: Opioid Analgetics *in* Cardiac Anesthesia (ed by Kaplan JA), Grune & Stratton, Orlando, 1987, p 67