

術中パルス・ドップラー法
による三尖弁閉鎖不全の評価：
連合弁膜症での検討

Tricuspid regurgitation
evaluated by intraopera-
tive epicardial pulsed
Doppler echocardiogra-
phy: Investigation of
patients with combined
valvular diseases

飯田 邦彦
日比 範夫
高階 康子
神戸 忠
中尾 正英
家田 信人
宮島 和之
西田 友厚
田中 稔*
阿部 稔雄*

Kunihiko IIDA
Norio HIBI
Yasuko TAKASHINA
Tadashi KAMBE
Masahide NAKAO
Nobuto IEDA
Kazuyuki MIYAJIMA
Tomoatsu NISHIDA
Minoru TANAKA*
Toshio ABE*

Summary

To evaluate the grade of tricuspid regurgitation (TR) associated with mitral valve disease and to ascertain the operative procedure for the involved tricuspid valve, epicardial pulsed Doppler echocardiography (PDE) was performed during cardiac surgery.

Thirty-two patients with mitral valve disease were studied, 17 of whom had only mitral valve lesion; the remaining 15 had combined mitral and aortic valve disease. The patients' ages ranged from 24 to 63 years and averaged 48.3 years. There were nine men and 23 women. Echocardiographic examinations were performed using a Toshiba SSH-60A for parasternal study and a SSH-11A combined with a SDS-10A with a specially-devised flat transducer for intraoperative use. Intraoperatively, the PDE performed was from the right side of the right atrium (RA), referenced by a four-chamber view and a long-axis view of the right ventricular inflow. The sampling volumes were positioned in the inflow of the right ventricle, immediately above the tricuspid valve, the middle and upper areas of the RA,

名古屋大学医学部 第三内科
*同 胸部外科
名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

The Third Department of Internal Medicine and
*Department of Thoracic Surgery, Nagoya University
School of Medicine, Tsurumai-cho 65, Showa-ku,
Nagoya 466

Received for publication January 26, 1987; accepted March 13, 1987 (Ref. No. 33-52)

and adjacent to the interatrial septum. PDE was performed before and immediately after the operative procedure and before chest closure. By severity, TR was classified as none —, mild ±, moderate +, and severe ++, according to the distances attained by the TR signals from the tricuspid valve orifice, and the velocities and durations of the TR signals during systole.

The TR signal was recorded in 23 of 32 patients before surgery, whereas it was determined more adequately in 28 patients by intraoperative epicardial PDE. The gradings of TR via the parasternal approach before surgery were as follows: no TR, in nine cases; mild TR, in three; moderate, in 13; and severe, in seven. Intraoperatively, four patients had none; eight had mild TR; 14, moderate TR; six, severe TR before surgical intervention, respectively. In cases with mild or no TR before surgery, TR was rarely detected by contrast echocardiography using saline solution injected into the right ventricle during surgery. The moderate or severe cases before surgery had moderate or severe TR according to the contrast method during surgery, except for one case not operated on for tricuspid valve disease. Tricuspid valve replacement was performed for two patients, and tricuspid annuloplasty or valvuloplasty for eight. Postoperatively, no severe TR was recorded in the patients who underwent surgery for tricuspid valvular lesions, but two of them had mild TR signals. The remaining cases with or without surgical intervention for tricuspid valvular lesions manifested only minimal TR signals. There were no residual problems, clinically.

In conclusion, intraoperative epicardial pulsed Doppler echocardiography proved useful for evaluating the degree of tricuspid regurgitation and for ascertaining the proper operative procedure for tricuspid valve disease.

Key words

Tricuspid Regurgitation Mitral valve disease Cardiac surgery Pulsed Doppler echocardiography

はじめに

僧帽弁膜症に伴う三尖弁閉鎖不全症 (以下 TR) には, いまだにその逆流量の定量評価に対する絶対的な判定基準がなく, 僧帽弁膜症手術に際して, 逆流を有する三尖弁になんらかの手術手技を加えるか否かは, なお議論のあるところである¹⁻⁵⁾. 従来 TR の評価は右室造影によってなされてきたが, 三尖弁口をカテーテルが通過していることからアーチファクトが生じやすく, 必ずしも正確な評価を行うことはできなかった. 近年, その有用性が認められるようになったドップラー法による TR の定性的, ならびに定量的評価についてはいくつかの報告がある⁶⁻⁸⁾. しかしながら, 手術手技との関係では必ずしも十分な検討はなされていない. 我々は現在まで手術中にパルス・ドップラー法 (以下 PDE) を行うことにより, 弁逆流の術前評価, ならびに弁修復後の逆流の残存など, 弁機能の評価を行ってきた.

本研究の目的は術中 PDE 検査によって, 僧帽弁膜症に伴う TR の術前評価と手術所見との対比を行い, さらに術後の残存 TR を評価することにより, 三尖弁に対する手術手技の決定, 選択になんらかの示唆を与える可能性について検討することである.

対象ならびに方法

対象は僧帽弁膜症を有する手術患者 32 例で, 僧帽弁単独病変 17 例, 僧帽弁病変と大動脈弁病変との合併例 15 例である. 僧帽弁の単独病変は, リウマチ性僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 (MSR) 10 例, 種々の原因による僧帽弁閉鎖不全症 (MR) 6 例, 人工弁置換後の弁縫合不全 1 例であり, 一方, 大動脈弁病変との合併例はリウマチ性のものがほとんどであった (Table 1). 年齢は 24 歳から 63 歳 (平均 48.3 歳) で, 男 9 例, 女 23 例である. 三尖弁に対する手術操作は 10 例に行われ, 人工弁置換術 (TVR) 2 例, 弁輪形成術 (TAP) 5 例, 弁形

Table 1. Study cases

	No.
Mitral valve disease	17
Mitral stenosis and regurgitation	10
Mitral regurgitation	5
Mitral regurgitation and PDA	1
Paravalvular leakage after mitral valve replacement	1
Mitral valve and aortic valve diseases	15
Mitral stenosis and regurgitation	
+aortic stenosis and regurgitation	10
+aortic regurgitation	4
+aortic stenosis	1

成術 (TVP) 2 例, 交連切開術 (OTC) と TVP の施行例 1 例であり, その他の症例では放置した.

装置は主として東芝製 SSH-11A と SDS-10A の複合装置を使用し, 通常の探触子の他, 特別に作成した扁平な探触子を用いた. 求めた断面は術前, 術後には心尖部 四腔断面, 長軸右室流入路で, 術中では右房右側からの四腔断面, 長軸右室

流入路断面であり, 三尖弁下, 右房内での三尖弁逆流シグナルの有無, 程度を検討した. PDE の記録は開胸後の体外循環のカニューレ挿入前(心内修復前), 体外循環離脱直後(心内修復後), 閉胸前の 3 回を原則とした. また術前経胸壁, 術後経胸壁からの PDE によって同様に三尖弁逆流の有無を検討し, 術中所見と比較検討した. TR の評価は三尖弁からの逆流が到達する距離によって行い, ほとんど逆流シグナルが記録できないものを (-), 2 cm 以下を (±), 2 cm から 4 cm までを (+), 4 cm 以上を (++) とした.

Fig. 1 は, 手術中に右房内の三尖弁逆流シグナルの広がりや判定するために置いたサンプル・ボリュームの位置を示す. 原則として三尖弁右室側, 弁接合部右房側, 右房側 1 cm, 右房中央, 右房上部, 心房中隔寄り下部, 心房中隔寄り上部, 三尖弁前尖内方にて PDE 記録を行い逆流の程度を判定した.

また, 術中の PDE による逆流シグナルのパターンによる程度は, 収縮期全体にわたって, 幅広

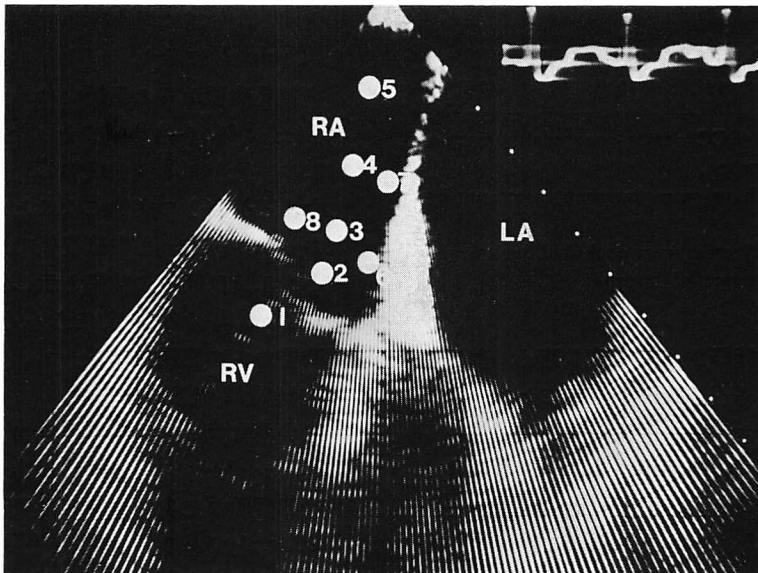


Fig. 1. Two-dimensional echocardiogram (2DE), four-chamber view, from the right side of the right atrium, and sites of sample volumes (closed circles) during surgery.

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

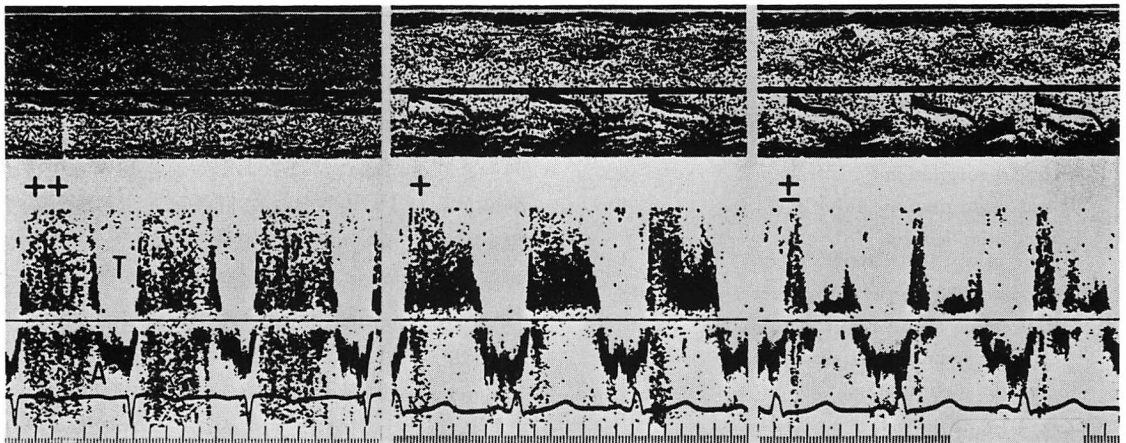


Fig. 2. Grading of TR by intraoperative epicardial PDE.

The flow pattern is divided into three grades as severe (++) , moderate (+) , and mild (±) T or A= blood flow toward or away from the transducer.

Table 2. Serial changes in severity of TR

Degree of TR	before OP	before ECC	after ECC	before CC	after OP
++	7	6	0	0	0
+	13	14	9	8	10
±	3	8	17	17	3
-	9	4	4	5	12
Total	32	32	30*	30*	25**

OP=operation; ECC=extra-corporeal circulation; CC=chest closure.

*; Two cases with valve replacement were not included in the 30.

**; Seven of the 32 cases were excluded due to valve replacement and change of hospital.

く逆流シグナルが記録され、流速も速く、乱流の程度が強いものを(++)、収縮期全体にわたって逆流シグナルが記録されるが、比較的層流パターンを示すものを(+), 収縮期相の1/2程度の持続ではあるが、逆流シグナルと考えられるものを(±)と判定した(Fig. 2)。術中のPDEによるTRの重症度の総合判定は逆流シグナルの到達距離、広がり、およびFig. 2に示す逆流パターンなどを合わせて行った。

結 果

術前の経胸壁PDEによるTRは23例に認められ、うち10例に手術操作が加えられた。

全症例の術前経胸壁、術中心内修復前、修復後、閉胸前、ならびに術後経胸壁のPDE記録の経過をTable 2に示す。

術前経胸壁からの記録では、(++)7例、(+)13例、(±)3例、(-)9例であったが、術中心内修復前には、(±)が8例と増加し、(-)が4例と減少した。(++)、(+)の症例にはほとんど変化はみられなかった。一方、心内修復後では修復直後、閉胸前ともにほぼ同様の結果を示したが、(++)は1例もなく、2/3の症例が(±)、(+)であった。術後経胸壁からの記録では(±)が3例と減少し、(-)の症例が12例と増加した。

三尖弁に対して手術操作を加えた10例の三尖弁逆流シグナルの経過をTable 3に示す。10例目は器質的な三尖弁狭窄兼閉鎖不全で、三尖弁口は1.7cm²であり、OTCとTVPが行われたが、術前後で三尖弁逆流シグナルの変化はみられなかった。その他の症例は3例目がCarpentier ring、4から7例目はDeVega法によるTAPであり、

Table 3. Course of severity of TR in patients who underwent surgery for tricuspid valve disease

No.	Initials	Surgery	before OP	before ECC	after ECC	before CC	after OP
1	A.O.	MVR+AVR+TVR	++	++	/	/	/
2	M.K.	MVR+TVR	++	++	/	/	/
3	M.K.	MVR+AVR+TAP	++	++	±	±	+
4	T.O.	MVR+AVR+TAP	++	++	+	+	+
5	T.T.	MCR+TAP	++	+	-	-	-
6	S.S.	MVR+AVR+TAP	++	++	±	±	+
7	Y.I.	MVR+AVR	++	++	±	±	+

OP=operation; ECC=extra-corporeal circulation; CC=chest closure. MVR=mitral valve replacement; AVR=aortic valve replacement; TVR=tricuspid valve replacement; TAP=tricuspid valve annuloplasty; TVP=tricuspid valvuloplasty.

Table 4. Course of severity of TR in patients with severe TR before cardiac surgery

No.	Initials	Surgery	before OP	before ECC	after ECC	before CC	after OP
1	A.O.	MVR+AVR+TVR	++	++	/	/	/
2	M.K.	MVR+TVR	++	++	/	/	/
3	M.K.	MVR+AVR+TAP	++	++	±	±	+
4	T.U.	MVR+TAP	+	+	±	±	±
5	T.O.	MVR+AVR+TAP	++	++	+	+	+
6	T.T.	MVR+TAP	++	+	-	-	-
7	S.S.	MVR+AVR+TAP	++	++	±	±	+
8	K.W.	MVR+TVP	-	+	±	±	-
9	K.K.	MVR+TVP	+	+	±	±	+
10	T.Y.	MVR+AVR+OTC+TVP	+	+	+	+	+

All abbreviations as in Table 3.

8,9例目は1~2針にてTVPが行われた。TVRを行った2例は術前経胸壁，術中心内修復前ともに(++)であり，1例は腱索の断裂が認められた。一方TAP, TVPを行った症例のうち，術前経胸壁からの記録では4例で(++)であったが，3例は(+)，残りの1例は(-)であり，1例で経胸壁からの記録では過小評価になった。しかし術中心内修復前には全症例逆流シグナル(+)および(++)であった。修復直後は(+)2例，(±)5例，(-)1例であり，ほぼ良好な手術成績と考えられたが，術後の経胸壁PDE記録では5例に(+)の逆流シグナルが記録された。

Table 4は術前経胸壁からのPDE記録で(++)の逆流シグナルを示した7例の経過である。これらの7例中6例は高度の三尖弁逆流を実際の手術時にも認め，2例でTVR，4例でTAPが必要であった。しかし，残りの1例はMVRとAVRのみで，三尖弁に手術操作を加えることなく三尖弁逆流シグナルの減少がみられた。以下に実例を呈示する。

症例検討

Fig. 3は43歳女性，僧帽弁狭窄症(MS)，大動脈弁閉鎖不全症(AR)，三尖弁閉鎖不全症(TR)にて手術を行った症例の，術中心内修復前の三尖

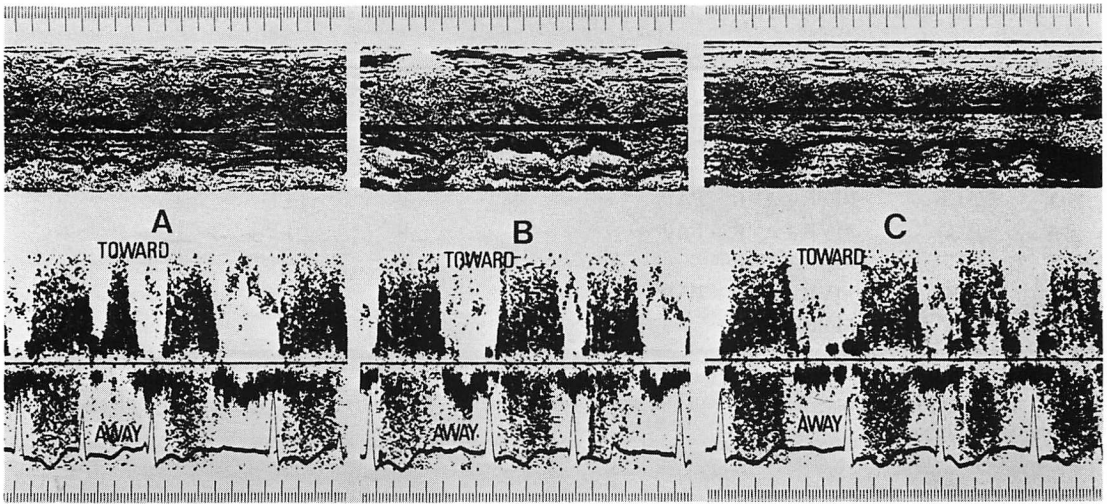


Fig. 3. Severe TR signals obtained by intraoperative epicardial PDE in a 43-year-old patient with combined valvular diseases (M.K).

The regurgitant flow was recorded in all sampling sites. A: at the tricuspid valve orifice, and B and C: at two sites near the tricuspid valve in the right atrium.

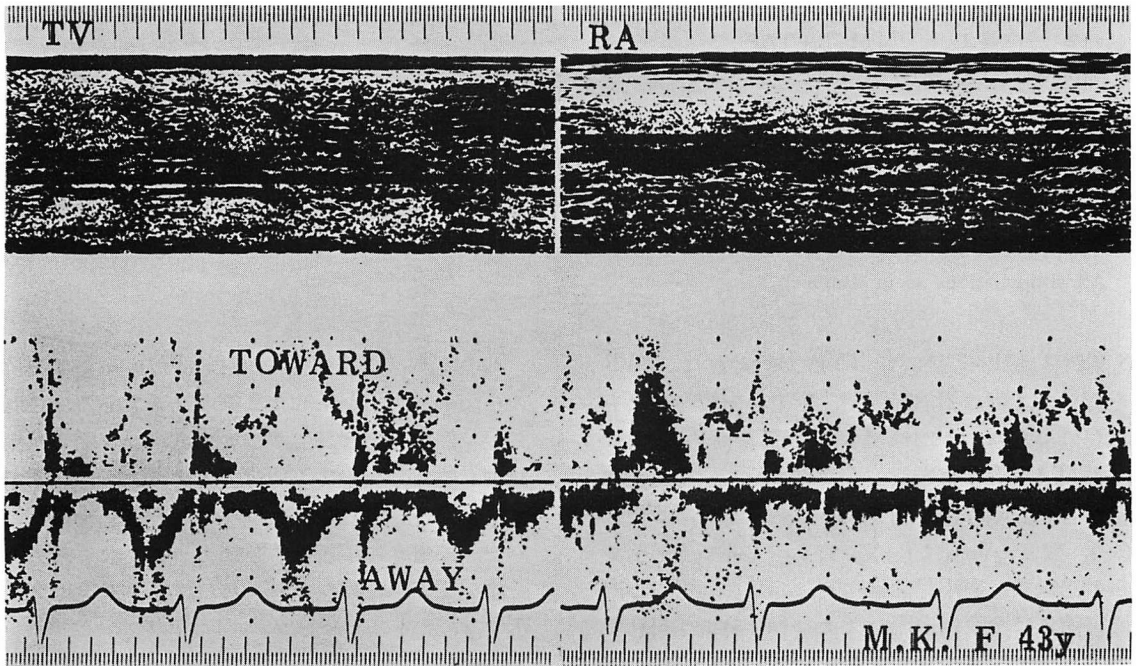


Fig. 4. TR signals by intraoperative epicardial PDE above the tricuspid valve (left) and in the right atrial cavity (right) after annuloplasty with Carpentier-Edwards ring in the same patient as in Fig. 3.

The regurgitant signal decreased at both sampling sites after surgery.

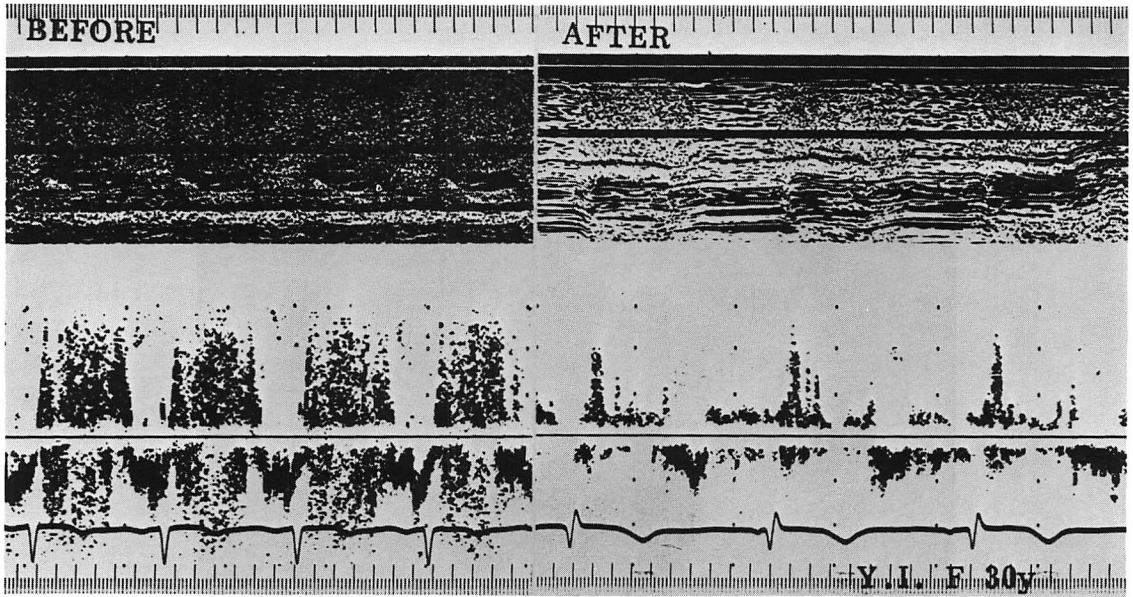


Fig. 5. TR signals by intraoperative epicardial PED in the right atrium before and after operative procedures of the mitral and aortic valves in a 30-year-old patient (Y.I.).

No tricuspid valve surgery was attempted, but postoperative TR signal became minimal. BEFORE=before operation, AFTER=after operation.

弁逆流の記録で、サンプリング部位を三尖弁の接合部および右房内の異なる2か所でのドップラー記録であるが、その逆流の持続は全収縮期におよび、流速も極めて速かった。右房内の広がりやの検討では、ほとんどの部位において幅広い明らかな逆流シグナルが記録され、(++)と判定、逆流テストでも弁口部全体からの逆流が認められた。

Carpentier ring による三尖弁輪縫縮術後の三尖弁の弁口部、ならびに右房内での記録では、ともにわずかな逆流シグナルが認められるものの、その逆流は術前に比べてはるかに減少している (Fig. 4)。この症例では三尖弁逆流が三尖弁縫縮術によって明らかに減少しており、手術によって三尖弁機能が改善した例で、術中 PDE にて手術手技の有効さが確かめられた。

MS, ASR, TR にて手術を行った30歳女性症例での三尖弁右房側での術中心内修復前、心内修復後の PDE 記録を Fig. 5 に示す。修復前には全収縮期にわたる明らかな幅広い逆流シグナルが

認められているが、修復終了後には収縮期のごく初期にわずかな血流のもれがみられるのみである。三尖弁については逆流テストを十分に行ったが、弁の接合はほぼ正常であり、明らかな逆流を認めなかったためそのまま放置した。

術前の断層像にて、三尖弁輪拡大が著明でなく、三尖弁逆流の程度は軽度と診断した MR の37歳男性症例の術前経胸壁、ならびに術中心内修復前の心尖部四腔断面断層心エコー図を Fig. 6 に示す。巨大左房のために、この断面での三尖弁輪径はほとんど正常に近くみえ、また心房内隔は右房方向へ押しやられて湾曲し、そのため心房内隔方向へ向かう三尖弁逆流を過小評価した。しかるに術中の観察では弁輪は4.5横指と拡大し、前尖40mm、中隔尖43mm、後尖25mmと拡大変形し、前尖と後尖、中隔尖と後尖の間から逆流がみられた。本例では DeVega 法にて修復術が行われ、良好な結果であった。術前(-)評価で TVP が必要であった他の1例も巨大左房例であ

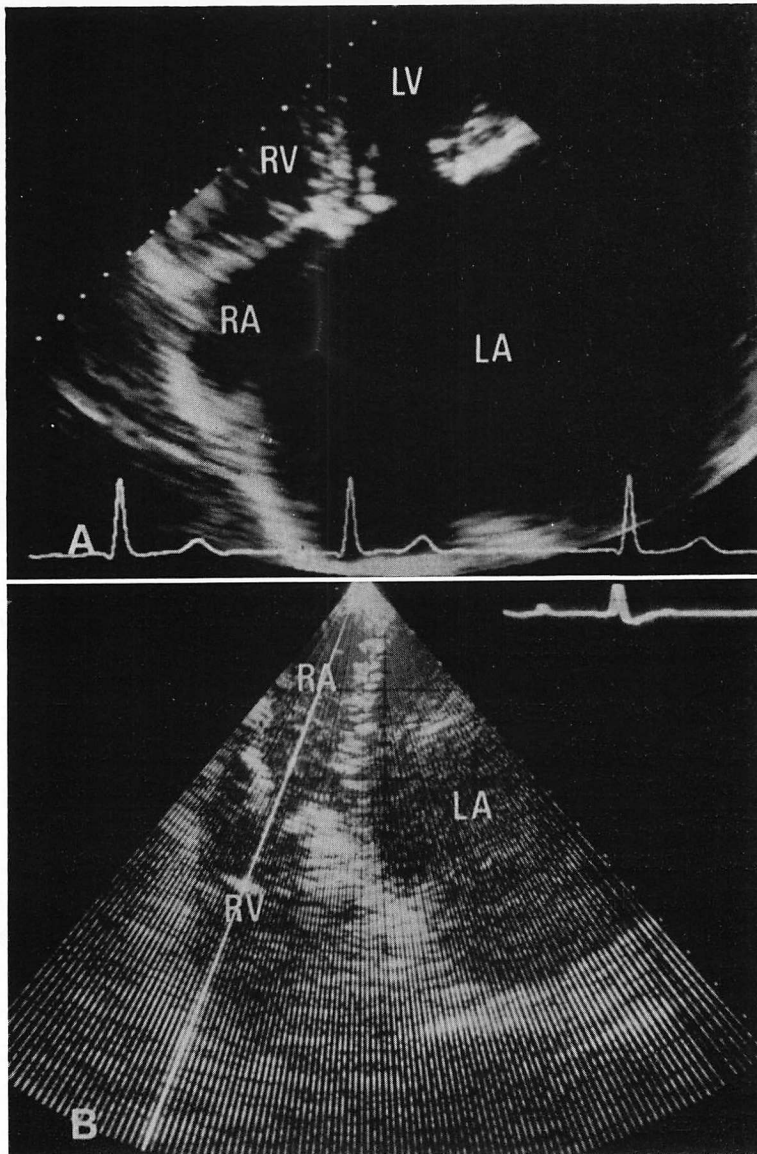


Fig. 6. 2DE recorded by parasternal approach in a 37-year-old patient (T.U) with mitral regurgitation and enlarged left atrium.

The interatrial septum is pressed into the right atrium.

A: before surgery, B: during cardiac surgery.

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

った。

考 按

器質的な僧帽弁膜症に伴う TR の評価は、臨床上一困難な場合が多い。TR の評価は右室造影によって、あるいは右房圧を判定することによってなされてきたが、右室造影においては期外収縮の発生、また三尖弁口をカテーテルが横ぎることなどから、必ずしも正確な評価を行うことは難しい⁹⁻¹¹⁾。一方、宮武らは PDE と右室造影がよい相関関係を示したと報告しているが⁷⁾、右室造影を含めて TR の絶対的な評価法はまだ確立されておらず、手術に対する参考所見とするにはいまだ不十分と考えられる。

断層心エコー図法、ならびにドップラー法は、三尖弁の形態および逆流の程度を判定する上で、より信頼できる非侵襲的検査法とされてきた⁶⁻⁸⁾。PDE による三尖弁逆流の定量評価は、逆流シグナルの到達距離、または逆流シグナルの記録できる範囲の大きさによって行われてきている。

本研究において術前経胸壁、および術中心内修復前の PDE 記録で著明な三尖弁逆流シグナルを記録できた症例は 7 例であったが、6 例では双方の記録で(+)の逆流シグナルを示した。これらの症例では断層心エコー図でも弁輪拡大の程度は強く、また三尖弁に腱索断裂、硬化などの器質的変化が疑われ、手術でも弁の変形が高度に認められた。一方、軽度から中等度の逆流シグナルを示した症例では弁輪拡大が認められ、多くの症例で三尖弁前尖の逸脱様所見を示すものの、弁は軟らかくその運動も正常に近いものであった。

すなわち PDE と断層心エコー図の両者に明らかな異常所見がみられた症例では、ほぼ全例で三尖弁になんらかの手術手技が必要であった。一方、PDE にて逆流シグナルを認めるものの、断層心エコー図での異常が軽度なものでは、必ずしも弁輪縫縮などの手術手技を必要としない症例があり、約半数では放置によっても三尖弁逆流シグナルの増強はみられなかった。このことは術中

PDE による逆流シグナルの程度によって、手術操作の必要性が決定できる可能性を示唆すると考えられた。

しかし、ときにそのドップラー所見と、手術の必要性との間に矛盾がみられる場合が認められた。すなわち Fig. 5 に示した症例では、僧帽弁の極端な狭窄のために三尖弁逆流が増強して認められたものであり、肺動脈造影にて肺動脈圧が 100 mmHg まで上昇し、また左心不全時に重篤な肺水腫を起こすような僧帽弁の病態によって、三尖弁の逆流が高度になったものと考えられた。

術中逆流テストとの相関では、術中心内修復前の術中 PDE 評価にて(±),(-)と判定し、弁輪の変形もない症例では逆流テストにおいてもほとんど逆流は認められず、一方(+),(++)例は手術操作を加えなかった 1 例を除き、中等度から高度の逆流を認めた。このことは術中の PDE 評価が手術の際の所見とよく一致していることを示しており、その手術手技の決定に術中の PDE が有用であることが示された。

術後の残存三尖弁逆流の評価にあたっては、三尖弁に手術操作を加えた症例、あるいは軽度の三尖弁逆流を認めるものの、放置した症例ともに、PDE にて著明な三尖弁逆流を認めるものではなく、良好な手術結果が示されており、手術効果判定、再手術の必要性を決定するのに PDE は有用と考えられた。また、本研究ではその評価の判定にあたって、術中心内修復前 PDE で(+)の 14 例中 5 例で、(±)の 8 例中 6 例で逆流テストの際、逆流が認められなかったことから、逆流シグナルが記録されても臨床上、あるいは手術の選択という観点から問題が少ないと考え、一, ±, +, ++ の 4 段階評価とした。

しかしながら、実際の術中の三尖弁接合部右房側および右房内での血流記録では術前、術後に様々な程度に逆流シグナルがみられることがあり、麻酔、開胸、人工心肺、循環血液量の変化などが影響を与えるものと考えられ、その評価に当たってはこれらの条件を十分考慮して、TR の重症度

を検討することが必要と考えられた。

要 約

術中パルス・ドプラー法を用いて, 僧帽弁膜症にともなう三尖弁閉鎖不全の重症度評価を行い手術所見との比較検討, ならびに三尖弁修復後の残存三尖弁閉鎖不全の評価を行った。

1. 32例の僧帽弁膜症のうち, 術前経胸壁のドプラー記録にて23例に三尖弁逆流を認めた。一方術中心内修復前のドプラー記録では28例に三尖弁逆流を記録でき, より高い検出率が得られた。

2. 高度ならびに中等度の逆流を示した10例では, 三尖弁に対する手術操作を必要とした。

3. 一部の症例ではドプラーによる逆流評価と手術所見との間に矛盾がみられ, 手術環境等の因子を考慮する必要性が示唆された。

4. 心内修復後の三尖弁逆流の評価では, 増悪した症例は1例もなく, 大多数の症例で良好な経過を示した。

5. 心内修復前の三尖弁逆流の評価, 手術手技の決定, ならびに術後の残存逆流の経過観察に, 術前パルス・ドプラー法は有用な検査法と考えられた。

文 献

- 1) Iwa T, Watanabe Y, Tsuchiya K, Funaki Y, Yokoi K: Improved surgical treatment of tricuspid insufficiency in combined valvular diseases. *J Cardiovas Surg* **21**: 604-613, 1980
- 2) King RM, Schaff HV, Danielson GK, Gersh BJ, Orszulak TA, Piehler J, Puga FJ, Pluth JR: Surgery for tricuspid regurgitation late after mitral valve replacement. *Circulation* **70** (Suppl I): 193-197, 1984
- 3) Klepetko W, Klicpera M, Kronik G, Magomet-schning H, Mlczoch J, Müller Ch, Domanig E: Functional tricuspid insufficiency: Conservative or operative management. *Thorac Cardiovasc Surg* **33**: 167-172, 1985
- 4) Simon R, Oelert H, Borst HG, Lichtlen PR: Influence of mitral valve surgery on tricuspid incompetence concomitant with mitral valve disease. *Circulation* **62** (Suppl I): 152-157, 1980
- 5) Christakis GT, Kormos RL, Weisel RD, Fremes SE, Tong CP, Herst JA, Schwartz L, Michleborough LL, Scully HE, Goldman BS, Baird RJ: Morbidity and mortality in mitral valve surgery. *Circulation* **72** (Suppl II): 120-128, 1985
- 6) 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
- 7) 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
- 8) Garcia-Dorado D, Falzgraf S, Almazán A, Delcán JL, López-Bescós L, Menárguez L: Diagnosis of functional tricuspid insufficiency by pulsed-wave Doppler ultrasound. *Circulation* **66**: 1315-21, 1982
- 9) Cairns KB, Kloster FE, Brislow JD, Lees MH, Griswold HE: Problems in the hemodynamic diagnosis of tricuspid insufficiency. *Am Heart J* **75**: 173-179, 1968
- 10) Cha SD, Gooch AS, Maranhão V: Intracardiac phonocardiography in tricuspid regurgitation: Relation to clinical and angiographic findings. *Am J Cardiol* **48**: 578-583, 1981
- 11) Cha SD, Gooch AS: Diagnosis of tricuspid regurgitation: Current status. *Arch Intern Med* **143**: 1763-1768, 1983