

術中パルス・ドップラー法
による二次性三尖弁逆流の
心内修復前後の評価

Evaluation of secondary
tricuspid regurgitation
by intraoperative epi-
cardial pulsed Doppler
echocardiography

田中 稔
阿部 稔雄
高階 康子*
飯田 邦彦*
神戸 忠*
日比 範夫**

Minoru TANAKA
Toshio ABE
Yasuko TAKASHINA*
Kunihiko IIDA*
Tadashi KAMBE*
Norio HIBI**

Summary

Since 1985, we have evaluated secondary tricuspid regurgitation associated with acquired mitral valve disease in patients undergoing open mitral surgery by intraoperative epicardial two-dimensional and pulsed Doppler echocardiography. We found intraoperative pulsed Doppler echocardiography to be a sensitive, safe technique allowing surgeons to evaluate the severity of tricuspid regurgitation intraoperatively, even in critically ill patients who cannot afford preoperative cardiac catheterization.

To assess the severity of tricuspid regurgitation intraoperatively, the transducer was placed directly on the right atrium. The ultrasound beam was transmitted into the right atrium at right angles to the tricuspid valve orifice to record intraoperative four-chamber two-dimensional echocardiograms, which were used to detect the sites of eight sample volumes, one in the right ventricle and seven in the right atrium, for pulsed Doppler echocardiography. The pulsed Doppler signals were recorded in each sample volume before and after cardiac procedures. The pansystolic abnormal signals lasting from tricuspid valve closure to the subsequent opening and consisting of components moving away from the tricuspid valve were interpreted as tricuspid regurgitant flows.

Without operative correction of the tricuspid valve, secondary tricuspid regurgitation can resolve following mitral valve surgery alone. However, to our knowledge, there are no published reports of objective findings of intraoperative changes of secondary tricuspid regurgitation. Here we present the unique intraoperative pulsed Doppler echocardiographic features of tricuspid regurgitation before and after cardiac procedures.

A 30-year-old woman with preoperative diagnosis of aortic regurgitation, mitral stenosis and severe tricuspid regurgitation underwent aortic and mitral valve replacement. The intraoperative pulsed Dop-

名古屋大学医学部 胸部外科

*同 第三内科

名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

**掛川市立総合病院内科

掛川市宮脇 366-1 (〒436)

Department of Thoracic Surgery and *The Third

Department of Medicine, Nagoya University School of Medicine, Tsurumaicho 65, Showa-ku, Nagoya 466

**Department of Internal Medicine, Kakegawa Hospital, Miyawakicho 366-1, Kakegawa 436

Received for publication December 23, 1987; accepted March 12, 1988 (Ref. No. 35-131C)

pler echocardiograms recorded after pericardiectomy and before cannulation of the heart showed tricuspid regurgitant flow signal in all of the seven sample volumes in the right atrium, which was interpreted as severe tricuspid regurgitation. After surgical procedures, no regurgitant flow from the tricuspid orifice to the right atrium was detected in the eight sample volumes. This suggested that preoperative secondary tricuspid regurgitation improves without operative procedures for the tricuspid valve. All intraoperative echocardiographic procedures were performed within 5 min, and no arrhythmias or other complications related to this technique were noted.

Epicardial pulsed Doppler echocardiography is helpful in assessing tricuspid valve function of patients undergoing mitral valve surgery before chest closure.

Key words

Tricuspid regurgitation

Intraoperative pulsed Doppler echocardiography

はじめに

後天性僧帽弁疾患には、右室の圧負荷や容量負荷を原因とする、器質的病変のない三尖弁閉鎖不全 (TR) を合併することがある。器質的病変に起因しない TR であっても、僧帽弁の手術時に適切な外科的処置を行わないで三尖弁を放置すると、術後急性期、遠隔期の心機能に悪影響を及ぼす場合があり、僧帽弁の手術時に TR の程度を正確に判断し、三尖弁に対して適切な処置を行うことが必要とされる。しかし、三尖弁に対する手術操作が必要であるかどうかを術前に判断することは、容易ではない¹⁻⁴⁾。

TR の評価は、右室造影をはじめ多くの方法で行われており、最近では超音波ドップラー法が重要視されている⁵⁻¹²⁾。しかし、症例によっては目的とする方向、部位に超音波ビームを投入することが難しく、したがってこの方法では診断不可能な症例がある。また、このような僧帽弁疾患に合併する TR の程度は患者の状態により容易に変化するため、手術適応とされる症例は、できるだけ手術に近接した時期の検査所見を知ることが大切である。以上の点を考慮し、我々は超音波の探触子を直接心臓表面にあてて術中にパルス・ドップラー (PD) 法を行い、TR の有無・程度を評価し有用な結果を得ている。

僧帽弁疾患に合併する器質的病変のない TR は、僧帽弁手術のみで軽快する場合のあることは

よく知られており、このような症例の手術前後の TR の変化は、右室造影や経胸壁 PD 法によって評価されている。しかし、開心術前後の TR flow の変化に関するドップラー所見を、術中にとらえ

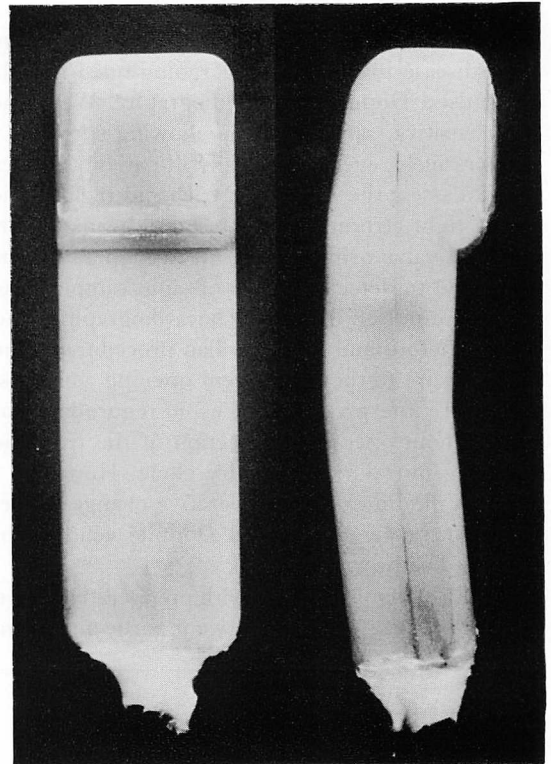


Fig. 1. Transducer for an intraoperative use.

This is redesigned by adapting its shape to an intraoperative requirement.

た報告はみられない。ここでは、術前の経胸壁 PD 法および体外循環開始前の術中 PD 法で、著しい TR の存在を診断された症例が、三尖弁を処置することなく、大動脈弁置換術・僧帽弁置換術のみで TR が軽快したことを、体外循環終了後閉胸前の術中 PD 法により証明することができたので、我々の行っている術中 PD 法による TR の評価方法について述べ、この症例の術中 PD 法によって得られた右房内の血流シグナルについて報告する。

方 法

術中心エコー図法は次のごとき方法によった。

使用装置：Toshiba SSH-11A に SDS-10A を組み込んで使用し、探触子は術中使用を目的として扁平な形のものを作製し使用した (Fig. 1)。術中使用の探触子は、ethylene oxide gas で滅菌して直接心臓表面に置き、超音波周波数 2.4 MHz を用いて、M モード心エコー図、断層心エコー図、パルス・ドップラー・シグナルを記録した。鮮明な画像を得るために、探触子の先端と心臓表面が乾燥しないように注意したが、gel や water bag の使用、あるいは心嚢内を水で満すことはしなかった。

ドップラー・シグナルの記録：ドップラー・シグナルを記録するための超音波ビーム方向、およ

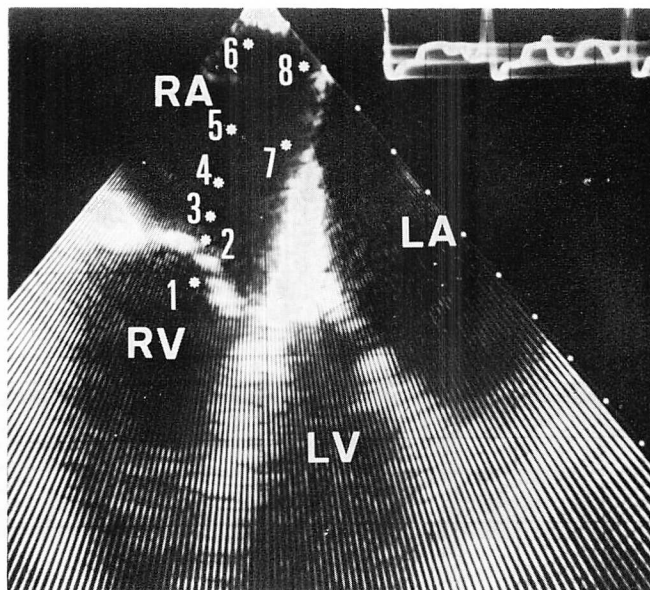


Fig. 2. Intraoperative epicardial four-chamber two-dimensional echocardiogram.

Pulsed Doppler signals are recorded in the eight sample volumes in the four-chamber view of two-dimensional echocardiograms at operation.

Sample volume 1: just below the tricuspid valve (TV) in the right ventricle (RV).

Sample volume 2: in the TV orifice.

Sample volume 3: just above the TV in the right atrium (RA).

Sample volume 4: $D < 2$ cm, in the center of the RA.

Sample volume 5: $2 \text{ cm} \leq D < 4$ cm, in the center of RA.

Sample volume 6: $4 \text{ cm} \leq D$, in the center of the RA.

Sample volume 7: $2 \text{ cm} \leq D < 4$ cm, close to the interatrial septum (IAS).

Sample volume 8: $4 \text{ cm} \leq D$, close to the IAS.

D = distance from the TV orifice, LA = left atrium, LV = left ventricle.

び sample volume (以下 SV) の位置は, 断層心エコー図上に表示して確認した (Fig. 2).

TR シグナルの判定: 右房内に置いた SV で, 全収縮期にわたって記録される異常シグナルのみを TR 陽性と判定し, 全収縮期にわたらない時相の短いシグナルは TR 陰性と判定した (Fig. 3). TR シグナルの判定は, 手術に関係しない内科医が行った.

術中 PD 法: 術中検査は心内操作の前後に行った. 心内操作前は, 心膜切開後, 体外循環のカニューレ挿入前に行った. 心内操作後は, 体外循環を停止して体外循環用のカニューレを抜去した後に行った. 右房上方に探触子を置き, 断層像で右房, 三尖弁, 右室を観察し, 三尖弁口に対してできるだけ垂直に超音波ビームを投入して PD 法を行い, 右房・右室内の 8 ヶ所の SV でドップラー・シグナルを記録し, 各 SV で TR シグナルが記録されているかどうかを判定した. Fig.

2 に示した 8 ヶ所の SV の位置は,

1. 三尖弁直下右室内
2. 三尖弁弁口部
3. 三尖弁直上右房内

4. 右房中央で三尖弁口からの距離 (D) が 2 cm 未満
5. 右房中央で D が 2 cm 以上 4 cm 未満
6. 右房中央で D が 4 cm 以上
7. 右房内の心房中隔側で D が 2 cm 以上 4 cm 未満
8. 右房内の心房中隔側で D が 4 cm 以上

とした. TR シグナルが三尖弁口から遠い位置で, また広い範囲で記録されているほど, TR の程度が大であるものと考え, TR シグナルの記録された SV の位置により TR の程度を 3 段階に分けた.

grade I: 下に示す grade II, grade III 以外の症例

grade II: SV 5 と 7 の両者で TR シグナルの記録される症例

grade III: SV 6 あるいは 8 で TR シグナルの記録される症例

症 例

症例: I. Y. 30 歳, 女性

リュウマチ熱, 血栓塞栓症の既往はない. 1981

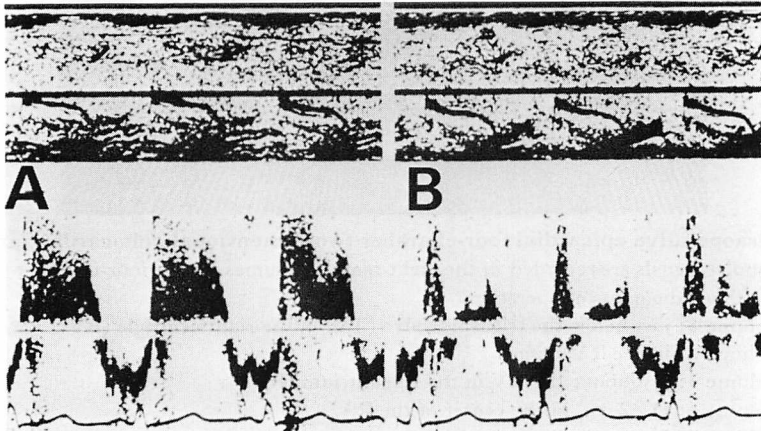


Fig. 3. Intraoperative pulsed Doppler signals in the right atrium.

A: Abnormal pansystolic signals moving away from the tricuspid valve indicate tricuspid regurgitant flow.

B: Pulsed Doppler signals do not represent tricuspid regurgitation.

年頃に心雑音を指摘され、1984年に初めて弁膜症の診断を受けた。その後、心不全が次第に増悪し、1985年7月にNYHA心機能分類 class IIIとなり、心臓カテーテル検査を行い、大動脈弁閉鎖不全症、僧帽弁狭窄症、三尖弁閉鎖不全症の診断を受けた。呼吸困難が増強し、起坐呼吸となり、血痰を認め、同年12月5日手術を施行した。

入院時現症：体重 42 kg. 身長 157 cm. 心音は、心尖部に Levine 3/6 の拡張期雑音、胸骨左縁第3肋間に Levine 2/6 の拡張期雑音、肋骨左縁第3~4肋間に Levine 1/6 の全収縮期雑音を聴取した。呼吸音は、両下肺野に湿性ラ音を聴取した。腹部は、腹水はなく肝臓を右季肋部に2横指触知した。

入院時検査所見：血液生化学検査には異常を認めなかった。胸部 X 線写真では心胸郭比 60% で、肺血管陰影は増強していた (Fig. 4)。心電図は洞調律で、左室肥大を示した。術前心臓カテーテル検査では、肺動脈圧 70/40 mmHg, 右室収縮期圧 55 mmHg, 右室拡張期圧 12 mmHg, 右房平均圧 12 mmHg, 大動脈圧 130/80 mmHg, 左室収縮期圧 130 mmHg, 左室拡張期圧 15 mmHg,

左右の短絡はなかった。冠動脈造影は異常なく、右室造影は行わなかった。

術前経胸壁心エコー図所見：左室長軸断層像 (Fig. 5) では、僧帽弁の明瞭な ballooning を認め、僧帽弁口の著しい狭窄所見を示していた。同時に記録した大動脈弁、僧帽弁、三尖弁の M モード心エコー図および各弁口部で記録したパルス・ドップラー・シグナルを Figs. 6~8 に示す。僧帽弁の M モード心エコー図では、僧帽弁前尖の後退速度の低下が認められるが、その振幅はほぼ正常に保たれている (Fig. 6A)。また、パルス・ドップラーでは、流速の早い僧帽弁流入血流が見られる (Fig. 6B)。大動脈弁口直下左室流出路のパルス・ドップラー検査では、全拡張期に異常シグナルが記録されており、大動脈弁逆流の存在を診断した (Fig. 7)。三尖弁の M モード心エコー図と右房内の SV でのドップラー・シグナルを Fig. 8 に示す。収縮期に右室から右房へ向うシグナルが記録され、右房自由壁まで達していた。

体外循環前の術中パルス・ドップラー検査所見 (Fig. 9)：Fig. 2 に示した 8 ヶ所の SV で記録したドップラー・シグナルを Fig. 9 に示す。三尖弁直

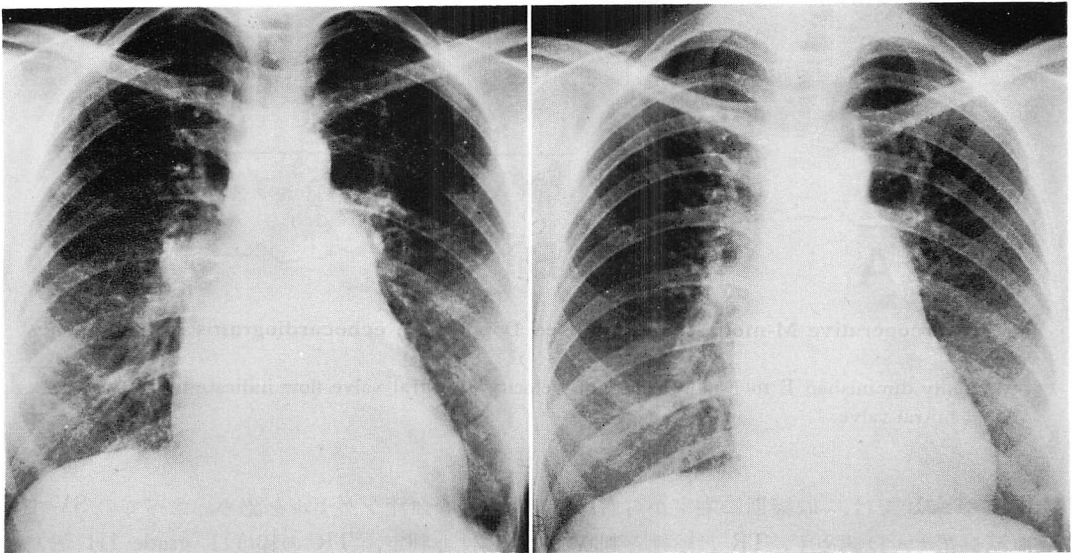


Fig. 4. Chest radiographs before (left) and after (right) surgery.

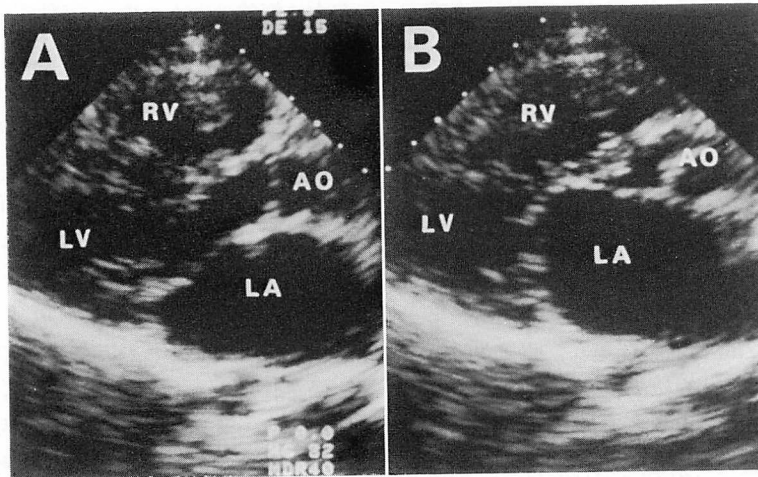


Fig. 5. Preoperative systolic (A) and diastolic (B) parasternal long-axis two-dimensional echocardiograms of the left ventricle.

A diastolic doming of the mitral valve diagnostic of mitral stenosis is shown.
AO=aorta. Other abbreviations are as in Fig. 2.

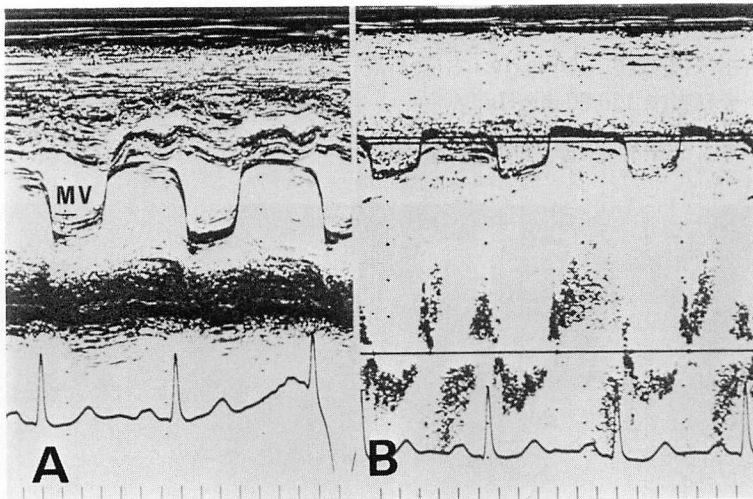


Fig. 6. Preoperative M-mode (A) and pulsed Doppler (B) echocardiograms of the mitral valve.

Markedly diminished E to F slope and high velocity of mitral valve flow indicate mitral stenosis.
MV=mitral valve.

下右室内の SV 1 では, 収縮期に右室から右房へ向う血流シグナルは認めず, TR は陰性と判断した. しかし, SV 2~8 では, 全収縮期にわたる

異常な血流シグナルを認め, すべての SV で TR 陽性と判定, TR の程度は grade III と診断した. また, 同時に大動脈弓部に探触子を置いて大

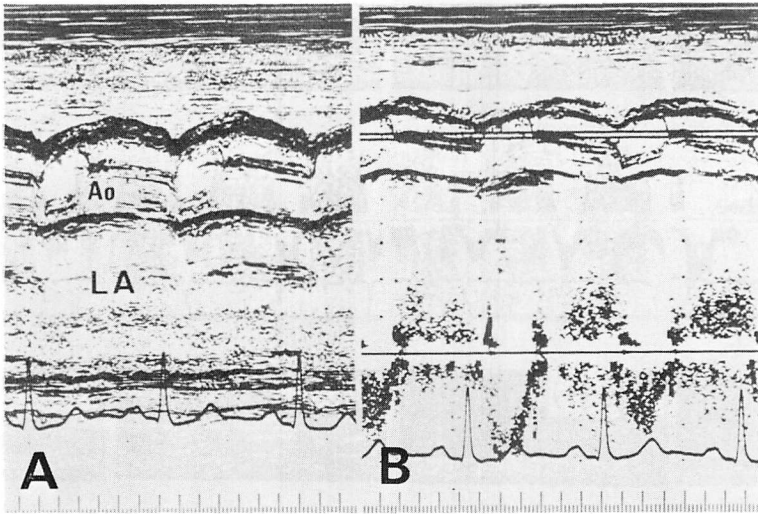


Fig. 7. Preoperative M-mode (A) and pulsed Doppler (B) echocardiograms of the aortic valve.

Abnormal Doppler signals during the entire diastolic phase indicate aortic regurgitation.
Ao=aorta, LA=left atrium.

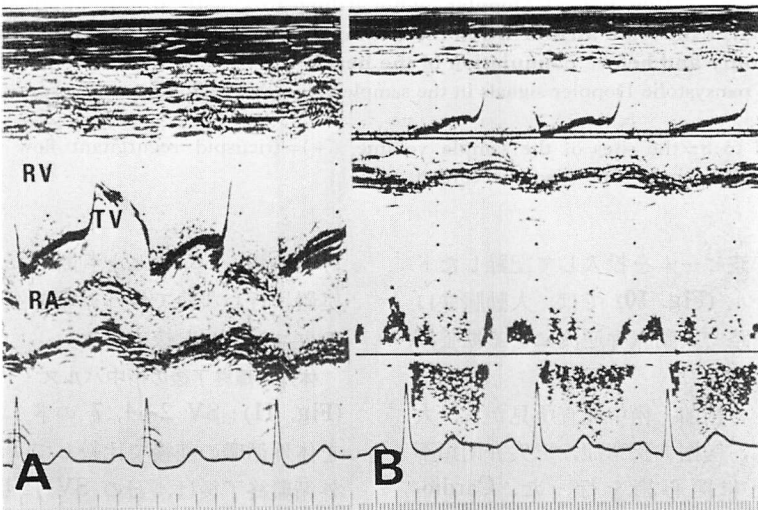


Fig. 8. Preoperative M-mode (A) and pulsed Doppler (B) echocardiograms of the tricuspid valve.

Abnormal pansystolic Doppler signals indicate tricuspid regurgitation.
RV=right ventricle, TV=tricuspid valve, RA=right atrium.

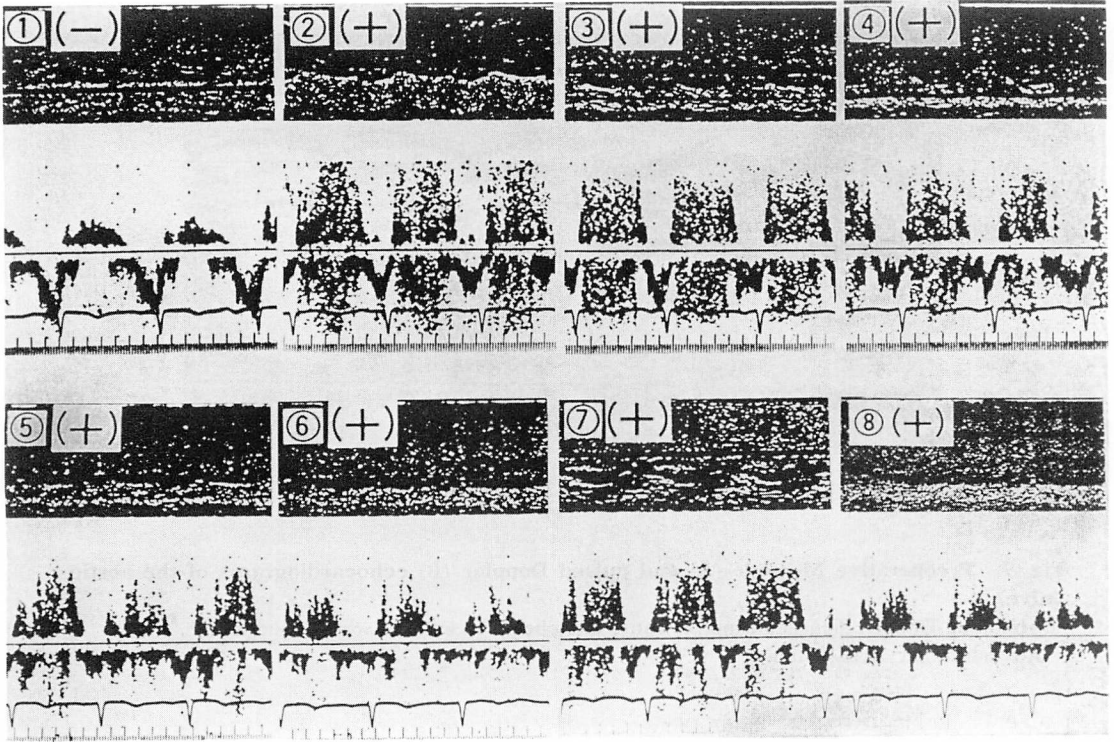


Fig. 9. Intraoperative pulsed Doppler echocardiograms with direct application of the transducer over the right atrium when the 8 sample volumes are situated as in Fig. 2 after pericardiotomy and before cannulation of the heart.

Abnormal pansystolic Doppler signals in the sample volumes 2 to 8 indicate severe tricuspid regurgitation.

Number 1 to 8=the sites of the sample volume, (+)=tricuspid regurgitant flow is recorded. (-)=tricuspid regurgitant flow is not recorded.

動脈弁方向に超音波ビームを投入して記録したドップラー・シグナル (Fig. 10) では、大動脈弁口部および左室流出路で大動脈弁逆流による拡張期の異常シグナルを認めた。

手術所見：以上の術前・術中検査所見から、大動脈弁閉鎖不全症、僧帽弁狭窄症、三尖弁閉鎖不全症の診断のもとに開心術を行った。Cardioplegia 心筋保護法のもとに、大動脈弁と僧帽弁を人工弁に置換し、三尖弁の逆流の有無を検査した。大動脈遮断下に、肺動脈を遮断し、右房側から三尖弁を通して右室に冷水を注入したところ、三尖弁の逆流はなく、三尖弁の ballooning も良

好であり、TR なしと判断した。三尖弁に対する処置は行わないで体外循環を停止し、体外循環用のカニューレを抜去した。

体外循環終了後の術中パルス・ドップラー検査所見 (Fig. 11)：SV 2~4, 7 のドップラー・シグナルを体外循環の前後で比較して Fig. 11 に示す。体外循環終了後は、どの SV にも TR シグナルは記録されていない。この所見から、TR はなくなったものと判断した。

術後検査所見：術後退院時の右室造影 (Fig. 12) では TR を認めず、術後6ヵ月目の胸部 X 線写真 (Fig. 4) は、心胸郭比 47% と心陰影の縮小を

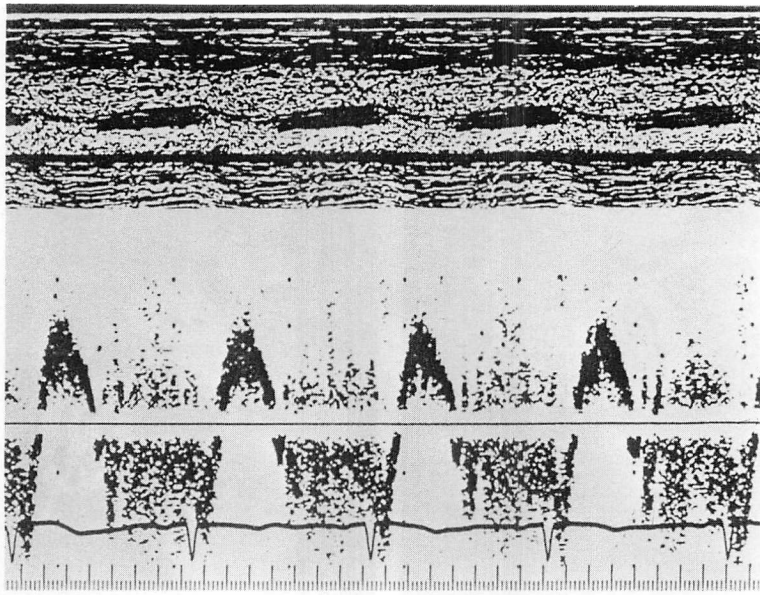


Fig. 10. An intraoperative pulsed Doppler echocardiogram with direct application of the transducer over the aortic arch and the sample volume in the left ventricular outflow tract before cardiopulmonary bypass.

High-velocity turbulent flow of aortic regurgitation is shown in diastole.

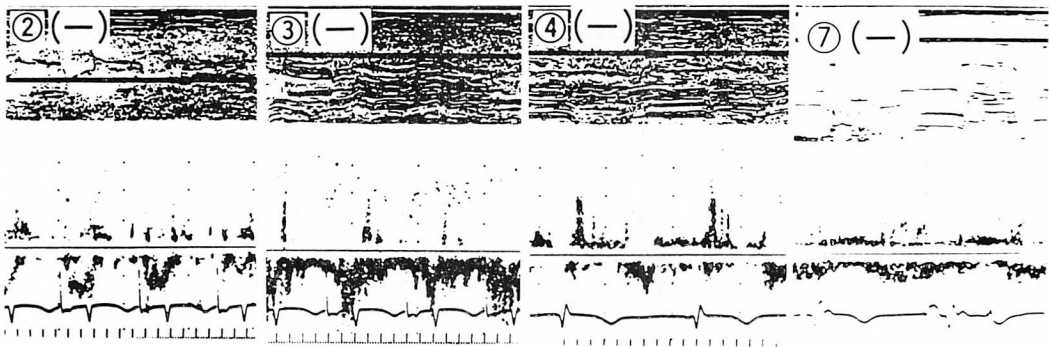


Fig. 11. Intraoperative pulsed Doppler echocardiogram recorded immediately after cardiopulmonary bypass the sample volumes in the positions 2, 3, 4 and 7.

A reversed flow suggestive of tricuspid regurgitation is not seen in systole.

認めた。患者は術後2年現在、元気に家事に従事している。

考 察

心エコー図法の 術中使用は、1972年 Johnson

らが僧帽弁の手術中に M モード法を行い¹³⁾、その後、開心中の心機能の評価^{14~19)}、開心術中心腔内にとりこまれた空気の観察^{18,19)}、解離性大動脈瘤の手術^{20~23)}、僧帽弁手術の術中評価^{13,24,25)}、コントラスト法による心筋灌流²⁶⁾、冠動脈形態の観

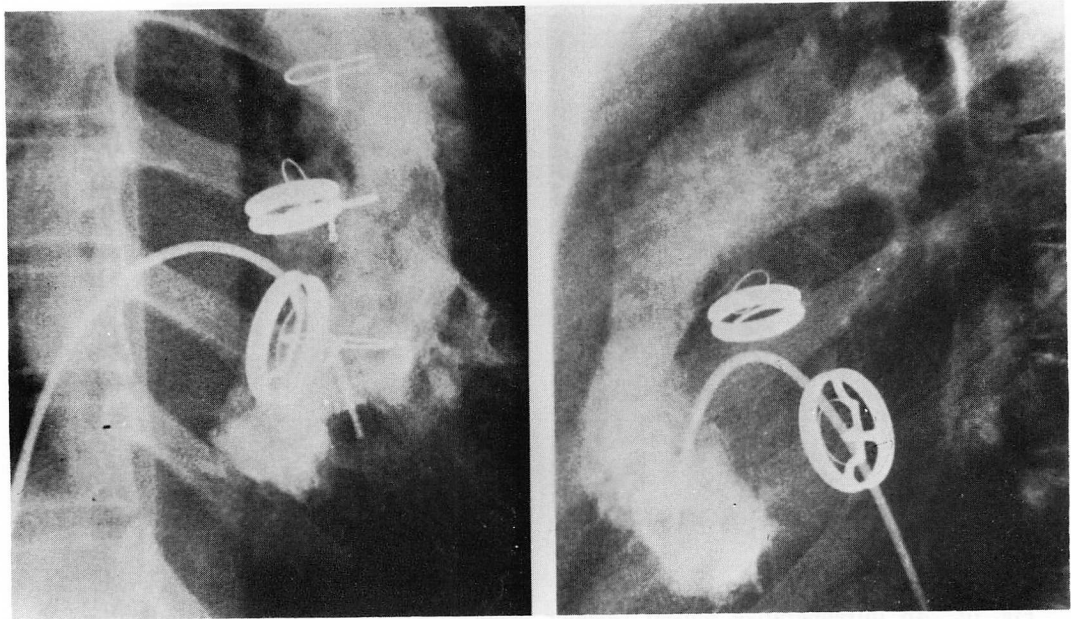


Fig. 12. Postoperative right ventriculograms showing no tricuspid regurgitation. Left: anteroposterior view, right: lateral view.

察²⁷⁾, 大動脈弁輪部膿瘍の診断²⁸⁾, 心臓周囲腫瘍に対する術中到達法の検討²⁹⁾, その他開心術症例^{30,31)}に応用されてきた. この論文では, PD法を術中に施行して TR の評価を行った経験を述べたが, 術中にドップラー法を用いた報告は少ない.

二次性 TR を合併する後天性僧帽弁疾患は重症例が多く, 適確な三尖弁に対する処置が必要とされる. 二次性 TR に対する外科治療の方法としては, 三尖弁弁輪形成術の行われることが多く, 形成術で不十分な場合には弁置換術が行われる. なかには三尖弁に手術操作を加えることなく, 左心系の弁の手術のみで TR が軽快する症例もあり, このような TR をどのように処置すべきかの判断は必ずしも容易ではない.

TR の術前評価法としては, 右室造影が行われてきたが, 右室造影はカテーテルが三尖弁口を通過しており, 造影剤の注入時やカテーテルの存在により不整脈がみられることがあり, 人為的な TR

の発生する頻度が高く, 正確な評価が難しい. また, TR を合併する症例は病期期間が長く重症なため, 右室造影の不可能な場合がある. 最近では右室造影にかわって, 超音波を用いる検査法, すなわち, 断層心エコー図法, コントラスト心エコー図法, パルス・ドップラー法などが非観血的に行われ, ドップラーを用いた TR の定量評価も試みられている^{10,12)}. しかし, 体外からの経胸壁心エコー図法は, 超音波ビームを三尖弁に垂直に投入することが難しいのみでなく, 胸骨・肋骨の存在, 肺気腫, 肥満などが, 心臓への超音波ビームの投入そのものを障害する“window problem”が伴う²⁹⁾. ドップラー法により, TR シグナルの三尖弁口からの到達距離, 右房内での TR シグナルの記録可能な範囲で TR の程度を評価する場合, 僧帽弁疾患では左房が拡大して心房中隔が右房側へ突出していることがあり, このような症例では右房内での TR シグナルの到達範囲を正確にとらえることが難しく, TR を過少評価する

おそれがある¹²⁾。その点、ここに述べた術中パルス・ドップラー法には、前述のような“window problem”のないこと、三尖弁口に垂直に超音波ビームの投入が可能なこと、また、右房へ突出する心房中隔によりドップラー・シグナルの記録を障害されることが少ないことなどの利点がある。

三尖弁に対して手術操作を加える必要があるかどうかの判断は、心臓カテーテル検査、右室造影、経胸壁心エコー図法などの術前診断を基礎として、術中体外循環のカニューレ挿入前に右房へ挿入した指による TR jet の触診、開心後肺動脈側あるいは右房側から右室に水を注入する三尖弁の逆流テストなどの術中所見をもとにして決定される。三尖弁弁輪形成術あるいは三尖弁に手術操作を加えなかった症例の TR 残存の有無・程度の評価は、後日心エコー図法あるいは右室造影が行われるまで不明であり、術直後に右房圧の上昇とともに心不全症状のみられた場合、TR の残存がその原因であるかどうかの判断に苦慮することがある。

ここに報告した症例は、術前検査で著しい TR ありと診断されており、体外循環開始前の術中 PD 法でも、右房内の三尖弁口から遠く離れた SV で、しかも広範囲に TR シグナルが記録されていた。しかし、術中三尖弁逆流テストの結果、逆流なしと判断されたので三尖弁に手術操作を加えることなく体外循環を停止した。その後、術中 PD 法を行い、右房内には三尖弁口から右房方向へ向う TR シグナルは全く認められず、TR は軽快したものとみなした。術後1ヵ月の右室造影の結果三尖弁逆流は見られず、この症例の術中 PD 法による TR の評価が誤っていなかったものと判断した。

僧帽弁疾患に合併する TR の程度の変化に関する、体外循環前後の術中所見を客観的に示した報告はない。ここに示した術中 PD 法を用いて TR の評価を行うことにより、TR に起因する術後早期の再手術を避けることができ、術後遠隔期の良好な三尖弁機能を期待することができるもの

と思われる。

結 語

術中 PD 法は、TR に対する手術効果の判定を術野で下し得る有用な検査方法と思われた。なお、術中 PD 法による不整脈発生等の障害は全く認められなかった。

要 約

当教室では 1985 年 6 月以来、後天性僧帽弁疾患手術症例に対して術中パルス・ドップラー (PD) 法を用いて、合併する器質的病変のない二次性三尖弁閉鎖不全 (TR) の評価を行い、三尖弁に対する手術操作の必要性の有無、手術効果の判定について検討を行ってきた。二次性 TR は僧帽弁の手術のみで改善する場合のあることが知られているが、TR の程度の変化に関する術中所見が客観的に示された報告はない。

本論文では、経胸壁 PD 法およびその他の術前検査で“著しい TR”を伴う大動脈弁閉鎖不全症・僧帽弁狭窄症と診断された症例が、大動脈弁置換術・僧帽弁置換術のみで手術を終了し、閉胸前に行った術中 PD 法で TR が消失したことを確認できたので、その術中所見を示した。心膜切開後右房表面に直接超音波探触子を置いて得られた断層心エコー図を基準として、三尖弁口へ垂直に超音波ビームを投入し、右房内 7 ヲ所、右室内 1 ヲ所の sample volume (SV) で PD シグナルを記録し、全収縮期におよぶ異常シグナルを TR シグナルとして、各 SV における TR の有無を判定した。

術前は右房内のすべての SV で TR シグナルが記録され、TR flow が三尖弁口から広範囲に及んでいるものと判断した。三尖弁に手術操作を加えなかったが、閉胸前の術中 PD 法では、各 SV で三尖弁口から右房方向への TR シグナルは全く認めず、TR は軽快したものと判断した。

術中 PD 法は、二次性 TR に対する手術効果の判定を術野で下し得る有用な検査方法であっ

た。なお, 術中 PD 法による不整脈の発生, その他の障害は認められなかった。

文 献

- 1) Duran CMG, Colman T, Figueroa A, Revuelta JM, Ubago JL: Is tricuspid valve repair necessary? *J Thorac Cardiovasc Surg* **80**: 849-869, 1980
- 2) Carpentier A: Cardiac valve surgery—the “French correction”. *J Thorac Cardiovasc Surg* **86**: 323-337, 1983
- 3) Rivera R, Duran E, Ajuria M: Carpentier’s flexible ring versus De Vega’s annuloplasty: A prospective randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* **89**: 196-203, 1985
- 4) Breyer RH, McClenathan JH, Michaelis LL, McIntosh CL, Morrow AG: Tricuspid regurgitation: A comparison of nonoperative management, tricuspid annuloplasty, and tricuspid valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* **72**: 867-874, 1976
- 5) Tei C, Shah PM, Ormison JA: Assessment of tricuspid regurgitation by directional analysis of right atrial systolic linear reflux echoes with contrast M-mode echocardiography. *Am Heart J* **103**: 1025-1030, 1982
- 6) Meltzer RS, Hoogenhuyze D, Serruys PW, Haalebos MMP, Hugenholtz PG, Roelandt JA: Diagnosis of tricuspid regurgitation by contrast echocardiography. *Circulation* **63**: 1093-1099, 1981
- 7) Waggoner AD, Quinone 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
- 8) Garcia-Darado D, Falzaf S, Almazán A, Delcán JL, López-Bescós L, Menarguez L: Diagnosis of functional tricuspid insufficiency by pulsed-wave Doppler ultrasound. *Circulation* **66**: 1315-1321, 1982
- 9) Sakai K, Nakamura K, Satomi G, Kondo M, Hirose K: Evaluation of tricuspid regurgitation by blood flow pattern in the hepatic vein using pulsed Doppler technique. *Am Heart J* **108**: 516-523, 1984
- 10) Takamoto S, Kyo S, Adachi H, Matsumura M, Yokote Y, Omoto R: Intraoperative color flow mapping by real-time two-dimensional Doppler echocardiography for evaluation of valvular and congenital heart disease and vascular disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* **90**: 802-812, 1985
- 11) Suzuki Y, Kambara H, Kadota K, Yamazato A, Nohara R, Kubo S, Karaguchi T: Detection and evaluation of tricuspid regurgitation using a real-time, two-dimensional, color coded, Doppler flow imaging system: Comparison with contrast two-dimensional echocardiography and right ventriculography. *Am J Cardiol* **57**: 811-815, 1986
- 12) 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
- 13) Johnson ML, Holmes JH, Spangler RD, Paton BC: Usefulness of echocardiography in patients undergoing mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* **64**: 922-934, 1972
- 14) Gaudiani VA, Shemin RJ, Syracuse DC, Henry WL, Conkle DM: Continuous epicardial echocardiographic assessment of postoperative left ventricular function. *J Thorac Cardiovasc Surg* **76**: 64-69, 1978
- 15) Spotnitz HM, Bregman D, Bowman FO Jr, Edie RN, Reemtsma K, King DL, Hoffman BF, Malm JR: Effects of open heart surgery on end-diastolic pressure-diameter relations of the human left ventricle. *Circulation* **59**: 662-671, 1979
- 16) Dubroff JM, Clark MB, Wong CYH, Spotnitz AJ, Collins RC, Spotnitz HM: Left ventricular ejection fraction during cardiac surgery: A two-dimensional echocardiographic study. *Circulation* **68**: 95-103, 1983
- 17) Ren J, Panidis IP, Kolter MN, Mintz GS, Goel I, Ross J: Effect of coronary bypass surgery and valve replacement on left ventricular function: Assessment by intraoperative two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* **109**: 281-289, 1985
- 18) Duff HJ, Buda AJ, Kramer R, Strass HD, David TE, Berman ND: Detection of entrapped intracardiac air with intraoperative echocardiography. *Am J Cardiol* **46**: 255-260, 1980
- 19) Rodigas PC, Meyer FJ, Haasler GB, Dubroff JM, Spotnitz HM: Intraoperative 2-dimensional echocardiography: Ejection of microbubbles from the left ventricle after cardiac surgery. *Am J Cardiol* **50**: 1130-1132, 1982
- 20) 田中 稔, 弥政洋太郎, 阿部稔雄, 長嶋孝昌, 末永義人, 伊佐治文朗: 解離性大動脈瘤 (DeBakey I 型) に対する術中エコー図法の応用. 日超医講演論文集 **43**: 169-170, 1983

- 21) 高本真一, 許 俊鋭, 横手祐二, 尾本良三: ドップラ断層による解離性大動脈瘤の術中血流映像化. 日超医講演論文集 **45**: 427-428, 1984
- 22) 小藤田敬介, 福島 鼎, 羽田圓城, 木村壮介, 大原務, 原田三紀夫, 武 彰, 堀見博之, 上沢 修, 長谷川嗣夫: 解離性大動脈瘤に対する術中超音波検査. 胸部外科 **38**: 860-865, 1985
- 23) 田中 稔, 村瀬允也, 阿部稔雄, 高階康子, 飯田邦彦, 日比範夫, 神戸 忠: 断層心エコー図, パルスドプラ法, ドプラ断層法による解離性大動脈瘤の術中診断. 日超医講演論文集 **51**: 913-914, 1987
- 24) Goldman ME, Mindich BP, Teicholz LE, Burgess N, Staville K, Fuster V: Intraoperative contrast echocardiography to evaluate mitral valve operations. *J Am Coll Cardiol* **4**: 1035-1040, 1984
- 25) Mindich BP, Goldman ME, Fuster V, Burgess N, Litwak R: Improved intraoperative evaluation of mitral valve operations utilizing two-dimensional contrast echocardiography. *J Thorac Cardiovasc Surg* **90**: 112-118, 1985
- 26) Goldman ME, Mindich BP: Intraoperative cardioplegic contrast echocardiography for assessing myocardial perfusion during open heart surgery. *J Am Coll Cardiol* **4**: 1029-1034, 1984
- 27) Sahn DJ, Barratt-Boys BG, Graham K, Kerr A, Roche A, Hill D, Brandt PWT, Copeland JG, Mammanna R, Temkin LP, Glemm W: Ultrasonic imaging of the coronary arteries in open-chest humans: Evaluation of coronary atherosclerotic lesions during cardiac surgery. *Circulation* **66**: 1034-1044, 1982
- 28) Van Herwerden LA, Gussenhoven EJ, Roelandt JRTC, Haalebos MMP, Mochtar B, Ligtvoet KM, Bos E: Intraoperative two-dimensional echocardiography in complicated infective endocarditis of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg* **93**: 587-591, 1987
- 29) 田中 稔, 阿部稔雄, 村瀬允也, 野垣英逸, 竹内英二, 末永義人, 伊佐治文朗, 佐藤浩生, 弥政洋太郎: 心臓外腫瘍の 1 摘出症例. CT 及び術中心エコー図法の有用性について. 日胸外会誌 **31**: 546-551, 1983
- 30) Spotnitz HM: Two-dimensional ultrasound and cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* **83**: 43-51, 1982
- 31) Van Herwerden LA, Gussenhoven WJ, Roelandt J, Bos E, Ligtvoet CM, Haalebos MM, Mochtar B, Leicher F, Witsenburg M: Intraoperative epicardial two-dimensional echocardiography. *Eur Heart J* **7**: 386-395, 1986