

超音波パルスドプラー法による Ebstein 奇形の検討

A study of Ebstein's anomaly by pulsed Doppler echocardiography

一宮 恵
渡口真佐夫
横井 清
伊藤 健一
南木 道夫
松原 達昭
柳沢 潔
日比 範夫
福井 洋一
西村 欣也
神戸 忠

Satoshi ICHIMIYA
Masao TOGUCHI
Kiyoshi YOKOI
Kenichi ITOH
Michio NANKI
Tatsuaki MATSUBARA
Kiyoshi YANAGISAWA
Norio HIBI
Yoichi FUKUI
Kinya NISHIMURA
Tadashi KAMBE

Summary

Pulsed Doppler echocardiography (PDE) was performed in 10 patients with Ebstein's anomaly, isolated or associated with other cardiac diseases, using a ATL-500A pulsed Doppler system. For control, 10 patients of tricuspid regurgitation associated with mitral stenosis were similarly examined. Prior to PDE study, cross-sectional echocardiography was carried out to decide the direction of beam and the transducer position where the Doppler tracing was well recorded in the functional right ventricle (FRV), proximal and distal right ventricles (ATRV).

1) Distal ATRV: In all patients with Ebstein's anomaly, tricuspid regurgitant flow was recognized by PDE. In this lesion with severe tricuspid regurgitation, there was a relative coherent dot pattern of negative deflection, and the cases with moderate tricuspid regurgitation represented a widely dispersed dot pattern during systole. In the cases with severe right ventricular pressure rise delay, PDE showed a diphasic regurgitant flow pattern. The interval from the onset of QRS to that of regurgitant flow was measured. The interval corrected for heart rate ranged from 0.10 to 0.35 with an average of 0.19 ± 0.08 . Similarly, it was measured in the subjects of tricuspid regurgitation associated with mitral stenosis, ranging from 0.07 to 0.11. The interval was prolonged in Ebstein's anomaly compared with that in secondary tricuspid regurgitation.

2) Proximal ATRV: Tricuspid regurgitant flow was detected in 6 out of the 10 cases with Ebstein's anomaly. The disturbed flow was less apparent in the proximal ATRV than in the distal ATRV.

3) FRV: In 7 subjects with the anomaly, a right ventricular inflow pattern was recorded by

名古屋大学医学部 第三内科
名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

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

Presented at the 19th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 20-21, 1979
Received for publication January 11, 1980

PDE. However, no widely dispersed dot pattern was recorded.

PDE was useful to examine the various flow patterns in Ebstein's anomaly and to assess the severity of tricuspid regurgitation.

Key words

Ebstein's anomaly Tricuspid regurgitation Pulsed Doppler echocardiography

はじめに

Ebstein 奇形は 1866 年ドイツの病理学者 Ebstein の報告¹⁾以来, その臨床像の多様性²⁻⁵⁾から多くの興味もたれている. 本症の特徴は三尖弁中隔尖, 後尖の右心室側への偏位, 心房化右室, 巨大三尖弁前尖⁶⁻⁸⁾ 等であるが, その程度により種々の血行動態を呈する. 本症の血行動態の検討は右室造影, 右房造影により行われている^{5,9)}. 近年超音波パルスドプラー法の進歩により, 心臓および大血管の任意の場所の血流パターンが非侵襲的に得られるようになった^{10,11)}. 今回の研究目的は Ebstein 奇形の血流パターンを超音波パルスドプラー法により解析することであり, とくに二次性三尖弁閉鎖不全症と対比検討することにある.

対象および方法

対象は心臓カテーテル法, 心臓血管造影法が施行された単独ないし合併症を有する Ebstein 奇形 10 例であり, 年齢は 3 歳より 34 歳で, 男 3 名, 女 7 名である (Table 1). Ebstein 奇形の診断は右房造影あるいは右室造影による三尖弁の右室側への偏位によりなされた. また 2 例は三尖弁置換術が施行された. 臨床症状としては 2 例においてチアノーゼが認められたが, 他の 8 例には認められなかった. 対照として僧帽弁狭窄症に伴う二次性三尖弁閉鎖不全症 10 例についても検討した.

装置は東芝製超音波断層装置 SSH-11A および ATL 製超音波パルスドプラー装置 500A を用いた. 後者は M モード心エコー図とドプラー信号が同時に記録される. パルスドプラー装置は搬走周波数 3 MHz, パルス繰り返し数は 5.5 KHz である. サンプルング部位は 0.5~12 cm までの間で可変

Table 1. Case materials

| Patients | Sex | Age | Diagnosis | |
|----------|------|-----|-----------|---------------------|
| 1 | F.A. | M | 7 | Ebstein + PFO |
| 2 | H.S. | M | 35 | Ebstein |
| 3 | A.O. | F | 21 | Ebstein + PFO |
| 4 | T.I. | M | 29 | Ebstein |
| 5 | R.W. | F | 43 | Ebstein |
| 6 | M.Y. | F | 19 | Ebstein + ASD |
| 7 | M.T. | F | 7 | Ebstein + ASD |
| 8 | K.N. | F | 4 | Ebstein |
| 9 | S.Y. | F | 30 | Ebstein + ASD + VSD |
| 10 | Y.N. | F | 3 | Ebstein + PFO |

M=male; F=female; PFO=patent foramen ovale; ASD=atrial septal defect; VSD=ventricular septal defect.

である. サンプルボリュームの大きさは 2×4 mm² である. サンプルングの部位は M モード心エコー図上に表示される. ドプラー信号は零交叉法により, 表示は TIH (time interval histogram) によりなされる. 記録は Honeywell 製 strip chart recorder を用い, 紙送り速度は毎秒 10 cm であった.

超音波断層法により前胸壁より超音波ビームを投入して, 右房, 三尖弁前尖, 心房化右室 (以下 ATRV), 機能的右室の明瞭に観察できる部位を決め, その部位より超音波パルスドプラービームを投入して, Distal ATRV, Proximal ATRV, 機能的右室における血流パターンが得られた. 三尖弁口部の正常血流は Fig. 1 のごとく, M モード心エコー図の三尖弁 E 点, A 点に一致した二峰性の右室への流入血流が認められるが, 収縮期にはほぼ零レベルである. 下段に示された基線より上方がトランスデューサーに向う血流, 下段が

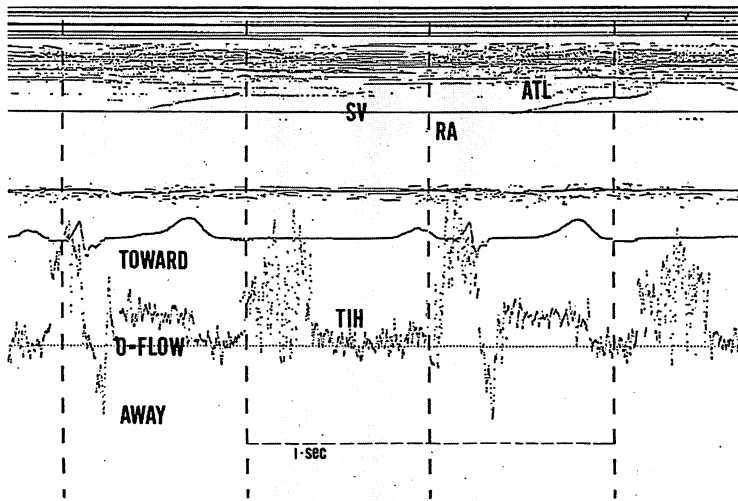


Fig. 1. Normal flow pattern in the right atrial outflow.

At the top this tracing is a compressed M-mode recording showing position of sample volume with respect to identifiable structures. Time interval histogram indicates the flow pattern, and the dot above the base line shows a blood flow toward the transducer, below the line away from the transducer. A diphasic filling flow is recorded, and after atrial contraction, a negative deflection is recorded. This is thought to be a physiological regurgitant flow due to isovolumetric contraction of the right ventricle.

SV=sample volume; ATL=anterior tricuspid leaflet; RA=right atrium; TIH=time interval histogram.

遠ざかる方向の血流を表示している。

結 果

1. 僧帽弁狭窄症に伴う二次性三尖弁閉鎖不全症について

三尖弁閉鎖不全症の超音波パルスドプラー (PDE) 所見としては、三尖弁口部において収縮期に幅の広いドプラーシグナルが認められ、その異常シグナルの開始は M モード心エコー図の三尖弁閉鎖点とほぼ一致する。Fig. 2 は 45 歳女性の二次性三尖弁閉鎖不全症の PDE 所見を示す。

2. Ebstein 奇形について

1) Distal ATRV における血流パターン

Fig. 3 は症例 8 の 4 歳女性の超音波心臓断層図であるが、下段のトレース像のⓐに示す方向にて、PDE による血流のサンプリングを行った。Fig. 4 はその PDE 所見を示すが、上段の M モード心

エコー図の三尖弁閉鎖点とほぼ一致して始まる、収縮期の幅の広い乱流所見が認められた。拡張期にはトランスデュサーに向う比較的幅の狭い血流パターンであった。

Fig. 5 は症例 2 の 35 歳男性の distal ATRV における血流パターンを示すが、収縮早期は比較的幅の狭い逆流所見であるが、その後は幅の広い乱流所見を呈していた。拡張期には比較的幅の狭い機能右室への流入パターンを呈した。

Fig. 6 は症例 1 の 7 歳男性 Ebstein 奇形兼卵円孔開存症の distal ATRV における PDE 所見であるが、収縮期と拡張期ともに幅の狭い血流パターンを呈するが、収縮期には拡張期と逆の方向に向い収縮期の機能的右室よりの逆流所見であった。このような幅の狭い逆流パターンを呈するのは重症の三尖弁逆流所見と考えられた。

Fig. 7 は症例 3 の 21 歳女性 Ebstein 奇形兼卵

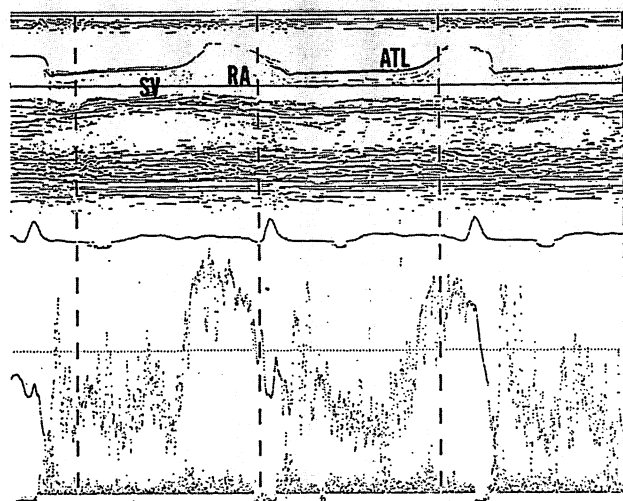


Fig. 2. PDE finding of tricuspid regurgitation from a 45-year-old female with mitral stenosis and tricuspid regurgitation.

The spectral flow tracing shows a widely scattered dot pattern during systole due to a disturbed flow of tricuspid incompetence. The abbreviations are the same as in Fig. 1.

円孔開存症の distal ATRV における血流パターンであるが、収縮期には二峰性の逆流所見を呈した。収縮早期の逆流は機能的右室の圧上昇を伴わない逆流であった。収縮後期には M モード心エコー図の三尖弁閉鎖点とほぼ一致して、三尖弁逆流が認められた。心電図は右脚ブロックパターンを呈しており、QRS 間隔は 0.18 秒であった。右心カテーテル時に機能的右室の収縮期圧上昇が心電図 QRS 波より、最も遅れていた症例であった。本症例が 10 例の Ebstein 奇形の中で、最も逆流所見の出現が遅れた症例であった。

Distal ATRV における PDE 所見では、10 例の Ebstein 奇形全例に三尖弁逆流所見が認められた。その逆流パターンは Fig. 4 に示すような収縮期の幅の広い乱流パターンや、Fig. 6 に示すような幅の狭い逆流パターンであったが、幅の狭い逆流パターンは強度の三尖弁閉鎖不全を呈する症例に認められた。心電図 QRS 波の開始より逆流所見の始まりまでの時間は Table 2 に示すごとく、心拍数で補正した値は 0.10 より 0.35 であり、

平均 0.19 ± 0.08 であった。対照として検討した僧帽弁狭窄症に伴う三尖弁閉鎖不全症例 10 例では 0.07 より 0.11 であり、Ebstein 奇形における三尖弁逆流所見のほうが遅れて出現した。なお、Ebstein 奇形の中で、最も早期に三尖弁逆流所見が認められた症例は WPW 症候群 (B 型) を合併した症例であった。

2) Proximal ATRV における血流パターン

Fig. 3 の下段トレース像の◎に示す方向にて PDE 検査を行った。Fig. 8 は同症例の PDE 所見であるが、収縮期に幅の広い逆流所見が認められた。

Fig. 9 は症例 2 の Proximal ATRV における PDE 所見を示すが、同症例の distal ATRV における所見 (Fig. 5) ほど明らかな逆流所見を認めなかった。Table 2 に示すごとく、10 例の Ebstein 奇形の内、6 例に Proximal ATRV においても三尖弁逆流所見を認めたが、4 例においては明らかでなかった。Proximal ATRV は範囲が広く、逆流血流部位をサンプリングできなかった可能性も

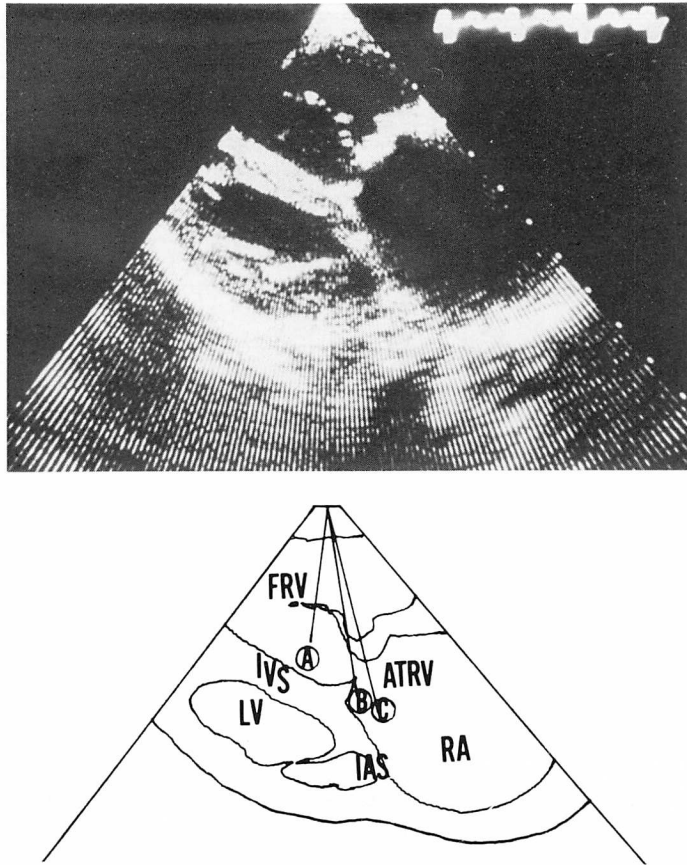


Fig. 3. Location of sampling sites.

Upper panel: Cross-sectional echocardiogram obtained from a 4-year-old female with Ebstein's anomaly.

Lower panel: Schematic illustration of the upper panel. The A, B and C show the sampling sites of PDE as follows; A is located in the FRV, B in the distal ATRV, and C in the proximal ATRV, respectively.

FRV=functional right ventricle; ATRV=atrialized right ventricle; RA=right atrium; LV=left ventricle; IVS=interventricular septum; IAS=interatrial septum.

あるが、その程度は distal ATRV のほうが明らかな三尖弁逆流所見がえられた。

3) 機能的右室における血流パターン

Fig. 3 の下段のトレース像の **A** に示す方向にて PDE 検査を行った。**Fig. 10** は同症例の PDE 所見である。収縮期には幅の狭い零レベルに近い所見であるが、拡張期には比較的幅の狭い流入血流パターンを呈した。Ebstein 奇形 10 例中 7 例に

機能的右室における流入血流パターンが記録できたが、著明な異常流入血流パターンは認めなかった。右心カテーテル時に拡張期圧格差が軽度に認められた症例が 1 例あったが、その症例においても明らかな異常流入血流パターンは認めなかった。

4) 右室流出路における血流パターン

右室流出路血流パターンを得るために、M モード心エコー図に肺動脈弁が記録できる部位にて、

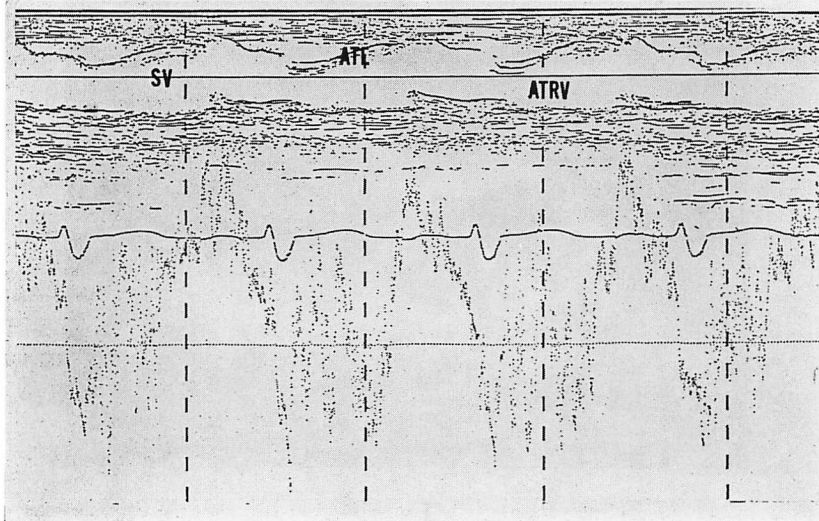


Fig. 4. PDE tracing from the same patient as in Fig. 3.

The sample volume is located in the distal ATRV as B in Fig. 3. A widely dispersed dot pattern is recorded in systole, showing a tricuspid regurgitant flow.

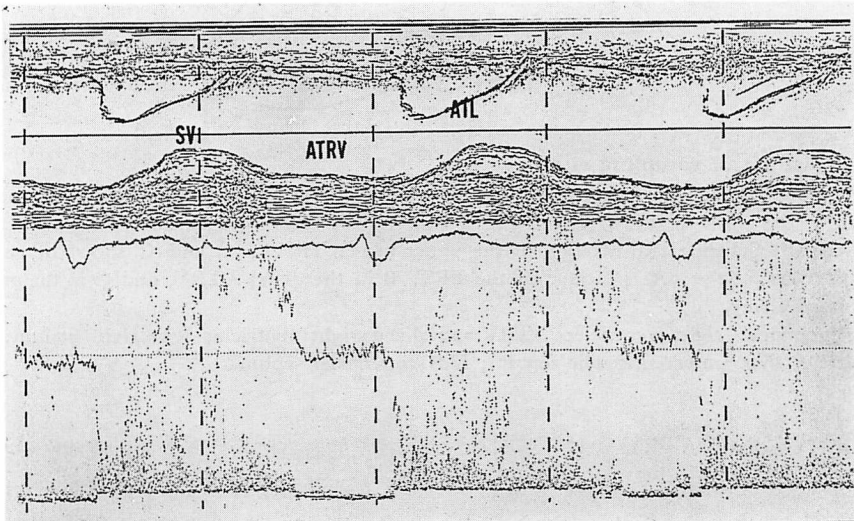


Fig. 5. PDE finding in the distal ATRV from a 35-year-old male with Ebstein's anomaly.

A relatively smooth negative flow is recorded in early systole, whereas the dot is dispersed in mid to end-systole.

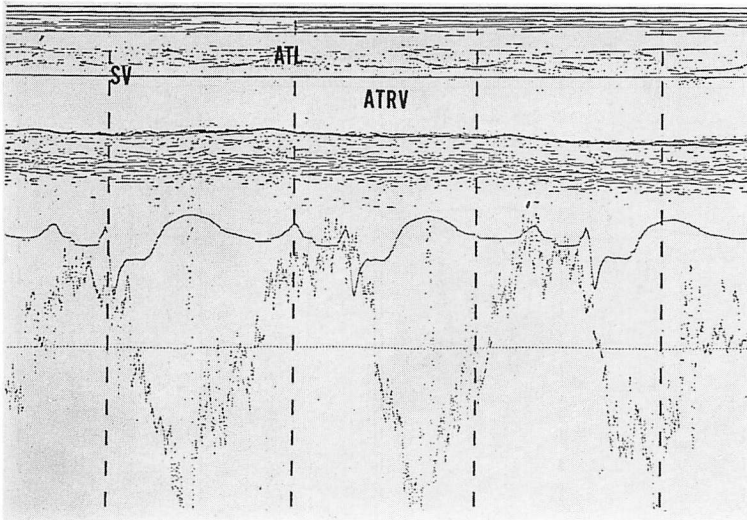


Fig. 6. PDE in the distal ATRV obtained from a 7-year-old male with Ebstein's anomaly and patent foramen ovale.

The coherent dot pattern during systole directing away from the transducer is thought to represent severe tricuspid regurgitation.

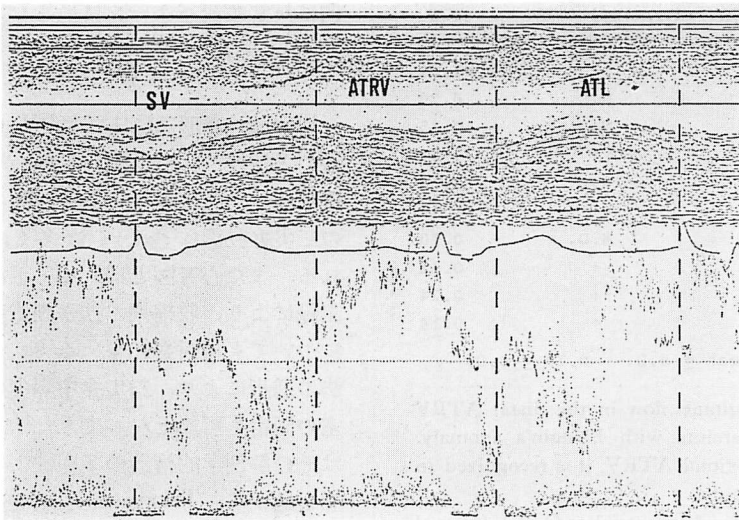


Fig. 7. PDE record in the distal ATRV from a 21-year-old female with Ebstein's anomaly and patent foramen ovale.

This shows a diphasic regurgitant flow pattern; the negative deflection in early systole shows a coherent dot pattern. On catheterization, the right ventricular pressure pulse showed a remarkably slow rise to peak pressure.

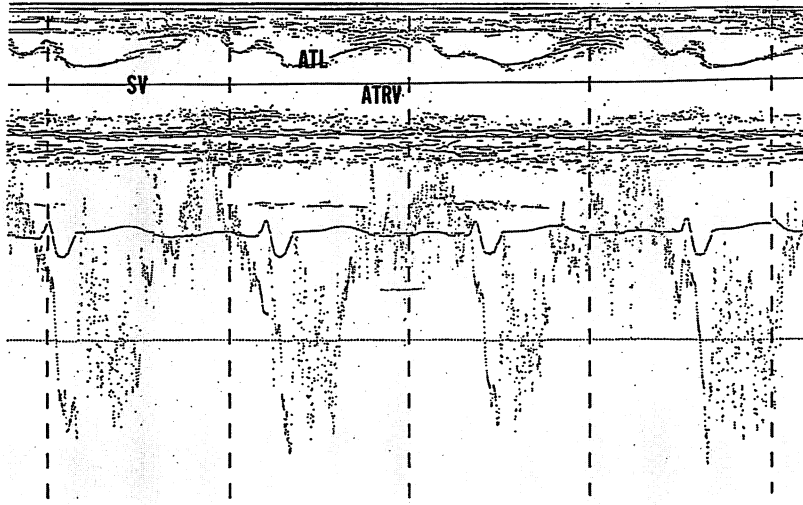


Fig. 8. PDE tracing in the proximal ATRV obtained from the patient as in Fig. 4.

A dispersed dot pattern is recorded during systole and is thought to represent a tricuspid regurgitant flow.

Table 2. PDE finding of Ebstein's anomaly

| Case | Sampling Sites | | Q-R VR-R |
|-------------|----------------|---------------|-------------|
| | Distal ATRV | Proximal ATRV | |
| 1 F.A. | + | + | 0.29 |
| 2 H.S. | + | N.D. | 0.20 |
| 3 A.O. | + | N.D. | 0.35 |
| 4 T.I. | + | + | 0.21 |
| 5 R.W. | + | N.D. | 0.14 |
| 6 N.Y. | + | + | 0.19 |
| 7 M.T. | + | N.D. | 0.10 |
| 8 K.N. | + | + | 0.12 |
| 9 S.Y. | + | + | 0.24 |
| 10 Y.N. | + | + | 0.14 |
| Mean ± S.D. | | 0.19 ± 0.08 | |

A tricuspid regurgitant flow in the distal ATRV is detected in 10 patients with Ebstein's anomaly. However, in the proximal ATRV, it is recognized in 6 out of all the patients.

ATRV = atrialized right ventricle; Q-R = interval from the onset of QRS to that of a regurgitant flow; R-R = R-R interval of the electrocardiogram in PDE tracing.

肺動脈弁より少し胸壁よりにてサンプリングを行ったが, 3例しか肺動脈弁が記録できず, その3例は異常血流パターンは呈さなかった.

考 案

Ebstein 奇形は臨床所見²⁻⁵⁾および解剖学的構造の多様性⁶⁻⁸⁾より多くの興味を持たれてきた. 近年エコー法の進歩により, Mモード心エコー図の三尖弁動態については多くの報告¹²⁻¹⁶⁾が見られる. また心音図とMモード心エコー図の同時記録により, 収縮期, 拡張期雑音, "sail sound"についても検討されている¹⁷⁾. さらに超音波断層法の進歩により, 三尖弁中隔尖の偏位, 心房化右室の同定も可能となってきた¹⁸⁻²¹⁾. Ebstein 奇形はその解剖学的構造の多様性より, 種々の血行動態を呈する. Takayasuら⁵⁾は心血管造影上, 三尖弁狭窄優位型, 三尖弁閉鎖不全優位型, 軽症型に分類している.

近年超音波パルスドプラー法の進歩により, Mモード心エコー図との同時記録が可能となり, より明確に心臓および大血管内の任意の場所におけ

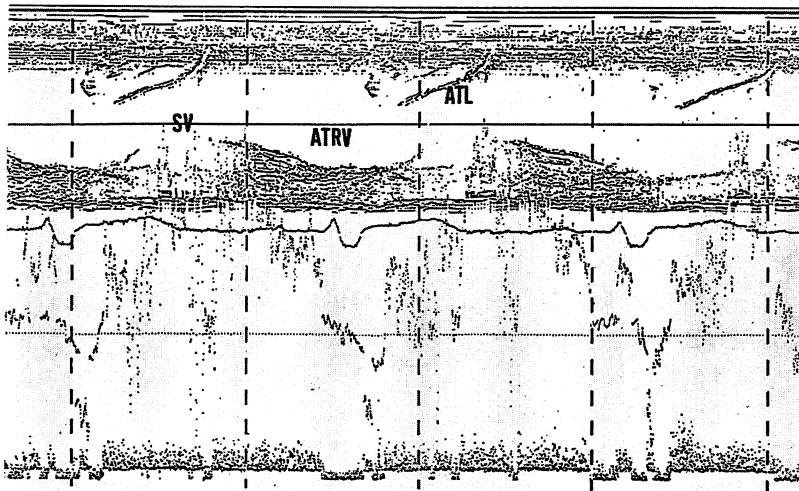


Fig. 9. PDE finding in the proximal ATRV from the same patient as in Fig. 5.
 In the proximal ATRV, a tricuspid regurgitant flow is obscure, compared with in the distal ATRV (Fig. 5).

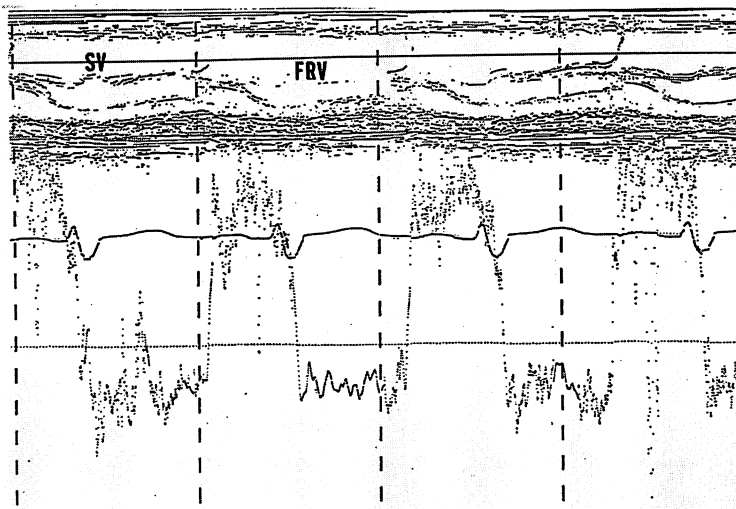


Fig. 10. PDE record in the FRV obtained from the same patient as in Figs. 4 and 8.
 This represents a relatively smooth flow from the ATRV to the FRV.
 FRV=functional right ventricle.

る血流パターンが得られるようになり、非侵襲的に種々の心疾患の血行動態が解明されるようになってきた²²⁻³⁰⁾。

我々は心臓断層法により、右房、右房化右室、三尖弁前尖、機能的右室が明瞭に観察できる部位を前胸壁に決定したが、Ebstein 奇形の場合は右

心系の拡大の程度, 三尖弁中隔尖の偏位の程度により超音波ビームの挿入部位, およびその方向が種々であるために, PDE 施行前の心臓断層法による観察は有用であった。

心房化右室内の近位部と遠位部にて PDE による血流パターンの検討を行った。Distal ATRV においては全例に三尖弁逆流所見が得られたが, その所見は収縮期の幅の広い乱流パターン, および幅の狭い逆流パターンを認めしたが, 強度の三尖弁閉鎖不全症には比較的幅の狭い逆流パターンが多く認められた。これは三尖弁閉鎖不全優位型では, 三尖弁の面積が極度に不足し強い閉鎖不全を生じ, 血液が機能的右室と右房間を往復するため, 乱流とはなりにくいと考えられる。三尖弁逆流所見の開始は全例ほぼ同時記録した M モード心エコー図の三尖弁閉鎖点に一致して著明であったが, 心房収縮による機能的右室への流入後に比較的幅の狭い逆流所見が認められ, 正常例に見られる等容収縮期の生理的逆流所見に近い症例や, その持続の長い症例があった。

とくに Fig. 6 に示した症例は二峰性の逆流所見が認められ, 本症例は右心カテテル時に右室圧の上昇が最も遅れていた。この心房収縮後の逆流所見は心房収縮に伴い, 大量の血液が機能的右室に流入するために, また機能右室のコンプライアンスの低下により, 心室収縮による機能的右室圧上昇以前に三尖弁逆流が生ずると考えられた。

Table 2 に示されたごとく, Ebstein 奇形の三尖弁逆流は僧帽弁狭窄症に伴う二次性三尖弁閉鎖不全よりも逆流の開始が遅れて出現した。これは Ebstein 奇形では三尖弁閉鎖が僧帽弁閉鎖より遅れるという報告とも一致した¹²⁻¹⁷⁾。三尖弁閉鎖の遅れは右脚ブロック¹⁷⁾, または巨大な三尖弁前尖の機械的な要因^{12,16)}が考えられる。Tajik ら¹⁶⁾は WPW pre-excitation syndrome, Type B の合併した症例においても三尖弁閉鎖の遅れ, および右室圧の異常を報告している。我々の症例の中にも WPW 症候群 Type B を合併した 1 例があったが, 本症例(症例 7)は最も早期に三尖弁逆流が出

現した。

Proximal ATRV においては 6 例に三尖弁逆流所見が認められたが, その程度は distal ATRV におけるほうが著明であった。これは proximal ATRV が三尖弁口部より遠位にあり, その逆流所見が軽度となるが, また proximal ATRV は範囲が広く, 逆流血流部位をサンプリングできなかったことも考えられる。さらに心房化右室の収縮が, 三尖弁逆流所見を修飾していることも考えられる。以上より逆流の検出できる範囲により, その三尖弁逆流の程度を評価することは困難であった。

機能的右室の流入血流パターンは 7 例にて得られたが, 明らかな幅の広い異常血流パターンは認められなかった。我々の症例は三尖弁閉鎖不全優位型, 軽症型が多く, 右心カテテル検査時に拡張期圧較差が 2 mmHg 認められた症例が 1 例のみであったためと考えられた。

三尖弁逆流により拡張期に機能的右室への流入量も増加するが, 拡張期に明らかな三尖弁開放制限を認める症例がなかったために, 機能的右室での拡張期異常血流パターンを呈さなかったものと思われる。三尖弁狭窄の右室流入路の PDE 所見は軽症例の判定が, 困難な場合が多いと考えられる。機能的右室の流入血流パターンは, 三尖弁狭窄症優位型の症例も検討した上で評価することが望ましい。

右室流出路の血流パターンは 3 例のみに記録できたが, 明らかな異常所見は認めなかった。Ebstein 奇形は心拍出量の低下している症例が多いので, 収縮期異常所見が出現しにくいと考えられる。

要 約

超音波パルスドプラー法 (PDE) を, 単独ないし合併症を有する Ebstein 奇形 10 例を対照とし, 僧帽弁狭窄症に伴う三尖弁閉鎖不全 10 例に施行した。装置は ATL 製 500A を用いた。PDE 施行前に超音波心臓断層法により, 心房化右室

(ATRV), 機能的右室 (FRV) の明瞭に記録できる部位を決めその部位より, PDE を施行した。

(1) Distal ATRV: PDE により 10 例の Ebstein 奇形全例に三尖弁逆流所見が認められた。強度三尖弁逆流症例では比較的幅の狭いスペクトラムを呈しているが, 中等度の三尖弁逆流症例においては幅の広い乱流所見が認められた。右室収縮期圧上昇の遅い症例では二相性の逆流所見が認められた。心電図 QRS 波の開始より三尖弁逆流所見の開始までの時間を計測したが, Ebstein 奇形では心拍補正した値は 0.10~0.35 であり平均は 0.19 ± 0.08 であった。僧帽弁狭窄症に伴う三尖弁閉鎖不全症例では 0.07 から 0.11 であった。Ebstein 奇形においては三尖弁逆流所見の開始が遅れて出現した。

(2) Proximal ATRV: 三尖弁逆流所見は 10 例中 6 例に記録できた。乱流所見は distal ATRV におけるほどには著明ではなかった。

(3) FRV: 7 例に右室流入血液パターンが記録できたが, 明らかな幅の広い乱流パターンは呈さなかった。

PDE は Ebstein 奇形の血流パターンの検索に有用であり, また三尖弁逆流の価値に有用であった。

文 献

- 1) Ebstein W: Über einen sehr seltenen Fall von Insufficienz der Valvula tricuspidalis, bedingt eine angeborene hoch gradige Missbildung derselben. Arch Anat Physiol **33**: 238, 1866
- 2) Vacca JB, Bussmann DW, Mudd JG: Ebstein's anomaly. Complete review of 108 cases. Amer J Cardiol **2**: 210, 1958
- 3) Genton E, Blount SG: The spectrum of Ebstein's anomaly. Amer Heart J **73**: 395, 1967
- 4) Hansen JF, Leth A, Dorph S, Wennevold A: The prognosis in Ebstein's disease of the heart. Acta Med Scand **201**: 331, 1977
- 5) Takayasu S, Obunai Y, Konno S: Clinical classification of Ebstein's anomaly. Amer Heart J **95**: 154, 1978
- 6) Lev M, Liverthson RR, Joseph RH, Seton CE, Kunske RD, Eckner FAO, Miller RA: The pathologic anatomy of Ebstein's disease. Arch Pathol **90**: 334, 1970
- 7) Anderson KR, Lie JT: Pathologic anatomy of Ebstein's anomaly of the heart revisited. Amer J Cardiol **41**: 739, 1978
- 8) Zuberbuhler JR, Allwork SP, Anderson RH: The spectrum of Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. J Thorac Cardiovasc Surg **77**: 202, 1979
- 9) Deutsch V, Wexler L, Blieden LC, Yahini JH, Neufeld HN: Ebstein's anomaly of tricuspid valve. Critical review of roentgenological features and additional angiographic signs. Amer J Roentgenol **125**: 395, 1975
- 10) Johnson SL, Baker DW, Lute RA, Dodge HT: Doppler echocardiography. The location of cardiac murmurs. Circulation **48**: 810, 1973
- 11) Lorch GS, Rubenstein SA, Baker DW, Dooley TK, Dodge HT: Doppler echocardiography. Use of a graphical display system. Circulation **56**: 576, 1977
- 12) Lundström NR: Echocardiography in the diagnosis of Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. Circulation **47**: 597, 1973
- 13) Yuste P, Minguez I, Aza V, Senor J, Asin E, Martinez-Bordiu C: Echocardiography in the diagnosis of Ebstein's anomaly. Chest **66**: 273, 1974
- 14) Kotler MN: Tricuspid valve in Ebstein's anomaly. Circulation **49**: 194, 1974
- 15) Farooki ZQ, Henry JG, Green EW: Echocardiographic spectrum of Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. Circulation **53**: 63, 1976
- 16) Tajik AJ, Gau GT, Giuiliani ER, Ritter DG, Schattenberg TT: Echocardiogram in Ebstein's anomaly with Wolff-Parkinson-White pre-excitation syndrome, type B. Circulation **47**: 813, 1973
- 17) Crews TL, Pridie RB, Benham R, Leatham A: Auscultatory and phonocardiographic findings in Ebstein's anomaly. Correlation of the first heart sound with ultrasonic record of tricuspid valve movement. Brit Heart J **34**: 681, 1972
- 18) Hirschklaw MJ, Sahn DJ, Hagan AD, Williams DE, Friedman WF: Cross-sectional echocardiographic features of Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. Amer J Cardiol **40**: 400, 1977
- 19) Silverman NH, Schiller NB: Apex echocardiography; A two-dimensional technique for evaluating congenital heart disease. Circulation **57**: 503, 1978
- 20) Ports TA, Silverman NH, Schiller NB: Two-

- dimensional echocardiographic assessment of Ebstein's anomaly. *Circulation* **58**: 336, 1978
- 21) Kambe T, Ichimiya S, Toguchi M, Hibi N, Fukui Y, Nishimura K, Sakamoto N, Hojo Y: Apex and subxiphoid approaches to Ebstein's anomaly using cross-sectional echocardiography. *Amer Heart J* (in press)
- 22) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG: Differentiation of ventricular septal defect from mitral regurgitation by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **56**: 14, 1977
- 23) Ward JM, Baker DW, Rubenstein SA, Johnson SL: Detection of aortic insufficiency by pulsed Doppler echocardiography. *J Clin Ultrasound* **5**: 5, 1977
- 24) Stevenson JG, Kawabori I, Dooley T, Guntheroth WG: Diagnosis of ventricular septal defect by pulsed Doppler echocardiography. Sensitivity, specificity and limitation. *Circulation* **58**: 322, 1978
- 25) Areias JC, Goldberg SJ, Spitaels SEC, Villeneuve VH: An evaluation of range gated pulse Doppler echocardiography for detecting pulmonary outflow obstruction in d-transposition of the great vessel. *Amer Heart J* **96**: 467, 1978
- 26) Goldberg SJ, Areias LC, Spitaels SEC, Villeneuve VH: Use of time interval histographic output from echo-Doppler to detect left-to-right atrial shunts. *Circulation* **58**: 147, 1978
- 27) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG: Noninvasive detection of pulmonary hypertension in patent ductus arteriosus by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **60**: 355, 1979
- 28) Diebold B, Theroux P, Bourassa MG, Thuillez C, Peronneau P, Guermontprez JL, Xhaard M, Waters DD: Non-invasive pulsed Doppler study of mitral stenosis and mitral regurgitation: preliminary study. *Brit Heart J* **42**: 168, 1979
- 29) Goldberg SJ, Areias JC, Spitaels SEC, Villeneuve VH: Echo Doppler detection of pulmonary stenosis by time-interval histogram analysis. *J Clin Ultrasound* **7**: 183, 1979
- 30) Kalmanson D, Veyrat C: Echo-Doppler velocimetry in cardiology. *In* Quantitative cardiovascular studies. ed by Hwang NHC, Gross DR, Patel DJP: University Park Press, 1979, p 689