

大兼症欠隔室中室部錐円  
動脈弁閉鎖不全の超音波パ  
ルス・ドプラー法による検討

A study of aortic regurgi-  
tation with conal ven-  
tricular septal defect by  
means of pulsed Dop-  
pler echocardiography

佐藤 雄一  
沖島 宝洋  
松岡 裕二  
山元 一裕  
先成 英一  
早川 国男

Yuichi SATO  
Takahiro OKISHIMA  
Yuji MATSUOKA  
Kazuhiro YAMAMOTO  
Eiichi SENNARI  
Kunio HAYAKAWA

**Summary**

Ten youngsters with conal ventricular septal defect (VSD) and aortic regurgitation (AR) were studied by pulsed Doppler echocardiography (PDE). The ATL pulsed Doppler echocardiogram system combined with Toshiba SSH-11A cross-sectional echocardiographic system was used. The diagnostic findings of PDE for conal VSD was a systolic turbulent flow in the right ventricular outflow tract (RVOT) and the conus septum which was just in front of the aortic valve. The diagnosis of AR was obtained by a diastolic turbulent flow in the left ventricular outflow tract (LVOT) and an away flow in the ascending aorta which was recorded from the suprasternal notch. After confirmation of the diagnosis of conal VSD with AR by cardiac catheterization and angiography, operations were performed in all 10 cases.

In 9 cases PDE revealed the systolic turbulent flow in the RVOT which come through conal VSD. The systolic turbulent flow in the conus septum was detected in 5 cases.

The diastolic turbulent flow in the LVOT due to AR was detected in all 5 cases of mild AR (1° by Sellers). In all cases, the diastolic turbulent flow in the LVOT was detected near the anterior mitral leaflet. This localization of the diastolic turbulent flow may be due to the prolapse of the right coronary cusp. Spread of the diastolic turbulent flow in the LVOT could document the degree of AR. In 2 cases, PDE was recorded in the ascending aorta from the suprasternal notch. The diastolic away flow due to AR was observed in both cases.

In conclusion, PDE is useful and non-invasive method for the diagnosis of conal VSD with AR.

**Key words**

Pulsed Doppler echocardiography  
Turbulent flow

Conal ventricular septal defect

Aortic regurgitation

宮崎医科大学 小児科  
宮崎県宮崎郡清武町大字木原 5200 (〒889-16)

Department of Pediatrics, Miyazaki Medical College,  
Kihara 5200, Kiyotake-cho, Miyazaki-gun, Miyazaki  
Prefecture 889-16

Presented at the 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981

Received for publication November 9, 1981

## はじめに

近年, パルス・ドプラー心エコー図 (PDE) が臨床に用いられるようになり, 心臓, 大血管内の任意の部位での血流方向, 血流性状が非観血的に観察できるようになってきた<sup>1-4)</sup>. 先天性心疾患の多くは心内血流の異常を伴っており, PDE はそれらの非観血診断に有用である.

従来から用いられている M モード心エコー図や超音波断層図では, 欠損孔の小さな心室中隔欠損症 (VSD) や, 軽症の大動脈弁閉鎖不全 (AR) の診断は困難であった. 今回, 我々は円錐部心室中隔欠損症 (conal VSD) 兼 AR に PDE を施行し, 異常血流の検出に関する検討を行い, その診断に有用であったので報告する.

## 対象と方法

対象は宮崎医科大学小児科にて PDE を施行した conal VSD 兼 AR の 10 例で, 年齢は 2~15 歳, 男児 4 例, 女児 6 例である (Table 1). 全例, PDE 施行後, 心臓カテーテル, 心血管造影を行い診断が確認されたのち手術が施行されている. AR は Sellers 分類の I° 4 例, II° 5 例, III° 1 例であった. 全例に右冠動脈弁の prolapse が認められた. 弁形成術は, I° 1 例, II° 4 例,

Table 1. Case materials

Case	Age	Sex	Qp/Qs	AR	Valvuloplasty
M. S.	15 y	F	1.1	I°	(-)
J. T.	11 y	M	1.2	II°	(+)
T. K.	2 y	M	1.7	I°	(+)
H. K.	14 y	F	1.2	I°	(-)
C. M.	6 y	F	1.4	III°	(+)
S. M.	13 y	M	1.1	II°	(-)
N. K.	9 y	F	2.5	II°	(+)
M. K.	4 y	F	1.1	II°	(+)
K. M.	6 y	M	2.8	I°	(-)
S. K.	10 y	F	1.0	II°	(+)

F=female; M=male; AR=aortic regurgitation (by Sellers' classification).

III° 1 例に施行され, 術後, 有意の AR が残存したのは III° の 1 例のみであった. 肺体血流量比は 1.0~2.5 であり, VSD の大きさは小欠損から中等度欠損であった. 肺高血圧症を伴うものはなかった.

装置は ATL 製 500A パルス・ドプラー装置に東芝製 SSH-11A 電子走査型超音波断層装置を連結したものを用了. 発振周波数 3 MHz, パルス繰り返し周波数 5.5 KHz, sampling 部位は A モード, M モードおよび断層像上に表示され, 12 cm の間で可変で, sample volume の大きさは 2×4 mm の tear drop shape である. 受信されたドプラー信号は time interval histogram (TIH) として表示される. 記録は Honeywell 製 strip chart recorder を用い, 毎秒 50 mm の紙送り速度で行った.

記録は心内各部位で行ったが, 右室流出路 (RVOT), 大動脈弁前方の円錐部心室中隔 (conus septum) 内, 左室流出路 (LVOT), 上行大動脈での記録について検討を行った. Fig. 1 にそれぞれの記録部位, 記録方向を示した. RVOT の記録は右室長軸方向断層像を描出し, 肺動脈弁直下で行った. 心室中隔内は左室長軸方向断層像を描出し, 大動脈弁前方の円錐部心室中隔内に sampling 部位を移動させて血流所見が得られた所で記録を行った. LVOT での記録も左室長軸方向断層像を描き, 大動脈弁直下から僧帽弁の前方の所まで sampling 部位を移動させながら記録を行った. また, 上行大動脈の記録は胸骨上窩から 2 例に行った.

## 結 果

まず, 各部位での正常 PDE 所見を Fig. 2 に示す. Fig. 2 a は RVOT での PDE 所見である. 上段は M モード心エコー図であり sample volume (SV) の位置が横線で表示されている. その下段が TIH で表示された PDE 所見である. 基線より上方が探触子に向う toward flow を, 下方が遠ざかる away flow の血流を表わしている.

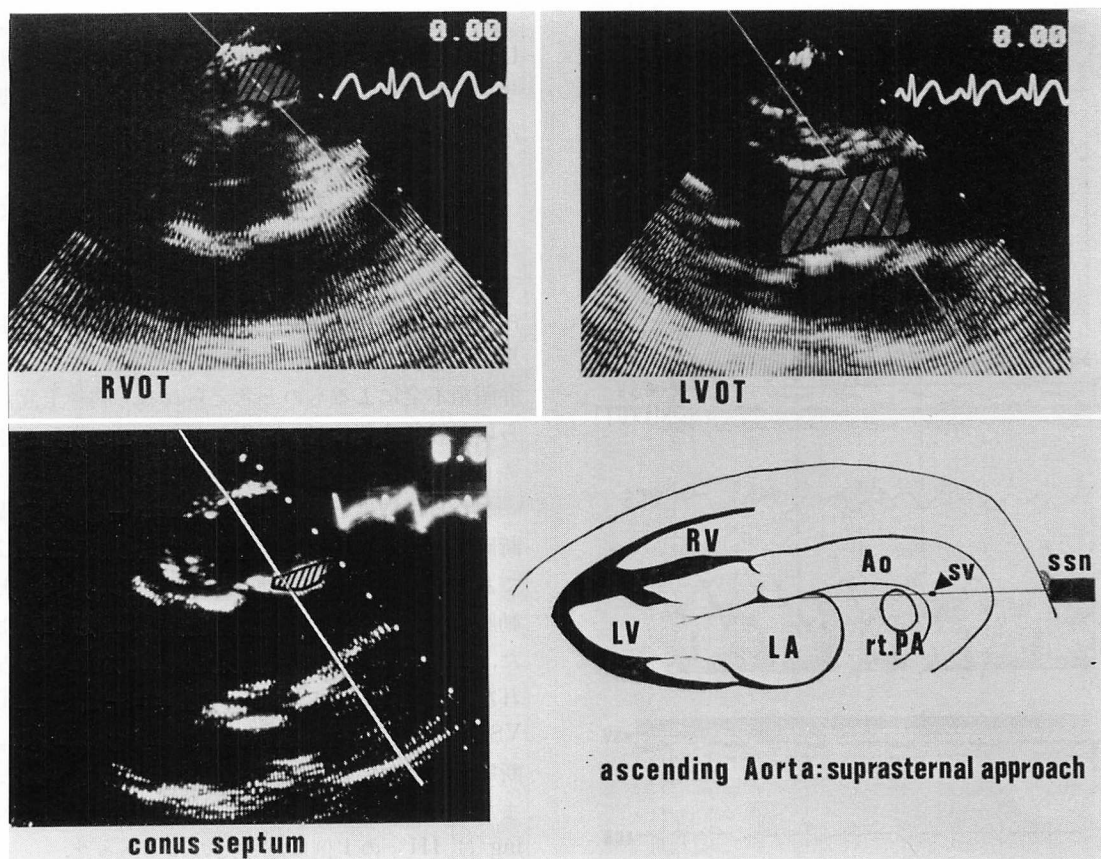


Fig. 1. Sampling sites of the Doppler signal.

The flow pattern is obtained at the right ventricular outflow tract (RVOT), conus septum, left ventricular outflow tract (LVOT) and ascending aorta.

RVOT では収縮期の層状の away flow が観察される。また、LVOT (Fig. 2 b), 上行大動脈 (Fig. 2 c) とともに、層状の血流所見を呈している。当然のことではあるが、正常の心室中隔内では血流所見は得られない。

続いて conal VSD と AR における PDE の結果について述べる。Fig. 3 に RVOT で観察された PDE 所見を示した。収縮期に dot の分散した乱流所見がみられる。この右室内の乱流所見は RVOT に限局しており、右室体部には見られなかった。RVOT に限局していることから、conal VSD によるものと考えられ、10 例中 9 例

に認められた。この所見は容易に得られ、欠損孔の大きさには関係なく記録された。不明の 1 例は記録が悪く判読できなかったものである。

大動脈弁前方の心室中隔内の PDE 所見を Fig. 4 に示した。Dot の分散した収縮期乱流所見がみられる。この所見によって円錐部心室中隔に欠損孔が存在することが確認でき、10 例中 5 例に認められた。

Fig. 5 には LVOT の PDE 所見を示した。AR によると考えられる拡張期乱流所見が観察された。この所見は 10 例全例に認められた。全例、拡張期乱流所見は LVOT の僧帽弁側に検出され

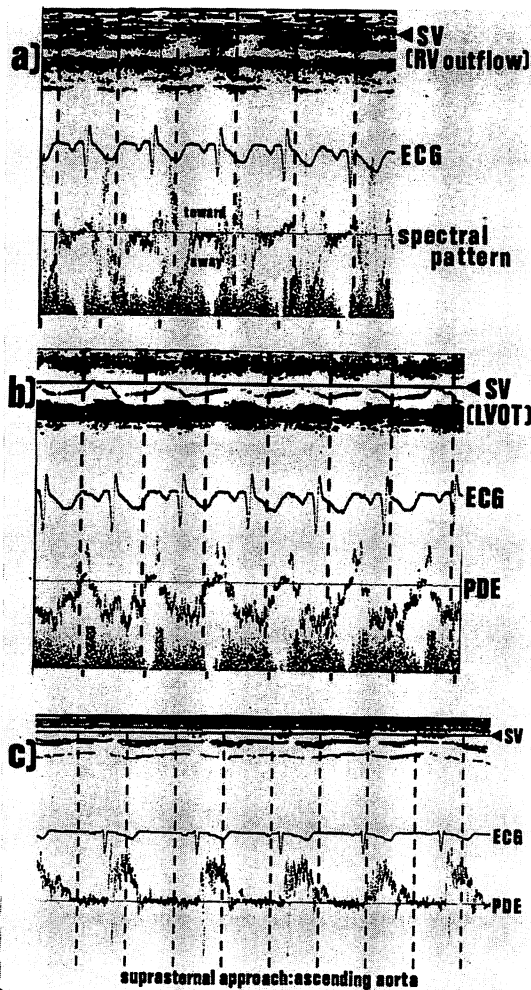


Fig. 2. Normal flow pattern in the RVOT (a), LVOT (b) and ascending aorta (c).

Smooth flow patterns are observed.

SV=sample volume; PDE=pulsed Doppler echocardiography.

た. LVOT の拡張期乱流所見がどこまで広がっているかを観察したのが Fig. 6 である. AR は Sellers 分類<sup>5)</sup> でその程度を表わした. I°, II°, III° で, それぞれ PDE で明瞭な拡張期乱流所見がどこまで観察できるかを検討した. I° では大動脈弁直下に乱流所見は局限しており, II° ではそれより少し下方まで, すなわち M モード心

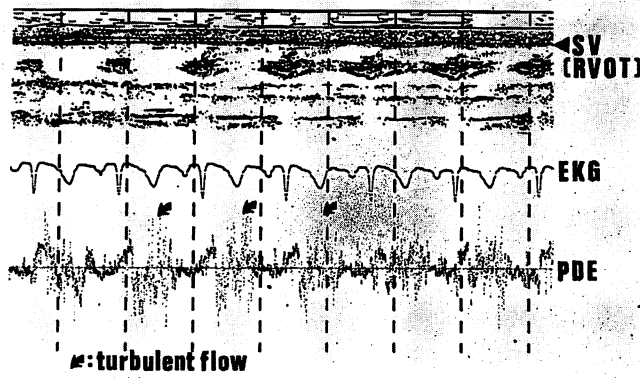
エコー図で僧帽弁の動きが幾分でてくる所まで, III° では僧帽弁前尖の動きが明確に見られる所まで, 拡張期乱流所見が認められた. この拡張期乱流所見は左室流出路の僧帽弁側にみられ, 検出が容易で重症度判定も比較的容易であった.

Fig. 7 は, 胸骨上窩から行った上行大動脈での血流所見である. 収縮期には, 探触子に近づいてくる層状の toward flow が見られ, 拡張期には遠ざかる away flow が観察された. この拡張期の away flow は正常心ではみられず, 大動脈弁閉鎖不全によるものと考えられる. 胸骨上窩からの記録は 2 例に行い, 2 例ともにこの所見が認められた.

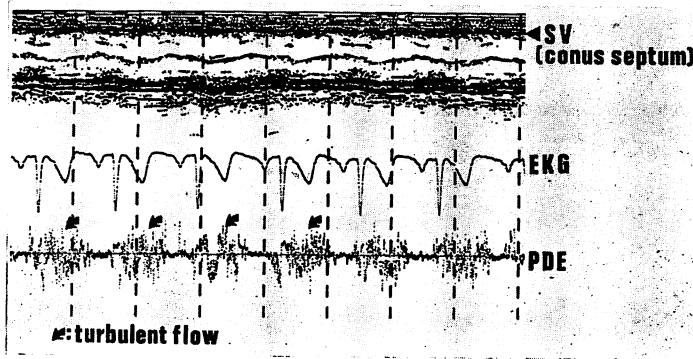
これらの結果と, M モード心エコー図, 超音波断層像による観察の結果をまとめたのが Table 2 である. RVOT の収縮期乱流所見は 90% に, 大動脈弁前方の心室中隔内乱流所見は 50% に, また, LVOT の拡張期乱流所見は 100% に認められた. これに比べて M モード心エコー図で conal VSD を示唆する肺動脈弁の fluttering は 2 例に, 断層像では欠損孔は 3 例に認めたのみであった. また, 大動脈弁閉鎖不全による僧帽弁の fluttering は III° の 1 例に認めたのみであった.

### 考 察

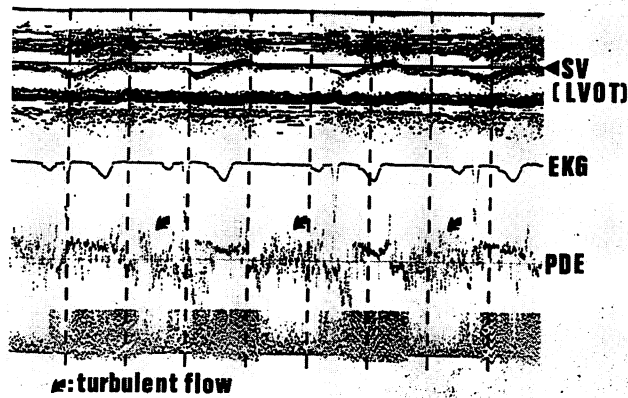
Conal VSD に AR を合併することが多いのは周知の事実である. その発生機序も色々と検討され説明されている<sup>6,7)</sup>. 龍野らによると conal VSD に AR が合併する割合は subcrystal VSD の約 20 倍である<sup>8)</sup>. また VSD の中に conal VSD の占める割合は, 白人と比較して日本人に圧倒的に多い<sup>9)</sup>. この conal VSD に合併してきた AR は進行性であり, その 3/4 は数年以内に左心不全症状を呈してくるようになる<sup>9)</sup>. Conal VSD に AR を合併してきた場合, VSD 閉鎖のみで弁形成術を行わなくてよいのは 1) AR が軽度, 2) AR 発生後 3 年未満 (できれば 1 年以内), 3) small VSD および小さい prolapse, 4) prolapse の部分がよく動くものに限られている<sup>10)</sup>. したがって



**Fig. 3. Pulsed Doppler echocardiogram in the RVOT.**  
A systolic turbulent flow from conal VSD is observed.



**Fig. 4. Pulsed Doppler echocardiogram in the conus septum.**  
A systolic turbulent flow in conal VSD is observed.



**Fig. 5. Pulsed Doppler echocardiographic recording in the LVOT.**  
A diastolic turbulent flow from aortic regurgitation is recognized.

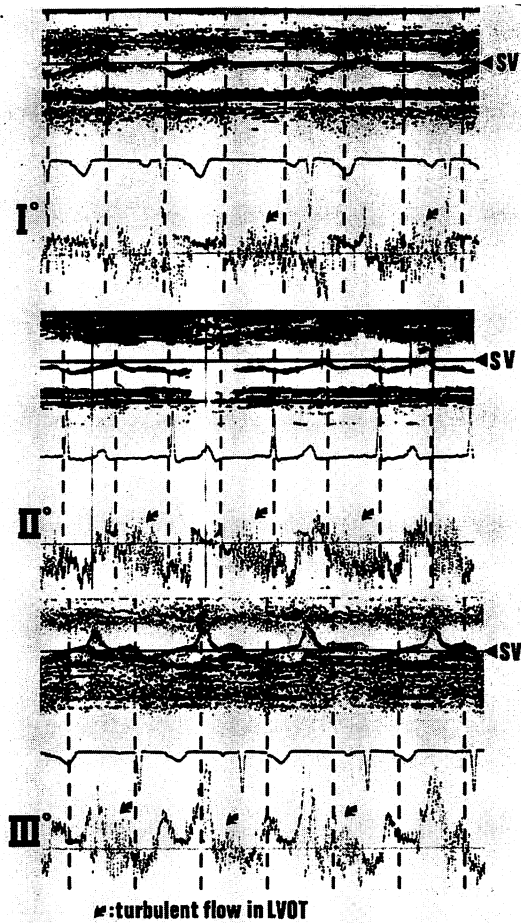


Fig. 6. Distribution of a diastolic turbulent flow in the LVOT from each degree of aortic regurgitation of grade I°~III° (by Sellers).

AR I°: the diastolic turbulent flow is localized beneath the aortic valve.

AR II°: the diastolic turbulent flow is observed in the portion where the mitral valve motion is recognized in part by M-mode echocardiography.

AR III°: The diastolic turbulent flow spreads into the portion where the mitral valve motion is observed clearly by M-mode echocardiogram.

AR の早期発見は重要である。しかしながら AR の早期発見は意外と困難であり、その診断に迷うこともしばしばである。実際、VSD 兼 AR と紹介されてきた患児で、すでに AR が進行してしまっ

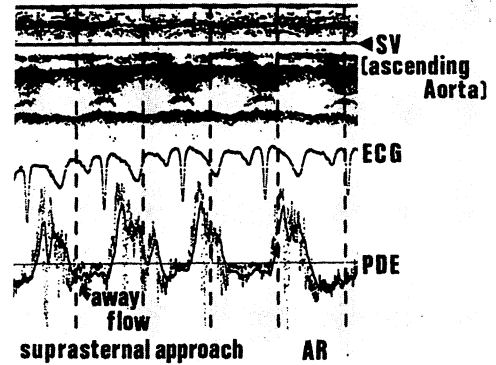


Fig. 7. Pulsed Doppler echocardiogram in the ascending aorta from the suprasternal notch.

A diastolic away flow is recognized.

ていることもある。またたとえ円錐部心室中隔の欠損孔が小さくても AR の合併は生じてくる。そのため、conal VSD の手術適応ははっきりしておらず、診断がつき次第、大動脈弁の prolapse や AR の合併がなくても積極的に手術を行うほうが良いというものもあれば<sup>11,12)</sup>、一方、外来で注意深く観察し、AR が合併してきた場合、早期に手術を行うというものもある。確かに、conal VSD の診断がつけば AR がなくても手術適応があるとすれば、適応を拡大しすぎる嫌いがある。また、AR の早期発見に努めて手術適応を考えるにしても、確認が心血管造影でなされるなら外来診察で見逃す恐れもあり、さらに検査の負担も大きな問題である。これらのことから、conal VSD を適確に診断できる非観血的方法が必要であるとともに、conal VSD を経過観察していく上で、AR の早期発見ができる非観血的方法が重要な問題となる。

PDE は心内血流の異常を観察するのに有用な方法である。今回、我々は conal VSD 兼 AR に PDE を施行して心内血流の異常を観察し、検討を行った。

Conal VSD の臨床診断は比較的容易である。しかしながら、subcrystal VSD や肺動脈弁狭窄症などの鑑別に困難を感じることもある。心エコ

**Table 2. Results of pulsed Doppler echocardiograms (PDE), M-mode echocardiograms and cross-sectional echocardiograms in patients with conal VSD and aortic regurgitation (AR)**

Case	AR	M-mode echo	2-D echo	PDE		
				RVOT sys. turbulent flow	Conus septum sys. turbulent flow	LVOT diast. turbulent flow
M. S.	I°			(+)	(-)	(+)
J. T.	II°			(+)	(-)	(+)
T. K.	I°			(+)	(+)	(+)
H. K.	I°			?	(-)	(+)
C. M.	III°	AML: diastolic fluttering	VSD (+)	(+)	(+)	(+)
S. M.	II°			(+)	(-)	(+)
N. K.	II°		VSD (+)	(+)	(+)	(+)
M. K.	II°			(+)	(-)	(+)
K. M.	I°	PV: systolic fluttering		(+)	(+)	(+)
S. K.	II°	PV: systolic fluttering	VSD (+)	(+)	(+)	(+)
Total				9/10	5/10	10/10

AML=anterior mitral leaflet; PV=pulmonic valve. Others: see Fig. 1.

一図が臨床に用いられるようになって、各種心疾患の非観血的診断の進歩は著しく進歩した。VSDに関する報告も多い<sup>7,13-17</sup>。特に超音波断層像は欠損孔を直接観察でき、VSDの診断に有用である<sup>14,16</sup>。しかしながら、これは subcristal VSD に関してのことであって、conal VSD の診断に関しては困難を感じることが多い。今回、我々が超音波断層像で conal VSD を確認できたのは 10 例中 3 例のみであった。Glasser ら<sup>17</sup>は conal VSD に肺動脈弁の fluttering がみられるものを報告しているが、この所見は他の病態にも観察され、conal VSD に特異的とはいえず、我々は 10 例中 2 例に認めたのみであった。

PDE 所見としては横井らが、RVOT の乱流所見を示すものでは conal VSD の可能性が高いと述べている<sup>18</sup>。我々も同様の所見を 10 例中 9 例に認めた。この所見は比較的容易に得られ、乱流が RVOT に限局していることから、肺動脈弁狭窄症や subcristal VSD との鑑別に役立つと考えられる。しかしながら右室二腔症でも同様な所見が得られ、conal VSD に特異的とはいえない。

次に大動脈弁前方の心室中隔内での PDE 所見であるが、収縮期の乱流所見が 10 例中 5 例に認められた。これは円錐部心室中隔欠損孔の血流を直接記録していると考えられ、conal VSD の確定診断に非常に役立つと考えられる。

M モード心エコー図による AR の診断の報告も色々ある<sup>19-21</sup>。僧帽弁の早期閉鎖<sup>19</sup>、僧帽弁の振幅の減高<sup>21</sup>、僧帽弁の fluttering<sup>20</sup> 等の報告があるが、いずれも AR が進行して初めて観察される所見であり、早期発見という目的からは有用でない。我々が今回検索した 10 例でも、AR III° の 1 例にのみ僧帽弁前尖の fluttering を認めただけであった。我々が行った LVOT の PDE による検討では、10 例全例に AR よると考えられる拡張期の乱流所見を得ることができた。この乱流所見は全例 LVOT の僧帽弁側に検出された。中尾らの報告によると、AR の血流方向は障害を受けた弁によってその血流方向は一定であり、右冠動脈弁の障害の場合、逆流は僧帽弁前尖のほうへ向う<sup>21</sup>。我々の結果はこの報告と一致していると考えられる。逆に、この所見が LVOT の僧帽

弁側に認められたなら, 右冠動脈弁の障害があると考えて良いのではなかろうか. この拡張期乱流所見は非常に軽い I° の AR でも明瞭に観察され, AR の早期発見に非常に有用であると考えられる. また, この拡張期の乱流所見の LVOT 内での拡がりを観察すると, AR の重症度を類推することが可能であると考えられた. 乱流が僧帽弁側に片寄って観察されたため, 乱流の拡がりは観察しやすく, AR を PDE によって分類することは容易であった. 胸骨上窩から行った上行大動脈の記録は 2 例にしか行っていないが, 2 例とも AR によると考えられる拡張期の away flow が観察された. この away flow を定量化することによって, AR の重症度が類推されていくものと考えられる<sup>3)</sup>.

以上, PDE が conal VSD の診断, それに合併する AR の早期発見に有用であったので報告した.

## ま と め

今回, 我々は 10 例の conal VSD 兼 AR に PDE を施行し下記の結果を得た.

1) 右室流出路, 円錐部心室中隔内に得られる収縮期乱流所見によって, 円錐部心室中隔欠損症の診断が可能である.

2) 左室流出路の拡張期乱流所見を検索することによって, 大動脈弁閉鎖不全の早期発見ができる.

3) 左室流出路での拡張期乱流所見の拡がり, 上行大動脈内での拡張期の away flow の程度によって AR の重症度評価が可能である.

4) PDE は conal VSD の診断, それに合併する AR の早期診断に有用である.

## 要 約

10 例の円錐部心室中隔欠損症 兼 大動脈弁閉鎖不全にパルス・ドプラー心エコー図を施行した. 機器は ATL 500A パルス・ドプラー装置に東芝製 SSH-11A 超音波断層装置を連結したものを

用いた. 円錐部心室中隔欠損症の診断は, 右室流出路に見られた収縮期乱流所見と大動脈弁前方の円錐部心室中隔内に見られた収縮期乱流所見で行った. 大動脈弁閉鎖不全の診断は左室流出路での拡張期乱流所見と胸骨上窩から行った上行大動脈内での記録で観察された拡張期の away flow で行った. 全例, PDE 施行後, 心臓カテーテル法および心血管造影を行い診断を確認した後, 手術を行った.

右室流出路に限局した円錐部心室中隔欠損による収縮期乱流所見は, 10 例中 9 例に認められた. また, 円錐部心室中隔内の収縮期乱流所見は 10 例中 5 例に認められた.

大動脈弁閉鎖不全による左室流出路内の拡張期乱流所見は 10 例全例に認められた. この中には I° の大動脈弁閉鎖不全 5 例も入っており, 軽症の大動脈弁閉鎖不全でも検出可能であった. 全例, 拡張期乱流所見は左室流出路の僧帽弁側で検出された. これは, 全例右冠動脈弁の prolapse によって起こっているためと考えられる. 拡張期乱流所見の左室流出路での拡がりを観察することによって, 大動脈弁閉鎖不全の重症度を分類できた. 上行大動脈の記録は胸骨上窩から 2 例に行ったが, 2 例とも大動脈弁閉鎖不全による away flow が認められた.

以上, パルス・ドプラー心エコー図は, 円錐部心室中隔欠損症兼大動脈弁閉鎖不全の診断に有用な非観血的方法である.

本研究の一部は, 昭和 56 年度科学研究費補助金 (奨励研究 A) によるものである.

## 文 献

- 1) Baker DW, Rubenstein SA, Lorch GS: Pulsed Doppler echocardiography: Principles and applications. *Am J Med* 63: 69, 1977
- 2) Stevenson JG, Kawabori I, Dooley T, Guntheroth WG: Diagnosis of ventricular septal defect by pulsed Doppler echocardiography. Sensitivity, specificity and limitations. *Circulation* 58: 322, 1978
- 3) Quinones MA, Young JB, Waggoner AD, Ostojic



- MC, Ribeiro LGT, Miller RR: Assessment of pulsed Doppler echocardiography in detection and quantification of aortic and mitral regurgitation. *Br Heart J* **44**: 612, 1980
- 4) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG: Differentiation of ventricular septal defects from mitral regurgitation by pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **56**: 14, 1977
  - 5) Sellers RD: Left retrograde cineangiography in acquired cardiac disease. *Am J Cardiol* **14**: 437, 1964
  - 6) Tatsuno K, Konno S, Ando M, Sakakibara S: Pathogenetic mechanisms of prolapsing aortic valve and aortic regurgitation associated with ventricular septal defect. Anatomical, angiographic, and surgical considerations. *Circulation* **48**: 1028, 1973
  - 7) Way RC, Bloom KR, Izukawa T: Aortic valve prolapse associated with ventricular septal defect: Echocardiographic features. *Canad Med Assoc J* **121**: 62, 1979
  - 8) Tatsuno K, Ando M, Takano A, Hatsune K, Knno S: Diagnostic importance of aortography in conal ventricular-septal defect. *Am Heart J* **89**: 171, 1975
  - 9) Corone P, Doyon F, Gaudeau S, Guérin F, Vernant P, Ducam H, Rumeau-Rouquette C, Gaudeul Patrick: Natural history of ventricular septal defect: A study involving 790 cases. *Circulation* **55**: 908, 1977
  - 10) Tatsuno K, Konno S, Ishii K, Imai Y, Hashimoto A: Post-operative follow-up studies of ventricular septal defect associated with aortic insufficiency. *Heart* **9**: 400, 1977 (in Japanese)
  - 11) Moreno-Cabral RJ, Mamiya RT, Nakamura FF, Brainard SC, McNamara JJ: Ventricular septal defect and aortic insufficiency. Surgical treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg* **73**: 358, 1977
  - 12) Luisi VS, Pugliese P, Eufrate S: Interventricular septal defect with aortic insufficiency. Surgical considerations. *Thorac Cardiovasc Surgeon* **28**: 173, 1980
  - 13) Aziz K, Cole RB, Paul MH: Echocardiographic features of supracristal ventricular septal defect with prolapsed aortic valve leaflet. *Am J Cardiol* **43**: 854, 1979
  - 14) Hibi N, Kambe T: Cross-sectional and M-mode echocardiographic study on ventricular septal defect. *Jpn Heart J* **20**: 129, 1979
  - 15) Ahmad M, Halliclie-Smith KA: Assessment of left-to-right shunt and left ventricular function in isolated ventricular septal defect. Echocardiographic study. *Br Heart J* **41**: 147, 1979
  - 16) Tanaka M, Neyazaki T, Kosaka S, Sugi H, Oka S, Ebina T, Terasawa Y, Unno K, Nitta K: Ultrasonic evaluation of anatomical abnormalities of heart in congenital and acquired heart diseases. *Br Heart J* **33**: 686, 1971
  - 17) Glasser SP, Baucum RW: Pulmonary valve fluttering in subpulmonic ventricular septal defect. *Am Heart J* **94**: 3, 1977
  - 18) Yokoi K, Ichimiya S, Toguchi M, Nanki M, Itoh K, Matsubara T, Yanagisawa K, Hibi N, Nishimura K, Kambe T: A study on ventricular septal defect by means of pulsed Doppler echocardiography. *J Cardiology* **10**: 801, 1980
  - 19) Botvinick EH, Schiller NB, Wickramasekaran R, Klausner SC, Gertz E: Echocardiographic demonstration of early mitral valve closure in severe aortic insufficiency. Its clinical implications. *Circulation* **51**: 836, 1975
  - 20) Winsberg F, Gabor GE, Hernberg JG: Fluttering of the mitral valve in aortic insufficiency. *Circulation* **41**: 225, 1970
  - 21) Nakao S, Tanaka H, Tahara M, Yoshimura H, Sakurai S, Tei C, Atsuchi Y, Taira A: Echocardiographic findings in experimental acute aortic insufficiency with special references to the direction of the regurgitant jet. *Jpn J Med Ultrasonics* **5**: 199, 1978 (in Japanese)