

## 심실중격결손증 환자에서 Doppler 심에코도를 이용한 폐동맥압의 추정\*

계명대학교 의과대학 소아과학교실

김영미 · 김명성 · 김준식 · 권태찬 · 강진무

=Abstract=

### Doppler Echocardiographic Prediction of Pulmonary Arterial Pressure in Ventricular Septal Defect

Young Mee Kim, M.D., Myung Sung Kim, M.D., Joon Sik Kim, M.D.,  
Tae Chan Kwon, M.D., Chin Moo Kang, M.D.

*Department of Pediatrics, Keimyung University, School of Medicine, Taegu, Korea*

This study was carried out to determine the accuracy of Doppler echocardiography for predicting the pulmonary arterial pressure from right ventricular systolic time intervals in 52 patients with ventricular septal defect. The diagnosis of ventricular septal defect was made by cardiac catheterization and angiocardiography at Dong San Hospital, Keimyung University during the period of one year from Jan. 1988 to Dec. 1988.

Doppler measurements of acceleration time (AT), right ventricular ejection time (RVET), right ventricular preejection period (RPEP), AT/RVET, and RPEP/AT were compared with pulmonary arterial pressure (PAP), measured by cardiac catheterization.

The patients were divided into 3 groups : PAP $\leq$ 30mm Hg, PAP 31-59mm Hg, PAP $\geq$ 60 mm Hg.

The following results were obtained.

1) In the groups of PAP $\leq$ 30mm Hg, AT was  $0.12 \pm 0.01$ sec, AT/RVET was  $0.47 \pm 0.07$  and RPEP/AT was  $0.50 \pm 0.05$ .

2) In the groups of PAP $\geq$ 60mm Hg, AT was  $0.06 \pm 0.01$ sec. AT/RVET was  $0.28 \pm 0.05$ . RPEP/AT was  $1.51 \pm 0.21$ . As the level of PAP increased, Doppler AT, AT/RVET and RPEP/AT showed significant change ( $P < 0.001$ ).

3) The Doppler AT showed relative high correlation ( $r = -0.76$ ) with PAP measured by cardiac catheterization in all group.

4) The Doppler AT/RVET showed correlation ( $r = -0.70$ ) with PAP.

5) The Doppler RPEP/AT showed high correlation ( $r = 0.91$ ) with PAP.

The Doppler echocardiography was easy to apply in all age groups, and was found useful

\*이 논문은 1990년도 계명대학교 갑종연구비로 이루어졌음.

for detecting pulmonary hypertension in ventricular septal defect and for the follow-up check of the patients. It may help to determine the optimal time for surgery and evaluation of the treatment.

**KEY WORDS :** Pulmonary arterial pressure • Ventricular septal defect.

## 서 론

심한 좌우단락(left-to-right shunt)을 동반하는 선천성 심질환인 심실중격결손증, 동맥관 개존증, 공통방실판구, 심방중격결손증, 대혈관 전위 등은 폐혈관증에 속발하는 폐동맥고혈압을 합병하는 경우가 많다.

중증의 폐쇄성 폐혈관증을 동반한 선천성 심질환은 수술시 치사율이 높으며 수술을 시행할 수 없는 경우도 있다. 그러므로 폐혈관의 심한 변화가 진행되기전에 수술대상을 선택하는 것이 중요하다. 폐혈관증이 발생되기 쉬운 선천성 심질환아에서는 폐혈관 저항과 폐동맥압을 측정하기위해 반복해서 심도자술을 시행해야 정확하게 알 수 있으나 이 방법은 침습적 방법으로 환자에게 고통을 주며 위험도 상당히 있다. 따라서 비관혈적 방법에 의한 폐동맥 고혈압의 측정에 대한 연구는 수년간에 걸쳐 심장학 분야에서 중요한 관심사가 되어왔다.

그동안 폐동맥 고혈압의 진단법으로 심음, 심전도 및 흉부 X-선 촬영등이 이용되어왔다. 그러나 최근에 심에코도의 개발로 인하여 폐동맥 판막의 운동 양상에 따른 여러가지 소견인 조기 수축기 폐쇄, "a" dip의 소실, 수축기시 급속한 개방경사, 수축기 중기의 부분폐쇄, 수축기 시간 간격 등을 기록하여 진단과 추정에 이용되어 왔으나 이러한 방법들은 정량적 계측의 정확도에는 다소 문제가 있었다<sup>1-5)</sup>. 그 이후 Doppler 심에코도를 이용한 검사에서 폐동맥과 우심실 유출로의 비정상적인 혈류가 증명되면서 폐동맥 고혈압의 진단과 정량적 계측이 가능하게 되었다<sup>6,7)</sup>.

Doppler 심에코도에서 기록된 폐동맥 혈류를 이용하여 여러가지 수축기 간격을 이용한 폐동맥 고혈압의 추정이 사용되고 있다. 폐동맥 압력의 추정을 위한 여러가지 수축기 간격의 지표중 좋은 지표들은 각 연구자마다 다르게 나타났다<sup>6-10)</sup>. 이

에 단순 심실중격결손증 환자에서 Doppler 심에코도로 측정한 right ventricular ejection time (RVET), acceleration time (AT), right ventricular preejection period (RPEP)등을 이용해서 폐동맥압을 추정하고 그 정확성과 임상응용등을 알고자 이 연구를 시행하였다.

## 재료 및 방법

1988년 1월부터 12월까지 계명대학교 동산병원 소아과에 심장검사를 받기위해 입원한 환자중 단순 심실중격결손증으로 진단된 52명을 대상으로 하였고 심에코도 검사를 실시한 당일에 심도자술을 시행하였다. 대상환자 52명중 남아 30명, 여아 22명이었으며 2~5세 연령군이 많았다(Table 1). Doppler 심에코도 검사는 5.0MHZ pulsed wave Doppler (DIASONIC CV 400 2-D Doppler)로 시행하였다. 환아는 영유아에서 진정이 필요한 경우 chloral hydrate로 안정시킨 후 앙와위 상태에서 검사를 시행하였다. 2-D로 left parasternal short axis view에서 우심실 유출로, 폐동맥판, 주 폐동맥을 정확히 찾아서 sample volume을 폐동맥판 직하부의 우심실 유출로에 두고 pulsed wave Doppler로 폐동맥 혈류를 측정하였다.

Preejection period(RPEP)는 심전도 Q파 시작부터 Doppler 심에코도의 폐동맥 혈류파형의 시작까지의 시간이며, acceleration time(AT)은 혈류파형의 시작부터 수축기 최고속도까지의 시간이고

**Table 1.** Age and sex distribution

Age (years)	Sex		Total (%)
	Male	Female	
0-1	6	6	12(23)
2-5	12	11	23(44)
6-10	8	2	10(19)
11-15	4	3	7(14)
Total	30	22	52(100)

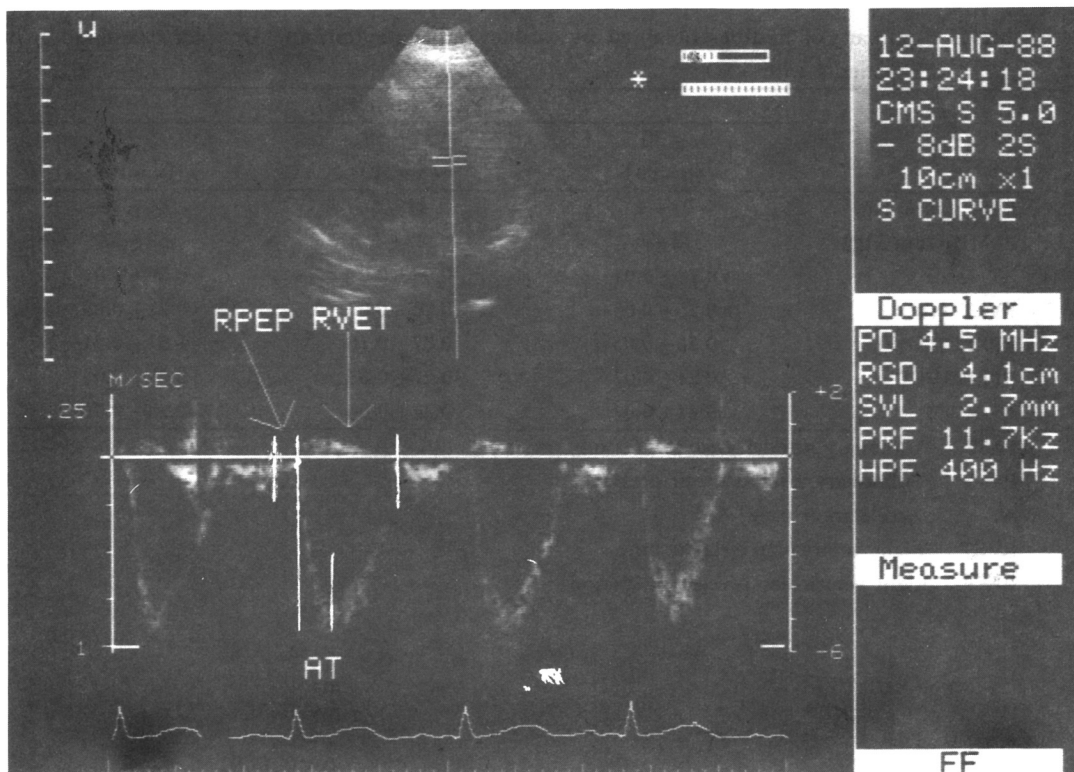


Fig. 1. Method of measurement. The downward deflection from the baseline represents blood flow away from the transducer in systole. Right ventricular preejection period(RPEP), right ventricular ejection time (RVET), and acceleration time of the right ventricular ejection flow (AT) were measured in the manner shown in this figure.

right ventricular ejection time(RVET)은 혈류파형의 시작부터 끝날때까지의 시간으로 정의하였다. 내장된 computer를 이용하여 RPEP, AT, RVET를 구하였으며(Fig. 1), 이들 계측은 최소한 3연속 심주기를 시행하여 평균치를 이용하였다. 심도자술은 환아를 ketamine으로 마취시킨후 대퇴정맥을 통하여 Cournard catheter를 삽입하고 폐동맥 압력을 측정하였다.

수축기 폐동맥압이 30mm Hg이하였던 경우를 정상군으로 하였고 31~59mm Hg군을 중등도 폐고혈압군, 60mm Hg이상인 군을 심한 폐고혈압군으로 나누어 각군에서 AT, RVET, RPEP/AT, AT/RVET를 비교하였고 통계처리는 paired T-test를 사용하였다. 전체 환아에서 Doppler 심에코도의 측정치와 심도자법의 폐동맥압과의 상관관계를 linear regression analysis에 대한 상관계수(correlation coefficient)를 구하여 적용하였다.

## 성 적

AT는 정상군이  $0.12 \pm 0.01$ 이었으며 심한 고혈압군에서는  $0.06 \pm 0.01$ 로 현저한 감소를 보였다( $P < 0.001$ ). 심한 폐고혈압군의 평균 AT/RVET는  $0.28 \pm 0.05$ 로 정상군의  $0.47 \pm 0.07$ 에 비해 유의한 차이를 나타내었다( $P < 0.001$ )(Table 2). 전체 환아에서 AT와 심도자법의 수축기 폐동맥압과는 비교적 높은 상관관계( $r = -0.76$ )를 보였다(Fig. 2). AT/RVET와 수축기 폐동맥압과도 상관관계( $r = -0.70$ )를 보였고, RPEP/AT는 상관계수  $r = 0.91$ 로 높은 상관관계를 나타내었다(Fig. 3, 4)

## 고 찰

1967년 Burstin<sup>11)</sup>은 폐동맥관 폐쇄와 삼첨판

Table 2. Summary of findings obtained by cardiac catheterization and Doppler examination in 52 patients with VSD

	PASP (mm Hg)		
	$\leq 30$ (n=30)	31-59 (n=12)	$\geq 60$ (n=10)
PASP (mm Hg)	$23 \pm 4$	$41 \pm 5$	$86 \pm 23$
PAMP (mm Hg)	$12 \pm 3$	$25 \pm 5$	$59 \pm 22$
AT (sec)	$0.12 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.01$	$0.06 \pm 0.01$
RVET (sec)	$0.25 \pm 0.03$	$0.25 \pm 0.03$	$0.22 \pm 0.03$
RPEP/AT	$0.50 \pm 0.05$	$0.87 \pm 0.16$	$1.51 \pm 0.21$
RPEP/RVET	$0.24 \pm 0.07$	$0.27 \pm 0.05$	$0.42 \pm 0.09$
AT/RVET	$0.47 \pm 0.07$	$0.31 \pm 0.06$	$0.28 \pm 0.05$

PASP: Pulmonary arterial systolic pressure

PAMP: Pulmonary arterial mean pressure

AT: Acceleration time

RVET: Right ventricular ejection time

RPEP: Right ventricular preejection period

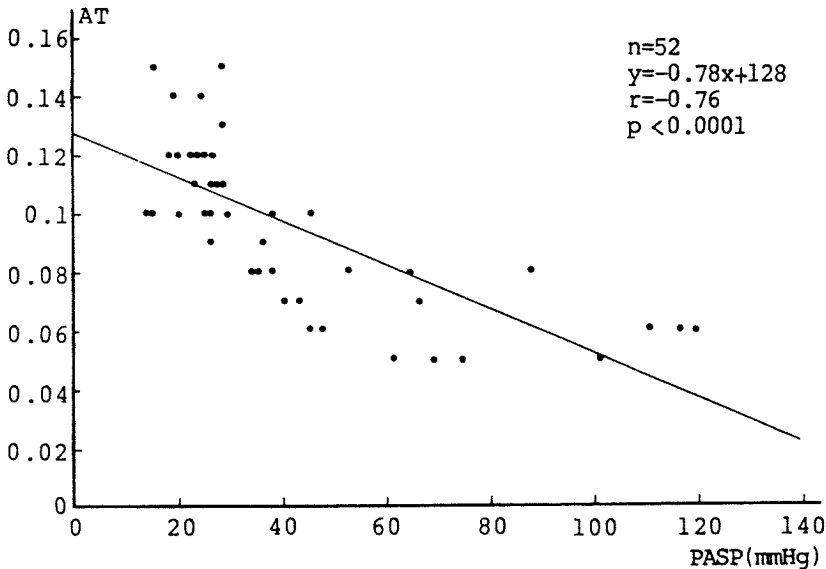


Fig. 2. Correlation between pulmonary arterial systolic pressure and acceleration time.

개방 간격(Pc-To interval)을 이용하여 폐동맥 압력을 측정하였다. 이 당시는 폐동맥관 폐쇄는 심음도 검사로 확인하였으며 삼첨판 개방은 심첨심묘사도를 이용하여 측정하였다. 이와같이 구한 Pc-To 간격 및 심박수를 Brustin nomogram에 대입하여 폐동맥 수축기압을 구하였으며 이는 심도자시의 수축기압과 잘 일치하는 것을 보고하였다. Stevenson 등<sup>12)</sup>은 M-mode 심에코도를 이용하여

Pc-To 간격을 측정하여 비슷한 결과를 보고하였다. 그 이후 Doppler 심에코도를 이용하여 우심실 수축기압 추정이 활발히 이루어져왔다<sup>8-10, 13)</sup>. 특히 Doppler 심에코도를 이용하는 경우에는 조작이 간편하며 임상적으로 쉽게 이용할 수 있고 심도자결과와 좋은 상관관계를 보임으로써 폐고혈압 추정에 새로운 지표로서 연구되고있다.

M-mode 심에코도를 이용한 폐동맥 고혈압 추

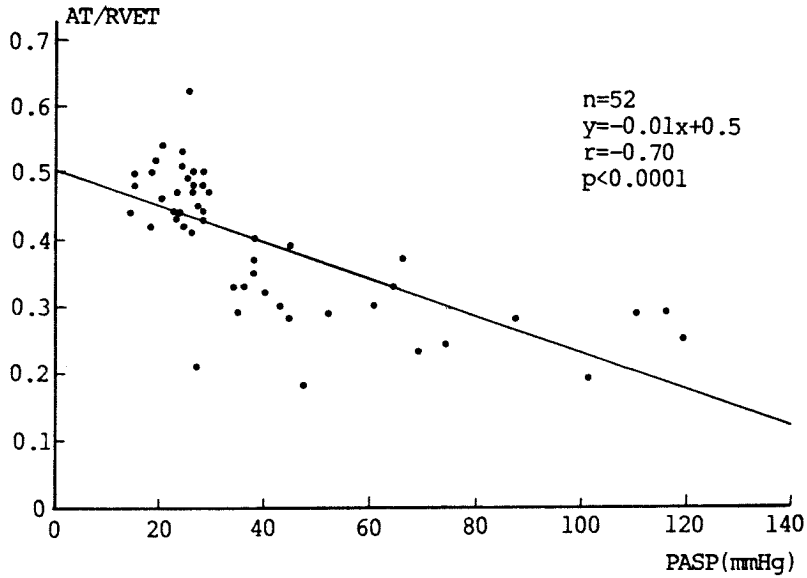


Fig. 3. Correlation between pulmonary arterial systolic pressure and acceleration time to right ventricular ejection time ratio.

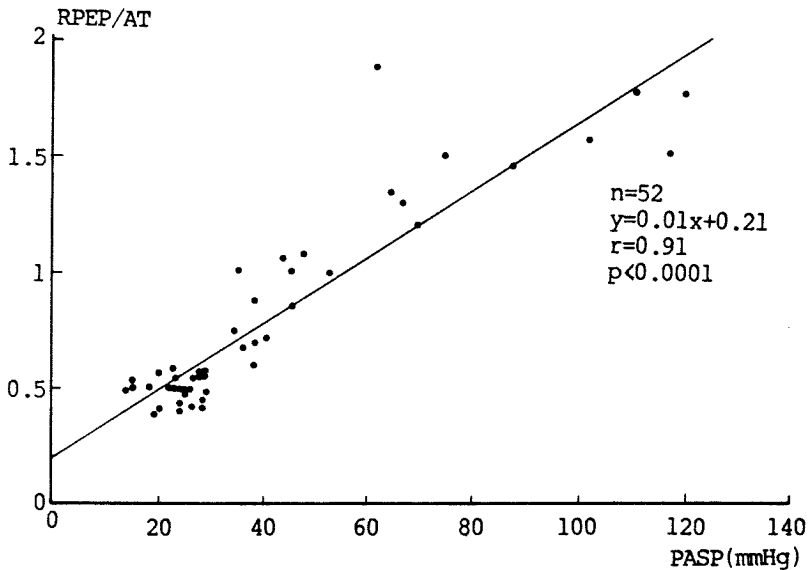


Fig. 4. Correlation between pulmonary arterial systolic pressure and right ventricular pre-ejection period to acceleration time ratio.

정에는 몇가지의 M-mode 심에코도 소견이 사용된다. 그중 "a" dip의 감소나 소실을 관찰할 수 있다<sup>1,3)</sup>. "a" dip의 소실은 우심실 이완기압의 상승에 의해서 나타나는 소견이나 우심실 부전이 되면 다시 관찰되므로 "a" dip이 관찰된다고 해서 폐

동맥 고혈압이 아니라고 할 수는 없다. 우심실 중기 부분폐쇄 소견은 폐동맥 고혈압 소견중 믿을 만한 것이나 항상 나타나는 것은 아니고 또 드물지만 폐동맥 확장이 있을 때는 의양성으로 나타나는 문제점이 있다<sup>14)</sup>. M-mode에 의해 측정된 우심실

수축기 간격이 폐동맥압 추정에 이용되어 왔으며 특히 심실중격결손증 환자에서는 좋은 지표가 된다고 알려져 있다<sup>15-17)</sup>. 그러나 이 방법은 폐동맥판 운동을 완전히 기록하여야만 하나 보통 하나의 cusp만 기록되기 때문에 판막의 정확한 개폐시간을 측정할 수 없으므로 RVET, RPEP등의 간격이 정확치 못한 경우가 많다.

최근에는 Doppler 심에코도로써 폐동맥과 우심실 유출로의 혈류상을 명확히 측정할 수 있으며 판막의 개방과 폐쇄를 쉽게 기록하여 폐동맥압의 정량적인 측정이 가능하게 되었다<sup>6-10)</sup>. 폐고혈압에서의 폐동맥 혈류의 변화를 보면 최고속도는 변화가 없으나 최고속도에 이르는 시간 즉 AT의 단축과 속도의 감소가 빨라지며 수축말기에 역류되는 혈류가 관찰되기도 한다. 이러한 변화는 electromagnetic flow meter<sup>18)</sup>, contrast 심에코도<sup>19)</sup>와 Doppler<sup>8,20)</sup>등으로 확인되었다.

이 연구에서 Doppler 측정시 sample volume의 위치는 폐동맥 판막 바로 아래의 우심실 유출로에서 측정하였으며 이는 Kitabatake<sup>8)</sup>등이 실시한 방법과 동일한 것이다.

이 연구에서 AT는 폐동맥압이 60mm Hg이상인 군에서  $0.06 \pm 0.01$ 초로 정상인군  $0.12 \pm 0.01$ 보다 유의하게 감소되었다. 타저자<sup>6,8,9,21,22)</sup>들도 같은 결과를 보고하였으며 이는 폐동맥 고혈압시 수축기 초기에 혈류에 대한 저항이 높기 때문이라고 하였다. Hirschfeld<sup>6)</sup>등에 의하면 수축기 간격은 4가지 요인에 의해서 결정된다고 하였는 바 1) 전부하(preload) 즉 이완기 용적 혹은 심실 이완기말 압력 2) 후부하(afterload), 동맥 이완기 압력 3) 심근 수축력 4) 심실내의 전기전도의 회수와 순서등이다. Isobe<sup>21)</sup>등은 AT는 후부하 뿐만 아니라 심근의 수축력도 영향을 주게 되므로 RPEP/AT가 더 좋은 지표라고 하였다. RVET와 RPEP는 심박수가 증가하면 감소하고 연령이 많아지면 증가하게 되나, RPEP/RVET는 연령과 심박수에 영향을 받지 않으므로 평균 폐동맥압, 폐혈관 저항, 폐동맥 이완기 압력과 상관관계가 좋다고 하였다<sup>6)</sup>.

Kosturakis<sup>9)</sup>등은 AT와 폐동맥압과의 상관계수는 -0.82, 이<sup>22)</sup>등은 -0.79, Martin-Duran<sup>23)</sup>등은 -0.77, 이 연구에서는 -0.76으로 상관관계가 비교적 높음을 알 수 있었다. Kitabatake<sup>8)</sup>등은 AT/RVET가

폐동맥압과 가장 좋은 상관관계( $r=-0.90$ )를 보였다고 하였으며 Kosturakis<sup>9)</sup>등도 ( $r=-0.82$ ) 좋은 상관관계를 보였다고 하였으나 이 연구에서는 상관계수 -0.70이었다. 이러한 차이는 폐동맥 고혈압이 있는 경우 수축기 말에 와류가 생겨 혈류의 끝을 정확히 측정할 수 없기 때문이라고 사료된다.

이 연구에서 가장 좋은 지표는 RPEP/AT로서 상관계수 0.91이었으며 Isobe<sup>21)</sup>등은 0.84, 손과 홍<sup>24)</sup>은 0.84로서 다른 지표보다 더 좋은 상관관계를 보여 주었다. Doppler 심에코도를 이용한 폐동맥압 추정에 대한 문제점은 완전 우각블록이 있는 경우는 이 자체가 RPEP를 연장시켜 추정에 문제점이 발생된다. 수술후 발생한 완전 우각블록시에는 추정이 불가능하다<sup>6,7)</sup>.

Doppler 측정시 sample volume의 위치에 따라 혈류의 모양이 바뀌어 질수 있으므로 일정하게 우심실 유출로 혹은 폐동맥의 혈관강 중앙에 설정하는 것이 중요하다. 이러한 문제점은 있지만 Doppler 심에코도에 의한 폐동맥압 추정은 폐동맥 고혈압의 정도를 정량적으로 평가할 수 있다는 점과 심실중격결손증과 같이 폐동맥 고혈압이 합병되는 경우 폐혈관의 심한 변화가 진행되기전에 수술 교정시기를 결정할 수 있다는 점 때문에 임상적으로 유용함을 보여주고 있다.

## 요 약

1988년 1월부터 12월까지 계명대학교 동산병원 소아과에 심장검사를 받기위해 입원한 환자중 단순 심실중격결손증으로 진단된 52명을 대상으로 하여 Doppler 심에코도를 실시하고 AT, RPEP, RVET, AT/RVET, RPEP/AT등을 측정하여 심도자술로 측정된 폐동맥압에 따라 3군(폐동맥압  $\leq 30$  mm Hg,  $31 \sim 59$  mm Hg,  $\geq 60$  mm Hg)으로 나누어 비교관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) AT는 정상군이  $0.12 \pm 0.01$ 이었으며 심한 폐고혈압군에서는  $0.06 \pm 0.01$ 로 현저한 감소를 보였다( $P<0.001$ ).

2) 심한 고혈압군의 AT/RVET는  $0.28 \pm 0.05$ 로 정상군의  $0.47 \pm 0.07$ 에 비해 유의한 차이를 나타내었다( $P<0.001$ ).

3) RPEP/AT는 정상군이  $0.50 \pm 0.05$ 이었으나

심한 폐고혈압군에서는  $1.51 \pm 0.21$ 로 유의한 차이를 나타내었다( $P < 0.001$ ).

4) 전체 환아에서 AT와 심도자법의 수축기 폐동맥압과는 비교적 높은 상관관계( $r = -0.76$ )를 보였다.

5) AT/RVET와 수축기 폐동맥압과도 상관관계( $r = -0.70$ )를 보였고 RPEF/AT는 상관계수(0.91)로 높은 상관관계를 나타내었다.

이상과 같은 결과로 Doppler 심에코도는 심실중격결손증 환아에서 폐동맥 고혈압의 진단뿐 아니라 폐동맥압의 정량적 추정에도 유용하리라 생각된다.

## References

- 1) Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shan PM : *Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. Circulation 50 : 575-581, 1974*
- 2) Lew W, Karliner JS : *Assessment of pulmonary valve echogram in normal subjects and in patients with pulmonary arterial hypertension. Br Heart J 42 : 147-161, 1979*
- 3) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S : *Echocardiographic patterns of pulmonic valve motion with pulmonary hypertension. Circulation 58 : 905-911, 1974*
- 4) Tahara M, Tanaka H, Nakao S, Yoshimura H, Sakurai S, Tei S, Kashima T : *Hemodynamic determinants of pulmonary valve motion during systole in experimental pulmonary hypertension. Circulation 64 : 1249-1255, 1981*
- 5) Weyman AE : *Pulmonary valve echo motion in clinical practice. Am J Med 62 : 843-855, 1977*
- 6) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S : *The echocardiographic assessment of pulmonary arterial pressure and pulmonary vascular resistance. Circulation 52 : 642-650, 1975*
- 7) Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knoke J, Lieberman J : *Assessment of the pulmonary vascular bed by echocardiographic right ventricular systolic time intervals. Circulation 57 : 939-947, 1978*
- 8) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Masuyama T, Tanouchi J, Morita T, Mishima M, Uematsu M, Shimaza T, Hori M, Abe H : *Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. Circulation 68 : 302-309, 1983*
- 9) Kosturakis D, Goldberg SJ, Allen HD, Loeber C : *Doppler echocardiographic prediction of pulmonary arterial hypertension in congenital heart disease. Am J Cardiol 53 : 1110-1115, 1984*
- 10) Hatle L, Angelsen AJ, Tromsdal A : *Noninvasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. Br Heart J 45 : 157-165, 1981*
- 11) Burstin L : *Determination of pressure in the pulmonary artery by external graphic recordings. Br Heart J 29 : 396-404, 1967*
- 12) Stevenson JG, Kawabori I, Guntheroth WG : *Noninvasive estimation of peak pulmonary artery pressure from M-mode echo. Am J Cardiol 49 : 963 (Abstract), 1982*
- 13) Reeves JT, Groves BM, Micco AJ, Ditchey RV, Ellis DG : *Valid measurement by Doppler of right ventricular isovolumic relaxation time : A noninvasive estimate of systolic pressure. Circulation 68 (suppl III) : 404 (Abstract), 1983*
- 14) Bauman W, Wann LS, Childress R, Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC : *Mid-systolic notching of the pulmonary valve in the absence of pulmonary hypertension. Am J Cardiol 43 : 1049-1052, 1979*
- 15) Silverman NH, Snider AR, Rudolph AM : *Evaluation of pulmonary hypertension by M-mode echocardiography in children with ventricular septal defects. Circulation 61 : 1125-1132, 1980*
- 16) Kerber RE, Martin JB, Barnes R, Manuel WJ, Maximov M : *Effects of acute hemodynamic alterations of pulmonic valve motion : Experimental and clinical echocardiographic studies. Circulation 60 : 1074-1081, 1979*
- 17) 문명성 · 박인회 · 이홍재 · 이항 · 이근수 : 선천성 심질환아에서의 폐동맥압상승에 따른 심초음파 소견에 관한 연구. 소아과 27 : 971-980, 1984
- 18) Lucas C, Wilcox B, Shallal J, Malouf N : *Pulmonary blood flow wave form in children with ventricular septal defect. World Congress of Pediatric Cardiology. 290 (Abstract), 1980*
- 19) Gullaace G, Savoia MT, Ravizza P, Locatelli V, Addamiano P, Ranzi C : *Contrast echocardiography*

- raphic feature of pulmonary hypertension and regurgitation. Br Heart J 46 : 369-373, 1981*
- 20) Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie, Burn C, Henry W : *Estimation of pulmonary artery pressure by pulsed Doppler echocardiography. Circulation 68(Suppl III) : 367(Abtract), 1983*
- 21) Isobe M, Yazaki Y, Takaku F, Koizumi K, Hara K, Tsuneyoshi H, Hamaguchi T, Machi K : *Prediction of pulmonary arterial pressure in adults by pulsed Doppler echocardiography. Am J Cardiol 57 : 859-863, 1986*
- 22) 이정석 · 고미정 · 오연균 · 윤향석 : 선천성 심질환에서 연속파형 Doppler 심에코도를 이용한 폐동맥 고혈압의 추정. 소아과 32 : 951-957, 1989
- 23) Martin-Duran R, Larman M, Trugeda A, Vazquez da Prada JA, Ruano J, Torres A, Figueroa A, Pajaron A, Nistal F : *Comparison of Doppler-determined elevated pulmonary arterial pressure with pressure measured at cardiac catheterization. Am J Cardiol 57 : 859-863, 1986*
- 24) 손세정 · 홍창의 : Pulsed Doppler 심에코도에 의한 폐체혈류량의 측정 및 폐동맥압력의 추정에 관한 연구. 순환기 17 : 673-687, 1987