

Doppler 심 에 코 도 를 이 용 한 폐 동 맥 압 의 비 관 혈 적 추 정

서울대학교 의과대학 내과학교실

김성국 · 전은석 · 김유호 · 오병희 · 박영배 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우

=ABSTRACT=

Noninvasive Estimation of Pulmonary Arterial Pressure by a Pulsed Doppler Echocardiography

Seong Kuk Kim, M.D., Eun Seok Jeon, M.D., You Ho Kim, M.D.,
Byung Hee Oh, M.D., Young Bae Park, M.D., Yun Shik Choi, M.D.,
Jung Don Seo, M.D., Young Woo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University

Fifty nine patients who had been admitted to Seoul National University Hospital from April to October in 1986 were prospectively examined by a pulsed Doppler echocardiography on one day before cardiac catheterization. The sample volume was placed both just proximal and distal to pulmonic valve on 2-D echocardiogram.

1) Among the three morphologic patterns of the flow velocity, triangular and intermediate types indicate pulmonary hypertension (sensitivity 84%, specificity 86%), and round type indicates normal pulmonary arterial pressure (sensitivity 86%, specificity 84%).

2) In the group with pulmonary hypertension acceleration time and ejection time were measured shorter ($p < 0.01$), and prejection period was measured longer than the group without pulmonary hypertension ($P < 0.05$).

3) The best correlation was obtained between PEP/AT and mean pulmonary arterial pressure ($r=0.77$). Acceleration time alone also correlated well with mean arterial pulmonary pressure ($r = -0.69$).

4) In STI measurement and its correlation with pulmonary arterial pressure, no significant difference was observed when recorded in main pulmonary artery or right ventricular outflow tract. But in the latter position, late systolic fluttering and variation in curve morphology occurred less likely.

5) Our results indicate that the pulsed Doppler echocardiography is useful not only

* 본 연구는 1987년도 서울대학교 병원 임상연구비의 보조로 이루어진 것임.

* 본 논문의 요지는 1986년 제 30차 대한순환기학회 학술대회에서 발표하였음.

in the diagnosis of pulmonary hypertension but also in the quantitative estimation of pulmonary arterial pressure in different heart diseases. Furthermore this method may be a good tool for follow-up evaluation after surgical or medical treatment of patients with pulmonary hypertension.

Key Words: Pulmonary arterial pressure. Doppler echocardiography.

서 론

심장질환에서의 폐동맥압측정은 중요한 의미를 지니고 있어 이를 비관혈적으로 측정하고자 하는 많은 시도가 있었다. 심에코도를 이용하여 폐동맥 판막의 이상운동을 관찰하여 폐동맥고혈압을 추정하기도 하였고^{1,2,3)}, Hirschfeld등이나 Riggs등은 우심실전구출기(이하 PEP로 약함)와 우심실구출시간(이하 ET로 약함)의 비를 이용하여 심도자술에서 측정된 폐동맥압과의 상관관계를 보고하기도 하였다^{4,5)}. 그러나 성인에서는 폐동맥판막의 움직임을 정확하게 관찰하기가 어려워 그 결과가 만족스럽지 못하였다. 최근 Doppler심에코도를 이용하여 PEP, ET등을 정확하게 측정할 수 있게 되었고, 우심실구출의 가속시간(이하 AT로 약함)까지 측정할 수 있어 폐동맥압의 비관혈적측정이 보다 정확하고 용이하게 되었다⁶⁻¹⁰⁾. Mahan등이¹¹⁾ AT 또는 AT/ET를 사용한 이래 최근에는 PEP/ET를 사용하여 심도자술에서 측정한 폐동맥압과의 좋은 상관관계를 보고하고 있다. 이들에게서 Doppler 심에코도의 sample volume을 주폐동맥^{8,11)} 또는 우심실유출로에 위치시켜 사용한 index를 구하였다.

저자들은 Doppler심에코도를 이용하여 폐동맥압을 추정함에 있어 심도자술로 측정한 폐동맥압과 가장 상관관계가 좋은 systolic time interval index와 sample volume의 위치를 살펴보고자 본 연구를 시행하였다.

관찰대상 및 방법

1980년 4월부터 10월말까지 서울대학교병원 내과에 입원하여 심도자술을 시행하고 Doppler 심

에코도를 이용하여 주폐동맥과 우심실유출로에서 폐동맥혈류를 측정한 59예를 대상으로 하였다. 성별분포는 남자 32예 여자 27예였으며 연령분포는 17세에서 76세로 평균연령은 44세였고 심전도상 심방세동이 21예 완전우각블럭이 1예였다. 환자들의 질병은 승모판막질환이 19예, 대동맥판막질환이 4예, 양측판막질환이 9예였고 그 외에 관상동맥질환과 선천성 심장질환들이었다(Table 1).

Doppler심에코도는 심도자술을 시행하기 전 날 Aloka Color Doppler Model SSD-880CW를 이용하여 안정된 상태에서 시행하였다. 환자를 left decubitus 45~90°로 하여 25 MHz transducer를 좌 흉골연의 둘째 또는 세째 늑간에 위치시키고 parasternal short axis view로 2면성 심에코도를 관찰한 다음, 주폐동맥과 pulsed Doppler의 beam을 일치시키고 폐동맥판막을 중심으로 우심실구출로와 주폐동맥에 Sample Volume의 위치를 정하여 Doppler의 영상을 paper에 기록하였다.

PEP는 심전도상 QRS파의 시작부터 폐동맥혈류의 시작까지로, ET는 폐동맥혈류의 시작에서 폐

Table 1. Disease distribution

| Disease | Cases |
|---------------|-------|
| Mitral VHD | 19 |
| Aortic VHD | 4 |
| Combined VHD | 9 |
| Coronary HD | 10 |
| Congenital HD | 7* |
| Others | 2** |
| Normal | 8 |
| Total | 59 |

* Six cases were ASD, and one case was VSD

** One case was constrictive pericarditis, and one case was dilated cardiomyopathy.

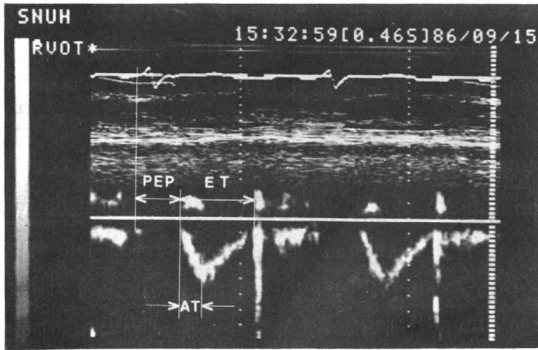


Fig. 1. Doppler echocardiographic flow pattern and right ventricular systolic time intervals (PEP;preejection period, ET;ejection time AT;acceleration time).

동맥관의 폐쇄음까지로, AT는 폐동맥혈류의 시작에서 혈류속도의 최고점까지로 정의하였다(Fig 1). 실제 측정에서는 2~6개의 heart beat를 측정하여 PEP, AT, ET의 평균치로 계산하였다.

분석방법

Doppler심에코도를 이용하여 구한 STI의 index 즉, PEP, AT, PEP/AT등은 심도자에서 측정한 평균폐동맥압과 비교하여 직선회귀법을 이용하여 회귀방정식을 구하고 그 상관계수에 대해 검정하였고, student t-test를 사용하여 p값이 0.05 이하인 경우 통계적 유의성을 인정하였다.

결 과

Doppler심에코도를 이용하여 구한 flow velocity pattern은 세 유형으로 등근 형태를 type I, 삼각형이고 midsystolic notch가 있는 형태를 type III 그 중간 형태를 type II로 정의하였다(Fig.2) Table 2에서와 같이 type type II와 III는 총 30예로 그 중 26예가 평균폐동맥압이 20mmHg 이상이었고 4 예

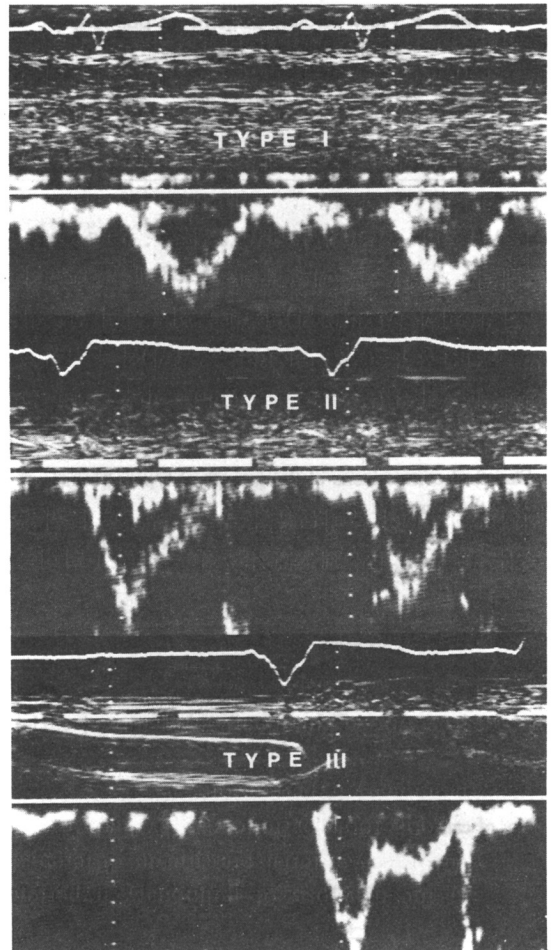


Fig. 2. Doppler echocardiographic flow velocity patterns of right ventricle.

Table 2. Flow velocity patterns vs pulmonary hypertension

| MPAP(mmHG) | TYPE | | Total |
|------------|------|------------|-------|
| | I | II + III | |
| ≥ 20 | 5 | 19+ 7 (26) | 31 |
| < 20 | 24 | 4 | 28 |
| Total | 29 | 30 | 50 |

MPAP: Mean Pulmonary Arterial Pressure

* Sensitivity=84%, Specificity=86%

Table 3. Flow velocity patterns vs pulmonary arterial pressure

| | Type | | |
|--------------|------------|-------------|--------------|
| | I | II | III |
| No. of cases | 29 | 23 | 7 |
| MPAP | 13.9 ± 6.2 | 34.6 ± 13.9 | 49.7 ± 20.7 |
| SPAP | 25.2 ± 8.5 | 51.3 ± 19.5 | 72.9 ± 31.7 |
| DPAP | 8.2 ± 5.4 | 22.9 ± 11.5 | 31.0 ± 17.8* |

MPAP: Mean Pulmonary Arterial Pressure

SPAP: Systolic Pulmonary Arterial Pressure

DPAP: Diastolic Pulmonary Arterial Pressure

Value are mean ± S.D

Statistical comparisons of the groups of type II and III with the group of type I: p < 0.01

Statistical comparisons between the groups of type II and III: p < 0.05 except*

Table 4. Systolic time intervals vs mean pulmonary arterial pressure

| | Mean Pulmonary Arterial Pressure(mmHg) | | |
|--------------|----------------------------------------|----------------|----------------|
| | ≤19 | 20-39 | ≥40 |
| No. of cases | 28 | 20 | 11 |
| RVOT | | | |
| PEP | 118.6 ± 18.8 | 128.5 ± 19.1* | 136.5 ± 23.6** |
| AT | 125.3 ± 24.5 | 88.8 ± 21.6 | 73.2 ± 12.2 |
| ET | 288.0 ± 50.6 | 252.1 ± 44.8 | 249.7 ± 35.3 |
| MAP | | | |
| PEP | 116.5 ± 16.8 | 128.1 ± 22.1** | 136.6 ± 27.6 |
| AT | 123.0 ± 23.0 | 86.3 ± 15.3 | 78.2 ± 8.8 |
| ET | 303.6 ± 33.8 | 238.8 ± 55.2 | 252.8 ± 40.5 |

RVOT: Sample Volume at Right Ventricular Outflow Tract

MAP: Sample Volume at Main Pulmonary Artery

PEP: Preejection Period ET: Ejection Time

AT: Acceleration Time Values are mean ± S.D.

Statistical comparisons with the group of MPAP less than 20mmHg: * non significant, ** p < 0.05, others p < 0.01

는 그 이하였으며, type I 은 총 29예로 그 중 24 예가 평균폐동맥압이 20mmHg미만이었고 5 예는 그 이상이었다. 따라서 type II와 III의 경우 sensitivity가 84%, specificity가 86%로 폐동맥고혈압을 flow velocity 유형으로 추정할 수 있었다.

Table 5. Correlation coefficients between PAP and STI indices of RVOT

| | Systolic | Diastolic | Mean | Log(mean) |
|--------|----------|-----------|-------|-----------|
| AT | -0.67 | -0.67 | -0.69 | -0.73 |
| CAT | -0.66 | -0.66 | -0.69 | -0.68 |
| PEP/ET | 0.34 | 0.37 | 0.39 | 0.44 |
| AT/ET | -0.52 | -0.50 | -0.53 | -0.50 |
| PEP/AT | 0.74 | 0.73 | 0.77 | 0.77 |

Table 6. Correlation coefficients between PAP and STI indices of MPA

| | Systolic | Diastolic | Mean | Log(mean) |
|--------|----------|-----------|-------|-----------|
| AT | -0.64 | -0.63 | -0.67 | -0.71 |
| CAT | -0.61 | -0.57 | -0.62 | -0.64 |
| PEP/ET | 0.35 | 0.47 | 0.42 | 0.48 |
| AT/ET | -0.47 | -0.35 | -0.45 | -0.40 |
| PEP/AT | 0.69 | 0.73 | 0.75 | 0.76 |

Flow velocity 유형은 type I에서 II, III로 될 수록 평균 수축기 및 이완기 폐동맥압이 증가하는 양상을 보였으며 각 type간에는 유의한 차이가 있었다(Table 3).

평균폐동맥압이 19mmHg이하인 군, 20mmHg에서 39mmHg사이의 군과 40mmHg이상인 군으로 나누어 Systolic Time Interval(이하 STI로 약함)의 지표를 비교하면 19mmHg이하의 군에 비해 20mmHg이상의 두 군에서 PEP는 유의하게 길었고, AT와 ET는 유의하게 짧았다(Table 4).

우심실구출로에서 측정한 STI index인 AT, CAT(AT를 심전도상의 RR interval의 평방근 값으로 나누어 값), PEP/AT와 폐동맥의 수축기, 이완기, 평균압과 평균압의 대수치의 상관관계를 보았을 때 PEP/AT와 평균폐동맥압의 상관관계수가 0.77로 가장 높았고 AT만으로도 좋은 상관관계를 보였다(Table 5). 주폐동맥에서 측정한 STI index 역시 전자와 비슷한 결과를 보였다(Table 6).

Fig. 3은 AT와 평균폐동맥압의 점산도 및 최소자승법으로 구한 선형회귀선으로 r값은 0.001미만이고 AT가 100msec이상에서 회귀선에 집중되는

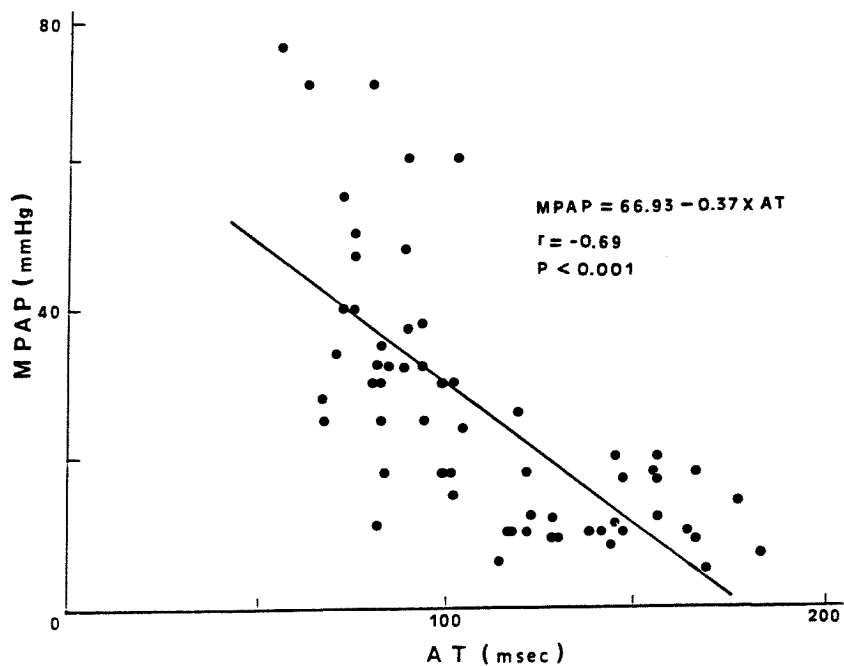


Fig. 3. Relations between mean pulmonary arterial pressure (MPAP) in cardiac catheterization and acceleration time (AT) in Doppler echocardiography.

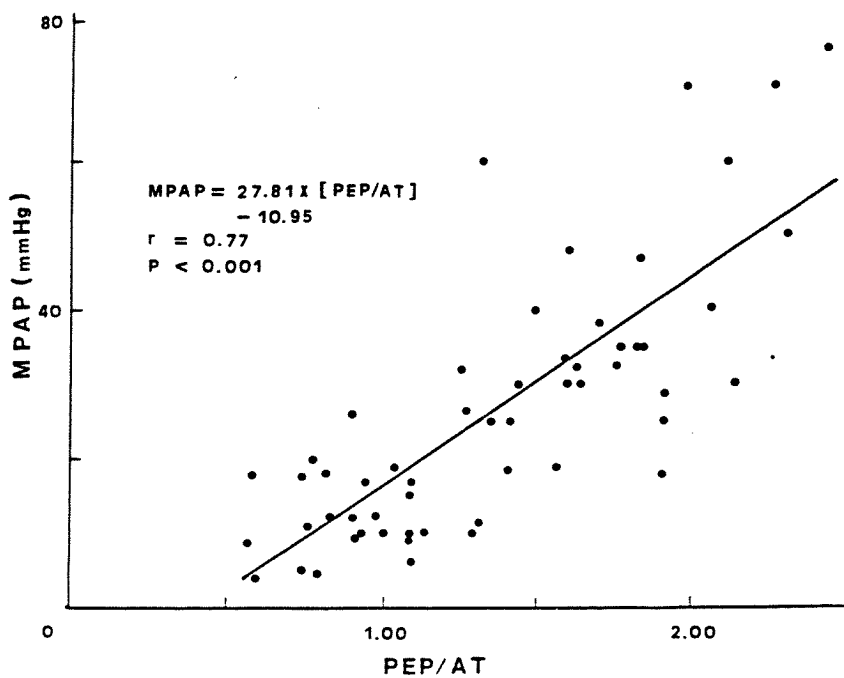


Fig. 4. Relation between MPAP and PEP/AT in Doppler echocardiography.

양상을 보였다. Fig. 4는 PEP/AT와 평균폐동맥압의 점산도 및 회귀선으로 r 값이 0.77, p 값이 0.001 미만이었다.

고 안

폐동맥판막의 움직임으로 폐동맥고혈압을 추정하는 시도가 많았으나¹⁻³⁾, 성인에서는 폐동맥판막의 움직임을 관찰하기가 용이하지 않고 정량화가 불가능하였지만, Doppler심에코도는 이를 가능하게 하였고 Mahan 이래 현재까지 여러보고가 있다⁶⁻¹¹⁾. Okamoto 등은¹²⁾ 폐동맥혈류의 형태가 우심실구출로에서나 폐동맥판막부분에서 같이 기록된다고 하였고, Martin-Duran 등도¹⁰⁾ 같은 결과를 보고하고 있는데 본 연구에서도 혈류형태의 유사성 뿐 아니라 STI의 지표와 폐동맥압간의 상관관계에서도 비슷한 결과를 보였다. 그러나 우심실구출로에서 측정할 경우 late systolic fluttering 이나 curve모양의 변동이 적어 보다 나은 flow velocity pattern을 얻을 수 있었다. 따라서 Pulsed Doppler를 이용한 sample volume의 위치는 질적인 문제때문에 우심실유출로에서 정하는 것이 바람직하다고 생각된다. Flow velocity pattern 중 type Ⅲ는 100%의 sensitivity로 폐동맥고혈압을 의미하였고 type Ⅱ와 Ⅲ를 합한 경우는 sensitivity 34%, specificity 86%로 폐동맥고혈압을 의미하였다.

본 연구에서는 cardiac index의 정상 비정상에 따른 구분은 하지 않았는데 이는 Isobe 등의 결과에서⁹⁾ 두 군간의 유의한 차가 없었다는 근거를 두었다.

폐동맥고혈압군에서는 정상폐동맥압군에 비해 AT와 ET는 유의하게 짧았고 PEP는 유의하게 길었지만 ET와 PEP의 폐동맥압과의 상관관계는 적었다. 이는 전체 59예 중 21예가 심방세동으로 STI의 측정에 어려움이 있었기 때문이라 판단된다. AT는 RR interval의 변화와 비교적 관계가 적기 때문에 폐동맥과의 상관관계가 좋다고 생각된다. 가장 높은 상관관계는 PEP/AT와 폐동맥압에서 보이고 있

는데 이때 상관계수는 0.77로 기존의 결과와 유사하였다. 폐동맥고혈압의 환자에서 AT의 단축은 증가된 폐동맥저항이 주원인으로 생각되며, 심근수축력과 후부하(afterload)도 이에 관련이 있을 것으로 생각된다. PEP는 전부하(preload), 후부하, 심근수축력 및 심실의 전기적활성에 영향을 받으나, 그 중 어느 것이 주된 요인인지는 잘 알려져 있지 않다.

본 연구에서 심도자술과 Doppler심에코도를 동시에 시행하지 않아 결과해석에 있어 논란의 여지가 있을 수 있겠다. 그러나 Doppler 심에코도를 심도자하기 전날 저녁에 안정된 상태에서 시행하였고 심도자할 때까지 특별한 치료를 행하지 않았기 때문에 이 시간간격이 본 결과에 크게 영향은 주지 않았으리라 생각된다.

이상에서 본 바와 같이 Doppler심에코도를 이용한 폐동맥압추정에는 PEP/AT가 가장 좋은 지표이며 이는 심박동수나 심박출량에 크게 영향을 받지 않으므로 심박출량이 감소된 폐동맥고혈압 환자에 이용될 수 있고 pulsed Doppler의 sample volume은 우심실구출로에 위치시키는 것이 질적인 면에서 폐동맥판막부위보다 유리하다는 것을 알 수 있었다.

결 론

1986년 4월부터 10월까지 서울대학교병원 내과에 입원하여 심도자를 시행하기전 Doppler심에코도를 이용하여 폐동맥혈류를 기록했던 59예를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) Flow velocity pattern 중 type I은 정상폐동맥압을 type Ⅱ와 Ⅲ는 폐동맥고혈압을 의미하였다.

2) 폐동맥고혈압이 있는 군에서는 AT와 ET가 유의하게 길었고 PEP는 유의하게 짧았다.

3) PEP/AT와 평균폐동맥압간에서 가장 높은 상관계수를 보였다($r=0.07$). AT 역시 폐동맥압과 유의한 상관관계를 보였다($r=-0.69$).

4) Pulsed Doppler의 sample volume의 위치는

폐동맥판막의 직전의 우심실구출로와 직후인 주 폐동맥으로 정하였는데 STI측정이나 상관관계에서 유의한 차는 없었으나 전자에서는 late systolic fluttering이나 curve모양의 변동이 적어 전자가 유리하였다.

5) 이상으로 Doppler심에코도는 여러 심장질환에서 폐동맥고혈압의 진단과 그 정도를 추정하는 검사로 사용될 수 있고, 폐동맥고혈압환자에서 내과적 또는 외과적 치료 후 그 경과를 추적관찰하는데 유효한 검사가 될 수 있다고 생각된다.

REFERENCES

- 1) Nanda NC, Gramiac R, Robinson TI, Shah PM: *Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. Circulation* 50:575, 1974
- 2) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: *Echocardiographic patterns of pulmonic valve motion with pulmonary hypertension. Circulation* 50:905, 1974
- 3) Lew W, Karliner JS: *Assessment of pulmonary valve echocardiogram in normal subjects and in pulmonary arterial hypertension. Br Heart J* 42:147, 1979
- 4) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: *The echocardiographic assessment of pulmonary arterial pressure and pulmonary vascular resistance. Circulation* 42:642, 1975
- 5) Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knoke, Lieman J: *Assessment of pulmonary vascular bed echocardiographic right ventricular systolic time intervals. Circulation* 57: 939, 1978
- 6) Hatle L, Angelsen BAJ, Tromsdal A: *Noninvasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. Br Heart J* 45:157, 1981
- 7) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Masuyama T, Tanouchi J, Morita Mishima M, Uematsu M, Shimazu T, Hori M, Abe H: *Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. Circulation* 68: 302, 1983
- 8) Kosturakis D, Goldberg SJ, Allen HD, Loeber C: *Doppler echocardiographic prediction of pulmonary arterial hypertension in congenital heart disease. Am J Cardiol* 53:1110, 1984
- 9) Isobe M, Yazaki Y, Takaku F, Koizumi K, Hara K, Tsuneyoshi H, Yamaguchi T, Machii K: *Prediction of pulmonary arterial pressure in adults by pulsed Doppler echocardiography. Am J Cardiol* 57:316, 1986
- 10) Martin-Duran R, Larman M, Trugeda A, Vazquez de 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, 1986
- 11) Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie A, Burn C, Henry W: *Estimation of pulmonary arterial pressure by pulsed Doppler echocardiography. (abstr) Circulation* 68(III): 367, 1983
- 12) Okamoto M, Miyatake, Kinoshita N, Sakakibara H, Nimura Y: *Analysis of blood flow in pulmonary hypertension with pulsed flowmeter combined with cross sectional echocardiography. Br Heart J* 51:407, 1984