

Pulsed Doppler Echocardiogram을 이용한 폐 동맥압의 추정*

가톨릭 의과대학 내과학교실

채장성 · 김종상 · 김재형 · 최규보 · 홍순조 · 김학중

= ABSTRACT =

Prediction of Pulmonary Arterial Pressure by Pulsed Doppler Echocardiography

Jang Seong Chae, M.D., Chong Sang Kim, M.D., Jae Hyung Kim, M.D.,
Kyu Bo Choi, M.D., Soon Jo Hong, M.D. and Hak Joong Kim, M.D.

Department of Internal Medicine, Catholic Medical College

Noninvasive prediction of pulmonary arterial pressure is of paramount importance in heart disease.

To estimate pulmonary arterial pressure, several echocardiographic techniques, including abnormal pulmonary valve motion, prolongation of RV preejection period / RV ejection time ratio and contrast echocardiography have been proposed. Recently Doppler echocardiography has been known to detect intracardiac blood quantitatively.

For assessment of the benefit of several indices by Pulsed Doppler echocardiography for mean pulmonary arterial pressure, 22 patients (mean pulmonary pressure ≥ 20 mmHg; 11, < 20 mmHg; 11) were compared with the mean pulmonary arterial pressure by cardiac catheterization.

In comparison of mean pulmonary arterial pressure(MPAP);

1) Right preejection period / RV ejection time

RPEP/RVET; $r=0.278$

2) Right preejection period / Acceleration time

RPEP/AT : $r=0.654$

3) Acceleration time(AT)

$AT = -1.55 (MPAP) + 154.37 (r = -0.763)$

$AT = -92.29 (\log MPAP) + 239.41 (r = -0.752)$

AT is less than 105 msec in 9 of 11 pulmonary hypertension and one of 11 normal individual.

4) Acceleration time/ RV ejection time

$AT / RVET = -136.36 (MPAP) + 83.31 (r = -0.817)$

$AT / RVET = -0.29 (\log MPAP) + 0.81 (r = -0.803)$

* 본 논문은 1986년도 가톨릭 중앙의료원 학술연구비 일부보조로 이루어진 것임.

$$5) (\text{Right preejection period} + \text{Deceleration time}) / \text{AT}$$

$$(\text{RPEP} + \text{DT}) / \text{AT} = 9.61(\text{MPAP}) - 0.16 (r=0.806)$$

$$(\text{RPEP} + \text{DT}) / \text{AT} = 3.86(\log \text{MPAP}) - 2.46 (r=0.789)$$

In conclusion AT/RVET, (RPEP+DT)/AT and Acceleration time of 105 msec are valuable indices to estimate mean pulmonary arterial pressure by Pulsed Doppler echocardiogram.

T) 등의 지표와 비교 관찰하였다.

서 론

대상 및 방법

심장질환에서 폐동맥압의 추정치는 환자의 치료와 예후 판정에도 크게 관계되어 이의 비관혈적 추정은 매우 중요한 의미를 갖고있다.

근년에까지 폐동맥압의 비관혈적 추정은 주로 심초음파에 의해서 이루어져 왔으며 폐동맥 고혈압의 유무를 판단하는 데는 도움을 주지만 이의 정량적 분석에는 어려움이 많은 실정이다¹⁻³⁾. 최근 Doppler 심초음파에 의한 우심실 유출로 또는 폐동맥에서의 혈류형태로 폐동맥압을 추정하고자 하는 시도가 있으나 아직 논란이 많은 실정이다⁴⁻⁹⁾. 이에 저자들은 심장질환의 진단 및 치료를 위하여 가톨릭의대 부속 성바오로 병원에 입원하였던 환자 22명을 대상으로 심도자에 의하여 측정한 폐동맥압 및 대수(log) 폐동맥압을 Pulsed Doppler 심초음파에 의하여 우심실 유출로에서 측정한 Acceleration time/RV ejection time(AT/RVET), Right preejection time/Acceleration time(RPEP/AT), Right preejection time/RV ejection time(RPEP/RVET), Acceleration time(AT) 및 (Right preejection time + Deceleration)/Acceleration time((RPEP+DT)/A

대 상 :

대상은 1986년 1월부터 7월 까지 본원 순환기 내과에 입원하였던 환자 22명으로 연령은 15 세 부터 50세로 평균 27세이며 남자 14명 여자 8명 이었다.

질환별로는 선천성 심장질환은 심방중격결손 4 예 심실중격결손 6예 동맥관 개존증 4예로 모두 14예 이었으며 후천성 심장질환은 대동맥판 및 승 모 판 질환으로 8예 이었으며 이중 심방세동이 3 예 우각차단이 2예 있었다(Table 1).

방 법 :

모든 환자는 심도자 검사직전에 Doppler 심초음파를 실시하였다. Doppler 심초음파는 ALOKA SD-880(3.5MHZ)을 이용하여 환자는 안정상태에서 바로 또는 좌측으로 누운 상태에서 흉골연 단축단면도에서 표본측정부위는 폐동맥판 근위부의 우심실 유출로에서의 혈류를 측정 하였으며 환자의 호기말기의 기록을 3주기 이상 평균하여 지표로 하였다. 지표의 측정은 우구혈전기(Right preejection period)는 심전도상 Q파의 시작부터 수

Table 1. Distribution of patients according to mean pulmonary artery pressure and cardiac disease

Mean pul. art. pressure	ASD	VSD	PDA	VHD	Total
< 20 mmHg	3	2	2	4 (2; RBBB)	11
≥ 20 mmHg	1	4	2	4 (3; A. fib)	11

VHD : Valvular heart disease.

Age : 15-50 Male : 14 Female : 8.

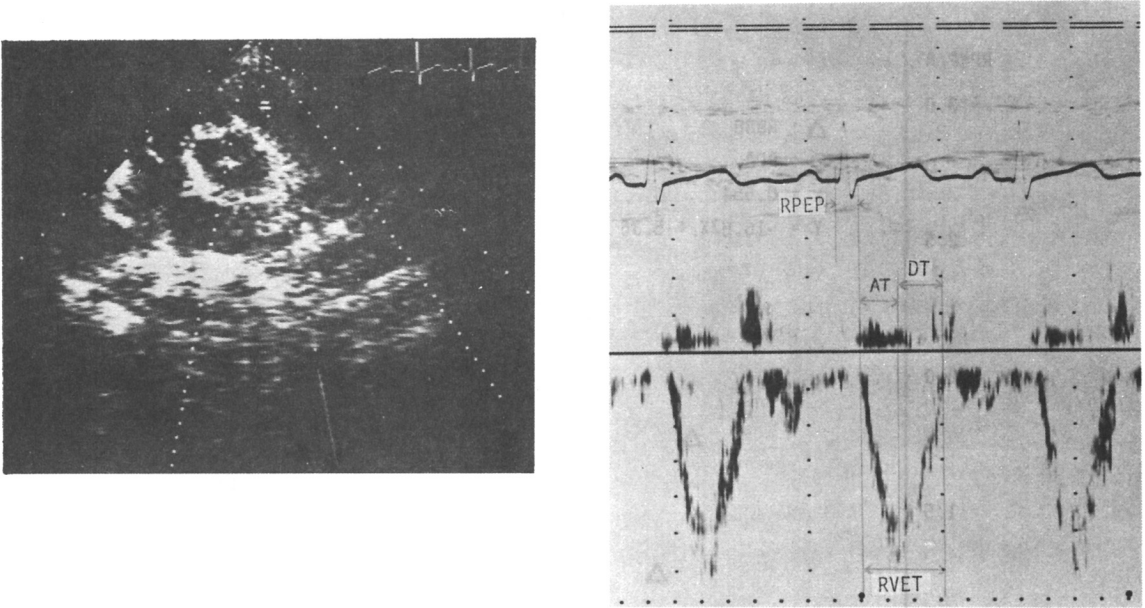


Fig. 1. Two - dimensional echocardiogram and pulsed Doppler recording. The sample volume is in right ventricular outflow tract. RVET :Right ventricular ejection time. RPEP :Right preejection period. AT :Acceleration time. DT :Deceleration time.

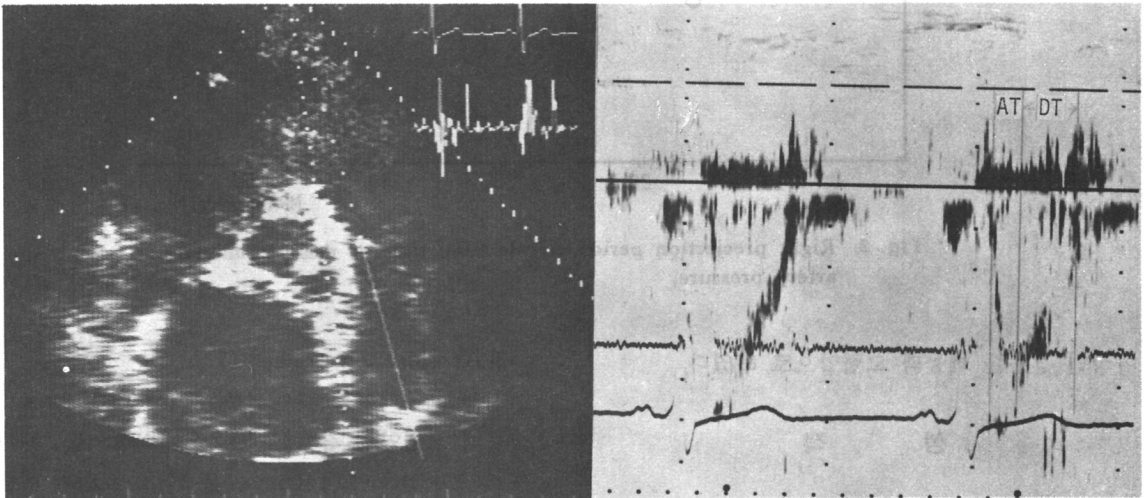


Fig. 2. Two - dimensional echocardiogram and pulsed Doppler recording in patient with pulmonary hypertension.

축기의 하방 혈류곡선의 시작까지로 하였으며 구혈기(RV ejection time)는 하방혈류곡선 시작부터 유출혈류의 끝까지로 하였고, 그정점까지를 Acceleration time(AT), 정점부터 유출혈류 끝까지를 Deceleration time(DT)이라 하였다. 정

점이 plateau를 이룬경우는 그 시작점을 정점으로 하였다(Fig. 1, 2).

심도자는 Seldinger technique을 이용하여 평균폐동맥압을 호기말기에 기록하여 3주기 이상의 결과를 평균하였으며 평균폐동맥압이 20mmHg

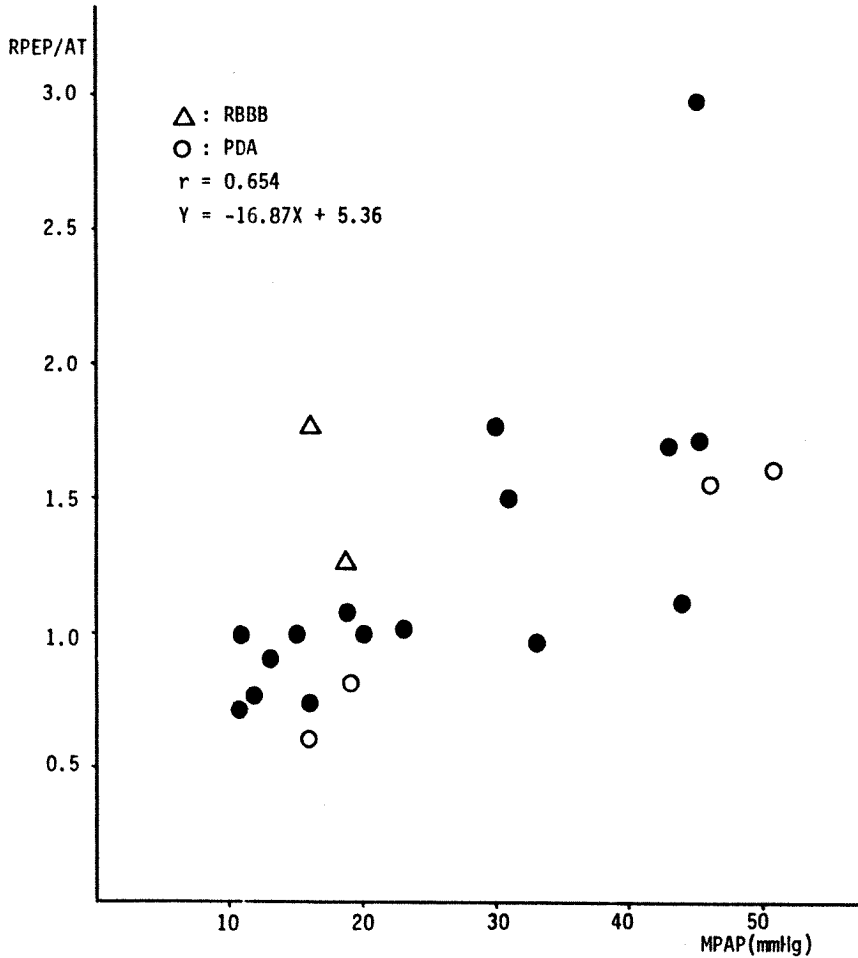


Fig. 3. Right preejection period/Acceleration time vs mean pulmonary artery pressure.

이상인 경우를 폐동맥 고혈압으로 하였다.

성 적

1) Right preejection period/RV ejection time(RPEP/RVET)과 평균폐동맥압(Mean pulmonary artery pressure: MPAP)은 $r=0.278$ 이었다.

2) Right preejection period/Acceleration time(RPEP/AT)과 평균폐동맥압은 $r=0.654$ 이었다(Fig. 3).

3) Acceleration time(AT)

정상 폐동맥압을 갖는 경우는 $132.9 \pm 15.3\text{msec}$, 폐동맥 고혈압인 경우는 $94.2 \pm 21.8\text{msec}$ 로 차이가 있으며($p < 0.001$) 105msec를 기준으로할때 폐동맥 고혈압을 갖는 경우는 105msec 이하인 경우가 11예중 9예 이었으며 정상 폐동맥압의 경우 105 msec 이하인 경우는 1예 이었다. 평균폐동맥압과의 관계는 $AT = -1.55(MPAP) + 154.37$ ($r = -0.763$), $AT = -92.29(\log MPAP) + 239.41$ ($r = -0.752$) 이었다(Fig. 4).

4) Acceleration time/RV ejection time(AT/

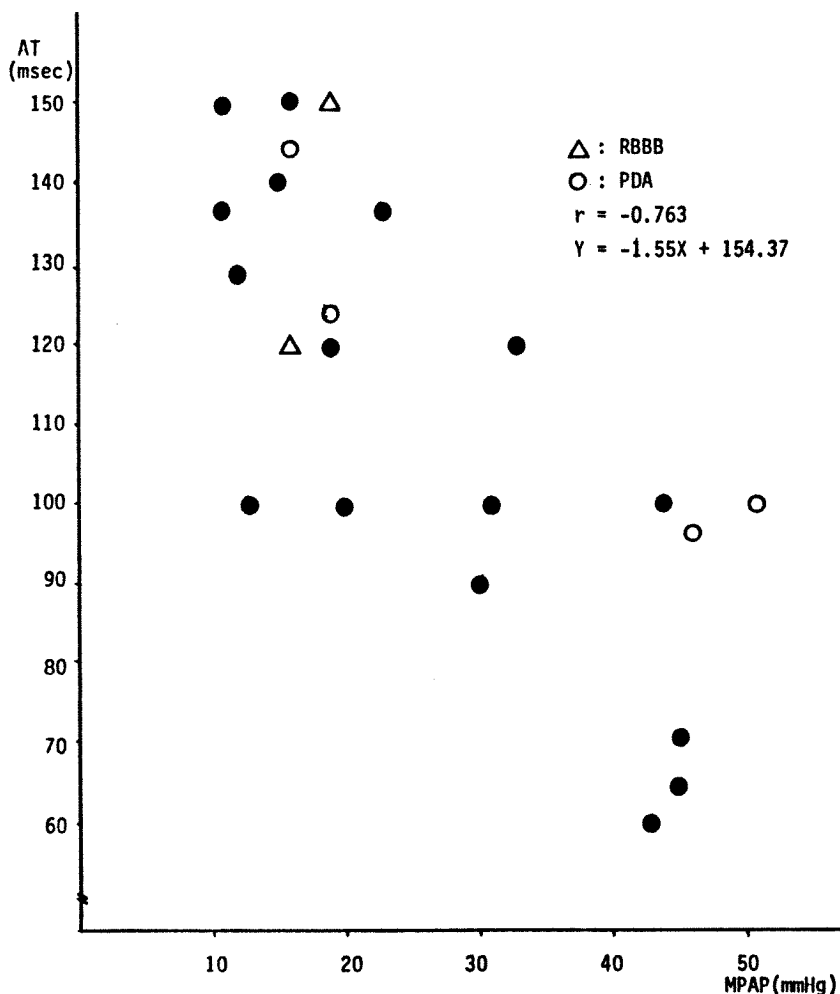


Fig. 4. Acceleration time vs mean pulmonary artery pressure.

RVET)은 평균폐동맥압과 $AT/RVET = -136.36$ (MPAP) + 83.31 ($r = -0.817$), $AT/RVET = -0.29$ ($\log MPAP$) + 0.81 ($r = -0.803$) 이었다 (Fig. 5).

5) (Right preejection period + Deceleration time)/Acceleration time은 평균폐동맥압과 $(RPEP + DT)/AT = 9.61(MPAP) - 0.16$ ($r = 0.806$), $(RPEP + DT)/AT = 3.86(\log MPAP) - 2.46$ ($r = 0.789$) 이었다 (Fig. 6).

고 찰

폐동맥압의 비관혈적 측정은 임상에 매우 중요

하며 종래까지 비관혈적으로는 심초음파에 의한 정성적 방법에 의존해 왔다. 심초음파상 폐동맥 고혈압은 폐동맥판의 움직이는 형태로 a파의 소실이나 수축중기 notching으로 알수있으나 심방세동의 경우 a파를 관찰할수 없으며, 수축중기의 폐동맥판의 관찰이 용이하지 않는등의 문제점이 많다¹⁻³⁾. 또한 우심실 구혈기에 대한 구혈기전의 비나¹⁰⁾ 폐동맥판을 통한 혈류의 변화관찰^{11, 12)} 등이 있으나 이들도 폐동맥판의 관찰 및 정량적 측정에 많은 문제점이 있다. 최근 Doppler 심초음파가 이용됨에 따라 여러 지표에 의한 폐동맥압의 비관혈적 정량적 측정이 가능하게 되었으나 가장 이

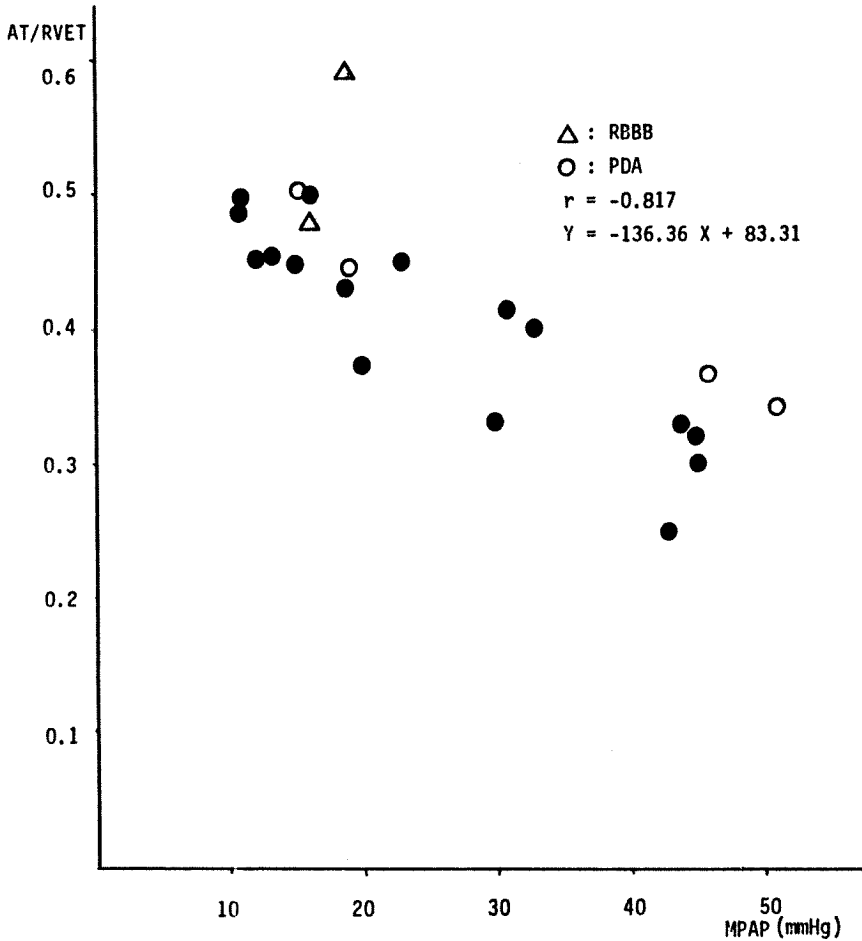


Fig. 5. Acceleration time/Right ventricular ejection time vs mean pulmonary artery pressure.

상적인 지표에는 아직 논란이 많은 실정이다⁴⁻⁹⁾.

폐동맥압에 관계되는 인자로는 전부하, 후부하, 심근수축력 및 심실 전기활동등이 있으며¹³⁾ 이들 인자로 인한 폐동맥압의 변화를 Doppler 심초음파에 의하여 우심실 유출로 또는 폐동맥에서의 혈류관찰로 간접적으로 폐동맥압을 측정하고자 이용되고 있다. 폐동맥 고혈압시 폐동맥 혈관의 이완력감소와 우심실 수축저항이 증가하여 가속정점 (Acceleration peak)이 조기에 나타난다^{4,14)}. 또한 폐동맥 저항이 $300 \text{ dyne s cm}^{-5}$ 이하에서는 등근 대칭형의 폐동맥혈류모양을 관찰할 수 있으나 그이상에서는 조기의 정점 및 notching을 관찰할

수 있다⁵⁾.

Isobe⁴⁾등은 우구혈전기(RPEP)가 폐동맥 고혈압이나 우심실 기능부전등의 심수축에 영향을 받기 때문에 RPEP/AT이 평균 폐동맥압과 관계가 좋으며 이지표는 특히 심박출량에 큰영향을 받지 않는다고 하였으나 저자들의 경우 RPEP/AT은 AT이나 AT/RVET보다 평균폐동맥압에 대한 상관관계는 좋지 않았다($r=0.654$ vs -0.763 & -0.817). 그러나 우구혈전기는 폐동맥 이완기압에 영향을 받으며 수축기 고혈압은 우구혈기와도 관련되어¹⁵⁾ 이러한 영향을 고려한 저자들의 (RPEP+DT)/AT은 평균 폐동맥압과 좋은 상관관계를 보았다 ($r =$

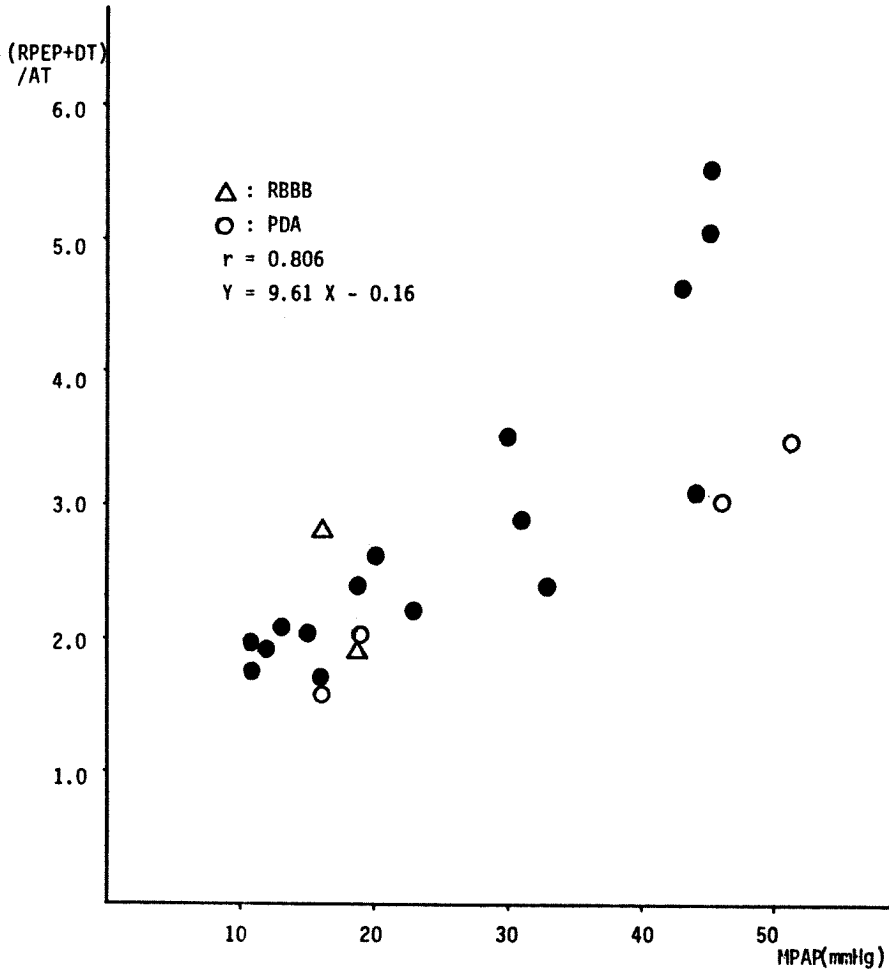


Fig. 6. (Right preejection period+Deceleration time) / Acceleration time vs mean pulmonary artery pressure.

0.806). Kitabatake등⁷⁾도 AT이나 AT/RVET는 평균폐동맥압과 좋은 상관관계를 보이며 특히 대수(logarithm) 평균폐동맥압과 비교하면 더 좋은 결과를 얻을수 있다고 하였으며 평균폐동맥압이 40mmHg 이상에서는 직선관계에 변형이 있다고 하였으나 저자들의 경우 평균폐동맥압이 최고 51 mmHg까지의 경우 대수평균폐동맥압보다 직선관계가 더 좋은 상관관계를 나타냈다⁸⁾.

Acceleration time(AT)으로 폐동맥 고혈압의 판단에 이용될수 있으며 폐동맥 수축기압이 30 mmHg 이상인 경우는 AT이 106msec 이하며⁶⁾,

AT이 100msec 미만인 경우는 평균폐동맥압이 20mmHg 보다 큰것을 예시한다고⁹⁾ 하였으나 저자들의 경우 폐동맥 고혈압의 경우 AT이 100msec 주위에 분포가 많아 AT을 105msec로 정하는 것이 폐동맥 고혈압 판단에 더 유용할것으로 생각된다. 저자들의 평균폐동맥압이 20mmHg 이상인 경우 11명중 9명에서 AT이 105msec 이하로 나타났으며 폐동맥압 20mmHg 미만인 경우는 11명중 1명만 AT이 105msec 이하 이었다.

삼첨판 폐쇄부전의 경우 이로인한 역류혈류로 우심실 수축기압의 측정이 가능하나^{16,17)} 이는 폐

쇄부전이 없는 경우나 평균폐동맥압의 측정은 곤란하다. 삼첨판 폐쇄부전의 경우 더 조기에 AT을 보이나 이는 평균폐동맥압과 Doppler 지표의 관계에 큰영향을 주지 않는다고 하며⁷⁾ 이보다는 혈류 측정위치가 중요하며 폐동맥에서 측정하는 경우 폐동맥판의 수축기 진동(systolic fluttering)⁸⁾이나 폐동맥 고혈압시 수축말기에 와류(eddy current)에 의한 변화를 보이나 우심실 유출로의 경우 이러한 변화가 적으며 Pulsed Doppler 심초음파에 의하여 95% 이상에서 혈류를 잘 관찰할수 있는⁴⁾ 장점이 있어 저자들은 폐동맥보다 우심실 유출로에서 측정하였다.

폐동맥 고혈압은 심초음파에서 폐동맥판의 수축중기 notching으로 관찰될수 있으며 이는 Doppler 심초음파에 의해 측정한 혈류의 notching과 일치를 보이며⁷⁾ 폐동맥 고혈압 환자의 약 반에서만 관찰이 가능하며 동물실험에서도 폐동맥압 상승시 40%에서만 관찰할수 있어¹⁸⁾ 저자들의 경우 11명중 5명에서 관찰되어 이들과 비슷한 결과를 얻었다. 특발성 폐동맥 확장증시 폐동맥 고혈압 없이도 수축중기의 notching을 발견할수 있으며¹⁹⁾ 심방세동시 주기에 따라 수축중기 notching이 보이기도 하여⁷⁾ 폐동맥 고혈압에 폐동맥판의 수축중기 notching이 항상 일치하지 않는다.

저자들의 경우 폐동맥 고혈압이 있는 2명의 동맥관 개존증의 경우는 다른질환보다 폐동맥압에 비해 정상쪽으로 기운 지표로 나타나 단락혈류의 영향일것으로 생각되어 증례는 적으나 동맥관 개존증의 경우는 pulsed Doppler 심초음파에 의한 폐동맥압 측정에 주의가 요할것으로 생각된다. Acceleration Time에 의한 폐동맥 고혈압의 유무는 평균 폐동맥압이 20mmHg 이상인 경우는 105msec를 기준으로 하는것이 더 의의가 있었으며 평균 폐동맥압이 50mmHg 이내에서는 평균 폐동맥압의 대수(log)보다는 직선관계가 더 좋은 상관관계를 보여 폐동맥 고혈압 측정에 이에대한차이를 고려하여야 할것으로 보이며, pulsed Doppler 심초음파에 의한 여러가지표중 AT/RVET와 (RP-

EP+DT)/AT이 평균폐동맥압과 좋은 상관관계를 보여 이 두지표의 이용이 평균폐동맥압 측정에 유용할것으로 사료된다.

결 론

저자들은 심질환의 진단 및 치료를 위하여 내원한 환자 22명(평균폐동맥압 $\geq 20\text{mmHg}$: 11 명, $< 20\text{mmHg}$: 11 명)을 대상으로 pulsed Doppler 심초음파에 의하여 측정한 우심실 유출로에서의 여러지표를 심도자에 의한 평균폐동맥압과 비교하여 다음과같은 결론을 얻었다.

1) 평균폐동맥압과 pulsed Doppler 심초음파에 의한 RPEP/RVET는 상관관계가 좋지않았다.

2) 평균폐동맥압과 RPEP/AT은 $r=0.654$ 의 상관관계를 나타냈다.

3) AT은 평균폐동맥압이 20mmHg 이상인 경우 11명중 9명에서 105msec 이하이었으며 평균 폐동맥압과는 $r=0.763$ 의 상관관계를 나타내었다.

4) 평균폐동맥압에 대한 AT/RVET와 (RPEP+DT)/AT의 직선 상관관계는 각각 $r = -0.817$ 과 $r = 0.806$ 으로 대수관계보다 직선 상관관계가 다소 좋았다.

5) 폐동맥 고혈압이 있는 동맥관 개존증 환자 2명은 폐동맥압에 비하여 지표의 변화가 둔화되어 있었다.

REFERENCES

- 1) Reigenbaum H: *Echocardiography* 4th ed. 215 LEA & FEBIGER Philadelphia 1986
- 2) Nanda N C, Gramiac R, Robinson T I, Shah P M: *Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. Circulation* 50:575, 1974
- 3) Weymen A E, dillon J C, Feigenbaum H, Chang S: *Echocardiographic patterns of pulmonary valve motion with pulmonary hypertension. Circulation* 50:905, 1974
- 4) Isobe M, Yazaki Y Takaku F, Koizumi K, Hara K, Tsuneyoshi H, Yamaguchi T Machi K: *Prediction of Pulmonary Arterial Pressure*

- in Adults by Pulsed Doppler Echocardiography. Am J Cardiol 57 : 859, 1986*
- 5) Martin-Duran R, Larman M, Trugeda A, Prada J V, Ruano J, Torres A, Figueroa A, Nistal F: *Comparison of Doppler Determined Elevated Pulmonary Arterial Pressure with Pressure Measured at Cardiac Catheterization. Am J Cardiol 57 : 859, 1986*
- 6) Kosturakis D, Goldberg s L, Allen H D, Loeber C, : *Doppler echocardiographic prediction of pulmonary arterial hypertension in congenital heart disease. Am J Cardiol 53:1110, 1984*
- 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) Mahan G, Dabestani A, Gardin J, Allfie A, Burn C, Henry W: *Estimation of pulmonary artery pressure by pulsed Doppler echocardiography(abst). Circulation 68 : suppl III : III 367, 1983*
- 9) Gardin J M: *New concept in cardiac pacing. Estimation of pulmonary artery pressure. Year book medical publishers, INC. 36, 1986*
- 10) Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knot J, Liebman J: *Assessment of the pulmonary vascular bed by echocardiographic right ventricular systolic time intervals. Circulation 57 : 939, 1978*
- 11) Gullace G, Savoia M T, Ravizza P, Locatelli V, Adamiaro P, Ranzi C: *Contrast echocardiographic feature of pulmonary hypertension and regurgitation. Br Heart J 46 : 369, 1981*
- 12) Meltzer R S, Valk N K, Cate F T, Visser C A, Roelandt J: *Contrast echocardiography in pulmonary hypertension : Observations explaining the early closure of the pulmonary valve. Am Heart J 106 ; 1394, 1983*
- 13) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz D C, Korfhagen J, Kaplan S : *The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. Circulation 52: 642, 1975*
- 14) Reuben S R: *Compliance of the human pulmonary arterial system in disease. Circ Res 29 : 40, 1975*
- 15) Nanda N C: *Doppler Echocardiography 1st ed. IGAKU-SHOIN 287, 1985*
- 16) Kim Saal A, Otto C M, Janko C L, Prestly R M, Pearman A S: *Measurement of pulmonary systolic pressure in adults with tricuspid regurgitation using high pulse repetition frequency(abst) Circulation 70 : suppl II : 117, 1984*
- 17) Yock P G, Popp R L: *Noninvasive estimation of right ventricular systolic pressure by Doppler ultrasound in patients with tricuspid regurgitation. Circulation 70: 657, 1984*
- 18) Tahara M, Tanaka H, Nakao S, Yoshimura H, Sakurai s, Tei C, Kahima T: *Hemodynamic determinants of pulmonary valve motion during systole in experimental pulmonary hypertension. Circulation 64 : 1249, 1981*
- 19) Bauman W, Wann L S, Childress R, Weyman A E, Feigenbaum G, dillon J: *Mid-systolic notching of the pulmonary valve in the absence of pulmonary hypertension. Am J Cardiol 43 : 1049, 1979*