

## 승모판 협착 환자에서 심초음파도와 심도자술로 측정한 승모판구 면적과 저항의 임상적 유용성

경희대학교 의과대학 내과학교실

조대옥 · 강홍선 · 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= Abstract =

### Mitral Valve Area and Resistance in Mitral Stenosis : Comparison of Cardiac Catheterization and Doppler Echocardiography

Dai Ok Cho, M.D., Heung Sun Kang, M.D., Chung Whee Choue, M.D.,  
Kwon Sam Kim, M.D., Myung Shick Kim, M.D.,  
Jung Sang Song, M.D., Jong-Hoa Bae, M.D.

*Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kyung Hee University School of Medicine,  
Seoul, Korea*

**Background :** The valve area derived from the Gorlin formula has been used clinically for decades as an index of severity in the assessment of valve stenosis, in spite of some limitations on Gorlin formula studied in aortic stenosis and mitral bioprostheses. It had been shown that Gorlin valve area varied if the hemodynamic conditions during measurement are changed. Valve resistance has been proposed as an alternative hemodynamic indicator, but initially this index was not used because it was unlikely to remain constant at different flow rates. Recently valve resistance provided a better indices of hemodynamic obstruction than mitral valve area, and these stenotic indices usually estimated by angiographic method and we studied the valve resistance by Doppler echocardiographic measurement.

**Methods and Results :** To compare the clinical implication about these stenotic indices measured by echocardiography and cardiac catheterization, we studied 41 patients of mitral stenosis with normal sinus rhythm. The results were as follows :

- 1) In catheterization, increased heart rate, mean pressure gradient and decreased diastolic time was observed. but mitral area, resistance, cardiac output and mitral flow was not different.
- 2) Linear regression analysis showed negative correlation of mitral valve resistance and Gorlin mitral area (echocardiography  $r = -0.84$ , catheterization  $r = -0.84$ ) ( $p < 0.001$ ).
- 3) Correlation coefficient of mitral valve area and mitral valve resistance between echocardiography ( $r = 0.87$ ) and catheterization ( $r = 0.82$ ) showed positive correlation ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion :** These results suggest that mitral valve resistance by echocardiography is a useful method in the evaluation of the severity of mitral stenosis.

**KEY WORDS :** Mitral valve area · Mitral valve resistance · Echocardiography.

## 서 론

승모판 협착 환자에서 협착의 정도를 판정하는데 Gorlin 공식에 의한 판막면적이 널리 이용되어왔다<sup>1-3)</sup>. Gorlin공식은 일정한 형태의 비와류(non-pulsile) 혈류 상태에 기초되는데<sup>1,4)</sup>, 혈류흐름과 판막경유 압력차에 의해 산출되기 때문에 Gorlin 판막면적은 검사하는 동안 혈역학의 변화에 영향을 받는다고 한다<sup>5-7)</sup>. 또한 혈류가 낮은 상태에서는 부적절한 것으로 알려져 대동맥판막 협착에는 유용하나 승모판 협착에는 해부학적 협착정도와 혈역학적 불일치가 있음이 보고<sup>8)</sup>되어, Gorlin공식에 의한 판막 면적의 임상적 적용의 일부 제한이 있다고 하나 그 동안 많이 이용되어 왔다. 판막의 협착을 나타내는 다른 지표로 판막 저항이 이용되는데<sup>9,10,11)</sup> 심도자술을 이용한 직접적인 좌심실 압 측정과, 좌심방압을 폐포세동맥 쇄기압으로 간접 측정하는 기술의 발달로 협착에 따른 기능적 이상을 반영할 수 있다고 알려져 있으며<sup>12)</sup> Gorlin면적에 비해 혈역학적 변화에 따른 오차가 적어 승모판 협착에도 유용하다고 한다<sup>13)</sup>. 그러나 승모판구 저항을 비관혈적 방법을 이용하여 연구한 보고가 적어 저자들은 승모판 협착 환자를 대상으로 심초음파도와 심도자술에서 측정된 승모판구 면적과 승모판구 저항을 비교하여 심초음파도에 의한 협착지수 산출의 유용성을 알아 보고자 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

1983년 3월부터 1992년 10월까지 경희대학교 의과대학 부속병원 내과에 내원하여 승모판 협착 증으로 진단된 환자중 정상 동조율 이었던 41례를 대상으로 하였는데 남자가 7례, 여자가 34례 이었고 평균연령은 44.9세(17~64세)였다. 이들은 심도자술 및 심혈관 영화조영술 검사에서 승모판 협착 13례, 승모판 협착과 경증의 승모판 폐쇄부전 17례, 승모판 협착과 경증의 대동맥 폐쇄부전 11례 이었다.

## 2. 연구 방법

### 1) 심초음파도

심초음파도는 IREX와 Advanced Technology Laboratories 사의 Ultramark 9의 2.5 MHz 탐촉자를 이용하여 좌와위에서 표준화된 방법으로 videotape에 기록하였다. M-형 심초음파도에서 심박출량을 측정하였고 승모판의 지속성 도플러 초음파도상에서 Microsonic사의 컴퓨터 프로그램을 이용하여 확장기 충만 시간(diastolic filling time)과 승모판경유 평균압력차(mean pressure gradient through mitral valve)를 측정하여 심도자술에 사용된 승모판구 저항 공식을 적용하여 측정하였다. 승모판구 면적은 지속성 도플러 심초음파도에서 Pressure half-time을 이용한 방법으로 측정하였다.

### 2) 심도자술

심도자술은 심초음파도 시행 2일 이내에 시행하였다. 환자를 양와위에서 우측 대퇴정맥 및 동맥에 경피적 도관을 삽입하여 폐포세동맥 쇄기압과 좌심실 압력을 동시에 맥박과 함께 기록하였다. 심박출량은 Fick 원리에 근거하여 계산하였다. 폐포세동맥 쇄기압과 좌심실압을 측정하여 승모판막 면적과 저항을 다음과 같은 공식에 근거 계산하였다.

$$\text{Mitral Area(cm}^2\text{)}^{14)} = \frac{\text{CO}}{\text{DFTb} \times \text{HR} \times 38 \sqrt{\text{P}_{\text{LA}} - \text{P}_{\text{LV}}}}$$

$$\text{Mitral Resistance} = 1333 \times \frac{\text{P}_{\text{LA}} - \text{P}_{\text{LV}}}{\text{CO}} \quad (\text{dynes.s.cm}^{-5})^{13)}$$

PLA-PLV : mean transvalvular mitral pressure gradient(mmHg)

CO : Cardiac output(ml/min)

DFTb : diastolic filling time per beat(seconds)

HR : heart rate(beats/min)

1333 : conversion unit from mmHg to dyne.s.cm<sup>-5</sup>

### 3. 통계 분석

심초음파도와 심도자술에서의 결과는 3번의 측정에서 평균값으로 하였고, 결과는 평균 표준편차로

표기하였다. 심초음파도와 심도자술로 측정된 결과를 Student's t-test을 시행하여 P값이 0.05이하인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 하였다. 심초음파도와 심도자술에 의해 측정된 승모판구 면적과 저항을 단순 회귀 분석(Linear regression analysis)을 실시하여 상관관계를 알아보았다.

## 결 과

대상 환자군의 혈액학 지표, 승모판구 면적과 승모판구 저항을 측정하여 비교한 결과 심도자술을 시행하였을 때 심박동이 분당  $87 \pm 18.8$ 회, 심초음파도시 분당  $75 \pm 14.1$ 회로 심도자술시 증가되어 있었고 확장기 충만시간(diastolic filling time)은 심도자술시  $33.41 \pm 6.66$ sec/min, 심초음파도시 36.

$44 \pm 6.15$ sec/min로 심도자술시 감소됨이 관찰되었다. 평균 압력차(mean pressure gradient)는 심도자술시  $14.01 \pm 5.75$ mmHg, 심초음파도시  $10.90 \pm 5.43$ mmHg로 심도자술시 높게 측정되었다. 승모판구 면적에서 심도자술시  $0.90 \pm 0.35$ cm<sup>2</sup>, 심초음파도시  $0.96 \pm 0.38$ cm<sup>2</sup>였고, 승모판구 저항은 심도자술시  $164.4 \pm 78.2$ dyne.s.cm<sup>-5</sup>, 심초음파도시  $140.5 \pm 70.0$  dyne.s.cm<sup>-5</sup>로 승모판구 면적과 저항은 두 검사방법에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table. 1).

두 검사 방법에 따른 승모판구 면적의 상관관계를 관찰한 결과 상관계수는  $r=0.83$ ( $p<0.001$ )으로 심초음파도로 측정된 승모판구 면적은 심도자술에 의해 측정된 결과와 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 1). 승모판구 저항에서도 상관계수  $r=0.87$ ( $p<0.001$ ).

Table 1. Results of echocardiography and cardiac catheterization

	Echocardiography	Cardiac catheterization
Heart rate(beats/min)	$75 \pm 14.1$	$87 \pm 18.8^*$
Cardiac output(L/min)	$3.94 \pm 1.08$	$3.89 \pm 1.32$
Diastolic filling time(sec/min)	$36.44 \pm 6.15$	$33.41 \pm 6.66^*$
Mitral flow(ml/min)	$108.10 \pm 27.7$	$119.80 \pm 39.4$
Mean pressure gradient(mmHg)	$10.90 \pm 5.43$	$14.01 \pm 5.75^*$
Mitral valve area(cm <sup>2</sup> )	$0.96 \pm 0.38$	$0.90 \pm 0.35$
Mitral resistance(dyne.s.cm <sup>-5</sup> )	$140.5 \pm 70.0$	$164.4 \pm 78.2$

All values are expressed by mean  $\pm$  S.D. \* :  $p<0.05$  vs. Echocardiography

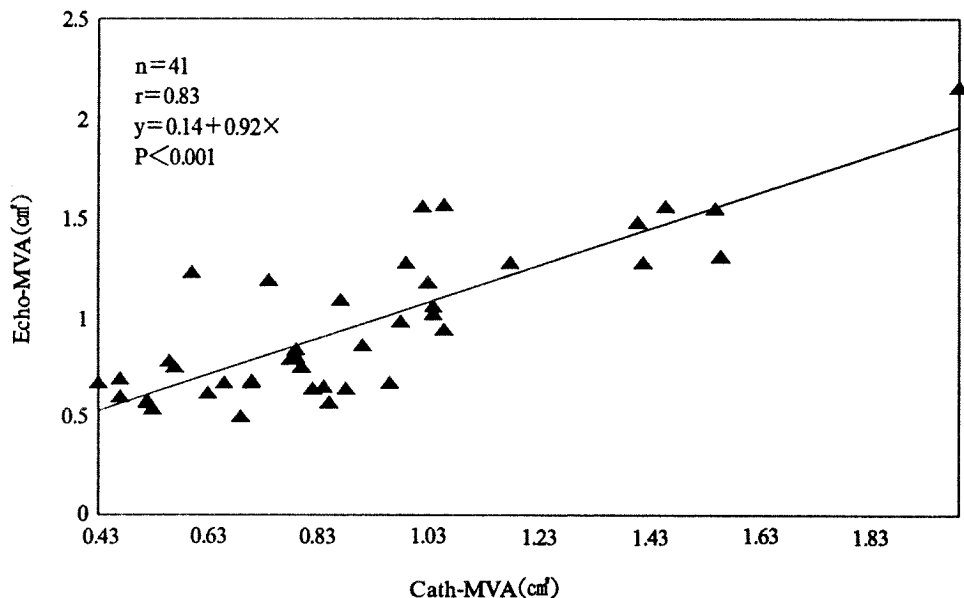


Fig. 1. Correlation of mitral valve area(MVA) between catheterization(Cath) and echocardiography(Echo).

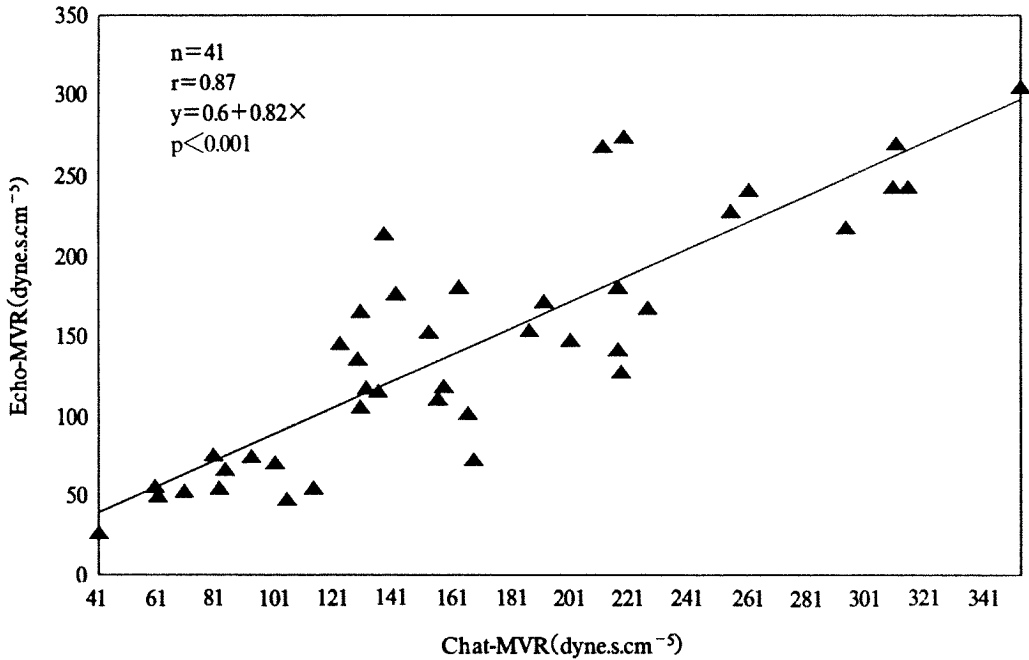


Fig. 2. Correlation of mitral valve resistance(MVR) between catheterization(Cath) and Echocardiography(Echo).

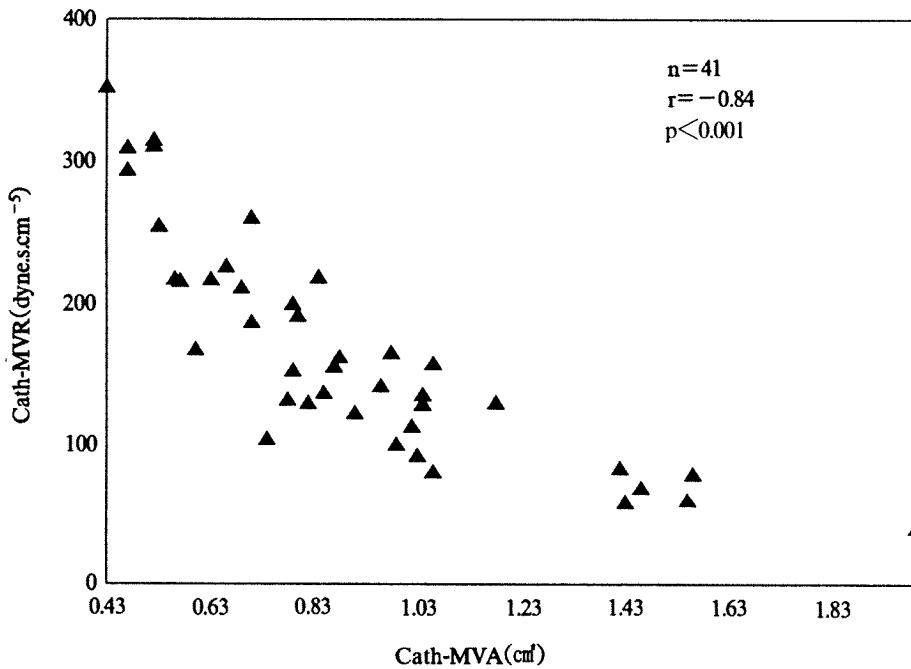


Fig. 3. The relation of mitral valve area(MVA) with mitral valve resistance(MVR) by Catheterization(Cath).

001)로 심초음파도로 측정된 결과는 심도자술에 의해 측정된 결과와 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 2). 심도자술 및 심초음파도로 측정된 승모판구

면적과 저항사이에는 각각  $r=-0.84(p<0.001)$ 로 면적이 클수록 저항이 감소되고, 면적이 작을수록 저항이 증가되는 역상관관계가 있었다(Fig. 3, 4).

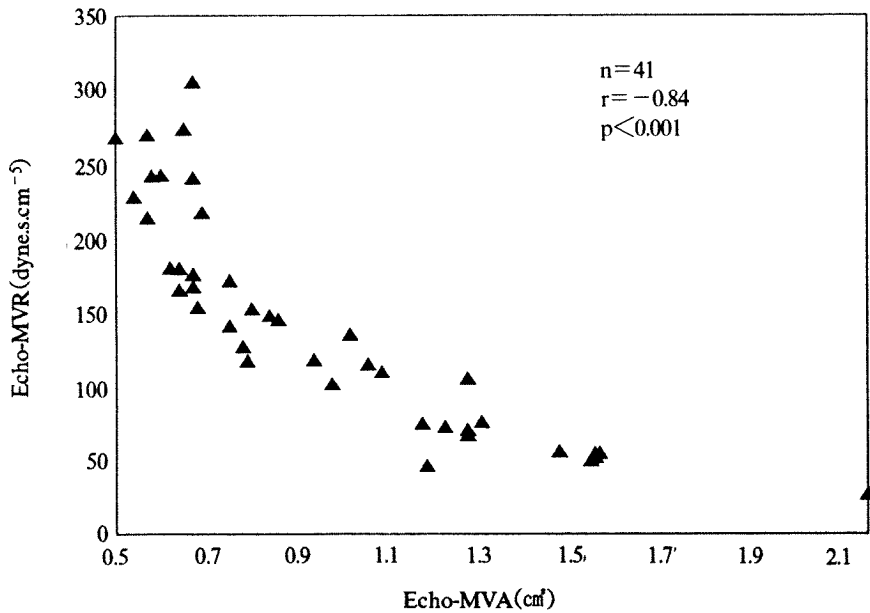


Fig. 4. The relation of mitral valve area(MVA) with mitral valve resistance(MVR) by echocardiography(Echo).

## 고 안

승모판 협착의 정도를 나타내는 지표로는 해부학적 단위인 Gorlin판막 면적과 기능적 단위인 판막저항이 널리 이용된다. Gorlin공식에 의한 판막면적은 평면 환형구를 통한 비와류형태의 혈액흐름에 기초한 Torricelli 모형에 근거한 것<sup>1,4)</sup>으로 혈류 흐름(flow)은 판막구를 통한 압력차의 제곱근( $\sqrt{\Delta P}$ )에 비례한다는 것이다. 즉,  $F \propto \Delta P$  ( $F$ =flow,  $\Delta P$ =pressure gradient across the orifice)로 표기되는 혈류의 흐름과 승모판을 경유하는 평균 압력차에 Gorlin공식은 기초한다. 그러나 Gorlin공식에 의한 판막 면적은 혈액점도, 농도, 혈류 흐름의 형태와 판막구를 지나는 혈류의 가장 좁은 부위(vena contracta)에 대한 판막 면적의 비율을 고려한 상수(constant)가 필요하다<sup>1)</sup>. 특히 vena contracta는 서로 다른 혈류 흐름 상터에서 변동이 심하여<sup>5,6,15,16)</sup> 비와류 형태의 혈류 흐름에 근거한 Gorlin 공식은 실제 판막 협착부를 지나는 혈류 흐름 형태가 와류형태로 결국 판막경유 평균 압력차의 증가를 초래하는 것 같이 여러 다른 혈액학적 변화에 따른 평균 압력차에도 변동이 발생한다. 따라서 혈류가

감소되면 실제의 판막면적에 비해 작게 측정되는 결과를 보고하기도하여 임상적 제한성이 있음이 제시되고 있다<sup>5-7)</sup>. 그럼에도 불구하고 계산이 간단하고 해부학적 단위로 표현되는 편리함으로 판막협착의 지수로 널리 이용되고 있다.

또 다른 협착지수로 수축기 동안 판막을 경유하는 혈류율에 대한 판막의 평균 압력차로 표현되는 판막저항(mitral resistance ;  $R = F/\Delta P$ )은 Gorlin공식이 나오기 전 Libanoff와 Rodbard등<sup>9)</sup>이 기술하고 Hatle등<sup>10,11)</sup>에 의해 정립, 제시되었으나 Gorlin<sup>1)</sup>과 다른 연구자들<sup>12)</sup>에 의해 이론적인 측면에서 서로 다른 혈류흐름 상태에서는 일정하지 않다고 하여 사용되지 않고 있었는데 Gorlin 판막면적의 측정에 필요한 가설이 필요하지 않고 최근 여러 연구자들에 따르면 기능적 단위로 표현되는 판막저항이 혈액학적 변화에도 Gorlin공식 보다 가변성이 적어 보다 더 유용할 수 있음을 시사하고 있다<sup>13,17)</sup>. 협착지표로 상기 두 지표는 하나는 해부학적 단위로 또 하나는 기능적 단위로 표현되어 유용하게 응용되거나 어떤 지표를 선택하느냐 하는 것은 전적으로 경험적인 소견과 협착지표의 임상적 유용성에 달려 있다 하겠다.

도플러 심초음파도에 의한 승모판구 면적의 측

정은 pressure half-time 방법을 사용하여 자연<sup>18)</sup> 및 인공판막<sup>19)</sup>등에서 승모판구 면적의 추정치에 유용한 것으로 보고되었다<sup>9-11)</sup>. 그러나 운동<sup>9,11)</sup>, 임신<sup>20)</sup>, 대동맥 판막 부전<sup>21,22)</sup>, 좌심실 탄성 감소<sup>23)</sup>나 판막 성형술 직후<sup>24,25)</sup> 등에서는 정확하지 않을 수 있다고 보고되었다. 이러한 이유는 Flachskampf등<sup>22)</sup>과 Thomas등<sup>24,26)</sup>이 심방실 유순도(compliance)와 최고 승모판경유 압력차(peak transmitral pressure gradient)에 의해 승모판구 면적이 영향을 받는다는 사실을 발표하여 혈액학적 변화에 가변성이 크다는 것을 알게 되었다. 이후 이의 보안을 위해 continuity equation 방법이 보다 정확한 방법이라고 보고되었다<sup>27,28)</sup>. 저자들은 pressure half-time에 의해 승모판구 면적을 측정하였고 M-mode상에서 심박출량을 산출하였으며 지속성 도플러 심초음파도에서 평균 압력차(mean pressure gradient)를 계산하여 Reinaldo등<sup>13,14)</sup>이 사용한 승모판구 저항 공식에 의해 승모판구 저항을 측정하여 심도자술과 비교 한 결과 비관혈적인 심초음파도로도 판막 면적과 판막 저항을 추정하는데 유용함을 알게 되었다. 또한 본 연구에서 심초음파도시 심박동이 75beats/min로 심도자술시에는 87beats/min으로 기저심박동에 비해 의미있는 증가가 관찰되었는데 관혈적인 검사인 심도자술에 따른 변화로 생각되며 혈액학적 지표의 변화에 따른 면적과 저항의 오차를 고려하면 혈액학적 변화가 적은 심초음파도가 심도자술에 비해 더욱 유용할 수 있으리라 생각된다. 그러나 심초음파도로 측정한 협착지수의 정확성과 혈액학 변화에 따른 상기 지표의 임상적 제한성에 대한 앞으로의 연구가 더필요하다고 생각된다.

## 요 약

### 연구배경 :

승모판 협착의 지표로 Gorlin공식에 의한 판막 면적과 판막 저항이 해부학적, 기능적 상태를 반영하여 임상적인 협착의 정도를 반영하는데 널리 이용되고 있다. 이러한 협착지표의 측정에 비관혈적인 심초음파도의 유용성과 일반적으로 시행되고 있는 심도자술과의 상관관계를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

### 방법 및 결과 :

41예의 승모판 협착증 환자들을 대상으로 심초음파도와 심도자술을 시행하여 심박출량과 승모판경유 평균압력차를 측정 한 후 이들을 비교한 결과는 다음과 같았다.

1) 혈액학적 지표에서 심박동, 평균압력차가 심도자술군에서 유의하게 높았고, 확장기 충만 시간은 낮았다.

2) 승모판구 면적은 심초음파도, 심도자술상  $0.96 \pm 0.38$ ,  $0.90 \pm 0.35\text{cm}^2$  이었고, 두 검사사이에  $r=0.83$ 의 유의한 상관관계를 보였다( $p<0.001$ ).

3) 승모판구 저항은 심도자술과 심초음파도상  $164.4 \pm 78.2$ ,  $140.5 \pm 70\text{dyne.s.cm}^{-5}$ 였고 두 검사방법사이에  $r=0.87$ 로 유의한 상관 관계를 보였다( $p<0.001$ ).

4) 심도자술 및 심초음파도로 측정한 승모판구 면적과 저항 사이에  $r=-0.83$ 의 역상관 관계가 있었다( $p<0.001$ ).

### 결 론 :

승모판 협착 지표의 측정에 있어 비관혈적인 방법인 심초음파도를 이용하여 승모판구 저항을 측정한 결과 심도자술에 의한 결과와 유의한 상관관계를 보여 비관혈적 방법인 심초음파로도 협착지표의 추정에 유용하리라 생각된다.

## References

- 1) Gorlin R, Gorlin SG : *Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. I Am Heart J* 41 : 1, 1951
- 2) Cohen MV, Gorlin R : *Modified orifice equation for the calculation of mitral valve area. Am Heart J* 84 : 839, 1972
- 3) Carabello BA : *Advances in the hemodynamic assessment of stenotic cardiac valves. J Am Coll Cardiol* 10 : 912, 1987
- 4) Gorlin R : *Calculation of cardiac valve stenosis : restoring an old concept for advanced applications. J Am Coll Cardiol* 10 : 920, 1987
- 5) Bache RJ, Wang Y, Jorgenssen CR : *Hemodynamic effects of exercise in isolated valvular aortic stenosis. Circulation* 44 : 1003, 1971

- 6) Ubago JL, Figueroa A, Colman T, Ochoteco A, Duran C : *Hemodynamic factors that affect calculated orifice areas in the mitral Hancock xenograft valve. Circulation* 61 : 388, 1980
- 7) Czer LS, Gray RJ, Bateman TM, Derobertis MA, Resser K, Chau A : *Hemodynamic differentiation of pathologic and physiologic stenosis in mitral porcine bioprostheses. J Am Coll Cardiol* 7 : 284, 1986
- 8) Richter HS : *Mitral valve area : measurement soon after catheterization. Report of a case. Circulation* 28 : 451, 1963
- 9) Libanoff AJ, Rodbard S : *Atrioventricular pressure half-time. Circulation* 38 : 144, 1968
- 10) Hatle L, Angelson B, Tromsdal A : *Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler ultrasound. Circulation* 60 : 1096, 1979
- 11) Hatle L, Angelson B : *Doppler ultrasound in cardiology. In : Physical principles and clinical applications. Philadelphia, Lea & Febiger* 77, 1982
- 12) Rodrigo FA : *Estimation of valve area and "valvular resistance". A critical study of the physical basis of the methods employed. Am Heart J* 45 : 1, 1953
- 13) Reinaldo W, Beyer, Alfonso Olmas, Ruben F : *Mitral valve resistance as a hemodynamic indicator in mitral stenosis. Am J Cardiol* 69 : 775, 1992
- 14) Wyngaarden JB, Smith LH, Bennett JC : *Textbook of medicine. 19th edition, Saunders*, 1992
- 15) Cannon SR, Richards KL, Crawford M : *Hydraulic estimation of stenotic orifice area : A correction of the gorlin formular. Circulation* 71 : 1170, 1985
- 16) Casale PN, Palacios IF, Abascal VM, Davidoff R, Choong CY, Block PC, Boucher CA : *Gorlin valve area varies with cardiac output in aortic stenosis (abstract). J Am Coll Cardiol* 11 : 63A, 1988
- 17) Lincoln E, Ford, Ted Feldman Y, Christopher C, John D, Carroll : *Hemodynamic resistance as a measure of functional impairment on aortic valvular stenosis. Circulation Research* 66 : 1, 1990
- 18) Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ, Aker U, Kennedy HL : *Effect of atrial fibrillation and mitral regurgitation on calculated mitral valve area in mitral stenosis. Am J Cardiol* 57 : 634, 1986
- 19) Williams GA, Labovitz AJ : *Doppler hemodynamic evaluation of prosthetic (Starr-Edwards and Bjork-Shiley) and bioprosthetic (Hancock and Carpentier-Edwards) cardiac valves. Am J Cardiol* 56 : 325, 1985
- 20) Bryg RJ, Gorden PR, Kudesia VS : *Effect of pregnancy on pressure gradient in mitral stenosis. Am J Cardiol* 63 : 384, 1989
- 21) Nakatani S, Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Fujii K, Kamada T : *Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area : comparison of the pressure half-time and the continuity equation methods. Circulation* 77 : 78, 1988
- 22) Flachskampf FA, Weyman AE, Gillam L, Chun-Ming L, Abascal VM, Thomas JD : *Aortic regurgitation shortens Doppler pressure half-time in mitral stenosis : clinical evidence, in vitro simulation and theoretic analysis. J Am Coll Cardiol* 16 : 396, 1990
- 23) Karp K, Teien D, Bjerle P, Eriksson P : *Reassessment of valve area determinations in mitral stenosis by the pressure half-time method : impact of left ventricular stiffness and peak diastolic pressure difference. J Am Coll Cardiol* 13 : 594, 1989
- 24) Thomas JD, Wilkins GT, Choong CYP, Abascal VM, Palacios IF, Block PC, Weyman AE : *Inaccuracy of mitral pressure half-time immediately after percutaneous mitral valvulotomy. Dependence on transmitral gradient and left atrial and ventricular compliance. Circulation* 78 : 980, 1988
- 25) Chen C, Wang Y, Guo B, Lin Y : *Reliability of the Doppler pressure half-time method for assessing effects of percutaneous mitral balloon valvuloplasty. J Am Coll Cardiol* 13 : 1309, 1989
- 26) Thomas JD, Weyman AE : *Doppler mitral pressure half-time : a clinical tool in search of theoretical justification. J Am Coll Cardiol* 10 : 923, 1987
- 27) Karo K, Teien D, Eriksson P : *Doppler echocardiographic assessment of the valve area in patients with atrioventricular valve stenosis by application of the continuity equation. J Intern Med* 225 : 261, 1989
- 28) Dumesnil JG, Honos GN, Lemieux M, Beauchemin J : *Validation and application of mitral prosthetic valve areas calculated by Doppler echocardiography. Am J Cardiol* 65 : 1443, 1990