

승모판협착증 환자에서 경피적 풍선확장 판막성형술후의 승모판 폐쇄부전 발생에 관한 연구

연세대학교 의과대학 내과학교실

박승정 · 조승연 · 심원흠 · 이웅구

김성준 · 탁승제 · 정익모 · 백경권

= Abstract =

Mitral Regurgitation after Percutaneous Balloon Mitral Valvuloplasty(PMV) : Results and Relationships to Valve Morphology

Seung-Jung Park, M.D., Seung Yun Cho, M.D., Won Heum Shim, M.D.,
Woong-Ku Lee, M.D., Sung Soon Kim, M.D., Seung Jea Tahk, M.D.,
Ik Mo Chung, M.D., Kyung Kwon Paik, M.D.

Yonsei University College of Medicine, Department of Internal Medicine

To evaluate the changes in valvular morphology and occurrence and severity of mitral regurgitation produced by PMV, 45 patients (33 women and 12 men, mean age 38 ± 10 years) were studied using two-dimensional (2-D) and Doppler echocardiography before and 1~2 days after this procedure.

Mitral valve area after PMV increased in all patients, from 0.9 ± 0.2 to $1.8 \pm 0.4 \text{ cm}^2$ ($P < 0.0001$). In valve area estimation, the correlation between Gorlin's method and 2-D echocardiography was better ($r = 0.61$, $p < 0.0001$) than that between Gorlin's method and Doppler pressure halftime ($r = 0.38$, $P < 0.01$) before valvuloplasty, but after the procedure Gorlin's and 2-D image valve area correlated less well ($r = 0.33$, $P < 0.05$) than Golin's-Doppler pressure halftime correlation ($r = 0.46$, $P < 0.002$).

Before PMV, 37 patients had no mitral regurgitation, 7 had grade 1 and 1 had grade 2 mitral regurgitation. After PMV, new mitral regurgitation occurred in 14 patients, increased in severity in 5 patients and so mitral regurgitation newly developed or increased in severity in 19 (42%) patients.

There were no differences between the patients with and those without an increase in mitral regurgitation after PMV, in age, sex, cardiac rhythm, initial mitral valve area, increase in mitral valve area and fluoroscopic calcification. However, morphologic characteristics especially mobility ($P < 0.01$) and thickening ($P < 0.05$) of mitral leaflets were better preserved, and EBDA/BSA (effective balloon dilating area/body surface area) was significantly smaller ($P <$

0.02) in pateints without an increase in mitral regurgitation.

Thus, an increase in mitral regurgitation after PMV might be related to the features of valve morphology especially mobility and thickening, and EBDA/BSA.

KEY WORD : Percutaneous balloon valvuloplasty · Mitral stenosis.

서 론

최근 경피적 풍선확장 판막성형술(percutaneous mitral balloon valvuloplasty, 이하 PMV라 칭함)은 선택된 승모판협착증 환자에서는 효과적이고 경제적인 비수술적 치료 기술로서 인정되어 오고있다⁶⁾. 이에 따라서 이면성(two-dimensional, 이하 2-D라 칭함) 및 Doppler 심초음파 검사는 PMV 시술 전후의 승모판의 협착정도, 병리형태나 기능 평가에 아주 유용한 방법으로 이용되고 있다⁷⁾. 특히 pulsed Doppler 심초음파 검사는 PMV 시술후 승모판 폐쇄부전 여부 및 정도를 평가하는데 유용한 방법으로 이용되어 왔다⁸⁾.

본 고찰에서는 2-D 심초음파상의 판막 및 판막하 구조의 병정도와 PMV 시술후 혈액역학적인 결과를 비교 관찰하고, 또한 시술후 승모판 폐쇄부전 발생과의 연관성을 비교 관찰하여, 승모판 폐쇄부전을 미리 인지 할 수 있는 예견 인자를 찾아 보고자 하는데 그 목적이 있다.

대상 및 방법

1988년 3월부터 7월까지 연세대학교 부속 세브란스병원 심장내과에서 시행한 PMV 시술 53예 중에서 효과적인 판막 확장에 성공한 45예를 대상으로 하였다. 환자의 연령은 21~57세로(평균 38 ± 10 세)로 남자 12예, 여자가 33예였다. 환자 대부분이 운동시 호흡곤란을 호소하고, NYHA class II 12예, III 29예, IV가 4예였다. 8예는 시술전 grade 1~2의 경미한 승모판 폐쇄부전을 동반하고 있었으며, 17예는 grade 1~2의 대동맥 판막 폐쇄 부전이 동반되어 있었다. 혈전의 과거력이 있었던 예가 4예, 수술적 교련술을 받았던 환자가 3예, 갑상선 기능항진증이 1예, X-선 투시하에 석회화가 보였던 경우가 5예였다. 심방 세동이 21예, 정상동조율이 24예였다.

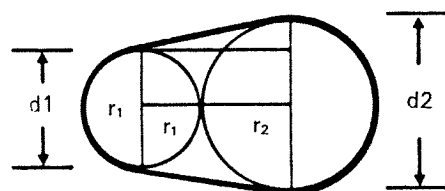
1) PMV 시술

대상환자 전 예를 심방중격 천자를 통하여 이중 풍선확장성형술(double balloon technique)을 이용하여 시행했으며, 1 예에서만 단일 풍선확장을 시행하였다. 풍선확장 도자의 선택은 PMV 시술 초기에는 승모운의 크기를 기준으로 대부분의 예에서 $20 \times 20\text{mm}$ 혹은 $20 \times 18\text{mm}$ 를 선택하였으며, 그후 18예에서는 풍선확장면적/체표면적(effective balloon dilating area/body surface area, 이하 EBDA/BSA로 표기함, Fig. 1) 상수가 4.0이하가 되도록 풍선도자를 선택하였다. 시술전후에 Swan-Ganz 도자를 이용하여 thermodilution 방법으로 심박출량을 측정하고, 각 심방의 압력 및 산소포화도를 측정하였다. 시술후 pigtail 도자를 이용하여 좌심실 조영술을 시행하여 승모판 폐쇄부전 여부를 확인하였다. 승모판구 면적은 Gorlin씨 방법에 의해서 계산하였다.

2) 2-D 및 Doppler 심초음파 검사

PMV시술 전후 1~2 일에 Hewlett Packard사의

Fig. 1. Effective balloon dilating area.



$$EBDA = (r_1 + r_2) \frac{d_1 + d_2}{2} + \frac{\pi(r_1^2 + r_2^2)}{2}$$

	0	15	18	20
15	1.77	4.02	4.89	5.55
18	2.54	4.89	5.78	6.46
20	3.14	5.55	6.46	7.14
23	4.15	6.57	7.55	8.27
25	4.91	7.46	8.41	9.11

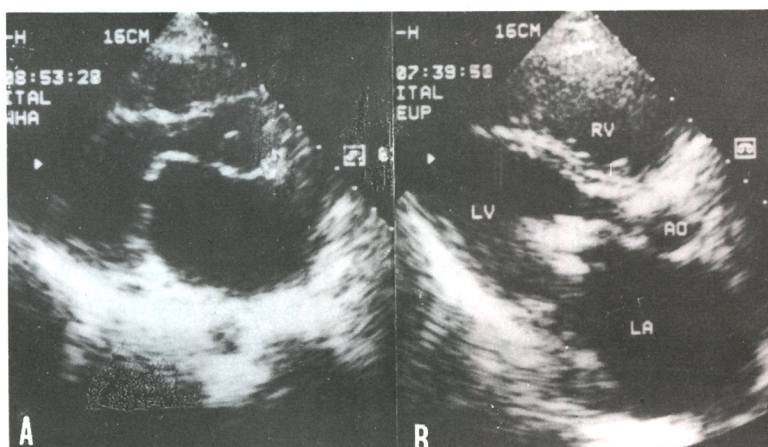


Fig. 2. Echocardiograms of two mitral valves. A : Valve is mobile, relatively thin and has very little evidence of calcification. Valve mobility, thickness, subvalvular fibrosis and calcification are scored as 1, 1, 1 and 1, respectively, for a total score of 4 which makes this valve a good candidate for PMV. B : Thickened leaflet of the mitral valve is associated with dense echoes ; note also the highly fibrotic and dense subvalvular apparatus. Valve mobility, thickness, subvalvular fibrosis and calcification are scored as 3, 3, 3, and 3, respectively, for a total of 12, which makes this a poor candidate for PMV.

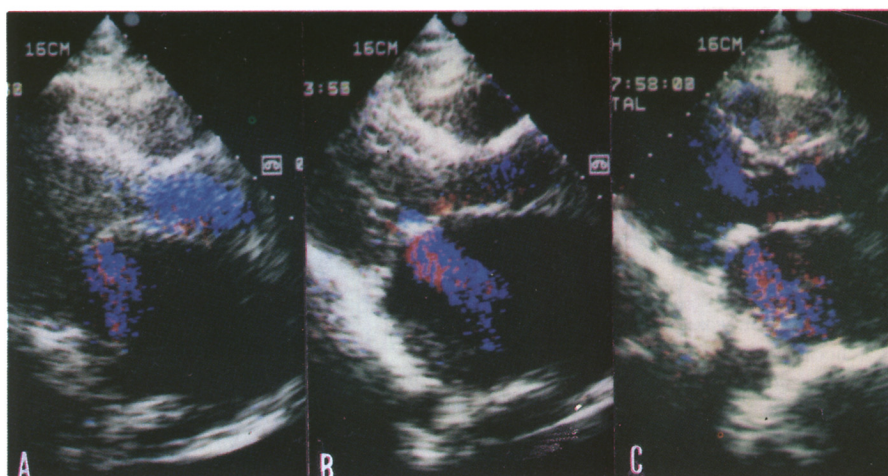


Fig. 4. Color-coded pulsed Doppler recordings obtained after PMV in systole. The magnitude of mitral regurgitation in the left atrium during systole was assessed by pulsed Doppler grading system. Figure A, B, C, showed grade 1+, 2+, 3+, mitral regurgitation after PMV respectively.

Ultra sound Imaging system(model 77020A)의 2.25 MHz transducer로 초음파 검사를 실시하였다. 먼저 2-D 영상으로 여러 각도에서 좌심방의 혈괴 유무를 자세히 관찰하고, Abascal등⁹⁾의 점수제(echo score)를 이용하여, 판막의 운동성 비후정도, 석회화 정도 및 판막하 구조의 병정도를 평가한다(Fig. 2). 판막구면적은 2-D parasternal short axis view에서 이완기 초기에 가장 작게 잡히는 영상에서 digitizing system(Microsonics Inc)을 이용하여, 넓이를 측정하였다.

Doppler 검사로는 시술전후, 4-chamber view에서 continuous Doppler로 승모판의 이완기 혈류 속도를 측정하여 peak E velocity, 및 pressure halftime을 이용하여, 승모판구 면적(MVA, cm^2) = $220/\text{pressure halftime}(\text{ms})$ 을 구하였다¹⁰⁾. 심방세동이 있는 경우는 5박동이상 각각 측정하여, 평균값으로 하였다. 시술전후에 승모판 폐쇄부전 정도를 측정하기 위하여, 4-chamber view에서 좌심방을 상하로 4등분하여 수축기에 좌심방으로의 역류정도를 pulsed-Doppler로 측정하여 +1에서 +4로 4등분 하였다

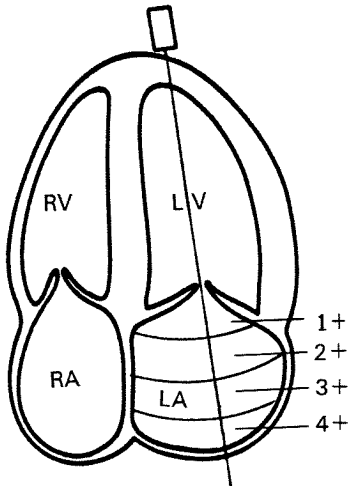


Fig. 3. Mitral regurgitation was graded by pulsed Doppler echocardiography according to the extent of the regurgitant jet within the left atrium(LA). Grade 1+ ; regurgitant jet extends up to the proximal one quarter of the LA. Grade 2+ ; Regurgitant jet is detected halfway up to the LA. Grade 3+ ; Regurgitant jet extends up to proximal three quarter of the LA. Grade 4+ ; Regurgitant jet extends beyond three quarters of the LA. LV ; left ventricle. RA ; right atrium, RV ; right ventricle.

(Fig. 3). 편심역류(eccentric regurgitant jets)등을 놓치지 않기 위해서 color Doppler를 병행하였다(Fig. 4). 그외에 동반된 대동맥 판막의 폐쇄 부전 및 협착정도, 삼첨판의 폐쇄여부도 pulsed-Doppler를 이용하여 관찰하였다.

통계적인 방법은 모든 자료 값을 평균치 및 표준편차를 표시하고, 승모판 폐쇄부전이 생긴 환자군과 변화가 없는군을 나누어 unpaired t-test를 이용하여 통계처리를 했으며, 승모판구 면적 Gorlin씨 방법과 심초음파에 의한 면적을 least square linear regression analysis를 이용하여, 상관 관계를 구하였다. 통계처리는 computer program의 SPSS/PC+를 이용했으며, P값이 0.05 이하인 경우를 통계적인 의의가 있는 것으로 정의 하였다.

결 과

1) PMV 시술의 성공율

전체적으로는 53예중 45예에서 효과적인 판막 확장에 성공하여 85%의 성공율을 보이나, 1988년 4월 처음 PMV가 성공한 이후, 47예의 PMV가 시술되어 이중 45예에서 효과적인 판막 확장에 성공하여 96%의 높은 성공율을 보이고 있다.

PMV시술에 실패한 8예중, 2예는 심방중격천자의 실패로 시술을 중단 하였으며, 이중 1예는 심낭압 전으로 응급수술을 시행하였다. 2예는 8mm(Mansfield) 풍선도자가 심방중격을 통과하지 못하였으며, 3예는 풍선 도자가 협착된 승모판막을 통과하지 못하였다. 1예는 판막과 판막하구조의 심한 석회화 및 협착으로 풍선도자가 판막을 통과하였으나 너무 단단하여 확장이 안된 경우이다.

2) 혈액학적 인 소견의 변화

승모판의 이완기 압력차는 시술전 16.7 ± 6.8 mmHg에서 시술후 5.6 ± 3.5 mmHg($P < 0.0001$)로, 좌심방 평균압은 23.4 ± 7.2 mmHg에서 11.1 ± 5.4 mmHg로 감소하였고, Gorlin씨 방법에 의한 승모판구 면적은 시술전 $0.9 \pm 0.2 \text{ cm}^2$ 에서 시술후 $2.2 \pm 0.6 \text{ cm}^2$ ($P < 0.0001$)로 현저히 증가하였다. 심박출량은 시술전 4.3 ± 0.7 L/min에서 시술후 4.9 ± 1.1 L/min으로 ($P < 0.005$) 증가하였다.

3) 승모판구 면적

2-D 및 pressure halftime을 이용한 승모판구 면

적은 각각 시술전 $0.9 \pm 0.2 \text{ cm}^2$, $0.9 \pm 0.2 \text{ cm}^2$ 에서 시술후 $1.8 \pm 0.4 \text{ cm}^2$, $1.8 \pm 0.6 \text{ cm}^2$ ($P < 0.0001$)로 현저히 증가했으며(Fig. 5), 2-D 영상 및 pressure half-time에 의한 승모판구 면적을 Gorlin씨 방법에 의한 승모판구 면적과 비교한 상관관계(r)는 각각 시술전 0.61($P < 0.0001$), 0.38($P < 0.05$) 시술후 0.33($P < 0.01$), 0.46($P < 0.005$)로 시술전에는 비교적 2-D 영상면적이 상관관계가 좋은 것을 볼 수 있었으며(Gorlin's area = $0.8 \times 2\text{-D MVA} + 0.2 \text{ cm}^2$), 시술후에는 pressure halftime에 의한 승모판구 면적이 다소 상관관계가 좋았다(Gorlin's area = $0.8 \times \text{pressure halftime MVA} + 0.8 \text{ cm}^2$).

4) 시술후 승모판 폐쇄부전

시술전 37예는 승모판 폐쇄 부전이 전혀 없었으

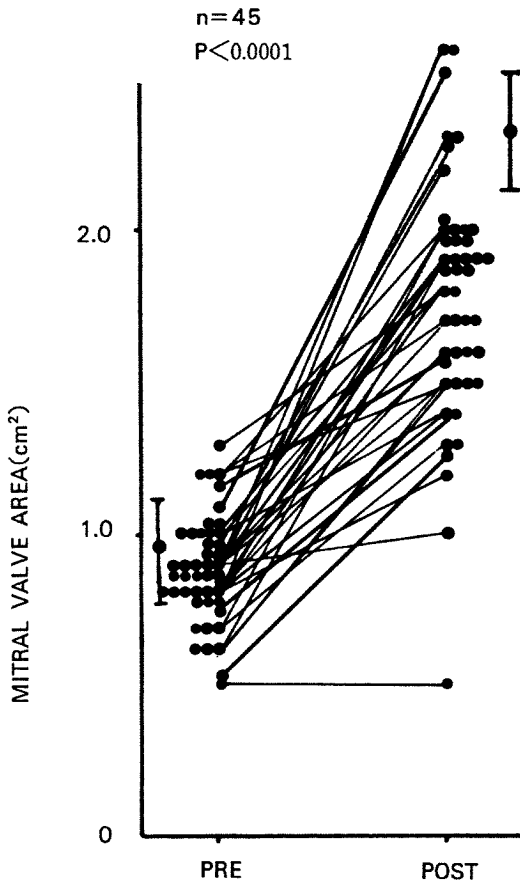


Fig. 5. Individual changes in mitral valve area(cm^2) measured by two-dimensional echocardiography before(PRE) and after(POST) percutaneous balloon mitral valvuloplasty.

Table 1. Mitral regurgitation(MR) after PMV by pulsed doppler echocardiography

Previous NO MR	37
new MR occurred	14
Previous MR($\leq 2+$)	8
no change of grade	3
increased grade	5
MR developed or increased in severity	
grade 1+	9(20%)
grade 2+	10(22%)

MR developed or increased in severity after PMV in 19 (42%) patients.

며, 8예에서는 grade 1~2의 경미한 폐쇄 부전이 있었는데, grade 1이 7예, grade 2가 1예였다. 시술후 승모판 폐쇄 부전이 새로 생기거나 (14예), 증가한 예(5예)가 19예(42%)로 grade 1이 증가한 경우가 9예(20%), grade 2가 증가한 경우가 10예(22%)였다(Table 1). 시술후 grade 3 승모판 폐쇄 부전이 생긴 경우가 2예 있었으며, grade 4는 없었다.

시술후 승모판 폐쇄 부전이 생기거나 증가한 환자군과 폐쇄 부전이 없었던 환자군간에 연령, 성별, 심방세동의 유무, NYHA class에는 뚜렷한 차이가 없었다. 승모판의 형태학적 병리구조를 살펴보면 폐쇄부전이 없었던 환자군에서 보다 운동성이 좋고 ($P < 0.01$) 비후정도가 의의있게 적은 것을 볼 수 있었으며($P < 0.05$), 전체 echo score도 낮은 것을 볼 수 있었다($P < 0.02$, Table 2). 혈액학적 소견으로는 두 환자군에서 모두 시술전 좌심방압이 각각 22.3mmHg, 24.8mmHg에서 시술후 8.8mmHg, 14.9mmHg로 현저히 감소했으나($P < 0.0001$), 시술후 승모판 폐쇄부전이 있는 환자군에서 시술직후 좌심방압이 의의있게 높은 것을 관찰할 수 있었다($P < 0.0001$). 시술후 grade 2, 3의 심한 폐쇄부전으로 시술전에 비해 시술후 좌심방압이 오히려 증가한 경우가 2예 있었다(Fig. 6).

PMV시술에 관련되어, 효과적인 풍선확장면적: 체표면적(EBDA/BSA, effective balloon dilating area/body surface area)계수³⁾ 폐쇄부전이 없는 환자군에서 3.9로 의의있게 낮았다($P < 0.02$, Table 3). 그 외 시술전 승모판구 면적, 시술후 판막-

Table 2. Morphologic characteristics of the mitral valve in patients with and without an increase in mitral regurgitation after PMV

	NO MR (n=26)	MR (n=19)	P value
Grade of			
Leaflet mobility	1.3±0.5	1.7±0.5	<0.01
Valvular thickness	2.0±0.5	2.3±0.6	<0.05
Subvalvular thickness	2.2±0.6	2.5±0.6	
Valvular calcification	1.7±0.5	1.8±0.9	
Total echo score	7.2±1.5	8.2±1.7	<0.02

Values are mean± standard deviation

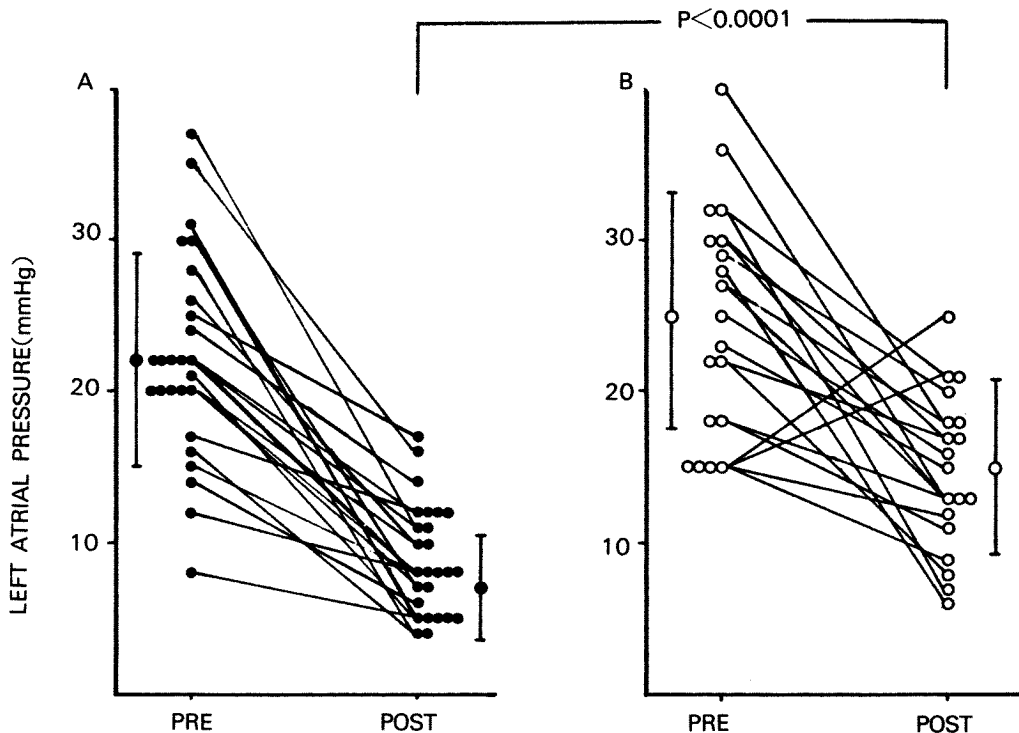


Fig. 6. After successful PMV, mean left atrial (LA) pressure decreased from 22.3 to 8.8mmHg in patients without an increase in mitral regurgitation (A), and from 24.8 to 14.9 mmHg in patients with an increases in mitral regurgitation (B) ($P<0.0001$). Mean LA pressure after PMV in group B was higher than the in group A ($p<0.0001$).

확장정도에 유의있는 차이는 없었다.

고 안

2-D 및 Doppler 심초음파 검사는 심장 판막의 해부학적인 형태와 그 기능을 평가하는데 아주 유

용한 방법으로 이용되어 왔다. 특히 PMV 시술전 지침이 되는 환자를 선택하는 방법으로 승모판의 협착정도와 병리 형태를 이해하고, 좌심방의 혈괴 유무를 관찰하는데, 중요한 역할을 하며, PMV 시술후에도 비관혈적인 방법으로 반복해서 용이하게 추적 관찰이 가능 하기 때문에 PMV 시술 전후에

Table 3. Comparison of initial mitral valve area and increase in MVA in patients with and without MR

(cm ²)		NO MR (n=26)	MR (n=19)
Initial	MVA(1)	0.9+0.2	0.9+0.2
	MVA(2)	0.9+0.1	0.9+0.2
	MVA(3)	0.9+0.2	0.8+0.2
Increase in			
	MVA(1)	1.4+0.5	1.2+0.7
	MVA(2)	1.0+0.4	0.8+0.4
	MVA(3)	0.9+0.3	0.8+0.4
	EBDA/BSA	3.9+0.5	4.3+0.5*

BSA : body surface area

EBDA : effective balloon dilating area

MVA(1) : mitral valve area by Gorlin's method

MVA(2) : MVA by 2-D echocardiogram

MVA(3) : MVA by Doppler pressure half-time

*P<0.02

Valve area are mean± standard deviation

심초음파 검사의 정확한 평가는 매우 중요한 일이다. 승모판구 면적은 PMV 시술전후에 측정된 혈액역학적인 소견으로 Gorlin씨 방법을 이용하여 계산하는 것이 중요하다. 물론 승모판 전후 압력차가 아주 적거나, 승모판 폐쇄 부전이 심해서 심박출량에 영향을 줄때는 다소 오차가 있을 수 있으나, 비관혈적인 어떤 변수보다도 중요한 것으로 되어 있다. 심초음파 검사상 승모판구 면적은, 2-D 영상 면적과 Doppler pressure halftime을 이용한 2가지 방법이 있으며, Gorlin씨 방법과의 상관관계는 2-D 영상 면적이 보다 좋은 것으로 되어있으며^{9,11,12)}, 혹자들은 PMV 시술 3~4일 이후나, 3개월후 추적 관찰 소견으로는 pressure halftime에 의한 방법이 상관관계가 좋다고 보고하는 이들도 있으며 PMV 시술후 승모판 면적이 충분히 넓어진 상태에서 pressure halftime의 정확도가 다소 떨어지는 것으로 되어있다^{12,13)}. 본 고찰에서는 시술후 1~2일 사이에 초음파 검사를 시행하여, 시술전의 2-D 영상 면적이 Gorlin씨 방법에 의한 승모판 면적과 보다 상관관계가 좋았으나, 시술후에는 pressure halftime에 의한 면적이 다소 상관관계가 좋은 것을 볼 수 있었다.

PMV 시술후의 승모판 폐쇄부전증 PMV 시술후의 승모판 폐쇄 부전은 시술에 따른 가장 중요한 합병증으로 아직도 그 정확한 발생기전은 규명하지 못하고 있는 실정이다. Abascal등⁹⁾의 보고에 의하면 PMV시술후 46%에서 승모판 폐쇄부전이 생기거나 증가한다고 하였으나 심한(grade 4) 폐쇄부전은 없었다고 하였다. 수술적 교련 절개술후에도 승모판 폐쇄부전이 생기는 경우는 8~20%로 보고하고 있으며¹⁴⁻¹⁶⁾, 이는 수술후 환자의 예후에 나쁜 영향을 미치는 것으로 되어있다. PMV시술은 그 기전이 접합된 교련의 splitting으로 되어 있고¹⁷⁾, 시술후 승모판 폐쇄부전이 생기는 기전은 정확히 규명되어진 바 없으나, 협착 판막의 국소적인 병소특성에 기인 된다고 생각하였다.

Pulsed-Doppler검사에 의한 승모판 폐쇄부전의 평가는, 폐쇄부전 정도가 다소과대 평가되거나 편심성 역류를 놓치는 경우가 있으나, 좌심실 조영술과 비교해서 88~92%의 감지도(sensitivity)를 보이고, 특이도(specificity) 역시 96% 이상으로 높게 보고하고 있으며¹⁸⁻²²⁾, color Doppler의 경우는 100%의 감지도 및 특이도를 갖는다고 보고하고 있다²³⁾. 본 고찰에서는 pulsed Doppler를 이용하여 시술후 승모판 폐쇄부전 정도를 평가하고, 편심성 폐쇄부전등을 정확히 감지하기 위해서 color Doppler를 병행하였다. 시술후 승모판 폐쇄부전이 생기거나 증가한 경우가 19예(42%)였으며, 시술전 보다 grade 1이 증가한 경우가 9예(20%), grade 2가 증가한 경우가 10예(22%)였다. 승모판 폐쇄부전이 생기거나 증가한 환자군과 변화가 없는 환자군 사이에는 연령, 성별, 리듬, NYHA class, 시술전 승모판 면적, 시술후 판막의 확장 정도 등에 의의 있는 차이가 없었다. Palacios등의 예비 보고에 의하면, 시술후 폐쇄부전이 grade 2이상 생긴 환자 군에서는 EBDA/BSA가 4.0이상으로 큰 점을 지적하고, 4.0 이하로 풍선 확장도자를 선택하면, 시술후 폐쇄부전을 줄일 수 있다고 주장하였다. 본 고찰에서도 승모판 폐쇄 부전이 없었던 환자 군에서 EBDA/BSA가 3.9±0.5로 폐쇄부전이 생긴 환자군의 4.3±0.5에 비해서 의의있게 낮은 것을 볼 수 있었다. 저자들은 풍선도자 선택에 있어서 PMV시술초기에는 승모판의 크기를 기준으로 20×20mm, 혹은

20×18mm를 선택하여 53%의 승모판 폐쇄부전 발생율을 보였으나, 그 이후는 EBDA/BSA를 기준으로 다소 작은 풍선도자를 선택하여 승모판 폐쇄부전 발생율을 42%로 줄일 수 있었다.

또한 Abascal등⁹⁾에 의하면 시술후 이러한 폐쇄부전은 승모판의 협착정도 및 형태학적인 병리구조를 평가하는 여러변수(운동성, 비후정도, 판막구조의 병정도, 석회화정도)와는 뚜렷한 연관성을 찾을 수 없는 것으로 보고하고 있으나, 본 고찰에서는 폐쇄부전이 없는 환자군에서 판막의 운동성 및 비후정도가 적었고, echo score도 의의있게 낮은 것을 관찰 할 수 있었다.

성공적인 PMV 시술후 경미한(grade 1~2)승모판 폐쇄부전은 대부분의 환자에서 임상적으로 문제가 되지않으나 폐쇄부전이 생긴 환자군에서 시술직후 좌심방압이 의의있게 높은 것으로 미루어, 환자의 장기 예후에 영향을 미칠것으로 사료된다.

결 론

2-D 및 Doppler심초음파 검사는 PMV 시술 전후에 승모판의 협착정도, 형태적 병리구조 및 그 기능을 평가하는데 아주 유용한 방법이다. 그리고 PMV 시술직후 1~2일에 정확한 심초음파 소견의 평가는 향후 환자의 추적 관찰을 위하여 기본적인 자료로써 매우 중요하다. 본 고찰의 결과로 미루어, PMV 시술시의 풍선도자의 크기 선택 및 판막의 병리정도(특히 운동성, 비후성, total echo score)가 시술후 승모판 폐쇄부전과 관련이 있는 것으로 사료된다. 추후 보다 많은 환자를 대상으로 시술후 폐쇄부전을 일으키는 정확한 예견인자를 찾아 낼 수 있다면, PMV 시술은 승모판 협착증 환자에 있어서 더욱 유용하고 절대적인 치료시술로써의 자리를 찾을 수 있을 것으로 사료 되는 바이다.

References

- 1) Inoue K, owaki T, Nakamura T, Kiamura F, Miyamoto N : *Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87 : 394-402, 1984
- 2) Lock JE, Khalilullah M, Shrivastava S, Bahl V, Keane JF : *percutaneous catheter commissurotomy in rheumatic mitral stenosis* : *N Engl J Med* 313 : 1515-1518, 1985
- 3) McKay RG, Lock JE, Safian RD, Come PC, Diver DJ, Baim DS, Berman AD, Warren SE, Mandell VE, Royal HD, Grossman W : *Balloon dilatation of mitral stenosis in adult patients : postmortem and percutaneous mitral valvuloplasty studies*. *J Am Coll Cardiol* 9 : 723-731, 1987
- 4) Zaibag MA, Ribeiro PA, Kasab SA, Fagih MRA : *Percutaneous double-balloon mitral valvuloplasty for rheumatic mitral valve stenosis*. *Lancet* 1 : 757-761, 1986
- 5) Palacios IF, Block PC, Brandi S, et al : *Percutaneous balloon valvotomy for patients with severe mitral stenosis*. *Circulation* 75 : 778-784, 1987
- 6) 박승정 · 심원홍 · 조승연 · 이웅구 · 김성순 · 탁승제 · 백경권 · 정익모 : 승모판 협착증 환자에서의 경피적 풍선 확장 판막 성형술. *대한 내과학회지* 35 : 4-18, 1988
- 7) Martin RP, Rakowski H, Kleiman JG, Beaver W, London E, Popp RL : *Reliability and reproducibility of two-dimensional echocardiographic measurements of the stenotic mitral valve orifice area*. *Am J Cardiol* 43 : 560-568, 1979
- 8) Hatle L, Angelsen B, Tromsdal A : *Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler ultrasound*. *Circulation* 60 : 1096-1104, 1979
- 9) Abascal VM, wilkins GT, Choong CY, Block PC, Palacios IF, Weyman AE : *Mitral regurgitation after percutaneous balloon mitral valvuloplasty in adults : Evaluation by pulsed Doppler echocardiography*. *J Am Coll cardiol* 11 : 257-263, 1988
- 10) Hatle L, Angelsen B : *Doppler Ultrasound in Cardiology*. 2nd ed. Philadelphia : Lea and Febiger 118-228, 1985
- 11) Wilkins G, Thomas J, Abascal V : *Marshall J : Block P, Palacios I, Weyman A : Failure of the Doppler pressure halftime to accurately demonstrate changes in mitral valve area following percutaneous mitral valvotomy(abstr)*. *J Am Coll*

- Cardiol* 9 : 218A, 1987
- 12) Reid C, McKay C, Chandraratna P, Kawanishi D, Rahimtoola SH : *Mechanism of increase in mitral valve area by double-balloon catheter balloon valvuloplasty in adults with mitral stenosis : echocardiographic-Doppler correlation (abstr).* *J Am Coll Cardiol* 9 : 217, 1987
 - 13) Come PC, Riley MF, Diver DJ, Morgan JP, Saffian RD, McKay RG : *Noninvasive assessment of mitral stenosis Before and After percutaneous balloon mitral valvuloplasty.* *Am J Cardiol* 61 : 817-825, 1988
 - 14) Hocksema TD, Wallace RB, Kirklin JW : *Closed mitral commissurotomy : recent results in 291 cases.* *Am J Cardiol* 71 : 825-828, 1966
 - 15) John S, Bashi VV, Jairaj PS, et al : *Closed mitral valvotomy : early results and long-term follow-up of 3724 consecutive patients.* *Circulation* 68 : 891-896, 1983
 - 16) Feigenbaum H, Linback RE, Nasser WK : *Hemodynamic studies before and after instrumental mitral commissurotomy.* *Circulation* 38 : 261-275, 1966
 - 17) Block PC, Palacios IF, Jacobs M, Fallon J : *The mechanism of successful mitral valvotomy in humans.* *Am J Cardiol* 59 : 178-179, 1987
 - 18) 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 : 612-620, 1980
 - 19) Blanchard D, Diebold B, Peronneau P, et al : *Non-invasive diagnosis of mitral regurgitation by Doppler echocardiography.* *Br Heart J* 45 : 589-593, 1981
 - 20) Knutsen KM, Bae EA, Sivertssen E, Hoiset A : *Detection of mitral regurgitation by Doppler ultrasound.* *Acta Med Scand* 210 : 349-351, 1981
 - 21) Diebold B, Theroux P, Bourassa MG, et al : *Non-invasive pulsed Doppler study of mitral stenosis and mitral regurgitation : preliminary study.* *Br Heart J* 42 : 168-175, 1979
 - 22) Patel AK, Rowe GG, Thomsen JG, et al : *Detection and estimation of rheumatic mitral regurgitation in the presence of mitral stenosis by pulsed Doppler echocardiography.* *Am Heart J* 51 : 986-991, 1983
 - 23) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, et al : *Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes.* *Circulation* 75 : 175-183, 1987