

승모판 협착증 환자에서 운동부하 심장폴스캔을 이용한 좌심실기능의 평가

연세대학교 의과대학 진단방사선학교실

이도연 · 심원흠* · 김한수* · 박승정** · 조승연*
김성순* · 이웅구* · 김명진 · 최규옥 · 박창윤

= Abstract =

Exercise Radionuclide Ventriculography in Patients with Mitral Stenosis

Do Yun Lee, M.D., Won Heum Shim, M.D.,* Han Soo Kim, M.D.,* Seung Jung Park, M.D.,**
Seung Yun Cho, M.D.,* Sung Soon Kim, M.D.,* Woong-Ku Lee, M.D., Myeong Jin Kim, M.D.,
Kyu Ok Choe, M.D. and Chang Yun Park, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

We performed exercise radionuclide ventriculography to evaluate left ventricular (LV) function in 35 patients with pure mitral stenosis (MS). There were 6 males and 29 females ranging from 21 to 63 years of age (mean 37 ± 10 years). We also studied 8 healthy men as control group (mean age 27 ± 5 years). Each patients was evaluated at rest and during maximal exercise on an isokinetic bicycle ergometer. Peak filling rate (PFR), peak ejection rate (PER), ejection fraction (EF), end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), stroke volume (SV), and cardiac output (CO) were determined by the radionuclide technique.

The results were summarized as follows:

- 1) LV systolic dysfunction and reduced PFR were noted in patients with MS.
- 2) EDV as well as SV decreased with exercise in patients with MS.
- 3) No significant increase in EF during exercise compared to rest value was observed because it was caused by reduced EDV and SV during exercise in patients with MS.
- 4) CO increased with exercise was significantly lower than normal in patients with MS.
- 5) Patients with MS were divided into two groups according to whether EF increased more than 5% during exercise compared to resting state or decreased. Significant difference were found between these two groups. Patients with a fall in EF with exercise were older, had larger left atrial size, and had lesser decreased in ESV during exercise.

본 논문은 1992년도 연세대학교 교수연구비 보조로 이루어졌음.

*연세대학교 의과대학 내과학교실

*Department of Internal Medicine, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

**울산의대 서울 중앙병원 내과

**Department of Internal Medicine, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, Seoul, Korea

서 론

류마티스성 승모판협착증은 구미제국에서는 발병빈도가 현저히 감소되었으나 아직도 한국과 같은 개발도상국에서는 심장관막질환의 25~40%를 차지하는 흔한 질환이다.^{1,2)} 승모판협착증은 승모판구 면적의 감소로 좌심

방압이 증가되고 이로 인하여 폐정맥압과 폐모세관압이 증가하여 폐울혈이 초래되고, 이차적으로 폐동맥고혈압에 의하여 우심실의 후부하가 증가되어 우심실부전이 초래되는 질환이다. 심도자검사 및 도플러 심초음파 검사는 승모판협착증 환자의 평가에 좋은 방법으로 널리 알려져 있다^{3,4,5)}. 그러나 심도자검사나 심초음파검사로 운동시 심기능의 평가는 어려운 실정이다. 이에 저자들은 승모판협착증 환자에서 심장풀스캔(radionuclide ventriculography)을 안정시와 운동시에 시행하여 좌심실의 기능 변화를 정상대조군과 비교하여 보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

연세대학교 의과대학 세브란스병원 심장혈관센터에 내원하여 심초음파검사 및 심도자검사를 시행하여 순수한 승모판 협착증만 있는 환자로 확진된 35명을 대상으로 심장풀스캔을 시행하였다. 대상 환자는 전 예에서 1~5일 사이에 심장풀스캔과 심도자검사를 시행하였다. 승모판 협착증 환자의 연령은 21~73세(평균 37±10세)로 남자가 6예, 여자가 29예였다. 35명의 승모판협착증 환자 중 심방세동은 15예에서 있었으며, 20예에서는 정상동조율이었다. 정상대조군은 8명으로 연령이 22~35세(평균 27±5세)였으며, 과거력상 심장병 또는 고혈압이 없고 정상 심전도 소견 및 심초음파검사 소견을 보였다.

2. 방 법

환자의 적혈구표지는 ^{99m}Tc-pertechnetate 30 mCi로 체내표지법을 이용하였다⁶⁾. 심장풀스캔은 좌전사위 약 45°에서 high sensitivity 30° angle slant hole collimator와 high resolution 30° angle slant hole collimator를 사용하여 좌심실이 우심실과 좌심방에서 잘 분리되도록 하였다. 사용기기는 CDA microdelta computer system과 연결된 small field of view mobile anger camera (Siemens 사 LEM+)를 사용하였다. 심장풀스캔은 심박동 1회를 24화면으로 나누어 64×64 matrix로 양외위에서 다리를 올린 상태에서 시행하였다. 먼저 안정시 좌심실의 기능평가를 위해 high resolution 30° angle slant hole collimator로 7,000,000 counts를 얻은 후 운동시 얻은 결과와 비교하기 위하여

high sensitivity 30° angle slant hole collimator로 다시 2분간 안정시 base line acquisition을 얻었다.

운동부하검사는 양외위 상태에서 bicycle ergometer를 이용하여 운동부하 50 Watts에서 시작하여 25 watts씩 증가시켰으며 각 stage당 3분씩 운동을 지속시켜 마지막 2분간은 data를 획득하였다. 각 환자에서 최대 운동부하시 얻은 data와 안정시 base line acquisition한 data를 비교하여 운동시 좌심실의 기능 변화를 분석하였다.

결 과

35명의 승모판협착증만 있는 환자 모두에서 심도자검사를 시행하였으며 Gorlin시 방법에 의한 승모판구면적은 $0.9 \pm 0.3 \text{ cm}^2$ 이었고, 승모판 평균 이완기 압력차는 $17.6 \pm 6.6 \text{ mmHg}$ 였으며 심박출량은 $4.2 \pm 0.8 \text{ L/min}$ 이었다.

안정시 시행한 심장풀스캔에서 얻은 좌심실의 최대 수축율(peak ejection rate)은 정상대조군에서 $2.87 \pm 0.16 (\text{EDV/sec})$ 이었고 승모판협착증군에서는 $2.11 \pm 0.58 (\text{EDV/sec})$ 이었으며, 최대 이완율(peak filling rate)은 정상대조군과 승모판협착증군에서 각각 $2.27 \pm 0.17 (\text{EDV/sec})$ 과 $1.51 \pm 0.57 (\text{EDV/sec})$ 이었다 (Table 1). 승모판 협착증군에서 최대 수축율과 최대 이완율이 정상 대조군과 비교하여 통계적으로 유의하게 감소해 있었다.

안정시와 비교하여 최대 운동시 좌심실의 이완기용적(end-diastolic volume, EDV)의 변화는 정상대조군에서 $28.1 \pm 21.1\%$ 의 증가를 보였으나 승모판협착증군에서는 $25.4 \pm 20.2\%$ 의 감소를 보여 통계적으로 유의한

Table 1. Global Left Ventricular Function in Patients with Mitral Stenosis and Normal Subjects at Rest

	Normal	Mitral stenosis	p value
PER (EDV/sec)	2.87 ± 0.16	2.11 ± 0.58	<0.001
PFR (EDV/sec)	2.27 ± 0.17	1.51 ± 0.57	<0.1
(SV/sec)	3.34 ± 0.26	2.73 ± 1.22	<0.5

Values are mean ± S.D.

PER : peak ejection rate, EDV : end diastolic volume, PFR : peak filling rate, SV : stroke volume.

차이를 보였다(Fig. 1). 정상대조군은 8명 중 7명에서는 운동시 EDV가 증가하였으나 1명에서는 감소의 소견을 보였고, 4명의 승모판협착증 환자에서는 EDV가 운동시 증가하는 소견을 보였다. 또한 운동시 좌심실의 수축기 용적(end-systolic volume, ESV)의 변화는 안정시와 비교하여 정상군과 승모판 협착군에서 각각 $26.9 \pm 19.1\%$ 와 $30.9 \pm 26.6\%$ 의 감소를 보여 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 2). 35명의 승모판협착증 환자 중 4명에서는 운동시의 ESV가 안정시에 비교하여 증가하는 현상을 보였다. 운동시 좌심실의 stroke volume의 변화는 정상군 모두에서 증가의 소견을 보여 $54.8 \pm 25.7\%$ 의 증가를 보였으나, 승모판 협착증군에서 $20.3 \pm 22.3\%$ 의 감소를 보여 두 군간에 통계적으로 유의있는 차이를 보였다(Fig. 3). 35명의 승모판협착증 환자 중 6명에서는 stroke volume이 운동시 증가하는 소견을 보였다. 운동시 심박출량의 증가는 정상군에서 $249.3 \pm 48.7\%$ 의 증가를 보였으나 승모판협착증군에서는 $65.9 \pm 58.8\%$ 의 증가로 정상군과 비교해 낮은 증가율을 보였으며 6명의 승모판협착증 환자에서는 운동시 심박출량이 안정시보다 감소하는 것을 관찰하였다

(Fig. 4). 운동시 좌심실의 심실구혈율의 변화는 정상인에서는 안정시 $67.5 \pm 3.0\%$ 에서 $81.6 \pm 3.7\%$ 로 8명 모두에서 증가하는 소견을 보였으나 승모판협착증 환자에서는 안정시 심실구혈율이 $57.1 \pm 9.3\%$ 이었고, 최대운동시 심실구혈율이 $60.9 \pm 10.5\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 5). 이에 저자들은 35명의 승모판협착증 환자 중 운동시 좌심실의 심실구혈율이 안정시 심실구혈율에 비해 5% 이상 증가하는 18명의 환자와 심실구혈율이 안정시에 비교하여 운동시 감소하는 12명의 환자를 2개의 군으로 나누어 비교 관찰하였다(Table 2). 환자의 평균 연령은 운동시 심실구혈율이 감소하는 군에서 더 높았으며, 운동시 ESV 감소는 심실구혈율이 감소하는 군에서 통계적으로 유의있게 적었고 EDV의 변화는 두군 간에 차이가 없었다. 승모판구 면적과 안정시 심실구혈율도 두 군 간에 통계적으로 유의있는 차이는 없었다. 심초음파검사로 얻은 좌심방의 크기는 운동시 심실구혈율이 정상적으로 증가하는 군(4.9 ± 0.86 cm)에서 운동시 심실구혈율이 감소하는 군(5.5 ± 0.9 cm)보다 통계적으로 유의하게 작은 것을 관찰할 수 있었다.

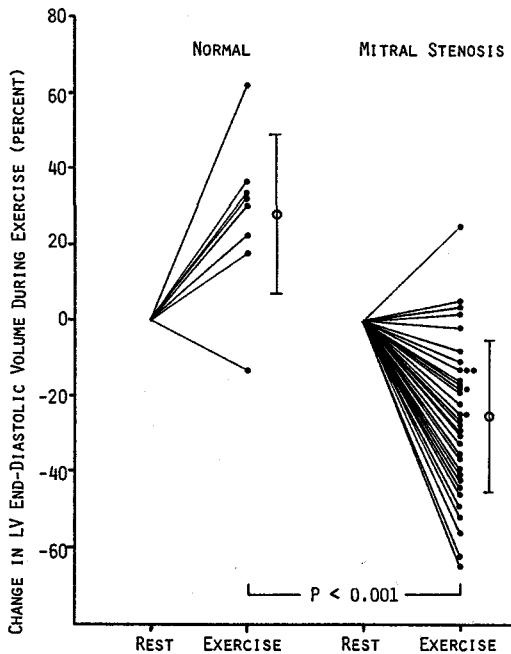


Fig. 1. Left ventricular end-diastolic volume response to exercise in patients with mitral stenosis and normal subjects.

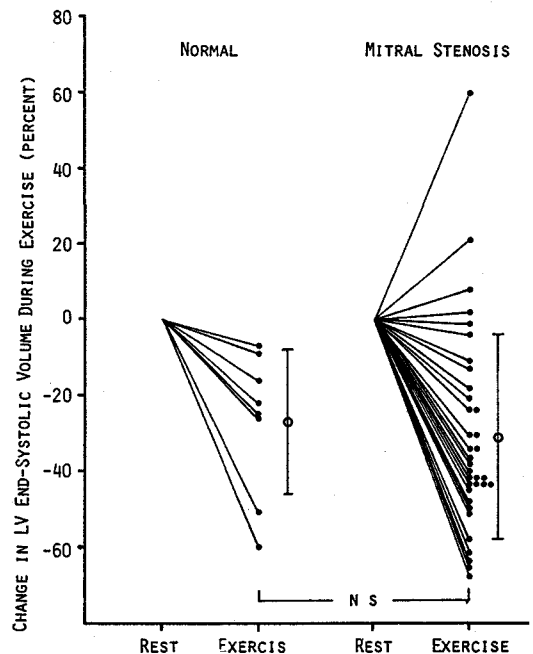


Fig. 2. Left ventricular end-systolic volume response to exercise in patients with mitral stenosis and normal subjects.

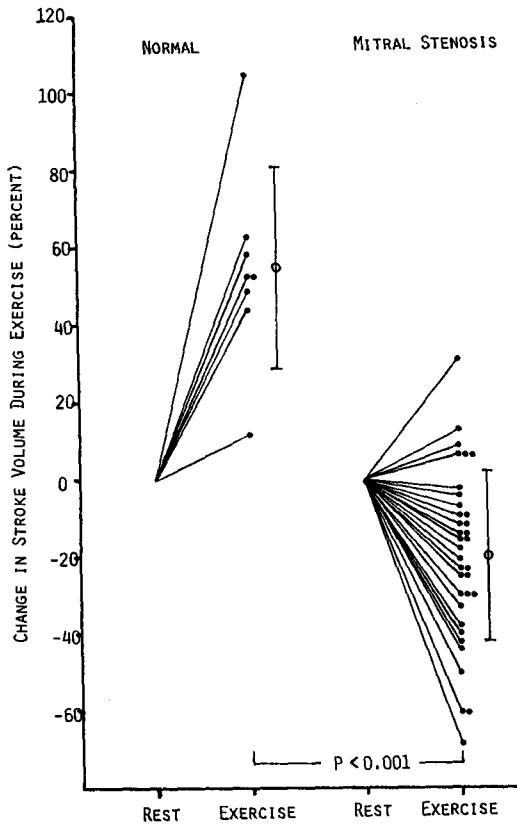


Fig. 3. Left ventricular stroke volume response to exercise in patients with mitral stenosis and normal subjects.

고 찰

운동부하 심장플스캔은 안정시 뿐만 아니라 운동시에도 좌심실의 혈액학적 변화를 정확하게 관찰할 수 있는 검사로 알려져 있다⁷⁾. 심장플스캔은 비 침습적 검사로서 비교적 심장의 기하학적 구조 혹은 운동부하의 정도나 시간에 구애를 받지 않고 심실의 용적 변화를 잘 관찰할 수 있다.

안정시와 운동시 심장플스캔으로 좌심실의 최대 이완율(PFR), 최대 수축율(PER), 및 심실구혈율 등을 구할 때 단위 영상율(frame rate)을 단위 영상 당 안정시는 40~50 msec 이하로 하여야 하며, 운동시는 20~40 msec 이하로 하여야 한다⁸⁾. 따라서 자자들은 본 연구에서 단위 영상율을 24 frame으로 시행하였다.

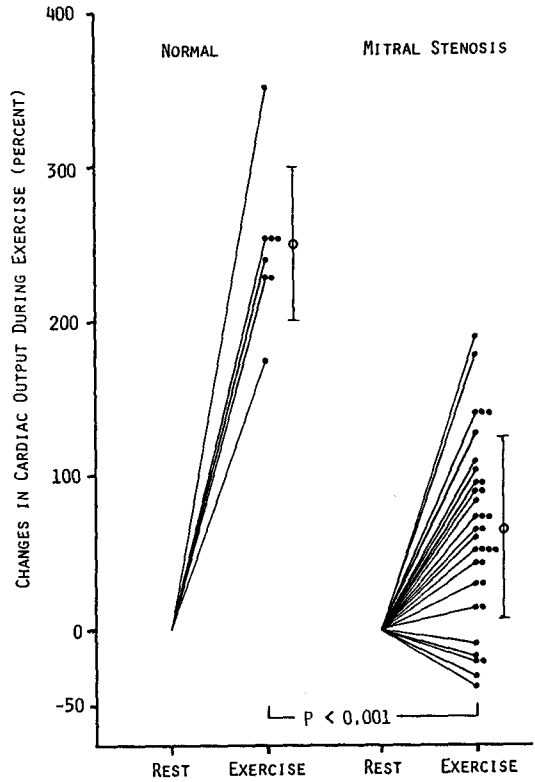


Fig. 4. Cardiac output response to exercise in patients with mitral stenosis and normal subjects.

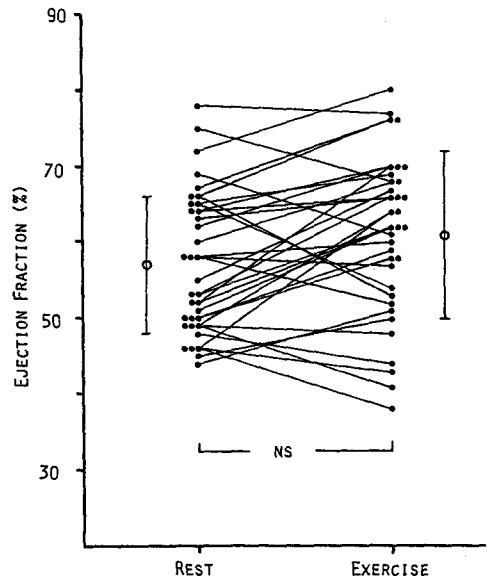


Fig. 5. Left ventricular ejection fraction response to exercise in patients with mitral stenosis.

Table 2. Comparison of Clinical and Hemodynamic Variables in Patients with Mitral Stenosis According to Left Ventricular Ejection Fraction Response

	$\Delta EF > 5\%$ (n=18)	$\Delta EF < 0$ (n=12)	p value
Age	33 \pm 9	41 \pm 11	< 0.05
Atrial fibrillation (pts)	5	9	
Rest EF	56 \pm 9	58 \pm 12	NS
Exercise Response			
Δ EDV (%)	-27 \pm 16	-24 \pm 25	NS
Δ ESV (%)	-44 \pm 12	-12 \pm 33	< 0.01
Δ SV (%)	-13 \pm 18	-31 \pm 24	< 0.05
Δ CO (%)	89 \pm 50	36 \pm 59	< 0.02
Mitral valve area (cm ²)	0.9 \pm 0.3	0.8 \pm 0.2	NS
LA size (cm)	4.9 \pm 0.8	5.5 \pm 0.9	< 0.05

Values are mean \pm S.D.

Δ SV : change in stroke volume during exercise

Δ CO : change in cardiac output during exercise

Δ EF : change in ejection fraction during exercise compare to rest

LA : left atrium,

NS : not significant

Δ EDV : change in end-diastolic volume during exercise

Δ ESV : change in end-systolic volume during exercise

심실 기능은 심근 수축력, 전부하, 후부하, 그리고 심근양(myocardial mass) 등에 의하여 결정되는 것으로 임상에서 흔히 이용되는 좌심실구혈율만으로 심실 기능을 판단할 수 없다⁹⁾. 순수한 승모판협착증은 좌심실 내 인성 심근 수축 상태가 정상이면서 협착 자체로 인한 유입 폐쇄로 우심실 과부하와 폐혈관 저항이 증가하고 좌심실내로 폐정맥 회귀가 감소하여(subnormal stroke volume) 좌심실내 이완기 충만(diastolic filling)의 감소와 전반적인 좌심실 운동기능 감소가 일어나 심실의 수축기능은 감소하는 것으로 보고되었다^{10,11)}. 저자들이 안정시 시행한 심장풀스캔에서 좌심실의 최대 이완율과 최대 수축율이 승모판협착증군에서 정상대조군보다 통계적으로 유의하게 감소되어 있는 소견을 보였는데 이는 승모판협착으로 인해 좌심실내 이완기 충만이 감소되어 있기 때문인 것으로 생각되어 진다.

운동시 좌심실의 EDV가 정상군에서는 안정시와 비교해 증가하는데 비해, 승모판 협착증 군에서는 감소하는 소견을 보였으나 ESV의 변화는 두 군 간에 통계적으로 유의있는 차이가 없었다. 따라서 승모판협착증에서 좌심실의 contractibility는 정상인 것으로 생각되며 좌심실의 심실구혈율이 운동시 증가하지 않는 것은 전부하 즉 이완기 충만의 감소에 의한 것이다. 저자들의 경우 정상인에서 운동시 좌심실의 EDV이 안정시에 비교해 28.1 \pm 21.1%의 증가를 보였는데 Morise 등¹²⁾의 보고

에서는 3 \pm 25%의 증가 밖에 없었다. 위와 같은 차이는 아마도 저자들의 경우 좌심실의 방사능치를 높이기 위해 다리를 올린 상태에서 운동을 시켰기 때문으로 생각되어 진다⁷⁾.

정상인에서 운동을 시키는 경우 sympathetic tone이 증가하여 심박동수와 심근 수축이 증가하게 되며, 또한 말초혈관저항이 떨어지고 venous return이 증가하여 periphery의 요구를 충족시키기 위해 stroke volume과 심박출량이 증가하게 된다¹³⁾. 그러나 승모판협착증 군에서는 운동시 EDV가 감소하기 때문에 stroke volume이 감소하고 심박출량은 정상군에서는 안정시에 비교해 249 \pm 48.7%의 증가를 보이나 승모판협착증군에서 65.9 \pm 58.8%의 증가에 그쳤다.

저자들의 경우 35명의 승모판협착증 환자 중 운동시 정상적으로 좌심실의 심실구혈율이 5% 이상 증가하는 12명과 운동시 심실구혈율이 안정시보다 떨어지는 12명을 비교하여 보았을 때 심실구혈율의 변화가 비정상적인 반응을 보인 군에서 통계적으로 유의있게 환자의 평균 연령이 높고 좌심방의 크기가 컸으며, ESV의 변화가 감소되어 있었다. 그러나 EDV의 변화와 승모판구 면적은 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 승모판협착증 환자 중 운동시 좌심실의 심실구혈율이 안정시와 비교해 감소하는 경우는 승모판협착증이 오래 지속되어 좌심실의 기능 변화가 좌심실내 이완기 충

만이 감소되어 생기는 변화와 함께 좌심실의 수축기능의 감소도 일어나는 것으로 생각된다.

저자들은 본 논문에서 우심실의 경우 우심방과 분리가 힘들어 우심실의 기능 평가는 시행하지 않았으나 Morise 등¹²⁾에 의하면 승모판협착증 환자에서 운동시 우심실의 ESV의 변화가 환자의 예후에 관계 된다고 보고하였다. Johnston 등¹⁴⁾은 승모판협착증환자에서 수술 전후에 운동부하 심장폴스캔을 시행하여 좌심실의 기능 변화를 관찰하였으나 변화가 없었다고 보고하였다.

근래에 와서 승모판협착증 환자에서 경피적 풍선확장 판막성형술이 많이 시행되고 있다. 따라서 이러한 환자에서 운동부하 심장폴스캔으로 예후를 판정할 수 있는지 알아보아야 할 것으로 사료된다.

결 론

저자들은 연세대학교 의과대학 세브란스병원 심장혈관센터에서 순수한 승모판 협착증으로 진단된 35례와 정상 대조군 8례를 대상으로 운동부하 심장폴스캔, 심초음파검사 및 심도자검사를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 승모판협착증군에서 Gorlin씨 방법에 의한 승모판 구 면적은 $0.9 \pm 0.3 \text{ cm}^2$, 승모판 평균 이완기 압력차는 $17.6 \pm 6.6 \text{ mmHg}$, 심박출량은 $4.2 \pm 0.8 \text{ L/min}$ 이었다.

2) 안정시 시행한 심장폴스캔에서 얻은 승모판협착증군의 좌심실의 최대 수축율($2.11 \pm 0.58 \text{ EDV/sec}$)과 최대 이완율($1.51 \pm 0.58 \text{ EDV/sec}$)은 정상군에 비교해 감소되었다.

3) 안정시와 비교하여 최대 운동시 좌심실의 변화는 승모판협착증군에서 이완기용적($-25.4 \pm 20.2\%$ vs $+28.1 \pm 21.1\%$, $p < 0.001$), stroke volume($-20.3 \pm 22.3\%$ vs $+54.8 \pm 25.7\%$, $p < 0.001$), 그리고 심박출량($+65.9 \pm 26.6\%$ vs $+249.3 \pm 48.7\%$, $p < 0.001$)이 정상대조군에 비교하여 감소되어 있었으나 수축기용적($-30.9 \pm 26.6\%$ vs $-26.9 \pm 19.1\%$, $p = \text{N.S.}$)의 변화는 두 군간에 차이가 없었다.

4) 승모판협착증군에서 안정시 좌심실의 심실구혈율은 $57.1 \pm 9.3\%$ 이었고, 최대 운동시 심실구혈율은 $60.9 \pm 10.5\%$ 로 통계적으로 유의있는 증가는 없었다.

5) 승모판 협착증 환자 중 운동시 좌심실의 심실구혈

율이 안정시와 비교하여 감소하는 환자 12명에서는 운동시 심실구혈율이 5% 이상 증가하는 18명의 환자와 비교하여 평균 연령이 높고, 좌심방의 크기가 컸으며 운동시 좌심실의 수축기용적의 변화가 감소되어 있었고 이완기용적의 변화와 승모판구면적은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

REFERENCES

- 1) Gordis L: *The virtual disappearance of rheumatic fever in the united states: lessons in the rise and fall of diseases T. Dukett Jones Memorial lecture. Circulation* 72:1155, 1985
- 2) Palacias IF, Block PC, Brandi S, et al: *Percutaneous ballon valvotomy for patients with severe mitral stenosis. Circulation* 75:778-784, 1987
- 3) Gash AK, Carabello BA, Cepin D, et al: *Left ventricular ejection performance and systolic muscle function in patients with mitral stenosis. Circulation* 67:148-154, 1983
- 4) Marthin RP, Rakowski H, Kleiman JH, et al: *Reliability and reproducibility of two dimensional echocardiographic measurement of the stenotic mitral valve orifice area. Am J Cardiol* 43:560-568, 1979
- 5) Stamm RB, Martin RP: *Quantification of pressure gradients across stenotic valves by Doppler ultrasound. J Am Coll Cardiol* 2:707-718, 1983
- 6) Srivastava SC, Chervu LR: *Radionuclide-labeled Red blood cells: Current status and future prospects. Seminars in Nuclear Medicine* 14:68-82, 1984
- 7) Sorensen SG, Ritchie JL, Caldwell JH, et al: *Serial exercise radionuclide angiography. Circulation* 61:600-609, 1980
- 8) Backarach SL, Green MV, Borer JS, et al: *Left ventricular peak ejection rate, filling rate, and ejection fraction-frame rate requirements at rest and exercise: concise communication. J Nucl Med* 20:189-193, 1979
- 9) Braunwald EB, Ross J Jr: *Control of cardiac performance. In handbook of physiology. Bethesda, American Physiology. Vol 1:533, 1970*
- 10) Gash AK, Carabello BA, Cepin D, et al: *Left ventricular ejection performance and systolic muscle function in patients with mitral stenosis. Circulation* 67:148-154, 1983

- 11) Frank MJ, Levinson GE, Hellems HK: *Left ventricular oxygen consumption, blood flow, and performance in mitral stenosis. Circulation 31:824, 1965*
- 12) Morise AP, Goodwin C, Morgantown: *Exercise radionuclide angiography in patients with mitral stenosis: value of right ventricular response. Am Heart J 112:509-517, 1986*
- 13) Ross J, Gault JH, Mason DT, et al: *Left ventricular performance during muscular exercise in patients with and without cardiac dysfunction. Circulation 34:597, 1966*
- 14) Johnston DL, Lesoway R, Kostuk WJ: *Ventricular function following mitral valve surgery: assessment using radionuclide ventriculography. The Canadian J of Surg 27:349-353, 1984*