

Doppler 심초음파 소견을 이용한 승모판석회침착과 승모판폐쇄부전의 관계

경희대학교 의과대학 내과학교실

김권삼 · 이종원 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= ABSTRACT =

Two-Dimensional and Doppler Echocardiography for Detection and Quantification of Mitral Regurgitation in Calcified Mitral Valvular Disease

K.S. Kim, M.D., J.W. Lee, M.D., M.S. Kim, M.D.,
J.S. Song, M.D., J.H. Bae, M.D.

Department of Internal Medicine, Kyung Hee University Hospital

The calcification of mitral valve leaflets and anulus can cause valvular dysfunction and two-dimensional echocardiography has been used for the diagnosis of calcification, but unable to detect valvular regurgitation. Recently Doppler echocardiography has been known useful to detect the direction of blood flow through valve.

We studied 57 consecutive patients with mitral valvular heart diseases at echocardiography laboratory at Kyung Hee University Hospital consisted of 19 males and 38 females. The mean age was 48 years, ranged from 18 to 80 years old. Fortyeight patients had rheumatic mitral valvular disease, 4 patients had mitral anular calcification and 5 patients had flail mitral valve. The study population consisted with Group I (definite calcification), Group II (possible calcification), and Group III (no calcification) by criteria of Wong at al., analyzed by frame of recorded videotape. The calcification of mitral leaflet and / or anulus was found in 49 patients (85.9%). Doppler echocardiography was performed with pulsed and continuous wave Doppler system in same transducer and mapping technique in left atrium was used for assessment of mitral regurgitation.

Mitral regurgitation was found 18 / 21 (85.7%) in Group I, 22 / 28 (78.7%) in Group II and 6 / 8 (75.0%) in Group III. The incidence of mitral regurgitation in

all study population was 80.7 %.

In 44 patients with rheumatic mitral stenosis, 11 patients had no regurgitation, 11 with mild, 12 with moderate, 10 with severe mitral regurgitation. In 13 patients without mitral stenosis, only one patient had mild regurgitation and 12 patients had severe mitral regurgitation.

Conclusion: In patients with calcification of mitral leaflet and / or anulus, Doppler echocardiography is useful to detect and quantify mitral regurgitation easily and accurately.

서 론

류마티스성 승모판질환은 판막에 석회침착이 흔히 동반되며 이러한 석회침착은 판막의 섬유화성경축 (fibrous contracture) 이나, 좌심방의 확장으로 인한 판막의 단축 (shortening) 등과 더불어 폐쇄부전이 생기는 중요한 원인으로 알려져 있다¹⁾. 노년층이나 여러 순환기질환에 동반하는 mitral anulus calcification도 승모판의 유합 (coaptation) 부전에 의해 폐쇄부전이 발생한다^{2,3)}. 판막이나 승모판환륜 (mitral anulus)의 석회침착을 진단하는데 심초음파검사가 유용한 것으로 알려져 있다^{4,11)}.

일부연구들의 결과를 살펴보면 류마티스성 승모판협착증에서 판막의 석회침착과 폐쇄부전의 발생에 긴밀한 관계가 있을 것으로 생각되나^{12,14)} 이에대한 체계적인 연구가 부족한것 같다. 근래 Doppler 심초음파검사가 개발되어 류마티스성 승모판협착증에 폐쇄부전증이 같이 있는것을 비관혈적으로 진단할 수 있게 되었다^{15,17)}.

저자들은 승모판질환에서 이면성심초음파와 Doppler 심초음파검사를 이용하여 승모판의 심회침착이 승모판 폐쇄부전의 빈도와 정도에 관계가 있는지를 알아보기 위하여 다음과 같은 연구를 하였다.

대상 및 방법

1) 환자대상

1985년 8월부터 1985년 11월까지 경희대학교 부속 병원 내과에서 Doppler 심초음파검사를 하여 승모판질환으로 진단된 57명을 대상으로 하였다. 여자가 38명, 남자가 19명이었고, 연령은 18세부터 80세 (평균연령 48 ± 15.7 세) 이었다. 원인질환은 류마티스성 승모판질환이 48명이었으며 이중 4명은 심한 승모판협착증은 없었고 주로 승모판 폐쇄부전 이었다. mitral anulus calcification 환자가 4명 이었고 연가양승모판질환 (flail mit-

ral valve)이 5명 이었다.

2) 심초음파검사

M-mode 심초음파검사, 이면성심초음파와 Doppler 심초음파검사는 모두 Meridian echocardiographic system (Johnson and Johnson ultrasound)을 이용하였다. M-mode 초음파도와 이면성심초음파도는 3.0MHz transducer를 이용하여 Panasonic AG-6200 video recorder에 기록하였다. 환자를 좌상위로 눕게한후 parasternal long axis view의 이면성초음파를 기본으로 하여 관찰하였으며, 심첨박동을 촉진하여 transducer를 심첨부에 위치시켜 apical four chamber view, apical long axis view를 모두 관찰하여 녹화한후 slow video 또는 frame by frame으로 다시 분석하였다.

3) 승모판 석회침착의 기준

Wong등이⁷⁾ 제시한 방법에 의해 parasternal long axis view와 apical long axis view의 이면성심초음파에서 echoes의 gain을 점차 줄이면서 승모판엽과 승모판환륜의 밝기 (brightness)를 대동맥후벽의 echoes와 비교하여 다음과 같이 분류하였다.

제 1군 (Group I): 승모판 eches가 대동맥후벽 echoes보다 늦게 사라지는 경우

제 2군 (Group II): 승모판 eches가 대동맥후벽 echoes와 같이 사라지는 경우

제 3군 (Group III): 승모판 eches가 대동맥후벽 echoes보다 먼저 사라지는 경우로 하였다.

제 1군과 제 2군은 석회침착이 있는 것으로 하였고 제 3군은 석회침착이 없는 것으로 판정하였다 (Fig. 1).

4) Doppler 심초음파 검사방법

Pulsed Wave Doppler (PWD)와 Continuous Wave Doppler (CWD)를 같이 할수있는 3.5 / 2.0MHz dual frequency transducer를 이용하여 혈류의 방향과 속도를 측정하였다. 좌상위 자세에서 transducer를 심첨부에 위치시키고 apical four chamber view의 이면성심

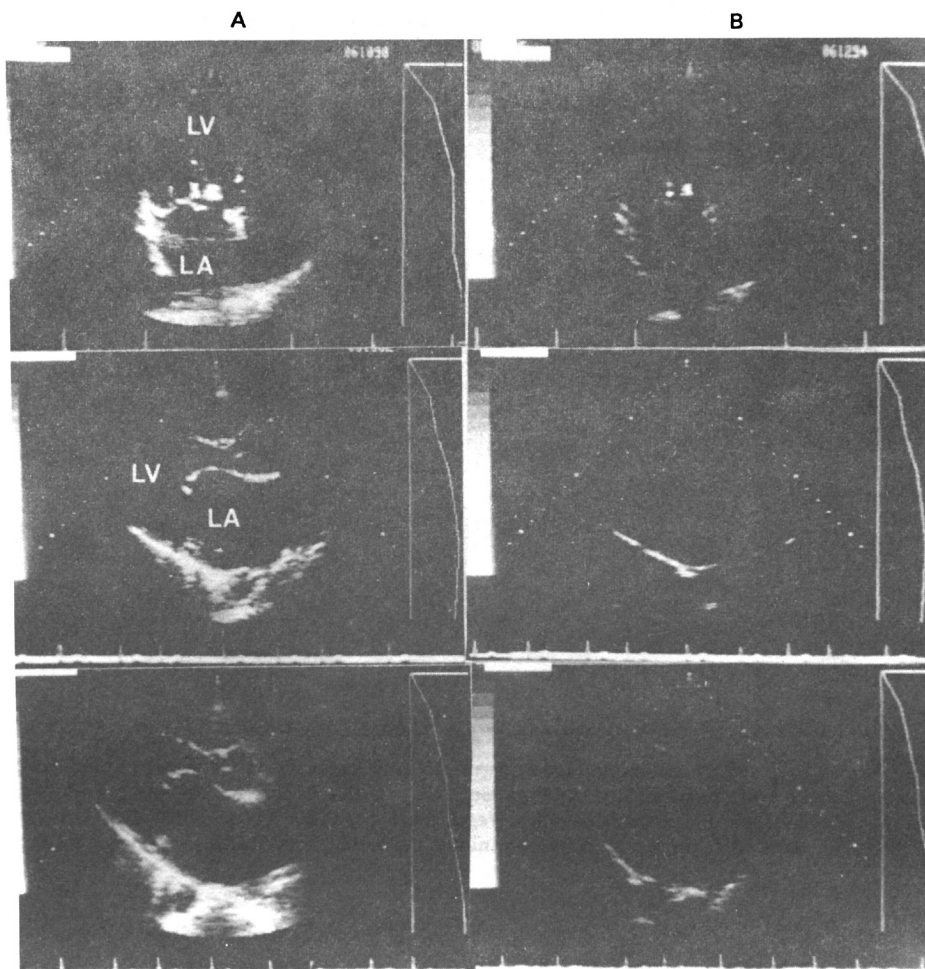


Fig. 1. Two-dimensional echocardiogram in patients with mitral valve calcification. upper: group I patient, mid: group II patient, low: group III patient. Suppression of echoes was progressively increased from A to B.

초음파를 이용하였으며, Doppler cursor를 혈류방향과 평행이 되게 하여 승모판에서의 혈류를 기록하였다. PWD는 7mm 직경의 box가 혈류를 Sampling 하는 위치이며, transducer에서 16cm까지 측정할 수 있다. PWD를 이용하여 승모판폐쇄부전의 유무 및 정도를 좌심방 내에서 mapping 하였다¹⁷⁾. 같은 장소에서 같은 transducer로 CWD로 변환시켜 승모판에서의 최대혈류속도와 방향을 관찰하였다. 보다 선명한 CWD의 spectrum을 얻기 위해 2.0MHz frequency dual crystal transducer (Pedof transducer)를 이용하여 최대혈류속도와 방향을 strip chart paper에 50mm/sec의 속도로 기록하였다.

승모판폐쇄부전의 기준은 범수축기에 역류되는 경우

나, 수축기 초기나 중간까지 역류되며 최대혈류속도가 2m/sec 이상인 경우로 하였다¹⁷⁾. 폐쇄부전의 정도는 mapping technique로 PWD를 이용하여 정하였다. 승모판 바로 아래에서만 역류혈류가 관찰되면 경도(mild), 좌심방의 중간부위까지 역류되면 중등도(moderate), 좌심방의 하부까지 역류되면 중증(severe)으로 판정하였다(Fig. 2).

결 과

대상환자의 원인질환에 따른 심초음파와 Doppler 심초음파 소견은 Table 1과 같다. 환자 57명중 49명 (85.9%)이 석회침착이 관찰되었다. 승모판엽과 승모판환륜에

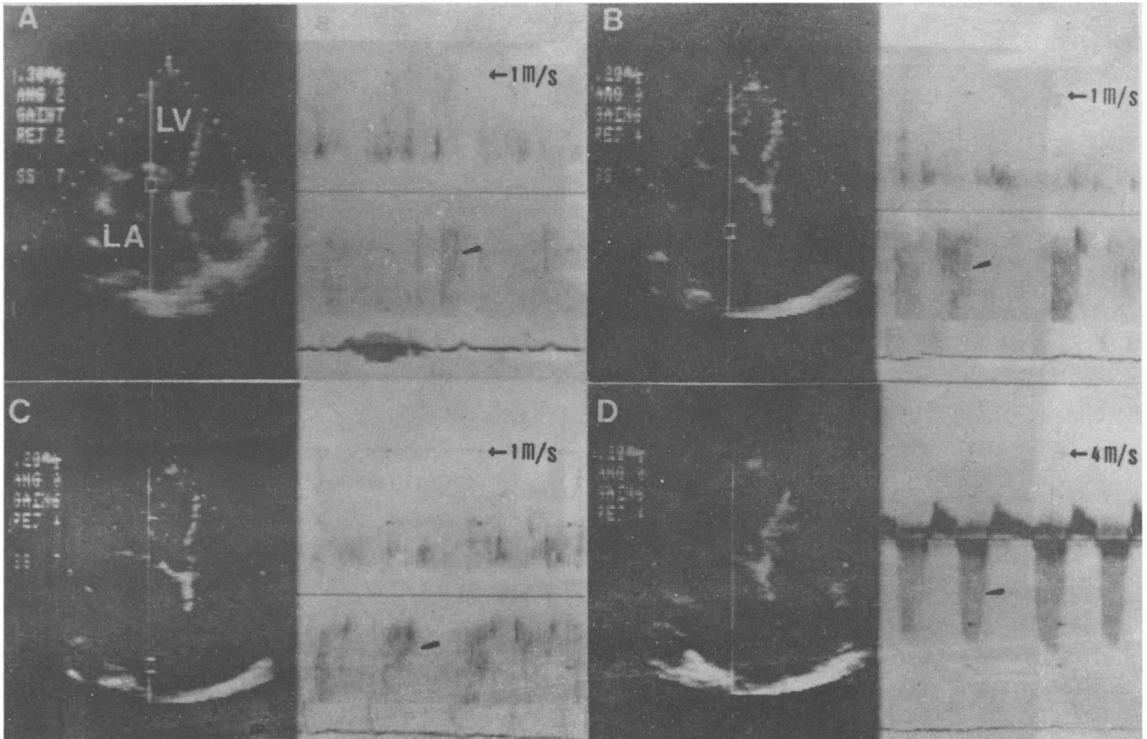


Fig. 2. Mapping technique for quantitating mitral regurgitation. Regurgitant flow is sampled in pulsed mode with sample volume(indicated by box on 2DE) at the below Mitral valve and various portion in LA (left atrium). A):mild mitral regurgitation (MR) B) moderate MR C) severe MR D) Transmitral flow is then sampled in continious mode. Arrows indicate systolic regurgitant Jet of MR.

같이 석회침착이 있는 경우가 27예 이었고, 판막에만 있는 경우가 17예, anulus에만 있는 경우가 5예 이었고 석회침착이 없었던 경우가 8예 이었다. 판막과 anulus에 석회침착이 있는 경우의 85.2%, 판막에만 석회침착이 있는 70.6%, anulus에만 석회침착이 있는 경우의 100%에서 각각 폐쇄부전이 관찰되었다(Table 2).

승모판협착증환자 44명중 40명 (91%) 이 판막 또는 anulus에 석회침착이 있었으며 33명(75%)이 폐쇄부전

이 관찰되었다. 승모판협착증 환자중 석회침착이 확실한 제1군 14명중 11명(78.6%)이 폐쇄부전이었으며, 이중 7명은 중증, 3명은 중증도, 1명은 경도의 폐쇄부전이었다. 석회침착이 의심되는 제2군을 26명중 20명(77%)이 폐쇄부전이 있었으며 3명이 중증, 9명이 중증도, 9명이 경도의 폐쇄부전이었다. 석회침착이 없는 제3군은 4명중 2명(50%)이 경도의 폐쇄부전을 보였다(Table 3, Fig. 3).

Table 1. Classification of patient with mitral valve disease according to etiology, echocardiography and Doppler finding

	MV orifice (cm ²)	Peak velocity (M/sec)
Rheumatic MVD		
with stenosis (n=44)	2.2 ± 0.85	1.96 ± 0.37
dominant regurgitation (n=4)	3.98 ± 0.88	1.6 ± 0.4
Mitral anulus calcification (n=4)	3.95 ± 0.31	1.18 ± 0.15
Flail mitral valve (n=5)	4.6 ± 0.5	1.36 ± 0.19

Table 2. Frequency of mitral regurgitation according to location of calcification

	Number of case	Number of MR	(%)
Leaflet	17	12	70.6
Leaflet + Anulus	27	23 ⁺	85.2
Anulus	5 *	5	100.0
No calcification	8	6	75.0

+ One patient with degenerative mitral valve disease (MVD) and one case with FMV were included.

* Three patients with degenerative MVD and Two cases with FMV were included.

Table 3. Echocardiographic and Doppler findings in mitral valvular disease

	Group I	Group II	Group III	Total
With MS (N=44)				
no MR	3	6	2	11
mild MR	1	8	2	11
moderate MR	3	9	0	12
severe MR	7	3	0	10
Without MS(N=8)				
mild MR	1 *	0	0	1
severe MR	3 *	2	2	7
Flail mitral valve (N=5)	3 ⁺	0	2 ⁺	5
Total	21	28	8	57

+ : severe MR MS : mitral stenosis MR : mitral regurgitation

* : Mitral anulus calcification

Table 4. Frequency of mitral regurgitation in leaflet calcification

	Number of case	Number of MR	(%)
Anterior leaflet	1	1	100
Posterior leaflet	4	1	25
Both leaflet	12	10	83

mitral anulus calcification은 4명중 3명이 중증의 폐쇄부전이었고 1명은 경도의 폐쇄부전이였다. 이 환자는 만성신부전증 환자 이였다(Table 3, Fig. 3). 5명의 연가양승모란 환자는 석회침착과 관계없이 모두 중증의 폐쇄부전 이였다. 승모판폐쇄부전을 주로하는 류마티스성 승모판질환 4명도 모두 중증의 폐쇄부전을

보였다(Table 3, Fig 3).

판막소엽(leaflet)의 석회침착에 따른 폐쇄부전의 빈도는 Table 4와 같다. 전후엽 모두에 석회침착이 있는 12명중 10명(83%)가 폐쇄부전이 있었고, 후엽에만 석회침착이 있는 4명중 1명이, 전엽에 석회침착이 있는 1명이 각각 폐쇄부전을 보였다.

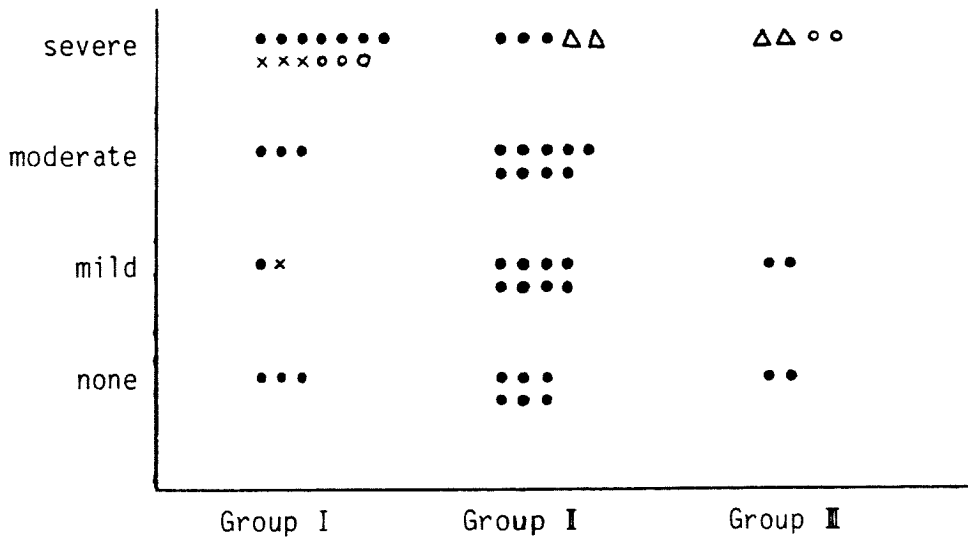


Fig. 3. Frequency and severity of mitral regurgitation in patients with mitral valvular diseases(MVD) according to calcification

- Mitral stenosis (MS)
- × Degenerative mitral valvular disease
- Flail mitral valve
- △ Mitral regurgitation without significant MS

고 안

승모판협착증은 승모판폐쇄부전(pure mitral regurgitation)과는 달리 승모판에 석회침착이 혼한 것으로 알려져 있다. Lachman 등에¹²⁾ 의하면 승모판협착증에서 적출한 승모판의 91%가 석회침착이 있으며 164명중 73명 (44.5%)은 판막주위의 50% 이상이 석회침착이 있다. 반면 승모판폐쇄부전은 약 18%만 판막이나 건삭에 석회침착이 동반된다¹⁸⁾. 승모판폐쇄부전 환자 230명을 분석한 Selzer와 Katayama¹⁴⁾ 등의 결과를 보면 88명의 류마티스성 승모판폐쇄부전 환자중 33명(38%)이 승모판협착증과 석회침착이 있음을 알수 있다.

판막의 석회침착은 fluroscopy 나 적출해낸 판막을 X-ray로 촬영하여 진단하여 왔으나 근래 심초음파도를 이용하여 수술전에 석회침착을 진단할수 있게 되었다⁴⁻⁷⁾. Nanda등⁵⁾은 승모판 M-mode 초음파에서 석회침착과 운동성(mobility)을 분석하여 57명중 38명이 석회침착이 있음을 확인 하였다. Nicolosi 등도⁴⁾ M-mode 소견과 수술소견을 비교하여 승모판의 석회침착을 sensitivity 76%, specificity 82%로 진단 하였다.

이면성심초음파도는 심장의 구조를 입체적으로 볼수 있어 판막의 석회침착을 보다 쉽고 정확하게 진단할수 있게 되었다. Zanolis 등⁶⁾은 43명의 류마티스성 승모판 질환에서 적출한 판막의 X선 소견과 이면성초음파도를 비교하여 초음파도에 의한 석회침착의 진단이 sensitivity 100% specificity 65%임을 보고하고 있다. Wong⁷⁾ 등도 mitral annulus calcification이나 대동맥판의 석회침착을 sensitivity 76%, specificity 90%, accuracy 80%로 진단하고 있으며, 근래 심초음파검사로 진단된 mitral annulus calcification에 대한 임상연구가 많이 보고되고 있다^{2,3,9,10-12)}. 저자들은 Wong⁷⁾ 등이 제시한 방법과 기준에 따라 이면성심초음파도를 검사하여 승모판질환 환자 57명에서 49명이 승모판에 석회침착이 있음을 관찰 하였다. leaflet와 annulus에 같이 석회침착된 경우가 55.1%로 가장 많았고, leaflet만 있는 경우가 5%이었다. 류마티스성 승모판질환은 48명중 44명(91%)이 승모판에 석회침착이 관찰되어 다른 보고자들과 유사한 결과를 보였다⁴⁻⁸⁾. Mitral annulus calcification은 4명이 있었으며 1명이 leaflet와 annulus에 석회침착이 있었고 3명은 annulus에만 석회침착이 있었다. 환자대상이 적어 석회침착의 정도를 평가하기는 어려우며 더 많은 예를 관찰하여야 될것이다.

Lachman등은¹²⁾ 승모판협착증에서 판막의 석회침착 정도는 좌심방-좌심실의 압력차와 관계가 있다고 하였으나 그 보고를 보면 석회침착이 있는 경우 폐쇄부전이 있음을 알수 있고, 후에 판막대치술을 하였던 20명의 환자를 재분석하여 14명이 석회침착과 승모판폐쇄부전이 있음을 보고 하였다¹³⁾ Selzer와 Katayama¹⁴⁾의 결과도 류마티스성 승모판질환에서 석회침착이 승모판폐쇄부전과 관계가 있음을 암시하고 있다.

승모판폐쇄부전의 진단은 심도자검사나 좌심실조영촬영이 가장 정확 하겠으나 관혈적인 검사이기 때문에 모든 환자에서 매년 검사하기는 어렵다. 또한 폐동맥쇄기압의 V파가 실제의 폐쇄부전과 차이를 보일 수 있고¹⁹⁾ 조영촬영도 부정맥, 조영제의 농도, 기타의 기술적인 문제점등에 의해 정확한 판단이 어려울 경우가 있다.

Johnson등이²⁰⁾ PWD 초음파를 이용하여 승모판폐쇄부전을 진단한 이후 승모판폐쇄부전 (pure mitral regurgitation) 이나^{16,21,23)} 승모판협착증에 동반하는 폐쇄부전의^{15,23)} 진단에 Doppler 초음파 검사가 유용하게 되었다. Abbasi등은¹⁶⁾ PWD를 이용하여 sensitivity 92% specificity 96%로 승모판폐쇄부전을 진단하였다. Patel등은¹⁶⁾ 류마티스성 승모판협착증환자 34명을 대상으로 좌심실조영촬영과 PWD소견을 비교 관찰하여 조영촬영으로 폐쇄부전이 확인된 25명중 18명이 Doppler 초음파검사에서도 폐쇄부전이 있음을 보고 하였다. 특히 중등도 혹은 중증의 폐쇄부전을 88%, 100%의 예민도로 진단하여 폐쇄부전의 유무와 그 정도를 평가하는 비관혈적 검사방법으로 생각된다. 폐쇄부전의 정도는 이면성심초음파와 PWD를 병용하여 좌심방내에서 혈류를 mapping 하여 판정한다^{15,17)}. 저자들은 PWD와 CWD를 같이 이용하여 류마티스성 승모판협착증 환자 44명에서 33명(75%)이 폐쇄부전이 있음을 관찰 하였다. 이중 경증의 폐쇄부전이 11명, 중등도 12명, 중증이 10명 이었다. 특히 석회침착의 정도에 따라 폐쇄부전의 정도가 심해지는 경향을 보이고 있다. 석회침착이 확실한 제 1군은 중증의 폐쇄부전이 7예, 중등도 3예이며, 석회침착이 의심되는 제 2군은 중증이 3예, 중등도 9예 경증 9예 이었다. 석회침착이 없는 제 3군은 환자수는 적으나 4명중 2명이 경증의 폐쇄부전 이었다.

Mitral anulus calcification은 노인층에 많은 퇴행성 판막질환으로 승모판과 anulus에 석회가 침착되고 판막의 유합부전이나 건색의 병변으로 승모판폐쇄부전증이 흔히 발생하는 것으로 알려져 있으나 적절한 검사

방법이 없어 폐쇄부전의 빈도와 정도에 대해서는 보고자에 따라 차이가 있다^{2,3)}. 최근 Labovitz 등은¹⁷⁾ PWD와 CWD를 이용하여 mitral anulus calcification의 55%에서 중등도 이상의 승모판폐쇄부전이 있음을 보고하고 있다. 저자들의 경우 대상환자가 적어서 임상적 의미를 찾기는 어려우나 3명이 중증의 폐쇄부전이 있었다.

결 론

57명의 승모판질환에서 이면성심초음파와 Doppler 심초음파검사를 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 57명중 49명에서 승모판엽이나 승모판환륜에 석회침착을 관찰할수 있었다.

2) 49명중 판막엽이나 승모판환륜에 동시에 석회침착이 있는 경우가 27명(55.1%), 판막엽만 석회침착이 있는 경우가 17명(34.7%), 승모판환륜에만 석회침착이 있는 경우가 5명(10%)이었으며 각각 85%, 70.6%, 100%에서 승모판폐쇄부전이 관찰 되었다.

3) 승모판협착증환자 44명중 40명이 석회침착이 관찰되었고, 이중 33명(75%)이 승모판폐쇄부전이 있었다.

4) 승모판협착증에 동반된 폐쇄부전은 중증이 10예, 중등도 12예, 경증 9예 이었다.

5) 제 1군의 승모판협착증 14명중 중증폐쇄부전이 7명, 중등도 3명, 경증 1명이었고, 제 2군 26명은 중증 3명 중등도 9명 경증 8명 이었다. 제 3군은 4명중 2명만이 경증의 폐쇄부전 이었다.

류마티스성 승모판질환이나 mitral anulus calcification과 같은 질환에서 판막주변의 석회침착이 폐쇄부전의 발생에 중요한 원인이 될것으로 생각된다. 승모판협착증에 폐쇄부전이 동반되면 조기에 pulmonary hypertension을 초래하고 좌심실기능을 저하시킨다. Doppler 초음파 검사가 혈액학적 변화를 관찰하는데 도움이 될것으로 생각되며, 이면성심초음파 검사로 판막의 석회침착 유무와 정도를 관찰하는것이 폐쇄부전이 동반되어 있는지를 간접적으로 알수 있는 한 방법이 될것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Rackley CE, Edwards JE, Karp RB: *Mitral valvular disease, The Heart, Hurst JW, 6th Ed. P 764, MCGRAW-HILL book Co. 1985*

- 2) Nestico PF, Depace NL, Morganroth J, Kotler MN, Ross J: *Mitral anular calcification: Clinical pathophysiology, and echocardiographic review.* *Am Heart J* 107:989, 1984
- 3) Mellino M, Salcedo EE, Lever HM, Vasudevan G, Kramer JR: *Echocardiographic - quantified severity of mitral anulus calcification: Prognostic correlation to related hemodynamic, valvular, rhythm and conduction abnormalities.* *Am Heart J* 103:223, 1982
- 4) Nicolosi GL, Pugh DM, Dunn M: *Sensitivity and specificity of echocardiography in the assessment of valve calcification in mitral stenosis.* *Am Heart J* 98:171, 1979
- 5) Nanda NC, Gramiak R, Shah PM, DeWeese JA: *Mitral Commissurotomy versus Replacement, Pre-operative evaluation by echocardiography.* *Circulation* 51:263, 1975
- 6) Zanolza L, Marino P, Nicolosi GL, Peranzoni PF, Poppi A: *Two-dimensional echocardiographic evaluation of mitral valve calcification, sensitivity and specificity.* *Chest* 82:154, 1982
- 7) Wong M, Tei C, Shah PM: *Degenerative calcific valvular disease and systolic murmur in the elderly.* *J Am Geriatr Soc* 31:156, 1983
- 8) Wong M, Tei C, Shah PM: *Sensitivity and specificity of Two-dimensional echocardiography in the detection of valvular calcification.* *Chest* 84:423, 1983
- 9) Nair CK, Aronow WS, Sketch MH, Mohiuddin SM, Pagano T, Esterbrooks DJ, Hee TT: *Clinical and echocardiographic characteristics of patients with mitral anular calcification.* *Am J Cardiol* 51:992, 1983
- 10) Takamoto T, Popp R: *Conduction disturbance related to the site and severity of mitral anular calcification: A 2-Dimensional echocardiographic and electrocardiographic correlative study.* *Am J Cardiol* 51:1644, 1983
- 11) Forman MB, Virmani R, Robertson RM, Stone WJ: *Mitral anular calcification in chronic renal failure.* *Chest* 85:367, 1984
- 12) Lachman AS, Roberts WC: *Calcific deposits in stenotic mitral valves: Extent and relation to age, sex, degree of stenosis, cardiac rhythm, previous commissurotomy and left atrial body thrombus from study of 164 operatively-excised valves.* *Circulation* 57:808, 1978
- 13) Roberts WC, Lachman AS: *Mitral valve commissurotomy versus replacement: Consideration based on examination of operatively excised stenotic mitral valves.* *Am Heart J* 98:56, 1979
- 14) Selzer A, Katayama F: *Mitral regurgitation: Clinical patterns, pathophysiology, natural history.* *Medicine* 51:337, 1972
- 15) Patel AK, Rowe GG, Thomsen JH, Dhanani SP, Kosolcharoen P, Lyle LEW: *Detection and estimation of rheumatic mitral regurgitation in the presence of mitral stenosis by Pulsed Doppler Echocardiography.* *Am J Cardiol* 51:986, 1983
- 16) Abbasi AS, Allen MW, DeCristofaro D, Ungar I: *Detection and estimation of degree of mitral regurgitation by range-gated Pulsed Doppler Echocardiography.* *Circulation* 61:143, 1980
- 17) Labovitz AJ, Nelson JG, Windhorst DM, Kennedy HL, Williams GA: *Frequency of mitral valve dysfunction from mitral anular calcium as detected by Doppler Echocardiography.* *Am J Cardiol* 55:133, 1985
- 18) Byram MT, Roberts WC: *Frequency and extent of calcific deposits in purely regurgitant mitral valve: Analysis of 108 operatively excised valves.* *Am J Cardiol* 52:1059, 1983
- 19) Fuchs M, Heuser RR, Yin FCP, Brinker JA: *Limitation of pulmonary V waves in diagnosing mitral regurgitation.* *Am J Cardiol* 49:849, 1982
- 20) Johnson SW, Baker DW, Lute RA, Murray JA: *Detection of mitral regurgitation by Doppler echocardiography (abst).* *Am J Cardiol* 33:146, 1974
- 21) Miyatake K, Kinoshita N, Nagata S, Beppu S, Park YD, Sakakibara H, Nimura Y: *Intracardiac flow pattern in mitral regurgitation studied with combined use of the ultrasonic Pulsed Doppler Echocardiography.*

- ed Doppler technique and cross-sectional echocardiography. Am J Cardiol 45:155, 1980*
- 22) Areias JC, Goldberg SJ, de Willeneuve VH : *Use and limitation of time interval histogram output from echo Doppler to detect mitral regurgitation. Am Heart J 101:805, 1981*
- 23) Thuillez C, Theroux P, Bourassa MG, Blanchard D, Guernonprez Jean-Leon PP, Diebold B, Waters DD, Maurice P : *Pulsed Doppler echocardiographic study of mitral stenosis. Circulation 61:381, 1980*
-