

연가양 승모판의 경흉부와 경식도 이면성 색채 도플러 심초음파도 소견의 비교

경희대학교 의과대학 내과학교실

김석호 · 김성훈 · 강홍선 · 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= Abstract =

Echocardiographic Evaluation of Flail Mitral Valve : Comparison of Transthoracic and Transesophageal Two Dimensional and Color Doppler Echocardiography

Seog Ho Kim, M.D., Sung Hoon Kim, 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 : Flail mitral valve due to ruptured chordae tendinae usually result in acute, severe mitral regurgitation. Because transesophageal echocardiography with color Doppler flow mapping permits high resolution imaging of mitral valve anatomy and mitral regurgitation, we compared this procedure with transthoracic echocardiography in the diagnosis and evaluation of flail mitral valve.

Methods : From 1990 to 1992 years, fourteen patients (7 males, 7 females ; age range 30-81 years) with flail mitral valve admitted to Kyung Hee University was evaluated by transesophageal echocardiography and transthoracic echocardiography.

Results :

1) Transthoracic echocardiography revealed 11 cases of abnormal coaptation, 1 case of ruptured chordae tendinae and 2 cases not defined. Compared with transthoracic imaging, transesophageal echocardiography revealed 13 cases of abnormal coaptation and 1 case of ruptured chordae tendinae.

2) The site of flail leaflet was 6 cases in anterior, 7 cases in posterior and one case was not defined with transthoracic echocardiography. With transesophageal echocardiography, the site was 5 cases in anterior, 5 cases in posterior and 4 cases in both leaflets.

3) By color flow mapping, MR jet directed toward anterior in 5, posterior in 7 and both in 2 with transthoracic echocardiography. With transesophageal echocardiography, MR jet directed toward anterior in 5, posterior in 7 and both in 4.

4) In a flail anterior leaflet, transesophageal echocardiography showed abnormal leaflet coaptation in systole, displacement of the unsupported anterior leaflet into the left atrium and

formation of a regurgitant channel between the mitral leaflets. By Doppler color flow pattern, mitral regurgitation associated with a flail anterior leaflet moved in a counter-clockwise direction around the left atrium in the standard 4 chamber view, whereas regurgitation associated with a flail posterior leaflet moved in a clockwise direction. Regurgitation associated with flail anterior and posterior leaflets moved in both directions.

Conclusion : Transesophageal echocardiography with color Doppler flow mapping of mitral regurgitation were complementary to transthoracic echocardiography in the diagnosis and localization of flail mitral valve.

KEY WORDS : Flail mitral valve · Transesophageal echocardiography.

서 론

연가양 승모판(flail mitral valve)이란 건삭의 파열로 인하여 승모판이 수축기시에 좌심방으로 전이하는 질환으로서 중증의 급성 승모판 폐쇄부전증을 일으키는 원인 질환이며 이들의 M-Mode 및 이면성 심초음파도와 경식도 심초음파도의 특징에 대하여 잘 알려져 있다¹⁻⁷⁾.

경흉부 이면성 심초음파도는 정상적인 수축기 동안 승모판 유합의 상실을 진단하는데 있어서 M-형 심초음파도 소견보다 더 좋은 것으로 알려져 있으며²⁻⁶⁾, 또한 경식도 심초음파도는 수축기 동안 좌심방에서 파열된 건삭을 볼수도 있어 연가양 승모판을 진단하는데 있어서 경흉부 이면성 심초음파도보다 민감도가 더 좋은 것으로 알려져 있다⁸⁾.

연가양 승모판은 승모판 복수술로 성공적으로 치료될 수 있는 질환이고 승모판 폐쇄부전증이 있는 환자에서 조기에 수술을 시행하는 것이 영구적인 심근 손상을 예방할 수 있기 때문에⁹⁻¹²⁾, 승모판 폐쇄부전증의 원인을 정확하게 평가하는 것이 중요하다.

이에 저자들은 연가양 승모판의 진단과 평가에 있어서 경흉부와 경식도 이면성 및 색채 도플러 심초음파도 소견을 비교 관찰하여 문헌고찰과 함께 그 결과를 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

저자들은 1990년 6월부터 1992년 5월까지 경희대학교 의과대학 부속병원 내과에 내원하여 경흉부 및 경식도 심초음파도상 연가양 승모판의 소견을

보인 14명의 환자를 대상으로 하였다. 14례의 성별은 남자 7례, 여자 7례였으며 연령은 30세부터 81세로 평균 53±16세였다.

2. 방 법

1) 경흉부 심초음파도

심초음파도 검사는 ATL(advanced technology laboratories)사의 ultramarker-9을 사용하였고, 2.25/5.0MHz dual frequency 변환기를 이용하였으며, 심전도도 동시에 기록하였다. 모든 대상환자는 좌와위에서 이면성, M형, 도플러 및 색채 도플러 심초음파도를 실시하였다. 이면성 심초음파도는 흉골연장축 및 단축 단면도, 심첨 4방, 5방 및 2방 단면도를 녹화하였고, M형 심초음파도는 흉골연단축 단면도에서, 그리고 도플러 심초음파도는 심첨부 4방 및 5방 단면도에서 간헐파형 및 연속파형 도플러를 녹화하였다.

2) 경식도 심초음파도

경식도 심초음파도 시행시 모든 환자는 검사전 최소 6시간 이상의 금식후 좌측 와위에서 우측 무릎을 꾸부리게 하여 검사시 안정된 상태에서 5-MHz phased array 변환기를 이용하여 이면성 심초음파도, 색채 도플러 영상을 녹화한후 필요시 재생하면서 분석하였으며, 경식도 심초음파도에서 심장 영상을 관찰하기 위하여 기초 단축 단면도, 4방 및 경식도 단축 단면도를 Seward와 Tajik 등⁴⁾이 제시한 방법으로 검사 하였다.

결 과

1. 연가양 승모판의 경흉부 및 경식도 심초음파도 소견의 비교

연가양 승모판의 발생원인으로서 경흉부 심초음파도에서는 비유합 11례, 건삭의 파열 1례 및 원인이 불분명한 경우가 2례인데 반하여, 경식도 심초음파도에서는 비유합 13례, 건삭의 파열 1례로서 경흉부 심초음파도에서 발생원인이 불분명한 2례가 비유합에 의한 것임을 알수 있었다. 연가양 승모판의 병소로 경흉부 심초음파도에서는 전엽 6례, 후엽 7례 및 병소가 불분명한 경우가 1례인 반면 경식도 심초음파도의 경우 경흉부 심초음파도에서 전엽 및 후엽에 병소가 있었던 2례가 양엽에 병소가 있는 것으로 보였으며 병소가 확인되지 않았던 1례가 전엽에 병소가 있는 것으로 보여 전엽 5례, 후엽 5례 및 양엽에 병소가 있었던 경우가 4례 였다. 색채 도플러 심초음파도에 의한 mitral regurgitant jet(이하 MR jet으로 약함)의 방향은 경흉부 심초음파도의 경우 전방 5례, 후방 7례 및 양방향인 2례 였고, 경식도 심초음파도의 경우 경흉부 심초음파도에서 후방으로 보였던 2례가 양방향으로 보여 전방 5례, 후방 5례 및 양방향인 4례 였다(Table. 1).

2. 연가양 승모판의 경흉부 및 경식도 심초음파도 소견의 례

1) 연가양 전엽(flail anterior leaflet)

경식도 이면성 심초음파도의 심첨 4방 단면도에서 수축기동안 승모판의 비정상적인 유합이 관찰되며 승모판 전엽이 좌심방으로 전이되어 승모판 소엽들 사이에서 화살표에서 표시된 바와 같이 regurgitant channel이 형성된 것을 관찰할 수 있었다

(Fig. 1A). 경식도 및 경흉부 심초음파도의 색채 도플러 영상에서 regurgitant channel을 통하여 좌심방의 후벽으로 향하는 mosaic pattern의 MR jet을 관찰할 수 있었다(Fig. 1B, C).

2) 연가양 후엽(flail posterior leaflet)

경식도 이면성 심초음파도의 심첨 4방 단면도에서 수축기 동안 승모판 후엽이 좌심방 내로 전이되어 비정상적인 유합이 관찰되었고(Fig. 2A), 경식도 및 경흉부 심초음파도의 색채 도플러 영상에서 좌심방의 전벽으로 향하는 MR jet이 관찰 되었다(Fig. 2B, C).

3) 연가양 전후엽(flail anterior and posterior leaflets)

경식도 이면성 심초음파도의 심첨 4방 단면도에서 수축기 동안 승모판 전엽 및 후엽이 좌심방 내로 전이되어 비정상적 유합의 관찰과 함께(Fig. 3A) 경식도 및 경흉부 심초음파도의 색채 도플러 영상에서 좌심방의 전벽과 후벽으로 향하는 MR jet이 관찰 되었다(Fig. 3B, C).

고 안

비관혈적 심장 진단법에 대한 관심이 증가함에 따라 심초음파도의 임상 응용이 널리 보급되면서 M-형 심초음파도의 개량과 함께 1970년 후반부터 이면성 심초음파도의 임상 응용이 활발하게 이루어 졌다. 혁신적인 경흉부 이면성 심초음파도가 심장 질환의 진단에 공헌한 바가 많지만 심장 후방, 대

Table 1. Echocardiographic Findings of Flail Mitral Valve

		No. of Patients	
		TTE	TEE
Structure	malcoaptation	11	13
	rupture	1	1
	not defined	2	0
Flail site	anterior	6	5
	posterior	7	5
	both	0	4
	not defined	1	0
Direction of MR jet	anterior	5	5
	posterior	7	5
	both	2	4

MR : mitral regurgitation TEE : transesophageal echocardiography TTE : transthoracic echocardiography

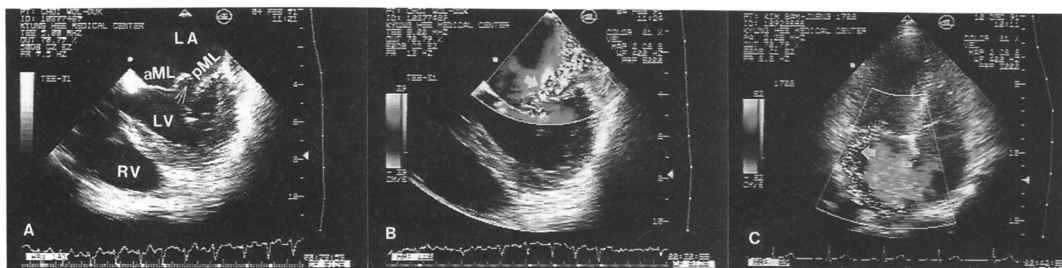


Fig. 1. A : Transesophageal four chamber view, showing abnormal leaflet coaptation in systole, displacement of the unsupported anterior mitral leaflet(aML) into the left atrium(LA) and formation of "regurgitant channel" (arrow) between the mitral leaflets. pML=posterior mitral leaflets ; LV=left ventricle ; RV=right ventricle.

B & C : Doppler color flow mapping in transesophageal(B) and transthoracic(C) four chamber view. The eccentric mitral regurgitant jet(aliasing blue, yellow and orange colors) originates on the ventricular side of the anterior mitral leaflets and moves peripherally in a counter-clockwise direction.

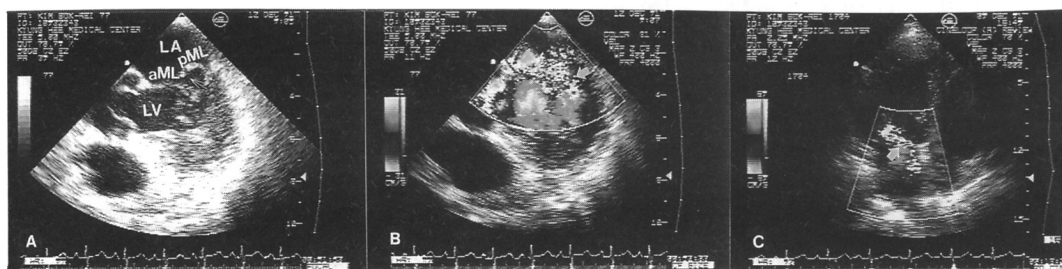


Fig. 2. A : Transesophageal four chamber view, showing abnormal leaflet coaptation and displacement of posterior leaflet into left atrium in systole.

B & C : Doppler color flow mapping in transesophageal(B) and transthoracic(C) four chamber views show the eccentric mitral regurgitant jet moves in a clockwise direction.



Fig. 3. A : Transesophageal four chamber view, showing abnormal leaflet coaptation in systole and displacement of both leaflets into left atrium.

B & C : Doppler color flow mapping in transesophageal(B) and transthoracic(C) four chamber views show that the eccentric mitral regurgitant jet moves in both direction

동맥 기저부 주위, 좌심방이, 대동맥, 폐동맥에 관한 정확한 정보를 얻을수 없어 1990년 전후에 이와 같은 구조물의 관찰이 용이한 경식도 심초음파도에 관한 임상 연구가 외국에서 보고되었다¹³⁻¹⁸⁾.

최근에 임상에서 유용하게 이용되는 경식도 심초음파도는 변환기와 심장 사이에 어떤 간섭 구

조물이 없으며, 변환기와 심장 사이의 간격이 짧아 경흉부 심초음파에서 사용하는 주파수보다 고주파수의 초음파를 사용하여 작은 구조물들에서 고해상력의 자세한 영상을 얻을수 있어 비만, 만성 폐쇄성 폐질환이나 고령 환자들에서도 경식도 심초음파도는 좋은 영상을 얻을 수 있다.

연가양 승모판은 건삭의 파열에 의해 발생하며 대개 심한 승모판 폐쇄부전증을 초래하기 때문에 급속한 심부전증을 초래하게 된다. 연가양 승모판은 승모판 복구술로 성공적으로 치료될수 있는 질환이고 승모판 폐쇄부전증이 있는 환자에서 조기에 수술을 시행하는 것이 영구적인 심근 손상을 예방할수 있다고 생각되어⁹⁻¹²⁾ 승모판 폐쇄부전증의 정도 및 원인을 정확하게 평가하는 것이 점차 중요시 되고 있다.

경식도 심초음파도가 심장 후방 구조물에 대한 고화질의 영상을 나타내므로 eccentric MR jet를 탐지하는데 있어서 경흉부 심초음파 영상보다 더 낫은 것으로 보이며, 승모판의 비유합 및 건삭의 파열로 인한 연가양 승모판을 진단하는데 있어서 경흉부 심초음파도보다 민감도 및 특이도가 더 낫은 것으로 보인다⁸⁾.

경식도 색채 도플러 영상에 의한 eccentric MR의 존재는 연가양 승모판의 가장 민감한 표식자이며, 경식도 영상에 의한 건삭의 파열은 가장 특이한 표식자이다⁸⁾. 배등¹⁹⁾은 연가양 승모판의 연속파형 도플러 영상에서 거칠고 불규칙적인 peak를 보이는 양방향의 승모판 수축기 혈류가 특징적으로 관찰된다고 보고 하였고, Czer와 Maurer등^{20,21)}은 승모판 재건술이나 경동맥 우회이식술 동안 승모판 폐쇄부전증에 대한 수술전후의 색채 도플러 영상이 승모판 폐쇄부전증의 존재 및 경증의 유용한 지표가 된다고 보고하고 있다.

색채 도플러 영상에 의한 승모판 폐쇄부전증의 존재 및 경증에 대한 반정량적인 등급 척도가 좌심방의 jet 영역에 상대적인 jet 영역을 이용하여 발달되어왔다²⁰⁻²⁴⁾. 이러한 등급 척도는 MR Doppler color flow jet의 크기에 기초한 것이며 주로 좌심방의 중심부로 침범하며 좌심방벽으로 가까이 근접하지 않는 MR jet가 있는 환자에서 타당한 것으로 생각되었다. 첨가적으로 이러한 등급 척도는 여러 인자들에 의해 영향을 받는데 부하 상태, color frame rate, gain settings, color map algorithms 및 machine electronics에 의해 영향을 받는다²⁰⁻²⁴⁾. 이러한 jet의 크기와는 달리 jet의 모양 및 방향은 비교적 다른 인자들에 비해 독립적인 유용한 인자이며 본 연구에서 저자들은 승모판 폐쇄부전증에 있어서 eccentric color flow jet의 존재가 연가양 승모판을

암시함을 알수 있었다.

연가양 승모판이 있는 환자에서 색채 도플러 영상에 의한 eccentric MR jet가 나타나는 기전은 비정상적인 승모판 유합에 의하여 일어난다고 생각되며 건삭의 파열 때문에 손상 받은 승모판 소엽은 수축기 동안 부적절하게 유합이 되며 따라서 손상받은 소엽이 좌심방으로 이동하면서 반대편 소엽을 향한 역류성 혈류에 대한 통로를 형성하게 된다. 이러한 통로가 형성이 되면 편심성 승모판 역류성 혈류가 반대편 승모판 소엽의 심방내 표면위를 지나서 인접한 좌심방벽쪽으로 이동하여 좌심방 주위를 원형상으로 이동하게 되어 MR jet가 나타나게 된다.

색채 도플러 영상 형태에 의해 전후 승모판 소엽들은 regurgitation jet의 방향에 의해 쉽게 감별이 되는데 경식도 4방 단면도에서 연가양 전엽은 좌심방 주위로 시계 반대 방향으로 움직이는 승모판 역류 혈행을 관찰할수 있는 반면, 연가양 후엽은 시계방향으로 움직이는 역류 혈행이 관찰된다.

경식도 심초음파도의 단점은 모든 환자에게 시행할 수 없다는 점이다. 즉 식도 정맥류, 식도 협착, 식도 계실, 이전에 식도 수술을 받은 경우나 상부 위장관 출혈이 있는 경우 이러한 방법을 사용할 수 없으며 또한 몇몇 환자의 경우 기술적으로 식도 내에 탐침을 넣기가 어려운 경우도 있다. 또한 경식도 심초음파도에 의한 승모판 폐쇄부전증의 반정량적 평가에서 발생할 수 있는 문제점으로는 심부하 상태, 심박수 및 장비의 변수등이 jet의 크기에 영향을 미칠수 있다는 점이다. 좌심방이 확장된 경우 한 화면에서 심방전체를 관찰할수 없는 단점이 있다.

이전의 연구 결과와 비교해 보면^{7,25)} 경식도 심초음파도가 연가양 승모판을 진단하는데 있어서 경흉부 심초음파도에 비해 여러가지 장점을 갖는 것으로 보인다. 경흉부 심초음파도의 경우 비만이나 만성 폐쇄성 폐질환등 영상이 좋지못한 환자의 경우 연가양 승모판의 병소를 확인하기 어려운데 반하여 경식도 초음파도의 경우 이러한 단점을 극복할수 있었다. 본 연구에서도 경흉부 심초음파도에 의해 병소가 확인되지 않은 1예에서 경식도 심초음파도에 의해 승모판 후엽에 병소가 있음을 확인할수 있었고, 혈류 방향에 있어서 경흉부 심초음파도에서

전후 승모판 소엽의 병소가 없었던 2예에서 양방향 역류 혈류가 관찰되었으나 경식도 심초음파도에서는 전후 승모판 소엽에 병소가 있었던 4예에서 양방향의 역류 혈류를 관찰할수 있었다.

저자들은 14명의 환자 가운데 3명의 환자에서 수술시 승모판질환을 확인하였는데 2명의 환자에서 건삭의 파열이 관찰되었고 1명의 경우 건삭의 신장이 관찰되었으며 건삭의 신장 및 파열이 있었던 2예에서는 승모판 치환술을 시행하였고, 건삭의 파열이 있었던 1예에서 승모판 재건술을 시행하였다. 본 연구에서 14예의 경식도 심초음파도를 시행한후 합병증이나 후유증은 없었다.

이상의 결과로 보아 경식도 심초음파도가 연가양 승모판의 진단, 병소 및 혈류방향을 확인하는데 있어서 경흉부 심초음파도보다 유용할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

건삭의 파열에 의하여 발생하는 연가양 승모판은 대개 심한 승모판 폐쇄부전증을 동반하는 질환으로서 초기에 수술을 시행하는 것이 영구적인 심근 손상을 예방할수 있다고 생각되어 승모판 폐쇄부전증의 경증 및 원인을 정확하게 평가하는 것이 점차 중요시 되고 있다.

경식도 심초음파도는 탐침과 심장 사이에 어떤 간섭 구조물이 없고 변환기와 심장 사이의 간격이 짧아 고주파수의 초음파를 사용하여 심장후방 구조물에 대한 고화질의 영상을 나타내므로 연가양 승모판을 진단하는데 있어서 경흉부 심초음파도와 비교하고자 하였다.

방 법 :

1990년부터 1992년까지 경희대학병원에 내원한 14명의 환자에 대하여 경흉부 및 경식도 심초음파도를 시행하여 연가양 승모판 소견을 비교하여 보았다.

결 과 :

1) 연가양 승모판의 원인으로 경흉부 심초음파도에서는 비유합 11예, 건삭의 파열 1예 및 원인이 불분명한 경우가 2예인데 반하여, 경식도 심초음파도에서는 비유합 13예, 건삭의 파열 1예였다.

2) 연가양 승모판의 병소로 경흉부 심초음파도에서는 전엽 6예, 후엽 7예 및 병소가 불분명한 경우가 1예인 반면 경식도 심초음파도에서는 전엽 5예, 후엽 5예 및 양엽에 병소가 있었던 경우가 4예였다.

3) 색채 도플러 영상에 의한 MR jet의 방향은 경흉부 심초음파도의 경우 전방 5예, 후방 7예 및 양방향 2예였고 경식도 심초음파도의 경우 전방 5예, 후방 5예 및 양방향 4예였다.

4) 연가양 전엽의 경우 승모판 전엽이 좌심방으로 전이되어 regurgitant channel을 형성하여 경식도 색채 도플러 영상에서 시계 반대 방향으로 향하는 mosaic pattern의 MR jet이 관찰되었으며 연가양 후엽의 경우 시계 방향의 MR jet이, 연가양 전후엽의 경우 양방향의 MR jet이 좌심방의 벽을 따라 원형상으로 이동하는 것을 관찰하였다.

결 론 :

연가양 승모판의 원인 및 병소를 확인하는데 있어서 경식도 심초음파도는 경흉부 심초음파도 소견에 보완적인 방법이 될것이다.

References

- 1) Sweatmen T, Selzer A, Kamagaki M and Cohn K : *Echocardiographic diagnosis of mitral regurgitation due to ruptured chordae tendinae. circulation* 46 : 580, 1972
- 2) Mintz GS, Kotler MN, Segal BL and Parry WR : *Two-dimensional echocardiographic recognition of ruptured chordae tendinae. Circulation* 57 : 244, 1978
- 3) Child JS, Skorton DJ, Taylor RD, et al : *M-mode and cross-sectional echocardiographic features of flail posterior mitral leaflets. Am J Cardiol* 44 : 1383, 1979
- 4) Mintz GS, Kotler MN, Parry WR and Segal BL : *Statistical comparison of M-mode and two-dimensional echocardiographic diagnosis of flail mitral leaflet. Am J Cardiol* 45 : 253, 1980
- 5) Mintz GS, Kotler MN and Parry WR : *Two-dimensional echocardiographic recognition of ruptured chordae tendinae. Circulation* 57 : 244, 1978
- 6) Ballester M, Foale R, Presbitero P, Yacoub M, Ricards A and McDonald L : *Crosssectional echo-*

- cardiographic features of ruptured chordae tendinae. Eur Heart J* 4 : 795, 1983
- 7) Schluter M, Kremer P and Hanrath P : *Transesophageal 2-D echocardiographic features of flail mitral leaflet due to ruptured chordae tendinae. Am Heart J* 108 : 609, 1984
 - 8) Ronald B, Himelman, et al : *The flail mitral valve : echocardiographic findings by precordial and transesophageal imaging and Doppler color flow mapping. J Am Coll of Cardiol* 1 : 272, 1991
 - 9) Galloway AC, Colvin SB, Bauman FG, Harty S and Spencer FC : *Current concept of mitral valve reconstruction for mitral insufficiency. Circulation* 78 : 1087, 1988
 - 10) Bashour TT, Andraee GE, Hanna ES and Mason DT : *Reparative operations for mitral valve incompetence : an emerging treatment of choice. Am Heart J* 113 : 1199, 1987
 - 11) Carpentier A, Chauvaud S and Fabiani JN, et al : *Reconstructive surgery of mitral valve reconstruction for mitral insufficiency : ten year appraisal. J Thorac Cardiovasc Surg* 79 : 338, 1980
 - 12) Oliveria DBG, Kawkins KD, Kay PH and Paneth M : *Chordal rupture : comparison between repair and valve replacement. Br Heart J* 50 : 318, 1983
 - 13) Philip J and Currie MBBS : *Transesophageal echocardiography : intraoperative applications. Echo* 6 : 403, 1989
 - 14) James B, Seward A, Tajik J and Oh JK : *Color flow imaging with transesophageal echocardiography. Echo* 6 : 415, 1989
 - 15) Nellssen U, Schnittger I and Appleton CP : *Transesophageal two-dimensional echocardiography and color Doppler flow velocity mapping in the evaluation of cardiac valve prosthesis. Circulation* 78 : 848, 1988
 - 16) Seward JB, Khandheria BK and Oh JK : *Transesophageal echocardiography : technique, anatomic correlations, implementation and clinical applications. Mayo Clin Proc* 63 : 649, 1988
 - 17) De Bruijn NP, Clemens FM and Kisslo J : *Transesophageal applications of color flow imaging. Echo* 4 : 557, 1987
 - 18) Visser CD, Koolen JJ and van Wezel HB : *Transesophageal echocardiography : technique and clinical application. J Cardiothorac Anesth* 2 : 74, 1988
 - 19) Jong Hoa Bae, Maylene Wong and Pravin MS : *Abnormal mitral regurgitation flow velocity spectra by continuous wave Doppler in flail mitral valve. The Korean Circulation Journal* 2 : 2331, 1986.
 - 20) Czer LSC, Maurer G and Bolger AF, et al : *Intraoperative evaluation of mitral regurgitation by Doppler color flow mapping. Circulation* 76 : III-1086, 1987
 - 21) Maurer G, Czer LSC and Chaux A, et al : *Intraoperative Doppler color flow mapping for assessment of valve repair for mitral regurgitation. Am J Cardiol* 60 : 333, 1987
 - 22) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, et al : *Clinical applications of a new real-time two-dimensional Doppler flow imaging system. Am J Cardiol* 54 : 857, 1984
 - 23) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, et al : *Color Doppler assessment of mitral regurgitation using orthogonal planes. Circulation* 75 : 175, 1987
 - 24) Perry GJ and Nanda NC : *Color Doppler echocardiography. Int J Card Imaging* 3 : 183, 1989
 - 25) Hozumi T, Yoshikawa J and Yoshida K, et al : *Direct visualization of ruptured chordae tendinae by transesophageal echocardiography. J Am Coll Cardiol* 16 : 1315, 1990