

승모판 치환 환자에서 경식도 심초음파도를 이용한 인공판막의 기능적 역류정도에 대한 연구*

계명대학교 의과대학 내과학교실, 흉부외과학교실*

김윤년 · 송영성 · 김기식 · 김권배 · 허승호 · 최세영*

= Abstract =

Evaluation of Functional Regurgitation Flow in Patients with Clinically Normal Mitral Prosthesis by Transesophageal Echocardiography

Yoon Nyun Kim, M.D., Young Sung Song, M.D., Kee Sik Kim, M.D.
Kwon Bae Kim, M.D., Seoung Ho Huh, M.D., Sae Young Choi, M.D.*

Department of Internal Medicine and Thoracic Surgery*, Keimyung University,
School of Medicine, Taegu, Korea

Background : In vitro study, normal cardiac prosthetic valve has the functional regurgitation due to structural characteristics of prosthetic valve. To evaluate functional regurgitant characteristics of prosthetic valves, we examined patients who had clinically normal mitral prosthesis.

Methods : Transesophageal two-dimensional and color doppler echocardiography were performed to 25 patients who had the clinically normal mitral prosthesis.

Results : Seven patients had the mitral bioprosthesis and 18 patients had the mitral mechanical prosthesis. Regurgitation was found in 4 patients(57%) with bioprosthetic valve, and the pattern of regurgitation was central in three patients and unilateral in one patient. But regurgitation was detected in 17 patients(94%) with mechanical prosthesis, and the pattern of regurgitation was bilateral in twelve patients, unilateral in four patients and central in one patient($p=0.0035$). The length of regurgitant jets were 22.00 ± 6.73 (mm) in bioprosthetic valve and 28.65 ± 7.33 (mm) in mechanical valve. The regurgitant jets were detected in systolic period in most of patients. But in 4 patients who had tachycardia during TEE, regurgitation was detected in systolic and early diastolic period.

Conclusion : Regurgitation was found in clinically normal cardiac prosthetic valves by TEE. These findings may be useful to differentiate between normal and abnormal cardiac prosthesis.

KEY WORDS : Functional regurgitation · Cardiac prosthesis · Transesophageal echocardiography.

*이 논문은 1992년 계명대학교 을종연구비 및 동산의료원 조사연구비로 이루어졌음.

서 론

판막치환술후 판막의 기능을 평가하는데, 비관혈적인 방법인 경흉 이면성 및 도플러 심초음파도를 이용한 인공판막의 기능평가가 널리 사용되고 있으며¹⁻⁵⁾ 그 결과는 관혈적인 방법인 심혈관조영술과 좋은 상관을 보인다^{1,2)}고 하는 연구들이 있으나, 환자의 상태, 즉, 폐기종, 비만증, 그외 흉부기형 등이나 인공판막의 간섭현상등에 의해 경흉 심초음파도에 의한 인공판막의 기능이나 상태의 평가에는 어려움이 많다.

최근 색 도플러 심초음파도의 발전으로 혈류를 보다 정확하게 관찰할 수 있게 됨에 따라, 색 도플러 심초음파도는 판막의 역류를 평가하는데 이용되고 있으며 심장조영술의 결과와 좋은 상관을 보인다^{6,7)}고 하며, 경식도 심초음파도는 경흉 심초음파도와는 달리 앞서 기술한 여러가지의 환자 상태나 인공판막의 간섭현상의 영향을 받지 않으므로 승모판질환의 진단에 경흉 심초음파도보다 우수하다^{8,9)}고 한다.

판막치환 환자에서 정상기능을 가진 인공판막에서도 역류는 발견된다¹⁰⁾고 하는 보고는 있으나 이를 정량적으로 분석한 연구는 많지 않은 듯하다.

이에 저자들은 경식도 심초음파도와 색 도플러 심초음파도를 이용하여 승모판 치환후 정상으로 보이는 환자에서 인공판막의 역류를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

대상은 계명대학교 동산의료원에서 승모판 치환술을 받은 환자중 술후 심부전 증상이 없거나 술전에 비해 심부전 증상이 호전되고 정상 조울을 보이며 청진상 심장의 이상 잡음이 없는 환자중 M형 흉부 심초음파도 검사상에서 좌심실기능이 회복된 환자만을 대상으로 하였다.

경식도 심초음파도는 환자가 의식이 있는 상태에서 시행하였으며 술전에 10분이상 안정을 취하게 한 뒤 2% lidocaine으로 인후부를 충분히 국소마취시키고 시행하였으며 술전 30분경 심내막염의

예방을 위하여 항생제를 정맥주사하였다. 술전과 술중에는 의식의 장애를 일으킬 수 있는 약제는 사용하지 않았다. 경식도 probe를 환자가 삼키는 시늉을 할때 삽입하여 문치로 부터 40cm까지 삽입한 다음 후방으로 probe를 후퇴시키면서 인공 승모판막의 운동을 관찰하면서 색 도플러를 이용하여 혈액역류를 측정 하였다. 심초음파기는 ATL Ultramark 9을 사용하였으며 9mm의 경식도용 이면성 및 도플러 probe를 사용하였고 경식도 심초음파술시 심전도를 동시에 기록하였으며 혈압, 맥박은 주기적으로 측정하였다. 환자의 경식도 심초음파도는 Sony사의 Super VHS 비디오에 녹화한 후 상기 기술한 지점에서 단계적으로 화면을 정지시킨 후 역류 분사의 유무, 형태와 크기를 측정하였으며 심주기와 역류분사와의 관계를 측정하고자 경식도 심초음파술시 동시에 기록한 심전도상의 심주기를 아래와 같이 11등분하여 각지점에서의 역류분사를 관찰하였다(Fig 1).

Q파 시작(T1),
R파 정점(T2),
J점(T3),
ST절 중간(T4),
T파 시작(T5),
T파 정점(T6),
T파 끝(T7),
TP절 중간(T8),
P파 시작(T9),
P파 정점(T10),
P파 끝(T11).

통계적 처리는 T검증과 Chi-Square검사를 이용하여 조직판막과 기계판막 사이의 차이를 비교분석하였다.

결 과

계명대학교 동산의료원에서 승모판 대치술을 받은 환자중 정상 동조울을 가진 25명을 대상으로 하였다. 남자가 6명, 여자가 19명이었고 이 중 조직판막을 이식받은 경우는 7예, 기계판막의 경우는 18예였다. 기계판막은 Carbomedics가 10예, St. Jude Medical이 4예, Duromedicas가 4예였다. 평균 연령은 조직판막의 경우는 52세였고 기계판막의 경

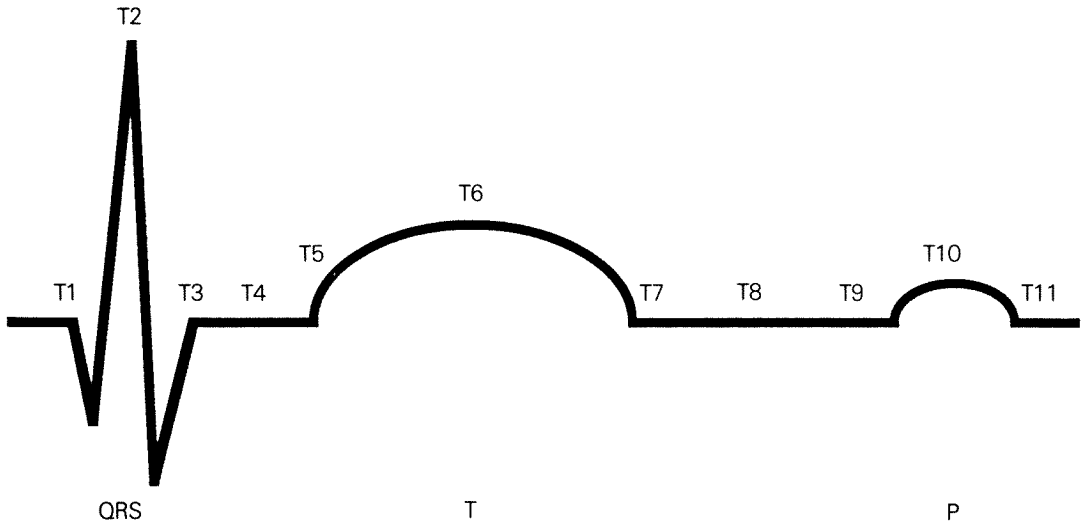


Fig. 1. Diagram of check point.

우는 34세였다($P<0.001$)(표 1).

역류 혈류는 25예중 21예(84%)에서 인지되었으며 판막의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다. 조직판막의 경우는 7예중 4예(57%)에서 역류혈류가 인지되었는데, 이중 판막의 중심에서 발생하는 경우가 3예(43%)였고, 편심인 경우가 1예(14%)였다. 기계판막의 경우는 18예중 17예(94%)에서 인지되었으며, 이중 12예(67%)는 인공판막의 양측 가

장자리에서, 4예(22%)는 편심에서, 1예(6%)는 중심에서 발생하였다($p=0.0035$). Carbomedics 기계판막에서는 8예에서는 양측에서, 1예에서 편심, 그리고 1예에서는 역류혈류를 감지할 수 없었으며 St. Jude Medical은 3예에서는 양측에서, 1예에서는 편심에서 발생하였으며 Duromedics는 1예에서는 양측에서, 1예에서는 판막의 중심에서, 그리고 2예에서는 편심에서 발생하였으나 이들 판막사이에

Table 1. Age distribution of patients

Age	Bioprosthesis(%)	Mechanical(%)	Total(%)	P value
~20	0(0)	2(11)	2(8)	
21~30	0(0)	4(22)	4(16)	
31~40	1(14)	8(44)	9(36)	
41~50	2(29)	3(17)	5(20)	
51~60	1(14)	1(6)	2(8)	
61~70	3(43)	0(0)	3(12)	
Average	52.00±9.88	34.39±9.94		$P<0.001$

Table 2. Pattern of regurgitation flow

Pattern	Bioprosthesis(%)	Mechanical(%)			Total
		CM	SJ	DM	
Negative	3(43)	1			1(6)
Bilateral	0(0)	8	3	1	12(67)
Central	3(43)			1	1(6)
Eccentric	1(14)	1	1	2	4(22)

$P=0.0035$

CM : Carbomedics SJ : St. Jude Medical DM : Duromedics

는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 2).

역류 분사는 조직판막에서 인지된 4예 모두가 한개였으나, 기계판막의 경우는 5예에서는 하나였고, 12예에서는 두개였다($p=0.0059$). 기계판막에서 하나의 분사를 보였는 경우는 Carbomedics가

1예, St. Jude Medical은 1예, 그리고 Duromedics는 3예였고 두개의 분사를 보인 경우는 Carbomedics가 8예, St. Jude Medical은 3예, 그리고 Duromedics는 1예 였으며 이들 사이에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 3). 분사의 크기는 조직판막의 경우

Table 3. Number of regurgitation jet

Number	Bioprosthesis(%)	Mechanical(%)			Total
		CM	SJ	DM	
0	3(43)	1			1(6)
1	4(57)	1	1	3	5(28)
2	0(0)	8	3	1	12(67)
P=0.0059					

Table 4. Maximal size of regurgitation jet

Size(mm)	Bioprosthesis(%)	Mechanical(%)			Total
		CM	SJ	DM	
~10		1			1(6)
11~20	1(16)	2			2(11)
21~30	3(43)	4	3	2	9(50)
31~40		3	1	1	6(28)
41~				1	1(6)
Average	22.00± 6.73	28.65± 7.33			

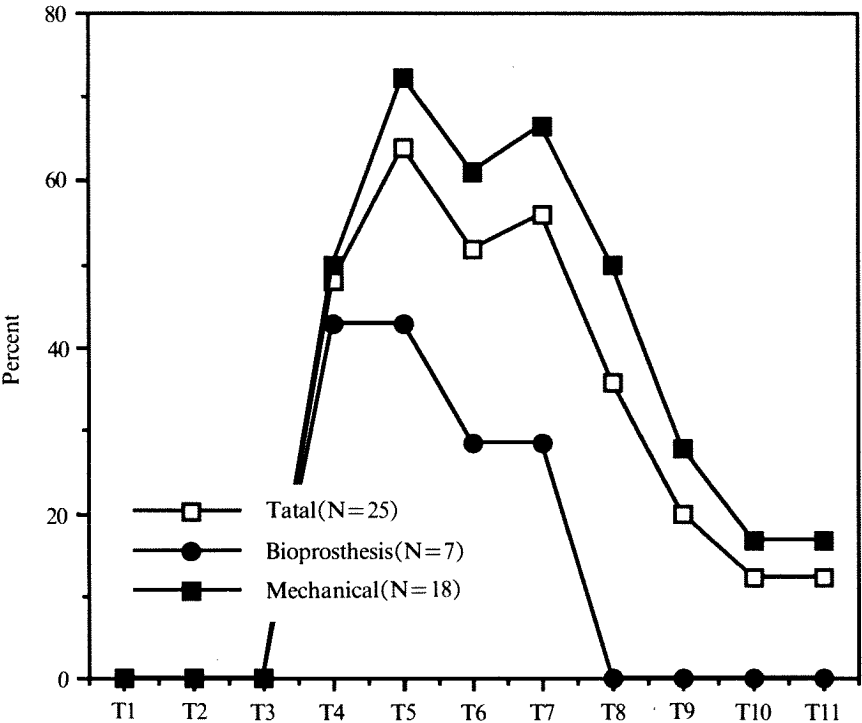


Fig. 2. Timing of regurgitation flow or jet in the patients with apparently normal mitral prosthesis.

22.00±6.73mm였고 기계판막에서는 28.65±7.33 mm였으며 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 4).

역류분사가 인지되는 시기는 조직판막의 경우에는 ST절 중간에서부터 TP절 중간까지인 수축기에 주로 인지되었고, 기계판막의 경우는 대부분의 경우 ST절시작에서부터 TP절 중간까지의 수축기에, 검사중 빈맥을 갖은 4명의 환자에서는 P파 끝까지 인지되었다(Fig 2).

고 안

승모판 치환술을 받은 환자에서 인공판막의 역류를 평가하는데 양면성 심초음파도, 도플러 심초음파도 및 색 도플러 심초음파도가 널리 이용되고 있으나¹⁻⁹⁾, 경흉 심초음파도는 초음파 탐침이 인공판막의 전방에 위치하여 역류혈류가 판막의 후방으로 발생하므로 인공판막의 간섭현상등에 의해 승모판의 역류혈류는 정확히 관찰하기 어렵다. 그러나 경식도 심초음파도를 이용하면 역류혈류의 방향이 인공판막에서부터 초음파 탐침을 향하므로 판막의 간섭현상이 역류혈류 감지에 영향을 주지 않으므로 승모판의 역류를 정확히 측정할수 있다^{11, 12)}. 승모판 인공판막의 기능 평가나 기능부전을

진단하는데에도 양면성 영상이나 색 도플러에 의한 경식도 심초음파도가 경흉부 심초음파도 보다 우수하다는 보고들이 많다.

경식도 심초음파도는 경흉 심초음파도에 비해 환자에게 주는 불편감과 고통이 현저하게 심하며 이로인한 합병증의 발생 가능성이 전혀 없는 것은 아니다. Cucchiara등¹³⁾에 의하면 심하게 경부 굴곡을 시킨 경우 일시적인 성대마비가 초래될 수 있다고 하였고, Daniel¹⁴⁾은 경식도 초음파도를 실시도중 일시적 심실성 빈맥과 심방 세동등이 발생할 수 있다고 하였으나, 경식도 심초음파도는 승모판의 역류를 진단하고 그 정도의 평가에는 필요한 것으로 생각된다.

승모판 역류 정도의 분류는 경흉 심초음파도에서는 잘 정립이 되어 있으나 경식도 심초음파도에서는 역류정도의 정량적 분류는 확실하지 않다. 역류의 정도를 분류하는데 여러가지가 있으나 역류 분사면적이나 분사의 길이 및 좌심방 면적등으로 분류할 수 있다. Miyatake등¹⁵⁾은 도플러 심초음파도로 승모판 역류의 정도를 정량적 분류를 하였는데 분사의 크기가 1.5cm미만인 경우는 1+(경한 정도 ; mild), 1.5cm에서 3.0cm사이인 경우는 2+(중 정도 ; moderate), 3.0cm이상 4.5cm미만인 경우는 3+(심한 정도 ; moderate to severe), 4.5cm이상인 경우는

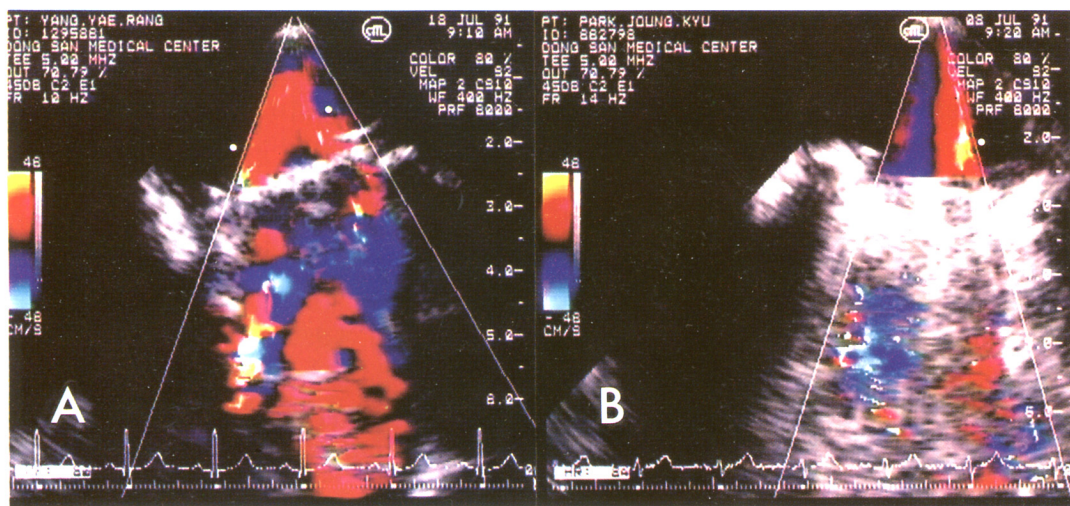


Fig. 3. A. Transesophageal color Doppler flow image of a patient with a normal St. Jude Medical valve. Two systolic regurgitant jets are present in the left atrium. B. Transesophageal color Doppler flow image obtained in another patients with a Duromedics valve. A large systolic regurgitation jet is present from the unilateral portion of the Duromedics valve.

4+(매우 심한 경우; severe)로 구분하였으며, 역류 면적에 의한 구분은 1.5cm²미만인 경우를 1+, 1.5cm²이상 3cm²미만인 경우를 2+, 3.0cm²이상 4.5cm²미만인 경우는 3+, 4.5cm²이상인 경우는 4+로 구분하였고 이들은 혈관 조영술과 대단히 좋은 상관 관계가 있다고 하였다. Alam 등¹⁶⁾은 St. Jude medical prosthetic valve에서 color flow jet으로 승모판 역류를 분류하였는데 분사면적이 좌심방의 20% 미만인 경우를 경한정도(mild), 20% 이상 40% 미만을 중정도(moderate), 40% 이상을 심한정도(severe)로 구분하였으며 경홍 색 도플러 심초음파도는 혈관 조영술과 비교하였을때 과소 평가될 수 있다고 하였으나 심한 역류에서는 좋은 상관 관계를 보여 색 도플러 심초음파도는 판막기능이상을 진단할 수 있는 좋은 검사법이라 하였다. 경식도 심초음파도에서 측정된 역류 분사의 면적이나 길이는 경홍부 심초음파도와 좋은 상관 관계를 보이므로¹⁷⁾ 경식도 심초음파도에서 역류 정도는 역류 분사의 면적이나 역류분사의 길이로 평가할 수 있다. 그러나 경식도 심초음파도에서는 좌심방 면적을 측정할 수 없는 경우가 많으므로¹⁷⁾ 경홍 심초음파도에서 많이 이용되는 분사면적과 좌심방의 면적의 비로는 역류를 평가하기 어려운 경우들이 많다.

Schard 등¹⁸⁾은 경식도 심초음파도로 인공판막중 기계판막을 갖은 환자를 검사시 전예에서 역류혈류가 인지되었으나, 경홍 심초음파에서는 5%에서만 발견 된다고 하였다. 역류분사의 크기와 면적은 보고자에 따라 다양한데 Schard 등¹⁸⁾은 정상적인 기능을 가진 기계판막에서 역류분사 최대 면적은 약 6cm²이고 역류분사의 최대길이는 4cm라고 하였으며, Mohr-Kahaly 등¹⁹⁾은 임상적으로 기능이 정상인 인공판막을 갖은 128명의 환자중 승모판치환을 받은 57명의 환자에서 측정된 역류분사의 길이는 22±2mm였으며 분사면적은 154±32mm²였다고하며, 경홍 심초음파도에서는 28%에서 역류분사가 발견된 반면 경식도 심초음파도에서는 95%에서 발견되었다고 하였다. 저자들의 경우에서도 임상적으로 심부전의 증상이 없으면서 수축기 심잡음이 들리지 않는 정상 동조율을 갖은 25명의 환자에서 94%에서 역류분사를 확인하였으며 분사 길이도 28.65±7.33mm여서 다른 보고자들과 비슷한 결과를 보였다. 조직판막의 경우에는 저자들의

경우 22.00±6.73mm로 기계판막의 분사 길이와는 유의한 차이를 보이지 않았다.

역류분사의 형태와 수도 판막의 종류에 따라 다양하다^{18,19)}. Schard 등¹⁸⁾에 의하면 기계판막의 경우는 분사의 수가 하나에서 셋까지 인지될 수 있으며 조직판막의 경우는 판막의 중앙에서 하나의 분사를 발견할 수 있다고 하였다. 이들은 기계판막중 Duromedics는 구조상 특징에 의하여 대부분의 환자에서 판막의 중앙부위에서 하나의 중앙 역류 분사가 주로 발견되며 간혹 세개의 분사가 발견될 수도 있다고 하였다. Mohr-Kahaly 등¹⁹⁾은 Bjork-Shiley판막은 2개의 역류분사를, St.Jude Medical은 하나에서 세개의 분사가 발생한다고 하였으며 조직판막의 경우는 판막 중앙으로 발생한다고 하며 기계판막 즉 Bjork-Shiley나 St. Jude Medical등에서는 판막 편심에서 발견된다고 하였다. Baumgartner 등²⁰⁾은 판막의 종류에 따라 분사의 수는 다르며, 좌심실의 압력이나 분사를 측정하는 관찰자의 측정 각도에 따라서도 분사의 수는 다를 수 있으며 St. Jude Medical에서는 2개에서 4개의 분사가 보인다고 하였다. 보고자들에 따라 이러한 차이를 보이는 것은 관찰자의 측정 각도에 따라 발생한 것으로 생각되며, 본 연구에서 기계판막사이의 분사의 형태나 수에서 약간의 차이를 보인 것도 측정 각도의 차이에서 발생한 것으로 생각된다.

역류분사가 발생하는 시기는 수축기동안 전시기에 발생한다^{18,19)}고 하였다. Dellsperger 등²¹⁾은 맥박수에 따라 수축기의 간격은 상대적으로 증가한다고 하였으며, 맥박수가 증가할수록 역류분사도 증가한다고 하였다. 저자들의 경우 기계판막을 갖은 환자에서 이완기 초기까지 역류분사를 발견한 예에서는 검사중에 모두 140회 이상의 빈맥이 있었다. 저자들의 경우 역류분사의 분석은 양면성 심초음파도에서 이루어졌으므로, 역류분사 발생시기에 대한 심박수의 영향은 M형 심초음파도를 이용하여 세밀히 다시 다루어져야 할 것으로 생각된다.

Schard 등¹⁸⁾은 정상역류는 분사의 길이나 면적이 작고 와류가 적다고 하며 병적역류는 정상역류보다 분사의 길이나 면적이 크며 와류도 심하다고 하였다. 판막륜 누출은 인공판막의 측면에서 발견되므로 역류분사의 위치에 따라서 감별할 수도 있다고 하였다. 그러나 paravalvular jet이 판막의 내측으로

발생할 경우에는 감별이 쉽지 않다고 하였다. 경식도 심초음파도에서 25명 환자에서 발견한 병적 분사를 경흉 심초음파도에서는 11명(44%)에서만 발견되어 병적역류나 분사를 발견하는데에도 경식도 심초음파도가 더 정확하다고 하였다. Taams등²²⁾은 승모판역류를 2가지로 분류하였는데, 1형은 전 수축기에서 보이거나 짧고(30mm이하), 가늘며(10mm이하), 2형은 전 수축기에 보이며 길고(30mm이상), 넓으며(10mm이상), 다양한 색깔의 분사가 보인다고 하였으며 2형은 병적일 가능성이 많다고 하였다. Lange등²³⁾은 청진상에서 기능이상인 것이 없는 것으로 보이는 St. Jude 기계판막을 갖은 36명의 환자중 4명에서 역류분사의 크기가 3cm 이상이었으며, 이중 1명에서 Taams등²²⁾에 의한 제 2형의 역류분사가 발견되었으며 그뒤 부검상에서 판막륜 누출이 있었다고 하였다. Baumgartner등²⁰⁾은 실험적 방법을 통하여 승모판 위치의 정상 기계판막의 역류에 대하여 색 도플러 특성을 연구 보고하였는데 정상역류와 병적역류의 구별은 대단히 어려우나 판막의 가장자리에서 발생하는 심한 aliasing을 가진 분사(peripheral jet)는 병적인 역류의 가능성이 많다고 하였다. 그러나 색 도플러의 color gain에 따라 분사의 길이나 면적은 변화할 수 있으며, 와류의 상태도 달라진다¹⁶⁾고 하며 관찰자의 측정 각도에 따라 분사의 크기나 수도 달라질 수 있으며²⁰⁾, 또한 경식도 심초음파에서 경흉 심초음파에 비해 창이 제한되어 있으므로 여러 각도에서 이를 관찰하기가 어렵다. 그러므로 경식도 심초음파에서 색 도플러에 의한 판막의 역류의 진단은 세심한 주의와 관찰이 요한다 하겠다.

요 약

연구배경 :

실험적 연구에 의하면 정상적인 인공판막에서도 구조상 특성에 의하여 역류가 발생한다고 하나 인공판막 치환술후 이들의 기능을 평가한 연구는 많지 않다. 이에 저자들은 판막치환술후 임상적으로 정상으로 보이는 환자에서 인공판막의 기능적 역류의 정도를 알고자 하였다.

방 법 :

판막치환술후 판막의 기능을 평가하는데 여러가

지 방법이 있으나 최근 비관혈적인 방법으로 이면성 및 도플러 심초음파도를 이용한 인공판막 기능의 평가가 널리 사용되고 있다. 그러나 판막의 간접 현상등에 의해서 판막기능의 평가는 어려운 경우가 많다. 이에 저자들은 경식도 이면성 및 색 도플러 심초음파도를 사용하여 판막대치술후 정상으로 보이는 환자에서 기능적 역류를 조사하였다.

결 과 :

인공판막의 기능적 역류의 빈도는 25예중 21예(84%)에서 인지 되었으며 판막의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다. 조직판막의 경우는 7예중 4예(57%)에서 역류현류가 인지되었는데, 이 중 조직판막의 중심에서 발생하는 경우가 3예(43%)였고, 편심인 경우가 1예(14%)였다. 기계판막의 경우는 18예중 17예(94%)에서 인지 되었으며, 이 중 12예(67%)는 기계판막의 양측 가장자리에, 4예(22%)는 편심에서, 1예(6%)는 중심에서 발생하였다($p=0.0035$). 분사의 크기는 조직판막의 경우 22.00 ± 6.73 mm였고 기계판막에서는 28.65 ± 7.33 mm였다. 역류분사가 인지되는 시기는 조직판막의 경우에는 수축기에 주로 인지 되었으나 기계 판막의 경우는 주로 수축기에, 빈맥이 있는 소수에서는 이완기 초기에도 인지 되었다.

결 론 :

이상의 결과를 종합하면 정상적인 인공판막을 갖은 환자에서도 판막의 기능적 역류는 있으며, 이상의 소견은 기능적 역류를 판막치환술후 판막의 기능이상이나 판막륜 누출등과 감별하는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

References

- 1) Schapira JN, Martin RP, Fowles RE, et al : Two-dimensional graphic assessment of patients with bioprosthetic valve. *Am J Cardiol* 43 : 510-519, 1979
- 2) Abbasi A, Allen M, Decristofaro D, Ungar I : Detection and estimation of the degree of mitral regurgitation by range-gated pulsed doppler echocardiography. *Circulation* 61 : 143-147, 1980
- 3) Ferrara RP, Labovitz AJ, Wiens RO, et al : Prosthetic mitral regurgitation detected by doppler echocardiography : *Am J Cardiol* 55 : 229-230, 1985
- 4) Gross CM, Wann LS : *Doppler echocardiographic*

- diagnosis of porcine bioprosthetic cardiac valve malfunction. *Am J Cardiol* 53 : 1203-1204, 1984
- 5) Nanda NC : *Doppler Echocardiography*, Igaku-Shion, New York pp295-312, 1985
 - 6) Vandenberg BF, Dellsperger KC, Chandran KB, Kerber RE : *Detection, localization, and quantitation of bioprosthetic mitral valve regurgitation. An in vitro two dimensional color-doppler flow-mapping study. Circulation* 78 : 529-538, 1988
 - 7) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, et al : *Color doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. Circulation* 75 : 175-183, 1987
 - 8) Obeid AI, Marvasti M, Parker FP, Rosenberg J : *Comparison of transthoracic and transesophageal echocardiography in diagnosis of left atrial myxoma. Am J Cardiol* 63 : 1006-1008, 1989
 - 9) Culver DL, Cacchione J, Stern D, Shapiro JR, Reisner SA : *Diagnosis of infective endocarditis on a Starr-Edwards prosthesis by transesophageal echocardiography. Am Heart J* 119 : 972-973, 1990
 - 10) Chen Y, Kan M, Chen J, Lin W, Chang M, Hu W, Hwang D, Lee D, Hwang S, Chiang BN : *Detection of prosthetic mitral valve leak : a comparative study using transesophageal echocardiography, transthoracic echocardiography, and auscultation. J Clin Ultrasound* 18 : 557-561, 1990
 - 11) Nellessen U, Schnittger I, Appleton CP, Masuyama T, Bolger A, Fischell TA, Tye T, Popp RL : *Transesophageal two-dimensional echocardiography and color doppler flow velocity mapping in the evaluation of cardiac valve prosthesis. Circulation* 78 : 848-855, 1988
 - 12) Nellessen U, Daniel WG, Bednariski P : *Value of transesophageal echocardiography in the assessment of bioprosthetic valve malfunction. Circulation* 72 (III) : 154, 1985
 - 13) Cucchiara RF, Nugent M, Seward JB, Messick JM : *Air embolism in upright neurosurgical patients : Detection and localization by two-dimensional echocardiography. Anesthesiology* 60 : 353-355, 1984
 - 14) Daniel WG : *Quotated by 11*
 - 15) Miyatake K, Izumi S, Okamoto M, et al : *Semiquantitative grading of severity of mitral regurgitation by real-time two-dimensional doppler flow imaging technique. J Am Coll Cardiol* 7 : 82-88, 1986
 - 16) Alam M, Rosman HS, McBroom D, Graham L, Magilligan DJ, Khaja F, Stein PD : *Color flow doppler evaluation of St. Jude Medical prosthetic valves. Am J Cardiol* 64 : 1387-1389, 1989
 - 17) Kleinman JP, Czer LSC, DeRobertis M, Chaux A, Maurer G : *A quantitative comparison of transesophageal and epicardial color doppler echocardiography in the intraoperative assessment of mitral regurgitation. Am J Cardiol* 64 : 1168-1172, 1989
 - 18) Scharl M, Weimann DE, Bias DH, Walker LP, Affeld K : *Evaluation of mitral prosthesis by transesophageal echocardiography. In Transesophageal echocardiography. Erbel R 1st Ed p178-182, Berlin, Springer-Verlag, 1989*
 - 19) Mohr-Kahaly S, Kupferwasser I, Erbel R, Oelert H, Meyer J : *Regurgitant flow in apparently normal valve prostheses : improved detection and semiquantitative analysis by transesophageal two-dimensional color-coded doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr* 3 : 187-195, 1990
 - 20) Baumgartner H, Khan S, DeRobertis M, Czer L, Maurer G : *Color doppler regurgitant characteristics of normal mechanical mitral valve prostheses in vitro. Circulation* 85 : 323-332, 1992
 - 21) Dellsperger KC, Wieting DW, Baehr DA, Bard RJ, Brugger J-P, Harrison EC : *Regurgitation of prosthetic heart valves : dependence on heart rate and cardiac output. Am J Cardiol* 51 : 321-328, 1983
 - 22) Taams MA, Gussenhoven EJ, Cahalan MK, Roelandt JR, Herwerden LA, The HK, Bom N, Jong ND : *Transesophageal doppler color flow imaging in the detection of native and Bjork-Shiley mitral valve regurgitation. J Am Coll Cardiol* 13 : 95-99, 1989
 - 23) Lange HW, Olson JD, Pedersen WR, Kane MA, Daniel JA, Mooney MR, Goldenberg IF : *Transesophageal color doppler echocardiography of the normal St. Jude Medical mitral valve prosthesis. Am Heart J* 122 : 489-494, 1991