

승모판협착증 환자에서 경피적승모판막성형술이 폐정맥혈류속도에 미치는 영향

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 내과학교실

송재관 · 박승정 · 박성욱 · 김재중 · 김원호 · 두영철 · 이종구

. = Abstract =

Effects of Percutaneous Mitral Valvuloplasty on Pulmonary Venous Flow Velocities in Patients with Mitral Stenosis

Jae-Kwan Song, M.D., Seung-Jung Park, M.D., Seong-Wook Park, M.D.,
Jae-Joong Kim, M.D., Won-Ho Kim, M.D.,
Young-Cheoul Doo, M.D., Jong-Koo Lee, M.D.

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

Background : Recent development of transesophageal echocardiography(TEE) makes it possible to record pulmonary venous flow velocities(PVFFV) accurately. To observe the differences of PVFFV between normal controls and patients with severe mitral stenosis and to clarify the effects of percutaneous mitral valvuloplasty(PMV) on PVFFV, TEE was performed in 12 normal controls and 11 patients with severe mitral stenosis.

Methods : PVFFV was recorded from left upper pulmonary vein in longitudinal view of midesophageal position with a 5 MHz probe. Peak velocity and velocity-time integral(VTI) of systole and diastole were calculated with a digitizer. TEE was performed before and one day after PMV. Hemodynamic data(left atrial pressure, transmitral diastolic pressure gradient and cardiac output) were analyzed to demonstrate the possible correlation with PVFFV.

Results : 1) 75% (9/12) of normal controls showed 4 distinct phases of PVFFV with 2 systolic forward peaks, 1 diastolic forward and 1 end-diastolic backward peak. Peak systolic velocity was 52.6 ± 9.9 cm/sec and peak diastolic forward velocity was 36.0 ± 10.3 cm/sec : Systolic VTI was greater than diastolic VTI, too (11.1 ± 3.6 cm vs 5.2 ± 1.6 cm). 2) In patients with tight mitral stenosis(mean mitral area : 0.9 cm²), most(10/11, 91%) showed one peak of systolic forward flow : Peak systolic velocity(27.8 ± 15.8 cm/sec) and systolic velocity-time integral(3.4 ± 1.8 cm) were significantly smaller than those of normal controls, while there was no statistical difference in peak diastolic forward velocity and velocity-time integral(34.5 ± 12.7 cm/sec, 4.3 ± 1.7 cm) compared to normal controls. There were no significant differences according to the rhythm. After successful PMV(mean mitral valve area : 1.9 cm²) peak systolic and diastolic velocities increased up to 46.9 ± 13.8 cm/sec, 41.4 ± 7.5 cm/sec respectively, and systolic increase was statistically significant. The systolic increase of peak pulmonary venous velocity and velocity-time integral was

more prominent in normal sinus group compared to patients with atrial fibrillation. 3) In patients with mitral stenosis, there was no correlation between peak diastolic forward velocity of pulmonary vein and peak transmitral early diastolic velocity($r = -0.19$, $p = 0.40$): There was a weak negative correlation between mean left atrial pressure and peak systolic velocity of pulmonary vein($r = -0.46$, $p = 0.03$) in the pooled data of pre- and postvalvuloplasty($N = 22$). Also there noticed a negative correlation between diastolic transmitral pressure gradient and peak diastolic velocity of pulmonary vein($r = -0.49$, $p = 0.02$, $N = 22$).

Conclusion : Pulmonary venous velocities of patients with tight mitral stenosis showed decreased peak systolic velocity and VTI due to increased left atrial pressure and decreased compliance, which normalized immediately after successful PMV. In patients with mitral stenosis there seems to be somewhat different relationships between hemodynamic indices and pulmonary venous flow velocities, and further study with more patients with variable mitral valve area would be necessary to clarify the exact correlation.

KEY WORDS : Pulmonary Venous Flow · Transesophageal Echocardiography · Mitral Stenosis · Percutaneous Mitral Valvuloplasty.

서 론

심장의 이완기 기능, 특히 좌심실 충만(left ventricular filling)이 갖는 중요성에 관해서는 1970년대에 들어 논의되기 시작했지만^{1,2)} Doppler 심초음파의 도입 및 활발한 임상적용이 좌심실의 이완기 기능에 관한 연구에 새로운 장을 여는 계기가 되었다. 경흉부심초음파에서 심장 이완기에 관한 주된 정보는 주로 승모판을 통하는 혈류속도(mitral flow velocities)를 기록하는 것으로 심근병증을 포함한 여러 심장질환에서 심장의 이완기 기능이 갖는 병태생리학적 의의에 관한 이해를 높여 주었다^{3,4)}. 승모판 혈류속도와 함께 폐정맥혈류속도(pulmonary vein flow velocities)의 측정이 좌심실 충만의 이해에 도움이 되리라는 보고들이 있었지만^{5,6)} 경흉부 심초음파의 심첨부에서 너무 떨어져있는 관계로 활발히 연구되지 못하다가 최근에 도입된 경식도초음파 (Transesophageal Echocardiography, 이하 TEE)에서 탐촉자와 좌폐정맥의 근접성을 이용하여 폐정맥혈류속도를 손쉽게 기록할 수 있게 되었다⁷⁾. 그리하여 정상 폐정맥 혈류의 모양 및 혈류속도에 영향을 미치는 몇몇 인자들에 대한 임상연구가 발표되고 있어 폐정맥혈류속도가 갖는 혈액학적 의의가 재조명되고 있으나⁸⁻¹¹⁾ 여태까지의 보고는 모두 승모판막의 형태 및 기능이 정상인 사람을

대상으로 이루어진 것으로 좌심방의 탄성(compliance)이 저하된 만성적인 승모판협착증 환자에서 폐정맥혈류의 변화나 승모판막 풍선성형술(percutaneous mitral valvuloplasty, 이하 PMV) 같은 급작스런 혈액학적 변화 이후의 폐정맥 혈류에 관한 보고는 없다.

이에 저자들은 정상인과 승모판협착증 환자에서의 폐정맥 혈류속도의 차이점과 승모판막 풍선성형술이 이에 미치는 영향, 그리고 폐정맥혈류속도를 결정짓는 여러 혈액학적 인자들에 관해 규명하고자 본 연구를 시행하였다.

방 법

1. 대 상

1991년 8월부터 11월까지 울산의대 아산재단 서울중앙병원에서 승모판풍선성형술을 받은 11명의 승모판협착증 환자와 그 기간동안 경식도초음파를 시행한 정상 대조군 12명이 본 연구의 대상이었다. 승모판풍선성형술 이전의 심장초음파검사에서 좌심실 수축기 기능부전이 있거나 풍선성형술 후에 2도 이상의 승모판폐쇄부전이 발생한 경우에는 대상환자에서 제외하였다(표 1). 승모판협착증 환자들의 평균나이가 대조군에 비해 젊었으나 통계적인 차이는 없었으며 환자군에서 여자들이 더 많았다. 대조군 모두는 TEE시행당시 정상 동율동

Table 1. Demographic data

	Normal Control	Mitral Stenosis
No.	12	11
Age	54±17	42±8
M/F	9/3	3/9
NSR/AF	12/0	7/4

NSR : normal sinus rhythm, AF : atrial fibrillation

이었고 승모판 협착증 환자중 7명은 동율동이었으나 4명은 심방세동을 나타내었다.

2. 방 법

1) 경식도 초음파

TEE는 6시간 이상의 공복후 시행되었으며 Hewlett Packard사의 biplane TEE probe(5MHz)를 이용하였다. 주로 식도중간 부위의 longitudinal view에서 좌상폐정맥의 유입구를 Color Doppler로 확인하고 sample volume을 좌상폐정맥이 좌심방으로 유입되는 경계부에서 0.5~1cm 들어간 곳에 위치하여 폐정맥혈류속도를 Pulsed Doppler로 기록하였다. 또한 승모판막을 통한 혈류속도의 측정을 위해서는 sample volume을 양쪽 승모판막의 정점에 놓고 최고속도를 기록하도록 하였다(paper speed 50~100mm/sec).

승모판협착증 환자에서는 풍선성형술 하루전과 그 다음날 TEE를 시행하여 풍선성형술의 효과를 비교해 보았다.

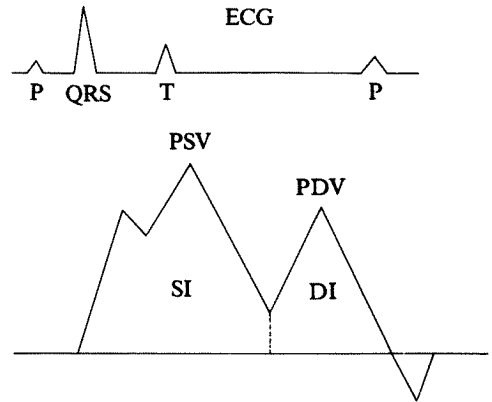
2) Doppler 심초음파의 측정

그림 1은 TEE로 기록된 폐정맥혈류속도의 모식도이다. 각각의 폐정맥 혈류속도 기록에서 수축기 전향파(systolic forward flow) 및 이완기전향파(diastolic forward flow)의 최고속도 및 각각의 Velocity-Time Integral(VTI)을 Hewlett Packard사의 SONO-1000에 내장된 digitizer로 구하고 이들의 integral ratio(IR=systolic VTI(SI)/diastolic VTI(DI)) 및 systolic fraction(SF=SI/(SI+DI)×100)을 계산하였다.

승모판 혈류속도에서는 초기 이완기최고속도(E velocity) 및 후기 이완기최고속도(A velocity)를 구하였다. 정상 동율동에서는 연속적인 세개의 심박동에서 평균을 구하였고 심방세동인 경우 다섯 심박동의 평균을 이용하였다.

3) 혈액학적 정보

승모판협착증 환자에서 풍선성형술직전과 직후



PULMONARY VENOUS FLOW VELOCITY

Fig. 1. A diagram of pulmonary venous flow velocity curve.

PSV : peak systolic velocity PDV : peak diastolic velocity

SI : systolic velocity-time integral DI : diastolic velocity-time integral

에 심도자실에서 심박출량, 평균좌심방압력과 이완기 좌심방-좌심실 압력차를 구하였다. 심박출량은 Swan-Ganz catheter를 이용하여 열회석법(thermodilution)으로 구하였다.

3. 통 계

정상대조군과 승모판협착증 환자에서의 Doppler 심초음파 지수들은 paired 혹은 unpaired t-Test를 시행하였으며 혈액학적 인자들과의 상관계수는 SPSS/PC를 이용하여 구했으며 p 값이 0.05 이하인 경우 유의성을 인정하였다. 승모판협착증 환자에서 폐정맥혈류속도와 혈액학적 지수들과의 상관관계를 구할 때는 다양한 판막구면적을 갖는 승모판협착증 질환군에서의 상관관계를 유추하기 위하여 풍선성형술 이전과 이후의 자료를 모두 포함하여 통계처리 하였다. 그리하여 11명의 승모판협착증 환자에서 풍선성형술 전후의 22 자료값에 대해 좌심방평균압력, 좌심실-좌심방 압력차 그리고 승모판막구면적에 관한 상관계수를 구하였고 심박출량의 경우 정상 동율동을 갖는 7명의 환자에서 얻은 14개의 자료를 이용하였다.

결 과

1. 폐정맥 혈류속도

정상인의 폐정맥혈류는 수축기와 이완기에 각각

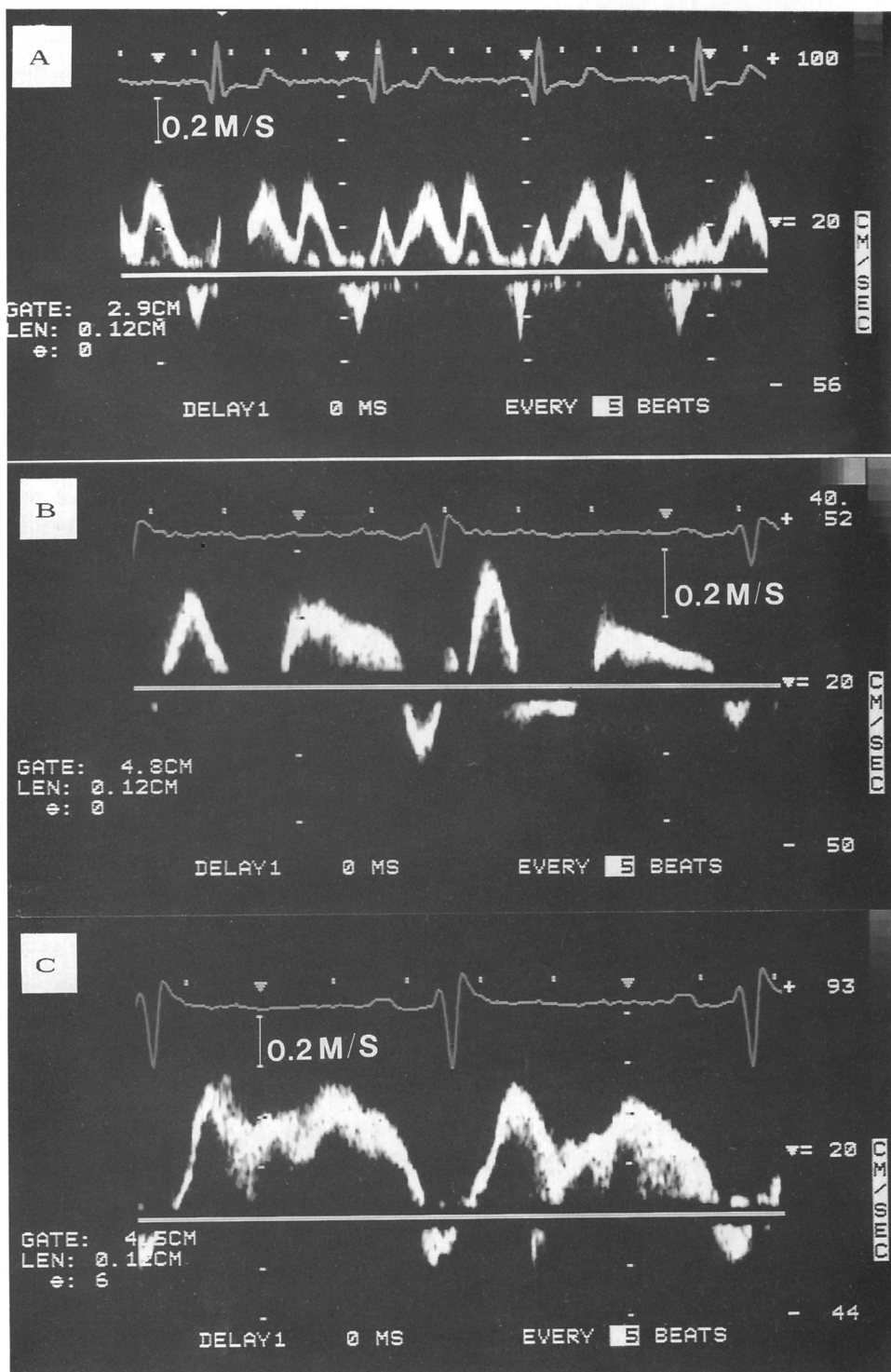


Fig. 2. Examples of pulmonary vein velocity curves in normal control(A) and patient with mitral stenosis before(B) and immediately after PMV(C). In mitral stenosis peak systolic velocity of pulmonary vein increased from 32cm/sec to 55cm/sec after successful PMV.

1개의 최고 봉우리를 갖는 전향파모양을 나타내었으며 이완기말 심방수축시에 좌심방으로 부터 폐정맥으로 역류되는 후향파가 관찰되었고 경우에 따라서는 수축기에 최고속도를 갖는 봉우리외에 조그마한 봉우리가 심실 수축기 초기에 나타나기도 하였다(그림 2, A). 정상인에서의 수축기 최고 속도는 $52.6 \pm 9.9 \text{ cm/sec}$, 이완기 최고속도는 $36 \pm 10.3 \text{ cm/sec}$ 이었고 각각의 속도-시간적(velocity-time integral)은 $11.1 \pm 3.6 \text{ cm}$, $5.2 \pm 1.6 \text{ cm}$ 이었다. 정상인에서는 좌심방으로 유입되는 수축기의 속도-시간적이 이완기의 속도-시간적보다 더 커서 속도-시간적의 비율(integral ratio, $IR = SI/(SI + DI) \times 100$)은 68% 이었다(표 2).

풍선성형술을 받지 않은 11명의 승모판협착증(평균 판막구면적: 0.9 cm^2) 환자들에서 폐정맥혈류양상의 가장 큰 특징은 정상인과 달리 수축기 최고속도와 속도-시간적이 이완기에 비해 현저히 감소된다는 점이었다. 중증의 승모판협착증 환자의 심실수축기전향파의 최고속도는 $27.8 \pm 15.8 \text{ cm/sec}$ 였고 이완기전향파의 최고속도는 $34.5 \pm 12.7 \text{ cm/sec}$ 로 정상인의 수축기및 이완기 최고속도(52.6 ± 9.9 , 36 ± 10.3)에 비해 수축기전향파의 속도감소가 두드러졌다($p < 0.05$). 따라서 속도-시간적의 비율(IR)이나 수축기 속도-시간적이 차지하는 백분율(SF)도 감소되어 중증의 승모판협착증환자의 폐정맥혈류곡선에서 IR은 0.9, SF는 42%로 정상인에 비해 의미있는 감소를 나타내었다(2.3, 68%, 표 2). 성공적인 승모판풍선성형술 후(평균판막구면적: 1.9 cm^2) 폐정맥 혈류의 수축기및 이완기 최고속도는 각각 $46.9 \pm 13.8 \text{ cm/sec}$, $41.4 \pm 7.5 \text{ cm/sec}$ 로 정상인과 비슷한 양상을 나타내었다(표 2).

2. 승모판협착증 환자에서의 혈액학적 지수

표 3은 풍선성형술전후의 혈액학적 지수를 나타낸것으로 좌심방 평균압력이 시술전 $25 \pm 4.7 \text{ mmHg}$ 에서 시술후 $14.4 \pm 3.4 \text{ mmHg}$ 로 감소되었으며 이완기 좌심방-좌심실 압력차도 $17.7 \pm 6.3 \text{ mmHg}$ 에서 $5.1 \pm 2.3 \text{ mmHg}$ 로 감소되었다($p < 0.05$). 심박출량은 시술전 $4.1 \pm 0.9 \text{ l/min}$ 에서 시술후 $4.7 \pm 1.1 \text{ l/min}$ 로 증가되는 양상을 나타내었으나 통계적인 유의성은 없었다($p > 0.05$).

3. 심율동의 영향

표 4는 승모판협착증환자에서 심율동에 따라 폐

Table 2. Doppler variables

	Control (N=12)	Mitral Stenosis(N=11)	
		Pre PMV	Post PMV
PSV(cm/s)	52.6 ± 9.9	$27.8 \pm 15.8^*$	$46.9 \pm 13.8^{**}$
PDV(cm/s)	36.0 ± 10.3	34.5 ± 12.7	41.4 ± 7.5
SI(cm)	11.1 ± 3.6	$3.4 \pm 1.8^*$	$8.1 \pm 3.7^{**}$
DI(cm)	5.2 ± 1.6	4.3 ± 1.7	7.0 ± 2.5
IR	2.3 ± 0.9	0.9 ± 0.6	1.3 ± 0.7
SF(%)	68 ± 9	42 ± 20	$52 \pm 17^{**}$
E(cm/sec)	60 ± 16.3	$214 \pm 40.5^*$	$142 \pm 31.3^{**}$
A(cm/sec)	56 ± 12.6	$215 \pm 40.5^*$	$114 \pm 23.7^{**}$
E/A	1.14 ± 0.5	$1.01 \pm 0.1^*$	$1.26 \pm 0.3^{**}$

* $p < 0.05$ (control vs pre PMV),

** $p < 0.05$ (pre PMV vs post PMV)

PSV : peak systolic velocity, PDV : peak diastolic forward velocity, SI : systolic velocity-time integral, DI : diastolic forward velocity-time integral, IR : integral ration(SI/DI), SF : systolic fraction(SI/(SI + DI)), E : transmitral early diastolic peak velocity, A : transmitral late diastolic velocity

Table 3. Hemodynamic variables in patients with mitral stenosis

	Pre PMV	POST PMV
MVA(cm^2)	0.9 ± 0.3	$1.9 \pm 0.3^*$
Mean LAP(mmHg)	25 ± 4.7	$14.4 \pm 3.4^*$
PG(mmHg)	17.7 ± 6.3	$5.1 \pm 2.3^*$
CO(l/min)	4.1 ± 0.9	4.7 ± 1.1

MVA : mitral valve area(Gorlin's method),

LAP : left atrial pressure, CO : cardiac output

PG : diastolic transmitral pressure gradient

* $p < 0.05$ (pre PMV vs post PMV)

정맥및 승모판혈류속도 그리고 혈액학적 지수에 미치는 영향을 정리한 것이다. 승모판성형술 이전에 정상동맥과 심방세동간의 혈류속도나 혈액학적지수간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 폐정맥혈류에서 정상 동맥동맥에서의 수축기최고속도는 $34.2 \pm 13.7 \text{ cm/sec}$ 로 심방세동의 $16.6 \pm 13.8 \text{ cm/sec}$ 보다 큰 경향은 있었고 이완기전향파의 최고속도가 동맥동맥보다 심방세동에서 더 큰 경향은 관찰되었지만($31.2 \pm 10.2 \text{ cm/sec}$ vs $40.2 \pm 16.1 \text{ cm/sec}$) p 값은 0.05보다 커 유의성을 인정할 수 없었다. 성공적인 승모판박성형술후 두 군에서 모두 수축기 최고속도및 속도-시간적의 증가가 관찰되었으나 특히 정상 동맥동맥에서 수축기혈류의 증가가 뚜렷하여 정상인과 동일한 혈류최고속도가

Table 4. Doppler and Hemodynamic Variables in Patients with Mitral Stenosis According to the Rhythm

	pre PMV		post PMV	
	NSR(N=7)	AF(N=4)	SR(N=7)	AF(N=4)
PSV(cm/s)	34.2±13.7	16.6±13.8	52.8±9.0*	36.5±15.9*
PDV(cm/s)	31.2±10.2	40.2±16.1	41.9±9.3	40.6±3.4
SI(cm/s)	4.0±1.6	2.2±1.5	10.0±2.3*	4.7±3.3*
DI(cm/s)	4.0±2.0	4.7±1.3	7.1±2.6	6.7±2.8
IR	1.1±0.6	0.5±0.5	1.6±0.6	0.9±0.7
SF(%)	51±12	27±24	59±9	40±20
E(cm/s)	241±40.5	213±17.8	142±31.2*	162±16.0*
A(cm/s)	215±52.1	—	114±24*	—
LAP(mmHg)	26±3	24±7	13±4*	15±1*
PG(mmHg)	20±5	14±7	5±2*	6±3*
CO(l/min)	4.0±1.0	4.2±1.1	4.9±1.1*	4.2±0.8
MVA(CM)	0.9±0.4	1.1±0.2	2.1±0.4*	2.0±0.8*

^P<0.05, NSR(Normal Sinus Rhythm) vs AF(Atrial Fibrillation) *P<0.05, pre PMV vs post PMV

관찰되었고(52.8±9.0cm/sec) 심방세동군보다 수축기혈류의 속도-시간적이 더 컸다(10.0±2.3cm vs 4.7±3.3cm).

4. 승모판협착증에서 폐정맥및 승모판 혈류속도와 혈액학적 지수들 간의 상관관계

표 5는 혈액학적 지수들과 폐정맥및 승모판막의 혈류속도, 속도-시간적들과의 상관관계를 정리한 것이다. 상관계수의 산출은 풍선성형술 전후의 모든 자료에서 구했으며(N=22) 심박출량과의 상관계수 산정시에는 정상 동율동군에서 구하였다(N=14). 좌심방평균압력은 폐정맥의 수축기최고속도와는 음의 상관관계를($r=-0.46$, $p=0.03$), 승모판 초기 이완기최고속도와는 양의 상관관계($r=0.78$, $p=0.001$)를 나타내었다. 이완기시 좌심실-좌심방의 압력차는 폐정맥혈류의 이완기최고속도와는 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타내었다($r=-0.49$, $P=0.02$). 또한 좌심실-좌심방의 이완기 압력차는 승모판혈류의 초기 이완기 최고속도와 강한 양의 상관관계를 나타내었다($r=0.78$, $p=0.001$).

Swan-Ganz catheter로 열회식법(thermodilution method)을 이용하여 구한 심박출량과 Doppler 초음파의 속도 지수들과의 관계를 보면 승모판 혈류의 초기 이완기최고속도와 음의 관계를 보였을 뿐($r=-0.56$, $p=0.007$) 폐정맥혈류의 속도지수와는 상관관계가 없었다. 대상환자 11명 중 정상 동율동을 갖은 7명의 승모판협착증 환자들에서는 심박

Table 5. Correlation factors(r) and p-values between hemodynamic indices and doppler variables calculated from pooled data of pre- and post PMV

		PSV	PDV	IR	SF	E _{max}
Mean LAF [^]	r	-0.46	-0.26	-0.39	-0.33	0.78
	p	0.03	0.24	0.07	0.13	0.001
PG [^]	r	0.38	-0.49	-0.31	0.19	0.78
	p	0.077	0.02	0.15	0.40	0.001
MVA [^]	r	0.49	0.36	0.44	0.30	-0.82
	p	0.02	0.10	0.04	0.18	0.001
CO*	r	0.34	-0.11	0.58	0.57	-0.63
	p	0.23	0.71	0.03	0.04	0.01

[^]N=22(pre- and post PMV data in 11 patients with mitral stenosis)

*N=14(pre- and post PMV data in 7 patients with mitral stenosis and sinus rhythm)

출량과 폐정맥혈류 시간-속도적(time-velocity integral)의 SF(systolic fraction)은 양의 상관관계를($r=0.57$, $p=0.04$) 승모판혈류의 이완기 속도와는 음의 상관관계를 나타내었다.

Gorlin's method로 구한 승모판구면적 역시 폐정맥혈류 속도-시간적 (velocity-time integral)의 IR(integral ratio)와 양의 상관관계를($r=0.44$, $P=0.04$), 승모판 혈류의 이완기 속도들과는 음의 상관관계를 나타내었다.

승모판협착증 환자에서 이완기시 기록된 폐정맥 혈류의 최고속도와 승모판 혈류의 초기 이완기최

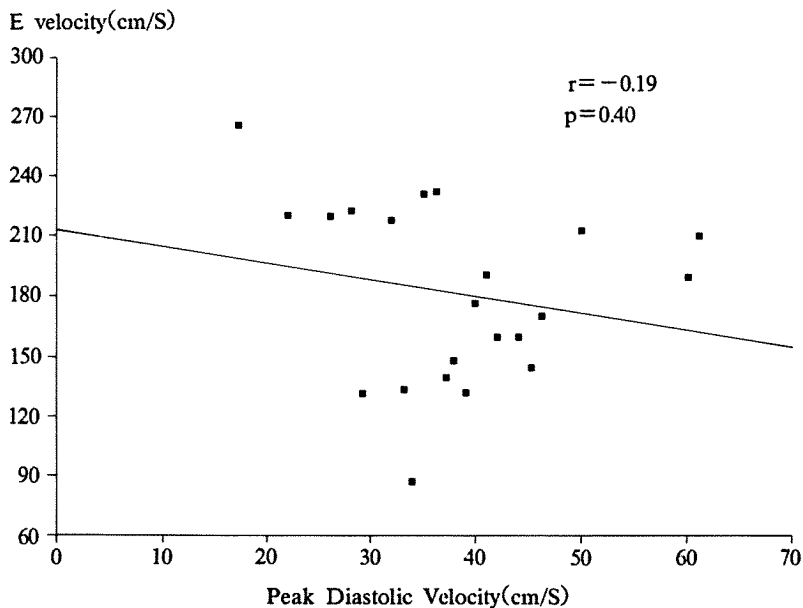


Fig. 3. Scatterplot showing absence of correlation between peak diastolic forward velocity of pulmonary vein and transmitral E(early diastolic) velocity in patients with mitral stenosis(N=22, from pooled data of pre- and post PMV in 11 patients with mitral stenosis).

고속도는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다($r = -0.10$, $p = 0.40$)(그림 3).

고 찰

경흉부초음파에서 기록된 폐정맥혈류는 심실수축기와 이완기에 좌심방으로 유입되는 각 1개의 큰 봉우리를 갖는 전향파가 있으며 이완기말기 심방수축으로 인해 폐정맥으로 역류되는 조그마한 후향파를 갖는 모양으로 보고되었으나⁵⁾ 경식도초음파에서 심실 수축기시에 두개의 봉우리를 나타내는 경우도 있는 것으로 알려져있다^{10,11)}. 저자들의 관찰에서는 정상대조군 12명중 9명에서 심실수축기에 두개의 봉우리를 보여(75%) Castello등이 정상인에서 발표한 73%(14/19)와 비슷한 결과이었다¹⁰⁾. 심실수축기에 두개의 봉우리를 보인 경우 초기 봉우리(early systolic peak)의 속도는 후기봉우리(late systolic peak)보다 작아서($32.7 \pm 9.0 \text{ cm/sec}$ vs $50.0 \pm 8.9 \text{ cm/sec}$) 수축기 최고속도는 항상 후기봉우리의 속도이었다. 심실수축기에 폐정맥으로부터 좌심방으로 혈류의 흐름이 있게 하는 원동력은 현재 심방의 이완(atrial relaxation)과 심실수축시

승모판륜(mitral valve annulus)의 하방이동(apical displacement) 두가지가 언급되고 있다^{8,9)}. 이중 심방의 이완이 심실수축기 초기에 기록되는 peak로 나타나게 되고 승모판륜의 이동이 심실수축기후기에 기록되는 peak로 기록되며 수축기의 최고속도가 된다. 혈액학적 기전으로 심실수축기에 두개의 peak가 예상되고 있지만 경식도 초음파로 기록된 폐정맥혈류에서 모든 예에서 두개가 기록되지는 않는다. Castello등은 정상인에서 연령이나 심박동수는 심실수축기의 폐정맥혈류속도 기록에서 초기 봉우리가 관찰되는 군과 관찰되지 않는 군과의 차이점이 없었으며 심전도 상의 PQ간격이 두개의 peak가 기록된 군이 그렇지 않는 군에 비해 길다고 보고했으며¹⁰⁾ Nishimura등은 관동맥우회수술을 받는 환자들의 수술중 경식도초음파 기록에서 Swan-Ganz catheter로 기록된 폐동맥 폐기압(pulmonary wedge pressure)이 낮은 경우에는 두개의 peak가 나오며 이것이 높은 경우에는 심방이완의 peak와 승모판륜의 이동에 의한 peak가 합쳐져서 하나로 기록된다고 하였다⁸⁾. 본 연구에서는 정상인의 경우 심실수축기에 두개의 peak를 보인 군의 심박동수는 1개의 peak를 보인 사람들과 큰 차이가

없었다(81 ± 20 vs 78 ± 14 , $p > 0.5$). 하지만 좌심방 평균 압력이 25mmHg로 정상인보다 크게 높은 중증의 승모판협착증에서 7명의 정상동물등을 갖는 환자중 1명만이(14%) 심실수축기에 두개의 peak를 나타내어 폐동맥폐기압이 폐정맥혈류의 양상을 결정한다고 주장한 Nishimura의 보고와 부합하는 결과이었다.

폐정맥을 통한 혈액의 이동은 궁극적으로 폐정맥과 좌심방간의 압력차이에 의한다^{8,12,13}. 우심방의 압력을 대변한다고 알려진 경정맥 압력곡선에 관한 연구에서 심방의 압력이 크게 저하되는 두개의 큰 경사(X 및 Y descent)가 있는 것으로 알려진 바로 이 시기가 좌심방으로 혈액이 유입되는 수축기 및 이완기와 일치하여 폐정맥혈류는 큰 봉우리를 두개 갖는 박동파(pulsatile wave)를 만들게 된다⁹. 정상인을 대상으로 한 보고들은 폐정맥혈류의 수축기 최고속도가 이완기 최고속도보다 큰 것으로 되어있으며 본 연구에서도 수축기 및 이완기 최고속도가 각각 52.6 ± 9.9 cm/sec, 36 ± 10.3 cm/sec($p < 0.01$)로 이전에 보고된 여러 논문들과 비슷한 결과이었다^{9,10}. 혈류속도-시간적(velocity-time integral)도 수축기가 이완기 보다 약 2배정도 커서 좌심방으로의 혈액유입이 심실수축기에 더 많이 일어남을 시사한다. 물론 도플러심초음파로 기록된 것이 혈류의 절대량이 아니라 혈류속도이고 심장의 수축-이완 주기(cycle)동안 폐정맥의 혈류통과 단면적이 일정하게 유지되지 않을 가능성이 있으며 실제로 동물실험에서 폐실질조직내에 있지않는 폐정맥의 단면적이 심실수축기시 약 20%까지 줄어들 수 있다는 보고도 있어¹⁴ 폐정맥 혈류속도의 절대치만으로 혈류량을 추정하는 것은 논란의 여지가 되어왔지만⁹ 최근에 발표된 Hoit 등의 보고는 고무적이다. 즉 이들은 잠건을 이용한 동물실험에서도 도플러로 측정된 폐정맥혈류최고속도, 혈류속도-시간적 등을 sonomicrometers를 이용한 ultrasonic flowmeter 측정법으로 검증한 결과 혈류속도-시간적과 flow probe signal과의 매우 훌륭한 연관관계를($r=0.94$) 밝혀¹⁵ 도플러 초음파로 측정된 폐정맥 속도 곡선이 폐정맥혈류량을 그대로 반영할 수 있으리라 예상되어온 여태까지의 가설을 입증하였다.

폐정맥혈류속도곡선이 갖는 혈액학적 의미로 가

장 중요한 것은 이 속도곡선의 모양이 폐동맥폐기압과 좌심방압력에 의해 민감하게 변화할 수 있으며 이로 인해 폐정맥 혈류속도곡선의 기록은 좌심방 압력을 추정하는 데에 이용될 수 있다는 점이다. 이는 동물실험 뿐만 아니라 수술중 경식도초음파를 이용한 인체실험에서도 증명되었는데 그 요점은 좌심실의 전부하가 증가되어 폐동맥폐기압 혹은 좌심방압력이 높아질수록 좌심방으로 유입되는 폐정맥혈류량이 수축기에 비해 이완기에 점점 더 많아져 최고혈류속도 및 혈류속도-시간적이 심실 수축기에 비해 심실 이완기에 더 커지는 모양으로 변화한다는 것이다^{8,9,15}. 이는 정상상태와 달리 좌심방 압력이 높아져 좌심방의 탄성(compliance)이 저하되면 심실 수축기시 좌심방의 이완이나 승모판륜의 하강에 의한 좌심방압력의 감소는 크게 일어나지 않아 폐정맥과 좌심방간의 압력차이가 덜 발생하여 혈류의 양이 적다가, 결국은 심실 이완기시 승모판막이 열리게되면 좌심방압력의 감압(decompression)이 일어나 폐정맥과 좌심방간의 압력차이가 크게 발생할 때 폐정맥혈류의 좌심방 유입이 주로 일어남을 의미한다.

본 연구에서 승모판협착증 환자의 경우 평균 좌심방압력이 25 ± 4.7 mmHg로 승모판풍선성형술 이전에 현저한 상승을 기록하였고 이때 기록된 폐정맥 혈류속도곡선의 양상은 승모판막이 정상이며 좌심방압력이 높은 경우와 일치하였다. 즉 정상인에 비해 폐정맥혈류의 수축기 최고속도 및 속도-시간적이 현저히 감소하였고 이완기의 최고속도 및 속도-시간적이 상대적으로 증가하였다. 하지만 이완기 혈류속도 및 속도-시간적의 절대치는 정상인에 비해 감소된 경향이어서 결국 전체적인 폐정맥혈류량의 감소를 초래해 중증 승모판협착증 환자에서의 심박출량 감소를 설명할 수 있었다. 또한 효과적인 승모판막풍선성형술로 판막구면적이 0.9 ± 0.3 cm²에서 1.9 ± 0.3 cm²로 증가되고 좌심방평균압력이 25 ± 4.7 mmHg에서 14.4 ± 3.4 mmHg로 감소되었을 경우 폐정맥혈류속도곡선의 파형은 정상인과 가까운 모양을 나타내었다. 즉 승모판막성형술 이후에는 폐정맥혈류의 수축기 및 이완기의 최고속도 및 시간속도적이 모두 증가하였으며 특히 수축기 전향파의 증가가 두드러졌다(표 2). 이러한 풍선성형술에 의한 혈액학적 호전이 특히 정상 동물

동군에서 더욱 두드러짐은 특기할 만한 사실이다.

이론적으로 폐정맥혈류의 심실수축기 전향파의 최고속도를 결정하는 요소들로는 ① 심방이완, ② 좌심실의 수축기능(suction effect), ③ 승모판폐쇄부전, ④ 좌심방압력 및 탄성(compliance)의 4 요소를 들수있으며 그 중에서도 특히 좌심방압력과 탄성이 가장 중요한 요소로 인정되어지고 있다^{8,9)}. 풍선성형술이전에 현저한 감소를 보이던 폐정맥혈류의 수축기전향파가 성공적인 풍선성형술후 정상화되는 본 연구의 결과는 승모판협착증에서도 판막변형의 결과로 인한 좌심방압력의 상승과 탄성의 감소가 폐정맥 혈류곡선의 파형을 변형시키는 주된 요인임을 입증하였다고 볼 수있다. 왜냐하면 승모판풍선성형술 후에도 승모판막의 형태적 변형은 판막구면적이 $1.9 \pm 0.3\text{cm}^2$ 인 경증의 승모판협착증 상태이며 심장운동의 변화나 심실수축기 기능의 변화가 없고 단지 혈액학적인 변화만 초래되었기 때문이다.

좌심방평균압력과 폐정맥혈류의 수축기와 이완

기 최고속도비및 속도시간적비의 상관관계는 여러 임상연구에서 발표되었다. 승모판형태가 정상인 사람들을 대상으로 Kuecherer 등은 폐정맥혈류곡선의 systolic fraction(SF)과 좌심방평균압력은 상관관계수 -0.88 의 음의 관계가 있음을 밝혔고⁹⁾ Ni-shimura등은 심박출량과 폐정맥혈류의 최고수축기 속도는 상관관계수 0.66 의 양의 상관관계가 있다고 발표하였다⁸⁾. 본 연구에서 승모판협착증환자들의 좌심방평균압력은 폐정맥혈류의 수축기최고속도와 음의 상관관계를 보였고($r = -0.46$, $p = 0.02$) 승모판편적은 수축기최고속도와 양의 상관관계를 나타내었으며($r = 0.49$, $p = 0.02$) 정상동율동인 경우 심박출량과 integral ratio(SI/DI)는 양의 상관관계를 보여($r = 0.58$, $p = 0.03$), 승모판협착증 환자들에서도 정상인에서 유추되었던 폐정맥 혈류속도의 결정인자들이 주된 역할을 함을 알수 있었다(그림 4). 정상인과 승모판협착증환자의 폐정맥혈류곡선의 가장 큰 차이점으로 이완기시 승모판혈류의 초기 이완기속도와 폐정맥혈류의 이완기최고속도간의

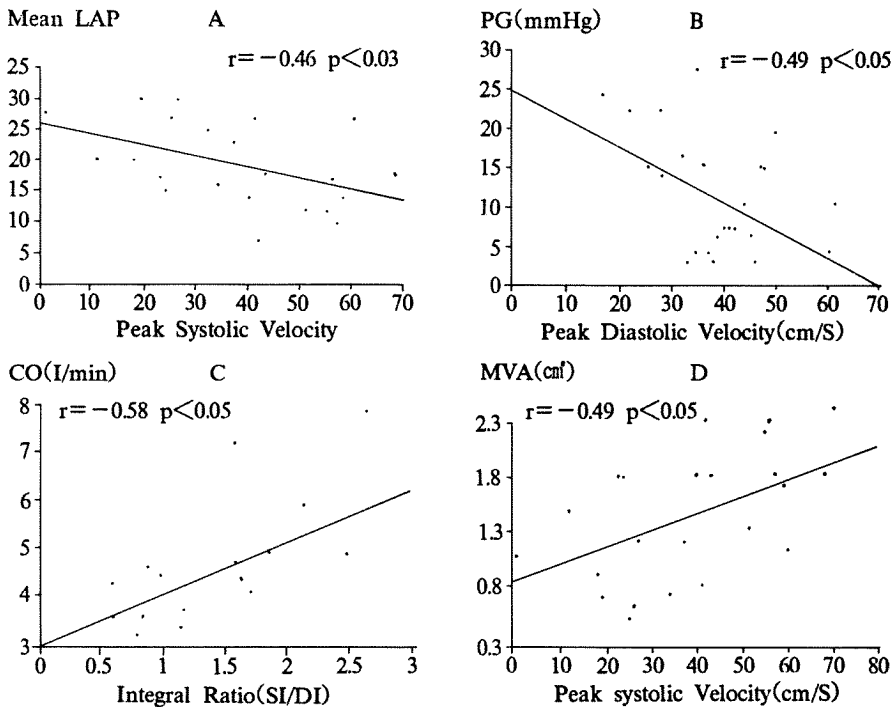


Fig. 4. Scatterplots showing correlations between hemodynamic variables and doppler derived pulmonary venous flow velocities : N=22 in panel A, B and D form pooled data of pre- and post PMV in 11 patients with mitral stenosis. N=14 in panel C form pooled data of pre- and post PMV in 7 patients with mitral stenosis and sinus rhythm.

연관관계를 들 수있다. 즉 정상인의 경우 승모판 혈류의 초기 이완기속도(E velocity)와 폐정맥혈류의 이완기최고속도는 상관관계수 0.61의 양의 관계가 보고되어 승모판의 개방이후 좌심실과 좌심방 그리고 폐정맥을 통한 혈류는 동일한 원동력(driving force)으로 이루어짐을 시사하나 승모판협착증인 경우 이 두 속도간의 의미있는 상관관계가 없어 ($r = -0.19$, $p = 0.40$, 그림 3) 승모판의 구조변화로 인한 혈액학적 이상상태를 반영한다고 볼 수있다. 이점은 폐정맥혈류속도를 결정짓는다고 알려진 여러 인자들이 만성 승모판협착증 환자와 판막의 형태와 기능이 정상인 대조군에서 서로 상이하게 작용할 가능성을 시사하는 소견으로 사료된다.

본 논문에서 혈액학적 지수들과 폐정맥혈류 속도 및 속도-시간적의 상관관계를 밝힘에 있어 풍선성형술 전후와 심술동에 따른 비교분석을 제시하지 못하였는데 이는 그 대상환자가 작아 통계적인 의의를 추구하기 힘들어서였다. 향후 더욱 많은 예를 대상으로한 임상연구가 진행되면 이러한 차이점 유무에 관한 해답을 얻을 수 있으리라 사료된다.

요 약

정상인과 승모판협착증 환자들에서의 폐정맥혈류속도의 차이점과 승모판막풍선성형술이 이에 미치는 영향, 그리고 폐정맥혈류속도를 결정짓는 여러 혈액학적 인자들을 규명하고자 12명의 정상인과 11명의 승모판막협착증을 대상으로 경식도초음파를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 정상인에서 경식도초음파로 기록된 폐정맥혈류는 대부분(9/12, 75%) 심실수축기에 2개의 봉우리를 갖는 전향파(antegrade flow)와 심실이완기의 전향파 및 후향파(retrograde flow) 각 1개로 구성된 박동파(pulsatile flow)를 보였다. 심실수축기의 최고속도는 52.6 ± 9.9 cm/sec 이었고 심실이완기의 최고속도는 36.0 ± 10.3 cm/sec 이었으며 수축기의 속도-시간적이 이완기의 속도-시간적 보다 더 컸다(11.1 ± 3.6 cm, 5.2 ± 1.6 cm).

2) 평균판막구면적이 0.9 cm²인 중증의 승모판협착증환자는 대부분(10/11, 91%) 심실수축기에 1개의 봉우리를 갖고 있었으며 수축기 최고속도와

속도-시간적이 각각 27.8 ± 15.8 cm/sec, 3.4 ± 1.8 cm 이었고 이완기 전향파의 최고속도 및 속도-시간적이 각각 34.5 ± 12.7 cm/sec, 4.3 ± 1.7 cm로 정상인에 비해 수축기 최고속도 및 속도-시간적의 감소가 관찰되었다. 심술동에 따른 통계학적 유의성은 없었다.

3) 성공적인 판막성형술(평균 판막구면적 1.9 cm²) 후 추적한 경식도초음파에서는 풍선수술전 감소되어있던 심실수축기의 혈류가 증가되어 심실수축기 최고속도는 46.9 ± 13.8 cm/sec, 이완기최고속도가 41.4 ± 7.5 cm/sec로 정상인에 가까운 파형을 보였으며 이러한 수축기의 혈류증가는 특히 정상 동을 동군에서 더욱 두드러졌다.

4) 정상인에서 관찰되던 폐정맥혈류의 이완기최고속도와 승모판혈류의 초기이완기 최고속도사이의 양의 상관관계는 승모판협착증 환자에서는 성립되지않았으나($r = -0.19$, $p = 0.40$), 풍선성형술 전후 모두의 자료를 근거로 산출된 상관분석에서 ($N = 22$) 좌심방평균압력과 폐정맥의 심실수축기 최고속도($r = -0.46$, $p = 0.03$) 그리고 이완기 좌심실-좌심방 압력차와 폐정맥의 이완기최고속도($r = -0.49$, $p = 0.02$)는 유의한 음의 상관관계를 보였다.

이상의 결과로 승모판협착증환자에서의 폐정맥혈류는 판막협착으로 인한 좌심방압력의 상승과 탄성의 저하로 폐정맥혈류곡선의 변형을 초래하며 이는 성공적인 승모판풍선성형술로 정상화될 수 있음을 알 수 있었고 만성적인 승모판협착증에서는 폐정맥혈류속도를 결정짓는 인자들의 관계가 판막의 형태 및 기능이 정상인 대조군과 상이할 가능성이 있음을 알았다. 향후 더 많은 예의 환자들을 대상으로한 임상연구가 진행되어야 하겠다.

References

- 1) Grossman W, McLaurin LP : Diastolic properties of the left ventricle. *Ann Intern Med* 84 : 316-326, 1976
- 2) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK : Left ventricular compliance : Mechanisms and clinical implications. *Am J Cardiol* 38 : 645-653, 1976
- 3) Labovitz AJ, Pearson AC : Evaluation of left vent-

ricular diastolic function : Clinical relevance and recent Doppler echocardiographic insights. *Am Heart J* 114 : 836-851, 1987

- 4) DeMaria AN, Wisenbaugh T : Identification and treatment of diastolic dysfunction : Role of trans-mitral Doppler recordings. *J Am Coll Cardiol* 9 : 1106-07, 1987
- 5) Keren G, Sherez J, Megidish R, Levitt B, Laniado S : Pulmonary venous flow pattern-Its relationship to cardiac dynamics : A pulsed Doppler echocardiographic study. *Circulation* 71 : 1105-1112, 1985
- 6) Keren G, Bier A, Sherez J, Miura D, Keefe D, LeJemtel T : Atrial contraction is an important determinant of pulmonary venous flow. *J Am Coll Cardiol* 7 : 693-695, 1986
- 7) Seward JB, Khandheria BK, Oh JK, Abel MD, Hughes RW Jr, Edwards WD, Nichols BA, Freeman WK, Tajik AJ : Transesophageal echocardiography : Technique, anatomic correlations, implementation, and clinical applications. *Mayo Clin Proc* 63 : 649-680, 1988
- 8) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ : Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography : Effect of different loading conditions. *Circulation* 81 : 1488-1497, 1990
- 9) Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Cahalan MK, Schiller NB : Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 82 : 1127-1139, 1990
- 10) Castello R, Pearson AC, Lenzen P, Labovitz AJ : Evaluation of pulmonary venous flow by transesophageal echocardiography in subjects with a normal heart : Comparison with transthoracic echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 18 : 65-71, 1991
- 11) 송영성 · 최경렬 · 김기식 · 김윤년 · 김권배 : 젊은 정상인에서 경식도초음파술로 측정 한 폐정맥 혈류양상. *순환기* 22 : 607-615, 1992
- 12) Morkin E, Collins JA, Goldman HS, Fishman AP : Pattern of blood flow in the pulmonary veins of the dog. *J Appl Physiol* 20 : 1118-1128, 1965
- 13) Dixon SH Jr, Nolan SP, Morrow AG : Pulmonary venous blood flow : The effects of alteration in left atrial pressure, pulmonary arterial occlusion, and mitral regurgitation in the dog. *Ann Surg* 174 : 944-949, 1971
- 14) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ : Assessment of diastolic function of the heart : Background and current application of Doppler echocardiography : Part II. Clinical studies. *Mayo Clin Proc* 64 : 181-204, 1989
- 15) Hoit BD, Shao Y, Gabel M, Walsh RA : Influence of loading conditions and contractile state on pulmonary venous flow : Validation of Doppler velocimetry. *Circulation* 86 : 651-659, 1992