

확장성 심근증에서 승모판륜 운동과 승모판 혈류속도의 관찰

충남대학교 의과대학 내과학교실

정연채 · 최용석 · 김백수 · 구대회 · 강원권 · 성인환 · 전은석 · 박종훈

= Abstract =

Mitral Ring Motion and Transmitral Blood Flow Velocity in Dilated Cardiomyopathy

Yeon Chae Jeong, M.D., Yong Seok Choi, M.D., Baeg Su Kim, M.D.,
Won Guen Kang, M.D., Dae Hoe Ku, M.D., In Whan Soung, M.D.,
Eun Seok Jeon, M.D., Chong Hun Park, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Chung Nam National University

Mitral ring motion and indices of left ventricular diastolic filling were measured by M-mode and Doppler echocardiography in apical 4 chamber view in 11 dilated cardiomyopathy patients and 9 normal subjects without clinical evidences of heart disease.

The mean age of patients was 52 years and average heart rate was 76 beats/min. The parameters of mitral anulus motion include earley relaxation amplitude(ER), late atrial contraction amplitude(AC) and A2-peak excursion(A2-PE). Transmitral flow velocity parameters include peak flow velocity of early diastolic flow velocity(PFVE), peak flow velocity of late atrial contraction(PFVA), the ratio between early and late flow velocity peak(PFVE/PFVA), Acceleration rate of early diastolic peak flow(AR), deceleration rate of early diastolic peak flow(DR), time velocity integral of early diastolic flow velocity(TVIE), time velocity integral of late atrial contraction flow velocity(TVIA) and ratio between early diastolic and late atrial flow velocity integral(TVIE/TVIA).

In patients with dilated cardiomyopathy, ER($4.5 \pm 2.3\text{mm}$) and AC($2.3 \pm 1.6\text{mm}$) were significantly decreased than normal($10.7 \pm 2.6\text{mm}$, $6.6 \pm 1.6\text{mm}$, $p < 0.01$, $p < 0.01$, respectively), whereas ER/AC(1.7 ± 0.7) was not significantly different than normal subjects(1.6 ± 0.5). A2-PE(100 ± 80 msec) was significantly delayed in dilated cardiomyopathy patients than normal subjects(35 ± 25 msec, $p < 0.01$).

In analysis of transmitral flow velocities, PFVE, PFVA and PFVE/PFVA, etc were not significantly different compared to normal subjects in patients with dilated cardiomyopathy.

Mitral ring motion amplitude was decreased and A2-peak excursion time interval(A2-PE) was delayed in patients with dilated cardiomyopathy, but transmitral flow velocities were not significantly different from normal subjects in patients with dilated cardiomyopathy. These

results reflect the facts that early diastolic relaxation amplitude is decreased by the change of compliance of LV and late atrial contractin amplitude is decreased by decrease of atrial contractility and increased stiffness of LA and LV. Despite of decreased mitral ring motion, transmitral flow velocity is not significantly different compared to normal subjects in patients with dilated cardiomyopathy. From these evidences, not only transmitral flow velocity affected by multiple factors but also mitral ring motion affected by LA and LV funtion are considered in assessment of LV diastolic dysfuction.

KEY WORDS : Dilated Cardiomyopathy · Mitral ring motion · Trasmitral blood flow velocity.

서 론

최근 여러 심장 질환에서 간헐과 도플러 심초음파를 이용하여 승모판 혈류속도를 분석하여 좌심실의 확장기 장애를 비관혈적인 방법으로 측정할 수 있게 되었다. 즉 확장기 초기 혈류 속도가 감소하고 심방 수축기 혈류속도가 증가하며 그 비율이 감소하는 등의 소견으로 좌심실의 확장기 장애를 진단하고 있다.

확장성 심근증은 수축기 기능부전으로 승모판 막륀 운동이 감소하거나 없는 것으로 알려져 있고 이런 역동적 요인은 승모판 혈류를 변화시킬 것으로 생각된다.

이에 저자들은 확장성 심근증 환자에서 승모판 막륀 운동과 간헐과 도플러 심초음파를 이용하여 승모판 혈류의 특징을 관찰하였다.

방법 및 대상

1989년 3월부터 89년 9월까지 심초음파와 도플러 심초음파 검사를 받은 확장형 심근증 환자 11명(평균 나이 52 ± 11 세, 남자 9명, 여자 2명)을 대상으로 하였으며 정상 대조군은 병력, 이학적 소견, 심전도, 심초음파 및 도플러 심초음파 소견이 정상이었던 9명(평균 나이 45 ± 13 세, 남자 5명, 여자 4명)을 대상으로 하였고 승모판막륀 운동은 심첨 4방 단면도에서 M-mode로 cursor line이 전방 승모판륀을 통과하도록 하고 심전도 및 심음도를 동시에 100 mm/sec의 속도로 기록하였다(Fig. 1).

도플러 심초음파 검사는 좌 양와위 자세로 눕게한 후 편안히 호흡하는 상태에서 심첨부 박동이 가장 잘 만져지는 부위 혹은 약간 좌측에 2.5MHZ 변환기를 위치하고 심첨 4방 단면도에서 가상된 승모판을 통한 확장기 혈류방향과 초음파 방향을 0 혹은 20도 이하로 하여 승모판 혈류의 간헐과형 도플러 심초음파를 기록하였다. Sampling volume은 승모판구에서 구하였고 승모판 혈류의 도플러 분광상을 심전도 및 심음도와 동시에 100mm/sec 속도로 strip chart recorder paper에 기록하였다(Fig. 2).

승모판륀 운동은 좌심실 초기 확장기운동 진폭(ER)과 후기 심방수축에 의한 승모판륀의 운동 진폭(AC) 및 제 2심음의 대동맥 폐쇄음(A2)에서 승모판륀의 수축기 말기 최대점(PE)까지의 시간 간격(A2-PE)을 측정하였다.

확장기 혈류속도는 각 환자에서 가장 뚜렷히 그려진 3개 또는 그 이상의 혈류속도 파형을 분석하였다. 제 2심음의 대동맥 폐쇄음(A2)에서 확장기 혈류속도 시작까지의 시간 간격(IRT : Isovolumic relaxation time), 확장기 초기 최대혈류속도(PEVE), 심방 수축기 최대혈류속도(PEVA), 그 비(PFVE/PFVA), 확장기 초기혈류속도 증가율(AR), 확장기 초기혈류속도 감속율(DR), 확장기 초기혈류시간 속도 적분(TVIE), 심방 수축기 혈류시간 속도 적분(TVIA), 그리고 그 비(TVIE/TVIA)를 3회 혹은 그 이상의 심주기에서 측정하여 평균하여 구하였다.

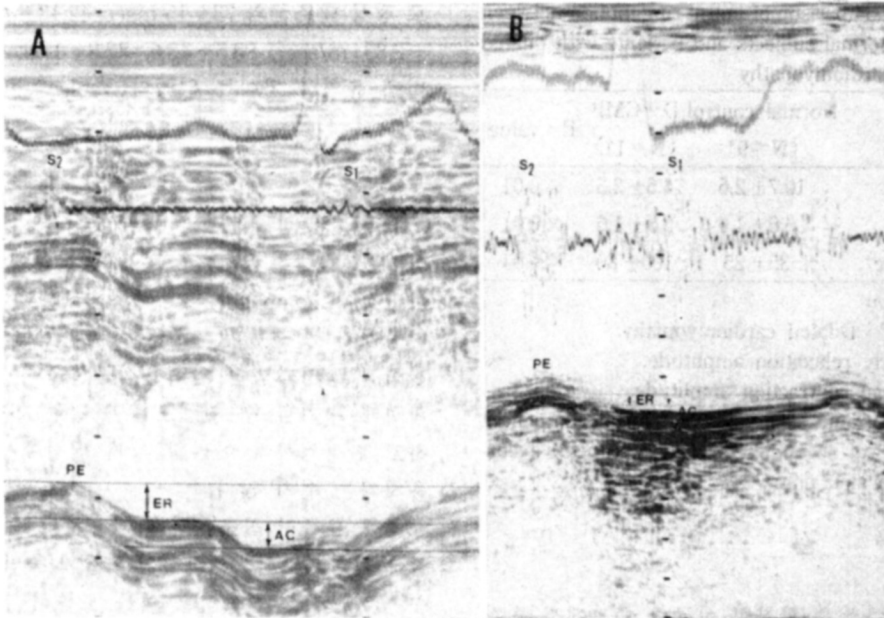


Fig. 1. Mitral ring motion of normal subject(A) and patient with dilated cardiomyopathy(B). (ER : early relaxation amplitude, AC : atrial contraction amplitude, PE : peak excursion).

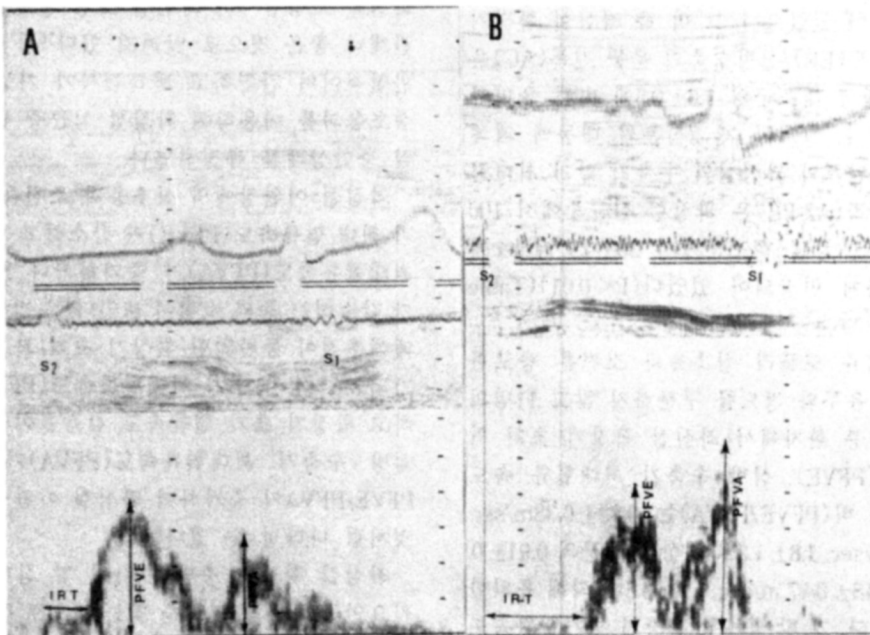


Fig. 2. Pulsed Doppler transmitral flow velocity tracing obtained from normal subject(A) and patient with dilated cardiomyopathy without mitral regurgitation(B). (IRT : isovolemic relaxation time, PFVE : Peak flow velocity of early diastolic filling, PFVA : Peak flow velocity of late atrial contraction).

Table 1. Comparison of mitral ring motion between normal subjects and patients with dilated cardiomyopathy

	Normal control	D-CMP	P-value
	(N=9)	(N=11)	
ER(mm)	10.7±2.6	4.5±2.3	<0.01
AC(mm)	6.6±1.6	2.3±1.6	<0.01
A2-PE(msec)	35±25	100±80	<0.01

Abbreviation

D-CMP : Dilated cardiomyopathy.

ER : Early relaxation amplitude.

AC : Atrial contraction amplitude.

A2-PE : Time interval from aortic component of second heart sound to peak excursion point.

결 과

승모판륜 운동은 확장형 심근증 환자에서 초기 확장기 운동 진폭과 심방수축기 운동 진폭은 4.5 ± 2.3 mm, 2.3 ± 1.6 mm로 정상 대조군의 10.7 ± 2.6 mm, 6.6 ± 1.2 mm ($P < 0.01$)에 비해 유의하게 감소되어 있었으나 그 비 즉 좌심실 확장기 초기운동 진폭(ER)/심방수축기 운동 진폭(AC)은 1.7 ± 0.7 로 정상 대조군의 1.6 ± 0.5 에 비해 유의한 차이는 없었다. 그러나 제 2심음의 대동맥 폐쇄음부터 승모판륜의 좌심실의 수축기 말기 최대점까지 시간간격(A2-PE)은 확장형 심근증에서 100 ± 80 m/sec로 정상 대조군에서 35 ± 25 m/sec에 비해 유의하게 연장되어 있었다($P < 0.01$) (Table 1, Fig. 3).

승모판 혈류 도플러 심초음파 소견은 승모판 폐쇄부전의 유무와 정도를 구분하지 않고 11명의 확장형 심근증 환자에서 좌심실 확장기 초기 최대혈류속도(PFVE), 심방 수축기 최대혈류 속도(PFVA), 그 비(PFVE/PFVA)는 0.82 ± 0.38 m/sec, 0.38 ± 0.28 m/sec, 1.8 ± 1.2 로 정상 대조군의 0.91 ± 0.15 m/sec, 0.48 ± 0.17 m/sec, 1.7 ± 0.5 에 의해 유의한 차이는 없었다. 그 밖에 IRT, 확장기 초기혈관속도 증가율, 확장기 초기혈류속도 감속율, 확장기 초기혈류 시간속도 적분, 심방 수축기 혈류시간 속도 적분 및 그 비도 95 ± 40 msec, 12.7 ± 2.7 m/sec², 8.66 ± 2.75 m/sec², 82.2 ± 27.8 , 36.8 ± 20.8 , 2.7 ± 1.1

로 정상 대조군의 73 ± 15 msec, 12.13 ± 7.30 m/sec² ± 2.89 m/sec², 98.5 ± 43.6 , 42.8 ± 17.2 , 2.3 ± 0.6 에 비해 유의한 차이는 없었다(Table 2, Fig. 4)

고 안

고혈압성 심질환^{1,2,3)}, 비후성 심근성^{4,5)}, 허혈성 심질환, 심근경색증⁶⁾과 같은 심질환에서 좌심실 이완장애, compliance와 탄성의 저하로 좌심실 충만장애가 발생한다. 이러한 이완기능의 장애는 관혈적 검사방법인 압력용적곡선을 분석하여 정확하게 평가할 수 있겠으나 정밀한 기구가 필요하고 반복검사가 어려워 실제 임상에서 널리 사용하기는 쉽지 않다^{7,8)}.

최근 도플러 심초음파를 이용하여 승모판 혈류를 분석함으로써^{9,15)} 좌심실 확장기 충만상태를 알 수 있게 되었다. 그리고 이들 도플러 심초음파도에서 측정된 승모판 혈류의 확장기 초기 최대혈류속도(PFVE), 심방 수축기 최대 혈류속도(PFVA), 그 비(PFVE/PFVA) 등은 방사성 핵종 좌심실 조영검사나 좌심실 조영 영화촬영과 상관관계나 좋은 것으로 알려져 있다^{16,17)}. 따라서 비관혈적이며 간편하고 반복검사가 가능한 도플러 심초음파를 이용하여 확장성 심근증 환자의 좌심실 충만상태를 측정하였다.

좌심실 이완장애의 심초음파 소견을 확장기 초기 최대 혈류속도(PFVE)가 감소하고 심방 수축기 최대혈류속도(PFVA)가 증가하거나 PFVE/PFVA가 감소하는 등의 소견이 보인다¹⁸⁾. 그러나 승모판 폐쇄부전이 동반되면 확장기 초기 좌심방압이 증가되어 확장기 초기 최대혈류속도(PFVE)가 증가하고 확장기 초기 혈류속도 감속율이 증가하면서 심방 수축기 최대혈류속도(PFVA)가 감소하며, PFVE/PFVA가 증가하며 좌심실 이완장애가 없는 것처럼 나타날 수 있다^{9,20)}.

좌심실 확장기 충만은 나이 및 심박동수등 여러요인들에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 나이가 증가함에 따라 좌심실이 stiff 해지고 후부하 등의 영향으로 확장기 초기 혈류속도는 감소하고 심방수축기 혈류속도 혈류속도가 증가하며 그 비가 감소하는 등의 승모판 혈류변화가 보고되었다^{21, 22)}.

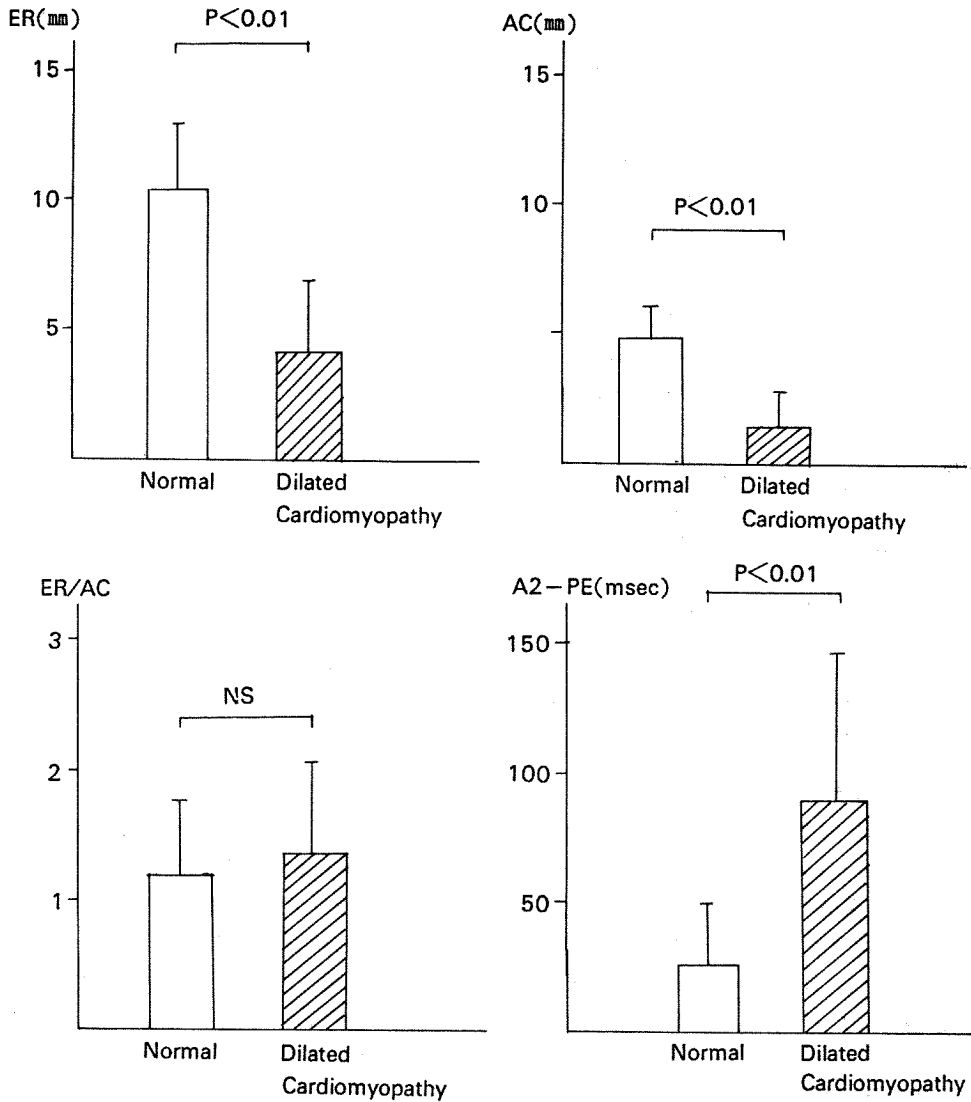


Fig. 3. Comparison of ER(Early relaxation amplitude), AC(Atrial contraction amplitude), ER/AC and A2-PE(Time interval from Aortic component of second Heart Sound to peak excursion point in mitral ring motion) between normal subjects and patients with dilated cardiomyopathy.

좌심실의 stiffness가 증가 할 수록 심실 이완기 초기 혈류가 감소하고 후기 심방 수축기 혈류속도가 증가하는데²⁴⁾ 이는 고혈압, 관상동맥 질환, 좌심실 비대등에서 볼 수 있다. Relaxation impairment가 증가할수록 확장기 초기 혈류를 감소시키고 보상적으로 심방수축기혈류를 증가시키는데²⁵⁾ 이는 관상동맥 질환의 확장기 혈류속도에 미치는 주 요인으로 알려지고 있다.

심방동수가 분당 100회 이상 증가시 확장시 초기 충만기가 짧아 초기 승모판 혈류속도의 감소 및 심방 수축기 혈류 속도의 증가를 보인다.

Ishida 등은 조영제 주입을 통해 좌심방압력을 증가시키고, nitroglycerin을 투여하여 좌심방 압력을 감소시켜 승모판 혈류를 관찰하여 좌심방 압력 증가시 심실 확장기 초기 혈류속도 증가와 심방 수축기 혈류속도 감소 및 좌심방 압력 감소시 그

Table 2. Comparison of transmitral blood flow velocity between normal subjects and dilated cardiomyopathy patients

	Normal control (N=9)	D-CMP (N=11)	P-value
Age	45 ± 13	52 ± 11	NS
HR(회/min)	76 ± 20	80 ± 10	NS
IRT(m/sec)	73 ± 15	95 ± 40	NS
PFVE(m/sec)	0.82± 0.38	0.91± 0.15	NS
AR(m/sec ²)	12.13± 7.3	12.7 ± 2.7	NS
DR(m/sec ²)	5.36± 2.89	8.66± 2.75	NS
PFVA(m/sec)	0.48± 0.17	0.38± 0.28	NS
PFVE/PFVA	1.7 ± 0.5	1.8 ± 1.2	NS
TVIE	98.5 ± 43.6	82.2 ± 27.8	NS
TVIA	42.8 ± 17.2	36.8 ± 20.8	NS
TVIA/TVIE	2.3 ± 0.6	2.7 ± 1.1	NS

Abbreviation

HR : Heart rate, IRT : Isovolumic relaxation time.

PFVE : Peak flow velocity of early diastolic filling.

PFVA : Peak flow velocity of atrial systole.

TVIE : Time velocity integral of early diastolic filling.

TVIA : Time velocity integral of atrial systole.

반대 현상을 보고하였다²⁶⁾.

확장기 좌심실 충혈은 확장기 초기에 빠르게 발생하고 이때 stroke volume의 대부분이 좌심실로 들어오게 된다. 확장기 초기 최대 혈류속도는 심실-심방 압력차이에 영향을 받는데 심장확장기시 혈류속도의 증가는 심방이 심실보다 압력이 높을 때에 발생하며 그 반대시 혈류속도는 감소하게 된다.

좌심실 확장기 말기 압력은 좌심실 기능의 유용한 지표이다. 그러나 그 측정은 관혈적 방법인 Swan-Ganz catheter를 통하여 pulmonary wedge pressure를 측정하여 간접적으로 평가하였다. 그러나 심인성 쇼크, 급성심 근경색증 등의 중병을 가진 환자들에게 혈류역동학적 평가를 위해 비관혈적으로 확장기 말기 압력을 측정하는 것을 상당히 중요한 것이다. Channer 등은 간혈과 도플러를 이용한 승모판 혈류속도와 Cardiac catheterization을 통해 좌심실 확장기 초기 최대혈류속도/심방 수축기 최대혈류속도의 비와 좌심실 확장기 말기 최대압력사이에 상관관계가 있으며 좌심실

확장기말기 압력이 증가할 수록 PFVE/PFVA가 증가함을 보고하였다. 특히 pulmonary wedge pressure가 20 mmHg 이상시 mitral flow 비(PFVE/PFVA)가 2이상임을 보고하였다²⁸⁾.

본 연구에서는 확장성 심근증 환자를 승모판 폐쇄부전 및 정도에 구분없이 전체적으로 정상 대조군과 비교하여 유의한 차이는 없었다.

승모판륜 운동은 수축기에 심첨부를 향해 운동하며 확장기에는 기저부를 향해 움직인다. 확장기시 승모판륜운동은 확장기초기 급속 충만기 승모판륜 운동과 후기 심방수축기 운동으로 구성되어 있다^{29,34)}.

본 연구에서 확장형 심근증 환자에서는 초기급속 충만기 승모판륜 운동진폭과 후기 심방수축기 운동 진폭이 정상 대조군에 비해 유의하게 감소되어 있었으나 그 비는 차이가 없었다. 그러나 제 2심음의 대동맥 폐쇄음과 승모판륜의 좌심실 수축기 최대운동점까지의 시간간격(A2-PE)은 정상 대조군에 비해 유의하게 연장되어 있었다.

이 결과로 확장성 심근증에서 승모판륜 운동이

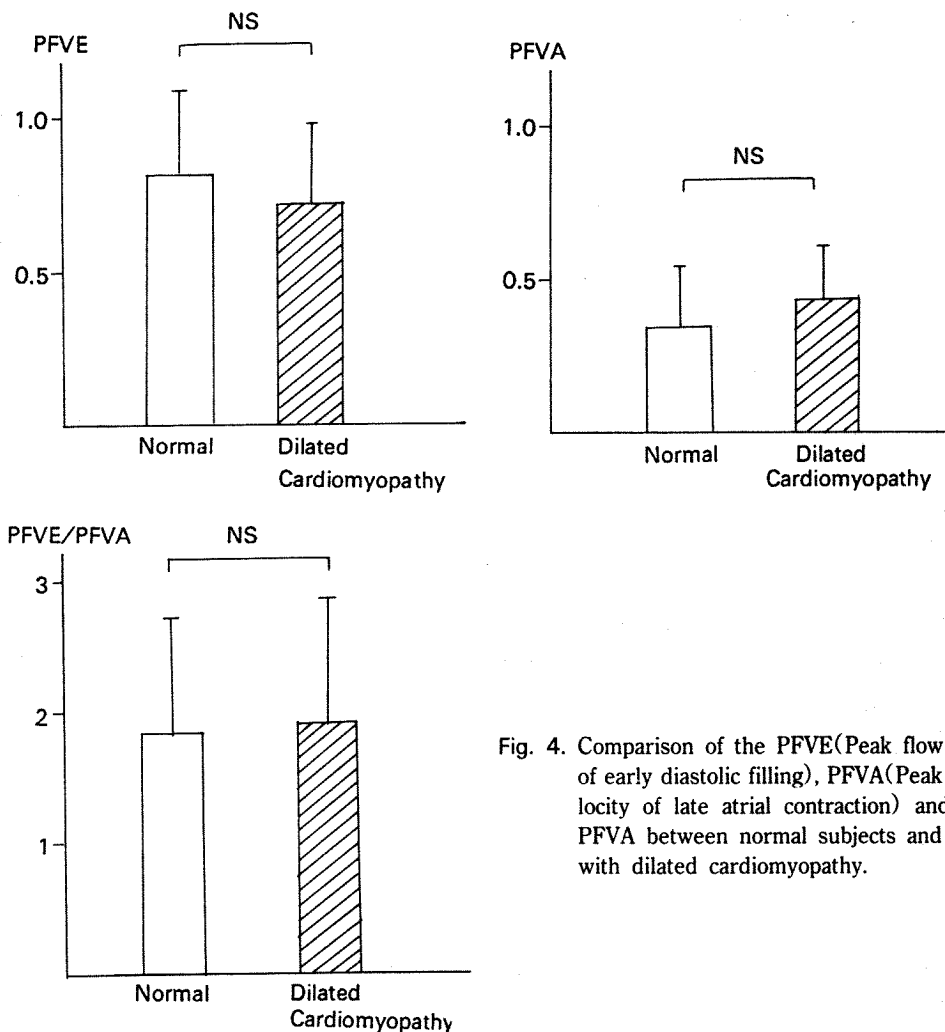


Fig. 4. Comparison of the PFVE(Peak flow velocity of early diastolic filling), PFVA(Peak flow velocity of late atrial contraction) and PFVE/PFVA between normal subjects and patients with dilated cardiomyopathy.

피동적으로 승모판 혈류에 의하여 영향을 받는다 면 확장기 초기 총만 혈류가 증가하면 확장기 초기 승모판륜 운동이 증가할 것이다. 그러나 본 연구에서는 승모판륜 운동이 감소되어 있었다. 이 점은 심근 수축력 감소가 승모판륜 운동에 미치는 영향이 승모판 혈류가 미치는 영향보다 큰 것을 의미한다. 다시 말하면 심근의 수축기에 생기는 탄성력이 확장기 초기의 승모판운동으로 반영된다고 할 수 있다. 심방수축기 승모판륜 운동의 감소는 좌심방의 수축력 감소와 좌심방과 좌심실의 stiffness증가등에 영향을 받을 것으로 사료된다. 승모판륜 운동의 감소에도 불구하고 승모판혈류는 정

산 대조군과 큰 차이를 보이지 않는 점을 생각해 볼 때 확장성 심근증에서 좌심실의 확장기 기능 평가시 여러가지 요인에 의하여 영향을 받을 수 있는 승모판혈류의 분석 이외에도 지역적인 요소라 할 수 있는 심방과 심실의 기능을 반영하고 있는 승모판륜 운동을 고려하는 것이 필요하다고 생각된다.

결 론

확장성 심근증 환자에서 승모판륜 운동과 승모판 혈류속도를 관찰하기 위하여 11명의 환자를

대상으로 M-mode 및 도플러 심초음파를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 확장기 초기 승모판륜 운동, 심방수축기 승모판륜 운동은 $4.5 \pm 2.3\text{mm}$, $2.3 \pm 1.6\text{mm}$ 로 정상 대조군의 $10.7 \pm 2.6\text{mm}$, $6.6 \pm 1.2\text{mm}$ 에 비해 유의하게 감소되어 있었다($P < 0.01$, $P < 0.01$).

2) 확장기 초기 승모판륜 운동/심방수축기 승모판륜 운동의 비는 1.7 ± 0.7 로 정상 대조군의 1.6 ± 0.5 에 비해 유의한 차이는 없었다.

3) 제 3심음의 대동맥 폐쇄음부터 승모판륜의 좌심실 수축기 말기 최대 운동점까지 시간간격(A 2-PE)은 $100 \pm 80\text{msec}$ 로 정상 대조군의 $35 \pm 25\text{msec}$ 에 비해 유의하게 연장되어 있었다($P < 0.01$).

4) 승모판 혈류속도 분석에서 확장기 초기혈류속도, 심방수축기 혈류속도 등은 정상 대조군에 비해 유의한 차이는 없었다.

이상의 결과로 심실 확장기 승모판륜은 운동의 감소는 심근 수축기에 생기는 탄력성을 반영하며 심방 수축기 승모판륜의 운동 감소는 좌심방의 수축력 감소와 좌심방 및 좌심실의 stiffness 증가 등에 의하여 영향을 받는 것으로 생각된다. 승모판륜 운동의 감소에도 불구하고 승모판 혈류의 차이는 없었다.

이는 확장형 심근증 환자에서 확장기 기능 평가시 여러요인들 즉 stiffness, relaxation impairment, 좌심방 압력, 좌심실 확장기 말기압력, compliance 등에 의해서 영향을 받을 수 있는 승모판 혈류 분석이외에도 지역적 요소라 할 수 있는, 심방과 심실의 기능을 반영하는 승모판륜 운동을 고려 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

References

- 1) Snider AR, Gidding SS, Rocchini AP : *Doppler evaluation of left ventricular diastolic filling in children with systemic hypertension*. Am J Cardiol 56 : 921, 1985
- 2) Phillips AR, Coplan NL, Krakoff LR, Yeager K, Ross RS, Gorlin R, Goldman ME : *Doppler echocardiographic analysis of left ventricular filling in treated hypertensive patient*. J Am Coll Cardiol 9 :

317, 1987

- 3) Hanrath P, Mathey DG, Siegert R, Bleifeld W : *Left ventricular relaxation and filling pattern in different forms of left ventricular hypertrophy : an echocardiographic study*. Am J Cardiol 45 : 15, 1980
- 4) Takenaka K, Dabestani A, Garden JM, Russel D, Clark S, Allie A, Heney WL : *Left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy : A pulsed Doppler echocardiographic study*. J Am Coll Cardiol 7 : 1263, 1986
- 5) Gidding SS, Snider AR, Rochini AP, Peter J, Fransworth R : *Left ventricular diastolic filling in children with hypertrophic cardiomyopathy : Assessment with pulsed Doppler echocardiography*. J Am Coll Cardiol 8 : 310, 1986
- 6) Fujii J, Yazaki Y, Sawada H, Aizaya T, Wadanabe H, Kato K : *Non invasive assessment of right and left ventricular filling in myocardial infarction with two dimensional Doppler echocardiographic method*. J Am Coll Cardiol 5 : 1155, 1985
- 7) Grossman W : *Cardiac catheterization and angiography*. 3rd Ed. P. 414, Philadelphia, Lea & Febiger, 1986
- 8) Hirota Y : *A clinical study of left ventricular relaxation*. Circulation 62 : 756, 1980
- 9) Hatle L, Angelsen B : *Doppler ultrasound in cardiology*. 2nd Ed. P180, Philadelphia, Lea & Febiger, 1985
- 10) Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russel D, Clark S, Allie A, Henry WL : *Pulsed Doppler echocardiographic study of left ventricular filling in dilated cardiomyopathy*. Am J Cardiol 58 : 143, 1986
- 11) Spirito P, Maron BJ, Bomow RO : *Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function : Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques*. J Am Coll Cardiol 7 : 518, 1986
- 12) Demaria AN, Wisenbaugh T : *Identification and treatment of diastolic dysfunction : Role of transmitral Doppler recordings(Editorial)*. J Am Coll Cardiol 19 : 1106, 1987

- 13) Maron BJ, Spirito FP, Green KJ, Wesdley YE, Bonow RO, Arce FJ : *Noninvasive Assessment of left ventricular diastolic function by pulsed doppler echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy.* J Am Coll Cardiol 10 : 733, 1987
- 14) Rigg TW, Rodriguez FR, Snider AR, Snider AR, Batton FD : *Doppler echocardiographic evaluation of right and left ventricular diastolic function in normal neonates.* J Am Coll Cardiol 13 : 700, 1989
- 15) Zarich SW, Arbuckle BE, Cohen LR, Roberts RM, Nesto RW : *Diastolic Abnormalities in young asymptomatic diabetic patients assessed by phlsed doppler echocardiography.* JACC 12 : 114, 1988
- 16) Paolo Spirito, Barry J, Maron, Robert O, Borow : *Non-invasive assessment of left ventricular diastolic function : Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques.* JACC 7 : 518, 1986
- 17) Rolery R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quinones MA : *Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography. Comparison with cineangiography.* Circulation 71 : 543, 1985
- 18) 김권삼 · 김영수 · 조정휘 · 김명식 · 송정상 · 배종화 : 확장형 심근증의 좌심실 확장기 충만장애의 간헐파 Doppler 초음파 소견. 순환기 17 : 435, 1988
- 19) Ishida Y, Melsner JS, Tsdujika K, Galle JI, Yoran C, Frater RWM, Yellin ELY : *Left ventricular filling dynamics : Influence of left ventricular relaxation and left atrial procedure.* Circulation 74 : 187, 1986
- 20) Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russell D, Clark S, Allfle A, Henry WL : *Pulsed Doppler echocardiographic study of left ventricular filling in dilated cardiomyopathy.* Am J Cardiol 58 : 143, 1986
- 21) Spirito P, Barry JM : *Influence of aging on doppler echocardiographic indices of left ventricular diastolic function.* Br Heart J 59 : 672, 1988
- 22) Bahler RC, Vrobel TR, Martin P : *The relation of heart rate and shortening fraction to echocardiographic indexes of left ventricular relaxation in normal subuects.* J Am Coll Cardiol 2 : 926, 1983
- 23) Fifer A, Borow KM, Colan S, Lorell BH : *Left ventricular diastolic filling rate : contributions of heart rate, age and extent of diastolic shortening(abstr) circulation 68 : (suppl III) : III-101, 1983*
- 24) Ludbrook PA, Byrne JD, Kurnik PB, McKnight RC : *Influence of reduction of preload and afterload by nitroglycerin on left ventricular diastolic pressure-volume curve in man.* Circulation 54 : 662, 1976
- 25) DeMaria AN, Miller RR, Amsterdam EA, Markson W, Mason DT : *Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram : Relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance.* Am J Cardiol 37 : 693, 1976
- 26) Stodard MF, Pearson AC, Kern JM, Ratcliff J : *Influence of alteration inpreload on the pattern of left ventricular diastolic filling assessed by Doppler echocardiography in humans.* Circulation 79 : 1226, 1989
- 27) Greenberg B, Chatterjee K, Pulmley WM, Werner JA, Mossey AN : *The influence of left ventricular filling procedure on atrial contribution to cardiac output.* Am Heart J 98 : 742, 1979
- 28) Channer KS, Wilde P, Culling W, Jonesd JV : *Estimation of left ventricular end-diastolic pressure by pulsed Doppler ultrasound.* Lancet 1005, 1986
- 29) Zaky A, Grabhorn L, Feigenbaum H : *Movement of the mitral ring motion : A study of ultrasonography.* Cardiovasc Res 1 : 121, 1967
- 30) Zaky A, Nassder WK, Feigenbaum H : *A study of mitral valve action recorded by reflected ultrasound and its application in the diagnosis of mitral stenosis.* Circulation 37 : 789, 1968
- 31) Ormiston JA, Shah PM, Tei C, Wong M : *Size and motion of the mitral valve anulus in man I. A two-dimensional echocardiographic method and findings in normal subjects.* Circulation 64 : 113, 1981
- 32) Ormiston JA, Shah PM, Tei C, Wong M : *Size and*

- motion of the mitral valve anulus in man II. Abnormalities in mitral valve prolapse. Circulation 65 : 713, 1981*
- 33) Tsakirisd AG, Gordon DA, Padiyar R, FRechette D, Labrose C : *The role of displacement of the mitral anulus in left atrial filling and emtying in the intact dog. Can J Physiol Pharmacol 56 : 447, 1978*
- 34) Tsakirisd AG, Von Bernath G, Rastelli GC, Bourgeois MJ, Titus JL, Wood EH : *Size and motion of the mitral anulus in anesthetized intact dogs. J Appl Physiol 30 : 611, 1971*