

## 확장형심근증의 좌심실 확장기 충만장애의 간헐과 Doppler 심초음파소견

경희대학교 의과대학 내과학교실

김권삼 · 김영수 · 조정휘 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= ABSTRACT =

### Left Ventricular Diastolic Filling in Dilated Cardiomyopathy : Pulsed Doppler Echocardiographic Study

Kwon Sam Kim, M.D., Young Soo Kim, M.D., Chung Whee Choue, M.D.,  
Myung Shick Kim, M.D., Jung Sang Song, M.D. and Jong Hoa Bae, M.D.

*Department of Internal Medicine, Kyung Hee University School of Medicine*

Abnormal left ventricular diastolic properties have been reported in dilated cardiomyopathy (DC).

Characteristics of transmitral flow were analysed in 37 patient with DC and 29 age matched normal subjects by pulsed Doppler echocardiography. Peak flow velocity of early diastole (PFVE, E), atrial systole (PFVA, A), E/A and deceleration rate of early diastolic flow (DEF) were measured from mitral Doppler spectrum. The extent of mitral regurgitation (MR) was determined by mapping method in the left atrium.

Significant mitral regurgitation was founded in 27 out of 37 patients. Three distinct transmitral flow velocity patterns were demonstrated.

Ten patients without significant MR (27%, group 1), PFVE ( $58 \pm 17$  cm/s), PFVA ( $73 \pm 17$  cm/s) and E/A ( $0.94 \pm 0.4$ ) were significant different from normal subjects ( $73 \pm 11$  cm/s,  $61 \pm 11$  cm/s,  $1.22 \pm 0.26$ ,  $P < 0.025$ ,  $P < 0.005$ ,  $P < 0.05$ , respectively). In contrast 17 patients with significant MR (46%, group 2) showed higher E ( $89 \pm 24$  cm/s), lower A ( $52 \pm 19$  cm/s), higher E/A ( $1.83 \pm 0.6$ ) and DEF ( $596 \pm 149$  cm/s<sup>2</sup>) than group 1 patients. Remained 10 cases (27%, group 3) had higher single peak flow ( $104 \pm 25$  cm/s) with higher DEF and significant MR.

In conclusion, abnormalities of left ventricular filling are detected in dilated cardiomyopathy without MR but not in DC with MR by Doppler echocardiography. The presence of MR, which augments early diastolic filling, may mask abnormal diastolic filling properties of DC.

**Key words:** Dilated cardiomyopathy. Left ventricular filling. Pulsed Doppler echocardiography.

## 서 론

확장형 심근증은 좌심실의 수축기능과 확장기능의 장애가 함께 있는 것으로 알려져 있다<sup>1,2)</sup>. 또한 2차적으로 승모판폐쇄부전이 동반되어 확장초기에 승모란을 통과하는 혈류량이 많으며 좌심방압도 증가하는 혈액학적 특징이 있다<sup>3-5)</sup>. 최근 여러 심장질환에서 Doppler 심초음파도의 승모판혈류양상을 분석하여 좌심실 확장기 장애를 알 수 있게 되었다. 즉 확장초기 혈류속도(E파속도)가 감

소하고 심방수축기 혈류속도(A파속도)가 증가하여 그 비율이(E/A) 감소하는 소견으로 좌심실 확장기 충만장애를 진단한다<sup>6-12)</sup>. 확장형 심근증은 이와같은 소견뿐 아니라 승모판폐쇄부전에 의해 E파속도가 증가하여 상대적으로 E/A 비가 증가하는 소견등도 보고 되어있다<sup>4,11)</sup>.

저자들은 확장형 심근증 환자에서 간헐파형 Doppler 심초음파도 검사로 승모판 혈류의 파형형태와 속도를 분석하여 그 특징과 좌심실 확장기 충만상태를 관찰하였다.

## 대상 및 방법

대상 : 1985년 9월부터 1986년 10월까지 심초음파와 Doppler 심초음파 검사를 받은 확장형 심근증 환자 37명(평균연령  $58 \pm 10$ 세)을 대상으로 하였으며 남자 22명 여자 15명 이었다. 정상대조군은 이학소견, 심초음파 및 Doppler 심초음파 소견이 정상 이었던 29명(평균연령  $52 \pm 7$ 세)으로 하였고, 남자 13명 여자 16명 이었다.

확장형 심근증은 임상적으로 심부전증 증세가 있고 M형 심초음파도에서 좌심실확장말기 내경이 60mm이상, fractional shortening(이하 % FD)이 25%미만이고, E-point septal separation이 증가되어 있고 2면성 심초음파도에서 확장된 심실이면서 심

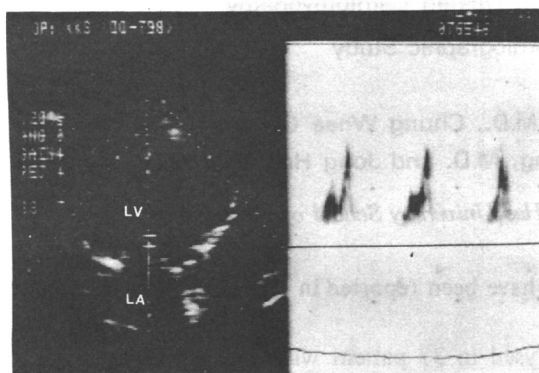


Fig. 1. Two-dimensional and Doppler echocardiography from a patient with dilated cardiomyopathy. Sample volume is in the mitral orifice.

LV=left ventricle. LA=left atrium.

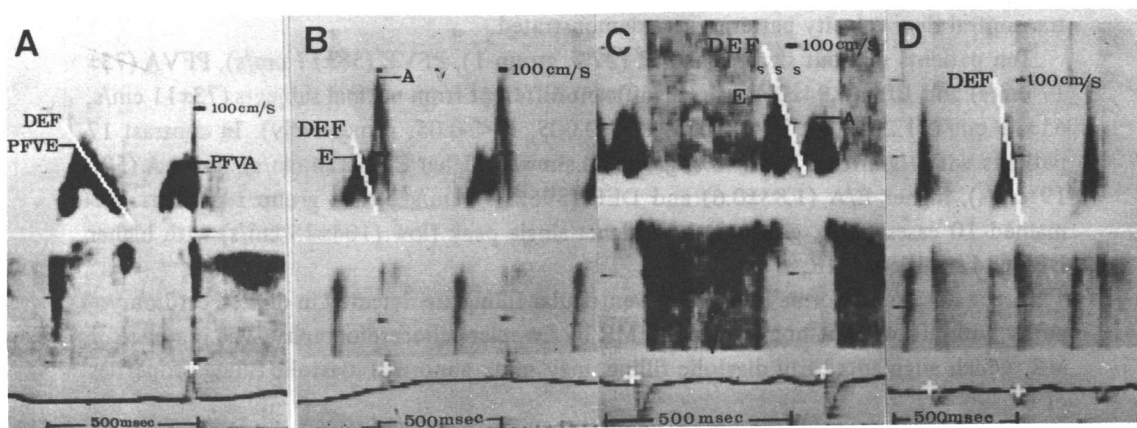


Fig. 2. Pulsed Doppler transmitral flow velocity tracing obtained from a normal subject (A), dilated cardiomyopathy (DC) without mitral regurgitation (MR) (B), DC with MR (C) and DC with single peak flow and MR (D).

실운동이 전체적으로 저운동성인 경우로 하였다. 또한 병력과 기타의 소견등으로 원발성 관막질환, 고혈압성 심질환, 허혈성 심질환등에 의한 확장형 심근증은 대상에서 제외하였다. 심방세동이 있거나 Doppler심초음파도 검사에서 대동맥판폐쇄부전이 의미있게 관찰된 환자들도 제외하였다.

#### 심초음파검사 :

M형 심초음파도는 표준화된 방법에 의해 좌심방내경, 좌심실확장말기 내경, 좌심실수축말기 내경, %FD 및 구혈율을 측정하였다. 2면성 심초음파도는 흉골연 장축단면도, 단축단면도, 심첨4방단면도와 장축단면도 및 심첨2방단면도에서 심실벽의 운동성을 관찰하였다.

#### Doppler심초음파검사 및 승모판혈류 분석 :

좌상와위 자세로 눕게한후 심첨4방단면도와 장축단면도에서 3.5/2.0MHz 변환기를 사용하여 승포판 혈류의 간혈파형 Doppler심초음파도를 기록하였다. Sample volume은 승모판구에서 구하였고 (Fig. 1), mapping method로 폐쇄부전의 정도를 경증, 중등도, 중증으로 분류하였다. 승모판 혈류의 Doppler 분광상을 초당 50mm~75mm의 속도로 녹화한후 microsonic computer aided diagnosis를 이용하여 분석하였다. 확장초기 최대혈류속도(peak filling velocity of early diastole, PFVE, 이하 E파로 약함), 심방수축기 혈류속도(peak filling velocity of atrial systole, PFVA, 이하 A파로 약함), PFVE/PFVA(이하 E/A 비로 약함) 및 E파

혈류속도감소율(deceleration of early diastolic filling, DEF로 약함)을 3회의 심주기에서 평균하여 구하였다(Fig. 2).

## 결 과

#### M형 심초음파 소견 :

확장형심근증 환자는 좌심방수축기말 내경이  $4.5 \pm 0.7$ cm, 좌심실 확장기말 내경  $7.08 \pm 0.75$ cm, 수축기말 내경  $5.9 \pm 0.8$ cm로 정상대조군에 비해 증가되어 있었고( $p < 0.005$ ), %FD는  $15.9 \pm 3.7\%$ , 구혈율은  $0.41 \pm 0.08$ 로 감소 되어있었다( $p < 0.005$ ). 중등도 이상의 승모판폐쇄부전이 있는 환자의 좌심방수축기말 내경과 심박수가  $4.7 \pm 0.6$ cm,  $88 \pm 16$ 회로 폐쇄부전이 미약하거나 없는 환자에 비해 증가되어 있었다( $p < 0.005$ ) (Table 1).

#### 승모판혈류 Doppler심초음파 소견 :

승모판 혈류형태는 Fig 2와 같이 3가지 파형으로 관찰되었다. E파와 A파가 있으며 폐쇄부전이 없거나 경한 경우가 10명 이었고(제 1군), E파와 A파가 있으면서 중등도 이상의 폐쇄부전을 보였던 경우가 17명 이었다(제2군). 제 3군은 단일 충만혈류(single peak flow)와 중등도 이상의 폐쇄부전의 소견을 보인 경우로 10명 이었다.

폐쇄부전의 정도를 구분하지 않고 E파와 A파를 보인 27명의 환자에서 E파와 A파의 속도는  $77 \pm 26$ cm/sec,  $60 \pm 21$ cm/sec로 정상대조군의  $73 \pm$

Table 1. M-mode Echo findings of patients group

	Normal (n = 29)	DC with no MR and not significant MR (n = 10)	DC with significant MR* (n = 27)
LAD (cm)	$3.4 \pm 0.3$	$3.8 \pm 0.8^{**}$	$4.7 \pm 0.6^*$
LVEDd (cm)	$5.1 \pm 0.4$	$6.9 \pm 0.8^*$	$7.1 \pm 0.8^*$
LVESd (cm)	$3.4 \pm 0.2$	$5.8 \pm 0.9^*$	$6.0 \pm 0.8^*$
%FD	$33.4 \pm 2.6$	$16.4 \pm 3.4^*$	$15.6 \pm 4.3^*$
EF	$0.70 \pm 0.03$	$0.42 \pm 0.07^*$	$0.40 \pm 0.10^*$
HR	$69 \pm 8$	$71 \pm 9^{**}$	$88 \pm 16^*$

\*  $p < 0.005$  vs normal, \*\*  $p < 0.005$  vs DC with significant MR, +: Patients with Group II and group III

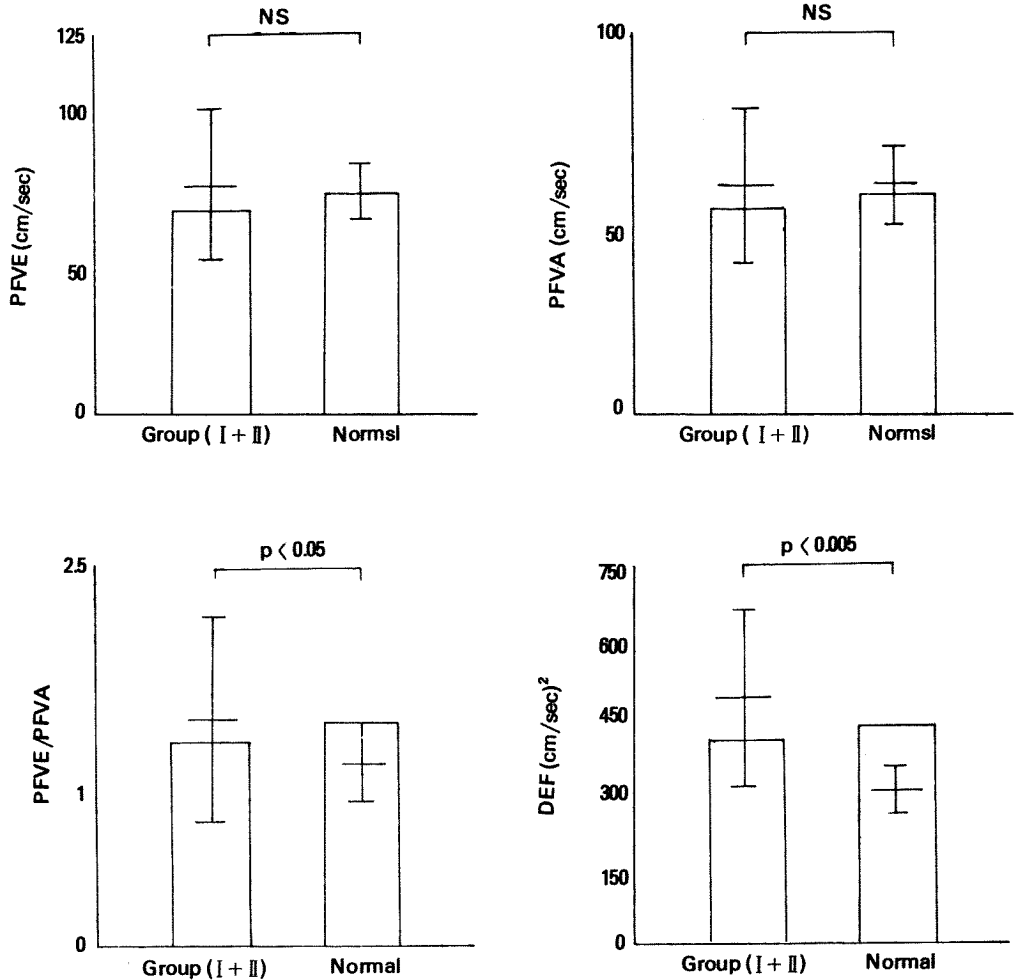


Fig. 3. Comparison of the PFVE, PFVA, E/A and DEF between normal subjects and patients with dilated cardiomyopathy which have two filling peaks (27 cases).

11cm/sec,  $61 \pm 11$ cm/sec와 차이가 없었다. 환자군의 E/A비와 DEF는  $1.51 \pm 0.69$ ,  $492 \pm 186$ cm/sec<sup>2</sup>으로 정상대조군의  $1.22 \pm 0.26$ ,  $308 \pm 39$ cm/sec<sup>2</sup>에 비해 증가되어 있었다( $p < 0.005$ ,  $p < 0.005$ ) (Fig. 3).

승모판폐쇄부전의 정도에 따라 다시 분석하면, 폐쇄부전이 없거나 경한 제 1군은 E파속도가 정상군과 폐쇄부전이 중등도 이상인 제 2군의  $89 \pm 24$ cm/sec에 비해 낮았다( $p < 0.025$ ,  $p < 0.005$ ) (Fig. 4).

제 1군의 A파속도는  $73 \pm 17$ cm/sec로 정상군과 제 2군의  $52 \pm 19$ cm/sec에 비해 높았다( $p < 0.05$ ,  $p <$

0.01) (Fig. 5).

E/A비는 제 2군이  $1.83 \pm 0.6$ 으로 제 1군의  $0.94 \pm 0.4$ 에 비해 높았고( $p < 0.005$ ), 제 1군은 정상대조군보다 낮았다( $p < 0.005$ ) (Fig. 6).

DEF는 제 2군이  $596 \pm 149$ cm/sec<sup>2</sup>으로 정상대조군과 제 1군의  $308 \pm 39$ ,  $311 \pm 71$ cm/sec<sup>2</sup>에 비해 증가되어 있었다( $p < 0.005$ ) (Fig. 7).

제 3군은 단일 충만혈류의 소견과 중등도 이상의 폐쇄부전이 있었고 최대혈류속도가  $104 \pm 25$ cm/sec, DEF는  $599 \pm 180$ cm/sec<sup>2</sup>이었다 (Fig. 4, Fig. 7).

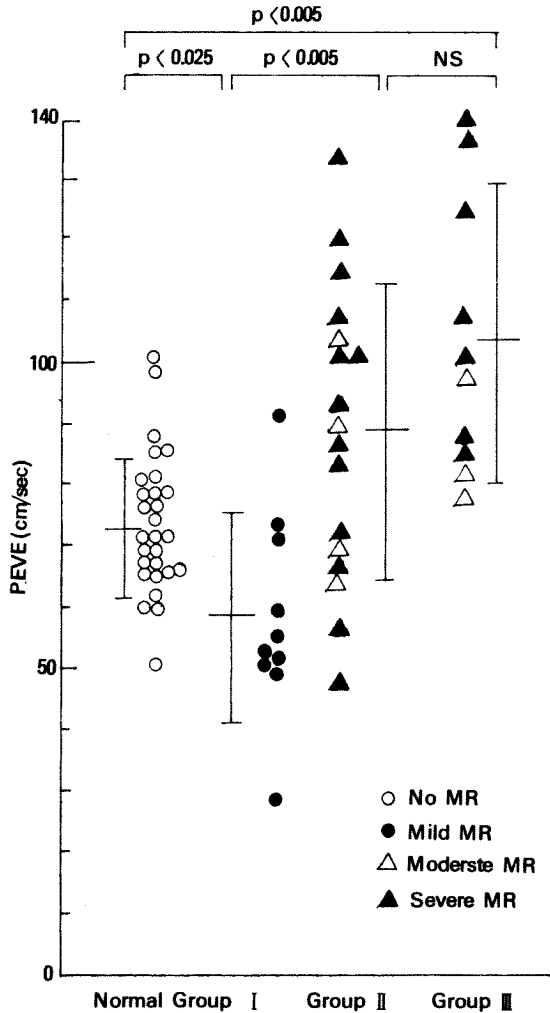


Fig. 4. Early diastolic peak mitral flow velocity in normal subjects and patients with dilated cardiomyopathy (DC).

## 고 안

고혈압성 심질환<sup>6-7)</sup>, 비후성 심근증<sup>8)</sup>, 허혈성 심질환, 심근경색증<sup>10)</sup>과 같은 심질환에서 좌심실 이완장애, compliance와 탄성의 저하로 좌심실 충만장애가 발생한다. 이러한 이완기능의 장애는 관혈적 검사방법인 압력-용적 곡선을 분석하거나, 좌심실 압력곡선의 peak negative dp/dt와 그 time constant를 측정하여 정확하게 평가할수 있겠으나

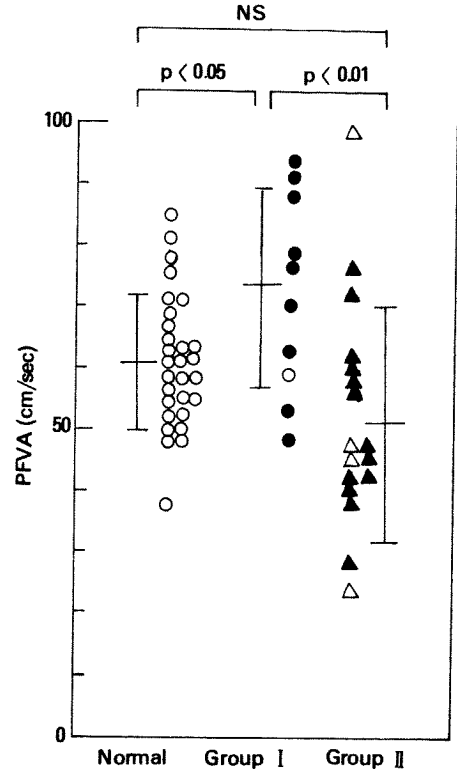


Fig. 5. Peak flow velocity in atrial systole of normal and patients with DC.

1-2) 정밀한 기구가 필요하고 반복검사가 어려워 실제 임상에서 널리 사용하기는 쉽지 않다. 비관혈적으로 좌심실의 M형 심초음파도에서 이완기 시간간격이나 이완율(relaxation rate)등을 측정하는 방법이 있으나 심박수 변화에 의해 영향을 받고 computer를 이용하여야 된다<sup>13-15)</sup>.

최근 Doppler심초음파도의 승모판 혈류를 분석하여 좌심실 확장기 충만상태를 알수 있게 되었다. 즉 Doppler 심초음파도에서 측정된 승모판 혈류의 peak filling rate, half filling fraction, 확장초기 E파속도, 심방수축기 A파속도 및 E/A 비 등은 좌심실조영영화촬영이나 방사성핵종 좌심실조영검사에서 구한 이완기 기능지표들과 좋은 상관관계가 있다. 특히 E/A비는 간단히 계산할수 있을뿐 아니라 확장기 충만상태를 잘 반영하는 지표이며 반복 검사하여 추시할수 있는 장점이 있

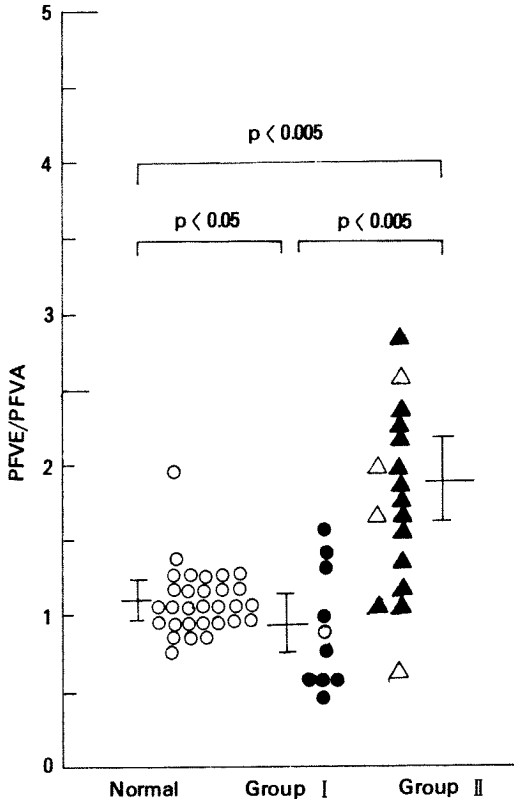


Fig. 6. Ratios of early diastole to atrial systolic peak mitral flow (PFVE/PFVA) in normal and patients with DC.

다<sup>16)</sup>.

Dittrich 등이 색채 Doppler (color Doppler) 심초음파 검사로 연구한 결과에 의하면 확장형 심근증이나 정상인 사이에 확장기에 승모판을 지나는 혈류의 직경은 차이가 없어 최대혈류속도를 이용하여 좌심실 충만상태를 평가할수 있다.

좌심실 이완장애의 Doppler 심초음파 소견은 승모판 혈류의 E파속도가 감소하고 A파속도가 증가하거나 E/A비가 낮거나 DEF의 감소등이 있다<sup>4-10)</sup>. 그러나 승모판 폐쇄부전이 같이 있으면 확장기초기에 좌심방압이 높아지고 승모판을 통과하는 혈류량과 속도 및 좌심실 충만율이 증가된다<sup>3,5,18)</sup>. 즉 확장초기에 E파속도가 높아지고 DEF가 증가하며 상대적으로 A파속도와 E/A비는 낮아져 좌심실 충만장애의 소견이 나타나지 않을수

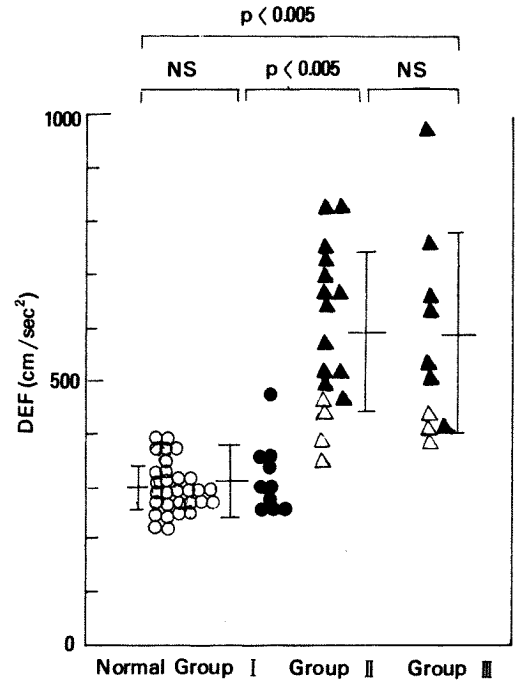


Fig. 7. Measurements of deceleration of early diastolic flow in normal and patients with DC.

있다. 이러한 소견은 승모판 전방운동(SAM)과 폐쇄부전이 현저한 비후성 심근증<sup>8)</sup>이나 승모판폐쇄부전이 심한 확장형 심근증<sup>11)</sup>에서 보고된바 있다. 저자들의 관찰은 승모판폐쇄부전의 정도와 관계없이 27명 전체로 보았을때 E파  $77 \pm 26 \text{ cm/sec}$ , A파  $60 \pm 21 \text{ cm/sec}$ 로 정상대조군과 차이가 없었고 E/A비와 DEF는 증가되어 있었다. 승모판폐쇄부전이 없거나 경한 10명은 E파  $58 \pm 17 \text{ cm/sec}$ , A파  $73 \pm 17 \text{ cm/sec}$ , E/A비  $0.94 \pm 0.4$ , DEF  $311 \pm 71 \text{ cm/sec}^2$ 으로 좌심실 충만장애의 소견이 관찰되었다. 반면 중등도 이상의 폐쇄부전이 있는 17명은 E파  $89 \pm 24 \text{ cm/sec}$ , A파  $52 \pm 19 \text{ cm/sec}$ , E/A비  $1.83 \pm 0.6$ , DEF  $596 \pm 149 \text{ cm/sec}^2$ 으로 충만장애의 소견이 관찰되지 않았다. 또한 단일 충만혈류 형태로 보인 10명은 혈류속도가  $104 \pm 25 \text{ cm/sec}$ , DEF  $599 \pm 180 \text{ cm/sec}^2$ 이며 모두 중등도 이상의 폐쇄부전이 있었다. 이러한 결과로 보아 확장형 심근증에도 좌심실 이완기능의 장애가 있을 것으로 생각되며 폐쇄부전과 그 중등도에 의해 A파 속도가 높거나, E파 속도

가 높거나, 높은 속도의 단일 충만혈류의 소견등으로 관찰될 것으로 생각된다.

이완기능의 지표인 이완기 시간간격과 좌심실 충만율은 M형심초음파도에서 구할수 있으나 심박수에 의해 많은 영향을 받는다. 그러나 좌심실 이완속도는 심박수 100회까지는 크게 영향을받지 않으므로 Doppler 심초음파도를 이용하여 승모판 혈류속도를 측정하여 좌심실 충만상태를 평가할수 있다<sup>13-15)</sup>. 저자들의 경우도 환자군의 심박수가  $88 \pm 16$ 회로 다소 증가되어 있으나 100회 이하 이었다.

Sartori<sup>19)</sup> 등은 심실비후나 확장형 심근증에서 radius/thickness비와 심방수축기 A파면적 사이에 역상관 관계를 관찰하여 이완기능의 장애를 chamber stiffness의 증가로 설명하고 있다. 그러나 저자들의 결과에서는 승모판 폐쇄부전이 미약한 제 1군의 좌심실확장기말 내경이  $6.9 \pm 0.8$ cm이며 심실증격이  $0.9 \pm 0.11$ cm, 그 비율이  $6.0 \pm 0.9$ 이었으나 A파속도는  $73 \pm 17$ cm/sec로 증가되어 있어 chamber stiffness의 변화만으로 이완기능 장애를 설명하기는 어려울 것으로 생각된다.

좌심실 확장기 충만은 chamber stiffness 이외에 좌심실 심근의 이완, 탄성력, 심근 stiffness, 우심실과 심낭막의 constraint, 심근의 섬유화성 변화등과 같은 구조적, 물리학적 요소의 변화 뿐 아니라<sup>20-21)</sup> 심근세포의 생화학적 과정의 변화도 복합적으로 작용한다<sup>10)</sup>. 최근 확장형 심근증에서 수축기능과 이완기능에 심근내 ATP양이 중요한 작용을 한다는 보고<sup>22)</sup>도 있어 앞으로 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

## 결 론

저자들은 확장형 심근증 환자 37명과 정상인 29명의 승모판혈류 Doppler분광상을 비교하여 좌심실 충만상태를 알아 보았다.

1) 확장형 심근증의 승모판 혈류는 3형태로 관찰되었다. E파와 A파가 있으며 폐쇄부전이 없는 경우 10명(27%), 폐쇄부전이 있는 경우 17명(46%),

단일충만혈류이며 폐쇄부전이 있는 10명(27%)의 형태이었다.

2) 폐쇄부전이 미약한 환자들은 E파속도  $58 \pm 17$ cm/sec, A파속도  $73 \pm 17$ cm/sec이며 E/A 비  $0.94 \pm 0.4$ 로 좌심실 충만장애의 소견이 있었다.

3) 폐쇄부전이 중등도 이상인 제 2군과 단일 충만혈류를 보인 제 3군의 환자들은 좌심실 충만장애의 소견이 관찰되지 않았다.

이러한 결과들로 보아 확장형 심근증에 좌심실 이완기능의 장애가 있으나 함께 있는 승모판 폐쇄부전의 정도에 따라 그 소견이 나타나지 않은 것으로 생각된다. 승모판혈류의 Doppler 심초음파도가 좌심실 이완기능을 완벽하게 평가할수는 어렵지만 이완장애가 있는지 또는 그 경과를 추시하는데 유용할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Grossman W: *Cardiac catheterization and angiography*. 3rd Ed. P. 414, Philadelphia, Lea & Febiger, 1986
- 2) Hirota Y: *A clinical study of left ventricular relaxation*. *Circulation* 62:756, 1980
- 3) Hatle L, Angelsen B: *Doppler ultrasound in cardiology*. 2nd Ed. P. 180, Philadelphia, Lea & Febiger, 1985
- 4) Rokey 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
- 5) Osbakken MD, Bove AA: *Use of left ventricular filling and ejection pattern in assessing severity of chronic mitral and aortic regurgitation*. *Am J Cardiol* 53:1054, 1984
- 6) Snider AR, Gidding SS, Rocchini AP: *Doppler evaluation of left ventricular diastolic filling in children with systemic hypertension*. *Am J Cardiol* 56:921, 1985
- 7) Phillips RA, 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
- 8) Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russell D, Clark S, Allfie A, Heney WL: *Left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy: A pulsed Doppler echocardiographic study. J Am Coll Cardiol* 7: 1263, 1986
  - 9) Gidding SS, Snider AR, Rocchini AP, Peter J, Fransworth R: *Left ventricular diastolic filling in children with hypertrophic cardiomyopathy: Assesment with pulsed Doppler echocardiography. J Am Coll Cardio* 8:310, 1986
  - 10) Fujii J, Yazaki Y, Sawada H, Aizawa T, Watanabe H, Kato K: *Noninvasive assessment of left and right ventricular filling in myocardial infarction with a two-dimensional Doppler echocardiographic method. J Am Coll Cardiol* 5:1155, 1985
  - 11) Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russel D, Clark S, Allfie A, Henry WL: *Pulsed Doppler echocardiographic study of left ventricular filling in dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol* 58:143, 1986
  - 12) Spirito P, Maron BJ, Bonow RO: *Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function: Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques. J Am Coll Cardiol* 7: 518, 1986
  - 13) St. John Sutton MG, Tajik AJ, Gibson DG, Brown DJ, Seward JB, Giuliani ER: *Echocardiographic assessment of left ventricular filling and septal and posterior wall dynamics in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. Circulation* 57:512, 1978
  - 14) 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
  - 15) Bahler RC, Vrobel TR, Martin P: *The relation of heart rate and shortening fraction to echocardiographic indexes of left ventricular relaxation in normal subjects. J Am Coll Cardiol* 2:926, 1983
  - 16) Iwase M, Sotobato I, Takagi S, Miyaguchi K, Jing HX, Yokota M: *Effect of diltiazem on left ventricular diastolic behavior in patients with hypertrophic cardiomyopathy: Evaluation with exercise pulsed Doppler echocardiography. J Am Coll Cardiol* 9: 1099, 1987
  - 17) Dittrich H, Hoit B, Sahn DJ: *Spatial pattern of mitral flow in patients with congestive cardiomyopathy determined by real time two-dimensional echo Doppler color flow mapping (abst). J Am Coll Cardiol* 5:426, 1985
  - 18) Nalan SP, Dixon SH Jr, Fisher RD, Morrow AG: *The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling. A study of instantaneous mitral valve mechanics on ventricular filling. A study of instantaneous mitral valve flow in vivo. Am Heart J* 77:784, 1969
  - 19) Sartori MP, Kuo LC, Quinones MA: *Determinants of transmitral diastolic flow in normal and pathologic state (abst). J Am Coll Cardiol* 5:510, 1985
  - 20) Demaria AN, Wisenbaugh T: *Identification and treatment of diastolic dysfunction: Role of transmitral Doppler recordings(Editorial). J Am Coll Cardiol* 9:1106, 1987
  - 21) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK: *Left ventricular compliance: mechanisms and clinical implications. Am J Cardiol* 38:645, 1976
  - 22) Bashore TM, Magorien DJ, Letterio J, Shaffer P, Unverferth DV: *Histologic and biochemical correlates of left ventricular chamber dynamics in man. J Am Coll Cardiol* 9:734, 1987
  - 23) Drinkovic N, Wisenbaugh T, Nissen SE, Elion JL, Smith MD, Kwan OL, Demaria AN: *Sensitivity and specificity of transmitral flow velocity measurements in detecting impaired left ventricular compliance. Circulation* 74:(Supple II) II-46, 1986