

## 허혈성 심질환 환자에서 좌심실 확장기 기능평가에 승모판 혈류 A파 감속시간(Deceleration Time)의 의의

계명대학교 의과대학 내과학교실  
한성욱 · 김기식 · 허승호 · 현대우 · 김윤년 · 김권배

### = Abstract =

Significance of Doppler Derived Mitral A Wave Deceleration Time :  
for Evaluation of Diastolic Dysfunction in Patients  
with Ischemic Heart Disease

Seong-Wook Han, M.D., Kee-Sik Kim, M.D., Seung-Ho Hur, M.D.,  
Dae-Woo Hyun, M.D., Yoon-Nyun Kim, M.D., Kwon-Bae Kim, M.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, School of Medicine Keimyung  
University, Taegu, Korea

**Background :** The changes of mitral flow pattern obtained by pulsed wave Doppler echocardiography are widely used for the evaluation of left ventricular diastolic function. In the evaluation of left ventricular pressure with corresponding mitral flow velocity, left ventricular end-diastolic pressure(LVEDP) correlate with A wave in mitral flow. Therefore, changes of Doppler derived A wave may be new parameters for evaluating of left ventricular diastolic dysfunction. We studied relationship between LVEDP and changes of A wave in patients with ischemic heart disease.

**Methods :** LVEDP was observed in 68 patients among patients who underwent coronary angiography between January and June, 1996. Thirty two patients had a LVEDP less than 20mmHg(Group I) and 36 patients had a LVEDP greater than 20mmHg(Group II). In all patients, adequate pulsed Doppler mitral inflow velocity could be recorded within 24 hours before coronary angiography and cardiac catheterization.

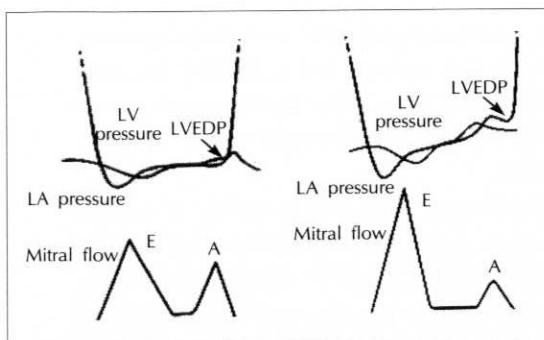
**Results :** A wave deceleration time(A DT) was significantly decreased in Group II patients (Group I vs Group II,  $69.3 \pm 11.7$  vs  $56.5 \pm 15.6$  msec,  $p < 0.05$ ). Isovolumic relaxation time (IVRT) was significantly decreased in Group II patients, too( $118.4 \pm 17.9$  vs  $104.6 \pm 27.9$  msec,  $P < 0.05$ ). Another Doppler derived mitral flow parameters were not significantly different between two groups. E/A ratio showed positive correlation with LVEDP( $n=68$ ,  $r=0.29$ ,  $p < 0.05$ ,  $y = 1.62x + 0.77$ ). A DT and IVRT showed negative correlation with LVEDP( $n=68$ ,  $r=-0.28$ ,  $p < 0.05$ ,  $y = -0.83x + 128.22$  and  $n=68$ ,  $r=0.24$ ,  $p < 0.05$ ,  $y = -0.45x + 71.74$  respectively).

**Conclusion** : We can suggest that A wave deceleration time can be used as a new parameter for the evaluation of left ventricular diastolic dysfunction.

**KEY WORDS** : Diastolic dysfunction · LVEDP · A wave deceleration time.

## 서 론

최근 좌심실 확장기 기능이상이 심부전증의 중요 원인으로 알려진 아래 좌심실의 수축기 기능과 함께 확장기 기능도 심장의 기능을 평가하는 중요한 요소로 인식되고 있고 여러 방법으로 이를 평가하려는 시도가 이루어지고 있다. 좌심실 확장기 기능평가에 비관절적인 방법으로 간헐적 Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류변화가 널리 사용되어지고 있다. 지금까지 승모판 혈류 변화의 인자들로 E파의 최대혈류속도, A파의 최대혈류속도, E파와 A파의 비, E파의 감속시간(deceleration time : DT), A파의 기간등이 이용되고 있고, 이들은 좌심실의 혈역동학적 인자들과 연관성이 어느정도 입증되어 있다<sup>1-4)</sup>. 그러나 승모판 혈류는 나이, 맥박수, 좌심방압, 좌심실 질환, 심실부하조건 등에 영향을 많이 받으므로<sup>5-11)</sup> 좌심실 혈역동학적 인자들과의 상관성이 아주 좋지는 않다<sup>4,12-14)</sup>. 따라서 이를 해석하는데 여러 인자들의 종합분석과 주의가 필요하다. 연구자는 좌심실 확장기 기능평가에 좌심실 혈역동학적 인자로 말기 확장기압이 많이 사용되어지고, 이는 Doppler 심초음파도의 승모판 혈류와 비교했을 때 A파의 형성시기와 일치하므로(Fig. 1), A파의 변화가 좌심실 확장기 기능이상을 나타낼 수 있



**Fig. 1.** Diagram of left ventricular and left atrial pressure with corresponding mitral flow velocity curve in normal(left) and diastolic dysfunction(right). The change of left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP) result in that of A wave magnitude.

는 또 다른 하나의 척도로 사용될수 있을 것으로 생각되어 좌심실 말기 확장기압에 따른 A파의 변화를 관찰하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

1996년 1월부터 6월까지 계명의대 순환기 내과에서 허혈성 심질환으로 관상동맥 조영술을 시행한 환자중 35세에서 76세사이의 연령이 비슷한 68명을 대상으로 하였다. 좌심실 말기확장기압이 20mmHg미만인 환자 32명을 1군으로 하였고, 20mmHg이상인 환자 36명을 2군으로 하였다. 1군에서 남자는 23명, 여자는 9명이었고, 평균연령은  $54.9 \pm 10.7$ 세였다. 고혈압을 가진 환자가 8명이었고 고립성 수축기 고혈압을 가진환자가 4명이었다. 1군 환자들의 임상적 진단은 안정형 협심증이 21명, 불안정 협심증이 4명이었고 심근경색증이 7명이었다. 2군에서 남자는 25명 여자는 11명이었고 평균연령은  $54.0 \pm 8.1$ 세였다. 고혈압을 가진 환자가 17명이었고 고립성 수축기 고혈압은 11명에서 있었다. 임상적 진단은 안정형 협심증이 20명, 불안정 협심증이 5명이었고 심근경색증이 11명이었다(Table 1).

### 2. 방법

모든 대상 환자에서 관상동맥혈관 조영술전 24시간이내에 환자를 10분이상 안정시킨후 Vingmed사 CFM 800®기계의 2.5MHz위상 탐촉자를 이용하여 이면성 경흉부 심초음파도를 시행하였다. 흉골연 장축도에서 미국 심초음파 학회의 지침에따라 좌심방의 크기, 좌심실의

**Table 1.** Characteristics of patients in group I and group II

Variables	Group I	Group II	P value*
Sex(M : F)	23 : 9	25 : 11	NS
Age	$54.94 \pm 10.73$	$54.03 \pm 8.06$	NS
HR	$67.41 \pm 14.05$	$72.58 \pm 15.11$	NS
BP sys	$128.03 \pm 21.27$	$134.83 \pm 23.39$	NS
BP dia	$79.00 \pm 12.23$	$73.58 \pm 17.50$	NS

HR : heart rate, BP sys : systolic blood pressure, BP dia : diastolic blood pressure, \* : independent t-test

수축기 및 확장기 내경, 좌심실 구출율 그리고 심실증격과 좌심실 후벽의 두께를 측정하였다. 동종 기계의 2.5 MHz 탐촉자를 이용하여 심첨4방도에서 간헐적 Doppler의 표본용적(sample volume)을 확장기시 승모판 첨부에 위치시킨후 E파와 A파의 최대혈류속도, E파와 A파의 비, E파의 감속시간, A파의 가속시간(acceleration time : AT), A파의 감속시간을 측정하였다. 그리고 심첨5방도에서 표본용적의 위치를 좌심실 출구에 위치케하여 등용성 이완시간(isovolumic relaxation time : IVRT)을 측정하였다. 관상동맥 조영술전 적어도 6시간이상 금식시킨후, 혈관조영술 30분 내지 1시간 전에 항히스타민제인 diphenhydramine 25 mg 경구투여와 진정제인 diazepam 10mg 근주로 전투약 후 좌·우 관상동맥 혈관조영술을 시행하였다. 관상동맥 조영술 후 6F, 145° pig-tail 도자(Cordis사)를 좌심실에 위치시켜 좌심실 조영술전 말기 확장기압을 측정하였으며 적어도 다섯주기이상의 좌심실 말기 확장기압을 심전도상 R파의 끝부분에서 측정 후 평균하였다.

통계처리는 Microsoft사의 windows용 통계처리 프로그램인 SPSS/PC+(statistical package for social science/personal computer)를 이용하여 independent t-test를 시행하였고, 회귀분석을 이용하여 상관관계와 상관계수를 측정하였다. 그리고 p값이 0.05이하일 때 통계적 유의성을 두었다.

## 결 과

### 1. 좌심실의 크기, 심실증격의 두께, 좌심실후벽의 두께, 좌심실 구출율 및 심방의 크기

좌심실 구출율은 1군에서 평균  $69.81 \pm 10.10\%$ , 2군에서  $66.22 \pm 12.57\%$ 로 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 좌심실 국소운동장애를 보인 경우는 1군에서 4명(심근경색증 2명, 안정형 협심증 2명)이었고 2군에서 10명(심근경색증 6명, 안정형 협심증 3명, 불안정형 협심증 1명)이었으나 두 군간에 빈도상 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 좌심실의 확장기 내경은 1군과 2군에서 각각  $5.06 \pm 0.58\text{cm}$ ,  $5.06 \pm 0.53\text{cm}$ 이었고, 수축기 내경은 각각  $3.08 \pm 0.55\text{cm}$ ,  $3.21 \pm 0.60\text{cm}$ 으로 두 군간에 차이는 없었다. 심실증격과 좌심실후벽의 두께는 1군에서 각각  $1.01 \pm 0.28\text{cm}$ ,  $1.02 \pm 0.17\text{cm}$ 이었고 2군에서 각각  $0.94 \pm 0.26\text{cm}$ ,  $1.05 \pm 0.21\text{cm}$ 이었다. 1군에

서 좌심실의 동심성 비대를 보인 환자는 8명이었고 2군에서는 6명이었다. 좌심방의 크기는 1군에서  $3.47 \pm 0.48\text{cm}$ , 2군에서  $3.63 \pm 0.42\text{cm}$ 으로 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

### 2. 도플러 심초음파도상 승모판 혈류의 변화

E파의 최대혈류속도는 1군에서 평균  $0.87 \pm 0.34\text{m/sec}$ 였고 2군에서 평균  $0.97 \pm 0.40\text{m/sec}$ 로 측정되어 통계적으로 유의한 차이는 없었다. A파의 최대혈류속도는 1군에서 평균  $0.84 \pm 0.37\text{m/sec}$ , 2군에서 평균  $0.81 \pm 0.40\text{m/sec}$ 로 측정되었고, E/A파의 비율은 1군에서  $1.04 \pm 0.35$ , 2군에서  $1.16 \pm 0.53$ 으로 측정되었다. A파의 최대혈류속도와 E/A파의 비율은 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. E파의 감속시간은 1군과 2군에서 각각 평균  $208.3 \pm 48.50\text{msec}$ ,  $189.4 \pm 29.47\text{msec}$ 였고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 등용성 이완시간은 1군에서  $118.4 \pm 17.89\text{msec}$ , 2군에서  $104.6 \pm 27.86\text{msec}$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). A파의 가속시간은 두 군에서 각각  $50.8 \pm 11.97\text{msec}$ 와  $50.2 \pm 14.38\text{msec}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 A파의 감속시간은 1군에서  $69.3 \pm 11.69\text{msec}$ , 2군에서  $56.6 \pm 15.56\text{msec}$ 로 통계적으로 유의하게 2군에서 감소되는 것을 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ) (Table 3).

### 3. 좌심실 말기 확장기압과의 상관관계

두 군의 분류를 무시하고 간헐적 Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류의 인자들과 좌심실 말기 확장기압과의 상관관계를 구해보면, E/A파 비와 통계적으로

**Table 2.** Comparison of 2-dimensional echocardiographic parameters between two groups

Variables	Group I	Group II	P value*
LAD(cm)	$3.47 \pm 0.48$	$3.63 \pm 0.42$	NS
LVDd(cm)	$5.06 \pm 0.45$	$5.06 \pm 0.53$	NS
LVDs(cm)	$3.08 \pm 0.55$	$3.21 \pm 0.60$	NS
IVS(cm)	$1.01 \pm 0.17$	$0.94 \pm 0.26$	NS
LVPW(cm)	$1.02 \pm 0.17$	$1.05 \pm 0.21$	NS
EF(%)	$69.81 \pm 10.10$	$66.22 \pm 12.57$	NS

LAD : left atrial dimension, LVDd : diastolic left ventricular dimension, LVDs : systolic left ventricular dimension, IVS : interventricular septal thickness, LVPW : thickness of left ventricular posterior wall, EF : ejection fraction, LVH : concentric left ventricular hypertrophy, RWMA : left ventricular regional wall motion abnormality, \* : independent t-test

**Table 3.** Comparison of Doppler derived mitral flow parameters between two groups

Variables	Group I	Group II	P value*
E Vmax(m/sec)	0.87±0.34	0.97±0.17	NS
A Vmax(m/sec)	0.84±0.37	0.81±0.40	NS
E/A ratio	1.04±0.35	1.16±0.53	NS
E DT(msec)	208.28±48.50	189.44±29.47	NS
IVRT(msec)	118.44±17.89	104.58±27.86	<0.05
A AT(msec)	50.75±11.97	50.19±14.38	NS
A DT(msec)	69.31±11.69	56.50±15.56	<0.05
LVEDP(mmHg)	13.94±4.37	26.28±6.11	<0.05

E Vmax : peak velocity of E wave, A Vmax : peak velocity of A wave, DT : acceleration time, IVRT : isovolumic relaxation time, LVEDP : left ventricular end-diastolic pressure, \* : independent t-test

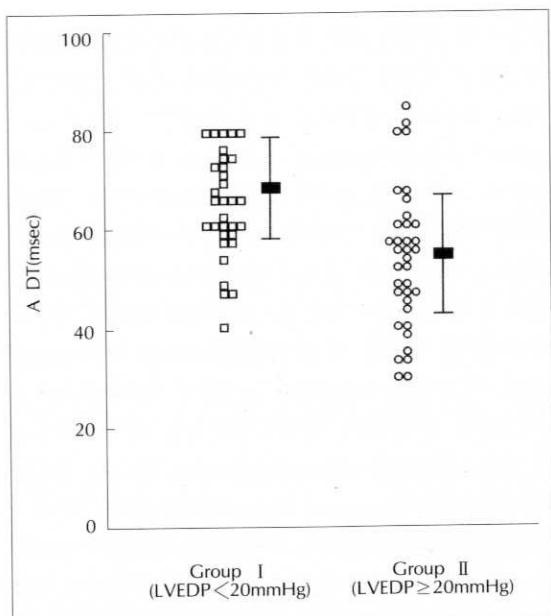
유의한 양의 상관관계를 이루고( $n=68$ ,  $r=0.29$ ,  $p<0.05$ ,  $y=1.62ex+0.77$ ), 등용성 확장시간( $n=68$ ,  $r=0.28$ ,  $p<0.05$ ,  $y=-0.83x+128.22$ )과 A파의 감속시간( $n=68$ ,  $r=0.24$ ,  $P<0.05$ ,  $y=-0.45x+71.74$ )이 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 이루었다. 그러나 상관계수는 매우 낮았다.

#### 4. A파의 감속시간에 의한 좌심실 말기확장기압의 예측정도

A파의 감속시간이 60msec 이하일 때 좌심실 말기 확장기압이 20mmHg 이상인 것을 예측할 수 있는 민감도는 69.4%, 예민도는 78.1%, 양성 예측도는 78.1%이다 (Fig. 2).

### 고    찰

울혈성 심부전의 증세를 나타내는 환자의  $\frac{1}{3}$  이상에서 좌심실 수축기 기능이 정상인 것<sup>[15-19]</sup>이 알려지면서 좌심실 확장기 기능평가에 대한 연구가 시작되었다. 확장기 기능이상은 주로 관상동맥질환자나 심근비후환자 또는 심근증 환자들에서 관찰되고<sup>[12,20,21]</sup>, 기능이상의 양상변화는 심부전의 원인에 대한 규명뿐만 아니라 앞에 열거한 질환들에서 예후를 판단할 수 있는 지표로도 사용되고 있어<sup>[1,22-24]</sup> 확장기 기능이상에 대한 평가는 매우 중요하다. 확장기 기능평가는 관혈적 방법으로 좌심실의 압력-용적변화를 측정하여 Tau, 최대 음의 dP/dt 및 좌심실 말기확장기압 등으로 알 수 있으나<sup>[25-27]</sup> 이는 여러 번 반복하는데 어려움이 있다. 그래서 활동혈관조영도



**Fig. 2.** Comparison of A wave deceleration time(A DT) between two groups.  $p<0.05$  for significance of difference between groups for A DT.

(cineangiogram)와 방사성핵종(radionuclide) 기술을 이용한 좌심실 유입역학(filling dynamics) 중 특히 좌심실 말기확장기압이 확장기 기능평가에 이용되게 되었다<sup>[28,29]</sup>. 한편, Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류변화를 좌심실 유입혈류 변화의 지표로 사용하기 시작하면서, 승모판 혈류 변화양상이 좌심실 유입혈류 형태를 나타낼 수 있음이 혈관조영도와 방사성핵종 기술에 의해 입증되었고<sup>[12,30]</sup> Doppler 심초음파도상 승모판 혈류변화 측정이 반복성 있고 비관혈적이면서 방사선 노출의 해가 없는 장점들이 있어 좌심실 확장기 기능평가 방법으로 널리 자리잡게 되었다. Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류속도는 나이, 맥박수, 좌심방압, 좌심실 질환, 심실부하 조건에 영향을 많이 받아<sup>[5-11]</sup> 좌심실 유입혈류의 변화를 정확히 대별할 수는 없다. 이의 보완책으로 최근에 color M형 도플러 심초음파도를 이용한 승모판 혈류변화의 측정들이 활발히 연구되고 있고<sup>[31]</sup> 또 Doppler 심초음파도를 이용한 폐정맥혈류의 변화를 승모판 혈류 변화와 같이 분석함으로써 좌심실 유입혈류 변화를 정확히 반영하고자 하는 연구들이 많다. 그러나 폐정맥 혈류변화도 나이와 부하조건에 영향을 받는 것으로 알려져 있는 상태이다<sup>[32-35]</sup>. 이상에서와 같이 Doppl-

er 심초음파도상 승모판 혈류 속도의 어떤 척도라도 그 단독으로는 확장기 기능이상을 대별할 수 없다. 좌심실 말기 확장기압의 변화는 좌심실 탄성(compliance) 변화와 좌심실 유입압의 변화에 의해 결정되므로<sup>32)</sup> 좌심실 확장기 기능이상의 척도로 가장 많이 사용되어져 왔다. 그리고 Doppler 심초음파도의 승모판 혈류와 비교하면 좌심실 말기 확장기 때 A파가 형성되므로 좌심실 말기 확장기압의 변화는 A파에 영향을 주게되고 A파의 변화를 측정하면 여러 Doppler 척도들과 함께 확장기 기능을 반영할 수 있는 또 다른 새로운 지표가 되리라 생각된다. A파의 크기는 심방의 전부하, 후부하 그리고 심방의 수축기 기능에 의해 결정된다. 심방의 전부하는 Starling 법칙에 의해 심방의 수축전 용적과 압력에 의해 결정되고 심방후부하는 심방수축시 심실의 강성에 의해 결정된다. A파의 가속시간은 심방수축과 함께 방실 압력차에 의해 결정되므로 심방전부하와 심방수축기 기능을 반영한다. A파의 감속시간은 심방수축기 종료나 심방에서 심실로 혈액의 이동에 의한 방실 압력차의 소실에 의해 이루어지므로 심방후부 즉 심실의 강성과 심방수축기 기능을 반영한다<sup>36)</sup>. 본 연구에서는 승모판 혈류인자들 중 좌심실 말기 확장기압이 높은 군에서, 통계적 유의성은 없었지만 E파 최대속도의 증가, A파 최대속도의 감소, E/A파 비의 증가, E파 감속시간의 감소, 등용성이완 시간의 감소 등을 나타냄으로써 앞선 연구결과들과 비슷한 경향을 보였다. 맥박수, 좌심방 크기 및 A파의 가속시간이 두 군간에 유의한 차이가 없고, A파의 감속시간만이 좌심실 말기 확장기압이 높은군에서 유의한 감소를 보였으므로 이론적 배경에 맞게 A파의 감속시간의 감소는 좌심실 확장기 기능의 이상을 반영한다고 할 수 있다. 앞에서 열거한 Doppler 심초음파도상 승모판 혈류 측정인자들과 좌심실 말기 확장기압과의 상관관계를 살펴보았을 때 상관계수는 낮으나, E/A파 비와는 양의 상관관계, 등용성 이완시간과 A파의 감속시간과는 음의 상관관계를 통계적으로 유의하게 이루고 있었다.

이상의 결과로 Doppler 심초음파도상 승모판 혈류 A파의 감속시간도 좌심실 말기 확장기압을 반영함으로써 좌심실 확장기 기능평가의 한 지표로 이용될 수 있을 것으로 생각되나, 좌심실 말기 확장기압의 증가에 따라 A파의 크기가 커져가지만 말기확장기압이 너무 많이 증가하면 A파의 크기가 미미해지는 점<sup>37)</sup>도 있어 앞으로

여러 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요약

### 배경:

좌심실 확장기 기능평가에 간헐적 Doppler 심초음파도를 이용한 승모판 혈류변화가 널리 사용되고 있다. 승모판 혈류중 A파의 형성시기가 좌심실 말기확장기압과 일치하므로 A파의 변화는 확장기 기능이상을 반영할 수 있는 새로운 지표가 될 수 있을 것으로 생각되어, 허혈성 심질환이 있는 환자에서 좌심실 말기 확장기압과 승모판 혈류 A파의 변화를 관찰하였다.

### 방법 및 대상:

1996년 1월부터 6월까지 관상동맥조영술을 시행한 환자중 68명을 대상으로하여 좌심실 말기 확장기압을 측정하였다. 좌심실 말기 확장기압이 20mmHg미만인 환자 32명을 1군으로 하였고, 20mmHg이상인 환자 36명을 2군으로 하였다. 모든 환자는 관상동맥 조영술 24시간전에 Doppler 심초음파도를 시행하였다.

### 결과:

A파의 감속시간은 1군에서  $69.3 \pm 11.69$ msec, 2군에서  $56.6 \pm 15.56$ msec로 통계적으로 유의하게 2군에서 감소되었다( $p < 0.05$ ). 등용성 이완시간은 1군에서  $118.4 \pm 17.89$ msec 2군에서  $104.6 \pm 27.86$ msec로 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 다른 Doppler 척도들은 두군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 좌심실 말기확장기압과는 E/A파 비가 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 이루고, 등용성 이완시간과 A파의 감속시간이 통계적으로 유의하게 음의 상관관계를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 그러나 상관계수는 낮았다(각각  $r = 0.29$ ,  $r = 0.28$ ,  $r = 0.24$ ).

### 결론:

이상으로 승모판 혈류 A파의 감속시간은 좌심실 말기 확장기압을 반영함으로써 좌심실 확장기 기능 평가에 새로운 지표로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

## References

- 1) Appleton CP : *Doppler assessment of left ventricular diastolic function : The refinements continue.* J Am Coll Cardiol 21 : 1697-1700, 1993

- 2) Labovitz AJ, Pearson AC : *Evaluation of left ventricular diastolic function : Clinical relevance and recent Doppler echocardiographic insights.* Am Heart J 114 : 836-851, 1987
- 3) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL : *Relation of transmитral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function : New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study.* J Am Coll Cardiol 12 : 426-440, 1988
- 4) Matsuda Y, Toma Y, Matsuzaki M, Moritani K, Satoh A, Shiomi K, Ohtani N, Kohno M, Fujii T, Katayama K, Matsuda M, Kusukawa R : *Change of left atrial systolic pressure waveform in relation to left ventricular end-diastolic pressure.* Circulation 82 : 1659-1667, 1990
- 5) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ : *Assessment of diastolic function of the heart : Background and current applications of Doppler echocardiography. Part II. Clinical studies.* Mayo Clin Proc 64 : 181-204, 1989
- 6) Pearson AC, Labovitz AJ, Mrosek D, Williams GA, Kennedy HL : *Assessment of diastolic function in normal and hypertrophied hearts : Comparison of Doppler echocardiography and M-mode echocardiography.* Am Heart J 113 : 1417-1425, 1987
- 7) Courtois M, Vered Z, Barzilai B, Riccitti NA, Perez JE, Ludbrook PA : *The transmитral pressure-flow velocity relation : effect of abrupt preload reduction.* Circulation 78 : 1459-1468, 1988
- 8) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Owa M, Nakasone I, Sakakibara H, Nimura Y : *Augmentation of atrial contribution to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry.* Am J Cardiol 53 : 586-589, 1984
- 9) Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ : *Effect of aging on left ventricular diastolic filling in normal subjects.* Am J Cardiol 59 : 971-974, 1987
- 10) Kuo LC, Quinones MA, Rokey R, Sartori M, Abinader EG, Zoghbi WA : *Quantification of atrial contribution to left ventricular filling by pulsed Doppler echocardiography and the effect of age in normal and diseased hearts.* Am J Cardiol 59 : 1174-1178, 1987
- 11) Herzog CA, Elsperger KJ, Manoles M, Murakami MA, Asinger R : *Effect of atrial pacing on left ventricular diastolic filling measured by pulsed Doppler echocardiography.* J Am Coll Cardiol 9 : 197-198, 1987
- 12) DeMaria AN, Wisenbaugh T : *Identification and treatment of diastolic dysfunction : role of transmитral Doppler recordings.* J Am Coll Cardiol 9 : 1106-1107, 1987
- 13) Tenenbaum A, Motro M, Hod H, Kaplinsky E, Vered Z : *Shortened Doppler-derived mitral A wave deceleration time : An important predictor of elevated left ventricular filling pressure.* J Am Coll Cardiol 27 : 700-705, 1996
- 14) Drinkovic N, Winsenbaugh T, Nissen SE, Elion JL, Smith MD, Kwan OL, DeMaria AN : *Sensitivity and specificity of transmитral flow velocity measurements in detecting impaired left ventricular compliance.* Circulation 74 : Supp II-46, 1986
- 15) Topol EJ, Traill TA, Fortuin NJ : *Hypertensive cardiomyopathy of the elderly.* N Engl J Med 312 : 277-283, 1985
- 16) Soufer R, Wohlgelernter D, Vita NA, Amuchestegui M, Sostman HD, Berger HJ, Zaret BL : *Intact systolic left ventricular function in clinical congestive heart failure.* Am J Cardiol 55 : 1032-1036, 1985
- 17) Dodek A, Kassebaum DG, Bristow JD : *Pulmonary edema in coronary artery disease without cardiomegaly, paradox of the stiff heart.* N Engl J Med 286 : 1347-1350, 1972
- 18) 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 : 15-23, 1980
- 19) Dougherty AH, Naccarelli GV, Gray EL, Hicks CH, Goldstein RA : *Congestive heart failure with normal systolic function.* Am J Cardiol 54 : 778-782, 1984
- 20) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE : *Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease : Assessment with radionuclide angiography.* Circulation 64 : 315-323, 1981
- 21) Bourdillon PD, Lorell BH, Mirsky I, Paulus WJ, Wynne J, Grossman W : *Increased regional myocardial stiffness of the left ventricle during pacing-induced angina in man.* Circulation 67 : 316-323, 1983
- 22) Xie GY, Berk MR, Smith MD, Gurley JC,

- DeMaria AN : *Prognostic value of Doppler transmural flow patterns in patients with congestive heart failure.* J Am Coll Cardiol 24 : 132-139, 1994
- 23) Algom M, Schlesinger Z : *Serial changes in left ventricular diastolic indexes derived from Doppler echocardiography after anterior wall acute myocardial infarction.* Am J Cardiol 75 : 1272-1273, 1995
- 24) Klein AL, Hatle LK, Taliernio CP, Oh JK, Kyle RA, Gertz MA, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ : *Prognostic significance of Doppler measures of diastolic function in cardiac amyloidosis, a Doppler echocardiography study.* Circulation 83 : 808-816, 1991
- 25) Grossman W, McLaurin LP : *Diastolic properties of the left ventricle.* Ann Int Med 84 : 316-326, 1976
- 26) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK : *Left ventricular compliance : Mechanisms and clinical implications.* Am J Cardiol 38 : 645-653, 1976
- 27) Weiss JL, Frederiksen JW, Weisfeldt ML : *Hemodynamic determinants of the Time-course of fall in canine left ventricular pressure.* J Clin Invest 58 : 751-760, 1976
- 28) Hammermeister KE, Warbasse JR : *The rate of change of left ventricular volume in man : II Diastolic events in health and disease.* Circulation XLIX : 739-747, 1974
- 29) Mancini GB, Slutsky RA, Norris SL, Bhargava V, Ashburn WL, Higgins CB : *Radionuclide analysis of peak filling rate, filling fraction and time to peak filling rate, response to supine bicycle exercise in normal subjects and patients with coronary disease.* Am J Cardiol 51 : 43-51, 1983
- 30) 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 : 543-550, 1985
- 31) 허승호 · 김기식 · 허규찬 · 한성욱 · 현대우 · 신경목 · 김윤년 · 김권배 : 고혈압 환자에서의 좌심실 확장기 기능의 평가 : Color M-mode 도플러와 도플러 심초음파도를 이용한 방법. 한국심초음파학회지 4 : 47-56, 1996
- 32) Rossvoll O, Hatle LK : *Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound : Relation to left ventricular diastolic pressures.* J Am Coll Cardiol 21 : 1687-1696, 1993
- 33) 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
- 34) Masuyama T, Lee JM, Tamai M, Tanouchi J, Kitabatake A, Kamada T : *Pulmonary venous flow velocity pattern as assessed with transthoracic pulsed Doppler echocardiography in subjects without cardiac disease.* Am J Cardiol 67 : 1396-1404, 1991
- 35) 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
- 36) Gaasch WH, LeWinter MM : *Left ventricular diastolic dysfunction and heart failure.* p204-205, Pennsylvania, Waverly Co, 1994
- 37) Myreng Y, Smiseth OA, Risøe C : *Left ventricular filling at elevated diastolic pressures : Relationship between transmural Doppler flow velocities and atrial contribution.* Am Heart J 119 : 620-626, 1990