

확장형 심근증에서 Digitized 심초음파도를 이용한 좌심실 기능의 평가에 관한 연구*

중앙대학교 의과대학 내과학교실

류 왕 성 · 유 언 호

= Abstract =

A Study of Left Ventricular Function by Digitized Echocardiograms in Dilated Cardiomyopathy

Wang Seong Ryu, M.D. and Un Ho Ryoo, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Chung-Ang University

Echocardiography provides a broad array of interrelated methods for the study of left ventricular structure and function.

Using a high quality digitizer, continuous measurement of left ventricular dimension and its rate of change could be obtained in patients with dilated cardiomyopathy.

Peak dD/dT and peak dD/dT/D were significantly depressed in the patients. Normalized rates of systolic wall movement appear to be useful in detecting left ventricular disease because it reflect an increase in cavity size as much as any abnormality of contraction pattern.

Digitized echocardiographic analysis may be one of good objective methods of evaluating the response to treatment in patients with various cardiac diseases.

KEY WORDS : Digitized echocardiography · Peak dD/dT · Peak dD/dT/D · Dilated cardiomyopathy.

서 론

심초음파도로 측정된 좌심실의 내경과 심혈관 조영술 또는 실측한 좌심실의 단경과의 우수한 상관관계가 증명된 이후 각종 심초음파도 지수는 순환기 영역에서 대단히 중요한 위치를 점하고 있다^{1~4)}.

특히 좌심후벽의 운동파형은 좌심실용적곡선을

뒤집어놓은 것과 유사하고⁵⁾ 심초음파로 측정된 좌심후벽의 변화속도가 심실기능의 지표로서 대단히 유용하다는 주장이 많으나^{6~9)} 실제 좌심후벽의 속도는 심혈관조영술로 산출한 구혈율이나 Vcf(circumferential fiber shortening)와의 상관관계가 좋지않은 것으로 보고되었다^{10~12)}.

그러나 최근 컴퓨터시스템의 발전으로 지속적으로 좌심실내경의 변화를 정확히 추적하게 되었

*본 논문의 요지는 제40차 대한 내과학회 석상에서 발표하였음.

*본 논문은 1989년도 교내 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Table 1. Clinical characteristics of subjects

	DIL. CMP	Normal	P-value
Number	15	25	
Male : female	9 : 6	16 : 9	
Age	52.9± 8.8	49.6± 12.3	P>0.05
Systolic BP(mmHg)	109± 12	123± 19	P<0.05
Diastolic BP(mmHg)	75± 9	77± 14	P>0.05
Heart rate(/min)	81± 24	69± 11	P<0.05
Ejection fraction(%)	38± 10	73± 7	P<0.05

*expressed as the mean± standard deviation

*DIL. CMP : dilated cardiomyopathy

으며 이를 통해서 좌심심내경의 순간변화율과 그 당시 단위길이(Dimension)에 대한 변화율 즉 normalized velocity를 측정하여 좌심실의 수축기 및 확장기 기능을 함께 관찰할 수 있게 되었다. 이에 저자들은 확장형심근증 환자 및 정상인들을 대상으로 고기능 디지털타이저를 이용해서 좌심심내경의 순간변화율과 그 normalized velocity를 분석하여 소기의 성적을 얻었기에 보고하는 바이다.

대상 및 방법

대상환자는 중앙대학교부속병원에 입원했던 확장형심근증 환자 15명 및 정상 성인 25명을 대상으로 하였다. 나이는 환자군이 평균 53세, 대조군이 평균 50세 였으며 혈압은 환자군에서 다소 수축기 혈압이 낮게 기록되었으나 두군 모두 정상범주였고 구혈율은 환자군에서 역시 심히 감소되어

있었다(표 1).

방법은 환자를 좌측와위로 하여 실시 이차원 심초음파 영상을 보면서(Ultramark 6, ATL사제) 승모판막을 막 벗어나는 수준에서 M-mode주사선이 심실중격과 좌심후벽에 수직으로 되는 영상을 선택하여 100mm/sec로 기록한 후 디지털타이저 과정을 시행하였다. 본연구에서 사용한 디지털타이저(GTCO사제)는 펜의 움직임을 0.1mm까지 추적 측정할 수 있으며 이것을 RS232C interface를 통해 personal computer로 입력이 된다. 우선 시간과 길이에 대한 calibration 정보를 집어넣고 심전도 Q파에서부터 다음 Q파까지 심실중격의 후면을 따라서 디지털타이저를 하고나서 같은 방식으로 좌심후벽의 심내막을 따라서 입력하면 결국 좌심실 내경을 심장의 한 주기당 총 256개의 신호로 변환하고 이를 분석프로그램에 의해서 순간변화율(dD/dT) 및 dD/dT/D를 산출하게 된다. 그리고 측정치는 4~5개의 심박동을 평균해서 구했다.

측정 및 관찰된 성적은 평균과 표준 편차로 표시하였으며 검정은 student's t test에 의하여 P value<0.05 이면 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

정상인에서 좌심실 내경의 변화를 확장기말에서부터의 시간과 함께 표시한 곡선이 그림1에 나타나 있으며 시간에 대한 일차미분치 즉 순간 변

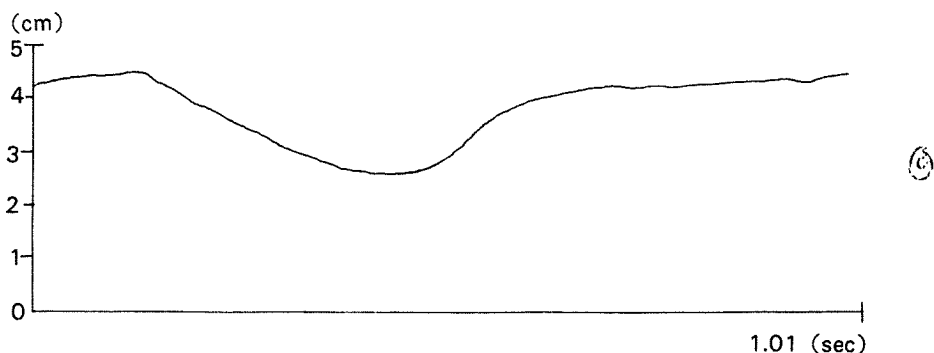


Fig. 1. Left ventricular dimension in a normal subject.

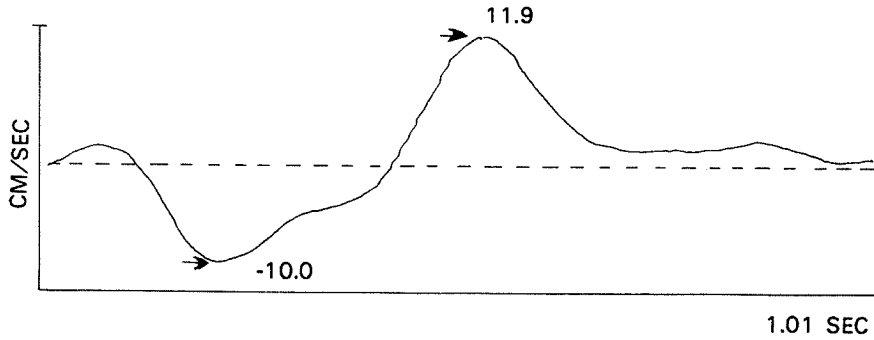


Fig. 2. Rate of change of dimension(dD/dt) in a normal subject.

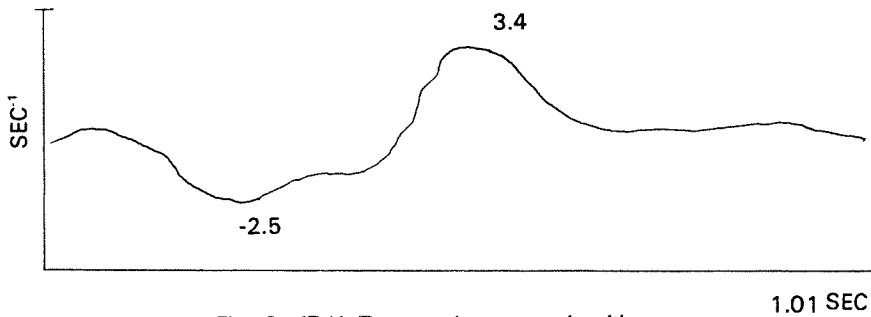


Fig. 3. dD/dt/D curve in a normal subject.

화율(dD/dT)를 산출한 결과 수축기 동안에 점차 내경이 줄어들면서 Peak negative dD/dT에 도달하고 이후 승모판막이 열리고 약 100msec 이내에 급속충만이 이루어지면서 심실내경의 순간증가율 및 그 normalized velocity가 최대에 도달하였다(그림 2, 3).

본 연구에서 대상으로한 확장형심근증 환자의 평균 Peak negative dD/dT와 Peak positive dD/dT는 $58 \pm 22 \text{ mm/sec}$ 및 $56 \pm 18 \text{ mm/sec}$ 로서 정상인의 $106 \pm 19 \text{ mm/sec}$ 및 $122 \pm 21 \text{ mm/sec}$ 보다 약 반 정도로 유의하게 감소되어 있었으며($P < 0.005$) 그 normalized velocity인 Peak negative dD/dT/D와 Peak positive dD/dT/D 역시 환자군에서는 $1.1 \pm 0.4 / \text{sec}$ 및 $1.0 \pm 0.3 / \text{sec}$ 였는데 정상대조군이 $3.1 \pm 0.6 / \text{sec}$ 및 $3.3 \pm 0.9 / \text{sec}$ 로서 환자군이 정상대조군에 비해서 약 1/3정도로 유의하게 감소해있음을 알수 있었다($P < 0.005$)(표 2).

실제로 그림4와 그림5를 비교해보면 일목요연하게 환자의 좌심기능이 수축기와 확장기 모두

Table 2. Digitized echocardiographic data

	DIL. CMP	Normal	P-value
Ejection variables			
Peak(-)dD/dT(mm/sec)	58 ± 22	106 ± 19	$P < 0.005$
Peak(-)dD/dT/D(/sec)	1.1 ± 0.4	3.1 ± 0.6	$P < 0.005$
Filling variables			
Peak(+)dD/dT(mm/sec)	56 ± 18	122 ± 21	$P < 0.005$
Peak(+)dD/dT/D(/sec)	1.0 ± 0.3	3.3 ± 0.9	$P < 0.005$

DIL. CMP : dilated cardiomyopathy

심하게 감소되어 있음을 알수 있으며 그림6의 환자는 NYHA기능분류상 4등급에 있으면서 계속적으로 심부전이 악화되어 결국 사망했던 환자로서 좌심기능을 디지털화한 결과 Peak negative dD/dT는 2.2 cm/sec 였으며 Peak negative dD/dT/D는 단지 $0.36 / \text{sec}$ 에 불과하였다. 그리고 치료에 대한 효과판정으로서의 임상적 이용 가능성을 평가하기 위하여 Nitroprusside치료를 받은 한 환자가 심부전 증상의 호전과 함께 치료전 Peak negative dD

/dT가 4.4cm/sec에서 치료후 5.7cm/sec로, 그리고 Peak negative dD/dT/D가 0.79/sec에서 0.97/sec로 향상된 것을 증명할 수가 있었다(그림 7).

고 안

최근 좌심실 기능을 평가하는데 있어서 많은 우수한 비관혈적 방법들이 제시되고 있지만 심장

환자의 해부학적 구조 뿐만 아니라 병태생리학적 특성을 진단·평가하는데 있어서 심초음파도의 비중은 계속 커지고 있다. 특히 컴퓨터 시스템의 발전으로 심실중격이나 좌심후벽의 운동변화를 지속적으로 추적함으로써 좌심실내경의 변화를 비관혈적으로 정확하게 평가할 수 있게 되었고 벽운동의 속도라든지 그 미분치를 임상에 응용할 수 있으며 이러한 지수들은 수축기뿐만 아니라

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| • MAX DD/DT=11.9377327 | • MAX DD/DT/DT=3.41069616 |
| AT=.52968607(SEC) | AT=.51764775(SEC) |
| • MIN DD/DT=-10.0345207 | • MIN DD/DT/DT=-2.51630068 |
| AT=.212676983(SEC) | AT=.228728076(SEC) |

DIMENSION CURVE

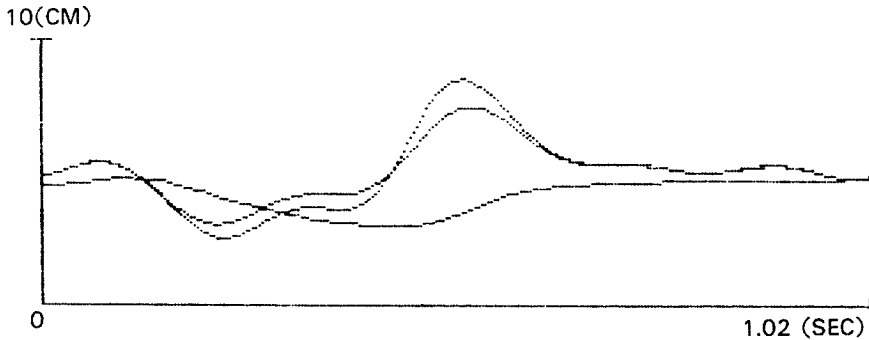


Fig. 4. Digitized echocardiogram of a normal subject.

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| • MAX DD/DT=4.29892033 | • MAX DD/DT/D=.855788066 |
| AT=.643207282(SEC) | AT=.635504201(SEC) |
| • MIN DD/DT=-4.08258773 | • MIN DD/DT/DT=-.81700775 |
| AT=.50455182(SEC) | AT=.50455182(SEC) |

DIMENSION CURVE

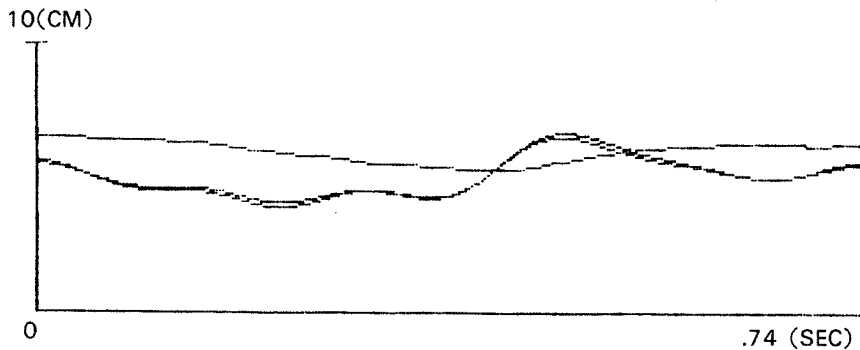


Fig. 5. Digitized echocardiogram of a patient.

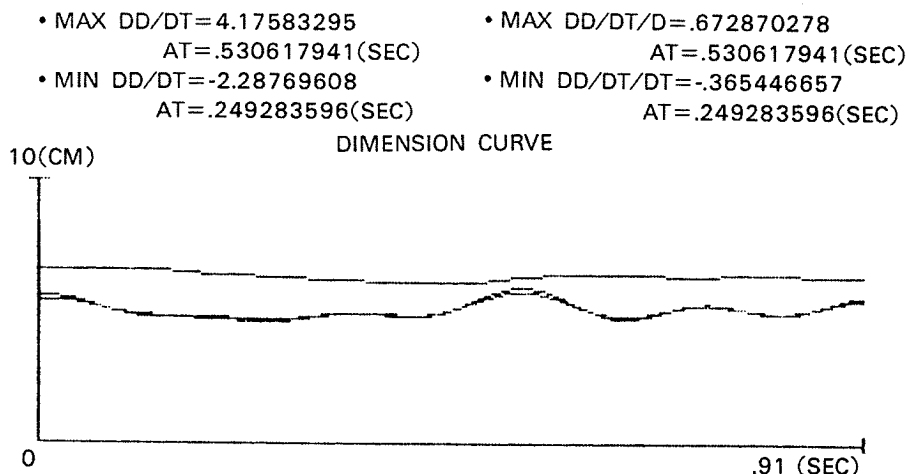


Fig. 6. Digitized echocardiogram of a dead patient.

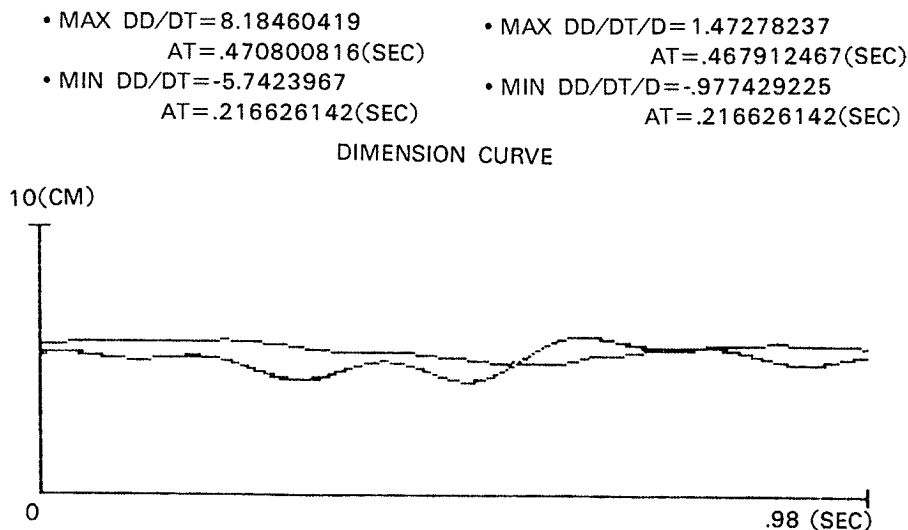


Fig. 7. Digitized echocardiogram of a patient during nitroprusside therapy.

확장기에도 적용할 수가 있어 우수한 심실기능 평가 방법의 하나로 인정되어 판막환자^{13,14)}, 관상동맥질환^{15,16)}, 당뇨병 환자^{17,18)} 및 기타 좌심실 기능 평가에 대한 보고가 있었다^{19~21)}.

비록 심초음파로 측정된 좌심내경이 전체 심실 내강을 대표하는 것은 아니지만 부피가 좌심단경의 세제곱에 유사하고 심혈관조영술로 측정된 심실단경과 상관관계가 좋다는 것은 이미 증명되어 있다^{2~4)}. Upton과 Gibson²²⁾에 의하면 정상인에서

확장기말 즉 심전도 Q파에서부터 좌심내경의 변화를 추적해보면 등용적수축기에 심실내강의 모양전환이 다소 일어나면서 승모판막이 닫힌 이후에 평균 1.7mm정도의 좌심내경의 증가가 나타나고 구혈기에 좌심내경이 감소하면서 최고 감소율이 $9.6 \pm 1.4 \text{ cm/sec}$, 단위길이당 최고감소율 즉 normalized velocity가 $2.3 \pm 0.4/\text{sec}$ 에 이르렀다가 승모판막이 열리는 시점에서 가장 짧은 좌심내경이 되며 곧 확장기로 들어간다. 확장기 초기에는 좌심내

경의 증가가 급속히 일어나 대개 승모판막이 열리고 나서 평균 45msec 이내에 최고증가율의 약 20%에 도달하여 이 시기가 급속충만기에 해당되고 확장기 중기에는 특히 심박수가 느릴 때는 좌심내경의 변화가 거의 없으며 단지 좌심방수축 시기에 약 1~2mm 정도의 심실내경증가가 기록될 수 있다. 즉 정상인에서 수축기가 시작되면 등용적 수축기를 지나 좌심용적과 그 내경이 동시에 줄어들면서 각각의 최고변화율 시기가 일치하지 않는 확장기의 경우는 좌심용적과 내경 사이에 다소 차이가 나타나는데 그것은 좌심내경의 최고 증가율이 용적의 최고 증가율에 이를때보다 40~60 msec 먼저 일어나 급속충만기에 심실이 점차 구형으로 모양전환하는데 소요되는 시간으로 생각된다.

본 연구에서 측정된 정상인에서의 수축기 지수로서 Peak negative dD/dT는 10.6 ± 1.9 cm/sec, Peak negative dD/dT/D는 3.1 ± 0.6 /sec였으며 확장기 지수로서 Peak positive dD/dT는 12.2 ± 2.1 cm/sec, Peak positive dD/dT/D는 3.3 ± 0.9 /sec로서 Gibson¹⁴⁾, Shimizu²⁰⁾, Lawson¹⁵⁾, 정²³⁾ 등의 성적과 유사하였으며 Shapiro¹⁷⁾, 장¹⁸⁾의 성적보다는 Peak positive dD/dT가 다소 낮게 나왔다. 이는 각 연구에서 사용한 디지털타이저가 다르고 분석프로그램간의 차이에 기인한 것으로 생각되는데 본 연구에서 사용한 디지털타이저는 대단히 고성능으로서 펜의 움직임을 0.1mm까지 측정이 되며, 즉 1cm 거리에 약 100개 이상의 좌표가 입력이 되고 심장한 주기당 256개의 좌심내경을 분석가능하게 프로그램했기 때문에 그 미분치인 순간 변화율과 normalized velocity가 비교적 정확하다고 생각된다.

본 연구의 대상이 되었던 확장형심근증 환자들의 Peak dD/dT는 정상대조군에 비해서 거의 1/2로 감소해있었으며 Peak dD/dT/D는 약 1/3로 감소해있었다. 물론 확장형심근증 환자의 경우 대개 이차적인 승모판막이나 삼첨판막 폐쇄부전증이 동반되는데 본 연구에서는 3등급이나 4등급의 삼첨판막 폐쇄부전증이 있는 환자는 모두 제외하였기 때문에 삼첨판막 폐쇄부전이 심실중격 운동에 미친 영향은 적을 것으로 간주되며, 입원해서 치료 도중에 계속적인 심부전의 악화로 사망했던 환자

의 Peak negative dD/dT는 2.2cm/sec, Peak negative dD/dT/D는 0.6/sec에 불과하였고 반면에 Nitroprusside 치료후 호전된 환자의 Peak negative dD/dT는 치료전 4.4cm/sec에서 치료후 5.7cm/sec, Peak negative dD/dT/D는 치료전 0.7/sec에서 치료후 0.9/sec로 호전되었다. 이처럼 Digitized 심초음파도를 이용한 좌심실기능 평가는 심부전 환자의 치료에 대한 임상적 판단과 함께 추적지수로써도 아주 유용할 것으로 생각된다. 나아가서 좌심단경의 지속적 기록과 함께 벽두께와 좌심압력이 같이 입력되면 원주 및 세로 방향의 wall stress를 산출해낼수 있고^{24, 25)}, 좌심실의 압력-길이 환도 가능하다²⁶⁾.

이미 동물 실험에서 심초음파를 이용한 좌심내경변화와 압력을 함께 기록한 보고들이 있지만^{27~29)} 정상적인 압력-길이 환은 거의 정방향으로 나타난다³⁰⁾. 즉 구혈기와 충만기에는 압력의 변화가 크지 않으며 등용적수축기나 등용적이완기에는 길이의 변화가 별로 없다. 물론 이 환속의 면적은 순환기에 가해진 기계적 일의 양을 나타내는 것이다.

그러나 digitized 심초음파도의 한계점으로서 심실의 크기가 클수록, 일정용적의 변화가 좌심내경의 적은 변화에 의해서 이루어지며 또한 좌심모양도 확장기말에 보다 구형으로 되기 때문에 좌심내경의 변화로써 용적변화를 대체할 수 없다는 점이 있으며 또한 국소 벽운동 장애가 있는 경우는 좌심평가가 지수로 사용하기엔 어려운 한계점이 있다.²²⁾

결 론

Digitized 심초음파도를 이용하여 확장형심근증 환자에서 수축기 및 확장기 기능을 평가한 결과 Peak positive dD/dT 및 Peak negative dD/dT는 정상인보다 약 반으로 떨어져 있었고 단위길이당 최고변화율 즉 normalized velocity 인 Peak positive dD/dT/D 및 Peak negative dD/dT/D는 거의 1/3로 감소해 있었다.

그리고 좌심내경 순간변화율의 normalized velocity는 좌심실의 수축력뿐만 아니라 순간 좌심내

강의 크기도 함께 반영하기 때문에 좌심실 질환을 진단하는데 아주 유용할 것으로 사료되며 이러한 digitized 심초음파도의 응용은 각종 심질환의 치료에 대한 반응을 평가하는데 있어서도 하나의 좋은 객관적 지표가 될수 있다고 생각한다.

References

- 1) Feigenbaum H, Wolfe SB and Popp RL : *Correlation of ultrasound with angiography in measuring left ventricular diastolic volume. Am J Cardiol* 23 : 121, 1969
- 2) Pombo JF, Troy BL and Russel RO : *Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation* 43 : 480, 1971
- 3) Fortuni NJ, Hood WP and Sherman ME : *Determination of left ventricular volumes by ultrasound. Circulation* 44 : 575, 1971
- 4) Gibson DJ : *Estimation of left ventricular size by echocardiography. Br Heart J* 35 : 128, 1973
- 5) McDonald IG, Feigenbaum H and Chang S : *Analysis of left ventricular wall motion by reflected ultrasound. Circulation* 46 : 14, 1972
- 6) Kraunz RF and Kennedy JW : *Ultrasonic determination of left ventricular wall motion in normal man. Am J Cardiol* 27 : 464, 1970
- 7) Carson P and Kanter L : *Left ventricular wall movement in heart failure. Br Med J* 4 : 77, 1971
- 8) Wharton CG, Smithen CS and Sowton E : *Changes in left ventricular movement after myocardial infarction, measured by reflected ultrasound. Br Med J* 4 : 75, 1971
- 9) Fogelman AM, Abbasi AS and Pearce ML : *Echocardiographic study of abnormal motion of the posterior left ventricular wall during angina pectoris. Circulation* 46 : 905, 1972
- 10) Cooper RH, O'Rourke RA and Karliner JS : *Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of the mean rate of circumferential fiber shortening in man. Circulation* 46 : 914, 1972
- 11) Quinones MA, Gaasch EH and Alexander Jr : *Echocardiographic assessment of left ventricular function with special reference to normalized velocities. Circulation* 50 : 42, 1974
- 12) Ludbrook P, Kandiner JS and London A : *Posterior wall velocity : An unreliable index of total left ventricular performance in patients with coronary artery disease. Am J Cardiol* 33 : 475, 1974
- 13) Gibson DG and Brown D : *Measurement of instantaneous left ventricular dimension and filling rate in man, using echocardiography. Br Heart J* 35 : 1141, 1973
- 14) Gibson DG and Brown D : *Measurement of peak rates of left ventricular wall movement in man. Br Heart J* 37 : 677, 1975
- 15) Lawson WE, Brown EJ, Swinford RD, Procter C and Cohn PF : *A new use for M-mode echocardiography in detecting left ventricular diastolic dysfunction in coronary artery disease. Am J Cardiol* 58 : 210, 1986
- 16) Upton MT, Gibson DJ and Brown D : *Echocardiographic assessment of abnormal left ventricular relaxation in man. Br Heart J* 38 : 1001, 1976
- 17) Shapiro LM : *Echocardiographic features of impaired ventricular function in diabetes mellitus. Br Heart J* 47 : 439, 1982
- 18) 장경식 · 홍순표 · 조건국 : 당뇨병 환자에서 Digitized 심초음파도를 이용한 좌심실 기능 평가에 관한 연구. 순환기 18 : 93, 1988
- 19) Gibson DG and Brown DJ : *Relation between diastolic left ventricular wall stress and strain in man. Br Heart J* 36 : 1066, 1974
- 20) Shimizu G, Conrad CH and Gaasch WH : *Phase-plane analysis of left ventricular chamber filling and midwall fiber lengthening in patients with left ventricular hypertrophy. Circulation* 75 : I-34, 1987
- 21) Shimizu G, Zile MR, Blaunstein AS and Gaasch WH : *Left ventricular chamber filling and midwall fiber lengthening in patients with left ventricular hypertrophy : overestimation of fiber velocities by conventional midwall measurements. Circulation* 71 : 266, 1985
- 22) Upton MT and Gibson DG : *The study of left ventricular function from digitized echocardiograms. Prog Cardiovasc Dis* 20 : 359, 1978
- 23) 정명호 · 신순철 · 양승진 · 박상진 · 김승관 · 조정관 · 박종춘 · 강정해 · 박옥규 : 좌심실 비대가 없는 경증 및 중등도 고혈압환자에 좌심실 이완기 기능에 관한 연구. 순환기 17 : 627, 1987

- 24) Sandler H and Dodge HT : *Left ventricular tension and stress in man. Circ Res* 13 : 91, 1963
- 25) Falsetti HL, Mates RE and Grant C : *Left ventricular wall stress calculated from one frame angiography. Circ Res* 26 : 71, 1971
- 26) McLaurin LP, Grossman W and Stefadouros MA : *A new technique for the study of left ventricular pressure-volume relations in man. Circulation* 48 : 56, 1973
- 27) Rushmer RE : *Pressure-circumference relations of the left ventricle. Am J Physiol* 186 : 115, 1956
- 28) Tyberg JV, Forrester JS and Wyatt HL : *An analysis of segmental ischemic dysfunction utilizing the pressure-length loop. Circulation* 49 : 748, 1974
- 29) Horwitz and Bishop VS : *Left ventricular pressure-dimension relationships in the conscious dog. Cardiovasc Res* 6 : 163, 1972
- 30) Gibson DG and Brown DJ : *Assessment of left ventricular systolic function in man from simultaneous echocardiographic and pressure measurements. Br Heart J* 38 : 8, 1976