

전부하 감소가 좌심실 이완기능을 평가하는 새로운 지표($T_{E'-E}$)에 미치는 영향

아주대학교 의과대학 아주대학교병원 순환기내과학교실,¹ 신장내과학교실²

유상용¹ · 최은아¹ · 안성균¹ · 최정현¹ · 우성일¹ · 최소연¹
윤명호¹ · 황교승¹ · 탁승제¹ · 김홍수² · 신규태² · 신준환¹

The Effect of Preload Reduction on a New Parameter to Evaluate Left Ventricular Diastolic Function

Sang-Yong Yoo, MD¹, Eun-Ah Choi, RN¹, Sung-Gyun Ahn, MD¹, Jung-Hyun Choi, MD¹,
Seong-Ill Woo, MD¹, So-Yeon Choi, MD¹, Myeong-Ho Yoon, MD¹, Gyo-Seung Hwang, MD¹,
Seung-Jea Tahk, MD¹, Heungsoo Kim, MD², Gyu-Tae Shin, MD² and Joon-Han Shin, MD¹

¹Department of Cardiology and ²Nephrology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : The time interval between the onset of the mitral inflow and the mitral annulus velocity ($T_{E'-E}$) has been proposed as a new index for representing the left ventricular (LV) relaxation and this is related to the LV filling pressure. This index has been reported to be a preload independent parameter in an experimental canine model. However, the impact of the preload on this index has not been studied in humans. **Subjects and Methods :** Forty-five patients (29 men, mean age: 51 ± 14 years old) who had end-stage renal disease underwent echocardiography immediately before and after hemodialysis (HD). The two-dimensional and Doppler parameters were measured, including the peak early (E) and late (A) transmitral inflow velocity. The mitral annulus velocity (E') at the septal, lateral, anterior and inferior corners of the mitral annulus, as accessed by Doppler tissue imaging (DTI), and the flow propagation velocity (Vp), as accessed by color M-mode, were also measured. The time intervals between the peak of the R wave and the onset of the mitral E velocity and also between the peak R wave and the onset of E' at the four corners of the mitral annulus were measured. **Results :** The mean ejection fraction was $62 \pm 16\%$. The average weight reduction by the HD was 2.9 ± 1.1 kg. The dimensions of the LV end-diastole, left atrium and inferior vena cava were significantly reduced. After the HD, the peak E, A and E/A ratio, the average peak E' and the Vp were significantly decreased. The $T_{E'-E}$ did not change significantly after the HD regardless of the LV systolic function. **Conclusion :** A new parameter for the diastolic function, i.e., the time interval between the onset of mitral inflow and the mitral annulus velocity, appears to be preload-independent in the patients with a normal or decreased LV systolic function. (Korean Circulation J 2005;35:827-833)

KEY WORDS : Doppler echocardiography ; Diastole ; Preload, renal failure.

서 론

좌심실의 이완기능을 평가하는데 대표적으로 이용되고 있

는 간헐과 도플러를 이용한 경승모판 혈류는 그 파형의 유형에 따라 정상(normal), 이완장애(relaxation abnormality pattern), 위정상(pseudonormalized pattern), 제한형(res-

논문접수일 : 2005년 6월 7일

수정논문접수일 : 2005년 8월 30일

심사완료일 : 2005년 9월 22일

교신저자 : 신준환, 443-721 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지 아주대학교 의과대학 아주대학교병원 순환기내과학교실

전화 : (031) 219-5712 · 전송 : (031) 219-5708 · E-mail : shinjh@ajou.ac.kr

trictive pattern) 등으로 구분하고 있으나 정상과 위정상의 혈류파형이 유사하여 구분이 쉽지 않고,¹²⁾ 연령, 심박수, 좌심실 압력, 심낭압, 좌심실 경직도, 좌심실 이완속도, 부하조건 등의 영향을 받기 때문에 그 사용에 제한이 있으며,³⁴⁾ 심방세동이나 동성 빈맥시에도 정확한 측정이 어렵다는 문제점들이 있다.^{5,6)} 이런 제한점들을 극복하기 위해 승모판륜의 운동속도, 초기 이완기 혈류 전파속도 등이 소개되어 좌심실의 relaxation 및 충만압(filling pressure)을 예측하는 데 매우 유용한 지표로 소개되어 현재 널리 이용되고 있다.⁶⁻¹⁵⁾ 이 지표들은 비교적 전부하에 영향을 덜 받는 지표들이기는 하나 승모판륜의 심근속도의 경우 정상적인 좌심실의 이완 상태(normal lusitropic condition)에서는 전부하에 영향을 받을 수 있다고 알려져 있고,¹²⁾ 색채 M형 심초음파를 이용한 초기 이완기 혈류 전파속도는 좌심실의 relaxation 보다 좌심실 수축기능에 보다 더 의존적이어서 좌심실 이완기능 장애가 있어도 좌심실 박출률이 정상인 경우에 Vp 값이 과대평가 될 수도 있으며,^{16,17)} 폐동맥모세혈관 폐기압이 높은 경우에는 전부하에 영향을 받을 수 있다고 하였다.^{18,19)} 특히 전 등²⁰⁾은 만성신부전에서 혈액투석으로 전부하를 감소시켰을 때 좌심실 이완기능의 심초음파 지표는 변하므로 심초음파로서 좌심실기능을 평가할 때 전부하상태를 고려해야 한다고 보고하였다. 따라서 심한 전부하의 변화가 기존의 도플러 심초음파도에 비해 현저히 약하지만 이들 이완기 지표들에 영향을 줄 수 있다고 하였고,²¹⁾ 측정 방법에 따른 재현성(reproducibility)¹⁹⁾ 등의 문제점이 있다.

Garcia 등¹³⁾은 제한성 심근병증 환자의 이완기능 평가에 관한 연구에서 정상인의 경우에는 초기 이완기 경승모판 혈류속도와 초기 이완기 승모판륜 운동속도가 거의 동시에 시작하는 반면에 제한성 심근병증 환자에서는 승모판륜의 운동속도의 파형이 경승모판 혈류속도 파형보다 늦게 시작됨을 관찰하였다. 따라서 경승모판 혈류 중 초기 이완기 경승모판 혈류속도 파형의 시작과 초기 이완기 승모판륜 운동속도 파형의 시작은 좌심실 이완기 장애 정도에 따라 서로 시간적 차이가 있을 것임을 시사하였다. Rivas-Gotz 등²²⁾은 동물 실험을 통해 초기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak early diastolic transmitral inflow velocity, E) 파형의 시작부터 초기 이완기 승모판륜 최대 운동속도(peak early diastolic mitral annular velocity, E') 파형의 시작까지의 시간간격($T_{E'-E}$)이 좌심실의 이완기능을 평가하는데 있어서 유용하였음을 증명하였고, 이 새로운 지표는 좌심실 수축기능이나 전부하의 정도에 비교적 영향을 덜 받는다고 하였다. 그러나 현재까지는 이에 대한 연구가 미비하고, 사람을 대상으로 전부하의 변화가 $T_{E'-E}$ 에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 부족하다. 이에 저자들은 만성 신부전 환자를 대상으로 혈액투석에 의한 급격한 전부하 감소가 $T_{E'-E}$ 에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

대 상

본 연구는 아주대학교병원 인공신장실에서 유지 투석을 받고 있고 본 임상 연구에 동의한 만성 신부전증 환자를 대상으로 하였다. 동율동이 아닌 경우, 중등도 이상의 심낭 삼출액, 중등도 이상의 판막질환을 가진 환자 및 심초음파 검사에서 여러가지 문제로 각종 지표를 측정하기 어려운 환자는 연구대상에서 제외하여 총 45명을 연구 대상으로 하였다.

심초음파 검사

대상환자는 혈액투석 30분 전에 체중과 양와위에서 5분 이상 안정을 취한 후에 한 대의 동일한 전자혈압계를 이용하여 수축기 혈압, 확장기 혈압, 맥박수 측정을 하였고 심초음파 검사를 실시하였다. 심초음파 기기는 상용화되어 널리 사용되는 심초음파(Sequoia C256, Siemens, California, USA)의 2.5 MHz 탐촉자를 이용하였다.

M형 및 이면성 심초음파도 검사의 분석

좌측 흉골연 단축도(parasternal short-axis view)에서 미국 심초음파 학회가 제시한 방법²³⁾으로 이면성 심초음파의 유도하에 M형 심초음파도로 좌심실의 확장기말 직경(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)과 수축기말 직경(left ventricular end-systolic dimension, LVESD)을 측정하였고, 확장기말 좌심실 중격두께(end-diastolic interventricular septal thickness, IVSTd)와 후벽두께(end-diastolic posterior wall thickness, PWTd)를 측정하였다. 좌심방의 크기는 좌측 흉골단축 M형 심초음파도의 대동맥관 위치에서 말기 수축기에 대동맥의 후벽과 좌심방의 후벽의 길이 중 최장 길이로 측정하였다. 하대정맥의 직경은 호기 말에 늑골밑도(subcostal view)에서 심전도의 P파가 시작되는 시기에 우심방에서 1~2 cm 떨어진 부위의 하대정맥의 직경을 M-mode에서 측정하였다.

Modified Simpson's method를 이용하여 심첨도(apical view)에서 좌심실 이완기말 용적(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV), 수축기말 용적(left ventricular end-systolic volume, LVESV) 및 좌심실 박출률(left ventricular ejection fraction, LVEF)을 구하였다.

간헐파형 도플러 심초음파 검사의 분석

경승모판 유입혈류파형은 심첨 4방도(apical 4-chamber view)에서 간헐파형 도플러를 이용하여 sampling volume (크기: 2 mm)을 승모판첨부의 승모판구 중앙부에 위치시키고 초음파의 방향과 혈류의 방향이 평행이 되도록 한 후 100 mm/sec의 속도로 기록하였다. 경승모판 유입혈류의 파형으로부터 E와 후기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak late diastolic transmitral inflow velocity, A)를 측정하였

고 이들의 비(E/A ratio)를 구하였으며 조기 이완기 최대 혈류의 감속시간(deceleration time, DT)을 구하였다. 좌심실 등용적 이완기간(isovolumic relaxation time, IVRT)은 sampling volume(크기: 4 mm)을 승모판 침부의 승모판구 중앙부에 위치시키고 sampling volume의 위치를 좌심실 유출로 쪽으로 조금씩 이동하면서 유출로의 혈류와 경승모판 혈류가 동시에 나타나는 위치에 고정 시킨 후 100 mm/sec의 속도로 기록하여 좌심실 유출로의 혈류 파형의 끝에서부터 경승모판 혈류 파형의 시작까지의 시간 간격을 측정하였다.

도플러 조직 영상(Doppler tissue imaging, DTI)의 분석

동일한 심초음파 기기에서 DTI기능을 작동시켜 심첨 4방도와 심첨 2방도에서 간헐파형 도플러로 sampling volume(크기 3 mm)을 승모판의 내륜(septal annulus), 외륜(lateral annulus), 전륜(anterior annulus), 후륜(inferior annulus)에 위치시킨 후 각각 E' 파형과 후기 이완기 승모판륜의 최대 운동속도(peak late diastolic mitral annular velocity, A') 등을 100 mm/sec의 속도로 기록하고 측정하였다.

색채 M형 초음파(Color M-mode Doppler, CMM)의 분석

심첨 4방도에서 색채 도플러를 이용하여 승모판 입구에서 좌심실 침부까지 좌심실 유입혈류의 방향과 일치되게 M형의 커서(cursor)를 좌심실 유입혈류의 가운데에 위치시키면서 침부를 연결하는 일직선에 일치시킨다. Nyquist limit는 초당 45~55 cm로 조절하여 색채 M형 도플러 심초음파도를 display하면 좌심방으로부터 좌심실로 유입되는 혈류를 확인할 수 있다. 이때 색채 혈류 지도(color flow map)가 가장 길게 될 수 있도록 cursor를 약간씩 조절한다. 색채 혈류 지도의 첫 aliasing을 확인한 후 그 경사도를 승모판 입구에서 좌심실 내강으로 4 cm 위치까지 연결하여 구한다. 이때 구하는 경사도를 초기 이완기 혈류 전파속도(early flow propagation velocity, Vp)로 정의하였다.

새로운 지표인 $T_{E'-E}$ 의 분석

DTI기능을 작동시켜 승모판 내륜, 외륜, 전륜, 후륜에서 심전도 R파의 최고점으로부터 조기 이완기 승모판륜 간헐도플러 파형의 시작까지의 시간을 각각 네 군데에서 측정하고, 심전도 R파의 최고점으로부터 조기 이완기 경승모판 혈류의 시작점까지의 시간을 측정하여, 각각 네 군데에서 이들의 차이($T_{E'-E}$)를 계산하고 평균값을 구하였다. 심박수로 보정한 값(corrected $T_{E'-E}$)은 $\sqrt{R-R}$ 간격으로 나누어 구하였다(Fig. 1).

통 계

통계분석은 SPSS(version 11.0 for Windows) 통계 프로그램을 이용하였다. 모든 자료는 평균값±표준편차로 표시하였으며 혈액투석 전 후의 측정치의 비교는 paired t-test

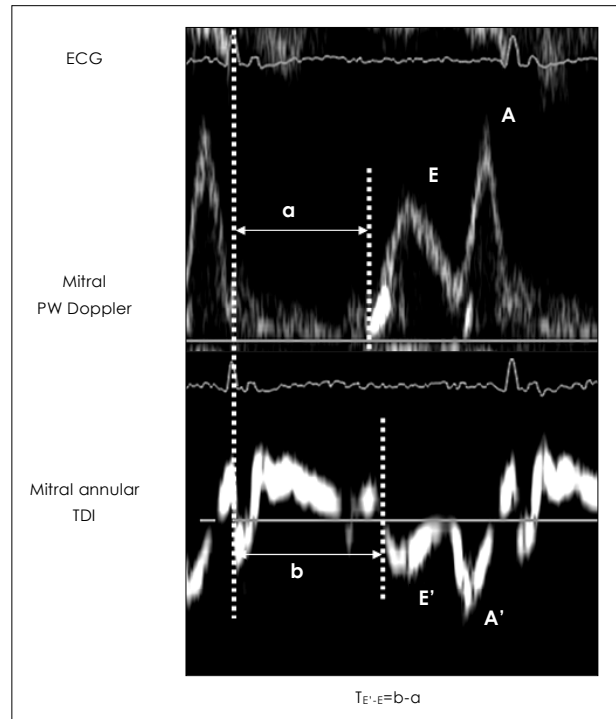


Fig. 1. Schema for measurements of $T_{E'-E}$. $T_{E'-E}$ is defined as $b-a$, where a is the interval between peak of R wave and onset of mitral E velocity, and b is the interval between peak R wave and onset of E' of mitral annulus. E: early diastolic transmitral inflow velocity, A: late diastolic transmitral inflow velocity, E': early diastolic mitral annular velocity, A': late diastolic mitral annular velocity, $T_{E'-E}$: time interval between onset of mitral inflow and onset of early diastolic velocity by tissue Doppler, ECG: electrocardiography, PW: pulsed wave, TDI: tissue Doppler imaging.

를 이용하여 분석하였다.

관찰자내(intraobserver) 및 관찰자간(interobserver)의 변이계수는 45명의 환자 중 무작위로 뽑은 10명을 대상으로 Bland-Altman²⁴⁾ method를 이용하여 구하였고 선형회귀분석(linear regression analysis)을 이용하여 상관계수(correlation coefficient)를 구하였다. P값이 0.05미만을 통계적 유의수준으로 하였다.

결 과

대상환자는 총 45명으로 평균연령은 51 ± 14 세(남자 29명)였고 16세에서 80세까지 분포하였다. 대상환자들이 만성 신부전을 진단 받고 혈액투석을 시작한 기간은 평균 72 ± 50 개월이었고 하루 평균 투석시간은 3.9 ± 0.3 시간 이었다.

혈액투석 전·후의 체중 및 혈액학 변화는 Table 1과 같다.

심초음파 검사

M형 심초음파 검사 및 박출률

혈액투석 후 이완기말 좌심실의 직경, 이완기말 좌심실 용적, 수축기말 좌심실 용적, 및 좌심방의 크기는 혈액투석

Table 1. Changes of body weight and hemodynamics before and after hemodialysis

	Before-HD	After-HD	p
BW (kg)	63.1 ± 12.5	60.2 ± 12.0	<0.001
BP (mmHg)			
Systolic	161.4 ± 17.4	156.1 ± 23.1	NS
Diastolic	86.2 ± 13.2	83.9 ± 14.6	NS
HR (bpm)	77.1 ± 15.2	83.9 ± 21.4	0.016
IVC (mm)	20 ± 5	15 ± 5	<0.001

BP: blood pressure, BW: body weight, HD: hemodialysis, HR: heart rate, IVC: inferior vena cava

Table 2. Changes of two-dimensional, M-mode variables and ejection fraction before and after hemodialysis

	Before-HD	After-HD	p
IVSTd (mm)	13 ± 2	13 ± 2	NS
LVEDD (mm)	56 ± 6	53 ± 7	<0.001
LVEDV (mL)	131 ± 47	116 ± 50	<0.001
LVESV (mL)	57 ± 40	49 ± 27	0.028
LA (mm)	46 ± 7	43 ± 8	0.002
LV EF (%)	62 ± 16	63 ± 16	NS

EF: ejection fraction, HD: hemodialysis, IVSTd: end-diastolic inter-ventricular septal thickness, LA: left atrium, LVEDD: left ventricular end-diastolic dimension, LVEDV: left ventricular end-diastolic volume, LVESV: left ventricular end-systolic volume, LV: left ventricular

Table 3. Changes of Doppler-derived transmitral inflow parameters before and after hemodialysis

	Before-HD	After-HD	p
E (cm/s)	99 ± 33	71 ± 26	<0.001
A (cm/s)	94 ± 25	85 ± 29	0.001
E/A ratio	1.1 ± 0.6	1.0 ± 0.8	0.041
DT (ms)	215 ± 90	262 ± 183	0.044
IVRT (ms)	101 ± 35	122 ± 45	0.001

A: peak late diastolic mitral inflow velocity, DT: early diastolic deceleration time, E: peak early diastolic mitral inflow velocity, HD: hemodialysis, IVRT: isovolumic relaxation time

전에 비해 유의하게 감소하였으며, 이완기말 좌심실 중격의 두께와 좌심실의 박출률은 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 2).

간헐파형 도플러 심초음파 검사 결과

좌심실 이완기 경승모판 혈류의 파형에서 혈액투석 전·후 E, A, E/A 비는 유의하게 감소하였고, DT, IVRT는 유의하게 증가하였다 (Table 3).

도플러 조직 영상 결과

혈액투석 전과 후의 E' 은 전륜과 후륜에서는 유의한 감소를 보였으나 내륜과 외륜에서는 유의한 변화를 보이지 않았다. 그러나 혈액투석 전·후에 4곳에서 측정한 평균값은 혈액투석 후 유의하게 감소하였다. 한편 A' 은 혈액투석 전·후에 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 4).

새로운 지표인 T_{E'-E}의 결과

전체대상 환자에서 승모판의 전륜, 후륜, 내륜, 외륜의 평

Table 4. Changes of mitral annular velocity and flow propagation velocity before and after hemodialysis

	Before-HD	After-HD	p
Early diastolic (E') velocity			
Septal (cm/s)	8.5 ± 2.8	8.0 ± 3.7	NS
Lateral (cm/s)	11.2 ± 4.6	10.2 ± 4.4	NS
Anterior (cm/s)	10.3 ± 3.5	8.8 ± 3.5	<0.001
Inferior (cm/s)	9.4 ± 3.1	8.4 ± 3.4	0.029
Average E' (cm/s)	9.8 ± 3.2	8.8 ± 3.4	0.001
Late diastolic (A') velocity			
Septal (cm/s)	11.3 ± 4.2	11.8 ± 4.1	NS
Lateral (cm/s)	13.0 ± 3.8	13.0 ± 4.0	NS
Anterior (cm/s)	13.1 ± 5.9	13.5 ± 5.1	NS
Inferior (cm/s)	12.1 ± 4.4	12.5 ± 4.0	NS
Average A' (cm/s)	12.4 ± 4.1	12.7 ± 3.8	NS
Vp (cm/s)	47.2 ± 14.5	41.4 ± 14.6	0.03

HD: hemodialysis, Vp: early diastolic propagation velocity, E': peak early diastolic mitral annulus velocity, A': late diastolic mitral annular velocity

Table 5. Changes of T_{E'-E} and corrected T_{E'-E} by using the $\sqrt{R-R}$ interval before and after hemodialysis

	Before-HD	After-HD	p
R-E onset (ms)	443 ± 79	437 ± 86	NS
R-E' onset (ms)			
Average	468 ± 85	457 ± 99	NS
Septal	468 ± 94	459 ± 104	NS
Lateral	467 ± 85	454 ± 100	NS
Anterior	470 ± 85	462 ± 97	NS
Inferior	466 ± 89	454 ± 103	NS
T _{E'-E} (ms)			
Average	25 ± 21	20 ± 35	NS
Septal	24 ± 36	21 ± 45	NS
Lateral	24 ± 22	17 ± 40	NS
Anterior	27 ± 31	24 ± 38	NS
Inferior	23 ± 34	16 ± 43	NS
Average (corrected)	27 ± 26	18 ± 41	NS
Septal	27 ± 44	19 ± 52	NS
Lateral	26 ± 27	14 ± 46	NS
Anterior	30 ± 34	24 ± 43	NS
Inferior	25 ± 39	24 ± 50	NS

E': peak early diastolic mitral inflow velocity, E': peak early diastolic mitral annulus velocity, HD: hemodialysis, T_{E'-E}: the time interval between the onset of mitral inflow and mitral annulus velocity, R: peak R wave

균 T_{E'-E} 값은 혈액투석 전·후에 유의한 변화가 없었고 심박수로 교정한 T_{E'-E} 값 역시 유의한 변화가 없었다 (Table 5).

좌심실 수축기능에 따른 E', Vp, T_{E'-E} 등의 변화

좌심실 박출률이 45% 이상인 환자에서 평균 E' 값은 유의하게 감소하였으나 내륜에서의 E' 값에는 유의한 변화가 없었다. Vp 값은 유의하게 감소한 반면에 T_{E'-E} 값에는 유의한 변화가 없었으며, 좌심실 박출률이 45% 이하인 환자에서는 Vp, T_{E'-E} 값 모두 유의한 변화는 관찰되지 않았으

나 내륜에서의 E' 값만 유의하게 감소하였다(Table 6).

재현성(Reproducibility)

$T_{E'-E}$ 값 측정시 관찰자내 변이는 3차례 반복 측정하여 구하였으며 변이계수는 9.5%였으며 상관계수는 0.995였다. 또 관찰자간의 변이를 구하기 위해 2명의 연구자가 독립적으로 $T_{E'-E}$ 값을 측정하였으며 변이계수는 8.5%, 상관계수는 0.994였다(Fig. 2).

고 찰

좌심실 이완기능이 정상인 경우에는 이완기 초기에 재빠른 좌심실의 이완과 이완기 흡입에 의해서 좌심실의 압력이 감소하는 동시에 심근이 확장되고, 승모판륜의 반동(annular recoil)이 나타나면서 승모판을 통하여 좌심실로 혈류가 유입된다.²²⁾²⁵⁾ 그러므로 경승모판 혈류의 유입과 승모판륜의 반동이 거의 동시에 이루어지므로 E파의 시작과 E' 파의 시작 간격($T_{E'-E}$)이 매우 좁게 된다. 좌심실 이완기능이

감소한 경우에는 좌심실이 이완되는 속도가 느려지고 지체되며 이완기 흡입이 감소하게 된다.²⁵⁾ 따라서 경승모판 혈류가 좌심방 압력과 좌심방과 좌심실의 압력 차이에 전적으로 의존하게 되는데,²⁶⁾ 충만압이 증가할수록 경승모판 혈류의 유입이 승모판륜의 반동(annular recoil)보다 먼저 나타나 $T_{E'-E}$ 값이 증가하게 된다.²²⁾

동물 실험에서 하대정맥을 결찰하여 전부하를 감소시킨 결과 좌심실 수축기능에 관계없이 $T_{E'-E}$ 값에는 유의한 변화가 없었다.²²⁾ 본 연구에서 사람을 대상으로 경승모판 유입혈류 파형, 색채 M형 심초음파를 이용한 초기 이완기 혈류 전파 속도, 승모판륜의 운동속도 등도 전부하 감소에 어느 정도의 영향을 받는 반면, $T_{E'-E}$ 는 좌심실 수축기능과 상관 없이 전부하 감소에 대한 변화가 없었다. 따라서 $T_{E'-E}$ 는 전부하에 비의존적인 지표라 생각된다.

각각의 파형을 분석하고자 할 때 E' 파형과 E파형을 동일 화면에서 동시에 분석할 수 없기 때문에 E' 파형과 E파형을 각각 strip chart로 출력한 후 동일한 심주기, 즉 심전도의 R파와 R파 사이의 간격이 정확히 일치하는 E파와 E' 파를 찾아 이들 사이의 간격을 직접 caliper로 측정할 수 있고, 심전도의 R파의 시작부터 E' 파의 시작까지의 시간과 심전도 R 파의 시작부터 E파의 시작까지 시간의 차이로 $T_{E'-E}$ 의 값을 구할 수 있으며 동일하지 않은 심주기에 대해 심전도의 R-R 간격의 제곱근으로 나누어 보정할 수 있다. Sohn 등²⁷⁾은 40명을 대상으로 도플러 심초음파와 관혈적으로 좌심실 압력을 동시에 측정한 연구에서 최소 10주기의 E파와 E'의 기록을 각각 strip chart로 출력한 후 전자와 같은 방법으로 $T_{E'-E}$ 를 분석한 결과 tau 값이 31 ms부터 70 ms까지 넓게 분포함에도 불구하고 $T_{E'-E}$ 값이 0인 경우가 전체의 87%나 되어 이 지표가 tau와 연관성이 없다고 하였고, 좌심실 충만압(IVRT/ $T_{E'-E}$)을 예측²²⁾하는데 있어서 분모가 0이 되어 수학적 오류가 발생하기 때문에 충만압을 예측할 수 없다고 하였다. Rivas-Gotz 등²²⁾은 후자의 방법으로 $T_{E'-E}$ 의 값을 계산하였으며 그 값은 모두 0보다 큰 값을 보였다. 본 연구에서는 후자와 같은 방법으로 $T_{E'-E}$ 를 측정하였으며 45명의 환자에서 투석 전·후에 승모판의 내륜,

Table 6. Changes of average $T_{E'-E}$, E' and flow propagation velocity before and after hemodialysis according to ejection fraction

	EF \geq 45% (n=37)		EF < 45% (n=8)	
	Before	HD	Before	HD
Average $T_{E'-E}$ (ms)	25 \pm 16	19 \pm 37	24 \pm 36	21 \pm 31
Septal (ms)	23 \pm 30	25 \pm 45	31 \pm 59	27 \pm 44
Lateral (ms)	22 \pm 19	16 \pm 41	33 \pm 32	19 \pm 38
Anterior (ms)	29 \pm 31	26 \pm 40	17 \pm 29	14 \pm 26
Inferior (ms)	24 \pm 34	15 \pm 43	16 \pm 36	25 \pm 49
Average E' (cm/s)	10.5 \pm 3.1	9.5 \pm 3.4*	6.8 \pm 2.0	6.0 \pm 2.0
Septal (cm/s)	9.0 \pm 2.8	8.6 \pm 3.8	6.2 \pm 2.1	5.5 \pm 2.0*
Lateral (cm/s)	12.0 \pm 4.6	11.0 \pm 4.3*	7.5 \pm 2.1	6.1 \pm 2.8
Anterior (cm/s)	10.9 \pm 3.4	14.0 \pm 4.8*	7.4 \pm 3.0	5.9 \pm 1.5
Inferior (cm/s)	10.1 \pm 2.9	8.9 \pm 3.5*	6.3 \pm 2.1	6.3 \pm 2.0
Vp (cm/s)	48.8 \pm 14.8	42.0 \pm 15.5*	40.0 \pm 10.7	38.4 \pm 9.9

*: $p < 0.05$. HD: hemodialysis, EF: ejection fraction, E': peak early diastolic mitral annulus velocity, $T_{E'-E}$: the time interval between the onset of mitral inflow and mitral annulus velocity, Vp: early diastolic propagation velocity

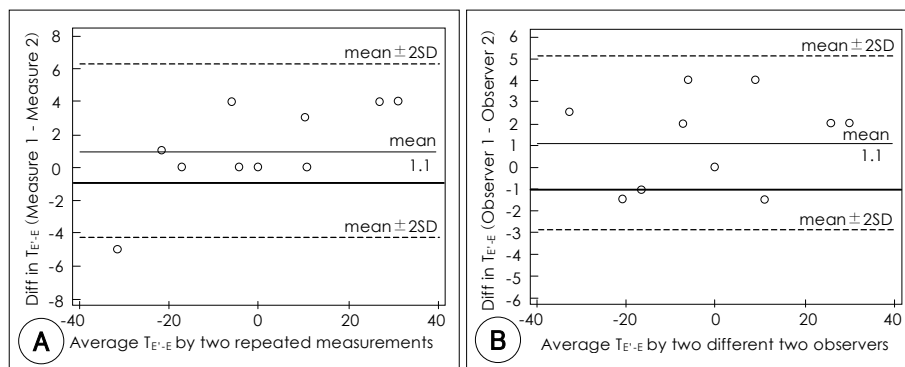


Fig. 2. Bland-Altman plots. Difference between $T_{E'-E}$ obtained by two repeated measurements (A), and measurements from two different observers (B). $T_{E'-E}$: time interval between onset of mitral inflow and onset of early diastolic velocity by tissue Doppler, Diff: difference, SD: standard deviation.

외륜, 전륜, 후륜에서 각각 측정하여 총 360곳에서의 T_{E-E} 를 측정하였는데, 이 중 11곳(3%)의 값이 $T_{E-E}=0$ 으로 연구마다 측정치의 차이를 보이고 있으나 그 이유는 분명치 않다. 개념상 T_{E-E} 를 측정할 때에는 Sohn 등²⁷⁾의 연구에서와 같이 동일한 심주기에서 E파의 시작과 E' 파의 시작과의 시간차이를 측정해야 하지만 완전히 일치하는 심주기를 찾는 일은 쉽지 않고, 아직까지 E파형과 E' 파형을 동일 화면에서 동시에 분석할 수 없는 기술상의 문제점이 있어 이에 대한 발전이 필요하리라 생각된다. 또한 본 연구에서 다른 혈액투석의 연구들과 마찬가지로 심초음파 촬영과 지표들의 측정에 있어서 투석 전과 투석 후를 맹검화 할 수 없었고, 본 연구에서는 좌심실 박출률이 45% 미만인 환자가 상대적으로 적었으며, 동율동 이외의 환자는 제외하였으므로 동율동이 아닌 환자에서 본 연구의 결과를 적용시킬 수 없었고, 심도자술을 시행하지 않아 관혈적으로 측정한 혈액역학적인 지표와 비교를 할 수 없어 이 지표의 임상적 유용성에 대한 연구는 할 수 없었다.

향후 좌심실의 이완기능을 측정하는 데 있어서 보다 간편하고 전부하에 영향을 덜 받는 새로운 지표에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며, 더 많은 수의 환자 및 동율동 이외의 환자들을 대상으로 전부하 감소에 의한 영향 및 심도자술을 이용한 혈액역학적 지표들과의 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

배경 및 목적 :

좌심실의 이완기능을 평가하는 데 있어서 E파의 시작부터 E' 파의 시작까지의 시간간격(T_{E-E})이 유용한 새로운 지표라고 보고하였으며 동물실험에서 좌심실 기능과 상관없이 전부하에 비교적 영향을 덜 받는 지표라고 하였다. 이에 저자들은 만성 신부전 환자를 대상으로 혈액투석에 의한 급격한 전부하 감소가 도플러 심초음파 지표들 및 T_{E-E} 에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

방 법 :

아주대병원에서 유지 혈액투석을 받고 있는 45명을 대상으로 혈액투석 30분 전 후에 혈압, 맥박, 체중, 심초음파검사를 시행하였다. 승모판 내륜, 외륜, 전륜, 후륜의 심전도 R파의 최고점에서 E' 파의 시작까지의 시간을 각각 네 군데에서 측정하고 심전도 R파의 최고점에서 E파의 시작점까지의 시간을 측정하여, 각각 네 군데에서 이들의 차이(T_{E-E})를 계산하고 평균값을 구하였다.

결 과 :

혈액투석 전 후 체중은 63.6 ± 12.8 kg에서 60.6 ± 12.2 kg($p < 0.001$)로 유의한 감소를 보였으며 혈액투석 전후에 평균 E' 값은 10.0 ± 3.3 cm/s에서 9.0 ± 3.5 cm/s로 유의한 감소를 보였고 V_p 역시 투석 전 후 48.5 ± 15.2 cm/s에서

40.2 ± 14.4 ($p=0.008$)로 유의한 감소를 보였다. 좌심실 박출률이 45%이상인 환자에서 승모판의 내륜, 외륜, 전륜, 후륜 및 이 네 군데 T_{E-E} 의 평균값은 혈액투석 전 후에 유의한 변화는 없었고 심박수로 교정한 T_{E-E} 값 역시 유의한 변화는 없었으며, 좌심실 박출률이 45%미만인 환자에서도 혈액투석 전 후의 T_{E-E} 값에도 유의한 변화는 관찰되지 않았다.

결 론 :

좌심실 이완기능 평가지표로 널리 사용되는 경승모판 유입혈류 파형뿐만 아니라 승모판류의 속도 및 색채 M형 심초음파를 이용한 조기 이완기 혈류 전파속도도 혈액투석에 의한 전부하 감소에 유의한 영향을 받는 반면, T_{E-E} 는 좌심실의 이완기능 평가에 있어서 전부하 감소에도 불구하고 비교적 그 영향을 덜 받는 지표임을 알 수 있었다.

중심 단어 : 도플러 심초음파 ; 이완기 ; 전부하 신부전.

본 논문의 요지는 2005년 3월 '제 54 차 ACC Annual Scientific Session 2005'에 발표하였음.

REFERENCES

- 1) Rossvoll O, Hatle LK. Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressure. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:1687-96.
- 2) Kim KS. The usefulness of Doppler tissue image in evaluation of left ventricular systolic and diastolic dysfunction. *Korean Circ J* 2002;32:99-105.
- 3) Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ. Effect of aging on left ventricular diastolic filling in normal subjects. *Am J Cardiol* 1987;59:971-4.
- 4) Choong CY, Abascal VM, Thomas JD, Guerrero JL, McGlew S, Weyman AE. Combined influence of ventricular loading and relaxation on the transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography. *Circulation* 1988;78:672-83.
- 5) Taylor R, Waggoner AD. Doppler assessment of left ventricular diastolic function: review. *J Am Soc Echocardiogr* 1992;5:603-12.
- 6) Appleton CP, Hatle LK. The natural history of left ventricular filling abnormalities: assessment by two dimensional and Doppler echocardiography. *Echocardiography* 1992;9:437-45.
- 7) Oki T, Tabata T, Yamada H, et al. Clinical application of pulsed Doppler tissue imaging for assessing abnormal left ventricular relaxation. *Am J Cardiol* 1997;79:921-8.
- 8) Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:474-80.
- 9) Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1527-33.
- 10) Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, Middleton KJ, Quinones MA, Zoghbi WA. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. *Circulation* 1998;98:1644-50.
- 11) Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation* 2000;102:1788-94.
- 12) Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, Middleton KJ, Khoury DS. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocity.

- cities by tissue Doppler. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:278-85.
- 13) Garcia MG, Rodriguez L, Ares M, Griffin BP, Thomas JD, Klein AL. Differentiation of constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy: assessment of left ventricular diastolic velocities in longitudinal axis by Doppler tissue imaging. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:108-14.
 - 14) Im US, Park SW, Lee SC, et al. Effect of vigorous preload reduction on mitral annulus velocity in chronic renal failure. *Korean Circ J* 2002;32:807-14.
 - 15) Yun KH, Kang DG, Kim KH, et al. The usefulness of color M-mode echocardiographic indices in the assessment of left ventricular diastolic function. *Korean Circ J* 2004;34:1082-9.
 - 16) Rivas-Gotz C, Manolios N, Thohan V, Nagueh SF. Impact of left ventricular ejection fraction on estimation of left ventricular filling pressures using tissue Doppler and flow propagation velocity. *Am J Cardiol* 2003;91:780-4.
 - 17) Ohte N, Narita H, Akita S, Kuurokawa K, Hayano J, Kimura G. Striking effect of left ventricular systolic performance on propagation velocity of left ventricular early diastolic filling flow. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1070-4.
 - 18) Seo Y, Ishimitsu T, Ishizu T, et al. Preload-dependent variation of the propagation velocity in patients with congestive heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:432-8.
 - 19) Sessoms MW, Lissauskas J, Kovacs SJ. The left ventricular color M-mode Doppler flow propagation velocity $V(p)$: in vivo comparison of alternative methods including physiologic implications. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:339-48.
 - 20) Jeon SH, Park SH. The effect of hemodialysis on the echocardiographic indexes of left ventricular diastolic function in chronic renal failure. *Korean Circ J* 1999;29:382-91.
 - 21) Agmon Y, Oh JK, McCarthy JT, Khandheria BK, Bailey KR, Seward JB. Effect of volume reduction on mitral annular diastolic velocities in hemodialysis patients. *Am J Cardiol* 2000;85:665-8.
 - 22) Rivas-Gotz C, Khoury DS, Manolios M, Rao L, Kopelen HA, Nagueh SF. Time interval between onset of mitral inflow and onset of early diastolic velocity by tissue Doppler: a novel index of left ventricular relaxation. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1463-70.
 - 23) Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072-83.
 - 24) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
 - 25) Nishimura RA, Tajik AJ. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:8-18.
 - 26) Ishida Y, Meisner JS, Tsujioka K, et al. Left ventricular filling dynamics: influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure. *Circulation* 1986;74:187-96.
 - 27) Sohn DW, Kim YJ, Park YB, Choi YS. Clinical validity of measuring time difference between onset of mitral inflow and onset of early diastolic mitral annulus velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2097-101.