

의학 석사학위 논문

좌심실의 이완기능을 평가할 수 있는  
심초음파 지표들의 전부하 감소에 의한  
영향

아주대학교 대학원

의학과

유상용

좌심실의 이완기능을 평가할 수 있는  
심초음파 지표들의 전부하 감소에 의한  
영향

지도교수 탁 승 제

이 논문을 의학 석사학위 논문으로 제출함.

2005년 8월

아 주 대 학 교 대 학 원

의 학 과

유 상 용

유상용의 의학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장     탁 승 제     인

심 사 위 원     신 준 한     인

심 사 위 원     백 은 주     인

아 주 대 학 교 대 학 원

2005년 6월 22일

## 감사의 글

히포크라테스 선서를 하며 의업에 종사함을 허락 받은 지도 벌써 10년이라는 세월이 지났습니다. 그동안 많은 어려움과 역경이 있었지만, 그런 어려움 속에서도 내일을 향해 달려나갈 투지를 만들어내는 무언가가 있음을 가르쳐 주시고 일깨워 주신 부모님, 그리고 여러 은사님들이 계셨기에 지금 여기 이 자리에 제가 서있지 않나 생각합니다.

이 논문이 완성되기까지 세심한 정성과 지도로 이끌어 주신 탁승제 선생님, 신준한 선생님, 그리고 백은주 선생님께 감사드립니다. 그리고 항상 저의 연구에 관심을 가져 주시고 애정 어린 지도 편달을 해주신 황교승 선생님, 윤명호 선생님, 최소연 선생님, 최병주 선생님께 감사드리며, 항상 옆에서 저를 도와주고 격려를 아끼지 않은 안성균 선생님과 순환기 내과학 교실의 모든 분들께 감사드립니다.

끝으로, 말없이 지지해주고 응원해준 아내과 딸 다연이에게 한없는 고마움과 사랑의 마음을 전하며 이 논문을 모든 분들께 바칩니다.

2005년 6월

저자 드림

## 좌심실의 이완기능을 평가할 수 있는 심초음파 지표들의 전부하 감소에 의한 영향

**목적:** 좌심실의 이완기능을 평가하는 데 대표적으로 이용되고 있는 간헐파 도플러를 이용한 경승모판 혈류 파형은 정상과 위정상의 혈류파형이 유사하여 구분이 쉽지 않고, 부하조건 등의 영향을 받기 때문에 그 사용에 제한이 있다. 도플러 조직 영상(Doppler tissue image)을 이용한 승모판륜의 운동속도 및 색채 M형 도플러 초음파를 이용한 초기 이완기 혈류 전파속도(early diastolic flow propagation velocity, 이하 Vp)는 비교적 전부하에 비의존적인 지표로 소개되고 있고, 최근에 동물실험을 통해 초기 이완기 경승모판 혈류속도 파형의 시작부터 초기 이완기 승모판륜의 운동속도 파형의 시작까지의 시간간격( $T_{E'-E}$ )이 좌심실의 이완기능을 평가하는 데 있어서 전부하에 비교적 영향을 덜 받는 지표라는 보고가 있었다. 이에 저자들은 만성 신부전 환자를 대상으로 혈액투석에 의한 급격한 전부하 감소가 기존에 소개된 도플러 심초음파 지표들 및 새로운 지표인  $T_{E'-E}$ 에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법:** 아주대병원에서 유지 혈액투석을 받고 있는 45명을 대상으로 혈액투석 30분 전 후에 혈압, 맥박, 체중, 심초음파검사를 시행하였다. 초기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak early diastolic transmitral inflow velocity, 이하 E), 후기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak late diastolic transmitral inflow velocity, 이하 A), 초기 이완기 승모판륜의 운동속도(peak early diastolic mitral annular velocity, 이하 E'), Vp를 측정하였다. 심전도 R파의 최고점에서 E' 파형의 시작까지의 시간을 각각 승모판 내륜, 외륜, 전륜, 후륜에서 측정하고 심전도 R파의 최고점에서 E파형의 시작점까지의 시간을 측정하여, 각각 네 군데에서 이들의 차이( $T_{E'-E}$ )를 계산하고 평균값을 구하였다.

**결과:** 혈액투석 전·후 체중은  $63.6 \pm 12.8$  kg에서  $60.6 \pm 12.2$  kg( $p < 0.001$ )로

유의한 감소를 보였으며 혈액투석 전후에 평균 E 값은  $99.4 \pm 33.0$  에서  $70.6 \pm 26.3$  cm/s( $p < 0.001$ )로, A 값은  $94.3 \pm 24.6$  에서  $84.8 \pm 29.0$  cm/s로( $p = 0.001$ ), E/A 비는  $1.1 \pm 0.6$  에서  $1.0 \pm 0.8$ ( $p = 0.041$ )로 유의한 감소를 보였다. E' 값은  $10.0 \pm 3.3$  cm/s에서  $9.0 \pm 3.5$  cm/s로 유의한 감소를 보였고, Vp 값 역시 투석 전 후  $48.5 \pm 15.2$  cm/s에서  $40.2 \pm 14.4$ ( $p = 0.008$ )로 유의한 감소를 보였다. 좌심실 박출률이 45%이상인 환자에서 전벽, 하벽, 측벽, 중격 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%이만인 환자에서도 혈액 투석 전 후의  $T_{E'-E}$  값에도 유의한 변화는 관찰되지 않았다

**결론:** 좌심실 이완기능 평가지표로 널리 사용되는 경승모관 유입혈류 파형뿐만 아니라 색채 M형 심초음파를 이용한 조기 이완기 혈류 전파속도도 혈액투석에 의한 전부하 감소에 유의한 영향을 받았고, 승모판륜의 운동속도 역시 그 측정 위치에 따라 다소 차이를 보이기는 하지만 평균적으로는 어느 정도 영향을 받는 반면,  $T_{E'-E}$ 는 좌심실의 이완기능 평가에 있어서 전부하 감소에도 불구하고 비교적 그 영향을 덜 받는 유용한 지표임을 알 수 있었다.

---

핵심어: 도플러 심초음파, 이완기, 혈액투석

# 차 례

국문요약	i
차례	iii
그림차례	v
표 차례	vi
I. 서론	1
II. 연구대상 및 방법	3
A. 대상	3
B. 심초음파 검사	3
1. M형 및 이면성 심초음파 검사의 분석	3
2. 간혈과형 도플러 심초음파 검사의 분석	4
3. 도플러 조직 영상의 분석	4
4. 색채 M형 초음파의 분석	5
5. 새로운 지표인 $T_{E'-E}$ 의 분석	5
6. 통계분석	5
III. 결과	7
A. 대상환자의 임상적 특성	7
B. 심초음파 검사	7
1. M형 심초음파 검사 및 박출률	7
2. 간혈과형 도플러 심초음파 검사 결과	7
3. 도플러 조직 영상 결과	7
4. 새로운 지표인 $T_{E'-E}$ 의 결과	7
5. 좌심실 수축기능에 따른 $E'$ , $V_p$ , $T_{E'-E}$ 등의 변화	8
6. 재현성	8
IV. 고찰	17
V. 결론	21

참고 문헌 .....	22
영문 요약 .....	26



## 그림 차례

Fig. 1. Schema for measurements of $T_{E-E}$ .	9
Fig. 2. Bland-Altman plots	10

## 표 차례

Table 1. Changes of body weight and hemodynamics before and after hemodialysis .....	11
Table 2. Changes of two dimensional, M-mode variables and ejection fraction before and after hemodialysis .....	12
Table 3. Changes of Doppler derived transmitral and pulmonary venous inflow parameters before and after hemodialysis .....	13
Table 4. Changes of mitral annular velocity and flow propagation velocity before and after hemodialysis .....	14
Table 5. Changes of $T_{E'-E}$ and corrected $T_{E'-E}$ by using the $\sqrt{R-R}$ interval before and after hemodialysis .....	15
Table 6. Changes of average $T_{E'-E}$ , $E'$ and flow propagation velocity before and after hemodialysis according to ejection fraction .....	16

## I. 서론

좌심실의 이완기능을 평가하는 데 대표적으로 이용되고 있는 간헐파 도플러를 이용한 경승모관 혈류는 그 파형의 유형에 따라 정상(normal), 이완장애(relaxation abnormality pattern), 위정상(pseudonormalized pattern), 제한형(restrictive pattern) 등으로 구분하고 있으나 정상과 위정상의 혈류파형이 유사하여 구분이 쉽지 않고(Rossvoll 등, 1993), 연령, 심박수, 좌심실 압력, 심낭압, 좌심실 경직도, 좌심실 이완속도, 부하조건 등의 영향을 받기 때문에 그 사용에 제한이 있으며(Bryg 등, 1987; Choong 등, 1988), 심방세동이나 동성 빈맥시에도 정확한 측정이 어렵다는 문제점들이 있다(Taylor와 Waggoner, 1992; Appleton과 Hatle, 1992). 이런 제한점들을 극복하기 위해 폐정맥 혈류, 승모관륜의 운동속도, 초기 이완기 혈류 전파속도(early diastolic flow propagation velocity, 이하  $V_p$ ) 등이 소개되어 좌심실의 이완(relaxation) 및 충만압(filling pressure)을 예측하는데 매우 유용한 지표로 소개되어 현재 널리 이용되고 있다(Oki 등, 1997; Garcia 등, 1996). 이 지표들은 비교적 전부하에 영향을 덜 받는 지표들이기는 하나(Nagueh 등, 2001) 승모관륜의 운동속도의 경우 정상적인 좌심실의 이완 상태(normal lusitropic condition)에서는 전부하에 영향을 받을 수 있다고 알려져 있고(Nagueh 등, 2001), 색채 M형 심초음파를 이용한 초기 이완기 혈류 전파속도는 좌심실의 이완(relaxation) 보다 좌심실 수축기능에 보다 더 의존적이어서 좌심실 이완기능 장애가 있어도 좌심실 박출률이 정상인 경우에  $V_p$  값이 과대평가(overestimation) 될 수도 있으며(Rivas-Gotz 등, 2003; Ohte 등, 2001), 폐동맥모세혈관 췌기압이 높은 경우에는 전부하의 영향을 받을 수 있다고 하였다(Seo 등, 2004; Sessoms 등, 2002). 또한, 심한 전부하의 변화는 기존의 도플러 심초음파도에 비해 그 영향이 현저히 적지만 승모관륜의 운동속도 및  $V_p$  등의 이완기 지표들에 영향을 줄 수 있다고 하였고(Agmon 등, 2000), 측정 방법에 따른 재현성(reproducibility) 등의 문제점이 있다(Sessoms 등, 2002).

Garcia 등(Garcia 등, 1996)은 제한성 심근병증 환자의 이완기능 평가에 관

한 연구에서 정상인의 경우에는 경승모판 초기 이완기 혈류속도와 초기 이완기 승모판륜의 운동속도의 파형이 거의 동시에 시작하는 반면에 제한성 심근병증 환자에서는 초기 이완기 승모판륜의 운동속도의 파형이 초기 이완기 혈류속도 파형보다 늦게 시작됨을 관찰하였다. 따라서 경승모판 혈류 중 E파의 시작과 승모판륜의 운동속도 지표 중 하나인 E'파의 시작은 좌심실 이완기 장애 정도에 따라 서로 시간적 차이가 있을 것임을 시사하였다. Rivas-Gotz 등(Rivas-Gotz 등, 2003)은 동물 실험을 통해 E파의 시작부터 E'파의 시작까지의 시간간격( $T_{E'-E}$ )이 좌심실의 이완기능을 평가하는 데 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 좌심실의 이완기능을 평가하는 기존의 심초음파 지표들과 새롭게 소개된 지표들에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

### A. 대 상

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

### B. 심초음파 검사

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

#### 1. M형 및 이면성 심초음파 검사의 분석

좌측 흉골연 단축도(parasternal short axis view)에서 미국 심초음파 학회가 제시한 방법(Sahn 등, 1978)으로 이면성 심초음파의 유도 하에 M형 심초음파도로 좌심실의 확장기말 직경(left ventricular end diastolic dimension, 이하 LVEDD)과 수축기말 직경(left ventricular end systolic dimension, 이하 LVESD)을 측정하였고, 확장기말 좌심실 중격두께(diastolic interventricular septal thickness, 이하 IVSTd)와 후벽두께(diastolic posterior wall thickness, 이하 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 하대정맥

의 직경을 M-mode에서 측정하였다.

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

## 2. 간혈파형 도플러 심초음파 검사의 분석

경승모판 유입혈류파형은 심첨4방도(apical 4-chamber view)에서 간혈파형 도플러를 이용하여 sampling volume(크기: 2 mm)을 승모판 첨부(leaflet tip)의 승모판구 중앙부에 위치시키고 초음파의 방향과 혈류의 방향이 평행이 되도록 한 후 100 mm/sec의 속도로 기록하였다. 경승모판 유입혈류의 파형으로부터 초기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak early diastolic transmitral inflow velocity, 이하 E)와 후기 이완기 경승모판 최대 혈류속도(peak late diastolic transmitral inflow velocity, 이하 A)를 측정하였고, 이들의 비(E/A ratio)를 구하였으며 초기 이완기 최대 혈류의 감속시간(deceleration time, 이하 DT)을 구하였다. 좌심실 등용적 이완기간(isovolumic relaxation time, 이하 IVRT)은 sampling volume(크기: 4 mm)을 승모판 첨부의 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.

## 3. 도플러 조직 영상(Doppler tissue imaging, 이하 DTI)의 분석

동일한 심초음파 기기에서 DTI기능을 작동시켜 심첨 4방도와 심첨 2방도에서 간혈파형 도플러로 sampling volume(크기 3 mm)을 승모판의 내륜(septal annulus), 외륜(lateral annulus), 전륜(anterior annulus), 후륜(inferior annulus)에 위치시킨 후 각각 초기 이완기 승모판륜의 최대 운동속도(early diastolic peak

mitral annular velocity, 이하 E')의 파형과 후기 이완기 승모판륜의 최대 운동속도(late diastolic peak mitral annular velocity, 이하 A') 파형을 100 mm/sec의 속도로 기록하고 측정하였다.

#### 4. 색채 M형 초음파(Color M-mode Doppler, 이하 CMM)의 분석

탐촉자를 심첨부에 위치하여 심첨 4방도에서 색채 도플러를 적용한 다음 M형 커서(cursor)를 승모판과 좌심실 첨부를 연결하는 일직선에 일치시키고 Nyquist limit는 초당 45~55 cm로 조절 한 다음 색채 M형 도플러 심초음파도를 이용하여 좌심방으로부터 좌심실로 유입되는 혈류 중 승모판막 끝에서 좌심실내강 쪽으로 4 cm 떨어진 곳까지의 aliasing velocity의 시작점부터 최대 점까지의 기울기를 측정하여  $V_p$ 를 구하였다.

#### 5. 새로운 지표인 $T_{E'-E}$ 의 분석

DTI기능을 작동시켜 승모판 내륜, 외륜, 전륜, 후륜에서 심전도 R파의 최고점으로부터 조기 이완기 승모판륜 간헐 도플러 파형의 시작까지의 시간을 각각 네 군데에서 측정하고, 심전도 R파의 최고점으로부터 조기 이완기 경승모판 혈류의 시작점까지의 시간을 측정하여, 각각 네 군데에서 이들의 차이를 계산하고 평균값을 구하였다. 심박수로 보정한  $T_{E'-E}$ 값은  $\sqrt{R-R}$  간격을 이용하여 그림과 같이 구하였다(Fig. 1).

#### 6. 통계 분석

통계분석은 SPSS(version 11.0 for Windows) 통계 프로그램을 이용하였다. 모든 자료는 평균값  $\pm$  표준편차로 표시하였으며 혈액투석 전 후의 측정치의 비교는 paired t-test를 이용하여 분석하였다.

$T_{E'-E}$ 에 대한 관찰자내(intraobserver) 및 관찰자간(interobserver) 변이계수는 45명의 환자 중 무작위로 뽑은 10명을 대상으로 Bland-Altman method(Bland와 Altman, 1986)를 이용하여 구하였고, 선형회귀분석(linear regression analysis)

을 이용하여 상관계수(correlation coefficient)를 구하였다. p값이 0.05미만을 통계적 유의수준으로 하였다.



### III. 결 과

#### A. 대상환자의 임상적 특징

대상환자는 총 45명으로 평균연령은  $51 \pm 14$ 세(남자 29명)였고 16세에서 80세까지 분포하였다. 대상환자들이 만성 신부전을 진단 받고 혈액투석을 시작한 기간은 평균  $72 \pm 50$ 개월 이었고 하루 평균 투석시간은  $3.9 \pm 0.3$ 시간 이었다. 혈액투석 전·후의 체중 및 혈액학적 변화는 (Table 1)과 같다.

#### B. 심초음파 검사

##### 1. M형 심초음파 검사 및 박출률

혈액투석 후 이완기말 좌심실의 직경, 이완기말 좌심실 용적, 수축기말 좌심실 용적, 및 좌심방의 크기는 혈액투석 전에 비해 유의하게 감소하였으며, 이완기말 좌심실 중격의 두께와 좌심실의 박출률은 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 2).

##### 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).

##### 3. 도플러 조직 영상 결과

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

##### 4. 새로운 지표인 $T_{E'-E}$ 의 결과

전체대상 환자에서 승모판의 내륜, 외륜, 전륜, 후륜 위치에서의 값들과 이

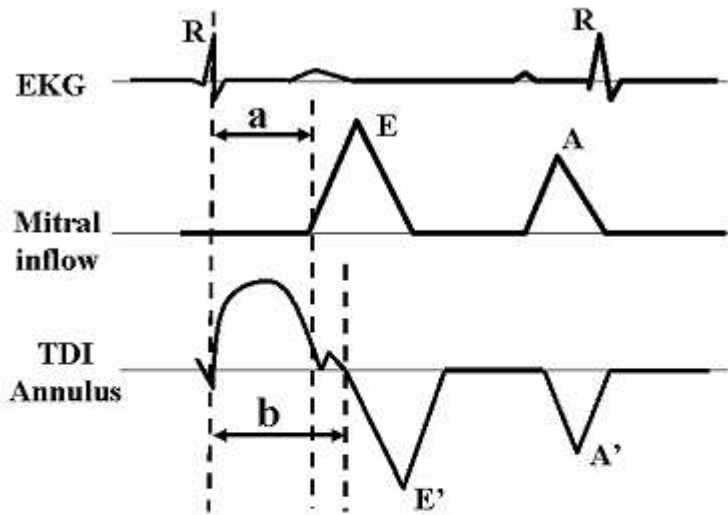
들의 평균  $T_{E'-E}$ 의 값은 혈액투석 전·후에 유의한 변화가 없었고 심박수로 교정한  $T_{E'-E}$  값 역시 유의한 변화가 없었다(Table 5).

#### 5. 좌심실 수축기능에 따른 $E'$ , $V_p$ , $T_{E'-E}$ 등의 변화

좌심실 박출률이 45% 이상인 환자에서 평균  $E'$  값은 유의하게 감소하였으나 중격에서의  $E'$  값에는 유의한 변화가 없었다.  $V_p$  값은 유의하게 감소한 반면에  $T_{E'-E}$  값에는 유의한 변화가 없었으며, 좌심실 박출률이 45% 이하인 환자에서는  $V_p$ ,  $T_{E'-E}$  값 모두 유의한 변화는 관찰되지 않았으나 내륜에서의  $E'$  값만 유의하게 감소하였다(Table 6).

#### 6. 재현성 (reproducibility)

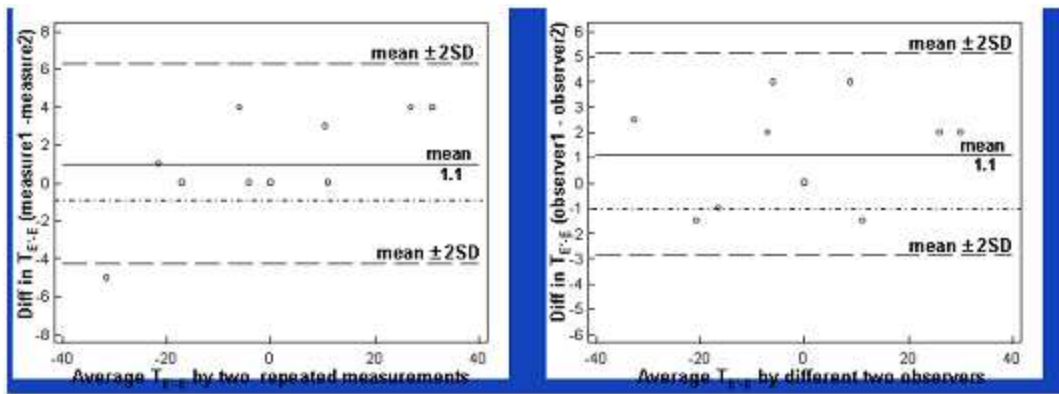
$T_{E'-E}$  값 측정시 관찰자내 변이(intra observer variation)는 3차례 반복 측정하여 구하였으며 변이계수(coefficient of variation)는 9.5% 이었으며 상관계수(coefficient of correlation)는 0.995였다. 또 관찰자간의 변이(inter observer variation)를 구하기 위해 2명의 연구자가 독립적으로  $T_{E'-E}$  값을 측정하였으며 변이계수(coefficient of variation)는 8.5%, 상관계수(coefficient of correlation)는 0.994였다(Fig. 2).



$$T_{E'-E} = b - a$$

$$\text{Corrected } T_{E'-E} = \frac{b}{\sqrt{R-R \text{ interval}}} - \frac{a}{\sqrt{R-R \text{ interval}}}$$

**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.



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

**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

HD: hemodialysis, BW: body weight, BP: blood pressure, 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 (%)	61.6 ± 16.0	62.6 ± 16.2	NS

HD: hemodialysis, IVSTd: end diastolic interventricular septal thickness, LVEDD: left ventricular(LV) end diastolic dimension, LVEDV: left ventricular end diastolic volume, LVESV: left ventricular end systolic volume, LA: left atrium, EF: ejection fraction.

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

	Before-HD	After-HD	p
E (cm/s)	99.4 ± 33.0	70.6 ± 26.3	<0.001
A (cm/s)	94.3 ± 24.6	84.8 ± 29.0	0.001
E/A ratio	1.1 ± 0.6	1.0 ± 0.8	0.041
DT (ms)	214.7 ± 90.3	261.5 ± 183.0	0.044
IVRT (ms)	101.2 ± 34.7	122.3 ± 45.1	0.001

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

**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.



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

$T_{E'-E}$ (ms)	Before-HD	After-HD	p
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 (corrected)	27 ± 44	19 ± 52	NS
Lateral (corrected)	26 ± 27	14 ± 46	NS
Anterior (corrected)	30 ± 34	24 ± 43	NS
Inferior (corrected)	25 ± 39	24 ± 50	NS

HD: hemodialysis,  $T_{E'-E}$ : The time interval between the onset of mitral inflow and mitral annulus velocity.

**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	After-HD	Before-HD	After-HD
Average $T_{E'-E}$ (ms)	24.7 $\pm$ 16.2	19.3 $\pm$ 36.5	24 $\pm$ 36	21 $\pm$ 31
Septal (ms)	23.2 $\pm$ 29.9	25.1 $\pm$ 45.4	30.5 $\pm$ 58.6	27 $\pm$ 44
Lateral (ms)	22.4 $\pm$ 19.0	16.0 $\pm$ 40.5	33 $\pm$ 32	19 $\pm$ 38
Anterior (ms)	29.0 $\pm$ 30.9	26.2 $\pm$ 39.7	17 $\pm$ 29	14 $\pm$ 26
Inferior (ms)	24.3 $\pm$ 33.8	14.7 $\pm$ 42.7	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
$V_p$ (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,  $T_{E'-E}$ : The time interval between the onset of mitral inflow and mitral annulus velocity,  $E'$ : peak early diastolic mitral annulus velocity,  $V_p$ : early diastolic propagation velocity.

## IV. 고 찰

혈액투석 전·후의 승모판 혈류과형의 변화에 대한 연구들의 결과들은 다양하다. Choi 등(Choi 등, 1990)은 E, A가 감소하였고 E/A비는 증가하여 이는 혈액투석 후에 좌심실의 이완기능이 호전된 증거라고 하였고, Rozich 등(Rozich 등, 1991)과 Sadler 등(Sadler 등, 1992)은 A는 변화 없이 E와 E/A비가 감소하였다고 하였다. Jeon 등(Jeon과 Park, 1999)의 연구에서는 본 연구의 결과와 같이 E, A와 E/A비가 모두 감소하였다. E과가 감소함에도 불구하고 보상적으로 증가해야 할 A과는 증가하지 않고 오히려 감소하였고, 체액이 감소되지 않은 경우와 비교했을 때 체액이 감소된 경우에서만 E와 E/A비가 모두 감소한다는 보고(Sadler 등, 1992; Chakko 등, 1997)와 유사한 결과를 보이는 본 연구의 승모판 혈류 과형의 변화는 혈액투석에 의한 전부하 감소의 영향이라고 생각된다.

Garcia 등(Garcia 등, 1996)은 정상인에서 측벽의 E'파가 E파와의 연관관계가 없으므로 승모판 외륜의 E'파가 비교적 전부하에 영향을 덜 받는다고 하였고, Nagueh 등(Nagueh 등, 1997)도 역시 우심도자술을 시행 받았던 환자에서 폐모세혈관쇄기압과 승모판 외륜의 E'파가 상관관계가 없어 외륜의 E'파가 전부하에 영향을 덜 받는다고 하였다. 본 연구와 같이 혈액투석 전 후의 지표들의 변화를 본 연구인 Im 등(Im 등, 2002)의 연구에 의하면 전부하의 감소정도에 따라 이완기능의 지표들의 변화가 차이가 있었는데 전부하 감소정도가 더 큰 군에서도 외륜의 E'값에는 유의한 변화를 보이지 않아 외륜에서의 E'파가 상당한 전부하의 변화에도 영향을 덜 받은 지표라도 하였다. 그러나 Sohn 등(Sohn 등, 1997)은 오히려 내륜에서의 E'파가 전부하의 영향을 덜 받는다고 하였다. 본 연구에서는 승모판의 내륜과 외륜에서의 E'값은 혈액투석 전·후에도 유의한 변화가 없었지만 이중 좌심실 박출률이 45% 이상인 환자 군에서는 내륜에서만 투석 전·후 영향이 없었고 좌심실 박출률이 45% 미만인 환자 군에서는 오히려 내륜만이 유의한 변화를 보였다. 이는 좌심실 박출률이 45% 미만인 환자가 상대적으로 적었고 국소 벽운동 장애가 있는 환자들도 포함되어 있었으며 체중의 감소가 평균 2.9kg

였고 이전 연구들과는 달리 비교적 전부하 감소의 정도가 컸기 때문이라 생각된다. 따라서 내륜 및 외륜 중 어느 곳에서 측정된 승모판륜의 운동속도가 전부하에 영향을 덜 받는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하리라 생각된다.

색채 M형 도플러를 이용한 초기 이완기 혈류 전파속도는 심도자법을 이용한 tau와의 연관성이 있고, 전부하에 비교적 영향을 덜 받는 지표로 알려져 있지만(Brun 등, 1992; Garcia 등, 2000) 그 측정방법에 따라 높은 관찰자내 및 관찰자간의 변이를 보이기 때문에(Sessoms 등, 2002) 그 측정 방법의 표준화가 필요하다. 최근 연구에서 Vp는 좌심실의 이완(relaxation)보다는 좌심실의 수축기능에 보다 더 의존적이기 때문에 이완장애가 있지만 수축기능이 정상인 경우에는 오히려 그 값이 정상이거나 증가하며(Rivas-Gotz 등, 2003; Ohte 등, 2001), 혈관내용적(intravascular volume)이 감소함에 따라 Vp값 또한 함께 감소하여 좌심실 수축기능이 정상인 경우에는 과대평가(overestimation) 될 수 있다고 하였다(Graham 등, 2003). 본 연구에서도 좌심실 수축기능이 정상인 경우에는 혈액투석 전·후에 Vp값이 유의한 감소를 보인 반면 수축기능이 저하된 경우에는 혈액투석 전·후에 유의한 차이가 없었다.

좌심실 이완기능이 정상인 경우에는 이완기 초기에 재빠른 좌심실의 이완과 이완기 흡입(diastolic suction)에 의해서 좌심실의 압력이 감소하는 동시에 심근이 확장(myocardial expansion)되고, 승모판륜의 반동(annular recoil)이 나타나면서 승모판을 통하여 좌심실로 혈류가 유입된다(Rivas-Gotz 등, 2003; Nishimura와 Tajik, 1997). 그러므로 경승모판 혈류의 유입과 승모판륜의 반동이 거의 동시에 이뤄진다. 그러나 좌심실 이완기능이 감소한 경우에는 좌심실이 이완되는 속도가 느려지고 지체되며 이완기 흡입이 감소하게 된다(Nishimura와 Tajik, 1997). 따라서 경승모판 혈류가 좌심방 압력과 좌심방과 좌심실의 압력 차이에 전적으로 의존하게 되는데(Ishida 등, 1986), 충만압이 증가할수록 경승모판 혈류의 유입이 승모판륜의 반동(annular recoil)보다 먼저 나타나 T<sub>E'-E</sub> 값이 증가하게 된다(Rivas-Gotz 등, 2003).

동물 실험에서 하대정맥을 결찰하여 전부하를 감소시킨 결과 좌심실 수축

기능에 관계없이  $T_{E'-E}$  값에는 유의한 변화가 없었다(Rivas-Gotz 등, 2003). 본 연구에서는 사람을 대상으로 하여 경승모판 유입혈류 파형, 색채 M형 심초음파를 이용한 조기 이완기 혈류 전파속도, 승모판륜의 운동속도 등도 전부하 감소에 어느 정도의 영향을 받는 반면,  $T_{E'-E}$ 는 좌심실 수축기능과 상관없이 전부하 감소에 대한 변화가 없었다. 따라서  $T_{E'-E}$ 는 전부하에 비의존적인 지표라 생각된다.

E'파형과 E파형을 동시에 한 화면에서 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 캘리퍼스(caliper)로 측정할 수 있고, 심전도의 R파의 시작부터 E'파의 시작까지의 시간과 심전도 R파의 시작부터 E파의 시작까지 시간의 차이로  $T_{E'-E}$ 의 값을 구할 수 있으며 동일하지 않은 심주기에 대해 심전도의 R-R 간격의 제곱근으로 나누어 보정을 할 수 있다. Sohn 등(Sohn 등, 2004)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 예측(Rivas-Gotz 등, 2003)하는데 있어서 분모가 0이 되는 수학적 오류가 발생하여 충만압을 예측할 수 없다고 하였다. Rivas-Gotz 등(Rivas-Gotz 등, 2003)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 환자에게서 투석 전·후에 승모판의 내륜, 외륜, 전륜, 후륜에서 각각 측정하여 총 360 곳에서의  $T_{E'-E}$ 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 등(Sohn 등, 2004)의 연구에서와 같이 동일한 심주기에서 E파의 시작과 E'파의 시작과의 시간 차이를 측정해야 하지만 완전히 일치하는 심주기를 찾는 일은 쉽지 않고, 아직까지 E파형과 E'파형을 동일 화면에서 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, 동울동 이외의 환자 및 중등도 이상의 판막질환 환자는 제외하였으므로 동울동이 아닌 환자에서 본 연구의 결과를 적용시킬 수 없었고, 심도자술을 시행하지 않아 관혈적으로 측정할 수 없었던 혈역학적인 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 기존에 소개되어 사용되고 있는 지표들에 대해 더 많은 수의 환자 및 동울동 이외의 환자들을 대상으로 전부하 감소에 의한 영향 및 심도자술을 이용한 혈역학적 지표들과의 비교연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

좌심실 이완기능 평가지표로 널리 사용되는 경승모판 유입혈류 파형뿐만 아니라 색채 M형 심초음파를 이용한 조기 이완기 혈류 전파속도도 혈액투석에 의한 전부하 감소에 유의한 영향을 받았고, 승모판륜의 운동속도 역시 그 측정 위치에 따라 다소 차이를 보이기는 하지만 평균적으로는 어느 정도 영향을 받는 반면, 새롭게 소개된 지표인  $T_{E'-E}$ 는 좌심실의 이완기능 평가에 있어서 상당한 전부하 감소에도 불구하고 비교적 그 영향을 덜 받는 유용한 지표임을 알 수 있었다.

## 참고 문헌

1. 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* 85:665-668, 2000
2. Appleton CP, Hatle LK: The natural history of left ventricular filling abnormalities: assessment by two dimensional and Doppler echocardiography. *Echocardiography* 9:437-445, 1992
3. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1:307 - 310, 1986
4. Brun P, Tribouilloy C, Duval AM, Iserin L, Meguira A, Pelle G, Dubois-Rande JL: Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: a color M-mode Doppler analysis. *J Am Coll Cardiol* 20:420-432, 1992
5. Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ: Effect of aging on left ventricular diastolic filling in normal subjects. *Am J Cardiol* 59:971-974, 1987
6. Chakko S, Girgis I, Contreras G, Perez G, Kessler KM, Myerburg RJ: Effects of hemodialysis on left ventricular diastolic filling. *Am J Cardiol* 79:106-108, 1997
7. Choi CH, Lee JK, Park YM, Kim W, Choi JC, Seo DR: M-mode and Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular function in dialysis patients. *Korean Journal of Internal Medicine* 38:304-311, 1990
8. Choong CY, Abascal VM, Thomas JD, Guerrero JL, Mc Glew S, Weyman AE: Combined influence of ventricular loading and relaxation on the transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography. *Circulation* 78:672-683., 1988
9. 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* 27:108 - 114, 1996
10. Garcia MJ, Smedira NG, Greengerg NL, Main M, Firstenberg MS, Odabashian J, Thomas JD: Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation. *J Am Coll Cardiol* 35:201-208, 2000
  11. Graham RJ, Gelman JS, Donelan L, Mottram PM, Peverill RE: Effect of preload reduction by hemodialysis on new indices of diastolic function. *Clin Sci* 105:499-506, 2003
  12. Im ES, Park SW, Lee SC et al: Effect of vigorous preload reduction on mitral annulus velocity in chronic renal failure. *Korean Circulation J* 32:807-814, 2002
  13. Ishida Y, Meisner JS, Tsujioka K, et al: Left ventricular filling dynamics: influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure. *Circulation* 74:187-196, 1986
  14. Jeon SH, Park SH: The effect of hemodialysis on the echocardiographic indexes of left ventricular diastolic function in chronic renal failure. *Korean circulation J* 29:382-391, 1999
  15. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, QuinonesMA: Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 30:1527 - 1533, 1997
  16. Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, Middleton KJ, Quinones MA, Zoghbi WA: Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. *Circulation* 98:1644 - 1650, 1998
  17. Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, Middleton KJ, Khoury DS: Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. *J Am Coll Cardiol* 37:278 - 285, 2001

18. 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* 30:8-18, 1997
19. 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* 14:1070-1074, 2001
20. Oki T, Tabata T, Yamada H, Wakatsuki T, Shinohara H, Nishikado A, Iuchi A, Fukuda N, Ito S: Clinical application of pulsed Doppler tissue imaging for assessing abnormal left ventricular relaxation. *Am J Cardiol* 79:921 - 928, 1997
21. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, Tajik AJ: Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler catheterization study. *Circulation* 102:1788 - 1794, 2000
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* 42:1462-1470, 2003
23. 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* 91:780-784, 2003
24. Rossvoll O, Hatle LK: Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressure. *J Am Coll Cardiol* 21:1687-1696, 1993
25. Rozich JD, Smith B, Thomas JD, Zile MR, Kaiser J, Mann DL: Dialysis induced alterations in left ventricular filling: Mechanisms and clinical

- significance. *Am J Kidney* 17:277-285, 1991
26. Sadler DB, Brown J, Nurse H, Roberts J: Impact of hemodialysis on left and right ventricular Doppler diastolic filling indices. *Am J Med Sci* 304:83-90, 1992
  27. Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A: Recommendations regarding quantitation in M mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 58:1072-1083, 1978
  28. Seo Y, Ishimitsu T, Ishizu T, Obara K, Moriyama N, Sakane M, Maeda H, Watanabe S, Yamaguchi I: Preload dependent variation of the propagation velocity in patients with congestive heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 17:432-438, 2004
  29. Sessoms MW, Lissauskas J, Kovacs SJ: The left ventricular color M mode Doppler flow propagation velocity Vp: in vivo comparison of alternative methods including physiologic implications. *J Am Soc Echocardiogr* 15:339-348, 2002
  30. Sohn D W, Chai I H, Lee D J, Kim HC, Kim HS, Oh BH, Lee MM, Park YB, Choi YS, Seo JD, Lee YW: Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 30:474 - 480, 1997
  31. 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* 43:2097-2101, 2004
  32. Taylor R, Waggoner AD: Doppler assessment of left ventricular diastolic function: a review. *J Am Soc Echocardiogr* 5:603-612, 1992

- ABSTRACT -

## **The Effect of Preload Reduction on Parameters to Evaluate Left Ventricular Diastolic Function**

Sang-Yong Yoo

Department of Medical Sciences  
The Graduate School, Ajou University

(Supervised by Professor Seung-Jea Tahk)

**Background and Objectives:** The pulsed wave Doppler echocardiography in the mitral inflow is known to be affected by several factors, such as the loading condition. The mitral annulus velocity and early diastolic flow propagation velocity ( $V_p$ ) are known to be relatively load independent. Recently, the time interval between the onsets of mitral inflow and mitral annulus velocity ( $T_{E^1-E}$ ) has been proposed as a new index representing left ventricular (LV) relaxation and related to LV filling pressure. This index has been reported as a preload independent parameter in experimental canine model. The impact of preload on this index, however, has not been studied in human. The purpose of this study was to evaluate the effect of the hemodialysis related preload reduction on conventional and new Doppler indices of LV diastolic function.

**Subjects and Methods:** Forty five patients (29 men, mean  $51 \pm 14$  years old)

who have end stage renal disease underwent echocardiography immediately before and after hemodialysis(HD). Two dimensional and Doppler parameters including peak early(E) and late(A) transmitral inflow velocity were measured. Mitral annulus velocity(E') at septal, lateral, anterior, and inferior corners of the mitral annulus by Doppler tissue imaging(DTI) and Vp by color M-mode were also measured. The Time intervals between peak of R wave and onset of mitral E velocity and between peak R wave and onset of E' at the four corners of the mitral annulus were measured.

**Results:** The mean ejection fraction was  $62 \pm 16$  %. Average weight reduction by HD was  $2.9 \pm 1.1$  kg. The dimensions of LV end diastole, left atrium and inferior vena cava were reduced significantly as  $2.4 \pm 2.7$ ,  $2.3 \pm 4.7$ , and  $4.8 \pm 4.5$  mm, respectively( $p < 0.001$ ). After HD, the peak E(from  $99.4 \pm 33.0$  to  $70.6 \pm 26.3$  cm/s,  $p < 0.001$ ), A(from  $94.3 \pm 24.6$  to  $84.8 \pm 29.0$  cm/s,  $p = 0.001$ ), E/A ratio(from  $1.1 \pm 0.6$  to  $1.0 \pm 0.8$ ,  $p = 0.041$ ), the average peak E'(from  $10.0 \pm 3.3$  to  $9.0 \pm 3.5$  cm/s,  $p = 0.001$ ) and Vp(from  $48.5 \pm 15.2$  to  $40.2 \pm 14.4$  cm/s,  $p = 0.008$ ) decreased significantly.  $T_{E'-E}$  did not change significantly after HD regardless of LV systolic function.

**Conclusion:** Volume reduction typically affects mitral inflow velocities in patients undergoing hemodialysis. However, a new parameter for diastolic function, time interval between the onset of mitral inflow and mitral annulus velocity appears to be preload independent in patients with normal or decreased LV systolic function.

---

Key words: Doppler echocardiography, diastole, hemodialysis