

# 지속성 복막투석이 좌심기능에 미치는 영향에 관한 연구

## — 혈액투석과의 비교관찰 —

고신의학대 내과학교실

류재화 · 최광수 · 이원식 · 정만홍 · 이재우 · 이시래

= ABSTRACT =

### Effects of CAPD on Cardiac Function in Patients with End-Stage Renal Disease — in Comparison with Hemodialysis —

Jae Hwa Ryu, M.D., Kwang Su Choi, M.D., Won Sik Lee, M.D.,  
Man Hong Joung, M.D., Jae Woo Lee, M.D. and Si Rhae Lee, M.D.

*Department of Internal Medicine, Kosin Medical College, Pusan, Korea*

To investigate long term effects of CAPD on the left ventricular function in end-stage renal disease patients, M-mode echocardiographic studies and measurement of systolic time intervals were performed in 20 CAPD cases, 28 hemodialysis cases and 29 uremic controls.

Compared to the uremic control group, the patients on CAPD treatment revealed significant improvement of ventricular contractility and reduction of volume. On the other hand in hemodialysis group, even though there was improvement of ventricular contractility, volume control was not adequate.

In the systolic time interval measurement, it is postulated that increase of PEP / LVET ratio in CAPD group probably results from reduction of volume (preload) rather than from deranged ventricular function.

## 서 론

말기 신질환때 심부전이 흔히 동반됨은 잘 알려진 사실로서 빈혈<sup>1-3)</sup>, 고혈압<sup>1)4)5)</sup>, 과용적증 (volume over-

load), 전해질장애<sup>1)</sup>, 동맥경화증<sup>6)</sup> 및 요독물질 (uremic toxin) 등<sup>7)</sup>이 복합적으로 작용하여 심기능을 저하시키리라 추정되고 있으며. 이런 환자에서 혈액투석이 좌심기능의 호전을 가져옴은 여러보고에 의해 입증되어 있다<sup>8-14)</sup>.

지속성 복막투석 (CAPD) 은 1976년 Popovich와 Moncrief<sup>15)</sup>에 의해 처음 말기 신부전증 환자의 치료에 시도된 이래 이의 이용이 점차 보편화되고 있는 추세인데, 지속성 복막투석으로 치료할 경우 혈액투석에 비해 고혈압의 조절이 용이하며 강압제의 요구량이 감소된다는 사실이 알려져 있으나<sup>16)17)</sup>, 장기간의 지속성 복막투석이 심기능에 미치는 영향에 대한 연구는 드문 듯하다. 이에 저자들은 말기 신부전증 환자를 지속성 복막투석 치료군, 혈액투석 치료군 및 보존적 요법만으로 치료했던 군의 3군으로 나누어 이들을 대상으로 M형 심초음파도와 함께 수축기 시간 간격을 측정하여 좌심기능을 비교관찰하고 다소의 성적을 얻었기에 보고하는 바이다.

### 대상 및 방법

고신외대 부속 복음병원 내과에서 말기 신질환으로 진단되었던 예증 투석요법없이 보존적 요법만 시행했던 대조군 (uremic control) 29예, 혈액투석군 28예 및 지속성 복막투석군 20예를 대상으로 하였는데, 혈액투석군은 1주일에 2회 혈액투석을 시행하였으며 총투석 시간은 주당 약 10시간이었고, 지속성 복막투석군은 하루에 2ℓ들이 1.5% 또는 4.25% peritosol을 3회 교환하였다. 혈액투석을 받고있는 신부전증 환자에서 혈액투석을 전후한 좌심실기능 변화에 관한 보고는 많지만 본 조사에서는 혈액투석으로 야기되는 급격한 혈동태의 변화를 배제한 좌심실기능을 알아보기 위해 혈액투석군은 혈액투석 치료 예정 하루전날 심초음파도 및

수축기 시간 간격을 측정하였다.

이들 군의 임상상은 표 1과 같으며 연령은 19세부터 71세에 걸쳐 분포하였고 평균 혈압치는 CAPD군이  $101 \pm 19$ mmHg로서 만성 신부전증 대조군 및 혈액투석군의  $118 \pm 15$ mmHg에 비해 유의한 하강 ( $P < 0.05$ )을 보여 주었고 hematocrit치도 CAPD군이  $24.9 \pm 6.4$ %로서 만성 신부전증 대조군의  $21.2 \pm 3.2\%$  및 혈액투석군의  $21.5 \pm 5.0\%$ 보다 유의하게 증가되어 있었다. 평균 투석기간은 혈액투석군이 6.2개월이었고 CAPD군은 5.8개월이었다.

M형 심초음파도는 SAN-EI 2H 18A ultrasonic cardiograph system으로 검사하였으며 2.25MHZ transducer를 사용하여 기록하였다. 좌심실 확장기 내경 (left ventricular internal dimension in diastole: LVIDD)과 수축기 내경 (left ventricular internal dimension in systole: LVIDS)은 Feigenbaum의 방법<sup>18)</sup>에 의하여 측정하였고 좌심실 확장기 용적 (enddiastolic volume: EDV)과 수축기 용적 (endsystolic volume: ESV)은 Pombo 공식<sup>19)</sup>으로 구하였다. 또 stroke volume index (SVI), cardiac index (CI), ejection fraction (EF), percent fractional shortening (% FS) 및 mean velocity of circumferential fiber shortening (mVcf)는 표 2의 공식에 의거하여 산출하였는데, 이때 좌심실 구혈시간 (left ventricular ejection time: LVET)을 이어 측정한 심기도의 경동맥파로부터 구하였다.

수축기 시간 간격 측정은 심전도, 심음도 및 경동맥 파를 직기식 기록기로서 동시에 기록하여 이들로부터

Table 1. Clinical findings of patients with end stage renal disease

	Uremic control (n=29)	Hemodialysis (n=28)	CAPD (n=20)
Mean age (range), yrs	43 (19-71)	42 (24-62)	39 (19-59)
Sex, M/F	16/13	23/5	13/7
Weight, kg	$53.5 \pm 8.3$	$57.8 \pm 9.1$ *	$53.6 \pm 8.7$
Mean BP, mmHg	$118 \pm 15$	$118 \pm 15$	$101 \pm 19$ **
Heart rate, beat/min	$62.9 \pm 11.3$	$62.0 \pm 14.2$	$63.5 \pm 13.4$
Creatinine, mg%	$9.4 \pm 1.2$	$9.5 \pm 1.5$	$9.0 \pm 1.8$
Hematocrit, %	$21.2 \pm 3.2$	$21.5 \pm 5.0$	$24.9 \pm 6.4$ **
Duration of dialysis, mo		$6.2 \pm 3.2$	$5.8 \pm 2.9$

Values are mean  $\pm$  S.D.

CAPD: Continuous ambulatory peritoneal dialysis.

\*  $P < 0.05$ , uremic control vs hemodialysis or CAPD.

#  $P < 0.05$ , hemodialysis vs CAPD.

Table 2. Formula for calculating indices of left ventricular function

Enddiastolic volume index ( EDVI )	$LVIDD^3/BSA \text{ ( ml/m}^2 \text{ )}$
Endsystolic volume index ( ESVI )	$LVIDS^3/BSA \text{ ( ml/m}^2 \text{ )}$
Stroke volume index ( SVI )	$( LVIDD^3 - LVIDS^3 )/BSA \text{ ( ml/m}^2 \text{ )}$
Cardiac index ( CI )	$( LVIDD^3 - LVIDS^3 ) \times HR / BSA \text{ ( l/min/m}^2 \text{ )}$
Ejection fraction ( EF )	$( EVIDD^3 - LVIDS^3 )/LVIDD^3 \text{ ( \% )}$
Percent fractional shortening ( % FS )	$( LVIDD - LVIDS ) \times 100 / LVIDD \text{ ( \% )}$
Mean velocity of circumferential fiber shortening ( mVcf )	$\frac{LVIDD - LVIDS}{LVIDD \times LVET} \text{ ( cir/sec )}$

LVIDD : Left ventricular internal dimension in diastole.

LVIDS : Left ventricular internal dimension in systole.

BSA : Body surface area.

HR : Heart rate.

LVET : Left ventricular ejection time.

Table 3. Echocardiographic estimates of left ventricular function

	Uremic control	Hemodialysis	CAPD
LVIDD, cm	5.5 ± 0.6	5.6 ± 0.8	5.0 ± 0.8 **
LVIDS, cm	3.8 ± 0.7	3.6 ± 0.9	3.3 ± 0.8 *
EDVI, ml/m <sup>2</sup>	110.4 ± 30.5	113.3 ± 44.1	91.1 ± 45.4 *
ESVI, ml/m <sup>2</sup>	38.2 ± 19.8	33.7 ± 23.2	28.2 ± 22.9
SVI, ml/m <sup>2</sup>	71.7 ± 18.9	77.4 ± 31.3	61.8 ± 26.5 #
CI, l/min/m <sup>2</sup>	4.5 ± 1.6	4.8 ± 2.2	3.8 ± 2.0
EF, %	66.1 ± 10.7	70.5 ± 14.2	70.8 ± 8.7
% FS, %	31.0 ± 7.7	36.4 ± 13.1 *	35.2 ± 7.5 *
mVcf, cir/sec	1.20 ± 0.44	1.32 ± 0.46	1.49 ± 0.42 *

\* P < 0.05, uremic control vs hemodialysis or CAPD.

# P < 0.05, hemodialysis vs CAPD.

수축기 시간 간격의 각 분할을 측정 및 산출하였다. 전기기계적 수축기 ( electromechanical systole : QS<sub>2</sub> )는 심전도의 QRS 파의 시발점으로부터 심음도에서 제1심음의 최초의 주진동음과 ( 대동맥판 폐쇄음 : A<sub>2</sub> )가 시작하는 시점까지의 시간을, 좌심실 구혈시간 ( LVET )은 경동맥파에서 상승각이 급격히 상승하기 시작하는 시점부터 절흔 ( dicrotic notch ) 까지의 시간을 각각 측정하였다. 구혈전기 ( preejection period : PEP )는 전기기계적 수축기에서 좌심실 구혈시간을 감하여 산출하였고, 구혈전기/좌심실 구혈시간비 ( PEP/LVET )는 구혈전기를 좌심실 구혈시간으로 나누어 구하였다. 심기도의 분석에 있어서 이들 시간간격은 3~5 개의 심주기에서 측정된 평균치를 Bazett 의 공식<sup>20)</sup>에 의하여 심박수 (분당 60 회 )로 교정하였다.

## 성 적

좌심실 용적산출에 있어서 좌심실 확장기 용적제수 ( EDVI )는 만성 신부전증 대조군 ( 110.4 ± 30.5 ml/m<sup>2</sup> )에 비해 혈액투석군 ( 111.3 ± 44.1 ml/m<sup>2</sup> )은 별 변화가 없었으나 CAPD 군 ( 91.1 ± 45.4 ml/m<sup>2</sup> )은 유의하게 감소되어 있었으며, 좌심실 수축기 용적제수 ( ESVI )는 만성 신부전증 대조군에 비해 투석군들에서 감소를 보였으나 유의하지는 않았다. SVI 는 CAPD 군이 61.8 ± 26.5 ml/m<sup>2</sup> 로 혈액투석군의 77.4 ± 18.9 ml/m<sup>2</sup> 에 비해서도 감소를 보였다 ( 표 3 및 도 1 ).

좌심실 수축력을 반영하는 지표들 중 EF 는 만성 신부전증 대조군에 비해 투석군들에서 증가를 보였으며,

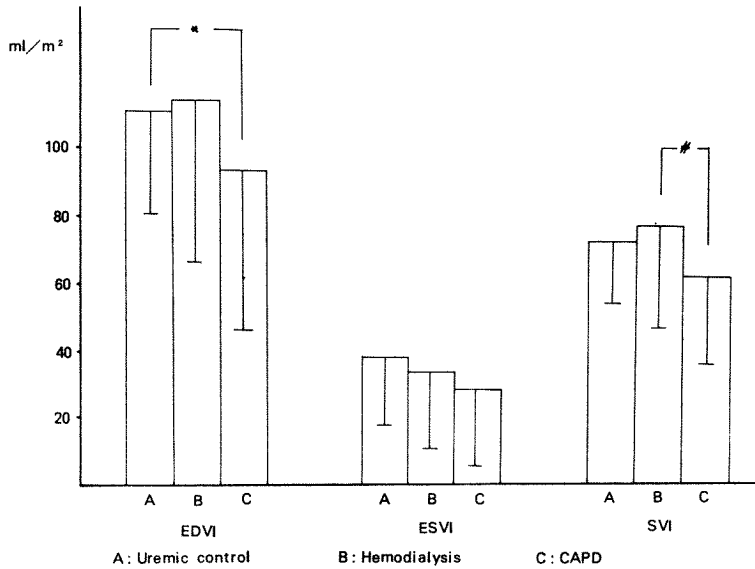


Fig. 1. Left ventricular volume indices.

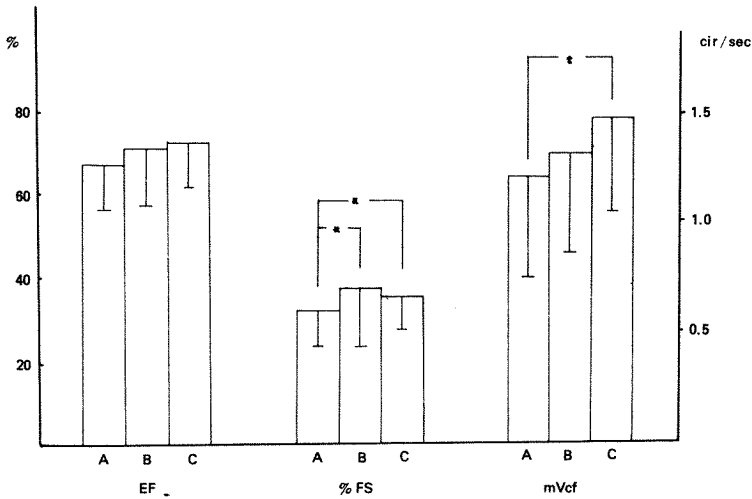


Fig. 2. Left ventricular contractility indices.

% FS 도 만성 신부전증 대조군의  $31.0 \pm 7.7\%$ 에 비해 혈액투석군은  $36.4 \pm 13.1\%$ , CAPD 군은  $35.2 \pm 7.5\%$ 로서 각각 유의있게 증가되어 있었다. 그리고 mVcf 는 CAPD 군이  $1.49 \pm 0.42$  cir/sec 로 만성 신부전증 대조군의  $1.20 \pm 0.44$  cir/sec 에 비해 유의하게 증가되어 있었으며 혈액투석군의  $1.32 \pm 0.46$  cir/sec 에 비해서도 증가를 보였다 (도 2).

수축기 시간 간격 측정에서 LVET는 만성 신부전증 대조군의  $296.4 \pm 34.8$  msec 에 비해 혈액투석군은  $293.3$

$\pm 27.5$  msec 로 별 차이가 없었으나 CAPD 군은  $271.6 \pm 23.4$  msec 로 이들 두군에 비해 유의한 감소를 나타내었고, PEP는 만성 신부전증 대조군  $139.1 \pm 26.5$  msec 에 비해 혈액투석군은  $146.4 \pm 3.1$  msec, CAPD군은  $154.2 \pm 26.2$  msec 로서 만성 신부전증 대조군과 CAPD군 간에는 유의한 차이를 보여 주었다. 그리고 PEP/LVET 도 CAPD 군이 만성 신부전증 대조군에 비해 유의한 증가를 나타내었다 (표 4 및 도 3).

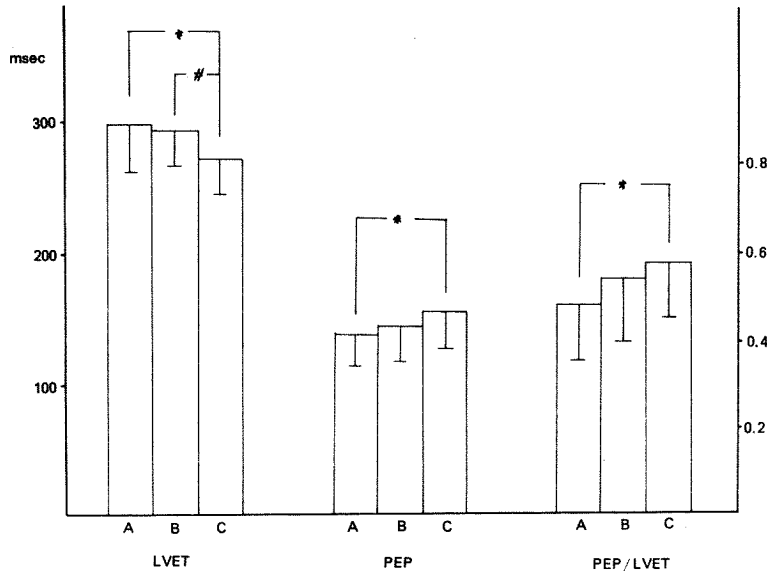


Fig. 3. Systolic time intervals corrected by bazett's formula.

Table 4. Estimates of systolic time intervals (STI)

	Uremic control	Hemodialysis	CAPD
EMS (QS <sub>2</sub> )	435.5±32.0	439.7±19.1	425.8±29.6*#
LVET	296.4±34.8	293.3±27.5	271.6±23.4*#
PEP	139.1±26.5	146.4±23.1	154.2±26.2*
PEP/LVET	0.48±0.12	0.52±0.13	0.57±0.12*

STI are corrected for heart rate by Bazett's formula and expressed in msec.

EMS: Electromechanical systole.

LVET: Left ventricular ejection time.

PEP: Preejection period.

\* P<0.05, uremic control vs hemodialysis or CAPD

# P<0.05, hemodialysis vs CAPD.

## 고 찰

말기 신부전 환자에서는 심혈관계의 합병증이 가장 중요한 사망원인이 되고 있는데 빈혈<sup>1-3)</sup>, 고혈압<sup>1)(4)5)</sup> 과용적증, 전해질이상<sup>1)</sup>과 동맥경화증<sup>6)</sup> 및 요독물질<sup>7)</sup> 등이 직접 혹은 간접적으로 심장에 불리하게 작용하여 심실의 비대 확장, 심부전 및 심낭삼출액저류와 같은 심장 및 순환기계통의 합병증을 초래한다고 알려져 있다<sup>21)</sup>. 심근의 조직학적 변화에 관해서는 Lüscher가 심한 간질내 출혈성 심근염 (interstitial hemorrhagic myocarditis) 을 보고한 것<sup>22)</sup> 이외에는 특이한 병리학적

변화는 발견되지 않고있으며 빈혈, 고혈압 또는 전해질이상에 따르는 이차적인 심근의 구조적 변화로 여겨지고 있다<sup>23)</sup>. 따라서 신부전에서의 심변화는 구조적 병변보다는 기능적인 변화에 관심이 쏠려지고 있다.

만성 신부전때는 대체로 심박출량이 증가되어 있다는 보고가 많은데<sup>22)(24)</sup>, 빈혈<sup>23)</sup> 및 과용적증등이 심박출량 증가의 원인이 되지만 혈액투석 치료중인 환자는 동정맥류<sup>25)</sup> 도 이에 관여되리라 여겨진다. 이러한 심박출량의 증가는 고혈압을 조장시키게 되는데 본 조사에서 CAPD 군이 타군에 비해 평균 혈압치가 낮았던 사실은 말기 신부전때의 고혈압은 용적과부하와 관계있다는 점을 시사해주는 소견이라 하겠다.

만성 신부전 환자에서는 거의 항상 빈혈이 동반되는데<sup>1)</sup> 혈액투석으로 치료를 받을 경우 적혈구조혈 (erythropoiesis) 의 호전이 서서히 온다고 한다<sup>26)</sup>. 그리고 DePaepe 등<sup>27)</sup>에 의하면 CAPD를 시행할 경우에는 6개월이내에 hematocrit 치가 현저히 증가된다고 하며 이는 적혈구량의 증가와 혈장량의 감소에 기인된다고 한다. 저자들의 관찰에서도 CAPD 군의 hematocrit 치가 혈액투석군이나 보존적 치료군에 비해 월등히 높음을 볼 수 있다.

많은 보고에 의하면 좌심실 확장기 용적 (EDV) 과 수축기 용적 (ESV) 이 혈액투석후 유의하게 감소된다고 하는데 이중 EDV의 감소는 용적감소 즉 심장의 전부하의 감소에 의한 것으로 생각되며<sup>11)(28)(29)</sup>, McDonald 등<sup>30)</sup>에 의하면 이러한 Frank-Starling 효과의 변

화는 일회구혈량 (stroke volume) 의 변화와 비례한다고 한다. 그리고 ESV는 심장의 전부하에 별 영향을 받지 않으므로 이의 감소는 심근수축력의 증가를 의미한다고 한다<sup>29)31)</sup>. Nixon 등<sup>11)</sup>은 혈액투석이 심기능에 미치는 영향을 용적감소에 의한 것과 심근 수축력증가에 의한 것을 구별하기 위하여 동일한 만성 신부전 환자들에게 용적감소를 수반한 혈액투석, 용적감소를 수반하지 않은 혈액투석 및 단순히 용적감소만을 초래하는 ultrafiltration의 세가지 방법을 차례로 시행한 후 심기능을 측정하였다. 그결과 ultrafiltration 때는 좌심실 기능 곡선이 순수한 Frank-Starling 효과를 보였으나 혈액투석 때는 용적감소의 유무에 관계없이 이 곡선이 좌측으로 이동되어 심근수축력의 증가를 보여주었다고 한다. 이를 근거로 그는 규칙적인 혈액투석에 따른 심기능의 호전은 확장기 용적감소와 심근수축력증가 둘다에 기인된다고 결론지었다.

본래의 성적에서 EDVI는 보존적 요법으로만 치료했던 군에 비해 혈액투석군은 별 차이가 없었으나 CAPD 군에서는 유의하게 감소되어 있었다. ESVI는 이들 투석군들에서 다소 감소되어 있었는데, 전부하의 영향을 거의 받지 않고 보다 심근수축력을 잘 반영해준다는 %FS나 mVcf의 측정에서는 투석군들에서 이들 치가 현저히 증가함을 볼 수 있었다. 즉 말기 신부전증에 보존적 요법에 비해 CAPD로 치료를 했을 경우 심근수축력의 증가와 함께 용적감소를 볼 수 있었으나 혈액투석으로 치료를 한 군에서는 심근수축력의 증가는 있었으나 용적감소는 불량했다. 이처럼 혈액투석군이 CAPD 군에 비해 용적감소가 불량하고 또 심근수축력의 가장 신빙성있는 지표라는 mVcf치가 감소되어 있었던 사실은 본 조사에서는 정상시의 심기능을 알아보기 위해 혈액투석 직후가 아니라 투석 예정 하루전날 검사를 시행한 탓도 있겠지만, CAPD는 혈액투석과는 달리 일일 24시간 내내 복막을 통해 수분 및 전해질등을 교환할 수 있고 심근기능에 불리하게 작용하는 요독물질의 제거 또한 혈액투석에 비해 용이하기 때문에 이런 성적이 나왔으리라 여겨진다. 그리고 혈액투석으로 치료할 경우 우리나라에서는 경제적 여건상 대부분의 환자가 주 2회 투석을 받고 있는데 이러한 불충분한 투석도 CAPD로 치료한 환자에 비해 심기능이 떨어지는 한 원인이 될 수 있겠다.

수축기 시간 간격의 측정에 있어서 CAPD 군은 만성 신부전증 대조군이나 혈액투석군에 비해 좌심실 구혈시간이 유의하게 감소되었는데 이는 일회구혈량의 감소에 기인된 것으로 생각된다. 좌심실 구혈시간에 영향을 미치는 주요인자는 심박수와 일회구혈량으로 알려져있

는데<sup>32)33)</sup>, 본 조사에서 심박수는 Bazett 공식<sup>20)</sup>에 의해 분당 60회로 교정하였으므로 일회구혈량의 감소가 좌심실 구혈시간의 단축을 초래한 것으로 추정된다. 그리고 CAPD 군에서의 구혈전기의 증가는 전부하의 감소로 좌심실의 확장기 충전이 감소됨에 따라 심근의 수축성 반응의 감소, 즉 Starling 효과의 감소로 설명<sup>34)35)</sup>할 수 있겠다. 따라서 CAPD 때 구혈전기/좌심실 구혈시간비의 증가는 좌심실기능 부전이 더욱 심해졌다고 보다는 용적감소에 기인한 단순한 수치상의 증가로 여겨진다.

## 결 론

장기간의 지속성 복막투석이 좌심기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 말기 신질환 환자를 지속성 복막투석군 20예, 혈액투석군 28예 및 만성신부전증 대조군 29예로 나누어 M형 심초음파도와 함께 수축기 시간 간격을 측정하여 비교관찰한 바 다음과 같은 성적을 얻었다.

만성 신부전증 대조군에 비해 지속성 복막투석군은 심근수축력의 증가와 용적감소가 저명하였으나 혈액투석군은 심근수축력의 증가는 있었으나 용적감소는 불량하였다. 그리고 수축기 시간 간격 측정상 지속성 복막투석군에서 구혈전기/좌심실 구혈시간비가 상당히 증가되어 있었는데 이는 좌심기능 부전보다는 용적(전부하) 감소에 기인되는 것으로 여겨진다.

## REFERENCES

- 1) Derow HA: *The heart in renal disease. Circulation* 10: 114, 1954
- 2) Neff MS, Kim KE, Persoff M, Onesti GO and Swartz C: *Hemodynamics of uremic anemia. Circulation* 43: 876, 1971
- 3) Duke M and Abelmann WH: *Hemodynamic response to chronic anemia. Circulation* 39: 503, 1969
- 4) Hampers CL, Skillmann JJ, Lyons JH, Olsen JE and Merrill JP: *Hemodynamic evaluation of bilateral nephrectomy and hemodialysis in hypertensive man. Circulation* 35: 272, 1967
- 5) Vertes V, Cangiano JL, Berman LB and Gould A: *Hypertension in end stage renal disease. N Engl J Med* 280: 978, 1969

- 6) Linder A, Charra B, Sherrad DJ and Scribner BH: *Accelerated arteriosclerosis in prolonged maintenance hemodialysis*. *N Engl J Med* 290 : 697, 1974
- 7) Professor D and Parson V: *The case for a specific uremic myocardiopathy*. *Nephron* 15: 4, 1975
- 8) O'Regan S, R'evillon VL, Robitaille P, Ducharme G and Davignon A: *Effects of hemodialysis on myocardial function in patient*. *Nephron* 25: 214, 1980
- 9) Fernando HA, Friedman HS, Zamon A, Celis E, Masih A, Stein R and Yap A: *Echocardiographic assessment of cardiac performance in patients on maintenance hemodialysis*. *Cardiovasc Med* 5: 459, 1979
- 10) Gilmartin JJ, Duffy BS, Finnegan P and McCready N: *Noninvasive study of left ventricular function in chronic renal failure before and after hemodialysis* *Clin Nephrol* 16 : 2, 1983
- 11) Nixon JV, Mitchell JH, McPhaul JJ and Heinrich WL: *Effect of hemodialysis on left ventricular function*. *J Clin Invest* 71: 377, 1983
- 12) Hung J, Harris PJ, Uren RF, Tiller DJ and Kelly DT: *Uremic cardiomyopathy; effect of hemodialysis on left ventricular function in end stage renal failure*. *N Engl J Med* 302 : 547, 1981
- 13) 김병광 · 유무영 · 정시선 · 이회발 : 만성신부전증 환자의 좌심실 기능. *대한신장학회잡지* 2: 83, 1983
- 14) 박금수 · 김상애 · 탁승제 · 양주영 · 심원흠 · 이호영 · 한대석 · 이웅구 : 말기성 만성신부전증 환자에서 혈액투석 전후의 좌심실기능 변화에 관한 관찰. *대한신장학회잡지* 3: 46, 1984
- 15) Popovich RP, Moncrief JW, Decherd JB, Bomar JB and Ryle WK: *The definition of novel portable wearable equilibrium peritoneal dialysis technique*. *Abstr Am Soc Artif Intern Organs* 5: 64, 1976
- 16) Young MA: *Anti-hypertensive drug requirements in continuous ambulatory peritoneal dialysis*. *Peritoneal dialysis bulletin*, April-June, 1984
- 17) Nolph KD, Sorkin M, Rubin J, Arfania D, Prowant B, Fruto L and Kennedy D: *Continuous ambulatory peritoneal dialysis: Three year experience at one center*. *Ann Intern Med* 92: 609, 1980
- 18) Feigenbaum H: *Echocardiography*: 3rd Ed: Lea & Febiger, Philadelphia, 1981
- 19) Pombo JF, Troy BL and Russell RO: *Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography*. *Circulation* 43: 480, 1971
- 20) Bazett HC: *An analysis of the time relations of the electrocardiogram*. *Heart* 7: 353, 1920
- 21) Rose BD: *Pathophysiology of uremia in pathophysiology of renal Disease*. 1st Ed. McGraw-Hill, New York, 1981 pp. 419-435
- 22) Lüscher W: *Ubre Myocarditis uramica*. *Frankf Z Path* 26: 293, 1921
- 23) Langendorf R and Pirani CL: *The heart in uremia: an electrocardiographic and pathologic study*. *Am Heart J* 33: 282, 1947
- 24) Cupelli JP and Kasparian H: *Cardiac work demands and left ventricular function in end-stage renal disease*. *Ann Intern Med* 86: 261, 1977
- 25) Ahearn DJ and Maher JF: *Heart failure as a complication of hemodialysis arteriovenous fistula*. *Ann Intern Med* 77: 201, 1972
- 26) Eschbach JW, Funk D, Adamson J, Kuhn I, Scribner BH, Finch CA: *Erythropoiesis in patients with renal failure undergoing chronic dialysis*. *N Engl J Med* 276: 653, 1967
- 27) De Paepe MJB, Schelstraete KHG, Ringoir SM and Lameive NH: *Influence of continuous ambulatory peritoneal dialysis on the anemia of end stage renal disease*. *Kidney Int* 23: 744, 1983
- 28) Nixon JV, Murray RG, Leonard PD, Mitchell JH and Blomqvist CG: *Effect of large variations in preload on left ventricular performance in normal subjects*. *Circulation* 66: 698, 1982
- 29) Mitchell JH and Wildenthal K: *Analysis of left ventricular function*. *Proc Roy Soc Med* 65 : 542, 1972
- 30) McDonald IL, Uldall R and Buja AJ: *The effect of hemodialysis on cardiac rhythm and performance*. *Clin Nephrol* 15: 321, 1981

- 31) Grossman W, Braunwald E, Mann T, McLaurin LP and Green L: *Contractile state of The left ventricle in man as evaluated from end-systolic pressure-volume relations. Circulation* 56 : 845, 1977
- 32) Braunwald E, Sarnoff SJ and Stainsby WN: *Determinants of duration and mean rate of ventricular ejection. Circ Res* 6: 319, 1958
- 33) Weisler AM, Peeler RG and Roehill WH: *Relationships between left ventricular ejection time, stroke volume and heart rate in normal individuals and patients with cardiovascular disease. Am Heart J* 62: 367, 1961
- 34) Bornstein A, Zambrano SS, Morrison R and Spodick DH: *Cardiac effects of hemodialysis: noninvasive monitoring by systolic time intervals. Am J Med Sci* 269: 189, 1975
- 35) 노태호 · 한유식 · 김재형 · 홍순조 · 김삼수 · 김학중 · 방병기 · 민병석: 혈액투석의 혈액학적 영향. 대한내과학회잡지 25: 287, 1982
-