

자동 복막투석의 지속성 복막투석과 비교한 임상적 특징

아주대학교 의과대학 신장내과학교실

조진희 · 유수경 · 박인휘 · 김흥수 · 신규태

Clinical Comparison of Automated Peritoneal Dialysis with Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis

Jinhee Cho, M.D., Sukyong Yu, M.D., Inwhee Park, M.D.
Heungsoo Kim, M.D. and Gyu-Tae Shin, M.D.

Department of Nephrology, Ajou University School of Medicine

Purpose: Automated peritoneal dialysis (APD) is increasingly used due to freedom from daytime exchanges and flexibility of prescription. In this study, we compared APD with continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) to assess the influence of mode of PD on various measures of clinical performance.

Methods: We followed 26 APD patients prospectively over a 12-month period and compared them with 16 CAPD patients in whom examinations of dialysis dose and residual renal function (RRF) at least twice during the 1st one year after dialysis were done. Weekly Kt/V urea (Kt/V) and standard creatinine clearance (SCCr) of PD, and RRF (24hr urine creatinine clearance) were measured at 1st month, 6th month and 12th month after start of dialysis. In addition, serial biochemical tests were analyzed every three months during this period.

Results: No statistically significant differences in baseline characteristics, RRF, SCCr and Kt/V were observed between APD and CAPD patients. Serum concentrations of bicarbonate, hemoglobin, and calcium tended to be higher in the APD group and actually serum bicarbonate levels at 9 months, calcium levels at 12 months and hemoglobin levels at 6 and 9 months were significantly higher in APD patients ($p < 0.05$). There was no significant difference in serum sodium concentrations and peritonitis rate between the two groups.

Conclusion: No significant differences were observed between APD and CAPD in Kt/V, SCCr and RRF for one year after start of PD. APD, however, may be advantageous in improving several biochemical markers such as blood levels of hemoglobin, bicarbonate, and calcium compared to CAPD.

Key Words: APD, CAPD, Biochemistry

서 론

복막투석은 말기신부전 환자에서 신대체 요법의 한 방법으로 국내에서는 투석치료를 시행 받는 환자의 약 17.6%가 복막투

접수: 2010년 4월 1일, 수정: 2010년 5월 17일

승인: 2010년 6월 9일

책임저자: 신규태 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지
아주대학교 의과대학 신장내과학교실

Tel: 031)219-5130, Fax: 031)219-5137

E-mail: gtshin@ajou.ac.kr

석을 시작한다¹⁾. 자동 복막 투석 (automated peritoneal dialysis, 이하 APD)은 투석액 교환을 위해 기계를 사용하는 방법으로 1981년 Diaz-Buxo 등에 의해 CCPD (continuous cycler peritoneal dialysis)가 소개된 이후 그 사용이 증가 하고 있고 미국 USRDS의 보고에 따르면 전체 복막투석 환자 중 APD를 하고 있는 경우가 1983년 8%에서 2000년에는 54%로 급격히 증가하였음을 보여 주었다²⁾. 국내에서는 Yoo 등³⁾이 보고한 바에 따르면 1996년 10예로 시작하여 1999년 3.5%였고 2003년에는 전체 복막 환자의 6.2%로 점차 증가하

는 추세이다. 이처럼 APD가 증가하는 이유로는 복막염의 유병률을 낮추고³⁻⁵⁾, 저분자 물질의 청소율이 우수하며⁶⁾, 복강 내 압력을 줄임으로써 탈장의 빈도를 낮출 수 있고⁷⁾ 삶의 질을 향상 시키는 정신사회학적 측면의 장점이 있다^{8, 9)}. 그러나 APD는 잔여 신기능의 빠른 감소를 초래하고, 밤시간 동안 짧은 유체에 의한 나트륨 체현상 (sodium sieving)으로 고나트륨혈증 및 고혈압을 일으킬 수 있는 문제점이 제기 되었다^{10, 11)}. 이에 본 연구는 APD와 지속성복막투석 (continuous ambulatory peritoneal dialysis, 이하 CAPD)을 시작한 환자들의 투석의 적절도 및 생화학적 지표를 비교하여 APD의 유용성을 평가해 보기로 하였다.

대상 및 방법

본원의 APD가 비교적 활성화 되기 시작한 2005년부터 APD가 시행된 환자를 대상으로 하였고, 이 APD 환자들의 투석량과 잔여신기능 등의 여러 지표들은 본 연구를 위하여 투석 시작 후 일년 동안 전향적으로 수집하였다. 대조군으로서 CAPD 환자는 2001년부터 2008년 3월까지 복막 투석을 시작 하였고, 이 후 첫 일년 동안 2번 이상의 투석량과 잔여신기능이 평가된 환자를 선택하였다. 본원에서는 투석의 적절도 평가를 6개월 간격으로 권유하고 있으며 순응도가 높은 환자들이 대조군으로 포함되었다. APD 환자에서 투석의 적절도를 평가하기 위해 투석 후 1개월, 6개월과 12개월 시점에 투석액과 소변을 통한 weekly Kt/Vurea (이하 Kt/V)와 표준화 크레아티닌 제거율 (standard creatinine clearance, L/week/1.73m², 이하 SCCr)을 측정하였고, 잔여 신기능의 지표는 24 시간 소변 creatinine clearance로 하였다. 대조군인 CAPD 환자들은 동일 시점에 측정된 결과를 수집하였다. 그리고 각군의 생화학적 지표를 투석 시작 시점부터 일년까지 3개월 간격으로 비교하였다. 복막염에 의한 영향을 배제하기 위해 복막염이 있는 경우는 염증 치료가 종료된 뒤의 결과를 분석하였다. 또한 Erythropoiesis stimulating agent (이하 ESA)는 Epoetin alfa (이하 EA)와 Darbepoetin alfa (이하 DA)가 혼용 되어 전환식 EA 200 IU=DA 1 ug을 사용하여 한 달간의 평균 투여량을 계산하였다. 모든 복막투석 환자들은 복막관 삽입 2주 후 일주일간 입원을 하여 교육 후 시작하였고, APD는 교육 후 이틀간의 기계 적응훈련을 거쳐 시작하였다. APD는 야간 교환 8 L와 icodextrin (Extraneal, Baxter)으로 최종 저류 2 L를 하여 총 하루 10 L의 투석을 시행하였으며, CAPD는 8 L의 투석을 시행하였다. 복막평형검사 (peritoneal equilibrium

test, PET)는 fast PET을 시행하였다. 통계분석은 Windows 용 SPSS 13.0판을 사용하였다. 연속변수는 2-tailed student's t-test를 이용하여 비교하였고, 범주형 자료는 2-tailed x²-test를 이용하여 비교하였다. p 값은 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

1. 대상환자의 임상양상

APD는 26명, CAPD는 16명이 포함되었고 남자는 APD군에서 14명 CAPD군에서 12명으로 차이가 없었고, 기저질환은 APD군은 당뇨병이 11명 (42.3%) CAPD군에서 9명 (52.9%)으로 차이가 없었으며, 나이도 APD군은 48.92±8.68세 CAPD군은 52.94±8.67세로 두 군간에 차이가 없었다 (Table 1). PET은 34명에서 시행되었고 APD 환자에서 high transport군이 1명, high-average transport군이 8명, low-average transport군이 10명, low transport군이 1명이었고, CAPD 환자에서 high-average transport군이 4명, low-average transport군이 8명, low transport군이 2명으로 두 군간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 1).

2. 투석의 적절도

Kt/V는 APD는 시작 1개월째 2.58±0.71, 6개월째 2.41±0.48, 12개월째 2.12±0.28였고, CAPD는 각각 2.27±0.72, 2.06±0.48, 2.22±0.73로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Fig. 1A). SCCr은 APD는 시작 1개월째 88.06±

Table 1. Baseline Characteristics of the Patients

	APD (n=26)	CAPD (n=16)	p-value
Age (years)	48.92±8.68	52.94±8.67	0.153
Male (n)	14 (53.8%)	12 (75%)	0.206
Height (cm)	162.38±7.87	163.25±8.98	0.746
Weight (kg)	62.47±11.3	58.68±8.56	0.257
Diabetes (n)	11 (42.3%)	9 (56.3%)	0.38
PET (n=34)			
High	1 (5%)	0 (0%)	0.616
High average	8 (40%)	4 (29%)	
Low average	10 (50%)	8 (57%)	
Low	1 (5%)	2 (14%)	

Abbreviations: APD, automated peritoneal dialysis; CAPD, continuous ambulatory peritoneal dialysis; PET, peritoneal equilibrium test.

33.79 L/week/1.73m², 6개월째 77.45±27.85 L/week/1.73m², 12개월째 58.97±15.65 L/week/1.73m²였고, CAPD는 각각 81.62±30.88 L/week/1.73m², 68.46±16.3 L/week/1.73m², 69.61±27.82 L/week/1.73m²로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Fig. 1B). APD 환자는 잔여 신기능이 CAPD에 비하여 더 빨리 감소한다는 우려가 있어 이를 비교하였는데, APD의 잔여 신기능은 6개월째 53.2±41.2%, 12개월째 81.5±23%로 감소하였고, CAPD는 각각 41.2±39.6%, 55.6±30.6%로 감소하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다 (Fig. 1C).

APD가 복막의 성질이 high transport 복막인 환자에서 사용이 더 추천되는 것을 고려하여¹²⁾ APD 환자 중 high-average transport군과 low-average transport군 간의 Kt/V, SCr, 잔여 신기능을 비교 하였으나, Kt/V는 PET의 high-average transport군에서 시작 1개월째 2.37±0.37, 6개월째 2.25±0.24, 12개월째 2.15±0.24 였고, low-average transport군에서는 각각 2.247±0.62, 2.55±0.39, 2.19±0.27로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2). SCr은 high-average transport군은 시작 1개월째 76.46±86.52, 6개월째 75.64±16.6, 12개월째 63.82±19.01였고, low-average transport군은 각각 86.51±26.49 L/week/1.73m², 81.35±43.41 L/week/1.73m², 55.57±15.29 L/week/1.73m²로 역시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않

았다 (Table 2). 잔여 신기능은 high-average transport군은 시작 1개월째 2.57±2.11, 6개월째 2.30±2.15, 12개월째 1.98±2.31였고, low-average transport군은 4.18±2.39, 2.17±2.41, 0.73±1.38로 추적 기간 중에 두 군간에 유의한 차이가 없었다 (Table 2).

3. 생화학적 지표

혈액의 요소질소, 크레아티닌, 나트륨, 칼륨, 클로라이드, 중탄산염 농도, 인산, 칼슘, 알부민, 헤모글로빈 및 헤마토크릿, 부갑상선 호르몬 그리고 transferrin saturation을 분석하였다. APD군에서 CAPD군에 비하여 헤모글로빈이 빨리 상승하는 경향을 보였고 6개월에는 APD군이 10.85±1.0 g/dL, CAPD군이 9.84±0.99 g/dL이었고, 9개월에는 APD군이 11.15±1.15 g/dL, CAPD군이 9.89±0.27 g/dL로 통계적으로 유의하게 높았다 (Fig. 2A, p=0.005, p=0.003). 헤모글로빈에 영향을 미칠 수 있는 ESA의 한 달간 투여량을 비교해 보았을 때 6개월째 APD군은 17,818.18±13,951.05 IU, CAPD군은 15,466.67±12,883.36 IU 이었고, 9개월째 APD군은 18,941.18±14,319.87 IU, CAPD군은 186,66.67±13,409.30 IU로 차이가 없었고 (p=0.311, p=0.607), transferrin saturation도 APD 34.44±15.19%, CAPD 38.91±23.26%로 두 군간의 차이가 없었다 (p=0.55). 또한

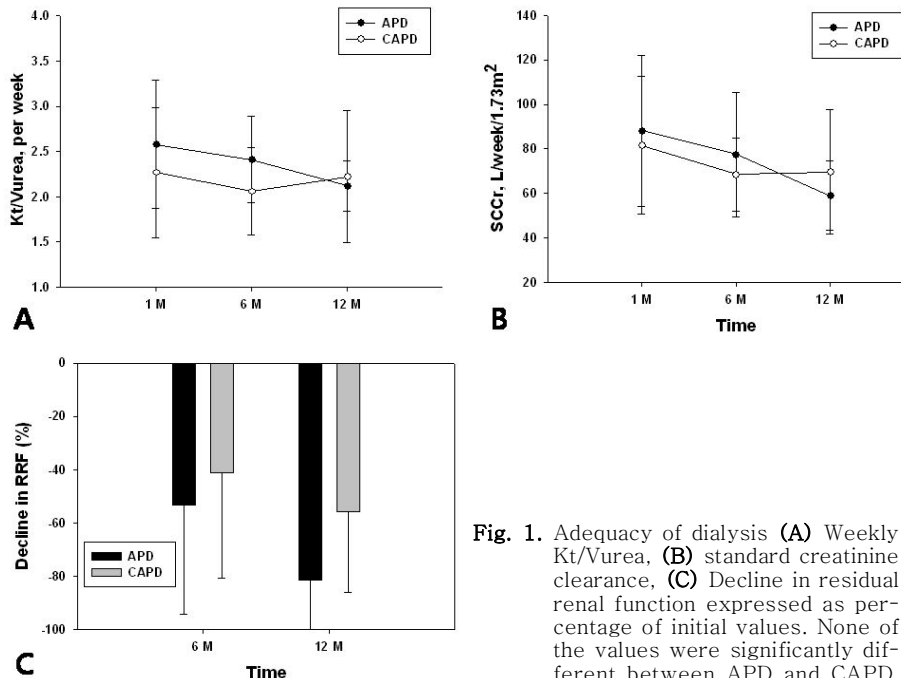


Fig. 1. Adequacy of dialysis (A) Weekly Kt/Vurea, (B) standard creatinine clearance, (C) Decline in residual renal function expressed as percentage of initial values. None of the values were significantly different between APD and CAPD.

Table 2. Dialysis Dose of APD Patients According to Peritoneal Membrane Characteristics Based on PET

	APD		p-value
	High average	Low average	
Kt/v-urea (1 months)	2.37±0.37	2.47±0.62	0.711
Kt/v-urea (6 months)	2.25±0.24	2.55±0.39	0.232
Kt/v-urea (12 months)	2.15±0.24	2.19±0.27	0.833
SCCr (1 months) L/week/1.73m ²	76.46±86.52	17.86±26.49	0.398
SCCr (6 months) L/week/1.73m ²	75.64±16.60	81.35±43.41	0.814
SCCr (12 months) L/week/1.73m ²	63.82±19.01	55.57±15.29	0.524
RRF (1 months) mL/min	2.57±2.11	4.18±2.39	0.205
RRF (6 months) mL/min	2.30±2.15	2.17±2.41	0.941
RRF (12 months) mL/min	1.98±2.31	0.73±1.38	0.390

Abbreviations: APD, automated peritoneal dialysis; PET, peritoneal equilibrium test; RRF, residual renal function; SCCr, standard creatinine clearance.

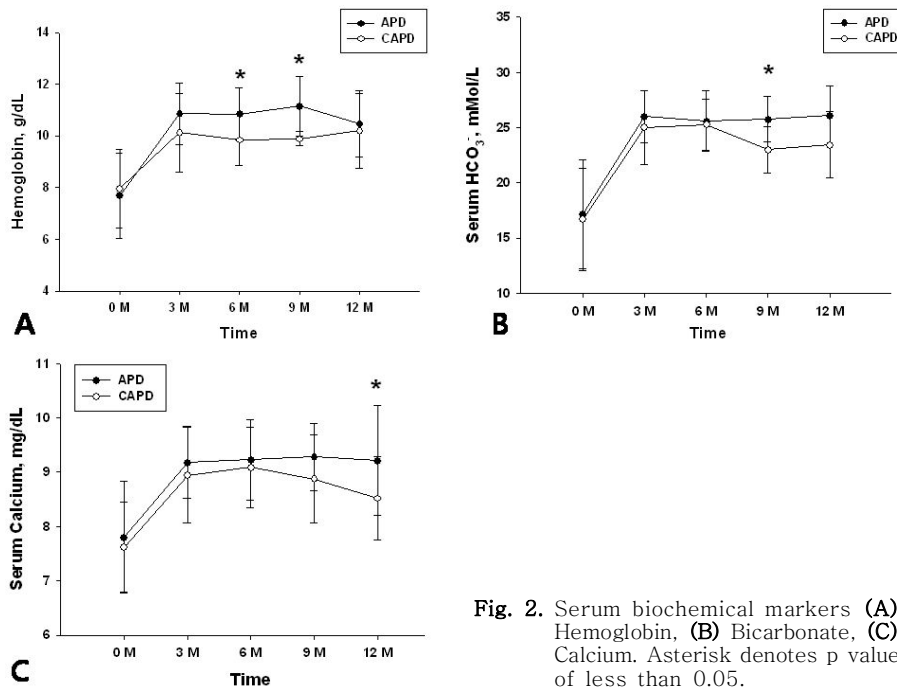


Fig. 2. Serum biochemical markers (A) Hemoglobin, (B) Bicarbonate, (C) Calcium. Asterisk denotes p value of less than 0.05.

APD군에서 CAPD군에 비하여 중탄산염이 9개월째 25.76 ± 2.05 mMol/L, 23.00±2.10 mMol/L로 높았고, 칼슘은 12개월에 9.21±1.01 mg/dL, 8.52±0.76 mg/dL로 통계적으로 의미 있게 높았다 (Fig. 2B, p=0.001, 2C, p=0.042). 칼슘 농도에 영향을 미칠 수 있는 부갑상선 호르몬은 APD군에서 171.16±121.71 pg/mL, CAPD군에서 238.36±202.70 pg/mL로 통계적으로 차이는 없었다 (p=0.264).

APD는 짧은 투석액 저류시간으로 인한 나트륨 체현상, 즉 한외여과가 혈중 나트륨 여과를 초과하는 현상으로 고나트륨혈증 발생에 대한 우려가 있어 왔으나^{10, 13)} 본 연구에서 혈중 나

트륨의 농도는 APD군과 CAPD군에서 차이를 보이지 않았고 그 외 요소질소, 크레아티닌, 알부민, 칼륨, 클로라이드, 인산 농도도 유의한 차이가 없었다 (자료 미첨부). APD 환자 중 high-average transport군과 low-average transport군 간에는 이러한 모든 생화학적 지표에 추적 기간 중에 유의한 차이가 없었다 (자료 미첨부).

4. 복막염의 유병률

복막염의 유병률은 APD가 0.5/patient-year, CAPD가

0.31/patient-year로 통계적으로 차이는 없었다 ($p>0.05$).

고 찰

APD의 가장 큰 장점은 환자 혹은 보호자가 낮 시간 동안 투석에 얽매이지 않고 각자의 사회 생활을 할 수 있게 해 줌으로써 환자의 정신 건강을 향상 시키고⁸⁾ 사회 경제적으로도 득이 될 수 있다는 사실이다. 본 연구에서는 이러한 이유로 최근 사용이 증가하고 있는 APD를 CAPD와 비교하여 장단점을 통해 APD의 적절한 사용을 알아보고자 하였다.

본 연구 결과 APD 환자에서 생화학적 지표 중 알부민이 복막투석의 시작 시점에서는 차이가 없었으나 전반적으로 높게 유지되었고 그 외 칼슘, 중탄산염 농도도 더욱 호전되는 경향을 보였으며 헤모글로빈 또한 더 빨리 호전되는 것을 보였다. 만성적인 산증은 아미노산의 분해 및 근육의 단백질 분해를 조장하므로 투석환자에게 있어서 산증을 교정하는 것은 중요한 임상적 의미가 있다^{4, 15)}. 그러나 Kung 등¹⁶⁾의 보고에 따르면 영양상태가 좋은 환자에서 중탄산염 농도가 더 낮음을 보여주어 단백질 섭취의 증가로 인해 발생한 산과 투석액을 통해 공급된 염기 사이에 불일치가 있음을 보여주었다. APD와 CAPD를 비교한 Salim 등¹⁷⁾의 연구에 따르면 대부분의 복막투석 환자에서 산증이 잘 교정되었고 산증을 교정하는 데에는 잔여신기능보다 복막투석액에 의한 염기의 보충이 더욱 중요한 역할을 한 것으로 나타났다. 본 연구에도 APD군과 CAPD군 모두 산증이 잘 교정되었고 APD에서 중탄산염 농도가 더 높게 유지되는 것은 APD의 투석액의 양이 CAPD에 비하여 많아 더 많은 염기의 보충이 이루어졌기 때문이라 생각된다.

APD에 대한 문제로 제기되는 것이 나트륨 체현상에 의한 나트륨 배설의 저하로 세포외액량의 조절이 어렵고 이로 인한 혈압조절의 문제, 심혈관 질환의 위험도 증가에 따른 사망률의 문제이다. 나트륨 체현상¹⁰⁾ 복막 투석액이 주입된 첫 1-2시간에 복막의 aquaporin을 통한 체내 수분의 제거 즉 한외여과가 나트륨의 제거 보다 빨리 일어나 생기는 현상으로 투석액 저류 시간이 짧은 APD에서 문제가 될 수 있는 현상이다. 실제 Rodriguez-Carmona 등^{11, 13)}은 APD에서 CAPD 보다 한외여과와 나트륨 배설이 현저히 떨어짐을 보여 주었고 이런 경우 icodextrin의 사용으로 한외여과 뿐만 아니라 나트륨배설을 향상시킬 수 있음을 보여주었다. 본 연구에서는 투석액을 통한 직접적인 나트륨 제거율을 구하지는 못했지만 혈청 나트륨 농도를 비교하였을 때 APD에서 CAPD 보다 나트륨 농도가 높지 않았는데 이는 모든 APD 환자에서 낮 시간 동안 icodextrin

을 사용하였기 때문으로 판단된다.

잔여 신기능은 말기 신부전 환자에게 수분과 전해질의 균형을 유지함으로 수분섭취 및 음식의 제한을 덜 받고 중분자 물질의 제거에도 중요한 역할을 함으로서 복막투석 환자의 예후에 중요한 역할을 하며 여러 연구를 통해 복막투석이 혈액투석에 비해 잔여 신기능이 잘 유지되는 것이 밝혀졌다¹⁸⁻²⁰⁾. 그러나 과거 연구에 따르면 APD에서 CAPD보다 빠른 잔여신기능의 저하가 일어남을 보고하였고^{11, 21)} 이는 APD에서 주로 야간에 투석이 이루어 지면서 체액량의 일중 변화가 있고 좀더 고농도의 투석액이 사용되면서 삼투압이 증가하면서 혈액역적인 상태에 영향을 미쳐 사구체여과에 손상이 가해지기 때문이라 여겨졌다. 본 연구에서도 통계적으로 의미가 있는 정도는 아니었으나 APD에서 CAPD보다 잔여 신기능이 좀 더 빠르게 감소하는 경향을 보였다. 그러나 이후의 여러 연구들에서 복막투석의 방법이 잔여신기능을 더 빠르게 악화시키는 요인이 아닌 것이 보고되어²²⁻²⁴⁾ 이에 대해서는 좀 더 연구가 필요할 것으로 보인다.

APD 장점으로 제기된 것 중의 하나는 복막염의 유병률이 낮다는 것이다. Yoo 등³⁾의 연구에 따르면 CAPD 환자에서 연간 복막염 유병률이 0.31, 0.29, 0.28, 0.32/patient-year에 비해 APD에서 0.15, 0.13, 0.09, 0.12/patient-year로 현저히 낮음을 보여주었다. 또한 Rabindranath 등⁴⁾이 RCT (randomized control trials) 고찰을 통해 APD에서 복막염의 빈도가 현저히 낮으나 출구감염에는 차이가 없음을 보여주었다. APD에서 복막염의 빈도가 낮은 이유로는 연결관의 연결 및 분리횟수 감소로 인한 접촉 감염 기회의 감소, 연결작업을 동일한 장소에서 수행함으로 인한 안전성, 중간에 복강 내에 투석액을 주입하지 않기 때문에 복강 내의 방어기전의 향상을 들 수 있다^{25, 26)}. 그러나 본 연구에서는 APD와 CAPD 간의 복막염 유병률에는 큰 차이가 없었다.

APD는 CAPD에 비하여 교환 당 투석액의 저류시간이 짧아서 PET에서 high transport 복막을 가지고 있는 환자에서 주로 권고 되고 있기 때문에¹²⁾, 본 연구에서는 이러한 복막의 성질에 따른 APD 환자간의 특성을 비교하고자 하였으나 환자군이 적어 비교가 어려워 high-average transport군과 low-average transport군을 비교하여 그 경향을 파악하였고, 그 결과 두 군간에 별 다른 차이점을 발견하지 못하였다. 이러한 결과는 PET이 APD와 CAPD를 선택하는 선행 검사로서 불필요하다는 연구 결과와¹¹⁾ 일치한다고 할 수 있다.

본 연구에서는 APD로 복막 투석을 시작하는 환자의 투석 적절도 및 생화학적 지표, 잔여 신기능, 복막염 발생 등을 일년 동안 전향적으로 관찰하여 이를 CAPD 환자와 비교를 하였다. 그

결과 APD는 CAPD와 비교할 때 투석 적절도는 별 차이가 없었으며, 환자의 혈청 생화학적 지표 중 칼슘, 중탄산염, 헤모글로빈이 CAPD와 비교할 때 더욱 개선되는 점을 보여 주었다. 본 연구는 대상군이 적었고 APD군은 전향적 수집을 CAPD군은 후향적 수집을 하였다는 한계점이 있다. 향후 APD에 대한 대단위의 연구를 통해 본 연구에서 분석 되었던 APD가 가지는 장점과 단점에 대한 자료를 더욱 보완하여 환자에게 적용함으로써 투석의 질을 높이고 나아가 투석환자의 생존율을 높이는 데 기여 해야 할 것이다.

요 약

목적: 자동복막투석 (automated peritoneal dialysis, APD)은 낮 시간 동안 투석에 자유로울 수 있고 투석 증가 처방의 용이함으로 국내에서도 점차 사용이 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 APD와 지속성 복막투석 (continuous ambulatory peritoneal dialysis, CAPD)을 비교하여 두 복막 투석간의 여러 임상적 지표의 차이를 알아보고자 하였다.

방법: 본 연구자들은 APD 환자 26명을 대상으로 투석 시작 후 일년 동안 전향적으로 검사 결과를 수집하였으며, 대조군으로서 CAPD 환자는 투석 시작 후 첫 일년 동안 2번 이상의 투석량과 잔여신기능이 평가된 16명을 대상으로 하였다. 복막 이동 성질을 평가하기 위해 Peritoneal equilibration test (PET)을 시행하였고, 투석 시작 후 1개월, 6개월과 12개월 시점에 weekly Kt/V urea (Kt/V)와 standard creatinine clearance (SCCr) 그리고 잔여 신기능 (24시간 소변 creatinine clearance)을 측정 하였다. 그리고 각군의 생화학적 지표를 투석 시작 시점부터 3개월 간격으로 일년 동안 비교하였다.

결과: APD와 CAPD 간의 성별, 연령, 키, 몸무게, 기저질환에는 차이가 없었다. 또한 복막 이동 성질, Kt/V, SCCr, 잔여 신기능도 두 군간의 차이는 없었다. APD에서 CAPD에 비하여 중탄산염 농도, 헤모글로빈, 칼슘이 전반적으로 높은 경향을 보였고 그 중 중탄산염 농도는 9개월에, 칼슘은 12개월에, 헤모글로빈은 6개월, 9개월에 통계적으로도 유의하게 높았다 ($p < 0.05$). 혈중 나트륨의 농도와 복막염의 빈도는 두 군간에 차이가 없었다.

결론: APD는 CAPD와 1년간 비교하였을 때 Kt/V, SCCr, 잔여신기능은 의미 있는 차이가 없었다. 그러나 환자의 혈청 생화학적 지표 중 칼슘, 중탄산염 농도, 헤모글로빈이 CAPD에 비하여 APD 환자에서 더욱 호전된 결과를 보였다.

참 고 문 헌

- 1) ESRD Registry Committee, Korean Society of Nephrology: Current renal replacement therapy in Korea. *Korean J Nephrol* 27(Suppl 2):S437-S465, 2008
- 2) Flanigan MJ, Rocco MV, Prowant B, Frederick PR, Frankenfield DL: Clinical performance measures : the changing status of peritoneal dialysis. *Kidney Int* 60: 2377-2384, 2001
- 3) Yoo TH, Ryu DR, Kim HJ, Choi HY, Kim JS, Kang SW, Choi KH, Han DS, Lee HY: Clinical usefulness of automated peritoneal dialysis(APD) in end stage renal disease patients. *Korean J Nephrol* 24:280-288, 2005
- 4) Rabindranath KS, Adams J, Ali TZ, Daly C, Vale L, Macleod AM: Automated vs continuous ambulatory peritoneal dialysis: a systematic review of randomized controlled trials. *Nephrol Dial Transplant* 22:2991-2998, 2007
- 5) Brunkhorst RR: Individualized PD prescription: APD versus CAPD. *Perit Dial Int* 25(Suppl 3):S92-S94, 2005
- 6) Rodríguez AM, Díaz NV, Cubillo LP, Plana JT, Riscos MA, Delgado RM, Herrera CM, Ribes EA, Molina FT, Heras MM, González AT, Cantón CG, Fernández AR, Laborda EB, Zurita MN, Girón FF, Santana PS: Automated peritoneal dialysis : a Spanish multicentre study. *Nephrol Dial Transplant* 13:2335-2340, 1998
- 7) Dombros N, Dratwa M, Feriani M, Gokal R, Heimbürger O, Krediet R, Plum J, Rodrigues A, Selgas R, Struijk D, Verger C: EBPG Expert Group on Peritoneal Dialysis : European best practice guidelines for peritoneal dialysis. 6 Automated peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 20(Suppl 9):ix21-ix23, 2005
- 8) de Wit GA, Merkus MP, Krediet RY, de Charro FT: A comparison of quality of life of patients on automated and continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 21:306-312, 2001
- 9) Bro S, Bjorner JB, Tofte-Jensen P, Klem S, Almtoft B, Danielsen H, Meincke M, Friedberg M, Feldt-Rasmussen B: A prospective, randomized multicenter study comparing APD and CAPD treatment. *Perit Dial Int* 19: 526-533, 1999
- 10) Zweers MM, Douma CE, de Waart DR, van der Wardt AB, Ho-dac-Pannekeet MM, Krediet RT, Struijk DG: The standard peritoneal permeability analysis in the rabbit: a longitudinal model for peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 19:56-64, 1999
- 11) Rodriguez-Carmona A, Pérez-Fontán M, Garca-Naveiro R, Villaverde P, Peteiro J: Compared time profiles of ultrafiltration, sodium removal, and renal function in

- incident CAPD and automated peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 44:132-145, 2004
- 12) Twardowski ZJ: Influence of different automated peritoneal dialysis schedules on solute and water removal. *Nephrol Dial Transplant* 13(Suppl 6):103-111, 1998
 - 13) Rodríguez-Carmona A, Fontán MP: Sodium removal in patients undergoing CAPD and automated peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 22:705-713, 2002
 - 14) Bailey JL, Wang X, England BK, Price SR, Ding X, Mitch WE: The acidosis of chronic renal failure activates muscle proteolysis in rats by augmenting transcription of genes encoding proteins of the ATP-dependent ubiquitin proteasome pathway. *J Clin Invest* 97:1447-1453, 1996
 - 15) Graham KA, Reaich D, Channon SM, Downie S, Gilmour E, Passlick-Deetjen J, Goodship TH: Correction of acidosis in CAPD decreases whole body protein degradation. *Kidney Int* 49:1396-1400, 1996
 - 16) Kung SC, Morse SA, Bloom E, Raja RM: Acid-base balance and nutrition in peritoneal dialysis. *Adv Perit Dial* 17:235-237, 2001
 - 17) Mujais S: Acid-base profile in patients on PD. *Kidney Int Suppl* 88:S26-S36, 2003
 - 18) Rottembourg J, Issad B, Gallego JL, Degoulet P, Aime F, Gueffaf B, Legrain M: Evolution of residual renal function in patients undergoing maintenance haemodialysis or continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Proc Eur Dial Transplant Assoc* 19:397-403, 1983
 - 19) Lameire NH: The impact of residual renal function on the adequacy of peritoneal dialysis. *Nephron* 77:13-28, 1997
 - 20) Adequacy of dialysis and nutrition in continuous peritoneal dialysis : association with clinical outcomes. Canada-USA(CANUSA) Peritoneal Dialysis Study Group. *J Am Soc Nephrol* 7:198-207, 1996
 - 21) Hufnagel G, Michel C, Queffeuilou G, Skhiri H, Damieri H, Mignon F: The influence of automated peritoneal dialysis on the decrease in residual renal function. *Nephrol Dial Transplant* 14:1224-1228, 1999
 - 22) Holley JL, Aslam N, Bernardini J, Fried L, Piraino B: The influence of demographic factors and modality on loss of residual renal function in incident peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* 21:302-305, 2001
 - 23) Moist LM, Port FK, Orzol SM, Young EW, Ostbye T, Wolfe RA, Hulbert-Shearon T, Jones CA, Bloembergen WE: Predictors of loss of residual renal function among new dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 11:556-564, 2000
 - 24) Dell'Aquila R, Berlingò G, Pellanda MV, Contestabile A: Continuous ambulatory peritoneal dialysis and automated peritoneal dialysis : are there differences in outcome? *Contrib Nephrol* 163:292-299, 2009
 - 25) Holley JL, Bernardini J, Piraino B: Continuous cycling peritoneal dialysis associated with lower rates of catheter infections than continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Am J Kidney Dis* 16:133-136, 1990
 - 26) de Fijter CW, Verbrugh HA, Oe PL, Heezius EC, Verhoef J, Donker AJ: Antibacterial peritoneal defence in automated peritoneal dialysis: advantages of tidal over continuous cyclic peritoneal dialysis? *Nephrol Dial Transplant* 9:156-162, 1994