

한국인 복막투석 환자에서 복막평형검사 - 단일기관연구

계명대학교 의과대학 내과학교실, 신장연구소, 동산의료원 신장실*

황은아 · 박진호 · 홍윤수* · 진규복 · 성정훈 · 한승엽 · 박성배 · 김현철

〈요 약〉

배 경 : 적절한 복막투석처방을 위해 이용되고 있는 복막평형검사 (PET)는 미국 환자들의 결과를 바탕으로 한 지침이며 인종에 따라 차이가 있다는 보고들이 있다. 저자들은 한국인 복막투석환자에서 PET 기준치를 설정하여 종래의 PET 기준과의 차이를 조사하고 복막 용질 이동에 영향을 미치는 인자들을 알아보려고 하였다.

방 법 : 2001년 1월부터 2005년 12월까지 계명의대 동산병원에서 말기신부전으로 복막투석 치료를 시작하고 1개월에서 6개월 사이에 PET를 시행한 환자 141명을 대상으로 그 결과를 분석하였다.

결 과 : 대상 환자의 평균 연령은 51.2 ± 12.5 세, 남녀비 1:1, 원인 신질환이 당뇨병인 환자가 67예 (47.5%)였으며 4시간 D/Pcr 치는 0.68 ± 0.11 로 Twardowski의 0.65 ± 0.15 보다 유의하게 높았다. Twardowski 분류에 의한 고이동 (H)은 15예 (10.6%), 고평균이동 (HA) 68예 (48.2%), 저평균 이동 (LA) 53예 (37.6%), 저이동 (L) 5예 (3.5%)였다. 대상 환자들의 4시간 D/Pcr치의 평균과 표준 편차로 재분류 하였을 때, H 18예 (12.8%), HA 42예 (29.8%), LA 64예 (45.4%), L 17예 (12.1%)로 HA 및 L의 비율이 기존의 분류와 유의한 차이를 보였다($p=0.005$). 4시간 D/Pcr 치에 영향을 미치는 인자에 대한 단변량 분석에서 연령, 혈청 알부민 농도, 체질량 지수가 유의한 인자였으나 다변량 분석에서는 혈청 알부민 농도만이 유의한 예측 인자였다 ($p<0.05$).

결 론 : 본 연구에서는 한국인 복막투석환자의 4시간 D/Pcr치가 Twardowski의 평균치 보다 유의하게 높았으며 혈청 알부민 농도만이 복막 용질 이동 특성의 유일한 독립적 예측인자였다. 향후 한국인에서 기존의 PET 분류에 따른 투석처방의 적절성 및 이에 영향을 미치는 인자에 대해서는 좀더 많은 환자를 대상으로 한 대규모의 연구가 필요할 것으로 생각한다.

서 론

만성 신부전증의 확립된 신대체요법의 하나인 복막투석은 간헐적 혈액투석에 비해 지속적으로 요독소를 제거할 수 있으며 잔여 신기능의 보존 효과가 높은 장점이 있지만 환자마다 복막 기능이 서로 상이하므

로 초기 투석처방시 투석적절도의 예측이 어렵고, 환자마다 투석처방을 달리해야 하는 어려움이 있다. 그동안 임상적으로는 1987년 Twardowski 등¹⁾이 제시한 복막평형검사 (Peritoneal equilibration test, PET)를 통해 복막의 용질 이동 특성을 평가하여 이를 투석처방의 지침으로 이용하고 있다. 이 방법은 복막의 용질 이동 특성에 따라 4군으로 분류하고 이에 따라 투석처방을 달리하도록 권고하고 있다. 그러나 이는 미국의 환자를 대상으로 한 연구이며 인종에 따라 복막 용질 이동의 평균치 및 분포에 차이가 있다는 보고²⁻⁴⁾들이 있다. 이에 저자들은 한국인의 복막의 용질 이동 특성을 평가하여 이를 Twardowski 등¹⁾의 기준치와

본 연구는 제26차 대한신장학회 춘계학술대회에서 구연 발표되었음

접수: 2006년 5월 2일, 승인: 2006년 7월 19일

책임저자: 김현철 대구광역시 중구 동산동 194번지

계명의대 동산의료원 신장내과

Tel: 053)250-7399, Fax: 053)254-8168

E-mail: k780121@dsmc.or.kr

의 차이를 비교하고, 복막 용질 이동율에 영향을 미치는 인자에 대해 조사하였다.

대상 및 방법

2001년 5월부터 2006년 2월까지 계명대학교 동산병원에서 말기신부전으로 복막투석을 시작하고, 복막투석 시작 1개월에서 6개월 사이에 복막평형검사를 시행받은 환자 141명을 대상으로 하여 후향적으로 조사하였다. 복막염의 병력이 있거나 이전에 신장이식 또는 혈액투석을 시행받은 병력이 있는 환자는 제외하였다.

복막평형검사는 Twardowski의 방법¹⁾을 참고하여 시행하였다. 환자는 검사 전날 저녁에 주입한 투석액을 8-12시간 동안 복강 내 저류시킨 다음, 앉은 자세에서 약 20분간 배액한 후 누운 상태에서 2.5% 투석액을 10분에 걸쳐 주입하였다. 주입하는 동안 2분마다 몸을 돌려서 투석액이 복강 내 고루 주입되도록 하였다. 주입 후 0, 2시간에 200 mL을 배액시켜 배액 주머니 내에서 2-3차례 섞은 후 10 mL의 시료를 채취하였고, 4시간에는 앉은 자세에서 20분간 최대한 배액한 후 같은 방법으로 시료를 채취하여 각각 당과 크레아티닌 농도를 측정하였다. 배액액 내 당과 크레아티닌은 COBAS INTEGRA 800 (로슈, 스위스)으로 측정하였으며 크레아티닌 농도는 내부정도관리에 의해 교정된 값을 사용하였다. 저류 2시간째에는 혈액을 채취하여 당과 크레아티닌 농도를 측정하였다. 검사결

과는 주입 직후 배액한 0시간째의 배액액 내 당 농도 (D0glu)와 혈청 크레아티닌 농도 (P0cr)에 대한 주입 시간에 따른 배액액의 당농도 (Dglu)와 크레아티닌 농도 (Dcr)의 비, 즉 D/D0glu, D/Pcr으로 표시하였다.

복막 이동군의 분류는 먼저 Twardowski의 기준¹⁾에 따라 고이동 (high transport, H), 고평균 이동 (high average transport, HA), 저평균 이동 (low average transport, LA), 저이동 (low transport, L)으로 분류하였다. 이어 전체 환자의 4시간 D/Pcr 값의 평균 및 표준 편차를 구하여 평균 이상이면서 평균+1SD이하를 HA, 평균 이하이면서 평균-1SD 이상을 LA, +1SD 이상을 H, -1SD 이하를 L로 재분류하였다. 환자의 체표면적 (BSA)은 Du Bois and Du Bois법⁵⁾을 이용하여 계산하였고, 환자의 체질량 지수 (BMI)는 키와 건체중 (배액 후 체중)으로 계산하였으며 세계보건기구가 제시한 아시아-태평양 기준에 따라 과체중 (>23 kg/m²), 정상체중(18.5-22.9 kg/m²), 저체중(<18.5 kg/m²)으로 구분하였다.

결과는 평균±표준 편차로 표시하였고 SPSS window용 (ver. 12.0)을 이용하여 분석하였다. 다변량 분석은 다중선형회귀분석으로 시행하였으며 각 군간의 비교는 p<0.05일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

대상 환자는 141명으로 총 141회의 복막평형검사를 시행하였다. 대상 환자의 특성은 Table 1과 같다. 환자 연령은 51.2±12.5세 (최단 17세, 최장 82세)였으며 남녀비는 1:1이었다. 원인 질환으로는 당뇨병 환자가 67예로 전체의 47.5%를 차지하였으며, 전체 환자의 BSA는 1.64±0.16m², BMI는 22.4±2.7 kg/m², 혈청 알부민 농도는 3.4±0.4 g/dL 였다. PET는 복막투석 시작 후 평균 1.9±1.0개월에 시행하였으며 대상 환자들의 4시간 D/Pcr 치는 0.68±0.11로 Twardowski 등¹⁾의 0.65±0.15에 비해 유의하게 높았다 (p<0.05, Fig. 1). Twardowski 기준¹⁾에 따라 복막 이동군을 분류하였을 때 H 15예 (10.6%), HA 68예 (48.2%), LA 53예 (37.6%), L 5예 (3.5%)였으나 환자들의 4시간 D/Pcr 평균과 표준 편차를 기준으로 재분류 하였을 때는 H 18예 (12.8%), HA 42예 (29.8%), LA 64예 (45.5%), L 17예 (12.1%)로 Twardowski 분류에

Table 1. Patient Characteristics

No. of patients	141
Age (yr)	51.2±12.5 (17-82)
Male : Female	71 : 70
No. of DM patients (%)	67 (47.5)
BSA (m ²)	1.64±0.14
BMI (kg/m ²)	22.4±2.7
BMI category (kg/m ² , %)	
<18.5	6 (4.3)
18.5-22.9	84 (59.5)
>23	51 (36.2)
Serum albumin (g/dL)	3.4±0.4
Time of PET (months)	1.9±1.0
4hr D/P creatinine	0.68±0.11*

Abbreviations : DM, diabetes mellitus; BSA, body surface area; BMI, body mass index; PET, peritoneal equilibration test. *p<0.05, vs. Twardowski's data

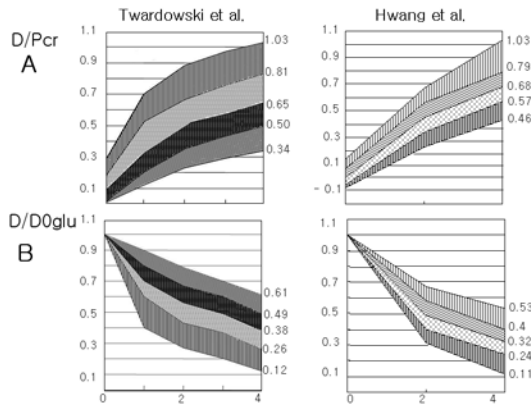


Fig. 1. Comparison of our PET data with that of Twardowski et al.¹⁾ for D/P creatinine (A) and D/DO glucose (B).

Table 2. Percentage of Patients Falling Into the Transport Groups

	No. of patients (%)		p
	Twardowski criteria	Redefined	
High (H)	15 (10.6)	18 (12.8)	NS
High average (HA)	68 (48.2)	42 (29.8)	0.002
Low average (LA)	53 (37.6)	64 (45.4)	NS
Low (L)	5 (3.5)	17 (12.1)	0.013

Abbreviation: NS, not significant

비해 고평균 이동군의 비율이 유의하게 낮았고 ($p < 0.05$), 저 이동군의 비율이 유의하게 높았다 ($p < 0.05$, Table 2).

복막의 용질 이동 특성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 성별, 연령, 당뇨병의 유무, 혈청 알부민 농도, BMI, BSA에 따라 4시간 D/Pcr 치를 비교하였다. 성별에 따른 4시간 D/Pcr 치는 남성 0.69 ± 0.11 , 여성 0.66 ± 0.1 로 남성에서 높은 경향을 보였으나 유의한 정도는 아니었다. 양 군간의 연령, 당뇨병, BMI, 혈청 알부민 농도에는 차이가 없었으나 남성에서 여성에 비해 BSA가 유의하게 높았다 ($p < 0.05$, Table 3).

60세 이하인 환자군과 60세 이상인 환자군의 복막 60세 이하에서 0.66 ± 0.1 임에 비해 60세 이상에서는 0.71 ± 0.14 로 유의하게 높았으며 ($p < 0.05$), 복막 이동군의 분류에서도 H가 60세 이상에서 9예 (23.7%)로 60세 이하의 6예 (5.8%)보다 유의하게 높았다 ($p <$

Table 3. Comparison of Male and Female Patients

	Male	Female	p
No. of patients	71	70	
4h D/Pcr	0.69 ± 0.11	0.66 ± 0.1	NS
Transport category (%)*			
H	11 (15.5)	4 (5.7)	NS
HA	31 (43.7)	37 (52.9)	NS
LA	27 (38.0)	26 (37.1)	NS
L	2 (2.8)	3 (4.3)	NS
Age (yr)	50.5 ± 13.7	52.0 ± 10.9	NS
DM (%)	37 (52.1)	30 (42.9)	NS
BSA (m ²)	1.72 ± 0.1	1.5 ± 0.11	0.000
BMI (kg/m ²)	22.0 ± 2.5	22.8 ± 2.8	NS
S-albumin (g/dL)	3.4 ± 0.5	3.4 ± 0.3	NS

*defined by Twardowski's classification

Table 4. Comparison by Age

	Age (yr)		p
	≤ 60	> 60	
No. of patients	103	38	
4h D/Pcr	0.66 ± 0.1	0.71 ± 0.14	0.038
Transport category (%)			
H	6 (5.8)	9 (23.7)	0.005
HA	52 (50.5)	16 (42.1)	NS
LA	43 (40.6)	10 (26.3)	NS
L	2 (1.9)	3 (7.9)	NS
Age (yr)	45.9 ± 10.1	65.6 ± 4.1	0.000
M:F	51:52	20:18	NS
DM (%)	40 (38.8)	27 (71.1)	0.001
BSA (m ²)	1.64 ± 0.15	1.62 ± 0.13	NS
BMI (kg/m ²)	22.6 ± 2.7	22.0 ± 2.6	NS
S-albumin (g/dL)	3.5 ± 0.4	3.3 ± 0.4	0.011

0.05). 당뇨병의 비율이 60세 이상에서 유의하게 높았으며 ($p = 0.001$), 혈청 알부민 농도는 60세 이하에 비해 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$). 당뇨병의 유무에 따라 환자를 구분하여 비교하였을 때 4시간 D/Pcr 치가 당뇨병군 0.69 ± 0.12 , 비당뇨군 0.67 ± 0.1 로 유의한 차이는 없었으며, 당뇨병군에서 연령이 유의하게 높았고, 혈청 알부민 농도가 유의하게 낮았다 ($p = 0.000$, Table 5).

혈청 알부민 농도가 3.5 g/dL 미만인 환자과 3.5 g/dL 이상인 환자를 나누어 비교하였다 (Table 6). 혈청 알부민 농도가 3.5 g/dL 미만인 환자에서 4시간 D/Pcr 치가 0.7 ± 0.1 로 혈청 알부민 농도가 3.5 g/dL 이상인 환자의 0.65 ± 0.1 에 비해 유의하게 높았다 ($p <$

0.01). BMI 에 따라 복막평형상태 비교하였을 때, 4 시간 D/Pcr치는 저체중군 0.83 ± 0.1 , 정상체중군 0.67

Table 5. Comparison of DM and Non-DM Patients

	DM	Non-DM	p
No. of patients	67	74	
4h D/Pcr	0.69 ± 0.12	0.67 ± 0.1	NS
Transport category (%)			
H	11 (16.4)	5 (6.8)	NS
HA	25 (37.3)	39 (52.7)	NS
LA	31 (41.8)	28 (37.8)	NS
L	3 (4.5)	2 (2.7)	NS
Age (yr)	56.0 ± 9.6	47.0 ± 13.3	0.000
M:F	1:0.8	1:1.2	NS
BSA (m^2)	1.65 ± 0.12	1.62 ± 0.16	NS
BMI (kg/m^2)	22.5 ± 2.7	22.3 ± 2.7	NS
S-albumin (g/dL)	3.3 ± 0.7	3.3 ± 0.4	0.000

Table 6. Comparison by Serum Albumin

	Serum albumin (g/dL)		p
	<3.5	≥3.5	
No. of patients	68	73	
4h D/Pcr	0.70 ± 0.1	0.65 ± 0.1	0.008
Transport category (%)			
H	10 (14.7)	5 (6.8)	NS
HA	36 (52.9)	32 (43.8)	NS
LA	21 (30.9)	32 (43.8)	NS
L	1 (1.5)	4 (5.6)	NS
Age (yr)	52.6 ± 11.9	50.0 ± 13	NS
M:F	33:35	38:35	NS
DM(%)	41 (60.3)	26 (35.6)	0.004
BSA (m^2)	1.62 ± 0.14	1.65 ± 0.14	NS
BMI (kg/m^2)	22.2 ± 2.5	22.7 ± 2.9	NS

± 0.12 , 과체중군 0.67 ± 0.1 로 체질량 지수가 낮은 군에서 4시간 D/Pcr가 유의하게 높았다 ($p < 0.05$, Table 7). 환자의 BSA 평균치인 1.64를 기준으로 하여 양군을 나누어 4시간 D/Pcr치를 비교하였을 때는 BSA가 1.64 이하인 군이 0.69 ± 0.13 , BSA 1.64 초과인 군 0.66 ± 0.09 로 BSA가 낮은 군에서 4시간 D/Pcr치가 높았으나 유의한 정도는 아니었다 ($p = NS$).

복막 용질 이동율에 영향을 미치는 연령, 당뇨병, 혈청 알부민 농도, BMI, BSA 와의 상관관계를 분석하였다 (Table 8). 4시간 D/Pcr치를 종속변수로, 연령, 당뇨병 유무, 혈청 알부민 농도, BSA 및 BMI를 독립변수로 하여 다중선형회귀분석을 시행한 결과 혈청 알부민 농도만이 복막 용질 이동율에 영향을 미치는 독립적인 예측인자였다 ($p = 0.000$).

Table 7. Comparison by BMI Categories

	BMI (kg/m^2)			p
	<18.5	18.5 22.9	>23	
No. of patients	6	84	51	
4h D/Pcr	0.83 ± 0.1	0.67 ± 0.12	0.67 ± 0.1	0.013
Transport category (%)				
H	4 (66.7)	9 (10.7)	2 (3.9)	NS
HA	2 (33.3)	37 (44.0)	29 (56.9)	NS
LA	0	33 (39.3)	20 (39.2)	NS
L	0	5 (6.0)	0	NS
Age (yr)	47.8 ± 22.3	51.6 ± 12.3	51.0 ± 11.6	NS
M:F	5:1	41:43	25:26	NS
DM (%)	3 (50.0)	38 (45.2)	26 (51.0)	NS
BSA (m^2)	1.52 ± 0.07	1.6 ± 0.13	1.7 ± 0.14	0.000
S-albumin (g/dL)	3.2 ± 0.5	3.4 ± 0.5	3.5 ± 0.4	NS

Table 8. Multiple Regression Analysis for Independent Parameters Influencing Peritoneal Transport Characteristics

Variables	Standardized coefficients β	p
Age	0.179	0.562
DM	-0.014	0.880
serum albumin	-0.309	0.000
BMI	-0.134	0.137
BSA	-0.006	0.943

고 찰

만성 신부전의 확립된 신대체요법의 하나인 복막투석은 혈액투석과 달리 환자 고유의 복막 기능이 투석 적절도와 한외여과량에 영향을 미치므로 적절한 투석 치료를 위해서는 복막의 용질 이동 특성을 평가하는 것이 무엇보다도 중요하다. 현재까지 임상적으로는 Twardowski 등¹⁾이 86명을 대상으로 103회의 PET를 시행한 결과를 바탕으로 한 분류가 널리 이용되고 있다. 그러나 이는 미국 환자를 대상으로 하였고 투석 후 1-84개월 사이에 PET를 시행하였으며 2회 이상 측정된 결과가 포함되어 있어 전체 복막투석환자를 대표하기에 적절하지 못할 뿐 아니라 초기 복막처방의 지침으로 이용되는 것에 대한 의문이 제기되어 왔다^{2, 3, 6)}.

최근 인종에 따라 복막의 용질 이동 특성에 차이가 있다는 보고들^{2-4, 7)}이 있는데 Wong 등²⁾은 중국인 복막투석 환자에서 투석 시작 1개월째 PET를 시행한 결과, 4시간 D/Pcr 평균치가 0.71로 Twardowski 등¹⁾의 0.65에 비해 유의하게 높다고 보고하였다. 복막투석 초기 6개월 이내 PET를 시행한 환자 3000명 이상을 대상으로 한 Rumpsfeld 등⁴⁾의 연구에서도 4시간 D/Pcr 치가 0.69로 Twardowski 등¹⁾의 결과보다 높았을 뿐 아니라, 대상 환자를 인종별로 나누어 비교하였을 때도 4시간 D/Pcr치에 유의한 차이가 있음을 보고하였다. 그러나 606명의 환자를 대상으로 복막투석 첫 1개월째 PET를 시행하였던 CANUSA 연구⁸⁾에서는 4시간 D/Pcr 평균치를 0.68-0.71로 다소 높게 보고한 바 있으나, 인종간에 D/Pcr 치에는 차이가 없었다고 하였다. 멕시코 환자를 대상으로 평균 21개월에 PET를 시행하였던 Cueto-Manzano 등⁹⁾의 보고에서도 4시간 D/Pcr 평균치가 Twardowski 등¹⁾의 결과보다 높았으나 유의한 정도는 아니라고 하였다.

Voinescu 등¹⁰⁾은 고이동군의 비율이 인종에 따라 서로 다르다고 지적한 바 있는데 미국과 캐나다의 환자를 대상으로 한 CANUSA 연구⁸⁾에서는 고이동군의 비율이 약 15%로 북유럽 및 라틴계 환자에서도 이와 비슷한 비율을 보이거나^{9, 11)} 인도 및 그리스 환자를 대상으로 한 보고들^{7, 12)}에서는 고이동군이 50%에 달한다고 하였으며, 호주 및 뉴질랜드 환자들을 대상으로 한 조사에서는 고이동군이 30% 이상이라고 하였다¹³⁾. Rumpsfeld 등⁴⁾의 연구에서도 고이동군의 비율이 인종에 따라 유의한 차이가 있다고 보고하였으며 Raj 등¹⁴⁾도 아시아인에서 다른 인종에 비해 고평균 이동군의 비율이 높은 경향을 보였다고 하였다. 저자들의 경우 4시간 D/Pcr 평균치는 0.68로 Twardowski 등¹⁾의 결과보다 유의하게 높았으며 Rumpsfeld 등⁴⁾ 및 Raj 등¹⁴⁾이 보고한 아시아인 평균치와 비슷하였고 국내의 연구들^{15, 16)}에 비해서는 높았다. H 및 HA 군의 비율은 각각 10.6%, 48.2%로 Churchill 등⁸⁾ 및 Rumpsfeld 등⁴⁾의 결과와 유사하였으나 국내의 연구들^{15, 16)}에 비해서는 HA 군의 비율이 높았다.

앞서 언급된 연구들에서 당뇨 환자의 비율은 Churchill 등⁸⁾의 경우 30%로 Twardowski 등¹⁾의 27%와 비슷하였으며, 4시간 D/Pcr 평균치가 높았던 Wong 등²⁾의 연구에서는 당뇨환자의 비율이 22%로 오히려 낮았다. 저자들의 경우 당뇨환자의 비율이 47.5%로

Twardowski 등의 연구에 비해 비율이 높았고 국내 연구인 김 등¹⁶⁾의 16%, 박 등¹⁵⁾의 34%에 비해서도 높았으나, Cueto-Manzano 등⁹⁾의 40%, Raj 등¹⁴⁾의 44-52%와는 유사하였다. Rumpsfeld 등⁴⁾은 인종에 따라 당뇨병의 유병률이 26-68%로 유의한 차이가 있었지만, 인종을 공변량에 포함시켜 다변량 분석을 시행하였을 때는 당뇨병 유무와 복막 용질 이동 특성간에 유의한 상관관계가 없어 당뇨병만으로는 인종적 차이를 설명할 수 없다고 제시한 바 있다. 각각의 대상 환자군 간의 혈청 알부민 농도를 살펴보면 Churchill 등⁸⁾의 연구에서는 환자들의 평균 혈청 알부민 농도가 3.47 g/dL로 본 연구의 3.4 g/dL와 비슷하였고, 멕시코 환자를 대상으로 한 연구⁹⁾에서는 3.23 g/dL로 본 연구에 비해 낮았다. Twardowski 등¹⁾의 연구와 국내의 이와 유사한 연구^{15, 16)}에서는 혈청 알부민 농도의 직접적인 언급이 없어 비교할 수 없었다.

서로 다른 환자군을 대상으로 한 연구들과 Twardowski 등¹⁾의 연구 사이에는 인종적 차이, 당뇨병 비율 및 영양상태뿐 아니라 PET 시행 시기가 서로 다름에도 불구하고 각 연구간의 4시간 D/Pcr 평균치를 비교하는 것이 적절히 못한 것이 사실이다. 그러나 투석 시작 후 첫 1개월에 시행한 PET 결과가 3년까지는 큰 변화가 없고 시간이 지남에 따라 복막의 용질 이동이 증가한다고 알려져 있는데 반해^{17, 18)}, Twardowski 등¹⁾이 투석 후 1-84개월에 걸쳐 시행한 PET 결과는 초기 PET 결과를 보고한 다른 연구에 비해 4시간 D/Pcr치가 오히려 낮았다. 또한 당뇨환자의 비율이 비슷하거나 낮았던 다른 연구들에 비해서도 그 평균치가 낮았다. 따라서 임상에서 Twardowski 등¹⁾의 결과를 지침으로 한 초기 투석처방의 적절성 및 인종간 복막 용질 이동율의 차이에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.

복막의 용질 이동 특성과 연관된 인자로는 성별, 당뇨병의 유무, BSA, BMI, 영양상태 등이 지목되고 있다^{4, 6, 8, 14, 19-21)}. Raj 등¹⁴⁾은 남성에서 여성에 비해 투과성이 높은 경향이 있다고 하였고, CANUSA 연구⁸⁾에서도 4시간 D/Pcr 평균치에는 차이가 없지만 남성에서 H 군의 비율이 높다고 하였다. 이러한 성별에 따른 복막 용질 이동율 차이는 성별간의 BSA 차이와 연관이 있다고 알려져 있는데, 이는 복막 용질 이동율에 관여하는 복막 면적이 BSA와 비례하기 때문으로 추측되고 있다^{6, 14, 22)}. 그러나 이와 달리 성별

또는 BSA가 복막의 용질 이동 특성과는 상관이 없다는 상반된 보고들도 있다^{4, 9, 15)}. 저자들의 경우, Raj 등¹⁴⁾의 연구에서와 같이 남성의 BSA가 여성에 비해 유의하게 높았으나 성별에 따른 4시간 D/Pcr 평균치 및 복막 이동균 비율에는 차이가 없었고, BSA에 따른 복막 용질 이동율에도 차이가 없었다.

BSA 뿐만 아니라 BMI가 복막 용질 이동율과 연관이 있다는 보고도 있는데 Rumpfeld 등⁴⁾은 환자의 BMI에 따라 분류하였을 때 BMI가 낮을수록 복막 용질 이동율이 유의하게 증가된다고 하였으며 이는 BMI가 환자의 영양 상태를 반영하기 때문이라고 주장하였다. 저자들의 경우도 BMI가 낮을수록 복막 용질 이동율이 높았으나 BMI에 따라 혈청 알부민 농도간에 유의한 차이가 없었으며 다변량 분석을 시행하였을 때 BSA, BMI 모두 복막 용질 이동율과 유의한 상관관계가 없었다.

또한 기저 질환의 유무가 복막 용질 이동율에 영향을 미친다는 보고들도 있다^{4, 8, 19-21)}. CANUSA 연구⁸⁾에서는 당뇨병이 있는 환자에서 비 당뇨병환자에 비해 복막 용질 이동율이 높다고 보고하였고 Tzamaloukas 등¹⁹⁾도 당뇨 환자군에서 H 및 HA 군의 비율이 유의하게 높다고 하였으며, Park 등²³⁾은 당뇨 환자에서 후기당산화물이 복막에 축적됨으로써 복막 용질 이동율이 증가된다고 제시하였다. 그러나 Graff 등²⁴⁾은 당뇨병 환자에서 거대분자 물질의 투과성이 높은 경향이 있으나 복막의 용질 이동 특성은 비당뇨 환자와 차이가 없으며 PET에서도 양 공간에 차이가 없다는 상반된 보고들^{4, 7, 9)}도 있어 당뇨병이 복막 용질 이동율에 미치는 영향에 대해서는 아직 결론이 나 있지 않다. 당뇨병 이외 혈관 질환, 악성 종양 등과 같은 질환들이 복막의 용질 이동 특성에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데, Davies 등²⁵⁾은 악성 종양, 허혈성 심질환, 말초혈관질환, 당뇨병 등과 같이 동반된 기저 질환의 개수에 따라 환자를 분류하여 복막의 용질 이동 특성을 비교하였을 때 기저 질환이 많을수록 고이동 특성을 보인다고 하였다. 이는 동반된 질환에 의한 염증 상태가 복막조직의 변성을 유발하고 이로 인해 복막 용질 이동율이 증가하는 것으로 추측되고 있다^{26, 27)}. 저자들의 경우는 당뇨 환자에서 4시간 D/Pcr 평균치가 높은 경향을 보였으나 양군 간에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으며 다른 기저 질환에 대한 조사는 이루어지지 않아 이에 대한 추가적인 연구

가 필요하다.

본 연구에서 연령 및 당뇨병의 유무로 환자를 나누었을 때 혈청 알부민 농도에 유의한 차이를 보였는데, 저알부민혈증이 있는 환자에서 복막 용질 이동율이 증가되어 있음이 여러 연구들에서 보고된 바 있다^{8, 28, 29)}. Margetts 등²⁸⁾은 투석 전 저알부민혈증이 있는 환자에서 복막 용질 이동율이 높을 뿐 아니라 복막 용질 이동율이 높은 환자에서 저알부민혈증이 더욱더 악화되므로 저알부민혈증과 복막 용질 이동율간에 밀접한 연관성이 있다고 하였다. CANUSA 연구⁸⁾에서도 복막 용질 이동율이 증가할수록 혈청 알부민농도가 유의하게 감소되어 있다고 보고하였다. 박 등²⁹⁾도 투석 초기 혈청 알부민 농도가 낮았던 환자군이 높은 환자군에 비해 D/Pcr치가 유의하게 높아 Margetts 등²⁸⁾과 유사한 결과를 보고한 바 있다. 저자들의 경우도 다변량 분석에서 혈청 알부민 농도만이 복막 용질 이동율의 유일한 독립적 예측인자였다. 그러나 저알부민혈증과 고이동 특성과의 인과관계에 대해서는 아직 확실히 결론이 나지 않았으며 알부민혈증이 복막 용질 이동율과 직접적 관련성이 없다는 보고도 있다³⁰⁾. 하지만 혈청 알부민 농도가 단순히 환자의 영양 상태를 반영하기 보다는 기저 질환, 만성염증 상태 등과도 밀접한 관련이 있으므로, 이로 인해 저알부민혈증이 있는 환자에서 복막 용질 이동율이 증가되는 것으로 추측해 볼 수 있다. 본 연구에서는 만성 염증상태와 관련되는 지표들, 일일 단백질 섭취량 및 백액으로의 단백질 소실율 등을 측정하지 않았고, 복막 용질 이동율에 따른 이병 및 사망률에 대한 연구가 이루어지지 않은 한계점이 있으므로 향후 이에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각한다.

최근 복막의 용질 이동율의 개개인의 특성 및 한외여과 부전 평가를 위해 4.25% 투석액을 이용한 복막평형검사 및 전산프로그램들이 임상에 도입되고 있다. 4.25% 투석액을 이용한 복막평형검사는 표준 복막평형검사의 결과와 연관성이 뛰어난 뿐 아니라 한외여과부전을 조기에 진단할 수 있는 장점이 있어 최근 임상에서 활발히 적용되고 있다³¹⁾. 그 외 전산프로그램의 하나인 Personal Dialysis Capacity test (PDCTM, 겐프로, 스웨덴)는 Haraldsson³²⁾에 의해 제안된 것으로 Rippe³³⁾의 3공 모델을 적용하였고, 의료진의 지시에 따라 환자가 집에서 검사를 수행할

수 있도록 고안되었다. 비록 환자 순응도가 검사 정확성과 밀접히 연관되는 단점이 있지만 PDC™는 PET보다 복막 기능을 좀 더 정확히 평가할 수 있고, 다양한 농도에 따른 한외여과량 및 시간 경과에 따른 복막기능 변화의 평가가 가능하다고 알려져 있다^{32, 34, 36}. 또한 복막염과 연관된 일시적 복막 용질 이동율의 변화와 구분할 수 있다는 보고³⁵도 있으므로 투석처방 및 한외여과량 평가시 PET와 더불어 적극적으로 고려해 볼만한 검사로 생각된다.

결론적으로 한국인 복막투석환자의 4시간 D/Pcr 평균치는 Twardowski 등이 제시한 값보다 유의하게 높았으며 혈청 알부민 농도만이 복막 용질 이동 특성의 독립적 예측인자였다. 개인에 따라 복막의 용질 이동 특성에 차이가 있으므로 기존의 PET만으로 복막의 특성을 평가하기보다는 다양한 방법으로 복막기능을 평가하고 이에 따라 적절한 복막투석처방을 하려는 노력이 필요할 것으로 생각한다.

= Abstract =

Peritoneal Equilibration test (PET) in Korean Patients - Single Center Experience

Eun Ah Hwang, M.D., Jin Ho Kwak, M.D.
Yoon Soo Hong, R.N.*, Kyu Bok Jin, M.D.
Jung Hoon Sung, M.D., Seung Yeup Han, M.D.
Sung Bae Park, M.D. and Hyun Chul Kim, M.D.

Department of Internal Medicine, Keimyung University School of Medicine, Peritoneal Dialysis unit of Dongsan Medical Center*, Daegu, Korea

Background : Peritoneal solute transport rate, assessed by PET, varies widely among patients and has been shown to differ significantly among different ethnic groups. The aim of the present study is to investigate the peritoneal transport characteristics in Korean peritoneal dialysis (PD) patients and factors that predict peritoneal transport status.

Methods : Between May 2001 and February 2006, 141 patients on PD performed a standard 4-hour PET within the first 6 months after initiation of PD therapy.

Results : Of these 141 patients, there were 71 males and 70 females. The mean age of the patients was 51.2 ± 12.5 years and the etiology of renal failure was diabetes in 67 patients (47.5%). The mean 4-hour D/P creatinine ratio was 0.68 ± 0.11 . Compared

with a mean of 0.65 ± 0.15 as determined by Twardowski et al, our patients have significantly higher mean solute transport rate ($p < 0.05$). Numbers of low (L), low-average (LA), high-average (HA), and high (H) transporters were 15 (10.6%), 68 (48.2%), 53 (37.6%) and 5 (3.5%), respectively. However, according to our own data, the number of L, LA, HA and H were 18 (12.8%), 42 (29.8%), 64 (45.4%) and 17 (12.1%), respectively, significantly different from those classified by Twardowski et al. In univariate analysis, older age, hypoalbuminemia and lower BMI were predictive of high transport status. Using multiple linear regression, only hypoalbuminemia was independently predictive of higher 4-hour D/Pcr ($p = 0.000$).

Conclusion : Korean PD patients have a higher mean solute transport rate than Twardowskis data, and serum albumin is an independent predictor of high transport status. Further prospective studies with a large number of patients are needed for evaluating the diversity of peritoneal transport characteristics in different ethnic populations. (Korean J Nephrol 2006;25(5):813-821)

Key Words : Peritoneal equilibration test, Solute transport, Albumin, Peritoneal dialysis

참 고 문 헌

- 1) Twardowski ZJ, Nolph KD, Khanna R, Prowant BF, Ryan LP, Moore HL, Nielsen MP : Peritoneal equilibration test. *Perit Dial Bull* 7:138-147, 1987
- 2) Wong FK, Li CS, Mak CK, Chau KF, Choi KS : Peritoneal equilibration test in Chinese patients. *Adv Perit Dial* 10:38-41, 1994
- 3) Rodby RA, Firanek CA and Sarpolis AL : Re-evaluation of solute transport groups using the peritoneal equilibration test. *Perit Dial Int* 19: 438-441, 1999
- 4) Rumpsfeld M, McDonald SP, Purdie DM, Collins J, Johnson DW : Predictors of baseline peritoneal transport status in Australian and New Zealand peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 43: 492-501, 2004
- 5) Du Bois D, Du Bois EF : A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutrition* 5:303-311, 1989
- 6) Davies SJ, Brown B, Bryan J, Russell GI : Clinical evaluation of the peritoneal equilibration test : a population-based study. *Nephrol Dial Transplant* 8:64-70, 1993

- 7) Agarwal DK, Sharma AP, Gupta A, Sharma RK, Pandey CM, Kumar R, Masih SP: Peritoneal equilibration test in Indian patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis: does it affect patient outcome? *Adv Perit Dial* **16**:148-151, 2000
- 8) Churchill DN, Thorpe KE, Nolph KD, Keshaviah PR, Oreopoulos DG, Page D: Increased peritoneal membrane transport is associated with decreased patient and technique survival for continuous peritoneal dialysis patients. The Canada-USA (CANUSA) Peritoneal Dialysis Study Group. *J Am Soc Nephrol* **9**:1285-1292, 1998
- 9) Cueto-Manzano AM, Diaz-Alvarenga A, Correa-Rotter R: Analysis of the peritoneal equilibration test in Mexico and factors influencing the peritoneal transport rate. *Perit Dial Int* **19**:45-50, 1999
- 10) Voinescu CG, Khanna R, Nolph KD: High peritoneal transport: A blessing or curse? *Adv Perit Dial* **18**:106-111, 2002
- 11) Wang T, Heimberger O, Waniewski J, Bergstrom J, Lindholm B: Increased peritoneal permeability is associated with decreased fluid and small-solute removal and higher mortality in CAPD patients. *Nephrol Dial Transplant* **13**:1242-1249, 1998
- 12) Passadakis PS, Thodis ED, Panagoutsos SA, Selisiou CA, Pitta EM, Vargemezis VA: Outcome for continuous ambulatory peritoneal dialysis patients is not predicted by peritoneal permeability characteristics. *Adv Perit Dial* **16**:2-6, 2000
- 13) McDonald SP, Russ GR, Kerr PG, Collins JF: Australia and New Zealand Dialysis and Transplant Registry: ESRD in Australia and New Zealand at the end of the millennium: a report from the ANZDATA registry. *Am J Kidney Dis* **40**(6):1122-1131, 2002
- 14) Raj DS, Langos V, Gangam N, Roscoe J: Ethnic variability in peritoneal equilibration test and urea kinetics. *Am J Kidney Dis* **30**:374-381, 1997
- 15) 박주현, 고승현, 김병수, 양철우, 김용수, 김석영, 최의진, 장윤식, 방병기: 지속성 외래 복막투석 환자에서 복막평형검사의 기준치와 복막기능의 변화에 대한 장기추적검사. *대한신장학회지* **17**:945-951, 1998
- 16) 김기영, 정택균, 정권, 하정훈, 이성철, 김수완, 김남호, 최기철, 강영준: 지속성 외래 복막투석 환자에서 복막 평형검사. *대한신장학회지* **54**:479-487, 1998
- 17) Lo WK, Brendolan A, Prowant BF, Moore HL, Khanna R, Twardowski ZJ, Nolph KD: Changes in the peritoneal equilibration test in selecte chronic peritoneal dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* **4**:1466-1474, 1994
- 18) Davies SJ, Phillips L, Griffiths AM, Russell LH, Naish PF, Russell GI: What really happens to people on long-term peritoneal dialysis? *Kidney Int* **54**:2207-2217, 1998
- 19) Tzamaloukas AH, Murata GH, Malhotra D, Rao P, Piraino B, Bernardini J, Oreopoulos DG: Small-solute clearances in diabetic subjects on continuous ambulatory peritoneal dialysis: comparison to non-diabetic subjects. *Adv Perit Dial* **15**:179-182, 1999
- 20) Nakamoto H, Imai H, Kawanishi H, Nakamoto M, Minakuchi J, Kumon S, Watanabe S, Shiohira Y, Ishii T, Kawahara T, Tsuzaki K, Suzuki H: Effect of diabetes on peritoneal function assessed by personal dialysis capacity test in patients undergoing CAPD. *Am J Kidney Dis* **40**:1045-1054, 2002
- 21) Lin JJ, Wadhwa NK, Suh H, Cabralda T, Patlak CS: Increased peritoneal solute transport in diabetic peritoneal dialysis patients. *Adv Perit Dial* **11**:63-66, 1995
- 22) Diaz-Alvarenga A, Abasta-Jimenez M, Bravo B, Gamba G, Correa-Rotter R: Serum albumin and body surface area are the strongest predictors of the peritoneal transport type. *Adv Perit Dial* **10**:47-51, 1994
- 23) Park MS, Lee HA, Chu WS, Yang DH, Hwang SD: Peritoneal accumulation of AGE and peritoneal membrane permeability. *Perit Dial Int* **20**:452-460, 2000
- 24) Graff J, Fugleberg S, Nielsen SL, Feldt Rasmussen B: Transperitoneal transport in diabetic and non-diabetic patients on peritoneal dialysis. *Clin Physiol* **19**:510-518, 1999
- 25) Davies SJ, Phillips L, Naish PF, Russell GI: Quantifying comorbidity in peritoneal dialysis patients and its relationship to other predictors of survival. *Nephrol Dial Transplant* **17**:1085-1092, 2002
- 26) Williams JD, Craig KJ, von Ruhland C, Topley N, Williams GT: The natural course of peritoneal membrane biology during peritoneal dialysis. *Kidney Int* **64**(Suppl 88):S43-49, 2003
- 27) Schwedler S, Schinzel R, Vaith P, Wanner C: Inflammation and advanced glycation end products in uremia: simple coexistence, potentiation or causal relationship? *Kidney Int* **59**(Suppl 78): S32-36, 2001
- 28) Margetts PJ, McMullin JP, Rabbat CG and Churchill DN: Peritoneal membrane transport and hypoalbuminemia: cause or effect? *Perit Dial Int* **20**:14-18, 2000
- 29) 박종원, 김동한, 최준혁, 김정미, 조규향, 도준영, 윤경우: 안정된 복막투석 환자에서 혈청 알부민치 변화에 관여하는 인자 분석. *대한신장학회지* **21**:659-666, 2002

- 30) Van Esch S, Zweers MM, Jansen MAM, de Waart DR, Van Manen JG, Krediet RT: Determinants of peritoneal solute transport rates in newly started nondiabetic peritoneal dialysis patients. *Perit Dial Int* **24**:554-561, 2004
- 31) Pride ET, Gustafson J, Graham A, Spainhour L, Mauck V, Brown P, Burkart JM: Comparison of a 2.5% and a 4.25% dextrose peritoneal equilibration test. *Perit Dial Int* **22**:365-370, 2002
- 32) Haraldsson B: Assessing the peritoneal dialysis capacities of individual patients. *Kidney Int* **47**: 1187-1198, 1995
- 33) Rippe B: A three-pore model of peritoneal transport. *Perit Dial Int* **13**(Suppl 2):S35-38, 1993
- 34) Johnsson E, Johansson AC, Andreasson BI, Haraldsson B: Unrestricted pore area (A0/Deltax) is a better indicator of peritoneal membrane function than PET. *Kidney Int* **58**:1773-1779, 2000
- 35) Imai H, Satoh K, Ohtani H, Hamai K, Haseyama T, Komatsuda A, Miura AB: Clinical application of the Personal Dialysis Capacity (PDC) test: serial analysis of peritoneal function in CAPD patients. *Kidney Int* **54**:546-553, 1998
- 36) Van Biesen W, Tol AVD, Veys N, Dequidt C, Vijt D, Lameire N, Vanholder R: The personal dialysis capacity test is superior to the peritoneal equilibraion test to discriminate inflammation as the cause of fast transport status in peritoneal dialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol* **1**:269-274, 2006

