

지속성 외래 복막 투석 환자에서 영양 상태를 반영하는 지표들에 관한 연구

연세대학교 의과대학 내과학교실

강덕희 · 강신욱 · 김홍수 · 이승우

최규현 · 이호영 · 한대석

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과

이종호 · 박유경

서론

단백질 및 열량 섭취의 감소와 영양실조는 말기 신부전 환자에서 흔히 관찰되는 문제로^{1~4)} 지속성 외래 복막 투석(continuous ambulatory peritoneal dialysis, 이하 CAPD) 치료를 받는 환자들은 투석과정 자체가 지속적이고 혈액 투석 환자에 비해 중간 분자 물질의 제거가 효율적이므로 비교적 anabolic state에 있게 된다^{5,6)}. 하지만, 투석액으로의 단백질 및 아미노산의 소실, 반복되는 복막염, 복부 팽만감과 투석액을 통한 당분 흡수 등으로 인한 식욕 감퇴와 불충분한 투석에 기인한 음식 섭취의 감소는 CAPD 환자에서 단백질-열량 영양실조(protein-calorie malnutrition)의 원인으로 작용하게 되고, 이는 면역 능력의 약화를 가져와 감염 등에 의한 유병률 및 사망률의 증가를 초래하게 된다^{7~10)}.

실제로 투석환자의 단백질 섭취량과 총입원일수, 사망률은 역상관관계에 있으며⁴⁾, CAPD 환자에서 단백질 섭취가 감소될 경우 복막염의 빈도가 증가된다는 보고도 많이 있다^{11,12)}. 환자의 단백질 섭취와 투석 적절도와 의 상관관계는 이미 주지되고 있는 사실로 투석 환자의 영양상태 평가시에는 과연 환자가 적절한 투석을 받고 있는가에 대한 평가가 선행되어야 한다^{13,14)}.

영양상태 평가법에는 diet history¹⁵⁾, 인체계측¹⁶⁾, bioelectric impedance¹⁷⁾나 total body potassium¹⁸⁾, computed tomography¹⁹⁾, magnetic resonance imaging²⁰⁾을 이용한 lean body mass(이하 LBM)와 체지방 분율의 측정, 각종 생화학적 지표 등^{21,22)}이 사용

되어져 왔으나 어느 것이 가장 정확하게 환자의 영양상태를 반영하는 지표인가에 대해서는 논란의 여지가 있는 상태이다. 예를 들면 몇몇 연구에서는 혈청 albumin 농도가 CAPD 환자의 예후와 밀접한 관련이 있는 지표라고 했으나^{12,15)} 다른 연구에서는 혈청 albumin 농도는 상당히 진행된 영양실조 상태에서 감소되므로 환자의 영양상태를 반영하는 예민한 지표는 될 수 없다고 하였다²³⁾.

과거에 발표되었던 CAPD 환자의 영양상태에 관한 논문들은 대상 환자수와 영양 상태의 지표들이 비교적 제한된 논문이거나^{24~26)}, 일상적으로 쉽게 시행할 수 없는 기술을 이용한 연구들이 대부분이고^{27,28)}, 환자의 영양상태와 각종 생화학적 지표, 인체 계측치 그리고 요소 동력학 모형의 지표들을 비교한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 저자들은 CAPD 환자들을 대상으로 요소 동력학 모형의 지표인 KT/V_{urea} , normalized protein catabolic rate(이하 NPCR)와 standardized creatinine clearance(이하 SCCr)를 구하고 동시에 측정한 인체 계측치와 insulin-like growth factor-1(이하 IGF-1)을 포함한 각종 생화학적 지표와의 상호 연관성을 조사하여 이들 환자들의 영양상태 평가에 가장 적절한 지표는 어느 것인지를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1993년 7월 현재 연세대학교 의과대학 부속 세브란스 병원에서 CAPD 치료를 받고 있는 환자 중에서 CAPD를 시작한 후 최소한 2개월 이상 경과된 환자로 최근 1개

Table 1. Subjective Global Assessment of Nutritional Status

1. History
1) Weight loss
overall loss in the past 6 months # _____ Kg, # _____ % loss
change in past 2 weeks increase, no change, decrease
2) Dietary intake change
no change _____
change # duration _____ months
type suboptimal solid diet, full liquid diet, hypocaloric diet, starvation
3) Gastrointestinal Sx (persist for 2 weeks)
none, nausea, vomiting, diarrhea, anorexia
4) Functional capacity
no dysfunction _____
dysfunction # duration _____ months
type suboptimal working, ambulatory, bedridden
5) Disease and its relation to nutritional requirements
primary Dx. _____
metabolic demand no stress, low stress, mod. stress, high stress
2. Physical Examination
(0=normal, 1=mild, 2=moderate, 3=severe)
loss of subcutaneous fat _____
muscle wasting _____
ankle edema _____
sacral edema _____
ascites _____
3. Subjective global Assessment Rating
A=well nourished
B=moderately malnourished
C=severely malnourished

월 동안 복막염의 병력이 없고 24시간 동안 배액된 복막 투석액과 소변을 모아 복막 투석실로 가지고 오는데 협조한 환자를 대상으로 하였다.

2. 방 법

대상 환자군을 주관적 영양 상태 평가(subjective global assessment, 이하 SGA)²⁹⁾에 따라 정상 영양상태의 환자를 Group A, 경증에서 중등도의 영양불량 환자를 Group B, 그리고 중증 영양실조 상태의 환자를 Group C로 구분하였다(Table 1). 24시간 기억 회상법(24 hour usual food intake recall method)에 의해 음식 섭취량을 조사하였으며 우리 나라 식품 분석표를 사용하여 열량 및 단백질 섭취량을 산출하였다³⁰⁾.

인체 계측으로는 신장 및 체중을 측정하였으며 Lange

caliper를 이용하여 견갑골 하단(subscapular), 삼두박근(triceps) 등의 부위에서 피하 지방을 측정하였다. 또한 midarm circumference(이하 MAC) 측정과 함께 대상자를 편평한 바닥에 세우고 투석액을 배액시킨 상태에서 허리와 엉덩이 둘레를 측정하였으며 허리 둘레와 엉덩이 둘레의 비율(waist-hip ratio)을 계산하였다.

체지방 측정기(Futrex 5000)³¹⁾를 이용하여 체지방량(% body fat)과 LBM를 측정하였고, Heymsfield 등의 공식³²⁾에 의해 arm muscle area(이하 CMA)와 총근육량(total body muscle, 이하 TBM)을 계산하였다. 악력(hand grip strength)과 배근력(back lift strength)은 muscle strength 기계를 이용하여 측정하였다(Table 2).

말초 혈액 검사는 대상 환자들의 공복시 혈액을 채취

Table 2. Anthropometric Evaluation in CAPD Patients

Skinfold thickness by Lange caliper
Waist/Hip ratio
Midarm Circumference (MAC)
Body fat & Lean body mass (LBM) by Futrex 5000
Calculated arm muscle area (CAMA)
male: $(MAC - 3.14 \times TSF)^2 / 12.56 - 10$
female: $(MAC - 3.14 \times TSF)^2 / 12.56 - 6.5$
Total Body Muscle (TBM) = $Height \times (0.0264 + 0.0029 \times CAMA)$

Table 3. Calculation of Residual Renal Function, KT/V_{urea}, NPCR and SCCr

1. Residual renal function (ml/min) = $\{(Ucr/Scr + Urea/Surea) \times Uvol\} / 1440 \times 2$
2. Weekly KT/V _{urea} = $\{(Dun + Uun) / V\} \times 7$
Dun = $Dvol \times Durea / BUN$
Uun = $Uvol \times Urea / BUN$
V : Total body water (Watson et al.)
3. NPCR (g/kg/day) = $PCR / \text{standard weight}$
PCR = $10.76 (Gun + 1.46)$
Gun = $(Dvol \times Durea + Uvol \times Urea) / 1440$
Standard weight = $V / 0.58$
4. SCCr (L/week/1.73 m ²) = $\{(Dvol \times Dcr) / Scr + (Uvol \times Ucr) / Scr\} \times 7 \times 1.73 / BSA$

(Ucr : urine creatinine concentration

Scr : serum creatinine concentration

Uurea : urine urea nitrogen concentration

Durea : dialysate urea nitrogen concentration

Uvol : urine volume/day

Dvol : drained dialysate volume/day

Gun : urea generation rate)

하여 혈색소, 헤마토크리트, 혈청 전해질, SMA-12, triglyceride, iron, TIBC, ferritin 등을 측정하였다. 또한 transferrin 농도를 rate nephrometry로 측정하였고³³⁾, 혈청 IGF-1 농도는 acid ethanol extraction 후에 IRMA (immunoradiometric method assay) 방법으로 측정하였다³⁴⁾.

24시간 소변 및 투석액 중 요소 질소와 크레아티닌 농도, 혈중 요소 질소와 크레아티닌 농도를 측정하여 weekly KT/V_{urea}, NPCR, SCCr를 계산하였다. 요소 질소 분포 체액량은 Watson normogram을 이용하여 산

Table 4. Laboratory Finding of CAPD Patients

HCT (%)	22.7 ± 9.5
BUN (mg/dl)	51.4 ± 33.7
Creatinine (mg/dl)	11.6 ± 6.8
Cholesterol (mg/dl)	193.5 ± 38.2
Triglyceride (mg/dl)	143.6 ± 80.9
Albumin (g/dl)	3.7 ± 1.1
NPCR (g/kg/D)	0.96 ± 0.28
KT/V	1.96 ± 0.84
SCCr (L/wk/1.73 m ²)	66.9 ± 22.8
RRF (ml/min)	0.97 ± 1.42

RRF : Residual renal function

출하였고³⁵⁾, 단백질 이화율은 Randerson 등의 방법³⁶⁾에 의한 요소 생성률 (urea generation rate)로 부터 계산하였다 (Table 3).

결 과

1. 대상 환자의 특성

대상 환자는 130명으로 남자가 75명, 여자가 55명이었으며 평균 연령은 44.5세, 평균 CAPD 기간은 29.7개월이었다. 원인 질환으로는 만성 사구체 신염이 64명 (49.2%)으로 가장 많았고, 당뇨병, 고혈압의 순이었다. 환자군의 평균 albumin 농도는 3.7 g/dl이었고 잔여 신기능은 0.97 ml/min, NPCR, weekly KT/V_{urea}와 SCCr은 각각 0.96 g/kg/day, 1.98, 66.9 L/week/1.73 m²이었다 (Table 4).

2. 대상 환자군의 인체 계측치와 음식 섭취량

환자군의 이상 체중에 대한 체중 비율은 성별 및 연령에 필적한 정상 대조군에 비해 유의있게 낮았다 (남자 104.7 ± 1.2% vs. 88.4 ± 13.5%, $p < 0.05$, 여자 112.0 ± 1.5% vs. 89.3 ± 25.5%, $p < 0.05$). LBM와 TBM 역시 남녀 환자 모두에서 정상 대조군에 비해 낮았으나, 체지방 분율은 남자 환자군에서 21.9 ± 7.1%, 여자 환자군에서 31.8 ± 5.6%로 정상 대조군의 16.0 ± 1.2%, 25.0 ± 0.5%에 비해 유의있게 증가되어 있었다 (Table 5, 6).

환자군의 일일 총 열량 섭취량은 남자와 여자에서 각각 1671.3 kcal와 1567.9 kcal이었고, 단백질 섭취량은 남자 환자에서 1.07 g/kg/day, 여자 환자에서 1.29 g/

kg/day이었다.

3. 영양상태에 따른 환자의 특성

Subjective global assessment에 따른 환자 분류에서 정상 영양 상태의 환자인 Group A가 103명으로 79.3%이었고, 경증에서 중등도의 영양 실조 상태의 Group B가 25명 (19.2%) 그리고 중증 영양 실조 상태의 Group C가 2명으로 1.5%이었다. Group A와 Group B, Group C를 합한 영양실조군 간에 성별의 차이는 없었다. 평균 연령은 각각 42.8세와 48.5세로 영양

실조군의 연령이 더 많았으며 ($p < 0.05$), 평균 CAPD 기간도 영양실조군이 38.4개월로 정상 영양상태를 보인 환자군의 22.6개월보다 유의있게 길었다 ($p < 0.05$). 하지만, 이상 체중에 대한 체중 비율, body mass index 및 체지방 분율은 두 군간에 유의있는 차이는 없었다. 평균 복막염의 빈도는 영양 실조군에서 유의있게 높았으나 (0.70 vs. 1.54 episodes/patient/year, $p < 0.01$), 출구 감염은 두 군간에 유의있는 차이는 없었다 (Table 7).

CAMA (31.7 ± 12.7 vs. 25.1 ± 10.5 cm², $p < 0.05$)와 TBM (19.4 ± 7.0 vs. 15.0 ± 5.8 kg, $p < 0.05$)은 영양실조 환자군에서 유의있게 감소되어 있었고, LBM도 각각 41.3 kg과 39.6 kg으로 영양실조군에서 감소되어 있었으나 통계학적으로 유의있는 차이는 없었다. MAC와 triceps skinfold thickness (TSF)는 두 군간에 유의있는 차이를 보이지 않았다. 열량 및 단백질 섭취량도 영

Table 5. Anthropometric Measurements in Male CAPD Patients

	Control (n=40)	CAPD (n=75)	p value
% of IBW	104.7 $\pm$ 1.2	88.4 $\pm$ 13.5	$p < 0.05$
BMI (Kg/m ²)	22.9 $\pm$ 0.2	22.1 $\pm$ 3.1	NS
% body fat	16.0 $\pm$ 1.2	21.9 $\pm$ 7.1	$p < 0.05$
LBM (Kg)	55.9 $\pm$ 4.6	47.9 $\pm$ 5.3	$p < 0.05$
MAC (cm)	31.6 $\pm$ 5.5	25.9 $\pm$ 2.4	$p < 0.05$
TSF (mm)	15.6 $\pm$ 5.1	9.3 $\pm$ 3.8	$p < 0.01$
CAMA (cm ²)	35.7 $\pm$ 2.2	33.6 $\pm$ 7.7	NS
TBM (Kg)	28.9 $\pm$ 3.8	20.7 $\pm$ 2.4	$p < 0.05$

IBW : Ideal body weight

BMI : Body mass index

LBM : Lean body mass

MAC : Midarm circumference

TBM : Total body muscle

TSF : Triceps skinfold thickness

CAMA : Calculated arm muscle area

Table 6. Anthropometric Measurements in Female CAPD Patients

	Control (n=40)	CAPD (n=55)	p value
% of IBW	112.0 $\pm$ 1.5	89.3 $\pm$ 25.5	$p < 0.05$
BMI (Kg/m ²)	23.4 $\pm$ 0.3	22.9 $\pm$ 3.6	NS
% body fat	25.0 $\pm$ 0.5	31.8 $\pm$ 5.6	$p < 0.05$
LBM (Kg)	42.8 $\pm$ 7.0	37.3 $\pm$ 5.2	$p < 0.05$
MAC (cm)	30.8 $\pm$ 2.3	25.6 $\pm$ 6.7	$p < 0.05$
TSF (mm)	27.7 $\pm$ 5.8	15.2 $\pm$ 7.0	$p < 0.01$
CAMA (cm ²)	31.2 $\pm$ 5.8	28.5 $\pm$ 10.6	NS
TBM (Kg)	19.2 $\pm$ 2.7	16.7 $\pm$ 3.7	$p < 0.05$

Table 7. Characteristics of Patients According to the Nutritional Status

	Normal nutrition (N=103)	Malnutrition (N=27)	p value
Sex (male: female)	59 : 44	15 : 12	NS
Age (years)	42.8 $\pm$ 16.4	48.5 $\pm$ 12.1	$p < 0.05$
Duration of CAPD (months)	22.6 $\pm$ 23.2	38.4 $\pm$ 29.2	$p < 0.05$
% IBW	87.9 $\pm$ 25.5	85.6 $\pm$ 25.0	NS
BMI (Kg/m ²)	21.8 $\pm$ 5.7	20.3 $\pm$ 5.5	NS
% fat	25.0 $\pm$ 10.1	25.7 $\pm$ 8.5	NS
Incidence of peritonitis (episodes/patient/year)	0.70 $\pm$ 0.61	1.54 $\pm$ 0.65	$p < 0.01$
Incidence of ESI (episodes/patient/year)	0.39 $\pm$ 0.64	0.30 $\pm$ 0.40	NS

Table 8. Anthropometric Data & Dietary Intake in CAPD Patients According to the Nutritional Status

	Normal nutrition (n=103)	Malnutrition (n=27)	p value
MAC (cm)	24.2± 5.2	22.6± 7.2	NS
TSF (mm)	11.7± 6.5	10.0± 7.3	NS
CAMA (cm ²)	31.7±12.7	25.1±10.5	p<0.05
LBM (Kg)	41.3±14.5	39.0±10.2	NS
TBM (Kg)	19.4± 7.0	15.0± 5.8	p<0.05
Hand Grip Strength (Kg)	28.9±15.4	26.9±14.1	NS
Back Lift Strength (Kg)	53.6±32.8	44.9±27.1	NS
Calorie intake (kcal/kg/D)	26.2± 7.1	19.1±15.2	p<0.01
Protein intake (gm/kg/D)	1.12±0.19	0.99±0.26	p<0.01
Animal Protein intake (gm/D)	27.8±14.6	19.2±13.1	p<0.05

Table 9. Biochemical Variables in CAPD Patients According to the Nutritional Status

	Normal nutrition (n=103)	Malnutrition (n=27)	p value
Hematocrit (%)	24.5± 9.7	18.1± 9.2	p<0.01
BUN (mg/dl)	56.4± 18.6	34.3± 17.4	p<0.05
Cr (mg/dl)	12.6± 5.2	11.0± 9.9	NS
Albumin (g/dl)	3.9± 1.2	3.7± 0.5	NS
Transferrin (mg/dl)	252.2± 32.9	188.3± 37.4	p<0.05
Cholesterol (mg/dl)	189.9± 36.4	213.8± 45.3	NS
Triglyceride (mg/dl)	137.9± 85.6	137.5± 65.1	NS
IGF-1 (ng/ml)	212.2±142.9	154.3±187.4	NS

양실조군에서 각각 19.1 kcal/kg/day와 0.99 g/kg/day로 정상 영양군의 26.2 kcal/kg/day와 1.12 g/kg/day에 비해 유의있게 감소되어 있었다(p<0.01, Table 8). 악력과 배근력은 두 군간에 유의있는 차이는 없었다(Table 8).

헤마토크리트(24.5±9.7 vs. 18.1±9.2%, p<0.01)와 혈중 요소 질소의 농도(56.4±18.6 vs. 34.3±17.4 mg/dl, p<0.05)는 영양실조 환자군에서 유의있게 감소되어 있었으나, creatinine, cholesterol 및 triglyceride 농도는 두 군간에 유의있는 차이는 없었다(Table 9). 혈청 albumin 농도는 Group A, B, C에서 각각 3.9±1.2, 3.9±1.4, 2.9±0.2 g/dl로 중증 영양실조 상태의 환자에서 정상 영양 상태와 중등도의 영양실조 상태의 환자에 비해 albumin 농도가 유의있게 감소되어 있었으나(p<0.05), 정상영양군과 Group B, C를 합한 영양실조군간에 유의있는 차이는 없었다(3.9±1.2 vs. 3.7±0.5, p>0.05).

Transferrin 농도는 영양실조군에서 유의있게 감소되어 있었고(252.2±32.9 vs. 188.3±37.4 mg/dl, p<0.05), IGF-1 농도 또한 정상 영양상태 환자에서 212.2±142.2 ng/dl, 영양실조 환자군에서 154.3±187.4 ng/ml로 영양실조 환자군에서 감소되어 있었으나 통계학적 유의는 없었다(Table 9).

NPCR은 영양실조 환자군에서 0.78±0.18 g/kg/day로 정상 영양상태를 보인 군의 1.05±0.31 g/kg/day 보다 유의있게 감소되어 있었으며(p<0.01), SCCr과 잔여 신기능도 영양 실조군에서 유의있게 감소되어 있었다(Fig. 1). Weekly KT/V는 정상군과 영양실조군에서 각각 1.94와 1.69로 영양실조 환자군에서 감소되어 있었으나 통계학적 유의는 없었다.

4. 요소 동력학 모형과 영양 상태 지표와의 상관관계

요소 동력학 모형에 의한 NPCR과 기억 회상법에 의한 일일 단백질 섭취량은 유의있는 양의 상관관계를 보

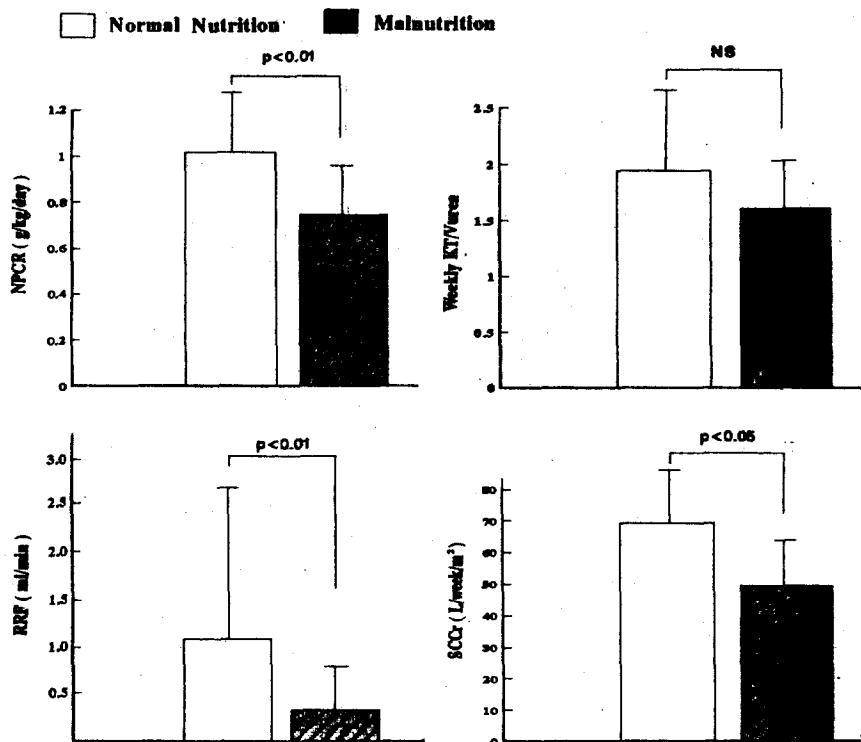


Fig. 1. Urea Kinetic Variables and SCCr in CAPD Patients according to the Nutritional Status.

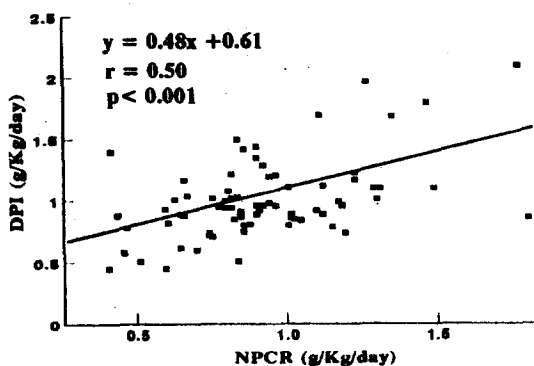


Fig. 2. Correlation between DPI and NPCR.

DPI; Dietary protein intake by 24 hr usual food intake recall method.

였 다($r=0.48$, $p<0.001$) (Fig. 2). NPCR 과 LBM, TBM은 각각 상관 계수 0.34, 0.36으로 유의있는 양의 상관관계를 보였고($p<0.05$, Fig. 3), SCCr은 TBM과 유의있는 상관을 보였다($r=0.24$, $p<0.05$) (Fig. 4). 하지만, KT/V_{urea}나 혈청 albumin, transferrin 농도는 LBM, TBM과 유의있는 상관이 없었다.

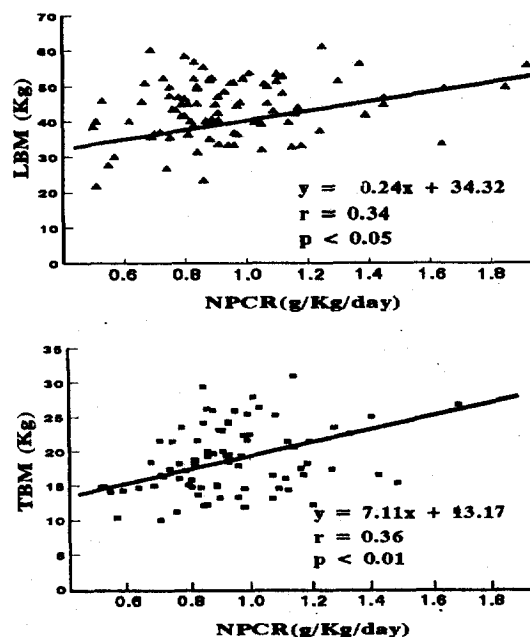


Fig. 3. Correlation of NPCR with LBM & TBM.

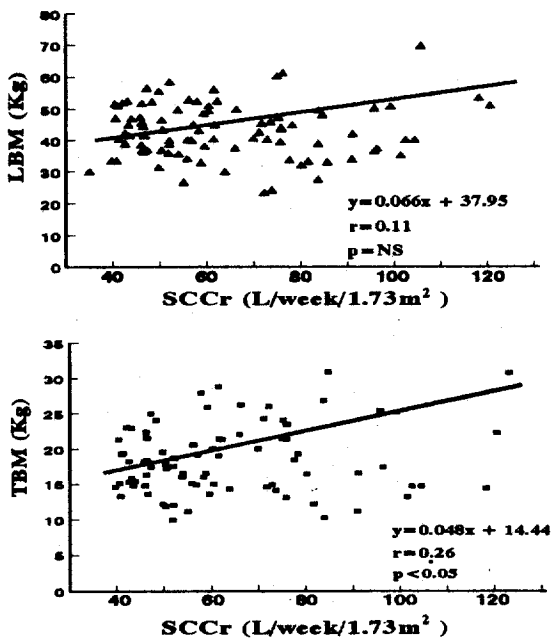


Fig. 4. Correlation of SCCr with LBM & TBM.

고 찰

최근 보고에 의하면 CAPD 환자의 18~56%가 생화학적, 인체 계측학적 영양 실조 상태에 있으며³⁷⁾, 이들 환자에서 발견되는 단백질 섭취의 감소는 총 입원 일수 및 사망률과 밀접한 관련이 있었다⁴⁾. 특히 CAPD 환자에서는 투석기간이 증가될수록 투석액을 통한 열량 흡수와 체중 증가가 단백질-열량 영양실조 상태를 masking 할 수 있기 때문에³⁸⁾ 규칙적인 영양상태의 평가가 중요하며, 단백질 섭취량과 같은 지표를 포함한 환자의 영양상태는 투석의 적절도와도 밀접한 관련이 있다.

하지만, 가장 정확한 영양상태의 평가 지표에 관해서는 아직 논란의 여지가 있는 상태로 diet history, 인체 계측, 그리고 혈청 albumin, urea nitrogen, creatinine 이나 transferrin과 같은 생화학적 지표들이 사용되고 있으며, 최근에는 혈청 fibronectin이나 IGF-1 등이 영양불량 상태의 예민한 지표로 간주되고 있다¹⁵⁻²²⁾.

본 연구에서 CAPD 환자군의 이상 체중에 대한 체중 비율, MAC, TSF, LBM 및 TBM은 성별 및 연령에 필적한 건강 대조군에 비해 유의하게 감소되어 있었고, 체지방 분율은 유의하게 증가되어 있었다(Table 5, 6).

이는 투석치료를 받고 있는 말기 신부전 환자들의 인체 계측치를 NHANES I(National Health and Nutrition Examination Surveys I; 1971 to 1974)의 대조군과 비교한 다른 연구결과와도 일치하는 것이다³⁹⁻⁴²⁾. 1990년 Nelson 등은 CAPD를 하고 있는 남자 환자의 인체 계측치는 NHANES II(1976~1980) 자료의 건강 대조군과 유의있는 차이가 없었던 반면 당뇨병이 없는 여자 CAPD 환자에서는 유의있게 감소되어 있었고 당뇨병 여자 환자에서는 55세 이상된 흑인 여성의 TSF를 제외하고는 유의있는 차이가 없었다고 보고하였다⁴³⁾. 몇몇 연구에 의하면 CAPD를 시작한 첫 해에는 체중과 혈중 단백질 농도가 증가되고 인체 계측상 호전되는 단백질동화작용(protein anabolism)의 증거를 보이나, 점차로 체단백질량이 감소된다고 한다. 이는 질한 자체의 단백질 이화 효과, 아미노산의 손실, 불충분한 투석과 연관된 식욕의 저하 등이 원인이 될 수 있다⁴⁴⁻⁴⁶⁾.

최소한 2개월 이상 CAPD를 받고 있는 환자를 대상으로 한 본 cross sectional study에서 주관적 영양상태 평가(SGA)에 의한 영양실조 환자는 전체 환자 130명 중 27명(20.7%)으로 영양실조 환자군의 평균 연령이 더 높았고, 평균 CAPD 기간이 길었을 뿐 아니라 일일 단백질 및 열량 섭취도 낮았다(Table 7, 8). 1991년 224명의 CAPD 환자를 대상으로 영양 상태를 평가한 multi-center international study에서는 환자의 40.6%가 영양실조군으로 분류되었고 이 중 8%가 중증 영양실조군이었으며, SGA에 의한 환자 분류와 혈중 albumin 농도, MAC, 체중 감소의 정도와 근위축, 피하 지방의 소실 유무가 유의있는 상관을 보였다⁴⁷⁾. 또 잔여 신기능은 근위축의 정도와 유의한 상관을 보였는데 이는 신기능의 저하와 동반된 요목의 증가가 식욕 저하 및 영양실조 상태에 기여했음을 시사하고 있다. 본 연구에서 영양실조군의 albumin 농도는 정상 영양군의 albumin 농도와 통계학적으로 유의있는 차이는 없었으나, 중증 영양실조 환자군에서는 albumin 농도가 유의하게 감소되어 있었다. 혈청 albumin 농도가 환자의 영양상태를 반영하는 적절한 지표가 될 수 있는가는 논란의 여지가 있는 문제로^{48,49)}, 본 연구에서는 albumin 농도가 환자의 영양 상태 평가에 있어 유용한 지표가 되지 못했다. 이는 Schoenfeld 등의 연구결과⁴⁹⁾와 일치하는 것으로 albumin 자체의 특성이나 high transport 환자군에서 복막을 통한 albumin의 소실 등 여러가지 원인

에 의해서 설명 가능하다. 비록 환자의 영양 상태는 albumin 생산을 조절하는 중요한 인자가 되지만, 혈청 albumin 농도는 상당히 진행된 영양실조 상태에서 감소되므로 환자의 영양 상태를 반영하는 예민한 지표는 될 수 없다는 보고도 있었고²³⁾, 몇몇 연구에서는 혈청 transferrin이 albumin에 비해 반감기가 짧기 때문에 (albumin 19~20일, transferrin 8~9일) 영양 상태 평가의 더 민감한 지표가 될 수 있다고 주장하고 있으나, transferrin은 체내 철분 상태에 의해 영향받을 수 있다는 제한점이 있다⁵⁰⁾. 본 연구에서도 영양 실조 환자군에서 transferrin 농도가 유의있게 감소되어 있었는데 (Table 9), 이는 transferrin이 albumin에 비해 환자의 영양 상태를 보다 정확하게 반영하는 지표라는 다른 연구결과와 일치하는 것이다^{23,24)}. IGF-1 (somatomedin C)은 각종 호르몬 및 영양 상태에 따라 생산이 조절되는 peptide (분자량 7649 dalton)로 영양 실조 환자에서 감소되는 것으로 되어 있다. Jacob 등이 혈액 투석 환자를 대상으로 혈청 IGF-1 농도와 영양상태를 반영하는 각종 생화학적 지표를 비교한 연구에서 IGF-1은 혈청 albumin, creatinine이나 transferrin 보다 TSF를 포함한 환자의 인체계측치와 상관관계가 좋은 지표였다²²⁾. 본 연구에서 IGF-1 농도는 영양실조 환자에서 감소되어 있었으나, 통계학적으로 유의있는 차이는 없었다.

본 연구에서 기억 회상법에 의한 환자의 일일 단백질 섭취량은 평균 1.16 gm/kg로 정상 영양 상태의 환자가 1.22 gm/kg/day, 영양 실조 환자가 0.99 gm/kg/day 이었다. CAPD 환자를 대상으로 한 nitrogen balance study에서 Blumenkrantz 등은 positive nitrogen balance를 위해서는 1.2 gm/kg/day의 단백질 섭취가 요구된다고 하였으나⁵¹⁾, 다른 연구에서는 0.7 gm/kg/day 정도의 단백질을 섭취하는 CAPD 환자에서도 positive nitrogen balance가 관찰된다고 하였다⁵²⁾. Lysaght 등은 혈액 투석 환자에 비해 CAPD 환자가 18% 정도 낮은 단백질 섭취에도 불구하고 영양학적으로는 큰 차이가 없었다고 보고하면서 실제로 CAPD 환자들에서의 단백질 요구량이 혈액 투석 환자에 비해 적은지에 대한 의문을 제기하였다⁵³⁾. 하지만 모든 CAPD 환자가 일일 1.0 gm/kg/day 이하의 단백질 섭취로도 nitrogen balance를 유지하는 것은 아니므로, 아직도 1.0 gm/kg/day 이상의 단백질 섭취가 권장되는 실정이고 전형적인 CAPD 환자에서 0.9~1.0 gm/kg/day의

단백질 섭취는 2.0 정도의 weekly KT/V에 해당된다.

또한 영양실조 환자군에서 복막염의 발생 빈도가 높았는데 (Table 7), 이는 반복되는 복막염으로 단백질 소실이 많아지고 근육량이 감소되는 기전으로, 또는 영양상태가 불량한 환자에서 면역 능력의 약화 등의 원인에 의해 복막염이 반복되는 것 모두로 설명될 수 있다. CAPD 환자에서 복막염은 복막 자체의 투과성을 증가시켜 단백질 손실량이 많아질 뿐 아니라 장마비 등으로 인한 복부 불편감과 식욕 감퇴로 음식 섭취를 감소시킨다. 반복되는 복막염은 환자를 negative nitrogen balance 상태에 놓이게 하고 면역 글로불린 손실을 증가시켜 체내 저항력을 약화시킨다^{54,55)}. 복막염이 CAPD 환자의 영양 상태에 미치는 영향을 평가하기 위한 Bannister 등의 연구에서 복막염이 있는 군의 투석액으로의 평균 단백질 소실량은 15.1 gm/day로 복막염이 없는 군의 9.6 gm/day에 비해 유의있게 많았다. 항생제에 반응하는 단순한 복막염의 경우 영양 보충 (nutritional supplement) 유무에 따라 인체 계측치나 혈청 albumin 농도의 차이가 없었으나, 심한 오심, 구토, 복강내 농양, 항생제 저항성등이 동반된 복막염의 경우 보다 적극적인 영양 보충이 요구된다고 하였다^{56,57)}.

환자군의 체내 단백질 저장 상태를 평가하는 가장 직접적인 방법은 total body nitrogen의 측정으로 이는 neutron activation analysis에 의해 가능하다^{27,28)}. 또 단백질 영양상태를 반영하는 지표 중의 하나인 lean body mass와 total body muscle mass는 총체액량으로부터 구하는 법이나 gamma emission 또는 isotope dilution method에 의한 total body potassium의 측정, creatinine 생성의 측정, bioimpedence에 의한 측정이나 인체 계측에 따른 공식에 의한 산출법 등 여러 가지 방법에 의해서 구할 수 있다⁵⁸⁻⁶⁰⁾. 이 중 total body potassium이나 creatinine 생성에 의한 방법을 제외한 나머지 방법은 LBM의 일부로서 과다한 체액량을 포함하여 측정하는 경향이 있다는 보고들도 있다⁶¹⁾. 인체 계측에 의한 방법은 부종의 정도, 육체적 운동의 정도, 어느 쪽 팔에서 측정했는지의 여부에 따라 오차가 유발될 수 있다⁶²⁾. 본 연구에서는 CAMA와 TBM이 영양실조군에서 유의있게 감소되어 있었고, LBM도 감소되어 있었으나 통계학적 의의는 없었다 (Table 8).

요소 동력학 모형에 의한 NPCR도 영양실조군에서 유의있게 감소되어 있었으며 (Fig. 1), NPCR은 LBM,

TBM과 유의있는 상관 관계를 보였으나(Fig. 3), KT/V_{urea}, 혈청 albumin 농도는 TBM, LBM과 상관이 없었고, SCCr은 TBM과만 유의있는 상관 관계를 나타내었다(Fig. 4). 요소 동력학 모형과 단백질 영양 상태에 관한 보고들은 연구자와 연구 방법에 따라 차이를 보이는 데 120명의 복막 투석 환자를 대상으로 한 Schreiber 등의 연구에서 LBM은 혈청 albumin 농도, PCR, urea generation rate와 상관이 있다고 하였으나⁵³⁾, Hermann 등은 LBM은 albumin, PCR, KT/V와 상관이 없었고 weekly KT/V도 albumin 농도와 특별한 상관 관계를 보이지 않았다고 보고하였다⁶⁴⁾. Harty 등은 KT/V 등과 단백질 영양 상태의 지표들 즉 체중, arm muscle area나 LBM 사이에는 유의있는 음의 상관이 있었고 영양 상태가 불량한 환자에서 KT/V나 dialysis index가 오히려 높게 나타났다고 보고하였다. 그의 연구에서 dietary protein intake는 PCR, LBM과 유의있는 상관이 있었고 creatinine과 urea 청소율도 이들 지표와 상관성을 보이지만, actual PCR이 단백질 영양상태에 대한 복막 투석의 영향을 평가하는데 가장 예민한 지표라고 하였다^{65,66)}. 본 연구에서는 NPCR이 CAPD 환자의 TBM, LBM을 포함한 단백질 영양 상태를 반영하는 좋은 지표가 되었으며, 단백질 영양상태는 weekly KT/V_{urea} 보다는 SCCr과 유의한 상관이 있었다.

결론적으로 영양실조 상태는 CAPD 환자에서 유병률 및 사망률을 증가시키는 인자가 될 수 있으므로, 불충분한 영양 섭취의 원인이 될 수 있는 가능한 요소들을 최소화 하거나 제거하는데 주력해야 한다. 가장 중요한 인자 중의 하나인 불충분한 투석(underdialysis)이 의심되는 상황에서는 투석 처방을 강화하여야 하고, 이후에는 경구적, 비경구적 영양 보충이 필수적이다. 따라서, 규칙적인 NPCR과 SCCr의 추적 검사 그리고 이에 따른 투석 처방과 적절한 영양교육은 CAPD 환자의 영양상태 결정에 중요한 인자가 될 것으로 생각된다. 본 연구는 cross sectional study로 향후 환자의 유병률, 사망률이나 다른 영양학적 지표와 요소 동력학 모형의 장기간에 걸친 전향적 연구가 요구된다.

결 론

1993년 7월 현재 연세대학교 의과대학 부속 세브란스 병원에서 CAPD 치료중인 환자 130명을 대상으로 환자

의 영양상태, 요소 동력학 모형의 지표인 KT/V_{urea}, NPCR과 SCCr, LBM, TBM을 포함한 인체 측정치 그리고 각종 생화학적 지표와의 상호연관성에 관한 연구에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 대상 환자의 남녀비는 75 : 55로 평균 연령은 44.5세, 평균 CAPD 기간은 29.7개월이었다.

2) Subjective global assessment(SGA)에 의한 영양 상태 분류에서 103명의 환자(79.3%)가 정상적인 영양상태(Group A)에 있었고, 25명(19.2%)이 경증에서 중등도의 영양실조 상태였으며(Group B), 2명(1.5%)은 중증 영양실조(Group C)였다.

3) Group B와 C를 포함한 영양실조군에서 환자의 평균 연령이 Group A에 비해 많았고(42.8 vs. 48.5세, $p < 0.05$), 평균 CAPD 기간도 길었다(22.6 vs. 38.4개월, $p < 0.05$).

4) 영양실조군의 평균 복막염 발생 빈도는 1.54 episodes/patient/year로 정상 영양 상태인 환자의 0.70 episodes/patient/year에 비해 유의있게 높았다($p < 0.05$).

5) 24시간 기억 회상법에 의한 일일 열량(26.2 ± 7.1 vs. 19.1 ± 15.2 kcal/kg/day, $p < 0.01$) 및 단백질 섭취량(1.12 ± 0.19 vs. 0.99 ± 0.26 g/kg/day, $p < 0.01$)은 영양실조군에서 유의있게 감소되어 있었다.

6) CAMA 및 TBM은 영양 실조군에서 유의있게 감소되어 있었으며, Hematocrit(24.5 ± 9.7 vs. $18.1 \pm 9.2\%$, $p < 0.01$), BUN(56.4 ± 18.6 vs. 34.3 ± 17.4 mg%, $p < 0.05$) 및 transferrin(252.2 ± 32.9 vs. 188.3 ± 37.4 mg/dl, $p < 0.05$)도 유의있게 감소되어 있었다. IGF-1 농도도 감소되어 있었으나(212.2 ± 142.9 vs. 154.3 ± 187.4 ng/ml) 통계학적 의미는 없었다.

7) NPCR, SCCr 및 잔여 신기능도 영양실조 환자에서 유의있게 감소되어 있었으나, KT/V_{urea}는 두 군간에 통계학적으로 유의있는 차이는 없었다.

8) NPCR은 LBM 및 TBM과 유의있는 양의 상관성을 보였고($r = 0.34, 0.36$, $p < 0.05$), SCCr은 TBM과 양의 상관성을 보였다($r = 0.26$, $p < 0.05$).

결론적으로 CAPD 중인 환자에서 NPCR은 LBM과 TBM을 포함하는 단백질 영양상태를 반영하는 가장 좋은 지표로, 이들 환자에서 규칙적인 NPCR과 SCCr의 검사 및 이를 통한 투석 요법의 변화, 적절한 식이 요법은 각종 질병의 이환으로 인한 유병률 및 사망률 감소에

기여할 것으로 생각된다.

— Abstract —

**Cross Sectional Assessment of
Nutritional Status of CAPD Patients
with Urea Kinetic Modeling
and Anthropometric Analysis**

Duk Hee Kang, M.D., Shin Wook Kang, M.D.
Heung Soo Kim, M.D., Seung Woo Lee, M.D.
Kyu Hun Choi, M.D., Ho Yung Lee, M.D.
and Dae Suk Han, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine
Yonsei University, Seoul, Korea

Jong Ho Lee, Ph.D. and Yoo Kyoung Park, M.S.

Department of Food and Nutrition, College of Human
Ecology, Yonsei University, Seoul, Korea

Nutritional abnormalities such as decreased calorie intake and changes in body composition have been shown to be present in many CAPD patients. To assess the relationship between nutritional status and dialysis adequacy, we performed a cross sectional analysis on 130 CAPD patients (mean dialysis duration 29.7 months, mean age 44.5 years), measuring nutritional status by anthropometry & subjective global assessment. We also investigated dietary food intake by 24 hour recall method and compared individual nutritional status with various clinical parameters and NPCR, weekly KT/V urea and standardized creatinine clearance (SCCr).

Two patients (1.5%) were severely malnourished, 25 (19.2%) were mild to moderately malnourished, and 103 (79.3%) didn't show evidences for malnutrition. In the group classified as malnourished, CAPD duration were significantly longer and the incidence of peritonitis was higher. Calculated arm muscle area and total body muscle (TBM) were reduced in malnourished group. Calorie & protein intake were also reduced than well-nourished group. Hematocrit and BUN were decreased in malnourished group. Transferrin concentration was significantly decreased in malnourished group (252.2 ± 32.9 vs. 188.3 ± 37.4 mg/dl, $p < 0.05$). IGF-1 was also decreased in malnourished group (212.2 ± 142.9 vs. 154.3 ± 187.4 ng/ml), but there was no statistical significance. NPCR was significantly lower in malnourished group (1.05 ± 0.31 vs. 0.78 ± 0.18 , $p < 0.01$). NPCR correlated po-

sitively with dietary protein intake ($r = 0.48$, $p < 0.001$), TBM ($r = 0.36$, $p < 0.01$), lean body mass ($r = 0.33$, $p < 0.05$), and less significant association was noted between SCCr and TBM ($r = 0.24$, $p < 0.05$). No significant correlation between KT/V and TBM or LBM was observed.

In conclusion, NPCR is a good indicator of body protein store & nutritional status, but expressing dialysis adequacy as weekly KT/V_{urea} may be a less sensitive marker of protein nutritional status.

Key Words: NPCR, Transferrin, IGF-1, Adequacy of dialysis, CAPD

REFERENCES

- 1) Nolph KD: *Peritoneal Dialysis*, 2nd edition, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, 1985
- 2) Khanna R, Oreopoulos DG, Nolph KD: *The essentials of peritoneal dialysis*, 1st edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993
- 3) Bergstrom J: *Protein catabolic factors in patients on renal replacement therapy. In depth review. Blood Purif* 3:215, 1985
- 4) Acchiardo SR, Moore LW, Latour PA: *Malnutrition as a main factor in morbidity and mortality of hemodialysis patients. Kidney Int* 24 (Suppl 16):S-199, 1983
- 5) Popovich RP, Moncrief JW, Nolph KD, Ghods AJ, Twardowski ZJ, Pyle WK: *Continuous ambulatory peritoneal dialysis. Ann Intern Med* 88:449, 1978
- 6) Nolph KD, Popovich RP, Moncrief JW: *Theoretical and practical implications of continuous ambulatory peritoneal dialysis. Nephron* 21:117, 1978
- 7) Oreopoulos DG, Robson M, Izatt S, Clayton S, De Vever GA: *A simple and safe technique for continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD). Trans Am Soc Artif Intern Organs* 24:484, 1979
- 8) Bergstrom J: *Potential metabolic problems associated with continuous ambulatory peritoneal dialysis, In: Legrain M (ed), Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. Amsterdam, Excerpta Medica, 1980*
- 9) Corey PN, Steele C: *Risk factors associated with time to first infection and time to failure on CAPD. Perit Dial Bull* 3 (Suppl 3):S14, 1984
- 10) Young GA, Young JB, Young SM, Hobson SM, Hildreth B, Brownjohn AM, Parson FM: *Nutrition and delayed hypersensitivity during continuous ambulatory peritoneal dialysis in relation to peritonitis, Nephron* 43:177, 1986

- 11) Lee HY, Kim YK, Kang SW, Choi KH, Han DS: *Influence of nutritional status on CAPD peritonitis. Yonsei Med J* **31**:65, 1990
- 12) Schilling H, Wu G, Pettit J: *Nutritional status of patients on long term continuous ambulatory peritoneal dialysis. Perit Dial Bull* **5**:12, 1985
- 13) Nolph KD, Moore HL, Prowant B, Meyer M, Twardowski ZJ, Khanna R, Pronferrada L, Keshaviah P: *Cross-sectional assessment of weekly urea and creatinine clearance and indices of nutrition in CAPD patients. Perit Dial Int* **13**:178, 1993
- 14) Lindsay RM, Spanner E, Heidentreim RP: *Which comes first: KT/V or PCR — chicken or egg? Kidney Int* **42** (Suppl 38):S32, 1992
- 15) Mitch WE, Klahr S: *Nutrition and the Kidney, 2nd edition, Little Brown, Boston, 1988*
- 16) Durnin JVG, Womersley J: *Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. Br J Nutr* **32**:772, 1974
- 17) Presta W, Wang J, Harrison GG: *Measurements of total body electrical conductivity: A new method for estimation of body composition. Am J Clin Nutr* **37**:735, 1983
- 18) Burkinshaw L, Morgan DB, Silvertown NP, et al: *Total body nitrogen and its relation to body potassium and fat-free mass in normal subjects. Clin Sci* **61**:457, 1981
- 19) Heymsfield SB, Olafson RP, Silvertown NP: *A radiographic method of quantifying protein-calorie undernutrition. Am J Clin Nutr* **32**:693, 1979
- 20) Lewis DS, Rollwitz WL, Bertrant HA: *Use of NMR for measurement of total body water and estimation of body fat. J Appl Physiol* **60**:836, 1986
- 21) Hou FF, Zhang X, Wang AL: *Fibronectin in patients with chronic renal failure undergoing dialysis. Nephron* **55**:45, 1990
- 22) Jacob V, Le Carpentier JE, Salzano S: *IGF-1, a marker of undernutrition in hemodialysis patients. Am J Clin Nutr* **53**:39, 1990
- 23) Jeffrey SZ, Stanley SA: *Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis and Nutritional Adequacy. Semin Dial* **5**:257, 1992
- 24) Fenton SA, Johnston N, Delmore T, Detsky AS, Whitewell J, O'sullivan R, Catran DC, Richardson RM, Jeejeebhoy KN: *Nutritional assessment of continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. Trans Am Soc Artif Intern Organ* **33**:650, 1987
- 25) Markmann P: *Nutritional status of patients on hemodialysis and peritoneal dialysis. Clin Nephrol* **29**:75, 1988
- 26) Panzetta G, Guerra U, D'angelo A, Sandrini S, Terzi A, Oldrizzi L, Maiorca R: *Body composition and nutritional status in patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) Clin Nephrol* **23**:18, 1985
- 27) Cohn SH, Clinque TJ, Dombrowski CS, Letteri JM: *Determination of body composition by neutron activation analysis in patients with renal failure. J Lab Clin Med* **79**:978, 1972
- 28) McNeil KG, Harrison JE: *In vivo measurements of body protein based on the determination of nitrogen by prompt analysis. Am J Clin Nutr* **32**:1955, 1979
- 29) Detsky AS, McLaughlin JR, Baker JP, Johnston N, Whittaker S, Mendelson RA, Jeejeebhoy KN: *What is subjective global assessment of nutritional status? J Parenteral Enteral Nutr* **11**:8, 1987
- 30) 농촌진흥청 : *식품 분석표, 4차 개정판, 1991*
- 31) Soreide R, Dracup B, Svarstad E, Iversen BM: *Increased total body fat during PD treatment. Adv Perit Dial*, 173, 1988
- 32) Heymsfield SB, McManus C, Stevens V, Smith J: *Muscle mass: Reliable indicator of protein-energy malnutrition severity and outcome. Am J Clin Nutr* **35**:1192, 1992
- 33) Wardle EN, Kerr DNS, Ellis HA: *Serum proteins as indicators of poor dietary intake in patients with chronic renal failure. Clin Nephrol* **3**:114, 1975
- 34) Powell DR, Rosenfeld RG, Baker BK, Hintz RL: *Serum somatomedin levels in adults with chronic renal failure: The importance of measuring insulin-like growth factor-I (IGF-I) and IGF-II in acid chromatographed uremic serum. J Clin Endo Metabol* **63**(5):1186, 1986
- 35) Watson PE, Watson ID, Batt RD: *Total body water volumes for adult male and female estimated from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr* **33**:27, 1980
- 36) Randerson DH, Chapman GV, Farrell PC: *Amino acid and dietary status in long-term CAPD patients. In: Atkins RC, Farrel PC, Thomson N, eds. Peritoneal Dialysis, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, 1985*
- 37) Nolph KD: *Peritoneal Dialysis, 3rd edition, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1989*
- 38) Bergstrom J, Lindholm B: *Nutrition and adequacy*

- of dialysis. How do hemodialysis and CAPD compare? *Kidney Int* **34**:S39, 1993
- 39) Blumenkrantz MJ, Kopple J, Gutman R: *Methods for assessing the nutritional status of patients with renal failure. Am J Clin Nutr* **33**:1567, 1980
- 40) Comper CW: *Nutritional assessment in chronic renal failure. Nutr Support Services* **5**:18, 1985
- 41) Thunberg B, Swamy A, Cestero R: *Nutritional measurements in maintenance hemodialysis (MHD) patients. Proc Dial Transplant Forum* **120**, 1979
- 42) Schoenfeld PY, Henry RR, Laird NM: *Assessment of nutritional status of the National Cooperative Dialysis Study Population. Kidney Int* **23**:580, 1983
- 43) Nelson EE, Hong CD, Pesce AL, Peterson DW, Singh S, Pollak VE: *Anthropometric Norms for the Dialysis Population. Am J Kid Dis* **16**(1):32, 1990
- 44) Williams P, Kay R, Harrison J, McNeil K, Petit J, Kellman B, Mendez M, Klein M, Ogilvie R, Khanna R, Carmichael D, Oreopoulos DG: *Nutritional assessment of patient on CAPD over one year: Contrasting changes in total body nitrogen and potassium. Perit Dial Bull* **1**:82, 1981
- 45) Nolph KD, Sorkin MN, Rubin J, Arfanica D, Prowant BF, Fruto L, Kennedy D: *Continuous ambulatory peritoneal dialysis. Three-year experience at one center. Ann Intern Med* **92**:609, 1980
- 46) Kurtz SB, Wong VH, Anderson CF, Vogel JP, McCarthy JT, Mitchell JC: *Continuous ambulatory peritoneal dialysis. Three years' experience at the Mayo Clinic. Mayo Clin Proc* **58**:633, 1983
- 47) Young GA, Kopple JD, Lindholm B, Vonesh E, Vecchi AD, Scalapogna A, Castelnova C, Oreopoulos DG, Anderson GH, Bergstrom J, Dichiro J, Gentile D, Nissenson A, Sakhrani L, Brownjohn AM, Nolph KD, Prowant BF, Algrim CE, Martis L, Serkes KD: *Nutritional assessment of continuous ambulatory peritoneal dialysis patients: An international study. Am J Kid Dis* **17**:462, 1991
- 48) Lindsay RM, Spanner E: *Is the lower serum albumin concentration in CAPD patients a reflection of nutritional status? The lower serum albumin does reflect nutritional status. Semin Dial* **5**:215, 1992
- 49) Schoenfeld PY: *Is the lower serum albumin concentration in CAPD patients a reflection of nutritional status? Albumin is an unreliable marker of nutritional status. Semin Dial* **5**:218, 1992
- 50) Ooi BS, Darocy AF, Pollak VE: *Serum transferrin levels in chronic renal failure. Nephron* **9**:200, 1972
- 51) Blumenkrantz MJ, Kopple JD, Moran JK, Coburn JW: *Metabolic balance studies and dietary protein requirements in patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis. Kidney Int* **21**:849, 1982
- 52) Atkins R, Thomson N, Farrell PC: *Peritoneal dialysis, 1st edition, Edinburgh, Churchill livingstone, 1981*
- 53) Lysaght MJ, Pollock CA, Hallet MD, Farrell PC: *The relevance of urea kinetic modeling to CAPD. Trans Am Soc Artif Intern Organs* **35**:784, 1989
- 54) Diamond L, Bemis J, Deane N: *Renal physicians association northeastern meeting proceedings, vol 3, Northeastern renal physicians association, New York, 1979*
- 55) Moncrief J, Popovich R: *CAPD Update: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, 1st edition, Masson Publishing USA, New York, 1981*
- 56) Bannister DK, Acchiardo SR, Moore LW, Kraus AP: *Nutritional effects of peritonitis in continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) patients. J Am Diet Ass* **87**:53, 1987
- 57) Rubin J: *Nutritional support during peritoneal dialysis-related peritonitis. Am J Kid Dis* **15**:551, 1990
- 58) Miller CE, Remenchik AP: *Problems involved in accurately measuring the K content of human body. Ann N Y Acad Sci* **110**:175, 1963
- 59) Forbes GB, Hursh JB: *Age and sex trends in lean body mass calculated from K⁴⁰ measurements: With a note on the theoretical basis for the procedure. Ann N Y Acad Sci* **110**:225, 1963
- 60) Forbes BB, Bruining GJ: *Urinary creatinine excretion and lean body mass. Am J Clin Nutr* **29**:1359, 1976
- 61) Nolph KD, Flynn MA, Londeree B, Keshaviah P: *Comparison of lean body mass (LBM) measurement by different technique in normal and in chronic peritoneal dialysis patients. J Am Soc Nephrol* **4**(3): 414, 1993
- 62) Gray GE, Gray MS: *Validity of anthropometric norms used in assessment of hospitalized patients. J Parenteral Enteral Nutr* **3**:366, 1979
- 63) Schreiber MJ, Kawabe M, Cosentino F, Richmond B, Dennis V: *Body composition and adequacy in peritoneal dialysis. J Am Soc Nephrol* **4**(3): 416, 1993
- 64) Hermann S, Horber FF, Jaeger P: *Predictors of*

nutritional status in CAPD patients. J Am Soc Nephrol 4(3):416, 1993

- 65) Harty JC, Boulton H, Heelis N, Uttley L, Venning M, Gokal R: *Limitations of kinetic models as a markers of dialysis adequacy in CAPD. XIIth international congress of nephrology (Abstract) 1:335,*

1993

- 66) Harty JC, Boulton H, Heelis N, Uttley L, Venning M, Gokal R: *Actual protein catabolic rate is the common link between the nutrition and dialysis dose. XIIth international congress of nephrology (Abstract) 1:338, 1993*