

蛋白質異化率과 Kt/V에 대한 小考

- 혈액 투석을 중심으로 -

영남대학교 의과대학 내과학교실

윤 경 우

서 론

신장학 분야에서 만성 신부전 환자의 영양 상태, 투석의 적합도, 투석 환자의 생존율 그리고 투석 처방 등에 대한 논문을 읽다 보면 protein catabolic rate (PCR), net protein catabolic rate (PCRn), Kt/V같은 용어들을 자주 접하게 된다. 이들 지표들은 만성 신부전 환자의 morbidity, mortality 개선과 이들 환자의 삶의 질을 향상하는데 유용한 도구들로 알려져 있다. 그러나 저자가 아는 한 이들 주제를 다룬 국내 논문은 아직 없는 실정이다. 따라서 본 논문은 이들 지표들을 알기 쉽게 기술함으로써 만성 신부전 환자의 치료에 종사하는 의료인들의 이해에 도움이 되고자 한다.

PCR, PCRn

Noncatabolic state에서는 거의 모든 urea가 dietary protein의 amino acid subunits의 간장내 대사로 부터 생성된다. nitrogen balance에 있는 환자의 urea nitrogen generation rate는 protein nitrogen intake를 추정하는데 사용될 수 있다. anabolic 또는 catabolic state의 가능성을 허용하기 위해 후자를 흔히 net protein catabolic rate (PCR)라고 표현

한다. Net PCR은 urea appearance rate로 부터 계산하게 되는데 이는 exogenous(dietary)와 endogenous protein의 catabolism에 비례한다. total protein catabolism은 이 net PCR을 훨씬 상회한다. 정상 성인에서의 net protein catabolism인 70 g protein/day는 300 g protein/day의 total anabolic rate와 370 g protein/day의 total catabolic rate사이의 차이를 뜻하는 것이다. 임상가에게는 protein catabolic rate가 urea generation rate보다 더 실제적인 표현이다. 이는 영양사에게 특히 유용한데 영양사는 식사 처방을 평가하고 환자가(nitrogen balance 상태 하에 있는) 식사 처방을 제대로 따랐는지를 평가하는데 PCR을 사용할 수 있다.

Net protein catabolism은 protein breakdown을 grams/day의 절대치로 표시하거나 이를 body size로 환산하여 g/kg body weight/day로 표시할 수 있는데 후자가 더 유용하여 이는 단백질 섭취(Dietary Protein Intake; DPI)를 측정하는 전통적인 단위가 되었다. 말기 신 질환을 가진 평균적인 성인 환자의 정상 목표치는 1.1 g/kg/day (0.8 에서 1.4g/kg/day)이다. 단백질 섭취량은 환자간의 비교를 위하여 체중으로 환산하는 것이 보통이다. body surface area 대신 체중을 사용하는 것은 체중이 patient size에 대한 유일한 측정치인 경우가 많고 단백질 섭취량 역시 대부분의 경우 대충의 추정치에 불과하기 때문이다.

urea modeling은 total body water를 반영하는데 이는 urea distribution volume을 반영한다. PCR 계산의 분모로서 환자의 체중이나 신장보다 환자의 dry weight에서의 body water가 더 적합한데 이는 오직 lean body mass에 비례하기 때문이다. lean body mass란 단백 동화와 이화의 주된 장소인 nonadipose cell mass를 반영한다. lean body mass를 반영하는 urea volume은 환자의 protein turnover를 결정한다. PCR을 환자의 체중이 아니고 urea volume으로 나누면 목표치는 1.1 g/kg body weight/day가 아니라 1.9 g/liter of water/day가 될 것이다. 이 목표치는 관례에서 벗어나고 영양사나 신장 전공 의사에게 익숙한 수치가 아니므로 분모를 평균 body composition으로 정상화하는 것이 보통이다. 이것은 평균 body water content가 58% 라고 가정함으로써 가능하다. urea volume (liters)을 0.58 liters/kg로 나눔으로써 lean body mass에 정상 fat distribution을 더한 값을 반영하는

정상화된 또는 이상적인(ideal) 체중을 얻게 된다. 이 분모(VI/0.58)는 PCR을 grams/kg body weight/day라는 좀 더 친숙한 표현을 가능케 하지만 유념할 것은 이 체중은 urea volume으로 부터 환산된 체중이지 실제 측정된 체중이 아니라는 것이다. 그림 1은 urea nitrogen appearance (G)와 net PCR 간의 관계를 나타낸다. 이들 data는 nitrogen balance하에 있다고 판정된 투석 환자들을 대상으로 면밀한 조사를 함으로써 얻어진 것이다(Borah 등, 1978). 이 결과들은 유지 혈액 투석을 시작하기 전의 신부전 환자에서 얻어진 다른 data와도 잘 일치한다(Cottini 등, 1973). 그림 1에 나타난 regression formula는 다음과 같다.

$$g = 0.154 \text{ PCR} - 1.7 \quad \text{공식 1}$$

공식 1을 PCR 값으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{PCR} = 6.49 g + 11 \quad \text{공식 2}$$

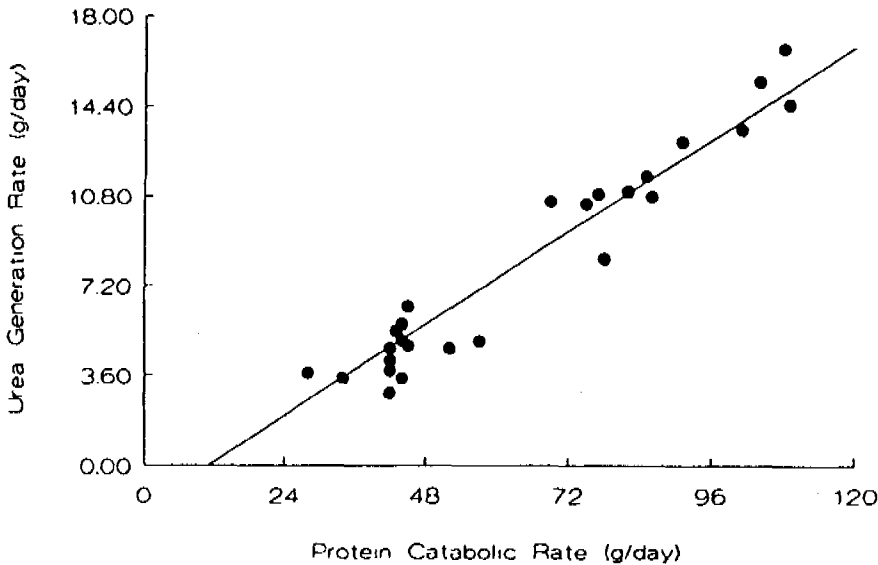


Fig. 1. Relationship between urea generation rate(G) on the y-axis and protein catabolic rate(PCRn) on the x-axis in hemodialyzed patients at different levels of protein intake. Regression line is $G = 0.154(PCR) - 1.7$ Reproduced from Borah MF et al., *Kidney Int* 14:496, 1978.

g: urea nitrogen generation rate (g/day)

PCR: protein catabolic rate (g/day)

$$PCR = 9.35 G + 11 \quad \text{공식 3}$$

G: urea nitrogen generation rate (mg/min)

그림 1의 y axis(urea generation rate: g/day)의 중간값 9.0을 공식 2에 대입하면 PCR (g/day) = 58.41 + 11이 된다. 이는 dietary protein과 endogenous protein의 excess catabolism으로 부터 방출되는 질소의 대부분(58.41/69.41 = 84%)이 urea(9.35 G)로 변환되고 적은 부분(16%)이 다른 질소 화합물로 변환됨을 뜻한다. 이 추가적인 11 grams/day의 단백질은 creatinine, 노산, hippurate, 아미노산 등의 비요소 질소 화합물로 변환되는데 이들 물질의 생성은 단백질 섭취량에 비례하는 것이 아니고 환자의 몸의 크기에 비례한다. 따라서 단백질 섭취량이 감소하면 이들 물질이 total nitrogen appearance에서 차지하는 비율이 커지게 된다. 즉 평균적인 성인에서 net protein catabolism이 100 g/day이면 과잉 질소의 11%가 nonurea nitrogen으로 나타나고 net protein catabolism이 40 g/day이면 28%가 nonurea nitrogen이 된다.

그림 1에 표시된 환자들의 평균 body water volume이 38 liters였으므로 공식 3의 우측 항목들 중 두 번째 항목을 38 liters로 나눔으로써 이를 환자의 body water volume으로 정상화하는 것이 보통이다. 이것은 이 공식을 소아 환자나 body size가 다른 환자들에게 적용할 수 있게 한다.

$$PCR = 9.35 G + 0.29 VI \quad \text{공식 4}$$

VI: urea volume (liters)

마지막으로 공식 4의 우항들을 VI/0.58로 나눔으로써 전체 식을 body size로 정상화 할 수 있고 그 결과는 net protein catabolic rate로 표시된다.

$$PCRn = (9.35 G + 0.29 VI) 0.58/VI \quad \text{공식 5}$$

$$= 5.42 G/VI + 0.17 \quad \text{공식 6}$$

PCRn: net protein catabolic rate, normalized to body size (g/kg/day)

VI/0.58: normalized body weight 또는 lean body mass plus normal fat content

PCRn은 PCRn, nPCR, NPCR로도 표기되고, 어떤 저자들은 이를 normalized protein catabolic rate로 부르기도 한다. V와 마찬가지로, urea nitrogen generation (G)와 이의 파생물인 PCRn은 모두가 urea modelling의 부산물들이다. 그러나 PCRn은 V와는 달리 단백질 섭취량의 지표로서 실제적인 중요성을 가지고 있다. V는 투석의 필요성에 대한 중요한 결정인자이다.

Urea Nitrogen Generation Rate (G)

인상적인 합리성을 잃지 않는 범위 내에서 가능한 한 단순한 모델을 선정하는 것이 본 논문의 취지에 부합한다고 생각되므로 저자는 One compartment model을 선정하였다. 그리고 Two-BUN method와 Three-BUN model 중 Two-BUN method를 선정하였는데 그 이유는 Two-BUN model은 투석 전 BUN과 투석 후 BUN을 각각 한번씩 측정함으로써 일회 투석 중 조사를 끝낼 수

있는 장점이 있고 urea modelling을 단순화하기 때문이다. 그림 2는 두 model의 BUN 측정 시점을 그림으로 나타낸 것이다. 또 constant volume과 variable volume 중 constant volume model은 투석 후 V가 투석 전 V와 같다고 가정하므로 투석 중 수분의 제거가 있는 경우에는 V를 과대 평가하게 된다. 실제 상황에서 혈액 투석 중 한외 여과로 인해 체중의 감소가 거의 모든 환자에서 발생하므로 constant volume model은 임상적인 합리성이 결여되었다고 할 수 있다. 따라서 variable volume을 선정하였다.

G를 측정하는데 two-BUN model을 적용하기 위해서는 환자의 weekly urea concentration profile

(그림 3)이 일정해야 한다. 다시 말해 환자가 weekly steady state에 있어야 한다. V는 주로 투석 전 그리고 투석 후 BUN에 의해 결정되므로 V나 여과율의 추정은 non-steady-state condition에 영향 받지 않는다. 그러나 urea generation은 투석 전 BUN 치에 크게 좌우된다. steady state란 적어도 3회 투석 기간 동안 투석 처방이 바뀌지 않음을 뜻한다. 단백 섭취도 통제되어야 하는데 투석과 투석 사이에 약간의 변동은 two-BUN model의 경우 g를 추정하는데 영향을 주지 않는다. weekly steady state의 확립은 어느 주의 어느 요일에 BUN을 측정하더라도 평균적인 urea generation (G)를 정확하게 추정할 수 있게 해 준다. 급성 신

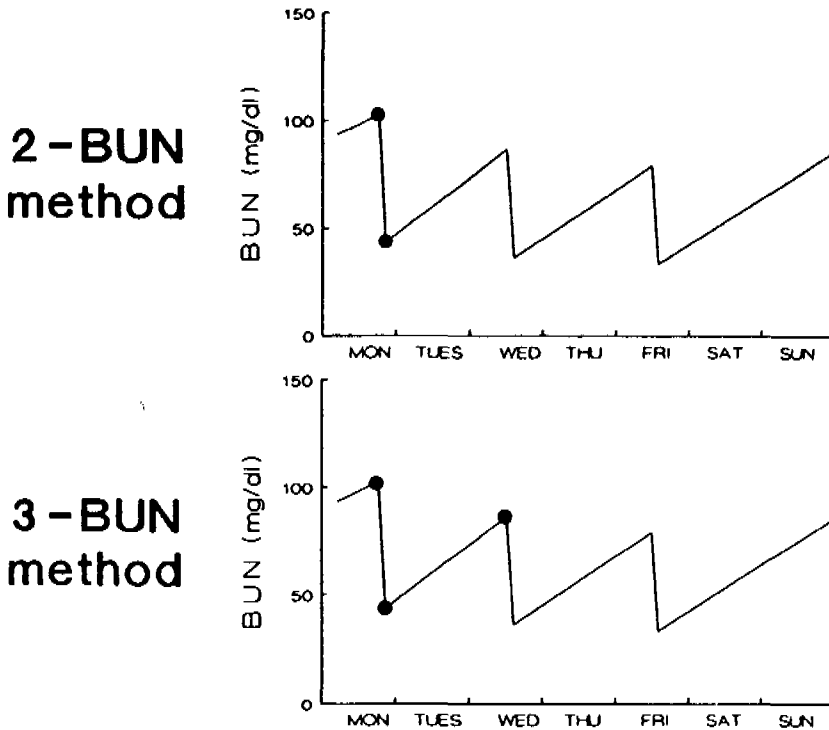


Fig. 2. The weekly profile of BUN versus time can be generated from two or three data points. Urea generation, calculated using the three-BUN method, is heavily dependent upon the difference between the second and third BUN. Urea generation, calculated using the two-BUN method, is primarily determined by the actual value of the predialysis BUN.

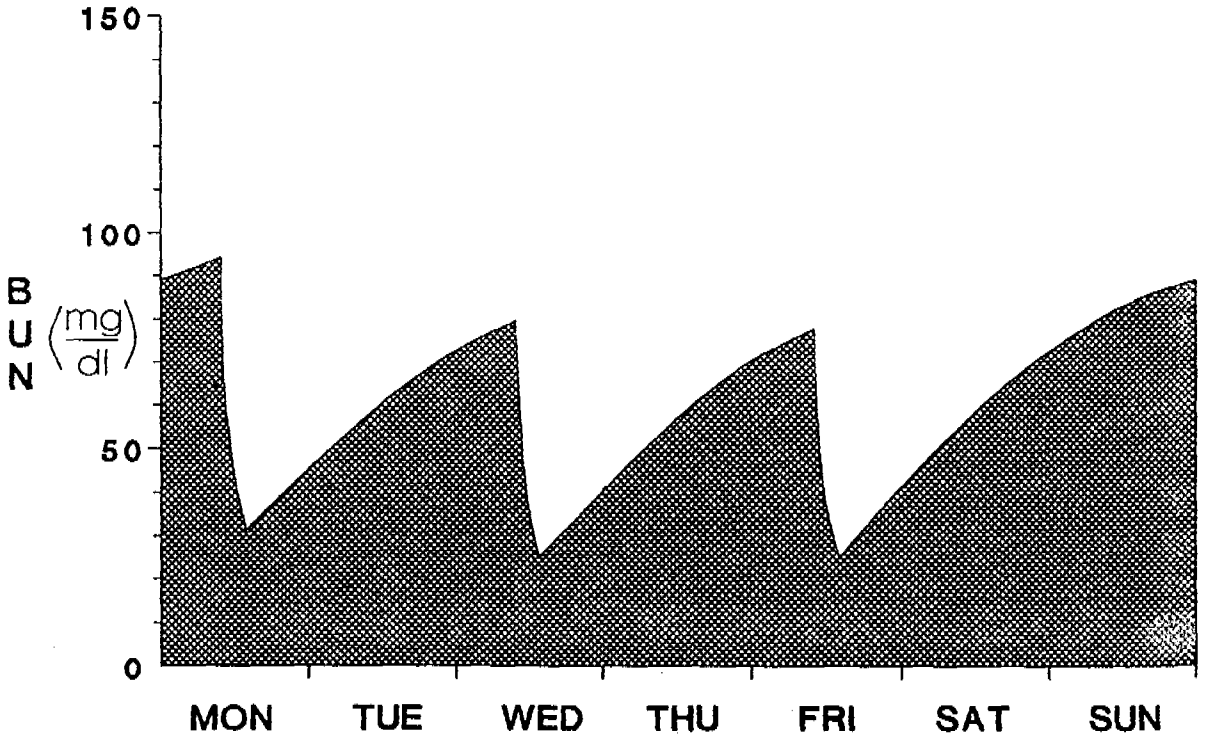


Fig. 3. A week of urea oscillations. Urea nitrogen concentrations fall rapidly during dialysis and rise gradually between dialyses. This repeating pattern is constant from week to week.

부전 환자의 경우처럼 요소 농도가 weekly steady state에 있지 않는 경우에는 G의 심한 오차를 피하기 위해 three-BUN method를 사용하여야 한다. 그러나 영양 상태가 불안정한 환자에서 계산된 G 값은 단지 조사가 행해진 single interdialysis interval에서만 정확함을 주의할 필요가 있다. 그림 4는 투석 시작 시 BUN이 200 mg/dl가 넘더라도 BUN 값은 급속히 안정되어 투석 전 BUN이 100 mg/dl 미만의 균형 상태를 유지함을 보여 준다. two-BUN technique을 사용하는 urea kinetics를 modelling하기 위해 maintenance hemodialysis regimen을 시작하거나 변경한 후 수주간 기다릴 필요가 없다. 투석 처방이 일정하다면 요소 농도는 일반적으로 2, 3회 투석 후 steady state에 접근한다.

투석으로 인해 변화된 BUN치의 변화가 V를 결정한다. urea kinetics를 이용한 V의 계산 공식은 너무나 복잡하여 이차피 computer software를 이용하여 계산할 것이므로 소개할 필요가 없겠다. two-BUN technique에서는 주 중 투석 스케줄과 검사할 요일을 알아야 한다. V를 계산한 다음 역시 computer software를 이용하여 각 투석 일의 투석 전, 투석 후 BUN치를 순차적으로 계산하여 BUN을 측정할 일주일 후의 새로운 BUN값을 얻게 된다. software는 계산된 일주일 후의 투석 전 BUN값이 측정된 투석 전 BUN값과 1%내로 맞을 때까지 G 값을 변화시켜 G 값을 구하게 된다. 그림 5는 이 과정을 그림으로 나타낸 것이다. 그림 5A의 경우 계산된 투석 전 BUN치가 측정치를 overestimate

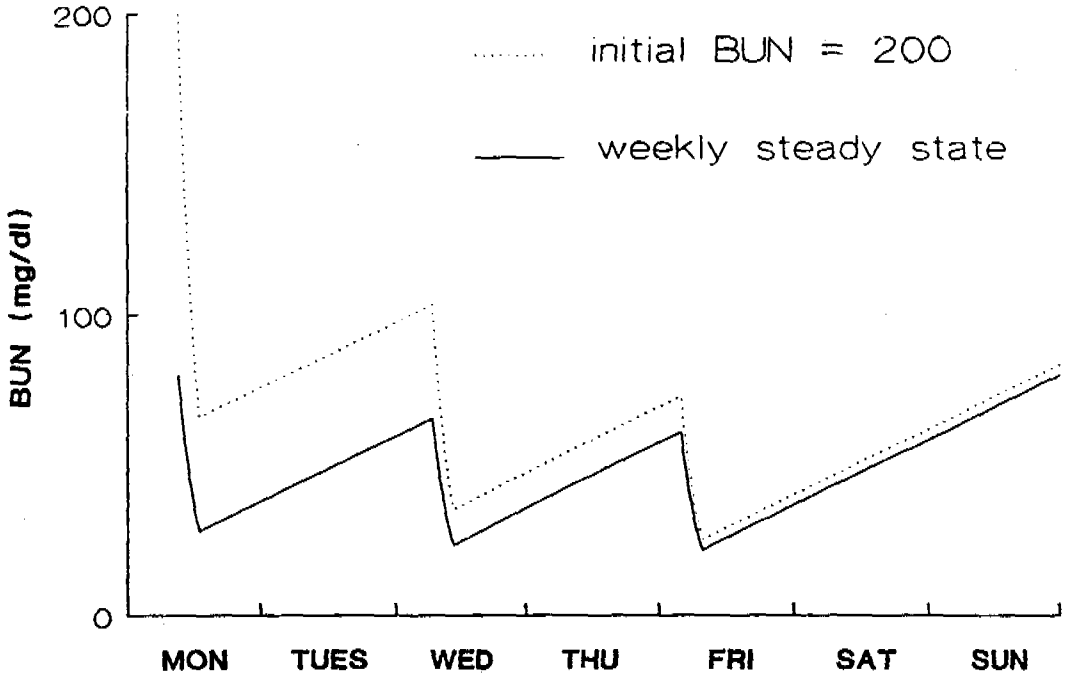


Fig. 4. Demonstration of time required to reach a steady-state equilibrium after starting hemodialysis in a patient with initial BUN=200mg/dl. Solid line represents the steady-state, dotted line actual BUN values. After three dialyses, the two nearly overlap.

했고 그림 5B는 underestimate했음을 알 수 있다.

Variable volume method를 사용할 경우 BUN을 측정할 때마다 환자의 체중과 시간을 기록한다. three-BUN method의 경우 두 번째 투석 전 체중에서 투석 후 체중을 뺀 값을 투석간의 시간 간격으로 나누어 이를 투석간의 체중 증가율로 이용한다. 이 율은 liters/day로 표시하고 수분 섭취를 반영하는 것으로 각 환자에서 요일과 요일 사이, 주와 주 사이마다 일정한 것으로 간주된다. two-BUN method의 경우 투석 중 감소한 체중이 투석간 체중 증가율을 결정하는데 사용된다. 후자는 일정한 것으로 간주되며 투석 중 감소한 체중을 이전 투석 간격으로 나눔으로 결정된다. 매 투석시 환자의 투석 후 체중이 계산된 투석 후 체중(이것이 환자의 건조 체중으로 간주된다.)이 되도록 한의 여과

율을 조정한다. 이러한 volume의 조절은 보통 사소한 영향밖에 없으나 투석간 체중 증가가 심한 환자에서는 volume의 조절이 상당할 수 있다.

잔여 신 기능이 없고 steady state에 있는 투석 환자의 경우 interdialytic interval 동안의 요소 농도의 변화로 urea generation을 계산할 수 있다 (Lazarus 등, 1996).

$$G = [(V_2 \times C_2) - (V_3 \times C_3)]/Id \quad \text{공식 7}$$

V₂: urea distribution volume (0.58 X body weight)

C₂: BUN concentration immediately after dialysis

V₃: urea distribution volume before dialysis

C₃: BUN concentration before dialysis

Id: interdialytic interval

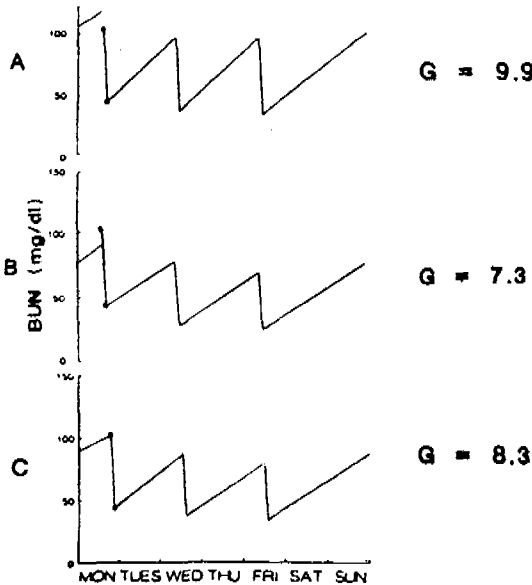


Fig. 5. Two-BUN method for resolution of G. This diagram shows the iterative technique for determining urea nitrogen generation rate (G) using the two-BUN method. An arbitrary value for G is selected (9.9mg/min) in (A) and predialysis BUN is determined for the seventh day (one week later). This value is found to be too high, so G is adjusted downward to 7.3mg/min and a new profile is generated in (B). After multiple iterations, predialysis BUN matches the calculated value one week later when G = 8.3mg/min as shown in (C). Reproduced from Trans Am Soc Artif Intern Organs 35:500, 1989.

상기 공식은 첫번 투석 후 Urea Nitrogen 값에서 다음 투석 전 Urea Nitrogen 값을 뺀 결과이므로 음의 값이 나오게 된다. G를 알면 PCR을, G와 V (Total Body Water)를 알면 PCRn을 계산할 수 있고, 임상적, 대사적으로 안정된 투석 환자의 경우 PCRn으로부터 단백 섭취량 (DPI)를 추정할 수 있다.

K_t/V

투석 전과 투석 후의 BUN치를 측정함으로써

요소 제거의 rate constant를 결정할 수 있다. 이 rate constant로 부터 ratio K_d/V 가 도출된다. one-compartment, fixed-volume model에서 잔여 신 기능, 체중의 변화, 투석 중 urea generation (G)등의 효과를 무시하면 $K_d t/V$ 는 BUN의 fractional reduction에 대해 대수적으로 변한다.

$$K_d t/V = \ln(C_1/C_2) \quad \text{공식 8}$$

K_d : dialyzer urea clearance (ml/min)

t: dialysis time (minutes)

V: total body water (urea distribution volume)

C_1 : 투석 전 BUN

C_2 : 투석 후 BUN

In: 자연 대수

이 단순화 된 모델에서의 여러 가정들은 보통 상당한 오차를 동반하지만 이 모델은 K_d/V 의 기원을 보여 주는 것이다. 시간(t)을 정확하게 계산할 수 있으므로 투석 전, 투석 후 BUN만 제면 K_d/V ratio를 직접 계산 할 수가 있다. 추가적인 data가 없으면 이 모델은 더 이상 K_d 나 V를 확정할 수가 없다. 이를 확정하기 위해서는 둘 중 하나를 사용자가 제공하여야 한다. V를 알기 위해서는 K_d 가 정확히 측정되어야 하고 K_d 를 알기 위해서는 V가 정확히 결정되어야 한다. 다행히도 투석의 결과를 측정하는데 있어서는 이들이 명백히 결정될 필요가 없으며 비율만으로 충분하다. urea modelling에 대한 임상가의 유일한 목적이 투석의 적합도를 추정하는데 있다면 단지 K_d/V ratio만이 필요하다. 그러나 K_d 값이 주어지고 V값이 계산되거나 혹은 반대의 경우라면 추가적인 통찰을 얻을 수가 있다.

K_t/V 는 투석의 "dose"에 대한 치수라고 이해할 수 있다. 이 변수는 투석을 분모로 하여, 일회 투석 중 요소가 여과되는 total body water의

fraction을 측정하는 것이라고 할 수 있다. 주당 3회 투석하는 환자의 경우 1.0/dialysis 이상이 최저 한도의 투석 용량으로 간주되고 있다. 요소의 제거는 투석이 진행되는 동안 지속적으로 감소하기 때문에 1.0/dialysis란 수치가 일회 투석 중 모든 요소가 제거된다는 뜻은 아니다. Kt/V가 1.0이란 말은 투석 중에 대략 60%의 요소가 제거된다는 뜻이다.

Jindal등은 임상적인 관심의 대상 범위 내에서, 즉 Kt/V가 0.7내지 1.5사이에서, Kt/V는 요소 농도의 percent reduction과 직선적인 상관 관계에 있음을 보였다(Jindal 등, 1987). Depner는 Jindal의 연구에서 보다 더 많은 환자들을 대상으로, Kt/V 0.

9에서 1.5/dialysis의 임상적으로 적용 가능한 범위 내에서 Kt/V와 BUN의 percent reduction의 관계가 대체적으로 직선적임을 보였다(Depner, 1991a). 이 범위 내에서 Kt/V는 다음 공식으로 표현될 수 있다.

$$Kt/V = 0.026 P - 0.49 \quad \text{공식 9}$$

P: percent reduction in BUN

P가 57%이면 Kt/V는 1.0이 된다. P가 5% 변화할 때 마다 Kt/V는 0.13씩 변화한다. 만약 우리들이 Kt/V를 1.0이상 유지하는 것이 목적이라면 공식 9는 투석의 적합도를 빨리 추정할 수 있게 해

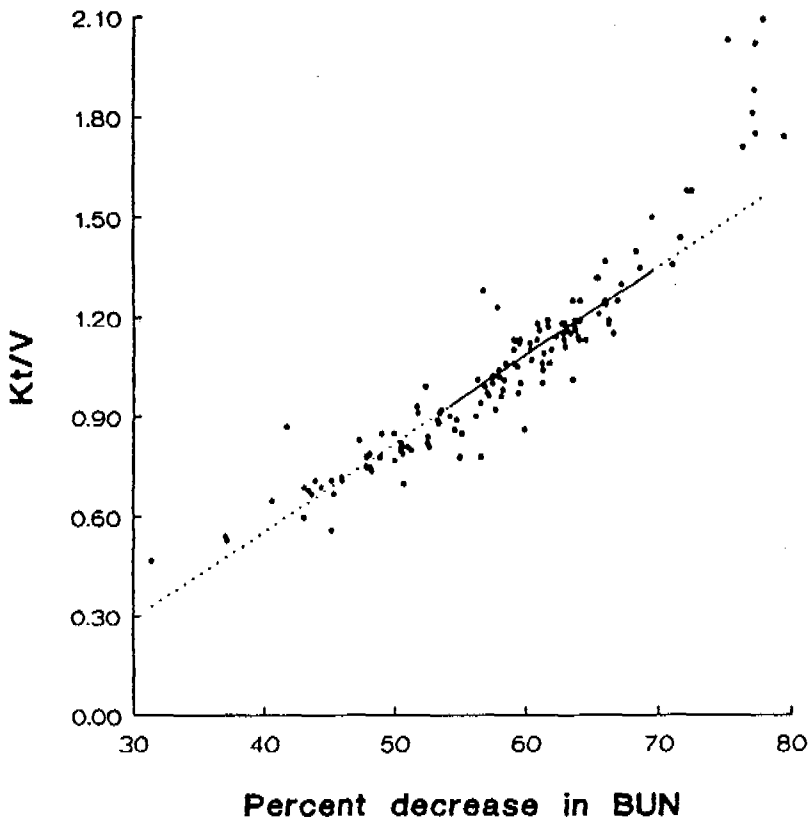


Fig. 6. Reduction in BUN expressed as a percent of the predialysis value correlates with Kt/V in a curvilinear pattern. Data are shown for 136 dialyses in 44 patients. The solid line is the least squares linear regression for Kt/V in the clinically significant range of 0.9 - 1.5/dialysis: $Kt/V = 0.026 P - 0.49$. P is percent reduction in BUN during dialysis.

준다. 컴퓨터나 소프트웨어가 없을 때는 아마도 이 방법이 특정 투석 치료의 적합도를 추정하는 가장 좋은 방법이 될 수 있다. BUN치의 55% 내지 60% 감소는 보통 충분한 투석이다. 그러나 National Cooperative Dialysis Study(NCDS)(Gotch 등, 1975)의 data(Lowrie 등, 1981)를 분석해 본 결과 이상적인 Kt/V는 protein catabolic rate (PCRn)의 변화에 따라 달라지며 urea generation rate가 높은 환자의 경우 1.0/dialysis의 Kt/V는 불충분함이 알려졌다(Lowrie 등, 1983). 따라서 환자의 단백 섭취량을 동시에 평가함이 없이 Kt/V를 이상적인 투석 시간의 유일한 결정인자로 사용하는 것은 위험한 일이다. 게다가 그림 6은 PCRn의 개인 차, 투석 중 체중의 변화, 잔여 신 기능, 투석 스케줄 등의 영향으로 상당한 scatter가 있음을 보여주고 있다. Kt/V는 추정치이기 때문에 BUN의 percent

reduction으로 결정된 Kt/V는 추정치의 추정치(an estimate of the estimate)인 것이다.

대부분의 혈액 투석 중 한의 여과가 발생함으로 체중의 변화가 있게 되고 이는 total body water 즉 urea distribution volume의 변화를 의미한다. 따라서 투석 중 체중 변동을 감안한다면 다음 공식들을 이용하여 Kt/V를 계산할 수 있다 (Daugirdas, 1994).

$$Kt/V = -\ln(R - 0.03) + (4 - 3.5 \times R) \times UF/W \quad \text{공식 10}$$

$$Kt/V = -\ln(R - 0.03 - 0.75 \times UF/W) \quad \text{공식 11}$$

$$Kt/V = 2.2 - 3.3 \times (R - 0.03 - UF/W) \quad \text{공식 12}$$

$$Kt/V = 1.18 \times -\ln(R) \quad \text{공식 13}$$

ln: 자연 대수

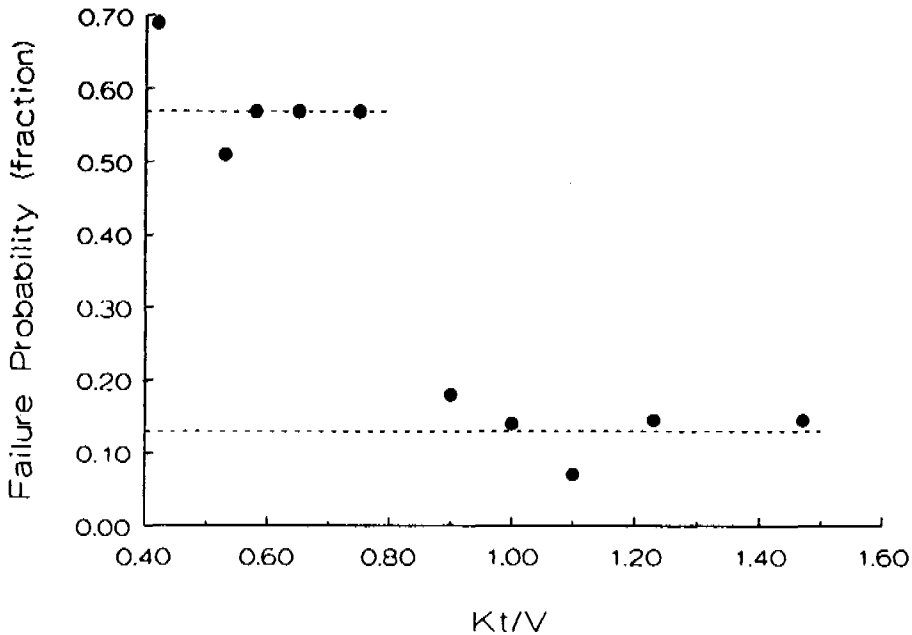


Fig. 7. Mechanistic analysis of the NCDS data shows a discontinuous abrupt decrease in failure probability for the low-BUN group in the lower right-hand corner compared to the high-BUN group in the upper left-hand corner. Within each group there is no trend. Adapted and reprinted from Gotch FA, Sargent JA, Kidney Int 28:529, 1985.

R: post/pre plasma Urea Nitrogen ratio

UF: ultrafiltrate volume (liters) removed

W: postdialysis weight (kg)

공식 10, 11, 12중 공식 10이 가장 정확하나 공식 10은 주어진 Kt/V값이 매우 높아 1.7보다 크거나 R이 0.25미만일 때만 필요하므로 통상의 경우에는 공식 11의 계산법으로 충분하겠다. 공식 12는 공식 중에 자연 대수가 포함되어 있지 않아 계산이 용이하나 R이 0.25미만이거나 0.45보다 큰 경우에는 delivered Kt/V를 상당히 과소 평가하게 되는 단점이 있다. UF/W에 대한 정보가 없는 경우에는 큰 오차 없이 공식 13으로 Kt/V를 추정할 수 있다.

Kt/V와 PCR간의 상관 관계는 혈액 투석 환자에서 처음 증명되었고(Gotch 등, 1985), 이후 지속성 통원 복막 투석 환자에서도 증명되었다(Gotch, 1993; Bergstrom 등, 1993). 그러나 최근 여러 저자들이 이 관계의 통계적 유의성에 의문을 제기하였다(Harty 등, 1995a; Stein 등, 1994). Kt/V와 PCRn 간의 수학적 연결이 밝혀져서 양자간의 관계의 통계적 강도는 dialysis dose와 영양 섭취간의 생리적인 연관이 있어서라기 보다는 양자가 공통적인 변수에 수학적으로 상호 의존하고 있기 때문이라고 주장하는 학자도 있다(Harty 등 1995b).

Gotch등은 NCDS의 data를 분석해 본 결과 Kt/V값 0.8을 경계로 study drop out rate가 40%이상 차이가 남을 발견하였다(Gotch 등, 1985, 그림 7). 그러나 NCDS는 minimally acceptable dose of dialysis를 규정한 것이지만 optimal dialysis를 규정한 것이 아니다. Optimal dialysis란 '투석의 dose를 더 이상 올리더라도 투석과 연관된 morbidity와 mortality가 더 이상 호전되지 않는 시점의 투석 dose'라고 규정할 수 있다(Hakim 등, 1992). 그림 7은 Kt/V값 0.8에서 1.5 사이에서 study failure

rate가 변하지 않음을 보인다. 이를 확대 해석하면 dialysis dose, 구체적으로 Kt/V가 어느 값을 넘으면 투석 환자의 생존율의 호전이 plateau에 달할 것이라고 유추해 볼 수 있다. 반면 Charra등은 평균 Kt/V값이 1.67인 445명의 혈액 투석 환자의 생존율을 조사한 결과 5년, 10년, 15년, 20년 생존율이 각각 87%, 75%, 55%, 43%임을 보고하였고 Kt/V가 2.0인 소집단과 1.4인 소집단을 비교한 결과 2.0인 소집단의 생존율이 1.4인 소집단의 생존율보다 우수함을 보였다(Charra 등, 1992). 43%의 20년 생존율은 동일 연령의 건강한 사람의 생존율에 육박하는 것이다(Golper 등, 1997). 결론적으로 Kt/V값이 증가함에 따라 투석 환자의 생존율도 계속 증가하는 것인지 아니면 정말 plateau effect가 있는지, 후자의 경우라면 optimal dialysis dose에 해당하는 Kt/V값은 얼마인가에 대한 해답은 향후 "전향적" 연구에 의해 확인되어야 하겠다. 최근 Held등은 2311명의 혈액 투석 환자들을 대상으로 분석한 결과 Kt/V가 0.1 증가함에 따라 mortality risk가 7%씩 감소하며 Kt/V가 1.3보다 높은 경우에는 사망률의 추가 감소의 통계적 증거가 없음을 보고하였고(Held 등, 1996), 1992년 Hakim등은 delivered Kt/V 1.4 이상을 optimal dose of dialysis로 제시한 바 있다(Hakim 등, 1992).

V

Total body water (V)의 정확한 측정이나 계산은 신장 생리학자 뿐 아니라 임상 신장학 전공자에게도 지대한 관심거리이고 매우 중요한 의미를 갖는다. 따라서 V에 관해서만 따로 하나의 review article로 다루어도 충분히 가치 있는 논문이 되리라 생각된다. 지면과 시간의 제한으로 충분히 다루지 못 함이 유감이다.

참 고 문 헌

- Bergstrom J, Lindholm B: Nutrition and adequacy of dialysis. How do haemodialysis and CAPD compare? *Kidney Int* 40: S39-50, 1993.
- Borah MF, Schoenfeld PY, Gotch FA, Sargent JA, Wolfson M, Humphreys MH: Nitrogen balance during intermittent dialysis therapy of uremia. *Kidney Int* 14: 491-500, 1978.
- Cottini EP, Gallina DK, Dominguez JM: Urea excretion in adult humans with varying degree of kidney malfunction fed milk, egg, or an amino acid mixture: Assessment of nitrogen balance. *J Nutr* 103: 11-21, 1973.
- Charra B, Calearq E, Ruffet M, Chazot C, Terrat JC, Vandell T, Laurent G: Survival as an index of adequacy of dialysis. *Kidney Int* 41: 1286-91, 1992.
- Daugirdas JT: Chronic hemodialysis prescription: A Urea kinetic approach. In Daugirdas JT, Ing TS: *Handbook of dialysis*. 2nd ed, Little Brown, Boston, 1994, p 94.
- Daugirdas JT: Practical assessment of dialysis adequacy in the 1990's. In abstracts XIVth international congress of nephrology Sydney Australia, 25-29 May, 1997, S 57.
- Depner TA: Prescribing hemodialysis: a guide to urea modelling. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991a, p 190.
- Depner TA: Prescribing hemodialysis: a guide to urea modelling. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991b, p 55.
- Depner TA: Assessing the adequacy of hemodialysis. In *Perspective & advances in clinical nephrology syllabus - XIVth International Congress of Nephrology, Sydney Australia, 25-29 May, 1997*, pp 144-5.
- Goldstein MB, Jindal KK, Levin A, Stinebaugh BJ: The adequacy of hemodialysis: Assessment and achievement. In Jacobson HR, Striker GE, Klahr S: *The Principles and Practice of Nephrology*. 2nd ed, Mosby, St. Louis, 1995, p 669.
- Golper TA, Burkart JM, Piraino B: Peritoneal Dialysis. In Schrier RW, Gottschalk CW: *Diseases of the kidney*. 6th ed, Little, Brown, Boston, 1997, p 2771.
- Gotch FA, Krueger KK: Proceedings of a conference on adequacy of dialysis. *Kidney Int* 7(Suppl 2): S1-S266, 1975.
- Gotch F, Sargent J: A mechanistic analysis of the National Cooperative Dialysis Study (NCDS). *Kidney Int* 28: 526-34, 1985.
- Gotch FA: Dependence of normalized protein catabolic rate on Kt/V in continuous ambulatory peritoneal dialysis: not a mathematical artifact. *Perit Dial Int* 13: 173-5, 1993.
- Hakim RM, Depner TA, Parker TF: Adequacy of hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 20: 107-23, 1992.
- Harty JC, Venning M, Gokal R: Dialysis adequacy and nutritional status in continuous ambulatory dialysis: is there a link? *Semin Dial* 8:62-7, 1995a.
- Harty JC, Farragher B, Venning M, Gokal R: Urea kinetic modelling exaggerate the relationship between nutrition and dialysis in CAPD patients. *Perit Dial Int* 15:105-9, 1995b
- Held PJ, Port FK, Wolfe RA, Stannard DC, Carroll CE, Daugirdas JT, Bloembergen WE,

- Greer JW, Hakim RM: The dose of hemodialysis and patient mortality. *Kidney Int* 50: 550-6, 1996.
- Ho LT, Kushner RF, Schoeller DA, Gudivaka R, Spiegel DM: Bioimpedance analysis of total body water in hemodialysis patients. *Kidney Int* 46: 1438-1442, 1994.
- Hume R, Weyers E: Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. *J Clin Pathol* 24: 234-8, 1971.
- Jindal KK, Manuel A, Goldstein MB: Percent Reduction in blood urea concentration during hemodialysis(PRU): A simple and accurate method to estimate Kt/V urea. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 33: 286-288, 1987.
- Kurtin PS, Shapiro AC, Tomita H, Raizman D: Volume status and body composition of chronic dialysis patients: Utility of bioelectric impedance plethysmography. *Am J Nephrol* 10: 363-367, 1990.
- Lazarus JM, Denker BM, Owen, Jr. WF: Hemodialysis. In Brenner BM: Brenner & Rector's the Kidney, 5th ed, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1996, p 2438.
- Lowrie EG, Laird NM, Parker TF, Sargent JA: Effect of the hemodialysis prescription on patient morbidity: Report from the National Cooperative Dialysis Study. *N Engl J Med* 305: 1176-1181, 1981.
- Lowrie EG, Teehan BP: Principles of prescribing dialysis therapy: Implementing recommendations from the National Cooperative Dialysis Study. *Kidney Int* 23(Suppl 13): S113-122, 1983.
- Stein A, Walls J: The correlation between KT/V and protein catabolic rate--a self-fulfilling prophecy. *Nephrol Dial Transplant* 9: 743-54, 1994.
- Wang J, Pierson RN, Kelly WG: A rapid method for the determination of deuterium oxide in urine: Application to the measurement of total body water. *J Lab Clin Med* 82: 170-8, 1973.
- Watson PE, Watson ID, Batt RD: Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 33: 27-39, 1980.