

소아의 복막투석

서울대학교 의과대학 소아과학교실, 신장연구소

하 일 수

= Abstract =

Peritoneal dialysis in children and adolescents

Il Soo Ha, M.D.

Department of Pediatrics and Kidney Research Institute, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Peritoneal dialysis is a preferred modality of replacement therapy in children and adolescents with end-stage renal disease waiting for kidney transplantation. Recent development of pediatric swan-neck catheters with cuffs, novel dialysis solutions, and cyclers for automated peritoneal dialysis enabled more flexible prescriptions of dialysis with less complication, and improved patients' activities as well as the dialysis adequacy. Principles and practical issues of chronic peritoneal dialysis in children and adolescents are reviewed and utility of a web-based Korean Pediatric CRF Registry is explained. (**Korean J Pediatr 2009;52:1069-1074**)

Key Words : Peritoneal dialysis, Children, Adolescents, End-stage renal disease

서 론

만성 콩팥병(chronic kidney disease, CKD)이 진행하여 자신의 콩팥으로 몸의 항상성을 유지할 수 없는 상태, 즉 말기신부전(end-stage renal disease, ESRD)이 되면 신 대체요법, 즉 혈액투석, 복막투석 또는 신 이식을 통해서 살아야 한다. 소아의 신 대체요법은 어른에 비해 기술적으로 더 어려우나 빈도는 드물어 풍부한 경험을 얻기 어렵다. 여기서는 소아의 복막투석에 관한 기본 지식과 실제적 방법을 요약 기술하고자 한다.

신 대체요법의 선택

신 대체요법을 시작하기 전인 CKD 4기, 즉 사구체여과율(GFR)이 30 mL/min/1.73m² 미만일 때쯤에 ESRD에 사용할 대체요법을 결정해 두는 것이 좋다. 그렇게 하기 위해서는 그 전에 환자나 보호자가 신 대체요법들의 장단점에 대해 미리 알고 생각할 시간이 필요하다.

성인에 비해 훨씬 긴 잔여 수명을 가진 소아, 청소년의 ESRD에서 가장 적합한 신 대체요법은 신 이식이다. 그것은 신 이식이

신장의 기능을 완전히 정상화 시켜줄 수 있는 유일한 방법일 뿐 아니라 소아에서 혈액 투석이나 복막 투석을 장기간 유지하는 것이 기술적으로 매우 어렵고 거의 불가능하기 때문이다.

그러나 신 이식을 하기 위해서는 기증자가 필요하며 기증자가 있더라도 충분한 준비를 거쳐 최적의 조건에서 시행해야 하므로 기증할 사람이 있고 미리 이식을 위한 준비를 해 온 경우가 아니면 당장 시행하기가 어렵다. 그러므로 적당한 기증자를 구할 때까지 기다리는 동안, 또는 신 이식을 준비하는 동안 한시적으로 혈액투석이나 복막투석을 해야 하는 경우가 많다.

혈액투석과 복막투석은 소아-청소년 연령에서 모두 가능하며 각각 장단점이 있다(Table 1). 환자와 보호자의 선호도, 환자의 체격, 환자나 가족의 사정과 투석 센터의 여건에 따라 둘 중 한 가지를 선택하게 되는데 많은 소아-청소년이 복막투석을 더 많이 선택한다. 그것은 어린 소아가 혈액 투석을 하는데 기술적인 어려움이 많고 학령기 소아-청소년에게는 혈액투석을 위한 잦은 병원 방문이 학업을 비롯한 일상 생활에 더 지장을 주기 때문이다. 또 복막 투석은 심기능과 잔여 신기능 보존에 유리한 점도 있다¹⁾. 그러나 Table 2, 3과 같은 금기 사항이 있는 경우에는 선택할 수 있는 신 대체요법이 제한된다.

신 대체요법의 시작

신 대체요법을 시작하는 시점은 환자의 검사 결과뿐 아니라 임상 소견과 사회심리적 상태를 종합 평가하여 결정한다. 신 대체요법의 일반적인 시작 시점은 사구체여과율(GFR) 9-14 mL/min/

Received : 25 September 2009, Accepted : 30 September 2009

Address for correspondence : Ha Il Soo, M.D.

Department of Pediatrics, College of Medicine, Seoul National University, 28 Yeongun-dong Jongro-gu, Seoul, 110-769, Korea

Tel : +82.2-2072-2858, Fax : +82.2-743-3455

E-mail : ilsooha@snu.ac.kr

1.73m², 잔여 신(residual renal) Kt/V 2.0 이며, GFR이 8 mL/min/1.73m² 미만이면 반드시 시작해야 한다. GFR은 24시간 뇨 검사 대신 혈청 크레아티닌과 키로 추정치(estimated GFR)를 계산할 수 있다. 가능하면 성장과 영양의 장애, 요독 증상, 심부전 등, 심각한 합병증이 나타나기 전에 시행한다^{1, 2)}.

중심정맥관을 이용한 혈액투석은 도관을 삽입한 후 곧 시작할 수 있지만 복막투석은 복막도관 삽입 2주일 후쯤 시작할 수 있고 동정맥 루(arteriovenous fistula)를 이용하는 혈액투석은 수술 2-3개월 후에 가능함을 고려 해야 한다. 신 이식은 먼저 기증자의 결심이 서야 하고 기증자와 환자의 검사에 시간이 필요하다.

복막투석의 생리학

투석으로 기대하는 효과는 노폐물, 즉 용질의 청소(clearance)와 수분의 제거, 즉 초여과(ultrafiltration)이다. 이 중 용질 청소는 혈장과 투석액 간 농도 기울기에 의한 용질의 확산(diffusion)과 수분 이동에 편승한 용질의 이동, 즉 대류(convection)를 통해 이루어진다. 투석액이 복강에 저류하면 용질이 혈장에서 투석액으로 이동하므로 시간이 흐를수록 투석액 내 용질 농도/혈장 내 용질 농도 비(D/P_{solute})가 점차 증가하고 두 구획 간의 농도 기울기는 점차 작아진다. 이와 함께 D/P_{solute}의 증가 속도는 점차 감소한다

Table 1. Advantages and Disadvantages of Dialysis Modalities

	Hemodialysis	Peritoneal dialysis
Advantages	Better compliance Easy to set the target	Less hospital visit Less cardiac burden Better BP/volume control Self confidence
Disadvantages	Difficulty in maintaining Vascular access Need to visit dialysis center	Caregiver's burnout

Table 2. Contraindication to Hemodialysis in Children

Absolute	Relative
Very small infant Lack of vascular access Contraindication to anticoagulation Cardiovascular instability	Poorly controlled hypertension Living far from dialysis center

Table 3. Contraindication to Peritoneal Dialysis in Children

Absolute	Relative
Omphalocele or gastroschisis Bladder exstrophy Diaphragmatic hernia Peritoneal membrane failure	Impending abdominal surgery Impending transplantation Lack of appropriate caregiver

다(Fig. 1).

한편 수분의 초여과는 투석액에 포함되어 있는 포도당과 같은 삼투물질에 의한 삼투압 기울기에 의해 일어난다. 투석액이 복강에 저류하면 삼투 물질은 거꾸로 투석액에서 혈장으로 이동하므로 시간이 흐를수록 투석액 내 삼투물질 농도/초기 투석액 삼투물질 농도 비(D/Do_{glucose})가 점차 감소하고 두 구획 간 삼투압의 기울기는 점차 작아진다. 따라서 D/Do_{glucose}의 감소 속도도 점차 감소한다(Fig. 2).

그러므로 시간이 지날수록 용질의 청소와 수분의 초여과가 감소하며, 효율적인 투석이 계속되도록 하기 위해서는 투석액을 교환해 주어야 한다.

$$C_{\text{solute}} = MTAC (C_P - C_D) + Q_U (1 - \sigma) C$$

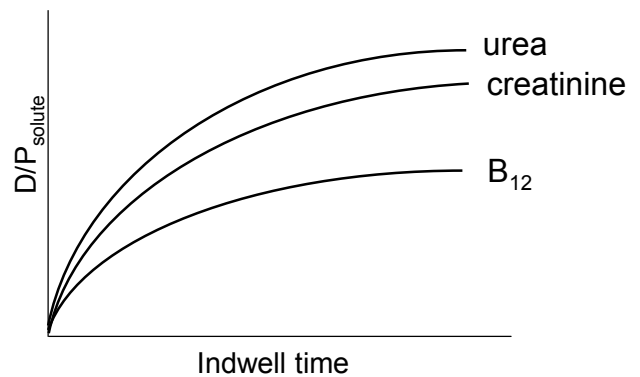


Fig. 1. Solute clearance and changes in dialysate/plasma (D/P) solute.

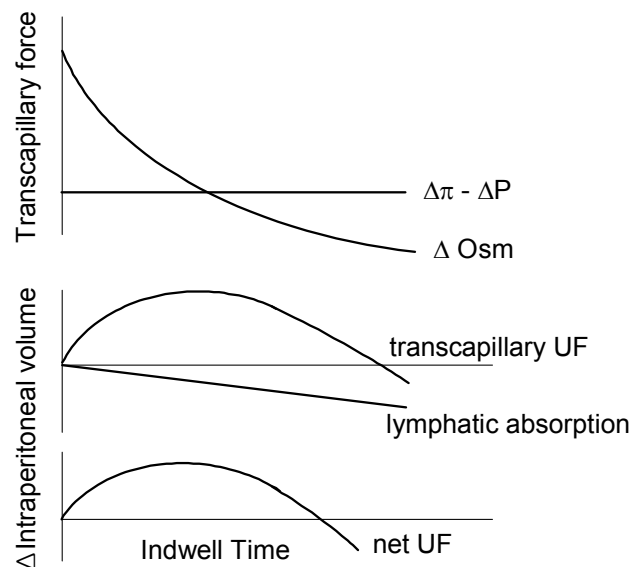


Fig. 2. Ultrafiltration and changes in intraperitoneal volume.

복막투석의 방식(Modality)

투석액을 교환하는 방법에 따라 여러가지 복막투석의 방식이 있으며, 크게 하루에 3-5회 투석액을 손으로 교환해 주는 지속성 외래복막투석(continuous ambulatory peritoneal dialysis, 이하 CAPD) 과 기계를 이용하여 야간에 집중적으로 투석액을 교환해 주는 자동복막투석(automated peritoneal dialysis, 이하 APD)의 두 가지로 구분할 수 있다³⁾ (Fig. 3).

APD는 다시 주간 투석을 어떻게 하느냐에 따라 세분된다. 즉, 주간에 복강을 비워두는 야간 간헐복막투석(nightly intermittent peritoneal dialysis, NIPD), 주간에 1회 투석액을 저류하는 지속성 주기복막투석(continuous cycling peritoneal dialysis, CCPD), 주간에 2회 이상 투석액을 저류하는 continuous optimized peritoneal dialysis (COPD) 등으로 세분할 수 있다(Fig. 3). 또 자동복막투석의 모든 방법에서 투석액의 일정 부분만을 교환해 주는 tidal peritoneal dialysis (Tidal PD)를 적용할 수 있다. Tidal PD는 투석액을 많이 소모하는 대신 투석액의 교환에 소모되는 시간을 단축하고 배액 말기의 복통을 완화하는데 도움을 준다(Fig. 3).

복막 투석의 방식들은 각각의 장단점이 있다(Table 4). CAPD는 야간 활동이 자유롭고 인과 같은 middle molecule의 제거에 유리하며 저렴한 대신 주간 수 회의 투석액 교환을 해야 하는 불편이 있다. 한편 APD는 주간 투석액 교환을 할 필요가 없어 낮 시간의 활동이 자유로운 대신 야간에는 기계와 연결되어 있어 활동이 곤란하다. APD 중 NIPD는 낮 시간에 복강이 비워져 있어 복부 팽만감, 탈장과 같은 기계적 합병증이 적을 뿐 아니라 복막의 기능 손상이 적은 장점이 있다. 그 대신 투석 시간이 짧아 잔여 신기능이 없는 환자에게는 사용할 수 없다. 이에 반해 CCPD는 낮에도 복강에 투석액이 있어 NIPD의 장점이 없는 대신 충분한 용질 제거와 초여과를 얻을 수 있다.

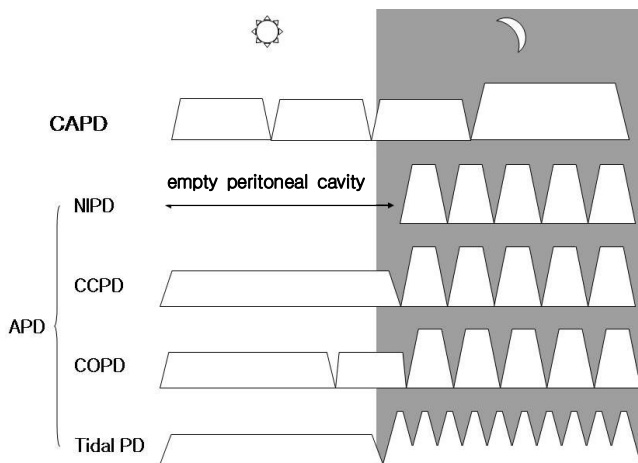


Fig. 3. Modalities of peritoneal dialysis.

복막도관의 선택

투석액을 주입하고 교환하기 위해서는 복강 내에 복막 도관을 삽입하여야 한다. 복막도관은 silicon rubber로 만들어진 것이 많이 사용되며 복강 내 부분, 피하 터널 부분, 몸 바깥의 부분으로 이루어진다. 복강 내 부분의 끝은 골반 속 깊이 위치하고 몸 바깥 부분도 발 쪽을 향하도록 피하 터널 부분이 굽은 도관(swan-neck catheter)을 사용하는 것이 좋다²⁾. 복강 내 부분의 끝은 직선형과 코일형이 있는데 그 장단점에 대해 의견이 일치되지 않고 있다. 피하 터널 부분에는 커프(cuff)가 붙어 있으며 커프가 한 개인 것과 두 개인 도관이 있다. 보통 두 개의 커프를 가진 도관이 많이 사용되나 작은 영아에서는 한 개의 커프만 있는 도관이 사용되기도 한다²⁾. 몇 가지 종류의 소아용 복막 도관이 수입, 판매되고 있으며 출구가 허리 선(belt line)이나 기저귀 바깥에 위치하도록 적당한 크기를 선택해야 한다.

복막도관 삽입 전의 준비

도관을 삽입하기 전에 허리 선의 위치와 기저귀를 사용하는지 등을 고려하여 도관의 출구(피하 터널에서 몸 바깥으로 나오는

Table 4. Advantages and Disadvantages of Peritoneal Dialysis Modalities

	Advantages	Disadvantages
CAPD	Ambulatory at night Better clearance of middle molecules Sufficient UF in low transporters Less expensive	Interrupt daytime activities Less flexible in prescription molecules
NIPD	Uninterrupted daytime activities Better body images Better appetite Less mechanical complications Better preservation of membrane	Insufficient clearance or UF Limit ambulation at night More expensive
CCPD	Uninterrupted daytime activities Sufficient clearance & UF	Limit ambulation at night More expensive

Abbreviations : CAPD, continuous ambulatory peritoneal dialysis; NIPD, nightly intermittent peritoneal dialysis; CCPD, continuous cycling peritoneal dialysis; UF, ultrafiltration; RRF, residual renal function

부분)의 위치를 외과 의사와 함께 미리 결정하는 것이 좋다. 변비나 대변 매복(stool impaction)이 있으면 도관을 삽입하기 전 날에 완하제(laxative)를 쓰거나 관장을 한다. 환자에게 예방적 항생제를 투여하기 전에 환자와 투석을 도울 보호자의 비강 배양(nasal swab culture)을 한다⁴⁾. 예방적 항생제로 1세대 cephalosporin 계 항생제를 1-3일간 사용하는 것이 보통이나 영아에게는 aminoglycoside의 병용이 추천된다⁴⁾.

복막도관의 삽입

전신마취 하에 배꼽 옆으로 paramedian incision을 통해 도관의 복막 내 부분을 삽입하고 도관의 몸 바깥 부분이 피하 터널과 출구를 통과하여 나오도록 한다. 출구는 발 쪽을 향하게 하고 봉합하지 않는다. 소아에서도 복강경을 이용하여 도관을 삽입할 수 있다⁵⁾. 커프가 두 개인 도관의 안쪽 커프는 복막 바로 바깥의 전후복직근막(anterior and posterior rectus fascia)사이에, 바깥쪽 커프는 출구에서 약 2cm 안쪽의 피하 터널 내에 위치하도록 한다⁶⁾. 배액 장애를 예방하기 위해 partial omentectomy를 권장한다.

복막도관 삽입 후 관리

도관이 움직이거나 힘이 가해지지 않도록 주의하고 아파서 울지 않도록 진통제를 사용한다. 시술 다음 날부터 가벼운 활동(ambulation)이 가능하나 배에 힘을 주지 않도록 조심한다.

도관이라는 이물질(foreign body)이 삽입된 채 피하 터널과 출구가 완전히 아물기 위해서는 약 6주일의 시간이 필요하다. 도관 삽입 3주 후까지는 출구 부위의 소독과 드레싱 교환을 투석 간호사가 전담하여 주 1회만 시행하는 것을 원칙으로 하고, 출혈, 감염이 있거나 거즈가 젖으면 즉시 갈아 준다⁷⁾.

도관 삽입 3주 이후에는 더 자주 드레싱을 해도 되나 감염이 없으면 6주 후까지 소독제(povidone iodine 등) 대신 멸균 생리 식염수로 출구를 닦는다. 또 도관 삽입 6주 후까지는 무리한 운동을 피하고 출구 부위에 물이 닿지 않게 주의한다. 6주 후부터는 샤워를 할 수 있으며 매일 또는 격일로 출구를 드레싱하고, 오염되거나 물이 닿으면 즉시 드레싱을 한다⁶⁾.

비강 배양에서 *Staphylococcus aureus*가 자라는 환자 또는 보호자는 비강 내 mupirocin 연고 도포로 치료하고 비강 배양을 추적한다⁴⁾.

퇴원하기 전까지 복막 투석의 원리와 방법, 출구의 관리 방법, 복막염의 증상과 치료, 체중, 혈압, 수분 균형을 평가하는 방법, 투석액의 종류, 약제의 복용 방법, 식이 교육, 의료진과의 연락 방법 등에 대한 교육을 시행한다. 교육은 환자 당 최소한 두 사람이 이상인 받도록 하여 위급한 사태에 대비하는 것이 좋다. 도관 삽입 2-4주 후까지는 주 1-2회 정도 투석액으로 도관을 세척하여 도관의 막힘을 예방하고 본격적인 투석은 그 후에 시작한다⁴⁾.

투석액의 종류

복막 투석액은 초여과에 필요한 삼투압 경사를 만드는 삼투제(osmotic agent), 산증을 교정하기 위한 완충제(buffer), 칼슘과 마그네슘을 포함하는 전해질 들로 구성된다.

삼투제는 1.36%, 2.27%, 3.86% 포도당(덱스트로스)로 각각 1.5%, 2.5%, 4.25%이 많이 사용되며 농도가 높을수록 초여과를 많이 또 오래 일으킨다. 그러나 포도당은 polyol pathway, protein kinase 활성화, transforming growth factor β 와 같은 유전자 발현을 통해 복막 중피세포의 대사에 영향을 주고 advanced glycosylation end-products (AGEs)를 생성하며 체내에 흡수되어 insulin과 지질 대사에도 영향을 주므로 가능하면 낮은 농도를 사용하는 것이 좋다⁸⁾.

Icodextrin은 분자량 16,800 Da의 포도당 중합체로 체내 흡수가 느리고 정질(crystalloid) 삼투압을 만드는 포도당과 달리 교질(col-loid) 삼투압을 만든다. 그러므로 초여과 유지 시간이 길어 긴 투석 주기(cycle)와 1형 초여과 부전(ultrafiltration failure)에 유용하다. 또 생물적합성(biocompatibility)이 높아 세포 독성과 AGEs 생성이 적다⁹⁾.

투석액에 중탄산을 넣으면 칼슘, 마그네슘과 결합하여 침전을 만들고 중성 pH에서 고압소독(autoclave)할 때 포도당이 캐러멜화(caramelization) 되므로 중탄산은 투석액의 완충제로 사용되지 않았다. 그 대신 젖산(lactate)이 흔히 사용되는데 그것은 35-40m Osm/L의 젖산 함유 투석액의 pH는 5.5-6.5로서 이런 문제점이 없고 흡수된 젖산이 간에서 대사되면 중탄산이 되기 때문이다. 그러나 산성 투석액은 국소적 growth factor의 발현을 유발하여 복막의 섬유화를 촉진하고 혈관신생(neovascularization)을 통해 복막투과성을 변화시킬 뿐 아니라 투석액 주입시에 통증을 유발하는 단점이 있다^{10, 11)}.

칼슘, 마그네슘, 포도당이 포함된 산성 투석액과 중탄산 완충제가 포함된 투석액이 서로 섞이지 않게 double bag에 따로 포장한 후 고압소독하여 보관하고 사용 직전 섞어서 주입하도록 만든 중성 복막투석액은 생물적합성이 더 높아 복강 내 대식세포(macrophage)와 중피세포를 보존하고 복막 섬유화와 주입시 통증을 줄이는데 도움을 준다^{11, 12)}.

투석액의 표준 칼슘 농도는 1.75 mM이나 칼슘화합물과 비타민 D를 복용하여 고칼슘혈증이 발생하는 환자에서는 더 낮은 농도(1.25 mM)로 만든 투석액을 사용한다.

복막투석 처방

수술 부위나 도관을 따라 투석액이 새는 것을 막기 위해 가능하면 도관 삽입 2주일 후에 투석을 시작한다. 불가피한 경우에는 그 전에 시작할 수 있으나 소량(약 300 mL/m²)의 투석액을 사용하고 투석액이 새는지 잘 감시해야 한다.

CAPD의 경우 1회 400 mL/m² (영아에서는 200 mL/m²)로 시작하여 점차 증량하여 활동 시간에는 800–1,000 mL/m², 야간에는 1,000–1,200 mL/m² 정도까지 증량한다. 영유아에서는 50 mL/kg를 넘지 않도록 하고 복강 내압은 18 cmH₂O를 넘지 않도록 하며 복부 팽만감이 심하거나 복통이 생기면 더 이상 증량하지 않는다¹⁾.

적절한 수면을 위해 밤 투석 주기는 포도당 농도가 조금 높은 투석액이나 icodextrin을 사용하여 좀 길게(약 9시간) 하고 낮 시간의 투석 주기는 농도가 낮은 투석액을 사용하여 좀 짧게 하는 것이 편리하다. APD를 선택한 환자라도 정진, 기계 고장, 여행이나 복막염 발생 등에 대비하여 CAPD를 익숙하게 잘 할 수 있도록 연습해 둘 필요가 있다.

APD에서는 야간 9–10시간 동안 1,000–1,200 mL/m²씩 4–5회 정도를 사용하며 필요한 경우 누운 자세에서는 최대 1,400 mL/m² 까지 증량해 볼 수도 있다. 잔여 신기능이 충분한 경우에는 낮 시간에 복강을 비워두는 NIPD를 시행하고 그렇지 않은 경우에는 낮 시간에 농도가 높은 투석액이나 icodextrin을 600–800 mL/m² 사용한다(CCPD). 투석을 시작한 후 체수량(除水量, 투석을 통한 1일 총 초여과량), 체중, 혈압을 매일 평가하여 적절한 초여과가 될 때까지 투석량과 투석액의 포도당 농도, 투석 회수를 조절해 나간다. 투석 시작 1개월 후 투석적절도(Kt/V)와 복막평형검사를 아래와 같이 평가하고 필요시 처방을 수정한다.

투석적절도의 평가

넓은 의미에서 투석의 적절도(adequacy)는 용질의 청소율 뿐 아니라 수분 균형, 영양 상태, 전해질과 산, 염기 평형, 혈색소와 혈압, 성장과 발달, 심리사회적 적응도를 포함한 전체적 삶의 질(quality of life)을 최선의 상태로 유지하는 것을 뜻한다.

좁은 의미에서 투석적절도는 투석과 신장을 통한 용질의 청소율의 합으로 표현된다. 일주일 간(一週日間) urea 청소율을 urea 분포용적 기준으로 계산한 Kt/V와 일주일 간 creatinine 청소율을 체표면적 기준으로 계산한 Ccr이 흔히 사용된다. 그러므로 체표면적에 비해 체중이 작은 어린 소아에서는 Kt/V가 높고 Ccr이 낮게 계산되는 경향이 있다. 또 Kt/V는 투석액 양과 교환 횟수의 영향을 많이 받는데 반해 Ccr은 투석액의 저류시간과 잔여신기능(residual renal function)의 영향을 많이 받는다.

2006년 K/DOQI guideline은 Kt/V를 1.8 이상 유지하는 것을 권장하고 있으나¹⁾ 영아에서는 이보다 더 높은 기준을 목표로 하자는 보고가 있다¹³⁾. Kt/V는 투석 시작 1개월 후에 측정하고 이후에는 투석 처방을 변경했을 때와 3–6개월에 1회 추적한다¹⁾. 잔여 신 Kt/V가 0.1 미만이면 잔여 신 Kt/V를 추적할 필요가 없다. 한국 소아 만성신부전 등록 사이트(<http://www.pedcrf.or.kr>)에서 Kt/V와 Ccr을 쉽게 계산할 수 있다.

복막평형검사(peritoneal equilibration test, PET)

환자의 복막 투과성은 복막평형검사(peritoneal equilibration test, PET), standard permeability analysis (SPA), personal dialysis capacity (PDC) test 등으로 평가할 수 있으나 이 중 가장 흔히 이용되는 것은 PET이다. 이 검사는 검사 전날 밤에 2.5% 투석액 약 40 mL/kg를 8시간 이상 저류하고 검사 당일 배액한 후에 바로 시행한다. 검사하는 방법은 2.5%의 투석액 1,100 mL/m²를 복강에 채운 직후(0시간)와 2, 4시간 후의 배액에서 glucose와 creatinine의 농도를 측정하고 2시간 후 혈청 glucose와 creatinine 농도를 측정하여 2시간 및 4시간 후의 D/P_{creatinine}과 D/Do_{glucose}를 계산한다. 그 다음 계산 결과를 그래프에 그리고 참고치를 기준으로 환자의 복막투과성을 high, high average, low average, low의 네 군으로 구분한다¹⁴⁾.

Warady 등은 2시간 후와 4시간 후 검사치의 상관 관계가 높으므로 2시간 후 검사(short PET)만으로 4시간 후의 검사를 예측할 수 있다고 하였다¹⁵⁾. 또 국제복막투석학회(ISPD)에서는 4.25% 투석액을 사용하면 복막 투과성을 더 잘 반영하는 결과를 얻을 수 있다고 하였다¹⁴⁾. 그러나 4.25% 투석액을 이용한 검사의 소아 참고치가 아직 없으므로 2.5% 투석액을 사용하여 검사하는 것이 일반적이다. 또 2.5% 투석액을 사용한 검사 결과와 4.2% 투석액을 사용한 검사 간에 차이가 없다는 보고도 있다¹⁶⁾.

한국 소아 만성신부전 등록 사이트(<http://www.pedcrf.or.kr>)를 이용하면 PET의 결과를 쉽게 볼 수 있다.

복막염의 진단과 치료

복막염은 복막투석의 가장 흔한 합병증이다. 증상은 흐린 투석액과 복통이며 전형적인 반발 압통(rebound tenderness)가 나타나지 않는 경우도 흔하다. 투석액의 검사에서 백혈구가 100/μL 이상이고 그 중 다형핵 백혈구(polymorphonuclear leukocyte, PMN)가 50% 이상이다. APD의 야간 주기처럼 짧은 저류 시간의 투석액에서는 투석액의 총 백혈구 수가 기준치보다 적더라도 PMN이 50% 이상이면 진단을 의심해야 한다. 복막염이 의심되면 배양 검사를 포함한 투석액의 검사를 시행한 후 새 투석액으로 수 회 복강을 세척하고 즉시 경험적 항생제를 복강 내로 투여한다¹⁷⁾.

경험적 항생제는 발열, 심한 복통이 있는 경우, 2세 미만, MRSA 감염력이 있거나 보균자인 경우, 출구나 터널 감염이 동반된 경우에는 vancomycin과 ceftazidime을, 이런 소견이 전혀 없는 경우에는 cefazolin과 ceftazidime을 사용한다⁷⁾. 국제소아복막염등록(interneational pediatric peritonitis registry)에서는 최근 ceftazidime 대신 aminoglycoside의 초기 투여를 권고하였다⁷⁾. 그러나 aminoglycoside를 사용하는 경우에는 배양 검사 결과가 나오는 대로 aminoglycoside를 대체할 항생제가 있으

Table 5. Dosages of Empirical Antibiotics for Peritonitis

	Loading	Maintenance
Vancomycin	1,000 mg/L	30 mg/L
Cefazolin	500 mg/L	125 mg/L
Ceftazidime	250 mg/L	125 mg/L

Doasage is increased by 25% if urine output >100 mL

면 즉시 대체하여 청신경 독성을 예방해야 한다.

항생제는 처음에는 부하용량(loading dose)으로 그 다음부터는 유지용량으로 투여되되 *S. aureus*, *Enterococcus*, 그람 음성균에 의한 복막염은 3주간, 이 외의 모든 경우(원인균이 확인되지 않은 경우를 포함)에는 2주간 혹은 투석액이 정상이 된 후 1주일 후까지 투여한다¹⁷⁾. APD를 하던 환자는 CAPD로 변환하여 항생제를 투여하는 것이 더 안전하나 APD의 긴 주기에만 항생제를 투여하는 방법을 사용할 수도 있다¹⁸⁾. CAPD에서 항생제의 투여 양은 Table 5와 같다.

투석액이 흐린 동안에는 헤파린을 투여하며, 항생제 투여 기간 중 진균 감염에 대비하여 nystatin을 예방적으로 사용하는 것이 권장된다¹⁷⁾.

한국 소아만성신부전 등록 사이트

대한소아신장학회에서는 2004년부터 한국 소아 만성신부전 등록 사이트(<http://www.pedcrf.or.kr>)를 통해 복막투석 환자를 포함한 모든 ESRD 환자, 신 이식 환자, stage 3, 4의 CKD환자 등 전국의 모든 소아청소년 만성신부전 환자의 등록을 받고 있다. 이곳에는 estimated GFR의 계산, 성장지표의 Z score, 복막 투석 적절도, 복막평형검사 등의 계산기능을 포함하여 복막 투석에 필요한 다양한 정보가 제공되며 등록 환자의 누적 정보 조회로 실제 진료에 도움이 되게 하고 있다.

References

- 1) KDOQI. Clinical practice guidelines for peritoneal dialysis adequacy, update 2006. *Am J Kidney Dis* 2006;48:S91-S166.
- 2) White CT, Gowrishankar M, Feber J, Yiu V. Clinical practice guidelines for pediatric peritoneal dialysis. *Pediatr Nephrol* 2006;21:1059-66.
- 3) Verrina E, Cappelli V, Perfumo F. Selection of modalities, prescription, and technical issues in children on peritoneal dialysis. *Pediatr Nephrol* 2009;24:1453-64.
- 4) Blowey DL, Warady BA, McFarland KS. The treatment of *Staphylococcus aureus* nasal carriage in pediatric peritoneal dialysis patients. *Adv Perit Dial* 1994;10:297-9.
- 5) Stringel G, McBride W, Weiss R. Laparoscopic placement of peritoneal dialysis catheters in children. *J Pediatr Surg* 2008; 43:857-60.
- 6) Gokal R, Alexander S, Ash S, Chen TW, Danielson A, Holmes C, et al. Peritoneal catheters and exit-site practices toward optimum peritoneal access: 1998 update. (Official report from the International Society for Peritoneal Dialysis). *Perit Dial Int* 1998;18:11-33.
- 7) Warady BA, Schaefer F, Holloway M, Alexander S, Kandert M, Piraino B, et al. Consensus guidelines for the treatment of peritonitis in pediatric patients receiving peritoneal dialysis. *Perit Dial Int* 2000;20:610-24.
- 8) Schroder CH. The choice of dialysis solutions in pediatric chronic peritoneal dialysis: guidelines by an ad hoc European committee. *Perit Dial Int* 2001;21:568-74.
- 9) Posthuma N, ter Wee PM, Donker AJ, Oe PL, Peers EM, Verbrugh HA. Assessment of the effectiveness, safety, and biocompatibility of icodextrin in automated peritoneal dialysis. The Dextrin in APD in Amsterdam (DIANA) Group. *Perit Dial Int* 2000;20 Suppl 2:S106-13.
- 10) Witowski J, Topley N, Jorres A, Liberek T, Coles GA, Williams JD. Effect of lactate-buffered peritoneal dialysis fluids on human peritoneal mesothelial cell interleukin-6 and prostaglandin synthesis. *Kidney Int* 1995;47:282-93.
- 11) Fischbach M, Warady BA. Peritoneal dialysis prescription in children: bedside principles for optimal practice. *Pediatr Nephrol* 2009;24:1633-42; quiz 40, 42.
- 12) Diaz-Buxo JA. Bicarbonate solutions: update. *Adv Perit Dial* 2005;21:115-9.
- 13) Holtta T, Ronnholm K, Jalanko H, Holmberg C. Clinical outcome of pediatric patients on peritoneal dialysis under adequacy control. *Pediatr Nephrol* 2000;14:889-97.
- 14) Mujais S, Nolph K, Gokal R, Blake P, Burkart J, Coles G, et al. Evaluation and management of ultrafiltration problems in peritoneal dialysis. International Society for Peritoneal Dialysis Ad Hoc Committee on Ultrafiltration Management in Peritoneal Dialysis. *Perit Dial Int* 2000;20 Suppl 4:S5-21.
- 15) Warady BA, Jennings J. The short PET in pediatrics. *Perit Dial Int* 2007;27:441-5.
- 16) Pride ET, Gustafson J, Graham A, Spainhour L, Mauck V, Brown P, et al. Comparison of a 2.5% and a 4.25% dextrose peritoneal equilibration test. *Perit Dial Int* 2002;22:365-70.
- 17) Piraino B, Bailie GR, Bernardini J, Boeschoten E, Gupta A, Holmes C, et al. Peritoneal dialysis-related infections recommendations: 2005 update. *Perit Dial Int* 2005;25:107-31.
- 18) Warady BA, Campoy SF, Gross SP, Sedman AB, Lum GM. Peritonitis with continuous ambulatory peritoneal dialysis and continuous cycling peritoneal dialysis. *J Pediatr* 1984;105: 726-30.