

메틸말로닌산혈증에 의한 신생아 고암모니아혈증에서 지속적 정정맥 투석 여과법 시행 1례

울산대학교 의과대학 서울아산병원 소아과

장원경 · 한혜원 · 신영림 · 박현경 · 김애란 · 박영서 · 유한욱

= Abstract =

A Case of Continuous Venovenous Hemodiafiltration in the Treatment of Neonatal Hyperammonemia Due to Methylmalonic Acidemia

Won Kyoung Jhang, M.D., Hye Won Hahn, M.D., Young Lim Shin, M.D.
Hyun Kyung Park, M.D., Ai-Rhan E Kim, M.D.
Young Seo Park, M.D. and Han Wook Yoo, M.D.

*Department of Pediatrics, Asan Medical Center,
University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea*

Acute hyperammonemia is a medical emergency in the newborn. Efficient, prompt removal of serum ammonia is essential in preventing irreversible brain damage in order to prevent the profound central nervous system dysfunction due to hyperammonia. We report a case of 2.3 kg, 5-day old girl with methylmalonic acidemia who presented with severe hyperammonemia and was successfully treated with continuous venovenous hemodiafiltration(CVVHDF). CVVHDF is an effective and safe method of ammonia removal in the newborn. (**J Korean Soc Pediatr Nephrol** 2003;7:96-102)

Key Words : Continuous venovenous hemodiafiltration, Hyperammonemia, Neonate, Methylmalonic acidemia

서 론

신생아의 고암모니아혈증은 대부분이 유전적 대사 이상 질환에 의해 발생한다. 암모니아는 신경 세포에 특히 유해하여 신경 발달에 후유증을 남기게 되는 경우가 많다¹⁾. 신생아기 대사이상으로 발생하는 고암모니아혈증은 급속히 진행하므로 진단 즉시 빠른 체외 제거가 필요하다. 그 치료 방법으로는 교환 수혈, 복막투석, 혈액투석,

지속적 동정맥 여과법이나 지속적 정정맥 여과법 등이 이용되고 있는데 혈액투석은 단시간 내에 빠른 제거가 효과적이기는 하나 지속적으로 시행할 수 없고 전체 혈액량이 적은 신생아에 있어 혈액학적으로 불안정하여 사용하기 힘든 경우가 많다. 복막투석은 이에 비해 안전하기는 하지만 체외 제거가 서서히 이루어져 급속히 진행하는 고암모니아혈증의 치료로는 부적절한 방법이다. 그러므로 최근에는 비교적 안정적이고 효과적인 제거가 이루어 질 수 있는 지속적 신대체요법이 많이 이용되고 있는데 1992년 Sperl, Ring 등²⁾이 대사 질환 환아들의 치료에 continuous venovenous hemofiltration(CVVH)를 이용하였다.

접수 : 2003년 3월 31일, 승인 : 2003년 4월 15일
책임저자 : 박영서, 서울시 송파구 풍납동 388-1
울산의대 서울아산병원 소아과
Tel : 02)3010-3376 Fax : 02)473-3725
E-mail : yspark@amc.seoul.kr

저자들은 methymalonic acidemia로 진단된 체중 2.4 kg의 생후 5일된 여아에서 고암모니아혈증의 교정 방법으로 지속적 정정맥 투석 여과법(continuous venovenous hemodiafiltration, CVVHDF)을 이용하여 혈액학적 불안정 상태나 특별한 후유증 없이 암모니아를 효과적으로 제거하였기에 보고하는 바이다.

증 례

환 아 : 홍○○, 5일, 여

주 소 : 구토 및 경구 섭취 감소

현병력 : 5일된 여아로 재태 기간 38주에 조기 진통으로 제왕 절개 분만하여 출생하였다. 출생 체중 2.7 kg로 1분 Apgar 점수는 8점이었고 5분 Apgar 점수는 9점이었다. 출생 후 특이 소견 없이 3시간 간격으로 40 mL 분유 수유를 진행하면서 지내오던 중에, 내원 2일 전부터 1회에 10-20 mL 정도로 경구 섭취량 감소되고 수유와 상관없이 비사출성 구토 증세가 동반되면서 처져 보이고 빈호흡이 동반되어 본원 응급실을 방문하였다.

가족력 : 근친 혼인이 아니며 3세 된 건강한 오빠가 있었다. 특이 질환력이나 주산기 사망력 없었다.

진찰 소견 : 내원 당시 많이 처져 있으며 아파 보였다. 체중은 2.4 kg이었고 혈압은 80/51 mmHg, 맥박수는 분당 160회, 호흡수는 분당 60회였고 체온은 38.4°C였다. 활동 정도는 감소되어 보였고 대천문은 약간 함몰되어 있었다. 공막은 경미한 황달을 보였고 혀는 약간 말라 보였다. 흉곽은 대칭적으로 팽창하였고, 호흡음은 깨끗하였으나 약간의 흉부 함몰 소견 보였다. 심음은 규칙적이었으며 심잡음은 청진 되지 않았다. 복부는 부드러웠고 팽만 되지는 않았으며 장음은 잘 들렸고 흉곽 아래로 2 cm 정도 간이 촉지되었고 비장은 만져지지 않았다. 촉진시 압통 소견은 없었다. 사지 부종이나 사지 관절 운동에 제

한 없었다.

검사 소견 : 말초 혈액 검사상 백혈구 1,900/mm³, 혈색소는 15.4 g/dL, 혈소판은 304,000/mm³이었다. 혈액 응고 검사상 PT 55.5% (1.58INR), APTT 75.9초 였다. CRP 0.07 mg/dL이었고 생화학 검사상 BUN 37 mg/dL, 크레아티닌 1.0 mg/dL, sodium 139 mmol/L, potassium 3.9 mmol/L, chloride 104 mmol/L, bicarbonate 9.4 mmol/L이었고 혈청내의 당은 21 mg/L, 총단백 7.4 g/dL, 알부민 4.0 g/dL이었고 요산이 19.5 mg/dL였다. ALT 73 IU/L, AST 14 IU/L였고 칼슘 5.8 mg/dL, 인 9.7 mg/dL, 마그네슘 2.13 mEq/L, 총 빌리루빈 9.4 mg/dL, 포합 빌리루빈 0.4 mg/dL였다. 혈청 암모니아 2885 mol/L(nl: 10-35 mol/L), 젓산 22 mmol/L (nl: 0.9-1.7 mmol/L)였다. 동맥혈 가스 검사상 pH 7.2, PaCO₂ 22 mmHg, PaO₂ 103 mmHg, bicarbonate 9.6 mEq/L, 산소포화도 97%였고 요 검사상 비중은 1.020, pH는 6.0, 단백 양성, 잠혈 양성이었다. 선천성 대사 이상 선별 검사상 acylcarnitine profile에서 propionyl carnitine이 33.5 m로 증가되어 있었고 요중 유기산 분석 검사 결과상 methylmalonate가 1,315.9 mmol/molCr로 정상 범위(<2 mmol/molCr)에 비교하여 다량 배출되는 소견을 보여 methylmalonic acidemia로 진단하였다.

치료 및 경과 : 제 1병일에 신생아 중환자실로 입원하여 금식시키고 10% 포도당 용액으로 수액 공급하였다. kg당 20% 지방 1 g, 단백 0.5 g, sodium benzoate 300 mg, arginine 200 mg을 투여하였다. 고암모니아혈증 교정 위해 1시간 간격으로 급성 복막투석을 시작하였다. 4시간 복막투석 시행 후 혈청 암모니아는 2,494 mol/L로 크게 변화가 없어 복막투석은 kg당 10 mL에서 30 mL로 용량을 증량 하였다. 제 2병일 우측 내경 정맥에 6.5 Fr 이중 도관을 삽입하고 지속적 정정맥 투석 여과를 시행하였다. 혈액, 투석액, 보충액, 유출액을 위한 4개의 펌프가 장착된

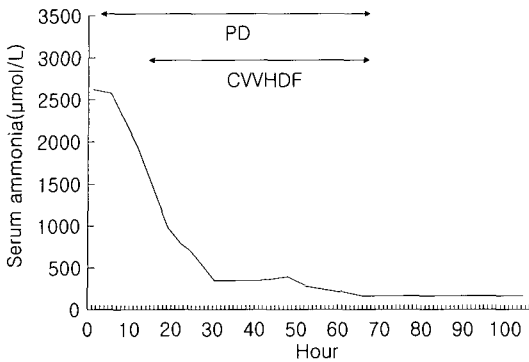


Fig. 1. Serum ammonia level after initiation of the peritoneal dialysis(PD) and continuous venovenous hemodiafiltration(CVVHDF).

PRISMA 시스템(Hospal, Lyon, France)을 이용하였으며 혈액 여과막은 polyacrylonitrile을 재료로 한 AN69[®](Gambro, Sweden)로 표면적은 0.042M², priming volume은 3.5 mL인 영아용 여과막을 사용하였다. Priming 시에 heparin을 사용하고 나서 환아가 출혈 경향을 보여 protamine으로 교정하였고 이후 항응고제는 사용하지 않았다. 혈류는 30 mL/min로 유지하였다. 지속적 정정맥 투석 여과법 시작 4시간 후 하지에 간대성 경련을 보여 phenobarbital을 투여하였다. 당시 혈청 암모니아는 895 mol/L로 시작 당시보다 50% 이상 감소되었고 지속적 정정맥 투석 여과법 시작 56시간 후 혈청 암모니아 수치가 66 mol/L로 감소되어 정정맥 투석 여과와 복막투석을 함께 중단하였다(Fig. 1). 시작 3시간 30분 후에 응고로 여과막을 1회 교환하였다. 시행 중 생체 징후는 안정적으로 유지되었으며 특별한 문제는 없었다. 제 9병일부터 경구 투여를 시작하여 매일 MPA[®] 특수 분유로 진행하였고 수유 후에도 암모니아는 더 이상 증가하지 않아 제26병일에 혈중 암모니아 67 mol/L로 퇴원하였다. 퇴원 후 외래 추적 관찰 중으로 일반 분유와 매일 MPA[®] 특수 분유를 병행하면서 단백 제한식이 가능하며 생후 4개월 현재 키는 61.5 cm로 25-50 percentile, 몸무게는 6.9 kg로 50-75 percentile 이고 목가누기가 가능한 상태로 발달은 정상이다.

고 찰

신생아의 고암모니아혈증의 원인은 유전 질환으로 요소 회로 이상이나 유기산혈증이 대부분을 차지하고 있다. 그 외 다른 대사 이상 질환이나 일과성 신생아 고암모니아혈증, 심한 전신적 감염 등에 의해서도 고암모니아혈증이 나타날 수 있다³⁾. 본 증례의 환아는 유기산 혈증 중 methylmalonic acidemia 환아로 이는 상염색체 열성 유전형식을 가지는 propionate의 대사 이상 질환이다. 1968년 Rosenberg 등에 의해 처음 기술된 이래로 1998년까지 6명의 환자가 증례 보고되었을 만큼 드문 질환으로³⁾ 대개 영아기에 구토, 탈수, 기면, 빈호흡 등의 임상 증상을 보이며 검사실 소견상에서는 대사성 케톤산증, 고암모니아혈증, 때로는 고혈당증을 나타내게 된다^{3, 4)}.

체내 암모니아는 이차적인 효과적 제거 장치가 없는 물질이다. 임상 경과를 고암모니아혈증의 정도, 진행 속도, 환아의 나이에 따라 다르나 대부분 빠르게 진행되며 중추 신경계에 가장 큰 영향을 미친다. 일단 뇌조직으로 들어간 암모니아는 glutamine을 형성하여 배출되며 이 기능을 하는 성상 세포에 glutamine이 축적됨으로써 뇌 부종 및 혼수가 진행된다. 또 신경 전달 물질이나 중추신경계의 에너지 대사를 방해함으로써 신경학적 손상을 일으키게 된다¹⁾. 혈중 암모니아 수치가 높을 수록 생존률은 낮으며 신경학적 예후는 불량하다. 약간의 인지 장애 정도만 초래하는 경우도 있으나 많은 경우 심각한 뇌 손상 및 신경발달 장애를 초래하여 종종 이상의 장애가 90% 정도로 보고되고 있다. 고암모니아성 혼수 상태까지 진행된 경우는 집중 치료 후에도 30% 이상의 높은 사망률을 보이고 있다. 따라서 고암모니아혈증이 발견되면 진단적 검사와 함께 되도록 빠른 치료가 이루어져야 한다.

1980년대 초반부터 고암모니아혈증에 대한 여러 체외 제거 치료 방법들이 도입되었는데 교환

수혈, 복막투석, 혈액투석, 지속적 동정맥 여과법이나 지속적 정정맥 여과법 등을 들 수 있다. 교환 수혈은 용적과 횡수를 증가시킴으로써 암모니아 제거율을 증가시킬 수는 있겠으나 암모니아는 전체 체내의 보유 수분 용적 중 분포되어 있고 혈관 내 용적은 그 일부분이므로 교환 수혈 단독으로 암모니아의 제거에는 한계가 있다⁵⁾. 혈액투석은 혈관관 확보되면 바로 치료를 시작할 수 있으며 짧은 시간 동안 수분과 혈장 내 용질을 제거할 수 있는 장점이 있다. 실제 암모니아 제거율은 매우 효과적으로 복막투석에 비해 10배 정도로 보고되고 있다^{1, 6)}. Rutledge 등⁷⁾은 분당 50 mL의 혈류로 혈액투석을 시행하였을 때 암모니아 제거율을 84 mL/min/M²까지 보고하였다. 그러나 중환아의 경우나 이번 사례에서와 같이 체중이 2.4 kg 정도의 환아에서는 성인에 비해 혈액량이 적어 혈액학적 안정성을 확보하기 어려우므로 지속적으로 시행할 수 없다. 반면 복막투석은 복막과 복강 내 면적이 넓고 점진적으로 혈액 내 용질과 수분을 제거하여 혈액동을 불안정하게 만들지는 않아 상대적으로 안전한 방법이다⁵⁾. 그러나 이번 사례에서도 본 바와 같이 암모니아를 빠르게 제거하는 데는 효과적이지 못하여 4시간 시행 후에도 투석 전과 비슷한 수치를 나타내었다. Wong 등⁶⁾은 복막투석에 의한 암모니아 제거율을 2.15 mL/min/M² 정도로 보고하였다. Donn 등⁸⁾과 Wiegand 등⁹⁾은 교환 수혈과 복막투석, 혈액투석의 암모니아 제거율을 비교하였는데 혈액투석이 가장 높은 제거율을 나타내었다. 이들은 적절한 암모니아 제거율을 위해 복막투석과 혈액투석을 병행하는 방법이 제안하기도 하였다.

신생아의 경우 출생시 GFR은 1.73 M² 체표면적당 20 mL/min으로 낮은 GFR, 적은 혈액량, 높은 혈관 저항성은 신생아기 신기능 보유량이 적고 신장 기능이 미숙함을 보여주고 있으며 따라서 암모니아 같은 독성 물질의 제거에는 적절한 신대체 요법이 필요하다¹⁰⁾. 최근 지속적 신대

체요법(continuous renal replacement therapy, CRRT)이 임상에서 많이 이용되기 시작하였는데 CRRT의 종류에는 slow continuous ultrafiltration(SCUF), continuous arteriovenous hemofiltration(CAVH), continuous venovenous hemofiltration(CVVH), continuous venovenous hemodialysis(CVVHD), continuous venovenous hemodiafiltration(CVVHDF) 등이 있으며 혈액 여과(hemofiltration)가 주된 역할을 하게 된다. 혈액 여과법의 기본적인 원리는 혈액투석이나 복막투석에서 확산(diffusion)에 의해 용질의 이동이 일어남에 비하여, 수분 및 용질이 투과성이 높은 여과막을 대류(convection)에 의하여 이동하는데 있다^{11, 12)}. 1977년 Kramer 등¹³⁾에 의하여 혈액 펌프를 이용하지 않고 환자의 동맥과 정맥의 압력 차이에 의한 혈류로 투과성이 뛰어난 여과막을 통과시켜 지속적으로 한외 여과액을 생성하고 혈장과 조성이 유사한 대체 용액을 투여함으로써 수분, 전해질 및 산염기 평형을 유지하는 지속적 동정맥 혈액 여과법(CAVH)이 임상에서 시도되었다. CAVH는 대류에 의해 수분 및 용질이 제거되므로 혈액내의 삼투압의 변화가 거의 없고 혈액투석시 자주 발생하는 저혈압이 거의 발생하지 않는다^{14, 15)}. 그러나 CAVH는 동정맥압의 차이에 의해 혈류량이 결정되므로 심부전등으로 혈류량이 부족하거나 소아에서와 같이 동정맥압이 낮은 경우, 이화작용이 심한 환아에서 요소 생성이 많은 경우에는 효과적이지 못하다^{14, 16, 17)}. 또한 혈관 근접을 위해 동맥 천자를 함으로써 발생할 수 있는 합병증과 회로 내 단절이 발생할 경우 대량 실혈의 부담이 있다^{11, 12)}. 이에 비하여 지속적 정정맥 혈액 여과법(CVVH)은 이중 도관을 삽입하 또는 대퇴 정맥에 삽입한 후 한외 여과를 얻기 위해 혈액 펌프를 이용하는 방법이다. 펌프를 이용하면 한외 여과를 마음대로 조절할 수 있을 뿐만 아니라 체외 혈류와 혈액 여과를 일정한 상태로 유지하여 혈액 여과 회로의 응고를 감소시킬 수 있는 장점이 있으며

혈역학적 상태가 불안정한 소아에서도 안정하게 사용할 수 있다¹⁴⁻¹⁶). Michael 등¹⁸)은 CVVHDF를 7 kg 환자의 치료에 이용하였던 예를 발표한 바 있으며 Symons 등¹⁹)은 1993년부터 2001년까지 86명의 몸무게가 10 kg 미만인 환아들을 대상으로 CRRT를 시행하였던 결과를 발표하였는데 가장 작은 생존 환아는 2.3 kg였고 몸무게나 CRRT를 시행한 시간 등은 생존 여부에 크게 영향을 미치지 않으며 따라서 몸무게가 작은 환아들에 있어서도 우수한 치료법임을 보고하였다. 본 증례의 환아도 몸무게가 2.4 kg이었으나 CVVHDF를 안전하게 시행할 수 있었다.

1990년대부터 급성 암모니아증의 치료로 지속적 정정맥 또는 동정맥 여과법을 이용한 예가 보고되고 있으며 기존의 혈액투석보다는 치료가 서서히 일어나므로 수분과 용질을 안정되게 교정할 수 있는 장점이 있고 혈액투석의 변화없이 안정적으로 생체 징후를 유지할 수 있으며 다량의 수분을 단시간에 제거할 수 있어 치료 중 수액 조절이 용이하며 보충액으로 영양 공급까지 할 수 있어 본 예에서와 같이 치료 중 급식이 필요한 경우 영양 공급까지도 용이하게 할 수 있다. 또한 간헐적 치료보다 혈중 암모니아 수치의 극단적인 변화를 막을 수 있는 장점이 있다. Wong 등⁶)은 직접 복막투석과 지속적 동정맥 여과법에 의한 암모니아 제거율을 비교하였는데 지속적 동정맥 여과법이 복막투석에 비해 2-5배 정도 효과적인 것으로 나타났다. 이들이 복막투석을 지속적 동정맥 여과법으로 대체하여 시행한 경우 암모니아 제거율은 10.55 mL/min/M²로 증가하였다고 보고하였다. 혈액 여과 기술이 가능해짐에 따라 지속적 정정맥 여과법이 지속적 동정맥 여과법보다 더 우수한 것으로 나타났으며 암모니아 제거율은 19.4 mL/min/M²로 보고되었다. Schaefer 등²⁰)의 연구 결과에 의하면 지속적 정정맥 여과법에 의해서는 7시간 만에 혈중 암모니아 수치가 50%로 감소되었고 복막투석의 경우 19시간이 걸렸다고 보고하였다. 본 증례의 경우 복막투석과

같이 시행하기는 하였으나 지속적 정정맥 투석 여과법 시행의 경우 시행 4시간만에 50%로 감소됨을 관찰할 수 있었다. 그러나 Michael 등¹⁸)은 대류(convection) 용질의 이동에 따른 혈액 여과만으로는 낮은 암모니아 제거율을 보이며 다량의 혈장 교환 없이는 복막투석에 비해 큰 장점은 없다고 보고하였으며 신생아 및 영아에서처럼 혈액량이 적은 경우는 혈류를 증가시키는데 제한이 있어 단순한 지속적 정정맥 여과법에 의한 경우보다 지속적 정정맥 투석 여과법이 10배나 암모니아 제거율이 높으며 dialysate flow rate를 분당 3.3 mL에서 분당 5 mL로 증가 시켰을 때 제거율이 5배나 상승한다고 보고하였다. 최근에 Semma 등²¹)이 토끼를 대상으로 복막투석과 지속적 혈액투석, 지속적 혈액투석 여과법에 따른 암모니아 제거율을 비교 실험한 결과에 따르면 각각의 암모니아 제거율은 1.750.11, 1.770.24, 1.960.26 mL/min/kg로 지속적 혈액투석 여과법이 가장 우수한 것으로 나타났다.

일반적인 혈액 여과에서 우려되는 합병증으로는 여과막이나 혈액 회로의 응고나 항응고제 투여와 연관된 출혈, 전해질 불균형, 고혈당 등이 있다. 여과막내의 혈액 응고는 혈류가 적거나 도관 기능 부전, 충분치 못한 항응고제의 사용과 관련이 있는 것으로 나타났다¹⁰). 펌프 사용과 연관하여서 우려되는 안정성에는 공기 유입의 가능성과 혈류 조절의 부정확 등이 있다²³). 본 예에서는 지속적 혈액투석 여과법을 시작하기 전에 시행한 혈액 응고 검사가 증가되어 있는 소견을 보여 항응고제를 사용하지 않았으나 1회의 응고로 여과막을 교환한 것 외에는 문제가 없었다. 따라서 본 예에서 경험한 바와 같이 체중 및 혈액량이 작은 신생아들에서 고암모니아혈증의 교정 방법으로 지속적 혈액투석 여과법이 가장 안전하고 효과적인 치료 방법이라고 사료된다.

한 글 요 약

저자들은 methymalonic acidemia로 진단된 체중 2.4 kg의 생후 5일된 여아에서 지속적 정정맥 투석 여과법(CVVHDF)을 이용하여 혈액학적 불안정 상태나 특별한 후유증 없이 체내 암모니아를 효과적으로 제거하였기에 보고하는 바이다.

참 고 문 헌

- 1) Robert SM, Dana K, Seymour P. Hyperammonemia in urea cycle disorder: Role of the Nephrologist. *Am J Kidney Dis* 2001;37:1069-80.
- 2) Sperl WG, Maurer H, Murr C, Schmoigl C, Steichen GE, Sailer M. Continuous arteriovenous haemofiltration in a neonate with hyperammonemic coma due to citrullinemia. *J Inher Metab Dis* 1992;15:158-9.
- 3) Waggoner DJ, Ueda K, Mantia C, Downton SB. Methylmalonic aciduria(cblF): Case report and response to therapy. *Am J Med Genet* 1998;79:373-5.
- 4) Lubrano R, Scoppi P, Barsotti P, Travasso E, Scateni S, Cristaldi S, et al. Kidney transplantation in a girl with methylmalonic acidemia and end stage renal failure. *Pediatr Nephrol* 2001;16:848-51.
- 5) Wong KY, But WM, Law CW. Ammonia detoxification by continuous venovenous haemofiltration in an infant with urea cycle defect. *Hong Kong Med J* 2002;8:207-10.
- 6) Wong KY, Wong SN, Lam SY, Tam S, Tsoi NS. Ammonia clearance by peritoneal dialysis and continuous arteriovenous hemofiltration. *Pediatr Nephrol* 1998;12:589-91.
- 7) Rutledge SL, Havens PL, Haymond MW, Mclean RH, Brusilow SW. Neonatal hemodialysis: effective therapy for the encephalopathy of inborn errors of metabolism. *J Pediatr* 1990;116:125-8.
- 8) Donn SM, Swartz RD, Thoene JG. Comparison of exchange transfusion, peritoneal dialysis, and hemodialysis for treatment of hyperammonemia in an anuric infant. *J Pediatr* 1979;95:67-70.
- 9) Wigand C, Thompson T, Bock GH, Mathis RK, Kjellstrand CM, Mauer M. The management of life-threatening hyperammonemia: A comparison of several therapeutic modalities. *J Pediatr* 1980;96:142-4.
- 10) Rafael P, Aljosa K, Alenka U, Andreja GK, Janez P, Jadranka BP. Continuous renal replacement therapy and plasma exchange in newborns and infants. *Artif Organs* 2002;26:163-8.
- 11) 박성배. 지속적 신대체 요법. *대한신장학회지* 1999;18(Supp 1):44-54.
- 12) Forni LG, Hilton PJ. Continuous hemofiltration intreatment of acute renal failure. *N Eng J Med* 1997;336:1303-9.
- 13) Kramer P, Wigger W, Rieger J, Matthaei D, Scheler F. Arteriovenous hemofiltration: A new and simple method for treatment of overhydrated patients resistant to diuretics. *Klin Wochenschr* 1977;55:1121-2.
- 14) 김준식, 권종성, 이상락, 강진무, 박성배, 김현철. 소아의 지속성 혈액 여과법. *대한신장학회지* 1992;11:139-45.
- 15) Buchman TE, Kershaw DB, Sedman AB, Custer JR. Continuous venovenous hemofiltration in infants and children. *Am J Kidney Dis* 1995;25:17-21.
- 16) Zobel G, Ring E, Rodi S. Continuous renal replacement therapy in critically ill pediatric patients. *Am J Kidney Dis* 1996;28(Suppl 3):28-34.
- 17) 김현철, 이수형, 박성배. 급성 신부전 및 난치성 부종의 치료로서 지속적 동정맥 혈액 여과법과 지속적 정정맥 혈액여과법의 비교. *대한신장학회지* 1992;11:146-52.
- 18) Michael CB, Thomas RW. Continuous Venous hemofiltration in the Treatment of Acute Hyperammonemia. *Am J Nephrol* 1998;18:531-3.
- 19) Symons JM, Brophy PD, Gregory MJ, McAee N, Somers MJG, Bunchman TE, et al. Continuous renal replacement therapy in pediatric patients weighing 10 kg or less. *Blood Purif* 2002;20:305-23.
- 20) Schaefer F, Straube E, OH J, Mehls O,

장원경 외 6인 : 신생아 고암모니아혈증에서 지속적 정정맥 투석 여과법

Meyatepeb E. Dialysis in neonates with in-born error metabolism. *Nephrol Dial Transplant* 1999;14:910-8.

- 21) Semma DS, Huet F, Gouyon JB, Lalleman C, Desgres J. Use of peritoneal dialysis, continuous arteriovenous hemofiltration and

continuous arteriovenous hemodiafiltration for removal of ammonium chloride and glutamine in rabbits. *J Pediatr* 1995;126:742-6.

- 22) 임연정, 한혜원, 이병선, 박영서. 소아에서 펌프를 이용한 지속적 정정맥 여과법을 시행한 경험 3례. *대한소아신장학회지* 2002;6:251-7.