

소아의 지속성 혈액여과법

계명대학교 의과대학 소아과학교실

김준식 · 권종설 · 이상락 · 김진무

내과학교실

박 성 배 · 김 현 철

서 론

1977년 Kramer 등¹⁾에 의해 처음으로 임상에 도입된 지속적 동정맥 혈액여과법(continuous arteriovenous hemofiltration, CAVH)은 종래의 혈액투석에 비해 치료가 서서히 지속적으로 일어나므로 혈역동이 불안정한 신부전환자에서 수분과 용질을 안전하게 제거할 수 있을 뿐 아니라, 난치성 부종환자에서 효과적으로 부종을 제거할 수 있는 장점이 있다. CAVH는 종래의 혈액투석에서 문제되는 저혈압, 급격한 혈역학적 변화, 혈장삼투암 및 pH 등의 변동이 드물고 복막투석에서 문제가 되는 복막염, 기술적 어려움 등을 피할 수 있어 급성 신부전 환자의 새로운 신 대체요법으로 널리 이용되고 있으며^{2~6)} 특히 혈액투석이나 복막투석이 어려운 소아와 신생아의 신부전증의 치료로 점차 보편화되어 사용되는 추세에 있다^{7~12)}.

저자들은 혈역동상태가 불안정한 신부전 및 부종을 동반한 환아들을 지속적 혈액여과법으로 치료하여 좋은 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1987년 3월부터 1991년 7월까지 계명대학교 동산병원 소아과에 입원하였던 환아중 혈역동상태가 불안정한 급성 신부전 및 난치성 부종이 있었던 7예에서 8회의 지속적 혈액여과법을 시행하였다.

전체 환아는 7명으로 남아 3예, 여아 4예이었고 연령 분포는 2세에서 15세까지로 평균 연령은 9.0 ± 4.9 세이었다. 원인 질환 및 적응증으로 난치성 부종이 있었던

예로는 낭창성 신염 3예, 신증후군 1예, 급속 진행성 사구체신염 1예이었으며 다발성 장기부전이 있었던 예로는 개심술 및 폐절증 후의 신부전증이 각각 1예씩이었다 (Table 1).

혈액여과막으로는 Gambro 사의 FH-22(표면적 0.16 M²), FH-55(표면적 0.60 M²) polyamide 막을 사용하였다. 전처치로는 혈액회로와 여과막에 세척하고 혈액회로에 연결하였다. 항응고제로서 heparin을 초기에 1,000 U 주입후 시간당 2.5~5 U/Kg의 유지용량을 사용하였다.

대체용액은 본원에서 제작하여 사용하였고 그 조성은

Table 1. Patient's Profile

Case No.	Sex/ Age (yr.)	BW (Kg)	Underlying disease
1	F/15	54	Lupus nephritis, ARF Refractory edema
2	M/7	20	Nephrotic syndrome ARF
3	M/7	18	Sepsis, DIC, ARF
4a	F/6	23	RPGN, ARF
4b	F/6	21	CAPD state, volume overload
5	F/2	14	Postoperative ARF, TOF
6	F/15	47	Lupus nephritis, ARF Refractory edema
7	F/14	48	Lupus nephritis, ARF Refractory edema

ARF : acute renal failure

CAPD : continuous ambulatory peritoneal dialysis

DIC : disseminated intravascular coagulopathy

RPGN : rapidly progressive glomerulonephritis

TOF : Tetralogy of Fallot

Na^+ 140 mEq/L, K^+ 3.5 mEq/L, Ca^{++} 4.5 mEq/L, HCO_3^- 29 mEq/L로 하였으며 1예를 제외한 전 예에서 후회석법 (postdilution method)으로 투여하였다.

성 적

지속적 혈액여과치료로는 첫 3예는 대퇴동맥과 정맥을 혈관근접으로 하는 CAVH방법을, 그후 4예는 대퇴정맥 또는 쇄골하정맥에 이중도관을 삽입한 후 한외여과를 얻기위해 혈액펌프를 사용하는 정·정맥 혈액여과법 (Continuous Venovenous Hemofiltration, CVVH)을 시행하였으며 이때 여과막으로 통과하는 혈류량은 분당 50~100 ml로 고정하였다 (Table 2).

혈액여과법의 방법으로는 3예에서 CAVH를 시행하면서 대퇴동·정맥을 혈관근접으로 사용하였고, 4예에서 PA-CVVH를 시행하면서 혈관근접으로 대퇴정맥을 이용하였다 (Table 2).

혈액여과치료의 지속시간은 12~216시간으로 평균 57 ± 65 시간이었으며 한외 여과율은 4.2~18.0 ml/min로 평균 7.7 ± 4.4 ml이었으며 치료후 체중감소는 평균 4.7 ± 2.8 Kg이었다 (Table 3).

Table 2. Method & Vascular Access

Case No.	Method	Hemo-filter	Vascular access
1	CAVH	FH-55	Femoral artery & vein
2	CAVH	FH-22	Femoral artery & vein
3	CAVH	FH-22	Femoral artery & vein
4	CVVH	FH-22	Femoral vein
5	CVVH	FH-22	Femoral vein
6	CVVH	FH-55	Femoral vein
7	CVVH	FH-55	Subclavian vein

CAVH : continuous arteriovenous hemofiltration

CVVH : continuous venovenous hemofiltration

혈액여과 전후의 생화학적 변화는 혈청 BUN은 90.6 ± 1.6 mg/dl에서 63.3 ± 18.7 mg/dl로 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$) 혈청 creatinine은 치료전 6.43 ± 3.3 mg/dl, 치료후가 4.73 ± 2.4 mg/dl로 감소하였으나 유의한 정도는 아니었다. Na^+ , K^+ , Cl^- 등은 치료 전과 후에 유의한 변화가 없었다 (Table 4). 혈액여과 치료전 후 개개 환아의 BUN 및 혈청 creatinine 치의 변동은 Fig. 1과 같다. 치료후 BUN 치는 1예(증례 1)를 제외하고 모두 감소하였으며 혈청 creatinine 치는 7예 중 5 예에서 감소하였고 2예(증례 1, 6)에서는 오히려 증가하였다. 치료 전후 개개 환아의 혈압 및 체중 변동은 Fig. 2와 같다. 치료 후 체중은 전례에서 감소하였으며 수축기 혈압은 1예 (Case 1)을 제외한 6예에서 감소하였다.

혈액여과치료를 받았던 7예 모두 즉각적인 임상적 호전이 있었으나 이 가운데 2예는 나중에 발생한 폐렴과 폐혈증으로 각각 사망하였다. 치료도중 발생한 합병증으로는 한외여과율이 낮았던 증례 4에서 혈액여과회로 내의 응고가 발생하였으며 CVVH를 시행하여 한외여과율이 가장 높았던 증례 6에서 혈액여과회로내의 부분적 응고와 저혈압이 발생하였다 (Table 5).

Table 3. Operational Data

Case No.	Duration (hr)	Weight Loss (Kg)	UF rate (ml/min)
1	43	10	7.9
2	24	2.5	6.1
3	36	2	6.0
4 _a	46	4	4.2
4 _b	45	3.5	4.3
5	216	4	6.8
6	38	8	18.0
7	12	3.5	8.4
Mean	58 ± 65	4.7 ± 2.8	7.7 ± 4.4

UF : ultrafiltration

Table 4. Biochemical Change Before and After Hemofiltration

	BUN (mg/dl)	Cr. (mg/dl)	Na (mEq/L)	K (mEq/L)	Cl (mEq/L)
Before	90.6 ± 1.6	6.46 ± 3.3	129.7 ± 8.8	4.1 ± 0.9	105.2 ± 10.0
After	63.3 ± 18.7	4.73 ± 2.4	129.7 ± 6.3	4.0 ± 1.2	104.2 ± 7.1
P-value	< 0.05	NS	NS	NS	NS

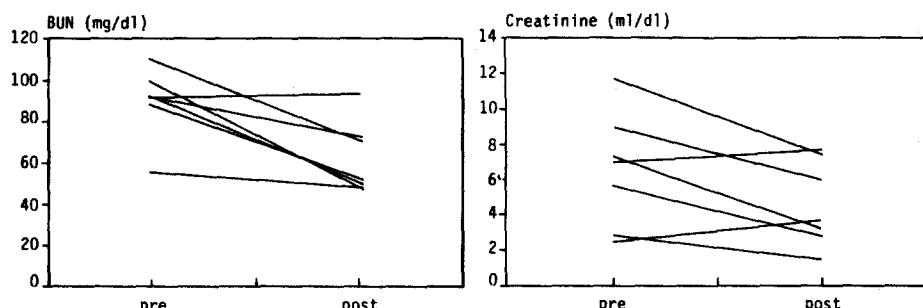


Fig. 1. BUN and serum creatinine changes during continuous hemofiltration.

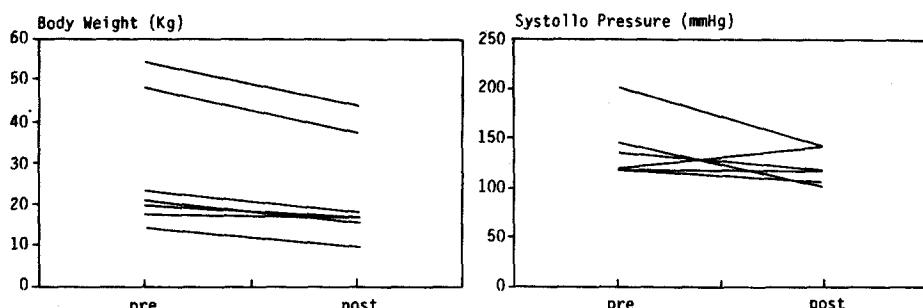


Fig. 2. Body weight and blood pressure changes during continuous hemofiltration.

Table 5. Complications & Outcomes

Case No.	Complications	Outcomes	
		Immediate	Later
1		Improved	
2		Improved	
3		Improved	
4	Partial clotting	Improved	Expired
5		Improved	Expired
6	Hypotension	Improved	
7		Improved	

고 안

1967년 Colton 등¹³⁾과 Henderson 등¹⁴⁾이 반투막을 이용하여 대류(convective)에 의한 혈액여과의 개념을 도입하였으며 1974년 Silverstein 등¹⁵⁾이 혈액펌프를 이용한 한의여과법으로 만성 신부전환자에서 다량의 수분을 성공적으로 제거할 수 있음을 보고한 바 있다. 1977년 Kramer 등¹⁶⁾에 의해 혈액펌프를 사용하지 않는 오늘

날 의미의 지속적 동정맥 혈액여과법이 임상에 시도되었다.

CAVH는 투과성이 매우 높은 특수한 여과막을 사용하여 환자의 동맥과 정맥의 압력차이에 의해 혈류로 혈액여과기에서 지속적으로 한의 여과액을 생성하는 한편, 혈장과 조성이 유사한 대체용액을 투여함으로써 수분, 전해질 및 산염기의 평형을 유지하는 새로운 치료방법으로, 기존의 혈액투석이나 복막투석이 확산(diffusion)에 의해 용질의 이동이 있는 반면 CAVH는 대류(convective)에 의해 다량의 수분 및 용질이 제거된다^{8, 14, 16)}. CAVH는 혈액투석과는 달리 대류에 의해 수분 및 용질이 지속적으로 제거되므로 혈액내의 삼투압의 변화가 거의 없고¹⁷⁾ norepinephrine의 분비와 체액감소에 의한 말초혈관의 수축으로 혈액투석시 자주 발생되는 저혈압이 거의 나타나지 않는다¹⁸⁾.

여과막은 혈액투석시 사용되는 Curophane 막과는 달리 분자량 500~10,000 dalton 사이의 중분자물질의 제거가 우수한 polyamide, polysulfone, polyacrylonitrile, polymethylmethacrylate 등의 재질을 사용하므로¹⁹⁾ 혈액투석시 흔히 당면하는 보체활성에 의한 저산소

혈증이나 백혈구 감소증이 없으므로 호흡기 장애가 있는 경우에 특히 유용하다.

CAVH는 난치성 부종의 제거에 효과적일 뿐만 아니라 전신적인 항응고제의 사용이 필요없는 장점이 있으며²⁰⁾ 저혈압, 패혈증 및 다발성 장기부전이 동반된 급성 신부전증과 수술 후 혈역동이 불안전한 신부전증 환아에서 안전하게 사용할 수 있으며^{21~23)} 지속적으로 치료를 시행함으로서 요독증이나 전해질 불균형을 환자의 상태에 맞게 적절하게 조절할 수 있다^{24,25)}. Bartlett 등²²⁾에 의하면 다발성 장기부전이 동반된 신부전증의 경우 충분한 단백 및 영양공급이 예후에 매우 중요하며 비경구 영양을 위하여 다량의 수액 투여가 요구되는 경우에도 혈액여과시에는 체액균형을 용이하게 할 수 있다^{22~26)}.

혈관근접은 CAVH에서는 대퇴동정맥이 주로 이용되고 경우에 따라 요골동맥이 이용되기도 하며 혈액투석 환자에서는 기존의 동정맥류를 이용할 수 있고 1주이내의 신생아에서는 제대 동·정맥을 이용할 수 있으며 Quinton-Scribner 단로나 Buselmeier 단로를 설치하여 혈액여과를 시행한다. 혈액회로는 내경 0.3 cm 이상으로 하여야 충분한 TMP (transmembrane pressure)를 얻을 수 있으며²⁴⁾ 카테터의 위치에 따라 한외여과율이 달라질 수 있기 때문에 주의를 요한다.

한외여과시 사용되는 보충액은 대체로 정상혈장의 조성과 비슷한 칼륨이 없는 Ringer's lactate 용액이 사용되나 환아의 개개인의 산, 염기 및 전해질 상태에 따라 조절하여야 한다. 보충액의 투여량은 치료목적에 따라 다소 다라질 수 있으나 Golper¹⁷⁾는 한외여과량과 일일 수액 유지량에서 원하는 수분 제거량을 계산하여 대체용액을 투여하도록 하였으며 Lauer 등⁵⁾은 한외여과량의 75~90%가 적당하다고 하였고 부종이 심한 경우에는 한외여과량의 50%만 투여할 수도 있다. 한외여과에 의한 체중감소는 3~5 Kg가 적당하다고 하였으며²⁷⁾ 저자들의 경우 평균 4.7 Kg이었다.

보충액의 투여 방법은 전회석법(predislocation)과 후회석법(postdilution)이 있으며 전회석법은 hematocrit을 떨어뜨려 한외여과율과 용질의 제거율이 높고²⁸⁾ 여과전회석으로 인하여 혈소판수가 상대적으로 감소하여 혈파린 사용량을 줄일 수 있는 장점이 있으나²⁹⁾ 다량의 무균성 보충액이 필요하므로 경비가 많이 드는 단점이 있다. Postdilution(후회석 투여)방법은 보충액은 적게 들어 경비가 절약되나 한외여과율이 적기 때문에 여과막의 용

고가 잘 일어나므로 hematocrit가 45% 이하인 경우에는 사용하기 어려운 단점이 있다^{16,29)}. Schurek 등^{30,31)}은 하루에 12~20 L의 보충액을 교환하는 번거로움을 피하고자 보충액 교환을 자동화함으로서 안전하게 혈액여과를 시행하였으며 이로인해 여과막의 사용기간을 연장시킬 수 있었다고 보고하였다. 저자들의 경우 보충액은 본원에서 직접 제조하여 사용하였으며 투여량은 한외여과량의 70~80%를 투여하였고 후회석법을 주로 사용하였다.

CAVH에서 한외여과율을 결정하는 인자로는 ① transmembrane pressure (TMP), ② 여과막으로 흐르는 혈류량, ③ 여과막의 특성 ④ 혈액점도등이 관여하고²⁰⁾, CAVH에서 효과적인 투석결과를 얻기 위해서는 평균동맥압이 50~70 mmHg 이상이어야 하며, 혈액점도는 hematocrit이 45% 이상이어야 한다^{16,21,32)}. 정상적인 CAVH에서 한외여과율은 분당 5 ml이상이며, 한외여과율이 분당 5 ml 이하이거나 여과분율을 계산하여 20% 이하이면 저혈압, 혈관근접의 이상, 여과막의 용고동을 생각하여야 한다¹⁷⁾. 한외여과율은 Kaplan 등²⁵⁾은 성인에서 $9.5 \pm 4.4 \text{ ml/min}$, 정 등³³⁾은 소아에서 $2.7 \pm 1.5 \text{ ml/min}$, Ronco 등⁷⁾은 신생아에서 0.9 ml/min , Zobel 등⁸⁾은 신생아에서 $1.24 \pm 0.32 \text{ ml/min}$, 미숙아에서 $0.25 \pm 0.05 \text{ ml/min}$ 의 한외여과율을 보고하였으며 저자들의 경우 성인과 유사한 $7.7 \pm 4.4 \text{ ml/min}$ 의 매우 높은 한외여과율을 보였다.

CAVH에서는 용질의 제거가 대류에 의해 일어나므로 확산에 의해서 용질을 제거하는 혈액투석에 비해 분자량이 큰 물질의 제거는 우수하나 요소, creatinine 같은 저분자물질의 제거에는 미흡한 것으로 밝혀져 있다²⁴⁾. CAVH에서 용질의 제거율은 한외여과량에 비례하며 요독증을 효과적으로 조절하기 위해서는 여과율이 적어도 7~10 ml/min가 되어야 한다. 한외여과율을 높이기 위하여 여러 방안들이 강구되었으며, Kramer 등¹⁶⁾은 한외여과액 수집주머니를 가능한한 침상에서 낮게 위치시킴으로 30%의 여과율의 증가를 얻을 수 있었으며, Kaplan 등³⁴⁾은 여과구에 진공흡입기를 부착하여 여과율의 증가와 함께 여과막의 수명을 연장시킬 수 있다고 하였고, 여과막의 다른 주입구를 통하여 투석액을 통과시킴으로서 용질의 제거율을 높일 수 있는 혈액여과투석법(Continuous Arteriovenous Hemodialysis, CAVHD)이 개발되어 이용되고 있다^{35,36)}. 혈류를 증가시키는 방

법으로 Lauer 등³²⁾은 혈액펌프를 이용함으로서 여과율을 최대 35~40 ml/min까지 올릴 수 있음을 보고하였다. CAVH는 비교적 안전한 수기로서 치명적인 합병증이 거의 없는 것으로 보고되고 있으나 여과막이나 혈액회로의 응고나 동맥색전증, 항응고요법에 의한 출혈 및 감염등이 보고되어 있다^{17,25)}. 저자들의 경우 1예에서 혈액회로의 응고가 있어 여과막을 교환하였다.

많은 장점에도 불구하고 CAVH는 심부전 등으로 혈류량이 부족하거나, hematocrit가 떨어져 있는 경우, 이화작용이 심한 환아에서 urea 생성이 많은 경우에는 CAVH를 이용하기가 어려울 뿐만 아니라³⁷⁾ 혈관근접으로서 동맥천자를 해야하는 부담과 이중도관(double-lumen catheter)을 쇄골하 정맥 또는 대퇴정맥에 삽입한 후 한외여과를 얻기 위해서 혈액펌프를 이용하는 지속적정·정맥혈액여과법(Continuous Venovenous Hemofiltration, CVVH)은 한외여과율을 마음대로 조절할 수 있을 뿐만 아니라 혈액여과를 일정한 상태로 유지함으로써 혈액여과 회로내의 응고를 감소시킬 수 있는 장점이 있으며 소아에서도 안전하게 사용할 수 있다^{38,39)}. 고식적 치료에 반응하지 않는 심부전증 환자나 개심술 후 발생한 신부전증에서도 우수한 치료효과를 얻었으며^{40~45)} Giangrande 등⁴⁶⁾은 말기신부전증 환자의 복막투석증 자주 발생하는 난치성 부종의 치료로 CVVH를 사용하여 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다.

급성 신부전증의 치료로 투석이 이용되기 전 이들 환자의 생존률은 10%에 불과하였으나, 그후 투석이 이들 환자의 치료로 보편화된 후 생존률이 40%로 크게 향상되었다¹⁷⁾. CAVH로 치료받았던 급성 신부전 환자의 예후는 Weiss 등²³⁾에 의하면 전체 생존율은 45%이었으며 심장수술 후 신부전증이 발생한 경우 35%로 가장 낮았다고 하였다. 이처럼 예후가 불량한 것은 사망원인이 신부전증 자체보다는 원인질환의 악화 때문으로 보고하고 있다^{20,26)}. 저자들의 경우 생존률이 71%로 높았던 것은 대상아가 다장기 부전 증후군과 같은 중독한 환자보다는 주로 난치성 부종을 동반한 신부전 환자가 많이 포함되었기 때문으로 생각한다.

결 론

1987년 3월부터 1991년 7월까지 계명대학교 동산병원 소아과에 입원하였던 환아 가운데 혈액동상태가 불안정

한 급성 신부전 및 난치성 부종이 있었던 7예를 대상으로 8회의 지속적 혈액여과법을 시행하여 치료 전후의 임상 및 검사 소견을 비교분석하였다.

1) 환자는 남아 3예, 여아 4예이었으며 평균 연령은 9.0 ± 4.9 (2~15) 세이었다. 원인 질환으로 난치성 부종이 있었던 예는 낭창성 신염 3예, 신증후군 1예, 급속 진행성 사구체신염 1예이었으며 다발성 장기부전이 있었던 예는 개심술 및 폐혈증 후의 신부전증이 각각 1예씩 이었다.

2) 3예에서 CAVH를 시행하면서 대퇴동·정맥을 혈관근접으로 사용하였고, 4예에서 PA-CVVH를 시행하면서 혈관근접으로 대퇴정맥 및 쇄골하정맥을 이용하였다.

3) 혈액여과의 지속시간은 평균 57 ± 65 (12~216) 시간이었으며 평균 한외 여과율은 7.7 ± 4.4 ml/min이었으며 체중감소는 평균 4.7 ± 2.8 Kg이었다.

4) 혈액여과 전후의 생화학적 변화는 BUN은 유의하게 감소하였으나 creatinine, Na^+ , K^+ 는 유의한 변화가 없었다.

5) 혈액여과를 시행하였던 전례에서 즉각적인 임상적 호전이 있었으나 2예는 나중에 발생한 폐렴과 폐혈증으로 사망하였다. 치료도중 발생한 합병증으로는 1예에서 혈액여과회로내의 응고가 발생하였으며 PA-CVVH의 1예에서 저혈압이 발생하였다.

이상의 성적으로 지속성 혈액여과법은 성인에서와 마찬가지로 소아에서도 난치성 부종 및 중독한 신부전증의 치료로서 매우 안전하고 유용한 새로운 신 대체요법으로 생각된다.

= Abstract =

Continuous Hemofiltration in Children with Renal Failure and Refractory Edema

Joon Sik Kim, M.D., Jong Sul Kwon, M.D.

Sang Lak Lee, M.D. and Chin Moo Kang, M.D.

Department of Pediatrics, School of Medicine,
Keimyung University, Taegu, Korea

Sung Bae Park, M.D. and Hyun Chul Kim, M.D.

Department of Internal Medicine

Continuous arteriovenous hemofiltration (CAVH) which was described by Kramer in 1977 provides an

alternative method for the treatment of acute renal failure. Seven children with acute renal failure and refractory edema, were treated with continuous hemofiltration. Five of the seven patients had acute renal failure with refractory edema and the remainder had acute renal failure with multiple organ failure. The duration of treatment ranged from 12 to 126 hours, with a mean of 57 ± 65 hours. The mean ultrafiltration rate was 7.7 ± 4.4 ml/min and the mean weight loss during treatment was 4.7 ± 2.8 Kg. Changes in blood chemistry before and after treatment were not significantly different except for BUN (92 ± 16 vs 66 ± 18 mg/dl, $p < 0.05$). We observed initial clinical improvement in all cases but two patients died from pneumonia and sepsis, developed later. There was one episode of blood line clotting and one case of hypotension during hemofiltration.

We concluded that continuous hemofiltration in children is a safe and effective method in the treatment of acute renal failure with intractable edema and multiple organ failure.

REFERENCES

- 1) Kramer P, Wigger W, Riger J, Matthaei D, Scheler F: *Arteriovenous hemofiltration: A new and simple method for treatment of overhydrated patients resistant to diuretics.* *Klin Wochenschr* **55**:1121-1122, 1977
- 2) Olbright C, Mueller C, Schurek HJ, Stolote H: *Treatment of acute renal failure in patients with multiple organ failure by continuous spontaneous hemofiltration.* *Trans Am Soc Artif Intern Organs* **28**:33-37, 1982
- 3) Kramer P, Böhler J, Kehr A, Gröne HJ, Schrader J, Matthaei D, Scheler F: *Intensive care potential of continuous arteriovenous hemofiltration.* *Trans Am Soc Artif Intern Organs* **28**:28-32, 1982
- 4) Kramer P, Schrader J, Bohnsack W, Grieben G, Gröne HJ, Scheler F: *Continuous arteriovenous haemofiltration. A new kidney replacement therapy.* *Proc Eur Dial Transplant Assoc* **18**:743-749, 1981
- 5) Paganini EP, Nakamoto S: *Continuous ultrafiltration in oliguric acute renal failure.* *Trans Am Soc Artif Intern Organs* **28**:201-204, 1980
- 6) Lauer A, Saccaggi A, Ronco C, Belledonne M, Glabman S, Bosch JP: *Continuous arteriovenous hemofiltration in the critically ill patient: Clinical use and operational characteristics.* *Ann Intern Med* **99**:455-460, 1983
- 7) Ronco C, Brendolan A, Bragantini L, Chiaramonte S, Feriani M, Fabris A, La Greca G: *Treatment of acute renal failure in newborns by continuous arterio-venous hemofiltration.* *Kidney Int* **29**:908-915, 1986
- 8) Zobel G, Beitzke A, Trop M, Ring E: *Continuous arteriovenous hemofiltration in infants.* *Int J Pediatr Neph* **8**:81-85, 1987
- 9) Lieberman KV, Nardi L, Bosch JP: *Clinical laboratory observations: Treatment of acute renal failure in an infant using continuous arteriovenous hemofiltration.* *J Pediatr* **106**:646-649, 1985
- 10) Leone MR, Jenkins RD, Golper TA, Alexander SR: *Early experience with continuous arteriovenous hemofiltration in critically ill pediatric patients.* *Crit Care Med* **14**:1058-1063, 1986
- 11) Pascual JF, Lopez JD, Molina M: *Hemofiltration in children with renal failure.* *Pediatr Clin North Am* **34**:803-818, 1987
- 12) Henry D, Brocklebank JT, Wilson N: *Continuous arteriovenous haemofiltration in the newlyborn with acute renal failure and congenital heart disease.* *Nephrol Dial Transplant* **4**:870-876, 1989
- 13) Colton CK, Henderson LW, Ford CA, Lysaght MJ: *Clinical and experimental: Kinetics of hemodiafiltration. I. In vitro transport characteristics of a hollow-fiber blood ultrafilter.* *J Lab Clin Med* **85**:355-371, 1975
- 14) Henderson LW, Colton CK, Ford CA: *Kinetics of hemofiltration. II. Clinical characterization of a new blood cleansing modality.* *J Lab Clin Med* **85**:372-391, 1975
- 15) Silverstein ME, Ford CA, Michael BS, Lysaght J, Henderson LW: *Treatment of severe fluid overload by ultrafiltration.* *N Engl J Med* **291**:747-751, 1974
- 16) Kramer P, Kaufhold G, Gröne HJ, Wigger W, Rieger J, Matthaei D, Stokke T, Burchardi H, Scheler F: *Management of anuric intensive-care patients with arteriovenous hemofiltration.* *Int J Artif Organs* **3**:225-230, 1980
- 17) Golper TA: *Continuous arteriovenous hemofiltration in acute renal failure.* *Am J Kid Dis* **6**:373-386, 1985
- 18) Henderson LW: *Hemofiltration. The Kidney* **20**:25-30, 1987
- 19) Schneider H, Streicher E: *Technical aspects of hemofiltration.* *Dial & Transplant* **8**:371-442, 1979
- 20) Synhaiovsky A, Kurtz SB, Wochos DN, Schniepp BJ,

- Johnson WJ: *Acute renal failure treated by slow continuous ultrafiltration: Preliminary report.* Mayo Clin Proc 58:729-733, 1982
- 21) Ossenkoppele GJ, Meulen J, Bronsveld W, Thus LG: *Continuous arteriovenous hemofiltration as an adjunctive therapy for septic shock.* Crit Care Med 13:102-105, 1985
- 22) Bartkett RH, Mault JR, Dechert RE, Palmer J, Swartz RD, Port FK: *Continuous arteriovenous hemofiltration: Improved survival in surgical acute renal failure?* Surgery 100:400-408, 1986
- 23) Weiss L, Danielson BG, Wikström B, Hedstrand U, Wahlberg J: *Continuous arteriovenous hemofiltration in the treatment of 100 critically ill patients with acute renal failure: Report on clinical outcome and nutritional aspects.* Clin Nephrol 31:184-189, 1989
- 24) Kramer P: *Continuous arteriovenous hemofiltration: A physiologic and effective kidney replacement therapy.* Contr Nephrol 44:236-247, 1985
- 25) Kaplan AA, Longnecker RE, Folkert VW: *Continuous arteriovenous hemofiltration: A report of six months' experience.* Ann Intern Med 100:358-367, 1984
- 26) Sielberth HG, Maurin H, Stiller S: *Continuous arteriovenous hemofiltration-really an easy treatment?* Contr Nephrol 44:248-259, 1978
- 27) Kopp KF: *Hemofiltration.* Nephron 20:65-74, 1978
- 28) Hebderson LW: *Pre vs. post dilution hemofiltration.* Clin Nephrol 11:120-124, 1979
- 29) David S, Tagliavini D, Cambi V: *Pre-postdilution haemofiltration.* Nephrol Dial Transplant 4:37-40, 1989
- 30) Schurek HJ, Biela D: *Continuous arteriovenous hemofiltration: Improvement in the handling of fluid balance and heparinization.* Blood Purif 1:189-196, 1983
- 31) Schurek HJ, Biela D: *Continuous arteriovenous hemofiltration (CAVH).* In Conf on CAVH Aachen 1984, pp 67-76, Karger, Basel, 1985
- 32) Lauer A, Saccaggi A, Ronco C, Belledonne M, Clabman S, Bosch JP: *Continuous arteriovenous hemofiltration in the critically ill patient.* Ann Intern Med 99:455-460, 1983
- 33) 정해일, 진동규, 박영서, 최용, 고광욱: 소아의 지속성 동정맥 혈액여과. 소아과 32:230-237, 1989
- 34) Kaplan AA, Longnecker RE, Folkert VW: *Suction-assisted continuous arteriovenous hemofiltration.* Trans Am Soc Artif Intern Organs 29:408-412, 1983
- 35) Ronco C, Brendolan A, Bragantini L, Chiaramonte S, Fabris A, Feriani M, Dell'Aquila R, Milan M, La Greca G: *Arteriovenous hemodiafiltration associated with continuous arteriovenous hemofiltration: A combined therapy for acute renal failure in the hypercatabolic patient.* Blood Purif 5:33-40, 1987
- 36) Pattison ME, Lee SM, Ogden DA: *Continuous arteriovenous hemodiafiltration: An aggressive approach to the management of acute renal failure.* Am J Kid Dis 11:43-47, 1988
- 37) Canaud B, Garred LJ, Christol JP, Aubas S, Beraud JJ, Mion C: *Pump assisted continuous venovenous hemofiltration for treating acute uremia.* Kidney Int 33(Suppl. 24):154-156, 1988
- 38) Chanard J, Milcent T, Tupance O, Melin JP, Roujouleh H, Lavaud S: *Ultrafiltration-pump assisted continuous arteriovenous hemofiltration (CAVH).* Kidney Int 33(Suppl. 24):157-158, 1988
- 39) Yorgin PD, Krensky M, Tune BM: *Continuous venovenous hemofiltration.* Pediatr Nephrol 4:640-642, 1990
- 40) Rimondini A, Cipolla CM, Bella PD, Grazi S, Sisillo E, Susini G, Guazzi MD: *Hemofiltration as short-term treatment for refractory congestive heart failure.* Am J Med 83:43-48, 1987
- 41) Donato L, Biagini A, Contini C, L'Abbate A, Emdin M, Piacenti M, Palla R: *Treatment of end-stage congestive heart failure by extracorporeal ultrafiltration.* Am J Cardiol 59:379-380, 1987
- 42) Morgan SH, Mansell MA, Thompson FD: *Fluid removal by haemofiltration in diuretic resistant cardiac failure.* Br Heart J 54:218-219, 1985
- 43) Simpson IA, Rae AP, Simpson K, Gribben J, Jones JMB, Allison MEM, Hutton I: *Ultrafiltration in the management of refractory congestive heart failure.* Br Heart J 55:344-347, 1986
- 44) Magilligan DJ: *Indications of ultrafiltration in the cardiac surgical patient.* J Thorac Cardiovas Surg 89:183-189, 1985
- 45) Zobel G, Beitzke A, Stein JL, Trop M: *Continuous arteriovenous haemofiltration in children with postoperative cardiac failure.* Br Heart J 58:473-476, 1987
- 46) Giangarande A, Cantu P, Limido A, Allaria P, Pisoni IM: *Continuous venous-venous hemofiltration for the treatment of fluid overload in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients.* Blood Purif 3:187-191, 1985