

Paired-Hemodiafiltration (PHF)의 임상적 경험

계명대학교 의과대학 내과학교실, 신장연구소

김현철 · 황은아 · 한승엽 · 박성배

〈요 약〉

목적 : 혈액투석여과 (HDF)는 혈액투석 (HD)에 비해 중분자 물질의 제거가 우수한 장점이 있으나 값비싼 보충액을 다량 사용해야 하는 문제점이 있다. 최근 세균학적으로 초정제된 보충액을 비교적 값싸게 공급할 수 있는 On-line HDF가 개발되어 임상에 널리 사용되고 있으나 주입되는 보충액량이 증가할수록 무균상태를 유지하는데 보다 많은 주의가 요구된다. 최근 투과성이 다른 2개의 투석막을 사용하는 paired hemodiafiltration (PHF)는 on-line으로 공급되는 보충액의 안전성을 실시간으로 확인할 수 있는 새로운 HDF치료법으로 HD 치료와 비교하여 PHF치료의 효과와 안정성을 확인하고자 하였다.

방법 : HD 치료를 받고 있는 안정된 환자 5명을 대상으로 2개월간 HD을 시행 후 PHF로 전환하여 3개월간 치료하고 다시 HD로 전환하여 그 결과를 비교하는 전향적 연구를 시행하였다.

결과 : 5명의 투석환자에서 총 169회의 PHF 치료가 시행되었으며 PHF 치료 중 발열 반응은 한 예도 없었고, HD 및 PHF 치료 전후의 혈압, 맥박, 투석 중 저혈압의 빈도, 혈청 CRP치는 양군 사이에 유의한 차이가 없었다. HD 및 PHF시 요독 물질의 청소율은 BUN (140±30 vs 191±52 mL/min, p<0.05), 혈청 creatinine (111±17 vs 155±39 mL/min, p<0.05) β_2 -microglobulin (β_2 -M) (7.6±14 vs 96±26 mL/min, p<0.005) 모두 PHF 치료시 유의하게 높았다. BUN, 혈청 creatinine, β_2 -M의 제거율 또한 PHF 치료시 HD에 비해 유의하게 높았다. 혈청 β_2 -M의 농도는 HD 치료시에는 평균 29±2 mg/L였던 것이 PHF 치료 중 지속적으로 감소하여 PHF 치료 3개월 후 17±2 mg/L로 유의하게 감소하였다가 HD로 전환하면서 다시 증가하였다.

결론 : PHF는 초정제된 보충액을 대량으로 안전하게 공급할 뿐 아니라 중분자 물질의 제거율이 우수한 새로운 안전한 치료법으로 생각된다. 이러한 치료가 환자의 이환 및 사망에 미치는 영향에 대해서는 많은 환자를 대상으로 한 전향적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

서 론

확산에 의해 용질이 제거되는 혈액투석에 비해 대류와 확산에 의해 용질 제거가 일어나는 혈액투석여과치료 (Hemodiafiltration, HDF)는 중분자 물질은

물론 저분자 물질의 제거에도 효과적임이 알려져 있다¹⁻⁴⁾. 그동안 상품화된 값비싼 보충액의 대량 투여에 따른 의료비 증가로 인해 HDF 치료가 보편화되지 못하였으나 최근 혈액투석시 사용되는 정수 처리된 투석액을 세균학적으로 초정제하여 이를 on-line으로 혈액내로 직접 주입하는 소위 on-line HDF가 개발됨에 따라 HDF 치료의 보편화가 가능하게 되었다^{5,6)}. On-line HDF 치료의 안정성은 주로 공급되는 투석액의 수질과 사용하는 초여과 필터의 안정성에 달려있다. On-line HDF 치료에서 β_2 -microglobulin (β_2 -M)의 제거량은 주입되는 보충액량에 비례하므로⁷⁾ 최근

본 논문은 2005년 제25차 대한신장학회 춘계학술대회에서 구연 발표되었음.

접수: 2005년 8월 18일, 승인: 2005년 11월 1일

책임저자: 김현철 대구광역시 중구 동산동 194

계명대학교 동산의료원 신장내과

Tel: 053)250-7399, Fax: 053)254 8168

E-mail: k780121@dsmc.or.kr

Table 1. Patient Characteristics

Patient	Sex	Age (yrs)	Etiology	HD duration (months)	No. of PHF
KYH	M	50	CGN	31	34
JYH	M	43	CGN	105	34
YDH	M	36	CGN	60	31
KJS	M	45	CGN	91	36
KCS	F	38	CGN	62	34
		42.4 ± 5.6		69.8 ± 28.4	33.8 ± 1.8

에는 대류에 의한 용질의 제거율을 극대화하기 위해 주입되는 보충액의 양이 점점 더 증가하는 추세에 있다. 따라서 대량의 보충액을 환자의 혈액내로 바로 주입시 그 안전성을 실시간으로 확보할 필요가 있다.

새로운 방식의 Paired hemodiafiltration (PHF)는 투과성이 다른 2개의 투석 여과막을 이용하여 초정제된 보충액을 첫 번째 여과막으로 먼저 역여과시킴으로써 보충액의 안전성을 더욱 확보한 후 두 번째 여과막에서 대류와 확산이 일어나게 하는 투석여과법이 다^{8,9)}. 이에 저자들은 PHF 치료시 공급되는 보충액의 안전성을 확인하고 PHF 치료의 효율성을 HD와 비교하는 전향적 교차 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

대상 환자는 평균 70개월의 혈액투석 (HD) 치료를 받은 안정된 만성신부전 환자 5명을 대상으로 하였으며 이들의 임상적 특징은 Table 1과 같다. 이들의 평균 연령은 42.4 ± 6세 (최저 36세, 최고령 50세)이었으며 5명 모두 원인 신질환이 만성사구체 신염이었다. HD 또는 PHF 치료를 받는 모든 환자는 1회 4시간의 치료를 주 3회 시행하였다. 연구 계획은 전 에 모두 통상의 HD를 2개월간 치료한 후 치료를 PHF로 바꾸어 3개월간 치료를 시행한 후 다시 HD로 전환하여 2개월간 치료하였다 (Fig. 1).

2. 수 기

HD는 저유량 투석막인 NC 1285 (1.15 m², Bellco사, 이탈리아) 및 Formular 투석기 (Bellco사, 이탈리아)를 사용하였다. HD 치료시 혈류는 분당 250 mL, 투석액 유량은 분당 500 mL로 하였다. 반면, PHF 치료는 Formular 2000 투석기 (Bellco사, 이탈리아)

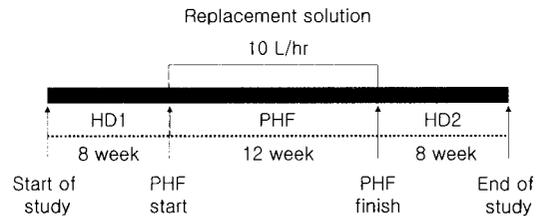


Fig. 1. Study design.

를 사용하였고 투석막으로는 PHF 0719 (0.7 m², 1.9 m², Bellco사, 이탈리아)를 사용하였다. 혈류량은 분당 350 mL, 투석액 유량은 분당 500 mL로 하였다.

3. 초정제된 보충액의 생산과 주입

역삼투로 정수된 투석액을 기본으로 투석기 내로 들어가는 회로에 Multipure 필터 (Bellco, 이탈리아)와 내독소 제거를 위한 ForCleanPlus 필터 (Bellco, 이탈리아)를 사용하여 초정제된 투석액을 생산하였다. 초정제된 투석액을 분당 167 mL (시간당 10 L)는 보충액의 전회석법으로 첫 번째 투석막에서 역여과를 통해 환자의 혈액내로 주입하고, 분당 500 mL의 투석액은 두 번째 투석막의 투석액으로 공급하였다. 보충액의 역여과에 관여하는 첫 번째 투석막의 안전성을 확인하기 위해 매 투석시마다 투석 시작 직후 및 2시간째 보충액 주입펌프를 역회전시켜서 혈액의 누출 여부를 관찰함으로써 여과막의 안전성 검사 (fiber integrity test)를 실시간으로 시행하였다 (Fig. 2).

세균 배양의 좋은 배지가 되는 중탄산용액 대신에 가루로 된 중탄산염 카트리지 (Bicart[®], Gambro, 스웨덴)를 사용하였고, 역삼투되어 들어오는 곳 2곳과 투석액이 필터를 통과하기 전 후 등 4곳을 채취하여 4주마다 세균배양검사를 정기적으로 실시하였다. 채취한 물은 trypton glucose agar에 20°C에서 7일간 배양한 후에 결과를 판정하며, 균 집락수가 10 c.f.u/L

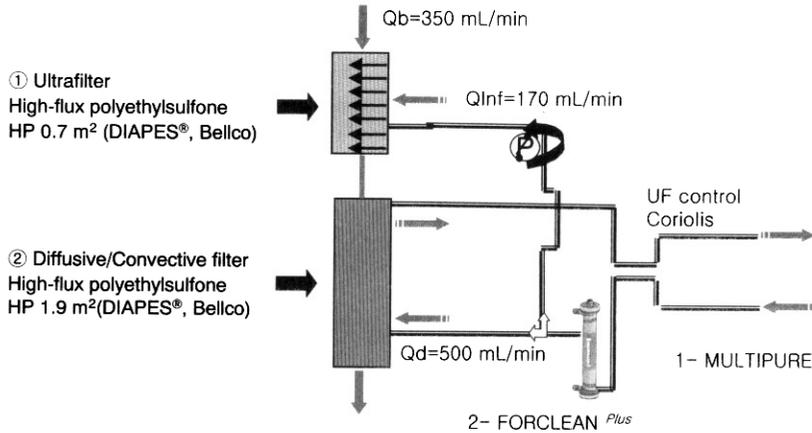


Fig. 2. Paired HemoDiaFiltration on-line.

이하일 때 음성으로 판정하였다.

4. 생화학 검사

매달 투석치료 전 전해질 및 혈액의 생화학 검사는 SMA IIc 자동 분석기로 측정하였고, β_2 -M의 측정 은 미세분말 효소면역분석법을 이용한 1Mx- β_2 -M kit (Abott, 미국)을 사용하여 측정하였다. HD 및 PHF 치료 후 혈청 β_2 -M의 농도는 Bergström과 Wehle 등¹⁰⁾이 제시한 치료 중 체액량 변동을 보정하여 산출하였다.

5. 각종 용질의 제거율 및 청소율의 측정

각종 용질의 제거율 및 청소율은 다음 공식으로 계산하였으며, Kt/V는 대한신장학회 프로그램을 이용하여 산출하였다.

$$\text{감소율 (\%)} = 100 \times \frac{\text{치료 전 수치} - \text{치료 후 수치}}{\text{치료 전 수치}}$$

$$\text{청소율 (mL/min)} = \frac{(CBi \times QBi) - (CBo \times QBo)}{CBi}$$

CBi : 동맥회로내 농도

CBo : 정맥회로내 농도

QBi : 동맥회로의 혈류

QBo : 정맥회로의 혈류 = 동맥회로의 혈류 한외 여과량

6. 심맥관계 지표 및 이병

매 HD, PHF 치료시마다 혈압 변동, 체중 변동, 치료 중 저혈압의 유무와 기타 부작용 등을 기록하였다. 저혈압의 정의는 치료 중 수축기 혈압이 20 mmHg 이상 저하되거나, 증상적 저혈압으로 치료 중 생리식

Table 2. Biochemistry Data during Study Period

	Reduction rate		
	HD (1)	PHF	HD (2)
BUN	66.2 ± 4.5 [†]	74.0 ± 5.4	63.3 ± 3.3 [†]
Creatinine	59.6 ± 5.9 [*]	67.7 ± 4.7	56.2 ± 2.9 [†]
Phosphate	44.2 ± 9.9	54.0 ± 12.5	41 ± 20.5
Uric acid	77.4 ± 5.2 [*]	81.2 ± 4.2	71.2 ± 3.6 [†]
β_2 -M [†]	-3.3 ± 8.0 [†]	58.5 ± 5.5	-0.3 ± 5.5 [†]

*p<0.05 vs. PHF, [†]p<0.005 vs. PHF, [†]Post HD and PHF parameters were corrected by Bergström and Wehle method

염수를 보충해야 하는 경우로 하였다.

7. 통계 및 분석

모든 자료는 SPSS (Window release 12.0)을 이용하여 수행하였다. 연구 결과의 측정치는 평균±표준편차로 표시하였고 치료군간의 유의성 검정은 paired T 또는 chi-square 검정을 하였으며 p<0.05 이하시 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

1. HD와 PHF간의 요독 물질의 감소율 비교

HD와 PHF 치료간의 요독 물질의 감소율은 Table 2와 같다. HD시 (이하 PHF 시행 전 검사의 평균치를 HD1, 시행 후 검사의 평균치를 HD2라 함) BUN의 감소율은 각각 HD1 66.2±4.5%, HD2 63.3±3.3%

Table 3. Clearance and Adequacy during Study Period

	HD (1)	PHF	HD (2)
Clearance (mL/min)			
Urea	139.9±30.7*	191.2±52.7	139.3±43.3*
Creatinine	111.2±17.4*	155.3±39.0	115.3±37.0*
Phosphate	72.1±31.5†	167.0±46.8	74.8±52.1†
Uric acid	116.2±17.8*	168.0±4.9	121.6±37.4*
β_2 -M	7.6±13.8†	96.2±25.6	7.3±18.4†
Kt/V	1.2±0.1†	1.5±0.1	1.2±0.1†
CRP	0.12±0.13	0.56±1.1	0.7±0.8

* $p < 0.05$ vs. PHF, † $p < 0.005$ vs. PHF

였으며 PHF에서 $74 \pm 5.4\%$ 로 PHF에서 BUN 감소율이 유의하게 높았다 ($p < 0.005$). 혈청 creatinine 감소율은 HD1 $59.6 \pm 5.9\%$, HD2 $56.2 \pm 2.9\%$, PHF $67.7 \pm 4.7\%$ 로 PHF에서 유의하게 높았으며 ($p < 0.05$) 인산 감소율은 HD1 $44.2 \pm 9.9\%$, HD2 $41 \pm 20.5\%$ 에 비해 PHF시 $54 \pm 12.5\%$ 로 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 요산 감소율은 HD1 $77.4 \pm 5.2\%$, HD2 $71.2 \pm 3.6\%$ 였고 PHF시 $81.2 \pm 4.2\%$ 로 PHF 치료시 유의하게 높았으며 ($p < 0.05$) 중분자 물질인 β_2 -M의 감소율의 경우는 HD1 $-3.3 \pm 8\%$, HD2 $0.3 \pm 5.5\%$ 로 매우 낮음에 비해 PHF 시는 $58.5 \pm 5.5\%$ 로 월등히 높았다 ($p < 0.005$).

2. HD와 PHF간의 요독물질의 청소율 비교

HD와 PHF 치료간의 요독 물질의 청소율은 Table 3과 같다. BUN 청소율이 각각 HD1 139.9 ± 30.7 , HD2 139.3 ± 43.3 mL/min에 비해 PHF시 191.2 ± 52.7 mL/min로 유의하게 높았으며 ($p < 0.05$), 혈청 creatinine 청소율 또한 HD1 111.2 ± 17.4 , HD2 115.3 ± 37 인 반면에 PHF시 155.3 ± 39 mL/min으로 유의하게 높았다 ($p < 0.05$). 인산 청소율 (72.1 ± 31.5 , 74.8 ± 52.1 , vs. 167 ± 46.8 mL/min, $p < 0.005$), 요산 청소율 (116.2 ± 17.8 , 121.6 ± 37.4 , vs. 168 ± 4.9 , $p < 0.05$) 모두 HD에 비해 PHF 치료에서 유의하게 증가하였다. β_2 -M의 청소율 또한 HD1 7.6 ± 13.8 , HD2 7.3 ± 18.4 로 매우 낮은 반면에 PHF 시행시 96.2 ± 25.6 mL/min으로 월등히 높았다 ($p < 0.005$).

3. HD와 PHF간의 염증 지표 및 투석적절도 비교

평균 혈청 CRP 치는 각각 HD1 0.12 ± 0.1 , HD2

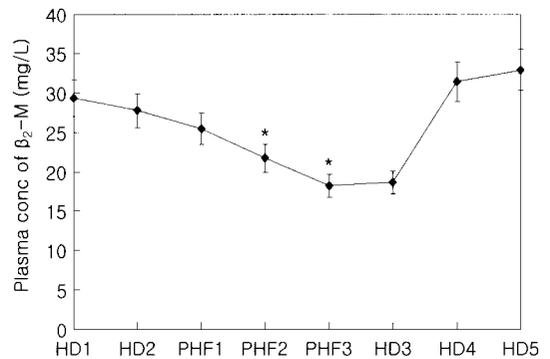


Fig. 3. Changes of 2-microglobulin level. * $p < 0.05$, vs HD1.

0.7 ± 0.8 , PHF 0.56 ± 1.1 mg/dL로 PHF 시행 후 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 투석적절도의 지표인 Kt/V는 HD시는 1.2 ± 0.1 였던 것이 PHF 시행시 1.5 ± 0.1 로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.005$) (Table 3).

4. HD와 PHF간의 혈중 β_2 -M의 농도 변동

HD 치료에서 PHF 치료로 전환시 혈청 β_2 -M의 농도 변동을 도시한 것이 Fig. 3과 같다. β_2 -M의 혈청 농도는 HD 치료시 29.3 ± 2 mg/L였던 것이 PHF 치료 시작과 함께 감소하기 시작하여 PHF 치료 3개월째 18.2 ± 3 mg/L로 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$) HD로 전환한 후 다시 증가하기 시작하여 그전 HD 치료시와 비슷하게 증가하였다.

5. HD과 PHF 치료시 부작용

HD 및 PHF 치료 중 부작용의 발생빈도는 Table 4와 같다. HD 총 치료횟수 186회 가운데 4회 (2.2%)

Table 4. Clinical Symptoms during Study Period

	HD (n=186)	PHF (n=178)	p
No. of IDH	4 (2.2%)	5 (2.8%)	NS
Palpitation	0	0	
Headache	1 (0.5%)	1 (0.6%)	NS
Muscle cramp	10 (5.4%)	1 (0.6%)	0.019
Nausea/vomiting	0	0	
Fatigue	1 (0.5%)	2 (1.4%)	NS

에서 투석 중 저혈압이 발생하였으며 PHF 총 치료횟수 169회 가운데 5회 (2.9%)에서 저혈압이 발생하여 양 군간에 투석 중 저혈압의 발생빈도에는 유의한 차이가 없었다. 근육경련은 HD 치료 중 10회에서 발생하였으나 PHF 치료 중에는 단 1회에서만 관찰되어 PHF 치료시 근육경련의 빈도가 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$). 연구 기간 동안 시행한 투석액 및 보충액의 세균배양검사는 모두 음성이었으며 총 169회의 PHF 치료 중 발열 반응이나 균혈증은 한 예도 관찰되지 않았다.

고 찰

HDF의 효율성은 투석막의 표면적, 혈류량, 한외여과량, 투석액의 유속 등에 영향을 받는다. 요소와 같은 저분자 물질은 주로 확산에 의해 제거되므로 혈류량이 증가할수록 청소율이 증가하지만, β_2 -M과 같은 중분자 물질은 주로 대류 (convection)에 의해 제거되므로 한외여과량에 따라 청소율이 결정된다¹¹). 따라서 대류에 의한 중분자 요독 물질의 제거를 증가시키기 위해서는 한외여과량의 증가가 필수적이므로 최근 다량의 보충액을 혈액내로 주입하는 HDF 치료가 활성화되고 있다.

최근 고효율 투석막의 개발로 중분자 물질의 제거가 종래에 비해 더욱 증가되었으나 투석치료 중 투석액의 역여과 현상으로 인해 투석액내의 세균의 내독소가 환자의 혈액내로 유입될 경우 이것이 사이토카인 활성화를 유도하고 이로 인해 만성 염증을 일으키며 오염된 투석액으로 장기간 혈액투석 치료를 받는 환자에서는 β_2 -M 아밀로이드증, 악액질, 심유화 및 심혈관계 합병증이 초래됨은 잘 알려져 있다¹²⁻¹⁵). 환자의 혈액에 보충액이 바로 공급되는 On-line HDF 치료의 안전성은 이미 여러 임상시험을 통해 증명된

바 있는데^{16, 17}) 치료 중 실시간으로 안전성을 감시하는 것이 불가능하므로 아직도 on-line 치료의 안전성에 대한 의문이 남아있는 것은 사실이다¹⁸).

본 연구에서 시행된 PHF 치료는 2개의 서로 다른 투석막을 사용하는 새로운 방식의 HDF 치료로서 2번의 초여과막을 거쳐 생산된 초정제된 보충액을 첫 번째 투석막으로 역여과시켜서 환자의 혈액내에 공급함으로써 보충액의 안전성을 다시 한번 확고히 할 수 있을 뿐 아니라 치료 중에도 여과막 안전검사를 시행할 수 있어 보충액의 안전성을 실시간으로 감시할 수 있는 치료법이다. Pizzarelli 등¹⁹)은 PHF에서 on-line으로 공급되는 보충액은 상업적으로 공급되는 멸균된 용액과 비교하여 사이토카인 유도능이 비슷하거나 오히려 더 낮음을 관찰하고 그 안전성을 보고한 바 있다. 또한 6명의 환자를 대상으로 새로운 혈액투석여과법인 PHF 치료를 시행한 예비 보고서에서 β_2 -M의 제거율이 평균 80%로 일반적인 HDF와 비슷하였고, 사이토카인의 유도능이 매우 낮은 뿐 아니라 간편하게 투석막의 결손을 실시간 감시할 수 있는 안전한 치료법이라 하였다⁸). PHF와 고효율 혈액투석을 비교한 전향적 연구에서도 BUN, creatinine, 인산의 제거율은 두 치료간에 서로 비슷하였으나 β_2 -M의 제거율은 PHF 치료가 유의하게 높았으며, 각각의 치료 전후 혈청 CRP, IL-6, TNF- α 의 수치에는 유의한 차이가 없음을 보고하였다. 그리고 총 1,611회의 PHF 치료 중 발열반응이 한 예에서도 관찰되지 않아 PHF 치료가 매우 안전할 뿐 아니라 중분자 물질의 제거에는 우수한 치료법이라 하였다⁹).

저자들의 경우도 연구기간 동안 시행한 보충액의 세균배양검사가 모두 음성으로 초정제된 무균의 보충액이 공급됨을 확인할 수 있었고 실시간 여과막 안전검사를 통해 안전성이 확보된 투석막임을 확인할 수 있었다. 총 169회 PHF 치료 중 발열 반응은 단 한 차례도 관찰되지 않았으며 투석치료 중 저혈압의 발생빈도도 2.9%로 낮았다. 염증의 지표로 측정된 혈중 CRP 치는 PHF 치료시 HD에 비해 약간 높게 나타났으나 5예 중 동정맥루 감염에 의해 CRP치가 올라간 1예를 제외한 경우 PHF 치료 중 CRP 치가 0.08로 HD1의 0.12 보다 더 낮았다. 이에 대해서는 앞으로 더 많은 환자를 대상으로 한 연구가 있어야 될 것으로 생각한다.

PHF 치료의 효율성에 있어서는 요독 물질의 제거

율은 HD와 비교하여 BUN, 혈청 creatinine 및 요산과 같은 저분자 물질의 제거율은 PHF 치료시 유의하게 증가하였으며, 인산의 제거율은 두 치료에서 비슷하였다. 그러나 중분자 물질인 β_2 -M의 제거율은 PHF 치료에서 월등히 우수하였다. 이는 이전에 보고된 HD 치료와 일반적인 on-line HDF를 비교한 김²⁰⁾의 연구 및 고효율 투석치료와 on-line HDF를 비교한 김 등²¹⁾의 연구와 비슷한 결과이다. 저자들의 경우 혈중 β_2 -M의 농도는 HD시 평균 29 mg/L였던 것이 PHF 치료 시작과 함께 감소되기 시작하여 PHF 치료 3개월째 17 mg/L 정도로 계속 낮게 유지되다가 HD 치료로 전환 후 다시 증가하는 양상을 보여 PHF 치료를 하는 중에는 β_2 -M의 혈중 농도를 낮게 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

결론적으로 새로운 HDF 치료법의 하나인 PHF 치료는 초정제된 무균의 보충액을 더욱 안전하게 공급할 수 있을 뿐 아니라 종래의 on-line HDF와 마찬가지로 혈액동학적으로 안정적이고 중분자 물질의 제거 또한 우수한 치료법으로 생각된다. 세균학적으로 더욱 안전한 PHF 치료가 장기투석환자에서 발생하는 심혈관계 합병증, β_2 -M 아밀로이드증 등을 비롯한 여러 가지 합병증 및 이들 환자의 예후에 미치는 영향에 대해서는 앞으로 많은 환자를 대상으로 한 장기적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

= **Abstract** =

Paired Hemodiafiltration : Single Center Experience

Hyun Chul Kim, M.D., Eun Ah Hwang, M.D.
Seung Yeup Han, M.D.
and Sung Bae Park, M.D.

*Department of Internal Medicine, School of
Medicine, Keimyung University,
Dongsan Kidney Institute, Daegu, Korea*

Background : On-line hemodiafiltration (HDF) is a technique that relies on the re-injection of pyrogen-free substitution fluid obtained by cold filtration of dialysate. Therefore, safety of this therapy depends on the quality of dialysate and, mainly, on the integrity of the ultrafilters employed. Paired hemodiafiltration (PHF) is a new technique where re-infusion takes place inside the dialyzer by means of dialysate backfiltration.

Methods : To assess safety and feasibility, we

carried out prospective cross-over trial comparing PHF with hemodialysis (HD) in five stable IID patients

Results : All PHF sessions were well tolerated. No pyrogenic reactions were observed during the study period. No significant difference was found in the incidence of intradialytic hypotension. PHF led to significantly higher small and middle molecule clearance than HD. The reduction rates of urea, creatinine and β_2 -M were significantly higher in PHF than in HD, while no difference was found for phosphate. The serum β_2 -M levels fell progressively from the IID value of 29 mg/L to 17 mg/L at the end of 3 months's PHF treatment.

Conclusion : In conclusion, PHF is a feasible and safe convective therapy to increase β_2 -M removal compared with HD. Long-term, prospective multicenter clinical studies are mandatory to assess the clinical outcome of this new on-line technique of HDF. (*Korean J Nephrol* 2006;25(1):45-51)

Key Words : Paired hemodiafiltration, Hemodialysis, Safety, Efficacy, On-line

참 고 문 헌

- 1) Henderson LW, Colton CK, Ford CA : Kinetics of hemodiafiltration. II Clinical characterization of a new blood cleansing modality. *J Lab Clin Med* 85:372-391, 1975
- 2) Wizemann V, Kramer W, Knopp G, Rawer P, Mueller K, Schütterle G : Ultrashort hemodiafiltration: efficiency and hemodynamic tolerance. *Clin Nephrol* 19:24-30, 1983
- 3) Bardin T, Zingraff J, Kuntz D, Drüeke T. Dialysis related amyloidosis. *Nephrol Dial Transplant* 1:151-154, 1986
- 4) Floege J, Granolleras C, Deschodt G, Heck M, Baudin G, Branger B, Tournier O, Reinhard B, Eisenbach GM, Smeby LC : High-flux synthetic versus cellulosic membranes for beta 2-microglobulin removal during hemodialysis, hemodiafiltration and hemofiltration. *Nephrol Dial Transplant* 4:653-657, 1989
- 5) Ramperez P, Beau MC, Deschodt G, Flavier JL, Nilsson L, Mion C, Shaldon S : Economic preparation of sterile pyrogen free infusate for haemodiafiltration. *Proc Eur Dial Transplant Assoc* 18:293-296, 1981
- 6) Canaud B, Flavier JL, Argiles A, Stec F, NGuyen OV, Bouloux C, Garred LJ, Mion C : Hemodiafiltration with on-line production of sub-

- stitution fluid: Long-term safety and quantitative assessment of efficacy. *Contrib Nephrol* **108**:12-22, 1994
- 7) Shinzato T, Kobayakawa H, Maeda K: Comparison of various treatment modes in terms of β_2 -microglobulin removal: Hemodialysis, hemofiltration, and push/pull HDF. *Artif Organs* **13**:66-70, 1989
- 8) Pizzarelli F, Tetta C, Cerrai T, Maggiore Q: Double-chamber on-line hemodiafiltration: a novel technique with intra-treatment monitoring of dialysate ultrafilter integrity. *Blood Purif* **18**:237-241, 2000
- 9) Pizzarelli F, Cerrai T, Tetta C: Paired hemodiafiltration: technical assessment and preliminary clinical results. *Contrib Nephrol* **138**:99-105, 2003
- 10) Bergström J, Wehle B: No change in corrected β_2 -microglobulin concentration after cuprophane hemodialysis. *Lancet* **1**:628-629, 1987
- 11) Cannaud B, Leray-Moragues H, Bosc JY, Leblanc M: Ultrafiltration and convective-based dialysis modalities: New trends and applications for renal replacement therapy in ESRD patients. *Nephrol Dial Transplant* **14**(Suppl 3):98-105, 1999
- 12) Schindler R, Lonnemann G, Schäffer J, Shaldon S, Koch KM, Krautzig S: The effect of ultrafiltered dialysate on the cellular content of interleukin-1 receptor antagonist in patients on chronic hemodialysis. *Nephron* **68**:229-233, 1994
- 13) Drüeke TB: β_2 -microglobulin and amyloidosis. *Nephrol Dial Transplant* **15**(Suppl 1):17-24, 2000
- 14) Guth IJ, Gruska S, Kraatz G: On-line production of ultrapure substitution fluid reduces TNF-alpha and IL-6 release in patients on hemodiafiltration therapy. *Int J Artif Organs* **28**:181-187, 2000
- 15) Lonnemann G: Should ultra-pure dialysate be mandatory? *Nephrol Dial Transplant* **15**(Suppl 1):55-59, 2000
- 16) Cannaud B, Bosc JY, Leray-Moragues H, Stec F, Argiles A, Leblanc M, Mion C: On-line haemodiafiltration. Safety and efficacy in long-term clinical practice. *Nephrol Dial Transplant* **15**(Suppl 1):60-67, 2000
- 17) Cannaud B, Bosc JY, Leray-Moragues H, Morena M, Stec F: Microbiologic purity of dialysate: rationale and technical aspects. *Blood Purif* **18**:200-213, 2000
- 18) Tetta C, Ghezzi PM, De Nitti C, Fiorenzi A, Cianciavichia D, Gervasio R: New options for on-line hemodiafiltration. *Contrib Nephrol* **137**:212-220, 2002
- 19) Pizzarelli F, Cerrai T, Dattolo P, Tetta C, Maggiore Q: Convective treatments with on-line production of replacement fluid: A clinical experience lasting 6 years. *Nephrol Dial Transplant* **13**:363-369, 1998
- 20) 김현철: On-line hemodiafiltration의 차등-특히 β_2 -microglobulin 제거율에 관하여-. *대한신장학회지* **17**:250-257, 1998
- 21) 김현진, 김동기, 김형종, 류동열, 강신욱, 최규현, 이호영, 한대석, 강이화, 신석균, 정은진, 박양숙: 혈관염증 지표들에 대한 온-라인 혈액여과투석법과 고유량 혈액투석법의 효과. *대한신장학회지* **24**:255-264, 2005