

혈액투석 시 투석액 속도가 투석적절도와 피로에 미치는 효과

차선미¹ · 민혜숙²

¹베데스다병원 인공신장실, ²동아대학교 간호학과

The Effect of Dialysate Flow Rate on Dialysis Adequacy and Fatigue in Hemodialysis Patients

Cha, Sun Mi¹ · Min, Hye Sook²

¹Artificial Kidney Unit, Bethesda Hospital, Yangsan

²Department of Nursing, Dong-A University, Busan, Korea

Purpose: In this single repeated measures study, an examination was done on the effects of dialysate flow rate on dialysis adequacy and fatigue in patients receiving hemodialysis. **Methods:** This study was a prospective single center study in which repeated measures analysis of variance were used to compare Kt/V urea (Kt/V) and urea reduction ratio (URR) as dialysis adequacy measures and level of fatigue at different dialysate flow rates: twice as fast as the participant's own blood flow, 500 mL/min, and 700 mL/min. Thirty-seven hemodialysis patients received all three dialysate flow rates using counterbalancing. **Results:** The Kt/V (M±SD) was 1.40±0.25 at twice the blood flow rate, 1.41±0.23 at 500 mL/min, and 1.46±0.24 at 700 mL/min. The URR (M±SD) was 68.20±5.90 at twice the blood flow rate, 68.67±5.22 at 500 mL/min, and 70.11±5.13 at 700 mL/min. When dialysate flow rate was increased from twice the blood flow rate to 700 mL/min and from 500 mL/min to 700 mL/min, Kt/V and URR showed relative gains. There was no difference in fatigue according to dialysate flow rate. **Conclusion:** Increasing the dialysate flow rate to 700 mL/min is associated with a significant increase in dialysis adequacy. Hemodialysis with a dialysate flow rate of 700 mL/min should be considered in selected patients not achieving adequacy despite extended treatment times and optimized blood flow rate.

Key words: Renal Dialysis; Hemodialysis Solutions; Treatment Outcome; Urea; Fatigue

서론

1. 연구의 필요성

말기 신부전은 정상적인 신장기능이 15.0% 이하로 남아있는 상태를 말하는 것으로, 투석이나 신장이식과 같이 신장 기능을 대신할 수 있는 신대체요법이 필요한 상태이다[1]. 2014년 대한신장학회에서는 투석을 받고 있는 말기 신부전 환자가 총 80,674명으로, 이들 중 81%의 환자들이 혈액투석을 받고 있고, 이들의 10년 이상 생존

율이 2004년 11.0%에서 2014년에는 21.0%로 증가하여 말기 신부전 환자가 혈액투석으로 삶을 유지하는 기간이 점차 늘어나고 있는 추세를 알 수 있다[2].

혈액투석 환자의 치료 목표는 환자의 최적의 신체적, 정신적 기능을 유지하는 것으로[3], 요독 증상을 완화시키고 중요 장기의 기능 부전을 최소화함으로써 생존율을 향상시키고 삶의 질을 개선시키는 것이다[4]. 혈액투석 환자들은 보통 일주일에 2~3회씩, 1회에 3~4시간에 걸쳐 투석을 시행하게 되는데, 투석이 환자의 생존과 직결되기 때문에 효과적인 투석방법에 대한 중요성이 더욱 커질 수 밖에 없다.

주요어: 신장투석, 혈액투석액, 치료결과, 요소, 피로

* 이 논문은 제 1저자 차선미의 석사학위논문 요약본임.

* This manuscript is a condensed form of the first author's master's thesis from Dong-A University.

Address reprint requests to : Min, Hye Sook

Department of Nursing, Dong-A University, 32 Daesin Gongwon-ro, Seo-gu, Busan 49201, Korea

Tel: +82-51-240-2872 Fax: +82-51-240-2872 E-mail: hsmindau.ac.kr

Received: January 22, 2016 Revised: May 4, 2016 Accepted: May 17, 2016

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NoDerivs License. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>) If the original work is properly cited and retained without any modification or reproduction, it can be used and re-distributed in any format and medium.

혈액투석 치료가 효과적으로 잘 진행되고 있는지를 의미하는 투석적절도는[4] 투석 환자의 입원기간, 입원비용, 사망률, 삶의 질과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다[5]. 혈액투석을 통한 노폐물의 제거가 효율적이지 못할 경우 구역질이나 구토, 식욕저하, 전신쇠약, 정신혼미 등과 같은 요독 증상이 발생하고, 이외에도 고칼륨혈증, 체액과다, 대사성 산증과 같은 응급상황들이 발생할 수 있다[4]. 선행 연구에서 혈액투석 치료를 받는 70.0% 이상 환자에서 비교적 높은 피로를 경험하는 것으로 보고되고 있는데[6,7], 투석 환자의 피로는 요독 증상과 체액과다로 인한 수분을 제거하는 과정에서 발생하는 것으로[6,8], 혈중 크레아티닌 농도가 높을수록, 투석 간 체중증가가 클수록 피로가 높은 것으로 보고되었다[9]. 피로는 일상생활이나 사회생활을 정상적으로 해나가는데 어려움을 동반하게 하는 것으로[7], 대부분의 선행 연구에서 혈액투석 환자들의 피로는 투석 직후가 가장 높은 것으로 보고되었으나[6,7], 투석으로 인한 직후 피로 보다는 투석액 속도의 변화로 인해 나타나는 투석 간 효과로서 피로도에 차이가 있는지를 확인할 필요가 있다고 판단된다.

혈액투석을 통해 환자의 노폐물이 효과적으로 제거되었는지를 확인하는 투석적절도 평가 과정은 매우 중요하다고 하겠다. 이를 위해 미국의 National Kidney Foundation Kidney Disease Outcomes Quality Initiative Clinical(NKF-K/DOQI) 지침[1]에서는 투석의 적절성 평가를 주기적으로 실시하도록 진료지침으로 정하고 있으며, 국내의 병원평가를 담당하는 건강보험 심사평가원에서도 혈액투석의 적정성 평가영역에 투석적절성 평가 항목을 추가하였다[10]. 현재 임상에서 혈액투석 환자의 투석적절도를 평가하는 방법으로는 단백질 섭취량과 체내의 요소 제거율을 반영하는 Kt/V urea (이하 Kt/V)와 단순히 체내의 요소제거율만을 반영하는 요소감소율(Urea Reduction Rate [URR])이 대표적인 방법이다. 주 3회 주기적으로 혈액투석을 받는 환자의 경우 NKF-K/DOQI 지침[1]에서는 Kt/V를 최소 1.2 이상으로, URR을 65.0% 이상으로 유지할 것을 권장하고 있고, 우리나라 건강보험 심사평가원[10]에서도 혈액투석 적정성 평가에서 이 기준을 따르도록 제시하고 있다. 최근 미국과 유럽에서는 투석적절도를 Kt/V는 1.4 이상 또는 URR은 70.0% 이상을 유지하도록 제안하여 투석을 통한 이상적인 노폐물의 제거율을 좀 더 상향 조정하고 있는 실정이다[11].

혈액투석 환자의 투석적절도에 영향을 미치는 요인으로 투석시간과 투석막의 표면적 넓이[12], 투석 시 혈류속도[13], 동정맥루 천자시 바늘 구경[14], 그리고 투석액의 유입속도[14,15] 등이 있다. 이들 요인 중 투석액의 유입속도와 관련하여 Hauk 등[15]의 연구에서는 혈액투석 시 투석액의 유입속도를 300 mL/min, 500 mL/min, 800 mL/min로 하여 투석적절도를 비교하였는데, 유입속도를 증가시켰을 때 Kt/V가 의미 있게 증가하였고 NKF-K/DOQI 권장 기준

[1]인 Kt/V가 1.2 이상에 도달하지 못한 비율도 의미 있게 감소하였음을 보고하였다. 또한 Alayoud 등[16]의 연구에서는 투석액의 속도를 동정맥루에서 투석기계로 나오는 혈류속도에 따라 자동으로 설정되는 자동투석액속도(Auto flow, 평균 404 mL/min)와 비교하였을 때 투석액의 속도가 500 mL/min인 경우에는 유의한 차이가 없었지만 700 mL/min으로 증가시킨 경우 Kt/V가 의미 있게 증가하였음을 보고한 바 있다.

혈액투석 환자의 투석적절도를 유지하기 위한 투석액의 속도는 환자의 동정맥루에서 투석기계로 나오는 혈류속도를 기준으로 하여 혈류속도의 2배가 투석효율을 높일 수 있는 가장 이상적인 속도라는 연구 결과도 있으나[17], 현재 우리나라에서는 환자의 혈류속도를 고려하였다고 보다는 대부분의 경우 NKF-K/DOQI 지침[1]에서 제시한 투석액의 속도 500 mL/min로 고정하여 적용하고 있는 상황이다[18]. 국내에서는 혈액투석 환자의 투석적절도를 향상시키기 위해 투석시간을 늘리거나, 표면적이 넓은 투석막을 사용하고[12], 혈류속도를 높이거나[13], 동맥루 천자시 바늘의 구경을 넓게 하는 중재법을[14] 시도하였지만 투석액의 속도를 조절함으로써 투석적절도를 높이기 위한 관련연구는 찾아보기 힘들다. 그러나 외국에서는 투석액 속도에 따른 투석적절도의 효과를 검증한 몇 편의 연구가 이루어졌는데, 이들 연구에서는 약간의 이견이 있는 상태이다. Ward 등[19]의 연구에서는 투석액의 속도를 600 mL/min과 800 mL/min로 증가시켰음에도 불구하고 Kt/V에 차이가 없음을 보고하여 Hauk 등[15]과 Alayoud 등[16]의 연구와는 상반된 결과를 보고하고 있다. 또한 Azar [20]는 투석기의 표면적 크기가 큰 경우에 한하여 투석액 속도를 500 mL/min에서 800 mL/min으로 증가시켰을 때 투석적절도가 긍정적으로 변화하였음을 보고하여 투석액의 속도를 무조건 높인다고 하여 투석적절도가 항상 향상되는 것은 아닌 것으로 판단된다. 이와 같이 혈액투석 시 투석액의 속도 증가에 따른 투석적절도의 효과에 대한 상이한 결과보고는 반복 연구의 필요성을 제기한다고 하겠다.

그러므로 본 연구는 혈액투석시의 투석액 속도에 대한 문헌과 연구 결과를 근거로 하여, 혈액투석 시 투석액의 속도를 동정맥루에서 빠져 나오는 환자의 혈류속도의 2배[17], 500 mL/min [18], 그리고 700 mL/min [16]로 하여 각각 혈액투석을 시행하였을 때, 혈액투석 환자의 투석적절도(Kt/V, URR)와 피로에 차이가 있는지를 확인하기 위해 시도되었다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 혈액투석 환자에게 투석액의 속도를 동정맥루에서 빠져나오는 혈류속도의 2배, 500 mL/min, 그리고 700 mL/

min로 하여 각각 투석을 실시하였을 때 투석적절도(Kt/V, URR)와 피로에 차이가 있는지를 규명하는 것이다. 구체적인 연구가설은 다음과 같다.

가설 1. 혈액투석 시 투석액의 속도(혈류속도의 2배, 500 mL/min, 700 mL/min)에 따라 투석 적절도에 차이가 있을 것이다.

부가설 1-1. 혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 Kt/V에 차이가 있을 것이다.

부가설 1-2. 혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 URR에 차이가 있을 것이다.

가설 2. 혈액투석 시 투석액의 속도(혈류속도의 2배, 500 mL/min, 700 mL/min)에 따라 피로에 차이가 있을 것이다.

연구 방법

1. 연구의 설계

본 연구는 혈액투석 환자를 대상으로 혈액투석 시 투석액의 속도가 투석적절도와 피로에 미치는 효과를 비교하기 위해 동일 대상자를 세 가지 투석액 속도(투석액 속도 A: 혈류속도의 2배/min, 투석액 속도 B: 500 mL/min, 투석액 속도 C: 700 mL/min)를 조합하여 만든 6개의 조에 무작위로 노출시키는 무작위블록설계(randomized block design) 연구이다. 본 연구에서는 동일한 대상자가 3가지의 실험처치(투석액 속도 A, B, C)에 중복 적용되기 때문에 실험처치의 순서에 의한 이월효과를 줄이기 위해 계통적 순번교체법(counter balancing)을 이용하여 실험처치 순서에 따라 6개의 그룹(1 그룹: A-B-C, 2그룹: A-C-B, 3그룹: B-A-C, 4그룹: B-C-A, 5그룹: C-A-B, 6그룹: C-B-A)을 편성하였다. 대상자들을 6개의 그룹에 배정하기 위해 속이 비치지 않는 42개의 봉투 속에 1부터 6의 숫자가 기록된 종이를 넣고 입구를 봉한 후 대상자에게 1개의 봉투를 무작위로 뽑도록 하였으며, 뽑혀진 숫자대로 7명을 1개 조로 하여 6개 조를 편성하였다.

2. 연구 대상

부산시 소재 일개 종합병원에서 주 3회 혈액투석을 받고 있는 말기신부전 환자를 연구 대상으로 하였다. 구체적인 선정기준은 만 19세 이상 성인 환자로서 주기적인 혈액투석을 받은 지 3개월 이상 경과한 자, 동정맥루를 이용하여 투석을 받고 있는 자, 의사소통이 가능하고 본 연구에 참여하기로 동의한 자로 하였으며, 중심정맥 도관을 통하여 혈액투석을 받고 있는 자는 제외하였다.

표본크기는 G*power 3.1.2를 이용하여 산출하였으며 유의수준

(α) .05, 검정력 .80, 효과크기 중간($f=0.25$), 측정수치간 상관관계 .50, 측정횟수 3번, 그룹 1로 하여 반복측정을 시행할 경우 산출된 총 표본 수는 28명이었다. 효과크기는 혈액투석 환자에게 다양한 투석액 속도를 적용하여 투석적절도를 살펴 본 선행 논문[15,16]의 결과를 근거로 하였으며, 탈락율과 대상자가 3가지의 투석액 속도에 중복노출 될 경우 가능한 조합이 6개이므로 6개조 편성 시 각 조에 7명씩 배정되도록 조정하여 총 42명으로 결정하였다.

연구진행 과정에서 폐렴으로 1명, 폐부종으로 1명이 입원치료를 받았고, 3명은 투석 요일 변동으로 인해 실험처치를 중단하여 총 5명이 탈락되었으며, 최종적으로 37명이 연구에 참여하였다.

3. 실험 처치

투석액은 일정한 농도의 용질을 포함한 용액이 고도로 정제된 물과 1: 34 비율로 혼합된 용액으로, 혈액투석 과정 동안 반투과성 막인 투석기의 관 안쪽으로 혈액이 통과하고 관 밖으로는 투석액이 통과하면서 확산과 삼투압의 원리에 의해 혈액 속의 노폐물을 제거한다[21]. 투석액의 속도가 빨라지면 혈액에서 투석액 쪽으로 노폐물이 확산되는 비율이 높아진다.

본 연구에서는 실험처치로서 투석액 속도를 혈액투석 시 환자의 동맥루로부터 투석기로 나오는 혈류속도의 2배 속도, 500 mL/min, 그리고 700 mL/min으로 설정하여 동일한 대상자에게 3가지의 투석액 속도를 순차적으로 적용하여 혈액투석을 실시하였다. 본 연구에서는 대상자에게 3가지의 투석액이 적용됨에 있어 조합 가능한 6가지의 투석액 속도에 노출될 수 있도록 대상자를 무작위로 6개의 조에 할당하여 처치를 적용하였다. 또한 동일한 대상자에게 3가지의 투석액 속도를 적용함에 있어 전처치로 인한 이월효과를 배제하기 위해 각각의 투석액 속도에 따른 실험처치의 적용기간은 1주간 3회 혈액투석을 실시하였다. 전처치의 이월효과가 제거되는 기간에 대해 특정하여 명시된 근거는 없으나 본 연구에서는 투석액속도에 따른 투석적절도를 확인한 선행 연구에서 대부분 중재기간을 1주간으로 하였음을 기초로 하였다[15,16]. 대상자는 각각의 투석액 속도에 따라 1주씩 총 3주 동안 혈액투석을 실시하였다.

본 연구는 혈액투석 과정에서 실험처치인 투석액 속도 이외의 조건은 최대한 유사하게 유지될 수 있도록 하였다. 실험처치 기간 동안 대상자는 동일한 투석기계(FMC 5008S, Fresenius Medical Care, Bad Homburg, Germany)를 사용하였고, 투석막의 표면적 넓이는 대상자에 따라 1.0 m²~1.3 m²로 일정하게 유지 하였으며, 동정맥루 천자 시 투석바늘의 크기는 1명만 15 gauge였고, 나머지 대상자는 16 gauge를 사용하였다. 또한 동정맥루 바늘 천자는 시술자간 오차를 없애기 위해 연구자 1인이 시행하였다. 그러나 투석 시

동정맥루에서 혈액투석기로 나가는 혈류속도는 개인의 심혈관 기능에 따른 개인별 처방에 따라 180~330 mL/min (평균 244 mL/min)로 세팅하였으며, 이 속도는 3주 동안 환자별로 동일하게 유지되었다. 실험처치가 진행되는 3주 동안 투석 실시 시작 시간과 종료 시간은 동일하게 유지하였고, 1회 투석 소요시간은 3~4시간(평균 233분)이었다.

실험처치 적용 시 대상자를 I, II 그룹으로 나누어서 투석을 진행하였으며, I 그룹은 오전 7~8시에, II 그룹은 오전 11시~오후 1시에 시작하였다. 투석이 진행되는 동안 연구자는 투석 시 자주 발생하는 저혈압을 관찰하기 위해 투석기에 부착되어 있는 혈압계를 이용하여 투석 시작 전, 투석 시작 직후, 투석 1시간 후, 2시간 후, 3시간 후, 투석 종료 시에 혈압과 맥박을 모니터링 하였다. 투석 시의 부작용인 어지러움, 기운 없음, 얼굴의 창백함, 의식정도, 근육 경련, 두통 등의 증상 발생도 30분 간격으로 연구자와 투석실 간호사가 함께 모니터링 하였다.

매 투석시마다 대상자에게 실험처치가 제공되는 3주 동안 신장에서 여과되는 대사산물의 양에 영향을 미칠 것으로 판단되는 식이와 운동, 여행 등 평상시의 생활양식에 변화가 생기지 않도록 교육을 하였고, 실험처치 동안 생활양식의 변화를 모니터링 하였다.

모든 실험처치는 사전에 담당의사와 충분한 의논을 거쳐 진행하였으며 국내외 연구에서 투석액 속도 증가에 따른 부작용을 보고한 사례는 없었지만 투석으로 인해 아직까지 알려지지 않은 위험의 가능성을 관찰하기 위해 환자를 면밀하게 관찰하면서 연구를 진행하였다.

4. 연구 도구

1) 투석적절도의 생리적 지표

투석적절도는 혈액투석 환자에게 실시한 투석이 효과적으로 이루어졌는지를 평가하기 위해 계량적으로 계산한 객관적 지표를 말한다[4]. 본 연구에서는 Kt/V와 URR을 계산하여 투석적절도를 평가하였다.

(1) Kt/V urea

Kt/V는 투석막의 요소 청소율(K)과 투석시간(t)을 곱하여 얻은 값에 요소분포용적(V)을 나누어 계산한 값이다[22]. 본 연구에서는 건강보험심사평가원에서 제공하는 혈액투석 적절도 검사 자동계산 프로그램을 이용하여 계산하였으며[10], NKF-K/DOQI 지침에서는 최소 1.2 이상, 목표치 1.4 이상 유지하도록 권고하고 있다[1]. 본 연구에서는 Kt/V를 계산하기 위해 투석 시작 전, 후로 혈중요소질소(Blood Urea Nitrogen; 이하 BUN), 투석 중 제거된 부피(l), 투석 후 체중(kg), 투석시간을 측정하였다. Kt/V의 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{sp Kt/V} &= -\ln ((R) - 0.008 \times \text{투석시간}) + \\ &\quad ((4 - 3.5 \times R) \times \text{투석 중 제거된 부피} / \text{투석 후 체중}) \\ \text{sp: single pool} \\ K: \text{투석막의 요소 청소율(mL/min)}, t: \text{시간(min)} \\ V: \text{요소분포용적(전체 수분량)}, R: \text{Post BUN / pre BUN} \end{aligned}$$

(2) URR (Urea reduction rate)

URR은 투석 전, 후의 BUN 농도를 측정하여 요소제거율을 측정 한 값이다. 본 연구에서는 건강보험심사평가원에서 제공하는 혈액 투석 적절도 검사 자동계산 프로그램을 이용하여 계산하였으며[10], NKF-K/DOQI 지침에서는 URR이 최소 65% 이상으로 그리고 목표치는 70% 이상 유지하도록 권고하고 있다[1]. 본 연구에서 URR을 구하기 위해 투석 시작 전, 후로 BUN을 측정하였다. URR의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{URR} = 1 - (\text{post BUN} \div \text{pre BUN}) / 100$$

2) 피로

본 연구에서는 Tack [23]이 개발한 다차원적 피로척도 도구를 혈액투석 환자에게 맞게 수정·보완한 Choi [7]의 도구를 사용하였다. 원저자가 도구 사용에 대한 권한을 위임한 MAPI Research에서 도구 사용에 대한 승인을 허가받아 사용하였으며, 도구는 피로정도와 피로 영향영역으로 나누어 측정하였다. 본 도구는 총 11문항으로서 각 문항은 ‘전혀 방해받지 않는다’ 1점에서부터 ‘매우 많이 방해 받는다’ 10점으로 점수가 높을수록 피로 정도가 높은 것을 의미한다. Choi [7]의 연구에서는 전체 문항의 Cronbach's α 는 .94, 피로정도와 피로영향의 Cronbach's α 는 각각 .90, .92였고, 본 연구에서의 피로 도구 신뢰도는 .96, 피로정도와 피로영향의 Cronbach's α 는 각각 .93, .95였다.

5. 연구의 윤리적 고려

본 연구는 연구 시작 전 D대학교병원 임상윤리심의위원회에서 연구 심의를 통과(승인번호 13-073)한 후 해당 병원의 관리자와 담당 의사, 그리고 간호부의 허락을 받아 연구를 진행하였다. 연구의 윤리적 고려를 위하여 사전 조사 시 대상자에게 연구목적 및 진행절차를 설명하였으며 대상자가 원치 않을 경우에는 언제든지 철회 가능하며 그에 따른 불이익이 없고, 수집된 자료는 익명으로 처리되며 학문적 발전을 위한 연구목적으로만 사용할 것, 그리고 수집된 자료는 연구가 종료되면 외부에 노출되지 않도록 파기할 것이라는 것을 대상자에게 직접 설명한 후 동의서를 받고 연구를 진행하였다.

6. 자료 수집 방법

2013년 8월 28일부터 9월 19일까지 사전 조사와 3번의 사후 조사로 자료를 수집하였다. 사전 조사에서는 대상자의 일반적 특성과 혈액투석 관련 특성을 자가보고 형식의 질문지로 조사하였으며, 시력 장애나 자세의 불편 등으로 질문지 작성이 어려운 경우 질문지를 읽어주고 대상자의 대답을 연구자가 대신 표기하였다. 각각의 투석액 처치 순서에 따라 투석액 속도를 적용하기 전 환자의 투석적절도와 피로에 영향을 미칠 수 있다고 판단된 혈액지표(BUN, Cr, Hb, albumin, potassium)의 동질성 검사를 위해 혈액을 채취하였고 각각의 투석액 속도 적용 후 초여과량을 조사하여 동질성 검사를 실시하였다. 사후 조사는 대상자에게 실험처치 순서에 따른 각 투석액 속도에 따라 1주 동안 혈액투석을 3회 실시한 후 Kt/V, URR을 산출하기 위해 투석 직전과 직후에 BUN과 체중, 그리고 투석 소요시간을 측정하였다. 채혈 시 주의 사항으로 투석전에는 생리식염수나 heparin이 포함되지 않은 상태에서 동정맥루 동맥혈에서 채혈하였으며, 투석 후에는 투석 후 요소반등(urea rebound)과 재순환(access recirculation)으로 발생하는 혈중 요소(BUN) 값의 오차를 제거하기 위해 NKF K/DOQI 지침[1]에서 제시한 Slow Blood-Flow method (SBF)방법으로 혈액투석 라인에서 4 cc의 동맥혈을 채취하여 Serum Separation Tube에 넣어 곧바로 검사실로 보내 결과를 측정하였다. 투석액 속도 증가에 따른 피로의 변화 정도를 측정하기 위해 투석 직후의 피로 정도와 구별되도록 투석액 속도별로 1주일 동안 3회의 투석을 실시한 이들 후 다음 투석의 시작 직전에 자가 보고형 설문지를 이용하여 피로를 측정하였다.

7. 자료 분석 방법

대상자의 일반적 특성과 혈액투석 관련특성은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 산출하였다. 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 혈액지표와 초여과량에 대한 동질성은 분산분석(ANOVA)을 이용하였다. 또한 혈액투석 시 투석액 속도에 따른 투석적절도(Kt/V, URR)와 피로의 차이를 알아보기 위해 일원 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)을 이용하여 분석하였으며, 사후 검증은 Bonferroni 방법을 사용하였다.

연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성 및 혈액투석 관련 특성

본 연구의 대상자 특성은 다음(Table 1)과 같다. 대상자 중 남자는

22명(59.5%), 여자가 15명(40.5%)이었고, 연령은 50세 이상이 31명(81.1%)으로 가장 많았다.

대상자의 평균 혈액 투석기간은 30.08개월로, 투석의 원인 질환은 중 당뇨가 15명(40.5%)으로 가장 많았으며, 고혈압 9명(24.3%), 만성 사구체신염 3명(8.1%), 기타 질환은 11명(29.7%)이었다. 1회 평균 투석시간은 232.97분이었으며, 동정맥에서 투석기로 나오는 혈류속도는 평균 243.78 mL/min으로, 231~260 mL/min이 22명(59.5%)으로 가장 많았고 200 mL/min 이하 4명(10.8%), 201~230 mL/min 6명(16.2%)이었으며 261 mL/min 이상은 5명(13.5%)이었다.

2. 혈액지표와 초여과량에 대한 동질성 검사

대상자의 식이섭취나 활동 양상에 따라 혈액내의 단백질이나 단백질 대사산물, 그리고 전해질 등이 변화하기 때문에 대상자의 투석적절도에 영향을 미친다[4]. 또한 투석 간 체중증가로 인한 초여과량도 투석적절도와 피로에 영향을 미치는 요인으로[4,9] 본 연구에서는 이들 변수들이 실험처치의 효과를 혼동시킬 수 있을 것으로 판단하였기 때문에 각각의 실험처치 적용 전 단계에서 세 군 간에 식이섭취와 활동 양상이 유사하게 유지되었는지를 간접적으로 확인하기 위해 BUN, creatinine, Hb, albumin, potassium과 같은 혈액학적 지표를 측정하고, 각각의 실험처치 후 단계에서 초여과량을 측정하였다. 각각의 투석액 속도로 실험처치가 이루어지기 전 단계의 BUN, creatinine, Hb, albumin, potassium과 실험처치 후 단계에서의 초여과량의 값에는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

3. 가설검정

가설 1. “혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 투석적절도에 차이가 있을 것이다.”

부가설 1-1. “혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 Kt/V에 차이가 있을 것이다.”

투석액 속도에 따른 Kt/V의 차이 검증을 위해 일원 반복측정 분산분석을 이용하였으며, 반복측정 분산분석의 기본가정을 검토하기 위해 시차에 따른 분산의 동일성 검증을 위해 구형성 가정을 검증한 결과 종속변수의 분산이 동질한 것으로 검증되었다(Mauchly's $W=.89$, $p=.142$). 자료 분석 결과 혈액투석 시 세 가지 투석액의 속도에 따라 Kt/V에는 차이가 있는 것으로 확인되었다($F=5.28$, $p=.007$). 사후검정 결과 투석액 속도가 혈류속도의 2배와 500 mL/min인 경우에는 두 처치간의 Kt/V에 유의한 차이가 없었지만, 700 mL/min과 혈류속도의 2배인 경우에는 Kt/V의 평균 차이가

Table 1. General Characteristics and Hemodialysis-related Characteristics

(N=37)

Characteristics	Categories	n (%)	M ± SD
Gender	Male Female	22 (59.5) 15 (40.5)	
Age (yr)	≤ 50 51~70 ≥ 71	7 (18.9) 21 (54.1) 10 (27.0)	
Religion	Yes No	21 (56.8) 16 (43.2)	
Marital status	Married Single Divorced/bereaved	22 (59.5) 5 (13.5) 10 (27.0)	
Education	≤ Elementary school Middle school High school ≥ College	4 (10.8) 8 (21.6) 19 (51.4) 6 (16.2)	
Occupation	Yes No	4 (10.8) 33 (89.2)	
Total family income (10,000 won/month)	≤ 150 151~349 ≥ 350	22 (59.5) 10 (27.0) 5 (13.5)	
Guardian	Spouse Parents Children Others	20 (54.1) 4 (10.8) 6 (16.2) 7 (18.9)	
Cause Diseases*	Diabetes Hypertension Chronic glomerulonephritis Others	15 (40.5) 9 (24.3) 3 (8.1) 11 (29.7)	
Dialysis period (month)			24.00(18.5)
Dialysis duration (min)			232.97 ± 20.25
Vascular access	AVF AVG	33 (89.2) 4 (10.8)	
Blood flow rate during dialysis (mL/min)	≤ 200 201~230 231~260 ≥ 261	4 (10.8) 6 (16.2) 22 (59.5) 5 (13.5)	185 ± 7.50 221.65 ± 4.44 251.82 ± 2.98 282 ± 19.2

*Multiple response; AVF=Arteriovenous fistula; AVG=Arteriovenous grafts.

0.06($p=.004$)으로 유의한 차이가 있었으며, 700 mL/min과 500 mL/min인 경우에도 Kt/V의 평균차이가 0.05($p=.036$)으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 따라서, 부가설 1은 지지되었다 (Table 3). 추가적으로 NKF-K/DOQI [1]에서 권장하는 최소 기준치[1]인 Kt/V가 1.2에 도달하지 못한 환자 수를 분석하였는데, 투석액 속도가 혈류속도의 2배, 500 ml/min, 700 ml/min 일 때 각각 9명(24%), 7명(19%), 5명(14%)으로 조사되었다.

부가설 1-2. “혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 URR 에 차이가 있을 것이다.”

투석액 속도에 따른 URR의 차이 검증을 위해 일원 반복측정 분산분석을 이용하였으며, 구형성 검증을 분석한 결과 등분산 가정에

위배되므로(Mauchly's $W=.83$, $p=.038$) Wilks의 람다를 이용하여 검증한 결과 혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 URR에 차이가 있는 것으로 확인되었다($F=11.83$, $p<.001$). 사후검정 결과 투석액 속도가 혈류속도의 2배와 500 mL/min인 경우에는 두 처치간의 URR에 유의한 차이가 없었지만, 700 mL/min과 혈류속도의 2배인 경우에는 URR의 평균차이가 1.92($p=.001$)로 유의한 차이가 있었으며, 700 mL/min과 500 mL/min인 경우에도 URR의 평균차이가 1.45($p=.007$)로 유의한 차이가 있었다. 따라서, 부가설 2은 지지되었다(Table 3). 추가적으로 NKF-K/DOQI [1]에서 권장하는 최소 기준치인 65%에 도달하지 못한 환자 수는 투석액의 속도가 혈류속도의 2배, 500 ml/min, 700 ml/min일 때 각각 12명(32.4%), 10

Table 2. Homogeneity of Blood Indices and Ultrafiltration Volume

(N=37)

Blood Indices	Group	M ± SD	F	p
BUN (mg/dL)	A	71.64 ± 20.73	0.02	.984
	B	71.33 ± 21.25		
	C	71.79 ± 17.97		
Creatinine (mg/dL)	A	9.56 ± 3.20	0.08	.919
	B	9.55 ± 3.12		
	C	9.49 ± 2.97		
Hb (g/dL)	A	10.32 ± 1.01	0.55	.581
	B	10.21 ± 0.91		
	C	10.27 ± 0.96		
Albumin (g/dL)	A	4.04 ± 0.35	0.30	.741
	B	4.02 ± 0.32		
	C	4.03 ± 0.36		
Potassium (mEq/L)	A	4.99 ± 0.97	1.17	.316
	B	5.00 ± 0.90		
	C	4.87 ± 0.81		
Ultrafiltration Volume (L)	A	1.94 ± 0.94	0.65	.523
	B	1.79 ± 0.94		
	C	1.70 ± 1.08		

A: dialysate flow rate: twice as fast as the participant's own blood flow; B: dialysate flow rate: 500mL/min; C: dialysate flow rate: 700 mL/min.

Table 3. Kt/V and URR Comparison by Dialysate Flow Rate

(N=37)

Variables	A	B	C	F (p)	Bonferroni
	M ± SD	M ± SD	M ± SD		
Kt/V	1.40 ± 0.25	1.41 ± 0.23	1.46 ± 0.24	5.28 (.007)	A < C, B < C
URR	68.20 ± 5.90	68.66 ± 5.22	70.11 ± 5.13	11.83 (<.001)	A < C, B < C

A: dialysate flow rate: twice as fast as the participant's own blood flow; B: dialysate flow rate: 500 mL/min; C: dialysate flow rate: 700 mL/min; URR=Urea reduction rate.

Table 4. Fatigue Comparison by Dialysate Flow Rate

(N=37)

Variables	A	B	C	F (p)
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	
Fatigue	4.00 ± 2.17	4.01 ± 2.18	4.24 ± 2.10	0.34 (.713)

A: dialysate flow rate: twice as fast as the participant's own blood flow; B: dialysate flow rate: 500 mL/min; C: dialysate flow rate: 700 mL/min.

명(27.0%), 6명(16.2%)으로 조사되었다.

가설 2. “혈액투석 시 투석액의 속도에 따라 피로는 차이가 있을 것이다.”

투석액 속도에 따른 피로의 차이를 검증하기 위해 먼저 구형성 가정을 확인한 결과 문제가 없었다(Mauchly's $W = .86$, $p = .069$). 반복 측정 분산분석 방법으로 세 가지 투석액의 속도에 따른 피로점수를 분석한 결과 차이가 없는 것으로 분석되었다($F = 0.34$, $p = .713$) 가설 2는 기각되었다(Table 4).

논 의

말기신부전 환자의 혈액투석의 목적은 요독 증상을 완화하여 중

요 장기의 기능부전을 최소화하고 삶의 질을 회복하는 것으로[4], 의료진은 말기 신부전 환자에게 시행되고 있는 혈액투석이 적절하게 잘 이루어지고 있는지에 대한 지속적인 평가를 시행하는 것이 매우 필요하다. 본 연구는 만성 신부전으로 혈액투석을 받고 있는 환자를 대상으로 혈액투석 시 투석액의 속도가 환자의 투석적절도(Kt/V, URR)와 피로에 미치는 영향을 확인하기 위해 시도되었다.

본 연구에서는 혈액투석을 주3회 시행하고 있는 환자 37명에게 실험처지인 혈액투석 시 투석액의 속도를 혈류속도의 2배, 500 mL/min, 700 mL/min으로 정하여 각각 1주일씩 적용한 후 투석적절도와 피로 정도에 유의한 차이가 있는지를 분석하였다. 분석 결과 투석액 속도를 700 mL/min으로 적용하여 혈액투석을 시행한 경우가 투석액 속도를 혈류속도의 2배와 500 mL/min으로 시행한 경우보다

투석적절도의 객관적인 지표인 Kt/V와 URR이 의미있게 높았다. 그러나 투석액 속도에 따른 투석 환자의 피로에는 유의한 차이가 없었다. 연구 결과를 기초로 를 구체적인 논의를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 혈액투석 환자의 투석액 속도를 700 mL/min로 하였을 때의 Kt/V와 URR이 투석액 속도를 혈류속도의 2배와 500 mL/min로 적용했을 때 보다 유의하게 증가하였지만, 투석액의 속도가 혈류속도 2배인 경우와 500 mL/min 간에는 Kt/V와 URR에 차이가 없는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 투석액 속도가 높았을 때가 만성 신부전 환자의 노폐물 제거에 더 효과적임을 나타내는 것으로, 본 연구와 동일한 실험처치를 적용한 Alayoud 등[16]의 연구 결과와 일치하였다. 또한 Hauk 등[15]의 연구에서도 투석액 속도를 300 mL/min, 500 mL/min, 800 mL/min으로 증가시켜 혈액투석을 하였을 때 Kt/V가 각각 1.19, 1.32, 1.45로 통계적으로 의미있게 증가하였고, NKF-K/DOQI 지침의 권장기준[1]인 Kt/V가 1.2 이상으로 도달하지 못한 비율도 의미있게 감소하였음을 보고하여 속도가 높을 때 투석적절도가 향상된다는 본 연구 결과를 지지하였다. 본 연구에서는 가장 효율적인 투석액의 속도[17]로 제시된 혈류속도의 2배로 적용하였을 때의 투석액 속도가 평균 488 mL/min로 분석되어 본 연구의 실험처치인 투석액 속도 500 mL/min와 비교하여 투석액의 속도에 큰 차이가 없었는데, 이런 요인으로 인해 투석액 속도가 혈류속도 2배일 때와 500 mL/min 일 때, 두 군 간의 Kt/V와 URR에 차이가 없었던 것이 아니었나 생각된다.

투석이 얼마나 효과적으로 적절하게 이루어졌는지를 확인하는 객관적인 지표인 투석적절도에 대해 ‘충분한 투석이란 무엇인가’에 대한 연구가 1960년대부터 국가협동투석연구(National Cooperative Dialysis Study, 이하 NCDS)에서 진행되었다. 1981년 NCDS 보고서[24]에서 요소 농도와 단백질 이화율이 혈액투석 환자의 사망률과 이환율에 중요한 영향을 미친다고 하였고, 이후 Gotch와 Sargent[25]이 NCDS의 보고를 근거로 1985년 단백질 섭취량과 요독소 제거율을 반영한 Kt/V의 개념을 제시하였고, 이 지표는 현재까지 투석적절도를 평가함에 있어 유용한 지표로 인정되고 있다. Kt/V는 요소의 체내분포율에 대한 요소 청소율과 시간의 비율로서 혈액투석 환자의 사망률과 이환율에 영향을 주는데, Sehgal 등[5]은 Kt/V가 0.1 감소하면 혈액투석 환자의 입원율이 11% 증가하고, 입원일수가 12% 증가하여 의료비용이 의미 있게 상승한다고 보고하여 Kt/V를 높이는 것이 의료비용을 크게 감소시키는 방법이라 제시하였다. 당뇨병성 혈액투석 환자를 대상으로 한 Locatelli 등[11]의 연구에서도 Kt/V가 1.2~1.4인 군보다 1.4 이상인 군에서 사망률이 더 낮은 것으로 보고하였는데, Miller 등[26]은 Kt/V가 1.8 이상인 군이 1.2 이하인 군보다 5년 생존율이 더 높다고 보고하여 투석적절도가 높을수록 환자의 예후가 좋아짐을 알 수 있었다.

NKF-K/DOQI의 지침[1]에 따르면 투석 환자의 Kt/V는 최소 1.2 이상, 목표치는 1.4 이상 유지할 것을 권고하고 있다. 본 연구에서는 투석액 속도를 혈류속도의 2배로 하였을 때 전체 대상자의 평균 Kt/V가 1.40이고, 500 mL/min일 때 1.41, 700 mL/min일 때 1.46으로 분석되어 NKF-K/DOQI의 지침[1]에서 권고하는 목표치는 모두 만족하는 것으로 확인되었다. 그러나 추가분석에서 NKF-K/DOQI 지침[1]의 최소 기준치인 1.2 미만을 보이는 환자수를 살펴보면 투석액 속도가 혈류속도의 2배인 경우 전체 37명의 환자 중 9명(24%), 500 mL/min일 때 7명(19%), 700 mL/min일 때 5명(14%)으로 조사되어 투석액 속도가 낮아질수록 Kt/V의 최소기준을 충족시키지 못하는 환자수가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 혈액투석 시 투석액의 속도를 300 mL/min, 500 mL/min, 800 mL/min으로 증가시킨 경우 Kt/V가 1.2 이상 도달하지 못한 비율이 각각 56%, 30%, 13%로서 투석액 속도가 낮아질수록 Kt/V가 기준치 이하로 떨어지는 비율이 의미있게 증가한다고 보고한 Hauk 등[15]의 연구 결과와 일치한다고 하겠다.

Kt/V 이외에 투석적절도를 나타내는 또 다른 지표인 URR은 투석 전, 후로 BUN을 측정하여 투석 후 혈중요소농도가 얼마나 제거되었는지를 확인하는 지표로서, 단백질 섭취량을 같이 반영하는 Kt/V 보다 더 간단히 투석의 효율을 측정할 수 있는 방법[1,25]이다. NKF-K/DOQI의 지침[1]에 따르면, 현재 URR의 최소 기준치는 65% 이상, 목표치는 70% 이상을 유지할 것을 권고[1]하고 있다. 본 연구에서 투석액 속도가 혈류 속도의 2배일 때 투석 환자의 평균 URR은 68.20%, 500 mL/min일 때 68.67%, 700 mL/min일 때 70.11%로 모두 최소 기준치는 만족하였으나, 목표치인 70% 이상에는 투석액 속도가 700 mL/min인 경우에만 만족하는 것으로 확인되었다. 또한 환자별로 URR의 최소 기준치인 65% 수준에 도달하지 못하는 환자수를 확인한 결과, 투석액 속도가 혈류속도의 2배일 때는 12명(32%), 500 mL/min일 때는 10명(27%), 700 mL/min일 때는 6명(16%)으로 조사되어 Kt/V와 마찬가지로 투석액 속도가 낮아질수록 URR의 최소 기준치를 충족하지 못하는 환자수가 증가함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 투석적절도의 지표로 사용한 Kt/V와 URR의 결과를 NKF-K/DOQI의 기준[1]에 따라 비교한 결과, 투석액 속도가 2배일 때, 500 mL/min일 때, 700 mL/min일 때 최소 및 목표 기준치를 통과하지 못한 환자의 비율이 Kt/V는 24%, 19%, 14%인 반면 URR은 32%, 27%, 16%로 조사되었으며 투석액 속도가 증가할수록 기준치 미달인 비율은 감소하였으나 그 비율에는 차이가 있는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때 URR의 값을 산출하는 과정은 Kt/V와 같이 복잡하게 다른 자료 값이 필요치 않고 BUN 값만으로 쉽게 산출할 수 있다는 장점은 있으나, 그 기준치는 더욱 엄격한 것으로 나타났으며 단백질 섭취량을 고려하지 않

고 단순히 BUN의 감소율만을 반영하는 것이기에 판단에 주의가 요구된다.

혈액투석 시 Kt/V를 어느 지점까지 올려야 하는지에 대한 논의는 계속되고 있으나, 현재 우리나라에서는 Kt/V를 최소 1.2 이상, 목표치 1.4 이상 유지하도록 권장하는 NKF-K/DOQI 지침[1]을 따르고 있다. 선행 연구에서 Kt/V를 올리기 위한 노력으로 혈류속도의 증가[13], 표면적이 큰 투석막의 사용[2], 천자 시 구경이 큰 바늘의 사용[14] 등 다양한 방법을 적용하고 있다. 그러나 투석적절도를 높이기 위해 혈류속도를 증가시키는 것은 심혈관계 질환을 가진 환자나 동정맥루 기능부전을 보이는 환자의 경우에는 적용하기 어려우며, 표면적이 큰 투석막의 사용은 현재 임상에 나와 있는 투석막의 종류는 한정적이기 때문에 무조건 큰 크기의 투석막의 사용에는 한계가 있다고 볼 수 있다. 또한 투석 시 사용하는 천자바늘은 보통 16gauge 바늘을 사용하고 있는데, 바늘의 직경을 계속해서 크게 하는 것은 출혈의 위험성과 통증 발생과 관련하여 한계가 있는 것으로 판단되어 투석적절도를 높이는 또 다른 방법들에 대한 관심이 요구된다.

우리나라에서는 혈액투석 시 투석액의 속도를 조절함으로써 투석적절도를 높이기 위한 노력은 적은 편이었다. 혈액투석 환자의 투석적절도를 Kt/V로 평가한 Jung [27]의 조사연구에서 Kt/V가 0.8 이하인 환자의 비율은 8.7%, Song 등[13,14]의 연구에서도 Kt/V가 1.2 미만인 환자 비율이 각각 44.6%, 32%로 높게 나타나 실제 임상에서는 NKF-K/DOQI 지침에서 제시하는 기준치 이하의 Kt/V를 보인 환자가 많이 있음을 예상할 수 있겠다. 단시간에 투석의 효율을 얻고자 하는 경우 투석액의 속도를 높여서 혈액투석을 실시하는 것이 도움이 될 수 있는데, 임상에서는 응급투석이나 짧은 시간에 투석을 시행해야 할 경우, 고효율투석기를 사용하는 경우, 혈액투석 여과법을 시행하는 경우에는 투석액의 속도를 높여 혈액투석을 실시하도록 제안하고 있다[19,20].

둘째, 혈액투석 시 투석액의 속도에 따른 피로의 차이를 분석한 결과 투석액 속도 변화에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 혈액투석 환자의 피로는 투석 간 체중증가와 노폐물을 제거하는 것과 관련이 있으며[6,9] 이러한 투석과정이 투석 직후 피로에 영향을 미치는 것[6]과 구분하기 위해 본 연구에서는 각각의 투석액 속도별로 1주일 동안 3회의 투석을 실시한 이틀 후에 투석 간 피로를 측정하였다. 본 연구에서는 투석액의 속도가 증가함에 따라 Kt/V가 높아져서 노폐물을 제거하는 것에서는 효과가 있는 것으로 확인되었지만, 피로에는 유의한 영향을 미치지 않은 것으로 분석되었는데, 이는 투석 환자의 피로가 BUN과 같은 생리적 지수에 따라 유의하지 않았다는 연구 결과와 일치하는 것이다[6]. Kim [6]의 연구에서 혈액투석 환자의 78%가 피로를 호소하였고, Curtin 등[3]과 Letchmi

등[8]의 연구에서도 투석 환자들이 매우 피로하였음을 보고하여 투석 환자의 피로는 간호사들이 중재해 주어야 할 주요 간호문제라 할 수 있겠다.

또한 본 연구에서 일반적 특성과 생리적 지표인 투석 전 혈액 검사와는 유의한 차이가 없었는데 이는 Byeon과 Gu [9]의 연구에서 투석 전 피로가 일반적 특성과 유의한 차이가 없다는 결과와 일치하였고 Kim [6]의 연구 결과에서 생리적 지표인 혈액 검사와 관련이 없다는 결과와 일치하였다. 또한 질병 관련 특성인 투석막의 크기, 혈류속도, 바늘 크기, 투석 시간 및 투석 간 체중증가와 피로는 상관관계가 없는 것으로 나타났는데 이는 Kim [6]의 연구와 상반되는 결과로 볼 수 있다. 혈액투석 환자의 투석 간 적절한 체중 증가량이 4%이내인 것[28]을 감안할 때 Kim [6]의 연구에서는 체중 증가량이 4.7%로 피로와 상관관계가 있었으나 본 연구에서는 투석 시 체중 증가에 따른 평균 초여과량이 4%이내인 1.8 ml 정도로 조사되어 피로와 상관관계가 없었던 것으로 사료된다.

본 연구에서는 투석액 속도를 높여서 BUN과 같은 요독 물질을 제거함으로써 투석적절도를 증가시켰지만 피로와는 관계가 없었으며, 이는 생리적 변수[6]와 나이[8], 성별[9], 투석 간 체중 증가[6,9]와 피로간의 상관관계가 있다는 연구 결과와는 상반되는 결과로 혈액투석 환자의 피로와 관련하여 반복 연구의 필요성이 있다고 판단된다. 또한 대부분의 피로는 주관적인 증상으로서 개인차가 크고 스트레스, 수면장애, 우울, 자기효능감도 직접적인 관련이 있는 것으로 보고되었는데[29], 본 연구에서는 환경적인 요인들은 동일하게 유지하였지만 피로에 영향을 미치는 개인의 활동량이나 정신적 측면의 피로와 같은 변수들을 철저히 통제하지 못한 것은 본 연구의 제한점이라 할 수 있겠다.

본 연구에서 투석액 속도를 3가지로 하여 실험처치 적용할 때 투석액의 속도변화에 따른 부작용을 관찰하기 위해 투석 시작 전, 중, 후로 혈압과 맥박을 지속적으로 모니터링하였고 어지러움, 기운 없음, 얼굴의 창백함, 의식정도, 근육 경련, 두통 등의 증상 발생도 30분 간격으로 모니터링 하였으나 부작용을 호소한 환자는 관찰되지 않아 투석액의 속도를 높여서 혈액투석을 시행할 때 위험성은 없는 것으로 판단된다. 실제 임상에서는 응급투석이나 시간을 짧게 하여 투석하는 경우, 고효율투석기를 사용하는 경우, 혈액투석 여과법으로 투석을 하는 경우에 투석액 속도를 높게 하여[16,17] 혈액투석을 시행하는데, 투석액 속도 증가와 관련하여 부작용이 보고된 경우는 없었으므로 일반 투석 시에도 부작용 없이 투석적절도를 높일 수 있는 방법이라 판단된다.

본 연구 결과 말기 신부전 환자의 혈액투석 시 투석액의 속도를 700 mL/min로 증가시켰을 경우 부작용이 관찰되지 않으면서 투석의 적절도를 높이는데 긍정적인 효과가 있음을 확인하였다. 그러므

로 여러 가지 방법을 시도하였음에도 불구하고 투석적절도가 기준치 이하를 보이는 환자들에게 투석액의 속도를 높여서 혈액투석을 실시하는 것은 투석적절도를 높일 수 있는 효과적인 방법이라 판단된다.

본 연구는 1개 의료기관에서 실시한 연구로 연구 결과를 일반화시키기 위해서는 추후 반복 연구의 필요성이 있음을 제언한다. 또한 본 연구에서 투석액 속도가 혈류속도 2배, 500 ml/min, 700 ml/min일 때 Kt/V의 목표치인 1.2 이상을 충족한 경우가 각각 28명(76%), 30명(82%), 32명(86%)이고 URR을 충족한 경우는 각각 25명(68%), 27명(73%), 31명(84%)으로 조사되었는데 NKF-K/DOQI의 지침에서 권장하는 Kt/V의 최저치인 1.2에 도달하지 못하는 대상자의 수를 충분히 확보할 수 없어서 Kt/V를 제한하지 않고 연구를 진행하였다. 추후연구에서는 Kt/V가 1.2 미만인 투석 환자를 대상으로 투석액 속도에 따른 투석적절도의 효과를 확인하는 연구가 필요하다고 본다. 끝으로 본 연구에서는 투석액 속도인 혈류 속도의 2배가 투석액 속도 500 ml/min과 큰 차이가 없었던 것으로 분석되어 추후 연구에서는 다양한 투석액 속도를 적용하여 투석적절도에 대한 효과를 확인하는 반복 연구를 제언한다.

결론

본 연구의 목적은 혈액투석 환자를 대상으로 혈액투석 시 투석액의 속도를 증가시키는 것이 투석적절도(Kt/V, URR)와 피로에 긍정적인 효과를 미치는지를 확인하기 위함이다. 연구 결과 혈액투석 시 투석액 속도를 700 ml/min으로 증가시키는 것은 투석적절도의 객관적 지표인 Kt/V와 URR을 높이지만 피로 감소에는 효과가 없는 것으로 분석되었다. 본 연구 결과를 통해 혈액투석 시 투석액 속도를 700 ml/min으로 증가시키는 방법은 혈액투석 환자의 투석적절도를 높이기 위한 효과적이고 안전한 방법이라 판단된다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

REFERENCES

1. National Kidney Foundation. Clinical practice guidelines and clinical practice recommendations [Internet]. New York, NY: Author; 2006 [cited 2013 October 25]. Available from: http://www2.kidney.org/professionals/KDOQI/guideline_upHD_PD_VA/.
2. ESRD Registry Committee, Korean Society of Nephrology. Current renal replacement therapy in Korea: Insan memorial dialysis registry, 2014 [Internet]. Seoul: The Korean Society of Nephrology; 2014 [cited 2015 May 28]. Available from: <http://www.ksn.or.kr/journal/2015/index.html>.
3. Curtin RB, Bultman DC, Thomas-Hawkins C, Walters BA, Schatell D. Hemodialysis patients' symptom experiences: Effects on physical and mental functioning. *Nephrology Nursing Journal*. 2002;29(6):562, 567-574.
4. Ha SK. Adequacy of hemodialysis updated. *Korean Journal of Medicine*. 2003;64(6):618-624.
5. Sehgal AR, Dor A, Tsai AC. Morbidity and cost implications of inadequate hemodialysis. *American Journal of Kidney Diseases*. 2001;37(6):1223-1231. <http://dx.doi.org/10.1053/ajkd.2001.24526>
6. Kim HR. Fatigue and its related factors in patients on hemodialysis. *The Journal of Nurses Academic Society*. 1996;26(1):53-72.
7. Choi EY. Prediction model of fatigue for hemodialysis patients [dissertation]. Seoul: Kyung Hee University; 2005. p. 1-132.
8. Letchmi S, Das S, Halim H, Zakariah FA, Hassan H, Mat S, et al. Fatigue experienced by patients receiving maintenance dialysis in hemodialysis units. *Nursing & Health Sciences*. 2011;13(1):60-64. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-2018.2011.00579.x>
9. Byeon YS, Gu JE. Correlates of fatigue with physiological factors in hemodialysis patients. *The Journal of Korean Biological Nursing Science*. 2003;5(2):5-12.
10. Health Insurance Review and Assessment Service. 2010 Year of hemodialysis adequacy detailed plan guide [Internet]. Seoul: Health Insurance Review and Assessment Service; 2010 [cited 2013 October 16]. Available from: http://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjtpNuXsr7PAhUKp48KHwVnB1sQFggqMAI&url=http%3A%2F%2Fm.igbma.or.kr%2Fboard%2Fdown.php%3Ffile_path%3D.%2Fboard%2Fdata%2Fonline_gongmun%26exname%3D6388_3.pdf%26filename%3D%25B0%25F8%25B9%25AE229%25C8%25A3%25BA%25D9%25C0%25D32%2520%25C7%25F7%25BE%25D7%25C5%25F5%25BC%25AE%2520%25C0%25FB%25C1%25A4%25BC%25BA%25C6%25F2%25B0%25A1%2520%25B0%25E8%25C8%25B9.pdf&usq=AFQjCNEBXpwnq0akszfry9pWu5TKLPozrQ&sig2=Z1zsqGMBIja-mD-1SXihg_Q&bvm=bv.134495766,d.c2I.
11. Locatelli F, Buoncristiani U, Canaud B, Köhler H, Petitclerc T, Zucchelli P. Dialysis dose and frequency. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2005;20(2):285-296. <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfh550>
12. Kim HY, Kim MJ. The effect of membrane surface area on Kt/Vurea and nutritional status in chronic hemodialysed patients. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2000;6(1):163-178.
13. Song WJ, Kim NH, Kim YO, Kim YS, Yoon SA, Yang CW, et al. The effect of increasing blood flow rate on dialysis adequacy in hemodialysis patients with low Kt/V. *Korean Journal of Nephrology*. 2004;23(1):115-120.
14. Song WJ, Yoon SA, Kim YO, Kim YS, Sohng KY, Kim HS, et al.

- The effect of increasing needle size on dialysis adequacy in hemodialysis patients. *Korean Journal of Nephrology*. 2005;24(3):422-428.
15. Hauk M, Kuhlmann MK, Riegel W, Kohler H. In vivo effects of dialysate flow rate on Kt/V in maintenance hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*. 2000;35(1):105-111. [http://dx.doi.org/10.1016/s0272-6386\(00\)70308-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0272-6386(00)70308-8)
 16. Alayoud A, Benyahia M, Montassir D, Hamzi A, Zajjari Y, Bahadi A, et al. A model to predict optimal dialysate flow. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2012;16(2):152-158. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-9987.2011.01040.x>
 17. Kashiwagi T, Sato K, Kawakami S, Kiyomoto M, Enomoto M, Suzuki T, et al. Effects of reduced dialysis fluid flow in hemodialysis. *Journal of Nippon Medical School*. 2013;80(2):119-130. <http://dx.doi.org/10.1272/jnms.80.119>
 18. Kallenbach JZ. Review of hemodialysis for nurses and dialysis personnel. 9th ed. Korean Nephrology Nurses' Association, translator. St. Louis, MO: Mosby; 2016. p. 1-432.
 19. Ward RA, Idoux JW, Hamdan H, Ouseph R, Depner TA, Golper TA. Dialysate flow rate and delivered Kt/Vurea for dialyzers with enhanced dialysate flow distribution. *Clinical journal of the American Society of Nephrology*. 2011;6(9):2235-2239. <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.02630311>
 20. Azar AT. Increasing dialysate flow rate increases dialyzer urea clearance and dialysis efficiency: An in vivo study. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*. 2009;20(6):1023-1029.
 21. Kim JH, Nam SC, Cho YK, Lee KH, Lee YM. Change of patient's vital sign and ABGA before and after hemodialysis in 4 cases of bicarbonate dialysate; 1 case of dialysate in powder, 3 cases of dialysate in liquid by time passed after opening container cover. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 1998;4(1):5-24.
 22. Daugirdas JT. Second generation logarithmic estimates of single-pool variable volume Kt/V: An analysis of error. *Journal of the American Society of Nephrology*. 1993;4(5):1205-1213.
 23. Tack BB. Dimensions and correlates of fatigue in older adults with rheumatoid arthritis [dissertation]. San Francisco, CA: University of California; 1991. p. 1-264.
 24. Lowrie EG, Laird NM, Parker TF, Sargent JA. Effect of the hemodialysis prescription of patient morbidity: Report from the national cooperative dialysis study. *The New England Journal of Medicine*. 1981;305(20):1176-1181. <http://dx.doi.org/10.1056/nejm198111123052003>
 25. Gotch FA, Sargent JA. A mechanistic analysis of the national cooperative dialysis study (NCDS). *Kidney International*. 1985;28(3):526-534. <http://dx.doi.org/10.1038/ki.1985.160>
 26. Miller JE, Kovesdy CP, Nissenson AR, Mehrotra R, Streja E, Van Wyck D, et al. Association of hemodialysis treatment time and dose with mortality and the role of race and sex. *American Journal of Kidney Diseases*. 2010;55(1):100-112. <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2009.08.007>
 27. Jung JA. Dialysis adequacy and sleep disturbance in hemodialysis patients [master's thesis]. Daegu: Keimyung University; 2002. p. 1-38.
 28. Fischbach M, Zaloszczyk A, Shroff R. The interdialytic weight gain: A simple marker of left ventricular hypertrophy in children on chronic haemodialysis. *Pediatric Nephrology*. 2015;30(6):859-863. <http://dx.doi.org/10.1007/s00467-015-3086-6>
 29. Seo NS, Kang SJ, Kim JH, Kim SJ. Relationships between fatigue, sleep disturbance, stress, self-efficacy and depression in hemodialysis patients. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2013;19(2):285-297.