

혈액투석액 온도가 투석 환자의 혈압, 심부체온 및 신체적 증상에 미치는 효과

차선미¹ · 민혜숙²

베테스다병원 인공신장실¹, 동아대학교 간호학과²

The Effect of Dialysate Temperature on Blood Pressure, Core Temperature, and Physical Symptoms in Hemodialysis Patients

Cha, Sun Mi MSN, RN¹ · Min, Hye Sook Ph.D., RN²

¹Hemodialysis Unit, Bethesda Hospital, Yangsan

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

Purpose: This study utilized a randomized block-design for the purpose of studying the effect of dialysate temperature on blood pressure (BP), core temperature, and physical symptoms in hemodialysis patients. The sample was thirty-one patients undergoing hemodialysis assigned to one of three groups. **Methods:** Repeated analysis of variance to number of hypotension occurrences, core temperature changes, and physical symptoms at cool dialysis with dialysate of 35.5°C, standard dialysis with dialysate of 36.5°C and isothermic dialysis based on blood temperature feedback monitor (BTM). Each of the three groups underwent hemodialysis six times at a specific dialysate temperature. **Results:** The number of hypotension events were 21 at cool dialysis, 47 at standard dialysis, and 27 at isothermic dialysis, occurrences under cool dialysis were less frequent than under standard dialysis ($F=8.08, p=.002$). The patients' core temperature increased by 0.07°C at cool dialysis, 0.21°C at standard dialysis, and 0.18°C at isothermic dialysis, cool dialysis showed a significantly smaller increase in core temperature ($F=17.76, p<.001$). There was no difference in the incidence of physical symptoms related to dialysate temperatures ($F=2.04, p=.146$). **Conclusion:** Cool dialysis resulted in a significant prevention of the increase in core temperature and was more effective than standard dialysis in preventing hypotension. Isothermic dialysis had no positive effects in preventing the increase in core temperature or occurrences of hypotension.

Key Words: Renal dialysis, Hemodialysis solutions, Temperature, Blood pressure, Body temperature

서 론

1. 연구의 필요성

말기 신부전은 신장기능을 반영하는 사구체 여과율이 점차

감소하여 투석이나 이식과 같은 신대체요법이 필요한 상태를 말한다[1]. 우리나라에서 2016년에 신대체요법을 받는 환자는 93,884명으로, 이 중 혈액투석 환자는 68,853명이며, 이들 중 38.5%의 환자가 혈액투석을 10년 이상 받고 있고 전체 혈액투석 환자의 투석기간도 점차 증가되고 있는 것으로 보고되었다

주요어: 신장투석, 혈액투석액, 온도, 혈압, 체온

Corresponding author: Min, Hye Sook

Department of Nursing, Dong-A University, Daesin Gongwon-ro, Seo-gu, Busan 49201 Korea.
Tel: +82-51-240-2872, Fax: +82-51-240-2920, E-mail: hsmindau@dau.ac.kr

- 이 연구는 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음.

- This study was supported by the research fund from Dong-A University.

Received: Aug 2, 2017 / Revised: Oct 9, 2017 / Accepted: Dec 1, 2017

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[2]. 이에 비추어 볼 때 혈액투석 환자가 안전하고 효과적인 혈액투석을 받을 수 있도록 체계적이고 지속적인 의학적 관리가 더욱 요구된다.

혈액투석은 생명을 연장하기 위해 만성신부전 환자가 일상 동안 지속적으로 받아야 하는 치료법이지만 투석과 관련하여 환자들은 합병증이나 부작용을 빈번하게 경험하는 것으로 알려져 있다. 혈액투석 중 발생하는 혈압감소는 혈액투석 환자의 20~30%가 경험하는 흔한 합병증으로[3-5], 짧은 시간 동안 과도한 초여과로 인한 수분제거 및 혈관 내 용적감소로 인해 혈장의 재충전(plasma refilling) 및 정맥용량(venous capacity) 감소와 같은 부적절한 보상적 반응에 의해 발생한다[5]. 혈액투석 시 발생하는 혈압감소는 복부 불편감, 하품 및 구역, 근육 경련, 실신 등과 같은 투석 중 신체적 증상[6-8]의 발생과 밀접한 관련성이 있어 이로 인해 환자는 힘든 투석과정을 경험하고[9], 투석종료 후 일상생활에서도 어지러움, 구역, 구토, 전신쇠약 등의 증상을 겪게 된다[9,10].

혈액투석 중 발생하는 혈압감소의 또 다른 원인은 혈액투석 과정에서 발생하는 체온상승과 관련이 있다[11]. 인체는 내적 환경을 일정하게 유지하려는 항상성을 갖고 있는데, 혈액투석 과정에서 동정맥루를 통해 혈액이 혈액투석기인 체외로 순환하여 외부 환경에 노출되면서 혈액의 온도가 낮아지고, 이 혈액이 다시 체내로 들어오면 체온조절 중추의 작용을 통해 열 발생량을 증가시킨다[12]. 또한 투석 시 초여과량에 의한 수분손실은 말초혈관을 수축시켜 열 발산을 방해함으로써 심부온도를 더 상승시키는 효과가 있다[13]. 이러한 열 발생의 증가와 열 발산의 감소로 인해 심부온도가 상승함으로써 혈관확장을 초래하여 투석 중 혈압이 낮아지는 부작용이 발생한다[11].

일반적으로 혈액투석 중 혈압감소와 이로 인한 신체적 증상이 발생하면 환자의 상태를 낮추고 하체를 높이는 체위변경을 실시하는데, 그럼에도 불구하고 증상이 지속되면 정맥수액 주입[6], 시간 당 초여과율을 달리하는 profiling 방법[6,10], 투석액의 온도[6,14-17]나 나트륨 농도[6,10,18]를 조절하는 방법을 실시할 수 있다. 이들 방법의 효과가 만족스럽지 못하면 목표한 초여과량을 감소하거나 투석치료를 조기 종료할 수 있는데[10], 이들 방법은 투석의 효율을 낮추는 원인이 된다[19].

혈액투석 중 발생하는 혈압감소가 투석 중 체온상승과 밀접한 관련성이 있는 점에 초점을 맞추어 혈압감소를 예방하는 방법으로 고안된 것이 투석액 온도를 조절하는 방법이다. 일반적으로 혈액투석 시 투석액의 온도를 체온과 비슷한 36.5~37.5℃ 정도로 유지하는 방법을 표준(standard temperature) 투석이라 하는데[20], 이 방법은 환자의 심부온도를 상승시켜 혈압을

떨어뜨리는 단점을 가진다고 보고되고 있다[21]. 표준투석방법의 부작용을 감소시키는 방법으로 고안된 것이 저온투석 방법으로, 투석액 온도를 체온인 36.5℃ 보다 낮게 고정하여 적용하는 고정식 저온(cool temperature) 투석방법과[14-16,22] 투석 시 혈액온도를 모니터하여 투석액 온도를 자동으로 조절하고 혈액온도를 낮추는 혈액온도모니터(Blood Temperature Monitor, BTM) 저온투석방법이 있다[23]. 저온투석방법은 혈압 안정성에 효과적이거나 낮은 온도범위가 명확하지 않아 투석 중 떨림(shivering)과 차가움의 신체증상을 호소하는 경우가 있다[16,22-26].

표준투석이나 저온투석으로 발생할 수 있는 투석 중 부작용을 극복하기 위한 방법으로 고안된 것이 등온(isothermic) 투석방법으로, BTM 모듈을 이용하여 체외로 나올 때의 혈액온도와 체내로 들어갈 때의 혈액온도를 자동으로 동일하게 유지하는 방법이다[6,27]. 즉, BTM 등온투석은 인체의 음성피드백(negative biofeedback) 기전을 이용한 체온항상성에 근거하여 혈액온도가 높아지면 투석액의 온도는 낮아지고, 혈액온도가 낮아지면 투석액의 온도가 자동으로 높아져 체온을 일정하게 유지하는 방법이다. 2007년의 유럽실무가이드라인(European Best Practice Guidelines, EBPG)[20]은 투석액 온도를 35℃에서 36℃ 사이로 낮게 유지하는 저온투석과 등온투석을 혈압감소 예방법으로 권고하고 있다.

혈액투석 시 투석액 온도조절과 관련된 국외논문을 살펴보면, Azar [16]는 혈액투석 시 35℃의 투석액을 적용하였을 때 저혈압 발생이 감소되고 투석 후 수축기 혈압도 적게 감소하였음을 보고하였으며, Ayoub와 Finlayson [22]의 연구에서는 투석 중 구역, 구토, 근육경련과 같은 증상을 동반하고 수축기 혈압이 90 mmHg 이하인 저혈압 군에서 35℃의 투석액을 적용하였을 때 저혈압 발생이 감소되었다. 투석 환자의 70~80%가 저온투석 시 투석 후 활기찬 느낌과 적은 피로감으로 저온투석을 선호하였으나, 10~20%의 환자는 투석 중 떨림이나 차가운 증상을 느낀다고 보고하였다[16,22]. BTM과 관련한 연구로 van der sande 등[23]은 저온투석과 등온투석이 심부체온 상승을 예방할 수 있다 하였고, Ramos 등[4]은 저온투석과 등온투석이 표준투석에 비해 저혈압 발생을 감소시킨다고 보고하였다. 국내의 투석액 온도 관련 연구의 대부분은 고정식 저온투석과 관련된 연구로 Lee 등[14]은 35.5℃의 저온투석이 혈관의 유순도와 저항성을 유지시켜 저혈압 발생을 예방할 수 있다고 보고하였고, Son [15]은 35℃의 투석액을 적용한 연구에서 혈압과 수면의 안정성에 효과가 있다[15]고 보고한 반면, 35.5℃의 저온투석이 혈압에 영향을 미치지 않는다는[17] 상반된

보고도 있어 이에 대한 반복연구가 필요하다. 저온투석이 소양 중에 미치는 효과를 살펴 본 연구[28]도 있지만 투석액 온도에 관한 연구는 전반적으로 부족하다. 실제 임상에서는 각 센터마다 혈액투석 시 투석액 온도 설정에 차이가 있는데, 대부분의 투석실에서 표준투석을 적용한 후 저혈압 증상이 발생하면 투석액의 온도를 낮추거나, 낮은 투석액 온도로 인해 투석 중 떨림과 차가움의 증상을 호소하면 투석액 온도를 재조정하여 투석을 시행하고 있는 실정이다. 또한 국내에서는 BTM을 이용한 투석방법이 2015년에 보건복지부 신의료기술 고시항목(2015-187호)으로 인정받아 안전성과 유효성에 대한 검증을 받았지만, BTM을 이용한 투석액 온도조절의 혈압감소 효과에 대한 실증적인 연구는 아직 부족하다. 투석 중 발생할 수 있는 저혈압과 신체적 증상의 예방을 위해 저온투석과 등온투석의 효과를 확인하고 투석액의 온도조절 시 발생할 수 있는 떨림과 차가움 증상에 대한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 혈액투석 시 투석온도에 따른 표준투석, 저온투석 및 등온투석 방법이 투석 중 환자에게 발생 가능한 저혈압 발생, 심부체온의 변화 및 신체적 증상(복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀, 떨림, 차가움)에 차이가 있는지 확인하고자 한다. 본 연구결과는 혈액투석 환자의 혈압감소 예방을 위한 간호중재에 대한 근거를 제공하는데 기여할 것으로 기대한다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 혈액투석 환자에게 투석액 온도조절방법에 따른 표준투석, 저온투석 및 BTM을 이용한 등온투석이 투석 중 저혈압, 심부체온의 변화 및 신체적 불편감 발생에 차이가 있는지 규명하는 것이다. 구체적인 연구가설은 다음과 같다.

- 가설 1: 혈액투석 시 투석액 온도에 따라 저혈압 발생빈도에 차이가 있을 것이다.
- 가설 2: 혈액투석 시 투석액 온도에 따라 심부체온에 차이가 있을 것이다.
- 가설 3: 혈액투석 시 투석액 온도에 따라 신체적 증상 발생 빈도에 차이가 있을 것이다.

3. 용어정의

1) 표준투석

혈액투석 시 투석액 온도를 체온과 비슷한 36.5~37.5℃로 적용하여 투석하는 방법을 말한다[20]. 본 연구에서는 투석액

의 온도를 36.5℃로 적용하여 혈액투석을 실시함을 의미한다.

2) 저온투석

혈액투석 시 일반적으로 적용되는 투석액 온도인 36.5℃보다 낮은 온도의 투석액을 사용하여 투석하는 방법을 말하며 고정식(Fixed) 저온투석 방법과 BTM 저온투석 방법을 말한다[20]. 본 연구에서는 투석액의 온도를 35.5℃로 고정하여 투석하는 것을 의미한다.

3) 등온투석

혈액온도모니터(BTM) 모듈을 이용하여 투석기계에 부착된 온도감지 센서가 혈액투석 시 체내에서 체외로 나온 혈액(동맥 회로)의 온도와 체외에서 체내로 들어가는 혈액(정맥회로)의 온도를 각각 측정하여 혈액온도가 변화하지 않고 일정하게 유지되도록 투석액 온도가 자동으로 조절되는 투석방법을 말한다[22]. 본 연구에서는 혈액투석기(FMC 5008S, Fresenius Medical Care, Bad Homburg, Germany)를 사용하여 투석액 온도를 BTM 모드로 설정하여 동맥회로와 정맥회로의 온도변화를 “0”으로 설정하여 투석하는 것을 의미한다.

4) 혈액투석 시 저혈압

혈액투석 시 저혈압은 복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀 및 실신의 증상을 동반하면서 수축기혈압이 20 mmHg 이상 감소하거나, 평균동맥압이 10 mmHg 이상 감소한 경우를 말한다[6,7]. 본 연구에서는 투석 중 복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증 및 식은땀의 증상을 동반하면서 수축기혈압이 혈액투석 전 수축기혈압보다 20 mmHg 이상 감소한 경우를 의미한다.

5) 혈액투석 시 신체적 증상

혈액투석 시 신체적 증상은 혈압감소와 관련하여 발생하는 복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀을 말한다[6,7]. 본 연구에서의 신체적 증상은 복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀과 투석액 온도 관련 떨림과 차가움의 증상을 포함한다.

연구 방법

1. 연구설계

본 연구는 혈액투석 환자를 대상으로 혈액투석 시 투석액의

온도가 혈압, 심부체온, 신체적 증상에 미치는 효과를 비교하기 위하여 동일 대상자를 실험처치의 적용 순서를 고려한 세 가지 투석액의 온도적용 방법(투석액 온도 A: 35.5℃의 저온투석, 투석액 온도 B: 36.5℃의 표준투석, 투석액 온도 C: BTM을 이용한 등온투석)을 조합하여 만든 6개 조에 무작위로 노출시키는 무작위블록설계(randomized block design) 연구이다.

2. 연구대상

부산시 소재 일개 종합병원에서 주 3회 혈액투석을 받고 있는 말기 신부전 환자를 대상으로 하였다. 연구대상자의 구체적 인 선정기준은 만 19세 이상 성인 환자로 주기적인 혈액투석을 받은 지 3개월 이상 경과한 자이며 의사소통이 가능한 자이다.

표본크기는 G*Power 3.1.2 프로그램에서 반복측정 분산분석을 이용하여 산출하였으며 유의수준(α) .05, 검정력 .80, 효과크기는 중간($f=0.25$), 측정 수 간 상관관계 .50, 측정횟수 3번, 그룹 1로 하여 반복측정을 시행할 경우 산출된 총 표본 수는 28명이었다. 혈액투석 환자를 대상으로 프로그램을 제공한 후 효과를 살펴 본 선행논문[10]의 결과를 근거로 하여, 탈락율과 대상자가 3가지의 투석액 온도에 중복노출 될 가능한 조합의 수가 6개이므로 6개 그룹 편성 시 각 그룹에 6명씩 배정되도록 조정하여 대상자를 총 36명으로 결정하였다. 본 연구에서는 동일한 대상자가 3가지의 실험처치(투석액 온도 A, B, C)에 중복 적용되기 때문에 실험처치의 순서에 의한 이월효과를 줄이기 위해 계통적 순번교체법(counter balancing)을 이용하여 실험 처치 순서에 따라 6개의 그룹(1그룹: A-B-C, 2그룹: A-C-B, 3 그룹: 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 36개의 봉투 속에 1부터 6의 숫자가 기록된 종이를 넣고 입구를 봉한 후 대상자에게 1개의 봉투를 무작위로 뽑도록 하였으며, 뽑혀진 숫자대로 6명을 1개 조로 하여 6개 조를 편성하였다. 연구진행 과정에서 투석 중 혈압변화가 심하여 실험 처치에 따른 투석액 온도를 일정하게 유지할 수 없었던 2명과 견체중을 변경시킨 3명의 대상자가 탈락되어, 최종적으로 31 명이 연구에 참여하였다.

3. 연구도구

1) 혈압

혈압은 혈액투석 기계에 장착된 혈압계 커프 압력 시 최대 편차가 $\pm 3\text{mmHg}$ 인 자동혈압계(FMC 5008S, Fresenius Medi-

cal Care, Bad Homburg, Germany)를 이용하여 매회 투석 시작, 투석시작 1시간, 2시간, 3시간, 투석종료 시점[14,15]과 혈압 감소가 있을 때 동반되는 신체적 증상(복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀)을 보이는 경우에 수시로 측정하였다. 저혈압 발생빈도는 적용된 투석액 온도별로 환자 당 주 3회, 2 주간 투석을 실시하고 대상자가 총 31명이므로, 투석 실시 총 횟수는 186회를 모수로 하고 저혈압 발생수를 측정하여 발생 빈도를 계산하였다.

$$\text{저혈압발생빈도} = \frac{\text{저혈압발생횟수}}{(\text{3회} \times \text{2주}) \times \text{31명}}$$

2) 심부체온

심부체온은 혈액투석실 간호사 2인이 최대허용오차 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 인 고막체온계(BRAUN IRT-6520, Key Tronic EMS, Kronberg, Germany)를 이용하여 매 투석 시작과 종료 시에 대상자의 양쪽 귀에서 측정하여 평균값을 계산하였다.

3) 신체적 증상

혈액투석마다 투석 중 발생한 복부 불편감, 하품, 구역, 근육 경련, 현기증, 식은땀, 떨림, 차가움의 증상 발생 유무를 측정하였으며, 객관적 증상에 해당하는 하품, 구역, 근육경련, 식은땀 증상은 간호사가 관찰하여 투석기록지에 증상별로 발생 유무를 기록하였고, 주관적 증상에 해당하는 복부 불편감, 현기증, 떨림, 차가움 증상은 투석종료 후 대상자와 면담을 통해 발생 유무를 확인하여 기록하였다. 신체적 증상의 발생빈도는 각각의 증상별로 계산하였는데, 실험처치인 투석액 온도별로 환자 1인당 주 3회, 2주 동안 투석을 실시하고 대상자가 총 31명이므로, 투석실시 총 횟수인 186회를 모수로 하여 적용한 실험처치 별로 각각의 신체적 증상 발생빈도를 계산하였다.

$$\text{신체적증상발생빈도} = \frac{\text{신체적증상발생횟수}}{(\text{3회} \times \text{2주}) \times \text{31명}}$$

4. 실험처치

본 연구의 실험처치는 혈액투석기의 투석액 온도조절기능 버튼을 저온투석(35.5°C), 표준투석(36.5°C), 등온투석(BTM)으로 설정하여 동일한 대상자에게 그룹별 순서에 따라 3가지의 투석액 온도를 순차적으로 적용하여 혈액투석을 실시하는 것이다. 그룹별 해당 대상자는 정해진 투석액의 순서에 따라 2 주 간격으로 3번 투석액의 온도를 변경하여 총 6주 동안 혈액투석을 실시하였다.

본 연구는 혈액투석 과정에서 실험처치인 투석액 온도 이외 조건은 최대한 유사하게 유지될 수 있도록 하였다. 투석실 실

내온도는 24℃로 설정하였고, 투석 시 초여과량의 변화가 심하지 않도록 실험처치기간 동안 음식 섭취량과 운동을 포함한 신체적 활동정도를 평소와 비슷하게 유지하도록 권고하였다. 실험처치 동안 대상자는 동일한 투석기(FMC 5008S, Fresenius Medical Care, Bad Homburg, Germany)를 사용하였고, 투석막의 표면적 넓이를 동일하게 유지하기 위해 동종의 투석필터를 사용하였다. 투석 시 동정맥루에서 혈액투석기로 나가는 혈류속도는 개인의 심혈관 기능에 따른 개인별 처방에 따라 분당 180~330 mL로 세팅하였고, 투석액의 속도는 분당 500 mL의 속도로 실험이 종료될 때까지 동일하게 유지하였다.

실험처치가 진행되는 6주 동안 투석의 시작과 종료 시간은 동일하게 유지하였고, 1회 투석 소요시간은 모두 3~4시간(평균 233분)에 속하였다. 실험처치 적용 시 대상자를 그룹 I, II로 나누어 투석을 진행하였으며, 그룹I은 오전 7시~8시에, 그룹 II는 오전 11시~오후 1시에 시작하였다. 투석이 진행되는 동안 연구자는 투석 시 발생하는 혈압감소를 관찰하기 위해 투석기에 부착되어 있는 혈압계를 이용하여 투석시작, 투석 1시간, 2시간, 3시간, 투석종료 시점에 혈압을 측정하였다. 또한 혈압감소로 인한 신체적 증상인 복부 불편감, 하품, 구역, 근육경련, 현기증, 식은땀과 투석액 온도로 인한 떨림, 차가움 증상은 투석 종료시점에 측정하였다. 실험처치가 진행되는 동안 저혈압과 이와 관련된 신체적 증상에 대한 모니터링을 위해 30분 간격으로 환자를 관찰하였으며 저혈압과 신체적 증상이 발생하면 가이드라인[20]을 근거로 사전에 신장내과 전문의와 상의한 프로토콜 순서에 따라 먼저 트렌델렌버그 체위를 취해주고, 증상이 지속되면 생리식염수 200 cc 주입과 고농도 포도당 60 cc 주입을 진행하였다. 근육경련이 발생하면 다리 마사지를 시행하였고 이러한 간호중재에도 불구하고 저혈압과 신체적 증상이 지속되어 초여과를 중지하거나 건체중을 조절한 환자는 실험대상에서 탈락시켰다.

5. 자료수집

본 연구는 부산시 소재 일개 온종합병원 인공신장실에서 신장내과 의사와 간호부의 협조로 진행되었다. 자료수집기간은 2016년 3월 28일부터 5월 7일까지 6주간으로, 대상자의 일반적 특성과 혈액투석 관련 특성은 사전에 훈련된 연구보조원 2명이 질문지를 이용하여 조사하였다. 질문지 작성시간은 약 10분 이내로 시력장애나 자세불편으로 작성이 어려운 경우에는 연구보조원이 질문지를 읽어주고 대상자의 대답을 대신 표기하였다. 각각의 실험처치에 대한 사전 조사는 매 투석 전 수축

기혈압, 이완기혈압, 심부체온, 체중 및 초여과량을 측정하였으며 사후 조사는 매 투석 후 심부체온을 조사하였다. 투석 중 저혈압과 신체적 증상이 발생하면 이때마다 투석기록지에 기록하였으며 이를 근거로 저혈압과 신체적 증상의 발생 횟수를 측정하였으며, 신체적 증상의 경우 투석종료 시에 면담을 통해 발생 유무를 재확인하였다. 또한 심부체온 측정은 혈액투석실 간호사 2인이 투석 전·후로 고막체온계를 이용하여 귀를 후상방으로 잡아당긴 후 양쪽 고막에서 측정하였다.

6. 윤리적 고려

본 연구는 동아대학교 임상윤리심의위원회의 승인(2-1047 09-ab-01-201602-hr-005-02)을 받은 후 대상자를 모집하였다. 본 연구자가 직접 연구목적 및 진행절차를 설명하고 자발적인 참여 의사를 밝힌 대상자로부터 연구참여동의서에 서명을 받았다. 연구대상자에 대한 익명성 보장 및 원하지 않을 경우 언제든지 참여철회가 가능하고, 연구 중단에 따른 불이익이 없으며 수집된 자료는 연구목적으로만 사용할 것을 설명한 후 연구를 진행하였다.

7. 자료분석

대상자의 일반적 특성과 혈액투석 관련 특성은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 산출하였다. 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 투석 전 수축기혈압, 이완기혈압, 심부체온, 체중 및 초여과량에 대한 동질성은 분산분석(ANOVA)을 이용하였다. 또한 혈액투석 시 투석액 온도에 따른 저혈압발생, 심부체온의 변화, 신체적 불편감 발생은 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)을 이용하였고 사후 검증은 Bonferroni를 이용하였다.

연구결과

1. 대상자의 일반적 특성 및 혈액투석 관련 특성

본 연구대상자의 특성은 Table 1과 같다. 전체 대상자 31명의 평균 연령은 62.06 ± 12.95 세로 남자는 21명이었다. 대상자의 평균 혈액투석 기간은 51.16 ± 56.57 개월이었으며, 투석의 원인질환은 당뇨가 48.4%로 가장 많았고, 고혈압이 25.8%, 만성사구체신염은 12.9%였다. 1회 평균 투석시간은 233.40 ± 16.81 분이었고, 투석 시간대는 오전이 61.3%, 오후가 38.7%였다. 혈

압강하제를 복용하는 환자는 77.4%였고 투석 전 혈관수축제를 복용한 환자는 12.9%였다.

Table 1. General Characteristics and Hemodialysis-related Characteristics of Participants (N=31)

Characteristics	Categories	n (%) or M±SD
Gender	Male	21 (67.7)
	Female	10 (32.3)
Age (year)	≤ 49	5 (16.1)
	50~69	15 (48.4)
	≥ 70	11 (35.5)
		62.06±12.95
Marital status	Married	26 (83.9)
	Single	3 (9.6)
	Divorced/bereaved	2 (6.5)
Current drinking	Yes	8 (25.8)
	No	23 (74.2)
Current smoking	Yes	11 (35.5)
	No	20 (64.5)
Diseases of cause	Diabetes	15 (48.4)
	Hypertension	8 (25.8)
	CGN	4 (12.9)
	Others	4 (12.9)
Time with HD (month)		51.16±56.57
Duration of each HD (minute)		233.40±16.81
Types of vascular access	AVF	23 (74.2)
	AVG	8 (25.8)
Starting time of HD	Morning	19 (61.3)
	Afternoon	12 (38.7)
Taken antihypertensives prior to HD	Yes	24 (77.4)
	No	7 (22.6)
Taken vasodilators prior to HD	Yes	4 (12.9)
	No	27 (87.1)

AVF=arteriovenous fistula; AVG=arteriovenous grafts; CGN=chronic glomerulonephritis; HD=hemodialysis.

2. 종속변수에 대한 동질성 검사

본 연구에서의 종속변수인 수축기혈압, 이완기혈압, 심부체온과 혈압변화에 영향을 미치는 요인으로 판단된 체중과 초여과량에 대한 사전 동질성 검증을 실시하였다. 각각의 투석액 온도로 실험처치가 이루어지기 전 단계의 수축기혈압, 이완기혈압, 심부체온과 체중, 초여과량의 값에는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

3. 가설 검증

1) 가설 1

“혈액투석 시 투석액 온도(저온투석, 표준투석, 등온투석 방법)에 따라 저혈압 발생빈도에 차이가 있을 것이다.”

투석액 온도에 따른 저혈압 발생빈도의 평균값에 대한 차이 검증을 위해 일원 반복측정 분산분석을 이용하였으며, 반복측정 분산분석의 기본가정을 검토하기 위해 시차에 따른 분산의 동일성 검증을 분석한 결과 등분산 가정에 위배되어 (Mauchly' W=.81, $p=.043$) Wilks의 람다 검증 결과, 투석액의 온도 차이에 따른 세 군 간 저혈압 발생빈도에 유의한 차이가 있었다($F=8.08$, $p=.002$). 사후 검증 결과 저혈압 발생빈도는 저온투석 방법 0.11회로 표준투석방법 0.25회보다 낮았지만($p=.001$), 저온투석과 등온투석방법 간에 유의한 차이가 없었다. 따라서 가설 1은 지지되었다(Table 3).

2) 가설 2

“혈액투석 시 투석액 온도에 따라 심부체온에 차이가 있을 것이다.”

투석액 온도에 따른 투석 중 심부체온 차이검증을 위해 일원 반복측정 분산분석을 이용하였으며, 반복측정 분산분석의

Table 2. Homogeneity Tests of Three Groups of Dialysate Temperature

(N=31)

Variables	A (35.5℃)	B (36.5℃)	C (BTM)	F	p
	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD		
SBP (mmHg)	138.82±11.93	140.86±11.69	140.91±10.29	1.31	.276
DBP (mmHg)	70.11±4.65	71.72±5.26	71.99±6.59	1.80	.174
Core temperature (℃)	36.34±0.15	36.32±0.13	36.29±0.11	1.90	.159
Body weight (kg)	61.37±11.21	61.47±11.35	61.63±11.35	2.66	.093
Ultrafiltration volume (L)	1.73±1.33	1.65±0.89	1.79±0.95	0.53	.505

A=cool dialysis; B=standard dialysis; C=isothermic dialysis; BTM=blood temperature feedback monitor; SBP=systolic blood pressure; DBP=diastolic blood pressure.

기본가정을 검토하기 위해 시차에 따른 분산의 동일성 검증을 분석한 결과 종속변수의 분산이 동질한 것으로 검증되었다 (Mauchly's $W=.93, p=.356$). 자료분석결과 혈액투석 시 세 가지 투석액의 온도에 따라 투석 전·후 심부체온에 유의한 차이가 있었다($F=17.76, p<.001$). 사후검정결과, 투석 전·후 심부체온의 차이는 저온투석 방법이 0.07°C 로 표준투석($p<.001$) 방법 0.21°C 와 등온투석($p=.001$) 방법 0.18°C 을 적용한 경우보다 심부체온의 차이가 유의하게 적었지만, 표준투석과 등온투석을 적용한 경우에 심부체온에 유의한 차이가 없었다. 따라서 가설 2는 지지되었다(Table 3).

3) 가설 3

“혈액투석 시 투석액의 온도)에 따라 신체적 증상 발생빈도에 차이가 있을 것이다.”

투석액 온도에 따른 신체적 증상의 차이 검증을 위해 일원 반복측정 분산분석을 이용하였으며, 반복측정 분산분석의 기본가정을 검토하기 위해 시차에 따른 분산의 동일성 검증을 분석한 결과 종속변수의 분산이 동질한 것으로 검증되었다 (Mauchly's $W=.87, p=.124$). 자료분석결과 혈액투석 시 신체적 증상의 차이는 저온투석 0.05회, 표준투석 0.10회, 등온투석 0.04회로 세 가지 투석액 온도에 따른 차이는 유의하지 않았다($F=2.04, p=.146$). 따라서 가설 3은 기각되었다(Table 4).

논 의

혈액투석 시 투석액 온도를 35.5°C 로 일괄적으로 적용하는 저온투석의 방식이 투석액 온도를 36.5°C 로 적용하는 표준투석 방식과 혈액이 투석기로 빠져나갈 때의 온도와 체내로 되돌아올 때의 온도가 동일하도록 자동으로 조절하는 등온투석(BTM)방식과 비교하였을 때, 저혈압 발생빈도와 심부체온 상

승의 변화 폭이 유의미하게 적었지만 신체적 불편감 발생빈도는 유의한 차이가 없었다. 본 연구결과를 기초로 구체적인 논의는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 동일한 투석 환자에게 주 3회, 2주 동안 동일한 투석방식을 전체 31명의 대상자에게 적용하였기 때문에 각각의 투석 방식별로 총 186회의 혈액투석을 실시하였다. 투석액 온도에 따른 투석 방식별로 저혈압 발생빈도를 비교한 결과, 저온투석(35.5°C), 표준투석(36.5°C), 등온투석(BTM) 별로 186회 중 저혈압이 각각 21회, 47회, 27회 발생하였고, 전체 투석횟수를 모수로 하여 평균 발생빈도를 계산할 경우 각각 0.11회, 0.25회, 0.15회 발생하였고, 차이를 분석한 결과 저온투석(35.5°C)이 표준투석(36.5°C)보다 저혈압 발생빈도가 유의하게 낮았음을 확인하였다. 이러한 결과는 본 연구의 실험처치와 동일한 온도를 적용하여 저혈압 발생빈도를 조사한 Lee 등[14]의 연구결과와 유사한 것으로, 본 연구결과와의 차이점은 저온투석과 표준투석 적용 시 저혈압 발생빈도가 각각 0.20회와 0.41회로 본 연구보다 발생빈도가 높았다는 점이다. 또한 Azar [16]의 연구에서는 35.0°C 와 37.0°C 의 투석액을 적용하여 혈액투석을 시행한 결과 저온투석이 저혈압의 발생빈도를 감소시켰다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. Ramos 등[4]의 연구에서는 투석액 온도를 37.0°C , 36.0°C , BTM을 적용하여 저혈압 발생정도를 비교하였는데, BTM을 이용한 등온투석이 투석액 온도를 37°C 로 적용하였을 때보다 저혈압 발생이 유의하게 적었고 투석액 온도를 36.0°C 로 적용했던 경우와 유의한 차이가 없게 나타나 본 연구결과와 일치하지 않았다. 이러한 차이는 본 연구에서는 표준투석액 온도를 투석 전 측정된 대상자의 체온과 비슷한 36.5°C 로 적용한 반면 Ramos 등[4]의 연구에서는 대상자의 생리학적 체온을 37°C 로 가정하여 적용하였기 때문으로 생각된다. 또한 Ramos 등[4]의 연구에서는 투석 중 저혈압이 자주 발생하는 환자를 대상으

Table 3. Comparison of Hypotension Occurrence and Core Temperature according to Dialysate Temperature (N=31)

Variables	A (35.5℃)	B (36.5℃)	C (BTM)	F	<i>p</i> (Bonferroni)
	Frequency of occurrences (M±SD)				
Hypotension occurrence	21 (0.11±0.18)	47 (0.25±0.27)	27 (0.15±0.22)	8.08	.002 (A < B)
Pre HD BT (℃)	36.34±0.15	36.32±0.13	36.29±0.11	1.90	
Post HD BT (℃)	36.40±0.14	36.52±0.13	36.47±0.15	12.68	
Differences (℃)	0.07±0.13	0.21±0.12	0.18±0.13	17.76	< .001 (A < B, A < C)

A=cool Dialysis; B=standard dialysis; C=isothermic dialysis; BTM=Blood temperature feedback monitor; HD=hemodialysis; BT=blood core temperature.

Table 4. Comparison of Physical Symptoms based on Dialysate Temperature

(N=31)

Variables	Number of Times	A (35.5℃)	B (36.5℃)	C (BTM)	F	p
		n (%) or M±SD	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD		
Abdominal discomfort*	0	29 (93.6)	29 (93.6)	31 (100.0)		
	1	2 (6.4)	2 (6.4)	0 (0.0)		
Yawning*	0	31 (100.0)	30 (96.8)	31 (100.0)		
	1	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)		
	2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)		
	3	0 (0.0)	1 (3.2)	0 (0.0)		
Nausea*	0	31 (100.0)	30 (96.8)	31 (100.0)		
	1	0 (0.0)	1 (3.2)	0 (0.0)		
Muscle cramp*	0	27 (87.1)	28 (90.3)	28 (90.3)		
	1	3 (9.7)	2 (6.5)	3 (9.7)		
	2	1 (3.2)	0 (0.0)	0 (0.0)		
	3	0 (0.0)	1 (3.2)	0 (0.0)		
Dizziness*	0	31 (100.0)	29 (93.6)	29 (93.6)		
	1	0 (0.0)	2 (6.4)	2 (6.4)		
Sweating*	0	28 (90.3)	29 (93.6)	30 (96.8)		
	1	3 (9.7)	0 (0.0)	1 (3.2)		
	2	0 (0.0)	1 (3.2)	0 (0.0)		
	3	0 (0.0)	1 (3.2)	0 (0.0)		
Chills*	0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)		
Cold*	0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)		
Occurrence of physical symptoms		0.05±0.10	0.10±0.17	0.04±0.07	2.04	.146

A=cool dialysis; B=standard dialysis; C=isothermic dialysis; BTM=blood temperature feedback monitor; *Multiple response.

로 선정된 반면 본 연구는 대상자 선정 시 저혈압 유무를 제한하지 않았기 때문에 저혈압 발생빈도에 차이가 있었을 것이라 사료된다. 국내연구로 Woo 등[17]의 연구에서는 투석액 온도에 따라 저온투석과 표준투석 간에 수축기혈압에 유의한 차이가 없다고 보고하여 본 연구와는 차이가 있었다. 본 연구에서 혈액투석 시 투석액 온도에 따른 저혈압 발생 빈도는 저온투석 방법을 적용한 경우 표준투석 방법을 적용한 경우보다 낮았으며 등온투석 방법과 유의한 차이가 없었다. 이는 등온투석도 투석 중 저혈압 발생을 줄이는 데에 긍정적 효과가 있는 것으로 판단되나 그 효과가 저온투석 보다는 적어 표준투석과 비교하여 차이는 없게 나타났다. 이러한 결과는 등온투석이 저온투석에 비해 혈압감소 예방에 효과가 없다는 van der Sande 등[23]의 연구결과와 일치하는 반면 등온투석이 투석 중 체온상승으로 인해 발생하는 열에너지를 감소시켜 혈압감소 예방에 효과가 있다는 Maggiore 등[29]의 연구결과와는 상반되기에, 본 연구에서 등온투석 적용 시 저온투석에 비해 심부체온이 유의하게 상승하였기 때문이라 생각되며 반복연구의 필요성을 제시한다고 하겠다.

투석 중 발생하는 심부체온의 상승은 혈압감소에 영향을 미치는 요인이라 할 수 있는데[11], 본 연구에서 투석 전·후 심부체온의 변화를 측정한 결과 등온투석과 표준투석 적용 시 각각 0.18℃, 0.21℃의 심부체온 증가가 있었고 2가지 적용방법에 따른 심부체온의 상승에는 유의한 차이가 없었고, 이런 요인이 등온투석 시 저혈압 발생을 예방하는데 효과를 나타내지 못했으리라 생각된다.

둘째, 본 연구에서는 혈액투석 시 투석액의 온도를 저온투석(35.5℃), 표준투석(36.5℃), 등온투석(BTM)을 적용했을 때 심부체온의 변화는 각각 0.07℃, 0.21℃, 0.18℃ 상승하였으며, 투석액의 온도를 저온투석 방법으로 적용했을 때가 표준투석과 등온투석에 비해 심부체온의 변화가 유의하게 적은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 Ayoub와 Finlayson [22]의 연구에서 저온투석인 경우 심부체온이 0.30℃ 상승하였고 표준투석인 경우 0.70℃ 상승하여 2가지 적용방식에 따라 체온상승 정도에 유의한 차이를 보고하여 본 연구결과를 지지하였다. 또한 Azar [16]는 본 연구보다 0.50℃ 낮은 35.0℃의 투석액을 적용한 저온투석의 경우 오히려 투석 후 심부체온이 0.30℃ 감소

하였고, 37.0℃의 표준투석인 경우에는 0.60℃ 상승하여 저온투석이 표준투석보다 유의하게 심부체온을 올리지 않았다고 보고하여 투석액의 온도가 낮은 저온투석을 실시하는 것이 표준투석보다 심부체온 상승을 예방하는 긍정적 효과는 있다고 하겠다. 투석액 온도와 관련한 체계적 고찰[24,25]에서 투석 중 혈압감소를 예방하는 방법으로 저온투석이 권고되지만 투석액의 온도를 35.0℃ 이하로 낮추는 것은 안전성 및 떨림이나 차가움과 같은 신체적 증상 등을 유발할 수 있다고 보고되어 온도를 낮추는 것에 대해서는 세심한 주의가 필요할 것으로 판단된다. 또한 BTM을 이용한 등온투석은 원칙적으로 체외로 순환하는 동맥혈과 체내로 들어오는 정맥혈의 온도는 동일하게 유지될 수 있도록 투석액의 온도를 자동으로 조절하는 것인데, 본 연구에서는 등온요법을 적용했을 때 체온이 0.18℃ 상승하였으며 이는 체내에서 일어나는 온도변화를 완벽하게 조절하는 것에 한계가 있기 때문에 생각되어 등온투석 적용 후 심부온도의 변화를 확인하는 반복연구가 필요하다.

셋째, 혈액투석 시 투석액 온도에 따른 신체적 증상 발생빈도를 비교한 결과 각각의 투석액 방법에 따른 2주 동안의 신체적 증상의 평균 발생 횟수는 저온투석, 표준투석, 등온투석 별로 각각 0.05회, 0.10회, 0.04회로 등온투석이 신체적 발생빈도는 가장 적었지만 3가지 투석방법 별로 유의한 차이는 없었다. 투석 중 가장 흔하게 발생한 신체적 증상은 3가지 투석방법에서 모두 근육 경련이 가장 많았으며, 저온투석 시 발생하는 것으로 보고된 떨림이나 차가움의 증상은 발견되지 않았다. 저온투석인 경우에는 근육경련, 식은땀, 복부 불편감 순으로 발생하였으며, 표준투석인 경우에는 근육경련, 식은땀이 각각 5건으로 가장 많이 발생하였고, 등온투석의 경우에는 근육경련, 현기증 순으로 신체적 증상이 발생하였다. 이러한 결과는 Woo 등[17]이 35.5℃와 36.5℃의 투석액을 사용할 경우 근육경련, 오한의 신체적 불편감에 차이가 없다고 보고한 연구결과와 일치하였다. 반면 Azar [16]의 연구에서 투석액의 온도에 대한 환자의 인식을 묻는 물음에 7명(14.0%)의 투석 환자가 차가운 증상으로 인해 37.0℃의 투석액 사용을 선호하는 것으로 조사되었으며, Ayoub와 Finlayson [22]도 35.0℃의 투석액을 사용할 경우 대상자의 20.0%가 차가운 증상을 호소했다고 보고하여 본 연구와 상반된 결과를 보고하였다. 이렇게 선행연구와 본 연구와의 결과 차이는 본 연구에서는 투석액 온도를 35.5℃로 적용한 반면 Azar [16]와 Ayoub와 Finlayson [22]의 연구에서는 투석액의 온도를 35.0℃로 설정하였기 때문으로 생각된다. 이러한 결과를 비추어볼 때 혈액투석 시 투석액 온도를 35.0℃보다는 35.5℃로 적용하는 것이 낮은 온도의 투석액

으로 인한 부작용을 예방하면서 혈압감소에도 효과적일 수 있다고 판단된다.

본 연구에서는 투석액의 온도에 따른 저온투석(35.5℃), 표준투석(36.5℃), 등온투석(BTM)의 방법으로 구분하여 저혈압 발생, 심부온도 변화 및 저혈압으로 인한 신체적 증상의 발생정도를 비교하였다. 유럽 실무가이드라인[20]은 투석 중 심부온도 상승으로 인한 혈압감소를 예방하기 위한 투석방법으로 저온투석이나 BTM을 이용한 등온투석을 권장하지만, 본 연구에서는 저온투석만 혈압감소 예방에 효과가 있었으며 등온투석은 심부온도의 상승으로 인하여 혈압감소 예방의 효과를 확인하기에는 한계가 있었다.

결론 및 제언

본 연구의 목적은 혈액투석 환자를 대상으로 투석액의 온도를 조절하는 것이 혈압의 변화, 심부체온의 변화 및 신체적 증상의 발생 정도에 긍정적 효과를 미치는지를 확인하기 위함이었다. 본 연구결과, 혈액투석 시 투석액 온도를 35.5℃로 낮추면, 통상적으로 36.5℃를 적용하는 표준투석보다 심부온도 상승을 감소시켜 혈압감소 예방에 효과가 있었지만 BTM을 이용한 등온투석은 심부체온 상승과 저혈압 발생 예방에 긍정적인 효과는 없었다. 또한 3가지 투석액 온도에 따른 신체적 증상 발생에는 차이가 없었다. 즉, 투석액 온도를 35.5℃로 낮게 유지하는 저온투석 방법은 부작용 없이 심부온도 변화를 최소화하여 혈액투석 중 발생하는 혈압감소에 효과적인 방법일 수 있다.

이상의 연구결과를 바탕으로 추후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 투석액의 온도를 낮게 고정하는 기존의 저온투석 방법에서 발생할 수 있는 떨림이나 차가움 증상에 대한 부작용을 방지하면서 심부체온 상승을 예방할 수 있는 중재방법으로 등온투석에서 심부체온 상승에 대한 연구가 필요하며, 투석 중 저혈압이 잘 발생되는 환자, 심부체온이 상승하는 환자를 대상으로 BTM을 적용한 등온투석 방법이 투석 중 혈압감소에 미치는 효과를 확인하는 연구가 필요하다. 또한 투석 중 심부온도 상승으로 인한 혈압감소를 예방하기 위하여 일률적으로 표준화된 투석액 온도를 적용하는 대신 투석 전에 체온을 측정하여 개별적으로 투석액 온도를 적용하는 연구가 필요하다.

REFERENCES

1. Lee YK, Oh JE. Hemodialysis. Korean Journal of Medicine. 2014;86(2):131-7.

2. ESRD Registry Committee, Korean Society of Nephrology. Current renal replacement therapy in Korea-insan memorial dialysis registry, 2016 [Internet]. Seoul: the Korean Society of Nephrology; 2016 [cited 2017 July 10]. Available from: http://www.ksn.or.kr/rang_board/list.html?code=sinchart
3. Palmer BF, Henrich WL. Recent advances in the prevention and management of intradialytic hypotension. *Journal of the American Society of Nephrology*. 2008;19(1):8-11. <https://doi.org/10.1681/ASN.2007091006>
4. Ramos R, Soto C, Mestres R, Jara J, Zequera H, Merello JL, et al. How can symptomatic hypotension be improved in hemodialysis patients: cold dialysis vs isothermal dialysis. *Nefrologia*. 2007;27(6):737-41.
5. Pack CW. Kidney disease of the month: cardiovascular complications during hemodialysis. *Kidney Research and Clinical Practice*. 2009;28(4):385-90.
6. K/DOQI Workgroup. K/DOQI clinical practice guidelines for cardiovascular disease in dialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*. 2005;45(4):S16-153. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2005.01.019>
7. Song JS, Kim ES, Lee YN. The effects of the individual application of low sodium dialysate on weight gain, blood pressure, and intradialytic side effects in patients on maintenance hemodialysis. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2013;19(1):45-56.
8. Kim HJ. Effects of application of elastic compression stockings on blood pressure, pulse rate and hypotension symptoms in patients with intradialytic hypotension [master's thesis]. Daegu: Catholic University; 2014. p. 1-50.
9. Morfin JA, Fluck RJ, Weinhandl ED, Kansal S, McCullough PA, Komenda P. Intensive hemodialysis and treatment complications and tolerability. *American Journal of Kidney Diseases*. 2016;68(5):S43-50. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2016.05.021>
10. Kim JA, Yun JH, Jang IS, Lee MS, Hur YS, Shin JH, et al. The effect of gradient ultrafiltration and high sodium dialysate on reducing complications during hemodialysis. *Kidney Research and Clinical Practice*. 2002;21(3):450-9.
11. Schneditz D, Levin NW. Keep your temper: how to avoid heat accumulation in haemodialysis. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2001;16(1):7-9. <https://doi.org/10.1093/ndt/16.1.7>
12. Rosales LM, Schneditz D, Morris AT, Rahmati S, Levin NW. Isothermic hemodialysis and ultrafiltration. *American Journal of Kidney Diseases*. 2000;36(2):353-61. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2000.8986>
13. Pégola PE, Habiba NM, Johnson JM. Body temperature regulation during hemodialysis in long-term patients: is it time to change dialysate temperature prescription? *American Journal of Kidney Diseases*. 2004;44(1):155-65. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2004.03.036>
14. Lee YJ, Han JJ, Ha SJ, Park MN, Moon JY, Jeong KH, et al. The effect of cool dialysate & sodium profiling on hemodynamics in patients with intradialytic hypotension. *Kidney Research and Clinical Practice*. 2007;26(5):567-74.
15. Son MH. Effects of low temperature dialysis on the sleep conditions and dialytic stability of hemodialysis patients [master's thesis]. Daegu: Keimyung University; 2009. p. 1-64.
16. Azar AT. Effect of dialysate temperature on hemodynamic stability among hemodialysis patients. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*. 2009;20(4):596-603.
17. Woo HJ, Kim IY, Kim MR, Chun AY, Kim SS. The effect of cool temperature dialysate on blood pressure, physical discomfort, dialysis adequacy in hemodialysis patients. *The Chung-Ang Journal of Nursing*. 2009;13:41-8.
18. Hussein WF, Schiller B. Dialysate sodium and intradialytic hypotension. *Seminars in Dialysis*. 2017;30(6):492-500. <https://doi.org/10.1111/sdi.12634>
19. 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):115-20.
20. Kooman J, Basci A, Pizzarelli F, Canaud B, Haage P, Fouque D, et al. EBP guideline on haemodynamic instability. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2007;22(2):22-44. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfm019>
21. Bossola M, Vulpio C, Tazza L. Fatigue in chronic dialysis patients. *Seminars in Dialysis*. 2011;24(5):550-5. <https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2011.00956.x>
22. Ayoub A, Finlayson M. Effect of cool temperature dialysate on the quality and patients' perception of haemodialysis. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2004;19(1):190-4. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfg512>
23. van der Sande FM, Wystrychowski G, Kooman JP, Rosales L, Raimann J, Kotanko P, et al. Control of core temperature and blood pressure stability during hemodialysis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2009;4(1):93-8. <https://doi.org/10.2215/CJN.01800408>
24. Selby NM, McIntyre CW. A systematic review of the clinical effects of reducing dialysate fluid temperature. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*. 2006;21(7):1883-98. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfl126>
25. Mustafa RA, Bdair F, Akl EA, Garg AX, Thiessen-Philbrook H, Salameh H, et al. Effect of lowering the dialysate temperature in chronic hemodialysis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2016; 11(3):442-57. <https://doi.org/10.2215/CJN.04580415>
26. Toth-Manikowski SM, Sozio SM. Cooling dialysate during in-center hemodialysis: beneficial and deleterious effects. *World Journal of Nephrology*. 2016;5(2):166-71.

- <https://doi.org/10.5527/wjn.v5.i2.166>
27. Saxena A, Sharma RK, Gupta A, John MM. Non-invasive method for preventing intradialytic hypotension: a pilot study. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*. 2015; 26(5):896-905. <https://doi.org/10.4103/1319-2442.164569>
28. Park JY, Hong HS. The effects of cool dialysis on pruritus of chronic renal failure patients. *Journal of Korean Biological Nursing Science*. 2010;12(1):31-8.
29. Maggiore Q, Pizzarelli F, Santoro A, Panzetta G, Bonforte G, Hannedouche T, et al. The effects of control of thermal balance on vascular stability in hemodialysis patients: results of the European randomized clinical trial. *American Journal of Kidney Diseases*. 2002;40(2):280-90. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2002.34506>