

## 자가면역용혈환자에서 항-Fy<sup>a</sup> 동종항체에 의한 급성용혈성수혈반응 1예

최승준<sup>1</sup> · 나현진<sup>2</sup> · 김윤덕<sup>3</sup> · 김신영<sup>1</sup> · 김현옥<sup>1</sup>

연세대학교 의과대학 진단검사의학교실<sup>1</sup>, 세림병원 진단검사의학과<sup>2</sup>, 연세대학교 의과대학 내과학교실<sup>3</sup>

## Case of Acute Hemolytic Transfusion Reaction due to Anti-Fy<sup>a</sup> Alloantibody in a Patient with Autoimmune Hemolytic Anemia

Seung Jun Choi<sup>1</sup>, Hyunjin Nah<sup>2</sup>, Yundeok Kim<sup>3</sup>, Sinyoung Kim<sup>1</sup>, Hyun Ok Kim<sup>1</sup>

Department of Laboratory Medicine, Yonsei University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Department of Laboratory Medicine, Serim Hospital<sup>2</sup>, Incheon, Department of Internal Medicine, Yonsei University College of Medicine<sup>3</sup>, Seoul, Korea

A 72-year-old man with general weakness visited the outpatient clinic of the hematology department. The patient had been treated under the diagnosis of autoimmune hemolytic anemia for 2 years. His hemoglobin level at the time of the visit was 6.3 g/dL, and a blood transfusion was requested to treat his anemia. The patient's blood type was A, RhD positive. Antibody screening and identification test showed agglutination in all reagent cells with a positive reaction to autologous red blood cells (RBCs). He had a prior transfusion history with three least incompatible RBCs. The patient returned home after receiving one unit of leukoreduced filtered RBC, which was the least incompatible blood in the crossmatching test. After approximately five hours, however, fever, chills, dyspnea, abdominal pain, and hematuria appeared and the patient returned to the emergency room next day after the transfusion. The anti-Fy<sup>a</sup> antibody, which was masked by the autoantibody, was identified after autoadsorption using polyethylene glycol. He was diagnosed with an acute hemolytic transfusion reaction due to anti-Fy<sup>a</sup> that had not been detected before the transfusion. In this setting, it is necessary to consider the identification of coexisting alloantibodies in patients with autoantibodies and to become more familiar with the method of autoantibody adsorption. (Korean J Blood Transfus 2018;29:320-327)

**Key words:** Acute hemolytic transfusion reaction, Autoantibody, Alloantibody, Panagglutination, Duffy blood group

### 서 론

항-Fy<sup>a</sup> 항체는 급성 혹은 지연용혈성수혈반응

을 유발하는 임상적으로 중요한 동종항체이며, 가끔 치명적인 경우도 보고되고 있다[1]. 국내에서도 항-Fy<sup>a</sup> 항체에 의한 급성용혈성수혈반응으

Received on August 3, 2018. Revised on September 12, 2018. Accepted on September 15, 2018

Correspondence to: Hyun Ok Kim

Department of Laboratory Medicine, Yonsei University College of Medicine, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea  
Tel: 82-2-2228-2444, Fax: 82-2-364-1583, E-mail: hyunok1019@yuhs.ac, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4964-1963>

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright ©2018 The Korean Society of Blood Transfusion

로 사망한 증례가 보고된 바 있어[2], 수혈 전 검사에서 Duffy 항원에 대한 항체가 동정 되는 경우 반드시 Duffy 항원이 음성인 혈액제제를 찾아서 수혈해야 한다. 한국인 253명을 대상으로 한 Duffy 대립유전자 검사로 추정된 표현형의 분포는 Fy(a+b-) 88.1%, Fy(a+b+) 11.5%, Fy(a-b+) 0.4%, Fy(a-b-) 0%로 보고되었고[3], 한국인 419명을 대상으로 한 다른 연구에서는 Fy(a+b-) 82.3%, Fy(a+b+) 17.4%, Fy(a-b+) 0.2%, Fy(a-b-) 0%로 보고되어[4], 한국인에서 Fy<sup>a</sup> 항원은 고빈도 항원 중 하나임을 알 수 있다. 따라서 항-Fy<sup>a</sup> 항체가 환자의 혈청에서 동정 되는 경우는 교차 시험으로 적합한 혈액을 찾기 어려우며, Fy<sup>a</sup> 항원 음성 혈액을 요청 받고 336단위의 혈액제제를 검사했지만 적합한 혈액제제를 찾지 못하였다는 보고도 있다[5].

본 증례는 2년 전 최소반응강도를 보이는 혈액으로 수혈을 받았던 자가면역용혈빈혈 환자로 새롭게 발생한 심한 빈혈을 교정하기 위해 수혈이 의뢰되었다. 비예기항체 선별 및 동정검사에서 범응집 반응을 보여 자가항체에 의한 것으로 판정하고 과거 수혈력에 근거하여 최소반응강도를 보이는 한 단위의 적혈구를 출고하여 수혈한 후, 환자에게서 급성용혈성수혈반응이 발생하였다. Polyethylene glycol (PEG)를 이용한 자가흡착검사 후 환자의 혈청으로 시행한 비예기항체 동정검사에서 그 원인이 자가항체에 의해 가려져 수혈 전에 동정하지 못한 항-Fy<sup>a</sup> 동종항체에 의한 것임을 확인할 수 있었기에 그 경험을 보고하고자 한다.

## 증례

72세 남자 환자가 전신 무력감을 주소로 본원 외래로 내원하였다. 본 환자는 내원 5년 전 조기 위암을 진단받고 근치전체위절제술 및 식도공장

연결술을 시행 받은 후 비타민 B12 결핍으로 외래를 통해 치료 중이었다. 내원 2년 전 지속되는 전신 무력감, 횡달을 주소로 입원하였고, 입원 당시 시행한 혈액검사에서 혈색소 6.2 g/dL, 백혈구 수 3,540/µL, 혈소판 수 117,000/µL였다. 또한, 젖산탈수소효소 1,417 IU/L (참고치 119~247 IU/L), 총 빌리루빈 5.8 mg/dL (참고치 0.5~1.8 mg/dL), 직접 빌리루빈 0.6 mg/dL (참고치 0.1~0.4 mg/dL), 합토글로빈 < 10 mg/dL (참고치 30~200 mg/dL) 였고, 복부 전산화단층촬영에서 비장비대(13.7 cm)가 관찰되었으며, 직접항글로불린 검사에서는 다톤이성(1+) 및 anti-IgG (1+)에서 양성 소견을 보여 자가면역용혈빈혈로 진단되었고, 수혈이 의뢰되었다. 환자는 이전에 본원에서 시행된 수혈력은 없었고, 위암으로 인한 내원 당시 비예기항체 선별검사 결과는 음성이었다. 환자의 혈액형은 A형, RhD 양성이었다. Anti-human globulin (AHG) polyspecific cassette (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA)와 0.8% Selectogen I, II (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA)를 사용하여 AutoVue Innova (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA)를 이용한 비예기항체 선별검사 및 AHG polyspecific cassette와 0.8% Resolve Panel A (Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA)를 이용한 비예기항체 동정검사에서 2+~3+정도의 반응 강도로 범응집 소견을 보였으며 자가대조검사도 양성 (3+)이었다. LISS/Coombs ID-card (Bio-Rad, Cressier, Switzerland)를 이용하여 37°C에서 원주응집법으로 시행된 교차시험에서 모든 적혈구제제와 범응집 소견을 보여 최소반응강도를 보이는 농축적혈구 3단위를 3일에 걸쳐 수혈해 주었고 특이한 수혈이상반응은 관찰되지 않았다. 그 후 환자는 외래를 통해 경구용 프레드니솔론으로 치료를 받아왔다. 그 후 환자는 수혈을 받지 않고 지내다가 내원 당일 전신 무력감을 주소로 본원 외래로 내

원하였고, 혈색소는 6.3 g/dL로 수혈이 의뢰되었었다. 환자는 이전과 동일하게 비예기항체 선별 및 동정검사(Ortho Clinical Diagnostics)에서 2+~3+의 반응강도로 범응집 소견 및 자가대조검사에서 양성(1+)을 보였고, 직접항글로불린 검사에서 다투이성(1+) 및 anti-IgG (1+)에서 양성을 보였다. 환자의 ABO형과 동일한 A+형 백혈구여과 제거적혈구 14단위에 대하여 LISS/Coombs ID-card (Bio-Rad, Cressier, Switzerland)를 이용하여 37°C에서 원주응집법으로 교차시험을 진행하였고, 모든 혈액제제에서 2+~3+의 반응을 보여 최소반응강도를 보이는 1단위를 선택하여 출고하였다. 환자는 수혈 종료 후 특별한 증상 호소 없이 귀가하였으나, 귀가 후 약 5시간 후부터 발

생한 발열, 오한, 호흡곤란, 복통, 혈뇨를 주소로 수혈 다음 날 본원 응급실로 다시 내원하였다. 응급실 내원 당시 의식은 명료하였고, 생체징후는 혈압 93/47 mmHg, 심박수 84회/분, 호흡수 30회/분, 체온 38.3°C로 관찰되었다. 혈액검사상 혈색소는 6.8 g/dL였다. 또한, 절산탈수소효소 2,391 IU/L, 총 빌리루빈 9.7 mg/dL, 직접 빌리루빈 0.8 mg/dL, 혈액요소질소 25.7 mg/dL (참고치 8.5~22.0 mg/dL), 크레아티닌 0.84 mg/dL (참고치 0.68~1.19 mg/dL)였고, 소변검사상 Blood 3+, 적혈구 5~10/HPF 소견을 보여 급성용혈성수혈반응에 합당한 검사결과를 보여 입원하였다. 급성용혈성 수혈반응의 원인으로 생각되는 수혈 전후의 검사 결과를 Table 1에 표시하였다. 환자는 이전 3개월

**Table 1.** Laboratory findings before and after development of an acute hemolytic transfusion reaction

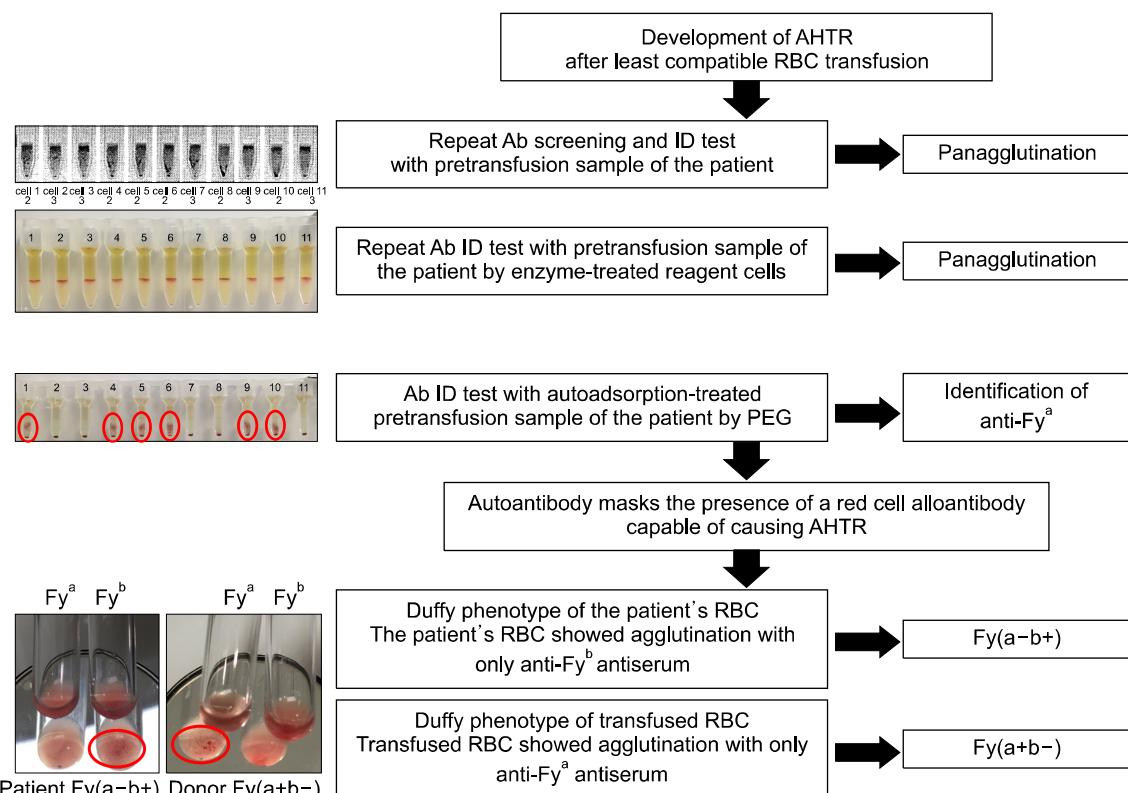
Laboratory Finding	Patient's value before AHTR	Patient's value after AHTR	Reference range
Blood Chemistry			
BUN (mg/dL)	19.4 <sup>†</sup>	25.7	8.5~22
Creatinine (mg/dL)	1.00 <sup>†</sup>	0.84	0.68~1.19
Total bilirubin (mg/dL)	6.1 <sup>†</sup>	9.7	0.5~1.8
Direct bilirubin (mg/dL)	NT	0.8	0.1~0.4
LDH (IU/L)	1,551 <sup>†</sup>	2,391	119~247
Blood Hematologic finding			
Hemoglobin (g/dL)	6.3*	6.8	13.0~17.4
Hematocrit (%)	20.7*	21.5	40.0~52.0
Reticulocyte (%)	10.47 <sup>†</sup>	18.27	0.50~2.85
PT (INR)	NT	1.10	0.19~1.16
DAT	NT	Positive	Negative
Urine analysis			
Color	NT	Bloody	
Blood	NT	2+	Negative
RBC (/HPF)	NT	5~10	0~2

\*These results were obtained from the tests performed one day before AHTR; <sup>†</sup>These results were obtained from the tests performed one month before AHTR.

Abbreviations: AHTR, acute hemolytic transfusion reaction; BUN, blood urea nitrogen; DAT, direct anti-human globulin test; HPF, high power field ( $\times 400$ ).

내 적혈구제제 수혈력이 없어 자가면역용혈빈혈로 치료받던 기왕력에 근거하여 동종항체 여부를 확인하기 위하여 보관 중인 수혈 전 환자의 혈청으로 PEG를 이용한 자가흡착검사를 시행하였다 [6]. 검사에 사용한 PEG 용액은 분자량 3,350인 PEG (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA) 20 g을 pH 7.3 인 산염완충식염수(phosphate-buffered saline) 100 mL에 녹인 20% m/v PEG 용액을 사용

하였다. 환자의 혈청, 20% PEG 용액, 환자의 적혈구를 500  $\mu$ L씩 1:1:1 비율로 혼합한 후 37°C에서 30분 및 60분간 반응시켰다. 이후 혼합물을 2,500 rpm에서 5분간 원심 분리 후 상층액을 취하였다. 이 상층액을 ID-DiaPanel (Bio-Rad, Cressier, Switzerland)과 함께 LISS/Coombs ID-card (Bio-Rad, Cressier, Switzerland)를 이용하여 비예기항체 동정검사를 시행하였고, 항-Fy<sup>a</sup>가 동정되었다. 환자

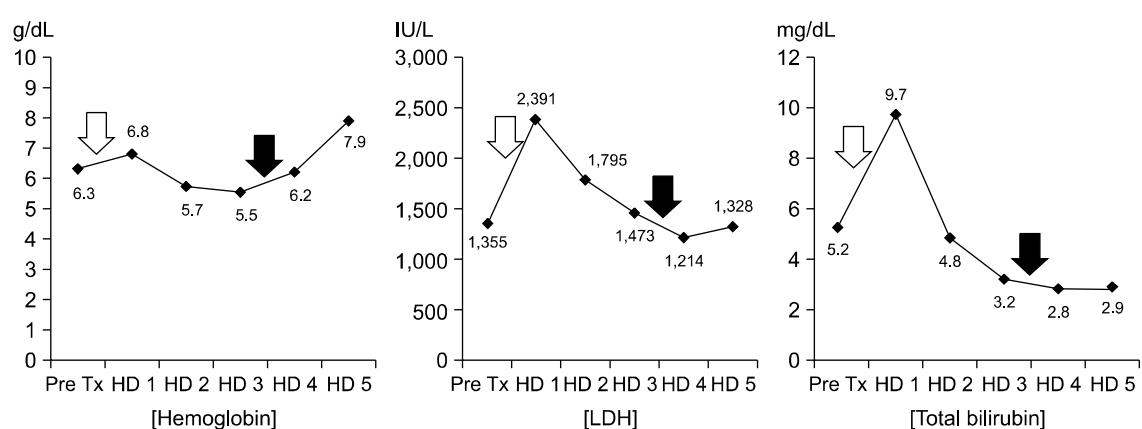


**Fig. 1.** Results of antibody screening and identification tests with a pretransfusion sample of the patient and the results of Duffy phenotyping of the patient's red blood cell (RBC) and transfused RBC with anti-Fy<sup>a</sup> and anti-Fy<sup>b</sup> antisera.

Abbreviations: AHTR, acute hemolytic transfusion reaction; RBC, red blood cell; Ab, antibody; ID, identification; PEG, polyethylene glycol.

의 수혈 전 검체 및 환자에게 출고되었던 적혈구 제제의 분절을 이용하여 각각 3% 적혈구부유액을 만든 후, 각각에 대하여 두 개의 시험관을 준비하여 하나에는 Anti-Fy<sup>a</sup> 항혈청시약(Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA), 나머지 하나에는 Anti-Fy<sup>b</sup> 항혈청시약(Ortho Clinical Diagnostics, Raritan, USA)을 한 방울씩 떨어뜨렸다. 이 시험관에 환자 및 혈액제제의 3% 적혈구부유액 한 방울을 첨가한 후 37°C에서 15분간 항온하였다. 항온 후 3번 생리식염수 세척 후 상층액을 제거한 다음 항글로불린혈청인 AGH MAESTRIA IGG + C3D (DIAGAST, Loos, France) 2 방울을 첨가한 후 원심분리한 뒤 응집을 관찰하였다. 시험관법으로 시행된 Duffy 표현형검사 결과 환자의 표현형은 Fy(a-b+), 출고된 혈액제제의 표현형은 Fy(a+b-)로 확인되었다. 환자의 Duffy 유전형 검사는 국내 희귀혈액 등록체계(Korean Rare Blood Program, KRBP)에 의뢰하여, Lifecodes RBC/RBC-R

typing kit (Immucor, Norcross, USA)를 이용하여 시행되었고, 후에 Fy(a-b+)로 확인되어 환자의 표현형과 일치하였다. 환자의 비예기항체 동정검사에 대한 검사실 내 업무 흐름은 Fig. 1에 요약하였다. 환자는 입원 후 정맥로를 통한 수액 주입 등 보존적 치료를 시행 받았다. 입원 2일째 및 3일째 혈색소가 각각 5.7 g/dL, 5.5 g/dL로 감소하여 수혈이 의뢰되었고, A+형 98단위, O+형 79단위의 백혈구여과제거적혈구에서 O+형, Fy<sup>a</sup> 항원 음성 적혈구제제 1단위를 찾아 수혈하였다. 수혈 후 특별한 증상은 없었고, 혈색소는 입원 5일째 7.9 g/dL까지 회복되어 입원 7일째 퇴원하였다. 입원 기간 동안 환자의 혈색소, 절산탈수소효소, 총 빌리루빈의 변화는 Fig. 2에 요약하였다. 환자는 현재 외래를 통해 추적관찰 중이며, 가장 최근 내원한 퇴원 후 14개월째의 혈색소 수치는 9.4 g/dL였다.



**Fig. 2.** Changes in hemoglobin, lactate dehydrogenase and total bilirubin levels after the transfusion. The white arrow indicates 1 unit of A+ Fy(a+b-) leukoreduced filtered red blood cell (LRFRBC) transfusion and the black arrow indicates 1 unit of O+ Fy(a-b+) LRFRBC transfusion.

Abbreviations: Tx, transfusion; HD, hospital day; LDH, lactate dehydrogenase.

## 고 찰

본 환자는 온난자가항체에 의한 자가면역용혈빈혈로 치료 중이었으며, 진단 당시 수혈받은 3단위의 적혈구제제로 인한 감작에 의해 항-Fy<sup>a</sup>가 생겼을 것으로 추정된다. PEG 자가흡착검사를 통해 환자의 검체에서 항-Fy<sup>a</sup>를 동정하였고, 수혈되었던 A+형 백혈구여과제거적혈구 분절의 적혈구의 표현형이 Fy(a+b-)로 확인되어, 수혈 후 24시간 이내에 발생한 급성용혈성수혈반응임을 확인할 수 있었다. 자가항체가 있는 환자에게 수혈할 때 고려해야 할 점 중 하나는 동종항체의 공존 여부이다. 자가항체가 있는 환자의 12~40%에서 공존하는 동종항체가 있는 것으로 보고되고 있다[7]. 수혈전 검사에서 자가항체가 확인될 경우 공존하는 동종항체의 여부는 항상 고려되어야 할 상황이지만, 특히 응급상황에서는 종종 간과될 수 있다. 그러나, 응급상황이 아니면서, 특히 환자가 수혈력 혹은 임신력 등 감작될 기회가 있었던 경우에는, 수혈전 검사에서 자가항체가 검출될 경우 반드시 동종항체의 공존여부를 확인하여야 한다.

자가면역용혈빈혈 환자에서 수혈의 위험성은 적혈구가 파괴되는 정도에 따라 다르다. 이러한 환자들에서 수혈의 시행은 수혈로 인한 이득과 위험성을 고려하여 결정되어야 한다. 자가면역용혈빈혈 환자들은 자가항체로 인해 수혈전 검사들의 판독이 어려우며, 교차시험 상 적합한 혈액을 찾기 어려워 혈액출고가 늦어질 수 있으나, 단지 혈청학적으로 부적합하다는 이유만으로 수혈이 지연되어서는 안된다[8]. 또한 환자가 동종 비예기항체를 가지고 있는 경우 자가항체로 인하여 이를 놓칠 수 있으며, 동정하지 못한 동종항체로 인해 수혈로 인한 용혈이 심해질 수 있다. 이때 온난자가항체로 인한 용혈빈혈이 있을 경우 혈액

은행에서 PEG 자가흡착검사를 통하여 동반된 동종 비예기항체를 검사하는 것이 유용하며, 다른 자가흡착검사에 비하여 검사에 소요되는 시간이 짧아 특히 급한 수혈 요구가 있는 환자에서 효과적으로 적용 가능한 방법이라고 할 수 있겠다[9]. 본 증례에서는 PEG 자가흡착검사를 이용하여 온난자가항체를 제거한 후 항-Fy<sup>a</sup>를 동정할 수 있었으며, Fy<sup>a</sup> 항원 음성 혈액을 찾아 수혈하였다. 이와 유사한 상황은 검사실에서 종종 경험할 수 있는 상황이나, 아직 이에 대한 국내 문헌보고가 없어 본 증례의 보고가 추후 이와 유사한 증례를 경험할 검사실에서의 대처에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 환자는 4일간의 구정 연휴 바로 전날 오후에 전신 무력감을 주소로 본원 혈액내과 외래를 방문하였고, 혈색소가 6.3 g/dL로 2단위의 적혈구 수혈이 의뢰된 경우였다. 당시 본원 혈액은행 전문의는 주치의와 유선 연락하여 자가항체로 인하여 적합한 혈액을 찾기 어려워 최소응집강도를 보이는 혈액을 출고할 예정이며, 1단위만 수혈하자는 의견을 제시하였다. 이후 혈액은행 전문의는 외래 주사실로 방문하여 환자에게 자가면역용혈빈혈로 적합 혈액을 찾기 어려운 점과 수혈 후 용혈성수혈반응이 발생할 가능성에 대해 설명하였고, 귀가 후 증상이 발생할 경우 즉시 응급실로 내원할 것을 설명한 후에 수혈을 진행하였다. 그로 인하여, 환자는 급성용혈성수혈반응이 발생한 후 신속히 응급실을 통해 입원하였고, 주치의도 사전에 이에 대한 가능성을 인지하고 있어 신속하게 치료를 할 수 있었다. 또한, 입원 후 혈색소 수치의 감소로 수혈이 필요함에도, 응급으로 요청하지 않고 Fy<sup>a</sup> 항원 음성 혈액을 찾아 출고할 수 있도록 협조를 얻을 수 있었다. 환자의 혈액 내에 자가항체가 있는 경우 수혈의 결정 및 시행은 주치의와 혈액은행 의사의 긴밀한 협조 속에

이루어져야 하며, 적합한 혈액제제를 찾기 위해 수혈이 지연되었을 때의 위험성과 동종항체에 의한 용혈성수혈반응을 피하기 위해 적합한 혈액제제를 찾아 수혈하였을 때의 이익을 모두 고려하여 수혈을 결정할 것을 강조하고 있다[10]. 그러나, 수혈을 늦출 수 없는 위급한 상황에서는 최소 응집강도를 보이는 혈액제제의 수혈이 필요하며, 이러한 최소응집강도를 보이는 혈액제제의 수혈이 큰 위험이 없이 수혈이 이루어졌던 경험을 후향적 연구를 통해 보고한 논문들도 적지 않다[11, 12]. 그러므로 본 환자와 같이 자가면역용혈빈혈 환자에서 수혈이 필요한 경우 주치의와 혈액은행 의사간의 긴밀한 의견 교환을 통해 환자에게 보다 안전한 수혈이 시행되도록 해야 할 것이다.

한편으로 본 증례를 경험하면서  $Fy^a$  항원 음성 혈액을 찾기 위하여 177단위의 적혈구제제에 대한 혈액형 검사가 필요하였으며 환자는 A+형이었으나 O+형 혈액을 찾아 수혈하였다. 이런 고빈도항원 음성인 혈액의 시기적절한 공급을 위해 희귀혈액형 등록사업과 희귀혈액형 혈액에 대한 동결보관체계 구축 사업이 속히 국내에서도 구현될 필요성이 있음을 다시 한번 절실히 느끼는 계기가 되었다[13-15].

## 요약

72세 남자 환자가 전신 무력감을 호소하면서 본원 혈액내과 외래로 내원하였다. 환자는 내원 2년 전 온난자가항체에 의한 자가면역용혈빈혈로 진단받고 치료 중이었다. 내원 당시 환자의 혈색소 수치는 6.3 g/dL로, 빈혈을 교정하기 위해 수혈이 의뢰되었다. 환자의 혈액형은 A형, RhD 양성이었고, 비예기항체 검사에서 범응집 소견 및 자가대조검사에서 양성 소견을 보이고 과거 교차시험에서 최소반응강도를 보이는 적혈구 3단위

를 수혈받은 기왕력이 있어, ABO 동형의 적혈구와 교차시험을 하여 최소반응강도를 보이는 적혈구 1단위를 출고하였다. 환자는 수혈을 받은 후 별다른 증상 없이 귀가하였으나, 귀가 후 약 5시간 후부터 발생한 발열, 오한, 호흡곤란, 복통, 혈뇨를 주소로 수혈 다음 날 본원 응급실로 내원하였다. Polyethylene glycol을 이용한 자가흡착검사 후 획득한 상층액을 이용하여 시행한 비예기항체 검사에서 항- $Fy^a$ 가 동정되어, 자가 항체에 의해 가려져 수혈 전에 검출하지 못한 항- $Fy^a$ 에 의한 급성용혈성수혈반응으로 진단하였다. 본 증례를 통해 자가항체가 동정되는 환자에 대해서 반드시 공존하는 동종항체 확인에 대한 고려가 필요하다는 것을 인지하게 되었고, 이런 자가항체를 제거하여 검사하기 위해 자가흡착검사 방법에 대해서 좀 더 익숙해질 필요가 있다는 경험을 하였다.

## References

1. Fung MK, Eder AF, Spitalnik SL, Westhoff CM. Technical manual. 19th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2017:330-2
2. Kim KH, Han JY, Kim JM, Park KH, Han KS. Fatal acute hemolytic transfusion reaction due to anti-E+ $Fya$ . Korean J Lab Med 2003;23:57-9
3. Park KU, Jeon AR, Heo SR, Song J, Han KS. Alleles for associated with  $Fy(a)$ ,  $Fy(b)$ ,  $Fy(x)$  and  $Fy(x)$  antigens in a Korean population. Korean J Blood Transfus 2005;16:209-17
4. Hong YJ, Chung Y, Hwang SM, Park JS, Kwon JR, Choi YS, et al. Genotyping of 22 blood group antigen polymorphisms and establishing a national recipient registry in the Korean population. Ann Hematol 2016;95: 985-91
5. Han KS, Park KU, Song EY. Transfusion

- medicine. 4th ed. Seoul: Korea Medical Book Publisher, 2014:227-8
6. Leger RM, Garratty G. Evaluation of methods for detecting alloantibodies underlying warm autoantibodies. *Transfusion* 1999;39:11-6
  7. Branch DR, Petz LD. Detecting alloantibodies in patients with autoantibodies. *Transfusion* 1999;39:6-10
  8. Fung MK, Eder AF, Spitalnik SL, Westhoff CM. Technical Manual. 19th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2017:397
  9. Cid J, Ortin X, Pinacho A, Parra R, Contreras E, Elies E. Use of polyethylene glycol for performing autologous adsorptions. *Transfusion* 2005;45:694-7
  10. Petz LD. A physician's guide to transfusion in autoimmune haemolytic anaemia. *Br J Haematol* 2004;124:712-6
  11. Yurek S, Mayer B, Almahallawi M, Pruss A, Salama A. Precautions surrounding blood transfusion in autoimmune haemolytic anaemias are overestimated. *Blood Transfus* 2015; 13:616-21
  12. Lee W, Seo Y, Cheong JW, Kim S, Kim HO. Effect of the least incompatible blood transfusion in patients with panagglutination (least incompatible blood transfusion). *Korean J Blood Transfus* 2013;24:48-57
  13. Chung Y, Hong YJ, Hwang SM, Kim TS, Park KU, Song J, et al. The current status of management for specific antigen-negative blood units in Korea. *Korean J Blood Transfus* 2013;24:248-57
  14. Cho EH, Chun S, Seo JY, Kang ES, Cho D, Kim DW. A system for cryopreservation of rare red blood cell units; right time to start. *Korean J Blood Transfus* 2015;26:323-5
  15. Kim J, Choi KY, Youn KW, Kim Y, Min HK, Kim HO. Requirement of establishment of frozen blood storage system for management of rare blood supply and strategic national stockpile. *Korean J Blood Transfus* 2018;29: 3-17