

의료기관 내 적혈구제제 적정 재고량 감소를 통한 적혈구제제의 혈액은행 내 보존기간의 개선

최승준 · 김신영 · 김현옥

연세대학교 의과대학 진단검사의학교실

= Abstract =

Improvement of the In-hospital Inventory Period of Red Blood Cells by Reducing the Inventory Levels in the Hospital Blood Bank

Seung Jun Choi, Sinyoung Kim, Hyun Ok Kim

Department of Laboratory Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: The clinical importance of transfusing older RBCs versus newer RBCs remains controversial, with some studies identifying adverse consequences and others have not. We evaluated the age of RBCs transfused in a Korean tertiary hospital and the improvement of the in-hospital inventory period by reducing the level of inventory in the hospital blood bank.

Methods: The packed RBCs that were issued from November 14th, 2009 to November 13th, 2010 were analyzed. The inventory level was reduced in May 14th, 2010. We compared the total inventory period, the in-hospital inventory period and the pre-delivery period between before inventory reduction and after inventory reduction.

Results: The in-hospital inventory period of the packed RBCs was significantly shortened after inventory reduction (6.0 day vs. 4.0 day, $P < 0.0001$). Because the pre-delivery period was prolonged due to a temporary increase of blood donations, the total inventory period was not shortened.

Conclusion: This study provides that the in-hospital inventory period can be improved by reducing the inventory levels in the hospital, but further studies are required to decide what the adequate inventory levels should be. (Korean J Blood Transfus 2011;22:18-23)

Key words: Age of blood, Inventory period, Inventory management

접수일 : 2011년 3월 22일, 수정일 : 2011년 4월 14일, 승인일 : 2011년 4월 15일

책임저자 : 김 신 영 135-720 서울시 강남구 언주로 712 강남세브란스병원 진단검사의학과
TEL: 02) 2019-3533, FAX: 02) 2019-4822, E-mail: sykim@yuhs.ac

서론

수혈은 다양한 임상적 적응증에 따라 시행되지만, 임상적으로 위중한 환자들에게서 수혈로 인하여 환자의 심각한 합병증 및 사망의 위험성을 증가시키기도 하는 것으로 알려져 있다.¹⁻³⁾ 특히, 수혈된 적혈구제제의 보존 기간이 증가할 경우 환자의 생존율 또는 예후에 영향을 줄 수 있는 합병증의 위험성이 증가하는 것으로 알려져 있다.⁴⁻⁷⁾ 이는 적혈구제제의 보존 기간 동안 적혈구의 구조적 및 기능적 변화로 인하여 수혈 후 적혈구들의 기능 및 생존능이 감소하기 때문이다.⁷⁾ 적혈구 제제의 보존 기간에 따른 임상적 중요성에 대해서는 아직 논란의 여지가 있어, 보존 기간이 오래된 혈액제제의 임상적 영향을 증명한 연구들도 있고,^{4,10)} 임상적 영향이 없음을 주장하는 연구들도 있다.^{11,12)} 그러나, Koch 등은 6,002명의 심장 수술을 시행 받은 환자에게 수혈된 19,584 단위의 적혈구제제를 대상으로 한 대단위 연구를 통해 적혈구제제의 보존 기간이 환자의 수술 후의 합병증 및 생존율에 통계적으로 유의한 영향이 있음을 주장하였다.⁸⁾

국내에서는 Chang 등이 국내 표본감시 의료기관의 적혈구제제의 적정 재고량 및 적정 재고일에 관한 연구를 발표하였으나,¹³⁾ 국내 의료기관에서 사용하는 적혈구제제의 실제 의료기관에서의 보존기간 및 헌혈 시부터 수혈 시까지의 총 보존 기간에 관한 연구가 미비한 실정이다. 본 연구는 국내 대학병원에서 사용된 적혈구제제 보존 기간 자료를 바탕으로 수혈되는 적혈구제제의 총 보존 기간을 분석하고, 더 나아가 혈액은행에서의 적혈구제제의 적정 재고량 조절을 통한 총 보존 기간 및 혈액은행 내 보존 기간의 개선 여부에 대하여 연구하였다.

대상 및 방법

강남세브란스병원 혈액은행에서 2009년 11월 14일부터 2010년 11월 13일까지 출고된 총 13,568 단위의 적혈구제제 중 혈액원에서 공급되는 저장 전 백혈구여과제거 적혈구제제 및 본원에서 직접 제조하는 백혈구여과제거 적혈구제제를 제외한 농축적혈구제제 12,715단위만을 대상으로 하였다. 각 제제에 대하여 헌혈일자, 입고일자 및 출고일자 자료를 확보하여, 헌혈일자부터 출고일자까지의 기간(총 보존 기간), 헌혈일자부터 입고일자까지의 기간(혈액은행 외 보존 기간) 및 입고일자부터 출고일자까지의 기간(혈액은행 내 보존 기간)을 산출하였다. ABO 혈액형 별로 총 보존 기간, 혈액은행 외 보존 기간, 혈액은행 내 보존 기간을 비교 분석하였으며, Rh 혈액형 별 분석은 시행하지 않았다.

강남세브란스병원 혈액은행에서는 2010년 5월 14일부터 농축적혈구제제 적정 재고량을 다음과 같이 조절하였다. A형 및 O형 농축적혈구제제의 적정 재고량을 각 75단위에서 각 65단위로 13.3%, B형 농축적혈구제제의 적정 재고량을 75단위에서 60단위로 20.0% 축소하였으며, AB형 농축적혈구제제의 적정 재고량은 25단위를 그대로 유지하였다. 농축적혈구제제 적정 재고량 조절의 효과를 분석하기 위하여, 대상 기간을 재고량 변경 이전(2009년 11월 14일부터 2010년 5월 13일)과 재고량 변경 이후(2010년 5월 14일부터 2010년 11월 13일)로 구분하여 분석하였다. 변경 이전에 출고된 농축 적혈구제제는 총 6,212단위였고, 변경 이후 출고된 적혈구제제는 총 6,503단위였다.

통계 분석은 MedCalc (version 10.2.0.0, MedCalc software, Mariakerke, Belgium)을 사용하였다. 각 변수의 정규분포 여부는 Kolmogorov-Smirnov 방법으로 확인하였으며, 적혈구제제 적정 재고량

변경 이전과 변경 이후의 각 기간 중앙값의 차이는 Mann-Whitney 방법을 사용하여 분석하였으며, 통계적 유의 수준은 P value 0.05를 기준으로 하였다.

결 과

적정 재고량 변경 이전과 변경 이후의 총 보존 기간 중앙값은 모두 16일이었지만, 통계적으로 유의하게 변경 이후의 총 보존 기간이 더 길었다 ($P=0.0179$). 각 혈액형 별로는 A형 및 AB형 혈액

제제는 재고량 변경 이후에서, B형 및 O형 혈액 제제는 재고량 변경 이전에서 총 보존 기간이 통계적으로 유의하게 오래된 제제였다($P<0.0001$) (Table 1). 혈액은행 내 보존 기간은 수혈된 총 농축적혈구제제에서 재고량 변경 이후 유의하게 단축되었다($P<0.0001$). 혈액형 별로는 AB형을 제외한 A형, B형, O형 농축적혈구제제에서 변경 이전에 비해 변경 이후에 통계적으로 유의하게 단축되었다($P<0.0001$)(Table 2). 혈액은행 외 보존 기간은 전체 농축적혈구제제($P<0.0001$) 및 A형($P<0.0001$), B형($P<0.0001$), O형($P=0.009$) 및 AB

Table 1. Total inventory period of before inventory reduction and after inventory reduction

	Before inventory reduction			After inventory reduction			P value
	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	
A	12.0	9.0 to 15.0	2,034	14.0	12.0 to 16.0	2,091	<0.0001
B	20.0	17.0 to 24.0	1,684	19.0	15.0 to 22.0	1,969	<0.0001
O	17.0	15.0 to 19.0	1,719	15.0	13.0 to 19.0	1,778	<0.0001
AB	14.0	10.0 to 18.0	760	18.0	14.0 to 21.0	646	<0.0001
Total	16.0	12.0 to 19.0	6,212	16.0	13.0 to 19.0	6,503	0.0179

*Interquartile range: from the 25th percentile to the 75th percentile.

Table 2. In-hospital inventory period of before inventory reduction and after inventory reduction

	Before inventory reduction			After inventory reduction			P value
	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	
A	6.0	4.0 to 8.0	2,034	4.0	2.0 to 6.8	2,091	<0.0001
B	7.0	4.0 to 10.0	1,684	3.0	1.0 to 7.0	1,969	<0.0001
O	6.0	4.0 to 9.0	1,719	5.0	3.0 to 8.0	1,778	<0.0001
AB	5.0	3.0 to 7.0	760	6.0	2.0 to 11.0	646	0.0115
Total	6.0	4.0 to 9.0	6,212	4.0	2.0 to 7.0	6,503	<0.0001

*Interquartile range: from the 25th percentile to the 75th percentile.

Table 3. Pre-delivery period of before inventory reduction and after inventory reduction

	Before inventory reduction			After inventory reduction			P value
	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	Median (day)	Interquartile range*	No. of units	
A	5.0	4.0 to 8.0	2,034	10.0	5.0 to 12.0	2,091	<0.0001
B	13.0	11.0 to 17.0	1,684	15.0	7.0 to 20.0	1,969	<0.0001
O	10.0	5.0 to 13.0	1,719	11.0	6.0 to 13.0	1,778	0.009
AB	7.0	4.0 to 12.0	760	9.0	3.0 to 17.0	646	<0.0001
Total	9.0	4.0 to 13.0	6,212	11.0	5.0 to 15.0	6,503	<0.0001

*Interquartile range: from the 25th percentile to the 75th percentile.

형($P<0.0001$) 농축적혈구제제 모두에서 재고량 변경 이후에 통계적으로 유의하게 오래된 제제였다(Table 3).

고 찰

Fontaine 등의 연구에 따르면, 의료기관에서 적혈구제제의 최대 유효기간을 낮추는 방침을 설정할수록 사용 가능한 적혈구제제는 감소하게 되며, 폐기율은 증가하게 되는 것으로 나타났다.¹⁴⁾ 즉, 재고량의 조정이 없다면, 보존기간이 짧은 혈액 제제의 공급을 위해서는 폐기율의 증가를 감수해야 하며, 반대로 폐기율을 적정 수준으로 유지하기 위해서는 공급되는 혈액 제제의 보존기간이 길어질 수밖에 없다.

본 연구에서는 농축적혈구제제의 적정 재고량의 감소가 혈액은행 내 보존 기간을 유의하게 감소시키는 것으로 나타났다. 혈액은행 내 보존 기간은 전체 농축적혈구제제에서 약 33.3% 감소하였고, 혈액형별로는 A형 약 33.3%, B형 약 57.1%, O형 약 16.7% 정도 감소하였다. 그러나 본 연구에서 총 보존 기간은 적혈구제제 적정 재고량 변경 이전과 변경 이후에서 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이는 2010년 8~10월 사이 헌

혈량 증가에 따른 일시적인 국내 혈액 재고량 증가가 원인으로 적혈구제제 적정 재고량 변경 이전에 비해 변경 이후에 입고된 적혈구제제의 혈액은행 외 보존 기간이 길어졌기 때문이다.

본 연구대상에서 제외된 백혈구여과제거 적혈구제제의 경우 혈액은행 내 보존 기간의 중앙값은 재고량 변경 이전(4일)에 비해 재고량 변경 이후(3일) 단축된 양상을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P=0.199$). 이는 농축적혈구제제와는 달리 백혈구여과제거 적혈구제제는 필요할 때마다 보관 중인 농축적혈구제제 중 가장 보존 기간이 짧은 제제를 선택적으로 사용하기 때문에, 재고량 변경이 혈액은행 내 보존 기간에 미치는 영향이 적기 때문으로 판단된다. 하지만, 백혈구여과제거 적혈구제제의 총 보존 기간은 오히려 재고량 변경 이전(11일)보다 재고량 변경 이후에(14일) 통계적으로 유의하게 증가하였는데($P=0.0033$), 이는 위에서 언급했듯이, 일시적인 국내 혈액 재고량 증가에 의한 것으로 보인다.

Kim은 효율적인 재고관리를 위하여 표준혈액 재고량을 구할 수 있는 수식을 제시하였으며, 이는 다음과 같다.¹⁵⁾

$$S=2.8617 \times (d)^{0.9342}$$

(S: 표준혈액재고량, d: 1일 평균 출고량)

최적 재고량을 당일의 출고된 양, 수혈된 양 및 원내 채혈량, 월간 외부입고혈액의 평균 채혈 경과 기간의 분포를 적용한 다양한 재고관리 조건에서 결정하였고, 이 최적 재고량을 가장 정확하게 예측할 수 있는 수식을 표준혈액재고량으로 정하였는데, 이 공식은 특정 혈액제제의 1일 평균 출고량이 10단위에서 30단위에 해당하는 경우에 적합하다고 하였다.¹⁵⁾ 위의 관계식은 다양한 전제 조건들이 적용된 것이어서 단순 적용에는 무리가 있겠지만, 일 평균사용량이 10단위에서 30단위인 의료기관들의 실제 적정 재고량이 위의 관계식에 따라 산출된 표준혈액재고량의 2배 이상으로 높았으며,¹³⁾ 본 연구에서 대상이 된 적혈구제제 중 10단위에서 30단위 사이의 일 평균사용량을 보이는 A형, B형 및 O형 적혈구제제의 적정 재고량과 위의 관계식에서 산출된 표준혈액재고량(A형은 약 37단위, B 및 O형은 약 26단위)도 2배가 넘는 차이를 보였다. 따라서, 국내 의료기관에서 산정한 적정 재고량에 대한 재검토가 필요하다고 판단되며, 이를 통해 혈액제제의 혈액은행 내 보존 기간 및 총 보존 기간 단축 효과도 얻을 수 있을 것이다. 또한, 국내에서 사용되는 전체 적혈구제제가 최대한 신속한 시간 내에 환자에게 수혈되기 위해서는 의료기관 혈액은행의 실시간 재고량 정보가 대다수의 헌혈을 시행하는 대한적십자사 혈액원 및 한마음혈액원의 헌혈 관련 전산프로그램과 연계되어 헌혈량을 실시간으로 조절하는 연계시스템의 마련이 필요하다.

요약

배경: 적혈구제제의 보존 기간에 따른 임상적 중요성에 대해서는 아직 명백하지 않아, 보존 기간이 오래된 혈액제제의 임상적 영향을 증명한 연구들도 있고, 임상적 영향이 없음을 주장하는

연구들도 있다. 본 연구에서는 국내 1개 대학병원에서 수혈되는 적혈구제제의 보존 기간 및 재고량 조절을 통한 적혈구제제의 보존 기간 개선 여부에 대해 조사하였다.

방법: 강남세브란스병원에서 2009년 11월 14일부터 2010년 11월 13일까지 1년간 출고된 적혈구제제를 대상으로 하였다. 2010년 5월 14일부터 농축적혈구제제 적정 재고량 변경을 하였고 이후 적혈구제제 적정 재고량 조절의 효과를 분석하기 위하여, 적정 재고량 변경 시점을 기준으로 변경 이전과 변경 이후의 총 보존 기간, 혈액은행 외 보존 기간, 혈액은행 내 보존 기간을 비교하였다.

결과: 혈액은행 내 보존 기간은 재고량 변경 이전(6일)에 비해 재고량 변경 이후(4일) 통계적으로 유의하게 감소하였다($P < 0.0001$). 일시적인 헌혈량 증가에 따른 혈액은행 외 보존기간의 증가로 인하여 총 보존기간은 감소하지 않았다.

결론: 본 연구를 통해 혈액은행 내 적정 재고량의 감소를 통해 혈액은행 내 보존 기간을 단축할 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Robinson WP 3rd, Ahn J, Stiffler A, Rutherford EJ, Hurd H, Zarzaur BL, et al. Blood transfusion is an independent predictor of increased mortality in nonoperatively managed blunt hepatic and splenic injuries. *J Trauma* 2005;58:437-44
2. Malone DL, Dunne J, Tracy JK, Putnam AT, Scalea TM, Napolitano LM. Blood transfusion, independent of shock severity, is associated with worse outcome in trauma. *J Trauma* 2003;54:898-905
3. Taylor RW, Manganaro L, O'Brien J, Trottier SJ, Parkar N, Veremakis C. Impact of allogenic packed red blood cell transfusion on no-

- socomial infection rates in the critically ill patient. *Crit Care Med* 2002;30:2249-54
4. Zallen G, Offner PJ, Moore EE, Blackwell J, Ciesla DJ, Gabriel J, et al. Age of transfused blood is an independent risk factor for postinjury multiple organ failure. *Am J Surg* 1999;178:570-2
 5. Offner PJ, Moore EE, Biffi WL, Johnson JL, Silliman CC. Increased rate of infection associated with transfusion of old blood after severe injury. *Arch Surg* 2002;137:711-6
 6. Leal-Noval SR, Jara-López I, García-Garmendia JL, Marín-Niebla A, Herruzo-Avilés A, Camacho-Laraña P, et al. Influence of erythrocyte concentrate storage time on postsurgical morbidity in cardiac surgery patients. *Anesthesiology* 2003;98:815-22
 7. Timmouth A, Fergusson D, Yee IC, Hébert PC; ABLE Investigators; Canadian Critical Care Trials Group. Clinical consequences of red cell storage in the critically ill. *Transfusion* 2006;46:2014-27
 8. Koch CG, Li L, Sessler DI, Figueroa P, Hoeltge GA, Mihaljevic T, et al. Duration of red-cell storage and complications after cardiac surgery. *N Engl J Med* 2008;358:1229-39
 9. Spinella PC, Carroll CL, Staff I, Gross R, McQuay J, Keibel L, et al. Duration of red blood cell storage is associated with increased incidence of deep vein thrombosis and in-hospital mortality in patients with traumatic injuries. *Crit Care* 2009;13:R151
 10. Robinson SD, Janssen C, Fretz EB, Berry B, Chase AJ, Siega AD, et al. Red blood cell storage duration and mortality in patients undergoing percutaneous coronary intervention. *Am Heart J* 2010;159:876-81
 11. Ho J, Sibbald WJ, Chin-Yee IH. Effects of storage on efficacy of red cell transfusion: when is it not safe? *Crit Care Med* 2003;31(12 Suppl):S687-97
 12. van Straten AH, Soliman Hamad MA, van Zundert AA, Martens EJ, ter Woort JF, de Wolf AM, et al. Effect of duration of red blood cell storage on early and late mortality after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141:231-7
 13. Chang WR, Lim YA. The inventory levels of red blood cells from sentinel hospitals in Korea according to the blood type. *Korean J Blood Transfus* 2008;19:155-64
 14. Fontaine MJ, Chung YT, Erhun F, Goodnough LT. Age of blood as a limitation for transfusion: potential impact on blood inventory and availability. *Transfusion* 2010;50:2233-9
 15. Kim BY. Development of the standard blood inventory level decision rule in hospitals. *Korean J Prev Med* 1988;21:195-206