수혈의학에서의 고장유형 및 영향분석 경험

신경화^{1,*} · 이선민^{2,*} · 이현지² · 김혜림¹ · 송두열² · 양유진³ · 김인숙² · 김형희¹ · 장철훈²

부산대학교병원 진단검사의학과¹, 양산부산대학교병원 진단검사의학과², 양산부산대학교병원 소아청소년과³

Experience of Failure Mode and Effect Analysis in Transfusion Medicine

Kyung-Hwa Shin^{1,*}, Sun-Min Lee^{2,*}, Hyun-Ji Lee², Hyerim Kim¹, Duyeal Song², Eu Jeon Yang³,
In-Suk Kim², Hyung-Hoi Kim¹, Chulhun L. Chang²

Department of Laboratory Medicine, Pusan National University Hospital¹, Busan, Departments of Laboratory Medicine² and Pediatrics³,
Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

Background: Blood transfusions are complicated procedures, and are highly sensitive to mistakes that could seriously endanger the life of patients. The failure mode and effect analysis (FMEA) can be used to inspect and improve high risk processes. Here, we aimed to identify the risk factors of a blood transfusion process and to improve its safety by optimizing the process.

Methods: We conducted a weekly meeting from March to April 2014. We investigated the frequency of events for 2013 (before FMEA) and 2015 (after FMEA). The FMEA process was performed in eight steps and the improvement priorities were determined in accordance with the magnitude of calculated fatalities (multiplied by severity, occurrence, and detection scores).

Results: The whole process of blood transfusion was analyzed by detailed steps: Decision of blood transfusion, blood transfusion request, pre-transfusion test, blood product discharge, delivery, and administration process. Then, we identified the types of failures and likelihood of occurrence, discovery, and severity. Based on the calculated risk priority number, strategies to improve the highest failure modes were developed. Eleven transfusion-related events occurred before FMEA, and three events occurred after FMEA.

Conclusion: In this study, we analyzed the failure modes that may occur during a transfusion procedure. The FMEA was a useful tool for analyzing and reducing the risks associated with a blood transfusion procedure. Continuous efforts to improve the failure modes would be helpful to further improve the safety of patients undergoing blood transfusion. (Korean J Blood Transfus 2017;28:140-148)

Key words: Patient safety, Failure mode and effect analysis, Transfusion

Received on May 26, 2017. Revised on June 9, 2017. Accepted on June 9, 2017

Correspondence to: Hyun-Ji Lee

Department of Laboratory Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: 82-55-360-1875, Fax: 82-55-360-1880, E-mail: hihj1120@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9021-5632>

*Kyung-Hwa Shin and Sun-Min Lee contributed equally as co-first authors.

This study was supported by a 2016 research grant from Pusan National University Hospital.

© 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 ©2017 The Korean Society of Blood Transfusion

서론

환자의 안전을 보장하고 의료의 질 향상을 위해서는 고위험 프로세스 의료행위를 점검하여 개선시키는 과정이 중요하다. 의료 사고가 발생할 수 있는 고위험 프로세스인 경우 사고가 발생하기 전에 위험요소를 제거하는 것이 중요하다[1]. 진단검사의학의 측면에서는 수혈이 고위험 프로세스의 하나로 고려된다. 수혈은 그 자체가 수혈 이상반응이나 수혈전파성 감염 등의 위험을 내포하고 있을 뿐 아니라 수혈이 이루어지는 전체 과정이 처방, 검체 채혈, 혈액형, 비예기항체검사 및 교차시험 과정, 환자에게 혈액제제를 투여하는 과정 등으로 복잡하여 검사자 혹은 의료진의 사소한 실수도 환자에게 큰 피해를 가할 수 있다. 이러한 고위험 프로세스를 점검 및 개선하여 프로세스를 최적화 하는 기법 중 하나로 고장유형 및 영향 분석(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)가 있다[2]. 본 연구에서는 한 의료기관에서 FMEA를 통해 수혈의 전 과정에서 발생할 수 있는 위험요소를 파악하여 개선함으로써 수혈의 안전성을 높인 과정을 살펴보고자 한다.

대상 및 방법

일개 3차 의료기관에서 시행되고 있는 수혈 과정을 검토하고 개선하기 위하여 2014년 3월부터 4월까지 2달 간 총 7회의 회의를 개최하였다. 회의 구성원은 수혈이 많이 시행되는 소아청소년과, 마취통증의학과, 흉부외과, 진단검사의학과, 혈액종양내과 전문의 6명, 수술팀, 병동팀, 적정관리팀 소속의 간호사 7명, 인턴 1명과 수혈의학 검사실 병리사 1명으로 총 15명이었다.

회의는 총 8 단계로 구성되었고, FMEA 방법을 사용하여 진행되었다. 1단계에서는 주제를 선정

하고, 2단계에서는 흐름도를 이용하여 수혈 과정을 검토하였다. 3단계에서는 수혈 과정의 각 프로세스의 고장유형을 파악하였다. 4단계에서는 잠재적 고장유형과 영향 분석 및 우선순위를 결정하였다. 발생가능성(Occurrence)은 발생 확률이 1/10,000 수준이면 1점, 1/10 수준이면 10점을 배점하였고, 발견가능성(Detectability)은 거의 항상 발견되면 1점, 발견이 거의 불가능하면 10점을 배점하였다. 영향의 심각성(Severity)에 따라 영향이 경미하면 1점, 재난적 상황이나 사망이 초래되는 경우이면 10점을 배점하였다. 치명도(Risk Priority Number, RPN)는 발생가능성, 발견가능성, 그리고 심각성의 각각의 점수를 곱하여 계산하였다. 계산된 치명도의 크기에 따라 우선순위를 결정하였다. 5단계에서는 우선순위가 높은 항목을 선택하여 고장유형의 근본원인을 규명하였다. 6단계에서는 프로세스를 재설계하는 단계로, 분석된 근본원인을 바탕으로 개선활동을 수립하였는데, 발생가능성 및 영향의 심각성이 감소하고 영향의 발견 가능성을 증가시킬 수 있는 활동으로 설계하였다. 7단계에서는 새로운 프로세스를 검증하였고, 8단계에서는 새로운 프로세스를 전체 적용하고 점검하였다.

개선전략 시행 전 후의 수혈관련 사고 빈도 비교를 위하여 2013년(개선전)과 2015년(개선후) 각각 한 해동안 발생한 빈도수에 대하여 Fisher's exact test를 실시하였으며, $P < 0.05$ 이하인 경우 유의한 것으로 간주하였다.

결과

전체 수혈과정을 흐름도로 작성하여 발생할 수 있는 고장유형을 파악하였다(Fig. 1). 수혈에 대한 흐름도는 수혈 의사 결정, 수혈 의뢰(검체 채혈 과정 포함), 수혈 전 검사 과정, 혈액제제의 출고,

Fig. 1. The administration of blood components—key action point.

Table 1. Failure modes, effects, and risk priority numbers of each step in the blood transfusion process

Phase	Step	Failure mode	S	O	D	RPN	Ranking
Sampling	Blood samples for pretransfusion testing	Sample drawn from the wrong patient	10	5	5	250	9
		Incorrect barcode on tube	10	5	5	250	9
		Insufficient/unclear information on the sample label of specimen for crossmatching	3	5	10	210	12
Testing	Testing	Input error of blood type results	10	2	4	80	18
Transporting	Delivery of blood component	Delivering multiple blood units in one bag	8	9	5	360	2
		Insufficient or inaccurate blood component checks performed	5	8	7	280	4
Administration	Blood component check by nurse	Filling the transfusion set with saline or dextrose	3	7	7	147	15
		Connecting the blood component with existing line of dextrose without flushing with normal saline irrigation	5	4	4	80	18
	Preparation of transfusion	Pooling multiple platelets into one bag with two or more recipients	9	3	7	189	13
		Sign with ID of other person	5	8	7	280	5
	Pretransfusion check by two clinical staff: EMR co-sign	Sign with own ID logged in other person ID	5	8	7	280	5
		Sign after beginning transfusion	5	8	7	280	5
	A final patient identity check by two clinical staff at the patient bedside	Omitting identification of the recipient and correct component by open questions of name, patient number and blood type	7	9	7	441	1
		Missing two independent double checks	7	7	7	343	3
		The final patient identification check at the bedside by one medical staff	8	5	7	280	5
		Sign prior to check patient at the patient bedside	7	5	7	245	11
Others	Administration	Administration with dextrose or drug together	6	3	4	72	20
		Error during returning of residual untransfused blood component after surgery	10	3	5	150	14
	Others	Transport untransfused blood component from operating room to ward with patient after surgery: stored at room temperature	7	5	4	140	16
		Switching location of patient during transporting the blood component: stored at room temperature	7	5	4	140	16

Abbreviations: S, severity; O, occurrence; D, detectability; RPN, risk priority number.

혈액제제 배송, 혈액제제 투여 과정, 수혈 후 이상반응 모니터링 등으로 진행되었으며 그 외 기타 과정이 있다. 각 과정을 세분화하여 각 과정에서 발생 가능한 고장유형들을 파악하고 고장유형 각각의 발생가능성, 발견가능성과 심각성을 FMEA 작성표를 이용하여 배점하였다. 고장유형들은 기존에 보고되었던 문제발생보고서와 수술실, 병동에서 경험한 수혈 실태를 토론하여 파악된 문제점들을 모두 기술하여 평가하였다(Table 1). 그 중 상위 20위까지의 유형들을 개선하기 위한 개선전략을 작성하였다. 상위 20위까지 고장유형 중 처방, 출고 시 문제는 포함되지 않았으며, 의뢰, 검사, 배송, 투여 과정 중 투여 과정에 관련된 고장유형이 10개로 50%를 차지하였다.

개선전략의 세부 내용은 다음과 같다(Table 2). 수혈 전 검사를 위한 검체 채혈 과정에서는 수기로 작성하고 있던 교차시험 라벨을 전산으로 출력 가능하도록 개선하여 사무적 오차를 예방하였다. 야간에 수혈의학검사실 근무자가 1명뿐이어서 혈액형 검사결과와 이중 확인이 어려운 문제는, 자동화 장비로 검사하고 인터페이스 연결을 함으로써 개선하였다. 혈액 출고 과정에서는 기존 하나의 불투명한 혈액 이송용 봉투에 동일 병동의 다수 환자들의 혈액을 배송한 경우 동일 환자의 혈액제제로 오인되어 발생하는 문제를 예방하기 위하여 투명한 혈액 이송용 봉투로 변경하고 다수의 환자의 혈액을 동시에 출고할 경우 각각 다른 혈액 이송용 봉투로 이송하도록 업무를 개선하였다. 수혈과정에서 혈액제제를 다른 약제 혹은 수액과 동시 주입하거나, 수혈세트를 식염수로 채우는 등의 프로세스는 의료진 교육을 통해서 시정하였다. 수혈 의뢰 및 투여 과정에서 발생하는 환자 이중확인과 관련된 고장유형 10가지를 개선하기 위해서는 환자인식바코드 시스템을 도입하기로 결정하였다. 하지만, 병원 내 의사결

정 과정 및 비용의 문제로 환자인식바코드 시스템 도입에는 많은 시간이 소요되었고, 현재 시범 병동을 선정하여 수혈 과정을 점검하고 있다. 이 과정에서 발견되는 문제점을 해결한 후 전 병동을 대상으로 수혈 과정 시 환자인식바코드 시스템을 적용할 계획이다. 기타 과정 중 수술실에 출고된 혈액 중 수혈되지 않은 혈액제제가 실온에 방치되는 문제는 수술실과 혈액은행을 연결하는 수송관으로 즉시 반납하도록 하여 개선하였고 수기로 기록하던 수술 중 발생하는 자가헌혈 혈액제제는 전산으로 혈액제제 라벨을 생성하도록 개선하였다. 환자 병동이동에 의한 혈액제제 출고 지연 문제는 전산 업무 협조를 받아 개선하였다.

수혈과정의 안전성 향상을 위한 개선전략 도입 전 후의 수혈관련 사고의 빈도 변화는 Table 3에 요약하였다. FMEA를 시행하기 전 전체 사고 건수는 11건이었으나 개선전략 시행 후에는 3건의 사고만 발생하였다. 개선전략인 환자인식바코드 시스템을 아직 현장에 도입하지 못함으로써 다른 환자에서 채혈을 시행한 사고가 1건 있었고, 수기로 작성하던 교차시험 검체 라벨을 전산으로 출력한 이후, 사고 발생 전에 오류를 발견한 건이 2건이었다. 환자에게 위해가 발생한 사고는 FMEA 시행 전에는 5건이었으나 FMEA 시행 후에는 1건으로 감소하였고 이는 개선전략을 적용하지 못한 부분에서 발생하였다. 전체 사고 건수가 적어 통계적 의의는 없었으나($P=0.258$), 개선전략 도입 전에 비해 도입 후에 사고 건수가 감소함을 알 수 있었다.

고 찰

ABO와 RhD 혈액형의 발견 이후 수혈은 환자의 생명 유지 및 치료에서 중요한 역할을 담당해 왔다[3]. 수혈의 전체 과정은 수혈 의사 결정부터

Table 2. Corrective action selected for the top 20 failure modes

Phase	Failure mode	Corrective action
Administration	Omitting identification of the recipient and correct component by open questions of name, patient number and blood type	Use co-sign sticker on blood product
Transporting	Delivering multiple blood units in one bag	Planning to application of bar-code assisted system
Administration	Insufficient or inaccurate blood component checks performed	Use transparent bag, Use one bag for one patient
	Sign with ID of other person	Planning to application of bar-code assisted system
	Sign with own ID logged in other person ID	Planning to application of bar-code assisted system
	Sign after beginning transfusion	Planning to application of bar-code assisted system
	The final patient identification check at the bedside by one medical staff	Planning to application of bar-code assisted system
Sampling	Missing two independent double checks	Planning to application of bar-code assisted system
	Sample drawn from the wrong patient	Planning to application of bar-code assisted system
	Incorrect barcode on tube	Planning to application of bar-code assisted system
Administration	Sign prior to check patient at the patient bedside	Planning to application of bar-code assisted system
Sampling	Insufficient/unclear information on the sample label of specimen for crossmatching	Use digital barcode for crossmatch test
Administration	Pooling multiple platelets into one bag with two or more recipients	Education on nurses and doctors
Others	Processing the blood product derived from cell-saver during surgery	Develop new barcode for blood product
Administration	Filling the transfusion set with saline or dextrose	Education on nurses and doctors
Others	Transport of untransfused blood component from operating room to ward with patient after surgery: stored at room temperature	Use dumbwaiter from surgery room to blood bank
Administration	Switching location of patient during transporting the blood component: stored at room temperature	Planning to develop program to tracking the untransfused blood product
	Connecting the blood component with existing line of dextrose without flushing with normal saline irrigation	Education on nurses and doctors
Testing	Input error of blood type results	Automation of ABO and Rh D blood typing
Administration	Administration with dextrose or drug together	Education on nurses and doctors

Table 3. Comparison of events related to transfusion before and after the implementation of corrective actions

Phase	Failure mode	Corrective actions	Number of accidents		P value
			Before	After	
Sampling	Sample for type and cross drawn from the wrong patient Insufficient/unclear information on the sample label of specimen for crossmatch	Planning to application of bar-code assisted system Use digital barcode for crossmatch test	3 (1*)	1*	0.258
Testing	Incorrect computer input of blood type	Automation of ABO and Rh D blood typing	4	0	
Transporting	Delivering multiple blood units in one bag	Use transparent bag Use one bag for one patient	1*	0	
Administration	Omitting identification of the recipient and correct component by open questions of name, patient number	Use co-sign sticker on blood product Planning to application of bar-code assisted system	3*	0	

*Adverse event; †Near miss event.

수혈 전 검사의 시행, 혈액제제의 출고, 출고된 혈액제제의 확인, 수혈, 수혈 후 이상반응 모니터링 등 많은 단계로 이루어져 있다. 수혈로 인한 오류나 사고 분석을 한 보고에 따르면 사망에 이르는 중대한 사고인 경우는 ABO 부적합 수혈에 의한 것이 가장 많고, 급성 용혈성수혈반응의 원인 중 가장 흔한 것은 근무자의 실수인 것으로 나타났다[4,5]. 이와 같이 환자에게 부적절하거나 잘못된 혈액이 수혈될 경우에는 급성 용혈성수혈 반응을 비롯한 치명적인 부작용이 발생할 수 있으므로 이를 예방하는 것이 중요하다. 안전수혈을 위한 전략으로 2-2-2 안전수혈 캠페인이 제시되고 있으며, 이는 ABO 혈액형 검사용 검체와 교차시험용 검체를 분리하여 두 번의 채혈을 시행하고, 검사실에서는 ABO 혈액형 검사를 두 명의 검사자가 독립적으로 검사하고, 병동이나 외래에서 수혈 시 두 명의 의료인이 함께 확인하고 수혈을 하는 정책이다[6]. 그러나 이것이 철저히 지켜진다면 안전수혈에 이바지하는 바가 크겠지만, 현실적으로는 ABO 혈액형 검사용 검체와 교차시험용 검체를 한 번에 채혈하거나 수혈 시 두 명의 의료인이 독립적으로 확인하지 않는 등의 문제가 발생할 수 있다.

본 병원에서는 부적절 수혈 사고가 발생한 후, 이를 개선하기 위하여 고장유형 및 영향 분석이라는 분석법을 이용하였다. FMEA는 생산품의 신뢰도 및 안전성을 평가하고 개선하기 위해 산업체에서 많이 사용되었던 방법이나 환자 안전을 향상시키기 위해 병원에서도 활용하고 있는 분석 방법이다[7]. 병원 내 혈액은행에 FMEA를 활용한 예 중에 혈액은행 검사를 수기법에서 자동화 방법으로 변환하면 검사 과정의 단계가 줄어들고 치명도가 감소하여 환자 안전성이 강화된다는 보고가 있다[8]. 혈액은행에서 FMEA 분석을 통해 위험요소를 발견하고 그 원인 교정을 위한 개선

책을 실행한 후 다시 FMEA 분석을 하여 치명도를 비교한 논문[1]에 따르면, 개선책을 적용 후 치명도가 낮아져 환자의 안전성이 강화된 것을 알 수 있다[1]. 본 병원에서도 FMEA 시행 전후로 수혈 관련 사고 건수의 변화를 살펴본 결과, 개선전략 도입 후에 환자 위해 사고가 줄고, 환자에게 위해가 발생하기 전에 문제를 발견할 수 있었다.

본 병원에서는 FMEA 분석을 하기 위해 전체 수혈과정을 도식화하고, 기존에 보고되었던 문제 발생 보고서와 실제 수혈 현장에서의 경험들을 공유하면서 각 과정에서 발생 가능한 고장유형과 그 영향을 파악하였다. 그 결과 환자 이중확인과 관련된 과정들이 가장 취약하다고 판단되었다. 환자 이중확인의 안전성을 증대시키기 위해 환자 인식용 손목밴드시스템, 바코드(bar code)시스템, 무선 주파수 인식을 통한 자동인식 기술인 RFID (Radio-Frequency Identification) 기술 등을 활용할 수 있다[6]. 수술, 수혈, 항암제 투여과정에서 RFID 시스템을 개발하여 적용한 대학병원의 경험에 따르면 RFID 태그비용과 시스템 구축비용이 많이 들어서 현실적으로 어렵다고 하였다[9]. 그러나 환자인식 바코드 시스템을 적용 후 잠재적 투약사고 위험률이 27.3% 줄었다고 보고한 연구가 있으며[3] 환자인식바코드 시스템 적용 후에 실수 발생률이 90.4% 줄었다고 보고한 연구도 있다[10]. 본 병원에서는 FMEA 분석 결과 환자 이중확인 과정이 가장 치명도가 높았기에, 환자인식 바코드 시스템을 도입하기로 하였다. 그러나 이 시스템 구축을 위해서는 초기 투자비용 뿐 아니라, 다양한 직종 및 부서의 의견을 조율한 프로토콜도 요구되므로 장기적 계획을 세우고 단계적으로 접근하여야 한다.

시스템의 정비도 중요하지만, 실제 수혈을 시행하는 모든 의료진이 수혈의 위험성을 인식하고, 그 과정에 안전을 지키기 위해 원칙을 지키는

것이 중요하다. 이를 위해서는 수혈에 관련된 모든 의료진에 대한 지속적 교육이 필요하다. 스코틀랜드에서는 LearnBloodTransfusion이라는 컴퓨터 기반의 교육 프로그램을 만들어 수혈에 참여하는 모든 의료진을 교육하고 있으며, 이는 2004년에 시작되어 현재까지 잘 유지되고 있다. 이 프로그램은 의사, 간호사 등을 대상으로 하며, 혈액형 관련 지식부터 적정수혈 지침, 수혈 부작용 등 수혈 전반에 걸친 교육을 담당한다[11]. Freixo 등이 간호사를 대상으로 하여 수혈 관련 교육을 시행하고 교육 전후 12개월간 수혈관련 사고를 비교한 결과, 교육 전에는 13건이 보고되었으나 교육 후에는 2건만이 보고되었다고 하며, 교육 후 설문조사에서도 교육이 수혈에 대한 올바른 지식 획득에 큰 도움이 되었다고 하였다[12].

본 연구에서는 수혈의 과정을 세분화하여 각 과정에서 일어날 수 있는 위험요소들을 분석하고 각각에 대한 개선전략을 도입, 적용한 경험을 살펴보았다. FMEA는 수혈과 연관된 위험을 감소시키기 위한 유용한 분석 도구로 판단된다. 이를 통해 발견한 위험요소를 개선하기 위한 노력을 지속적으로 시행한다면 환자의 안전성 향상에 기여할 것으로 생각된다.

요 약

배경: 수혈은 과정이 복잡하고 그 과정에서 실수가 있는 경우 환자의 안전을 위협할 수 있다. 이러한 고위험 프로세스의 경우 고장유형 및 영향분석(FMEA)을 이용하면 고위험 프로세스를 점검 및 개선할 수 있다. 수혈의 전 과정에서 발생할 수 있는 위험요소를 파악하여 수혈과정의 최적화를 통해 수혈의 안전성을 높이하고자 하였다.

방법: 수혈 과정을 검토 및 개선하기 위해 2014년 3월부터 4월까지 매주 고장유형 및 영향분석

을 통한 회의를 진행하였다. 2013년(개선전)과 2015년(개선후)에 발생한 빈도수에 대하여 사고 발생 빈도수를 조사하였다. FMEA 과정을 8단계로 시행하였고, 계산된 치명도(발생가능성, 발견가능성, 그리고 심각성의 각각의 점수를 곱하여 계산)의 크기에 따라 개선의 우선순위를 결정하였다.

결과: 수혈의 전 과정을 수혈 의사 결정, 수혈 의뢰, 수혈 전 검사의 시행, 혈액제제의 출고, 배송, 투여 과정 등으로 나누어 각 과정에서 발생 가능한 고장유형들을 파악하고, 발생가능성, 발견가능성, 심각성을 명시하였다. 계산된 치명도를 기준으로 상위의 고장유형들을 개선하기 위한 개선전략을 작성하였다. FMEA 시행 전 전체 사고 건수는 11건이었으나, FMEA 시행 후에는 3건의 사고만 발생하였다.

결론: 본 연구에서는 수혈의 각 과정에서 일어날 수 있는 고장유형들을 분석하였다. FMEA는 수혈과 연관된 위험을 감소시키기 위한 유용한 분석 도구로 판단된다. 이를 통해 발견한 고장유형을 개선하기 위한 노력을 지속적으로 시행한다면 환자의 안전성 향상에 기여할 것으로 생각된다.

References

- Chiozza ML, Ponzetti C. FMEA: a model for reducing medical errors. Clin Chim Acta 2009; 404:75-8
- Lu Y, Teng F, Zhou J, Wen A, Bi Y. Failure mode and effect analysis in blood transfusion: a proactive tool to reduce risks. Transfusion 2013;53:3080-7
- Poon EG, Keohane CA, Yoon CS, Ditmore M, Bane A, Levitzion-Korach O, et al. Effect of bar-code technology on the safety of medication administration. N Engl J Med 2010;362: 1698-707
- Stainsby D, Williamson L, Jones H, Cohen H. 6 Years of shot reporting--its influence on UK blood safety. Transfus Apher Sci 2004;31:123-31
- Sazama K. Reports of 355 transfusion-associated deaths: 1976 through 1985. Transfusion 1990;30:583-90
- Cho D, Hyun J, Ryang DW. Prevention of ABO incompatible blood transfusion: '2-2-2 safe blood transfusion campaign'. Korean J Blood Transfus 2013;24:79-81
- Lago P, Bizzarri G, Scalzotto F, Parpaiola A, Amigoni A, Putoto G, et al. Use of FMEA analysis to reduce risk of errors in prescribing and administering drugs in paediatric wards: a quality improvement report. BMJ Open 2012; 2:e001249
- Han TH, Kim MJ, Kim S, Kim HO, Lee MA, Choi JS, et al. The role of failure modes and effects analysis in showing the benefits of automation in the blood bank. Transfusion 2013;53:1077-82
- Jung EY, Park RW, Lim YS, Hwang H, Lee YH, Jeong KS, et al. Development and application of the RFID system for patient safety. J Korean Soc Med Inform 2009;15:433-44
- Bonkowski J, Carnes C, Melucci J, Mirtallo J, Prier B, Reichert E, et al. Effect of barcode-assisted medication administration on emergency department medication errors. Acad Emerg Med 2013;20:801-6
- Graham JE. Transfusion e-learning for junior doctors: the educational role of 'LearnBlood-Transfusion'. Transfus Med 2015;25:144-50
- Freixo A, Matos I, Leite A, Silva A, Bischoff F, Carvalho M, et al. Nurses knowledge in transfusion medicine in a Portuguese university hospital: the impact of an education. Blood Transfus 2016;15:49-52