일개 3차 병원에서 외상 환자에 대한 응급실과 기존 응급실의 대량수혈 비교 분석 연구

유동원¹ · 김혜림² · 신경화² · 이현지¹ · 장철훈¹ · 김형회²

양산부산대학교병원 진단검사의학과¹, 부산대학교병원 진단검사의학과²

Comparative Analytical Study on Massive Transfusion between Traumatic Emergency and Existing Emergency Rooms for Traumatic Patients at a Tertiary Hospital

Dong-Won Yoo¹, Hyerim Kim², Kyung-Hwa Shin², Hyun-Ji Lee¹, Chulhun L. Chang¹, Hyung-Hoi Kim²

Department of Laboratory Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital¹, Yangsan, Department of Laboratory Medicine, Pusan National University Hospital², Busan, Korea

Background: Massive transfusion is defined as an 8- to 10-unit transfusion of red blood cells (RBC) within 24 hours in an adult or a 4- to 5-unit transfusion of RBC within 1 hour. Massive transfusion plays an important role in saving the lives of trauma patients. We investigated changes in blood volume and blood product ratios used in massive transfusion in trauma patients at emergency room (ER) and traumatic center emergency room (TER) and evaluated prognostic factors of patients based on mortality.

Methods: We compared massive transfusion requirements for trauma patients between the ER and TER such as amount of transfusion, mortality, and ratio of products. The patients selected were over 18 years old. The patients who were transfused with more than 10 units of RBC within 24 hours were defined as massive transfusion patients.

Results: There were a total of 189 people who received massive transfusions at the ER over 4 years, and 67 patients were transfused at the TER over 1 year. There was no significant difference in the ratio of blood products between the two groups, but the mortality rate of the ER (63.1%) was significantly higher than the TER (41.8%).

Conclusion: The ratio of blood products was not related to patient mortality, but the mortality rate of the TER was lower than that of the ER. (Korean J Blood Transfus 2017;28:248-255)

Key words: Massive transfusion, Traumatic emergency room, The ratio of blood products

Received on November 13, 2017. Revised on December 10, 2017. Accepted on December 12, 2017

Correspondence to: Hyung-Hoi Kim

Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital Clinical Trial Center (CTC), Department of Laboratory Medicine and BioMedical Informatics Unit Pusan National University School of Medicine, 179 Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 49241, Korea
Tel: 82-51-240-7419, Fax: 82-51-247-6560, E-mail: hhkim@pusan.ac.kr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3989-2037>

This work was supported by a 2-year Research Grant of Pusan National University.

© 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

대량수혈은 성인의 경우 24시간 이내에 8~10단위의 적혈구 제제가 수혈되거나 1시간 내에 4~5단위의 적혈구가 수혈되는 경우로 정의된다[1,2]. 대량출혈 환자의 경우 출혈성 쇼크로 환자의 사망 및 예후에 미치는 영향이 크기 때문에, 대량수혈은 필수적이다[3]. 또한 최근 장기이식 등 이식수술의 증가 그리고 외상센터의 개소 때문에 대량수혈의 요구가 더욱 증가하고 있다[4]. 대량수혈의 수요가 증가하게 되면, 병원 내 혈액은행의 업무량의 증가로 이어지게 된다. 대량수혈은 제한된 시간 안에 환자에게 적합하고 적정량의 혈액을 공급해야 하며, 동시에 혈액은행은 수혈 전 검사의 오류와 누락을 항상 경계해야 한다. 혈액재고량을 유지하는 것도 중요하다. 재고량이 부족하다면 필요한 수혈을 지연시키고, 너무 많이 보유된 혈액제제는 폐기수량 증가의 원인이 되기 때문이다. 따라서 대량수혈을 지속하기 위해서는 혈액은행의 효율적 관리가 무엇보다 중요하다. 본 병원에서는 응급실(Emergency Room, ER)과 더불어 권역외상센터 안에 외상응급실(Traumatic Emergency Room, TER)을 독립적으로 운영하고 있다. 본 저자는 TER개소 전에 급성 출혈을 동반한 외상환자가 늘어날 것을 전망하였고, 이에 따라 대량수혈의 수요량도 증가할 것이라 생각하였다.

대량수혈은 수혈 전 단계에 시행해야 하는 검사가 통상적인 수혈 전 단계 검사와는 달라야 할 뿐만 아니라 평소 혈액은행의 적혈구제제 재고량이나 성분제제의 재고 비율도 달라져야 한다. 따라서 국내외의 병원들은 대량수혈에 관한 지침을 자체적으로 만들어서 운용하고 있지만[5,6], 국내에서는 아직까지 전국적으로 대량수혈에 대한 공통된 지침을 만들어 사용하고 있지는 않다. 그 대신 대한수혈학회와 질병관리본부에서 공동으로

작성한 수혈가이드라인에 대량수혈에 관한 정보가 제공되고 있다. 예를 들어 가이드라인에는 대량수혈의 혈액제제 사용 비율에 대한 내용이 제시되어 있다. 이번에 수정된 내용은 American Association of Blood Banks (AABB)의 지침과 일치하며 대량수혈을 위해 혈액제제를 준비할 경우 적혈구(RBC), 신선동결혈장(FFB)과 혈소판(PLT) 제제를 1:1:1로 수혈하거나 적혈구 제제를 더 높은 비율로 수혈하는 것을 권장하고 있다[5]. 근래에 연구결과들 역시 1:1:1 비율로 혈액제제를 사용할 경우 대량수혈로 인해 발생하는 응고인자결핍의 부작용과 환자의 사망률을 감소시킨다고 발표하였기[6-8] 때문에 위의 내용이 지금의 가이드라인에 반영되었다고 본다.

본 연구에서는 기존에 운영해 왔던 ER과 새로 개소한 TER에서 외상환자에게 시행한 대량수혈에 대한 자료를 비교하여 환자의 나이와 수축기혈압을 조사 하였고 대량수혈에 사용된 혈액량 및 혈액제제 비율을 파악하였다. 그리고 대량수혈을 받은 환자의 생존율을 관찰하였다. 본 연구에서 저자들은 ER과 TER에서 외상환자의 대량수혈에서 사용되는 혈액량과 혈액제제간 비율의 변화를 알아보고 사망률을 바탕으로 환자의 예후인자를 평가하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상 및 방법

2015년 10월 1일부터 본 병원에서 TER을 개소하여 운영하기 시작하였다. 2010년 1월부터 2013년 12월까지 4년간 기존 ER에서 외상을 주소로 입원한 환자들에게 요구된 대량수혈과 TER 개소 후 1년간 요구된 대량수혈을 비교하였다. 자료수집은 우선 RBC 혈액제제 5단위 이상 수혈 받

은 환자를 수혈 받은 장소에 따라 ER과 TER로 분류하였으며, 이 환자들 중에 24시간 이내에 총 적혈구제제 10단위 이상을 수혈 받은 18세 이상 환자를 대량수혈 환자로 정의 하였다. 환자의 나이, 수축기 혈압, 수혈 받은 장소, 수혈 시 사용한 혈액제제 종류 및 수량 그리고 사망정보 등의 의료정보는 전자의무기록을 통해 후향적으로 분석하였다. TER과 ER에서 혈액제제 수량을 ultra-massive transfusion이라고 명명하는[9] 20단위를 기준으로 각각의 평균 수축기 혈압과 사망률을 조사하였다. 환자 중에 내원 당시 수축기 혈압을 측정하지 못했던 환자들은 대상에서 제외하였다.

2. 통계학적 분석

Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, USA)를 사용하여 대량수혈 받은 환자 수, 환자 나이, 사용된 혈액제제의 수량, 환자1명당 수혈 받은 혈액제제의 수량, 혈액제제 종류에 따른 사용 비율 등의 평균 및 총량을 구하였다. 2010년부터 2013년동안 기존 응급실에 입원하여 대량수혈 받은 외상환자군을 ER로 표시하고, TER개소 이후 1년간 외상응급실에서 대량수혈을 받은 환자 군을 TER로 표시하였다. 4년동안의 ER 환자 군과 1년간의 TER 환자 군에 대한 자료

들의 평균 및 분산은 IBM SPSS statistics 21.0 (IBM Corp, Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하여 T-검정을 통해 분석 하였다. ER과 TER의 사망률 비교는 카이제곱검정으로 분석하고, 수축기 혈압 비교는 Mann-Whitney test를 통해 분석하였다. $P < 0.05$ 인 경우를 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

1. ER 환자 군과 TER 환자 군의 특징과 혈액사용량

연도별로 환자수와 환자의 나이 그리고 수혈량을 분석하였다(Table 1). 2010년부터 2013년까지 ER에서 대량수혈을 받은 사람은 총 189명이며, 평균 나이는 47.6 (18~91)세였다. 연간 대량수혈을 받은 환자수는 평균 47.2 (37~61)명이었으며, 외상환자 1명당 평균 20.5 (10~78)단위의 적혈구제제를 사용하였다.

TER은 1년 동안 1,197단위의 적혈구제제를 사용하였고 ER에서 연간 평균적으로 사용된 적혈구 혈액제제 보다 26%가 증가하였다. 반면 외상환자 1명마다 수혈되는 적혈구제제 수량은 ER환자군에서 20.5단위였지만, TER환자군에서는 17.9

Table 1. Age and number of patients and quantity of used RBC units in the ER and TER groups

Classification	ER						TER	P value
	2010	2011	2012	2013	Total	Average	2015	
N	61	44	37	47	189	47.2	67	
Mean age (years)	46.2	44.9	49.0	50.2		47.6	51.2	0.132*
T.RBC	1,081	920	845	952	3,798	949.5	1,197	0.171*
RBC per person (units)	18.0	20.9	22.8	20.2		20.5	17.9	

*P values based on the independent T-test.

Abbreviations: N, number of patients; T.RBC, total transfused RBC units.

단위로 평균 2.6단위가 감소했다. TER에서는 생존자는 1인당 평균 15.9단위의 적혈구제제를 사용했고, 사망자는 20.6단위의 적혈구제제를 사용하였다. ER환자군에서는 생존자 1인당 사용한 RBC 혈액제제 수량은 사망자 1인당 사용한 혈액

제제 수량보다 보다 많았다. 하지만 TER환자군에서는 사망자와 생존자의 1인당 적혈구제제 사용량이 역전되어 사망자에게 더 많은 혈액제제가 수혈되었다(Fig. 1). ER보다 TER에서 대량수혈을 받은 1인당 적혈구제제의 평균 사용량도 감소하였을 뿐만 아니라, 생존자에게 사용하는 평균 적혈구제제가 약 10단위 줄어들었다.

2. 혈액제제 비율의 변화와 사망률

2010년 ER에서 대량수혈 시 FFP:RBC의 비율이 0.47이고, PLT:RBC의 비율이 0.61이었지만, 2011~2013년까지 수혈 시 각각의 혈액제제 비율이 점점 증가했다. 그리고 2015~2016년 TER에서는 FFP:RBC, PLT:RBC의 비율이 각각 0.8까지 증가하였는데, PLT:RBC의 비율은 ER에 비하여 TER에서 유의하게 증가하였다($P=0.043$). 혈액제제 비율의 변화에 따른 사망률 차이를 보면, ER환자군의 연간 평균 사망률은 63.1% (54.5~74.5%)이며, TER환자군은 41.8%로 유의한 차이를 보였다($P=0.002$, Table 2).

Fig. 1. Average of transfused blood products for survival and expired patients. Patients visited in emergent room between 2010 and 2013 Patients visited in traumatic emergent room in 2015.

Table 2. Ratio of transfused blood products and mortality rate of massively transfused patients

Classification	ER						TER	P value
	2010	2011	2012	2013	Total	Average	2015	
Ratio								
FFP:RBC	0.47	0.77	0.65	0.58		0.62	0.8	0.172*
PLT:RBC	0.61	0.71	0.82	0.80		0.73	0.8	0.043*
Mortality								
Nonsurvivor	39	24	22	35	120	30.0	28	
Survivor	22	20	15	12	69	17.25	39	
D. Rate	63.9	54.5	59.4	74.5		63.1	41.8	0.002 [†]

*P values based on the independent T-test; [†]P values based on the chi-squared test.

Abbreviation: D. rate, death rate.

3. 환자의 수혈량과 수축기 혈압

TER과 ER에서 혈액제제 수량을 20단위를 기준으로 각각의 평균 수축기 혈압과 사망률을 조사한 결과 20단위 미만으로 수혈 받은 환자에서 ER, TER의 수축기 혈압차이는 0.3 mmHg 차이를 보인 반면, 20단위 이상으로 수혈 받은 경우에는 TER환자군의 평균 수축기 혈압은 80.3 mmHg와 69.1 mmHg로 10.9 mmHg의 차이를 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다($P=0.109$). 20개 단위 이상 수혈 받은 환자군의 사망률은 ER 53.8%에 비하여 TER 81.8%로 높았다. ER과 TER군의 평균 사망률의 차이는 20단위 이상 수혈 받은 환자군($P=0.1691$)과 20단위 미만으로 수혈 받은 환자군($P=0.357$) 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

고 찰

대량수혈은 많은 혈액량을 수혈함으로써 혈압 유지와 산소 포화도를 상승시킬 수는 있지만 상대적으로 혈액이 희석되는 결과를 초래하여, 혈장 성분 특히 혈소판이나 응고인자 부족을 유발하게 된다[6]. 이 때문에, 대량수혈 시 환자 예후

를 향상시키기 위해서 총 적혈구제제의 수량과 혈액제제간의 비율을 결정하는 것이 중요하다고 생각된다. 이에 본 연구에서는 ER과 TER에서 대량 수혈을 받은 환자의 연령, 내원 당시 혈압, 총 수혈량 그리고 혈액제제간의 비율을 조사하고 환자 예후와의 관계를 분석하였다.

ER과 TER 대량수혈 환자군 사이에서 연령의 평균은 통계학적으로 유의미한 차이는 없었다. 두 환자군에서 대량수혈을 필요로 하는 경우의 대부분이 40~50대에 집중되어 있었다. 외상환자에 대한 대량수혈의 국외의 한 연구결과를 살펴보면, 외상의 원인 중에 가장 많은 비율을 차지하는 것이 자동차나 오토바이로 인한 교통사고이며, 두 번째가 총상이었다[3]. 하지만 총기 구입이 허가 되지 않는 국내의 환경으로 볼 때, 교통사고로 인한 외상환자가 대량수혈의 주요 대상으로 생각된다. 특정 연령대가 집중되어 있는 이유가 운전이 불가능한 소아 및 청소년과 외부활동이 적은 80세 이상 고령층은 운전으로 인한 외상을 입을 확률이 상대적으로 다른 연령보다 낮기 때문이라고 생각한다.

최근 국내외에서 대량수혈을 받은 환자의 경우 사망률은 25~45%로 보고되었는데[7], 본 연구의 ER환자군의 사망률은 63.1%로 기존의 보고

Table 3. Systolic blood pressure and mortality according to amount of transfused RBC units

RBC units	N	Mean SBP (mmHg)	<i>P</i> value	Death (D. rate)	<i>P</i> value
<20					
ER	124	93.4	0.015*	42 (32.8%)	0.3571 [†]
TER	44	93.1		19 (43.2%)	
≥20					
ER	52	80.3	0.109*	28 (53.8%)	0.1691 [†]
TER	11	69.1		9 (81.8%)	

**P* values determined by the Mann-Whitney test of SBP between ER and TER; [†]*P* values based on the chi-squared test. Abbreviations: N, number of patients; Mean SBP, mean systolic blood pressure; D. rate, death rate.

들 보다 높고 TER환자군의 사망률은 보고된 사망률의 범위 이내였다. 이러한 사망률의 차이는 다양한 원인을 생각할 수 있으며 본 자자는 총 수혈량 총 수혈량과 생존율 사이의 관계를 연구한 국외의 한 논문에서는 적혈구 20단위 이상의 대량수혈을 ultramassive transfusion이라고 명명하여 1,360명을 대상으로 생존율을 보고하였다. 20단위 이상 적혈구제제를 수혈했던 환자 군은 병원 도착 전부터 낮은 혈압 및 호흡곤란 등 생체 징후가 좋지 않았던 것으로 나타났다[9]. 논문의 저자들은 환자의 예후가 좋지 못한 환자일수록 적혈구제제 총 수혈량이 증가하고 사망률도 동시에 증가한다고 설명하였다. 다른 논문에서는 RBC 50단위 이상의 대량수혈을 받은 외상환자들은 오히려 생존율이 상승한다는 상반된 결과가 보고되기도 하였다[10]. 본 연구에서는 ER, TER 외상환자의 내원시 수축기 혈압 및 적혈구제제 수혈량 그리고 사망률을 조사 하였다. 20단위 이상 수혈 받은 환자군에서 ER과 TER의 평균 수축기 혈압은 차이를 보였지만, 통계적 분석을 해보았을 때, 두 군간에 유의미한 차이는 없었다.

대량수혈 시 사용되는 적혈구제제에 대한 성분제제의 비율이 연도에 따라 변화하고 있는 것을 볼 수 있었다. 국외 논문에서는 외상센터에서 대량수혈지침을 사용하기 이전과 이후로 외상환자의 사망률을 비교한 결과를 보여주었는데[7], 논문의 결과는 RBC:FFP:PLT의 혈액제제를 1:1:1로 사용하여 대량수혈을 할 경우 환자의 사망률과 대량수혈로 인한 혈액응고부작용을 모두 감소시킬 수 있다는 것이었다. 따라서 본 연구에서 혈액제제 사용 비율과 사망률의 관계를 분석하였다. 혈액제제의 비율은 ER에 비해 TER에서 1:1:1 비율로 기존의 원칙에 따르는 경향을 보여 두 환자군간 적혈구와 혈소판제제의 사용 비율의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 적혈구와

신선동결혈장 사용 비율의 차이는 없었다. 사망률은 두 환자군에서 유의미한 차이를 보였으며, TER환자군에서 ER환자군 보다 낮은 사망률을 보였다. 기존 보고된 연구결과들을 볼 때 혈액제제 비율이 사망률을 감소시키는 원인이 될 수 있지만 본 연구결과에서는 혈액제제 비율보다는 내원시 환자의 생체징후의 차이가 사망률에 더 영향을 미친다고 추측한다. 이 밖에도 환자의 예후를 결정하는 다양한 원인을 생각해 볼 수 있다. 예를 들어, TER 의료진의 외상환자에 대한 높은 숙련도와 외상환자에 전문화된 의료시설이 환자의 생존률에 영향을 주었을 것이다[3].

본 연구와 연구결과에는 제한점도 존재한다. ER과 TER 환자군을 효과적으로 비교하기 위해서는 나이와 수축기 혈압 이외에도 환자의 질병명, 외상의 원인, 성별, 혈액소, 호흡수와 같은 추가적인 환자 정보가 필요할 것이다[11,12]. 특히 환자의 생존률과 관련된 예후인자를 찾기 위해서는 생체징후 및 환자의 혈액검사 결과 영상소견 등의 다각적인 분석이 필요하다. 대량수혈 대상자 선정 시, 본 연구에서는 18세 이상 성인을 대상으로 하였으며, 소아환자에 대한 자료는 없다. 소아환자에 대한 대량수혈은 성인과는 차이점이 있다는 다른 연구 결과를 볼 때 소아에 관한 연구도 필요하다[13].

통계학적 결과를 뒷받침할 수 있는 환자수의 부족함도 있다. Table 3을 보면, TER 환자는 총 55명이며, 20단위 이상 수혈한 사람은 11명, 사망자는 9명으로 ER환자군 숫자에 비해 상대적으로 적은 수의 환자가 조사 되었다. ER환자군은 4년간 조사한 자료이지만, TER의 경우 1년의 조사기간만으로 환자를 분석하였다. 따라서 환자의 수축기압과 수혈량에 따른 사망률의 차이를 통계학적으로 분석하려고 하였지만, TER환자군의 환자 수 부족으로 이를 만족시킬 수 없었다.

TER로 인해 내원하는 외상환자의 수는 앞으로 더 늘어날 전망이다, 따라서 대량수혈의 빈도도 계속 증가할 것이다. 본 저자는 실질적으로 수행될 수 있으면서 효과적인 대량수혈을 위해서는 기존의 ER과 TER 환자군의 특성을 파악해야 하며 이에 따라 사용되는 혈액제제 수량을 조사하여 한정된 자원으로 효율적인 공급이 이루어지도록 해야 한다. 현재까지 대량수혈에서 1:1:1 혈액제제 사용 비율은 환자의 사망률을 감소시켰다는 종래의 연구결과가 있었다. 본 연구에서도 ER과 TER 환자군 사이에서 사망률의 유의미한 차이를 보였지만, 적혈구와 신선동결혈장 그리고 적혈구와 혈소판제제의 사용 비율을 비교 하였을 때, 두 환자군간 통계적으로 유의미한 차이는 없었다.

요 약

배경: 대량수혈은 성인의 경우 24시간 이내에 적혈구제제 8~10단위를 수혈하거나 1시간 내에 적혈구제제 4~5단위를 수혈하는 것으로 정의된다. 외상환자에게 대량수혈은 생명유지에 중요한 역할을 한다. 저자들은 응급실(ER)과 외상센터 응급실(TER)에서 외상환자의 대량수혈에서 사용되는 혈액량과 혈액제제간 비율의 변화를 알아보고 사망률을 바탕으로 환자의 예후인자를 평가하고자 한다.

방법: 본 연구는 대량수혈로 인한 수혈량, 수혈 이후 사망률 그리고 수혈된 혈액제제 비율 등을 ER과 TER로 나누어 서로를 비교 하였다. 대상자는 18세 이상 성인으로 선별하고 24시간 내에 적혈구제제 10단위 이상 수혈 된 환자를 대량수혈 환자로 정의하였다.

결과: 4년 동안 총 189명의 사람들이 기존 응급실에서 대량수혈을 받았으며 1년 동안 외상센터

응급실에서는 67명의 환자가 대량수혈을 받았다. 두 군간의 비교에서 혈액제제 비율에 대한 유의한 차이는 없었지만 ER의 사망률은 63.1%로 TER 41.8%에 비하여 유의하게 높았다.

결론: 혈액제제 비율은 환자의 사망률과 관련은 없었으나 TER의 사망률은 ER보다 낮았다.

References

1. Kim H, Yoo DW, Shin KH, Lee HJ, Kim HH. Analysis of massive transfusion for trauma patients and non-trauma patients in a tertiary hospital. *Korean J Blood Transfus* 2016;27:237-46
2. Choi GR, Choi SJ, Kim S, Kim HO. An analytical study for cases associated with massive blood transfusion at a tertiary referral hospital. *Korean J Blood Transfus* 2014;25:123-31
3. Green L, Tan J, Grist C, Kaur M, MacCallum P. Aetiology and outcome of massive transfusion in two large London teaching hospitals over a 3-year period (2012-2014). *Transfus Med* 2017;27 Suppl 5:342-7
4. Chay J, Koh M, Tan HH, Ng J, Ng HJ, Chia N, et al. A national common massive transfusion protocol (MTP) is a feasible and advantageous option for centralized blood services and hospitals. *Vox Sang* 2016;110:36-50
5. Fung MK, Grossman BJ, Hillyer CD, Westhoff CM; American Association of Blood Banks. Technical manual. 18th ed. Bethesda, MD: American Association of Blood Banks, 2014:645-61
6. Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma. *Critical Care* 2016;20:100
7. Dente CJ, Shaz BH, Nicholas JM, Harris RS, Wyrzykowski AD, Patel S, et al. Improvements in early mortality and coagulopathy are

- sustained better in patients with blunt trauma after institution of a massive transfusion protocol in a civilian level I trauma center. *J Trauma* 2009;66:1616-24
8. Borgman MA, Spinella PC, Perkins JG, Gathwohl KW, Repine T, Beekley AC, et al. The ratio of blood products transfused affects mortality in patients receiving massive transfusions at a combat support hospital. *J Trauma* 2007;63:805-13
9. Dzik WS, Ziman A, Cohen C, Pai M, Lozano M, Kaufman RM, et al. Survival after ultramassive transfusion: a review of 1360 cases. *Transfusion* 2016;56:558-63
10. Vaslef SN, Knudsen NW, Neligan PJ, Sebastian MW. Massive transfusion exceeding 50 units of blood products in trauma patients. *J Trauma* 2002;53:291-5; discussion 295-6
11. Ahn E, Choi SH, Kim JY, Park JH, Cho YD. Analysis of trauma patients with massive transfusion in the emergency department. *Korean J Blood Transfus* 2016;27:130-6
12. Callcut RA, Cripps MW, Nelson MF, Conroy AS, Robinson BB, Cohen MJ. The massive transfusion score as a decision aid for resuscitation: learning when to turn the massive transfusion protocol on and off. *J Trauma Acute Care Surg* 2016;80:450-6
13. Lee HT, Park PW, Seo YH, Ahn JY, Seo JY, Jeong JH, et al. Massive transfusion protocols for pediatric patients. *Lab Med Online* 2016; 6:60-3