

Alyx 성분채집기를 이용한 두 단위 백혈구제거 성분적혈구채집 경험

이종한¹ · 김문정² · 백은정¹ · 김신영¹ · 김윤정¹ · 홍덕진¹ · 김현옥¹

연세대학교 의과대학 진단검사의학교실¹, 대한적십자사 혈액관리본부²

= Abstract =

Automated Collection of Leukoreduced Double Red Blood Cell Units using an Alyx Apheresis Device

Jong-Han Lee¹, Moon Jung Kim², Eun Jung Baek¹, Sinyoung Kim¹,
Yoon Jung Kim¹, Duck-Jin Hong¹, Hyun Ok Kim¹

Department of Laboratory Medicine, Yonsei University College of Medicine¹,
Korean Red Cross Blood Service Headquarters², Seoul, Korea

Background: Automated collection of leukoreduced double red blood cell (RBC) units has been used to improve blood collection efficiency in many countries. The aim of this study was to evaluate leukoreduced double RBC unit collection using apheresis and to determine its clinical uses.

Methods: Automated leukoreduced double RBC units were collected from 17 healthy male volunteers using an Alyx apheresis device (Baxter, DeerWeld, IL). Our institutional criteria for male donors were as follows: height ≥ 170 cm, weight ≥ 70 kg, and hemoglobin ≥ 14.5 g/dL. Each donor's complete blood count (CBC) was determined before and after the apheresis procedure. In order to validate the final leukoreduced double RBC units, white blood cell (WBC) counts were measured manually using a Nageotte chamber.

Results: Leukoreduced double RBC units were collected in an average of 27 ± 7 min, without specific donor reactions. The average volume of one unit of leukoreduced RBCs was 281 ± 6 mL. Each donor's hemoglobin ($P < 0.001$) and hematocrit ($P < 0.001$) were significantly lower after donation, though WBC and platelet counts were no different. No residual WBCs were found in the leukoreduced, filtered product upon Nageotte chamber counting. Twenty-eight units of leukoreduced RBCs from 14 donors were transfused to patients who required leukoreduced RBCs, without specific transfusion reactions.

Conclusion: The Alyx apheresis device allowed for safe and effective collection of leukoreduced double RBC units from a single donor. Automatically collected leukoreduced double RBC units were transfused to patients for the first time in Korea. (**Korean J Blood Transfus 2008;19:111-119**)

Key words: Alyx apheresis device, Automated collection, Leukoreduced double RBC units

접수일 : 2008년 7월 29일, 승인일 : 2008년 8월 20일

책임저자 : 김 현 옥 120-752 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 진단검사의학교실
TEL: 02) 2228-2444, FAX: 02) 313-0956, E-mail: hyunok1019@yuhs.ac

서론

국내에 성분채집기가 소개된 것은 1980년대 초반이었다.¹⁾ 이 당시 들어온 성분채집기는 혈소판 성분채집기였다. 처음에는 환자 측의 수요가 없었지만 일부 백혈병 환자들에게 혈액성분채집기를 이용한 성분채집혈소판을 공급함으로써 효과적인 혈소판 수혈을 시도하기 시작하였다. 즉 성분채집혈소판 공급은 의료기관을 중심으로 시작되었고 2000년대에 들어서면서 대한적십자사에서 주관하여 국내 사용되는 혈소판 제제의 25% 이상을 성분채집혈소판으로 공급하게 되었다.²⁾ 최근 외국에서는 성분채집기를 이용하여 한 헌혈자에서 두 단위 이상의 성분채집을 하는 다성분제제채집에 대한 노력이 계속되고 있다. 현재 국내에 도입된 성분채집기인 Amicus (Baxter, Deer-Weld, IL), MCS+ (Haemonetics, Braintree, MA), Trima (Gambro BCT, Lakewood, CO) 등은 모두 다성분제제채집이 가능한 것으로 알려져 있다. 최근 Alyx (Baxter)라는 기기가 개발되었는데, 연속적으로 기기 내에서 혈액성분을 분리하여 부착된 필터를 이용하여 두 단위 백혈구제거 성분채집적혈구를 자동으로 신속하게 채집할 수 있는 성분채집기이다.

두 단위 적혈구성분채집은 미국에서는 급성장하고 있지만 아직 국내에서는 도입이 늦어져 그 실효를 거두지 못하는 실정이다. 즉 두 단위 적혈구성분채집은 1997년 MCS platform (Haemonetics)의 소개 이후 시작되었고,³⁾ 2005년 미국에서는 15,300,000 단위 적혈구 중 824,000 단위(약 5%)가 자동화된 성분채집기로 수집되었다.⁴⁾ 우리나라의 경우 대한적십자사 2007년 혈액사업통계연보에 의하면 총인구 대비 헌혈률이 2004년 4.8%, 2005년 4.7%, 2006년 4.7%, 2007년 4.3%로 감소추세이고, 2007년 1회 헌혈 횟수가 전체헌혈

자의 73.9%로 높은 편이며, 헌혈자의 기준이 더욱 강화되는 점 등을 감안한다면 건강한 헌혈자로부터 두 단위의 적혈구성분채집에 대한 적극적인 도입이 필요할 것으로 생각된다. 대한적십자사에서도 최근 헌혈자 감소에 대한 대책 및 표준 혈액체제의 적절한 공급을 위하여 2005년 우리나라 헌혈자에서의 두 단위 적혈구성분채집의 안전성 및 적용가능성에 대하여 평가⁵⁾한 바 있다. 그 결과 두 단위 적혈구성분채집 헌혈기준에 적합한 헌혈자를 대상으로 적혈구성분채집이 발전한다면 혈액의 안정적 공급과 특수혈액의 확보에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단하였다. 그러나 이때는 두 단위 적혈구 헌혈 후 헌혈자의 측면에서 평가되었고, Alyx 성분채집기를 통해 채집된 두 단위의 백혈구제거 성분채집적혈구가 환자에게 수혈된 후 이에 대한 평가는 이루어지지 못하였다. 본 연구에서는 건강한 헌혈자를 대상으로 Alyx 성분채집기를 이용한 두 단위 적혈구성분채집의 유용성을 평가하고 임상환자에게 성분채집적혈구 수혈을 실시한 경험을 보고하고자 한다.

대상 및 방법

헌혈자의 선택은 국내 혈액관리법에 두 단위 적혈구 헌혈자 기준이 제정되어 있지 않아 미국 FDA 기준⁴⁾과 유럽 council의 기준⁶⁾에 준하여 신장 170 cm 이상, 체중 70 kg 이상, 혈색소 14.5 g/dL 이상인 헌혈자로 국한하였으며, 그 외는 국내 헌혈자 선택 기준에 합당한 17명을 대상으로 시행하였다. 모든 대상자에게 연구의 내용을 설명하고 연구 진행 동의를 얻었으며 헌혈 전 문진과 과거력 조사를 통하여 헌혈 적합 여부를 확인한 후 적혈구성분채집을 시행하였으며 목표 헌혈량은 360 mL로 설정하였다. Alyx를 이용한 헌혈술식은 다음과 같다. 헌혈자로부터 유입된 초회

혈액은 anticoagulant citrate dextrose solution, formula A (ACD-A, Baxter)항응고제와 섞인 후 일차 저장백에 우선 보관되고, 이어서 원심분리를 통하여 연속적으로 혈구와 혈장이 분리된 후 혈장 성분은 생리식염수와 혼합하여 다시 헌혈자로 돌려주게 된다. 이러한 과정은 폐쇄된 회로를 통하여 연속적으로 일어나게 되고, 300 mL의 전혈이 헌혈자로부터 유출된 후에는 혈장성분이 생리식염수와 함께 저혈량성쇼크(hypovolemic shock)를 최소화하기 위하여 헌혈자로 회수되게 된다. 농축 적혈구 360 mL의 목표치를 수집하기까지 이러한 일련의 과정이 반복된다. 최종 단계에서는 수집된 성분채집적혈구와 보관기간을 42일까지 연장시키는 첨가제인 additive solution (Adsol, Baxter)용액과 혼합되어 백혈구제거필터를 통하여 두 개의 적혈구보관백에 나누어 담기게 된다 (Fig. 1).

최종 산물인 백혈구제거 두 단위 성분채집적혈구의 부피와 채집시간을 확인하였으며, 헌혈자의 헌혈 전후의 혈색소, 헤마토크릿, 백혈구수, 혈소판수의 변화는 ADVIA 2120 (Siemens Medical Solutions Diagnostics GmbH, Fernwald, Germany)을 이용하여 Alyx 성분채집기 운영 종료 후 최대 30분 이내에 측정하였다. 헌혈 전후의 변화 비교는 Wilcoxon signed rank test로 검증하였으며, P-value가 0.05 미만일 때 헌혈 전후 통계적으로 의미 있는 차이가 있는 것으로 판단하였다. 최종 성분채집적혈구 내의 잔존 백혈구 수는 Nageotte chamber (Ballast-chamber Koch Products, Friedrichsdorf, Germany)를 이용하여 광학 현미경으로 측정하였다. Nageotte chamber로 백혈구 측정 시 다수의 적혈구로 인한 검경 오류를 배제하고자 성분채집적혈구 100 μ L와 lysing solution 900 μ L (OptiLyse C, Immunotech, Beckman Coulter Com-

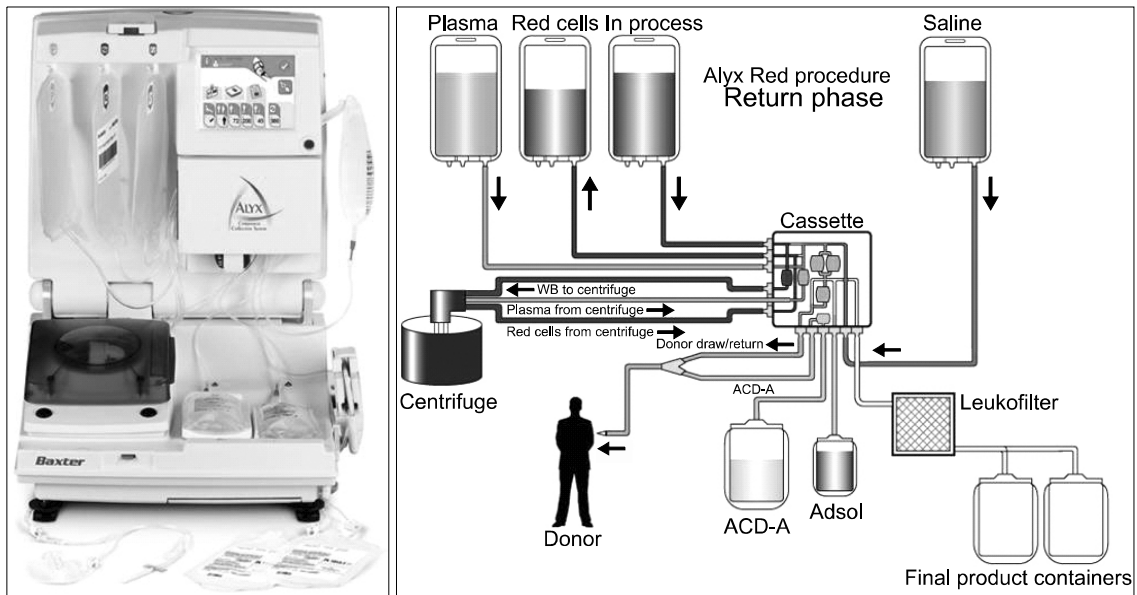


Fig. 1. Alyx apheresis device and schematic drawing of double red blood cell collection kit.

pany, Marseille Cedex, France)을 혼합하여 1 : 10 희석액을 만든 후 희석액 1 mL를 Nageotte chamber에서 400배 현미경 시야로 총 백혈구수를 확인하였다. 최종 헌혈자 17명 중 14명으로부터 확보된 백혈구제거 성분채집적혈구 28 단위는 본원 입원환자 20명과 외래환자 2명에게 수혈되었고, 나머지 3명으로부터 얻어진 성분채집적혈구는 표준혈액제제 확보를 위한 연구를 위하여 사용되었다. 수혈관련부작용은 혈액은행 보고 및 차트 분석을 통하여 확인하였다.

결 과

Alyx 성분채집기를 통한 평균 헌혈 시간은 27±7분(평균±표준편차, 최소 22분, 최대 50분)이었으며, 헌혈 도중이나 이후 30분 이내에 헌혈로 인한 부작용을 호소한 헌혈자는 없었다. 헌혈자 17명의 헌혈 전 평균 혈색소치는 15.6±0.7 g/dL, 헤마토크릿은 45.3±2.0%, 백혈구수는 6,246±1,347/ μ L, 혈소판수는 276,000±51,000/ μ L이었고, 헌혈 후 평균 혈색소치는 13.2±0.5 g/dL, 헤마토크릿은 37.8±1.6%, 백혈구수는 6,085±1,208/ μ L, 혈소판수는 263,000±48,000/ μ L이었다(Table 1). 헌혈 전

Table 1. Hematologic data of donor's pre- and post-collection by Alyx apheresis device

Donor (#)	Height (cm)	Weight (kg)	Pre-donation				Post-donation			
			Hb (g/dL)	Hct (%)	WBC (/ μ L)	Platelet (10^3 / μ L)	Hb (g/dL)	Hct (%)	WBC (/ μ L)	Platelet (10^3 / μ L)
1	177	83	15.2	45.2	5890	239	13.3	38.3	6710	290
2	172	65	16.1	47.9	5440	264	13.5	41.4	5040	259
3	172	74	14.5	44.4	5850	268	12.2	36.8	6040	280
4	182	74	15.3	46.2	6460	433	13.0	38.3	6090	387
5	182	70	15.5	45.0	6240	281	13.4	37.4	5290	245
6	173	72	16.3	47.9	6530	297	13.0	38.0	4670	247
7	173	70	15.1	44.5	8760	257	12.5	36.0	6580	232
8	163	65	15.4	45.2	4040	288	14.2	40.8	5380	279
9	172	73	16.5	47.2	5960	271	13.8	38.5	5680	233
10	175	70	14.9	42.5	4590	230	13.5	38.1	6670	246
11	176	78	15.6	45.7	5540	209	12.8	39.4	4900	199
12	177	70	16.1	46.7	5000	344	13.2	36.6	5730	359
13	172	71	15.4	44.9	7920	257	13.1	37.1	7270	259
14	184	87	14.7	40.3	8020	235	12.8	35.0	9690	232
15	180	90	16.3	46.5	6230	244	13.8	37.3	5380	206
16	178	74	16.7	46.0	5250	290	13.6	36.5	5280	255
17	174	81	15.1	43.2	8470	281	13.2	37.2	7040	261
Mean	175	75	15.6	45.3	6246	276	13.2	37.8	6085	263
SD	5	7	0.7	2.0	1347	51	0.5	1.6	1208	48
Median	175	73	15.4	45.2	5960	268	13.2	37.4	5730	255
Min	163	65	15.0	40.0	4040	209	12.0	35.0	4670	199
Max	184	90	17.0	48.0	8760	433	14.0	41.0	9690	387

후 유의한 차이를 보이는 항목은 혈색소($P < 0.001$), 헤마토크릿($P < 0.001$)으로 헌혈 후에 헌혈 전 보다 감소하였고, 백혈구수($P = 0.492$)와 혈소판수($P = 0.076$)는 헌혈 전후 유의한 차이가 없었다 (Fig. 2). 성분채집적혈구 한 단위의 부피는 항응고제 ACD-A와 첨가제 Adsol을 포함하여 평균 281 ± 6 mL이었고 평균 혈색소는 18.0 ± 1.0 g/dL이었으며 헤마토크릿은 $59.0 \pm 2.0\%$ 이었다. 최종 성분채집적혈구 내에서 백혈구는 확인되지 않았다 (Table 2). 헌혈자 14명으로부터 확보된 백혈구 제거 성분채집적혈구 28 단위는 임상과의 요청에

의하여 수혈되었고 이후 혈액은행에 보고된 수혈 관련부작용이나 후향적 차트 분석에서 수혈과 관련된 특별한 문제는 확인되지 않았다.

고 찰

국내에서는 처음으로 Alyx 성분채집기를 이용하여 채집한 백혈구 제거 두 단위 성분채집적혈구를 환자에게 수혈하였다. 성분수혈요법은 혈액자원의 낭비를 줄이고, 특정 헌혈성분이 다량으로 요구되는 환자에게 적절한 성분을 충분히 제공하

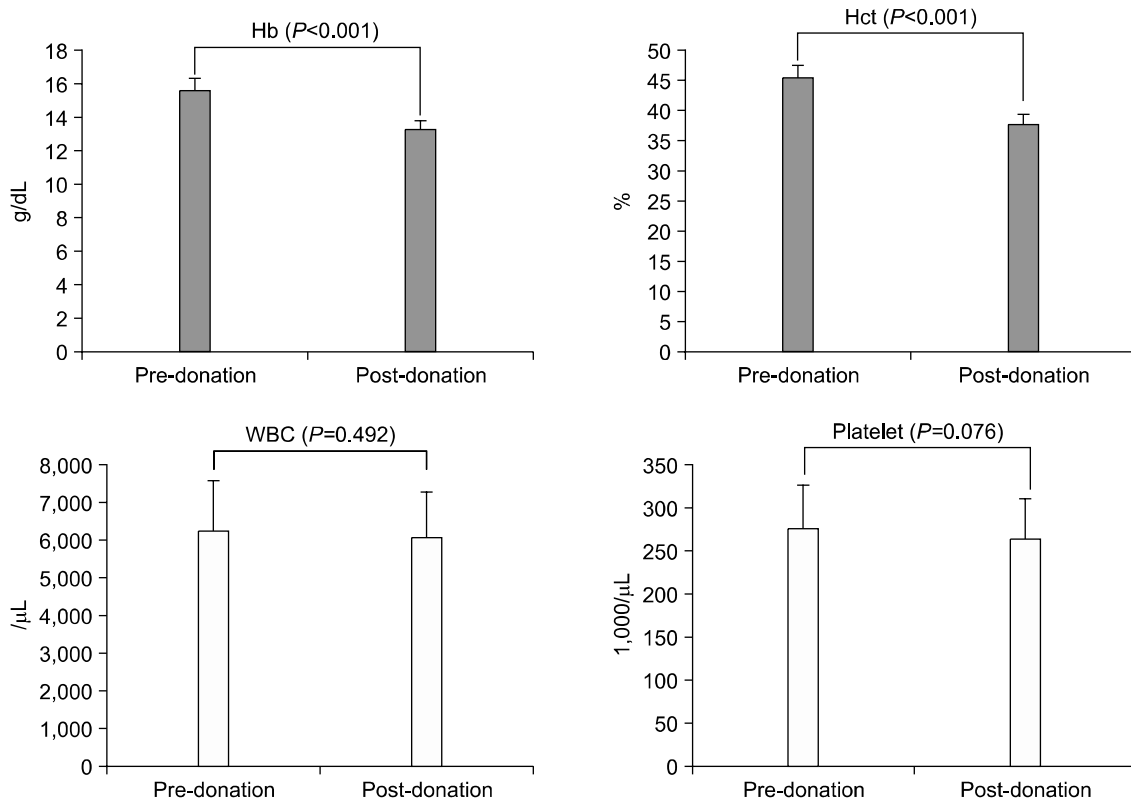


Fig. 2. Comparison of pre- and post-donation parameters of leukoreduced filtered double red blood cell collection by Alyx apheresis device (A P -value of less than 0.05 was considered a statistically significant difference by Wilcoxon signed rank test.).

Table 2. Characteristics of final leukoreduced double red blood cell product by Alyx apheresis device

Final product (#)	Volume (mL)*	Collection time (min)	Hb (g/dL)	Hct (%)	Platelet (10 ³ /μL)	WBC (/μL) [†]
1	293	24	19.1	59.9	2	0
2	283	24	18.0	57.1	0	0
3	280	24	18.5	60.6	1	0
4	283	23	17.4	58.8	4	0
5	283	25	19.0	61.8	5	0
6	276	25	18.4	59.6	2	0
7	283	25	17.9	58.1	6	0
8	288	37	17.7	57.9	1	0
9	275	27	19.4	60.8	6	0
10	270	31	19.3	60.4	2	0
11	276	50	17.8	60.1	1	0
12	285	27	18.0	56.4	9	0
13	286	24	18.5	60.0	3	0
14	281	24	18.8	56.8	6	0
15	284	22	18.6	56.9	3	0
16	280	23	19.1	57.4	3	0
17	277	26	18.3	58.5	3	0
Mean	281	27	18.0	59.0	3	0
SD	6	7	1.0	2.0	2	0
Median	283	25	18.5	58.8	3	0
Min	270	22	17.0	56.0	0	0
Max	293	50	19.0	62.0	9	0

*The volume is estimated as an average value of 2 unit RBCs after adding ACD-A, and Adsol volume; [†]WBC count was measured by microscopic Nageotte chamber counting.

며, 단일 헌혈자로부터 여러 명의 환자에게 혜택을 줄 수 있고, 수혈관련 급성 폐손상 등 불필요한 혈장 수혈에 의한 부작용을 예방할 수 있다.⁷⁾ 이러한 성분수혈요법의 구체적인 장점으로는 전혈 헌혈에 비하여 헌혈자반응의 감소,⁸⁾ 동일한 적혈구 확보에서의 수혈자 수의 감소 및 적혈구 양의 표준화,⁹⁾ 수혈자 노출의 감소로 인한 동종면역의 감소,⁹⁾ 성분수혈요법 시 요구되는 검사들의 감소¹⁰⁾ 등이 보고되었고, 그 단점으로는 채집과정의 복잡성과 채집시간의 연장⁸⁾ 등이 알려져 있으며, 보다 높은 운영비용 등을 예상할 수 있

다.

미국에서는 두 단위의 적혈구성분채집은 1997년 MCS platform (Haemonetics)이 소개되면서 시작되었고 MCS Plus (Haemonetics), Trima Accel (Gambro BCT), Alyx (Baxter) 성분채집기 등이 이용되고 있으며 최근 Cymbal¹¹⁾ (Haemonetics)도 개발되었다. Picker 등¹²⁾은 Alyx, MCS Plus, Trima Accel을 비교한 결과 Alyx 성분채집기의 수집 효율이 가장 높다고 보고하였다. 일본의 경우 혈소판과 혈장을 동시에 채혈하고 있으며, 두 단위 적혈구성분채집에 대한 구체적인 보고는 없으나 활

발한 연구가 진행 중이다.¹³⁾

국내에서의 두 단위 적혈구성분채집은 시행된 바 없으나 최근에 채혈금지대상자의 기준을 마련하여 17세 미만인 자 또는 60세 이상인 자, 체중이 70 kg 미만인 자, 혈액 100 mL당 혈액색소량이 14.0 g 미만인 자, 과거 1년 이내에 전혈 채혈횟수가 4회 이상 또는 성분채집횟수가 24회 이상 또는 두 단위 적혈구성분채집횟수가 2회 이상인 자, 두 단위 적혈구성분채집 후 4개월이 경과하지 아니한 자로 혈액관리위원회에서 상의하여 혈액관리법 시행규칙을 입법예고 예정이다. 미국은 American Association of Blood Banks (AABB) 표준과 Food and Drug Administration (FDA)에서 두 단위 적혈구성분채집의 헌혈자 기준을 남자는 체중이 130 lb (약 60 kg), 신장은 5' 1" (약 155 cm), 여자는 체중 150 lb (약 70 kg), 신장 5' 5" (약 165 cm) 이상이어야 하며 헤마토크릿치는 40% 이상, 헌혈유예기간은 16주로 정하였다.¹⁴⁾ 유럽의 경우는 2007년 기준으로 두 단위 적혈구성분채집이 적혈구채혈의 약 1% 내외이며 채혈기준은 체중 70 kg 이상, 혈액색소 14.0 g/dL 이상이어야 하고, 헌혈 유예기간은 적혈구성분채집 1개월 후에 적혈구 이외의 성분헌혈을 할 수 있으며, 6개월이 지나야 전혈이나 두 단위 적혈구성분채집을 할 수 있다.⁶⁾ 본 연구에서는 국내에서 초기 단계의 시행임을 감안하여 건강 성인 남자만을 대상으로 체중 70 kg 이상, 신장 170 cm 이상, 혈액색소는 14.5 g/dL 이상으로 그 대상을 한정하였다.

두 단위 적혈구성분채집 이후 헌혈자의 혈액색소와 헤마토크릿은 헌혈 전보다 유의하게 감소하였으나 헌혈 전후 헌혈자의 백혈구수와 혈소판수의 유의한 차이는 없었다. 최종 백혈구제거 적혈구성분채집 시간은 본 실험에서 27±7분으로 Picker 등¹²⁾이 보고한 19±0.2분보다 다소 오래 걸렸으며, 최종 백혈구제거 성분채집적혈구의 혈액색소치는

18.0±1.0 g/dL로 Snyder 등¹⁵⁾의 보고에 따른 18.7±0.7 g/dL에 비해 큰 차이는 없었다. 본 연구에서도 최종 백혈구제거 성분채집적혈구에서 수기법으로 측정된 백혈구는 없었다. Snyder 등¹⁵⁾은 14명을 초기 360 mL의 목표로 두 단위 백혈구제거 적혈구성분채집을 시행하였을 때 평균 Nageotte 수기 방법으로 확인된 WBC의 수는 0.07±0.04/μL였다고 보고하여 미국 AABB의 적합 기준¹⁶⁾인 최종 용기안에서 원본 적혈구의 85%를 보유하고 시험 단위 95%에서 백혈구수가 5×10⁶개 미만인 기준을 만족하였다.

Alyx 성분채집기를 통한 백혈구제거 두 단위 성분채집적혈구는 본원에 입고된 헌혈혈액과 동일한 과정으로 출고되었고 특별한 수혈관련부작용은 없었다.

최근 요양급여의 적용기준 및 방법에 관한 세부사항 개정안¹⁷⁾에서 혈액성분채집술(복합성분채집적혈구)용 “Alyx Red Kit”는 희귀혈액을 가진 환자에게 자가수혈 또는 지정헌혈자로부터 적혈구성분채집을 실시한 경우에 신기술로 인정하여, 동 인정기준 이외에 사용한 경우에는 그 비용을 전액 본인부담토록 한 기준을 신설하였다. 두 단위 적혈구 헌혈의 유용성은 최근의 논문^{12,15,18)} 및 본 연구에서 확인되었으나 선행되어야 할 제반 사항도 남아있다. 헌혈 대상자 설정의 논의와 비용에 관련된 문제, 기기운영과 관리를 위한 인력확보, 최종 적혈구 산물에 대한 질 관리 향상, 헌혈증서 배부에 대한 기준 등의 해결해야 할 문제가 남아 있다.

본 연구에서 실제 수혈에 쓰였던 혈액을 제공한 헌혈자 14명에게는 헌혈증서 한 장씩이 배부되었다.

Alyx 성분채집기를 통한 백혈구제거 두 단위 성분채집적혈구제제의 유용성에 대한 평가를 시행한 결과 두 단위 백혈구제거 적혈구성분채집

이후 헌혈자의 혈색소와 헤마토크릿의 감소가 확인되었으나 백혈구와 혈소판수의 차이는 유의하지 않았으며 시술 도중과 시술 종료 이후 헌혈자에게 확인된 문제점은 없었다. 또한 백혈구제거 필터 기능은 우수하여, 최종 백혈구제거 성분채집적혈구는 필요한 환자에게 수혈되었는데 특별한 수혈관련부작용은 발생하지 않았다. 따라서 두 단위 적혈구성분채집의 활성화를 위해 보험수가 적용의 확대 인정과 키트 가격 및 제반 비용의 현실화가 선행된다면, 우리나라에서도 두 단위 적혈구성분채집이 안정적인 혈액공급에 기여할 수 있기를 기대한다.

요 약

배경: 성분채집술을 이용한 두 단위 적혈구성분채집이 효율적인 혈액의 수급을 위하여 각국에서 이루어지고 있다. 본 연구에서는 두 단위 백혈구제거 성분채집적혈구와 이의 임상에서의 이용을 평가하고자 하였다.

방법: 17명의 건강 남성 자원자를 대상으로 두 단위 백혈구제거 성분채집적혈구를 Alyx 성분채집기를 이용하여 수집하였다. 헌혈자의 기준은 남자 키 170 cm 이상, 몸무게 70 kg 이상, 혈색소 14.5 g/dL 이상으로 한정하였다. 헌혈자에서 성분헌혈 전후의 혈액학적 소견의 변화를 관찰하였으며, 최종 백혈구제거 성분채집적혈구의 검증을 위하여 백혈구수를 Nageotte chamber 현미경 수기법으로 확인하였다.

결과: 두 단위 백혈구제거 성분채집적혈구의 평균 수집 시간은 27±7분이었으며 채집시 헌혈 관련 부작용은 없었다. 한 단위의 평균 부피는 281±6 mL이었다. 헌혈 후 헌혈자의 혈색소($P < 0.001$), 헤마토크릿($P < 0.001$)은 통계적으로 유의하게 감소하였으나 백혈구수와 혈소판수는 유

의한 차이는 없었다. 최종 백혈구제거 성분채집적혈구에서 수기법으로 측정된 백혈구는 없었으며 14명으로부터 수집된 28 단위의 성분채집적혈구는 환자에게 수혈되었으며 수혈관련부작용은 보고되지 않았다.

결론: Alyx 성분채집기를 이용하여 단일 헌혈자로부터 두 단위 백혈구제거 성분채집적혈구를 안전하고 효과적으로 수집할 수 있었다. 수집된 백혈구제거 성분채집적혈구는 국내에서 최초로 환자에게 수혈되었다.

참고문헌

1. Song KS, Cho DH, Kwon OH, Lee SY, Ko YW. Study on plateletpheresis using Haemonetics 30-S. Korean J Hematol 1981;16:31-7
2. Seo DH. Current status and prospects of Korean donor apheresis. Abstract of the 9th symposium of the Korean Society for Apheresis 2007;27-9
3. Zeiler TA, Kretschmer V. Automated blood component collection with the MCS 3p cell separator: evaluation of three protocols for buffy coat-poor and white cell-reduced packed red cells and plasma. Transfusion 1997;37:791-7
4. Whitaker B, Sullivan M. The 2005 nationwide blood collection and utilization survey report. <http://www.hhs.gov/bloodsafety/2005NBCUS.pdf> [Online] (last visited on 18 August 2008)
5. Kim MJ. Apheresis collection experience of double red blood cells by Alyx. Abstract of the 8th symposium of the Korean Society for Apheresis 2006;73-7
6. Guide to preparation, use and quality assurance of blood components. 12th ed. Council of Europe 2006;48-9

7. Han KS, Park MH, Kim SI. Transfusion medicine. 3rd ed. Seoul: Korea Medical Book Publisher, 2006;27-8
8. Wiltbank TB. Donor reaction rates: a preliminary comparison of automated vs. whole blood procedures. *Transfusion* 2002;42(S):S67
9. Gilcher RO. It's time to end RBC shortages. *Transfusion* 2003;43:1658-60
10. Beeler SA, Giandelone JA, Axelrod FB. A blood center's motivation toward total apheresis collection. *Transfusion* 1997;37(S):S113
11. Aubuchon JP, Dumont LJ, Herschel L, Roger J, Beddard RL, Taylor HL, et al. Automated collection of double red blood cell units with a variable-volume separation chamber. *Transfusion* 2008;48:147-52
12. Picker SM, Radojska SM, Gathof BS. Prospective evaluation of double RBC collection using three different apheresis systems. *Transfus Apher Sci* 2006;35:197-205
13. Komatsu F, Kajiwara M. A pilot study of large volume apheresis of red blood cells and plasma during one donation by allogeneic blood donors. *Transfus Sci* 2000;23:55-61
14. Brecher ME. Technical manual. 15th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2005;143
15. Snyder EL, Elfath MD, Taylor H, Rugg N, Greenwalt TJ, Baril L, et al. Collection of two units of leukoreduced RBCs from a single donation with a portable multiple-component collection system. *Transfusion* 2003;43:1695-705
16. Brecher ME. Technical manual. 15th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2005;202
17. Minister of health welfare and family affairs. Corrected edition for specific coverage types of the medical aid program announcement 2008:40 http://www.mw.go.kr/user.tdf?a=user.tbdata.BoardApp&c=2001&board_id=gp_tb_data&skin=p_new_m2_laws_03&bunr_code=220&mc=P_03_05_01 [Online] (last visited on 18 August 2008)
18. Burgstaler EA. Blood component collection by apheresis. *J Clin Apher* 2006;21:142-51