

혈액은행 자동화 장비 도입의 유용성 평가

Evaluation for the Usefulness of Automated Blood Typing Analyzer

김하나, 김희범, 박현상, 이현임, 홍명국, 신경숙, 서인범
강원대학교 의과대학 진단검사의학교실

Ha-na Kim(hana7862@naver.com), Hee-Bum Kim(bum6223@naver.com),
Hyun-Sang Park(mahoraga@daum.net), Hyun-Im Lee(treehyun@cmcnu.or.kr),
Gyoung-Sook Shin(dolkka88@korea.kr), Myung-Kook Hong(hongyoung62@hanmail.net),
In-Bum Suh(bloodmd@kangwon.ac.kr)

요약

본 연구는 혈액은행 자동화 장비 QWALYS-2 up (Diagast, Loos Cedex, France)의 유용성을 평가하기 위하여 수행되었다. 2013년 10월 1일부터 10월 31일까지 1개월간 강원대학교병원 진단검사의학과에 의뢰된 ABO 및 RhD 혈액형 검사 1,636건, 항체선별검사 1,374건을 대상으로 하였고, ABO 및 RhD 혈액형 검사의 평가는 200건을 대상으로 하였다. 혈액은행 자동화장비의 경제성을 평가하기 위해서는 2018년 12월을 기준으로 장비 도입 전인 2013년 1월부터 장비 도입 후 5개년의 ABO 및 RhD 혈액형 검사와 항체선별검사의 단가를 비교하였다. 본 연구의 주요 결과는 ABO 및 Rh 혈액형 검사 결과, 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법의 결과가 100% (200/200) 일치하였고 동중항체 선별검사 결과, 불일치 3검체는 수기법으로 재검을 한 결과, 음성을 보여 QWALYS-2 up에서 위양성의 결과를 나타냈으나, 반응의 정도를 비교한 결과 QWALYS-2 up에서 상대적으로 높게 나타났다. 결론적으로 혈액형자동화 장비 도입 전후의 효과를 평가한 결과, 기존의 수기법과 비교하였을 때 높은 일치율을 보였으며, 정확도 면에서도 신뢰할 만한 것으로 판단되었다. 도입 전후의 시약의 비용은 증가하였지만 인건비의 절감을 감안하면 경제적으로도 유용하다고 평가할 수 있다.

■ 중심어 : | 자동 혈액형 분석기 | QWALYS-2 up | ABO | RhD | 동중항체 선별검사 |

Abstract

In this study, we evaluated the usefulness of an automatic blood typing analyzer using QWALYS-2 up (Diagast, Loos Cedex, France). During a month(01OCT2013 - 31OCT2013) we performed 1,636 tests for ABO & RhD blood typing, 1,374 tests for antibody screen & identification tests and compared the results by automatic blood type analyzer with previous manual methods and column agglutination tests. And we analyzed the economic performance by comparison the test unit price between automatic blood type analyzer and manual methods. In ABO & RhD blood typing tests, there were complete concordances between manual and automated blood typing analyzer for 200 clinical samples. In Antibody screen tests, the concordance rate between manual and automated blood typing analyzer was 98.5% and more strong reaction in automated blood typing analyzer than manual methods. Therefore, the introduction of an automated blood typing analyzer, reagents costs were increased but labor costs were decreased. Considering the importance of transfusion safety and economic advantages, the introduction of an automated blood typing analyzer was very useful.

■ keyword : | Auto Blood Typing Analyzer | QWALYS-2 Up | ABO | RhD | Antibody Screen Tests |

I. 서론

사람의 적혈구에 존재하는 500개 이상의 적혈구 항원 중 임상적으로 중요한 혈액형 항원군은 20여개 정도이다. 그 중 수혈의 성패를 결정하는 가장 중요한 혈액형은 ABO 및 RhD 혈액형이다[1-3]. ABO 부적합 수혈의 경우에는 급성 수혈 부작용이 일어나게 되며, 경미한 용혈로부터 혈관허탈, 파종성혈관내응고증까지 일어나며 사망을 초래하기도 한다[4-8].

ABO 및 RhD 혈액형 검사는 환자의 적혈구를 각 항체와 반응시키는 혈구형 검사(cell typing)와 혈청을 각 적혈구와 반응시키는 혈청형 검사(serum typing)로 구성되며 대부분 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법으로 검사를 실시하고 있다[9-12].

임상적으로 중요한 혈액형 항원군 20여개를 스크린하기 위해 ABO 및 RhD 혈액형검사 이외에도 비예기항체 선별검사(unexpected antibody screen test)를 시행한다[13][14]. 비예기항체는 ABO 혈액형 이외의 혈액형 항체로 임신이나 수혈 등으로 다른 항원에 노출된 후 생성된 면역항체 등이며, 검사를 해야만 알 수 있다. 비예기항체의 존재를 확인하는 항체선별검사 및 동정검사(identification test)는 수혈의 안전성을 높이기 위한 필수 검사 중 하나이다[15].

대부분 과거에는 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법으로 검사를 시행하였으나 판독의 객관성을 높이기 위해 1990년도부터 미세원주응집법(column agglutination technology, CAT)이 소개되어 사용되었으며[16-18], 최근에는 대형병원 및 혈액원에서 업무의 효율성을 높이기 위해 자동화장비가 도입되고 있다.

자동화장비는 모든 검사과정이 자동화가 되어 있어 검사실에서 업무 효율의 상승, 인건비 감소 등의 장점이 있는 것으로 소개되고 있다. 그러나 일부에서는 시약가격의 상승과 소량검사 또는 응급 시 오히려 수기법에 비해 더 많은 시간이 소요되는 단점이 있다[19-23].

본 연구는 강원대학교병원에서 사용 중인 혈액형 자동분석기 QWALYS-2 up (Diagast, Loos Cedex, France)에 대하여 ABO 및 RhD 혈액형 검사와 항체 선별검사를 실시하였다. 그 결과를 ABO 및 Rh 혈액형 검사는 기존의 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법과

자동화 장비(QWALYS-2 up)의 결과를 비교 하였고, 항체선별검사는 미세원주응집법의 결과와 자동화 장비의 결과를 비교하여 자동화장비의 유용성을 평가하였다. 또한 도입 전, 후의 검사 건수 및 검사당 단가를 비교하여 경제성을 비교 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 대상

혈액형 자동화 장비의 평가는 2013년 10월 1일부터 10월 31일까지 1개월간 강원대학교병원 진단검사의학과에 의뢰된 ABO 및 RhD 혈액형 검사 1,636건, 항체 선별검사 1,374건을 대상으로 하였다. ABO 및 RhD 혈액형 검사의 평가는 200건을 대상으로 하였다. 혈액형 검사는 채혈 후 48시간 이내, 항체 선별검사는 72시간 이내에 시행하여야 하기 때문에 자동화 장비 평가 기간 중 수기법과 자동화 장비의 검사법이 가능하였던 검체 중 200건을 대상으로 하였다. QWALYS-2 up을 이용한 자동화검사는 K2EDTA 채혈튜브에 담긴 혈액을 이용하였고, ABO 및 RhD 혈액형 검사는 채혈 후 48시간 이내에 항체선별검사는 72시간 이내에 시행되었다. 비예기항체 검사(DiaMed-ID system)는 스크린에서 양성으로 나온 14건과 음성 186건 총 200건을 대상으로 하였다.

혈액형 자동화 장비의 경제성을 보기 위해서는 2018년 12월을 기준으로 장비도입전인 2013년 1월부터 12월까지 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 10,100건, 항체 선별검사 총 8,467건, 장비도입 후 1년째인 2014년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 10,775건, 항체선별검사 총 9,269건, 장비도입 후 2년째인 2015년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,077건, 항체선별검사 총 9,735건, 장비도입 후 3년째인 2016년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,573건, 항체선별검사 총 10,432건, 장비도입 후 4년째인 2017년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,957건, 항체선별검사 총 11,002건, 장비도입 후 5년째인 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 12,225건, 항체선별검사 총 11,246건에 대해 분석을 하였다.

2. 방법

2.1 ABO 및 RhD 혈액형검사

ABO 혈구형 및 RhD 혈액형 검사는 슬라이드법과 시험관법을 동시에 실시하였고, ABO 혈청형 검사는 시험관을 이용한 수기법으로 실시한 후 결과를 판독하였다. 자동화장비 QWALYS-2 up을 이용한 ABO 및 Rh 혈액형 검사는 다음과 같은 방법으로 자동으로 시행된다. 혈구형 검사는 희석용 플레이트에 자기장 용액(Magnelys, Diagast) 144 μ L와 환자의 혈구 6 μ L를 혼합한 후 Bromelin 450 μ L를 분주한 후 측정용 플레이트에 희석용플레이트에서 제조된 자기장 혈구 40 μ L를 분주하였다. 혈청형 검사는 환자의 혈장 25 μ L와 시험용 혈구(HemaLys, Diagast) 25 μ L를 차례대로 분주한 후 자기장이 형성된 혼합기로 옮겨져 5분간 반응시켰다. 반응결과는 센서에 의해 자동 인식되어 반응강도에 따라 음성, trace, +1, +2, +3, +4의 6단계로 해석되어 보고된다.

2.2 비예기항체선별검사 및 동정검사

미세원주응집법을 이용한 비예기항체 검사는 DiaMed-ID system (DiaMed Ag, Switzerland)을 이용하였고 제조사의 지시대로 LISS/Coombs 카드에 항체선별용혈구인 DiaCell I, II (DiaMed Ag)를 각각 50 μ L씩 분주하고 환자 혈청 25 μ L를 첨가하여 37°C에서 15분간 항온한 후, DiaMed ID-centrifuge로 원심분리 하였다. 선별검사서에서 원주의 응집강도는 응집된 적혈구의 분포에 따라 음성부터 4+까지 총 6단계로 구분한 후, 양성인 검체는 LISS/Coombs 카드에 항체 동정용혈구인 ID-DiaPanel I, II 또는 I, II, III를 각각 50 μ L씩 분주하고 환자 혈청 25 μ L를 첨가하여 37°C에서 15분간 항온한 후 DiaMed ID-centrifuge로 10분간 원심분리 하였다. QWALYS-2 up에서 비예기항체 검사는 역시 자동으로 검사되는데 그 과정은 다음과 같다. 고밀도 완충용액(NanoLys, Diagast) 60 μ L와 LISS (Screen Diluent, Diagast) 50 μ L이 각각 분주된 측정용 플레이트들로 구성되어 있는 시약을 이용한다. 측정용 플레이트에는 항체선별 시험용 O형 적혈구 15 μ L와 동량의 환자 혈장이 첨가된다. 실온에서 15분간 항온하여 IgM 항체를 먼저 반응시키고, 그 다음 3

7°C에서 15분간 항온하여 IgG 항체를 반응시키는 2단계 항온과정을 거친 후, 자기장이 형성된 자기장 혼합기로 옮겨져 5분간 반응한다. 반응결과는 센서에 의해 자동 인식되어 반응강도에 따라 음성부터 +4로 총 6단계로 보고된다[7].

2.3 자동화 장비 도입 전, 후의 경제성 비교

혈액형 자동화 장비의 경제성을 보기 위해서는 2018년 12월을 기준으로 장비도입전인 2013년 1월부터 12월까지 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 10,100건, 항체선별검사 총 8,467건, 장비도입 후 1년째인 2014년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 10,775건, 항체선별검사 총 9,269건, 장비도입 후 2년째인 2015년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,077건, 항체선별검사 총 9,735건, 장비도입 후 3년째인 2016년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,573건, 항체선별검사 총 10,432건, 장비도입 후 4년째인 2017년 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 11,957건, 항체선별검사 총 11,002건, 장비도입 후 5년째인 ABO 및 RhD 혈액형 검사 총 12,225건, 항체선별검사 총 11,246건에 대해 분석을 하였다.

위와 같이 자동화 장비 도입 전, 후의 경제성을 비교하기 위해 자동화 장비 도입 전 1년간 및 도입 후 5년간을 대상으로 각각에 대해 검사건수를 년도별 검사건수, 비예기항체가 동정된 건수, 사용된 시약, 시약의 사용량 및 시약단가를 조사하여 자동화 장비 도입 전, 후의 각 검사 당 단가에 대해 분석을 하였다.

III. 결과

1. ABO 및 RhD 혈액형검사

ABO-RhD 혈액형 검사의 경우 총 200건 중 A형은 59건, B형은 61건, O형은 53건, AB형은 27건으로 나타났다. RhD 검사에서는 양성 197건, 음성 3건의 분포를 보였다. 수기법과 자동화 검사에서 100% 일치율을 나타냈고[표 1][표 2], 결과의 반응강도를 수기법과 비교하여 보았을 때 grade의 큰 차이는 보이지 않았다.

표 1. Comparison of the ABO results between the manual method and QWALYS-2 up

ABO type	QWALYS-2 up				Total
	A	B	O	AB	
Manual method	A	59	0	0	59
	B	0	61	0	61
	O	0	0	53	53
	AB	0	0	0	27
Total	59	61	53	27	200

표 2. Comparison of the RhD results between the manual method and QWALYS-2 up

RhD type	QWALYS-2 up			Total
	Positive	Negative		
Manual method	Positive	197	0	197
	Negative	0	3	3
Total	197	3		200

2. 동종항체선별검사

비예기항체 검사는 스크린(DiaMed-ID system)에서 양성으로 나온 14건과 음성 186건 총 200건을 대상으로 하였다. 그러나 자동분석기인 QWALYS-2 up에서의 검사 결과는 음성 183검체, 양성 17검체로 차이를 보여 자동화 방법과의 일치율은 98.5%였다[표 3]. QWALYS-2 up의 항체 선별검사 불일치 3검체는 수기법으로 재검을 한 결과, 음성을 보여 QWALYS-2 up에서 위양성의 결과를 나타냈다. 반응의 정도를 비교한 결과 QWALYS-2 up에서 상대적으로 높게 나타났다.

표 3. Comparison of the RhD results between the manual method and QWALYS-2 up

Ab Screen	QWALYS-2 up			Total
	Positive	Negative		
DiaMed	Positive	14	0	14
	Negative	3	183	186
Total	17	183		200

3. 자동화 장비 도입 전, 후의 항체선별검사 및 동정검사

혈액형 자동화 장비의 도입 전, 후의 항체선별검사의 건수와 동정된 검사 건수를 비교한 결과, 2014년 1월을 기준으로 장비도입전인 2013년 1월부터 12월까지 항체선별검사 총 8,467건, 장비도입 후 1년째는 총

9,269건, 2년째는 총 9,735건이었으며 동종항체의 검사 건수는 장비도입 전 46건, 장비도입 후 1년째 24건 및 장비도입 후 2년째 27건이었다[표 4]. 동정된 항체의 종류 및 건수는 [표 5]와 같으며 장비도입 전, 후에 전체 검사건수 대비 동정된 항체의 비율은 장비 도입 후에 감소하였으나 동정된 항체의 양상은 임상적으로 큰 차이를 보이지 않았다.

표 4. Comparison of the test number for Blood group typing, Antibody screening test and identification test between pre- (2013') and post-setup (2014', 2015', 2016', 2017' & 2018') QWALYS-2 up automated blood typing analyzer

	Pre- 2013'	Post- 1yr 2014'	Post- 2yr 2015'
ABO & RhD	10,100	10,775	11,077
Ab Screen test	8,467	9,269	9,735
Ab Identification test	46	24	27
Ratio Identification /Screen test (%)	0.54	0.26	0.27

	Post- 3yr 2016'	Post- 4yr 2017'	Post- 5yr 2018'
ABO & RhD	11,573	11,957	12,225
Ab Screen test	10,432	11,002	11,246
Ab Identification test	30	31	48
Ratio Identification /Screen test (%)	0.29	0.28	0.43

표 5. Comparison of the identified Antibodies between pre- (2013') and post-setup (2014', 2015', 2016', 2017' & 2018') QWALYS-2 up automated blood typing analyzer

	Pre- (2013')		Post- 1yr (2014')		Post- 2yr (2015')	
Anti-D	4	8.7%	2	8.3%		
Anti-E	12	26.1%	8	33.3%	12	44.4%
Anti-C			1	4.2%	1	3.7%
Anti-e			1	4.2%	2	7.4%
Anti-E+C	6	13.0%	1	4.2%	3	11.1%
Anti-C+e	3	6.5%				
Anti-Fyb	1	2.2%			1	3.7%
Anti-Jkb	1	2.2%				
Anti-Lea	3	6.5%	1	4.2%	1	3.7%
Anti-Leb					1	3.7%
Anti-Lea+Leb	1	2.2%				
Anti-M	3	6.5%	1	4.2%		
Anti-S			1	4.2%		
Others	12	26.1%	7	29.2%	6	22.2%
Total	46		24		27	

	Post- 3yr (2016)		Post- 4yr (2017)		Post- 5yr (2018)	
Anti-D	2	6.7%	3	9.7%	6	12.5%
Anti-E	10	33.3%	13	41.9%	13	27.1%
Anti-C	2	6.7%	1	3.2%		
Anti-e			2	6.5%	1	2.1%
Anti-E+C	2	6.7%	1	3.2%		
Anti-C+e						
Anti-Fyb	3	10.0%			1	2.1%
Anti-Jkb						
Anti-Lea	1	3.3%	3	9.7%	5	10.4%
Anti-Leb					1	2.1%
Anti-Lea+Leb					1	2.1%
Anti-M	3	10.0%	4	12.9%	8	16.7%
Anti-S						
Others	1	3.3%	1	3.2%	1	2.1%
Total	24		28		37	

4. 자동화 장비 도입 전, 후의 경제성 비교

혈액형 자동화 장비의 경제성을 보기 위해 자동화 장비 도입 전 1년간 및 도입 후 5년간을 대상으로 각각에 대해 검사건수, 비예기항체가 동정된 건수, 사용된 시약, 시약의 사용량 및 시약단가를 조사하여 도입 전, 후의 각 검사 당 단가에 대해 분석을 하였다[표 6][표 7].

ABO 및 RhD 혈액형 검사는 총 10,100건에서 장비 도입 후 5년째 12,225건으로 증가하였으며 검사 단가는 장비도입 전 877원에서 장비 도입 후 5년째 2,540원으로 증가하였다.

동종항체 선별검사는 총 8,467건에서 장비도입 후 5년째 11,246건으로 증가하였으며 검사 단가는 장비도입 전 3,933원에서 도입 후 5년째 3,307원으로 감소하였다. 실제 동종항체 선별검사의 단가가 감소한 이유는 2014년도 1월 자동화 장비의 도입을 위해 평가 및 준비를 위한 자동화 장비의 검사시약이 2013년도에 포함되어 2013년도의 구입시약가격에 포함되어서 2013년도 검사단가가 실제보다 증가되었다.

표 6. Comparison of the price/test for ABO & RhD test between pre- (2013') and post-setup (2014', 2015', 2016', 2017' & 2018') QWALYS-2 up automated blood typing analyzer (Price unit, Korean Won)

	Pre- (2013')	Post- 1yr (2014')	Post- 2yr (2015')
Total sum of reagent price	8,861,600	26,870,100	29,849,800
Total 1years test number	10,100	10,775	11,077
One unit test price	877	2,493	2,694

	Post- 3yr (2016')	Post- 4yr (2017')	Post- 5yr (2018')
Total sum of reagent price	31,489,700	30,849,500	31,058,500
Total 1years test numbe	11,573	11,957	12,225
One unit test price	2,720	2,580	2,540

표 7. Comparison of the price/test for Antibody screen & identification test between pre- (2013') and post-setup (2014', 2015', 2016', 2017' & 2018') QWALYS-2 up automated blood typing analyzer (Price unit, Korean Won)

	Pre- (2013')	Post- 1yr (2014')	Post- 2yr (2015')
Total sum of reagent price	33,308,000	25,956,000	30,600,000
Total 1years test number	8,467	9,269	9,735
One unit test price	3,933	2,908	3,143

	Post- 3yr (2016')	Post- 4yr (2017')	Post- 5yr (2018')
Total sum of reagent price	35,573,920	34,785,100	33,194,600
Total 1years test number	10,432	11,002	11,246
One unit test price	3,410	3,161	3,307

IV. 고찰

안전한 수혈을 위해서는 수혈 시 ABO 및 RhD 혈액형 검사 및 비예기항체 선별검사는 필수적이다. 임상적으로 중요한 20여 가지의 혈액형 중 ABO 및 RhD항원은 가장 면역원성이 높기 때문에 부적합할 경우에는 치

명적인 수혈 부작용을 유발할 수 있다. 또한 비예기항체 역시 다양한 부작용을 일으킬 수 있으므로 수혈부작용의 예방 및 신속하고 안전한 수혈을 위해 검사는 필수적이다[24-29].

최근 도입되고 있는 혈액형 자동화검사 기기는 기존의 수기법에서의 오류를 줄이고 보다 신속하고 안전한 검사를 위해 많은 장점이 있다. 본 연구에서 평가한 QWALYS-2 up 장비는 기존 수기법 및 자동화장비의 분석 방법과는 다른 적혈구 자성화(erythrocyte-magnetized technology, EMT) 방법에 의해 측정한다[19-22]. 적혈구 자성화 기술은 적혈구를 자성체(magnetic particle)와 혼합하여 적혈구 세포막에 작은 자성체 입자들이 붙게 함으로써 적혈구가 자성을 띠게 되어 이를 이용한 응집을 측정하는 방법이다.

본 연구에서는 QWALYS-2 up 장비를 도입한 강원대병원에서 QWALYS-2 up을 이용하여 ABO 및 RhD 혈액형 검사와 항체선별검사를 실시하고, 그 결과를 ABO 및 Rh 혈액형 검사는 기존의 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법의 검사결과와 비교하고, 항체선별검사는 미세원주응집법의 결과와 비교하여 자동화장비 QWALYS-2 up의 유용성을 평가하고 자동화장비 도입 전, 도입 후의 검사 건수 및 검사 당 단가를 비교하여 경제성을 비교하고자 하였다.

ABO 및 Rh 혈액형 검사결과는 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법과 결과를 비교하였고, 항체선별검사에 대해서는 미세원주응집법 DiaMed-ID system과 결과를 비교하였다.

ABO 및 Rh 혈액형 검사 결과는, 슬라이드나 시험관을 이용한 수기법의 결과와 100% (200/200) 일치하였다. 이는 새로 도입된 QWALYS-2 up 장비가 기존의 수기법과 같이 정확한 결과를 보이고 안전하게 이용될 수 있는 자동화장비임을 알 수 있었다.

동종항체 선별검사서 미세원주응집법은 기존의 시험관법보다 더 민감하고 객관적인 판독이 가능하므로 안전한 수혈을 위해서는 더 우수한 것으로 보고되고 있다[30][31]. 본 연구에서 항체 선별검사는 미세원주응집법 DiaMed-ID system과 결과를 비교하였다. 본 연구에 이용된 DiaMed-ID system은 원주의 상층부에서 적혈구와 항체가 반응하여 응집되지 않은 적혈구는

바다에 모이고 응집된 적혈구들은 상층이나 중간에 남게 되어 육안으로 응집여부를 쉽게 판정할 수 있는 장점이 있다. QWALYS-2 up은 자성을 띤 적혈구에 환자의 혈장에 존재하는 동종항체가 결합하게 되고 자기장이 형성된 자석 플레이트 위에서 빠르게 아래쪽으로 침강하면서 응집을 이루어 well의 중앙에 일정한 원의 형태로 양성 반응을 보이게 되나, 항체가 없을 때에는 응집을 이루지 않으므로 well의 아래쪽에 전체적으로 퍼진 형태의 음성반응을 보이게 된다.

본 연구 결과, 불일치 3검체는 수기법으로 재검을 한 결과, 음성을 보여 QWALYS-2 up에서 위양성의 결과를 나타냈다. QWALYS-2 up의 전체적인 반응의 정도가 상대적으로 높게 나타난 결과는 비록 위양성일 경우도 있지만 혈액은행 검사의 안정적인 측면을 고려할 때, 민감도가 높은 것이 안전한 수혈을 위해 상대적으로 안전할 수 있다고 생각된다. 위양성 및 보다 반응의 강도가 높게 나타난 것은 여러 가지 원인을 생각할 수 있는데 검사방법에 이용된 항원-항체에 의해서 영향을 받을 수도 있고 또한 적혈구 항원-항체 반응에 영향을 주는 원인인 용혈, 섬유소원의 존재, 고지혈증 등이 있다. 이에 대해서는 검사에 이용된 시약 및 검체에 대한 추가적인 검토가 필요하다.

혈액형 자동분석기는 표준화된 방법을 자동으로 진행하게 되므로 검사시간의 단축 및 판독자의 주관에 의한 오류를 막을 수 있는 등 검사결과가 객관적이고 사무적인 오차를 줄일 수 있는 장점이 있다. 특히, 혈액은행의 모든 검사는 판독자 주관에 의한 오류를 방지하기 위해 2인 이상 검사를 시행하여 일치해야 검사결과를 보고할 수 있는데, 자동화 장비의 도입으로 1인이의 검사 진행을 장비가 진행함으로써 인건비를 확실히 줄일 수 있는 장점이 있다. 기존 혈액은행 자동화 장비의 경제성 및 연구동향의 보고[32]에 따르면, ABO 및 RhD 혈액형검사의 단가는 혈액형 자동 분석기를 사용하여 한 개의 샘플을 테스트 했을 때는 수기법으로 검사한 비용보다 낮지만, 여러 샘플을 동시에 테스트했을 때는 수기법으로 검사한 비용보다 높았다. 본 연구에서는 인건비를 제외한 비용 측면에서의 경제성을 평가한 결과 ABO 및 RhD 혈액형의 검사 단가는 장비도입 전 877원에서 장비도입 후 5년째에는 2,540으로 증가하였으

나 동종항체 선별검사의 단가는 장비도입 전 3,933원에서 장비도입 후 5년째에는 3,307원으로 감소하였다. 본 연구에서는 자동화 장비 도입 전 장비의 평가 및 준비를 위해 구입한 시약과 기존 시약이 같이 사용되어 정확히 수기법과 자동화 장비에 의한 검사 단가는 구하지 않았으나 연도별로 테스트 단가를 구하여 자동화 장비 도입 전, 후의 비용적인 측면을 분석하였다. 강원대 병원에서는 혈액형 자동화 장비의 도입에 의한 이중검사의 효과 및 자동화로 연간 약 0.6명의 노동력을 절감할 수 있었다. 혈액은행의 검사 특성상 2인이 동시에 검사하는 것을 감안할 때, 이에 대한 보완으로 1인의 직원 대신 자동혈액분석기를 이용하게 되면 증가된 시약 비용을 감안하더라도 충분한 경제적인 효과가 있었다. 선행 연구[32]에서도 자동혈액 분석기의 단가가 높은 이유는 수기법의 주 원가가 노동이기 때문이며, 자동화 시스템은 자동혈액분석기가 표준화된 방법으로 작업을 수행하기 때문에 검사자는 다른 일에 더 많은 시간을 할애할 수 있다는 연구가 있었다[24]. 본 연구 결과를 기본으로 중소병원 및 대형병원에서 인건비를 감안한 단순 경제성을 분석하면 혈액형검사 건수가 1년에 최소한 5,000건 이상일 경우 또는 중소형 병원에서 2인이 동시에 혈액은행 검사를 시행하는 것이 불가능 할 경우 비용적인 측면에서 경제성이 있다고 분석되며, 뿐만 아니라 검사에 의한 오류 감소 및 사무적 오차를 줄일 수 있는 추가적인 장점이 있다. 그러므로 검사 건수가 작은 중소병원에서도 안전한 수혈을 위해서는 혈액형자동화 장비의 도입을 고려해 볼 수 도 있을 것이다.

결론적으로 혈액형자동화 장비 도입 전후의 효과를 평가한 결과, 기존의 수기법과 비교하였을 때 높은 일치율을 보였으며, 정확도 면에서도 신뢰할 만한 것으로 판단되었다. 또한 대부분 수기법으로 진행되는 혈액은행 검사 업무에 있어서 우수한 예민도와 정확도를 지닌 자동화 장비를 사용함으로써 정확하고 신속한 검사결과를 얻는 동시에 검사자의 업무량을 경감할 수 있고, 수혈에 대한 안전성 증대할 수 있으며 검사결과의 재확인 이 가능한 장점이 있다. 도입 전후의 시약의 비용은 증가하였지만 검사 건수가 많은 중대형병원에서는 인건비 증가에 비해 비용증가가 미미하고 추가적인 안정

성 효과를 감안하면 경제적 효과 외에 추가적인 장점이 많아 혈액형자동화 장비의 도입은 유용하다고 평가할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] T. H. Kim, "Factor Analysis about the Deficiency of Blood for the Transfusion," J. Kor. Soc Hygenic Sciences, Vol.13, No.2, pp.45-50, 2007.
- [2] C. W. Chung, G. B. Kang, K. H. Min, Y. H. Whang, H. K. You, C. K. Chung, D. H. Park, and W. S. Kim, "Clinical Observation of the Patient who received Blood Transfusion," J. Kor. Anesthesiology, Vol.17, No.2, pp.187-198, 1984.
- [3] C. T. Stephens, S. Gumbert, and J. B. Holcomb, "Trauma-associated bleeding: management of massive transfusion," Curr Opin Anaesthesiol, Vol.30, Epub, 2016
- [4] L. B. Holst, "Benefits and harms of red blood cell transfusions in patients with septic shock in the intensive care unit," Dan Med J, Vol.63, No.2, 2016.
- [5] M. Mainou, F. Alahdab, A. A. Tobian, N. Asi, K. Mohammed, M. H. Murad, and B. J. Grossman, "Reducing the risk of transfusion-transmitted cytomegalovirus infection: a systematic review and meta-analysis," Transfusion, Vol.29, 2016.
- [6] T. Gallagher, S. Darby, M. Vodanovich, L. Campbell, and J. Tovey, "Patient blood management nurse vs transfusion nurse: is it time to merge?," Br J Nurs, Vol.24, No.9, pp.492-495, 2015.
- [7] J. J. Lefrère and B. Danic, "Transfusion and blood donation in comic strips," Transfus Med, Vol.27, No.3, pp.154-165, 2013.
- [8] J. Meier, D. Filipescu, S. Kozek-Langenecker, J. Llau Pitarch, S. Mallett, P. Martus, and I. Matot, "Intraoperative transfusion practices in Europe," Br J Anaesth, Vol.116, No.2,

- pp.155-161, 2016.
- [9] S. R. Brohi and M. Dilber, "Use of Blood Transfusion Set in Intraventricular Neuroendoscopy," *J Coll Physicians Surg Pak*, Vol.26, No.1, p.77, 2016.
- [10] W. I. Mauka, M. J. Mahande, S. E. Msuya, and R. N. Philemon, "Factors Associated with Repeat Blood Donation at the Northern Zone Blood Transfusion Centre in Tanzania," *J Blood Transfus*, pp.1-6, 2015.
- [11] K. A. Smith, "Documentation of blood for transfusion," *J R Army Med Corps*, Vol.137, No.2, pp.107-108, 1991.
- [12] J. Philip, N. Kushwaha, T. Chatterjee, and R. S. Mallhi, "Optimizing cord blood collections: Assessing the role of maternal and neonatal factors," *Asian J Transfus Sci*, Vol.9, No.2, pp.163-167, 2015.
- [13] G. Girelli, S. Antoncicchi, A. M. Casadei, A. Del Vecchio, P. Isernia, M. Motta, D. Regoli, C. Romagnoli, G. Tripodi, and C. Velati, "Recommendations for transfusion therapy in neonatology," *Blood Transfus*, Vol.13, No.3, pp.484-497, 2015.
- [14] J. D. Maciel, E. Gifford, D. Plurad, C. de Virgilio, S. Bricker, F. Bongard, A. Neville, J. Smith, B. Putnam, and D. Kim, "The impact of a massive transfusion protocol on outcomes among patients with abdominal aortic injuries," *Ann Vasc Surg*, Vol.29, No.4, pp.764-769, 2015.
- [15] J. C. Zimring and S. L. Spitalnik, "Pathobiology of transfusion reactions," *Annu Rev Pathol*, Vol.10, pp.83-110, 2015.
- [16] L. S. Squires, "A case study of recipient twin surviving complications of twin-to-twin transfusion syndrome," *Nurs Womens Health*, Vol.17, No.5, pp.390-398, 2013.
- [17] A. Amid, N. Barrowman, A. Vijenthira, P. Lesser, K. Mandel, and R. Ramphal, "Risk factors for hyperferritinemia secondary to red blood cell transfusions in pediatric cancer patients," *Pediatr Blood Cancer*, Vol.60, No.10, pp.1671-1675, 2013.
- [18] A. Pavlova and J. Oldenburg, "Defining severity of hemophilia: more than factor levels," *Semin Thromb Hemost*, Vol.39, No.7, pp.702-710, 2013.
- [19] C. M. Peach, J. J. Morrison, A. N. Apodaca, G. Egan, H. G. Watson, and J. O. Jansen, "Destination healthcare facility of shocked trauma patients in Scotland: analysis of transfusion and surgical capability of receiving hospitals," *Surgeon*, Vol.11, No.5, pp.272-277, 2013.
- [20] S. G. Sandler, A. Langeberg, D. H. Rumsey, and S. C. Novak, "A solid phase and microtiter plate hemagglutination method for pretransfusion compatibility testing," *Haematologia*, Vol.30, No.3, pp.149-157, 2000.
- [21] G. Daniels, "Molecular blood grouping," *Vox Sang*, Vol.87, No.1, pp.63-66, 2004.
- [22] O. Arslan, "Electronic crossmatching," *Transfus Med Rev*, Vol.20, No.1, pp.75-79, 2006.
- [23] R. C. Knight and G. D. Poole, "Detection of red cell antibodies: current and future techniques," *Br J Biomed Sci*, Vol.52, No.4, pp.279-305, 1995.
- [24] W. Malomgré and B. Neumeister, "Recent and future trends in blood group typing," *Anal Bioanal Chem*, Vol.393, No.5, pp.1443-1451, 2009.
- [25] E. Ching, "Solid Phase Red Cell Adherence Assay: a tubeless method for pretransfusion testing and other applications in transfusion science," *Transfus Apher Sci*, Vol.46, No.3, pp.287-291, 2012.
- [26] J. R. Storry, "New technologies to replace current blood typing reagents," *Curr Opin Hematol*, Vol.14, No.6, pp.677-681, 2007.
- [27] W. H. Ouwehand and T. B. Wallington, "Adaptive immunity and transfusion," *Vox Sang*, Vol.87, No.1, pp.35-38, 2004.
- [28] C. M. Westhoff, "The Rh blood group system in review: a new face for the next decade,"

Transfusion, Vol.44, No.11, pp.1663-1673, 2004.

[29] S. F. Parsons, "Monoclonal antibodies in blood group serology," Med Lab Sci, Vol.42, No.4, pp361-366, 1985.

[30] D. L. Siegel, "Phage display tools for blood typing," Curr Hematol Rep, Vol.4, No.6, pp.459-464, 2005.

[31] M. L. Olsson, "New developments in immunohaematology," Vox Sang, Vol.87, No.2, pp.66-71, 2004.

[32] K. H. Shin, H. H. Kim, C. L. Chang, and E. Y. Lee, "Economic and Workflow Analysis of a Blood Bank Automated System," Ann Lab Med, Vol.33, No.4, pp.268-273, 2013.

저 자 소개

김 하 나(Ha-Na Kim)

정회원



- 2014년 2월 : 강원대학교 의생명 공학과(학사)
- 2016년 2월 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(의학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)

〈관심분야〉 : 의학, 진단검사의학, 멀티미디어

김 희 범(Hee-Bum Kim)

정회원



- 1983년 2월 : 고려대학교 보건대학 임상병리학과(학사)
- 2016년 8월 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(의학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)
- 2016년 6월 ~ 현재 : 미르사이텍(주)

〈관심분야〉 : 수혈의학, 희귀 혈액형검사

박 현 상(Hyun-Sang Park)

정회원



- 2010년 2월 : 광주대학교 보건의료공학과(보건의료공학사)
- 2014년 2월 : 광주대학교 보건의료관리학과(보건학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 광주대학교 보

건행정학부 외래교수

〈관심분야〉 : 수혈의학, 희귀 혈액형검사

이 현 임(Hyun-Im Lee)

정회원



- 1980년 2월 : 고려대학교 병설 의학 기술초급대학 임상병리과(전문학사)
- 1995년 8월 : 중앙대학교 사회개발대학원 보건학과(보건학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)
- 2006년 4월 ~ 현재 : 서울성모병원

병리팀장

〈관심분야〉 : 보건콘텐츠, 휴먼서비스콘텐츠

홍 명 국(Myung-Kook Hong)

정회원



- 1983년 2월 : 원광보건대학교 임상병리학과(학사)
- 2001년 8월 : 강원대학교 행정대학원(행정학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 강원대학교병원

진단검사의학과

〈관심분야〉 : 진단검사의학, 멀티미디어

신 경 속(Gyung-Sook Shin)

정회원



- 2001년 2월 : 강원대학교 교육대학원 간호교육전공(교육학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 의과대학 진단검사의학전공(박사과정)
- 1992년 8월 ~ 현재 : 보건복지부 국립춘천병원 간호팀장

〈관심분야〉 : 정신간호학, 멀티미디어

서 인 범(In-Bum Suh)

정회원



- 1992년 2월 : 고려대학교 의과대학(의학사)
- 1999년 9월 : 고려대학교 의과대학(의학석사)
- 2002년 3월 : 고려대학교 의과대학(의학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 강원대학교

의학전문대학원 교수

- 2008년 2월 ~ 현재 : ㈜대한임상의학센터 대표이사
〈관심분야〉 : 진단검사의학, 멀티미디어