자동화 장비 IH-500과 수기법 간 ABO 혈액형 검사 비교

신정원 · 신우용 · 이도이

순천향대학교 부속 서울병원 진단검사의학과

Comparison of ABO Blood Group Typing between Automated Blood Bank Analyzer IH-500 and Manual Method

Jeong Won Shin, Woo Yong Shin, Do Lee Lee

Department of Laboratory Medicine, Soonchunhyang University Hospital, Seoul, Korea

Background: According to increased availability and awareness of automated blood bank analyzer with its speed and efficiency, use of automated analyzer in hospital blood bank has been increasing rapidly. We compared the ABO blood group typing results between automated analyzer IH-500 and manual method in healthy adults and patients with ABO discrepancies to provide useful information on interpretation of blood grouping results by automated analyzer.

Methods: Among healthy adults who underwent medical examinations, 400 samples (each 100 samples of A, B, O and AB type) were selected and evaluated the results and grades of blood grouping by automated and manual methods. Also, 50 samples showing ABO discrepancies among patients requested for pretransfusion test were selected and compared between two methods. As for samples with ABO discrepancies, further tests such as microscopic examination, reactivity with anti-A1 or ABO genotyping along with medical record review were performed.

Results: Agglutination results and grades in healthy adults were consistent between two methods. Meanwhile, 30 (60%) of ABO discrepant samples were related to rouleaux formation and their frequencies and agglutination grades were higher in automated method (Wilcoxon signed rank test, $P=0.001$). Results of discrepant samples caused by unexpected antibody or ABO subgroup showed no differences between two methods.

Conclusion: IH-500 automated analyzer was considered useful for mass examination of healthy individuals. Meanwhile, considering the fact that ABO discrepancies by rouleaux formation were more frequent and stronger in automated method, it is recommended to retest their results by manual methods along with medical record review. (Korean J Blood Transfus 2017;28:126-133)

Key words: Blood group, ABO discrepancy, Automated blood bank analyzer

Received on July 17, 2017. Revised on July 31, 2017. Accepted on July 31, 2017

Correspondence to: Jeong Won Shin

Department of Laboratory Medicine, Soonchunhyang University Hospital, 59 Daesagwan-ro, Yongsan-gu, Seoul 04401, Korea

Tel: 82-2-709-9423, Fax: 82-2-709-9083, E-mail: jwshin@schmc.ac.kr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6913-4793>

© 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

수혈전검사의 일차적인 목적은 용혈성수혈부작용을 예방하는데 있으며, 올바른 수혈전검사를 위해서는 정확한 검체 채취와 검사수행이 필수적이다[1].

수혈전검사에는 ABO, Rh 혈액형검사와 항체 선별검사, 교차시험 등이 포함되는데 과거에 비해 검사의 질이 높아짐에 따라 용혈성수혈부작용의 빈도는 많이 감소하였으나 그럼에도 불구하고 기술적 요인보다는 실수에 의한 부작용이 아직도 발생하고 있으며, 이는 검체 채취 및 표지상의 실수, 검사상의 실수, 혈액불출상의 실수, 수혈과정에서의 실수 등에 의한 것이다[2].

진단검사의학의 다른 검사 분야와는 달리 혈액은행 분야의 자동화는 수기법에 비하여 시약 원가가 높아 다양한 규모의 검사실에서 통상적으로 시행하기에는 어려움이 있으며, 이에 따라 검사자의 실수를 방지하기 위한 대책 역시 반복 검사 시행이나 두 명의 검사자가 결과를 cross check 하는 등 업무량과 인건비 상승의 요인이 되는 수기 방식이 주로 이용되었다[3].

그러나 최근 들어 다양한 혈액은행 자동화 장비가 개발되면서 본 연구에서 사용한 IH-500 장비와 같이 의료기관 혈액원에서 사용하기에 적합한 컴팩트한 사이즈와 처리능력(시간당 48검체)을 갖춘 장비가 보급되고 있다. 여러 연구들에서 이들 자동화 장비들의 검사 결과가 기존 수기법과 높은 일치율을 보일 뿐 아니라 수기법에 비하여 신속하고 업무 효율을 증가시킬 수 있다는 점이 강조되면서 국내 의료기관에서의 사용도 점차 증가되고 있는 추세이다[4-7]. 특히 2015년에 ABO 혈액형검사의 자동화 장비용 수가가 별도로 마련됨에 따라 그간 자동화 장비 도입의 걸림돌이 되어왔던 검사 비용에 대한 부담도 줄게 되었다.

었다.

혈액형검사 결과 판독시에는 단순히 응집 여부 판정 뿐 아니라 응집 강도 관찰도 매우 중요한데, 이는 ABO 아형이나 약-D 또는 부분 D형을 감별함으로써 환자 혈액형에 대한 정확한 정보를 제공하고 나아가 수혈이 필요할 경우 안전한 혈액을 공급하기 위함이다. 수기법으로 검사를 하는 경우 혈액형 검사에서 일반적인 반응 강도보다 약한 반응을 나타내거나 혈구형과 혈청형 간에 불일치 결과를 보이는 경우 정확한 혈액형 판정을 위해 타액검사나 전이효소검사 및 혈액형유전자 검사 등 추가 검사를 시행하는데, 자동화법을 사용할 경우 반응 강도에 따른 수기법과의 결과 비교 및 추가 검사 결과에 대한 연구는 아직 많지 않다.

이에 본 연구에서는 건강한 성인과 ABO 불일치를 보인 환자들을 대상으로 자동화법과 수기법을 이용한 혈액형검사 결과의 반응 강도 및 두 방법 간 대상군에 따른 차이 여부를 비교 분석함으로써, 통상검사로서의 이용이 빠르게 증가하고 있는 자동화법의 결과 판독 시 도움이 될 수 있는 자료를 제공하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2016년 6월부터 12월까지 본원 건강증진센터에서 종합건강검진을 받은 20세 이상 60세 미만의 성인 검체 중 혈액검사에서 이상 소견이 관찰되지 않은 400 검체(혈액형 별 각 100 검체)를 전향적으로 수집하였다. 또한 동 기간 중 혈액은행으로 수혈 전 검사가 의뢰된 환자 검체에 대해 모두 자동화법과 수기법으로 ABO 혈액형검사를 시행한 후 두 방법 중 하나 이상에서 ABO 혈액형

검사에서 반응 강도가 2+ 이하로 약하거나 혈구형과 혈청형 간 불일치를 보인 50 검체를 대상으로 두 방법 간 반응 결과와 강도를 비교 분석하였다. 검체 수집 및 처리 과정에서 용혈이나 섬유소 쪼개기 등이 관찰되는 검체는 제외하였으며, 대상 검체 선정 및 폐기와 개인정보 보호 등에 관한 제반 사항은 본원 임상연구심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(2016-09-011).

2. 방법

1) 수기법

시험관법[8]을 이용하여 ABO 혈액형 검사를 시행하였으며, 항혈청은 Murine IgM monoclonal anti-A와 anti-B (Milipore LTD., Livingston, UK), 혈구는 Affirmagen A1과 B (Ortho-Clinical Diagnostics Inc., Pencoed, UK)를 사용하였다. 응집 판정은 통상적인 기준[9]에 따라 0부터 4+로 하였다.

2) 자동화법(IH-500)

IH-500 (Bio-rad, 1785 Cressier FR, Switzerland) 장비를 이용하여 제조사의 지침에 따라 시행하였다. IH-500에 사용되는 DiaClon ABO/D+ Reverse Grouping ID Card (Bio-rad)는 단클론성 항-A, 항-B, 항-D와 정도관리용 항체 등 특이항체가 포함된 4개의 microtube와 A1 및 B 혈구와의 반응을 관찰하기 위해 환자 혈청을 분주하는 2개의 microtube로 구성되어 있으며, 여기에 검체가 분주되고 각 10분씩의 항온과 원심분리 과정이 자동으로 진행된 후 각 microtube의 응집 반응 결과가 내장 카메라에 인식되게 된다. 결과는 음성, trace, 1+, 2+, 3+, 4+의 6단계로 나누어 판정되며, 혈구형과 혈청형 결과가 일치하지 않거나 응집 판정이 불명확한 경우 ‘?’나 ‘DP (double population)’와 같은 특정 에러 메시지로 표시된다.

3) 수기법과 자동화법 비교 및 추가 검사

대상 검체 모두에서 수기법과 자동화법에서

나온 응집 결과의 강도를 비교하였다. 두 방법 중 하나 또는 둘 모두에서 ABO 불일치 결과를 보인 검체의 경우에는 해당 환자의 의무기록 검토와 함께 불일치 원인 감별을 위해 항-A1 시약(Ortho-Clinical Diagnostics Inc.)과 현미경 관찰 등의 추가 검사를 시행하였고, cis-AB형이 의심될 경우에는 ABO 유전자검사[10,11]를 시행하여 확인하였다.

4) 통계 분석

자동화법과 수기법 간 반응 강도 차이 분석은 SPSS software (version 18.0, Armonk, NY, USA)를 사용하여 비모수검정인 Wilcoxon signed rank test로 시행하였으며, *P* value 0.05 미만일 경우 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

1. 정상 성인 검체에서의 수기법과 자동화법의 반응 강도 비교

정상 성인 검체 400개에 대한 수기법과 자동화법의 반응 강도 비교 결과, A형 100 검체 중 두 검체에서 자동화법의 A cell과의 반응이 trace로 나타났으나 자동화법과 수기법으로 다시 시행한 재검에서는 두 방법 모두에서 음성으로 전환되었으며, AB형 100 검체 중 한 검체에서는 연전현상으로 인해 자동화법의 A cell과의 반응이 1+로 나타났으나 생리식염수 치환 후 시행한 수기법에서는 음성이었다. 이들 세 검체를 제외한 나머지 397 검체에서는 자동화법과 수기법 간 혈구형과 혈청형 모두 일치되는 결과를 보였으며 반응 강도 역시 3~4+로 두 단계 이상 차이 나는 경우는 없었다.

2. ABO 불일치를 보인 검체에서의 수기법과 자동화법의 반응 강도 비교

ABO 불일치를 보인 50 검체 중 혈청 면역글로불린이나 C 반응단백 또는 섬유소원이 증가되어 있으면서 현미경 관찰에서 연전현상을 보인 검체가 32 (64%) 검체였고, 비예기항체 양성이 10 (20%), ABO 아형 4 (8%), ABO 불일치 골수이식 1 (2%), 류마티스관절염 1 (2%), 고중성지질혈증 1 (2%), 그리고 검사소견에 특별한 이상이 없는 만성신질환 환자 1 (2%) 검체이었다.

연전현상을 보인 32 검체 중 30 검체가 혈청형 검사에서 비특이적인 추가반응(extra reaction)을 보였는데, 이 중 자동화법에서만 추가반응이 관찰된 경우가 9 검체, 수기법에서만 관찰된 경우가 1 검체였고 나머지 20 검체는 자동화법과 수기법에서 모두 추가반응이 관찰되었다. 혈청형에서 추가반응을 보인 30 검체 중 자동화법에서 DP 또는 ‘?’와 같은 에러 메시지가 표시된 두 경우를 제외한 28건을 대상으로 자동화법과 수기법의 반응강도를 비교 분석한 결과에서는 자동화법의 반응강도가 수기법에 비해 유의하게 높았다(Wilcoxon signed rank test, $P=0.001$). 한편 연전현상을 보인 32 검체는 각각 말기신질환(end-stage renal disease, ESRD) 환자 6, 감염 및 염증질환 11, 고형암 및 혈액암 5, 골절 3, 산모 1 및 기타 질환 환자 6명의 검체였다(Table 1).

비예기항체가 양성인 10 검체 중에서는 비특이항체가 5 검체로 가장 많았고 항-M 항체가 2 검체였으며, 그 외 항-Le^b, 한랭자가항체, 항-E+자가항체가 각각 1 검체였다. 10 검체 중 8 검체의 항체 반응강도와 항체 특이성은 자동화법과 수기법 간 모두 일치하였으며, 자동화법에서만 불일치결과를 보인 2 검체는 모두 비특이항체로 반응강도는 1+이었다.

ABO 아형 4 검체는 각각 cisAB/O형, 항-A₁ 항체를 동반한 A₂형, 항-A₁ 항체를 동반한 A₂B형 및 Bw형이었다. 이 중 cisAB/O형은 자가면역성용혈 빈혈 환자의 검체로서 동반된 자가항체로 인하여 자동화법 혈구형에서는 항-A와 항-B에 모두 ‘?’에러가 표시되고 수기법에서는 혈구형과 혈청형에 모두 2+ 이상의 반응을 보여 ABO 유전자검사를 이용하여 혈액형을 확인하였으며, 항-A₁ 항체를 동반한 A₂와 A₂B형의 경우에는 자동화법과 수기법에서 모두 A cell에 trace~1+의 일치된 반응을 보였고 항-A₁ lectin과의 반응에서 응집이 관찰되지 않았다. Bw형은 골수형성이상증후군 환자 검체로서 질환과 연관된 항원 약화가 의심되었으며, 수기법에서 항-B 시약에 trace 반응을 보였고 자동화법에서는 항-B 시약에 ‘DP’ 에러가 표시되었다.

고 찰

본 연구에서는 ABO 혈액형검사 시행시 자동화법과 수기법 간 반응 응집 강도의 차이 여부를 정상 성인 환자와 ABO 불일치 결과를 보인 환자의 검체를 대상으로 비교 평가하였다.

정상 성인 환자 400 검체에서는 비특이반응과 연전현상을 보인 3 검체를 제외한 397 (99.3%) 검체에서 혈액형 판정 결과 뿐 아니라 응집 강도도 자동화법과 수기법 간에 ± 1 이내로 일치하는 결과를 보여, 건강 검진 수검자 등과 같이 특이 병력이 없는 정상 성인 환자의 대량 혈액형 검사 처리 시 자동화 장비가 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각되었다.

ABO 불일치를 보인 50 검체 중에서는 30 검체 (60%)가 혈청형검사서 연전현상에 의해 불일치 결과를 보였으며, 이 중 두 방법에서 모두 연전현상을 보인 20 검체를 포함하여 자동화법에서

Table 1. Comparison between IH-500 and manual methods in samples showing rouleaux formation with elevated immunoglobulin, CRP or fibrinogen levels

Elevated laboratory findings (N)	Sex/Age	Diagnosis	ABO Blood group	IH-500		Manual tube method	
				Anti-A	Anti-B A cell B cell	Anti-A	Anti-B A cell B cell
Immunoglobulin (N=15)	F/27	Facial bone fracture	O	-	4+	-	+/-
	F/27	Pregnancy	A	4+	4+	4+	-
	F/68	Multiple myeloma	A	4+	1+	4+	-
	M/58	Vitreous hemorrhage	A	4+	1+	4+	-
	F/55	Ureter stone	A	4+	+/-	4+	-
	F/42	Cruciate ligament rupture	A	4+	+/-	4+	-
	M/55	Cervical cord contusion	A	4+	1+	4+	-
	M/6	Enteroviral meningitis	B	-	4+	-	4+
	M/26	Nasal septum deviation	B	-	4+	-	4+
	F/66	Osteoarthritis, knee	AB	4+	3+	4+	-
	F/77	End-stage renal disease	AB	4+	1+	4+	-
	M/64	Hepatocellular carcinoma	AB	4+	1+	4+	-
	F/49	Gastritis	AB	4+	+/-	4+	-
	F/66	Osteoarthritis, knees	AB	3+	2+	4+	-
	M/53	End-stage renal disease	AB	3+	1+	4+	-
Immunoglobulin and CRP (N=5)	M/67	Chronic myelomonocytic leukemia	A	4+	-	3+	-
	F/35	Appendicitis with peritoneal abscess	A	4+	1+	4+	-
	F/47	Colon cancer	A	4+	1+	4+	-
	F/41	Metatarsal bone fracture.	A	4+	-	4+	-
	F/50	Intracerebral hemorrhage	B	-	4+	DP	-
	M/56	End-stage renal disease	A	3+	2+	4+	-
	M/73	End-stage renal disease	A	4+	+/-	4+	-
Immunoglobulin, CRP and fibrinogen (N=7)	F/67	End-stage renal disease	A	4+	+/-	4+	-
	F/5	Kawasaki disease, otitis media	B	-	3+	4+	-
	F/54	Pneumonia	B	-	4+	1+	-
	M/21	Pneumonia	B	-	4+	2+	-
	F/34	Mycoplasma pneumonia	AB	4+	1+	-	-
	M/39	Plantar fasciitis	A	4+	1+	4+	-
	M/69	T-spine compression fracture	A	4+	2+	4+	-
CRP (N=3)	M/52	Sepsis	AB	4+	?	4+	-
	F/60	End-stage renal disease	AB	4+	4+	4+	-
Immunoglobulin and fibrinogen (N=1)							
CRP and fibrinogen (N=1)		Pancreatic cancer	A	4+	1+	4+	-

Abbreviations: CRP, C-reactive protein; DP, double population; ?, error message from autoanalyzer.

는 29 검체가, 수기법에서는 21 검체가 연전현상을 보여 자동화법에서 수기법보다 연전현상에 의한 불일치 현상이 더 많이 나타남을 알 수 있었다. 해당 검체들의 응집 반응강도 역시 자동화법에서 수기법에 비해 유의하게 높게 나타났는데, 이는 AutoVue 장비와 수기법을 비교한 Jo 등[12]의 연구와는 다른 결과로서, Jo 등은 ABO 불일치를 보인 검체 중 weak serum reaction을 보인 검체의 80.6%가 자동화법보다는 수기법에서 강한 응집 반응을 보였고 이는 자동화법에서 사용하는 혈구 부유액 농도가 0.8%로 수기법의 3%보다 낮기 때문으로 추정된다고 하였다. 그러나 본 연구에서 사용한 자동화 장비인 IH-500의 혈구부유액 농도 역시 0.8%이기 때문에 혈구부유액 농도만으로는 반응 강도 차이를 설명하기 힘들 것으로 생각되었다. 또한 본원 혈액은행에서 2016년 1월부터 12월까지 IH-500 장비로 시행한 ABO 혈액형 검사 53,420건 중 불일치결과를 보인 경우가 188건(0.4%)으로 이전 연구들에서 수기법으로 시행하여 보고한 ABO 불일치 빈도인 0.04~0.14%보다 높게 나타나 자동화법과 수기법 간 불일치 빈도나 반응 강도의 차이에 대한 전향적 추가 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

한편 연전현상은 다발성골수종이나 마크로글로불린혈증, 간경변, 고섬유소원혈증과 같이 혈청단백에 질적, 양적 이상이 있을 때나 고분자 텍스트란을 포함하는 주사제의 정맥 투여시 관찰될 수 있는데, 이 중 고섬유소원혈증은 염증이나 감염, 산모 등에서 동반되며, 특히 만성신질환 환자의 경우 고섬유소원혈증이 C 반응단백 증가 등과 함께 혈전증의 위험을 높이는 인자로 알려져 있다[13,14]. 본 연구에서도 연전현상을 동반한 32 검체에서 면역글로불린과 C 반응단백, 섬유소원 중 한가지 이상이 증가된 소견을 보였으며, 이 중 17 검체가 염증과 감염 및 만성신질환 환자의 검

체였고, 특히 위 세 항목이 모두 증가된 7 검체 중 3 검체가 ESRD 환자의 검체였다.

연전현상에 의한 불일치 외에 비예기항체나 ABO 아형에 의한 불일치 검체에서는 자동화법과 수기법 간 반응강도에 유의한 차이는 없었으며, 자동화법에서 수기법에 비해 비특이항체에 의한 불일치결과가 많이 나타났으나 대상 검체수가 적어 유의한 차이 여부를 판단할 수는 없었다.

결론적으로 IH-500 장비를 이용한 ABO 혈액형 자동화검사는 특이 병력이 없는 건강인에서는 수기법과 검사 결과 뿐 아니라 반응강도까지 일치하는 결과를 보여 건강검진 환자의 대량 검사시 유용할 것으로 생각되었으며, 비예기항체나 ABO 아형에 의한 불일치 결과를 보인 검체에서도 두 방법 간 검사 결과나 강도에 유의한 차이가 없었다. 반면 감염이나 염증 및 신장질환이 있는 환자의 경우에는 수기법보다 자동화법에서 연전현상에 의한 불일치 현상이 더 많은 환자에서, 보다 강한 응집 반응강도로 나타나는 결과를 보였으므로, 자동화장비를 이용한 ABO 혈액형 검사시 불일치 결과를 보일 경우 이러한 현상을 고려하여 의무기록 검토 및 수기법 확인을 하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

배경: 최근 들어 다양한 혈액은행 자동화 장비가 개발되고 자동화법의 신속성과 업무 효율성이 강조되면서 국내 의료기관에서의 사용도 점차 증가되고 있다. 본 연구에서는 건강한 성인과 ABO 불일치를 보인 환자들을 대상으로 자동화법과 수기법을 이용한 ABO 혈액형검사 결과의 반응 강도 및 두 방법 간 대상군에 따른 차이 여부를 비교 분석함으로써, 통상검사로써의 이용이 빠르게 증가하고 있는 자동화법의 결과 판독시 도움이

될 수 있는 자료를 제공하고자 하였다.

방법: 본원 건강증진센터에 내원한 성인 검체 중 ABO 혈액형 별 각 100개씩 400 검체와 수혈전 검사가 의뢰된 환자 검체 중 ABO 불일치를 보인 50 검체를 대상으로 수기법과 자동화법의 혈액형 판정 결과와 응집 강도를 비교하였다. ABO 불일치 검체의 경우에는 의무기록 검토와 함께 항-A1 시약과의 반응과 현미경 관찰 등 추가 검사를 시행하였고, cis-AB가 의심될 경우에는 ABO 유전자검사를 시행하였다.

결과: 정상 성인 검체에서는 두 방법 간에 혈액형 판정 결과 뿐 아니라 응집 강도도 일치하였다. ABO 불일치를 보인 검체 중에서는 30 검체(60%)가 혈청형검사에서 연전현상에 의해 불일치 결과를 보였는데, 자동화법에서 수기법 보다 연전현상에 의한 불일치 현상이 더 많이 나타났고 해당 검체들의 응집 반응강도 역시 자동화법에서 유의하게 높았다(Wilcoxon signed rank test, $P=0.001$). 연전현상에 의한 불일치 외에 비예기항체나 ABO 아형에 의한 불일치 검체에서는 자동화법과 수기법 간 반응강도에 유의한 차이는 없었다.

결론: IH-500 장비를 이용한 혈액형 자동화검사는 특이병력이 없는 건강검진 환자의 대량 검사 시 유용할 것으로 생각되었다. 반면 연전현상에 의한 불일치 현상은 자동화법에서 수기법 보다 더 많이, 보다 강한 반응강도로 나타나 자동화장비를 이용한 혈액형 검사 시에는 이러한 현상을 고려하여 의무기록 검토와 수기법으로의 추가 확인을 하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구를 위한 DiaClon ABO/D+ Reverse Grouping ID Card를 무상으로 공급해 주신 (주)한국바이오래드 관계자 분들께 감사의 뜻을 표합니다.

References

1. Han KS, Park KU, Song EY. Transfusion medicine. 4th ed. Seoul: Korea Medical Book Publisher, 2014:267
2. Han KS, Park KU, Song EY. Transfusion medicine. 4th ed. Seoul: Korea Medical Book Publisher, 2014:291
3. Lee SH, Jeong J, Jeong US, Kim MS, Jeong YJ, Wee JH, et al. Experience with the automatic blood bank instrument AutoVue Innova. Korean J Blood Transfus 2008;19:43-8
4. Park YC, Lim JS, Ko YH, Kwon KC, Koo SH, Kim JM. Evaluation of IH-1000 for automated ABO-Rh typing and irregular antibody screening. Korean J Blood Transfus 2012;23:127-35
5. An TK, Song YK, Seo HS, Kim KL, Kim JA, Ko CH, et al. Evaluation of automated blood bank systems AutoVue Innova and QWALYS-3 for ABO-RhD grouping and antibody screening. Korean J Blood Transfus 2012;23:204-9
6. Song YK, An TK, Hwang JY, Shim HE, Lee DH, Kong SY. Comparison of effectiveness between blood bank automation system and manual method for ABO-RhD blood typing and antibody screening test in a single center. Korean J Blood Transfus 2014;25:93-8
7. Kim BS, Park YJ, Kim JJ, Lee EK, Kim SY, Kim HO. Evaluation of the automated immunohematology analyzer ORTHO VISION for ABO antibody titration. Korean J Blood Transfus 2015;26:257-65
8. Roback JD, Grossman BJ, Harris T, Hillyer CD. Technical manual. 17th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2011:876-7
9. Roback JD, Grossman BJ, Harris T, Hillyer CD. Technical manual. 17th ed. Bethesda, Maryland: American Association of Blood Banks, 2011:873-4
10. Kim MJ, Shin JW, Kim YH, Kim HO, Cho SR,

- Kim WJ. Application of ABO genotyping in determination of ABO subgroups. Korean J Blood Transfus 1998;9:209-17
11. Seo DH, Lee CY, Kim DW, Kim SI. ABO gene analysis of cis-AB and B subgroup in blood donors. Korean J Blood Transfus 2000;11:27-34
12. Jo SY, Lee JM, Kim HL, Sin KH, Lee HJ, Chang CL, et al. Comparative analysis of clinical samples showing weak serum reaction on AutoVue system causing ABO blood typing discrepancies. Ann Lab Med 2017;37:117-23
13. Yudin J, Heddle NM. A 13-question approach to resolving serological discrepancies in the transfusion medicine laboratory. Lab Med 2014;45:193-206
14. Lutz J, Menke J, Sollinger D, Schinzel H, Thürmel K. Haemostasis in chronic kidney disease. Nephrol Dial Transplant 2014;29:29-40