

## Test turnaround Time for Complete Blood Cell Count using Delta and Panic Value Checks and the Q-flag Limit

Bon-Kyung Koo<sup>1</sup>, Kwang-Hyun Ryu<sup>1</sup>, Dae-Jin Lim<sup>1</sup>, Young-Kuk Cho<sup>2</sup>, and Hee-Jin Kim<sup>1</sup>

*Department of Laboratory Medicine, Samsung Medical Center, Seoul 135-710, Korea<sup>1</sup>  
Department of Clinical Laboratory Science, Seoyeong College, Gwangju 500-742, Korea<sup>2</sup>*

Test turnaround time (TAT) is the lead time from reception to reporting. In the complete blood cell count (CBC), 4 units of the XE-2100 (Sysmex Corp., Japan) processed around 80% of quantity, 1 unit of the LH-780 (Beckman-Coulter Incorp., USA) processed around 10% and 1 unit of ADVIA-2120 (Siemens AG, Munich, Germany) processed around 10%. We analyzed the change in the TAT for the CBC for over 7 years, from January of 2005 to December of 2011. The delta check made alterations of delta to WBC, hemoglobin, hematocrit, platelet and metamyelocyte, however, did not made them to band neutrophil, eosinophil, basophil and monocyte. The panic value check made alterations of panic value to hemoglobin, hematocrit, platelet and monocyte. In the criteria of currently slide review, LH-780 and ADVIA-2120 analyzers prepared suspect flags of "Blast, Imm NE2, Immature granulocyte, Imm NE1, Left shift, Variant lymphocyte, Atypical lymphocyte, Platelet clumps and NRBC". The New slide review in the XE-2100 analyzer altered the preparations of a smear slide more than a "Platelet clumps flag ( $\geq 200$  unit), a single flag excluding the "Platelet clumps flag ( $\geq 250$  unit) and a multiple flag ( $\geq 200$  unit)". Also, below the 240 unit, medical technologists prepared manual slides selectively according to their evaluations. The automatic reporting rate was 33.4% without alterations, whereas it was 41.0% without alterations, and was thus improved by 7.6%. The slide review rate was 15.2% before using the Q-flag limit, whereas it was 12.1% for a reduce 3.1%. TAT was 45 minutes without the creation alterations of the delta and panic value checks, whereas it was 35 minutes after making alterations of the delta and panic value checks and thus was shortened by 10 minutes. We came to the conclusion that the establishment and operation of delta and panic value checks and slide review criteria suitable for laboratory environment can reduce unnecessary smear slides, re-checking, re-sampling, re-testing, telephone inquiries and concentrated workloads during specific times of the day.

**Key Words :** Test turnaround time, Complete blood cell count, Delta and Panic value checks, Manual slide review

### 서론

혈액검사는 질병의 진단, 치료 및 예후 관정을 목적으로

혈액의 각종 성분을 검사하는 일이다. 혈액을 가검물로 이용하여 혈액학적 검사, 형태학적 검사, 생화학적 검사, 면역학적 검사, 면역혈액학적 검사, 유전학적 검사 등이 시행되고 있다.

혈구계산과 백혈구감별계산으로 구성된 일반혈액검사 (complete blood cell count: CBC)는 감염증, 염증, 혈액질환 등의 선별에 유용하고, 내원하는 환자에게 대부분 처방되는 기본적인 검사이며 혈구산정검사, 전혈구계산으로 표현하기도 한다.

Corresponding Author : Koo, Bon-Kyung, Department of Laboratory Medicine, Samsung Medical Center, Seoul 135-710, Korea  
Tel: 02-3410-2693, 010-3198-6361  
E-Mail: bonkyung.koo@samsung.com  
Received : 9 March 2012  
Return for modification : 21 March 2012  
Accepted : 26 March 2012

변화치 및 경고치 검색(delta and panic value checks)은 환자검체를 이용하며 무작위 오차(random error), 사무오차(clerical error), 검체가 뒤바뀌는 오차 등을 선별하여 검사 오차의 원인파악과 재검을 통해 오차를 수정하는 내부정도 관리의 효과적인 프로그램이다(Lindberg, 1967; Ladenson, 1975). 환자 결과를 경과 추적할 수 있는 변화치 검색과 환자 결과를 신속하게 조기 보고하는 경고치 검색은 검사실, 임상 의사, 환자에게 중요한 의미를 가지며 검사결과의 신뢰성을 더욱 높여주고 있다.

XE-2100 (Sysmex Corp., Kobe, Japan), LH-780 (Beckman-Coulter Incorp., Brea, USA), ADVIA-2120 (Siemens AG, Munich, Germany) 자동혈구분석기에서는 는 비정상 미성숙세포의 존재, 혈소판군집, 유헤적혈구를 분획하는 경우 suspect flag를 보여주며 XE-2100 (Sysmex Corp.)의 경우 Q-flag limit를 추가적으로 제공하고 있다. suspect flag의 도말표본 재검기준(flagging criteria of manual slide review)은 “Blast, NE Blast, LY Blast, MO Blast, LUC, Immature granulocyte, Imm NE2, Left shift, Imm NE1, Atypical lymphocyte, Variant lymphocyte, Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast, NRBC의 flag”가 있으며 현미경 확인으로 백혈구감별계산 결과를 보고하여야 한다.

검사소요시간(test turnaround time: TAT)은 검체가 검사실에 도착해서 유효한 검사결과가 전달될 때까지의 시간으로 쉽게 측정 가능하고, 의뢰완료시간(request complete time: RCT)은 검사의뢰에서 결과가 임상 의사에게 전달될 때까지의 시간으로 검사소요시간보다 중요한 기준이다(조한익, 1997). 검사소요시간은 고객만족도에 기여하는 중요한 질 지표로서 병원표준화심사제도, 의료기관서비스평가제도, 의료기관인증제도, 국제의료질향상학회(international society for quality in health care; ISQua) 인증, 국제의료기관 평가위원회(joint commission international: JCI) 인증, 대한진단검사의학회 검사실인증, 미국병리학회(college of american pathologists: CAP) 검사실 인증, 국제표준화기구(international standardization organization; ISO) 15189 인증의 심사항목에서 평가하고 있다.

자동화일반검사실, 자동화외래검사실, 혈액은행에서의 소요시간 변화에 관한 보고가 있었다(Pelegri 등, 1996;

Steindel 등, 1996; 이 등, 2004; 이 등, 2006).

본원에서 정의한 자동보고율은 자동혈구분석기에 의한 일반혈액검사 결과가 변화치 및 검색치 검색 프로그램을 거쳐 이상이 없으면 자동적으로 보고된 비율을 의미하며 도말표본 재검율은 현미경 확인에 의한 백혈구감별계산 결과가 수동적으로 보고된 비율을 의미하고, 일반혈액검사의 검사소요시간은 검체접수시각으로부터 결과보고시각까지의 소요시간이며 응급 및 정규 검사에서 백혈구 결과, 진료 전 예약 검사에서 백혈구감별계산 결과가 보고된 시간을 의미한다.

2009년 11월 1일에 변화치 및 경고치 검색(delta and panic value checks) 기준을 일부 변경하였고, 기존의 도말표본 재검(manual slide review) 기준에 Q-flag limit를 전송받아서 일부 변경하였다. 진단검사의학과 업무지표 전산프로그램을 이용하여 2005년 1월부터 2011년 12월까지 7년간 일반혈액검사의 자동보고율, 도말표본 재검율, 검사소요시간의 변화된 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 대상

2005년부터 2011년까지 7년 동안 삼성의료원 진단검사의학과 혈액검사실로 일반혈액검사가 의뢰된 환자 검체를 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. Request number of CBC

Year	Request number
2005	552,218
2006	574,905
2007	591,987
2008*	744,468
2009	829,722
2010	849,555
2011	883,287

\* Open the cancer center in January 2008

## 2. 검사기기

일반혈액검사는 자동혈구분석기 XE-2100 4대(Sysmex Corp.)가 75% 전후, LH-780 1대(Beckman-Coulter Incorp.)가 15% 전후, ADVIA-2120 1대(Siemens AG)가 15% 전후에서 검사물량을 처리하고 있다. XE-2100 (Sysmex Corp.) 자동혈구분석기의 검체처리속도는 시간당 150건으로 검체당 24초가 소요되며 백혈구수와 백혈구감별계산은 레이저광 유세포분석법, 적혈구수와 혈소판수는 전기저항법, 혈색소는 무시안화물 혈색소 흡광도법으로 측정하였다. LH-780(Beckman-Coulter Incorp.) 자동혈구분석기의 검체처리속도는 시간당 110건으로 검체당 33초가 소요되며 백혈구수, 적혈구수, 혈소판수는 전기저항법, 혈색소는 시안메트혈색소 흡광도법, 백혈구 감별계산은 전기저항, 전도율, 광산란을 이용한 유세포분석법으로 측정하였다. ADVIA-2120 (Siemens AG) 자동혈구분석기의 검체처리속도는 시간당 120건으로 검체당 30초가 소요되며 백혈구수, 적혈구수, 혈소판수는 레이저광 유세포분석법, 혈색소는 시안메트혈색소 흡광도법, 백혈구 감별계산은 과산화 효소 염색을 이용한 레이저광 유세포분석법으로 측정하였다. SP-1000i (Sysmex Corp.)와 MIDAS-3 (EMD Chemicals Incorp., Gibbstown, USA) 자동표본염색기는 자가 제조한 wright-giemsa 염색을 사용하였다. 말초혈액 도말표본은 BX-40 (Olympus Corp., Tokyo, Japan) 현미경으로 400배 (F.N. 22, Plan 40x)에서 백혈구감별계산을 시행하였다.

## 3. 자료 전송

자료 전송은 검사실정보시스템의 하드웨어적 구성인 HP SUPERDOME (Hewlett-Packard Co., Palo Alto, USA) 시스템을 중심으로 서버 컴퓨터를 이루고 있으며 광케이블 백본(optical cable backbone), 기가비트 이더넷(gigabit ethernet) 및 네트워크 전송 프로토콜(TCP/IP: transmission control protocol/internet protocol)이 중심으로 통신망을 이루고 있다. 자동혈구분석기에서 나오는 자료는 RS-232C 방식으로 직렬포트를 이용하여 컴퓨터에 전송되며 구동중인 접속(interface) 프로그램이 자료를 근거리통신망(local area network: LAN)을 통해 서버 컴퓨터에 전송된다.

## 4. 자동보고율의 조사

삼성서울병원 병원정보시스템(hospital information system: HIS)인 SMIS (Samsung medical information system: SMIS)에 연결되어 있는 진단검사의학과 검사실정보시스템(laboratory information system: LIS) 내의 업무량 지표 프로그램을 이용하여 조사하였다.

자동혈구분석기에 의한 일반혈액검사의 자동보고율은 백혈구감별계산 결과가 소수점으로 보고된 것을 산출하였다. 자동혈구분석기로부터 전송된 결과값은 변화치 및 경고치 검색을 거쳐 이상이 없으면 자동보고되고, 결과입력화면에 "D(delta)", "P(panic)", "B(both)"로 표시된다. 또한 자동혈구분석기에서 suspect flag를 감지하여 표시된 경우, 혈액종양내과 검체인 경우, 소아청소년과 검체인 경우는 자동보고에서 제외하였다(Table 2).

Table 2. Criteria for exclusion of automatic reporting

Exclusion	Parameter
Suspect flag	Blast, NE Blast, LY Blast, MO Blast, LUC, Immature granulocyte, Imm NE2, Left shift, Imm NE1, Atypical lymphocyte, Variant lymphocyte, Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast, Platelet clumps, NRBC
Clinical information	Department of hemato-oncology Department of pediatrics

2009년 11월 1일에 변화치 및 경고치 검색기준을 일부 변경하여 운영하고 있다. 변화치의 경우 백혈구는 45%에서 50%, 혈색소는 20%에서 30%, 헤마토크리트는 20%에서 30%, 혈소판은 40%에서 50%, 후골수구는 20%에서 100%로 변경하였으며 기본값이 설정되어 있는 간상호중구, 호산구, 호염구, 단구는 변화치를 적용하지 않았다. 경고치의 경우 혈색소는 7 g/dL에서 8 g/dL, 헤마토크리트는 21%에서 25%, 혈소판은 50x10<sup>3</sup>/μL에서 100x10<sup>3</sup>/μL, 단구는 20%에서 12%로 변경하였다(Table 3).

## 5. 도말표본 재검기준의 조사

삼성서울병원 병원정보시스템인 SMIS에 연결되어 있는 진단검사의학과 검사실정보시스템 내의 업무량 지표 프로

Table 3. Criteria of delta and panic value checks

Parameter <sup>*</sup>	Delta <sup>†</sup>	Panic value	
		Lower	Upper
WBC(cells X10 <sup>3</sup> /μL)	45% ⇒ 50%*	2	20
RBC(cells X100 <sup>3</sup> /μL)	N/A <sup>‡</sup>	2.00	8.00
Hemoglobin(g/dL)	20% ⇒ 30%*	7 ⇒ 8*	18
Hematocrit(%)	20% ⇒ 30%*	21 ⇒ 25*	55
MCV(fL)	N/A	70	120
MCH(pg)	N/A	23	36
MCHC(g/dL)	N/A	30	37
RDW(%)	N/A	10	20
Platelet(cells X10 <sup>3</sup> /μL)	40% ⇒ 50%*	50 ⇒ 100*	700
PDW(%)	N/A	8	18
Blast(%)	20%	0	1
Promyelocyte(%)	20%	0	1
Myelocyte(%)	20%	0	1
Metamyelocyte(%)	20% ⇒ 100%*	0	3
Band neutrophil(%)	6 ↑ 200%, 6 ↓ 400% ⇒ N/A*	0	6
Segmented neutrophil(%)	30% ⇒ 50%	30	85
Eosinophil(%)	6 ↑ 100%, 6 ↓ 200% ⇒ N/A*	0	10
Basophil(%)	2 ↑ 200%, 2 ↓ 400% ⇒ N/A*	0	3
Lymphocyte(%)	50%	0	50
Monocyte(%)	10 ↑ 100%, 10 ↓ 160% ⇒ N/A*	10	20 ⇒ 12*
Atypical lymphocyte(%)	100%	0	3
Immature cell(%)	20%	0	1
Plasma cell(%)	20%	0	1
NRBC(/100WBC)	50%	0	1

Abbreviation: WBC, white blood cell; RBC, red blood cell; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin, MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; RDW, red cell distribution width; PDW, platelet distribution width; NRBC, nucleated red blood cell.

\* Alteration of delta and panic value checks in November 1st 2009

<sup>†</sup> Delta percentage difference:  $(\text{current result} - \text{past result}) \div \text{past result}$

<sup>‡</sup> N/A: not applicable

그램을 이용하여 조사하였다. 현미경 확인에 의한 도말표본 재검율은 백혈구감별계산 결과가 정수로 보고된 것을 산출하였다.

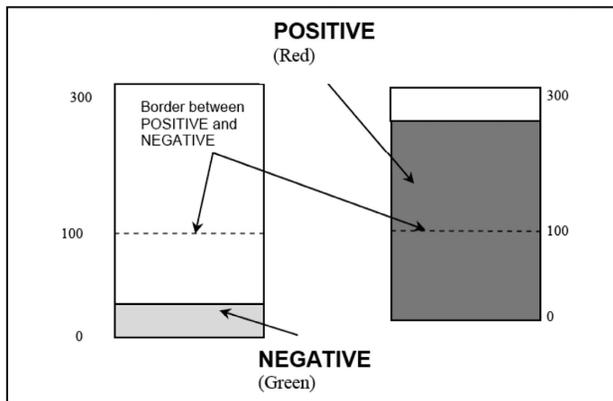
백혈구, 혈색소, 혈소판, 5분류 백분율의 도말표본 재검 기준에는 경험적인 제한치를 설정하였다(Table 4). 2009년 11월 1일부터 자동혈구분석기에 의한 suspect flag의 도말표본 재검기준(Table 5)은 XE-2100 (Sysmex Corp.) 기기

의 경우 suspect flag와 더불어 Q-flag limit를 제공하는데 Q-flag limit는 10 unit 간격으로 0~300 unit까지 표현하는 임의 범위(Fig. 1)이다. 본원은“Blast, Immature granulocyte, Atypical lymphocyte, Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast, Platelet clumps, NRBC의 flag가 나오면 표본 제작”하던 것을 2009년 11월 1일에 Q-flag limit를 검사실정보시스템으로 전송(Fig. 2)하면서 “Platelet clumps flag는 200 unit

**Table 4. Criteria of manual slide review by automated blood cell analyzer**

Parameter	Limit
WBC(cells X10 <sup>3</sup> /μL)	≤2.0, ≥30.0
Hb(g/dL)	≤7.0
Platelet(cells X10 <sup>3</sup> /μL)	≤70, ≥800
Neutrophil(%)	≥95
Eosinophil(%)	≥15
Basophil(%)	≥5
Lymphocyte(%)	≥60
Monocyte(%)	≥15

이상(Fig. 3), Platelet clumps flag를 제외한 단독 flag는 250 unit 이상, 여러 종류의 복합 flag는 200 unit 이상에서 표본 제작하는 것으로 변경하였으며 또한 240 unit 이하는 검사자의 판단에 따라 신환, 경과기간, 누적결과, 분포도(histogram), 산포도(scattergram), 진료과, 임상소견, 상병명, 환자특기사항을 참고하여 선별적으로 표본을 제작”하도록 하였다. LH-780 (Beckman-Coulter Incorp.) 기기는 “NE Blast, LY Blast, LY Blast, Imm NE2, Imm NE1, Variant lymphocyte, Platelet clumps, NRBC의 flag에서 표본 제작”하였고, ADVIA-2120 (Siemens AG) 기기는 “Blast, LUC (large unstained cell), Immature granulocyte, Left shift, Atypical lymphocyte, Platelet clumps, NRBC의 flag에서 표본 제작”하였다.



**Fig. 1.** Threshold of Q-flag limit.

**Table 5. Flagging criteria of manual slide review by automated blood cell analyzer**

Instrument	Parameter
XE-2100	Blast ⇒ Blast(single flag ≥250, multiple flag ≥200, selectively ≤240 unit)*
	Immature granulocyte ⇒ Immature granulocyte(single flag ≥250, multiple flag ≥200 unit, selectively ≤240 unit)*
	Atypical lymphocyte ⇒ Atypical lymphocyte(single flag ≥250, multiple flag ≥200 unit, selectively ≤240 unit)*
	Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast ⇒ Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast (single flag ≥250, multiple flag ≥200 unit, selectively ≤240 unit)*
	Platelet clumps ⇒ Platelet clumps(single flag ≥200, multiple flag ≥200 unit, selectively ≤190 unit)*
	NRBC ⇒ NRBC(single flag ≥250, multiple flag ≥200 unit, selectively ≤240 unit)*
LH-780	NE Blast, LY Blast, MO Blast, Imm NE2, Imm NE1, Variant lymphocyte, Platelet clumps, NRBC
ADVIA-2120	Blast, LUC, Immature granulocyte, Left shift, Atypical lymphocyte, Platelet clumps, NRBC

\* Alternation of slide review criteria in November 1st 2009

### 6. 검사소요시간의 조사

삼성서울병원 병원정보시스템인 SMIS에 연결되어 있는 진단검사의학과 검사실정보시스템 내의 업무량 지표 프로그램을 이용하여 조사하였다. 일반혈액검사의 검사소요시간은 응급 및 정규 검사에서 백혈구 결과, 진료 전 예약 검사에서 백혈구감별계산 결과가 보고된 것으로 산출하였다. 본원은 일반혈액검사의 검사소요시간을 응급 검사는 60분 이내, 진료전 예약 검사는 90분 이내, 정규 검사는 4시간 이내에 결과 보고하는 것으로 설정하였다.

▼ CBC Result								▼ DIFF Count							
특 검사명	결과	과거...	N-2	ABNRMFG	과거검사일	진행	1D.	검사명	검사결과	Diff cnt	미전결과	N-2	진행	미전결과일	
<b>WBC Count</b>	31.05	40.32	32.71	Blast...	2012-03-04	6	F P	Blast	0	0	0	0	E	2012-03-04	
RBC Count	2.66	2.97	3.03		2012-03-04	6	F	Promyelocyte	0	0	0	0	E	2012-03-04	
Hemoglobin	8.8	10.0	10.0		2012-03-04	6	F	Myelocyte	0	2	3	5	E	2012-03-04	
Hematocrit	28.1	30.5	30.7		2012-03-04	6	F	Metamyelocyte	0	4	7	3	E	2012-03-04	
MCV	105.6	102.7	101.3		2012-03-04	6	F	Band neutr...	0	7	8	6	E	2012-03-04	
MCH	33.1	33.7	33.0		2012-03-04	6	F	Seg. neutr...	50.0	44	36	51	E	2012-03-04	
MCHC	31.3	32.8	32.6		2012-03-04	6	F	Eosinophil	3.6	2	3	3	E	2012-03-04	
<b>Platelet Count</b>	214	208	159	PLT C...	2012-03-04	6	F	Basophil	0.9	0	1	2	E	2012-03-04	
ESR	93	120	115		2012-03-04	6	F P	Lymphocyte	37.5	32	31	23	E	2012-03-04	
								Monocyte	8.0	9	10	7	E	2012-03-04	
								Atypical L...	0	0	1	0	E	2012-03-04	
								Immature cell	0	0	0	0	E	2012-03-04	
								Plasma cell	0	0	0	0	E	2012-03-04	
								Nucleated RBC	0	3	5	3	E	2012-03-04	
								ANC	15.53	15.84	17.74	18.64	E	2012-03-04	
								ALC	11.64	9.94	12.9	7.52	E	2012-03-04	

CBC, DIFF ABNORMAL			
C/D	ABNORMAL	검사코드	검사명
C	Blasts (300), Immature Gran (300), NRBC (120), Atypical Lympho (300)	BL2011	WBC Count
C	PLT Clumps (290)	BL2016	Platelet Count

Fig. 2. Interface for Q-flag limit.

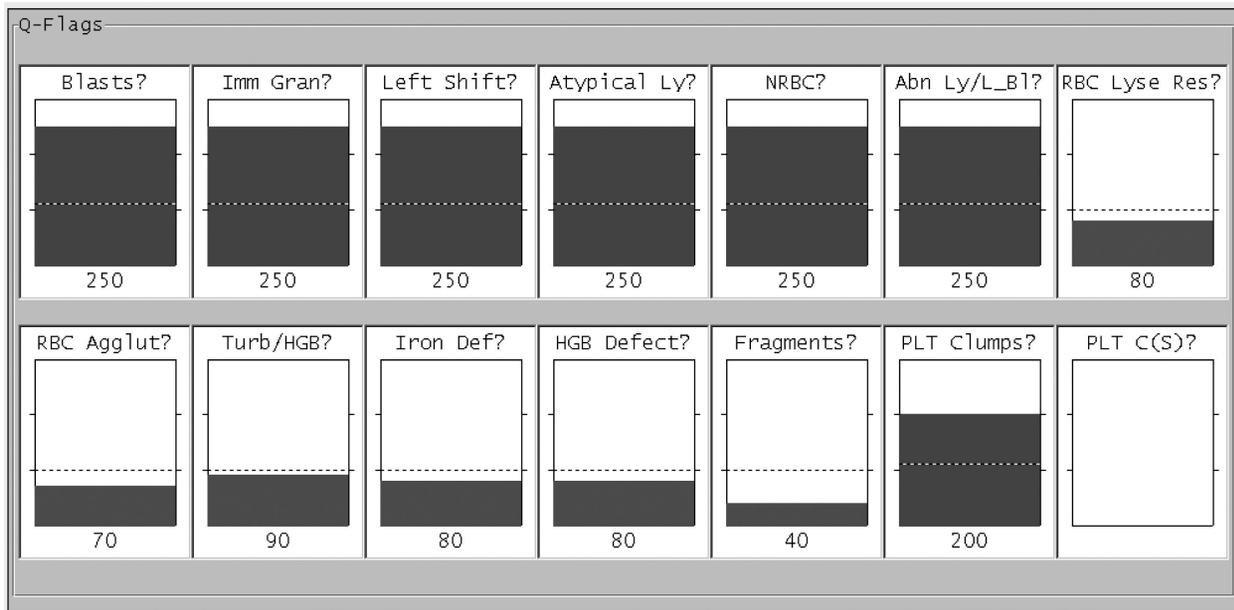


Fig. 3. Histogram of Q-flag limit.

## 결 과

### 1. 자동보고율의 변화

자동혈구분석기에 의한 자동보고율은 2005년 39.0%, 2006년 34.4%, 2007년 34.9%, 2008년 29.1%, 2009년 29.9%, 2010년 40.8%, 2011년 41.3%이었다. 암센터 개원 전 2005년부터 2007년은 36.1%, 암센터 개원 후 2008년부터 2010년은 29.5%이었으며, 변화치 및 경고치 검색기준의 일부 변경 전 2005년부터 2009년은 33.4%이었고, 변경 후 2010년부터 2011년은 41.0%로서 7.6%가 향상되었다(Table 6).

**Table 6. Automatic reporting rate by automated blood cell analyzer**

Year	Automatic reporting rate
2005	39.0%
2006	34.4%
2007	34.9%
2008	29.1%
2009	29.9%
2010	40.8%
2011	41.3%
2005-2007	36.1%
2008-2009*	29.5%
2010-2011 <sup>†</sup>	41.0%
2005-2009 vs 2010-2011	improved 7.6%

\* Open the cancer center in January 2008 (The Samsung medical center laboratory consists of a seoul hospital and a cancer center.)

<sup>†</sup> Alternation of delta and panic value checks in November 1st 2009

### 2. 도말표본 재검율의 변화

현미경 확인에 의한 백혈구감별계산의 도말표본 재검율은 2005년 15.4%, 2006년 14.2%, 2007년 14.3%, 2008년 15.8%, 2009년 16.4%, 2010년 12.6%, 2011년 11.6%이었다. 암센터 개원 전 2005년부터 2007년은 14.6%, 암센터 개원 후 2008년부터 2010년은 16.1%이었으며, 도말표본 재검기준의 일부 변경 전 2005년부터 2009년은 15.2%이었고, 변경 후 2010년부터 2011년은 12.1%로서 3.1%가 감소하였다(Table 7).

**Table 7. Slide review rate of WBC differential count by microscopic examination**

Year	Slide review rate
2005	15.4%
2006	14.2%
2007	14.3%
2008	15.8%
2009	16.4%
2010	12.6%
2011	11.6%
2005-2007	14.6%
2008-2009*	16.1%
2010-2011 <sup>†</sup>	12.1%
2005-2009 vs 2010-2011	reduce 3.1%

\* Open the cancer center in January 2008 (The Samsung medical center laboratory consists of a seoul hospital and a cancer center.)

<sup>†</sup> Alternation of slide review criteria in November 1st 2009

### 3. 검사소요시간의 변화

일반혈액검사의 소요시간은 2005년 50분, 2006년 49분, 2007년 49분, 2008년 40분, 2009년 40분, 2010년 36분, 2011년 34분이었다. 암센터 개원 전 2005년부터 2007년은 49분, 암센터 개원 후 2008년부터 2010년은 40분, 변화치 및 경고치 검색기준과 도말표본 재검기준의 일부 변경 전 2005년부터 2009년은 45분이었고, 변경 후 2010년부터 2011년은 35분으로서 10분이 단축되었다(Table 8).

## 고 찰

일반혈액검사는 반복적이고 일관된 과정으로 처리하여야 하며 많은 시간과 인력이 투입되는 일이며 검사물량이 많고 비정상 검체의 비율이 높으면 검사실 운영에 큰 부담을 주고 있다. 검사실에서는 일반혈액검사의 질을 저하시키지 않으면서 검사소요시간의 단축과 도말표본을 감소시키기 위한 노력과 요구도가 증가하고 있다(Barnes 등, 2005).

자동혈구분석기는 1956년에 처음 개발되었고, 1960년대에 백혈구수, 적혈구수, 혈색소, 헤마토크리트를 측정하였

Table 8. Turnaround time of CBC

Year	Turnaround time
2005	50 minutes
2006	49 minutes
2007	49 minutes
2008	40 minutes
2009	40 minutes
2010	36 minutes
2011	34 minutes
2005-2007	49 minutes
2008-2009*	40 minutes
2010-2011 <sup>†</sup>	35 minutes
2005-2009 vs 2010-2011	shortened 10 minutes

\* Open the cancer center in January 2008 (The Samsung medical center laboratory consists of a seoul hospital and a cancer center.)

<sup>†</sup> Alternation of delta check, panic value check and slide review criteria in November 1st 2009

으며 1970년대에 혈소판수, 3분류 백혈구 감별계산도 측정 가능하게 되었고, 1980년대에는 적혈구지수, 적혈구분포폭, 평균혈소판용적, 5분류 백혈구 감별계산, 망상적혈구 계산까지 측정 가능하였다. 이들 자동혈구분석기에 suspect flag 기능이 추가되면서 비정상 미성숙세포의 존재, 혈소판군집, 유헤적혈구와 같이 중요한 정보를 얻을 수 있게 되었다.

변화치 검색은 환자의 현재 결과와 이전 결과를 비교하여 일정범위 이상 벗어난 경우 그 원인을 조사하고 확인하는 방법이며 경고치 검색은 현재 결과가 참고범위 밖의 위험수치에서 이상이거나 이하인 경우 그 원인을 조사하고 확인하는 방법으로 상용물질을 이용한 정도관리 방법으로도 찾기 어려운 검사오차를 찾을 수 있으며 검사실의 잠재적 위험요소를 사전에 예방하고 개선하는 질관리 프로그램이다 (Lindberg, 1967; Ladenson, 1975; 박 등, 1989; 김 등, 1990; 양 등, 1991). 변화치 및 경고치 검색 기준의 설정은 업무량 등을 감안하여 경험적 수치를 정하는 것이 가장 일반적인 방법이다(Nosanchuk 등, 1974; 박 등, 1989). 다른 한편 통계적 수치를 정하는 방법으로 변화치 계산식에 따른 결과치의 변화치 분포들로부터 2.5 백분위수와 97.5 백분위수의 일정범위를 정하는 변화치 기준과 검사기기와 검사방법

을 사용한 결과값들의 분포에서 1 백분위수와 99 백분위수를 각각 상한치와 하한치로 정하는 경고치 기준이 있다(김, 2004). 변화치와 경고치의 폭을 좁게 설정하면 다수의 점검 표시가 전산결과에 표시되어 재검, 확인해야 하는 일이 많아져서 업무가 과다해 질 수 있다(양 등, 2001).

자동혈구분석기의 suspect flag에는 WBC 채널의 경우 Blast, NE Blast, LY Blast, MO Blast, LUC, Immature granulocyte, Imm NE2, Left shift, Imm NE1, Atypical lymphocyte, Variant lymphocyte, Abnormal lymphocyte/Lymphoid blast, NRBC, RBC lyse resistance가 있으며 RBC 채널의 경우 RBC agglutination, Turbidity/hemoglobin interference, Hemoglobin defect, Iron deficiency, Fragments, Dismorphic reds가 있고, PLT 채널의 경우 Platelet clumps, Giant platelets가 있다. suspect flag를 보인 백혈구감별계산 결과는 현미경 관찰로 확인하여야 한다.

일반혈액검사 결과가 정상이라고 해서 이상 질환을 배제할 수 없고, 자동혈구분석기로부터 suspect flag가 없다고 해서 현미경 관찰 시에 비정상 세포가 없다고 단정할 수 없다. 백혈구 관련하여 suspect flag에 걸리면 도말표본을 만들어 검정하는 비율이 20~25%라는 보고가 있었다(Novis 등 2006; Roussel 등, 2010). 검사실들 간에 도말표본 재검기준이 표준화되어 있지 않은 관계로 국제진단혈액학회에서 국제적인 합의그룹을 구성하여 자동혈구분석기로부터 측정된 일반혈액검사에 대하여 적절한 수준의 도말표본 재검기준을 제시하기도 하였다(Barnes 등, 2005). 도말표본 1장을 현미경 확인하는데 1분 정도 소요되며 낮은 백혈구 수치, 검사자 숙련도에 따라서 차이를 보인다.

7년간 일반혈액검사의 자동보고율, 도말표본 재검율, 검사소요시간은 암센터 개원 전 2005년부터 2007년, 암센터 개원 후 2008년부터 2009년, 변화치 및 경고치 검색기준과 도말표본 재검기준의 일부 변경 후 2010년부터 2011년에서 차이를 보였으며 이러한 원인은 검사실 분리운영, 환자군, 검사자 숙련도, Platelet 변화치의 폭, Band Neutrophil/Eosinophil/ Basophil/ Monocyte 변화치의 미적용, Platelet/Monocyte 경고치의 폭, Q-flag limit이었다.

저자들은 검사실의 환경에 적합한 변화치 및 경고치 검색기준과 도말표본 재검기준을 운영한다면 주야간 검체집

중시간대에서 검사소요시간 감소와 불필요한 도말표본 제작, 재측정(re-checking), 재채혈(re-sampling), 재검사(re-testing), 전화문의에서 업무 부하가 해소될 수 있다고 사료된다.

### 참고문헌

1. Barnes PW, McFadden SL, Machin SJ, Simson E. The international consensus group for hematology review: Suggested criteria for action following automated CBC and WBC differential analysis. *Lab Hematol*. 2005;11:83-90.
2. Ladenson JH. Patients as their own controls: use of the computer to identify "Laboratory Error". *Clin Chem*. 1975;21:1648-1653.
3. Lindberg DAB. Collection, evaluation, and transmission of hospital laboratory data. *Method Inform Med*. 1967;6:97-107.
4. Nosanchuk JS, Gottmann AW. CUMS and Delta Checks; A systematic approach to quality control. *Am J Clin Pathol*. 1974;62:707-712.
5. Novis DA, Walsh M, Wilkinson D, St Louis M, Ben-Ezra J. Laboratory productivity and the rate of manual peripheral blood smear review: A college of American pathologists Q-probes study of 95,141 complete blood count determinations performed in 263 institutions. *Arch Pathol Lab Med*. 2006;130:596-601.
6. Pelegri MD, Garcia-Beltran L, Pascual C. Improvement of emergency and routine turnaround time by data processing and instrument changes. *Clin Chim Acta*. 1996; 248:62-72.
7. Steindel SJ, Jones BA, Howanitz PJ. Timeliness of automated routine laboratory tests: a College of American Pathologists Q-Probes study on 653 institutions. *Clin Chim Acta*. 1996;251:25-40.
8. Roussel M, Benard C, Ly-Sunnaram B, Fest T. Refining the white blood cell differential: The first flow cytometry routine application. *Cytometry A*. 2010;77:552-563.
9. 김종원, 김진규. 임상화학검사의 다변량 변화치 검색(multivariate delta check)에 관한 연구. *임상검사와 정도관리*. 1990;12:69-74.
10. 김종원. 경고치 검색과 변화치 검색. *임상검사와 정도관리*. 2004, 15:56:19.
11. 박효순, 김종원, 김진규, 조한익, 김상인. 자동혈구 분석기의 검사결과 전산처리에 관한 연구-H-1 System을 중심으로. *대한진단검사의학회지*. 1989;9:49-58.
12. 양윤선, 강희정, 송운홍, 조한익, 김상인. CBC의 Histogram 판독과 Delta 및 Panic치 검사의 경험. *임상검사와 정도관리*. 1991;13:201-204.
13. 이성규, 신경아, 김현수. 검사실 정보 시스템을 이용한 농축적혈구 불출 소요시간의 분석. *임상검사와 정도관리*. 2006;28:199-206.
14. 이우창, 민원기, 전사일, 장성수, 지현숙, 박찬정, 박효순. 외래 자동화검사실 재조직화에 의한 검사 소요시간 단축. *대한진단검사의학회지*. 2004;24:237-250.
15. 양용석 외 20인. *최신임상혈액학*. 제1판, 2001, p96, 대학서림, 서울.
16. 조한익. *실용혈액학*. 제8판, 1997, p39. 고려의학, 서울.