

장거리 검체 운송이 검사결과에 미치는 영향

Effects of Long Distance Transportation of Specimens on Test Results

임환섭¹ · 이유경² · 민원기³

Hwan Sub Lim¹, You Kyung Lee², Won Ki Min³

관동의대 진단검사의학교실¹, 순천향의대 진단검사의학교실², 울산의대 진단검사의학교실³

Department of Laboratory Medicine¹, Kwandong University College of Medicine, Goyang; Laboratory Medicine and Genetics², Soonchunhyang University Bucheon Hospital and Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon; Department of Laboratory Medicine³, University of Ulsan College of Medicine and Asan Medical Center, Seoul, Korea

Background: Accuracy of laboratory test results is an important issue. New guidelines for specimen delivery systems are needed for appropriate pretreatment of specimens and accuracy of results.

Methods: We evaluated various laboratory profiles, comparing the effects of specimen rack holders and coolants within transport containers. The hematology profiles (complete blood cell count [CBC], erythrocyte sedimentation rate [ESR]), chemistry profiles (aspartate aminotransaminase [AST], alanine aminotransaminase [ALT], gamma-glutamyl transferase [γ -GT], electrolytes [Na, K, Cl], glucose, lactate dehydrogenase [LD], creatinine kinase [CK]), and coagulation profiles (prothrombin time [PT], activated partial thromboplastin time [aPTT], fibrinogen level). We also investigated the effects of transportation time including the presence or absence of hemolysis. We received from 9 different university hospital laboratories using conventional transportation methods.

Results: Hemolytic features were seen in short drawn specimens. Fewer result variations were observed in specimens transported with coolants. Average specimen transportation time was 11.3 hours, and average temperatures of container was 10.9°C with coolant and 25.0°C without coolants. Non-centrifuged specimens transported with coolants showed increased serum K levels than centrifuged specimens. Coagulation tests showed less than a 10% differences. Centrifuged specimen prior to transportation showed no hemolysis and no differences in results.

Conclusions: Appropriate temperatures for each analyte should be defined to ensure the accuracy of results. To reduce hemolysis, appropriate temperature and rack holder should be used. Temperature of the transport container should be monitored in objectively. Coagulation tests should be added as referral tests, if appropriate specimen transport monitoring system for time and temperature could be adopted.

Key Words: Specimen delivery, Container, Hemolysis

서론

Corresponding author: Hwan Sub Lim

Department of Laboratory Medicine, Myongji Hospital, Kwandong University College of Medicine, 697-24 Hwajeong-dong, Deogyang-gu, Goyang

412-270, Korea

TEL: +82-31-810-7081, FAX: +82-31-962-1352

E-mail: capt95@kd.ac.kr/capt95@hitel.net

Received: July 10, 2010

Revision received: October 14, 2010

Accepted: November 2, 2010

*본 연구는 2008년도 대한진단검사의학회 검사실신임위원회 학술연구비에 의한 연구임.

This article is available from <http://www.labmedonline.org>

© 2011, Laboratory Medicine Online

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의료기술의 발전으로 인하여 환자 진료 부문에서의 검사실의 존도는 점차 증가하는 추세에 있다. 이로 인하여 자체 검사실 운영이 어려운 개원의사들도 검사를 많이 이용하고 있고 뿐만 아니라, 대형 병원에서도 다양한 희귀 질환들을 진단하기 위한 특수검사를 편리성 및 효용성 면에서 자체 검사실이 아닌 외부 수탁전문 의료기관에 의뢰하게 된다. 따라서 수탁전문의료기관의 검사 건수는 빠르게 증가하고 있다. 대한진단검사의학회 검사실신임위원회에 2007년 각 기관에서 보고한 자료에 따르면 수탁전문 의료기관의 수는 중·소형 기관을 포함하여 현재 총 26개 기관이 신고되어 있으며, 2007년 한 해 동안 약 106,949,934건의 검사를 처리한 것으로 보고되었다.

각 의료기관에서 의뢰되는 검체들은 다양한 검사 전 인자들에 의하여 영향을 받을 수 있다. 최근 검체 운송은 차량을 이용한 방법이 주로 사용되지만 우편을 이용한 검체 운송방법을 사용한 경

우, 혈청 내 검사항목 8가지 중 빌리루빈만이 불안정한 결과를 보이는 것으로 보고된 바 있다[1]. 시험관 내의 젤의 유무, 미원심분리 검체 혹은 원심분리 후 검체 운송 등의 검사 전 인자들이 검사결과에 영향을 미친다는 보고도 있다[2]. 또한 운송되는 검체들은 계절적 요인에 따른 가성고칼륨혈증 등의 현상이 나타나는 것으로 보고되었다[3].

현재 검사실 신입위원회에서 실시하는 검사실 인증사업에 수탁 전문 의료기관과 관련되어 검체 운반에 대하여 평가를 실시하고 있다. 그러나 운송상자의 온도 기록이 실시간으로 이루어지지 않고 있으며 검체별 보관 조건 등에 대한 정확한 지침이 없어 수탁전문 의료기관들이 자체적으로 설정한 방법을 사용하고 있으며 대부분 간단한 냉매만을 운송상자 내에 넣어 사용하고 있는 실정이다.

대부분의 위탁검사용 검체들은 의뢰한 의료기관으로부터 검사 실시 전까지 상당히 많은 시간이 소요되고 있으나 이에 대한 정확한 시간 소요 상황이나 검체에 미치는 영향 등에 검체위탁과 관련되어 정확하게 조사된 바 없다. 신뢰성 있는 결과보고를 위하여 효과적인 검체의 운송 방법 등에 대한 지침이 절대적으로 필요하다. 이에 저자들은 검체의 운반조건 및 운송 환경에 대한 연구를 실시하여 검사결과에 미치는 영향에 대하여 조사하고 이를 토대로 검사의 질 향상을 위한 검체의 운반 조건 및 환경에 대한 지침을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 참여기관 및 검체

1) 참여기관

① 본원에서는 채혈량의 차이와 검체 운송시간 경과에 따른 검사결과와의 상관성을 대상으로 연구를 실시하였다.

② 장거리 운송에 소요되는 시간 및 시간경과에 따른 변화를 보고자 서울지역 1기관, 강원지역 1기관, 충청지역 2기관, 호남지역 2기관, 영남지역 1기관, 제주지역 1기관 총 8기관을 대상으로 하였다.

2) 검체 채취

① 본원에서 실시한 채혈량과 운송시간 경과에 따른 결과 비교를 위하여 3명의 건강인으로부터는 EDTA 검체 7개, plain 시험관 검체 7개, sodium citrate 시험관 검체 7개를 각 검체별로 각각 4 mL, 8 mL, 15 mL 채취하였다. 또 다른 3명으로부터는 sodium citrate 시험관 검체를 제외한 나머지 검체를 시험관 용량의 1/2만 채취하였다.

② 장거리 운송에 사용된 검체는 8기관에서 별도로 검체를 채취하였다. 각 기관당 건강인 1인당 EDTA 시험관 검체 4개, SST 시험관 검체 4개, plain 시험관 검체 4개, sodium citrate 시험관 검체

4개씩을 채취하였다. 검체의 공여자의 수는 검사결과와의 변이를 줄이기 위하여 최소화를 원칙으로 하여 각 기관당 5명의 지원자만을 선발하여 동의를 얻어 검사에 참여하도록 하였다.

3) 대상검사종목

대상검사종목은 일반적으로 많은 검사가 이루어지는 일반 혈액학적 검사인 전혈구계산, 적혈구침강속도, 임상화학 검사인 aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), gamma-glutamyl transferase (γ -GT), 전해질(나트륨, 칼륨, 염소), 혈당, lactate dehydrogenase (LD), creatine kinase (CK)와 검체 운반의 제한을 받으나 일반적으로 필요한 혈액응고검사인 프로트롬빈시간, 부분트롬보플라스틴시간, 섬유소원 등으로 제한하였다. 운송 전 검사는 8개 기관에서 실시한 후, 검체를 운송하였으며 운송 전 실시한 혈청 검체도 제공받아 본원에서 재검하여 검사결과의 차이를 분석하였다.

임상화학검사는 본원에서 사용중인 TBA-200FR Neo (Toshiba Medical System Corp., Tochigi-ken, Japan), 혈액학검사는 LH-860 (Beckman-Coulter Inc., Fullerton, CA, USA), 혈액응고장비는 ACL Advance (Instrumentation Laboratory Corp., Bedford, MA, USA), 적혈구 침강속도는 Test 1 automatic ESR analyzer (SIRE analytical system, Poverara, Italy)을 사용하였다.

2. 채혈량, 검체 운송 조건 및 시간에 따른 결과 변화

1) 채혈량

검체 운송 시 차량 진동에 따른 용혈 정도를 비교하기 위하여 진공 시험관으로 채혈을 할 때, 혈액을 가득 채운 시험관과 1/2만 채운 시험관으로 채혈량을 달리하여 운송하였다.

2) 검체의 운송조건

채혈한 검체를 실온상태와 냉매가 들어간 운송상자에 검체 rack holder를 설치하고 운송상자 안에 넣어 운송 후 용혈 정도를 비교하였다. 동일한 사람으로부터 채혈한 검체로 냉매 유무 및 운송상자 내의 온도변화에 대하여 평가하였으며, 운송 시작 전 해당 검사종목에 대한 검사를 실시하여 기본값으로 설정하여, 운송시간별 검사결과와의 변화를 관찰하였다. 각 운송상자 내에는 rack holder에 각 시험관별 및 검체용량별 총 36개의 시험관을 장착하였다.

운송조건은 기존의 검체운송과 동일한 조건을 주기 위하여 아침에 채혈된 검체를 차량 내에 싣고 12시간 동안 운행하여 검체에 가해지는 충격 및 차량 내 온도변화와 운송상자 내의 온도를 매시간 관찰하였다. 운송중인 검체의 시간별 변화를 측정하기 위하여 매 2시간마다 검체를 검사실로 전달하여 대상항목에 대한 검사업무를 실시하도록 하였다.

3. 기관 간 검체 운송조건 및 운송방법

1) 운송조건

각 종류별 검체 중 1개씩은 rack holder에 꽂아서 고정을 시키고 나머지 1개는 운송상자 내에 고정하지 않은 상태로 운송을 하되, 냉매가 들어간 운송상자와 실온상태인 운송상자를 동시에 운송하였다. SST시험관 검체는 원심분리 후, plain 시험관 검체는 원심 분리하지 않은 상태로 온도가 다른 2가지 운송상자에 넣어 운송하였다.

각 단계별 운송시간은 지역기관에서 검체를 접수한 시각, 검체가 지역 수탁전문 의료기관의 각 지역 사무실 도착시각, 각 지역에서 서울에 위치한 수탁전문 의료기관으로의 발송시각, 검체 도착 시각 등을 비롯하여 운송상자 내의 온도를 기록하여 실질적인 검체 운반소요시간 및 운송상자 내의 온도를 측정하였다. 운송상자 내의 온도는 수탁검사 의료기관들이 통상적으로 사용하는 일반 온도계를 사용하였다.

2) 운송방법 및 운송시간 기록

각 병원 검사실에서 검체 배송직원에게 검체가 전달되는 시점에서 검체운송상자 내의 온도를 측정하여 기록하도록 하였으며, 각 단계별 운송 수단 및 운송상자의 출발시간과 도착시간을 기록하여 각 단계별 소요시간을 산출하였다.

4. 혈청 및 혈장 헤모글로빈 측정

본 연구에 사용한 모든 검체들을 대상으로 각각의 혈청과 혈장을 분리하여 혈청 및 혈장 내의 헤모글로빈 농도를 측정하였다⁴⁾. 채혈 즉시 분리한 혈청 및 혈장을 blank 값으로 사용하였다. 검체의 용혈 정도는 육안 평가는 객관적인 기준이 되지 않아 혈청 및 혈장 내 헤모글로빈농도를 측정하여 평가하였다.

5. 통계처리

본 연구에서는 냉매 유무 및 rack holder 사용 여부에 따른 검사 결과의 차이를 보고자 하였기에 이들 사항에 대한 검사결과 값을 Excel 프로그램(Microsoft Corp., Redmond, WA, USA)의 T-test를 사용하여 통계학적 의의를 평가하였다.

결 과

1. 검체 운송시간대별 검사결과 변화

전혈구계산검사 결과는 채혈 후 12시간 동안 매 2시간마다 측정 한 결과와 채혈 직후 측정 한 결과의 차이가 10% 이내로 비교적 안정적인 것으로 나타났다. 혈장 내 헤모글로빈의 농도는 1.5 mL만을 채운 EDTA 시험관 검체에서 높게 관찰되었다(Table 1).

임상화학검사의 결과에서는 검체 용혈로 인하여 LD, CK 변화가

Table 1. Complete blood cell count results according to transportation time (hours)

Test Item	Coolant	Sample Volume(mL)	0	2	4	6	8	10	12
WBC ($10^3/\mu\text{L}$)	With	3	7.1	7.2	7.0	7.1	7.0	7.0	7.7
		1.5	9.7	10.1	10.0	10.6	10.6	10.5	10.4
	Without	3	10.3	10.6	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2
		1.5	7.3	7.8	7.6	7.8	7.6	7.3	7.5
RBC ($10^6/\mu\text{L}$)	With	3	5.1	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	5.1
		1.5	5.4	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
	Without	3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
		1.5	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1	5.1
Hb (g/dL)	With	3	15.6	15.4	15.3	15.3	15.3	15.1	15.4
		1.5	15.9	15.6	15.6	15.9	15.9	15.8	15.8
	Without	3	16.0	15.7	15.7	15.6	15.7	15.6	15.7
		1.5	15.1	15.6	15.6	15.6	15.7	15.6	15.4
Hct (%)	With	3	45.5	46.1	45.9	46.1	45.8	44.9	46.5
		1.5	46.4	46.5	46.5	46.5	46.5	46.3	46.9
	Without	3	46.9	46.8	47.4	47.3	47.4	47.2	47.8
		1.5	45.5	47.0	46.8	47.0	47.4	47.5	47.1
PLT ($10^3/\mu\text{L}$)	With	3	228	239	239	226	237	228	240
		1.5	287	294	277	297	297	292	298
	Without	3	297	300	293	295	299	289	297
		1.5	228	238	235	240	239	235	244
Plasma Hb (%)	With	3	8.9	10.0	3.5	4.8	6.7	1.0	6.9
		1.5	27.3	21.6	20.6	16.2	23.5	23.8	43.2
	Without	3	4.6	2.3	2.3	2.3	1.7	1.1	1.4
		1.5	20.9	6.4	11.3	9.0	9.0	7.1	8.2

Abbreviations: WBC, white blood cell Count; Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; PLT, platelet.

관찰되었다. 특히 4 mL만을 채운 plain 시험관 검체에서의 변화는 12시간 동안 매 2시간마다 측정된 결과와 채혈 직후 측정된 결과의 차이가 10% 이내로 비교적 안정적인 것으로 나타났다. 특히 혈청 내 칼륨 결과는 냉매가 없는 운송상자에서는 비교적 처음 검사 결과와 유사한 것으로 나타났으나 냉매가 포함된 운송상자로 운반된 검체에서는 시간이 경과함에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났다(Table 2, Fig. 1).

혈액응고 관련 검사는 시간 경과에 따른 결과 변화는 없이 비교적 안정적인 검사결과를 보이는 것으로 나타났다(Table 3).

혈청 및 혈장 헤모글로빈은 혈액응고검사를 제외한 전혈구검사

용 검체와 임상화학 검체 중 냉매가 있는 운송상자로 운반된 검체에서만 관찰되었다(Tables 1, 2).

12시간 동안 관찰한 운송상자 내 온도의 변화는 냉매가 없는 운송상자 내의 온도가 22℃로 처음 측정되었으나 차량 외부 온도 및 시간에 따라 28℃까지 증가하는 것으로 나타났으며, 평균 온도는 27.2℃인 반면 냉매가 들어 있는 운송상자 내의 온도는 평균 18.0℃로 안정적으로 유지되는 것으로 나타났다. 외부 온도에 따라 냉매가 없는 운송상자 내의 온도가 변화하는 것을 관찰할 수 있었다(Table 4).

Table 2. Chemistry test results according to transportation time (hour)

Test Item	Coolant	Sample Volume (mL)	0	2	4	6	8	10	12
AST (IU/L)	With	8	22	20	21	21	20	20	21
		4	19	20	19	21	20	20	26
	Without	8	16	16	15	16	16	15	15
		4	19	21	18	20	19	19	18
ALT (IU/L)	With	8	17	17	15	16	15	15	14
		4	20	19	19	19	18	17	19
	Without	8	15	15	15	16	14	14	14
		4	20	19	19	19	18	18	18
γ-GT (IU/L)	With	8	38	38	37	37	38	37	37
		4	20	23	23	23	24	23	24
	Without	8	23	23	23	23	25	24	24
		4	20	23	24	24	25	25	25
Na (mmol/L)	With	8	142	143	142	141	143	143	142
		4	142	141	141	141	142	142	140
	Without	8	141	141	141	143	153	143	143
		4	142	142	142	142	143	144	144
K (mmol/L)	With	8	4.2	4.5	4.6	4.9	5.2	5.8	6.5
		4	4.4	5.0	5.1	5.6	5.9	6.2	6.5
	Without	8	3.9	3.9	3.4	3.5	3.3	3.4	3.5
		4	4.4	4.6	4.5	4.3	4.0	3.9	3.8
Cl (mmol/L)	With	8	102	100	101	101	101	101	101
		4	105	103	103	104	104	104	103
	Without	8	100	100	100	100	100	99	99
		4	105	104	104	103	103	102	102
Glucose (mg/dL)	With	8	104	100	96	94	91	88	86
		4	96	92	88	84	82	78	76
	Without	8	85	85	79	66	62	50	45
		4	96	87	81	69	60	55	47
LD (IU/L)	With	8	367	364	362	406	361	405	415
		4	338	383	364	442	446	480	653
	Without	8	310	310	315	319	343	343	349
		4	338	422	371	393	414	404	405
CK (IU/L)	With	8	66	64	63	62	65	65	64
		4	86	90	88	94	92	93	95
	Without	8	102	102	100	100	100	96	95
		4	86	90	86	91	90	90	88
Plasma Hb (%)	With	8	4.4	2.2	2.2	1.3	2.2	4.8	1.1
		4	5.4	28.3	8.6	20.0	20.0	23.5	48.4
	Without	8	3.1	2.6	1.5	1.7	1.1	2.0	NT*
		4	0.0	10.2	0.9	6.1	7.8	5.4	4.1

*NT= Not tested.

Abbreviations: AST, aspartate aminotransaminase; ALT, alanine aminotransaminase; γ-GT, gamma-glutamyl transaminase; Na, sodium; K, potassium; Cl, chloride; LD, lactate dehydrogenase; CK, creatine kinase.

Table 3. Coagulation test results according to transportation time (hours)

Test Item	Coolant	Sample volume (mL)	0	2	4	6	8	10	12
PT (sec)	With	1.5	11.20	11.05	10.70	11.30	11.55	11.30	11.30
	Without	1.5	11.20	11.15	11.30	11.10	10.85	10.65	10.70
INR	With	1.5	0.99	0.97	0.93	1.00	1.03	1.00	1.00
	Without	1.5	0.99	0.98	1.00	0.98	0.95	0.92	0.93
aPTT (sec)	With	1.5	24.63	23.63	23.03	25.70	24.63	25.83	25.76
	Without	1.5	24.63	24.16	26.23	25.43	23.16	23.63	24.63
Fibrinogen (mg/dL)	With	1.5	216.32	230.29	221.57	219.87	219.27	223.87	203.27
	Without	1.5	216.32	234.5	224.78	227.93	209.81	224.90	221.27
Plasma Hb (%)	With	1.5	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
	Without	1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Abbreviations: PT, prothrombin time; INR, international normalized ratio; aPTT, activated partial thromboplastin time.

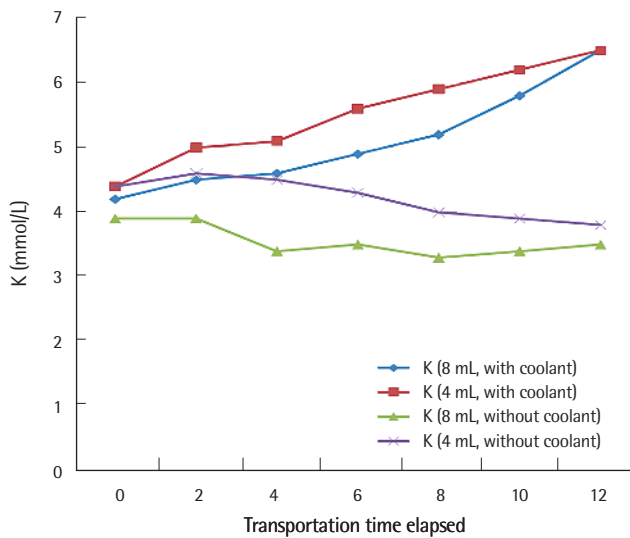


Fig. 1. Serum K Levels (mmol/L) changed according to transportation time elapsed

2. 기관 간 검체 운송조건에 따른 검사결과 변화

1) 운송 소요시간

각 의료기관에서 검체를 채혈하여 수탁전문 의료기관에 도착하기까지 소요된 시간은 평균 27.5시간으로 나타났다(Table 5). 1개 의료기관에서 송부된 검체의 운송과정에서 지연 운송됨으로써 전체적인 운송시간에 영향을 미친 것으로 나타나 이 기관을 제외하면 18.5시간의 시간이 소요된 것으로 나타났다.

전체 운송시간을 각 단계별로 구분하여 보면 각 의료기관에서 채혈하여 검체 운반직원에게 전달되기까지 소요된 평균시간은 3.5시간이 소요되었다. 검체를 전달받은 직원이 이를 해당 수탁전문 의료기관으로 발송하기 전 단계인 지역 사무실까지 운반한 시간은 평균 3.3시간이 소요되었다. 각 지역 사무실로 운송된 검체가 수탁전문 의료기관까지 운송에 소요된 시간은 20.7시간이었다. 이 중 검체 운송과정에서 잘못 분류되어 늦게 운송된 검체를 제외하면 통상적으로 11.3시간이 검체 운송에 소요된 것으로 나타났다.

Table 4. Temperature changes (°C) observed according to transportation time and external temperature of the transport vehicle

Time elapsed (hr)	Trip meter (km)	External Temperature of Vehicle (°C)	Temperature of specimen container	
			With coolant	Without coolant
0	0	25	20	22
1	6	28	15	23
2	12	28	16	26
3	0	29	15	26
4	28	32	15	27
5	16	35	20	32
6	14	34	19	28
7	16	32	16	28
8	10	32	21	28
9	6	32	18	28
10	10	31	18	28
11	5	30	19	28
12	5	30	22	29

Table 5. Average transport time (hours) between participating laboratories and the central laboratory of reference laboratory

Participants	Sample Collected*	Sample Send†	Sample Received‡	Total
1	5.2	3.7	17.0	25.8
2	1.3	1.5	96.0	98.8
3	7.3	3.7	16.0	27.0
4	2.1	2.1	8.8	13.0
5	2.2	4.0	14.0	20.2
6	3.5	5.5	15.5	24.2
7	4.7	3.8	13.7	22.3
8	3.0	0.6	4.2	7.8
9	2.0	4.5	1.3	7.8
Average	3.5	3.3	20.7	27.5

*Time elapsed between collection of blood sample from patient and transfer to the transporter; †Time elapsed between hospital laboratory and regional office of reference laboratory; ‡Time elapsed between regional office and central laboratory of reference laboratory.

Table 6. Average temperature (°C) of sample transport container

Participants	Without Coolant*	With Coolant*
1	23.8	13.1
2	22.0	3.2
3	28.2	18.0
4	25.3	9.0
5	21.7	6.7
6	23.8	6.3
7	27.2	15.9
8	28.2	17.3
9	27.2	14.4
Average	25.0	10.9

*Average temperature measured from sample drawn through whole transportation process.

Table 7. Average CBC & ESR result differences (%) of between participants' and reference laboratories

Test Item	With Coolant		Without Coolant	
	Using Rack	No Rack	Using Rack	No Rack
CBC-WBC	-3.02	0.15	0.10	-0.15
RBC	-0.94	-0.89	-1.12	-1.23
Hb	-1.17	-1.08	-1.24	-0.59
Hct	3.12	3.04	4.06	3.88
PLT	-1.92	-2.52	-2.15	-1.89
ESR	-9.09	-16.33	-18.26	-15.80

Abbreviations: WBC white blood cell count; Hb, hemoglobin; Hct, hematocrit; PLT, platelet; ESR, erythrocyte sedimentation rate.

2) 운송상자 내의 온도

검체 운송과 함께 측정된 검체 운송상자 내의 냉매 유무에 따른 평균온도는 각각 10.9°C와 25.0°C인 것으로 조사되었다(Table 6). 국내 의료기관들이 검체를 수탁검사 의료기관에 의뢰하는 경우, 국내 검체 운반 기준이 수립되어 있지 않아 각자의 기준을 적용하고 있었다. 각 수탁검사 의료기관들은 일부에서는 드라이아이스와 같은 냉매를 사용하여 운반상자 내의 온도를 10°C 미만으로 유지하였으나 대부분의 기관들은 일반 냉매를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

3) 운송조건에 따른 각 검사항목별 결과비교

(1) 검체량과 rack holder 및 냉매 사용에 따른 결과 변화

각 검사 의뢰기관에서 본원 검사실로 운송된 검체들은 검체 rack holder를 사용한 검체 중 운송상자 내에 냉매를 넣은 것과 넣지 않은 검체를 비교한 결과, 전혈구계산검사의 결과에서는 헤마토크리트치와 적혈구침강계수 종목이 최초 검사와 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 7). 헤마토크리트치는 운송방법이나 조건에 관계없이 평균 3% 정도 증가하는 것으로 나타난 반면, 적혈구침강계수 종목은 냉매가 들어간 운송상자 내에 검체전용 rack을

Table 8. Average blood chemistry (SST) test result differences (%) between participants' and reference laboratories

Test Item	With Coolant		Without Coolant	
	Using Rack	No Rack	Using Rack	No Rack
AST	1.88	1.71	1.09	0.51
ALT	-5.53	-5.67	-5.92	-6.03
GGT	28.74	27.14	43.45	28.29
Na	0.39	0.38	0.43	0.49
K	4.40	4.84	-0.55	-0.24
Cl	-2.30	-0.09	-0.16	-0.11
Glucose	17.21	-2.48	-2.69	-5.92
LD	15.21	15.23	16.95	15.84
CK	-1.27	-1.24	0.29	-0.77

Abbreviations: AST, aspartate aminotransaminase; ALT, alanine aminotransaminase; γ-GT, gamma-glutamyl transaminase; Na, sodium; K, potassium; Cl, chloride; LD, lactate dehydrogenase; CK, creatine kinase.

Table 9. Average blood chemistry (plain tube) test result differences (%) between participants' and reference laboratories

Test Item	With Coolant		Without Coolant	
	Using Rack	No Rack	Using Rack	No Rack
AST	3.80	3.26	0.12	0.11
ALT	-9.82	-9.44	-9.79	-9.02
γ-GT	9.85	9.26	11.70	12.56
Na	-1.86	-2.02	-2.71	-0.84
K	80.17	63.12	21.17	72.50
Cl	-2.90	20.16	-4.50	-5.46
Glucose	-18.40	-17.20	-34.13	-34.67
LD	43.87	32.07	28.53	34.22
CK	-5.47	-4.95	-7.47	-8.16

Abbreviations: AST, aspartate aminotransaminase; ALT, alanine aminotransaminase; γ-GT, gamma-glutamyl transaminase; Na, sodium; K, potassium; Cl, chloride; LD, lactate dehydrogenase; CK, creatine kinase.

사용하여야 다른 운송방법에 비하여 9%로 비교적 낮은 검사결과 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 7). SST 시험관을 사용한 검체 중 GGT, LD 종목과 plain 시험관을 사용한 검체 중 칼륨, LD 종목에서 각각 27.14-43.45%, 15.21-16.95%, 21.17-80.17%, 28.53-43.87%로 많은 차이를 보이고 있었다(Tables 8, 9). 혈청 내 칼륨의 경우, 냉매가 있는 운송상자 내 검체의 결과가 rack의 사용 여부와 관계없이 냉매가 없는 운송상자 내 검체에 비하여 4% 이상의 증가된 결과값 차이를 보이고 있었다(Table 8).

검체 전용 rack를 사용하지 않은 검체들은 냉매 유무에 따라서 전혈구계산검사의 종목 중 혈색소, 헤마토크리트, 적혈구용적비, SST 시험관 검체 중에서는 AST, ALT, 나트륨, 칼륨 검사항목과 plain 시험관 검체 중에서는 γ-GT 종목, 혈액응고검사에서는 프로트롬빈 시간, 부분트롬보플라스틴 시간 및 섬유소원 종목에서 통계학적으로 유의한 차이($p < 0.05$)를 보여주었고 있었다.

혈액응고검사의 경우, 냉매 사용 여부 및 rack 사용 여부에 관계

Table 10. Average coagulation test result differences (%) between participants' and reference laboratories

Test Items	With Coolant		Without Coolant	
	Using Rack	No Rack	Using Rack	No Rack
PT	-3.17	-3.27	-3.20	-2.04
INR	8.24	8.03	8.72	10.68
aPTT	5.62	4.38	2.69	2.15
Fibrinogen	8.92	8.22	8.45	10.91

Abbreviations: PT, prothrombin time; INR, international normalized ratio; aPTT, activated partial thromboplastin time.

없이 유사한 결과값의 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 10).

(2) 검체 운송 전 원심분리 여부에 따른 결과 변화

Plain 시험관을 사용한 검체는 운송전 원심분리를 하지 않은 관 계로 검체의 용혈로 인하여 K, LD의 결과값은 80%까지 증가한 반면, ALT, 혈당, 염소, CK의 결과값은 34%까지 감소한 결과를 보여주었다(Table 9).

고 찰

검사실에서의 오류는 검사 전, 검사 중 및 검사 후 단계로 나누어 구분할 수 있다. 지난 20년간 검사장비의 자동화 및 검사실 내 전산화 비율이 높아짐에 따라 검사 중 장비 등에 인한 검사결과와 질 저하는 거의 나타나지 않음에 따라 검사 전 및 검사 후 오류 요 인들에 대하여 관심을 가지기 시작하였다[5, 6].

의학기술의 발전으로 인하여 환자 진료에 있어서 검사실의 역할 및 의존도는 점차적으로 증가되고 있다. 검사의 주요 목적은 정확한 검사결과를 보고함으로써 임상 의사가 환자를 보다 정확하게 진단하고 치료할 수 있도록 도와주는 역할을 하는 것이다. 그러나 진료의 현장에 검사실이 없어 검체를 외부 수탁전문 의료기관으로 보내고 있는 경우에는 검체의 전처리 및 처리과정이 검사결과에 많은 영향을 미치는 사실에 대하여 정확히 아는 것이 중요할 것으로 생각된다[7].

여러 연구자들은 검체의 안정성에 미치는 검사 전 인자들에 대하여 보고하고 있다[7]. 검사 전 영향을 주는 인자들에 대하여 개별적으로 검토되었으나, 검사 중 질 관리 목표와 달리 검사 전 질 관리 목표들은 표준화가 안 되어 있고 정확하게 규명하기에 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있다[7]. 특히 검체 운반과 관련하여 혈중 칼륨 수치는 상당히 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 정확한 혈중 칼륨 측정을 위하여 채혈 즉시 검체를 원심분리 하거나 원심분리가 불가능한 경우에는 lithium-heparin 혈장보다 SST 시험관에 넣어 운반하는 것은 온도 변화나 원심분리 지연에 따른 결과 변화를 최소화할 수 있다는 보고도 있다[8]. 검체 운송에 따

른 검사 전 영향을 최소화하기 위한 방안으로서 검체 인식을 정확히 하고, 검체 보관 및 운반 온도는 20-25℃를 유지하며, 채혈현장에서의 원심분리 필요성을 없애기 위하여 하루 2차례 검체를 수거하며, 원심분리 전 검체 보관 시간은 6시간을 제한하는 방안이 제시되기도 하였다[2].

본 연구에서 검토된 사항으로서 검체가 채혈에서 수거까지 소요된 시간은 평균 3.5시간으로 나타났으며, 검체가 수탁기관의 지역 사무실에서 원심분리되기까지 총 6.7시간이 소요되어 Jensen 등의 기준인 6시간을 초과하는 것으로 나타났다. 일부기관에서 송부한 검체는 검체전달과정의 오류로 인하여 상당한 검사 지연이 이루어진 것으로 보아 통상적인 검체 운송과정에서 간혹 관찰될 수 있으므로 수탁전문 의료기관들은 이에 대한 대응책 및 검체 의뢰기관에 이를 알려주어야 할 것으로 생각된다.

통상적으로 검체가 운반되는 과정에서 10℃ 이하의 냉장 상태가 철저하게 유지되는 것으로 생각되었으나 이번 연구를 통하여 실질적인 운송상자 내의 온도는 일부에서는 냉장상태에 미치지 못하는 10℃ 이상으로 온도가 상승되어 유지되고 있었다. 현재 운송상자내의 온도는 검체와 함께 냉매를 넣은 후, 검사실 도착시점에 온도를 기록하도록 하고 있으나 이에 대한 객관적인 평가방법이나 관리체계가 없다. 이는 궁극적으로 검사결과와 오류를 초래할 수 있어 안전한 검체 운송을 위하여 객관적인 온도관리 체계 구축이 필요하며 이에 대한 객관적인 평가 방법이 모색되어야 할 것으로 생각된다. 원심분리가 안 된 검체를 냉장과 실온으로 나누어 운반한 결과, 혈중 내 칼륨 수치에 많은 영향을 준 것으로 나타났는데, 냉장에서의 변화가 실온에 비하여 더 높은 것으로 나타났다. 이는 적혈구 막에 존재하는 나트륨-칼륨 펌프에 의한 결과로서 실온상태에서는 이 펌프의 작동이 정상적으로 일어나 혈중 내 칼륨 결과에 차이가 없었으나 냉장 상태에서는 이 펌프의 작동이 정지되어 혈중 내 칼륨 결과가 높게 나타났다고 할 수 있다. 또한 plain 시험관에 채혈한 검체를 원심분리하지 않은 상태로 검체를 운반하게 되면 혈액 내에 포함된 적혈구, 백혈구, 혈소판과 같은 세포들에 의하여 당이 이용되므로 시간당 7 mg/dL의 혈당이 감소하는 것으로 알려져 있다[10]. 현실적으로 다양한 검사항목을 의뢰하는 경우, 혈당 전용검사로 사용되는 sodium fluoride (NaF) 시험관을 사용하지 않고 있으며, 일부 개인의원에서는 plain 시험관 혹은 syringe-tube와 같은 용기에 검체를 채혈하여 검사를 의뢰하고 있다. 검사 의뢰자가 정확한 채혈용기 선택을 못하는 경우가 많아 통상적으로 사용하는 시험관을 이용하여 검사결과에 미치는 영향을 조사하였다. 즉 모든 혈액 검체는 검사 종목에 따라 정확하게 채혈되고 용혈을 방지하기 위하여 채혈 현장에서 즉시 원심분리되어 검사에 필요한 검체만을 선택적으로 운송함으로써 검사 결과의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

각 검사항목별 검사방법이나 장비에 따른 차이는 검토되지 않았다. 검사항목별로 본원 검사실에서 재검한 결과, 해당 기관에서 보고한 결과값과 오차범위인 10% 이내에 있었기에 이를 검사방법 혹은 검사장비별로 재검토할 필요가 없어 이에 대한 검토는 배제하였다.

검체 운반은 흔들림을 최소화하는 것이 원칙으로서 rack에 넣어 운반한 검사 결과의 차이가 더 적은 것으로 나타났다. 혈액응고 검사는 냉매의 유무와 Rack 사용 여부에 따른 결과차이는 보이지 않았다. 이는 National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)에서 제작한 가이드라인에서는 프로트롬빈시간에 사용되는 검체는 채혈 후 24시간 이내에 검사되어야 하며 검체 보관은 18-24℃를 유지하도록 권장하고 있다[9]. 만약 2-4℃에 보관된 검체라면 VII 응고인자의 활성화로 PT 결과에 영향을 미친다고 알려져 있다. 본 연구에서 실시한 프로트롬빈시간 결과도 허용범위 오차 내에 있음을 확인하였는데 이는 검체 보관상자 내의 온도가 18℃로 유지되었기에 이러한 결과가 나온 것으로 추정된다. 반면 부분트롬보플라스틴시간이나 혈액응고인자 검사용 검체는 2-4℃ 혹은 18-24℃를 유지를 하도록 권장하고 있으며 검체의 장거리 이동이 필요한 경우에는 채혈 후 1시간 이내에 원심분리하여 혈장만을 운송하도록 권장하고 있다[9].

검사결과에 영향을 미치는 여러가지 요인 중 검체 보관 온도 및 운송방법의 상세한 부분을 다음과 같이 결론을 얻었다.

1. 검체는 반드시 rack holder에 꽂아서 운반한다.
2. 검체의 운송상자 내 온도는 검사항목에 따라 냉장인 2-4℃ 혹은 18-24℃를 유지하되 채혈현장에서 원심분리함을 원칙으로 하며 검사에 필요한 검체만을 운반한다. 현장에서 원심분리를 할 수 없는 경우, 채혈 후 2시간 이내 원심분리를 실시하여야 한다.
3. 혈액응고용 검체는 프로트롬빈시간 검사의 경우 18-24℃를, 부분트롬보플라스틴시간 검사의 경우 2-4℃ 혹은 18-24℃를 유지하되 각각 24시간과 4시간 이내 검사가 이루어져야 한다.
4. 객관적인 운송상자 내 온도관리 체계 구축을 위하여 전자 온도 장치가 달린 운송상자의 사용이 중요하다.
5. 검체의 각 단계별 시간과 온도가 모두 기록되어야 한다.

요 약

배경: 검사 결과의 정확성은 질병의 진단과 치료에 있어 중요한 이슈가 되고 있다. 검체 운송방법 등에 대한 지침을 수립하고 검사 결과의 정확성과 검체 전처리 등의 필요성에 대하여 조사하였다.

방법: 검체 운반에 있어서 검체 rack holder 사용 여부와 운송상자 내의 냉매 유무에 따른 검사 결과의 차이 여부를 혈액학 검사(한글로 CBC, ESR), 임상화학 검사(AST, ALT, GGT, 전해질나트륨, 칼

륨, 염소, Glucose, LD, CK), 혈액응고 검사(프로트롬빈시간, 부분트롬보플라스틴시간, 섬유소원) 등을 대상으로 조사하였다. 또한 검사운송 단계별 소요시간을 조사하고 이에 따른 검사결과 및 용혈 여부를 분석하였다. 검체는 서로 다른 지역에 위치한 9개 대학병원 검사실로부터 기존의 검체 운송방법을 이용하였다.

결과: 채혈량이 부족한 시험관에서 용혈이 더 많이 관찰되었으며, 냉매가 들어 있는 운송상자 내 검체들의 결과 변이가 더 적은 것으로 나타났다. 평균 검체 운송에 소요된 시간은 11.3시간인 것으로 나타났다. 운송상자 내 평균 온도는 냉매 유무에 따라 각각 10.9℃와 25.0℃인 것으로 나타났다. 원심분리가 안 된 냉장 운송 검체의 혈중 칼륨 농도가 더 높은 것으로 나타났으므로 검체는 운송전 반드시 원심분리하여야 한다. 혈액응고 검사는 결과 차이가 10% 이내인 것으로 나타났다. 운송전 원심분리된 검체에서는 용혈이 관찰되지 않았으며 운송전 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

결론: 검사 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 검체 운송은 검사 종류에 적합한 온도를 유지하도록 구성되어야 한다. 검체의 용혈을 줄이기 위하여 적절한 온도 유지와 rack holder를 이용하여 검체의 흔들림을 줄여야 하며, 운송상자 내 온도 관리는 객관적인 관점에서 관리될 수 있도록 하여야 한다. 검체 운송 시간 및 온도관리에 대한 객관적인 감시체계가 있다면 혈액응고검사도 수탁검사 항목으로 허락될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이번 연구에 검체를 제공해 주시고 적극적으로 참여해 주신 건국대의대 이창훈 교수님, 울산의대 전사일 교수님, 전남의대 신명근 교수님, 전북의대 김달식 교수님, 제주의대 김영리 교수님, 충남의대 권계철 교수님, 한림의대 신동훈 교수님과 여러 검사실 직원분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. Berg B, Estborn B, Tryding N. Stability of serum and blood constituents during mail transport. Scand J Clin Lab Invest 1981;41:425-30.
2. Jensen EA, Stahl M, Brandslund I, Grinsted P. Stability of heparin blood samples during transport based on defined pre-analytical quality goals. Clin Chem Lab Med 2008;46:225-34.
3. Sinclair D, Briston P, Young R, Pepin N. Seasonal pseudohyperkalaemia. J Clin Pathol 2003;56:385-8.
4. Lewis SM, Bain BJ, eds. Practical haematology. 9th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2001.
5. Plebani M. Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medi-

- cine? Clin Chem Lab Med 2006;44:750-9.
6. Stroobants AK, Goldschmidt HM, Plebani M. Error budget calculations in laboratory medicine: linking the concepts of biological variations and allowable medical errors. Clin Chim Acta 2003;333:169-76.
7. Lippi G, Guidi GC, Mattiuzzi C, Plebani M. Preanalytical variability: the dark side of the moon in laboratory testing. Clin Chem Lab Med 2006; 44:358-65.
8. Seamark D, Backhouse S, Barber P, Hichens J, Salzmänn M, Powell R. Transport and temperature effects on measurement of serum and plasma potassium. J R Soc Med 1999;92:339-41.
9. Clinical and Laboratory Standards Institute. Collection, transport, and processing of blood specimens for testing plasma-based coagulation assays; approved guideline, 4th ed. CLSI document H21-A4. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2003.
10. Weissman M and Klein B. Evaluation of glucose determinations in untreated serum samples. Clin Chem 1958;4:420-2.