

A Survey on Laboratory Biosafety Status of Public Healthcare Centers in Korea

Kyung-Min Lee^{1,3}, Hyo-Yoon Nam¹, Sun-Hye Shin¹, Min-Kyung Choi¹, Yeon-Joo Choi^{1,2},
So-Hyun Kwon^{1,2}, Kyung-Hee Park¹ and Won-Jong Jang^{1,2*}

¹Department of Microbiology, College of Medicine, Konkuk University, Seoul; ²Institute of Global Disease Control, Konkuk University, Seoul; ³International Vaccine Institute, Seoul, Korea

The purpose of this study was to explore the laboratory biosafety status of Public Health Centers (PHCs) in Korea during Oct.7~26, 2012. We surveyed the environment of biosafety management, especially for the recognition level for biosafety of workers in the organizations. The questionnaires given out to 98 workers who are working for PHCs are to research the recognition level of workers for the knowledge of biosafety, related laws and regulations. The level was the highest in the Research Institute of the Public Health & Environment (RIPHE) followed by quarantine station, and the health center was assessed as the last. It was turned out that the biosafety educational program in the RIPHE was implemented on a regular basis (65.2%) with irregular cases (21.7%), and some outsourcing chances (8.7%). However, quarantine stations and health centers didn't practice actively biosafety training programs compared to RIPHE. In addition, there was a majority of opinions that the most important thing to improve biosafety level of PHCs is to strengthen current poor training and education system. In conclusion, it is necessary to develop more improved training system for biosafety on exposure risks including injuries, personal protective equipment, and chemical hazards.

Key Words: Biosafety, Public Healthcare Center, Laboratory associated infection

서론

지난 몇 년간 국내외적으로 중증급성호흡기질환(severe acute respiratory syndrome, SARS) (1, 2), 조류인플루엔자(avian influenza, AI) (3), 신종인플루엔자 (4, 5) 등 신종 감염병의 발생이 증가되면서 보건과 환경에 있어 생물안전(biosafety)은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 신종 감염병의 등장뿐만 아니라 의도적 혹은 비의도적으로 개발한 고위험병원체를 생물학적 무기로 사용한 전쟁이나 테러가 발생하고 있고 (6~8), 생명공학 기술이 발달함에 따

라 유전자변형생물체(living modified organism, LMO)의 광범위한 개발과 사용이 인류에게 커다란 혜택을 주는 것과 더불어 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있기 때문에 생물안전의 확보가 무엇보다 강조되고 있다. 유전자재조합실험에 의해 생산된 유전자변형생물체의 안전성이 문제로 떠오르게 되면서 국제적으로 관리의 필요성이 대두되었다. 2000년 1월 바이오안전성에 대한 카르타헤나 의정서를 국제협약 (9)으로 채택하여 유전자변형생물체의 안전한 개발, 생산, 유통을 위해 국가 간 이동을 규제하였다. 이러한 국제적 흐름에 맞추어 우리나라 보건복지부에서는 생물안전을 확보하기 위해서 생물공학육성법을

Received: May 24, 2013/ Revised: July 19, 2013/ Accepted: August 5, 2013

*Corresponding author: Won-Jong Jang, Ph.D. Department of Microbiology, College of Medicine, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea.

Phone: +82-2-2030-7816, Fax: +82-2-2030-7845, e-mail: wjjang@kku.ac.kr

**This research was supported by a fund (code# 2012E1200200) by Research of Korea Centers for Disease Control and Prevention.

©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/>).

Table 1. Biosafety level, BL (28)

Risk level	Biosafety level	Laboratory practices	Safety equipment
1	BL1	Basic laboratory	Open bench
2	BL2	BL1 + Protective clothing, Biohazard Sign	Open bench + BSC ^a
3	BL3	BL2 + Special clothing, Controlled access, Directional airflow	BSC + and/or other primary devices for all actives
4	BL4	BL3 + Air lock, Shower exit, Special Waste disposal	Class III BSC, positive pressure suits, double-ended autoclave, filtered air

^aBSC: Biological safety cabinet

근거로 "유전자재조합실험지침"을 개정고시하였다. 이후 2007년 10월 3일에 의정서를 비준하였고, 그 이행법으로 2008년 1월에 "유전자변형생물체의 국가 간 이동에 등에 관한 법률", 일명 LMO법이 제정되면서 국내에서도 실험실 내 병원체의 안전한 보관과 사용 및 유전자변형 생물체의 연구와 이용으로부터 생물안전 확보에 대한 다양한 법령 및 정책이 수립되었다.

생물안전이란 "생물체에 대한 실험으로 인하여 인체에 일어날 수 있는 위해를 방지하고 건강한 삶을 유지하게 하는 것으로, 병원성 생물체 등을 다루면서 발생할 수 있는 사고 등을 방지하고자 마련한 물리적 장치와 관련 수칙 및 보안을 준수토록 함으로서 인간에 대한 감염을 방지하고자 하는 포괄적 행위"라고, 보건복지부 질병관리본부에서 발행한 '실험실생물안전지침'에서 정의하고 있다. 특히, 실험실은 실험종사자들이 연구활동에 대부분의 시간을 보내는 공간으로, 질병의 진단과 연구를 위해 미생물을 취급하는 실험실은 적절한 실험실 생물안전이 보장되지 않을 경우에 실험종사자들은 1차 감염이 이루어질 수 있으며 이들을 통해서 지역사회로의 2차, 3차 감염의 위험성이 높다 (10~15). 그러므로 연구자는 사회의 구성원으로서 감염사고로부터 본인 뿐 아니라 동료, 지역사회를 보호할 책임을 가진다 (16). 실험실 생물안전은 확보하지 못하여 실험실패득 감염사고(laboratory associated infection, LAI)로 일어난 사례로 SARS, 조류독감 바이러스와 같은 고위험병원체가 외부로 유출되었을 경우 매우 심각한 상황을 야기할 수 있다 (17~20). 2003년 싱가포르 국립대학교의 SARS로 인한 실험실패득 감염사고 (21, 22)에 이어서 2004년 베이징의 한 연구소에서 발생한 사스 환자 역시 실험실패득 감염사고로 드러났다 (23). 이와 같은 사례로 국내에서도 1971년부터 1979년까지 Hantaan virus 취급 도중 실험실 감염사고 9건이 발생하였다는 보

고가 있었고 (24, 25), Cho 등 (26)은 2006년 역학조사를 통해 유행성 출혈열 실험실패득 감염사고를 밝혔다. 이와 같이 실험실패득 감염사고는 유출된 병원체가 지역사회를 위협하는 각종 감염병의 진원이 될 수 있음을 시사한다 (22).

생물체는 인체 및 환경에 미치는 위해정도에 따라 4가지 위험군(risk group)으로 구분하며, 생물안전등급(biosafety level)은 연구대상 생물체뿐만 아니라 생물체를 다루는 실험종사자에 대한 위해 정도와 수행하는 실험 내용 등에 따라 4등급으로 구분한다 (27, 28). 생물안전연구시설 역시 1등급부터 4등급으로 구분되며, 각각에 따른 최소 기준이 정해져 있다(Table 1) (27, 28). 위험군 별로 구분된 병원체가 그대로 생물안전등급과 일치하는 것은 아니며, 각 등급 별로 적합한 시설에서 적절한 방법으로 취급 및 관리하여야 한다.

미생물 취급에 적합한 실험 시설을 갖추고, 대상 미생물과 해당 실험의 위해 가능성을 평가하는 위해성 평가(risk assessment)를 실시하여, 적절한 생물안전관리 방안을 마련하여 준수함으로써 실험실패득 감염 및 생물안전사고를 예방할 수 있다 (27, 28). 또한 실험종사자는 생물안전에 대한 개념을 인지하고 준수하며, 병원체에 내포된 위험성을 파악하여 법률과 제도를 근거로 하여 정보와 지식을 충분히 파악하여 생물안전을 확보하여야 한다.

본 연구는 미생물을 다루는 실험실에서 발생할 수 있는 생물학적 위해를 최소화하여 실험실 생물안전을 확보할 수 있도록, 우리나라 공공보건기관 실험실의 생물안전관리 현황을 파악하였고, 실험종사자들의 생물안전에 대한 인지도 및 준수도에 대한 현황을 파악하였다.

Table 2. The biosafety items used for estimating biosafety awareness

Categories	Items
Required Biosafety level	Risk group of pathogen (Bacteria, Virus, clinical specimen, etc) Biosafety level: BL1, 2, 3
Infectious agents	Culture, Diagnostics, Storage, Transportation.
Biosafety management of laboratory	Biosafety committee, Biosafety officer Risk assessment
Biosafety basic rules	Responsibility for laboratory biosafety Biosafety, Biosecurity, Facility, Equipment, PPE ^a , Risk, HDPs ^b
Equipment for biosafety	Required equipment for biosafety Appropriately used equipment
Personal protective equipment	PPE-Research Requirements Sufficient supplies of PPE Availability and condition of lab equipment
Biosafety training	Related laws and regulations BL3 facility (Design/Management/Equipment/PPE/HDPs)
Improving laboratory biosafety	Facility, Equipment, Biosafety management system, Provision of Safety Training

^aPPE : Personal protective equipment^bHDPs: Highly dangerous pathogens

연구방법 및 대상

감염병은 세계적으로 공중보건의 주요 사안이며 (29), 감염병의 예방과 치료는 인간의 건강과 사회발전에 관련 있을 뿐만 아니라 지역보건의료의 발전을 반영한다 (30). 우리 사회의 재난과 공포로 이어지는 생물테러는 의도적으로 감염성 물질을 사용하며, 생물테러 대응을 위해 공공보건기관의 종사자는 가장 먼저 참여하게 된다 (31). 이러한 이유로 본 연구는 생물테러나 신변종 감염병 발생 시 초기 대응하는 공공보건기관의 실험실을 연구 대상으로 선정하였다. 우리나라 공공보건기관 중 17개 시도보건환경연구원, 13개 검역소, 그리고 보건소 129개소로 총 159개소를 선정하였다. 각 기관 당 2명씩 응답을 요청하여 2012년 10월 7일부터 2012년 10월 26일까지 웹 기반 설문 조사를 실시하였다. 설문 항목은 보유시설의 생물안전등급, 연구 대상 및 위험등급, 실험실 생물안전 확보를 위한 시설, 장비, 개인보호구(personal protective equipment, PPE) 구비 및 사용 유무, 실험실 운영체계에 대한 기초자료, 생물안전 인지도, 생물보안(biosecurity) 인지도, 생물안전 보안시설, 장비 운용, 사용 유무, 생물안

전교육 이수 여부 및 이수 횟수, 이수하고자 하는 생물안전교육 내용, 기타 생물안전에 관련된 항목 총 8개 영역, 65문항에 대해 설문하였다(Table 2). 설문 항목에 대한 이해도 및 내용의 완성도는 연구조원 혹은 과제에 참여하지 않는 생물학 전공자들에게 설문지 사전검사(pilot test) 실시하여 검사하였다. 설문 응답자는 총 98명으로서, 총 응답률은 30.8% [=98명 응답자/(159개소*2인)*100]였으며, 각 기관 별로 응답률을 비교하면, 보건환경연구원의 응답률 67.7%로 가장 높았고 이어서 검역소의 응답률은 65.4%, 보건소의 응답률은 22.5%로 나타났다. 응답자의 직책은 연구원(23명, 23.5%), 생물안전관리자(16명, 16.3%), 그리고 가장 많은 응답자인 기타(52명, 52.1%)로 나타났으며, 이들은 임상병리사 10명, 검사담당자 11명, 의료기술직 3명 등 구성된 것으로 나타났고, 이들의 소속은 검역소와 보건소였다. 응답자의 근무 기간은 10년 이상이 63명(64.3%)으로 가장 많았다(Table 3).

결과 및 고찰

생물안전 연구시설에 대한 인지도는 '전체적으로 매우 잘 알고 있다'가 35.7%, '약간 알고 있다'는 34.7%, '모른다'

Table 3. The general characteristics of the survey respondents

		[Total n=98, n (%)]			
General characteristics		Total	RIPHE	Quarantine station	Health centers
Affiliation	RIPHE	23 (23.5)	23 (100)	0	0
	Quarantine station	17 (17.4)	0	17 (100)	0
	Health centers	58 (9.2)	0	0	58 (100)
Position	Administrator	0	0	0	0
	Researcher	23 (23.5)	13 (56.5)	2 (11.8)	8 (13.8)
	Principle investigator	2 (2.0)	0	0	2 (3.4)
	Biosafety officer	16 (16.3)	10 (43.5)	4 (23.5)	2 (3.4)
	Biosafety responsible official	3 (3.1)	0	1 (5.9)	2 (3.4)
	Safety manager	1 (1.0)	0	0	1 (1.7)
	Department manager	1 (1.0)	0	0	1 (1.7)
	Chief	0	0	0	0
	Other	52 (53.1)	0	10 (58.9)	42 (72.4)
Work period	Up to one year	5 (5.1)	1 (4.3)	2 (11.8)	2 (3.4)
	1~3 years	7 (7.14)	2 (8.7)	1 (5.9)	4 (6.9)
	3~5 years	7 (7.14)	1 (4.3)	2 (11.8)	4 (6.9)
	5~10 years	16 (16.3)	4 (17.4)	4 (23.5)	8 (13.8)
	More than 10 years	63 (64.3)	15 (65.2)	8 (47.1)	40 (69.0)
Purpose of Laboratory	Diagnosis	76 (77.6)	22 (95.7)	9 (52.9)	45 (77.6)
	Investigation	1 (1.2)	1 (1.2)	1 (5.9)	0
	Research	0	0	0	0
	Surveillance	10 (10.2)	1 (4.3)	6 (35.3)	3 (5.2)
	Other	11 (11.2)	0	1 (5.9)	10 (17.2)

^a RIPHE: Research institute of the public health & environment

라고 응답한 수는 9.2%로 나타났다. '기관에서 보유한 실험실의 생물안전 연구시설의 등급 여부'에 대한 문항에 대해, '1등급 연구시설'은 18명, '2등급 연구시설' 34명, 그리고 '3등급 연구시설'은 60명으로 응답하였다. 그러나 국가 인증을 받은 생물안전 3등급 연구시설을 보유하고 있지 않았음에도 불구하고, 36명의 응답자가 '생물안전 3등급 연구시설을 보유하고 있다'고 응답한 것으로 미루어 보아 생물안전 연구시설 등급에 대한 이해도가 매우 낮은 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 '고위험병원체 취급시설과 LMO 시설은 국가 신고(등록)을 해야 한다'는 문항에 대하여 '모른다'의 응답자가 총 31명 중 28명으로 조사되었다. 취급하는 감염성 물질로는 세균이 37.6%로 가

장 많았고, 환자유래 검체가 25.6%, 바이러스는 16.9%, 그리고 환경유래 검체는 1.7%로 조사되었다. 보유 병원체의 등급은 2등급 병원체가 33.6%로 가장 많았으며, 3등급 병원체는 14.2%, 1등급 병원체 10.3%로 응답했다. 전체 응답자 중 8%가 고위험병원체를 보유하고 있으며, 유전자변형생물체는 보건환경연구원에서 1명이 '보유하고 있다'고 응답했고, 나머지는 '보유하거나 취급하고 있지 않다'가 83.8%, '모른다'는 15.2%라고 답했다. 공공보건기관의 생물안전관리운영과 관련된 영역에 대한 문항은 Table 4와 같다. 보건환경연구원은 '기관 생물안전관리자 혹은 생물안전관리 담당자가 지정되어 있다'에 대한 응답이 91.3%이고, '지정된 의료관리자의 여부'에 대한 설문

Table 4. Biosafety Management of public healthcare centers

Categories	[Total n=98, n (%)]		
	Yes	No	Don't know
Biosafety organization (Biosafety committee, Biosafety officer)	42 (42.9)	36 (36.7)	20 (20.4)
Healthcare providers	34 (34.7)	45 (45.9)	19 (19.4)
Obtaining baseline serum	26 (26.5)	65 (66.3)	7 (7.1)
Medical checkup	66 (67.4)	26 (26.5)	6 (6.1)
Immunization of staff	37 (37.8)	54 (55.1)	7 (7.1)
Standard operating procedure	36 (36.7)	45 (45.9)	17 (17.4)
Biological risk assessment	22 (22.5)	61 (62.2)	15 (15.3)
Training in emergency response procedures	78 (79.6)	15 (15.3)	5 (5.1)
Separate building or facility	64 (65.3)	28 (28.6)	6 (6.1)
Laboratory biosafety manual	56 (57.1)	32 (32.7)	10 (10.2)
Attach the name and number of responsible person	39 (39.8)	54 (55.1)	5 (5.1)
Emergency contact point	58 (59.2)	34 (34.7)	6 (6.1)
Biohazard warning symbol and sign	55 (56.1)	39 (39.8)	4 (4.1)
First aid kit, Spill kit	44 (44.9)	51 (52.0)	3 (3.1)
Poster for laboratory biosafety rule	41 (41.8)	53 (54.1)	4 (4.1)
Written protocols or SOP or operations manuals	41 (41.8)	50 (51.0)	7 (7.1)
Biosafety manual defining any needed waste contamination	53 (54.1)	39 (39.8)	6 (6.1)

역시 73.9%로 공공보건기관 3군데 중 가장 높은 비율을 차지했다. '연구자들의 정상 혈청 보관'은 전체 응답수의 73.4%가 '아니오'와 '모른다'를 답하여 대부분이 보관하지 않는 것으로 나타났다. '건강검진과 예방 접종의 유무'에 대한 문항에서는 전체 응답자의 67.4%가 '그렇다'고 대답하였다. 보건환경연구원에서는 '기관 자체 생물안전관리 규정을 보유하고 있다' 91.3%, '연구계획서 심의 및 위험성 평가 심의를 실시한다'가 65.2%로 조사되어 공공보건기관 3군데 중 가장 높은 수치를 나타냈다. 한편 '실험을 실시하기 전에 필요한 안전작업 요령 및 사고 발생 시 응급 조치방안 숙지에 대한 설문'에 '그렇다'의 응답이 보건환경연구원 91.3%, 검역소 76.55%, 그리고 보건소 76.9%로 모두 일정 정도의 수준 이상을 유지하는 것으로 나타났다. '실험구역과 사무공간, 복도 등을 구분하는 것'에 대해서 보건환경연구원 91.3%, 검역소 76.55%, 그리고 보건소 51.7%가 '그렇다'라고 조사되었다. '실험실 출입문에 생물안전시설 스티커를 부착하고 취급병원체, 시설택입자, 연락처, 실험자 명단 및 교육이수일을 표시하는 것'

은 전체 응답의 39.8%가 '준수하고 있다'라고 응답했다. '실험실 사고 혹은 비상 사태 시 연락할 수 있는 비상연락망이 있는 기관'은 59.2%였으며, '미생물을 취급하거나 보존하는 장소에 "생물재해(biohazard) 표시" 부착'에 대해서는 보건환경연구원과 검역소가 각각 95.7%와 82.4%로 높은 비율을 보였고, 보건소에서는 32.8%가 '그렇다'고 응답하였다. '구급 약품, spill Kit의 비치'에 대해서는 전체 응답자의 44.9%만이 답하였으며, '생물안전수칙 포스터가 부착되어 있는지 여부'와 '표준작업지침 마련'에 대해서는 두 항목이 동일하게 전체 응답자의 41.8%가 '마련되어 있다'고 응답하였다. '생물학적 폐기물의 처리를 위한 표준작업지침과 방법이 구비'에 대해서는 보건환경연구원이 91.3%가 구비되어 있는 반면, 검역소 소속의 응답자는 58.8%, 보건소는 37.9%만 '그렇다'고 답했다. 공공보건기관 실험종사자의 생물안전 기본수칙에 대한 인지도는 소속기관 별로 항목에 따라 약간의 차이가 있지만 전반적으로 매우 높은 것으로 나타났다. '실험실 출입문은 잘 닫아 두며, 허가 받지 않은 사람이 임의로 실험실에 출입하지

Table 5. An awareness and compliance of biosafety in Laboratories

(N=98, %)

Item	Awareness			Compliance	
	Know	Don't know	Compliance	Sometimes	Non-compliance
Limited access	94 (95.9)	4 (4.08)	65 (66.3)	28 (28.6)	5 (5.1)
Minimize the creation of aerosols	84 (85.7)	14 (14.3)	61 (62.2)	27 (27.6)	10 (10.2)
Do not pipette by mouth	84 (85.7)	14 (14.3)	79 (80.6)	17 (17.4)	2 (2.0)
Using the dedicated waste container	93 (94.9)	5 (5.1)	88 (89.8)	9 (9.2)	1 (1.0)
Using sterilization tape for autoclave	87 (88.8)	11 (11.2)	73 (74.5)	16 (16.3)	9 (9.2)
Using a biological indicator for operation of the autoclave	69 (70.4)	29 (29.6)	49 (50.0)	21 (21.4)	28 (28.6)
Wash hands after using any substances hazardous to health, on leaving the laboratory	97 (99)	1 (1.0)	93 (94.9)	5 (5.1)	0
Do not eat, drink or smoke in the laboratory under any circumstances	96 (98)	2 (2.0)	79 (80.6)	19 (19.4)	0

않아야 하는 수칙'은 전체 응답자의 95.9%가 인지하고 있었으며, '실험 조작은 가능한 에어로졸 발생을 최대한 줄일 수 있는 방법으로 실시하는 수칙'에 대해서는 전체 응답자의 85.7%가 인지하고 있었다. '피펫은 반드시 기계적 피펫을 사용해야 한다'가 85.7%, '고압증기멸균기의 정상 작동 여부는 매 가동 시 정기적으로 biological indicator (BI)를 사용하여 점검해야 한다' 70.4%, 그리고 '실험실에서 나올 때 손을 씻어야 한다는 수칙과 음식섭취, 식품보존, 흡연, 화장 등의 행위를 절대 하지 말라는 수칙'에 대한 인지도는 각각 99%와 98%로 높게 나타났다. 생물안전 기본수칙에 대한 준수도 응답에서는 '실험실 출입문은 잘 닫아 두며, 허가 받지 않은 사람이 임의로 실험실에 출입하지 않아야 하는 수칙'은 전체 응답자의 66.3%가 잘 준수하고 있었다. '모든 실험 조작은 가능한 에어로졸 발생을 최대한 줄일 수 있는 방법으로 실시하는 수칙'에 대해서 전체 응답자의 62.6%가 '잘 준수'하고 있었으며, 27.6%가 '가끔 준수하고 있다'라고 응답하였다. '피펫은 반드시 기계적 피펫을 사용해야 한다' 79%, '고압증기멸균기의 정상작동 여부는 매 가동 시 정기적으로 BI를 사용하여 점검해야 하는 수칙'은 전체 응답자의 50%가 '잘 준수'하고 있었으며, 21.4%가 '가끔 준수'하고 있는 것으로 나타났다. '실험 종료 후나 실험실에서 나올 때 손을 씻어야 하는 수칙'은 전체 응답자의 94.9%가 잘 준수하고 있었다. '지정된 실험실에서 음식섭취, 식품보존, 흡연, 화장 등의 행위를 절대 하지 말라는 수칙'은 전체

응답자의 80.6%가 '잘 준수'하고 있었다. 실험종사자의 생물안전수칙에 대한 인지도와 준수도에 대한 비교도를 보면(Table 5), 인지도가 준수도보다 높은 것으로 보아 인지하고 있지만 잘 지켜지지 않는 것을 알 수 있었으며, 기관 별로 인지도가 높은 소속기관이 준수도 역시 높은 것으로 조사되었다.

생물안전 장비 구비에 관련된 영역에서는 '클린벤치(clean bench, 무균작업대), 생물안전작업대(biological safety cabinet, BSC), 고압증기멸균기(autoclave)의 보유 유무와 사용법 숙지 여부에 대하여 설문하였다. '클린벤치와 생물안전작업대의 차이점 인지 여부'에 대해 응답자의 75%가 '그렇다'고 답하였다. 전체 응답자 중 95.9%가 '클린벤치' 혹은 '생물안전작업대'를 보유하고 있는 것으로 조사되었다. 그 중 64.9%가 클린벤치였으며, 생물안전작업대는 32.1%, '모른다'가 3.2%였다. 가장 많이 보유한 생물안전작업대는 'Class II A2 type'의 생물안전작업대였으며, 비율은 21.3%인 것으로 나타났다. '고압증기멸균기는 모든 기관에서 100% 보유'하고 있었다. 장비의 사용법에 대해서는 66.3%가 '매우 잘 알고 있었'으며, 29.6%가 '약간 알고 있다', 4.1%가 '모른다'로 조사되었다. '장비의 주기적인 점검을 받아야 하며, 점검을 하고 있는지에 대해 58.2%가 '그렇다'고 응답했다. 2005년에 Lee와 Kim (10)의 연구 결과에서 '생물안전 장비 보유율'에 대한 설문에서 응답자들은 생물안전작업대 45.8%, 클린벤치는 78.2%를 '보유하고 있다'고 응답하여 이번 연구 결과에서 보다 생물

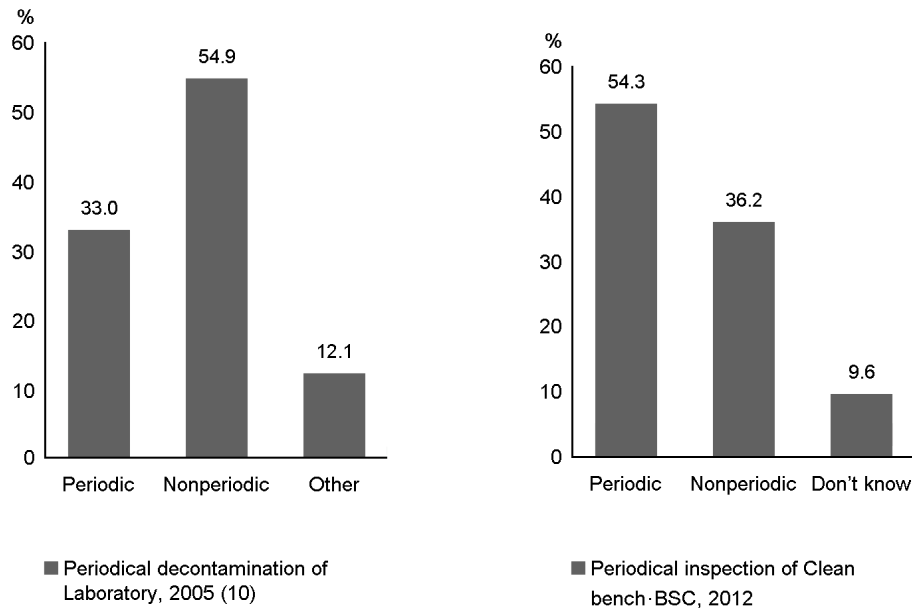


Figure 1. The routine inspection and disinfection check of the Laboratory equipment (N=98, %). The survey result on the routine inspection and disinfection check of the laboratory equipment. This research builds on previous study.

안전작업대와 클린벤치의 보유율이 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 과거 연구 당시에는 국내에서 생물안전과 위험그룹의 분류가 제대로 이루어지지 않았고 각 기관 스스로가 필요하다고 평가한 생물안전등급과 연구진이 판단한 생물안전등급에 대한 평가가 매우 일치하지 않은 결과로 보아서 위와 같은 결과는 생물안전작업대와 클린벤치를 혼동하고 있어서 나타난 결과라고 판단되며 '생물안전작업대 사용 시 내부에서 알코올 램프를 사용하고 있다'고 76.5%가 응답한 것 역시 이를 지지해 주는 결과이다 (10). 또한 이러한 장비를 정기적 소독 여부에 대해서 조사한 결과, 과거에 비하여 (10) 정기적으로 점검 및 소독을 실시하여 사용하는 것을 알 수 있었다(Fig. 1).

감염성 물질 취급 중 발생할 수 있는 에어로졸 또는 누출 등과 같은 사고에서 실험종사자의 안전을 지켜주는 가장 기본적인 장비는 개인보호구이다. 실험실 등급 별 생물안전 확보를 위한 개인보호구 인지도는 전체 응답자의 38.8%가 '매우 잘 알고 있다'라고 하였으며, '약간 알고 있다'는 55.1%, '모른다' 6.1%로 나타났다. 생물안전 보호장구 사용 여부에 대한 응답에서는, '고글' 34.7%, '안면보호기' 23.5%, '수술용 마스크' 48.5%, '앞뒤가 모두 막힌 신발'은 전체 응답자의 46.9%가 사용하고 있었다. 'N95 마스크'는 44.9%가 '사용하고 있다'고 답하였으며, 검역소

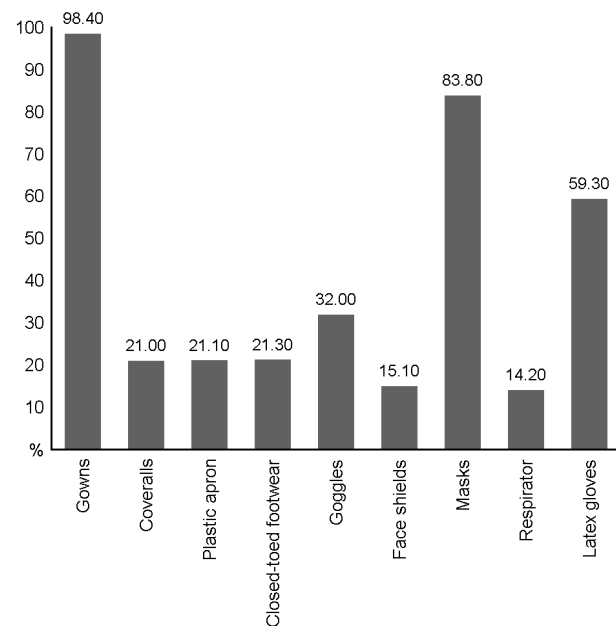


Figure 2. Holding the Personal protective Equipment, 2005 (N=98, %) (10). Filled bars represent the rate of holding the personal protective equipment in 2005, respectively.

82.4%, 보건환경연구원 78.3%, 보건소 20.7% 순으로 나타났다. 'Filter' 달린 호흡기 보호장치(respirator)'는 전체 응

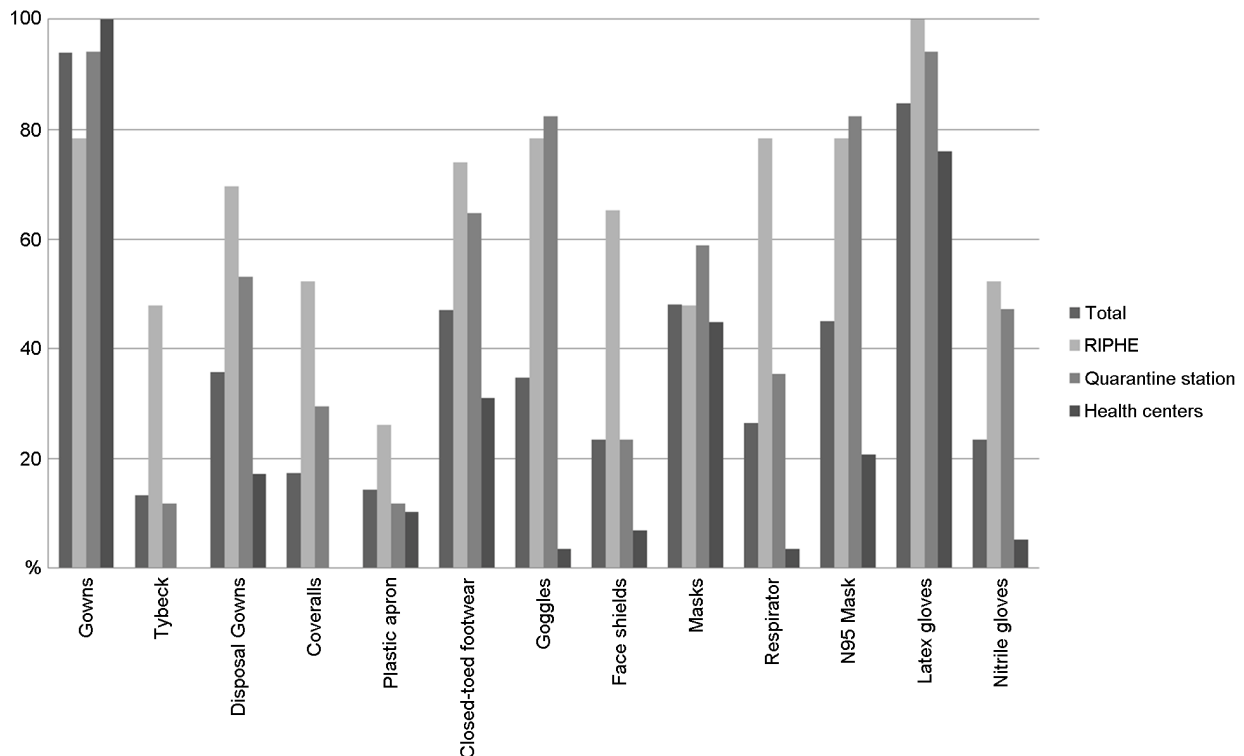


Figure 3. The rate of use of Personal protective Equipment, 2012 (N=98, %). Filled bars represent the rate of use of personal protective equipment in 2012, respectively.

답자의 26.5%가 사용하고 있는 것으로 나타났다. '손보호구 사용 여부'에 대해서는 '폴리글로브' 88.8%와 '라텍스 장갑'이 84.7%로 사용 비율이 높게 나타났으며, '나이트릴 (nitrile) 장갑'의 사용률은 23.5%로 나타났다. 실험복 종류에 있어서는 일반 실험복 사용률이 93.9%로 매우 높게 나타났으며, '일회용 실험복'은 35.7%, '상하 연결 작업복' 17.4%, '플라스틱 앞치마' 14.3%, '앞이 막힌 실험복' 13.3%, 그리고 '타이백 실험복' 13.3%가 사용한다고 하였다. N95 마스크, filter 달린 호흡기 보호장치, 플라스틱 앞치마와 타이백 실험복의 경우에는 생물안전 3등급 연구시설에서 사용하는 보호장구로 보건소보다는 생물안전 3등급 연구시설을 보유하고 있는 보건환경연구원과 검역소에서 사용이 높은 것으로 나타났다. 위와 같이 개인보호구 사용 및 인지도 조사의 결과는 Lee와 Kim (10)의 연구에서 개인보호구의 구비율과 비교하여 보면 설문 대상 기관의 차이가 있기는 하지만 보건소와 기타 공공기관을 포함하여 전반적으로 개인보호구 사용률이 높아진 것을 미루어 보아 개인보호구에 대한 인지도가 높아졌다는 것을 알 수 있다(Fig. 2 및 Fig. 3).

생물안전과 생물보안에 관련된 법률에 관련된 인지도를 확인한 결과는 전반적으로 높지 않았다. 생물무기금지 협약, 바이오 안전성 의정서, 유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률, 유전자재조합실험지침, 실험실 생물안전지침, 생명공학육성법, 화학생물무기의 금지 및 특정 화학물질 생물작용제 등의 제조 수출입 규제 등에 관한 법률, 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률에 대한 인지도 문항 중에서 비교적 실험실 생물안전지침에 대하여 인지도가 높은 것으로 조사되었다.

본 연구를 통하여 이들 공공보건기관의 생물안전관리 현황과 실험종사자들의 생물안전 인지도를 확인하였다. 앞서 언급한 바와 같이 응답자의 64.3%가 '근무연수 10년이 넘었다'고 나타났으며, 운영 목적이 '연구(0%)'가 아닌 '진단 및 확인(77.6%)'이 가장 높은 비중을 차지했다. 이러한 결과는 우리나라 전반적인 일반 산업체, 대학, 연구소와는 그 현황이 다를 것으로 사료된다. 그러나 이 연구의 설문 대상 기관이 된 보건환경연구원, 검역소, 보건소는 앞서 언급했듯이 생물테러나 신종 감염병 발생 시 초기 대응하는 공공보건기관으로써 실험실 생물안전 확보

는 국민 보건에 있어 매우 중요한 사안이라 할 수 있다. 이와 같이 일선의 공공기관으로부터 시작해서 생물안전 관련 모든 기관으로 점차 확대해 나감으로써 국내 생물 안전 환경을 개선할 수 있을 것이며 이러한 계기를 통해 최종적으로 우리 나라의 국민 보건 향상에 기여할 수 있을 것이다.

이번 연구에서 사용한 문항들은 미생물을 다루는 실험실에서 기본적으로 준수되어야 하는 것들이다 (27, 28). 설문 문항을 통해 생물안전관련 지식, 준수해야 할 사항 등에 대한 인지도를 확인하였고, 실험종사자들의 준수도를 확인하였다. 또한 시설의 설치 운영, 관리 시스템, 교육의 실시 여부, 그리고 공공보건기관의 생물안전역량 강화를 위해서 필요한 것이 무엇인가를 확인하였다. 병원체의 이동은 이번 조사 대상인 공공보건기관에서 모두 이루어지고 있지만, 주로 '인편'(61.4%)으로, 그 다음 '택배'(31.8%)와 '임상검진센터'(4.6%)를 통해 이동하는 것으로 조사되었다. 병원체의 이동은 안전뿐만 아니라 보안이 유지되어야 하므로 일반 우편물과는 구별하여 국내에 적절하게 병원체에 특화된 운송 체제를 확립하고 홍보하는 것이 필요로 하겠다. LMO법에 따라 2008년 1월 이후부터 생물안전 1, 2등급 연구시설은 미래창조과학부에 신고하여야 하며, 생물안전 3, 4등급은 연구시설 중 환경위해성시설은 미래창조과학부, 인체위해성시설은 질병관리본부에 시설 설치·운영 허가를 득하도록 법으로 명시화하였다. 조사 결과 중 실험종사자의 소속기관에서 국가 인증을 받은 생물안전 3등급 연구시설을 보유하고 있지 않았음에도 불구하고 '소속기관이 생물안전 3등급 연구시설을 보유하고 있다'고 답한 응답률이 37.75%로 나타났고, 뿐만 아니라 '고위험병원체와 LMO 취급시설은 국가 신고(등록)를 해야 한다'는 문항에 대하여 '모른다'의 응답률이 31.63%인 것으로 보아 우리나라 실험실의 생물안전 관련 법 및 제도에 대한 인식이 매우 낮다는 것을 알 수 있다. '생물안전교육의 실시 여부'에 대한 문항에서는 전체 기관에서 '신규직원 임용 시 생물안전교육 실시한다'가 37.8%, '정기적인 생물안전교육 실시한다'는 26.5%로 생물안전교육이 잘 이루어지지 않고 있다는 것을 알 수 있었고, 전체 기관의 결과에 비해 보건환경연구원에서는 '신규직원 임용 시 생물안전교육 실시한다'가 73.9%, '실험종사자들을 대상으로 정기적인 생물안전교육을 실시한다'가 64.3%로 높은 비율로 나타났다. 뿐만 아니라 보건환경연구원의 경우 생물안전관리와 실험종사자들의

생물안전 관련 인지도와 수칙 등의 준수도 역시 매우 높게 나타났다. 이와 같은 결과의 원인으로는 보건환경연구원에 비해 검역소와 보건소는 생물안전교육의 기회가 적었기 때문에 생물안전의 필요성을 인지하지 못하였으며, 따라서 생물안전 확보가 힘들었을 것으로 예상된다. 또한 보건환경연구원은 설문에 참여한 17개소 중에서 보유 예정을 포함하여 생물안전 3등급 연구시설을 보유한 곳은 11개소이며, 생물안전 3등급 연구시설을 보유하기 위해서 법률 및 규정에 따라 기관 생물안전위원회 구성, 생물안전교육 등을 통해서 생물안전관리를 하고 있기 때문이라고 추정된다. 따라서 정부 관련 부처로부터 비교적 강화된 제제를 받는 생물안전 3등급 연구시설을 보유한 기관에서의 생물안전관리에 대한 실험종사자들의 높은 인지도와 준수도를 보아, 생물안전 3등급 연구시설뿐만 아니라, 생물안전 1, 2등급 연구시설을 보유한 기관에서도 취급 감염성 물질의 잠재적 위험을 인지하고 기관 자체에서 생물안전에 대한 환경 개선을 위한 노력이 필요할 것이라 사료된다.

외부 기관의 교육프로그램을 통해 생물안전교육을 실시한 경우 '보건복지부(질병관리본부) 주관 혹은 관련 교육기관에서 교육을 이수했다'는 응답이 64.3%였으며, '미래창조과학부 관련 교육'은 1%, 그리고 나머지는 '기타'라고 응답했다. 또한 응답자들은 '생물안전 지식 및 정보를 주로 외부 기관 교육(30.3%)과 '책자 및 포스터'(27.6%)를 통해서 습득하였으며 앞으로 희망하는 습득경로는 '외부 기관 교육(47.4%), '책자 및 포스터'(16.7%), 그리고 '인터넷 강의'(16%) 순서였다. '공공보건기관의 생물안전역량 강화를 위해 어떤 것이 필요한가'라는 설문에는 '생물안전교육'이 30.8%로 가장 높은 응답률을 보였고 다음으로 '시설'(19.6%), '개인보호구'(17.9%), '장비'(16.1%), 그리고 '운영시스템'(15.6%)으로 답하였다(Fig. 4). 이 조사 결과 공공보건기관의 실험종사자들은 생물안전 정보와 지식을 습득하기 위해서 무엇보다도 교육을 필요로 한다는 것을 알 수 있었다. 또한 생물안전교육이 외부 기관을 통해서 이루어질 때는 질병관리본부의 주관 혹은 관련 교육을 통해 생물안전교육을 받아왔고, 그것이 공공보건기관 종사자들에게 가장 신뢰도가 높다고 볼 수 있으며 공공보건기관의 생물안전교육에 질병관리본부가 주도적인 역할을 하고 있음이 확인되었다. 하지만, 생물안전교육의 저변확대를 위해서는 정부기관뿐만 아니라, 민간부분에 생물안전교육을 전담할 수 있는 기관을 지정 및 양성화하

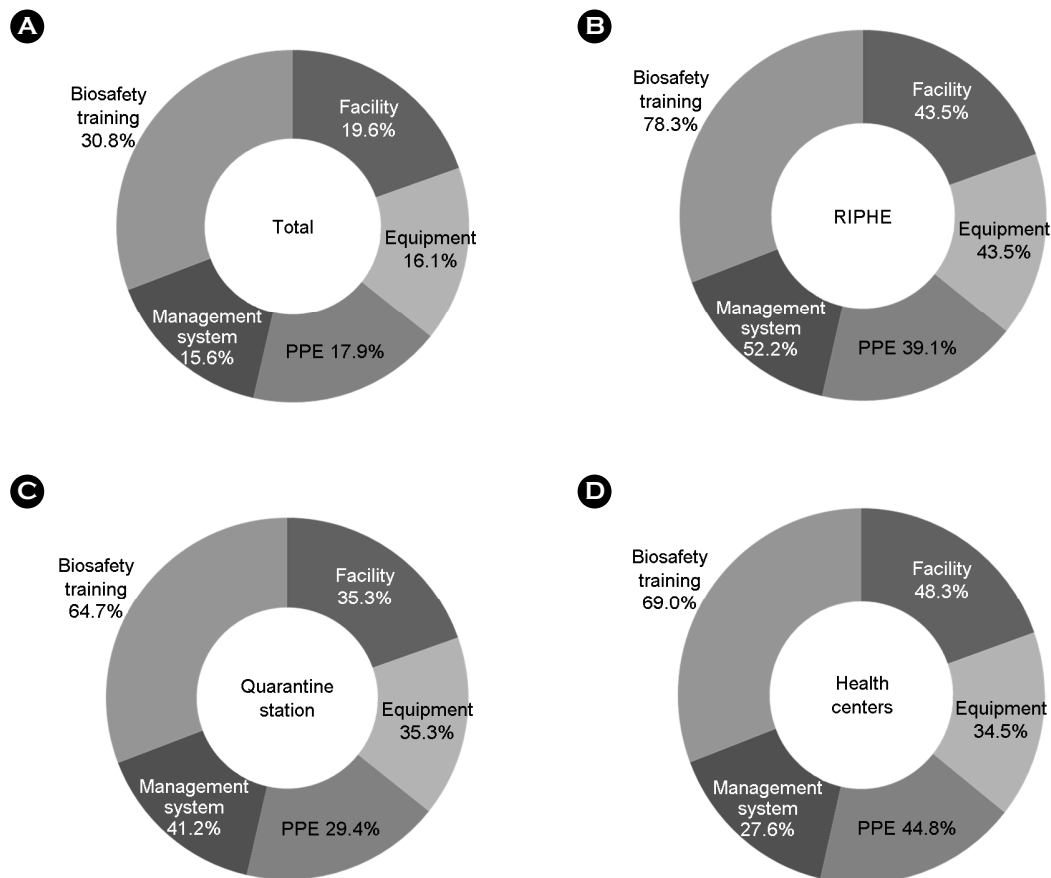


Figure 4. Requirements for strengthen the laboratory biosafety level (N=98, %). The survey result showed that requirements for strengthen the laboratory biosafety

여 공공보건기관은 물론, 대학, 연구소 등의 미생물관련 실험종사자들에게 생물안전관리에 관한 정보를 지속적으로 제공하여 국내 전역의 실험종사자들의 생물안전 인지도를 높이는 것이 필요하다.

선진국에서 실험실 생물안전의 중요성이 대두된 것은 병원성 미생물을 취급하는 과정에서 발생할 수 있는 실험실 근무자의 감염과 감염된 실험종사자를 통해서 지역사회로 감염이 전파되었기 때문이다 (4). 또한 SARS, 조류독감, 신종인플루엔자 등 신종 감염병이나 생물테러의 위험성이 커짐에 따라 다양한 병원체 특성에 대한 전문적인 지식이 없이는 생물안전과 생물보안이 어렵기 때문에 국제적으로 문제점이 대두되었을 뿐만 아니라 우리나라에서도 법적 규제와 지침 등이 강화되기 시작하였다.

본 연구를 통해서 얻은 결과와 과거 연구와 비교하여 실험종사자들의 생물안전 관련 인지도가 향상된 것을 확인할 수 있었다. 과거 연구 결과에 따르면 국내 실험

종사자들의 생물안전에 대한 인식 수준이 매우 낮은 것으로 파악되었으며, 인식 수준이 낮은 대표적 원인이 국내 생물안전 기반 구축을 위해 법제도 개선 및 지침에 대한 대내외적 낮은 인지도라고 밝혔다 (10). 분명, 과거에 비해서 우리나라의 미생물을 다루는 실험실에서 생물안전에 대한 인지도가 높아지고 있고 또한 법적 규제사항 등이 많이 부각되어 실험실 생물안전 수칙을 준수하려고 노력하고 있으나 체계적인 교육이 미흡하여 인식이 제대로 이루어지지 못하고 있는 등의 일부 해결해야 될 문제들이 파악되었다. 그러므로 우리나라의 전반적인 생물안전 수준을 높일 수 있는 방안으로써 국가적인 차원의 생물안전 관련 정보에 대한 지속적인 홍보와 관련정부부서뿐만 아니라 민간전문기관을 양성하여 적극적인 생물안전교육 체계를 구축하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- 1) Shaw K. The 2003 SARS outbreak and its impact on infection control practices. *Public Health* 2006;120:8-14.
- 2) Zhao Z, Zhang F, Xu M, Huang K, Zhong W, Cai W, *et al.* Description and clinical treatment of an early outbreak of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangzhou, PR China. *J Med Microbiol* 2003;52:715-20.
- 3) Gatherer D. The 2009 H1N1 influenza outbreak in its historical context. *J Clin Virol* 2009;45:174-8.
- 4) Tellier R. Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. *J R Soc Interface* 2009;6:783-90.
- 5) Summary of human infection with highly pathogenic avian influenza A (H5N1) virus reported to WHO, January 2003-March 2009: cluster-associated cases. *Wkly Epidemiol Rec* 2010;85:13-20.
- 6) Pinto VN. Bioterrorism: Health sector alertness. *J Nat Sci Biol Med* 2013;4:24-8.
- 7) Inglesby TV, O'Toole T, Henderson DA, Bartlett JG, Ascher MS, Eitzen E, *et al.* Anthrax as a biological weapon, 2002: updated recommendations for management. *JAMA* 2002;287:2236-52.
- 8) Henderson DA, Inglesby TV, Bartlett JG, Ascher MS, Eitzen E, Jahrling PB, *et al.* Smallpox as a biological weapon: medical and public health management. Working Group on Civilian Biodefense. *JAMA* 1999;281:2127-37.
- 9) Jank B, Gaugitsch H. Decision making under the Cartagena Protocol on Biosafety. *Trends Biotechnol* 2001;19:194-7.
- 10) Lee JY, Eun SJ, Park KD, Kim JK, Im JS, Hwang YS, *et al.* Biosafety of microbiological laboratories in Korea. *J Prev Med Public Health* 2005;38:449-56.
- 11) Martini GA, Schmidt HA. Spermatogenic transmission of the "Marburg virus". *Klin Wochenschr* 1968;46:398-400.
- 12) Oliphant JW, Parker RR. Q fever: Three cases of laboratory infection. *Public Health Rep* 1948;63:1364-70.
- 13) Beeman EA. Q fever; An epidemiological note. *Public Health Rep* 1950;65:88-92.
- 14) Holmes GP, Hilliard JK, Klontz KC, Rupert AH, Schindler CM, Parrish E, *et al.* B virus (*Herpesvirus simiae*) infection in humans: epidemiologic investigation of a cluster. *Ann Intern Med* 1990;112:833-9.
- 15) Barton Behravesh C, Mody RK, Jungk J, Gaul L, Redd JT, Chen S, *et al.* 2008 outbreak of *Salmonella* Saintpaul infections associated with raw produce. *N Engl J Med* 2011;364:918-27.
- 16) Cho A, Seok SH. Ethical Guidelines for Use of Experimental Animals in Biomedical Research. *J Bacteriol Virol* 2013;43:18-26.
- 17) Barkham TM. Laboratory safety aspects of SARS at Biosafety Level 2. *Ann Acad Med Singapore* 2004;33:252-6.
- 18) Lim W, Ng KC, Tsang DN. Laboratory containment of SARS virus. *Ann Acad Med Singapore* 2006;35:354-60.
- 19) MacNeil A, Reynolds MG, Damon IK. Risks associated with vaccinia virus in the laboratory. *Virology* 2009;385:1-4.
- 20) Chong PY, Chui P, Ling AE, Franks TJ, Tai DY, Leo YS, *et al.* Analysis of deaths during the severe acute respiratory syndrome (SARS) epidemic in Singapore: challenges in determining a SARS diagnosis. *Arch Pathol Lab Med* 2004;128:195-204.
- 21) Koh D, Sng J. Lessons from the past: perspectives on severe acute respiratory syndrome. *Asia Pac J Public Health* 2010;22:132S-6S.
- 22) Orellana C. Laboratory-acquired SARS raises worries on biosafety. *Lancet Infect Dis* 2004;4:64.
- 23) Jiang TJ, Zhou XZ, Zhao M, Zhou ZP, Jiang SC, Ye WH, *et al.* Analysis of severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi* 2003;42:369-72.
- 24) Lee HW, Johnson KM. Laboratory-acquired infections with hantaan virus, the etiologic agent of Korean hemorrhagic fever. *J Infect Dis* 1982;146:645-51.
- 25) Kim JS, Lee HW. Studies on microbiological laboratory biosafety a survey on biosafety status in laboratory department of training. Report NIH Korea 1986;23:139-60.
- 26) Cho SH, Ju YS, Kang D, Kim S, Kim IS, Hong ST. Laboratory-acquired infection with hantavirus at a research unit of medical school in Seoul, 1996. *Korean J Prev Med* 1999;32:269-75.
- 27) U.S. Department of Health & Human Services, Center for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL) 5th ed. Washington D.C.: CDC/NIH, 2009. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/BMBL.pdf>
- 28) World Health Organization. Laboratory biosafety manual, 3rd ed. Geneva: World Health Organization, 2004. Available from: URL: <http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf>

- 29) Hui Z, Jian-Shi H, Xiong H, Peng L, Da-Long Q. An analysis of the current status of hospital emergency preparedness for infectious disease outbreaks in Beijing, China. *Am J Infect Control* 2007;35:62-7.
- 30) Salman MD. Controlling emerging diseases in the 21st century. *Prev Vet Med* 2004;62:177-84.
- 31) Lau JT, Yang X, Leung PC, Chan L, Wong E, Fong C, *et al.* SARS in three categories of hospital workers, Hong Kong. *Emerg Infect Dis* 2004;10:1399-404.
-