

Laboratory Biosafety Status of Researchers in Korea

Dae Sik Kim¹, Mi Kyung Kim²¹Department of Clinical Laboratory Science, Dongnam Health University, Suwon, Korea²Department of Systems Biology, Yonsei University, Seoul, Korea

국내 연구원들의 생물안전 개념에 대한 현황

김대식¹, 김미경²¹동남보건대 임상병리과, ²연세대학교 시스템생물학과

This study examined the status of the laboratory biosafety of researchers in Korea during 03 Jan 2017 ~ 25 Mar 2017. Questionnaires were given out to 500 researchers working with pathogens in the laboratory of universities and institutes. According to the results, the respondents showed a high level of awareness but not compliance on the overall biosafety rules and regulations. Regarding the Biosafety facility level, 279 (55.8%) of respondents answered "know" and 221 (44.2%) of respondents answered "no". Despite the insufficient safety equipment and biosafety plans, researchers believed that appropriate safety measures could protect the workers and that their laboratories are safe. In a study involving biosafety education, 80% of the researchers had been trained in laboratory safety and 20% had never received safety education. The need for biosafety education was 66% and the satisfaction rate of education was 46%. These results suggest that the researchers already had experience in biosafety training, but they believed that continuing education is necessary. In addition, there were opinions that the most important thing to improve the biosafety status is to strengthen the training program and education system. In conclusion, it is necessary to develop a better training system for laboratory biosafety regarding the exposure risks.

Key words: Biosafety, Injuries, Laboratory, Laboratory infection

Corresponding author: Mi Kyung Kim
Department of Systems Biology, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: 82-2-2123-2709
Fax: 82-2-312-5657
E-mail: biokyung@gmail.com

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 © 2018 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

Received: December 6, 2017
Revised 1st: February 7, 2018
Revised 2nd: February 20, 2018
Revised 3rd: February 21, 2018
Accepted: February 21, 2018

서 론

최근, 세계 여러 나라에서는 조류 인플루엔자[1] 및 신종 인플루엔자[2,3], 사스(중증급성호흡기질환)[4,5], 말라리아[6] 등과 같은 감염성 질환 발생에 대응하고 예방하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구활동으로 인해 감염성 질환의 병원체를 취급하는 경우가 증가함에 따라 실험실 종사자의 감염 등 잠재적 발생 가능성 또한 증가되고 있다. 실제로 2016년 모기업체의 연구원이 실험 중 주삿바늘에 찔려 '멧기열 바이러스'에 감염되는 사고가 발생하였다[7]. 이 연구원은 바이러스

를 사용한 주삿바늘에 손가락을 찔려 바이러스에 감염된 것으로 드러났다. 이와 같은 실험실 내 감염은 실험종사자뿐만 아니라 지역적, 사회적으로 확산될 가능성이 높다[8-12]. 그러므로 이를 사전에 방지하거나 최소화 할 수 있는 생물 안전관리 장치의 필요성과 중요성이 강조되고 있다. 미국과 우리나라에서 각각 실험실 안전관리를 위한 가이드라인을 운영하고 있다 [13,14]. 생물 안전관리의 중요성이 대두되고 있는 시점에서 병원체를 다루는 보건의료계열 연구원들의 실험실 안전 가이드라인에 대한 지식 수준과 이 행정도의 현황을 파악하고자 본 연구를 수행하였으며 이를 통해 실험 중 발생할 수 있는 감염 사고의

예방뿐만 아니라 연구종사자에게 안전한 실험 환경 제공 및 연구의 질적 향상에도 도움을 주고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상 및 방법

2017년 1월 3일부터 3월 25일까지 설문조사를 실시하였다. 설문항목은 생물안전에 지침서[14]와 생물안전에 대해 조사한 논문[15]을 참고하여 작성하였다. 서울 소재의 연구소가 있는 5개 의과대학을 선정하여 의과대학 학장을 수신인으로 하고 행정담당자를 참조로 하여 설문지를 우편 발송하였다. 발송한 우편에는 연구의 취지(생물 안전관리의 중요성이 대두되고 있는 시점에서 병원체를 다루는 보건 의료계열 연구원들의 실험실 안전 가이드라인에 대한 지식 수준과 이 행정도의 현황을 파악)와 의의(감염 사고의 예방뿐만 아니라 연구종사자에게 안전한 실험 환경 제공 및 연구의 질적 향상)에 대한 설명을 동봉하였고, 이에 동의한 사람만 설문작성을 부탁하였다. 설문지에는 개인적 정보(이름, 소속 등)를 일체 기입할 수 없게 하였고 응답 설문지를 행정담당자로부터 우편으로 다시 받았다. 각 의과대학마다 100개의 설문지를 발송하였으며 총 500개의 설문지를 회수하여 응답자의 탈락률은 0%였다. 총 500명의 응답자는 병원성 미생물을 취급하는 실험실 연구자로, 학부생, 대학원생, 연구원을 포함하였다. 연구책임자인 교수의 경우 실험을 직접 수행하는 경우가 거의 없어서 연구대상에서 제외하였다.

2. 연구도구

실험실 안전 가이드라인에 대한 지식 정도를 측정하기 위하여 질병관리본부 국립보건연구원의 실험실 안전관리 매뉴얼 [14]과 참고문헌[15]을 기초로 연구자가 개발한 14문항 구성의 도구를 사용하였다. 도구의 내용은 다음과 같다.

- 1) 실험실 이용 시간
- 2) 상해사고 경험
- 3) 상해사고 유형
- 4) 상해 후 치료 여부
- 5) 취급하는 검체
- 6) 실험실의 안전 등급에 대한 인식
- 7) 실험실 안전성 여부
- 8) 실험복 및 장갑 착용에 대한 인식도와 이행여부
- 9) 실험실에서의 음식섭취, 화장 금지에 대한 인식도와 이행 여부
- 10) 실험실에서 섭취하는 음식물의 종류

- 11) 연구책임자로부터 안전가이드라인에 대한 설명여부
- 12) 실험실 안전 가이드라인의 인지도와 필요성
- 13) 실험실 안전 교육 경험 및 만족도
- 14) 희망하는 실험실 안전 교육

3. 자료분석방법

수집된 자료는 GraphPad Prism software (버전 7, GraphPad, USA)를 이용하여 분석하였다.

결 과

연구 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 연구 대상자의 직책을 살펴보면 500명 중 학부생 9%, 대학원생 27.2%, 연구원 63.8%로 의학계열의 경우 연구원의 연구활동이 많으므로 비율 또한 높게 나타났다. 성별분포는 여성이 64.4%, 남성 35.6%로 여초 현상을 보여주었다. 대상자의 실험실 이용시간은 5시간에서 10시간이 58.2%로 가장 높았으며 10시간 이상도 33.8%로 대부분의 연구자가 실험실에 상주하였다. 취급하는 감염성 물질로는 세균이 70%로 가장 많았고, 바이러스가 50%, 동물유래 검체가 35.2%, 혈액 24%, 진균 17.4%, 인체유래 검체 20.2%, 기타가 3.8%로 조사되었다. 연구자가 속해 있는 실험실의 생물안전 시설의 등급 여부에 관한 문항에 관한 질문에는 ‘알고 있다’가 55.8% ‘모른다’가 44.2%로 나타난 바 생물안전 연구

Table 1. Characteristics of the survey respondents

General characteristics		(N=500, %)
Position	Undergraduate student	45 (9)
	Graduate student	136 (27.2)
	Researcher	319 (63.8)
Gender	Male	178 (35.6)
	Female	322 (64.4)
Working time/day	up to 5 hours	40 (8)
	5-10 hours	291 (58.2)
	More than 10 hours	169 (33.8)
Injury experience	Yes	150 (30)
	No	350 (70)
Samples*	Bacteria	350 (70)
	Virus	250 (50)
	Animal material	176 (35.2)
	Blood	120 (24)
	Fungus	87 (17.4)
	Human material	101 (20.2)
Required Biosafety level	Know	279 (55.8)
	Don't Know	221 (44.2)
	Satisfaction	372 (74.4)
Biosafety management of laboratory	No	128 (25.6)

*Included duplicate datas.

시설 등급에 대한 이해도가 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 자신이 속한 실험실의 연구 환경의 안전도에 대한 조사에서는 74.4%가 만족한다고 답했다. 자신이 속한 실험실의 생물안전 시설의 등급에 대해 잘 모르면서 일하고 있는 연구 환경에 대해 안전하다고 응답한 결과를 통해 연구자들의 실험실 안전에 대한 개념이 확실하지 않고 자신이 취급하는 검체의 위험성과 일어날 수 있는 위험성, 즉 실험실 안전에 대한 개념 불균형이 존재하는 것으로 나타났다(Table 1). 대상자 500명 중 150명(30%)이 실험실에서 상해를 입은 경험이 있었는데, 상해를 입은 150명을 대상으로 실험실 근무경력을 조사한 결과 10년 이상 근무자가 75명(50%), 5~10년 근무자가 45명(30%), 5년 미만 근무자가 30명(20%)으로 나타났다. 10년 이상 근무한 연구자의 상해 경험이

75명(50%)으로 제일 높은 것으로 미루어 보아 실험의 숙련도와 상관없이 실험을 많이 진행하는 경우 상해는 항상 일어날 수 있음을 알 수 있다(Figure 1). 상해 경험자 150명에게 사고유형을 조사한 결과를 살펴보면 상해의 원인으로서는 실험동물이 가장 많았고, 바늘 찔림 사고가 26%, 화상 18%, 그리고 기타 3%로 나타났다(Figure 2). 상해 후 치료여부 조사에서는 상해를 경험한 연구자 중 25%만이 치료를 받았고 70%는 치료받지 않은 것으로 나타났다. 또한 상해여부를 연구책임자에게 보고한 경우는 10% 밖에 되지 않았다(Figure 3). 주된 이유는 실험동물에서 물리거나 바늘에 찔리는 것 등은 아주 경미하고 흔한 부상으로 생각하여 연구책임자에게 보고하지 않고 치료도 받지 않았다고 답했다. 나머지 5%는 잘 모르겠다고 응답했다.

실험종사자의 생물안전 기본 수칙에 대한 인지 및 이행에 관한 조사는 Table 2와 같다. ‘실험 후에는 손을 씻어야 한다는 수칙’에 대한 인지도는 90%로 매우 높았다. 그러나 이행수준은 60%에 그쳤다. 이는 검체, 동물 등을 다루지 않는 기본적인 실험에서는 감염될 가능성이 낮다고 판단한 것으로 나타났다. ‘실험실에서의 음식 섭취 및 흡연 금지’에 대한 인지도는 90%로 높았으나 이행도는 50%로 매우 낮았다. 실험실의 구조상 실험공간과 사무공간이 붙어있는 경우가 대부분으로, 사무공간에서 음식을 섭취하더라도 실험실의 일부로 간주되어 인지도는 높으나 실제 이행도는 낮게 나타나는 원인으로 나타났다. 섭취하는

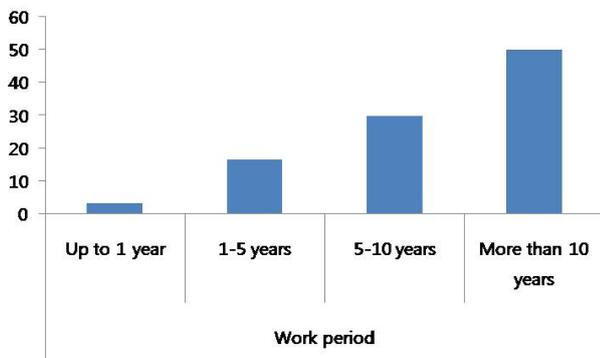


Figure 1. Work period of the injured people (%).

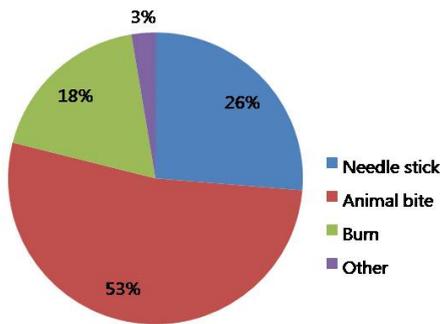


Figure 2. Injury types.

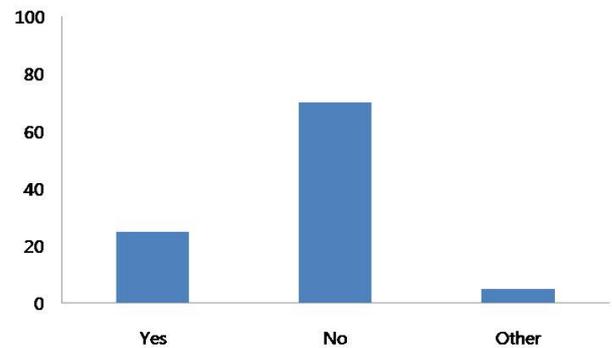


Figure 3. Injury treatment (%).

Table 2. An awareness and compliance of biosafety in laboratory (N=500, %)

Item	Awareness		Compliance	
	Know	Don't know	Yes	No
Wash hands after research	450 (90)	50 (10)	300 (60)	200 (40)
Do not eat, drink or smoke in the laboratory	450 (90)	50 (10)	250 (50)	250 (50)
Personal protective equipment	350 (70)	150 (30)	150 (30)	350 (70)
Medical check up after injury	300 (60)	200 (40)	132 (26.4)	368 (73.6)
Laboratory biosafety manual	420 (84)	80 (16)	221 (44.2)	279 (55.8)

음식물의 종류를 살펴보면 커피가 60%, 음료가 35%, 음식물 5%, 흡연 0%로 조사되었다(Figure 4).

감염에 대한 위협에서 실험종사자의 안전을 지켜주는 기본적인 장비는 개인보호 장비이다. 이러한 개인보호 장비에 대한 인지도는 전체 응답자의 70%가 ‘알고 있다’라고 하였으며, ‘모른다’는 30%로 나타났다. 그러나 개인보호장비에 대한 이행도는 ‘그렇다’가 30%로 매우 낮게 나타났다. 손보호 장비 사용 여부에 대해서는 ‘라텍스 글로브’가 85%로 사용 비율이 높게 나타났으며, 실험복 사용률은 90%로 매우 높게 나타났다(Figure 5). 그 외 고글, 마스크, 신발 등의 보호 장비는 알고는 있지만 잘 사용하지 않는 것으로 나타났다. 라텍스 글로브와 실험복의 사용 비율은 높지만 다른 보호 장비의 사용은 미미했기 때문에 전체적인 이행도가 낮게 조사되었다. 상해 후의 의료전문가 검진에 대한 조사에서는 60%가 필요함을 인지하고 있었지만 이행도는 26.4%로 차이를 보였다. 실험자들이 느끼는 자신의 상해는 경미한 수준으로 인식하고, 간단한 상해가 감염으로 진행되는 경우는 극히 드물다고 인식하는 것으로 나타났다. 이는 실제 실험을 진행하는 연구자들의 실험실 안전 개념이 현실과는 차이가 있고 실험실 환경의 위험가능성에 대한 인식 정도가 낮게 나타났다. 생물안전관리 규정에 대해 알고 있는 경우는 84%로 안전관리 규정에 대한 인지도는 높게 나타났지만 이행도는 44.2%로 실천하는 경우는 낮게 조사되었다.

생물안전 교육에 관련된 조사는 Table 3과 같다. 연구자의 80%

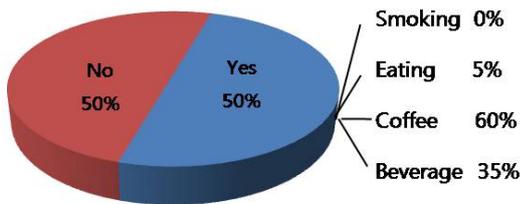


Figure 4. Eating, drinking or smoking in the laboratory.

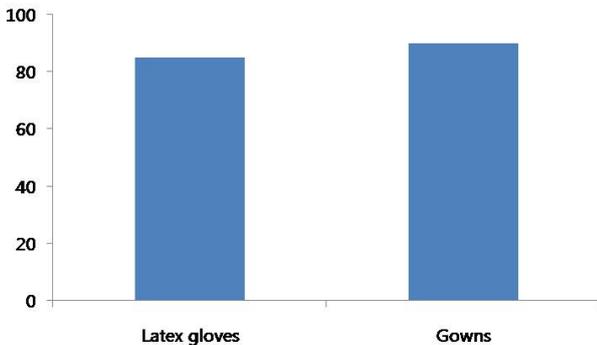


Figure 5. Personal protective equipment (%).

는 실험실 안전에 대한 교육을 받은 경험이 있었고 20%는 안전교육을 받은 적이 없었다. 신규직원 채용 시 생물안전교육 실시 여부에 대한 조사에서는 38%, 정기적인 생물안전교육에 대한 조사에서는 44.2%로 생물안전교육이 잘 이루어지지 않고 있음을 알 수 있었다. 생물안전교육에 대한 필요성은 66%, 교육내용에 대한 만족도는 46%로 나타났다. 연구자들은 이미 생물안전교육을 받은 경험이 있지만 지속적인 교육이 필요한 것으로 생각하였다. 또한 교육내용에 대한 충족도는 낮은 것으로 나타나 생물안전교육의 내용에 대한 보완이 필요한 것으로 조사되었다. 생물안전교육에 대해 희망하는 교육내용으로는 생물안전 개념, 실험실 감염, 사고나 감염사고, 시약 및 폐기물, 개인보호장비 등의 순으로 나타났다(Figure 6). 기타 의견으로는 생물안전관련 법률 및 제도, 취급하는 감염성 물질에 관한 정보에 대해서 추가교육에 대한 수요가 있었다. 그리고 교육내용에 대해서 만족하지 않는 못하는 이유는 오래 전 자료(그림, 비디오, 내용), 구체적이지 못한 예, 너무 기초적인 내용, 기타 등으로 조사되었고 최근 자료를 사용한 구체적이고 심화된 내용에 대해서 요구하고 있었다.

Table 3. Laboratory biosafety training (N=500, %)

	Yes	No
Experience of laboratory biosafety training	400 (80)	100 (20)
Laboratory biosafety training for new recruits	190 (38)	310 (62)
Regular laboratory biosafety training	221 (44.2)	279 (55.8)
Necessity of laboratory biosafety training	330 (66)	170 (34)
Satisfaction of biosafety training programs	230 (46)	270 (54)

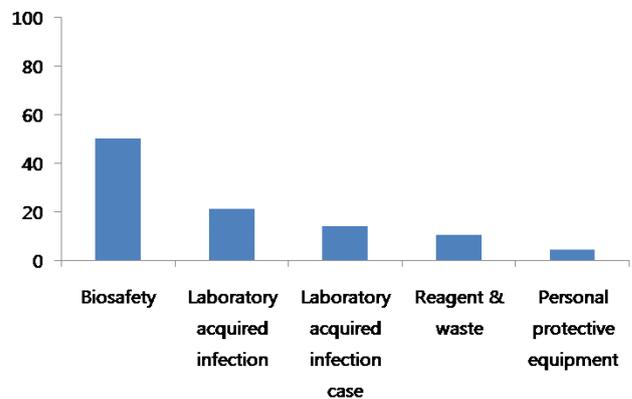


Figure 6. Requirements for the laboratory safety training (%).

고 찰

실험실 생물안전 확보는 감염병 병원체를 다루는 실험실의 감염성 물질 유출 방지 및 실험 중 발생할 수 있는 감염 사고의 예방과 직결되어 매우 중요하다. 외국의 경우, 1915년부터 감염에 대한 보고가 시작되었고[20], 이후 세계보건기구(WHO)는 실험실 생물안전 가이드라인을 마련하였다. 미국 등 외국의 선진국들은 각 나라에 맞는 생물안전기준을 적용하여 시행하고 있다[13,21,22]. 최근 신·변종 병원체의 출현과의·생명공학 기술의 발전과 함께 생물안전에 대한 요구와 관심이 증가되고 있고 국제협약 및 의정서 등으로 이에 대한 규제를 강화하고 있다. 우리나라도 여기에서 예외일 수 없다. 그러나 우리나라의 경우, 2005년에 생물안전기준이 마련되었으나, 실질적으로 현장에서 적용하고 시행하기에는 제한적인 부분이 있었다. 2005년도 국내 연구에서 연구종사자들의 생물안전에 대한 인식 수준은 매우 낮은 것으로 나타났다[17]. 과거에 비해 생물안전에 대한 인지도와 생물안전관리 현황이 향상된 것을 확인하였는데 교육을 통해 생물안전 정보와 지식을 습득한 것으로 나타났다[15]. 그러나 전체적으로 생물안전에 대한 인지도와 관리 현황이 전반적으로 높지 않았다. 본 연구를 통하여 실험종사자들의 생물안전 가이드라인에 대한 지식 수준과 이행 정도를 파악하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과와 과거 연구[15-18]와 비교해 보면 실험종사자의 생물안전 관련 인지도는 향상된 것을 확인할 수 있었다. 2005년 발표된 연구에 따르면 개인보호장비, 전반적 실험실 관리, 생물안전보장 등이 10% 이하로 매우 낮게 나타났다[17]. 그리고 생물안전교육은 35%의 학교에서만 수행되고 있는 것으로 나타났다[18]. 과거 연구 결과[15]에 따르면 국내 실험종사자들의 생물안전에 대한 인식 수준이 낮은 것으로 파악되었으나 법적 제도 마련, 안전교육, 홍보 등을 통해 생물안전 가이드라인에 대한 인지도가 높아지고 있고 준수하려고 노력하고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 본 연구 결과를 통해 생물안전에 대한 개념 및 인식이 부족한 경우가 있음을 알 수 있다. 실험종사자의 생물안전 기본 수칙에 대한 인지도와 이행도를 비교해 보면 인지도가 이행도보다 높게 나타난 것으로 보아 인지하고는 있지만 지키지 않음을 알 수 있었다(Table 2). 예를 들면, 실험실에서 커피 등의 음료 섭취가 많은데 이는 실험실의 구조상 실험공간과 사무공간이 붙어있는 경우가 대부분으로, 사무공간에서 음식을 섭취하더라도 실험실의 일부로 간주되어 인지도는 높으나 실제 이행도는 낮게 나타나는 원인으로 나타났다(Table 2). 실험실 내부의 사무공간을 분리 또는 사무공간과 실험구역이 같이 존재하는 경우는 음식물 섭취에 대한 강력한

규제가 필요해 보인다. 보건복지부 질병관리본부는 생물안전을 ‘병원성 생물체 등을 다루면서 발생할 수 있는 사고 등을 방지하기 위한 포괄적 행위’라고 정의하고 있다. 따라서 실험실 생물안전 확보는 매우 중요하다. 그러나 본 연구 결과를 보면 생물안전에 대한 개념 및 인식이 여전히 부족한 것을 알 수 있다. 생물안전에 대한 필요성 또는 교육에 대한 필요성 인식은 형성되어 있는 것으로 조사되었지만 자신이 속한 실험실의 생물안전 시설의 등급에 대해 잘 모르면서 일하고 있는 연구 환경에 대해 안전하다고 응답하는 등 연구자들의 실험실 안전에 대한 개념이 확실하지 않고 자신이 취급하는 검체의 위험성과 일어날 수 있는 위험성, 즉 실험실 안전에 대한 개념 불균형이 존재하는 것으로 나타났다(Table 1). 이러한 결과를 통해 체계적이고 구체적인 교육이 미흡한 것으로 파악되었고 정기적인 교육의 필요성이 제기되었다. 현재 전 세계적으로 신·변종 병원체의 출현 및 위험도가 높은 유전자변형생물체의 개발·실험이 증가하고 있고, 이에 따라 병원체를 취급하는 실험실이 지속적으로 늘어나고 있어 생물안전 확보가 중요하고 생물안전 확보에 대한 필요성이 더욱 강조되고 있다. 이러한 추세에 맞춰 연구자들의 생물안전에 대한 인식확산 및 실험실 가이드라인 준수를 위해 생물안전 체계 강화를 위한 적극적인 생물안전 교육체계를 구축하는 것이 중요하다. 이를 위해 지속적이고 효율적인 교육을 통한 만족도를 충족하는 교육 프로그램을 개발하고 실천하는 것이 필요하다.

요 약

본 연구는 2017년 1월 3일~3월 25일까지 실험실 연구자를 대상으로 생물 안전성에 대한 현황 연구를 목적으로 한다. 국내 감염병 병원체 취급대학 및 의과대학 소속 실험실에서 병원성 미생물을 취급하는 실험실 연구자 총 500명을 설문 조사하여 실시되었다. 조사 결과에 따르면 응답자는 높은 수준의 인지를 보였으나 전반적인 생물 안전성 규칙 및 규정을 준수하지는 않았다. 실험실의 생물안전 시설의 등급 여부에 관한 문항에 관한 질문에는 ‘알고 있다’가 55.8%, ‘모른다’가 44.2%로 나타났다. 연구자들은 적절한 안전 조치가 개인을 보호 할 수 있으며, 안전 장비와 생물 안전 계획이 충분하지 않음에도 실험실이 안전하다고 믿었다. 생물안전 교육에 관련된 조사에서 연구자의 80%는 실험실 안전에 대한 교육을 받은 경험이 있었고 20%는 안전교육을 받은 적이 없었다. 생물안전교육에 대한 필요성은 66%, 교육내용에 대한 만족도는 46%로 나타났다. 이러한 결과는 연구자들은 이미 생물안전교육을 받은 경험이 있지만 지속

적인 교육이 필요한 것으로 생각하였다. 또한 생물 안전성 수준을 향상시키는데 있어 가장 중요한 것은 훈련 프로그램 및 교육 시스템을 강화하는 것이라는 의견이 있었다. 결론적으로 실험실에서 일어날 수 있는 위험에 대비하기 위한 실험실 생물 안전에 대한 보다 개선된 교육 시스템을 개발할 필요가 있다.

Acknowledgements: None

Funding: None

Conflict of interest: None

REFERENCES

- Gatherer D. The 2009 H1N1 influenza outbreak in its historical context. *J Clin Virol*. 2009;45(3):174-178.
- Tellier R. Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. *J R Soc Interface*. 2009;6(Suppl 6):783-790.
- WHO. 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.
- Shaw K. The 2003 SARS outbreak and its impact on infection control practices. *Public Health*. 2006;120(1):8-14.
- 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(Pt 8):715-720.
- Nadjm B, Behrens RH. Malaria: an update for physicians. *Infect Dis Clin North Am*. 2012;26(2):243-259.
- Lee C, Jung E, Kwon D, Choi H, Park JW, Bae GR. Laboratory-acquired dengue virus infection by needle stick injury. *Ann Occp Environ Med*. 2016;4:19-26.
- Oliphant JW, Parker RR. Q fever: three cases of laboratory infection. *Public Health Rep*. 1948;63:1364-1370.
- Beeman EA. Q fever: an epidemiological note. *Public Health Rep*. 1950;65:88-92.
- 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(11):833-839.
- 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;364:918-927.
- Cho A, Seok SH. Ethical guidelines for use of experimental animals in biomedical research. *J Bacteriol Virol*. 2013;43(1):18-26.
- CDC. Guidelines for biosafety in microbiological and biomedical laboratories [Internet]. Atlanta: CDC; 2018 [cited 2018 Jan 30]. Available from: <https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/>.
- KCDC. Guideline for laboratory biosafety [Internet]. Cheongju: KCDC; 2018 [cited 2018 Jan 30]. Available from: http://cdc.go.kr/CDC/cms/content/mobile/68/69068_view.html.
- Lee KM, Nam HY, Shin SH, Choi MK, Choi YJ, Kwon SH, et al. A survey on laboratory biosafety status of public healthcare centers in Korea. *J Bacteriol Virol*. 2013;43(3):217-228.
- Barkham TM. Laboratory safety aspects of SARS at biosafety level 2. *Ann Acad Med Singapore*. 2004;33(2):252-256.
- Lee JY, Eun SJ, Park KD, Kim JK, Im JS, Hwang YS. Biosafety of microbiological laboratories in Korea. *J Prev Med Public Health*. 2005;38(4):449-456.
- Yoo KN, Park JI, Park TJ, Choi MK, Lee CH. Laboratory safety management system and its role on the performance of safety-related activities in Korean academia. *Kor J Env Hlth*. 2005;31(5):365-371.
- Support Center for Laboratory Safety. Laboratory safety for researchers [Internet]. Daejeon: National Research Foundation of Korea; 2012 [cited 2018 Jan 30]. Available from: http://www.semsafety.or.kr/Upload/Board/File/201207/20120409_LaboratorySafety.pdf.
- Kisskalt K. Laboratory infections with typhoid bacilli. *Journal of Hygiene and Infectious Diseases*. 1915;80:145-162.
- Advisory Committee on Dangerous Pathogens. The approved list of biological agents [Internet]. London: Health and Safety Executive; 2018 [cited 2018 Jan 30]. Available from: <http://www.hse.gov.uk/pubns/misc208.pdf>.
- Office of Laboratory Security. The laboratory biosafety guidelines. 3th. 2004 [Internet]. Ottawa: Minister of Health; 2018 [cited 2018 Jan 30]. Available from: http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/lbg-ldmbl-04/pdf/lbg_2004_e.pdf.