

생물무기 특성과 사례연구

Characteristics of Biological Agent and relavent case study

Minwoo Park^{a1}, Hwami Kim^{a2}, Yeonhwa Choi^{a3}, Jusim Kim^{a*}

^a *Division of Bioterrorism Preparedness and Response, Korea Centers for Disease Control & Prevention, 187 Osongsaengmyeong2-ro, Osong-eup, Heundeok-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 28159, Republic of Korea*

ABSTRACT

Biological weapon is manipulated and produced from microorganisms such as bacteria, virus, rickettsia, fungi etc. It is classified as one of the Weapons of Mass Destruction (WMD) along with chemical weapon and radiological weapon. Biological weapon has a number of operational advantages over the other WMDs including ease of development and production, low cost and possibility of covert dissemination. In this study we analyze the history of biological weapon's development and the existing biological threats. Then, we predict the social impact of biological attack based on the physical properties of biological agent and infection mechanisms. By analyzing the recognition, dispersion pattern of agents, characteristics of the diseases in the biological weapon related historical events such as Sverdlovsk anthrax accident, 2001 anthrax attack, we found out some of the facts that biological attack would not likely to be recognized rapidly, produce large number of the exposed, increase number of patients who suffered from severe respiratory illness. It would lead the public health and medical service providers to be struggled with high burden. Based on the facts that we found from this case study, we suggested the main capabilities of public health required to respond to bioterrorism event efficiently. Syndromic surveillance and other reporting system need to be operated efficiently so that any suspicious event should be detected promptly. The pathogen which suspected to be used should be identified through laboratory diagnostic system. It is critical for the public health agency to define potentially exposed population under close cooperation with law enforcement agencies. Lastly, massive prophylaxis should be provided rapidly to the people at need by operating human and material resources efficiently. If those capacities of public health are consistently fortified we would be able to deal with threat of bioterrorism successfully.

KEYWORDS

Bioterrorism
 Biological threat
 Biological agent
 Biological weapon

생물테러에 사용되는 생물무기는 세균과 바이러스, 리켓치아, 곰팡이 등을 가공하여 만들어지며, 화학작용제, 방사능작용제와 함께 대량살상무기(Weapons of Mass Destruction, WMD)로 분류되어진다. 생물무기는 다른 대량살상무기들에 비하여 개발과 생산의 용이성, 저렴한 비용, 은닉살포가 가능하다는 운용상 이점들이 존재한다. 본 논문은 생물무기 개발이 이루어진 역사와 현존하는 생물학적 위협에 대해 분석하고, 생물작용제의 물리적 특성과 인체내 감염기작을 기초로 생물무기 공격으로 인한 사회적 영향을 예측하였다. 스펀드롭스쿠 탄저균유출사고, 아랄스쿠 두창발생, 2001년 탄저테러 등 생물무기관련 역사적 사례들에서 사고 인지형태, 작용제 오염확산범위와 피해자의 질병특성을 분석한 결과, 생물

생물테러
 생물위협
 생물작용제
 생물무기

테러는 공격 즉시 인지가 어렵고, 광범위한 확산이 가능하여 대규모 노출자를 발생시키며, 호흡기관 관련 중증질환을 일으켜 보건·의료기관에 막대한 부담을 일으킬 것이라는 사실을 발견하였다. 이를 토대로 생물테러에 효과적으로 대응하기 위해서 요구되는 보건대응역량을 제시하였다. 효과적인 증후군감시체계 및 관련질병 보고체계를 운영하여 신속히 이상징후를 파악해야하며, 실험실진단체계를 통해 병원체의 확인을 실시하여야한다. 또한 보건기관은 역학조사 시 수사기관과의 공조를 통해 잠재적노출자를 명확히 규명하여야 하며, 마지막으로 인적·물적 자원을 효율적으로 운용하여 집단예방조치가 효과적으로 이루어지도록 되어야할 것이다. 이러한 보건대응역량을 지속적으로 강화한다면 생물테러위협에 성공적으로 대응할 수 있을 것이다.

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-(0)43-719-7810. Fax. 82-(0)43-719-7819.
Email. jskim01@korea.kr

1 Tel. 82-(0)43-719-7856. Email. universe364@korea.kr

2 Tel. 82-(0)43-719-7825. Email. mk0314@korea.kr

3 Tel. 82-(0)43-719-7820. Email. cyh6803@korea.kr

ARTICLE HISTORY

Received Jun. 16, 2017

Revised Jul. 27, 2017

Accepted Dec. 11, 2017

1. 서론

생물테러는 국제안보측면에서 다수의 국가들에 상당한 위협을 초래하고 있다. 생물테러에 사용되는 생물작용제(biological agent)는 세균, 바이러스, 리켓치아, 곰팡이를 가공하여 만들어지며, 화학작용제(chemical agent)와 방사능작용제(radiological agent)와 함께 대량살상무기(Weapons of Mass Destruction, WMD)로서 분류되어있다. 생물작용제는 다른 대량살상무기와 마찬가지로 공격시 대규모 사상자를 발생시킬 수 있을 뿐만아니라, 병원체에 따라서는 다른지역과 국가로 확산될 수 있어 그 피해는 더 커질 수 있다. 다른 종류의 대량살상무기에 비해 운용상 다수의 이점이 존재해 테러세력들에게는 상당히 매력적인 무기가 될 수있다. 무엇보다 생물무기의 개발 및 생산이 용이하고, 비용이 저렴해 “가난한자의 핵폭탄”이라고 불리기도 한다.(WHO, 2004) 또한 상대적으로 살포와 확산이 용이하여 주요도시, 대중교통, 다중이용시설 등에 대한 단 한번의 공격만으로도 수만에서 수십만명의 인구를 감염시킬 수 있다. 무색, 무미, 무취한 생물작용제의 특성으로 인해 사건발생 상황에서 인지되기 어렵고 잠복기가 지난 이후 대량환자가 발생하면서 인식될 가능성이 높다. 이러한 요소는 생물테러를 자행한 범인 또는 배후세력을 추적하는 것을 어렵게 만든다.

SARS, MERS, Ebola 등을 포함한 판데믹을 겪으며 신·변종 감염병에 대한 대비가 국민의 건강과 생명을 보장하는데 중요한 요소임을 확인하였다. 병원체의 인위적 살포에 의해 발생하는 생물테러의 경우도 위에서 언급한 감염병들과 마찬가지로 광범위한 확산이 가능하기 때문에 공격받은 지역과 국가는 물론 국제사회 보건안보까지 심각하게 위협받을 수 있음을 간과해서는 안 된다.(왕순주,2007)

본 연구를 통해 생물무기관련 위협을 소개하고, 생물무기관련 역사적 사례와 생물작용제(biological agent)의 물리적 특성을 분석함으로써 생물테러시 유력한 공격형태와 그 결과에 대하여 예측하고, 생물무기의 인위적 살포로 인해 발생하는 판데믹에 대비한 준비 사항들을 검토하였다.

2. 본론

2.1 생물학적 위협

세계적으로 현존하는 생물학적 위협을 이해하는 것은 생물테러 대비의 기초라고 할 수 있다. 생물학적 위협에 대한 인식 없이는 생물테러의 위협에 적절히 대비하기 어렵기 때문이다. 과거의 미국과 구소련, 영국, 독일, 일본 등 많은 국가들은 군사적 목적으로 대규모의 생물무기 개발 프로그램을 운영하였다. 1969년 닉슨대통령의 결정에 의해 공격형 생물무기개발프로그램이 모두 폐지되고 평화적 목적으로 전환하기까지 미국은 생물무기 개발프로그램을 운영했었다. 일본은 1932년부터 1945년까지 만주지방에 150개의 생물무기관련 연구 및 생산시설들을 설치하여 운영하였으며, 3,000명이 넘는 과학자 및 기술자들이 참여하였다. 731부대라고도 알려져 있는 일본의 생물무기 개발조직에서는 페스트, 콜레라, 출혈열 등 다양한 병원체를 가지고 실험을 수행하였으며, 이 과정 중 10,000명 이상의 전쟁포로가 희생당한 것으로 알려져있다. 1940-1941년에는 페스트에 감염된 쥐벼룩으로 채워진 도자기용기폭탄을 만주지방에 실제 투하하여 선페스트 감염환자가 발생하였다.(Croddy,2001)

구소련은 역사적으로 가장 규모가 크고 고도화된 생물무기개발프로그램을 운영하였다. 구소련의 생물무기개발프로그램은 1919년부터 1989년까지 운영되었으며, 그중 1973년부터 1989년까지는 두창, 탄저 등 다양한 생물무기에 대한 연구개발과 생산, 비축이 활성화되어 구소련 생물무기프로그램의 르네상스시대로 불리기도 한다.(Croddy,2001) 약 60,000 명의 과학자와 기술자들이 “바이오프리파라트(Biopreparat)”라는 구소련의 생물무기개발프로그램에 참여했고, 수 백 톤의 무기화된 탄저균과 수 십 톤의 무기화된 두창과 페스트균을 생산하여 비축하였다. 특히, 두창은 “SS-18”이라는 구소련의 대륙간탄도미사일(intercontinental ballistic missile, ICBM)에 소군탄(submunition)형태로 주입되어 운반될 수 있도록 가공되었다.(Croddy,2001) 20개의 생물무기연구소와 저장소, 생산시설이 구소련 곳곳에 설치되어 운영되었고, 연간 수백톤가량의 다양한 생물무기를 생산할 수 있는 시설기반을 갖추었다. 이러한 사실은 당시 바이오프리파라트의 부책임자를 역임하였으며 이후 미국으로 망명한 Dr.Ken Alibek에 의하여 서방세계에 알려지게 되었다. 그는 망명 후 미 의회에서 구소련의 생물무기프로그램에 대한 정보를 공개하고, 구소련 붕괴 당시 생물무기개발자들이 이란, 북한을 포함한 일부 국가들로 유입된 사실에 대해서도 증언하였으며, 다양한 저술활동을 통해 전 세계적 생물테러위협에 대한 경각심을 높였다.(Alibek, 2000)

2.2. 생물작용제 특성

생물무기라고도 불리는 생물작용제의 특성을 설명하기 위해서는 감염기작(infection mechanism)을 이해하는 것이 필요하다. 병원체(pathogen)는 자연계에서 주로 3가지 경로를 통해 사람과 동물의 몸에 유입되어 감염을 일으킨다. 감염성 입자(infectious particle)를 흡입함으로써 일어나는 호흡기 노출, 오염된 음식(또는 식수)을 섭취하거나 음용함으로써 나타나는 위장관계 노출, 그리고 오염된 물질과 접촉함으로써 발생하는 피부노출이 있다. 일반적으로 호흡기 노출경로를 통해 발생하는 감염질환은 다른 경로를 통해 발생하는 것보다 높은 중증도를 나타내는 것으로 알려져 있다.(WHO,2004) 이는 대표적인 생물테러감염병인 탄저병, 페스트에 대한 노출경로별 치사율을 비교함으로써도 확인할 수 있다(Table 1). 생물테러는 질병의 중증도를 높이고 공격대상인원의 규모를 극대화하기 위하여 생물작용제를 공기 중으로 확산시키는 방식으로 이루어지고, 공격받은 지역 또는 공간에 있던 인원들이 이를 흡입함으로써 감염에 이르게 된다.

Table 1. Case Fatality of Untreated Anthrax and Plague (Heymann, 2015)

Anthrax	Plague
Inhalation anthrax : maximally greater than 85%	Pneumonic plague : almost invariably fatal
Gastrointestinal anthrax : 40% Cutaneous anthrax : between 5% and 20%	Bubonic plague : 50-60% Primary septicemic plague : almost invariably fatal

생물작용제는 미세한 입자로 가공하였기 때문에 흡입이 용이하고 흡입된 후에는 폐포(alveoli)까지 도달한다. 사람의 호흡기에는 외부로부터 흡입되는 입자를 걸러주는 방어메커니즘이 있다. 첫째로 흡입된 입자들은 비강인후두(nasopharyngeal region, NP region)에 구조로 인해 생성되는 관성(inertial force)에 따라 침전된다. NP region의 점막(mucous)에 붙어 침전된 10 micron이상의 입자들은 체외로 배출된다. NP region을 통과한 5-10 micron 범위의 입자들은 기관지(tracheobronchial region, TB region) 내부표면에 있는 점막에 침강(sedimentation)과 확산(diffusion)작용에 의해 붙게 되고, 이후 기관지 내부 점막의 섬모운동(ciliary movement)에 의해 체외로 배출되거나 위장관계로 넘어간다. 1-5 micron 이하의 크기를 가진 입자들은 위에서 언급된 방어메커니즘에 의해 제거되지 않고 가스교환이 일어나는 폐포까지 직접 도달하여 감염을 일으키게 한다. 이러한 미세입자들은 폐포까지 직접 침투하기 때문에 극소량의 노출만으로도 감염을 일으킨다.(DiNardi, 2003)

생물무기개발자들은 인체가 보유한 호흡기보호 메커니즘을 무력화하고 흡입에 의한 감염을 발생시키기 위하여 생물작용제를 1-5 micron 범위로 입자를 미세가공하였다. 이렇게 병원체를 배양하여 흡입에 의한 감염을 일으키도록 미세가공하는 과정을 무기화(weaponization)라고 일컫는다.

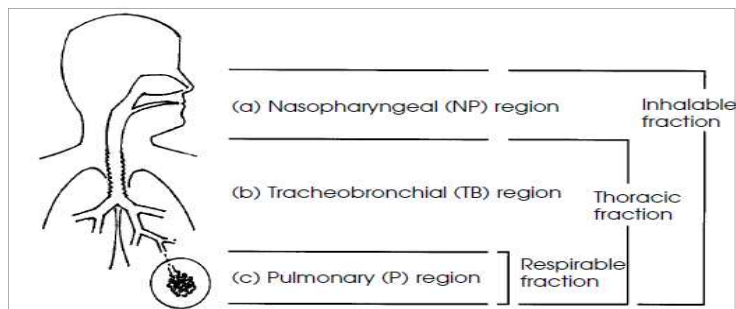


Fig. 1. Region of respiratory tract (DiNardi,2003)

생물테러가 발생하기 위해서는 일반적으로 4가지 요소가 존재해야하는 것으로 알려져 있다.(Layne,2001) 첫째, 생물작용제(biological agent)이다. 생물작용제는 국가 및 조직(organization)에 따라 일부 다르게 정의하고 있다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 생물작용제를 “전쟁에서 사람, 동물 그리고 식물에게 질병 또는 치사를 일으키기 위한 목적으로 만들어진 것”이라고 명시하고 있다.(WHO,2004) 화학방 대응분야에서 일반적으로 활용되고 있는 지침서인 “NATO handbook on the medical aspects of NBC defensive operations (1996)” 의 정의에 의하면 생물작용제를 “사람, 식물 또는 동물에 질병을 일으키는 미생물”로 규정하고 있고, 유럽국가들의 생물위해관리 표준화를 위해 제정된 CWA 15793:2011 Laboratory Biorisk Management에서는 “사람, 동물 또는 식물에게 감염, 알레르기, 또는 독성을 일으키는 미생물(유전자조작생물체 포함), 배양액, 장내기생충”으로 정의하고 있다. 국내적으로는 질병관리본부에서 발간한 생물테러 대비 및 대응지침에 의하면 생물작용제는 “테러를 목적으로 가공된 감염병의 원인이 되는 세균, 바이러스, 진균, 리케치아, 원충 등의 병원체 또는 식물 유래독소”로 규정되어 있다. 이를 종합해보면 국가와 조직에 따라 일부 내용상 차이가 있을수 있으나, 전쟁 또는 테러를 목적으로 가공된 사람과 동물, 식물에게 질병을 일으키는 미생물이라는 공통적인 의미를 담고 있다.

생물작용제는 일반적으로 분류학적(toxonomy) 기준에 따라 세균, 바이러스, 곰팡이로 구분한다. 하지만 병원체가 일으키는 질병의 중증도에 따라 무능화작용제(incapacitating agent)와 치사작용제(lethal agent)로 구분하기도 한다. 무능화작용제는 공격받은 대상들에게 상대적으로 적은 사망자를 발생시키며 주로 이환시키는 작용제를 의미한다. 무능화작용제를 전쟁중 사용할 경우, 다수의 환자를 발생시켜 의료적 부담을 가중시키고 결국 적군의 전투력을 저하시키도록 개발되었다. 대표적 무능화작용제로서 야드균과 베네주엘라 이콰인 뇌염 바이러스(Venezuelan Equine Encephalitis virus) 등을 들수 있다. 반면, 치사작용제는 공격받은 대상을 대부분 사망에 이르게 하는 작용제로 탄저, 두창, 페스트 등이 이에 속한다. 구소련은 전략적(strategic) 생물무기 개발을 위해 탄저, 두창, 페스트 등과 같이 상대적으로 치명도가 높은 치사작용제를 이용하였다.(Layne,2001)

둘째로 생물작용제가 무기화(weaponize)되었는지 여부이다. 생물작용제는 “무기화(weaponize)”로 일컫는 가공과정 없이 효과적 생물무기가 되지 않는다. 무기화는 생물작용제의 입자크기를 1~5 micron정도로 가공하는 과정이다. 이러한 과정을 통해 생물작용제의 대기중 확산능력을 높이고 가스상물질과 같이 공기중 부유하는 물리적 특성을 갖도록 한다. 일정한 수준의 에너지를 받고 공기중으로 확산된 생물작용제 입자들은 1차 에어로졸(primary aerosol)로 일컫는다. 대기로 확산된 1차 에어로졸은 기류의 흐름을 따라 이동하게되고 결국 사람이나 동물이 이를 흡입하여 감염에 이르게 된다. 1차 에어로졸이 기류를 타고 이동하다 지표면 또는 건물 외벽 등과 접촉하여 붙게되는데, 이후 에너지를 받아 공기중으로 다시 확산되는 입자들을 2차 에어로졸(secondary aerosol)이라 부른다. 크기가 작을수록 접촉한 물질의 표면과 강한 상호작용을 형성하기 때문에 한번 물질표면에 붙은 입자들이 다시 공기 중으로 재확산(reaerolized)되기 위해서는 상당히 큰 에너지가 요구된다. 비록 2차 에어로졸이 표면으로부터 일부 재확산될 수는 있겠지만 2차 에어로졸이 재확산되어 사람 또는 동물에 호흡기감염을 야기시킬수 있는 위험성은 미미할 것으로 예측되고 있다. (Layne,2001)

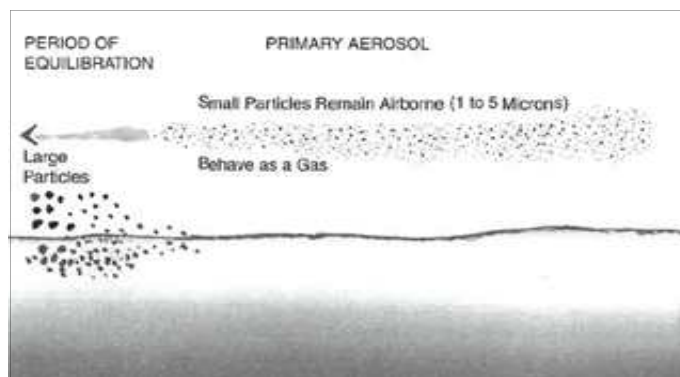


Fig. 2. Property of primary aerosol(Layne,2001)

생물테러에 영향을 미치는 세 번째 요소는 전달체계(delivery system)이다. 전달체계를 통해 생물작용제는 공격대상까지 도달하고 확산되어 사람과 동물에게 흡입에 의한 감염을 유발한다. 생물작용제를 확산시키는 전략으로서 2가지 유형이 존재한다고 알려져있으며, 지점 공격(point source attack)과 선 공격(line source attack)이 그것이다. 지점 공격은 야포, 미사일, 집속탄(bomblet) 등 투발수단을 이용하여 특정지역과 시설 등을 공격하는 형태로 생물작용제를 살포하는 방식을 의미한다. 이에 반해 선 공격은 공격대상지역으로부터 바람이 부는방향의 위쪽(upwind)에서 선을 그리며 살포하는 방식으로 개방된 광범위한 지역에 대해 확산시킬수 있는 방식이다. 이러한 공격방식에 항공기, 드론, 선박, 차량 등 다양한 수단이 활용될 수 있다.(Alibek,2005)

마지막으로 기후적 요인이 있다. 특정시설이 아닌 개방형 공간에 대한 광범위한 확산을 일으키는데는 기후적 요인이 갖춰져야 한다. 차가운 공기층이 지표면에 가두어져 있어 지표면의 공기의 대류가 원활히 이루어지지 않고 안정적인 상태인 역전층일 때 생물작용제의 확산이 용이한 것으로 알려져있다. 이러한 역전층은 주로 새벽녘에 일어나기 때문에, 개방형공간에 대한 생물학적 공격은 주로 이러한 동이 트기전 새벽시간때 발생할 것으로 예측되고 있다. (Alibek,2005)

2.3. 미국 생물무기 확산시험

미국 생물무기개발프로그램 기간(~1969)동안 자국내 생물공격에 대한 취약성을 확인하기 위하여 대기중 확산실험을 수행하였다. 1950년에 비병원성세균인 *Bacillus globigii*(BG)를 무기화하여 캘리포니아만(California Bay)에서 살포하였다.(Layne,2001) 캘리포니아해안으로부터 2 mile 떨어진 지점에서 선박을 이용하여 선공격형태(line source attack)로 살포하였으며, 무기화된 BG는 기류를 타고 캘리포니아시 전역으로 확산되었다. 이는 도시 곳곳에 설치되었던 공기포집기(impinger)에서 해당세균이 검출되면서 확인되었다. 확산 당시 대기 중 BG 포자의 농도는 10,000 spores/liter 까지 도달했던 것으로 확인되었으며, 캘리포니아시를 포함한 피해지역 인구의 60%까지 감염될 것으로 예측되었다. (Layne,2001)

이러한 결과를 토대로 살포된 생물무기가 탄저균(*Bacillus anthracis*)이었다고 가정해보았다. 탄저테러 공격으로 인해 대기중 탄저균의 농도는 10,000 spores/liter까지 도달할 것이며, 일반적인 사람의 호흡량이 14.4 m³/day, 즉10 liter/min 인 것을 감안한다면 피해지역에 거주하고 있는 사람들은 분당 100,000 spores 까지 흡입하게 되는 것으로 예측된다. 탄저균에 대해 보통의 면역을 가진 사람의 흡입 치사요구량(Inhalational LD50 for human)이 2,500~55,000 spores 범위(CDC,2009)임을 고려해볼 때 대기중에서 확산된 탄저균에 1분동안 직접 노출되었을 경우 일반적인 면역을 가진 사람은 치사요구량의 1.8~40배까지 노출될 수 있다는 것을 의미한다.

이러한 분석을 통해 개방공간에서 대규모 탄저공격이 발생한 경우 무기화된 탄저균은 광범위한 지역으로 확산될 수 있고 피해지역에 있던 인원들에게는 짧은 시간의 노출만으로도 치사량의 40배까지 도달하는 양의 탄저균을 흡입하게 된다. 결국, 잠재적 노출집단(potentially exposed population)으로 규정될 수 있는 피해지역 내 인원들에 대해 신속한 예방조치가 이루어지지 않았을 경우 사망할 가능성이 크다는 사실을 알 수 있다.

1950년 지하철역에서도 유사한 확산실험을 수행하였는데, 뉴욕지하철역에서 5 micron으로 미세가공된 비병원성세균(*Bacillus Globigii*)를 전구볼에 담아 바닥에 깨뜨려 확산시켰다. 전구볼에 담겨있던 작용제의 정확한 양이 기록되어있지 않지만 수 그램정도로 추정된다. 역내 공기중으로 확산된 비병원성세균은 1시간에서 1시간 30분동안 고농도를 유지하다가, 2시간이후 급격히 떨어지는 것으로 확인되었다. 역에서 확산된 작용제는 수시로 이동하는 전동차의 피스톤운동 때문에 해당역사 뿐만아니라 전동차가 지나간 역사전체로 확산되는 결과를 낳았다. 이러한 사실은 역사곳곳에 설치되었던 액체샘플러(impinger)에서 해당세균이 검출됨으로서 알 수 있었는데, 검출된 세균의 공기 중 농도와 승객들의 지하철 평균사용시간을 토대로 유추해본 결과, 해당지하철 이용객의 80~90%가 감염에 이를 것으로 나타났다. (Layne,2001)

2.4. 구소련 스펠드롭스크(sverdlovsk) 탄저균 유출사고

1979년 구소련 스펠드롭스크에서는 역사상 최악의 흡입탄저가 발생하였다. 이는 구소련의 비밀 생물무기프로그램에 일환으로서 가동되고있던 탄저생산공장에서 무기화된 탄저가 외부로 유출됨으로서 발생하게 되었다. 구소련 정부는 당시 주민들이 암시장에서 거래되고있던 오염된 육류를 섭취했기 때문이라고 주장하였다. 하지만 1992년에 열린 대통령은 스펠드롭스크의 흡입탄저발생이 군사적 개발 활동 중 발생한 사고라는 점을 공식적으로 발표하였다. 미국 과학자들에 의해 작성된 조사보고서에 따르면 총 77명의 흡입탄저환자들이 발생하였으며, 이중 66명이 사망하였다. 실제 발생한 환

자와 사망자는 집계된 수치보다 훨씬 높았을 것이라는 주장도 제기되었다. 치사율(Case Fatality Ratio, CFR)은 85.7 %로 흡입탄저사례의 전형적인 치사율을 나타내었다. 하지만 66명의 환자 중 55명인 72.4% 가 성인 남자였던 사실은 주목할 사항이었다. 여성보다 남성에 더 치명적으로 보여지는 역학적인 특성에 기인하여 서방과학자들은 구소련이 개발한 생물 무기가 “gender weapon”라고 판단하기도 하였다.(Alibek, 2000) 하지만 이러한 현상이 발생한 이유는 이후 Dr.Ken Alibek의 진술에 의해 밝혀지게 되었다. 무기화된 탄저균이 늦은 밤시간대 유출되었는데 탄저공장에서부터 매우 가깝고 일직선상에 위치해있던 도자기제조공장의 근로자들이 대부분 탄저균에 감염되어 희생되었던 것이다. 당시 여성들은 야간근무에서 제외되었고 어린이들도 대부분 야간에는 야외활동을 자제하고 집안에 머물러 있는 것이 일반적이었기 때문에 대기 중에 확산되어있던 탄저균에 노출될 가능성을 현저히 낮추었던 것이다.(Alibek,2000) 결론적으로 이러한 역학적 결과는 사회문화적인 요인 때문에 발생한 결과라고 할 수 있다. 유해가스가 대기중으로 확산되었을 경우 창문과 문을 닫고, 공조기를 정지하여 외부로부터 공급되는 공기를 차단한 상태에서 집안에 머물도록 하는 절차인 “Shelter in Place”가 개방공간을 타겟으로하는 생물작용제의 대기확산 시에도 노출을 최소화하는데 효과적이라는 것이 입증된 셈이다. 미국 노동부산하 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Agency, OSHA)도 생물학, 화학, 방사능 오염물질이 대기환경 중으로 확산되었을 경우 노출최소화를 위해 “Shelter in place”를 취하도록 권장하고 있다.

역학적으로 주목할만한 다른 특징은 흡입탄저환자가 있던 거주지 또는 근무지들이 모두 탄저생산공장에서부터 남동방향으로 일직선 상에 위치해있다는 사실과 유출된 시설로부터 4 km까지 분포해있다는 것이다. 사고 당시 유출된 생물작용제가 북서풍을 타고 확산되었음을 확인할 수 있으며, 인체 감염을 일으킬 수 있는 수준으로 탄저균이 4 km까지 확산되었음을 의미한다. 실제 탄저병에 감염되어 폐사한 동물의 사체가 발견된 지점은 탄저공장을 중심으로 일직선상으로 50 km까지 확장되어있어 무기화된 생물작용제의 높은 확산능력이 입증되었다.

소련 정부는 대규모 흡입탄저환자 발생에 대하여 신속히 대응하였으며 몇가지 보건학적 조치들을 취하였다. 스벨드롭스크 시외곽에 위치한 병원을 지정하였고 그곳에 탄저확진환자 및 탄저의심환자들을 이송시켜 치료하였다. 또한 환자들의 가정에 의료조사팀을 파견하여 의학적 인터뷰를 실시하면서, 가족들에게 항생제 투약을 실시하였다. 시내 광범위한 지역에 대해 환경제독이 이루어졌고 언론을 통한 위기커뮤니케이션이 실시되었다. 보건당국은 위기커뮤니케이션의 일환으로서 신문과 포스터를 통해 검사를 통과하지 않은 육류를 섭취하지 말고 동물사체를 발견할 경우 접촉하지 않도록 요구하였다. 이러한 조치들과 더불어 자발적 백신접종이 실시되었는데 지역내 59,000명의 백신접종대상자 중 80%가 백신을 접종받았다.(Meselson,1994)

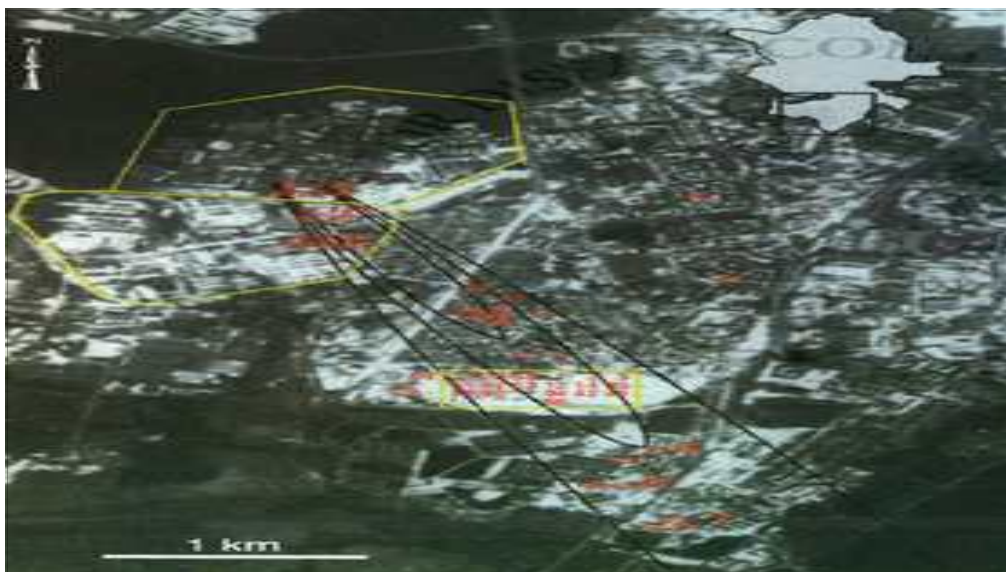


Fig. 3. Geographical distribution of inhalational anthrax cases(Meselson,1994)

2.5. 구소련 아랄스크 두창바이러스 유출사고

구소련은 1954년 아랄해의 보즈로즈데니예(Vozrozhdeniye)섬에 생물무기 공장을 세우고 생물학무기 실험을 감행하기 시작했다(공식명칭 아랄스크-7). 1971년 아랄스크해 무기화된 두창 유출 사건은 이러한 과정에서 발생했다. 그때는 공교롭게도 WHO가 두창 박멸의 목표를 두고 한창 막바지 노력을 기울이고 있던 1971년 7월 말로, 아랄해 해역의 민간인들에서 두창 환자 10명이 발생했고, 이 중 3명은 사망하였다. 1936년, 이미 소련 내에서의 대규모 두창 유행은 공식 종료되었고, 산발적 유행 역시 1961년을 마지막으로 더 이상 보고되지 않고 있던 시점이었다. 소련은 개방 공간에서 두창 바이러스를 이용한 무기화 실험이 감행되었다는 점과 해당 지역에서 두창이 발생했다는 사실을 WHO에 공식 보고하지 않았다. 30년간 감추어졌던 사실은 1970년대 러시아로 쓰여진 공식 보고서가 2001년 카자흐스탄 과학자에 의해 서방 세계에 공개되면서 새롭게 조명되었다. 보고서를 분석한 미국 과학자들은 이 사건이 자연 발생이 아닐 수 있음과 무기화 대상이었던 두창 바이러스에 대한 몇 가지 중요한 시사점을 발견할 수 있었다.

보고서는 첫 번째 환자가 연구선(Lev Berg)을 타고 아랄 해 여행을 하는 도중 Uyaly나 Komsomolsk를 정박하는 과정에서 두창에 접촉되었고, 고향인 아랄스크(Aralsk)에 돌아와 다른 사람들을 감염시켰을 가능성을 제시하였다. 하지만, 보고서 분석과 함께 진행된 인터뷰에서 두창의 첫 번째 환자는 해당 지역을 방문한 적이 없었다고 증언했다. 연구자들은 그녀가 당시 생물학 비밀 실험 기지로 사용되었던 Vozrozhdeniye섬을 지나는 과정에서 공기 중 실험 살포된 두창에 노출되었을 것으로 추정했는데, 당시 연구선의 막내로서 대부분의 시간을 갑판에서 보내며 해양 샘플을 채취해 분석했던 유일한 선원이었고, 연구선에서 유일하게 두창에 노출되었던 환자였기 때문이다. 두 번째, 175명이 발생해서 35명이 사망(20%)했던 1972년의 유고슬라비아 두창 발생과 비교했을 때 10명 중 3명이 사망한 아랄스크 사건은 치사율면에서는 크게 차이가 없었다. 하지만, 사망 원인을 비교해보았을 때, 유고슬라비아 유행에서는 병독성이 강한 출혈성 두창 사망률은 2.8%(5/175명), 인도 마드라스의 사망률은 2.2%이었던데 반면, 아랄스크의 사망자 모두는 출혈성 두창으로 사망해 30%(3/10명)에 달했다. 아랄스크 두창의 임상증상이 상대적으로 심각했으며 병독성이 높았다. 세 번째, 백신 접종자에서의 두창 발생률이 의외로 많았다. 당시 다른 두창 유행에서, 백신 접종 상태에서 두창에 이환된 환자가 백신 접종 상태의 접촉자들에게 바이러스를 전파시켜 두창을 일으키는 비율은 약 2.1% 정도였지만 아랄스크 사건에서는 12%에 달했다. 실제, 성인 두창 환자 6명 중 5명이 두창 백신 접종 상태였다.

소련은 체계적이고 발 빠르게 대처했다. 감시 시스템을 강화하고, 집집마다 전화를 걸어 역학조사와 접촉자 조사를 실시함과 동시에 환자 치료를 위한 격리병상 및 격리구역을 설정했다. 해당 지역을 두창 유행 지역으로 선포한 후 경찰력을 동원한 검역 및 재정지원을 통한 대응 체계를 강화했다. 기차역, 항만, 공항에는 백신 센터를 설치해 백신증명서가 없는 승차(승선)하지 못하도록 하는가 하면 대규모 두창 백신 접종에 들어갔다. 접종시작 후 일주일 간 인구 대다수에 해당하는 약 4만 여명이상이 백신을 접종받아 더 이상의 사상자 발생은 막을 수 있었는데, 이는 두창 바이러스의 병독성이 높다고 하더라도 두창백신 접종이 두창으로부터의 피해를 최소화할 수 있는 유일하고도 가장 효과적인 방법일 수 있다는 점을 의미한다. 또한 집집마다 전화를 걸어 철저한 역학조사를 실시하고 공권력을 동원한 검역과 백신 접종 전략 수립, 일시적 의료체계 개편 등을 통한 환자 격리와 치료는 두창과 같이 병독성이 강한 감염병 관리에 있어 종합적이고 체계적인 감염병 관리 접근이 가장 유효한 관리 전략일 수 있다는 것도 시사한다.(Zelicoff,2003)

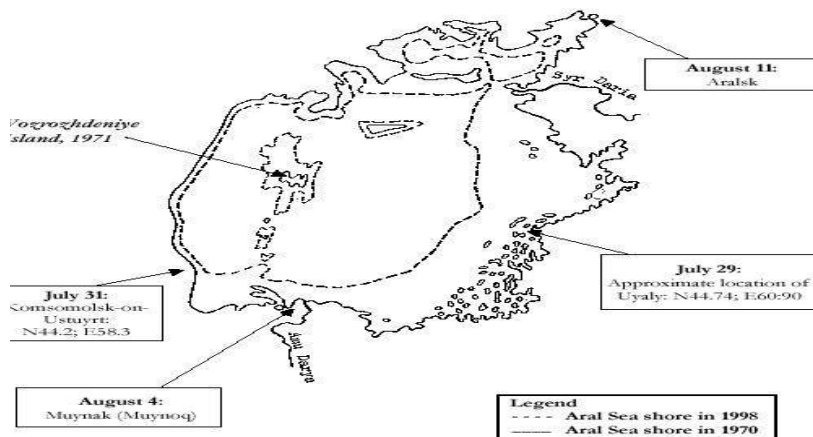


Fig. 4. Voyage of Lev Berg, July-August, 1971(Zelicoff,2003)

2.6. 2001년 미국 탄저테러

2001년 10월부터 11월까지 우편물을 이용한 탄저테러가 발생하여 총 22명의 탄저환자가 발생하였다. 이들 중 11명(50%)은 흡입탄저였으며, 11명(50%)는 피부탄저환자였다. 총 22명의 환자 중 5명의 사망자가 발생하였는데, 모두 흡입탄저 환자들이었다. 피부탄저와 흡입탄저사례를 모두 고려한 Case Fatality Ratio는 22.7% 이었고 흡입탄저환자만을 고려한 CFR은 45%이었다. 일반적인 흡입탄저의 경우, 치사율이 75%를 초과하는데 반해 2001년 탄저테러의 경우 45% 라는 비교적 낮은 CFR, 즉, 상대적으로 높은 생존율을 나타내었다. 이러한 현상의 이유로는 상대적으로 소규모의 흡입탄저환자가 발생했기 때문에 집중치료병상(Intensive Care Unit, ICU)을 가용할 수 있었기 때문이라는 시각이 일반적이다. 평균 잠복기는 4.5일로서 탄저관련 기존의 역학적 사례들과 일치하였다. 우편물형태의 탄저공격을 받은 대상은 American Media Inc.(AMI), National Broadcasting Company(NBC), Columbia Broadcasting Company(CBS)등 언론사와 Tom Daschle, Patrick Leahy 상원의원들로서 유명인사들에게 테러를 가하여 사회적 공포를 극대화시키고자하는 배후세력의 의도를 확인할 수 있다. 22명의 총 탄저환자 중 55%에 해당하는 12명이 우체국직원이었으며, 언론사직원이 6명으로 27%, 기타 직군이 4명으로 18%를 차지하여 직군별로는 우체국직원들이 탄저테러로 인해 가장 큰 피해를 입었다. 총 4통의 탄저균이 들어있는 우편물이 수거되었고 9월 18일과 10월 9일에 각각 2차례에 걸쳐 송부된 것으로 파악되었다. 수거된 우편물에서 발견된 탄저균들은 penicillin, amoxicillin, ciprofloxacin, doxycycline, chloramphenicol, tetracycline, 등 다양한 항생제에 대해 감수성을 나타내는 것으로 실험결과 확인되었다. 우편물에는 탄저균과 함께 메시지가 동봉되어 있었다. "09-11-01... This is next...Take penicillin now...", "09-11-01...You can not stop us. We have this anthrax. You die now" 등의 위협 메시지가 있었다. 이러한 위협 메시지는 수령인과 대중에게 공포심을 조장하는 효과가 있었지만, 우편물에 동봉된 백색가루가 탄저균이고 항생제를 투약을 유도하는 정보를 제공하여 인명살상을 최소화시킨 방식이라는 측면도 존재한다. 메시지에서 투약 받으라고 언급된 penicillin도 사용된 탄저균에 실제 효과적이었던 것으로 나타나 대량살상을 유도한 것이 아니라는 주장을 더욱 뒷받침한다.(Jernigan, 2002)

피부탄저환자들은 탄저균 우편물을 수령한 기관의 직원들에게서 발생된 반면, 흡입탄저환자들은 주로 우편물집중국의 직원들에게서 발생되었다. Hamilton Postal Facility, Brentwood Postal Facility 등 탄저에 오염된 우편물이 거쳐간 우편물집중국 내에서 채취된 환경검체에서 탄저균 양성이 나타났고 특히, 고속 우편물분류장치(high speed sorter) 주변에서 오염이 집중된 것을 확인할 수 있었다. 이는 탄저균이 들어있는 우편물이 공기압을 이용하여 우편물을 분류하는 장비인 high speed sorter를 거치면서 공기 압력을 받아 내부에 있던 탄저균이 외부로 비산되었다는 것을 의미한다.

비교적 소규모 공격형태으로 간주될 수 있는 우편물 탄저테러를 통해 32,000명 정도의 잠재적노출자들이 예방적 항생제 투약을 받았다. 예방적 항생제 투약을 받은 집단은 흡입탄저환자가 발생했던 시설에 있던 모든 인원들, 탄저에 오염된 우편물이 지나간 경로에 있던 시설들 중 환경검체에서 탄저균 양성이 확인된 시설의 모든 인원들, 그리고 우편물을 개봉해서 탄저균오염이 발생한 공간에 있던 모든 인원들이었다.(Jernigan, 2002) 다수의 잠재적노출자들에서 채취한 비강검체에서 탄저양성이 확인되었으나, 예방적 항생제 투약을 시작한 이후 추가적인 탄저환자가 발생하지 않았기 때문에 예방적 항생제투약 조치가 효과적이었다고 판단된다.

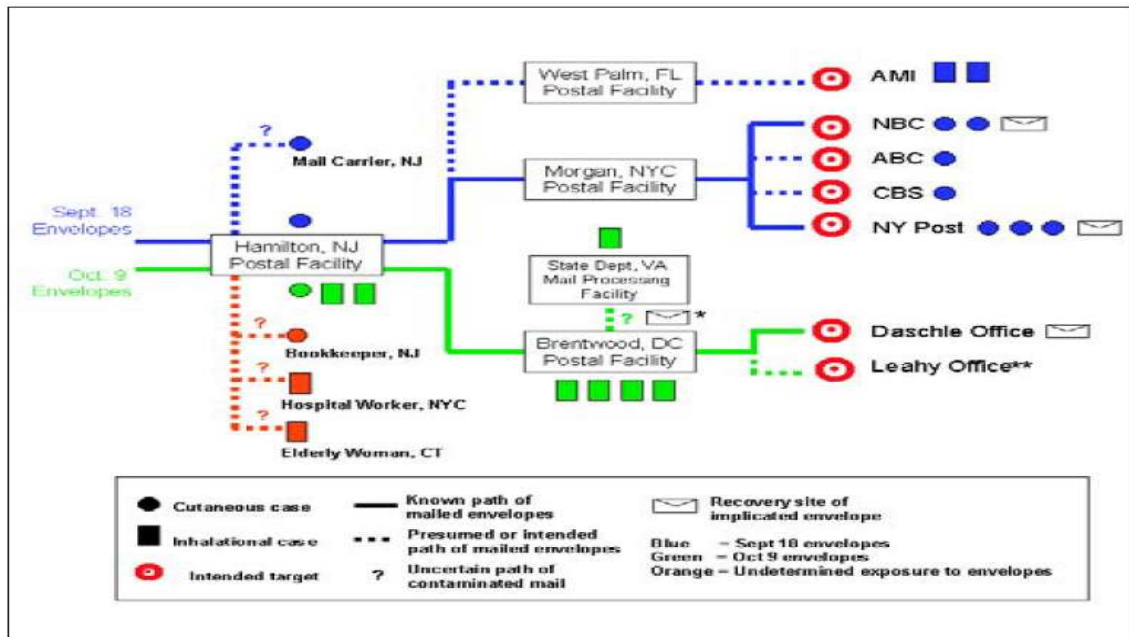


Fig. 6. Cases of anthrax associated with mailed paths of implicated envelopes and intended target site(Jernigan,2002)

(NY: New York; NBC, National Broadcasting Company; AMI, American Media Inc.; USPS, United States Postal Service; CBS, Columbia Broadcasting System. *Envelope addressed to Senator Leahy, found unopened on November 16, 2001, in a barrel of unopened mail sent to Capital Hill, **dotted line indicates intended path of envelope addressed to Senator Leahy)

2.7. 생물무기관련 사례의 특성 및 보건대응체계

위에서 언급된 미국 생물무기확산시험 결과와 실제사례들을 종합해보면 다음과 같다. 첫째, 생물작용제는 은닉살포되어 생물테러상황을 즉시 인지하지 못할 가능성이 높다. 무기화된 비병원성세균을 살포했던 미국의 확산실험사례와 스벨드롭스크 탄저유출사례들을 통해 알수 있듯이 생물작용제의 무색, 무미, 무취한 특성때문에 노출된 지역주민들은 당시 이러한 공격사실을 인지하지 못했다. 물론 2001년 탄저테러의 경우에는 우편물에 동봉된 편지메시지와 백색가루라는 물질이 육안으로 확인됨으로서 본인들이 탄저공격받은 사실을 즉시인지하였다. 하지만 이러한 사례만으로 향후 발생할 수 있는 생물테러가 육안으로 즉시 식별되는 형태의 공격이 될 것이라는 기대는 지나친 긍정이라고 할 수 있다. 2001년 탄저테러에 대해 많은 전문가들은 대량살상이 아닌 사회적 공포를 조장하는 것이 목표였다고 판단하고 있다. 그러한 이유로 확산력이 높다는 생물작용제의 특성에도 불구하고 확산력을 최소화시킨 공격형태인 우편물전달방식을 선택했다는 사실과 동봉된 편지에 미상의 백색가루가 탄저균이며, 페니실린을 투약받으라는 내용을 명시함으로써 피해자가 신속한 예방조치를 받게 하였다는 점은 사회적 공포심을 유발시키되 인명피해를 최소화시키는 의도가 있었다는 근거이기도 하다. 하지만 향후 발생할 수도 있는 생물테러에서 범인 또는 배후세력이 은밀히 공격할 수 있다는 생물테러의 이점을 활용하지 않으리라는 보장은 없다.

둘째 생물작용제가 무기화되었다면 광범위한 확산이 가능하여 동시에 수많은 사람들을 감염시킬 수 있을 것이다. 스벨드롭스크 탄저유출사례에서 확인된 바와 같이 폐탄저환자가 발생한 지역의 범위는 유출원으로부터 직선으로 4km 까지 확장되었으며, 탄저병로 인한 가축의 집단폐사는 50 km까지 확장되어 있었다. 이는 무기화된 생물작용제로 개방공간, 즉 대기중으로 광범위한 확산을 일으켜 다수의 감염자를 발생시킬 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 공격이외에도 지하철, 쇼핑센터 등 다중이용시설에 대한 시설내부공격이 가능하다는 것이 미국 생물무기개발프로그램 당시 수행된 확산실험을 통해 입증되기도 하였다. 이러한 공격을 통해 수만에서 수십만, 혹은 수백만의 감염자가 동시다발적으로 발생하게

되면 의료시스템에게는 기존의 환자수용역량을 초과하는 막대한 부담으로서 작용하게 될 것이다.

셋째 탄저, 페스트, 두창 등 생물테러에 사용되는 병원체들은 감염될시 높은 치사율을 보이는 특성이 있다. 특히 생물무기관련 특성에 관한 자료들과 스펀드롭스크 탄저사례, 아랄스크 두창발생, 2001년 탄저테러 등 생물무기관련 역사적사례에서 발견한바와 같이 대기 또는 공간으로 확산된 생물작용제는 흡입에 의한 호흡기 노출을 일으키게 되고, 이러한 경로로 발생된 감염은 기존의 피부나 위장관계 노출을 통해 발생하는 감염보다 치사율이 훨씬 높게 나타난다. 결국 생물테러가 발생하여 호흡기계 노출로 인한 감염이 일어나게되고 신속한 예방적 치료가 이루어지지 않는다면 대부분의 노출자들은 중증질환을 겪고 사망에 이를 가능성이 높은 것이다.

생물테러 발생시 인명피해를 최소화하기위해서 다양한 영역에서의 보건시스템이 원활히 작동해야하지만, 이중에서도 가장 중요한 요소들은 생물테러에 의한 질병발생을 조기에 탐지할 수 있는 감시체계, 병원체 확인을 위한 진단체계, 생물작용제에 노출된 잠재적노출집단(potentially exposed population)을 신속하고 정확하게 규명할 수 있는 역학조사 시스템, 잠재적노출집단을 대상으로 병목현상없이 집단예방조치를 취할수 있는 의약품분배체계이라 할 수 있다. 이러한 요소를 간략하게 “탐지(detect), 규명(decide), 분배(distribute), 투약·접종(dispense)”이라고 부르기도 한다.

생물테러가 발생할 경우 이러한 테러상황을 신속히 인지하는 것은 매우 중요하다. 잠재적으로 노출되었으나 잠복기내에 있는 감염자들을 신속히 확인함으로써 이들에 대한 예방조치를 취할수 있도록 할 수있다. 대량의 노출자를 발생시킬수 있는 생물테러상황에서 일반적인 면역을 가진 인원들이 증상을 발현시키는 시점까지 아무런 조치를 취하지 않아 예방적 치료가 효과적인 시기 즉 “window of opportunity”를 놓치게 되면, 이들에게 치료를 제공한다고 하여도 이들이 생존할 가능성은 상당히 낮아질 수 밖에 없다. 동물질병감시와 응급실의 환자증후군 감시는 생물테러 발생을 신속히 탐지하는데 매우 효과적이라고 할 수 있다. 생물무기로 가공된 질병의 80% 이상이 인수공통감염병에 해당된다. 소, 양 등의 가축들은 생물무기에 노출되면 사람에 비하여 더 취약한 것으로 알려져 있으며, 이는 스펀드롭스크 탄저유출사례에서도 잘 나타난다. 탄저환자는 유출시설로부터 4km이내 존재하였던 반면, 탄저균로 인한 가축의 폐사사례는 50 km 이상 확장되어있어 사람의 감염도스보다 상당히 낮은 도스에서도 가축들은 감염되는 것으로 나타났다.(Neo,2017) 생물테러가 발생하면 사람에게 증상을 발현시기에 앞서 동물이 먼저 증상을 드러낼 것이기 때문에 집단폐사를 포함한 동물질병감시체계(animal surveillance)를 강화함으로써 생물테러를 조기탐지할 수 있다.

동물에서 이러한 이상징후를 발견하지 못하게되었을 경우, 사람에게 증상이 나타나면서 상황을 인지할 가능성이 높다. 증상의 발현시기와 중증도는 흡입한 병원체의 양, 즉 도스(dose)가 높아지거나 면역체계가 저하되어있다면 더 짧아지고, 더 심각해질 수 있다. 생물테러가 발생하게 되면 생물작용제로 공격한 지점의 병원체 농도가 가장 높을 것이고 거리가 멀어지면서 희석되어 농도는 점점 낮아질 것이다. 만약 피해자가 공격지점에 가까운 곳에 위치해있었다면 공격지점에서 먼 거리에 있는 사람보다 고농도로 노출되어 더 많은 양의 병원체를 흡입하였을 가능성이 높다. 이러한 차이로 공격지점에 있던 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비하여 더 증상을 빨리 발현하고 더 높은 중증도를 나타낼 것으로 예상된다. 이와 더불어 면역수준이 잠복기와 중증도에 영향을 줄수 있다. HIV/AIDS 환자, 전신성 암환자, 장기이식환자 등 면역저하자들은 일반적인 면역수준을 지닌 사람들에 비해 같은 양의 병원체에 노출되었다고 하더라도 증상을 더 일찍 발현시키고 질병의 중증도도 상대적으로 높을 것으로 예측된다. 생물테러가 발생하게 되면 생물학적 공격지점에서 가까이 위치해있어 더 높은 도스에 노출된 인원과 상대적으로 면역이 저하된 사람들에게서 먼저 증상이 발현될 가능성이 높다. 이들의 생존가능성을 높이고 잠복기에 있는 다수의 노출자들의 생존을 보장하기 위해서는 생물공격에 대한 조기탐지(early detection)가 필수적이라 할 수 있다. 증후군감시체계를 통해 환자발생추이를 실시간으로 모니터링하고 이상징후를 예민(sensitive)하게 탐지함으로써 보건대응을 신속히 시작하는 것이 생물테러에 대한 성공적 대응의 첫단추라고 할 수 있다. 생물테러상황을 신속히 탐지할 수 있다면 보건당국은 생물작용제에 노출되었으나 아직 증상을 발현하지 않은 다수의 잠재적노출자들에 대한 예방조치를 취할 수 있어 그들의 생존을 보장할 수 있게 된다.

환자들에게서 채취한 임상검체와 공격받은 지역에서 채취한 환경검체들을 적절한 생물안전시스템과 전문역량이 갖추어진 실험실에서 검사를 수행하여 최종확진하도록 해야한다. 현재 대한민국에는 최고등급의 생물안전연구 시설인 생물안전 4등급 연구시설이 구축되고 운영되고 있어, 에볼라바이러스병(Ebola), 마버그열(Marburg), 라싸열(Lassa fever) 등 출혈열바이러스를 포함한 고위험병원체들에 대한 확진이 가능하다. 이와더불어 질병관리본부와

보건환경연구원, 보건소 및 의료기관이 참여하는 실험실대응네트워크를 구축하고 등급별 검사프로토콜과 전문지식을 공유하여 국가적인 생물테러감염병 병원체 진단역량을 확보하고 있다.

동물질병감시체계, 응급실 증후군감시체계, 의심환자보고 등을 통해 생물테러 발생징후를 파악하였다면 잠재적 노출자(potentially exposed population)를 규명하여야 한다. 잠재적 노출자규명은 신속하고 정확한 역학조사를 통해 가능하며, 생물작용제의 특성과 생물공격방식에 대한 분석이 함께 이루어져야 한다. 역학조사를 통해 생물작용제 종류, 공격시점, 공격장소와 오염범위, 공격형태 등 노출자 규명에 필요한 핵심사항들을 파악하여야한다. 역학조사를 통해 파악된 사항들은 공격추정지점에 대한 면밀한 환경위해성평가를 통해 최종적으로 확인(confirm)할 수 있어야 한다. 생물테러는 보건학적 사건인 동시에 범죄사건이기도 하기 때문에 수사기관은 현장 증거수집과 피해자면담 등을 통해 공격배후세력(개인일 경우 범인)을 추적하여 법을 집행하는 역할을 수행한다. 보건기관과 수사기관의 정보공유가 원활히 이루어진다면 사건의 실체를 파악하는데 도움이 되고 잠재적 노출자를 파악하는데 정확성과 신속성을 높일 수 있다. 만약 보건기관과 수사기관의 유기적 협력대응이 이루어지지 않아 정황파악과 노출자 규명이 지연될 경우 잠복기에 있는 다수의 노출자들이 증상발현시점까지 도달하여 예방적 치료기간(window of opportunity, window of prophylaxis)을 소비하게 되고 그들의 생존 보장할 수 없게 된다.

응급실 증후군감시체계를 통해 생물테러 발생사실을 조기에 인지하고, 역학조사와 범죄수사를 유관기관 간 협력하에 효율적으로 수행하여 잠재적 노출집단(potentially exposed population)을 규명하였다면, 이들에 대한 집단예방조치가 이루어질 수 있도록 인적, 물적자원을 동원하여 효율적으로 대응하여야 할 것이다. 생물테러에 사용된 병원체가 탄저균, 페스트균, 야토균이라면 비축된 경구 투여용 항생제를, 병원체가 두창바이러스라면 백신을 대량 불출하는데 이를 국가전략비축물자라고 일컫는다. 확산력이 높은 생물무기의 특성상 생물테러가 발생하게 되면 시, 도 단위의 광범위한 범위에 환자 및 노출자들이 분포할 가능성이 높다. 잠재적 노출자들에 대한 생존을 보장하기 위해서는 증상 발현 전 예방조치가 이루어질수있도록 효율적인 자원운용대책이 필요하다. 비축장소로부터 지역보건담당기관까지 안전하게 의약품을 이송시키고, 지역보건기관까지 이송된 의약품을 피해지역내 인원들에게 효율적으로 투약 또는 접종될 수 있도록 집단투약(백신접종)센터를 운영하는 것이 필요하다. 장소에 대한 규정은 없으나, 대규모의 인원들이 신속하게 예방조치를 받을 수 있도록 백신(항생제)보관실, 교육상담실, 스크리닝실, 접종(투약)실을 건물내부에 설치할 수 있고 건물외부에는 주차공간이 충분한 시설로 지정하는 것이 이상적이다. 초·중·고등학교와 대형체육관 등이 이러한 집단예방센터로서의 조건을 충족하고 있다.(CDC,2014) 적합한 조건을 갖춘 시설을 지정한 후에는 대규모 백신접종 또는 항생제투약 등의 예방조치가 이루어 질 수 있도록 의료인(의사, 간호사, 간호조무사 등)과 의약품 관리, 보고 등을 수행할 행정인력, 시설의 보안유지와 주차공간 확보 등을 수행할 수 있는 보안인력 및 자원봉사인력이 필요하다. 생물테러가 발생한 후 인적자원을 동원하는 것이 어려운 것으로 예측되기 때문에 유휴 의료인력 확보와 자원봉사인력에 대한 사전확보가 중요하다고 할 수 있다.

3. 결론

국제사회의 정치적 불안정성 가중과 테러집단의 팽창, 생명과학의 진보에 따른 이중사용(dual use) 위험증가 등으로 생물테러의 발생가능성은 점차 높아질 것으로 판단된다. 만약 생물테러가 발생하게 되면 사회적 공포심과 상당한 인명피해가 일어날뿐만 아니라, 보건의료체계에 막대한 부담을 발생시킬 것으로 예상된다. 이러한 생물학적 위협을 최소화하고, 생물테러 발생 시 사회적 피해를 최소화하기 위해서는 보건기관과 수사(정보)기관을 포함한 유관기관 간 대응 절차를 더욱 명확히 하고, 협력체계를 발전시켜 합동대응역량을 강화해야한다. 이와 더불어 보건기관은 “탐지, 규명, 분배, 투약·접종”으로 대표되는 공중보건 위기대응 역량을 지속적으로 강화해나가야 한다. 이러한 노력을 통해 생물테러 위협에 성공적으로 대응하기 할 수 있을 것이다.

References

- Alibek, Ken (2000) *Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World-Told from inside by the Man Who Ran It*, Random house.
- Alibek, Ken., Dashiell, Thomas R., Dwyer, Adrian (2005) *Jane's Chem-Bio Handbook 3rd edition.*, Jane's Information Group
- Croddy, Eric., Perez-Armendariz, Clarisa., Hart, John (2001) *Chemical and Biological Warfare; A Comprehensive Survey for the Concerned Citizen.*, Copernicus Books.
- DiNardi, R Salvatore (2003) *The Occupational Environment: Its Evaluation, Control, and Management 2nd Edition*, APHA, 210-211
- Heymann, D. L. (2015). *Control of communicable diseases manual (No. Ed. 20)*. American Public Health Association.
- Jernigan, Danie., Raghunathan Pratima, Bell, Beth., etc, (2002) *Investigation of Bioterrorism-Related Anthrax, United States, 2001:Epidemiologic Findings*, *Emerging Infectious Disease* Vol.8, No10.
- Korea Centers for Disease Control & Prevention, Ministry of Health and Welfare(2016) *Bioterrorism Preparedness and Response quideline*
- Layne, Scott, Beugelsdijk, Tony, Patel, Kumar N., (2001) *Firepower in the Lab: Automation in the Fight Against Infectious Diseases and Bioterrorism*, Joseph Henry Press
- Meselson, Mattew., Guillemin, Jeanne., etc. (1994) *The Sverdlovsk Anthrax Outbreak of 1979*, *Science*, Vol.266
- Neo, Jacqueline Pei Shan., Tan, Boon Huan (2017) *The use of animals as a surveillance tool for monitoring environmental health hazards, human health hazards and bioterrorism*, *Veterinary Microbiology* 203(2017) 40-48
- U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, (2009), *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*
- U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, (2014), *Receiving, Distributing, and Dispensing Strategic National Stockpile Assets: A Guide to Preparedness*, Version 11
- Wang, Soon Joo., Byun, Hyun Joo., *Disater and Safety Response Management on the Bioterrorism and Biological War*, *Journal of The Korean Society of Diaster Information*, Vol.3 No.2 December 2007
- World Health Organization (2004) *Public Health response to biological and chemical weapons: WHO guidance*
- Zelicoff, Alan P.,(2003) *An Epidemiological Analysis of the 1971 Smallpox Outbreak in Aralsk, Kazakhstan.*, *Crit. Rev Microbiol.* 2003;29(2);97-108