

论著 文章编号:1004-9231(2021)07-0605-07

· 卫生应急与灾害救援 ·

基于公共卫生视角的生物因子安全风险评估

张放,徐方,陆殷昊,黄晓燕,陈蓉
上海市疾病预防控制中心,上海200336

摘要:

【目的】从公共卫生视角评估各类生物安全风险,为各地防疫部门制订多样化的防疫策略及高效率的资源配置方案提供理论依据。**【方法】**全球范围搜集整理可能对人使用的病原微生物信息,挑选并组建具有相关资质和背景的公共卫生专家团队,使用德尔菲法向专家组进行多轮咨询。根据专家评价结果与可信度检验,从致死率、生物因子安全事件实施容易程度、短期发生可能性、长期发生可能性、救助难度、早期发现可能性和公共卫生系统处置能力7个维度,形成对各类病原微生物安全风险的一致性评价。**【结果】**专家整体意见趋向一致,结果可信;炭疽芽孢杆菌的威胁风险综合得分最高,远高于第二、三名的肉毒杆菌毒素和鼠疫耶尔森菌,在各考察方面均需重点盯防;出血热家族的多类病毒均有较高的风险。**【结论】**基于公共卫生视角,可以合理对生物安全风险进行评估;具有人畜共患特征和潜伏期较长的病原微生物较难在环境中提前检测到,具有较高威胁风险;公共卫生资源匮乏地区的防疫策略制定尤需关注高危生物安全事件的发生。

关键词: 生物安全; 公共卫生; 德尔菲法; 病原微生物; 风险评估

中图分类号: R1;E931

文献标志码: A

DOI: 10.19428/j.cnki.sjpm.2021.20972

引用格式: 张放,徐方,陆殷昊,等.基于公共卫生视角的生物因子安全风险评估[J].上海预防医学,2021,33(7):605-611.

Biosafety risk assessment based on the perspective of public health

ZHANG Fang, XU Fang, LU Yin-hao, HUANG Xiao-yan, CHEN Rong

Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China

Abstract: **【Objective】** To assess the biosafety risk from a public health perspective and provide scientific evidence for centers for disease control and prevention to formulate diversified strategies and well-organized resource allocation. **【Methods】** Based on the global summary of pathogenic microorganism which might be used against human beings intentionally, we performed a multi-round consultation to the expert team with a scientific background and professional qualification, using a Delphi method. According to the consultation and reliability test, a consistent evaluation was conducted from seven dimensions, including fatality rate, implementation of biosafety-related events, short-term probability, long-term probability, difficulty of rescue, early detection, and response capacity of the public health system. **【Results】** The overall opinions of the experts tended to be consistent. Bacillus anthracis had been scored the highest in the comprehensive biosafety risk, which was much higher than the second (botulinum toxin) and third places (Yersinia pestis), raising a significant public health concern. In addition, multiple hemorrhagic fever viruses had a higher biosafety risk. **【Conclusions】** Based on the perspective of public health, the biosafety risk can be evaluated reasonably. Pathogenic microorganisms with zoonotic characteristics and long incubation periods are more difficult to detect in advance in the environment, posing a higher risk. The formulation of disease control and prevention strategies in public health resource-limited areas warrants particular attention to high-risk biosafety events.

Keywords: biosafety; public health; Delphi method; pathogenic microorganisms; risk assessment

随着科学技术的发展,生物安全逐渐成为各国日益重视的国际安全议题之一,如何预防和应对极端生物安全事件(简称“生物威胁”)的发生成为关注热点。与传统公认的大规模杀伤性武器,如核武器和化学武器相比,病原微生物由于其具有造价相对较低、施放隐蔽、破坏面广、社会影响力大、影响时间长等特点^[1],极有可能成为新一代生物威胁的手段

之一^[2]。2001年造成恶劣影响的美国炭疽邮件事件,虽只有22例感染者和5例死亡者,但有3万多人因此接受预防性治疗,数亿美元用于环境消杀和居民安置,对社会秩序和经济发展造成严重威胁^[3-4]。因此,极端生物安全事件已得到世界范围的广泛重视^[5-7]。诸多研究显示,城市内人群密集的公共区域是应对生物威胁的关键^[8-10],这对我国各城市在重大

【基金项目】 上海市科委项目(20492420100);上海市公共卫生体系建设三年行动计划(2020—2022)优秀人才培养计划(GWV-10.2-YQ52)

【作者简介】 张放,男,硕士,主管医师;研究方向:公共卫生应急管理;E-mail: zhangfang@scdc.sh.cn

【通信作者】 黄晓燕, E-mail: huangxiaoyan@scdc.sh.cn; 陈蓉, E-mail: chenrong@scdc.sh.cn。并列通信作者

活动期间和日常防控工作均提出了更高的要求。

然而,对于众多可能对人造成生物威胁的病原微生物,其传播途径、袭击对象、诊断方法、治疗方式等方面都有较大差异^[2,5],导致在预防监测、现场处置、善后救援、消毒控制等防控措施均需完全不同的工作流程及技术储备需求^[11-13],每一种应对生物威胁的防控策略都将消耗大量的社会经济资源。由此可见,在有限的财务预算和人力资源内,对所有可能的生物威胁进行全面预防、监测和配置应急装备是不现实的,只有针对发生可能性相对较高或造成的破坏无法挽回的生物威胁进行相关技术和设备研究,才能在有限的条件下最大化提升应对生物威胁的防控能力^[12-13]。考虑到“生物安全风险评估”是一个相对主观、涉及领域广泛、业界尚未达成共识的主观命题,本研究使用德尔菲法^[14]作为风险评估方法,从各类生物威胁的杀伤力、传播力、可及性、防控能力等多方面对其进行综合风险评估,选出相对最具威胁性的恐怖袭击病原微生物,提出有针对性的防控建议,并为城市各部门应对生物恐怖袭击防控策略的制定提供理论参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

根据资料查询和专家咨询,本研究共列出48种可能作为对人和生物造成威胁的病原微生物,对象选择依据:①有资料记载的曾被用于生物威胁的病原微生物^[15-17];②《中华人民共和国生物两用品及相关设备和技术出口管制条例》中“生物两用品及相关设备和技术出口管制清单”(2002年制订,2006年进行修订和补充)中所列举的人及人兽共患的细菌、病毒、生物毒素及亚单位共21种^[18];③美国国立变态反应和传染病研究所(NIAID)进行分类的可用于生物威胁的A类和B类病原微生物中数种优先病原体,美国疾病预防控制中心为该清单进行审核发布并提供相应解释^[19];④2006年WHO大会第60/288号决议上通过的《全球反恐战略》中所列举的16种可以作为生物武器使用的病原微生物^[20];⑤有官方记载的各国曾经作为生物威胁研究的各类病原微生物。本研究涉及的病原微生物种类及其分类收录情况见表1。

表1 可能作为生物威胁使用的病原微生物

| 编号 | 威胁病原微生物 | 袭击史 | 中国分类 | 美国CDC分类 | WHO目录 | 曾作为生物威胁研究国家 | 编号 | 威胁病原微生物 | 袭击史 | 中国分类 | 美国CDC分类 | WHO目录 | 曾作为生物威胁研究国家 |
|----|------------------|-----|------|---------|-------|-------------------|----|------------------|-----|------|---------|-------|-------------------|
| 1 | 炭疽芽孢杆菌 | 是 | 二类 | A | √ | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 | 13 | 马尔堡病毒 (出血热家族) | — | 二类 | A | √ | — |
| 2 | 肉毒杆菌毒素 | 是 | — | A | √ | 美国、前苏联、伊拉克等 | 14 | 拉沙病毒 (出血热家族) | — | 二类 | A | √ | — |
| 3 | 鼠疫耶尔森菌 | 是 | 一类 | A | √ | 美国、前苏联、日本等 | 15 | 胡宁病毒 (出血热家族) | — | 二类 | A | √ | — |
| 4 | 霍乱弧菌 | — | 一类 | B | √ | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 | 16 | 登革热病毒 | — | 二类 | — | — | — |
| 5 | 天花病毒 | 是 | — | A | √ | — | 17 | 斑疹伤寒 立克次氏体 | — | 二类 | — | — | — |
| 6 | HIV病毒 | — | — | — | — | — | 18 | 脑膜炎双球菌 | — | 三类 | — | — | 日本 |
| 7 | 土拉热弗朗西斯菌(兔热) | — | 二类 | A | √ | 美国、前苏联 | 19 | 链球菌 | — | 三类 | — | — | — |
| 8 | 布鲁氏菌 (人兽共患病) | 疑似 | 二类 | B | — | 美国 | 20 | 淋病奈瑟球菌 | — | 三类 | — | — | — |
| 9 | 麻风杆菌 | — | 二类 | — | — | — | 21 | 结核杆菌 | — | 三类 | — | — | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 |
| 10 | 甲型肝炎病毒 | — | 二类 | — | — | — | 22 | 百日咳杆菌 | — | 三类 | — | — | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 |
| 11 | 狂犬病病毒 | — | 二类 | — | — | — | 23 | 白喉棒状杆菌 | — | 三类 | B | — | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 |
| 12 | 埃博拉病毒 (出血热家族) | — | 二类 | A | √ | — | 24 | 沙门氏菌 | 是 | 三类 | — | √ | 美国、前苏联、伊拉克、日本、英国等 |

续表 1

| 编号 | 威胁病原微生物 | 袭击史 | 中国分类 | 美国CDC分类 | WHO目录 | 曾作为生物威胁研究国家 | 编号 | 威胁病原微生物 | 袭击史 | 中国分类 | 美国CDC分类 | WHO目录 | 曾作为生物威胁研究国家 |
|----|-----------------|-----|------|---------|-------|---------------|----|-----------------|-----|------|---------|-------|-------------|
| 25 | 贝氏科克斯体(Q热) | — | — | B | √ | 美国、前苏联 | 38 | 尼帕病毒 | — | — | B | — | — |
| 26 | 委内瑞拉马脑炎病毒 | — | — | B | √ | 美国 | 39 | 汉坦病毒 | — | — | B | — | — |
| 27 | 东部马脑炎病毒 | — | — | B | — | — | 40 | 新疆-克里米亚出血热病毒 | — | — | B | — | — |
| 28 | 西部马脑炎病毒 | — | — | B | — | — | 41 | 蜱传脑炎病毒 | — | — | B | — | — |
| 29 | 蓖麻毒素 | 是 | — | B | √ | 美国、前苏联、法国、英国等 | 42 | 黄热病毒 | — | — | B | — | — |
| 30 | 鼻疽伯克霍尔德氏菌 | — | — | B | — | 美国、前苏联、日本 | 43 | 多重耐药结核杆菌 | — | — | B | — | — |
| 31 | 类鼻疽伯克霍尔德氏菌(类鼻疽) | — | — | B | — | 美国、前苏联、日本 | 44 | 黄曲霉毒素 | — | — | — | — | 伊拉克 |
| 32 | 产气荚膜梭菌毒素 | — | — | B | — | — | 45 | 小麦黑穗病(作物袭击病毒) | — | — | — | — | 伊拉克 |
| 33 | 金黄色葡萄球菌肠毒素 | 疑似 | — | B | — | 美国 | 46 | 骆驼痘病毒(人种病毒) | — | — | — | — | 伊拉克 |
| 34 | 痢疾志贺菌 | 疑似 | — | B | √ | 日本 | 47 | 苏云金杆菌/枯草杆菌(模拟剂) | — | — | — | — | 伊拉克 |
| 35 | 大肠杆菌O157:H7 | 疑似 | — | B | √ | 日本 | 48 | 其他基因武器 | — | — | — | — | 未知 |
| 37 | 微小隐孢子菌 | — | — | B | — | — | | | | | | | |

【注】—:无相应内容。

1.2 风险评估专家

生物安全风险评估工作涉及到传染病学、公共管理学、微生物学等多门学科交叉知识,要求评估专家具备足够的传染病基本知识、实验室鉴定知识以及现场处置经验和技能。本次参加风险评估的专家均来自上海市疾病预防控制中心,分别从事应急管理、急性传染病防控、消毒感控、病媒防治、细菌检测、病毒检测、艾滋病防治、结核病防治和免疫规划等专业领域工作。专家基本情况见表2,其中高级技术职称10人、中级技术职称3人,评分表采用电子邮件征询的形式。

1.3 方法

1.3.1 德尔菲法 德尔菲法(Delphi method)^[14],又称“专家规定程序调查法”,是一种通过多轮咨询专家意见以汇总群体共识的主观评价与预测方法,因其调查过程和结果的重复性、匿名性、信息反馈可控性和专家意见综合性等特点,起初被用于军事、社会经济发展等领域^[21]。近年来,随着公共卫生领域指标制定与风险评估研究需求的增加,德尔菲法在流行病学疾病防控、食品安全卫生检测、卫生经济学、医疗卫生评价等研究方向均有广泛应用^[22]。该方法咨询专家人数通常不超过20人^[14],首轮问卷

主要以开放式问题组成,要求专家提出自己的评价意见并说明依据;余下各轮则向各专家提供其他专家的上一轮反馈信息,帮助专家修正解释自己的观点。通过逐轮回收问卷并提供反馈,最终将各专家的意见汇总,形成专家组共识,得出调查结论。

针对表1列出的48种可能作为生物威胁使用的病原微生物,本研究在第1轮征询意见过程中,为所有专家提供尽可能详尽的背景材料和相关要求,包括病原基本信息、造成伤害的途径、主要袭击对象、流行病学特征(潜伏期等)、临床诊断方法、治疗及预防药物和疫苗研发情况等。专家结合第1轮反馈的结果进行第2轮独立评价,最终逐轮汇总结果,实现公共卫生视角下量化评估生物安全风险。

1.3.2 咨询结果有效性评价 依据德尔菲法相关研究提供的经验^[23],本研究根据每轮问卷中的专家自评分数,计算得到专家积极性、专家权威性和专家意见集中度3项指标,综合判定每轮咨询结果的有效性。专家积极性通常为本轮问卷回收比例,大于70%可以认为效果很好^[24];专家权威性的计算来自专家自评表,计算公式:

$$C_r = (C_a + C_s) / 2$$

式中: C_r 为专家权威性指数, C_a 和 C_s 分别为判断依

表2 风险评估专家基本情况

| 类别 | 人数 | 百分比(%) |
|-----------|----|--------|
| 文化程度 | | |
| 博士研究生 | 5 | 38.46 |
| 硕士研究生 | 4 | 30.77 |
| 本科 | 4 | 30.77 |
| 大专及以下 | 0 | 0 |
| 职称 | | |
| 正高 | 3 | 23.08 |
| 副高 | 7 | 53.84 |
| 中级 | 3 | 23.08 |
| 初级 | 0 | 0 |
| 无职称 | 0 | 0 |
| 参加工作时间(年) | | |
| <20 | 6 | 46.15 |
| 20~30 | 4 | 30.77 |
| >30 | 3 | 23.08 |
| 专业分布 | | |
| 应急管理 | 2 | 15.38 |
| 急性传染病防控 | 2 | 15.38 |
| 消毒感控 | 1 | 7.69 |
| 病媒防治 | 1 | 7.69 |
| 细菌检测 | 2 | 15.38 |
| 病毒检测 | 2 | 15.38 |
| 艾滋病防治 | 1 | 7.69 |
| 结核病防治 | 1 | 7.69 |
| 免疫规划 | 1 | 7.69 |

据和指标熟悉程度, C_i 大于 0.7 时认为权威性较好; 协调系数表示专家意见集中程度, 取决于专家对各指标评价等级的离差、要素综述和评分人数, 高于 0.5 时认为专家意见趋势较为一致, 可以接受。

1.3.3 建立风险等级评价体系 本研究立足于公共卫生研究视角, 本研究选定 7 个维度对生物威胁风险进行综合评价, 主要分为风险危害因素和风险保护因素两大类, 量表分值为 1~10 分。风险危害因素有 5 个维度: 致死率、生物因子安全事件实施容易程度、短期发生可能性、长期发生可能性和救助难度。其中, 生物因子安全事件实施容易程度主要取决于病原微生物的制备难易程度、隐蔽及运输难度、散播实施难度等; 长短期可能性则需要专家综合考量国际反恐局势等国际环境因素; 救助难度指假定发现疑似生物安全事件时, 对防疫处理工作过程中涉及到的公共卫生、消防管控、公共管理等资

源的需求量。风险保护因素有 2 个维度: 早期发现可能性和公共卫生系统处置能力。前者是指在生物威胁事件的准备期或发生后, 公共卫生系统及时发现并做出防控反应的能力; 后者指发现生物威胁事件后, 公共卫生系统采取事件调查、感染者救治、影响范围控制等举措以防止事件进一步扩大的能力。基于以上 7 个评价维度, 生物威胁风险的综合评分公式如下。

$$P = \frac{Le \times Di \times SP \times LP \times RD}{DP \times PA}$$

式中: P 为威胁风险, Le 为致死率, Di 为生物因子安全事件实施容易程度, SP 为短期发生可能性, LP 为长期发生可能性, RD 为救助难度, DP 为早起发现可能性, PA 为公共卫生系统处理能力。

2 结果

2.1 专家咨询情况

第 1 轮和第 2 轮专家评价分别发放并回收了 13 份问卷, 两轮咨询评价的各指标回收率均为 100%。对于权威系数, 由于第 1 轮咨询充分提供了各专家的反馈意见, 第 2 轮各指标的权威系数均有所提升, 7 个维度均大于 0.7, 可以认为专家评价具备权威性。

协调系数两轮差别较大: 在第 1 轮咨询中, 恐怖袭击事实容易程度、长期发生可能性和救助难度的协调系数较低, 表明各专家在以上 3 个维度上的观点差异相对较大; 第 2 轮咨询的各维度协调系数均大于 0.5, 可以认为各专家在 7 个维度上均达成共识, 所得意见趋向有研究意义和科学价值。由于两轮评分各维度平均结果相差较小, 故无需进行更多轮的反复征询。见表 3。

2.2 风险评估结果

表 4 和表 5 分别为两轮专家评价的结果, 由于篇幅限制, 仅展示前 10 位公认威胁最大的袭击威胁。总体来看(以第 2 轮为主要参考), 炭疽芽孢杆菌(150.77)、肉毒杆菌毒素(110.63)、鼠疫耶尔森菌(72.71)、埃博拉病毒(64.98)和马尔堡病毒(53.96)在两轮评价中均分别处于第 1~5 位, 可以视为在公共卫生领域公认最棘手的生物威胁。

由于病原案例过于稀少, 小麦黑穗病、骆驼痘病毒、苏云金杆菌和其它基因武器在两轮咨询中被

表3 2轮专家评价可靠性评价结果

| 轮次 | 评价指标 | 致死率 | 生物因子安全事件实施容易程度 | 公共卫生系统处置能力 | 事件早期发现能力 | 短期发生可能性 | 长期发生可能性 | 救助难度 | 平均值 |
|-----|--------|------|----------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| 第1轮 | 专家积极系数 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 权威系数 | 0.73 | 0.78 | 0.69 | 0.77 | 0.81 | 0.83 | 0.77 | 0.77 |
| | 协调系数 | 0.76 | 0.49 | 0.58 | 0.68 | 0.66 | 0.61 | 0.59 | 0.62 |
| 第2轮 | 专家积极系数 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 权威系数 | 0.76 | 0.79 | 0.75 | 0.80 | 0.82 | 0.83 | 0.76 | 0.79 |
| | 协调系数 | 0.85 | 0.62 | 0.64 | 0.75 | 0.72 | 0.76 | 0.66 | 0.71 |

多数专家放弃评价,故不再列入评价范围。此外,在两轮评价中,出血热家族(共4类:埃博拉病毒、马尔堡病毒、胡宁病毒、拉沙病毒)凭借较高的致死率、较高的救助难度和相对较低的公共卫生系统处置能力,均位列威胁最高的前15位。

根据风险等级量化标准,炭疽芽孢杆菌的最终

评分(150.77)远高于其它威胁,被判定为发生风险“极高”,要求各地防疫管理部门在装备配置标准和防控策略制订上将炭疽芽孢杆菌作为重点盯防对象。其次是肉毒杆菌毒素(110.63),风险等级被评为“较高”。除前述两者,前10位中其余威胁病原综合得分位于40~80,风险等级为较高或一般。

表4 第1轮专家评分结果

| 位次 | 威胁名称 | 致死率 | 生物因子安全事件实施容易程度 | 公共卫生系统处置能力 | 事件早期发现能力 | 短期发生可能性 | 长期发生可能性 | 救助难度 | 综合评分 | 风险等级 |
|----|--------------|------|----------------|------------|----------|---------|---------|------|--------|------|
| 1 | 炭疽芽孢杆菌 | 8.00 | 8.15 | 8.08 | 6.69 | 3.54 | 5.15 | 7.15 | 157.44 | 极高 |
| 2 | 肉毒杆菌毒素 | 8.23 | 6.62 | 7.46 | 6.46 | 3.08 | 4.62 | 6.92 | 111.03 | 高 |
| 3 | 鼠疫耶尔森菌 | 7.54 | 7.00 | 8.38 | 6.85 | 3.15 | 4.62 | 6.69 | 89.55 | 较高 |
| 4 | 埃博拉病毒(出血热家族) | 8.38 | 6.08 | 7.08 | 6.46 | 2.77 | 3.69 | 7.08 | 80.63 | 较高 |
| 5 | 马尔堡病毒(出血热家族) | 8.15 | 5.77 | 6.08 | 5.54 | 2.23 | 3.15 | 7.08 | 69.59 | 一般 |
| 6 | 胡宁病毒(出血热家族) | 6.92 | 5.69 | 5.92 | 5.23 | 2.23 | 3.00 | 7.08 | 60.24 | 一般 |
| 7 | 拉沙病毒(出血热家族) | 6.92 | 5.69 | 6.00 | 5.31 | 2.23 | 3.00 | 7.08 | 58.61 | 一般 |
| 8 | 天花病毒 | 7.77 | 5.08 | 5.69 | 4.92 | 1.92 | 3.00 | 6.77 | 54.97 | 一般 |
| 9 | 土拉热弗朗西斯菌(兔热) | 5.31 | 6.23 | 6.08 | 4.77 | 2.46 | 3.31 | 5.77 | 53.6 | 一般 |
| 10 | 霍乱弧菌 | 5.08 | 6.92 | 9.08 | 8.08 | 4.08 | 5.15 | 5.31 | 53.47 | 一般 |

表5 第2轮专家评分结果

| 位次 | 威胁名称 | 致死率 | 生物因子安全事件实施容易程度 | 公共卫生系统处置能力 | 事件早期发现能力 | 短期发生可能性 | 长期发生可能性 | 救助难度 | 综合评分 | 风险等级 |
|----|--------------|------|----------------|------------|----------|---------|---------|------|--------|------|
| 1 | 炭疽芽孢杆菌 | 7.63 | 7.50 | 7.50 | 6.88 | 3.75 | 5.00 | 7.25 | 150.77 | 极高 |
| 2 | 肉毒杆菌毒素 | 8.00 | 5.75 | 7.00 | 6.25 | 3.50 | 4.63 | 6.50 | 110.63 | 高 |
| 3 | 鼠疫耶尔森菌 | 7.13 | 6.63 | 8.50 | 7.25 | 3.38 | 4.50 | 6.25 | 72.71 | 较高 |
| 4 | 埃博拉病毒(出血热家族) | 8.38 | 5.50 | 7.00 | 6.63 | 2.63 | 3.63 | 6.88 | 64.98 | 一般 |
| 5 | 马尔堡病毒(出血热家族) | 8.25 | 5.63 | 6.38 | 6.00 | 2.25 | 2.88 | 6.88 | 53.96 | 一般 |
| 6 | 狂犬病病毒 | 9.63 | 4.00 | 7.75 | 7.38 | 3.13 | 3.25 | 7.88 | 53.87 | 一般 |
| 7 | 天花病毒 | 7.75 | 5.13 | 5.25 | 4.88 | 1.88 | 2.63 | 6.75 | 51.56 | 一般 |
| 8 | 多重耐药结核杆菌 | 4.88 | 5.63 | 6.88 | 6.63 | 3.00 | 4.25 | 6.50 | 49.9 | 一般 |
| 9 | 土拉热弗朗西斯菌(兔热) | 4.75 | 6.50 | 5.75 | 4.63 | 2.50 | 3.13 | 5.13 | 46.48 | 一般 |
| 10 | 胡宁病毒(出血热家族) | 6.38 | 5.75 | 6.13 | 5.75 | 2.25 | 2.63 | 6.88 | 42.26 | 一般 |

3 讨论

对生物安全风险进行评价是一个相对复杂而又难以明确的概念,其评价结果受到评价指标与效用对象的影响,并呈现出不同的实际意义。本研究使用的德尔菲法,作为当前较为成熟的评价体系,对于生物安全风险这一模糊概念的评价提供了一定科学意义的评价结果,对该类公共卫生安全问题的解决提供了实证参考。

横向比较评价结果,炭疽芽孢杆菌是公认最棘手的生物威胁,其潜伏期有1~6 d,制备与储存条件简单,生物因子安全事件实施容易程度最高,短期和长期发生可能性也最高,救助难度仅次于狂犬病病毒;与此同时,一旦发生炭疽事件,公共卫生系统很难提前发现并快速采取有效防疫手段,这要求各地防疫管理部门在装备配置标准和防控策略制订上需要将炭疽芽孢杆菌作为最重要的盯防对象。当前国内对于炭疽疫情的研究主要集中在人畜接触导致的小范围传播案例分析^[25-27],但对于人类感染剂量尚无明确定义,在环境中检测炭疽芽孢杆菌仍有一定的难度^[28]。

需要指出,霍乱弧菌作为一种知名度较高且较容易施放的范围性病原微生物,在第2轮被专家排除出威胁程度前10位名单,其原因如下,受社会经济发展限制,我国在改革开放之前经历多次霍乱疫情,基于以往霍乱疫情的处置经验,近几十年来,各地防疫部门已将霍乱弧菌作为常态化防控策略之一^[29],因此研究结果中霍乱弧菌的公共卫生系统处置能力和事件早期发现能力均处于较高水平。此外,美国生物武器计划(United States Biological Weapons Program 1943—1969)^[30-31]中公布研制成功的布病杆菌、Q热病毒、委内瑞拉马脑炎病毒、金黄色葡萄球菌肠毒素这4种病原体的综合威胁程度并未被选入前10位名单。

基于各评价维度的纵向比较,从病种熟悉程度来讲,曾引起过重大疫情事件的“知名”病毒通常也具有较强烈的威胁性,如炭疽、鼠疫、埃博拉等,但出血热家族和肉毒杆菌毒素等同样具有较强威胁性,需要加强公共防疫知识的普及。从发生可能性来讲,炭疽、肉毒杆菌和鼠疫这3类威胁最大的病原生物,在短期和长期内都需要防疫部门密切关注,多

重耐药结核杆菌则需要长期的防疫策略制订中纳入考量。从生物威胁事件实施容易程度来看,炭疽、鼠疫和兔热威胁最大,其人畜共患的传播特点需要各级防疫部门联合其他管理部门共同协作给予重视。从早期发现和事后处置能力来看,天花病毒、兔热和胡宁病毒的潜伏期相对较长,早期较难在环境中被检测出,虽然致死率相对较低,但仍需投入相应的资源准备。目前来看,上述病原在经济发达地区已有较为完善的监测预警和治疗体系,但在经济相对薄弱、医疗公共资源较为匮乏的地区仍会带来较大威胁。

综上所述,本研究使用德尔菲法得到具有权威性和可靠性的生物安全风险评估结果,除炭疽芽孢杆菌在各评价维度均需要防疫部门给予全方位的重视外,其他病原生物需要根据其威胁特征有针对性地制定防控策略,做到防疫资源的合理分配。值得注意的是,新型冠状病毒尚未被各国纳入可能造成生物威胁的病原微生物名单中,故未在此次研究中进行讨论。但考虑到新冠病毒表现出的超强传染力和较高杀伤力,尤其是不稳定的潜伏期,存在人携带具有超长潜伏期的毒株潜入目标地区发动生物威胁的可能性。一旦发生,病毒会对当地卫生防疫系统造成巨大冲击,严重威胁社会经济稳定发展,因此本文认为在未来的研究中应将新型冠状病毒纳入考量。同时,本研所得结论仅基于公共卫生视角,要想对于生物安全风险做出更为全面细致的评价,仍需在病原毒理、空间传播、临床治疗、公共管理等方面进行进一步的细化研究;而仅使用德尔菲法对模糊概念进行评价可以视为半定量的初步探索,进一步深入研究可以采用模糊综合评价方法建立科学评价体系、灰色系统理论和因果推断法评估此类难以使用实例验证的复杂生物安全风险问题。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献

- [1] 刘子奎. 生化恐怖主义与冷战后美国防生化武器扩散政策[J]. 世界经济与政治, 2020(7): 35-68.
- [2] 尔东. 你知道人民防空中的“老三防”和“新三防”吗[J]. 生命与灾害, 2020(9): 36-37.

- [3] 孙建娅, 冯国贤, 卫好国. 从美国“炭疽”生物袭击事件浅析公共卫生的重要性[J]. 环境与职业医学, 2003, 20(3): 185-186.
- [4] 王岩, 江智明. 从美国炭疽菌事件谈生物恐怖犯罪的防范与侦查对策[J]. 武汉公安干部学院学报, 2007, 21(1): 38-41.
- [5] 游达. 关于提高生物恐怖事件应急能力的几点建议[J]. 公共卫生与预防医学, 2008, 19(6): 98-99.
- [6] 韩丽丽, 郑良, 齐丽红, 等. 生物恐怖事件及其防范措施浅析[C]//化学发展与公共安全——第三届全国“公共安全领域中的化学问题”学术研讨会. 蓬莱: 中国化学会, 2011.
- [7] 郭瑞章. 生物恐怖事件应急救治[C]//第八届全国中西医结合灾害急救危重病医学学术会议暨创伤脓毒症、中毒救治新进展推广学习班、灾害医学研究进展高级研讨班论文汇编. 大连: 辽宁省中西医结合学会灾害医学专业委员会, 中国中西医结合学会, 中国中西医结合学会灾害医学专业委员会, 2012.
- [8] MCLEISH C. Opening up the secret city of Stepnogorsk: biological weapons in the Former Soviet Union [J]. Area, 2010, 42(1): 60-69.
- [9] BOLONKIN A. Protection of environment from damaged nuclear station and transparent inflatable blanket for cities-protection from radioactive dust and chemical, biological weapons[J]. J Environ Prot, 2011, 2(4): 327-341.
- [10] ROMANOFF L. The US and biological weapons - post WW11-the first three decades [J]. Aust Social, 2020, 26(1).
- [11] 朱毓永, 杨静利, 张莉. 几种“恐怖微生物”的特征与防治[J]. 承德民族师专学报, 2007, 27(2): 60-61.
- [12] 王景林. 生物毒素战剂: 检测识别分子与防治药物[J]. 军事医学, 2011, 35(8): 561-565.
- [13] 万德年. 新世纪生物恐怖的成因及其防治对策[J]. 黄冈职业技术学院学报, 2003, 5(2): 90-92.
- [14] LINSTONE H A, TUROFF M. Delphi: a brief look backward and forward [J]. Technol Forecast Soc Change, 2010, 78(9): 1712-1719.
- [15] 李莹, 王松俊, 张传本. 反生物恐怖袭击防护疫苗的研究进展[J]. 疾病控制杂志, 2008, 12(3): 270-273.
- [16] 孙琳, 杨春华. 美国近年生物恐怖袭击和生物实验室事故及其政策影响[J]. 军事医学, 2017, 41(11): 923-928.
- [17] 马静, 史套兴, 田青, 等. 生物恐怖袭击事件特点及其医学应对处置能力建设[J]. 解放军预防医学杂志, 2008, 26(5): 313-316.
- [18] 中华人民共和国国务院. 生物两用品及相关设备和技术出口管制清单[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2002(32): 6-10.
- [19] PIOMBINO A E. (A169) Strategic national stockpile: American preparedness to a domestic biological attack [J]. Prehosp Disaster Med, 2011, 26(S1): S59.
- [20] 联合国安理会. 联合国全球反恐战略[R]. 2006.
- [21] MARTINO J P. Technological forecasting for decision making[M]. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Inc., 1993.
- [22] 丁晋飞, 谈立峰, 汤在祥, 等. 德尔非法及其在公共卫生领域的应用和展望[J]. 环境与职业医学, 2012, 29(11): 727-730.
- [23] 王兴, 李钦, 周青, 等. 基于德尔非法 HIV/AIDS 中医证候专家问卷分析[J]. 医学信息, 2021, 34(2): 73-77.
- [24] 向芳, 邵月琴, 张一英, 等. 应用德尔非法构建慢性病防控政策评价指标体系[J]. 上海预防医学, 2018, 30(3): 236-240.
- [25] 外力·沙塔尔, 阿斯亚·哈帕尔, 马合木提, 等. 2001—2018年新疆炭疽流行病学特征分析[J]. 疾病预防控制通报, 2020, 35(4): 49-51.
- [26] 张聪, 褚红娜, 李彩云, 等. 2018年河北省承德市一起皮肤炭疽疫情的实验室检测及调查分析[J]. 医学动物防制, 2020, 36(7): 646-648.
- [27] 严冬丽. 一起炭疽疫情病原的实验室检测[J]. 中国地方病防治, 2020, 35(5): 522-523.
- [28] 张玲艳, 宋丽丽, 贾伟娟, 等. 炭疽芽孢杆菌的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(15): 43-47.
- [29] 崔榕. 中华人民共和国成立初期党的重大疫情防控实践及经验研究[J]. 延边大学学报(社会科学版), 2021, 54(1): 5-11.
- [30] 容华. 美国的生物武器计划[J]. 世界研究与开发报导, 1990(2): 117.
- [31] 晋继勇. 全球公共卫生治理中的国际机制分析[D]. 上海: 复旦大学, 2009.

(收稿日期: 2021-03-12; 网络首发: 2021-06-28)

(责编: 洪琪; 校对: 张俊焱, 吴昊)