

국외 감염병 위험도 평가체계의 비교분석

최은미¹ · 우다래^{1,2} · 최영준³ · 예정용⁴ · 박상신^{1,2}

¹서울시립대학교 도시보건대학원, ²서울시립대학교 도시빅데이터융합학과, ³고려대학교 안암병원 소아청소년과, ⁴인천대학교 생명과학기술대학 생명과학부

Comparative Analysis of Risk Assessment Tools for Infectious Diseases

Eunmi Choi¹, Darae Woo^{1,2}, YoungJune Choe³, Jungyong Yeh⁴, Sangshin Park^{1,2}

¹Graduate School of Urban Public Health, University of Seoul; ²Department of Urban Big Data Convergence, University of Seoul; ³Department of Pediatrics, Korea University Anam Hospital, Seoul; ⁴Division of Life Sciences, College of Life Sciences and Bioengineering, Incheon National University, Incheon, Korea

Background: Emerging infectious diseases, such as Middle East respiratory syndrome or coronavirus disease 2019, pose a continuous threat to public health, making a risk assessment necessary for infectious disease control and prevention. Therefore, we aimed to investigate the risk assessment methods for infectious diseases used by major foreign countries and organizations.

Methods: We conducted an investigation and comparative analysis of risk assessment and risk determination methods for infectious diseases. The risk assessment tools included the strategic toolkit for assessing risks, influenza risk assessment tool, pandemic severity assessment framework, and rapid risk assessment methodology.

Results: The most frequently reported risk elements were disease severity, antiviral treatment, attack rate, population immunity, and basic productive ratio. The risk evaluation method was evaluated quantitatively and qualitatively by the stakeholders at each institution. Additionally, the final risk level was visualized in a matrix, framework, and x and y-axis.

Conclusion: Considering the risk assessment tools, the risk element was classified based on the duplicate of each indicator, and risk evaluation and level of risk assessment were analyzed.

Keywords: Emerging communicable diseases; Pandemics; Risk assessment; Risk evaluation

서 론

신종감염병(emerging infectious diseases)은 전 세계적으로 유행이 확산되어 많은 인명 피해와 함께 사회적, 경제적 손실을 발생시켰다 [1]. 2002년 중증급성호흡기증후군(severe acute respiratory syndrome, SARS), 2012년 중동호흡기증후군(Middle East respiratory syndrome, MERS), 2019년 코로나바이러스감염증-19 (coronavirus disease 2019, COVID-19) 등의 감염병은 빠른 시일 내에 전 세계적으로 유행하였다. COVID-19는 2019년 11월 중국에서 최초로 발생한 이후 2022년 7월 1일 기준으로 전 세계 230개국 이상에서 약 6백만 명의 사망자와 약 5억 명 이상의 환자를 발생시켰다[2]. SARS로 인해 전 세계

30여 개국으로 유행하였으며 8,000명 이상이 감염되어 774명이 사망하였고, MERS로 인해 20여 개국에서 1,142명의 환자가 발생하였고, 이 중 465명이 사망하였다[3]. 특히 COVID-19 기간에 한국경제의 연간 국내총생산(gross domestic product) 성장률과 민간소비 성장률은 각각 3.7%, 7% 이상이 하락하였으며, 고용은 약 46만 명이 감소하여 국가의 경기침체를 유발하였다[4]. 또한 SARS는 약 400억 달러 이상, 조류 인플루엔자(influenza A virus [H5N1])는 약 250억 달러 규모의 사회·경제적 손실액이 발생하는 것으로 추산되었다[5].

신종감염병의 대비 및 대응을 위해서는 국가 위기상황을 초래할 가능성이 높은 신종감염병을 인지하고, 신속한 대응체계를 마련해야 한다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 신종 인플

Correspondence to: Sangshin Park
Graduate School of Urban Public Health, University of Seoul, 163 Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02504, Korea

Tel: +82-2-6490-6758, Fax: +82-2-6490-6754, E-mail: dvm.spark@gmail.com

*이 논문은 2022년 질병관리청의 "미래 공중보건위기 대비 위험도 평가 고도화 연구" 보고서 중 국외감염병위험도 평가체계의 내용을 중심으로 비교, 분석하여 작성하였다.

Received: October 6, 2022, Revised: November 30, 2022 Accepted after revision: December 6, 2022

© Korean Academy of Health Policy and Management

© 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.

루엔자 A (influenza A [H1N1]), 에볼라바이러스병(Ebola virus disease, EVD), 지카바이러스병(Zika virus disease), COVID-19 등의 감염병을 국제적 공중보건 비상사태(public health experience of international concern)로 선포하였다[6]. 국제적 공중보건 비상사태는 감염병으로 인해 공중보건에 미치는 영향이 심각한 경우, 사건이 이례적이거나 예상하지 못하는 경우, 국가간 전파위험이 큰 경우, 국제 무역이나 교통을 제한할 위험이 큰 상황에 해당할 때 선포한다[7]. 미국 질병예방통제센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)는 공중보건 비상사태를 대응하기 위해 모든 위험 접근법(all-hazards approach)을 채택하여 감염병 발생으로 인한 공중보건 위기 대응역량을 점검하였다. CDC의 감염병 위기관리체계 중 위험도 평가(risk assessment)는 가장 먼저 수행해야 하는 핵심 역량으로 제시되었다[8].

유럽 질병예방통제센터(European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC)는 공중보건 위협에 우려가 되는 감염병이 발생하였을 때 초기 단계에서 실시하는 신속 위험 평가시스템을 개발하여 대응책을 마련하였다[9]. 위험 평가는 공중보건의 위험수준을 측정하기 위해 지속적으로 정보를 수집하고 평가하는 과정으로 국가의 방역 및 위기대처, 위험조치의 우선순위를 지정하기 위한 근거로 활용한다[10,11]. 또한 평가지표는 위험수준을 평가하는 데 객관적으로 이용되며, 심각한 공중보건 위협의 부정적인 결과를 예방하고 대책을 세우기 위한 기초자료로 활용할 수 있다[7].

국내 감염병의 위기 대응을 위한 선행연구에서는 신종감염병 및 생물테러감염병의 분류체계와 관리체계의 개선방안[12] 및 ECDC의 신속 위험 평가(rapid risk assessment)에 근거하여 국내 유입 가능성이 높은 감염병의 관리 및 대응지침을 개발하는 연구가 주로 수행되었다[13,14]. 신종감염병은 인명 및 사회·경제적 손실을 일으키므로 신종감염병 위기 발생 이전에 감염병의 위험도 평가체계를 구축해야 한다. 그러나 국내 감염병 위험도 평가체계를 확립하기 위한 국외 평가도구의 평가지표 및 평가방법 등을 조사하여 비교한 연구는 다소

미흡하였다. 이에 본 연구는 국외 주요국 및 기관의 감염병 위험도 평가체계를 비교·분석하고 국내 신종감염병 위험도 평가 시에 우선하여 고려할 수 있는 위험도 지표를 제시하고자 하였다.

방 법

본 연구에서는 WHO와 미국, 유럽의 감염병 위험도 평가체계를 기반으로 위험도 평가도구를 비교·분석하였다.

1. 자료수집

국의 감염병 위기 대응을 위한 평가체계는 각 국가의 감염병 관련 공식 홈페이지 및 보고서[15]를 참고하여 공중보건위기 가능성이 높은 감염병을 예방하기 위해 개발된 평가도구를 수집하였다. 평가도구의 선정기준은 평가지표 및 평가방법 등이 공개되어 있으며, 위험수준의 결정방법을 보고한 평가도구이다. 평가도구는 WHO의 Strategic Toolkit for Assessing Risks (STAR) [10], Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment (TIPRA) [16], CDC의 Influenza Risk Assessment Tool (IRAT) [17], Pandemic Severity Assessment Framework (PSAF) [18] 및 ECDC의 rapid risk assessment methodology (RRA) [9]를 포함하였다.

2. 수집된 평가도구의 비교분석

5가지 평가도구에 근거하여 감염병 위험도 평가체계를 평가항목, 평가방법, 위험도 결정방법으로 분류하고 비교·분석하였다(Figure 1). 평가항목은 평가도구에서 위험도 평가지표를 포함하는 상위개념으로 정의 및 빈도를 정리하였다. 평가지표는 평가항목에서 세부 지표를 모두 나열하고, 동일한 키워드 및 유사한 의미를 지닌 지표를 재분류하였다. 평가방법은 평가 주체자 및 질적 평가(증례보고 및 관찰

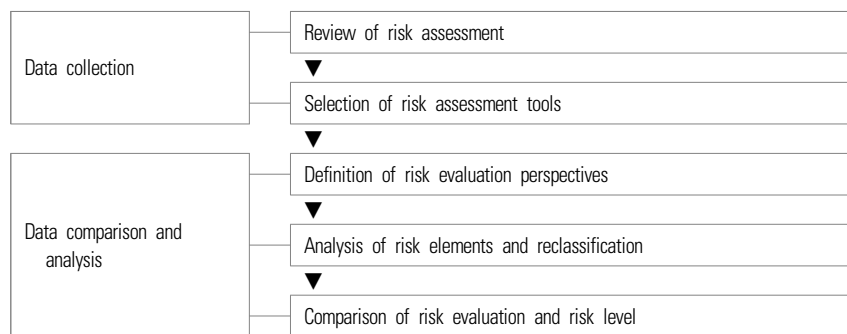


Figure 1. Framework of study methods.

연구 등 제한된 질적 정보를 수집하여 평가), 양적 평가(양적 데이터를 기반으로 위험수준을 점수 등으로 산출)로 구분하여 각 기관의 위험도 평가방법을 비교하였다. 또한 위험도 평가결과를 산출하기 위한 계산방법과 최종 위험수준을 알고리즘, 좌표평면, 매트릭스를 활용하여 시각적으로 표현한 위험도 결정방법을 구분하였다.

결 과

1. 감염병 위험도 평가도구의 개발목적

국의 위험도 평가체계를 조사한 결과, WHO의 STAR, CDC의 PSAF, ECDC의 RRA는 공중보건위험과 관련된 감염병 위험도 평가 체계이고, WHO의 TIPRA, CDC의 IRAT는 인플루엔자 바이러스와 관련된 위험도 평가였다. STAR는 국가, 지방 정부, 도시 및 커뮤니티에서 정성적·참여적·토론기반 접근방식을 사용하여 위험도 평가를 수행하도록 설계된 도구이며, TIPRA는 대유행 가능성이 있는 인플루엔자 바이러스의 위험 평가를 지원하기 위한 도구이다. IRAT은 CDC에서 팬데믹 기간에 공중보건에 영향을 미칠 수 있는 요인을 파악하고자 개발하였다. PSAF는 감염병의 확산 및 심각도를 평가하기 위한 도구로, 감염병의 대응과 관련 연방 및 주, 지역 등에 조치사항을 안내하는 데 사용하였다. RRA는 유럽 연합국 내 시민 및 외부에 거주하는 시민의 감염병에 대한 신속한 위험 평가를 체계적으로 운영하기 위한 도구이다.

2. 감염병 위험도 평가항목

국의 감염병 위험도 평가항목은 6개 항목, 54개의 지표로 도출하였다. 평가항목은 가능성(likelihood, probability), 영향(impact), 응급상황(emergence), 전파력(transmissibility), 임상중증도(clinical severity)로, 평가도구마다 두 가지의 평가항목을 사용하였다. 특히 ‘가능성’과 ‘영향’은 다빈도로 사용되었다. ‘가능성’은 위험 상황이 발생할 예상확

률 또는 가능성이며, ‘영향’은 해당 상황이 발생할 때 나타날 결과의 수준 또는 심각성으로 정의되었다. 평가도구에서 사용된 평가항목의 단어는 다르지만 각 의미는 유사하였다(Table 1).

STAR, TIPRA, IRAT, PSAF, RRA의 평가도구에서 사용된 54개의 평가지표는 다음과 같다(Table 2). WHO의 STAR는 5개의 지표, ECDC의 RRA는 7개 지표, WHO의 TIPRA와 CDC의 IRAT은 각 10개의 지표, CDC의 PSAF 1차는 13개 지표와 2차는 9개 지표로 총 20개의 지표를 사용하였으며, 일부 같은 평가지표가 이용되었다(Table 2). 수집된 54개의 감염병 위험도 평가지표를 유사한 정의 및 특성이 있는 지표를 재분류하여 18개의 평가지표로 구성하였다(Table 3). 18개의 지표 중 질병의 중증도, 취약인구, 수용체 결합, 유전자 관련 인자, 동물에서의 감염, 항바이러스 치료 및 백신, 인구 감염, 인구 면역, 동물의 분포, 발병률, 기초 감염재생산지수는 평가도구에서 중복된 지표로 평가되었다. 특히 4개의 평가도구에서 질병의 중증도가 빈번히 평가되었다.

3. 감염병 위험도 평가방법 및 결정방법

WHO의 STAR는 정부, 공공기관의 부처, 민간기관, 시민사회, 언론, 학술 및 연구기관 등이 감염병 위험도 평가 주체자로 활동하였고, TIPRA는 WHO 협력센터, 동물보건 및 공중보건 연구원, 정책 입안자가 평가자였다. CDC의 IRAT은 인플루엔자 전문가가 인플루엔자 관련 감염병을 판단하였으며, PSAF는 역학자, 공중보건 공무원, 정책 입안자가 감염병 위험도를 평가하였다. ECDC의 RRA는 공중보건, 미생물학자, 감염병 및 기타 질병 전문가가 평가체계에 근거하여 평가하였다(Table 4). STAR, RRA는 질적 평가하였으며, TIPRA, IRAT, PSAF는 질적 평가와 양적 평가를 혼합하여 평가하였다(Table 4). 최종 위험도 결정방법은 알고리즘, 좌표평면, 매트릭스, 프레임워크를 활용하여 가시성을 높였다(Table 5).

각 기관 및 국가의 평가방법 및 결정방법은 다음과 같다. WHO의 STAR는 정부와 이해관계자의 질적 평가를 기반으로 공중보건위험에

Table 1. Risk assessment perspectives by the risk assessment tools

Risk perspectives	Assessment tools					Definition
	STAR	TIPRA	IRAT	PSAF	RRA	
Likelihood	○	○				The probability or potential of an event occurring
Impact	○	○	○		○	Potential severity of human disease caused by the virus as well as burden on society
Emergence			○			Risk of a novel influenza virus acquiring the ability to spread easily and efficiently in people
Transmissibility				○		How easily the pandemic virus spreads from person to person
Clinical severity				○		Clinical severity or how serious is the illness associated with infection
Probability					○	Risk of spread at local, subnational, national, regional, EU, and worldwide levels

STAR, Strategic Toolkit for Assessing Risks [10]; TIPRA, Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment [16]; IRAT, Influenza Risk Assessment Tool [17]; PSAF, Pandemic Severity Assessment Framework [18]; RRA, rapid risk assessment methodology [9]; EU, European Union.

Table 2. Risk elements of risk assessment tools

Organization	Risk assessment tools	Risk elements	
WHO	STAR	Frequency	
		Seasonality	
		Severity	
		Vulnerability	
	TIPRA	Coping capacity	
		Receptor binding properties	
		Genomic characteristics	
		Transmission in animal models	
		Susceptibility to antiviral treatment	
		Human infection	
		Disease severity	
		Population immunity (likelihood)	
		Population immunity (impact)	
		Geographic distribution in animals	
Infections in animals			
CDC	IRAT	Genomic analysis	
		Receptor binding	
		Transmission in animal models	
		Antiviral treatment options	
		Population immunity	
		Disease severity and pathogenesis	
		Antigenic relatedness	
		Global distribution in animals	
		Infections in animals	
		Human infections	
		PSAF 1st	Secondary attack rate, household
			Attack rate, school or university
			Attack rate workplace or community
			RO: basic reproductive number
	Underlying population immunity		
	Emergency department or other outpatient visits for influenza-like illness		
	Virologic characterization		
	Animal models—transmission studies		
	Upper boundary of case-fatality ratio		
	Upper boundary of case-hospitalization ratio		
	Ratio, deaths: hospitalization		
	Virologic characterization		
	Animal models		
	PSAF 2nd		Symptomatic attack rate, community
			Symptomatic attack rate, school
			Symptomatic attack rate, workplace
			Household secondary attack rate, symptomatic
			RO: basic reproductive number
		Peak outpatient visits for influenza-like illness	
		Case-fatality ratio	
		Case-hospitalization ratio	
		Ratio, deaths: hospitalization	
ECDC		RRA	Routes of infection
	Infectivity and infectiousness		
	Susceptible population		
	Transmission		
	Severe disease		
	Reproductive rate		
	Effective treatments and control measures		

WHO, World Health Organization; STAR, Strategic Toolkit for Assessing Risks [10]; TIPRA, Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment [16]; CDC, Centers for Disease Control and Prevention; IRAT, Influenza Risk Assessment Tool [17]; PSAF, Pandemic Severity Assessment Framework [18]; ECDC, European Centre for Disease Prevention and Control; RRA, rapid risk assessment methodology [9].

대한 가능성과 영향의 위험수준을 질적으로 평가하고, 평가결과를 기반으로 매트릭스를 활용하여 매우 낮음, 낮음, 보통, 높음, 매우 높음으로 위험수준을 결정한다. 가능성은 1년 내 공중보건위험이 발생할 확률에 따른 최종 발생 가능성을 평가하며, 영향은 전파력, 취약성, 국가대처능력 등을 취합하여 평가하였다. WHO의 TIPRA는 CDC의 IRAT 평가도구를 모델로 개발되어, 위험도 관련 10가지 지표의 위험 순위를 낮은 위험, 중간 위험, 높음 위험으로 결정한다. 추후 평가항목인 가능성과 영향 항목을 전문가의 우선순위에 따라 가중치를 계산하여 10점 만점으로 최종 위험도를 평가하였다. 최종 위험도 값을 x축(likelihood), y축(impact)에 좌표값을 그래프로 표기하여 위험수준을 추정하였다.

CDC의 PSAF는 전파력과 임상중증도의 평가지표에 대해 차례대로 1차 및 2차 평가를 수행한다. 1차 평가는 이용 가능한 정보를 수집하여 low-moderate 및 moderate-high의 두 단계로 나누어 예비 평가한다. 팬데믹 발생 이후에 더 많은 정보를 수집하여 2차 평가에서 전파력은 5점 척도, 임상중증도는 7점 척도로 평가한 후 프레임워크를 활용하여 과거 유행성 질병 및 다른 감염병과 비교하여 유행 가능성의 위험을 평가한다. IRAT은 관련 10가지 지표의 위험순위를 낮은 위험, 중간 위험, 높음 위험으로 결정한다. IRAT은 영향과 응급상황에 대한 위험지표를 전문가의 우선순위에 따라 가중치를 계산하여 10점 만점으로 최종 위험도를 평가하였다. 최종 위험도 값을 x축(emergence), y축(impact)에 좌표값을 그래프로 표기하여 위험수준을 추정하였다.

ECDC의 RRA는 유럽 내 국민과 유럽 외부 국민의 감염 가능성과 영향에 해당하는 질문의 알고리즘을 이용하여 해당 전문가가 위험 평가를 수행한다. 단계별로 질문이 세부적으로 작성되어 있으며, 알고리즘을 통해 판단하기 때문에 신속하게 위험도를 결정할 수 있다. 최종 위험도 추정은 가능성과 영향의 값을 매트릭스를 이용하여 위험등급을 없음, 매우 낮음, 낮음, 중간, 높음 등으로 평가한다. 전문가의 위험 평가는 근거의 질에 따른 신뢰도 수준(양호, 만족, 불만족)을 고려하여 평가한다.

고 찰

본 연구는 WHO 및 일부 국가에서 개발하고 사용되고 있는 감염병 위험도 평가도구를 수집하고, 감염병 위험도의 평가항목, 평가방법, 위험도 결정방법을 분류하고 비교·분석하였으며 유사한 평가지표를 재구성하였다. 6개의 평가항목(likelihood, probability, impact, emergence, transmissibility, clinical severity)과 54개의 세부 평가지표가 도출

Table 3. Reclassification for all risk elements considered

Risk elements	Risk assessment tools						Frequency
	STAR	TIPRA	IRAT	PSAF		RRA	
				1st	2nd		
Antiviral treatment/vaccine		○	○			○	3
Attack rate (household, school, university, community, workplace)				○	○	○	3
Case-fatality ratio, %				○	○		2
Coping capacity	○						1
Disease severity	○	○	○			○	4
Emergency department or other outpatient visits or case-hospitalization ratio				○	○		2
Frequency	○						1
Genomic characteristics & analysis		○	○				2
Global distribution in animals		○	○				2
Human infection		○	○				2
Infections in animals		○	○	○			3
Population immunity		○	○	○			3
RO: basic reproductive number				○	○	○	3
Receptor binding		○	○				2
Routes of infection						○	1
Seasonality	○						1
Virologic characterization				○			1
Vulnerability/susceptible population	○					○	2

STAR, Strategic Toolkit for Assessing Risks [10]; TIPRA, Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment [16]; IRAT, Influenza Risk Assessment Tool [17]; PSAF, Pandemic Severity Assessment Framework [18]; RRA, rapid risk assessment methodology [9].

Table 4. Comparison of risk evaluation methods

Organization	Risk assessment tools	Stakeholder	Qualitative and quantitative	Evaluation of risk elements
WHO	STAR	Government, ministries and other public institutions, intergovernmental organizations, the private sector, faith-based organizations, civil society, the media, academic and research institutions and voluntary associations	Qualitative evaluation	Likelihood: workshop participants estimated the probability of the hazard occurring in the proposed setting within the next 12 months Impact score: (severity+vulnerability+coping capacity)/3
	TIPRA	WHO collaborating centers, international reference laboratories, animal health and public health researchers, and policy-makers	Qualitative and quantitative evaluation	The weight of element was multiplied by the average risk score, and summed the each value, after that the final score was calculated depends on the likelihood (or emergence) and impact
CDC	IRAT	Influenza subject matter experts	Qualitative and quantitative evaluation	Initial assessment: a dichotomous scale for transmissibility and severity
	PSAF	Epidemiologists, public health officials, and policy makers	Qualitative and quantitative evaluation	Refined assessment: evaluation of clinical severity and transmissibility measures
ECDC	RRA	Public health, microbiology, infectious disease and other disease specific experts or specialists	Qualitative evaluation	Three separate algorithms (probability of infection in the EU, probability of infection of EU citizens outside the EU, and likely impact) were used to assess the risk level. Three separate algorithms (probability of infection in the EU, probability of infection of EU citizens outside the EU, and likely impact) were used to assess the risk level.

WHO, World Health Organization; STAR, Strategic Toolkit for Assessing Risks [10]; TIPRA, Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment [16]; CDC, Centers for Disease Control and Prevention; IRAT, Influenza Risk Assessment Tool [17]; PSAF, Pandemic Severity Assessment Framework [18]; ECDC, European Centre for Disease Prevention and Control; RRA, rapid risk assessment methodology [9]; EU, European Union.

Table 5. Method of determination of the estimated level of risk

Organization	Risk assessment tools	Result of risk evaluation
WHO	STAR	A risk matrix (ranking risks visually on a 5×5 matrix, describing likelihood and impact of the hazard)
	TIPRA	The likelihood was displayed on the x-axis and the impact score on the y-axis.
CDC	IRAT	The emergence was displayed on the x-axis and the impact score on the y-axis.
	PSAF	Initial assessment: a combination of a dichotomous scale for elements of transmissibility and severity results in a framework with four profiles Refined assessment: the clinical severity was displayed on the x-axis and the transmissibility scale value on the y-axis.
ECDC	RRA	Three separate algorithms of risk together with a risk ranking matrix were used to produce an overall risk level.

WHO, World Health Organization; STAR, Strategic Toolkit for Assessing Risks [10]; TIPRA, Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment [16]; CDC, Centers for Disease Control and Prevention; IRAT, Influenza Risk Assessment Tool [17]; PSAF, Pandemic Severity Assessment Framework [18]; ECDC, European Centre for Disease Prevention and Control; RRA, rapid risk assessment methodology [9].

되었으며, 이 중 유사한 지표를 재구성하여 18개의 중복으로 사용된 지표를 정리하였다.

신종감염병의 유행은 사전에 예측하기 어려운 상황으로 신속하고 정확한 위험도 평가를 수행해야 한다. WHO는 국제보건규칙(International Health Regulations)에 근거하여 보건안보 강화를 위해 필요한 기술로 위험 평가(risk assessment)를 제시하였다. 위험 평가는 공공보건 사건에 대한 정보를 수집 및 평가하여 위험수준을 파악하고, 대응하는 것이다[19]. 국내 위험도 평가는 공중보건학적 위기 상황을 초래할 수 있는 사건에 대한 신속한 정보수집을 기반으로 국내 유입 가능성, 전파 가능성 등을 평가하지만, 감염병 위기 경보수준에 대한 평가기준 및 평가방법이 명료하게 제시되지 않았다[20]. 이에 감염병의 확산 방지를 위한 근거 기반의 위험 평가체계는 필수적이며, 다음과 같은 위험 평가방법 및 항목 등을 갖추어야 한다.

첫째, 불확실성을 최소화한 질적 및 양적 위험 평가가 필요하다. WHO 및 일부 국가의 위험도 평가도구에서는 질적 평가(WHO의 STAR, ECDC의 RRA) 또는 질적 평가와 양적 평가를 혼합하여(WHO의 TIPRA, CDC의 IRAT과 PSAF) 감염병 및 기타 질병 관련 전문가, 정책 입안자, 공중보건 공무원 등이 위험 평가를 수행하였다. 질적 평가는 감염병 초기 단계에서 평가할 수 있는 정보가 제한적일 경우 전문가간의 합의된 의견을 기반으로 평가하며[21], 양적 평가는 사용 가능한 정보의 수집이 충분한 경우 과학적인 근거에 따라 평가한다[22]. 양적 평가는 정보수집이 부족한 경우에 위험 상황의 불확실성을 높일 수 있으므로[23], 잠재적인 공중보건위험 질병에 대해 선제적으로 감시체계 운영을 강화하여 정확한 정보를 수집하고 신속한 정보공유시스템이 마련되어야 한다[24,25]. CDC에서는 국가법정감염병 및 인플루엔자(influenza), 사람면역결핍바이러스(human immunodeficiency virus) 등과 같은 감염병에 대해서 감시시스템을 운영하여, 매주 감염병에 대한 발생률, 입원율, 사망률, 백신 등의 정보를 공개하고 있었다[26]. 질적 평가는 전문가의 지식, 현장경험, 전문성 등에 의해서 위험

평가수준에 큰 영향을 미치므로, 위험 질병 및 평가항목에 따른 전문가 범주를 역학, 임상학, 수의학 등 다학제적 전문가를 포함하여 위험 평가의 정확성을 높여야 한다[16].

둘째, 감염병 위험수준을 파악할 수 있는 평가항목을 포함해야 한다. 본 연구에서 다빈도로 조사된 발생 가능성과 영향력은 국내 및 국외 감염병의 위험수준을 파악할 수 있는 평가항목이었다. 국내 감염병의 분류체계 기준 중 1급 감염병은 집단 발생의 가능성과 치명률이 높고 음압 격리가 필요한 감염병으로, 본 연구와 같이 발생 가능성과 치명률과 같은 영향력을 기반으로 감염병의 급수를 마련하였다[27]. 또한 WHO는 감염병 우선순위 선정을 위한 요소로 전파력, 심각도 또는 치사율, 잠재적인 사회적 영향, 의학적 대응책 보유 여부 등의 기준을 제시하여 감염병의 전파 가능성과 사회적 부담 등을 고려하였다[28].

셋째, 감염병 평가항목에 근거한 평가지표를 구성해야 한다. 본 연구에서 STAR, TIPRA, IRAT, PSAF, RRA의 평가도구에서 다빈도로 사용된 평가지표는 질병의 중증도, 기초 감염재생산지수, 항바이러스 치료 및 백신 등이었다. 임상중증도는 질병의 잠재적인 중증도를 나타내는 지표로, 사람 또는 동물에서 전파된 바이러스 감염으로 인한 인간 질병의 심각도를 평가한다[17]. 이 지표는 각 평가도구에서 감염이 확인된 사례의 치명률 및 입원율, 입원한 사람 중의 사망률, 바이러스학적 특성, 동물모델을 포함하는 포괄적인 개념으로 활용되어, 감염병의 중증수준의 추이를 감시할 수 있다[26]. 또한 기초 감염 재생산지수는 전파력을 예측할 수 있는 주요 지표로, 집단 내 감염성이 있는 환자 1명이 감염전파 가능 기간에 전염시키는 기대 사람수로 정의된다. 기초 감염재생산지수는 COVID-19 감염병 출현 시 국가의 방역정책의 효과평가 및 감염전파를 감시하였고, 대규모 유행 확산세의 변동양상을 본 지표를 활용하여 평가하였다[29]. 항바이러스 치료 및 백신은 질병에 대한 치료와 예방접종에 필요한 해독제, 항생제, 백신, 항바이러스제 등의 의약품에 대한 개발 및 이용 가능 여부를 측

정하는 지표이다[30,31]. COVID-19의 국내·외 현황 보고서에서 인구 대비 접종자 비율 및 접종완료자 비율 등의 백신 접종률은 주요 평가항목이었다. 백신은 감염병의 확산을 예방하기 위한 수단으로, 2014년 EVD 대유행의 계기로 유행 가능성이 높은 감염병들에 대한 연구개발의 필요성이 대두되었다. 이에 WHO는 팬데믹 발발 시, 최단기간 내 유효한 백신 및 치료제가 공급될 수 있도록 글로벌 연구개발사업 전략(research and development [R&D] blueprint)을 설립하여, 진단기술, 치료제, 백신의 신속 평가를 위한 R&D 로드맵 개발 등을 중심으로 활동하고 있었다[32,33].

넷째, 감염병 위험도 평가와 분석은 평가항목별로 전문 인력을 채용하고, 감염병 담당 부서의 평가결과에 따른 의사소통 역량이 필수적이다[23]. 대규모 감염병의 확산은 대중의 의료이용 변화에 영향을 미치므로, 발병률, 치명률, 입원율, 사망률 등에 대한 편향 가능성이 높을 수 있다. 국민건강보험공단은 COVID-19의 유행이 시작된 2020년 3월부터 7월까지 감기, 인플루엔자, 폐렴 등의 호흡기 감염환자수가 전년 대비 51.9%가 감소하였고, 매년 증가하였던 고혈압과 당뇨병의 신규환자수 또한 감소하였다고 보고하였다[34]. 이는 감염병 유행 시에 감염병에 대한 염려로 건강검진 및 의료기관의 방문을 기피한 결과로 유추할 수 있어, 평가지표의 결과값은 해석에 유의하여 평가 및 분석해야 한다.

본 연구에서는 WHO, CDC, ECDC에서 발간한 일부의 감염병 위험 평가체계를 비교, 분석하여, 감염병 위험도 평가체계를 구축하는데 있어 한계가 있을 수 있다. 하지만 신종감염병의 위기 대응정책을 수립하기 위한 국외 기관 및 국가의 위험도 평가체계를 고찰하여 위험도 평가에 우선적으로 고려할 수 있는 위험도 지표를 도출하였다는 데 의의가 있다.

이해상충

이 연구는 질병관리청의 지원을 받아 미래 공중보건위기 대비 위험도 평가 고도화 연구(과제번호: 2021-03-05)를 수행하고 결과보고서를 재구성하여 작성하였다. 이외에 이 연구에 미칠 수 있는 기관이나 이해당사자로부터 재정적, 인적 자원을 포함한 일체의 지원을 받은 바 없으며, 연구윤리와 관련된 제반 이해상충이 없음을 선언한다.

감사의 글

본 연구는 질병관리청의 미래 공중보건위기 대비 위험도 평가 고도

화 연구의 일환으로 수행되었으며(과제번호: 2021-03-05), 결과보고서를 재구성하여 작성한 연구이다. 자료 수집과 정리를 도와주신 서울시립대학교 황순열, 현승재 연구원의 기여에 감사를 표한다.

ORCID

Eunmi Choi: <https://orcid.org/0000-0003-2806-7867>;

Darae Woo: <https://orcid.org/0000-0003-4429-3880>;

Youngjune Choe: <https://orcid.org/0000-0003-2733-0715>;

Jungyong Yeh: <https://orcid.org/0000-0002-0939-7783>;

Sangshin Park: <https://orcid.org/0000-0003-2407-0962>

REFERENCES

1. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. Quarantine technology of infection disease [Internet]. Eumseong: Korea Institute of S&T Evaluation and Planning; 2021 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.kistep.re.kr/flexer/view.jsp?FileDir=/board/0031&SystemFileName=202112080927148221.pdf&ftype=pdf&FileName=202112080927148221.pdf>.
2. World Health Organization. WHO coronavirus (COVID-19) dashboard [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://covid19.who.int/>.
3. Lim JH. Humanity and infectious diseases. Health Issue [Internet] 2020 [cited 2022 Jul 5];12:1-7. Available from: <https://repository.hira.or.kr/bitstream/2019.oak/2251/2/%EC%9D%B8%EB%A5%98%EC%99%80%20ED%95%A8%EA%BB%98%20EA%B3%B5%EC%A1%B4%ED%95%B4%20EC%98%A8%20EA%B0%90%EC%97%BC%EB%B3%91.pdf>.
4. Kang DY, Min SH, Park SG. The COVID-19 pandemic phenomenon effect on the Korean economies and industry [Internet]. Sejong: Korea Institute for Industrial Economics and Trade; 2021 [cited 2022 Jul 5]. Available from: https://www.kiet.re.kr/research/issueView?issue_no=747.
5. Lee DE. Domestic and international of infectious diseases preparedness and response [Internet]. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute; 2016 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://www.khidi.or.kr/fileDownload?titleId=159290&fileId=1&fileDownType=C¶mMenuId=MENU02195>.
6. Mullen L, Potter C, Gostin LO, Cicero A, Nuzzo JB. An analysis of

- International Health Regulations Emergency Committees and Public Health Emergency of International Concern Designations. *BMJ Glob Health* 2020;5(6):e002502. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-002502>
7. Wilder-Smith A, Osman S. Public health emergencies of international concern: a historic overview. *J Travel Med* 2020;27(8):taaa227. DOI: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa227>
 8. Tak S. A review of the US public health emergency preparedness in the context of COVID-19. *Glob Soc Secur Rev* 2020;13:5-20.
 9. European Centre for Disease Prevention and Control. Operational tool on rapid risk assessment methodology [Internet]. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2019 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/operational-tool-rapid-risk-assessment-methodology-ecdc-2019.pdf>.
 10. World Health Organization. Strategic toolkit for assessing risks: a comprehensive toolkit for all-hazards health emergency risk assessment [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789240036086>.
 11. Hoffman SJ, Silverberg SL. Delays in global disease outbreak responses: lessons from H1N1, Ebola, and Zika. *Am J Public Health* 2018;108(3):329-333. DOI: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304245>
 12. Korea Centers for Disease Control and Prevention. A study on the reorganization plan for classification system of notifiable infectious diseases [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2016 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201900000567&dbt=TRKO&rn=>.
 13. The Korean Society of Infectious Disease. Guidelines for potential emerging infectious diseases in Korea [Internet]. Seoul: The Korean Society of Infectious Disease; 2018 [cited 2022 Mar 2]. Available from: https://www.ksid.or.kr/file/Guidelines_for_Potential_180405.pdf.
 14. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Development of methodology by epidemiology analysis in emerging & unknown infection diseases [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2016 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201800038021&dbt=TRKO&rn=>.
 15. Korea Disease Control and Prevention Agency. Development of advanced risk assessment for future public health crisis. Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
 16. World Health Organization. Tool for Influenza Pandemic Risk Assessment (TIPRA) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2022 Mar 2]. Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/influenza/tipra_guidance_2nd_edition.pdf?sfvrsn=3a7a4d1_1&download=true.
 17. Centers for Disease Control and Prevention. Influenza Risk Assessment Tool (IRAT) [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2020 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/national-strategy/risk-assessment.htm>.
 18. Centers for Disease Control and Prevention. Pandemic Severity Assessment Framework (PSAF) [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2016 [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/national-strategy/severity-assessment-framework.html>.
 19. World Health Organization. WHO guidance for the use of Annex 2 of the International Health Regulations (2005) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2010 [cited 2022 Mar 2]. [https://www.who.int/publications/m/item/who-guidance-for-the-use-of-annex-2-of-the-international-health-regulations-\(2005\)](https://www.who.int/publications/m/item/who-guidance-for-the-use-of-annex-2-of-the-international-health-regulations-(2005)).
 20. No Y, Lee J, Kim I, Lee J, Shin I, Chu C, et al. Event-based surveillance system and information sharing in the Republic of Korea. *Public Health Wkly Rep* [Internet] 2018 [cited 2022 Nov 29];11(19):603-606. Available from: https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0031&list_no=121017&seq=1.
 21. Goode EJ, Collins S, Hague C, Orford R, Duarte-Davidson R. Rapid public health risk assessments for emerging chemical health threats. In: Duarte-Davidson R, Gaulton T, Wyke S, Collins S, editors. *Chemical health threats: assessing and alerting*. London: The Royal Society of Chemistry; 2019. p. 138-151. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781782623687-00138>
 22. Adlam B. Risk assessment tool (DAISY) for emerging human infectious diseases. Health analysis & information for action (HAIFA) [Internet]. Porirua: Environmental Science and Research Limited; 2012 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://haifa.esr.cri.nz/assets/Uploads/Docs/Disease-Attribute-Intelligence-System-Tool.pdf>.
 23. World Health Organization. Rapid risk assessment of acute public health events [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2012 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://www.who.int/publications/item/rapid-risk-assessment-of-acute-public-health-events>.
 24. Centers for Disease Control and Prevention. Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems; recommendations from the Guidelines Working Group [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2001 [cited 2022 Jul 5].

- Available from: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/13376>.
25. Hong SH, Hwang JH, An MS, Kim YH, Park JG. Event-based surveillance systems in the Republic of Korea by the emergency operations center. *Public Health Wkly Rep* [Internet] 2020 [cited 2022 Jul 5];13(48):3400-3407. Available from: https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0034&list_no=711253&seq=1.
 26. Centers for Disease Control and Prevention. Morbidity and mortality weekly report (MMWR) [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2022 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://www.cdc.gov/mmwr/>.
 27. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Case definitions for national notifiable infectious diseases [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2020 [cited 2022 Jul 5]. Available from: https://kdca.go.kr/upload_comm/syview/doc.html?fn=159365779134600.pdf&rs=/upload_comm/docu/0019/.
 28. World Health Organization. Annual review of diseases prioritized under the research and development blueprint [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [cited 2022 Jul 5]. Available from: https://www.who.int/docs/default-source/blue-print/2018-annual-review-of-diseases-prioritized-under-the-research-and-development-blueprint.pdf?sfvrsn=4c22e36_2.
 29. Yoo M, Kim Y, Baek S, Kwon D. The concept of reproduction number and changes according to government response policies. *Public Health Wkly Rep* [Internet] 2021 [cited 2022 Jul 5];14(6):282-289. Available from: https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0034&list_no=712025&seq=1.
 30. Korea Disease Control and Prevention Agency. Coronavirus 2019 (COVID-19) vaccination [Internet]. Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://ncv.kdca.go.kr/>.
 31. Centers for Disease Control and Prevention. COVID-19 vaccinations in the United States [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2022 [cited 2022 Jul 5]. Available from: https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/#vaccinations_vacc-total-admin-rate-total.
 32. World Health Organization. An R&D blueprint for action to prevent epidemics: update 2017 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2017 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/an-r-d-blueprint-for-action-to-prevent-epidemics---update-2017>.
 33. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Study on the strategy for national vaccine R&D against major infectious disease [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017 [cited 2022 Jul 5]. Available from: <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201900014118&dbt=TRKO&rn=>.
 34. Cho KS. Changes in infectious diseases, health behaviors, and medical uses during COVID-19 pandemic in the Republic of Korea, 2020. *Public Health Wkly Rep* [Internet] 2021 [cited 2022 Jul 5];14(39):2750-2764. Available from: https://www.kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0034&list_no=717047&seq=1.