



주간 건강과 질병

PHWR

Public Health Weekly Report

Vol. 17, No. 26, July 4, 2024

Content

연구 논문

1119 기후변화에 따른 질병부담 측정

유행 보고

1143 2023-2024절기 경상남도 백일해 유행조사 보고

정책 보고

1158 국가예방접종사업 확대를 위한 백신 도입 우선순위 평가 결과

질병 통계

1171 청소년 현재 흡연율 추이, 2014-2023년

Supplements

주요 감염병 통계



KDCA

Korea Disease Control and
Prevention Agency

Aims and Scope

주간 건강과 질병(*Public Health Weekly Report*) (약어명: *Public Health Wkly Rep*, PHWR)은 질병관리청의 공식 학술지이다. 주간 건강과 질병은 질병관리청의 조사·감시·연구 결과에 대한 근거 기반의 과학적 정보를 국민과 국내·외 보건의료인 등에게 신속하고 정확하게 제공하는 것을 목적으로 발간된다. 주간 건강과 질병은 감염병과 만성병, 환경기인성 질환, 손상과 중독, 건강증진 등과 관련된 연구 논문, 유행 보고, 조사/감시 보고, 현장 보고, 리뷰와 전망, 정책 보고 등의 원고를 게재한다. 주간 건강과 질병은 전문가 심사를 거쳐 매주 목요일(연 50주) 발행되는 개방형 정보열람(Open Access) 학술지로서 별도의 투고료와 이용료가 부과되지 않는다.

저자는 원고 투고 규정에 따라 원고를 작성하여야 하며, 이 규정에 적시하지 않은 내용은 국제의학학술지편집인협회(International Committee of Medical Journal Editors, ICMJE)의 Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (<https://www.icmje.org/>) 또는 편집위원회의 결정에 따른다.

About the Journal

주간 건강과 질병(eISSN 2586-0860)은 2008년 4월 4일 창간된 질병관리청의 공식 학술지이며 국문/영문으로 매주 목요일에 발행된다. 질병관리청에서 시행되는 조사사업을 통해 생성된 감시 및 연구 자료를 기반으로 근거중심의 건강 및 질병관련 정보를 제공하고자 최선을 다할 것이며, 제공되는 정보는 질병관리청의 특정 의사와는 무관함을 알린다. 본 학술지의 전문은 주간 건강과 질병 홈페이지(<https://www.phwr.org/>)에서 추가비용 없이 자유롭게 열람할 수 있다. 학술지가 더 이상 출판되지 않을 경우 국립중앙도서관(<http://nl.go.kr>)에 보관함으로써 학술지 내용에 대한 전자적 자료 보관 및 접근을 제공한다. 주간 건강과 질병은 오픈 액세스(Open Access) 학술지로, 저작물 이용 약관(Creative Commons Attribution Non-Commercial License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)에 따라 비상업적 목적으로 사용, 재생산, 유포할 수 있으나 상업적 목적으로 사용할 경우 편집위원회의 허가를 받아야 한다.

Submission and Subscription Information

주간 건강과 질병의 모든 논문의 접수는 온라인 투고시스템(<https://www.phwr.org/submission>)을 통해서 가능하며 논문투고 시 필요한 모든 내용은 원고 투고 규정을 참고한다. 주간 건강과 질병은 주간 단위로 홈페이지를 통해 게시되고 있으며, 정기 구독을 원하시는 분은 이메일(phwrcdc@korea.kr)로 성명, 소속, 이메일 주소를 기재하여 신청할 수 있다.

기타 모든 문의는 전화(+82-43-719-7557, 7552, 7562), 팩스(+82-43-719-7569) 또는 이메일(phwrcdc@korea.kr)을 통해 가능하다.

발행일: 2024년 7월 4일

발행인: 지영미

발행처: 질병관리청

편집사무국: 질병관리청 질병감시전략담당관
(28159) 충북 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 187 오송보건의료행정타운
전화. +82-43-719-7557, 7552, 7562, 팩스. +82-43-719-7569

이메일. phwrcdc@korea.kr

홈페이지. www.phwr.org

편집제작: ㈜메드랑

(04521) 서울시 중구 무교로 32, 효령빌딩 2층
전화. +82-2-325-2093, 팩스. +82-2-325-2095

이메일. info@medrang.co.kr

홈페이지. <http://www.medrang.co.kr>

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency

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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

편집위원장

최보율

한양대학교 의과대학

부편집위원장

류소연

조선대학교 의과대학

염준섭

연세대학교 의과대학

박지혁

동국대학교 의과대학

유석현

가톨릭대학교 의과대학

손현진

동아대학교 의과대학

하미나

단국대학교 의과대학

편집위원

고현선

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원

곽진

전북대학교 의과대학

권동혁

질병관리청

김동현

한림대학교 의과대학

김수영

한림대학교 의과대학

김원호

질병관리청 국립보건연구원

김윤희

인하대학교 의과대학

김은진

질병관리청

김중곤

서울의료원

김호

서울대학교 보건대학원

박영준

질병관리청

송경준

서울대학교병원운영 서울특별시보라매병원

신다연

인하대학교 자연과학대학

안정훈

이화여자대학교 신산업융합대학

엄중식

가천대학교 의과대학

오경원

질병관리청

오주환

서울대학교 의과대학

유영

고려대학교 의과대학

유효순

질병관리청

이경주

국립재활원

이선희

부산대학교 의과대학

이윤환

아주대학교 의과대학

이재갑

한림대학교 의과대학

이혁민

연세대학교 의과대학

전경만

삼성서울병원

정은옥

건국대학교 이과대학

정재훈

가천대학교 의과대학

최선화

국가수리과학연구소

최원석

고려대학교 의과대학

최은화

서울대학교어린이병원

허미나

건국대학교 의과대학

사무국

박희빈

질병관리청

이은영

질병관리청

이희재

질병관리청

원고편집인

하현주

(주)메드랑



기후변화에 따른 질병부담 측정

김진남¹, 정서연², 오인환^{2*}, 김종현³, 정은지⁴, 안윤진⁴

¹경희대학교 대학원 의료경영학과, ²경희대학교 의과대학 예방의학교실, ³성균관대학교 의과대학 사회의학교실,

⁴질병관리청 건강위해대응관 미래질병대비과

초 록

우리나라에서의 기후변화에 따른 질병부담을 산출하기 위해 질병관리청의 '제1차 기후보건영향평가 보고서' 내용을 기반으로 건강영향을 폭염, 한파, 대기질, 감염병 영역으로 분류하고 산출 질병을 선정하였다. 현재 수준의 질병부담 파악을 위해, 2017-2019년 국민건강보험공단 표본코호트 database, 통계청 사망원인통계 데이터, 기상청 기상자료개방포털, 한국환경공단 에어코리아 자료 등을 분석하였다. 장애보정생존연수(disability-adjusted life year, DALY) 산출 결과, 2019년 기준으로 폭염은 심뇌혈관질환(2,031), 온열질환(1,631), 비사고사망(904), 급성신부전(137) 순으로, 한파는 한랭질환(3,991), 비사고사망(2,234), 초미세먼지 단기노출은 심뇌혈관질환(9,374), 허혈성심장질환(8,803), 비사고사망(1,377) 순으로, 초미세먼지 장기노출은 총 사망(235,561), 뇌졸중(30,884), 폐암(24,585), 허혈성심장질환(20,466), 만성폐쇄성폐질환(4,195) 순으로 나타났다. 오존은 452 DALY, 감염병은 4,361 DALY로 산출되었다. 본 연구는 기후보건영향평가의 틀을 따라 기후변화에 따른 질병부담의 현재 수준을 확인한 것에서 의의를 찾을 수 있으며, 향후 주기적 측정과 함께 사회경제적 수준별 측정이 이루어진다면, 기후변화에 따른 건강격차를 감소시키는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요 검색어: 기후변화; 건강영향; 질병부담; 경제적 질병부담

서 론

세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에 따르면 2023년의 연평균 지구 온도는 산업화 이전 수준(1980-1900년)보다 $1.45 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$ 높았는데, 이는 174년 관측 기록 역사에서 가장 따뜻한 해로 기록되었다. 2023년 6월부터 12월 동안 매달 월별 평균 지구 온도는 가장 따뜻한

달로 기록되었으며, 특히 7월과 8월은 관측 기록 역사상 가장 더운 두 달로 기록되었다[1]. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 인류 건강을 위협하는 가장 큰 위험 요인을 기후변화로 규정하고 세계 각국 지도자들에게 당장 행동에 나설 것을 촉구하였으며[2], 기후변화에 대한 분야별 대응체계가 정부간기후변화협의체(International Panel on Climate Change, IPCC)를 중심으로 마련되고 있는 상황에서

Received February 29, 2024 Revised April 30, 2024 Accepted April 30, 2024

*Corresponding author: 오인환, Tel: +82-2-961-2304, E-mail: parenchyme@gmail.com

정은지, 안윤진 현재 소속: 질병관리청 건강위해대응관 기후보건·건강위해대비과

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



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.



KDCA
Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심요약

① 이전에 알려진 내용은?

'제1차 기후보건영향평가 보고서'에서 질병부담 산출에 있어 초과 사망, 초과 응급실 방문, 초과 입원 등을 측정하였다.

② 새로이 알게 된 내용은?

본 연구에서는 건강관련 질병부담과 경제적 질병부담을 측정하였고, 폭염, 한파, 대기질, 감염성 질환의 질병부담을 비교 확인할 수 있었다.

③ 시사점은?

기후변화에 따른 질병부담이 커질 것으로 예측되므로, 질병부담 감소를 위한 대응방안 마련이 필요하다. 아울러 기후보건영향평가의 틀에서 질병부담을 함께 포함하는 방안에 대한 검토가 필요하다.

기후변화로 인한 건강피해를 정량화하는 것은 매우 시의 적절한 주제로 판단된다.

전 지구적 차원에서 발생하는 기후변화가 우리나라 국민의 건강에 미치는 영향을 파악하기 위해 2017년 「보건의료기본법」 제37조의2에 근거가 마련되었고, 이를 기반으로 2022년 질병관리청에서는 폭염, 한파, 대기질, 감염병 4개 영역에서 31개 지표를 중심으로 최근 10년간(2011-2020년)의 건강영향을 분석하여 '제1차 기후보건영향평가 보고서'를 발간하였다[3]. 기후보건영향평가에서는 기후변화로 인한 건강영향을 초과 사망, 입원, 응급실 방문 등의 지표를 사용해 평가하고 측정하였다. 그러나 직접적인 건강영향 외에도 기후변화와 같은 건강위험요인은 삶의 질 저하나 경제적 질병비용 등에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기후변화로 인한 질병부담을 총체적으로 측정하는 연구가 필요하다.

우리나라에서는 2009년 Yoon 등[4], 2014년 Cheng 등[5]의 연구 이후 개별 질병으로 인한 영향 및 질병부담 측정은 다양하게 시도된 반면, 전체적인 질병부담을 조망한 연구는 상대적으로 드물다. 이에 본 연구에서는 기후변화에 따른

건강영향 질환을 제1차 기후보건영향평가를 기반으로 건강영향을 목록화하여 질병부담을 측정하고, 경제적 비용을 동시에 산출하였다. 이를 통해 날로 심각해져 가는 기후변화 및 이로 인한 건강영향에 대한 대응방안을 모색하고, 국내 현실에 적합한 정책 수립에 근거를 마련하고자 한다.

방 법

1. 주요 건강영향별 기여위험분율 산출

기후변화에 대한 위험요인의 크기를 파악하기 위해서, 기여위험분율(population attributable fraction, PAF)을 사용하였다. PAF는 해당 인구집단 내의 질병 발생 중 특정 위험요인에 기인하여 발생했다고 가정되는 분율을 의미하는데[6], 산출 요소인 노출율(prevalence of exposure)과 상대위험도(relative risk)에 대한 데이터는 연구의 연속성과 호환성을 위해 모두 제1차 기후보건영향평가의 결과값을 활용하여 추정하였으며, 산출식은 표 1에 제시하였다.

본 연구에서는 전국민을 대상으로 전국 대푯값을 활용하여 가장 최신의 자료이면서, 코로나바이러스감염증-19 이전의 상황을 고려할 수 있는 2017-2019년 데이터를 분석하였다.

1) 폭염

폭염은 기상청 정의에 따라 일 최고기온이 33℃ 이상인 날로 정의하였다. 연구대상 기간의 사망원인통계(통계청)에서 사망자 수, 국민건강정보 database (DB) (국민건강보험공단)에서 입원환자 수와 기상자료개방포털(기상청)의 일별 최고기온 등을 이용하여 역치 기온(일 최고기온 33℃) 이상에서 기온 1℃ 증가에 따른 상대위험도를 산출한 후 PAF를 계산하였다.

2) 한파

한파는 사망원인통계에서 사망자 수, 국민건강정보DB에

표 1. 국내 기후변화 건강영향 목록 및 산출 방법

기후변화 요인	주요 건강영향	정의(ICD-10)	PAF값	대상인구	노출요인	PAF 산출식		
폭염	비사고사망	A00-R99	사망	0.000525	총 인구	일 최고기온 $\frac{RR-1}{RR}$		
	심뇌혈관질환	I00-I99	발생	0.000434				
	온열질환	T67.x	발생/사망	0.009779				
	급성신부전	N17	발생	0.002198				
한파	비사고사망	A00-R99	사망	0.001298	총 인구	일 최저기온		
	한랭질환	T33-35, T68-69	발생	0.102934				
대기질	초미세먼지(단기노출)	비사고사망	A00-R99	사망	0.000764	총 인구	단기노출	
		심뇌혈관질환	I00-99	발생	0.001933			
	초미세먼지(장기노출)	허혈성 심장질환	I20-25	사망	0.000993	30세 이상	장기노출	
			I20-25	사망	0.011131			
		총 사망	A00-Z99	사망	0.001163			
		폐암	C34	사망	0.123814			
		만성폐쇄성 폐질환	J40-44	사망	0.213943			
		뇌졸중	I60-63, I65-67, I69.0-69.4, G45.8-9	사망	30-39세			0.202756
					40-49세			0.421949
					50-59세			0.373181
					60-69세			0.324531
					70-79세			0.274244
					≥80세			0.219162
					30-39세			0.136926
40-49세	0.390760							
50-59세	0.347969							
60-69세	0.303288							
70-79세	0.250397							
≥80세	0.203144							
허혈성 심장질환	I20-25	사망	0.125918					
오존	비사고사망	A00-R99	사망	0.000263	총 인구	오존		
감염병	장감염질환	A00-09	발생	0.036810	총 인구	기온		

ICD-10=international classification of diseases-10; PAF=population attributable fraction; RR=relative risk.

서 입원환자 수와 기상자료개방포털의 일별 최저기온 등을 이용하여 일 최저기온 0℃에 비해 경한 추위(0℃에서 -5℃), 중등도 추위(-5℃에서 -12℃), 심한 추위(-12℃ 이하)의 각 수준별 추위에서 상대위험도 산출 후 PAF를 계산하였다.

3) 대기질

초미세먼지 단기노출은 사망원인통계에서 사망자 수, 국민 건강정보DB에서 입원환자 수와 에어코리아(한국환경공단)의 초미세먼지 2일 이동평균 등을 이용하여 노출에 의해 건강영향이 전혀 나타나지 않는 2 µg/m³ 이상에서 초미세먼지 1 µg/m³ 증가에 따른 상대위험도 산출 후 PAF를 계산하였다. 장기

노출로 인한 사망 관련 상대위험도는 전 세계 질병부담 추산에 사용된 통합노출반응함수(integrated exposure-response)을 사용하였다.

오존은 사망원인통계에서 사망자 수와 에어코리아의 오존 6일 이동평균 등을 이용하여 30 ppb 초과에서 오존 1 ppb 증가에 따른 상대위험도 산출 후 PAF를 계산하였다.

4) 감염병

기온으로 인한 장감염질환은 국민건강정보DB의 입원환자 수와 기상청개방포털의 기온 구간별 추위(최저 기온-기준 기온), 더위(기준 기온-최고 기온), 극한 추위(최저기온-5 백분위 기온), 극한 더위(95 백분위 기온-최고 기온) 상대위험도 산출 후 PAF를 계산하였다.

2. 질병부담 측정

질병부담(burden of disease)을 측정하는 방법은 세 가지로 나눌 수 있는데, 사망률이나 발생률과 같은 역학지표로 파악하는 방법, 경제적 부담의 측면에서 측정하는 방법, 마지막으로 삶의 질을 고려하여 질병상태와 사망을 종합하여 하나의 지표로 나타내는 방법이다[7]. 제1차 기후보건영향평가에서는 초과 사망 및 초과 입원과 같은 역학지표로 질병부담을 나타내었으므로, 본 연구에서는 나머지 두 가지 측면에서 기후변화로 인한 질병부담을 측정하고자 하였다.

1) 건강관련 질병부담 측정

미국 건강 측정 및 평가 연구소(Institute for Health Metrics and Evaluation, IHME)를 중심으로 진행되고 있는 세계질병부담연구(Global Burden of Disease Study, GBD)의 질병부담 산출지표인 장애보정생존연수(disability-adjusted life year, DALY)를 활용하였다. 건강손실은 DALY로 측정되며, 이는 조기사망으로 인한 손실연수(years of life lost, YLL)와 상병으로 인한 손실연수(years lived with disability, YLD)의 합계로

산출된다[8]. 즉 1 DALY는 조기사망이나 질병 및 손상 이후 남는 장애로 인해 상실된 건강년수가 1년이라는 것을 의미하고, DALY가 클수록 건강손실로 인한 질병부담이 그만큼 증가하는 것으로 해석한다[9]. 본 연구에서는 사망의 질병부담을 발생년도에 측정하는 것과 동일하게 질병의 발생도 발생년도에 측정하는 발생률(incidence) 접근방법을 이용하여 DALY를 산출하였다. 다만 이는 최근 유병률(prevalence) 기반 접근방법을 취하고 있는 IHME의 결과값과 직접적으로 비교하는데는 어려움이 있다[10].

YLL 산출을 위해서는 생명표(통계청)를 활용하여 기대여명, 주민등록연앙인구(통계청)를 활용해 인구 수를, 사망원인통계를 이용하여 질환별 사망자 데이터를 분석하였다. YLD 산출에서는 표본코호트DB(국민건강보험공단), Health Insurance Review & Assessment Service (HIRA) 빅데이터개방포털(건강보험심사평가원), 사망원인통계를 기반으로 질환별 발생률, 치명률, 사망률을 토대로 DisMod II 프로그램[11]을 활용하여 질병이환기간과 평균발생연령을 산출하였다. 또한 질병부담 산정에 있어 연령가중치와 할인율은 반영하지 않았으며, 장애가중치는 한국질병부담연구[12]와 Kim 등[13]을 참고하였다.

2) 경제적 질병부담 측정

경제적 질병부담은 사회적 관점(societal perspective)에서 직접비용에 해당하는 의료비용과 비의료비용은 물론 간접비용에 해당하는 질병으로 인한 생산성 손실과 조기사망으로 인한 미래소득 손실까지 포함하여 산출하였다.

직접비용 중 의료비용은 표본코호트DB와 HIRA빅데이터개방포털을 활용하여 질환별 급여 진료비를 산출하였으며, 비급여 진료비는 해당 금액에 건강보험환자 진료비 실태조사(국민건강보험공단)에서의 급여, 비급여 비율을 기준으로 계산하였다. 비의료비용은 교통비와 간병비로 구분되는데, 교통비는 외래 및 입원 방문건수와 방문당 교통비의 곱으로 산출하였으

며, 간병비는 외래 방문건수와 입원 건수를 활용하여 방문량을 산출한 후 간병비 평균비용과 간병인 이용률을 곱하여 계산하였다. 교통비, 간병비, 간병인 이용률은 모두 한국의료패널조사 데이터에서 추출한 Go 등[14]의 연구를 참조하였다.

간접비용 중 생산성 손실액은 입원일수와 외래 방문건수의 1/3을 합산한 후, 고용률과 일평균 명목임금을 곱하여 산출하였는데, 20세 이상 70세 미만에서만 발생하는 것으로 간주하였다. 미래소득 손실액은 사망자의 사망년도 다음 해부터 평균수명까지 연평균 명목임금을 사망자수에 곱한 후 3% 할인율을 적용하였으며, 70세 이상 연령층에서는 임금이 발생하지 않는 것으로 가정하였다[15]. 명목임금은 고용형태별근로실태조사(고용노동부)에서 연평균 임금을 참조하였다.

질병부담 측정에 있어 본 연구에서 적용한 기후변화 요인에 따른 건강영향 목록 및 산출 방법, PAF값은 아래 표와 같다(표 1).

3. 기후변화에 따른 질병부담 산출

기후변화로 인한 질병부담 추정은 기후변화의 건강영향별 산출 질병 선정, 그 질병들의 건강관련 및 경제적 질병부담 계산, 건강영향별 관련 질병에 대한 PAF 계산, 그리고 최종적으로 질병부담과 PAF를 활용하여 기후변화로 인한 질병부담 산

출 총 네 단계로 이루어졌다(그림 1).

결 과

1. 폭염으로 인한 질병부담

연간 폭염일수(일 최고기온 33°C 이상인 날의 수, 기상청)를 살펴보았을 때 2017년 13.5일, 2018년 31.0일, 2019년 13.1일을 기록하였다[3]. 2019년 기준, 폭염의 YLL에 있어 비사고 사망 904 DALY, 온열질환 4 DALY로 나타났으며, YLD는 심뇌혈관질환 2,031 DALY, 온열질환 1,627 DALY, 급성신부전 137 DALY로 산출되었는데(표 2, 그림 2), 상병으로 인한 손실연수가 사망으로 인한 손실연수보다 더 크게 나타났다. 경제적 질병부담은 비사고사망 약 153억 원, 심뇌혈관질환 약 75억 원, 온열질환 약 6억 원, 급성신부전 약 31억 원으로 추정되었다(표 3).

2. 한파로 인한 질병부담

연간 한파일수(아침 최저기온이 영하 12도 이하인 날의 수, 기상청)를 살펴보았을 때 2017년 6.3일, 2018년 12.0일, 2019년 2.7일을 기록하였다[3]. 한파의 질병부담 산출 결과, 2019년을 기준으로, YLL에 있어 비사고 사망 2,234 DALY,

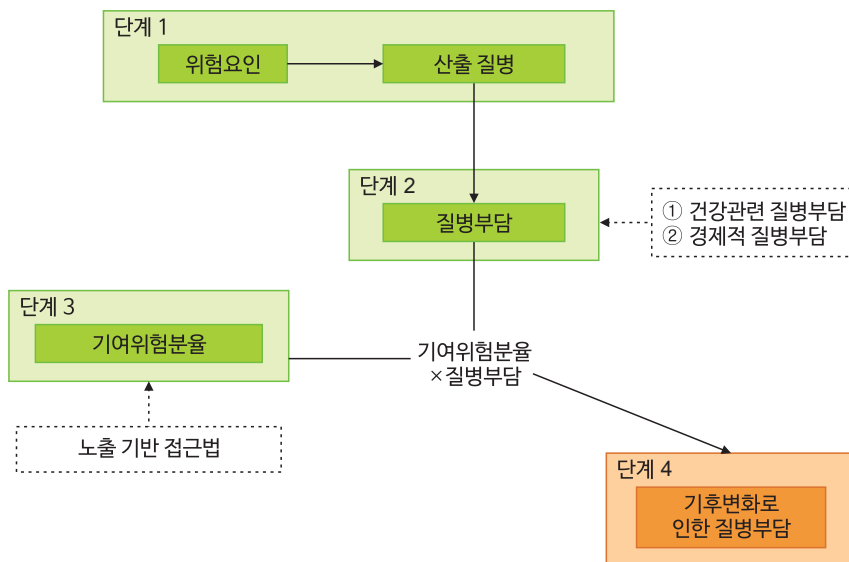


그림 1. 기후변화로 인한 질병부담 산출 개요

표 2. 건강관련 질병부담 산출 결과(2017-2019년)

기후요인	건강영향	2017년			2018년			2019년		
		YLD	YLL	DALY	YLD	YLL	DALY	YLD	YLL	DALY
폭염	비사고사망	-	971	971	-	4,129	4,129	-	904	904
	심뇌혈관질환	1,610	-	1,610	7,634	-	7,634	2,031	-	2,031
	온열질환	1,575	4	1,579	15,136	59	15,195	1,627	4	1,631
	급성신부전	124	-	124	519	-	519	137	-	137
한파	비사고사망	-	2,330	2,330	-	2,058	2,058	-	2,234	2,234
	한랭질환	7,362	-	7,362	7,600	-	7,600	3,991	-	3,991
초미세먼지(단기)	비사고사망	-	1,249	1,249	-	1,334	1,334	-	1,377	1,377
	심뇌혈관질환	6,326	355	6,681	7,180	340	7,520	9,044	330	9,374
	IHD	7,436	106	7,542	7,930	102	8,032	8,072	101	8,803
초미세먼지(장기)	총 사망	-	233,662	233,662	-	232,496	232,496	-	235,561	235,561
	폐암	-	25,085	25,085	-	24,049	24,049	-	24,585	24,585
	COPD	-	4,060	4,060	-	4,267	4,267	-	4,195	4,195
	뇌졸중	-	33,251	33,251	-	32,184	32,184	-	30,884	30,884
	IHD	-	21,009	21,009	-	20,911	20,911	-	20,466	20,466
오존	비사고사망	-	410	410	-	438	438	-	452	452
감염병	장감염질환	4,542	-	4,542	4,739	-	4,739	4,361	-	4,361

단위=total DALY. YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost; DALY= disability-adjusted life year; IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease.

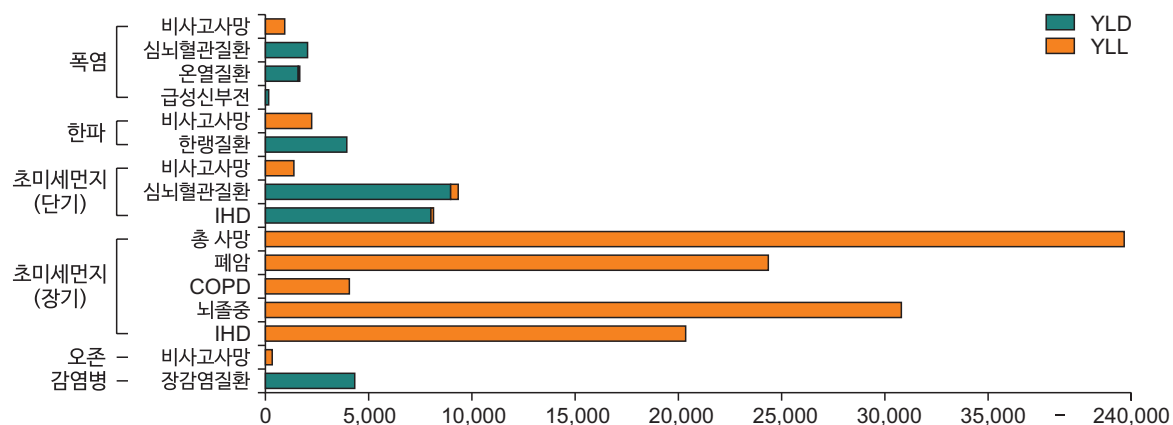


그림 2. 건강관련 질병부담(2019년)

IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

YLD에 있어 한랭질환 3,991 DALY로 산출되었고(표 2, 그림 2), 상병으로 인한 손실연수가 사망으로 인한 손실연수보다 더 크게 나타났다. 경제적 질병부담은 비사고 사망 약 378억 원, 한랭질환 약 254억 원으로 추정되었다(표 3).

3. 대기질로 인한 질병부담

1) 초미세먼지 단기노출로 인한 질병부담

초미세먼지(PM2.5) 연평균 농도는 2017년 24.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2018년 22.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019년 22.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 매년 낮아지는 추세를 기록하였다[3]. 2019년 기준, YLL에 있어 비사고 사망 1,377 DALY, 심뇌혈관질환 330 DALY, 허혈성 심장질환

표 3. 경제적 질병부담 산출 결과(2017-2019년)

기후요인	건강영향	2017년			2018년			2019년		
		직접비	간접비	총 비용	직접비	간접비	총 비용	직접비	간접비	총 비용
폭염	비사고사망	-	15,669	15,669	-	68,595	68,595	-	15,276	15,276
	심뇌혈관질환	4,606	330	4,936	23,929	1,535	25,463	7,127	372	7,498
	온열질환	652	134	785	2,540	1,555	4,095	451	156	607
	급성신부전	1,593	7	1,600	7,946	159	8,105	3,063	35	3,098
한파	비사고사망	-	37,596	37,596	-	34,196	34,196	-	37,762	37,762
	한랭질환	6,508	355	6,863	17,049	610	17,659	24,751	659	25,410
초미세먼지(단기)	비사고사망	-	20,153	20,153	-	21,130	21,130	-	22,230	22,230
	심뇌혈관질환	19,389	5,300	24,689	23,950	5,283	29,232	33,397	5,264	38,660
	IHD	49,542	1,834	51,375	37,719	1,182	38,900	60,924	1,901	62,825
초미세먼지(장기)	총 사망	-	4,226,727	4,226,727	-	4,293,699	4,293,699	-	4,503,307	4,503,307
	폐암	-	344,229	344,229	-	334,483	334,483	-	365,307	365,307
	COPD	-	24,595	24,595	-	18,059	18,059	-	28,338	28,338
	뇌졸중	-	612,300	612,300	-	636,717	636,717	-	660,291	660,291
	IHD	-	455,491	455,491	-	306,479	306,479	-	502,511	502,511
오존	비사고사망	-	6,619	6,619	-	6,228	6,228	-	7,644	7,644
감염병	장감염질환	4,031	20,228	24,259	4,410	22,139	26,549	4,685	21,114	25,799

단위=백만 원. IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease.

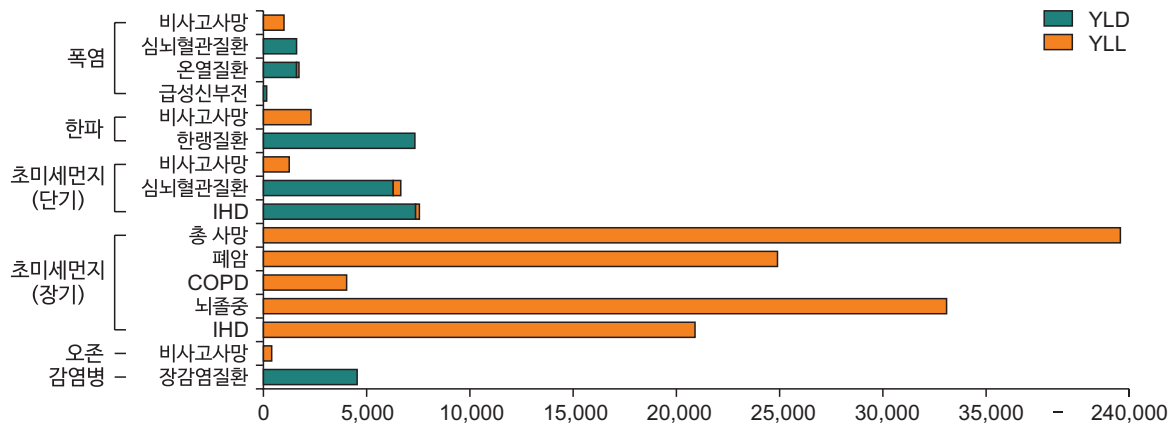


그림 3. 건강관련 질병부담(2017년)

IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

환 101 DALY로 나타났으며, YLD는 심뇌혈관질환 9,044 DALY, 허혈성 심장질환 8,072 DALY로 산출되었고(표 2, 그림 2), 상병으로 인한 손실연수가 사망으로 인한 손실연수보다 더 크게 나타났다. 경제적 질병부담은 비사고 사망 약 222억 원, 심뇌혈관질환은 약 387억 원, 허혈성 심장질환은 약 628억 원으로 추정되었다(표 3).

2) 초미세먼지 장기노출로 인한 질병부담

초미세먼지 장기노출의 대상 질환 및 자료원인 제1차 기 후보건영향평가의 결과지표로는 초과사망자 수만 존재하여 본 연구 결과에서도 YLL과 간접비만 산출되었다(표 2, 3, 그림 2-4). 건강관련 질병부담 산출 결과, 2019년 기준, YLL에 있어 총 사망 235,561 DALY, 폐암 24,585 DALY, 만성폐쇄성폐질환 4,195 DALY, 뇌졸중 30,884 DALY, 허혈성 심장

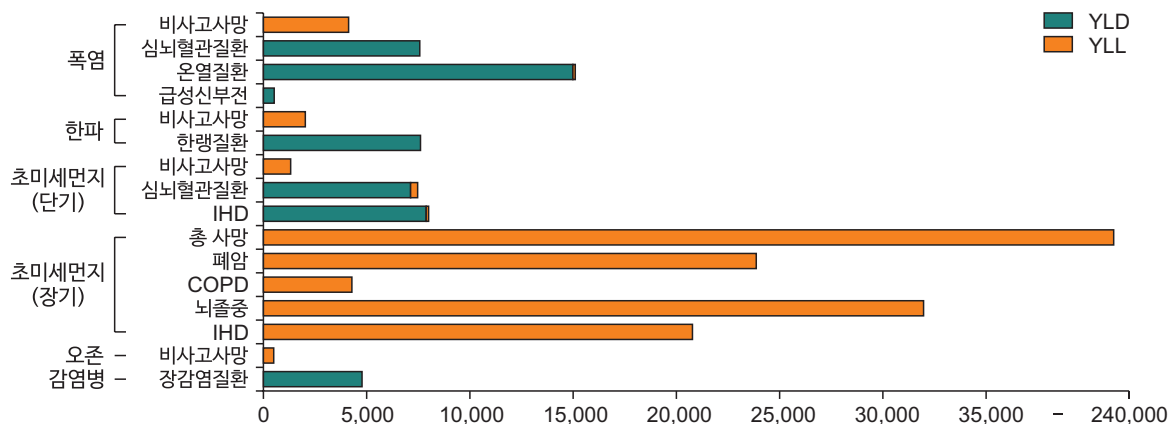


그림 4. 건강관련 질병부담(2018년)

IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

질환 20,466 DALY로 나타났다(표 2, 그림 2). 경제적 질병부담은 총 사망 약 4조 5,033억 원, 폐암 약 3,653억 원, 만성 폐쇄성폐질환 약 283억 원, 뇌졸중 약 6,603억 원, 허혈성 심장질환 약 5,025억 원으로 추정되었다(표 3).

3) 오존

오존의 연평균 농도는 2017년 44.5 ppb, 2018년 41.7 ppb, 2019년 45.0 ppb를 기록하였다[3]. 건강관련 질병부담 산출 결과, 2019년을 기준으로 오존의 YLL은 452 DALY로 산출되었고(표 2, 그림 2), 경제적 질병부담은 약 76억 원으로 추정되었다(표 3).

4. 기온으로 인한 장감염질환

장감염질환의 경우 HIRA 빅데이터 개방포털을 통해 질병부담을 산출하였다. 건강관련 질병부담 산출 결과, 2019년 기준, 장감염질환 YLD는 4,361 DALY로 산출되었고(표 2, 그림 2), 경제적 질병부담은 약 258억 원으로 추정되었다(표 3).

논 의

본 연구는 기후변화가 우리나라 국민들에게 미치는 건강영향을 평가하기 위해 2022년 질병관리청에서 발행한 ‘제1차

기후보건영향평가 보고서’를 토대로 기후변화에 따른 건강영향을 폭염, 한파, 대기질, 감염병 영역으로 분류하여 산출대상을 선정하였고, 현재 기후변화로 인한 질병부담 크기를 파악하기 위해 2017-2019년 관련 데이터 분석을 통해 건강관련 질병부담 및 경제적 질병부담을 산출하였다.

기후변화로 인한 주요 건강영향별 질병부담을 살펴보면 다음과 같다. 폭염의 온열질환 질병부담의 경우 2017년(1,579 DALY)과 2019년(1,631 DALY)보다 2018년(15,195 DALY)의 질병부담이 다른 년도에 비해 9배 정도 크게 증가한 것으로 나타난다. 이와 같이 폭염의 경우 해마다 변동성이 크게 나타났으며, 연도별 기상예측과 함께 질병부담이 크게 증가할 경우에 대비한 역량 마련이 필요하다. 이는 폭염으로 인한 질환이 심뇌혈관질환이나 온열질환처럼 응급을 요하는 질환일 경우가 많아 더욱 중요하다.

한파는 비사고사망(2,234 DALY/2019년) 및 한랭질환(3,991 DALY/2019년)의 질병부담이 폭염에 의한 비사고사망(904 DALY/2019년) 및 온열질환(1,631 DALY/2019년)의 질병부담보다 더 크게 나타났다. 이와 관련하여 직접적인 비교는 불가능하지만 GBD연구의 2021년 발표에 의하면 모든 국가에서 추위(저온)로 인한 사망률이 기온으로 인한 사망률을 초과했다[16]. 즉, 현재 수준에서는 폭염으로 인한 사망 위험(904 DALY)보다 한파로 인한 사망 위험(2,234 DALY)

이 더 크다는 것을 의미하며, 이러한 경향은 본 연구에 결과에서도 일부 일치하였다. 또한 이러한 결과는 제1차 기후보건영향평가에서도 한랭질환에 의한 연평균 초과사망자(2,464명/중등도 추위), 초과 응급실방문자(987.6명/중등도 추위), 초과 입원환자(854.4명/중등도 추위)가 온열질환에 의한 연평균 초과사망자(211명), 초과 응급실방문자(654.5명), 초과 입원환자(262.6명)보다 많은 결과를 확인할 수 있었다.

초미세먼지 단기노출로 인한 DALY 산출 결과를 2017년부터 2019년까지 추적한 결과, 비사고사망, 심뇌혈관질환, 허혈성 심장질환 모두 매년 완만한 증가세를 확인할 수 있다. 경제적 질병부담의 경우 비사고사망과 심뇌혈관질환은 비슷한 양상을 보이나, 허혈성 심장질환의 경우 2018년 감소를 하다가 2019년 다시 증가하였다. 장기노출에 있어서, 2019년을 기준으로 가장 값이 크게 나타난 총 사망을 제외하면, 개별 질환의 순위는 뇌졸중(30,884 DALY), 폐암(24,585 DALY), 허혈성 심장질환(20,466 DALY), 만성폐쇄성폐질환(4,195 DALY) 순으로 나타났으며, 경제적 질병부담의 경우에는 뇌졸중(약 6,603억 원), 허혈성 심장질환(약 5,025억 원), 폐암(약 3,653억 원), 만성폐쇄성폐질환(약 283억 원) 순으로 산출되었다. 상대적으로 대기 관련 요인 중 오존의 질병부담은 낮은 수준으로 파악되었고, 장감염질환으로 측정된 감염성 질환의 질병부담 역시 낮은 수준이다.

초미세먼지 장기노출로 인한 질병부담에 관한 우리나라의 연구 결과와 WHO 산출 결과를 비교하였을 때, 두 연구 사이에 일부 일치점과 차이점이 나타난다. 2019년 WHO의 질병부담 산출 결과, 우리나라 미세먼지로 인해 발생하는 질환들의 질병부담은 허혈성 심장질환(101,797 DALY), 뇌졸중(84,193 DALY), 하기도감염(71,511 DALY), 기관지암, 폐암(42,100 DALY), 만성폐쇄성폐질환(36,516 DALY) 순으로 나타났다[17]. 우리나라 연구결과와 WHO의 질병부담 산출 결과를 비교해볼 때, 한국 연구에서는 뇌졸중, 폐암, 허혈성 심장질환, 만성폐쇄성폐질환 순으로 높은 DALY를 보였으

며, 경제적 부담 역시 비슷한 순서로 나타났다. 반면, WHO의 결과에서는 허혈성 심장질환의 질병부담이 가장 높았고 뇌졸중, 하기도감염, 기관지암 및 폐암, 만성폐쇄성폐질환 순으로 높은 질병부담을 보여주었다. 두 결과 모두 장기적인 미세먼지 노출이 주요 순환기 및 호흡기 질환에 높은 질병부담을 유발한다고 강조하고 있지만 질병별 순위와 정도에 있어서는 차이가 나타나는데, 이는 연구 방법, 자료 기반의 등의 차이에서 기인할 수 있다.

기후변화 대응을 위해 전 세계가 노력을 기울이고 있는데, 영국 정부에서는 5년마다 '기후변화위험평가(climate change risk assessment)'를 실시하고 있다. 미국 정부 또한 4년마다 실시하는 '국가기후평가(national climate assessment, NCA)'에서 가장 최근 2023년 11월에 제5차 국가기후평가(NCA5)를 발표하였는데, 극심한 기후변화로 인해 미국은 1980년대에는 4개월마다 평균 10억 달러 피해를 입었다면 현재는 평균 3주마다 비슷한 피해의 재난이 발생하고 있다고 보고했다[18]. 우리나라에서도 계량적으로 기후변화로 인한 질병부담을 측정하기 위한 노력으로 Yoon 등[4], Cheng 등[5]이 있었으나, 최근에는 드물다. 특히 제1차 기후보건영향평가가 수행됨에 따라 이에 따른 질병부담 측정이 필요하다. 본 연구에서는 '제1차 기후보건영향평가 보고서'를 토대로 건강영향 산출대상을 선정하고, 질병부담 크기를 산출을 통해 현재 수준에서 직간접으로 중재의 필요성을 환기시키는 데 의의를 찾을 수 있다.

연구의 제한점으로는 첫째, 질환 발생자 추정에 있어 표본 코호트 자료를 사용하였는데, 표본코호트 분석 후 인구구조 특성을 반영하여 전체 발생자를 추정하여 실제 질병 발생자 수 및 청구건수와 차이가 있을 수 있다. 둘째, 본 연구의 상대 위험도 및 PAF값은 '제1차 기후보건영향평가 보고서'의 틀에 따라 개별적으로 구득된 결과를 통해 독립적으로 얻어진 것으로, 개별 질병의 질병부담을 전체 질병부담으로 합산해서 해석하기에는 어려움이 있다. 셋째, 조기사망은 기대여명을 가

지고 DALY를 산출하였으나, 폭염에서의 심뇌혈관질환, 급성 신부전 등의 사망영향 정보가 제1차 기후보건영향평가에 제시되지 않아 YLL에는 반영되지 않았다. 따라서, DALY 추정치가 전체적으로 과소평가되었을 수 있다는 점이다. 마지막으로 본 연구는 폭염, 한파, 대기질, 감염병으로 인한 발생 및 사망의 상대위험도를 본 것이고, 이는 미래 기후변화로 인해 영향을 받을 다른 요인은 고려하지 않았으므로 이를 고려할 경우 기후변화로 인한 건강영향은 더욱 커질 것으로 추정된다.

이상의 분석을 바탕으로 향후 연구 방향을 제안하면 다음과 같다. 첫째, 건강에 대한 기후변화 영향의 중요성을 감안하면, 기후변화로 인한 질병부담을 측정하는 작업은 주기적으로 이루어질 필요가 있다. 우리나라의 경우, 기후변화와 함께 노령화로 인한 인구구조의 변화가 급격히 이루어지고 있다는 점에서 불확실성이 매우 높기 때문에 더욱 그러하다. 또한 기후변화로 인한 질병부담을 측정한 결과 경제적 질병부담과 건강관련 질병부담의 경향성은 동일하지 않기 때문에 이를 모두 측정하여, 기후변화로 인한 사회경제적 영향을 포괄적으로 평가할 필요가 있다. 둘째, 기후변화로 인한 영향이 사회경제적 수준별로 다르게 나타날 수 있기 때문에, 이를 추가적으로 연구에 반영할 필요가 있다. 즉 사회경제적 수준으로 어떻게 차별적으로 발생하는지 연구가 필요하고, 이를 계량화하는 작업은 적절한 개입을 통해 건강형평성이 악화되는 것을 막는 데 기여할 수 있다.

Declarations

Ethics Statement: This study was exempted from review by the Institutional Review Board of Kyung Hee University (IRB File No. KHSIRB-23-094).

Funding Source: This research was supported by research program funded by Korea Disease Control and Prevention Agency (Grant No. 2023-12-301).

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: IHO. Data curation: JNK, SYC. Formal analysis: JNK, SYC. Funding acquisition: EJJ, YJA. Investigation: IHO, JNK, SYC. Methodology: IHO, JHK. Project administration: JNK. Resources: IHO, JNK, SYC. Software: JNK, SYC. Supervision: IHO. Validation: IHO, JHK. Visualization: JNK. Writing – original draft: JNK, SYC, IHO. Writing – review & editing: JNK, IHO.

References

1. World Meteorological Organization Press Release (January 12 2024) [Internet]. World Meteorological Organization; 2024 [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2023-smashes-global-temperature-record>
2. World Health Organization. COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action. World Health Organization; 2021.
3. Korea Disease Control and Prevention Agency. The first climate health impact assessment report. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
4. Yoon SJ, An HG, Kim EJ, et al. Research on the preparation of disease burden assessment measures for environmental hazards. Korea University, Ministry of Environment; 2009.
5. Cheng HK, Park JH, Chung SE, et al. Health effects of climate change in Korea: burden of disease and economic cost. Korea Health Promotion Institute; 2014.
6. Baker D. Review of environmental health and epidemiological principles. In: Baker D, Nieuwenhuijsen MJ, editors. Environmental epidemiology study methods and application. Oxford University Press; 2008. p.15-40.
7. Oh IH, Yoon SJ, Kim EJ. The burden of disease in Korea. J Korean Med Assoc 2011;54:646-52.
8. GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence

- Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016;388:1545–602.
9. Mathers CD, Sadana R, Salomon JA, Murray CJL, Lopez AD. Estimates of DALE for 191 countries: methods and results. World Health Organization; 2000.
 10. Murray CJ, Ezzati M, Flaxman AD, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. *Lancet* 2012;380:2063–6.
 11. World Health Organization. DisMod II [Internet]. EpiGear International [cited 2024 Feb 25]. Available from: https://www.epigear.com/index_files/dismod_ii.html
 12. Jung YS, Kim YE, Ock M, Yoon SJ. Measuring the burden of disease in Korea using disability-adjusted life years (2008–2020). *J Korean Med Sci* 2024;39:e67.
 13. Kim YE, Jo MW, Park H, et al. Updating disability weights for measurement of healthy life expectancy and disability-adjusted life year in Korea. *J Korean Med Sci* 2020;35:e219.
 14. Go DS, Weng YR, Bae JY, et al. Trends in the regional socio-economic burden of diseases and the influencing factors. Korea Institute for Health and Social Affairs; 2022.
 15. Kim Y, Shin S, Park J, et al. Costing methods in Healthcare. National-based Healthcare Collaborating Agency; 2013.
 16. Burkart KG, Brauer M, Aravkin AY, et al. Estimating the cause-specific relative risks of non-optimal temperature on daily mortality: a two-part modelling approach applied to the Global Burden of Disease Study. *Lancet* 2021;398:685–97.
 17. World Health Organization (January 12 2024) [Internet]. World Health Organization; 2024 [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/mbd-aap-ambient-air-pollution-attributable-dalys>
 18. Crimmins AR, Avery CW, Easterling DR, Kunkel KE, Stewart BC, Maycock TK. The fifth national climate assessment. U.S. Global Change Research Program; 2023.

Estimation of Burden of Disease due to Climate Change in the Republic of Korea

Jin-Nam Kim¹, Seo-Yeon Chung², In-Hwan Oh^{2*}, Jong-Hun Kim³, Eunji Jung⁴, Younjhin Ahn⁴

¹Health Services Management, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul, Korea, ²Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea, ³Department of Social and Preventive Medicine, School of Medicine, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, ⁴Division of Climate Change and Health Protection, Director General for Health Hazard Response, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

To calculate the burden of disease due to climate change in the Republic of Korea, we categorized the health effects of climate change based on the content of the Korea Disease Control and Prevention Agency's "First Climate Health Impact Assessment Report." We considered the impacts of climate phenomena such as heat waves and cold waves on health, as well as the effects of air quality and infectious diseases, and selected specific diseases for calculation. To determine the current disease burden, we analyzed the sample cohort database of the National Health Insurance Service from 2017 to 2019, Statistics Korea's Cause of Death Statistics data, the Korea Meteorological Administration's open MET Data Portal, and the Ministry of Environment's AIRKOREA to calculate heat waves, cold waves, air quality, and infectious diseases. Heat waves accounted for disability-adjusted life years (DALYs) in the following order: cardiovascular diseases (2,031), heat-related illnesses (1,631), nonaccidental deaths (904), and acute kidney failure (137). Cold waves are associated with cold-related illnesses (3,991) and non-accidental deaths (2,234). Short-term exposure to fine particulate matter was associated with cardiovascular diseases (9,374), ischemic heart diseases (8,803), and non-accidental deaths (1,377). Long-term exposure to fine particulate matter was associated with total deaths (235,561), strokes (30,884), lung cancer (24,585), ischemic heart diseases (20,466), and chronic obstructive pulmonary disease (4,195), with ozone-related diseases and infectious diseases accounting for 452 and 4,361 DALYs, respectively. This study is significant in that it confirms the current level of disease burden due to climate change in the framework of a climate health impact assessment. It is expected that future periodic measurements by socioeconomic level can contribute to reducing health disparities due to climate change.

Key words: Climate change; Health impact assessment; Disease burden; Cost of illness

*Corresponding author: In-Hwan Oh, Tel: +82-2-961-2304, E-mail: parenchyme@gmail.com

Eunji Jung, Younjhin Ahn's current affiliation: Division of Climate Change and Health Hazard, Department of Health Hazard Response, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

Introduction

According to the World Meteorological Organization

(WMO), the average annual global temperature in 2023 was $1.45 \pm 0.12^\circ\text{C}$ higher than the pre-industrial level (1980–1900), making it the warmest year in 174 years of recorded history.

Key messages

① What is known previously?

The First Climate Health Impact Assessment Report measured excess deaths, excess emergency room visits, and excess hospitalizations to calculate the burden of disease.

② What new information is presented?

This study measured the health-related burden of disease and the economic burden of disease, and compared the burden of disease for heat waves, cold waves, air quality, and infectious disease.

③ What are implications?

As the burden of disease is predicted to increase due to climate change, it is necessary to prepare countermeasures to reduce the burden of disease. In addition, it is necessary to consider the burden of disease within the framework of climate health impact assessments.

From June to December 2023, each month set records for being the warmest on record, with July and August particularly noted as the hottest two months in recorded history [1]. The World Health Organization (WHO) has designated climate change as the greatest threat to human health and has urged leaders of countries worldwide to take immediate action [2]. In the current situation, in which the response system to climate change by sectors is being developed by the International Panel on Climate Change (IPCC), quantifying the health impacts of climate change is considered a very timely topic.

To understand the impact of climate change occurring on a global scale on the health of the people in the Republic of Korea (ROK), the 2017 “Basic Act on Health and Medical Services” (Article 37-2) was established as a basis. Based on this, in 2022, the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) published the 1st Climate Health Impact

Assessment Report by analyzing the health effects over the last ten years (2011–2020) with a focus on 31 indicators in four areas: heat waves, cold waves, air quality, and infectious diseases [3]. In this initial assessment, the health impacts of climate change were assessed and measured using indicators such as excess mortality, hospitalizations, and emergency room visits. However, in addition to direct health effects, health risk factors such as climate change can also affect the quality of life and economic costs of diseases. Therefore, research is needed to measure the burden of disease (BoD) caused by climate change comprehensively.

Since previous studies by Yoon et al. [4] in 2009 and Cheng et al. [5] in 2014, various attempts have been made to measure the impact and burden of individual diseases in the ROK. However, research on overall disease burden is relatively rare. Therefore, in this study, we list health impacts based on the first climate health impact assessment to measure disease burden and calculate the economic costs resulting from climate change. Through this, we intend to explore solutions for the increasingly serious climate change and its health impacts and prepare evidence for policy-making suitable for the situation in the ROK.

Methods

1. Calculation of the Contribution Risk Ratio for Each Major Health Effect

To assess the magnitude of risk factors for climate change, we used the population attributable fraction (PAF). The PAF is the proportion of disease occurrence within a specific population that is assumed to be attributable to a particular risk factor [6]. Data regarding the prevalence of exposure and relative risk

(RR) were estimated using the first climate health impact assessment results to ensure the continuity and compatibility of the study. The calculation formula is provided in Table 1.

In this study, we analyzed the data from 2017 to 2019, which is the most up-to-date data available, and we can consider the situation before coronavirus disease 2019 using nationwide representative values of the entire population.

1) Heat wave

Heat waves were defined according to the Korea Meteorological Administration's definition as "days with a maximum temperature of 33°C or higher." Using the number of deaths from cause-of-death statistics (Statistics Korea), the number of hospitalized patients from the National Health Information Database (National Health Insurance Service), and daily maximum temperature data from the Weather Data Open Portal (Korea Meteorological Administration) for the study period, we calculated the PAF after calculating the RR associated with a 1°C increase in temperature above the threshold temperature (daily maximum temperature of 33°C).

2) Cold wave

For cold waves, we calculated the PAF after calculating the RR of each level of coldness—mild coldness (0 to -5°C), moderate coldness (-5 to -12°C), and severe coldness (below -12°C)—compared to a reference temperature of 0°C, using the number of death from cause-of-death statistics (Statistics Korea), the number of hospitalized patients from the National Health Information Database (National Health Insurance Service), and daily minimum temperature data from the Weather Data Open Portal (Korea Meteorological Administration).

3) Air quality

Regarding short-term exposure to ultrafine dust, we calculated the PAF after calculating the RR associated with a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in ultrafine dust from the reference level of 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, at which no health effects are observed due to exposure, using the number of deaths from cause-of-death statistics (Statistics Korea), the number of hospitalized patients from the National Health Information Database (National Health Insurance Service), and the two-day moving average of ultrafine dust concentration data from Air Korea (Korea Environment Corporation). The RR related to mortality from long-term exposure was calculated using the integrated exposure-response function, which has been utilized to estimate global disease burdens.

Regarding ozone, the number of deaths from cause-of-death statistics (Statistics Korea) and the six-day moving average of ozone from Air Korea (Korea Environment Corporation) were used to calculate the RR of an increase of 1 ppb of ozone above 30 ppb and then used to calculate the PAF.

4) Infectious diseases

Enteric infectious diseases related to temperature were analyzed using the number of hospitalized patients from the National Health Information Database (National Health Insurance Service) and temperature intervals categorized by the Weather Data Open Portal (Korea Meteorological Administration). RRs were calculated for coldness (from minimum temperature to reference temperature), warmth (from reference temperature to maximum temperature), extreme coldness (from minimum temperature to 5th percentile temperature), and extreme heat (from 95th percentile temperature to maximum temperature), followed by the PAF.

Table 1. Domestic climate change health effects list and calculation methodology

Climate change factor	Major health effects	Definition (ICD-10)	PAF value	Target population	Exposure factor	PAF calculation formula																																													
Heat waves	Non-accidental mortality	A00-R99	Occurrence	0.000525	Total population	Daily maximum temperature	$\frac{RR-1}{RR}$																																												
	Cardiovascular disease	I00-I99	Occurrence	0.000434																																															
	Heat-related illness	T67.x	Occurrence/death	0.009779																																															
	Acute renal failure	N17	Occurrence	0.002198																																															
Cold waves	Non-accidental mortality	A00-R99	Death	0.001298	Total population	Daily minimum temperature																																													
	Cold-related illness	T33-35, T68-69	Occurrence	0.102934																																															
Air quality	Particulate matter (short-term)	Non-accidental mortality	A00-R99	Death	0.000764	Total population	Short-term exposure																																												
		Cardiovascular disease	I00-99	Occurrence	0.001933																																														
		Cardiovascular disease	I00-99	Death	0.000993																																														
		IHD	I20-25	Occurrence	0.011131																																														
		Ischemic heart disease	I20-25	Death	0.001163																																														
		Particulate matter (long-term)	All-cause mortality	A00-Z99	Death				0.123814	≥30 yr	Long-term exposure																																								
	Stroke	IHD	C34	Death	0.213943	0.202756	0.421949	0.373181	0.324531	0.274244	0.219162	0.136926	0.390760	0.347969	0.303288	0.250397	0.203144	0.125918																																	
																			J40-44	Death	0.202756																														
																						I60-63, I65-67, I69.0-69.4, G45.8-9	Death	0.421949	0.373181	0.324531	0.274244	0.219162	0.136926																						
																														30-39 yr	0.421949	0.373181	0.324531	0.274244	0.219162	0.136926															
																																					40-49 yr	0.373181	0.324531	0.274244	0.219162	0.136926									
																																											50-59 yr	0.324531	0.274244	0.219162	0.136926				
																																																60-69 yr	0.274244	0.219162	0.136926
≥80 yr	0.136926																																																		
		30-39 yr	0.390760	0.347969	0.303288	0.250397	0.203144	0.125918																																											
									40-49 yr	0.347969	0.303288	0.250397	0.203144	0.125918																																					
															50-59 yr	0.303288	0.250397	0.203144	0.125918																																
																				60-69 yr	0.250397	0.203144	0.125918																												
																								70-79 yr	0.203144	0.125918																									
																											≥80 yr	0.125918																							
																													Ozone	Non-accidental mortality	A00-R99	Death	0.000263	Total population	Ozone																
Intestinal infectious diseases	A00-09																																			Occurrence	0.036810	Total population	Temperature												

ICD-10=international classification of diseases-10; PAF=population attributable fraction; RR=relative risk; IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease.

2. Measuring Burden of Disease

The methods of measuring the BoD can be divided into three categories: using epidemiological indicators such as mortality or incidence rates, measuring from the perspective of economic burden, and finally, integrating disease states and mortality to represent the overall quality of life [7]. The first climate health impact assessment presented the BoD using epidemiological indicators such as excess mortality and excess hospitalizations. Therefore, we measured the disease burden attributable to climate change from the remaining two perspectives in this study.

1) Measuring health-related burden of disease

We utilized the disability-adjusted life year (DALY), which is a BoD measure used in the Global Burden of Disease Study (GBD) conducted primarily by the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) in the United States. Health losses are measured by DALYs, which are calculated as the sum of years of life lost (YLL) due to premature mortality and years lived with disability (YLD) due to disease or injury [8]. In other words, 1 DALY signifies that the number of years of health lost due to premature death or disability left after illness or injury is one year, and the higher the DALY, the higher the disease burden due to health loss [9]. In this study, DALYs were calculated using the incidence approach, which measures the incidence of disease in the year of occurrence in the same way that the disease burden of death is measured in the year of occurrence. However, it is difficult to directly compare this with the results of IHME, which has recently adopted a prevalence-based approach [10].

To calculate YLL, life tables from Statistics Korea were used to estimate life expectancy, the mid-year resident registration

population from Statistics Korea was utilized to determine population size, and cause-of-death statistics from Statistics Korea were analyzed to identify the number of deaths by disease. In the calculation of YLD, the duration of morbidity and the average age of occurrence were calculated using the DisMod II program [11] based on the incidence rate, fatality rate, and mortality rate for each disease based on the sample cohort database (National Health Insurance Service), the Health Insurance Review & Assessment Service (HIRA) Big Data Open Portal (Health Insurance Review and Assessment Service), and cause-of-death statistics (Statistics Korea). In addition, age-weighting and discount rates were not considered in calculating disease burden, and disability weighting was based on the Korea Disease Burden Study [12] and Kim et al. [13].

2) Measuring the economic burden of disease

The economic BoD was calculated from a societal perspective, including direct costs, such as medical and non-medical costs, and indirect costs, such as productivity losses due to illness and future income losses due to premature mortality.

Among the direct costs, medical expenses were calculated using data from the sample cohort DB (National Health Insurance Service) and HIRA Big Data Open Portal (Health Insurance Review and Assessment Service) to estimate disease-specific reimbursed medical expenses. Non-reimbursable medical expenses were calculated based on the ratio of reimbursed to non-reimbursed expenses based on the Survey on the Actual Conditions of Medical Expenses for Health Insurance Patients (National Health Insurance Service). Non-medical expenses were divided into transportation costs and caregiving expenses. Transportation expenses were calculated by multiplying the number of outpatient and inpatient visits by the transportation

cost per visit. Caregiving expenses were calculated by multiplying the average cost of caregiving by the caregiver utilization rate after determining the visit volume using the number of outpatient and inpatient visits. Transportation expenses, caregiving expenses, and caregiver utilization rates were all referenced from data extracted from the Korean Medical Panel Survey by Go et al. [14].

With respect to indirect costs, productivity losses were calculated by summing inpatient days and one-third of outpatient visits and multiplying by the employment rate and the average daily nominal wage. These costs were considered only for individuals aged 20 to under 70. Future income losses were calculated by multiplying the number of deceased individuals by the average annual nominal wage from the year following the year of death to the average life expectancy, then applying a 3% discount rate. It was assumed that individuals aged 70 and above do not have any income [15]. Nominal wages were the average annual wage from the Labor Survey by Employment Type (Ministry of Employment and Labor).

In measuring disease burden, the list of health impacts and calculation methods and the PAF values based on climate

change factors applied in this study are as follows (Table 1).

3. Calculation of the Burden of Disease due to Climate Change

The estimation of the disease burden attributable to climate change involved four steps: selecting diseases by health impacts of climate change, calculating the health and economic burden of these diseases, calculating the PAF for diseases related to each health impact, and finally, calculating the disease burden attributable to climate change using the BoD and PAF (Figure 1).

Results

1. Burden of Disease Due to Heat Waves

Regarding the number of heat wave days per year (the number of days with a daily maximum temperature of 33°C or higher, Korea Meteorological Administration), it was 13.5 days in 2017, 31.0 days in 2018, and 13.1 days in 2019 [3]. As of 2019, the disease burden attributable to premature mortality from heat waves (YLL) amounted to 904 DALYs for non-injury deaths and 4 DALYs for heat-related illnesses. The BoD due

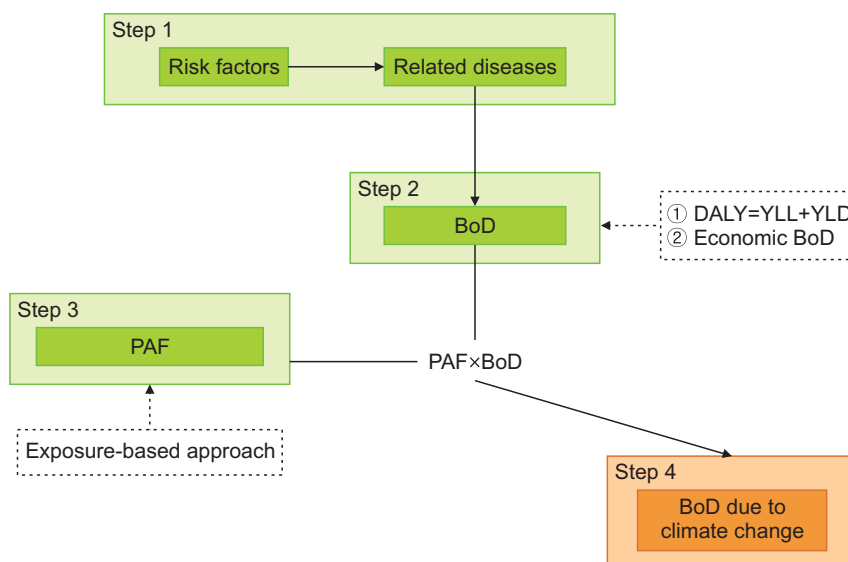


Figure 1. Overview of calculation of the BoD due to climate change. BoD=burden of disease; DALY=disability-adjusted life year; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost; PAF=population attributable fraction.

to morbidity (YLD) amounted to 2,031 DALYs for cardiovascular diseases, 1,627 DALYs for heat-related illnesses, and 137 DALYs for acute kidney injury (Table 2, Figure 2). Notably, the BoD due to morbidity was greater than that due to premature mortality. The economic burden of illness was estimated to be about KRW 15.3 billion for non-accidental deaths, about KRW 7.5 billion for cardiovascular disease, about KRW 600 million for hyperthermia, and about KRW 3.1 billion for acute renal failure (Table 3).

2. Burden of Disease Due to Cold Waves

The annual number of days of heat waves (the number of days with a morning minimum temperature below -12°C , Korea Meteorological Administration) was recorded as 6.3 days in 2017, 12.0 days in 2018, and 2.7 days in 2019 [3]. In terms of disease burden attributable to cold waves, as of 2019, the BoD due to premature mortality (YLL) amounted to 2,234 DALYs for non-injury deaths, while the BoD due to morbidity (YLD) amounted to 3,991 DALYs for cold-related illness

Table 2. Health-related burden of disease results (2017–2019)

Climate change factor	Health effects	2017			2018			2019		
		YLD	YLL	DALY	YLD	YLL	DALY	YLD	YLL	DALY
Heat waves	Non-accidental mortality	-	971	971	-	4,129	4,129	-	904	904
	Cardiovascular disease	1,610	-	1,610	7,634	-	7,634	2,031	-	2,031
	Heat-related illness	1,575	4	1,579	15,136	59	15,195	1,627	4	1,631
	Acute renal failure	124	-	124	519	-	519	137	-	137
Cold waves	Non-accidental mortality	-	2,330	2,330	-	2,058	2,058	-	2,234	2,234
	Cold-related illness	7,362	-	7,362	7,600	-	7,600	3,991	-	3,991
Particulate matter (short-term)	Non-accidental mortality	-	1,249	1,249	-	1,334	1,334	-	1,377	1,377
	Cardiovascular disease	6,326	355	6,681	7,180	340	7,520	9,044	330	9,374
	IHD	7,436	106	7,542	7,930	102	8,032	8,072	101	8,803
Particulate matter (long-term)	All-cause mortality	-	233,662	233,662	-	232,496	232,496	-	235,561	235,561
	Lung cancer	-	25,085	25,085	-	24,049	24,049	-	24,585	24,585
	COPD	-	4,060	4,060	-	4,267	4,267	-	4,195	4,195
	Stroke	-	33,251	33,251	-	32,184	32,184	-	30,884	30,884
	IHD	-	21,009	21,009	-	20,911	20,911	-	20,466	20,466
Ozone	Non-accidental mortality	-	410	410	-	438	438	-	452	452
Infectious disease	Intestinal infectious diseases	4,542	-	4,542	4,739	-	4,739	4,361	-	4,361

Unit=total DALY. YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost; DALY=disability-adjusted life year; IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease.

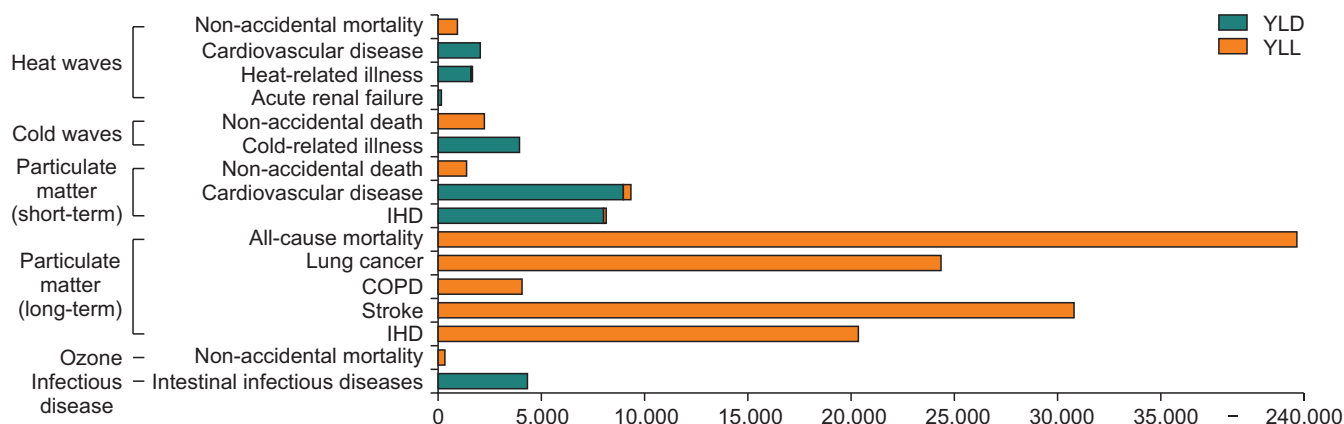


Figure 2. Health-related burden of disease result (2019)

COPD=chronic obstructive pulmonary disease; IHD=ischemic heart disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

Table 3. Economic burden of disease results (2017–2019)

Climate change factor	Health effect	2017			2018			2019		
		Direct cost	Indirect cost	Total cost	Direct cost	Indirect cost	Total cost	Direct cost	Indirect cost	Total cost
Heat waves	Non-accidental mortality	-	15,669	15,669	-	68,595	68,595	-	15,276	15,276
	Cardiovascular disease	4,606	330	4,936	23,929	1,535	25,463	7,127	372	7,498
	Heat-related illness	652	134	785	2,540	1,555	4,095	451	156	607
	Acute renal failure	1,593	7	1,600	7,946	159	8,105	3,063	35	3,098
Cold waves	Non-accidental mortality	-	37,596	37,596	-	34,196	34,196	-	37,762	37,762
	Cold-related illness	6,508	355	6,863	17,049	610	17,659	24,751	659	25,410
Particulate matter (short-term)	Non-accidental mortality	-	20,153	20,153	-	21,130	21,130	-	22,230	22,230
	Cardiovascular disease	19,389	5,300	24,689	23,950	5,283	29,232	33,397	5,264	38,660
	IHD	49,542	1,834	51,375	37,719	1,182	38,900	60,924	1,901	62,825
Particulate matter (long-term)	All-cause mortality	-	4,226,727	4,226,727	-	4,293,699	4,293,699	-	4,503,307	4,503,307
	Lung cancer	-	344,229	344,229	-	334,483	334,483	-	365,307	365,307
	COPD	-	24,595	24,595	-	18,059	18,059	-	28,338	28,338
	Stroke	-	612,300	612,300	-	636,717	636,717	-	660,291	660,291
	IHD	-	455,491	455,491	-	306,479	306,479	-	502,511	502,511
Ozone	Non-accidental mortality	-	6,619	6,619	-	6,228	6,228	-	7,644	7,644
Infectious disease	Intestinal infectious diseases	4,031	20,228	24,259	4,410	22,139	26,549	4,685	21,114	25,799

Unit=1 million won. IHD=ischemic heart disease; COPD=chronic obstructive pulmonary disease.

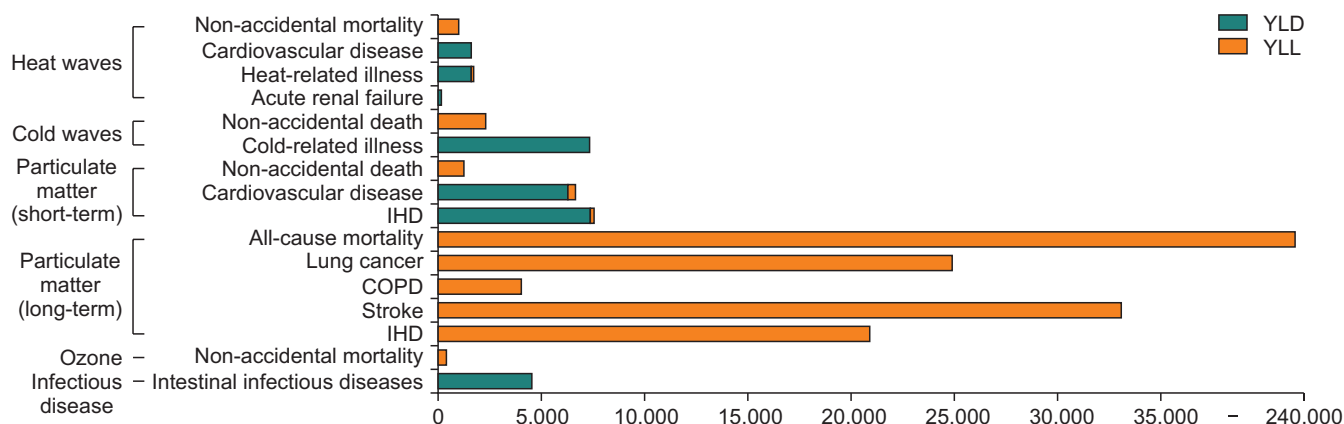


Figure 3. Health-related burden of disease result (2017)

COPD=chronic obstructive pulmonary disease; IHD=ischemic heart disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

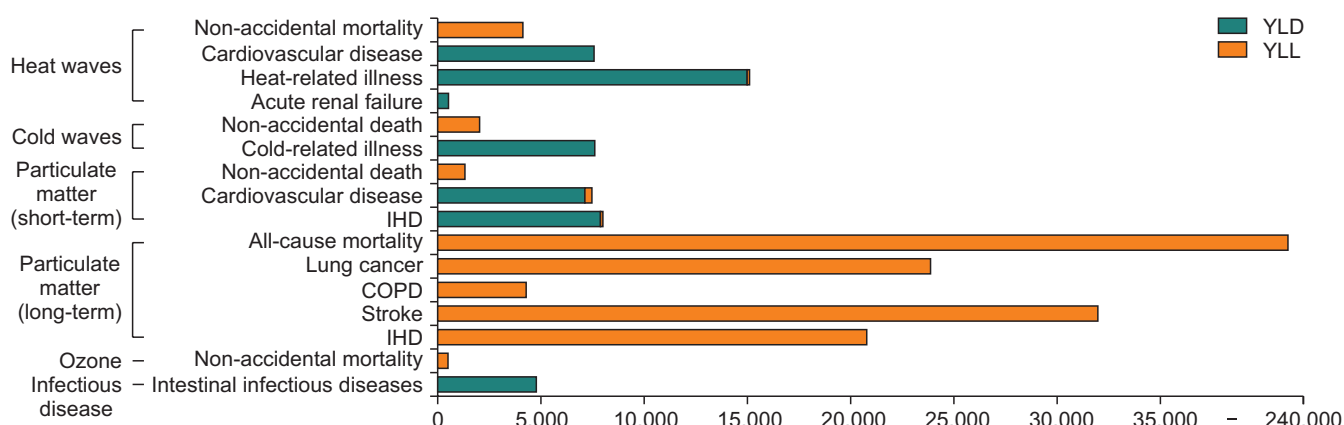


Figure 4. Health-related burden of disease result (2018)

COPD=chronic obstructive pulmonary disease; IHD=ischemic heart disease; YLD=years lived with disability; YLL=years of life lost.

(Table 2, Figure 2). The BoD due to morbidity was greater than that due to premature mortality. The economic BoD was estimated to be about KRW 37.8 billion for non-injury deaths and KRW 25.4 billion for cold-related illnesses (Table 3).

3. Burden of Disease Due to Air Quality

1) Burden of disease due to short-term exposure to ultrafine dust

The annual average concentration of ultrafine dust (PM_{2.5}) was recorded as 24.1 µg/m³ in 2017, 22.6 µg/m³ in 2018, and 22.4 µg/m³ in 2019, indicating a decreasing trend each year

[3]. As of 2019, the disease burden attributable to premature mortality (YLL) amounted to 1,377 DALYs for non-injury deaths, 330 DALYs for cardio-cerebrovascular diseases, and 101 DALYs for ischemic heart disease. The BoD due to morbidity (YLD) amounted to 9,044 DALYs for cardio-cerebrovascular diseases and 8,072 DALYs for ischemic heart disease (Table 2, Figure 2). The BoD due to morbidity was greater than that due to premature mortality. The economic BoD was estimated to be approximately KRW 22.2 billion for non-injury deaths, KRW 38.7 billion for cardio-cerebrovascular disease, and KRW 62.8 billion for ischemic heart disease (Table 3).

2) Disease burden due to long-term exposure to ultrafine dust

In the case of long-term exposure to ultrafine dust, only excess mortality exists as a target disease and a result indicator from the 1st Climate Health Impact Assessment, which is the data source. Therefore, in this study, only the YLL and indirect costs were calculated (Tables 2, 3, Figures 2-4). In the calculation of health-related disease burden, as of 2019, the BoD due to premature death (YLL) amounted to a total of 235,561 DALYs, with 24,585 DALYs attributed to lung cancer, 4,195 DALYs to chronic obstructive pulmonary disease (COPD), 30,884 DALYs to stroke, and 20,466 DALYs to ischemic heart disease (Table 2, Figure 2). The economic BoD was estimated to be approximately KRW 4,503.3 billion for total death, KRW 365.3 billion for lung cancer, KRW 28.3 billion for COPD, KRW 660.3 billion for stroke, and KRW 502.5 billion for ischemic heart disease (Table 3).

3) Burden of disease due to ozone

The average annual ozone concentration was 44.5 ppb in 2017, 41.7 ppb in 2018, and 45.0 ppb in 2019 [3]. From calculating the BoD related to health, as of 2019, the BoD due to premature death of ozone (DALY) was calculated to be 452 DALYs (Table 2, Figure 2), and the economic BoD was estimated to be approximately KRW 7.6 billion (Table 3).

4. Enteric Infectious Disease Caused by Temperature

In the case of enteric infectious diseases, the disease burden was calculated using the HIRA Big Data Open Portal (Health Insurance Review and Assessment Service). From calculating health-related disease burden, as of 2019, the BoD due to

enteric infectious disease (YLD) amounted to 4,361 DALYs (Table 2, Figure 2), and the economic burden of the disease was estimated to be approximately KRW 25.8 billion (Table 3).

Discussion

This study evaluated the health impacts of climate change on people in the ROK based on the 1st Climate Health Impact Assessment Report issued by the KDCA in 2022. The health impacts of climate change were categorized into heat waves, cold waves, air quality, and infectious diseases, and the subjects for calculation were selected accordingly. To understand the magnitude of the current disease burden due to climate change, health-related and economic disease burdens were determined through data analysis of the period from 2017 to 2019.

The disease burden caused by major health impacts of climate change is as follows: The disease burden of heat-related illnesses due to heat waves showed a significant increase in 2018 (15,195 DALYs), approximately nine times higher compared with other years, such as 2017 (1,579 DALYs) and 2019 (1,631 DALYs). As such, there has been a large fluctuation in heat waves by year. Therefore, it is necessary to prepare competencies for increased disease burdens and yearly weather predictions. This is particularly crucial, as conditions induced by heat waves often include emergencies such as cardio-cerebrovascular diseases and heat-related illnesses.

Cold waves showed a much higher disease burden in terms of non-injury deaths (2,234 DALYs in 2019) and cold-related diseases (3,991 DALYs in 2019) compared with heat waves, which accounted for non-injury deaths (904 DALYs in 2019) and heat-related illnesses (1,631 DALYs in 2019). In relation to this, although direct comparison is not possible, according

to the GBD study released in 2021, the mortality rate due to coldness (low temperature) exceeded that due to heat in all countries [16]. Thus, at present levels, this signifies that the risk of death due to cold waves (2,234 DALYs) is greater than that due to heat waves (904 DALYs), and this trend is partially consistent with the findings of the present study. In addition, the results also confirm that in the first climate health impact assessment, there were more annual excess deaths due to cold-related illnesses (2,464 individuals/moderate cold), excess emergency room visits (987.6 individuals/moderate cold), and excess hospitalizations (854.4 individuals/moderate cold) compared with annual excess death due to heat-related illnesses (211 individuals), excess emergency room visits (654.5 individuals), and excess hospitalizations (262.6 individuals).

Tracking the DALY results for short-term exposure to ultrafine dust from 2017 to 2019, it was observed that all non-injury mortality and cardio-cerebrovascular diseases and ischemic heart disease showed a gradual increase each year. In terms of the economic BoDs, non-injury mortality and cardio-cerebrovascular diseases exhibit similar trends. However, there was a decrease in ischemic heart disease in 2018, followed by an increase in 2019. In terms of long-term exposure to ultrafine dust, as of 2019, excluding the total deaths, which showed the highest value, the rankings of individual diseases were as follows: stroke (30,884 DALYs), lung cancer (24,585 DALYs), ischemic heart disease (20,466 DALYs), and COPD (4,195 DALYs). In terms of the economic BoDs, the rankings were as follows: stroke (approximately KRW 660.3 billion), ischemic heart disease (approximately KRW 502.5 billion), lung cancer (approximately KRW 365.3 billion), and COPD (approximately KRW 28.3 billion). Among the atmospheric-related factors, the disease burden of ozone was found to be relatively

low, and the disease burden of infectious diseases measured by enteric infectious diseases was also low.

When comparing the research results on the disease burden caused by long-term exposure to ultrafine dust in the ROK with those calculated by the WHO, the two studies have some similarities and differences. According to the WHO's disease burden estimation in 2019, the disease burden attributable to fine dust in the ROK was ranked as follows: ischemic heart disease (101,797 DALYs), stroke (84,193 DALYs), lower respiratory infections (71,511 DALYs), bronchial and lung cancer (42,100 DALYs), and COPD (36,516 DALYs) [17]. When comparing the estimated BoDs from studies conducted in the ROK and by the WHO, the diseases with the highest DALYs in the ROK were stroke, followed by lung cancer, ischemic heart disease, and COPD, which is similar to the observation for the economic burden. In the results of the WHO, ischemic heart disease had the highest disease burden, followed by stroke, lower respiratory infections, bronchial and lung cancer, and COPD. Both results emphasize that long-term exposure to fine dust leads to a high disease burden on major circulatory and respiratory diseases. However, discrepancies exist in the rankings and extent of disease burden, which could be attributed to differences in research methods or data sources.

The world is attempting to address climate change, and the UK government conducts the climate change risk assessment every five years. The US government also released its 5th National Climate Assessment (NCA5) in November 2023, the most recent national climate assessment (NCA), which is conducted every four years. The report stated that while in the 1980s the US experienced an average of \$1 billion in damages every four months, currently it experiences a similar scale of damages every three weeks due to severe climate change [18].

In the ROK, there have been efforts to quantitatively measure the BoD caused by climate change, with contributions from studies by Yoon et al. [4], and Cheng et al. [5]. However, such efforts have become rare in recent times. In particular, with the implementation of the 1st Climate Health Impact Assessment, there is a need to measure the disease burden accordingly. This study is significant in selecting subjects for measuring health impact based on the 1st Climate Health Impact Assessment Report and calculating the disease burden, thus highlighting the necessity of direct and indirect intervention in the current situation.

This study has some limitations. First, in estimating disease occurrence, as sample cohort data were utilized, there may be differences between the actual number of disease occurrences and claims and the total number of disease occurrences, which were estimated using the characteristics of the population structure after analyzing the sample cohort. Second, the RR and PAF data in this study were obtained independently based on individual results according to the 1st Climate Health Impact Assessment Report framework. Interpreting the disease burden of individual diseases by aggregating these into the overall disease burden may pose challenges. Third, regarding premature death, the DALY was calculated with life expectancy. However, the YLL could not be calculated because the mortality effects information, such as cardio-cerebrovascular disease and acute renal failure in heat waves, were not presented in the first climate health impact assessment. Therefore, the DALY estimate may have been underestimated overall. Lastly, this study examined the RR of cases and death from heat waves, cold waves, air quality, and infectious diseases, which does not take into account other factors that will be affected by climate change in the future; hence, it is speculated that the health effects of

climate change will be even greater.

Based on the above analysis, we suggest the following future research directions. First, given the importance of the impact of climate change on health, measurement of the BoD caused by climate change needs to be carried out periodically. This is particularly significant given that, along with climate change, ROK is undergoing rapid demographic shifts due to aging, which adds even more uncertainty. In addition, since the economic BoD and the health-related BoD attributable to climate change do not show the same trends, it is necessary to measure both to assess the socioeconomic impact of climate change comprehensively. Second, since the impacts of climate change may vary across different socioeconomic levels, it is necessary to investigate and incorporate this aspect further into research. In other words, further research is warranted to understand how climate change impacts unequally across socioeconomic levels, and quantifying this can contribute to preventing worsening health inequities through appropriate interventions.

Declarations

Ethics Statement: This study was exempted from review by the Institutional Review Board of Kyung Hee University (IRB File No. KHSIRB-23-094).

Funding Source: This research was supported by research program funded by Korea Disease Control and Prevention Agency (Grant No. 2023-12-301).

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: IHO. Data curation: JNK, SYC. Formal analysis: JNK, SYC. Funding

acquisition: EJJ, YJA. Investigation: IHO, JNK, SYC. Methodology: IHO, JHK. Project administration: JNK. Resources: IHO, JNK, SYC. Software: JNK, SYC. Supervision: IHO. Validation: IHO, JHK. Visualization: JNK. Writing – original draft: JNK, SYC, IHO. Writing – review & editing: JNK, IHO.

References

- World Meteorological Organization Press Release (January 12 2024) [Internet]. World Meteorological Organization: 2024 [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2023-smashes-global-temperature-record>
- World Health Organization. COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action. World Health Organization; 2021.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. The first climate health impact assessment report. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
- Yoon SJ, An HG, Kim EJ, et al. Research on the preparation of disease burden assessment measures for environmental hazards. Korea University, Ministry of Environment; 2009.
- Cheng HK, Park JH, Chung SE, et al. Health effects of climate change in Korea: burden of disease and economic cost. Korea Health Promotion Institute; 2014.
- Baker D. Review of environmental health and epidemiological principles. In: Baker D, Nieuwenhuijsen MJ, editors. Environmental epidemiology study methods and application. Oxford University Press; 2008. p.15-40.
- Oh IH, Yoon SJ, Kim EJ. The burden of disease in Korea. J Korean Med Assoc 2011;54:646-52.
- GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet 2016;388:1545-602.
- Mathers CD, Sadana R, Salomon JA, Murray CJL, Lopez AD. Estimates of DALE for 191 countries: methods and results. World Health Organization; 2000.
- Murray CJ, Ezzati M, Flaxman AD, et al. GBD 2010: design, definitions, and metrics. Lancet 2012;380:2063-6.
- World Health Organization. DisMod II [Internet]. EpiGear International [cited 2024 Feb 25]. Available from: https://www.epigear.com/index_files/dismod_ii.html
- Jung YS, Kim YE, Ock M, Yoon SJ. Measuring the burden of disease in Korea using disability-adjusted life years (2008-2020). J Korean Med Sci 2024;39:e67.
- Kim YE, Jo MW, Park H, et al. Updating disability weights for measurement of healthy life expectancy and disability-adjusted life year in Korea. J Korean Med Sci 2020;35:e219.
- Go DS, Weng YR, Bae JY, et al. Trends in the regional socio-economic burden of diseases and the influencing factors. Korea Institute for Health and Social Affairs; 2022.
- Kim Y, Shin S, Park J, et al. Costing methods in Healthcare. National-based Healthcare Collaborating Agency; 2013.
- Burkart KG, Brauer M, Aravkin AY, et al. Estimating the cause-specific relative risks of non-optimal temperature on daily mortality: a two-part modelling approach applied to the Global Burden of Disease Study. Lancet 2021;398:685-97.
- World Health Organization (January 12 2024) [Internet]. World Health Organization; 2024 [cited 2024 Feb 25]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/mbd-aap-ambient-air-pollution-attributable-dalys>
- Crimmins AR, Avery CW, Easterling DR, Kunkel KE, Stewart BC, Maycock TK. The fifth national climate assessment. U.S. Global Change Research Program; 2023.



2023-2024절기 경상남도 백일해 유행조사 보고

조유진[†], 김아라[†], 박혜림, 안다혜, 양슬기, 김연정*

질병관리청 경남권질병대응센터 감염병대응과

초 록

백일해는 제2급 법정감염병으로 국가백신접종사업을 통해 관리되는 예방접종 대상 감염병이다. 국내에서는 백신 접종률 증가에 따라 백일해 환자 수가 현저히 줄어들었으나 예방접종이 끝나지 않은 소아에서 청소년 및 성인에 이르기까지 다양한 연령대에서 발생하고 있어 주의가 필요하다. 최근 2023년 10월 1일부터 2024년 2월 29일까지 경상남도 일대에서 총 268명의 백일해 환자가 발생하였으며, 해당 지역은 과거 10년 이내 2차례 소규모 유행이 있었던 곳이다. 이에 향후 효율적인 감염병 관리방안을 모색하고자 최근 발생한 유행 사례를 중심으로 발생현황을 분석하고 현장 대응과정을 기술하였다. 268명의 백일해 환자의 자료를 분석한 결과, 경상남도 창원시 마산 회원구와 함안군에서 대다수(87.2%)의 확진자가 발생하였으며, 5-14세(89.9%)에 해당하는 학령기 아동을 위주로 나타났다. 전체 환자 중 258명(96.3%)에서 기침 증상을 보였고, 60명(22.4%)은 입원치료, 그 외는 외래치료를 통해 호전되었다. 주요 감염경로는 어린이집 및 학교, 학원 방과 후 수업 등 교육시설 내 집단생활을 통해 전파된 것으로 보인다. 영유아기에 시행한 예방접종 이후 연령이 증가하면서 학령기의 면역력 감소가 이번 유행확산의 주요요인으로 파악되며, 지역사회 내 백일해에 대한 적극적인 임상·역학적 정보 교육 및 홍보와 유행지역 특성을 고려한 백신접종 전략 수립이 필요하다.

주요 검색어: 백일해; 예방접종 대상 감염병; 유행; 역학조사

서 론

백일해는 백일해균(*Bordetella pertussis*) 감염에 의한 급성 호흡기 질환으로 「감염병 예방 및 관리에 의한 법률」에 따라 제2급 법정감염병으로 지정되어 있다. 환자 또는 보균자의 비말에 의해 전파되며 소아 감염질환 중 전염력이 강한 감염병으로 잠복기는 약 4-21일로 알려져 있다[1]. 임상증상으로는

발작성 기침이 특징적이며, 청소년이나 성인이 백일해에 감염되는 경우 경미한 증상을 보이지만 충분한 면역이 없는 소아가 감염되는 경우 경련성 기침이 오랫동안 지속되어 심한 경우 무기폐, 기관지 폐렴 등의 호흡기계 합병증을 동반할 수 있다[2].

백일해는 국가예방접종사업으로 관리되는 감염병으로 예방접종 대상 감염병 관리지침에 따라 소아의 경우 연령 시기

Received April 15, 2024 Revised May 27, 2024 Accepted May 28, 2024

*Corresponding author: 김연정, Tel: +82-51-260-3720, E-mail: kimye@korea.kr

[†]이 저자들은 본 연구에서 공동 제1저자로 기여하였음.

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



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.



KDCA
Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심요약

① 이전에 알려진 내용은?

백일해는 예방접종 대상 감염병으로 과거 국내 디프테리아·파상풍·백일해 백신 도입 이후 환자 발생이 감소하였으나 최근 지역사회 내 소규모 유행이 산발적으로 발생하고 있다.

② 새로이 알게 된 내용은?

경상남도에서 2023년 10월부터 발생한 백일해 유행은 주로 학교와 보육시설에서 단체활동을 하는 학령기 아동 위주로 전파되었으며 영유아기에 시행한 예방접종 이후 연령이 증가하면서 학령기의 면역력 감소가 유행 확산의 주요 요인으로 파악된다.

③ 시사점은?

지역사회 내 백일해에 대한 적극적인 임상·역학적 정보 교육 및 홍보와 유행지역 특성을 고려한 백신접종 전략 수립 등 선제적 대비가 필요하다.

마다 접종을 권고한다.¹⁾ 백신 도입 이후 국내 백일해 발생률은 감소하여 연간 20명 내외 수준이었으나, 최근 우리나라를 비롯한 미국, 호주 및 유럽 등의 국가에서도 2-5년 주기의 소규모 유행이 반복되고 있으며[3], 이는 백신접종 후 시간 경과에 따른 접종효과 감소가 요인으로 추정되고 있다[2,4].

한편 경상남도에서는 코로나바이러스감염증-19(코로나19) 이전인 2015년 및 2018년에 백일해 유행이 있었으며, 당시 각각 77명과 270명의 환자가 발생하였다. 이후 코로나19 유행기간인 2020-2022년까지 3년 동안 백일해 환자 수는 평균 약 10명을 유지하고 있었으나, 2023년 10월부터 과거 동기간 대비 환자 발생 증가추세가 시작하여 2024년 2월 현재까지 확진자가 지속 발생하고 있다(그림 1) [5]. 이에 최근 경상남도에서 발생한 백일해 환자의 인구학적 특성과 감염경로 및 유행양상을 파악하고 현장조사 및 조치사항 등을 공유하여 향후 효율적인 감염병 대응방안을 모색하고자 한다.

에 맞는 총 6차의 디프테리아·파상풍·백일해(diphtheria-tetanus-acellular pertussis, DTaP) 백신과 파상풍·디프테리아·백일해(tetanus-diphtheria-acellular pertussis, Tdap)백신을 예방접종하도록 하며, 접종을 완료한 성인은 파상풍·디프테리아(tetanus-diphtheria, Td) 또는 Tdap 백신으로 매 10년

조사와 결과

1. 인지경위 및 발생개요

2023년 11월 경남권질병대응센터에서는 2023-2024절

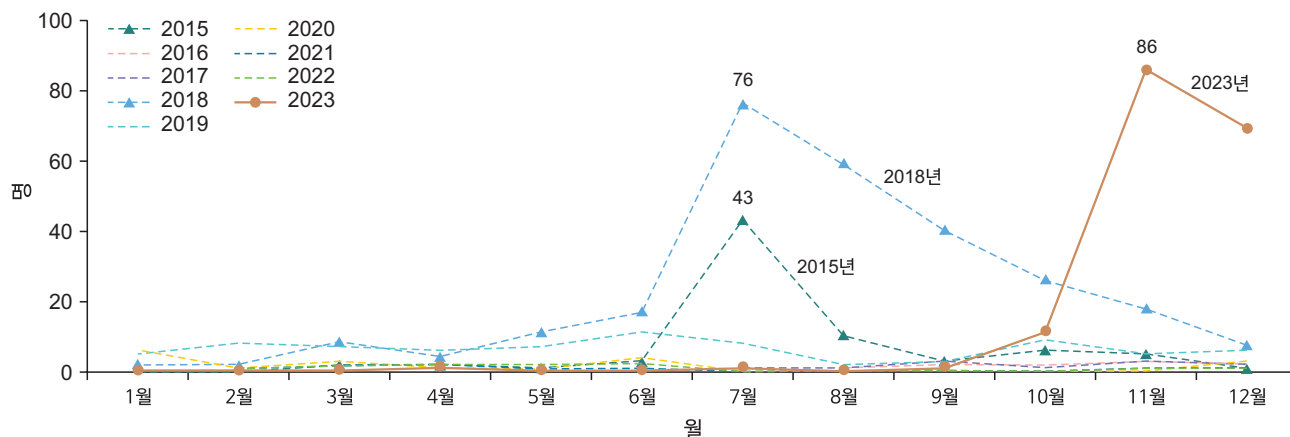


그림 1. 경상남도 백일해 환자 발생 추이(2015-2023년)

1) 백일해 백신 종류

- DTaP: 디프테리아(diphtheriae)·파상풍(tetanus)·백일해(acellular pertussis) 항원 포함 백신, 6세 미만 접종.
- Tdap: 백신 항원의 종류는 동일하나 항원의 용량이 다름, 11세 이상의 어린이 및 성인 접종용.
- Td: 파상풍(T), 디프테리아(d) 항원 포함 백신, 백일해 항원은 없음.

기 호흡기감염병 감시를 통해 10월부터 작년 동기간 대비 백 일해 환자의 급격한 증가를 확인함에 따라 상황파악을 위해 경상남도청과 비상연락을 유지하고, 백일해 발생규모 및 발생장소 등에 대한 기초정보를 수집하였다. 경상남도 내 백일해가 집중 발생한 지역은 창원시 마산회원구와 함안군으로 두 지역은 행정구역상 구분되어 있으나, 위치가 서로 인접해 있으며 공통된 상권, 의료기관, 문화시설 등을 이용하는 공동생활권이다(그림 2). 2023년 10월부터 본격적으로 시작된 유행은 11월 확진자 정점 발생 이후 산발적인 소규모 집단유행으로 확진자 증감을 반복하고 있으며 2023년 10월 1일-2024년 2월 29일 기간 동안 경상남도에서 신고된 백일해 환자는 총 268명으로 집계된다.

2. 조사방법

분석 대상기간 내 질병보건통합관리시스템 및 방역통합정보시스템에 신고된 경상남도 백일해 환자 총 268명의 역학조사서와 현장조사 시 확인한 환자 진료기록, 보건소 및 학교 관계자 인터뷰 정보 등을 취합하였다. 이를 통해 환자들의 인구학적 특성 및 주요 임상증상과 감염경로, 전파양상, 예방접종 현황 등을 분석하였다.

3. 결과

1) 백일해 환자 인구학적 특성

인구학적 특성 분석 결과, 전체 환자 268명 중 남성이 155명(57.8%), 여성 113명(42.2%)이고, 연령대별로는 5-9세 122명(45.5%), 10-14세 119명(44.4%)으로 해당 연령대가 대다수(89.9%)를 차지하였다. 주요 발생지역은 창원시 마산회원구 191명(71.2%), 함안군 43명(16.0%)으로 두 지역의 발생 환자가 전체 대비 87.2%로 나타났다(표 1).

2) 백일해 환자 임상증상

확진자 대부분인 258명(96.3%)에서 기침이 주요 증상으로 나타났고 이 중 128명(47.8%)이 경미한 기침 양상을 보였다. 이외 백일해 특징적인 증상인 발작성 기침은 28명(10.4%), 야간 기침 26명(9.8%), 기침 시 ‘흠’소리를 내는 whooping 기침은 10명(3.7%)에서 나타났다. 전체 환자 중 60명(22.4%)이 입원치료를 하였고, 그 외는 외래치료를 통해 호전되었다(표 2).

3) 백일해 유행 전파 및 감염경로

백일해 유행의 지표 환자는 함안군에 거주하는 만 6세 아동으로 2023년 10월 10일 잦은 기침을 주로 호소하며 증상이 시작되었다. 지표 환자의 증상발현 1일 경과 후 동일한 어린이집 소속의 4세 아동에게서 백일해 증상이 나타났으며, 이

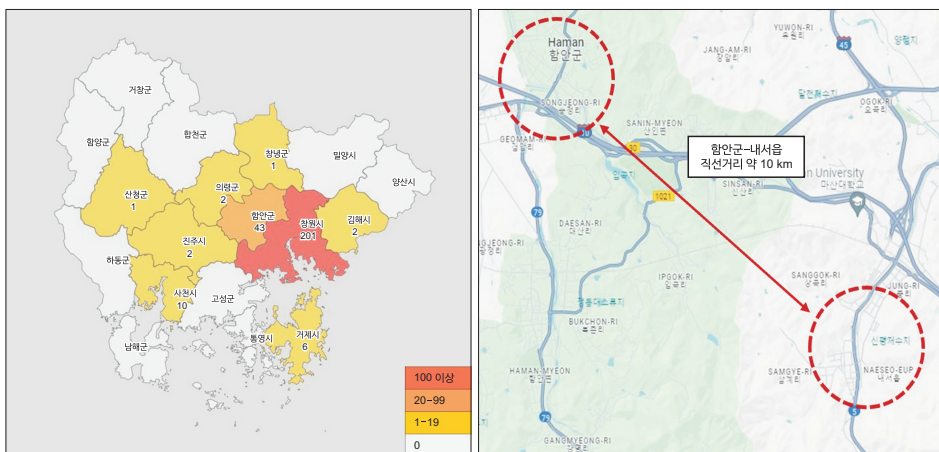


그림 2. 경상남도 백일해 유행 발생 지역
단위: 명

두 환아의 추정 잠복기 동선 중 3주 전(2023년 9월 16일) 마산회원구 내서읍에서 개최한 지역축제에 방문한 이력이 동일하였다.

함안군의 지표 환자가 소속된 어린이집 내 확진자 발생 이후 약 10일만에 내서읍 지역의 초등학교 백일해 확진자 집단이 발생하였다. 함안군 어린이집과 내서읍 초등학교 집단 간

전파경로를 특정할 수는 없으나, 두 지역의 인접한 위치와 공동생활권 내 병원, 상가 등을 중심으로 전파되었을 것으로 추측된다(그림 2). 이후 10월 3주부터 보육시설 및 학교를 중심으로 유행이 확산되어 지표 환자 발생일로부터 6주만에 해당 지역 내 백일해 확진자 수가 정점에 달했다(그림 3).

백일해 환자들의 공동노출원 조사를 통해 감염경로 및 확산요인을 분석한 결과, 주요 감염경로는 교내 단체생활을 통한 사람 간 접촉과 호흡기 전파로 추정된다. 백일해 확산 시기였던 10월, 내서읍 소재 초등학교의 가을 현장학습 등 교내 행사가 잇따라 시행됨에 따라 학생 집단활동이 빈번히 이루어졌다(보충 표 1; available online). 더불어 마산회원구 공동생활권에 학원 및 교습소들이 밀집되어 있어 방과 후 모임(학원, 또래 간 만남 등)을 통한 학교 간 전파가 용이했고, 초등학교의 형제·자매 등 가족 간 전파로 인해 다른 학급이나 학년으로 확산된 것으로 확인되었다.

또한 백일해 확진 시 항생제 치료 여부에 따라 5일-3주 이상의 격리를 권고하지만, 환아의 가정 내 돌봄 문제로 격리기간이 모두 경과하지 않아도 호흡기 증상이 호전되는 즉시 등교함으로써 백일해 전파 가능 시기에 학급 내 노출이 발생하였다. 아울러 백일해 유행이 2023-2024절기 인플루엔자 유행주의보 발령 시기(2023년 9월 15일)와 겹쳐 의료현장에서는 유사한 임상증상을 가진 백일해 진단검사를 우선적으로 고려하지 않아 진단이 조기에 이루어지지 못한 점도 전파 확산 요인 중 하나일 수 있다.

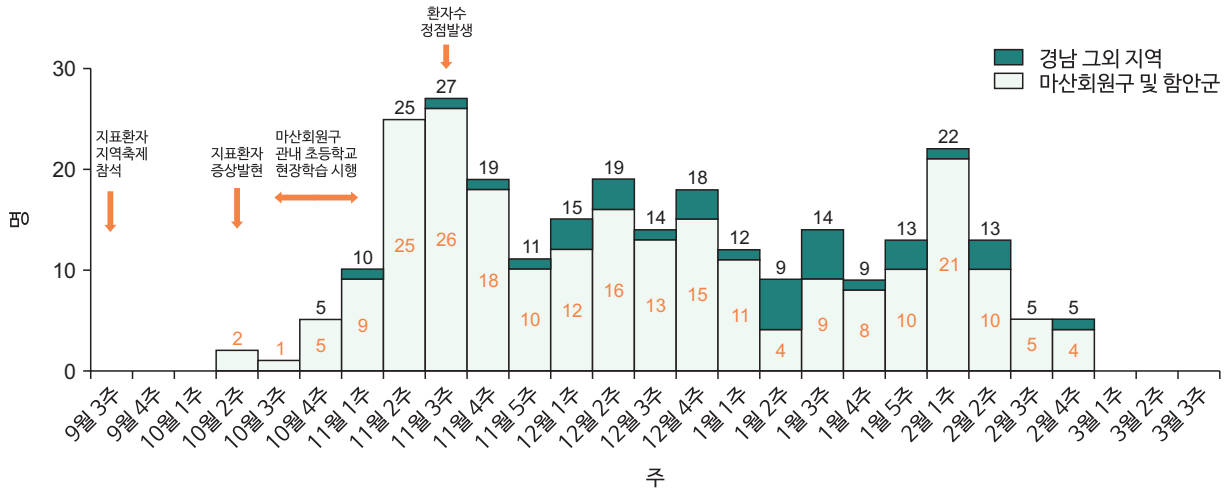
표 1. 경상남도 백일해 환자의 일반적 특성

구분	명	%
계	268	100.0
성별		
남	155	57.8
여	113	42.2
연령대별		
0-4세	14	5.2
5-9세	122	45.5
10-14세	119	44.4
15-19세	2	0.7
20세 이상	11	4.1
거주 시·군·구별		
창원시	201	75.0
마산회원구	191	71.2
마산합포구	4	1.5
의창구	5	1.9
성산구	1	0.4
함안군	43	16.0
사천시	10	3.7
거제시	6	2.2
김해시	2	0.7
의령군	2	0.7
진주시	2	0.7
창녕군	1	0.4
산청군	1	0.4

표 2. 경상남도 백일해환자 주요 임상증상

구분	전체	기침	기침 세부형태					가래	기침 후 구토	호흡 곤란	입원 여부
			경미한 기침	심한 기침	발작성 기침	야간 기침	Whooping 기침 ^{a)}				
명	268	258	128	72	28	26	10	15	20	4	60
%	100.0	96.3	47.8	26.9	10.4	9.7	3.7	5.6	7.5	1.5	22.4

^{a)}흡기 시 '흠소리(whooping)를 내는 기침으로 백일해 특이증상.



*확진자는 신고일 기준으로 집계됨

그림 3. 경상남도 백일해 유행 발생 현황

표 3. 경상남도 백일해환자 예방접종 현황

접종차수	백일해환자	세부내용
계	268 (100.0)	-
1차	0 (0.0)	-
2차	0 (0.0)	-
3차	1 (0.4)	1세 기본접종만 해당
4차	25 (9.3)	-
5차	197 (73.5)	-
6차	35 (13.1)	-
확인불가	10 (3.7)	39세 이상 성인 9명 기타 1명(7세): 환아 기저질환으로 보호자 접종 거부

단위: 명(%)

4) 백일해 환자 예방접종 현황

백일해는 예방접종 대상 감염병 관리지침에 따라 소아의 경우 생후 2, 4, 6, 15-18개월 및 만 4-6세에 DTaP 백신으로 접종, 이후 11-12세에 Tdap 백신으로 추가 접종하는 것이 표준 권고된다. 이와 관련하여 경상남도 백일해 환자 268명 중 232명(86.6%)에서 5차 이상의 예방접종을 완료하였다. 미완료자 36명은(13.4%) 접종시기 미도래 연령이거나 예방접종력 미확인 성인 및 환아 기저질환으로 보호자가 접종을 보류한 상태로 확인되었다(표 3).

공중보건 대응

1. 현장조사

백일해 유행 양상을 파악하고 관리 대책을 수립하기 위해, 2023년 11월 경남권질병대응센터와 경상남도 및 보건소 합동으로 창원시 마산회원구 유행지역 내 다빈도 신고·발생 장소인 소아 전문 의료기관과 초등학교 3개소에 출동하여 현장 조사를 시행하였다.

먼저 A 아동병원은 백일해 환자 268명 중 183명(68.3%)을 진료한 의료기관으로 내서읍에서 지역주민의 접근성이 용이하고, 학원가를 비롯한 상가 밀집구역에 위치하고 있다. 현장조사를 통해 백일해 진료 현황 및 환자·접촉자 관리, 병원 내 환기시설, 환경소독 여부 등에 대한 점검을 시행하였고, 병원의 협조에 따라 진료기록상 백일해 환자의 주요 임상증상을 확인하였다. 아울러 의료기관 측에 유증상자의 조기진단과 감염관리 조치 사항, 접촉자의 예방적 항생제 처방에 대한 협조를 요청하였다.

백일해 다발생 초등학교 3개소는 모두 마산회원구 내서읍의 서로 인접한 거리에 위치하고 있다. 학교 방문을 통해 교내 환자 발생 및 예방접종 현황 조사, 교실 내부시설 등의 현장점검을 시행하고 주요 감염경로 및 위험 요인 등을 파악하였다.

유증상자 발생 시 신속한 의료기관의 연계 당부와 더불어 감염예방 관련 학생 지도 등을 요청하였다.

2. 대응방안

경남권질병대응센터, 경상남도청, 창원시마산보건소는 백일해 감시체계를 강화하여 발생 현황을 면밀하게 감시하고, 관계 기관 상황평가 회의와 지역 내 호흡기감염 관련 전문가 자문회의를 진행하였다. 또한 경상남도 의사회를 대상으로 백일해 유행 관련 정보제공 및 진단 강화에 대한 안내를 적극 당부하였다. 백일해의 추가전파를 예방하기 위해 불완전 접종자 및 보육교사 등 고위험직종 종사자 대상으로 예방접종을 독려하였고 예방접종률을 지속적으로 모니터링하였다. 또한 학령기 아동 위주의 발생 상황을 고려하여 경남권 학교 감염병 협의체를 마련하여 센터-시도-교육청의 협조체계를 구축하고 감시 강화 및 대응 방안을 모색하였다. 이를 통해 학교뿐만 아니라 방학 기간 유행 전파 우려가 높은 학원·교습소 등 방과 후 교육시설 대상으로 환경소독 지침 안내와 방역물품 등을 전달하였고, 개인위생 및 기침 예절, 주기적 환기 등 호흡기감염병 전파 차단을 위한 예방수칙 홍보를 하였다.

논 의

2023년 10월부터 시작된 경상남도 백일해 발생은 같은 해 11월 정점 이후 확진자 증감을 반복하다가 2024년 2월부터 감소하여 유행이 진정된 양상을 보이며, 5개월간 총 268명의 환자가 집계되었다. 확진자 중 절반에 가까운 128명(47.8%)에서 경미한 기침 증상이 나타났고, 대다수인 208명(77.6%)은 외래치료를 통해 합병증 없이 호전되었다. 이는 최근 백일해 환자에게서 심한 발작적 기침 등을 보이는 전형적 임상증상이 뚜렷하지 않고, 가벼운 기침 또는 만성 기침 등의 비전형적인 양상을 나타낸다는 기존의 백일해 연구 내용과 일

치한다[1,2].

그간 경상남도에서 발생한 백일해 유행은 2015년 및 2018년과 최근인 2023년까지 3차례이며 모두 창원시를 비롯한 주변 시·군·구에 걸쳐 발생하였고, 2023년도에는 특히 창원시 마산회원구에 집약적으로 발생하였다. 주로 학령기 연령대에서 발생하였는데, 과거에 비해 2023년에는 5-14세 발생 비중이 증가하였다.²⁾ 한편 2023년 10월-2024년 2월 동안 경상남도 외에 경기 46명, 광주 25명, 서울 23명 등 타 지역에서도 산발적인 유행사례가 발생하고 있어 백일해 감염 위험은 전국적으로도 우려해야 할 문제로 보여진다.

이번 백일해 유행의 확산 요인으로는 인플루엔자 등 호흡기 감염병 유행으로 백일해 진단이 배제될 수 있는 상황에서 학교 집단생활을 통한 전파, 가정 내 돌봄 문제로 인한 격리기간 미준수, 예방접종 경과에 따른 면역력 감소 등을 고려할 수 있다. 특히 만 4-6세에 DTaP 백신접종 이후 11-12세에 Tdap 백신 추가접종을 맞아야 하는 시기가 경과하면서 면역력이 저하되거나 불완전 접종상태에서 백일해 확진 시, 단체생활을 통해 또래 아동에게 급격한 전파가 이루어졌을 것으로 사료된다. 국내 백일해 연령별 예방접종률은 1세 97.3%, 2세 95.1%, 3세 95.8%, 6세 94.1%, 12세 85.8%로 보고되고 있으며[6], 경상남도 백일해 유행 발생의 주요 연령대는 5-9세 45.5%, 10-14세 44.4%로 기존에 알려진 낮은 접종률의 연령대와 일치한다. 또한 표준접종 일정상 접종 횟수가 4회 이상으로 많거나, 12세까지 장기간 접종 일정을 관리하여야 하는 백일해의 경우 타 예방접종의 평균 접종률(약 97%)보다 3-5%p 낮은 것으로 알려졌다.

이번 유행에서 드러난 백일해 관리의 제한점으로는 계절 인플루엔자 발생 시기인 2023년 9월과 겹쳐 유사한 호흡기 증상이 있는 백일해 감별을 위한 진단검사를 우선 시행하지 못하였고, 초등학교 입학 이후 예방접종력에 대한 교내 학생별 관리 시스템 미비로 신속한 예방접종력 파악이 어려웠다.³⁾

2) 경상남도 백일해 유행의 연도별 5-14세 발생 비중: (2015년) 62%→(2018년) 83%→(2023년) 94%.

3) 초등학교 입학 전 예방접종력은 교육행정정보시스템(National Education Information System)에서 확인 가능.

또한 지침에는 백일해 환자를 5일-3주간 격리를 권고하고 있으나 교육 중단 및 가정 내 돌봄 문제 등으로 인해 격리가 제대로 이루어지지 않아 교내 전파위험이 증가하였다.

본 백일해 유행 사례 분석을 통해 비교적 높은 백신 접종률에도 불구하고 지역사회 노출에 의한 2-5년 주기의 유행이 반복될 수 있음을 확인하였으며, 재발 방지를 위해 지역사회 내 백일해에 대한 적극적인 임상적, 역학적 정보를 교육·홍보하고 유행 지역 특성을 고려한 백신접종 전략 수립이 필요하다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: UJC, ARK. Data curation: UJC, ARK. Formal analysis: UJC, ARK. Investigation: UJC, ARK, HRP, DHA, SGY. Methodology: UJC, ARK. Project administration: UJC. Supervision: YJK. Visualization: UJC, ARK. Writing – original draft: UJC, ARK, HRP, DHA, SGY. Writing – review & editing: UJC, ARK, YJK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency. Guidelines for management of infectious diseases subject to vaccination in 2023. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
2. Jang JW, Kang JH, Choi JW, Lee HS, Ma SH. Clinical characteristics of pertussis epidemic in Changwon. *Pediatr Infect Vaccine* 2017;24:37-43.
3. Kim C, Yi S, Cho SI. Recent increase in pertussis incidence in Korea: an age-period-cohort analysis. *Epidemiol Health* 2021;43:e2021053.
4. Lee SY, Choi UY, Kim JS, et al. Immunoassay of pertussis according to ages. *Korean J Pediatr Infect Dis* 2012;19:55-60.
5. Korea Disease Control and Prevention Agency Infectious Disease Portal [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2024 Mar 11]. Available from: <https://dportal.kdca.go.kr/pot/is/rginEDW.do>
6. Korea Disease Control and Prevention Agency Press Release [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023 [cited 2023 Nov 10]. Available from: https://www.kdca.go.kr/board.board.es?mid=a2050102000&bid=0015&list_no=723811&cg_code=C01&act=view&nPage=1#

Report on the Epidemic Investigation of the Pertussis Outbreak in Gyeongsangnam-do, 2023–2024

U Jin Cho[†], Ah-Ra Kim[†], Hye Rim Park, Da-Hye An, Seul-Gi Yang, Yeonjung Kim*

Division of Infectious Disease Response, Gyeongnam Regional Center for Disease Control and Prevention, Korea Disease Control and Prevention Agency, Busan, Korea

ABSTRACT

Pertussis is a legally designated Class 2 infectious disease managed through the national vaccination program. While the number of patients in the Republic of Korea has decreased significantly due to increased vaccination rates, caution is still necessary because the disease affects various age groups, from unvaccinated children to adolescents and adults. From October 1, 2023, to February 29, 2024, 268 pertussis cases were reported in the Gyeongsangnam-do area, which has experienced two small-scale outbreaks in the past 10 years. To explore effective infectious disease management strategies, recent outbreak cases were analyzed, and the field response process was described. An analysis of 268 pertussis cases showed that the majority (87.2%) of confirmed cases occurred in Changwon-si Masanhoewon-gu and Haman-gun in Gyeongsangnam-do, primarily among school-aged children aged 5–14 years (89.9%). Among the patients, 258 (96.3%) showed symptoms of coughing, 60 (22.4%) required hospitalization, and the rest recovered through outpatient treatment. The main route of infection was identified as transmission through group living environments in educational facilities, such as daycare centers, schools, academies, and after-school classes. The decrease in immunity among school-aged children after initial vaccinations in infancy was identified as a major factor in the spread of the outbreak. Hence, it is necessary to develop vaccination strategies tailored to the specific characteristics of areas affected by the epidemic and to actively promote clinical and epidemiological education within the community providing information about pertussis.

Key words: Pertussis; Vaccine-preventable disease; Disease outbreaks; Epidemiologic studies

*Corresponding author: Yeonjung Kim, Tel: +82-51-260-3720, E-mail: kimye@korea.kr

[†]These authors contributed equally to this study as co-first authors.

Introduction

Pertussis, a highly contagious respiratory illness caused by the bacterium *Bordetella pertussis*, is classified as a Class 2 infectious disease under the Infectious Disease Control and Prevention Act. Spread through droplets from infected

individuals, pertussis has an incubation period of 4–21 days [1]. Symptoms can vary by age. While adolescents and adults may experience paroxysmal cough, young children with insufficient immunity can develop a persistent cough leading to complications such as atelectasis and bronchopneumonia in severe cases [2].

Key messages

① What is known previously?

Pertussis is an infectious disease preventable by vaccination, and the number of cases has decreased since the introduction of the DTaP vaccine in the Republic of Korea. However, small-scale epidemics have recently sporadically occurred within the community.

② What new information is presented?

The pertussis outbreak that began in Gyeongsangnam-do in October 2023 was primarily transmitted to school-aged children engaged in group activities at schools and childcare facilities. The decrease in immunity for those of school age following vaccinations administered in early childhood has been identified as a major factor in disease spread.

③ What are implications?

Preemptive preparation is needed, including active education and the promotion of clinical and epidemiological information about whooping cough in the community and establishment of a vaccination strategy that takes into account characteristics of the epidemic area.

Pertussis is a vaccine-preventable disease included in the National Immunization Program, which recommends six doses of DTaP and Tdap vaccine for children under 12 years old, followed by booster shots with Tdap vaccine every 10 years for adults who have completed their childhood immunizations.¹⁾ Following the introduction of the pertussis vaccine, the Republic of Korea's (ROK) pertussis incidence plummeted to around 20 cases annually. However, recent years have seen a resurgence of small epidemics with a 2–5-year cycle in several countries, including the United States, Australia, Europe, and

ROK [3]. This resurgence may be attributed to waning vaccine effectiveness over time [2,4].

Prior to the coronavirus disease-2019 (COVID-19) pandemic, Gyeongsangnam-do experienced pertussis outbreaks in 2015 and 2018, with 77 and 270 cases reported, respectively. Interestingly, during the 3-year COVID-19 pandemic (2020–2022), pertussis cases remained relatively low, averaging only 10 annually. However, in October 2023, a concerning trend emerged. The number of cases began to rise compared to the same period in previous years, and this increase continued through February 2024 (Figure 1) [5]. In light of this recent outbreak, this study aims to investigate the demographic characteristics, transmission routes, and epidemic patterns of pertussis cases in Gyeongsangnam-do, ROK. We will also share the findings from field investigations and implemented measures to identify effective strategies for future infectious disease responses.

Investigation and Results

1. Overview of Recognition and Outbreaks

In November 2023, the Gyeongsangnam-do Regional Center for Disease Control and Prevention identified a surge in pertussis cases through respiratory illness surveillance data (2023–2024). Compared to the previous year, a sharp rise in cases became evident from October onwards. In Gyeongsangnam-do, the outbreak was concentrated in geographically connected areas: Masanhoewon-gu and Haman-gun within Changwon-si (Figure 2). These districts share

1) Types of pertussis vaccines include

- DTaP: This vaccine contains antigens of diphtheria, tetanus, and acellular pertussis (acellular pertussis). It is administered to children under 6 years of age.
- Tdap: This vaccine offers protection against the same diseases as DTaP, but with different antigen amounts. It is given to children aged 11 and older, as well as adults.
- Td: This vaccine lacks the pertussis component and is used for tetanus and diphtheria protection only.

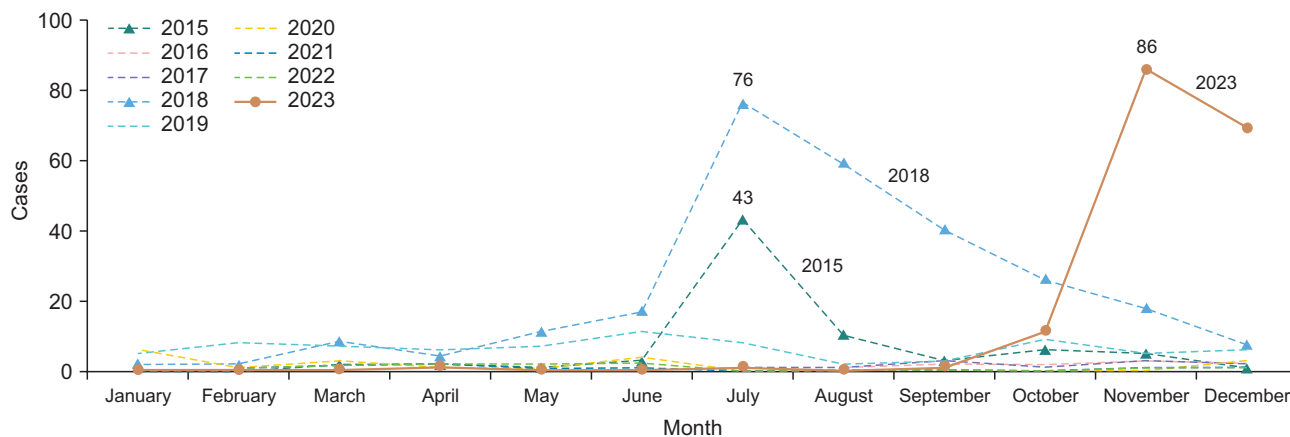


Figure 1. Trends of pertussis patients in Gyeongsangnam-do (2015–2023)

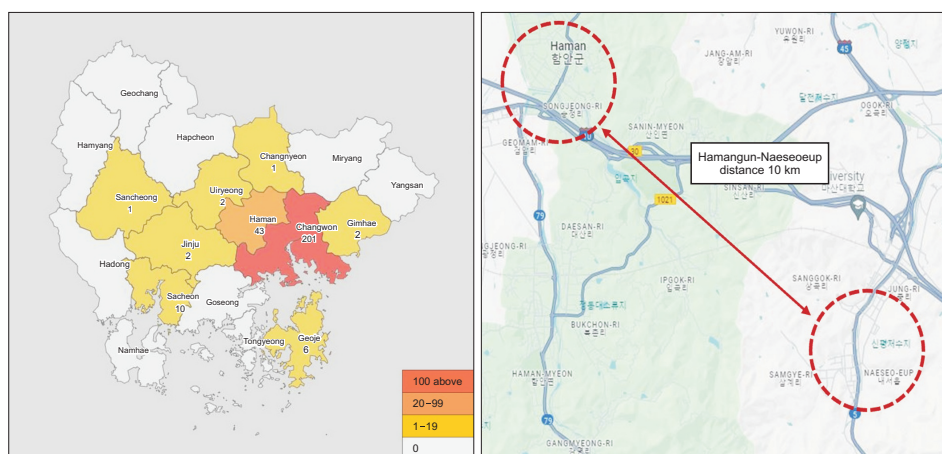


Figure 2. Regions affected by the pertussis epidemic in Gyeongsangnam-do
Unit: person.

commercial areas, healthcare facilities, and cultural spaces, facilitating the potential spread of the disease. The initial surge occurred in October 2023, followed by sporadic small outbreaks. In total, 268 pertussis cases were reported in Gyeongsangnam-do between October 1, 2023, and February 29, 2024.

2. Investigation Method

Epidemiological data for the 268 pertussis cases was collected from two sources: the Integrated Disease and Health Management System and the Integrated Disease Control Information System reported cases. Patient medical records were verified during field investigations and interviews with

healthcare providers and school officials. The data was then analyzed to understand the demographics of the patients, major clinical symptoms, infection routes and transmission modes, and vaccination status.

3. Results

1) Demographic characteristics of pertussis patients

The outbreak primarily affected school-aged children (5–14 years old), accounting for 89.9% of cases (122 [45.5%] in the 5–9 age group and 119 [44.4%] in the 10–14 age group) in 268 patients. Males were slightly more affected (57.8%, n=155) compared to females (42.2%, n=113). Geographically, the outbreak was concentrated in Masanhoewon-gu (71.2%,

n=191) and Haman-gun (16.0%, n=43) within Changwon-si, totaling 87.2% of all cases (Table 1).

2) Clinical symptoms of pertussis patients

Cough was the predominant symptom (96.3%, n=258),

with nearly half (47.8%, n=128) experiencing mild cough. Other characteristic symptoms included paroxysmal cough (10.4%, n=28), night cough (9.8%, n=26), and whooping cough (3.7%, n=10). Approximately one-quarter (22.4%, n=60) of patients required hospitalization, while the remaining cases were treated on an outpatient basis (Table 2).

Table 1. General characteristics of pertussis patients in Gyeongnam region

Category	Number	%
Total	268	100.0
Sex		
Male	155	57.8
Female	113	42.2
Age group		
0-4	14	5.2
5-9	122	45.5
10-14	119	44.4
15-19	2	0.7
20 years or older	11	4.1
County of residence		
Changwon-si	201	75.0
Masan Hoewon-gu	191	71.2
Masan Hapcho-gu	4	1.5
Uichang-gu	5	1.9
Seongsan-gu	1	0.4
Haman-gun	43	16.0
Sacheon-si	10	3.7
Geoje-si	6	2.2
Gimhae-si	2	0.7
Uiryeong-gun	2	0.7
Jinju-si	2	0.7
Changnyeong-gun	1	0.4
Sancheong-gun	1	0.4

3) Pertussis epidemics and transmission

The outbreak began with a 6-year-old child in Haman-gun experiencing frequent coughing symptoms starting on October 10, 2023. Notably, a 4-year-old child in the same daycare center developed pertussis symptoms just 1 day later. Both children had a presumed incubation period and a history of attending a local festival in Naeseo-eup, Masanhoewon-gu three weeks prior (September 16, 2023), suggesting a possible link.

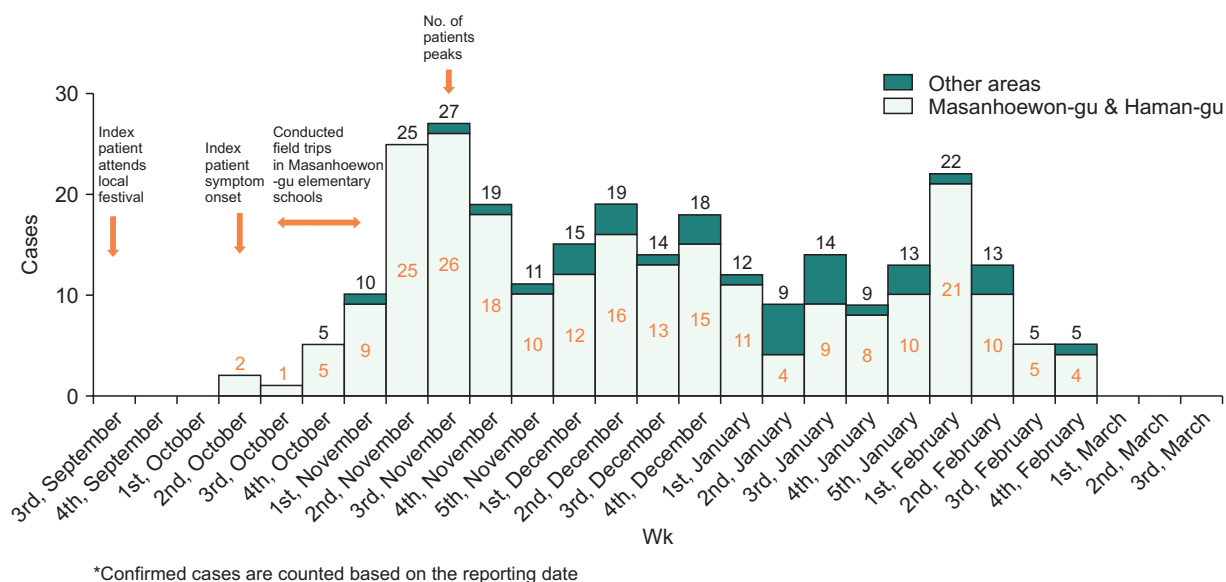
Approximately 10 days after the daycare center outbreak, a cluster of pertussis cases emerged in an elementary school located in Naeseo-eup, Masanhoewon-gu. The exact transmission route between these locations remains unclear, but given their proximity, it is likely hospitals, shopping centers, or other shared spaces in these areas played a role (Figure 2). The outbreak gained momentum in the third week of October, spreading to childcare centers and schools across the region. The peak number of cases occurred six weeks after the index case (Figure 3).

Investigation of co-exposure sources among cases revealed

Table 2. Main clinical symptoms of pertussis patients in Gyeongnam region

Category	Total	Cough	Details of cough					Sputum	Vomiting	Difficulty breathing	Hospitalization
			Mild	Severe	Paroxysmal	Night	Whooping ^{a)}				
Number	268	258	128	72	28	26	10	15	20	4	60
%	100.0	96.3	47.8	26.9	10.4	9.7	3.7	5.6	7.5	1.5	22.4

^{a)}A cough that makes a whooping sound when coughing is a characteristic symptom of whooping cough.



*Confirmed cases are counted based on the reporting date

Figure 3. Pertussis epidemic Status in Gyeongsangnam-do

person-to-person contact and respiratory transmission through school group activities. During the outbreak month (October), frequent student group activities like school field trips were held at the Naeseo-eup elementary school (Supplementary Table 1; available online). Additionally, the high concentration of private academies and tutoring centers in Masanhoewon-gu facilitated the virus’s spread between schools through after-school gatherings and peer interactions (academies, peer-to-peer meetings, etc.). This ultimately led to transmission within classes and grades, along with potential family transmission among siblings.

Furthermore, incomplete isolation of confirmed cases hampered containment efforts. While isolation recommendations for pertussis range from five days to three weeks depending on antibiotic use, some children returned to school prematurely due to home care challenges, potentially exposing classmates during their infectious period. Another contributing factor was the timing. The pertussis outbreak coincided with the 2023–2024 influenza season alert issued on September 15, 2023. This may have led healthcare providers to prioritize influenza

testing over pertussis for patients with similar symptoms, potentially delaying diagnosis.

4) Pertussis patient vaccination status

The recommended pertussis vaccination schedule, according to the Control of Communicable Diseases Manual, includes DTaP doses at 2, 4, 6, 15–18 months, and 4–6 years of age, followed by a booster dose (Tdap) at 11–12 years. In this outbreak, 232 (86.6%) of the 268 pertussis cases had received five or more vaccine doses (Table 3). The remaining 36 individuals (13.4%) were either unvaccinated children who had not yet reached the recommended age or adults with unknown vaccination history. Of the vaccinated children, some had medical conditions that contraindicated vaccination according to caregivers.

Public Health Response

1. Field Investigations

In November 2023, a joint field investigation was conducted

Table 3. Status of vaccination of pertussis patients in Gyeongnam region

Number of vaccinations	Pertussis patient	Detail
Total	268 (100.0)	-
1st	0 (0.0)	-
2nd	0 (0.0)	-
3rd	1 (0.4)	Basic vaccination for 1 year old only
4th	25 (9.3)	-
5th	197 (73.5)	-
6th	35 (13.1)	-
Unable to confirm	10 (3.7)	9 adults over 39 years old 1 other person (7 years old): guardian refused vaccination due to underlying disease

Unit: n (%).

by the Gyeongsangnam-do Center for Disease Control and Prevention, Gyeongsangnam-do public health centers, and relevant authorities. The investigation targeted pediatric healthcare institutions and three elementary schools in Masanhoewon-gu, Changwon-si, which were the sites of frequent reports and outbreaks during the pertussis epidemic.

Children’s Hospital A, located in a densely population area of Naeseo-eup with easy access for residents and numerous private academies, treated the majority of cases (183 out of 268, or 68.3%). The hospital investigation focused on pertussis treatment protocols, case-contact management, ventilation and environmental disinfection practices, and collaboration to improve early diagnosis, infection control, and prophylactic antibiotic prescription for contacts.

All three elementary schools experiencing pertussis outbreaks were located in close proximity within Naeseo-eup, Masanhoewon-gu. The investigation at these schools aims to

determine the case incidence and student vaccination status, inspect classroom facilities, identify potential transmission routes and risk factors, and encourage schools to promptly refer students with symptoms to healthcare institutions and provide students with guidance on infection prevention practices. This combined effort aimed to gather information and implement measures to control the pertussis outbreak.

2. Response Measures

The Gyeongsangnam-do Center for Disease Control and Prevention, Gyeongsangnam-do public authorities, and Changwon-si Masan Health Center joined forces to strengthen pertussis surveillance. This included regular situation assessments with relevant agencies and expert consultations on respiratory infections in the region. To improve prognosis, the Gyeongsangnam-do Medical Association was urged to provide information on the pertussis epidemic and emphasize the importance of early diagnosis. Furthermore, vaccination was encouraged to prevent further spread. This included individuals with incomplete vaccination schedules and those in high-risk occupations, such as childcare workers. Vaccination rates were continuously monitored. Considering the outbreak’s impact on school-aged children, a Gyeongsangnam-do school infectious disease council was established. This council aimed to develop a collaborative system between the Korea Disease Control and Prevention Agency, local government, and the education office, seeking ways to strengthen surveillance and responses within schools. Through this collaborative effort, environmental disinfection guidelines and quarantine supplies were delivered to schools and after-school educational facilities like private academies and tutoring centers, which are at high risk of epidemic transmission during vacation periods. Additionally, preventive

measures to block the transmission of respiratory infectious diseases, such as proper personal hygiene, cough etiquette, and periodic ventilation, were actively promoted.

Discussion

The Gyeongsangnam-do pertussis outbreak, which began in October 2023, peaked in November and subsided by February 2024, with a total of 268 cases recorded over five months. Nearly half (47.8%, 128) of confirmed cases exhibited mild cough symptoms, and most (77.6%, 208) recovered without complications through outpatient treatment. This aligns with recent research suggesting a shift in pertussis presentation, with a typical mild or chronic coughs being more common than the classic severe paroxysmal cough [1,2].

There have been three pertussis epidemics in Gyeongsangnam-do, in 2015, 2018, and most recently in 2023, all of which occurred in Changwon-si and surrounding cities, counties, and districts, with the 2023 outbreak particularly concentrated in Masanhoewon-gu, Changwon-si.

Notably, the proportion of cases in the school-age group (5–14 years old) has been steadily increasing.²⁾ Sporadic cases were reported in other regions between October 2023 and February 2024, including 46 in Gyeonggi-do, 25 in Gwangju, and 23 in Seoul, highlighting the national concern regarding pertussis infection.

Several factors likely contributed to the spread of the pertussis outbreak in Gyeongsangnam-do. Transmission through group activities in schools became a significant concern, especially when pertussis diagnosis was overshadowed by a

concurrent outbreak of respiratory infections like influenza. Incomplete isolation due to home caregiving challenges also showed the virus to continue spreading among students. Additionally, the time between the DTaP vaccine at 4–6 years old and the Tdap booster at 11–12 years old may have left some children with reduced or incomplete immunity, making them more susceptible to infection during group activities. Looking closer at vaccination rates and pertussis outbreaks, we see a concerning trend. ROK's national vaccination rates for pertussis are high at 1 year (97.3%), 2 years (95.1%), and 3 years (95.8%). However, they decline to 94.1% at 6 years and 85.8% at 12 years [6]. This aligns with the age groups most affected in this outbreak (5–9 years old: 45.5% and 10–14 years old: 44.4%). Notably, pertussis vaccination requires more doses (typically four or more) compared to other childhood vaccines, which average around 97% completion. This difference in required doses may contribute to the lower pertussis vaccination rates.

The management of the pertussis outbreak also faced some limitations. The outbreak coincided with the seasonal influenza surge in September 2023. This may have led healthcare providers to prioritize influenza testing over pertussis testing for patients with similar symptoms, hindering early diagnosis. Additionally, the lack of a system within schools to track student immunization history after entering elementary school made it difficult to quickly identify unvaccinated individuals.³⁾ Finally, while recommended isolation guidelines for pertussis cases range from five days to three weeks, concerns about educational disruption and home care challenges resulted in poor adherence, increasing the risk of in-school transmission.

2) Proportion of pertussis cases in the school-age group (5–14 years old) in Gyeongsangnam-do 62% in 2015, 83% in 2018, and reaching 94% in 2023.

3) Pre-elementary school immunization records are accessible through the National Education Information System.

This analysis of pertussis epidemics highlights a critical challenge: outbreaks can recur in 2–5-year cycles due to community exposure, even with relatively high vaccination rates. To prevent further outbreaks, a multi-pronged approach is necessary. This includes aggressive community education, dissemination of clinical and epidemiological information about pertussis, and the development of vaccination strategies tailored to the specific characteristics of each endemic area.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: UJC, ARK. Data curation: UJC, ARK. Formal analysis: UJC, ARK. Investigation: UJC, ARK, HRP, DHA, SGY. Methodology: UJC, ARK. Project administration: UJC. Supervision: YJK. Visualization: UJC, ARK. Writing – original draft: UJC, ARK, HRP, DHA, SGY. Writing – review & editing: UJC, ARK, YJK.

Supplementary Materials

Supplementary data are available online.

References

1. Korea Disease Control and Prevention Agency. Guidelines for management of infectious diseases subject to vaccination in 2023. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
2. Jang JW, Kang JH, Choi JW, Lee HS, Ma SH. Clinical characteristics of pertussis epidemic in Changwon. *Pediatr Infect Vaccine* 2017;24:37–43.
3. Kim C, Yi S, Cho SI. Recent increase in pertussis incidence in Korea: an age-period-cohort analysis. *Epidemiol Health* 2021;43:e2021053.
4. Lee SY, Choi UY, Kim JS, et al. Immunoassay of pertussis according to ages. *Korean J Pediatr Infect Dis* 2012;19:55–60.
5. Korea Disease Control and Prevention Agency Infectious Disease Portal [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2024 [cited 2024 Mar 11]. Available from: <https://dportal.kdca.go.kr/pot/is/rginEDW.do>
6. Korea Disease Control and Prevention Agency Press Release [Internet]. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023 [cited 2023 Nov 10]. Available from: https://www.kdca.go.kr/board.board.es?mid=a2050102000&bid=0015&list_no=723811&cg_code=C01&act=view&nPage=1#



국가예방접종사업 확대를 위한 백신 도입 우선순위 평가 결과

서인영, 신지연, 이동우*

질병관리청 의료안전예방국 예방접종관리과

초 록

예방접종은 감염병으로부터 매년 350-500만 명의 사망을 예방하는 효과적인 감염병 예방 수단으로 우리나라는 1954년부터 국가예방접종사업을 실시하고 사업의 지속적인 확대를 통해 국민의 건강을 보호하고 있다. 국가예방접종사업의 확대는 국민 건강에 미치는 파급력이 크고 막대한 국가 예산이 투입되므로 객관적이고 과학적인 근거를 바탕으로 이루어져야 한다. 이를 위해 질병관리청은 도입 우선순위 평가를 실시하고 이에 근거하여 국가예방접종사업의 확대를 추진하고 있다. 2021년 우선순위 평가를 통해 백신 도입 1순위로 평가된 로타바이러스 백신은 2023년 국가예방접종사업에 도입되었다. 다만 신규 백신 개발 등 상황 변화에 따라 도입 우선순위는 주기적으로 새롭게 설정할 필요성이 있어 2023년 백신 도입 우선순위의 재설정을 실시하였다. 7개 감염병에 대한 15개 세부안을 대상으로 하여 1순위 만성질환자 대상 인플루엔자 백신, 2순위 65세 이상 폐렴구균 백신, 3순위 사람유두종바이러스가 백신 전환, 4순위 70세 이상 대상포진 생백신 접종 등 도입 우선순위를 결정하였다. 질병관리청은 이번 연구 결과를 바탕으로 백신 수급·예산 확보 상황과 같은 행정적 수행 가능성 등을 종합적으로 고려하여 국가예방접종사업의 백신 도입 확대를 지속 추진할 예정이다.

주요 검색어: 국가예방접종; 백신 도입; 우선순위

서 론

예방접종은 디프테리아, 폴리오, 백일해, 인플루엔자, 홍역 등의 감염병으로부터 매년 350-500만 명의 사망을 예방하는 효과적인 감염병 예방 수단이다[1]. 우리나라는 국민 건강 보호를 위해 실시한 1954년 7개 감염병에 대한 정기예방접종을 시작으로, 예방접종의 지원 대상 및 범위를 지속적으로 확대하여 2024년 현재 19개 감염병에 대한 국가예방접종사업을 실시하고 있다.

과학기술의 발달에 따라 기존 백신이 개선되거나 신규 백신의 개발로 인해 예방접종 대상 감염병의 범위는 넓어지고 있다. 또한 질병 발생 양상이 과거와 달라지는 등 접종 환경이 변화하며 국가예방접종사업 확대에 대한 요구는 계속 발생하고 있다. 다만 국가예방접종사업은 국민 건강에 미치는 파급력이 크고 막대한 국가 예산이 투입되는 만큼, 객관적이고 과학적인 근거를 기반으로 사업의 확대가 이루어져야 한다.

세계보건기구는 국가 예방접종 프로그램 등에 새로운 백신을 도입하고자 할 때 '질병 특성', '백신 특성', '예방접종 프

Received April 24, 2024 Revised May 16, 2024 Accepted May 21, 2024

*Corresponding author: 이동우, Tel: +82-43-719-8360, E-mail: williamdongwoolee@korea.kr

Copyright © Korea Disease Control and Prevention Agency



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.



KDCA

Korea Disease Control and Prevention Agency

핵심요약

① 이전에 알려진 내용은?

예방접종은 효과적인 감염병 예방 수단으로, 우리나라는 국가예방접종사업의 실시와 지속적인 확대를 통해 국민 건강을 보호하고 있다.

② 새로이 알게 된 내용은?

2023년 국가예방접종 백신 도입 우선순위 평가 결과, 1순위 만성질환자 대상 인플루엔자 백신 접종, 2순위 65세 이상 폐렴구균 백신 접종, 3순위 사람유두종바이러스 9가 백신 전환 등의 도입 우선순위를 결정하였다.

③ 시사점은?

이번 우선순위 평가를 통해 질병부담, 비용효과성 등이 평가된 백신들을 대상으로, 행정적 수행 가능성을 고려하여 국가예방접종사업의 확대를 지속적으로 추진할 예정이다.

로그래프와 보건 체계 역량'의 세 가지 원칙을 고려할 것을 권고하고 있다[2]. 질병관리청은 이를 국내 상황에 맞게 수정하여 '질병의 역학적 특성 및 질병 부담', '백신의 안전성 및 유효성', '자원배분의 합리성 및 효율성', '대상자의 접종 수용성'의 네 가지 원칙을 설정하였다[3]. 이 원칙에 따라 국가예방접종 도입 후보 백신 선정 및 도입 근거자료를 수집하고, 근거도입 우선순위를 평가한 뒤 사업의 행정적 수행 가능성을 고려하여 최종적으로 국가예방접종사업의 확대를 결정하고 있다.

이에 따라 2021년 처음으로 8개 항목(표 1)에 대해 백신 도입 우선순위를 평가하였으며, 도입 1순위로 선정된 로타바이러스 백신은 2023년부터 국가예방접종사업에 포함되어 영유아에게 무료로 접종되고 있다.

앞서 기술한 바와 같이 기존 백신의 개선 및 신규 백신의 개발, 국내 질병 발생 양상의 변화가 계속되는 만큼, 국가예방접종 도입 우선순위는 주기적으로 평가할 필요성이 있다. 이에 따라 정책연구용역을 통해 2023년 새로운 도입 후보 백신을 선정하고 도입 우선순위를 평가한 바[4], 평가방법과 결과를 소개하고자 한다.

방 법

우선 전문 학·협회 및 제조·수입사를 대상으로 국가예방접종사업에 추가적인 도입이 필요하다고 생각되는 백신(도입 후보 백신)에 대한 의견 수렴을 실시하였다. 국내외 임상가 이드라인과 감염병별 역학정보를 참고자료로 제시하였으며, 대한내과학회 등 6개 학회와 5개 제조·수입사에서 제출한 의견을 토대로 도입 후보 백신을 선정하였다.

선정된 도입 후보 백신에 대해 국내외 문헌고찰, 유병률 등의 자료 분석, 웹 검색 등의 기초자료조사를 통해 우선순위 평가를 위한 근거를 수집하였다. 근거자료는 '질병의 역학적 특성 및 질병 부담', '백신의 안전성 및 유효성', '자원배분의 합리성 및 효율성', '대상자의 접종 수용성'의 네 가지 원칙을 판단할 수 있도록 세부항목(표 2)을 조사하였다.

도입 후보 백신별 근거자료는 전문가 자문위원단의 예비 평가를 통해 근거 수준에 따라 A (근거 수준 충분), B (단기적 근거 확보 가능), C (중장기적 근거 확보 필요)의 세 그룹으로 분류되었다. A와 B로 분류된 도입 후보 백신은 추가자료조사 및 본평가를 진행하였으며 C로 평가된 항목은 중장기적 근거 확보가 필요하여 본평가 대상에서 제외하였다.

이후 전문가 자문위원단이 본평가를 통해 후보 백신들의 도입 우선 순위를 결정하였다. 평가에 참석한 위원 중 3분의 2 이상이 동일한 백신을 응답한 경우 해당 순위의 백신을 결

표 1. 2021년 백신 도입 우선순위 평가 결과

우선순위	백신	대상
1	로타바이러스 백신	영유아
2	인플루엔자 4가 백신	19-64세 만성질환자
3	인플루엔자 4가 백신	50-64세
4	A형간염 백신	13-18세
5	폐렴구균 백신	65세 이상
6	A형간염 백신	19-39세
7	인플루엔자 4가 백신	13-18세
8	대상포진 백신	65세 이상

표 2. 국가예방접종사업 백신 도입을 위한 네 가지 원칙 및 세부 조사 내용

원칙	평가 기준	세부 조사 내용
질병의 역학적 특성 및 질병 부담	발생정도와 중증도	1) 발생률, 질병지속기간(유병률) 2) 중증도(사망률, 치명률, 장애발생률)
질병의 역학적 특성 및 질병 부담	질병관리 측면	1) 전파속도 2) 대규모 유행가능성 3) 질병관리 수단으로서의 백신의 중요도
백신의 안전성 및 유효성	예상되는 효과의 크기	1) 개인 수준 백신 효과: 백신 효과, 효력 유지 기간 2) 집단 수준 백신 효과: 집단면역 등
백신의 안전성 및 유효성	예상되는 부작용의 크기	1) 개인 수준 백신 부작용: 접종 후 이상반응 등 2) 집단 수준 백신 부작용: 연령별 질병 발병 패턴의 변화 등 3) Post marketing surveillance 4) 허가 전 임상시험 시 안전성 자료
백신의 안전성 및 유효성	효과와 부작용의 비교	해당 백신의 편익과 예상되는 위해 사이의 균형 분석
백신의 안전성 및 유효성	제품관련 특징	1) 백신 구성 물질 2) 접종 횟수 3) 콤보백신 여부 4) 제형, 포장방법 등 5) 제품 종류
자원배분의 합리성 및 효율성		점증적 비용-효과비
대상자의 접종 수용성		1) 국가예방접종 비도입 상태에서의 접종률 2) 국외 도입상황 및 접종률 3) 예방접종 도입 필요 요구 정도 등

정하였으며, 같은 방식으로 다음 순위를 도출하였다. 만약 3분의 2 이상이 동일한 백신을 응답하지 않았을 경우, 가장 많이 선택된 2가지 백신에 대하여 재투표를 실시하고, 다수 득표한 백신을 해당 순위로 결정하였다.

결 과

6개 학·협회 및 5개 제조·수입사에서 제출한 의견을 바탕으로 사회적 요구도와 연구 기간 등을 고려, 7개 질병 19개 대상군을 본 연구의 검토 대상으로 선정 후(표 3) 기초자료조사를 실시하였다.

조사된 기초자료를 바탕으로 예비평가를 실시한 결과, 과반의 위원이 폐렴구균 15가 백신·폐렴구균 20가 백신은 증장기 근거 확보가 필요하다는데 동의하여 추가자료조사 및 본평가에서는 제외하였다. 사람유두종바이러스(human

papillomavirus, HPV)·대상포진 백신의 비용효과 분석 결과 포함, HPV의 성별 유병률 보완, 50-64세 만성질환자 비율 제시 및 백신 도입 시 예상되는 재정영향 등이 추가로 조사되었으며 이를 토대로 도입 분야 전문가 자문위원단이 본평가를 진행하였다.

최종적으로 결정된 도입 우선순위는 1순위 인플루엔자 4가 백신, 2순위 폐렴구균 백신, 3순위 HPV 9가 백신, 4순위 대상포진 생백신, 5순위 인플루엔자 고면역원성 4가 백신, 6순위 HPV 9가 백신, 7순위 인플루엔자 4가 백신, 8순위 A형 간염 백신, 9순위 인플루엔자 4가 백신, 10순위 수두백신, 11순위 A형간염 백신, 12순위 파상풍·디프테리아·백일해/파상풍·디프테리아 백신, 13순위 대상포진 생백신·재조합 백신, 14순위 HPV 4가 백신, 15순위 대상포진 재조합 백신(표 4) 순이다.

표 3. 국가예방접종사업 백신 도입 우선순위 평가를 위한 검토 대상

연번	질병	백신	목적	대상
1	대상포진	생백신	신규도입	70세 이상(1회)
2	대상포진	재조합 백신	신규도입	70세 이상(2회)
3	대상포진	생백신·재조합 백신	신규도입	70세 이상(백신 종류에 따라 각 1·2회)
4	HPV	4가	대상자 확대	12세 남아(2회)
5	HPV	9가	백신추가	12세 여아(2회)
6	HPV	9가	대상자 확대 및 백신추가	12세 남아 및 여아(2회)
7	인플루엔자	고면역원성 4가	백신추가	65세 이상(1회, 매년)
8	인플루엔자	4가	대상자 확대	50-64세(1회, 매년)
9	인플루엔자	4가	대상자 확대	19-64세 만성질환자(1회, 매년)
10	인플루엔자	4가	대상자 확대	13-18세(1회, 매년)
11	폐렴구균 감염증	PCV15 ^{a)}	백신추가	65세 이상(1회 접종 후 PPSV23 1회 순차접종)
12	폐렴구균 감염증	PCV15 ^{a)}	신규도입	19-64세 기저질환자(1회 접종 후 PPSV23 1회 순차접종)
13	폐렴구균 감염증	PCV20 ^{a)}	백신추가	65세 이상(1회)
14	폐렴구균 감염증	PCV20 ^{a)}	신규도입	19-61세 기저질환자(1회)
15	폐렴구균 감염증	PCV13	백신추가	65세 이상(1회 접종 후 PPSV23 1회 순차접종)
16	Tdap/Td	Tdap/Td	대상자 확대	20세 이상(1회, 매10년)
17	수두	VAR	접종횟수추가	4-6세(1회)
18	A형간염	HepA	따라잡기	19-49세(2회)
19	A형간염	HepA	따라잡기	13-18세(2회)

HPV=human papillomavirus; PPSV23=23 serotypes of pneumococcal polysaccharide vaccine; PCV=pneumococcal conjugate vaccine; Tdap/Td=Tetanus-diphtheria-pertussis/Tetanus-diphtheria; HepA=Hepatitis A vaccine. ^{a)}예비평가 결과 중장기적 근거 확보가 필요하다고 판단하여 본 평가 제외.

결 론

이번 도입 우선순위 평가는 2021년 8개 항목(영유아 대상 로타바이러스 백신 접종, 만성질환자·50-64세·13-18세 대상 인플루엔자 백신 접종, 13-18세·19-39세 대상 A형간염 백신 접종, 어르신 대상 폐렴구균·대상포진 백신 접종)에 대한 우선순위 설정 이후 두 번째로 실시되었다.

2023년 평가의 경우 2021년 평가되었던 백신에 HPV 백신, Tdap/Td 백신, 수두백신이 추가되어 총 7개 감염병 15개 백신에 대한 질병 부담, 비용효과성 등을 평가하여 순위를 결정하였다.

천식, 만성폐쇄성폐질환 등 만성질환자가 인플루엔자 감염 시 질병 부담이 증가하여 질병관리청과 대한감염학회는 만성질환자에 대한 인플루엔자 접종을 권고하고 있다. 19-64세 만성질환자 대상 인플루엔자 4가 백신은 2021년 평가에서 2 순위를 차지하였고, 이번 평가에서도 가장 높은 순위를 차지하였다.

65세 이상 어르신에서 폐렴구균으로 인한 균혈증의 사망률은 60%, 수막염의 사망률은 80%에 이르는 등 침습성 폐렴구균 감염증은 치명적이다. 현재 국가예방접종사업은 65세 이상을 대상으로 폐렴구균 23가 다당 백신(23 serotypes of pneumococcal polysaccharide vaccine) 1회 접종을 지원하

표 4. 2023년 백신 도입 우선순위 평가 결과

우선순위	백신	대상	접종횟수
1	인플루엔자 4가 백신	19-64세 만성질환자	1회, 매년
2	폐렴구균 백신(PCV13)	65세 이상	1회 접종 후 PPSV23 1회 순차접종
3	HPV 9가 백신	12세 여아	2회
4	대상포진 생백신	70세 이상	1회
5	인플루엔자 고면역원성 4가 백신	65세 이상	1회, 매년
6	HPV 9가 백신	12세 남아 및 여아	2회
7	인플루엔자 4가 백신	50-64세	1회, 매년
8	A형간염 백신	19-49세	2회 따라잡기 접종
9	인플루엔자 4가 백신	13-18세	1회, 매년
10	수두 백신	4-6세(2차)	1회
11	A형간염 백신	13-18세	2회 따라잡기 접종
12	Tdap/Td 백신	20세 이상	1회, 매 10년
13	대상포진 생백신·재조합 백신	70세 이상	백신 종류에 따라 각 1·2회
14	HPV 4가 백신	12세 남아	2회
15	대상포진 재조합 백신	70세 이상	2회

HPV=human papillomavirus.

고 있다. 다만 폐렴구균 13가 백신(13-valent pneumococcal conjugate vaccine)과 PPSV23을 함께 접종 시 단독접종에 비해 예방효과가 높아지는 것으로 보고되고 있다. 이에 따라 대한감염학회는 65세 이상 인구에서 면역의 증거가 없는 경우 PPSV23을 1회 접종하거나, PCV13과 PPSV23을 순차적으로 1회씩 접종하도록 권고하고 있다. 이러한 결과들이 종합적으로 고려되어 2021년 우선순위 평가에서 5순위로 평가되었던 65세 이상에 대한 PCV13 추가접종은 2순위로 평가되었다.

대상포진의 경우 현재 국가예방접종사업에는 포함되어 있지 않으나, 대상포진 발병 시 삶의 질이 저하되고 매년 질병 부담이 증가하고 있어 국가예방접종 도입에 대한 사회적 요구가 증가하고 있다. 대상포진 백신은 2021년 우선순위 평가에서 8개 백신 중 8순위로 평가되었으나 이번 평가에서 70세 이상에 대한 대상포진 생백신 도입이 4순위로 평가되었다. 또한 2021년 국내 허가를 받은 재조합 백신에 대해서도 평가를 진행하였으며, 국가예방접종사업에 생백신과 재조합백신을 함께 도입하는 경우가 13순위, 재조합백신만 도입하는 경우는 15순위로 평가되었다.

HPV 국가예방접종 지원사업은 만 12-17세 여성 청소년 및 만 18-26세 저소득층 여성을 대상으로 HPV 2가·4가 백신을 지원하고 있다. 9가 백신 도입 시 HPV 예방 가능 범위는 2배 이상 증가하며 남녀 동시 접종 시 항문암, 생식기 사마귀 등의 질병 예방효과가 높아지는 것으로 알려져 있어 9가 백신 도입과 남아 접종 확대를 고려할 필요성이 있다[5]. 2021년 우선순위 평가에서는 경제성 분석에 대한 추가자료 확보가 필요하다고 판단되어 최종 순위 결정에서 제외되었으나, 이번 평가에서는 그간 진행된 국내 경제성 분석 자료를 바탕으로 평가를 진행하였다. 그 결과 12세 여아 HPV 9가 백신 전환이 3순위, 12세 여아 HPV 9가 백신 전환 및 12세 남아 확대가 6순위, 12세 남아 HPV 4가 백신 확대 도입이 14순위로 평가되었다.

이외에도 이번 우선순위 평가를 통해 A형간염, 수두 등 총 15위까지의 도입 우선순위가 선정되었다. 질병관리청은 평가 결과를 바탕으로 백신 수급·예산 확보 등 사업의 행정적 수행 가능성을 종합적으로 고려하여 국가예방접종사업의 확대를 추진할 예정이다.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: IYS, JYS, DWL. Data curation: IYS. Formal analysis: IYS, JYS, DWL. Investigation: IYS. Methodology: IYS, JYS, DWL. Project administration: JYS, DWL. Resources: IYS. Software: IYS. Supervision: JYS, DWL. Validation: IYS, JYS, DWL. Visualization: IYS, JYS, DWL. Writing – original draft: IYS, JYS, DWL. Writing – review & editing: JYS, DWL.

References

1. World Health Organization. Vaccines and Immunization [Internet]. WHO. [cited 2024 Mar 22]. Available from: https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1
2. World Health Organization. Principles and considerations for adding a vaccine to a national immunization program: from decision to implementation and monitoring. WHO; 2014.
3. Kim HS. Establishment of evaluation system and priority setting of new vaccine introduction into national immunization program. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2020.
4. Choi WS. Prioritization of the introduction of new vaccines to the national immunization program. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
5. Yoo SY, Ki MR, Choi WS, et al. Prioritization and long-term planning for introducing new vaccines to the national immunization program in Korea. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.

Results of the Evaluation of the Priority of Vaccine Introduction for the Expansion of the National Immunization Program

In-Yeong Seo, Jee-Yeon Shin, Dong-Woo Lee*

Division of Immunization Services, Department of Healthcare Safety and Immunization, Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea

ABSTRACT

Immunization is effective in preventing infectious diseases. Yearly, it prevents 3.5–5 million infectious-disease-related deaths. The Republic of Korea has implemented the national immunization program since 1954, continuously expanding the program to protect people's health. Given its significant impact on public health and substantial financial cost, the expansion of the national immunization program should be based on objective and scientific evidence. Therefore, the Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) conducts prioritization assessments and promotes the expansion of the national immunization program based on these assessments. The rotavirus vaccine, evaluated as the first priority for introduction through the 2021 prioritization assessment, was introduced into the national immunization program in 2023. However, owing to changes in the situation, such as the development of new vaccines, it is necessary to set new priorities for introduction periodically. Therefore, the priorities for introduction in 2023 were reset. The KDCA prioritized the introduction of 15 detailed plans for seven infectious diseases, including influenza vaccine for people with chronic diseases, pneumococcal vaccine for people aged 65 years and older, human papillomavirus 9-valent vaccine switch, and live-shingles vaccine for people aged 70 years and older. Based on the results of this study, the KDCA will continue to expand the introduction of the national immunization program by comprehensively considering administrative feasibility, such as vaccine supply and budget availability.

Key words: National immunization program; Vaccine introduction; Prioritization

*Corresponding author: Dong-Woo Lee, Tel: +82-43-719-8360, E-mail: williamdongwoolee@korea.kr

Introduction

Immunization is an effective means of preventing infectious diseases, and immunization helps prevent 3.5–5 million deaths annually from infectious diseases such as diphtheria, polio, pertussis, influenza, and measles [1]. The Republic of Korea (ROK) began routine immunizations for seven

infectious diseases starting in 1954 to protect public health, and since then, the eligibility and scope of immunization subsidies have expanded. As of 2024, the National Immunization Program covers 19 infectious diseases.

With advances in science and technology, the range of infectious diseases targeted for immunization is expanding with improvements to existing vaccines or developments of new

Key messages

① What is known previously?

Immunization effectively prevents infectious diseases, and the Republic of Korea is protecting its citizens' health by implementing and expanding the national immunization program.

② What new information is presented?

The 2023 National Immunization Prioritization Assessment identified the following priorities for implementation: 1) influenza vaccination for people with chronic diseases, 2) pneumococcal vaccination for people 65 years and older, and 3) transition to the human papillomavirus 9-valent vaccine.

③ What are implications?

Through this prioritization, vaccines evaluated for disease burden and cost-effectiveness will be considered for administrative feasibility, and the expansion of the national immunization program will continue.

vaccines. In addition, with the changing immunization environment, including patterns of disease outbreaks that differ from the past, demand is ongoing to expand the National Immunization Program. However, because the program significantly impacts public health and requires a substantial national budget, any expansion must be based on objective and scientific evidence.

The World Health Organization recommends considering three principles—"disease characteristics," "vaccine characteristics," and "competency of the immunization program and health system"—when introducing new vaccines to a national immunization program [2]. The Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA) adapted these principles to fit the circumstances in the ROK and established four principles: "epidemiological characteristics of diseases and disease burden,"

"safety and efficacy of vaccines," "rationality and efficiency of resource allocation," and "acceptability by those being immunized" [3]. In accordance with these principles, the final decision on expanding the National Immunization Program is made by considering administrative feasibility after selecting candidate vaccines for introduction, collecting evidence for introduction, and assessing the introduction priorities.

Therefore, the introduction priorities of eight items (Table 1) were assessed for the first time in 2021, and the rotavirus vaccine, which was selected as the top priority for introduction, was included in the National Immunization Program starting from 2023 and is now administered to infants and young children free of charge.

With the ongoing improvements in existing vaccines, development of new vaccines, and changes in disease outbreaks in the ROK, as described above, the priorities for introduction into the National Immunization Program require regular assessment. Accordingly, candidate vaccines were selected and

Table 1. Prioritization assessment results for vaccine introduction, 2021

Prioritization	Vaccine	Target
1	Rotavirus vaccine	Infants and toddlers
2	Influenza quadrivalent vaccine	People with chronic diseases (adults aged 19–64 years)
3	Influenza quadrivalent vaccine	People 50–64 years
4	Hepatitis A vaccine	People 13–64 years
5	Pneumococcal vaccine	People aged 65 years and older
6	Hepatitis A vaccine	People 19–39 years
7	Influenza quadrivalent vaccine	People 13–18 years
8	Shingles vaccine	People aged 65 years and older

the priorities were assessed in 2023 through a policy research service [4]. The assessment methods and results are described as follows.

Methods

First, the opinions of professional societies/associations, manufacturers, and importers were gathered on vaccines that they considered should be additionally introduced into the National Immunization Program (hereinafter “candidate vaccines for introduction”). Domestic and international clinical guidelines and epidemiological information for each infectious disease were presented as references. Subsequently,

candidate vaccines for introduction were selected based on the opinions submitted by six academic societies/associations, including the Korean Association of Internal Medicine, and five manufacturers/importers.

Evidence for assessing the priorities of the selected candidate vaccines for introduction was collected through reviewing domestic and international literature, data analysis such as disease prevalence, and basic data surveys such as web searches. The evidence data were examined for specific items (Table 2) to determine the four principles: “epidemiological characteristics of diseases and disease burden,” “safety and efficacy of the vaccine,” “rationality and efficiency of resource allocation,” and “acceptability by those being immunized.”

Table 2. Four principles for vaccine introduction of a national immunization program and detailed findings

Principle	Evaluation criteria	Details of the investigation
Epidemiology and burden of disease	Occurrence and severity	1) Incidence, disease duration (prevalence) 2) Severity (mortality, fatality, morbidity)
Epidemiology and burden of disease	Disease managements aspects	1) Propagation velocity 2) Potential for mass epidemics 3) The importance of vaccines as a disease control tool
Vaccine safety and effectiveness	Expected effect size	1) Individual-level vaccine effectiveness: vaccine effectiveness, how long it remains effective 2) Population-level vaccine effects: herd immunity, etc.
Vaccine safety and effectiveness	Magnitude of expected side effects	1) Individual-level vaccine side effects: adverse events after vaccination, etc. 2) Population-level vaccine adverse events: changes in disease incidence patterns by age, etc. 3) Post marketing surveillance 4) Safety data in pre-licensure clinical trials
Vaccine safety and effectiveness	Effectiveness vs. side effects	Analyze the balance between the benefits and expected harms of the vaccine in question
Vaccine safety and effectiveness	Product-related features	1) Vaccine components 2) Number of doses 3) Combo vaccine or not 4) Formulation, packaging, etc. 5) Product types
Resource allocation rationality and efficiency		Incremental cost-benefit ratio
Recipient’s receptivity to vaccination		1) Vaccination rates in non-adoption states 2) International adoption and vaccination rates 3) Level of need for immunization adoption, etc.

The evidence data for each candidate vaccine for introduction were classified into three groups by the level of evidence (A: sufficient level of evidence, B: short-term evidence available, and C: mid-to-long-term evidence needed) through a preliminary assessment by an expert advisory board. Additional data surveys and main assessments were performed on candidate vaccines for introduction that were classified as Category A or B. However, items classified as Category C were excluded from

the main assessment because of the need to obtain mid-to-long-term evidence.

Subsequently, the expert advisory board determined the introduction priorities of candidate vaccines through the main assessment. If at least two-thirds of the attending board members gave the same vaccine as their response for a particular priority, that vaccine was assigned the corresponding priority. The same method was repeated to rank the subsequent

Table 3. Considerations for priority assessment of vaccine introduction in national immunization program

No.	Disease	Vaccine	Purpose	Target
1	Shingles	Live vaccines	New	People aged 70 years and older (one time)
2	Shingles	Recombinant vaccines	New	People aged 70 years and older (two times)
3	Shingles	Live and Recombinant vaccines	New	People aged 70 years and older (one or two times, depending on vaccine type)
4	HPV	4	Expand	Boy aged 12 years (two times)
5	HPV	9	Add	Girl aged 12 years (two times)
6	HPV	9	Expand and add	Boys and girls aged 12 years (two times)
7	Influenza	Highly immunogenic tetravalent	Add	People aged 65 years and older
8	Influenza	4	Expand	People aged 50–64 years
9	Influenza	4	Expand	People aged 19–64 years with chronic diseases (once, annually)
10	Influenza	4	Expand	People aged 13–18 years (once, annually)
11	Staphylococcal infections	PCV15 ^{a)}	Add	People aged 65 years and older (one vaccination of PCV15 and then one sequential vaccination of PPSV23)
12	Staphylococcal infections	PCV15 ^{a)}	New	People aged 19–64 years with underlying medical conditions (one vaccination of PCV15 and then one sequential vaccination of PPSV23)
13	Staphylococcal infections	PCV20 ^{a)}	Add	People aged 65 years and older (one time)
14	Staphylococcal infections	PCV20 ^{a)}	New	People aged 19–61 years with underlying medical conditions (one time)
15	Staphylococcal infections	PCV13	Add	People aged 65 years and older (one vaccination of PCV13 and then one sequential vaccination of PPSV23)
16	Tdap/Td	Tdap/Td	Expand	People aged 20 years and older (once, every 10 years)
17	Chickenpox	VAR	Add	Children aged 4–6 years (one time)
18	Hepatitis A	HepA	Catch up	People aged 19–49 years (two times)
19	Hepatitis A	HepA	Catch up	People aged 13–18 years (two times)

HPV=human papillomavirus; PPSV23=23 serotypes of pneumococcal polysaccharide vaccine; PCV=pneumococcal conjugate vaccine; Tdap/Td=Tetanus-diphtheria-pertussis/Tetanus-diphtheria; HepA=Hepatitis A vaccine. ^{a)}Excluded from the main evaluation due to the need to secure mid- to long-term evidence based on the preliminary evaluation.

priorities. If at least two-thirds of the board members did not give the same vaccine as their response, then a revote was taken on the two vaccines that received the most votes in the first round. The vaccine that received the most votes in the revote was assigned to that priority.

Results

Based on the opinions submitted by six academic societies/associations and five manufacturers/importers and considering the social needs and research period, a basic data survey was conducted after selecting seven diseases and 19 populations for review (Table 3).

A preliminary assessment based on the surveyed basic data showed that most of the board members agreed that

mid-to-long-term evidence is needed on pneumococcal the 15-valent and 20-valent conjugate vaccines. Accordingly, these vaccines were excluded from the additional data survey and main assessment. Inclusion of results from cost-effectiveness analysis of human papillomavirus (HPV) and shingles vaccines, update of prevalence of HPV by gender, presentation of percentage of people with chronic disease aged 50–64 years, and expected fiscal impact of vaccine introduction were additionally investigated, based on which, the expert advisory board performed the main assessment.

The introduction priorities were ultimately determined as follows: 1) quadrivalent influenza vaccine, 2) pneumococcal vaccine, 3) 9-valent HPV vaccine, 4) zoster vaccine live (ZVL), 5) enhanced quadrivalent influenza vaccine, 6) 9-valent HPV vaccine, 7) quadrivalent influenza vaccine, 8) hepatitis A

Table 4. Introduction prioritization assessment results, 2023

Prioritization	Vaccine	Target	Number of doses
1	Influenza quadrivalent vaccine	People aged 19–64 years with chronic diseases	Once, annually
2	Pneumococcal vaccine (PCV13)	People aged 65 years and older	One vaccination of PCV13 and then one sequential vaccination of PPSV23
3	HPV 9-valent vaccine	Girl aged 12 years	Two times
4	Live shingles vaccine	People aged 70 years and older	One time
5	Influenza highly immunogenic quadrivalent vaccine	People aged 65 years and older	Once, annually
6	HPV 9-valent vaccine	Boys and girls aged 12 years	Two times
7	Influenza quadrivalent vaccine	People aged 50–64 years	Once, annually
8	Hepatitis A vaccine	People aged 19–49 years	Two catch-up vaccinations
9	Influenza quadrivalent vaccine	People aged 13–18 years	Once, annually
10	Varicella vaccine	Children aged 4–6 years (2nd)	One time
11	Hepatitis A vaccine	People aged 13–18 years	Two catch-up vaccinations
12	Tdap/Td vaccine	People aged 20 years and older	Once, every 10 years
13	Shingles live and recombinant vaccines	People aged 70 years or older	One–two times each, depending on the vaccine type
14	HPV 4-valent vaccine	Boy aged 12 years	Two times
15	Shingles recombinant vaccine	People aged 70 years or older	Two times

HPV=human papillomavirus; PCV=pneumococcal conjugate vaccine; PPSV23=23 serotypes of pneumococcal polysaccharide vaccine; Tdap/Td=Tetanus-diphtheria-pertussis/Tetanus-diphtheria.

vaccine, 9) quadrivalent influenza vaccine, 10) varicella vaccine, 11) hepatitis A vaccine, 12) Tdap/Td vaccine, 13) ZVL/recombinant zoster vaccine, 14) quadrivalent HPV vaccine, and 15) recombinant zoster vaccine (Table 4).

Conclusions

This was the second introduction priority assessment, following the priorities being set for eight items in 2021 (rotavirus vaccination for infants and children; influenza vaccination for people with chronic disease, individuals aged 50–64 years, and individuals aged 13–18 years; hepatitis A vaccination for individuals aged 13–18 and 19–39 years; and pneumococcal/zoster vaccination for older adults).

For the assessment in 2023, HPV, Tdap/Td, and varicella vaccines were added to the vaccines assessed in 2021. Accordingly, the priorities were determined by assessing the disease burden and cost-effectiveness of a total of seven infectious diseases and 15 vaccines.

The KDCA and Korean Society of Infectious Diseases (KSID) recommend influenza vaccination for people with chronic disease, such as asthma and chronic obstructive pulmonary disease, because of the increased disease burden in the event of influenza infection in such patients. The quadrivalent influenza vaccine for people with chronic disease aged 19–64 years ranked second in priority in the 2021 assessment and first in priority in the current assessment.

For older adults aged 65 years or older, invasive pneumococcal infection can be fatal with a mortality rate of 60% for bacteremia and 80% for meningitis caused by pneumococcal infection. Currently, the National Immunization Program supports a single dose of 23-valent pneumococcal polysaccharide

vaccine (PPSV23) for older adults aged 65 years or older. However, a combined vaccination with 13-valent pneumococcal conjugate vaccine (PCV13) and PPSV23 reportedly offers greater preventive effect than either vaccine alone. Accordingly, KSID recommends a single dose of PPSV23 or sequential vaccination with PCV13 followed by PPSV23 for older adults aged 65 years or older with no evidence of immunity. By comprehensively considering these findings, additional PCV13 vaccination, which was ranked fifth in priority in the 2021 assessment, was ranked second in the current assessment.

Although herpes zoster is not included in the National Immunization Program at the present time, the social need for introduction into the National Immunization Program is increasing as a herpes zoster outbreak can cause a decline in quality life and its disease burden is increasing each year. The zoster vaccine ranked eighth out of eight vaccines in the 2021 priority assessment, but in the current assessment, the introduction of ZVL for older adults aged 70 years or older ranked fourth in priority. Moreover, recombinant vaccines that have been approved for use in the ROK in 2021 were also assessed, with live and recombinant vaccines being introduced together into the National Immunization Program ranked 13th while recombinant vaccine being introduced alone ranked 15th.

For HPV, the National Immunization Subsidy Program provides subsidies for the bivalent and quadrivalent HPV vaccines for girls aged 12–17 years and women aged 18–26 years on a low income. By introducing the 9-valent vaccine, HPV prevention can be increased by more than two-fold, and when both male and female are vaccinated, the prevention effect for diseases such as anal cancer and genital warts is known to increase even further. Therefore, it is necessary to consider the introduction of the 9-valent vaccine and expansion to

vaccination to include boys [5]. In the 2021 priority assessment, this was excluded from the final prioritization based on the determination that additional economic feasibility analysis data need to be obtained. However, this was included in the current assessment based on the economic feasibility analysis data accumulated in the ROK since then. Consequently, the assessment ranked the transition to the 9-valent HPV vaccine for 12-year-old girls as third, transition to the 9-valent HPV vaccine for 12-year-old girls and expansion to include 12-year-old boys as sixth, and expanded introduction of the quadrivalent HPV vaccine for 12-year-old boys as 14th.

In addition, a total of 15 rankings for induction priorities were selected, including hepatitis A and varicella, based on the current priority assessment. Accordingly, KDCA is planning to pursue the expansion of the National Immunization Program by comprehensively considering the administrative feasibility of the program, including securement of vaccine supply and budget.

Declarations

Ethics Statement: Not applicable.

Funding Source: None.

Acknowledgments: None.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of

interest to declare.

Author Contributions: Conceptualization: IYS, JYS, DWL. Data curation: IYS. Formal analysis: IYS, JYS, DWL. Investigation: IYS. Methodology: IYS, JYS, DWL. Project administration: JYS, DWL. Resources: IYS. Software: IYS. Supervision: JYS, DWL. Validation: IYS, JYS, DWL. Visualization: IYS, JYS, DWL. Writing – original draft: IYS, JYS, DWL. Writing – review & editing: JYS, DWL.

References

1. World Health Organization. Vaccines and Immunization [Internet]. WHO. [cited 2024 Mar 22]. Available from: https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1
2. World Health Organization. Principles and considerations for adding a vaccine to a national immunization program: from decision to implementation and monitoring. WHO; 2014.
3. Kim HS. Establishment of evaluation system and priority setting of new vaccine introduction into national immunization program. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2020.
4. Choi WS. Prioritization of the introduction of new vaccines to the national immunization program. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2023.
5. Yoo SY, Ki MR, Choi WS, et al. Prioritization and long-term planning for introducing new vaccines to the national immunization program in Korea. Korea Disease Control and Prevention Agency; 2021.

청소년 현재 흡연율 추이, 2014-2023년

청소년의 현재 흡연율(일반담배[궐련] 현재 사용률)은 최근 10년간 남, 여학생 모두 감소하였으며, 남학생(8.4%p)이 여학생(1.3%p)에 비해 더 큰 폭으로 감소하였다(그림 1). 2023년 현재 흡연율(일반담배[궐련] 현재 사용률)은 남학생(5.6%)이 여학생(2.7%)보다 높았고, 고등학생(6.4%)이 중학생(2.2%)보다 약 3배 높은 흡연율을 보였다(그림 2).

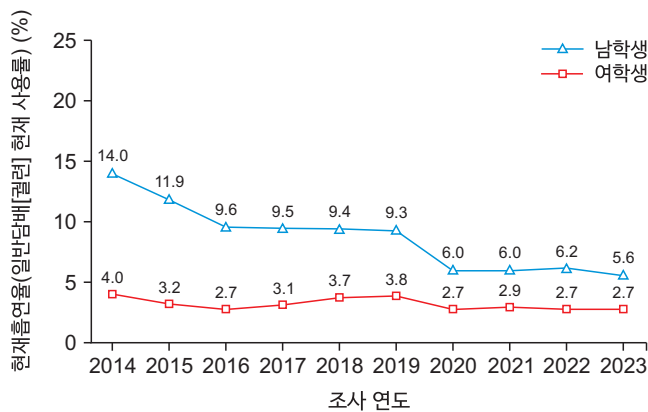


그림 1. 청소년 성별 현재 흡연율(일반담배[궐련] 현재 사용률), 2014-2023년

*현재 흡연율(일반담배[궐련] 현재 사용률): 최근 30일 동안 1일 이상 일반담배(궐련)를 흡연한 사람의 비율

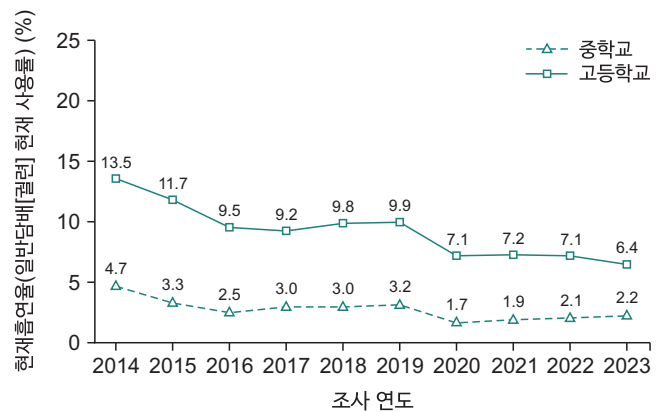


그림 2. 청소년 학교급별 현재 흡연율(일반담배[궐련] 현재 사용률), 2014-2023년

출처: 제19차(2023년) 청소년건강행태조사 통계, <https://www.kdca.go.kr/yhs/>

작성부서: 질병관리청 만성질환관리국 건강영양조사분석과

QuickStats

Trends in the Prevalence of Current Smoking among Adolescents, 2014–2023

The prevalence of current conventional cigarette smoking among adolescents has decreased for both boys (8.4%p) and girls (1.3%p) over the past 10 years, and the rate for boys has decreased more than for girls (Figure 1). The prevalence of current conventional cigarette smoking rate among boys (5.6%) was higher than that of girls (2.7%), and the high school students (6.4%) was three times higher than that of middle school students (2.2%) in 2023 (Figure 2).

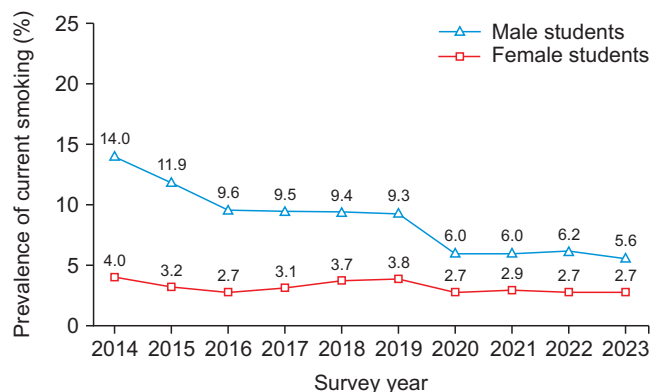


Figure 1. Trends in the prevalence of current conventional cigarette smoking among adolescents by sex, 2014–2023

*Prevalence of current conventional cigarette smoking: proportion of those who smoked conventional cigarettes 1 day or more for the past 30 days.

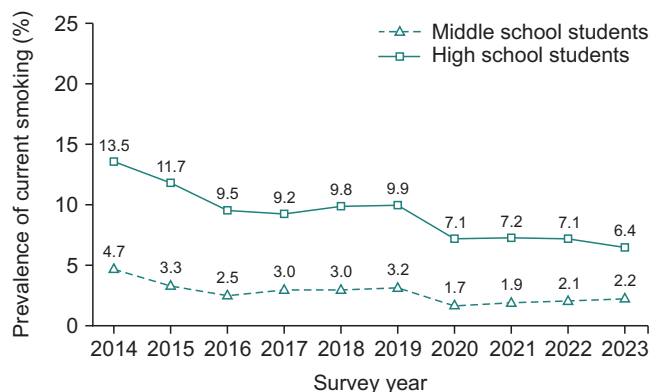


Figure 2. Trends in the prevalence of current conventional cigarette smoking among adolescents by school levels, 2014–2023

Source: The 19th Korea Youth Risk Behavior Survey 2023 (KYRBS), <https://www.kdca.go.kr/yhs/>

Reported by: Division of Health and Nutrition Survey and Analysis, Department of Chronic Disease Prevention and Control, Korea Disease Control and Prevention Agency