

가습기 살균제 노출 및 건강피해 규모 평가 연구

이경무*† · 백도명** · 정해관*** · 김솔휘* · 서정욱**** · 홍영습**** ·
김형수***** · 이종화***** · 임종한***** · 김판기*****

*한국방송통신대학교 환경보건학과, **서울대학교 보건대학원 환경보건학과,
성균관대학교 사회의학교실, *중금속 환경보건센터 & 동아대학교 예방의학교실,
*****건국대학교 예방의학교실, *****순천향대학교 환경보건학과,
*****인하대학교 직업환경의학교실, *****용인대학교 산업환경보건학과

Population Size Estimates for the Use of Humidifier Disinfectants and Experience of Health Effects from Exposure to Humidifier Disinfectants

Kyoung-Mu Lee*, Domyung Paek**, Hae-Kwan Cheong***, Solwhee Kim*, Jung-Wook Seo****,
Young-seob Hong*****, Hyeongsu Kim*****, Jongwha Lee*****,
Jonghan Leem*****, and Pangyi Kim*****

*Department of Environmental Health, Korea National Open University

**Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University

***Department of Social and Preventive Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine

****Heavy Metal Exposure Environmental Health Center, Dong-A University & Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dong-A University

*****Department of Preventive Medicine, School of Medicine, Konkuk University

*****Department of Environmental Health, Soonchunhyang University

*****Departments of Occupational & Environmental Medicine, College of Medicine, Inha University

*****Department of Occupational and Environmental Health, Yongin University

ABSTRACT

Objective: This study was performed to estimate the number of those who used humidifier disinfectants (HDs) and experienced health effects from exposure to HDs in Korea between 1994 and 2011.

Methods: A nationwide interview survey was conducted for the representative sample to identify the proportion of those who used HDs among the general population (n=3,001). Another online survey was conducted for those exposed to HDs to find the proportion of those who experienced health effects among those who were exposed to HDs (n=3,993). Statistics for population size by region and year (1994-2011) were used to estimate the cumulative number of those exposed to HDs and those who experienced health effects. In terms of the proportion of those exposed to HDs, those less than 30 years of age were excluded due to an issue related to information bias. Various approaches for estimation included the capture-recapture method for estimation of those who experienced health effects.

Results: The cumulative proportion of those exposed to HDs was 6.7% among the general population, and the proportion of those who experienced health effects among those who were exposed to HDs was 13.9%. Based on these factors, it was estimated that 3.5 to 4.0 million people were exposed to HDs and 350 to 400 thousand experienced health effects at least requiring visiting a hospital.

Conclusion: It is suggested that a nationwide representative sample may be essential for population size estimation of those exposed to environmental risk factors and of those who experienced health effects.

Key words: Humidifier disinfectant, populational size estimation, exposure, health effects

†Corresponding author: Department of Environmental Health, Korea National Open University, Daehak-ro 86, Dongsung-Dong, Chongno-Gu, Seoul 03087, Korea, Tel: +82-2-3668-4749, Fax: +82-2-741-4701, E-mail: kmlee92@knou.ac.kr
Received: 7 June 2019, Revised: 11 June 2019, Accepted: 20 June 2019

I. 서 론

우리나라에서 1994년에서 2011년까지 유통된 가습기살균제로 인해 건강피해를 신고한 인원은 2019년 6월 10일 현재 6,444명이다.¹⁾ 현재 가습기 살균제에 의해 피해를 입었다고 신고한 사람을 대상으로 가습기 살균제 사용 및 노출관련 특성을 평가하고 임상자료를 검토하는 등 피해 구제를 위한 판정 과정이 진행되고 있다.²⁾ 그러나, 가습기살균제로 인한 건강피해가 전 사회적인 이슈가 된 2011년 이후, 전국적으로 가습기 살균제에 노출된 인구와 그로 인해 피해를 입은 인구를 정확하게 추정하기 위한 노력은 제한적으로만 이루어졌다.³⁻¹⁰⁾

가습기 살균제 사건이 전국적으로 알려지기 직전 경기도 광명시 거주민 94명을 대상으로 조사한 연구에서는 2006년 1월에서 2011년 8월까지 가습기 및 가습기 살균제 사용 경험 비율이 각각 37.2%, 18.1%로 조사되었다.³⁾ 한편, 2011년 9월 자동응답 전화설문(ARS-RDD 방식)으로 수행된 여론조사(n=1,000)에서는 23.7%가 가습기 살균제를 사용해 본 적이 있다고 응답하였다.⁹⁾ 이와 동일한 방식으로 수행된 2015년 12월의 조사(n=1,000)에서는 22%가 가습기 살균제 사용 경험이 있었고, 사용자 중 20.9%가 '사용 중 건강 피해 경험'이 있는 것으로 조사되었다.¹⁰⁾ 자동응답 전화설문 조사 방식은 응답률이 낮다는 제한점을 가지는데, 2015년 12월에 시행된 연구의 경우 8%였다. 한편, 2015년 아동패널(PSKC) 연구에서 7세 아동에 대해 2008년에서 2011년까지 약 3년간의 가정 내 가습기 사용 및 가습기 살균제의 누적사용 비율을 조사한 결과, 1,572명 중 1,192명인 75.8%가 가습기를 사용한 적이 있으며, 411명인 26.1%가 가습기 살균제를 사용한 적이 있었다.¹¹⁾ 이는 전체 인구를 대상으로 한 조사 결과에 비해 높은 수준으로서, 아이가 있는 가정에서 가습기 및 가습기 살균제의 사용 비율이 높다는 사실을 알 수 있다.

환경보건시민센터는 선행연구의 결과^{3,10)}를 통계청에서 발표된 2010년 전체 인구 약 4,900만 명에 적용하여, 2010년에만 가습기 살균제 사용자가 894만~1,087만명, 건강피해 경험 호소자를 29~227만명으로 추산한 바 있다.^{9,12)} 그러나, 이 추산은 2010년에만 해당하는 것이 아니라 2010년 이전의 경험도 포함하는 누적된 비율로 해석하는 것이 타당할 것이며,

추산에 이용된 가습기 살균제 사용 비율과 건강피해 경험 비율이 제한된 지역의 소규모 대상자를 대상으로 수행된 연구 또는 응답률이 낮은 자동응답 설문조사 결과라는 한계점을 가진다.

따라서 본 연구는 우리나라 일반인을 대상으로 가습기 살균제 사용 비율과 가습기 살균제 사용자 중 건강피해 인구 비율을 산출하기 위한 설문조사를 수행하고, 이들 조사를 통해 수집된 자료에 기반하여 가습기 살균제에 노출된 인구 규모 및 가습기 살균제에 의한 피해자 규모를 평가하였다. 본 논문의 내용은 2017년에 작성된 환경부 보고서¹³⁾의 내용을 수정 및 보완한 것이다.

II. 연구방법

본 연구에서는 가습기 살균제 사용 비율과 가습기 살균제 사용자 중 건강피해 인구 비율을 산출하기 위한 2가지 설문조사를 수행하였다(이하 설문조사 1, 설문조사 2). 설문조사 1은 전국을 대표하는 일반인 표본에서 가습기 및 가습기살균제 사용률을 산출하기 위한 면접조사로서 연도별, 지역별, 인구집단별(임신부 있는 가정, 7세 미만의 아이가 있는 가정)로 가습기 사용 비율과 가습기 살균제 사용 비율을 산출하였다. 설문조사 2는 전국의 가습기 살균제를 사용한 경험이 있는 사람을 대상으로 한 온라인 조사로서 가습기 살균제에 대한 노출특성(강도 및 기간)과 건강피해의 종류와 비율을 조사하였다. 또한, 가습기 살균제 피해자로 신고를 하였는지 여부도 함께 조사하였다.

1. 설문조사 1: 가습기 살균제 사용 비율

가습기 사용 비율 및 가습기 살균제 사용 비율을 파악하기 위한 조사는, 국내의 한 리서치 회사에 의뢰하여 전국적으로 인구비례에 따라 성, 연령, 지역별로 층화한 후 집락추출을 통해 읍/면 단위 행정구역을 선정함으로써, 전국을 대표하는 표본을 대상으로 면접조사 형식으로 수행하였다. 단, 제주 지역은 제외되었다. 2016년 11월 (1차) 및 2017년 2월 (2차) 두 차례에 걸쳐 각각 1,500명, 1,501명에 대해 조사한 결과를 합산하여 정리하였는데, 조사한 문항은 1994년에서 2011년에 걸쳐 연도별 가습기 및 가습기 살균제 사용 여부, 가습기 및 가습기 살균제를

사용한 기간(1년 단위), 가습기 살균제를 사용할 당시 주로 거주한 지역, 1994년에서 2011년에 걸쳐 가정 내에서 임신부와 7세 미만의 아이가 있었는지 여부 등이었다. 현재 거주하고 있는 주택 형태 및 가습기 살균제를 사용하였을 당시 주로 거주한 주택의 형태는 2차 조사 시에만 설문 문항에 포함되었다.

가습기 및 가습기 살균제 사용 비율과 95% 신뢰구간(CI, confidence interval)은 SAS 통계패키지를 이용하여 표본설계를 고려한 가중치(2017년 1월 말 인구 기준)를 적용한 proc surveyfreq를 이용하여 산출하되, 응답의 정확성을 고려하여 조사 당시 연령을 기준으로 20대 이하를 제외한 만 30세 이상인 대상자(n=2,475)에 대한 결과를 산출하였다. 20대 이하일 경우 만 6세 이전인 1990년대 초까지 거슬러 올라간 과거의 가습기 및 가습기 살균제 사용 여부를 개인적인 기억 또는 정보에 의존하여 답하여야 하므로, 응답이 정확하지 않을 가능성이 높기 때문이며, 실제로 다른 연령층에 비해서 20대에서 응답한 비율이 상대적으로 현저하게 낮게 나타났다.

2. 설문조사 2: 가습기 살균제 사용자 중 건강피해 경험 비율

전국의 가습기 살균제를 사용한 경험이 있는 사람을 대상으로 가습기 살균제를 사용한 노출 특성과 건강피해 경험을 온라인 조사를 수행하였다. 온라인 조사 방식을 선택하게 된 이유는 연령대로 표본수를 할당할 전국조사로 수행할 수 있으며, 상세한 질문과 가습기 살균제 사용 당시 함께 거주하였던 가족에 대한 상세한 노출특성과 건강피해와 관련된 특성을 효율적으로 조사할 수 있기 때문이다.

2016년 11월에 총 1555건이 조사되었으나, 일부 노출 특성과 건강피해 관련 문항은 응답자의 가족 모두에 대해 조사되었으므로 가족을 모두 포함할 경우 조사대상은 총 3,993명이었다.

가습기 살균제 사용 시 건강 이상 경험에 대해서는 가족 구성원 개개인에 대해서 건강상 이상(새로운 증상 발생, 기존의 질병 악화, 또는 둘 다)이 나타난 적이 있는지 여부, 건강 이상 증상이 발생하거나 악화된 시기, 구체적인 증세, 병원 진료를 받았는지 여부, 진단명, 가습기 살균제 피해자 신고 여부를 조사하였다. 또한, 응답자의 일반적인 사항으로 학력, 월평균 가구소득, 직업을 함께 조사하였다.

3. 가습기 살균제에 대한 노출 인구 및 건강피해 인구 추정

설문조사 1에서 수집된 자료를 분석하여 산출된 가습기 살균제 사용 비율과 추정에 필요한 추가적인 인자를 이용하여 네 가지 방식으로 추정하여 그 결과를 비교하였다.

첫 번째(추정 1)는 누적 가습기 살균제 사용 비율(6.7%)과 설문조사 1의 수행시기인 2016년 12월 말 주민등록인구(n=51,696,216)를 이용하여 산출하였다.

두 번째(추정 2)는 지역별 누적 사용 비율 및 2016년 12월 주민등록인구를 이용하여 산출하였다. 이때, 제주도의 가습기 살균제 사용 비율을 전체 사용 비율의 1/2로 가정하였다. 이 가정의 근거는 2010년 10월에서 2011년 3월까지 E사의 가습기살균제 판매량 자료를 분석하였을 때 제주도의 경우 전체의 1/2 수준으로 나타난 것이다.¹¹⁾

세 번째(추정 3)는 연도별 가습기 살균제 사용 비율과 연도별 연앙인구를 이용하여¹²⁾ 누적 노출 인구를 산출하였다. 이 때, 당해연도만 사용하는 비율을 0.34로 가정하였다. 설문조사 1에서 가습기 살균제를 1년 간 사용한 경우가 21.7%, 2년 간 사용한 경우가 23.8%로 조사되었는데, 1년(1~12월) 단위로 응답하도록 한 조사 특성 상 겨울 한 철에 사용하는 비율을 대략 22%에서 46% (=21.7%+23.8%) 사이로, 중간값을 34%로 볼 수 있다.

네 번째(추정 4)는 연도별 가습기 살균제 사용 비율과 연도별 지역별 연앙인구를 이용하여 누적 노출 인구를 산출하였다. 이 때, 제주도의 가습기 살균제 사용 비율을 전체의 1/2로 가정하고 모든 년도에서 가습기 살균제 사용 비율의 지역적인 분포가 누적 비율의 분포와 동일하다고 가정하였으며, 당해연도만 사용하는 비율을 0.34로 가정하였다.

가습기 살균제 노출로 인한 건강피해 규모는 산출된 가습기 살균제 사용 인구수에 설문조사 2에서 산출된 가습기 살균제 사용자의 건강 피해 경험 비율을 직접적으로 적용함으로써 산출하였다. 새로운 증상이 발생한 경우, 기존의 질병이 악화된 경우, 또는 둘 다 해당되는 경우, 그리고, 병원진료를 받은 경우에 대해 그 규모를 추정하였으며, 병원진료를 받은 경우에는 진단명 별로도 피해인구를 추정하였다.

또한, 추가적인 접근법으로 capture-recapture 방법을 적용하여 건강피해 경험자 규모를 추정하였다. 이

capture-recapture 방법은 생태학 분야에 이용되는 개체수 추정방법으로 역학 자료 간의 완전성을 평가하는 데 활용되는 방법이다. Figure 1의 (a)에서와 같이 n_1 , n_2 , m 이 주어졌을 때, 전체 규모 T_{NUE} 는 $[(m+n_1+1)(m+n_2+1)/(m+1)]-1$ 로 계산할 수 있으며, 분산은 $[(m+n_1+1)(m+n_2+1)n_1n_2]/[(m+1)^2(m+2)]$ 로 산출된다.¹⁴⁾

1차적으로 이용할 수 있는 자료는 설문조사 2에서 조사된 건강피해 경험자 수($n=555$)와, 그 중에서 가습기 살균제 피해자로 신고된 건수($n=57$), 그리고, 설문조사 2를 수행한 당시인 2016년 10월 31일까지 환경기술진흥원에 피해신고자로 신고된 총 건수($n=5,060$)였다. 이 정보를 이용하면, 독립적으로 수행된 설문조사 2에서 구해진 건강피해 경험자 중 피해신청을 한 비율($=57/555$)이 환경기술진흥원에 피해신청을 한 경우에도 동일한 비율이 적용된다는 가정 하에, 5,060명의 건강피해 신청자가 몇 명의 건강피해 경험자에서 유래하였는지 계산된다. 따라서, 결과적으로 Figure 1의 (b)에서 붉은 선 원(555명)과 붉은 점선 원($49,268$ 명 $=5,060 \times 555/57$)에 대해 capture-recapture 방법을 적용할 수 있게 된다. 교집합 부분이 최소 57명에서 최대 555명까지 가능하다는 사실에서 T_{NUE} 의 최대값 및 95% 신뢰구간(CI, confidence interval)과 최소값을 추정하였다.

III. 연구결과

1. 조사대상자 특성

20대 이하를 제외한 설문조사 1의 조사대상자는 남녀가 거의 동일한 비율을 차지하고 있으며, 현재 거주지는 경기도가 23.6%로 가장 많고, 다음으로 서울(19.9%), 경남(7.1%), 부산(7.0%), 인천(6.1%), 경북(5.6%) 등의 순으로 많았다(Table 1). 연령대는 만 60세 이상 28.6%, 만 40~49세 25.4%, 만 50~59세 24.1% 만 30~39세 21.9%의 순이었다. 학력의 경우 고졸(49.9%)이 가장 많았다.

설문조사 2의 조사대상자는 남자가 조금 더 많았으며, 지역별 분포를 보면 경기지역이 가장 많았으며(23.9%), 다음으로 서울(19.7%), 부산(7.1%), 경남(6.4%), 인천(5.9%), 경북(5.1%) 순이었다. 연령 분포는 온라인 조사의 특성상 60세 이상의 참여자의 비율(10.4%)이 다른 연령대에 비해서 낮게 조사되었

다. 학력은 대부분 대졸 이상이었다(77.2%).

2. 가습기 및 가습기 살균제 사용 비율

전체적인 누적 가습기 사용 비율 및 누적 가습기 살균제 사용 비율은 각각 25.8% (95% CI=24.1~27.6%), 6.7% (95% CI=5.7~7.7%)로 나타났다. 가습기 및 가습기 살균제 사용 비율의 지역별 분포는 일치하지는 않았으나, 대체로 대도시 지역에서 높은 경향을 보였다. 가습기 살균제 사용 비율의 경우, 인천 11.6%, 울산 9.4%, 서울 8.5%, 부산 8.0%의 순으로 나타났다. 연도별 분포를 보면, 가습기 사용 비율은 1994년 이후 2011년까지 지속적으로 증가한 것으로 나타난 반면, 가습기 살균제 사용 비율은 1994년 이후 증가하는 추세를 보이다가 2005년에 1.5%로 가장 높았고 이후 1.2~1.3% 수준을 유지하였다.

한편, 1994~2011년 기간 동안 가정 내 임신부가 있었던 가정의 가습기 사용 비율이 51.6%, 없었던 가정의 경우 15.3%로 나타났다. 가습기 살균제 사용 비율의 경우 임신부가 있었던 가정에서 16.5%, 없었던 가정에서 2.7%로 나타나 약 6배 정도 높았다. 같은 기간 동안 가정 내 7세 이하의 아이가 있었던 가정의 가습기 사용 비율이 45.6%, 없었던 가정의 경우 14.2%로 나타났다. 가습기 살균제 사용 비율의 경우는 7세 이하의 아이가 있었던 가정에서 13.9%, 없었던 가정에서 2.4%로 나타나 약 6배 정도 높았다.

3. 가습기 살균제 노출 인구 추정

3.1. 추정 1

누적 가습기 살균제 사용 비율(6.7%)에 설문조사 1의 수행 시기인 2016년 12월 말 주민등록 인구(51,696,216명)를 곱하면 346만명이 산출된다. 누적 가습기 살균제 사용비율의 95% 신뢰구간을 곱할 경우, 295만~398만명이 산출된다(Table 3).

설문조사 1에서 산출된 1994-2011년 간 임신부가 있었던 가정의 비율(28.5%)을 이용하여, 임신부 유무에 따라 누적 가습기 살균제 사용 비율을 따로 구분하여 적용할 경우에는 총 343만 명이 산출되었고, 그 중 71%가 임신부가 있었던 가정에서 노출된 것으로 나타났다. 또한, 설문조사 1에서 산출된 1994-2011년간 7세 이하 아이가 있었던 가정의 비율(46.7%)

Table 1. Characteristics of the participants of the nationwide surveys

		Survey 1 ^a (n=2,475)		Survey 2 ^b (n=1,555)	
		N	%	N	%
Sex	male	1211	48.9	853	54.9
	female	1264	51.1	702	45.1
Region	Seoul	494	19.9	306	19.7
	Busan	173	7.0	110	7.1
	Taegu	120	4.9	75	4.8
	Incheon	150	6.1	92	5.9
	Kwangju	60	2.4	47	3.0
	Taejun	57	2.3	52	3.3
	Ulsan	46	1.9	42	2.7
	Sejong			8	0.5
	Kyunggi	583	23.6	372	23.9
	Kangwaon	78	3.1	47	3.0
	Chungchungbukdo	75	3.0	44	2.8
	Chungchungnamdo	130	5.2	58	3.7
	Chullabukdo	104	4.2	52	3.3
	Chullanamdo	92	3.7	53	3.4
	Kyungsangbukdo	138	5.6	79	5.1
	Kyungsangnamdo	176	7.1	99	6.4
	Cheju			19	1.2
Age	19~29	°	°	335	21.5
	30~39	541	21.9	330	21.2
	40~49	629	25.4	377	24.2
	50~59	597	24.1	351	22.6
	≥60	708	28.6	162	10.4
Education	Elementary school	103	4.2	3	0.2
	Middle school	251	10.2	14	0.9
	High school	1236	49.9	337	21.7
	≥College	883	35.7	1201	77.2

^aa nationwide interview survey conducted for representative sample to get the proportion of those who used humidifier disinfectants among general population; ^ban online survey conducted for those exposed to humidifier disinfectants to get the proportion of those who experienced health effects among the exposed; ^cThose who were less than 30 were excluded due to an issue related to information bias.

을 이용하여 7세 이하 아이 유무에 따라 누적 가습기 살균제 사용 비율을 따로 구분하여 적용할 경우에는 총 402만 명이 산출되는데, 그 중 84%가 7세 이하 아이가 있었던 가정에서 노출된 것으로 나타났다.

3.2. 추정 2

지역별 누적 가습기 살균제 사용 비율을 지역별 2016년 12월 말 주민등록 인구에 각각 곱한 후 합

산하였을 때, 344만명이 산출되었다(Table 3). 단, 설문조사 1에서 제외되었던 제주도의 가습기 살균제 사용비율을 전체의 1/2로 가정하였다.

3.3. 추정 3

연도별 가습기 살균제 사용 비율을 각 연도별 연앙인구에 곱하여 합산하였을 경우 376만명이 산출되었다(Table 3). 단, 당해연도만 사용하는 비율을

Table 2. Estimation of the proportion of humidifier use and humidifier disinfectants use

	N	Proportion of humidifier use (1994-2011)			Proportion of humidifier disinfectants use (1994-2011)		
		P (%)	95% LL	95% UL	P (%)	95% LL	95% UL
Total	2475	25.8	24.1	27.6	6.7	5.7	7.7
Region							
Seoul	494	26.7	22.7	30.7	8.5	6.0	11.0
Busan	173	25.0	18.5	31.4	8.0	3.9	12.1
Taegu	120	23.0	15.5	30.4	5.2	1.4	9.0
Incheon	150	25.1	17.5	32.8	11.6	6.0	17.2
Kwangju	60	12.6	4.0	21.1	1.4	0	4.3
Taejun	57	21.9	11.4	32.4	6.5	0.2	12.8
Ulsan	46	24.5	11.8	37.3	9.4	1.2	17.6
Kyunggi	583	31.1	27.0	35.2	7.2	4.9	9.4
Kangwaon	78	31.4	20.9	41.9	7.3	1.5	13.1
Chungchungbukdo	75	23.5	14.2	32.7	3.6	0	7.6
Chungchungnamdo	130	22.5	15.7	29.4	3.9	0.8	6.9
Chullabukdo	104	21.6	14.0	29.1	7.4	2.6	12.2
Chullanamdo	92	28.3	19.3	37.4	3.5	0.03	7.1
Kyungsangbukdo	138	14.2	8.6	19.7	2.9	0.3	5.4
Kyungsangnamdo	176	26.8	20.2	33.4	4.2	1.3	7.1
Year							
1994	2441	4.5	3.7	5.4	0.6	0.3	0.9
1995	2441	5.0	4.2	5.9	0.8	0.5	1.2
1996	2441	5.4	4.5	6.3	0.9	0.5	1.3
1997	2441	5.3	4.4	6.2	1.0	0.6	1.5
1998	2441	5.4	4.4	6.3	1.0	0.6	1.4
1999	2441	5.8	4.8	6.7	1.1	0.7	1.5
2000	2441	6.7	5.7	7.1	1.2	0.7	1.6
2001	2441	6.5	5.5	7.5	1.3	0.8	1.7
2002	2441	6.2	5.2	7.2	1.2	0.7	1.6
2003	2441	6.3	5.3	7.3	1.1	0.7	1.6
2004	2441	5.7	4.8	6.7	1.2	0.7	1.6
2005	2441	5.6	4.6	6.5	1.5	1.0	2.0
2006	2441	5.0	4.1	5.9	1.3	0.9	1.8
2007	2441	5.4	4.5	6.3	1.2	0.8	1.7
2008	2441	5.8	4.9	6.8	1.2	0.8	1.7
2009	2441	6.5	5.5	7.5	1.3	0.9	1.8
2010	2441	7.2	6.2	8.2	1.3	0.8	1.7
2011	2441	7.0	6.0	8.0	1.2	0.8	1.7
Pregnant women in the household (1994-2001)							
Yes	718	51.6	47.9	55.3	16.5	13.8	19.3
No	1757	15.3	13.6	17.0	2.7	1.9	3.4
Child (≤7 years old) in the house hold (1994-2001)							
Yes	917	45.6	42.3	48.6	13.9	11.6	16.2
No	1558	14.2	12.4	16.0	2.4	1.7	3.2

Table 3. Estimation of the population size for those exposed to humidifier disinfectants

Factors and assumption for estimation	Estimated population size (unit: million)	Additional analysis
Estimation 1 • Cumulative proportion of humidifier use: 6.7% • Resident population as of Dec, 2016: 51,696,216	3.46	• When 95% LL and 95% UL of the cumulative proportion of humidifier use were applied: 2.95 million and 3.98 million, respectively • When stratified by the presence of pregnant women between 1994-2011: 3.43 million (71% from the household with pregnant women) • When stratified by the presence of child (≤ 7) between 1994-2011: 4.02 million (84% from the household with child (≤ 7))
Estimation 2 • Cumulative proportion of humidifier use: 6.7% • Resident population by region as of Dec, 2016: 51,696,216 • Cumulative proportion of humidifier use for Cheju: assumed to be 1/2 for the total	3.44	
Estimation 3 • Proportion of humidifier use by year • Central Population Resisters by year • Proportion of humidifier use only for one winter season: 0.34	3.76	• When the proportion of humidifier use only for one winter season was assumed to be 0.22 and 0.46: 2.65 million and 4.87 million, respectively
Estimation 4 • Proportion of humidifier use by year • Central Population Resisters by year and region • Proportion of humidifier use only for one winter season: assumed to be 0.34 • Regional distribution of proportion of humidifier use: assumed to be the same as that of cumulative proportion of humidifier use all over the year, 1994-2011	3.72	• When the proportion of humidifier use only for one winter season was assumed to be 0.22 and 0.46: 2.63 and 4.82, respectively

0.34로 가정하였다. 설문조사 1에서 당해연도만 사용하는 비율은 0.22에서 0.46으로 추정할 수 있는데, 0.22로 가정할 때는 265만, 0.46으로 가정할 때는 487만명으로 산출되었다.

3.4. 추정 4

연도별 가습기 살균제 사용 비율을 각 연도별, 지역별 연앙인구에 곱하여 합산하였을 경우 372만명이 산출되었다(Table 3). 단, 당해연도만 사용하는 비율을 0.34, 제주도의 가습기 살균제 사용비율을 전체의 1/2, 그리고, 모든 연도에서 가습기 살균제 사

용 비율의 지역적인 분포가 누적 비율의 분포와 동일하다고 가정하였다. 당해연도만 사용하는 비율을 0.22로 가정할 때는 263만, 0.46으로 가정할 때는 482만명으로 산출되었다.

위와 같은 네 가지 추정을 종합하면 가습기 살균제 노출 인구는 약 350만명에서 400만명 정도가 될 것으로 추산된다.

4. 가습기 살균제로 인한 건강 피해 경험 비율

설문조사 2에서 가습기 살균제 사용자의 건강상 이상 경험 비율을 살펴보면, 3,993명 중 555명, 즉

Table 4. Direct estimation of the population size for those who experienced health effects by the exposure to humidifier disinfectants using proportions obtained from the Survey 2

	N	Proportion among all humidifier disinfectants users, n=3,993 (%)	Direct estimation of those who experienced health effects (unit: thousand)	
			If exposed population are 3.5 million	If exposed population are 4.0 million
Health effect experienced^a	555	13.9	490	560
New symptoms or diseases (A)	286	7.2	250	290
Aggravation of the existing diseases (B)	231	5.8	200	230
Both A & B	38	1.0	33	38
Medical treatment^b	403	10.1	350	400
Treatment for new symptoms or diseases	263	6.6	230	260
rhinitis ^c	78	2.0	68	78
asthma ^c	57	1.4	50	57
pneumonia ^c	23	0.6	20	23
atopy/skin disease ^c	53	1.3	46	53
severe lung disease ^c	2	0.05	1.8	2
Treatment for aggravation of the existing diseases	175	4.4	150	180
rhinitis ^c	53	1.3	46	53
asthma ^c	12	0.3	11	12
pneumonia ^c	6	0.2	5	6
atopy/skin disease ^c	19	0.5	17	19

^aTotal 298 out of 555 who experienced health effects provided disease name diagnosed.; ^bThose experienced both new symptoms and diseases and aggravation of the existing diseases were excluded.; ^cOne person may have more than one disease name diagnosed.

13.9%가 건강 피해를 경험한 것으로 조사되었다 (Table 4). 가습기 살균제 사용 시 건강상 이상 경험을 한 응답자는 1) 기존의 질병이 악화된 경우가 231명으로 5.8%, 2) 새로운 증세나 질병이 발생한 경우가 286명으로 7.2%, 3) 기존 질병 악화와 새로운 증세나 질병이 발생한 경우에 모두 해당하는 경우가 38명인 1.0%로 나타났다.

가습기 살균제 사용으로 건강상 이상을 느꼈다고 응답한 555명 중에 403명인 72.5%가 병원 진료를 받았다고 하였다. 한편, 건강상 이상을 느꼈으나 병원에 가지 않은 경우는 125명으로 22.5%, 잘 모르겠다고 응답한 경우는 27명으로 4.9%를 차지하였다. 주요 진단명은 비염, 천식, 폐렴, 아토피/피부염 등이었다.

한편, 가습기 살균제 사용으로 건강상 이상을 느낀 사람 중에서 가습기 살균제 피해자로 신고가 되어 있는 경우는 57명인 10.3%였다.

5. 가습기 살균제로 인한 건강피해 인구 추정

5.1. 건강피해 경험 및 병원 진료 비율을 이용한 직접적인 추정

설문조사 2를 통해 얻어진 건강피해 경험 비율 (13.9%)을 본 연구에서 산출된 가습기 살균제 노출 인구(350만~400만)에 곱할 경우, 49만~56만명 정도가 건강피해를 경험한 것으로 계산된다. 새로운 증상이나 질병이 발생한 경우는 25만~29만, 기존의 질병이 악화된 경우가 20만~23만, 두 가지 모두에 해당되는 경우가 3.3만~3.8만명으로 산출되었다.

또한, 건강피해로 인해 병원진료를 받은 경우는 35만~40만, 새로운 증상 또는 질병으로 병원 진료를 받은 경우가 23만~26만, 기존의 질병 악화로 병원 진료를 받은 경우는 15만~18만명이었다. 주요 진단명별로는 비염의 경우 6.8만~7.8만, 천식의 경우 5.0만~5.7만, 폐렴의 경우 2.0만~2.3만, 아토피/피부염의 경우 4.6만~5.3만명이었다. 중증폐질환의 경우

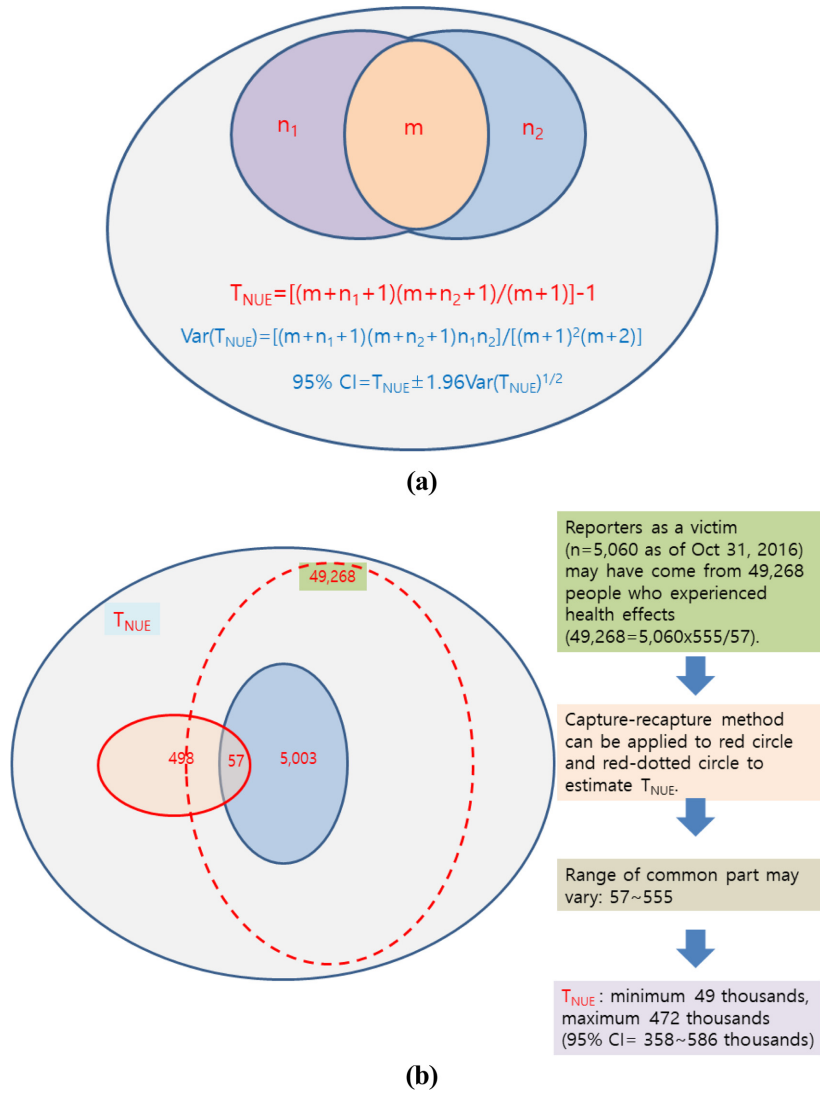


Fig. 1. Estimation of the population size for those who experienced health effects by the exposure to humidifier disinfectants using capture-recapture method: (a) Equation for calculation of total population (T_{NUE}) and 95% CI. (b) It was estimated up to 470 thousands (95% CI=358~586 thousands), maximally when size of common part is 57.

3,993명 중 2명이 조사되어 0.05%였으며, 이를 가습기 사용 인구에 적용하면 약 1,700명에서 2,000명으로 추정할 수 있다. 그러나, 이 추정은 2건에 불과하여 통계적으로 불안정한 결과로 볼 수 있다.

5.2. Capture-recapture 방법을 통한 추정

Figure 1의 (b)에서 붉은 선 원(555명)과 붉은 점선

원(49,268명=5,060x555/57)에 대해 capture-recapture 방법 적용 시, 전체 건강피해 인구 규모는 최대 47만명(95% CI=36만~59만)으로 추산되었다.

위와 같은 두 가지 추정을 종합하면 가습기 살균제 노출로 인한 건강피해로 진료를 받은 인구는 35만~40만명으로 추산되며, 건강피해 인구 규모의 최대치는 50만명 정도가 될 것으로 추산된다.

IV. 고 찰

본 연구는 과연 가습기 살균제에 노출된 인구의 규모가 얼마나 클 것이며, 건강피해를 입은 인구의 규모는 어떠한 것인가에 초점을 맞추어 수행된 것으로서, 최초로 자동응답 전화가 아닌 방식의 전국 조사에서 얻어진 수치를 적용하여 추산한 연구로서 의미를 가진다. 본 연구 결과 가습기 살균제에 노출된 인구 규모는 350만~400만, 건강 피해를 입은 인구 규모는 35만~40만명, 최대 50만명 정도로 추산되었다.

전국 표본에 대해 수행된 선행 조사에서 가습기 살균제 사용 비율이 23.7%와 22%로 조사된 것과 비교하면, 본 연구에서 조사된 6.7%는 1/3 이하 수준으로 상대적으로 매우 낮은 수치이다.^{9),10)} 이 차이는 설문조사 방식의 차이에 기인하는 것일 수 있는데, 두 조사 모두 자동응답 전화(ARS-RDD) 설문 방식으로 조사된 것으로 응답률이 매우 낮은 반면, 본 연구는 전국을 대표하는 표본에 대해서 면접조사 방식으로 수행되었다. 전화 설문조사의 특성 상 가습기 살균제를 사용한 사람이 선택적으로 많이 포함되었을 가능성이 있다. 또 다른 해석으로 과거의 사실을 조사함으로써 정확하게 기억하지 못하는 경향이 기존 조사 보다 본 조사에서 더 크게 나타날 가능성을 들 수 있겠으나, 오히려 역으로 가습기 살균제 사건이 널리 알려졌기 때문에 과거의 사실을 기억하는데 도움이 되었을 것이라는 해석도 가능하다. 또한, 본 연구에서는 20대 이하 대상자를 제외함으로써 정확하지 못한 기억에 기인한 효과를 보정하고자 하였다. 한편, 본 연구에서는 가정 외에서의 가습기 살균제 노출은 조사하지 않았고, 가습기 살균제에 노출되었으나 이미 사망한 경우(예를 들어, 노인, 태아 등)는 조사 대상자에 포함되어 있지 않았기 때문에 과소평가되었을 가능성은 있다.

본 연구에서 가습기 살균제 사용자 중 건강피해를 입은 비율을 온라인 조사를 통해 산출하였다. 온라인 조사로 수행된 설문조사 2는 만 60세 이상 연령대에서 할당된 표본수를 채우지 못하였고, 설문조사 1의 자료분석에서 제외된 20대 이하 연령대가 22%를 차지하고 있으며, 전체적으로 학력 수준이 높았다. 이는 온라인 조사의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있으나, 가습기 살균제로 건강 피해를 입은 사람들이 선택적으로 더 많이 온라인 조사에 참여한 것으

로 보기는 어렵다. 반면, 2015년 12월 자동응답 전화(ARS-RDD) 설문 방식에서 조사된 가습기 살균제 사용 시 건강피해 경험 비율은 20.9%였는데,⁹⁾ 이는 본 연구의 설문조사 2에서 얻어진 13.9%보다 훨씬 더 높은 수준이었다. 이러한 차이는 전화설문 조사에 참여한 사람 중에 건강피해를 입은 사람이 선택적으로 더 많이 포함되었을 수 있다는 사실로 설명 가능하다.

본 연구에서 가습기 살균제로 인한 건강피해에 관한 정보는 주관적인 응답에 의존하였다. 주관적으로 가습기 살균제와 연관성이 있다고 판단하고 응답한 것이므로 실제로는 가습기 살균제의 영향으로 발생한 것이 아닐 경우, 즉, 위양성인 경우도 일부 포함되어 있다고 판단된다. 이러한 과대평가의 가능성으로 인해 병원진료를 받은 경험이 있는 인구의 규모인 35만~40만명이 경증 이상의 실질적인 피해자의 규모에 가깝다고 보는 것이 타당할 것이다. 실질적인 피해자 중 새로운 증상으로 병원 진료를 받았을 경우로만 한정하여, 진단명 별로 피해자 수를 산출한 결과는, 중증폐질환의 경우 약 2,000명, 천식의 경우 5만명 이상, 폐렴의 경우 2만명 이상, 비염의 경우 7만명 정도로 추산되었다. 한편, capture-recapture 방법을 적용할 경우 전체 건강피해 인구 규모는 최대 50만명 정도로 추산되었는데, 이는 주관적 판단으로 건강피해를 경험한 인구의 직접적인 추정치와 유사한 결과였다.

건강피해를 입은 인구 규모 추정치가 수십 만명에 이르는 것에 비해, 가습기 살균제로 인한 건강피해자로 신고된 건수가 6,000명이 넘는 낮은 수준으로 나타난 원인으로서는 몇 가지 설명이 가능하다. 먼저, 많은 사람들이 가습기 살균제를 사용하여 건강피해를 입었으나, 그것이 가습기 살균제로 인한 것인지 인지하지 못하는 경우가 많고, 그로 인해 신고 건수가 많지 않을 것이라는 설명이 가능할 것이다. 이는 더 적극적인 홍보가 필요하다는 주장과 연결될 수 있으나, 이미 가습기 살균제로 인한 건강피해 큰 사회적인 이슈가 되었고, 주로 가습기 살균제를 사용한 가정은 임신부나 아이가 있는 가정으로 대중매체를 통한 홍보를 접하지 못한 경우가 많지 않을 것으로 판단된다. 반대로, 건강피해를 입은 경우의 대부분은 소위 ‘경증’ 피해자이기 때문이라는 설명도 가능하다. 가습기 살균제 사용자를 대상으로 건강피

해를 조사한 결과 3,993명 중 2명이 가장 ‘중증’의 건강피해인 중증폐질환을 경험한 것으로 나타났고, 이 비율을 추정된 노출 인구에 적용하였을 때 약 2,000명이 된다. 현재 6,000명 이상의 건강피해 신고자는 많은 경우 가족단위로 신고되어 있기에, 이미 경증환자도 포함되어 있는 것으로도 해석할 수 있다. 그러나, 중증폐질환의 경우 통계적으로 불안정한 결과로 볼 수 있고, 천식, 폐렴, 비염의 경우도 증상이 얼마나 심한 것인지에 대한 판별이 어려우며 가습기 살균제 노출과의 인과관계를 검증한 것도 아니기 때문에 소위 ‘중증’ 환자의 수치를 정확히 산출하기는 어렵다. 이를 위해서는 향후 실제 병원 진료기록에 기반하여 질병별 건강피해 규모를 좀 더 정밀하게 추정하는 연구도 필요할 것으로 판단된다. 하지만, 적극적인 보상이 필요할 정도의 건강피해를 입은 중증 환자의 수는, 더 적극적인 홍보 후에 건강피해자로 신고한 대상자를 개별적으로 평가하여 산출하는 것이 더 실질적인 접근 방법일 수도 있을 것이다.

가습기 살균제 사건이 알려진 2011년 이후 5년이 지난 2016년 말에 이르러서야 본 연구와 같은 노출 인구 및 건강피해 인구를 추정하는 연구가 수행되었다는 사실로부터 몇 가지 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 사회적으로 큰 이슈일수록 인구의 대표성이 확보되지 않는 전화 설문조사와 같은 수일 내에 간단히 수행할 수 있는 조사가 수행될 가능성이 높다. 둘째, 전화 설문조사를 통해 얻어진 노출 비율 및 건강피해 경험 비율을 당연시하지 않고, 좀 더 정확한 결과를 얻기 위한 기술적 역학 연구를 가급적 빨리 수행해야 한다. 셋째, 정기적으로 수행되는 국가 차원의 단면조사 연구 인프라(예를 들어, 국민건강영양조사, 국민환경보건기초조사, 지역사회조사 등)를 잘 활용할 수 있는 절차를 마련할 필요가 있다. 이러한 시사점은 향후 환경적 노출로 인한 건강피해 문제가 제기되었을 때, 환경적 요인에 노출된 인구와 건강피해를 입은 인구의 규모를 파악하기 위한 연구가 신속하게 수행될 수 있도록 하는데 도움이 될 것이다.

V. 결 론

본 연구는 우리나라 일반인을 대표하는 표본에서

산출한 가습기 살균제 사용 비율과 인구통계 자료를 이용하여 가습기 살균제에 노출된 총 인구를 약 350만~400만명으로 산출하였으며, 노출된 인구에 가습기 살균제 사용자를 대상으로 조사한 건강피해 경험 비율을 추가적으로 적용하거나, 가습기 살균제 사용자 조사에 참여한 대상자 수와 가습기 살균제 피해자로 신고한 건수를 이용하여 건강피해를 입은 총 인구를 약 35만~40만명으로 추정하였다. 본 연구의 결과는 최종적으로 국가 차원의 보상을 필요로 하는 피해자 수와 필요한 비용을 추정하는 데 활용될 수 있을 것으로 보인다. 그러나, 본 연구와 유사한 결과가 재현되는가를 국가 차원의 단면조사를 활용한 조사를 통해 확인할 필요가 있으며, 가정 외의 가습기 살균제에 대한 노출 정도와 그로 인한 건강 피해 역시 추가적인 조사를 통해 파악할 필요가 있다.

References

1. Korea Environmental Industry & Technology Institute. Comprehensive portal for humidifier disinfectant damage support: Statistics. [2019. 6. 10]
2. Park DU. A strategy for exposure assessment of humidifier disinfectant associated to health effects. *J Environ Health Sci*. 2018; 44(2): 107-114.
3. Jeon BH, Park YJ. Frequency of humidifier and humidifier disinfectant use in Gyeonggi Province. *Environmental Health and Toxicology*. 2012; Vol 27. e2012002.
4. Chang MH, Park H, Ha M, Kim YH, Hong YC, Ha EH. Characteristics of humidifier use in Korean pregnant women: The Mothers and Children’s Environmental Health (MOCEH) Study. 2012; Vol 27. e2012003.
5. Lung Injury Investigation Committee by the Korean Center for Disease Control. White paper on health damage by the exposure to humidifier disinfectant. 2014.
6. Park DU, Choi YY, Ahn JJ, Lim HK, Kim SK, Roh HS, Cheong HK, Leem JH, Koh DH, Jung HJ, Lee KM, Lee JH, Kim YH, Lim SY, Paek DM, Lim CM, Hong SJ. Relationship between Exposure to Household Humidifier Disinfectants and Risk of Lung Injury: A Family-Based Study. *PLoS One*. 2015; 10(5): e0124610.
7. Yang HJ, Kim HJ, Yu J, Lee E, Jung YH, Kim HY, Seo JH, Kwon GY, Park JH, Gwack J, Youn SK, Kwon JW, Jun BY, Kim KW, Ahn K, Lee SY, Park

- JD, Kwon JW, Kim BJ, Lee MS, Do KH, Jang SJ, Pyun BY, Hong SJ. Inhalation toxicity of humidifier disinfectants as a risk factor of children's interstitial lung disease in Korea: a case-control study. *PLoS One*. 2013; 8(6): e64430.
8. Paek D, Koh Y, Park DU, Cheong HK, Do KH, Lim CM, Hong SJ, Kim YH, Leem JH, Chung KH, Choi YY, Lee JH, Lim SY, Chung EH, Cho YA, Chae EJ, Joh JS, Yoon Y, Lee KH, Choi BY, Gwack J. Nationwide Study of Humidifier Disinfectant Lung Injury in South Korea, 1994-2011. Incidence and Dose-Response Relationships. *Ann Am Thorac Soc*. 2015; 12(12): 1813-21.
 9. Yunhap News. Humidifier disinfectants, one-tenth intent to purchase again. 2011.9.26. (<http://www.yakup.com/news/?mode=view&cat=11&nid=145912>)
 10. Presian News. One-fifth of nation are potential victim by the exposure to humidifier disinfectant. 2016.7.22. (<http://www.pressian.com/news/article.html?no=139317>)
 11. National Institute of Environmental Research. Establishing disease identification and standards criteria to expand the range of health hazards caused by the humidifier sterilizer. (NIER-SP2016-429) (<http://webbook.me.go.kr/DLi-File/NIER/06/023/5638910.pdf>)
 12. Choi Y. Questions and Answers about the Humidifier Disinfectant Disaster as of February 2017. *J Environ Health Sci*. 2017; 43(1): 1-22.
 13. Korea Statistical Information Service. Central Population Registers by year: 1994-2011. (<http://kosis.kr/index/index.do>)
 14. MN Ha, Kwon HJ, Kang DH, Cho SH, Yoo KY, Joo YS, Sung JH, Kang JW, Kim DS, Lee SI. Completeness Estimation of the Korean Medical Insurance Data in Childhood Asthma: Using Capture-Recapture Method. *J Prev Med Public Health* 1997; 30(2): 428-439.

<저자정보>

이경무(교수), 백도명(교수), 정해관(교수), 김솔휘(연구원), 서정욱(연구원), 홍영습(교수), 김형수(교수), 이종화(교수), 임종한(교수), 김판기(교수)