

가습기살균제 사용에 따른 피해 신청자들의 특성 및 노출평가 오류 영향요인 분석

류현수* · 조은경** · 최윤형*** · 이슬아*** · 윤정교*** ·곽정현*** · 박진현* ·
허정* · 김판기**** · 양원호†

*대구가톨릭대학교 산업보건학과, **한국환경보건학회,
가천대학교 의과대학 예방의학교실, *용인대학교 산업환경보건학과

Analysis of Affecting Factors on Exposure Assessment Errors and Characteristics of Applicants for Damage by Usage of Humidifier Disinfectants

Hyeonsu Ryu*, EunKyung Jo**, Yoon-Hyeong Choi***, Seula Lee***, Jeonggyo Yoon***,
Jung Hyun Kwak***, Jinhyeon Park*, Jung Heo*, Pan-Gyi Kim****, and Wonho Yang†

*Department of Occupational Health, Daegu Catholic University

**Korean Society of Environmental Health

***Department of Preventive Medicine, Gachon University College of Medicine

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

ABSTRACT

Objectives: The lung injuries by exposure to the humidifier disinfectants (HDs) were reported in 2011, Korea. For the HD victims, environmental exposure level and clinical diagnosis were conducted to determine the levels of damage by HDs.

Methods: The exposure assessment to the HDs from 1st to 4th questionnaire surveys were carried out for 5,245 victims. And the affecting factors of exposure levels were analyzed by characterizing exposure and demographic information. By using of exposure concentration and cumulative time, exposure levels were classified and compared by percentage of clinical diagnosis classes. The high exposure and low clinical diagnosis rating groups, and low exposure and high clinical diagnosis rating groups were analyzed to overcome the limitation of past exposure assessment such as recall bias.

Results: Among the all applicants damaged by the humidifier disinfectants, survivors were 4,028 and the dead were 1,217. And male and female were 2,675, and 2,547, respectively. In case of occurrence age of lung disease, under 10 years was majority age group (1,536) and followed by thirties (917). Pregnant women and fetuses were 339 and 439, respectively. And the damages by exposure to the HDs were concentrated on these susceptible populations in groups with low exposure and high clinical diagnosis rating. On the other hand, the groups classified by high exposure and low clinical diagnosis rating were shown different characterization.

Conclusions: The questionnaire survey on past exposure may be uncertain due to recall bias. However, the relationship between classified exposure levels and clinical diagnosis ratings might be shown positive correlation if the exposure assessment errors were analyzed and controlled.

Keywords: Humidifier disinfectant, Environmental exposure assessment, Survey questionnaire, Lung disease

†Corresponding author: Department of Occupational Health, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea, Tel: +82-53-850-3739, E-mail: whyang@cu.ac.kr

Received: 02 February 2019, Revised: 08 February 2019, Accepted: 20 February 2019

I. 서 론

우리나라 겨울철 기후의 건조한 환경으로부터 적절한 실내 습도 유지는 감기 예방 및 쾌적함을 위한 실내공기질 개선에 필수 요소이다.¹⁾ 실내환경 가습은 가래가 많은 감기나 모세 기관지염, 후두염, 기관지 폐렴 등의 예방 및 치료를 위한 보조수단과 처치수단으로써 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.²⁾ 하지만 가습기 청소 상태가 소홀해질 경우에는 가습기 충전 수(水)가 미생물 증식으로 인하여 상당량의 미생물이 실내공기로 방출될 가능성이 있다.³⁾

가습기살균제는 가습기 내의 미생물에 의한 세균 번식 우려로 판매되어, 1994년 제품이 출시된 이후부터 2011년 독성이 밝혀지기까지 약 20여종의 제품이 판매되었다. 인체에는 해가 없다는 ‘인체에 안전한 성분 사용’, ‘어린이에게도 안심’ 등의 문구를 믿고 사용되었으나, 그것으로 인해 도리어 건강을 해치는 계기가 되어 많은 피해자가 발생하였다. 피해자가 노출되었던 주요 살균제 성분은 폴리헥사메틸렌 구아니딘(polyhexamethylene guanidine; 이하 PHMG), 염화에톡시에틸 구아니딘(Oligo(2-) ethoxyethoxyethyl guanidine chloride; 이하 PGH), 클로로메틸이소티아졸리논 (chloromethylisothiazolinone, CMIT)와 메틸이소티아졸리논(methylisothiazolinone, MIT)(이하 CMIT/MIT)이었다.⁴⁾ 이러한 성분은 정부의 역학조사와 독성실험연구 결과 폐질환뿐만 아니라 천식, 간질성 폐질환 등의 건강피해를 발생시킨 것으로 밝혀졌다. 가습기살균제 노출에 의한 질환 평가 및 인과관계 규명을 위해 2019년 2월 기준 피해 신청인으로 사망자 1,384명을 포함한 6,284명이 접수되었다. 그러나, 본인의 폐 손상 등의 건강 악영향이 가습기살균제 피해로 인한 것임을 인지하지 못하였거나, 가습기살균제를 사용하였더라도 즉각적인 건강 이상증세를 인지하지 못하여 신고하지 않은 경우도 고려한다면 국민들의 실질적인 피해규모가 상당히 클 것으로 예상된다.⁵⁾

가습기살균제에 대한 종합판정결과와 환경노출, 조직병리, 영상의학, 임상 등의 조사 및 판정 결과를 토대로 가습기살균제구제 위원회의 심의를 거쳐 정부 지원금 대상자로 인정되는 가능성 거의 확실(1단계), 가능성 높음(2단계)과 정부 지원금 비 대상인 가능성 낮음(3단계), 가능성 거의 없음(4단계), 판정

불가로 건강피해 인정 여부를 결정하고 있다. 환경노출에서는 신청자의 신상정보와 제품, 성분, 사용특성 및 건강 영향과 같은 노출특성에 대한 항목조사와 사용공간에 대한 도면, 면적, 가습기 위치 및 분무방향 등의 사용 당시의 진술과 사용제품 사진, 영수증 또는 사용하다 남은 가습기살균제 제품 등 객관적인 증거자료를 수집하였다.

가습기살균제 노출 피해 사건은 과거노출(past exposure)이기 때문에 개인시료와 생물학적 모니터링은 불가능하며, 실제 사용 장소에서 공기 중 유해물질 농도 측정도 불가능하다. 과거노출에 대한 평가방법으로 환경노출이나 개인노출, 생물학적 모니터링 자료가 없거나 적용하기 곤란한 경우 설문지 또는 모델링(modeling)을 이용하여 노출을 평가할 수 있다.⁶⁾ 따라서, 가습기살균제 사용특성은 설문지를 이용하여 조사한 항목들을 가습기살균제 노출변수로 사용할 수밖에 없다.⁷⁾

가습기살균제 사용에 따른 피해 신청자들을 대상으로 가습기살균제와 폐질환의 인과관계 규명을 위한 설문형태의 자료를 통해 가습기살균제 피해신청인의 인구학적 특성 및 가습기살균제 사용에 대한 특성을 분석하였다. 인체노출평가 시 가습기살균제에 대한 노출농도, 누적 노출 시간, 노출 수준을 등급화하였으며, 임상등급과 비교 평가를 통해 노출수준이 고 노출로 평가되었지만 증상(폐질환 등급)은 낮은 피해자와 노출수준이 저 노출로 평가되었지만 증상(폐질환 등급)은 높은 피해자들에 대한 특성을 파악하여 노출평가 시 오류에 대한 영향요인을 분석하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 가습기살균제 노출 설문조사

가습기살균제와 폐질환의 인과관계 규명을 위한 조사에 참여한 피해신청자는 2018년 5월 기준으로 5,253명(1차 361명, 2차 169명, 3차 669명, 4차 4,054명)이었다. 가습기살균제 노출 설문조사는 차수 별 여러 기관에서 실시되어 설문지 자료를 4차 설문지의 양식을 기준으로 피해신청인들의 연령, 성별, 사망 여부 등의 인구학적 특성과 사용한 가습기살균제 제품, 성분, 사용시간, 사용량, 체적 등 노출 관련 특성에 대한 문항을 통합하였다. 제품별 성분은 피해

신청자가 가장 빈번히 사용한 살균제 제품을 파악하여 국정감사에 보고된 가습기살균제 제품별 성분을 통해 분류하였다. 5,253명의 피해신청자 중 가습기살균제가 아닌 다른 제품을 사용한 신청자 3명, 어머니의 가습기살균제 사용 중단 이후 후유증으로 직접적인 노출은 없으나 건강 상태가 좋지 않게 태어난 신청자 5명을 제외한 5,245명에 대한 인구학적 특성 및 가습기살균제 사용특성을 분석하였다.

2. 가습기살균제 노출요인 간의 상관분석

가습기살균제 노출과 건강영향의 관계에서 노출은 실내환경의 노출농도와 누적 노출 시간의 함수로 나타낼 수 있다. 공기 중 가습기 살균제 노출농도는 하루 평균 사용량(mL)×제품의 살균제 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)×하루 평균 가습기 사용시간(hr)/사용공간의 체적(m^3)으로 계산하였으며, 누적 노출 시간은 가습기살균제 사용기간(year)×연중 사용 개월 수(month)×한달 중 사용한 주 수(week)×한 주당 사용한 일수(day)×하루 사용시간(hr)으로 계산하였다. 노출 수준은 가습기 살균제 노출농도와 누적 노출 시간을 곱하여 계산하였다. 분무량 세기는 최저, 약, 중, 강으로 구분하였으며, 호흡기와 가습기의 거리는 0.5 m 미만, 0.5 m 이상 1 m 미만, 1 m 이상 2 m 미만, 2 m 이상으로, 가습기 방향은 호흡기에 대한 정방향과 몸쪽(사선) 방향으로 구분하였다. 가습기살균제 사용특성이 노출농도와 누적 노출 시간에 영향을 미칠 수 있을지 확인하기 위해 설문지의 주요 노출변수 항목에 대해 상관분석을 실시하였다.

3. 노출등급화에 따른 임상등급 연관성 분석

전체 피해신청자 중 PHMG 성분을 사용하였고, 노출 수준을 계산할 수 있는 노출농도와 누적 노출 시간 관련 문항을 모두 응답한 3,456명을 대상으로 하였다. 가습기살균제 피해자들의 노출과 건강영향 간의 용량-반응(dose-response) 관계를 분석하기 위해 피해구제위원회 심의를 거쳐 인정된 가습살균제 임상등급을 class 1 (가능성 거의 없음), class 2 (가능성 낮음), class 3 (가능성 높음), class 4 (가능성 거의 확실)로 분류하였고, 피해 당시를 회상하여 작성된 설문조사의 사용한 가습기살균제 성분 및 농도, 사용시간, 빈도, 사용량, 체적을 이용하여 노출에 해당하는 노출농도, 누적 노출 시간, 노출 수준

을 산출한 후 임상관정의 등급별 비율을 적용하여 class 1 (극 저 노출), class 2 (저 노출), class 3 (중 노출), class 4 (고 노출)로 구분하였다. 노출과 피해 등급 교차표에서 고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 피해자, 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 피해자를 판별하여 용량-반응 관계를 보이는 집단과 비교하여 그 원인을 분석하였다.

4. 통계분석

실시된 설문조사 결과의 모든 통계적 검정은 SPSS ver. 19 (IBM Company, USA)를 사용하였다. 설문을 통해 구축된 인구학적 및 노출특성의 빈도분석과 기술통계 결과를 제시하였다. 임상 등급과 노출농도, 누적 노출 시간, 노출수준과의 연관성을 알아보기 위하여 카이제곱(chi-square) 검정을 실시하였으며, 유의수준(p-value)이 0.05 미만일 경우($p < 0.05$) 유의하다고 판단하였다.

III. 연구결과

1. 가습기살균제 노출 설문조사

전체 피해신청자 5,245명 중 임상 결과에서 1, 2등급은 468명, 3, 4등급은 4,632명, 판정불가는 145명이었다. 인구학적 특성에 따른 임상등급 분포의 결과를 Table 1에 나타내었다. 정부 지원금 대상인 임상 1, 2등급 피해자, 정부 지원금 비 대상인 임상 3, 4등급 피해자, 임상관정이 불가능한 피해자로 나누어 인구학적 특성과 카이제곱 검정을 실시한 결과 모두 유의한 결과가 나타났다($p < 0.01$).

전체 피해신청자 5,245명 중 남성 2,675명, 여성 2,547명, 성별을 알 수 없는 피해신청자는 23명으로 남성 피해신청자 수가 더 많았다. 임상 결과의 1, 2등급 피해신청자 중 남성 207명, 여성 261명으로 여성이었으며, 3, 4등급 피해신청자 중 남성 2,398명, 여성 2,231명, 성별을 알 수 없는 피해신청자는 3명이었다. 판정불가 등급에서는 남성 70명, 여성 55명, 성별을 알 수 없는 피해신청자는 145명으로 성별을 알 수 없는 피해신청자 수가 더 많았다. 임상결과 1, 2등급인 피해신청자 중 생존자 261명, 사망자 207명이며, 임상결과 3, 4등급 피해신청자 중 생존자 3,694명, 사망자 938명이었다. 판정불가 등급에서는 생존자 72명, 사망자 73명이었다. 피해가 발생한 연

Table 1. Distribution of clinical classification according to demographic characteristics

Characteristics	Class 1, 2		Class 3, 4		Indetermination		Total		p-value
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Total	468	8.9	4,632	88.3	145	2.8	5,245	100.0	
Sex									<0.01
Male	207	7.7	2,398	89.6	70	2.6	2,675	100.0	
Female	261	10.2	2,231	87.6	55	2.2	2,547	100.0	
Unknown	0	0.0	3	13.0	20	87.0	23	100.0	
Survival status									<0.01
Survival	261	6.5	3,694	91.7	72	1.8	4,027	100.0	
Death	207	17.0	938	77.0	73	6.0	1,218	100.0	
Age at damage (years)									<0.01
<10	251	16.3	1,230	80.1	55	3.6	1,536	100.0	
10s	4	3.1	120	93.8	4	3.1	128	100.0	
20s	20	6.0	309	92.0	7	2.1	336	100.0	
30s	105	11.5	796	86.8	16	1.7	917	100.0	
40s	18	3.5	487	95.1	7	1.4	512	100.0	
50s	22	4.0	519	94.5	8	1.5	549	100.0	
60s	16	3.2	477	95.4	7	1.4	500	100.0	
70s	4	1.5	252	97.3	3	1.2	259	100.0	
≥80	0	0.0	54	96.4	2	3.6	56	100.0	
Unknown	28	6.2	388	85.8	36	8.0	452	100.0	

령대를 응답한 피해신청자 중 10세 미만이 1,536명으로 가장 많은 수를 차지하였고, 그다음은 30대가 917명으로 많은 수를 차지하였다. 다른 연령대에서는 다소 고르게 분포되어 있으며, 설문에 응답하지 않은 피해신청자가 452명으로 나타났다. 임상결과의 1, 2등급인 피해신청자 중 10세 미만은 251명, 30대는 105명으로 대부분을 차지하였다. 임상결과의 3, 4등급 피해신청자와 판정불가 등급에서는 전체 피해 발생 연령분포와 비슷한 양상을 보였다.

임상등급에 따른 사용한 가습기살균제 특성을 Table 2에 나타내었다. 정부 지원금 대상인 임상결과의 1, 2등급 피해자, 임상결과의 3, 4등급 피해자, 임상판정이 불가능한 피해자로 나누어 카이제곱 검정을 실시한 결과 모두 유의한 결과가 나타났다($p < 0.01$). 여러 가지 제품을 사용한 경우 피해신청자가 가장 빈번히 사용한 살균제 제품에 대한 응답을 제시하였다. 임상결과의 1, 2등급인 피해신청자 중 ‘옥시싹싹 New 가습기당번’ 제품을 사용한 응답자는 356명이었고, 그다음은 ‘세퓨 가습기살균제’, ‘롯데 와이즐

렛 가습기살균제’, ‘애경 가습기 메이트’ 순이었으며, 사용한 가습기살균제 제품을 알지 못한다는 피해신청자는 7명이었다. 임상결과의 3, 4등급 피해신청자 중 ‘옥시싹싹 New 가습기당번’ 제품을 사용한 응답자는 3,419명이었고, 그다음은 ‘애경 가습기 메이트’, ‘이마트 가습기살균제’, ‘홈플러스 가습기청정제’ 순이었으며, 사용한 가습기살균제 제품을 알지 못하는 피해신청자는 252명이었다. 판정불가 등급에서는 ‘옥시싹싹 New 가습기당번’ 제품을 사용한 응답자는 101명이었고, 그다음은 ‘애경 가습기 메이트’, 기타 제품, 제품을 알지 못하는 응답 순이었다. 전체 피해신청자 중 PHMG 성분을 사용한 응답자가 4,140명으로 전체 피해신청자 중 가장 많은 수를 차지하였다.

2. 설문조사 항목간의 상관분석

PHMG 성분이 함유된 제품을 사용하였다고 응답한 피해신청자 4,140명에 대해 노출농도와 관련된 항목과 누적시간에 관련된 항목 간의 상관성 분석을 실시하여 Table 3에 나타내었다. 그 결과 농도는 1

Table 2. Distribution of clinical classification according to used humidifier disinfectant characteristics

Characteristics	Class 1, 2		Class 3, 4		Indetermination		Total		p-value
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Total	468	8.9	4,632	88.3	145	2.8	5,245	100.0	
Disinfectant products name*									<0.01
Oxy Ssakssak New Gaseupgi Dangbun	356	9.2	3,419	88.2	101	2.6	3,876	100.0	
ekyung Gaseupgi Mate	24	4.8	458	92.3	14	2.8	496	100.0	
Oxy Ssakssak New Gaseupgi Dangbun	9	7.4	112	91.8	1	0.8	122	100.0	
WiseLect Gaseupgi Salgyunje	26	25.0	77	74.0	1	1.0	104	100.0	
Homeplus Gaseupgi Chungjungje	12	10.2	105	89.0	1	0.8	118	100.0	
Bejiteobeulhom Gaseupgi Cleanup	1	2.2	44	97.8	0	0.0	45	100.0	
Cefu Gaseupgi Salgyunje	30	37.0	49	60.5	2	2.5	81	100.0	
Others	3	2.3	116	87.9	13	9.8	132	100.0	
Unknown	7	2.6	252	93.0	12	4.4	271	100.0	
Chemical Type*									<0.01
PHMG	395	9.5	3,642	88.0	103	2.5	4,140	100.0	
CMIT/MIT	35	5.2	611	91.6	21	3.1	667	100.0	
PGH	31	37.3	50	60.2	2	2.4	83	100.0	
Others	0	0.0	73	91.3	7	8.8	80	100.0	
Unknown	7	2.5	256	93.1	12	4.4	275	100.0	

*Most frequently used product

회 사용량, 주입빈도, 누적시간, 하루 사용시간, 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 체적, 호흡기와 가습기의 거리는 농도와 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$) 가습기 방향 또한 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.01$). 1회 사용량은 주입빈도, 체적, 누적시간, 하루 사용시간, 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$), 가습기 방향과 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 주입빈도는 누적시간, 하루 사용시간, 사용 개월 수, 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 환기시간, 호흡기와 가습기의 거리, 가습기 방향은 주입빈도와 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 체적은 취침 때 살균제 사용시간과 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 환기시간은 누적시간, 사용 개월 수와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 누적시간은 하루사용시간, 사용 개월 수, 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$), 호흡기와 가습기의 거리, 가습기 방향은 누적시간과 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 사용

개월 수는 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$), 호흡기와 가습기의 거리, 가습기 방향은 사용 개월 수와 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 취침 때 살균제 사용시간은 분무량 세기와 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$), 호흡기와 가습기의 거리, 가습기 방향은 취침 때 살균제 사용시간과 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 호흡기와 가습기의 거리는 가습기 방향과 양의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$), 분무량 세기와 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$). 가습기 방향은 분무량 세기와 음의 상관성으로 나타났으며($p<0.05$).

3. 노출등급화에 따른 임상등급 연관성 분석

설문지 항목을 이용한 가습기살균제 노출농도, 누적 노출 시간, 노출 수준을 임상등급의 비율을 적용하여 4등급화 하였다. 임상등급과 노출등급의 교차표를 Table 4에 나타내었다. 교차검정 결과는 유의하게 나타났으며($p=0.038$, $p<0.01$). 그러나 교차표에서 노출농도에 대해 고 노출로 평가 되었지만 증상은 낮은 임상 1-농도 3, 4, 임상 2-농도 4 집단 315명

Table 3. Correlation analysis among exposure factors

Pearsonrho	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1)	1											
(2)	.506**	1										
(3)	.206**	.072**	1									
(4)	-.064**	.054**	-.030	1								
(5)	-.008	-.019	-.036*	-.007	1							
(6)	.054**	.065**	.249**	-.018	.060**	1						
(7)	.095**	.098**	.236**	-.013	.010	.478**	1					
(8)	-.007	.029	.050**	-.020	.061**	.808**	.067	1				
(9)	.078**	.068**	.180**	-.079**	.019	.170**	.364	.042**	1			
(10)	-.054**	-.080**	-.079**	-.024	-.007	-.132**	-.107	-.124**	-.126**	1		
(11)	-.038*	-.062**	-.069**	-.013	.018	-.099**	-.060	-.099**	-.061**	.327**	1	
(12)	.082**	.142**	.053**	.005	-.018	.085**	.131	.045**	.080**	-.122**	-.123**	1

*p<0.05, **p<0.01, (1) Concentration (2) Usage amount (3) Usage frequency (4) Volume (5) Ventilation (6) Cumulative exposure time (7) Daily usage time (8) Period (9) Usage time for sleeping (10) Distance for HD (11) Spraying direction (12) Spraying strength

Table 4. Cross tabulation between estimated indoor exposure level and clinical diagnosis

		Clinical rating				Total	p-value
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4		
Estimated indoor concentration level	Class 1	2,406	172	134	157	2,869	0.038
	Class 2	165	12	10	19	206	
	Class 3	137	16	7	13	173	
	Class 4	169	9	8	22	208	
Exposure cumulative exposure time	Class 1	2,339	186	144	200	2,869	<0.01
	Class 2	188	7	6	5	206	
	Class 3	159	6	5	3	173	
	Class 4	191	10	4	3	208	
Exposure level	Class 1	2,357	181	143	188	2,869	<0.01
	Class 2	166	15	12	13	206	
	Class 3	162	2	0	9	173	
	Class 4	192	11	4	1	208	
	Total	2,877	209	159	211	3,456	

과 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 농도 1-임상 3, 4, 농도 2-임상 4 집단이 310명의 등급이 다소 불확실하다고 판단하였다. 누적 노출 시간에 대해서는 고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 임상 1-누적 노출 시간 3, 4, 임상 2-누적 노출 시간 4 집단 360명과 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 누적 노출 시간 1-임상 3, 4, 누적 노출 시간 2-임상 4 집단 349명의 등급이 다소 불확실하다고 판단하

였다. 노출수준에서는 고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 임상 1-노출수준 3, 4, 임상 2-노출수준 4 집단 365명과 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 노출수준 1- 임상 3, 4, 노출수준 2-임상 4 집단 344명의 등급은 다소 불확실하다고 판단하였다.

노출수준과 임상등급의 비교에서 노출 수준이 고 노출로 평가되었지만 임상증상은 낮은 집단과 노출 수준이 저 노출로 평가되었지만 임상증상은 높은 집

Table 5. Comparison of characteristics by exposure level between clinically underestimated and overestimated groups

Variables		High exposure-low clinical diagnosis group		Low exposure-high clinical diagnosis group		Others	
		N	%	N	%	N	%
Sex	Male	193	52.9	150	56.4	1,416	48.4
	Female	172	47.1	194	43.6	1,329	51.5
	Unknown	0	0.0	0	0.0	2	0.1
Damage occurrence age	<10	90	24.7	195	56.7	790	28.8
	10s	12	3.3	3	0.9	71	2.6
	20s	22	6.0	16	4.7	202	7.4
	30s	41	11.2	80	23.3	535	19.5
	40s	45	12.3	13	3.8	272	9.9
	50s	52	14.2	12	3.5	290	10.6
	60s	43	11.8	9	2.6	263	9.6
	≥70	33	9.0	3	0.9	148	5.4
Smoking status	Unknown	27	7.4	13	3.8	176	6.4
	Current smoker	17	4.7	0	0	109	4.0
	Former smoker	88	24.1	17	4.9	511	18.6
	Never smoker	260	71.2	322	93.6	2,110	76.8
Status	Unknown	0	0	5	1.5	17	0.6
	Survival	276	75.6	208	60.5	2,300	83.7
Job status	Death	89	24.4	136	39.5	447	16.3
	Employed	147	40.3	74	21.5	1,165	42.4
	Unemployed	216	59.2	193	56.1	1,432	52.1
Ventilation status	Unknown	2	0.5	77	22.4	150	5.5
	Ventilated	214	58.6	245	71.2	1,192	72.5
	Non-ventilated	147	40.3	90	26.2	590	21.5
Sprayed amount	Unknown	4	1.1	9	2.6	165	6.0
	Least	2	0.5	18	5.2	35	1.3
	Slightly	10	2.7	38	11.1	203	7.4
	Moderate	169	46.3	180	52.3	1,461	53.2
	Strong	173	47.4	99	28.8	994	36.2
Distance between humidifier and respiratory system	Unknown	11	3.0	9	2.6	54	2.0
	<0.5 m	131	35.9	51	14.8	752	27.4
	0.5 m ≤ ~ <1 m	156	42.7	116	33.7	1,052	38.3
	1 m ≤ ~ <2 m	62	17.0	120	34.9	728	26.5
	<2 m	14	3.8	56	16.3	207	7.5
Spraying direction	Unknown	2	0.5	1	0.3	8	0.3
	To breathing zone	278	76.2	173	50.3	1,841	67.0
	To others	82	22.4	151	43.9	857	31.2
	Unknown	5	1.4	20	5.8	49	1.8

Table 6. Comparison of characteristics by humidifier disinfectants usage between clinically underestimated and overestimated groups

Variables	High exposure-low clinical diagnosis group		Low exposure-high clinical diagnosis group		Others	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Period (month)	69.8	40.1	15.4	14.3	25.0	21.6
Usage amount (mL)	27.5	32.2	14.8	8.7	14.6	12.2
Cumulative exposure time (hr)	34,548.6	22,997.0	5,191.7	5,667.3	7,702.4	8,185.3
Exposure concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,914.1	2,401.2	771.6	665.5	647.0	690.7
Exposure level ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{hr}$)	49,483,924	74,191,015	3,552,275	3,657,695	4,473,117	5,260,741
Daily usage time (hr)	18.4	5.8	12.8	5.1	12.2	5.7
Usage time for sleeping (hr)	9.0	3.3	7.7	1.7	7.8	3.2

단에 대해 인구학적 특성 및 가습기살균제 노출특성을 분석하여 Table 5에 나타내었다.

고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 집단 365명에 대한 결과를 보았을 때, 이 집단은 남성이 193명으로 여성보다 21명 많았고, 피해 발생 때 나이는 10세 미만이 24.7%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 10대가 3.3%로 가장 낮은 비율을 차지하였으며, 다른 연령대는 고르게 분포되어 있었다. 현재 흡연자는 17명, 과거 흡연자는 88명, 비흡연자는 260명으로 나타났다. 생존여부는 생존자가 276명, 사망자가 89명이며, 직업을 가지고 있는 피해신청자는 147명, 직업이 없는 피해신청자는 216명이었다. 분무량 세기는 최저 2명, 약 10명, 중 169명, 강 173명으로 나타났고, 가습기와 호흡기의 거리는 0.5 m 미만에서 131명, 0.5 m 이상 1 m 미만에서 156명, 1 m 이상 2 m 미만에서 62명, 2 m 이상이 14명으로 나타났다. 가습기 방향은 정방향이 278명, 다른 방향에서 82명으로 나타났다.

저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 집단 344명에 대한 결과를 나타내었다. 이 집단은 남성이 150명으로 여성보다 44명 적었고, 피해 발생 때 나이는 10세 미만이 56.7%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 30대가 23.3%로 그 다음으로 높은 비율을 차지하였으며, 10대가 0.9% 가장 낮은 비율을 차지하였다. 현재 흡연자는 0명, 과거 흡연자는 17명, 비흡연자는 322명으로 나타났다. 생존여부는 생존자가 208명 사망자가 136명이며, 직업을 가지고 있는 피해신청자는 74명, 직업이 없는 피해신청자는 193명이었다. 평상시 환기를 하는 피해신청자는 245명이며, 환

기를 하지 않는 피해신청자는 90명이었다. 분무량 세기는 최저 18명, 약 38명, 중 180명, 강 99명으로 나타났고, 가습기와 호흡기의 거리는 0.5 m 미만에서 51명, 0.5 m 이상 1 m 미만에서 116명, 1 m 이상 2 m 미만에서 120명, 2 m 이상이 56명으로 나타났다.

노출수준에서 다소 불확실하다고 판단된 등급을 제외한 집단 2,747명에 대한 결과를 보았을 때, 이 집단은 남성이 1,416명으로 여성보다 87명 많았고, 피해 발생 때 나이는 10세 미만이 28.8%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 30대가 19.5%로 두 번째로 높은 비율을 차지하였고, 10대가 2.6%로 가장 낮은 비율을 차지하였다. 현재 흡연자는 109명, 과거 흡연자는 511명, 비흡연자는 2,110명으로 나타났다. 생존여부는 생존자가 2,300명, 사망자가 445명이며, 직업을 가지고 있는 피해신청자는 1,165명, 직업이 없는 피해신청자는 1,432명이었다. 평상시 환기를 하는 피해신청자는 1,192명이며, 환기를 하지 않는 피해신청자는 590명이었다. 분무량 세기는 최저 35명, 약 203명, 중 1461명, 강 994명으로 나타났고, 가습기와 호흡기의 거리는 0.5 m 미만에서 752명, 0.5 m 이상 1 m 미만에서 1,052명, 1 m 이상 2 m 미만에서 728명, 2 m 이상이 207명으로 나타났다. 가습기 방향은 정방향이 1,841명, 다른 방향에서 857명으로 나타났다.

고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 집단에서 사용 개월 수는 69.8개월, 사용량은 27.5 mL, 누적 노출 시간은 34548.6±22997.0 hr, 노출농도는 1,914.1±2401.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 노출수준은 49,483,923.6±74,191,014.9

$\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{hr}$, 하루 사용시간은 18.4 ± 5.8 hr, 취침 때 사용시간은 9.0 ± 3.3 hr로 나타났다. 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 집단에서 사용 개월 수는 15.6개월, 사용량은 14.8 mL, 누적 노출 시간은 $5,191.7 \pm 5,667.3$ hr, 노출농도는 771.6 ± 665.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 노출수준은 $3,552,274.6 \pm 3,657,695.4$ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{hr}$, 하루 사용시간은 12.8 ± 5.1 hr, 취침 때 사용시간은 7.7 ± 1.7 hr로 나타났다. 노출수준에서 다소 불확실하다고 판단된 등급을 제외한 집단에서는 사용 개월 수는 25.0개월, 사용량은 14.6 mL, 누적 노출 시간은 $7,702.4 \pm 8,185.3$ hr, 노출농도는 646.7 ± 690.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 노출수준은 $4,473,117 \pm 5,260,741$ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{hr}$, 사용시간은 12.2 ± 5.7 hr, 취침 때 사용시간은 7.8 ± 3.2 hr로 나타났다.

IV. 고 찰

본 연구는 지금까지 이루어진 가습기살균제 피해 신청자에 대한 설문데이터를 통합하여 인구학적 특성 및 폐 손상자의 가습기살균제 사용에 따른 노출평가 오류의 영향요인을 분석하였다. 전체 대상자 중 성별은 남성 2,675명, 여성 2,547명, 성별을 알 수 없는 피해자가 23명으로 나타났다. 성별을 알 수 없는 피해자는 임신부의 뱃속에서 사산한 태아로 조기 사망으로 인해 성별을 확인할 수 없었다. 전체 피해 신청자 중 남성의 피해신청자가 더 많았지만, 정부 지원금 대상인 임상 1, 2등급에 해당하는 피해자는 여성이 더 많은 것으로 나타났다. 이것에 대한 설명으로 일반적으로 질병의 발생률은 남성에 비해 여성에게서 더 높게 나타난다는 연구결과가 있었다.⁸⁾⁻¹⁰⁾ 생존 여부의 경우 생존자 4,027명, 사망자 1,218명으로 사망자가 차지하는 비율이 상대적으로 낮게 나타났다. 임상 1, 2등급에서는 생존자 261명, 사망자 207명으로 높은 비율을 차지하는 것으로 나타나 가습기살균제로 인한 건강피해가 심할 경우 사망에 이르는 것으로 확인할 수 있다. 피해 발생 때 나이 분포를 통해 10세 미만 연령대와 30대 연령대가 많은 것으로 나타났다. 이것은 2006~2011년에 상당수의 임신부와 아이들에게서 정확한 원인을 알지 못하는 폐 손상, 사망 등이 집단적으로 발생하였다는 사실과 역학조사가 실시되기에 이른 중증폐렴 임신부 환자의 입원이 증가하고 있다는 조사요청을 통해 가습기살균제 참사가 알려지게 된 임신부와 아이들이

해당하는 연령대와 유사한 것으로 확인되었다.⁷⁾ 또한, 설문지 상의 임신부 노출 피해자는 339명, 태아 노출 피해자는 439명으로 많은 피해자가 있음이 확인되었다.

노출변수 항목간의 상관분석 결과 노출농도는 농도를 계산하는 항목 이외 취침 때 살균제 사용시간, 분무량 세기와 양의 상관관계를 보이고, 호흡기와 가습기의 거리는 음의 상관관계를 보였다. 누적 노출시간은 환기시간, 취침 때 살균제 사용시간과 양의 상관관계를 보였다. 이는 취침 시 가습기 살균제 사용 여부, 가습기와 사람의 호흡기와의 거리, 가습기를 호흡기쪽으로 정방향 분사 여부, 분무량 세기 등의 사용특성이 노출수준을 결정하는 노출농도와 누적 노출 시간에 영향을 미칠 수 있음을 추측할 수 있다.

노출수준 등급과 임상등급의 교차표를 통해 노출수준이 고 노출로 평가되었지만 증상은 낮은 집단은 상대적으로 과대하게 회답하여 노출수준에 대한 결과가 과대평가된 집단으로 추정하였고, 노출수준이 저 노출로 평가되었지만 증상은 높은 집단은 상대적으로 과소하게 회답하여 노출수준에 대한 결과가 과소평가된 집단으로 추정하였다. 또한, 과대·과소 평가된 집단을 제외하여 용량-반응 관계를 보이는 집단을 도출하여 과대·과소 평가된 집단을 분석하기 위한 비교집단으로 삼았다. Table 5에서 과대평가된 집단에서는 남성이 여성에 비해 더 높은 비율을 차지하였고, 과소평가된 집단에서는 여성이 남성에 비해 더 높은 비율을 차지하였다. 이것은 여성이 육체적·심리적 불편을 질병으로 인식하는 정도가 크고 의료서비스에 의존하는 정도가 더 크기 때문이라는 설명 등 다양한 설명이 존재한다.^{11,12)} 피해 발생연령은 과대·과소 평가된 집단 모두 10세 미만이 가장 높은 비율을 나타내었으며, 10대에서 가장 낮은 비율을 차지하였다. 과대·과소평가된 집단과 달리 비교집단에서 10세 미만과 사망자 비율이 줄어든 것으로 판단할 때, 이것은 대리인(가족 등)을 통한 조사가 진행되어 정확한 응답을 하지 못하는 경우가 (기억 오류, 무응답) 발생할 수 있으며,⁵⁾ 응답자의 기억이나 상황에 따른 사용한 제품, 사용 기간, 사용 시간, 사용빈도 등의 혼동이 생길 수 있음을 보여준다.⁷⁾ 과대평가된 집단에서와 달리 과소평가된 집단에서는 현재 흡연자가 존재하지 않았다. 이것은 과소평가된 집단이 임상등급이 높은 피해자로 가습기

살균제로 인한 폐손상에 의해 흡연을 할 수 없기 때문이다. 평소 가습기 사용특성에 대한 비교에서 과대평가된 집단은 과소평가된 집단에 비해 평소 가습기 분무량은 강으로, 가습기와 호흡기와의 거리는 가깝게, 가습기 분무 방향을 호흡기 정방향으로 한 비율이 높은 것으로 나타났으며, 용량-반응 관계를 보이는 비교집단은 과대평가된 집단과 유사한 분포를 나타내었다.

Table 6에서 집단 간 가습기 살균제 사용특성을 비교하였다. 과대평가된 집단에서는 사용 개월 수와 1회 사용량, 하루 사용시간이 다른 집단과 비교하였을 때 값이 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 과대하게 회답하여 결과가 과대평가된 경우이거나, 가습기살균제의 노출조사는 살균제 노출시점이 이미 7년 이상 경과하였고, 미약한 피해증상의 경우 이미 회복되어 더 이상의 피해증상을 발견할 수 없는 가능성도 있다.¹³⁾ 심리적 불안감 및 사건에 대한 충격 정도가 설문지 응답에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.^{14)~16)} 과소평가된 집단은 사용 개월 수가 짧게 나타남을 알 수 있다. 이것은 사망자의 비율이 높은 것으로 보아 사망으로 인한 가습기살균제 사용중단 때문인 것으로 판단되며, 1회 사용량과 하루 사용시간은 비교집단과 큰 차이를 보이지 않았다.

질병 원인에 동일하게 노출된 이후에는, 이들 취약계층의 면역력이 상대적으로 약하기 때문에 위협에 노출이 실제 질병발생으로 이어지는 경우가 훨씬 많다.¹⁷⁾ 노출에 대한 질병 발생률이 연령에 따라 달라질 수 있다. 또한, 민감군의 경우 일반인들보다 노출에 민감하기 때문에 더 낮은 양에 노출되어도 심각한 위해영향을 나타낼 수 있다. 따라서, 감수성을 증가시키는 잠재적 원인으로는 유전적 질병소인, 나이, 성별, 기존 질병, 부적절한 영양과 스트레스 등을 들 수 있다.¹⁸⁾

가습기살균제 노출이 과거노출이라는 것이 노출과 건강영향 문제의 관련성을 평가하는데 어려움 중의 하나로 작용하고 있다. 설문조사 단계에서부터 전략적인 방안으로 가습기살균제 피해자 환경노출조사 교육을 이수한 숙련된 조사원이 노출조사를 실시하였으며, 제품에 대한 편견은 피해 신고자가 기억을 잘 하지 못하거나 애매한 응답을 할 경우 제품 사

진을 보여 주고⁷⁾ 고르게 하는 등 기억을 보조할 수 있는 장치를 두어 발생할 수 있는 상대적으로 과대하게 회답하는 경향을 방지하고자 하였다. 추후 연구에서는 당시의 노출을 반영할 수 있는 설문데이터 뿐만 아니라 개인적, 심리적 요인 등의 자료를 입수하여 복합적이고 다각적인 측면에서 접근해야 하며,¹⁹⁾ 오류를 최소화하기 위해 크로스 체크 문항 추가, 병원진료기록과의 비교 등의 방안이 필요할 것으로 판단한다.

V. 결 론

가습기살균제에 대한 노출은 질환과의 원인적 연관성을 나타내고 있기 때문에 현재 대부분의 피해 집단의 근거가 질환의 임상판정에 있으나, 그 원인에 대한 기초적인 연구지식 및 통계적 분석이 매우 부족한 실정이다. 가습기살균제 노출은 폐질환 이외의 건강영향을 야기할 수 있으며, 목숨을 잃거나 피해를 입은 가습기살균제 피해자들의 진상규명을 도출하기 위해 설문지를 통한 과거의 노출평가 자료의 중요성이 증대되었다. 설문지를 이용한 가습기살균제 피해노출조사에서 제품 판매시기와 사용기간의 차이, 사망자의 경우 유족을 통해 조사되었기 때문에 정확하지 않을 수 있으며, 가습기살균제를 사용하던 시기가 최소 7년 이상 지났기에 과거회상으로 인하여 오류를 발생했을 것으로 보인다. 설문노출조사 대상자들의 과거노출에 대한 한계가 있을 집단을 도출하기 위한 방법으로 노출등급화를 통한 고 노출로 평가되었으나 증상은 낮은 집단, 저 노출로 평가되었으나 증상은 높은 집단을 도출하여 인구집단을 분석하였다.

설문지를 이용한 과거의 노출을 평가하는 것은 한계점을 갖고 있으며, 이번 연구에서 그 원인이 무엇인지 과거 회상오류의 원인을 분석하여 제시하였다. 그 결과, 설문지를 이용한 과거노출 결과를 건강영향과 직접적으로 연관성을 확인할 수 없는 경우가 있으며, 이런 경우 피해신청자의 거짓진술로 추정할 것이 아니라 설문지의 한계점이 있음을 인지하고 이를 대체할 수 있는 병원 의료기록, 건강보험자료, 영수증 및 과거사진 등의 증빙자료를 토대로 판정할 수 있는 방안을 검토하여야 한다.

References

1. Hwang JH. Humidifier Design Study that does not Require Germicide-Mainly with a structure and design. *Journal of Digital Design*, 2013; 13(4): 569-578.
2. Park JK. Effects of Ultrasonic Humidifier on the Change in Relative Humidity of Indoor Apartment during Wintertime. *J. Korea Society of Environmental Administration*, 2007; 13(1): 25-34
3. Bae NR. The effect of education and providing of environmental parameter on residents' mangement of indoor enviroment [dissertation]. [Seoul]: Yonsei University; 2006
4. Park DU, Ryu SH, Lim HK, Kim SK, Roh HS, Cha WS, et al. Estimation of Humidifier Disinfectant Amounts Inhaled into the Respiratory System. *J Environ Health Sci*. 2016; 42(3): 141-146
5. Choi YH, Ryu HS, Yoon JG, Lee SL, Kwak JH, Han BY, et al. Demographic Characteristics and Exposure Assessment for Applicants Who Have Been Injured by Humidifier Disinfectant -Focusing on 4-1 and 4-2 Applicants-. *J Environ Health Sci*. 2018; 44(4): 301-314
6. Kim SS, Woo KH, Yoon SY, Lim HS, Kim GB, Yu SD, et al. Exposure Assessment on Sub-Populations of the Local Community following a Hydrofluoric Acid Accident. *J Environ Health Sci*. 2015; 41(1): 1-10
7. Park DU, A Strategy for Exposure Assessment of Humidifier Disinfectant Associated to Health Effects. *J Environ Health Sci*. 2018; 44(2): 107-114
8. Lee MS. Health Inequalities Among Korean Adults -Socioeconomic Status and Residential Area Differences.- *Korean Journal of Sociology*. 2005; 39(6): 183-209
9. Gorman, B. K., Read, J. N. G. "Gender disparities in adult health: an examination of three measures of morbidity". *Journal of Health and Social Behavior*. 2006; 47(2): 95-110.
10. Read, J. N. G., Gorman, B. K. "Gender and health inequality". *Annual Review of Sociology*. 2010; 36(-): 371-386.
11. Weitz, R. *The Sociology of Health, Illness, and Health Care: A Critical Approach*. Cengage Learning. 2013.
12. Read, J. N. G., Gorman, B. K. "Gender and health inequality". *Annual Review of Sociology*, 2010; 36(-): 371-386.
13. Park KS, An analysis of a humidifier disinfectant case from a toxicological perspective. *Environmental Health and Toxicology*. 2016; 31(-): 74-77.
14. Wing JS, Brender JD, Sanderson LM, Perrota DM, Beauchamp R. Acute health effects in a community after a release of hydrofluoric acid. *Arch Environ Health*. 1991; 46(3): 155-160.
15. Dayal HH, Brodwick M, Morris R, Baranowski T, Trieff N, Harrison JA, et al. A community based epidemiologic study of health sequelae of exposure to hydrofluoric acid. *Ann Epidemiol*. 1992; 2(3): 213-230.
16. Dayal HH, Baranowski T, Li YH, Morris R. Hazardous chemicals: psychological dimensions of the health sequelae of a community exposure in Texas. *J Epidemiol Community Health*. 1994; 48(6): 560-568.
17. Keller, S. E., Shiflett, S. C., Schleifer, S. J., Bartlett, J. A. "Stress, immunity, and health". *Handbook of Human Stress and Immunity*. 1994 217-244.
18. Jang DD, Yoon HS, Ryu HY, Kim HG, Min CS, Lee YJ, et al. Guidance for human exposure assessment. *National Institute of Toxicological Research*, 2007. p.15-23
19. Kim SS, Assessment of Factors Affecting the Exposure on Local Community Sub-populations According to the Accident of Hydrofluoric Acid [dissertation]. [Daegu]: I, Catholic University of Daegu; 2014.

저자정보

류현수(대학원생), 조은경(연구원), 최윤형(교수), 이슬아(대학원생), 윤정교(대학원생), 광정현(연구교수), 박진현(대학원생), 허정(대학원생), 김판기(교수), 양원호(교수)