

원 저

일개 응급의료센터에서 분석한 불화수소산 대량 누출이 지역사회 건강에 미친 영향

CHA의과학대학교 부속 구미차병원 응급의학과

김영갑 · 이주택 · 박상현 · 이찬희 · 최마이클승필
제동욱 · 이창재 · 고대이 · 조혜정

Analysis of the Impact on Community Health after Accidental Leak of Hydrofluoric Acid

Young Gab Kim, M.D., Ju Taek Lee, M.D., Sang Hyun Park, M.D.,
Chan Hee Lee, M.D., Michael Sung Pil Choe, M.D., Dong Wook Je, M.D.,
Chang Jae Lee, M.D., Taei Ko, M.D., Hye Jung Jo, M.D.

Department of Emergency Medicine, College of Medicine, CHA University, Gumi CHA Hospital

Purpose: The purpose of this study is to verify the influence of a massive hydrofluoric acid spill on community health through patients who claimed to have been exposed.

Methods: We analyzed 2459 patients who visited our emergency department with the claim of exposure to hydrofluoric acid, and retrospective analyses were performed. We analyzed changes in numbers of visitors per day from the day of the accidental hydrofluoric acid spill, symptoms presented by the 1924 patients, and general characteristics. Comparisons of symptoms and hematologic characteristics were made between the initially set evacuation zone(1.3 km radius parameters from the spill) and the outer zone.

Results: A total of 2,459 patients who claimed exposure visited our ED from 27 September 2012 to 23 October 2012, and there was a significant increase in the number of visiting patients from day 8 of the hydrofluoric acid spill. The most common complaints were a sore throat, 729(37.9%) and no specific symptom with health concern, 547 (28.4%). Statistically significant findings were pulmonary symptoms ($p=0.001$), nasal symptoms ($p=0.001$), diarrhea ($p=0.023$), and skin symptoms ($p=0.007$). In hematologic study, a statistically significant difference was observed in white blood cell count ($p=0.018$), creatine phosphokinase ($p<0.001$), erythrocyte sediment rate ($p=0.013$), and phosphorus ($p<0.001$).

Conclusion: A significant increase in the number of patients was observed one week after the accidental spill of hydrofluoric acid. The most frequent symptoms were sore throat, headache, cough, and sputum. Statistically significant increase in creatine phosphokinase level and decrease in phosphorus level were noted in patients within the evacuation zone.

Key Words: Hydrofluoric acid, Sore throat, Creatine phosphokinase, Phosphorus

투고일: 2013년 7월 18일

게재승인일: 2013년 10월 1일

책임저자: 최마이클승필

경상북도 구미시 형곡동 855

CHA의과학대학교 구미차병원 응급의학과

Tel: 054) 450-9997, Fax: 054) 450-9886

E-mail: michaelchoemd@gmail.com

서론

정밀화학공업의 발달로 많은 종류의 독성 화학물질의 취급 및 사용이 증가되고 있다. 이런 맹독성 물질은 누출 시 사업장내 근로자뿐만 아니라 인근 주민의 건강과 생활

환경 및 유·무형의 자산에 막대한 피해를 줄 수 있기 때문에 주의하여 취급되어야 한다.

불화수소(hydrogen fluoride, HF)는 19.5°C 이하에서는 액체로 존재하는 무색의 비유기성 산으로 강한 자극성 냄새를 가진 부식성 물질이다. 금속 세척 및 세공, 주물, 용접, 도금 등에 광범위하게 이용되며, 최근에는 반도체 공정에도 사용되는 등 점차 사용범위가 넓어지고 있다^{1,3)}. 그러나 인체에 매우 위험한 물질로 접촉, 흡입, 경구 섭취 등의 경로로 노출되면 구역, 구토, 복통, 호흡곤란, 근육통 등의 증상을 일으킬 수 있고, 피부화상, 저칼륨혈증, 저마그네슘혈증, 저나트륨혈증, 고칼륨혈증, 부정맥 등으로 사망에 이를 수 있다^{4,5)}.

2012년 9월 27일 오후 3시 43분 경상북도 구미시 4공단 내 위치한 화학공장에서 100% 불화수소를 탱크로리에서 공장으로 옮기는 작업을 하던 중 불화수소산(hydrofluoric acid)이 누출되었다. 사고로 탱크 안에 들어 있던 13톤의 불화수소산이 8시간 동안 누출되어 현장 인부 5명이 사망하였고 인근 사업장 및 거주 지역에서 약 7천여명이 직·간접적인 피해를 입었다. 인근 학교 6개교(약 4천여명)가 임시 휴교에 들어갔고, 1.3 km 이내 주민들이 대피를 하였다.

본원은 구미시에 위치한 두 개의 지역응급의료센터중 하나로, 사고지점으로부터 10 km정도 떨어진 곳에 위치하고 있다. 다른 한 개의 지역응급의료센터는 사고지점으로부터 7.5 km정도 떨어진 곳에 위치하고 있다. 이번 사고로 인한 환자의 대부분은 이 두 개의 지역응급의료센터에서 진료를 담당하였다.

이번 연구는 불화수소의 대량 누출 사고에 대한 경험이 없었던 우리나라에서 지역 내 일개 응급의료센터로 내원한 불화수소에 노출된 것으로 의심되는 환자들의 임상적 소견과 특징을 파악하여 불화수소의 대량누출이 지역사회 건강에 어떠한 영향을 미쳤으며 이에 대한 대처가 적절했는지 파악하고자 하였다.

대상과 방법

1. 불화수소산 누출 후 날짜경과에 따른 내원환자 수의 변화

2012년 9월 27일부터 2012년 10월 22일까지 일개 응급의료센터에 불화수소산에 노출된 것으로 의심되어 내원한 2459명을 분석대상으로 하였으며 의무기록을 후향적으로 검토하였다.

2. 내원 환자들의 인구학적 특성 및 증상 분석

동기간 내원환자 2459명 중 의무기록으로 호소 증상 및 직업군을 확인할 수 있었던 1924명을 대상으로 하였다. 환자의 의무기록을 후향적으로 검토하여 환자의 나이, 성별, 사고 당시 지점으로부터 떨어진 거리, 직업, 호소 증상, 이학적 검사소견에 대한 자료를 수집하였다. 호소 증상은 증복 진술을 허용하였다. 직업군은 주민, 근로자, 공무원(소방대원, 경찰, 시청 관계자)으로 분류하였다. 호소 증상은 눈자극증상(안구통, 눈물, 가려움증, 이물감 등) 유무, 코증상(콧물, 코막힘, 코통증 등) 유무, 구강 증상(입마름, 구강 내 통증, 구강궤양 등) 유무, 인후통 유무, 흉부 불편감 유무, 폐증상(기침, 가래 등), 호흡곤란 유무, 복부 불편감(복통, 소화불량 등), 설사, 오심 및 구토 유무, 이외에 두통, 어지러움, 피부자극증상(두드러기, 가려움증, 발진 등), 근골격계 증상(근육통, 관절통, 근력약화 등) 및 기타 증상(사지저림, 피로감, 불면증 등) 여부를 확인하였다.

3. 초기 대피 지역 내의 환자군과 대피지역 외의 환자군 간 비교 분석

동기간 내원환자 2459명 중 혈액검사를 시행한 1633명을 대상으로 하였으며, 의무기록으로 호소 증상 및 직업군, 불화수소산 누출 사고 당시 머물렀던 장소에서 사고 현장까지 거리에 대한 정보를 추가로 확인하였다.

노출 거리에 따른 주민들의 건강에 미친 영향에 대한 분석을 위해 사고 당일 대구지방 환경청에서 주민 대피 권고 기준인 사고 장소로부터 반경 1.3 km를 기준으로 하여 1.3 km 이내 환자군과 1.3 km 초과 환자군으로 나누어 환자군의 성별, 나이, 직업군, 호소 증상, 혈액검사를 평균 값과 표준편차로 표시하고 이에 대한 차이를 분석하였다. 초기 내원 시 시행한 혈액검사 중 17개 항목[백혈구 수(white blood cell count, WBC), 혈색소(hemoglobin, Hb), 혈소판(platelet, Plt), 활성화 부분 트롬보플라스틴 시간(activated partial thromboplastin time, aPTT), 혈청 아스파르테이트 아미노전달효소(serum aspartate aminotransferase, AST), 혈청 알라닌 아미노전달효소(serum alanine aminotransferase, ALT), 크레아틴 인산 활성화효소(creatinine phosphokinase, CPK), 미오글로빈(myoglobin), 적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate, ESR), C 반응성 단백시험(C-reactive protein, CRP), 혈액요소질소(blood urea nitrogen, BUN), 크레아티닌(creatinine), 혈청 나트륨(sodium), 혈청 칼륨

(potassium), 혈청 칼슘(calcium), 혈청 마그네슘(magnesium), 혈청 인(phosphorus)의 측정값을 사용하였다.

4. 통계 분석

수집된 자료는 PASW statistics 18(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 처리하였다. 두 군간의 평균 비교를 위해 t-검정을 시행하였으며 빈도 분석을 통해 얻어진 이산형 자료값에 대해서는 교차분석(chi-square test)을 시행하였다. 각 셀의 기대도수가 5미만인 셀이 전체 셀의 20% 이상시에는 Fisher's exact test로 재 분석하였다. 통계학적 유의수준은 *p*값이 0.05 미만인 경우로 정의하였다.

결 과

1. 불화수소산 누출 후 날짜경과에 따른 내원환자 수의 변화

2012년 9월 27일 사고 이후 10월 23일까지 2459명이 본 응급의료센터를 방문하였다. 사고 당일 11명을 시작으로 2일째 115명, 3일째 5명, 4일째 9명, 5일째 1명으로 줄어드는 추세를 보이다가 사고 8일째 90명, 9일째 302명, 10일째 243명이 내원하였으며 이후 숫자가 지속적으로 줄어 27일째 1명이 마지막으로 내원하였다(Fig. 1).

2. 내원 환자들의 인구학적 특성 및 호소증상들의 분석

대상 환자 1924명의 인구학적 특징은 남자가 1490명(77.4%), 여자는 434명(22.6%)으로 남자가 더 많았다. 내원 환자의 나이 분포는 19세 미만인 경우가 115명(5.98%), 20대 486명(25.26%), 30대 621명(32.3%), 40대 460명(23.91%), 50대 195명(10.14%), 60대 39명 (2.02%), 70대 이상은 8명(0.41%)이었다. 평균 나이는 35.5(±12.1)세였다. 직업은 인근 공장 근로자가 1452명(75.5%)으로 가장 많았고, 주민이 419명(21.8%), 공무원이 53명(2.8%)이었다(Table 1).

호소증상은 인후통을 호소한 환자가 729명(37.9%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 증상이 없었으나 검진을 위해 내원을 한 경우가 547명(28.4%)이었다. 그다음은 두통 464명(24.1%), 기침, 가래는 409명(21.3%), 코 증상은 336명(17.5%), 흉부 불편감은 248명(12.9%), 안구의 증상 229명(11.9%) 피부 증상 123명(6.4%), 복부 불편감(소화불량 포함) 103명(5.4%), 구강 증상은 17명(0.9%), 습관 증상은 14명(0.7%)이었다. 소화기계 증상을 호소한 환자는 151명(7.8%)이었다. 이중 복부 불편감(소화불량 포함)이 103명(5.4%), 설사 42명(2.2%), 오심 및 구토 39명(1.4%)이었다. 그 외로 두통을 호소한 경우 464명(24.1%), 어지러움 48명(2.2%), 흉부 불편감 248명(12.9%), 안구의 증상 229명(11.9%), 피부의 증상 123명(6.4%), 근골격계 증상 26명(1.4%), 기타 증상이 38명

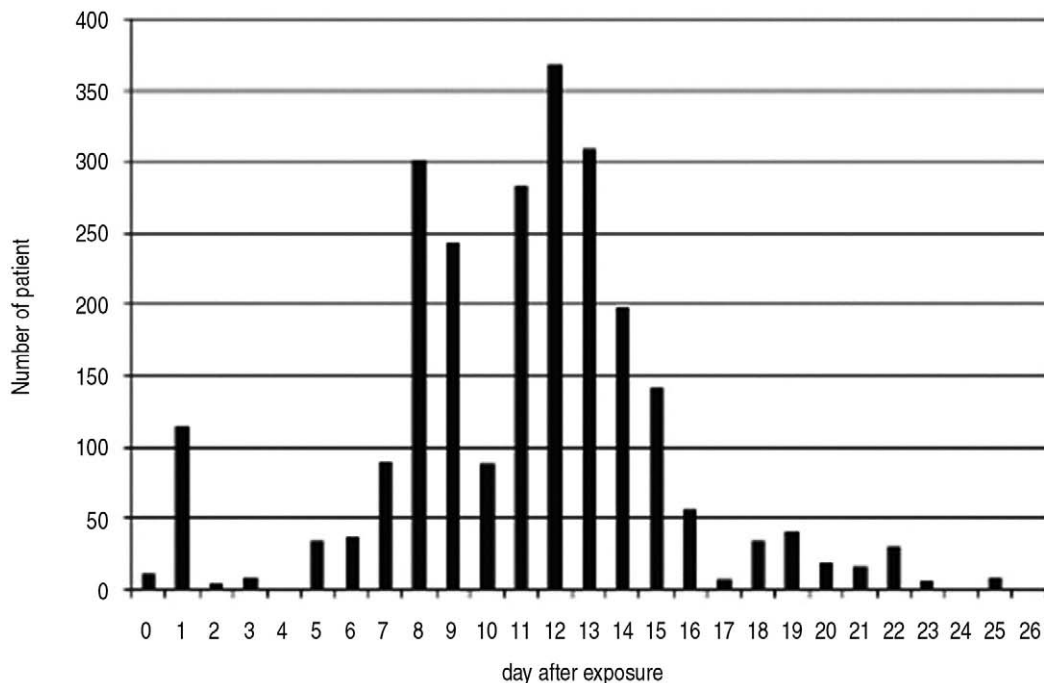


Fig. 1. Changes in numbers of visitors per day from the day of accidental hydrofluoric acid spill.

(2.0%)이었다. 증상이 없었으나 검진을 위해 내원한 경우가 547명(28.4%)이었다(Table 2).

3. 초기 대피 지역 내의 환자 군과 대피지역 외의 환자 군간 비교 분석

누출사고 당시 대구지방 환경청의 주민 대피 권고 기준인 반경 1.3 km를 기준으로 하여 분류하였다. 1.3 km 이내 군에 속한 환자는 1452명으로 평균 나이는 36.6±10.2세, 성별은 남성이 1223명(84.2%), 여성이 229명(15.8%) 이었고, 직업군은 근로자가 1343명(92.5%), 주민은 66명(4.6%), 공무원은 43명(3.0%)이었다. 1.3 km 초과 군에 속한 환자는 181명이며, 평균 나이는 27.3±17.7세, 성별

은 남성 88명(48.6%), 여성 93명(51.4%), 직업군은 근로자가 30명(16.6%), 주민이 150명(82.9%), 공무원이 1명(0.6%)으로 연령, 성별과 직업군 모두에서 두 군에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(all $p < 0.001$) (Table 3).

두 군 간 호소 증상의 비교는 1.3 km이내 군에서 총 1452명 중, 인후통을 호소한 경우가 530명(36.5%), 폐 증상이 282명(19.4%), 코 증상이 245명(16.9%), 구강 증상 9명(0.6%), 호흡곤란 7명(0.5%), 복부 불편감 76명(5.2%), 설사 30명(2.1%), 오심 및 구토 30명(2.1%), 두통 339명(23.5%), 어지러움 26명(1.8%), 흉부 불편감 181명(12.5%), 눈 증상 159명(11.0%), 피부 증상 73명(5.0%), 근골격계 증상 19명(1.3%), 기타 29명(2.0%)이었다. 1.3 km 초과 군에서는 총 181명 중, 인후통 75명(41.4%), 폐 증상 55명(30.4%), 코 증상 49명(27.1%), 구강 증상 3명

Table 1. General characteristics of patients (n=1924)

	Classification	n (%)
Age (year)	less than 19	115 (5.9)
	20~29	486 (25.3)
	30~39	621 (32.3)
	40~49	460 (23.9)
	50~59	195 (10.1)
	60~69	39 (2.0)
	70~	8 (0.4)
Sex	male	1490 (77.4)
	female	434 (22.6)
Distance (m)	0~500	245 (12.7)
	501~1000	902 (46.9)
	1001~2000	409 (21.3)
	2001~	77 (4.0)
	Unknown	291 (15.1)
Job	Factory worker	1452 (75.5)
	Regional resident	419 (21.8)
	Government employee	53 (2.8)

Table 2. Symptoms presented by the patients (n=1924)

Classification	n (%)
Sore throat	729 (37.9)
No complains with health concern	547 (28.4)
Headache	464 (24.1)
Cough, sputum	409 (21.3)
Nasal symptom	336 (17.5)
Chest discomfort	248 (12.9)
Eye irritative symptom	229 (11.9)
Skin symptom	123 (6.4)
Abdominal discomfort, indigestion	103 (5.4)
Dizziness	48 (2.2)
Diarrhea	42 (2.2)
Nausea, vomiting	39 (1.4)
Others	38 (2.0)
Musculoskeletal symptom	26 (1.4)
Oral symptom	17 (0.9)
Dyspnea	14 (0.7)

Table 3. Distribution of subjects (n=1633)

	≤1.3 km (n=1452)	>1.3 km (n=181)	p-value ($p < 0.05$)
Distance, (km)	0.8±0.3	2.3±1.1	
Age, (year)	36.6±10.2	27.3±17.7	<0.001
Sex (n)			
Male	1223	88	<0.001
Female	229	93	
Occupation (n)			<0.001
Factory worker	1343	30	
Regional resident	66	150	
Government employee	43	1	

SD: standard deviation

(1.7%), 호흡곤란 3명(1.7%), 복부 불편감 15명(8.3%), 설사 9명(5.0%), 오심 및 구토 2명(1.1%), 두통 52명

(28.7%), 어지러움 4명(2.2%), 흉부 불편감 21명(11.6%), 눈 증상 21명(11.6%), 피부 증상 18명(9.9%), 근골격계

Table 4. The differences in symptoms between two groups

	≤1.3 km (n=1452)	>1.3 km (n=181)	p-value (p<0.05)
	n (%)	n (%)	
Respiratory			
Sore throat	530 (36.5)	75 (41.4)	0.195
Cough, sputum	282 (19.4)	55 (30.4)	0.001
Nasal symptom	245 (16.9)	49 (27.1)	0.001
Oral symptom	9 (0.6)	3 (1.7)	0.139*
Dyspnea	7 (0.5)	3 (1.7)	0.089*
Gastrointestinal			
Abdominal discomfort	76 (5.2)	15 (8.3)	0.091
Diarrhea	30 (2.1)	9 (5.0)	0.023*
Nausea, vomiting	30 (2.1)	2 (1.1)	0.293*
Headache	339 (23.3)	52 (28.7)	0.110
Dizziness	26 (1.8)	4 (2.2)	0.430*
Chest discomfort	181 (12.5)	21 (11.6)	0.739
Eye irritative symptom	159 (11.0)	21 (11.6)	0.792
Skin symptom	73 (5.0)	18 (9.9)	0.007
Musculoskeletal symptom	19 (1.3)	5 (2.8)	0.118*
Others	29 (2.0)	2 (1.1)	0.314*

* Fisher's exact test

Table 5. The differences in the laboratory data between two groups

mean ± SD	normal value	Group 1 ≤1.3 km (n=1452)	Group 2 >1.3 km (n=181)	p-value
WBC (k/uL)	3.8~10.8	7.0±1.7	7.6±2.1	<0.001
Hb (g/dL)	12~17.5	14.7±1.3	13.6±1.4	<0.001
Plt (k/uL)	150~450	270.2±56.3	305.6±70.2	<0.001
aPTT (sec)	20~38	28.2±3.3	28.9±3.4	0.005
AST (IU/L)	10~40	13.7±26.0	13.7±11.4	0.99
ALT (IU/L)	5~35	28.6±46.4	21.5±17.5	0.041
CPK (IU/L)	43~244	159.4±142.7	110.6±69.5	<0.001
Myoglobin (ng/ml)	0~0.78	39.4±37.5	29.6±28.5	<0.001
ESR (mm/hr)	0~20	5.6±5.3	9.1±8.5	<0.001
CRP (mg/dL)	0~0.3	0.2±0.4	0.3±1.3	0.072
BUN (mg/dL)	8~20	14.2±3.4	13.9±4.3	0.336
Cr (mg/dL)	0.5~1.3	0.9±0.6	0.7±1.1	0.108
Na (mEq/L)	135~145	140.8±1.7	140.8±1.7	0.995
K (mEq/L)	3.5~5.1	4.1±0.3	4.1±0.3	0.872
Ca (mg/dL)	8.4~10.2	9.0±0.4	9.0±0.4	0.705
Mg (mg/dL)	1.58~2.55	2.0±0.2	2.0±0.2	0.346
P (mg/dL)	2.5~5.6	3.4±0.5	3.9±0.9	<0.001

WBC: white blood cell count, Hb: hemoglobin, Plt: platelet, aPTT: activated partial thromboplastin time, AST: serum aspartate amino-transferase, ALT: serum alanine aminotransferase, CPK: creatine phosphokinase, ESR: erythrocyte sediment rate, CRP: C-reactive protein, BUN: blood urea nitrogen, Cr: creatinine, Na: sodium, K: potassium, Ca: calcium, Mg: magnesium, P: phosphorus
SD: standard deviation

증상 5명(2.8%), 기타 2명(1.1%)이었다.

두 군간 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 증상들은 폐 증상($p = 0.001$), 코 증상($p=0.001$), 설사($p = 0.023$), 피부 증상($p = 0.007$)에서 두 군에서 통계학적 유의한 차이를 보였다(Table 4).

혈액검사 결과는 두 군간 비교하였을 때 백혈구($p < 0.001$), 혈색소($p < 0.001$), 혈소판($p < 0.001$), 활성화 부분트롬보플라스틴시간($p=0.005$), 혈청 알라닌 아미노 전달효소(0.041), 크레아틴 인산 활성효소($p < 0.001$), 미오글로블린($p < 0.001$), 적혈구 침강 속도($p < 0.001$), 혈청 인($p < 0.001$)에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(Table 5).

위의 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 검사들을 다시 정상수치로 보정하여, 정상에서 얼마나 상승, 또는 감소하였는지를 보는 두 군 간 차이 분석에서 백혈구($p=0.018$), 크레아틴 인산 활성효소($p < 0.001$), 적혈구 침강 속도($p=0.013$), 혈청 인($p < 0.001$)의 수치가 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(Table 6).

고 찰

불화수소는 두 가지 방법으로 조직 손상을 일으킨다. 첫째, 수소이온에 의한 직접적인 세포손상으로 표면적인 화상을 일으킨다. 둘째, 유리된 불소 이온은 국소적이거나 전신적으로 더 심각한 손상을 가져오는데, 작은 분자량과 높은 지질친화성을 가지고 있어 조직에 쉽게 침투한 후, 칼슘 이온이나 마그네슘 이온과 강력히 반응하여 중화염

을 형성하는데 이런 반응들에 의해 국소적으로 연부조직의 액화 괴사를 일으키고 전신적으로 세포내 칼슘 이온과 마그네슘 이온의 불용상태를 야기 시켜 저칼슘혈증과 저마그네슘혈증을 일으키고 세포내 효소 반응의 독작용에 의하여 더 깊은 화상과 조직 손상을 가져온다^{4,6-8}.

불화수소가 증기의 형태로 노출이 되면 광범위하게 눈과 호흡기 계통의 장기를 자극할 수 있으며, 주로 호소는 증상은 눈물 흘림, 안구의 이물감 및 통증, 목통증, 숨참 증상 및 심할 경우 폐부종까지 가져올 수 있다. 또한, 위, 장, 간, 신장 등의 기관에 독성을 일으켜 관련증상(설사, 간독성, 신부전)을 일으킬 수 있다.

증상의 발현은 불화수소의 피폭시간보다는 피폭 당시의 불화수소산 농도와 밀접하게 관련이 있다^{9,10}. 일단 불화수소산에 노출된 것이 확인되면 즉시 환자를 오염 지역에서 안전한 지역으로 옮겨야하고, 100% 가습 산소를 공급해주고, 간헐적으로 2.5~3.0% 글루콘산 칼슘을 흡입으로 공급해주어야 한다. 기도 폐쇄가 발생할 수 있으므로 환자 상태를 면밀히 관찰하면서 필요시에는 기도 삽관이나 기관 절개를 시행하고 인공호흡기로 적절한 산소를 공급할 준비를 해야 한다^{4,11,12}. 피부 화상에서는 수상 즉시 다량의 흐르는 물로 철저하게 세척하여 주고, 2.5% 글루콘산 칼슘 젤을 30분간 환부에 마사지 하고 이를 통증 소실시 까지 반복한다. 또 화상이 깊을 경우 국소 침윤 주사로도 통증이 경감되고, 회복시간을 단축시킬 수 있다. 이 경우, 5% 글루콘산 칼슘 액을 0.5 mL/cm² 정도 용량으로 병변 내에 주사한다. 이때 과량 주사할 시에 조직 압력의 증가로 인해 국소 괴사가 진행될 수 있으므로 소량씩 여러 번 주사하는 것이 권장 된다^{4,13,14}.

Table 6. The differences in the laboratory data between two groups corrected to normal value

	Group 1 ≤1.3 km (n=1452)	Group 2 >1.3 km (n=181)	p-value
Difference in normal value*±SD			
WBC (k/uL)	0.03±0.24	0.12±2.10	0.018
Hb (g/dL)	-0.03±0.25	-0.04±0.27	0.599
Plt (k/uL)	-0.14±6.67	0.85±7.08	0.060
aPTT (sec)	0.02±0.75	0.02±0.35	0.971
ALT (IU/L)	5.30±44.22	2.91±11.86	0.469
CPK (IU/L)	19.00±42.42	4.06±39.06	<0.001
Myoglobin (ng/ml)	2.36±26.29	1.46±17.46	0.655
ESR (mm/hr)	017±1.48	0.87±3.75	0.013
P (mg/dL)	-0.01±0.08	0.01±0.08	<0.001

WBC: white blood cell count, Hb: hemoglobin, Plt: platelet, aPTT: activated partial thromboplastin time, ALT: serum alanine aminotransferase, CPK: creatine phosphokinase, ESR: erythrocyte sediment rate, P: phosphorus
SD: standard deviation

*If there is no difference between the normal value, the value is 0.

2012년 9월 27일 가스누출 사고 이후 10월 23일까지 본 응급의료센터를 방문한 총 환자의 수는 2459명이었다. 사고 당일 저녁부터 다음날까지 126명의 환자가 방문하였는데 그 중 소방공무원이 93명, 시청 공무원 5명, 경찰관 3명 등 공무원이 101명이었다. 이는 사고 후 초기 대응에서 불화수소산 가스에 대한 독성 정보의 공유가 제대로 되지 않은 상태에서 적절한 보호 장구를 착용하지 않고 구조 작업에 투입이 되어 현장에 있었던 대부분의 공무원들이 호흡기계 증상과 피부의 증상으로 본원 응급의료센터를 방문하였다. 그 이후 방문 환자의 숫자가 소강상태를 보이다가 다시 사고 발생 후 8일후에 급속하게 증가를 하게 되는데 이는 사고발생 지역이 국가재난지역으로 선포될 가능성이 높다는 언론보도가 대대적으로 방송이 된 시점이었다. 본 연구 대상 환자들은 사건 발생 후 일주일이 지난 후 본 응급의료센터를 방문한 경우가 대부분이었다.

누출 사고 당시 구미 지역 기상대에서 발표한 풍속과 풍향은 북동풍이 초속 1.2 m로 불었으나 가스가 누출되는 8시간 동안 바람의 방향이 서, 남서, 북서풍으로 변했다¹⁵⁾. 때문에 누출 된 가스는 인근 공장 및 마을로 퍼져나갔다고 생각할 수 있다. 증상발현에는 피폭 당시의 농도와 밀접한 관계가 있는데 농도가 50% 이상인 경우 통증과 조직의 손상이 즉시 발생을 하고 20~50% 에서는 피폭 후 1~8시간 내 증상이 발현을 하고, 20% 미만인 경우에는 피폭 후 12시간에서 24시간까지 증상과 징후가 나타나지 않을 수 있다¹⁶⁾. 2012년 9월 27일 사고 당일 현장에 있었던 근로자 5명은 모두 사망하였고, 본 응급의료센터에 사고와 관련하여 내원한 환자는 사고 당일에는 10명이었으나 인근 지역의 가로수가 죽고 1 km 떨어진 지역의 벼, 포도, 대추 멜론 등의 농작물의 피해가 언론에 보도되면서 사고 발생 일주일 후부터 일일 내원환자가 100명 가까이 증가를 하게 되었고, 10월 8일 이 지역이 국가 재난지역으로 선포되면서 일일 내원 환자가 300명이 넘게 되었다. 심지어 무증상이지만 병원에 내원한 경우도 547명(28.4%)이나 되었다. 따라서, 사고 발생 후 상당한 시간이 지나간 뒤 환자들이 방문을 하게 되면서 방문한 환자의 증상이 실제 불화수소산에 의한 것인지 확인할 만한 명확한 근거가 부족하였고 불화가스 노출 환자를 명확히 구분하기가 쉽지 않았다. 또한 대부분의 경우, 노출 후 3일 이내에 증상이 나타나는 것으로 알려져, 사고 발생 후 수일이 지난후 방문한 환자들의 증상과 불화수소산의 연관성을 입증하기는 어렵다¹⁷⁾. 불화수소산 노출증상은 직접 접촉으로 인한 피부의 화상이나, 흡입 화상으로 구강 및 목의 해부학적 손상을 직접 눈으로 확인을 하는 방법 외에 진단적으로 특징적인 소견이 없어서 임상증상이나 불화수소산과 접촉 했을 당시 노출

거리 및 상황, 불화수소산에 의해 발생하는 심각한 전해질 이상 소견(저칼슘혈증, 저마그네슘혈증, 저나트륨혈증, 고칼륨혈증), 흉부 방사선 검사로 판단하여야 했다.

연구 대상 기간 중 응급의료센터를 방문한 총 2459명의 환자 중 의무기록으로 호소 증상 및 인구학적 특성을 파악할 수 있었던 1924명의 분석에서 내원 환자는 남자가 여자보다 3배 이상 많았고, 전체의 75%가 근로자였다. 연령별로는 30대가 621명(32.4%)로 가장 많았고 거리는 501 m~1000 m가 902명으로 46.9%를 차지하였다. 이는 누출 사고가 발생한 장소가 평일 오후 화학공단 내에서 발생하여 상대적으로 장년층 남성 근로자가 많았다. 또한 환자의 호소 증상은 인후통, 폐증상, 코 증상, 구강증상, 숨찬 증상 등 호흡기계 증상을 호소한 환자가 48.8%로 가장 많았고, 이 외에 흉통(24.1%), 흉부 불편감(12.9%), 안구 증상(11.9%), 소화기계 증상(7.8%), 피부 증상(6.4%)를 주로 호소하였다.

불화수소산 누출 사고 4시간 이상 지난 후 대구 환경청에서는 1.3 km 내 주민 대피 명령을 내렸다. 1.3 km를 기준으로 설정한 문제에 대하여 여러 가지 논란이 존재하는 것이 사실이지만 본 연구에서는 주민 대피 명령을 내렸던 거리를 기준으로 1.3 km 내 그룹과 1.3 km 초과 그룹으로 나눠 두군 간 실제로 건강상의 차이가 있는지 여부를 조사하였다.

1.3 km 이내 군과 초과 군의 인구학적 특성은 성별, 나이, 직업군간의 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 1.3 km 이내 군에서 상대적으로 남성이 많았고, 나이가 많았으며, 직업은 근로자 및 공무원이 많았다. 이는 1.3 km 이내에서 노출된 근로자가 많았고, 또한 사고 수습을 위해 출동한 공무원도 대부분 1.3 km 이내에서 노출되었고, 이들이 1.3 km 밖의 일반 시민에 비해 남성의 비율이 높고 또한 나이도 전반적으로 많았기 때문으로 생각된다. 1.3 km 밖의 환자 군에서는 일반 시민, 그중에서도 여성의 비율이 높았다.

환자군의 특성은 주로 호소하는 증상에서 두 군간 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 증상은 폐증상(기침, 가래), 코 증상, 설사, 피부 증상이었는데 4가지 증상 모두 1.3 km초과 군에서 높았다. 이는 무증상임에서 1.3 km 이내에 있던 환자 군에서 검진차 병원에 방문하는 비율이 높았고, 1.3 km 초과 환자 군에서는 의심 증상에 대한 반복되는 언론 보도로 병원에 방문하게 되는 선택 바이어스 때문으로 생각된다. 즉 불화수소산이 아닌 다른 원인에 의한 증상임에도 지역 사회에 전반적으로 영향을 준 불화수소산에 대한 두려움이 병원 진료를 받게 했던 것으로 보인다.

1.3 km 기준의 두 군간의 혈액 검사에서 백혈구, 혈색

소, 혈소판, 활성화부분트롬보플라스틴시간, 미오글로빈, 적혈구 침강 속도, 혈청 인에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였으나, 정상값으로 보정한 후 정상값에서 상승 또는 감소된 정도의 차이를 분석한 결과에서는 백혈구, 혈색소 침강 속도, 크레아틴인산활성효소, 혈청 인의 경우에서만 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 백혈구, 적혈구 침강 속도는 1.3 km 초과 군에서 정상수치보다 높게 통계학적으로 유의한 수준으로 증가가 되었는데, 이는 누출지점에서 가까운 거리에 있었던 환자의 경우에서 높은 농도의 불화수소산에 노출되었을 것으로 가정할 수 있고, 이로 인해 백혈구 증가 및 적혈구 침강속도의 증가의 소견을 예측할 수 있었으나 반대의 결과를 가져온 이유는 불화수소산 노출 여부와는 별개로, 상기도 감염 등의 증상이 있는 1.3 km 초과 군에서 병원 방문한 비율이 높아서 염증을 반영하는 이들 수치가 상대적으로 높게 나왔을 것으로 생각된다. 즉, 불화수소산에 노출된 결과로 직접적인 연관성을 시사하는 검사결과라고 해석하기 어렵다. 크레아틴인산활성효소는 1.3 km 이내 군에서 통계학적으로 유의하게 정상수치보다 높게 측정되었는데, 이들 효소는 근육격계에 많이 분포해서 근육 손상 있을 때 혈액으로 많이 배출된다. 따라서, 불화수소산 노출로 인한 조직손상으로 인한 증가의 가능성이 있다. 또한 1.3 km 이내 그룹에서 저인산혈증을 보였는데 이는 성장기, 조직회복기, 화상, 대사성 알카리혈증 등에서 나타날 수 있으나 다른 전해질 수치가 모두 정상 범위 내에 있는 점 등을 고려해 볼 때 표준화된 불화수소산 농도나, 노출시간, 인구학적 특성 하에서 얻은 결과가 아니라는 한계로 인하여 이들의 차이가 불화수소산 노출에 의한 직접적인 결과라고 한정하기 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 생각이 된다.

이번 연구 제한점은 첫째로 일개 응급의료센터에서만 진행된 연구라서 불화수소산 노출에 의해 피해를 입은 모든 환자를 대상으로 하지 못했다는 점이다. 두 번째로 노출 거리를 추정할 때 사고 당일만을 기준으로 하였으며 내원 환자 상당수가 사고 수일 후에 병원을 방문하여 당시 상황에 대한 진술을 하지 못하는 환자들은 연구 대상에서 제외되었다는 점이다. 셋째로 환자의 증상에 영향을 미치는 불화수소산의 농도가 중요한데 사고 지점으로부터 떨어진 거리와 노출 시간에 따른 현장의 불화수소산의 농도에 대한 조사가 병행되지 못하여, 농도에 따른 환자군의 임상양상 및 검사결과에 대한 분석이 이루어질 수 없었다.

결론적으로, 불화수소산 누출사고 이후 병원 방문환자 수는 사고 발생 8일 이상 지나면서 증가하기 시작했으며, 주로 호소하는 증상은 목통증, 두통, 기침과 가래 순 이었다. 대피 지역 내(1.3 km) 환자는 대피 지역 외 환자와

달리 혈액학적 검사결과에서 통계학적으로 유의하게 정상치보다 높은 크레아틴 인산효소 증가와 저인산혈증을 보였다.

참고문헌

- Hatzifotis M, Williams A, Muller M, Pegga S. Hydrofluoric acid burns. *Burns* 2004;30:156-9.
- Bertolini JC. Hydrofluoric acid a review of toxicity. *J Emerg Med* 1992;10:163-8.
- Pegg SP, Siu S, Gillett G. Intra-arterial infusions in the treatment of hydrofluoric acid burns. *Burns* 1985;11:440-3.
- Kim SJ, Seo IK. A case of successful management of inhalation injury caused by hydrofluoric acid poisoning. *J Korean Soc Emerg Med* 2011;22:116-20.
- Skolnik S. Acute Inhalation Exposure to Hydrogen Fluoride. *J Occup Environ Hyg.* Jun 2010;7:D31-D33.
- Gubbay AD, Fitzpatrick RI. Dermal hydrofluoric acid burns resulting in death. *Aust N Z J Surg* 1997;67:304-6.
- Wilkes GJ. Intravenous regional calcium gluconate for hydrofluoric acid burns of the digits. *Emergency Med* 1993;5:155-8.
- Henry JA, Hla KK. Intravenous regional calcium gluconate perfusion for hydrofluoric acid burns. *Clin Toxicol* 1992;30:203-7.
- Ohtani M, Nishida N, Chiba T, Muto H, Yoshioka NI. Pathological demonstration of rapid involvement into the subcutaneous tissue in a case of fatal hydrofluoric acid burns. *Forensic Sci Int.* 2007;167:49-52.
- Kirkpatrick JJ, Enion DS, Burd DA. Hydrofluoric acid burns: a review. *Burns* 1995;21:483-93.
- Trevino MA, Herrmann GH, Sprout WL. Treatment of severe hydrofluoric acid exposures. *J Occup Med* 1983;25:861-3.
- Upfal M, Doyle C. Medical management of hydrofluoric acid exposure. *J Occup Med* 1990;32:726-31.
- Kirkpatrick JJ, Burd DA. An algorithmic approach to the treatment of hydrofluoric acid burns. *Burns* 1995;21:495-9.
- Ohata U, Hara H, Suzuki H. 7 cases of hydrofluoric acid burn in which calcium gluconate was effective for relief of severe pain. *Contact Dermatitis* 2005;52:133-7.
- Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS. *Emergency Medicine: A comprehensive study guide.* 7th ed. New York:McGraw-Hi;2012.p.1383-4.
- Available from: <http://www.web.kma.go.kr> [cited 1 October 2012].
- Lim HS, Lee K. Health care plan for hydrogen fluoride spill, Gumi, Korea. *J Korean Med Sci* 2012;27:1283-4.