

불산제조업체에서 발생한 불산화상에 관한 조사연구

임 현 술 · 정 해 관 · 김 지 용

동국대학교 의과대학 예방의학교실

= Abstract =

A Study on Occupational Hydrofluoric Acid Burns in a Hydrofluoric Acid Manufacturing Factory

Hyun Sul Lim, Hae Kwan Cheong, Ji Young Kim

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University

Hydrofluoric acid is one of the strongest irritating, corrosive and poisonous inorganic chemicals. Hydrofluoric acid burns are occurring with ever-increasing frequency due to the wide use of this acid in industries. Hydrofluoric acid burns are characterized by severe progressive tissue destruction and excruciating pain due to the unique properties of the freely dissolvable fluoride ion.

The authors reviewed medical records of 32 cases (36 spells) of hydrofluoric acid burns which occurred in a hydrofluoric acid manufacturing factory from Sep. 1, 1990 to June 30, 1993.

The results are as follows;

1. Eleven measurements of air concentrations of hydrofluoric acid by detection tube method from 1990 to 1992 were all below TLV (Department of Labor, R. O. K).
2. There were 19 cases (22 spells) of hydrofluoric acid burns which occurred during the study period among regular employees. The overall incidence density of hydrofluoric acid was 17.8 cases (20.6 spells) per 100 person-year. Incidence density was 19.0 cases (22.0 spells) per 100 person-year among male workers and there were no female cases. Incidence density was 32.9 cases (38.3 spells) per 100 person-year among production workers and 1.9 cases (1.9 spells) per 100 person-years among management workers with the difference being statistically significant ($P < 0.01$).
3. Of 32 cases (36 spells) of hydrofluoric acid burns among workers who were regularly employed or temporarily employed, 26 spells (81.2%) were between age 20 to 39. In 15 spells (41.7%) burns occurred between 12:00 and 17:59 with 16 spells (44.3%) having arrived at hospital within 2 hours after the accident.
4. Of 36 spells, the main cause of hydrofluoric acid burns were by splashes (8 spells, 22.2

%). The most frequent site of burns were fingers and pain was the most frequent symptom. Thirty spells (83.3%) of the hydrofluoric acid burns were treated with local injection of antidote (calcium gluconate). Complete recovery without scarring were observed in most of the cases (34 out of 36 cases, 94.4%).

The study results suggest that to prevent hydrofluoric acid burns, environmental control and the wearing of hydrofluoric acid resistant protective clothes and gloves are important. It is also stressed that establishment of an emergency management and a transfer system for hydrofluoric acid burn victims is necessary.

Key words: hydrofluoric acid or hydrogen fluoride, hydrofluoric acid burn, chemical burn

서 론

화상은 외상사고 중의 하나로 손상의 정도와 범위에 따라 신체적 기능장애와 외관상 결함 등의 후유증을 초래하므로 육체적, 정신적 고통을 준다. 이러한 화상은 원인물질에 따라 전기화상, 화염화상, 열탕화상 및 화학화상 등으로 분류되며 이중 화학화상은 직업적으로 발생하는 경우가 많고 고온에 의한 화상에 비하여 조직파괴가 더 심하며 최근 여러 종류의 화학물질의 사용이 증가함에 따라 화학화상도 늘어나는 추세에 있어 화학화상의 예방과 치료에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다(김진복 등, 1987). 이러한 화학화상은 강한 피부자극에 의하여 발생하며, 대표적인 물질로는 에틸렌 옥사이드, 불산, 습한 시멘트 등이다(Mark와 DeLeo, 1992).

이중 불산은 강력한 부식력을 가진 무기산으로 상온에서 액체상태를 유지하며, 피부접촉시 쉽게 피부를 통과하여 심한 조직괴사를 유발한다(Eilenhorn과 Barceloux, 1991). 불산은 다양한 용도로 여러 산업에서 이용되고 있는데, 17세기 말부터 유리의 세공에 사용되었고, 탄화불소의 합성, 휘발유 생산, 금속주물 공정과 용접, 로켓 연료, 금속표면 고열처리 작업에 사용한다(WHO, 1986). 또한 최근에는 반도체 제조공정에서도 사용되고 있어 그 용도가 증가하고 있다(Edelman, 1986).

저자들은 불산을 생산하는 일개 공장에서 불산에 의한 화학화상으로 병원을 방문하여 치료를 받은 근로자 전원을 대상으로 의무기록지 검토를 통하여 의미 있는 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

조사대상 및 조사방법

1. 조사대상

1990년 9월 1일부터 불산을 생산하기 시작한 불산제조업체로부터 대학부속병원을 방문하여 불산화상으로 치료한 환자 32명(36건)을 조사 대상으로 하였다. 이중 19명(22건)은 본 불산제조업체에서 근무하였거나 현재 근무하고 있는 근로자이며 나머지 13명(14건)은 다른 협력업체에서 근무하는 근로자로서 본 업체의 불산제조업무를 도와주다가 불산에 의한 화상을 입은 경우이다. 상기업체는 가동 초기부터 불산에 의한 화상이 발생하는 경우 정도가 심한 환자를 본 대학병원 응급실로 후송해 왔는데 후송환자의 대부분은 화상을 입은 직후에 응급조치로 통증이 가라앉지 않거나 수포가 형성되는 2도 이상의 화상을 입은 경우이다.

2. 조사방법

1990년 9월 1일부터 1993년 6월 30일까지 본 대학병원 응급실 내원기록 중 화학화상으로 기록

된 모든 응급실 방문 환자의 명단과 등록번호를 파악하여 병록지 보관실에서 이들의 병록지를 검색하여 병록지상 상기 불산제조업체에서 작업 중 불산화상으로 본원에 내원한 환자의 연령, 성별, 불산화상의 발생 년도, 화상의 특징, 치료방법 등을 조사하였다.

또한 발생밀도를 구하기 위하여 1990년 9월 1일부터 불산제조 업체에 근무한 전직원의 입사일자와 퇴사일자를 조사하였으며 작업환경의 불산 농도는 지정된 작업환경측정기관에서 측정한 보고서를 참고하였다.

3. 통계적 방법

모든 자료는 코딩한 후 전산입력하여 SPSS/PC+를 사용하여 통계처리하였다. 각 폭로군간의 비교를 위해 chi-square 검정법과 Fisher의 확률검정법을 사용하였고 불산화상의 발생율은 발생밀도(incidence density)로 구하였다(Kleinbaum 등, 1982).

조사결과

1. 작업환경의 불산 농도

본 조사 대상업체의 건강 위해요인은 불산, 분진, 소음 및 황산 등이다. 이중 불산 기중농도를 파악하기 위하여 지정된 작업환경측정기관에서 검지관법에 의해 측정한 보고서를 참조한 결과는 다음과 같다. 1990년 하반기부터 1992년 하반기까지 4회에 걸쳐 총 11번 측정한 결과 미량에서부터 1.5 ppm까지의 농도 분포를 보였으며 허용기준인 3ppm을 초과하는 측정치는 하나도 없었다(표 1).

2. 불산화상의 발생밀도

이 회사는 1990년 9월 1일부터 1993년 6월 30일 조사시점까지 157명의 근로자가 입사하였고 110명의 근로자가 퇴사하여 현재 근무하고 있는 근로자의 수는 47명으로 인원변동이 매우 심하였

Table 1. Hydrofluoric acid measurements in the air in a hydrofluoric acid manufacturing factory (unit: ppm)

Date	Number of measurements	Concentration	
		Geometric mean	Range
1990. 11. 12	1	—	ND*
1991. 4. 30	2	0.25	0.2~0.3
1992. 4. 16	4	0.81	0.4~1.5
1992. 11. 24	4	1.03	0.9~1.5

* ND; non-detectable

Table 2. Number of employees and those resigned from September 1990 to June 1993

	Production workers	Management workers	Total
Number employed	107	50	157
Number resigned	80	30	110
Number present	27	20	47

다(표 2).

본 불산제조업체에 근무하거나 현재 근무하고 있는 근로자를 대상으로 불산화상의 발생밀도를 살펴보면 기간중 총 발생밀도는 100 인년 당 17.8명(20.6건)으로 매우 높았다. 성별로 보았을 때 100 인년 당 남자 근로자에서 발생밀도는 19.0명(22.0건)이었고 여자 근로자에게서는 발생이 없었다. 생산직은 100 인년 당 32.9명(38.3건), 사무직은 1.9명(1.9건)의 발생밀도를 보여 생산직의 발생이 유의하게 높았다($p < 0.01$). 연도별 발생밀도는 가동기간이 길어질수록 점차로 증가하는 경향을 보였고 근무기간이 6개월 미만시 6개월 이상보다 유의하게 발생밀도가 높았다($p < 0.05$, 표 3).

3. 불산화상 환자들의 일반적 특성

본 불산제조업체에 근무하였거나 현재 근무하

Table 3. Incidence density of hydrofluoric acid burns by sex, type of work, year and duration of exposure

Contents	Person-year	Number of cases	Number of spells	Incidence density (per 100 person-year)	
				by person	by spell
Sex					
Male	100	19	22	19.0	22.0
Female	7	0	0	0.0	0.0
Type of work**					
Production	55	18	21	32.9	38.3
Management	52	1	1	1.9	1.9
Year					
1990	11	1	2	8.7	17.5
1991	37	4	5	10.7	13.4
1992	43	6	6	14.0	14.0
1993	25	8	9	32.0	35.9
Duration of employment (months)*					
0~ 5	54	14	14	25.9	25.9
6~11	23	1	2	4.3	8.7
12~17	12	1	3	8.3	25.0
18~23	9	2	2	22.2	22.2
24 and over	8	1	1	12.5	12.5
Total	107	19	22	17.8	20.6

** $p < 0.01$ by fisher's exact test, comparison between production and management workers

* $p < 0.05$ by Chi-square test, comparison between workers with duration of employment less and more than 6 months

는 근로자로서 불산화상을 입은 19명 (22 건)과 본 불산업체의 불산제조일을 도와주다가 입은 불산 화상으로 치료한 13명 (14 건)을 합한 총 32명 (36 건)의 불산화상 환자들은 모두 남자였으며 연령 별 분포는 20대 및 30대가 각각 13명으로 81.2%를 차지하였고, 40대가 5명으로 15.6%였다(표 4).

불산화상의 하루 중 발생시기는 12시부터 17시 사이가 15건 (41.7%)으로 가장 많았고, 6시부터 11시 사이가 12건 (33.3%)로 6시부터 17시 사이에 75.0%를 점유하고 있었다(표 5).

불산화상의 요일에 따른 발생은 목요일이 7건 (19.4%)으로 가장 많았고, 월요일, 화요일, 수요일이 각각 5건으로 13.9%씩을 점유하고 있었다(표 6).

Table 4. Age distribution of the hydrofluoric acid burn cases

Age (years)	Number of cases	Relative frequency(%)
20~29	13	40.6
30~39	13	40.6
40~49	5	15.6
50 and over	1	3.2
Total	32	100.0

불산화상이 발생하여 병원 응급실을 방문하기까지의 시간은 2시간 이내가 16건 (44.3%)으로 가장 많았고, 24시간 이상은 8건 (22.2%)을 점유하였다(표 7).

Table 5. Distribution of hydrofluoric acid burn cases by time of occurrence

Hour	Number of spells	Relative frequency (%)
0:00~ 5:59	1	2.8
6:00~11:59	12	33.3
12:00~17:59	15	41.7
18:00~23:59	2	5.5
Unknown	6	16.7
Total	36	100.0

Table 6. Distribution of hydrofluoric acid burn cases by weekday

Weekday	Number of spells	Relative frequency (%)
Sunday	2	5.6
Monday	5	13.9
Tuesday	5	13.9
Wednesday	5	13.9
Thursday	7	19.4
Friday	4	11.1
Saturday	4	11.1
Unknown	4	11.1
Total	36	100.0

4. 불산화상 환자들의 임상적 특징

불산화상의 발생원인은 불산이 튀겨서 생긴 경우가 8건(22.2%), 장갑에 묻어서 생긴 경우가 5건(13.9%)을 차지하고 있었으나 대부분의 발생원인은 의무기록에 기록되어 있지 않았다(표 8).

불산화상 환자의 화상부위는 손가락이 28건(77.8%)으로 가장 많았다(표 9).

불산화상 환자의 증상과 증후는 의무기록지에 기록이 없는 7건을 제외한 29건에 대하여 살펴보면 동통이 26건(96.3%)으로 가장 많이 호소하였고 부종, 흰색 반점, 홍반, 대수포의 순이었다(표 10).

Table 7. Distribution of hydrofluoric acid burn cases from time of accident to hospital treatment

Duration (hour)	Number of spells	Relative frequency (%)
0~ 2	16	44.3
3~ 5	3	8.3
6~ 8	2	5.6
9~11	1	2.8
12~14	0	0.0
15~17	2	5.6
18~20	2	5.6
21~23	0	0.0
24 and over	8	22.2
Unknown	2	5.6
Total	36	100.0

Table 8. Causes of hydrofluoric acid burns

Causes of burn	Number of spells	Relative frequency (%)
By splashes	8	22.2
By contamination of gloves	5	13.9
By holes in gloves	1	2.8
Unknown	22	61.1
Total	36	100.0

본 공장에서는 불산화상이 발생하면 현장에서 즉시 흐르는 물로 10분 이상 세척한 후 2.5% 칼슘연고를 여러 차례 국소도포하며 보건담당자가 확인하여 피부가 백색으로 변색하거나 물집이 형성된 경우 및 얼굴과 눈의 화상시에 한하여 본 대학병원으로 후송하여 불산해독제를 국소주사하도록 하고 있다. 본원 응급실에서 불산해독제를 국소주사한 경우는 30건이었는데 이들 중 응급치료 후 외래 방문이 없는 경우가 21건, 외래 방문 8건, 입원 1건이었고, 단순 화상치료만을 한 경우는 6건이었고 이들 중 응급치료 후 외래 방문이 없는 경우가 3건, 외래 방문 1건, 입원 2건이었던

Table 9. Location of hydrofluoric acid burns

Location	Number of spells	Relative frequency (%)
One finger	15	41.6
Two fingers	5	13.8
Three fingers	3	8.3
Four fingers	4	11.1
Five fingers	1	2.8
Face and eye	1	2.8
Face, eye, elbow and knee	1	2.8
Face	1	2.8
Arm and thigh	1	2.8
Shoulder	1	2.8
Two toes	1	2.8
Foot	1	2.8
Palm	1	2.8
Total	36	100.0

다.

의료비 지불은 입원한 환자 3건만 산재처리를 하고 나머지는 공상으로 처리하였다. 입원한 환자 3건의 입원기간은 얼굴 부위에 화상을 입은 1건이 12일, 얼굴을 포함하여 다리와 팔에 불산화상을 입은 1건이 29일, 피사조직제거를 위해 입원한 1건이 16일이었다.

외래를 통하여 치료한 33건은 모두 완치되었으며 화상반흔이 남은 환자는 없었다. 입원 환자 3건 중 2건에서 손가락 및 팔 부위에 경미한 화상반흔이 남았으나 기능적인 장애는 없었고, 얼굴 부위에는 전혀 반흔이 남지 않아 회복 상태는 매우 양호하였다.

Table 10. Positive rate of symptoms and signs of hydrofluoric acid burn cases

Symptom and Sign	Number of spells (N=29) [®]	Positive rate (%)
Pain	26	96.3
Swelling	25	92.6
Whitish discoloration	16	59.3
Erythema	8	29.6
Bulla	2	7.4
Necrosis	2	7.4
Dyspnea	1	3.7
Blurred vision	1	3.7

[®] 7 cases excluded due to incomplete records

고 찰

불화수소(Hydrogen fluoride)는 화학식이 HF이고 분자량은 20.01, 비중은 0.987이며 무색의 강한 자극성 냄새를 가진 부식성이 강한 물질이다. 비등점은 19.5℃로 상온에서 기체 상태이며 휘발성이 강하고 공기 중에서는 수증기와 즉시 반응하여 에어러졸이 되면서 흰 연기를 낸다. 불화수소의 수용액은 불화수소산(hydrofluoric acid, 불산)이라고도 불리며 물과 알코올에 잘 녹아 통상 50~60%의 용액으로 사용한다(WHO, 1986; 대한산업보건협회, 1992). 불화수소는 그 화합성 때문에 수용액 중에서 H₂F₂ 또는 H₃F₃의 형태로 존재하고, 강한 부식성이 있어 백금과 금 이외의 금속을 침식하는데 이때 수소를 발생시킨다. 불산은 19세기 말부터 유리의 세공에 사용되었고

Table 11. Treatment of hydrofluoric acid burn cases

Contents	Number of spells	Disposition		
		No follow-up	OPD follow-up	Admission
Antidote injections	30	21	8	1
General burn dressings	6	3	1	2
Total	36	24	9	3

탄화불소의 합성, 휘발유 생산, 금속주물 공정과 용접, 로켓 연료, 금속 도금 및 표면 고열 처리 작업에 사용한다(WHO, 1986).

불소 화합물은 공기, 물, 음식, 석탄 및 토양에 일반적으로 존재하며 산업에서 사용되는 불소 화합물은 주로 형석(Fluorite, CaF_2)으로부터 생산되며, 빙정석(Cryolite, Na_3AlF_6)에서도 생산되었으나 최근에는 빙정석의 채굴이 중단되어 빙정석에서는 생산되지 않고 있으며 인산암 중에 포함될 형석에서 추출하는 방법을 개발 중이다(NIOSH, 1975).

본 불산제조업체는 1988년 회사를 설립하여 1990년 9월부터 불산을 생산하기 시작하였고, 생산량은 월 평균 150여 톤으로 월별, 연도별 생산량에 큰 변화는 없었다. 작업공정은 형석과 황산을 혼합하여 회전가열로에서 100°C 이상으로 가열하여 무수석과 기체상태의 불산이 생산된다. 기체상태의 불산은 응축기에서 99.9%의 액화불산으로 회수하여 용도에 따라 회석기에서 70% 및 56% 용액으로 회석하여 탱크에 저장한 다음 주문에 따라 포장하여 출고한다. 포장은 폴리에틸렌 용기 또는 탱크로리로 파이프를 통하여 옮겨 담으며 폴리에틸렌 용기에 담아 출고 시는 사람이 직접 용기에 옮겨 담는다. 본 공장의 근무형태는 관리직은 주간 근무이고 생산직은 설립시 2교대 근무였으나 1992년 3월부터 8시간 3교대 근무를 하고 있었다. 각 부서별 업무는 생산 1과는 불산을 직접 제조하는 공정이며, 생산 2과에서는 각종 불화수소염(NaF , NH_4HF_2 , H_2SiF_6 , HBF_4 등)을 제조하는 공정이고 공무과는 전체 설비보수 및 개선작업을 담당하고 있었다. 관리직은 기술부, 관리부 및 영업부로 구성되어 기술부는 환경 및 안전관리를 담당하고 있었다.

불소를 포함한 각종 불산 화합물에 직업적으로 폭로된 양을 정확히 측정하기 위해서는 작업자의 호흡 영역에서 중탄산나트륨으로 처리된 기공크기가 $8\mu\text{m}$, 반경이 37mm인 cellulose ester membrane filter를 이용하여 개인시료포집기로 분당

1.5L/min의 유속으로 포집된 시료를 불소이온 특수전극을 이용하여 불소이온(F)을 측정한다(Eller, 1984). 이 방법은 기체 및 액체 상태의 모든 불소화합물을 동시에 측정할 수 있다. 불화수소의 기중농도는 직독식 검지관을 사용하여 측정할 수도 있으나 기중 습도에 의해 영향을 많이 받게 되므로 많은 오차와 제한점을 가지고 있다(NIOSH, 1975). 본 조사에서는 작업장의 기중 불화수소 측정을 검지관법으로 하였으며 측정 결과가 모두 허용기준치 이하라고 하나 정확성에 문제가 있다. 그러나 불화수소의 주된 폭로는 일상적인 폭로보다는 공정의 보수시, 포장, 운송시 및 폭발 등으로 인한 사고성 누출에 의한다는 점을 감안할 때 허용농도 이하라고 하여 만성중독이 생기지 않을 것이라고 추정하는 것은 바람직하지 않다고 생각한다. 생물학적 측정으로는 요중 불소 농도의 측정이 체내 축적량의 가장 좋은 지표로서 이온특수전극으로 신속, 정확히 측정할 수 있다. 요중 불소 농도의 측정시기는 3~5일 근무 후 작업 종료시에 측정하는 것이 근무 중의 불산폭로를 정확하게 평가할 수 있어 가장 좋다(Keenan, 1975). 본 연구는 요중불소의 농도를 측정하지 못하여 체내 축적량을 추정하는데 한계가 있었는데 이에 대해서는 좀더 연구가 필요하다고 생각한다.

불화수소는 호흡기와 피부를 통하여 인체에 침입하며 불화수소로 인한 건강장해는 급성 중독과 만성 중독으로 분류할 수 있다(대한산업보건협회, 1992). 불화수소의 급성 중독은 공기중 고농도의 불소나 불화수소에 폭로되어 생기며 눈과 호흡기에 즉각적인 자극이 있게 된다. 그러나 강한 냄새 때문에 근로자가 숨을 참고 오염지역으로부터 대피하게 되므로 호흡기를 통한 급성중독은 거의 일어나지 않는다. 불소에 만성적으로 폭로되었을 경우에는 골격계와 그 관련 조직에 피해가 가장 심하며 골불화증이 특징적이다. 골불화증은 1단계로 골반뼈 및 척추뼈의 골밀도가 증가되다가 2단계로 골반과 척추, 늑골, 사지골에 방

사전 소견상 골밀도의 증가와 경계의 혼탁이 관찰되며 천결절 및 천장골 인대의 석회화를 보이며 3단계에서는 불구성 불화성이 와서 몸 전체의 뼈의 밀도가 증가하고, 심한 운동장애가 올 수 있다(WHO, 1986; LaDou, 1990). 그러나 본 조사에서는 만성중독에 의한 영향을 조사하지 못하였는데, 초기의 뼈의 변화가 일어나는데 약 10년이 걸렸다(WHO, 1986)는 보고에 따라 추후 연구되어야 할 과제로 생각한다.

불산은 다른 산에 비해 피부접촉시 쉽게 피부를 통과하여 심부조직으로 빨리 이동하는 특징을 가지고 있다(Dibbell 등, 1970). 불산은 1차적으로 급격한 탈수작용에 의한 수소이온의 해리와 2차적으로 불소이온의 피부침투로 인한 심한 조직의 괴사를 유발한다(Ellenhorn 과 Barceloux, 1991). 또한 조직내의 칼슘과 붕합체를 형성하여 칼슘이 감소함에 따라 신경말단에서 세포외로 칼륨이온이 이동하여 신경의 자극을 유발시켜 심한 통증을 유발한다(Klauder 등, 1955). 조직 내의 여러 양이온과 불산 이온이 결합하여 생기는 무기염들은 불화칼슘(Calcium fluoride, CaF₂)과 불화 마그네슘(Magnesium fluoride)을 제외하고는 대개 용해도가 커서 쉽게 해리되므로 불산이온에 의한 지속적인 조직의 괴사가 일어나게 된다(Shewmake와 Anderson, 1979). 본 연구에서 불산화상의 총 발생밀도는 100인년 당 17.8명(20.6건)으로 매우 높았으며 연도별 발생밀도는 가동기간이 길어질수록 점차로 증가하는 경향을 보였는데 이는 가동이 계속됨에 따라 시설의 노후화가 진행되어 누출 등의 사고발생이 더 잦아질 가능성과 1993년에 들어와서 노사문제 등으로 인한 작업자의 부주의 등이 영향을 미쳤을 가능성 등을 고려해야 한다고 생각한다. 근무기간이 6개월 미만시 6개월 이상보다 발생밀도가 높은 것은 숙련되지 못한 상태에서 사고발생이 더 높기 때문으로 생각하며 이의 예방을 위해서는 채용시 보건교육을 철저히 하는 것이 필요하다고 생각한다.

불산에 의한 화상의 정도와 증상의 발현시기는

불산의 농도, 노출된 시간, 노출된 피부의 투과성에 따라 다양하게 나타나며(Iverson 등, 1971), 50% 이상의 용액에 폭로시는 즉시 심한 동통과 홍반, 부종, 수포 및 괴사 등이 나타난다(Fisher, 1973). 20% 이하의 저농도 불산용액에 장시간 노출시 수시간 동안 전혀 모르고 지나다가 심한 동통과 조직괴사가 일어날 수 있다(Shewmake와 Anderson, 1979). 본 조사에서는 불산화상이 발생하여 병원을 방문하기까지의 시간이 2시간 이내가 가장 많았고, 동통 호소율도 높았는데 이는 조사대상 근로자들이 50% 이상의 불산용액에 노출되었기 때문이라고 생각한다. 또한 노출된 부위의 해부학적인 위치에 따라 증상의 정도가 다르게 나타나는데, 손바닥이나 발바닥은 화상이 잘 일어나지 않으나 손가락 끝으로는 불산이 쉽게 침투하여 연부조직의 괴사와 뼈의 파괴를 잘 일으키고 심한 동통이 발생한다(Blunt, 1984). 따라서 본 조사의 높은 동통 호소율은 손가락에 불산화상이 많은데도 기인한다.

불산화상은 주로 손에 많이 발생하는데, 이는 작업중 불산이 튀거나 장갑에 구멍이 있는 경우에 접촉할 가능성이 높기 때문이다(Edelman, 1986). 본 조사에서도 손에 불산화상이 발생한 경우가 가장 많았고 발생의 원인에서는 장갑이 오염되었기 때문이라고 대답한 경우가 5건 있었는데, 불화수소방지용 보호장갑을 사용하지 않았거나 장갑의 적시 교체가 이루어지지 않았기 때문이라고 생각하며 내불화수소용 보호장갑의 사용이 권유되어야 한다고 생각한다.

불산이 튀겨 눈에 들어간 경우가 2건 있었는데, 불산은 눈에 결막염, 각막궤양 및 각막천공 등을 유발하여 실명에까지 이를 수 있다(Ellenhorn 과 Barceloux, 1991). 본 레는 결막염과 각막궤양을 유발하였으나 치료후 후유증은 없었다.

불산에 의한 화학화상의 치료는 중화제가 포함된 다량의 물에 의한 노출부위의 세척이 가장 중요하다(Sidelecki, 1965; Dibbell 등, 1970). 암모니아, 중탄산나트륨 등을 중화제로 사용해 왔으나

암모니아는 불산과 결합하여 부식성이 강한 불화암모니아를 형성할 수 있으므로 사용에 주의하여야 한다. 세척 후 스테로이드, 질산은, 탄닌산, 아연화 등의 여러 약제를 과거부터 국소도포하여 왔으나 어느 것이 치료효과가 가장 우수한지에 대해서는 논란이 많다. 차가운 황산마그네슘으로 습포하는 것이 권유되기도 하였으나 마그네슘 제제의 국소도포는 마그네슘이 불산이온과 결합하여 비용해성의 무기염을 만들어 불산이온의 작용을 경감시키지만 심부조직으로 침투하지 못하기 때문에 동물실험에서 효과가 없는 것으로 나타났다(Dibbell 등, 1970; Ellenhorn과 Barceloux, 1991). 최근에는 calcium gluconate의 국소도포와 병변내 주사가 추천되고 있다(Craig 등, 1964; Iverson 등, 1971; Winchester, 1983). Calcium gluconate의 병변내 주사는 국소도포가 효과가 없을 때 고려되는데 되도록 작은 주사바늘(30 gauge)을 사용하여 피부표면 1cm² 당 0.5ml을 초과하지 않아야 하며 동통이 없어질 때까지 계속하여야 한다(Ellenhorn과 Barceloux, 1991). 일부 저자들은 단지 한 종류만으로 지속적으로 습포하여 calcium gluconate의 병변내 주사와 동일한 치료효과를 얻었다고 보고하였다(Judkins, 1985). 피사조직 및 큰 수포는 제거되어야 하며 손톱이나 발톱 밑으로 불산이 침투된 것으로 판단되면 국소마취하에 손톱이나 발톱을 즉시 제거하고 치료를 시행하여야 한다(Craig, 1964; Dibbell 등, 1970). 화상부위가 65cm² 보다 크면 저칼슘혈증에 대하여 관찰하고 필요시 calcium gluconate의 정맥내 주사가 고려되어야 한다(Raffle 등, 1987). 눈에 불산이 침투하면 10분간 찬물로 세척하고 10% calcium gluconate 안약을 떨어뜨린다(Raffle 등, 1987).

본 공장에서는 불산화상이 발생할 경우 현장에서 즉시 흐르는 물로 10분 이상 세척한 후 2.5% 칼슘연고를 여러 차례 국소도포하며 얼굴 및 눈의 화상과 사지의 화상 중 응급처치 후 보건담당자가 확인하여 피부가 백색으로 변색하거나 물집

이 형성된 경우에 한하여 lidocaine 및 hyaluronidase 주사약을 지참하여 본 대학병원으로 후송하여 불산 해독제(calcium gluconate) 국소주사 및 화상처치를 받도록 조치하고 있었다. 불산연고의 사용은 기록하지 않고 있어 사용자 및 사용일자의 확인이 불가능하여 불산화상의 정확한 피해정도를 추정하는데 한계가 되었다. 본원에서는 Lido-Hyal(hyaluronidase 25 IU와 2% lidocaine 혼합액)을 병변내에 주사 후 Lido-Hyal 용량의 2배에 해당하는 4% Lidocaine과 20% calcium gluconate 용액을 병변내에 주사하였다. Lidocaine은 마취효과로 동통을 감소시킬 목적으로, hyaluronidase는 calcium gluconate에 의한 조직 피사방지용으로 사용되었다. 본원을 방문한 대부분의 환자가 위와 같은 치료를 받았으나 회복 후 기능적인 장애가 없었으며, 단지 2명에서 경미한 화상반흔이 남아 치료효과가 큰 것으로 생각되었으나 다른 치료와 비교하지 못하여 치료효과는 파악하지 못하였다. 우리나라에서 다른 방법으로 치료한 예에서도 치료효과는 좋다고 보고하였다(김종필 등, 1987).

불산에 의한 피부화상은 치료보다는 예방이 더욱 중요하다. 불산화상을 예방하기 위해서는 작업장의 환경관리가 매우 중요하다. 증기나 분진을 발생시키는 작업은 밀폐시키는 것이 가장 효과적이며 작업장 내로 분진이 비산되는 것을 막기 위해서는 진공소제기와 같은 장비가 필요하다. 개인위생을 양호하게 유지하기 위한 시설을 갖추고 음식물도 오염되지 않은 곳에 저장하며 식사전에는 반드시 손을 씻도록 한다. 식당에는 양압의 환기시설을 갖추고 작업장내에서 식사와 흡연을 금지시키며 담배와 식료품은 오염된 곳에 넣지 않도록 한다. 근로자들은 내불화수소용 방독마스크나 송기마스크, 내불화수소용 보호복, 보호장갑 및 보호안경 등과 같은 적절한 보호구를 착용하고 작업을 하여야 하며 적절한 응급조치가 화상의 정도를 크게 좌우하므로 회사 의무실에는 효과적인 응급처치를 위한 치료방법을 마

련하고 지역병원과 응급후송체계를 확립하여야 하며 근로자에 대한 안전관리 및 안전교육을 철저히 시행하며 모든 공정을 자동화하여 불산에 노출될 기회를 줄여야 한다(WHO, 1986; 대한산업보건협회, 1992). 또한 불산을 사용한 후 완벽한 폐수처리시설을 통하여 불산을 처리하여 불산에 의한 환경오염을 방지하여야 할 것이다(Sideleki, 1965).

결 론

1990년 9월 1일부터 불산을 생산하기 시작한 불산제조업체에서 생산초기부터 1993년 6월 30일까지 2년 10개월간 대학부속병원을 방문하여 불산화상을 치료한 환자 32명(36건)을 조사대상으로 그들의 의무기록을 통해 불산화상의 특성에 관하여 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1990년 하반기부터 1992년 하반기까지 4회에 걸쳐 검지관법으로 불산농도를 측정된 결과 미량에서부터 1.5 ppm까지의 농도분포를 보여 모두 허용기준인 3 ppm 이하였다.
2. 본 불산제조업체에 근무하였거나 현재 근무하면서 불산화상을 입은 환자는 19명(22건)이었고 이들에 대하여 불산화상의 발생밀도를 살펴보면 100인년 당 17.8명(20.6건)이었고 남자 근로자에서는 19.0명(22.0건)이었으며 여자 근로자에서는 발생이 없었다. 생산직은 100인년 당 32.9명(38.3건), 사무직은 1.9명(1.9건)의 발생밀도를 보여 생산직의 발생이 유의하게 높았다($p < 0.01$). 연도별 발생밀도는 가동기간이 길어질수록 점차로 증가하는 경향을 보였으며, 근무기간이 6개월 미만시 6개월 이상보다 발생밀도가 유의하게 높았다($p < 0.05$).
3. 본 불산제조업체에 근무하였거나 현재 근무하면서 불산화상을 입은 환자 19명(22건)과 본 불산업체의 일을 도와주다가 불산화상을 입은 13명(14건)을 합한 총 32명(36건)에 대해 살펴보면 불산화상 환자는 모두 남자였으며 20

대와 30대가 26건(81.2%)을 차지하였고, 발생시기는 12시부터 17시 사이가 15건(41.7%)으로 가장 많았으며 발생 후 병원을 방문할 때까지의 시간은 2시간 이내가 16건(44.3%)으로 가장 많았다.

4. 불산화상의 발생원인은 불산이 튀겨서 생긴 경우가 8건(22.2%)으로 가장 많았고 화상부위는 손가락이 28건(77.8%)으로 가장 많았으며 증상은 동통이 가장 많았다. 불산화상은 대부분 불산해독제를 국소주사하여 치료하였으며 회복상태는 매우 양호하였다.

위 업체는 불산화상의 발생이 매우 높아 불산화상의 예방관리가 필요하다고 생각한다. 불산화상의 예방을 위해서는 작업환경관리, 내불화수용 보호복 착용이 중요하며 불산화상의 발생시 조기치료도 중요하므로 회사 의무실에는 효과적인 응급처치를 위한 치료방법을 마련하고 현재의 지역 병원과 응급후송체계를 계속 유지발전시켜야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 김종필, 김계정, 강형재. 불산에 의한 화학화상. 고려병원의학잡지 1987; 10(12): 217-220
- 김진복, 이용각, 김춘규, 장선택. 최신외과학. 일조각, 1987, 쪽 270-299
- 대한산업보건협회. 산업보건. 1992, 1: 46: 42
- Blunt P. Treatment of hydrofluoric acid skin burns by injection with calcium gluconate. *Ind Med Surg* 1984; 33: 869-871
- Craig RDP. Hydrofluoric burns of hands. *Br J Plast Surg* 1964; 17: 53-59
- Dibbell DG, Iverson RE, Jone W et al. Hydrofluoric acid burns of the hand. *J Bone Joint Surg* 1970; 52-A: 931-936
- Edelman P. Hydrofluoric acid burns. *State of the art reviews: Occup Med* 1986; 1(1): 89-103
- Ellenhorn MJ, Barceloux DG. *Medical toxicology*, New York, Elsevier Science Publishing Co., 1991, pp. 873-874
- Eller PM (Ed). *Method 7902, NIOSH Manual of analytical methods*, 3rd Ed. U. S. Department of Health

- and Human Services, 1984, pp. 1-4
- Fisher AA. Irritant reaction from chemical, excretions and secretions, in *Contact Dermatitis*, Fisher AA 2nd ed. , Philadelphia, Lea & Fabiger, 1973, pp. 16-17
- Iverson RE, Laub DR, Madison MS. Hydrofluoric acid burns. *Plast Reconstr Surg* 1971; 48: 107-112
- Judkins KC. Hydrofluoric acid burns. *Br Med J* 1985; 290: 713-717
- Keenan RG. Chapter 16. Direct Reading Instruments for Determining Concentrations of Aerosols, Gases and Vapors. in *National Institute of Occupational Safety and Health; the Industrial Environment-its Evaluation & Control*, U. S. Department of Health and Human Services, Washington D.C., 1975, pp. 189-195
- Klauder V, Shelanski L, Gabriel K. Industrial uses of compounds of fluorine and oxalic acids. *Arch Ind Health* 1955; 12: 412-419
- Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. *Epidemiological Research: Principles and Quantitative Methods*. New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1982, pp. 96-116
- LaDou J. *Occupational Medicine. USA*, Appleton & Lange, 1990, pp. 327-330
- Marks JGJ, DeLeo VA. *Contact and occupational dermatology*, St. Louis, Mosby-Year Book, Inc., 1992, pp. 244-245
- National Institute for Occupational Safety and Health. *Occupational exposure to inorganic fluoride*. U. S. Department of Health, Education and Health, 1975, pp. 101-108
- Raffle PAB, Lee WR, McCallum RI, Murray R. *Hunter's Diseases of the Occupations*. Boston/Toronto, Little, Brown & Company, 1987, pp. 377-379
- Shewmake SW, Anderson BG. Hydrofluoric acid burns. *Arch Dermatol* 1979; 115: 593-596
- Sidelecki AF. Hydrofluoric acid burns *JAMA* 1965; 191: 353-359
- Winchester JF. Acid, Formaldehyde, and Antavids. In *Clinical management of poisoning and drug overdose*, Haddad LM, Winchester JF (Eds.), Philadelphia, WB Saunders Co., 1983, pp. 670-673
- World Health Organization. *Early Detection of Occupational Diseases*. Geneva, 1986, pp. 91-96
-



Fig. 1. Hydrofluoric acid dermal burn on the left upper extremity, 2 hours after exposure to 77 percent hydrofluoric acid.

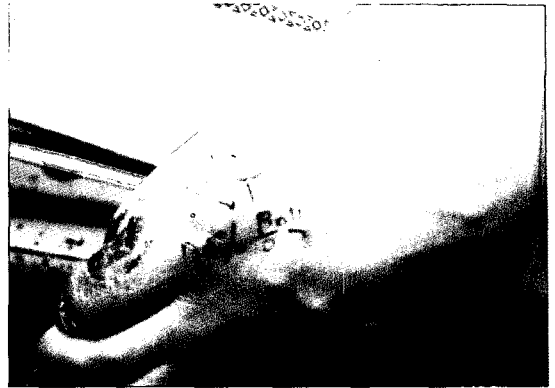


Fig. 3. Hydrofluoric acid dermal burn on the right little toe, 5 days after exposure to 70 percent hydrofluoric acid.



Fig. 2. Hydrofluoric acid dermal burn on the left lower extremity, 2 hours after exposure to 77 percent hydrofluoric acid.



Fig. 4. Hydrofluoric acid dermal burn on the left middle finger, 10 days after exposure to 77 percent hydrofluoric acid.