

원 저

산업장 화학 사고로 응급실에 내원한 환자의 임상적 고찰: 일개병원의 후향적 연구

순천향대학교 구미병원 응급의학과¹, 환경보건센터², 직업환경의학과³

신희준^{1,2} · 오세광¹ · 유병대¹ · 전덕호¹ · 이동하¹ · 우극현^{2,3} · 윤성용^{2,3} · 최성용²

A Clinical Analysis of Patients Who Visited Emergency Department due to Chemical Incident Occurred at Industrial Place: A Retrospective Study

Hee Jun Shin, M.D.^{1,2}, Se Kwang Oh, M.D.¹, Byeong Dai Yoo, M.D.¹, Duck Ho Jun, M.D.¹, Dong Ha Lee, M.D.¹, Kuck Hyeun Woo, M.D., Ph.D.^{2,3}, Seong Yong Yoon, M.D., Ph.D.^{2,3}, Sung Yong Choi, Ph.D.²

Department of Emergency Medicine¹ and Environmental Health Center²,

Department of Occupational and Environmental Medicine³, Soonchunhyang University Gumi Hospital, Gumi, South Korea

Purpose: The purpose of this study is to understand what kinds of chemical substances have been used annually and to investigate incidents that occurred due to chemical hazard release and to analyze statistically clinically chemical injury patients who visited one regional emergency medical center in Gumi city with documented references review.

Methods: Annual chemical waste emission quantity (Kg/Year) (Cwep) was reproduced using national web site data governed by the Ministry of Environment and 5 years (from 1 .Jan. 2010 to 31. Dec. 2014) of medical records of chemical injury patients who visited our emergency department were reviewed retrospectively. By applying exclusion criteria, 446 patients of 460 patients were selected.

Results: Dichloromethane, Toluene, Trichloroethylene, and Xylene were always included within Top 5 of Cweq. Six cases of chemical incidents were reported and in 3 of 6 cases involving Hydrogen fluoride were included during the study period. Male gender and twenties were the most prevalent group. Injury evoking chemicals were Hydrogen fluoride, unknown, complex chemicals (over 2 substances) in sequence. The most frequent site of wounds and injuries was the respiratory tract. Gas among status, intoxication among diagnosis, and discharge among disposition was most numerous in each group.

Conclusion: There have been no uniform clinical protocols for chemical wounds and injuries due to various kinds of chemico-physical properties and ignorance of antidotes. Therefore conduct of a multicenter cohort study and experiments for ruling out chemicals according to chemico-physical priority as well as development of antidotes and clinical protocols for chemical injury patients is needed.

Key Words: Chemical hazard release, Wounds and injuries, Antidotes, Clinical protocols

서 론

책임저자: 신 희 준

경상북도 구미시 공단동 250

순천향대학교 구미병원 응급의학과

Tel: 054) 468-9114, Fax: 054) 48-9020

E-mail: 79819@schmc.ac.kr

투고일: 2015년 11월 2일

1차 심사일: 2015년 12월 1일

게재 승인일: 2015년 12월 10일

화학물질은 산업시설의 공정에 주로 쓰일 뿐 아니라 일상 생활의 여러 분야에서 사용되고 있으며 전 세계적으로 매년 기하급수적으로 그 종류가 늘고 있다¹⁾. 2013년 화학 초록 서비스(Cheical Abstract Service, CAS) 데이터 베이스에서 7500만종의 등록이 확인되었던 유기 및 비유기

화학물질 목록은 2년 후인 2015년 CAS 데이터베이스 확인 시에 1억 2백만 종 이상으로 조회되었다^{1,2)}. 화학물질의 종류와 이용이 늘면서 공공의 건강을 위협하는 화학물질 사고의 가능성도 높아지고 있으며 이에 대한 감시 및 해결을 위한 국제 기구의 대처도 매년 업데이트되고 있다³⁾. 경상북도 구미시는 1968년 국가주도 산업단지로 지정된 이래로 섬유, 전자, 반도체 등 국가 기반 사업을 위해 4개의 산업단지를 운영하고 있으며 1,923개의 가동업체에 96,543명의 근로자가 근무하고 있다⁴⁾. 각 산업 장에서는 공정에 필요한 여러 종류의 유독 화학물질들이 다루어지고 있으며 2012년에는 불산 다량 유출로 인해 지역사회에 까지 영향을 미치는 화학사고가 일어나기도 하였다⁵⁾. 그러나 화학 사고의 가능성이 지속적으로 존재함에도 불구하고 화학물질의 다양성과 화학 물질 손상으로 병원에 내원하는 환자 군의 빈도와 특성에 대한 연구가 부족하여 일부 해독제가 알려진 화학물질 이외에는 응급실에 내원한 환자를 대상으로 한 온전한 응급 치료 프로토콜이 나와있지 않다⁶⁾.

본 연구는 구미 지역에서 주로 사용되는 화학 물질의 종류와 최근 발생했던 대형 화학 사고를 파악하고 화학물질 사고로 응급의료센터에 내원한 환자의 손상 유발 물질과 손상 종류를 알고자 하였다. 동시에 문헌고찰을 통해 화학 사고의 종류와 손상의 특성을 기술하고자 한다.

대상과 방법

1. 구미 지역에서 주로 사용되는 화학물질의 종류와 최근 발생했던 대형 화학 사고 조사

화학 물질의 정보와 대형 화학 사고에 대한 정보를 얻기 위하여 정부에서 운영하는 웹 사이트인 “화학 물질 배출·이동량 정보 시스템”과 “화학 안전 정보공유 시스템”을 이용 하였다^{5,7)}. 구미 지역 내에서 사용되는 화학 물질의 종류 및 사용량 순위를 파악 하기 위해 연간 배출량을 기준으로 정하였고 “화학 물질 배출·이동량 정보 시스템”을 통해 2010년부터 2013년까지 4년간 배출 된 화학 물질을 매년 다량 배출되는 순서로 1위부터 20위까지 조사하였다 (Table 1)⁷⁾. 그리고 대형 화학 사고 조사는 “화학 안전 정보공유 시스템”을 이용하여 2010년부터 2014년까지 5년간 구미시에서 발생한 것으로 등록된 화학 사고를 발생 물질과 원인, 기전으로 분류하여 도표화 하였다 (Table 2)⁹⁾.

2. 응급의료센터에 내원한 환자의 손상 유발 물질과 손상 종류 조사

1) 조사 대상 및 기간

2010년1월1일부터 2014년 12월 31일까지 5년 동안 응급실에 화학 물질에 손상 당해 내원한 것으로 파악된 460명의 환자를 대상으로 시행되었다.

2) 조사 방법 및 내용

의무 기록 조사를 통하여 구미 이외 지역에서 발생한 사고, 의도적으로 발생한 화학 손상, 만 19세 미만, 화학물질에 직접 접촉 하지 않은 상태에서 발생한 손상(예: 시너에 불붙은 화염에 의한 화상, 시너 통에 찍혀 발생한 열상 등), 산업 장 이외의 장소에서 발생한 화학 사고에 의한 손상, 화학 사고 수상 기전이 불분명한 환자 14명이 제외되어 총 446명의 환자가 평가 되었다. 환자에 대한 변수로는 환자의 나이, 성별, 손상 부위, 사고기전, 범주화된 진단, 진료 후 환자 배치 결과, 화학 물질의 종류와 성상, 중증도를 조사하였다. 손상 부위는 머리, 안면(눈), 안면(눈 이외), 목, 체간, 상지(손), 상지(손 이외), 하지(발), 하지(발 이외), 생식기, 회음부, 호흡기, 중추신경계, 소화기, 복합 부위(2군데 이상)로 분류 하였다. 사고기전은 뿌림(spraying), 폭발(explosion), 누출(spill), 질식(suffocation)으로 분류 하였고 범주화된 진단은 화상(burn), 열상(laceration), 중독(intoxication), 복합손상(complex injury), 기타(other)로 분류 하였다. 화학 물질 기체를 흡입하여 발생하는 호흡자극 증상과 기타 관련증상을 중독으로 정의하였다. 응급실 진료 후 환자 배치 결과(disposition)는 입원(admission, ADM), 퇴원(discharge, DC), 자의퇴원(discharge oneself against doctor's decision, self DC), 전원(transfer, TF), 사망(death)으로 분류 하였다. 중증도(severity)는 진료 후 환자 배치를 바탕으로 퇴원은 중증 손상 아님(no severe injury)으로 입원, 자의퇴원, 전원, 사망은 모두 중증손상(severe injury)으로 정의하여 분류 하였다.

3) 분석 방법

수집된 자료는 SPSS window 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 입력하였으며, 연속변수는 평균(±표준편차)로 나타내었고 범주형 변수에 대해서는 빈도수와 백분율을 구하였다.

결 과

1. 구미 지역에서 주로 사용되는 화학물질의 종류와 최근 발생했던 대형 화학 사고

구미 지역에서 2010년부터 2013년까지 4년간 연간 배출되었던 화학 물질들 중 상위 5위 안에는 디클로로메탄, 톨루엔, 트리클로로에틸렌, 자일렌이 항상 포함되어 있었다(Table 1). 불산은 2012년에 1건이 보고되었고 불산과

Table 1. Chemical waste emission quantity order in Gumi city (From 2010 to 2013)

	2010	2011	2012	2013
Order (high to low)	Chemical Name (Cweq*)	Chemical Name (Cweq*)	Chemical Name (Cweq*)	Chemical Name (Cweq*)
1	Dichloromethane (265,856)	Toluene (106,707)	Dichloromethane (301,002)	Dichloromethane (440,578)
2	Toluene (106,114)	Dichloromethane (104,883)	Toluene (105,592)	Toluene (124,012)
3	Trichloroethylene (65,185)	Ethyl Acetate (65,147)	Ethyl Acetate (81,247)	Xylene (o-, m-, p-) (61,692)
4	Ethyl Acetate (62,400)	Isopropanol (51,550)	Trichloroethylene (52,780)	Ethyl Acetate (55,735)
5	Xylene (o-, m-, p-) (47,347)	Xylene (o-, m-, p-) (48,568)	Xylene (o-, m-, p-) (51,061)	Trichloroethylene (49,738)
6	Methyl ethyl ketone (29,927)	Trichloroethylene (45,222)	Isopropanol (40,809)	Methanol (43,315)
7	Methanol (18,656)	Hexafluorosulfuric acid (36,653)	Hexafluorosulfuric acid (31,496)	Isopropanol (41,924)
8	Isopropanol (16,111)	Methanol (24,326)	Methyl ethyl ketone (26,834)	Hexafluorosulfuric acid (37,139)
9	Ethoxyethylacetate (13,795)	Hydrogen fluoride (23,435)	Methanol (24,969)	Methyl ethyl ketone (32,950)
10	Nitric acid (9,479)	Methyl ethyl ketone (23,041)	Hydrogen Fluoride (19,598)	Ammonium (32,930)
11	Ammonia (9,428)	Ammonia (20,231)	Nitric acid (19,450)	Nitric acid (28,588)
12	N, N-dimethylformamide (6,806)	Hydrogen Chloride (18,108)	Perfluorocarbons (18,934)	Hydrogen Chloride (19,639)
13	Hydrogen Chloride (6,377)	Ethoxyethylacetate [†] (13,394)	Hydrogen chloride (16,954)	Ethoxyethylacetate [†] (16,766)
14	Sodium Hydroxide (5,273)	nitric acid (10,056)	Ammonia (16,155)	Perfluorocarbons (13,009)
15	Sulfuric acid (5,003)	Phenol (8,908)	Ethoxyethylacetate [†] (13,410)	Hydrogen Fluoride (12,026)
16	Lead compound (4,216)	Formaldehyde (7,663)	N, N-dimethylformamide) (7,393)	N, N-dimethylformamide (11,268)
17	Hydrogen Peroxide (4,104)	N, N-dimethylformamide (7,243)	Hydrogen Peroxide (5,057)	Hydrogen Peroxide (6,598)
18	Acetic acid (2,644)	Lead compound (4,025)	Sodium Hydroxide (4,957)	Sodium Hydroxide (4,750)
19	Hydrogen Fluoride (2,464)	Hydrogen Peroxide (3,557)	Aluminum compound (3,302)	Aluminum compound (3,932)
20	Potassium Hydroxide (2,172)	Sulfuric acid (2846)	Acetic acid (2,652)	Acetic acid (3,278)

* Cweq: chemical waste emission quantity (Kg/Year)

[†] Ethoxyethylacetate: 2-Ethoxyethylacetate

Reproduced from Pollutant Release and Transfer Registers web page⁷⁾

질산, 초산의 혼합액은 2013년에 2건의 누출 사고가 보고 되었으나 같은 기간 구미시 전체 연간 배출량 순위 비교 시 세 물질 모두 10위권 밖에 있었다(Table 1), (Table 2). 2010년부터 2014년까지 5년간 구미시 내에서 발생한 것으로 보고된 화학 사고는 총 6건 이었으며 연도별 발생 빈도는 2011년 1건, 2012년 1건, 2013년 3건, 2014년 1 건이었다. 가장 많은 횡수로 누출되었던 물질은 불산이 3 회였고 질산과 초산이 각 2회였다. 사고 원인은 관리자의 실수가 4건으로 가장 많았고 기계의 부식 및 균열과 제어 기계의 오작동이 각 1건씩 있었다. 사고 기전은 누출에 의 한 경우가 4건으로 가장 많았고 폭발에 의한 경우가 1건,

작업자 실수로 발생한 화학 이상 반응에 의한 사고가 1건 이었다(Table 2).

2. 응급의료센터에 내원한 환자의 손상 유발 물질과 손상 종류

연구기간 동안 본원 응급의료센터에 화학사고에 의한 손상으로 내원한 환자 수는 총 460명이었고 이 중 14명 환자는 연구 대상에서 제외되었다. 성별로는 남자(360명: 80.7%)가 여자(86명: 19.3%)보다 많았으며 평균 연령은 (37.01±12.31)세로 20대(142명: 31.8%)가 가장 많았고

Table 2. Reported Chemical incidents in Gumi city (From 2010 to 2014)

	Released Chemical	Cause of Incident	Mechanism of Incident
27/Aug/11	Polyester	Operator's Mistake	Explosion
27/Sep/12	Hydrogen Fluoride	Operator's Mistake	Spill
02/Mar/13	Hydrogen Fluoride, Nitric acid, Acetic Acid	Operator's Mistake	Spill
05/Mar/13	Chlorine	Control Device Malfunction	Spill
22/Mar/13	Hydrogen Fluoride, Nitric acid, Acetic Acid	Corrosion and Crack of Device	Spill
09/Jul/14	1, 2-Dichloropropane Aluminum compound	Operator's Mistake	Reactive Incident*

* Reactive Incident: Incident caused by extraordinary chemical interaction

Reproduced from Chemistry Safety Clearing-house web page⁵⁾

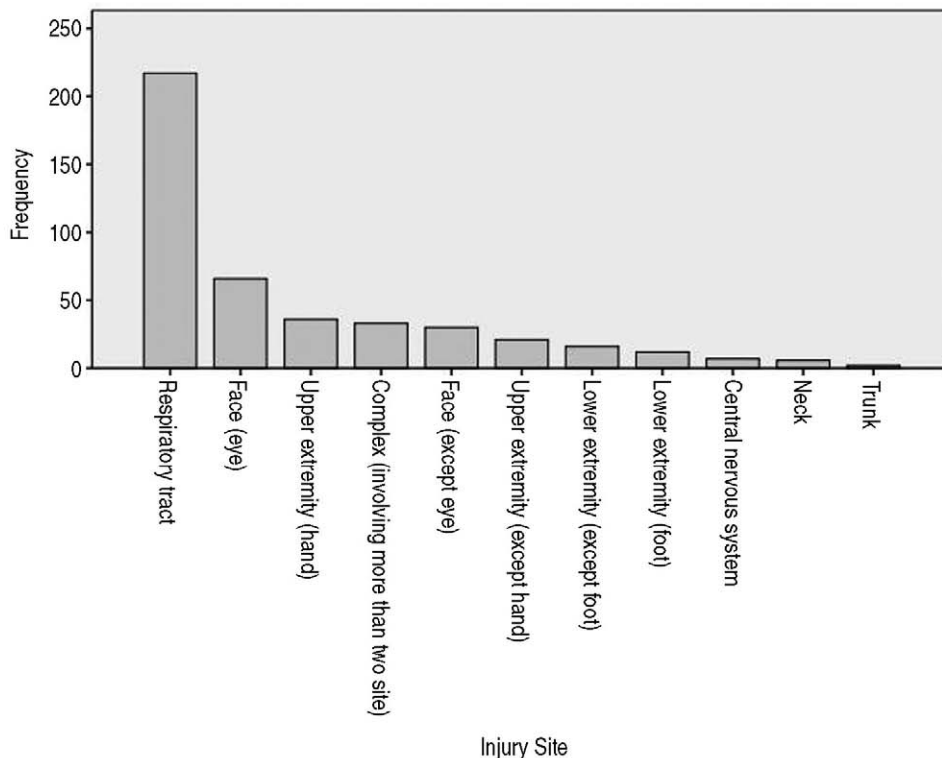


Fig. 1. Frequency of chemical injury site.

30대(135명: 30.3%), 40대(96명: 21.5%), 50대 이상(48명: 10.8%) 순이었다. 손상을 일으킨 화학 물질의 성상은 기체(239명: 53.6%) 성분이 가장 많았으며, 액체(192명: 43%), 고체(10명: 2.2%), 젤(4명: 0.9%), 미상(1명: 0.2%) 순이었다. 사고기전은 누출(spill)에 의한 경우가 223명(50.0%)으로 가장 많은 비중을 차지하였으며, 뿌림(spraying)에 의한 경우가 206명(46.2%), 폭발(explosion) 13명(2.9%), 질식(suffocation) 4명(0.9%)이었다. 손상 부위로는 호흡기(217명: 48.7%)가 가장 많았으며, 다른 부위로는 안면(눈)(66명: 14.8%), 상지(손)(36명:

8.1%) 순이었다(Fig. 1). 진단으로는 중독(intoxication)이 220명(49.3%)으로 가장 많았고 화상(burn) 210명(47.1%), 복합 손상 10명(2.2%), 기타(other) 4명(0.9%), 열상(laceration) 2명(0.4%) 순이었다. 내원한 환자 중 응급실 진료 후 증상이 호전되어 퇴원한 경우가 346명(77.6%)으로 가장 많았으며 자의 퇴원 52명(11.7%), 입원 40명(9.0%), 타 병원 전원 6명(1.3%), 사망 2명(0.4%) 순이었다(Table 3). 중증도에 따른 분류 시 중증손상 아님군이 346명(77.6%), 중증손상 군이 100명(22.4%)이었다(Table 3). 자의 퇴원한 52명의 환자들 중 화상 환자가 42

Table 3. Demographics of chemical injury patients

Demographic factor	Frequency (high to low order)	Demographic factor	Frequency (high to low order)
Gender (Count, %)	(446, 100%)	Face (except eye)	(30, 6.7%)
Male	(360, 80.7%)	Upper extremity (except hand)	(21, 4.7%)
Female	(86, 19.3%)	Lower extremity (except foot)	(16, 3.6%)
Age (Years)	(37.01 ± 12.31)	Lower extremity (foot)	(12, 2.7%)
Category of age		Central nervous system	(7, 1.6%)
(20~29)	(142, 31.8%)	Neck	(6, 1.3%)
(30~39)	(135, 30.3%)	Trunk	(2, 0.4%)
(40~49)	(96, 21.5%)	Genital	(0, 0%)
(50~59)	(48, 10.8%)	Perineum	(0, 0%)
(70~79)	(12, 2.7%)	Gastrointestinal tract	(0, 0%)
(60~69)	(9, 2.0%)	Head	(0, 0%)
19	(3, 0.7%)	Diagnosis (Count, %)	(446, 100%)
(80~89)	(1, 0.2%)	Intoxication	(220, 49.3%)
Status of chemical (Count, %)	(446, 100%)	Burn	(210, 47.1%)
Gas	(239, 53.6%)	Complex Injury (More than two different type of injury)	(10, 2.2%)
Liquid	(192, 43.0%)	Other	(4, 0.9%)
Solid	(10, 2.2%)	Laceration	(2, 0.4%)
Gel	(4, 0.9%)	Disposition (Count, %)	(446, 100%)
Unknown	(1, 0.2%)	DC*	(346, 77.6%)
Mechanism of Incident (Count, %)	(446, 100%)	Self DC [†]	(52, 11.7%)
Spill	(223, 50.0%)	ADM [‡]	(40, 9.0%)
Spraying	(206, 46.2%)	TF [§]	(6, 1.3%)
Explosion	(13, 2.9%)	Death	(2, 0.4%)
Suffocation	(4, 0.9%)	Severity (Count, %)	(446, 100%)
Chemical exposure site (Count, %)	(446, 100%)	No severe injury	(346, 77.6%)
Respiratory tract	(217, 48.7%)	Severe injury	(100, 22.4%)
Face (eye)	(66, 14.8%)		
Upper extremity (hand)	(36, 8.1%)		
Complex (involving more than two site)	(33, 7.4%)		

The format of the numeric value: (mean ± standard deviation) for age, (Number, percentage) for category of age.

* DC: discharge

† Self DC: discharge oneself against doctor's decision

‡ ADM: admission

§ TF: transfer

명(80.8%)으로 가장 많았고 중독환자와 복합손상 환자가 각각 5명(9.6%)이었다. 2명의 사망환자는 2012년 구미 휴글로브 공장 불산 누출사고 당시 현장에 있다가 액체화된 불산 원액과 기화된 불산에 복합 노출된 후 응급실로 이송되었으나 응급실 도착 당시 심정지 상태였다. 화학 물질의 종류로는 불산(304명: 68.2%)이 가장 많았고 미상(33명: 7.4%), 복합화학물질(2종이상)(17명: 3.8%), 황산(15명: 3.4%), 마그네슘(14명: 3.1%), 시너(13명: 2.9%) 순이었다(Table 4).

Table 4. Frequency of injury evoking chemical list

Demographic factor	Frequency (high to low order)
1. Hydrofluoric acid	(304, 68.2%)
2. Unknown	(33, 7.4%)
3. Complex chemicals (More than 2 substances)	(17, 3.8%)
4. Sulfuric acid	(15, 3.4%)
5. Magnesium	(14, 3.1%)
6. Thinner	(13, 2.9%)
7. Nitric acid	(9, 2.0%)
8. Phosphoric acid	(3, 0.7%)
9. Potassium Hydroxide	(3, 0.7%)
10. Trichloroethylene	(3, 0.7%)
11. Epoxy	(2, 0.4%)
12. Hydrochloric acid	(2, 0.4%)
13. Hydrogen Chloride	(2, 0.4%)
14. Silicon	(2, 0.4%)
15. Sodium hydroxide	(2, 0.4%)
16. Toluene	(2, 0.4%)
17. UV paint and varnish	(2, 0.4%)
18. Acetone	(1, 0.2%)
19. Acetylene	(1, 0.2%)
20. Acryl	(1, 0.2%)
21. Ethyl Acetate	(1, 0.2%)
22. Ethylene Glycol	(1, 0.2%)
23. Hydrogen Peroxide	(1, 0.2%)
24. Iron Sulfate	(1, 0.2%)
25. Isopropanol	(1, 0.2%)
26. Methyl Ethyl Ketone (MEK)	(1, 0.2%)
27. N-Methy l-2-pyrrolidinone (NMP)	(1, 0.2%)
28. Naphtha	(1, 0.2%)
29. Nickel Acetate	(1, 0.2%)
30. Palm fluid	(1, 0.2%)
31. Polycarbonate	(1, 0.2%)
32. Potassium Chloride	(1, 0.2%)
33. Pyridine	(1, 0.2%)
34. Silicic acid	(1, 0.2%)
35. Silver Nitrate	(1, 0.2%)
Total	(446, 100%)

고찰

화학물질의 성상은 고체, 액체, 특정 온도에서 기체를 띄며 다른 형태에 비해 기체 형태로 퍼질 때 지역사회에 대량으로 독성 위험을 끼칠 수 있다¹⁾. 구미시 화학물질 배출량의 조사 시 대부분의 물질이 가스 형태로 배출 되었다²⁾. S. Wyke 등³⁾은 화학 물질의 독성을 나타내는 주된 물리 화학적 특성에 대한 연구에서 중점적으로 평가되어야 하는 변수들로 독성 지속기간, 침투경로에 따른 독성물질의 양, 화학물질의 수용성 정도, 토양의 흡수력, 증기압력, 화학물질이 액체에서 기체로 변화하려는 경향을 나타내는 헨리의 법칙 상수, 증기 밀도, 액체 밀도, 점성도, 수용성 정도, 다공성 표면의 흡수력, 표면장력이 있다고 하였다. 지역사회에 피해를 주었던 국내 화학 물질 유출 사고로는 2012년 탕크로리 간에 불산 원액을 옮기다가 작업자의 실수로 밸브가 열려 불산이 대량 누출되었던 구미 휴글로브 공장 사고가 있었다⁸⁾. 해외에서는 1976년 이탈리아 Seveso에 있는 화학 플랜트공장에서 trichlorophenol을 생산하던 중 화학 발열반응에 의해 파이프라인이 터지며 인근 지역사회에 다이옥신과 다른 여러 유기화학물질이 배출되면서 광범위하게 유해한 영향을 미쳤으며 그 이후 수십 년간 진행된 코호트 연구 결과, 다이옥신이 사망률과 암 발생률을 높인다는 결과가 보고 되었다⁹⁾. 2010년부터 2013년까지 우리나라 전체에서 연간 배출량이 가장 많은 물질은 자일렌이었다⁷⁾. 2010년부터 2013년까지 4년간 구미시 연간 배출량에서 상위 5위 안에 있던 화학 물질 중 하나인 자일렌 가스는 공기보다 밀도가 무거워 지면이나 지하에 축적되는 경향을 보이며 바다에서 누출되는 경우에 해안선을 따라 생활하는 인구집단의 공공보건에 심각한 악영향을 미칠 수 있는 것으로 보고되고 있다^{1,10)}. 본 연구에서 연구기간 내에 응급실에 내원한 화학 손상 물질로는 불산이 가장 많았고 진단으로는 호흡기 자극에 의한 중독증상이 가장 많고 화상이 그 다음 순위였다(Table 3). 미국의 경우 1999년부터 2008년까지 9개 주를 조사한 결과에서 가장 손상 유발이 많은 화학물질은 암모니아였고 진단에서는 호흡기 자극에 의한 중독증상이 1위였고 화상은 12개 진단 중 6번째를 차지 하였다¹¹⁾. 본 연구에서 조사한 기간 내에 구미지역의 화학물질 연간 배출량과 응급실에 내원한 화학손상 환자의 손상 유발물질의 종류와 빈도는 비례하지 않았다. 그러나 배출량이 10위권 이하에 있던 불산이 대량 유출 시 지역사회에 공공 건강에 심각한 위협이 되었듯이 구미 연간 배출량 상위 5위안에 항상 있던 디클로로메탄, 톨루엔, 트리클로로에틸렌, 자일렌 뿐만 아니라 그 이외의 물질들도 유독성 정도와 화학적 특성에

따라 대량으로 누출될 경우에는 지역사회에 대규모 손상을 일으킬 수 있는 위험이 있으므로 추후 주로 연구해야 할 주요화학 물질을 선정하고 발생 가능한 화학 재난 상황에 대한 임상적 진료 지침을 마련하는 대비가 필요할 것으로 생각된다(Table 1)^{1,6,12-14}. 본 연구에서는 화학 손상환자 중 화학 화상이 214명(48%)으로 두 번째로 많은 비중을 차지 하였으나 이는 2012년 구미 불산 누출사고로 인한 중독 환자의 유병률 증가가 원인으로 작용하였음을 고려해야겠다(Table 3). 화학 화상은 비록 모든 종류의 화상 중에서 3% 비중을 차지하지만 55%이상에서 수술이 필요하고 특정한 경우에는 전체 화상 사망 중 30%이상을 차지하기 때문에 손상 기전과 병태 생리, 일반적인 치료원칙을 아는 것이 중요하다^{15,16}. 화학 화상은 단백질에 손상을 주는 방식에 따라 6가지 기전으로 분류된다. 과산화수소와 같은 산화작용, 염산과 같은 환원작용, 황산과 같은 부식작용, 불산과 같은 원형질작용, 머스터드 가스와의 수포성작용, 황산과 같은 건조작용 등이 있다¹⁵⁻¹⁷. 불산 화상의 경우 지속적으로 진행되는 불산 흡수와 플루오르 이온이 조직과괴를 일으키며 이를 막기위해 국소적, 전신적 치료가 같이 이루어져야 한다^{6,15,16}. 화학 화상은 다른 열탕 화상과 달리 화학물질의 제염이 끝나지 않으면 화상의 진행이 멈추지 않는다는 특징이 있으므로 초기에 즉각적인 제염하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 호흡기가 가장 많이 침범되는 손상 부위였으나 손과 상지는 화학 화상을 입을 때 침범되는 인체 부위들 중 가장 흔하며 이러한 부위들의 손상은 일시적인 중증손상이나 영구적인 기능상실을 유발할 수도 있다(Fig. 1)¹⁸. Kicheol You 등¹⁹은 화상으로 인한 흡입 손상환자를 대상으로 한 전향관찰 연구에서 사망률 예측예후 인자로 과거력 조사와 문진만을 근거로 내린 흡입손상 진단은 사용할 수 없고, 기관지 내시경 검증을 통한 흡입화상의 중증도 분류와 기계적 인공 호흡의 여부가 적용될 수 있다고 하였다. 화학 화상의 초기 치료 원칙의 첫째는 고체 형태이거나 건조 형태인 경우는 솔로 닦아내며, 둘째는 환자를 물에 침수시키지 말고 20내지 30분가량 다량의 흐르는 물로 씻겨서 제염하고, 셋째는 화상의 정도를 평가하고, 넷째는 화학 물질의 독성 정보를 얻으며, 다섯째는 눈에 손상이 있을 시는 다량의 세척 제염 후 안과 협진을 의뢰하며, 마지막으로 흡입화상이 의심될 때에는 산소를 투여하고 경과를 보며 필요하면 기관 삽관 및 진단적 기관지 내시경 시행을 고려하는 것이다^{15,16,20} 그러나 이러한 일반적인 치료지침 적용 시 주의할 점은 시안화나트륨, 금속 마그네슘 등과 같은 물질은 다량의 물로 세척 시 발열반응 및 폭발의 위험이 있으므로 주의해야 하며, 해독제가 있는 손상 물질이라면 먼저 중화시

키고 그 후 다량 세척을 시행하여야 한다^{15,16}. 본원 응급실로 내원한 화학 화상환자의 유발 물질은 불산이 가장 많았다(Table 4). 불산 화상환자의 치료 지침은 상처 부위에 우선 다량의 수화치료(hydrotherapy)로 불산을 희석하거나 제거하여 불산의 지속적인 흡수를 막고, 국소 상처에 해독제인 칼슘 글루코네이트(calcium gluconate)를 사용하여 불소이온(Fluoride ions)을 제거하여 손상의 진행을 막는 것이다²¹. 해독제 투여 방법에 대해서는 효용성을 근거로 피하 주사요법(subcutaneous injection method), 동맥 내 지속주입법(intra-arterial infusion method), 국소 부위의 정맥 내 지속주입법(regional intravenous infusion) 등 다양한 방법에 대한 연구 보고가 있다²²⁻²⁶. 또한 피부, 호흡기, 소화기, 눈 등 국소 부위 화상 뿐만 아니라 흡수된 불산의 전신적 독성을 고려한 치료방법은 다양할 수 있다. 이처럼 해독제가 있음에도 불구하고 불산 화상의 다양한 형태 때문에 현재까지도 통합된 치료지침은 나와있지 않다⁶. 이와 같이 각 화학 물질의 화학적, 물리적 특성이 다르며, 해독제를 모르는 경우가 많고, 해독제가 있더라도 손상의 다양성 때문에 모든 화학 물질에 동일한 치료 프로토콜을 적용 할 수 없는 상황이므로 다양한 화학물질에 대한 해독제의 개발과 응급실 화학 손상환자를 대상으로 한 표준화된 치료 프로토콜 개발이 필요하다. 본 연구의 제한점으로는 일개 지역 단일기관을 대상으로 한 후향적 연구로써 화학물질과 손상기전, 손상정도 등을 조사하면서 의무기록의 충실도에 영향을 받을 수 있었다는 것과 2012년에 구미 불산 누출 사고로 불산 손상환자가 대량 발생하였기 때문에 다른 기간과 비교하여 해당기간 동안 불산의 빈도가 증가한 편향적 결과를 보였음을 들 수 있겠다.

결론

연구기간 동안 총 446명의 환자가 조사되었다. 응급실에 내원한 화학 손상환자는 20대 남성이 가장 많았다. 손상 유발 물질은 불산, 미상, 두 종류 이상의 복합화학물질, 황산 순이었고 연구기간 동안 구미시에 배출된 화학물질 중 상위 5위 안에 항상 존재하는 물질은 디클로로메탄, 톨루엔, 트리클로로에틸렌, 자일렌 등이었다. 연구기간 동안 국가에서 운영하는 화학사고 정보조회 웹사이트에서 화학사고로 기록된 구미지역 사고는 총 6건이었으며 그 중 3건에 불산이 포함되어 있었다. 손상부위 다빈도 순위는 호흡기, 눈, 손 등의 순서였고, 화학물질의 성상은 기체, 진단은 중독, 진료 후 응급실 배치는 퇴원이 가장 많았다. 응급실에 내원하는 화학손상 물질은 불산이 가장 많았

나 연구기간 동안 구미시 연간 배출량 순위에서는 5위권에 포함되지는 않았다. 화학물질 손상은 각 화학물질의 화학 물리적 특성이 다르며 해독제를 모르는 경우가 많았고, 해독제가 있더라도 손상의 다양성 때문에 모든 화학물질에 동일한 치료 프로토콜을 적용 할 수는 없었다. 추후 화학 물리적 우선 순위에 따라 인체에 영향을 미치는 물질의 특성과 화학사고 발생 원인 및 손상 정도를 파악하기 위하여 전향적 대기관 코호트 연구가 필요하며 이를 토대로 우선 순위의 해독제 개발과 표준화된 치료 프로토콜 개발이 필요 할 것으로 사료된다.

감사의 글

가장 우선 이 논문이 나올 수 있도록 인도해 주시고 지혜 주신 여호와 하나님께 감사드립니다. 그리고 화학손상이라는 새로운 분야의 연구에 도전해 보도록 영감을 주시고 지도해주신 부천 순천향병원의 임훈 주임교수님께 특별한 감사의 마음을 전합니다. 마지막으로 이 논문이 완성되도록 도움이 되어주고 마음에 위안이 되어준 형제이자 동료인 오세광 교수님에게도 감사의 마음을 전합니다.

참고문헌

1. S. Wyke, A. Pena-Fernandez, N. Brooke, R. Duarte-Davidson. The importance of evaluating the physicochemical and toxicological properties of a contaminant for remediating environments affected by chemical incidents. *Environ Int* 2014;72:109-18.
2. Chemical Abstract Service. CAS Registry 2015; Available from: <http://www.cas.org/content/chemical-substances>. [cited 2015 13. Oct].
3. <WHO Chemical Safety - Activity Report 2014.pdf>. Available from: http://www.who.int/ipcs/about_ipcs/activity_report_2014.pdf?ua=1. [cited 2015 13. Oct].
4. Gumi City home page.; Available from: <http://www.gumi.go.kr/pages/sub.jsp?menuIdx=129>. [cited 2015 13. Oct].
5. Chemistry Safety Clearing-house. CSC Registry from 2010 to 2015. Available from: <http://csc.me.go.kr/accident/accidentInfoPList.do>. [cited 2015 13. Oct].
6. Wang Xingang, Zhang Yuanhai, Ni Liangfang, You Chuanganga, Ye Chunjiang, Jiang Ruiming et al. A review of treatment strategies for hydrofluoric acid burns: current status and future prospects. *Burns* 2014;40:1447-57.
7. Pollutant Release and Transfer Registers 2015. Available from: <http://ncis.nier.go.kr/prtr/index.do>. [cited 2015 13. Oct].
8. Jin, Chae. A study on the improvement of the disaster response system for hazardous materials accidents. *Korean Public Administration Review* 2015;49:473-506.
9. Pesatori AC, Consonni D, Bachetti S, Zocchetti C, Bonzini M, Baccarelli A et al. Short- and long-term morbidity and mortality in the population exposed to dioxin after the "Seveso accident". *Ind Health* 2003;41:127-38.
10. Le Floch S, F.M., Slangen P, Aprin L. Environmental parameter effects on the fate of chemical slick. *Air Quality - Monitoring and Modeling*, Sunil Kumar and Rakesh Kumar (Ed.), INTECH Open Access Publisher, 2012:59-78.
11. Anderson, A.R. and J. Wu. Top five industries resulting in injuries from acute chemical incidents-Hazardous Substance Emergency Events Surveillance, nine states, 1999-2008. *MMWR Surveill Summ*, 2015;64:47-53.
12. Hunault CC, Boerleider RZ, Hof BG, Kliet JJ, Meijer M, Nijhuis NJ et al. Review of acute chemical incidents as a first step in evaluating the usefulness of physiologically based pharmacokinetic models in such incidents. *Clin Toxicol (Phila)* 2014;52:121-8.
13. C.P. Lin, H.K. Chang, Y.M. Chang, S.W. Chen, C.M. Shu. Emergency response study for chemical releases in the high-tech industry in Taiwan-A semiconductor plant example. *Process Saf. Environ* 2009;87:353-60.
14. Posthuma L, Wahlstrom E, Nijenhuis R, Dijkens C, de Zwart D, van de Meent D et al. The Flash Environmental Assessment Tool: worldwide first aid for chemical accidents response, pro action, prevention and preparedness. *Environ Int* 2014;72:140-56.
15. Palao R, Monge I, Ruiz M, Barret JP. Chemical burns: pathophysiology and treatment. *Burns* 2010;36:295-304.
16. Moore K. Hot Topics: Chemical Burns in the Emergency Department. *J Emerg Nurs* 2015;41:364-5.
17. Jelenko 3rd C. Chemicals that "burn". *J Trauma* 1974;14:65-72.
18. Robinson EP, Chhabra AB. Hand chemical burns. *J Hand Surg Am* 2015;40:605-12.
19. You K, Yang HT, Kym D, Yoon J, HaejunYim, Cho YS et al. Inhalation injury in burn patients: establishing the link between diagnosis and prognosis. *Burns*; 2014;40:1470-5.
20. Tan T, Wong DS. Chemical burns revisited: What is the most appropriate method of decontamination?. *Burns* 2015;41:761-3.
21. Wang X, Zhang Y, Ni L, You C, Ye C, Jiang R et al. A review of treatment strategies for hydrofluoric acid burns: current status and future prospects. *Burns*. 2014;40:1447-57.
22. Siegel DC, Heard JM. Intra-arterial calcium infusion for hydrofluoric acid burns. *Aviat Space Environ Med* 1992; 63:206-11.

23. Seyb ST NL, Botens S, Mani MM. A study to determine the efficacy of treatments for hydrofluoric acid burns. *J Burn Care Rehabil* 1995;16:253-7.
24. Lin TM TC, Lin SD, Lai CS. Continuous intra-arterial infusion therapy in hydrofluoric acid burns. *J Occup Environ Med* 2000;42:892-7.
25. van Zundert A, Helmstädter A, Goerig M, Mortier E. Centennial of intravenous regional anesthesia. Bier's Block (1908~2008). *Reg Anesth Pain Med* 2008;33:483-9.
26. Heny JA, Hla KK. Intravenous regional calcium gluconate infusion for hydrofluoric acid burns. *J Toxicol Clin Toxicol* 1992;30:203-7.