

원 저

## 염소가스 노출 환자의 1년간 추적관찰

한림대학교 의과대학 응급의학교실

권혁술 · 손유동 · 안희철 · 안지윤

### A one-year Follow-up Study of Patients Exposed to Chlorine Gas

Hyuk Sool Kwon, M.D., You Dong Sohn, M.D., Hee Cheol Ahn, M.D., Ji Yun Ahn, M.D.

Department of Emergency Medicine, Hallym University College of Medicine

**Purpose:** Chlorine gas is a common irritant that usually causes mild respiratory symptoms. One severe symptom, RADS (Reactive Airway Dysfunction Syndrome), is not well known to physicians. We analyzed the clinical features of chlorine gas exposure.

**Methods:** We prospectively collected 25 cases of chlorine gas exposure near our emergency center on January 10th, 2007, and analyzed demographic data, event-to-ER interval, symptoms, and laboratory results based on medical records.

**Results:** Only 2 patients out of 25 were admitted because of severe symptoms, the rest were discharged without complications. Sixty percent of them visited the ER within 12 h of exposure. The most common symptoms were chest discomfort (60%), headache (40%), nausea (40%), throat irritation (26%), and cough (32%). Two out of eight dyspnea cases showed abnormal pulmonary function, but only one case was diagnosed as RADS.

**Conclusion:** Most symptoms after chlorine gas exposure can be treated conservatively. However, patients with chlorine exposure should be followed up long term for delayed complications.

**Key Words:** Chlorine, Environmental Exposure, Hypersensitivity

## 서 론

소독제 혹은 살균제로 이용되는 염소제는 강력한 산화제이고, 흡입시에 폐의 큰 기관지뿐만 아니라 말초기관지까지 손상을 줄 수 있다<sup>1)</sup>. 이러한 염소가스의 노출은 가정에서 쓰는 락스를 그대로 욕실 바닥 등에 뿌리면 발생할 수 있으며, 산업현장이나 수영장에서 소독을 위하여 염소제를 쓰다가 부주의에 의해 발생하기도 한다. 대부분 무증상이거나 경한 증상을 보이지만, 드물지만 호흡기 자극성

물질에 노출된 즉시 혹은 수 시간 후에 호흡곤란, 천명을 포함하는 기도폐쇄 증상이 나타나서 수개월 내지 수년 동안 지속되기도 한다. 이러한 경우 기존의 호흡기 질환이 없던 사람에게서 급성으로 호흡기 자극 물질에 노출된 후에 기도과민 반응이 지속적으로 나타나게 되면, 반응성 기도과민 증후군(RADS; Reactive Airway Dysfunction Syndrome)이라고 부르게 된다<sup>2)</sup>. 하지만 염소가스에 노출된 환자들의 대부분은 경한 증상으로 내원하게 되는 특성과 염소가스 노출 후 장기 추적결과에 대한 국내 연구가 없어 임상자들은 향후에 발생할 수도 있는 합병증에 대해 간과하게 된다.

따라서 저자들이 경험한 수영장에서 염소계 수질 소독제를 잘못 투입하여 다수에게 발생한 염소가스 노출증례를 1년간 추적 관찰한 연구결과를 보고하고자 한다.

책임저자: 손 유 동  
경기도 안양시 동안구 평촌동 896  
한림대학교 의과대학 응급의학교실  
Tel: 031) 380-4139, Fax: 031) 380-4131  
E-mail: medysohn@hallym.or.kr

## 대상과 방법

2007년 1월 10일 오전 11시 20분경 OO실내수영장에 서 수질 소독을 위해 소독약품 탱크에 수질 소독제를 투입하는 과정에서 직원의 실수로 수질 부유물 제거를 위한 응집제 탱크 연결관으로 염소제를 잘못 투입하여 과량의 염소가스가 발생되었다. 당시 수영장에는 약 150여명의 사람들이 있었으며, 염소가스가 지하 정수실을 통해 수영장 내부로 유입되어, 이들 중 약 40여명이 인근 병원을 방문하였으며, 이들 중 25명이 본원 응급센터로 내원하였다.

이번 연구에서 당시 염소가스 노출 이후 본원 응급센터를 내원한 환자 25명의 의무기록을 후향적으로 분석하여, 환자들의 성별, 연령, 내원까지 소요된 시간, 내원 당시 증상, 생체징후, 동맥혈 가스분석 결과 등을 조사하였다. 그리고 1년간에 걸쳐 외래에서 추적관찰을 하였으며, 외래에서 확인되지 않은 경우 전화조사를 실시하였다.

통계는 SPSS (Ver. 12.0)을 이용하여, 연속형 변수에 대해서는 정규성검사를 실시 후 정규성을 보인 경우 '평균값±표준편차'로 표기하였으며, 그렇지 않은 경우 '중앙값(최소값~최대값)'으로 표기하였다. 그리고, 비연속형 변수에 대해서는 빈도로 표기하였다. 또한 결측값이 있는 경우는 그 값을 제거하고 표기하였다.

## 결 과

### 1. 일반적인 환자 특성

염소가스 노출 사고로 내원한 환자는 모두 25명이었으며, 이중 남자는 5명(20%), 여자는 20명(80%)이었다. 내

**Table 1.** General characteristics of patients on visiting

male/patients	5/25 (20%)
Age (year)	49 ( 5~68)
Mean Arterial Pressure	99.3±16.7
Pulse Rate (per minute)	76.7±12.9
Respiratory Rate (per minute)	20 (20~24)
PO <sub>2</sub> (mmHg)	107.1±27.6
SaO <sub>2</sub> (%)	98.2 (92~99)
Severity, mild	23/25 (92%)
Transferred Case by EMS	6/25 (24%)
Time (hr)	8.6 (0.9~30.6)

Categorized variable are described as 'frequency (percent)', and continuous variable are described as 'mean±standard deviation' if the normality are assumed, otherwise described as 'median value (minimum~maximum)'.

원 환자들의 연령은 49(5~68)세를 보였다. 내원 당시의 평균 동맥압은 99.3±16.7 mmHg 였으며, 분당 호흡수와 분당 맥박수는 각각 20 (20~24)회, 76.7±12.9 회였다. 또한 내원 당시의 동맥혈 가스분석에서 산소포화도는 98.2 (92~99)%였다.

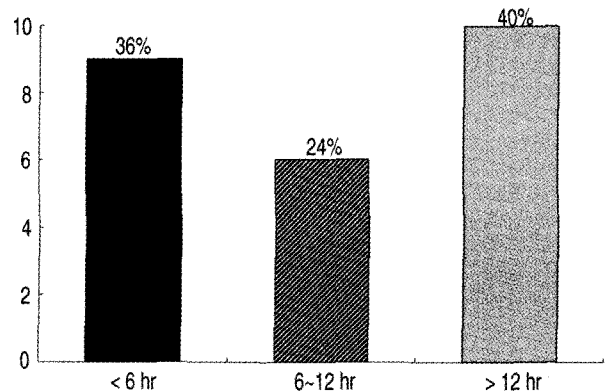
이들 대부분은 경증으로 응급실에서 대증요법을 시행 후 귀가를 하였으며, 지속적인 호흡곤란을 호소한 2명(8%)이 입원을 하였다(Table 1).

### 2. 사고발생 후 내원까지 소요시간

사고일 오전 11시 20분경 염소가스 노출사고가 있었으며, 사고지점에서 본원까지의 거리는 약 2.5 km로 사고발생 후 56분부터 환자들이 내원하기 시작하여, 사고 다음 날에 걸쳐 내원하였다. 사고 후 12시간 이내 내원한 환자수는 15명으로 전체 내원 환자의 60%를 차지하였으며, 내원 환자중에 입원이 필요한 2명의 환자는 사고발생 후 6시간 전후로 내원하였다(Fig. 1). 특히 구급차를 이용해 내원한 환자는 6명(24%)으로 모두 사고 후 2시간 이내 내원하였다.

### 3. 초기 증상

내원 환자들의 증상 중 가장 많은 것은 흉부 불편함(60%)이었으며, 이외의 호흡기계 증상으로 기침, 숨참을 호소하였으며, 신경계 증상으로 두통과 오심, 어지러움 등을 호소하였다. 그리고 눈과 후두의 자극증상 등을 호소하였다(Table 2). 그 외 특이증상은 관찰되지 않았다.



**Fig. 1.** Case distribution according to event-to-ER interval

After exposure event, sixty percent of patients arrive less than 12 hours. But it doesn't mean that the earlier arrival, the milder symptom.

4. 폐기능검사 결과

내원 환자 중 폐기능검사를 시행한 증례는 모두 8건이었다. 모든 증례에서 호흡곤란을 호소하였으며, 기관지확장제 투여 전후를 측정하였다. 이중 비정상소견은 2건에서 나타났으며, 그 외 증례에서는 정상소견을 보였다 (Table 3). 비정상 소견을 보인 증례 중 메타콜린유발검사 (methacholine challenge test)에 한 증례에서는 음성소견(증례 2)을, 또 다른 증례에서는 양성소견(증례 7)을 보였다. 특히 양성 소견을 보인 증례는 호흡기질환의 병력이 없었으며, 반면 음성소견을 보인 증례에서는 호흡기질환으로 치료를 받은 병력이 있었다.

5. 예후

염소가스 노출사고 이후 1년간의 추적관찰에서 모두 3

명의 환자에서 합병증을 호소하였으나, 이중 메타콜린유발검사에 양성반응을 보인 증례를 제외하고, 한 증례는 기존의 만성폐쇄성폐질환으로 치료를 받고 있으며, 나머지는 증례에서는 주관적인 증상 이외 특이사항이 없었다. 그 외 22명의 환자(88%)에서는 별다른 합병증을 보이지 않았음을 확인하였다.

고 찰

인체에 영향을 끼치는 독성 흡입제는 이산화탄소, 메탄 같은 단순질식제(simple asphyxiant)와 염소, 암모니아와 같은 폐자극제(pulmonary irritants), 그리고 일산화탄소, 시안화물 같은 화학적 질식제(chemical asphyxiant)로 크게 3가지로 분류된다. 대부분의 독성 흡입제는 물과 높은 반응성을 보이고, 초기에 기관지 수축 또는 기관지염을 일으키며, 독성 흡입제의 분자크기와 수용성이 감소함

Table 2. Complaining symptoms in order of frequency

Symptom	Frequency (Number)	Percent (%)
Chest discomfort	15	60
headache	10	40
Nausea	10	40
Throat irritation	9	36
Cough	8	32
Shortness of Breath	4	16
Dizziness	4	16
Ocular irritation	3	12

Table 3. The result of pulmonary function test

Case No.	Sex/Age		FEV1, L (%)	FVC, L (%)	FEV1/FVC, %	FEF25~75%, L/sec (%)
1	M/67	Pre	3.06 (107)	4.0 ( 97)	76	2.54 ( 94)
		Post	3.07 (108)	4.18 (101)	73	2.17 ( 81)
2*	F/68	Pre	1.52 ( 51)	2.72 ( 62)	56	0.55 ( 20)
		Post	1.75 ( 58)	2.86 ( 65)	61	0.77 ( 28)
3	F/48	Pre	3.0 (121)	3.8 (117)	79	2.88 (100)
		Post	3.13 (127)	3.74 (115)	84	3.57 (123)
4	F/45	Pre	2.56 (104)	3.08 ( 96)	83	2.42 ( 83)
		Post	2.61 (106)	3.06 ( 96)	85	3.37 (115)
5	F/51	Pre	2.90 (122)	3.70 (118)	78	2.80 (101)
		Post	3.0 (126)	3.64 (116)	82	3.41 (123)
6	F/44	Pre	2.63 ( 92)	3.30 ( 90)	80	2.51 ( 79)
		Post	2.53 ( 89)	3.25 ( 88)	78	2.19 ( 69)
7*	M/64	Pre	1.64 ( 55)	3.54 ( 82)	46	0.65 ( 23)
		Post	1.95 ( 65)	4.08 ( 94)	48	0.80 ( 28)
8	F/49	Pre	2.86 (126)	3.49 (117)	82	3.46 (126)
		Post	2.88 (127)	3.28 (110)	88	4.14 (151)

\* These cases show abnormal finding of PFT (Pulmonary function test)

에 따라 점차 하부 기도에 영향을 끼치며, 결국 폐부종, 지연성 폐렴과 같은 증상들이 천천히 그리고 심하게 나타난다<sup>3,4)</sup>. 이중 염소는 가장 흔한 독성 흡입제로 알려져 있으며, 노출이 되었을 때 특 쓰는 맛 또는 자극적인 냄새를 가져 다행히도 노출된 사람들이 쉽게 인지할 수 있으나, 중증도의 입자 크기와 수용성을 가지고 있어 전 호흡기에 손상을 끼친다<sup>4)</sup>.

염소가스를 수산화나트륨 용액에 녹여 만든 차아염소산 나트륨(NaOCl)은 살균력이 강한 세정제로 주변에서 널리 이용되고 있으며, 가정용 세제에는 차아염소산 나트륨이 약 5% 정도 포함되어 있으며, 물 소독액에는 약 12%, 수영장용 소독액에는 약 30% 정도 포함이 되어 있다. 이러한 차아염소산 나트륨은 물과 반응하여, 차아염소산(hypochlorous acid)을 생성하여 산화성 제제로서 활발한 살균제작용을 하게 된다. 하지만, 체내의 점막이나 기관지내관에서는 차아염소산이 다시 염산과 산소 자유라디칼(free radical)로 분해되어, 세포단백질을 파괴하면서 임상증상을 나타낸다. 염소가스 노출 후 즉각적으로 나타나는 점막과 기관지의 자극은 수분과 반응한 염산의 효과라고 생각되지만, 염소가스 노출에 의한 손상은 예측되는 산에 의한 손상보다 더 심하게 나타나는데 이는 염산과 같이 생성되는 자유라디칼이 세포의 손상 및 사망에 관여하기 때문으로 알려져 있다<sup>5)</sup>.

호흡기계 증상을 유발하는 염소가스의 발생은 일상적인 주변환경에서 부주의로 인해 발생하게 되는데, 집에서 사용하는 청소용 세제들과 차아염소산 나트륨과 섞이게 되면, 산이 포함된 세제와 반응하여 염소가스가 발생되며, 산업현장에서 저장 혹은 운반과정에서, 그리고 이번 사고처럼 수영장에서 부유물을 침착시키기 위한 응집제인 폴리염화알루미늄이 투입될 곳에 소독을 위한 차아염소산 나트륨을 잘못 주입하여 다량의 염소가스가 발생하게 된다<sup>6)</sup>. 결국, 당시 실내수영장에서 강습을 받던 150여명 중 45명이 염소가스 노출에 의한 증상으로 인근 병원으로 후송되었다. 본 응급센터에는 25명의 환자가 내원하였으며, 대부분 경한 증상으로 대증요법 후 귀가하였으나, 그 중 2명의 환자가 호흡곤란 등의 증상이 심해 입원치료를 받았다.

염소가스 흡입에 의한 증상은 노출된 염소가스의 농도와 노출기간에 따라 다양하게 나타난다. 1~3 ppm (part per million)의 농도에서는 경도의 자극증상이 나타나며, 3~6 ppm에서는 눈, 코, 후두의 가려움, 화끈거림과 재치기, 콧물 등을 유발하며, 5~10 ppm에서는 중증도의 상기도 자극증상, 10~20 ppm에서는 심한 자극증상, 30 ppm 이상에서는 흉통, 구토, 호흡곤란 등을 유발하게 된다. 농도뿐만 아니라 또한 노출된 기간에 따라 심각한 증

상을 유발하게 되는데, 14 ppm의 농도에서 약 30분간 노출이 되면 심각한 폐손상이 유발되며, 약 40 ppm의 농도에서 60분간 노출이 되면 치명적이며, 1,000 ppm의 농도에서는 몇 번의 호흡만으로도 치명적인 것으로 알려져 있다<sup>7)</sup>. 따라서 세계1차 대전 당시에는 화학무기로 이용되기도 하였다. 하지만, 이러한 증상들은 대부분 노출 후 수 초 혹은 수분 이내에 발생하여, 노출이 차단된 이후 6시간이면 대부분 소실된다. 또한 증상 초기의 폐기능 검사에서 나타난 FEV1 과 VC의 감소는 1~3개월 이내 호전된다<sup>3)</sup>.

대부분의 염소가스에 짧게 노출된 경우라면 일시적인 호흡기계 변화가 나타나며, 대부분 3개월 이내 호전되고 하였지만, 노출이 되고 2~3년 후에도 호흡기계 증상이 발생한 경우가 있었다<sup>8)</sup>. 특히, 고농도의 독성 흡입제에 노출이 된 경우 천식과 유사한 증상을 보인 경우 반응성 기도과민 증후군(reactive airways dysfunction syndrome)이라고 하는데, 흡입 이후 수년이 지난 뒤에도 증상의 발생이 가능하며, 기관지 조직생검(bronchial biopsy) 결과는 일반적인 천식에 합당하지만, 면역조직학적 연구에서는 천식에 비해 적은 T 림프구 및 활성화된 호산구(eosinophil)가 많이 보이며, 이는 세포매개기전(cell mediated mechanism)이 관여하지 않았음을 보여 주고 있다<sup>7,9)</sup>. 따라서 염소가스 흡입에 의한 증상은 대부분 좋아지지만, 불행히도 초기의 폐기능 검사 결과로는 지연성으로 나타나는 합병증을 예측할 수 없기 때문에 장기적인 추적 관찰이 중요하다<sup>10)</sup>. 이번 연구에서도 사고 후 1년까지 추적 관찰한 결과, 사고 직후 내원한 환자 25명 중 22명(88%)에서는 별다른 증상이 없이 지내고 있었으며, 증상을 호소한 환자 중 1명에서 지속적인 천식증상이 보이는 반응성 기도과민 증후군이 나타났다.

염소가스 흡입에 대한 치료는 대부분 대증요법으로, 우선 노출된 환경에서 탈출시키는 것을 시작으로, 가습된 산소공급, 기침 억제제 투여와 경우에 따라서 기관지 확장제의 흡입, 스테로이드의 흡입, 나트륨 중탄산염의 흡입 그리고 기계호흡기 치료 등이 있다<sup>11)</sup>. 이중 나트륨 중탄산염의 흡입 치료는 염소의 대사기전에서 발생하는 산을 중화시킨다는 이론적 배경에서 나왔으며, 이후 몇몇 증례보고는 있지만, 효능이 확립되질 못했으며, 스테로이드 흡입요법은 증례보고와 실험연구를 통해 증상이 심한 경우 선택적인 치료로 이용되고 있다<sup>4,6,12)</sup>. 이번 연구에서도 이송된 환자의 16명(64%)에게 산소요법이 시행되었으며, 입원을 한 두 증례에서는 기관지 확장제의 흡입요법이 추가로 시행되었다. 그리고 모든 증례에서 기계호흡이 필요한 경우는 없었다.

이번 연구는 저자들이 알기로는 국내에서 염소가스 노

출 이후 1년간 추적관찰이 처음으로 이루어져 조사된 것이지만, 외국의 연구에서는 20년 이상 추적관찰이 이루어진 경우도 있을 만큼 장기간의 추적관찰이 필요함을 강조하고 있었다<sup>9)</sup>. 이번 연구에서는 본원으로 내원한 환자만을 대상으로 하여, 조사 대상의 수가 적어 단점으로 작용하지만 다른 증례보고에서 이미 보고되었던 반응성 기도과민 증후군이 관찰되어 지연성 합병증에 대한 경각심을 일깨우기에는 충분하리라 사료된다.

## 결 론

염소가스에 노출되는 사고는 염소제재를 다루는 사람들의 부주의에 의해 주로 발생하며, 노출된 다수에게서 호흡기 자극증상이 나타난다. 그리고 염소가스 흡인에 의한 증상은 대증요법만으로도 충분히 좋아지며, 노출 후 6시간이 경과하면 대부분 사라진다. 하지만 임상 의사들이 염소가스 흡입환자를 돌볼 때 주의해야 할 것은 초기의 폐기능 검사에서 정상이고, 과거력에서 호흡기계 질환이 없더라도, 지연성으로 나타나는 반응성 기도과민 증후군이 발생할 수 있음을 알고, 장기적인 추적 관찰이 필요함을 알고 있어야 한다.

## 참고문헌

1. Winder C. The toxicology of chlorine. *Environ Res* 2001; 85:105-14.
2. Lee KJ, Lee YH, Park JB, Kim KH, Chung HK. Reactive Airways Dysfunction Syndrome (RADS) Due to Chlorine Gas Exposure. *Korean J Occup Environ Med* 1997;9:12-6.
3. Sexton JD, Pronchik DJ. Chlorine inhalation: the big picture. *J Toxicol Clin Toxicol* 1998;36:87-93.
4. Lee DH, Eo EK. Two Cases of Sodium Bicarbonate Inhalation Therapy in Chlorine Gas Intoxication. *J Korean Soc Clin Toxicol* 2004;2:49-53.
5. Lee SJ, Park EY, Kim MR, Lee KH, Kim KN. Two Cases of Inhalation Injury Caused by An Explosion of Two Different Chemical Disinfectants (Sodium Dichloroiso Cyanurate & Calcium Hypochlorite) in a Swimming Pool. *J Korean Pediatr Soc* 2003;46:198-202.
6. Bosse GM. Nebulized sodium bicarbonate in the treatment of chlorine gas inhalation. *J Toxicol Clin Toxicol* 1994; 32:233-41.
7. Williams JG. Inhalation of chlorine gas. *Postgrad Med J* 1997;73:697-700.
8. Schonhofer B, Voshaar T, Kohler D. Long-term lung sequelae following accidental chlorine gas exposure. *Respiration* 1996;63:155-9.
9. Leroyer C, Malo JL, Infante-Rivard C, Dufour JG, Gautrin D. Changes in airway function and bronchial responsiveness after acute occupational exposure to chlorine leading to treatment in a first aid unit. *Occup Environ Med* 1998;55:356-9.
10. Traub SJ, Hoffman RS, Nelson LS. Case report and literature review of chlorine gas toxicity. *Vet Hum Toxicol* 2002;44:235-9.
11. Lawson JJ. Chlorine exposure: a challenge to the physician. *Am Fam Physician* 1981;23:135-8.
12. Douidar SM. Nebulized sodium bicarbonate in acute chlorine inhalation. *Pediatr Emerg Care* 1997;13:406-7.