

## 황산 증기에 의한 치명적인 흡입 손상: 증례 보고

허기영<sup>1</sup> · 하홍일<sup>2</sup> · 박종혁<sup>2</sup>  
장선정<sup>3</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 의학전문대학원 법의  
학교실

<sup>2</sup>국립과학수사연구원 남부본부 법  
의학과

<sup>3</sup>부산대학교병원 병리과

접 수 : 2013년 10월 26일

수 정 : 2013년 11월 12일

게재승인 : 2013년 11월 25일

본 연구는 2012년도 부산대학교병원 임상  
연구비 지원으로 이루어졌음.

책임저자 : 허기영

(626-870) 경상남도 양산시 물금읍 범어  
리, 부산대학교 의학전문대학원 법의학교  
실

전화 : +82-51-510-8058

FAX : +82-51-510-8143

E-mail : gyhuh@pusan.ac.kr

### Fatal Inhalation Injury by Sulfuric Acid Fumes: Case Report

Gi Yeong Huh<sup>1</sup>, Hong Il Ha<sup>2</sup>, Jong Hyeok Park<sup>2</sup>, Seon Jung Jang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Forensic Medicine, School of Medicine, Pusan National University, Yangsan-si, Gyeongsangnam, Korea

<sup>2</sup>Division of Forensic Medicine, Southern District Office, National Forensic Service, Yangsan-si, Gyeongsangnam, Korea

<sup>3</sup>Department of Pathology, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

Sulfuric acid can cause local or systemic effects after exposure by inhalation, ingestion, or topical application. Direct ingestion is the main exposure route for fatal sulfuric acid injury. Fatal accidents involving the inhalation of toxic sulfuric acid vapors are rare. Inhalation of sulfuric acid fumes causes severe irritation or corrosive damage to the upper respiratory tract. Consequently, severe congestion, edema, and inflammation of the mucous membranes of the upper respiratory passages hinder the entry of air into the lungs, possibly leading to fatalities in victims. A 35-year-old man died at his home after complaining of a severe sore throat. One day earlier, he had worked in a sulfuric acid tank in a copper-smelting plant while wearing an ordinary gas mask that offered no protection against sulfurous acid vapors. Upon autopsy, the larynx and epiglottis showed pronounced edema, congestion, and inflammation that histologically mimicked an acute bacterial suppurative inflammation, accompanied by severe pulmonary edema. A field analysis of the air inside the sulfuric acid tank revealed SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> positivity and a 40% sulfuric acid concentration.

**Key Words :** Sulfuric acid, Fumes, Inhalation, Laryngo-epiglottitis, Pulmonary edema

## 서 론

황산(sulfuric acid)은 인체 조직에 손상을 입히고 파괴할 수 있는 고 부식성 물질로서 흡입, 섭취 또는 국소 도포에 의해 심하게 노출되면 치명적인 결과를 초래하기도 한다.<sup>1)</sup> 우리나라에서 황산에 의한 손상 또는 사망 사례의 경우 황산 노출의 경로는 직접 섭취에 의한 것이 대부분이다.<sup>2)</sup> 법의학적 실무에서도 간혹 자살 목적이거나 사고로 황산의 섭취에 의한 치명적인 위장관 손상 사례를 접하기도 하지만, 황산 증기의 직접 흡입에 의한 치명적인 사례는 거의 접하지 못하였다. 직업적으로

부식성, 독성 또는 알레르기 물질에 의한 흡입 손상을 연구한 미국의 통계를 보면 1992년부터 1998년까지 423명의 노동자가 해로운 물질의 흡입으로 사망하였으며, 사망률은 10만 명당 0.56명으로 흡입 외 다른 노출 경로에 의한 사망보다 빈도가 높다고 보고하고 있다.<sup>3)</sup> 황산 증기(fume, mist, vapor)는 호흡기에 매우 자극적이며 치명적인 폐부종을 일으킬 수 있다. 경도 또는 중등도의 황산 증기 흡입은 인두통, 기침, 호흡 곤란 등을 유발하며, 고도의 흡입은 기도에 화학적 화상을 유발하여 점막을 파괴한다. 우리나라에서도 황산뿐 만 아니라 다른 부식성 물질의 흡입에 의한 치명적인 손상 사례가 실제 발생하고 있을 것으로 생각하지만, 문헌에 보고된 사례는 거의 찾아볼

수 없다.

저자들은 35세 남자가 황산 증기에 노출된 후 급성 후두덮개염, 후두염 및 폐부종으로 사망한 사례를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

## 증 례

### 사건개요

변사자는 남자 35세로 사망 10일 전부터 구리 제련 공장에서 황산 탱크 필터 교체 작업을 하였다. 사망 당일 오전에 출근하여 작업을 하다 목이 아파서 조퇴하였다. 집에서 약 20분간 잠을 잔 뒤 숨을 못 쉬겠다며 거실로 나오면서 쓰러져 병원으로 후송하였으나 이미 사망하였다고 한다. 회사 동료는 피해자가 평소 특수 방진 마스크를 착용하고 신호수 역할을 했지만,



Fig. 1. The epiglottis and larynx show pronounced edema and hemorrhagic spots.

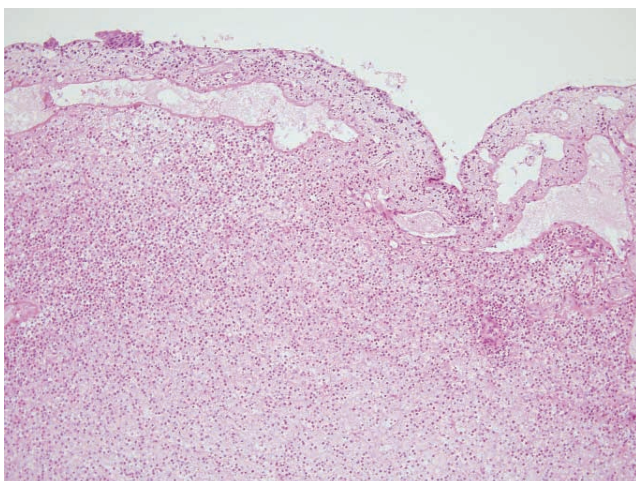


Fig. 2. Microscopic view of the epiglottis shows diffuse infiltration of inflammatory cells in the congested submucosa, accompanied by denuded covering epithelium (H & E,  $\times 100$ ).

사망 전날 황산 탱크 안에서 3시간 정도 작업을 하면서 특수 방진 마스크가 아닌 일반 마스크를 착용하였다고 진술하였다.

### 부검소견

피해자는 신장 180 cm, 체중 85 kg으로 외표 검사상 가슴 중앙에 심폐소생술로 인한 것으로 보이는 희미한 좌상 외 특기할 소견은 없었다. 부검 소견상 구강 점막에 특기할 손상은 없었으나, 후두덮개와 후두에 점막하출혈을 동반한 고도의 부종을 보며, 부종으로 인해 부분적인 기도의 폐쇄를 보였다(Fig. 1). 후두덮개를 절개하니 점막 하에 고도의 부종과 울혈을 보였다. 후두덮개와 후두의 현미경 검사상 점막 상피의 박리와 함께 점막 하 조직에 울혈과 부종, 염증 세포의 미만성 침윤을 보였다(Fig. 2). 염증 세포는 주로 호중구로 구성되어 있으나 일부 호산구도 섞여 있으며, 화농성 염증과 유사한 소견을 보였다(Fig. 3). 기관과 기관지를 절개하니 내강에 점액성 분비물을 보였으며, 폐 실질은 고도의 부종을 보였다(Fig. 4). 심장은 중량 498 gm으로 관상동맥에서 특기할 소견을 보지 못하였으나, 경도의 심실 중격과 왼쪽 심실의 비후를 보였다. 기타 흉복부 장기 및 뇌에서 특기할 소견을 보지 못하였다. 약물물 검사 상 특기할 중독의 소견은 없었으며, 심장 혈액에서 황산이온은 검출되지 않았다.

### 사건 현장 감정

피해자가 근무한 작업장의 현장 감정을 시행하여 현장 근무 탱크 바닥과 교체 전 필터를 검사한 결과 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )의 확인시험에 양성하였고, 황산의 함량이 각각 40%, 27%로 높게 검출되며 이러한 현장 상황에서 황산 증기가 생성될 수 있다고 감정하였다.

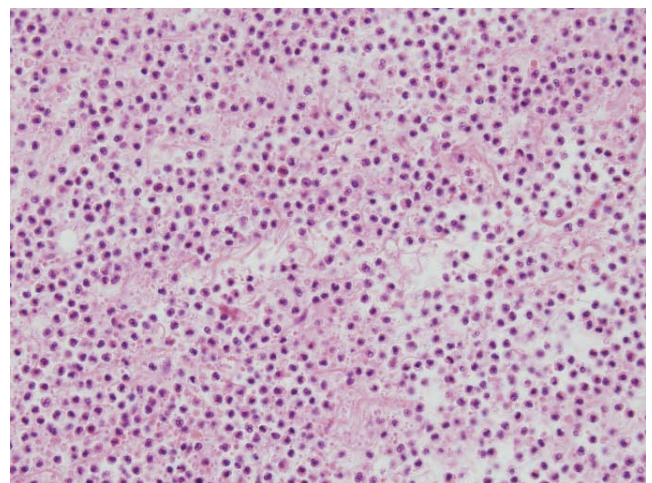


Fig. 3. Inflammatory cells in the epiglottis consist of mostly neutrophils and a few eosinophils (H & E,  $\times 100$ ).



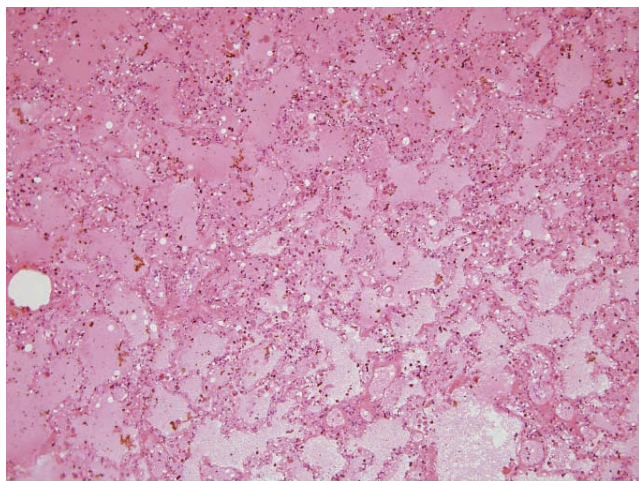


Fig. 4. Microscopic view of the lung shows severe edema in alveoli (H & E,  $\times 100$ ).

## 사인

부검소견과 사건 현장 감정을 토대로 피해자의 사인은 황산에서 유래한 증기의 흡입에 의해 발생한 급성 후두덮개염, 후두염 및 폐부종으로 판단하였다.

## 고 찰

황산의 동역학과 대사 과정을 보면, 황산은 접촉 지점에 악영향을 미치는 직접 자극제로, 황산의 효과는 황 이온을 배출해서 생기는 것이 아니라 pH의 변화 결과로 나타난다. 황산 흡입 후 호흡기에서 황산 에어로졸이 침착하는 장소가 중요한데, 영향을 미치는 환경적 인자 중 에어로졸 크기에 영향을 미치는 상대적 습도가 중요하며, 호흡 수, 호흡의 깊이, 호흡의 유형 등 생리학적 요인들도 관여한다고 알려져 있다. 천식 환자들은 황산 흡입에 의해 특별한 위험에 빠질 수 있으며, 어린이들은 체중 당 mg 단위 수준의 흡수 여부에 따라 위험이 증가할 수 있다. 폐에서 황산이 황산염으로 변하면 신속히 혈액 속으로 흡수되며, 황산염 음이온은 인체의 황산염 음이온 풀(pool)의 일부분이 되어 소변으로 배출되며 인체에는 축적되지 않는다. 고농축 황산은 물과 같은 다른 물질과 접촉하면 무거운 증기를 형성할 수 있다. 황산은 20℃에서 휘발성이 그다지 높지 않아 작업장에서 노출은 주로 분무하는 중에 생긴 증기나 에어로졸에 의한 것이다.

황산 흡입에 의한 증상을 보면 작열통, 질식, 인후통, 눈과 코 자극, 기침 및 가슴 압박을 들 수 있다. 후두 부종에 의한 호흡 곤란과 협착음이 노출 후에 발생할 수 있다. 심한 폐 손상이 생명을 위태롭게 할 정도의 폐부종으로 나타날 수 있다. 이러한 폐부종의 증상들은 기침, 호흡곤란을 포함하며 노출 후 수 시

간, 수일까지 지연되어 나타날 수 있는 점이 중요하다. 호흡 곤란, 천명, 저산소증 및 청색증을 동반한 폐부종이 발생하기까지 36시간이나 걸릴 수도 있으며, 이러한 증상은 신체적 운동으로 악화되기 때문에 휴식과 의학적 관찰이 필수적이다. 황산 증기 흡입 손상의 지연성 효과에 대한 사례를 보면 상기도에 손상을 입은 근로자에서 6주간 추적을 한 결과 폐 기능 검사가 대부분 정상이었다는 보고가 있는 반면, 40세 근로자의 얼굴이 황산 스프레이에 노출되었는데, 급성 호흡기 증상을 경험하고, 만성 기침, 호흡 곤란, 폐 수행 능력 감소, 섬유화와 폐기종을 동반한 기관지 확장증이 7 ~ 18개월 후 발생하였다는 보고도 있다.<sup>1)</sup>

본 증례에서 후두덮개와 후두의 조직 검사에서 심한 화농성 염증 소견이 보였는데 실제 황산 노출 여부에 대한 상황을 알 수 없는 경우, 조직학적 소견만으로는 급성 세균성 화농성 후두덮개염 및 후두염도 배제할 수 없었을 것으로 생각한다. 본 증례와 같이 피해자의 사망과 산업장의 독성 물질에 의한 노출과의 연관성 여부에 따라 책임 및 보상 문제가 발생할 소지가 있다. 황산 흡입으로 인한 특이적인 형태학적 소견을 기술한 문헌을 조사하였으나, 일부 육안 소견을 기술한 보고는 있으나 현미경 소견을 기술한 증례는 찾지 못하였다. 황산을 포함한 독성 물질에 의해 급성 흡입 손상 사례를 보면, 양측성 기흉과 함께 후두덮개 주위에 광범위한 출혈과 부종을 보였다고 보고하고 있다.<sup>4)</sup> 황산 증기에 의한 사망 사례를 기술한 Benomran 등<sup>5)</sup>의 보고에 의하면 양쪽 폐의 심한 울혈 뿐만 아니라, 후두와 기관 점막에 심한 검은 착색을 보였다고 하였다. 본 증례와 문헌 고찰을 종합하면 황산 증기의 흡입에 의한 손상은 일차적으로 후두덮개, 후두 및 기관 점막에 발생하는 것으로 보인다. 최근 우리나라에서 불산에 의한 치명적인 손상 사례가 발생하였는데,<sup>6)</sup> 불산의 직접적인 피부 접촉에 의한 것으로 보이는 피부 손상에 대한 현미경 소견을 설명하고 있어 본 증례를 해석하는데 도움을 주고 있다. 피해자의 목 피부에서 광범위한 표피와 진피의 괴사와 함께 화농성 염증을 보였다고 보고하고 있다. 따라서 강산에 의한 흡입이나 직접 접촉은 일차적으로 피부나 점막의 상피를 파괴하고, 진피와 점막 하 조직이 노출되면 공통으로 이차적으로 급성 화농성 염증이 발생하는 것으로 보인다. 따라서 본 증례에서 보인 급성 화농성 후두덮개염 및 후두염 소견이 사건 현장에서 생성되었을 것으로 보이는 황산 증기 흡입에 의한 것으로 해석하였다.

결론적으로 부식성 물질의 흡입에 의한 치명적인 사례는 법의학적 실무에서 흔히 접하기 어렵다. 본 증례와 같이 부검에서 보이는 형태학적 소견만 가지고 부식성 물질의 흡입과의 연관성을 추정하기는 쉽지 않다. 따라서 본 증례와 같이 부식성 물질에 의한 흡입 손상이 의심될 때, 사후 변사자의 작업 환경 등, 독성 물질의 흡입 가능성 여부에 대한 조사가 이루어진 후에 사인과의 연관성을 판단할 필요성이 있다.

## 참 고 문 헌

1. Sulphuric acid-Toxicological overview Health Protection Agency. Available at [http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1194947358719](http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947358719)
2. Yoon KW, Park MH, Park GS, et al. A clinical study on the upper gastrointestinal tract injury caused by corrosive agent. *Korean J Gastrointest Endosc* 2001;23:82-7.
3. Valent F, McGwin G Jr, Bovenzi M, et al. Fatal work-related inhalation of harmful substances in the United States. *Chest* 2002;121:969-75.
4. Serinken M, Karcioğlu O, Evyapan F, et al. Bilateral pneumothorax following acute inhalation injury. *Clin Toxicol (Phila)* 2009;47:595-7.
5. Benomran FA, Hassan AI, Masood SS. Accidental fatal inhalation of sulfuric acid fumes. *J Forensic Leg Med* 2008;15:56-8.
6. Kim JM. Hydrofluoric acid poisoning: an autopsy case and Review of the Literature. In: Abstract Proceedings. *Korea J Legal Med* 2013;37 p.112.