



황산(SULFURIC ACID)(3)

CAS 번호 : 7664-93-9

동의어 : Hydrogen sulfate; Matting acid; Oil of vitriol; Sulphuric acid;
Vitriol brown oile

분자식(Molecular formula) : H_2SO_4

TLV-TWA, 0.2 mg/m³, 흉곽성 입자

A2-사람에게 발암성 추정물질(강한 무기산 미스트로 존재할 때)



연세대학교 보건대학원 교수
김치년

사람대상의 연구

임상연구

Frampton 등¹⁾의 후속 연구에 따르면 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 황산 농도에서 3시간 노출 후 폐 기능의 유의한 변화는 없었다. 다른 연구자들이 이러한 결과를 재현할 수는 없지만^{2,3)} 대다수의 증거는 흡입된 황산에 대한 반응으로 천식 환자가 민감한 소집단을 구성한다는 결론을 내렸다. 폐기능 감소를 일으키는 황산의 임계 농도는 성인 천식 환자(350~50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 청년기 천식 환자(약 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에게서 낮게 나타났다. 황산의 역효과 임계값은 운동 수준에 따라 달라질 수 있다. Spektor 등⁴⁾은 천식 환자를 대상으로 100, 300, 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 황산을 마스크를 통한 흡입으로 1시간 노출시켰다. 저자들은 가장 높은 노출수준에서 호흡률 및 기도 전도도가 현저히 감소하였으며, 이러한 변화는 시험 후 적어도 3시간 동안 지속되었다고 보고하였다.

Newhouse 등¹⁰⁾은 농도 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 황산에 2시간 노출시킨 후 피검자의 폐 접액 섬모기능을 연구하였다. 정화기능(clearance) 측정에 사용된 0.3 μm 입자는 알부민이 0.025% 포함된 생리식염수를 초음파 처리하여 발생시켰다.

Lippmann과 동료 연구^{4, 5, 6, 7, 8, 9)}의 결과에 따르면, 건강하고 젊은 성인이 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 황산에 노출되면 기관지 정화 메커니즘이 빠르게 진행되었다. 이 연구가 Lippmann 등의 일련의 연구와 모순되는 것처럼 보이지만, 결과의 차이는 Newhouse 등의 실험에서 용해성의 방사성 표지된 알부민/생리 식염수의 사용 실험으로 설명되었다.

발암성(역학연구의 문헌 고찰 및 요약)

황산 에어로졸 노출과 관련된 호흡기계 암의 연관성은 많은 연구에서 조사되었다. 황산에 대한 특이성 있는 모니터링이 부족하고 음주, 흡연 그리고 다른 잠재적인 발암물질에 대한 동시노출 같은 혼동 요인으로 결과를 해석하는데 상당한 논란이 있었다. 그럼에도 불구하고 황산에 대한 직업적 노출과 특정 호흡기 종양 사이의 연관성을 제시하였다.

Alwens 등¹²⁾은 황산, 염산과 크롬산염을 생산하는 공장의 사례 연구를 보고하였다. 1926년에서 1934년까지의 병원 사례를 조사하였다. 연구팀은 산(acid)에만 노출된 근로자 중 4건의 기관지 종양을 발견했으며 크롬산염에만 노출된 근로자 중에서는 6건의 사례를 발견하였다. 여러 연구에서 알코올 생산 공장에서 호흡기암 발생률을 조사하였다. 이들 연구는 일반적으로 혼동 인자를 통제하지 않았고 노출자료는 최소 또는 존재하지 않았지만 후두암^{13, 14)} 및 비강암¹⁵⁾은 상당수 발견되었다.

Lynch 등¹³⁾은 에탄올 생산에서 강산의 사용과 관련된 노출양상을 조사하였다. 그들은 후두암 환자를 위해 특별히 743명의 근로자를 대상으로 연구하였다. 해당 공정 근로자의 표준 사망률(SMR)은 후두암 환자의 경우 5.04명(예상치 0.8명, 기대치 0.8명)이었고 전체 코호트의 SMR은 3.2명(예상치 2.2명, 기대치 2.2명)이었다. 암 발생 증가는 공장 내 에탄올 생산설비에서 강한 황산을 사용함으로써 황산디에틸(diethyl sulfate)에 노출된 과정에서 기인한 것이다.

Ahlborg 등¹⁴⁾은 스테인레스강의 산세척 과정에서 노출된 근로자들 사이에 후두암 집단 연구를 실시하였다. 산에는 황산과 질산이 포함되어 있었다. 저자는 시설의 일부에서 일하는 근로자 그룹 중 3명의 후두암 사례를 발견하였다. 저자들은 1951년에서 1979년 사이에 적어도 1년 동안 근무한 110명의 근로자를 대상으로 호흡기암 발병률을 조사하였다. 황산과 질산 이외에 옥살산(oxalic acid), ammonium hydrogen fluoride, 비누, 티오황산나트륨 및 sodium hydrosulfite 또한 크롬, 니켈 및 불화수소에 노출되었다. 관찰 대비 예상비율(observed-versus-expected ratio)은 호흡기암의 경우 $4/0.66=6.1$ 이었고 후두암의 경우 $3/0.06=50.0$ 이었다. 저자들은 암과 강한 산 노출 사이에는 인과 관계가 존재할 가능성이 있다고 하였다.

Alderson과 Rattan¹⁵⁾은 강산 및 이소프로필알콜(IPA) 생산과정에서의 암 발생률을 조사하였다. 이 연구에는 이소프로필알콜 공장의 262명 근로자와 2개의 메틸에틸케톤 탈락싱(methyl ethyl ketone waxing) 공장의 근로자 446명을 포함하였다. 모든 신생물(neoplasms)로 인한 사망의 관찰 대비 예상 비율(observed-versus-

흡연량이 많은 사람에서는
황산 노출농도가
저농도, 고농도 상관없이
황산 노출이 없는 군과
비교할 때
후두암에 걸릴 확률이
약간 높았다.



expected ratio)은 이소프로필알콜 시설에서 1.45이었고(관찰된 결과 9개, 예상 6.1개; $p=0.273$). 호흡기관 한 부위에서만 신생물로 인한 사망이 유의하게 증가하였다.

Cookfair 등¹⁶⁾은 황산 노출과 후두암에 관한 사례 연구를 보고하였다. 이 연구는 병원에서 황산에 노출된 작업을 기반으로 연구하였다. 연구대상 인구는 후두암 환자 352명과 백인 남성 대조군 1,058명을 포함하였다. 저자들은 노출기간이 증가함에 따라 위험이 증가한다는 것을 발견하였다. 상대 위험도가 20년 미만 노출 시 2.05, 20년 이상 노출 시 2.43로 보고하였다. 흡연량이 많은 사람들에서도 황산 노출이 있는 경우가 더 위험하였다. 흡연량이 많은 사람에서는 황산 노출농도가 저농도, 고농도 상관없이 황산 노출이 없는 군과 비교할 때 후두암에 걸릴 확률이 약간 높았다(약 2배).

Forastiere 등¹⁷⁾은 황산에 노출된 비누 생산 근로자를 대상으로 호흡기 암을 연구하였다. 연구대상은 1964년에 고용되었거나 1972년까지 고용된 사람으로 최소 1년을 근무한 361명의 남성이었다. 1974년 이후 측정된 공기 중 황산 노출농도 범위는 $1.12 \text{ mg/m}^3 \sim 1.2 \text{ mg/m}^3$ 이었다. 4개의 유럽의 암 등록부를 기준으로 예상되는 암 발생수를 정하였다. 연구팀은 폐(SMR, 1.69, 5% CI(신뢰구간)=55~86)와 후두암(SMR, 6.94, 95% CI=2.25~6.2)을 조사하였다. 흡연에 대한 노출 자료가 없었고 근로자들도 니켈에 노출(최대 0.07 mg/m^3)되었기 때문에 결과 해석에 일정부분 방해는 있었다.

Beaumont 등¹⁸⁾은 강철(steel)을 산세척하는 공정 중에 황산과 다른 산에 노출된 사례를 보고하였다. 사망률 조사에는 1,165명의 철강 노동자와 2개의 비교군을 포함하였다. 표본 추출된 각 지역 또는 작업에 대한 평균 황 산 노출농도는 $0.09 \sim 0.92 \text{ mg/m}^3$ 범위였다. 미국 인구를 포함한 첫 번째 비교군을 사용한 경우 폐암에 대한 SMR은 1.64(95% CI=1.14~.28)이었다. 20년 이상 노출된 근로자의 SMR은 1.93(95% CI=1.10~13)이었다. 두 번째 비교군(펜실베이니아 Allegheny 카운티에서 51,472명의 철강 근로자)을 사용하여 다른 산(SMR, 2.00, 95% CI=1.06~.78)에만 노출된 근로자의 폐암 SMR이 통계적으로 증가하였다. 저자들은 황산에 노

출된 사람들에 대한 암 위험이 증가했으며 흡연만으로는 폐암 사망률의 증가를 설명할 수 없다고 결론지었다. 🍷

참고문헌

1. Frampton MW; Voter KZ; Morrow PE; et al. Sulfuric acid aerosol exposure in humans assessed by bronchoalveolar lavage. *Am Rev Respir Dis* 146(3):626–32 (1992).
2. Aris R; Christian D; Sheppard D; et al. Lack of bronchoconstrictor response to sulfuric-acid aerosols and fogs. *Am Rev Respir Dis* 143(4):744–50 (1991).
3. Linn WS; Shamoo DA; Anderson KR; et al. Effects of prolonged, repeated exposure to ozone, sulfuric acid, and their combination in healthy and asthmatic volunteers. *Am J Respir Crit Care Med* 150(2):431–440 (1994).
4. Spektor DM; Leikauf GD; Albert RE; Lippmann M: Effects of submicrometer sulfuric acid aerosols on mucociliary transport and respiratory mechanics in asymptomatic asthmatics. *Environ Res* 37:174–91 (1985).
5. Lippmann M; Schlesinger RB; Leikauf G; et al: Effects of sulfuric acid aerosols on respiratory tract airways. *Ann Occup Hyg* 26(1–):677–690 (1982).
6. Lippmann M; Gearhart JM; Schlesinger RB: Basis for particle size-selective tlv for sulfuric acid aerosols. *Appl Ind Hyg* 2(5):188–99 (1987).
7. Leikauf G; Yeates DB; Wales KA; et al: Effects of sulfuric acid aerosol on respiratory mechanics and mucociliary particle clearance in healthy nonsmoking adults. *Am Ind Hyg Assoc J* 42(4):273–81 (1981).
8. Leikauf GD; Spektor DM; Albert RE; et al: Dose dependent effects of submicrometer sulfuric acid aerosol on particle clearance from ciliated human lung airways. *Am Ind Hyg Assoc J* 45(5):285–92 (1984).
9. Spektor DM; Yen BM; Lippmann M: Effect of concentration and cumulative exposure to inhaled sulfuric acid on tracheobronchial particle clearance in healthy humans. *Environ Health Perspect* 79:167–72 (1989).
10. Newhouse MT; Dolovich M; Obminski G; et al: Effect of TLV levels of SO₂ and H₂SO₄ on bronchial clearance in exercising man. *Arch Environ Health* 33(1):24–2 (1978).
11. Schlesinger RB: Effects of inhaled acids on respiratory tract defense mechanisms. *Environ Health Perspect* 63:25–8 (1985).
12. Alwens W; Bauke EE; Jonas W: Auffallende haufung von bronchialkrebs bei arbeiten der chemischen industrie. *Arch Gewerbepath Gewerbehyg* 7:69–4 (1936).
13. Lynch J; Hanis NM; Bird MG; et al: An association of upper respiratory tract cancer with exposure to dimethyl sulfate. *J Occup Med* 21:333–41 (1979).
14. Ahlborg G; Hogstedt C; Sundell L; et al: Laryngeal cancers and pickling house vapors. *Scand J Work Environ Health* 7:239–40 (1981).
15. Alderson MR; Rattan NS: Mortality of workers on the isopropyl alcohol plant and two mek dewaxing plants. *Br J Ind Med* 37:85–9 (1980).
16. Cookfair DL; Wende KE; Michelak AM; et al: A case-control study of laryngeal cancer among workers exposed to sulfuric acid. *Am J Epidemiol* 122:521 (1985).
17. Forastiere F; Valesini S; Salimei E; et al: Respiratory cancer among soap production workers. *Scand J Work Environ Health* 13:158–60 (1987).
18. Beaumont JJ; Leveton J; Know K; et al: Lung cancer mortality in workers exposed to sulfuric acid mist and other acid mists. *J Natl Cancer Inst* 79:911–21(1987).