

가. 화학물질 정보

(1) 동의어

메타날(methanal), 포름알데히드(formic aldehyde), 옥소메탄(oxomethane), 옥시메틸렌(oxymethylene), 산화 메틸렌(methylene oxide), 메틸알데히드(methyl aldehyde), 포르말린(formalin), 메탈알데히드(methaldehyde), morbicid, paraform, dormol, fannofom, formol, karsan, lysoform, superlysoform

(2) 물리·화학적 성질

- C A S N o : 50-00-0. 분자식 및 구조식 : HCHO
- 모양 및 냄새
공기 중에서 1 ppm이하에서 인지할 수 있는 심한 자극성 냄새가 나는 무색의 기체 (냄새 역치 : 0.05-1.0 ppm 또는 0.83 ppm)
- 분 자 량 : 30.03. 비 중 : 0.815 (-20°C)
- 녹 는 점 : -92°C. 끓 는 점 : -19.5°C (760 mmHg)
- 증기밀도 : 1.067 (공기=1). 증 기 압 : 10 mmHg (-88°C)
- 인 화 점
 - 37%포르말린(15%메타놀 포함)
 - 은 50°C(밀폐상태), 37%포르
 - 말린(메타놀 포함 안함)은 83°C(밀폐상태)
- 폭발한계 : 7~73 vol %
- 전환계수 : 1 ppm = 1.23 mg/m³ 1 mg/m³ = 0.81 ppm (25°C, 760 mmHg)
- 용 해 도 : 물에 매우 잘 녹으며, 에테르와 알코올에도 잘 녹는다.
- 기타 흔히 보는 것은 37%(by weight) 포름알데히드인 포르말린 액체이다. 강한 산화제로서 여러 가지 화학물질과 쉽게 반응하며, 순도가 높은 경우에는 반응성이 매우 커서 강하게 중합반응을 하는 경향이 있다.
출처 : Merck index, ACGIH, HSDB

(3) 발생원 및 용도

- 1) 우레아(urea) 포름알데히드, 페놀(phenol) 포름알데히드, 멜라민(melamine) 포름알데히드 및 폴리아세탈(polyacetal) 수지의 생산

- 2) 에틸렌 글리콜(ethylene glycol), 펜타에리트리톨(pentaerythritol), 헥사메틸렌 테트라민(hexamethylene tetramine)의 생산
- 3) 조직표본의 고정, 백신 제조
- 4) 비료, 합판, 단열제, 주물중자 등에 수지원료(resin)
- 5) 가구용 접착제, 사진필름, 가죽, 염료, 화장품, 폭약, 농약, 소독제, 방부제 등의 원료
- 6) 자동차 배기가스나 나무를 태울 때, 대기오염, 담배연기에도 포함

(4) 주로 노출되는 공정

- 1) 포름알데히드 수지류와 플라스틱류의 생산 공정
- 2) 비료, 합판, 단열제 생산 공정
- 3) 가구제조, 필름, 가죽, 염료, 화장품, 폭약, 농약, 방부제 등의 제조
- 4) 철 주물공정, 플라스틱 몰딩 과정
- 5) 포름알데히드를 취급하는 병리학자 등 의료 종사자
- 6) 환경적으로는 이동 차량집(mobile home)에서 사는 사람, 흡연자 또는 간접흡연자

나. 임상적 물질정보

(1) 흡수 및 대사

- **흡수** : 포름알데히드는 주로 흡입 또는 섭취를 통해 흡수되며 일부에서는 피부를 통해 흡수된다.
- **대사** : 흡입된 포름알데히드의 95% 정도는 흡수되어 포름알데히드 탈수효소(formaldehyde dehydrogenase)에 의해 개미산(formic acid)으로 빠르게 대사된다. 포름알데히드는 세포내에서 중요한 대사산물인 N5, N20 -메틸렌테트라하이드로포린산(methylenetetrahydrofolic acid)를 형성한다.
- **배설** : 포름알데히드는 대부분 개미산염(formate)을 거쳐 이산화탄소로 호기를 통해 배출되며, 소변으로 배설되는 개미산염과 다른 대사물질은 극히 소량이다.
- **반감기** : 혈장내 포름알데히드의 반감기는 1~1.5분이므로 고농도를 흡입한 경우가 아니라면 노출 직후에도 고농도로 검출되지는 않는다.

(2) 표적장기별 건강장해

1) 급성 건강영향

- i. **눈, 피부, 비강, 인두** : 포름알데히드는 강한 자극제로 보통 2~3 ppm에서 눈, 코 등에 염증을 일으키며, 10~20 ppm에서는 심하게 눈물이 나며 코와 목의 작열감 등 자극 증상을 일으킨다.

또한 눈에 들어간 경우에는 각막에 심한 손상을 입는다. 피부에 노출 시에는 두드러기, 농포 및 수포성 발진이 나타날 수 있으며, 피부가 갈색으로 변할 수도 있다. 포름알데히드는 직업성 피부질환의 가장 흔한 원인중의 하나이다. 자극성 접촉성 피부염(irritant) 및 알레르기성(allergic) 접촉성 피부염 모두를 유발한다. 급성 노출 시에는 얼굴을 직접 자극하여 눈 주변의 부종(periorbital edema)을 야기한다.

또한 7~10일의 induction period를 거쳐 손이나 팔에 피부염(chronic eczema)을 일으키는데 이는 피부의 과민반응을 발생시키는 과정을 통하여 이루어진다.

- ii. **호흡기계** : 0.1~0.2 ppm의 낮은 농도에서도 기침 등 호흡기 자극증상 및 흉부 압박감이 발생하며 0.5 ppm 이상의 농도에서는 천명음이 나타날 수 있다. 낮은 농도에서도 기관지, 인두 등에 염증을 일으킬 수 있으며, 10~20 ppm에서는 호흡곤란이 발생한다. 더 높은 농도에서는 기도에 손상을 입힐 수도 있으며, 폐부종 및 폐렴, 사망에 까지 이를 수 있다. 또한 3 ppm에서 짧은 시간 노출되어도 감각된 사람에게 후기 천식 반응을 야기할 수 있다는 보고도 있다.
- iii. **신경계** : 흡입 시 두통, 쇠약 등의 증상이 나타났으며, 섭취 시 어지러움, 의식소실, 경련 등의 증상이 발생했다는 보고가 있다.
- iv. **위장관계** : 섭취 시 메스꺼움, 구토, 설사, 복통 등의 증상이 발생할 수 있다.
- v. **간담도계** : 섭취 시 황달이 나타났다는 보고가 있다.
- vi. **비뇨기계** : 섭취 시 단백뇨, 혈뇨, 무뇨 및 산증이 나타날 수 있다.
- vii. **심혈관계** : 섭취 후 저혈압이 발생했다는 보고가 있다.

2) 만성 건강영향

- i. **눈, 피부, 비강, 인두** : 인두, 기관, 기관지 등의 염증을 야기하고 냄새를 잘 맡지 못하게 된다.
조직학적으로는 코 점막의 염증반응을 일으켜 비염증상을 발생시키고, 섬모의 소실, goblet cell 과증식, 편평상피화생(squamous metaplasia) 및 경증의 이형 증식증(dysplasia)을 보인다. 이형 증식증은 암의 전단계이다.
 - ii. **호흡기계** : 3 ppm이하의 노출에서도 폐활량의 감소를 가져오고, 만성적으로 폐쇄성 기도 혹은 만성기관지염을 발생시킨다. 반복된 노출은 과민성 반응을 일으켜서 천식을 유발하거나 후두 염증 또는 부종을 일으키기도 한다.
 - iii. **신경계** : 저농도의 포름알데히드에 만성적으로 노출된 경우 두통, 기억력 저하, 수면장애 등의 발생이 증가했다는 보고가 있다.
 - iv. **위장관계** : 저농도의 포름알데히드에 만성적으로 노출된 경우 메스꺼움, 위장관 장애 등이 나타날 수 있다.
 - v. **조혈기계 및 생식계** : 포름알데히드에 노출된 병리학자들의 정자 수, 활동성, 모양 등에서 대조군에 비하여 차이가 없었다. 또한 백혈병 발생의 위험이 증가할 수 있다.
-

3) 발암성

- 포름알데히드는 비인두암의 발생을 증가시키는 것으로 다수의 역학적 연구에서 관찰되었다.
- 그 외에 폐암의 발생이 증가했다는 연구들도 많이 있다. 또한 최근의 연구에서는 포름알데히드의 노출과 백혈병(특히 골수성 백혈병)의 발생 사이에 양적인 상관관계가 있다는 보고들도 있다.

(IARC : 1 (비인두, 림프/조혈기계), 2A (비강, 부비동), ACGIH : A2)

4) 직업성질환 발생 사례

| 사례 1 |

○○○은 1993년 화장품용기(합성수지)를 제조하는 ○○에 입사하여 생산의 전과정(기계점검, 안료 배합, 용기 포장)을 담당하였다. 원자재파쇄 과정에서 발생하는 분진, 먼지와 제조 공정상 사용되는 각종 안료(벤젠 옐로우, 카드뮴 레드, 분산제, 솔바 바이올렛 등)에 노출되었다. 입사 전 알레르기 및 호흡기 질환이 없었으며, 입사 이후에도 특별한 이상을 느끼지 못하다가 7년째인 2000년부터 알레르기비염 증상이 있었다. 10년째 되는 해인 2003년 1월 천식증상이 시작되어 ○○○○병원에서 폐기능 검사 등을 통하여 만성폐쇄성호흡기질환으로 진단받았다. 환자의 최초 진단은 만성폐쇄성 호흡기질환이었으나, 이 후 3년 6개월 동안의 임상경과를 통해 나타난 호흡기 증상의 가역성을 볼 때 환자의 질환은 천식 양상을 심하게 보이는 만성폐쇄성 호흡기 질환으로 판단된다. 작업장은 화장품 용기 제조업체로 천식의 원인 및 악화요인이 될 수 있는 다양한 호흡기 자극 물질이 존재하였으나 측정결과는 매우 미미한 수준이었다. 그러나 ○○○에서 발생한 천식 양상을 심하게 보이는 만성폐쇄성 호흡기질환에 의한 사망은 작업장 내에서 노출된 다양한 화학물질에 의한 발생 및 악화의 가능성을 인정받았다.

| 사례 2 |

○○○연금관리공단은 2004년 9월 15일 항공방제 작업과 산불진화 작업을 수행하던 헬기 조종사의 “폐암”을 공무상 재해로 인정하였다. 공무상 재해로 인정받은 기장은 ○○청 소속으로 항공방제작업과 산불진화작업을 주로 수행하던 헬기 조종사로서 어떤 안전장비도 없이 방제 작업 시 쓰이는 농약(살충제)과 산불진화 작업 시 발생하는 매연(다핵 방향족탄화수소 및 포름알데히드 등의 물질이 포함)에 노출되어 2003년 3월에 폐암 판정을 받은 근로자이다.

산불진화 작업 시에는 다량의 매연이 발생하게 되는데 해당 매연에는 발암물질로 알려진 다핵방향족탄화수소(Polycyclicaromatichydrocarbons, PAHs) 및 포름알데히드 등의 물질이 포함되어 있는 것으로 알려져 있으며, 포름알데히드는 탄소나 목재, 설탕 등 많은 유해물질의 불완전연소에 의해서 생겨난다.

(3) 노출기준

1) 기중 노출기준

- 한국(고용노동부, 2013) TWA : 0.5 ppm (0.75 mg/m³) STEL : 1 ppm(1.5 mg/m³)
- 미국(TLV; ACGIH, 2011) Ceiling : 0.3 ppm (0.37 mg/m³) STEL : -
기준설정의 근거 : 자극증상이 나타나지 않는 농도 수준으로 설정하였다.
- 미국(PEL; OSHA, 2012) TWA : 0.75 ppm STEL : 2 ppm
- 미국(REL; NIOSH, 2012) TWA : 0.016 ppm, Ceiling : 0.1 ppm (15분)
STEL : -
- 유럽연합(OEL, 2012) TWA : 0.2 ppm STEL : 0.4 ppm,
- 독일(DFG, 2012) MAK : 0.3 ppm, (0.37 mg/m³) PL : 1 2
- 일본(OEL; JSOH, 2012) TWA : 0.1 ppm (0.12 mg/m³), Ceiling : 0.2 ppm (0.24 mg/m³), STEL : -
- 일본(ACL; 후생노동성, 2012) TWA : 0.1 ppm STEL : -
- 핀란드(사회보건부, 2011) TWA : 0.3 ppm (0.37 mg/m³) STEL : 1 ppm (1.2 mg/m³)

(C)

(4) 생물학적 모니터링

- 1) 포름알데히드 자체에 대한 혈액검사나 소변검사에 대한 자료는 없다.
- 2) 추후 시행 가능한 건강영향조사를 대비하여 소변 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하여 40~60mL 소변수집
==> -20°C에서 냉동보관(추후 건강영향조사시 수거예정)

(5) 참고문헌

- 1) O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2001. pp 751
- 2) Lewis, R.J. Sr.; Hawley's Condensed Chemical Dictionary 14th Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY 2001. pp 511
- 3) Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V11: 944 (1994)
- 4) Goodman, L.S., and A. Gilman. (eds.) The Pharmacological Basis of Therapeutics. 5th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1975. pp 993
- 5) Milne, G.W.A. Veterinary Drugs: Synonyms and Properties. Ashgate Publishing Limited, Aldershot, Hampshire, England 2002. pp 104
- 6) Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 6th ed. Vol 1: Federal

-
- Republic of Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. 2003 to Present, p. V. 15 19 (2003)
- 7) Gilman, A. G., L. S. Goodman, and A. Gilman. (eds.). Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 1980. pp 970
 - 8) Ashford, R.D. Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals. London, England: Wavelength Publications Ltd., 1994. pp 440
 - 9) Bingham, E.; Cohrssen, B.; Powell, C.H.; Patty's Toxicology. 5th ed. NY, NY: John Wiley & Sons Inc. 2001. pp 5: 980-7
 - 10) ATSDR: Toxicological Profile (1999) Available : <http://www.atsdr.cdc.gov>.
 - 11) Sullivan, J.B., Krieger G.R. (eds). Clinical Environmental Health and Toxic Exposures. Second edition. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, Pennsylvania 1999. pp 1008
 - 12) Jeffcoat AR et al. Chem Ind Inst Toxicol Conf on Formaldehyde. Toxicol 1983. pp 38-50.
 - 13) Matsumoto K, Moriya F, Nanikawa R. The movement of blood formaldehyde in methanol intoxication. II. The movement of blood formaldehyde and its metabolism in the rabbit. Nippon Hoigaku Zasshi 1990;44(3):205-11.
 - 14) Casanova-Schmitz M, David RM, Heck HD. Oxidation of formaldehyde and acetaldehyde by NAD⁻dependent dehydrogenases in rat nasal mucosal homogenates. Biochem Pharmacol 1984;33(7):1137-42.
 - 15) The Chemical Society. Foreign Compound Metabolism in Mammals Volume 3. London: The Chemical Society, 1975. pp 339
 - 16) Green DJ, Bascom R, Healey EM, Hebel JR, Sauder LR, Kulle TJ. Acute pulmonary response in healthy, nonsmoking adults to inhalation of formaldehyde and carbon. J Toxicol Environ Health 1989;28(3):261-75.
 - 17) ITII. Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual. Tokyo, Japan: The International Technical Information Institute, 1988. pp 249
 - 18) Health and Safety Executive Monograph: Formaldehyde. 1981. pp 8
 - 19) Gilman, A. G., L. S. Goodman, and A. Gilman. (eds.). Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 1980. pp 971
 - 20) Plunkett ER, Barbela T. Are embalmer's at risk? Am Ind Hyg Assoc J 1977;38: 61.
 - 21) Hendrick DJ, Rando RJ, Lane DJ, Morris MJ. Hendrick DJ, Rando RJ, Lane DJ,
-

- Morris MJ. Formaldehyde asthma: challenge exposure levels and fate after five years. *J Occup Med* 1982;24 (11):893-7.
- 22) Goldfrank, L.R. (ed). *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*. 7th Edition McGraw-Hill New York, New York 2002. pp 1284
- 23) Holmstorm M, Wilhelmsson B. Respiratory symptoms and pathophysiological effects of occupational exposure to formaldehyde and wood dust. *Scandinavian J Work Environ Health* 1988;14(5):306-11.
- 24) Edling C, Hellquist H, Odkvist L. Occupational exposure to formaldehyde and histopathological changes in the nasal mucosa. *Br J Ind Med* 1988; 45(11):761-5.
- 25) Boysen M, Zadig E, Digernes V, Abeler V, Reith A. Nasal mucosa in workers exposed to formaldehyde: a pilot study. *Br J Ind Med* 1990;47(2):116-21.
- 26) Uba G, Pachorek D, Bernstein J, Garabrant DH, Balmes JR, Wright WE, Amar RB. Prospective study of respiratory effects of formaldehyde among healthy and asthmatic medical students. *Am J Ind Med* 1989;15(1):91-101.
- 27) IARC. *Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man*. Vol 88 (2006).
- 28) Formaldehyde exposure and Leukemia: A New Meta-Analysis and Potential Mechanisms. 681 (2-83). *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. March-.June 2009. pp 150-168
- 29) Formaldehyde and Leukemia: Epidemiology, Potential Mechanisms, and Implications for Risk Assessment.
-

다. 주요 문진항목

- 포름알데히드는 낮은 농도에 단시간 노출되더라도 눈, 코, 목에 자극증상을 유발할 수 있다.
- 장시간 또는 고농도에 노출 될 경우 기침이나 질식 증상이 발생할 수 있다.
- 심한 노출 시에는 목의 부종과 폐의 화학적 손상으로 사망에 이를 수 있다.
- 피부, 눈, 소화기관에 직접 접촉하는 경우 심각한 화상이 발생할 수 있다.
- 약 30mL(약 2 티스푼) 정도로 적은 양의 포르말린을 마시더라도 사망할 수 있다.
- 포름산은 포름알데히드의 대사산물로 사망을 일으키거나 심각한 전신 중독을 발생시킨다.
- 일반적으로 포름알데히드에 더 심하게 노출될수록 더 심한 증상이 나타난다.
- 이전에 포름알데히드에 감작된 사람들은 매우 적은 양에 노출되어도 피부 발진, 호흡곤란의 증상이 발생할 수 있다.

- ▶ 기침, 호흡 곤란 또는 짧아진 호흡
- ▶ 가슴 통증, 불규칙한 심박동
- ▶ 안구 통증 및 분비물 증가
- ▶ 피부 화상 부위 발진이나 통증의 증가, 화농성 분비물이 발생하는 경우
- ▶ 발열
- ▶ 원인 불명의 졸림, 피로나 두통이 발생한 경우
- ▶ 복통이나 구토, 설사가 있는 경우

(1) 현재 주된 증상(주소)

- 1) 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상
 - 작성된 설문지를 활용하여 현재의 주된 자각증상을 확인한다.
 - 특유의 자각증상 없이 막연한 산발적 증상을 호소하는 경우에도 설문지 작성외의 증상들은 기술하고 필요시 추적 조사하여 확인한다.
 - 임상적 진단에 있어 임상진찰이나 임상검사 못지않게 중요한 것이 자각증상의 조사이다.

(2) 직업력, 거주지

- 1) 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련이 있을 만한 직업력 및 거주지에 관한 정보를 상세화한다.
 - 현재 직업력 : 업체명, 직종, 작업형태, 기간, 취급물질 등 직접 종사 작업

- 현재 거주지 (현 거주지가 화학물질 노출지역인 경우 중요)

(3) 노출력 조사

※ 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 당시의 노출력에 대해 아래와 같이 확인한다.

- 1) 노출시 노출원과의 거리
- 2) 노출시간
- 3) 노출시 상황(야외 활동, 실내근무, 보호구 착용여부 등 직접노출, 간접노출 등에 관한 정보)
- 4) 대피여부 및 대피방법, 대피시 상황 등
- 5) 노출지역 주변의 식물(벼, 과수 등 농작물)의 고사 여부, 사업장 및 주택 등 건물 손상 여부

(4) 과거 병력조사

- 1) 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련이 있을만한 과거 병력에 관한 정보를 상세화한다.
- 2) 과거병력 조사의 구체적인 내용
 - 일반 질병과 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련 질환의 가능성이 높은 질병으로 나누어 치료력이 있는 질병 및 외상에 관하여 조사한다.

(5) 현병력 및 생활습관 조사

- 현재의 이환상황 및 현재의 치료질병에 관하여 확인한다.
 - 화학물질 노출 이후 발현 증상과 관련이 있는 질병에 관해서 조사한다.
- 1) 현 병명
 - 2) 치료방법
 - 3) 시기 : 치료개시시기
 - 4) 생활습관 : 흡연력, 음주력 등

라. 이학적 검사항목

- ※ 호흡기(특히 상기도)·눈·피부·비강·인두·구강·중추신경계 증상에 유의하여 진찰
 - ※ 포름알데히드에 노출이 의심된 모든 환자는 24시간 경과 후 호흡기, 중추신경계, 피부, 눈, 비강, 인후두의 손상 등에 대해 추적관찰 하여야 한다.
 - ※ 과거 질병력에 대한 확인 필요
 - 천식환자 ·만성 폐쇄성 호흡기 질환
-

· 피부 과민성을 지닌 자 ·결막질환이 있는 자

※ 임상 진찰시, 폐부종 등 호흡기계 손상 및 중추신경계 장애, 피부장애, 급성 안과적 장애, 혹은 기관지염, 기도폐쇄성 질환, 천식, 등의 발생에 주의하여 본다.

(1) 전신상태

- 활력징후 체온, 맥박, 호흡수, 혈압, 신장과 체중
- 체중변화, 권태감, 피로감, 발열, 오한, 발한, 식욕부진, 불면 등
- 정신상태 : 불안, 불면, 의식상태, 감정, 주의력, 기억력 등

(2) 호흡기계, 심혈관계

1) 폐음 확인

- 기침, 가래, 호흡곤란, 객혈, 흉통, 천명음 등 호흡기계 손상여부 확인 중요함
- 호흡음, 호기의 연장, 습성 라음, 건성 라음, 기침후의 라음(posttussive rales), 마찰음(friction rub), 천명, 흉성(pectoriloquy), 기관지성(bronchophony)

2) 심음 확인

- 부정맥, 심계항진, 청색증 등 심장이상 소견 확인

(3) 정신 신경계

- 초조, 불안, 우울, 불면, 조증 등
- 두통, 현기증, 외상, 동통, 강직(stiffness), 종창
- 성격 혹은 정신상태의 변화, 기억력 저하, 지각장애, 감각장애, 보행장애, 근력저하 혹은 마비, 운동실조 등
- 행동 : 행동과잉, 무의지증, 실행증(apraxia)
- 구음장애(dysarthria), 발성장애(dysphonia), 실어증(aphasia)
- 신경근성 분포의 동통, 이상감각 및 근력저하, 양측성 원위부 감각장애

(4) 이비인후과계

- 인후두 점막 자극증상 및 소견 기술 (특히 후두부 발적소견)
- 구강 : 구취, 잇몸출혈, 구강점막의 병변, 타액분비항진, 구내건조감, 혀의 동통, 지각이상, 미각장애, 설태, 궤양, 색소침착, 점막진(enanthem)
- 성대 : 쉼소리, 발성장애
- 귀 : 청력장애(난청), 이명, 현훈, 분비물(이루), 이통
- 코 : 분비물, 비출혈, 비폐색, 궤양, 후각 장애

(5) 안과적 소견

- 시력장애, 복시, 암점, 안구작열감, 눈물, 동통, 건조, 발적, 창백, 충혈, 점상출혈(petechiae), 각막혼탁, 반흔, 궤양 등 각막손상 여부

(6) 피부과적 소견

- 색조의 변화, 성상(긴장도, 습윤도, 경도), 피부발열, 부종, 발진, 반점, 혈관확장, 수장홍반, 출혈, 발한(sweating), 피부홍조(flushing), 피부퇴색(bleaching)
- 피부 통증, 발진, 수포, 가려움증, 모발 및 손톱의 변화색조, 손톱의 변형, 황달

마. 임상검사 항목

(1) 혈액 및 소변검사

- 1) CBC c Diff
- 2) Electrolyte Panel (5종 Na, K, Cl, P, Ca)
- 3) RFT (BUN/Cr), UA (10종), Serum lactate
- 4) LFT (AST/ALT, Total bilirubin, direct bilirubin, indirect bilirubin)
- 5) Glucose, T.CHO, LDL, HDL, TG
- 6) 면역글로불린정량(IgE)
- 7) 생물학적 노출지표 검사 : 혈청 포름알데히드 농도를 측정 할 수는 있으나 임상적으로 유용하지 않다.
 - 소변 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하여 40~60mL 소변수집
 - ==> -20°C에서 냉동보관(추후 건강영향조사시 수거예정)

(2) 호흡기 및 심혈관계 검사

- 1) Chest PA/Lat
 - 2) EKG
 - 3) 선택검사 항목
 - ==> 대사성 산증을 보이거나 메탄올 중독이 의심될 경우 : 메탄올 농도, osmolar gap과 동맥혈 가스검사를 시행
 - ==> 호흡기 증상 호소 시 : PFT, HRCT, Pulse Oximetry, ABGA, CoHb
 - ==> 가슴 갑갑함, 심실성 부정맥, 저혈압 등 심장관련 증상 호소시 : 24시간 ECG, Cardiac Marker
-

바. 응급처치 지침

- (1) 대응 의료진들은 화학물질 개인보호구(예: Tyvek 또는 saranex 등) 또는 부틸 고무 재질의 앞치마, 고무장갑(여러 겹의 라텍스 장갑), 눈 보호 장구를 착용해야 한다.
(환자의 옷이나 피부가 포르말린에 젖어 있다면 환자와 접촉 시 화상이 발생할 수 있다.)
- (2) 오염된 환자의 옷이나 개인 소지품은 빠르게 제거해야 한다.
⇒ 노출된 피부와 체모는 5분 동안 물로 세척한다.
(샤워 기구를 사용하는 것이 좋다. 소아와 노인을 제염하는 경우 저체온증의 발생에 주의해야 한다.)
- (3) 눈 부위 노출 시 물이나 생리 식염수로 적어도 15분간 씻어내야 한다.
⇒ 콘택트렌즈는 눈의 추가 손상 없이 쉽게 제거 가능할 경우 제거한다. 시력을 측정하고 각막 손상에 대해 검사를 시행하고 적절히 치료한다. 심각한 각막손상을 보이는 환자는 즉시 안과 의사에게 협진을 의뢰한다.
(안검 경련의 증상 완화를 위해 0.5% tetracaine과 같은 안과용 마취제를 사용 할 수 있고, 눈꺼풀 아래의 적절한 세척을 위해 안검 견인기를 사용할 수 있다.)
- (4) 충분히 오염제거가 된 후에는 ABC의 평가와 조치를 한다.
⇒ 기도를 확보하고 호흡, 순환 상태를 평가한다.
(소아는 기도의 직경이 성인에 비해 더 작기 때문에 부식성 물질에 더 취약할 수 있다. 호흡곤란이 있는 경우 기관 삽관을 통해 기도를 확보하고 호흡을 보조해야 한다. 기관 삽관이 불가능할 경우에는 수술적인 기도확보를 시행해야 한다.)
- (5) 노출된 모든 환자에서 CBC, glucose, 혈청 전해질을 포함한 혈액 검사를 시행한다.
⇒ 추가 검사로 소변검사(protein, cast, RBC를 포함), 메탄올 농도, 삼투압 차(osmolar gap) 와 동맥혈 가스검사를 시행한다. 호흡기계에 노출된 환자는 흉부방사선 검사와 맥박 산소 포화도 측정을 한다.
(혈청 포름알데히드 농도는 유용하지 않다.)
- (6) 혼수, 저혈압, 경련, 심실성 부정맥을 보이는 환자는 전통적인 방식으로 치료해야 한다.
(포름알데히드는 해독제가 없다.)
⇒ 중증 환자에서는 우선 정맥로를 확보하고 심장리듬 모니터를 시행한다.
- (7) 속이나 저혈압의 증거를 보이는 경우에는 우선 수액을 투여한다.

- ⇒ 혈압이 80mmHg 미만인 경우 성인은 1000ml/hour 생리식염수(saline) 또는 링거젓산 (lactated Ringer)용액을 정맥 내 투여한다. 수축기 혈압이 90 mmHg 이상인 경우에는 150~200mL/hours의 속도이면 충분하다. 관류 장애를 보이는 소아 에서는 20 ml/kg의 생리 식염수를 10~20분간 투여하고, 이후 2~3ml/kg/hours 의 속도로 주입 한다.
- ⇒ 필요시 도파민(dopamine) 2~20 μ g/kg/min 또는 노에피네프린(norepinephrine) 0.1~0.2 μ g/kg/min을 주입한다.

(8) 포르말린을 섭취한 경우 구토를 유발하지 않는다.

- ⇒ 환자가 의식이 있고 삼킬 수 있는 경우에만 물 120~240ml를 경구로 투여한다.
- ⇒ 섭취 1시간 이내 위세척을 시행한 후 활성탄(activated charcoal)을 1g/kg (보통 성인은 60~90g, 소아는 25~50g) 투여하면 도움이 될 수 있다.
(활성탄 투여의 효과에 대해서는 아직 알려져 있지 않다.)

(9) 대량 섭취한 경우에는 섭취 후 30분 이내에 환자의 상태가 평가되면 위세척과 소화기 계의 부식성 손상 정도를 평가하기 위한 내시경시행을 고려한다.

- ⇒ 위관을 삽입할 경우에는 화학 손상을 입은 식도와 위에 추가 손상을 일으킬 수 있으므로 주의한다. 극심한 목 부위의 부종이 있는 경우 기관삽관 또는 윤상갑상절개술이 필요 할 수 있다.
(소아는 부식성 물질을 대량 섭취하지 못하고 비위관 삽관은 천공의 위험이 높기 때문에 내시경을 이용한 비위관 삽관이 시행되지 않은 경우에는 위세척을 시행하면 안 된다.)
(독성 구토물 또는 위세정액은 세척 튜브를 벽 흡인기 또는 밀폐 용기에 연결하여 격리 되도록 해야 한다.)

(10) 호흡기 증상을 보이는 환자는 마스크를 통해 산소를 공급해야 한다.

- ⇒ 기관지 연축을 보이는 환자는 분무형 기관지 확장제로 치료한다.
- ⇒ 협착음(stridor)을 보이는 소아는 에피네프린 분무를 고려한다.
0.25~0.75 mL의 2.25 %의 에피네프린을 2.5cc의 물에 희석한 용액으로 시행한다.
필요시 20 분마다 반복한다.
(흡입 노출로 인해 흉통, 가슴 압박감, 기침 등의 증상을 보이는 경우 지연성 기관지염, 폐렴, 폐부종, 호흡 부전이 발생할 수 있으므로 6~12 시간동안 주기적으로 검사하며 관찰해야 한다.)

(11) 피부에 포르말린이나 고농도의 포름알데히드 증기가 접촉한 경우 화학 화상을 유발 할 수 있다.

⇒ 열화상과 같은 방법으로 치료한다.

(소아는 체표면적 : 몸무게의 비율이 상대적으로 크기 때문에 피부를 통한 유독물질의 흡수에 더 취약하다.)

(12) 대사성 산증을 보이는 경우 중탄산염나트륨(sodium bicarbonate)을 정맥 내 투여해야 한다. 혼수, 경련 또는 부정맥을 보이는 환자에서 산증(acidosis)이 있는 경우에는 중탄산염나트륨(sodium bicarbonate)을 정맥 내 투여해야 한다.

⇒ 성인 용량: 20 mEq, 소아 용량: 1 mEq/kg

동맥혈 가스 검사 결과에 따라 산증에 대해 추가교정을 한다.

(13) 전통적인 치료에 반응이 없는 심한 산-염기 장애를 보이는 경우나 의미 있는 메탄올 농도를 보이는 경우 혈액 투석을 고려해야 한다.

⇒ 포름산(formic acid)과 메탄올을 제거하고 심한 대사성 산증을 교정하기 위해서는 혈액 투석이 효과적이다.

(14) 포르말린 섭취로 인한 메탄올 중독이 의심되는 경우 혈중 메탄올 농도가 20 mg/dL이상이거나 삼투압 차(osmolar gap)가 증가한 경우 에탄올 주입을 시작한다.

⇒ 10% 에탄올을 부하용량(loading dose)으로 7.5ml/kg를 투여하고, 유지용량(maintenance dose)으로 1.0~1.5ml/kg/hour를 투여한다. 혈액 투석 동안에는 1.5~2.5ml/kg/hour를 투여한다. 목표 혈중 에탄올 농도는 0.1mg/dL로 한다.

(15) 노출 경로에 상관없이 전신 중독의 증거가 있는 경우 입원치료를 고려해야 한다.

⇒ 많은 양을 섭취한 경우 흡인성 폐렴 또는 신부전이 발생할 수 있으므로 중환자실에 입원하여 관찰해야 한다.

(부식성 위염, 위의 섬유화, 토혈 또는 식도의 부종과 궤양이 발생 할 수 있다.)

(16) 무증상 환자는 4~6시간 동안 관찰해야 한다.

⇒ 이 기간 동안 증상이 나타나지 않을 경우 퇴원시킨다.

[중독 환자의 일반 처치]

(1) CBC, glucose, 전해질 검사, 소변검사, 메탄올 농도, osmolar gap과 동맥혈 가스검사를 시행

(2) 대사성 산증을 보이는 경우

혼수, 경련 또는 부정맥을 보이는 환자에서 산증이 있는 경우

⇒ sodium bicarbonate를 정맥 내 투여(성인 용량: 20mEq, 소아 용량: 1mEq/kg)
동맥혈 가스 검사 결과에 따라 산증에 대해 추가교정

(3) 메탄올 중독이 의심되는 경우

혈중 메탄올 농도가 20mg/dL이상이거나 osmolar gap이 증가한 경우 에탄올을 주입
⇒ 10% 에탄올 loading dose: 7.5ml/kg, maintenance dose: 1.0~1.5ml/kg/hour

[호흡기 노출 환자의 처치]

(1) 산소 공급, 흉부방사선 검사, 산소 포화도 측정.

(2) 기관지 연축을 보이는 환자는 분무형 기관지확장제 사용

협착음을 보이는 소아는 에피네프린 분무

(0.25~0.75ml의 2.25%의 에피네프린을 2.5cc의 물에 희석한 용액)

[소화기 노출 환자의 처치]

(1) 환자가 의식이 있고 삼킬 수 있는 경우 물 120~240ml 경구 투여

(2) 섭취 후 30분 이내에 환자의 상태가 평가되면 위세척과 소화기계의 부식성 손상 정도를 평가하기 위한 내시경시행 고려.

(3) 섭취 1시간 이내 위세척을 시행한 후 활성탄을 1g/kg 투여하면 도움이 될 수 있다.

[눈 노출 환자의 처치]

(1) 물이나 생리 식염수로 적어도 15분간 세척.

[피부 노출 환자의 처치]

(1) 열화상과 같은 방법으로 치료.

사. 상급기관 전원 지침

- (1) 임상진찰 결과 심각한 수준으로 노출되었거나, 호흡기계, 대사성 산증, 신부전, 심장이상 소견, 중추신경계 증상 등이 있는 환자는 상급기관으로 전원의뢰 한다.
- (2) 음독했거나 피부나 눈, 인후두 부위에 직접 포름알데히드에 접촉한 병력이 있는 환자는 상급기관으로 전원의뢰 한다.
==> 지연 효과를 파악하기 위해 외래에서 최소 4시간에서 6시간 이상 경과 관찰을 해야 한다.
==> 지연 효과를 파악하기 위해 모든 환자는 24시간 이내에 증상에 관한 문진 및 흉부방사선 검사, 심전도 검사, 소변, 혈액 검사를 재차 받아야 하며 각막 손상 환자들은 24시간이내에 안과 외래 재진을 받아야 한다.
- (3) 상급기관 전원 사유
==> 포름알데히드 노출에 의한 화상, 폐손상, 중추신경계 손상, 뇌·심혈관계 손상, 신부전, 대사성 산증 등의 증상이 발생한 경우 보다 적극적인 조치를 위해서이다.

아. 외래진료 및 추적관찰 지침

- (1) 노출이 의심되어 의료기관을 방문한 모든 환자는 노출평가 설문조사와 기본적인 문진, 이학적 검사, 임상적 검사를 시행한다.
- (2) 짧은 시간의 호흡기 노출이고 무증상인 환자인 경우, 1시간 이상 증상 발현 여부 관찰 후 증상이 없으면 연락처를 남기고, 환자용 물질정보 시트와 증상 발현시를 대비한 의학적 후속조치 안내 지침서를 받아서 귀가 할 수 있다.
- (3) 노출 후에 최소 4시간에서 6시간 동안 무증상인 환자들 또한 환자용 물질정보 시트와 추후 증상 발현시를 대비한 의학적 후속조치에 관한 지침서를 받고 귀가하도록 한다.
- (4) 노출이 의심되어 진료를 받은 모든 환자들은 반드시 24시간 후 다시 진료하고 자각증상에 관해 문진 및 혈액, 소변검사, 흉부방사선 추적검사 등을 시행한다.
- (5) 24시간 지연되어서 발현되는 증상이 있다면 필요에 따라 추가적 검사와 추적 흉부방사

선 검사를 시행할 수 있다.

(6) 대부분의 화학물질 노출에 따른 지연 증상은 48시간 이내에 발현된다.

(7) 48시간 경과 이후에도 추가적인 발현 증상이 없다면, 이후부터는 대증적 치료를 시행한다.

자. 건강영향조사를 위한 참고사항

(1) 설문조사 및 외래진료 결과, 진료 의료인은 화학사고 노출과의 관련성에 대해 (관련있음/관련없음) 등으로 판정하여 의견을 기술한다.

※ “관련 있음”으로 판정된 환자는 별도의 명단 작성하여 관리하도록 한다.

(2) 추후 시행 가능한 건강영향조사를 대비하여 생물학적 노출지표 검사용 소변을 40~60mL정도 수집하여 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(년번) 표기하고 -20°C에서 냉동보관한다. (추후 건강영향조사단에서 수거 또는 폐기 안내예정)

(3) 건강영향조사단의 특별한 지시가 없을 경우에는 소변 시료만 채취한다.

차. 환자용 물질정보 시트

※ 이 유인물은 포름알데히드 또는 포르말린에 노출된 사람들에게 필요한 정보 및 후속조치에 관한 정보의 제공을 목적으로 합니다.

1. 포름알데히드란 무엇입니까?

포름알데히드는 무색에 가깝고 매서운 냄새가 나는 매우 자극적 가스이며, 물에 쉽게 용해되어 포르말린(포름알데히드와 물, 메탄올 용액)을 형성합니다. 포름알데히드는 플라스틱 제조, 요소-포름알데히드 포말 절연체, 건축자재에 사용되는 레진(예: 합판), 종이, 카펫, 직물, 페인트, 가구 등에 사용됩니다.

2. 포름알데히드 노출에 의해 즉시 발생할 수 있는 건강상의 영향은 무엇입니까?

포름알데히드는 낮은 농도에 단기간 노출되더라도 눈, 코, 목에 자극을 유발할 수 있습니다. 장기간 또는 고용량에 노출 될 경우 기침이나 질식이 발생할 수 있습니다. 심한 노출 시에는 목의 부종과 폐의 화학화상으로 인해 사망에 이를 수 있습니다. 피부, 눈, 소화기관에 직접 접촉하는 경우 심각한 화상이 발생할 수 있습니다. 약 30mL(약 2 티스푼) 정도로 적은 양의 포르말린을 마시더라도 사망할 수 있습니다. 포름산은 포름알데히드의 대사산물로 사망을 일으키거나 심각한 전신 중독을 발생시킵니다. 일반적으로 포름알데히드에 더 심하게 노출될수록 더 심한 증상이 나타납니다. 이전에 포름알데히드에 감작된 사람들은 매우 적은 양에 노출되어도 피부 발진, 호흡곤란의 증상이 발생할 수 있습니다.

3. 포름알데히드 중독은 치료 될 수 있습니까?

포름알데히드는 해독제가 없으나, 중독증상은 치료될 수 있고 노출된 대부분의 사람들은 특별한 문제가 없습니다. 심각한 노출 환자(눈물이나 콧물 또는 심하거나 지속되는 기침의 증상이나 징후가 있는 경우)는 입원치료가 필요할 수 있습니다. 매우 농축된 증기나 액체에 직접 노출되거나 포르말린을 삼킨 환자는 중환자실 입원치료가 필요할 수 있고, 장기적인 부작용이 나타날 수 있습니다.

4. 향후 건강상에 어떠한 영향이 발생할 수 있습니까?

단일 소량 노출에 의해 빠르게 회복된 사람들은 증상이 지연되어 발생하거나 장기간 신체영향을 일으킬 가능성은 거의 없습니다. 반면 심한 노출 후에도 18시간 동안 증상이 발생하지 않을 수 있습니다. 자세한 증상과 징후에 대해서는 후속 지침을 참고하기 바랍니다. 만약 증상이 발생할 경우 병원 진료를 받기 바랍니다. 작업장에서 장기간 반복적으로 비강을 통해 포름알데히드에 노출될 경우 암이 발생할 수 있습니다.

5. 포름알데히드에 노출된 사람에게 어떤 검사를 할 수 있습니까?

혈액과 소변을 이용하여 포름알데히드 노출 검사를 시행할 수 있지만 검사 결과는 의사들에게 유용하지 않습니다. 만약 심각한 노출이 발생한 경우라면 혈액과 소변검사 및 다른 검사들은 폐 손상이나 전신 중독 증상의 발생 여부를 아는데 도움을 줄 수 있습니다. 만약 발작이나 경련이 발생하면 신경행동 독성에 대한 검사가 필요합니다. 그러나 노출 검사가 모든 경우에 필요하지는 않습니다.

6. 포름알데히드에 대한 보다 자세한 정보는 어디에서 얻을 수 있습니까?

화학물질안전원 화학물질 안전관리 정보시스템에서 조회하거나 유해가스노출 환경보건 센터로 연락하시기 바랍니다.

카. 환자용 후속지침

아래 내용을 읽어보시고, 다음 진료예약 확인 및 표기된 지침을 따르십시오.

24시간 이내에 특이증상 또는 징후가 발현되는 경우 응급실 또는 예약의사에게 전화문의 바랍니다.

※ 특히 아래의 증상인 경우 :

- ▶ 기침, 호흡 곤란 또는 잦아진 호흡
- ▶ 가슴 통증, 불규칙한 심박동
- ▶ 안구 통증 및 분비물 증가
- ▶ 피부 화상 부위 발진이나 통증의 증가, 화농성 분비물이 발생하는 경우
- ▶ 발열
- ▶ 원인 불명의 졸림, 피로나 두통이 발생한 경우
- ▶ 복통이나 구토, 설사가 있는 경우

[] 위에 기술된 증상이 발현되지 않는다면 추후 진료예약은 필요하지 않습니다.

[] 필요시 전화문의 약속, 예약 의사 : _____ 전화번호 : _____

☞ 의사에게 전화문의 시 (_____) 응급실에서 치료를 받았고, (_____) 일 재진 예약이 되어 있다고 말씀하십시오.

[] 추후 추적검사 및 진료를 위한 진료예약

(_____) 응급실 / 클리닉, (_____)월/(_____)일, AM/PM (_____)

[] 1~2일은 격렬한 신체 활동을 하지 마세요.

[] 운전 및 기계 작동을 포함한 일상적인 활동에는 제한이 없습니다.

[] (_____) 일 동안은 업무에 복귀하지 마십시오.

[] 당신은 조건부로 업무에 복귀 가능합니다. 아래의 지침을 참조하십시오.

[] 적어도 72시간 이상 담배연기에 노출되어서는 안 됩니다; 담배연기가 폐의 상태를 악화시킬 수 있음.

[] 적어도 24시간 이상 술을 마셔서는 안됩니다; 술이 위장 및 다른 손상 부위를 악화시키거나 회복을 지연시킬 수 있음.

[] 다음과 같은 약물은 복용하지 마십시오 : _____

[] 기존에 처방받은 다음의 약물들은 계속해서 복용 가능합니다. : _____

다음과 같은 인터넷 웹 사이트 “화학물질안전원 화학물질 안전관리정보시스템”나 “유해가스노출 환경보건센터”에서 화학 물질에 대한 자세한 정보를 얻을 수 있습니다.

환자 서명 : _____ 날짜 : _____

의사 서명 : _____ 날짜 : _____