

KOSHA GUIDE

H - 53 - 2021

병원 근로자의 마취가스 노출관리 지침

2021. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 동아대학교 동아대병원 직업환경의학과 김정일

○ 제·개정 경과

- 2011년 10월 산업의학분야 제정위원회 심의(제정)
- 2021년 8월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(법령 및 규격 최신화)

○ 관련규격 및 자료

- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Waste anesthetic gases - Occupational hazards in hospitals
- 의료인의 화학적 인자에 의한 건강장애. 대한의사협회지. 2010;53(6):474-482
- Miller R, Eriksson L, Fleisher L, Weiner-Kronish J, Young W. Miller's anesthesia. 8th ed. Churchill Livingstone. 2014

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제39조(보건조치) 제1항 및 같은 법 시행령 제22조(보건관리자의 업무 등)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (<http://kosha.or.kr>) 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 10월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

병원 근로자의 마취가스 노출관리 지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 제39조(보건조치) 제1항에 의거 의료법상 의료기관을 포함한 병원 내에서 마취가스 취급 근로자의 직업적 노출에 따른 건강유해성을 이해하고 마취가스 노출을 줄이는 것에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 의료용 마취가스를 취급하는 의료기관의 보건관리자가 병원 근로자의 마취가스 노출 관리시에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “마취가스”라 함은 호흡기로 흡입하여 마취작용을 나타내는 가스 즉 흡입마취제를 말하며, 아산화질소(N_2O), 크세논(Xenon), 할로탄(Halothane), 엔플루란(Enflurane), 이소플루란(Isoflurane), 세보플루란(Sevoflurane), 데스플루란(Desflurane) 등이 있다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 대사 및 독성

4.1 대사

- (1) 흡입 마취제는 대사가 적기 때문에 독성이 적다.
- (2) 흡입마취제는 호흡기를 통해 체내로 유입된 후, 대부분 대사되지 않고 다시 호흡기를 통해 배출된다.
- (3) 대사는 주로 간에서 생체내 전환반응(Biotransformation)인 산화, 가수분해 및 환원 과정이 cytochrome P-450과 함께 일어난다. 이후 결합반응(conjugation)을 통해 더 물질이 극성을 띠게 되어 배설이 쉬운 형태로 변하여 담즙이나 소변을 통해 배설된다.
- (4) 일반적으로 용량의존적 반응을 보이는 마취가스의 독성은 일정 용량 이상 흡입되거나, 약물의 대사과정에서 생성된 중간산물이 면역반응을 일으킬 수 있는 합텐(Hapten)으로 되어 단백질, 효소, 핵산 등과 결합하여 부가물질을 형성하거나, 항산화제 역할을 하는 세포의 방어기전이 부족할 때 발생한다.
- (5) 흡입 마취제의 종류 및 노출한계는 <표 1>과 같다.

<표 1> 흡입마취제의 종류 및 노출한계

종류	시간가중평균-노출한계치(TLV-TWA)
아산화질소(N ₂ O)	50 ppm(90 mg/m ³)
할로탄(Halothane)	50 ppm(404 mg/m ³)
엔플루렌(Enflurane)	75 ppm(566 mg/m ³)

* TLV-TWA : Threshold Limit Value-Time weighted average(미국 산업위생전문가협회의, ACGIH)

4.2 독성

(1) 간독성

- (가) 클로로포름, 사염화탄소, 삼염화에틸렌 등은 간독성으로 인해 의료기관에서 사용되지 않는다.
- (나) 할로탄은 간괴사를 일으킨다. 그 기전은 아스파르테이트 아미노전이효소(Aspartate aminotransferase(AST), Glutamic oxalacetic transaminase(GOT))와 알라닌 아미노전이효소(Alanine aminotransferase(ALT), Glutamic pyruvate transaminase(GPT))가 약간 증가하는 경미한 간독성과, 드물게 나타나는 전격성

간염을 유발할 수 있는데, 이것은 면역-매개 독성으로 추정하고 있다.

- (다) 엔플루렌은 빈도는 낮지만 간독성이 보고되었고 이소플루렌과 테스플루렌도 매우 낮은 빈도지만 간독성이 보고되었다.

(2) 콩팥독성

(가) 간기능의 저하에 비해 콩팥기능의 변화는 드물게 나타난다.

- (나) 가끔 불소화 마취제의 대사에서 발생하는 불소이온은 직접적으로 콩팥독성을 나타낸다.

(다) 메톡시플루렌의 콩팥독성은 혈청 내의 불소이온 농도와 밀접한 관련이 있다.

(라) 엔플루렌은 경미한 콩팥기능장애를 유발할 정도의 무기불소가 생성된다.

- (마) 이소플루렌은 엔플루렌보다 탈불소화반응을 적게 일으키며, 세보플루렌은 엔플루렌과 비슷하게 탈불소화반응을 일으키나 배설속도가 매우 빨라 콩팥 독성이 거의 없는 것으로 알려져 있다.

(3) 유전자 독성

- (가) 현재까지 사용되었던 마취제 중 디비닐 에테르(Divinyl ether)와 플루옥센(fluroxene)이 양성 변이유발반응을 보였고 그 외의 마취가스는 변이유발성을 보이지 않았다.

(나) 사람 대상 연구에서 변이유발성에 대한 보고는 거의 없다.

(4) 발암성

- (가) 마취제 노출에 대한 발암 위험성이 높다는 연구결과는 적지만 잔여 마취제에서 암 발생위험이 높아진다는 일부 보고는 있었다.

(나) 미국에서 수술실 근무 마취 간호사가 비노출 여성에 비하여 암발생 위험이 1.3-1.9배 높다는 보고가 있었다.

(다) 흡입마취제의 노출로 인한 발암 유발위험은 현재까지 밝혀진 것이 없다.

(5) 생식독성

1970년대 미국과 영국에서 마취과 의사가 다른 진료과목 의사보다 유산 발생과 기형아 출산이 높다고 보고된 적이 있었다. 마취가스 배출장비가 장착되지 않은 치과진료실에서 아산화질소에 노출된 시험관수정 시술을 받은 가임여성이 낮은 수정률과 높은

자연유산물이 관찰되었다. 그러나 아직까지 마취가스가 생식독성 위험이 있다는 명확한 결과는 없다.

5. 잉여 마취가스

5.1 사용하고 남은 미량의 마취가스 노출을 최소화하기 위해 정확하게 탐지, 측정하고 농도를 제한하여야 한다.

5.2 마취가스가 누출될 수 있는 경우(표 2)

- (가) 수술장비 자체에 자동 환기 시스템 또는 가스 제거 시스템이 없거나 시스템이 불완전한 경우
- (나) 마취기 자체의 연결 튜브와 밸브의 이상으로 연결이 완전하지 않은 경우
- (다) 마취가스와 시스템을 연결할 때와 단절할 때
- (라) 마취가스가 환자의 마스크 또는 기도 삽관 튜브 옆으로 새어 나온 경우(소아의 마취 경우에 마스크가 불완전하게 밀착된 경우가 이에 해당됨)
- (마) 치아 수술
- (바) 마취 유도 중
- (사) 수술환자의 체내 마취가스가 충분히 환기되지 않은 상태에서 회복실로 옮겨진 경우

<표 2> 마취가스에 노출될 수 있는 근로자

지 역	근로자
수술실	마취과 의사, 외과 의사, 치과 의사, 마취 간호사, 수술실 간호사, 수술보조자, 수술실 근로자 등
회복실	마취과 의사, 외과 의사, 회복실 간호사, 회복실 근로자 등

6. 마취가스 노출을 줄이는 방법

6.1. 사업장 관리

(1) 작업환경관리

- (가) 누출마취가스를 제거하기 위해 수술실에 마취가스 제거 시스템을 설치한다.
- (나) 수술실에 공기를 순환하고 보충하는 환기 시스템을 설치한다. 가동주기는 시간당 3회의 신선공기 환기를 포함하여 시간당 15회 정도 환기를 하도록 한다.
- (다) 환자의 호기에서 발생하는 마취가스 노출에 대한 예방을 위하여 회복실 공기를 순환하고 보충하는 환기시스템을 설치한다. 환기주기는 시간당 2번의 신선공기 환기를 포함하여 시간당 6회 실시하는 것이 좋다.
- (라) 수술실에서 마취 가스의 누출을 최소화하기 위해 마취기, 호흡 회로, 누출 마취가스 제거 시스템을 항상 적절하게 유지한다.

(2) 유해성 주지 및 교육

- (가) 위험성 전달(Hazard communication) 프로그램을 수립한다.
- (나) 노출 위험성과 이를 제어하는 정보가 포함된 안전과 보건 계획을 작성한다.
- (다) 마취제 실린더에 라벨을 부착한다.
- (라) 물질안전보건자료를 비치한다.
- (마) 누출마취가스 노출의 위험성 인식, 예방 및 제어에 대해 근로자를 교육한다.

(3) 의학적 관리

- (가) 누출가스제어 시스템의 정량적 평가와 마취가스 사용지역의 반복적인 기중 농도 측정이 필요하다.
- (나) 공기 중 마취가스 농도에 대한 기록은 5년간 유지한다.
- (다) 퇴직 후에도 노출 근로자에 대한 의료기록들도 유지한다.
- (라) 수술실 근로자들에 대하여 배치 전 및 실시주기에 따라 간기능 및 신기능 검사를 실시한다.

6.2. 수술 중 마취가스 장비 및 설비 관리

- (가) 환자의 호흡 경로(Breathing circuit)를 일일 기계 점검표로 확인한다.
- (나) 수술실 환기 또는 지역 환기 시스템을 작동시킨다.
- (다) 가스 배출 시스템과 마취 장비와의 연결을 확인한다.
- (라) 후두 마스크 또는 기관 내 삽관 조작이 완벽히 끝난 후에 마취가스를 투입한다.
- (마) 능동적 제거 시스템이 있는 천장부착형 후드 하에서 기화기(Vaporizer)를 채운다.
- (바) 수술 중에 기화기에 마취액을 채우지 말고 마취 전 또는 후에 채운다.
- (사) 기관내 튜브가 완전히 밀폐되었는지 확인한다.
- (아) 마취시스템의 적절한 기능과 환자의 안전을 위해 최저 마취가스 유량을 사용한다.
- (자) 누출을 방지하기 위해 마취 가스 투입속도를 천천히 가동시킨다.
- (차) 액체 마취제는 거즈에 묻혀 마취시킨다.
- (카) 마스크를 사용하는 경우에 환자에 밀폐되었는지 확인한다.
- (타) 환자로부터 마취 호흡기를 분리하기 전에 마취가스 제거 시스템을 통해 최대한 잔류 가스를 제거한다.
- (파) 마취 시스템의 전원을 끄기 전에 마취가스를 차단한다.