



트리클로로에틸렌(TRICHLOROETHYLENE)(5)



연세대학교
보건대학원 교수
김치년

CAS 번호 : 79-01-6

동의어 : Trichloroethene

분자식(Molecular formula) : $Cl_3C=CCl_2$

RECOMMENDED BEI®

분석물질	시료채취시간	BEI®	경고주석
소변 중 트리클로로아세트산	End of shift at end of workweek	15 mg/L	Ns
혈액 중 트리클로로에탄올*	End of shift at end of workweek	0.5 mg/L	Ns
혈액 중 트리클로로에틸렌	End of shift at end of workweek	-	Sq
호기 중 트리클로로에틸렌	End of shift at end of workweek	-	Sq

* Without hydrolysis; Ns(Nonspecific); Sq(Semi-quantitative)



혈액 중 트리클로로에탄올(가수분해되지 않은 형태)

권고기준의 타당성

공기 중 TCE 노출농도와 혈액 중 트리클로로에탄올(TCE-OH) 농도를 비교한 연구들을 Monster와 Zielhuis(1983)가 요약 정리하였으며 내용은 <표1>과 같다. 트리클로로에틸렌 45~50 ppm에 노출된 다섯 개의 연구에서, 노출된 후 5일 뒤에 채취한 혈액 중 트리클로로에탄올 범위는 1.5~2.4 mg/L로 관찰되었다(표1).

혈액 중 트리클로로에탄올 모니터링은 권고되었으며, BEI는 실험 지원자를 대상으로 실시한 연구를 근거로 하고 있다(Monster 등, 1976; Muller 등, 1972; Triebig 등, 1976; Kimmerle와 Eben, 1973; Monster와 Zielhuis, 1983). 실험 지원자(n=5)를 대상으로 실시한 노출 실험챔버 연구(Ertle 등, 1972)에서는 하루 6시간 동안 트리클로로에틸렌 50 ppm에 5일 동안 노출시켰을 때, 트리클로로에탄올 농도는 증가하였고, 노출 5일 후에 2 mg/L의 최고 농도치가 관찰되었다. 이러한 연구는 혈액 중 트리클로로에탄올 농도가 작업시간 동안 축적에 의해 영향을 받으며, 최근 노출(시료 채취 날)의 지표로 활용된다. 이틀째 연속적으로 노출 된 후, 혈액 중 농도는 하루가 경과해도 변하지 않았다(Monster 등, 1979; Muller 등, 1972; Triebig 등, 1976; Ertle 등, 1972). 따라서 혈액시료의 채취는 적어도 이틀 동안 연속 노출된 후 작업 종료 후에 채취하여야 한다.

<표1> 공기 중 트리클로로에틸렌(TCE) 농도와 혈액 중 가수분해되지 않은 트리클로로에탄올^A 농도 비교

TCE (ppm) ^B	Subjects	Exposure Hours/Day (days)	Day 1 End of shift	Day 5 End of shift	Calculated for 10 ppm exposure ^C	참고문헌
48	4	4(5)	2	2.4	0.5	Kimmerle&Eben,1973 ^D
70	5	4(5)	3.4	4.2	0.6	Monster, 1976
50	5	6(5)	1.6	2.2	0.4	Muller 등, 1972
50	5	6(5)	1.5	2.2	0.4	Muller 등, 1975
50	5	6(5)+alcohol	1.2	1.5	-	Muller 등, 1975
50	5	6(5)	1.7	2	0.4	Ertle 등, 1972
50fluc ^E	5	6(5)	1.6	2.3	-	Ertle 등, 1972
100	5	6(5)	3.2	4.9	0.5	Ertle 등, 1972
100	7	6(5)	6.5	10	1	Triebig 등, 1976

^A Trichloroethanol in blood(mg/L)

^B Data summarized in Monster,A, and Zielhuis,R,1983

^C n=9 instances of conversion to 10ppm, Mean=0.5(Based on proportional exposure response)

^D F=field study;L=laboratory study

^E fluc=fluctuating

다른 연구에서는 인쇄 업체에 종사하는 45명의 근로자의 소변과 혈액 중 트리클로로에탄올과 삼염화-화합물(TTC)에 관한 검사가 실시되었다(Triebig 등, 1977a). 작업장 공기 중 측정된 트리클로로에틸렌 농도는 20~50 ppm이며, 근로자들의 소변 중 총 트리클로로화합물(TTC)은 86 mg/g creatinine 으로 관찰되었다.

TTC는 트리클로로아세트산과 트리클로로에탄올의 복합물이다. 혈액 중 트리클로로에탄올은 3.3 mg/L이며 다른 연구 결과와 일치한다(Ertle 등, 1972; Triebig 등, 1982). 이 작업자들에게는 중독 증상이 관찰되지 않았지만 피로, 알코올 중독, 집중력 감소 등의 악영향이 발생하였다.

드라이클리닝 가게 4개소를 대상으로 실시한 연구에서 혈액 중 트리클로로에틸렌은 25~40 ppm으로 측정 되었다(Skender 등, 1991). 월요일 아침에(작업 전) 혈액 중 트리클로로에탄올 농도는 0.4 mg/L였으며, 수요일 작업 종료 후에는 1.1 mg/L이었다. 해당 연구의 제한점은 공기 중 트리클로로에틸렌 측정 수가 제한적이며(3년 동안, 1년에 2회씩 측정), 혈액 중 트리클로로에틸렌을 채취한 날과 공기 중 트리클로로에틸렌을 측정할 날이 서로 다르다는 사실이다.

현재 유용한 자료

자원자들을 대상으로 실시한 4편의 실험 연구 자료에서는 혈액 중 트리클로로에탄올(free form)의 동력학적 패턴을 결정하고, 직업적 노출기준(TLV-TWA 10 ppm)노출에 대한 혈액 중 농도를 추정 할 수 있다. 1편의 현장 연구 자료는 실험실 연구 자료와 일치하였다.

권고사항

ACGIH는 트리클로로에틸렌에 대한 최근 노출 지표로 일주일 간의 작업 종류 후 혈액 중 트리클로로에탄올(free form)을 채취하는 것을 권고하고 있다. 트리클로로에탄올(free form)의 BEI 값으로 0.5 mg/L을 권고하고 있다. 혈액 중 트리클로로에탄올(free form)은 가수 분해가 없는 분석법을 사용해야 한다.

트리클로로에탄올(free form)은 다른 염소가 함유된 에탄과 에틸렌의 대사산물이기 때문에 비특이적(Nonspecific, Ns) 노출지표이다. 혈액 중 트리클로로에탄올(free form) 생성이 트리클로로에틸렌 노출에 의한 것인지 확인하기 위하여 혈액 중 또는 호기 중 트리클로로에틸렌을 분석한다. 또한 알코올 섭취로 인해 트리클로로에탄올 농도가 낮아질 수 있어 노출이 과소 평가될 수 있다. 다른 용매와의 복합노출, 민족적 요인, 인종 간의 차이에 따른 혈액 중 트리클로로에탄올 농도는 실험적으로 연구 되지 않았다. BEI 농도를 국제단위계(SI)로 전환하면 0.003 mmol/L에 해당한다.



다른 참조 값

1996년까지, 독일 생물학적 허용 값(BAT)은 5 mg/L이다(작업 종료 후 채취).

혈액 중 트리클로로에틸렌

분석방법

혈액 중 트리클로로에틸렌 분석은 일반적으로 헤드스페이스-가스크로마토그래피를 이용한다 (Angerer와 Schaller, 1991; Pleil 등, 1998). 혈액 중 트리클로로에틸렌의 용해도는 낮으므로 혈액 표준 시료를 준비하는 과정에서 많은 주의가 필요하다. 혈액 중 트리클로로에틸렌 분석을 위한 외부 정도 관리 프로그램은 독일에서 사용되고 있다(Schaller 등, 2002).

시료 채취 및 보관

정맥 혈액 중 트리클로로에틸렌의 경우 노출 후 바로 감소하기 때문에 노출되는 동안에 근로자들의 정맥에서 혈액을 채취해야 한다. 혈액 채취부위의 피부나 의복에 트리클로로에틸렌이 오염되지 않도록 주의를 해야 한다. 🐾

참고 문헌

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Trichloroethylene. In: Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th ed. ACGIH, Cincinnati, OH (2001).
2. Angerer J; Schaller KH: Halogenated hydrocarbons (dichloromethane, 1,2-dichloroethylene, 2-bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoroethane (halothane), trichloroethane, tetrachloroethane, tetrachloromethane, trichloroethylene, tetrachloroethylene). In: Analyses of Hazardous Substances in Biological Materials, Vol. 3, pp. 127 - 132. Deutsche Forschungsgemeinschaft, VCH Publishers, Deerfield Beach, FL (1991).
3. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft: List of MAK and BAT Values 2006. Report 42, Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area, Wiley-VCH GmbH & Co., KgaA, Weinheim, FRG (2006).
4. Ertle T; Henschler D; Muller G; Spassowski M: Metabolism of trichloroethylene in man, 1. The significance of trichloroethanol in long-term exposure conditions. Arch Toxikol 29:171 - 188 (1972).
5. Kimmerle G; Eben A: Metabolism, excretion and toxicology of trichloroethylene after inhalation, 2. Experimental human exposure. Arch Toxikol 30:127 - 138 (1973).
6. Monster AC; Boersma G; Duba WC: Kinetics of trichloroethylene in repeated exposure of volunteers. Int Arch Occup Environ Health. 42:283 - 292 (1979).
7. Monster AC; Boersma G; Duba WC: Pharmacokinetics of trichloroethylene in volunteers, influence of workload and exposure concentration. Int Arch Occup Environ Health 38:87 - 102 (1976).