



트리클로로에틸렌(TRICHLOROETHYLENE)(2)



연세대학교
보건대학원 교수
김치년

CAS 번호 : 79-01-6

동의어 : Trichloroethene

분자식(Molecular formula) : ClHC=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)



소변 중 트리클로로아세트산

소변 시료 채취와 저장

소변 시료 채취 및 저장은 한주의 작업이 종료된 금요일 오후에 채취(물질에 노출된 후 4-5일 뒤에 시료 채취가 가장 적당)하여 깨끗한 용기(무방부제)에 보관해야 한다. 소변 시료를 채취한 후 반드시 냉장 보관해야 한다.

비직업적 트리클로로에틸렌 노출

트리클로로아세트산의 경우 트리클로로에틸렌 또는 염소가 함유된 다른 유기용제(예; 1,1,1,2-테트라클로로에탄; 메틸 클로로폼; 1,1,2,2-테트라클로로에탄 또는 클로라하이드레이트)에 노출되지 않으면 소변 중에 존재하지 않는다(Ikeda와 Ohtsui, 1972). 이런 물질들은 작업장, 일부 가구 제품, 약물(예: 클로랄하이드레이트)에서 발생 또는 노출될 수 있다. 일반 생활환경 중에서도 트리클로로에틸렌에 노출(주로 오염된 식수 섭취)될 수 있어 일반인들의 소변 중에서 트리클로로아세트산이 미량 검출될 수도 있다. 많은 양의 트리클로로아세트산의 경우 트리클로로에틸렌에 과다 노출된 사람의 소변에서만 관찰할 수 있다.

트리클로로에틸렌의 체내 동역학

42-100 ppm의 트리클로로에틸렌에 노출 된 후 소변 중 트리클로로아세트산의 농도는 3-5일 후에 천천히 최고치로 상승하였다. 반감기가 50-100시간이므로 소변 중 농도는 천천히 감소된다(Stewart, 1970; Muller 등, 1974; Triebig 등, 1976). 트리클로로아세트산의 경우 작업 시간에 체내에 축적되며 단백질과의 결합이 광범위하게 이루어진다(Muller 등, 1972).

몇몇 연구자들(Sato 등, 1977; Ertle 등, 1972; Ikeda와 Ohtsui, 1972)은 50 ppm 이하의 트리클로로에틸렌에 노출 되었을 경우 공기 중 트리클로로에틸렌 농도와 소변 중 트리클로로아세트산 배설 간의 상관관계가 형성 된다고 보고하였으며, 다른 연구자들은(Nomiyama, 1977; 1971) 고농도 노출에서는 관찰되지 않는다고 보고했다.

대사산물의 소변을 통한 배설은 폐에서 노출된 트리클로로에틸렌의 제거보다 느리다. 트리클로로아세트산의 반감기는 50-100 시간이며, 트리클로로에탄올은 약 12-26시간 정도이다(Muller 등, 1974; Triebig 등, 1976). 생리학적 모델링(PBPK)은 여러 모델을 포함하여 수행되었다(Fisher 등, 1998; Poet 등, 2000).

소변 분석 결과해석에 영향을 미치는 요인

시료 채취 및 분석 절차

소변 분석부분에서 언급한 것과 같이 민감도와 특이도가 높은 분석 방법을 이용한다. 염소가 함유된 화합물과 교차 반응으로 인해 비특이적인 Fujiwara 반응(1914)을 기초로 하는 비색법을 이용한 분석은 권고하지 않는다. 시료 채취 시간은 일주일의 작업이 모두 종료된 후에(즉, 노출 4-5일 후) 채취하는 것으로 권고하고 있다.


노출

트리클로로아세트산은 탄화수소를 포함하는 다른 염소화합물(1,1,1,2-테트라클로로에탄; 1,1,2,2-테트라클로로에탄; 테트라클로로에틸렌; 메틸클로로폼; 클로랄하이드레이트)의 대사산물이다. 염소가 함유된 탄화수소류 및 트리클로로에틸렌의 비직업적 노출은 트리클로로아세트산의 배설량을 증가시킬 것이며 따라서 작업장 트리클로로에틸렌 측정수준과 소변 중 트리클로로아세트산 농도 비율이 TLV/BEI 비율보다 작을 것이다.

에탄올 섭취와 디설피람 노출은 트리클로로아세트산 생성을 억제하기 때문에 이러한 물질에 혼합 노출되면 생물학적 모니터링 결과 해석 시 과소평가되며 정량적으로 신뢰성이 떨어지게 된다. 다른 생체 이물질의 섭취와 다양한 용매에 공동 노출 등은 트리클로로에틸렌의 대사를 억제하고 따라서 트리클로로아세트산의 배설량을 감소시킨다(Seiji 등, 1989; Ikeda, 1974; Traiger와 Plaa, 1974). 소변 중 트리클로로아세트산의 농도가 공기 중 측정결과에 따른 예상농도보다 높은 경우 액체 트리클로로에틸렌의 과도한 사용으로 인한 피부 접촉 가능성을 고려하여야 한다.

인구특성

대사산물의 발생량 차이는 성별, 나이, 인종, 민족 차이로 인해 발생한다(Inoue 등, 1989; Nomiyama, 1971; Droz와 Savolainen, 1990; Ikeda, 1980). 트리클로로아세트산과 트리클로로에탄올의 소변 중 배설량은 크게 감소되었으며 생물학적 반감기는 남성과 여성이 거의 같은 수준이지만, 트리클로로아세트산 배설량은 처음 노출된 후 24시간 동안은 남성보다 여성에게서 2~3배 정도 높았다.

대조적으로 트리클로로에탄올은 노출된 후 12시간 동안은 여성보다 남성에게서 두 배 이상 높게 배설되었다. 따라서 일부 연구자들은 트리클로로에틸렌 노출을 추정 예측하는 매개변수로 소변 중 트리클로로아세트산 또는 트리클로로에탄올을 각각 사용하는 것보다 소변 중 트리클로로아세트산과 트리클로로에탄올을 혼합하여 사용하는 것을 권고한다(Nomiyama, 1971). 

참고 문헌

1. Droz PO; Savolainen H: Effect of physiological and metabolic differences between the Japanese and American populations on uptake, distribution and elimination of toxic chemicals. In: Biological Monitoring of Exposure to Industrial Chemicals. Proceedings of the United States-Japan Cooperative Seminar on Biological Monitoring, pp. 185-188. Fiserova-Bergerova V; Ogata M (Eds.), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, (1990).
2. 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).
3. Fisher J; Mahle D; Abbas R: A human PBPK model for trichloroethylene and its metabolites, trichloroacetic acid and free trichloroethanol. *Toxicol Appl Pharmacol* 152:339-359 (1998).
4. Fujiwara K: Uber eine neue sehr empfindliche reaction zum chloroformnachweis. *Setzber Abhandl Naturforsch Ges Rostock* 6:33-43 (1914).
5. Ikeda M: Reciprocal metabolic inhibition of toluene and trichloro-ethylene in vivo and in vitro. *Int Arch Arbeitsmed* 33:125-130 (1974).
6. Ikeda M; Miyake Y; Ogata M; Ohmori S: Metabolism of trichloroethylene. *Biochemical Pharmacology*, 29, 2983-92 (1980).
7. Ikeda M; Ohtsui H: A comparative study of the excretion of Fujiwara reaction-positive substances in urine of humans and rodents given trichloro or tetrachloro derivatives of ethane and ethylene. *Br J Ind Med* 29:99-104 (1972).
8. Inoue O; Seiji K; Kawai T; et al.: Relationship between vapor exposure and urinary metabolite excretion among workers exposed to trichloroethylene. *Am J Ind Med* 15:103-110 (1989).
9. Muller G; Spassovski M; Henschler D: Trichloroethylene exposure and trichloroethylene metabolites in urine and blood. *Arch Toxikol* 29:335-340 (1972).
10. Muller G; Spassovski M; Henschler D: Metabolism of trichloroethylene in man, II. Pharmacokinetics of metabolites. *Arch Toxikol* 32:383-395 (1974).
11. Muller G; Spassovski M; Henschler D: Metabolism of trichloroethylene in man, III. Interaction of trichloroethylene and ethanol. *Arch Toxikol* 33:173-189 (1975).
12. Nomiya K: Estimation of trichloroethylene exposure by biological materials. *Int Arch Arbeitsmed* 27:281-292 (1971).
13. Nomiya K; Nomiya H: Dose-response relationship for trichloroethylene in man. *Int Arch of Occ Environ Hlth*, 39, 237-48 (1977).
14. Nomiya K; Nomiya H: Metabolism of trichloroethylene in human, sex difference in urinary excretion of trichloroacetic acid and trichloroethanol. *Int Arch Arbeitsmed* 28:37-48 (1971).
15. Poet T; Corley R; Thrall K; et al.: Assessment of percutaneous absorption of trichloroethylene in rats and humans using MS/MS real time breath analysis and physiologically based pharmacologic modeling. *Toxicol Sci* 56:61-72 (2000).
16. Sato A; Nakajima T; Fujiwara Y; Murayama N: A pharmacokinetic model to study the excretion of trichloroethylene and its metabolites after an inhalation exposure. *Br J Ind Med* 34:56-63 (1977).
17. Seiji K; Inoue O; Jin C; et al.: Dose-excretion relationship in tetrachloroethylene-exposed workers and the effect of tetrachloroethylene co-exposure on trichloroethylene metabolism. *Am J Ind Med* 16:675-684 (1989).
18. Stewart R; Hake C; Peterson J: Use of breath analysis to monitor trichloroethylene exposures. *Arch Environ Health* 29(1):6-13 (1974).
19. Stewart RD; Dodd HC; Gay HH; Erley DS: Experimental human exposure to trichloroethylene. *Archives of Env Hlth*, 20, 64-71 (1970).
20. Traiger GJ; Plaa GL: Chlorinated hydrocarbon toxicity, potentiation by isopropyl alcohol and acetone. *Arch Environ Health* 28:276-278 (1974).
21. Triebig G; Essing HG; Schaller KH; Valentin H: Biochemical and psychological examinations of trichloroethylene exposed volunteers (in German). *Zbl Bakt Hyg* 163:383-416 (1976).