



## 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene)(4)



연세대학교  
보건대학원 교수  
김치연

CAS 번호 : 79-01-6

동의어 : Trichloroethene

분자식(Molecular formula) : C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>

### RECOMMENDED BEI<sup>®</sup>

분석물질	시료채취시간	BEI <sup>®</sup>	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

### 현재 유효한 데이터베이스

트리클로로에틸렌의 노출 지표로 소변 중 트리클로로아세트산을 BEI로 권고하기 위한 유용한 자료는 충분하다.

### BEI 권고

TLV-TWA와 같은 동일한 건강보호 수준을 제공하기 위한 BEI는 소변 중 트리클로로아세트산 농도 15 mg/L로 권고되었다. 만약 BEI를 백인 이외에 다른 인종과 민족의 근로자들에게 생물학적 지표로 사용한다면 더 낮은 값으로 설정하는 것을 고려해야 한다.

트리클로로아세트산은 염소를 포함하는 에탄 및 에틸렌의 대사산물이기 때문에 검사 결과는 특이적이지 않다(nonspecific, Ns). 혈액 및 호기에서의 트리클로로에틸렌 측정은 트리클로로아세트산 분석 결과가 의심될 때 확인 검사로 권고되었다.

알코올 섭취는 낮은 트리클로로아세트산 농도를 초래하며 노출의 과소평가로 이어질 수 있다. 트리클로로아세트산 농도에 대한 다른 유기화합물의 상호 노출 및 인종, 민족적 요인의 영향은 충분히 실험적으로 연구되지 않았다. 또한 효소들의 상호 경쟁이 노출의 과소평가로 이어질 수도 있다.

권고된 BEI (15 mg/L)는 국제 단위계(IS)의 0.1m mol/L에 상응한다.

### 다른 권고 값

DFG(2006)에서 보고한 자료 <표1> 외에 다른 권고 값은 검색되지 않았다.

<표1> 공기 중 Trichloroethylene 농도(Airborne TCE)와 소변 중 Trichloroacetic Acid 농도(Urinary TCAA) 관계 DFG(2006)

Airborne TCE	Urinary TCAA
10	20
20	40
30	60
50	100



### 혈액 중 트리클로로에탄올(가수분해하지 않은 형태)

#### 혈액 분석 방법

혈액 중 가수분해하지 않은 트리클로로에탄올은 노말-헥산의 추출 후(Ertle 등, 1972; Herbolsheimer와 Funk, 1974; Kimmerle와 Eben, 1973) 또는 헤드스페이스법(headspace technique)을 거친 후 가스크로마토그래피로 농도를 결정한다(Breimer 등, 1974; Pleil 등, 1998). 헤드스페이스법은 혈액 시료를 황산으로 화학적 가수분해한 후(Breimer 등, 1974; Monster와 Boersma, 1975) 또는  $\beta$ -글루쿠로니다아제로 가수분해 한 후(Christensen 등, 1988) 총 트리클로로에탄올(free and conjugated)을 결정하는데도 사용한다. 총 트리클로로에탄올의 50%에 상응(Breimer 등, 1974)하는 순수한 트리클로로에탄올(free form)이 모든 연구에서 BEI로 평가되었다. BEI는 비결합된 트리클로로에탄올(unconjugated TCOH)이므로 가수분해 전처리를 거치면 안 된다.

#### 혈액시료 채취 및 보관

정맥혈 시료는 주말 작업 종료 시 EDTA 항응고제로 처리하면서 채취한다. 혈액은 항응고제가 처리된 밀봉된 용기에 채취하여 냉장 보관한다. 손가락이나 컷볼에서 얻은 용혈된 모세 혈액은 냉장상태에서 밀봉된 유리 용기에 최대 2주까지 보관할 수 있다(Herbolsheimer와 Funk, 1974).

#### 혈액 동력학

혈액 중 트리클로로에탄올의 약 50%는 글루쿠론산과 결합된다(Breimer 등, 1974). 혈중 반감기는 12시간이며 노출동안에는 급격히 농도가 상승하며 노출이 끝난 후에는 혈액 중 트리클로로에탄올 농도가 감소하기 시작한다(Muller 등, 1972; Ertle 등, 1972). 트리클로로에탄올은 간헐적인 노출 후 처음 3일간은 혈액에 축적한다(Muller 등, 1972; Ertle 등, 1972; Kimmerle와 Eben, 1973). 혈액 중 트리클로로에탄올의 농도는 노출되는 양과 선형관계는 아니다. 노출이 100ppm을 초과할 때는 혈액 중 free form의 트리클로로에탄올 농도 비율이 노출 농도로써 상승하기 시작한다(Ertle 등, 1972).

### 혈액 중 트리클로로에탄올 결과 해석에 영향을 미치는 요인

#### 시료 채취 및 분석 절차

BEI는 순수한 트리클로로에탄올(free fom)를 권장하고 있기 때문에, 가수분해는 반드시 피해야 한다.

### 노출

트리클로로에탄올은 일부 다른 염소를 함유한 탄화수소(예를 들면 1,1,1,2-tetrachloroethan, perchloroethylene, methyl chloroform, chloral hydrate)의 대사산물이다. 이러한 염소-함유 탄화수소의 노출 및 비직업적인 트리클로로에틸렌의 노출은 혈액 중 트리클로로에탄올을 증가시킨다. 결과적으로, 작업장 공기 중 트리클로로에틸렌과 혈액 중 트리클로로에탄올의 비율은 BEI/TLV보다 작다. 혈액 중 트리클로로에틸렌의 다성분 동시 분석은 트리클로로에틸렌으로부터 기인한 트리클로로에탄올의 확인에 사용한다. 에탄올의 섭취는 혈액 중 트리클로로에틸렌이 트리클로로에탄올 및 트리클로로아세트산으로 대사하는 것을 40%만큼 저해한다. 이 연구에서 혈액 중 트리클로로에틸렌 농도는 2.5배 증가했다.

트리클로로에탄올은 드라이클리닝을 한 의류 및 다른 비직업적인 노출에 의해 혈액 중에서 발견될 수 있다. 다른 용매와 염소-함유 에탄 및 에틸렌, 알코올 섭취 그리고 디설피람 및 포수 클로랄의 복용으로 인한 노출은 분석결과 해석 시 고려되어야 한다.

혈액 중 트리클로로에틸렌 농도에 관한 다른 용매의 효과는 광범위하게 연구되지 않았다. 하지만, 다른 용매와의 상호 노출되는 동안 트리클로로에탄올 농도가 트리클로로에틸렌 대사의 저해로 인해 감소될 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 이러한 상황에서 혈액 중 트리클로로에탄올과 작업장 중 트리클로로에틸렌 측정 비율은 BEI/TLV 비율보다 크게 관찰되었다. 트리클로로에탄올의 측정치가 대기 모니터링으로 나타난 수치보다 클 때 트리클로로에틸렌의 남용 및 액상 트리클로로에틸렌의 과도한 피부접촉을 고려해야 한다.

### 인구특성

알코올 및 알데히드 탈수소효소의 부족과 치료용 디설피람 노출은 트리클로로에틸렌에 노출된 근로자의 플러시 및 알코올 과민 반응 유발 가능성을 증가시킬 수 있다.

혈액 중 트리클로로에탄올 농도는 인종과 민족 차이에 의한 변동이 예상되지만, 아직 진행된 연구는 없다. 🍷



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. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: 2006 draft Documentation supporting the Notice of Intended Changes for a Trichloroethylene TLV. Available for purchase online at: <http://www.acgih.org/store/> (2006).
3. Breimer DD; Ketelaars HCJ; Van Rossum JM: Gaschromatographic determination of chloral hydrate, trichloroethanol and trichloroacetic acid in blood and in urine employing head-space analysis. *J Chromatog* 88:55 - 63 (1974).
4. Christensen JM; Rasmussen K; Koppen B: Automatic headspace gas chromatographic method for the simultaneous determination of trichloroethylene and metabolites in blood and urine. *J Chromatog* 442:317 - 323 (1988).
5. 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).
6. 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).
7. Herbolsheimer R; Funk L: Gas chromatographic determination of trichloroethylene, trichloroethanol, trichloroacetic acid and ethanol in one analytical procedure from one sample (in German). *Arch Toxicol* 32:209 - 215 (1974).
8. Kimmerle G; Eben A: Metabolism, excretion and toxicology of trichloroethylene after inhalation, 2. Experimental human exposure. *Arch Toxikol* 30:127 - 138 (1973).
9. Monster AC; Boersma G: Simultaneous determination of trichloroethylene and metabolites in blood and exhaled air by gas chromatography. *Arch Occup Environ Health* 35:155 - 163 (1975).
10. Muller G; Spassowski M; Henschler D: Trichloroethylene exposure and trichloroethylene metabolites in urine and blood. *Arch Toxikol* 29:335 - 340 (1972).
11. Pleil J; Fisher J; Lindstrom A: Trichloroethene levels in human blood and exhaled breath from controlled inhalation exposure. *Environ Health Perspect* 106: 573 - 580 (1998).