



CARBON MONOXIDE(2)

CAS 번호 : 630-08-0

분자식(Molecular formula) : CO

BEI 권고

평가 대상물질	시료채취 시간	BEI	경고주석
혈액 중 Carboxyhemoglobin(CO _{Hb})	작업종료 후	3.5% of hemoglobin	B, Ns
호기 중 Carbon monoxide	작업종료 후	20ppm	B, Ns



연세대학교
보건대학원 교수
김치년

혈액 중 카복시헤모글로빈(COHB)

측정 해석에 영향을 미치는 요인들

(Factors Affecting Interpretation of Measurements)

분석 및 시료채취 절차(Analytical Procedure and Sampling)

가시광선영역 자동 분광광도계는 직업적으로 노출된 인구의 혈액에서 COHb를 측정할 수 있는 감도와 정밀도가 충분한 분석 방법이다. 가스스크로 마토그래피는 낮은 수준의 COHb(<2%)를 측정하는 데 추천되며 COHb 수준이 10% 미만인 경우는 선택되어야 한다. 노출 3시간 동안 혹은 노출 종료 후 10분에서 15분 이후에 채취한 시료의 측정치는 BEI와 비교되어선 안 된다. 시료의 오염은 피해야 한다. 박테리아로 인해 일산화탄소가 형성되고 헤모글로빈이 변성되는 것을 피하기 위해 사전 조절제를 추가해야 한다.

노출(Exposure)

직업적으로 일산화탄소에 노출되지 않은 개인의 COHb는 일산화탄소의 내재적 생성, 흡연 습관, 환경 노출에 따라 다르다. 이러한 변화는 5% 이하의 COHb 측정치의 해석에 영향을 줄 수 있다. 혼잡한 도로를 통근하는 근로자는 COHb 수준이 5% 이상으로 직장에 도착할 수 있다. BEI는 담배 흡연자에게 적용될 수 없다. 추가적으로, 현재 염화메틸렌의 TLV-TWA(50ppm)에 대한 직업적 노출은 1.5~2.5%의 COHb를 초래할 수 있다.

인구(Population)

감소된 산소 운반능력 또는 감소된 산소 가용성을 가진 인구는 일산화탄소 독성 위험이 증가할 수 있다. 산소 공급을 방해하는 호흡기질환을 가진 근로자와 임산부와 태아 또한 위험이 증가할 수 있다. 해발 5,000 피트 이상인 고지대에 거주하는 인구는 대기 중 산소 분압이 낮기 때문에 일산화탄소에 더 민감하다.^{18, 19, 20, 21} 중노동, 고온, 고도가 일산화탄소에 노출된 근로자의 건강 위험에 영향을 준다.

정당성(Justification)

혈중 카복시헤모글로빈과 공기중 일산화탄소 농도와의 관계

CFK 방정식에서는 25ppm에서 8시간 노출되면 3~4%의 COHb 수준일 것으로 예상된다. 평균 실험값은 예측과 잘 일치하지만, 개인별 다양성은 크다.^{17, 18}

혈중 카복시헤모글로빈과 생물학적 효과의 관계

일산화탄소의 독성은 미국국립과학아카데미(National Academy of Sciences)¹⁹, 미국산업안전보건 연구소(NIOSH)²⁰, 세계보건기구(WHO)²¹, 그리고 가장 최근엔 미국환경청(EPA)에서 광범위하게 보고하였다. 혈액의 산소 운반능력 저하, 조직에 대한 산소 방출 장애 및 세포 내 산화과정 방해로 인해 COHb 포화와 산소 요구량에 비례하는 조직 저산소증이 발생한다. 뇌·심혈관 계통, 골격근 운동 및 태아 발달은 저산소증에 가장 민감한 조직이다. 따라서 일련의 시험들은 신경행동학적 기능, 심혈관계 운동능력, 발달 독성에 초점을 맞춘다.

신경행동학적 효과

인간 행동에 대한 일산화탄소의 영향은 Laties와 Merigan에 의해 비판적으로 재검토되었다.²² 지각, 복잡한 지적 행동, 문제 해결 및 의사 결정에 관한 연구는 부족하다. 시각 기능에 대한 연구는 일반적으로 COHb 수준이 20% 미만일 때 어떤 영향도 나타나지 않았다. 예외로 3건의 연구는 COHb 수준이 3~5%로 낮은 경우를 보고하였다. 그러나 이 연구들은 이중맹검법이 아니므로 고농도(예: 1,000ppm 일산화탄소에 5분간 노출)의 짧은 노출

에 사용해야 한다. 또한, 실험 설계 및 데이터 분석에 대하여 정확히 설명하지 않았다.

COHb가 헤모글로빈의 10% 이하일 때 조정, 추적, 운전능력 감소와 같은 운동에 대한 영향이 나타나지 않았다. 작은 환경 변화(간헐적으로 발생하는 신호)에 대한 각성 및 감지의 감소는 상대적으로 낮은 COHb 수준에서도 관찰되었다. Putz 등은 일련의 이중 맹검 연구에서 운동 효과와 감지 능력을 동시에 조사하였다.^{23, 24, 25} 일산화탄소 3가지 농도에서의 각각 4시간의 노출은 1%, 3%, 5%의 COHb 수준이었다. 가장 높은 일산화탄소 농도에 4시간 동안 노출된 후 COHb가 5%에 도달했을 때 추적 오류와 응답대기 시간의 빈도가 증가하였다. 경계의 변화는 관찰되지 않았다.

Mihivic 등²⁶과 Gliner 등²⁷은 일산화탄소가 서로 다른 이중 작업에 미치는 영향을 조사하고 5% COHb에서 기능 저하를 관찰하였다. 반면 Benignus 등²⁸은 8.2% COHb에서 이중 작업(광모니터링과 추적)의 수행에 아무런 영향을 주지 않았다고 보고하였다. Insogna와 Warren 등²⁹은 COHb의 4.2% 수준에서 멀티테스킹 비디오 게임에 대한 총 경기 점수가 감소하는 것을 보고하였다.

일산화탄소가 인지 기능에 미치는 영향은 일반적으로 5~20% 사이에서 분명하게 유발한다.²² Bunnel과 Horvath³⁰는 여러 인지 검사에서 운동효과를 연구하였다. 일정한 COHb 수준 7% 혹은 10%를 유도한 일산화탄소 노출 동안의 운동은 0%, 30%, 60% 최대 산소 섭취량이 증가하는 것을 측정하였다. 높은 수준의 운동은 인지능력을 감소시켰다.

요약하면, 8% 이하의 COHb 수준에서 관찰되는 신경행동학적 기능에 대한 일산화탄소 노출의 영향은 주의와 다중 작업 수행이 약간 감소하는 것이다. 운동을 병행한 인지능력에 미치는 영향은 향후에도 연구할 가치가 있다.

운동 수행능력(Exercise Performance Capacity)

많은 연구가 일산화탄소 노출이 운동 수행능력에 미치는 영향을 조사하였다. Aronow와 Cassidy³¹는 10명의 건강한 중년 비흡연자를 대상으로 일산화탄소 100ppm(평균 COHb, 3.95%)에 1시간 동안 노출시켰다. 평균 트레드밀(treadmill) 운동은 일산화탄소가 배출되기 전 698초에서 663초로 현저히 감소하였다. Drinkwater 등³²은 20명의 젊은 건강한 남성 흡

연자 10명과 비흡연자 10명을 대상으로 트레트밀 운동 최대 시 일산화탄소 50ppm에서의 노출 효과를 조사하였다. 비흡연자(CO Hb 포화도 2.5%)에서 소진될 때까지의 평균 운동 시간은 20.9분에서 19.9분으로 감소하였다. 그러나 흡연자에서는 변화가 없었다. 🐼

참고 문헌

1. Chung, S.J.: Formulas Predicting Carboxyhemoglobin Resulting from Carbon Monoxide Exposure. *Vet. Hum. Toxicol.* 30:528–532 (1988).
2. Hauck, H.; Neuberger, M.: Carbon Monoxide Uptake and the Resulting Carboxyhemoglobin in Man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53:186–190 (1984).
3. National Academy of Sciences: Carbon Monoxide. NAS, Washington, DC (1977).
4. U.S. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Carbon Monoxide. DHEW (NIOSH) Pub. No. 73-11000; 1972. n: NIOSH Criteria Documents Plus CD-ROM. DHHS (NIOSH) Pub. No. 97-106; NTIS Pub. No. PB-502-082.
5. World Health Organization: Carbon Monoxide. Environmental Health Criteria No. 13. WHO, Geneva (1979). 22. Laties, V.G.; Merigan, W.H.: Behavioral Effects of Carbon Monoxide on Animals and Men. *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 19:357–392 (1979).
6. Putz, V.R.; Johnson, B.L.; Setzer, J.V.: Effects of Carbon Monoxide on Vigilance Performance. DHEW (NIOSH) Pub. No. 77-124; NTIS Pub. No. PB-274-219. National Technical Information Service, Springfield, VA (1976).
7. Putz, V.R.; Johnson, B.L.; Setzer, J.V.: A Comparative Study of the Effects of Carbon Monoxide and Methylene Chloride on Human Performance. In: Proceedings of the First Annual NIOSH Scientific Symposium, Cincinnati, Ohio, April 1978. K. Bridbord and J. French, Eds. *J. Environ. Pathol. Toxicol.* 2(5):97–112 (1979).
8. Putz, V.R.: The Effects of Carbon Monoxide on Dual-Task Performance. *Hum. Factors* 21:13–24 (1979).
9. Mihevic, P.M.; Gliner, J.A.; Horvath, S.M.: Carbon Monoxide Exposure and Information Processing During Perceptual Motor Performance. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 51:355–363 (1983).
10. Gliner, J.A.; Horvath, S.M.; Mihevic, P.M.: Carbon Monoxide and Human Performance in a Single and Dual Task Methodology. *Aviat. Space Environ. Med.* 54:714–717 (1983).
11. Benignus, V.A.; Muller, K.E.; Barton C.N.; et al.: Effect of Low Level Carbon Monoxide on Compensatory Tracking and Event Monitoring. *Neurotoxicol. Teratol.* 9:227–234 (1987).
12. Inogna, S.; Warren, C.A.: The Effect of Carbon Monoxide on Psychomotor Function. In: Trends in Ergonomics/Human Factors I. A. Mital, Ed. Elsevier/North-Holland, Amsterdam (1984).
13. Bunnell, D.E.; Horvath, S.M.: Interactive Effects of Physical Work and Carbon Monoxide on Cognitive Task Performance. *Aviat. Space Environ. Med.* 59:1133–1138 (1988).
14. Aronow, W.S.; Cassidy, J.: Effect of Carbon Monoxide on Maximal Treadmill Exercise: A Study in Normal Persons. *Ann. Intern. Med.* 83:496–499 (1975).
15. Drinkwater, B.L.; Raven, P.B.; Horvath, S.M.; et al.: Air Pollution, Exercise and Heat Stress. *Arch. Environ. Health* 28:177–181 (1974).