

CADMIUM AND INORGANIC COMPOUNDS(4)

연세대학교 보건대학원 교수 / 김치년



CAS 번호 : 7440-43-9(Elemental cadmium)
 실험식(Empirical formula) : Cd(Elemental cadmium)

BEI 권고사항

분석 물질	시료채취	BEI	경고주석(Notation)
소변 중 카드뮴	Not critical	5 µg/g creatinine	B
혈액 중 카드뮴	Not critical	5 µg/L	B

소변 중 카드뮴

소변 중 카드뮴의 권고 기준의 타당성 요약

대부분의 연구 결과 카드뮴 농도가 5 µg/g creatinine을 초과 할 때 NAG 또는 β2M의 배설도 증가하였다. 이러한 변화는 정상값의 범위 내에서는 증상이 없었으며 노출이 중단 된 후에도 신장 기능의 저하는 발생하지 않았다. 카드뮴이 신장에 병리학적으로 악영향을 주지 않을 수도 있지만 변화는 진행되고 연령과 관련된 영향을 감안할 때 임상적으로 유의하다고 제안하였다.

따라서 소변 중 카드뮴 농도를 5 µg/g creatinine 이하로 유지하기 위해 노력해야 한다. 카드뮴 농도를 소변 비중으로 보정한 증거자료는 없었다.⁸⁾⁹⁾

현재 유용한 데이터베이스

소변 중 카드뮴 농도와 신장 기능 사이의 관계에 대한 정보의 양은 BEI를 설정하기에 충분하다.

권고사항

ACGIH에서는 카드뮴 만성 노출에 대한 특정 검사로 소변 중 카드뮴 모니터링을 권고하고 있다. 카드뮴 농도 $5 \mu\text{g/g creatinine}$ 을 BEI로 권고하고 있다. 측정시간은 중요하지 않지만, 시료가 오염되지 않도록 주의해야 한다. 권고된 BEI는 근로자의 신장 기능장애 발생 가능성을 방지하기 위한 것이다.

BEI인 $5 \mu\text{g/g creatinine}$ 은 카드뮴 배설이 $5 \mu\text{g/g creatinine}$ 이상에서 신장 기능 장애의 표적기관 변화를 나타내는 연구 결과들을 근거로 설정하였다. 권고된 BEI를 국제단위(SI)로 환산하면 $5 \mu\text{mol/mol}$ 에 해당한다.

혈중 카드뮴

혈액 중 카드뮴 분석방법

혈중 카드뮴 분석에 가장 널리 사용되는 방법은 전기열원자화검출기(electrothermal atomization detector, ETA)가 부착된 원자흡광광도법(AAs)이다.^{1) 2)} 소 혈액에 질산카드뮴이 첨가된 정도관리(QC) 시료 조제 절차와 isotope dilution mass spectrometry에 의한 분석 절차는 이미 제시되어 있다.⁴⁾ 인증된 추천 표준시료를 이용할 수는 없지만, 독일에서는 냉각-건조 혈액 추천 시료가 시판되고 있다.^{2) 3)}

혈액시료 채취 및 보관

혈액시료는 중금속 오염이 없는 산류로 세척된 헤파린이 첨가된 유리 또는 플라스틱 튜브에 채취한다.²⁾ 시료 채취한 날 가급적 분석을 실시하며, 다음날 분석하는 경우는 냉장 보관한다.

생물학적 수준(Biological Levels)

직업적 노출이 없는 경우의 혈액 중 카드뮴 수준

혈액 중 카드뮴 농도는 나이, 흡연, 환경오염, 카드뮴 섭취에 따라 결정된다.⁵⁾ Elinder⁵⁾는 다수의 비직업적으로 카드뮴에 노출된 사람의 혈액 중 카드뮴 농도를 측정된 연구를 검토해본 결과, 하루 카드뮴 섭취량은 $10 \mu\text{g/day}$ 에서 $20 \mu\text{g/day}$ 이며, 비 흡연자의 경우 혈액 중 카드뮴 농도는 $0.4\sim 1.0 \mu\text{g/L}$, 흡연자의 경우는 $1.4\sim 4.5 \mu\text{g/L}$ 사이의 평균농도이었다. 혈중 카드뮴 농도는 성별과 연령에 의한 영향도 있지만, 흡연 유무가 가장 큰 영향을 미친다. 혈액 중 카드뮴 농도의 증가는 하루 흡연량과 관련이 있다.

혈액 중 카드뮴의 동력학(Kinetics)

혈중 카드뮴의 70~80%는 적혈구에 존재하고, 약 60%는 metallothionein과 결합하고 있다. 혈장 카드뮴은

albumin과 metallothionein의 두개의 단백질에 결합되어있다. 2편의 연구에서 카드뮴의 직업적 노출에 의한 혈액 중 카드뮴 농도 상승에 대해 보고하였다. 혈액시료를 채취한 4명 신입 근로자들의 카드뮴 노출농도는 $110 \mu\text{g Cd/m}^3 \sim 2,125 \mu\text{g Cd/m}^3$ 이었다.

Lauwerys 등⁷⁾은 120일 까지 카드뮴에 노출되었을 때, 선형적인 증가를 관찰하였다. 비슷한 결과는 Kjellstrom⁶⁾의 연구에서 카드뮴에 노출된 17명의 신입 사원을 대상으로 실시한 연구에서 확인 할 수 있었다. Jarup 등¹⁰⁾은 카드뮴 노출 중단 후 15년이 지난 근로자 5명을 대상으로 연구를 실시했다. 체내 카드뮴 제거 반감기는 75일~130일, 7.4년~16년이었다(6년~11년 사이에 신장 기능 장애 없었음).

혈액 중 카드뮴 결과 해석에 영향을 미치는 요인

혈액시료 채취 및 분석 절차

결과는 분석 방법에 따라 달라질 수 있다. 분석과정에서 증발에 의한 카드뮴 손실과 시약 오염은 분석 결과 오차에 주요 요인으로 작용한다. 분석 정도관리 프로그램을 실시하는 것이 필요하다.

노출

혈액 중 카드뮴 농도에는 흡연 유무가 상당부분 기여한다. 특히 혈액 중 카드뮴 농도가 $5 \mu\text{g/L}$ 이하의 저 농도 노출 근로자에게는 많은 영향을 준다. 혈액 중 카드뮴 농도는 신체 부담과 관련이 있고 부분적으로는 최근 노출에 영향을 받는다. 체내 카드뮴의 누적량을 추정하기 위해 혈액 중 카드뮴의 정기적 모니터링이 제안되었다.^{10) 11) 12) 13) 14)}

인구학적 특성

인구학적으로 혈중 카드뮴 농도에 영향을 미치는 관련 요인의 특성은 확인되지 않았다. ☹

참고문헌

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: 1990 Notice of Intended Changes: Cadmium and Compounds. Appl. Occup. Environ. Hyg. 5:536-539 (1990).
2. Elinder, C.-G.; Lind, B.: Principles and Problems of Cadmium Analysis. In: Cadmium and Health. L. Friberg et al., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL (1985).

3. Angerer, J.: Cadmium. In: Analyses of Hazardous Substances in Biological Materials: Methods for Biological Monitoring, pp. 85-96. J. Angerer and K.H. Schaller, Eds. VCH, New York (1988).
4. Friberg, L.; Vahter, M.: Assessment of Exposure to Lead and Cadmium Through Biological Monitoring: Results of a UNEP/WHO Global Study. *Environ. Res.* 30:95-128 (1983).
5. Elinder, C.-G.: Normal Values for Cadmium in Human Tissues, Blood and Urine in Different Countries. In: Cadmium and Health. L. Friberg, et al., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL (1985).
6. Kjellstrom, T.: Exposure and Accumulation of Cadmium in Populations from Japan, the United States and Sweden. *Environ. Health Perspect.* 28:169 (1979).
7. Lauwerys, R.R.; Roels, H.; Regniers, M.; et al.: Significance of Cadmium Concentration in Blood and Urine in Workers Exposed to Cadmium. *Environ. Res.* 20:375-391 (1979).
8. Alessio, L.; Berlin, A.; Dell'Orto, A.; et al.: Reliability of Urinary Creatinine as a Parameter Used to Adjust Values of Urinary Biological Indicators. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 55:99-106 (1985).
9. Berlin, A.; Alessio, L.; Sesana, G.; et al.: Problems Concerning the Usefulness of Adjustment of Urinary Cadmium for Creatinine and Specific Gravity. *Int. Arch. Occup. Health* 55:107-111 (1985).
10. Jarup, L.; Rogenfelt, A.; Elinder, C.-G.; et al.: Biological Half-Time of Cadmium in the Blood of Workers after Cessation of Exposure. *Scand. J. Work Environ. Health* 9:327-331 (1983).
11. Deutsche Forschungsgemeinschaft: List of MAK and BAT Values 2000: Maximum Concentrations and Biological Tolerance Values at the Workplace, p. 185. Report 36. Commission for Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area, Wiley-VCH, Weinheim, FRG (2000).
12. Rogenfelt, A.; Elinder, C.-G.; Jarup, L.: A Suggestion on How to Use Measurements of Cadmium in Blood as a Cumulative Dose Estimate. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 55:43-48 (1984).
13. Jarup, L.; Elinder, C.-G.; Spring, G.: Cumulative Blood Cadmium and Tubular Proteinuria: A Dose-Response Relationship. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 60:223-229 (1988).
14. Baker, E.L.; Peterson, W.A.; Holz, J.L.; et al.: Subacute Cadmium Intoxication in Jewelry Workers: An Evaluation of Diagnostic Procedures. *Arch. Environ. Health* 34:173-177 (1979).