

노출평가를 위한 BEI의 근거

CADMIUM AND INORGANIC COMPOUNDS(1)

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

특성(Properties)

카드뮴의 녹는점은 321°C, 끓는점은 765°C 이며,^{1), 2)} 부드러운 은빛의 연성금속이다. 용해도는 카드뮴 화합물의 수에 따라 다르다.¹⁾

흡수(Absorption)

카드뮴은 폐, 위장관을 통해 흡수된다. 작업장에서 발생하는 에어로졸, 먼지 및 가스는 폐를 통해 주로 흡수된다. 위장 흡수의 경우 작업장 내에서 손과 음식의 오염 등으로 인한 환경적 요인에서 노출된다.^{1), 2)}

폐(Pulmonary)

카드뮴은 흡입된 양의 0.1~50% 범위에서 폐에 흡수된다.^{3), 4)} 흡수 정도는 입자 크기 및 카드뮴 화합물의 용해도에 의존한다.

피부(Dermal)

인간을 대상으로 한 카드뮴의 경피 흡수 문헌은 찾을 수 없었다.

위장(Gastrointestinal)

건강한 사람의 경우 섭취된 카드뮴의 3~7% 사이의 범위에서 위장관으로 흡수한다. 칼슘, 철, 또는 단백질의 영양 결핍은 카드뮴의 흡수를 20% 증가시킨다.^{1), 4)}

제거(Elimination)

카드뮴의 생물학적 반감기는 10~30년 사이로 추정된다.^{2), 3), 4), 5), 6), 7), 8)} 인체 내 주요 제거 경로는 신장이다. 카드뮴을 섭취 할 경우, 배설물 내에 있는 카드뮴은 주로 흡수되지 않은 것이다. 체내로 흡수된 카드뮴이 배설물로 배출될 가능성은 낮다.³⁾ 카드뮴의 하루 총배설은 체내에 존재하는 카드뮴의 0.01~0.02% 정도이다.²⁾ 카드뮴은 신 세뇨관 손상을 유발하며, 또 다른 병인으로 신 세뇨관 기능 장애가 오고, 신장에서의 카드뮴 배설 증가가 나타난다.

체내 분포 및 생화학적 상호작용

혈장 및 조직내 카드뮴은 메탈로티오네인(metallothionein)과 결합되어, 약 6,500의 분자량을 갖는 작은 단백질과 고 분자량 단백질에 포함되어있다. 혈액 중 카드뮴은 주로 적혈구내 메탈로티오네인과 결합되어 있다. 저 농도의 카드뮴에 노출되었을 때는 40~80%가 간과 신장에 축적 되고, 근육에는 20% 정도가 축적된다.²⁾ 신장 내 높은 농도의 카드뮴은 피질 내에 존재한다. 카드뮴 노출이 증가할수록, 신장 내 카드뮴 농도는 감소하고, 간 내부 농도는 증가한다. 메탈로티오네인은 카드뮴 또는 2가 금속인 아연, 구리 및 수은과 같은 다른 금속에 의해 생성이 증가한다. 불충분한 양의 메탈로티오네인이 카드뮴과 결합할 경우, 아연 의존 효소의 영향으로 카드뮴의 독성이 발생할 수 있다.²⁾

비직업적 카드뮴의 노출

일반적인 공기 중에 카드뮴은 널리 분포하고 있다. 그 이유는 카드뮴이 아연과 밀접하게 관련되어 있고

아연은 자연에서 일반적으로 발견되기 때문이다.^{1), 2)}

대부분의 식품 재료내의 카드뮴 함량은 약 0.005~0.1 mg/kg 이며²⁾, 굴과 소 콩팥에는 카드뮴이 0.1~0.5 mg/kg이 함유되어 있다. 일본 일부 지역의 쌀에는 1 mg/kg이 함유 되어있고 이는 산업적 오염의 결과로 추정된다. 일본, 영국, 뉴질랜드 조개에는 카드뮴이 함유량이 높다. 산업 오염이 없는 지역의 성인은 매일 10~60 μg 을 섭취하고 0.5~1.5 μg 의 카드뮴을 흡수한다.²⁾ 일본의 오염 지역에서 일일 평균 섭취량은 400 μg 으로 높았다. 흡연이 카드뮴 노출의 주요 요인이다. 담배 1개비당 1~2 μg 의 카드뮴이 함유되어 있으며, 체내 폐에 25~50%가 존재한다.^{2), 3), 4)}

카드뮴의 TLV-TWA

1993년에 카드뮴 및 그 화합물에 대한 TLV-TWA는 총분진으로 0.01 mg/m³, 호흡성 분진은 0.002 mg/m³으로 강화되었다(모두 카드뮴으로 표시). 이 권고기준의 설정근거는 폐암 전위 및 신장 기능 장애의 임상 징후를 최소화 시키는데 있다.⁹⁾ (소변 중 $\beta 2$ -microglobulin 290 $\mu\text{g/L}$ 이상)

요약

소변 중 카드뮴 측정은 만성 카드뮴 노출에서 가장 널리 사용되는 생물 측정 자료이다. 그러나 노출된 첫 해에는 아무런 정보를 제공 받지 못한다. 혈액 중 카드뮴 측정은 카드뮴의 최근 노출 지표로 사용된다. 혈액 모니터링의 경우 노출 초기에만 사용되며, 노출 농도가 변화될 때는 사용해서는 안 된다. 생물학적 모니터링 자료를 해석할 때, 특히 개별 작업자의 경우는 생물학적 주기, 의학, 환경 모니터링 프로그램 등이 요구된다.

소변 중 카드뮴

소변 중 카드뮴 분석방법

소변 중 카드뮴 분석에 가장 널리 사용되는 방법은 원자흡광 광도법(AAs)과 전기열 원자화 광도법(ETA)이다.^{8), 9), 10)} 분석상 background 보정은 비특이적 흡수가 높기 때문에 필요하다. 다른 방법의 경우 감도 또는 실용성이 떨어진다. 크레아티닌의 측정도 필요하다.

소변시료 채취 및 저장

카드뮴은 배설 반감기가 길어 소변시료 채취 시간은 중요하지 않다. 시료의 오염은 심각한 문제이다. 그러므로 작업장에서 채취한 소변 시료의 경우 산으로 세척한 플라스틱이나 유리 병속에 보관하여야 한다.¹⁰⁾ 플라스틱 및 고무와의 접촉은 피하는 것이 좋다. 소변 시료는 -0°C에서 냉동보관 해야 되며, 분석 전 충분히 혼합한 후에 실시해야한다.¹³⁾

참고문헌

1. Elinder, C.G.: Cadmium: Uses, Occurrence and Intake, Cadmium and Health. L. Friberg, et al., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL (1985).
2. Friberg, L.; Kjellstrom, T.; Nordberg, G.: Cadmium. Handbook on the Toxicology of Metals, pp. 130-184. L. Friberg, G.F. Nordberg, and V. Vouk, Eds. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York (1986).
3. Nordberg, G.F.; Kjellstrom, T.; Nordberg, M.: Kinetics and Metabolism. In: Cadmium and Health. L. Friberg, et al., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL (1985).
4. Nordberg, G.F.; Nordberg, M.: Biological Monitoring of Cadmium. In: Biological Monitoring of Toxic Metals, pp. 151-168. T.W. Clarkson, et al., Eds. Plenum Press, New York (1988).
5. Tsalev, D.L.; Zaprianov, Z.K.: Cadmium. In: Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice, Vol. 1, Analytical Aspects and Health Significance, pp. 105-112. CRC Press, Boca Raton, FL (1983).
6. Friberg, L.; Kjellstrom, T.; Nordberg, G.; Piscator, M.: Cadmium Handbook on the Toxicology of Metals, pp.355-381. L. Friberg, et al., Eds. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York (1979).
7. Piscator, M.: Exposure to Cadmium. In: Trace Metals: Exposure and Health Effects. E. Di Ferrante, Ed. Commission of the European Communities. Pergamon Press, New York (1979).
8. Kjellstrom, T.; Nordberg, G.F.: Kinetic Model of Cadmium Metabolism. In: Cadmium and Health. L.Friberg, et al., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL(1985).
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: 1990 Notice of Intended Changes: Cadmium and Compounds. Appl. Occup. Environ. Hyg. 5:536-539 (1990).
10. 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).
11. Tsalev, D.L.: Cadmium. In: Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice, Vol. II., Determination of Individual Elements, pp. 39-49. CRC Press, Boca Raton, FL (1984).
12. Stoeppler, M.: Analysis of Cadmium in Biological Materials. In: Cadmium 81, Proceeding of the Third International Cadmium Conference, Miami, pp. 95-102. Cadmium Association, London (1982).
13. Piscator, M.; Vouk, V.B.: Sampling and Analytical Methods. In: Handbook on the Toxicology of Metals, pp. 33-45. L. Friberg, et al., Eds. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, New York (1979).