

카드뮴 중독

전문위원
백영한

역사적 사항

카드뮴(cadmium)은 수많은 금속중 비교적 치사성이 높은 금속이다. 카드뮴의 존재는 청동기시대, 즉 4,000년 전부터 알려져 있었고, 기원전 4세기에 는 그리스의 아리스토텔레스가 카드뮴화합물의 합성에서 언급하였다고 한다. 1818년 독일의 광물학자 스트로메이어(Strohmeyer)는 새로운 금속을 발견하였다하여 카드뮴으로 명칭하기를 제안하였다. 1858년 벨기에의 내과 의사 Sovet는 직업성 카드뮴 중독을 처음 보고하였다. 1907년에는 미국에서 생산되기 시작하여 그후 생산량은 비약적으로 증가하게 되었다. 또한 용도도 확대되었으며, 특히 제1차 세계대전 후에 미국에서 카드뮴전기도금법(鍍金法)이 도입되면서 카드뮴증기의 흡입폭로에 의한 급성중독이 다발하게 되었다.

급성중독에서는 화학성폐렴(Chemical Pneumonitis)이 주체인데 이것에 의한 사망사례가 속속 보고되어 공포의 대상이 되었다. 1946년 Barthelemy 등은 카드뮴 장기피폭로자의 이(齒)에 나타나는 황색소색침착에 주목하였고 같은해 스웨덴의 Friberg는 알카리축전지(بات터리) 공장의 작업자에게서 숨이참과 피로감이 다발하는 것을 알아차리고 방대한 일련의 조사를 실시하여 만성중독이 크게 주목을 받았다. Friberg는 1948년 카드뮴 장기피폭로자에게서 단백뇨(尿)가 고빈도로 출현하는 것을 밝혔으며, 1950년에는 만성피폭로자에게서 폐

기종(肺氣腫) 역시 고빈도를 나타내는 것으로 보고하였다. 다음해인 1951년에는 독일의 Baader가 알카리축전지(니켈·카드뮴) 제조업자에게서, 1954년에는 영국의 Lane과 Campbell이, 1955년에는 영국의 Bonnell이 구리(銅)·카드뮴합금(合金) 작업자에게서 각각 만성중독이 일어나는 것을 보고하여 만성중독의 존재가 겨우 확인되었다.

일반적 특성

금속 카드뮴은 원자번호 48, 원자량 112.41, 비중 8.64, 융점 320.9℃, 비점 767℃의 청백색을 띠는 금속이다. 물에는 불용(不溶)이나 산(酸)에는 용해성이 있다. 가열하면 쉽게 「흠(fume)」을 발생한다. 이 「흠」은 산화카드뮴(CdO)이다. 이것은 산(酸)에는 잘 녹으나 물에는 녹지 않는다.

용도와 중독발생직종

NIOSH에 의하면 카드뮴은 내부식성(耐腐食性)이 커서 철, 구리 등의 방청(防鏽, 녹쓰는것 방지)을 위해 쓰여진다. 카드뮴은 구리, 니켈, 금, 은, 비스무스, 알루미늄과의 합금(合金)으로도 만들어 지는데 이런 합금은 다른 재료의 피복재(被覆材), 용접봉(棒), 납땜 등에 사용된다. 카드뮴은 또한 니켈·카드뮴بات터리, 원자로의 중성자 흡수제, 폴리염화비닐수지(樹脂)의 안정제, 니켈도금에 있어서

의 탈(脫)산소제, 치과용 아말감 등에 사용되는 외에 형광등, 반도체, 광전관(光電管), 살충제 등에도 사용되어왔다.

카드뮴폭로는 카드뮴을 함유한 아연(亞鉛), 연(鉛) 및 동(銅)광석의 용해와 정련(精鍊) 혹은 분무도장(噴霧塗裝), 용접, 절단, 납땀, 열처리, 용융(熔融), 합금제조 기타 카드뮴화합물의 연소(燃燒)를 요하는 회수(回收)작업 등에서 일어난다.

Nomiyama에 의하면 카드뮴 또는 그 화합물의 흡 또는 분진이 발산되는 카드뮴정련, 가공, 카드뮴배터리, 화합물, 합금, 안료(顏料)의 제조, 카드뮴도금 등의 작업자 건강에 영향을 준다고 하였다.

일본에서는 급성중독이 용접작업이나 동(銅)조각의 용융에서, 만성중독은 색소제조작업 등에서 발생되어왔다.

흡수, 분포, 배설

카드뮴은 「흡」이나 분진의 형태로 흡수되어 중독이 일어난다. 분진의 크기에 따라 다르지만 20~40%는 흡수된다. 따라서 기도가 주된 침입경로이나 일부 카드뮴은 소화관까지 들어가는데 소화관에서의 흡수율은 6% 이하로 낮다.

흡수된 카드뮴은 혈류를 따라 전신의 장기에 분포하며 주로 간(肝)과 신장(腎)에 분포한다. 간에서는 metallothionein이라고 불리는 중금속결합저분자량 단백질과 결합한다. 체내에 축적되어 있는 카드뮴의 80~90%는 이 metallothionein과 결합되어 있다고 생각된다. 카드뮴은 간에서 신장으로 이행하는데 체내 카드뮴의 1/3은 신장에 축적된다. 그밖에 골, 고환, 췌장, 내분기기관, 뇌, 근(筋)에 축적된다.

카드뮴의 생물학적 반감기는 길어서 나이가 많아지면서 축적되어 간다. Fibers에 의하면 일단 흡수된 카드뮴은 장기간 체내에 잔류한다고 한다. 카드뮴은 폭로후 1년 이상 경과하지 않으면 요중의 양은 증가하지 않는다. 장기간 폭로되면 요중의 카드뮴은 증가하고 일단 증가되면 폭로가 되지 않더라도 쉽게 감소되지 않고 정상치로 돌아가지 않는다. Sudo와 Nomiyama에 의하면 요중 카드뮴농도의

반감기는 211일이라고 한다.

중독증상

카드뮴에 의한 중독증상의 발현은 개인차가 크다. 작업중 카드뮴의 체내침입은 그 미립자(분진이나 흡)의 형태로 기도를 통해 이루어지며 때로는 경구적으로 침입한다. 미립자의 직경이 클 경우(5 μ 이상)에는 일단 상기도에 침착한 것이 객출(咯出)되어 소화관에 재침입한다. 카드뮴이 분진이나 흡으로서 비산(飛散)해 있을 경우 흡의 독성이 강하다. 그 이유는 흡은 미세입자이며 폐포까지 쉽게 들어갈 수 있고 시간당 용해도가 높기 때문이다. 카드뮴의 흡은 자극성이 강하지 않고 냄새도 없기 때문에 그 위험성을 알아차리지 못하고 장시간 작업을 계속해 중독이 발생할 때가 많다. 또한 불용성의 분진도 장기간 흡입하면 만성중독을 일으킨다. 카드뮴에 의한 중독은 급성중독과 만성중독으로 대별된다. 급성중독과 만성중독에서는 증상이 전혀 다르기 때문에 양자는 나눠서 생각하여야 한다.

1. 급성중독

이것은 일반적으로 카드뮴이나 카드뮴합금의 용접작업 등에서 발생한 산화카드뮴의 고농도 흡과 분진을 흡입해서 일어난다. 이 급성중독은 기중(氣中)농도 1mg/m³ 이상에 8시간 동안 폭로되었을 때에 일어난다. 급성중독에서는 화학성폐렴이 주체가 된다. 따라서 급성중독에서는 화학성폐렴에 의한 증상이 주요증상이다. 중증의 경우 여기에 폐수종(肺水腫)이 가해지며, 카드뮴폭로동안이나 직후에는 자각증상과 같은 중독증상은 보이지 않는다. 가끔은 금속맛이나 구갈(口渴)을 느낄 때가 있으며, 증상은 약 4시간에서 8시간 후에 나타난다. 나타나는 증상에는 발열, 오한, 근육통 등의 금속열(metal fume fever)에 의한 것과 코·인두부의 자극 증상, 흉부압박감, 기침 등이 있다. 그리고 약 24시간에서 36시간 후에 흉부통이나 호흡곤란이 가(加)해지는데 중증에서는 호흡곤란이 진행되어 청색증, 천명(喘鳴)이나 각혈(咯血)이 올 때가 있다.

표 1은 Dunhy가 종합한 급성증상에 의한 증상 출현율과 발현까지의 시간을 나타낸 것이다.

표 1. 급성중독에 의한 증상(Dunhy, 1967)

증상	출현율(%)	잠복기간(시)
코·인두자극증상	51	4~8
홍통	51	24~36
두통	34	6~10
어지러움	34	6~10
기침	30	20
호흡곤란	26	30
구토	23	10
오심(惡心)	23	10
오한(惡寒)	13	10
탈력감	12	6~24
설사	7	10

2. 만성중독

카드뮴의 흡이나 분진을 장기간에 걸쳐 흡입하므로써 일어나는데, 기중농도 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 카드뮴을 2년 이상 흡입하는 경우에 나타난다고 한다.

카드뮴에 의한 만성적인 생체영향을 국소적인 것과 체내에서 흡수되어 나타나는 것이 있다. 국소적 생체영향에는 호흡기(만성 기관지염, 폐기종), 코(만성 비염, 취각(臭覺)탈실), 구강(치아의 색소 침착, 카드뮴황색환(黃色環))에 미치는 영향이 있다. 체내에 흡수되어서 일어나는 현상에는 전신성 자각증상으로서 피로감, 식욕부진, 오심, 변비 등이 있다. Friberg(1948) 역시 피로감, 신경질, 구갈(區渴), 기침, 숨참 등을 고빈도로 나타나는 증상으로 보고하였다. 주요한 자각증상은 힘든 작업시의 숨참이며, 전신에 미치는 영향으로서 신, 간, 골, 조혈기, 고환, 순환기 영향이나 발암성이 문제되어 왔는데, 특히 중요시되어 온 것은 폐와 신장에의 영향이다. Friberg(1950)는 만성중독에서 가장 현저한 변화는 호흡기계에 있고 폐기종과 취각장애가 높은 빈도를 보였다고 하였다. Vigliani(1969)는 만성중독의 가장 흥미있는 소견으로 단 백뇨를 들고 있다.

경과와 예후

과거 급성중독의 치사율은 15~20%라고 하여 무서워하였는데, 급성중독의 화학성폐렴은 서서히

호흡곤란이 진행되어 호흡이 힘들어 진다. 경증의 예후양호한 증례에서는 72시간 이내에 양호한 쪽으로 향하고 7~11일 사이에 회복되는 경우가 많으며 완전히 회복되는 데에는 2개월이 걸리는 일도 있다. 일반적으로 호흡기증상의 발현이 늦은 경우일수록 예후가 양호하다고 되어있다. 흉부통 등의 호흡기증상이 12시간 이내에 발현되는 경우에는 예후가 아주 나쁘다고 한다. 중증의 경우는 발열이 계속되는데 빠른 경우에는 48시간 이내에 심폐기능 부전으로 사망하기도 하며, 4~7일째에 사망하는 일이 많다. 화학성폐렴은 일단 회복된 후 폐섬유증이 수년 후에 출현하는 일도 있다.

만성중독의 예후는 폭로중지시기에 따라 다르다. 경도의 단백뇨나 아미노산뇨가 검출된 시기에 폭로로부터 이탈되면 비교적 조기에 증상이 경각되어 중독증상이 나타나는 일은 적다. 그러나 폐기종이나 신장장애가 중증이 되면 그 회복은 어려워지고 더욱 진행된다. 일단 폐기종이 나타나면 지속되고 서서히 악화되어 숨참이 심해져 작업능력이 저하된다. 만성중독에서는 폐기종이 사인이다.

임상검사

1. 말초혈액

급성중독에서는 백혈구증가를 보이며, 만성중독에서는 경도의 빈혈을 보일 수가 있다.

2. 혈액침강속도

급성중독과 만성중독에서 촉진된다.

3. 흉부 X-선

급성중독에서는 폐렴이나 폐기종의 소견을 보이며, 만성중독에서는 폐기종의 소견을 보인다.

4. 폐기능 검사

급성중독에서는 폐활량의 저하가 현저한데, 노력

성 폐활량, 1초량, 전폐활량 및 일산화탄소 확산능력(DLco)의 저하가 인식되어 왔다. 만성중독에서는 폐활량의 감소, 1초율과 노력성 폐활량의 저하, DLco의 저하를 보인다.

5. 동맥혈 가스분석

저산소혈증을 보인다.

6. 신장기능

신장의 근위(近位)세뇨관 장애로 인한 단백뇨, 당뇨, 아마노산뇨, 저분자단백뇨, 효소(酵素)뇨 등이 있다. 드물게는 신장기능장애가 진행되어 요세관인(隣) 재흡수기능저하, 대사성 액시도시스(acidosis)를 일으킬 수도 있다. 그러나 요소질소(BUN)는 항상 정상범위에 있다.

7. 간기능

잘알려진 이상으로 인정된 것은 없다.

진단

진단에는 카드뮴폭로력의 확인이 중요하며, 흉부의 이학적 소견은 조기진단에 별로 참고되지 않는다. 급성중독에서는 화학성폐렴이 주체가 되며, 급속열로 진단되는 것도 적지 않다. 금속흡 흡입후 호흡곤란이 올때에는 카드뮴에 의한 화학성폐렴을 항상 염두에 두어야 한다. 만성중독에는 폐기종과 신장장애가 주체가 된다. 신장장애로는 세뇨관의 재흡수장애 때문에 단백뇨가 나타나는데 특히 저분자단백뇨가 가장 최초로 카드뮴의 영향을 탐지해 낼 수 있는 것의 하나로 주목되게 되었다. β_2 -

microglobulin의 측정은 고감도로 비교적 정확히, 간단하게 측정할 수 있게 되어 저분자단백뇨의 증명에 가장 중요시 되어왔다.

또한 카드뮴폭로의 생물학적 지표로서 요중 카드뮴측정이 널리 쓰이게 되었는데, 요중 카드뮴량은 체내 카드뮴축적량을 반영하며 폭로년수와 상관성이 있다. 정상치는 $10 \mu\text{g}/\ell$ 이하이며, 중독예에서는 $100 \mu\text{g}/\ell$ 이상인 때도 많다. 한편 혈중 카드뮴농도 역시 최근 폭로의 좋은 지표가 되며, 이것이 $0.7 \mu\text{g}/\ell$ 이상이면 상당히 많이 폭로되었다는 것을 알 수 있다.

치료

고농도의 흡이나 분진에 폭로되었을 때는 우선 폭로장소로부터 격리시켜야 한다. 급성중독에서는 폐수종이 일어날 가능성을 염두에 두고 관찰을 계속해야 하며, 급성중독으로 호흡기증상이 나타났을 때는 우선 입원시키고 경증인 경우에는 48시간동안 완전히 안정시켜야 한다. 산소호흡을 시켜야 하며 경우에 따라서는 삽관(插管)을 넣어 기도(氣道)를 확보할 필요가 있다. 폐수종의 경우에는 「호로세미드」 「아미노피린(aminophyline)」을 사용하며, 중증예에서는 부신피질호르몬을 다량 사용한다. 감염방지를 위해서는 「테트라사이클린(tetracycline)」등의 항생물질을 투여하며, CaNa_2EDTA 나 BAL은 카드뮴 독성을 증가시킬 가능성이 있기 때문에 금기(禁忌)로 되어 있다.

만성중독에 의한 폐기종에 대해서는 대증요법을 행하며 신장장애에 대한 특수한 치료법은 없다. ♣

原文：井上尙英，2田中昭代 原田 章：カドミウム 中毒。産業醫學 ジセーナル Vol.16, No.2, pp26-31, 1993으로부터 抄譯