

연 (Lead)

역·박정일

〈서 론〉

1. 역학

연은 동종요법약제(homeopathic medicine)로 흡입하거나 섭취하기도 하고 화장품이나 건물페인트에 쓰였으며 그리고 오래전부터 사기그릇에 광을 내는데 사용되었었다. 로마제국이 멸망할 때에는 주로 은광산의 부산물로서 약 4천만톤 가량의 연이 생산되었다. 연은 또한 가장 오래전부터 알려진 독성물질이다. BC 2세기에 그리스의 시인의사는 처음으로 직업성 연중독을 기술하였다. 연의 사용과 환경오염은 지난 50년간 급격하게 증가하였는데 이는 그린란드의 빙하층에서 잘 나타난다. 산업혁명이 시작된 1780년에는 1g의 얼음에 연 10pg를 함유하였었다. 그런데 200년후에는 1g의 얼음에 20배나 많은 200pg의 연을 함유하였고 특히 1940년 이후 가장 큰 증가를 보였다. 매년 미국에서는 130만톤의 연을 소비하고 있으며 약 10만톤 가량을 공기와 물로 방출하고 있다.

연은 신체에서 유용한 작용을 하지 않는 것으로 알려졌다. 인간은 전생애에 걸쳐 폭로되는 양에 따라서 신체에 연을 축적한다. 도시거주자의 혈중 연 농도가 가장 높으며(20~25 $\mu\text{g}/\text{dl}$), 교외(15~20 $\mu\text{g}/\text{dl}$)나 농촌인구(10~14 $\mu\text{g}/\text{dl}$)는 그 농

도가 낮다. 이러한 농도는 기중연농도와 유연휘발유 사용과 관련이 있다. 평균적인 미국인의 혈중연농도는 유연휘발유 소비가 1976년에서 1980년 사이 55% 감소함에 따라 37% 감소하였다. 그러나 웨일즈 여성에서는 휘발유에 사용된 연량이 거의 변하지 않았는데도 1972년과 1982년 사이에 혈중연농도가 30% 감소하였다. 혈중 총연량의 24%에서 27%는 자동차 배기가스 때문이다.

최근의 연의 임상효과에 대한 연구들은 저농도 만성연폭로가 미치는 미묘한 신경정신학적 영향과 생식 및 신장에 미치는 영향들에 초점을 맞추고 있다. 소아는 연을 배출하는 능력이 작고 또 성인에 비해 연흡수가 잘되기 때문에 연이 신경정신계의 발달장애를 가져오는데 특히 민감하다. 연중독인지 모르고 사망한 소아의 수는 이제까지 생각했던 것보다 훨씬 클 수도 있다.

저농도의 연폭로가 성인에게 미치는 효과는 덜 분명하다. 신체에서 총 연부하량의 90% 이상이 뼈에 저장되기 때문에 혈중 연농도는 누적 폭로량보다는 최근의 폭로량을 나타낸다. 이렇게 직접 폭로량을 알 수가 없기 때문에 역학적 연구가 어렵다. 지금까지의 혈중연농도의 상승과 고혈압과의 관계에 대한 연구들은 서로 일치하지 않고있다. 산성의 연수(soft water)는 연의 용해도를 증가시키고 이러한 연농도의 상승이 연수를 공급받는 지역

에서 고혈압 및 심혈관사망율의 발생을 증가시킬 수 있는지에 대한 관심들이 크다. 또한 연흡수증가가 통풍, 고혈압, 신질환 및 신경독성에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 아직 확실한 결론이 나오지 않는다.

2. 연폭로원

1) 성인

성인에 있어서 연중독은 주로 작업장에서 흡입에 의하여 생긴다. 또한 연에 오염된 환경에서 먹거나 담배피는 것 같이 적절한 위생관리를 못하였을때 섭취에 의해서도 연폭로가 될 수 있다.

표 1은 연폭로의 가능성이 있는 직업들이다. 어떤 조사에서 보면 성인의 상승된 혈중 연량의 92% 이상이 직업성 폭로에 의하여 생겼다고 한다. 또 연페인트를 피하주사하였을때 연독성이 나타났다. 비직업성 폭로원으로서 는 취미나 연이 칠해진 용기, 관절근처에 박힌 연탄환 그리고 밀조위스키 등이 가능한 폭로원이다(표 2). 과일이나 야채주스 같은 산성음식은 충분히 구어지지 않은 사기그릇의 광택에서 연을 방출시켜 연섭취를 증가시킬 수 있다.

표 1 연중독의 위험이 있는 주된 직업

축전지 제조	금속 연마/연소/정련
낚시작업	도색
청동작업	색소작업
전선제조/접속	도관절삭
화학물질취급	도기제조
주조	인쇄
유리제조/광택	납땜
총알/총신제조	색유리제조
보석취급	용접
연 연소/제련	

Cullen MR, Robins JM, Eskenazi B: Adult inorganic lead intoxication Medicine 1983;62:231에서 인용

표 2. 연중독의 비직업성 폭로원

축전지 연소	민간 낙태약
총알 채내저류	사격
도자기 제조	연이 함유된 한약 섭취
굽지 않은 도기그릇으로 식사	연이 함유된 화장품 사용
연이 함유된 그릇으로 요리	납땜
밀조 포도주/위스키	

Cullen MR, Robins JM, Eskenazi B: Adult inorganic lead intoxication Medicine 1983;62:231에서 인용

2) 소아

소아에 있어서 연중독은 대개 오염된 환경에서 입을 통하여 생긴다. 표 3은 어린이들이 연에 폭로될 수 있는 환경이다. 미국에서도 5세 미만 모든 어린이의 3.9%와 도시영세민 혹은 어린이들의 18.6%에서 혈중 연농도가 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 가 넘었다. 폭로원으로는 집이나 다리에 연을 함유한 오래된 페인트, 연광택을 낸 그릇, 먼지나 지표면의 연(제련소 폐기장, 축전지케이스 소각장, 고속도로 근처 등)과 스페인계나 인디언의 전통약제 등이다. 현재의 법으로 페인트의 연함량을 0.06% 이하로 제한하고 있지만 1940년 이전에 지어진 오래된 집의 페인트에는 50% 이상의 농도로 연을 함유하고 있다. 이러한 집을 헐게 되면 상당히 연오염을 초래할 수 있다. 미국에서 약 2,700만 가구가 현재 연 페인트에 오염되어 있다. 근로자의 자녀들은 집에서 작업복에 묻은 연에 상당히 폭로될 수 있다. 그러나 연에 오염된 환경에 있는 아이들에 대한 연구에서 모두 신경독성을 나타낸 것은 아니다.

황화연은 나이지리아, 인도 및 아랍국가 등에서 검게 눈화장할때 쓰이는데 이는 연중독을 초래할 수 있다. 청소년에서 휘발유를 흡입하게 되면 4에 칠연이 무기연으로 바뀌면서 혈중 농도를 증가시키게 된다.

표 3. 소아환경중의 연폭로원

음식
혼합음식-평균 9.43 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ (범위 53~132 $\mu\text{g}/\text{d}$)
병에 든 아기 음식-평균 35 $\mu\text{g}/\text{L}$
모유-6-59 $\mu\text{g}/\text{L}$
오염원
통조림통에 든 아기 음식-평균 202 $\mu\text{g}/\text{L}$
윤이 나는 도기 찻잔에 든 냉음료-2000 $\mu\text{g}/\text{L}$
뼈로 만든 음식(건강식)-60-190 $\mu\text{g}/\text{g}$
페인트 조각-100,000 $\mu\text{g}/\text{g}$ 까지 함유할 수 있음
물
기준
세계보건기구-<100 $\mu\text{g}/\text{L}$
공중보건서비스(미국)-<50 $\mu\text{g}/\text{L}$
오염원
1,850 $\mu\text{g}/\text{L}$ 까지
2,595표본-1.4%, >50 $\mu\text{g}/\text{L}$, 최대 640 $\mu\text{g}/\text{L}$
공기
보통 연 함유량-1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
오염원
제련소 A, 1.6km 이내-8-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
제련소 B, 4.0km 이내-8-14-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
흙
외탄 지역-2-200 $\mu\text{g}/\text{g}$
오염원
제련소의 1.6km 이내-평균 7,600 $\mu\text{g}/\text{g}$
도시 거주지-9-7,890 $\mu\text{g}/\text{g}$, 평균 585 $\mu\text{g}/\text{g}$
도시 공원-194-3,357 $\mu\text{g}/\text{g}$
집먼지
도시 영세민의 새 집-2-24 $\mu\text{g}/\text{바닥면 ft}^2$
오염원
도시영세민의 낡은 집-33-486 $\mu\text{g}/\text{바닥면 ft}^2$
;평균 11,000 $\mu\text{g}/\text{g}$
연제련 근로자의 집-평균 2,687 $\mu\text{g}/\text{g}$
제련소에서 1.6km 이내의 집-평균 22,191 $\mu\text{g}/\text{g}$
제련소에서 1.7-3.2km 이내의 집-평균 2,124 $\mu\text{g}/\text{g}$

Sawyer M, Kearney T, Spector S, et al; Lead intoxication in children. Interdepartment Conference, University of California, San Diego. West J Med 1985;143:361에서 인용

〈약동학〉

1. 흡수

1) 위장관

성인은 섭취한 연의 5% 내지 10% 정도를 체내에 흡수하고 나머지는 변으로 배설한다. 소아에서는 위장관 흡수가 훨씬 많아서 40% 가까이 흡수된다. 철분, 칼슘 및 아연 농도가 낮으면 연흡수는 더욱 증가한다. 위산은 연의 염을 용해시키고 연흡수는 능동 및 수동운반에 의하여 소장관에서 일어난다.

2) 폐

입자크기가 작아서(1 μm 이하) 폐포에 도달하게 되면 흡입된 양의 50% 내지 70%가 흡수된다.

3) 피부

무기연은 피부를 통과하지 않지만 유기알킬연(4에틸렌)은 상당히 흡수가 잘되어 심한 폭로후에 중독을 초래한다.

2. 분포

그림1은 연이 3부분으로 분포하고 있는 모형을 나타내는데 혈액과 조직이 활동 장소이고 뼈는 저장장소이다. 혈액순환에서는 연의 95%가 적혈구에 존재한다. 적혈구의 연은 반감기가 35일이고 그 후 조직이나 뼈저장소에 분포하게 된다. 그러므로 혈중 연농도가 전체 연부하량을 나타내는 것은 아니다. 전체 연의 10% 정도가 조직(신장, 간, 신경조직)에 고르게 분포하며 반감기는 40일이다. 뼈는 연의 주된 저장장소로서 전체 연부하량의 90% 정도가 골격에 존재한다. 뼈에 있는 연의 반감기는 20년에서 30년 정도이다. 뼈와 혈중연 사이에는 어느 정도 평형이 이루어진다. 혈중연의 70%까지 뼈에서 나오며 임신시에는 더 많은 연이 뼈저장소에서 나오게 된다.

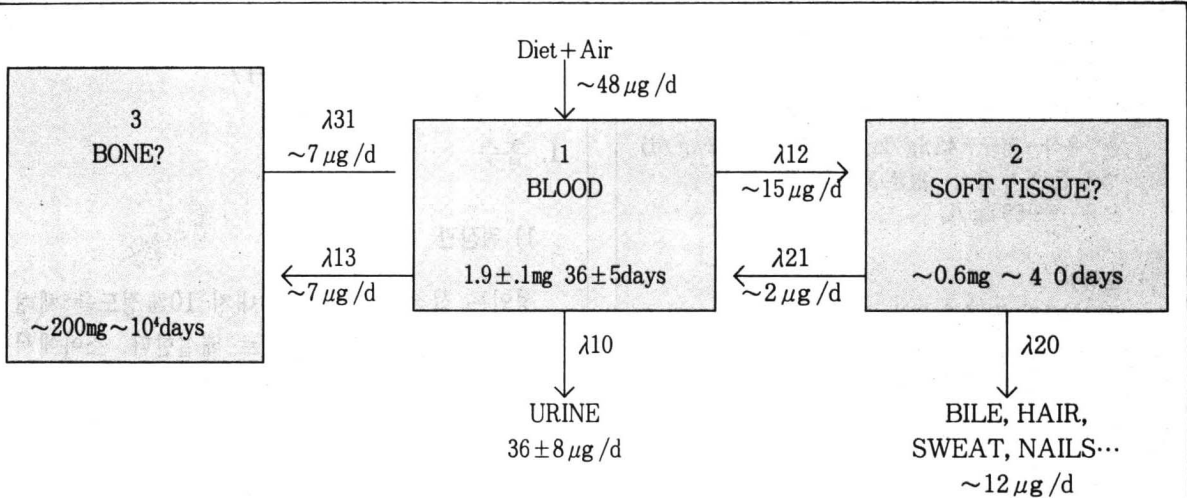


그림 1. 사람의 연대사에 대한 삼구획 모형.

각 구획의 연함유량과 평균체류기간 그리고 구획간의 연 이동율을 나타내었다. 수치는 평균치(±표준편차)를 나타낸 것이다. 구획2에서 신체로부터 연이 소실되는 경로는 표피조직(머리카락, 손톱, 발톱, 땀)과 타액, 담즙, 위액 및 체장액 분비 같은 소화기관으로부터의 손실이다.

Rabinowitz MB, Wetherill GW, Kopple JD: Kinetic analysis of lead metabolism in healthy humans. J Clin Invest 1976;58:262에서 인용

3. 배설

신장은 연을 그대로 투과시키는데 고농도에서는 약간의 능동적인 세뇨관 운반도 일어난다. 배설율은 사구체 투과율과 신장의 혈장유속에 따라 달라진다. 매일 배출하는 연량의 75%가 신장으로 나가고 나머지는 외피층(손톱, 땀, 머리카락)과 위장

관에서 나간다.

인간은 직업적으로 폭로되지 않는 경우 대략 165mg의 연을 체내부하량으로 가지고 있다. 성인에서 매일 배출하는 연량은 500 µg 까지 이를 수 있지만 소아의 연배출량은 훨씬 제한된다(하루 30 µg 정도). 신장

자신의 걸걸을 반성하고 있는 사람에게
남의 걸걸을 보고있을 틈이 없다.

