



## 산업안전보건연구원의 망간역학조사 시작과 전개

- 망간과 파킨슨증후군(2)

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 은 아

포항지역의 용접공 3명에서 망간에 의한 것으로 보이는 이상소견이 나타났고, 이로 인해 우리나라 산업보건계에는 큰 질문들이 던져졌음을 지난달에 소개하였다.

이번 호에는 이러한 질문에 대한 답을 제시하기 위해 산업안전보건연구원이 수행한 전국 망간 역학조사를 소개하고자 한다.

### 역학조사의 목적과 기획

1996년 12월 14일, 포항지역노동사무소는 당시 산업보건연구원(현 산업안전보건연구원, 이하 연구원)에 “직업병 유소견자 발견에 따른 역학조사”를 의뢰하였다.

이 역학조사가 밝히고자 한 의문들을 정리하면 다음과 같다.

①은 우리나라 망간 관련 작업장의 근로자들이 실제 망간에 고농도로 노출되는가,

#### [역학조사팀이 해결하고자 한 의문]

- ① 망간의 작업환경 노출수준은 업종에 따라 차이가 있는가?
- ② 공기 중 망간 농도와 요중 및 혈중 망간 농도는 관련성이 높은가? 혈중 농도와 요중 망간 농도는 상호 관련성이 높은가?
- ③ 망간에 노출된 근로자에서 신경질환, 정신질환이나 그에 관련된 증상이 많이 생겼는가?
  - 망간에 의해 나타나는 것으로 잘 알려진 추체외로증상(파킨슨증후군의 3대 증상; 손떨림, 근육강직, 서행증)은 망간노출군과 비노출군 간에 유의한 차이가 있는가?
  - 신경학적 이상은 망간에 노출된 양과 관련이 있는가?
- ④ 망간에 노출된 근로자는 뇌자기공명검사에서 고신호강도가 노출되지 않은 근로자에 비해 많이 나는가?

아니면 업종마다 조금씩 차이가 있는가를 파악함으로써 실제 위험요인이 존재하는가를 검토하는 것이었다.

②는 공기 중 망간의 노출은 혈액검사나 소변검사에서 나타나는 망간 농도와 유사한가를 보는 것이었다. 이것이 유사하다면 혈액검사나 소변검사에서 망간이 높게 나오는 근로자를 관리하는 것이 망간노출 근로자를 관리하는 좋은 방법이라고 확인되는 것이기 때문이다.

③은 망간에 노출된 우리나라 근로자는 실제 신경계 질환이나 그와 유사한 증상이 많이 생기는가를 검토하고, 마지막으로 ④는 이 역학조사의 중요한 지점의 하나인 뇌자기공명검사라는 고가검사의 유용성을 평가하는 것이었다.

연구원은 사전예비조사 과정을 거쳐, 2007년 3월부터 전국 역학조사를 시작하였다. 역학조사는 2차례에 걸쳐 기획되었다.

1차 조사는 전국역학조사를 수행하며, 2차 조사는 1차 조사대상 중 일부를 노출수준에 따라 층화추출법을 통해 선정하여 뇌자기공명검사의 의미를 검증하는 것이었다.

1차 역학조사의 내용은 “작업환경측정”, “생물학적 모니터링을 통한 망간 폭로 실태 및 내부폭로량 평가”, “일반적인 건강상태와 망간 폭로로 인한 건강장해 평가”였다. 2차 역학조사의 목적은 실증적 데이터를 토

대로, MRI 검사가 망간폭로 또는 망간중독을 평가하는데 있어서 갖는 의미를 제시하는데 있었다.

역학조사를 위한 조사팀은 당시 직업병연구센터의 수석 연구원이던 김양호 연구원(현 울산대학교 산업의학과장)을 팀장으로 구성되었는데, 연구원의 직업병연구센터, 산업위생연구실, 한국산업안전공단 포항지도원이 함께하였다. 그 외 동국대학교 포항병원의 산업의학전문의 2명 및 신경과 전문의 2명 등 다양한 전문 분야가 참여하게 되어 다양한 전문가들로 구성된 대규모 조사단이 꾸려졌다.

역학조사에서 조사될 항목은 역학조사팀이 해결해야 할 질문에 따라 구성되었다.

작업환경에서 유해요인들의 노출수준을 알기 위하여 기중 총분진(흄)량, 망간 등 중금속 농도를 측정하였다.

조사 대상 근로자들은 용접작업자가 많았으므로 용접작업시 발생하는 금속은 망간, 카드뮴, 크롬, 구리, 철, 니켈, 납, 아연 등의 농도를 측정하였다.

근로자들에 대한 기본적인 조사로 직업력, 질병력, 건강행태 등을 설문조사하였다. 다음으로 건강과 관련된 증상이 있는지 특히 망간 중독과 관련이 되는 중추신경계 증상이 있는지에 대한 설문조사를 포함했다.

그리고 정신신경학적 조사(신경학적 진찰, 신경행동학적 검사, 간이정신검사)와, 흉부 방사선검사를 조사항목으로 구성하였다.

일반적인 건강상태를 구분하기 위하여 임상병리검사(일반혈액검사, 간기능검사)와 함께 문헌에서 망간 노출자에게 드물게라도 이상이 발견되었다는 보고가 있는 검사 항목들(혈청갈슘량, 혈청아데노신디아미나제 활성치, 요중 케톤 스테로이드 배설량 등)도 조사항목에 넣었다. 망간이 환경에서 몸으로 들어온 양을 추정하기 위하여 생물학적 모니터링을 실시했는데, 요중 및 혈중 망간을 측정하였다. 신경과 근육의 이상으로 인해 근력이 떨어졌는지 여부를 보기위해 약력검사도 포함하였다.

조사 대상 업체는 망간이 함유된 원료를 사용하여 제품을 제조하거나 제품을 취급하는 10개소였다. 대상 사업장들은 용접공이 많은 자동차 트레일러 제조업체 1개소, 자동차 제조업체 1개소, 철구조물 제조업체 3개소 및 조선업 1개소를 비롯하여 망간금속 제련업 3개소 및 용접봉 제조업체 1개소였다.

10개 사업장에서 조사대상으로 선정된 근로자는 총 803명 이었는데, 이중 실제 분석대상이 된 근로자는 총 730명으로, 모두 남성이었다. 망간에 노출되는 작업, 즉 용접, 제련, 용접봉 제조에 직접 참여하는 근로자는 노출군, 망간노출과 관계없는 생산직 근로자는 생산대조군, 사무직 근로자를 사무대조군으로 나누었는데, 각각 540명, 93명, 97명이었다.

**[작업환경에서 망간의 노출 수준]**

- 철구조물 제조업 : 망간의 평균 농도는 0.11-2.17 mg/m<sup>3</sup>로 일부 근로자에서는 상당히 높은 농도에 노출되고 있었다.
- 조선업 : 평균 망간 농도는 1.00-1.29 mg/m<sup>3</sup>로 허용농도를 초과하였으며 가장 높은 농도는 4.72 mg/m<sup>3</sup>로 노동부 노출기준의 5배에 근접하는 수준이었다.
- 합금철 제조업 : 망간의 평균 농도는 1.03 mg/m<sup>3</sup>로 노동부 허용농도를 초과하였다.
- 자동차트레일러 제조업 : 망간 노출농도는 기하평균 0.58 mg/m<sup>3</sup>로 노동부 허용기준 1 mg/m<sup>3</sup> 미만이었으나 미국 산업위생사협회 기준인 0.2 mg/m<sup>3</sup>은 초과하였다.
- 자동차 제조업 : 공기 중 망간 농도는 드릴부서 0.02-0.59 mg/m<sup>3</sup>이었다. 40명 중 3명(7.5%)은 망간의 허용기준을 초과하였다.
- 용접봉제조업 : 평균 망간 농도는 0.02-0.42 mg/m<sup>3</sup>로 노동부 기준을 초과하지 않았다. 다만 배합공정의 일부 시료는 노동부 허용농도를 초과하였다.

## 조사결과 1 : 망간의 작업환경 노출 수준은 업종에 따라 차이가 있는가?

작업환경평가 결과, 망간 노출수준은 철구구조물 제조업과 조선업, 합금철 제조업에서 가장 높은 수준이었고, 자동차 트레일러 제조업과 자동차 제조업은 중간 정도였다. 그리고 용접봉 제조업의 노출수준이 가장 낮았다.

이러한 결과에 따라 역학조사팀은 애초 해결해야 했던 질문 중 “① 망간관련작업에서의 망간 환경폭로 농도가 업종에 따라 유의한 차이가 있는가?”에 대한 답을 할 수 있게 되었다.

“우리나라 망간 노출근로자들은 업종에 따라 망간 노출수준이 다른데 평균 0.1-2.2 mg/m<sup>3</sup> 정도이다. 특히 철구 구조물 제조나 그와 밀접한 관련이 있는 조선업에서의 용접공, 합금철 제조업에서 제련공이 가장 높은 농도로 노출된다.”

## 조사결과 2 : 기중 망간 농도와 요중 및 혈중 망간 농도는 관련성이 높은가?

혈중 망간의 기하평균은 망간 노출군이 1.46±0.49 ug/dL, 생산대조군 1.11±1.44 ug/dL, 사무대조군 1.05±1.44 ug/dL이었다.

요중 망간은 망간 노출군이 1.21±0.56

ug/L, 생산대조군이 0.71±9.18 ug/L, 사무대조군이 0.42±10.44 ug/L이었다.

업종별로 볼 때, 혈중과 요중 망간농도는 제련사업장이 가장 높았고, 철구구조물 제작 사업장, 용접봉 제조 사업장의 순이었으며, 사업장내 생산직이 사무직 보다 높았다.

직종 간에는 망간의 노출방법이 다를 것이므로 노출방법에 의한 차이를 보기 위해 조사대상을 용접, 제련, 용접봉 제조 세 군으로 나누었다.

혈중 망간은 용접군은 1.50±1.56 ug/dL, 제련군 1.58±1.56 ug/dL, 용접봉 제조군 1.14±1.33 ug/dL이었다.

전체 조사대상자를 망간관련 작업 기간에 따라 망간관련 작업기간이 없는 군을 1군으로, 1-5년을 2군, 6-15년을 3군, 16년 이상을 4군으로 분류하여 이들에서 나타나는 차이를 살펴보았다.

혈중 망간은 1군은 1.07±1.43 ug/dL, 2군은 1.37±1.50 ug/dL, 3군은 1.48±1.52 ug/dL, 4군은 1.51±1.60 ug/dL이었다. 요중 망간은 1군은 0.55±9.92 ug/L, 2군은 1.26±8.73 ug/L, 3군은 1.22±7.74 ug/L, 4군은 1.18±8.49 ug/L이었다.

이러한 결과로부터, 역학조사팀은, 두 번째 질문인 “② 기중 망간 농도와 요중 및 혈중 망간 농도는 상호 관련성이 높은가? 혈중 농도와 요중 망간 농도는 상호 관련성이

높은가?”에 대해 다음과 같이 답할 수 있게 되었다.

“요중 망간과 혈중 망간의 농도는 노출수준이 높은 집단에서 통계적으로 유의하게 높았다. 즉 작업환경에서 망간이 높으면 혈중에도 높아지므로 혈중과 요중 망간은 환경에서 노출된 망간을 잘 반영한다.”

그러나 요중 망간은 혈중 망간과의 관계가 통계적으로 유의하지 않았고, 노출기간이 길수록 증가하는 경향도 미미하여, 정확한 판단은 어려웠다. 즉, 이 조사결과로 혈중 망간은 근로자의 망간노출이 높은지를 판단하는데 좋은 지표라고 판단 할 수 있게 되었다.

### 조사결과 3 : 망간에 노출된 근로자에서 신경질환, 정신질환이나 그에 관련된 증상이 많이 생겼는가?

#### 근로자들이 느끼는 증상 설문

망간 노출군이 사무대조군과 생산대조군보다 더 많이 느낀 증상은 “작업 후 피로를 느낀다, 자주 불면증에 시달린다, 밥맛이 없을 때가 많다, 손가락이 저리다, 팔이 저리다, 다리가 자주 저리다, 다리에 힘이 없을 때가 많다, 팔이 자주 뻗뻗해진다, 전에 없던 땀이 자주난다, 자주 팔이나 다리가 아프다” 등의 증상이었다.

역학조사팀은 총 49개의 설문증상을 신경계 증상, 근육계 증상 등 증상의 종류별로 모아서 증상이 있는 경우 1점을 부과하여 점수를 비교하였다.

그 결과, 근육증상과 신경증상의 경우, 망간노출군에서 비노출군이나 생산비교군보다 통계적으로 높은 점수가 나왔다. 근육증상은 망간 노출군 2.25점, 생산대조군 2.00점, 사무대조군 1.07점이었다. 신경증상은 망간 노출군 0.946점, 생산대조군 0.840점, 사무대조군 0.576점으로 나타났다.

근육증상과 신경증상 점수는 망간 노출기간이 길수록 점수가 높았다.

#### 신경과 전문의의 진찰

신경과 진단 결과, 이상소견자가 노출군에서 23명(4.28%), 생산대조군 4명(4.40%), 사무대조군 3명(3.16%)이었으며 파킨슨증후군 가능자로 생각되는 근로자는 노출군에서만 3명이 나타났다.

신경과 의사가 진찰한 결과, 손떨림, 근강직, 서행 등이 관찰되었으나 각 군 간에 차이는 없었다. 그런데, 정신 이상 소견이 있는지 보기 위한 간이검사표 조사 결과에서는 망간 노출군이 사무대조군보다 오히려 높은 점수가 나타나, 망간 노출과 정신 이상의 관계를 볼 수는 없었다.

결과적으로 볼 때, 신경과 전문의의 진찰과 정신 이상 소견을 보기 위한 간이신경검

사 결과, 이번 조사대상에서는 망간 노출군에서 특별히 이상자가 많다는 판단을 하기 어려웠다. 즉, 신경과 의사가 판단할 수 있는 정도의 신경증상이나 정신증상이 망간 노출군에서 뚜렷이 증가하는 것을 보기는 어려웠다.

이러한 결과로부터, 역학조사팀은, 세 번째 질문인 “③ 망간에 노출된 근로자에서 신경질환, 정신질환이나 그에 관련된 증상이 많이 생겼는가”에 대해 다음과 같이 답할 수 있게 되었다.

“망간에 의해 나타나는 것으로 잘 알려진 추체외로증상(파킨슨증후군의 3대 증상; 손떨림, 근육강직, 서행증)은 망간노출군과 비노출군 간에 별다른 차이가 없었다. 그러나 근로자들이 느끼는 주관적인 증상은 망간 노출군에서 높았다. 즉, 망간 노출군에서 신경과 질환에 가까울 정도로 심한 질환은 없었지만, 망간 노출 근로자들은

스스로 느끼는 증상은 더 많았다.”

지금까지의 결과를 요약한다면, 우리나라 망간 취급 근로자들은 주로 철구구조물 제작 사업장이나 조선소, 망간 제련소에서 노출수준이 높는데, 아직 신경학적으로 뚜렷이 심한 증상이 현저히 높아진 것은 아니라는 것이 된다.

그렇지만, 주관적인 증상은 망간노출 근로자군에서 높았다. 그렇다면, 병이 되기 전의 수준에서 보일 수 있는 어떤 미묘한 이상을 잡아낼 수는 없을까라는 질문이 제기되게 된다. 병이 되기 전의 수준에서 신경학적으로 이상 증상을 검사해 보자고 제기된 검사법이 바로 신경행동학적 검사이다.

다음 호에서는 망간 노출 근로자에서 실시된 신경행동학적 검사와 함께 뇌자기공명검사의 결과가 어떻게 나타났는지 보기로 하자. 🍷

## 참 고 문 헌

- 산업안전보건연구원. 망간역학조사 최종보고서. 1998. 연구자료 직진연(98-5-6). 한국산업안전공단
- 김규상, 김양호, 진영우, 김은아, 양정선, 권기련, 김재우, 노재훈, 문영한. 망간노출 근로자의 정신·신경행동 양상에 영향을 주는 요인. 대한산업의학회지. 1999;11(2):213-228
- 진영우, 김양호, 김규상, 김은아, 조영숙, 신용철, 채창호, 최용휴, 이세훈, 문영한. 망간에 폭로된 용접 작업자들의 신경행동 검사 수행 능력. 대한산업의학회지. 1999; 11(1): 1-12
- Kim Y, Kim JW, Ito K, Lim HS, Cheong HK, Kim JY, Shin YC, Kim KS, Moon Y. Idiopathic Parkinsonism with Superimposed Manganese Exposure: Utility of Positron Emission Tomography. NeuroToxicology. 1999;20(2-3):249-252

### 원고를 보내주세요

월간「산업보건」은 여러분의 관심 속에 산업보건의 발전과 홍보에 일익을 담당하는 전문지로서 자리매김해 가고 있습니다. 산업보건에 관심 있는 분이라면 누구나 이용 할 수 있는 월간「산업보건」에 많은 투고와 성원을 기다리며 다음과 같이 원고를 모집합니다.

- 투고 부문 : 산업보건에 관한 학술논문 및 조사연구 보고  
산업보건 사례  
산업보건관련 자료
- 원고 송부 : e-mail : pr@kiha21.or.kr  
우편 : 서울시 서초구 서초3동 1490-32  
대한산업보건협회 월간「산업보건」담당자 앞
- 문의 : e-mail : pr@kiha21.or.kr / TEL : (02) 586-2412~4

채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.  
원고를 보내실 때 성명, 소속기관명, 주민등록번호, 주소, 연락처, 계좌번호를 알려주십시오.