

망간이 함유된 흙에 노출되는 근로자의 호흡기증상

유선희 · 김두희 · 임현술 · 김지용 · 최병순

동국대학교 의과대학 예방의학교실

= Abstract =

Respiratory symptoms of workers exposed to the fume containing manganese

Sunhee Yu, Doohie Kim, Hyun-Sul Lim, Ji Yong Kim, Byung-Soon Choi

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University

To evaluate the effect of manganese on the respiratory system, we investigated the respiratory symptoms of 63 male workers exposed to fume containing manganese (Mn), iron (Fe), and silica (Si), and compared them with those of 66 male workers not exposed to the fume in a manganese alloy smelting factory.

The prevalence ratios of the seven respiratory symptoms were not different between two groups. The presence of any respiratory symptom was not related with the age, duration of employment, smoking status of workers, and exposure to fume. In furnace workers, it was not related with the airborne Mn, Fe, and Si concentration in the total or respirable fume. Airborne Mn concentrations of all 4 furnaces in the respirable fume were below 1 mg/m³. There were two suspicious cases of pneumoconiosis among furnace workers and one definite case(1/2) among casting workers who were not exposed to fume.

The above results suggest that the exposure to the low airborne Mn concentration is not related with respiratory symptoms and pneumoconiosis. However, it is necessary to study the respiratory effects of Mn using the symptom questionnaire with consideration of the severity and persistence of symptoms and the time interval from exposure.

Key words : Respiratory symptoms, Fume, Manganese, Iron, Silica

I. 서 론

망간은 자연계에 12번째로 많이 존재하는 은회색의 연한 금속으로 이산화망간(MnO_2) 형태의 화합물로부터 추출한다. 망간은 제철산업에서 합금강을 제조하는데 주로 사용하며, 비철합금이나 건전지, 용접봉, 과망간산칼륨, 페인트, 광택제, 농약 등 망간화합물의 제조에도 사용한다(WHO, 1986; Tanaka, 1994).

망간에 의한 중독은 주로 만성적으로 진행하여 초기에는 두통, 전신권태, 탈력감, 식욕부진, 기억력저하, 어지러움, 무관심, 무기력, 불면, 성욕감퇴, 발한향진, 이상지각, 근육통, 손의 진전 등이 나타나다가, 진행되면서 회화장애, 근력저하, 운동장애, 근긴장향진, 표정소실, 가면안, 보행장애, 진전, 심부반사향진 등의 이상이 초래된다(Rodier, 1955).

망간에 폭로되면 정신신경계의 이상 뿐만 아니라 폐렴과 기관지염 등 호흡기질환의 발생이 증가하고 호흡기증상 및 폐색성 폐기능장애가 나타나며, 폭로근로자 뿐만 아니라 망간합금강을 생산하는 사업장 주위의 주민들에서도 폐렴과 기관지염의 발생이 증가할 수 있다(Suzuki, 1970; Saric과 Lucic-Palaic, 1977; Roels 등, 1987a; Tanaka, 1994; Waldron, 1994; Ross 등, 1995).

이와 같이 망간에 폭로되는 근로자들에서는 파킨슨 병과 일부 유사한 중추신경계장애 이외에도 호흡기장애가 발생할 수 있으나, 현재까지 그 중요성이 간과된 경향이 있다. 따라서 망간원석을 채련하는 사업장에서 망간이 함유된 흙에 폭로되는 근로자의 호흡기증상

을 살펴보고, 이들 증상과 폭로되는 흙 중 각 성분과의 관련성을 알아보려고 본 연구를 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 작업환경조사

1) 작업공정

연구대상 사업장은 월 5,000톤 가량 망간원석을 수입하여 코크스, 석회석 등과 함께 일정 비율로 4개의 전기로(electric furnace)에 투입하여 $1,500^{\circ}C$ 에서 가열한다(Figure 1). 제 1로는 고탄소망간(망간 55-66%, 규소 25-35%), 제 2로는 규소망간(망간 60-65%, 규소 15%), 제 3로와 제 4로는 철망간(망간 73-78%, 철 8-19%, 규소 0-1.2%)을 주로 생산한다.

약 5-6시간 가열한 뒤 출탕할 때 흙이 발생하는데 근로자들이 직접 노문 앞에서 출탕속도 및 양을 조절하기 때문에 흙에 폭로되며, 출탕 후에는 노작업자들이 직접 삽으로 원료를 노에 투입한다. 이러한 과정이 하루 3회 반복되며, 경우에 따라서는 공무부서 근로자들도 같이 작업한다. 출탕된 망간을 기계틀로 옮겨 2톤 단위로 자연냉각한 후 기계로 파쇄하거나, 야외 파쇄장에서 근로자들이 직접 쇠파쇄기로 직경 약 5cm 크기로 파쇄한 후 포장한다.

노작업자들은 하루 3교대로 일정한 노에서 4명씩 작업하며, 파쇄부서 근로자들은 주로 40대 이상의 여성들이다.

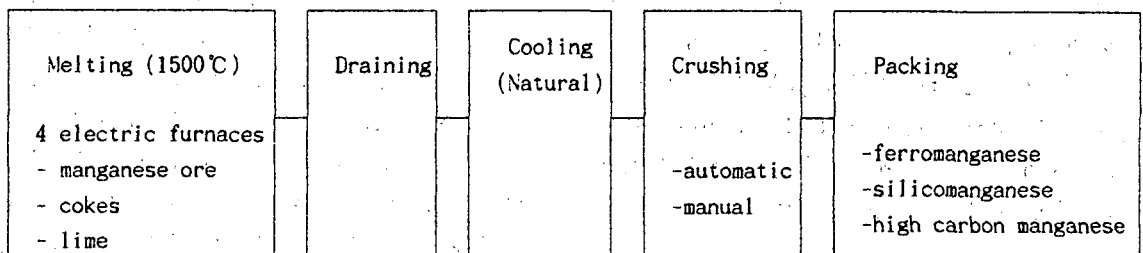


Figure 1. Work flow of the manganese alloy smelting process

2) 작업환경조사 및 시료분석

1996년 3월 21일부터 23일까지 3일간 노작업자 36명을 대상으로 개인시료포집기(Gilian, USA)를 이용하여 근로자의 호흡영역에서 총흡은 1.9-2.0 Lpm, 호흡성흡은 10 mm 나일론 싸이클론(Gilian, USA)을 부착하여 1.7 Lpm의 속도로 직경 37 mm, 공극 0.4 μm 의 glassfiber filter(Whatman, England)를 사용하여 포집하였다. 총흡과 호흡성흡 각각의 성분 중 망간과 철에 대해서는 직경 37 mm, 공극 0.8 μm 의 mixed cellulose ester membrane filter(Environmental Express, USA)를, 규소에 대해서는 직경 37 mm, 공극 0.5 μm 의 polyvinyl chloride filter(Nuclepore, USA)를 사용하였다. 노별로 2-3명에 대해 1명당 3-4회 여과지를 교체하여 하루 총 6시간 이상 측정하였다.

총흡 및 호흡성흡은 포집된 여과지를 수분건조기(desicator)에서 24시간 건조시킨 후 전자천평을 이용하여 정량하였는데, 사용하지 않은 여과지를 공시료로 하여 보정하였다.

망간과 철은 NIOSH 7300 공정시험법에 따라 채취된 시료에 30% HNO_3 10 cc를 넣고 극초단파(Microwave Digestion System, Hewlett-Packard, USA)로 전처리한 후 원자흡수분광광도계(AA-6501E, Shimatsu, Japan)에서 Flame법으로, 망간은 257.6nm, 철은 248.3nm의 파장에서 분석하였다(NIOSH, 1994). 공기를 통과시키지 않은 시료를 공시료로 사용하여 측정시료와 동일하게 처리한 후 농도계산시 보정하였다.

결정형 유리규산은 NIOSH 7603 공정시험법에 따라 분석하였다(NIOSH, 1994). 포집 전후에 무게를 측정하였고, 여과지를 600 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 회화한 후 KBr 300 mg을 첨가하고 미세하게 간 후 7 mm die를 사용하여 600 kgf/cm^2 압력으로 pellet을 만들었다. 이 pellet을 FT-IR Spectrophotometer(IFS 66, Bruker, Germany)로 800 cm^{-1} 파장에서 흡수도를 측정하고, 석영을 표준물질로 사용한 표준곡선으로 정량하였다.

2. 근로자조사

조사대상 사업장은 노작업부, 파쇄부, 공무부, 주조

부, 사무부 등의 부서로 나뉘어져 있는데, 공무부는 노와 관련된 기계의 보수 및 정비를 하는 근로자와 노와 관련없이 전기설비를 관리하는 근로자로 이루어져 있다. 노작업부 및 노와 관련된 공무부 근로자 63명은 흡에 폭로되고 있으며, 노와 관련없는 공무부와 주조부 및 사무부 근로자 66명은 흡에 폭로되지 않는다. 파쇄부는 다른 부서와 달리 40대 여성근로자들이 근무하고 있고, 분진폭로는 많은 반면 흡에는 폭로되지 않아 본 조사에서 제외하였다.

1996년 3월 19일 조사대상 사업장에 근무하는 근로자 중 파쇄부를 제외한 129명 전원을 조사하였는데, 모두 남성이었다. 호흡기질환력, 흡연력, 방진마스크 착용 여부 등 일반적 특성과 최근 일주일 이내 발생한 '운동시 숨이 참', '가래가 많음', '기침을 자주 함', '가슴 부위에 통증이 있음', '가만히 있어도 숨이 참', '자다가 숨이 차서 깬 적이 있음', '숨쉴 때 쉼쉼거림' 등 7가지 항목의 호흡기증상에 관하여 설문조사를 실시하였다.

대상자 전원에 대해 흉부 단순직접촬영을 시행하여 진폐소견 여부 및 그 정도를 두 명의 진단방사선과 전문의가 국제노동기구의 국제분류법(ILO, 1980)에 따라 판독하였다.

3. 자료분석

SPSS for windows, version 7.0을 사용하여 흡에 폭로되는 폭로군(노작업자, 노와 관련된 공무부 근로자)과 비폭로군(노와 관련없는 공무부 근로자, 주조부 및 사무부 근로자)간에 연령, 근무기간, 흡연력, 방진마스크 착용 여부, 호흡기질환력 등 일반적 특성에 대해서는 Student's t-test, χ^2 -test, Fisher's exact test 등으로 비교하였고, 두 군간의 호흡기증상 유병률은 유병률비(prevalence ratio)와 그 95% 신뢰구간을 구하여 비교하였다. 노별로 총흡, 호흡성 흡, 망간, 철, 규소의 농도 평균값 비교를 위해 ANOVA 검정이 이용하였으며, 노 작업자의 증상 유무에 따라 공기중 총흡, 호흡성 흡, 망간, 철, 규소의

농도를 비교하기 위해 Mann-Whitney U 검정을 이용하였다.

연령, 근무기간, 흡연력, 흡폭로 여부가 호흡기증상 유무에 미치는 영향을 보기 위하여 다중 로지스틱(log-istic)회귀분석을 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 조사대상 근로자의 일반적 특성

폭로군 63명에서는 40세 이상이 45명(71.4%)인 반면 비폭로군 66명에서는 31명(47.0%)이어서, 폭로군의 평균 연령이 43.4세로 비폭로군 39.5세보다 유의하

게 많았다(p<0.05)(Table 1). 근무기간도 폭로군에서는 10년 이상인 근로자가 60.4%인 반면 비폭로군에서는 39.4%이어서, 평균 근무기간도 폭로군은 11.0년으로 비폭로군 8.6년보다 유의하게 길었다(p<0.05). 흡연력은 흡연상태나 총흡연량 모두 두 군간에 차이가 없었고, 방진마스크 착용 여부도 차이가 없었다. 과거 폐결핵 또는 흉막염의 기왕력이 있었던 근로자가 총 5명으로 두 군간에 역시 차이가 없었다.

2. 호흡기증상 유병률

노작업자 2명에서 진폐의증(0/1의 밀도)이 발견되었으나 모두 호흡기증상이 없었고, 1형(1/2)의 진폐소견

Table 1. General characteristics of study subjects

Contents	Exposure Group (N=63)	Control Group (N=66)	unit : persons(%)	
				p value
Age(years)				
≤ 39	18 (28.6)	35 (53.0)		
40 - 49	28 (44.4)	20 (30.3)		
50 ≤	17 (27.0)	11 (16.7)		
Average*	43.4 ± 7.6	39.5 ± 9.2		0.010 ¹⁾
Duration of employment(years)				
≤ 9	25 (39.6)	40 (60.6)		
10 ≤	38 (60.4)	26 (39.4)		
Average*	11.0 ± 5.6	8.6 ± 6.1		0.022 ¹⁾
Smoking				0.774 ²⁾
1) Smoking status				
Smoker	44 (69.8)	43 (65.1)		
Ex-smoker	12 (19.1)	13 (19.7)		
Non-smoker	7 (11.1)	10 (15.2)		
2) Pack · years*	13.4 ± 9.2	15.4 ± 21.3		0.494 ¹⁾
Personal protective device(Mask)				0.152 ³⁾
Yes	61 (96.8)	60 (90.9)		
No	2 (3.2)	6 (9.1)		
Past pulmonary diseases [#]				0.168 ³⁾
Yes	4 (6.4)	1 (1.5)		
No	59 (93.6)	65 (98.5)		

* mean ± standard deviation

[#] pulmonary tuberculosis or pleurisy

¹⁾ Comparison by student's t-test

²⁾ Comparison by χ^2 -test

³⁾ Comparison by Fisher's exact test

이 발견된 주조부 근로자 1명은 '가슴 부위에 통증이 있음'을 제외한 나머지 6가지 호흡기증상을 호소하였다(Table 2). 이들 세 명 모두 본 사업장을 체외하고는 과거에 흡이나 분진에 폭로된 기왕력이 없었다.

연령과 근무기간을 보정하여 폭로군과 비폭로군의 호흡기증상을 살펴보았을 때 '운동시 숨이 참'이 폭로군에서 25명으로 호소율은 39.7%이고 비폭로군에서 17명으로 25.8%이었다(Table 3). '가래가 많음'은 폭로군에서 6명으로 9.5%이고 비폭로군에서 13명으로 19.7%이었고, '기침을 자주 함'은 폭로군에서 2명(3.2%), 비폭로군에서 8명(12.1%)이었으며, '가슴 부위에 통증이 있음'은 폭로군에서 1명(1.6%), 비폭로군에서 5명(7.6%)이었다. '가만히 있어도 숨이 참'과 '자다가 숨이 차서 깬 적이 있음'은 폭로군에서는 없었던 반면 비폭로군에서는 각각 1명(1.5%)씩이었으며, 두 군 모두에서 '숨쉴 때 쉼쉼거림'은 없었다. 7가지 호

흡기증상 중 '운동시 숨이 참'이 1.5의 유병률비를 보였으나 두 군간에 유의한 차이는 없었다(95% 신뢰구간 0.9-2.5). 한 가지라도 호흡기 증상이 있었던 근로자가 폭로군에서는 31명으로 49.2%, 비폭로군에서는 28명으로 42.4%이었는데 역시 유의한 차이가 없었다.

하나라도 호흡기증상이 있는 경우 근로자의 연령을 40세 미만과 40세 이상으로, 근무기간을 10년 미만과 10년 이상으로, 흡연상태를 비흡연자(과거 흡연자와 비흡연자를 합하였음)와 흡연자로, 흡폭로 여부로 하여 다중 로지스틱 회귀 분석을 시행한 결과 모두와 유의한 관련성이 없었다(Table 4). 이와 같은 결과는 '운동시 숨참'이나 기관지염 증상이라 볼 수 있는 '기침을 자주 함' 또는 '가래가 많음'에서도 마찬가지이었다. 또한 총 흡연량(pack · years)을 기준으로 0(비흡연자), 15 미만, 15 이상으로 흡연상태를 나누어 분석하여도 마찬가지이었다.

Table 2. Workers with pneumoconiosis including suspicious cases by simple chest radiography

Case	Age	Worksite	Duration of employment (years)	Smoking status (pack · years)	Pneumoconiotic findings	Number of respiratory symptoms
1	45	Furnace 2	16	Smoker(20)	0/1, p/q	0
2	54	Furnace 1	18	Ex-smoker(10)	0/1, q/q	0
3	54	Casting	16	Ex-smoker(3)	1/2, q/q	6

Table 3. Prevalence of individual respiratory symptom (age and duration of employment adjusted)

unit : persons(%)

Respiratory symptoms	Exposure Group (N=63)	Control Group (N=66)	PR*
Shortness of breath on exertion	25 (39.7)	17 (25.8)	1.5(0.9-2.5)
Sputum	6 (9.5)	13 (19.7)	0.4(0.2-1.1)
Cough	2 (3.2)	8 (12.1)	0.2(0.1-1.1)
Chest pain	1 (1.6)	5 (7.6)	0.2(0.1-1.7)
Shortness of breath on rest	0 (0.0)	1 (1.5)	
Night shortness of breath	0 (0.0)	1 (1.5)	
Coarse breathing	0 (0.0)	0 (0.0)	
Any one of respiratory symptoms	31 (49.2)	28 (42.4)	1.2(0.8-1.7)

* Prevalence Ratio(95% confidence interval)

Table 4. Factors influencing respiratory symptoms among workers by multiple logistic regression analysis

Factors	Odds ratio	95% Confidence Interval
Age (40 ≤)	0.50	(0.22, 1.13)
Duration of employment (10 ≤)	1.95	(0.90, 4.21)
Smoking status (Smoker)	0.58	(0.27, 1.26)
Exposure(yes)	1.50	(0.71, 3.17)

3. 노작업자가 폭로되는 흠 농도와 호흡기증상

1) 노별 공기 중 흠 농도

노작업자들이 폭로되는 총흠 및 호흡성흠의 농도는 노별로 차이가 없었다(Table 5). 총흠을 성분별로 살펴보면 망간과 철의 경우 제 1, 3, 4로는 서로 차이가 없이 제 2로보다는 모두 유의하게 높았으나($p < 0.05$), 규소는 노별로 차이가 없었다. 호흡성흠에서는 철인 경우 제 3로만이 나머지 노보다 유의하게 높았고($p < 0.05$), 망간과 규소는 노별로 차이가 없었다.

2) 노작업자의 호흡기증상

노작업자 36명에서 하나라도 호흡기증상이 있는 경우는 총흠, 호흡성흠, 망간, 철, 규소의 농도와 관련이

없었고, 근무기간을 고려한 각 성분의 누적폭로량과도 관련이 없었다(Table 6).

IV. 고 찰

망간은 분진이나 흠을 흡입함으로써 주로 폭로되지만, 유기화합물로서 매연감소제나 녹킹방지제로 휘발유에 사용하는 MMT(methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl)는 증기압이 낮고 열에 강하고 햇빛에 의해 쉽게 분해되나 피부로도 흡수될 수 있어 피부에 접촉되지 않도록 해야 한다(Wilkenfeld, 1992).

망간은 필수미량원소로 동물에서는 망간이 결핍될 때 여러 소견이 나타났지만 인간에서는 아직 이러한 보고가 없으며(Tanaka, 1994), 일단 흡수된 망간은 체내에서 철의 대사과정을 따라 간에서 대사되어 95-98%가 담즙을 통해 배설되고 극히 일부만이 소변으로 배설되지만 MMT에 폭로된 경우는 약 30%까지도 소변으로 배설된다(WHO, 1986; Montgomery, 1995). 태반이나 혈뇌장벽(blood-brain barrier)을 통과할 수 있으며 간에서 발견되는 양의 10% 이하가 중추신경계(기저핵, 중뇌, 시상하부, 뇌하수체)에서 발견되고 다시 이 양의 약 10% 정도가 신체 다른 부위에서 발견된다(Cotzias 등, 1968; Shukla, 1987; Thorlacius-

Table 5. Airborne concentration of Mn, Fe, and Si in total and respirable fume unit : mg / m³

	Total fume*				Respirable fume*			
	Mn [#]	Fe [#]	Si	Total	Mn	Fe [#]	Si	Total
Furnace 1	0.2423 (0.0636)	0.0379 (0.0103)	0.0223 (0.0112)	1.0286 (0.4821)	0.0276 (0.0266)	0.0004 (0.0005)	0.0051 (0.0026)	0.4028 (0.3349)
Furnace 2	0.0615 (0.0734)	0.0088 (0.0029)	0.0126 (0.0034)	0.7665 (1.0327)	0.0330 (0.0349)	0.0008 (0.0002)	0.0104 (0.0103)	0.5356 (0.5223)
Furnace 3	0.5318 (0.4803)	0.0421 (0.0203)	0.0115 (0.0073)	2.2001 (3.1582)	0.0685 (0.0217)	0.0097 (0.0004)	0.0052 (0.0011)	0.6231 (0.1931)
Furnace 4	0.2741 (0.1065)	0.0444 (0.0334)	0.0088 (0.0031)	1.0506 (0.6761)	0.0706 (0.0522)	0.0015 (0.0011)	0.0083 (0.0063)	0.4782 (0.2804)

* Geometric mean(Geometric standard deviation)

$p < 0.05$ comparison by ANOVA test

Table 6. Airborne fume, Mn, Fe and Si concentration and respiratory symptoms in furnace workers

Factors	Any one of respiratory symptoms		p-value
	Yes (n=13)	No (n=23)	
	GM ± GSD [§]	GM ± GSD [§]	
Fume			
Total	1.1262 ± 0.4563	1.0992 ± 0.4762	0.453
Respirable	0.4587 ± 0.0759	0.4763 ± 0.0748	0.449
Mn			
Total	0.2580 ± 0.1337	0.2329 ± 0.1522	0.582
Respirable	0.0458 ± 0.0202	0.0451 ± 0.0187	0.987
Fe			
Total	0.0346 ± 0.0120	0.0298 ± 0.0146	0.453
Respirable	0.0021 ± 0.0032	0.0023 ± 0.0033	0.799
Si			
Total	0.0144 ± 0.0062	0.0133 ± 0.0051	0.777
Respirable	0.0066 ± 0.0019	0.0072 ± 0.0023	0.560
Cumulative			
Fume			
Total	12.1390 ± 6.8578	13.2758 ± 5.7549	0.754
Respirable	4.9249 ± 2.2581	5.9582 ± 2.2181	0.188
Mn			
Total	2.8225 ± 1.8236	2.7863 ± 1.8389	0.921
Respirable	0.5229 ± 0.3423	0.5752 ± 0.3443	0.767
Fe			
Total	0.3758 ± 0.1997	0.3702 ± 0.2416	0.717
Respirable	0.0246 ± 0.0377	0.0256 ± 0.0326	0.499
Si			
Total	0.1415 ± 0.0705	0.1610 ± 0.0774	0.449
Respirable	0.0713 ± 0.0416	0.0931 ± 0.0502	0.249

Cumulative (concentration x duration of employment) used

Comparison by Mann-Whitney U test between respiratory symptoms

[§]GM ± GSD ; Geometric Mean ± Geometric Standard Deviation

Ussing 등, 1988; Newland 등, 1989). 흡수량이 많을 경우 친화조직인 뇌에는 침착되나, 담관 이외 경로를 통한 배설이 증가하여 다른 조직에서는 정상농도를 유지한다. 망간의 생물학적 반감기는 다른 금속보다 짧은 약 40일 전후이지만(Cotzias 등, 1968; Davidsson 등, 1989) 중추신경계에 축적된 망간은 54일부터 260

일 사이로 더 길다(Newland 등, 1989).

우리나라에서 보고된 바에 의하면 흡을 포함해 망간에 폭로되는 근로자들에서 공기 중 망간농도와 혈액 중 망간농도 및 소변 중 망간농도의 상관계수는 각각 0.49 및 0.60으로 유의한 상관관계가 있었으나 혈액과 소변 중 망간농도간의 상관계수는 0.25로 유의하지 않았으며(김지용 등, 1994), 망간분진에 폭로되는 여성근로자에서도 공기 중 망간농도와 혈액 중 망간농도 및 소변 중 망간농도의 상관계수가 각각 0.24 및 0.61로 역시 유의한 상관관계가 있어(임현술 등, 1995) 공기 중 망간농도와 소변 중 망간농도가 유의한 상관관계가 있다는 외국의 다른 연구들과도 일치하였다(Horiuchi 등, 1970; Keefer 등, 1970). 그러나 일반적으로 혈액 중 망간농도는 체내 축적량을 어느 정도 반영하는 것으로 알려져 있으나 폭로량을 추정하는데는 도움이 되지 못하고, 소변 중 망간농도도 직업적 폭로자에서 단기간의 폭로량은 반영하나 집단이 아닌 개인차원에서는 폭로와 상관성이 낮다(Tanaka와 Lieben, 1969; Roels 등, 1987b; Bleecker, 1988; Hams와 Fabri, 1988).

같은 폭로수준에서도 망간에 대한 감수성은 개인마다 차이가 많은 것으로 알려져 있는데 만성감염, 간 및 신장질환, 만성폐색성폐질환, 음주 및 흡연, 영양결핍, 철결핍성빈혈 등의 요인이 영향을 미친다(Emara 등, 1971; WHO, 1986). 특히 철과 망간은 원자의 화학적 구조가 유사하기 때문에 철이 결핍되면 망간이 더 잘 흡수될 것이라는 가정 하에(Mahoney와 Small, 1968; Mena, 1974), 철결핍성빈혈이 망간 흡수에 대한 감수성을 결정하는 하나의 요인으로 제시되었다(Mena 등, 1969).

미국의 ACGIH에서는 분진과 흡을 구분하지 않고 모두 0.2 mg/m³로 강화하였고 MMT에 대해서만 0.1 mg/m³를 유지하고 있으나(ACGIH, 1996), 우리나라의 공기 중 망간 허용농도는 망간분진과 그 화합물이 5.0 mg/m³, 망간흡이 1.0 mg/m³, MMT가 0.1 mg/m³이다(노동부, 1991), 그러나 시간가중평균치로 1.0 mg/m³ 이하 농도의 망간에 20년 미만 폭로되어도 망간에 의

한 임상전소견(preclinical sign)이 나타날 수 있다는 보고와(Roels 등, 1992), 저농도의 망간에 폭로될 때 정신신경학적으로 뚜렷한 이상없이 정신운동검사(psychomotor test)에서만 이상소견을 보인다는 보고가 있다(Wennberg 등, 1991).

일반적으로 금속합금이나 화합물 중의 망간은 눈, 점막, 피부에 대한 자극이 약하지만, 과망간산칼륨은 강산화제로 피부나 눈에 급성손상을 끼칠 수 있다. 망간에 의한 독성으로는 파킨슨병과 일부 유사한 중추신경장애나 그에 합당한 증상이 나타나는 것으로 알려져 있다(Rodier, 1955; Whitlock 등, 1966; Tanaka와 Lieben, 1969; Smyth 등, 1973; Saric 등, 1977; Roels 등, 1987a; 박정일 등, 1991; Nelson 등, 1993; 김지용 등, 1994; 임현술 등, 1995).

호흡기에 대한 망간의 영향에 대해서는 1921년 이탈리아의 망간제련공장에서 망간에 폭로된 10명의 근로자 중 5명이 폐렴으로 사망한 것, 1939년 80%의 망간이 포함된 철망간과 규소망간을 생산하는 공장이 근처에 있는 노르웨이의 한 도시에서 사망자의 32%를 차지하면서 10배나 사망률이 높아진 폐렴이 집단적으로 발생한 사건, 그리고 1946년 과망간산칼륨을 제조하는 과정에서 망간산화물의 분진에 폭로된 근로자의 8년간에 걸친 폐렴 발생률이 비폭로자보다 36배나 높다는 사실 등이 보고되었다(Tanaka, 1994; Waldron, 1994; Ross 등, 1995). 그 후에도 일본의 같은 지역에 있는 대조사업장보다 철망간을 생산하는 사업장의 근로자가 폐렴 발생률이 더 높았고(Suzuki, 1970), 유고슬라비아의 망간합금을 생산하는 흡연 근로자에서 흡연량이 많을수록 만성기관지염 및 폐색성 폐기능장애 유병률이 높았으며(Saric과 Lucic-Palaic, 1977), 벨기에의 망간산화물과 염을 생산하는 사업장에서 망간에 폭로되는 근로자가 대조군보다 운동시 호흡곤란, 급성기관지염, 겨울철 기침 등의 유병률이 유의하게 높았다(Roels 등, 1987a). 동물실험을 통해 망간산화물에 폭로될 때 피사 및 출혈과 폐간질에 단핵세포가 침윤되는 등 염증반응이 일어나고, 호흡기 방어기전(분진제거 및 폐대식세포의 기능)의 장애로

박테리아 및 바이러스에 의한 감염의 가능성이 높아질 수 있다고 보고되었다(Graham 님, 1975; Walters 등, 1975; Maigetter 등, 1976; Bergstrom, 1977; Adkins 등, 1980; Ross 등, 1995; Newman, 1996).

이와 같이 망간에 의한 건강장애 중 호흡기장애에 대해서는 여러 보고가 있었으나 중추신경계장애에 가려서 상대적으로 그 중요성이 간과된 감도 없지 않다. 본 연구는 망간원석을 제련하는 과정에서 망간이 함유된 흙에 폭로되는 근로자들의 호흡기증상이 비폭로 근로자와 비교하여 차이가 있는지 알아보려고 실시하였다.

일반적으로 연령이 높아질수록 호흡기증상, 특히 만성기관지염(증상)의 유병률도 높아지며, 연령과 일부 관련되기는 하지만 흡연력이 많아질수록 호흡기증상의 유병률도 높아진다. 이것은 망간폭로자에서도 마찬가지로 비흡연자에서는 차이가 없었으나 흡연자에서는 흡연량과 비례하여 만성기관지염 및 폐기능장애가 늘어나 망간과 흡연이 서로 상승(synergistic)작용을 한다는 보고가 있다(Saric과 Lucic-Palaic, 1977).

본 연구에서는 모든 근로자들의 단순 흡부방사선사진상 어떠한 활동성 질환이나 그 후유증이 없는 상태에서 연령이 높고 근무기간이 긴 근로자들이 많이 포함되어 있는 폭로근로자가 그렇지 않은 비폭로근로자와 7가지 어느 호흡기증상에 있어서도 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 이 7가지 호흡기증상의 발현이 근로자의 연령, 근무기간, 흡연상태, 흡폭로 여부 등과 유의한 상관성을 보이지 않았다. 이와같은 결과는 운동시 호흡곤란과 만성 기관지염의 증상이라 할 수 있는 기침 또는 가래에서도 마찬가지이었다. 그러나 과거 일주일 이내에 나타난 증상에 대하여 그 심각한 정도는 고려하지 않고 증상 유무만 조사하였기 때문에, 만성기관지염의 정의상 실제 만성기관지염이 있으면서도 조사에서는 증상이 없는 것으로 나타났을 가능성도 배제하지 못한다.

호흡기를 통해 흡수되는 물질에 대해서는 모두 해당되지만, 특히 망간은 비수용성이므로 호흡기를 통해 흡수되기 위해서는 그 입자가 폐포까지 도달할 수 있

어야 하므로 호흡성입자 수준의 크기가 중요하다. 그러나 노작업자들에서 이들이 폭로되는 망간, 철, 규소 어느 것도 그 호흡성흡 농도와 호흡기증상 유무는 서로 유의한 상관성이 없었다. 이것은 근무기간을 고려한 성분별 누적폭로량으로 살펴보아도 마찬가지이었다. 노작업자들이 폭로되는 총흡 중 망간과 철, 그리고 호흡성흡 중 철이 일부 노에서 높았으나 망간, 철, 규소 모두 그에 해당하는 우리나라 허용농도 미만이었고 제 4로를 제외하고는 미국 ACGIH의 TWA-TLV에도 미달하였기 때문에, 저농도 폭로로 인하여 유의한 상관성을 나타내지 않았을 수도 있다. 그러나 미국의 환경보호청에서는 망간이 1 mg/m^3 이하의 공기 중 농도에서도 인간의 호흡기에 영향을 준다고 하였고(Roel 등, 1987a), Di Lorenzo 등은 $0.1\text{-}1.0 \text{ mg/m}^3$ 농도의 망간 흡입에 의해서도 호흡기의 방어기전이 영향을 받는데 특히 15년 이상 망간에 폭로될 경우 더 영향을 받는다고 하였으므로(Di Lorenzo, 1993) 추후 더 많은 연구가 필요하다. 또한 총흡과 호흡성흡 중 본 연구에서 조사한 망간, 철, 규소 이외의 성분이 적게는 70%, 많게는 90%를 차지하는데 이 성분이 무엇이고 호흡기에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 추가조사가 필요하다.

지금까지 망간과 관련된 진폐증은 보고되지 않았는데, 본 연구에서 망간이 함유된 흙에 폭로되는 2명의 노작업자에서 의증(0/1)의 진폐소견이 발견된 반면 흙에 폭로되지 않는 주조부 근로자 1명에서 1형(1/2)의 진폐소견이 발견되었다. 이들 2명의 노작업자들이 다른 직업력은 없고 진폐증을 유발할 수 있는 철과 규소에 폭로되고는 있으나 측정결과에서 보듯이 그 농도가 극히 낮으며 흡연력이 있으면서 흡연량도 많다는 점을 고려하면, 현 단계에서 이들의 방사선학적 소견이 망간, 철, 규소 등에 의한 것이라고 판단하기는 곤란하다. 그러나 이 소견이 흙 중 밝혀지지 않은 기타 성분에 의해 나타난 소견일 수도 있으므로 향후 추가 조사가 필요하다. 또한 1형인 주조부 근로자는 망간흡 뿐만 아니라 망간분진에도 폭로되지 않으므로 망간폭로와 진폐증을 연관짓기 곤란하다.

망간에 폭로되는 흡연자에서 흡연량과 비례하여 폐색성 폐기능장애가 증가한다는 보고가 있지만(Saric과 Lucic-Palaic; 1977) 만성적으로 망간에 폭로되면서 폐기능장애가 있는 근로자에서 흡연과 연령은 장애 정도와 관련이 있는 반면 근무기간은 관련이 없고(Misiewicz 등, 1992), 망간합금강을 생산하는 근로자 205명에서 만성기관지염이 작업환경과 관련이 없으면서(Misiewicz 등, 1994) 폐기능은 연령, 흡연, 만성기관지염 등과 관련이 있으나 근무기간과는 관련이 없다는 보고도 있고((Misiewicz, 1994), 국내에서도 노력성 폐활량 및 일초량이 차이가 없다고 하였다(박정일 등, 1991). 그러나 폐기능은 개인차원에서 생리적 리듬에 따라 차이가 많고 현재의 폐기능검사는 정상으로 간주하는 범위가 넓어 민감도가 떨어지기 때문에, 각 근로자의 폭로 경과에 따른 변화를 감안하지 않고 폐기능검사 결과를 일정 시점에서 집단차원으로만 해석할 경우 폐기능장애를 조기에 발견하는데 적절하지 못할 수도 있다. 그러나 이러한 한계에도 불구하고 장기적으로는 폭로근로자들의 정확한 폐기능의 판정을 위하여 폐기능검사를 실시할 필요가 있고, 특히 각 근로자의 폐기능이 어떻게 변화하는지를 폭로와 관련지어 연구할 필요가 있다.

V. 결 론

망간이 함유된 흙에 폭로되는 근로자의 호흡기증상을 살펴보기 위하여 망간원석을 제련하는 사업장에서 흙에 폭로되는 근로자 63명과 비폭로자 66명을 대상으로 7가지 호흡기증상에 관한 설문조사와 방사선검사를 실시하였다. 흙에 폭로되는 근로자 중 노작업자 36명에 대해서는 공기 중 총흡 및 호흡성흡을 측정하고, 각 흙에 포함되어 있는 망간, 철, 규소의 농도를 분석하였다.

흙에 폭로되는 근로자와 비폭로 근로자 사이에는 7가지 호흡기증상 모두 유병률의 차이가 없었으며, 이러한 호흡기증상의 유무는 근로자의 연령 및 근무기간, 흡연력, 흡폭로 여부 등과 관련이 없었다. 노작업

자의 호흡기증상 유무도 총흡과 호흡성흡 중 망간, 철, 규소 농도와 관련이 없었다. 노작업자 2명에서 의증의 진폐소견이, 주조부 근로자 1명에서는 1형(1/2)의 진폐소견이 발견되었다.

이상과 같이 저농도의 망간, 철, 규소를 포함하는 흡에 폭로되는 근로자에서 흡폭로 여부 및 각 성분별 농도와 호흡기증상 사이의 관련성을 확인하지 못하였다. 또한 본 사업장 이외에서 흡이나 분진에 폭로된 기왕력이 없는 세 명에서 진폐의증과 진폐증이 발생하였는데, 이들의 진폐(의)증이 이러한 저농도의 망간 흡에 폭로되어 발생한다고는 판단할 수 없었다.

그러나 망간원석을 제련하는 사업장에서 발생하는 흡 중에 망간, 철, 규소를 제외한 성분이 70-90% 포함되어 있어 향후 이 성분에 대한 분석이 필요하고, 이러한 흡에 폭로되는 근로자의 호흡기증상에 대해서는 각 증상의 심한 정도 및 지속기간, 흡폭로와 증상 발생과의 시간적 관계 등을 고려하여 좀더 자세한 연구가 필요하다.

참고문헌

김지용, 임현술, 정해관, 백남원. 일부 망간취급 근로자의 망간폭로 및 건강위해에 관한 연구. 대한산업의학회지 1994; 6:98-112

노동부. 유해물질의 허용농도: 노동부고시 제91-21호. 노동부; 1991

박정일, 노영만, 구정완, 이승한. 원광분쇄작업장에서 의 망간폭로. 대한산업의학회지 1991; 3:111-118

임현술, 김지용, 정해관, 정희경. 망간취급 여성근로자의 망간폭로 및 건강위해에 관한 연구. 예방의학회지 1995; 28:406-420

Adkins Jr. B, Luginbuhl HG, Miller JF, Gardner DE. Increased pulmonary susceptibility to streptococcal infection following inhalation of manganese oxide. Environ Res 1980; 23:110-120

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, ACGIH, 1996

Bergstrom R. Acute pulmonary toxicity of manga-

nese dioxide. Scand J Work Environ Health 1977; 3(Suppl 1):1-41

Bleecker ML. Parkinsonism: A clinical marker of exposure to neurotoxins. Neurotoxicol Teratol 1988; 10(5):475-478

Cotzias GC, Horiuchi K, Fuenzalida S, Mena I. Chronic manganese poisoning: Clearance of tissue manganese concentrations with persistence of the neurological picture. Neurology 1968; 18: 376-382

Davidsson L, Cederblad A, Lonnerdal B, Sandstrom B. Manganese retention in man: A method for estimating manganese absorption in man. Am J Clin Nutr 1989; 49:170-179

Di Lorenzo L, Sacchitelli F, Margiotta M, Cassano F, Elia G, Pegorari MM, Soleo L. The inhalation of low concentrations of manganese powders produces changes in respiratory mucociliary clearance(Italian). G Ital Med Lav 1993; 15:21-25 [Abstract]

Emara AM, El-Ghawabi SH, Madkour Ol, El-Samar GH. Chronic manganese poisoning in the dry battery industry. Br J Ind Med 1971; 28:78-82

Graham JA, Gardner DE, Walters MD, Coffin DL. Effect of trace metals on phagocytosis by alveolar macrophages. Infect Immunol 1975; 11:1278-1283

Hams GA, Fabri JK. An analysis for blood manganese used to assess environmental exposure. Clin Chem 1988; 34:1121-1123

Horiuchi K, Horiuchi S, Shinagawa K, Utsunomiya T, Tsuyama Y. On the significance of manganese contents in the whole blood and urine of manganese handlers. Osaka City Med J 1970; 16:29-37

ILO. Guidelines for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis. Geneva, International Labour Office, 1980

Keefer RC, Barak AJ, Boyett JD. Binding manganese and transferrin in rat serum. Biochem Biophys Acta 1970; 21:390-393

Mahoney JP, Small WJ. Studies on manganese-III: The biological half-life of radiomanganese in man and factors which affect this half-life. J Clin Invest 1968; 47:643-653

- Maigetter RZ, Ehrlich R, Fenters JD, Gardner DE. Potentiating effects of manganese dioxide on experimental respiratory infections. *Environ Res* 1976; 11:386-391
- Mena I, Horiuchi K, Burke K, Cotzias GC. Chronic manganese poisoning: Individual susceptibility and absorption of iron. *Neurology* 1969; 19:1000-1006
- Mena I. The role of manganese in human disease. *Ann Clin Lab Sci* 1974; 4:487-491
- Misiewicz A, Radwan K, Karmolinski M, Dziewit T. Degree of ventilation disturbances in persons with occupational exposure to manganese (Polish). *Wiad Lek* 1992; 45:890-893 [Abstract]
- Misiewicz A. Results of spirometric examinations in workers engaged in production of iron-manganese alloys(Polish). *Med Pr* 1994; 45:115-121 [Abstract]
- Misiewicz A, Radwan K, Karmolinski M, Dziewit T, Matysek A. Chronic bronchitis in workers producing iron-manganese alloys(Polish). *Wiad Lek* 1994; 47:257-261 [Abstract]
- Montgomery Jr. EB. Heavy metals and the etiology of Parkinson's disease and other movement disorders. *Toxicology* 1995; 97:3-9
- Nelson K, Golnick J, Korn T, Angle C. Manganese encephalopathy: Utility of early magnetic resonance imaging. *Br J Ind med* 1993; 50:510-513
- Newland MC, Ceckler TL, Kordower JH, Weiss B. Visualizing manganese in the primate basal ganglia with magnetic resonance imaging. *Exp Neurol* 1989; 106:251-258
- Newman LS. Metals. In: Harber P, Schenker MB, Balmer JR. Occupational and environmental respiratory disease. St. Louis, Mosby-Year Book, Inc., 1996, pp. 469-513
- NIOSH. Manual of Analytical Method. Cincinnati, NIOSH, 1994, pp. 7300-7301
- Rodier J. Manganese poisoning in Moroccan miners. *Br J Ind Med* 1955; 12:21-35
- Roels H, Lauwerys R, Buchet J-P, Genet P, Sarhan MJ, Hanotiau I, de Fays M, Bernard A, Stanesco D. Epidemiological survey among workers exposed to manganese: Effects on lung, central nervous system, and some biological indices. *Am J Ind Med* 1987a; 11:307-327
- Roels H, Lauwerys R, Genet P, Sarhan MJ, de Fays M, Hanotiau I, Buchet J-P. Relationship between external and internal parameters of exposure to manganese in workers from a manganese oxide and salt producing plant. *Am J Ind Med* 1987b; 11:297-305
- Roels HA, Ghyselen P, Buchet JP, Ceulemans E, Lauwerys RR. Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. *Br J Ind Med* 1992; 49:25-34
- Ross JAS, Seaton A, Morgan WKC. Toxic gases and fumes. In: Morgan WKC, Seaton A. Occupational lung diseases, 3rd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1995, pp. 568-596
- Saric M, Lucic-Palaic S. Possible synergism of exposure to airborne manganese and smoking habit in occurrence of respiratory symptoms. In: Walton WH. Inhaled particles IV. Oxford, Pergamon Press, 1977, pp. 773-778
- Saric M, Markicevic A, Hrustic O. Occupational exposure to manganese. *Br J Ind Med* 1977; 34:114-118
- Shukla GS. Current exposure to lead, manganese, and cadmium and their distribution to various brain regions, liver, kidney, and testis of growing rats. *Arch Env Contam Toxicol* 1987; 16:303-310
- Smyth LT, Ruhf RC, Whitman NE, Dugan T. Clinical manganism and exposure to manganese in the production and processing of fromanganese alloy. *J Occup Med* 1973; 15:101-109
- Suzuki Y. Environmental contamination by manganese. *Jap J Ind Health* 1970; 12:529-533
- Tanaka S, Lieben J. Manganese poisoning and exposure in Pennsylvania. *Arch Environ Health* 1969; 19:674-684
- Tanaka S. Manganese and its compounds. In: Zenz C. Occupational medicine, 3rd ed. St. Louis, Mosby-Year Book, Inc., 1994, pp. 542-548
- Thorlacius-Ussing O, Gregersen M, Hertel N. The concentration of twelve elements in the anterior pituitary from human subjects and rats as measured by particle induced X-ray emission(PIXE).

Biol Trace Elem Res 1988; 16:189-202

Waldron HA. Non-neoplastic disorders due to metallic, chemical and physical agents. In: Parkes WR. Occupational lung disorders, 3rd ed. Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd., 1994, pp. 593-643

Walters MD, Gardner DE, Aranyi C, Coffin DL. Metal toxicity for rabbit alveolar macrophages in vitro. Environ Res 1975; 9:32-47

Wennberg A, Iregren A, Struwe G, Cizinsky G, Hagman M, Johansson L. Manganese exposure in steel smelters: A health hazard to the nervous

system. Scan J Work Environ Health 1991; 17:255-262

Whitlock CM Jr., Amoso SJ, Bittenbender JB. Chronic neurological disease in two manganese steel workers. Am Ind Hyg Assoc J 1966; 27:454-459

Wilkenfeld M. Metal compounds and rare earths. In: Rom WN. Environmental and occupational medicine, 2nd ed. Boston, Little, Brown and Company, 1992, pp. 815-830

WHO. Early detection of occupational diseases. Geneva, World Health Organization, 1986, pp. 69-73