

## A Study on the Blood Manganese Levels in Welding Workers

Mi-Hwa Lee<sup>†</sup>

Department of Clinical Pathology, Jinju Health College, Jinju 660-757, Korea

The welding workers are frequently exposed to heavy metals such as manganese. Manganese is well evaporated into the air while welding. This study had been carried out to investigate the relationship of the blood manganese level to age, work duration, and smoking status among 128 welding workers in Gyeongnam and Jeonnam province from May to November, 2003. They showed high manganese level in the first health examination. Subjects were also classified for the investigation according to their smoking status as smokers and nonsmokers, work duration ( $\leq 9$ , 10~9, 20 $\leq$  years), and ages ( $\leq 29$ , 30~39, 40~49, 50 $\leq$  years). Blood manganese levels were analyzed by atomic absorption spectrophotometer (AAS). Mean blood manganese level was  $1.62 \pm 0.56 \mu\text{g/dl}$ . In the comparison of blood manganese levels by age and smoking status, mean blood manganese levels of smokers in age of 20's, 30's, and 50's were  $2.09 \pm 0.44 \mu\text{g/dl}$ ,  $1.94 \pm 0.33 \mu\text{g/dl}$ , and  $2.15 \pm 0.33 \mu\text{g/dl}$ , respectively. Blood manganese levels of smokers were significantly higher than those of non-smokers, showing no significant difference in the 40's. In the comparison of blood manganese levels by work duration, the blood manganese levels of smokers were the highest in the case of 10 to 19 years work duration. This study showed that the blood manganese levels were related to the smoking status, work duration, and age. Mean manganese levels of smokers showed higher than those of nonsmokers. It also showed that the length of work duration was related to the elevation of blood manganese levels. Among the welding workers, blood manganese levels of smokers were the highest over their age of 50's. In conclusion, smoking was the most significant risk factor to increase blood manganese levels. The further study will need analysis of the other factors related to manganese level elevation.

**Key Words:** Blood manganese, Smoker, Work duration

### 서 론

산업 분야에서의 지속적인 산업보건활동에도 불구하고 직업병 발생은 늘어나고 있으며 여러 종류의 화학 물질이나 중금속에 노출되는 정도가 증가하고 있는 실정이다. 현재 화학 공업은 급진적으로 발달하여 연간 1,000여 종의 화학 물질이 합성되고 있는데 각 분야에서 사용되는 중금속 및 화합물의 위해성에 대한 보고가 계속 이어지고 있다<sup>7,8,28,29</sup>.

우리나라는 지난 30여 년간 중화학 공업을 육성시킴으로써 조선업, 자동차 제조업 그리고 석유 화학 및 건축업 등의 기간산업에 용접 사용이 증가되었는데 용접 작업은 용접흡, 산화철분진, 각종 중금속 등의 입자상 물질과 자외선 및 유해 가스를 발생시킨다<sup>2,6,7</sup>. 작업장에서 가스, 액체, 분진의 형태로 체내 흡수되어 발생하는 공업용 약품중독, 진폐증,

피부질환은 심각한 상황이며<sup>20,23</sup> 많은 근로자들이 고된 노동 후에 흡연이나 알코올을 섭취하는 경향이 많은데 흡연이 혈중 중금속 농도를 증가시키며 알코올 또한 상승시키는 효과가 있고 장기간의 근무 기간 또한 중금속 농도를 상승시킨다는 보고가 있다<sup>4,9</sup>. 용접 시에 발생하는 용접흡 중 망간(Mn)은 공기 중으로 잘 방출되는 금속이라는 보고가 있는데<sup>15,16,23</sup> 망간은 망간 광석에서 산출되는 단단하면서도 잘 부서지는 회백색 금속으로써 산화 제일망간, 이산화망간, 사산화망간 등 8가지의 산화형태로 존재한다. 망간의 체내 유입은 호흡기를 통한 경로가 가장 많다. 대부분의 망간 화합물은 난용성이기 때문에 폐포에 도달할 수 있는 정도의 미세 입자만이 호흡기를 통해 체내에 흡수된다. 망간에 오염된 음식 및 음료를 통해서도 장관계 흡수가 가능하며 섭취된 망간의 약 4%가 체내에 흡수된다<sup>24</sup>. 흡수된 망간의 10~30%는 간에 축적되고 폐, 비장, 손톱 및 모발에도 축적되어 발견된다<sup>3,22,24</sup>. 산업장에서의 망간 노출은 주로 용접이나 망간이 함유된 세라믹이나 도자기 제조, 건전지 제조 등의 작업에서 많이 발생하는데 중독현상으로는 정서불안, 무력감, 전신권태 등의 증상이 나타나며 폐렴을 발생시킨다<sup>21,27,28</sup>. 이러한 증상은 망간에 더 이상 노출되지 않으면 다시 호전되지만 계속적으로 노출되

\* 논문 접수: 2003년 12월 3일

수정재접수: 2003년 12월 17일

<sup>†</sup>별책 요청 저자: 이미화, (우) 660-757 경남 진주시 상봉서동 1142, 진주보건대학 임상병리과

Tel: 055-740-1850, Fax: 055-740-1846

e-mail: mhleejh@hanmail.net

면 뇌중추신경이 손상되고 파킨슨씨 증후군이 발생되며 증상이 더욱 심해져 확립기에 들어서면 원상회복이 불가능하고 적당한 치료 방법이 없으며 초기 단계에서는 그 증세가 특징적이지 않아 진단이 어려운 실정이다<sup>31)</sup>. 그동안 보고된 연구는 용접 작업 시 발생하는 공기 중의 중금속 및 용접흡의 농도를 측정 한 작업환경 측면에서의 연구가 대부분이었고 생체 모니터링을 통해 근로자의 행동 양상에 따른 망간의 혈중 농도 분석 자료는 미미한 실정이다. 본 연구에서는 경남 지역과 전남 지역의 중소 용접 산업체에 근무하는 근로자 중 1차 정기 검진에서 망간의 혈중 농도가 높게 나와 재검진 대상으로 판명된 근로자의 혈중 망간 농도와 연령, 근무 기간, 흡연 여부, 흡연량, 흡연 기간을 분석하여 혈중 망간을 상승시키는 요인을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 대상

2003년 5월부터 동년 11월까지 경남 및 전남 지역 소재의 중소 용접 산업체 현장 근로자 중 1차 정기 건강 검진에서 혈중 망간 농도가 높게 나타나 2차 검사 실시 대상으로 판정된 남자 근로자 128명을 추출하여 혈중 망간 농도, 연령, 근무 기간, 흡연 여부, 흡연량, 흡연 기간 등을 조사하였다.

### 2. 조사 방법

혈액 시료의 채취 분석은 한국산업안전공단의 유해 물질

분석법에 따라 원자흡광분석기 (atomic absorption spectrophotometer, AAS)를 이용하여 분석하였다. 혈액 시료는 EDTA 항응고제가 첨가된 시험관에 채취한 후 분석할 때까지 4°C로 냉장 보관하였다. 분석에 사용된 모든 초자 기구는 20% 질산에 4시간 이상 담가 두었다가 탈이온수 (deionized water)로 세척한 후 사용하였다 (Table 1).

### 3. 자료처리

SPSS 11. for Windows를 이용하여 혈중 망간 농도를 연령, 근무 기간, 흡연 여부, 흡연량, 흡연 기간에 따라 t 검정과 일원변량분석을 통하여 분석하였으며 연령과 근무 기간, 흡

Table 1. Analytical condition for blood manganese

Sample	Whole blood
Sample treatment	
Matrix modifier	Triton X-100
Dilution	1:15
Analyzing condition	
Instrument (Model)	Atomic absorption spectrophotometer (Analyst 600, Perkin-Elmer, USA)
Drying temp.	90~130°C
Ashing temp.	1,200°C
Atomizing temp.	2,400°C
Wavelength	279.5 nm
Background correction	Zeeman method

Table 2. General characteristics of the subjects

Characteristics		Smoker	Non smoker	Total N (%)
Age	≤29	8 ( 11.8)	8 ( 13.3)	16 ( 12.5)
	30~39	14 ( 20.6)	16 ( 26.7)	30 ( 23.4)
	40~49	30 ( 44.1)	34 ( 56.7)	64 ( 50.0)
	50≤	16 ( 23.5)	2 ( 3.3)	18 ( 14.1)
Work duration (year)	≤9	18 ( 26.5)	16 ( 26.7)	34 ( 26.6)
	10~19	24 ( 35.3)	28 ( 46.7)	52 ( 40.6)
	20≤	26 ( 38.2)	16 ( 26.7)	42 ( 32.8)
Daily smoking (ea/day)	Not	-	60 (100.0)	60 ( 46.9)
	1~10	30 ( 44.1)	-	30 ( 23.4)
	11≤	38 ( 55.9)	-	38 ( 29.7)
	Not	-	60 (100.0)	60 ( 46.9)
Smoking status	Smoking exposed (year)			
	5~9	12 ( 17.6)	-	12 ( 9.4)
	10≤	56 ( 82.4)	-	56 ( 43.8)
Total		68 (100.0)	60 (100.0)	128 (100.0)

연 여부에 따른 삼원변량분석을 통하여 상호작용을 조사하였다. 상관분석을 통하여 혈중 망간 농도와 각 요인의 관련성을 조사하였고 혈중 망간의 농도를 향상시키는 주요 요인을 다중회귀분석을 통하여 검증하였다.

### 결 과

경남 지역과 전남 지역의 용접 공장에 근무하는 남자 근로

자 128명을 조사 대상으로 하였으며 연령별 분포는 20대가 16명 (12.5%), 30대가 30명 (23.4%), 40대가 64명 (50%), 50대 이상은 18명 (14.1%)으로 평균 40.7세이었다. 근무 연수는 10년 미만인 34명 (26.6%), 10~19년은 52명 (40.6%), 20년 이상은 42명 (32.8%)으로 평균 근무 기간은 15년이었다. 흡연자는 68명이었고 비흡연자는 60명이었다. 흡연자의 평균 1일 흡연량은 14.03개였으며 흡연 기간은 평균 15.4년이었다 (Table 2). 연령, 근무 기간, 흡연 여부, 1일 흡연량, 흡연 기간에 따

**Table 3.** Comparison of Mean Mn levels by age, work duration and smoking status

			M (µg/dl)	SD	t · F (p)	TMC
Age	≤29	(a)	1.53	.69	4.092** (.008)	a-d*, b-d*, c-d**
	30~39	(b)	1.56	.51		
	40~49	(c)	1.55	.52		
	50≤	(d)	2.03	.47		
Work duration (year)	≤9	(a)	1.38	.56	5.578** (.005)	a-c**
	10~19	(b)	1.64	.49		
	20≤	(c)	1.79	.57		
Smoking	smoker		1.90	.43	7.086*** (.000)	
	non smoker		1.31	.51		
Smoking status	Not	(a)	1.31	.51	26.361*** (.000)	a-b***, a-c***
	1~10	(b)	1.80	.42		
	11≤	(c)	1.97	.43		
Smoking exposed (year)	Not	(a)	1.31	.51	25.105*** (.000)	a-b**, a-c***
	5~9	(b)	1.83	.38		
	10≤	(c)	1.91	.44		
Total			1.62	.56		

TMC: Tukey's Multiple Comparison ( $\alpha=.05$ ), \* $P<.05$  \*\* $P<.01$  \*\*\* $P<.001$

**Table 4.** Comparison of mean Mn levels by age and smoking

Age	Smoking	N	M (µg/dl)	SD	F (p)	TMC
≤29	Smoker (11)	8	2.09	.44	11.215*** (.000)	11~12***, 11~22***, 11~32**
	Nonsmoker (12)	8	.98	.34		12~21***, 12~31**, 12~41***
30~39	Smoker (21)	14	1.94	.33		21~12***, 21~22**, 21~32*
	Nonsmoker (22)	16	1.23	.40		22~31*, 22~41***
40~49	Smoker (31)	30	1.69	.43		31~41*
	Nonsmoker (32)	34	1.43	.57		32~41***
50≤	Smoker (41)	16	2.15	.33		41~42*
	Nonsmoker (42)	2	1.04	.00		
Total			128	1.62	.56	

\* $P<.05$  \*\* $P<.01$  \*\*\* $P<.001$

른 혈중 망간 농도를 비교하였을 때 연령별로는 50대 이상인 경우 혈중 망간 농도가 유의하게 높았으며 ( $P<.01$ ), 근무 기간에 따른 비교에서는 근무 기간이 길수록 농도가 높게 나타났다 ( $P<.01$ ). 흡연 여부에 따라서는 흡연자의 경우 비흡연자보다 유의하게 높게 나타났으며 ( $P<.001$ ), 흡연자 사이에서 흡연량과 흡연 기간에 따른 유의한 차이는 없었다 (Table 3).

연령과 흡연 여부에 따른 혈중 망간 농도에 비교에서는 20대, 30대, 50대 흡연자의 평균 혈중 망간 농도는 각각  $2.09\pm 0.44 \mu\text{g/dl}$ ,  $1.94\pm 0.33 \mu\text{g/dl}$ ,  $2.15\pm 0.33 \mu\text{g/dl}$ 로써 흡연자가 비흡연자보다 유의하게 높았으며 40대에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 4).

근무 연수와 흡연 여부에 따른 혈중 망간 농도 비교에서는 9년 이하의 근무자의 경우 흡연자의 망간 농도는  $1.76\pm 0.45 \mu\text{g/dl}$ , 10~19년 근무자의 경우 흡연자는  $2.02\pm 0.32 \mu\text{g/dl}$ 로 각각 비흡연자보다 유의하게 높았으나 20년 이상의 근무자에서는 흡연자와 비흡연자 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Table 5).

따라서 혈중 망간 농도에 가장 영향을 주는 요인을 찾기 위하여 다중회귀분석과 상관분석을 실시하였다. 이중 흡연 여부는 이분형변수인 관계로 Spearman rho 계수를 통하여 알아보았으며 그 외의 변수는 피어슨의 상관계수를 통하여 조사하였다 (Table 6).

**Table 5.** Comparison of mean Mn levels by work duration and smoking

Duration	Smoking	N	M ( $\mu\text{g/dl}$ )	SD	F (p)	TMC
$\leq 9$	Smoker (11)	18	1.76	.45	16.649*** (.000)	11~12***, 11~22**
	Nonsmoker (12)	16	.95	.28		12~21***, 12~31***, 12~32***
10~19	Smoker (21)	24	2.02	.32		21~22***
	Nonsmoker (22)	28	1.31	.34		22~31***
20 $\leq$	Smoker (31)	26	1.87	.49		
	Nonsmoker (32)	16	1.66	.69		
Total		128	1.62	.56		

\* $P<.05$  \*\* $P<.01$  \*\*\* $P<.001$

**Table 6.** Correlation between Mn level and other factors

	Age	Duration	Smoking	Daily smoking	Smoking exposed	Mn level
Age	-					
Duration	.724***	-				
Smoking <sup>1)</sup>	.193*	.102	-			
Daily smoking	.187	.132	.918***	-		
Smoking exposed	.324***	.156	.916***	.766***	-	
Mn level	.228*	.321***	.533***	.493***	.396***	-

Pearson's Linear Correlation Coefficient, 1) Spearman rho Coefficient, \* $P<.05$  \*\* $P<.01$  \*\*\* $P<.001$

**Table 7.** Relationship between blood Mn levels and other factors

	B	Std. Error	Beta	t	p
Age	-.004	.008	-.051	-4.48	.655
Work duration	.025	.008	.316	2.954**	.004
Smoking	.663	.169	.598	3.918***	.000
Daily smoking	.011	.009	.175	1.318	.190
Smoking exposed	-.017	.009	-.274	-1.877	.063
(Constant)	1.094	.243		4.492***	.000

$R=.622$   $R^2=.387$ , adj.  $R^2=.362$   $F=15.406$ \*\*\*,  $p=.000$ , \*\* $P<.01$  \*\*\* $P<.001$

혈중 망간 농도는 흡연을 하는 경우에 가장 상승되며, 다음으로 근무 기간, 연령의 순이었다. 또한 전체 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않은 흡연량과 흡연 기간은 흡연과  $R>.09$  이상으로 매우 밀접한 관련이 있으므로 혈중 망간 농도에 영향력이 있는 것으로 나타났다.

따라서 혈중 망간 농도에 영향을 주는 요인에 대한 다중회귀분석 결과를 살펴보면, 용접 근로자의 혈중 망간 농도는 흡연을 하는 경우에 가장 증가하는 것으로 나타났으며, 다음으로 근무 기간이 길어질수록 혈중 망간 농도는 증가하는 것으로 나타났다 ( $F=15.406, P<.001$ ) (Table 7).

## 고 찰

용접 기술이 제조 현장에서 많은 도움이 되고 있으나 용접 작업 중 발생하는 유해 요인에 의한 직업병 발생으로 인해 용접 작업자의 작업환경 개선 및 혈중, 뇨중 농도 측정으로 노출 정도를 조사하여 관련성을 연구하는 보고가 계속 발표되고 있다<sup>1,2,30</sup>. 용접 시 발생하는 유해 성분으로는 오존, 이산화질소와 산화철, 망간, 니켈, 크롬, 납 등의 각종 중금속이 포함되어 있다<sup>11,17,18</sup>. 유해 물질을 취급하는 발생원에서 유해 요인을 직접 제거하는 배기 장치는 매우 중요한데 대부분의 영세 규모 사업장에 설치된 국소 배기 장치는 설계 및 시공의 전문성 결여, 감리제도의 불합리와 유지관리 기술이 미흡한 실정으로 유해 요인에 대한 효율적인 제어 기능을 하지 못하고 있는 실정으로 많은 근로자들이 중금속에 노출되어 많은 문제점을 나타내고 있다<sup>13,20</sup>. 또한 노동부에서 정한 공기 중 망간에 대한 용접흡의 허용기준 함량<sup>6</sup>을 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist)에서 정한  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 그대로 채택하였는데, 이후 ACGIH에서는 신경계 및 생식 장애를 예방하기 위해 그 기준을  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮추었으나 우리나라의 경우 과거 기준을 그대로 사용하고 있어서 근로자의 건강을 더욱 위협하고 있다.

우리나라에서 용접 작업장의 공기 중 흡이나 금속제품 제조 시 공기 중 금속 농도 등 복합 중금속 폭로에 대해 각각의 성분과 농도를 측정하기 시작한 것은 비교적 최근의 일이며 더욱이 생체 모니터링인 인체의 혈액, 소변 등에 관한 자료는 많지 않은 실정이다.

일반적으로 망간은 음식물과 공기를 통해 주로 흡수되고 혈액 중에서는 적혈구와 결합하여 운반되며 미토콘드리아가 풍부한 간장, 신장, 췌장 등에 존재하며 간을 통해 담즙 중으로 배설된다. 특히 혈액을 통해 뇌에 침착되는데 반감기가 길어 장기간 뇌에 존재하게 된다<sup>22</sup>. 이러한 혈중 망간 농도가 상승 시 건강에 영향을 미치는데, 망간 노출 정도, 기간 및 알콜, 흡연 등에 영향을 받는다고 한다. 알콜 섭취시 망간은 상승 작용을 일으켜 같은 수준의 망간 농도에 대해서 알

콜 중독자는 더 많은 영향을 받게 되며 망간 농도가 상승하면 정신 및 감정 조절 물질의 하나인 도파민의 작용이 손상되어 프로락틴이 상승되는데 알콜 섭취량이 많은 사람이 망간에 지속적으로 노출되면 장애가 나타나며 현재 휘발유 속에 납을 망간으로 대체시키고 있는 추세에서는 망간 노출이 확산되고 있으며 알콜 섭취량이 많은 사람은 제철 공장에서 일하지 않아도 망간 중독에 걸릴 수 있다고 한다<sup>9</sup>.

본 연구에서 혈중 망간 농도를 Lauwerys와 Hoet<sup>25</sup>에 따라 혈중 망간 농도를  $1 \mu\text{g}/\text{dl}$ 까지 정상 한계치로 정하였을 때 2차 검진자로 판정된 연구 대상자의 평균 망간 농도는  $1.62 \pm 0.56 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며 높은 농도를 나타낸 50대 이상의 연령군의 경우  $2.03 \pm 0.47 \mu\text{g}/\text{dl}$ 를 나타내어 정상치의 약 2배 값을 보였다.

이는 임현술 등<sup>14</sup>이 망간 노출 사업장의 근로자를 대상으로 조사한 혈중 망간 농도  $3.94 (\mu\text{g}/\text{dl})$ 와 이미정 등<sup>12</sup>이 조사한  $3.17 (\mu\text{g}/\text{dl})$ 보다 낮은 값을 나타냈으나 김지용 등<sup>4</sup>의 결과인  $1.56 (\mu\text{g}/\text{dl})$ 와 유사한 결과를 나타냈다.

이는 조사 대상의 작업환경이나 개인적 생활 습관에 따라 차이점을 나타내거나 분석 방법에 따른 차이<sup>3</sup>가 있는 것으로 사료된다.

우리나라의 혈중 망간 참고치는  $3.6 \mu\text{g}/\text{dl}$ <sup>9</sup>로 본 연구에서는 이 농도를 초과하는 근로자는 볼 수 없었는데, 이는 WHO<sup>33</sup>의  $2 \mu\text{g}/\text{dl}$ 를 기준으로 하였을 때 보다 높은 기준을 책정하였으므로, 우리나라 망간 참고치에 대한 재평가가 필요하다고 사료된다. 이와 같이 우리나라에서는 직업병 판정 기준이 너무 엄격하므로 국내에서 망간 중독으로 인한 직업병 인정자는 1989년 이후 6명에 지나지 않는다. 그러므로 작업환경에 대한 철저한 관리와 위해 요소 작업 근로자에 대한 정기 검진을 철저히 하는 것이 필요하겠다. 본 연구에서는 흡연을 하는 경우 다른 변수보다 망간 농도 상승에 영향을 미치는 것으로 나왔는데 50대 흡연자의 경우  $2.15 \pm 0.33 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 정상치의 2배 이상이었으며 40대 흡연자의 경우  $11.6 \pm 0.43 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 30대의 경우  $1.94 \pm 0.33 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 20대에서  $2.09 \pm 0.44 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타나 비흡자에 비해 유의하게 높은 결과를 나타냈다.

Louekari 등<sup>26</sup>은 Cd 연구에서 담배를 하루에 26개 이상 피우는 흡연자는 비흡연자에 비해 Cd 농도가 3배가량 높게 나왔다고 하였다. 손 등<sup>10</sup>도 모발의 중금속 농도 연구에서 Ca의 경우 흡연자가 비흡연자보다 높다고 하여 본 연구의 결과와 유사하였다. 또한 연령이 많아지고 근무 기간이 길어짐에 따라 혈중 망간 농도의 유의한 상승을 나타내었는데 망간에 노출되는 정도가 많아지므로 높아지는 것으로 사료된다.

본 연구 결과에 의하면 혈중 망간 농도는 흡연을 하는 경우 가장 상승하며 다음으로 근무 기간의 연장, 연령이 높은 순으로 상승도를 나타내었는데 근무 환경과 그 외의 변수가 조사되지 않았고 2차 검진자에 대해서만 분석되었으므로 정

상군과의 비교 및 사무직과 근로직과의 비교로도 유사한 상관성이 나타나는지 여부를 조사해 보는 것이 더욱 정확한 상승 요인 찾아낼 수 있는 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 강용선, 김세동, 구태형 (1996): 금속 제품 제조 산업장 내 공기 중 금속농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지, **6(2)**: 249-264.
- 2) 박영순, 백남원 (1997): 모 조선소의 밀폐된 작업장에서 공기 중 용접흡 및 중금속 농도에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지, **7(1)**: 113-131.
- 3) 김정만, 안정모, 김원술, 김정일 (2000): 한국인의 연, 망간, 알루미늄 및 실리콘의 혈중 농도. 예방의학회지, **33**: 157-164.
- 4) 김지용, 임현술, 정해관 (1994): 일부 망간 취급근로자의 망간 폭로 및 건강위해에 관한 연구. 대한산업의학회지, **6**: 98-112.
- 5) 노동부 (1995): 유해 물질 허용 농도, 노동부 고시 제 95-25호. 서울, 노동부.
- 6) 노동부 (1995): 작업환경 측정 관련 규정. 노동부 고시 제 95-25호. 서울, 노동부.
- 7) 백남원 (1989): 용접 작업장의 작업환경 개선 대책. 한국산업안전공단자료.
- 8) 변상훈, 박승현, 김창일 (1995): 일부 업종의 용접흡 분석 및 폭로 농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지, **5(2)**: 172-183.
- 9) 슬과 망간 (2002): 한국과학기술정보원 자료.
- 10) 손부순, 홍은주 (1997): 모발 중 미량 금속 함량에 관한 조사 연구. 한국산업위생학회지, **7(2)**: 233-278.
- 11) 이권섭, 백남원 (1994): 용접 작업 형태별 공기 중 용접흡 농도와 금속성분에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지, **4(1)**: 71-80.
- 12) 이미정, 문덕환, 조영하, 이종태, 한용수 (1995): 일부 농촌 지역 주민들의 혈청에 함유된 중금속의 농도. 인제의학, **16**: 311-325.
- 13) 이영세, 윤종국, 박종안, 이송현, 채중홍, 김억수 (2000): 철강 용접장의 크롬 및 망간 노출평가와 산업위생관리 대책에 관한 연구. 산업위생학회지, **10(1)**: 45-57.
- 14) 임현술, 김지용, 정해관 (1995): 망간 취급 여성근로자의 망간 폭로 및 건강위해에 관한 연구. 예방의학회지, **28**: 406-420.
- 15) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (1997): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, ACGIH.
- 16) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (1984): Welding Health and Safety Resource Manual. ACGIH, Akron, OH.
- 17) American Welding Society (AWS) (1976): Methods for Sampling Airborne Particulates Generated by Welding and Allied Process, ANSI/AWS F1: 1-78.
- 18) Buchet JP (1976): Determination of manganese in blood and urine by flameless atomic absorption spectrophotometry. *Clin Chim Acta*, **73**: 481-486.
- 19) Butt EM, Nusbaum RE and Gilmour TC (1964): Trace metal levels in human serum and blood. *Arch Environ Health*, **8**: 60-66.
- 20) Cholak J and Hubbard DM (1960): Determination of manganese in air and biological material. *Am Ind Hyg Assoc J*, **21**: 356-362.
- 21) Crapper DG and Farnell BJ (1985): Metal Ions in Neurology and Psychiatry. AR Liss, Inc. New York, 69-87.
- 22) Erikson H, Tedroff J and Thomas KA (1982): Manganese induced brain lesions in *Macaca fascicularis* as revealed by positron emission tomography and magnetic resonance imaging. *Arch Toxicol*, **66**: 403-407.
- 23) Fairfax RE (1994): Manganese exposure during welding operations. *Am Ind Hyg Assoc J*, **9(8)**: 537-538.
- 24) Last JM, Wallace RB, Connor EB, Fielding JE, Frank AL, Scutchfield FD, Tyler CW and Wenzel RP (1998): Maxcy-Rosenau-Last Public Health & Preventive Medicine. Prentice-Hall International Inc. 14th ed. USA: 494-502.
- 25) Lauwerys RR and Hoet P (1993): Industrial Chemical Exposure-Guidelines for Biological Monitoring and Ed. Lewis Publishers.
- 26) Laekari K, Ussitalo U and Pientinen P (1989): Variation and modifying factors of the exposure to lead and cadmium based on an epidemiology study. *The Science of the Total Environment*, **84(1)**: 1-12.
- 27) Horiuchi K (1967): Manganese contents in the whole blood, urine and feces of a healthy Japanese population. *OSAKA City Med J*, **13**: 151-163.
- 28) Huang CC (1989): Chromic manganese intoxication. *Arch Neurol*, **46**: 1104-1106.
- 29) Park DU, Shin YC and Oh SM (1993): Evaluation on the Efficiencies of Local Exhaust Systems and Airborne Concentration of Total Chromium Hexa-Valent Chromium and Nickel in Some Electroplating Plants. *Korean Ind Hyg Assoc J*, **3(1)**: 68-77.

- 30) Roels H, Lauwerys R, Genet P, Sarhan MJ, Hamotiau I and Buchet JP (1987): Relationship between external and internal parameters of exposure to manganese in workers from a manganese oxide and salt producing plant. *Am J Ind Med*, **11**: 297-305.
- 31) Tonaka S and Lieben J (1969): Manganese poisoning and exposure in Pennsylvania. *Arch Environ Health*, **19**: 674-684.
- 32) Uchida T (1997): Simple and micro determination of manganese in serum by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry. *Analytical Sciences*, **2**: 71-76.
- 33) WHO (1986): Disease caused by manganese and its toxic compounds. *WHO, Geneva*: 66-73.
-