

## 망간에 폭로된 용접작업자들의 신경행동검사 수행능력

한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 가톨릭대학교 예방의학교실\*

진영우 · 김양호 · 김규상 · 김은아 · 조영숙 · 신용철 · 채창호 · 최용휴 · 이세훈\* · 문영한

— Abstract —

### Performance of Neurobehavioral Tests Among Welders Exposed to Manganese

Youngwoo Jin, Yangho Kim, Kyoo Sang Kim, Euna Kim,  
Young-Sook Cho, Yong Chul Shin, Changho Chai, Yonghyu Choi,  
Se-Hoon Lee\*, Young Hahn Moon

*Industrial Safety and Health Research Institute, Korea Industrial Safety Corporation  
Department of Preventive Medicine, Catholic University, Seoul, Korea\**

To study neurobehavioral effects for manganese fume exposure of welders, we administered questionnaire about subjective symptom, related with manganese exposure, Neurobehavioral Core Test Battery of World Health Organization(NCTB) and finger tapping for 98 welders and 29 non-welding workers. We adopted welding duration as a criterion for exposure assessment, because of the lack of the longitudinal valid data and differences in airborne concentrations of manganese in welding types, such as shielded metal arc and CO<sub>2</sub> arc welding. Neurologic, musculoskeletal and concentration symptoms were significantly increased by increase of welding duration. Performance of finger tapping preferred hand, Santa Ana dexterity test preferred hand and correct number of pursuit aiming were significantly decreased by increase of welding duration. These results comparable with previous studies that suggest neurobehavioral test, especially motor test, to be an appropriate tool to detect early neurobehavioral abnormalities related with manganese exposure.

**Key Words** : Manganese, Welding, Neurobehavioral test

## 서 론

망간 폭로는 주로 망간광, 망간합금, 망간의 정련과 제련, 망간이 함유된 세라믹 산업, 벽돌 및 화학공장, 망간 흙이 발생하는 용접작업, 이산화망간을 사용하는 염료, 페인트, 제약업, 건전지의 생산과정, 파망간산칼륨제조업 등에서 주로 이루어진다(Tanaka, 1994).

망간은 사람과 동물에서 필수 영양소이며, 공장지대에서 벗어나 있는 일반인구의 경우, 공기를 통한 망간의 섭취량은 하루  $2\mu\text{g}$  이하이나, 일반 주물업종의 경우  $4-6\mu\text{g}$ , 철망간이나 실리콘망간과 관련있는 공장에서는 하루  $10\mu\text{g}$  이상이 되며, 최고값은 하루  $200\mu\text{g}$ 을 초과하는 경우도 있다. 주요흡입 경로는 호흡기와 위장관이며, 배설은 무기 망간의 경우 담즙이나 땀장즙, 장벽을 통해서, 유기 망간은 소변을 통해서 주로 배설된다(WHO, 1981).

용접공정에서 발생하는 유해인자는 매우 다양하며 크게 흙(fume) 및 가스와 같은 유해물질과 자외선, 소음, 진동 등의 물리적 인자로 분류할 수 있는데, 이들의 주요 발생원은 모재 금속, 용접봉, 전극피복 등으로 알려져 있다(NIOSH, 1988).

용접작업으로 발생하는 흙에 대한 국내의 연구(변상훈 등, 1995; 광영순과 백남원, 1997; 신용철 등, 1997)에서 철(기하평균  $0.58-25.2\text{mg}/\text{m}^3$ ), 망간(기하평균  $0.012 - 2.2\text{mg}/\text{m}^3$ ), 아연(기하평균  $0.019-2.0\text{mg}/\text{m}^3$ )의 농도가 높게 나타났는데, 이산화탄소 아크용접시에 가장 높은 농도를 나타냈으며, 그 외 납, 구리 등 중금속의 농도는  $0.01\text{mg}/\text{m}^3$  미만으로 나타났다.

중추신경계 장애를 평가하기 위한 방법으로는 설문지를 이용한 증상 조사(Roels 등, 1987, 1992, 조수현 등, 1993), 신경행동검사, 신경전도속도, 유발전위, 뇌파검사 등의 신경생리 검사(Sjögren 등, 1996) 및 CT, MRI, PET(Positron emission tomography) 등을 이용한 신경영상학적 검사(Prockop 등, 1995) 등이 있으나, 검사의 객관성과 편의성을 고려하여 여러 가지 신경행동검사가 이용되고 있으며, 그 중 하나가 Neurobehavioral Core Test Battery (NCTB)인데, 이것은 신경행동 검사의 수행능력에 있어 영향을 미치는 문화적,

사회적 차이, 검사의 항목과 방법의 차이를 극복하고자 만든 것이다(WHO, 1986).

신경행동검사는 우리 나라에 이세훈(1990)에 의해 소개되었고, 이후 유기용제의 신경독성을 평가하기 위한 많은 연구들(강성규 등, 1993; 정중학 등, 1994; 이덕희 등, 1995; 조수현 등, 1995; 이창희 등, 1996; 사공준 등, 1997; 박강원 등, 1997)과 납에 의한 독성평가(이종영 등, 1997), 신경독성물질에 폭로되지 않은 건강한 남녀의 검사수행능력 연구(이세훈 등, 1995; 이경재 등, 1995), 파킨슨병 환자들에 대한 연구(이채용, 1997) 등에 이용되었다.

망간에 의한 중추신경계장애의 조기발견에 있어서 신경행동검사는 일반적인 신경과적인 검사보다 민감한 것으로 보고되고 있으며(Roels et al; 1987, 1992; Chia et al, 1993; Iregren, 1994), 국내의 경우 망간에 대한 연구가 일부 있으나(김지용 등, 1994; 임현술 등, 1995), 이는 제련업종 종사자들을 대상으로 한 연구이고, 또한 신경행동검사를 이용한 중추신경계 장애 연구는 아직 없다.

이에 본 연구에서는 자각증상에 설문조사와 신경행동검사 중 NCTB와 수지타진검사(이종영 등, 1996)를 이용하여, 용접작업자에서 망간이 신경행동기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 대상

자동차제조업(1개), 자동차트레일러제조업(1개), 철구구조물제조업(2개), 선박제조업(1개) 등 5개 사업장에서 용접작업자와 용접을 하지 않는 생산직 근로자 중, 과거 병력상 연탄가스중독, 뇌좌상, 갑상선질환, 뇌졸중, 간질, 신경증 등 검사에 영향을 미칠 질환을 가지지 않고, 유기용제와 납, 수은 등의 신경독성물질에 폭로된 적이 없으며, 작업경력이 적어도 일년 이상인 근로자 257명중 일용직 근로자 130명을 제외한 정규직 근로자 127명을 대상으로 1997년 5월부터 2개월에 걸쳐 조사를 실시하였다.

용접작업자 98명을 용접작업기간에 따라 1-10년(38명), 11-20년(44명), 21년 이상(16명)의 세 군으로 나누었으며, 절단, 기계수리, 비계, 가조립, 마킹, 제관, 배관 등의 부서에 근무하는 생산직 근로자 29명을 비교군으로 하였다.

업종별로 용접군과 비교군은 각각 자동차제조업 42명과 8명, 자동차트레일러제조업 5명과 9명, 철구 구조물제조업 21명과 12명이었으며, 선박제조업은 용접군만 30명이었다.

단순반응시간은 비용접군은 19명, 용접 1-10년은 21명, 11-20년은 37명, 21년 이상은 10명에서 측정되었다.

## 2. 방법

### 1) 작업환경측정

근로자의 유해인자 노출 평가는 작업환경실시규정(노동부고시 제 95-25호) 및 미국 산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 공정시험법을 이용하여 실시하였다.

### 2) 자각증상 및 신경행동검사

본 연구에 참여한 모든 근로자의 연령, 교육정도, 거주지, 전체 작업 기간, 용접작업기간, 평소의 음주 습관, 흡연습관에 대해 개인면담을 통해 조사하였다.

자각증상은 지난 7일간 한번이라도 겪은 적이 있는가를 자가기입식 설문지를 이용하여 조사하였으며, 그 내용은 NCTB의 주관적 증상과 Tanaka 등(Tanaka, 1994)이 정리한 망간관련 증상들로 이루어져 있는데, 신경증상, 근육증상, 불안, 집중력저하증상의 네 군으로 구성되어 있으며, 한 항목에 대해 증상이 있으면 1점, 없으면 0점으로 처리하여, 각 군의 점수는 개개 증상 항목의 총점으로 하였다(Table 1).

신경행동검사는 세계보건기구에서 개발한 NCTB 중 감정측면도를 제외한 6가지 항목(단순반응시간, Santa Ana 민첩성검사, 숫자와우기, 숫자부호짝짓기, Benton 시각적 기억검사, 목적점찍기)과 수지타진검사를 실시하였다. 검사는 독립된 공간을 마련하여 검사자가 한명씩 일대일로 시행하였으며, 검사실은 가능한 조용하면서도 쾌적하고 방해받지 않도록 현장에서 떨어진 사무실을 이용하였다. NCTB는 Operational guide for WHO Neuro-behavioral core test battery의 지침대로 시행(WHO, 1986; 조영숙, 1997)하였으며, 수지타진

**Table 1.** Contents of subjective symptom

근육증상	어떤 일을 자주 잊어버리곤 한다
집중력 저하증상	무슨 생각을 했는지 잊어버리곤 한다
손가락이 저린다	집중하는 것이 힘이 든다
팔이 저린다	자주 머리가 아프다
다리가 자주 저린다	자주 어지럽다
팔에 힘이 없을 때가 많다	집중하는 것이 힘들다
다리에 힘이 없을 때가 많다	
자주 손이 떨린다	
팔이 자주 뻣뻣해진다	
전에 비해 땀이 자주 난다	
자주 팔이나 다리가 아프다	
걷는데 지장이 있다	
불안	신경증상
자주 이유없이 불안하다	자주 심하게 땀이 난다
자주 주위 일에 흥미가 없어진다	냄새 맡는 것이 전과 달라졌다
주위로 부터 자주 고립감을 느낀다	맛을 느끼는 것이 전과 달라졌다
자주 이유없이 안전부절할 때가 있다	얼굴에 감각이 없다고 느낀 적이 있다
자주 불안하다	얼굴근육에 이상한 느낌을 받은 적이 있다
실제로는 아무 위험이 없는데도	말할 때 목소리가 단조롭다고 한다
불안감이 느껴질 때가 자주 있다	말할 때 목소리가 약해졌다

검사는 이종영 등(1996)이 제시한 방법으로 실시하였다.

### 3. 통계처리

연구대상의 일반적 특성과 작업관련 특성의 차이를 보기 위해 일원분산분석과  $\chi^2$ -test를 하였으며, 자각증상과 신경행동검사간의 상관 분석을 시행하였다.

신경행동검사 수행능력에 영향을 줄 수 있는 다른 변수를 보정하기 위하여 공분산 분석을 실시하였으며 공변수로는 연령, 총 작업기간, 교육수준을 포함하였고, 변수들 간의 교호작용을 검토 후 용접작업 기간별 최소자승평균 및 연속변수의 회귀계수를 구하였다. 자료의 분석은 SAS for windows 6.12를 이용하였다.

## 연구결과

### 1. 작업환경특성

총 분진의 경우 피복아크 용접시 4.2mg/m<sup>3</sup>(중앙값 3.90), 이산화탄소아크 용접시 25.2mg/m<sup>3</sup>(중앙값 11.6)로 나타났다.

망간함은 평균이 피복아크 용접시 0.14mg/m<sup>3</sup>(중앙값 0.13), 이산화탄소아크 용접시 2.1mg/m<sup>3</sup>(중앙값 0.943)으로 총 분진의 경향과 같이 이산화탄소아크 용접에서 높은 값을 보였다(Table 2).

## 2. 일반적 특성

연구군의 일반적 특성을 살펴보면, 연구기간에 따라 평균 연령, 평균 교육연한, 전체 작업기간 평균은 유의한 차이를 보였으며(p<0.01), 흡연률과 음주률은 각 군별로 차이가 없었다(Table 3).

### 3. 자각증상 설문결과와 신경행동검사와의 관련성

자각증상 설문결과, 모든 증상군의 점수는 용접기간의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 근육

**Table 2.** Airborne concentration of total fume and manganese

	Concentration in air, mg/m <sup>3</sup>	
	Total dust	Manganese fume
Welding, arc**		
Mean(SD)*	4.2(2.8)	0.14(1.8)
Median	3.90	0.13
Range	0.29 - 28.9	0.005 - 1.707
Welding, CO <sub>2</sub>		
Mean(SD)*	25.2(2.4)	2.1(2.7)
Median	11.55	0.943
Range	0.28 - 87.55	0.005 - 9.27

\* note, data are geometric mean(SD); \*\* shielded metal arc

**Table 3.** General and work related characteristics

	Duration of welding(years)			
	Group I (0)	Group II (1-10)	Group III (11 - 20)	Group IV (21 - )
Number	29	38	44	16
Age(years)*	35.2±14.0	34.7±8.9	44.0±6.3	51.8±5.0
Education(years)*	10.7± 2.4	10.6±1.8	9.3±2.1	9.2±2.0
Total work duration(years)*	10.0± 8.6	9.1±5.9	18.6±4.1	25.0±3.4
Smoking(%)				
Yes	22(75.9)	32(84.2)	31(70.5)	10(62.5)
No	7(24.1)	6(15.8)	13(29.6)	6(37.5)
Alcohol(%)				
Yes	23(79.3)	31(81.6)	29(65.9)	13(81.3)
No	6(20.7)	7(18.4)	15(34.1)	3(18.8)

Data are mean±SD. ; \* p<0.01

증상(p<0.05)은 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 신경증상(p<0.1)과 집중력저하 증상(p<0.1)이 경계역의 유의성을 보였다(Table 4).

신경행동검사와의 관련성을 보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 근육증상과 유의한 상관을 보인 검사는 단순반응시간평균과 표준편차, Santa Ana 민첩성검사 우수와 열수, 목적점찍기 바르게 찍은 개수와 총점, 그리고 수지타진검사 우수와 열수였으며, 상관계수는 0.20-0.41이었다.

신경증상은 단순반응시간평균, Santa Ana 민첩

성검사 우수와 열수, 그리고 수지타진검사 우수와 열수와 유의한 상관을 보였으며(r=0.19-0.36)이었고, 집중력저하증상은 단순반응시간평균, Santa Ana 민첩성검사 열수, 수지타진검사 열수와 유의한 상관(r=0.20-0.41), 불안증상군은 단순반응검사 평균(r=0.30)만 유의한 상관을 보였다(Table 5).

### 3. 응집작업기간에 따른 신경행동검사의 수행능력 - 일원분산분석

신경행동검사의 수행능력에서 군간에 유의한 차이

**Table 4.** Symptom score of subjects by duration of welding

	Group I (0)	Group II (1-10)	Group III (11 - 20)	Group IV (21 - )
mucle sx*	2.2±2.0	2.6±2.9	3.7±3.2	4.3±3.1
anxiety sx	0.8±1.2	1.3±1.8	1.8±2.0	1.1±1.4
neurologic sx†	1.1±1.3	1.2±1.4	1.8±1.9	2.2±1.7
concentration sx†	1.5±1.6	1.9±1.9	2.3±1.9	2.9±1.7

Data are mean±SD. : † p<0.01, \*p<0.05

**Table 5.** Correlations between subjective symptoms(Sx) and neurobehavioral performance test

	Muscle Sx	Anxiety Sx	Neurologic Sx	Concentration Sx
Simple reaction time(msec)				
Mean	0.41**	0.30**	0.36**	0.31**
SD	0.24**	0.10	0.15	0.12
Santa Ana Dexterity Test				
Preferred hand	-0.20*	-0.10	-0.20*	-0.15
Non-preferred hand	-0.24**	-0.16	-0.21*	-0.28**
Digit span				
Forward	-0.03	0.10	-0.03	0.04
Backward	-0.09	0.01	-0.08	-0.07
Total	-0.05	0.08	-0.05	0.00
Digit symbol	-0.16	-0.10	-0.09	-0.06
Benton visual retention Test	-0.14	-0.16	-0.15	-0.10
Pursuit aiming				
Correct dot	-0.22*	-0.10	-0.14	-0.04
Wrong dot	-0.02	0.05	0.07	0.04
Total	-0.22*	-0.08	-0.10	-0.03
Finger tapping				
Preferred hand	-0.27**	-0.13	-0.19*	-0.09
Non-preferred hand	-0.24**	-0.13	-0.26**	-0.19*

\* p<0.05; \*\* p<0.01

를 보인 검사는 단순반응시간평균( $p < 0.05$ ), 숫자부호 짝짓기( $p < 0.01$ ), 목적점찍기 바르게 찍은 갯수( $p < 0.01$ ), 총 갯수( $p < 0.01$ ), 수지타진검사 우수( $p < 0.01$ ), 열수( $p < 0.01$ )였으며, Santa Ana 민첩성검사 열수( $p < 0.1$ )는 경계역의 유의성을 보였는데, 이들은 용접기간의 증가에 따라 수행능력이 감소하는 경향을 보였다.

이 외에도 Santa Ana 민첩성검사 검사 우수, 숫자외우기 등에서도 유의하지는 않았으나 용접작업기간에 따라 수행능력이 떨어지는 양상을 나타냈다(Table 6).

### 3. 용접작업기간, 총작업기간, 교육, 연령에 따른 신경행동검사 수행능력-공분산분석

단순 반응시간평균을 제외한 전 검사에서 모형이 유의하게 나타났으며, Santa Ana 민첩성검사 우수와 목적점찍기 바르게 찍은 갯수는 연령과 용접작업

기간 간에 교호작용을 보였다.

용접작업기간의 차이에 따른 수행능력의 차이를 보인 검사는 수지타진검사 우수( $p < 0.05$ )였으며 Santa Ana 민첩성검사 우수( $p < 0.05$ )와 목적점찍기 바르게 찍은 갯수( $p < 0.1$ )는 연령과 용접작업기간에 대한 교호작용의 회귀계수가 용접작업기간의 증가에 따라 감소하였다.

연령은 Santa Ana 민첩성검사 열수( $\beta = -0.35$ ,  $p < 0.01$ ), 숫자외우기 정순( $\beta = -0.06$ ,  $p < 0.1$ ) 역순( $\beta = -0.03$ ,  $p < 0.05$ ), 합계( $\beta = -0.10$ ,  $p < 0.1$ ), 숫자부호 짝짓기( $\beta = -1.03$ ,  $p < 0.01$ ), Benton 시각적 기억검사( $\beta = -0.10$ ,  $p < 0.01$ ), 목적점찍기 바르게 찍은 갯수( $\beta = -2.15$ ,  $p < 0.01$ ), 합계( $\beta = -2.40$ ,  $p < 0.01$ ), 수지타진검사 우수( $\beta = -0.42$ ,  $p < 0.01$ )와 열수( $\beta = -0.42$ ,  $p < 0.01$ )에서 증가에 따른 수행 능력의 유의한 감소를 보였다.

교육연한은 9년 이하의 학습기간을 가진 군과 9년

**Table 6.** Unadjusted means of neurobehavioral test by duration of welding

	Duration of welding(years)			
	0	1 - 10	11 - 20	21 -
Simple reaction time(msec)*				
Mean*	245.5(37.9)	251.4(30.7)	279.2(73.3)	307.1(76.4)
SD	64.7(75.6)	55.5(28.6)	70.3(53.1)	76.0(44.1)
Santa Ana dexterity test				
Preferred hand	44.2(5.0)	43.0(6.1)	42.8(7.2)	39.5(6.6)
Non-preferred hand†	42.4(6.3)	41.7(5.4)	41.1(7.0)	37.3(7.8)
Digit span				
Forward	7.8(3.2)	7.3(2.4)	6.4(2.5)	7.3(1.6)
Backward	4.7(1.5)	4.6(1.1)	4.1(1.4)	4.1(1.6)
Total	12.4(4.2)	11.8(3.1)	10.5(3.6)	11.3(2.3)
Digit symbol**	53.5(19.0)	51.2(15.4)	44.4(13.6)	37.2(10.4)
Benton visual retention Test	7.9(1.7)	8.0(1.3)	8.1(1.7)	7.9(1.4)
Pursuit aiming				
Correct dot**	168.0(36.1)	166.5(34.4)	157.5(36.0)	127.0(36.7)
Wrong dot	17.9(14.1)	15.1(17.1)	12.7(14.1)	19.2(21.2)
Total**	186.1(36.9)	181.6(36.4)	170.2(38.1)	146.2(41.0)
Finger tapping				
Preferred hand**	65.4(9.4)	63.3(6.8)	56.2(9.2)	57.9(6.7)
Non-preferred hand**	58.1(9.2)	57.7(6.1)	52.9(8.6)	52.3(8.4)

note, data are mean(SD); # msec, 0(n=19), 1-10(n=21), 11-20(n=37), 21-(n=10).

†  $p < 0.1$  \*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$ .

**Table 7.** Results of ANCOVA

Model R <sup>2</sup>	Least square means				Parameter estimate(SD)				
	Welding duration (years)	Total work duration (years)			Education	Age	Age × Welding duration		
Simple reaction time 13.7	0	244.3	-5	288.8					
	1-10	258.8	6-15	256.5			1.03(0.97)		
	11-20	281.0	16-25	269.3					
	21-	296.5	26-	265.8					
Santa ana preferred hand 22.5**	0	44.3	-5	42.5				0	0
	1-10	42.6	6-15	43.6			-0.13(0.12)	1-10	-0.1(0.14)
	11-20	44.7	16-25	45.8				11-20	-0.5(0.18)
	21-	46.8	26-	46.6				21-	-0.6(0.3)*
Santa ana nonpreferred hand 17.6**	0	42.4	-5	35.5					
	1-10	40.5	6-15	42.2			-0.35(0.1)**		
	11-20	40.9	16-25	42.4					
	21-	39.5	26-	43.2*					
Digit span forward 20.2**	0	7.7	-5	6.5	9≤	6.5	-0.06(0.03)+		
	1-10	7.3	6-15	7.0					
	11-20	6.9	16-25	7.0	<9	8.5**			
	21-	7.8	26-	8.9					
Digit span backward 13.0*	0	4.6	-5	4.3	9≤	4.2	-0.03(0.12)*		
	1-10	4.5	6-15	4.3					
	11-20	4.4	16-25	4.4	<9	4.7+			
	21-	4.4	26-	5.0					
Digit span total 21.6**	0	12.3	-5	10.8	≤9	10.8	-0.10(0.05)+		
	1-10	11.8	6-15	11.3					
	11-20	11.3	16-25	11.9	<9	13.1**			
	21-	12.3	26-	13.9					
Digit symbol Correct 46.5**	0	50.2	-5	39.4	9≤	43.0	-1.03(0.19)**		
	1-10	47.6	6-15	46.6					
	11-20	44.6	16-25	51.8	<9	53.2**			
	21-	46.9	26-	54.5					
BENTON 16.1*	0	8.1	-5	6.5	≤9	8.0	-0.10(0.02)**		
	1-10	8.2	6-15	7.5					
	11-20	8.2	16-25	8.6	<9	8.3			
	21-	8.1	26-	10.0**					
Aiming correct 42.7**	0	168.5	-5	135.8	9≤	163.3	-2.15(0.6)**	0	0
	1-10	162.7	6-15	168.5				1-10	-0.2(0.70)
	11-20	165.7	16-25	181.8	<9	178.2*		11-20	-1.6(0.90)
	21-	186.2	26-	197.0*				21-	-4.1(1.7)+
Aiming sum 29.8**	0	182.2	-5	139.8	<9	164.4	-2.40(0.54)**		
	1-10	173.6	6-15	174.5					
	11-20	170.1	16-25	187.8	<9	179.9*			
	21-	162.7	26-	186.6*					
Tapping preferred hand 33.3**	0	64.0	-5	59.6					
	1-10	61.9	6-15	56.9					
	11-20	57.8	16-25	60.4			-0.42(0.12)**		
	21-	61.9*	26-	63.5					
Tapping nonpreferred hand 23.9**	0	57.2	-5	53.4					
	1-10	56.2	6-15	55.7					
	11-20	54.3	16-25	56.1			-0.42(0.12)**		
	21-	56.1	26-	58.6					

\* p<0.05 \*\* p<0.01 † : p<0.1

을 초과하는 군으로 나누었는데, 이에 따른 차이를 보인 검사는 숫자의우기 정순( $p < 0.01$ ), 역순( $p < 0.1$ ) 합계( $p < 0.01$ ), 숫자부호짜집기( $p < 0.01$ ), 목적점찍기 바르게 찍은 개수( $p < 0.05$ )와 합계( $p < 0.05$ )였으며, 교육연한 9년 초과 군에서 9년 이하 군에 비해 수행능력이 우수했다.

전체 작업기간은 Santa Ana 민첩성검사 열수( $p < 0.05$ ), Benton 시각적 기억검사( $p < 0.01$ ), 목적점찍기 바르게 찍은 개수( $p < 0.01$ )와 합계( $p < 0.05$ )에서 증가에 따른 유의한 수행능력의 상승을 보였다(Table 7).

## 고 찰

### 1. 작업환경측정과 폭로 대리변수

본 연구에서의 작업환경 측정 결과는 이산화탄소 아크용접이 피복아크용접에 비해 높은 흡 농도를 가지고 있으며, 이는 기존의 연구들(변상훈 등, 1995; 박영순과 백남원, 1997; 신용철 등, 1997)과 일치하였다. 결과에 표로서 제시하지 않았지만, 철과 아연, 기타 중금속 또한 비슷하게 나타났다. 철과 아연의 경우 중추신경계에 대한 독성이 크지 않은 것으로 알려져 있고, 기타 중금속의 경우  $0.01\text{mg}/\text{m}^3$  이하로 낮게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 망간 폭로를 용접작업자에서 중추신경계 영향을 나타낼 수 있는 요인으로 보았다.

누적 폭로량을 산출하지 못하여, 망간폭로에 대한 대리변수로서 용접작업기간을 이용하였는데, 이는 첫째, 과거의 작업환경 측정시 망간에 대한 폭로 평가가 이루어지지 않아서 누적 폭로를 평가할만한 근거가 없었으며, 둘째, 이번 연구의 측정 결과에서 보여주듯이 용접방법에 의한 폭로량의 차이가 큰데다 근로자 일인이 한가지 종류의 용접만 하는 것이 아니라, 제품의 종류에 따라 다른 용접을 하여야 함으로 인해 단일 폭로 추정에 어려움이 있었기 때문이다. 향후 정확한 누적폭로량의 산출을 위한 연구가 필요하다.

누적폭로량에 대한 지표로서 용접기간을 범주형 변수로 처리하였는데, 망간폭로의 만성적 신경행동학적 영향을 평가하기 위한 것이므로 폭로 초기, 중기, 장기 등의 기간별로 처리하는 것이 연속변수로 처리된 작업기간 보다 명확한 비교가 될 것으로 판

단되었으며, 연령, 총작업기간 등 상관성이 강한 변수들의 교호작용을 평가하기 위해서 범주형 변수로 처리하였다(유근영, 1996).

### 2. 자각증상과 신경행동검사

망간에 중독된 환자는 초기에 감정불안정, 신경과민, 정신적 흥분 등의 일시적인 정신적 증상(망간 정신병으로 불려짐)을 보이며, 후기에 가서는 추체외로의 질환을 동반하는 영구적인 신경학적 변화 즉 파킨슨중후군의 증상과 징후를 나타내는 것으로 알려져 있는데(Mena 등, 1967; Tanaka 등, 1969; Huang 등, 1989), 이는 만성 간질환, 고영양 정맥 주사의 장기투여, 용접작업, 동물 실험의 T1-강조 자기공명영상에서 망간에 의해 나타난 담창구, 피각, 미상핵 등의 대칭적인 고강도 신호(Krieger 등, 1995; Nelson 등, 1993; Eriksson 등, 1992; Newland와 Weiss, 1991; Shinotoh 등, 1995; 홍영섭 등, 1997)와 증상과 징후가 일치된다.

Roles 등(1987)은 망간제련업 근로자에서 피로, 이명, 손가락 떨림 증상 유병율이 비폭로군보다 유의하게 높았다고 보고하였으며, Sjögren 등(1996)은 망간에 폭로되는 용접근로자에서 말초신경증상과 감각신경, 운동신경증상 및 수면장애 증상이 비교군에 비해 높았다고 하였다. 또, Mergler(1994) 등은 망간제련업 근로자에서 비교군보다 피곤, 감정상태, 기억, 주의력 집중 장애, 수면장애, 발한, 발기부전 등의 중추신경증상과, 요통, 관절통, 다리의 피곤감, 발의 저림, 이명 등의 운동감각신경, 근골격계 증상의 호소가 많았다고 보고했다.

본 연구에서 근육증상, 신경증상, 불안, 집중력 저하 증상에 대한 설문조사 결과, 사지의 감각이상 등을 나타내는 근육증상과 신경증상 호소가 용접기간의 증가에 따라 유의하게 증가하였으며, 집중력 저하 증상 또한 경계역의 유의성이 나타나며 같은 경향을 보였으며, 이러한 차이는 연령, 총 작업기간, 흡연, 음주를 통제한 후에도 유의하게 나타났다.

망간 폭로와 관련한 신경행동검사 연구들은 대개 망간 폭로에 의한 수치타진검사와 Santa Ana 민첩성검사, 단순반응시간평균 등 정신운동기능과 관련한 수행능력의 감소를 보고(Iregren 등, 1990; Brown 등, 1991; Wennberg 등, 1991; Roels 등, 1987, 1992; Chia 등, 1993; Mergler et al,



1994; Sjögren 등, 1996)하고 있으며, 본 연구에서는 수지타진검사 우수에서 작업기간의 증가에 따른 수행능력의 차이를 보였고, Santa Ana 민첩성검사 우수와 목적점찍기 바르게 찍은 갯수는 연령과 용접 작업기간에 대한 교호작용의 회귀계수가 용접작업기간의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였는데, 이는 용접작업으로 인한 망간 폭로가 정신운동기능의 저하와 관련이 있음을 보여주는 것이라 생각된다.

### 3. 기타의 독립변수-연령, 교육 연한, 전체 작업 기간

전체 작업기간은 Santa Ana 민첩성검사 열수, Benton 시각적 기억검사, 목적점찍기 바르게 찍은 갯수와 합계에서 증가에 따른 유의한 수행능력의 상승을 보였는데, 이는 신경행동 검사의 수행과 유사한 형태의 작업을 많이 함으로 인한 학습효과 때문으로 생각된다.

Santa Ana 민첩성검사 열수의 경우 작업 형태가 나사 돌리는 것과 유사한 측면이 있으며, Benton 시각적 기억검사의 경우, 설계도면에 익숙한 사람에게 유리할 가능성이 있고, 목적점찍기의 경우는 연구대상군의 작업상 정확한 작업수행을 신속하게 처리해야 하는 등의 특성과 관련이 있을 것으로 추정되나, 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 최종적으로 일용직을 제외하고, 정규직원만을 대상으로 하였는데, 그 이유는 일용직의 경우 작업시간에 관계없이 작업량이 정해져 있으므로 고폭로가 예상되었고, 따라서 검사 수행능력이 낮을 것으로 예상했으나 오히려 높은 수행능력을 보여주었으며, 수행능력의 상승폭이 근로자에 따라 아주 다르게 나타났기 때문이다. 이는 첫째, 일정치 않은 일자리로 쉬는 때가 많을 가능성, 둘째 일용직의 고용불안 문제로 인하여 더욱 열심히 검사에 임했을 가능성 등이 있으며, 이는 신경행동검사가 피검자의 노력에 영향을 받을 가능성이 크다는 것을 시사하는 것으로 이를 배제하기 위한 노력과 배려가 필요하다고 생각된다.

## 결 론

용접작업자 98명과 용접을 하지 않는 생산직 근로

자 29명을 대상으로 망간 폭로로 인한 신경행동학적 이상을 알아보고자 작업환경측정, 자각증상 설문, NCTB와 수지타진검사를 실시했으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 총 분진의 경우 피복아크 용접시 4.2mg/m<sup>3</sup>(중앙값 3.90), 이산화탄소 용접시 25.2mg/m<sup>3</sup>(중앙값 11.6)로 나타났다.

망간흡은 평균이 피복아크용접시 0.14mg/m<sup>3</sup>(중앙값 0.13), 이산화탄소용접시 2.1mg/m<sup>3</sup>(중앙값 0.943)으로 총 분진의 경향과 같이 이산화탄소 용접에서 높은 값을 보였다.

2. 자각증상 설문 결과, 모든 증상군의 점수는 용접기간의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 근육증상은 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 신경증상과 집중력저하증상은 경계역의 유의성을 보였다.

신경행동검사와의 관련성을 보기 위해 상관분석을 실시한 결과, 근육증상과 유의한 상관을 보인 검사는 단순반응시간평균과 표준편차, Santa Ana 민첩성검사 우수와 열수, 목적점찍기 바르게 찍은 개수와 총점, 그리고 수지타진검사 우수와 열수였다.

신경증상은 단순반응시간평균, Santa Ana 민첩성검사 우수와 열수, 그리고 수지타진검사 우수와 열수와 유의한 상관을 보였으며, 집중력저하증상은 단순반응시간평균, Santa Ana 민첩성검사 열수, 수지타진검사 열수와 유의한 상관을, 불안증상은 단순반응검사 평균만 유의한 상관을 보였다.

3. 용접기간에 따른 일원분산분석 결과, 신경행동검사의 수행능력에서 군간에 유의한 차이를 보인 검사는 단순반응시간평균, 숫자부호짜짓기, 목적점찍기 바르게 찍은 갯수, 합계, 수지타진검사 우수, 열수였으며, Santa Ana 민첩성검사 열수는 경계역의 유의성을 보였는데, 이들은 용접기간의 증가에 따라 수행능력이 감소하는 경향을 보였다.

이 외에도 Santa Ana 민첩성검사 검사 우수, 숫자외우기 등에서도 유의하지는 않았으나 용접작업기간에 따라 수행능력이 떨어지는 양상을 나타냈다.

4. 용접작업기간, 총작업기간, 교육정도, 연령에 따른 신경행동검사 수행능력을 보기 위해 공분산분

석을 실시한 결과, 용접작업기간의 차이에 따른 수행능력의 차이를 보인 검사는 수지타진검사 우수였으며 Santa Ana 민첩성검사 우수와 목적점찍기 빠르게 찍은 갯수는 연령과 용접작업기간에 대한 교호작용의 회귀계수가 용접작업기간의 증가에 따라 감소하였다.

전체 작업기간은 Santa Ana 민첩성검사 열수, Benton 시각적 기억검사, 목적점찍기 빠르게 찍은 갯수와 합계에서 증가에 따른 유의한 수행능력의 상승을 보였다.

이상의 연구 결과 망간 폭로의 만성 건강영향을 보기 위한 연구에서는 만성폭로를 반영할 폭로변수에 대한 연구가 필요하며, 망간에 의한 신경장애는 수지타진검사와 목적점 찍기 같은 운동 수행능력을 보는 검사에서 유의한 수행능력의 감소를 나타내고 있고, 특정 작업에서는 신경행동 검사의 수행능력에 대한 학습 효과의 가능성이 있으므로 향후 연구가 필요하다고 보여지며, 우리나라 노동자의 많은 부분을 차지하는 일용직을 대상으로 주관적인 연구를 시행할 시에는 보다 세심한 배려가 필요할 것으로 생각된다.

## 인용문헌

강성규, 정호근, 홍정표, 김기웅, 조영숙. 유기용제 근로자들에 대한 신경 행동 검사에 관한 연구. 예방의학회지 1993;26(2):210-221.

박영순, 백남원. 모조선소의 밀폐된 작업장에서의 공기중 용접흄 및 중금속 농도에 관한 조사 연구. 한국산업위생학회지 1997;7(1):113-131.

김지용, 임현술, 정해관, 백남원. 일부 망간취급 근로자의 망간폭로 및 건강위해에 관한 연구. 대한산업의학회지 1994;6(1):98-112.

박강원, 박인근, 김진하, 배강우, 이덕희, 이용환. 유기용제 폭로 근로자에 있어서 신경 행동 검사의 시행시점에 관한 연구. 예방의학회지 1997;30(1):171-179.

변상훈, 박승현, 김창일, 박인정, 양정선, 오세민, 문영한. 일부 업종의 용접흄 분석 및 폭로농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1995;5(2):172-183.

사공준, 정종학, 이학용. 유기용제 폭로 근로자의 신경정신 증상과 신경 행동학적 검사의 관련성. 대한산업의학회지 1997;9(1):48-60.

신용철, 이광용, 박승현, 이나루, 정지연, 박정근, 오세민,

문영한. 용접공정에서 발생된 공기중 흄의 조성과 농도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1997;7(2):181-195.

유근영. 로짓모델 구축시 연속변수의 선택. (in) 범주형 자료분석론. 서울 : 서울대학교출판부, 1996.

이경재, 이세훈, 김형아, 이원철, 장성실, 박정일, 정치경. 신경독성물질에 폭로되지 않은 제조업체 여성근로자의 신경행동검사 수행능력범위. 예방의학회지 1995;28(4):911-923.

이덕희, 박인근, 김진하, 이용환, 강성규, 김두희. 복합유기용제의 누적 폭로 정도에 따른 신경 행동학적 변화. 예방의학회지 1995;28(2):386-396.

이세훈. 화학물질 폭로에 의한 중추신경 장애평가에 이용되는 현장조사방법. 한국의 산업의학 1990;29(2):45-50.

이세훈, 김형아, 이원철, 장성실, 이경재, 박정일, 정치경. 신경독성 물질에 폭로되지 않은 건강한 남자의 신경행동학적 검사 수행능력. 대한산업의학회지 1995;7(1):139-151.

이종영, 남상승, 이채용, 김성아, 이주영, 박순우, 손지연. 컴퓨터를 활용한 정신운동기능 검사법의 개발 및 적용가능성 평가. 대한산업의학회지 1997;8(3):546-559.

이종영, 이채용, 김지숙, 이상재, 박완섭, 우극현. 부러운 제조회사 산화합 취급 근로자들의 신경 행동학적 영향. 대한산업의학회지 1997;9(2):208-216.

이창희, 문덕환, 이현, 박준한, 김대환, 이종태, 전진호, 김희동, 이채연. 일부 스티렌 폭로 근로자의 뇨중 대사산물과 신경 행동학적 검사. 예방의학회지 1996;29(4):863-875.

이채용. Neurobehavioral Tests for Occupational Screening의 타당도 평가 : 파킨슨병 환자들의 검사 성적. 예방의학회지 1997;30(3):577-583.

임현술, 김지용, 정해관, 정희경. 망간취급 여성근로자의 망간폭로 및 건강위해에 관한 연구. 예방의학회지 1995;28(2):406-420.

정종학, 김창윤, 사공준. 컴퓨터를 이용한 유기용제 폭로 근로자의 신경 행동학적 장애 검사. 대한산업의학회지 1994;6(2):219-241.

조수현, 김선민, 권호장, 임용현, 임현술. 만성유기용제 폭로에 의한 정신신경학적 이상소견의 현장진단방법 개발에 관한 연구. 예방의학회지 1993;26(1):147-164.

조수현, 한상환, 하미나, 윤덕로, 권호장. 유기용제 사용 소규모 사업장의 체계적 건강관리 프로그램 개발에 관한 연구 1) 신경행동학적 검사법의 적용 가능성. 대한산업의학회지 1995;7(2):258-268.

조영숙, 만성적 유기용제 폭로로 인한 조선업 도장공들의 신경행동학적 영향에 관한 연구. 한국산업간호학회지 1997;6:53-71.

홍영습, 이용희, 권귀련, 김준연. 용접공에서 발생한 망간

- 중독에 의한 파킨슨 증후군 1례. 대한 산업의학회 1997년도 제 18차 춘계학술대회 초록집, 1997.
- Brown DS, Wills CE, Yousefi V, Nell V. Neurotoxic effects of Chronic Exposure to Manganese Dust. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*. 1991;4(3): 238-250.
- Chia, SE, Foo SC, Gan SL, Jeyaratnam J, Tian CS. Neurobehavioral Functions among Workers Exposed to Manganese Ore. *Scand J Work Environ Health* 1993;19: 264-70.
- Ericksson H, Tedroff J, Thoumas KA, Aquilinius AM, Hartvig P, Fasth KJ, Bjurling P, Langstorm B, Headstrom KG, Heilbronn E. Manganese Induced brain Lesion in Macaca fascicularis as revealed by positron emission tomography and magnetic resonance imaging. *Archives of Toxicology* 1992; 66 : 403-407.
- Huang CC, Chu NS, Lu CS, Wang JD, Tsai JL, Tzeng JL, Wolters EC, and Calne DB Chronic Manganese Intoxication. *Archives of Neurology*, 1989; 46: 1104-1106.
- Iregren, A. Psychological Test Performance in Foundry Workers Exposed to Low Levels of Manganese. *Neurotoxicology and Teratology* 1990;12:673-675.
- Iregren, A. Using Psychological Tests for the early detection of neurotoxic effects of low level Manganese Exposure. *Neurotoxicology* 1994;15(3): 671-678.
- Karlsen JT, Farrants G, Torgrimsen T, Reith A. Chemical Composition and Morphology of Welding Fume Particles and Grinding Dusts. *Am Ind Hyg Assc J*. 1992; 53: 290-297.
- Karlsen JT, Torgrimsen T, Langard S. Exposure to Solid Aerosols During Regular MMA Welding and Grinding Operations on Stainless Steel. *Am Ind Hyg Assc J*. 1994; 55(12): 1149-1153.
- Krieger D, Krieger S, jansen O, Gass P, Thellman L, Lichtnecker H. Manganese and chronic hepatic encephalopathy. *Lancet* 1995;346:270-74.
- Mena I, Martin O, Fuenzalida S, Cotzias GC. Chronic manganese poisoning clinical picture and manganese turnover. *Neurology* 1967;17: 128-136.
- Mergler D, Huel G, Bowler R, Iregren A, Belanger S, Baldwin M, Tardif R, Smargiassi A, and Martin L. Nervous System Dysfunction among Workers with Long-Term Exposure to Manganese. *Environmental Research* 1994;64: 151-180.
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Criteria for a Recommended Standard: Welding, Brazing and Thermal Cutting. DDHS(NIOSH) Publication No 88-110. Cincinnati: NIOSH, 1988.
- Nelson K, Golnick J, Korn T, Angle C. Manganese encephalopathy: utility of early magnetic resonance imaging. *British Journal of Industrial Medicine* 1993; 50: 510-513.
- Newland MC, Cox C, Hamada R, Oberdorster G, Weiss B. The Clearance of Manganese Chloride in the Primate *Fundam Appl Toxicol* 1987; 11: 307-327.
- Newland MC, Weiss B. Persistent effect of Manganese on Effortful Responding and their relationship to Manganese accumulation in the primate *Globus Pallidus*. *Toxicology and applied Pharmacology* 1992; 113: 87-97.
- Prockop LD. Neuroimaging in Neurotoxicology. In *Neurotoxicology, Approaches and Methods*, San Diego, Academic press Inc., 1995, pp. 753-763.
- Roels H, Lauwerys R, Buchet JP, Genet P, Sarhan MJ, Hanotiau I, De Fays M, Bernard A, Stanescu D. Epidemiological Survey Among Workers Exposed to Manganese: Effects on Lung, nervous System, and Some Biological Indices. *Am J Ind Med* 1987; 11:307-327.
- Roels H, Ghyselen P, Buchet JP, Ceulemans E, Lauwerys R. Assessment of the Permissible Exposure Level to Manganese. in Workers Exposed to Manganese. *Dioxide Dust*. *British Journal of Industrial Medicine* 1992; 49: 25-34.
- Shnotoh H, Snow BJ, Hewitt KA, Doudet D, Nugent R, Perl DP, Olanow W, Calne DB. MRI and PET studies of manganese-intoxicated monkeys. *Neurology* 1995; 45: 1199-1204.
- Sjgren B, Iregren A, Frech W, Hagman M, Johansson L, Tesarz M, Wennberg A. Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese. *Occup Env Med* 1996; 53: 32-40.
- Tanaka S, Lieben J, Pa H. manganese Poisoning and Exposure in Pennsylvania. *Arch Environ Health* 1969; 19: 674-684.
- Tanaka S. Manganese and its compounds. In *Occupational Medicine*, 3rd ed. Chicago, Mosby-Year Book Inc., 1994, pp. 542-548.

- Wennberg, A. Iregren A, Struwe G, Cizinsky G, Hagman M, and Johansson L. Manganese exposure in steel smelters a health hazard to the nervous system. *Scand J Work Environ Health* 1991; 17: 255-262.
- WHO. International Programme on Chemical Safety: Environmental Health Criteria 17. Geneva, WHO, 1981.
- WHO. Environmental Health 5. Organic Solvents and the Central Nervous System. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1985.
- WHO. Operational guide for the WHO neurobehavioral core test battery. Geneva, WHO Office of Occupational Health, 1986.