

## 브라운관 제조회사 산화납 취급 근로자들의 신경행동학적 영향

경북대학교 의과대학 예방의학교실, 구미산업간호사\*,  
오리온전기주식회사 부속의원\*\*, 순천향대학교 의과대학 예방의학교실\*\*\*

이종영 · 이채용 · 김지숙\* · 이상재\*\* · 박완섭\*\*\* · 우극현\*\*\*

— Abstract —

### Neurobehavioral Effects of Low Level Lead-exposed Workers at CRT(Cathode Ray Tube) Manufacturing Factory

Jong Young Lee, Chae Yong Lee, Ji Suk Kim\*, Sang Jae Lee\*\*,  
Wan Seoup Park\*\*\*, Kuck Hyeun Woo\*\*\*

*Department of preventive medicine, School of medicine, Kyungpook National University,*

*Occupational nurse at Kumi\*, Orion Electric Company\*\*,*

*Department of preventive medicine and public health, College of medicine,  
Soonchunhyang University\*\*\**

To assess neurobehavioral effects of 48 low level lead-exposed workers in CRT manufacturing factory, simple and choice reaction time test with NTOS(Neurobehavioral Tests for Occupational Screening), digit symbol and digit span with K-WAIS(Korean Wechsler Adult Intelligence Scale), and SCL-90-R(Symptom Check List 90 revised) was examined. These screening test battery reflect 3 psychological domain; psychomotor, short term memory, and symptom.

Average blood lead level was 17.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$  and mean exposure duration was 5.6 years. Nobody exceeded blood lead level over 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , the guideline. We divided workers to two group, short-term exposed group( $\leq 5$  years) and long-term exposed group( $> 5$  years) for analysis. ANCOVA model of simple reaction time, hostility, phobic anxiety, somatization were statistically significant and coefficient of independent variable of exposure duration was also significant. MANCOVA model of SCL-90-R was significant, too.

The results of this study were consistent with previous study; symptoms were early neurobehavioral effects of low level lead exposure. And this study showed that current blood lead level as independent variable was able to mask the early neurobehavioral effects.

## 서 론

납은 적어도 6000년 정도 쓰여져 왔다고 하는데, 명백한 신경독성 물질로 알려진 것들 중에서 산업장에서 가장 많이 쓰이고 있다고 한다(Baker와 Schottenfeld, 1995). 그러나 현재 납으로 인한 신경독성의 양상은 20세기 초반에 관찰되었던 신경질환과는 현저하게 다르다. 현재 납폭로 근로자들에게서 가장 많이 보고되는 신경학적 소견은 피로, 지속적 주의집중을 요구하는 과제의 수행불능 등의 증상으로 나타나는 중추신경계의 기능저하이다. 이 증상들은 표준화된 신경심리검사(neuropsychological testing)의 이상(abnormality)과도 연관성을 보여주고 있다고 한다(Baker와 Schottenfeld, 1995).

외국의 경우 납에 의한 신경독성의 평가에 신경행동검사가 많이 적용되어 왔으며, 납의 신경행동학적 영향은 많은 연구들의 주제였다. 1978년 이래로 유럽과 북아메리카에서 실시된, 납에 허용기준(permissible exposure level) 이하로 폭로되는 근로자들의 신경행동기능에 대한 대부분의 역학적 연구들이 납의 유해한 영향을 보고하였다(Maizlish 등, 1995). 이에 따라 근년에는 만성 납중독(chronic lead intoxication)의 정의(definition)가 확장되고 있는데, 불과 10여년 전만 해도 안전하다고 생각되었던 폭로 수준에서도 납에 의한 독성 손상이 있을 수 있다는 인식이 확산되고 있기 때문이다.

이 잠재 독성(subclinical toxicity)이란 개념은 임상적으로 명백한 증상이나 징후가 없는 비교적 낮은 수준의 폭로에서도 건강에 나쁜 영향이 있을 수 있다는 것이며, 이렇게 특별한 검사를 통해 발견할 수 있는 잠재부분(subclinical counterpart)은 임상적으로 명백한 효과와 독성의 연속선상(spectrum)에서 연결된다는 것이다(Landrigan, 1994). 신경행동학적 연구들은 일반적으로, 한 때 생물학적 영향이 없다고 생각되던 폭로 수준도 사실은 유해하다는 명제를 지지하는 것들이었으며(Anger와 Johnson, 1992), 따라서 납의 잠재 독성(subclinical toxicity) 평가 중에 신경행동학적 영향의 평가는 중요한 위치를 차지하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

납폭로 근로자들을 대상으로 한 신경행동학적 연

구들의 결과가 비록 항상 일정하게 나오는 것은 아니지만, 납에 의한 신경행동학적 영향은 크게 기억(memory), 정신운동기능(psychomotor function), 신경쇠약(Neurasthenia), 신경증(Neuropathy)으로 지목된다(Gochfeld 등, 1992).

국내에서도 최근 신경독성의 평가에 신경행동학적 도구들을 많이 시도하였지만, 주로 유기용제 폭로 근로자들을 대상으로 한 것이었고, 납폭로 근로자들을 대상으로 한 연구는 박인근 등(1995)의 연구가 있을 뿐이다. 그러므로 우리 나라에서도 명백한 신경독성 물질로서 산업장에서 많이 쓰이고 있는 납의 신경행동학적 독성을 좀더 광범위하게 평가해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

이 연구에서는 산화납의 작업환경농도가 높았지만 생물학적 납 폭로수준은 낮은, 한 브라운관 제조회사의 원료 투입 부서에서 일하는 근로자들을 대상으로 납폭로로 인한 신경행동학적 영향을 평가하는 것을 목적으로 하였다.

납의 신경행동학적 영향을 평가하는 대부분의 외국의 연구들은 폭로지표로서 연구당시의 혈중 납농도를 기준으로 하였다(Lindgren 등, 1996). 몇몇 연구에서는 신경행동학적 연구에서 폭로 지표로서 혈중 납농도를 쓰면, 만성적 저 농도 폭로와 관계된 신경행동학적 기능의 차이를 발견하지 못할 수 있다고 지적하였다(Hanninen 등, 1978; Parkinson 등, 1986). 그러나 Balbus-Kornfeld 등(1995)은 21편의 연구결과를 검토한 후 저 농도 혹은 중등도 농도의 무기 납에 대한 누적 폭로(cumulative exposure)가 성인의 신경행동검사 수행에 해로운 영향을 미친다는 결론을 내리기는 증거가 부족하다고 하였다.

이 연구에서는 혈중 납농도가 낮은( $< 40 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) 근로자들을 대상으로 납폭로 근무년수에 따른 분석을 시도하여 납의 신경행동학적 영향과 더불어 만성적 영향을 나타내는 폭로 지표에 대한 논란에 대한 접근을 시도하였다.

## 연구 대상 및 방법

브라운관 제조공장의 원료 조합 공정에 근무하는 사람들을 대상으로 하였다. 이 공정에 대해서는 분진(3종), 산화납 분진, 아연, 니켈, 코발트에 대해

작업환경농도를 측정하고 있었는데, 이 중 기중 납 농도가 높게 나타났으며 납 특수 검진을 받고 있었다. 이 부서 종사자들 모두에게 혈중 납농도와 혈중 Zinc Protoporphyrin(이하 ZPP)농도를 측정하였다. 회사의 기록을 참고하여, 신경행동검사 실시전의 면담과정에서 대상자들의 현 부서의 근무년수와 그 이전의 납, 유기용제, 진동 폭로여부를 확인하였다.

신경행동검사는 특수건강검진 후 별도의 일정을 택하여, 납의 생물학적 폭로수준을 모르는 의사 1인과 간호사 1인에 의해 4일간 진행되었다. 신경행동검사 전 면담에서 주로 쓰는 손과 음주, 흡연, 학력, 교대근무 여부, 전날의 수면시간, 현재 복용중인 약물과 질병력을 조사하였다. 질병력에서 고혈압, 당뇨, 요통, 두부와 수부 손상, 신경질환 여부는 신경행동검사에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 피검자중 고혈압으로 진단 받은 2명이 제외되었다. 원료투입부서 근로자 59명중 혈중 납농도가 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 을 초과하는 사람은 없었으며, 48명(84.2%)이 신경행동검사에 참가하였다. 음주는 주당 3회 이상 마시는 사람으로 규정하였으며, 흡연은 끊은 지 6개월 미만이거나, 적어도 6개월 이상 흡연한 사람들로 규정하였다.

신경행동검사 도구는 선행연구에서 납폭로와 관련성을 나타낸 검사들 중에서 선정하였으며, 또한 우리나라에서 개발되었거나 표준화 작업을 거친 것들로 선정하였다. Maizlish 등(1995)의 보고에서 정리된 내용에 의하면, 감정(mood), 단순반응시간과 선택반응시간(simple and choice reaction time), 단기기억(short-term memory), 지각속도(perceptual speed), 시각-수지 협조(eye-hand coordination), 공간 추론(spatial reasoning)이다. 이중 Wechsler Adult Intelligence Scale-R(이하 WAIS-R)을 우리나라에서 표준화한 Korean-Wechsler Adult Intelligence Scale(이하 K-WAIS)에서(임상심리학회, 1992) 숫자 외우기(digit span)와 바퀴쓰기(digit symbol)를 채택하였으며, 이종영 등(1996)에 의해 개발된 컴퓨터를 이용한 정신운동기능 검사인 Neurobehavioral Tests for Occupational Screening(이하 NTOS)에서 단순반응시간(simple reaction time)과 선택반응시간(choice reaction time)을 선택하였으며,

그리고 POMS(profile of mood scale)와 더불어 기분(mood)을 측정할 수 있는 것으로 지목되며(Fiedler 등, 1995), 1977년 이래로 김광일 등(1978), 원호택(1978), 김재환 등(1984)에 의해 우리나라에서 표준화 작업을 거친 Symptom Check List-90-R(이하 SCL-90-R)을 하나의 검사 꾸러미(test battery)로 선정하였다.

NTOS는 586급 컴퓨터에서 14인치 컬러 모니터에서 실시되었다. 숫자 외우기(digit span)와 바퀴쓰기(digit symbol)는 K-WAIS의 실시요강에 따라 실시하였으며, 해석도 K-WAIS의 지침서에 따라 원점수(raw score) 외에 환산점수를 같이 산출하였다. SCL-90-R도 우리나라에서 표준화된 대로 실시요강에 따라 실시하였다. 검사의 진행 순서는 가장 먼저 SCL-90-R을 완료하고, 의사의 면접을 거쳐 NTOS를 실시한 후 K-WAIS를 실시하였다.

자료의 분석은 SAS R 6.11로 실시하였으며, 단순분석과 더불어 신경행동검사에 영향을 주는 여러 변수들의 영향을 보정하기 위해 공분산 분석(Analysis of Covariance)을 실시하였으며, 검사의 영역별로 다변량 공분산 분석(Multivariate Analysis of Covariance)도 실시하였다. 공변량을 선정하는 방법은 여러 가지가 제시되었지만, 이 연구에서는 단순분석(simple analysis)에서 종속변수나 독립변수와 관련성( $p < 0.05$ )을 보인 변수를 선정하였다(Mickey and Greenland, 1989). 단기 기억영역과 정신운동기능 영역의 검사에는 종속변수에 대해 유의한 관련성을 보인 연령, 교육, 교대근무, 흡연을 공변량으로 설정하였고, 감정(mood)영역에서는 독립변수와 유의한 관련성을 보인 연령만이 공변량으로 선정되었다. 연령이 공변량으로 설정되었으므로 연령에 따른 표준화 점수는 모형구성에서 제외하였다. 다변량 공분산 분석에서 모든 변수들을 한꺼번에 종속변수로 둘 경우, 표본 수에 비해 종속변수가 많아져 모형이 불안정해지므로 단기기억영역, 정신운동기능영역, 감정(mood)영역의 3가지로 구분하여 모형을 구성하였다.

## 결 과

### 1. 혈중 납농도 및 일반적 특성

전체 대상자중 혈중 납농도가 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하

는 사람은 없었다. 혈중 ZPP농도는 45명이 검사되었으며 150  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하는 사람은 1명이었다. 신경행동검사에 참가한 48명의 평균 혈중 납농도는 17.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 였으며 ZPP는 36.6  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 였다. 평균 연령은 34세였고, 납폭로 부서에서 근무 기간은 평균 5.6년이였다.

## 2. 전체 근로자들의 신경행동검사 성적

피검자들의 NTOS 성적은 Table 2에, K-WAIS 성적은 Table 3에 제시하였다. 표에서 보듯이 NTOS는 단순반응시간은 평균반응시간과 표준편차의 결과만을 제시하였으나 선택반응시간의 경우 선택이 잘못된 반응의 횟수가 같이 제시되었다.

K-WAIS의 성적은 표준화한 점수를 구할 수 있는데, 표에는 일반적인 전체 연령군에 대한 표준화 점수를 제시하였다. 표준화 점수를 볼 때 바꿔쓰기

(digit symbol)는 평균인 10점보다 높게 나왔으나, 숫자 외우기의 경우는 10점 보다 낮게 나왔다.

간이 정신진단검사의 각 증상차원별 평균점수를 Table 4와 같이 제시하였다. 전반적으로 실시요강에 제시되었던 기준값(norm) 보다는 낮은 점수였다.

## 3. 근무년수에 따른 혈중 납농도 및 일반적 특성의 비교

근무년수의 평균이 5.6년이어서 5년 이하와 5년 초과로 두 집단으로 구분하여 비교한 결과를 Table 5에 제시하였다. 근무년수에 따라 유의한 차이를 보인 변수는 연령으로, 단기 폭로군에서는 평균 32.3세였으나 장기 폭로군에서는 36.8세 이었다. 단기 폭로군의 평균 근무년수는 2.6년이었고, 장기 폭로군은 9.8년이였다. 그 외 신경행동검사와 관련 있는 변수들은 큰 차이가 없었다.

Table 1. Biologic exposure indices and General characteristics

	Total (n=48) mean±S. D.
PbB ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	17.7± 6.1
ZPP ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ )	36.6±22.9
age (years)	34.2± 5.7
education (years)	12.3± 1.4
exposure duration (years)	5.6± 4.1
sleep (hours)	6.4± 1.9
alcohol drinker (person)	19(39.6 %)
smoker (person)	40(83.3 %)
shift worker (person)	40(83.3 %)

Table 2. Results of NTOS

	Total (n=48) mean±S. D.
Simple reaction time (msec)	
mean	263.2±21.2
standard deviation	56.3±22.1
Choice reaction time (msec)	
mean	480.9±71.0
standard deviation	110.2±36.7
error	2.2± 1.8

Table 3. Results of K-WAIS

	Total (n=48) mean±S. D.
Digit symbol	
raw score	61.1±11.7
standardized score	10.9± 2.0
Digit span	
forward	8.3± 3.0
backward	5.6± 2.1
total	13.9± 4.4
standardized score	9.6± 2.3

Table 4. Results of SCL-90-R

	Total (n=47) mean±S. D.
somatization	0.66±0.48
obsessive-compulsive	0.92±0.57
interpersonal sensitivity	0.67±0.51
depression	0.58±0.49
anxiety	0.57±0.55
hostility	0.45±0.48
phobic anxiety	0.20±0.29
paranoid	0.49±0.40
psychoticism	0.35±0.36

#### 4. 납폭로 근무년수에 따른 신경행동검사 결과의 단순비교

Table 6에 나타났듯이, NTOS나 K-WAIS의 정신운동기능 검사나 단기기억검사 성적은, 근무년수에 따른 두 집단의 단순비교에서 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았다. 그러나 장기 폭로군의 성적이 단기 폭로군의 성적보다 검사전반에 걸쳐 열등한 경향성을 나타내고 있었다.

감정 (mood) 영역의 성적은 신체화 (somatization), 적대감 (hostility), 공포 불안 (phobic anxiety) 차원에서 장기 폭로군의 점수가 단기 폭로군보다 유의하게 큰 결과를 나타내었다. 또한 정신운동기능 검사나 단기기억 검사처럼 장기 폭로군의 성적이 더 큰 양상도 함께 나타내었다 (Table 7).

#### 5. 공분산 분석의 결과

납폭로 부서 근무년수 5년을 기준으로 두 개 집단

**Table 5.** Comparison of biologic exposure indices and other related variables according to exposure duration\*

	≤ 5 years (n=28) mean±S. D	> 5 years (n=20) mean±S. D
exposure duration (year)*	2.6± 1.6	9.8± 2.7
age (years)*	32.3± 6.4	36.8± 3.5
PbB (μg/dl)	16.9± 5.5	18.7± 6.9
ZPP (μg/dl)	34.5±12.7	39.5±32.3
education (year)	12.4± 1.4	12.1± 1.4
sleep (hours)	6.6± 1.9	6.1± 1.9
alcohol drinker (person)	12(42.9 %)	7 (35 %)
smoker (person)	23(82.1 %)	17 (85 %)
shift worker (person)	21(75 %)	19 (95 %)

\* : p < 0.01

**Table 6.** Comparison of psychomotor tests and short-term memory test according to exposure year

	≤ 5 years (n=28) mean±S. D	> 5 years (n=20) mean±S. D
Simple reaction time	(msec)	(msec)
mean	259.4±22.5	268.6±18.6
standard deviation	56.7±24.5	55.7±18.9
Choice reaction time	(msec)	(msec)
mean	471.2±68.4	494.4±74.1
standard deviation	106.5±31.7	115.4±43.1
error	2.2± 1.8	2.2± 1.9
Digit symbol		
raw score	61.3±13.0	57.4± 7.5
standardized score	11.0± 2.1	10.2± 1.3
Digit span		
forward	8.6± 3.2	8.0± 2.7
backward	5.9± 2.3	5.3± 1.8
total	14.4± 4.7	13.3± 4.0
standardized score	9.9± 2.4	9.4± 2.1

으로 구분하여, 각 종속변수와 관련 있는 것으로 나타난 변수를 보정한 공분산 분석과 다변량 공분산 분석을 실시한 결과를 아래 Table 8에 제시하였다.

단기 기억 검사나 정신운동기능 검사들은 모델과 독립변수인 근무년수가 동시에 유의성을 보인 것이 없었던 반면, SCL-90-R의 경우에는 근무년수에 따른 분석에서 신체화(somatization), 적대감(hostility), 공포 불안(phobic anxiety)에서 모형과 독립변수 모두가 유의성을 보였을 뿐 아니라, 다변량 공분산 분석 모형도 통계적으로 유의하였다.

### 고 찰

이 연구는 한 개 브라운관 제조공장의 원료투입부

**Table 7.** Results of SCL-90-R according to exposure year

	≤ 5 years(n=27) mean±S.D	> 5 years(n=20) mean±S.D
somatization*	0.52±0.40	0.85±0.52
obsessive-compulsive	0.82±0.63	1.06±0.47
interpersonal sensitivity	0.57±0.50	0.81±0.49
depression	0.51±0.48	0.68±0.51
anxiety	0.49±0.61	0.69±0.45
hostility*	0.30±0.41	0.66±0.49
phobic anxiety*	0.12±0.24	0.31±0.33
paranoid	0.40±0.41	0.62±0.36
psychoticism	0.31±0.38	0.40±0.34

\* :  $p < 0.05$  :

**Table 8.** Results of ANCOVA and MANCOVA of digit span

digit span	Model F(p value)	GrPbyr# F(p value)
forward	1.79 (0.1362)	0.07 (0.7951)
backward	2.36 (0.0609)	0.08 (0.7803)
total	2.54 (0.0426)	0.10 (0.7526)
standardized score	2.70 (0.0332)	0.06 (0.8038)

Mancova :  
Wilk's lambda      F=0.1032      p=0.9577

# : GrPbyr : ancova results of grouping variable according to exposure year adjusted for age, education, shift, smoking

서에 근무하는 근로자들을 대상으로 납의 신경행동학적 영향과 생물학적 폭로지표 사이의 관계를 알아보기 위해 실시되었다.

신경행동검사 도구로는, 지금까지 연구에서 납폭로로 인한 기능차이가 보고된 검사영역에 속하는 것들로 선정하였다. 이 중 감정(mood)을 측정하는

**Table 9.** Results of ANCOVA and MANCOVA of psychomotor tests

	Model F(p value)	GrPbyr# F(p value)
digit symbol		
raw	2.52 (0.044)	0.62 (0.436)
standardized score	2.69 (0.034)	0.34 (0.561)
simple reaction time		
mean	2.04 (0.093)	4.23 (0.046)
standard deviation	0.72 (0.691)	0.00 (0.948)
choice reaction time		
mean	1.27 (0.296)	0.02 (0.884)
standard deviation	0.37 (0.867)	0.09 (0.767)

Mancova :

Wilk's lambda      F=1.0447      p=0.413

# : GrPbyr : ancova results of grouping variable according to exposure year adjusted for age, education, shift, smoking

**Table 10.** Results of ANCOVA and MANCOVA of SCL-90-R

	Model F(p value)	GrPbyr # F(p value)
somatization	3.21 (0.050)	6.30 (0.016)
obsessive-compulsive	1.72 (0.191)	3.11 (0.085)
interpersonal sensitivity	2.44 (0.099)	4.38 (0.042)
depression	1.34 (0.272)	2.34 (0.133)
anxiety	1.26 (0.293)	2.33 (0.135)
hostility	4.26 (0.020)	8.50 (0.006)
phobic anxiety	4.50 (0.017)	8.48 (0.006)
paranoid	2.63 (0.084)	5.12 (0.029)
psychoticism	0.81 (0.452)	1.34 (0.254)

Mancova :

Wilk's lambda      F=2.6820      p=0.017

# : GrPbyr : ancova results of grouping variable according to exposure year adjusted for age

SCL-90-R, NTOS의 단순반응시간과 선택반응시간, K-WAIS의 바뀐쓰기와 숫자 외우기를 선정하여 적용하였다. 이 도구들은 모두 우리 나라에서 표준화되었거나 개발된 것들이어서, 외국의 검사도구를 그대로 이용한 것이 아닌 우리 나라에서 표준화되었거나 자체 개발된 도구들만 적용한 첫 시도였다는 의미도 가진다고 할 수 있을 것이다.

피검자들의 평균 나이는 34.2세였으며 평균 폭로기간은 5.6년이었다. 이들의 혈중 납농도는 평균 17.7  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 였으며, ZPP 농도는 36.6  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었다. 검사 참가자 뿐 아니라 부서 근로자 전체에 대해 혈중 납농도는 선별기준인 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하는 사람이 없었으며, ZPP 농도가 150  $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하는 사람도 1명뿐이었다. 이것은 높은 기중 납농도와는 일치하지 않는 결과인데, 현장 순회때 작업자들 모두가 작업보호구를 제대로 착용하고 있었던 점과 몇 차례 기중 납농도와 관련된 문제가 지적된 적이 있어서 근로자들이 납의 독성에 대해 관심이 높다는 사실로 볼 때, 스스로 작업관리를 한 결과가 아닌가 추측된다. 그러나 이번 연구에서는 보호구 착용에 대한 조사를 실시하지 않아 판단하기 어려운 내용일 것이다.

납폭로 근로자들의 신경행동검사 성적에 대해 표준화된 검사의 경우에는 임상적으로 판단할 수 있지만, 표준화 과정을 아직 거치지 못한 일부 검사에 대해서는 대조군을 같이 검사하지 못하여 간접적 비교만 할 수 있을 것이다.

NTOS에 포함된 단순반응시간 검사와 선택반응시간 검사(2가지 선택)결과는 각각 평균이 263.2 msec와 480.9 msec였다. 이전에 의과대학생들을 대상으로 한 이종영 등(1996)의 연구에 나타난 연구의 결과는 각각 평균이 254.0 msec 와 429.7 msec로 본 연구 근로자들의 반응시간이 모두 늦게 나타났으나, 여기에는 연령의 차이, 근로자와 학생이란 직업차이, 학력의 차이, 검사조건상의 차이가 포함되어 납 폭로만의 영향으로 판단하기는 어려울 것이다.

K-WAIS에 포함된 숫자 외우기(digit span)와 바뀐쓰기(digit symbol) 역시 대조군이 없어 비교가 어렵지만, K-WAIS 실시 요강(임상심리학회, 1992)에 우리 나라에서 표준화된 자료가 참고가 될 수 있을 것이다. 바뀐쓰기의 평균은 61.1점이었다. 숫자 외우기의 평균은 바로 외우기(forward)가 8.3 점, 거꾸로 외우기(backward)가 5.6점, 이 둘을

합산한 전체점수(total)의 평균이 13.9점이었다. 이것들의 전 연령군에 대한 표준화 점수는, 바뀐쓰기는 10.9점이고 숫자 외우기는 9.6점이었다. 표준화 점수는 평균을 10점으로한 표준 정규 분포를 갖는데, 이 점수들은 임상적 정상 범위인 7점-10점 구간에 속하는 것이며 바뀐쓰기는 평균을 상회하지만 숫자 외우기는 평균이하라는 것이다. 바뀐쓰기가 정신운동기능(psychomotor function)을 측정하는 것인 반면 숫자 외우기는 단기 기억을 측정하는 것임을 감안하면, 납의 특이한 독성이라기보다는 근로자들의 특성을 반영하는 것이 아닌가 생각된다. 즉, 피검자들이 대개 생산직 근로자들이어서 평소에 암기를 요구하는 작업이 적다는 것을 나타내는 결과가 아닐까 추측된다. 또한 SCL-90-R 성격도 실시요강에 제시된 성인 남성들의 증상차원별 평균값과 비교할 때 모두 낮은 값을 나타내었는데, 건강근로자 효과를 나타내는 결과가 아닌가 생각된다.

이 근로자들의 바뀐쓰기와 숫자 외우기, SCL-90-R 신경행동검사 결과를 요약하면, 임상적으로 규정할 수 있는 이상상태(abnormal)를 보이지는 않는다는 것이다. 이와 더불어 생각해 볼 수 있는 것은, 우리 나라에서 표준화된 자료를 가진 검사들을 이용할 때 나타나는 장점과 단점이다. 먼저 피검자 각 개인에게 관심이 있는 사항은 집단에 대한 영향(macro-level)이 아니라, 개인에게 유해한 영향이 있는지 없는지를 느끼는 미세한 수준(micro-level)의 것이다. 그래서 개인에게는 표준화된 자료를 바탕으로 임상적 독성여부를 판단을 해 줄 수 있다는 장점이 있다. 이 장점은 바로 단점으로 연결되는데, 집단의 수준에서 판단할 때는 표준화 점수의 편차가 작기 때문에 집단 수준의 작은 차이가 차폐(masking)될 가능성이 클 것이기 때문이다.

지금까지 연구가 대체로 혈중 납농도를 독립변수로 하여 신경독성을 평가하였는데(Lindgren, 1996), Baker 등(1985)은 혈중 납농도 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$  미만에서는 신경행동학적 영향이 없다고 하였고, Maizlish 등(1995)도 비슷한 결과를 보고하였다. 그러나 현재 혈중 납농도(current blood lead level)는 최근의 폭로만을 나타낸다는 것이 일반적 의견이며, 최근에 납의 만성적 영향이나 잠재 독성(subclinical toxicity)에 관심이 높아지면서 폭로 지표로서 혈중 납농도에 대한 논의도 시간 가중치(Time Weighted



Average)나 누적 혈중 납농도(integrated blood lead concentration)로 확장되고 있다. 이런 맥락에서, 혈중 납농도가 높지 않은( $< 40 \mu\text{g}/\text{dl}$ ) 근로자들을 근무년수를 기준으로 두 집단으로 구분하여 비교를 시도하였다. 장기 폭로군( $> 5 \text{ years}$ )은 평균 9.8년, 단기 폭로군( $\leq 5 \text{ years}$ )은 평균 2.6년 근무한 것으로 나타났으며, 연령도 장기 폭로군은 36.8세, 단기 폭로군은 32.3세로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 두 군의 신경행동검사 성적을 단순 비교한 것이 Table 6과 Table 7에 나타나 있는데, 전체적으로 장기 폭로군의 성적이 단기 폭로군의 성적보다 열등한 경향을 보였지만, 통계적으로 유의한 차이는 감정영역의 신체화(somatization), 적대감(hostility), 공포 불안(phobic anxiety)에서만 나타났다. 검사성적에 영향을 주는 공변량을 보정한 상태에서도 유의한 차이가 나타나는지를 알아보기 위해 공분산 분석과 다변량 공분산 분석을 실시하였다.

단기 기억영역에 대해서는 공분산분석 결과에서 전체 점수(total score)가 모형의 유의성을 보였으나 근무년수에 따른 집단간 차이는 보이지 않았다. 그리고 전체적인 다변량 공분산분석에서도 유의한 결과는 나타나지 않았다. 정신운동기능영역에서는, 바퀴쓰기의 원점수와 표준화 점수 모두가 공분산분석 모형의 통계적 유의성은 나타내었으나 납 폭로년수에 따른 차이는 나타나지 않았다. 단순반응시간의 분석에서 공분산 분석모형( $p=0.093$ )과 독립변수( $p=0.046$ ) 모두 어느 정도의 통계적 유의성을 나타내어 지금까지 알려진 납의 정신운동기능에 대한 영향과 일치하는 소견을 보여주었다. 감정(mood)영역에서는 신체화(somatization), 적대감(hostility), 공포 불안(phobic anxiety)에 대해서 공분산 분석 모형과 독립변수가 같이 유의한 결과를 보였으며, 다변량 공분산 분석 모형도 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다.

이 결과에 대해, 먼저 감정(mood)차원이 차이가 난다는 사실에 대해 고찰해 볼 수 있을 것이다. 납에 의한 영향 중 감정(mood)에 대한 것은 여러 연구에서 지적된 것이었다. Jeyaratnam 등(1986)은 Singapore의 납폭로 근로자들에게서 불안(anxiety), 우울(depression), 집중 장애(poor concentration), 신체화(somatic complaints)의 호소율이 높다고 보고하였다. Maizlish 등(1995)의 연구에 따르면, profile of mood states(이하 POMS)

의 적대감(hostility)과 우울(depression)에서 납폭로군과 비폭로군의 성적이 크게 차이나는 것으로 나타났다. POMS의 긴장-불안(tension-anxiety)은 현재 혈중 납농도와, 적대감(hostility)은 현재 혈중 납농도와 시간가중 평균치, 그리고 우울(depression)은 현재 혈중 납농도, 납농도 최고치(peak level), 시간가중 평균치란 세 가지 지표 모두와 용량-반응관계를 보이는 것으로 나타났다. 또한 Baker 등(1985)과 Maizlish 등(1995)은 POMS나 비슷한 도구로 측정된 감정변화(mood change)가 저 농도 납폭로로 기인한 것으로서는 조기에 발견 가능한 것이라고 제안하였다. 그러므로 이 연구에서 납폭로 년수에 따른 공분산 분석과 다변량 공분산 분석의 유의한 결과는, 신체화(somatization), 적대감(hostility), 불안(anxiety)의 증상 차원이 선행되었던 연구들이 납에 의해 차이나는 것으로 보고하였던 것과 일치하고 있으므로 납폭로로 기인한 것으로 볼 수 있다고 생각된다.

다음으로 이 결과는 현재 혈중 납농도를 바탕으로 분석할 경우 납의 만성적 영향을 차폐할 가능성이 있다는 최근의 지적을 환기시켜주는 것으로 생각할 수 있을 것이다. 대상자들의 생물학적 납 폭로수준은 일반적으로 신경행동학적 영향이 없다고 하는  $40 \mu\text{g}/\text{dl}$  이하이고, 일부 신경행동검사 결과는 임상적 신경독성을 나타내지 않는 상태로 판단할 수 있다. 그런데, 동일한 대상자들의 검사결과를 납폭로 근무년수에 따라 분석하면 납의 일반적인 신경행동학적 독성으로 판단되는 감정(mood)영역뿐 아니라, 정신운동기능 영역의 단순반응시간의 결과가 차이를 보인 것이다. 이것은 임상적인 독성으로 판단되지는 않기 때문에 잠재독성(subclinical toxicity)으로 생각할 수 있으며, 따라서 납의 만성적 영향을 나타내는 지표로서는 누적 폭로량을 바탕으로 판단하는 것이 잠재독성(subclinical toxicity)을 발견하는데 더 우월할 수 있다는 지적(Balbus-Kornfeld 등, 1995)을 지지하는 결과라고 보인다. Schwartz 등(1993)의 연구에서도 폭로지표에 대한 결론도 비슷한데, 폭로 기간(exposure duration)이 신경행동검사 결과와 가장 강한 용량-반응 관계를 나타낸 것은, 납은 반감기가 길기 때문에 표적기관의 누적 용량(cumulative target organ dose)의 가장 좋은 대체척도(best surrogate)가 폭로 기간(expo-



sure duration)이라는 Rappaport(1991)의 지적과도 관련 있는 것이라고 하였다. 그러므로 앞으로의 납의 만성 저 농도 폭로에 대한 연구에서 혈중 납농도뿐 아니라 누적용량이나 그 대체 척도로서 폭로기간(exposure duration)에 대해서도 관심을 가져할 것으로 생각된다.

그러므로 저농도 납폭로 근로자들의 신경행동학적 영향을 평가한 이 연구는 다음과 같이 요약할 수 있을 것이다. 감정(mood)과 관계된 증상이 저농도 납폭로로 인해 비교적 조기에 나타날 수 있는 영향으로 생각된다. 이는 선행 연구들에서도 확인된 바 있는 사실이다.

또한 이 연구의 대상자들의 혈중 납농도가 일반적으로 납에 의한 독성이 없는 것으로 지목되는 40  $\mu\text{g}/\text{dl}$  미만이었던 것으로 볼 때, 혈중 납농도를 기준으로 한 분석은 납에 의한 만성적 영향을 차폐할 가능성이 있다는 것을 지지하는 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 김광일, 김재환, 원호택. 간이정신진단검사 실시요강. 중앙적성출판부, 1984.
- 김광일, 원호택, 이정호, 김광윤. 간이정신진단검사(SCL-90)의 한국판 표준화 연구 I - 정상인의 반응특성. 신경정신의학 1978, 17(4): 449-458.
- 김재환, 김광일. 간이정신진단검사(SCL-90-R)의 한국판 표준화연구 III. 정신건강연구 1984, 2: 278-311.
- 박인근, 이덕희, 이용환, 김진하, 장세한. 연 폭로근로자의 신경행동학적 변화. 예방의학회지 1995, 28(1): 175-185.
- 원호택. 간이정신진단검사(SCL-90)의 한국판 표준화연구 II. 한양대학교 논문집 1978, 12: 457-474.
- 이종영, 남상승, 이채용, 김성아, 이주영, 박순우, 손지연. 컴퓨터를 활용한 정신운동기능 검사법의 개발 및 적용 가능성 평가. 대한산업의학회지 1996, 8(3): 546-559.
- 임상심리학회 편. K-WAIS 실시요강. 한국가이던스 1992.
- Anger WK, Johnson BL : Human behavioral neurotoxicology: workplace and community assessment. In Environmental and Occupational Medicine, 2nd Ed., Rom WN, Little Brown company, pp. 573-592, 1992.
- Baker EL, Schottenfeld R. Disorder of the Nervous System. In Occupational health : recognizing and preventing work-related disease 3rd edition, Levy B, Wegman DH, pp 519-529, 1995.
- Baker EL, White RF, Pothier LJ, Berkey C, Dinse GE, Travers PH, Harley JP, Feldman RG. Occupational lead neurotoxicity: improvement in behavioral effects after reduction of exposure. BJIM 1985, 42: 507-516.
- Balbus-Kornfeld JM, Stewart W, Bolla KI, Schwartz BS. Cumulative exposure to inorganic lead and neurobehavioral test performance in adults: an epidemiologic review. OEM 1995, 52: 2-12.
- Gochfeld M, Fiedler N, Burger J : Neurobehavioral toxicology. In Public Health & Preventive Medicine 13th edition, Last JM & Wallace RB, Prentice-Hall International Inc., pp 325-332, 1992.
- Hanninen H, Hernberg S, Mantere P, Vesanto R, Jalkanen M. Psychological performance of subjects with low exposure to lead. JOM 1978, 20(10): 683-689.
- Jeyaratnam J, Boey KW, Ong CN, Chia CB, Phoon WO. Neuropsychological studies on lead workers in Singapore. BJIM 1986, 43: 626-629.
- Landrigan PJ. lead. In Textbook of clinical occupational and environmental medicine, Rosenstock, Cullen, Saunders, pp 745-747, 1994.
- Lindgren KN, Masten VL, Ford DP, Bleeker ML. Relation of cumulative exposure to inorganic lead and neuropsychological test performance. OEM 1996, 53: 472-477.
- Maizlish NA, Parra G, Feo O. Neurobehavioral evaluation of Venezuelan workers exposed to inorganic lead. OEM 1995, 52: 408-414.
- Mickey R.M. and Greenland S. The impact of confounder selection criteria on effect estimation. AJE 1989, 129(1): 125-137.
- Parkinson DK, Ryan C, Bromet EJ, Connell MM. A psychiatric epidemiologic study of occupational lead exposure. AJE 1986, 123(2): 261-269.
- Rappaport SM. Assessment of long-term exposures to toxic substances in air. Ann Occup Hyg 1991, 35: 61-121. recited from Schwartz BS, Bolla KI, Stewart W, Ford D. P., Agnew J, Frumkin H. Decrements in neurobehavioral performance associated with mixed exposure to organic and inorganic lead. AJE 1993, 137(9): 1006-1021.
- Schwartz BS, Bolla KI, Stewart W, Ford D. P., Agnew J, Frumkin H. Decrements in neurobehavioral performance associated with mixed exposure to organic and inorganic lead. AJE 1993, 137(9): 1006-1021.