

저농도 연폭로에서 혈중 연농도와 자각증상과의 관계

순천향대학교 의과대학 예방의학교실
황 규 윤 · 안 재 역 · 안 규 동 · 이 병 국

서울대학교 보건대학원
김 정 순

= Abstract =

Relationship of between blood lead level and lead related symptoms in low level lead exposure

Kyu Yoon Hwang, Jae Eog Ahn, Kyu Dong Ahn, Byung Kook Lee

*Department of Preventive Medicine, College of Medicine,
Soonchunhyang University*

Joung Soom Kim

School of Public Health, Seoul National University

This study intended to obtain an useful information on the prevalence of subjective symptoms, and to clarify the interrelationships between blood lead and lead related symptoms in low level lead exposure.

The 93 male workers exposed to lead and 56 male nonexposed workers were examined for their blood lead (PBB), Zinc-protoporphy (ZPP), hemoglobin (HB) and personal history, and completed 15 questionnaires related to symptoms of lead absorption; also measured lead concentration in air (PBA) in the workplace.

The results obtained were as follows :

1. The means of blood lead (PBB), blood ZPP and hemoglobin (HB) among workers exposed to lead were $26.1 \pm 8.8 \mu\text{g/dl}$, $28.3 \pm 26.0 \mu\text{g/dl}$ and $16.2 \pm 1.2 \text{g/dl}$; whereas those of nonexposed workers were $18.7 \pm 5.1 \mu\text{g/dl}$, $20.6 \pm 8.7 \mu\text{g/dl}$ and $17.3 \pm 1.1 \text{g/dl}$. The means of above three indicies between two groups showed significant difference statistically ($p < 0.05$).

2. The means of blood lead (PBB), blood ZPP and hemoglobin of workers exposed to different lead concentration in air were as follows : When it was below $25 \mu\text{g/m}^3$, the indices were 24.7 ± 7.9 , $26.1 \pm 26.8 \mu\text{g/dl}$ and $16.4 \pm 1.1 \text{g/dl}$ respectively; These indices were 27.1 ± 8.5 , $23.9 \pm 10.92 \mu\text{g/dl}$ and $16.2 \pm 1.3 \text{g/dl}$ when the lead concentration in air was $25 \sim 50 \mu\text{g/m}^3$; and they were 3.4 ± 9.3 , $42.3 \pm 31.3 \mu\text{g/dl}$ and $15.5 \pm 1.2 \text{g/dl}$ when the concentration of lead was above $50 \mu\text{g/m}^3$. Although there were statistical difference in blood lead and hemoglobin among three different lead concentration

in air, there was no statistical difference of blood ZPP among the three groups with different exposure levels ($p>0.05$).

3. The most frequent by complained symptom was "Generalized weakness and fatigue", and fewest symptom was "Intermittent pains in abdomen".

4. Only two symptoms out of fifteen symptoms checked by themselves revealed significant difference between exposed and nonexposed groups. These were "Intermittent pains of abdomen" and "Joint pain or arthralgia" ($p<0.05$). No positive correlation was found between the levels of blood lead and symptom groups categorized as gastrointestinal, neuromuscular and constitutional symptoms,

5. Blood lead ($r=0.3995$) and ZPP ($r=0.2837$) showed statistically significant correlation with mean lead concentration in air, whereas correlations were not demonstrated between blood lead and lead related symptoms or blood ZPP and lead related symptoms.

6. Blood lead (PBB) and ZPP showed association ($r=0.2466$) and the equation $PBB=23.75+0.0842 ZPP$ was derived.

7. On stepwise multiple regression, using blood lead level as a dependent variable and ZPP, hemoglobin (HB), age, work duration (WD) and symptom prevalence as a independent variables, only ZPP significantly contributed a lot to blood lead level.

8. While the ZPP measurement was found to be a good indicator in evaluating health effect of lead absorption in low level lead exposure, lead related symptoms were not sensitive enough to evaluate of lead absorption in low level exposure.

Key Words: blood lead, ZPP, lead related symptoms, low level lead exposure.

I. 서 론

산업의 발달로 인한 여러 유해물질의 종류 및 사용량이 증가하면서 산업장 근로자들의 유해물질 폭로 가능성이 커짐에 따라 근로자의 건강문제에 대한 사회적인 관심과 이러한 폭로정도를 평가하는 여러 기술적인 방법이 개발되고 있다. 따라서 세계보건기구(WHO)와 세계노동기구(ILO)는 산업장 근로자를 위한 산업보건의 목표를 정하여 작업으로 인한 질병의 예방과 근로자의 건강을 보호하고 증진시키는데 그 목적을 두고 있다. 이러한 산업보건의 궁극적인 목표를 달성하기 위하여 근로자들이 쾌적한 작업환경에서 유해인자의 폭로없이 근무할 수 있는 조건을 조성하는 일이 최우선이나, 이러한 방법이 불가능할 경우 유해인자의 폭로수준을 어느 일정 농도 이하로 유지하여 작업환경관리를 하면서 필요시 개인보호구의 착용으로 폭로수준을 감소시키는 방법 등을 적용하는 것도 근로자 건강보호에 중요한 방안이다(조규상, 1991).

폭로 유해물질의 종류 및 인체에 미치는 영향도 매우

다양하여 이에 대한 연구 및 각 유해물질에 따른 생물학적 모니터링의 신뢰성있는 폭로지표를 제시하려는 연구가 많아지고 있다(Gompertz, 1981). 특히 생물학적 반감기가 길고 체내 축적에 의한 만성영향을 나타내는 급속류에 대하여는 근로자는 물론 사회와 기업주의 관심 증가로 점차 사회적인 문제로 대두되고 있다(Hammond, 1980).

이들 중급속류중 인간이 사용해온 가장 오래된 급속류중의 하나이며 비철급속류중 가장 많이 쓰이는 연은(Fischbein, 1983) 그 독성이 히포크라테스 시대에 이미 알려져 연광산 근로자의 복부 선통에 관한 기록이 있으며 연에 의한 인체영향이 현재까지 많이 보고되고 있다(Zenz, 1988).

또한 우리나라도 직업적으로 연을 취급하는 근로자의 폭로 위험성이 여전히 증가하고 있고 매년 수십명씩 직업적 연중독자가 보고되고 있다(대한산업보건협회, 1990). 아울러 연을 사용하는 작업장은 업종이 다양하고 업종에 따라 폭로정도도 달라 환경농도에 따라 고농도, 중간농도, 저농도로 따라 구분하며 연 노출작업 및 산업에 따라서도 구분하여(Zenz, 1988) 연폭로의 위험정도를 예측하고 있다.

연폭로 정도를 진단하는 방법은 근로자가 호소하는 자각증상과 임상적인 소견 이외에 생체시료 분석에 의한 생물학적 검사와 연의 생화학적 및 혈액학적 독작용을 측정하는 것이며(Waldron, 1971), 연에 의한 영향으로 장기간 폭로시 조혈기능에 장애를 초래하여 heme합성이 장애를 받아 heme의 전구물질이 혈액과 소변중에 증가하게 되고, 흡수정도에 따라 중추신경 및 말초신경근육 장애, 신장기능의 장애, 소화기계의 장애를 유발하는 것으로 알려져 있다(Hernberg, 1979 ; Ratcliffe, 1981 ; Zenz, 1988).

따라서 연폭로로 인한 인체 영향을 예방하기 위하여 연폭로시 나타나는 초기 자각증상에 관한 연구 및 근로자들이 호소하는 증상과 연폭로 지표와의 연관성을 분석하는 여러 연구들이 시도되어(Irwig 등, 1978 ; Fischbein, 1980 ; Neri 등, 1983 ; Lilis 등, 1985) 연취급 근로자들의 건강관리에 이용되고 있다. 또한 연은 장기간 폭로시 체내 축적작용에 의하여 여러 장애를 가져오므로 미리 폭로를 예방하는 것이 바람직하다(Hryhorczuk 등, 1985). 연폭로를 방지하는 것이 현실적으로 불가능하므로 작업장의 환경 폭로수준에 대한 허용기준을 정하여 일정기준의 기중 연에 폭로되는 것을 허용하고 있으며(WHO, 1977) 허용기준의 설정은 연흡수 정도를 가장 잘 나타내는 혈액중 연농도로 추정하여 정하고 있다(A. de Bruin, 1961). 그러나 작업장의 기중 연농도에 대한 허용기준의 관리만으로 연폭로 위험성을 예방하기 어렵고 근로자 개인에 따라 체내 흡수정도가 다르기 때문에 정확한 폭로정도를 평가할 수 있는 생물학적 모니터링도를 이용하여 근로자의 건강관리에 활용함이 바람직하다(Lilis 등, 1977). 생물학적 모니터링의 항목중 혈중 연농도나 요중 연농도의 분석은 경험이 있고 시설이 갖추어진 검사기관에서만 가능하고 일차적 선별검사로 부적절하며 연흡수 정도만을 나타낼 뿐 연중독정도를 나타내지 못하는 것으로 알려져 있어 혈액이나 요중의 heme대사물질이나 전구물질 등의 측정에 의한 간편한 검사방법이 개발되어 이용되고 있다(Zielhuis, 1976 ; WHO, 1980 ; 이병국 등, 1984 ; 이병국 등, 1991). 또한 연취급 근로자에 대한 환경적 관리감시와 생물학적 모니터링에 의한 건강관리의 지속적인 수행의 중요성이 강조되고 있으나(Marston, 1982 ; 이병국 등, 1987) 대부분의 연구가 환경 폭로수준과 체내 흡수수준만을 단편적으로 반영하는 연구들로(Williams 등, 1969 ; Tola 등, 1971 ; 김정만 등, 1986 ; Matte 등,

1989) 연구 당시의 환경 폭로 요인에 따른 변동을 설명할 수 없고 작업장에서 장기간 지속적으로 근무하는 근로자의 평균적인 환경 폭로수준과 체내 폭로지표간의 관계를 확인하기에는 다소 어려움이 있다. 또한 대부분의 연구에서는 환경 폭로수준이 높은 사업장의 근로자에 대한 생물학적 지표와의 관계를 확인하면서 자각증상 호소율을 조사하였으므로 저농도의 연폭로시 초기에 나타나는 자각증상에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한 자각증상의 조사도 연폭로 근로자에 대한 증상 호소율의 조사이므로 연에 의한 특이적인 증상 여부를 확인하는 것이 어렵다.

이에 본 연구는 저농도의 연폭로시 자각증상을 조사하여 고농도에서의 자각증상들과 비교하기 위한 기초 자료를 얻고자 하였고, 허용농도의 수준에서 혈중 연농도와 자각증상과의 관계를 알아보아 연흡수의 조기진단에 있어서 자각증상의 효용성 및 설문조사방법의 이용에 관한 자료를 얻고자 하였다. 또한 저농도 연폭로 작업시 근로자의 건강장애를 조기에 발견할 수 있는 자각증상을 찾아내어 근로자의 건강관리에 도움이 되는 자료를 제공하고자 시도하였다.

II. 조사 대상 및 방법

일반적으로 연폭로가 허용기준 수준을 유지하는 모 축전지공장에서 근무하는 생산직근로자 114명중 1990년 1월부터 1990년 12월까지 1년간 부서간의 이동이 없이 동일 부서에 근무한 93명의 남자 근로자를 연폭로군으로, 사무직 남자 근로자 56명을 비폭로군으로 하여 조사하였다.

작업장의 환경농도를 파악하기 위하여 계절별로 1회씩 연 4회에 걸쳐 기중 연농도(PBA)를 부서별로 측정하였으며, 부서간의 이동이 없는 근로자들의 연령과 근속년수를 확인하고 연폭로의 지표가 되는 혈중 연농도(PBB), Zinc- Protoporphyrin(ZPP)농도, 혈색소량(HB)를 측정하기 위한 혈액시료를 채취하면서 동시에 일정한 양식의 연 자각증상에 관한 설문지를 이용하여 본인들이 직접 기록하도록 한 후 상담의사와 개별면담을 통하여 확인하였다. 또한 사무직 근로자를 비폭로군으로 연폭로군과 동일한 방법으로 생물학적 지표 및 연 자각증상을 조사하여 비교하였다. 기중 연농도의 측정은 개인시료포집기

(Personal air sampler, Gilian MFG)를 이용하여 2 L/min의 속도로 지역시료 및 개인시료를 병행하여 측정하였다. 지역시료는 각 부서별로 근로자가 작업하고 있는 위치에 설치하여 포집하였으며 개인시료는 작업시간 전에 근로자의 호흡위치에 설치한 후 작업하도록 하였고 모든 시료는 6시간 이상 포집한 후 Graphite를 사용한 원자흡광광도계(Shimazu Atomic absorption flame emission spectrophotometer-AA670)를 이용하여 파장 283.3 nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였다.

혈중 연농도의 측정은 정맥혈의 전혈시료를 전처리하여 Graphite를 사용한 원자흡광광도계(Shimazu Atomic absorption flame emission spectrophotometer-AA670)를 이용하여 분석하였고, 혈중 ZPP농도의 측정은 채혈즉시 검사 현장에서 portable hematofluorometer(Aviv Model 206)를 이용하여 형광 스펙트럼 423 nm에서 hematofluorometer 법(Blumberg, 1977)으로 측정하였으며, 혈색소량은 Cyanmethemoglobin법(이삼열과 정운섭, 1984)으로 측정하였다.

또한 연폭로의 초기에 발생할 수 있는 일반적인 초기 자각증상 7개항과 소화기계 증상 4개항, 신경근육계 증상 4개항등 총 15개항에 대하여 설문지를 이용하여 자각증상 호소율을 조사하였다.

자료분석의 분석은 각 조사 대상자에 대한 수집된 자료를 개인용 컴퓨터에 입력시키고 자료분석은 SAS(SAS Institute, 1988) 통계 프로그램을 이용하여 필요한 통계 처리 및 분석을 실시하였다. 주 분석방법은 환경 폭로수준과 생물학적 지표 및 자각증상 호소율에 대한 각 연구 변수들의 관계를 알아보았으며, 혈중 연농도에 따른 자각증상 호소율 및 기중 연농도에 따른 생물학적 지표는 분산 분석을 실시하였다. 또한 연폭로군과 비폭로군간의 생물학적 지표 및 자각증상 호소율의 비교는 t-test를 이용하였다.

II. 조사 성적

1. 조사대상자의 일반적 특성

연폭로군의 연령 및 근속년수 분포는 표 1과 같이 대부분 3년 이상의 근속년수를 보여 평균 3.2 ± 0.6 년을 나타냈고 연령은 25~30세가 73.1%로 평균연령은 28.3 ± 3.9 세인 남자근로자였으며, 비폭로군은 (표 2) 평균연령

Table 1. Frequency table of lead exposed subjects by age & work duration

Age (years)	Work duration(years)			Total
	Below 2	2 - 3	Above 3	
Below 25	2 (2.2)	1 (1.1)	3 (3.2)	6 (6.5)
25-30	2 (2.2)	9 (9.7)	57 (61.3)	68 (73.1)
Above 30	0 (0.0)	6 (6.5)	13 (14.0)	19 (20.4)
Total	4 (4.3)	16 (17.2)	73 (78.5)	93 (100)

() : percent

Table 2. Frequency table of non-exposed subjects by age & work duration

Age (years)	Work duration(years)			Total
	Below 2	2 - 3	Above 3	
Below 25	4 (7.1)	0 (0.0)	2 (3.6)	6 (10.7)
25-30	1 (1.8)	3 (5.4)	14 (25.0)	18 (32.1)
Above 30	4 (7.1)	3 (5.4)	25 (44.6)	32 (57.1)
Total	9 (16.1)	6 (10.7)	41 (73.2)	56 (100)

() : percent

31.8 ± 7.3 세로 폭로군과 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$) 근속년수는 3.5 ± 1.3 년으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

2. 혈중 연농도 및 혈중 ZPP농도 분포

연폭로군의 혈중 연농도 구분과 혈중 ZPP농도 구분에 따른 근로자수의 분포는 표 3과 같이 혈중 연농도가 20~30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 인 근로자수가 가장 많아 47.3%를 나타냈고, 혈중 ZPP농도는 19 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이하인 근로자가 가장 많아 46.2%를 나타냈으며 혈중 연농도가 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상 근로자가 11.8%였으나, 비폭로군에서는 혈중 연농도 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상과 ZPP 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상 근로자는 없었다(표 4).

연폭로군과 비폭로군의 혈중 연농도와 ZPP, 혈색소량

Table 3. Frequency table of lead exposed subjects by blood lead & ZPP level

Blood lead ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	ZPP($\mu\text{g}/\text{dl}$)					Total
	Below 19	20-29	30-39	40-49	Above 50	
Below 20	16 (17.2)	6 (6.5)	2 (2.2)	0 (0.0)	2 (2.2)	26 (28.0)
20 - 30	24 (25.8)	15 (16.1)	3 (3.2)	0 (0.0)	2 (2.2)	44 (47.3)
30 - 40	2 (2.2)	5 (5.4)	2 (2.2)	1 (1.1)	2 (2.2)	12 (12.9)
Above 40	1 (1.1)	2 (2.2)	2 (2.2)	2 (2.2)	4 (4.3)	11 (11.8)
Total	43 (46.2)	28 (30.1)	9 (9.7)	3 (3.2)	10 (10.8)	93 (100)

() : percent

Table 4. Frequency table of non-exposed subjects by blood lead & ZPP level

Blood lead ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	ZPP($\mu\text{g}/\text{dl}$)					Total
	Below 19	20-29	30-39	40-49	Above 50	
Below 20	4 (7.2)	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (10.7)
20 - 30	1 (1.8)	3 (5.4)	14 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	18 (32.1)
30 - 40	4 (7.1)	3 (5.4)	25 (44.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	32 (57.1)
Above 40	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Total	9 (16.1)	6 (21.4)	41 (73.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	56 (100)

() : percent

의 평균치 비교는 표 5에서 보는 바와 같이 연폭로군에서 혈중 연농도 및 ZPP는 유의하게 높았으며($p<0.05$), 혈색소량은 유의하게 낮았다($p<0.01$).

3. 기중 연농도 분포

작업장의 부서별 평균 기중 연농도는 표 6과 같다. 전체 평균 기중 연농도는 산술평균시 $0.060 \text{ mg}/\text{m}^3$ 으로 허용기준을 약간 상회하나 기하평균시 $0.027 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 전체적으로 저농도 폭로수준을 나타내고 있다. 또한 산

Table 5. Mean concentration of blood lead, ZPP and hemoglobin(HB)

Subjects	Blood lead	ZPP	HB
	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	(g/dl)
	Mean \pm SD*	Mean \pm SD	Mean \pm SD
Expose	26.1 \pm 8.8	28.3 \pm 26.0	16.2 \pm 1.2
Nonexpose	18.7 \pm 5.1	20.6 \pm 8.7	17.3 \pm 1.1
p-value	0.000	0.034	0.000

* : Standard deviation

Table 6. Average lead concentration in air by department

Department	No of samples	Arithmetic mean(mg/m^3)	Geometric mean	No of exposed workers
		M \pm SD	(mg/m^3)	
LSL	5	0.168 \pm 0.019	0.011	2
Oxide MFG	7	0.038 \pm 0.023	0.033	4
X-Met	15	0.087 \pm 0.123	0.050	8
Encapsul	15	0.143 \pm 0.180	0.085	7
GG	17	0.035 \pm 0.040	0.025	13
F/A	6	0.016 \pm 0.018	0.010	8
S/P	6	0.012 \pm 0.007	0.010	7
Formation	4	0.009 \pm 0.008	0.006	15
Other	2	0.019 \pm 0.009	0.018	29
Total	77	0.060 \pm 0.107	0.027	93

LSL : lead strip line, Oxide MFG : Lead oxide mixing line, X-Met : Lead oxide past line, Encapsul : Encapsulated line, GG : Green assembly line, F/A : Final assembly & finish line, S/P : Small part line.

Table 7. General characteristics of groups with level of lead concentration in air

Group	Range of lead con (GM*)	Department	Age	Work duration	GM* (mg / m ³)
			M±SD	M±SD	
1	Below 0.025	LSL	27.8±3.7	2.7±0.5	0.0098
		F / A			
		S / P			
		Formation			
		Other			
2	0.025-0.050	Oxide-MFG	27.8±4.7	2.2±0.8	0.0252
		G G			
3	Above 0.050	X-Met	27.1±1.9	2.4±0.6	0.0622
		Encapsulation			

* : Geometric mean

술평균으로 가장 높은 부서는 Lead Strip Line(LSL)과 Encapsulation부서이나 기하평균에서는 LSL부서는 낮은 농도를 보였고 Encapsulation부서가 가장 높은 환경 폭로농도를 나타냈으며, 기하평균에 의한 기중 연농도는 X-Met와 Encapsulation부서를 제외하고는 허용기준 이내의 폭로수준이었다.

기중 연폭로 수준에 따른 근로자의 생물학적 폭로지표를 알아보기 위하여 기하평균에 의한 기중 연농도가 0.025 mg / m³ 이하인 군과 0.025~0.05 mg / m³, 0.05 mg / m³ 이상인 세군으로 구분하였으며(표 7), 각 군간의 연령은 유사하였으나(p>0.05) 근속년수의 평균에는 차이가 있었다(p<0.05).

4. 기중 연농도에 따른 생물학적 지표

각 부서별 생물학적 지표의 비교에서 (표 8) 기중 연농도가 가장 높은 Encapsulated line에서 혈중 연농도가 35.6 µg / dl, ZPP농도가 61.9 µg / dl로 가장 높았으며, 가장 낮은 기중 연농도를 보인 Formation부서가 혈중 연농도 및 ZPP 농도도 가장 낮지는 않으나 부서별 기중 연농도에 따른 혈중 연농도와 ZPP농도는 차이가 있었다(p<0.05). 평균 기중 연농도군에 따른 생물학적 지표는 표 9에서 보는 바와 같이 혈중 연농도는 기중 연농도가 높은 군에서 유의하게 높으나(p<0.01), 혈중 ZPP는 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

Table 8. Mean concentration of blood lead, ZPP and hemoglobin by department

Department	Blood lead	ZPP	Hemoglobin
	(µg / dl)	(µg / dl)	(g / dl)
	Mean±SD*	Mean±SD	M±SD
LSL	19.2± 4.2	17.5± 0.7	16.4±0.1
Oxide MFG	32.1±10.4	24.3±12.6	16.6±0.8
X-Met	31.6±10.9	25.3±11.8	15.4±1.5
Encapsul	35.6± 7.3	61.9±35.9	15.7±1.0
G G	25.6± 7.7	23.8±10.8	16.1±1.4
F / A	24.7± 6.1	19.8± 6.8	15.9±1.1
S / P	19.0± 1.8	15.4± 6.8	16.9±0.9
Formation	25.4±12.4	36.0±47.7	16.1±1.2
Other	24.8± 6.0	25.9±16.7	16.6±1.0

LSL : lead strip line, Oxide MFG : Lead oxide mixing line, X-Met : Lead oxide past line, Encapsul : Encapsulated line, GG : Green assembly line, F / A : Final assembly & finish line, S / P : Small part line. * : Standard deviation

5. 연 자각증상 호소율

연 자각증상과 관련된 15개 항목별(표 10)로 호소율을 비교하면 그림 1과 같다. 연폭로군과 비폭로군에서 가장 높은 증상 호소율을 보인 항목은 “온몸이 나른하고 피곤하다”는 항목으로 연폭로군은 67.7%, 비폭로군은 58.9%였고 가장 낮은 호소율 항목은 “갑자기 배꼽 주위가 아플때가 있다”로 연폭로군과 비폭로군 모두에서 비

Table 9. Mean blood lead, ZPP and hemoglobin among groups with different lead concentration in air

Variables	Group 1	Group 2	Group 3	p-value
	Mean±SD*	Mean±SD	Mean±SD	
Blood lead ($\mu\text{g} / \text{dl}$)	24.7± 7.9	27.1± 8.5	33.4± 9.3	0.0007
ZPP ($\mu\text{g} / \text{dl}$)	26.1±26.8	23.9±10.9	42.3±31.3	0.0696
Hemoglobin (g / dl)	16.4± 1.1	16.2± 1.3	15.5± 1.2	0.0381

* : Standard deviation

스한 양상을 보였다. 각 항목별 호소율의 차이는 있었지만 통계적으로 유의한 항목의 호소율은 없었으며(p>0.05) 연폭로군과 비폭로군의 증상 호소율의 비교에서 연폭로군보다 13번 항목을 제외하고는 비폭로군의 호소율이 낮았으며 항목별 호소율은 유사한 경향을 보이나 4번 항목과 7번 항목은 비폭로군에서 유의하게 낮은 (p<0.05) 호소율을 나타냈다.

연폭로군에서 혈중 연농도 구분에 따른 항목별 자각 증상 호소율은 (그림 2) 모든 항목에 있어서 유의한 호소율의 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

연 자각증상 15개 항목중 1,2,3,4번 항목을 소화기계 증상군, 5,6,7,8번 항목을 신경근육계 증상군, 9~15번 항목을 일반적인 증상군으로 구분하여 증상군별 호소율을 알아본 바(그림 3) 일반적인 증상군이 가장 높았으며 소화기계 증상군이 가장 낮으나 증상군간 유의한 차이는

Table 10. List of lead related symptoms

No	Abbreviation	Symptoms
1	S1	Loss of appetite in recent
2	S2	Trouble in constipation or diarrhea
3	S3	Lower abdominal discomfort
4	S4	Intermittent pains in abdomen
5	S5	Tingling or numbness of arm or leg
6	S6	Weakness of wrist or ankle joint
7	S7	Joint pain or arthralgia
8	S8	Muscle pain or myalgia
9	S9	Generalized weakness and fatigue
10	S10	Can't sleep well at night
11	S11	Feeling irritated at the slightest disturbance
12	S12	Loss of weight
13	S13	Difficulty in concentration
14	S14	Dizziness at sudden stand up
15	S15	Continuous headache

보이지 않았다(p>0.05). 연폭로군과 비폭로군의 증상군간 호소율 비교에서도 연폭로군이 소화기계와 신경근육계 증상군이 유의하게 높은 호소율을 보이고 전체 평균 호소율도 연폭로군이 40.3%, 비폭로군이 29.2%로 유의한 호소율의 차이를 나타냈다(p<0.05).

혈중 연농도 구분에 따른 증상군의 호소율은 혈중 연농도가 증가할수록 호소율이 증가하는 경향을 보이나(그

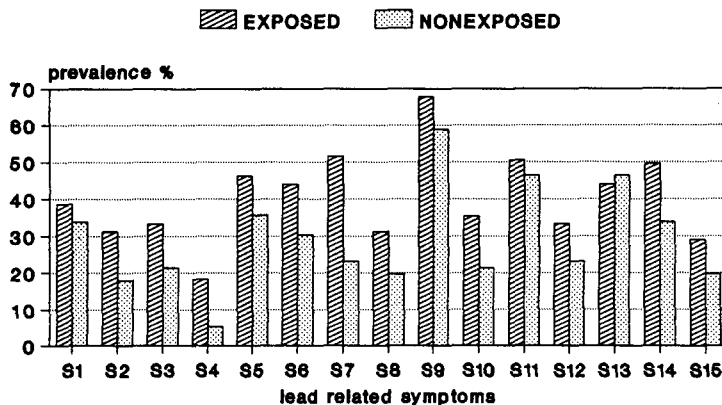


Fig. 1. Prevalence of lead related symptoms between lead exposed and nonexposed subjects

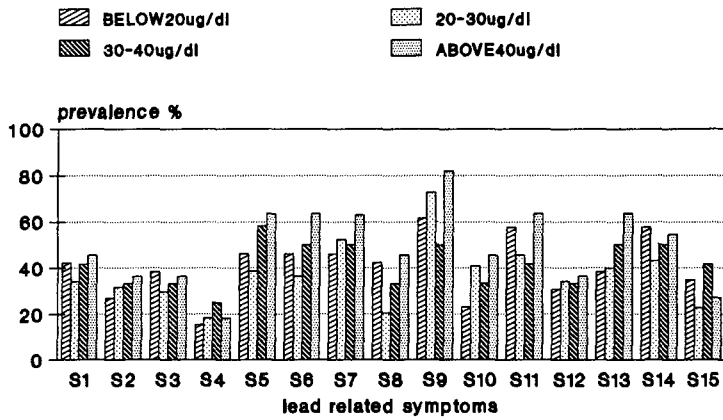


Fig. 2. Prevalence of lead related symptoms by blood lead level in lead exposed subjects

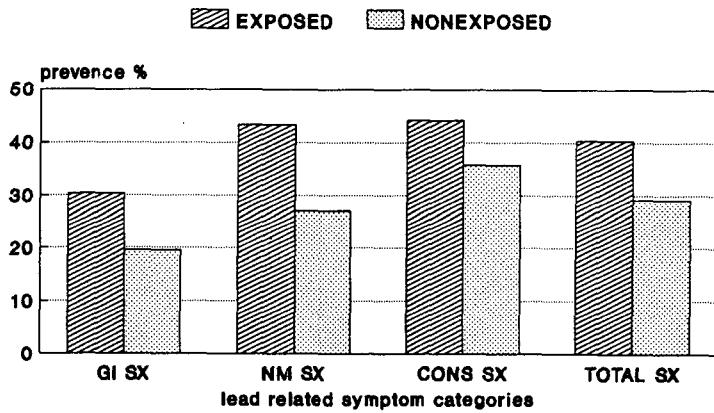


Fig. 3. Prevalence of lead related symptom categories between lead exposed and nonexposed subjects

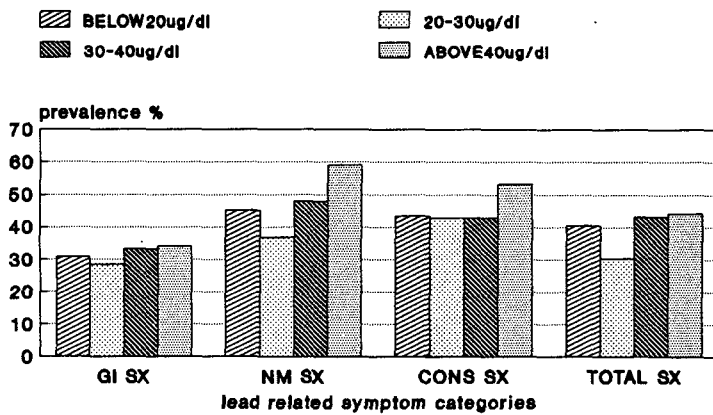


Fig. 4. Prevalence of lead related symptom categories by blood lead level in lead exposed subjects

림 4) 항목별 호소율의 비교(그림 2)에서와 같이 통계적인 유의성은 없었다($p>0.05$).

6. 환경농도, 생물학적지표 및 자각증상군간의 상관성

기중 연폭로 수준과 연폭로지표, 자각증상군, 연령 및 근속년수들 사이의 상호관련성을 알아보기 위하여 상관분석을 시행한 바(표 11) 기중연 평균농도와 혈중 연농도 사이에 $r=0.3995$ 로 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다($p<0.001$), 혈중 ZPP와도 $r=0.2837$ 로 유의한 상관관을 보이니($p<0.01$) 연 자각증상군과 연령 및 근속년수와는 상관성이 없었다. 또한 혈중 연농도와 ZPP농도간에는 $r=0.2466$ 로 유의한 상관성이 있었으나 ($p<0.01$) 다른 변수와는 상관성이 없었으며, 비폭로군에서는 혈중 연농도와 ZPP간에는 유의한 상관관은 없으나($p>0.05$), 혈중 ZPP농도와 혈색소량과는 $r=-0.3989$ 으로 유의한 역상관을 보였고($p<0.01$) 연령과도 $r=-0.3436$ 으로 역상관관계를 보였다($p<0.01$).

혈중 연농도를 종속변수로 혈중 ZPP농도를 독립변수로 하여 연폭로군과 비폭로군의 1차 회귀분석을 시행한 바 표 12와 같다. 연폭로군에서 혈중 연농도와 혈중 ZPP농도간의 상관계수(r)는 0.2466로 회귀식을 검정한 결과 낮은 설명력($r^2=0.0608$)을 나타냈으나 유의성은 있었고($p<0.05$), 비폭로군에서는 회귀식의 검정 결과 유의성은 없었다($p>0.05$).

혈중 연농도를 종속변수로 정하고 혈중 ZPP, 혈색소, 연령, 근속년수, 연자각 증상군을 독립변수로 하여 이들 관련요인들의 상대적인 중요성을 다단계 중회귀분석을 시행한 바 혈중 연농도는 혈중 ZPP에 영향을 받는 것으로 나타났으나 비폭로군에서는 관련 요인이 없는 것으로 나타났다.

따라서 허용기준 수준의 연폭로에서 기중 연농도는 혈중 연농도와 혈중 ZPP와 관련이 있으며, 혈중 연농도는 혈중 ZPP농도가 관련이 있고 자각증상과는 관련성이 없었다.

Table 11. Correlation matrix of various variables in lead exposed subjects

variables	PBA	PBB	ZPP	HB	AGE	WD	GISX	NMSX
PBB	0.3995**							
ZPP	0.2837*	0.2466**						
HB	-0.1923	-0.1197	-0.1675					
AGE	-0.0028	-0.0472	-0.0556	-0.0426				
WD	-0.1785	-0.1804	-0.1711	0.0768	0.0352			
GISX	0.0415	-0.0102	0.0136	0.1554	-0.1072	0.0572		
NMSX	0.0615	0.0560	-0.1345	0.1099	-0.1677	-0.0434	0.7085**	
CONSX	-0.0118	0.0004	-0.0066	0.0808	-0.0290	-0.1435	0.6717**	0.7751**

* $P<0.01$

** $P<0.001$

PBA : Average lead concentration in air, PBB : blood lead, HB : hemoglobin, WD : Work duration, GISX : Gastrointestinal symptom, NMSX : Neuromuscular symptom, CONSX : Constitutional symptom.

Table 12. Simple linear regression of blood lead(PBB) on ZPP

Subjects	Variable		Regression equation	r	r ²	p-value
	X	Y				
Exposed	ZPP	PBB	$Y=23.75+0.084 X$	0.2466	0.0608	0.0172
Nonexposed	ZPP	PBB	$Y=14.62+0.179 X$	0.2316	0.0536	0.0856

IV. 고 찰

연폭로 근로자에서 흔히 나타나는 자각증상은 복부불쾌감, 피로감, 근육통, 관절통, 두통, 식욕부진, 수지진전, 변비와 사지의 감각이상 등으로 알려져 있고(Wineger 등, 1977; Dahlgren, 1978; Irwig 등, 1978; Williams 등, 1983), 이들 증상은 위장관 장애와 신경근육계 장애, 그리고 중추신경계 장애로 대별할 수 있으며 초기 폭로시에는 비특이적인 증상으로 시작되어 점차 특이적인 연중독 증상을 나타낼 수 있다고 한다(WHO, 1980). 따라서 조기에 연중독을 알아볼 수 있는 연 자각증상 및 폭로 정도에 따른 자각증상의 연구가 많이 시도되었다(Lilis 등, 1985; Neri 등, 193; 이병국 등, 1991).

또한 폭로정도를 파악하기 위한 생물학적 지표를 찾으려는 노력을 해오고 있으나 연폭로로 인한 연중독 지표의 변동은 개인차, 감수성, 작업강도 및 외적인 환경요인에 의하여 영향을 받기 때문에 연흡수 정도와 일정하지 않으나 이들 상호간에 밀접한 관련성이 있어 대사물질 등의 측정으로 연흡수 정도를 파악하고 있다(Waldron, 1971; Hernberg, 1979; Zielhuis, 1979; WHO, 1980; 이병국 등, 1989; 이병국 등, 1991).

현재 연에 의한 근로자의 건강관리 및 연폭로를 감소시키기 위하여 작업장의 허용기준을 정하여 놓고 일정농도의 기중 연에 폭로되는 것을 허용하고 있으나(WHO, 1977) 기중 연농도의 기준으로는 개인의 감수성 차이, 작업조건, 개인위생, 보호구착용 등의 고려없이 설정되어 있으므로 이를 고려한 기준의 설정이 요구되어 바람직한 허용기준 설정을 시도하였으며(김형아, 1985; 오세민, 1987) 아울러 실제로 허용기준 수준의 농도에 장기적으로 폭로시 근로자의 혈중 연농도와 자각증상과의 관련 여부를 확인하는 것도 필요할 것이다. 또한 근로자의 연폭로를 관리하기 위한 생물학적 모니터링제도의 도입으로 생물학적 지표의 측정이 환경농도보다 더 우선적인 방법(Stokinger, 1975; Barrett와 Belk, 1977)으로 이를 정기적이고 지속적으로 측정하는 것이 근로자 보건관리에 중요하다(WHO, 1977; Lilis 등, 1977; 이병국 등, 1989).

환경농도를 평가하기 위한 기중 연농도는 평균 0.06 mg/m³으로 약간 허용기준을 상회하는 수준이나 기하평균시 0.027 mg/m³으로 저농도 환경폭로를 나타내고 있다(표 6). 작업공정상 9개의 부서로 구분하여 4회 측정의 평균

환경농도에서 X-met와 Encapsulation부서만 허용기준을 초과하였으나 대부분의 부서는 허용기준 이내의 저농도의 환경을 유지하는 사업장임을 알 수 있다.

측정시기에 따른 기중 연농도는 유의한 차이를 보이지 않아(p>0.05) 작업장의 폭로 수준의 변화가 없는 일정농도를 유지하는 사업장이었다. 이러한 허용수준 내에서의 혈중 연 및 ZPP농도는 비폭로군과 비교시 유의한 차이를 보여(p<0.05) 허용기준 정도의 연폭로에서도 이들 지표의 변화가 있음을 알 수 있고(표 5), 각 부서별 기중 연농도에 따른 연폭로군의 혈중 연농도 및 ZPP는 기중 연농도가 높은 부서에서 유의하게 높아 기중 연농도가 0.03 mg/m³의 폭로시 혈중 연농도는 30 µg/dl를 초과함을 보여준다(표 8).

또한 기중 연농도군에 따른 비교에서도(표 9) 기중 연농도가 높은 군에서 혈중 연농도가 유의하게 높은 소견을 보여(p<0.01) 기중 연농도가 0.0098 mg/m³에 폭로시 혈중 연농도는 24.7±7.9 µg/dl였고, 0.0252 mg/m³에서는 27.1±8.5 µg/dl, 0.0622 mg/m³에서는 33.3±9.3 µg/dl 수준의 혈중 연농도를 보였으며(p<0.01), 혈중 ZPP농도도 환경 폭로수준이 높을수록 각각 26.1±26.8 µg/dl, 23.9±10.9 µg/dl, 42.3±31.3 µg/dl로 나타났다(p>0.05).

또한 평균 0.027 mg/m³의 저농도 환경폭로시 혈중 연농도는 26.1±26.8 µg/dl, ZPP농도는 28.3±26.0 µg/dl의 수준이었다. 이는 전자제품 납땜작업의 기중 연농도와 혈중 연농도의 상관성 비교에서(박석건 등, 1991) 기중 연농도 0.016±0.020 mg/m³시 혈중 연농도는 17.7±13.8 µg/dl로 조사되어 본 연구의 기중 연농도에 비하여 혈중 연농도는 약간 낮았고 축전지공장 근로자를 대상으로 한 오세민(1987)의 연구에서 기중 연농도가 0.047 mg/m³일때 혈중 연농도 32.4±9.2 µg/dl, ZPP는 37.2±29.8 µg/dl로 본 연구의 기중 연농도와 비교시 혈중 연농도 및 ZPP농도가 유사한 것으로 나타났으며, 김형아(1985)의 축전지공장 근로자 연구에서도 기중 연농도 0.063 mg/m³에서 혈중 연농도는 29.0±6.5 µg/dl, ZPP농도는 31.8±23.4 µg/dl로 본 연구에서도 유사한 결과를 보였다. 또한 고속도로 톨게이트 근로자의 연구에서(박정일 등, 1990) 기중 연농도 0.006 mg/m³에서 남자 근로자의 혈중 연농도는 19.99±8.01 µg/dl를 보여 본 연구의 비폭로군과 유사한 혈중 연농도 수준을 보이나 혈중 연농도의 차이 비교는 조사대상자의 여러 요인 및 조사방법,

분석방법을 비교한 후에 고찰하는 것이 바람직할 것이다.

또한 연은 혈액소 함성을 방해하고 적혈구의 생존기간을 감소시켜 빈혈을 유발시키는 것으로 알려졌으나 본 연구에서는 혈액소량은 정상 범위로 나타났으며(표 5), 연폭로군의 혈액소량이 유의하게 낮으나($p<0.01$) 이는 연에 의한 영향보다는 건강 상태나 영양 상태, 사회경제적 수준의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 따라서 허용기준 수준의 연폭로시 혈중 연농도의 증가는 어느 정도 인정되나 혈액소량에는 영향이 없는 것으로 생각되며 이는 혈중 연농도가 $110 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이하에서는 혈액소량의 이상조건이 나타나지 않는다는 보고(Williams 등, 1969)와 혈중 연농도가 $50 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이하에서도 이상조건이 나타나지 않는다는 조사(Zielhuis, 1976)와 일치하나, 세계보건기구(WHO, 1980)에서는 $20 \mu\text{g}/\text{dl}$ 전후의 저농도 혈중 연에도 혈액소 생성과정에 영향을 줄 수 있다는 권고가 있고 혈액소의 감소는 연에 오랜기간 폭로시 나타나는 후기증상이라는 의견이 있어 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다.

연에 의한 자각증상을 알아보기 위한 15개 항목의 연 자각증상의 설문조사에서 연 폭로군의 호소율은 40.3%로 비폭로군보다 유의하게 높고($p<0.05$) 각 항목별 비교(그림 1)에서는 “갑자기 배꼽 주위가 아플때가 있다”와 “관절이 아프거나 쭈시는 듯하다”는 항목만이 비폭로군보다 유의하게 높으나($p<0.05$) 혈중 연농도에 따른 자각증상 호소율간에는 차이를 보이지 않아(그림 2) 이는 연폭로로 인한 영향보다는 근로자의 건강에 대한 관심 증가와 사회적 변화의 영향이나 신체적인 업무를 하기 때문으로 생각된다.

따라서 저농도 혈중 연에서는 연 자각증상이 특이적이지 않은 것으로 생각되며 Lillis 등(1977)의 연구에서도 혈중 연농도가 $40 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상일 때 자각증상이 증가한다고 조사하였고, Sakurai 등(1974)의 보고에서도 $50 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이하에서는 자각증상 호소율이 명백하지 않다는 주장과 비슷한 경향을 나타냈다. 따라서 저농도의 연폭로시 건강의 영향을 쉽고 간편하며 의미있게 파악할 수 있는 방법의 개발이 요구되며, 자각증상 조사시 영향을 줄 수 있는 환경요인 및 개인의 특성을 동시에 파악하여 신뢰성있는 자각증상의 조사가 이루어짐이 바람직하다. 또한 여러 연구에서 혈중 연농도 증가에 따른 자각증상호소율보다는 혈중 ZPP농도 증가에 따라 자각증상의 호소율의 증가가 일치한다는 주장(Lillis 등, 1977; Fischbein,

1980; 이병국 등, 1991)도 있고 혈중 연농도가 자각증상과 유의한 관련이 있다는 의견이 있으나(Williams 등, 1983), 조사대상자의 차이 및 폭로 수준의 차이에 기인한 것으로 생각되어 자각증상과 생물학적 지표간의 연구가 더 필요하리라 생각된다.

가장 높은 호소율을 보인 자각증상 항목은 “온몸이 나른하고 피곤하다”로 연폭로군은 67.7%의 호소율을 보여(그림 1) 혈중 연농도 $60 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 제련 공장 근로자를 대상으로 한 증상조사(Wineger 등, 1977)에서 전신피로감 52%보다 높았으며, Baker 등(1979)의 자각증상 조사에서는 피곤함이 24%, 혈중 연농도가 $50 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이하에서 자각증상중 “전보다 피곤함을 느낀다”가 52%의 증상 호소율을 보인 것(이병국 등, 1991)과 비교시 이들 연구에 비하여 혈중 연농도가 상당히 낮은 본 연구에서 가장 높은 증상 호소율을 보인 항목은 일치하나 증상 호소율은 혈중 연농도에 비하여 높은 호소율을 보였다.

혈중 연농도가 본 연구와 유사한 박정일 등(1990)의 증상조사에서는 피로감이 41.5%로 본 연구의 비폭로군보다 낮은 호소율을 나타냈다. 따라서 연폭로로 인한 연 자각증상의 조사에서 저농도 연폭로군에서의 영향을 평가하는데 근로자 자신의 주관적인 증상을 그대로 적용하기에는 문제점이 있으며 조사 방법간의 차이가 있을 수 있어 세심한 주의가 필요할 것이다.

또한 본 연구에서 혈중 연농도에 따른 자각증상 호소율의 차이를 보이지 않아 혈중 연농도가 $60 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 고농도 연폭로시 연령이 증가할수록 증상 호소율이 증가한다는 주장(Williams 등, 1983)이 있어 연령, 폭로기간, 작업장도, 작업조건 및 환경요인을 고려할 수 있는 포괄적인 연구가 선행되어 자각증상의 여부를 확인하는 것도 필요할 것이다.

자각증상의 항목에 따라 소화기계 증상군, 신경근육계 증상군 및 일반적인 증상군으로 구별하여 증상군별 호소율의 비교에서(그림 3) 소화기계 증상군이나 신경근육계 증상군같은 특이적인 연증상보다 일반적인 증상군의 호소율이 높았고 비폭로군과 비교시 소화기계와 신경근육계 증상군의 호소율은 유의성을 보여($p<0.05$) 저농도의 연 폭로시 자각증상에는 어느 정도 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되나 혈중 연농도에 따른 호소율간에는 차이를 보이지 않아(그림 4) 연폭로에 의한 증상이기보다는 건강에 대한 관심의 증가로 나타난 현상으로 설명

될 수 있으며, 본 연구와 같이 저농도 연폭로에서는 연 자각증상이 비특이적이기 때문에 주관적 자각증상만을 이용한 인체영향 평가는 무리가 있을 것으로 사료된다.

생물학적 지표와 자각증상 및 연령, 근속년수에 대한 상관관계는 혈중 연농도와 혈중 ZPP사이의 상관계수 (r)=0.2466으로 유의한 상관이 있을 뿐 혈중 연농도와 다른 연구 변수간의 상관성은 없었으며, 증상군간은 밀접한 상관성이 있었다. 비폭로군에서는 생물학적 지표간의 상관성이 없는 것으로 나타났으나 혈중 ZPP는 혈색소량 및 연령과 유의한 역상관을 보여 정상인에도 미약한 빈혈의 소견이 있을시 혈중 ZPP가 증가함을 알 수 있다.

또한 본 연구의 혈중 연농도가 $26.1 \pm 8.8 \mu\text{g/dl}$, ZPP 농도가 $28.3 \pm 26.0 \mu\text{g/dl}$ 에서의 상관계수가 0.2466으로 낮은 상관을 보이나 혈중 연농도가 $40.1 \pm 16.5 \mu\text{g/dl}$, ZPP 농도는 $71.5 \pm 72.4 \mu\text{g/dl}$ 에서의 상관계수는 0.4015(김형아, 1985), 혈중 연농도 $43.3 \pm 9.2 \mu\text{g/dl}$, ZPP농도 $131.4 \pm 102 \mu\text{g/dl}$ 에서의 상관계수는 0.662(이병국 등, 1984), 혈중 연농도가 $41.8 \pm 7.6 \mu\text{g/dl}$, ZPP농도가 $66.2 \pm 40.3 \mu\text{g/dl}$ 에서는 상관계수가 0.6794, 혈중 연농도가 $29.0 \pm 6.5 \mu\text{g/dl}$, ZPP농도 $31.8 \pm 23.4 \mu\text{g/dl}$ 에서는 0.6986의 상관성이 있다고(오세민, 1987) 여러 연구에서 확인되었고, 혈중 연농도를 대신할 수 있는 좋은 생물학적인 지표로 ZPP농도의 측정이 여러 연구에서 확인된 바(Lilis 등, 1977; Grunder와 Moffitt, 1979; Lee, 1982; 이병국 등, 1984; 김형아, 1985; 오세민, 1987; 이병국 등, 1987; 이병국 등, 1989) 본 연구에서도 허용기준 수준의 저농도 연폭로에서 혈중 ZPP이 측정으로 연폭로량 평가가 가능할 것이다.

아울러 혈중 연농도를 종속변수로 기타 연구변수를 독립변수로한 중회귀분석에서 ZPP만이 유의한 기여를 하였고 연 자각증상은 혈중 연농도에 상관성이 없는 것으로 나타났다.

본 연구는 조사 대상의 연령이 비교적 젊은 남자 근로자만을 조사하였고 또한 환경 농도가 낮은 사업장으로 연취급 근로자 모두에 대한 연구가 아닌 저농도 폭로군에 대한 연구이므로 어느 정도의 제한점이 있다. 그러나 약 1년간 환경폭로 수준을 파악한 후 동일부서에 근무한 근로자에 대한 혈중 연농도와 자각증상을 조사하였으므로 만성적인 저농도 폭로시 미칠 수 있는 인체변화나 영향을 알아보는 추적 관찰이 필요할 것이다.

이와같이 허용기준 수준의 저농도 환경폭로시 근로자 건강관리를 위하여 자각증상 조사에 의한 방법보다는 환경폭로 농도와 생물학적 지표에 의한 모니터링을 병행하여 실시하는 것이 바람직하며 생물학적 지표중 혈중 연농도 대신 간편한 혈중 ZPP농도를 이용하여도 될 것이다.

V. 요약 및 결론

모 측정지 사업장에서 저농도 연폭로시 혈중 연농도와 연 자각증상과의 관계를 파악하여 연폭로 근로자의 효율적인 건강관리 및 보건관리에 도움이 되는 자료를 얻고자 작업장 환경농도 및 연폭로에 관련된 생물학적 지표와 자각증상을 조사하였다.

환경농도는 기중 연농도(PBA)를 측정하였고 생물학적 지표와 관련된 측정항목은 사업장의 생산직 남자 근로자중 1년간 동일 환경농도에 폭로된 93명과 비폭로군인 사무직 남자 근로자 56명을 대상으로 혈중 연농도(PBB), 혈중 ZPP농도, 혈색소량(HB)을 측정하였으며, 15개항목의 연 자각증상을 설문조사방법으로 알아보았다.

기중 연폭로 농도에 따른 생물학적 지표를 파악하고 저농도 혈중 연농도에 따른 자각증상 호소율을 알아보아 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연폭로군의 혈중 연농도는 $26.1 \pm 8.8 \mu\text{g/dl}$, 혈중 ZPP농도는 $28.3 \pm 26.0 \mu\text{g/dl}$, 혈색소량은 $16.2 \pm 1.2 \mu\text{g/dl}$ 였고 비폭로군에서는 각각 $18.7 \pm 5.1 \mu\text{g/dl}$, $20.6 \pm 8.7 \mu\text{g/dl}$, $17.3 \pm 1.1 \text{g/l}$ 로 혈중 연농도와 혈중 ZPP농도는 두군간 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

2. Group별 연폭로 농도가 $25 \mu\text{g/m}^3$ 이하군, $25 \sim 50 \mu\text{g/m}^3$, $50 \mu\text{g/m}^3$ 이상군에서의 근로자들의 혈중 연농도는 각각 24.1 ± 7.9 , 27.1 ± 8.5 , $33.4 \pm 9.3 \mu\text{g/dl}$ 로 유의한 차이를 보였고($p < 0.01$), 혈중 ZPP농도는 각각 26.1 ± 26.8 , 23.9 ± 10.9 , $42.3 \pm 31.3 \mu\text{g/dl}$ 로 유의한 차이는 없었으며($p > 0.05$) 혈색소량은 groups간 차이가 있었다($p < 0.05$).

3. 가장 높은 증상 호소율을 보인 자각증상은 "은땀이 나쁘고 피곤하다"이고 가장 낮은 호소율은 "갑자기 배꼽 주위가 아플때가 있다"이었다.

4. 연 자각증상 항목중 "갑자기 배꼽 주위가 아플때가 있다"와 "관절이 아프거나 쑤시는 듯하다"는 항목이 연폭로군에서 비폭로군보다 유의하게 높았으나($p < 0.05$),

연폭로군에서 혈중 연농도의 증가에 따라 각 항목의 자각증상이나 자각증상군의 유의한 증상 호소를 증가는 없어 연에 의한 특이적인 증상은 없었다.

5. 기중 연농도와 상관성이 있는 변수는 혈중 연농도 ($r=0.3995$)와 혈중 ZPP농도($r=0.2837$)였고 혈중 연농도는 혈중 ZPP농도와 ($r=0.2466$) 상관성이 있었으며 연 자각증상과는 관련이 없었다.

6. 혈중 연농도(PBB)를 종속변수로 혈중 ZPP농도를 독립변수로 한 단순회귀방정식은 $PBB=23.75+0.084 ZPP$ ($p<0.05$)이었다.

7. 혈중 연농도를 종속변수로 혈중 ZPP, 혈색소, 연령, 근속년수, 연 자각증상을 독립변수로 정하여 다단계중회귀분석을 시행한 바 혈중 연농도와 유의한 기여를 한 변수는 혈중 ZPP였다.

8. 저농도 연 폭로 근로자에서 폭로정도를 평가하는데 자각증상 조사보다는 생물학적 지표의 측정이 바람직하며, 혈중 ZPP 측정으로도 혈중 연농도를 대신할 수 있는 생물학적 지표가 된다.

참 고 문 헌

김정만, 김형아, 이광목, 이은영, 강재복. 연제련 작업자들의 혈색소, 혈중연 및 혈중 Zinc protoporphyrin에 관한 연구. *한국의 산업의학* 1986; 25(1): 1-8

김창윤, 김정만, 한구용, 박정환. 축전지 근로자들의 혈중 연농도에 대한 코호트 관찰. *예방의학회지* 1990; 23(3): 324-337

김형아. 일부 연작업장 공기중 연농도에 따른 생물학적 지표들의 상호관계, 서울대학교 보건대학원 1985

대한산업보건협회 특수건강진단종합연보. 서울, 대한산업보건협회 1990

박석건, 김광중, 장성훈. 연폭로 수준에 의한 공기중 연농도와 혈액중 연농도간의 상관성. *대한산업의학회지* 1991; 3(1): 98-100

박정일, 구정환, 노영만, 이승한. 고속도로 틀게이트 근로자들의 연 폭로 및 자각증상에 관한 조사. *대한산업의학회지* 1990; 2(2): 134-141

오세민. 연폭로의 생물학적 지표들을 이용한 기중연의 허용농도 추정에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 1987

이병국, 김정만, 이광목, 조규상, 이은영, 조영선. 연제련 작업자들에서의 연폭로에 관련된 생물학적 지표들의 상호관계. *한국의 산업의학* 1984; 23(1): 1-7

이병국, 이광목, 안규동. 모 연취급 사업장에서의 산업보건사업이 근로자 건강증진에 미치는 효과. *한국의 산업의학* 1987; 26(3): 63-72

이병국, 안규동, 남택승. 연작업자들의 보건관리시 혈중 ZPP 측정의 의의. *한국의 산업의학* 1989; 28(4): 110-115

이병국, 남제성, 안규동, 남택승. 연 폭로 근로자들의 자각증상과 연흡수지표에 관한 연구. *대한산업의학회지* 1991; 3(1): 65-75

이삼열, 정윤섭. 임상병리검사법(개정판). 연세대학교 출판부, 서울, 1984, 쪽 119-120

조규상. 산업보건학. 수문사, 서울, 1991

A. de Bruin. *Certain biological effects of lead upon the animal organism.* *Arch Environ Health* 1961; 23: 249-264

Baker EL, Landrigan PJ, Barbour AG, Cox DH, Foll and DS, Ligo RN, Throckmorton J. *Occupational lead poisoning in the United States; Clinical and biochemical findings related to blood lead levels.* *Brit J Ind Med* 1979; 36: 314-322

Barrett CD, Belk HD. *Blood lead study of long term hand soldering operators.* *J Occup Med* 1977; 19: 791-794

Blumberg WE, Eisinger J, Lamola AA, and Zuckerman DM. *Zinc-protoporphyrin level in blood determination by a portable hematofluorometer; A screening device for lead poisoning.* *J Lab Clin Med* 1977; 88: 712-723

Dahlgren J. *Abdominal pain in lead workers.* *Arch Environ Health* 1978; 33: 156-159

Fischbein A. *Environmental and Occupational Lead Exposure, IN. Rom. W. N. Eds. Environmental and Occupational Medicine.* Little, Brown and Company, Boston, 1983

Gartside PS, Buncher CR, Lerner S. *Relationship of air lead for workers at an automobile battery factory.* *Int Arch Occup Environ Health* 1982; 50: 1-10

Gomperz D. *Assessment of risk by biological monitoring.* *Brith J Ind Med* 1981; 38: 198-201

Grunder FI, Moffitt AE. *Evaluation of Zinc Protoporphyrin in an occupational environment.* *Am Ind Hyg Assoc J* 1979; 40: 686-693

Hammond PB. *Human health implication, In. Bogges, W. R., Wixon, B.G., Eds. Lead in environment. Tunbridge Wells, Kent, Castle House Publications Ltd, 1979, pp.195-198*

Hernberg S. *Programme on Internationally Recommended Health based permissible levels for occupational exposure to chemical agent, Geneva, WHO report, 1979*

Hryhorczuk DO, Rabinowitz MB, Hessel SM, Hoffman D, Hogan MM, Mallin K, Finch H, Oris P, Berman E. *Elimination kinetics of blood lead in workers with chronic lead intoxication.* *Am J Ind Med* 1985; 8: 33-42

Irwig LM, Rocks P, Harrison WO, Webster L. *Lead and morbidity; a dose-response relationship.* *Lancet, 1978; 2: 4-7*

Karim AAE, Hamed AAS, Elhaimi YAA, Osman Y. *Effects*

- of exposure to lead among lead-acid battery factory workers in Sudan. *Arch Environ Health* 1986; 41(4) : 261-265
- Kwok SF, Ong CN, Phoon WO. Occupational lead exposure in various industrial sectors in Singapore; A collaborative study. *Proceeding of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2 : 491-495
- Lee BK. Occupational lead exposure of storage battery workers in Korea. *Brit J Ind Med* 1982; 39 : 283-289
- Lilis R, Valciucas JA, Malkin J, Weber JP. Effects of low level lead and arsenic exposure on copper smelter workers. *Arch Environ Health* 1985; 40(1) : 38-47
- Marston Rn. A practical programme for managing lead hazards; *Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2 : 536-540
- Matte TD, Figueroa JP, Burr G, Flesch JP, Keenlyside RA, Baker EI. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica. *Am J Ind Med* 1989; 16 : 167-177
- Neri LC, Johansen H, Hewitt D. Health effects of low level occupational exposure to lead; the Trail, British Columbia Study. *Arch Environ Health* 1983; 28(3) : 180-189
- Ratcliffe JM. *Lead in man and the environment*. Chichester, Ellis Brown and Company, 1983, pp.433-447
- Ruth Lilis, Alf Fischbein, Josef Eisinger, William E, Blumberg, Sidney Diamond, Henry A Anderson, William Rom, Carol Rice, Laszlo Sarkozi, Steven Kon, and Irving J Selikoff. Prevalence of Lead Disease among Secondary Lead Smelter Workers and Biological Indicators of Lead Exposure. *Environmental research* 1977; 14 : 255-285
- Sakurai GH, Sugita M, Tsuchiya K. Biological response and subjective symptoms in low level lead exposure. *Arch Environ Health* 1974; 29 : 157-163
- Stokinger HE. Usefulness of biological and air standard for lead. *J Occup Med* 1975; 17 : 108-112
- Tola S, Herberg S, Asp S, and Nikkanen J. Parameters indicative of absorption and biological effect in new lead exposure; A prospective study. *Brit J Ind Med* 1973; 30 : 134-141
- Waldron HA. Correlation between some parameters of lead absorption and lead intoxication. *Brit J Industr Med* 1971; 28 : 195-199
- Waldron HA. *Metals in the environment*, London Academic Press, 1980, pp.155-197
- WHO. *Environmental health criteria, 3. Lead*, Geneva, World Health Organization, 1977
- WHO. *Recommend Health base limits in occupational exposure to heavy metals. Technical report series 647*, Geneva, World Health Organization, 1980
- Williams MK, King E, Walford J. An investigation of lead absorption in an electric accumulator factory with the use of personal samplers. *Brit J Ind* 1969; 26 : 202-216
- Williams MK, Walford J, King E. Blood lead and symptoms of lead absorption. *Brit J Ind Med* 1983; 40 : 285-292
- Wingar DA, Levy BS, Andrew JS, Landrigan PJ, Scruton WH, Krause MJ. Chronic occupational exposure to lead; An evaluation of the health of the smelter workers. *J Occup Med* 1977; 19 : 603-606
- Zenz C. *Occupational Medicine, principles and practical applications*, 2nd Ed, Chicago, Year Book Medical Publishers, Inc., 1988, pp.547-582
- Zielhuis RL. Dose-response relationships for inorganic lead. *Int Arch Occup Environ Health* 1976; 35 : 1-18