

우리나라 축전지 제조업 근로자들의 연폭로에 관한 연구

순천향대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소

강필규 · 김용배 · 안익수 · 이규종 · 한구석 · 김화성 · 황규윤 · 리갑수 · 안규동 · 이병국

— Abstract —

Occupational Lead Exposure of Storage Battery Industry Workers in Korea

Pil Kyu Kang, Yong Bae Kim, Ik Soo Ahn, Jong Kyu Lee, Ku Seok Han,
Hwa Sung Kim, Kyu Yoon Hwang, Gap Soo Lee, Kyu Dong Ahn, Byung Kook Lee

Department of Preventive Medicine, Medical College and Institute of Industrial Medicine, Soonchunhyang University

In order to investigate the level of lead absorption of lead workers and to evaluate the effect of blood lead on blood zinc protoporphyrin(ZPP) and prevalence of lead related symptoms, 1,782 lead workers(male: 1,506, female: 276) from 8 storage battery industries were studied. Selected variables as indices of lead exposure were blood lead, blood ZPP, and hemoglobin(HB). Fifteen questionnaires of lead related symptoms were provided to all lead workers and filled up by themselves and confirmed by medical doctors. Personal variables such as age, work duration, smoking and drinking habits were also collected.

The results were follows:

1. While the mean blood lead of lead workers of all lead companies was 31.0 ± 13.0 ug/100ml (male: 31.5 ± 12.9 ug/100ml, female: 27.9 ± 13.3 ug/100ml), the mean blood ZPP of all lead workers was 66.7 ± 54.1 ug/100ml (male: 59.6 ± 43.3 , female: 105.3 ± 83.0 ug/100ml). The mean hemoglobin of male lead workers was 15.7 ± 1.3 gm/100ml and that of female lead workers was 13.0 ± 1.3 gm/100ml.
2. The percentage of lead workers whose blood lead was over 60.0 ug/100ml and 40.0-59.9 ug/100ml was 2.81 % and 19.08 %, respectively. On the other hand, the percentage of lead workers whose blood ZPP was over 150 ug/100ml and 100-149 ug/100ml was 5.89 % and 8.31 %, respectively.
3. The slopes of simple linear regression of blood lead(independent variable) and blood ZPP in female lead workers was significantly steeper than that of male lead workers. The slope of storage battery industries with better working condition in terms of low air concentration of lead were less steeper than those with poor working condition with high mean air concentration of lead.

4. Stepwise multiple regression analysis, using overall symptom prevalence as a dependent variables, blood lead, blood ZPP, hemoglobin, age, work duration, drinking and smoking habits as independent variables, indicated that only drinking habit and age were significantly contributed to the dependent variable.

Key words : Storage battery industry workers, Blood lead (PBB), Zinc protoporphyrin (ZPP), Lead related symptoms

서 론

연은 비철금속 중 가장 오래된 것 중의 하나로서 이미 기원 수 천년 전에 사용되었다는 기록이 있으며, 이에 의한 건강 장애도 이미 Hippocrates 시대에 알려진 바 있다. 기원 후 79년에 Pliny는 선박 건조시 방청 페인트를 사용한 것을 언급하였고, 선박을 건조하는 근로자에서 연 중독을 보고하였다. 로마 시대 때부터 내려오는 포도주 맛을 내기 위한 연의 첨가는 중세기에도 유럽 전역에 걸쳐 많은 연 중독 유행을 야기한 바 있다. 산업혁명 이후 산업의 발달에 따른 연의 다량 사용은 20세기 초에 연 취급 근로자들의 심한 연 중독을 야기시켰고, 이에 따라 연 작업장의 국소배기 시설의 설치와 같은 산업위생관리와 근로자 건강관리가 연 중독 예방의 주요 과제로 등장한 바 있다 (Zenz, 1994). 선진 서방 국가들에서는 지난 수십 년간 연 중독을 예방하려는 다각적인 노력에 따라 과거의 심한 연 중독과 같은 증상을 나타내는 근로자들의 수는 현저히 줄어들었거나 없어졌다 (Granziano, 1994). 그러나 시대 변천에 따라 과거에는 문제되지 않았던 비특이적인 증상이나 체내의 생물 화학적 변화도 연에 의한 건강 이상으로 인식하게 되어 연에 의한 건강 문제는 아직도 중요한 산업보건의 문제로 제기되고 있다 (Fischbein, 1992; Waldron, 1980).

우리나라에서도 1970년대 초 모 축전지 회사에서 연 중독의 집단 발생을 계기로 일부 축전지 제조 사업장을 중심으로 연작업자들의 건강관리가 시작되었고 이후 제련 업체와 기타 연 취급 사업장에서도 연작업자들의 건강관리의 필요성이 인식된 바 있다 (Lee, 1991). 그러나 일부 연 사업장을 제외하고는 1980년도 초까지 소극적인 보건관리나 아예 보건관리를 하지 않는 경우가 많아 1983년도 반월 연 중독 같은 사회문제를 야기할 정도로 그 심각성이 크게 부각

된 바 있다. 그 후 1986년도 모 축전지 회사의 연 중독 발생을 계기로 전국적인 축전지 회사들의 작업환경 및 건강 조사에서 보다 적극적인 연작업자들의 건강관리의 필요성이 제기된 바 있다 (이병국, 1987). 이에 따라 정부에서는 연 작업자들을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 업종별 보건관리대행제도를 도입하여 현재 연 폭로의 가능성이 높은 축전지 업종과 일차 및 이차 제련 업종, 그리고 리사이 제조 및 광명단 제조 업체 근로자들의 대부분이 이 제도에 의해 정기적인 생물학적 모니터링을 포함한 지속적인 건강관리를 받고 있다 (이병국, 1992). 작업공정상 연의 사용이 필수적인 축전지 업종은 우리나라 산업의 발전과 함께 계속 성장하여 현재 우리나라 연사용의 70-80%를 차지하고 있고 이곳에 근무하는 근로자들은 수 천명에 달하고 있다. 지난 10여년 간 축전지 업종에서는 연 중독을 예방하기 위해 많은 노력을 경주하여 최근에는 연 중독의 발생이 현저히 감소하였으나 일부 사업장에서는 아직도 연 중독이 보고되고 있다 (이병국, 1992). 이들 사업장 근로자들의 건강관리를 위하여 혈중 ZPP를 생물학적 모니터링의 선별 지표로 삼고 일정 기준 이상일 경우 혈중연량을 비롯한 정밀검사를 실시하여 연 폭로로 인한 건강변화를 사전에 확인하여 적절한 조치를 취하도록 하여 왔다. 그러나 선진국에서는 연 폭로의 지표로서 혈중연량의 측정을 기본으로 하고 혈중 ZPP의 측정을 동시에 실시하여 보다 빠른 시간에 연 폭로 정도를 알아내어 조치를 취하도록 하고 있다 (Kononen, 1991). 우리나라에서는 혈중연량의 측정이 어렵고 검사 비용이 고가인 관계로 일차 생물학적 검사로서 혈중연량의 측정을 적극 수용하지 못하였으나 최근 사업주의 인식 전환과 정도관리 제도 도입을 통한 우리나라 검사실의 중금속 분석의 질적 향상 등으로 인하여 혈중연량의 측정이 과거보다 보편화되었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 9개 축전지 회사 중에서 정기적인 업종별 보건관리를 실시하고 있

는 8개 회사에 근무하는 연 폭로 근로자들을 대상으로 전원 혈중 연량을 측정하여 연 폭로 정도를 확인하고 혈중연량에 의한 혈중 ZPP의 변동 및 연작업자들의 자각 증상 호소를 알아보아 우리나라 축전지 회사 근로자들의 건강관리를 위한 기초자료를 얻기 위하여 시도하였다.

연구대상 및 방법

8개 축전지 회사에 근무하는 연취급 근로자

1,782명(남:1,506명, 여:276명)을 대상으로 1994년 9월부터 1995년 3월까지 조사하였다. 이들 8개 회사에 근무하는 연 작업자들의 평균 연령과 평균 직력은 Table 1과 같다.

연 폭로 수준을 알아보기 위해 혈중연량과 혈중 ZPP를 측정하였으며, 연 폭로로 인한 조혈계 장애의 지표로서 혈색소를 측정하였고, 근로자들의 건강 수준을 알아보기 위해 15개 문항의 연 폭로 관련 자각증상표(Table 2)를 근로자 본인이 직접 기록케 한 후 상담 의사가 확인하였다.

Table 1. Mean and standard deviation of age and work duration of lead workers in storage battery companies

Company	Gender	No. of workers	Age(yrs)	Work durations(yrs)
A	male	306	31.6(6.4)	4.8(3.3)
	female	40	42.5(6.1)	6.6(3.6)
	All	346	32.9(7.2)	4.9(3.4)
B	male	516	32.9(8.0)	6.5(6.0)
	female	87	35.0(7.3)	4.5(4.2)
	All	603	33.2(7.9)	6.2(5.8)
C	male	264	33.0(7.8)	5.2(4.9)
	female	29	44.6(10.0)	8.6(3.2)
	All	293	34.1(8.7)	5.5(4.8)
D	male	171	28.8(4.1)	3.8(2.6)
	female	7	36.9(5.6)	5.1(2.3)
	All	178	29.1(4.4)	3.8(2.6)
E	male	85	36.7(11.6)	5.5(5.8)
	female	15	47.9(7.6)	5.8(5.9)
	All	100	38.4(11.7)	5.5(5.8)
F	male	44	28.2(10.1)	1.7(2.8)
	female	70	42.5(7.5)	3.2(2.6)
	All	114	36.9(11.0)	2.6(2.8)
G	male	80	28.5(7.0)	0.5(0.5)
	female	17	42.2(10.7)	0.8(0.4)
	All	97	30.9(9.3)	0.5(0.5)
H	male	40	37.0(11.9)	3.1(2.4)
	female	11	45.5(9.5)	3.6(5.3)
	All	51	38.8(11.9)	
Total	male	1506	32.2(8.0)	5.0(4.9)
	female	276	40.6(8.8)	4.7(4.1)
	All	1782	33.5(8.7)	4.9(4.8)

(): standard deviation

Table 2. List of lead exposure related subjective symptoms

Abbreviation	Symptoms
S1	Loss of appetite
S2	Constipation
S3	Abdominal discomfort
S4	Intermittent pains in lower abdomen
S5	Numbness of fingers, hands or feet
S6	Weakness of fingers, hands or feet
S7	Joint pain
S8	Muscle pain
S9	Feeling tired generally
S10	Cannot sleep well at night
S11	Feeling irritate at the slightest disturbance
S12	Loss of weight
S13	Difficulty in concentration
S14	Dizziness
S15	Headache

혈중연량은 원자흡광광도계(Hitachi 8100)를 이용하여 측정하였다(Fernandez, 1975). 혈중 ZPP는 근로자들의 정맥혈 한 방울을 커바그라스에 떨어뜨린 후 hematofluorometer(model: Aviv 206)를 이용하여 측정하였다(Blumberg 등, 1977). 혈색소량은 cyanmethemoglobin 방법을 이용하였다(이삼열과 정운섭, 1984).

자료의 분석은 PC SAS for Windows(ver 6.10)를 이용하였다.

연구결과

8개 축전지 회사에 근무하는 1,782명의 혈중연량과 혈중 ZPP 그리고 혈색소량의 평균을 회사별로 남녀에 따라 비교하고, 작업환경중 기중연량의 기하평균을 회사별로 나타낸 것은 Table 3과 같다.

축전지 회사 전체로는 남자 근로자들의 혈중연량의 평균은 31.5 12.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었으며, 여자 근로자들의 평균은 27.9 13.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었고, 혈중 ZPP의 평균은 각각 59.6 43.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 와 105.3 83.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었으며, 혈색소량의 평균은 각각 15.7 1.3 $\text{gm}/100\text{ml}$ 와 13.0 1.3 $\text{gm}/100\text{ml}$ 이었다. 한편 이들 연 폭로 지표들을 회사별로 비교하면

E회사 근로자들의 혈중연량과 혈중 ZPP의 평균이 다른 회사들보다 높았고, D회사 근로자들의 평균이 가장 낮았으나 혈색소량에서는 회사간의 차이가 현저하지 않았다. 한편 8개 축전지 회사의 기중연 농도의 기하평균을 보면 D회사의 기중연량의 기하평균이 0.019 mg/m^3 으로 가장 낮았으며, E회사의 기하평균이 0.3726 mg/m^3 으로 가장 높았고, 8개 회사 전체의 기중연량의 기하평균은 0.076 mg/m^3 이었다.

혈중연량을 20.0이하, 20.0-39.9, 40.0-59.9와 60.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상으로 구분하였을 때의 분포(그림 1)를 보면, 조사 대상자 전체로는 20.2 %의 근로자들이 혈중연량 20.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이하의 값을 나타내었고, 근로자의 57.9 %가 혈중연량이 20.0-39.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 사이의 값을 나타내었으며, 근로자들의 19.08 %, 2.81 %가 혈중연량이 40.0-59.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 와 60.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상의 값을 나타내었다. 이들 혈중연량의 분포는 회사별로 차이가 커서 D회사 근로자들에서 40 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상의 혈중연량 분포가 0.25 %인 반면, E회사에서는 55.0 %의 근로자들이 혈중연량 40 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상을 나타내었다.

혈중연량 구분에 따른 분포를 남녀 및 회사별로 비교한 바 그림 2와 3과 같다. 남자 근로자들만의 분포는 전체로는 4개 군별로 저농도 군부터 각각 17.53 %, 60.09 %, 19.26 % 및 3.12 %를 나타내었고, 회사별 비교에서는 D회사에서 저농도의 분포가 가장 많았고, E회사에서 고농도의 분포가 가장 많았다. 여자 근로자들만의 분포는 전체로는 4개 군별로 저농도군부터 각각 34.78 %, 46.01 %, 18.12 % 및 1.09 %를 나타내었고, 회사별 비교에서는 D회사에서 저농도의 분포가 가장 많았으며, F 회사에서 고농도의 분포가 가장 많았고, 그 다음으로 E회사의 순이었다.

혈중 ZPP를 50이하, 50-99, 100-149 그리고 150 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상으로 구분하여 분포를 보면(그림 4), 조사 대상자 전체로는 50.0 %의 근로자들이 혈중 ZPP 50 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이하의 값을 나타내었고, 35.3 %의 근로자들의 혈중 ZPP가 50-99 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 사이의 값을 나타내었고, 8.31 %와 5.89 %의 근로자들의 혈중 ZPP가 각각 100-149 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 및 150 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상의 값을 나타내었다.

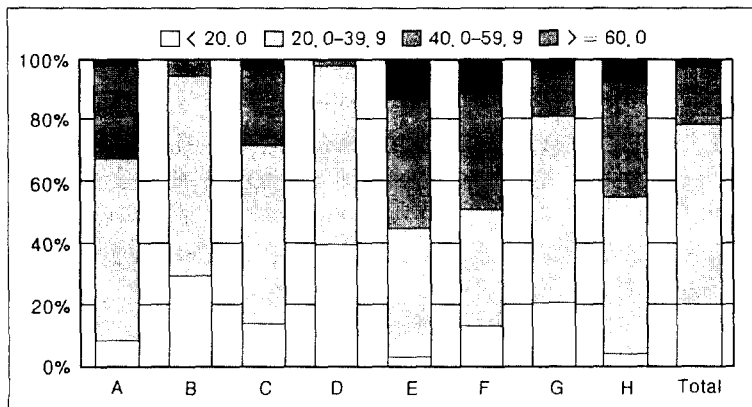
이들 혈중 ZPP의 분포를 회사별로 비교하면 D회

Table 3. Biological indices of lead exposure by gender and companies

Company	Gender	PBB(ug/dl)	ZPP(ug/dl)	HB(gm/dl)	PBA(mg/m ³)*
A	male	36.0(11.8)	60.4(28.8)	15.9(1.2)	0.0685
	female	32.9(10.7)	95.2(43.5)	12.9(1.1)	
	All	35.6(11.7)	64.4(32.7)	15.6(1.5)	
B	male	26.2(8.8)	45.6(17.2)	15.6(1.2)	0.0287
	female	17.9(5.9)	59.0(20.1)	12.8(1.1)	
	All	25.0(9.0)	47.6(18.3)	15.2(1.5)	
C	male	34.4(13.4)	64.8(32.2)	15.5(1.2)	0.1043
	female	31.4(11.1)	107.2(45.8)	12.7(1.0)	
	All	34.0(13.2)	69.0(35.9)	15.2(1.4)	
D	male	23.2(8.0)	41.5(13.0)	15.9(1.2)	0.0190
	female	16.1(5.6)	42.9(8.0)	13.9(2.0)	
	All	23.0(8.0)	41.5(12.8)	15.8(1.2)	
E	male	44.5(14.9)	111.6(82.1)	15.2(1.4)	0.3726
	female	37.3(11.6)	187.3(97.3)	12.3(1.2)	
	All	43.4(14.6)	123.0(88.3)	14.8(1.7)	
F	male	43.0(17.0)	120.5(15.8)	15.8(1.6)	0.1086
	female	37.1(15.0)	114.6(13.3)	13.3(1.4)	
	All	39.4(16.0)	119.1(14.3)	14.3(1.8)	
G	male	31.8(12.4)	56.4(42.1)	15.4(1.6)	0.2780
	female	22.1(5.7)	59.4(28.0)	13.1(0.9)	
	All	30.1(12.1)	56.9(36.9)	15.0(1.8)	
H	male	43.4(13.4)	110.4(60.8)	15.2(1.5)	0.0584
	female	26.5(5.6)	104.1(68.4)	13.6(1.7)	
	All	39.8(14.0)	109.0(61.8)	14.9(1.6)	
Total	male	31.5(12.9)	59.6(43.3)	15.7(1.3)	0.0706
	female	27.9(13.3)	105.3(83.0)	13.0(1.3)	
	All	31.0(13.0)	66.7(54.1)	15.3(1.6)	

(): standard deviation *: geometric mean

PBB: blood lead, ZPP: zinc protoporphyrin, HB: hemoglobin, PBA: lead concentration in air

**Fig. 1.** Distribution of lead workers by the level of blood lead(ug/dl) in 8 storage battery industries.

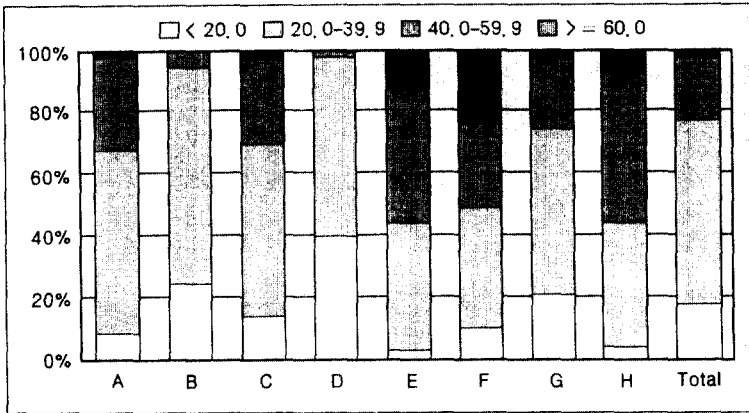


Fig. 2. Distribution of male lead workers by the level of blood lead (ug/dl) in 8 storage battery industries.

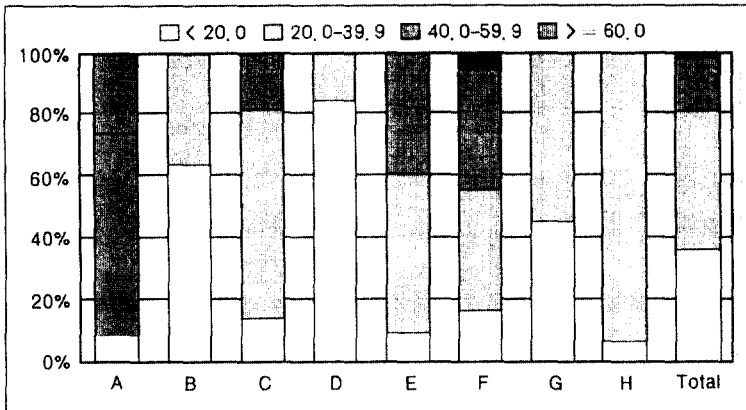


Fig. 3. Distribution of female lead workers by the level of blood lead (ug/dl) in 8 storage battery industries.

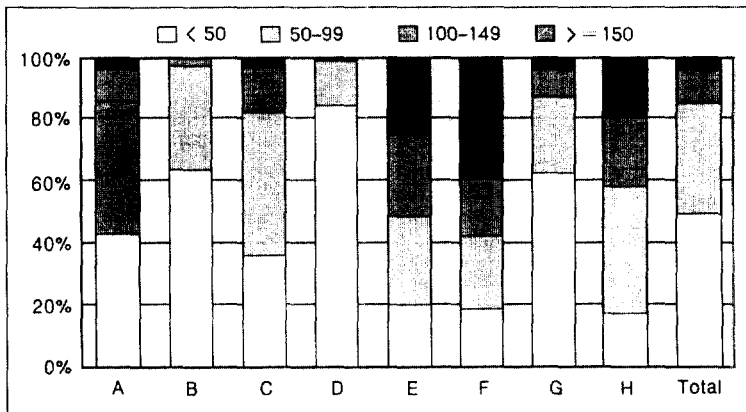


Fig. 4. Distribution of lead workers by the level of blood ZPP in 8 storage battery industries.

사 근로자들의 0.56 %만이 100 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상의 값을 나타낸 반면, F회사에서는 57.89 %가 100 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상의 값을 나타내어 회사간의 큰 차이가 있었다.

이들 분포를 남녀별로 회사에 따라 비교한 바 그림 5와 6과 같다. 남자 근로자들의 분포는 전체로는 4개

군별로 저농도군부터 각각 55.25 %, 34.53 %, 7.04 % 및 3.19 % 이었으며, 여자 근로자들의 분포는 전체로 각각 24.64 %, 39.49 %, 15.22 % 및 20.65 % 이었다. 회사별로는 남자 근로자들에서는 D회사에서 저농도의 분포가 가장 많았으며, H회사에서 고농도의 분포가 가장 많았고, 여자 근로자들에서는 남자

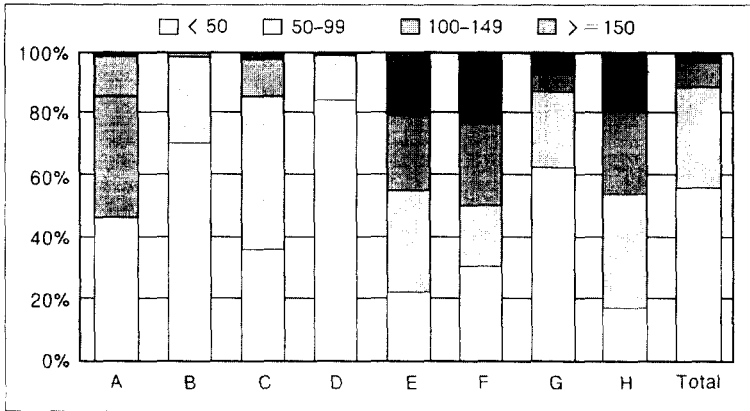


Fig. 5. Distribution of male lead workers by the level of blood ZPP in 8 storage battery industries.

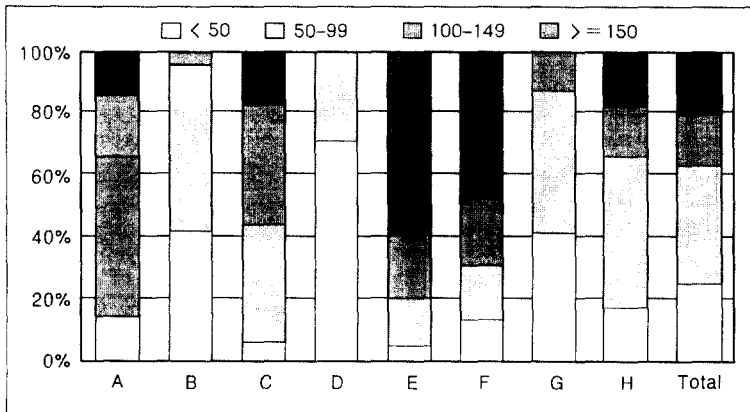


Fig. 6. Distribution of female lead workers by the level of blood ZPP in 8 storage battery industries.

Table 4. Simple linear regression of PBB on ZPP in storage battery companies by gender

Gender	Regression of PBB on ZPP
Female	$ZPP = -16.533 + 4.362 PBB$
Male	$ZPP = -2.595 + 1.972 PBB$
Total	$ZPP = -1.675 + 2.206 PBB$

의 경우와 같이 D회사에서 저농도의 분포가 가장 많았으나, 고농도의 분포는 F회사에서 가장 많았다.

혈중연량을 독립변수로 하고 혈중 ZPP를 종속변수로 한 단순 일차 회귀 방정식을 남녀별로 비교한 바 Table 4와 같다. 여자 근로자들의 회귀직선의 회귀계수가 남성들의 회귀계수보다 높았다.

상기한 회귀식을 회사별로 비교한 바 Table 5와 같이 회사간의 회귀계수의 차이가 컸다. D와 B회사의 순으로 회귀계수가 낮았고, E, F, 그리고 H회사의 순으로 높았다.

연 폭로 관련 자각증상 15개 문항을 남녀별로 증

Table 5. Simple linear regression of PBB on ZPP in storage battery companies

Company	Regression of PBB on ZPP
A	$ZPP = -15.888 + 1.236 PBB$
B	$ZPP = 25.549 + 0.767 PBB$
C	$ZPP = 16.602 + 1.404 PBB$
D	$ZPP = 29.473 + 0.517 PBB$
E	$ZPP = -67.264 + 4.024 PBB$
F	$ZPP = -42.992 + 3.714 PBB$
G	$ZPP = 6.977 + 1.556 PBB$
H	$ZPP = -22.066 + 3.052 PBB$

상 유병율을 구한 바 그림 7과 같다. 대체로 남자 근로자에서 증상 호소가 더 높았으나 여자 근로자에서 남자보다 증상 호소가 높은 문항은 5번 '손이나 발이 저리거나 쥐가 난다'와 15번 '두통이 며칠간 계속되었다' 이었으며 나머지 문항에서는 비슷하거나 낮았다. 남녀 모두에서 가장 많은 호소를 나타낸 증상은 9번 문항 '온몸이 나른하고 피곤하다' 이었

으며, 두 번째로 많은 증상은 남자에서는 11번 문항인 '조그만 일에도 민감하고 신경이 쓰인다' 이었으나 여자에서는 5번 증상이었다.

연 폭로 지표들과 자각증상 간의 상호 관련성을 보기 위하여 상관분석을 한 바 표 6과 같다. 연 작업자 전체를 상관분석한 바 혈중연량과 상관성이 가장 높은 것은 혈중 ZPP로서 상관계수는 0.532 이었다. 혈색소와 ZPP는 역상관이 있었고, 자각증상과

혈중연량 및 ZPP사이에는 역상관이 있었다. 남자 근로자들만의 연 폭로 지표들 사이의 관련성을 보면 혈중연량과 상관성이 가장 높은 것은 ZPP이었으며, 자각증상과 유의한 상관관계를 나타낸 것은 ZPP뿐으로 역상관을 나타냈다. 여자 근로자들에서도 혈중연량과 가장 높은 상관을 나타낸 것은 ZPP이었으며, 자각증상과 유의한 상관이 있는 변수는 혈중연량 및 ZPP이었으며 모두 역상관 관계를 나타냈다.

연폭로 관련 총 자각증상 호소율을 종속변수로 하고 혈중 연량, 혈중 ZPP, 혈색소, 연령, 직력, 음주정도, 흡연정도를 독립변수로 한 중회귀분석에서 종속변수에 유의하게 기여하는 독립변수는 변수는 음주와 연령 뿐이었다.

Table 6. Correlation matrix of biological indicator of lead exposure in lead workers

		PBB	ZPP	HB
ZPP	male	0.588**		
	female	0.696**		
	All	0.532**		
HB	male	0.007	-0.260**	
	female	0.131*	-0.097	
	All	0.081**	-0.344**	
Stotal	male	-0.044	-0.066**	-0.036
	female	-0.152*	-0.159**	-0.049
	All	-0.051*	-0.102**	0.016**

* : p<0.05

** : p<0.01

Stotal : Total subjective symptoms

고 찰

연 폭로에 의한 인체 영향을 평가할 때 단순히 연이 체내에 흡수된 상태를 나타내는 연 흡수(lead absorption)와 이에 따라 각 장기에 영향을 주어 나타나는 실제적인 장애인 연 중독(lead intoxication)의 경우로 나눌 수 있다(Waldron, 1980). 전자에 해당되는 것을 알아내는 검사 항목은 혈중연량과 요중연량의 측정을 들 수 있으며 이는 단순히 체

Table 7. Mutiple regression of overall prevalence of lead related symptoms on selected variables(PBB, ZPP, HB, Age, WD, Drinking, Smoking)

Regression equation	R ²	F	p value
Stotal = 5.4238 + 0.0673 Drinking - 0.0334 Age	0.0093	7.03	0.0001
R ² =0.0029			
R ² =0.0029			
p=0.037			
p=0.037			

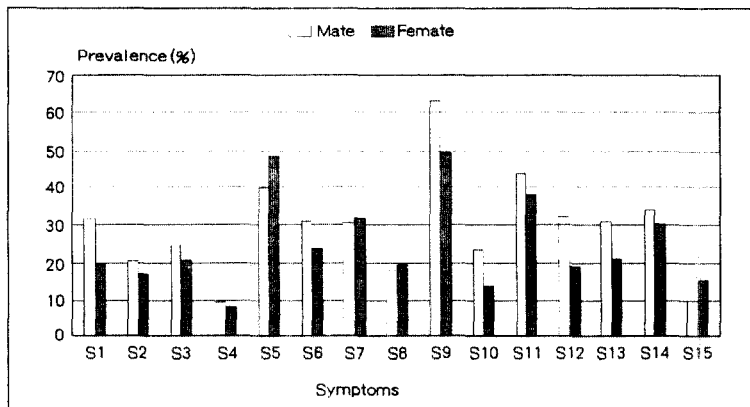


Fig. 7. Prevalence rate of lead related symptoms of lead workers.

내에 연이 얼마나 흡수되었는 지를 알려줄 뿐 엄밀한 의미로는 이것만으로 인체의 유해 정도를 알기는 어렵다. 반면에 후자에 속하는 검사 항목으로는 요중 delta-aminolevulinic acid나 혈중 ZPP 같은 연 폭로로 인해 나타나는 대사산물 측정을 들 수 있는데 이는 연이 체내에 흡수되어 실제로 인체에 얼마나 해를 가져오는지 알아내는 것이다.

연 흡수의 지표와 연 중독의 지표들 사이에는 상당히 밀접한 관계가 있어 조사 목적에 따라 양자 중 한 지표만 측정하여 연 흡수의 수준이나 혹은 연 중독의 수준을 간접적으로 알아내는 데 이용하여 왔다. 특히 측정이 비교적 간편한 혈중 ZPP의 측정은 연 중독의 지표로서 뿐만 아니라 연 흡수의 지표로서 많이 이용되고 있다(이병국 등, 1989; Kononen, 1991; Lilis 등, 1977).

혈중연량의 측정은 상당히 정밀한 시설과 경험이 축적된 실험실에서만 가능하고 검사 비용이 상대적으로 높아서 혈중 ZPP의 측정이나 요중 coproporphyrin(CP)의 측정 같은 중독의 지표를 일차 선별 검사로서 이용하고 선별 검사에서 양성으로 판명된 사람들을 대상으로 혈중연량을 측정할 경우가 많았다. 그러나 최근 들어 혈중연량의 측정 방법이 보다 간단하여지고 신뢰성이 높아져서 이의 측정이 보편화되고 있다. 특히 연 폭로 수준이 낮은 경우 즉 혈중연량이 $30 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 이하인 경우에는 혈중 ZPP나 요중 CP 혹은 요중 ALA 같은 대사산물들은 혈중연량에 따른 변화가 없어 이들을 가지고 연 폭로나 연 중독을 확인하기 어려운 점이 있다(WHO, 1977). 특히 소아 연 중독의 경우에는 혈중연량 $20 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 같은 저농도의 혈중연량에서도 건강 이상이 나타날 수 있으므로 이때에는 상기한 대사산물의 측정은 신뢰성이 저하된다(Granziano, 1994).

우리나라에서도 연작업자들의 특수건강진단에서는 혈중 ZPP나 요중 CP를 일차 선별검사로 하고 혈중연량은 이차검사 항목으로 되어 있었으나 수년 전부터 연 중독이 발생한 사업장이나 작업환경이 문제가 되는 사업장의 경우 혈중연량을 일차 검사 항목으로 적용하도록 하여 연 폭로로 인한 건강 이상 발견을 신속하게 하도록 개선된 바 있다(노동부, 1991). 지난 수년간 정도관리제도의 도입과 이에 따른 특수건강진단기관의 분석 능력 향상 등으로 혈중연량의 분석이 보다 보편화되었다. 혈중연량은

연 작업장의 연 폭로 수준을 나타내는 신뢰성 있는 지표로서 작업장의 기중 연량의 측정과 함께 유용하게 이용된다.

우리나라와 비슷한 경제 수준인 대만에서도 1993년도 6월부터 12월까지 연 작업장의 정밀 조사에서 2,905명의 근로자를 대상으로 혈중연량을 조사한 바 축전지 업종 근로자들의 혈중연량의 평균이 $34.6 \pm 15.9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었으며 혈중연량 $40 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하는 근로자들이 48.4 %라고 보고한 바 있는데(U.S. Department of Health and Human Services, 1995), 본 조사에서 축전지 회사 전체의 평균 혈중연량이 $31.0 \pm 13.0 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었고 혈중연량 $40 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하는 근로자들은 21.89 %로서 대만의 평균과 초과율보다 낮았다. 우리나라에서도 일부 축전지 회사들은 과거에 혈중연량을 정기적 혹은 부정기적으로 측정할 바 있는데 이를 본 조사 결과와 비교하면 A회사의 경우 1983년도에 혈중연량의 평균이 $55.0 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 상회하는 값을 나타냈으나(강명식, 1995), 본 조사에서는 $35.6 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 의 값을 나타내어 현저한 감소를 보여주었고, B회사의 경우도 1982년도에 근로자들의 평균 혈중연량이 $51.18 \pm 11.5 \mu\text{g}/100\text{ml}$, 1983년도에는 $50.82 \pm 13.0 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었고, 1986년도에 $39.24 \pm 16.03 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 로 감소되었으며(이병국 등, 1987), 본 조사에서는 $25.0 \pm 9.0 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 로 나타나 지난 십 수년간 해당 연 작업 근로자들의 연 폭로 정도는 현저한 감소를 나타냈음을 알 수 있었다.

혈중 ZPP와 혈중연량은 상호 관련이 밀접하여 혈중연량 대신 혈중 ZPP를 측정하여 연 흡수의 수준과 연 중독의 정도를 함께 확인할 수 있지만, 임상적인 연 중독의 진단에는 양자 중 하나만 측정하기보다는 양자 모두를 측정하는 것이 바람직하다(Grandjean 등, 1991). 혈중 ZPP는 연 폭로에 의해서만 변동이 있는 것이 아니라 철 결핍인 경우에도 변동이 있기 때문이다. 특히 여자 근로자들의 경우 연 폭로가 없이 철분 결핍에 의해 혈중 ZPP가 증가하는 경우가 있다. 그럼에도 불구하고 혈중 ZPP의 측정은 간편성과 신뢰성 때문에 연 중독의 선별 검사로 가장 적합한 검사의 하나이다(Lilis 등, 1977).

Kononen(1991)은 2개 군의 연 폭로자들을 대상으로 입사 후 1년간의 분기별 혈중연량과 혈중 ZPP

의 변화를 연구한 논문에서 자연대수를 취한 혈중 ZPP를 연 증독의 지표로서 종속변수로 정하고 연 폭로의 지표로서 혈중연량을 독립변수로 한 양-효과 관계의 회귀분석에서 3분기까지 매 분기가 진행될수록 회귀계수가 증가한 것을 보고하였고 이는 연에 의한 축적 효과일 것으로 설명하였다. Wildt 등(1987)은 양자간의 회귀 관계에서 남녀간의 기울기가 차이가 없었으나, 다른 학자들의 연구에서는 여자 근로자들의 회귀계수가 남자들의 것보다 크다고 보고한 바 있으며(Alessio, 1977; Roel 등, 1979) 본 조사에서도 여자 근로자들의 기울기가 남자들보다 높아 여자근로자들에서 단위 혈중연량의 변화에 따라 연증독 지표인 혈중 ZPP의 변동이 크다는 것을 알 수 있었다. 강명식(1995)은 혈중연량을 독립변수로 혈중 ZPP를 종속변수로 한 회귀분석에서 기울기를 분석하여 보건관리가 이루어지기 전보다 이루어진 후 회귀계수가 감소하여 단위 혈중연량에 따른 혈중 ZPP의 증가가 감소한 바 이와 같은 기울기의 감소 등을 보건관리를 평가하는 한 지표로 사용할 수 있음을 제시한 바 있다.

연 증독의 임상적 진단에는 검사실 소견만으로 불충분하고 해당 근로자가 호소하는 자타각증상이 중요한 진단의 기준이 된다(Williams 등, 1983).

이병국 등(1991)은 축전지 작업자들에 대한 조사에서 남자 근로자들에서는 '전보다 피곤함을 느낀다'가 가장 많은 반면 여자에서는 '손이나 발이 저리거나 쥐가 잘 난다'가 가장 많았고 '심하게 아랫배가 아파서 고생했다'가 남녀 모두에서 가장 적었는데, 본 조사에서는 남녀 모두 '온몸이 피곤하고 나른하다'가 가장 많았으며, 가장 적은 호소는 이병국 등의 결과와 같았다. 이병국 등이 조사한 시점이 1990년도이고 본 조사는 4-5년 후인 관계로 과거의 여자 근로자들의 주 작업이었던 쌓기 작업(stack-ing)이 대부분 자동화되어서 손에 부담이 전보다 줄어든 것이 '손이나 발이 저리거나 쥐가 잘 난다'의 증상의 호소가 상대적으로 줄어 든 것이 아닌가 생각된다. 또한 이병국 등(1991)의 조사에서는 남녀간의 총 증상 호소율의 남녀간의 차이가 없었으나, 본 조사에서는 여자 근로자들의 증상 호소율이 남자보다 대부분 낮은 것도 여자 근로자들의 작업 양상과 조건이 상대적으로 남자보다 좋아진 것으로 판단된다.

전체 자각증상을 종속변수로 하고 혈중연량, 혈중 ZPP, 연령, 직력, 음주 및 흡연정도를 독립변수로 한 중회귀분석에서는 음주와 연령만이 유의한 변수로 판명이 되었을뿐 연폭로 지표들이 자각증상 호소율에 기여하는 정도는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 연폭로가 자각증상에 크게 영향을 주지 못한 것으로 볼 수 있으나 자각증상 조사는 주관적인 경우가 많아 조사 당시의 여러 사회적 여건에 따라 증상 호소율이 달라질 수 있고, 교육수준, 연령, 기타 건강에 대한 인식차이 등이 설문결과에 영향을 줄 수 있어(김주자 등, 1989; 이병국 등, 1990), 이에 대한 보다 정확한 평가법의 개발이 필요하며 동일한 근로자들을 대상으로 경시적인 관찰을 통한 증상조사 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

축전지 회사에 근무하는 연 폭로 근로자들을 대상으로 혈중연량을 측정하여 혈중연량 수준으로 본 연 폭로 정도를 확인하고, 혈중연량에 의한 혈중 ZPP의 변동 및 연작업자들의 자각 증상 호소를 알아보고, 아울러 연작업자들의 음주와 흡연 여부가 연폭로 지표와 자각 증상 호소에 어떠한 영향을 주는지를 알아보기 위하여 시도하였다. 연구 대상으로는 8개 축전지 회사에 근무하는 연 작업자 1,782명(남:1,506명 여:276명)을 택하였으며, 조사 항목은 연 폭로 지표로서 혈중연량과 혈중 ZPP 그리고 혈색소량을 택하였으며, 연작업자들의 자각증상을 조사하기 위해 15문항의 연 폭로 관련 자각증상 설문을 근로자 자신이 직접 기록하도록 한 후 상담 의사에 의해 확인되었다. 한편 근로자들의 연령, 직력, 음주 및 흡연정도에 관한 조사도 병행하였다. 조사 결과는 다음과 같다.

1. 8개 축전지 회사 근로자들의 혈중연량의 평균은 31.0 13.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (남: 31.5 12.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, 여: 27.9 13.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$) 이었으며, 혈중 ZPP의 평균은 66.7 54.1 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (남: 59.6 43.3 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, 여: 105.3 83.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$) 이었고, 혈색소량의 평균은 남자에서 15.7 1.3 gm/100ml과 여자에서 13.0 1.3 gm/100ml 이었다.

2. 8개 축전지 회사 근로자들의 혈중연량 60.0 μg

/100ml 이상 및 40.0-59.9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 분포는 각각 2.81 %와 19.08 %, 나머지는 혈중연량 40.0 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이하의 값을 나타냈다. 한편 8개 축전지 회사 근로자들의 혈중 ZPP의 분포는 5.89 %와 8.31 %의 근로자들이 혈중 ZPP 150 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이상과 혈중 ZPP 100-149 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 사이의 값을 가지고 있었으며, 나머지 근로자들의 혈중 ZPP는 100 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ 이하의 값을 가지고 있었다.

3. 혈중연량을 독립변수로 하고 혈중 ZPP를 각각 종속변수로 한 단순 회귀분석에서 성별에 따라 회귀계수가 달랐다. 또한 각 8개 회사의 회귀직선식에서 회귀계수는 기중연 농도가 낮고 평균 혈중연량이 낮은 회사의 기울기가 완만했으며 그렇지 않은 회사의 기울기는 높았다.

4. 연폭로 관련 총 자각증상 호소율을 종속변수로 하고 혈중 연량, 혈중 ZPP, 혈색소, 연령, 직력, 음주정도, 흡연정도를 독립변수로 한 중회귀분석에서 종속변수에 유의하게 기여하는 독립변수는 음주정도와 연령 뿐이었다.

인용문헌

- 강명식, 모 축전지 회사 근로자들의 연폭로지표에 대한 경시적관찰. 순천향대학교 박사학위논문. 1995
- 김주자, 함정오, 안규동, 이병국, 남택승, 백남원, 톨루엔 폭로근로자의 요중 마노산과 자각증상에 관한 연구. 대한산업의학회지 1989; 1(2): 206-217
- 노동부: 근로자 건강진단 실시규정, 노동부 예규, 1991
- 이병국, 미국의 연중독 예방규정. 한국의 산업의학 1987; 26(1): 1-8
- 이병국, 김광중, 안규동, 오세민, 정무수, 박영호: 연취급 사업장 작업환경 점검 보고서. 노동부 보고서. 1987
- 이병국, 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, 안규동, 김주자, 한구용, 남택승, 공기중 톨루엔 폭로에 따른 요중 마노산 배설량과 자각증상에 관한 연구. 한국의 산업의학 1990; 29(2): 56-65
- 이병국, 남계성, 안규동, 남택승, 연폭로 근로자들의 자각증상과 연흡수 지표에 관한 연구, 대한산업의학회지 1991; 3(1): 65-75.
- 이병국: 연취급 사업장의 전담관리 현황과 유해인자별 전담관리의 필요성, 직업병 전문기관 합동회지 결과 보고서, 한국산업안전공단 산업보건연구원, 9-22, 1992.
- 이상열, 정운섭 : 임상병리 검사법(개정판), 연세대학교 출판부, 서울, 119-120. 1984.
- Alessio L, Castoldi MR, Buratti M, Maroni M, Bertazzi PA, Behaviour of some indicators of biological effect in female lead workers. Int Arch Occup Environ Health 1977; 40: 283-292
- Blumberg WE, Eisinger J, Lamola AA, Zuckerman DM, Zinc protoporphyrin level in blood determination by a portable hematofluorimeter: A screening device for lead poisoning. J. Lab. Clin. Med. 1977; 89: 712-723.
- Fernandez FJ, Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of graphite furnace. Clin Chem 1975;21: 555-561.
- Fischbein A, Occupational and environmental lead exposure. In Environmental and Occupational Medicine, ed. Rom WN, 735-758, Little, Brown and Company, Boston, 1992.
- Grandjean P, Jorgensen PJ, Viskum S, Temporal and interindividual variation in erythrocyte zinc-protoporphyrin in lead exposed workers. Brit. J. of Industr. Med. 1991; 48: 254-257.
- Graziano J, Validity of lead exposure markers in diagnosis and surveillance. Clin. Chem. 1994; 40(7): 1387-1390.
- Grunder FI, Moffitt AE, Evaluation of zinc protoporphyrin in occupational environment. Am Ind Hyg Assoc J 1979; 40: 686-694
- Kononen, DW. First-year changes in blood lead and zinc protoporphyrin levels within two groups of occupational lead workers. Ind. Hyg. Assoc. J 1991;52(4): 177-182
- Lamola, A.A., Joselow, M., & Yamane, T. Zinc protoporphyrin(ZPP): A simple sensitive fluorometric screening test for lead poisoning. Clin Chem 1975; 21: 93-97.
- Lee BK, Lead poisoning in Korea. Korean J. of Occup. Health 1991; 30(special edition): 1-9
- Lilis R, Fischbein A, Eisinger J, Blumberg WE, Diamond S, Anderson HA, Rom W, Rice C, Sarkozi L, Kon S, Selikoff IJ, Prevalence of lead disease among secondary lead smelter workers and biological indicators of lead exposure., Environmental Research 1977; 14: 255-285.
- Roel HA, Balis-Jacques MN, Buchet JP,

- Lauwerys RR The influence of sex and of chelation therapy on erythrocyte protoporphyrin and urinary delta-aminolevulinic acid in lead-exposed workers. *JOM* 1979; 21: 527-539
- U.S. Department of Health and Human Services, Occupational lead surveillance- Taiwan, July-December 1993, *MMWR*, 44(10), CDC, 1995
- Waldron HA, *Metals in the environment.*, 155-197, Academic Press, London, 1980.
- WHO, *Environmental health criteria : 3 Lead*, Geneva, WHO, 1977.
- Wildt K, Berlin M, Isberg PE, Monitoring of zinc protoporphyrin levels in blood following occupational lead exposure. *Am. J. of Ind Med.* 1987; 12: 385-398
- Williams MK, Walford J, King E, Blood lead and symptoms of lead absorption. *Brit. J. of Industr. Med.* 1983; 40: 285-292
- Zenz C, *Occupational medicine*, 547-582, Year Book Medical Publishers Inc., Chicago, 1988.