

축전지 공장 근로자들의 혈중 Zinc Protoporphyrin에 대한 코호트 연구

전만중¹ · 이중정¹ · 사공준¹ · 김창윤¹ · 김정만² · 정종학¹

영남대학교 의과대학 예방의학교실¹, 동아대학교 의과대학 예방의학교실²

= Abstract =

A cohort study on blood zinc protoporphyrin concentration of workers in storage battery factory

Man Joong Jeon¹, Joong Jeong Lee¹, Joon Sakong¹, Chang Yoon Kim¹, Jung Man Kim²
Jong Hak Chung¹

Department of Preventive Medicine and Public Health

College of Medicine, Yeungnam University¹

Department of Preventive Medicine College of Medicine, Dong-A University²

To investigate the effectiveness of the interventions in working environment and personal hygiene for the occupational exposure to the lead, the blood zinc protoporphyrin (ZPP) concentrations of 131 workers (100 exposed subjects and 31 controls) of a newly established battery factory were analyzed. They were measured in every 3 months up to 18 months.

Air lead concentration (Pb-A) of the workplaces was also checked for 3 times in 6 months interval from August 1987. Environmental intervention included the local exhaust ventilation and vacuum cleaning of the floor. Intervention of the personal hygiene included the daily change of clothes, compulsory shower after work and hand washing before meal, prohibition of cigarette smoking and food consumption at the work site and wearing mask.

Mean blood ZPP concentration of the controls was $16.45 \pm 4.83 \mu\text{g}/\text{dL}$ at the preemployment examination and slightly increased to $17.77 \pm 5.59 \mu\text{g}/\text{dL}$ after 6 months.

Mean blood ZPP concentration of the exposed subjects who were employed before the factory was in operation (Group A) was $17.36 \pm 5.20 \mu\text{g}/\text{dL}$ on employment and it was increased to $23.00 \pm 13.06 \mu\text{g}/\text{dL}$ after 3 months. The blood ZPP concentration was increased to $27.25 \pm 6.40 \mu\text{g}/\text{dL}$ on 6 months ($p < 0.01$) after the employment which was 1 month

after the initiation of intervention program. It did not increase thereafter and ranged between 25.48 $\mu\text{g}/\text{dl}$ and 26.61 $\mu\text{g}/\text{dl}$ in the subsequent 4 results.

Mean blood ZPP concentration of the exposed subjects who were employed after the factory had been in operation but before the intervention program was initiated (Group B) was $14.34 \pm 6.10 \mu\text{g}/\text{dl}$ on employment and it was increased to $28.97 \pm 7.14 \mu\text{g}/\text{dl}$ ($p < 0.01$) in 3 months later (1 month after the intervention). The values of subsequent 4 tests were maintained between 26.96 $\mu\text{g}/\text{dl}$ and 27.96 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

Mean blood ZPP concentration of the exposed subjects who were employed after intervention program had been started (Group C) was $21.34 \pm 5.25 \mu\text{g}/\text{dl}$ on employment and it was gradually increased to $23.37 \pm 3.86 \mu\text{g}/\text{dl}$ ($p < 0.01$) after 3 months, $23.93 \pm 3.64 \mu\text{g}/\text{dl}$ after 6 months, $25.50 \pm 3.01 \mu\text{g}/\text{dl}$ ($p < 0.01$) after 9 months, and $25.50 \pm 3.10 \mu\text{g}/\text{dl}$ after 12 months.

Workplaces were classified into 4 parts according to Pb-A. The Pb-A of part I, the highest areas, were 0.365 mg/m^3 , and after the intervention the levels were decreased to 0.216 mg/m^3 and 0.208 mg/m^3 in follow-up test. The Pb-A of part II which was resulted in lower value than part I was decreased from 0.232 mg/m^3 to 0.148 mg/m^3 , and 0.120 mg/m^3 after the intervention. The Pb-A of part III was tested after the intervention and resulted in 0.124 mg/m^3 in January 1988 and 0.081 mg/m^3 in August 1988. The Pb-A of part IV was also tested after the intervention and resulted in 0.110 mg/m^3 in August 1988.

There was no consistent relationship between Pb-A and blood ZPP concentration. The blood ZPP concentration of the group A and B workers in the part of the highest Pb-A were lower than those of the workers in the parts of lower Pb-A. The blood ZPP concentration of the workers in the part of the lowest Pb-A increased more rapidly. The blood ZPP concentration of the group C workers was the highest in part III.

These findings suggest that the intervention in personal hygiene is more effective than environmental intervention, and it should be carried out from the first day of employment and to both the exposed subjects, blue color workers and the controls, white color workers.

Key words : Air lead concentration, Blood ZPP concentration, Storage battery factory, Intervention

서 론

현재 지구상의 토양에 약 20 mg/kg (WHO, 1995)으로 존재하는 연은 약 6,000년 전부터 인류가 사용한 이래 여러 분야에서 사용되어 왔으며 독성 또한 많이 보고되어 왔다(Goldman 등, 1987; Landrigan, 1989). 연에 폭로되었을 때 나타나는 독성으로는 폭로 수준이나 기간에 따라 다르나 중추신경 및 말초신경 장애

가 있고, 신장기능, 소화기기능, 심장기능과 생식기능 등에 장애가 있으며, 특히 조혈기능의 장애가 있다(Rom, 1992; Zenz, 1994).

산업의 발달로 주물, 제련 등이 발달하면서 많은 근로자들에게서 연 중독이 보고되었으나 산업보건 관계인들의 연 중독에 대한 위험을 감소시키려는 노력으로 연 중독자의 수가 상당히 줄어들게 되었다(Graziano, 1994). 그러나 이러한 노력에도 불구하고 여전히 연

중독에 대한 보고가 나오고 있고, 현재도 직업에 기초된 건강문제를 말할 때는 주요 관심사가 되고 있다(ILO, 1989; WHO, 1995).

연을 취급하는 산업에는 축전기 제조, 축전지 재생, 페인트, 유리 제조, 프린트물, 전선 제조, 연 체련 등 여러 분야가 있으며, 최근에는 자동차 산업이 발달하면서 자동차 생산이 증가함에 따라 자동차용 축전지 제조가 증가되고 있고, 여기에 소비되는 연이 선진국에서는 약 40% 이상이 해당되는 것으로 보고되고 있다(Ratcliffe, 1981).

연은 대부분 공기로 흡입되어서 체내에 축적되며 그 외에 음식이나 음료수로 섭취되어 체내에 들어오게 된다. 많은 산업장이 생산에 급급하던 시기에는 심한 연 중독이 있고 난 후에야 관심을 가졌던 것이 최근에는 연 중독의 초기처럼 가역적이고 거의 증상이 없는 준임상적(subclinical)인 경우가 주목이 되고(Landrigan, 1989), 아주 낮은 농도의 연 폭로에 대한 관심이 높아지고 있으며, 임상적으로 발전하기 전에 연 폭로를 줄이려고 노력하고 있다(Public Health Service, U. S. Department of Health and Human Services, 1991). 우리 나라에서도 30년전부터 공업화가 가속화되면서 많은 연 중독 사례가 보고되었으며, 점차 감소되고 있으나 최근에도 리사지 제조공장이나 폐축전지 체련공장, 축전지 제조공장에서 연에 의한 직업병자가 발생하였고(한국산업안전공단, 1997), 이들 산업장들은 작업관리와 작업환경, 근로자 개인 위생 등을 개선하도록 지적을 받았다. 이 때문에 연 작업에 종사하는 근로자들의 연 폭로 평가가 중요하고, 경시적 감시(exposure monitoring)와 생물학적 감시(biologic monitoring)가 사용되고 있으며, 그 중 연 중독 평가 표지자로 혈중 연 농도와 혈중 ZPP(zinc protoporphyrin) 농도가 사용되어 왔고(김정만 등, 1986; 이병국 등, 1987; 김창윤 등, 1990; 황보영 등, 1996; Zhang, 1993; Klein 등, 1994; Schwartz 등, 1995), 그 외에 요중연량, δ -aminolevulinic acid(ALA)량, 요중 coproporphyrin량, 혈색소량 등(Zenz, 1994)과 뇌신경증이나 말초신경 장애를 간접적으로 측정하는 신경의 전도속

도 측정 검사(Seppäläinen 등, 1975) 등이 사용되어 왔다.

이러한 표지자를 이용한 기존 연구 중 상당수는 이미 폭로된 근로자들을 대상으로 하여 단면적으로 조사한 경우가 많으며(김정만과 이광목, 1984; 김광중, 1985; 김정만 등, 1986; 황규윤 등, 1991; 정두신 등, 1993; Williams 등, 1983; Karim 등, 1986; Matte 등, 1989), 새롭게 폭로되는 근로자들을 대상으로 시행한 경우나 작업환경 및 개인위생에 대한 개선조치를 가하여 관찰한 경우(안규동과 김영희, 1982; 이병국 등, 1987; 김창윤 등, 1990; 심윤보와 이병국, 1992; 황보영 등, 1996)는 상대적으로 적은 편이다.

이번 연구는 새로 설립된 축전지 제조공장의 근로자들을 대상으로 채용할 때와 폭로가 시작된 후, 그리고 작업환경과 개인위생의 개선조치 후 측정된 근로자들의 혈중 ZPP 농도 변화를 관찰하고, 입사시기와 작업장의 기중 연 농도를 기준으로 분류하여 각각의 코호트를 관찰함으로써 개선조치의 효과를 조사하고, 특히 보건교육을 통한 근로자들의 이해, 협조 및 적극적인 참여로 인한 근로자 건강유지 효과를 분석하고자 시도하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

경상북도 구미시에 소재하는 모 축전지 공장이 설립될 초기의 생산직 근로자 100명을 폭로군으로 하고, 사무직 근로자 31명을 대조군으로 하였으며, 폭로군은 입사한 시기를 기준으로 3개의 군(A군: 공장 가동 전 입사자군, B군: 공장 가동후 개선 조치가 시행되기 전 입사자군, C군: 개선조치 시행 후 입사자군)으로 구분하였고, 채용시와 약 3개월 간격으로 12-18개월간 측정되어 보관된 기록 중 혈중 ZPP 농도 자료를 분석하였다.

각 군은 개선조치 시행전인 1987년 8월의 작업장의 기중 연 농도를 기준으로 0.30 mg/m³ 이상인 단위 부

서들을 제 I부서로, 0.30 mg/m³ 미만인 단위 부서들을 제 II부서로, 비교적 기중 연 농도가 낮은 것으로 예측되어 1988년 1월부터 새로 기중 연 농도가 측정된 단위 부서들을 제 III부서로, 그리고 작업장소가 일정하지 않고 이동하면서 근무하는 단위 부서들을 제 IV부서로 구분하여 이들 각 부서에 근무하는 근무자들의 혈중 ZPP 농도의 변화를 기중 연 농도와 비교 분석하였다. 각 부서에 속한 각 단위 부서들은 제 I부서는 x-met, encapsulation, 제 II부서는 lead strip, oxide,

paste mixer, green group, 제 III부서는 small part, formation, final assembly 그리고 제 IV부서는 engineering, examination, technical part, fork lift였다. 연구 대상자들의 연령별 분포는 Table 1과 같고, 군별, 부서별 분포는 Table 2와 같다.

2. 혈중 연 농도의 측정, 혈중 ZPP 농도의 측정, 작업환경측정 및 분석

혈중 연 농도의 측정은 graphite furnace를 갖춘 원자흡광 분광광도계(atomic absorption spectrophotometer model 2380, Perkin-Elmer)를 이용하여 283.3 nm파장, slit width 0.7 nm에서 건조온도 120℃로 30초간, 회화온도 500℃로 50초간, 원자화온도 2000℃로 5초간 3단계를 거쳐서 측정하였으며, 혈액표본용량은 전혈을 triton x-100 용액으로 4배 희석하고 그 희석액 20 μl를 사용하였다(Fernandez, 1975). 혈중 ZPP 농도는 slide 유리 위에 한 방울의 전혈을 떨어뜨리고 잘 저은 다음 420~430 nm의 스펙트럼을 이용하여 hemato-fluorometer(Helena Laboratories, ProtoFluor Z)로 측정되었다(Blumberg 등, 1977). 작업환경측정은 제 I, II부서는 1987년 8월, 1988년 1월 및 8월의 3회, 제 III부서는 1988년 1월 및 8월의 2회에 걸쳐 작업장의 작업 공정이 동일한 각 단위 부서에서 low volume air sampler(Sibata, L-30)를 이용하여 20-30 l/min씩 2-3시간동안 실시하고 기중 연 표본을 채취하였다. 제 IV부서는 1988년 8월에 개인용 공기 포집기(Dupont, Alpha I)를 작업중인 근로자의 호흡영역 위치에 부착하여 2 l/min씩 4-6시간동안 기중 연 표본을 채취하였다. 채취된 기중 연은 포집된 여지를 0.5% 질산(HNO₃)용액으로 추출하여 graphite furnace를 갖춘 원자흡광 분광광도계를 이용하여 분석되었다.

3. 작업환경 및 개인 위생에 관한 조치

작업환경 및 개인 위생에 관한 개선조치는 1987년 8월 중순부터 시행되었는데, 작업환경 개선조치로 국

Table 1. Age distribution of exposed subjects and controls

Age (years)	Exposed subjects		Controls	
	No.	(%)	No.	(%)
20-24	60	(60.0)	21	(67.6)
25-29	34	(34.0)	2	(6.5)
≥30	6	(6.0)	8	(25.8)
Total	100	(100.0)	31	(100.0)

Table 2. Distribution of exposed subjects by groups and parts

Parts	Group A		Group B		Group C		Total	
	NO.	(%)	NO.	(%)	NO.	(%)	NO.	(%)
I	6	(15.0)	8	(20.0)	5	(25.0)	19	(19.0)
II	11	(27.5)	13	(32.5)	3	(15.0)	27	(27.0)
III	13	(32.5)	9	(22.5)	4	(20.0)	26	(26.0)
IV	10	(25.5)	10	(25.0)	8	(40.0)	28	(28.0)
Total	40	(100.0)	40	(100.0)	20	(100.0)	100	(100.0)

Group A : Exposed subjects who were employed before the factory was in operation.

Group B : Exposed subjects who were employed between the factory was in operation and the initiation of intervention program.

Group C : Exposed subjects who were employed after the initiation of intervention program.

Part I : x-met, encapsulation.

Part II : lead strip, oxide, paste mixer, green group.

Part III : small part, formation, final assembly.

Part IV : engineering, examination, technical part, fork-lift.

소 배기 장치 설치, 작업장 바닥을 도색한 후 진공청소기를 사용하여 비산에 의한 환경 오염을 줄였다. 개인 위생의 개선 조치로는 샤워실을 설치하여 퇴근시 의무적으로 샤워를 하도록 하였고, 세탁실을 설치하여 매일 작업복을 세탁하였으며, 식당입구에 세면장을 설치하여 식사전 반드시 손을 씻게 하였고, 작업장 내에서의 음식 섭취와 흡연을 금지하였다. 그리고 작업장 내에서는 반드시 3M회사에서 생산된 1회용 마스크를 착용하게 하였고, 주 1회 보건관리자를 통한 보건교육과 건강상담이 실시되었다.

4. 자료의 분석

자료의 분석은 SAS(SAS Institute, Release 6.12) 통계 프로그램을 이용하였으며, 채용시 폭로군과 대조군의 혈중 연 농도와 혈중 ZPP 농도의 비교는 t test로 검정하였다. 대조군의 경우 채용후 6개월까지 관찰되었던 22명에 대해 채용시 혈중 ZPP 농도와 6개월 후의 혈중 ZPP 농도를 비교하여 paired t test로 검정하였고, 폭로군은 A, B, C 군에 대해 각각 약 3개월 간격으로 매회 측정된 혈중 ZPP 농도를 바로 전 측정된 혈중 ZPP 농도와 비교하여 paired t test로 검정하였는데, 이때는 추적이 가능했던 대상자들만을 대상으로 하였다. 각 군은 4개의 부서로 나누어서 각각의 부서 별로도 같은 방법으로 분석하였다.

성 적

1. 기중 연 농도

부서별 기중 연 농도는 1987년 8월부터 약 6개월 간격으로 3회 측정한 결과 제 I부서는 처음에는 0.365 mg/m³였으나 작업환경개선조치 후 0.216 mg/m³, 1년 후에는 0.208 mg/m³로 감소되었고, 제 II부서는 처음에 0.232 mg/m³였는데 개선조치 후 0.148 mg/m³, 0.120 mg/m³가 되었으며, 제 III부서는 1988년 1월의 측정치가 0.124 mg/m³였고, 8월에는 0.081 mg/m³였다. 제 IV부서

(이동부서)는 1988년 8월에 0.110 mg/m³였다(Table 3).

2. 혈중 연 농도

대조군의 경우 채용시 혈중 연 농도는 20-24세군이 20.82±4.92 μg/dL, 25-29세군이 21.80±2.83 μg/dL, 30세이상군이 19.59±4.92 μg/dL로 연령군 간에 유의한 차이는 없었으며, 폭로군의 경우 채용시 혈중 연 농도는 각각 17.66±4.47 μg/dL, 19.77±4.67 μg/dL, 19.72±5.37 μg/dL로 역시 연령군 간에 유의한 차이는 없었다. 채용시 혈중 연 농도는 대조군이 연구대상자보다 유의하게 높았다(p<0.05)(Table 4).

3. 혈중 ZPP 농도

대조군의 경우 채용시 혈중 ZPP 농도는 20-24세군

Table 3. Mean value of air lead concentration by parts and time intervals

Parts	Air lead concentration (mg/m ³)		
	Aug. 1987	Jan. 1988	Aug. 1988
I	0.365	0.216	0.208
II	0.232	0.148	0.120
III	-	0.124	0.081
IV	-	-	0.110

Table 4. Mean value of initial blood lead concentration(μg/dL) of exposed subjects and controls by age group

Age (years)	Exposed subjects		Controls	
	No. (%)	Mean ± S.D.	No. (%)	Mean ± S.D.
20-24	60 (60.0)	17.66 ± 4.47	21 (67.7)	20.82 ± 4.92
25-29	34 (34.0)	19.77 ± 4.67	2 (6.5)	21.80 ± 2.83
≥ 30	6 (6.0)	19.72 ± 5.37	8 (25.8)	19.59 ± 4.92
Total	100 (100.0)	18.50 ± 4.66*	31 (100.0)	20.57 ± 4.74

* : p<0.05 by t test compared with controls.

이 $18.81 \pm 7.24 \mu\text{g}/\text{dl}$, 25-29세군이 $16.50 \pm 0.71 \mu\text{g}/\text{dl}$, 30세이상군이 $14.63 \pm 2.67 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 연령군 간에 유의한 차이는 없었으며, 폭로군의 경우 채용시 혈중 ZPP 농도는 각각 $16.08 \pm 5.93 \mu\text{g}/\text{dl}$, $16.47 \pm 5.95 \mu\text{g}/\text{dl}$, $19.00 \pm 4.29 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 역시 연령군 간에 유의한 차이는 없었다. 채용시 혈중 ZPP 농도에서는 대조군과 폭로군에서의 유의한 차이는 없었다(Table 5).

대조군에서의 혈중 ZPP 농도는 31명중 6개월째까지 관찰되었던 22명에서 채용시와 6개월 후가 각각 $16.45 \pm 4.83 \mu\text{g}/\text{dl}$ 와 $17.77 \pm 5.59 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 차이가 없었다(Table 6).

폭로군의 혈중 ZPP 농도는 공장이 가동되기 전에 입사한 A군에 있어서는 채용시 혈중 ZPP 농도가 $17.36 \pm 5.20 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고, 3개월째에는 $23.00 \pm 13.06 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였으며, 개선조치가 시행된 직후인 채용 후 6개월째에는 $27.25 \pm 6.40 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의하게 증가하였고($p < 0.01$), 최고치를 나타냈다. 9개월째에 측정된 농도는 $25.48 \pm 5.17 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 6개월째의 검사농도보다 유의하게 감소된 결과를 나타내었고($p < 0.05$), 12개월째부터 측

정된 3회의 결과치는 $25.88 \sim 26.61 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가나 감소가 없이 대체로 비슷한 농도의 양상을 보였다(Table 7).

공장이 가동된 후 개선조치가 시행되기 전에 입사한 B군의 경우에 있어서는 채용시에 혈중 ZPP 농도가 $14.34 \pm 6.10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고, 개선조치가 시행된 직 후인 채용 후 3개월째에는 $28.97 \pm 7.14 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 급격히 증가되었으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$). 6개월째부터 4회의 측정치는 $26.96 \sim 27.96 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가나 감소가 없이 비슷한 농도의 양상을 보였다(Table 8).

개선조치가 시행된 후 입사한 C군에서는 채용시 혈중 ZPP 농도가 $21.34 \pm 5.25 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고, 입사한 후 3개월째에는 $23.37 \pm 3.86 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였으며($p < 0.01$), 6개월째에는 $23.93 \pm 3.64 \mu\text{g}/\text{dl}$ 의 농도를 보였고, 9개월째에는 $25.50 \pm 3.01 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였다($p < 0.01$). 이 후 12개월째에도 그 농도를 계속 유지하였으며 점차 서서히 증가하는 경향을 보였다(Table 9).

Table 7, 8, 9의 성적을 공장 가동시작과 개선 조치 시기를 기준으로 그림으로 나타내면 Figure 1과 같다.

Table 5. Mean value of initial blood ZPP concentration($\mu\text{g}/\text{dl}$) of exposed subjects and controls by age group

Age (years)	Exposed subjects		Controls	
	No. (%)	Mean \pm S.D.	No. (%)	Mean \pm S.D.
20-24	60 (60.0)	16.08 ± 5.93	21 (67.7)	18.81 ± 7.24
25-29	34 (34.0)	16.47 ± 5.95	2 (6.5)	16.50 ± 0.71
≥ 30	6 (6.0)	19.00 ± 4.29	8 (25.8)	14.63 ± 2.67
Total	100 (100.0)	16.39 ± 5.84	31 (100.0)	17.58 ± 6.33

Table 6. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g}/\text{dl}$) of control group 6 month after employment

Time interval	No. of controls	Mean \pm S.D.
Initial test	22	16.45 ± 4.83
Six months	22	17.77 ± 5.59

Table 7. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g}/\text{dl}$) of group A by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean \pm S.D.
Initial test	40	17.36 ± 5.20
3 months	36	23.00 ± 13.06
6	36	$27.25 \pm 6.40^{**}$
9	33	$25.48 \pm 5.17^*$
12	33	25.88 ± 5.21
15	33	26.61 ± 3.78
18	25	26.52 ± 4.15

* : $p < 0.05$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

** : $p < 0.01$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

Table 8. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g/dl}$) of group B by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean \pm S.D.
Initial test	40	14.34 \pm 6.10
3 months	39	28.97 \pm 7.14**
6	37	27.87 \pm 5.32
9	36	26.96 \pm 4.57
12	34	27.12 \pm 3.91
15	26	27.96 \pm 3.80

** : $p < 0.01$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

Table 9. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g/dl}$) of group C by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean \pm S.D.
Initial test	20	21.34 \pm 5.25
3 months	19	23.37 \pm 3.86**
6	16	23.93 \pm 3.64
9	16	25.50 \pm 3.01**
12	16	25.50 \pm 3.10

** : $p < 0.01$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

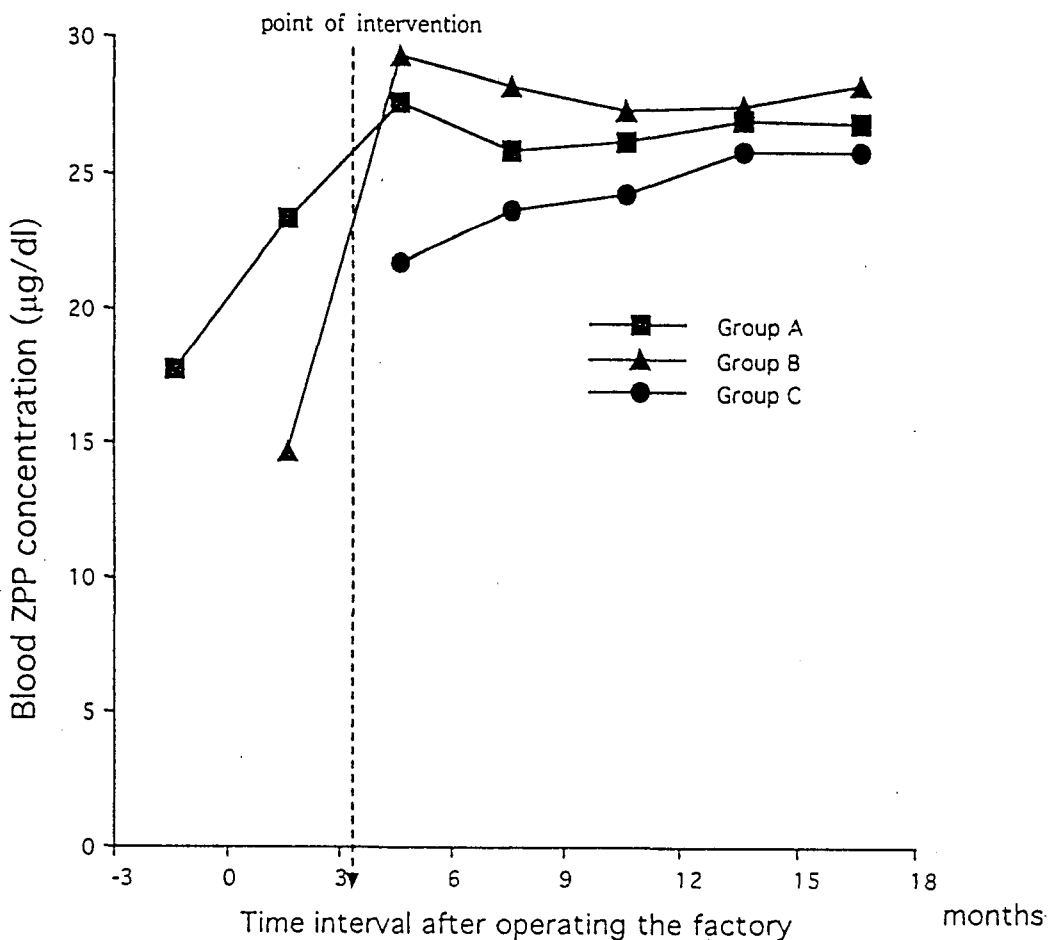


Fig. 1 Changes of blood ZPP concentration by group and time interval after operating the factory

A군을 기중 연 농도를 기준으로 4개의 부서로 구분하여 혈중 ZPP 농도를 관찰한 결과 제 I 부서, 제 II 부서, 제 III 부서, 제 IV 부서의 경우 채용 후 3개월만에 각각 $18.75 \pm 4.72 \mu\text{g/dl}$, $20.78 \pm 5.50 \mu\text{g/dl}$, $29.64 \pm 4.22 \mu\text{g/dl}$, $20.00 \pm 6.06 \mu\text{g/dl}$ 로 채용시에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 또한 제 I 부서, 제 II 부서, 제 IV 부서의 경우 6개월째의 혈중 ZPP 농도가 3개월째의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.01$). 제 III 부서는 3개월째에 최고치를 나타냈고, 제 II 부서와 제 IV 부서는 6개월째에 최고치를 나타

냈으며, 제 I 부서는 15개월째에 최고치를 나타내었다. 6개월까지의 경우 기중 연 농도가 제일 높은 제 I 부서에서 오히려 더 완만한 증가를 보였으며, 3개월까지의 경우 기중 연 농도가 제일 낮은 제 III 부서에서 다른 부서보다 더 급격히 증가하는 것으로 나타났다(Table 10).

B군을 보면 혈중 ZPP 농도가 제 I 부서, 제 II 부서, 제 III 부서에서 3개월째에 각각 $26.88 \pm 8.37 \mu\text{g/dl}$, $29.92 \pm 7.48 \mu\text{g/dl}$, $30.55 \pm 8.60 \mu\text{g/dl}$ 로 급격히 증가되었으며, 채용시에 비해 통계적으로 유의한 증가를 보

Table 10. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g/dl}$) of group A by parts and time interval after employment

Time interval	Parts I		Parts II		Parts III		Parts IV	
	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.
Initial test	6	14.21 ± 3.21	11	15.20 ± 3.21	13	17.25 ± 8.21	10	15.21 ± 4.21
3 months	6	$18.75 \pm 4.72^*$	10	$20.78 \pm 5.50^*$	10	$29.64 \pm 4.22^*$	10	$20.00 \pm 6.06^*$
6	6	$25.00 \pm 4.96^{**}$	10	$29.56 \pm 8.62^{**}$	10	29.56 ± 4.75	10	$26.38 \pm 5.34^{**}$
9	6	24.50 ± 2.65	9	$25.67 \pm 7.81^*$	9	27.00 ± 2.83	9	26.33 ± 5.29
12	6	26.00 ± 2.71	9	26.44 ± 6.82	9	28.50 ± 4.00	9	25.00 ± 4.47
15	6	27.25 ± 1.71	9	27.88 ± 5.52	9	28.22 ± 3.55	9	25.80 ± 3.68
18	4	24.75 ± 4.35	8	27.63 ± 5.37	6	29.25 ± 2.06	7	25.40 ± 2.41

* : $p < 0.05$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

** : $p < 0.01$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

Table 11. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g/dl}$) of group B by parts and time interval after employment

Time interval	Parts I		Parts II		Parts III		Parts IV	
	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.
Initial test	8	11.38 ± 2.97	13	14.33 ± 5.61	9	15.11 ± 7.39	10	16.80 ± 7.05
3 months	8	$26.88 \pm 8.37^{**}$	12	$29.92 \pm 7.48^{**}$	9	$30.55 \pm 8.60^*$	10	$28.10 \pm 4.23^{**}$
6	8	24.50 ± 5.80	11	28.82 ± 6.03	9	29.33 ± 5.27	9	28.22 ± 3.11
9	7	24.43 ± 4.47	11	27.09 ± 4.99	9	26.78 ± 1.92	9	27.89 ± 2.32
12	6	24.83 ± 4.31	11	27.73 ± 4.13	8	27.63 ± 4.41	9	27.44 ± 2.88
15	5	25.20 ± 5.07	8	29.00 ± 3.50	6	28.67 ± 4.50	7	28.14 ± 1.86

* : $p < 0.05$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

** : $p < 0.01$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

Table 12. Changes of blood ZPP concentration ($\mu\text{g}/\text{dl}$) of group C by parts and time interval after employment

Time interval	Parts I		Parts II		Parts III		Parts IV	
	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.	No.	Mean \pm S.D.
Initial test	5	22.20 \pm 5.07	3	21.67 \pm 8.08	4	23.25 \pm 2.63	8	22.65 \pm 7.82
3 months	4	24.00 \pm 3.56*	3	21.00 \pm 5.29	4	25.25 \pm 1.50	8	24.14 \pm 3.19*
6	4	24.00 \pm 2.94	3	23.00 \pm 3.46	2	27.00 \pm 5.67	7	23.43 \pm 3.95
9	4	23.25 \pm 4.19	3	25.00 \pm 2.83	2	27.50 \pm 3.54	7	24.75 \pm 3.58*
12	4	24.75 \pm 3.86	3	24.00 \pm 4.24	2	28.67 \pm 1.15	7	25.00 \pm 2.58

* : $p < 0.05$ by paired t test compared with previous ZPP concentration.

(Note: Paired t test was done for those who had been tested on both at previous month and at the other month)

이면서($p < 0.01$, $p < 0.05$) 최고치를 나타내었다. 제Ⅳ부서의 경우 역시 3개월째에 $28.10 \pm 4.23 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 증가되면서 통계적으로도 유의한 증가를 나타내었고($p < 0.01$), 6개월째에 $28.22 \pm 3.11 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 최고치를 보였다. 이 군에서도 기중 연 농도가 가장 높은 제Ⅰ부서에서 다른 부서들보다 혈중 ZPP 농도가 낮았으며, 가장 낮은 제Ⅲ부서에서 가장 최고치를 나타내었다(Table 11).

C군을 보면 제Ⅰ부서, 제Ⅳ부서의 경우는 3개월 후에 각각 $24.00 \pm 3.56 \mu\text{g}/\text{dl}$, $24.14 \pm 3.19 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였으며($p < 0.05$), 제Ⅱ부서만 9개월째에 최고치를 나타내었고, 나머지 부서는 12개월째에 최고치를 나타내었다. 제Ⅳ부서에서는 6개월째보다 9개월째에는 $24.75 \pm 3.58 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 그 외에는 통계적으로 유의한 차이가 없이 비슷한 수준을 유지하였다. 이 군에서도 기중 연 농도가 더 높은 제Ⅰ부서보다 더 낮은 제Ⅲ부서가 혈중 ZPP 농도가 다소 높게 나타났다(Table 12).

고 찰

인체에 들어온 연은 많은 생화학적 반응에 관여를 한다. 이 중 미토콘드리아 내막에 축적되어 헴(heme) 합성 과정에 작용하는 효소인 ferrochelatase의 활성도를 억제하며, 헴(heme) 전구물질인 protoporphyrin을

증가시키고 혈색소 합성을 감소시킨다. 또한 점점 혈중 연 농도가 증가하게 되면 혈색소의 합성은 더욱 감소하게 되어 빈혈이 생기게 된다. 이렇게 증가된 혈중 protoporphyrin은 보통 zinc와 결합하여 혈중에서 zinc protoporphyrin(ZPP)으로 존재하게 되며, 이 농도를 측정하여 근로자의 연폭로량을 평가하여 왔다(Hammond 등, 1980; Ratcliffe, 1981; Zenz, 1994; WHO, 1995).

연에 폭로되는 근로자들의 생물학적 모니터링을 위한 지표로서 혈중 연 농도는 연 작업장에서 근로자의 생물학적 정보관리에 가장 유용하며 최근의 연에 대한 폭로를 잘 반영하고 여러 가지 다양성에 비교적 영향을 적게 받으며, 체내의 교환 가능한 연의 농도를 반영하고 증상이 나타나기 전에 측정이 가능하기 때문에 생물학적 모니터링으로 제일 좋은 것으로 알려져 있으나(Marston, 1982), 혈중 연의 측정시 정밀한 시설과 기술 및 경험이 있는 인력이 있어야 하는 어려운 점이 있다. 그러나 혈중 ZPP 농도는 혈중 연 농도의 분석에 비하여 훨씬 간편하고 신속하며, 측정하는데 필요한 표본 용량도 적고, 비용도 적게드는 장점을 가지며, 또한 혈중 ZPP 농도는 연에 의해 생긴 신진대사 장애를 다른 지표보다 훨씬 직접적으로 반영할 수 있고, 연 분석시 관여될 수 있는 오염의 기회가 극히 적어서 많이 사용되고 있다(김정만과 이광복, 1984; 김광중, 1985). 김정만 등(1986)의 연폭로군 90명과 비

폭로군 115명으로 관찰한 연구에서도 혈중 연량은 최근 3~4개월의 연 폭로를 반영하는 지표일 뿐이고 만성적 연폭로자를 조기에 발견하기 위해서는 혈중 연량 대신 택할 수 있는 간편하고 신뢰할 수 있는 선별 검사방법으로 혈중 ZPP 농도 측정을 주장하였다. 김동일 등(1992)도 역시 시술이 간단하며 안전하고, 경제적이며 결과를 즉시 알 수 있고, 만성 연 중독의 지표로 이용될 수 있다는 점으로 연 중독의 연구에 있어서 혈중 ZPP 농도를 분석하였으며, Zhang(1993)은 오히려 혈중 연 농도나 요중 연 농도보다 혈중 ZPP 농도가 더 민감하고 특이성이 있는 연 폭로의 지표자라고 하였다.

한편 혈중 연 농도와 혈중 ZPP 농도 사이의 관계에 관한 연구에서 김정만 등(1986)의 연구에서는 연작업자에서 측정된 혈중 연 농도와 혈중 ZPP 농도 사이의 관계가 $r=0.8668$ 로 높은 상관성을 보였고, 대수변환시킨 결과 $r=0.9025$ 로 매우 높은 상관을 보였다. 또한 황규윤 등(1991)의 연구에서 혈중 연 농도와 혈중 ZPP 농도간에 $r=0.2466$ ($p<0.01$)의 유의한 상관성이 있었고, 황보영 등(1996)의 연구에서도 혈중 연 농도와 혈중 ZPP 농도 및 혈중 log ZPP 농도사이에는 각각 $r=0.612$ ($p<0.01$), $r=0.614$ ($p<0.01$)의 유의한 상관성이 있어 혈중 ZPP 농도의 유용성이 인정된 바 있다.

이러한 내용에 근거를 두고 이번 연구에서는 모 축전지 공장의 생산직 근로자 100명을 폭로군으로 하고 사무직 근로자 31명을 대조군으로 하여 생물학적 모니터링의 지표로 혈중 ZPP 농도를 채택한 후 코호트 연구를 시행하였으며, 채용시 측정된 혈중 ZPP 농도와 작업환경 및 개인위생에 대한 여러 가지 개선 조치를 시행한 후의 혈중 ZPP 농도 변화를 관찰하였다.

정상인의 혈중 ZPP 농도는 연구자들간에 다소간 차이는 있으나, Suga 등(1981)은 연에 폭로되지 않은 395명을 측정하여 평균 혈중 ZPP 농도가 $23 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이며, 95% 신뢰 구간에 의하여 상한 치는 $40 \mu\text{g}/\text{dl}$ 인 것으로 보고하였고, Zenz(1994)는 $80 \mu\text{g}/\text{dl}$ 까지를 정상범주로 나타내었다. 한국인의 정상 혈중 ZPP 농도에 대한 연구로 김정만과 이광묵(1984)은 연에 폭로된

적이 없는 건강한 남자 388명을 대상으로 연구하여 $26.54 \pm 11.42 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로, 217명의 여자에서는 $26.10 \pm 11.47 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였고, 김동일 등(1992)은 7세 이상의 남자에서 $31.91 \pm 8.23 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로, 여자에서는 $30.11 \pm 9.11 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였다. 임상복 등(1995)의 연구에서는 연 폭로가 거의 되지 않은 사무직인 일반건강진단군에서의 평균 혈중 ZPP 농도는 $40.5 \pm 29.2 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였다. 이번 연구에서의 채용시 측정된 혈중 ZPP 농도는 대조군과 폭로군 모두가 정상인의 혈중 ZPP 농도 범위에 해당되었다.

채용시 나타난 대조군과 폭로군에서의 혈중 ZPP 농도의 차이는 각각의 채용시를 기준으로 코호트가 관찰되었기 때문에 연구결과의 해석에는 영향이 미치지 않을 것으로 생각된다.

대조군에서 채용시보다 6개월 후의 혈중 ZPP 농도가 다소 증가한 것은 직접적으로 연을 취급하지는 않으나 업무수행 등으로 작업장내를 왕래하며 간접적으로 연에 노출되어 증가되었을 것으로 추정되며, 임상복 등(1995)에 의한 비연폭로자들의 수치가 비교적 높게 나온 이유로 직접적으로 연을 취급하지 않는 일반건강진단군들이 연을 취급하는 작업장과는 10여 미터 거리를 둔 건물에서 근무하여 간접적으로 연에 폭로될 수 있다는 보고로 미루어 이 차이를 설명할 수 있겠다.

각 부서별로 작업환경 측정을 한 결과는 1987년 8월에 측정된 기준 연 농도가 제 I부서에서 $0.365 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 II부서에서 $0.232 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로서 허용기준치인 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ (산업안전보건법, 1996)보다 상당히 높게 나타났다. 작업환경에 대한 개선조치를 시행한 후 1988년 1월의 측정에서는 제 I부서에서 $0.216 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 II부서에서는 $0.148 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 III부서는 $0.124 \text{ mg}/\text{m}^3$ 가 되었고, 1988년 8월 측정은 제 I부서에서 $0.208 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 II부서에서는 $0.120 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 III부서에서는 $0.08 \text{ mg}/\text{m}^3$, 제 IV부서에서는 $0.110 \text{ mg}/\text{m}^3$ 으로 모두 허용기준치를 초과하였으나, 작업 환경에 대한 개선조치의 효과가 현저하였다고 말할 수 있다.

연 폭로후 혈중 ZPP 농도가 증가하는 양상을 보면

연 폭로 후 3개월째의 혈중 ZPP 농도가 A, B, C군 각각에서 채용시에 비해 유의하게 상당히 증가하는 양상을 나타내었는데, 이는 황보영 등(1996)에 의한 축전지 공장에 입사한 1년 미만 남자 사원 433명을 대상으로 측정된 단면조사 연구에서 근무기간 1~2개월근에서의 혈중 평균 ZPP 농도는 대조군과 비교하여 유의한 차이가 없었으나, 3~4개월근에서 유의하게 증가하였고, 3개월이상 12개월이하군들 사이에서는 유의한 차이가 없었다고 보고한 연구와 일치하였다.

공장이 가동되기 전에 입사한 A군에 있어서 다른 B군이나 C군처럼 3개월째의 혈중 ZPP 농도에 있어서 상당히 증가는 하였으나 유의한 결과가 나오지 않은 것은 공장 설립 초기의 무가동 시기와 공장의 시험가동 시기와 같은 비교적 낮은 농도의 연에 노출되어 3개월째의 혈중 ZPP 농도가 상대적으로 B군이나 C군보다 낮은 수준을 보였을 것으로 생각되며, 6개월째의 혈중 ZPP 농도는 $27.25 \pm 6.40 \mu\text{g}/\text{dL}$ 로, 측정시기가 비슷한 B군의 3개월째 혈중 ZPP 농도보다 다소 떨어지나 그 전 3개월째보다는 유의하게 증가한 수준이었고, 그 후 4회의 혈중 ZPP 농도는 A군과 B군이 거의 비슷하였는데 이는 A군과 B군이 공장가동 이후 연에 폭로된 정도가 비슷함을 나타낸다고 할 수 있겠다. 환경개선 조치후 입사한 C군에서는 상대적으로 낮은 증가를 보인 것은 작업환경 및 개인위생의 개선조치에 의한 결과로 생각된다. A군의 경우 6개월 후, B군의 경우 3개월 후의 작업환경 및 개인 위생 개선 조치이후인 시기에서 혈중 ZPP 농도가 다소 감소하거나 평형을 이룬 것도 이러한 개선 조치를 반영해 주는 결과로 생각된다.

또한 이러한 결과는 이병국 등(1987)에 의한 연구에서 기중 연 농도가 처음에 $0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$ 를 초과하였던 것을 작업환경개선으로 $0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 감소되었을 때 혈중 ZPP 농도가 $76.1 \pm 58.9 \mu\text{g}/\text{dL}$ 에서 $42.23 \pm 30.3 \mu\text{g}/\text{dL}$ 로 유의하게 낮아짐으로써 작업환경개선의 효과를 강조한 내용과 심윤보와 이병국(1992)의 무보수 호흡용 보호구와 생물학적 모니터링 효과 연구에서 산업보건 관리 전에는 혈중 연 농도가 $60 \mu\text{g}/\text{dL}$, 혈중

ZPP 농도가 $150 \mu\text{g}/\text{dL}$ 를 초과하는 근로자가 각각 23.7%, 23.0%이었던 것이 관리 후에 1.3%, 1.9%로 줄어들었으며, 또한 작업환경개선이 어려운 여건에서 철저한 보호구 착용과 개인 위생, 보건관리가 건강 증진에 도움을 주었다고 보고한 연구결과와 유사하였다.

Lindsay(1988)는 선박수리 작업장에서 페인트를 제거할 때 일어나는 연 폭로의 경우에 대한 연구에서 기중 연 농도의 기하평균이 사포질하는 작업군에서는 $0.0606 \text{ mg}/\text{m}^3$, 벗겨내는 일을 하는 작업군에서는 $0.024 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 서로 차이가 있었으나, 근로자들의 혈중 ZPP 농도는 기중 연 농도에 따르는 관계는 없었다고 보고를 하였고, 황규윤 등(1991)은 기중 연 농도에 따라 세개의 군으로 나누고 그 군에 속한 근로자들의 혈중 ZPP 농도를 측정한 결과 세군 간에 통계적인 유의성이 없었다고 보고하였다. 그러나, 황보영 등(1996)은 기중 연 농도의 기하평균이 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이하인 군에서는 혈중 ZPP 농도가 $41.4 \pm 12.6 \mu\text{g}/\text{dL}$, $0.05 \sim 0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 인 군에서는 $52.6 \pm 27.9 \mu\text{g}/\text{dL}$, $0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상인 군에서는 $66.3 \pm 40.7 \mu\text{g}/\text{dL}$ 로 보고하였고, 이 세군 간에는 유의한 차이가 있다고 보고하였으며, 김광종(1985)은 기중 연 농도가 높은 부서의 근로자에서 혈중 ZPP 농도는 저농도 부서의 근로자보다 높다고 보고하였다.

이번 연구의 결과에서는 높은 기중 연 농도를 고려하면 연구 대상자들의 혈중 ZPP 농도는 이들 연구 결과 이상의 수치가 나와야 되나 혈중 ZPP 농도의 최고치가 B군의 3개월째 혈중 ZPP 농도인 $30.55 \pm 8.60 \mu\text{g}/\text{dL}$ 이며 그 외에는 모두 그 이하의 농도였으며, 정상범위의 혈중 ZPP 농도를 보였다. 이러한 수치가 나온 것은 채용시의 낮은 혈중 연 농도 및 혈중 ZPP 농도로 미루어 볼 때 채용되기 전 신체검사에서 다소 높은 농도가 나온 근로자들은 채용이 되지 않은 점을 의심해 볼 수 있으며, 작업환경과 개인 위생의 개선조치 이전까지 폭로된 기간이 짧았고, 이 시기에서도 몇몇 근로자들은 스스로 깨끗한 개인 위생이 되도록 노력하였을 것으로 생각되며, 공장 설립초기인 1987년 8월에 기중 연 농도가 상당히 높게 측정된 후 사업주가 근로

자들에게 보호구를 철저히 착용하도록 교육하였고, 개인위생을 엄격하게 관리한 결과가 반영된 것으로 생각된다. 이것은 1년간의 짧은 노출이나 이번 연구에서 보다 비교적 높은 수치의 혈중 ZPP 농도를 나타낸 황보영 등(1996)에 의한 성적과의 차이를 설명할 수 있겠다.

또한 부서별 혈중 ZPP 농도의 변화가 A, B, C군 모두에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 작업장내 기중 연 농도와 서로 비례의 관계를 나타내지 않고, 특히 기중 연 농도가 가장 높은 제 I부서에 있어서 더 낮은 기중 연 농도를 나타낸 제 II, III부서보다 초기 3-6개월까지의 혈중 ZPP 농도가 더 낮은 증가율과 수치를 나타낸 것은 Matte 등(1989)의 자마이카에서 세 개의 축전기 제조공장의 46명의 근로자와 10개의 축전기 재생 솥의 23명의 근로자를 대상으로 관찰한 결과로 축전기 제조공장 축전기 재생 솥에서 기중 연 농도가 0.05 mg/m³ 이상 되는 것이 각각 90.5%, 14.3%였고, 축전기 제조공장에서는 또한 21.4%에서 기중 연 농도가 0.5 mg/m³ 이상을 나타내었으나, 각각의 근로자에서 혈중 연 농도가 60 µg/dl 이상 되는 근로자가 각각 28%, 65%이라고 보고하였으며, 혈중 연 농도가 증가하면 혈중 ZPP 농도도 증가하는 관계를 보여준다고 하였고, 축전기 재생 솥의 근로자에서 수치가 더 높게 나온 것은 공장 근로자에 비하여 이들이 가스 용접을 수행함으로써 훨씬 더 많은 연 흡(fume)을 마실 가능성이 있고, 개인 위생에 대해서도 더 소홀히 한 것으로 보고한 내용으로 일부 설명할 수 있겠다.

이번 연구에서 마지막 6개월 동안 다시 서서히 혈중 ZPP 농도가 증가하는 경향을 보인 것은 Ratcliffe (1981)에 의한 장기간 연에 폭로될 때 체내로 들어온 연의 대부분은 뼈에 축적되게 되며 뼈에서 혈중으로 축적된 연의 25%가 빠져나온다는 연구 결과를 고려하면 이해가 될 수 있으며 혈중 ZPP 농도는 시간이 경과함에 따라 서서히 증가할 것으로 추측된다.

그러나 연 취급자에 대하여 일년에 2회 실시하고 있는 특수건강검진에서 1차 검사중 혈액학적 검사로 혈중 ZPP 농도의 측정이나 요중 coproporphyrin량을

측정하며 혈중 ZPP 농도가 100 µg/dl 또는 요중 coproporphyrin량이 100 µg/l 이상일 경우, 2차 검사 대상자가 되고 2차 검사로 혈중 연 농도 등을 측정하게 되는 현재의 우리 나라 체계(산업안전보건법, 1996)에서 혈중 ZPP 농도의 중요성을 감안할 때 이번 연구의 낮은 혈중 ZPP 농도는 동일한 연구 집단으로 연구된 김창윤 등(1990)에 의해 보고된 혈중 연 농도의 변화와 비교할 때 낮은 혈중 연 농도를 나타내는 대상자에게서 혈중 ZPP 농도의 측정만으로 2차 대상자를 찾아내는 데는 혈중 ZPP 농도가 민감한 표지자가 되지 못하는 것으로 추정되며, 이는 fingerstick에 의해 얻어진 혈액으로 연 중독 정도를 분석할 때 혈중 ZPP 농도의 사용은 상당히 높은 위양성율을 나타내고 혈중 연 농도가 25 µg/dl 이상에서도 거의 50%정도를 구분하지 못했다는 보고(Sch nfeld, 1994)와 1038명의 뉴욕 어린이들을 대상으로 조사하여 혈중 log ZPP 농도와 혈중 연 농도가 하키용 타구봉 모양의 상관성을 가지며, 혈중 연 농도가 17 µg/dl 이상일 때 혈중 ZPP 농도가 증가하기 시작하고, 혈중 연 농도의 범위가 10-20 µg/dl 수준에 있을 때는 혈중 ZPP 농도로 혈중 연의 많고 적은 상대적인 정확한 정도를 분별할 수가 없어서 미국에서는 생물학적 모니터링의 표지자로 혈중 ZPP 농도를 사용하지 않고, 혈중 연 농도를 사용한다는 보고(Graziano, 1994)로 미루어 설명할 수 있겠다. 따라서 이번 연구 자료로 2차 검진 대상자를 선별하는 기준점을 잡는 것은 무리가 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과들은 혈중 ZPP 농도 측정만으로 생물학적 모니터링을 하는 것은 좋지 않으나, 이를 이용한 개선 효과에 대한 결과는 작업환경 개선의 효과도 중요하나, 개인 위생이나 개인보호구 착용교육, 상담 등의 건강보호 및 건강증진 프로그램의 초기에 집중적인 실시 및 각 부서별로 작업장내 기중 연 농도, 혈중 연 농도 및 혈중 ZPP 농도에 대한 모든 정보를 알려 줌으로써 상대적으로 높은 기중 연 농도를 나타내는 부서에 근무하는 근로자들에게 더욱 더 동기를 부여하여 개선조치에 더 철저히 참가할 수 있는 적절한 보

건 관리에 의한 효과도 상당히 반영된 것으로 생각하며, 따라서 입사 초기부터 모든 근로자에 대하여 개인 보호구 착용이나 개인 위생에 대한 교육과 보건 관리를 더 철저히 할 필요가 있는 것으로 생각되고, 작업환경개선을 더욱 철저히 하며, 근로자들로 하여금 보호구 착용과 개인위생에 관심을 가지도록 해주고, 관리자에게 근로자들의 건강관리에 대한 교육과 감시를 더 철저히 하게 할 필요성을 상기시켜 주는 자료라고 생각한다.

요 약

혈중 ZPP 농도를 생물학적 모니터링 표지자로 사용하여 새로 설립되는 축전지 제조 공장에서 작업환경과 개인위생에 대한 개선조치의 영향을 관찰하기 위하여 연취급 근로자 100명을 대상으로 입사한 시기를 기준으로 3개의 군으로 구분한 후 채용시 측정된 혈중 ZPP 농도와 약 3개월 간격으로 12-18개월간 측정되어 보관된 기록 중 혈중 ZPP 농도 자료를 분석하였다.

각 군은 개선조치 시행전인 1987년 8월의 작업장의 기중 연 농도를 기준으로 0.30 mg/m³ 이상인 단위 부서들을 제 I부서로, 0.30 mg/m³ 미만인 단위 부서들을 제 II부서로, 비교적 기중 연 농도가 낮을 것으로 예측되어 1988년 1월부터 새로 기중 연 농도가 측정된 단위 부서들을 제 III부서로, 그리고 작업장소가 일정하지 않고 이동하면서 근무하는 단위 부서들을 제 IV부서로 대분하였고, 1987년 8월부터 약 6개월 간격으로 측정된 작업장의 기중 연 농도를 분석하였다.

또한 대조군 31명중 6개월째까지 관찰되었던 22명도 채용시와 6개월 후에 측정된 혈중 ZPP 농도의 변화를 분석하였다.

작업환경 및 개인 위생에 관한 개선조치를 1987년 8월 중순부터 시행하였으며, 주 1회 보건관리자를 통한 보건교육과 건강상담이 실시되었다.

부서별 기중 연 농도는 1987년 8월부터 약 6개월 간격으로 3회 측정된 결과, 제 I부서는 처음에는 0.365 mg/m³였으나 작업환경개선조치 후 0.216 mg/m³, 1년

후에는 0.208 mg/m³로 감소되었고, 제 II부서는 처음에 0.232 mg/m³였는데 개선조치 후 0.148 mg/m³, 0.120 mg/m³가 되었으며, 제 III부서는 1988년 1월의 측정치가 0.124 mg/m³였고, 8월에는 0.081 mg/m³였다. 제 IV부서는 1988년 8월에 0.110 mg/m³였다.

대조군에서의 혈중 ZPP 농도는 31명중 6개월째까지 관찰되었던 22명에서 채용시와 6개월 후가 각각 16.45 ± 4.83 μg/dl과 17.77 ± 5.59 μg/dl로 유의한 차이가 없었다.

공장이 가동되기 전에 입사한 A군에 있어서는 채용시 혈중 ZPP 농도가 17.36 ± 5.20 μg/dl였고, 3개월째에는 23.00 ± 13.06 μg/dl였으며, 개선 조치가 시행된 직후인 6개월째에는 27.25 ± 6.40 μg/dl로 유의하게 증가되었고(p < 0.01), 최고치를 나타내었다. 9개월째에 측정된 농도는 25.48 ± 5.17 μg/dl로 6개월째의 검사 농도보다 유의하게 감소된 결과를 나타내었다(p < 0.05). 12개월째부터 3회의 측정치는 유의한 증가나 감소 없이 대체로 비슷한 농도의 양상을 보였다.

공장이 가동된 후 개선조치가 시행되기 전에 입사한 B군의 경우에 있어서는 채용시에 혈중 ZPP 농도가 14.34 ± 6.10 μg/dl였고, 개선조치가 시행된 직후인 3개월째에는 28.97 ± 7.14 μg/dl로 급격히 증가되었으며 통계적으로 유의하였다(p < 0.01). 6개월째부터 4회의 측정치는 유의한 증가나 감소 없이 비슷한 농도의 양상을 보였다.

개선조치가 시행된 후 입사한 C군에서는 채용시 혈중 ZPP 농도가 21.34 ± 5.25 μg/dl였고, 입사한 후 3개월째에는 23.37 ± 3.86 μg/dl로 유의하게 증가되었으며(p < 0.01), 6개월째에는 23.93 ± 3.64 μg/dl의 농도를 보였고, 9개월째에는 25.50 ± 3.01 μg/dl로 유의한 증가를 보였다(p < 0.01). 계속하여 3개월 뒤 측정된 12개월째에는 그 농도를 계속 유지하였으며, 서서히 증가하는 경향을 보였다.

부서별 비교에서 근로자들의 혈중 ZPP 농도는 기중 연 농도와는 비례하지 않았고, 기중 연 농도가 제일 높은 제 I부서에서 오히려 더 완만한 증가를 보였으며, 기중 연 농도가 제일 낮은 제 III부서에서 다른 부

서보다 더 급격히 증가되는 것으로 나타났다.

이상의 결과들은 기증 연 농도와 혈중 연 농도 및 혈중 ZPP 농도에 대한 모든 정보를 근로자들에게 알려줌으로써 상대적으로 높은 기증 연 농도를 나타내는 부서에 근무하는 근로자들이 보호구 착용과 개인 위생에 대한 개선조치에 더욱 철저히 참가하게 되었다고 생각되며, 개인위생 및 보건교육, 상담 등의 건강 증진 프로그램이 초기부터 집중적으로 실시되었기 때문이라고 생각된다. 따라서 작업환경 개선에 대한 효과도 중요하나, 개인 위생 관리, 개인보호구착용 교육 및 보건 관리의 효과도 상당히 반영된 것으로 생각된다.

참고 문헌

김광중. 직업성 연중독의 Screening Test로서 Erythrocyte Protoporphyrin량과 연중독자수간의 상관에 관한 연구. 대한보건협회지 1985;11(1):47-56.

김동일, 김용규, 김정만, 정갑열, 김준연, 장형심, 이영호, 최안홍. 건강할 일부 도시지역 주민의 혈중 연 및 zinc protoporphyrin농도. 예방의학회지 1992;25(3):287-302.

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

김정만, 이광목. 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 Zinc protoporphyrin치의 의의. 가톨릭대학 의학부 논문집 1984;37(4):939-951.

김창윤, 김정만, 한구웅, 박정환. 축전지공장 근로자들의 혈중 연 농도에 대한 코호트 관찰. 예방의학회지 1990;23(3):324-337.

노동부. 산업안전보건법. 홍문관, 1996, 쪽 278.

노동부. 산업안전보건법. 홍문관, 1996, 쪽 552.

노동부. 한국산업안전공단. 우리나라의 주요 직업병 사례. 1997, 쪽 105-130.

심윤보, 이병국. 연취급 근로자들의 건강증진에 미치는 호흡용 보호구 및 생물학적 모니터링의 효과. 대한산업의학회지 1992;4(1):1-13.

안규동, 김영희. 무기연 폭로시 혈중 연과 뇨중 연의 변화. 한국의 산업의학 1982;21(1):11-15.

이병국, 이광목, 안규동. 모 연취급 사업장에서의 산업

보건사업이 근로자 건강증진에 미치는 효과. 한국의 산업의학 1987;26(3):63-72.

임상복, 임정규, 이성수, 안규동, 이병국. 모 일산화 연 제조 업체 근로자들의 연 폭로에 관한 연구. 예방의학회지 1995;28(4):875-884.

정두신, 김화성, 안규동, 이병국. 연취급 근로자의 연 폭로 수준에 따른 주관적 자각증상 호소율. 예방의학회지 1993;26(2):251-267.

황규윤, 안재역, 안규동, 이병국, 김정순. 저농도 연폭로에서 혈중 연 농도와 자각증상의 관계. 예방의학회지 1991;24(2):181-194.

황보영, 김용배, 리갑수, 이성수, 안규동, 이병국, 김정순. 축전지 제조업에서 입사 1년 미만 남자 사원들의 연 노출 지표치에 관한 연구. 예방의학회지 1996;29(4):747-764.

Blumberg WE, Elsinger J, Lamola AA, Zuckerman DM. ZPP level in blood determined by a portable hematofluorometer: a screening device for lead poisoning. J Lab Clin Med 1977;4:712-722.

Fernandez FJ. Micromethods for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of the graphite furnace. Clin Chem 1975;21:558-561.

Goldman RH, Baker EL, Hannan M, Kamerow DB. Lead poisoning in automobile radiator mechanics. N Engl J Med 1987;317:214-218.

Graziano JH. Validity of lead exposure markers in diagnosis and surveillance. Clin Chem 1994;40(7):1387-1390.

Hammond PB, Lerner SI, Hong CG. New perspectives on lead. Am J Ind Med 1:1980;401-404.

International Labor Office[ILO]. Lead alloys and inorganic compounds. In "Encyclopaedia of Occupational Health and Safety". Volume 2. Geneva, Switzerland, 1989, pp. 1200-1204.

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.

Klein M, Kaminsky P, Duc ML, Duc M. Current diagnosis and treatment of lead poisoning. Rev Med Int 1994;15(2):101-109.

Landrigan PJ. Toxicity of lead at low dose. Br J Ind Med 1989;46:593-596.

Lindsay EB. Lead exposure in a ship overhaul facility during paint removal. Am Ind Hyg Assoc

- J 1988;49(3):121-127.
- Marston RN. A practical programme for managing lead hazards. *Processings of 10th Asian conference on occupational health 2*, 1982, pp. 536-540.
- Matte TD, Figuerosa JP, Burr G, Flesch JP, Keenlyside RA, Baker EL. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica. *Am J Ind Med* 1989;16:167-177.
- Public Health Service, U. S. Department of Health and Human Services. *Healthy People 2000-National Health Promotion and Disease Prevention Objectives-*. Washington, DC: U. S. Government Printing Office, 1991, p. 105.
- Ratcliffe JM. *Lead in man and the environment*, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1981.
- Rom WN. *Environmental and Occupational Medicine*, 2nd ed. Boston Toronto London, Little, Brown and Company, 1992, pp. 742-746.
- Schönfeld DJ, Cullen MR, Rainey PM, Berg AT, Brown DR, Hogan JC Jr., Turk DS, Rude CS, Cicchetti DV. Screening for lead poisoning in an urban pediatric clinic using samples obtained by fingerstick. *Pediatrics* 1994;94(2 pt 1):174-179.
- Schwartz BS, Lee BK, Stewart W, Ahn KD, Springer K, Kelsey K. Associations of delta-aminolevulinic acid dehydratase genotype with plant, exposure duration, and blood lead and zinc protoporphyrin levels in Korean lead workers. *Am J Epidemiol* 1995;142(7):738-745.
- Seppäläinen AM, Tola S, Hernberg S, Kock B. Subclinical neuropathy at "safe" levels of lead exposure. *Arch Environ Health* 1975;30:180-183.
- Suga RS, Fischinger AJ, Knoch FW. Establishment of normal values in adults for zinc protoporphyrin (ZPP) using hematofluorometer: correlation with normal blood lead values. *Am Ind Hyg Assoc J* 1981;42(9):637-642.
- WHO. *Environmental health criteria 165, Inorganic Lead*, Geneva, WHO, 1995.
- Williams MK, Walford J, King E. Blood lead and the symptoms of lead absorption. *Br J Ind Med* 1983;40:285-292.
- Zenz C. *Occupational medicine*, 3rd ed. St. Louis, Mosby-Year Book, Inc., 1994, pp. 512-539.
- Zhang J. Investigation and evaluation of zinc protoporphyrin as a diagnostic indicator in lead intoxication. *Am J Ind Med* 1993;24(6):707-712.
-