

## 축전지공장 근로자들의 혈중 연농도에 대한 코호트 관찰

영남대학교 의과대학 예방의학교실

김 창 윤

동아대학교 의과대학 예방의학교실

김 정 만

순천향대학교 의과대학 예방의학교실

한 구 응

경북대학교 의과대학 예방의학교실

박 정 한

= Abstract =

### Cohort Observation of Blood Lead Concentration of Storage Battery Workers

Chang Yoon Kim

*Department of Preventive Medicine and Public Health  
College of Medicine, Yeungnam University*

Jung Man Kim

*Department of Preventive Medicine  
College of Medicine, Dong-A University*

Gu Wung Han

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

Jung Han Park

*Department of Preventive Medicine and Public Health  
College of Medicine, Kyungpook National University*

To assess the effectiveness of the interventions in working environment and personal hygiene for the occupational exposure to the lead, 156 workers (116 exposed subjects and 40 controls) of a newly established battery factory were examined for their blood lead concentration (Pb-B) 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 Pb-B of the controls was  $21.97 \pm 3.36 \mu\text{g} / \text{dl}$  at the preemployment examination and slightly increased to  $22.75 \pm 3.38 \mu\text{g} / \text{dl}$  after 6 months.

Mean Pb-B of the workers who were employed before the factory was in operation (Group A) was  $20.49 \pm 3.84 \mu\text{g} / \text{dl}$  on employment and it was increased to  $23.90 \pm 5.30 \mu\text{g} / \text{dl}$  after 3 months ( $P < 0.01$ ). Pb-B was increased to  $28.84 \pm 5.76 \mu\text{g} / \text{dl}$  6 months after the employment which was 1 month after the initiation of intervention program. It did not increase thereafter and ranged between  $26.83 \mu\text{g} / \text{dl}$  and  $28.28 \mu\text{g} / \text{dl}$  in the subsequent 4 tests.

Mean Pb-B of the workers who were employed after the factory had been in operation but before the intervention program was initiated (Group B) was  $16.58 \pm 4.53 \mu\text{g} / \text{dl}$  before the exposure and it was increased to  $28.82 \pm 5.66 \mu\text{g} / \text{dl}$  ( $P < 0.01$ ) in 3 months later (1 month after the intervention). The values of subsequent 4 tests remained between  $26.46$  and  $28.54 \mu\text{g} / \text{dl}$ .

Mean Pb-B of the workers who were employed after intervention program had been started (Group C) was  $19.45 \pm 3.44 \mu\text{g} / \text{dl}$  at the preemployment examination and gradually increased to  $22.70 \pm 4.55 \mu\text{g} / \text{dl}$  after 3 months ( $P < 0.01$ ),  $23.68 \pm 4.18 \mu\text{g} / \text{dl}$  after 6 months, and  $24.42 \pm 3.60 \mu\text{g} / \text{dl}$  after 9 months.

Work stations were classified into 4 parts according to Pb-A. The Pb-A of part I, the highest areas, were  $0.365 \text{ mg} / \text{m}^3$ , and after the intervention the levels were decreased to  $0.216 \text{ mg} / \text{m}^3$  and  $0.208 \text{ mg} / \text{m}^3$  in follow-up tests.

The Pb-A of part II was decreased from  $0.232 \text{ mg} / \text{m}^3$  to  $0.148 \text{ mg} / \text{m}^3$ , and  $0.120 \text{ mg} / \text{m}^3$  after the intervention. Pb-A of part III and IV was tested only after intervention and the Pb-A of part III were  $0.124 \text{ mg} / \text{m}^3$  in January 1988 and  $0.081 \text{ mg} / \text{m}^3$  in August 1988. The Pb-A of part IV, not stationed at one place but moving around, was  $0.110 \text{ mg} / \text{m}^3$  in August 1988.

There was no consistent relationship between Pb-B and Pb-A. Pb-B 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. Pb-B of the workers in the part of the lowest Pb-A increased more rapidly. Pb-B of group C workers was the highest in part I and the lowest in part IV. These findings suggest that Pb-B is more valid method than Pb-A for monitoring the health of lead workers and intervention in personal hygiene is more effective than environmental intervention.

**Key Words:** blood lead concentration, air lead concentration, storage battery workers, intervention.

## I. 서 론

인류가 연을 사용하기 시작한 것은 약 6,000년 전부터 인 것으로 추정되며, 연이 인체에 미치는 유해한 작용에 대해서 그리스, 로마시대부터 현재까지 많이 보고되고

있는데 이들 중 중요한 것으로는 조혈기능의 장애, 중추 신경 및 말초신경 장애, 신장 기능의 장애, 소화기 장애 등이 있다(Lane, 1949 : Dingwall-Fordyce and Lane, 1963 : WHO, 1977 : Ratcliffe, 1981 : Rom, 1983 : Fanning, 1988 : Zenz, 1988). 인체에 연이 흡수되는 근원으로 대기, 음료수, 음식물

등 여러가지가 있으나(WHO, 1977 ; Ratcliffe, 1981) 최근에는 산업의 발달로 직업과 관련하여 연에 폭로되는 것이 점차 중요한 위치를 차지하게 되었다(Tola 등, 1971 ; Rom, 1983 ; Zenz, 1988).

연을 사용하는 중요한 산업으로 축전지 제조, 자동차 연료(가솔린) 제조, 전선 제조, 기타 페인트 등 화합물의 제조가 있으나(WHO, 1977 ; Rom, 1983 ; Zenz, 1988) 그 중에서도 자동차 생산의 증가와 더불어 축전지 제조에 사용되는 연의 양이 급격히 증가될 것이며 선진국에서는 연소비의 약 40% 이상이 축전지 제조에 사용되고 있는 것으로 보고되고 있다(WHO, 1977 ; Ratcliffe, 1981).

연에 직업적으로 폭로되는 근로자들을 대상으로 폭로에 대한 경시적 감시(exposure monitoring)와 생물학적 감시(biologic monitoring)에 대한 연구들이 많으며(Lane, 1949 ; Chiba, 1982 ; Kwok 등 1982 ; Sakari and Mubisi, 1983 ; 김정만 등, 1986) 특히 축전지 공장의 근로자들을 대상으로 시행한 연구들이 다수 보고되었다(Williams 등, 1968 ; Williams 등, 1969 ; Tola 등, 1971 ; Tola 등, 1973 ; Williams, 1978 ; Gartside 등, 1982 ; Khoo, 1982 ; Lee, 1982 ; Karim 등, 1986 ; 이병국 등, 1987 ; Matte 등, 1989). 그러나 이러한 연구들은 대다수가 이미 폭로된 근로자들을 대상으로 하여 단면적으로 조사한 경우가 많고(Williams 등, 1968 ; Williams 등, 1969 ; Tola 등, 1971 ; Lee, 1982 ; Karim 등, 1986 ; Matte 등, 1989) 새로 폭로되는 근로자들을 대상으로 시행한 경우(Tola 등, 1973 ; 안규동과 김영희, 1982)나 작업환경 및 개인위생에 대한 개선조치(intervention)를 가하여 관찰한 경우(이병국 등, 1987)는 적다. 또 최근에는 비교적 낮은 수준의 폭로에 의한 건강장애에 대한 연구 결과도 보고되고 있으며(Fischbein 등, 1980 ; Kodama 등, 1982 ; Neri 등, 1982) 따라서 연에 직업적으로 폭로되는 근로자들을 대상으로 처음부터 폭로에 대한 경시적 감시와 생물학적 감시 시행의 중요성이 강조되고 있다(Marston, 1982 ; 이병국, 1987).

본 연구는 새로 설립된 축전지 공장의 근로자들을 대상으로 채용시부터 시작하여 폭로가 시작된 후, 그리고 작업환경과 개인위생의 개선조치 후 근로자의 혈중 연농도의 변화를 관찰하여 개선조치의 효과를 조사하기 위해 시도되었다.

## II. 대상 및 방법

경상북도 구미시에 새로 설립된 모 축전지 공장의 생산직 근로자 116명을 폭로군으로 하고 사무직 근로자 40명을 대조군으로 하였으며 폭로군은 입사시기를 기준으로 3개군(A군: 공장 가동 전 입사자군, B군: 공장 가동 후 개선조치가 시행되기 전 입사자군, C군 개선조치 시행 후 입사자군)으로 구분하여 채용시 혈중 연농도를 측정하고 약 3개월 간격으로 12~18개월간 추적 관찰하였다.

각군은 개선조치 시행전인 1987년 8월의 공기중 연농도를 기준으로  $0.30 \text{ mg/m}^3$  이상인 단위부서들을 제 I 부서,  $0.30 \text{ mg/m}^3$  미만인 단위부서들을 제 II 부서로, 비교적 공기중 연농도가 낮은 것으로 예측되어 1988년 1월부터 새로 공기중 연농도를 측정한 단위부서들을 제 III 부서로, 그리고 작업장소가 일정하지 않고 이동하면서 근무하는 단위부서들을 제 IV 부서로 대분하여 이들 각 부서에 근무하는 근로자들의 혈중 연농도의 변화를 공기중 연농도와 비교 관찰하였다. 각 부서에 속한 각 단위부서들은 제 I 부서 x-met, encapsulation, 제 II 부서 lead strip, oxide, paste mixer, green group, 제 III 부서는 small part, formation, final assembly, 그리고 제 IV 부서는 engineering, examination, technical part, forklift였다. 조사 대상자의 연령 분포 및 각 군별, 부서별 분포는 각각 표 1, 2와 같다.

혈중 연농도의 측정은 graphite furnace를 갖춘 원자 흡광 분광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Model 2380, Perkin-Elmer)를 이용하여 파장 283.3 nm, slit width 0.7 nm에서 건조온도 120°C로 30초간, 회화온도 500°C로 50초간, 원자화온도 2000°C로 5초간 3단계를 거쳐서 측정하였으며, 혈액표본용량은 전혈을 triton x-

Table 1. Age distribution of exposed subjects and controls

Age (years)	Exposed subjects		Controls	
	No.	(%)	No.	(%)
20-24	70	( 60.4)	9	( 22.5)
25-29	41	( 35.3)	15	( 37.5)
≥30	5	( 4.3)	16	( 40.0)
Total	116	(100.0)	40	(100.0)
Mean(S.D.)	24.6	( 2.62)	29.8	( 7.47)

**Table 2.** Distribution of exposed subjects by group and parts

Parts	Group A		Group B		Group C		Total	
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)
I	7	(16.7)	9	(22.0)	9	(27.3)	25	(21.6)
II	11	(26.2)	14	(34.1)	7	(21.2)	32	(27.6)
III	9	(21.4)	8	(19.5)	6	(18.2)	23	(19.8)
IV	15	(35.7)	10	(24.4)	11	(33.3)	36	(31.0)
Total	42	(100.0)	41	(100.0)	33	(100.0)	116	(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

Parts I : x-met, encapsulation

Parts II : lead strip, oxide, paste mixer, green group

Parts III : small part, formation, final assembly

Parts IV : engineering, examination, technical part, fork-lift

100 용액으로 4배 희석하고 그 희석액 20 μl를 사용하였다(Fernandez, 1975).

제 I, II부서는 1987년 8월, 1988년 1월, 8월에 3회, 제 III부서는 1988년 1월, 8월에 2회에 걸쳐 작업장의 작업공정이 동일한 각 단위부서에 low volume air sampler (Sibata, L-30)를 이용하여 20~30 L/min씩 2~3시간 동안 공기중 연표본을 채취하였다. 제 IV부서는 1988년 8월에 개인용 공기 포집기(Dupont, Alpha I)를 작업중인 근로자의 호흡대 위치에 부착하여 2 L/min씩 4~6 시간 동안 공기중 연표본을 채취하였다. 그리고 포집된 여지를 0.5% 질산(HNO<sub>3</sub>)용액으로 추출하여 graphite furnace를 갖춘 원자흡광 분광광도계를 이용하여 공기중 연농도를 측정하였다.

작업환경 및 개인의 위생에 관한 개선조치는 1987년 8월 중순부터 시행하였고, 작업환경 개선조치의 내용으로는 국소 배기장치 설치, 작업장내 바닥을 도색한 후 진공청소기 사용으로 비산에 의한 환경 오염을 줄였다. 개인 위생의 개선조치로는 세탁실을 설치하여 매일 작업복을 세탁하였고, 샤워실을 설치하여 퇴근시 의무적으로 샤워를 하도록 하였으며 식당입구에 세면장을 설치하여 식사전 반드시 손을 씻게 하였고 작업장 내에서의 음식 섭취와 흡연을 금지하였다. 또 작업장 내에서는 반드시

3M 회사에서 생산된 1회용 마스크를 착용하게 하였으며 1주 1회보건관리자를 통한 보건교육과 건강상담을 실시하였다.

자료의 분석은 대조군의 경우 채용 후 6개월까지 관찰이 가능하였던 27명에 대해 채용시 혈중 연농도와 6개월 후의 혈중 연농도를 비교하여 paired t-test로 검정하였다.

폭로군은 A, B, C군에 대해 각각 약 3개월 간격으로 매회 관찰한 혈중 연농도를 채용시 혈중 연농도와 비교하여 Paired t-test로 검정하였으며 각 군을 4개의 부서로 나누어서 각각의 부서별로도 같은 방법으로 분석하고 공기중 연농도의 변화와 비교하였다.

### III. 성 적

작업부서별 공기중 연농도는 1987년 8월부터 약 6개월 간격으로 3회 측정된 결과 제 I부서는 0.365 mg/m<sup>3</sup>였으나 작업환경 개선조치 후 0.216 mg/m<sup>3</sup>, 0.208 mg/m<sup>3</sup>로 감소되었고, 제 II부서는 0.232 mg/m<sup>3</sup>였는데 개선 조치후 0.148 mg/m<sup>3</sup>, 0.120 mg/m<sup>3</sup>였으며 작업환경 개선 조치 후 공기중 연농도를 측정된 제 III부서는 1988년 1월, 8월 측정치가 0.124 mg/m<sup>3</sup>, 0.081 mg/m<sup>3</sup>였고 제 IV부서(이동부서)는 1988년 8월에 0.110 mg/m<sup>3</sup>으로 III, IV부서가 I, II부서에 비해 낮았다(표 3).

채용시 혈중 연농도는 폭로군의 경우 20~24세 이하군이 18.16±4.44 μg/dl, 25~29세군이 19.75±3.91 μg/dl, 30세 이상군이 17.82±4.17 μg/dl로 연령군 간에 유의한 차이는 없었으며 대조군의 경우 18.54±3.0 μg/dl, 23.18±4.08 μg/dl, 19.53±4.24 μg/dl로 25~29세 군에서 높게 나타나 연령군 간에 유의한 차이를 보였으나(P<0.05) 연령이 증가할수록 혈중 연농도가 증가하는 경향은 없었

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

Parts	Air lead concentration (mg/m <sup>3</sup> )		
	Aug. 1987	Jan. 1988	Aug. 1988
I	0.365	0.216	0.208
II	0.232	0.158	0.120
III	—	0.124	0.081
IV	—	—	0.110

다. 채용시 혈중 연농도는 연구 대상자보다 대조군이 유의하게 높았다( $P<0.05$ ) (표 4).

대조군에서는 40명중 6개월째까지 혈중 연농도 관찰이 가능했던 27명에서 채용시  $21.97 \pm 3.36 \mu\text{g/dl}$ 이고, 6개월 후  $22.75 \pm 3.38 \mu\text{g/dl}$ 로서 유의한 증가가 없었다(표 5).

공장이 가동되기 전에 입사한 A군에 있어서는 채용시 혈중 연농도가  $20.49 \pm 3.84 \mu\text{g/dl}$ 였고 3개월 후에  $23.90 \pm 5.30 \mu\text{g/dl}$ 로 유의한 증가를 보였으며( $P<0.01$ ) 6개월 후에는  $28.84 \pm 5.76 \mu\text{g/dl}$ 로 최고치를 나타냈다. 그후 4회 측정치는 대체로 비슷한 양상을 보였고 입사 이후 3개월 간격으로 6회 측정된 혈중 연농도는 모두 채용시 보다 유의하게 높았다( $P<0.01$ ) (표 6).

공장이 가동된 후 개선조치가 시행되기 전에 입사한 B군의 경우 채용시 혈중 연농도가  $16.58 \pm 4.53 \mu\text{g/dl}$ 였고 3개월 후에  $28.82 \pm 5.66 \mu\text{g/dl}$ 로 급격히 증가하여 통계학적으로도 유의한 증가를 보였으며( $p<0.01$ ) 그후 4회 측정치는 대체로 비슷한 양상을 보였고 입사이후 3개월 간격으로 5회 측정된 혈중 연농도는 모두 채용시 보다 유의하게 높았다( $p<0.01$ ) (표 7).

개선조치가 시행된 후 입사한 C군에서는 채용시 혈중 연농도가  $19.45 \pm 3.34 \mu\text{g/dl}$ 였고 3개월 후에 혈중 연농도가  $22.70 \pm 4.55 \mu\text{g/dl}$ 로 완만하나마 유의한 증가를 보였고( $p<0.01$ ) 6개월에  $23.68 \pm 4.18 \mu\text{g/dl}$ , 9개월에  $25.42$

**Table 4.** Mean value of initial blood lead concentration of exposed subjects and control by age group

Age (years)	Exposed subjects		Controls	
	No. (%)	Mean $\pm$ S.D. ( $\mu\text{g/dl}$ )	No. (%)	Mean $\pm$ S.D. ( $\mu\text{g/dl}$ )
20-24	70 (60.4)	$18.16 \pm 4.44$	9 (22.5)	$18.54 \pm 3.00$
25-29	41 (35.3)	$19.75 \pm 3.91$	15 (37.5)	$23.18 \pm 4.08$
$\geq 30$	5 (4.3)	$17.82 \pm 4.17$	16 (40.0)	$19.53 \pm 4.24$
Total	116 (100.0)	$18.71 \pm 4.29^*$	40 (100.0)	$20.68 \pm 4.33^\#$

\* t : 2.50,  $p<0.05$  compared with controls

#:  $F(2,37)=5.02$ ,  $p<0.05$  for 3 age groups of controls

**Table 5.** Changes of blood lead concentration (Pb-B,  $\mu\text{g/dl}$ ) of control group 6 months after employment

Time interval	No. of controls	Mean Pb-B $\pm$ S.D.
Initial test	27	$21.97 \pm 3.36$
6 mos.	27	$22.75 \pm 3.38$

**Table 6.** Changes of blood lead concentration (Pb-B,  $\mu\text{g/dl}$ ) of group A<sup>§</sup> by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean Pb-B $\pm$ S.D.
Initial test	40	$21.49 \pm 3.84$
3 mos.	40	$23.90 \pm 5.30^{**}$
6	40	$28.84 \pm 5.76^{**}$
9	39	$27.20 \pm 5.17^{**}$
12	39	$26.83 \pm 4.41^{**}$
15	40	$27.68 \pm 4.07^{**}$
18	29	$28.28 \pm 3.80^{**}$

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

\*\*  $p<0.01$  by paired t-test compared with initial Pb-B (Note : Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)

**Table 7.** Changes of blood lead concentration (Pb-B,  $\mu\text{g/dl}$ ) of group B<sup>§</sup> by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean Pb-B $\pm$ S.D.
Initial test	39	$16.58 \pm 4.53$
3 mos.	39	$28.82 \pm 5.66^{**}$
6	39	$27.17 \pm 4.56^{**}$
9	38	$26.46 \pm 3.97^{**}$
12	33	$27.60 \pm 3.24^{**}$
15	30	$28.54 \pm 2.91^{**}$

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

\*\*  $p<0.01$  by paired t-test compared with initial Pb-B (Note : Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)

$\pm 3.60 \mu\text{g/dl}$ 로 서서히 증가하는 경향을 보였다(표 8). 이상의 표 6, 7, 8의 성적을 공장 가동 시작을 기준으로 그림으로 나타내면 도표 1과 같다.

A군을 작업환경을 기준으로 4개의 부서로 구분하여 혈중 연농도의 변화를 관찰한 결과 제 I 부서, 제 II 부서, 제 IV 부의 경우 입사후 6개월에 각각  $24.53 \pm 3.68 \mu\text{g/dl}$ ,  $30.14 \pm 6.33 \mu\text{g/dl}$ ,  $28.84 \pm 5.56 \mu\text{g/dl}$ 로 채용시에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며( $p<0.01$  또는  $p$

**Table 8.** Changes of blood lead concentration (Pb-B,  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) of group C<sup>§</sup> by time interval after employment

Time interval	No. of exposed subjects	Mean Pb-B $\pm$ S.D.
Initial test	32	19.45 $\pm$ 3.34
3 mos.	32	22.70 $\pm$ 4.55**
6	29	23.68 $\pm$ 4.18**
9	31	25.42 $\pm$ 3.60**
12	25	25.15 $\pm$ 3.00**

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

\*\*  $p < 0.01$  by paired t-test compared with initial Pb-B

(Note : Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)

$< 0.05$ ), 제Ⅲ부서의 경우는 3개월만에  $26.36 \pm 5.82 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

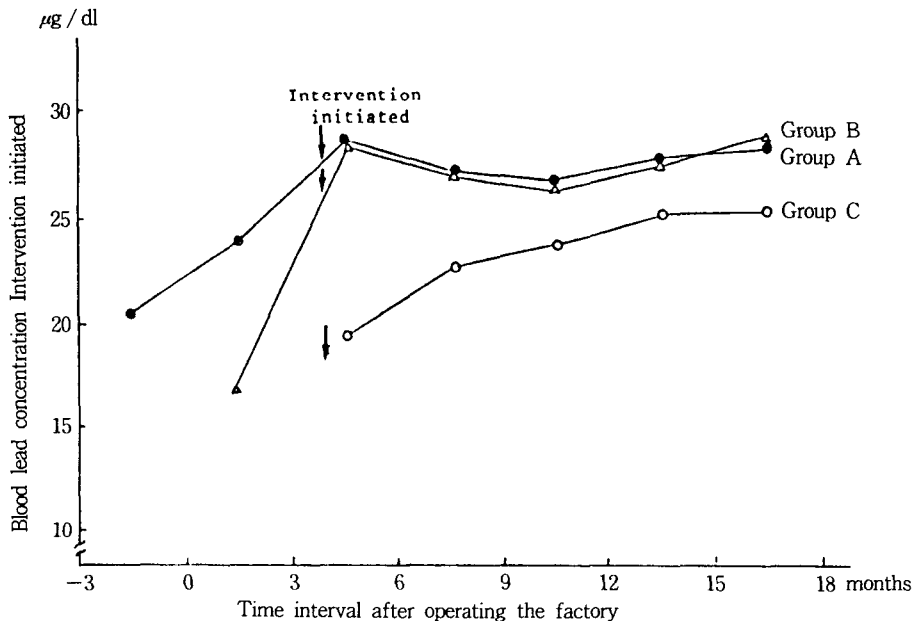
작업환경이 제일 나쁜 제Ⅰ부서가 오히려 더 완만한 증가를 보였으며 작업환경이 제일 좋은 제Ⅲ부서가 6개월까지 더 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

제Ⅱ부서와 제Ⅲ부서는 6개월에 최고치를 나타냈고 제Ⅳ부서는 9개월에, 그리고 제Ⅰ부서는 계속 증가하는 양상을 나타냈다(표 9). 표 3, 9의 성적을 그림으로 나타

내면 도표 2와 같다.

B군을 보면 제Ⅱ부서, 제Ⅲ부서, 제Ⅳ부서에서 3개월에 각각  $30.51 \pm 4.84 \mu\text{g}/\text{dl}$ ,  $29.41 \pm 7.65 \mu\text{g}/\text{dl}$ ,  $29.10 \pm 4.36 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 급격한 증가를 보여 채용시에 비해 유의한 증가를 보이면서( $p < 0.01$ ) 최고치를 나타냈으며 제Ⅰ부서의 경우는 3개월에  $25.58 \pm 5.48 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 나타냈으나( $p < 0.01$ ) 계속 서서히 증가하여 15개월째  $27.00 \pm 3.64 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 최고치를 보였다. B군에서도 작업환경이 가장 나쁜 제Ⅰ부서가 혈중 연농도가 낮았으며 가장 좋은 제Ⅲ부서가 급격히 증가하는 것으로 나타났다(표 10). 표 3, 10의 성적을 그림으로 나타내면 도표 3과 같다.

C군을 보면 제Ⅰ부서, 제Ⅲ부서의 경우는 3개월후에 각각  $23.57 \pm 4.64 \mu\text{g}/\text{dl}$ ,  $23.98 \pm 3.39 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였으며( $p < 0.05$ ) 제Ⅱ부서와 제Ⅳ부서의 경우는 6개월 후에 각각  $23.47 \pm 2.00 \mu\text{g}/\text{dl}$ ,  $22.21 \pm 4.98 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였다( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ). 작업환경이 나쁜 제Ⅰ부서에서 혈중 연농도가 제일 높게 나타났고 이동부서 근무자인 제Ⅳ부서에서 비교적 낮게 나타났다(표 11). 표 3, 11의 성적을 그림으로 나타내면 도표 4와 같다.



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

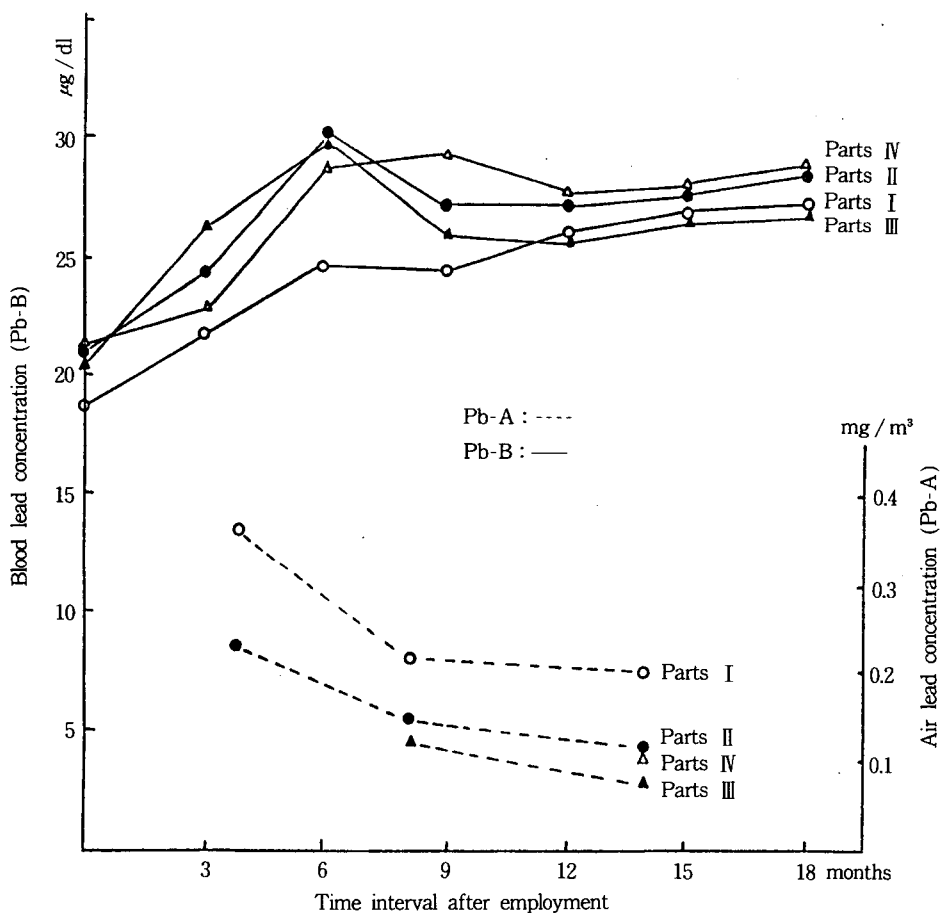
**Table 9.** Changes of mean blood lead concentration ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) of group A<sup>§</sup> by parts and time interval after employment

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	18.72 $\pm$ 3.90	11	20.87 $\pm$ 3.33	9	20.50 $\pm$ 4.26	14	20.94 $\pm$ 4.11
3 mos.	6	21.83 $\pm$ 4.63	11	24.23 $\pm$ 4.39	9	26.36 $\pm$ 5.82*	14	22.95 $\pm$ 5.74
6	6	24.53 $\pm$ 3.68*	11	30.14 $\pm$ 6.33**	9	30.11 $\pm$ 5.93**	14	28.84 $\pm$ 5.56**
9	7	24.39 $\pm$ 3.12*	11	27.01 $\pm$ 4.69*	7	25.96 $\pm$ 4.25*	14	29.37 $\pm$ 6.18**
12	7	26.00 $\pm$ 3.13**	10	27.11 $\pm$ 4.67*	8	25.73 $\pm$ 3.97*	14	27.69 $\pm$ 5.19**
15	7	27.37 $\pm$ 2.97**	11	27.56 $\pm$ 4.54**	7	27.11 $\pm$ 3.62**	15	28.17 $\pm$ 4.64**
18	6	27.65 $\pm$ 3.32**	10	28.53 $\pm$ 3.73**	5	27.56 $\pm$ 3.48**	8	28.90 $\pm$ 4.87**

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

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  by paired t-test compared with initial blood lead concentration

(Note : Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)



**Fig. 2.** Changes of blood lead and air lead concentration of group A by time interval after employment.

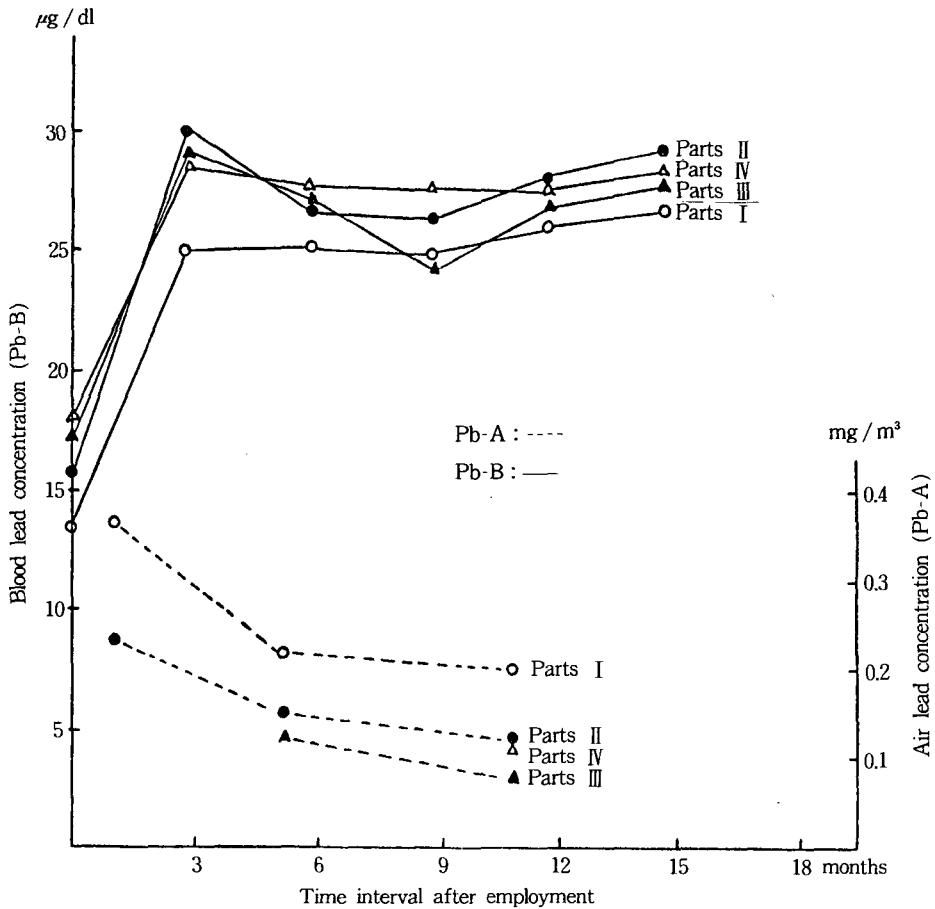
**Table 10.** Changes of mean blood lead concentration ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) of group B<sup>§</sup> by parts and time interval after employment

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	9	14.13 $\pm$ 2.48	13	16.13 $\pm$ 4.35	8	17.70 $\pm$ 5.24	9	18.68 $\pm$ 5.05
3 mos.	6	25.58 $\pm$ 5.48**	13	30.51 $\pm$ 4.84**	8	29.41 $\pm$ 7.65**	9	29.10 $\pm$ 4.36**
6	9	25.59 $\pm$ 5.05**	13	27.33 $\pm$ 5.31**	8	27.61 $\pm$ 4.84**	9	28.13 $\pm$ 2.49**
9	7	25.11 $\pm$ 2.86**	13	26.88 $\pm$ 4.31**	8	24.96 $\pm$ 5.49**	10	28.07 $\pm$ 2.12**
12	6	26.37 $\pm$ 2.66**	11	28.36 $\pm$ 3.85**	7	27.17 $\pm$ 3.39**	9	27.83 $\pm$ 2.87**
15	6	27.00 $\pm$ 3.64**	11	29.53 $\pm$ 2.94**	5	28.06 $\pm$ 3.42**	8	28.63 $\pm$ 1.63**

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

\*\*  $p < 0.01$  by paired t-test compared with initial blood lead concentration

(Note : Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)



**Fig. 3.** Changes of blood lead and air lead concentration of group B by time interval after employment.



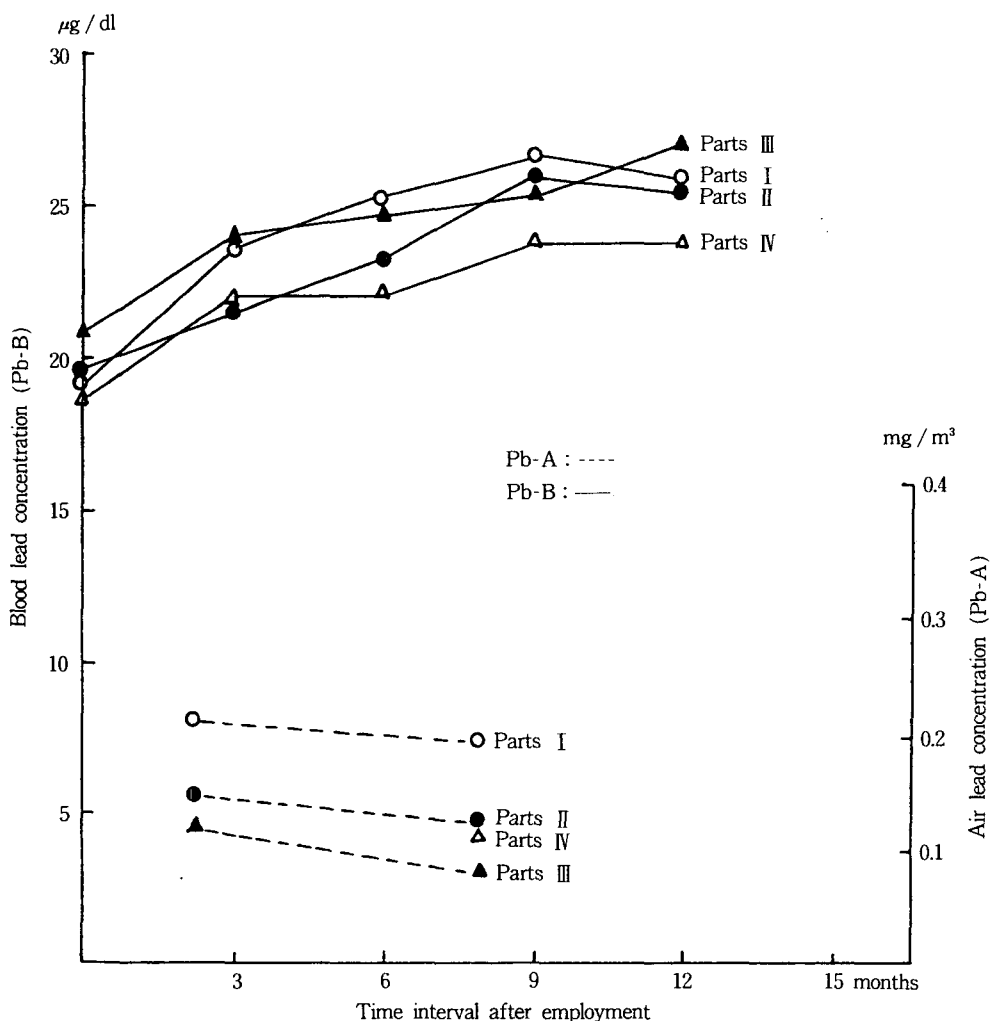
**Table 11.** Changes of mean blood lead concentration ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) of group C<sup>§</sup> by parts and time interval after employment

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	9	19.06 $\pm$ 3.81	7	19.70 $\pm$ 2.24	6	20.50 $\pm$ 4.26	10	18.97 $\pm$ 4.19
3 mos.	9	23.57 $\pm$ 4.64*	7	21.79 $\pm$ 3.17	6	23.98 $\pm$ 3.39*	10	21.81 $\pm$ 5.98
6	8	25.39 $\pm$ 3.93*	6	23.47 $\pm$ 2.00**	4	24.60 $\pm$ 4.56	11	22.21 $\pm$ 4.98*
9	9	26.71 $\pm$ 4.10*	6	26.00 $\pm$ 2.41**	5	25.64 $\pm$ 3.11	11	23.94 $\pm$ 3.80**
12	7	25.76 $\pm$ 2.00**	5	25.64 $\pm$ 3.22	3	27.10 $\pm$ 3.48	10	23.90 $\pm$ 3.25**

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

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  by paired t-test compared with initial blood lead concentration

(Note ; Paired t-test was done for those who had been tested on both initial and each follow-up examination)



**Fig. 4.** Changes of blood lead and air lead concentration of group C by time interval after employment.

#### IV. 고 찰

경북 구미시에 새로 설립된 축전자 공장의 생산직 근로자 116명을 폭로군으로 하고 사무직 근로자 40명을 대조군으로 하여 혈중 연농도의 변화를 관찰하고 관찰기간 중 작업환경 및 개인위생에 대한 여러가지 개선조치를 시행한 후 이와 관련된 혈중 연농도의 변화를 추적 관찰하였다.

선행 연구에서 연에 폭로되는 근로자들의 생물학적 모니터링의 지표로서 혈중 연농도, 요중 연농도, 요중 delta-aminolevulinic acid, 요중 coproporphyrin, 각종 조직내의 연농도, 혈중 delta-aminolevulinic acid dehydratase의 활성도등 여러가지가 제시되었다(Urbanowicz, 1971; WHO, 1977; Baselt, 1980; Chiba 등 1982; Khoo, 1982; Khoo, 1982; Kodama, 1982; Viriyanontha 등 1982; 김정만 등 1986; 이병국, 1987; Zenz, 1988). 이러한 지표들 가운데 혈중 연농도는 자연적인 대사과정에 의해 변화될 수 있으나 최근의 연에 대한 폭로를 가장 잘 반영하고 연령, 성, 인종, 계절 또는 개인적인 다양성에 비교적 영향을 적게 받으며, 체내의 교환 가능한 연의 농도를 반영하고 증상이 나타나기 전에 비교적 쉽게 측정이 가능하기 때문에 생물학적 영향의 빈도나 강도를 양적으로 표현하는데 단일 지표로서는 제일 좋은 것으로 알려져 있다(Zielhuis, 1975; Kwok 등, 1982; Marston, 1982).

본 연구에서는 이러한 주장에 근거를 두고 새로이 연에 폭로되는 근로자를 대상으로 코호트 관찰하는데 있어서 생물학적 모니터링의 지표로 혈중 연농도를 채택하였다.

정상인의 혈중 연농도는 조사대상이나 지역에 따라 상당히 차이가 있는 것으로 보고되고 있다(Goldwater and Hoover; 1967, Watanabe 등, 1985). 한국인의 정상치에 대한 연구로 유정식(1968)이 19세 전후의 남자 160명을 대상으로 한 연구에서  $22.2 \pm 10.8 \mu\text{g/dl}$ 로 안규동과 김영희(1982)는 20대의 건강인 101명을 대상으로 한 연구에서  $17.5 \pm 9.0 \mu\text{g/dl}$ 로 보고하였다. 김준연 등(1985)은 19세 전후의 건강인 120명을 대상으로 한 연구에서  $16.54 \pm 10.40 \mu\text{g/dl}$ 로, 박정덕과 정규철은 16~25세의 건강인 145명을 대상으로 한 연구에서  $14.83 \pm 6.22 \mu\text{g/dl}$ 임을 보고하였으며, 신해림과 김준연(1986)은 10~59세

의 건강인 258명을 대상으로 한 연구에서  $17.17 \pm 7.87 \mu\text{g/dl}$ 임을 보고하였다.

연구 대상중 생산직 근로자 116명의 채용시 혈중 연농도는  $18.71 \pm 4.29 \mu\text{g/dl}$ , 사무직 근로자 40명은  $20.68 \pm 4.33 \mu\text{g/dl}$ 로서 정상인의 혈중 연농도의 범위에 속하였으며 본 연구에서는 채용시 혈중 연농도를 기준으로 코호트 관찰하였으므로 폭로군과 대조군 사이의 차이가 연구의 결과의 해석에 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

폭로군은 연령에 따른 혈중 연농도의 차이가 현저하지 않았고 또한 동일한 관찰 대상자를 경시적으로 추적 관찰하였으므로 작업부서별 비교시 연령구성에 대한 고려를 하지 않았다. 대조군에 있어서는 연령군별 차이가 있으나 분석시 개인별로 일정기간 후 혈중 연농도의 변화를 관찰했기 때문에 이러한 차이가 연구의 결과에는 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

작업환경 측정법을 선택하는 데 그 장단점에 대해서는 논란이 있으며 대체로 개인용 공기포집기 사용을 원칙으로 하나(WHO, 1977) 장기적인 관찰을 하는 경우 고정시켜 표본을 취하는 것이 유리하다는 주장도 있다(Marston, 1982). 근로자의 작업 위치가 일정한 제 I, II, III부서는 근로자가 주로 작업하는 작업 위치에서 고정하여 low volume air sampler로 이동하면서 근무하는 제 IV부서는 개인용 공기 포집기로 표본을 채취하였다.

1987년 8월 측정된 공기중 연농도는 제 I부서가  $0.365 \text{ mg/m}^3$ , 제 II부서가  $0.232 \text{ mg/m}^3$ 로서 상당히 높게 나타났다. 그러나 작업환경에 대한 개선조치를 시행한 후 1988년 1월의 측정에서 제 I부서는  $0.216 \text{ mg/m}^3$ , 제 II부서는  $0.148 \text{ mg/m}^3$ , 제 III부서는  $0.124 \text{ mg/m}^3$ 였고, 1988년 8월 측정결과 제 I부서만  $0.208 \text{ mg/m}^3$ 로 허용기준치인  $0.15 \text{ mg/m}^3$ 를 초과하여 개선조치의 효과가 현저하였다.

공기중 연농도와 혈중 연농도의 관계에 대한 연구로서 일반환경에서의 연구는 많으나(WHO, 1977; Ratcliffe, 1981; Snee, 1981; Kodama 등, 1982; Annet 등, 1983; Manton, 1985) 직업적으로 폭로되는 경우에 있어서 작업장내 공기중 연농도와 혈중 연농도의 관계에 대한 연구는 비교적 적으며 기존 연구도 대다수가 단면적인 연구가 많다(Williams 등, 1969; Kwok 등, 1982; Lee, 1982; Sakari and Mubisi, 1983; Karim 등, 1986; Booher 1968; Matte 등, 1989).

Williams 등(1969)은 축전자 공장의 근로자 39명을 대

상으로 개인용 공기포집기를 사용하여 부서별로 작업장 내 공기중 연농도를 2주간 측정하여 혈중 연농도와와의 관련성을 조사한 결과, 부서별 공기중 연농도는 0.012~0.218 mg/m<sup>3</sup>였고 근로자의 혈중 연농도는 27.2~74.2 μg/dl였는데 공기중 연농도와 근로자의 혈중 연농도는 관련성이 높았다.

Matte 등(1989)은 Jamaica에서 3개의 축전지 공장 근로자 46명을 대상으로 시행한 연구에서 개인용 포집기로 포집, 측정된 공기중 연농도가 0.03~5.3 mg/m<sup>3</sup>의 다양한 분포를 보였고, 근로자의 혈중 연농도가 60 μg/dl 이상이 28%임을 보고하였다.

Lee(1982)는 한국의 축전지 공장 근로자 234명을 대상으로 시행한 연구에서 고정형인 high volume air sampler로 포집 측정된 부서별 공기중 연농도가 0.07~0.38 mg/m<sup>3</sup>였고 근로자의 혈중 연농도는 48.5~55.9 μg/dl였는데 공기중 연농도와 혈중 연농도가 관련성을 가지나 미약하였다.

Karim 등(1986)은 Sudan의 축전지 공장 근로자 92명을 대상으로 시행한 연구에서 고정형으로 포집, 측정된 부서별 공기중 연농도가 1.80~2.20 mg/m<sup>3</sup>였고 근로자의 혈중 연농도는 48.1~80.7 μg/dl였는데 공기중 연농도와 혈중 연농도는 전혀 관련성이 없었다.

Kwok 등(1982)은 싱가포르에서 축전지 공장의 근로자를 대상으로 시행한 연구에서 고정형과 개인용 포집기로 포집, 측정된 부서별 공기중 연농도가 0.058~0.280 mg/m<sup>3</sup>였고 근로자의 혈중 연농도는 46.4~63.4 μg/dl였는데 공기중 연농도와 혈중연농도는 전혀 관련성이 없었다.

1988년 8월초의 부서별 공기중 연농도가 최저 0.018 mg/m<sup>3</sup>에서 최고 0.208 mg/m<sup>3</sup>였고 이 시기에 근로자 혈중 연농도는 최저 23.94±3.80 μg/dl에서 최고 28.36±3.85 μg/dl였는데 공기중 연농도와 혈중 연농도는 관련성이 없었다. 또 본 연구의 경우 선행연구(Williams 등, 1969; Kwok 등, 1982; Lee, 1982; Karim 등, 1986; Matte 등, 1989)에 비해 혈중 연농도가 낮았는데 이는 근로자가 연에 폭로된 기간이 다른 연구보다 짧았고 개인 위생에 대한 여러가지 개선조치를 시행한 것과 관련된 결과로 생각된다. 그러나 개선조치후 다소 감소된 혈중 연농도가 관찰기간의 마지막 6개월 동안 다시 서서히 증가하는 경향을 보인 것과 혈중에서의 연의 반감기가 약 18일 정도이고 평균 수명이 약 1개월로 짧지만 체내 연의 약 90%가 뼈에 존재하고 뼈에 축적된 연의 평균수

명이 약 27년이며 장기간 연에 폭로될 경우 혈중 연농도의 약 25%가 뼈에 축적된 연이 혈중으로 빠져 나온 것이라는 연구결과(WHO, 1977; Ratcliffe, 1981)를 고려하면 근로자의 혈중 연농도는 시간이 경과함에 따라 서서히 증가할 것으로 추측된다. 따라서 근로자 혈중 연농도에 대한 지속적인 추적관찰이 필요하다고 생각된다.

Tola 등(1973)이 공기중 연농도가 최고 2~4 mg/m<sup>3</sup>인 두 개의 축전지 공장에 새로이 근무하는 위생상태가 불량한 33명의 근로자를 대상으로 혈중 연농도를 관찰한 결과 폭로 20일까지 비교적 급격히 증가되어 약 40 μg/dl에 이르렀고 그 후 서서히 증가되어 폭로 60일에 약 50 μg/dl까지 증가된 후 평형을 이루는 것을 관찰했다.

안규동과 김영희(1982)는 연 축전지 제조업에 새로 취업하는 근로자를 대상으로 폭로 초기에 혈중 연농도의 변화를 관찰한 결과 폭로 후 7일에 채용시보다 유의하게 높았고 서서히 증가하여 23일에 공기중 연농도가 제 I부서 0.12 mg/m<sup>3</sup>, 제 II부서 0.23 mg/m<sup>3</sup>, 제 III부서 0.38 mg/m<sup>3</sup>에서 혈중 연농도는 각각 38.8±9.4 μg/dl, 35.0±7.5 μg/dl, 62.9±24.2 μg/dl임을 보고하여 공기중 연농도와 혈중 연농도가 비례하지 않음을 주장하였다.

Gartside 등(1982)은 자동차 축전지 공장에 근무하는 972명의 근로자를 대상으로 3년간 관찰한 결과 근로자 혈중 연농도와 1개월 전에 측정된 공기중 연농도를 비교해서 특별한 관련성을 발견하지 못했다. 이들은 공기중 연농도와 근로자의 혈중 연농도의 관련성이 약하기 때문에 근로자 건강관리를 위한 모니터링시 공기중 연농도로 근로자의 혈중 연농도를 간접적으로 추정하는 것을 적절하지 못하며 반드시 혈중 연농도를 기준으로 사용할 것을 주장하였다.

A, B, C군에서 폭로 후 3개월째의 혈중 연농도가 채용시에 비해 유의하게 증가하는 양상을 나타냈으나 A군의 경우 23.90±5.30 μg/dl, B군의 경우 28.82±5.66 μg/dl, C군의 경우 22.70±4.55 μg/dl로 연구대상 근로자들이 근무하는 작업장에 공기 중 연농도가 1987년 8월에 비교적 높은 수준임을 고려할 때 혈중 연농도의 증가가 선행연구(Tola 등, 1973; 안규동과 김영희, 1982)의 성적에 비해 상대적으로 낮았다. 공장이 가동되기 전에 입사한 A군은 폭로 초기에는 시험가동 등 비교적 낮은 농도에 노출되어 3개월째의 혈중 연농도가 상대적으로 B군보다 낮은 수준을 보였을 것으로 생각되며 6개월째

의 혈중 연농도는  $28.84 \pm 5.76 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 측정시기가 비슷한 B군의 3개월째의 혈중 연농도와 같은 수준이었고 그 후 4회의 혈중 연농도는 양군이 거의 같았는데 이는 A군과 B군이 공장가동 이후 연에 폭로된 정도가 비슷함을 나타낸다고 할 수 있겠다. 개선조치후 입사한 C군에서 낮은 증가를 보인 것은 작업환경 및 개인위생의 개선 조치에 의한 결과로 생각된다. A군의 경우 6개월 후, B군의 경우 3개월 후의 혈중 연농도가 다소 감소하거나 평형을 이룬 것도 작업환경 및 개인 위생의 개선조치와 관련성을 반영해 주는 결과로 생각된다. 이러한 결과는 이병국 등(1987)의 연구와도 유사한 결과이다.

또 작업환경이 각기 다른 부서별 혈중 연농도의 변화가 A, B, C군에서 모두 큰 차이를 보이지 않고 작업장내 공기중 연농도와 비례하는 관련성을 나타내지 않은 것은 작업장내 공기중 연농도에 대한 모든 자료를 공개함으로써 공기중 연농도가 높은 부서에 근무하는 근로자들이 개인위생에 대한 개선조치 시행에 더 철저히 참가하였고 보건관리 측면에서도 개인위생 및 보건교육, 상담 등의 프로그램을 조기에 집중적으로 실시하였기 때문으로 생각된다. 따라서 개인 위생면에서의 개선조치가 오히려 더 큰 역할을 한 것으로 생각된다. 또 한편으로는 공기중 연농도에 의존하여 근로자의 혈중 연농도를 추정하는 것은 타당성이 없으며 따라서 근로자 건강관리를 위해서는 공기중 연농도보다 근로자 개인의 혈중 연농도를 지표로 하는 것이 더 좋다는 주장(Williams, 1978; Gartside 등, 1982)을 뒷받침 할 수 있는 결과로 생각된다.

## V. 요약

축전지 공장의 환경과 근로자들의 개인 위생의 개선조치가 근로자의 혈중 연농도에 어떤 영향을 미치는지를 관찰하기 위하여 새로 설립된 축전지 공장의 생산직 근로자 116명을 대상으로 채용시 혈중 연농도를 측정하고 1987년 2월부터 약 3개월 간격으로 12~18개월간 추적 관찰하였다. 관찰기관 중 작업환경 및 근로자 개인위생의 개선조치를 시행하였고 1987년 8월부터 6개월 간격으로 3회 작업장내 공기중 연농도를 측정하였다. 또 사무직 근로자 40명을 대조군으로 선정하여 그들의 혈중 연농도의 변화를 관찰하였다. 작업환경 개선은 국소배기

장치 설치와 바닥의 진공청소였고 개인위생 개선조치는 매일 작업복 세탁, 퇴근시 샤워, 식사 전 손씻기, 작업장내 흡연 및 음식섭취 금지, 그리고 마스크 착용이었다.

대조군 40명 중 6개월까지 혈중 연농도의 관찰이 가능했던 27명에서 채용시 혈중 연농도가  $21.97 \pm 3.36 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이고 6개월후  $22.75 \pm 3.38 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로서 유의한 증가는 없었다.

공장이 가동되기 전에 입사한 A군은 폭로 전 혈중 연농도가  $20.49 \pm 3.84 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고 폭로시작 3개월 후에  $23.90 \pm 5.30 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였으며( $p < 0.01$ ), 6개월 후(개선조치 1개월후)에는  $28.84 \pm 5.76 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 더욱 증가되었으나 그 후 4회 측정치는  $26.83 \sim 28.28 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 더 이상 증가하지 않았다.

공장이 가동된 후 개선조치가 시행되기 전에 입사한 B군의 경우 폭로전 혈중 연농도가  $16.58 \pm 4.53 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고 3개월후(개선조치 1개월후)에  $28.82 \pm 5.66 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 급격히 증가했으며( $p < 0.01$ ), 그 후 4회 측정치도  $26.46 \sim 28.54 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 더이상 증가하지 않았다.

개선조치가 시행된 후 입사한 C군에서는 채용시 혈중 연농도가  $19.45 \pm 3.34 \mu\text{g}/\text{dl}$ 였고 3개월후의 혈중 연농도가  $22.70 \pm 4.55 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 유의한 증가를 보였고( $p < 0.01$ ), 6개월에  $23.68 \pm 4.18 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 9개월에  $25.42 \pm 3.60 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 서서히 증가하는 경향을 보였다.

1987년 8월부터 6개월 간격으로 3회 작업환경을 측정하고 작업장의 공기중 연농도에 따라 4개부서로 구분하여 그 성적을 보면 제 I부서는  $0.365 \text{ mg}/\text{m}^3$ 였으나, 작업환경 개선조치 후 각각  $0.216 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $0.208 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 감소되었고, 제 II부서는  $0.232 \text{ mg}/\text{m}^3$ 였는데 개선조치후  $0.148 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $0.120 \text{ mg}/\text{m}^3$ 였으며, 작업환경 개선조치후 측정된 제 III부서는 1988년 1월, 8월에 각각  $0.124 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,  $0.091 \text{ mg}/\text{m}^3$ 였고 제 IV부서(이동부서)는 1988년 8월에  $0.110 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 III, IV부서가 I, II부서에 비해 낮았다.

각 부서별 비교에서 A군과 B군의 혈중 연농도는 공기중 연농도와 비례하지 않는 결과를 보여 작업환경이 제일 나쁜 제 I부서에서 오히려 혈중 연농도가 낮고 작업환경이 좋은 제 III부서에서 더 급격히 혈중 연농도가 증가하였다. C군은 제 I부서의 혈중 연농도가 제일 높았고 이동부서인 제 IV부서에서 제일 낮아 공기중 연농도와 혈중 연농도 사이에 일정한 관련성을 나타내지 않았다.

이상의 결과로 보아 연취급 근로자의 모니터링은 공

기중 연농도보다 혈중 연농도의 측정이 타당하며 작업 환경개선도 중요하지만 개인위생에 대한 개선조치가 오히려 더 효과적이라 생각된다.  
(본 논문의 자료수집과 분석에 협조해 주신 순천향 구미병원 건강관리과 직원 여러분과 경북의대 천병렬 교수께 감사드립니다.)

## 참고 문헌

- 김정만, 이세훈, 이은영, 조영선. 연제련 근로자들의 만성적 연폭로에 관한 연구. *한국의 산업의학* 1985; 24(1): 10-19
- 김정만, 김형아, 이광목, 이은영, 강재복. 연제련 작업자들에게서의 혈색소, 혈중 연 및 혈중 zinc protoporphyrin에 관한 연구. *한국의 산업의학* 1986; 25(1): 1-8
- 김준연, 이재연, 전진호, 문덕환, 이명철, 김병수, 김용완. 연취급 근로자들의 생화학적 검사에 관한 연구. *인체의학* 1985; 6(3): 427-436
- 박정덕, 정규철. 한국인 젊은이의 혈중 연농도. *중앙의대지* 1985; 10(4): 353-361
- 신해림, 김준연. 연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구. *예방의학회지* 1986; 19(2): 167-176
- 안규동, 김영희. 무기연 폭로시 혈중 연과 노중 연의 변화. *한국의 산업의학* 1982; 21(1): 11-15
- 유정식. 연중독에 관한 연구. 한국 성인 남자의 혈액 중 연량에 대하여. *공중보건잡지* 1968; 5(2): 129-134
- 윤배중. 자동차 공장 근로자 중 납땜공의 혈중 카드뮴과 연함량에 관한 조사 연구. *예방의학회지* 1981; 14(1): 111-116
- 이병국. 미국의 연중독 예방규칙. *한국의 산업의학* 1987; 26(1): 1-8
- 이병국, 이광목, 안규동. 모 연취급 사업장에서의 산업보건사업이 근로자 건강증진에 미치는 효과. *한국의 산업의학* 1987; 26(3): 63-72
- Annest JL, Pirkle JL, Makuc D, Neese JW, Bayse DD, Kovar MG. *Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980. N Engl J Med* 1983; 308: 1373-1377
- Baselt RC. *Biologic monitoring methods for industrial chemicals, Davis, California Biochemical Publications, 1980. pp.159-162*
- Booher LE. *Lead exposure in a slip overhaul facility during paint removal. Am Ind Hyg Assoc J* 1988; 49(3): 121-127
- Chiba M, Inaba Y, Ogihara K, Kikuchi M. *Follow-up study on lead-exposed workers in a steel-rope factory. Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 487-490
- Dingwall-Fordyce I, Lane RE. *A follow-up study of lead workers. Brit J Industr Med* 1963; 20: 313-316
- Fanning D. *A mortality study of lead workers, 1926-1985. Arch Environ Health* 1988; 43(3): 247-251
- Fernandez FJ. *Micromethods for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of the graphite furnace. Clin Chem* 1975; 21: 558-561
- Fischbein A, Thornton JC, Lillis R, Valciukas JA, Bernstein J, Seilikoff IJ. *Zinc protoporphyrin, blood lead and clinical symptoms in two occupational groups with low-level exposure to lead. Am J Ind Med* 1980; 1: 391-399
- Goldwater LJ, Hoover AW. *An international study of normal levels of lead in blood and urine. Arch Environ Health* 1967; 15(7): 60-63
- 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
- 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
- Khoo NE. *Assessment of occupational exposure to lead in a malaysian battery factory. Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 481-486
- Kodama Y, Iwao S, Matsuno K, Kuwano N. *Subclinical effects of low level lead exposure. Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 496-503
- Kwok SF, Ong CN, Phoon WO. *Occupational lead exposure in various industrial sectors in Singapore. A collaborative study. Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 491-495
- Lane RE. *The care of the lead worker. Brit J industr Med* 1949; 6: 125-143
- Lee BK. *Occupational lead exposure of storage battery workers in Korea. Br J industr Med* 1982; 39: 283-289
- Manton WI. *Total contribution of air-borne lead to blood lead. Br J industr Med* 1985; 42: 168-172
- Marston RN. *A practical programme for managing lead hazards. Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 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 In Med* 1989; 16: 167-177
- Neri LC, Hewitt D, Johansen H. *Health effects of low level occupational exposure to lead; The trial, British Columbia study. Arch Environ Health* 1983; 38(3): 180-189
- Ratcliffe JM. *Lead in man and the environment, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1981*
- Rom WN. *Environmental and occupational medicine, Boston, Little Brown and Company, 1983, pp.433-447*

- Sakari WDO, Mubisi AS. gWork conditions and effect of lead on the health of workers. *The East African Medical Journal* 1983; 60(8); 565-571
- Snee RD. *Evaluation of studies of the relationship between blood lead and air lead.* *Int Arch Occup Environ Health* 1981; 48: 219-242
- Tola S, Hernberg S, Nikkanen J, Volkonen S. *Occupational lead exposure in Finland: I. Electric storage battery manufacturing and repair.* *Work Environ Health* 1971; 3: 81-85
- Tola S, Hernberg S, ASP S, Nikkanen J. *Parameters indicative of absorption and biological effect in new lead exposure: A prospective study.* *Brit J Industr Med* 1973; 30: 134-141
- Urbanowicz H. *Occupational exposure to inorganic compounds of lead.* *Arch Environ Health* 1971; 23: 284-288
- Viriyandha S, Sriyanujata S, Changchit A. *Diagnosis of lead intoxication by using single voided urine.* *Proceedings of 10th Asian Conference on Occupational Health* 1982; 2: 513-517
- Watanabe T, Fujita H, Koizumi A, Chiba K, Miyasaka M, Ikeda M. *Baseline level of blood lead concentration among Japanese farmers.* *Arch Environ Health* 1985; 40(3): 171-176
- WHO. *Environmental health criteria 3, Lead, Geneva, WHO, 1977.*
- Williams MK, King E, Walford J. *Method for estimating objectively the comparative merits of biologic tests of lead exposure.* *Brit Med J* 1968; 1: 618-621
- 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. *Permissible limits for occupational exposure to inorganic lead and the blood lead-air lead relationship.* *Int Arch Occup Environ Health* 1978; 41: 151-157
- Zenz C. *Occupational medicine, 2nd ed. Chicago, London, Boca Raton, Year Book Medical Publisher, INC., 1988, pp. 547-582*
- Zielhuis RL. *Dose-response relationships for inorganic lead.* *Int Arch Occup Health* 1975; 35: 1-18