

울산공단지역 초등학생들의 혈중 연농도에 관한 연구

유철인 · 이지호 · 이충렬 · 김성률* · 이선호*

울산의대 산업의학과, 임상병리과*

= Abstract =

Blood Lead Levels of Children in Ulsan Industrial Area

Cheol In Yoo, Ji Ho Lee, Choong Ryeol Lee,
Sung Ryul Kim*, Seon Ho Lee*

*Department of Occupational Medicine, Clinical Pathology**
College of Medicine, Ulsan University

We conducted this study to obtain basic data of lead concentrations in children of Ulsan industrial area and to evaluate the difference in blood lead levels between industrial area and suburban area. The study subjects were composed of 348 school children residing in industrial area and 100 school children of suburban area. There is no difference in age and sex distribution of study participants between industrial and suburban area.

The obtained results were as follows;

1. The geometric means of blood lead levels of study participants were $4.90 \mu\text{g}/\text{dl}$, which is lower than current acceptable value $10 \mu\text{g}/\text{dl}$.
2. The children residing in industrial area had the higher blood lead levels($5.26 \mu\text{g}/\text{dl}$) than suburban children($3.81 \mu\text{g}/\text{dl}$) with statistical significance($P < 0.001$).

Key words : blood lead, children, environmental lead

I. 서 론

최근 선진국에서는 저농도 연에 대한 만성적인 폭로가 소아들의 환경관련 문제 중 가장 중요한 것으로 규정하고 연이 없는 환경이 될 때까지 소아들은 연으로 인한 심각한 질병이나 장애를 예방하기 위하여 혈중연에 대한 주기적인 조사가 필수적이라고 하였다(Committee on Environmental Health, 1993). 이러한 소아들의 연중독에 관한 개념은 시대에 따라 변화해 왔는데 1960년대 중반에는 혈중 연농도가 60 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 경우에만 독성이 있다고 하였으나 1975년에는 연중독의 개념은 30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 감소되었으며, 다시 1985년에 미국의 CDC(Centers for Disease Control)에서는 소아들에서의 허용가능 혈중 농도를 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 수정하였다(CDC, 1985). 그러나 최근에 이루어진 여러 가지 연구를 통하여 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만의 저농도에서도 소아들은 성장지연(Schwartz 등, 1986), 발달장애(Davis와 Svendsgaard, 1987), 청력저하(Schwartz와 Otto, 1987; Schwartz와 Otto, 1991), 인지장애(Bellinger 등, 1991), 행동장애(Sciarillo 등, 1992), 지능저하(Needleman과 Gatsonis, 1990; Baghurst 등, 1992; Bellinger 등, 1992) 등의 여러 가지 건강장애들이 보고되어, 이러한 연구를 근거로 미국의 CDC는 혈중 연농도 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만을 소아에서 허용가능한(acceptable) 연농도로 규정하고 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상일 경우 여러 가지 조치들을 취해야 한다고 규정하였고(CDC, 1991) 이러한 기준치는 1993년 미국의 소아과학회에서도 채택되어 현재까지 시행되고 있다(Committee on Environmental Health, 1993).

Pirkle 등(1994)은 연중독을 예방하기 위한 국가적 차원의 조사인 미국의 National Health and Nutrition Examination Surveys(NHANES)에서 1976년에서 1980년사이의 미국전역의 인구 9,832명을 대상으로 한 조사에서 이들의 평균 혈중 연농도는 12.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 였으나 1988년에서 1991년사이에 12,119명을 대상으로 한 조사에서는 2.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 혈중 연농도가 감소하였으며, 이러한 혈중 연농도의 감소는 가솔린에 첨가되는 연의 감소가 주된 원인이며 다음으로는 연이 함유된

식음료수 용기 등이 알루미늄용기로 대체됨에 따라 초래되었다고 보고하였다. 그러나, 아직까지도 나이, 성별, 인종, 사회경제적 수준에 따라 여전히 혈중 연농도가 차이가 있었으며, 이러한 고위험집단에서 혈중 연농도를 저하시키기 위하여 연의 다른 폭로원인 페인트, 오염된 먼지와 토양에서 연을 제거하는 것이 중요하다고 기술하였다. Brody 등(1994)도 동일한 조사에서 5세 이하의 소아와 노인, 흑인, 남성, 도심거주자, 교육수준이 낮을수록, 수입이 적을수록 혈중 연농도가 상대적으로 높고 특히 1~5세사이의 소아들중 8.9%인 170만명의 소아들이 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상의 혈중연 농도를 가지고 있어서 이들에 대한 관리가 시급함을 보고하였다.

그러나 국내에서는 직업적으로 연에 폭로된 사람들에 대한 연구(이병국, 1984; 김준연 등, 1985; 김창운, 1990) 및 일반 인구 집단 중 성인에 대한 혈중 연농도에 대한 조사는 다수 있었지만(김정만과 이광목, 1984; 박정덕과 정규철, 1985; 신해립과 김준연, 1986; 황인담 등, 1987; 김동일 등, 1992; 김강운과 김현욱, 1993; Yang 등, 1995), 저농도의 연폭로에도 많은 영향을 나타내는 소아들에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정에 있으며 미국의 CDC(1991)에서 규정한 소아에서의 허용가능 연농도인 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하는 소아가 어느 정도 되는지 조차 추정하지 못하고 있다.

이러한 소아들에 대한 연폭로원은 연이 함유된 페인트가 집먼지와 토양을 오염시켜 손에서 입으로 흡입되는 경우가 가장 많으며, 그의 가솔린에 첨가된 연과 산업에 사용된 연이 대기와 토양을 통하여 인체에 흡입된다고 한다(Brody, 1994).

울산광역시시는 1962년 국가공단으로 지정된 이래 1996년 12월 현재 743개의 대형오염물질 배출업소가 있으며 등록된 자동차의 수도 1996년을 기준으로 24만대를 차지하고 있으며 이로 인한 거주환경의 악화로 주민의 생활과 건강이 큰 위협을 받고 있다(박상운 등, 1997). 이에 저자들은 환경중의 연폭로가 다른 지역보다 많을 것으로 추정되는 울산공단지역의 초등학생들을 대상으로 혈중 연농도를 조사하여 울산공단지

역 초등학생들의 건강관리에 대한 기초자료를 얻을뿐만 아니라 우리나라 소아들의 혈중 연농도에 대한 참고치를 알아보기 위하여 본 연구를 실시하였다.

II. 조사대상 및 방법

조사대상으로는 울산시의 석유화학공단 및 온산공단, 유성화학공단에 인접한 초등학교 3곳(A, B, C)을 공단지역군으로, 이들지역에서 떨어진 시외곽에 위치한 초등학교(D)를 교외지역군으로 하여, 공단지역군의 3학년과 6학년생 348명과 교외지역의 3학년과 6학년생 100명, 총 448명을 대상으로 하여 1997년 12월에

해당학교를 직접 방문하여 대상소아들의 상완부에서 정맥혈을 채취하였다. 공단지역군은 울산시의 대표적 업종인 석유화학공단과 온산공단 및 유성화학공업단지, 용연공업단지 등이 인접하여 있는 지역으로서 각종화학공장과 정유공장 및 폐기물매립장, 비철금속공장에서 나오는 유독가스와 매연, 악취, 산업폐기물 및 이로 인한 교통량증가로 인하여 평소에도 지역주민들의 민원이 끊이지 않는 곳이었다. 반면에 교외지역군으로 선정된 D 초등학교가 위치한 곳은 1995년에 행정구역개편으로 울산시에 편입된 지역으로 주민들의 대부분이 농업에 종사하고 있고 교통량도 출퇴근시간을 제외하면 비교적 적은 곳이었다(Fig 1).

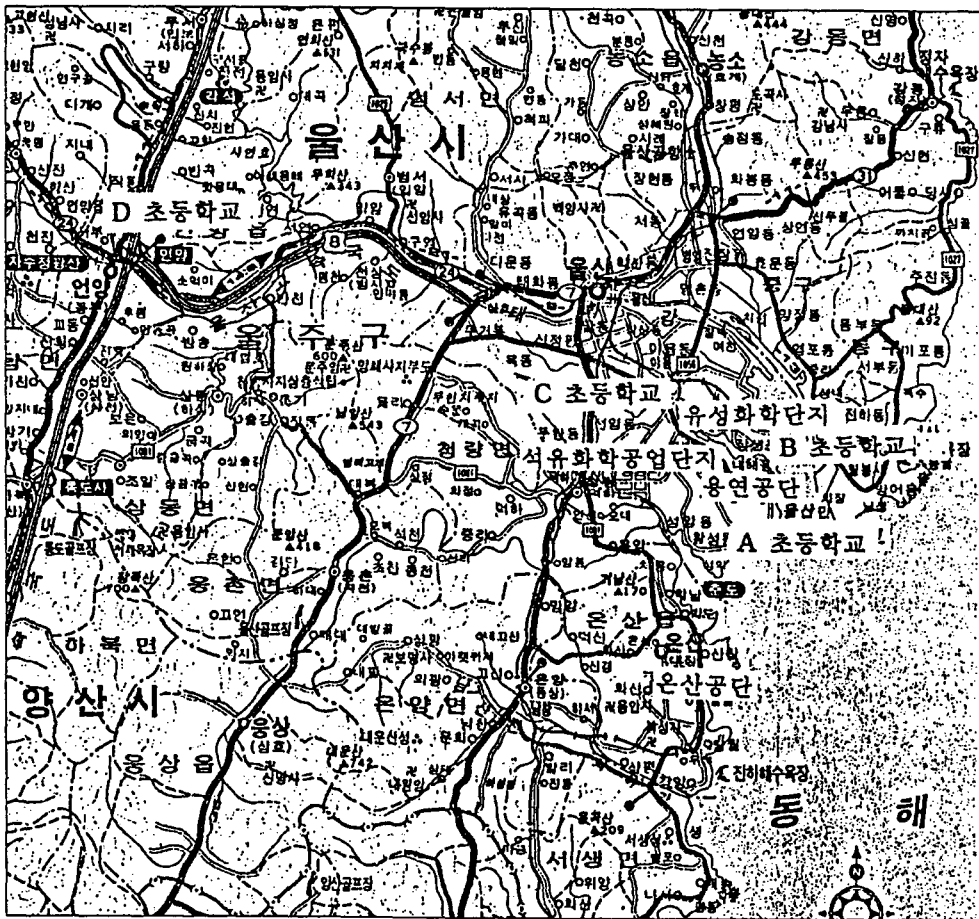


Figure 1. The Location of Study School

시료 검체는 헤파린 처리된 진공 채혈관으로 정맥혈 3mL를 채취하였으며, 채취한 혈액은 Triton x-100 용액으로 1:20 배수 희석하였다. 혈중 연 분석은 Graphite furnace를 장착한 원자흡광광도계(Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer, Spectra AA 100/200, Varian Co., Australia)를 이용하여, 검량선은 혈중 연 표준액(1,020 $\mu\text{g}/\text{mL}$, Siam Co., USA)을 102, 204, 408, 612, 816 $\mu\text{g}/\text{L}$ 되도록 희석하여 검량선을 작성하였다.

희석한 시료 혈액은 파장 283.3nm, Lamp current 5.0mA, slit width 0.5nm, 건조온도 120 $^{\circ}\text{C}/10$ 초간, 회화온도 600 $^{\circ}\text{C}/15$ 초간, 원자화온도 2,000 $^{\circ}\text{C}/2$ 초간, gas flow 3.0L/min으로 설정하여 원자흡광광도계를 이용하여 표준물 첨가법으로 분석하였으며, 원자화 단계에서는 gas flow를 0.0L/min으로 조정하였다.

혈중 연 분석의 정확도를 확인하기 위하여 내부적으로는 정도관리혈액을 사용하여 recovery test를 실시하였으며, 외부적으로는 연 2회 산업안전관리공단에서 실시하고 있는 혈중연 분석에 대한 정도관리를 수행하고 있다. 회수율은 평균 104.7% 였으며, 외부 정도관리에서는 합격 판정을 받고 있다.

모든 자료는 SPSS/PC+를 이용하여 처리하였으며, 통계적 분석은 student t-test, χ^2 test 등을 이용하였다.

III. 성 적

조사대상자들의 성별, 연령별, 지역별 분포는 표 1에서와 같이 교외지역군은 남학생이 50명, 여학생이 50명, 8세군이 50명, 11세군이 50명으로 성별 및 연령별 분포가 동일하였으며 공단지역군은 남학생이 182

Table 2. Mean Blood Lead Levels of Study Participants unit : $\mu\text{g}/\text{dL}$

Variables	No.	G.M*(min-max)	G.S.D**	P-value
Area	Industrial	348	5.26 (1.01-11.5)	1.47
	Suburban	100	3.81(0.01-8.62)	2.30
Sex	Male	232	5.04(0.85-11.5)	1.58
	Female	216	4.75(0.01-9.95)	1.84
Age	8years	205	4.85(0.41-11.33)	1.57
	11years	243	4.94(0.01-11.5)	1.83
Total	448	4.90(0.01-11.5)	1.71	

G.M*:Geometric Mean, G.S.D**:Geometric Standard Deviation

명(52.3%), 여학생이 166명(47.7%), 8세군이 155명(44.5%), 11세군이 193명(52.5%)으로 비교적 성별, 연령별 분포가 교외지역군과 유사하였다.

조사대상자들의 지역별, 성별, 연령별 평균 혈중 연 농도는 표 2에서 나타난 바와 같이 전체 조사대상자들의 평균 혈중 연농도는 4.90 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 나타났으며, 지역별로는 공단지역군에 속하는 초등학생들의 평균 혈중 연농도는 5.26 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로서 교외지역군에 속하는 초등학생들의 혈중 연농도인 3.81 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 통계학적으로 유의하게 높았으며($P<0.001$), 성별로는 남학생이 5.04 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 여학생의 4.75 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 보다 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($P=0.13$). 연령별 평균 혈중 연농도는 8세군이 4.85 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 11세군의 4.94 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 와 비슷한 양상을 나타내었다($P=0.33$).

혈중연농도에 따른 지역간의 차이는 표 3에서와 같이 혈중 연농도 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 미만에 속하는 소아들이 공단지역군에서는 조사대상자의 47.4%인 165명이 분포하고 있었으나 교외지역군에서는 61%인 61명이 분포하

Table 1. Age and Sex Distribution of Study Participants

unit : person(%)

Age (years)	Industrial area			Suburban area		
	Male	Female	subtotal	Male	Female	subtotal
8	77(22.1)	78(22.4)	155(44.5)	25(25.0)	25(25.0)	50(50.0)
11	105(30.2)	88(25.3)	193(52.5)	25(25.0)	25(25.0)	50(50.0)
Total	182(52.3)	166(47.7)	348(100.0)	50(50.0)	50(50.0)	100(100.0)

Table 3. Distribution of Blood Lead Levels by Geographical Location

unit : person(%)			
Blood lead level($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Industrial	Suburban	Total
< 5	165(47.4)	61(61.0)	226(50.4)
5 - 10	178(51.1)	39(39.0)	217(48.4)
≥ 10	5(1.5)	0	5(1.2)

Table 4. Mean Blood Lead Levels of Each School Children

unit : $\mu\text{g}/\text{dl}$				
School	No.	G.M*(min-max)	G.S.D**	P-value [#]
A	22	8.26 (1.01-11.5)	1.14	<0.001
B	82	7.98 (0.85-11.5)	1.15	<0.001
C	244	4.39 (0.41-11.33)	1.36	0.086
D	100	3.81 (0.01-8.62)	2.30	

*G.M:Geometric Mean, G.S.D**:Geometric Standard Deviation

[#] Each P-value is obtained by comparing with D school

고 있었으며, 혈중 연농도 $5 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상 $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 미만은 공단지역군이 조사대상자의 51.1%인 178명이 분포하고 있었으나 교외지역군에서는 39%인 39명으로서 공단지역군에서 더 많은 분포를 보였다. 혈중 연농도가 $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 소아들은 공단지역군에서만 5명이 분포하고 있어 혈중 연농도의 분포와 지역간에는 유의한 차이가 있었다. ($\chi^2 = 6.65, P = 0.036$)

공단지역 초등학교 학생들간의 혈중 연농도의 차이는 표 4에서 나타난 바와 같이 A와 B 초등학교 학생들의 혈중 연농도는 각각 $8.26 \mu\text{g}/\text{dl}$, $7.98 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 C 초등학교의 $4.39 \mu\text{g}/\text{dl}$ 및 교외지역군인 D 초등학교의 $3.81 \mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 높았다($P < 0.001$), 그러나 같은 공단지역군인 C 초등학교는 교외지역군의 D 초등학교보다는 높았지만 통계학적인 유의성은 없었다($P = 0.086$). 따라서 공단지역군과 교외지역군의 혈중 연농도의 차이는 A 초등학교와 B 초등학교의 높은 혈중 연농도에 기인한 것임을 알 수 있다. A와 B 초등학교는 상대적으로 각종 공단지역의 사이에 위치하고

있으며, C 초등학교는 공단 입구에 위치하고 있어 이러한 위치에 따른 환경중의 연농도의 차이가 혈중 연농도의 차이를 초래한 것으로 추정된다.

IV. 고 찰

국내에서 조사된 연에 직업적으로 폭로된 적이 없는 일반인구집단의 혈중 연농도에 대한 최근의 연구를 보면 1980년대의 연구들과 1990년대의 연구들이 비교적 많은 차이를 보이는데 김준연 등(1985)은 연에 폭로된 적이 없는 평균연령 19세의 120명을 대상으로 한 조사에서 이들의 평균 혈중 연농도는 $16.54 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 조사되었으며, 신해림과 김준연(1986)이 258명의 정상인을 대상으로 한 조사에서 평균 혈중 연농도가 $17.17 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며, 박정덕과 정규철(1985)이 145명을 대상으로 한 조사에서는 산술평균을 $14.83 \mu\text{g}/\text{dl}$, 기하평균은 $14.06 \mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 보고하였다. 그러나 혈중 연은 대수정규분포(log-normal distribution)를 한다고 알려져 있기 때문에(Sartor and Rondia, 1980; 박정덕과 정규철, 1985) 대부분의 결과가 산술평균치로 표시된 이러한 결과들을 인용하기에는 문제가 있다. 따라서 Kim과 Cho(1994)는 1980년대에 발표한 문헌들 중 산술평균치만 나타난 문헌들을 대상으로 하여 산술평균치를 기하평균치로 전환한 meta 분석에서 한국인 혈중연의 기하평균을 남성은 $18.03 \mu\text{g}/\text{dl}$, 여성은 $13.13 \mu\text{g}/\text{dl}$, 전체 기하평균은 $15.80 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 추정하여, 대부분의 조사에서 $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 을 초과하였다.

그러나 1990년대 이후부터 발표한 문헌들에서는 평균 혈중 연농도가 $10 \mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 값과 미만인 값이 혼재되어 보고 되기 시작하여 김동일 등(1992)은 1,851명을 대상으로 한 비교적 대규모 조사에서 $24.64 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였으며, 본조사 대상군과 비슷한 연령층인 10-14세군에서는 $19.63 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였다. 그러나 김강운과 김현욱(1993)은 131명의 남성과 68명의 여성에 대한 조사에서 남성은 $9.46 \mu\text{g}/\text{dl}$, 여성은 $8.09 \mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였으며, Yang 등(1995)은 연에 직업적으로 폭로된 적이 없는 525명의 교사들에 대한 최

근의 조사에서 이들의 평균 혈중 연농도를 5.79 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하여, 비교적 최근의 조사일수록 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만의 측정치를 나타내었다.

소아에 있어서도 1990년대 이후의 혈중 연농도에 관한 최근의 연구를 보면 이용환 등(1995)은 도심지역과 교외지역의 6~8세 사이의 아동 188명에 대한 조사에서 이들의 혈중 연농도를 6.92 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 으로 보고하였으며, 김재욱 등(1995)이 1992년 대구시내 국민학교 4학년생 100명을 대상으로 한 조사에서는 6.00 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하였으며, 김진하 등(1996)은 공단지역의 산모 제대혈에서는 5.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 주거지역의 산모 제대혈에서는 5.0 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하여 최근의 조사일수록 본 조사 대상자들의 혈중연농도인 4.90 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 점차 비슷한 경향을 나타내었다.

이렇게 1990년대에 들어서 혈중 연농도가 감소한 원인으로 Yang 등(1995)은 국내에서 가솔린에 첨가되는 연의 양이 1993년 이후부터 0.3 g/l에서 0.013 g/l로 감소하여 그 결과 대기중의 연농도가 감소한 것을 주요한 원인으로 지적하였으며, 또한 혈중연을 측정하는데 있어서 정도관리기법이 도입되어 혈중연의 분석방법에 대한 정도관리가 이루어지고 있기 때문이라고 하였다. Pirkle 등(1994)도 미국에서 혈중 연농도가 감소한 원인으로 가솔린에 첨가되는 연의 99.8%가 감소된 것이 주요 원인이며, 또한 연이 함유된 음료수 용기 등의 감소가 주원인이라고 보고하였다. 본조사에서도 조사대상자들의 평균 혈중 연농도는 4.90 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 이전의 측정치들보다 낮아 동일한 추정을 가능하게 해주며, 이러한 혈중 연농도의 감소는 대기중의 연을 주기적으로 측정한 환경부의 자료에 의해 뒷받침 되는데, 환경부(1997)의 조사에 의하면 울산지역 대기중의 연농도는 1992년이 0.0905 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1993년이 0.0866 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년이 0.0826 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1995년이 0.0457 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1996년이 0.0662 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1996년을 제외하고 지속적으로 대기중의 연농도가 감소하여 이러한 추정을 뒷받침하여 준다. 하지만 미국의 NHANES에서 1988년에서 1991년 사이에 조사한 12,119명의 평균 혈중 연농도인 2.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 높은 수준이었으며,

이들 중 조사대상자와 동일한 연령대인 6~19세 사이의 1.9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 비교하여도 매우 높은 수준임을 알 수 있으며(Pirkle 등, 1994), 비록 소수이지만 미국의 CDC(1991)에서 규정한 소아의 허용가능 농도인 혈중 연 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 를 초과하는 학생들도 있기 때문에 환경중의 연에 대한 폭로원을 조사하고 제거하기 위한 노력은 앞으로도 지속되어야 할 것이다.

Rifai 등(1993)이 9개월에서 3세사이의 소아를 대상으로 한 연구에서 도심지역에 거주하는 소아의 평균 혈중 연농도는 10.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 교외지역의 4.2 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 시골지역의 4.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다도 유의하게 높았으며, 이러한 차이는 지역적인 차이뿐만 아니라, 도심지역에 거주하는 소아들은 상대적으로 사회경제적 상태가 낮고 또한 인종적인 차이 등의 복합적인 영향이 관여하는 것으로 보인다고 하였으며 국내에서도 이용환 등(1995)이 도심지역과 교외지역의 6~8세 사이의 아동에 관한 조사에서 도심지역의 아동들의 혈중 연농도는 7.94 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 교외지역은 5.89 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 도심지역의 아동에서 혈중 연농도가 유의하게 높았고 이러한 차이는 도심지역이 교외지역보다 상대적으로 공단지역에 인접하여 있었던 것과 교통량이 많은 것 등 비교적 환경오염이 심한 것을 주원인으로 생각하였다. 또한 본 조사에서도 지역적으로 공단지역군의 혈중 연농도는 5.26 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 교외지역군의 3.81 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 유의하게 높게 나타나 이용환 등(1995)과 Rifai 등(1993)의 연구와 일치하나 석유화학공단, 온산공단, 유성화학공단, 용연공단 등 많은 공단이 위치하는 조사대상지역의 특성상 환경중의 연농도의 차이가 중요한 요인으로 생각되어진다. 특히 공단지역에 위치하는 초등학교 중 A와 B 초등학교들의 혈중 연농도는 각각 8.26 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 와 7.98 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 C 초등학교들의 4.39 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 높은 혈중 연농도를 나타내었는데 지리적으로 A와 B 초등학교는 각종 공단사이에 위치하고 있으며, C 초등학교는 상대적으로 공단입구에 위치하고 있다는 사실이 이러한 추정을 뒷받침 하여 준다.

공단지역군의 혈중 연농도가 교외지역군의 혈중 연농도보다 높은 원인중의 하나로 추정되는 두 지역간

의 대기와 토양중의 연농도를 조사한 이병규(1997)와 박상윤 등(1997)의 연구에 의하면 조사대상학교와 인접한 석유화학공단 인근지역의 대기와 토양중의 연농도가 교외지역의 연농도 보다 높은 것으로 나타나 추후 정확한 조사가 필요한 것으로 사료된다. 이병규(1997)는 울산시를 녹지지역, 주거지역, 교통밀집지역, 기계공업지역, 석유화학공업지역으로 구분하여 각지역에서의 대기중의 중금속 농도를 조사한 결과 각지역별로 대기중의 중금속 농도가 상당한 차이를 보이고 있다고 하였으며, 연의 경우는 조사대상학교중 공단지역군이 위치한 석유화학단지의 대기중 연농도는 $0.1249 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 환경기준치인 $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 낮았으나, 환경부(1997)에서 측정한 1996년 울산시의 대기중 평균 연농도인 $0.0662 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높았으며, 교외지역군의 초등학교가 위치한 녹지지역의 연농도인 $0.0050 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 과는 많은 차이를 보이고 있었다. 또한 박상윤 등(1997)의 조사에 의하면 조사대상지역과 인접한 두 지역간의 토양중의 연농도도 차이를 보이는데 본 조사대상 초등학교가 위치하고 있는 공단지역 인근에서 조사한 토양중의 연농도는 석유화학공단이 5.00 ppm, 온산공단이 9.93 ppm, 용연공단이 6.96 ppm으로 교외지역의 초등학교가 인접한 지역에서 조사한 토양중의 연농도인 0.232 ppm보다는 높은 수준에 있었다. 이러한 토양에서의 연의 기준치는 알려져 있지 않으나 300 ppm이상 시 소아에서 연중독을 야기시킬 수 있다고 하며(Rosenstock과 Cullen, 1994), 오염되지 않은 토양의 연농도는 50 ppm미만이며, 도심지역의 많은 토양은 200 ppm이상을 초과하고 있으며, 연광산이나 연을 취급하는 사업장, 연제련소 주위의 토양은 60,000 ppm까지 도달할 수 있다고 한다(Committee on Environmental Health, 1993). Weitzman 등(1993)은 토양에서 연농도가 높은 지역에 거주하는 4세 이하의 소아 152명을 대상으로 한 조사에서 토양의 연을 제거한 6개월에서 11개월 후에 이들의 혈중 연농도가 감소하였음을 밝히고 토양의 연농도가 높은 지역에서는 토양의 연이 연폭로의 주요한 요인 중의 하나라고 보고하였다. 물론 박상윤 등(1997)의 조사에서는 연중독

을 일으킬 정도로 오염된 토양은 없었으나 이것은 여러 지점에서 조사한 토양의 평균치로서 실제로는 이러한 평균치를 초과하는 토양이 상당히 존재할 것으로 추정된다.

물론 소아에서 연중독의 원인은 아주 다양하게 보고되어 연이 함유된 페인트는 소아에서 가장 중요한 연폭로의 원인이며 그 외에도 공기, 먼지, 토양, 음용수 등이 소아에서의 연폭로의 주된 원인으로 알려져 있으며(Rosenstock과 Cullen, 1994), Shannon과 Graef(1992)는 도시지역의 소아들에서 연중독의 원인을 1세 이하의 영아에서는 40%가 집수리시 발생하는 연이 함유된 페인트, 20%는 연이 함유된 페인트 조각의 섭취, 18%는 연에 오염된 음용수의 섭취, 2%는 부모가 일하는 작업장에서의 연이 의복에 묻어서 오는 경우, 선천적인 경우가 2%, 나머지 18%는 그 원인을 알 수 없다고 보고하였으며, Charney 등(1980)도 집먼지와 손에 묻은 연이 도심지역 소아들에서 연폭로의 주요 원인임을 보고하였다. Wilson 등(1986)은 연제련공장이 위치하는 남부 오스트레일리아, Port Pirie지역의 1,300여명의 학생들을 대상으로 한 연구에서 학생들의 혈중 연농도에 영향을 미치는 인자는 부모의 직업, 정원의 토양내 연농도, 집안내벽의 페인트 조각의 유무, 손톱을 무는 버릇의 유무와 의복의 청결상태 등이라고 보고하였으며, 국내에서도 초등학교 1, 2, 3학년생 268명을 대상으로 한 두발중의 연농도와 그 관련요인을 조사한 변영우 등(1993)은 도심지역의 학생들이 농어촌지역의 학생들보다 두발중의 연농도가 유의하게 높았으며, 부모의 직업이 생산직인 학생이 사무직에 비해, 부모가 흡연자인 학생이 부모가 비흡연자인 학생에 비해, 손톱을 깨무는 버릇을 가진 학생이 가지지 않은 학생에 비해 두발중 연농도가 다소 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 이러한 변수들을 모두 고려하지 않고 환경중의 요인만 고려하여 직접적인 비교는 어려웠으나 이러한 변수들을 모두 고려한다면 할지라도, 대기와 토양중의 연농도의 차이가 중요한 원인인자중의 하나임을 추정할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 소아의 혈중 연농도에 영

향을 미치는 다양한 변수중 환경요인만을 고려하였으며, 환경중의 자료도 각급 학교별로 정확한 기중 및 토양의 연농도가 아니라 인접 지역의 자료를 이용하여 정확한 노출정도를 파악할 수 없었고, 초등학교 전 학년을 대상으로 하지 않아 연령별로 다양한 분포를 볼 수 없었으며, 저농도의 연에도 많은 건강장애를 보이는 1~5세 사이의 소아들이 포함되지 않았다는 점이다. 특히 1~5세 사이의 소아들은 습관적으로 손과 입의 접촉이 많아 소화기로 흡수되는 연의 양이 많고 공단지역 거주자 중에는 사회경제적 수준이 낮아 낮은 집에 거주하는 사람들이 많아서 환경중의 연에 폭로될 가능성이 높기 때문에 본 연구결과로 미루어 보아 공단지역에 거주하는 1~5세 사이의 소아들 중에는 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상의 혈중연을 가진 소아들이 상당히 많을 것으로 추정되어 추후 이들에 대한 혈중연 조사가 시급함을 알 수 있다.

V. 요약

울산시 초등학교 학생들의 연 폭로에 관한 기초자료를 얻고, 공단지역과 교외지역의 환경적 차이에 따라 혈중 연농도에 차이가 있는지를 알기위하여 공단지역과 교외지역의 초등학교 448명을 대상으로 이들의 혈중 연농도를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전체 초등학교 학생들의 평균 혈중 연농도는 4.90 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타나 현재 소아들에서 허용가능한 혈중 연농도인 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 낮았으며, 남아가 여아보다 높았으나 통계학적인 유의성은 없었다($P=0.13$).

2. 공단지역의 초등학교 학생들의 혈중 연농도는 5.26 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 교외지역의 3.81 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다 통계적으로 유의하게 높았다($P<0.001$).

이상의 결과로 보아 울산지역의 초등학교 학생들의 연농도는 허용가능한 혈중 연농도인 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 미만이었으나, 공단지역의 초등학교 학생들은 교외지역의 초등학교 학생들보다 상대적으로 높은 혈중 연농도를 가지고 있어 이에 대한 지속적인 연구조사가 필요한 것으로 사료된

다.

참고문헌

- 김강운, 김현욱. 정상인에서 혈중 연과 zinc protoporphyrin과의 상관관계 및 HPLC와 Hematofluorometer로 측정된 zinc protoporphyrin량과의 비교. 한국산업위생학회지 1993; 3(2):141-151
- 김동일, 김용규, 김정만, 정갑열, 김준연, 장영심, 이영호, 최안홍. 건강한 일부 도시지역 주민의 혈중 연 및 zinc protoporphyrin 농도. 예방의학회지 1992;25(3):287-302
- 김재욱, 이중정, 김창윤, 정중학. 국민학교 학생들의 혈액, 두발 및 조갑 내의 연농도 비교. 예방의학회지 1995;28(1):73-84
- 김정만, 이광목. 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 zinc protoporphyrin치의 의의. 카톨릭대학 의학부 논문집 1984;37(4):939-951
- 김준연, 이재연, 전진호, 문덕환, 이명철, 김병수, 김용완. 연취급 근로자들의 생화학적 검사에 관한 연구. 인제의학 1985;6(3):427-436
- 김진하, 문종국, 박강원, 배강우, 이덕희, 이용환. 산모혈과 제대혈에서 연농도에 관한 조사. 대한산업의학회지 1996;8(3):414-422
- 김창윤. 축전지공장 근로자들의 혈중연농도에 대한 코호트관찰. 예방의학회지 1990; 23(3):324-337
- 박상운, 유광식, 이병규, 김유근, 이화운, 양성봉, 이병호, 최기룡, 주기재, 고재기, 박홍석, 김상복. 울산광역시 환경오염조사 및 환경중기 종합계획 수립(요약보고서). 울산광역시 1997.
- 박정덕, 정규철. 한국인 젊은이의 혈중 연농도. 중앙의대지 1985;10(4):353-361
- 변영우, 사공준, 김창윤, 정중학. 국민학교 저학년 학생들의 두발중 연농도와 관련요인. 영남대학술지 1993;10(1):103-113
- 신해림, 김준연. 연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구. 예방의학회지 1986;19(2):167-176
- 이병규. 연제련 작업자들에서의 연폭로에 관련된 생물학적 지표들의 상호관계. 한국의 산업의학 1984;23(1):1-7
- 이병규. 산업도시 울산의 대기 중 분진농도와 중금속 성분 분석에 관한 연구. 미출간 1997
- 이용환, 이덕희, 김진하, 박인근, 한태영, 장세한. 소아 혈중 연농도에 관한 조사. 대한산업의학회지 1995;7(1):82-87

- 환경부. 환경백서. 1997
- 황인담, 기노석, 이재형, 박인서. 일부 중소도시 기혼 여성의 혈액 및 뇨중 중금속 함량의 상관성에 관한 연구. *예방의학회지* 1987;20(1):49-55
- Baghurst PA, McMichael AJ, Wigg NR, Vimpani GV, Robertson MB, Roberts RJ, Tong SL. Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years. *New Eng J Med* 1992;327(18):1279-1284
- Bellinger DC, Sloman J, Leviton A, Rabinowitz M, Needleman HL, Waternaux C. Low-level lead exposure and children's cognitive function in the preschool years. *Pediatrics* 1991;87(2):219-227
- Bellinger DC, Stiles KM, Needleman HL. Low-level lead exposure, intelligence and academic achievement: A long-term follow-up study. *Pediatrics* 1992;90(6):855-861
- Brody DJ, Pirkle JL, Kramer RA, Flegal KM, Matte TD, Gunter EW, Paschal DC. Blood lead levels in the US population: Phase I of the third national health and nutrition examination Survey (NHANES III, 1988 to 1991). *JAMA* 1994;272(4):277-283
- Centers for Disease Control. Preventing Lead Poisoning in Young Children: A statement by the Centers for Disease Control. Atlanta, GA: Centers for Disease Control, 1985.
- Centers for Disease Control. Preventing Lead Poisoning in Young Children: A statement by the Centers for Disease Control. Atlanta, GA: Centers for Disease Control, 1991.
- Charney E, Sayre J, Coulter M. Increased lead absorption in inner city children: Where does the lead come from? *Pediatrics* 1980;65(2):226-231.
- Committee on Environmental Health. Lead Poisoning: From Screening to Primary Prevention. *Pediatrics* 1993;92(1):176-183
- Davis JM, Svendsgaard DJ. Lead and child development. *Nature* 1987;329(24):297-300
- Kim H, Cho SH. Estimation of geometric means and the reference values of blood lead levels among Koreans. *J Kor Med Sci* 1994;9(4):304-312.
- Needleman HL, Gatsonis CA. Low-level lead exposure and the IQ of children: A meta analysis of modern studies. *JAMA* 1990;263(5):673-678
- Pirkle JL, Brody DJ, Gunter EW, Kramer RA, Paschal DC, Flegal KM, Matte TD. The decline in blood lead levels in the United States: The national health and nutrition examination surveys (NHANES). *JAMA* 1994;272(4):284-291
- Rifai N, Cohen G, Wolf M, Cohen L, Fase C, Savory J, DePalma L. Incidence of lead poisoning in young children from inner city, suburban, and rural communities. *Ther Drug Monit* 1993;15(2):71-74
- Rosenstock L, Cullen MP. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. Philadelphia, WB Saunders Co, 1994, pp. 745-754
- Sartor F, Rondia D. Blood lead levels and age: A study in two male urban populations not occupationally exposed. *Arch Environ Health* 1980;35:110-116
- Sciarillo WG, Alexander G, Farrell KP. Lead exposure and child behavior. *Am J Public Health* 1992;82(10):1356-1360
- Schwartz J, Angle C, Pitcher H. Relationship between childhood blood lead levels and stature. *Pediatrics* 1986;77(3):281-288
- Schwartz J, Otto D. Blood lead, hearing thresholds, and neurobehavioral development in children and youth. *Arch Environ Health* 1987;42(2):153-160
- Schwartz J, Otto D. Lead and minor hearing impairment. *Arch Environ Health* 1991; 46(5):300-305
- Shannon MW, Graef JW. Lead intoxication in infancy. *Pediatrics* 1992;89:87-90
- Weitzman M, Aschengrau A, Bellinger D, Jones R, Hamlin JS, Beiser A. Lead-contaminated soil abatement and urban children's blood levels. *JAMA* 1993; 269(13):1647-1654
- Wilson D, Esterman A, Lewis M, Roder D, Calder I. Children's blood lead levels in the lead smelting town of Port Pirie, South Australia. *Arch Environ Health* 1986;41(4): 245-250
- Yang JS, Kang SK, Park IJ, Rhee KY, Moon YH, Sohn DH. Lead concentrations in blood among the general population of Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 1996;68:199-202