

철분부족아동과 정상아동의 혈액, 소변, 머리카락 속의 납, 카드뮴 수준 차이에 관한 연구

손 숙 미[†] · 양 정 숙

가톨릭대학교 식품영양학과

The Difference of Lead and Cadmium Concentration of Blood, Urine and Hair between Children with Suboptimal Iron Status and Normal Children

Sook Mee Son,[†] Jung Sook Yang

Department of Food Science & Nutrition, The Catholic University of Korea, Puchon, Korea

ABSTRACT

This study was performed to assess the lead and cadmium status of children residing in urban-factory area and to see if there is a difference of lead and cadmium status between the group with normal iron status and the group with suboptimal iron status. The mean lead concentration of male hair was 9.55ppm which is significantly higher than 6.61ppm, that of female. The mean lead concentration of male urine sample was 0.04 μ g/L, which is also higher than 0.03 μ g/L that of female. The mean lead level of erythrocyte, hair and urine of the group with suboptimal iron status was 0.14ppm, 10.03ppm and 48.14 μ g/L, which is higher than 0.08ppm, 6.08ppm and 20.69 μ g/L of normal group, respectively. In a suboptimal group the proportion of children whose urinary lead is higher than normal(35 μ g/L) was 87.3%, whereas 2.5% for a normal group. The mean cadmium concentration of male hair was 2.58ppm, which is higher than 2.48ppm that of a female. The mean cadmium concentration of erythrocyte, hair and urine was 0.25ppm, 2.65ppm and 38.83 μ g/L, which is higher than 0.20ppm, 2.40ppm and 19.78 μ g/L of the normal group, respectively. The proportion of children whose urinary cadmium level is higher than the low limit of risk of cadmium intoxication(40 μ g/L) was 21.4%, whereas 0% for a normal group. Urinary lead and cadmium level showed significantly negative correlation with the RBC count, hematocrit, hemoglobin and serum ferritin, whereas they had significantly positive correlation with FEP/Hb($p < 0.01$). There was no correlation between the IQ and the level of lead and cadmium. (*Korean J Community Nutrition* 3(2) : 167~173, 1998)

KEY WORDS : children with suboptimal iron status · lead and cadmium levels in blood, urine and hair.

[†]**Corresponding author** : Sook Mee Son, Department of Food Science & Nutrition, The Catholic University of Korea, #43-1 Yokkok 2-dong Wonmigu, Puchon city, Kyonggi-do 422-743, Korea
Tel : 032) 340-3318, Fax : 032) 341-9798
E-mail : sonsm@www.cuk.ac.kr

서 론

개발도상국뿐 아니라 선진국에서도 자주 생기는 철분 결핍은 특히 영아 및 학동기 어린이에게 자주 생긴다.

철분결핍은 영아기 및 학동기 어린이에게서 흔히 납 중독과 동반되어 일어나기도 한다.

납은 자연계에 널리 존재하고 산업에 많이 이용되는 중금속의 하나로 페인트, 접합제 등의 섭취, 공기를 통한 호흡, 피부를 통해 흡수된다(Schütz 등 1984).

철분은 장점막내의 흡수 수용체(absorptive receptor)에 대해 납과 서로 경쟁하므로(Conrad & Barton 1978) 철분부족시에는 납의 흡수가 촉진되어 납중독이 되기 쉽다. 또한 한편으로 납중독은 철분의 이동과 이용을 방해하고 heme합성에 필요한 효소의 활성을 저해시켜(Skerfving 1988) 철분결핍에 의한 빈혈을 일으키게 되어 철분결핍과 납중독이 동시에 일어나기가 쉽다.

철분부족은 또한 카드뮴의 체내축적을 증가시킨다. Franagan 등(1980)에 의하면 동물실험에서 철분의 식이섭취량 부족은 카드뮴의 흡수를 증가시킨다고 하였고, 이러한 현상은 사람에게서도 관찰되었다(Franagan 등 1978).

카드뮴은 부식되지 않는 성질때문에 전기제품의 도금, 합금, 축전지 및 도료 등의 공업에 널리 이용되고 있어(Page & Chang 1986) 이러한 공장지역에 살면서 철분이 부족한 어린이들은 카드뮴에 중독되기 쉽고 생각된다. Ely 등(1981)은 주의 집중력이 떨어지는 어린이들의 머리카락의 납과 카드뮴 수준이 높았다고 보고하여 특히 어린이들의 납, 카드뮴 중독은 정신적인 수행능력에도 영향을 끼칠 수 있다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 도시공장지역에 거주하는 저소득층 학동기 아동을 대상으로 적혈구, 머리카락, 소변의 납, 카드뮴을 측정하여 철분부족 어린이들의 납이나 카드뮴 수준이 정상군과 차이가 있는지 알아보았으며 조직의 납, 카드뮴 수준과 철분지표, 정신적인 수행능력을 측정 한다고 알려져 있는 지능지수와와 상관관계를 보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

부천시 공장주변의 초등학교 5학년 어린이 260명을

대상으로 조사를 실시한 다음 적혈구수(남자 : $<4.4 \times 10^6/\text{mm}^3$, 여자 : $<3.5 \times 10^6/\text{mm}^3$), 혹은 hemoglobin(남자 : $<13\text{g/dl}$, 여자 : $<12\text{g/dl}$)(Dallman 1980) 혹은 serum ferritin($<20\text{ng/ml}$)(Gibson 1990)인 사람을 철분부족아동으로 분류하였다. 본 조사에서는 철분결핍보다는 철분결핍 가능성이 있는 군으로써 철분부족군(suboptimal)으로 정의하였다.

이때 철분부족아동은 108명(남자 : 65, 여자 : 43)이었고 정상아동은 152명(남자 : 71, 여자 : 81)이었다(양정숙 · 손숙미 1998).

2. 적혈구, 머리카락, 소변의 납과 카드뮴 분석

적혈구의 납, 카드뮴은 적혈구 3.5g을 취하여 50℃ 건조기에서 24시간 동안 말린 다음 진한 질산 : 진한황산 (5 : 2) 용액을 가한후 킬달장치에서 분해한 후 다시 perchloric acid로 습식분해하여 분석에 사용하였다(Bessman & Layne 1955).

머리카락의 경우 두피에서 가까운 2cm 가량의 머리카락을 취하여 공기에서의 노출로 인한 오염을 최소화하고자 하였다. 머리카락의 납, 카드뮴의 경우 머리카락 0.5g을 온수에서 baby shampoo(Johnson & Johnson)로 잘 세척시킨 후 absolute alcohol에 5분간 담가두었다가 1mole의 EDTA 용액에서 10분간 방치한 후 증류수로 씻어 50℃의 온풍기에 건조시켜 머리카락 외부의 납, 카드뮴 오염을 최소화하였다(Sheaer 등 1982).

전처리과정을 끝낸 다음 머리카락을 진한 질산과 perchloric acid를 써서 습식분해한 후 증류수로 회석하여 분석에 사용하였다(Capel 등 1981).

소변은 8ml를 4,000rpm 5℃에서 10분간 원심분리하여 상층액만 취한 후 진한 염산으로 pH 3~4로 조정된 다음 분석에 사용하였다(Bauer 1982).

이때 사용한 모든 실험기구는 10% 질산용액에서 48시간 이상 담가둔 후 탈이온 증류수로 3번정도 행구어 말려 사용하였다. 납, 카드뮴의 측정에는 ICPQ(Inductively Coupled Plasma Quantorecorder, Jobin Yvan JY24, 1992)를 사용하였으며 각 시료에 대해 3번 측정하여 평균값을 사용하였다.

납과 카드뮴함량 측정을 위해 사용된 ICPQ의 분석 조건은 Table 1과 같다.

3. 지능검사

심리학과 재학생들의 도움을 받아 초등학교 고학년

Table 1. Analytical conditions of ICPQ for the analysis of lead and cadmium contents

| | Lead | Cadmium |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Wave Length(nm) | 220.353 | 214.438 |
| Nebulizer flow(l/min) | 0.3 | 0.3 |
| Plasma flow(l/min) | 12 | 12 |
| Sample flow(ml/min) | 1.2 | 1.2 |
| Rf generator power(watt) | 1000 | 1000 |
| Observation height(cm) | 64 | 64 |
| H.V.(V) | 800 | 625 |
| Mode | 5 | 5 |
| Time(Sec) | 2 | 2 |
| Gas | argon gas | argon gas |

용 지능검사지(중앙출판사 1995)를 사용하여 지능지수를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 적혈구, 머리카락, 소변의 납과 카드뮴 농도

평균 적혈구 납농도는 남자아동의 경우 0.11ppm, 여자아동의 경우 0.11ppm으로 남녀간에 차이가 없었으나 머리카락의 납농도는 남자가 9.55ppm으로 여자의 6.61ppm보다 유의적으로 높았고($p < 0.001$) 소변의 납수준은 남아가 38.35 $\mu\text{g/L}$, 여아가 32.39 $\mu\text{g/L}$ 로 남아가 유의적으로 높았다($p < 0.05$)(Table 2).

납은 식사, 식품, 자동차에서 내뿜는 매연이 섞인 공기 등을 흡입함으로써(송정자 1983) 또한 알코올음료, 담배(Quinn 1985)를 통하여 체내에 축적되게 된다.

특히 어린이의 경우 납땀한 금속캔과 알루미늄 용기 등을 사용한 식품으로부터 납을 섭취하게 되고 납이 함유된 페인트 등을 통하여도(Skerfving 1988) 섭취된다.

특히 납제련소, 배터리 공장, 납쇠공장, 유리공장, 폴리비닐크로라이드 공장 근처에서 사는 어린이들은 납에 오염되기 쉽다(Skerfving 1988).

본 연구에서 적혈구 납농도의 범위는 0.04~0.24ppm으로 나타났는데 이는 Robinson 등(1958)이 보고한 4살이상 어린이의 평균 적혈구 납농도인 0.65 ppm보다 낮은 수치였다. 납은 혈액에서 99%가 적혈구에 존재하고 1%가 혈장에 존재하며 적혈구에서는 hemoglobin

Table 3. Lead concentration of erythrocyte, hair and urine between group with suboptimal iron status and normal group

| | Normal | Suboptimal |
|-------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Erythrocyte lead(ppm) | 0.08 \pm 0.00 | 0.14 \pm 0.00 ¹⁾ ** |
| Hair lead(ppm) | 6.08 \pm 0.42 | 10.03 \pm 0.51** |
| Urine lead($\mu\text{g/L}$) | 20.69 \pm 1.00 | 48.14 \pm 1.33** |

1) Mean \pm SE

** : Significantly different with Student t-test at $\alpha = 0.01$

에 결합되어 있다(Ragharan 등 1980).

무기질과 중금 속의 경우 머리카락의 함량을 재으로써 간접적으로 체내 무기질 상태를 판정할 수 있다(Nordberg & Nishiyama 1972). 본 연구에서는 남아아동의 머리카락 납농도는 Chisolm(1970)이 보고한 정상치인 42ppm보다 낮았으나 남아아동이 더 높았다.

납은 대부분 소변과 대변을 통하여 배설되며 혈액의 납성분이 증가할수록 배설량도 증가하므로 소변의 납수준은 납에 오염된 정도를 감시하는데 중점적으로 사용되었다(Skerfving 1988). 소변의 납농도는 소변의 density에 따라 다르나 정상적인 뇨의 납농도는 35 $\mu\text{g/L}$ 로 알려져 있다(송정자 1983). 소변 속의 납배설량은 전체몸의 납 저장량을 반영하고 최근의 납 섭취량을 간접적으로 반영한다고 알려져 있고(Six & Goyer 1972), 본 연구에서는 남아아동의 경우 평균 소변의 납농도보다 높았으므로 남아아동의 납저장량이나 최근의 납섭취량이 여자보다 높았던 것으로 생각된다.

철분부족군의 적혈구, 머리카락, 소변의 평균 납농도는 각각 0.14ppm, 10.03ppm, 48.14 $\mu\text{g/L}$ 로써 정상군의 0.08ppm, 6.08ppm, 20.69 $\mu\text{g/L}$ 에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.001$).

철분이 부족한 경우에는 납흡수가 증가하고(Barton 등 1978 : Watson & Hume 1983) 체내의 납보유가 많아져(Barton 등 1978) 철분부족 아동의 적혈구, 머리카락, 소변의 납농도가 증가된 것으로 생각된다. 철분부족 아동의 경우 소변의 납농도가 정상 뇨의 납농도인 35 $\mu\text{g/L}$ 를 초과하는 아동의 비율이 87.3%였으나 정상군의 경우 2.5%였다.

따라서 철분이 부족할 경우 납중독이 되기 쉽고 도시

Table 2. Mean levels of lead in erythrocyte, hair and urine according to gender

| | Male | Range | Female | Range |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Erythrocyte lead(ppm) | 0.11 \pm 0.00 ¹⁾ | 0.04 - 0.2 | 0.11 \pm 0.00 | 0.04 - 0.24 |
| Hair lead(ppm) | 9.55 \pm 0.56 | 0.25 - 26.56 | 6.61 \pm 0.40*** | 0.53 - 22.61 |
| Urine lead($\mu\text{g/L}$) | 38.35 \pm 1.77 | 5.60 - 84.80 | 32.39 \pm 2.00 | 1.20 - 58.00 |

1) Mean \pm SE *** $p < 0.001$

Table 4. Mean levels of cadmium in erythrocyte, hair and urine according to gender

| | Male | Range | Female | Range |
|--------------------------|-------------------------|---------------|------------|---------------|
| Erythrocyte cadmium(ppm) | 0.23±0.01 ¹⁾ | 0.11 - 0.43 | 0.22±0.00 | 0.16 - 0.39 |
| Hair cadmium(ppm) | 2.58±0.03 | 2.22 - 3.84 | 2.47±0.02* | 2.20 - 2.91 |
| Urine cadmium(µg/L) | 31.41±0.95 | 18.20 - 48.80 | 28.78±1.11 | 18.20 - 50.40 |

1) Mean±SE

저소득층 공장주변어린이들은 이 두가지 조건이 공존하고 있어 납중독위험을 저하시키기 위해서는 특히 철분부족이 되지 않도록 하여야 한다고 사료된다.

남자아동의 경우 평균 적혈구와 소변의 카드뮴은 각각 0.23ppm, 31.40µg/L로 여자의 0.22ppm, 28.78µg/L에 비해 유의차가 없었으나 머리카락의 카드뮴은 남자아동의 경우 2.58ppm으로 여자의 2.47ppm에 비해 유의하게 높았다($p<0.005$). 머리카락 속의 카드뮴은 Friberg 등(1974)이 제시한 정상기준치인 1~2ppm에 비해 남녀아동 모두 높았으며 Ely 등(1981)이 제시한 9~12세의 학습장애 아동의 머리카락 농도인 1.13ppm(남자), 1.20ppm(여자)보다도 높았다(Table 4). 따라서 본 조사대상 어린이들은 카드뮴 중독에 노출되어 있는 것으로 생각된다.

카드뮴은 부식되지 않는 성질때문에 전기제품의 고금, 합금, 축전지 및 도료 등의 공업에 널리 사용되고 있으므로(Page & Chang 1986) 전자제품공장, 철제, 합금공장 등의 공기흡입을 통하여 섭취하며 담배 흡연과 오염된 토양에서 재배된 식품 등으로 섭취된다(Friberg & Elinder 1988).

철분부족군의 적혈구, 머리카락, 소변의 평균 카드뮴 농도는 각각 0.25ppm, 2.65ppm, 38.83µg/L로써 정상군의 0.20ppm, 2.40ppm, 19.78µg/L에 비해 유의하게 높았다($p<0.01$)(Table 5).

특히 소변의 카드뮴함량은 대부분이 그동안에 축적된 카드뮴 중독상태나 체내보유량 특히 신장보유량을 대변한다고 보고되었다(Lauwerys 1983).

본 연구에서 철분부족 아동의 경우 평균 소변 카드뮴

Table 5. Cadmium concentration of erythrocyte, hair and urine between group with suboptimal iron status and normal group

| | Normal | Suboptimal |
|--------------------------|-------------------------|--------------|
| Erythrocyte cadmium(ppm) | 0.20±0.00 ¹⁾ | 0.25±0.01** |
| Hair cadmium | 2.40±0.01 | 2.65±0.02** |
| Urine cadmium | 19.78±0.18 | 38.83±0.25** |

1) Mean±SE

** : Significantly different with Student t-test at $\alpha=0.01$

함량이 38.83µg/L로 위험치의 low limit인 40µg/L에 근접하고 있으며 소변의 카드뮴 농도가 40µg/L이상인 어린이들이 21.4%를 보여 카드뮴 중독위험에 노출된 어린이들이 상당히 있는 것으로 생각된다. 정상군의 경우 평균 소변 카드뮴 함량도 19.78µg/L로 낮았을 뿐 아니라 소변의 카드뮴 농도가 40µg/L이상인 어린이들이 한명도 없어 철분부족 어린이들이 상대적으로 카드뮴에 중독되기 쉽다는 것을 보여준다. 이는 철분부족 아동의 경우 철분 부족으로 인한 카드뮴의 흡수와 보유가 증가하기(최미경 등 1994) 때문으로 보인다. 또한 단백질과 칼슘은 카드뮴의 흡수를 억제시키고 간과 신장조직내의 카드뮴 축적을 감소시킨다고 보고되었는데(김미경·이혜영 1988; Omori & Muto 1978), 본 조사에서는 철분부족 아동의 경우 철분뿐 아니라 단백질, 칼슘의 섭취량이 정상아동군에 비해 더 적었으므로 단백질과 칼슘섭취 부족도 카드뮴 흡수와 보유를 늘리는 데 일조를 하였으리라고 생각된다.

2. 철분지표와 납, 카드뮴 함량사이의 상관관계

어린이들의 적혈구의 납농도와 소변의 납농도는 RBC count($p<0.01$), hematocrit($p<0.01$), hemoglobin($p<0.01$), serum ferritin($p<0.01$)와 유의적인 음의 상관관계를 보였고 FEP, FEP/Hb와는 유의적인 양의 상관관계를 보였으며($p<0.05\sim p<0.01$) 머리카락의 납농도는 hematocrit($p<0.05$), hemoglobin($p<0.01$), MCHC($p<0.05$)와 유의적인 음의 상관관계를 보였다(Table 6).

적혈구, 머리카락, 소변의 납농도 중에서 소변의 납농도가 철분지표와의 상관계수가 0.4194에서 0.2762로 가장 높았으며 특히 serum ferritin은 소변의 납농도와 $r=-0.4194$ 의 상관계수를 보여 serum ferritin이 낮을수록 소변의 납농도가 증가하는 것을 보여주었으며 serum ferritin은 소변의 납농도 variation의 17.6%를 설명할 수 있었다($R^2=17.5896$).

Carraccio 등(1987)은 납은 적혈구의 protoporphyrin으로부터 heme의 합성을 방해하므로 혈중 납농도

Table 6. Correlation coefficients between hematologic parameters and lead concentrations

| | Erythrocyte Lead | Hair Lead | Urine Lead |
|----------------|------------------|-----------|------------|
| RBC count | -0.2263** | -0.1233 | -0.2762** |
| Hematocrit | -0.2745** | -0.1701* | -0.2950** |
| Hemoglobin | -0.2787** | -0.2077** | -0.3199** |
| MCV | -0.0307 | -0.0657 | 0.0063 |
| MCH | -0.0554 | -0.1274 | -0.0462 |
| MCHC | -0.0420 | -0.1788* | -0.0178 |
| Serum ferritin | -0.2310** | -0.0221 | -0.4194** |
| FEP | 0.1756* | 0.0138 | 0.2444** |
| Serum iron | -0.0422 | -0.0872 | -0.0404 |
| TIBC | 0.0711 | -0.0761 | 0.0191 |
| TS | -0.1011 | -0.0515 | -0.0769 |
| FEP/Hb ratio | 0.1877* | 0.0413 | 0.2757** |

*p<0.05 **p<0.01

와 FEP, FEP/Hb와의 부의 상관계수가 매우 컸으며 납중독을 예측하는데 FEP농도를 혈중 납농도와 함께 쓸 수 있다고 보고하였으나 본 연구에서는 FEP와 적혈구 납농도, 소변의 납농도와의 상관계수는 유의하였으나 크기가 각각 $r=0.1756, 0.2444$ 로 매우 낮았고 FEP와 머리카락 납농도는 유의적인 상관관계가 없었다.

혈중 철분지표와 적혈구, 머리카락, 소변의 카드뮴 농도도 납과 비슷한 경향을 보였다(Table 7). 즉 적혈구 카드뮴은 RBC count($p<0.01$), hemoglobin($p<0.01$)과 유의한 부의 상관관계를 보였으며 머리카락의 카드뮴과 소변의 카드뮴은 RBC count($p<0.05$), hematocrit($p<0.01$), hemoglobin($p<0.01$), serum ferritin($p<0.05\sim p<0.01$)과 유의한 부의 상관관계를 보였고 머리카락의 카드뮴은 FEP/Hb와 유의한 정의 상

Table 7. Correlation coefficients between hematologic parameters and cadmium concentrations

| | Erythrocyte Cadmium | Hair Cadmium | Urine Cadmium |
|----------------|---------------------|--------------|---------------|
| RBC count | -0.1606* | -0.1916* | -0.2949** |
| Hematocrit | -0.2154** | -0.2130** | -0.3275** |
| Hemoglobin | -0.2472** | -0.2477** | -0.3440** |
| MCV | -0.0682 | -0.0622 | -0.0093 |
| MCH | -0.0997 | -0.0723 | -0.0416 |
| MCHC | -0.1085 | -0.0454 | -0.0427 |
| Serum ferritin | -0.1485 | -0.1721* | -0.4218** |
| FEP | 0.0332 | 0.1504 | 0.2612** |
| Serum iron | -0.0719 | 0.0451 | -0.0576 |
| TIBC | -0.0388 | -0.0841 | -0.0088 |
| TS | -0.0289 | -0.0289 | -0.0647 |
| FEP/Hb ratio | 0.0661 | 0.2062** | 0.2651** |

*p<0.05 **p<0.01

관관계를($p<0.01$), 소변의 카드뮴은 FEP($p<0.01$), FEP/Hb($p<0.01$)와 유의한 정의 상관관계를 보였다.

적혈구 카드뮴은 유의적 상관계수를 보인 철분지표의 숫자도 적었고 상관계수의 크기도 작았다. 소변의 카드뮴은 소변의 납과 마찬가지로 유의적 상관관계를 보인 철분지표의 수가 가장 많았으며 상관계수도 컸다. 특히 serum ferritin과 소변의 카드뮴의 상관계수는 $r=-0.4218$ 로써 제일 높았으며 serum ferritin은 소변의 카드뮴변화의 17.8%($R^2=17.7915$)를 설명할 수 있었다.

카드뮴의 경우에도 FEP와 FEP/Hb와의 상관계수가 유의하지 않거나 유의하여도 크기가 크질 않아 본 연구에서는 serum ferritin이 소변의 납과 카드뮴 농도를 예측하는데 가장 좋은 지표라고 생각된다.

3. 지능지수와 납, 카드뮴과의 상관관계

조사대상 어린이의 지능지수와 체내 납과 카드뮴 농도와의 상관관계는 Table 8에 나타나있다.

어린이들의 납에 대한 노출은 운동실조증, 경련같은 encephalopathy를 가져올 수 있으며 이러한 임상증세 없이도 정신능력 측정에서 수행능력이 손상되고 피곤, 불안, 기억력상실 같은 가벼운 증세가 일어나기도 한다(EPA 1986). 이러한 증상은 혈액의 납농도가 0.5~0.6 ppm일때 일어난다고 보고되었으나(Hogstedt 등 1983), 그보다 더 낮은 농도인 0.3ppm에서도 일어날 수 있으므로(Mantere 등 1984) 조직의 납이나 카드뮴은 정신크 측정을 재는 지능지수와 부의 상관관계를 보일 것이라고 추측하였다. 그러나 본 연구에서는 정상군과 철분 결핍군의 지능지수에 유의차가 없었으며 조직의 납과 카드뮴농도도 지능지수와 유의적인 상관관계를 보이지 않았다. 이는 본 연구 대상자들의 적혈구 혹은 소변의 납과 카드뮴농도가 중독을 유발할 정도로 높지 않았으

Table 8. Intelligence quotient(IQ) and correlations with lead and cadmium concentration

| | Normal | Suboptimal |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Intelligence quotient(IQ) | 106.92±1.33 | 105.82±1.39 ¹⁾ |
| | Intelligence quotient(IQ) | |
| Erythrocyte Lead | -0.0124 ²⁾ | |
| Hair Lead | -0.0227 | |
| Urine Lead | -0.0134 | |
| Erythrocyte Cadmium | -0.0669 | |
| Hair Cadmium | 0.0414 | |
| Urine Cadmium | -0.0406 | |

1) Mean ± SE

2) Correlation coefficients

므로 상관관계가 약하게 나타난 것으로 생각된다.

결론

부천시 공장주변의 초등학교 5학년 어린이 260명을 대상으로 적혈구, 머리카락, 소변의 납과 카드뮴 측정을 실시하였고 아동을 적혈구수, 헤모글로빈, serum ferritin 등의 지표를 사용하여 철분부족아동군 108명(남 65명, 여 43명)과 정상군 152명(남 71명, 여 81명)으로 나누어 각 군에서의 납과 카드뮴 수준차이를 살펴 보았으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 머리카락의 평균 납농도는 남자의 경우 9.55ppm으로 여자의 6.61ppm보다 유의하게 높았고($p < 0.001$) 소변의 납도 남자 0.04 $\mu\text{g}/\text{L}$, 여자 0.03 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로써 남자 아동이 유의하게 높았다($p < 0.05$).

2) 철분부족군의 경우 적혈구, 머리카락, 소변의 평균 납농도는 각각 0.14ppm, 10.03ppm, 48.14 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로써 정상군의 0.08ppm, 6.08ppm, 20.69 $\mu\text{g}/\text{L}$ 에 비해 유의하게 높았다($p < 0.01$). 철분부족 아동의 경우 소변의 Pb농도가 정상치인 35 $\mu\text{g}/\text{L}$ 를 초과하는 비율이 87.3%였으나 정상군의 경우 2.5%였다.

3) 머리카락의 평균 카드뮴농도는 남자아동의 경우 2.58ppm으로써 여자의 2.47ppm에 비해 유의하게 높았다($p < 0.05$). 철분부족군의 경우 적혈구, 머리카락, 소변의 평균 카드뮴 농도는 각각 0.25ppm, 2.65ppm, 38.83 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로써 정상군의 0.20ppm, 2.40ppm, 19.78 $\mu\text{g}/\text{L}$ 에 비해 유의하게 높았다($p < 0.01$).

특히 철분부족군의 머리카락의 카드뮴은 정상치인 1~2ppm을 넘었으며 학습장애 아동의 카드뮴농도인 1.13~1.20ppm보다도 높았고 소변의 카드뮴 함량의 경우 위험치의 low limit인 40 $\mu\text{g}/\text{L}$ 이상인 어린이들이 21.4%를 보여 카드뮴 중독위험에 노출된 어린이들이 상당히 있는 것으로 생각된다.

4) 적혈구의 납농도와 소변의 납농도는 RBC count ($p < 0.01$), hematocrit ($p < 0.01$), hemoglobin ($p < 0.01$), serum ferritin ($p < 0.01$)과 유의적인 음의 상관관계를 보였고 FEP, FEP/Hb와는 유의적인 양의 상관관계를 보였다. 특히 소변의 납농도는 serum ferritin과 $r = -0.4194$ 의 상관계수를 보여 상관관계가 가장 높았으며 따라서 serum ferritin은 소변의 납농도 variation의 17.6%를 설명할 수 있었다.

5) 머리카락의 카드뮴과 소변의 카드뮴은 RBC co-

unt ($p < 0.05$), hematocrit ($p < 0.01$), hemoglobin ($p < 0.01$), serum ferritin ($p < 0.05 \sim p < 0.01$)과 유의한 부의 상관관계를 보였고 FEP/Hb와는 유의한 정의 ($p < 0.01$) 상관관계를 보였다.

납과 마찬가지로 카드뮴의 경우에도 serum ferritin과 $r = -0.4218$ 의 상관계수를 보여 상관관계가 가장 높았다.

6) 조사대상 어린이들의 지능지수와 조직의 납, 카드뮴 농도와는 상관관계가 없었다.

참고문헌

- 김미경 · 이혜영(1988) : 식이내 cd과 단백질 수준이 흰쥐의 체내 단백질 대사 및 cd중독에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21 : 410-418
- 승정자(1983) : 극미량원소의 영양, pp.317-333, 민음사, 서울
- 양정숙 · 손숙미(1998) : 철분부족아동과 정상아동의 영양소 섭취량, 신체계측치, 기호도 조사에 관한 비교연구. *지역사회영양학회지* 게재중
- 최미경 · 김애경 · 전예숙 · 김화남 · 노숙령 · 승정자(1994) : 카드뮴의 장기중독시 흰쥐의 카드뮴 축적에 미치는 효과. *한국영양학회지* 27(7) : 709-716
- Barton JC, Conrad ME, Nuby S, Harrison L(1978) : Effect of iron on the absorption and retention of lead. *J Lab Clin Med* 92(4) : 536-547
- Bauer JD(1982) : Clinical laboratory method, pp.506-508, CV Mosby Company
- Bessman SP, Layne EC Jr(1955) : A rapid procedure for the determination of lead in blood or urine in the presence of organic chelating agents. *J Lab Clin Med* 45(1) : 159-166
- Capel ID, Pinnock MH, Dorrell HM, William DC, Grant EC(1981) : Comparison of concentrations of some trace, bulk, and toxic metals in the hair of normal and dyslexic children. *Clin Chem* 27(6) : 879-881
- Carraccio CL, Bergman GE, Deley BP(1987) : Combined iron deficiency and lead poisoning in children : Effect on FEP levels. *Clin Pediatr* 26(12) : 644-647
- Chisolm JJ Jr(1970) : Poisoning due to heavy metals. *Pediatric Clin North Am* 17(3) : 591-614
- Conrad M, Barton JC(1978) : Factors affecting the absorption of lead in the rat. *Gastroenterology* 74 : 731-740
- Dallman PR, Simes MA, Stekel A(1980) : Iron deficiency in infancy and childhood. *Am J Clin Nutr* 33 : 368-417
- Ely DL, Mostadi RA, Woebkenberg N, Worstall D(1981) : Aerometric hair trace metal content in learning disabled children. *Env Res* 25 : 325-339
- EPA(1986) : "Air quality criteria for lead." EPA-600/8-83/

- 028aF. Vol. 1-IV. Environmental protection agency, environmental criteria and assessment office, Research Triangle Park, NC
- Franagan PR, Haist J, Valberg LS(1980) : Comparative effects of iron deficiency induced by bleeding and a low-iron diet on the intestinal absorptive interactions of iron, cobalt, manganese, zinc, lead and cadmium. *J Nutr* 110 : 1754-1763
- Franagan PR, MacLellan JS, Haist J, Cherian MG, Chamberlian MJ, Valberg LS(1978) : Increased dietary cadmium absorption in mice and human subjects with iron deficiency. *Gastroenterology* 74 : 841-846
- Friberg L, Elinder CG(1988) : Cadmium toxicity in humans. In : Essential and toxic trace elements in human health and disease, pp.559-589, Alan R Liss
- Friberg L, Piscator M, Nordberg GF, Kjellström(1974) : Cadmium in the environment. Chem Rubber Publ co, Cleveland, Ohio
- Gibson RS(1990) : Principles of nutritional assessment, pp. 349-372, oxford university press, New York, oxford
- Hogstedt C, Hane M, Argel A, Bodin L(1983) : Neuropsychological test results and symptoms among workers with well-defined long-term exposure to lead. *Brit J Ind Med* 40 : 99-105
- Lauwerys RR(1983) : Industrial chemical exposure : Guidelines for biological Monitoring. Davis Ca : Biomedical Publications
- Mantere P, Hanninen H, Hermberg S, Luukonen R(1984) : A prospective follow up study on psychological effects in workers exposed to low levels of lead. *Scand J Work Environ Health* 10 : 43-50
- Nordberg GF, Nishiyama K(1972) : Whole body and hair retention of cadmium in mice. *Arch Environ Health* 24 : 209-214
- Omori M, Muto Y(1978) : Effects of dietary protein, Ca, P, fiber on renal accumulation of exogenous Cd in young rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 23 : 361-366
- Page AL, Chang AC(1986) : Cadmium springer, pp.33-75, Verlag Berlin Heidelberg Germany
- Prasad AS(1988) : Essential and toxic trace elements in human health and disease. In : Skerfving S, eds. Toxicology of Inorganic Lead, pp.611-630, Alan R. Liss, Inc., New York
- Quinn MJ(1985) : Factors affecting blood lead concentrations in the UK : Results of the EEC blood lead surveys, 1979-81. *Int J Epid* 14 : 420-431
- Ragharan SRV, Culver BD, Gonick HC(1980) : Erythrocyte lead binding protein after occupational exposure : I. Relationship to lead toxicity. *Environ Res* 22 : 264-270
- Robinson MJ, Karpinski FE, Brieger H(1958) : The concentration of lead in plasma, whole blood and erythrocytes of infants and children. *Pediatrics* 5 : 793-797
- Schütz A, Ranstam J, Skerfving S, Tejning S(1984) : Blood lead levels in school children in relation to industrial emission and automobile exhausts. *Ambio* 13 : 115-117
- Shearer TR, Larson K, Neuschwander J, Gedre B(1982) : Minerals in the hair and nutrient intake of autistic children. *J Aut Develop Disorders* 12(1) : 25-34
- Six KM, Goyer RA(1972) : The influence of iron deficiency on tissue content and toxicity of ingested lead in the rat. *J Lab Clin Med* 79(1) : 128-135
- Skerfving S(1988) : Toxicology of inorganic lead. In : Essential and toxic trace elements in human health and disease, pp.620-621, Alan R Liss, Inc.
- Watson WS, Hume R(1983) : Iron and lead absorption in humans. *Am J Clin Nutr* 38 : 331