

일상식을 섭취하는 일부 농촌 성인 남녀의 식이, 혈액 및 뇨중의 납, 철분, 구리 수준

승 정 자

숙명여자대학교 식품영양학과

The Dietary, Blood and Urinary Levels of Lead, Iron and Copper in Self Selected Dietary Rural People

Chung-ja Sung

Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

This study was carried out to estimate intake level of Pb, Fe, Cu in rural area of Korea (12 males and 18 females). Analyses for the nutritional status of the record, duplicated diet collections, 24-hour urine collections, and venous blood sampling before measuring of blood pressure. The mean age and blood pressure of the subjects were 45.8 ± 11.1 years and $117.5 \pm 22.2 / 80.8 \pm 15.6$ mmHg in males, and 41.9 ± 11.0 years, $110.0 \pm 11.9 / 73.9 \pm 8.5$ mmHg in females, respectively. In respect to both males and females, mean BMI were 22.0 ± 2.3 , 23.1 ± 3.0 , mean Röhrer index were 131.8 ± 14.8 , 142.4 ± 20.2 and mean skinfold thickness were 12.4 ± 5.9 mm, 25.3 ± 7.4 mm, respectively. The daily mean intakes of Pb, Fe, and Cu estimated for 3 days were 277.2 ± 111.2 μ g/day, 12.7 ± 7.6 mg/day, and 3.0 ± 1.4 mg/day in males and 192.0 ± 72.4 μ g/day, 13.3 ± 5.8 mg/day, and 3.7 ± 1.7 mg/day in females, respectively. The mean concentrations of serum Pb, Fe, Cu were 11.0 ± 2.0 μ g/dl, 131.1 ± 42.6 μ g/dl, 120.3 ± 25.7 μ g/dl in males and 9.0 ± 1.2 μ g/dl, 112.2 ± 35.9 μ g/dl, 117.3 ± 17.9 μ g/dl in females, respectively. The mean levels of Hb and Hct were 15.1 ± 1.1 g/dl, 45.2 ± 3.3 % in males and 13.1 ± 0.8 g/dl, 39.8 ± 2.6 % in females, respectively. The 24-hour urinary excretions of Pb, Fe, Cu were 35.5 ± 10.0 μ g/day, 0.16 ± 0.12 mg/day, 60.12 ± 0.02 μ g/day in males, and 25.3 ± 11.0 μ g/day, 0.24 ± 0.20 mg/day, 70.07 ± 0.03 μ g/day in females, respectively. In conclusion, the Pb intake in self selected diet of this subjects was not in the level that antagonized to Fe and Cu metabolism seriously.

Key words : Pb, Fe, Cu

서 론

최근 국내의 여러 메스컴의 보도에 의하면 고도의 산업화로 산업장의 폐수나 자동차의 매연가스와 배기가스 등으로 인해 납이 자연계에 널리 분포해 있는 실정이다^{1,2}. 우리나라 역시 지난 수십년간 경제성장에 따라 자동차 이용과 환경오염을 일으킬 가능성이 높은 산업체가 매년 늘고있어 심각한 문제가 아닐 수 없으며 실제로 대기중의 납수준이 그 기준치를 훨씬 넘고 있다고 한다. 그리고 미국의 뉴스위크지³는 6세이하 미국어린이 9명중 1명꼴로 혈액 납 수치가 위험선에 달했다는 미국 환경청 통계를 인용하여 이 문제의 심각성을 지적하였다.

납은 적은 양의 흡수에도 독성을 일으킬 가능성이 큰 원소로서 일단 흡수되면 뼈와 근육조직을 통해서 간으로 이동되어 간에서 담즙을 통해 배설된다. 식품에 아주 적은 양의 납이 함유되어 있으면 체내에 흡수되더라도 거의 전부가 빠른 속도로 배설된다. 그러나 과량의 납은 흡수량보다 배설량이 훨씬 적기 때문에 그로 인해서 뼈와 조직에 축적된다⁴. 식품으로 섭취하는 납의 흡수율은 6~10% 정도이다. 사람의 납 섭취량은 식수, 공기, 음식으로 0.3~0.6mg/day로 계산했을 때 체내에는 하루에 약 80 μ g이 보유되며 24시간 뇨로 배설되는 납의 함유량은 약 80 μ g이다⁵.

Flangan 등⁶은 쥐에게 200ppm의 납을 공급하면서 0ppm, 5ppm의 구리를 공급한 후 헤모글로빈 함량을

비교한 결과 각각 $8.2 \pm 0.6 \text{g/dl}$, $12.3 \pm 0.5 \text{g/dl}$ 로 구리가 부족한 군에서 감소되었다고 보고하였다. 이와같이 납독성과 구리부족 모두는 헴(heme)합성을 방해하여 철분대사에 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다⁷⁾. 그리고 식이 성분 중 납은 장점막내의 흡수 수용체(absorptive receptor)에 대해 철분과 경쟁함으로써 철분의 흡수를 감소시키며, 헴합성 과정중 헴합성에 수반되는 효소인 delta-ALA (aminolevulinic acid) synthetase, delta-ALA dehydratase를 저해하므로써 조혈작용을 변화시키기때문에 빈혈을 초래하며, 이때 구리의 부족식이 이러한 납의 흡수를 더욱 촉진시켜 철분대사가 더 저해된다고 한다^{8,9)}. 그리고 구리는 성장과 hematopoietic parameters에 대한 납의 길항작용을 유의적으로 감소시킨다고 한다^{10,11)}.

이와같이 사람과 환경에서 납중독의 병리현상은 조혈작용과 관련된 것으로 여겨진다. 따라서 그동안 납독성에 경감효과가 있는 영양소들에 관한 연구들 즉, 섬유소의 효과¹²⁾, 단백질의 효과¹³⁾, 셀레늄의 효과¹⁴⁾, 미량원소들의 효과^{15,16)} 등에 관한 연구들이 보고되어 있다. 특히 철분, 구리와 같은 미량원소들은 체내 흡수과정에서 납과의 길항효과가 밝혀져 그 중요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환경오염의 정도가 날로 심해지는 현 시점에서 농촌지역을 대상으로 평상식이를 통한 납, 철분 및 구리의 섭취수준과 혈청 및 뇨 중 함량을 측정하여 현재 납중독의 여부와 그 예방책을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

연구대상 및 방법

본 연구는 경기도 용인군 포곡면 영문리에 거주하는 26세부터 59세 사이의 건강한 성인 남녀(남자 12명, 여자 18명) 30명을 대상으로 3일 동안 실시하였다.

시료 수집

대상자들의 식이섭취 조사는 계량에 익숙하고 훈련된 조사원에 의해 칭량법과 식이 기록법을 이용하여 실시하였다. 대상자들이 3일 동안 섭취한 모든 식품의 종류, 재료, 분량 등은 1일 단위로 대상자들과의 직접적인 면담 및 섭취 식품의 직접적인 칭량에 의해 자세하게 기록하였다. 이와동시에 3일 동안 섭취한 모든 식품은 4g/L EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid) 용액으로 12시간 이상 처리된 무공해비닐에 1일 단위

로 동일량 수거하였다. 식이섭취 조사기간의 3일 동안 대상자별로 24시간 소변(아침식사 전부터 다음날 아침식사 전까지)을 12시간 이상 EDTA 처리되고 toluene 1ml가 들어있는 2L 플라스틱 채뇨 용기에 수집하였다. 3일 동안의 식이 및 뇨수거가 끝난 다음날 아침 공복 상태에서 조사대상자들의 신장, 체중, 상완위의 피부 두겹 두께를 각각 신장계, 체중계, lange caliper (Cambridge Scientific Industries Inc., Cambridge, Maryland, U.S.A.)를 사용하여 측정하였으며, 상완위의 피부두겹 두께는 훈련된 조사원에 의해 연속 2회 측정하였다. 또한 편안하게 앉은 자세로 혈압을 측정한 후 진공채혈관을 이용하여 정맥혈을 15cc 채취하였다.

시료의 사전처리 및 분석

실험에 사용된 모든 기구들은 오염방지를 위하여 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품의 경우는 4g/L EDTA용액에 12시간 담근 후 이온제거수로 5번 이상 세척하여 건조기에서 건조시켜 사용하였으며, 모든 시료는 2회 이상 반복 측정하여 그 평균치를 구하였다. 3일 동안 칭량법과 식이 기록법을 통해 얻은 식이 섭취량은 식품의 실중량으로 환산한 후 식품성분표¹⁷⁾에 의거하여 1일 1인당 평균 영양소 섭취량을 계산하였다. 3일 동안 수거한 식이는 1일별로 나누어 믹서에 넣고 갈아 총 중량을 잰 다음 그 일부를 취하여 냉동보관하면서 분석에 사용하였다. 냉동고에 보관된 식이 시료는 분석시 상온에 방치하여 녹인 후 일부를 취하여 습식분해법¹⁸⁾으로 분해한 후 식이 중의 납, 철분 및 구리의 함량을 발광분광광도계(Inductively Coupled Plasma-Lam 8440 Plasmalac, U.S.A.)로 측정하였다. 3일 동안 수거한 24시간 뇨는 수거 즉시 잘 흔들어 섞은 후 mass cylinder로 총량을 측정한 다음 총량의 1/10을 취하여 냉동고에 보관하면서 분석에 사용하였다. 냉동보관된 뇨 시료는 분석시 냉동고에서 꺼내 상온에서 방치하여 녹인 후 3000rpm에서 원심분리한 후 상층액을 취하여 사용하였으며, 뇨중의 납, 철분 및 구리 함량을 식이분석과 마찬가지로 발광분광광도계로 측정하였다. 뇨중의 creatinine 함량은 Jaffe modified 측정법¹⁹⁾을 사용해서 비색계(Spectronics 20 ; Bausch & Lomb, Germany)로 측정하였다. 공복상태에서 채취한 혈액은 cyanmethemoglobin법²⁰⁾과 microhematocrit법²¹⁾으로 각각 헤모글로빈과 헤마토크릿치를 측정하였으며, 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻은 후 냉동보관하면서 혈액 분석에 사용하였다. 냉동고에 보관했던 혈청은 상온에 방치하여 녹인 후 혈청 중의 납,

철분 및 구리 함량을 발광분광광도계로 측정하였다.

통계처리

모든 결과는 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 대상자들의 영양소 섭취량과 혈액 수준, 뇨중 배설량과의 상관관계는 SAS program²²⁾에 의한 Pearson's correlation coefficient (r) 및 이에 대한 유의성 검정을 통해 평가하였다.

결과 및 고찰

조사 대상자들의 일반적인 사항

본 연구의 대상자들은 농촌지역에 거주하는 25~59세의 건강한 성인 남녀로 남자 대상자가 12명, 여자 대상자가 18명이었으며 이들에 대한 일반적 사항은 Table 1과 같다.

식품섭취 조사결과

3일간의 식이섭취 조사기간 동안 조사 대상자들이 섭취한 식이를 다섯가지 기초식품군으로 분류한 것이

Table 2에 제시되어 있다. 1인당 1일 평균 총 식품 섭취량은 남자가 1,542.20g, 여자가 1,138.22g이었으며, 동물성 식품과 식물성 식품의 섭취비율은 남자가 12.0 : 88.0, 여자가 5.6 : 94.4로 남녀 모두 식물성 식품의 섭취비율이 현저하게 높았다. 다섯가지 기초식품군

Table 1. Physical characteristics of the subjects

| Variables | Male (n=12) | Female (n=18) | Total (n=30) |
|--|-------------------------|---------------|--------------|
| Age (years) | 45.8±11.1 ¹⁾ | 41.9±11.0 | 43.5±11.0 |
| Height (cm) | 167.5± 5.8 | 154.6± 5.6 | 159.8± 8.5 |
| Weight (kg) | 61.9± 7.8 | 55.3± 8.3 | 57.9± 8.6 |
| BMI (kg/m ²) ²⁾ | 22.0± 2.3 | 23.1± 3.0 | 22.7± 2.8 |
| Röhrer index ³⁾ | 131.8±14.8 | 142.4±20.2 | 142.4±20.2 |
| S.T. (mm) ⁴⁾ | 12.4± 5.9 | 25.3± 7.4 | 20.1± 9.3 |
| SBP (mmHg) ⁵⁾ | 117.5±22.2 | 110.0±11.9 | 113.0±16.9 |
| DBP (mmHg) ⁶⁾ | 80.8±15.6 | 73.9± 8.5 | 76.7±12.1 |

¹⁾ Mean ± standard deviation

²⁾ Body mass index [weight (kg)/height(m)²]

³⁾ Röhrer index [weight (kg)/height (m)³ × 10]

⁴⁾ Skinfold thickness

⁵⁾ Systolic blood pressure

⁶⁾ Diastolic blood pressure

Table 2. Mean daily food intake of the subjects by 5-basic food groups

| Food group | Mean food intake (g) | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------|
| | Male (n=12) | Female (n=18) | Total (n=30) | |
| Group 1 | Meat | 47.58 | 25.18 | 34.14 |
| | Legumes & it's products | 18.57 | 7.16 | 11.72 |
| | Eggs | 17.22 | 10.67 | 13.29 |
| | Fishes | 25.22 | 17.01 | 20.29 |
| Sub-total (%) | 108.59 (7.0) | 60.02 (5.3) | 79.44 (6.1) | |
| Group 2 | Milk & it's products | 94.13 | 10.37 | 43.94 |
| | Small fishes | 0.17 | 0.57 | 0.41 |
| Sub-total (%) | 94.48 (6.1) | 10.94 (1.0) | 44.35 (3.4) | |
| Group 3 | Vegetables | 300.60 | 298.40 | 299.28 |
| | Sea weeds | 5.1 | 3.25 | 3.99 |
| | Fruits | 70.56 | 15.76 | 37.68 |
| Sub-total (%) | 376.27 (24.4) | 317.41 (27.7) | 340.95 (26.2) | |
| Group 4 | Grains & cereals | 896.18 | 713.43 | 786.53 |
| | Potatoes | 37.89 | 20.67 | 27.56 |
| Sub-total (%) | 934.07 (60.6) | 734.10 (64.5) | 814.09 (62.6) | |
| Group 5 | Fats & oils (%) | 5.88 (0.4) | 6.76 (0.6) | 6.41 (0.5) |
| Others (%) | 22.91 (1.5) | 8.99 (0.8) | 14.56 (11.1) | |
| Total food consumption | 1,542.20 | 1,138.22 | 1,299.80 | |
| Animal food (%) | 184.50 (12.0) | 63.80 (5.6) | 122.07 (9.4) | |
| Vegetable food (%) | 1,357.70 (88.0) | 1,074.42 (94.4) | 1,177.73 (90.6) | |

별로 보면 남녀 모두 곡류, 감자류가 포함된 당질군의 섭취가 62.6%로 가장 높았으며 우유 및 유제품, 뼈째 먹는 생선이 포함된 칼슘군의 섭취가 3.4%로 가장 낮았다.

조사 대상자들의 3일간의 식이섭취 조사에 의한 섭취량을 한국인의 영양권장량²³⁾과 비교하여 Table 3에 제시하였으며, 권장량이 책정되어 있지 않은 납과 구리는 미국의 안전적정섭취수준(safe and adequate range of dietary intake for adult) 및 RDA (recommended dietary allowances)²⁴⁾와 비교하였다. 남자 대상자들이 섭취한 1일 평균 열량은 20~49세(8명)가 2,176.3±1,174.7kcal, 50~59세(4명)가 1,914.8±497.7kcal로 한국인의 영양권장량과 비교해볼 때 각각 권장량의 87.1%, 87.0%의 섭취수준을 나타냈다. 여자 대상자들의 경우는 20~49세(13명)가 1,613.9±738.7kcal, 50~59세(5명)가 1,517.9±189.6kcal로 한국인의 영양권장량의 80.7%, 79.9%수준의 섭취율을 나타냈다. 1일 평균 당질 섭취량은 남녀 각각 371.6±176.4g, 318.6±103.9g이었고, 지방 섭취량은 남자의 경우 30.7±27.3g, 여자의 경우 19.1±8.9g이었다. 1일 평균 단백질 섭취량은 남녀 각각 65.6±26.7g, 55.3±17.87g으로 권장량의 93.7%, 92.2% 수준이었다. 1일 동물성 단백질의 섭취량은 남녀 각각 27.8±11.3g, 10.0±3.2g으로, 1일 총 단백질 섭취량의 42.4%, 18.1%를 차지하고 있었으며

동물성 단백질과 식물성 단백질의 섭취비율은 남자가 1.0 : 1.4, 여자가 1.0 : 4.5으로 남녀 모두 식물성 단백질의 섭취량이 높았고 특히 여자의 경우 총단백질 섭취량에 대한 식물성 단백질의 섭취량이 81.9%로 57.6%의 수준을 보인 남자보다 더 높았다. 총열량 섭취량의 당질 : 지방 : 단백질의 3대 영양소 구성비율은 남자의 경우 73.4 : 13.6 : 13.0, 여자의 경우 76.4 : 10.3 : 13.3으로 한국인의 영양권장량에서 제시하는 비율인 65 : 20 : 15와 비교하여 남녀 모두 당질이 높았고, 지방과 단백질은 그 권장수준에 이르지 못한 것으로 나타났다.

1일 평균 납 섭취량은 남자의 경우 277.2±111.2 µg/dl, 여자의 경우는 192.0±72.4µg/dl로 나타났다. 이는 FAO/WHO에서 제정한 납의 1일 허용량(acceptable daily intake)²⁵⁾인 430µg보다는 낮은 수치를 나타냈지만 Hazell²⁶⁾이 조사한 영국 성인의 1일 섭취량 115µg과 Gartrell 등²⁷⁾이 조사한 미국 성인의 82µg, 그리고 Dabeka 등²⁸⁾이 조사한 캐나다 성인의 54µg과 비교할 때 매우 높은 수치를 보였다. 한편 독일인을 대상으로 조사한 518µg²⁹⁾과 오스트리아인을 대상으로 조사한 400µg²⁹⁾, 그리고 일본인을 대상으로 조사한 239~318µg²⁹⁾보다는 다소 낮은 수준이었으며 워싱턴에 거주하는 미국인을 대상으로 조사한 200~300µg³⁰⁾과는 비슷한 섭취수준을 보여 식품으로 인한 납 섭취

Table 3. Composition of the mean intakes of energy and nutrients with the recommended dietary allowances

| | Male (n=12) | | Female (n=18) | |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|---|-------------|
| | Intake ¹⁾ | % of RDA ⁶⁾ | Intake | % of RDA |
| Energy (kcal) | | | | |
| 20~49 yrs. | 2,176.3±1,174.7 ²⁾ | 87.1 | 1,613.9±738.7 ^{2¹⁾} | 80.7 |
| 50~59 yrs. | 1,914.8± 497.7 ³⁾ | 87.0 | 1,517.9±189.6 ^{3¹⁾} | 79.9 |
| Carbohydrate (g) | 371.6± 176.4 | | 318.6±103.9 | |
| Fat (g) | 30.7± 27.3 | | 19.1± 8.9 | |
| Protein (g) | 65.6± 26.7 | 93.7 | 55.3± 17.9 | 92.2 |
| Animal protein (g) | 27.8± 11.3 | | 10.0± 3.2 | |
| Dietary fiber (g) | 6.9± 3.7 | | 7.0± 3.5 | |
| Ascorbic acid (mg) | 98.2± 61.5 | 178.5 | 77.7± 40.7 | 141.3 |
| Lead (µg) ⁴⁾ | 277.2± 111.2 | | 192.0± 72.4 | |
| Iron-1 (mg) ⁴⁾ | 12.7± 7.6 | 127.1 | 13.3± 5.8 | 73.7 |
| Iron-1 (mg) ^{4¹⁾} | | | 11.1± 6.1 | 110.5 |
| Iron-2 (mg) ⁵⁾ | 14.8± 7.8 | 148.3 | 14.0± 7.5 | 77.6 |
| Iron-2 (mg) ^{5¹⁾} | | | 12.5± 6.6 | 125.4 |
| Copper (mg) ⁶⁾ | 3.0± 1.4 | 99~198 ⁷⁾ | 3.7± 1.7 | 123.7~247.3 |

¹⁾ Mean ± standard deviation

²⁾ Number of subjects ; 8

^{2¹⁾} Number of subjects ; 13

³⁾ Number of subjects ; 4

^{3¹⁾} Number of subjects ; 5

⁴⁾ Analysis data of dietary Fe (menopausal women), Cu, and Pb

^{4¹⁾} Analysis data of dietary Fe in postmenopausal women

⁵⁾ Record data of dietary Fe in menopausal women

^{5¹⁾} Record data of dietary Fe in postmenopausal women

⁶⁾ % of recommended dietary allowances for Koreans (5th revision, 1989)

⁷⁾ % of safe and adequate range of dietary copper intake for Americans (10th revision, 1989)

문제가 우리나라에서도 점차 심각해지고 있는 것으로 나타났다. Mykkänen 등³¹⁾은 식품군별로 납 섭취비율을 비교했을 때 과일류나 열매류에서 총 납 섭취량의 32%, 감자류와 채소류에서 17%, 곡류에서 16%, 우유 및 유제품에서 15%를 차지한다고 하였으며, Van Dokkum 등³²⁾도 곡류에서 18%, 우유 및 유제품에서 11%, 과일통조림에서 11%를 섭취한다고 하였다. 따라서 식품을 통한 납 섭취량은 육류위주의 식생활을 하는 서양인보다는 채식위주의 동양인에게, 도시인보다는 농촌사람에게 더 많은 것으로 보이는데 이는 농약살포로 인한 오염이 큰 원인이라고 사료되며 앞으로 이에 대한 보다 폭 넓은 연구가 요청된다. 본 연구에서는 Table 2와 같이 조사 대상자들의 식품섭취량을 식품군별로 나누어 보았을 때 총 식품 섭취량 중 곡류 및 감자류가 차지하는 비율이 남녀 각각 60.6%, 64.5%였으며, 채소 및 과일류가 각각 24.4%, 27.9%를 보여 납 섭취량이 다소 높았던 것으로 생각된다. 1일 평균 철분 섭취량은 철분 분석치(Fe-1)와 철분 환산치(Fe-2)가 남자의 경우 12.7±7.6mg, 14.8±7.8mg으로 권장량의 127.1%, 148.3% 수준이었으며, 여자의 경우는 폐경기 이전의 대상자에게서 철분의 분석치가 13.3±5.8mg으로 권장량의 73.7%였고, 철분 환산치가 14.0±7.5mg으로 권장량의 77.6% 수준이었다. 폐경기 이후 여성의 경우 철분 분석치가 11.1±6.4mg으로 권장량의 110.5%, 철분 환산치가 12.5±6.6mg으로 권장량의 125.4% 수준이었다. 직접적인 식이분석에 의한 철분 분석치에 의하면 남자 대상자의 58.3%(7명), 여자 대상자중 폐경기 이전의 여성중에서는 61.1%(11명), 폐경기 이후의 여성중에서는 38.9%(7명)가 권장량에 미달되는 철분 섭취를 하고 있었고, 식이섭취조사 기록법에 의한 철분 환산치에 의하면 남자 대상자의 25%(3명), 여자 대상자중 폐경기 이전의 여성중에서는 7%(2명), 폐경기 이후의 여성중에서는 6%(3명)가 권장량에 미달되었다. 이 결과는 김³³⁾의 일부 농촌주부의 평균 철분 섭취량인 10.87mg보다 높았다. 또 미국인의 평균 철분 섭취량(남자 : 15.9mg, 여자 10.5mg)³⁴⁾과 비교할 때 남자의 경우는 본 조사 대상자들이 낮은 편이었고 여자의 경우는 본 대상자들의 섭취상태가 높은 것으로 나타났다. 1일 평균 구리 섭취량은 남자의 경우 3.0±1.4mg, 여자의 경우 3.7±1.7mg으로 나타났다. 우리나라에서는 아직 구리의 권장량이 책정되어 있지 않으므로 미국의 안전 적정 섭취 수준량²⁴⁾인 1.5~3.0mg/day와 비교하여 보면 남자는 99.0~198.0%, 여자는 123.7~247.3%의 섭취수준을 나타냈고, 남자

대상자의 16.7%(2명), 여자 대상자의 11.1%(2명)가 수준에 미달되었다. 본 조사 대상자들의 평균 구리 섭취량은 김³³⁾의 일부 농촌지역 주부의 평균 구리 섭취량인 2.1±0.7mg이나 이 등³⁵⁾의 2.2±1.4mg보다 높았다.

혈청중의 납, 철분 및 구리 함량

혈청 납, 철분 및 구리의 측정치가 Table 4에 나타나 있다. 평균 혈청 납 함량은 남자의 경우는 11.0±2.0 µg/dl, 여자의 경우는 9.0±1.2 µg/dl로 나타났다. 이는 미국 질병 통제센터³⁶⁾에서 납 중독수준으로 규정하고 있는 25 µg/dl 이상에 못 미치는 수준이었으며 조사 대상자중 25 µg/dl 이상인 사람은 한명도 없었다. 혈청 철 함량은 남녀 각각 평균 131.1±32.6 µg/dl, 112.2±35.9 µg/dl로 남자는 대상자의 33.3%(4명)가 정상 임상기준치(82~146 µg/dl)³⁶⁾보다 초과되었고, 여자 대상자는 16.7%(3명)가 정상 임상기준치(73~117 µg/dl)보다 초과하였으며 11.2%(2명)가 미달되는 수치를 보였으나, 정상범위인 65~165 µg/dl³⁷⁾와 비교할 때는 여자 5.6%(1명)만이 낮은 값을 보였다. 이 결과는 한국의 일부 농촌 주부에 대한 임과 황³⁸⁾의 보고치 91.9±27.5 µg/dl나 김³³⁾의 107.1±44.8 µg/dl보다 높았다.

또한 채³⁹⁾의 건강인의 혈청 철분함량인 108.5±40.2 µg/dl보다도 높았다. 평균 헤모글로빈 함량은 남녀 각각 15.1±1.1 g/dl, 13.1±0.8 g/dl로 정상 임상기준치(12~18 g/dl)⁴⁰⁾보다 여자 대상자의 5.6%(1명)만이 낮았으며 모두 정상범위안에 있었다. 그러나 WHO의 기준치(13 g/dl)⁴¹⁾와 비교하면 남자대상자의 8.3%(1명)가 낮은 값을 보였고, 여자 대상자의 5.6%(1명)가 낮아 빈혈 대상자는 전체중 6.7%(2명)이었다. 평균 헤마토크릿치는 남녀 각각 45.2±3.4%, 39.7±2.6%로 정상 임상기준치(37~52%)⁴⁰⁾나 lower limit 기준치(남 : 41% 여 : 36%)⁴²⁾ 모두에서 정상범위안에 있었다. 이것은 이와 최⁴³⁾의 한국 건강한 성인여자의 39.6±2.8%, 임과 황³⁸⁾의 일부 지역 농촌부인의 37.5±0.5% 및 김³³⁾의

Table 4. Blood pictures of the subjects

| Variables | Male (n=12) | Female (n=18) | Total (n=30) |
|-------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| Serum Pb (µg/dl) | 11.0± 2.0 ¹⁾ | 9.0± 1.2 | 10.0± 1.6 |
| Serum Fe (µg/dl) | 131.1±42.6 | 112.2±35.9 | 119.8±38.5 |
| Hb (g/dl) ²⁾ | 15.1± 1.1 | 13.1± 0.8 | 14.0± 1.0 |
| Hct (%) ³⁾ | 45.2± 3.3 | 39.8± 2.6 | 41.9± 3.9 |
| Serum Cu (µg/dl) | 120.3±25.7 | 117.3±17.9 | 118.5±20.6 |

¹⁾ Mean ± standard deviation

²⁾ Hemoglobin

³⁾ Hematocrit

38.3±1.8%보다 높았다. 본 대상자에게서는 헤모글로빈과 헤마토크릿치가 동시에 임상 기준치보다 낮은 사람이 없었으므로 이에 해당하는 빈혈인 사람은 없었다. 혈청 구리는 남녀 각각 평균 120.3±25.7µg/dl, 117.3±17.9µg/dl로 정상 임상기준치(70~140µg/dl, 85~120µg/dl)^{37,40}보다 남자대상자의 25%(3명)가 초과되었으며 여자대상자의 5.5%(1명)만이 초과되었으나 미달되는 자는 한명도 없었다. 이는 이 등³⁵의 연구결과인 62.0±18.0µg/dl보다 훨씬 높은 수준이었다. 또한 일본의 건강한 성인의 평균 혈장 구리함량⁴¹인 81.5±10.3µg/dl보다도 높았다.

뇨 분석

3일동안 수거한 뇨 분석결과는 Table 5에 제시된 바와 같다. 24시간 뇨 배설량은 남녀 각각 평균 1,228.06±216.83ml와 1,416.29±357.49ml였으며 24시간 뇨 중 creatinine배설량은 남녀 각각 평균 0.92±0.67g, 0.57±0.60g이었다. 24시간 뇨 중 납 배설량은 남자의 경우는 36.50±10.00µg, 여자의 경우는 25.30±11.00µg으로 나타났다. 정상 성인 남녀의 1일 평균 뇨 중 철분의 배설량은 0.2~0.3mg⁴⁵인데, 본 연구결과 24시간 뇨 중 철분 배설량은 남녀 각각 평균 0.16±0.12mg, 0.24±0.20mg으로 비슷한 수준이었다. 24시간 뇨 중 구리 배설량은 남녀 각각 평균 60.12±0.02µg, 70.07±0.03µg으로 24시간 뇨 중 정상 구리 배설량인 30µg²⁹보다 초과하였다.

식이중 납, 철분, 구리 섭취와 여러 요인과의 상관관계

납 중독으로 인해 야기되는 빈혈의 원인에 대해서는 아직 정확히 규명되지 않았으나 지금까지 알려진 바에 의하면 납이 적혈구의 용혈을 증가시키고 헴 합성과정 중의 여러단계에서 효소 작용을 저해하여 골수에서 적혈구 생성을 감소시킨다고 한다⁴⁶. 본 연구 결과 일상식을 통하여 섭취된 납이 체내 철분의 영양상태를 나타내는 지수인 혈청 철분, 헤모글로빈 함량, 헤마토

크릿치, 뇨 중 철분 배설 함량에 미친 영향을 보았을 때 납의 섭취 수준과 요인간에 유의성은 나타나지 않았으나, 식이 중 납 수준이 높을수록 혈청 철분 함량, 헤모글로빈 함량, 헤마토크릿치가 감소하는 경향을 보였고, 뇨 중 철분 배설 함량은 증가되는 경향을 보여 일치하였다(Table 6).

식이중 납, 철분, 구리의 섭취 수준과 혈청과 뇨 중 납, 철분, 구리 함량과의 상관관계를 살펴보면 Table 7과 같다. 식이중 납 섭취량은 혈청 납, 철분, 구리 및 단백질량과 유의적인 상관관계를 보이지 않았으나, 식이 중 납 섭취가 높을수록 혈청 납 수준이 증가되는 경향을 보였다. 식이중 철분 섭취가 높을수록 혈청 납 수준이 감소되는 경향을 보였는데, 이 사실로 적정 수준의 철분 섭취가 납의 헤모글로빈 함량과 헤마토크릿치를 낮추어 빈혈을 일으키는 독성에 대해 경감효과가 있는 것으로 사료된다. 식이 중 구리 섭취 수준은 혈청 납, 철분, 구리 수준과 유의적인 상관관계를 보이지 않았

Table 6. Correlation coefficients between dietary lead and nutritional iron status

| Variables | Dietary lead |
|-------------------------|--------------|
| Serum iron (µg/dl) | -0.1408 |
| Hb (g/dl) ¹⁾ | -0.2428 |
| Hct (%) ²⁾ | -0.2582 |
| Urinary iron (mg/day) | -0.0467 |

¹⁾Hemoglobin

²⁾Hematocrit

Table 7. Correlation coefficients between dietary intakes, serum levels and urinary excretions of lead, iron and copper

| | Dietary Pb | Dietary Fe | Dietary Cu | |
|---------|------------|------------|------------|-----------|
| Serum | Pb | 0.2988 | -0.3078 | -0.2655 |
| | Fe | -0.1408 | 0.2253 | 0.0413 |
| | Cu | -0.0708 | -0.0542 | 0.0904 |
| Urinary | Pb | 0.0990 | 0.0637 | -0.2417 |
| | Fe | 0.0467 | -0.0094 | -0.3224* |
| | Cu | 0.0048 | 0.1171 | 0.7601*** |

*p<0.05 ***p<0.001

Table 5. 24-Hour urinary excretions of lead, iron and copper

| Variables | Male (n=12) | Female (n=18) | Total (n=30) |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| Urinary volume (ml/day) | 1,228.06±216.83 ¹⁾ | 1,416.29±357.49 | 1,340.99±370.67 |
| Creatinine (g/day) | 0.92± 0.67 | 0.57± 0.60 | 0.71± 0.65 |
| Urinary lead (µg/day) | 36.50± 10.00 | 25.30± 11.00 | 30.90± 10.50 |
| Urinary iron (mg/day) | 0.16± 0.12 | 0.24± 0.20 | 0.21± 0.18 |
| Urinary copper (µg/day) | 60.12± 0.02 | 70.07± 0.03 | 65.09± 0.03 |

¹⁾Mean±standard deviation

으나, 식이중 구리 섭취 수준이 높을수록 혈청 납 함량이 감소되는 경향을 보였다. 그리고 식이 중 구리 섭취 수준이 높을수록 뇨중 철분 배설 함량은 유의적으로 감소되었다($p < 0.05$). 이 사실로 적정 수준의 철분 섭취 뿐만 아니라 적정 수준의 구리 섭취 역시 납과 체내에서 길항작용을 하였을 것으로 사료된다. 한편, 구리의 배설은 구리의 체내 영양상태와 밀접한 관계가 있으며 항상성(homeostasis) 조절작용을 받는다고 한다²⁹⁾. Janet 등⁴⁷⁾은 구리 섭취량과 뇨 중의 구리 배설량이 5%의 유의수준에서 정의 상관관계를 나타냈다고 하였으며, 김³³⁾의 연구에서도 0.1% 유의수준을 보여 본 실험의 결과인 0.1% 유의수준에서 정의 상관관계를 보인 것과 일치하였다.

이상을 종합해보면 조사 대상자가 일상식을 통해 섭취하고 있는 납 섭취 수준이 혈청과 뇨중 납, 철분, 구리 수준에 미친 영향이 매우 미약한 것으로 나타났다. 이는 본 조사 대상자의 평균 납의 섭취 수준은 낮은 것은 아니었지만 체내에서 납과 길항작용을 하는 것으로 알려진 철분과 구리 섭취 수준이 양호하여 체내대사과정중 납 중독 현상을 어느 정도 예방하는데 기여한 것으로 사료된다. 그러나 납의 섭취가 높을수록 혈청 철분 함량, 헤모글로빈 함량, 헤마토크릿치가 감소하는 경향과 뇨중 철분 배설량이 증가하는 경향이 나타났다(Table 6). 따라서 앞으로 더욱 환경오염이 진행될 가능성이 높은 현 시점에서 납과 같은 중금속에 중독되지 않고 사전에 예방하기 위해선 납의 섭취량을 반복해서 측정하는 것과 납과 체내에서 길항작용을 하는 것으로 알려진 철분과 구리같은 미량원소의 적당한 섭취를 권장하는 것이 필요하다고 사료된다.

요 약

본 연구에서는 일상식을 섭취하는 한국인들의 납, 철분, 구리의 수준을 알아보고자 경기도 농촌지역의 정상성인 남녀 30명을 대상으로 신체계측, 식이섭취량, 혈청수준 및 24시간 뇨중 배설량을 측정한 결과는 다음과 같다. 조사 대상자들의 평균 연령과 혈압은 남자 대상자들은 각각 45.8 ± 11.1 세, $117.5 \pm 22.2/80.8 \pm 15.6$ mmHg였으며 여자 대상자들은 각각 41.9 ± 11.0 세, $110.0 \pm 11.9/73.9 \pm 8.5$ mmHg였다. 평균 BMI, Röhrer index, skinfold thickness는 남자 대상자들은 각각 22.0 ± 2.3 , 131.8 ± 14.8 , 12.4 ± 5.9 mm였으며 여자 대상자들은 각각 23.1 ± 3.0 , 142.4 ± 20.2 , 25.3 ± 7.4 mm였다. 1일 평균 납, 철분, 구리 섭취량은 남자 대상자들

의 경우는 각각 $277.2 \pm 111.2 \mu\text{g/day}$, $12.7 \pm 7.6 \text{mg/day}$, $3.0 \pm 1.4 \text{mg/day}$ 였으며, 여자 대상자들의 경우는 각각 $192.0 \pm 72.4 \mu\text{g/day}$, $13.3 \pm 5.8 \text{mg/day}$, $3.7 \pm 1.7 \text{mg/day}$ 였다. 조사 대상자들의 평균 혈청 납, 철분, 구리 농도를 보면, 남자 대상자들의 경우는 각각 $11.0 \pm 2.0 \mu\text{g/dl}$, $131.1 \pm 42.6 \mu\text{g/dl}$, $120.3 \pm 25.7 \mu\text{g/dl}$ 였으며, 여자 대상자들의 경우는 각각 $9.0 \pm 1.2 \mu\text{g/dl}$, $112.2 \pm 35.7 \mu\text{g/dl}$, $117.3 \pm 17.9 \mu\text{g/dl}$ 였다. 조사 대상자들의 24시간 뇨중 평균 납, 철분, 구리 배설함량을 보면 남자 대상자들의 경우는 각각 $36.5 \pm 10.0 \mu\text{g/day}$, $0.16 \pm 0.12 \text{mg/day}$, $0.06 \pm 0.02 \text{mg/day}$ 였으며, 여자 대상자들의 경우는 각각 $25.3 \pm 11.0 \mu\text{g/day}$, $0.24 \pm 0.20 \text{mg/day}$, $0.07 \pm 0.03 \text{mg/day}$ 였다. 이상을 종합해보면 조사대상자가 일상식을 통해 섭취하고 있는 납 섭취수준이 혈청과 뇨중 철분, 구리, 납수준에 미친 영향이 매우 미약한 것으로 나타났다. 그러나 앞으로 환경오염이 더욱 심화될 현 시점에서 납과 같은 중금속 중독을 사전 예방하기 위해선 일상식이중 납, 철분, 구리의 섭취량을 반복해서 측정하는 것이 필요하다고 본다.

감사의 글

본 연구는 1990년도 한국과학재단 일반기초연구비 지원에 의해 수행된 결과로서 연구비를 지원해 준 한국과학재단에 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

1. Settle, D. M. and Patterson, C. C. : Lead in albocore-guide to lead pollution. *American Science*, **207**, 1167 (1980)
2. Clausen, I. and Rastogi, S. C. : Heavy metal pollution among autoworkers. *Brit. J. Med.*, **34**, 208 (1977)
3. Emerson, T. and Waldman, S. : 눈에 안보이는 '납' 모르는 사이 몸에 쌓여 아이를 좀 먹는다. *Newsweek 한국판*, **2**, 62 (1992)
4. Schroder, H. A. and Tipton, I. H. : The human body burden of lead. *Arch. Environ. Health*, **17**, 965 (1968)
5. Lang, K. : *Biochemie der Ernährung* 4. Auflage Dr. Dietrich Steinkoffverlag, p.379 (1979)
6. Flangan, P. R., Hamilton, D. L., Haist, J. and Valberg, L. S. : The interrelationships between mice. *Gastroenterology*, **77**, 1074 (1979)
7. Jandel, J. H., Simmons, R. L. and Allen, D. W. : Transfer of iron from serum iron-binding protein to human reticulocytes. *J. Clin. Invest.*, **38**, 161 (1959)
8. Conrad, M. and Barton, J. C. : Factors affecting the absorption of lead in the rat. *Gastroenterology*, **74**, 731 (1978)

9. Sorrell, M., Rosen, J. F. and Roglinsky, M. : Interactions of lead, calcium, vitamin D and nutrition in lead-burdened children. *Arch. Environ. Health*, **32**, 160(1977)
10. Petering, H., Johnson, M. and Stemmer, K. : Studies of zinc metabolism in the rat. *Arch. Environ. Health*, **23**, 93 (1971)
11. Klauder, D. S., Murthy, L. and Petering, H. G. : Effect of dietary intake of lead acetate on copper metabolism in male rats. In "Trace substances in environmental health-VI" Hemphill, D. D.(ed.), Columbia Univ., Missouri, Vol. 6, p.131 (1972)
12. 김미경, 김혜영 : 식이내 섬유질의 종류가 성장기 흰쥐의 납흡수 및 체내대사에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **22**, 485 (1989)
13. 김미경, 조경희 : 납과 단백질수준을 달리한 식이로 사육한 성장기 흰쥐 체내대사 변화. *한국영양학회지*, **19**, 323 (1986)
14. Mahaffey-Six, K. R. and Goyer, R. A. : The influence of iron deficiency on tissue content and toxicity of ingested lead in the rat. *J. Lab. Clin. Med.*, **79**, 128(1972)
15. Monier-Wooiams, G. W. : *Trace elements in food*. Chapan and Hall, London, p.121 (1949)
16. Goldwater, L. J. and Hoover, A. W. : An international study of normal levels of lead in blood and urine. *Arch. Environ. Health*, **15**, 60(1967)
17. 농촌진흥청 : 식품성분표(제 4개정판)(1991)
18. 임정남 : 식품의 무기성분 분석. *식품과 영양*, **7**(1), 42 (1986)
19. Bonsnes, R. W. and Tausky, H. H. : On the colorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction. *J. Biol. Chem.*, **158**, 581(1945)
20. Crosby, M. : *Quoted by hawk's physiological chemistry*. McGraw-Hill Book Co., New York, London, p. 1096 (1965)
21. Davidshon, I. and Nelson, D. A. : Hematocrit. In "Clinical diagnosis by laboratory method" 14th ed., Saunder Co., Philadelphia, p.147 (1969)
22. SAS-program : *Guide personal computers*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, p.960 (1988)
23. 한국인구보건원 : 한국인의 영양권장량(제5개정판). 고문사, 서울(1989)
24. National Research Council : *Recommended dietary allowances*. 10th ed., National Academy Press (1989)
25. Codex Alimentarius Commission : *Contaminants-joint FAO/WHO food standards program*. Codex Alimentarius, **17**, 1 (1984)
26. Hazell, T. : Minerals in foods-dietary sources, chemical forms, interactions, bioavailability. *World Review of Nutrition and Dietetics*, **46**, 1 (1985)
27. Gartrell, M. J., Craun, J. C., Podrebarac, D. S. and Gunderson, E. L. : Pesticides, selected elements, and other chemicals in adult total diet samples. *J. Association of Official Analytical Chemists*, **68**, 862(1985)
28. Dabeka, R. W., Mckenzie, A. D. and Lacroix, G. M. A. : Dietary intakes of lead, cadmium, arsenic and fluoride by Canadian adults-a 24 hour duplicate diet study. *Food Additives and Contaminants*, **4**, 89(1987)
29. 승정자 : *극미량원소의 영양*. 민음사, 서울, p.330 (1984)
30. National Academy of Sciences : *National research council airborne lead in perspective*. Washigton, D.C., p.80(1971)
31. Mykkänen, H., Räsänen, L., Ahola, M. and Kimppa, S. : Dietary intakes of mercury, lead, cadmium and arsenic by Finnish children. *Human Nutrition*, **40A**, 32 (1986)
32. Van Dokkum, W., De Vos, R. H., Muys, T. H. and Wesstra, J. A. : Minerals and trace elements in total diet in the Netherland. *British J. Nutr.*, **61**, 7 (1989)
33. 김애정 : 일부지역 농촌부인의 Fe, Cu, Zn 섭취수준 및 혈액성상에 관한 연구. 숙명여자대학교대학원 석사학위논문(1988)
34. Jean, A. T., Pennington, R. D., Young, B. E. and Wilson, D. B. : Nutritional elements in U.S. diets-result from the total diet study. *J. Am. Assoc.*, **89**, 659(1989)
35. 이승교, 이동태, 김화남, 김애정, 승정자 : 일부농촌 주부의 무기질 섭취와 혈청 지질, 무기질 함량비교. *한국영양학회지*, **19**, 411 (1990)
36. Zeman, F. J. and Ney, D. M. : *Applications of clinical nutrition*. Prentice-Hall, New Jersey, p.368 (1988)
37. Simko, M. K., Cowell, C. and Gilbride, J. A. : *Nutritional assessment*. Rock Velle, p.110(1990)
38. 임현숙, 황금희 : 일부 농촌지역 부인의 영양실태 및 혈액성상에 관한 연구. *한국영양학회지*, **15**, 171 (1982)
39. 채법석 : 건강인의 혈청 철, 철결합능 및 transferrin saturation 측정에 관하여. *한국영양학회지*, **3**, 141 (1970)
40. Zeman, F. J. and Ney, D. M. : *Application of clinical nutrition*. Prentice-Hall, New Jersey, p.368 (1988)
41. WHO Scientific group : *Nutritional anemia*. Wid Hith Org. Tech. Rep. Ser., p.405 (1972)
42. Dallman, P. R. : New approaches to screening for iron deficiency. *J. pediatrics*, **90**, 678 (1977)
43. 이삼열, 최문희 : 한국인 건강성인의 적혈구 수치에 관한 조사. *대한 혈액학 잡지*, p.8(1973)
44. Hatabo, S., Nishi, Y. and Usui, T. : Copper levels in plasma and erythrocytes in healthy Japanese children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 120 (1982)
45. Taper, L. J. and Hinners, M. L. : Effect of zinc intake on copper balance in adult females. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1077 (1980)
46. Piomelli, S. : Low level lead exposure. In "The clinical implications of current research" Needleman, H. L. (ed.), Raven Press, New York, p.67 (1981)
47. Janet, B. S., Craig, J. and McClain, M. D. : The effect of severe zinc deficiency on serum levels of albumin, transferrin and prealbumin. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1655 (1981)

(1993년 7월 5일 접수)