

일부 농촌 성인 남녀의 식이, 혈액 및 뇨중의 납수준과 혈압, 혈청지질과의 관계

노숙령[†] · 최미경*

중앙대학교 식품영양학과

*숙명여자대학교 식품영양학과

Relationship between Dietary, Blood and Urinary Levels of Lead, Blood Pressure and Serum Lipids in Korean Rural People on Self-Selected Diet

Sook-Nyung Rho[†] and Mi-Kyung Choi*

Dept. of Food & Nutrition, Chungang University, Ansung 456-830, Korea

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

Abstract

This study was performed to evaluate the relationship between dietary, blood and urinary levels of lead and blood pressure and serum lipids in 30 healthy adult living in rural area of Korea. Analysis for the nutritional status of subjects were performed by 3-day dietary intake record, duplicated diet collection, 24-hour urine collection, and venous blood sampling before anthropometry. The mean daily intakes of lead estimated for 3 days was $120.1 \pm 22.0 \mu\text{g}$. The blood levels and 24-hour urinary excretion of lead were $10.8 \pm 3.6 \mu\text{g/dl}$ and $36.5 \pm 9.5 \mu\text{g}$, respectively. The systolic and diastolic blood pressure were $113.0 \pm 16.9 \text{mmHg}$ and $76.7 \pm 12.1 \text{mmHg}$. The serum levels of total cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and β -lipoprotein were $158.8 \pm 32.9 \text{mg/dl}$, $104.6 \pm 48.8 \text{mg/dl}$, $45.7 \pm 9.9 \text{mg/dl}$, $92.2 \pm 28.5 \text{mg/dl}$ and $426.4 \pm 141.5 \text{mg/dl}$, respectively. There was no significance in the relation between lead and blood pressure. In the relation between lead and serum lipids, it showed negative correlation with lead intake and HDL-cholesterol at the level of significance of $p < 0.01$. But there was no significance in the relation between lead and serum levels of other lipids.

Key words : diet, Pb, blood pressure, serum lipid

서 론

최근 경제성장과 더불어 각종 산업이 고도로 발달함에 따라 대기오염, 수질오염, 토양오염 등 각종 공해문제는 전 세계의 가장 큰 문제점으로 부각되고 있다. 공해문제 중 중금속은 오염된 공기나 식수, 식품 등에 의해 무의식적으로 인체내 침입될 수 있는 가능성이 크고 그 중독성이 매우 심각하기 때문에 중금속을 취급하는 특정 직업인들 이외에 일반인들에게도 심각한 문제가 될 수 있다(1). 최근 공해문제로 노출되기 쉬운 유독성 중금속은 납, 카드뮴, 알루미늄, 수은, 비소 등이며, 이러한 중금속들의 노출원인은 다양하지만 대부분이 경제성장과 산업발달로 인한 2차적인 원인이며, 특히 중

금속에 의한 환경오염은 식품오염을 거쳐 국민보건을 위협하기 때문에 더욱 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

환경오염성 중금속 가운데 납(Pb)은 자연계에 널리 존재하고 있으며, 인체는 주로 오염된 식품과 물의 섭취를 통해서 납을 체내에 흡수하게 되고 호흡기관과 피부를 통해서도 대기 중의 납을 체내에 흡수하기도 한다(2). 납은 체내에 적은 양이 흡수될 경우에는 거의 전부가 빠른 속도로 배설되나 과량의 납 섭취는 흡수량보다 배설량이 훨씬 적기 때문에 때와 조석에 계속 축적되어 중독현상을 유발하게 된다(3). 납의 급성 독성 증상은 헤모글로빈 결핍으로 인한 빈혈, 출산시의 고통, 뇌손상마비, 신장장애 등이 있으며, 만성인 경우에는 창백한 피부, 두통, 식욕감퇴 등의 증상이 나타난다(4). 납에 의한 중독현상은 연령, 영양상태 및 식이조성에 영

[†]To whom all correspondence should be addressed

향을 받는데, 이는 이들 요인이 납의 흡수 및 조직내 축적에 관여하기 때문이며 최근 납중독을 완화시킬 수 있는 식이요인에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 영양분량일 경우 납중독의 위험이 커지고(5,6) 식이제한 시 납의 흡수율이 증가되며(7) 칼슘, 인, 마그네슘, 철분, 아연, 셀레늄 등의 무기질과 비타민, 식이섬유소, 단백질, 지방 등의 식이인자가 납과 상호작용을 한다고 보고되었다(8-16).

한편 납은 혈압 및 체내 지질대사와 상호작용하는 것으로 알려져 있는데, 특히 고혈압의 위험이 있는 중년층은 혈중 납 농도가 높으면 혈압도 그에 따라 증가하여 혈중 납 농도가 $5\mu\text{g}/\text{dl}$ 만 되어도 혈압을 높일 수 있다는 심각성을 안고 있다. 몇몇 역학조사(17-21)와 동물실험(22-27)에서 혈중 납 농도와 혈압간에 유의한 상관성을 보이고 있으며, 최근 몇몇 연구에서는 혈압변화에 미치는 납의 영향에 대한 가설을 제시하고 있다. 이러한 가설은 납에 의해 세포외액의 칼슘대사가 변하기 때문이라는 것과 납에 의한 신장장애가 초래되어 혈압 조절능력이 저하되기 때문(28,29)이라는 것이다. 납과 지질대사의 변화에 대한 연구를 살펴보면, 납을 다루는 산업체에서 5년 이상 근무한 사람들의 혈중 콜레스테롤 수준이 증가하였다는 보고(30)가 있으며, 토끼에게 $9.66\mu\text{mol}/\text{L}$ 의 납을 함유한 식수를 급여시켰을 때 대조군 보다 혈중 콜레스테롤과 중성지질 수준이 높았다는 보고(31)도 있다. 또한 Sroczynski 등(32)은 극심한 납중독시 지질대사를 방해하여 혈청 콜레스테롤 수준을 상승시켰으며 동맥경화증에서 보여지는 것과 비슷한 동맥벽의 형태학적 변화를 관찰하였다. 성인병과 환경오염이 점차 증가하고 있는 현 시점에서 납에 의한 혈압과 혈중 지질 상승은 성인병을 더욱 가속화한다는 측면에서 심각성을 안고 있으나 이에 대한 결과는 아직 정확하지 않아 많은 연구가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 환경오염의 정도가 점차 심화해지는 현 시점에서 농촌지역에 거주하는 정상 성인을 대상으로 일상식을 통한 납 섭취수준과 혈액 및 뇨중 함량을 측정하고, 이들과 식이요인, 혈압 및 혈청지질과의 상관성을 알아보려고 한다.

조사대상 및 연구방법

연구대상 및 기간

본 연구는 경기도 용인군에 거주하는 26세 부터 59세 사이의 건강한 성인남녀 30명(남자 12명, 여자 18명)을 대상으로 실시되었다.

연구내용 및 방법

연구 대상자들의 신장, 체중 및 피부두점 두께를 측정하였으며, 칭량법과 식이기록법을 이용하여 3일 동안 섭취한 모든 식품의 종류, 재료, 분량 등을 모두 기록하고 섭취한 동일한 양의 음식을 1일 단위로 수거하였으며, 24시간 뇨를 식이섭취 조사 기간과 동일한 3일 동안 수집하였다. 3일간 식이기록법을 통해 얻은 식이섭취량은 식품의 실중량으로 환산한 후 식품성분표에 의거하여 1인당 1일 평균 영양소 섭취량을 계산하였다. 3일간 수거된 1일별 식이는 분쇄기에 간 후 냉동보관하였다가 임의 습식분해법(33)에 의해 시료를 분해한 후 식이 중의 납 함량을 원자흡광광도계(atomic absorption flame spectrophotometer : Shimadzu AA 646)로 측정하였다(34). 3일간의 식이섭취 조사가 끝난 다음날 아침 공복상태에서 혈압을 측정한 후 진공채혈관을 이용하여 정맥혈을 15ml 채취하여 전혈과 뇨중의 납 함량을 원자흡광광도계로 측정하였다. 혈청 중의 총 콜레스테롤, 중성지질, HDL-콜레스테롤, β -lipoprotein 함량은 효소시약을 사용하여 비색정량하였으며, LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald 공식(LDL 콜레스테롤 = 총 콜레스테롤 - (HDL 콜레스테롤 + 중성지질 / 5))(35)을 이용하여 산출하였다. 본 실험에 사용한 모든 실험기구는 오염방지를 위하여 깨끗이 씻은 후 질산원액에 24시간 담가두었다가 이온제거수로 세번 이상 세척한 후 건조기에 건조시켜 사용하였다.

자료처리

3일 동안 칭량법과 식이기록법을 통해 얻은 식이섭취량은 식품의 실중량으로 환산한 후 식품성분표(36)에 의거하여 1일 1인당 평균 영양소 섭취량을 계산하였다. 모든 결과는 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 대상자들의 납 섭취량, 혈액 수준 및 뇨중 배설량과 혈압, 혈중 지질과의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient 및 이에 대한 유의성을 검정하였다(37).

결과 및 고찰

연구대상자들의 일반적 사항과 영양소 섭취상태

연구대상자들의 일반적 사항은 Table 1과 같고 Table 2에는 연구대상자들의 3일간의 식이섭취 조사에 의한 평균 열량과 영양소 섭취량을 한국인 영양권장량(38)과 비교하여 나타내었다. 남자 대상자들이 섭취한 1일 평균 열량은 20~49세가 2176kcal, 50~59세가 1914kcal로 한국인의 영양권장량과 비교해 볼 때 각각 권장량의 87.1

%와 79.8%의 섭취수준을 나타냈으며, 여자 대상자들의 경우에는 20~49세가 1,613±738kcal, 50~59세가 1,517±189kcal로 한국인의 영양권장량의 80.7%와 75.9%의 섭취비율을 나타냈다. 총 열량 섭취량 중 당질, 지방, 단백질의 3대 영양소 구성 비율은 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 권장수준에 이르지 못한 것으로 나타났다. 1일 조섬유소의 섭취비율은 남녀 각각 6.9±3.7g과 7.0±3.5g이었으며, 칼슘 섭취량은 남녀 각각 459.2±67.6mg과 507.5±85.3mg으로 한국인 영양권장량의 65.6%와 72.5%의 섭취수준을 보였다. 칼슘과 인의 섭취 비율은 남녀 각각 1:1.3과 1:1.7을 나타냈으며, 철분 섭취량은 남자의 경우 권장량의 110%, 폐경 전 여성은 77.8%, 폐경 후 여성은 104.2%의 섭취수준을 보여 폐경 전 여성의 철분 섭취량이 부족한 것으로 나타났다. 비타민 C의 섭취량은 남녀 각각 77.7±9.9mg과 98.2±18.5mg으로 한국인 영양권장량의 141.3%와 178.5%의 섭취비율을 나타냈다.

남의 섭취량, 혈중수준 및 뇨중 배설량

본 연구대상자들이 일상적으로 섭취하는 식이를 수거하여 화학적으로 분석한 남의 1일 평균 섭취량은 Table 3에서 보듯이 남녀 각각 277.2±333.6μg과 192.0±217.2μg이었다. 이는 FAO/WHO에서 제정한 남의 1일 허용량(acceptable daily intake)인 430μg(39) 보다는 낮았지만, Hazell(40)이 조사한 영국 성인의 1일 섭취량 115μg과 Gartrell 등(41)이 조사한 미국 성인의 82μg, 그리고 Dabeka 등(42)이 조사한 캐나다 성인의 54μg과 비교할 때 매우 높은 값을 보였다. 최근 우리나라에서도 납 섭취 문제가 점차 심각해짐에 따라 납 섭취 수준에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있는데, 상용식품을 중심으로 계산한 염 등(43)과 송(44)의 연구에서는 1일 납 섭취량이 각각 326μg과 467μg으로 나타났으며, 대중식사를 수거하여 납 함량을 분석한 송과 이(45)과 김 등(46)의 연구에서는 1일 434μg과 395μg의 납을 섭취하는 것으로 나타났다. 본 연구의 1일 납 섭취량이 위의 연구결과 보다 낮은 것으로 나타났는데 이는 본 연구 대상자가 농촌에 거주하기 때문에 식품의 오염 정도가 다소 낮았던 것으로 보여진다.

Table 1. Physical characteristics of 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
ST (mm) ³⁾	12.4± 5.9	25.3± 7.4	20.1± 9.3

¹⁾Mean±S.D.

²⁾Body mass index (weight/height²)

³⁾Skinfold thickness of triceps

Table 2. Mean intakes of nutrients and comparisons with RDA

	Male (n=12)		Female (n=18)	
	Intake ¹⁾	% of RDA ²⁾	Intake	% of RDA
Energy (kcal)				
20~49 years	2,176.3±1,174.7 ³⁾	87.1	1,613.9±738.7 ⁴⁾	80.7
50~59 years	1,914.8±497.7 ⁵⁾	79.8	1,517.9±189.6 ⁶⁾	75.9
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	87.5	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	
Ca (mg)	459.2±67.6	65.6	507.5±85.3	72.5
P (mg)	607.1±96.9	86.7	843.1±219.4	120.4
Fe (mg)	13.2±1.5	110.0	14.0±7.5 ⁷⁾	77.8
			12.5±6.6 ⁸⁾	104.2
Vit. C (mg)	77.7±9.9	141.3	98.2±18.5	178.5

¹⁾Mean±standard deviation

²⁾Recommended dietary allowances for Koreans, 6th revision, 1995

³⁾Number of subjects, 8

⁴⁾Number of subjects, 13

⁵⁾Number of subjects, 4

⁶⁾Number of subjects, 5

⁷⁾Data in premenopausal women

⁸⁾Data in postmenopausal women

Table 3. Intake, blood levels, and urinary excretion of lead in subjects

Variables	Male (n=12)	Female (n=18)	Total (n=30)
Intake ($\mu\text{g/day}$)	277.2 \pm 333.6 ^a	192.0 \pm 217.2	226.1 \pm 268.8
Blood level ($\mu\text{g/dl}$)	13.0 \pm 6.0	7.6 \pm 2.0	10.8 \pm 3.6
Urinary excretion ($\mu\text{g/day}$)	48.6 \pm 15.1	18.4 \pm 3.7	36.5 \pm 9.5

^aMean \pm S.D.

평균 혈중 납 함량은 남자의 경우에는 13.0 \pm 6.0 $\mu\text{g/dl}$, 여자의 경우에는 7.6 \pm 2.0 $\mu\text{g/dl}$ 로 나타났다. 본 연구 결과는 도시와 농어촌에 거주하는 900명을 대상으로 혈중 납 함량을 분석한 조 등(47)의 13.8 $\mu\text{g/dl}$ 와 비슷한 수준을 보였고, 차(48)의 도시지역 성인을 대상으로 조사한 24.1 $\mu\text{g/dl}$, 황(49)이 72명의 중소도시 주부들을 대상으로 조사한 20.8 $\mu\text{g/dl}$, 1988년도 환경청(50)에서 강릉지역 주민을 대상으로 조사한 22.3 $\mu\text{g/dl}$ 보다 낮은 측정치를 보였다. 외국의 경우 Kettering 연구소(51)는 25.0 $\mu\text{g/dl}$, Mahaffey(52)는 14.6 $\mu\text{g/dl}$, 일본후생성(53)에서는 7.1 $\mu\text{g/dl}$, 중국(54)의 경우에는 5.9~8.2 $\mu\text{g/dl}$ 를 보고함으로써 각 지역마다 납의 노출 정도가 다르기 때문에 큰 차이를 보이고 있는 것으로 사료된다.

본 연구 대상자들의 뇨중 납 배설량은 36.5 \pm 9.5 $\mu\text{g/day}$ (28.1 $\mu\text{g/L}$)이었으며, 남자 대상자가 여자 대상자보다 뇨중 납이 많이 배설되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 우리나라 사람을 대상으로 연구한 조 등(47)의 18.2 $\mu\text{g/L}$, 강릉지역 주민을 대상으로 조사한 18.7 $\mu\text{g/L}$ (50) 보다 높았으나 차(48)의 23.1 $\mu\text{g/L}$, 황(49)의 25 $\mu\text{g/L}$ 와는 비슷한 수준이었고 김(55)의 39 $\mu\text{g/L}$, 장 등(56)의 50 $\mu\text{g/L}$ 보다는 낮은 값을 보였다. 외국의 보고와 비교해 볼 때 Kettering 연구소(51)의 25~30 $\mu\text{g/L}$, McLaughlin(57)의 23.2~32.2 $\mu\text{g/L}$ 와는 비슷한 수준이었고 Hecker(58)의 7.9 $\mu\text{g/L}$ 보다는 높은 값을 보였다.

혈압과 혈청지질 수준

본 연구대상자들의 혈압과 혈중지질 수준에 대한 결과는 Table 4와 같다. 수축기/이완기 혈압은 남녀 각각

평균 117.5/80.8mmHg, 110.0/73.9mmHg로 나타나 WHO 기준치(59)와 비교할 때 정상혈압 범위에 속하였으며, 개인별로도 남녀 모두 정상수준에 속하는 혈압을 나타냈다.

혈청지질 조성 중 총 콜레스테롤 함량은 남녀 각각 평균 165.9 \pm 28.9mg/dl, 154.1 \pm 35.3mg/dl로서 박과 박(60)의 연구에서 정상인의 혈청 콜레스테롤 수준이 168mg/dl라는 연구결과 및 이 등(61)의 일부 농촌주부들의 169mg/dl라는 보고와 유사하였다. 혈청 지질을 조사한 많은 연구들(62-65)은 조사방법, 규모, 지역, 시기, 조사 대상자의 연령 등에 따라 차이가 있으나 1960년대에 비해 1990년대에 이르러 혈청 지질 함량이 증가되었으며, 농촌지역이 도시지역 보다 낮은 것으로 나타나고 있다.

혈청 중성지질의 함량은 남녀 각각 106.6 \pm 50.4mg/dl, 88.2 \pm 38.7mg/dl로 남자 대상자가 여자 대상자보다 높게 나타났다. 이러한 수준은 박과 박(60)이 보고한 203mg/dl 보다 낮았지만 이 등(64)이 878명의 남녀를 대상으로 조사한 결과인 남자 137.1mg/dl, 여자 83.7mg/dl와는 비슷한 수준이었다. 중국인의 혈청 중성지질 함량이 112mg/dl라는 보고(66)가 있고, 미국인의 경우 84mg/dl라는 보고(67)가 있는데 이들과 비교할 때 본 연구결과는 미국인에 비해 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 여러 연구(68,69)에서 지적한 바 있는 전통적인 한국인의 곡류 중심의 고당질 식생활로 인한 결과로 사료된다. 한편 혈청 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 β -lipoprotein 함량은 남녀 모두 정상 임상기준치(70-72)에 속하는 결과를 보였다.

Table 4. Blood pressure and serum levels of lipids in subjects

Variables	Male (n=12)	Female (n=18)	Total (n=30)
SBP (mmHg) ^a	117.5 \pm 22.2 ^a	110.0 \pm 11.9	113.0 \pm 16.9
DBP (mmHg) ^b	80.8 \pm 15.6	73.9 \pm 8.5	76.7 \pm 12.1
Cholesterol (mg/dl)	165.9 \pm 28.9	154.1 \pm 35.3	158.8 \pm 32.9
Triglyceride (mg/dl)	106.6 \pm 50.4	88.2 \pm 38.7	104.6 \pm 48.8
HDL-cholesterol (mg/dl)	43.7 \pm 11.5	47.1 \pm 9.0	45.7 \pm 9.9
LDL-cholesterol (mg/dl)	89.3 \pm 7.0	96.4 \pm 7.8	92.2 \pm 28.5
β -Lipoprotein (mg/dl)	486.2 \pm 164.1	386.6 \pm 112.0	426.4 \pm 141.5

^aSystolic blood pressure^bMean \pm S.D.^cDiastolic blood pressure

납과 혈압 및 혈청지질과의 관계

본 연구대상자들의 납과 영양소 섭취량과의 관계를 살펴 본 결과는 Table 5와 같이 납 섭취량과 에너지 및 당질 섭취량간에 유의한 정(+)의 상관성이 있었다($p < 0.05$). Mykkänen 등(73)은 식품군별로 납 섭취 비율을 비교했을 때 과일류나 열매류에서 총 납 섭취량의 32%, 감자류와 채소류에서 17%, 곡류에서 16%, 우유 및 유제품에서 15%를 차지한다고 하였으며, Van Dokkum 등(74)도 곡류에서 18%, 우유 및 유제품에서 11%, 과일통조림에서 11%를 섭취한다고 하였다. 우리나라 조사(44)에서도 곡류와 채소류를 통한 납의 섭취량이 가장 많은 것으로 보고되고 있어 납의 섭취량과 에너지 및 당질 섭취량간에 정(+)의 상관성이 나타난 것으로 사료된다.

납과 혈압 및 혈청 지질과의 관계를 살펴 본 결과는 Table 6과 같다. 몇몇 역학조사(17-21)에서 혈중 납 농도와 혈압간에 유의한 상관성을 보이고 있으며, 중금속과 혈압과의 관계를 살펴 본 몇몇 동물실험(22-27)에서도 실험쥐나 개에게 식수를 통해 낮은 수준의 납을 공급했을 때 혈압이 증가되었다고 보고한 반면, 납 노출이 혈압을 증가시키지 않았다는 보고(75)도 있다. Harlan 등(17)은 3,000명의 남녀를 대상으로 혈중 납 농도와 혈압과의 관계를 살펴보았을 때 이완기 혈압이 90mmHg 이하인 사람들 보다 이상인 사람들의 혈중 납 농도가 유의하게 높았다고 한다. 최근의 몇몇 연구(28,29)에서 혈압에 대한 납의 영향은 납에 의해 세포외액의 칼슘대사가 변하기 때문이라는 것과 납에 의해 신장장애가 초래되어 혈압조절에 변화를 초래한다는 가설이 제안되고 있다. 전자의 가설에 대해 Bogden 등(76)은 쥐를 대상으로 칼슘과 납의 섭취 수준을 달리하여 31주간 사육하였을 때 저 칼슘군에서 납의 섭취량 증가에 따라 평균

혈압이 증가하였지만, 고 칼슘군은 납으로 유도되는 혈압증가와 조직내 납축적을 다소 예방하였다고 한다. 한편, Bryce-Smith와 Stephens(77)는 납 중독시 신장의 조직과 기능이 손상되어 고혈압을 초래한다고 하였다. 이러한 연구들과는 다르게 본 연구에서는 납의 섭취량, 혈청 수준 및 뇨중 배설량과 수축기, 이완기 혈압간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 본 연구 대상자들의 일상식이를 통한 납 섭취량이 적었고 그에 따른 혈중 수준이 낮았기 때문에 납이 혈압에 미치는 영향이 나타나지 않은 것으로 보여지며, 앞으로 도시지역 및 납에 노출되기 쉬운 직업에 종사하는 대상자에 대한 다각적인 연구가 요구된다.

납과 혈청 지질수준과의 관계에 대한 몇몇 동물실험(31,32,78,79)에서 납을 섭취시켰을 때 혈중 총 지질, 콜레스테롤, 중성지질 수준이 유의하게 증가하는 것으로 나타났는데, 이에 대해 김과 김(79)은 납중독으로 인한 스트레스의 영향으로 해석하고 있다. 즉 스트레스를 받을 경우 catecholamine이 지방조직내의 지방분해를 촉진하여 혈청내 콜레스테롤과 중성지질의 농도를 증가시킨다는 것이다(80). 인체실험(30)에서도 납을 사용하는 산업체에서 5년 이상 근무한 사람들의 혈액내 콜레스테롤이 증가하였다고 한다. 본 연구에서는 HDL-콜레스테롤과 납 섭취량과의 관계를 제외하고는 납의 섭취량, 혈액 수준 및 뇨중 배설량과 혈청 콜레스테롤, 중성지질 함량간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 본 연구대상자들이 납에 대한 노출이 비교적 적었기 때문에 나타난 결과가 아닌가 사료된다. 한편 Sokolovskii와 Davletov(81)는 납에 노출된 쥐의 간 추출액의 지단백 수준이 감소되었는데, 이는 납이 적혈구막에서 지단백의 SH-group 단백질에 대한 차단제 역할을 하여 용혈을 초래하기 때문이라고 하였다. 이와 같이 납은 혈중 지단백 함량과 조성에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있

Table 5. Correlation coefficients between lead and nutrients intake

	Pb		
	Intake	Serum levels	Urinary excretion
Energy (kcal)	0.3825*	-0.0648	-0.0978
Carbohydrate (g)	0.4252*	-0.0753	-0.0743
Fat (g)	0.1641	-0.0012	-0.1584
Protein (g)	0.2932	0.0045	-0.0348
Dietary fiber (g)	0.0806	0.1198	0.1545
Ca (mg)	0.2311	0.0198	-0.0839
P (mg)	0.3126	0.0208	-0.1267
Fe (mg)	0.1059	0.1933	-0.1146
Vit. C (mg)	0.0319	0.0454	0.0988

* $p < 0.05$

Table 6. Correlation coefficients between lead and serum lipids

	Pb		
	Intake	Serum levels	Urinary excretion
SBP (mmHg) ¹⁾	0.2502	-0.2493	-0.2765
DBP (mmHg) ²⁾	0.2825	-0.2808	-0.3128
Cholesterol (mg/dl)	-0.1592	-0.2673	-0.1343
Triglyceride (mg/dl)	0.1520	-0.1470	-0.1549
HDL-cholesterol (mg/dl)	-0.5037**	-0.0744	0.1327
LDL-cholesterol (mg/dl)	-0.0583	-0.2319	-0.1488
β -Lipoprotein (mg/dl)	0.0073	-0.1935	-0.1393

¹⁾Systolic blood pressure ²⁾Diastolic blood pressure

** $p < 0.01$

는데, 본 연구에서도 납의 섭취량과 혈청 HDL-콜레스테롤 함량간에 유의한 부의 상관성이 나타나 ($p < 0.01$) 납의 섭취가 동맥경화 발생의 가능성을 높일 수 있음이 나타났다. 본 연구결과 일상식이론 통한 납의 노출이 비교적 적어 납과 혈중 콜레스테롤 및 중성지질 함량간에 유의한 상관성이 나타나지 않았지만, 지단백의 콜레스테롤 함량과는 유의한 상관성이 나타남으로써 혈중 지질과 지단백에 미치는 납의 노출량에 차이가 있을 것으로 사료되어 앞으로 이에 대한 연구가 요구된다.

요 약

우리나라 농촌 성인 남녀의 납 섭취량, 혈중 농도, 소변 중 배설량과 혈압, 혈청 지질수준과의 관계를 알아 보기 위하여 농촌에 거주하고 신체 건강한 성인 남녀 30명을 대상으로 신체계측, 3일간의 식이섭취조사 및 식이와 소변수거, 혈액채취를 통해 납의 섭취량, 혈중 농도, 소변 중 배설량과 혈압 및 혈청 지질 함량을 측정하고 이들간의 관계를 살펴본 결과는 다음과 같다. 연구 대상자들의 평균 납 섭취량, 혈중 수준 및 뇨중 배설량은 각각 $226.1 \pm 263.8 \mu\text{g/day}$, $10.8 \pm 3.6 \mu\text{g/dl}$ 및 $36.5 \pm 9.5 \mu\text{g}$ 이었다. 수축기와 이완기 혈압은 $113.0 \pm 16.9 \text{mm Hg}$ 와 $76.7 \pm 12.1 \text{mm Hg}$ 였고, 혈청 총콜레스테롤, 중성지질, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 β -lipoprotein 함량은 각각 $158.8 \pm 32.9 \text{mg/dl}$, $104.6 \pm 48.8 \text{mg/dl}$, $45.7 \pm 9.9 \text{mg/dl}$, $92.2 \pm 28.5 \text{mg/dl}$ 및 $426.4 \pm 141.5 \text{mg/dl}$ 인 것으로 나타났다. 납의 섭취량, 혈중 수준 및 뇨중 배설량과 혈압간에는 유의한 상관성이 나타나지 않았으나 납 섭취량과 에너지 및 당질 섭취량간에 유의한 정 상관성이 있었다. 납과 혈청 지질수준과의 관계에서 납 섭취량과 HDL-콜레스테롤 함량간에 유의한 부의 상관성이 나타나 납의 섭취로 동맥경화 발생의 가능성이 높았으며 납과 그밖의 지질간에는 유의한 상관성이 없었다. 본 연구는 조사 지역과 규모면에서 많은 제한점이 있지만 앞으로 본 연구를 기본으로 다양한 지역과 납의 노출수준이 다른 많은 대상자 및 다양한 중금속을 비교 분석할 수 있는 다각적인 연구가 필요하다고 생각한다.

문 헌

- Clausen, I. and Rastogi, S. C. : Heavy metal pollution among autoworkers. *J. Indus. Med.*, **34**, 208 (1977)
- Schroder, H. A. and Tipton, I. H. : The human body burden of lead. *Arch. Environ. Health*, **17**, 965 (1968)
- Settle, D. M. and Patterson, C. C. : Lead in albocoreguide to lead pollution. *Am. Sci.*, **207**, 1167 (1980)
- Valle, B. L. and Ulmer, D. D. : Biochemical effects of mercury, calcium and lead. *Arch. Biochem. Biophys.*, **144**, 91 (1972)
- Mahaffey, K. R. : Nutritional factors in lead poisoning. *Nutr. Rev.*, **39**, 353 (1981)
- Levander, O. A. : Lead toxicity and nutritional deficiencies. *Environ. Health Perspect.*, **29**, 115 (1979)
- Quarterman, J., Morrison, J. N. and Humphries, W. R. : The effects of dietary lead content and food restriction on lead retention in rats. *Environ. Res.*, **12**, 180 (1976)
- Quarterman, J. and Morrison, J. N. : The effects of dietary calcium and phosphorus on the retention of lead in rats. *Br. J. Nutr.*, **34**, 351 (1975)
- Singh, N. P., Thind, L. S., Vitale, L. F. and Pawlow, M. : Intake of magnesium and toxicity of lead : an experimental model. *Arch. Environ. Health*, **34**, 168 (1979)
- Suzuki, T. and Yoshida, A. : Effect of dietary supplementation of iron and ascorbic acid on lead toxicity in rats. *J. Nutr.*, **109**, 982 (1979)
- Cerklewski, F. L. and Forbes, R. M. : Influence of dietary zinc on lead toxicity in the rat. *J. Nutr.*, **106**, 689 (1976)
- Rastogi, S. C., Clausen, J. and Srivastava, K. C. : Selenium and lead : mutual detoxifying effects. *Toxicol.*, **6**, 377 (1976)
- Smith, C. M., Deluca, H. F., Tanaka, Y. and Mahaffey, K. R. : Stimulation of lead absorption by vitamin D administration. *J. Nutr.*, **108**, 843 (1978)
- Rose, H. E. and Quarterman, J. : Dietary fiber and heavy metal retention in the rats. *Environ. Res.*, **42**, 166 (1987)
- Baernstein, H. D. and Grand, J. A. : The relation of protein intake to lead poisoning in rats. *J. Pharmacol. Exp. Therap.*, **74**, 18 (1942)
- Bartrop, D. and Khoo, H. E. : The influence of dietary minerals and fat on the absorption of lead. *Total Environ.*, **6**, 265 (1976)
- Harlan, W. R., Landis, J. R., Schmouder, R. L., Goldstein, N. G. and Harlan, L. C. : Blood lead and blood pressure. *J. Am. Med. Assoc.*, **253**, 530 (1985)
- Weiss, S., Munoz, A., Stein, A., Sparrow, D. and Speizer, F. : The relationship of blood lead to blood pressure in a longitudinal study of working men. *Am. J. Epidemiol.*, **123**, 800 (1986)
- Dekort, W., Verschoor, M., Wibowo, A. and Van Hemmen, J. : Occupational exposure to lead and blood pressure : a study in 105 workers. *Am. J. Ind. Med.*, **11**, 145 (1987)
- Rabinowitz, M., Bellinger, D., Leviton, A., Needleman, H. and Schoenbaum, S. : Pregnancy hypertension, blood pressure during labor, and blood levels. *Hypertension*, **10**, 447 (1987)
- Pirkle, J. L., Schwartz, J., Landis, J. R. and Harlan, W. R. : The relationship between blood lead levels and blood pressure and its cardiovascular risk implications. *Am. J. Epidemiol.*, **121**, 246 (1985)
- Perry, H. M., Erlanger, M. W., Kopp, S. J. and Perry, E.

- F. : Hypertension in man and animal as an asymptomatic manifestation of long-term low-level lead exposure. In "Trace substances in environmental health" Hemphill, D.(ed.), University of Missouri Press, Columbia, MO, p.80 (1986)
23. Aviv, A., John, E., Bernstein, J., Goldsmith, D. and Spitzer, A. : Lead intoxication during development : its late effects on kidney function and blood pressure. *Kidney Int.*, **17**, 430 (1980)
 24. Webb, R., Winqvist, R., Victory, W. and Vander, A. J. : *In vivo* and *in vitro* effects of lead on vascular reactivity in rats. *Am. J. Physiol.*, **241**, H211 (1981)
 25. Boscolo, P. and Carmignani, M. : Neurohumoral blood pressure regulation in lead exposure. *Environ. Health Perspect*, **78**, 101 (1988)
 26. Diaz-Rivera, R. and Horn, R. : Postmortem studies on hypertensive rats chronically intoxicated with lead acetate. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **59**, 161 (1945)
 27. Fine, B., Vetrano, T., Skurnick, J. and Ty, A. : Blood pressure elevation in young dogs during low-level lead poisoning. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **93**, 88 (1988)
 28. Choie, D. D. and Ritchter, G. W. : Effects of lead on the kidney. In "Lead toxicity" Singhal, R. L. and Thomas, J. A.(eds.), Urban & Schwarzenberg, Baltimore, MD, p. 187 (1989)
 29. Bernard, B. P. and Becker, C. E. : Environmental lead exposure and the kidney. *Clin. Toxicol.*, **26**, 1 (1988)
 30. Konikova, G. S. : Cholesterol metabolism in the lead intoxicated individual. *Ter. Arkh.*, **33**, 104 (1961)
 31. Speich, M., Metayer, C., Arnaud, P., Ngugen, V. G., Bousquet, B. and Boiteau, H. L. : Low lead doses and atherogenic diet in rabbits : biochemical result in blood. *Ann. Nutr. Metab.*, **27**, 521 (1983)
 32. Sroczynski, J., Zajusz, K., Kossmann, S. and Wegiel, A. : The effect of experimental lead poisoning on the development of atherosclerosis. *Pol. Med. J.*, **7**, 196 (1968)
 33. 임정남 : 식품의 무기성분 분석. *식품과 영양*, **7**, 42 (1986)
 34. Musy, T. : Quantitative determination of lead and cadmium in foods by program med dry ashing and atomic absorption spectrophotometry with electrothermal atomisation. *Analys.*, **109**, 119 (1984)
 35. Friedewald, W. T., Levy, R. I. and Fredrickson, D. S. : Estimation of concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, **18**, 499 (1972)
 36. 농촌진흥청 : 식품성분표 (제4개정판) (1991)
 37. SAS-STAT guide personal computers, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (1988)
 38. 한국영양학회 : 한국인 영양권장량 (제6개정판). 중앙문화 진술출판사, 서울, p.960 (1995)
 39. Codex Alimentarius Commission : Contaminants joint FAO/WHO food standards program. *Codex Alimentarius*, **17**, 1 (1984)
 40. Hazell, T. : Minerals in foods—dietary sources, chemical forms, interactions, bioavailability. *World Review of Nutrition and Dietetics*, **46**, 1 (1985)
 41. 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)
 42. 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)
 43. 염용태, 배은상, 윤배중 : 농작물 중 중금속 오염도와 1일 섭취량 및 허용기준 설정에 관한 연구. *대한예방의학회지*, **13**, 3 (1980)
 44. 송미란 : 식품을 통한 유해중금속(Hg, Cd, Pb)의 총섭취량 추정. *기전여자전문대학 논문집*, **8**, 273 (1988)
 45. 송미란, 이서래 : 서울시내 대중식사로부터 중금속의 총섭취량 평가. *한국식품과학회지*, **18**, 458 (1986)
 46. 김정현, 조남준, 박성배 : 대중음식 중 중금속 함량. *한국영양식량학회지*, **18**, 316 (1990)
 47. 조윤승, 한상욱, 조태웅, 최광수, 김대선, 송창호, 환경섭, 조수현, 김현, 윤일중, 김항석 : 인체내 미량금속 함량에 대한 조사연구. *국립환경연구원보*, **11**, 153 (1989)
 48. 차길환 : 혈액, 모발 및 뇨중 중금속 함량에 관한 조사연구. 1978년도 정책과제학술연구보고서, p.1 (1978)
 49. 황인담 : 일부 중소도시 기혼 여성의 혈액 및 뇨중 중금속 함량의 상관성에 관한 연구. *예방의학회지*, **20**, 49 (1987)
 50. 환경청 : 공단지역 주민건강조사 보고서. p.26 (1988)
 51. Kettering laboratory report. Cincinnati, Ohio 45219 (1969)
 52. Mahaffey, K. R. : National estimates of blood lead levels : United States 1976-1980. *N. Engl. J. Med.*, **307**, 573 (1982)
 53. 일본 후생성 지방위생연구소 전국협의회 : 혈액중의 중금속지역 주거의 평가에 관한 연구. p.1 (1979)
 54. Zheng, X. Q. and Ji, R. D. : Assessment of lead contamination of the general environment through blood lead levels. *Environ. Monitoring and Assessment*, **9**, 169 (1987)
 55. 김만호 : 일부지역 주민의 중금속 함량에 관한 연구. *국립환경 연구소보*, **3**, 221 (1981)
 56. 장성길, 문병렬, 정규산 : 한국인의 각 장기조직중의 미량중금속 원소분포 : 연, 카드뮴 및 동 등의 함량. *예방의학회지*, **15**, 95 (1982)
 57. McLaughlin, M. : Longitudinal studies of lead levels in a US population. *Arch. Environ. Health*, **27**, 305 (1973)
 58. Hecker, L. H. : Heavy metal levels in acculturated and unacculturated populations. *Arch. Environ. Health*, **29**, 187 (1974)
 59. WHO scientific group : Nutritional anemia. Wld. Hlth. Org. Techn. Rep. Ser., p.405 (1972)
 60. 박광희, 박현서 : 정상인과 고혈압 환자의 식이 칼슘 섭취빈도와 혈청의 칼슘수준과 지질조성의 비교. *한국영양학회지*, **22**, 476 (1989)
 61. 이승교, 이동태, 김화남, 김애정, 송정자 : 일부 농촌주부의 무기질 섭취와 혈청지질, 무기질함량 비교. *한국영양학회지*, **19**, 411 (1990)
 62. 성낙용 : 지질대사에 관한 연구. *서울의대잡지*, **3**, 29 (1962)
 63. 심완주, 강경호, 박기서, 서순규 : 1980년대 중산층 한국인 혈청 총 cholesterol치에 관하여. *대한의학협회지*, **25**, 463 (1982)
 64. 이양자, 신현아, 이기열, 박연희, 이준순 : 한국 정상성인의 혈청지질농도, 체질량지수, 혈압 및 식습관과 일

- 상생활습관과의 관계에 관한 연구. 한국지질학회지, 2, 41 (1992)
65. 박용수, 김현규, 박경수, 김성연, 박영배, 조보연, 이홍규, 고창순, 민현기, 김진규, 김용익, 신영수, 백희영 : 연천 지역사회를 대상으로 한 혈청 지질 농도의 분포 및 관련인자 연구. 한국지질학회지, 3, 191 (1993)
 66. Sun, S. H., Chen, C. C., Lin, S. J., Hong, C. Y., Chiang, B. N. and Sun, G. Y. : An initial screening of serum lipids and fatty acid profiles of hypertensive and normotensive subjects. *Life Science*, 40, 527 (1987)
 67. Pincherte, G., Robinson, D. : Mean blood pressure and its relation to other factors determined at a routine executive health examination. *J. Chronic Dis.*, 27, 245 (1974)
 68. 손이식 : 한국인의 고지혈증에 관한 연구-정상인 및 고혈압증에 있어서의 고지혈증. 대한의학협회지, 18, 345 (1975)
 69. 양충모, 이재익, 김선주, 송병상, 이동후, 박성철, 손이식 : 한국인에 있어서 각종 질환에서의 고지혈증 형별 양상에 관한 연구. 대한의학협회지, 23, 151 (1980)
 70. 삼광임상센터 : 임상검사 안내서 (1994)
 71. 녹십자임상검사센터 : 검사안내 (1994)
 72. Zeman, F. J. and Ney, D. M. : Applications of clinical nutrition. Prentice-Hall, New Jersey, p.368 (1988)
 73. Mykkänen, H., Räsänen, L., Ahola, M. and Kimppa, S. : Dietary intakes of mercury, lead, cadmium and arsenic by Finish children. *Human Nutrition*, 40A, 32 (1986)
 74. Van Dokkum, W., De Vos, R. H., Muys, T. H. and Westra, J. A. : Minerals and trace elements in total diet in the Netherland. *British J. Nutr.*, 61, 7 (1989)
 75. Victory, W. : Evidence for effects of chronic lead exposure on blood pressure in experimental animals. *Environ. Health Perspect*, 78, 71 (1988)
 76. Bogden, J. D., Gertner, S. B., Kemp, F. W., Mcleod, R., Bruening, K. S. and Chung, H. R. : Dietary lead and calcium : effects on blood pressure and renal neoplasia in Wister rats. *J. Nutr.*, 121, 718 (1991)
 77. Bryce-Smith, D. and Stephens, R. : Source and effects of environmental lead. In "Trace elements in health" Rose, J. (ed.), Butterworths, London, p.88 (1983)
 78. 김미경, 조경희 : 닭과 지방수준을 달리한 식이로 사육한 흰쥐의 체내대사 변화. 한국영양학회지, 19, 323 (1986)
 79. 김정숙, 김미경 : 닭과 지방수준을 달리한 식이로 사육한 성장기 흰쥐의 체내대사 변화. 한국영양학회지, 20, 225 (1987)
 80. Friedman, M. and Stanford, O. B. : Effects of epinephrine and norepinephrine on lipid metabolism of the rats. *Am. J. Physiol.*, 199, 995 (1950)
 81. Sokolovskii, V. V. and Davletov, E. G. : Mechanism of the hemolytic action of heavy metals. *Tsitologiya*, 16, 648 (1974)

(1995년 9월 11일 접수)