

## 식품군별 섭취중량 변화에 따른 납의 경구섭취 추정량의 경년변화

문찬석<sup>†</sup>

부산가톨릭대학교 산업보건학과

### Time Trends in Estimated Dietary Lead Intake from the Variation of Intake Weight Per Food Group

Chan-Seok Moon<sup>†</sup>

Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan, Korea

#### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study is to examine the possible changes over the past ten years in the estimated daily dietary lead intake (Pb-D) stemming from the variation of daily intake amounts for each food group. The following factors were considered; 1. time trends in Pb-D as the estimated values, 2. the time trend in Pb-D by food groups 3. the most influential food groups for dietary Pb intake.

**Methods:** Estimated Pb-D was drawn from food consumption according to food groups reported in the Korean National Health and Nutrition Survey and the lead contents of each food group as reported in 23 prior publications.

**Results:** The estimated Pb-D in a 2009 survey was 40.8  $\mu\text{g/day}$ , of which 22.5  $\mu\text{g/day}$  (55.1%) was of plant origin and 18.3  $\mu\text{g/day}$  (44.9%) was of animal origin. Meats and poultry, fish and shellfish among foods of animal origin and beverages of plant origin had the largest contribution in Pb-D among the food groups.

**Conclusion:** Over past ten years, daily lead intakes have slightly increased among men. Otherwise, no clear variation is apparent among women.

**Key words:** Lead, Estimation, Time trend, Dietary intake, Food group

#### I. 서 론

납의 비직업적 노출원은 음용수를 포함한 음식물과 대기의 호흡이다.<sup>1-4)</sup> 이 중금속은 직업적 노출과 노출 경로에서도 많이 연구되었으며, 비직업적 노출의 측면에서도 가장 이슈가 되어온 유해 중금속이다.<sup>5-8)</sup> 제조업 작업장에서 납은 페인팅의 재료로서 흔히 사용되며, 축전지, 납제련, 연주소, 프린팅, 납땀, 납유리 작업 등 사용도가 광범위하다.<sup>9)</sup> 미국 산업위생사회의회(ACGIH)의 발암성 물질 분류에서 A3 카테고리(실험동물에 있어 고농도 폭로시 발암원성 물질)에

속하는 물질로 분류되어 있고 신경계의 독성과 hematopoiesis를 억제시키는 물질로 보고하고 있다. 납을 취급하는 공장근로자들의 노출기준으로서 ACGIH(2010)의 작업환경내 화학물질의 폭로한계치(Threshold Limit Values)의 TWA는 0.05  $\text{mg/m}^3$ 이다.<sup>10,11)</sup>

음식물을 통한 납 섭취량을 구하는 방법으로는 회상법, 마켓베스킷법 그리고 음식물복제법이 있다.<sup>12)</sup> 회상법의 경우 대상자들이 그날 섭취한 음식물들을 기억에 의해 산정해 내는 방법으로서 간편하고 가장 흔히 사용되는 방법이기도 하나 추정치로서의 의미가 강하며, 마켓베스킷법은 미국 및 유럽국가에서 섭

<sup>†</sup>Corresponding author: Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea, Tel: +82-51-510-0633, Fax: +82-303-0941-0777, E-mail: csmoon@cup.ac.kr  
Received: 1 June 2011, Revised: 3 August 2011, Accepted: 20 August 2011

취량 연구에 흔히 사용되는 방법으로 일정기간분의 개인음식물을 연구자가 동일하게 구입하여 실험에 의하여 그 섭취량을 산정하는 방법이나 손실분의 오차에 대한 보정이 어렵다는 단점이 있다. 음식물 복제법은 일정기간 개인이 섭취한 음식물을 동량 복제하는 방법으로서 중금속의 섭취량을 산정하는데 가장 정확도가 높은 방법이나 많은 시간과 비용 및 다수의 인력을 필요로 한다.

금속류 대부분의 인체 노출이 음식물 섭취를 통해 일어나는 것에 비해, 납은 음식물 섭취와 대기호흡 양자의 노출에 의해 영향이 결정되는 특성을 가지고 있다.<sup>12)</sup> 1970년대와 80년대에 유연 휘발유의 사용이 문제시 된 이후 무연휘발유 사용에 따른 영향이나, 공장 매연 및 고정배출원(Stationary source)의 배출 억제,<sup>13)</sup> 환경보전법을 통한 환경유해물 노출에 대한 국가적인 관리, 그리고 산업단지 및 폐광산주변의 거주민에 대한 환경영향평가를 통한 유해물 노출 관리<sup>14,15)</sup>가 시행되고 있는 현재의 시점에서 음식물을 통한 납 섭취량의 시간적인 변화를 관찰하는 것은 납 노출 경로 연구에 큰 의의를 가진다. 1990년대와 2000년을 전후하여 납 섭취량에 대한 소수의 보고가 있었으나, 환경오염 상황이 변화된 현재시점에서 납의 경구섭취에 관한 보고는 거의 없는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 납 섭취량에 관한 경년변화를 관찰하기 위한 일환으로서 음식물을 통한 납 섭취 추정량을 산출해 내고, 납 섭취량의 경년변화에 영향을 주는 식품군을 밝히고자 한다.

## II. 연구내용 및 방법

식품군별 섭취중량은 국민건강영양조사<sup>16)</sup> 자료에서 1998, 2001, 2005, 2007 및 2009년도의 남성과 여성 및 남녀총계의 음식물 평균 섭취중량을 인용하였다. 식품군은 식물성 식품군과 동물성 식품군으로 구분하였다. 식물성 식품군은 13개 소집단으로 분류하였다. 이들 13개 소집단은 곡류, 감자 및 전분류, 당류, 두류, 종실류, 채소류, 버섯류, 과일류, 해조류, 음료 및 주류, 조미료류, 유지류(식물성), 기타(식물성)로 구성되었다. 동물성 식품군은 6개 소집단으로 분류되었으며, 육류, 난류, 어패류, 유류, 유지류(동물성), 기타(동물성)로 구성되었다(Table 1).

각 식품군별 음식물에 대한 납의 함량은 기존 보

고서<sup>17,38)</sup>의 개별 식품군의 납 산출 농도 대표치들을 나열하여 그 대표치들의 중위수(median)와 범위(최소치-최대치)를 산출하였다. 이들 보고서는 한국인이 섭취하고 있는 음식물이며, 전국 조사의 형태를 띠는 연구규모이고, 식품 항목 별 납의 분석은 적절한 국내외 정도관리 또는 이에 준하는 관리가 이루어지는 기관에서 산출된 결과치를 사용하였다(Table 2).

납의 1일 섭취 추정량의 계산은 국민건강영양조사에서 산출되었던 각 식품군별 섭취중량에 식품군별 납 함량의 중위수와 최소치 및 최대치를 곱하여 산출하였다(Table 3).

## III. 결 과

### 1. 식품군별 1일 섭취중량

보건복지부의 2009국민건강통계에 나타난 10년간 5회(1998년, 2001년, 2005년, 2007년, 2009년) 조사 결과치(식품항목 별 1일 섭취 중량)를 남자와 여자 및 총계로 구분하여 Table 1에 나타내었다. 섭취 중량은 2009년 조사에서는 남녀전체 1343.9 g/day를 나타내었으며, 남자가 1517.9 g/day이며, 여자가 1166.7 g/day로서 남자의 섭취중량이 여자에 비해 351.2 g 높았다. 10년간 섭취중량의 변화에서는 남녀 총계에서는 현저한 증감의 변화를 나타내지 않았으나, 남자의 경우 과거에서 최근으로 올수록 점진적인 섭취중량의 상승을 나타내었고(1998년 1394.7 g/day, 2001년 1406.8 g/day, 2005년 1416.5 g/day, 2007년 1457.2 g/day, 2009년 1517.9 g/day), 여자의 경우는 뚜렷한 증감의 변화를 나타내지 않았다(1998년 1167.3 g/day, 2001년 1211.7 g/day, 2005년 1131.6 g/day, 2007년 1127.5 g/day, 2009년 1166.7 g/day).

식품군별 가장 높은 섭취중량은 곡류, 채소류, 과일류, 음료 및 주류로서 식물성식품군이었다. 한국인의 주 에너지원으로서 곡류는 292.5 g/day(2009년 조사)이며, 그 다음이 채소류로 286.7 g/day(2009년 조사)이며, 음료및 주류가 190.4 g/day(2009년 조사), 과일류가 169.1 g/day(2009년 조사)의 섭취중량을 나타내고 있다.

### 2. 식품군별 납 함량

식품군 별 납의 함량을 나열한 후 가장 낮은 값

**Table 1.** Daily intake in each food group by Korean population (g/day)

Food group	Man <sup>16)</sup>					Women <sup>16)</sup>					Total <sup>16)</sup>				
	1998	2001	2005	2007	2009	1998	2001	2005	2007	2009	1998	2001	2005	2007	2009
Food of plant origin															
Grains and cereals	372.3	316.7	342.2	321.2	326.0	303.9	265.3	286.2	255.9	258.0	337.2	289.4	314.4	288.9	292.5
Potatoes and starch	32.6	25.7	20.8	32.0	35.6	38.1	27.6	19.7	36.6	38.0	35.5	26.7	20.2	34.3	36.8
Sugars and sweet	8.2	12.1	8.1	10.2	9.1	6.5	10.5	6.4	6.1	6.5	7.3	11.2	7.3	8.2	7.8
Pulses	35.4	37.0	42.5	43.5	40.0	26.8	27.3	34.9	31.7	30.3	31.0	31.8	38.7	37.5	35.2
Nuts and seeds	2.9	2.6	4.7	2.5	3.0	3.0	2.8	3.7	2.4	2.4	3.0	2.7	4.2	2.4	2.7
Vegetables	319.4	330.8	360.4	319.8	326.9	257.6	269.6	292.5	236.9	246.3	287.5	297.9	326.4	278.2	286.7
Mushrooms	4.1	5.0	4.4	3.4	4.0	4.0	4.7	4.2	3.5	4.5	4.0	4.8	4.3	3.5	4.2
Fruits	176.0	176.9	77.8	157.8	151.2	218.3	235.3	97.9	197.0	187.5	197.1	208.1	187.6	176.9	169.1
Seaweed	8.3	9.1	8.0	6.7	5.1	7.4	9.2	9.0	5.9	4.4	7.8	9.1	8.5	6.3	4.7
Beverages	131.8	147.9	198.0	216.6	256.4	59.5	88.9	86.2	103.3	123.5	94.2	116.2	142.4	160.3	190.4
Seasonings	30.0	35.8	41.6	39.3	43.3	22.1	28.3	33.3	25.9	29.3	26.0	31.8	37.4	32.6	36.4
Oils	6.0	11.4	8.3	8.7	9.2	4.9	8.9	6.7	5.7	5.8	5.4	10.0	7.5	7.2	7.5
Others (plant origin)	2.9	4.6	0.0	0.6	0.4	3.2	5.2	0.0	0.3	0.5	3.0	5.0	0.0	0.5	0.4
Subtotal	1129.8	1115.6	1116.8	1162.3	1210.3	955.3	983.6	880.7	911.2	937.0	1038.9	1044.9	998.9	1036.7	1074.6
Food of animal origin															
Fish and shellfish	75.0	75.6	78.1	64.4	60.9	58.4	56.3	57.6	41.0	39.1	66.5	65.1	67.8	52.8	50.1
Meats and poultry	82.6	112.1	104.5	112.8	109.3	53.7	74.8	74.5	64.1	64.9	67.8	92.4	89.8	88.8	87.4
Eggs	25.1	24.5	28.4	25.9	30.1	18.6	18.3	23.2	18.6	21.1	21.7	21.2	25.8	22.2	25.7
Milks and dairy products	79.6	78.7	86.3	91.6	107.1	79.5	78.3	94.2	92.5	104.3	79.7	78.7	90.2	92.2	105.8
Fats(animal origin)	2.4	0.1	2.0	0.2	0.2	1.9	0.1	1.2	0.2	0.2	2.1	0.1	1.6	0.2	0.2
Others (animal origin)	0.1	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0
Subtotal	264.8	291.3	299.7	294.8	307.6	212.2	228.1	250.9	216.4	229.7	238.0	257.7	275.5	256.2	269.3
Total	1394.7	1406.8	1416.5	1457.2	1517.9	1167.3	1211.7	1131.6	1127.5	1166.7	1276.9	1302.6	1274.3	1292.9	1343.9

**Table 2.** Median and range of Pb levels in each food group

Food group	Median (µg Pb/g)	Range (µg Pb/g)
Food of plant origin		
Grains and cereals <sup>21,37,39)</sup>	0.007	0.005 - 0.390
Potatoes and starch <sup>21,37)</sup>	0.080	0.010 - 0.250
Sugars and sweet <sup>25)</sup>	0.030	0.010 - 0.470
Pulses <sup>21,32)</sup>	0.120	0.010 - 0.380
Nuts and seeds	-	-
Vegetables <sup>23,24,34,37)</sup>	0.016	0.003 - 0.024
Mushrooms	-	-
Fruits <sup>37)</sup>	0.001	0.001 - 0.001
Seaweed <sup>33)</sup>	0.089	0.010 - 0.178
Beverages <sup>23,27,29,37)</sup>	0.030	0.007 - 0.040
Seasonings <sup>30)</sup>	0.003	0.003 - 0.003
Oils	-	-
Others (plant origin)	-	-
Food of animal origin		
Fish and shellfish <sup>17,18)</sup>	0.107	0.006 - 4.350
Meats and poultry <sup>30)</sup>	0.100	0.100 - 0.100
Eggs	-	-
Milks and dairy products <sup>19)</sup>	0.040	0.030 - 0.050
Fats	-	-
Others (animal origin)	-	-

Values in median and range were rounded off at the fourth place below the decimal point.

-: No data were available.

과 가장 높은 값을 최소치와 최대치로 하여 범위로 나타내고 대표치로서 중위수(median)를 사용하였다 (Table 2). 식품군별 납의 함량은 기존 자료를 참고로 하였다. 업선된 국내 23개의 보고서를 면밀히 검토한 후 범위에 적용하였으며 이들 범위에서 사용된 데이터를 기준으로 하여 중위수를 산출하였다.

높은 납 함량을 나타내는 식품군은 식물성 식품군의 두류(중위수 0.120 µg/g, 범위 0.010-0.380 µg/g) 및 동물성 식품군의 어패류(중위수 0.107 µg/g, 범위 0.006-4.350 µg/g)와 육류 및 가공류(중위수 0.100 µg/g)로 나타내었다. 식품의 납 함량은 관심이 높은 동물성 식품군의 어패류에서 가장 많은 보고 자료가 있었으며, 곡류, 감자 및 전분류, 두류, 채소류, 해조류 및 음료 및 주류에서는 필요한 자료를 확보할 수 있었으나, 종실류, 버섯류, 유지류(식물성), 기타(식물성)의 식물성 식품군들과 난류, 유지류(동물성), 기

타(동물성)의 동물성 식품군의 비교적 섭취중량이나 납의 함량이 높지 않은 식품군에서는 유효한 자료가 없어 농도를 제시하지 못하였다.

### 3. 납 섭취 추정량

섭취 추정량에서 볼 때, 음식물 섭취량에 의한 납 섭취의 10년간의 경년변화로서 남자는 약간 증가하였으며, 여자는 명확한 증감의 변화를 나타내지 않았다(Table 3). 남자의 경우는 1일 섭취량이 41.9 µg/day에서 47.9 µg/day의 섭취량을 나타내었으며 여자의 경우는 32.4 µg/day에서 35.6 µg/day의 섭취량을 나타내었다. 식품군별 10년간의 경년변화를 보았을 때, 남자의 경우는 전체 납 섭취량이 약간 증가하였으며, 식품군 별로 보았을 때는 식물성 식품군의 주류 및 음료류 식품군에서 섭취량의 뚜렷한 증가를 보였다. 여자의 경우는 전체 식물성 식품군의 납 섭취량이 소폭 증가함을 보였으나, 동물성 식품군에서는 10년간의 변화에서 명확한 증감의 변화를 나타내지 않았다. 그러므로 여자의 전체 납 섭취량은 남자와는 달리 10년간의 확연한 증감변화가 나타나지 않았다.

1일 납 섭취량을 식물성 식품군과 동물성 식품군으로 구분하여 납 섭취량을 계산하였을 때, 2009년의 경우 식물성 식품군 전체에서 22.5 µg/day, 동물성 식품군은 18.3 µg/day로서 식물성 식품군이 전체 중 55.1%를 차지하고 있고 동물성 식품군은 44.9%로서 납 섭취의 경우 한국인을 대상으로 한 비직업적 노출자들의 음식을 통한 섭취노출의 경우는 식물성 식품군을 통한 노출이 약간 높은 것으로 나타났다. 식품군별 납 섭취량에서는 2009년 조사를 기준으로 하여 볼 때, 육류 및 가공류가 8.7 µg/day로서 가장 높은 기여도를 나타내는 식품군이었으며, 그 다음으로 음료 및 주류가 5.7 µg/day로 높은 기여도를 나타내었고, 어패류(5.4 µg/day)가 세번째 납의 섭취 기여도를 나타내었다. 식품 섭취중량에서 가장 높은 값을 나타내는 곡류, 채소류, 과일류, 음료 및 주류의 경우는 각각 4.1, 4.6, 0.2, 5.7 µg/day로서 높은 섭취중량에 비례하는 납 섭취량을 나타내지는 않았다.

## IV. 고 찰

### 1. 납 섭취량의 추정치와 실측치, 혈중 농도

노출 경로를 음식물에 의한 노출과 대기호흡에 의

**Table 3.** Time trend of estimated dietary Pb intake ( $\mu\text{g Pb/day}$ )

Food group	Man					Women					Total					(min. - max)
	'98	'01	'05	'07	'09	'98	'01	'05	'07	'09	'98	'01	'05	'07	'09	
Food of plant origin																
Grains and cereals	5.2 <sup>*</sup>	4.4	4.8	4.5	4.6	4.3	3.7	4.0	3.6	3.6	4.7	4.1	4.4	4.0	4.1	(1.3 - 145.2) <sup>†</sup>
Potatoes and starch	2.6	2.1	1.7	2.6	2.8	3.0	2.2	1.6	2.9	3.0	2.8	2.1	1.6	2.7	2.9	(0.2 - 9.5)
Sugars and sweet	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	(0.1 - 5.7)
Pulses	4.2	4.4	5.1	5.2	4.8	3.2	3.3	4.2	3.8	3.6	3.7	3.8	4.6	4.5	4.2	(0.3 - 16.5)
Nuts and seeds <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vegetables	5.1	5.3	5.8	5.1	5.2	4.1	4.3	4.7	3.8	3.9	4.6	4.8	5.2	4.5	4.6	(0.7 - 8.6)
Mushrooms <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruits	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	(0.1 - 0.2)
Seaweed	0.7	0.8	0.7	0.6	0.5	0.7	0.8	0.8	0.5	0.4	0.7	0.8	0.8	0.6	0.4	(0.0 - 1.6)
Beverages	4.0	4.4	5.9	6.5	7.7	1.8	2.7	2.6	3.1	3.7	2.8	3.5	4.3	4.8	5.7	(0.4 - 10.3)
Seasonings	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	(0.1 - 0.1)
Oils and fats <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Others (plant origin) <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	22.4	22.1	24.4	25.1	26.1	17.6	17.6	18.2	18.2	18.8	19.9	19.7	21.4	21.6	22.5	(3.1 - 197.8)
Food of animal origin																
Fish and shellfish	8.0	8.1	8.4	6.9	6.5	6.2	6.0	6.2	4.4	4.2	7.1	7.0	7.3	5.6	5.4	(0.2 - 339.7)
Meats and poultry	8.3	11.2	10.5	11.3	10.9	5.4	7.5	7.5	6.4	6.5	6.8	9.2	9.0	8.9	8.7	(5.4 - 11.3)
Eggs <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Milks and dairy products	3.2	3.1	3.5	3.7	4.3	3.2	3.1	3.8	3.7	4.2	3.2	3.1	3.6	3.7	4.2	(2.3 - 5.4)
Oils and fats (animal origin) <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Others (animal origin) <sup>‡</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	19.5	22.4	22.3	21.8	21.7	14.8	16.6	17.4	14.5	14.8	17.1	19.4	19.8	18.2	18.3	(8.0 - 356.4)
Total	41.9	44.6	46.7	46.9	47.9	32.4	34.3	35.6	32.7	33.6	37.0	39.1	41.3	39.8	40.8	(11.1 - 554.2)

Values in the table are calculated from daily food intake in each year (Table 1) multiplied by median (minimum–maximum) Pb contents in each food group (Table 2).

<sup>\*</sup>Median, <sup>†</sup>The range of the minimum and the maximum, <sup>‡</sup>No data are available on Pb contents.

한 노출로 나누어 볼 때, 납의 경우는 거의 절반 정도가 음식을 통한 노출이며 농촌지역에서 대도시로 갈수록 대기 호흡에 의한 노출량이 높아지는 경향을 나타낸다.<sup>12)</sup> 1995년에 수행된 이 조사연구는 1987년부터 사용되기 시작한 무연휘발유의 사용이 점차 확대되고, 1993년에 이르러 유연휘발유가 전면 생산 중단된 시기와 부합되고 있고, 자동차의 집중 현상이 시골지역에 비해 대도시에 집중적으로 나타났으며, 부가적인 요인으로서 대도시의 경우 지하철 공사로 도로가 파헤쳐지거나 도로에 설치된 임시운행용 도로철판이 차량의 잦은 통행으로 인해 심한 분진을 일으킴으로서 대기오염을 일으키는 요인으로 작용하고 있던 시기로 볼 수 있다.

음식을 통한 납 섭취량, 대기중 납의 농도 및 한국인의 혈중 납 농도의 대표치들을 모아 Table 4에 연도별로 농도수준을 비교하였다. 혈중 납에 있어서는, 1986년 조사를 기점으로 하여 현재에 이르기 까지 확연한 감소가 확인되었다. 즉, 여성 대상

자만을 비교할 때 1986년에 51.5 µg/l의 농도수준에서 2008년 조사에서 17.7 µg/l로 약 3배의 점진적인 감소가 나타났다. 대기 중 납의 농도는 2010 환경통계연감의 자료 중 12개 대도시(41개 측정지역) 연간 자료의 전체 평균치를 재계산하여 국내 총 평균치로 나타내었다. 10년간 주요도시의 연간 총평균치를 나열해 보았을 때, 2000년에 0.093 µg/m<sup>3</sup>에서 2009년의 평균치는 0.050 µg/m<sup>3</sup>으로 1.9배 감소를 보였으며, 이는 대기 중 납 농도가 10년 전인 2000년에 비해 2009년에 약 절반농도로 감소하였다고 볼 수 있다.

체내 흡수량을 산정하기 위하여 음식을 통한 납 섭취 추정량과 대기중 납농도의 평균치를 기준으로, 음식물의 경우는 장관 흡수를 7.5%로 산정하고, 대기의 경우는 1일 성인 호흡량 15 m<sup>3</sup>의 용적에 50%의 흡수를 가정하여 계산치를 산출한 후,<sup>44)</sup> 이 두 요인 중 음식을 통한 납의 흡수율[Food/(air+Food)]을 나타내었다. 여성 대상자를 기준으로 하여 보

**Table 4.** Time trend in dietary Pb intake, Pb concentration in ambient air and blood Pb concentration

Year of survey	Pb-D (µg/day)	Pb-A <sup>‡,43)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pb-B <sup>§</sup> (µg/l)	Dietary absorption (µg/day)	Air absorption <sup>¶</sup> (µg/day)	Food / (air+Food) (%)
1986	33.1 (women) <sup>†,40)</sup>		51.5(women) <sup>40)</sup>	2.48		
1994	20.5 (women) <sup>†,12)</sup>		44.3(women) <sup>12)</sup>	1.53		
1998	41.9 (men) <sup>*</sup> 32.4 (women) <sup>*</sup>			3.14(men) 2.43(women)		
2000	18.4(women) <sup>†,41)</sup>	0.093	37.3(women) <sup>41)</sup>	1.38		
2001	44.6 (men) <sup>*</sup> 34.3 (women) <sup>*</sup> , 24.37 <sup>†,42)</sup>	0.077		3.35(men) 2.57(women) 1.83	0.58	85.24(men) 81.59(women) 75.93
2002		0.073			0.55	
2003		0.071			0.53	
2004		0.075			0.56	
2005	46.7 (men) <sup>*</sup> 35.6 (women) <sup>*</sup>	0.057	30.6(man) <sup>43)</sup> 23.1(women) <sup>43)</sup>	3.50(men) 2.67(women)	0.43	89.06(men) 86.13(women)
2006		0.063			0.47	
2007	46.9 (men) <sup>*</sup> 32.7 (women) <sup>*</sup>	0.063	23.2(man) <sup>43)</sup> 14.7(women) <sup>43)</sup>	3.52(men) 2.45(women)	0.47	88.22(men) 83.90(women)
2008		0.062	25.5(man) <sup>43)</sup> 17.7(women) <sup>4)</sup>		0.47	
2009	47.9 (men) <sup>*</sup> 33.6 (women) <sup>*</sup>	0.050		3.59(men) 2.52(women)	0.38	90.43(men) 86.90(women)

<sup>\*</sup>Estimated dietary Pb intake (the present study), <sup>†</sup>instrumental dietary Pb intake, <sup>‡</sup>Pb concentration in ambient air, <sup>§</sup>blood Pb concentration, Dietary absorption per capita per a day was assumed as 7.5%<sup>12,44)</sup>, <sup>¶</sup>Ambient air absorption per capita per a day was calculated from 15 m<sup>3</sup>/day for respiration of ambient air and 50% for their uptake<sup>12,44)</sup>

왔을 때, 2001년 조사에서는 음식을 통한 납의 흡수율이 81.59%를 차지하였으며, 2005년 조사에서 86.13%, 2007년 조사에서 83.90%, 2009년 조사에서는 86.90%로서, 납 섭취 추정량을 기준으로 하여 흡수율을 산정하였을 때는 약 5.3%가 증가되었음을 나타내었다. 남성 대상자의 경우에서도 2001년, 2005년, 2007년, 2009년 조사에서 각각 85.24%, 89.06%, 88.22%, 90.43%를 나타내어 약 5.2%가 증가하여 여성대상자와 비슷한 양상을 나타내었다. 이는 대기를 통한 납 흡수량의 실질적인 감소에 의하여 상대적으로 음식을 통한 납의 흡수율이 증가되는 양상을 보였다. 그러므로 한국인의 혈중 납 농도의 감소에 의미를 가지는 영향 요인으로서 대기 중 납의 농도의 감소를 들 수 있다. 대기 호흡을 통한 납의 노출에서 대기 중의 납 농도가 지속적으로 낮아진다고 본다면 음식을 통한 경구섭취가 납의 주 노출 경로로 변화하고 있음을 추정할 수 있다.

음식물의 경우에는, 식품군별 섭취량의 변화에 의해 남자는 납 섭취량이 10년간 약간 증가하였으며, 여자의 경우는 명확한 증감변화를 나타내지 않았다. 본 연구에서 주로 다루고자 하는 내용이 식품군별 납의 함량(Table 2)을 한 시점상의 농도로서 고정시키고, 식품군별 섭취중량의 경년변화에 의해서 납 섭취량에 변화가 나타나는지를 확인하고자 하였으므로, 납 경구섭취 증감의 시간적인 변화연구를 하는데 있어 섭취중량의 변화는 가장 먼저 고려해야 하는 부분이다. 따라서 본 연구의 결과에서 볼 때, 혈중 납 농도의 감소요인으로서 음식물의 납 섭취량은 식품군의 섭취중량적인 측면에서는 밀접한 인과관계를 가지지 않았다. 그러나 식품군별 납의 함량(Table 2)은 대기농도의 점진적인 감소에 의하여 지속적인 감소가 나타날 수 있는 부분이므로 대기의 영향에 의한 식품자체의 납 함량의 변화에 대한 연구는 필요하며, 현재 시점에서 음식물 섭취를 통한 명확한 섭취량을 산정하는 섭취총량 연구가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

## 2. 식품군별 납 섭취 기여도

남녀 전체 납 섭취량에서 볼 때, 2009년 조사에서는 육류 및 가공류가 식품군별 납 섭취량에 가장 높은 기여도를 나타내었고, 주류 및 음료류가 그 다음 높은 기여도를 나타내었으며, 어패류가 3번째 높은

납의 섭취 기여도를 나타내었다. 식품군별 납 섭취 특성을 본다면, 식물성 식품군의 경우는 9군에서 전체 섭취량의 55.1%를 나타내므로 일반 한국인에 있어 음식물 섭취 습성은 여전히 채식성임을 알 수 있었다. 그리고 각 식품군별 섭취량이 높지는 않다고 하더라도 식품군의 종류가 많아 다양한 식품군으로부터 들어오게 되므로 총량적인 면에서 납의 함량이 동물성 식품에 비해 높게 나타나지만 그 농도 자체는 높지 않다고 볼 수 있다. 동물성 식품의 경우는 전체 납 섭취량의 44.9%를 차지하여 전체 납 섭취량의 절반에 약간 못미치는 수준에 있으나, 3개의 식품군에서 섭취되는 양으로서 납의 주요 노출원으로서 이들 식품군에 대한 섭취량의 조절이 필요한 것으로 생각된다. 특히 납의 노출에서 볼 때, 육류 및 가공류의 경우는 지금까지의 보고자료를 기준으로 하였을 때 섭취량의 범위가 넓지 않았으나(5.4-11.3  $\mu\text{g}/\text{day}$ ), 어패류의 경우는 중위수에서 5.4  $\mu\text{g}/\text{day}$  정도의 섭취량을 나타내고 있으나 섭취의 범위가 상당히 넓게 나타나고 있으므로(0.2-339.7  $\mu\text{g}/\text{day}$ ) 오염된 어패류의 섭취에 관한 잠재적인 노출을 생각해 볼 수 있다.

## V. 결 론

식품군별 섭취중량의 변화에 의해 납 섭취량에 변화가 있는지를 추정량을 통하여 산출하였다. 10년간의 납 섭취추정량의 경년변화는 남자가 41.9-47.9  $\mu\text{g}/\text{day}$ 로서, 식품군 중 주류 및 음료류의 섭취량 증가에 의한 납 섭취량의 증가가 확인되었다. 여성의 경우는 32.4-35.6  $\mu\text{g}/\text{day}$ 으로서 식품군의 납 섭취량에 기인한 전체 섭취량의 변화는 나타나지 않았다. 식품군별 납의 섭취에 가장 영향을 나타내는 식품군은 동물성 식품군의 육류 및 가공류, 어패류이고, 식물성 식품군의 주류 및 음료류였다. 어패류는 납 함량의 범위가 가장 넓기 때문에 잠재적인 노출 위험성을 가진다.

## 감사의 글

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단(현 한국연구재단)의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-331-E00081).

참고문헌

1. Buchet JP, Lauwerys R, Vandevoorde A, Pycke J M. Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: A duplicate meal study. *Food Chem Toxicol.* 1983; 21: 19-24.
2. Müller M, Anke M. Distribution of cadmium in the food chain (soil-plant-human) of a cadmium exposed area and the health risk of the general population. *Sci Total Environ.* 1994; 156: 151-158.
3. Ikeda M, Watanabe T, Koizumi A, Fujita H, Nakatsuka H, Kasahara M. Dietary intake of lead among Japanese farmers. *Arch Environ Health.* 1989; 44: 23-29.
4. Ikeda M, Zhang Z-W, Shimbo S, Watanabe T, Nakatsuka H, Moon C-S. et al. Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. *The Sci Total Environ.* 2000; 249: 272-384.
5. International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 85. Lead-environmental aspects. Geneva. World Health Organization 1989.
6. International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 134. Cadmium. Geneva. World Health Organization 1992.
7. International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 135. Cadmium-environmental aspects. Geneva. World Health Organization 1992a.
8. International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 165. Inorganic lead. Geneva. World Health Organization 1995.
9. International Agency for Research on Cancer: Lead and lead compound. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Human. 1980; 23: 325-415.
10. IARC. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: Some metals and metabolic compounds. 1980; 23: 315-425.
11. ACGIH (2010) TLVs and BEIs. Cincinnati, OH.
12. Moon C-S, Zhang Z-W, Shimbo S, Watanabe T, Moon D-H, Lee C-U, et al. Dietary intake of cadmium and lead among general population in Korea. *Environ Res.* 1995; 71: 46-54.
13. Moon C-S, Ikeda M. Pollutant levels in ambient air and blood in Korea. *Environ Health Prev Med.* 1996; 1: 33-38.
14. Choi B-W, Jung J-H, Choi W-J, Jeon C-J, Shon B-H. Distribution characteristics of ambient heavy metals based on the emission sources and their carcinogenic risk assessment in Ulsan, Korea. *Kor J Env Hlth.* 2006; 32(5): 522-531.
15. Ministry of Environment, Korea. Environmental Health Act 2009.
16. Ministry for Health, Welfare and Family Affairs, Korea (2010) Korean National Health and Nutrition Survey 2009.
17. Sheo H-J, Hong S-S, Kim C-M. A study on the contents of heavy metals in freshwater fishes of Yeong San river. *J Korean Soc Food Nutr.* 1991; 20(6): 615-620.
18. Sung D-W, Lee Y-W. A study on the content of heavy metals of marine fish in Korean coastal water. *Kor J Food Hygiene.* 1993; 8(4): 231-240.
19. Park SO. Studies on the content of minerals and heavy metals in milk and milk products. thesis for master course in graduate school of agriculture & animal science: Kon-kuk University; 1994.
20. Kim YC, Han SH. A study on heavy metal contents of the fresh water fish, and the shellfish in Korean. *J Food Hyg Safety.* 1999; 14(3): 305-318.
21. Kim M, Chang M-I, Chung S-Y, Sho Y-S, Hong M-K. Trace metal contents in cereals, pulses and potatoes and their safety evaluation. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2000; 29(3): 364-368.
22. Kim I-S, Han S-H. A study of heavy metal contents in shellfishes of various areas in Jeonbuk. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2000; 29(5): 758-761.
23. Chun OK, Kim Y, Han SH. A study on the contents of heavy metals in the commercial processed foods. *J Food Hyg Safety.* 2001; 16(4): 308-314.
24. Chung S-Y, Kim M-H, Sho Y-S, Won K-P, Hong M-K. Trace metal contents in vegetables and their safety evaluations. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2001; 30(1): 32-36.
25. Chung S-Y, Kim M, Kim JS, Hong M, Lee JO, Kim CM. Trace metal elements in sugar products and their safety evaluations. *Korean J Food Sci Technol.* 2002; 34(6): 992-997.
26. Ham H-J. Distribution of hazardous heavy metals (Hg, Cd, and Pb) in fishery products, sold at Garak wholesale markets in Seoul. *J Food Hyg Safety.* 2002; 17(3): 146-151.
27. Chung S-Y, Kim J-S, Kim E-J, Park SK, Kim M, Hong M et al. Trace metal contents in tea products and their safety evaluations. *Korean J Food Sci Technol.* 2003; 35(5): 812-817.
28. Kim JH, Lim CW, Kim PJ, Park JH. Heavy metals in shellfishes around the south coast of Korea. *J Food Hyg Safety.* 2003; 18(3): 125-132.

29. Kim M, Lee YD, Kim EJ, Chung SY, Park SK, Lee JO. Heavy metal contents in beverages consumed in Korea. *Korean J Food Sci Technol.* 2003a; 35(3): 342-346.
30. Kim M, Kim JS, Sho Y-S, Chung SY, Lee JO. The study on heavy metal contents in various foods. *Korean J Food Sci Technol.* 2003b; 35(4): 561-567.
31. Ha G-J, Song J-Y, Hah D-S. Study on the heavy metal contents in fishes and shellfishes of Gyeong-sangnam-Do coastal area Part 1. *J Food Hyg Safety.* 2004; 19(3): 132-139.
32. Kim M, Lee YD, Park HJ, Park SK, Lee JO. Contents of heavy metals in soybean curd and starch jelly consumed in Korea. *Korean J Food Sci Technol.* 2005; 37(1): 1-5.
33. Mok J-S, Park H-Y, Kim J-H. Trace metal contents and safety evaluation of major edible seaweeds from Korean coast. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2005; 34(9): 1464-1470.
34. Yoo C-C, Kim D-W. Studies on the heavy metal contents in some vegetables sales on markets in Korea. *Korean J Food Nutr.* 2005; 18(3): 254-264.
35. Hwang YO, Park SG. Contents of heavy metals in marine fishes, sold in Seoul. *Anal Sci Tech.* 2006; 19(4): 342-351.
36. Kim H-Y, Kim J-C, Kim S-Y, Lee J-H, Jang Y-M, Lee M-S, et al. Monitoring of heavy metals in fishes in Korea- As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Total Hg. *Korean J Food Sci Technol.* 2007; 39(4): 353-359.
37. Kwon Y-M, Lee K-H, Lee H-S, Park S-O, Park J-M, Kim J-M, et al. Risk assessment for heavy metals in Korean foods and livestock foodstuffs. *Korean J Food Sci Resour.* 2008; 28(3): 373-389.
38. Mok J-S, Shim K-B, Cho M-R, Lee T-S, Kim J-H. Contents of heavy metals in fishes from the Korean coasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2009; 38(4): 517-524.
39. Zhang Z-W, Moon C-S, Watanabe T, Shimbo S, Ikeda M. Contents of pollutant and nutrient elements in rice and wheat grown on the neighboring fields. *Biol Trace Elem Res.* 1997; 57: 39-50.
40. Watanabe T, Cha CW, Song DB, Ikeda M. Pb and Cd levels among Korean populations. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1987; 38: 189-195.
41. Moon C-S, Paik J-M, Choi C-S, Kim D-H, Ikeda M. Lead and cadmium levels in daily foods, blood and urine in children and their mothers in Korea. *Int Arch Occup Environ Health.* 2003; 76: 282-288.
42. Korea Food and Drug Administration. Dietary intake and risk assessment of heavy metals in Korean foods: Final report; 2001. p.77-85.
43. Ministry of Environment, Korea. 2009 Environmental statistics yearbook; 2010. p.108, p325.
44. Ikeda M. Biological monitoring of the general population for cadmium. In: Nordberg GF, Herker RFM, Alessio L. editors. Cadmium in the Human Environment: Toxicity and Carcinogenicity. IARC. Lyon; 1992. p.65-72.