

일부 대학생들의 카드뮴과 납 섭취량 및 체내부하

문찬석 · 백종민[†]

부산가톨릭대학교 산업보건학과

Dietary intake and body burden of cadmium and lead among Korean college students

Chan-Seok Moon · Jong Min Paik[†]

Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan

Objectives: This study aims to evaluate the dietary intake and blood concentrations for examination of exposure levels and exposure characteristics of Cd and Pb via food among college students aged 20 years living in Busan area.

Methods: Food duplicate per a day and venous blood samples were accepted from healthy man and women college students. The samples were analyzed with graphite furnace atomic absorption spectrophotometer.

Results: Dietary intake of Cd and Pb in the participants were 17.5 μg Cd/day, 21.7 μg Pb/day. Blood concentrations were

2.01 μg Cd/L, 4.32 μg Pb/dL, respectively. **Conclusions:** Smoking and drinking habits might be high influential factors in 20 years college students. Dietary intake of Cd and Pb, however, from food group of seaweed, or fish and shellfish in 20 years college students were lower than that in any other age group.

Key Words: Cd, Pb, college students, dietary intake, blood concentration

※ 본 연구는 부산가톨릭대학교 2009년도 학술연구비 지원으로 수행되었음

접수일: 2010년 12월 10일, 채택일: 2011년 3월 4일

† 교신저자: 백종민(우)609-757 부산광역시 금정구 부곡3동 9번지 부산가톨릭대학교 산업보건학과,
Tel.: 051-510-0630, Fax.: 051-510-0638, E-Mail: jmpaik@cup.ac.kr

I. 서론

카드뮴(Cd)과 납(Pb)은 유해중금속으로서(식품의약품안전청, 2010) 제조업 작업장에서 그 용도가 다양하고, Cd의 대표적인 사용으로는 코팅 및 도금, 배터리의 제조, 염료, PVC 안정제, 카드뮴 합금 등에 널리 사용되고 있다(IARC, 1993). Pb의 경우, 페인팅의 재료로서 흔히 사용되어져 왔으며, 축전지, 납제품, 연주소, 프린팅, 납땜, 납유리작업 등으로서 Cd, Pb 모두 그 사용도가 광범위하다고 할 수 있다(IARC, 1980).

Cd, Pb 모두 인체독성을 가지고 있으며, Cd의 경우는 ACGIH의 발암성 분류에서 A2 카테고리(인체의 의심이 되는 발암원성 물질)에 속하는 물질로 분류하고 있으며 신장해를 일으킨다. Pb의 경우는 A3 카테고리(실험동물에 있어 고농도 노출시 발암원성 물질)에 속하는 물질로서 신경계 독성과 혈액성 장애를 일으키는 물질이다(IPCS, 1989, 1992, 1992a, 1995).

비직업적 노출을 받고 있는 일반인의 경우에 장기-저농도로(long-term low-level exposure) 음식물과 음용수 및 대기의 호흡을 통하여 인체내 노출된다(Buchet et al., 1983; Müller and Anke, 1994; Alessio et al., 1983; Ikeda, 1992; Ikeda et al., 2000). 이 두 중금속은 일반인을 대상으로 한 백그라운드 노출량 및 노출 경로에 관해 연구가 되고 있으나, 가장 활동이 왕성한 20대 청년층의 노출량 및 노출경로에 대한 정보는 거의 제한적이다.

국내의 현시점에서 볼 때, 1970년대 중반부터 시행된 자동차의 무연 가솔린 사용과 더불어 대기 환경 보호 정책의 일환으로서 공장 매연 및 고정 배출원에서의 배출을 억제해 오고 있으며(Moon and Ikeda, 1996), 2009년에 환경보건법이 새로이 제정되어 일반인의 환경 유해물 노출에 대한 국가적인 관리와 감시를 강화하고 있으며, 환경부에서 시행하고 있는 조사연구동향을 볼 때, 산업단지를 중심으로 그 주변의 거주민에 대한 환경적 노출과 생체부하에 대한 조사가 진행 중에 있고, 폐광산 주변에 거주하고 있는 일반인들의 중금속 노출에 관한 조사가 활발히 이루어지고 있는 실정이며(이경준 등, 1998; 최봉욱 등, 2006; 환경부, 2010), 최근 국내 폐광산 주변의 주민의 경우 카드뮴의 노출이 심각한 수준이므로, 과거 보고와 더불어 현시점에서의 음식물을 통한 백그라운드 노출 농도로서 카드뮴 섭취량을 재조명해야 할 필요성(Moon et al., 1998)이 대두되고 있다. Cd의 경우는 노출경로에서 볼 때 음식물을 통한 섭취가 전체 노출량의 80% 이상을 차지하고 있어 음식물을 통한 경구섭취량에 대한 보고를 필요로 하고 있으며, Pb의 경우는 1970년대와 80년대에 유연 휘발유의 사용이 문제시 된 이후 국가의 지속적인 억제정책은 있었으나 이

에 따른 영향으로서 실제 일반인의 혈액 중 납의 농도가 확연히 감소하였는지에 대한 연구는 거의 없는 편이다.

본 연구에서는 필드조사를 통하여 20대 청년대학생들의 Pb, Cd의 중금속 노출에 따른 체내 부하를 음식물 섭취량과 혈중 농도를 중심으로 과거자료와 비교하고, 흡연 및 음주와 관련된 기호품의 섭취 및 해산물섭취(해조류 및 어패류)를 비롯한 영향력을 가진 식품군에 관해 연령별 섭취량을 비교 고찰하고자 한다.

II. 조사대상 및 방법

1. 연구 대상자 선정 및 일시

본 연구는 부산시내 대학교에 재학 중에 있으며, 인체 유해물에 관심을 가지고 시료의 제공에 협력할 수 있는 건강한 비흡연 대학생 참여자 35명을 대상으로 하였으며, 이들 대상자는 과거 중금속의 직업적인 노출력이 없으며, Cd 및 Pb의 노출원으로서 작용할 수 있는 한방약을 현재 복용하고 있지 않는 남녀대학생을 대상으로 하였다. 대상자들에게는 사전 설명회를 통하여 본 연구의 의의와 내용을 주지시키었으며, 연구 참여 동의를 받았다. 이들 참여자로부터 평소에 섭취하고 있는 1일 동안의 음식물(24-hour diet duplicate)과 정맥혈을 수집하였다(Acheson et al., 1980; Yamada et al., 1996).

조사는 2009년 8월-2010년 3월에 걸쳐 실시하였고 혈압, 키, 체중 및 자가 진단 설문지를 통하여 건강장애, 질병여부, 생활습관을 조사하였다.

2. 시료의 분석 전처리 및 정량 분석

각 참여자들이 제공한 24시간 음식물(24-hour food duplicate)은 10³g 까지 정확한 측정이 가능한 전자저울을 이용하여 각 음식물의 중량 및 전체 중량을 측정 후 균질화하였다. 정맥혈 시료는 헤파린이 들어 있는 진공채혈기(Vacurette, 3ml, CenMed Enterprises, Inc., NJ, USA)를 이용하여 채혈하였다(Ikeda et al., 1989; Moon et al., 1995, 1996).

실험실로 운반된 음식물 혼합시료는 전자저울로 정확히 측정 후 음식혼합물은 원액의 질산(유해금속측정용, Wako Pure Chemical, Japan) 및 과염소산(유해금속측정용, Wako Pure Chemical, Japan)과 혼합하여 테프론 튜브에 넣고 온도조절이 정확한 전기열판 위에서 120℃ 이하로 조절하여 알루미늄 블록에서 습식탄화를 행한다. 탄화 후 시료가 약 0.3 ml 정도(1방울 정도)의 맑은액이 될 때까지 탄화시킨 다음 증류수($\geq 18.2 \text{ M}\Omega\text{cm}$)로 최종 부피가 10 ml가 되도록 맞춘 다음

이 최종액을 기기측정용 시료로 사용한다 (Moon et al., 1995, 1996, 1998).

3. Cd 및 Pb의 분석

습식탄화된 음식물 시료 및 생체시료는 흑연원자로-원자 흡수분광계 (AA240Z, Varian, USA)를 이용하였다. 자동시료 주입기와 제만백그라운드보정을 이용하였고 표준첨가법을 사용하였다. 음식물혼합샘플은 0.1% 질산 (HNO_3)와 2.5% 인산이암모늄 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 를 매트릭스 변환제 (matrix modifier)로 분석에 사용하였다. 혈액의 경우는 직접주입법을 사용하여 분석하였으며, 혈액시료의 희석액에는 0.2% Triton X-100, 0.2% 인산이암모늄 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 을 같이 넣어 사용하였고, 0.1% Triton X-100, 2.5% 인산이암모늄 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 및 0.259% 질산마그네슘6수화물 $[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 를 매트릭스 변환제 (matrix modifier)로 사용하였다. 시료측정에 적용된 측정 파장은 Cd가 228.3 nm이고 Pb는 283.3 nm이다 (MAYO, 2001; Needleman et al., 1990; Nixon et al., 1985; Nixon and Moyer, 1996).

4. 실험용 시약, 유리초자 및 용기

실험에 사용되는 시약은 특급시약이거나 유해금속측정 전용시약을 사용하며, 용기 및 초자류는 모두 30%의 질산에 1일간 채워둔 후 꺼내어 초순수(18.2 M Ω cm)로서 잘 행군 다음 실험에 임함으로써 분광기를 통한 시료 측정시 백그라운드를 일정하게 하며 미량 중금속 측정에 가장 중요한 요건이 되는 실험실 내 오염을 방지하였다 (Moon et al., 2003; Watanabe et al., 1983).

5. 정도관리 및 정도보증

실험실내부의 정도관리는 실험실내의 실험실관리, 용기 세척, 분석기기관리, 분석샘플 관리, 분석결과관리등에 관한 분석물 관리 지침에 따라 분석을 시행하여 결과치를 산출하였으며, 외부정도관리로서 독일의 G-EQUAS 및 국내 국립환경과학원의 저농도 시료에 대한 관리를 받았고, 두개 기관 모두 인증을 받았다.

III. 결과 및 고찰

1. 대상자의 Cd과 Pb 섭취량과 혈중농도

한국 성인의 경우에서 일반인의 Cd와 Pb노출 경로를 음식물에 의한 노출과 대기호흡에 의한 노출로 나누어 볼 때, Cd의 노출은 75% 이상이 음식을 통하여 이루어지고 있고, Pb의 경우는 거의 절반 정도가 음식을 통한 노출이며 농촌지역에서 대도시로 갈수록 대기 호흡에 의한 노출량이 높아지는 경향을 나타낸다 (Moon et al., 1995). 이 연구는 1995년에 수행되었으며, 그 당시의 국내 사정은 1987년부터 사용되기 시작한 무연휘발유가 1993년에 전면 생산 중단이 된 시기와 부합되고 있고, 대도시의 경우에는 자동차 집중현상이 시골지역에 비해 두드러지게 나타났으며, 이와 동시에 부가적인 요인으로서 지하철 공사에 따른 도심지의 도로가 파헤쳐지거나 도로에 설치된 연결된 도로철판으로 인한 대기환경상의 오염요인을 가지고 있던 시기로 볼 수 있다. 이 시기와 이전 시기의 경우에는 대기중의 납이 일반인의 혈중 납의 농도를 상승시키는 주요 요인으로 작용되었다고 생각된다.

본 조사의 결과를 평가하기 위하여, 국내 일반인을 대상으로 한 보고들을 중심으로 일반인의 Cd와 Pb 노출범위를 비교하였다. 2000년의 조사에서 Cd섭취량의 기하평균 16.7 $\mu\text{g}/\text{day}$ 를 보고하였으며 (Moon et al., 2003), 1994년 조사에서는 21.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ (Moon et al., 1995)였으며, 1986년 조사에서는 17.0 $\mu\text{g}/\text{day}$ (Watanabe et al., 1987)의 기하평균치를 나타냄으로써 섭취량에서는 16.7-21.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ 범위의 섭취가 확인되었다. 혈중 Cd의 경우에서도 2000년 조사에서는 2.74 $\mu\text{g}/\text{L}$, 1994년 조사에서는 1.27 $\mu\text{g}/\text{L}$, 1986년 조사에서는 1.45 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로서 일반인의 혈중 농도는 1.27-2.74 $\mu\text{g}/\text{L}$ 의 기하평균치 범위가 나타나고 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 (Table 1) 음식물 섭취량이 17.5 $\mu\text{g}/\text{day}$ 이며, 혈중 농도가 2.01 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로서 부산지역의 대상 대학생의 경우도 기존 조사의 대상자인 30-40대의 중년 남녀의 섭취량이나 혈중농도의 범위를 벗어나는 결과를 보이지는 않았다. Pb의 섭취량과 혈중농도의 경우에서도, 상기의 3회의 조사에서 결과치를 나타내었다. 2000년, 1994년 조사 및 1986년 조사에서 Pb의 섭취량은 18.4 $\mu\text{g}/\text{day}$, 20.5 $\mu\text{g}/\text{day}$, 33.1 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로서 18.4 - 33.1 $\mu\text{g}/\text{day}$ 의 범위를 나타내었고, 혈중 Pb의 농도는 37.3 $\mu\text{g}/\text{L}$, 44.3 $\mu\text{g}/\text{L}$, 51.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로서 37.3-51.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ 의 농도범위를 나타내었다 (Moon et al., 1995, 2003; Watanabe et al., 1987). Pb의 경우는 음식을 통한 섭취량과 혈중 농도간에 최근으로 올수록 비례적으로 감소되는 경향도 동시에 추정할 수 있었다. 본 연구의 결과로서 대상이 된 20대 청년층의 Pb 섭취량과 혈중 농도는 21.7 $\mu\text{g}/\text{day}$, 43.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Table 1)로서 섭취량과 혈중 농도 모두 과거 조사결과인 국내 일반인 중년층의 섭취량과 혈중농도의 범위를 벗어나지는 않았다. 다만, 주목해야 하는 부분으로서 대기중의 Pb는 1980년대와 1990년대의 유연휘발유의 사용이라는 큰 노출요인이 있었으며 이 요인이 없어진지 17년이 경과된 현재의

Table 1. Dietary intake and blood concentration of Cd and Pb among survey participants (N=35)

	Food ($\mu\text{g}/\text{day}$)*	Blood ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Cd	17.5 (1.92)	2.01 (2.72)
Pb	21.7 (1.78)	43.2 (1.86)

* geometric mean (geometric standard deviation)

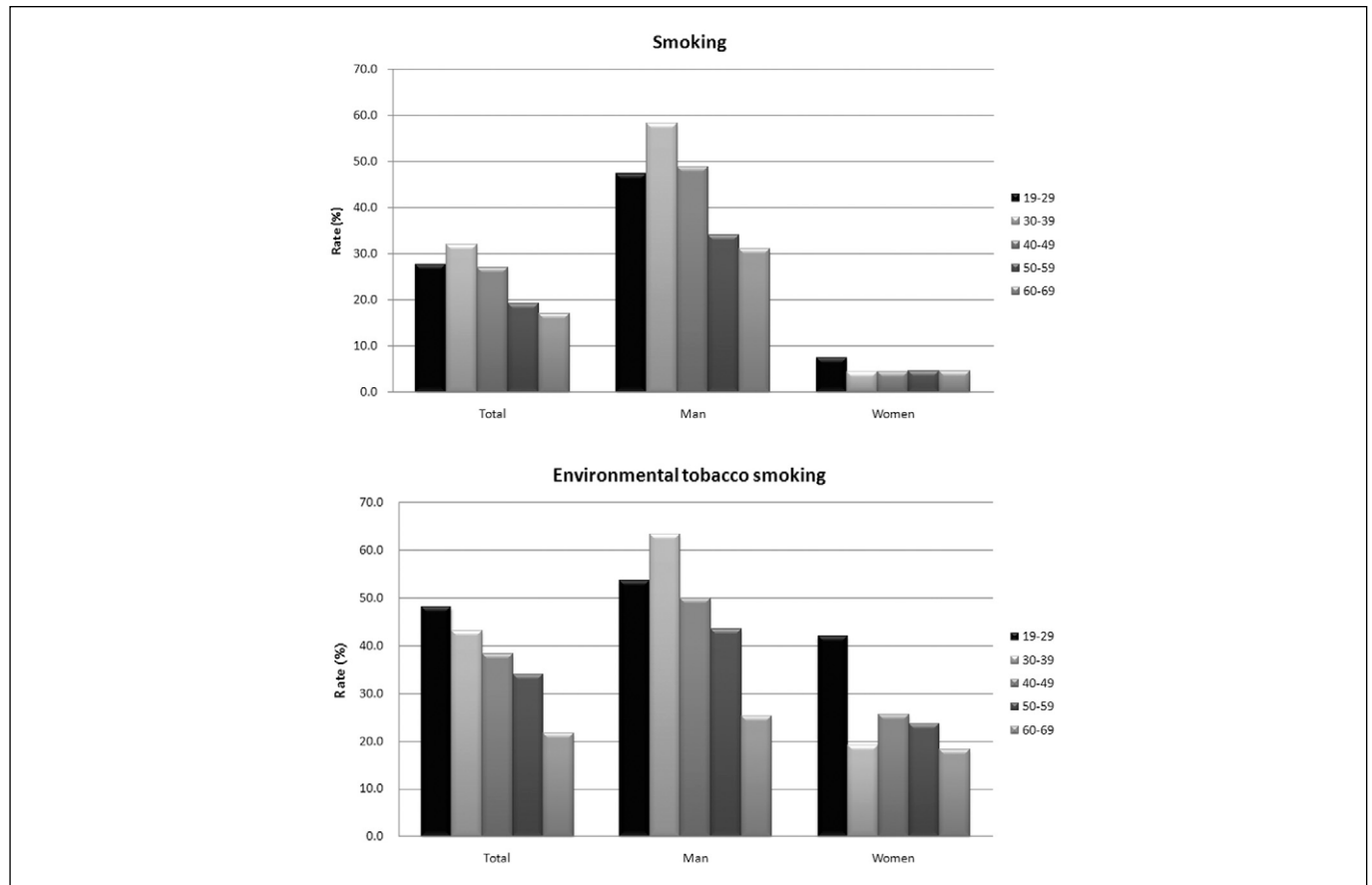


Figure 1. Smoking and environmental tobacco smoking rate among age group

시점에서는 확실히 혈중 Pb 농도의 감소가 일어나야 한다는 점이다. 그러나 본 조사결과에서 나타난 바와 같이 대상자군의 경우 $43.2 \mu\text{g}/\text{L}$ 를 나타냄으로써 일반인의 최근의 기하평균에 비하여 약간 높은 농도를 나타내었다고 생각되었다. 따라서 추후 연구를 통하여 청년층의 노출량과 노출요인에 대한 보다 심도있는 연구가 필요하다.

2. 20대 일반 청년층의 기호품에 의한 Cd, Pb 섭취 특성

2008년에 발간된 2007 국민건강통계 (보건복지가족부, 질병관리본부) 자료를 근간으로 하여 20대 청년층 (19-29세)의

흡연율 (%)과 간접흡연율을 Figure 1.에 나타내었다. 20대 청년층의 흡연율은 남자의 경우 47.5 %의 흡연율을 나타내어 동일 남자 집단의 30대 (58.3 %)와 40대 (48.8 %)와 더불어 높은 흡연율을 나타내었다. 여성의 경우는 모든 연령층에서 10 % 이하로 흡연율을 나타내었으나, 20대의 경우는 다른 연령층 (4.4-4.6%)에 비하여 확연히 높은 흡연율 (7.6 %)을 나타내었다. 남녀 전체에서 볼 때, 흡연율의 경우는 30대 연령층 다음으로 높은 흡연율을 나타내어 다른 연령층에 비하여 흡연율이 높은 연령층으로 확인되었다. 간접흡연 (Environmental Tobacco Smoking)의 경우, 남자의 경우에는 30대 다음으로 높은 간접흡연율을 나타내었으며, 여성의 경우는 다른 연령층에 비하여 확연히 높은 간접흡연율을 나타내어 남녀전

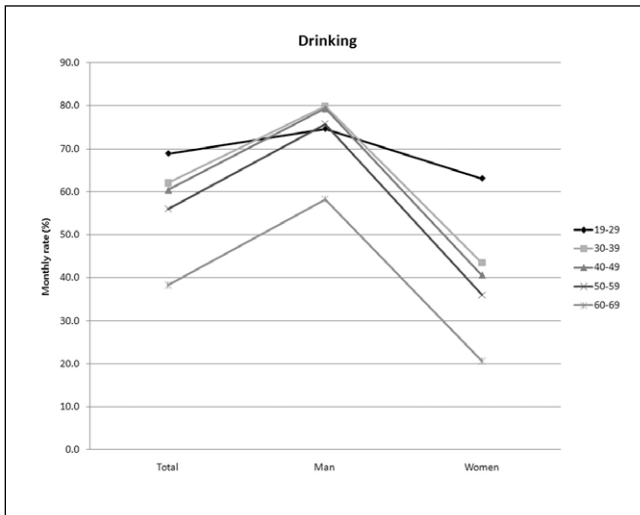


Figure 2. Monthly drinking rate among age group

체에서 볼 때, 간접흡연은 다른 연령층에 비하여 가장 높은 간접흡연율을 나타내었다. 흡연의 경우는 간접흡연과 더불어 혈중의 Cd와 Pb를 상승시키는 직접적인 요인이다. 따라서 본 연구의 경우 혈중 Pb의 높은 농도는 이러한 흡연관련 요인이 크게 작용하고 있을 것으로 예상되었다.

음주의 경우는 혈중 Cd와 Pb의 농도를 상승시키는 요인으로 작용한다. 2007 국민건강통계 (보건복지가족부, 질병관리본부)의 자료를 바탕으로 하여 비교한 결과, 20대 청년층의 경우는 월간 음주율은 남녀전체 68.9%로서 다른 연령층에 비해 가장 높은 음주율을 나타내었다. 남자의 경우는 20대층이 74.6 %이며 30대, 40대, 50대가 각각 79.9 %, 79.4 %, 75.8%로서 순위상으로는 20대층이 4번째이나 30대층과의 5% 정도의 차이로서 큰 차이를 나타내지 않았으며 음주율 상위의 연령층으로 구분할 수 있었다. 여성의 경우에는 다른 연령층과 확연한 차이로서 높은 가장 높은 음주율을 나타내었다. 20대 청소년 층이 63.1 %였으며 30대가 43.5 %, 40대가 40.6%, 50대가 36.0 % 60대가 20.6 %로서 연령이 증가함에 따라 음주율이 하락하는 경향을 나타내었다. 그러므로 음주 습관의 경우에서도 다른 연령층에 비하여 20대층이 가장 높은 월간 음주율을 나타냄으로써 혈중 카드뮴과 납의 농도를 상승시키는 요인이 될 것으로 예상되었다.

3. 식품군별 Cd와 Pb의 섭취 특성

섭취하는 식품을 식물성 식품군은 13개 식품군으로 나누고, 동물성 식품군은 6개 식품군으로 나누어 식품군별 카드뮴과 납의 섭취가 가장 높은 식품군을 확인하였다. 식물성 13개 식품군은 곡류, 감자 및 전분류, 당류, 두류, 종실류, 채소류, 버섯류, 과실류, 해조류, 음료 및 주류, 조미료류, 유지

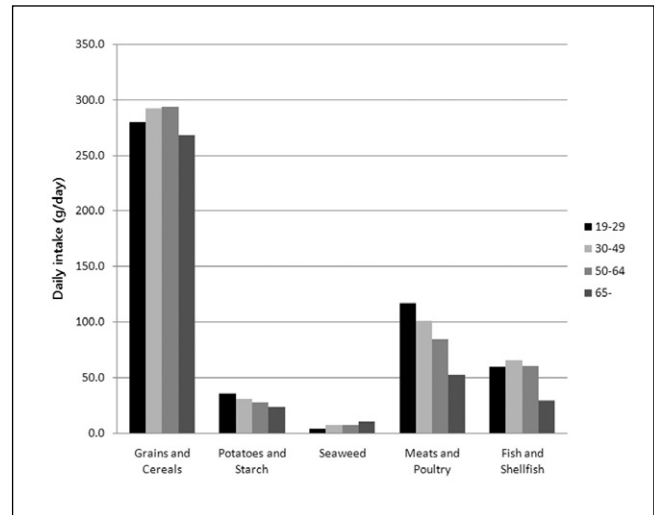


Figure 3. Daily dietary intake of 5 influential food groups for Cd and Pb among age group

류(식물성) 및 기타(식물성)로 분류되어 있고, 동물성 6개 식품군은 육류, 난류, 어패류, 유류, 유지류(동물성) 및 기타(동물성)으로 나누고 있다 (보건복지부, 질병관리본부, 2008). 최근 Cd 및 Pb의 섭취에 가장 높은 영향을 나타내는 인자는 동물성 식품군의 어패류 (목중수 등, 2009; 김인숙, 한성희, 2000; 김연천, 한성희, 1999; 김지희 등, 2003)와 식물성 식품군의 해조류 (목중수 등, 2005; 권영민 등, 2008)로서 해산물로부터의 영향이 큰 것으로 보고되고 있다 (식품의약품안전청, 2001). 이외에 동물성 식품으로는 육류의 영향에 관한 보고가 되고 있다 (김미혜 등, 2003). 식물성 식품군의 경우는 한국인의 주에너지원이며 1일 섭취량이 가장 높게 나타나는 식품군인 곡류의 Cd와 Pb에 대한 보고가 있으며, 해조류 이외에는 식물성 식품군 중 Cd와 Pb 섭취의 영향인자로서 감자 및 전분류에 대해 보고되고 있다. 이들 보고자료는 대상 식품군의 전국조사의 성격을 띄고 있거나, 국내 유통되고 있는 대상식품군의 모든 종에 대한 조사자료이므로 농도치에 있어 충분한 대표성을 나타내고 있다고 생각되어 이들 자료에 대한 농도범위를 산출해 보았다.

식품군 별 섭취농도의 범위를 보았을 때, 동물성 식품군 중 어패류의 경우, Cd이 0.002-0.559 $\mu\text{g/g}$, Pb은 0.006-4.350 $\mu\text{g/g}$ 의 농도 범위를 나타내어 전체 19개 식품군 중 Cd와 Pb의 가장 넓은 농도범위이며 높은 최고 농도치를 나타내었다. 육류의 경우는 Cd이 0.030 $\mu\text{g/g}$, Pb이 0.100 $\mu\text{g/g}$ 을 나타내어 어패류에 비하여 낮은 수준의 섭취량을 나타내었다. 식물성 식품군 중, 해조류의 보고에서도 국내의 유통되는 대부분의 해조류를 수거하여 분석이 시행되었으며, Cd은 0.144-0.304 $\mu\text{g/g}$, Pb은 0.010-0.178 $\mu\text{g/g}$ 의 농도범위를 나타내어 13개 식물성 식품군중에서는 높은 최고 농도치와 가장 넓은 농도범위를 나타내었다. 곡류에서 Cd은 0.001-0.023 $\mu\text{g/g}$, Pb은 0.0120-0.390 $\mu\text{g/g}$

의 농도를 나타내었고, 감자 및 전분류에서는 Cd이 0.017-0.185 $\mu\text{g/g}$, Pb이 0.010-0.250 $\mu\text{g/g}$ 으로서 곡류와 감자 및 전분류의 2개 식품군을 비교하여 볼 때에는 농도상으로 곡류에서 약간 넓은 농도 범위를 나타내었으나 섭취량에 있어 곡류는 감자 및 전분류에 비해 높은 섭취량을 보임으로써 곡류의 Cd 및 Pb의 농도는 높은 중요성과 의미를 나타낸다고 생각된다(권영민 등, 2008; 김미혜 등, 2000). 그러므로 Figure 3에서는 동물성 식품군과 식물성 식품군 중 Cd와 Pb에 가장 영향력을 나타내는 이들 5가지 식품군의 연령층별 섭취량을 비교함으로써 20대 청년층의 섭취정도를 다른 연령층과 비교하여 보았다(보건복지부, 질병관리본부, 2008). 가장 명확한 차이를 나타내는 식품군은 육류와 감자 및 전분류로서 20대의 경우 다른 연령층에 비하여 가장 높은 육류의 섭취량을 나타내었다. 식품군 중 Cd 및 Pb에 가장 높은 영향을 나타내는 해조류와 어패류의 경우는 Figure 3에 나타난 바와 다른 연령층에 비해 적은 섭취량을 보이거나 비슷한 섭취량을 나타내었다. 따라서 20대 청년층의 경우 일반 음식물을 통한 Cd와 Pb는 1일 섭취량에서 다른 연령층에 비해 비슷하거나 낮은 섭취량을 보여 이들에 의하여 다른 연령층과 구분되는 의미있는 노출 요인으로서 보이지 않았다. 물론 본 연구의 음식물 섭취량 조사인 음식물 복제법을 통한 24시간 전식(24-hr total food duplicate)이외에 대상자들의 카드뮴과 납의 중요한 노출 원으로서의 식품군에 대한 연구 즉, 반정량적 식품빈도(Semi quantitative food frequency)연구 등을 통하여 계절에 따른 노출 경로의 심도 있는 평가는 차후 필요한 연구라고 생각된다. 그리고 대상자의 흡연, 음주여부 및 성별에 따른 평가는 본 연구의 대상자 수가 많지 않기 때문에 이루어지지 않았다.

4. 잠정적 월간 섭취 허용량 (Provisional tolerable monthly intake)

JECFA (FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)의 2010년 6월에 열린 회의에서 Cd의 체내반감기가 예외적으로 길기 때문에 주간 섭취 허용량을 다시 수정한 월간 섭취 허용량을 제안하고 있다. 즉, 기존의 잠정적 주간 섭취 허용량(Provisional tolerable weekly intake)을 7 $\mu\text{g/kg body weight}$ 를 제안하여 사용하고 있었으나 이것을 잠정적 월간 섭취 허용량 PTMI(Provisional tolerable monthly intake)를 25 $\mu\text{g/kg body weight}$ 로 제안하고 있다(FAO/WHO, 2010). 본 조사의 결과와 비교하여 보았을 때, 성인 한명의 체중을 60 Kg을 기준하여 본다면, 17.5 $\mu\text{g/day}$ 는 0.292 $\mu\text{g/Kg body weight}$ 이며, 1개월(30일간)에는 8.73 $\mu\text{g/kg body weight}$ 로서 JECFA에서 제안하는 PTMI인 25 $\mu\text{g/kg body weight}$ 에는 약 35 % 정도 수준으로서, 본 조사의 결과치로 판단할 경우에는 카드뮴으로 인한 직접적인 질환

은 나타나지 않는 노출수준이다. 그러나 본 조사에서 고찰하였던 해조류나 어패류는 하루의 적은 섭취 중량(g)으로 높은 Cd와 Pb의 노출량을 나타낸다는 점이 중요하고, 해조류나 어패류의 섭취량이 비교적 높은 해안에 거주하는 사람들의 경우는 섭취량이 일부 상승한다고 하더라도 혈중 Cd와 Pb은 높은 양으로 상승할 수 있는 가능성이 있으므로 해안에 거주하는 20대 청년층의 경우는 음주 및 흡연과 더불어 해산물섭취의 관점에서 노출요인이 내륙의 경우보다 더 다양하고, 높은 노출 농도를 보일 기회가 많아진다고 할 수 있다.

V. Acknowledgments

본 연구는 부산가톨릭대학교 2009년도 학술연구비 지원에 의해 수행되었음.

REFERENCES

- 권영민, 이경희, 이행신, 박선오, 박정민 등. 한국인의 대표식품 및 축산식품에 대한 중금속 위해도 평가. 한국축산식품학회지 2008; 28(3): 373-389
- 김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종옥. 여러 가지 식품 중 중금속 함량에 관한 연구. 한국식품과학회지 2003; 35(4): 561-567
- 김미혜, 장문익, 정소영, 소유섭, 홍무기. 우리나라 곡류, 두류 및 서류 중 중금속 함량 및 안전성 평가. 한국식품영양과학회지 2000; 29(3): 364-368
- 김연천, 한선희. 국내 유통 민물어류와 연안산 패류의 중금속 함량에 관한 조사. 한국식품위생안전성학회지 1999; 14(3): 305-318
- 김인숙, 한성희. 전북 해안 지역별 패류의 중금속 함량. 한국식품영양과학회지 2000; 29(5), 758-761
- 김지희, 임치원, 김평중, 박정흠. 우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량. 한국식품위생안전성학회지 2003; 18(3): 125-132
- 목종수, 박희연, 김지희. 한국산 주요 식용해조류의 미량금속 함량 및 안전성 평가. 한국식품영양과학회지 2005; 34(9): 1464-1470
- 목종수, 심길보, 조미라, 이태식, 김지희. 한국연안산 어류의 중금속 함량. 한국식품영양과학회지 2009; 38(4): 517-524
- 보건복지부, 질병관리본부. 2007 국민건강통계, 국민건강영양조사 제4기 1차년도 2007. 2008
- 식품의약품안전청, 한국보건산업진흥원. 한국인의 대표식품

- 단 중 중금속 섭취량 및 위험도 평가. 2001; 64-76
- 식품의약품안전청. 식품공전. 식품의약품안전청 2010; 2-1-9
- 이경준, 현정오, 조덕현, 한심희. 아연폐광산 주변 토양의 중금속(Cd, Cu, Zn, Pb) 오염에 따른 5개 수종의 부위별 중금속 축적. 한국임학회지, 87(3), 466-474, 1998.
- 최봉욱, 정중현, 최원준, 전창재, 손병현. 발생원에 근거한 울산지역의 대기중금속 분포특성 및 발암위해성 평가. 한국환경보건학회지, 32(5), 522-531, 2006.
- 환경부. 법률 제 9932호 환경보건법. 2010
- Acheson KJ, Campbell IT, Edholm OG, Miller DS, Stock MJ. The measurement of food and energy intake in man-an evaluation of some techniques. *Am J clin nutri* 1980; 33: 1147-1154
- Alessio L and Foa V. Lead. In: Alessio L, Berlin A, Roi R, Boni M(eds.) *Human Biological Monitoring of Industrial Chemicals Series*. Joint research Centre Ispra Establishment. Ispra. Italy 1983; 23-44,
- Buchet JP, Lauwerys R, Vandevoorde A, and 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
- IARC. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: Some metals and metabolic compounds. 1980; 23: 315-425
- IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. 1993; 58: 119-237
- Ikeda M, Watanabe T, Koizumi A, Fujita H, Nakatsuka H, and Kasahara M. Dietary intake of lead among Japanese farmers. *Arch Environ health* 1989; 44: 23-29
- Ikeda M, Zhang Z-W, Shimbo S, Watanabe T, Nakatsuka H, Moon C-S, Matsuda-Inoguchi N, Higashikawa K. Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. the *Sci Total Environ* 2000; 249: 272-384
- Ikeda M. Biological monitoring of the general population for cadmium. In: Nordberg GF, Herker RFM, Alessio L (eds.) *Cadmium in the Human Environment: Toxicity and Carcinogenicity*. IARC. Lyon. 1992; 65-72
- International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 134. Cadmium. Geneva. World Health Organization 1992
- International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 135. Cadmium-environmental aspects. Geneva. World Health Organization 1992a
- International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 165. Inorganic lead. Geneva. World Health Organization 1995
- International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 85. Lead-environmental aspects. Geneva. World Health Organization 1989
- FAO/WHO. JECFA, Joint FAO/WHO Expert committee on food additives weventy-third meeting. 2010; JECFA/73/SC
- MAYO Medical Laboratories interpretive handbook 2001
- Moon C-S and Ikeda M. Pollutant levels in ambient air and blood in Korea. *Environ Health Prev Med* 1996; 1: 33-38
- 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
- Moon C-S, Zhang Z-W, Shimbo S, Watanabe T, Moon D-H, Lee C-U, Lee B-K, Ahn K-D, Lee S-H, Ikeda M. Dietary intake of cadmium and lead among general population in Korea. *Environ Res* 1995; 71: 46-54
- Moon C-S, Zhang Z-W, Shimbo S, Watanabe T, Moon D-H, Lee C-U, Lee B-K, Ahn K-D, Lee S-H, Ikeda M. Evaluation of urinary cadmium and lead as markers of background exposure of middle-aged women in Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 1998; 71: 251-256
- Moon C-S, Zhang Z-W, Watanabe T, Shimbo S, Noor Hassim I, Jamal HH, Ikeda M. Nonoccupational exposure of Malay women in Kuala Lumpur, Malaysia, to cadmium and lead. *Biomarkers* 1996;1: 81-85
- 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
- Needleman HL, Schell A, Bellinger D. The long term effects of exposure to low doses of lead in childhood An 11-year follow-up report. *N Engl J Med* 1990; 322: 83-88
- Nixon DE, Moyer TP, Windebank AJ. Lack of correlation of low levels of whole blood and serum lead in humans. In: *Trace Substances In Environmental Health XIX. proceedings of the University of Missouri's 19th Annual Conference on Trace Substance in Environmental Health* Columbia, MO. June 3-6 1985; 248-256
- Nixon DE, Moyer TP. Routine clinical determination of lead, arsenic, cadmium and thallium in urine and whole blood by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy* 1996; 51: 13-25
- Watanabe T, Cha CW, Song DB, and Ikeda M. Pb and Cd levels

- among Korean populations. Bull Environ Contam Toxicol 1987; 38: 189-195
- Watanabe T, Koizumi A, Fuzita H, Kumai M, and Ikeda M. Cadmium levels in the blood of inhabitants in non-polluted areas in Japan with special references to aging and smoking. Environ Res 1983; 31: 472-483
- Yamada Y, Hirata H, Fujimura K, Ohtsuji K, Tani Y, Shimbo S, Imai Y, Watanabe T, Moon C-S, Ikeda M. Disappearance of differences in nutritional intake across two local cultures in Japan: A comparison between Tokyo and Kyoto. The Tohoku J Exp Med 1996; 180: 1-15