



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납  
데이터베이스 구축 및 식품으로  
인한 카드뮴 및 납 노출의  
역학적 특성

(Construction of cadmium and lead database  
for commonly consumed food items among  
Korean population and epidemiological  
characteristics of dietary cadmium and lead  
exposure)

2015년 8월

서울대학교 보건대학원  
보건학과 보건영양학 전공  
이 은 지

한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납  
데이터베이스 구축 및 식품으로  
인한 카드뮴 및 납 노출의  
역학적 특성

(Construction of cadmium and lead database  
for commonly consumed food items among Korean  
population and epidemiological characteristics of dietary  
cadmium and lead exposure)

지도교수 정 효 지

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함

2015년 8월

서울대학교 보건대학원  
보건학과 보건영양학 전공  
이 은 지

이은지의 석사학위논문을 인준함

2015년 8월

위 원 장	<u>정 해 원</u>	(인)
부 위 원 장	<u>최 경 호</u>	(인)
위 원	<u>정 효 지</u>	(인)

## 국 문 초 록

산업화가 진행됨에 따라 식품을 통한 중금속 노출이 증가하고 있다. 여러 중금속 가운데 카드뮴은 신장, 골 조직, 신경계, 생식기관, 그리고 심혈관계에 독성을 지니며 발암성 또한 띠는 것으로 알려진 환경성 유해 물질이다. 또한 납은 신기능 이상, 신경계 이상, 심혈관계 질환, 골밀도 저하 등을 유발할 수 있으며, 어린이의 지능 저하 및 발달 저해 또한 일으키는 것으로 알려져 있다.

중금속은 직업적 노출, 공기, 토양, 식품, 물 등 다양한 경로를 통해 인체에 유입되나, 일반적으로 직업적 노출을 제외하면 식품이 중금속의 주요 노출원이므로, 식품을 통한 카드뮴과 납의 노출 수준을 파악하는 것이 중요하다. 그러나 현재 우리나라에는 공적으로 사용할 수 있는 식품 중 카드뮴과 납 함량 데이터베이스가 부재하여, 한국인의 카드뮴과 납 섭취 수준을 평가하는 데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납 함량 데이터베이스를 구축하고, 이를 이용하여 한국인의 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출의 역학적 특성을 파악하고자 한다.

국민건강영양조사 제 4기(2007-2009) 식품섭취량 조사 자료를 이용하여 한국인 상용식품을 정의하고, 식품 중 카드뮴 또는 납 함량을 분석한 국내 문헌을 고찰하여 함량 값을 수집하였다. 한 식품에 여러 함량 값이 수집된 경우에는 데이터 질적 평가 시스템을 활용하여 함량 값을 선택하였고, 함량 값이 없을 시 원재료는 같으나 수분 함량의 차이로 인해 달리 분류된 경우 대체 값을 구하여 적용하였다.

국민건강영양조사 제 4기, 제 5기 대상자 가운데 신체계측 및 24시간 회상법 식사 조사 자료가 있으며 에너지 필요 추정량의 20-200%를 섭취한 총 41,587명의 식품섭취량 자료를 구축된 데이터베이스와 연계하여, 한국인의 카드뮴 및 납 섭취수준을 분석하였다. 중금속 과량 섭취 위험

과 관련성이 있는 식품군을 파악하기 위해 로지스틱 회귀분석을 실시하였고, 일반 선형 모형을 이용하여 각 식품군을 통한 중금속 섭취량과 혈중 중금속 농도 사이의 상관관계를 도출하였다. 중금속 과량 섭취 위험군은 잠정일일섭취허용량(Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI) 대비 실제 섭취량 수준이 전체의 95 퍼센타일 이상인 경우로 정의하였다.

총 702가지 식품에 대하여 데이터베이스를 구축하였고, 그 완성도는 식품 수 기준으로 카드뮴은 54.4%, 납은 55.0%였으며, 식품 섭취량을 기준으로 산출한 완성도는 두 중금속에서 모두 95.6%였다.

한국인의 평균 카드뮴 섭취량은  $10.50 \mu\text{g/day}$ , 납의 섭취량은  $9.73 \mu\text{g/day}$ 이었다. 평균 %PTDI는 카드뮴이 22.72%, 납이 4.93% 수준이었다. 중금속 섭취 수준에 영향을 미치는 역학적 특성으로는 성별, 연령, 비만도, 가구 소득, 교육 수준, 흡연, 음주 등이 있었다. 카드뮴과 납의 섭취량에 가장 크게 기여하는 식품군은 어패류와 해조류였고, 채소류 및 곡류의 기여율이 그 뒤를 이었다.

전체 인구의 4.8%가 과량의 카드뮴을, 5.5%가 과량의 납을 섭취하고 있었다. 연령대별로 분석하자 10세 미만 어린이가 가장 중금속 노출에 취약한 집단인 것으로 드러났다.

카드뮴 및 납 과량 섭취 발생 위험은 해조류, 어패류의 섭취량이 증가함에 따라 큰 폭으로 증가하였다. 이외에도 곡류, 채소류, 조미료류, 종실류, 유지류, 당류 섭취량 또한 중금속 과량 섭취 발생과 양의 상관관계가 있었다. 한편, 육류, 우유 및 유제품, 감자 및 전분류는 그 섭취량이 증가할수록 중금속 과량 섭취 발생 위험이 감소하였고, 특히 납에서는 과일류와 난류에서도 섭취량과 과량 섭취 발생 위험 사이의 음의 상관관계가 관찰되었다.

식품을 통한 카드뮴의 체중당 섭취량과 혈중 카드뮴 농도 사이에서 양의 상관관계가 관찰되었고( $\beta=0.0252$ ;  $p<0.0001$ ), 납 섭취량과 혈중 납 농도 사이에서도 유의미한 상관관계가 있었다( $\beta=0.0134$ ;  $p<0.0001$ ). 난류, 당류, 음료 및 주류, 채소류, 해조류, 어패류, 조미료류를 통한 카드뮴의

섭취량은 혈중 카드뮴 농도와 양의 상관관계를, 감자 및 전분류, 유지류, 곡류를 통한 섭취량은 음의 상관관계를 보였다. 혈중 납 농도의 경우 음료 및 주류, 해조류, 채소류, 어패류를 통한 납 섭취량이 증가함에 따라 증가하였고, 곡류를 통한 납 섭취량과는 음의 상관관계가 있었다.

본 연구는 한국인의 중금속 노출 저감화를 위한 대책 마련에 기초 자료로 사용될 수 있으며, 나아가 중금속 노출로 인한 질병의 발생을 예방하는 전략 수립에 활용될 수 있을 것이다.

**주요어:** 중금속, 카드뮴, 납, 데이터베이스, 식사 노출

**학번:** 2013-23584

# 목 차

I. 서론	1
II. 연구 내용 및 방법	5
III. 연구 결과	12
IV. 고찰	36
참고문헌	43
부록	50
Abstract	67

## 표 목 차

Table 1. Characteristics of cadmium database by food groups .....	14
Table 2. Characteristics of lead database by food groups .....	15
Table 3. Content of cadmium and lead by food groups .....	16
Table 4. Coverage of cadmium and lead database by food groups ....	18
Table 5. Sociodemographic characteristics of study participants .....	20
Table 6. Cadmium and lead exposure from food among Koreans .....	22
Table 7. Mean intake level of cadmium and lead by population characteristics .....	23
Table 8. Contribution rate of each food groups to cadmium and lead intake .....	26
Table 9. The distribution of high cadmium and lead intake group by sex and age group(%) .....	30
Table 10. Odds ratios for high cadmium and lead intake according to tertiles of intake rate by food groups .....	31
Table 11. The $\beta$ -coefficient between cadmium and lead exposure from	



diet and blood cadmium and lead concentrations .....	34
Appendix 1-1. Cadmium and lead content of grains .....	50
Appendix 1-2. Cadmium and lead content of potatoes & starch .....	51
Appendix 1-3. Cadmium and lead content of sugars .....	52
Appendix 1-4. Cadmium and lead content of legumes .....	52
Appendix 1-5. Cadmium and lead content of seeds & nuts .....	53
Appendix 1-6. Cadmium and lead content of vegetables .....	53
Appendix 1-7. Cadmium and lead content of mushrooms .....	55
Appendix 1-8. Cadmium and lead content of fruits .....	56
Appendix 1-9. Cadmium and lead content of meats .....	57
Appendix 1-10. Cadmium and lead content of eggs .....	57
Appendix 1-11. Cadmium and lead content of fishes & shellfishes ...	58
Appendix 1-12. Cadmium and lead content of seaweeds .....	62
Appendix 1-13. Cadmium and lead content of milk & dairy products .....	62

Appendix 1-14. Cadmium and lead content of oils .....	63
Appendix 1-15. Cadmium and lead content of beverages & alcohols .....	64
Appendix 1-16. Cadmium and lead content of seasonings .....	65
Appendix 1-17. Cadmium and lead content of prepared foods .....	65
Appendix 1-18. Cadmium and lead content of other foods .....	66

## 그림 목 차

Figure 1. Contribution rate of major contributing food to cadmium intake(%) .....	27
Figure 2. Contribution rate of major contributing food to lead intake(%) .....	28

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 필요성

### 1) 카드뮴과 납의 인체 유해성

산업화가 진행됨에 따라, 공업의 발전 및 인간 활동의 증대로 인해 중금속이 인간의 생활환경 전반에 퍼지게 되었다. 특히 식품의 생산, 제조, 가공, 조리 과정에서의 중금속 노출 위험이 증가하고 있고, 이는 곧 공중 보건을 위협하기에 이르렀다(Galal-gorchev, 1993; Lee, 1993).

여러 중금속 가운데, 카드뮴, 납, 수은 등은 현재 우리나라에서 주요 위해우려물질로 취급되고 있다(ME(Ministry of Environment), 2004). 카드뮴은 대표적인 환경성 유해물질의 하나로, 신장, 골 조직, 신경계, 생식기관에 독성을 지니며, 발암성 또한 띠는 것으로 알려져 있다(Godt, 2006; ASTDR, 2012). 혈중 카드뮴 농도는 고혈압 및 여러 심혈관계 질환의 발생 위험 증가와 상관관계가 있다고 보고되었고(Eom, 2008; Lee, 2011; Fagerberg, 2015), 신기능 저하와 골밀도 감소와도 유의한 관계가 있음이 알려져 있다(Hwangbo, 2011; Chung, 2013; Åkesson, 2005; Nordberg, 2002).

한편, 납 또한 인체 독성을 가지는 중금속으로, 신기능 이상, 신경계 이상, 심혈관계 질환, 골밀도 저하, 암 발생 및 아동 발달 저해 등을 유발할 수 있다(ASTDR, 2007; SCOOP, 2004). 혈중 납 농도가 높을수록 신기능이 낮고, 혈압이 높으며(Muntner, 2003; Spector, 2011; Chung, 2013; D' souze, 2011; Schwartz, 1991), 어린이의 경우 높은 혈중 납 농도와 낮은 지능 및 주의력결핍 과잉행동장애(Attention Deficit/Hyperactivity Disorders, ADHD) 발생 사이에 유의미한 관계가 있는 것으로 보고되었다

(Jusko, 2008; Miranda, 2007; Boucher, 2012).

중금속은 직업적 노출, 공기, 토양, 식품, 물 등 다양한 경로를 통해 인체에 유입될 수 있다. 그 중 직업적인 노출을 제외하면, 일반적으로 카드뮴의 경우 흡연을 제외하면 식품이 주요 노출원이 되며, 식품을 통한 납 노출 또한 상당한 수준이다(ASTDR, 2012; Pan, 2010; Järup, 2009; Pizzol, 2010; Yoshinaga, 2012). 또한 식품을 통한 카드뮴과 납의 섭취량은 혈중 카드뮴, 납 수준을 유의하게 높일 수 있다(Birgisdottir, 2013; Wang, 2012; Bjermo, 2013). 따라서 식품을 통한 카드뮴과 납의 노출 수준을 파악하고, 카드뮴과 납의 섭취가 건강에 미치는 영향을 연구하는 것은 공중 보건을 증진하기 위해 매우 중요하다.

식이를 통한 만성적인 중금속 노출의 건강 영향에 대한 여러 연구결과들은 서로 일치하지 않으며, 여전히 논란 대상이다. 그러나 최근에 식품을 통한 카드뮴의 섭취량이 많을수록 자궁내막암, 유방암, 전립선암 등 여러 암의 발생 위험이 높아진다는 보고가 발표된 바 있다(Åkesson, 2008; Julin <sup>a</sup>, 2012; Julin <sup>b</sup>, 2012; Cho, 2013). 식이를 통한 납의 섭취가 만성질환에 미치는 영향에 대한 보고는 현재 제한적이다.

## 2) 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출 수준의 평가

보건학적 측면에서 국민의 건강을 증진하기 위해서는 식품의 안전성을 확보하는 것이 중요하다. 이때 식품을 통해 섭취하는 유해물질의 노출수준을 평가하는 것은 중요한 위해도 평가 자료가 되며, 식품 안전성 확보의 기본적인 과정이다.

역학 연구 및 인체 모니터링 사업에서 유해물질의 위해도를 평가하기 위해서는 특정 유해물질의 독성과 그 물질에 노출되는 수준을 파악하여야 한다. 즉 식품을 통한 유해물질 노출의 위해도는 유해물질의 독성 자료 및 식품을 통한 노출량을 통해 평가될 수 있다. 이때 식품을 통한 노출량은 식품별 유해물질의 함량 자료와 개인 혹은 집단의 식품 섭취량 자료를 통해 산출된다.

식품을 통한 중금속의 노출 수준은 식품의 성분을 직접 분석하거나 식사조사를 통해 추정할 수 있다. 직접 분석하는 방법으로는 동량수거법, 총 식이조사(Total Diet Study, TDS)가 있다. 동량수거법은 연구 대상자가 섭취한 것과 동일한 식사를 수거하여 분석하는 방식으로, 중금속 노출량을 가장 정확히 측정할 수 있으나, 시간과 비용이 많이 소요된다. 총 식이조사는 대표 식품을 선정하여 중금속 함량을 분석한 후, 섭취량 자료와 연계하여 중금속 섭취량을 추정하는 노출량 평가 방식으로, 우리나라에서는 2000년 이후 매해 식품의약품안전처 주관 하에 카드뮴, 납을 비롯한 유해물질의 분석이 실시되고 있다(NIFDS, 2012). 그러나 총 식이조사에서는 한정된 식품만을 분석할 수 있기 때문에, 노출량이 과소평가될 우려가 있다.

한편, 24시간 회상법이나 식사기록법, 식품섭취빈도조사법(Food Frequency Questionnaire, FFQ)과 같은 식사조사를 통해 개개인의 식품 섭취량을 추정한 후 식품 중 중금속 함량 데이터베이스를 연계하여 노출량을 평가하는 것이 가능하다. 상용식품에 대하여 구축된 데이터베이스를 이용하면 총 식이조사를 이용할 때보다 정확한 수준으로 개인별 중금

속 섭취량을 추정할 수 있다. 그러나 현재 뉴질랜드, 스웨덴 등 일부 국가에서는 식품 중 중금속 함량 데이터베이스가 구축되어 있으나, 우리나라의 경우 상용식품 중 중금속 함량을 포함하는 데이터베이스가 아직 공개되어 있지 않은 실정이다. 식품 속 중금속 함량은 토양 등과 같은 환경 인자의 영향을 많이 받아 국가나 지역에 따라 그 함량이 달라지는 특성이 있으므로(Lee, 2012; Kah, 2012), 한국인의 식이 카드뮴 및 납 노출량을 추정하기 위해서는 한국인의 식생활을 반영하는 데이터베이스를 구축하는 것이 필요하다.

## 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 식품으로 인한 카드뮴과 납의 노출 수준을 평가하고, 그 역학적 특성을 파악하여, 카드뮴 및 납 노출 저감화 대책을 마련하기 위한 기초자료를 제공하는 것이다.

이를 위한 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납 함량 데이터베이스를 구축한다.

둘째, 한국인의 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출 수준을 평가한다.

셋째, 한국인의 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출 수준에 영향을 미치는 역학적 인자를 규명한다.

넷째, 한국인의 카드뮴 및 납 노출 수준에 식생활이 미치는 영향을 파악한다.

본 연구는 한국인의 중금속 노출 저감화를 위한 대책 마련에 기초 자료로 사용될 수 있으며 나아가 중금속 노출로 인한 질병의 발생을 예방함으로써 국민 건강 증진에 기여할 것으로 기대된다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구대상 및 방법

#### 1) 식품 중 카드뮴 및 납 함량 데이터베이스의 구축

국민건강영양조사 제 4기(2007-2009년)에 실시된 식품섭취조사 가운데 24시간 회상법 자료를 이용하여 데이터베이스 구축을 위한 대상 식품을 선정하였다. 국민건강영양조사는 국민의 건강 및 영양상태를 모니터링하기 위하여 현재 보건복지부 주관 하에 3년 주기로 실시되고 있는 전국 규모의 조사이다. 본 연구에서는 식품섭취조사에서 1회 이상 출현한 식품을 ‘한국인 상용식품’으로 정의하였다. 이때 식품 분류 기준으로는 국민건강영양조사에서 제시한 2차 식품코드를 이용하였다. 2차 식품코드란, 서로 다른 형태의 식품이나 상용식품명이 동일하고 수분 함량이 유사하여 한 가지 식품으로 묶어 분류한 것을 의미한다(MW(Ministry of Health & Welfare), 2012).

식품 중 카드뮴 및 납 함량 값은 문헌 고찰을 통하여 수집하였다. 2000년에서 2013년 사이에 발표된 연구 가운데 한국에서 수행된 연구를 검색 대상으로 하였고, 총 식이조사 연구 보고서, 국가 모니터링 보고서, 연구 논문, 기타 문헌 등을 검색하였다. 검색 시에는 한국학술정보(Korean studies Information Service System, KISS)와 식품의약품안전처 연구관리시스템 홈페이지를 이용하였다. 검색된 문헌은 제목을 기준으로 선택하였고, 이후 초록 및 본문 검토를 통하여 연구 목적에 부합하지 않는 문헌은 제외하였다. 예를 들어, 토양의 중금속을 분석한 연구나 광산과 같이 일반적이지 않은 지역의 식품을 분석한 연구는 본 연구에서 사용하지 않았다.

데이터베이스의 질을 확보하기 위하여, 미국 USDA (United States Department of Agriculture)에서 개발한 데이터 질적 평가 시스템 (Data Quality Evaluation System, DQES)을 활용하여 문헌의 질을 평가하였다 (Bhagwat, 2009). 데이터 질적 평가 시스템은 시료 수집 계획, 분석 정도 관리 및 분석 시료의 개수에 따라 문헌에 점수를 부여한 후, 점수가 높은 문헌을 질이 높은 문헌으로 평가한다. 본 연구에서는 시료 수집 계획 항목에서 시료 수집과 관련된 내용의 서술의 구체성에 따라, 분석정도관리 항목에서는 기기에 대한 검증, 시험 방법에 대한 분석자의 능력의 수준에 따라 0점에서 2점 사이의 점수를 부여하였다. 분석 시료의 개수는 시료 분석 값을 평균, 표준편차(최솟값, 최댓값, 중앙값) 수준으로 제시 가능한 수준이면 1점, 평균값(또는 단일값)만으로 나타난 경우 0점을 부여하도록 하였다. 모든 문헌에 대하여 질 평가를 실시한 후, 같은 식품 코드에 여러 값이 수집된 경우, 질 평가 점수가 높은 문헌의 값을 우선적으로 선택하였고, 점수가 동일하다면 자료의 출처에 따라 총 식이조사 연구 보고서, 국내 모니터링 보고서, 연구 논문, 기타 문헌의 순서로 선택하였으며, 출처의 성격이 동일할 경우 분석년도가 가장 최근인 문헌을 선택하였다. 원료가 동일하지만 수분 함량이 달라 2차 식품코드가 다른 경우에는 수분 환산 계수를 적용하여 대체 값을 구하였다.

본 데이터베이스는 국민건강영양조사에서 사용하는 2차 식품코드를 기준으로 식품을 정리하였으며, 식품군 또한 국민건강영양조사의 식품군 분류 기준에 따라 18개 식품군으로 나누었다. 개별 식품의 카드뮴 및 납 함량은 1kg 당 mg으로 나타내었다. 식품명, 중금속 함량 값과 함께, 구입처, 원산지, 가공형태, 조리법, 전처리 방법, 분석 방법, 검출한계, 불검출 처리 방법, 사용된 시료 수, 참고 문헌, 질평가 점수 등에 대한 정보 또한 데이터베이스에 명시하였다.



## 2) 연구 대상

국민건강영양조사 제 4기(2007-2009), 제 5기(2010-2012)에 참여한 대상자 50,405명 가운데 식사 조사 및 체중을 측정을 완료한 42,287명을 선정하였고, 에너지 필요추정량 대비 20% 미만 또는 200% 이상을 섭취한 대상자를 제외한 후, 총 41,587명을 연구 대상으로 선정하였다. 에너지 필요추정량은 2010 한국인 영양섭취기준에서 제시한 에너지 필요추정량 공식을 활용하여 산출하였다(MW(Ministry of Health & Welfare, 2010).

국민건강영양조사는 질병관리본부 연구윤리심의위원회에서 심의 받았으며, 본 연구는 서울대학교 연구윤리심의위원회에서 연구를 승인받았다(SNUIRB No. E1501/001-003).

## 3) 식이 조사 및 공변인 측정

식품섭취량 자료는 1일 24시간 회상법을 통해 수집하였다. 24시간 회상법은 개인이 지난 하루 동안 섭취한 모든 식품의 종류와 양, 조리방법 등을 정확하게 기록하는 개방형 식사조사법이다. 각 개인의 식품섭취량 자료에 카드뮴과 납 데이터베이스를 연계하여, 1인당 하루 총 카드뮴 및 납 섭취량을 산출하였다.

$$\text{총중금속섭취량}(\mu\text{g}/\text{day}) = a_1 \times x_{a_1} + a_2 \times x_{a_2} + \dots + a_n \times x_{a_n}$$

(1...n=섭취한 식품의 종류;

$a_n$  =식품 섭취량(g/day);

= 의 중금속 함량( $\mu\text{g}/\text{g}$ )

중금속 노출 수준의 위험성을 판단하기 위해, FAO/WHO 식품첨가물 전문가회의(JECFA)에서 제정한 잠정주간섭취허용량(Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI)을 기준으로 사용하였다. PTWI란 평생동안 섭취하여도 건강에 유해한 작용을 일으키지 않는다고 판단되는 체중 1kg 당 주간 섭취 허용량이다. 현재 카드뮴의 PTWI는  $5.8 \mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{week}$ , 납의 PTWI는  $25 \mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{week}$ 으로 설정되어 있다(EFSA, 2012; SCOOP, 2004). 본 연구에서는 1일치 식사 자료만 이용할 수 있었으므로, PTWI를 잠정일일섭취허용량(Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI)으로 환산하였다. 카드뮴에 대한 PTDI는 약  $0.8286 \mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{day}$ , 납에 대한 PTDI는 약  $3.5714 \mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{day}$ 이다.

1일 총 카드뮴 및 납의 섭취량과 체중당 섭취량을 산출하고, 체중당 섭취량을 PTDI와 비교하여 %PTDI를 계산하였다. 이때, 식이를 통한 섭취 추정량이 95 퍼센타일 이상인 집단(또는 %PTDI가 95 퍼센타일 이상인 집단)을 중금속 과량 섭취 위험군으로 정의하였다(EFSA, 2012).

본 연구에서는 국민건강영양조사 결과로부터 비만도, 가구 소득 수준, 교육 수준, 흡연 상태 및 음주 상태 또한 파악하였다. 19세 이상 성인의 경우, 체중과 신장으로부터 체질량지수(Body Mass Index, BMI)( $\text{kg}/\text{m}^2$ )를 산출하여, BMI가 18.5 미만일 경우 저체중, 25 이상일 경우 과체중으로 정의하였다(WHO, 2004). 18세 이하 대상자에 대해서는, 2007년 대한민국 소아청소년 성장도표를 이용하여 체중이 5 퍼센타일 미만이면 저체중, 95 퍼센타일 이상이면 과체중으로 정의하였다(KCDC(Korea Center for Disease Control & Prevention, 2007).

가구 소득 수준은 4분위수로 나누었고, 교육 수준은 초졸 이하, 중졸, 고졸, 대졸 이상으로 분류하였다. 흡연 상태는 흡연 경험 없음/과거에 피웠으나 현재는 피우지 않음/적게 피우고 있음/많이 피우고 있음으로 분류하였다. 현재 흡연 중인 사람들 중 하루 5개비 미만 흡연자는 적게 피우는 것으로, 5개비 이상 흡연자는 많이 피우는 것으로 정의하였다

(Schane, 2010). 음주 상태는 음주 경험 없음/적게 마시고 있음/많이 마시고 있음으로 분류하였다. 하루 2잔 이상 음주할 경우 많이 마시는 것으로 간주하였다(Bagnardi, 2013).

#### 4) 혈중 중금속 수준 평가

우리나라 국민의 환경 유해물질 노출 수준을 파악하기 위해서, 국민건강영양조사 제 4기에서는 20세 이상, 제 5기에서는 10세 이상의 일부 대상자의 혈중 중금속 농도를 측정하였다. 중금속 수준 측정 대상자는 임의 확률 표본 추출을 통해 선정되었다. 총 41,587명의 연구 대상자 중, 혈중 중금속 수준이 측정된 대상자는 9,451명이다.

혈중 카드뮴 및 납 농도의 분석은 서울 소재 네오딘 의학 연구소에서 진행되었으며, 원자흡광분석기(Perkin-Elmer Analyst 600, PerkinElmer, Finland)가 분석에 사용되었다.

## 2. 통계 분석

자료의 분석은 SAS 9.3(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하였다. 분석 시 국민건강영양조사의 복합 표본 설계를 고려하였다.

구축된 데이터베이스의 특성을 파악하기 위하여, 각 식품군 별로 수집된 함량값 적용 건수, 대체값 적용 건수를 나타내고, 함량값이 수집된 식품에 대하여 자료 출처 종류의 분포를 제시하였다. 또한 사용한 자료의 질평가 점수의 평균과 표준편차를 산출하였다. 한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납 함량은 각 식품군 별로 기하평균 및 기하표준편차로 나타내었다. 동시에 함량값 산출에 이용된 시료의 개수를 평균, 표준편차로 제시하였다.

데이터베이스의 완성도(coverage)를 평가하기 위해, 국민건강영양조사 제 4기의 24시간 회상법 자료를 이용하여, 카드뮴 및 납 함량 값이 부여된 식품과 대상자가 실제 섭취한 식품의 가짓수 및 섭취량을 비교하였다. 섭취량을 기준으로 한 완성도는 데이터베이스에 포함된 식품의 섭취량과 전체 식품의 섭취량을 비교함으로써 산출하였다.

개인별 총 중금속 섭취량과 %PTDI를 일반적 특성에 따라 산출하였다. 일반적 특성에 따른 차이는 일반선형모형(General Linear Model, GLM)으로 검정하였다. 이때, 중금속 섭취량의 정규성을 확보하기 위하여 차이를 검정할 시 로그 변환을 실시하였다. 카드뮴 및 납 과량 섭취 위험군의 분포는 각 인구학적 집단에 존재하는 과량 섭취 위험군의 분율을 계산하여 성별 및 연령군에 따라 제시하였다.

카드뮴과 납의 섭취량에 영향을 미치는 식품군 및 개별 식품을 파악하기 위하여 각 식품군 및 개별 식품별 카드뮴과 납 섭취 기여율을 계산하였다. 각 식품군 또는 식품으로부터 섭취하는 평균 중금속 섭취량을 산출하고, 전체 섭취량과 비교하여 기여율을 나타내었다.

카드뮴 및 납 과량 섭취 위험에 식품 섭취가 미치는 영향은 로지스틱 회귀분석을 통하여 확인하였다. 각 식품군의 섭취량을 3분위수로 나눈 후, 식품군 섭취량 분위수에 따른 카드뮴 및 납 과량 섭취 위험의 오즈비(Odds Ratios, OR)와 95% 신뢰구간(Confidence Interval, CI)을 산출하였다. 위험 증감의 경향성을 파악하기 위해 각 분위수에 해당하는 사람들의 중금속 섭취량 중위수를 이용하여 p for trend를 계산하였다. 이때 섭취량 분포가 치우쳐 3분위수로 나눌 수 없는 식품군은 로지스틱 회귀분석 수행 시 제외하였다. 모델 1에서는 총 식품 섭취량만을 보정하였고, 모델 2에서는 성별, 연령군을 추가 보정하였으며, 모델 3에서는 비만도, 가구 소득 수준, 교육 수준, 흡연 상태 및 음주 상태를 추가하였다.

마지막으로 각 식품군으로부터 노출되는 카드뮴 및 납의 양이 혈중 카드뮴 및 납 수준에 미치는 영향을 확인하기 위하여, GLM을 이용해 회귀계수를 산출하였다. 정규성 확보를 위하여 체중당 카드뮴과 납의 식이

노출량과 혈중 수준은 로그 변환한 후 분석하였다. 사용된 보정 모델은 로지스틱 회귀분석에서 사용한 것과 동일하다. 모든 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준으로 나타내었다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납 함량 데이터베이스의 구축

국민건강영양조사 제 4기에 출현한 702가지 식품이 한국인 상용식품으로 정의하였다. 카드뮴 및 납 함량 수집을 위한 문헌 검색을 실시한 결과, 2000년과 2013년 사이에 발표된 국내의 카드뮴 분석 논문은 1,918건, 납 분석 논문은 2,112건이 검색되었으며, 제목 및 초록 검토를 통해 카드뮴 분석 논문 131건, 납 분석 논문 125건을 선정하여, 문헌의 질 평가를 진행하였다. 문헌의 질 평가 및 값 선택 이후 최종적으로 데이터베이스 구축에 포함된 문헌은 카드뮴은 36건, 납은 38건이었다.

구축된 카드뮴과 납 데이터베이스의 특성은 Table 1과 Table 2에 제시하였다. 식품 중 카드뮴의 함량은 총 식이조사 보고서에서 164개, 모니터링 보고서에서 39개, 연구 논문에서 117개 값을 얻어, 총 320개 식품의 카드뮴 함량 값을 수집하였다. 이에 식재료의 수분 함량을 고려하여 62개 식품에 대체 값을 적용하였다. 두류와 해조류에서 대체 값 비율이 각각 47.1%, 42.9%로 상대적으로 높았으며, 육류, 난류, 우유 및 유제품, 유지류, 가공식품, 기타 식품의 경우 모두 실측값으로 구성되었다. 함량 값이 제시되어 있지 않고 대체 값 적용 또한 불가능한 식품 320가지는 결측 처리하였다. 문헌의 질 평가 점수는 총점 5점에 평균 4.4점이었으며, 버섯류가 5.0점으로 가장 높았고 기타 식품이 3.2점으로 가장 낮았다.

식품 중 납 함량의 경우 총 식이조사 보고서에서 162개, 모니터링 보고서에서 43개, 연구 논문에서 119개 값을 수집할 수 있었고, 총 324개 식품의 실측값을 얻었다. 식재료의 수분 함량을 고려하여 산출한 대체 값은 62개로, 총 386개 식품에 대한 데이터베이스가 구축되었다. 대체

값 비율은 카드뮴과 같이 두류와 해조류에서 가장 높았고, 그 비율은 각각 47.1%, 42.9%였다. 한 식품당 분석에 사용된 시료의 개수는 평균 14.8개이고, 문헌의 질 평가 평균 점수는 4.4점이었다.

본 연구에서 구축한 데이터베이스의 각 식품별 카드뮴 및 납 함량은 부록에 제시하였다. 결측 값은 제시하지 않았다.

각 식품군 별 평균 중금속 함량 및 표준편차는 Table 3에 나타내었다. 각 문헌에서 식품 분석을 위해 사용한 식품 시료의 개수는 평균 13.7개이며, 콩류가 52.8개, 버섯류가 36.3개로 많은 편에 속했다. 한편 가공식품류는 2.5개, 우유 및 유제품은 3.5개로 분석된 시료의 평균 개수가 적었다. 전체 식품의 평균 카드뮴 함량은  $17.9 \mu\text{g}$ 이었고, 각 식품군 별로 평균 함량을 비교한 결과 해조류가  $247.2 \mu\text{g}$ 로 가장 높았고, 버섯류는  $47.5 \mu\text{g}$ , 어패류는  $38.6 \mu\text{g}$ , 기타 식품은  $38.4 \mu\text{g}$ 로 그 뒤를 이었다. 한편, 전체 평균 납 함량은  $29.4 \mu\text{g}$ 였으며, 역시 해조류( $239.3 \mu\text{g}$ )에서의 함량이 가장 높았다. 기타 식품( $165.7 \mu\text{g}$ ), 버섯류( $61.4 \mu\text{g}$ ), 어패류( $50.4 \mu\text{g}$ ), 당류( $30.1 \mu\text{g}$ ) 또한 상당량의 납을 포함하고 있었다.

Table 1. Characteristics of cadmium database by food groups

Food group	Value sources				Literature sources						Data evaluation score <sup>2)</sup> (Mean ± SD)
	Raw data		Imputed data		TDS <sup>1)</sup> reports		Monitoring reports		Research papers		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Grains	30	81.1	7	18.9	26	86.7	0	0.0	4	13.3	4.4 ± 0.7
Potatoes & Starch	6	85.7	1	14.3	5	83.3	0	0.0	1	16.7	4.0 ± 0.9
Sugars	7	87.5	1	12.5	3	42.9	1	14.3	3	42.9	4.0 ± 0.8
Legumes	9	52.9	8	47.1	4	44.4	4	44.4	1	11.1	4.6 ± 0.7
Seeds & Nuts	2	66.7	1	33.3	2	100.0	0	0.0	0	0.0	4.5 ± 0.7
Vegetables	49	84.5	9	15.5	33	67.3	3	6.1	13	26.5	4.0 ± 1.2
Mushrooms	10	83.3	2	16.7	0	0.0	10	100.0	0	0.0	5.0 ± 0.0
Fruits	22	73.3	8	26.7	15	68.2	5	22.7	2	9.1	4.5 ± 0.9
Meats	16	100.0	0	0.0	8	50.0	8	50.0	0	0.0	4.8 ± 0.5
Eggs	3	100.0	0	0.0	1	33.3	0	0.0	2	66.7	3.7 ± 1.2
Fishes & Shellfishes	94	87.0	14	13.0	19	20.2	2	2.1	73	77.7	4.6 ± 0.9
Seaweeds	8	57.1	6	42.9	3	37.5	0	0.0	5	62.5	4.4 ± 0.5
Milk & Dairy products	6	100.0	0	0.0	6	100.0	0	0.0	0	0.0	4.7 ± 0.8
Oils	10	100.0	0	0.0	5	50.0	5	50.0	0	0.0	4.3 ± 0.5
Beverages & Alcohols	23	95.8	1	4.2	17	73.9	0	0.0	6	26.1	4.3 ± 0.9
Seasonings	16	80.0	4	20.0	14	87.5	0	0.0	2	12.5	4.4 ± 1.1
Prepared Foods	3	100.0	0	0.0	3	100.0	0	0.0	0	0.0	3.7 ± 1.5
Others	6	100.0	0	0.0	0	0.0	1	16.7	5	83.3	3.2 ± 1.0
Total	320	83.8	62	16.2	164	51.3	39	12.2	117	36.6	4.4 ± 0.9

<sup>1)</sup> Total Diet Study

<sup>2)</sup> Scores ranged from 0 to 5



Table 2. Characteristics of lead database by food groups

Food group	Value sources				Literature sources						Data evaluation score <sup>2)</sup> (Mean ± SD)
	Raw data		Imputed data		TDS <sup>1)</sup> reports		Monitoring reports		Research papers		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Grains	30	81.1	7	18.9	26	86.7	0	0.0	4	13.3	4.4 ± 0.7
Potatoes & Starch	6	85.7	1	14.3	5	83.3	0	0.0	1	16.7	4.0 ± 0.9
Sugars	7	87.5	1	12.5	3	42.9	1	14.3	3	42.9	4.0 ± 0.8
Legumes	9	52.9	8	47.1	4	44.4	4	44.4	1	11.1	4.6 ± 0.7
Seeds & Nuts	2	66.7	1	33.3	2	100.0	0	0.0	0	0.0	4.5 ± 0.7
Vegetables	50	84.7	9	15.3	33	66.0	3	6.0	14	28.0	3.9 ± 1.3
Mushrooms	10	83.3	2	16.7	0	0.0	10	100.0	0	0.0	5.0 ± 0.0
Fruits	23	74.2	8	25.8	13	56.5	8	34.8	2	8.7	4.6 ± 0.9
Meats	16	100.0	0	0.0	8	50.0	8	50.0	0	0.0	4.8 ± 0.5
Eggs	3	100.0	0	0.0	1	33.3	0	0.0	2	66.7	3.7 ± 1.2
Fishes & Shellfishes	95	87.2	14	12.8	19	20.0	2	2.1	74	77.9	4.6 ± 0.9
Seaweeds	8	57.1	6	42.9	3	37.5	0	0.0	5	62.5	4.4 ± 0.5
Milk & Dairy products	6	100.0	0	0.0	6	100.0	0	0.0	0	0.0	4.7 ± 0.8
Oils	10	100.0	0	0.0	5	50.0	5	50.0	0	0.0	4.3 ± 0.5
Beverages & Alcohols	24	96.0	1	4.0	17	70.8	1	4.2	6	25.0	4.3 ± 1.0
Seasonings	16	80.0	4	20.0	14	87.5	0	0.0	2	12.5	4.4 ± 1.3
Prepared Foods	3	100.0	0	0.0	3	100.0	0	0.0	0	0.0	3.7 ± 1.5
Others	6	100.0	0	0.0	0	0.0	1	16.7	5	83.3	3.2 ± 1.0
Total	324	83.9	62	16.1	162	50.0	43	13.3	119	36.7	4.4 ± 1.0

<sup>1)</sup> Total Diet Study

<sup>2)</sup> Scores ranged from 0 to 5

Table 3. Content of cadmium and lead by food groups\*(Mean±SD)

Food groups	Cadmium		Lead	
	No. of analyzed samples per food	Content ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	No. of analyzed samples per food	Content ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Grains	9.7±12.2	9.0±1.2	9.7±12.2	16.2±1.3
Potatoes & Starch	4.8±3.8	1.3±3.0	4.8±3.8	15.2±1.7
Sugars	18.3±20.7	3.7±1.6	19.7±20.4	30.1±1.4
Legumes	52.8±53.9	7.9±1.4	52.8±53.9	11.9±1.3
Seeds & Nuts	4.0±.	23.0±2.7	4.0±.	6.9±1.1
Vegetables	9.0±14.5	13.1±1.3	9.2±14.3	23.6±1.3
Mushrooms	36.3±25.6	47.5±1.7	36.3±25.6	61.4±1.8
Fruits	20.5±26.9	3.0±1.2	30.8±39.2	17.9±1.3
Meats	23.4±31.6	3.9±1.5	21.6±31.4	2.4±2.2
Eggs	7.3±7.6	3.0±.	7.3±7.6	14.0±1.1
Fishes & Shellfishes	9.4±13.4	38.6±1.2	9.2±13.4	50.4±1.1
Seaweeds	23.5±29.3	247.2±1.5	23.5±29.3	239.3±1.6
Milk & Dairy products	3.5±1.2	.	3.5±1.2	15.0±.
Oils	12.8±7.9	0.2±1.5	12.8±7.9	14.2±1.4
Beverages & Alcohols	15.6±29.8	3.1±1.8	20.9±36.9	10.8±1.4
Seasonings	3.9±1.0	18.8±1.5	3.9±1.0	25.3±1.3
Prepared foods	2.5±2.1	7.4±.	2.5±2.1	8.6±3.1
Others	9.3±1.6	38.4±1.5	9.3±1.6	165.7±2.0
Total	13.7±21.8	17.9±1.1	14.8±24.2	29.4±1.1

\* Geomean ± Geometric standard error

## 2. 데이터베이스의 완성도 평가

각 식품군 별로 전체 식품 대비 카드뮴 및 납 함량 값이 존재하는 식품의 비율을 계산하여 데이터베이스의 완성도를 평가하였다(Table 4). 총 702가지 식품 가운데 카드뮴은 382가지, 납은 386가지 식품의 함량 값이 존재하여, 식품 수 기준 완성도는 각각 54.4%, 55.0%인 것으로 나타났다. 버섯류, 어패류, 난류, 콩류 등은 전체 상용식품 종류의 70% 이상을 포함하고 있었으나, 종실류, 채소류, 과일류, 우유 및 유제품, 조미료류, 가공식품, 기타 식품 등은 50% 미만이 포함되었다.

그러나 섭취량 기준으로 평가하면 두 중금속 모두 완성도가 95.6%였다. 당류, 종실류, 해조류, 가공식품, 기타 식품을 제외한 나머지 식품군에서 모두 90% 이상의 완성도가 나타났다.

Table 4. Coverage of cadmium and lead database by food groups

Food groups	Cadmium				Lead			
	No. of food consumed	No. of food included	Coverage by no. of food(%)	Coverage by wt. of food(%)	No. of food consumed	No. of food included	Coverage by no. of food(%)	Coverage by wt. of food(%)
Grains	67	37	55.2%	94.8%	67	37	55.2%	94.8%
Potatoes & Starch	13	7	53.8%	94.3%	13	7	53.8%	94.3%
Sugars	15	8	53.3%	82.3%	15	8	53.3%	82.3%
Legumes	23	17	73.9%	97.7%	23	17	73.9%	97.7%
Seeds & Nuts	17	3	17.6%	31.8%	17	3	17.6%	31.8%
Vegetables	143	58	40.6%	93.7%	143	59	41.3%	93.8%
Mushrooms	14	12	85.7%	99.9%	14	12	85.7%	99.9%
Fruits	67	30	44.8%	97.7%	67	31	46.3%	97.8%
Meats	28	16	57.1%	97.5%	28	16	57.1%	97.5%
Eggs	4	3	75.0%	99.9%	4	3	75.0%	99.9%
Fishes & Shellfishes	138	108	78.3%	98.1%	138	109	79.0%	98.1%
Seaweeds	24	14	58.3%	77.1%	24	14	58.3%	77.1%
Milk & Dairy products	13	6	46.2%	98.0%	13	6	46.2%	98.0%
Oils	17	10	58.8%	98.2%	17	10	58.8%	98.2%
Beverages & Alcohols	44	24	54.5%	97.7%	44	25	56.8%	98.2%
Seasonings	41	20	48.8%	91.1%	41	20	48.8%	91.1%
Prepared foods	14	3	21.4%	77.9%	14	3	21.4%	77.9%
Others	20	6	30.0%	62.7%	20	6	30.0%	62.7%
Total	702	382	54.4%	95.6%	702	386	55.0%	95.6%

### 3. 한국인의 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출 수준 평가

#### 1) 대상자의 일반적 특성

카드뮴과 납의 섭취량 추정 대상자의 일반적 특성은 Table 5에 제시하였다. 총 41,587명의 대상자 가운데 남성은 43.0%, 여성은 57.0%로 여성의 비율이 더 높았다. 정상 체중 대상자는 68.8%이고, 과체중 또는 비만은 25.9%로 나타났다. 비흡연자가 전체의 61.1%로 많았고, 음주의 경우 가벼운 음주를 하는 사람과 많이 마시는 사람이 각각 40.1%, 39.1%를 차지했다.

Table 5. Sociodemographic characteristics of study participants

	N	%
<b>Total</b>	41,587	100.0
<b>Sex</b>		
Male	17,899	43.0
Female	23,688	57.0
<b>Age</b>		
<10	5,727	13.8
10-19	5,231	12.6
20-49	14,597	35.1
50-69	10,900	26.2
≥70	5,132	12.3
<b>Obesity <sup>1)</sup></b>		
Underweight	2,195	5.3
Normal Weight	28,629	68.8
Overweight	10,763	25.9
<b>Household income</b>		
Low	7,483	18.3
Middle low	10,546	25.8
Middle high	11,670	28.6
High	11,163	27.3
<b>Education</b>		
Less than elementary school	17,873	43.8
Middle school	4,631	11.3
High school	10,207	25.0
Upper than university	8,112	19.9
<b>Smoking status <sup>2)</sup></b>		
Never	18,525	61.1
Former smoker	3,160	10.4
Light smoker	3,687	12.2
Heavy smoker	4,925	16.3
<b>Alcohol intake <sup>3)</sup></b>		
Never	7,026	20.8
Light drinker	13,550	40.1
Heavy drinker	13,199	39.1

<sup>1)</sup> If more than 18 years old, underweight: BMI<18.5; overweight: BMI≥25. If 18 and less, underweight: weight<5th percentiles; overweight: weight≥95th percentiles

<sup>2)</sup> Former smoker: individuals who smoked past but quit currently; light smoker: individuals who smoke 5 and less cigarettes/day; heavy smoker: individuals who smoke more than 5 cigarettes/day

<sup>3)</sup> Light drinker: individuals who intake 2 and less glasses of alcohol/day; heavy drinker: individuals who intake more than 2 glasses of alcohol/day.

## 2) 한국인의 카드뮴 및 납 섭취량 추정

우리나라 국민의 1일 평균 카드뮴 섭취량은  $10.50 \mu\text{g/day}$ , 납의 섭취량은  $9.73 \mu\text{g/day}$ 이었다(Table 6). 체중 당 평균 섭취량은 카드뮴이  $0.19 \mu\text{g/day}$ , 납이  $0.18 \mu\text{g/day}$ 이었고, 95 퍼센타일까지는 PTDI보다 낮은 수준으로 섭취하고 있었다. 평균 %PTDI는 카드뮴이 22.72%, 납이 4.93% 수준이었다.

인구학적 특성별 카드뮴 및 납 섭취량은 Table 7에 제시하였다. 카드뮴과 납의 섭취량은 남성일 때, 과체중일 때, 가구 소득이 높을 때, 학력 수준이 높을 때, 음주를 할 때 그렇지 않은 경우보다 높았다( $p < 0.0001$ ). 연령의 경우 연령이 증가할수록 섭취량이 증가하나, 70세 이상 노인에게서는 다시 감소하는 양상을 보이며( $p < 0.0001$ ), 흡연 상태에 따른 섭취량의 차이 또한 유의하였다( $p < 0.0001$ ). %PTDI도 섭취량과 비슷한 양상을 보이나, 체중을 고려하였기 때문에 10세 미만 어린이의 경우 절대적인 섭취량이 적음에도 불구하고 %PTDI가 카드뮴에서는 33.5%, 납에서는 7.9%로 가장 높았다. 또한 비만도가 낮을수록 섭취량은 적으나 %PTDI는 높았다.

Table 6. Cadmium and lead exposure from food among Koreans

	Mean	SE	Min	5th	25th	50th	75th	95th	max
<b>Total intake(<math>\mu</math>g/day)</b>									
Cadmium	10.50	0.21	0.00	0.42	1.89	4.62	10.26	38.52	705.64
Lead	9.73	0.12	0.00	0.62	2.70	5.82	11.75	30.82	365.69
<b>Intake per body weight(<math>\mu</math>g/kg bw/day)</b>									
Cadmium	0.19	0.00	0.00	0.01	0.04	0.08	0.18	0.68	12.78
Lead	0.18	0.00	0.00	0.01	0.05	0.11	0.21	0.56	6.37
<b>%PTDI(%)*</b>									
Cadmium	22.72	0.47	0.00	0.95	4.26	10.14	22.08	81.86	1542.76
Lead	4.93	0.06	0.00	0.34	1.40	2.95	5.93	15.70	178.39

\* PTDI, Provisional Tolerable Daily Intake



Table 7. Mean intake level of cadmium and lead by population characteristics (Continued)

	Cadmium						Lead				
	Total intake( $\mu$ g/day)		p	%PTDI* of Cadmium		p	Total intake( $\mu$ g/day)		p	%PTDI of Lead	
	MEAN	SE		MEAN	SE		MEAN	SE		MEAN	SE
<b>Total</b>	10.50	0.21		22.7%	0.5%		9.73	0.12		4.9%	0.1%
<b>Sex</b>											
Male	11.40	0.26	<.0001	22.8%	0.5%	<.0001	10.77	0.15	<.0001	5.0%	0.1%
Female	9.64	0.24		22.7%	0.6%		8.73	0.13		4.8%	0.1%
<b>Age</b>											
<10	6.03	0.36	<.0001	33.5%	1.7%	<.0001	5.95	0.18	<.0001	7.9%	0.2%
10-19	7.80	0.37		17.7%	0.6%		7.99	0.24		4.2%	0.1%
20-49	11.91	0.30		22.9%	0.6%		10.53	0.16		4.7%	0.1%
50-69	11.79	0.34		22.7%	0.6%		11.22	0.20		5.0%	0.1%
$\geq$ 70	8.20	0.49		17.5%	1.0%		8.13	0.32		4.0%	0.2%
<b>Obesity <sup>1)</sup></b>											
Underweight	9.03	0.56	<.0001	26.9%	1.4%	<.0001	8.46	0.32	0.0044	6.2%	0.2%
Normal Weight	10.19	0.21		23.6%	0.5%		9.49	0.12		5.2%	0.1%
Overweight	11.74	0.38		19.8%	0.6%		10.59	0.21		4.2%	0.1%
<b>Household income</b>											
Low	8.29	0.34	<.0001	17.7%	0.7%	<.0001	8.35	0.24	<.0001	4.2%	0.1%
Middle low	10.19	0.38		22.5%	0.9%		9.38	0.21		4.9%	0.1%
Middle high	10.82	0.37		23.7%	0.9%		9.84	0.20		5.1%	0.1%
High	11.53	0.32		24.3%	0.7%		10.71	0.21		5.3%	0.1%

	Cadmium						Lead					
	Total intake( $\mu$ g/day)		p	%PTDI of Cadmium		p	Total intake( $\mu$ g/day)		p	%PTDI of Lead		p
	MEAN	SE		MEAN	SE		MEAN	SE		MEAN	SE	
<b>Education</b>												
Less than elementary school	7.92	0.24	<.0001	23.0%	0.7%	<.0001	7.83	0.14	<.0001	5.4%	0.1%	<.0001
Middle school	10.44	0.47		20.2%	0.8%		10.17	0.30		4.5%	0.1%	
High school	11.91	0.41		22.8%	0.8%		10.51	0.21		4.6%	0.1%	
Upper than university	12.12	0.32		23.2%	0.6%		11.05	0.19		4.8%	0.1%	
<b>Smoking status</b> <sup>2)</sup>												
Never	10.85	0.25	<.0001	22.3%	0.5%	0.0139	9.69	0.14	<.0001	4.6%	0.1%	<.0001
Former smoker	11.70	0.53		21.1%	0.9%		12.16	0.33		5.1%	0.1%	
Light smoker	12.93	0.58		23.6%	1.0%		11.20	0.31		4.7%	0.1%	
Heavy smoker	12.00	0.43		21.6%	0.8%		11.16	0.24		4.6%	0.1%	
<b>Alcohol intake</b> <sup>3)</sup>												
Never	8.81	0.29	<.0001	18.7%	0.6%	<.0001	8.49	0.19	<.0001	4.2%	0.1%	<.0001
Light drinker	11.04	0.35		22.7%	0.7%		9.91	0.19		4.7%	0.1%	
Heavy drinker	11.87	0.28		21.7%	0.5%		11.01	0.16		4.7%	0.1%	

\* PTDI, Provisional Tolerable Daily Intake

<sup>1)</sup> If more than 18 years old, underweight: BMI<18.5; overweight: BMI $\geq$ 25. If 18 and less, underweight: weight<5th percentiles; overweight: weight $\geq$ 95th percentiles

<sup>2)</sup> Former smoker: individuals who smoked past but quit currently; light smoker: individuals who smoke 5 and less cigarettes/day;

heavy smoker: individuals who smoke more than 5 cigarettes/day

<sup>3)</sup> Light drinker: individuals who intake 2 and less glasses of alcohol/day; heavy drinker: individuals who intake more than 2 glasses of alcohol/day.

### 3) 식품 및 식품군별 카드뮴 및 납 섭취 기여율

각 식품군이 전체 카드뮴 및 납 섭취량에 기여하는 비율은 Table 8에 제시하였다. 카드뮴의 경우 어패류와 해조류의 섭취량이 카드뮴 섭취 수준에 가장 큰 영향을 미쳤다. 어패류로부터 섭취하는 카드뮴의 양은  $4.2300 \mu\text{g/day}$ , 해조류는  $3.8938 \mu\text{g/day}$ 이었고, 기여도는 각각 40.3%, 37.1%로, 전체 카드뮴 섭취량의 대부분을 차지했다. 한국인이 많이 섭취하는 식품군인 채소류와 곡류 또한 카드뮴 섭취량에 상당한 영향을 미쳤다. 채소류의 카드뮴 섭취 기여율은 7.8%, 곡류의 기여율은 6.2%인 것으로 나타났다.

납의 섭취 수준 또한 어패류와 해조류 섭취의 영향을 가장 많이 받았다. 어패류 섭취를 통한 납의 노출량은  $2.6473 \mu\text{g/day}$ 이고, 그 기여율은 전체의 27.2%였으며, 해조류 섭취를 통한 노출량은  $2.1563 \mu\text{g/day}$ 이고 기여율은 22.2%이었다. 채소류의 기여율은 13.9%, 곡류의 기여율은 10.0%로 그 뒤를 이었다.

카드뮴 섭취 기여율이 높은 상위 20개 식품을 선별한 결과, 생미역이 17.0%로 가장 기여율이 높았고, 미역 줄기, 말린 미역 또한 각각 5위, 6위를 차지하여 미역을 통한 카드뮴의 섭취량이 많은 것으로 나타났다 (Figure 1). 김, 굴, 오징어 등 어패류와 해조류의 카드뮴 노출 기여도 또한 높았다. 납 섭취 기여율이 높은 상위 20개 식품은 Figure 2에 나타내었다. 납 또한 생미역, 말린 미역, 미역 줄기의 섭취 기여율이 총 19.7%로, 미역을 통한 납의 섭취량이 상당한 수준으로 나타났다. 이외에 납 섭취에 크게 기여하는 식품으로는 콩기름, 무청, 멸치 등이 있었다.

Table 8. Contribution rate of each food groups to cadmium and lead intake

Food groups	Food intake(g/day)		Cadmium intake( $\mu$ g/day)			Lead intake( $\mu$ g/day)		
	Average intake	Contribution rate(%)	Rank	Average intake	Contribution rate(%)	Rank	Average intake	Contribution rate(%)
Grains	296.6	21.9	4	0.6503	6.2	4	0.9726	10.0
Potatoes & Starch	33.8	2.5	16	0.0002	0.0	8	0.2685	2.8
Sugars	8.6	0.6	14	0.0008	0.0	17	0.0081	0.1
Legumes	36.9	2.7	8	0.1161	1.1	11	0.1088	1.1
Seeds & Nuts	3.6	0.3	10	0.0399	0.4	15	0.0111	0.1
Vegetables	289.4	21.3	3	0.8177	7.8	3	1.3558	13.9
Mushrooms	4.4	0.3	6	0.2004	1.9	12	0.0770	0.8
Fruits	174.5	12.9	7	0.1975	1.9	7	0.3628	3.7
Meats	91.1	6.7	9	0.0549	0.5	10	0.1934	2.0
Eggs	23.9	1.8	17	0.0000	0.0	18	0.0061	0.1
Fishes & Shellfishes	51.0	3.8	1	4.2300	40.3	1	2.6473	27.2
Seaweeds	4.9	0.4	2	3.8938	37.1	2	2.1563	22.2
Milk & Dairy products	104.1	7.7	18	0.0000	0.0	13	0.0656	0.7
Oils	7.7	0.6	15	0.0003	0.0	5	0.7594	7.8
Beverages & Alcohols	190.3	14.0	11	0.0118	0.1	6	0.4380	4.5
Seasonings	33.5	2.5	5	0.2770	2.6	9	0.2656	2.7
Prepared foods	2.6	0.2	12	0.0086	0.1	14	0.0252	0.3
Others	0.3	0.0	13	0.0038	0.0	16	0.0097	0.1
Total	1357.3	100.0		10.5024	100.0		9.7307	100.0

Figure 1. Contribution rate of major contributing food to cadmium intake(%)

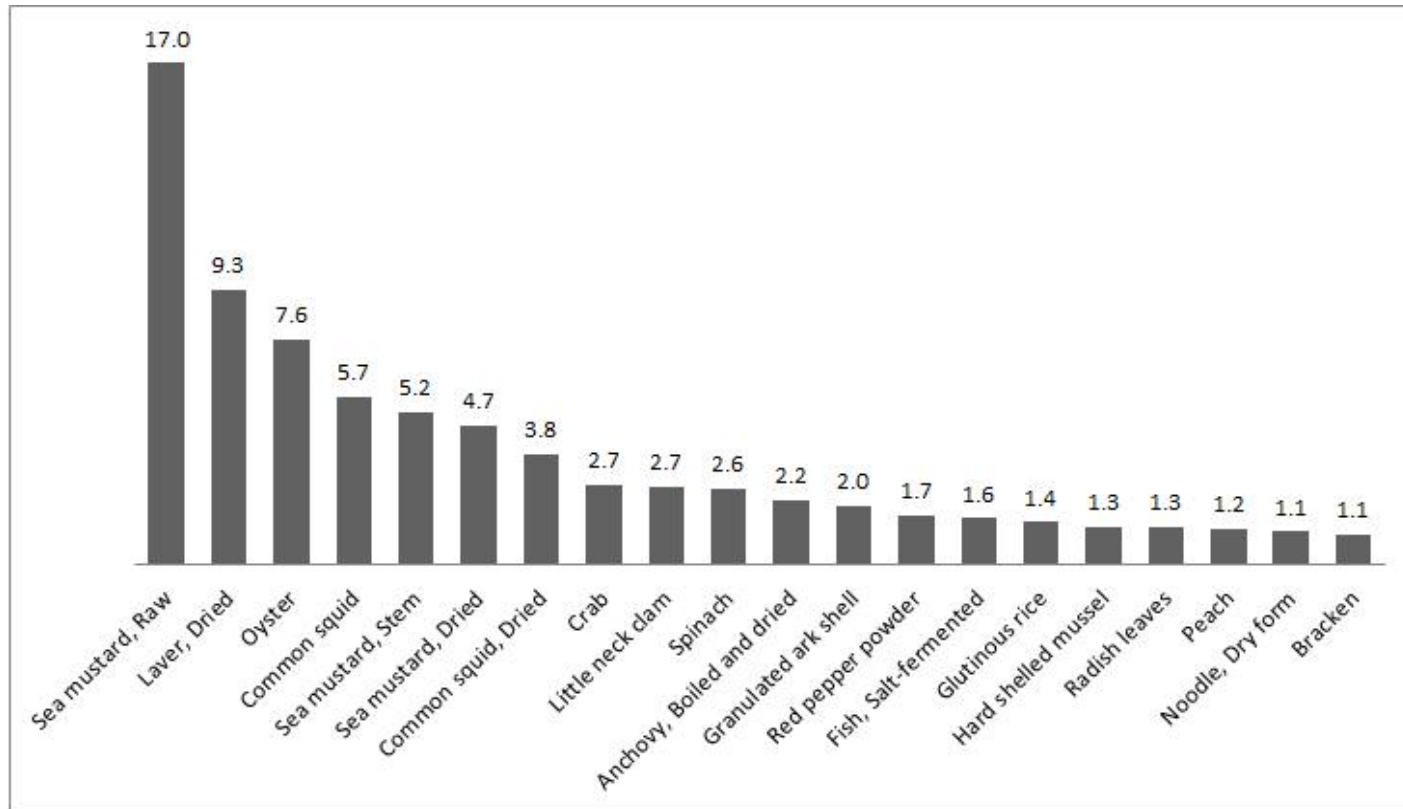
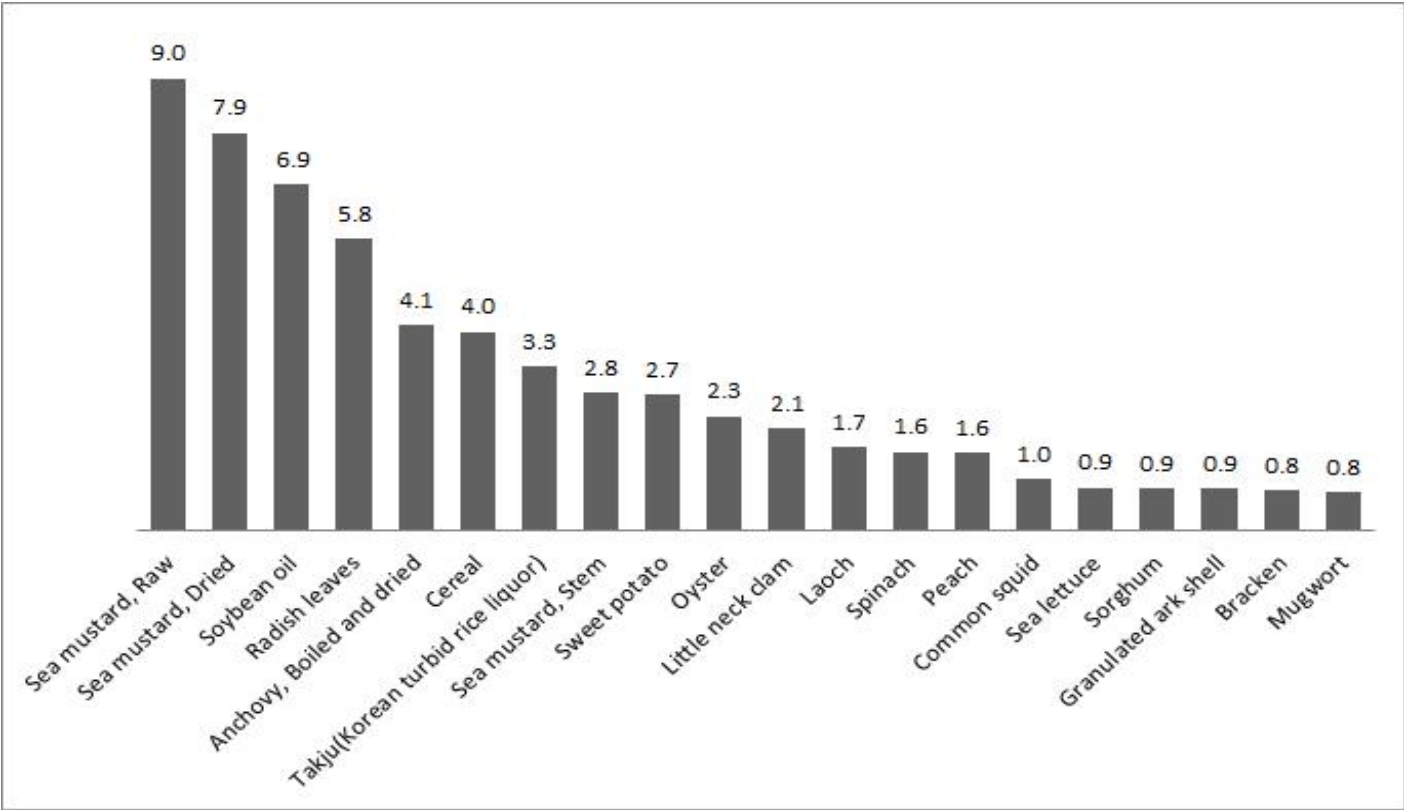


Figure 2. Contribution rate of major contributing food to lead intake(%)



#### 4) 카드뮴 및 납 과량 섭취 위험군의 분포 및 특성

성별, 연령별 카드뮴 및 납 과량 섭취 위험군의 분포도는 Table 9에 제시하였다. 카드뮴의 경우, 전체 인구의 4.8%가 과량의 카드뮴을 섭취하고 있었다. 연령대별로는 10세 미만 어린이의 7.2%가 과량 섭취 위험군인 것으로 나타나, 가장 카드뮴 섭취에 취약한 집단으로 드러났다. 10대 청소년기에는 위험군 비율이 가장 낮았고, 이후 점차 비율이 증가하다 70세 이상이 되면 다시 감소하는 양상을 보였다. 납에서 또한 카드뮴과 유사한 경향성이 나타났다. 납 과량 섭취 위험군 비율은 10세 미만 어린이의 경우 12.5%에 달했다. 두 중금속 모두 성별 간 유의한 차이는 없었다.

각 식품군의 섭취량에 따른 카드뮴 및 납 과량 섭취 발생 위험의 분석 결과는 Table 10와 같다. 카드뮴의 과량 섭취자 비율은 해조류와 어패류 섭취량이 증가함에 따라 유의하게 증가했으며, 각 식품군 섭취량 1분위수 대비 3분위수의 OR은 해조류에서 6.72(95% CI, 5.30-8.52), 어패류에서 4.50(95% CI, 3.50-5.79)이었다. 위험 수준의 유의미한 증가는 한국인이 다량 섭취하는 식품군인 곡류(OR, 1.44; 95% CI, 1.17-1.77), 채소류(OR, 1.28; 95% CI, 1.01-1.63)에서도 나타났다. 이외에도 조미료류(OR, 1.90; 95% CI, 1.48-2.44), 종실류(OR, 1.68; 95% CI, 1.39-2.03), 유지류(OR, 1.42; 95% CI, 1.14-1.77), 당류(OR, 1.39; 95% CI, 1.13-1.71)에서 유의미한 위험 수준의 증가가 관찰되었다. 한편, 육류, 우유 및 유제품, 감자 및 전분류의 OR은 각각 0.58(95% CI, 0.48-0.70), 0.70(95% CI, 0.60-0.83), 0.75(95% CI, 0.64-0.87)로, 해당 식품군의 섭취량은 카드뮴 과량 섭취 위험과 음의 상관관계를 보였다.

납의 경우 식품 섭취량에 따른 납 과량 섭취자 비율은 해조류 섭취 3분위집단이 1분위 집단에 비해 4.50(95% CI, 3.78-5.37), 어패류는 2.72(95% CI, 2.22-3.34)로 카드뮴에서와 같이 해조류와 어패류의 영향력이 가장 큰 것으로 나타났다. 조미료(OR, 2.05; 95% CI, 1.58-2.67), 종실

류(OR, 1.30; 1.07-1.57), 유지류(OR, 1.30; 95% CI, 1.06-1.61)에서 또한 위험 수준이 유의미하게 증가하였다. 동시에 육류(OR, 0.50; 95% CI, 0.41-0.60), 감자 및 전분류(OR, 0.76; 95% CI, 0.65-0.89), 우유 및 유제품(OR, 0.77; 95% CI, 0.65-0.92)는 그 섭취량이 증가함에 따라 납 과량 섭취자 비율이 감소하는 양상을 보였다. 이에 더해 과일류의 OR이 0.74(95% CI, 0.62-0.89), 난류의 OR이 0.78(95% CI, 0.66-0.91)로, 카드뮴과는 달리 과일류와 난류에서도 납 과량 섭취자 비율이 감소하는 경향성이 나타났다. 그러나 공변인들을 보정하자 곡류와 채소류에서는 유의미한 상관관계가 나타나지 않았다.

Table 9. The distribution of high cadmium and lead intake group<sup>1)</sup> by sex and age group(%)

Age group	Cadmium			Lead		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total
<10	7.5	6.8	7.2	13.0	11.9	12.5
10-19	2.8	3.1	2.9	3.5	3.9	3.7
20-49	4.9	5.1	5.0	3.8	4.4	4.2
50-69	5.0	4.8	4.9	6.0	4.6	5.2
≥70	3.9	3.0	3.4	4.7	3.8	4.2
Total	4.9	4.7	4.8	6.0	5.2	5.5

<sup>1)</sup> individuals who consume cadmium and lead ≥95th percentiles

The differences among age groups was significant at the level of  $p < 0.0001$



Table 10. Odds ratios for high cadmium and lead intake<sup>1)</sup> according to tertiles of intake rate by food groups  
(Continued)

Tertiles of intake rate by food groups		Cadmium, OR(95% CI)			p for trend	Lead, OR(95% CI)			p for trend
		T1	T2	T3		T1	T2	T3	
Grains	Model 1 <sup>2)</sup>	1.00(ref)	1.22(1.04–1.43)	1.09(0.92–1.29)	0.7856	1.00(ref)	0.91(0.79–1.05)	0.80(0.68–0.93)	0.0022
	Model 2 <sup>3)</sup>	1.00(ref)	1.27(1.08–1.50)	1.16(0.98–1.37)	0.3388	1.00(ref)	0.99(0.85–1.14)	0.88(0.75–1.03)	0.0623
	Model 3 <sup>4)</sup>	1.00(ref)	1.51(1.22–1.87)	<b>1.44(1.17–1.77)</b>	0.0114	1.00(ref)	0.99(0.81–1.20)	0.96(0.79–1.18)	0.6886
Potatoes & Starch	Model 1	1.00(ref)	0.94(0.72–1.21)	0.79(0.69–0.90)	0.0005	1.00(ref)	0.93(0.73–1.18)	0.88(0.77–1.00)	0.0468
	Model 2	1.00(ref)	0.90(0.70–1.17)	0.76(0.67–0.87)	<.0001	1.00(ref)	0.85(0.67–1.08)	0.81(0.72–0.92)	0.0018
	Model 3	1.00(ref)	0.86(0.62–1.20)	<b>0.75(0.64–0.87)</b>	0.0003	1.00(ref)	0.71(0.50–1.01)	<b>0.76(0.65–0.89)</b>	0.0019
Sugars	Model 1	1.00(ref)	1.22(1.01–1.47)	1.28(1.06–1.55)	0.0435	1.00(ref)	1.05(0.90–1.24)	1.03(0.87–1.21)	0.9494
	Model 2	1.00(ref)	1.18(0.98–1.42)	1.27(1.05–1.53)	0.0324	1.00(ref)	0.97(0.83–1.14)	1.00(0.84–1.17)	0.8757
	Model 3	1.00(ref)	1.25(1.02–1.54)	<b>1.39(1.13–1.71)</b>	0.0087	1.00(ref)	0.95(0.77–1.17)	1.15(0.93–1.41)	0.0337
Legumes	Model 1	1.00(ref)	1.23(1.05–1.43)	1.14(0.99–1.32)	0.3225	1.00(ref)	1.16(1.00–1.34)	0.95(0.83–1.08)	0.0808
	Model 2	1.00(ref)	1.23(1.05–1.43)	1.17(1.01–1.35)	0.1751	1.00(ref)	1.16(1.00–1.34)	1.00(0.88–1.15)	0.426
	Model 3	1.00(ref)	1.25(1.04–1.51)	1.15(0.97–1.35)	0.4368	1.00(ref)	1.18(0.98–1.43)	1.03(0.88–1.22)	0.7069
Seeds & nuts	Model 1	1.00(ref)	1.31(1.10–1.58)	1.89(1.58–2.26)	<.0001	1.00(ref)	1.15(0.98–1.34)	1.37(1.17–1.61)	<.0001
	Model 2	1.00(ref)	1.29(1.08–1.55)	1.88(1.57–2.25)	<.0001	1.00(ref)	1.11(0.95–1.30)	1.38(1.18–1.62)	<.0001
	Model 3	1.00(ref)	1.18(0.96–1.44)	<b>1.68(1.39–2.03)</b>	<.0001	1.00(ref)	0.95(0.78–1.16)	<b>1.30(1.07–1.57)</b>	0.0003
Vegetables	Model 1	1.00(ref)	0.91(0.77–1.08)	1.05(0.88–1.25)	0.2272	1.00(ref)	0.57(0.49–0.66)	0.62(0.53–0.73)	0.0002
	Model 2	1.00(ref)	0.98(0.82–1.17)	1.19(0.98–1.44)	0.014	1.00(ref)	0.67(0.58–0.78)	0.82(0.69–0.96)	0.5962
	Model 3	1.00(ref)	1.18(0.92–1.50)	<b>1.28(1.01–1.63)</b>	0.0453	1.00(ref)	0.92(0.72–1.18)	1.14(0.87–1.48)	0.0424
Fruits	Model 1	1.00(ref)	1.15(0.97–1.35)	1.20(1.03–1.39)	0.0379	1.00(ref)	1.20(1.03–1.39)	1.09(0.95–1.26)	0.5312
	Model 2	1.00(ref)	1.11(0.94–1.31)	1.15(0.99–1.34)	0.1095	1.00(ref)	1.10(0.94–1.28)	1.01(0.88–1.17)	0.7886
	Model 3	1.00(ref)	1.06(0.88–1.29)	1.03(0.87–1.23)	0.8919	1.00(ref)	0.93(0.76–1.14)	<b>0.74(0.62–0.89)</b>	0.0006

Tertiles of intake rate by food groups		Cadmium, OR(95% CI)			p for trend	Lead, OR(95% CI)		
		T1	T2	T3		T1	T2	T3
Meats	Model 1	1.00(ref)	0.94(0.80–1.09)	0.60(0.51–0.70)	<.0001	1.00(ref)	0.89(0.77–1.02)	0.55(0.47–0.64)
	Model 2	1.00(ref)	0.87(0.74–1.02)	0.56(0.47–0.66)	<.0001	1.00(ref)	0.74(0.64–0.86)	0.47(0.40–0.55)
	Model 3	1.00(ref)	0.87(0.72–1.06)	<b>0.58(0.48–0.70)</b>	<.0001	1.00(ref)	0.74(0.62–0.89)	<b>0.50(0.41–0.60)</b>
Eggs	Model 1	1.00(ref)	0.91(0.76–1.09)	0.97(0.84–1.13)	0.8753	1.00(ref)	0.99(0.85–1.15)	0.80(0.71–0.91)
	Model 2	1.00(ref)	0.86(0.71–1.03)	0.93(0.80–1.07)	0.5129	1.00(ref)	0.84(0.72–0.98)	0.70(0.61–0.79)
	Model 3	1.00(ref)	0.83(0.66–1.03)	1.00(0.85–1.17)	0.6829	1.00(ref)	0.74(0.59–0.92)	<b>0.78(0.66–0.91)</b>
Fishes & shellfishes	Model 1	1.00(ref)	1.46(1.16–1.85)	4.36(3.51–5.41)	<.0001	1.00(ref)	1.17(0.98–1.38)	2.08(1.78–2.44)
	Model 2	1.00(ref)	1.46(1.16–1.85)	4.48(3.61–5.56)	<.0001	1.00(ref)	1.18(0.99–1.40)	2.21(1.89–2.59)
	Model 3	1.00(ref)	1.22(0.92–1.62)	<b>4.50(3.50–5.79)</b>	<.0001	1.00(ref)	1.07(0.84–1.36)	<b>2.72(2.22–3.34)</b>
Seaweeds	Model 1	1.00(ref)	1.21(0.86–1.68)	7.06(5.76–8.66)	<.0001	1.00(ref)	1.22(0.98–1.53)	4.12(3.58–4.75)
	Model 2	1.00(ref)	1.16(0.83–1.61)	6.98(5.70–8.55)	<.0001	1.00(ref)	1.08(0.87–1.35)	3.98(3.45–4.59)
	Model 3	1.00(ref)	1.22(0.84–1.77)	<b>6.72(5.30–8.52)</b>	<.0001	1.00(ref)	0.84(0.59–1.20)	<b>4.50(3.78–5.37)</b>
Milk & dairy products	Model 1	1.00(ref)	0.98(0.75–1.28)	0.88(0.77–1.01)	0.0606	1.00(ref)	0.76(0.56–1.02)	1.34(1.19–1.51)
	Model 2	1.00(ref)	0.91(0.69–1.19)	0.79(0.69–0.91)	0.001	1.00(ref)	0.66(0.49–0.90)	1.08(0.96–1.22)
	Model 3	1.00(ref)	0.97(0.70–1.32)	<b>0.70(0.60–0.83)</b>	<.0001	1.00(ref)	0.77(0.55–1.09)	<b>0.77(0.65–0.92)</b>
Oils	Model 1	1.00(ref)	1.26(1.04–1.52)	1.39(1.14–1.69)	0.0032	1.00(ref)	1.13(0.96–1.33)	1.11(0.94–1.31)
	Model 2	1.00(ref)	1.22(1.01–1.47)	1.37(1.13–1.67)	0.003	1.00(ref)	1.03(0.87–1.21)	1.05(0.89–1.24)
	Model 3	1.00(ref)	1.12(0.89–1.40)	<b>1.42(1.14–1.77)</b>	0.0001	1.00(ref)	1.03(0.83–1.29)	<b>1.30(1.06–1.61)</b>
Seasonings	Model 1	1.00(ref)	1.21(0.99–1.47)	1.57(1.30–1.90)	<.0001	1.00(ref)	1.04(0.88–1.23)	1.24(1.05–1.47)
	Model 2	1.00(ref)	1.23(1.01–1.50)	1.65(1.36–2.00)	<.0001	1.00(ref)	1.09(0.93–1.29)	1.39(1.17–1.64)
	Model 3	1.00(ref)	1.35(1.05–1.72)	<b>1.90(1.48–2.44)</b>	<.0001	1.00(ref)	1.22(0.93–1.59)	<b>2.05(1.58–2.67)</b>

<sup>1)</sup> Individuals who intake cadmium and lead  $\geq$  95th percentiles

<sup>2)</sup> adjusted for amount of food intake

<sup>3)</sup> adjusted for amount of food intake, sex, and age

<sup>4)</sup> adjusted for amount of food intake, sex, age, obesity, house income level, education level, smoking status and alcohol intake

## 5) 식품을 통한 카드뮴 및 납 섭취량과 혈중 농도 사이의 연관성

식품을 통한 카드뮴의 체중당 섭취량과 혈중 카드뮴 농도 사이에 나타나는 회귀계수는 0.0252( $p < 0.0001$ )로, 식이 카드뮴의 체중당 섭취량이  $1 \mu\text{g/kg bw/day}$  증가할 때마다 혈중 카드뮴 수준이  $0.0252 \mu\text{g/L}$  증가하였다 (Table 11). 난류( $\beta = 1.4053$ ;  $p < 0.0001$ ), 당류( $\beta = 0.1019$ ;  $p = 0.0209$ ), 음료 및 주류( $\beta = 0.0223$ ;  $p = 0.0235$ ), 채소류( $\beta = 0.0174$ ;  $p < 0.0001$ ), 해조류( $\beta = 0.0152$ ;  $p = 0.0163$ ), 어패류( $\beta = 0.0148$ ;  $p = 0.0004$ ), 조미료류( $\beta = 0.0120$ ;  $p = 0.0235$ )를 통한 카드뮴의 섭취량 또한 혈중 카드뮴 농도와 양의 상관관계를 보였다. 그러나 감자 및 전분류( $\beta = -0.9002$ ;  $p < 0.0001$ ), 유지류( $\beta = -0.0186$ ;  $p = 0.0015$ ), 곡류( $\beta = -0.0143$ ;  $p = 0.0418$ )를 통한 카드뮴의 섭취량과 혈중 카드뮴 수준 사이의 관계에서는 음의 상관관계가 나타났다.

총 식이 납 체중당 섭취량과 혈중 납 농도 사이의 회귀계수는 0.0134( $p = 0.0053$ )로, 카드뮴의 경우와 같이 유의미한 양의 상관관계가 있었다. 음료 및 주류( $\beta = 0.0137$ ;  $p = 0.0069$ ), 해조류( $\beta = 0.0111$ ;  $p = 0.0030$ ), 채소류( $\beta = 0.0099$ ;  $p = 0.0014$ ), 어패류( $\beta = 0.0109$ ;  $p = 0.0148$ )에서도 양의 상관관계가 나타났다. 납의 경우에는 곡류( $\beta = -0.0143$ ;  $p = 0.0003$ )에서만 유의미한 음의 상관관계가 관찰되었다.

Table 11. The  $\beta$ -coefficient between cadmium and lead exposure from diet and blood cadmium and lead concentrations\*

Food groups ( $\mu\text{g}/\text{bw}$ kg/day)	Blood cadmium concentrations ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )						Blood Lead concentrations ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )					
	Model 1 <sup>1)</sup>	p	Model 2 <sup>2)</sup>	p	Model 3 <sup>3)</sup>	p	Model 1	p	Model 2	p	Model 3	p
Total	0.0206	0.0014	0.0130	0.0274	<b>0.0252</b>	<b>&lt;.0001</b>	-0.0004	0.9423	0.0079	0.0909	<b>0.0134</b>	<b>0.0053</b>
Grains	-0.0490	<.0001	-0.0260	0.0002	<b>-0.0143</b>	<b>0.0418</b>	-0.0365	<.0001	-0.0168	<.0001	<b>-0.0143</b>	<b>0.0003</b>
Potatoes & Starch	0.3227	0.1861	0.3834	0.0556	<b>-0.9002</b>	<b>&lt;.0001</b>	0.0027	0.8512	-0.0057	0.6509	-0.0025	0.8586
Sugars	-0.0103	0.8624	0.0861	0.0735	<b>0.1019</b>	<b>0.0209</b>	-0.0247	0.4967	0.0303	0.3392	0.0331	0.4064
Legumes	0.0452	<.0001	0.0032	0.7485	0.0175	0.0648	0.0069	0.3864	-0.0113	0.1073	-0.0095	0.1934
Seeds & nuts	0.0008	0.9201	0.0059	0.3473	0.0049	0.4185	0.0003	0.9491	0.0001	0.9714	-0.0010	0.8053
Vegetables	0.0448	<.0001	0.0133	0.0030	<b>0.0174</b>	<b>&lt;.0001</b>	0.0243	<.0001	0.0101	0.0007	<b>0.0099</b>	<b>0.0014</b>
Mushrooms	-0.0026	0.7246	-0.0114	0.0619	-0.0090	0.1164	-0.0145	0.0072	-0.0094	0.0639	-0.0060	0.2288
Fruits	-0.0016	0.8248	-0.0141	0.0261	-0.0112	0.0732	-0.0108	0.0703	-0.0046	0.3852	-0.0039	0.5099
Meats	-0.0219	0.1175	-0.0238	0.0897	-0.0089	0.4960	-0.0298	<.0001	-0.0094	0.1405	-0.0119	0.0996
Eggs	1.4053	<.0001	1.4053	<.0001	<b>1.4053</b>	<b>&lt;.0001</b>	-0.0508	0.1511	-0.0132	0.6670	-0.0236	0.4351
Fishes & shellfishes	0.0110	0.0247	0.0094	0.0356	<b>0.0148</b>	<b>0.0004</b>	0.0217	<.0001	0.0112	0.0063	<b>0.0109</b>	<b>0.0148</b>
Seaweeds	0.0405	<.0001	0.0124	0.0559	<b>0.0152</b>	<b>0.0163</b>	0.0246	<.0001	0.0120	0.0009	<b>0.0111</b>	<b>0.0030</b>
Milk & dairy products	.	.	.	.	.	.	-0.0687	0.2326	0.0437	0.3418	-0.0525	0.3551
Oils	-0.0259	0.0002	-0.0169	0.0037	<b>-0.0186</b>	<b>0.0015</b>	-0.0147	<.0001	-0.0003	0.9320	-0.0028	0.3757
Beverages & Alcohols	0.0339	0.0041	0.0158	0.1071	<b>0.0223</b>	<b>0.0235</b>	0.0326	<.0001	0.0160	0.0011	<b>0.0137</b>	<b>0.0069</b>
Seasonings	0.0076	0.2060	0.0114	0.0414	<b>0.0120</b>	<b>0.0235</b>	-0.0068	0.1416	0.0067	0.0992	0.0042	0.3355
Prepared Foods	-0.0884	0.3107	-0.0971	0.5257	-0.1795	0.4171	0.0186	0.6020	0.0100	0.7536	-0.0190	0.5852
Others	-0.0397	0.4994	-0.0216	0.7158	0.0320	0.4956	0.0167	0.7154	0.0386	0.2306	0.0383	0.1718

\* the values were ln-transformed, and analyzed by general linear model

<sup>1)</sup> adjusted for amount of food intake

<sup>2)</sup> adjusted for amount of food intake, sex, and age

<sup>3)</sup> adjusted for amount of food intake, sex, age, obesity, house income level, education level, smoking status and alcohol intake

## IV. 고찰

본 연구에서는 한국인 상용식품 중 카드뮴 및 납 함량 데이터베이스를 구축한 뒤, 식품을 통한 한국인의 카드뮴 및 납 노출 수준을 추정하고, 카드뮴과 납 노출 수준을 역학적 특성에 따라 분석하였다. 분석결과, 해조류 및 어패류 등이 카드뮴과 납 섭취량에 가장 기여도가 높았고, 식품으로 인한 납과 카드뮴 섭취량은 혈중 수준과 유의한 관련성이 있었다.

구축된 데이터베이스의 완성도는 식품 섭취량 기준으로 하였을 시 두 중금속 모두 95.6%에 달해 데이터베이스가 한국인의 전반적인 식사를 반영하고 있었다. 그러나 식품 가짓수 기준 완성도는 카드뮴에서 54.4%, 납에서 55.5%인 것으로 나타나 한국인 상용식품 중 데이터베이스에 포함되지 못한 식품이 상당수 있음을 알 수 있다. 특히 종실류, 채소류, 과일류에서는 완성도가 50% 미만으로 추후 개선이 필요할 것으로 보인다. 그러나 뉴질랜드에서 구축된 데이터베이스에서는 카드뮴과 납의 완성도가 각각 28.7%, 27.5%인 것과 견주어보았을 때, 상대적으로 완성도가 우수한 편이라고 할 수 있다(IPFR(NZ), 2014). 또한 FAO/INFOODS(Food and Agriculture Organization/International Network of Food Data System)의 식품성분표에서는, 카드뮴 함량은 육류 및 해산물에서만 제공되고 있었으며 해당 식품군 내에서의 완성도는 3.4%였다. 그리고 납 함량은 곡류, 감자류, 종실류, 채소류, 과일류, 육류, 해산물, 우유에서 제공되며 그 완성도는 1.4%에 불과했다(FAO/INFOODS, 2013).

한국인의 카드뮴 섭취 추정량은  $10.50 \mu\text{g/day}$ 이고, 20-49세 젊은 성인의 평균 섭취량은  $11.91 \mu\text{g/day}$ 으로, 노르웨이인의 평균 섭취량인  $15.4 \mu\text{g/day}$ (Birgisdottir, 2013), 미국 성인 여성의 평균 섭취량인  $10.9 \mu\text{g/day}$ (Adams, 2014), 유럽 성인 평균 섭취량인  $14.4 \mu\text{g/day}$ (SCOOP, 2004) 등 여러 선행연구에서 나타난 것보다 다소 낮은 수치이다. 총 식이조사를 이용한 국내 연구에서는 한국인의 평균 섭취량이  $14.3 \mu\text{g/day}$ (Lee,

2006) 또는  $10.4 \mu\text{g/day}$ (Choi, 2009)인 것으로 보고된 바 있다.

한편, 본 연구에서 추정된 한국인의 평균 납 섭취량은  $9.73 \mu\text{g/day}$  으로, 폴란드 여성의  $66.5 \mu\text{g/day}$ (Marzec, 2004), 사우디아라비아인의  $24.6 \mu\text{g/day}$ (Othman, 2010), 한국인의  $24.4 \mu\text{g/day}$ (Lee, 2006)에 비해 낮았다. 또한 납 섭취량은, 식품 중 납 함량이 평균적으로 카드뮴 함량에 비해 높음에도 불구하고 평균 카드뮴 섭취량에 비해 낮은 것으로 추정되었다. 이는 평균적인 식품 속 함량은 납이 카드뮴보다 높으나, 배추, 찹쌀, 보리, 시금치, 국수 등 한국인이 다량 섭취하는 식품의 경우 카드뮴의 함량이 더 높았기 때문에 나타난 현상인 것으로 보인다. 한편, 한국에서 수행된 선행 연구들에 비해 카드뮴과 납의 섭취 수준이 낮게 나타난 이유는 연구 방식의 차이에 따른 결과일 수 있다. 기존의 한국 연구들은 주로 카드뮴과 납 섭취량 추정에 총 식이조사를 이용했다.

본 연구와 여러 선행연구들 사이에 중금속 섭취량의 차이가 발생한 이유는 다음과 같이 추정할 수 있다. 첫째, 중금속 섭취 추정량의 차이는 연구 방법의 차이로 인해 발생할 수 있다. 동량수거법, 직접수거법, 또는 TDS를 이용하여 산출한 섭취량은 데이터베이스와 식사조사를 연계하여 산출한 것과 다를 수 있다. 둘째, 각 지역별 환경의 차이에 따른 식품 중 중금속 함량의 차이가 있을 것이다. 예를 들면, 본 연구에서 나타난 곡류의 평균 카드뮴 함량은  $9.0 \mu\text{g/day}$ 이었으나, 유럽 국가에서는  $20\text{--}40 \mu\text{g/day}$ 이었다(Pan, 2010). 또한 한국의 육류 납 함량은 평균  $2.4 \mu\text{g/day}$ 인 데 반해, 사우디아라비아에서는  $29 \mu\text{g/day}$ 인 것으로 나타났다(Othman, 2010).

셋째, 식생활의 차이가 중금속 섭취량 차이에 영향을 줄 수 있다. 벨기에, 스페인, 영국, 사우디아라비아 등 여러 국가에서는 곡류가 식품을 통한 중금속 노출의 주 노출원이나(Martorell, 2011; Othman, 2010; Rose, 2010; Vromman, 2010), 본 연구에서는 해조류 및 어패류의 섭취가 중금속 노출에 큰 영향을 미쳤다. 어패류와 해조류로부터 섭취한 평균 카드뮴의 양은  $4.2 \mu\text{g/day}$ 와  $3.9 \mu\text{g/day}$ 이었고, 이는 각각 전체 섭취량의

40.3%, 37.1%를 차지했다. 납의 경우 어패류와 해조류로부터 2.6  $\mu\text{g/day}$ , 2.2  $\mu\text{g/day}$ 를 섭취하고 있었으며, 이들 식품군의 기여율은 각각 27.2%, 22.2%이었다. 이는 해조류와 어패류의 중금속 함량이 높고, 한국인들이 다른 나라 사람들에 비해 이들 식품군을 많이 섭취하기 때문인 것으로 보인다.

이때, 함량값 도출에 이용된 시료의 개수가 부족하거나 시료의 대표성이 낮다면 결과의 신뢰도에 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제의 발생 가능성을 검토하기 위하여, 개별 식품별 중금속 섭취 기여율을 분석하여 기여도가 높은 식품의 시료 추출 방법 및 시료의 개수를 확인하였다. 카드뮴의 경우, 기여율이 가장 높은 생미역과 김 중의 함량이 총 식이조사 연구에서 분석되었으며 대형 유통업체에서 유통 중인 생 미역과 김 각각 4종이 시료로 사용되었다. 납 섭취에 가장 크게 기여한 식품은 생미역과 마른 미역으로, 생미역은 대형 유통업체에서 추출한 4개 시료, 마른 미역은 직접 전국의 연안에서 채취하거나 구매한 마른 미역 88개 시료를 이용하여 그 함량값이 분석되었다.

본 연구에서, 중금속 과량 섭취 위험군은 식품을 통한 섭취 추정량이 전체의 95 퍼센타일 이상인 집단(또는 %PTDI가 95 퍼센타일 이상인 집단)으로 정의하였다. 이때 납의 경우 PTDI의 15% 이상을 섭취한 사람들이 고위험군으로 분류되어, 허용량의 15%만을 섭취하여도 고위험군에 속하였다. 그러나 납은 일반적으로 토양, 먼지, 공기, 물 등 주로 식품 이외의 경로를 통해 노출되는 중금속이다(ATSDR, 2007; IARC, 2006). 직업적 노출을 제외하면 식품을 통한 납 노출량이 전체 노출량의 50% 이내로(Pizzol, 2010), 이는 식품을 통한 카드뮴의 노출이 카드뮴 노출량의 약 90%를 차지하는 것과 대비된다(ATSDR, 2012). 따라서 PTDI의 15%를 식품을 통해 섭취하는 것은 적지 않은 섭취량이라고 말할 수 있다.

각 식품군의 섭취에 따른 중금속 과량 섭취 위험 발생을 분석한 결과, 해조류, 어패류 등 일부 식품군의 경우 중금속 과량 섭취의 위험을 유의하게 높였다. 특히 해조류와 어패류는 중금속 함량이 높고 다른 나라에



비해 한국에서 다량 섭취되는 식품군으로, 카드뮴 섭취에 기여도가 높음과 동시에 중금속 과량 섭취 위험을 가장 크게 높이는 식품군으로 나타났다. 곡류와 채소류의 경우, 카드뮴 과량 섭취의 위험을 유의하게 높였다. 이들 식품군의 카드뮴 함량은 높지 않은 편임에도 불구하고, 대부분의 한국인이 매일, 다량 섭취하기 때문에 그 섭취량에 비례하여 위험도가 증가하는 것으로 보인다. 그러나 납 과량 섭취 위험도는 통계적으로 유의하게 증가하지 않았다. 유지류 및 조미료류 또한 카드뮴과 납 과량 섭취 위험도를 유의하게 높였다. 콩기름, 들기름, 참기름, 고추장, 고춧가루 등 한국인이 일상적으로 섭취하는 식품들의 함량이 높기 때문인 것으로 추정된다. 한편, 당류 및 종실류는 전체적인 중금속 섭취량에 대한 기여율이 낮은 편임에도 불구하고, 이들 식품군의 섭취량이 증가할수록 중금속 과량 섭취 위험이 유의하게 증가했다. 당류 및 종실류 데이터베이스의 낮은 완성도가 이에 영향을 미친 것으로 보인다.

반면, 감자 및 전분류, 육류, 난류와 우유 및 유제품의 섭취는 중금속 과량 섭취의 위험을 낮췄다. 서구 국가에서는 감자 및 전분류가 중금속 섭취에 상당 부분 기여하는 것으로 나타나고 있으나(EFSA, 2012; Julin<sup>b</sup>, 2012; Vromman, 2010), 한국에서는 감자 및 전분류의 중금속 함량이 낮아 오히려 과량 섭취 위험을 낮추고 있었다. 또한 이 결과는 과일류, 육류, 난류와 우유 및 유제품을 골고루 섭취하는 균형 잡힌 한식 식생활을 할 경우 혈중 중금속 수준이 낮다는 국내 선행 연구와도 관련이 있다 (Chung, 2013).

본 연구 결과로부터 10세 미만 어린이 인구 집단의 %PTDI가 유의하게 높은 것을 알 수 있다. 이는 일반적으로 성인에 비해 어린이가 유해물질에 취약하다고 알려진 것과 일치한다. 예를 들어, 프랑스 3-14세 어린이의 %PTWI는 카드뮴에서 24.8%, 납에서 35%로 나타났고, 이는 성인의 16%, 24%보다 높은 수준이었다(SCOOP, 2004).

총 카드뮴 섭취량 및 납 섭취량이 증가할수록 혈중 카드뮴과 납 수준을 유의미하게 증가하는 경향성이 발견되었다. 이는 여러 선행연구들과

일치하는 결과이다(Birgisdottir, 2013; Bjeremo, 2013; Wang, 2012). 각 식품군 별로 분석한 결과, 채소류, 어패류, 해조류, 조미료류로부터 섭취된 중금속 노출량은 혈중 중금속 수준을 유의하게 높였다. 그러나 견과류 섭취가 중금속 과량 섭취 위험을 높이고, 과일류, 육류, 우유 및 유제품 섭취가 과량 섭취 위험을 낮추는 것으로 나타난 것과 달리, 이들 식품군을 통한 중금속 섭취량은 혈액 지표에 유의한 영향을 미치지 않았다. 또한, 곡류와 유지류의 경우 섭취량이 증가할수록 과량 섭취의 위험은 증가하는 것으로 나타난 데 반해, 곡류와 유지류를 통한 섭취량이 증가할수록 혈중 중금속 수준은 낮아졌다. 이러한 불일치는 체내에서 발생하는 여러 영양소 간의 복잡한 상호작용 때문에 발생한 것으로 보인다. 칼슘, 철, 비타민 C 등 영양소의 섭취가 혈중 중금속 수준을 낮춘다는 보고가 있으나(Cheng, 1998; Fox, 1979; Lee, 2012), 본 연구에서는 이들 영양소의 보정 이후에도 결과의 차이가 나타나지 않았다. 식사 패턴 및 영양소 간 상호작용에 대한 추후 연구가 필요하다.

한편, 난류의 경우 데이터베이스가 구축된 식품의 수가 적고 카드뮴 함량이 전반적으로 낮은 편이었기 때문에 카드뮴 섭취량의 분포가 로그 변환 이후에도 정규성을 보이지 않았다. 이에 따라 난류를 통한 카드뮴의 섭취량이 혈중 카드뮴 농도에 미치는 영향이 과대평가되었다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 데이터베이스의 완성도에 한계가 있다. 본 데이터베이스의 식품 수 기준 완성도는 50% 수준으로, 데이터베이스에 포함되지 못한 식품들이 상당히 있어 이것이 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또한 식품 중 중금속 함량을 직접 분석한 각 연구에서 사용한 시료의 대표성 및 분석 대상 시료의 개수의 부족으로 인한 오류의 발생을 완전히 통제할 수 없었다. 그러나 본 연구의 데이터베이스는 한국인 상용식품을 기준으로 구축되었으며 대상자들의 섭취량을 95.6%까지 반영하고 있다는 점에서 우수성이 나타난다. 그리고 여러 문헌에서 함량 값을 선택할 시 데이터 질적 평가 시스템을 이용하였기 때문에 일정 수준 이상의 정확도를 확보하였다 말할 수 있다.

둘째, 본 연구에서는 카드뮴과 납의 섭취량을 추정할 시 각 식품의 평균 함량값만을 이용하였다. 그러나 실제 식품 중 중금속의 함량은 단일 값이 아니라 일정 범위 내에서 분포하므로 평균 값을 이용한 섭취량 추정은 점추정으로서의 한계를 지닌다. 보다 정확하게 유해물질의 노출 수준을 추정하기 위해서는 확률론적 방법을 이용하여야 한다. 확률론적 방법은 평가 대상 물질에 대한 모든 독성 정보를 수집하고 민감도 분포 곡선을 산출하여 노출 수준의 확률적 분포를 정의하는 접근법이다. 그러나 본 데이터베이스 구축 시 사용한 문헌자료에서는 평균 값 이외의 표준편차, 95퍼센타일 값 등이 함께 제시되어 있지 않은 경우가 상당수 있어 함량값 분포 추정에 한계가 있었다. 추후 식품 중 카드뮴과 납 함량의 분포를 제시한 연구들이 발표되어 누적될 경우 데이터베이스를 개선하고 확률론적 접근을 수행하여 섭취량을 추정할 필요성이 제기된다.

셋째, 국민건강영양조사에서 제공하는 2차 자료를 사용한 것에 따른 정보의 불충분성이 있다. 국민건강영양조사는 단면연구로서 특정한 시기의 상태만을 관찰한 결과이기 때문에 서로 다른 변수간의 시간적 선후관계를 파악하기 어려워 인과관계가 명확하게 나타나지 않는다. 또한 혈중 중금속 농도에 영향을 미치는 요인으로 식사 이외에도 환경적 요인인 직업적 환경, 공기 오염, 수질 오염 등이 있으나(ATSDR, 2012), 국민건강영양조사 자료에서 얻을 수 없었기 때문에 환경적 요인을 공변인으로써 고려하지 못하였다. 특히 중금속 노출의 경우 직업 환경의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있으나 본 연구에서는 직업에 대한 자세한 정보를 이용하지 못하였다. 한편, 식사 섭취량 자료로 1일치 24시간 회상법을 이용하였기 때문에, 평소 섭취량을 반영할 수 없고 장기적인 식사의 결과를 파악하는 데 어려움이 있다. 그러나 국민건강영양조사는 한국인들의 특성을 반영하여 설계된 국가 단위의 조사이므로, 본 연구의 결과는 한국인의 특성을 대표할 수 있고 이에 따라 의의가 있다.

여러 한계점들이 있음에도 불구하고, 본 연구는 한국인의 식사를 반영하는 식품 중 중금속 함량 데이터베이스를 구축하였고 한국인의 특성을

대표하는 자료를 이용하여 중금속 섭취의 역학적 특성을 분석하였다. 카드뮴과 납의 섭취 위험을 높이는 식이 요인을 파악하였고, 카드뮴 및 납의 섭취량과 혈중 수준 사이의 관련성을 발견하였다.

결론적으로, 한국인의 식품을 통한 카드뮴 및 납 노출 수준은 낮은 편이나 고위험군 또한 존재한다. 어패류 및 해조류는 한국인의 카드뮴과 납 섭취량에 큰 영향을 미치며, 이들 식품군으로부터 섭취한 중금속의 섭취량은 혈중 수준을 유의하게 높였다. 본 연구는 한국인의 중금속 노출 저감화를 위한 대책 마련에 기초 자료로 사용될 수 있으며 나아가 중금속 노출로 인한 질병의 발생을 예방함으로써 국민 건강 증진에 기여할 것이다.

## 참고문헌

Adams SV, Quraishi SM, Shafer MM, Passarelli MN, Freney EP, Chlebowski RT, et al. 2014. Dietary cadmium exposure and risk of breast, endometrial, and ovarian cancer in the women's health initiative. *Environmental health perspectives* 122:594-600.

Åkesson A, Julin B, Wolk A. 2008. Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: A population-based prospective cohort study. *Cancer research* 68:6435-6441.

Åkesson A, Lundh T, Vahter M, Bjellerup P, Lidfeldt J, Nerbrand C, et al. 2005. Tubular and glomerular kidney effects in Swedish women with low environmental cadmium exposure. *Environmental health perspectives* 113:1627-1631.

ATSDR. 2007. Toxicological profile for lead.

ATSDR. 2012. Toxicological profile for cadmium.

Bagnardi V, Rota M, Botteri E, Tramacere I, Islami F, Fedirko V, et al. 2013. Light alcohol drinking and cancer: a meta-analysis. *Annals of Oncology* 24:301-308.

Bhagwat SA, Patterson KY, Holden JM. 2009. Validation study of the USDA's data quality evaluation system. *Journal of Food Composition and Analysis* 22:366-372.

Birgisdottir BE, Knutsen HK, Haugen M, Gjelstad IM, Jenssen MT, Ellingsen DG, et al. 2013. Essential and toxic element concentrations in blood and urine and their associations with diet: Results from a Norwegian population study including high-consumers of seafood and game. *The Science of the total environment* 463-464:836-844.

Bjermo H, Sand S, Nalsen C, Lundh T, Enghardt Barbieri H, Pearson

M, et al. 2013. Lead, mercury, and cadmium in blood and their relation to diet among Swedish adults. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 57:161-169.

Boucher O, Jacobson SW, Plusquellec P, Dewailly E, Ayotte P, Forget-Dubois N, et al. 2012. Prenatal methylmercury, postnatal lead exposure, and evidence of attention deficit/hyperactivity disorder among Inuit children in arctic Quebec. *Environmental health perspectives* 120:1456-1461.

Cheng Y, Willet WC, Schwartz J, Sparrow D, Weiss S, Hu H. 1998. Relation of nutrition to bone lead and blood lead levels in middle-aged to elderly men- the normative aging study. *American Journal of Epidemiology* 147:1162-1174.

Cho YA, Kim J, Woo HD, Kang M. 2013. Dietary cadmium intake and the risk of cancer: A meta-analysis. *PloS one* 8.

Choi CW, Moon JH, Park HS, Ryeom TK, Lee KH, Lee HM. 2009. A study on the establishment of Korean PTWI for cadmium based on the epidemiological data. *J Fd Hyg Safety* 24:378-384.

Chung HK, Park JY, Cho Y, Shin MJ. 2013. Contribution of dietary patterns to blood heavy metal concentrations in Korean adults: Findings from the fifth Korea national health and nutrition examination survey 2010. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 62:645-652.

D'Souza H S, Dsouza SA, Menezes G, Venkatesh T. 2011. Diagnosis, evaluation, and treatment of lead poisoning in general population. *Indian journal of clinical biochemistry : IJCB* 26:197-201.

EFSA. 2012. Cadmium dietary exposure in the European population.

Eum KD, Lee MS, Paek D. 2008. Cadmium in blood and hypertension.

The Science of the total environment 407:147-153.

FAO/INFOODS. 2013. FAO/INFOODS food composition database for biodiversity. Version 2.1.

Fagerberg B, Barregard L, Sallsten G, Forsgard N, Ostling G, Persson M, et al. 2015. Cadmium exposure and atherosclerotic carotid plaques-results from the malmo diet and cancer study. Environmental research 136:67-74.

Fox MRS. 1979. Nutritional influences on metal toxicity: Cadmium as a model toxic element. Environmental health perspectives 29:95-104.

Galal-Gorchev H. 1993. Dietary intake, levels in food and estimated intake of lead, cadmium, and mercury. Food additives and contaminants 10:115-128.

Godt J, Scheidig F, Grosse-Siestrup C, Esche V, Brandenburg P, Reich A, et al. 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of occupational medicine and toxicology 1:22.

Hwangbo Y, Weaver VM, Tellez-Plaza M, Guallar E, Lee BK, Navas-Acien A. 2011. Blood cadmium and estimated glomerular filtration rate in Korean adults. Environmental health perspectives 119:1800-1805.

IARC. 2006. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Inorganic and organic leads compounds. Volume 87.

IPFR(NZ). 2014. New zealand FOODfiles. version.

Järup L, Akesson A. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. Toxicology and applied pharmacology 238:201-208.

Julin B, Wolk A, Bergkvist L, Bottai M, Akesson A. 2012a. Dietary cadmium exposure and risk of postmenopausal breast cancer: A population-based prospective cohort study. Cancer research 72:1459-1466.

Julin B, Wolk A, Johansson JE, Andersson SO, Andren O, Akesson A. 2012b. Dietary cadmium exposure and prostate cancer incidence: A population-based prospective cohort study. *British journal of cancer* 107:895-900.

Jusko TA, Henderson CR, Lanphear BP, Cory-Slechta DA, Parsons PJ, Canfield RL. 2008. Blood lead concentrations < 10 microg/dl and child intelligence at 6 years of age. *Environmental health perspectives* 116:243-248.

Kah M, Levy L, Brown C. 2012. Potential for effects of land contamination on human health. 1.The case of cadmium. *Journal of toxicology and environmental health Part B, Critical reviews* 15:348-363.

KCDC(Korea Center for Disease Control & Prevention). 2007. 2007 Korean national growth charts - explanation.

Lee BK, Kim Y. 2012. Iron deficiency is associated with increased levels of blood cadmium in the Korean general population: Analysis of 2008-2009 Korean national health and nutrition examination survey data. *Environmental research* 112:155-163.

Lee H-S, Cho Y-H, Park S-O, Kye S-H, Kim B-H, Hahm T-S, et al. 2006. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead and mercury. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:S31-S37.

Lee MS, Park SK, Hu H, Lee S. 2011. Cadmium exposure and cardiovascular disease in the 2005 Korea national health and nutrition examination survey. *Environmental research* 111:171-176.

Lee S. 1993. *Studies on food and safety*. Seoul:Ewha Womans University Press.

Lee YH, Sonn YK, Ok YS. 2012. Investigation of heavy metal concentrations in paddy soils of Gyeongnam province. *Korean J Soil Sci Fert* 45:399-403.



Martorell I, Perello G, Marti-Cid R, Llobet JM, Castell V, Domingo JL. 2011. Human exposure to arsenic, cadmium, mercury, and lead from foods in Catalonia, Spain: Temporal trend. *Biological trace element research* 142:309-322.

Marzec Z, Schlegel-Zawadzka M. 2004. Exposure to cadmium, lead and mercury in the adult population from eastern Poland, 1990-2002. *Food additives and contaminants* 21:963-970.

ME(Ministry of Environment). 2004. The guidelines for investigation of risk concerned chemicals and the list of risk concerned chemicals.

MW(Ministry of Health & Welfare). 2010. Dietary Reference Intakes for Koreans. First revision.

MW(Ministry of Health & Welfare). 2012. Korea Health Statistics 2012: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-3).

Miranda ML, Kim D, Galeano MA, Paul CJ, Hull AP, Morgan SP. 2007. The relationship between early childhood blood lead levels and performance on end-of-grade tests. *Environmental health perspectives* 115:1242-1247.

Muntner P, He J, Vupputuri S, Coresh J, Batuman V. 2003. Blood lead and chronic kidney disease in the general United States population: Results from NHANES iii. *Kidney International* 63:1044-1050.

NIFDS. 2012. Total diet study - mycotoxins, heavy metals, acrylamide.

Nordberg G, Jin T, Bernard A, Fierens S, Buchet JP, Ye T, et al. 2002. Low bone density and renal dysfunction following environmental cadmium exposure in China. *Ambio* 31:478-481.

Othman ZA. 2010. Lead contamination in selected foods from Riyadh city market and estimation of the daily intake. *Molecules* 15:7482-7497.

Pan J, Plant JA, Voulvoulis N, Oates CJ, Ihlenfeld C. 2010. Cadmium

levels in Europe: Implications for human health. *Environmental geochemistry and health* 32:1-12.

Pizzol M, Thomsen M, Andersen MS. 2010. Long-term human exposure to lead from different media and intake pathways. *The Science of the total environment* 408:5478-5488.

Rose M, Baxter M, Brereton N, Baskaran C. 2010. Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK total diet study and some trends over the last 30 years. *Food additives & contaminants Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 27:1380-1404.

Schane RE, Ling PM, Glantz SA. 2010. Health effects of light and intermittent smoking a review. *Circulation* 121:1518-1522.

Schwartz J. 1991. Lead, blood pressure, and cardiovascular disease in men and women. *Environmental health perspectives* 91:71-75.

SCOOP. 2004. Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU member states.

Spector JT, Navas-Acien A, Fadrowski J, Guallar E, Jaar B, Weaver VM. 2011. Associations of blood lead with estimated glomerular filtration rate using mdrd, ckd-epi and serum cystatin c-based equations. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association* 26:2786-2792.

Vromman V, Waegeneers N, Cornelis C, De Boosere I, Van Holderbeke M, Vinx C, et al. 2010. Dietary cadmium intake by the Belgian adult population. *Food additives & contaminants Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 27:1665-1673.

Wang Y, Ou YL, Liu YQ, Xie Q, Liu QF, Wu Q, et al. 2012. Correlations of trace element levels in the diet, blood, urine, and feces

in the Chinese male. *Biological trace element research* 145:127-135.

WHO. 2004. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The lancet* 363:157-163.

Yoshinaga J. 2012. Lead in the Japanese living environment. *Environmental health and preventive medicine* 17:433-443.

## 부록

Appendix 1-1. Cadmium and lead content of grains (Continued)

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Buckwheat	0.0370	0.1700
Buckwheat/Buckwheat noodle, Raw	0.0090	0.0185
Buckwheat/Buckwheat noodle, Boiled	0.0041	0.0084
Buckwheat/Buckwheat noodle, Dry form	0.0111	0.0228
Starch jelly	0.0018	0.0072
Wheat	0.0210	0.1200
Wheat flour	0.0000	0.0157
Bread crumb	0.0145	0.0098
Noodle, Dry form	0.0233	0.0000
Noodle, Boiled	0.0000	0.0000
Ramyeon	0.0000	0.0000
Ramyeon, Cooked	0.0000	0.0000
Noodle, Raw	0.0000	0.0000
Jungmyeon	0.0231	0.0000
Bread	0.0102	0.0027
Cookie, Biscuits, Crackers	0.0125	0.0150
Snack	0.0081	0.0053
Bread with small red bean paste or jam	0.0097	0.0068
Loaf bread	0.0050	0.0000
Cake	0.0041	0.0050
Hamburger	0.0073	0.0080
Barley	0.0099	0.0000
Sorghum	0.0110	0.1700
Rice cakes with shredded red bean, Sirutteok	0.0049	0.0100
Cereal	0.0160	0.3900
Brown rice	0.0080	0.0000

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Polished rice	0.0000	0.0000
Glutinous rice	0.0199	0.0000
Cooked rice	0.0000	0.0100
Cooked multigrain rice	0.0000	0.0000
Nurungji, Scorched rice	0.0000	0.0000
Rice Gruel	0.0000	0.0000
Garaetteok/Baekseolgi	0.0000	0.0000
Corn, Dried	0.0018	0.0116
Corn	0.0000	0.0175
Foxtail millet	0.0000	0.0158
Ramyeon, Cup	0.0052	0.0041

Appendix 1-2. Cadmium and lead content of potatoes & starch

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Potato	0.0000	0.0000
Sweet potato	0.0000	0.0261
Sweet potato, Boiled and Dried	0.0000	0.0623
Devil's tongue	0.0040	0.0214
Starch	0.0004	0.0039
Sweet potato starch vermicelli	0.0000	0.0000
Sweet potato starch vermicelli, Boiled	0.0000	0.0061

Appendix 1-3. Cadmium and lead content of sugars

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Fructose	0.0026	0.0374
Molasses/Syrup	0.0000	0.0000
Starch syrup	0.0000	0.0000
Sugar	0.0000	0.0000
Thick starch syrup	0.0000	0.0000
Yeot(Crude maltose)	0.0047	0.0484
Jelly	0.0013	0.0123
Dextrose(Glucose)	0.0126	0.0368

Appendix 1-4. Cadmium and lead content of legumes

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Kidney bean	0.0070	0.0080
Kidney bean, Dried	0.0129	0.0147
Mungbean	0.0050	0.0060
Mungbean, Boiled	0.0019	0.0023
Mungbeans, Pancake dough	0.0014	0.0016
Soybean	0.0197	0.0158
Soybean, Boiled	0.0017	0.0143
Soybean curd	0.0000	0.0000
Soybean curd, Dried	0.0000	0.0000
Soybean curd, Unpressed	0.0000	0.0000
Soybean curd, Fried	0.0094	0.0386
Soybean milk	0.0000	0.0000
Soybean powder	0.0212	0.0170
Pea	0.0040	0.0100
Pea, Dried	0.0101	0.0252
Small red bean, Dried	0.0530	0.0420

Small red bean, Boiled	0.0292	0.0232
Appendix 1-5. Cadmium and lead content of seeds & nuts		
Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Perilla seed	0.0031	0.0059
Sesame, Black sesame	0.0624	0.0075
Sesame, White sesame	0.0625	0.0075

Appendix 1-6. Cadmium and lead content of vegetables (Continued)

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Eggplant	0.0063	0.0081
Eggplant, Dried	0.0822	0.1057
Bracken	0.0523	0.0379
Bracken, Dried	0.5473	0.3967
Green pepper	0.0000	0.0117
Red pepper	0.0190	0.0200
Red pepper, Dried	0.1043	0.1097
Leaf beet(Chard)	0.0011	0.0112
Kimchi, Kkakduki	0.0000	0.0000
Kimchi, Nabakkimchi	0.0066	0.0041
Kimchi, Dongchimi	0.0032	0.0028
Kimchi, Baechukimchi	0.0000	0.0000
Kimchi, Yeolmukimchi	0.0000	0.0000
Kimchi, Chongkakkimchi	0.0050	0.0000
Perilla, Leaves	0.0000	0.0225
Perilla, Leaves, Canned/Bean, Leaves, Canned	0.0000	0.0000
Ligusticum acutilobum	0.4830	1.0330
Carrot	0.0000	0.0052
Codonopsis lanceolata	0.0050	0.1010
Codonopsis lanceolata, Powder	0.0268	0.5404

Balloom flower, Root	0.0150	0.0500
Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Balloom flower, Root, Dried	0.0484	0.1613
Balloom flower, Root, Blanched	0.0063	0.0210
Aralia elats	0.0000	0.0139
Garlic	0.0000	0.0000
Garlic, Dried	0.0000	0.0000
Radish leaves	0.0259	0.1087
Radish	0.0000	0.0000
Radish, Danmuji	0.0000	0.0075
Water dropwort	0.0028	0.0093
Cabbage	0.0000	0.0000
Chinese cabbage	0.0060	0.0023
Chinese chive	0.0099	0.0072
Lettuce	0.0000	0.0000
Ginger	0.0150	0.0200
Mungbean sprout	0.0012	0.0021
Spinach	0.0381	0.0218
Angelica keiskei	0.0220	0.0180
Mugwort	0.0910	0.4730
Mugwort, Boiled	0.0340	0.1767
Crown daisy	0.0140	0.0220
Head lettuce	0.0050	0.0020
Onion	0.0000	0.0000
Young leafy radish, Yeolmu	0.0200	0.0100
Cucumber	0.0000	0.0000
Cucumber preserved with salt	0.0020	0.0530
Burdock	0.0117	0.0034
Bamboo shoot	0.0030	0.0360
Asian plantain	.	0.5410
Kale	0.0069	0.0036
Soybean sprout	0.0000	0.0000
Tomato	0.0000	0.0000



Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Tomato juice	0.0035	0.0032
Welsh onion	0.0000	0.0000
Paprika	0.0000	0.0000
Sweet pepper	0.0037	0.0047
Pumpkin, Mature	0.0100	0.0200
Pumpkin, Sliced, Dried	0.0000	0.0000
Young pumpkin	0.0000	0.0000

Appendix 1-7. Cadmium and lead content of mushrooms

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Oyster mushroom	0.0480	0.0080
Juda's ear, Dried	0.0690	0.2510
Juda's ear, Boiled	0.0050	0.0190
Manna lichen	0.2530	16.4110
Phellinus linteus	0.1460	0.0570
Pine mushroom, Tricloroloma matztake	0.0490	0.0260
Agaricus bisporus	0.0040	0.0200
Agaricus bisporus, Powder	0.0395	0.1974
Winter fungus	0.0020	0.0140
Oak mushroom, Dried	0.4110	0.0700
Oak mushroom	0.0780	0.0110
Oak mushroom, Powder	0.4301	0.0732

Appendix 1-8. Cadmium and lead content of fruits

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Persimmon	0.0000	0.0000
Persimmon, Dried	0.0000	0.0000
Citrus fruit	0.0000	0.0000
Jujube	0.0010	0.0061
Jujube, Dried	0.0030	0.0190
Strawberry	0.0039	0.0000
Strawberry, Jam	0.0000	0.0000
Mango	.	0.0093
Japanese apricot	0.0020	0.0150
Japanese apricot, Concentrated juice	0.0067	0.0502
Japanese apricot, Umebosi, Salted and dried	0.0073	0.0551
Banana	0.0000	0.0000
Banana, Dried	0.0000	0.0000
Pear	0.0000	0.0000
Pear, Juice	0.0040	0.0400
Peach	0.0125	0.0150
Apple	0.0000	0.0000
Apple, Dried	0.0000	0.0000
Apple, Juice	0.0030	0.0200
Apricot	0.0020	0.0160
Apricot, Dried	0.0193	0.1548
Watermelon	0.0000	0.0000
Orange	0.0010	0.0071
Orange, Juice	0.0000	0.0000
Plum	0.0020	0.0210
Oriental watermelon	0.0031	0.0000
Kiwi	0.0028	0.0088
Pineapple	0.0010	0.0080
Grape	0.0000	0.0000
Grape, Raisin	0.0000	0.0000
Grape, Juice	0.0012	0.0082

Appendix 1-9. Cadmium and lead content of meats

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Pheasant meat	0.0000	0.0010
Chicken	0.0000	0.0022
Chicken, Fried	0.0098	0.0106
Chicken, Edible viscera	0.0065	0.0090
Pork	0.0000	0.0000
Pork, Belly	0.0000	0.0052
Pork, Edible viscera	0.0147	0.0097
Pork product, Ham	0.0000	0.0129
Pork product, Sausage	0.0020	0.0000
Beef, Korean beef cattle	0.0000	0.0040
Beef, Imported beef cattle	0.0000	0.0000
Beef, Edible viscera	0.0080	0.0118
Beef, Beef feet, Soup	0.0000	0.0000
Duck meat	0.0010	0.0040
Turkey meat	0.0010	0.0000
Rabbit meat	0.0000	0.0030

Appendix 1-10. Cadmium and lead content of eggs

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Hen's egg	0.0000	0.0000
Quail's egg	0.0000	0.0130
Duck's egg	0.0030	0.0150

Appendix 1-11. Cadmium and lead content of fishes & shellfishes  
(Continued)

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Butterfly ray	0.0210	0.1160
Flat fish	0.0365	0.0360
Horse mackerel	0.0390	0.0430
Hair tail	0.0000	0.0193
Japanese blue fish	0.0330	0.0060
Mackerel	0.0133	0.0111
Pacific saury	0.0549	0.0410
Bastard halibut	0.0035	0.0332
Common sea bass	0.0130	0.0120
Fish, Salt-fermented	0.2705	0.0063
Tuna	0.0160	0.0190
Tuna, Dried	0.0443	0.0526
Tuna, Canned	0.0142	0.0371
Pacific cod	0.0280	0.0210
Pacific cod, Dried	0.1105	0.0829
Fine-spotted flounder	0.0100	0.0710
Sandfish	0.0210	0.0150
Sea bream	0.0088	0.0575
Sea bream, Semi-dried	0.0098	0.0643
Cut tailed bullhead	0.0050	0.0080
Cat fish	0.0120	0.0150
Anchovy	0.0005	0.0160
Anchovy, Boiled and dried	0.0965	0.1681
Fish and shellfish, Salt-fermented, Liquid type	0.0370	0.1800
Alaska pollack	0.0000	0.0119
Alaska pollack, Semi-dried, Broiled	0.0000	0.0164
Alaska pollack, Dried	0.1280	0.1470
Goby	0.0020	0.0040
Laoch	0.0140	0.1720

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Croaker	0.0170	0.0260
Yellow tail	0.0270	0.0070
Ice fish	0.0175	0.0133
Ice fish, Dried	0.0910	0.0690
Harvest fish	0.0200	0.0030
Puffer	0.0053	0.0362
Rock fish	0.0087	0.0537
Crucian carp	0.0040	0.0140
Crucian carp, Boiled	0.0114	0.0400
Shaggy sea raven	0.0100	0.0970
Spanish mackerel	0.0200	0.0160
Shark	0.0380	0.0080
Sole	0.0020	0.0200
Trout	0.0010	0.0210
Common mullet	0.0110	0.0180
Angler	0.0110	0.0160
Naked sand lance	0.0220	0.2700
Naked sand lance, Dried	0.0362	0.4445
Bar tailed flathead	0.0060	0.0170
Chum salmon	0.0005	0.0030
Alabesque greenling	0.0190	0.0180
Alabesque greenling, Dried	0.0179	0.0170
Crap	0.0050	0.0110
Eel	0.0137	0.0433
Horse mackerel, Dried	0.0773	0.0853
Gizzard shad	0.0070	0.0350
Sardine	0.0270	0.0330
Yellow croaker	0.0036	0.0118
Yellow croaker, Salt-cured and dried	0.0093	0.0495
Fat greenling	0.0190	0.0310
File fish, Dried	0.1170	0.0950
Pacific herring	0.0310	0.0200

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Israelicarp	0.0040	0.0070
Skate ray	0.0070	0.0690
Far eastern dace	0.0060	0.0280
Fish paste	0.0000	0.0059
Fish paste, Crab flavored	0.0075	0.0120
Fish sausage	0.0030	0.0084
Scallop	0.7990	0.1520
Whelk	0.3433	0.1973
Hen clam	0.1450	0.0370
Butter clam	0.1230	0.2590
Oyster	0.7130	0.1980
Shrimp/Shellfish, Salt-fermented	0.0775	0.0650
Granulated ark shell	0.9180	0.3670
King pond snail	0.1190	0.2790
Jackknife	0.0355	0.1285
Gastropod	1.0233	0.5880
Little neck clam	0.2190	0.1570
Little neck clam, Dried	1.1024	0.7903
Orient hard clam	0.3300	0.3140
Sakhalin surf-clam	0.0520	0.2710
Egg cockle	.	4.3467
Turbanshell, Canned	0.0930	0.2000
Soft shell clam	0.1450	0.0480
Marsh clam	0.4300	0.2740
Abalone, Canned	0.0410	0.3390
Pen shell	0.7180	0.2640
Ark shell, Canned	0.9030	0.3270
Hard shelled mussel	0.4680	0.2415
Hard shelled mussel, Boiled and dried	0.5160	0.2920
Cray fish	0.4910	0.1160
Cuttle fish	0.0390	0.0140
Urechis unicinctus	0.1980	0.0990

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Crab	0.2149	0.0000
Beka squid	0.1130	0.1050
Beka squid, Boiled and dried	1.5520	0.5710
Common sea squirt	0.1870	0.0740
Whip-arm octopus	0.0615	0.0707
Octopus	0.0180	0.0790
Octopus, Dried	0.0806	0.3539
Warty sea squirt	0.0230	0.1100
Shrimp	0.0930	0.0630
Shrimp, Boiled and Dried	0.1130	0.0000
Common squid	0.1445	0.0244
Common squid, Dried	0.5563	0.0629
Common squid, Frozen	0.2369	0.0400
Common squid, Smoked	0.3626	0.0612
Webfoot octopus	0.0430	0.0420
Sea cucumber	0.0440	0.0870

Appendix 1-12. Cadmium and lead content of seaweeds

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Laver, Raw	0.1746	0.0129
Laver, Dried	1.7225	0.1275
Sea tangle, Raw	0.0308	0.0100
Sea tangle, Dried	0.3001	0.0973
Seaweed fulvescen	0.1800	1.1000
Sea mustard, Raw	1.5583	0.7675
Sea mustard, Dried	0.6000	0.9300
Sea mustard, Stem	1.5161	0.7468
Sea staghorn, Raw	0.0147	0.0588
Sea staghorn, Dried	0.2700	1.0800
Seaweed fusiforme	0.1167	0.1609
Seaweed fusiforme, Dried	0.6600	0.9100
Sea lettuce	0.0420	0.1669
Sea lettuce, Dried	0.3500	1.3900

Appendix 1-13. Cadmium and lead content of milk & dairy products

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Milk powder, Modified	0.0000	0.0000
Milk	0.0000	0.0000
Sherbet	0.0000	0.0150
Ice cream	0.0000	0.0000
Yogurt, Liquid type	0.0000	0.0000
Yogurt, Curd type	0.0000	0.0000



Appendix 1-14. Cadmium and lead content of oils

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Perilla seed oil	0.0001	0.0115
Margarine	0.0001	0.0071
Butter	0.0000	0.0094
Corn oil	0.0003	0.0077
Olive oil	0.0002	0.0137
Rape seed oil	0.0007	0.0034
Sesame oil	0.0000	0.0304
Coffee creamer, Powder	0.0000	0.0225
Soybean oil	0.0000	0.1813
Grape seed oil	0.0006	0.0094

Appendix 1-15. Cadmium and lead content of beverages & alcohols

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Vegetable beverage	0.0011	0.0025
Fruit beverage	0.0000	0.0000
Rice beverage	0.0000	0.0050
Ion supply drink	0.0000	0.0000
Carbonated beverage	0.0000	0.0000
Soda	0.0000	0.0000
Coke	0.0000	0.0000
Fruit liquor	0.0092	0.0130
Takju(Korean turbid rice liquor)	0.0000	0.0225
Beer	0.0000	0.0000
Soju(Distilled liquor)	0.0000	0.0000
Oriental herbal liquor	0.0101	0.0200
Whisky	0.0036	0.0061
Sake	0.0017	0.0062
Wine	.	0.0180
Teas, Dried	0.0360	0.2350
Green tea, Dried, Powder	0.0000	0.0000
Green tea, Dried, Infusion	0.0000	0.0000
Fruit tea preserved with sugar	0.0002	0.0040
Ginseng tea, Granule	0.0020	0.0230
Coffee, Powder, Instant	0.0000	0.0000
Coffee, Percolated	0.0000	0.0000
Coffee, Canned	0.0000	0.0050
Functional beverage	0.0000	0.0000
Coffee, Coffee mix	0.0000	0.0050

Appendix 1-16. Cadmium and lead content of seasonings

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Soy sauce	0.0000	0.0000
Cinnamon powder	0.0260	0.4160
Red pepper powder	0.1000	0.0350
Gochujang, Fermented red pepper sauce	0.0125	0.0125
Sesame , Roasted and ground	0.0425	0.0150
Doenjang, Soybean paste, Powder	0.0000	0.0000
Doenjang, Soybean paste	0.0000	0.0000
Garlic, Powder	0.0000	0.0000
Mayonnaise	0.0011	0.0094
Cooking wine	0.0103	0.0140
Seasoning powder	0.0300	0.0200
Ginger, Powder	0.0828	0.1104
Salt	0.0000	0.0150
Vinegar	0.0000	0.0000
Mixed soybean paste with red pepper paste	0.0050	0.0250
Chili sauce	0.0000	0.0600
Modified soybean sauce	0.0305	0.0203
Seasoning paste	0.0000	0.0125
Tomato ketchup	0.0000	0.0075
Pepper, Ground	0.0175	0.0325

Appendix 1-17. Cadmium and lead content of prepared foods

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Mandu	0.0000	0.0265
Curry	0.0074	0.0028
Jajang, Retort pouched	0.0000	0.0000

Appendix 1-18. Cadmium and lead content of other foods

Food name	Cadmium (mg/kg)	Lead (mg/kg)
Silkworm-Vegetable worms (Silkworm-Dongchunghacho), Dried	0.0210	0.1000
Ginseng	0.0270	0.0430
Ginseng, Dried	0.1130	0.1590
Red ginseng	0.1760	0.1150
Red ginseng, Extract	0.0220	0.0530
Propolis	0.0130	4.9600

# Abstract

## Construction of cadmium and lead database for commonly consumed food items among Korean population and epidemiological characteristics of dietary cadmium and lead exposure

EunJi Lee

Public Health Nutrition

The Graduate School of Public Health

Seoul National University

**BACKGROUND:** Heavy metal exposures from diet have threatened public health. Chronic exposures to cadmium and lead could have toxicity to human health.

**OBJECTIVES:** We constructed cadmium and lead content database for commonly consumed food among Korean examined the epidemiological characteristics of dietary cadmium and lead exposures.

**METHODS:** We constructed database by collecting and evaluating

literatures. Total 41,587 subjects who participated in Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) were included in estimating dietary cadmium and lead exposures. We estimated odds ratios (OR) and 95% confidence interval (CI) for the high heavy metal intakes by food groups. And we examined the associations between dietary heavy metal exposure and blood concentrations by general linear model.

RESULTS: The estimated cadmium and lead intakes were 10.50  $\mu\text{g/day}$  and 9.73  $\mu\text{g/day}$  in general population, respectively. Seaweeds and seafood were major contributors to the risk of high cadmium and lead intakes. And there was a positive association between total amounts of dietary heavy metal exposures and blood levels.

CONCLUSIONS: Dietary cadmium and lead intake among Korean was relatively lower than other countries. Seafood and seaweeds were the major sources to cadmium and lead exposure in Korea, and exposure to heavy metals elevated blood concentrations.

**KEY WORDS:** heavy metals, cadmium, lead, database, dietary exposure

**STUDENT NUMBER:** 2013-23584