

## 국민건강영양조사를 이용한 성인의 혈중 중금속 농도와 생선 섭취 및 심혈관 질환과의 관련성-국민건강영양조사 (2008~2010년)

신지예<sup>1</sup> · 김지명<sup>2</sup> · 김유리<sup>1§</sup>

이화여자대학교 식품영양학과,<sup>1</sup> 한북대학교 식품영양학과<sup>2</sup>

### The association of heavy metals in blood, fish consumption frequency, and risk of cardiovascular diseases among Korean adults: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2008-2010)

Shin, Ji-Ye<sup>1</sup> · Kim, Ji-Myung<sup>2</sup> · Kim, Yuri<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Nutritional Sciences, Hanbuk University, Dongducheon 483-777, Korea

#### ABSTRACT

Limited studies are available concerning the effect of heavy metal exposure on cardiovascular diseases. As environmental pollution increases, food contamination, including heavy metal contamination of fish, also increases. However, researches based on the intake of heavy metals, cardiovascular disease, and fish intakes are inconclusive. We assessed an association of heavy metal exposure with cardiovascular disease and fish intake in a nationally representative group of general Korean adults. We used data from the combined 2008–2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES), and analyzed the data of 5,139 Koreans who participated in KNHANES. All participants were older than 20 years, and were diagnosed with stroke, ischemic heart disease, or hypertension. The mean blood cadmium, lead concentration, and mercury concentration of subjects were  $1.07 \pm 0.01 \mu\text{g/L}$ ,  $2.49 \pm 0.02 \mu\text{g/dL}$ , and  $5.19 \pm 0.08 \mu\text{g/L}$ , respectively. We used the survey logistic regression model to account for the complex sample design of the cardiovascular disease risk in order to estimate the odds ratios (OR). After adjusting for age, education, income, alcohol, smoking, and BMI, the increase of serum cadmium in blood was associated with the increase in the prevalence of hypertension. Further, the increase in blood cadmium concentration was associated with the increase of both systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). Although higher fish intakes were significantly associated with higher blood mercury concentration ( $p$  for trend  $< 0.0001$ ), fish intakes did not affect either blood cadmium or lead concentration. Comparing the highest fish intake group with the lowest intake group, the OR of hypertension was 0.31 (95% CI: 0.19–0.59) in the crude model for total fish. However, these associations were no longer significant after the adjustment for potential confounding factors. In conclusion, cadmium in blood was associated with an increased risk of hypertension in the general Korean adult population. However, we found no evidence of a clear relationship between cardiovascular disease and frequency of fish consumption. (Korean J Nutr 2012; 45(4): 347 ~ 361)

**KEY WORDS:** KNHANES (2008–2010), cardiovascular disease, heavy metals in blood, fish consumption frequency.

## 서 론

오늘날 산업발달에 따라 각종 환경오염문제의 심각성 또한 증가하고 있는 추세이다. 현대 환경오염은 다양화, 누적화, 광역화, 다발화, 생태학적 질서의 파괴 등의 현상을 보이는 특징을 가지고 있다.<sup>1)</sup> 산업화에 따른 각종화학물질과 중금속 등에 의

한 대기오염, 수질오염으로 식품이 오염되고 인체의 건강에까지 영향을 미치게 되었다.<sup>2,3)</sup> 중금속에 오염된 식품 섭취로 인해 인체 내 중금속은 흡수되어 대사와 배설의 과정을 거치면서 대부분은 체외 배설되지만 일부는 조직 내에 축적되어 급·만성 중독 증상이 나타나게 된다.<sup>4,5)</sup> 특히, 신경계, 간과 신장에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 암을 발생시키기도 한다.<sup>6)</sup>

중금속은 오염된 환경 속에서 먹이사슬을 통해 축적되어 인

접수일: 2012년 3월 4일 / 수정일: 2012년 4월 6일 / 채택일: 2012년 7월 17일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail: yuri.kim@ewha.ac.kr

© 2012 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

체 내로 유입된다. 한국인의 대표식단 중 중금속에 많이 노출된 식품군으로는 어패류, 곡류 등으로 어패류가 카드뮴, 납, 수은의 함량이 가장 높은 것으로 보고되었다.<sup>4,6-10)</sup> 어패류의 섭취는 필수지방산과 오메가-3 지방산 함량이 높아서 그 섭취가 심혈관 질환을 예방한다고 알려져 있으며,<sup>11-15)</sup> 생선섭취빈도가 많은 일본이나 아이슬란드는 심혈관질환으로 인한 사망률이 적다고 한다.<sup>16)</sup> 또한 성장·두뇌발달에 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 있어서,<sup>17)</sup> 미국에서는 적어도 주 2회의 생선섭취를 권장하고 있으며,<sup>18)</sup> 전 세계적으로 생선 섭취 빈도가 증가하고 있다고 한다.<sup>19)</sup> 우리나라의 어패류의 섭취량은 일본과 아이슬란드, 노르웨이, 홍콩에 비해 적으나 다른 나라에 비해 비교적 높은 편이다.<sup>16)</sup> 그러나, 최근 우리나라 근해의 오염으로 어패류에 중금속 축적이 증가되어 이로 인해 어패류섭취가 중금속의 노출에 영향을 주고 있다.<sup>20)</sup> 생선섭취를 하지 않는 사람에 비해 생선섭취를 하는 사람이 혈중 중금속 농도가 높으며,<sup>21)</sup> 생선을 많이 섭취할수록 혈중 중금속 농도가 증가한다.<sup>22,23)</sup>

고농도의 수은을 함유한 생선을 섭취한 경우 심장질환의 위험성이 제기 되었으며,<sup>24)</sup> 임신부의 경우 많은 양의 어패류를 섭취로 인한 중금속 노출은 태아에게 부정적인 영향을 미치게 된다.<sup>25)</sup> 중금속의 노출로 인해 혈중 중금속 농도가 높을수록 뇌졸중과 심장마비의 유병률이 증가하며,<sup>12,26)</sup> 혈압을 증가시켜서 고혈압 발병에 영향을 미친다고 한다.<sup>27)</sup>

1974년 FAO/WHO 합동회의 (JECFA, Joint Expert Committee on Food Additives)에서 중금속 오염물질로 카드뮴 (Cd), 납 (Pb), 수은 (Hg), 비소 (As) 등을 우선순위로 하여 감시하는 화학적 오염물질로 정하였으며,<sup>9)</sup> 우리나라 환경부에서도 건강 위해성 우선평가 항목으로 선정하였다.<sup>28)</sup> 카드뮴 (Cd)은 간, 신장, 생식기 및 폐에 축적되어 장기를 손상시키고, 심혈관에도 축적되며,<sup>10)</sup> 기존의 연구에서는 카드뮴 노출이 많을수록 심혈관 질환 발병에 영향을 미친다고 보고하였다.<sup>12,26)</sup> 납 (Pb)은 신경, 신장, 내분비계 등에 해로운 영향을 주고, 낮은 농도의 납으로도 혈압을 상승시키는 작용을 하며, 심장질환의 위험도를 증가시킨다.<sup>29,30)</sup> 수은 (Hg)은 체내에 유기수은은 형태로 축적되는데, 유기수은은 지용성 물질로 소화관으로 90% 이상 흡수되며, 반감기가 길어서 체외 배설이 쉽게 되지 않아 인체 내에 축적된다. 수은의 노출이 심할 경우에는 중추신경계 손상을 일으키고,<sup>4)</sup> 심혈관 질환, 관상심장질환 등의 유병률 증가와 이로 인한 사망률이 증가한다.<sup>31)</sup> 우리나라에서 심혈관 질환은 악성 종양 다음으로 주요 사망원인으로 대두되고 있으며,<sup>32)</sup> 그 유병률 또한 증가하고 있다.<sup>33)</sup>

최근에 Kim 등이 한국 성인의 어패류 섭취빈도와 중금속 농도에 관한 연구를 보고한 바 있으나, 지금까지 우리나라에서는 어패류 자체의 중금속 함량에 따른 위험도 평가가 대부분 이

루어졌으며,<sup>4,10)</sup> 어패류 섭취 시 중금속 노출에 대한 위험성에 대한 연구와 그에 따라 질병에 미치는 영향에 대한 연구가 미흡하다. 따라서 한국인을 대상으로 혈중 중금속 농도를 조사하고, 심혈관 질환과 혈중 중금속농도 및 중금속의 오염이 심한 식품군인 어패류의 섭취와의 관련성에 대해서 알아보고자 한다.

이에 본 연구에서는 제4기 2~3차년도, 제5기 1차 국민건강영양조사 자료 (2008~2010)를 이용하여 혈중 중금속에 따른 심혈관 질환의 위험도를 분석하고, 혈중 중금속과 심혈관 질환 관련 인자, 중금속 오염이 심한 생선군의 섭취빈도와와의 관련성에 대해서 분석하였다.

## 연구 방법

### 연구대상자

본 연구는 국민건강영양조사 (KNHANES, Korean National Health And Nutrition Examination Survey) 제4기 2, 3차년도 (2008~2009), 제5기 1차년도 (2010) 응답자를 대상으로 분석하였다.

제4기 2차년도 (2008) 조사는 12,528명 중 검진조사 및 영양조사에 응답한 자는 9,744명이었으며, 제4기 3차년도 (2009) 조사는 12,722명을 대상으로 하여 응답자는 10,533명이었으며, 제5기 1차 년도는 (2010) 10,938명 중 8,958명이 응답하였다. 본 연구 분석에서는 총 응답자 29,235명의 대상자들 중에 20세 이상 성인을 대상으로 혈압, 혈중 중금속 등 신체계측 및 혈액 검사데이터와 24시간 회상법에 의해 식품섭취조사 및 식품섭취빈도조사, 식생활조사 데이터가 존재하는 대상자 자료를 이용하여 하였으며, 최종적으로 5,139명의 자료를 이용하여 분석하였다.

### 심혈관질환 판단기준

심혈관질환 위험요인의 요건은 다음과 같이 정의하였다.

뇌졸중과 심근경색증 또는 협심증은 건강 설문 조사에서 뇌졸중·심근경색증 또는 협심증 유병여부 조사에서 '있음'으로 응답하거나, 의사로부터 뇌졸중, 심근경색증 또는 협심증으로 진단받은 자로 정의하였다.

고혈압은 유병여부 조사에서 '있음'을 응답하였거나, 수축기 혈압이 140 mmHg 이상, 이완기 혈압이 90 mmHg 이상 또는 의사로부터 고혈압으로 진단 받은 자 혹은 혈압조절제를 복용하고 있는 자로 정의하였다.

### 혈중 카드뮴, 납, 수은분석

국민건강영양조사에서 혈중 중금속 분석은 네오딘의학연구소에 의해 실행되었으며, Heparin tube를 이용하여 혈액을 채취하였다.<sup>34)</sup> 혈중 카드뮴과 납 분석은 원자흡광광도법 (Perkin-Elmer AAnalyst 600, PerkinElmer, Finland)으로 측정하였다.<sup>34)</sup>

혈중 수은 분석은 골드아말감법 (DMA-80, Milestone, Italy)을 통해 측정되었다.<sup>34)</sup>

### 식이섭취조사

국민건강영양조사에서 실시된 식품섭취빈도조사 (Food Frequency Questionnaire, FFQ)결과를 이용하여 국내에서 다소 비되는 고등어, 참치, 조기, 명태, 멸치, 오징어, 조개류, 젓갈류의 섭취빈도를 조사하였다. 섭취빈도는 '거의 안 먹음', '년 6~11회', '월 1회', '월 2~3회', '주 1회', '주 2~3회', '주 4~6회', '일 1회', '일 2회', '일 3회', '모름/무응답' 10가지 빈도로 구분하여 구성되었다.

연구 대상자들의 영양소 섭취량 산출은 24시간 회상조사 자료를 이용하여 분석하였다. 분석된 구체적 영양소는 단백질, 지방, 탄수화물, 섬유소, 칼슘, 인, 철, 나트륨, 칼륨, 비타민 A, 카로틴, 레티놀, 비타민 B1, 비타민 B2, 나이아신, 비타민 C이었다.

### 사회, 경제 및 생활습관 요인

본 연구에서 심혈관질환 발병에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 연령, 교육수준, 월평균 가구소득, 흡연여부, 음주 정도에 대해 분석하였다. 연령은 20세 이상으로 하여 10세 단위로 20~29세, 30~39세, 40~49세, 50~59세, 60세 이상 5군으로 구분하였고, 교육수준은 '중학교 졸업 이하', '고등학교 졸업', '대학교 졸업 (전문대학교 졸업포함) 이상' 3군으로 구분하였고, 월평균 가구소득은 사분위로 분류하였다. 체질량지수 (BMI, kg/m<sup>2</sup>)는 '18.5 미만', '18.5~25', '25 이상' 3군으로 구분하였으며, 흡연여부는 '비 흡연군', '과거 흡연군', '현재 흡연군' 3군, 음주 정도는 '거의 마시지 않음', '한 달 1회 미만', '한 달 1회 이상', '주 1회 이상' 4군으로 분류하였다.

### 통계분석

국민건강영양조사는 층화를 통한 표본조사를 실시하였으므로, 분석과정에서 층화변수, 가중치를 고려하여 통계분석을 하였다. 생선섭취 빈도 조사에 대한 독립변수는 '거의 먹지 않음 (Rarely)', '한 달 1~3회 (1~3/month)', '주 1회 (1/week)', '주 2회 이상 ( $\geq 2/\text{week}$ )' 4개의 그룹으로 재분류하였다.

혈중 중금속농도에 대해 성별간의 차이는 survey regression을 이용해서 검증하였으며, 일반적 특성의 범주형 변수에 대한 성별간의 차이는 Rao-Scott Chi-square test를 이용해서 분석하였다. 혈중 중금속 농도가 증가함에 따라 심혈관질환 (뇌졸중, 협심증, 고혈압)의 유병위험 교차비 (odds ratio, OR)와 95% 신뢰도 (confidence Interval, CI)를 구하기 위해 survey logistic regression을 이용하였고, 영향을 미칠 수 있는 교란인자들을 다음과 같이 단계적으로 보정하여 분석하였다. Model 1: 보정하지 않음, Model 2: 나이, 교육수준, 소득수준을 보정함, Model 3: Model 2에 BMI, 흡연상태, 음주정도와 뇌졸중과 협심

증의 경우에는 수축기 혈압을 추가하여 보정함.

혈중 중금속농도가 증가함에 따라서 수축기 혈압과 이완기 혈압의 변화 양상에 대해서는 survey regression으로 분석하고, 사후검정으로는 Tukey로 검증하였다. 대상자들의 영양소 섭취량을 생선 섭취 빈도에 따라 구분한 4개의 그룹별 평균차이 비교 시 survey regression을 이용하였으며, Tukey를 이용해 그룹 간 사후검정을 하였다. 생선섭취와 고혈압의 발병 위험 교차비 (Odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간 (95% Confidence Interval, 95% CI)은 survey logistic regression을 이용하였다. 혈중 중금속 농도들은 평균 (Means)과 표준오차 (Standard Error)로 표시하였으며, 모든 분석의 유의성은  $p < 0.05$  수준으로 하였다. 모든 자료의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, version 9.2) package program을 이용하여 분석하였다.

## 결 과

### 대상자의 일반적 특징

연구 대상자의 성별에 따른 일반적인 특징을 살펴보면 Table 1과 같다. 대상자 총 5,139명의 평균 연령은 41세였고, 이 중에서 2,408명 (57.2%)이 남성이며, 2,731명 (42.8%)은 여성이었다. 연령에 따른 분포는 20대의 남성이 28.8%, 여성이 26.3%로 나타났으며, 60대 이상인 남성이 10.4%, 여성이 13.5%로 20대에 비해 적었다. 교육수준은 남·여 모두 고등학교 졸업이 각각 44.9%, 38.6%로 가장 많았으며, 월평균 가구소득은 '상', '중상', '중하', '하'로 하여 4분위로 나누었을 때 남성 30.8%, 여성 29.7%로 중상에 속하는 군에 가장 많았다. 체질량지수 (BMI)는 59.9%의 남성과 68.7%의 여성이 BMI가 18.5~25로 정상범위에 있었으며, 전체 대상자 중 현재 흡연을 하고 있다고 대답한 사람은 31.3%였으며, 성별차이가 심하였는데, 현재 남성 51.3%, 여성 6.8%가 흡연자였다. 음주 섭취량은 남성은 한 달에 2~4회 섭취가 41.7%, 여성은 한 달에 1회 이하 섭취가 40.3%로 가장 많았다. 대상자들의 수축기 혈압의 평균은 116.75 mmHg이었으며, 혈압을 3분위로 나누었을 때, 남성의 경우 2분위 (108.84~123.36 mmHg)의 범위에 44.5%로 가장 많았으며, 여성의 경우 1분위 (108.83 mmHg 미만)가 45.7%로 가장 많았다. 이완기 혈압의 평균은 76.98 mmHg이며, 혈압을 3분위로 나누었을 때, 남성의 경우 3분위 (79.97 mmHg 이상)의 범위에 50.1%, 여성의 경우 1분위 (70.45 mmHg 미만)의 범위가 45.1% 이었다.

### 대상자의 인구사회학적 특성에 따른 혈중 중금속 농도

대상자들의 일반적인 특징에 따른 혈중 중금속 농도를 성별로 구분하여 Table 2에 제시하였다. 혈중 카드뮴농도는 남성에게

**Table 1.** General characteristics of subjects

	Total N (%)	Male N (%)	Female N (%)	p value <sup>1)</sup>
Sex	5139 (100)	2408 (57.2)	2731 (42.8)	
Age				
20–29	939 (27.7)	436 (28.8)	503 (26.3)	< 0.0001
30–39	1023 (21.3)	463 (21.9)	560 (20.5)	
40–49	1016 (21.2)	466 (21.0)	550 (21.4)	
50–59	1046 (18.1)	490 (17.9)	556 (18.3)	
60 ≤	1115 (11.7)	553 (10.4)	562 (13.5)	
Education				
Middle school graduation or less	1724 (24.5)	681 (19.8)	1043 (30.8)	< 0.0001
High school graduation	1877 (42.2)	930 (44.9)	947 (38.6)	
College or more	1512 (33.3)	780 (35.2)	732 (30.6)	
Income				
Low	906 (14.4)	395 (13.1)	511 (16.0)	0.0377
Mid-low	1314 (25.9)	600 (25.5)	714 (26.4)	
Mid-high	1426 (30.3)	676 (30.8)	750 (29.7)	
High	1419 (29.4)	698 (30.6)	721 (27.9)	
BMI				
< 18.5	239 ( 5.0)	87 ( 3.8)	152 ( 6.5)	< 0.0001
18.5–25	3287 (63.7)	1469 (59.9)	1818 (68.7)	
25 ≤	1613 (31.4)	852 (36.3)	761 (24.8)	
Smoking status				
Never	2861 (52.5)	473 (23.2)	2388 (88.5)	< 0.0001
Former	746 (16.2)	624 (25.5)	122 ( 4.8)	
Current	1177 (31.3)	1028 (51.3)	149 ( 6.8)	
Alcohol consumption				
Never	643 ( 9.1)	130 ( 4.1)	513 (15.7)	< 0.0001
≤ 1/month	1608 (28.8)	492 (20.2)	1116 (40.3)	
2–4/month	1740 (38.0)	890 (41.7)	850 (33.0)	
≥ 1/week	1121 (24.1)	878 (34.0)	243 (11.0)	
Blood pressure				
Systolic blood pressure				
< 108.83	1581 (31.9)	457 (21.5)	1124 (45.7)	< 0.0001
108.84–123.36	1824 (38.7)	980 (44.5)	844 (31.0)	
123.37 ≤	1734 (29.4)	971 (34.1)	763 (23.3)	
Diastolic blood pressure				
< 70.45	1601 (30.8)	458 (20.1)	1143 (45.1)	< 0.0001
70.46–79.96	1459 (28.6)	702 (29.9)	757 (26.8)	
79.97 ≤	2079 (40.7)	1248 (50.1)	831 (28.1)	

1) By surveyfreq test

비해 여성이 높았으나, 혈중 납, 수은농도는 모두 여성에 비해 남성이 높았으며, 연령이 높아짐에 따라서 세가지 혈중 중금속 농도가 높아지는 경향을 보였다 (p-trend < 0.0001). 교육수준은 증가할수록 남·여 모두 혈중 카드뮴과 납 농도는 감소하는 경향을 보였으나, 혈중 수은 농도는 교육수준이 증가함에 따라 남성은 일관성 있는 결과를 보이지 않았고, 여성만 감소하는 추세를 보였다 (p-trend < 0.0001). 모든 대상자들에게서 월평균

가구소득이 높은 대상자들의 혈중 카드뮴과 납 농도가 더 낮은 경향을 보이며, 혈중 수은 농도는 남성의 경우 월 평균 가구소득이 높을수록 더 높았다 (p-trend < 0.0001). BMI가 높을수록 혈중 카드뮴농도는 여성에서 유의적으로 증가하였으나, 남성에서는 증가하는 경향을 보이나 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 혈중 납, 수은 농도는 BMI가 증가함에 따라 남·여 모두에서 증가하였다. 흡연상태에 따른 혈중 중금속 농도는 세

**Table 2.** Geometric mean of blood heavy metal by general and clinical characteristics

	Cadmium level ( $\mu\text{g/L}$ )			Lead level ( $\mu\text{g/dL}$ )			Mercury level ( $\mu\text{g/L}$ )		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE
Sex	1.07 $\pm$ 0.01	0.99 $\pm$ 0.01	1.18 $\pm$ 0.02	2.49 $\pm$ 0.02	2.81 $\pm$ 0.03	2.07 $\pm$ 0.03	5.19 $\pm$ 0.08	5.99 $\pm$ 0.12	4.13 $\pm$ 0.07
p for trend <sup>1)</sup>	< 0.0001			< 0.0001			< 0.0001		
Age									
20–29	0.71 $\pm$ 0.02	0.70 $\pm$ 0.02	0.72 $\pm$ 0.02	1.98 $\pm$ 0.03	2.18 $\pm$ 0.04	1.69 $\pm$ 0.04	4.15 $\pm$ 0.09	4.50 $\pm$ 0.13	3.63 $\pm$ 0.10
30–39	1.00 $\pm$ 0.02	0.97 $\pm$ 0.03	1.04 $\pm$ 0.03	2.36 $\pm$ 0.03	2.73 $\pm$ 0.04	1.83 $\pm$ 0.03	5.04 $\pm$ 0.11	5.82 $\pm$ 0.17	3.91 $\pm$ 0.10
40–49	1.21 $\pm$ 0.02	1.09 $\pm$ 0.03	1.37 $\pm$ 0.04	2.70 $\pm$ 0.06	3.10 $\pm$ 0.04	2.18 $\pm$ 0.09	5.78 $\pm$ 0.15	6.75 $\pm$ 0.24	4.52 $\pm$ 0.13
50–59	1.38 $\pm$ 0.03	1.24 $\pm$ 0.04	1.55 $\pm$ 0.04	2.96 $\pm$ 0.05	3.32 $\pm$ 0.08	2.50 $\pm$ 0.04	6.38 $\pm$ 0.20	7.72 $\pm$ 0.31	4.63 $\pm$ 0.15
60 $\leq$	1.38 $\pm$ 0.03	1.24 $\pm$ 0.03	1.52 $\pm$ 0.04	2.86 $\pm$ 0.04	3.30 $\pm$ 0.06	2.41 $\pm$ 0.05	5.04 $\pm$ 0.15	5.91 $\pm$ 0.23	4.16 $\pm$ 0.16
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Education									
Middle school graduation or less	1.43 $\pm$ 0.02	1.32 $\pm$ 0.03	1.52 $\pm$ 0.03	2.91 $\pm$ 0.04	3.43 $\pm$ 0.07	2.46 $\pm$ 0.04	5.37 $\pm$ 0.15	6.30 $\pm$ 0.26	4.57 $\pm$ 0.13
High school graduation	1.02 $\pm$ 0.02	0.93 $\pm$ 0.02	1.16 $\pm$ 0.03	2.43 $\pm$ 0.03	2.72 $\pm$ 0.05	1.98 $\pm$ 0.03	4.90 $\pm$ 0.15	5.44 $\pm$ 0.13	4.06 $\pm$ 0.08
College or more	0.88 $\pm$ 0.02	0.89 $\pm$ 0.02	0.87 $\pm$ 0.02	2.27 $\pm$ 0.03	2.57 $\pm$ 0.03	1.81 $\pm$ 0.06	5.41 $\pm$ 0.12	6.48 $\pm$ 0.19	3.78 $\pm$ 0.09
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.5655	0.1733	< 0.0001
Income									
Low	1.28 $\pm$ 0.04	1.15 $\pm$ 0.05	1.42 $\pm$ 0.05	2.62 $\pm$ 0.06	2.92 $\pm$ 0.09	2.29 $\pm$ 0.06	4.68 $\pm$ 0.16	5.16 $\pm$ 0.25	4.15 $\pm$ 0.18
Mid-low	1.09 $\pm$ 0.02	1.02 $\pm$ 0.03	1.18 $\pm$ 0.03	2.58 $\pm$ 0.04	2.96 $\pm$ 0.07	2.10 $\pm$ 0.04	4.73 $\pm$ 0.10	5.36 $\pm$ 0.15	3.93 $\pm$ 0.10
Mid-high	1.04 $\pm$ 0.02	0.96 $\pm$ 0.02	1.14 $\pm$ 0.03	2.41 $\pm$ 0.04	2.73 $\pm$ 0.05	1.98 $\pm$ 0.03	5.12 $\pm$ 0.14	5.83 $\pm$ 0.22	4.15 $\pm$ 0.10
High	1.00 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.02	1.09 $\pm$ 0.03	2.43 $\pm$ 0.04	2.71 $\pm$ 0.04	2.03 $\pm$ 0.07	5.90 $\pm$ 0.13	7.01 $\pm$ 0.20	4.28 $\pm$ 0.10
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	0.0012	0.005	< 0.0001	< 0.0001	0.1321
BMI									
< 18.5	0.90 $\pm$ 0.05	0.89 $\pm$ 0.08	0.91 $\pm$ 0.06	2.13 $\pm$ 0.07	2.54 $\pm$ 0.12	1.82 $\pm$ 0.07	3.94 $\pm$ 0.18	4.36 $\pm$ 0.34	3.62 $\pm$ 0.19
18.5–25	1.07 $\pm$ 0.01	0.98 $\pm$ 0.02	1.17 $\pm$ 0.02	2.46 $\pm$ 0.03	2.79 $\pm$ 0.03	2.08 $\pm$ 0.04	4.82 $\pm$ 0.08	5.51 $\pm$ 0.13	4.02 $\pm$ 0.07
25 $\leq$	1.11 $\pm$ 0.02	1.02 $\pm$ 0.02	1.28 $\pm$ 0.03	2.62 $\pm$ 0.04	2.88 $\pm$ 0.05	2.12 $\pm$ 0.04	6.14 $\pm$ 0.14	6.95 $\pm$ 0.19	4.57 $\pm$ 0.14
p for trend	0.0007	0.0575	< 0.0001	< 0.0001	0.0352	0.0067	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001



Table 2. Continued

	Cadmium level ( $\mu\text{g/L}$ )				Lead level ( $\mu\text{g/dL}$ )				Mercury level ( $\mu\text{g/L}$ )			
	Total	Male		Female	Total	Male		Female	Total	Male		Female
	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE	Mean $\pm$ SE
Smoking status												
Never	1.05 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.02	1.18 $\pm$ 0.02	1.18 $\pm$ 0.02	2.14 $\pm$ 0.03	2.39 $\pm$ 0.07	2.06 $\pm$ 0.03	2.06 $\pm$ 0.03	4.38 $\pm$ 0.07	5.18 $\pm$ 0.18	4.12 $\pm$ 0.07	4.12 $\pm$ 0.07
Former	0.88 $\pm$ 0.02	0.87 $\pm$ 0.02	0.97 $\pm$ 0.07	0.97 $\pm$ 0.07	2.75 $\pm$ 0.05	2.87 $\pm$ 0.05	1.94 $\pm$ 0.08	1.94 $\pm$ 0.08	6.31 $\pm$ 0.22	6.65 $\pm$ 0.24	4.02 $\pm$ 0.24	4.02 $\pm$ 0.24
Current	1.26 $\pm$ 0.02	1.24 $\pm$ 0.02	1.49 $\pm$ 0.09	1.49 $\pm$ 0.09	2.91 $\pm$ 0.04	2.97 $\pm$ 0.04	2.32 $\pm$ 0.10	2.32 $\pm$ 0.10	5.96 $\pm$ 0.15	6.12 $\pm$ 0.16	4.49 $\pm$ 0.21	4.49 $\pm$ 0.21
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	0.0064	0.0064	< 0.0001	< 0.0001	0.0412	0.0412	< 0.0001	0.0015	0.1611	0.1611
Alcohol consumption												
Never	1.28 $\pm$ 0.04	0.95 $\pm$ 0.05	1.39 $\pm$ 0.04	1.39 $\pm$ 0.04	2.25 $\pm$ 0.05	2.70 $\pm$ 0.10	2.10 $\pm$ 0.05	2.10 $\pm$ 0.05	4.47 $\pm$ 0.17	5.62 $\pm$ 0.36	4.08 $\pm$ 0.15	4.08 $\pm$ 0.15
$\leq$ 1/month	1.06 $\pm$ 0.02	0.91 $\pm$ 0.03	1.16 $\pm$ 0.02	1.16 $\pm$ 0.02	2.20 $\pm$ 0.03	2.50 $\pm$ 0.05	2.00 $\pm$ 0.03	2.00 $\pm$ 0.03	4.33 $\pm$ 0.08	5.00 $\pm$ 0.15	3.89 $\pm$ 0.08	3.89 $\pm$ 0.08
2-4/month	0.96 $\pm$ 0.02	0.88 $\pm$ 0.02	1.09 $\pm$ 0.03	1.09 $\pm$ 0.03	2.45 $\pm$ 0.04	2.68 $\pm$ 0.05	2.06 $\pm$ 0.06	2.06 $\pm$ 0.06	5.04 $\pm$ 0.11	5.53 $\pm$ 0.16	4.22 $\pm$ 0.10	4.22 $\pm$ 0.10
$\geq$ 1/week	1.20 $\pm$ 0.02	1.18 $\pm$ 0.03	1.27 $\pm$ 0.06	1.27 $\pm$ 0.06	3.01 $\pm$ 0.05	3.18 $\pm$ 0.05	2.31 $\pm$ 0.07	2.31 $\pm$ 0.07	6.72 $\pm$ 0.18	7.17 $\pm$ 0.21	4.87 $\pm$ 0.25	4.87 $\pm$ 0.25
p for trend	0.7297	< 0.0001	0.0029	0.0029	< 0.0001	< 0.0001	0.0323	0.0323	< 0.0001	< 0.0001	0.0006	0.0006
Blood pressure												
Systolic blood pressure												
< 108.83	0.94 $\pm$ 0.02	0.87 $\pm$ 0.03	0.98 $\pm$ 0.02	0.98 $\pm$ 0.02	2.18 $\pm$ 0.03	2.62 $\pm$ 0.05	1.90 $\pm$ 0.04	1.90 $\pm$ 0.04	4.55 $\pm$ 0.10	5.39 $\pm$ 0.19	4.02 $\pm$ 0.09	4.02 $\pm$ 0.09
108.84-123.36	1.04 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.02	1.25 $\pm$ 0.03	1.25 $\pm$ 0.03	2.47 $\pm$ 0.03	2.65 $\pm$ 0.04	2.12 $\pm$ 0.04	2.12 $\pm$ 0.04	5.34 $\pm$ 0.11	5.94 $\pm$ 0.16	4.19 $\pm$ 0.10	4.19 $\pm$ 0.10
123.37 $\leq$	1.26 $\pm$ 0.02	1.14 $\pm$ 0.03	1.49 $\pm$ 0.04	1.49 $\pm$ 0.04	2.87 $\pm$ 0.05	3.14 $\pm$ 0.06	2.34 $\pm$ 0.04	2.34 $\pm$ 0.04	5.70 $\pm$ 0.13	6.42 $\pm$ 0.19	4.28 $\pm$ 0.12	4.28 $\pm$ 0.12
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0437	0.0437
Diastolic blood pressure												
< 70.45	0.98 $\pm$ 0.02	0.89 $\pm$ 0.03	1.03 $\pm$ 0.02	1.03 $\pm$ 0.02	2.17 $\pm$ 0.04	2.56 $\pm$ 0.05	1.93 $\pm$ 0.04	1.93 $\pm$ 0.04	4.44 $\pm$ 0.09	5.20 $\pm$ 0.18	3.99 $\pm$ 0.09	3.99 $\pm$ 0.09
70.46-79.96	1.04 $\pm$ 0.02	0.95 $\pm$ 0.02	1.17 $\pm$ 0.03	1.17 $\pm$ 0.03	2.45 $\pm$ 0.03	2.72 $\pm$ 0.05	2.03 $\pm$ 0.04	2.03 $\pm$ 0.04	5.07 $\pm$ 0.11	5.67 $\pm$ 0.17	4.17 $\pm$ 0.11	4.17 $\pm$ 0.11
79.97 $\leq$	1.17 $\pm$ 0.02	1.06 $\pm$ 0.02	1.44 $\pm$ 0.03	1.44 $\pm$ 0.03	2.78 $\pm$ 0.04	2.97 $\pm$ 0.05	2.33 $\pm$ 0.04	2.33 $\pm$ 0.04	5.85 $\pm$ 0.13	6.49 $\pm$ 0.16	4.32 $\pm$ 0.12	4.32 $\pm$ 0.12
p for trend	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0189	0.0189

1) By surveyreg test

가지 중금속 모두 현재 흡연자가 혈중 중금속 농도가 높았으며, 남성의 경우 흡연 경험이 없는 자가 가장 낮은 농도를 보였고, 여성의 경우에는 과거에 흡연경험이 있는 자가 가장 낮은 농도를 보였다. 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 높아짐에 따라 세 가지 중금속이 높아지는 경향을 보였다 ( $p$ -trend < 0.0001).

### 혈중 중금속 농도와 심혈관 질환 유병률의 관계

전체 대상자 5,139명 중 뇌졸중 91명, 협심증 80명, 고혈압 1,511명으로 분류되었으며, 혈중 카드뮴, 납, 수은의 농도와 심혈관 질환인 뇌졸중, 협심증, 고혈압과의 유병률 간의 연관성에 대한 로지스틱 회귀분석 결과는 Table 3에 제시하였다.

혈중 카드뮴과 심혈관 질환 유병률에 대해 교란인자를 보정하지 않은 경우 (model 1), 혈중 카드뮴 농도가 1  $\mu\text{g/L}$ 씩 증가할수록 뇌졸중의 위험률은 1.48배 (OR: 1.48, 95% CI: 1.08-2.02) 증가하였고, 남성의 경우 1.77배 (OR: 1.77, 95% CI: 1.09-2.87) 증가하였다. 협심증은 1.81배 (OR: 1.81, 95% CI: 1.31-2.49)로 유병률이 증가하였으며, 여성의 경우 1.92배 (OR: 1.92, 95% CI: 1.33-2.77) 증가하였다. 고혈압은 1.77배 (OR: 1.77, 95% CI: 1.58-1.98) 증가하였으며, 남·여 모두 각각 1.69배 (OR: 1.69, 95% CI: 1.45-1.97), 2.05배 (OR: 2.05, 95% CI: 1.74-2.41)로 유의적으로 증가하였다. 나이, 교육정도, 소득수준을 보정했을 때 (model 2), 혈중카드뮴과 대상자 전체의 고혈압 유병률은 1.18배 (OR: 1.18, 95% CI: 1.05-1.33) 증가하였고 남성의 경우 1.32배 (OR: 1.32, 95% CI: 1.11-1.56)로 유병률이 증가하였으며, model 2에 추가하여 BMI, 흡연상태, 음주섭취를 보정했을 때 (model 3), 전체적으로는 1.21배 (OR: 1.21, 95% CI: 1.06-1.37) 유병률이 높아졌으며, 남성의 경우 1.33배 (OR: 1.33, 95% CI: 1.10-1.60), 여성의 경우 1.23배 (OR: 1.23, 95% CI: 1.03-1.46) 유병률이 증가하였다.

혈중 납과 심혈관 질환의 유병률은 혈중 납 농도가 1  $\mu\text{g/dL}$ 씩 증가할수록 뇌졸중과 협심증인 경우 1.13배, 1.12배 증가하였으며, 여성에서 각각 1.14배, 1.15배 유병률이 증가하였지만, 남성의 경우에는 유의적인 차이가 없었다 (model 1). 교란인자를 모두 보정한 경우 (model 3) 혈중 납과 뇌졸중에 대한 유병률은 여성의 경우 1.44배 (OR: 1.44, 95% CI: 1.09-1.92) 증가하였다. 고혈압의 유병률은 교란인자를 보정하지 않았을 때 (model 1) 1.33배 증가하였으며, 남·여 각각 1.26배, 1.39배 증가하는 경향을 보이고 있으며, model 2에서는 1.13배 증가하였고, 남성의 경우 1.09배 증가하였다. 교란인자를 모두 보정한 model 3에서는 1.08배 고혈압 유병률이 증가하였으며, model 2와 달리 여성의 경우에 1.11배 (OR: 1.11, 95% CI: 1.02-1.22) 증가하였다.

혈중 수은과의 협심증 유병률과의 관계에 대해서는 혈중 수

은 농도가 1  $\mu\text{g/L}$ 씩 증가할수록 여성의 경우에만 1.12배 (model 1, 2), 증가하였으며, 수축기혈압을 포함한 모든 교란변수를 보정했을 때 (model 3), 전체 대상자에서 유병률이 1.03배 (OR: 1.03, 95% CI: 1.01-1.05) 증가하였지만, 성별에 따른 유병률에 대해서는 유의적이지 않았다.

### 혈중 카드뮴 농도에 따른 혈압과의 관계

혈중 중금속과 심혈관 질환 유병률과의 관계에 있어서 혈중 카드뮴 농도와 고혈압과의 관계가 가장 유의적인 결과를 보이므로, 혈중 카드뮴 농도를 삼분위로 재분류하여 혈중 카드뮴 농도에 따른 혈압과의 관계에 대해서 다중회귀분석을 수행하였다 (Table 4). 교란인자인 나이, 교육정도, 소득수준, BMI, 흡연상태, 음주섭취에 대해서 보정 전·후 모두 카드뮴 농도가 증가함에 따라서 수축기혈압, 이완기 혈압이 유의적으로 증가하였다 ( $p$ -trend < 0.0001).

### 생선 섭취빈도에 따른 섭취자의 특성과 영양소 섭취와의 관계

1년간의 식이섭취를 조사한 식이섭취빈도조사를 이용하여 연구 대상자들의 생선섭취빈도에 따른 인구통계학적 특성 및 생활습관 요인을 분석하였다 (Table 5). 대상자들은 생선을 평균 주 1회 섭취하였으며, 성별에 따른 생선섭취빈도는 유의적으로 차이를 보이지 않았고, 연령이 많을수록 생선섭취빈도가 감소하였다 ( $p$ -value < 0.0001). 교육수준이 낮을수록 생선 섭취 횟수가 현저히 감소하는 것을 볼 수 있으며 ( $p$ -value < 0.0001), 가구소득이 높을수록 ( $p$ -value < 0.0001) 생선을 더 자주 섭취하는 경향을 보였다. 또한 음주섭취빈도가 증가할수록 생선 섭취빈도가 증가하였다 ( $p$ -value < 0.0001).

대상자들의 1일 24시간 회상조사 자료를 이용하여 영양소 섭취량을 생선섭취 빈도에 따라 나누어 에너지 섭취량과 성별, 나이를 보정한 후 Table 6에 제시하였다. 생선섭취가 증가함에 따라서 단백질의 섭취량은 유의적으로 증가하였다 ( $p$ -trend < 0.0001). 조식유, 칼슘, 인, 철, 칼륨 섭취량은 생선섭취 빈도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 ( $p$ -trend < 0.0001), 나트륨, 비타민A, 카로틴, 레티놀, 나이아신은 증가하는 경향을 보이지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 생선섭취 빈도에 따른 혈중 중금속 농도를 살펴보면, 생선섭취 빈도가 증가함에 따라 혈중 수은 농도가 유의적으로 증가하였으나 ( $p$ -trend < 0.0001), 혈중 카드뮴과 납의 농도는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

### 생선섭취와 고혈압 유병률의 관계

생선 섭취 빈도와 고혈압 유병률 간의 연관성에 대해 다중 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과 (Table 7)에서 교란인자를 보정하지 않은 경우 (model 1), 생선을 거의 섭취하지 않는 그룹

**Table 3.** Surveylogistic analysis for cardiovascular diseases associated with blood heavy metal by gender

Cadmium	Model 1 <sup>1)</sup>			Model 2 <sup>2)</sup>			Model 3 <sup>3)</sup>		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
	OR (95% CI) <sup>4)</sup>	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Stroke	1.48 (1.08–2.02)	1.77 (1.09–2.87)	1.30 (0.95–1.78)	0.92 (0.54–1.56)	1.13 (0.57–2.22)	0.75 (0.41–1.39)	0.89 (0.48–1.62)	1.13 (0.48–2.67)	0.85 (0.43–1.68)
IHD <sup>5)</sup>	1.81 (1.31–2.49)	1.73 (0.96–3.09)	1.92 (1.33–2.77)	1.35 (0.87–2.11)	1.28 (0.59–2.78)	1.50 (0.90–2.49)	1.40 (0.91–2.14)	1.42 (0.71–2.83)	1.57 (0.99–2.49)
HPT <sup>6)</sup>	1.77 (1.58–1.98)	1.69 (1.45–1.97)	2.05 (1.74–2.41)	1.18 (1.05–1.33)	1.32 (1.11–1.56)	1.19 (0.99–1.43)	1.21 (1.06–1.37)	1.33 (1.10–1.60)	1.23 (1.03–1.46)
Lead									
	Model 1			Model 2			Model 3		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Stroke	1.13 (1.05–1.21)	1.08 (0.95–1.23)	1.14 (1.03–1.27)	1.06 (0.94–1.21)	0.86 (0.60–1.23)	1.23 (0.96–1.59)	1.07 (0.92–1.25)	0.88 (0.59–1.32)	1.44 (1.09–1.92)
IHD	1.12 (1.02–1.24)	1.09 (0.92–1.28)	1.15 (1.01–1.32)	1.06 (0.87–1.29)	0.90 (0.57–1.43)	1.14 (0.94–1.37)	1.07 (0.90–1.28)	0.91 (0.56–1.48)	1.19 (0.99–1.42)
HPT	1.33 (1.20–1.49)	1.26 (1.15–1.38)	1.39 (1.03–1.88)	1.13 (1.04–1.23)	1.09 (1.01–1.18)	1.08 (0.99–1.17)	1.08 (1.01–1.16)	1.07 (0.99–1.16)	1.11 (1.02–1.22)
Mercury									
	Model 1			Model 2			Model 3		
	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Stroke	1.02 (0.99–1.05)	1.01 (0.98–1.05)	1.01 (0.83–1.23)	1.02 (0.99–1.04)	1.01 (0.98–1.04)	1.01 (0.86–1.19)	1.02 (0.99–1.04)	1.02 (0.99–1.05)	0.99 (0.84–1.17)
IHD	1.02 (1.00–1.04)	1.02 (0.99–1.04)	1.12 (1.03–1.21)	1.02 (1.00–1.04)	1.02 (0.99–1.04)	1.12 (1.03–1.21)	1.03 (1.01–1.05)	1.03 (1.00–1.05)	1.11 (1.00–1.23)
HPT	1.04 (1.00–1.07)	1.03 (0.99–1.07)	1.02 (0.98–1.07)	1.03 (0.99–1.07)	1.01 (0.99–1.04)	1.02 (0.98–1.07)	1.00 (0.99–1.02)	1.00 (0.98–1.01)	1.01 (0.97–1.05)

1) Model 1: Unadjusted 2) Model 2: Adjusted for age, education, income 3) Model 3: Adjusted for age, education, income, BMI, smoke, alcohol, SBP. SBP was not adjusted for in HPT 4) OR: Odds ratio, CI: confidence interval 5) IHD: Ischemic heart diseases 6) HPT: Hypertension



**Table 4.** Association of blood pressures (95% CI) with blood cadmium

	SBP (mmHg)			DBP (mmHg)		
	Model 1 <sup>1)</sup>	Model 2 <sup>2)</sup>	Model 3 <sup>3)</sup>	Model 1	Model 2	Model 3
Blood Cadmium						
< 0.77	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
0.77-1.27	4.05 (2.69-5.42)	0.83 (-0.56-2.22)	0.65 (-0.76-2.05)	1.95 (0.89-3.01)	0.38 (-0.72-1.48)	0.25 (-0.84-1.34)
1.28 ≤	8.19 (6.73-9.65)	2.10 (0.50-3.69)	1.74 (0.18-3.30)	3.76 (2.70-4.83)	1.14 (-0.06-2.33)	0.78 (-0.43-1.98)
R <sup>2</sup>	0.04	0.18	0.25	0.02	0.08	0.16
p for trend <sup>4)</sup>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

1) Model 1: Unadjusted 2) Model 2: Adjusted for age, education, income 3) Model 3: Adjusted for age, education, income, BMI, smoke, alcohol 4) By surveyreg test

(Rarely)과 비교했을 때, 주 2회 이상 섭취하는 그룹의 고혈압 유병률이 69% (OR: 0.31, 95% CI: 0.16-0.59) 감소되는 경향을 보이고 있으며, 나이, 교육정도, 소득수준을 보정한 후에는 총생선섭취빈도와 고혈압 유병률이 유의하지 않았으며, 그 외 BMI, 흡연상태, 음주섭취를 추가로 보정하여 분석한 model 3에서도 유의적이지 않았다.

생선종류별 섭취빈도에 따른 고혈압 유병률과의 연관성에 대해서는 다른 결과를 보이고 있었다. 고등어 섭취와 고혈압 유병률 간의 관계를 분석한 결과, 고등어를 거의 섭취하지 않는 그룹 (Rarely)과 비교했을 때, 주 2회 섭취하는 그룹의 고혈압 유병률이 38% (OR: 0.62, 95% CI: 0.46-0.84) 낮았다 (model 1). 나이, 교육정도, 소득수준을 보정한 후 (model 2) 고혈압의 유병률이 34% (OR: 0.66, 95% CI: 0.46-0.95) 감소하였으며, 그 외 BMI, 흡연상태, 음주섭취를 추가로 보정했을 때 (model 3), 고혈압의 유병률이 38% (OR: 0.62, 95% CI: 0.42-0.93) 감소하였다. 참치 섭취에 따른 고혈압 유병률에 대해서는 참치를 거의 섭취하지 않는 그룹 (Rarely)과 비교했을 때, 주 2회 이상 섭취하는 그룹의 고혈압 유병률이 59% (OR: 0.41, 95% CI: 0.29-0.58) 감소하였으나, 나이, 교육정도, 소득수준을 보정한 결과 섭취빈도에 따른 고혈압 유병률이 유의적이지 않았으며, 그 외 BMI, 흡연상태, 음주섭취를 추가로 보정하여 분석한 model 3에서도 유의하지 않은 결과를 보였다.

참치 섭취와 고혈압 유병률에 대해 교란인자를 보정하지 않았을 때, 참치를 거의 섭취하는 않는 그룹 (Rarely)과 비교 시 참치를 월 1~3회 섭취하는 그룹에서 51% (OR: 0.49, 95% CI: 0.31-0.51), 주 1회 섭취하는 그룹에서 61% (OR: 0.39, 95% CI: 0.31-0.51), 주 2회 이상 섭취 그룹에서는 59% (OR: 0.41, 95% CI: 0.29-0.58) 유의적으로 낮았다 (model 1). 하지만 교란인자를 보정했을 때 (model 2, 3) 거의 섭취하지 않는 그룹에 비해 주 2회 이상 섭취하는 그룹이 고혈압 유병률이 증가하지만 유의적이지 않았다.

조기, 대구 섭취와 고혈압 유병률에 대해서는 교란인자를 보정한 model 2와 model 3에서 섭취빈도가 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보이나, 유의적인 차이를 보이지 않았다.

멸치, 오징어 섭취와 고혈압 유병률은 교란인자를 보정했을 때, 거의 섭취하지 않는 그룹에 비해 주 1회 섭취한 그룹이 고혈압 유병률이 증가하지만 유의적이지 않았다.

조개 섭취와 고혈압 유병률은 교란인자를 보정하지 않을 때, 조개를 거의 섭취하지 않는 그룹 (Rarely)과 비교했을 때, 조개 섭취를 주 2회 이상 섭취하는 군의 고혈압 유병률이 29% (OR: 0.71, 95% CI: 0.51-0.98) 낮았다 (model 1). 그러나 나이, 교육정도, 소득수준을 보정했을 때와 그 외 BMI, 흡연상태, 음주섭취에 대해 보정 때 유병률이 증가하는 경향을 보이지만, 유의적이지 않았다.

젓갈 섭취와 고혈압 유병률을 분석한 결과, model 1에서 젓갈을 거의 섭취하지 않는 그룹 (Rarely)과 비교했을 때, 주 1회 섭취한 그룹의 고혈압 유병률이 1.33배 (OR: 1.33, 95% CI: 1.05-1.69)로 증가하였고, 나이, 교육정도, 소득수준을 보정한 model 2와 그 외 BMI, 흡연상태, 음주섭취를 추가로 보정한 model 3에서 고혈압 유병률이 각각 1.55배 (OR: 1.55, 95% CI: 1.16-2.03), 1.41배 (OR: 1.41, 95% CI: 1.01-1.88) 증가하였다. 그러나 주 2회 이상 섭취 시 고혈압 유병률은 유의하지 않았다.

## 고 찰

본 연구는 국민건강영양조사 2008~2010년 자료를 이용하여 20세 이상 성인의 혈중 중금속 농도와 심혈관 질환 유병률 및 생선섭취와의 관련성을 분석하였다.

환경부에서 우리나라 국민들의 혈중 중금속 농도를 조사하였을 때, 혈중 카드뮴, 납, 수은 농도는 각각 1.52 µg/L, 2.66 µg/dL, 4.25 µg/L로 조사되었으며,<sup>35)</sup> 미국에 비해 높은 것으로 나타났다.<sup>36)</sup> 미국의 NHANES (The National Health and Nut-

**Table 5.** General characteristics of subjects according to the frequency of fishes intake

	Frequency of fishes intake <sup>1)</sup>				p value <sup>2)</sup>
	Rarely (107)	1-3/month (2194)	1/week (2633)	≥ 2/week (205)	
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
Sex					0.0536
Male	58 (59.9)	985 (55.5)	1248 (57.6)	117 (65.9)	
Female	49 (40.1)	1209 (44.5)	1385 (42.4)	88 (34.1)	
Age					< 0.0001
20-29	11 (18.4)	377 (27.5)	499 (27.8)	52 (32.7)	
30-39	11 (12.6)	365 (18.7)	604 (23.6)	43 (22.2)	
40-49	15 (22.9)	371 (19.0)	586 (22.9)	44 (20.0)	
50-59	18 (16.5)	458 (18.9)	527 (17.4)	43 (19.2)	
60 ≤	52 (29.7)	623 (15.0)	417 ( 8.3)	23 ( 5.9)	
Education					< 0.0001
Middle school graduation or less	63 (51.7)	973 (32.2)	655 (18.6)	33 (12.7)	
High school graduation	27 (35.0)	702 (39.9)	1054 (43.6)	94 (50.6)	
College or more	12 (13.3)	506 (28.0)	917 (37.8)	77 (36.7)	
Income					< 0.0001
Low	47 (37.1)	555 (19.7)	295 (10.4)	9 ( 2.9)	
Mid-low	26 (31.8)	604 (28.5)	651 (24.5)	33 (16.7)	
Mid-high	17 (18.9)	534 (27.9)	803 (32.0)	72 (37.9)	
High	13 (12.2)	472 (24.0)	845 (33.2)	89 (42.5)	
BMI					0.6020
< 18.5	2 ( 0.8)	109 ( 5.2)	121 ( 5.0)	7 ( 3.5)	
18.5-25	74 (70.7)	1370 (63.4)	1705 (63.6)	138 (63.8)	
25 ≤	31(28.7)	715 (31.4)	715 (31.4)	60 (32.8)	
Smoking status					0.6804
Never	48 (48.0)	1241 (53.4)	1462 (51.9)	110 (51.1)	
Former	15 (12.7)	312 (15.9)	387 (16.8)	32 (14.3)	
Current	31(39.3)	486 (30.5)	608 (31.4)	52 (34.6)	
Alcohol consumption					< 0.0001
Never	28 (22.5)	315 (10.2)	276 ( 7.8)	24 ( 8.0)	
≤ 1/month	29 (27.6)	746 (31.1)	793 (27.7)	40 (21.5)	
2-4/month	28 (27.2)	700 (37.7)	928 (38.3)	84 (40.9)	
≥ 1/week	18 (22.7)	422 (21.0)	6262 (26.1)	55 (29.6)	
Blood pressure					
Systolic blood pressure					0.0218
< 108.83	18 (21.2)	616 (30.3)	869 (33.1)	78 (35.9)	
108.84-123.36	35 (34.7)	782 (39.2)	928 (38.3)	79 (41.5)	
123.37 ≤	54 (44.1)	796 (30.5)	836 (28.7)	48 (22.7)	
Diastolic blood pressure					0.0542
< 70.45	29 (24.7)	685 (31.1)	817 (30.7)	70 (31.9)	
70.46-79.96	21 (22.4)	6565 (30.6)	712 (27.0)	70 (31.0)	
79.97 ≤	57 (52.9)	853 (38.3)	1104 (42.3)	65 (37.0)	

1) From food frequency questionnaire data 2) By surveyfreq test

rition Examination) 2003~2004년 조사에 따르면, 미국인들의 혈중 카드뮴 농도는 0.38 µg/L로 우리나라 국민들의 혈중 카드뮴 농도가 4배 높았으며, 혈중 납과 수은 농도는 각각 1.52 µg/dL, 0.98 µg/L로 우리나라 국민들의 혈중 납, 수은 농도가

1.8배, 4.3배 높은 결과를 보였다.<sup>36)</sup>

2007년 우리나라 국민을 대상으로 한 체내 유해물질 실태를 조사한 연구에서는 혈중 중금속 농도를 조사한 결과, 65세 이상 노인의 혈중 카드뮴, 납, 수은의 농도는 각각 1.19 µg/L,

**Table 6.** Dietary intakes according to the frequency of fishes intake

	Frequency of fishes intake <sup>1)</sup>				p trend <sup>2)</sup>
	Rarely	1–3/month	1/week	≥ 2/week	
	Mean <sup>3)</sup> ± SE	Mean ± SE	Mean ± SE	Mean ± SE	
Nutrient intake					
Protein (g/day)	68.3 ± 3.3 <sup>a</sup>	72.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	76.8 ± 0.6 <sup>b</sup>	79.1 ± 1.9 <sup>b</sup>	< 0.0001
Fat (g/day)	39.1 ± 3.9	43.4 ± 0.6	44.6 ± 0.5	43.5 ± 1.7	0.3222
Carbohydrate (g/day)	315.3 ± 12.5	324.2 ± 2.3	321.6 ± 1.8	328.8 ± 5.8	0.5100
Fiber (g/day)	6.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	7.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	8.0 ± 0.1 <sup>c</sup>	7.7 ± 0.3 <sup>bc</sup>	0.0001
Ca (mg/day)	424.4 ± 32.3 <sup>a</sup>	505.4 ± 8.0 <sup>b</sup>	520.0 ± 7.3 <sup>c</sup>	570.4 ± 27.7 <sup>c</sup>	< 0.0001
P (mg/day)	1112.7 ± 52.6 <sup>a</sup>	1186.5 ± 8.3 <sup>a</sup>	1257.7 ± 7.6 <sup>b</sup>	1290.3 ± 26.7 <sup>b</sup>	< 0.0001
Fe (mg/day)	12.4 ± 0.8 <sup>a</sup>	14.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	15.6 ± 0.2 <sup>c</sup>	17.1 ± 0.9 <sup>c</sup>	< 0.0001
Na (mg/day)	4729.8 ± 262.1	5169.7 ± 73.9	5320.4 ± 59.4	5338.2 ± 197.0	0.1085
K (mg/day)	2733.0 ± 171.4 <sup>a</sup>	3018.4 ± 27.2 <sup>a</sup>	3290.8 ± 28.0 <sup>b</sup>	3295.7 ± 80.3 <sup>b</sup>	< 0.0001
Vitamin A (μgRE/day)	699.8 ± 107.8	842.1 ± 25.8	895.1 ± 23.2	876.7 ± 47.6	0.1911
Carotein (μg/day)	3503.6 ± 571.6	4196.1 ± 128.5	4599.1 ± 125.8	4408.5 ± 270.8	0.0603
Retinol (μg/day)	117.8 ± 33.3	134.0 ± 13.7	115.7 ± 6.4	114.4 ± 12.6	0.6513
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/day)	1.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	1.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.4 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.0280
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/day)	1.1 ± 0.1 <sup>ab</sup>	1.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.0114
Niacin (mg/day)	15.5 ± 1.0 <sup>a</sup>	16.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	17.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	18.8 ± 0.5 <sup>b</sup>	< 0.0001
Vitamin C (mg/day)	111.8 ± 19.7 <sup>ab</sup>	105.0 ± 2.5 <sup>a</sup>	118.6 ± 2.4 <sup>b</sup>	118.9 ± 7.1 <sup>ab</sup>	0.0002
Blood Heavy metal					
Cadmium (μg/L)	1.07 ± 0.07	1.07 ± 0.02	1.10 ± 0.02	1.07 ± 0.06	0.5691
Lead (μg/dL)	2.46 ± 0.13	2.40 ± 0.06	2.47 ± 0.06	2.39 ± 0.08	0.2502
Mercury (μg/L)	4.30 ± 0.52 <sup>a</sup>	4.66 ± 0.21 <sup>a</sup>	5.35 ± 0.21 <sup>b</sup>	5.85 ± 0.41 <sup>b</sup>	< 0.0001

1) From food frequency questionnaire data 2) By surveyreg test 3) Adjusted means for energy intake (kcal/day), sex and age

1.89 μg/dL, 3.26 μg/L로 보고되었으며, 연령이 증가함에 따라 서 혈중 중금속 농도가 증가하는 결과를 보였다.<sup>37)</sup> 본 연구결과에서는 60세 이상 노인의 혈중 카드뮴농도는 1.38 μg/L로 20대에 비해 1.2배 높았으며, 혈중 납과 수은의 농도는 각각 2.86 μg/dL, 5.04 μg/L로 1.5배 높게 나타나 연령이 증가함에 따라 혈중 중금속 농도가 증가하는 경향을 보였다. 또한 미국 뉴욕시민을 대상으로 한 연구 결과에서도 연령이 증가함에 따라 혈중 중금속 농도가 증가하였으며, 20~30대에 비해 60세 이상 노인의 혈중 카드뮴 농도는 0.77 μg/L로 1.1배 높았으며, 혈중 납 농도는 2.40 μg/dL로 1.7배, 혈중 수은 농도는 2.71 μg/L 1.1배 높았다.<sup>38)</sup> 연령에 따른 혈중 중금속 농도는 중금속이 체 내에 축적되는 성질과 연령이 증가함에 따라서 장기들의 기능 저하로 인한 배출시간 지연으로 인해 연령이 높을수록 중금속 농도가 높게 나타나는 것으로 사료된다.

혈중 중금속농도와 뇌졸중, 협심증, 고혈압 유병률에 대한 분석에서는 고혈압과 카드뮴의 관계에 대해서만 유의적인 관계를 보였고, 수축기와 이완기 혈압이 혈중 카드뮴 농도가 증가함에 따라서 유의적인 차이를 보였다. NHANES 1999~2006 자료를 분석한 연구에서, 혈중의 카드뮴 농도 증가 시 심혈관 질환의 유병률이 증가한다고 보고하였으며,<sup>26)</sup> Peters 등의 연

구에서 또한 혈중의 카드뮴 농도가 증가할수록 뇌졸중과 심장마비 유병률이 증가하는 것으로 나타나 혈중 카드뮴 농도의 증가가 심혈관 질환 발병에 영향을 미친다고 하였다.<sup>12)</sup> 본 연구에서도 혈중 카드뮴 농도가 증가할수록 뇌졸중, 협심증, 고혈압의 위험도가 증가하여 선행결과들과 일치하는 결과를 보였다. 이와 유사하게, 미국의 NHANES 1999~2004을 분석한 연구에서는 고혈압 환자가 대조군에 비해 혈중 납과 카드뮴 농도가 각각 1.2배, 1.1배 높다고 보고되었으며, 적은 양의 카드뮴 노출이 신장과 심혈관질환에 영향을 끼쳐서, 혈중 중금속 농도가 이완기 혈압 증가에 영향을 미친다는 연구 결과를 보고하였다.<sup>39)</sup>

2000년 이후 국민건강영양조사 시 24시간 회상법의 자료를 통해 한국인의 대표식단을 선정 후 그 식단에 따른 오염물질 섭취량 및 위해도 평가에서 어패류가 카드뮴, 납, 수은의 섭취에 크게 기여하는 식품군으로 보고되었으며,<sup>4,10)</sup> 생선섭취빈도의 증가에 따라 혈중 중금속 농도가 증가되고 모발이나 손톱의 중금속 함량이 증가하게 된다.<sup>31,40)</sup> 오염된 식품 섭취로 인해 체내로 유입된 중금속은 배출되지 못하고 체내에 축적되어 만성 질병을 일으키는 원인이 된다.<sup>45)</sup>

본 연구에서 생선섭취 빈도가 증가함에 따라서 혈중 중금속

**Table 7.** Surveylogistic analysis for odds ratio (95% CI) of hypertension associated with fishes intakes

	Frequency of fishes intake <sup>1)</sup>			
	Rarely	1-3/month	1/week	≥ 2/week
	OR	OR (95% CI) <sup>2)</sup>	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Total Fish intake				
Model 1 <sup>3)</sup>	1	0.57 (0.35-0.92)	0.50 (0.30-0.82)	0.31 (0.16-0.59)
Model 2 <sup>4)</sup>	1	0.90 (0.54-1.50)	0.97 (0.58-1.64)	0.62 (0.30-1.28)
Model 3 <sup>5)</sup>	1	1.01 (0.55-1.85)	1.08 (0.59-1.99)	0.65 (0.28-1.49)
Mackerel				
Model 1	1	0.64 (0.51-0.81)	0.63 (0.47-0.83)	0.62 (0.46-0.84)
Model 2	1	0.83 (0.62-1.11)	0.81 (0.58-1.13)	0.66 (0.46-0.95)
Model 3	1	0.81 (0.60-1.11)	0.76 (0.53-1.07)	0.62 (0.42-0.93)
Tuna				
Model 1	1	0.49 (0.41-0.57)	0.39 (0.31-0.51)	0.41 (0.29-0.58)
Model 2	1	1.01 (0.84-1.23)	1.00 (0.75-1.32)	1.05 (0.69-1.58)
Model 3	1	1.04 (0.85-1.28)	0.97 (0.72-1.32)	1.05 (0.66-1.65)
Yellow fish				
Model 1	1	0.94 (0.77-1.14)	0.85 (0.65-1.11)	0.99 (0.74-1.33)
Model 2	1	1.01 (0.81-1.25)	0.80 (0.60-1.08)	0.79 (0.57-1.10)
Model 3	1	0.99 (0.78-1.26)	0.87 (0.64-1.18)	0.79 (0.54-1.16)
Pollack				
Model 1	1	1.16 (0.96-1.41)	1.15 (0.89-1.49)	1.05 (0.70-1.57)
Model 2	1	1.03 (0.82-1.28)	0.98 (0.73-1.31)	0.78 (0.50-1.23)
Model 3	1	0.99 (0.77-1.26)	0.94 (0.69-1.29)	0.75 (0.46-1.22)
Anchovy				
Model 1	1	0.73 (0.54-0.98)	0.91 (0.66-1.25)	0.93 (0.70-1.24)
Model 2	1	0.93 (0.66-1.30)	1.09 (0.75-1.57)	0.92 (0.66-1.27)
Model 3	1	0.98 (0.68-1.42)	1.07 (0.72-1.58)	0.98 (0.69-1.39)
Squid				
Model 1	1	0.54 (0.46-0.64)	0.50 (0.39-0.65)	0.39 (0.27-0.56)
Model 2	1	0.91 (0.75-1.10)	1.14 (0.84-1.55)	0.95 (0.64-1.41)
Model 3	1	0.94 (0.75-1.16)	1.11 (0.80-1.55)	0.87 (0.56-1.34)
Clam				
Model 1	1	0.65 (0.55-0.77)	0.63 (0.49-0.80)	0.71 (0.51-0.98)
Model 2	1	0.89 (0.74-1.08)	0.97 (0.73-1.30)	1.02 (0.69-1.52)
Model 3	1	0.86 (0.70-1.07)	0.89 (0.64-1.22)	1.06 (0.70-1.62)
Salted fish				
Model 1	1	0.73 (0.62-0.86)	1.33 (1.05-1.70)	1.15 (0.88-1.50)
Model 2	1	0.83 (0.69-0.99)	1.55 (1.17-2.05)	1.10 (0.81-1.50)
Model 3	1	0.83 (0.68-1.01)	1.41 (1.03-1.92)	0.92 (0.66-1.29)

1) From food frequency questionnaire data 2) OR: Odds ratio, CI: confidence interval 3) Model 1: Unadjusted 4) Model 2: Adjusted for age, education, income 5) Model 3: Adjusted for age, education, income, BMI, smoke, alcohol

농도를 분석한 결과 혈중 카드뮴과 납 농도는 유의적으로 증가함을 보이지 않았지만 혈중 수은은 유의적으로 증가하는 양상을 보였다. 이러한 연구결과는 국민건강영양조사 제4기 2차년도 (2008)를 이용한 어패류 섭취빈도에 따른 한국 성인의 혈중 중금속 농도를 조사한 Kim 등이 보고한 대로, 혈중 카드뮴과 납 농도는 어패류 섭취빈도와 상대적으로 관련성이 적게 나타났다. 혈중 수은 농도와 어패류 섭취빈도는 관련성이 있는 것

으로 나타났다는 연구결과와 일치한다.<sup>19)</sup> 어패류 섭취와 수은과의 관련 선행연구들을 보면, 생선섭취빈도가 증가함에 따라 혈액·모발·손톱 수은 함량이 증가하게 되고,<sup>21,24,40,41)</sup> Wennberg 등의 연구에서는 생선섭취빈도가 많을수록 남성의 경우 혈중 수은과 뇌졸중 위험도가 증가한다는 결과를 보고 한 바 있다.<sup>22)</sup> 그러나 본 연구에서는 혈중 수은과 뇌졸중·고혈압 유병률과의 관계에 유의적인 결과를 보이지 않았다. 또한 어패류

의 카드뮴과 납의 농도가 높은 반면, 생선섭취 빈도가 증가함에 따른 혈중 카드뮴과 납 농도는 뚜렷하게 증가하지 않았다. 이는 혈중 카드뮴과 납은 흡연자가 비흡연자에 비해 혈중 농도가 높으며,<sup>23,37,42)</sup> 직업적으로 노출되는 경우, 음주를 많이 할수록 혈중 농도가 높다고 하였다.<sup>23,44)</sup> 따라서 흡연과 음주가 중금속 배출효율을 저하시켜 혈중 카드뮴과 납 농도가 증가시킨다는 선행연구 결과에 따라<sup>42-44)</sup> 혈중 카드뮴과 납 농도는 어패류 섭취에 비해 흡연, 알코올에 더 민감할 것으로 사료된다.

반면에 미국의 5,201명이 참여한 코호트 조사에서는 생선섭취빈도가 증가함에 따라서 심혈관 질환의 위험도가 감소하는 패턴을 보였으며,<sup>13)</sup> Wennberg 등의 연구에서 여성의 경우 생선섭취 빈도가 증가함에 따라 뇌졸중 위험도가 감소하였다.<sup>22)</sup> Iso 등의 연구에서도 생선섭취 증가할수록 심혈관 질환 위험도가 낮아졌으며,<sup>45)</sup> 생선오일과 고혈압에 대한 미국연구에서는 생선섭취로 인해 고혈압의 유병률이 감소하였다.<sup>46)</sup> 본 연구결과에서는 생선섭취와 고혈압 유병률에 대한 분석 결과 생선 종류에 따라서 결과가 다르게 나타났는데, 고등어섭취가 증가함에 따라 고혈압 유병률은 감소하는 결과를 보였다. 이는 생선의 오메가-3 지방산으로 인해 심혈관 질환의 위험도가 감소한 것으로 여겨진다. 그러나 중금속 오염이 높은 생선을 과도하게 섭취하는 것은 혈중 중금속의 농도 증가시켜 심혈관 질환 유병률에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다. 또한 것갈섭취에 따른 고혈압 유병률에 대해서는 주 1회 이상 섭취 시 유병률이 유의적으로 증가하는 것으로 보였는데, 이것은 생선섭취에 의한 것이 아니라 것갈에 함유된 나트륨의 섭취로 인해 유병률이 증가하는 것으로 사료 된다.

본 연구의 어패류의 1회 섭취 양에 따른 카드뮴 함량은 고등어 1.2 µg/60 g, 멸치 0.63 µg/15 g, 조개 40.8 µg/80 g을 함유하며, 납의 함량은 고등어 22.2 µg/60 g, 멸치 6.0 µg/15 g, 조개 30.4 µg/80 g을 함유한다. 수은 함량은 고등어 6.12 µg/60 g, 멸치 1.40 µg/15 g, 조개 2.32 µg/80 g을 함유하여, 우리나라 영양섭취 기준에 따른 생선 1회 섭취 양에 함유된 중금속 함량이 높다.<sup>19)</sup> 하지만 화학적, 물리적, 미생물적 위해요인에 대한 노출로부터 유해영향이 발생될 확률을 평가하는 위해성평가에서<sup>35)</sup> 한국인의 어패류를 포함한 식이를 통한 중금속 노출의 위험도는 낮은 것으로 평가 되었으나,<sup>47)</sup> 장기간 다량의 어패류섭취 시 중금속 노출 위험도가 높을 것으로 사료된다. 이에 따라 안전하게 생선섭취 할 수 있도록 섭취 기준을 정해야할 것이다. 그러나 생선섭취와 혈중 중금속에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 심혈관 질환과 생선섭취, 혈중 중금속 농도와 의 관계에 대해서 알아보았으며, 그 중에서도 중금속의 오염도가 높은 생선 섭취군과 고혈압과의 관계, 혈중카드뮴 농도와 혈압과의 관계에 대해서 분석하였다. 연구에서 이용한 국민건강

영양조사는 우리나라 전 국민을 대상으로 이루어진 조사로 이를 복합표본추출법에 맞게 가중치 부여와 통계방법을 사용해서 24시간회상법과 식품섭취빈도 조사를 같이 분석에 이용하였으며, 본 연구는 잠재적인 교란인자를 최대 보정하여, 체계적인 분석을 한 연구로 사료된다. 반면, 국민건강영양조사의 식품섭취빈도조사를 통해서 생선섭취빈도를 조사하여 정확한 생선섭취량을 반영하지 못하였기 때문에 생선섭취와 혈중 중금속 농도와의 관계에 대해서 분석 시 더 정확한 중금속 섭취에 대해 알아보기 위해 섭취하는 식품에 포함된 중금속에 대한 정확한 분석이 필요하며, 혈중 중금속 농도뿐만 아니라 장기간의 중금속 노출을 알 수 있는 모발 분석이 이루어져야 할 것이다. 또한 국민건강영양조사는 단면적 연구이고, 심혈관 질환 여부를 본인의 응답에 기초하였으며, 특히 고혈압의 경우 혈압조절제를 복용하고 있는 자가 포함되어 있다는 점 등이 국민건강영양조사 자료를 이용한 연구의 한계점이 될 수 있다. 그러므로, 단면적 연구가 아닌 코호트 조사나 환자-대조군 연구로써, 식사기록법을 이용하여 생선섭취빈도 조사를 하고, 식사 샘플 분석을 하여 식품 내의 중금속 함량에 대해 분석한다면 더 정확한 조사가 될 것이며, 추후에는 어패류 외 중금속 섭취에 기여하는 다른 식품군과 혈중 중금속 농도, 심혈관 질환과의 관계에 대한 연구가 필요하다.

이상의 결과를 통해 보았을 때, 한국인의 대표식단 중 카드뮴, 납, 수은 섭취에 많은 기여를 하는 식품군인 어패류군은<sup>4,6-10)</sup> 해양의 오염으로 인해 유해물질에 쉽게 노출될 수 있으므로 해양오염을 예방하는 것이 필요하며, 생선섭취로 인하여 심혈관 질환의 유병률을 감소하지만 다량의 생선 섭취 시 혈중 중금속의 섭취가 증가되므로 어패류 기준 섭취량이 필요할 것으로 여겨진다.

## 요약 및 결론

본 연구는 국민건강영양조사 제4기 2, 3차 년도와 제5기 1차 년도 자료를 이용하여 우리나라 20세 이상 남·여를 대상으로 혈압, 혈중 중금속 등 신체계측 및 혈액 검사데이터와 24시간 회상법에 의해 식품섭취조사 및 식품섭취빈도조사, 식생활조사 데이터가 존재하는 총 5,139명의 자료를 통해 혈중 중금속과 심혈관질환, 생선섭취와의 관련성에 대해 조사하였다.

1) 대상자들의 성별에 따른 혈중 중금속 농도 중 혈중 카드뮴 농도는 남성에 비해 여성이 높았으며, 혈중 납과 수은의 농도는 남자가 높았다.

2) 혈중 중금속과 심혈관 질환의 유병률간의 연관성을 분석하기 위해 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과, 교란인자를 보정하지 않은 model 1에서는 혈중 카드뮴 농도가 증가할수록 뇌



졸증, 협심증, 고혈압의 유병률은 증가하였으나, 인구통계학적 특성, 생활습관을 보정한 후 (model 2, 3)에는 고혈압 유병률만 유의적으로 증가하고, 뇌졸중과 협심증 유병률에는 유의적인 관계를 보이지 않았다. 혈중 납과 심혈관 질환과의 관계에 대해서는 model 1에서는 혈중 납 농도가 증가할수록 뇌졸중, 협심증, 고혈압 모두 유병률이 증가하였으며, 교란인자를 보정한 model 2, 3에서는 고혈압 유병률만 유의적으로 증가하였고, 뇌졸중인 경우 교란인자를 모두 보정한 model 3에는 여성의 유병률이 높았다. 혈중 수은과 심혈관 질환과의 관계에서는 혈중 수은 농도가 증가할수록 model 1, 2의 협심증인 여성에게서 유병률이 증가하였다.

3) 혈중 카드뮴 농도에 따른 혈압과의 관계에 대해 회귀분석을 한 결과는 혈중 카드뮴 농도가 증가함에 따라서 수축기혈압과 이완기 혈압 모두 유의적으로 증가하였으며, 교란인자인 나이, 교육수준, 소득수준, BMI, 흡연상태, 음주섭취를 보정하였을 때도 유의적으로 증가하였다.

4) 대상자들의 평균 생선섭취 빈도는 일주일의 1회 정도였으며, 연령이 증가함에 따라 생선섭취 빈도는 감소하였으며, 소득수준이 증가함에 따라 생선섭취량은 증가하였다. 생선섭취 빈도에 따라 단백질, 조섬유, 칼슘, 인, 철, 칼륨, 비타민B<sub>1</sub>, 비타민B<sub>2</sub>, 나이아신, 비타민C가 유의적으로 증가하였다. 혈중 수은 농도는 생선섭취 빈도가 높아짐에 따라 증가하였으나, 혈중 카드뮴과 납 농도는 생선섭취 빈도에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다.

5) 생선섭취에 따른 고혈압과의 관계에 대해 분석 시 고등어, 참치, 오징어를 거의 섭취하지 않는 그룹과 비교했을 때, '주 2회 이상' 섭취하는 군의 고혈압 유병률이 감소하였으며, '적갈'을 거의 섭취하지 않는 그룹과 비교했을 때, '주 1회' 섭취하는 군의 고혈압 유병률이 증가하였다.

본 연구 결과, 혈중 중금속 농도가 높을수록 혈압이 증가하였으며, 그 중 카드뮴과 고혈압유병률과의 관련성이 높게 나타났다. 한국인 대표식단 중 카드뮴, 납, 수은 등의 중금속 섭취에 어패류가 가장 많이 기여한다는 선행연구 결과에 따라 생선섭취빈도와와의 관련성을 분석하였을 때, 생선섭취빈도가 증가할수록 혈중 카드뮴, 납 농도가 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았지만, 혈중 수은 농도는 생선섭취빈도가 증가함에 따라서 유의적으로 증가하였다. 생선섭취빈도와 고혈압 유병률과의 관계를 분석한 결과, 생선섭취가 증가할수록 유병률은 감소하지만 다량의 생선섭취 시 혈중 중금속의 농도가 증가 되므로 어패류 기준 섭취량이 필요할 것이다.

#### Literature cited

1) Kim BH, Park MJ, Park SS, Park JW, Lee JK, Lim KH, Son KM,

- Yum K. Public health. Paju: Jigu Publishing Co.; 2005. p.131-133
- 2) Chung JH, Kang PS, Kim CY, Lee KS, Hwang TY, Kim GT, Park JS, Park SY, Kim DS, Lim OT, Sakong J. Blood Pb, Urine Cd and health assessment of residents in the vicinity of abandoned mines in Gyeongsangbuk-do. *Korean J Occup Environ Med* 2005; 17(3): 225-237
- 3) Kwon YT, Lee JA. Dietary risk assessment of heavy metals in Korean foods. *Environ Res Inst* 2001; 24: 33-44
- 4) Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Cheongwon; 2004
- 5) Alissa EM, Ferns GA. Heavy metal poisoning and cardiovascular disease. *J Toxicol* 2011; 2011: 870125
- 6) Korea Food & Drug Administration. Cadmium. 2010 Dec. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdportal/infodangerseries/>
- 7) Korea Food & Drug Administration. Lead, Pb. 2010 Dec. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdportal/infodangerseries/>
- 8) Korea Food & Drug Administration. Methylmercury. 2010 Dec. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdportal/infodangerseries/>
- 9) National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. Dietary intake and risk assessment of heavy metals. Cheongwon; 2009
- 10) Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Cheongwon; 2009
- 11) Ohn YH, Park JD, Choi BS, Hong YP, Chang IW. Blood cadmium and zinc and urinary N-acetyl-β-D-glucosaminidase activity in rural residents not exposed to cadmium. *Chung-Ang J Med* 1995; 20(4): 333-350
- 12) Peters JL, Perlstein TS, Perry MJ, McNeely E, Weuve J. Cadmium exposure in association with history of stroke and heart failure. *Environ Res* 2010; 110(2): 199-206
- 13) Mozaffarian D, Longstreth WT Jr, Lemaitre RN, Manolio TA, Kuller LH, Burke GL, Siscovick DS. Fish consumption and stroke risk in elderly individuals: the cardiovascular health study. *Arch Intern Med* 2005; 165(2): 200-206
- 14) Yamagishi K, Iso H, Date C, Fukui M, Wakai K, Kikuchi S, Inaba Y, Tanabe N, Tamakoshi A; Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer Risk Study Group. Fish, omega-3 polyunsaturated fatty acids, and mortality from cardiovascular diseases in a nationwide community-based cohort of Japanese men and women the JACC (Japan Collaborative Cohort Study for Evaluation of Cancer Risk) Study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52(12): 988-996
- 15) Mozaffarian D, Lemaitre RN, Kuller LH, Burke GL, Tracy RP, Siscovick DS; Cardiovascular Health Study. Cardiac benefits of fish consumption may depend on the type of fish meal consumed: the Cardiovascular Health Study. *Circulation* 2003; 107(10): 1372-1377
- 16) Zhang J, Sasaki S, Amano K, Kesteloot H. Fish consumption and mortality from all causes, ischemic heart disease, and stroke: an ecological study. *Prev Med* 1999; 28(5): 520-529
- 17) Abelson A, Vanderlinden LD, Scott F, Archbold JA, Brown TL. Healthy fish consumption and reduced mercury exposure: counseling women in their reproductive years. *Can Fam Physician* 2011; 57(1): 26-30
- 18) Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ; American Heart Association, Nutrition Committee. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation* 2002; 106(21): 2747-2757
- 19) Kim YA, Kim YN, Cho KD, Kim MY, Kim EJ, Baek OH, Lee BH. Blood heavy metal concentrations of Korean adults by sea-

- food consumption frequency: using the fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV), 2008. *Korean J Nutr* 2011; 44(6): 518-526
- 20) Lee SR, Lee MG. Contamination and risk analysis of heavy metals on Korean foods. *J Food Hyg Saf* 2001; 16(4): 324-332
- 21) Vupputuri S, Longnecker MP, Daniels JL, Guo X, Sandler DP. Blood mercury level and blood pressure among US women: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2000. *Environ Res* 2005; 97(2): 195-200
- 22) Wennberg M, Bergdahl IA, Stegmayr B, Hallmans G, Lundh T, Skerfving S, Strömberg U, Vessby B, Jansson JH. Fish intake, mercury, long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and risk of stroke in northern Sweden. *Br J Nutr* 2007; 98(5): 1038-1045
- 23) Kim NS, Lee BK. National estimates of blood lead, cadmium, and mercury levels in the Korean general adult population. *Int Arch Occup Environ Health* 2011; 84(1): 53-63
- 24) Salonen JT, Seppänen K, Nyyssönen K, Korpela H, Kauhanen J, Kantola M, Tuomilehto J, Esterbauer H, Tatzber F, Salonen R. Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in eastern Finnish men. *Circulation* 1995; 91(3): 645-655
- 25) Kim DS, Lee EH, Yu SD, Cha JH, Ahn SC. Heavy metal as risk factor of cardiovascular disease : an analysis of blood lead and urinary mercury. *J Prev Med Public Health* 2005; 38(4): 401-407
- 26) Agarwal S, Zaman T, Tuzcu EM, Kapadia SR. Heavy metals and cardiovascular disease: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2006. *Angiology* 2011; 62(5): 422-429
- 27) Eum KD, Lee MS, Paek D. Cadmium in blood and hypertension. *Sci Total Environ* 2008; 407(1): 147-153
- 28) Ministry of Environment. White paper of environment. Gwacheon; 2004
- 29) Weinhold B. Environmental cardiology: getting to the heart of the matter. *Environ Health Perspect* 2004; 112(15): A880-A887
- 30) Navas-Acien A, Guallar E, Silbergeld EK, Rothenberg SJ. Lead exposure and cardiovascular disease--a systematic review. *Environ Health Perspect* 2007; 115(3): 472-482
- 31) Virtanen JK, Voutilainen S, Rissanen TH, Mursu J, Tuomainen TP, Korhonen MJ, Valkonen VP, Seppänen K, Laukkanen JA, Salonen JT. Mercury, fish oils, and risk of acute coronary events and cardiovascular disease, coronary heart disease, and all-cause mortality in men in eastern Finland. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005; 25(1): 228-233
- 32) Statistics Korea. Deaths and causes of death in 2009. Daejeon; 2009
- 33) Ministry of Health & Welfare. Korea health statistics, Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-3). Seoul; 2009
- 34) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Cheongwon; 2008
- 35) Ministry of Environment. The study of blood heavy metal concentration of Korean. Gwacheon; 2005
- 36) Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. Fourth national report on human exposure to environmental chemicals. Atlanta; 2009
- 37) Son JY, Lee J, Paek D, Lee JT. Blood levels of lead, cadmium, and mercury in the Korean population: results from the Second Korean National Human Exposure and Bio-monitoring Examination. *Environ Res* 2009; 109(6): 738-744
- 38) McKelvey W, Gwynn RC, Jeffery N, Kass D, Thorpe LE, Garg RK, Palmer CD, Parsons PJ. A biomonitoring study of lead, cadmium, and mercury in the blood of New York city adults. *Environ Health Perspect* 2007; 115(10): 1435-1441
- 39) Tellez-Plaza M, Navas-Acien A, Crainiceanu CM, Guallar E. Cadmium exposure and hypertension in the 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Environ Health Perspect* 2008; 116(1): 51-56
- 40) Eun JK, Lee WS. Mercury contents of human scalp hair by the consumption pattern in fish. *Korean J Sanit* 2000; 15(3): 8-14
- 41) Luoma PV, Näyhä S, Pyy L, Hassi J. Association of blood cadmium to the area of residence and hypertensive disease in Arctic Finland. *Sci Total Environ* 1995; 160-161: 571-575
- 42) Lee B, Ha J. The Effects of smoking and drinking on blood lead and cadmium levels: data from the fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean J Occup Environ Med* 2011; 23(1): 31-41
- 43) Briganti EM, Branley P, Chadban SJ, Shaw JE, McNeil JJ, Welborn TA, Atkins RC. Smoking is associated with renal impairment and proteinuria in the normal population: the AusDiab kidney study. *Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study. Am J Kidney Dis* 2002; 40(4): 704-712
- 44) Pocock SJ, Shaper AG, Walker M, Wale CJ, Clayton B, Delves T, Lacey RF, Packham RF, Powell P. Effects of tap water lead, water hardness, alcohol, and cigarettes on blood lead concentrations. *J Epidemiol Community Health* 1983; 37(1): 1-7
- 45) Iso H, Rexrode KM, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Hennekens CH, Willett WC. Intake of fish and omega-3 fatty acids and risk of stroke in women. *JAMA* 2001; 285(3): 304-312
- 46) Xun P, Hou N, Daviglus M, Liu K, Morris JS, Shikany JM, Sidney S, Jacobs DR, He K. Fish oil, selenium and mercury in relation to incidence of hypertension: a 20-year follow-up study. *J Intern Med* 2011; 270(2): 175-186
- 47) Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. Monitoring of heavy metals in fishes in Korea - As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, total Hg. *Korean J Food Sci Technol* 2007; 39(4): 353-359