

국민건강영양조사 제4기 2차년도 (2008)를 이용한 어패류 섭취빈도에 따른 한국 성인의 혈중 중금속 농도 조사

김영아¹ · 김영남² · 조경동³ · 김미영¹ · 김은진¹ · 백옥희⁴ · 이복희^{1§}

중앙대학교 자연과학대학 식품영양학과,¹ 덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과,² 푸드원텍(주),³ 디미(주)⁴

Blood Heavy Metal Concentrations of Korean Adults by Seafood Consumption Frequency: Using the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV), 2008

Kim, Young A¹ · Kim, Young-Nam² · Cho, Kyung-Dong³ · Kim, Mi Young¹
Kim, Eun Jin¹ · Baek, Ok-Hee⁴ · Lee, Bog-Hieu^{1§}

¹Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

²Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea

³Department of Planning, FOOD ONE TECH Co., Ltd, Seoul 153-787, Korea

⁴DIMI Co Ltd, Anseong 456-749, Korea

ABSTRACT

To determine blood heavy metal concentrations by seafood consumption in Korean adults, blood cadmium, mercury, and lead concentrations in a representative sample of 1,709 Koreans participated in the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KHANES IV-2) in 2008 were analyzed by age and seafood consumption frequency. The mean blood cadmium, mercury, and lead concentrations were $1.14 \pm 0.73 \mu\text{g/L}$, $5.50 \pm 3.83 \mu\text{g/L}$, and $2.56 \pm 1.22 \mu\text{g/dL}$, respectively. The subjects aged ≥ 50 years had significantly higher blood cadmium concentrations than the subjects aged 20~39 years. Blood mercury concentrations of the 50's were significantly higher than those of the 20's and 30's ($p < 0.05$). Approximately, 43% of males and 22% of females had blood mercury concentrations $> 5.8 \mu\text{g/L}$ which is a blood mercury level equivalent to the current Reference Dose. Only 2 subjects had lead concentrations $> 10 \mu\text{g/dL}$, the standard lead level by the Centers for Disease Control and Prevention, USA. The subjects consuming pollock, mackerel, anchovy, corvina, shellfish, and salted seafood at least once a week had significantly higher mercury concentrations than the subjects consuming those seafoods less than once a month. However, there were no clear relationships between blood cadmium and lead concentrations and seafood consumption frequencies. (Korean J Nutr 2011; 44(6): 518 ~ 526)

KEY WORDS: seafood frequency, KNHANES IV, Cd, Hg, Pb.

서 론

무기금속원소 중 철 (Fe), 아연 (Zn), 구리 (Cu), 코발트 (Co)와 같이 미량이지만 인체에 필수 불가결한 것이 있는 반면, 비소 (As), 카드뮴 (Cd), 수은 (Hg), 납 (Pb)과 같은 중금속 원소는 극미량이라도 인체에 매우 해로운 영향을 끼치는 것

이 있다. 비소, 카드뮴, 수은, 납은 환경오염성 유해중금속으로서 동식물 생육과정 중에 오염되어 인체에 독성을 나타내는 중금속이다. 일반적으로 중금속은 식품, 물, 공기 등을 통하여 인체에 소량 유입되는 경향이 있지만 오염된 환경에서 먹이사슬과정을 통해 중금속이 농축된 생선을 지속적으로 섭취하는 경우, 체내에 중금속이 축적되어 여러 가지 질병을 유발시킨다.¹⁾ 대표적인 중금속 중독에는 일본에서 발생한 수은 중독에 의한 미나마타병과 카드뮴중독으로 인한 이타이이타이병이 있다. 미나마타병은 수은이 함유된 폐수가 바다로 유입되어 생물농축으로 인한 생선을 사람이 섭취하여 나타난 대표적인 질병이며, 이타이이타이병은 광산에서 유출된 카드뮴이

접수일: 2011년 9월 21일 / 수정일: 2011년 10월 18일

채택일: 2011년 12월 5일

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: lbheelb@cau.ac.kr

강으로 흘러들어 오염된 물을 섭취하여 나타난 질병이다.²⁾

우리나라에서는 서구화된 식생활로 인해 육류섭취가 증가되면서 비만, 고혈압, 동맥경화, 이상지질혈증 및 심혈관계 질환의 발병이 증가하고 있으며, 중·장년층 및 노년층과 젊은 층에 걸쳐 사회적으로 큰 문제가 되고 있다. 한편, 어패류는 육류에 비해 열량이 낮고 단백질은 영양적 가치가 우수하며, 오메가-3 지방산 함량이 높아 심혈관질환 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다. 따라서 미국심장협회(American Heart Association)에서는 일주일에 적어도 두 번 생선을 섭취하도록 권장하고 있고,³⁾ 전 세계적으로도 생선섭취가 증가되는 추세이다. 특히, 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여져 있어 일본 등과 함께 다른 나라에 비해 어패류 섭취량이 비교적 높은 편이다. 그러나 최근 근래에 연안해수의 오염으로 인해 해역에 유입된 중금속은 먹이사슬을 통하여 생선에 축적이 되고 이를 사람이 섭취하게 됨으로써 잠재적으로 중금속에 노출되는 결과를 초래하고 있다.²⁾ Smith 등⁴⁾이 발표한 미국의 1999~2002 NHANES(National Health and Nutrition Examination Survey)를 이용한 16~49세 여성의 심혈관질환 위험지표와 혈중 수은 농도, 생선 섭취에 관한 연구에 따르면, 한 달에 1~4회, 5~8회, 9회 이상 생선을 섭취하는 대상자의 혈중 수은 농도를 비교한 결과, 9회 이상 섭취하는 대상자의 혈중 수은 농도가 4.2 µg/L로 1~4회 섭취하는 군의 1.6 µg/L와 비교하여 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 또한, 임신부가 생선을 많이 섭취하는 경우 생선에 함유된 중금속이 태아에게까지 영향을 미쳐 태아출생 후에 뇌신경 발달장애를 일으킬 수 있다고 알려져 있다.⁵⁾ 비록 어패류가 필수 아미노산과 오메가-3 지방산을 풍부하게 함유하고 있어 학령기 아동 및 청소년의 성장과 두뇌발달 및 시력증진에 긍정적인 영향을 끼친다고 알려져 있으나 중금속에 오염된 어패류를 장기간 섭취한다면 태아와 아동의 건강에 매우 부정적인 영향을 끼칠 수 있을 것으로 보인다.⁶⁾

우리나라 산업안전보건법에 의하면 작업환경 유해물질인 카드뮴과 그 화합물의 허용농도를 혈중 1.0 µg/L 미만을 기준으로 하고 있으나,⁷⁾ 수은과 납의 일반적인 혈중 기준치는 정해져 있지 않다. 다만, 식품공전에만 카드뮴은 패류에 2.0 mg/kg 수은은 0.5 mg/kg, 납은 수산물에 0.5 µg/kg, 연체류에 0.2 µg/kg을 초과해서는 안 된다는 것으로 정하고 있다.^{8,9)} 1986년 FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가회의(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)에서는 성인 1인 1일 당 납의 잠정섭취허용량을 3.5 µg/kg/day로 정하였다.⁹⁾ 반면에 외국의 수은관리 규격에서 일본은 심해성 어류를 제외한 어패류에 0.4 mg/kg를 기준으로 하고 있고, EU는 어류에 0.5 mg/kg, 육식성과 같은 어류에 1.0 mg/kg를 기준으로 한다.¹⁰⁾ 외국의 경우, 어패류가 건강식품으로 알려지면서 그 섭취가 증

가함에 따라 어패류 섭취와 중금속 위험에 관하여 성장기 아동, 일반인, 임신부 및 태아를 대상으로 많은 연구가 실시되고 있으나, 우리나라에서는 어패류 자체의 중금속 함량에 대한 연구가 대부분으로 어패류 내 중금속 농도를 제시하는 데에만 초점이 맞춰져 있다. 따라서 본 연구는 국민건강영양조사 제4기 2차년도(2008) 자료를 활용하여 어패류 섭취 현황을 파악하고 수은을 포함한 카드뮴, 납의 혈중 농도와 어패류 섭취와의 관련성을 연구하여 어패류 섭취에 따른 혈중 카드뮴, 수은, 납의 수준을 파악하고자 하였다.

연구 방법

조사대상자

본 연구는 국민건강영양조사 제4기 2차년도(2008) 참여자를 대상으로 조사하였다. 국민건강영양조사 전체참여자 9,744명 중에 영양조사 항목의 조사 하루 전 식사섭취내용(24시간 회상법), 63개 식품 항목에 대한 식품섭취빈도조사, 그리고 혈액검사 결과를 이용하여 혈중 중금속이 발견된 20세 이상 성인 1,709명(남자 795명, 여자 914명)을 대상으로 연구하였다.¹¹⁾ 혈중 중금속 검사는 20세 이상 성인을 대상으로 이루어 졌으며, 본 연구에서는 연령 증가에 따라 혈중 중금속 농도를 확인하기 위해 연구대상자는 연령대별로 20대, 30대, 40대, 50대, 60대, 70세 이상으로 분류한 후 연령대별 비교를 실시하였다.

조사방법

본 연구는 2008년도 1~12월에 시행된 국민건강영양조사 제4기 2차년도(2008) 자료를 바탕으로 조사하였으며, 국민건강영양조사는 건강설문조사, 영양조사, 검진조사로 이루어 졌다. 영양조사의 24시간 회상법을 이용하여 대상자들의 에너지 및 영양소 섭취량을 평가하였고, 식품섭취빈도조사를 이용하여 어패류 섭취빈도를 조사하였다. 그리고 검진조사의 신체측정 측정결과를 이용하여 연령에 따른 신체건강 상태를 평가하였으며, 혈액검사결과를 이용하여 중금속이 검출된 만 20세 이상 성인 1,709명의 혈중 카드뮴, 수은, 납의 농도를 비교, 조사하였다.

혈중 중금속 농도는 수은의 경우, 골드아말감법, 납과 카드뮴은 원자흡광광도법을 이용하여 분석된 혈액자료를 이용하였다.¹¹⁾ 현재 우리나라에서는 혈중 중금속 농도에 대한 기준치가 마련되어 있지 않아, 혈중 수은농도는 미국 환경청(U.S. Environmental Protection Agency)의 허용기준인 5.8 µg/L 이하를 기준으로 혈중 수은농도를 평가하였다.¹²⁾ 마찬가지로 성인에 대한 혈중 카드뮴과 납 농도 기준치 역시 설정되어있지 않아, 혈중 카드뮴 농도는 산업안전보건법에 의한 작업환경 유해

물질의 허용농도를 이용하여 카드뮴과 그 화합물의 혈중 1.0 µg/L 미만을 기준으로 이용하여 평가하였으며,⁷⁾ 혈중 납 농도는 미국 질병통제예방센터 (Centers for Disease Control and Prevention)의¹³⁾ 아동 혈중 납 권고치 10 µg/dL를 이용하여 대상자의 혈중 납 농도를 평가하였다.

어패류 섭취빈도 분석에 사용된 국민건강영양조사의 식품 섭취빈도 조사항목 중 어패류 항목은 총 9가지로 고등어, 참치, 조기 (굴비포함), 명태 (북어, 동태, 코다리 포함), 멸치, 어묵류, 오징어, 조개류, 젓갈류로 구분되어 있으며, 본 연구에서는 어묵을 제외한 8가지 종류의 어패류 항목을 중심으로 조사하였다. 국민건강영양조사 식품섭취조사지의 어패류 섭취빈도는 하루에 1회, 2회, 3회와 일주일에 1회, 2~3회, 1년에 6~11회, 그리고 거의 안 먹음으로 세분화 되어있으나, 어패류 섭취빈도에서 하루에 1회 섭취한다고 답한 대상자 수와 거의 안 먹는다고 답한 대상자 수의 인원수가 적어 Kim 등¹⁴⁾의 연구를 참고하여 국민건강영양조사의 세분화 되었던 식품섭취빈도를 ‘한 달에 1회 이하’, ‘한 달에 2~3회’, ‘일주일에 1회 이상’ 세 그룹으로 나누어 분석하였다.

통계처리

모든 자료의 통계 분석은 SAS (Statistical Analysis System)

통계 프로그램 (version 9.1.3)을 이용하여 분석하였으며, 결과는 평균과 표준편차 (mean ± SD)로 표시하였다. 연령에 따른 영양섭취, 신체계측, 생화학 검사결과와 연령 및 성별에 따른 혈중 중금속 농도, 그리고 연령에 따른 섭취빈도와 중금속 농도의 그룹 간 평균 비교를 위해 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다 ($p < 0.05$).

결 과

연구대상자의 일반적 특징

연구대상자의 일반적 특징은 국민건강영양조사의 24시간 회상법을 이용한 에너지 및 영양소 섭취결과와 검진조사의 신체계측과 임상검사 결과를 Table 1에 나타내었다. 전체 1,709명 중 남자는 795명, 여자는 914명이었으며, 남자 평균 연령은 47 ± 16 세였고, 여자 평균 연령은 45 ± 15 세였다. 대상자의 에너지와 단백질 섭취 결과는 20~50대가 60대, 70대 이상과 비교하였을 때 유의하게 높았다 ($p < 0.05$). 신체계측에서 20대의 신장, 체중, 체질량지수 (Body Mass Index, BMI)는 20대가 30대 이상과 비교하였을 때 유의하게 높았다 ($p < 0.05$). 생화학 검사의 헤모글로빈과 헤마토크릿수치는 30대 이상이 20대 보다 유의하게 낮았으며 ($p < 0.05$), 30대 이상이 20대보

Table 1. General characteristics by age for the Korean adults aged ≥ 20 years included in KNHANES IV, 2008¹⁾

	Age (years)						Total
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	≥ 70	
Men (n)	139	154	156	156	108	82	795
Women (n)	168	188	186	187	130	55	914
Nutrient intakes							
Energy (kcal/d)	1927.7 ± 799.9 ^a	1952.6 ± 894.5 ^a	1938.7 ± 816.4 ^a	1846.2 ± 737.1 ^a	1605.8 ± 576.8 ^b	1492.0 ± 484.1 ^b	1838.8 ± 777.4
Protein (g/d)	70.3 ± 38.0 ^a	68.7 ± 35.8 ^a	71.3 ± 37.9 ^a	65.4 ± 33.1 ^a	54.81 ± 26.8 ^b	49.12 ± 22.5 ^b	65.39 ± 34.8
Fat (g/d)	45.6 ± 30.1 ^a	43.0 ± 34.5 ^{ab}	38.7 ± 34.9 ^b	30.9 ± 26.9 ^c	24.03 ± 18.3 ^d	18.58 ± 14.8 ^e	35.62 ± 30.4
Carbohydrate (g/d)	291.3 ± 119.4 ^{bc}	308.5 ± 129.1 ^{ab}	314.6 ± 113.8 ^{ab}	318.6 ± 120.5 ^a	288.9 ± 98.5 ^{bc}	275.4 ± 89.1 ^c	303.3 ± 116.4
Anthropometric measurements							
Height (cm)	167.3 ± 8.3 ^a	165.0 ± 8.2 ^b	163.0 ± 8.4 ^c	160.9 ± 8.4 ^b	158.8 ± 8.5 ^e	158.7 ± 8.6 ^e	162.8 ± 8.9
Weight (kg)	64.3 ± 13.7 ^a	63.8 ± 12.4 ^{ab}	63.2 ± 10.5 ^{ab}	63.0 ± 9.49 ^{ab}	61.4 ± 10.2 ^b	59.3 ± 9.34 ^c	62.9 ± 11.3
BMI (kg/m ²) ²⁾	22.8 ± 3.8 ^c	23.2 ± 3.4 ^{bc}	23.6 ± 2.9 ^{ab}	24.2 ± 2.72 ^a	24.3 ± 3.2 ^a	23.5 ± 3.31 ^{ab}	23.6 ± 3.2
Biochemical measurements							
Hemoglobin (g/dL)	14.1 ± 1.5 ^a	13.9 ± 1.7 ^{ab}	13.9 ± 1.5 ^{ab}	14.0 ± 1.34 ^{ab}	13.7 ± 1.3 ^b	13.8 ± 1.5 ^{ab}	13.9 ± 1.5
Hematocrit (%)	41.7 ± 3.9 ^a	41.0 ± 4.3 ^{ab}	41.2 ± 3.8 ^{ab}	41.3 ± 3.63 ^{ab}	40.6 ± 3.6 ^b	40.9 ± 4.1 ^{ab}	41.2 ± 3.9
Triglyceride (mg/dL)	102.5 ± 73.9 ^b	130.8 ± 119.9 ^a	150.0 ± 157.6 ^a	147.7 ± 121.38 ^a	139.2 ± 79.8 ^a	148.0 ± 88.0 ^a	135.5 ± 116.4
Cholesterol (mg/dL)	173.1 ± 30.8 ^c	184.5 ± 33.5 ^b	190.4 ± 33.8 ^{ab}	197.8 ± 38.72 ^a	190.3 ± 36.2 ^{ab}	192.5 ± 38.3 ^a	187.8 ± 35.8
HDL-cholesterol (mg/dL)	55.8 ± 13.0 ^a	52.2 ± 13.1 ^b	51.6 ± 12.4 ^b	51.6 ± 12.07 ^b	47.9 ± 12.8 ^c	48.2 ± 12.5 ^c	51.7 ± 12.9

1) Values are means ± SD. Means within a row not sharing the same superscript letters differ significantly ($p < 0.05$) 2) Body Mass Index

다 혈중 중성지방, 혈중 콜레스테롤이 유의적으로 높은 것으로 나타났고, HDL-콜레스테롤은 30대 이상이 20대보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

연령과 성별에 따른 혈중 중금속 농도

연령과 성별에 따른 혈중 중금속 농도를 분석한 결과는 Table 2에 제시하였다.

전체 조사대상자의 평균 혈중 카드뮴 농도는 $1.14 \pm 0.73 \mu\text{g/L}$, 수은 농도는 $5.50 \pm 3.83 \mu\text{g/L}$, 납 농도는 $2.56 \pm 1.22 \mu\text{g/dL}$ 이었다. 성별에 따른 혈중 평균 중금속 농도를 살펴보면, 카드뮴 농도는 여자가 $1.22 \pm 0.79 \mu\text{g/L}$ 로 남자 $1.04 \pm 0.64 \mu\text{g/L}$ 보다 유의하게 높게 나타났다. 수은은 남자 $6.46 \pm 4.33 \mu\text{g/L}$ 로 여자 $4.65 \pm 3.10 \mu\text{g/L}$ 보다 유의적으로 높았으며, 납의 경우 남자가 $3.04 \pm 1.35 \mu\text{g/dL}$ 로 여자 $2.15 \pm 0.91 \mu\text{g/dL}$ 보다 유의하게 높은 결과를 나타냈다 ($p < 0.05$).

성별과 연령에 따른 혈중 카드뮴, 수은, 납 농도를 살펴보면, 혈중 카드뮴 농도의 경우, 남자의 50대, 60대, 70대 이상 ($1.19 \pm 0.66, 1.25 \pm 0.74, 1.28 \pm 0.71 \mu\text{g/L}$)이 20대, 30대, 40대 ($0.70 \pm 0.40, 0.96 \pm 0.59, 0.98 \pm 0.58 \mu\text{g/L}$)와 비교하여 유의적으로 높았고, 여자는 40대, 50대, 60대, 70대 이상 ($1.35 \pm 0.70, 1.51 \pm 0.91, 1.50 \pm 0.71, 1.51 \pm 0.86 \mu\text{g/L}$)이 20대와 30대 ($0.65 \pm 0.37, 1.04 \pm 0.72 \mu\text{g/L}$)와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다 ($p < 0.05$).

혈중 수은 농도의 경우, 남자 40대와 50대 ($7.65 \pm 5.42, 7.81 \pm 4.90 \mu\text{g/L}$)가 20대와 30대 ($5.07 \pm 2.76, 6.03 \pm 3.38 \mu\text{g/L}$)에 비해 유의적으로 높았으며, 여자는 50대 ($5.26 \pm 3.47 \mu\text{g/L}$)가 20대, 30대, 40대 ($4.10 \pm 2.37, 4.24 \pm 2.58, 5.08 \pm 3.20 \mu\text{g/L}$)와 비교하여 유의하게 높은 결과를 나타냈다 ($p < 0.05$).

납에서는 남자 50대 ($3.45 \pm 2.02 \mu\text{g/dL}$)가 20대와 30대 ($2.35 \pm 0.86, 2.91 \pm 1.19 \mu\text{g/dL}$)와 비교하여 유의적으로 높았고, 여자는 50대, 60대, 70대 이상 ($2.55 \pm 0.94, 2.31 \pm 0.94, 2.54 \pm 1.06 \mu\text{g/dL}$)이 20대 ($1.80 \pm 0.84 \mu\text{g/dL}$)와 비교하여 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

산업안전보건법에 의한 작업환경 유해물질 허용농도인 카드

뮴과 그 화합물 $1.0 \mu\text{g/L}$ 이상인 대상자와 미국 환경청의 혈중 수은 허용기준 농도 $5.8 \mu\text{g/L}$ 을 초과하는 대상자의 비율을 Fig. 1에 나타냈다. 전체 대상자 1,709명 중 작업환경 유해물질인 카드뮴의 허용농도 $1.0 \mu\text{g/L}$ 이상인 대상자는 49.3%였으며, 남자는 41.5%가 카드뮴에 대한 작업환경 유해물질 허용농도 이상인 것으로 나타났고, 여자는 56%가 넘는 것으로 나타났다. 또한 전체 대상자 1,709명 중 미국 환경청의 혈중 수은 허용기준인 $5.8 \mu\text{g/L}$ 을 넘는 비율은 31.4%였으며, 남자 중에는 42.8%가 혈중 수은 허용기준을 초과하는 것으로 나타났고, 여자의 경우에는 21.6%가 초과하는 것으로 나타났다. 납은 미국 질병통제예방센터의 아동권고치 $10 \mu\text{g/dL}$ 를 기준으로 전체 조사대상자 1,709명 중 2명만이 $10 \mu\text{g/dL}$ 을 넘는 것으로 조사되었다. 어패류 종류와 섭취 빈도에 따른 혈중 수은농도 분포를 Fig. 2에 나타냈다. 명태, 조기, 조개류, 젓갈류를 일주일에 1회 이상 섭취한다고 답한 대상자는 각각 8%, 11.2%, 9.5%, 9.2%로 미국 환경청의 혈중 수은 허용기준 $5.8 \mu\text{g/L}$ 을 넘는 것으로 나타났다. 그러나 한 달에 1회 이하, 한

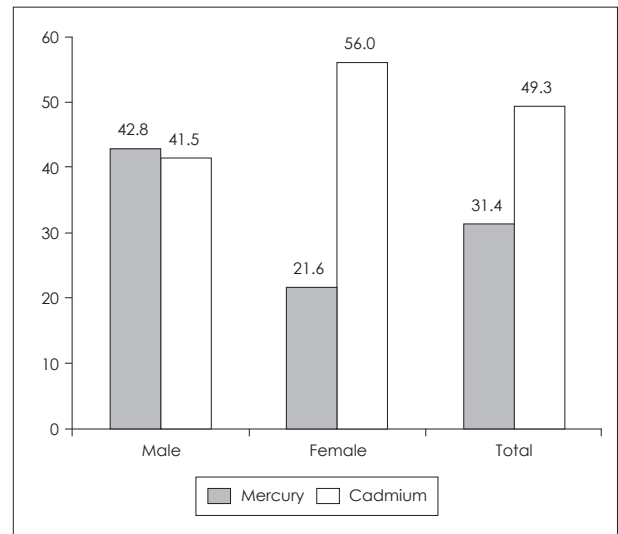


Fig. 1. Percentages of subjects having blood cadmium concentrations $\geq 1.0 \mu\text{g/L}$ and mercury concentrations $> 5.8 \mu\text{g/L}$ in KNHANES IV, 2008.

Table 2. Blood heavy metal concentrations by age and gender in KNHANES IV, 2008¹⁾

Heavy metal	Gender	Age (years)						Total
		20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	≥ 70	
Cd ($\mu\text{g/L}$)	Male	0.70 ± 0.40^c	0.96 ± 0.59^b	0.98 ± 0.58^b	1.19 ± 0.66^a	1.25 ± 0.74^a	1.28 ± 0.71^a	1.04 ± 0.64^b
	Female	0.65 ± 0.37^c	1.04 ± 0.72^b	1.35 ± 0.70^a	1.51 ± 0.91^a	1.50 ± 0.71^a	1.51 ± 0.86^a	1.22 ± 0.79^a
Hg ($\mu\text{g/L}$)	Male	5.07 ± 2.76^b	6.03 ± 3.38^b	7.65 ± 5.42^a	7.81 ± 4.90^a	6.02 ± 3.73^b	5.42 ± 4.25^b	6.46 ± 4.33^a
	Female	4.10 ± 2.37^{bc}	4.24 ± 2.58^{bc}	5.08 ± 3.20^{ab}	5.26 ± 3.47^a	4.78 ± 3.66^{abc}	3.96 ± 3.10^c	4.65 ± 3.10^b
Pb ($\mu\text{g/dL}$)	Male	2.35 ± 0.86^d	2.91 ± 1.19^c	3.02 ± 0.96^{bc}	3.45 ± 2.02^a	3.39 ± 1.13^{ab}	3.27 ± 1.15^{abc}	3.04 ± 1.35^a
	Female	1.80 ± 0.84^d	1.89 ± 0.70^{cd}	2.10 ± 0.83^{bc}	2.55 ± 0.94^a	2.31 ± 0.94^a	2.54 ± 1.06^a	2.15 ± 0.91^b

1) Values are means \pm SD. Means within a row not sharing the same superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

달에 2~3회 명태, 고등어, 참치, 멸치, 조기, 오징어, 조개류, 젓갈류를 섭취하는 군과 일주일에 1회 이상 고등어, 참치, 멸치, 오징어를 섭취하는 군에서는 미국 환경청의 혈중 수은 허용기준 5.8 µg/L을 넘지 않는 것으로 조사되었다.

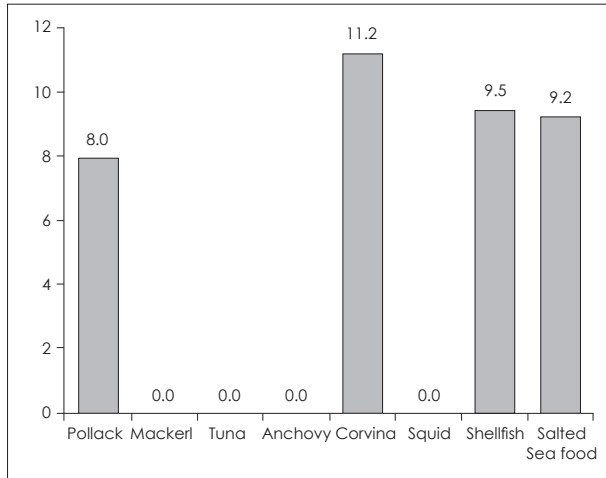


Fig. 2. Percentages of the subjects consuming fish and shellfish at least once a week with blood mercury concentrations over 5.8 µg/L in KNHANES IV, 2008.

어패류 섭취빈도에 따른 혈중 중금속 농도

어패류 종류별 섭취빈도에 따른 혈중 중금속 농도 결과는 Table 3에 제시하였다. 혈중 카드뮴 농도의 경우, 참치와 오징어에서 ‘한 달에 1회 이하’ 섭취한다고 답한 군이 ‘한 달에 2~3회’, ‘일주일에 1회 이상’ 섭취한다고 답한 군에 비해 유의하게 높은 결과를 나타냈으나 ($p < 0.05$), 이 외의 어패류에서는 유의적인 결과가 나타나지 않았다.

혈중 수은 농도의 경우, 명태는 ‘일주일에 1회 이상 ($6.35 \pm 4.40 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군이 ‘한 달에 1회 이하 ($4.97 \pm 3.41 \mu\text{g/L}$)’, ‘한 달에 2~3회 ($5.54 \pm 3.82 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군에 비하여 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 고등어는 ‘일주일에 1회 이상 ($5.78 \pm 3.61 \mu\text{g/L}$)’, ‘한 달에 2~3회 ($5.53 \pm 3.97 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군이 ‘한 달에 1회 이하 ($4.92 \pm 3.85 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군과 비교하여 혈중수은의 농도가 유의하게 높았으며, 멸치는 ‘일주일에 1회 이상 ($5.69 \pm 4.13 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군이 ‘한 달에 1회 이하 ($4.93 \pm 3.98 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군에 비하여 유의적으로 높은 결과를 나타냈다 ($p < 0.05$). 조기는 ‘일주일에 1회 이상 ($5.92 \pm 3.91 \mu\text{g/L}$)’, ‘한 달에 2~3회 ($5.60 \pm 3.90 \mu\text{g/L}$)’ 섭취하는 군이 ‘한 달에 1회 이하 ($5.05 \pm 3.64 \mu\text{g/L}$)’

Table 3. Blood heavy metal concentrations by the frequency of the selected seafood in KNHANES IV, 2008¹⁾

Heavy metal	Variable	Less than once a month	Two to three times per month	At least once a week
Cd (µg/L)	Pollack	1.09 ± 0.69 (565)	1.15 ± 0.75 (837)	1.18 ± 0.72 (307)
	Mackerel	1.12 ± 0.68 (343)	1.14 ± 0.77 (754)	1.14 ± 0.70 (612)
	Tuna	1.27 ± 0.77 (779) ^a	1.04 ± 0.73 (578) ^b	1.01 ± 0.58 (352) ^b
	Anchovy	1.15 ± 0.73 (221)	1.08 ± 0.73 (430)	1.15 ± 0.73 (1058)
	Corvina	1.12 ± 0.66 (573)	1.12 ± 0.79 (704)	1.19 ± 0.70 (432)
	Squid	1.26 ± 0.78 (632) ^a	1.05 ± 0.70 (699) ^b	1.09 ± 0.66 (378) ^b
	Shellfish	1.11 ± 0.71 (870)	1.14 ± 0.71 (474)	1.20 ± 0.79 (365)
	Salted seafood	1.15 ± 0.72 (651)	1.11 ± 0.71 (701)	1.17 ± 0.76 (357)
	Hg (µg/L)	Pollack	4.97 ± 3.41 (565) ^c	5.54 ± 3.82 (837) ^b
Mackerel		4.92 ± 3.85 (343) ^b	5.53 ± 3.97 (754) ^a	5.78 ± 3.61 (612) ^a
Tuna		5.65 ± 3.94 (779)	5.43 ± 3.76 (578)	5.26 ± 3.68 (352)
Anchovy		4.93 ± 3.98 (221) ^b	5.32 ± 3.41 (430) ^{ab}	5.69 ± 4.13 (1058) ^a
Corvina		5.05 ± 3.64 (573) ^b	5.60 ± 3.90 (704) ^a	5.92 ± 3.91 (432) ^a
Squid		5.32 ± 3.71 (632)	5.53 ± 3.87 (699)	5.72 ± 3.95 (378)
Shellfish		5.06 ± 3.76 (870) ^c	5.68 ± 3.78 (474) ^b	6.30 ± 3.91 (365) ^a
Salted seafood		5.12 ± 3.84 (651) ^b	5.56 ± 3.82 (701) ^b	6.05 ± 3.75 (357) ^a
Pb (µg/dL)		Pollack	2.43 ± 1.23 (565) ^b	2.60 ± 1.22 (837) ^a
	Mackerel	2.56 ± 1.14 (343)	2.63 ± 1.27 (754)	2.48 ± 1.19 (612)
	Tuna	2.79 ± 1.25 (779) ^a	2.45 ± 1.29 (578) ^b	2.26 ± 0.91 (325) ^c
	Anchovy	2.72 ± 1.86 (221)	2.54 ± 1.10 (430)	2.54 ± 1.09 (1058)
	Corvina	2.60 ± 1.16 (573)	2.54 ± 1.27 (704)	2.56 ± 1.21 (432)
	Squid	2.65 ± 1.29 (632) ^a	2.53 ± 1.22 (699) ^{ab}	2.47 ± 1.07 (378) ^b
	Shellfish	2.40 ± 1.04 (870) ^c	2.64 ± 1.12 (474) ^b	2.85 ± 1.61 (365) ^a
	Salted seafood	2.57 ± 1.16 (651)	2.57 ± 1.32 (701)	2.55 ± 1.13 (357)

1) Values are means ± SD (n) by seafood consumption. Means within a row not sharing the same superscript letters differ significantly ($p < 0.05$)

섭취하는 군과 비교하여 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 조개와 젓갈 또한 '일주일에 1회 이상 (6.30 ± 3.91 , $6.05 \pm 3.75 \mu\text{g/L}$)' 섭취하는 군이 '한 달에 1회 이하 (5.06 ± 3.76 , $5.12 \pm 3.84 \mu\text{g/L}$)', '한 달에 2~3회 (5.68 ± 3.78 , $5.56 \pm 3.82 \mu\text{g/L}$)' 섭취하는 군에 비하여 유의적으로 높은 것으로 나타났으나 ($p < 0.05$), 참치와 오징어에서는 섭취 빈도에 따른 혈중수은 농도에 유의적 차이를 보이지 않았다.

납의 경우, 명태는 '일주일에 1회 이상 ($2.70 \pm 1.17 \mu\text{g/dL}$)', '한 달에 2~3회 ($2.60 \pm 1.22 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군이 '한 달에 1회 이하 ($2.43 \pm 1.23 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군에 비하여 유의적으로 높았으나, 참치와 오징어는 '한 달에 1회 이하 (2.79 ± 1.25 , $2.65 \pm 1.29 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군이 '한 달에 2~3회 (2.45 ± 1.29 , $2.53 \pm 1.22 \mu\text{g/dL}$)', '일주일에 1회 이상 (2.26 ± 0.91 , $2.47 \pm 1.07 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군에 비하여 유의적으로 높은 결과를 나타냈다 ($p < 0.05$). 조개는 '일주일에 1회 이상 ($2.85 \pm 1.61 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군이 '한 달에 1회 이하 ($2.40 \pm 1.04 \mu\text{g/dL}$)', '한 달에 2~3회 ($2.64 \pm 1.12 \mu\text{g/dL}$)' 섭취하는 군에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타냈다 ($p < 0.05$). 그러나 이외에 고등어, 멸치, 조기, 젓갈에서는 유의성이 나타나지 않았다.

고 찰

본 연구에서는 국민건강영양조사 제4기 2차년도 (2008) 자료 중 혈액검사를 통하여 혈중 중금속이 발견된 20세 이상의 성인 1,709명을 선정하여 어패류 섭취 빈도에 따른 혈중 카드뮴, 수은, 납의 중금속 농도를 연령별, 성별에 따라, 그리고 어패류 종류와 섭취빈도에 따라 혈중 농도를 평가하였다.

중금속은 신체에 유입되면 배출되지 않고 체내에 축적되어 장기간 노출되는 경우 심각한 건강 장애를 일으키는 특성을 갖는다. 카드뮴은 생물학적 반감기가 길어서 연령이 증가하면서 체내에 축적되며,¹²⁾ 카드뮴은 심혈관질환으로 인한 사망원인의 위험인자로 작용한다는 연구 결과가 있다.¹⁵⁾ 수은은 유기수은의 형태로 축적되는데, 유기수은은 지방에 용해되는 성질이 있어 생물축적을 통해 어패류 체내에 축적되며 반감기가 40~80일로 길기 때문에 배출이 잘 되지 않고,¹⁶⁾ 포식성 어류일수록 수은 함량이 높아지는 경향이 있다.⁵⁾ 따라서 어패류를 섭취하는 사람들은 수은에 쉽게 노출되며, 인체에 축적되는 수은의 80~90%가 생선을 통해 섭취된다고 보고되고 있다.⁵⁾ 수은의 모든 형태는 독성을 가지고 있으며, 수은에 노출되는 경우, 중추신경계에 손상을 일으켜 사망에 이른다고 알려져 있다.¹⁷⁾ 또한 수은의 독성은 신경성 식욕 부진증, 구토, 설사와 같은 증상을 유발하며, 수은에 만성적으로 노출될 경우, 기도

진진, 언어장애, 인지장애, 신경쇠약을 일으키고 중추 신경계, 신장, 그리고 면역계에 영향을 끼치며, 유전적 장애와 암을 유발한다.¹⁶⁾ 납은 호흡기계와 소화기계를 통하여 체내로 흡수되는데, 체내에 흡수된 납의 90% 이상은 골 조직의 칼슘이온을 대체하여 골격에 축적되는 특성을 가진다.¹⁸⁾ 또한 최근 연구에 따르면, 혈액과 뼈의 납 분포는 루게릭병이 진행되는 환자의 신체적 활동을 감소시키는데 영향을 끼친다고 보고하고 있다.¹⁹⁾

본 연구에서 연령에 따른 혈중 중금속 농도 결과를 살펴보면, 전반적으로 연령이 증가할수록 혈중 카드뮴, 수은, 납 농도가 증가하는 경향을 보였다. Son 등²⁰⁾의 2007년도에 국내에서 시행된 2차 국민 인체 내 유해물질 실태조사 (Second Korean National Human Exposure and Bio-monitoring Examination) 연구를 통해 18세 이상 성인 ($n = 2,369$)의 혈중 카드뮴, 납 농도를 조사한 결과, 18~39세 성인의 카드뮴과 납 농도는 각각 $0.69 \mu\text{g/L}$ 와 $1.31 \mu\text{g/dL}$ 이었고, 65세 이상 노인의 혈중 카드뮴과 납 농도는 각각 $1.19 \mu\text{g/L}$ 와 $1.81 \mu\text{g/dL}$ 로 보고된 바 있다. 본 연구의 20대 혈중 카드뮴 농도는 $0.67 \mu\text{g/L}$ 로 Son 등²⁰⁾의 연구와 비슷한 수치를 보였으며, 65세 이상 노인의 혈중 카드뮴 농도는 $1.37 \mu\text{g/L}$ 로 연령 증가에 따라 혈중 카드뮴이 증가하는 유사한 결과를 보였다. 그러나 본 연구의 20대 혈중 납 농도는 Son 등²⁰⁾의 연구보다 1.5배 높았고 65세 이상 혈중 납 농도는 1.6배 높은 결과를 보였으며, 또한 두 연구 모두 연령이 증가함에 따라 혈중 납 농도가 증가하는 결과를 보였다.

미국의 NHANES 1999~2000을 분석한 연구에서 1,707명의 여성을 대상으로 16~19세, 20~29세, 30~39세, 40~49세로 분류하여 혈중 수은 농도를 연구한 결과 30~49세 여성의 혈중 수은농도가 16~29세 여성의 혈중 수은농도보다 1.5배 더 높다고 보고하였다.²¹⁾ 본 연구에서도 70세 이상 남자의 혈중 카드뮴 농도는 20대 남자보다 1.8배, 20대 여자보다 2.3배 더 높았으며, 70세 이상 남자의 혈중 납 농도는 20대 남자보다 1.3배, 20대 여자보다 1.4배 더 높았다. 혈중 수은 농도의 경우 가장 높게 보고된 50대를 가장 낮은 20대와 비교해 보면 남자는 1.5배, 여자는 1.2배 높았다. 중금속은 체내에 축적되는 성질이 있고 배출되는 시간이 느리기 때문에 고 연령층이 저 연령층에 비해 높은 중금속 농도를 보여준 것으로 사료된다.

미국 환경청의 혈중 수은 허용기준 농도인 $5.8 \mu\text{g/L}$ 를 넘는 본 연구의 조사 대상자는 남자의 경우 42.8%로 여자 21.6%보다 상당히 많은 대상자가 혈중 수은 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 미국의 NHANES 1999~2000 연구에서²²⁾ 2,314명의 가입기 여성 중 8%가 $5.8 \mu\text{g/L}$ 를 넘는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 914명 여자 대상자 중 20~49세 ($n = 542$)까지의 여성의 비율을 조사한 결과 12%가 $5.8 \mu\text{g/L}$ 를 넘는 것으로

나타났다. 이는 혈중 수은 농도는 민족 간 식사섭취 패턴에 차이가 있어, 우리나라는 미국보다 어패류 섭취량이 더 높아 우리나라의 가임기 여성의 수은 농도가 높은 것으로 보인다.²³⁾ 수은의 체내 축적은 가임기 여성에 있어, 기형아 유발의 원인이 될 수 있으므로 국가적 차원의 관리가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 어패류 섭취 빈도의 혈중 수은 농도는 어패류 섭취빈도가 높을수록 증가하는 경향이 있었지만, 혈중 카드뮴과 납의 농도는 어패류 섭취빈도에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 40세 이상 우리나라 해안도시 주민 (n = 293)을 대상으로 혈중 수은 농도를 조사한 Jo 등¹⁶⁾의 연구에서 어패류 섭취를 거의 하지 않는 사람의 혈중 수은 농도는 5.50 µg/L이었으나, 어패류를 매일 섭취하는 사람의 혈중 수은 농도는 14.45 µg/L이었다. Kim 등¹²⁾의 연구에서는 생선 섭취 빈도가 높을 것으로 예상되는 경상남도 거제시의 2개 어촌마을과 생선 섭취 빈도가 비교적 낮을 것으로 예상되는 경상남도 창원시의 2개 농촌마을에서 성인 383명을 대상으로 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도를 조사한 결과, 한 달에 2~3회 이하, 일주일에 1~2회 섭취하는 군과 비교하여 일주일에 3~4회 생선을 섭취하는 군에서 혈중 수은 농도가 유의적으로 증가하였다. Kim 등⁹⁾의 연구에서는 임신부 (n = 63)를 대상으로 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도를 조사한 결과, 생선 섭취를 하지 않는 임신부와 한 달에 1회 생선을 섭취하는 임신부에 비해 한 달에 12회 이상 생선을 섭취하는 임신부의 혈중 수은농도가 유의적으로 높았으며, 특히 고등어와 참치통조림 섭취가 높은 임신부들의 혈중 수은 농도가 높았다. Lincoln 등²⁴⁾의 연구에서 미국 루이지애나주의 낚시꾼의 생선 섭취와 모발의 수은 농도를 연구한 결과, 한 달에 1회 이하 섭취하는 군에 비하여 일주일에 1회, 3회, 하루에 1회 이상 생선을 섭취하는 군의 모발의 수은 농도가 높았다. 따라서 어패류 섭취는 혈중 수은 농도를 증가시키는데 주요 요인으로 작용하는 것으로 생각되며, 본 연구결과 또한 어패류의 섭취빈도가 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가하여 이를 뒷받침 해주는 결과로 보인다.

Kim 등²⁵⁾의 연구에서 혈중 카드뮴 수치는 흡연자가 비 흡연자에 비해 혈중 카드뮴 수치가 유의적으로 높았으며, 납의 경우는 음식을 통한 노출량보다 대기호흡에 의한 흡수량이 더 큰 것으로 보고되었다.²⁶⁾ 또한 최근에는 건강보조식품에 대한 기호도가 높아짐에 따라 한약재 복용으로 인하여 납중독이 나타난 사례가 있었으며 한약으로 인한 중독이 대부분인 것으로 알려져 있다.²⁷⁾ 본 연구에서 혈중 카드뮴과 납의 농도는 수은과 달리 어패류 섭취빈도가 증가할수록 혈중 농도가 증가하는 일관성 있는 결과를 나타내지 않았다. 따라서 카드뮴과 납의 수은에 비해 어패류 섭취빈도와 관련성이 적은

것으로 사료되며, 카드뮴과 납의 농도가 어패류 섭취빈도 증가에 따라 증가되지 않는 이유는 환경적 요인이 강하게 작용하기 때문인 것으로 보인다. 본 연구의 어패류 항목에 해당하는 고등어, 조기, 멸치, 조개의 1인 1회 분량은 고등어, 조기의 경우 작은 것 한 토막으로 60 g이고, 조개는 80 g이며, 멸치는 15 g으로 정하고 있다.²⁸⁾ Sho 등²⁹⁾의 우리나라 연안에서 어획된 어류 23종과 패류 9종의 미량 중금속 함량 및 안전성 평가 연구를 이용하여 본 연구의 어패류 섭취에 따른 수은농도 함량을 1인 1회 분량으로 환산하여 계산해 본 결과, 고등어와 조기는 각각 6.96 µg/60 g, 5.46 µg/60 g, 조개는 2.32 µg/80 g, 멸치는 1.395 µg/15 g을 함유하는 것으로 나타났다. 고등어, 조기, 멸치, 조개는 우리나라 국민이 손쉽게 섭취할 수 있는 어패류이기 때문에 수은에 쉽게 노출 될 수 있는 위험이 있으며, 한국인 영양섭취 기준에서 정한 어패류 1인 1회 분량의 수은 함유량이 비교적 높은 것으로 나타나 섭취 시 주의가 요구될 것으로 사료된다. 따라서 안전하게 어패류를 섭취 할 수 있도록 식사지침이 마련되어야 할 것으로 사료된다. 우리나라는 혈중 수은, 카드뮴, 납의 허용기준이 명확하게 정해져 있지 않고 어패류 섭취와 중금속 노출의 위험성에 대해 국민들에게 널리 알려져 있지 않다. 또한, 어패류 섭취와 중금속 노출에 관한 국내 사례연구가 부족하여 어패류 안전성에 대한 의식이 미비한 상태이다. 국토의 삼면이 바다인 우리나라는 어패류 섭취량이 높고 어패류는 환경오염과 해양오염에 쉽게 노출 될 수 있으므로 해양의 중금속 오염을 예방하기 위한 정책 마련이 시급한 것으로 사료된다.

본 연구에서 사용한 국민건강영양조사는 질병관리본부에서 실시하는 전국단위의 건강 및 영양조사로써 영양조사는 대상 가구를 직접 방문하여 실시되며 영양조사의 식품섭취빈도조사의 전체 항목은 면접방법으로 조사된다. 그러나 본 연구에 이용된 국민건강영양조사의 식품섭취빈도조사는 단순 섭취빈도조사결과로 타당도 검증은 이루어지지 않은 데이터이다. 따라서 본 연구에서 식품섭취빈도조사의 정확도와 타당도를 검증하는 것에 한계점이 있으나, 국민건강영양조사는 국가 및 시도 단위의 통계를 산출하는 것으로써 2005년 인구주택총조사 (통계청)의 조사구를 이용하여 체계적으로 조사대상을 선정하여 우리나라 국민을 대표하고 국가통계 자료로 이용되기 때문에 본 연구 결과는 신뢰성이 있을 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구는 국민건강영양조사 제4기 2차년도 (2008)를 이용하여 우리나라 20세 이상 성인 남녀 1,709명 (남자 795명, 여자 914명)을 대상으로 국민건강영양조사의 24시간 회상법, 식

폼섭취빈도조사, 혈액검사결과를 이용하여 연령과 어패류 섭취에 따른 혈중 중금속 카드뮴, 수은, 납 농도를 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 본 연구 대상자들의 일반적인 특징을 살펴보면, 열량과 단백질 섭취량은 20~40대가 60대 이상과 비교하여 유의하게 높았으며, 신장과 체중은 20대가 30대 이상 연령대와 비교하였을 때 유의적으로 높았고 BMI는 20대에서 유의적으로 가장 낮았다 ($p < 0.05$). 20대 조사대상자의 헤모글로빈과 헤마토크릿 수치 및 HDL-콜레스테롤은 유의적으로 가장 높았으며, 혈중 중성지방과 혈중 콜레스테롤 농도는 가장 낮았다 ($p < 0.05$).

2) 연령 증가에 따른 혈중 중금속 농도는 증가하는 경향을 보였다. 카드뮴은 남자는 50대 이상 연령이 20~40대에 비해 유의적으로 높았고, 여자는 40대 이상 연령이 20~30대와 비교하여 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 수은은 남자 40~50대가 20~30대, 60~70대와 비교하여 유의하게 높았고, 여자는 50대가 20~30대, 70대 이상에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 납은 남자 50대가 20~40대에 비해 유의적으로 높았고, 여자는 50대 이상 연령층이 20~40대 연령층에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

3) 산업안전보건법의 작업환경 유해물질인 혈중 카드뮴과 그 화합물 1.0 $\mu\text{g/L}$ 이상인 조사 대상자는 남자 41.5%, 여자 56%인 것으로 조사되었다.

4) 미국 환경청의 혈중 수은 농도 기준 5.8 $\mu\text{g/L}$ 을 넘는 조사대상자는 남자의 42.8%, 여자의 21.6%로 조사되었다.

5) 어패류 종류와 섭취 빈도에 따라 일주일에 1회 이상 명태, 조기, 조개류, 젓갈류를 섭취하는 군에서 미국 환경청의 넘는 것으로 조사되었으나, 한 달에 2~3회, 한 달에 1회 이하에서는 혈중 수은 허용기준인 5.8 $\mu\text{g/L}$ 을 넘지 않는 것으로 나타났다.

6) 혈중 카드뮴 농도는 섭취빈도가 증가할수록 증가하는 경향을 보이지 않았으며, 혈중 수은 농도는 명태, 고등어, 멸치, 조기, 조개, 젓갈을 '일주일에 1회 이상' 섭취한다고 답한 군이 다른 섭취빈도에 비해 유의적으로 높았다. 혈중 납 농도는 명태와 조개류에서만 '일주일에 1회 이상' 섭취한다고 답한 군이 다른 섭취 군에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

본 연구 결과, 대상자들의 혈중 카드뮴, 수은, 납 농도는 연령에 따라 증가하는 경향을 보였다. 그러나 혈중 카드뮴과 납 농도는 어패류 섭취빈도와 상대적으로 관련성이 적게 나타났고 혈중 수은 농도와 어패류 섭취빈도는 관련성이 있는 것으로 나타났다. 우리나라는 수산자원이 풍부하고 다양하여 식사를 통한 어패류 섭취 비율이 높은 편이다. 그러나 어패류는 해양 오염을 통하여 중금속 오염에 쉽게 노출 될 수 있다. 따라서

해안가로 유입되는 오염물질을 예방하고 어패류를 중금속으로부터 보호하기 위한 국가 정책이 마련되어야 하며, 어패류 섭취는 혈중 수은 농도와 관련이 있어 우리나라 국민에게 교육을 통해 어패류 섭취를 제한하는 것이 혈중 수은 농도를 낮추는데 도움이 될 것으로 사료된다. 우리나라는 아직까지 혈중 중금속 농도 허용기준치가 마련되어 있지 않아, 위험도를 파악하는데 어려움이 있으므로 앞으로 어패류 섭취와 혈중 중금속 관계에 관한 정확한 조사와 연구를 통하여 혈중 중금속 허용기준이 제정되어야 할 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Jun JY, Xu XM, Jeong IH. Heavy metal contents of fish collected from the Korean coast of the East Sea (Donghae). *J Korean Fish Soc* 2007; 40(6): 362-366
- 2) Lee SR, Lee MG. Contamination and risk analysis of heavy metals in Korean foods. *J Food Hyg Saf* 2001; 16(4): 324-332
- 3) 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
- 4) Smith KM, Barraj LM, Kantor M, Sahyoun NR. Relationship between fish intake, n-3 fatty acids, mercury and risk markers of CHD (National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002). *Public Health Nutr* 2009; 12(8): 1261-1269
- 5) Kim EH, Kim IK, Kwon JY, Koo JS, Hwang HS, Kim SK, Park YW, Noh JH, Lee DH. The effect of fish consumption on blood mercury level in pregnant women. *Korean J Obstet Gynecol* 2005; 48(11): 2527-2534
- 6) United States Environmental Protection Agency. Human exposure. [accessed 2011 Oct 19]. Available from: <http://www.epa.gov/mercury/exposure.htm>
- 7) Korea Food & Drug Administration. Cadmium. [accessed 2011 Mar 15]. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdaportal/infodanger/series/>
- 8) Korea Food & Drug Administration. Mercury. [accessed 2011 Mar 15]. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdaportal/infodanger/series/>
- 9) Korea Food & Drug Administration. Lead. [accessed 2011 Mar 15]. Available from: <http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdaportal/infodanger/series/>
- 10) National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. [accessed 2011 Apr 21]. Available from: http://www.nifds.go.kr/nifds/03_info/info01.jsp?mode=view&article_no=2645&pager.offset=140&board_no=76
- 11) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV-2). Cheongwon: 2008
- 12) Kim CW, Kim YW, Chae CH, Son JS, Park SH, Koh JC, Kim DS. The effects of the frequency of fish consumption on the blood mercury levels in Koreans. *Korean J Occup Environ Med* 2010; 22(2): 114-121
- 13) Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Lead toxicity. What are the U.S. standards for lead levels? [accessed 2011 Mar 8]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=7&p=8>
- 14) Kim NS, Lee BK. Blood total mercury and fish consumption in the Korean general population in KNHANES III, 2005. *Sci Total*

- Environ* 2010; 408(20): 4841-4847
- 15) Lee MS, Park SK, Hu H, Lee S. Cadmium exposure and cardiovascular disease in the 2005 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Res* 2011; 111(1): 171-176
 - 16) Jo EM, Kim BG, Kim YM, Yu SD, You CH, Kim JY, Hong YS. Blood mercury concentration and related factors in an urban coastal area in Korea. *J Prev Med Public Health* 2010; 43(5): 377-386
 - 17) Myers GJ, Davidson PW, Strain JJ. Nutrient and methyl mercury exposure from consuming fish. *J Nutr* 2007; 137(12): 2805-2808
 - 18) Cha YS, Ham HJ, Lee JI, Lee JJ. Heavy metals in fishery products, sold at fish markets in Seoul. *J Food Hyg Safe* 2001; 16(4): 315-323
 - 19) Fang F, Kwee LC, Allen KD, Umbach DM, Ye W, Watson M, Keller J, Oddone EZ, Sandler DP, Schmidt S, Kamel F. Association between blood lead and the risk of amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Epidemiol* 2010; 171(10): 1126-1133
 - 20) 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
 - 21) Mahaffey KR, Clickner RP, Bodurow CC. Blood organic mercury and dietary mercury intake: National health and nutrition examination survey, 1999 and 2000. *Environ Health Perspect* 2004; 112(5): 562-570
 - 22) Schober SE, Sinks TH, Jones RL, Bolger PM, McDowell M, Osterloh J, Garrett ES, Canady RA, Dillon CF, Sun Y, Joseph CB, Mahaffey KR. Blood mercury levels in US children and women of childbearing age, 1999-2000. *JAMA* 2003; 289(13): 1667-1674
 - 23) Hightower JM, O'Hare A, Hernandez GT. Blood mercury reporting in NHANES: identifying Asian, Pacific Islander, Native American, and multiracial groups. *Environ Health Perspect* 2006; 114(2): 173-175
 - 24) Lincoln RA, Shine JP, Chesney EJ, Vorhees DJ, Grandjean P, Senn DB. Fish consumption and mercury exposure among Louisiana recreational anglers. *Environ Health Perspect* 2011; 119(2): 245-251
 - 25) 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
 - 26) Moon CS. Evaluation of Cd and Pb intake and exposure routes in some Korean women. *J Environ Health Sci* 2007; 33(5): 353-358
 - 27) Kim JY, Kim JH, Kim HW, Roh JH, Lee KH, Cheon BC, Nam SM. A review of lead poisoning cases reported for recent 30 years in Korea. *Korean J Med* 2004; 66(6): 617-624
 - 28) The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision. Seoul; 2010. p.529
 - 29) Sho YS, Kim J, Chung SY, Kim M, Hong MK. Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safety evaluations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2000; 29(4): 549-554