

## 부산, 경남 일부 지역 주민들의 생선 섭취량과 혈중 수은 농도의 관련성

김찬우<sup>1)</sup>, 김영욱<sup>1)</sup>, 채창호<sup>1)</sup>, 손준석<sup>1)</sup>, 김자현<sup>1)</sup>, 박형욱<sup>1)</sup>,  
강윤식<sup>2)</sup>, 김장락<sup>2)</sup>, 홍영습<sup>3)</sup>, 김대선<sup>4)</sup>, 정백근<sup>2)</sup>  
성균관대학교 의과대학 삼성창원병원 직업환경의학과<sup>1)</sup>  
경상대학교 의학전문대학원 예방의학교실 및 건강과학연구소<sup>2)</sup>  
동아대학교 의과대학 예방의학교실<sup>3)</sup>, 국립환경과학원 환경건강연구부 환경보건연구과<sup>4)</sup>

## The Relationship between Fish Consumption and Blood Mercury Levels in Residents of Busan Metropolitan City and Gyeongnam Province

Chan woo Kim<sup>1)</sup>, Young Wook Kim<sup>1)</sup>, Chang Ho Chae<sup>1)</sup>, Jun Seok Son<sup>1)</sup>, Ja Hyeon Kim<sup>1)</sup>,  
Hyoung Ouk Park<sup>1)</sup>, Yune-Sik Kang<sup>2)</sup>, Jang-Rak Kim<sup>2)</sup>, Young Seoub Hong<sup>3)</sup>, Dae-Seon Kim<sup>4)</sup>, Baek Geun Jeong<sup>2)</sup>  
*Department of Occupational & Environmental Medicine, Samsung Changwon Hospital,  
College of Medicine, Sungkyunkwan University<sup>1)</sup>  
Department of Preventive Medicine, School of Medicine,  
Gyeongsang National University & Institute of Health Sciences<sup>2)</sup>  
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dong-A University<sup>3)</sup>  
Environmental Health Research Division, Environmental Health Research Department,  
National Institute of Environment Research<sup>4)</sup>*

### = Abstract =

**Objectives:** The objective of this study was to identify the relationship between fish consumption and blood mercury levels in a sample of adult Koreans.

**Methods:** The study subjects were 299 residents of Busan (male: 65, female: 234) and 185 residents of Namhae (male: 69, female: 116), South Korea. Demographic characteristics, current smoking, current drinking, fish consumption per week, past history of amalgam treatment, and residential district were recorded by trained interviewers in June and July, 2009. We considered a portion of fish to be equivalent to 70 gm weight, and calculated amounts of fish consumed per week.

Using chi-square tests, t-tests, ANOVA, and multiple linear regression analysis, we estimated the relationships between blood mercury levels and amount of fish consumed per week and other factors.

**Results:** The mean blood mercury level of our subjects was 6.61  $\mu\text{g/L}$ , higher than the criterion defined by the United States Environmental Protection Agency (EPA) (5.8  $\mu\text{g/L}$ ). In multiple linear regression analysis, residential district and amount of fish consumed per week were associated with blood mercury levels. However, marital status, current drinking, and gender, and age were not associated with blood mercury levels.

**Conclusions:** In conclusion, we suggest the implementation of systematic and periodic population-based studies to decrease the risks of mercury poisoning among South Koreans who consume fish as a regular part of the diet.

**Key words:** Fish, Mercury, Blood

\* 접수일(2012년 10월 2일), 수정일(2012년 11월 14일), 게재확정일(2012년 11월 19일)

\* 교신저자: 정백근, 경상남도 진주시 진주대로 501 경상대학교 의학전문대학원 예방의학교실  
Tel: 055-772-8094, Fax: 055-772-8099, E-mail: jjbkr@yahoo.co.kr

\* 이 논문은 2009년 국립환경과학원의 재원으로 수행된 연구임.

## 서 론

인류가 오래 전부터 사용해온 금속 중의 하나인 수은은 금속, 무기, 유기 수은으로 구분되며, 의학과 농업을 비롯한 다양한 산업분야에서 활용되고 있다. 이들 수은들은 모두 독성이 있어 직업적, 환경적인 노출을 통해 중추신경계, 심혈관계 등을 포함하는 여러 장기에 치명적인 장해를 줄 수 있다. 이 때문에 세계 여러 나라와 연구 기관에서는 수은에 대한 유해성을 연구하고 수은에 대한 노출 기준을 정하고 있다[1,2].

인체 내의 수은 농도를 증가시킬 수 있는 요인은 여러 가지가 있다. 무기, 금속 수은은 체온계, 혈압계, 각종 계기, 수은전지, 형광등 제조, 약품, 농약 등과 같은 수은을 직접 취급하는 직업적 노출과 민간 처방약, 미용을 위한 제품, 치과 치료에 쓰이는 아말감 등에 의해서 증가될 수 있다. 금속 수은과 무기 수은에 노출되면 수은성 신경과민, 여러 가지 형태의 가벼운 신경학적 이상, 위장관 장애, 혈압 상승, 심박동 증가, 박탈성 피부염 등과 같은 증상을 보일 수 있다[3-7].

유기수은은 공기나 토양에 존재하던 금속 수은과 무기 수은이 수중 생태계로 유입되어 혐기성 세균에 의해서 메틸화됨으로써 발생하는데 이것이 플랑크톤으로부터 인간에 이르는 먹이사슬을 통하여 인체 내 혈중 농도를 증가시키는 것으로 보고되고 있다[8,9].

사람이 주로 섭취하는 생선 근육에 분포하는 수은의 75~90% 이상이 유기 수은이며, 체내에 존재하는 혈중 수은의 75% 정도는 지난 1달 이상의 생선 섭취에 의한 것이라는 보고가 있다 [10-13]. 이런 연구 결과들을 종합해 볼 때 인체 내에 분포하는 수은의 대부분은 생선 섭취를 통해서 축적된 유기 수은일 것으로 판단된다. 이런 이유로 직업적으로 수은에 노출되지 않는 일반 인구군에서의 생선 섭취로 인한 혈중 수은 농도와 수은 중독, 그에 따른 건강장해에 대한 연구가 진행되었다[14,15].

산전 생선 섭취로 인한 태아의 수은 노출과 이들의 발달 과정에서 신경학적 증상 발현과의 관계에 대한 여러 연구에서는 제대혈에서의 혈중

수은 농도가 산모의 혈중 수은 농도보다 몇 배 이상 높다고 보고하였다[16,17]. 이 외에도 직업적으로 수은에 노출되지 않는 일반 인구 군에서 생선 섭취가 증가함에 따라 혈중 수은 농도가 2~7배 까지 높아진다는 다양한 연구결과들이 있다[18,19].

이상과 같은 수은의 인체독성에 관한 근거에 기반하여 여러 나라에서는 생선 섭취로 인해 발생할 수 있는 수은의 건강위해성에 대해 인지하고 생선내의 수은 잔류 허용 기준, 인체 내의 수은 노출 기준, 생선 섭취로 인해 건강장해가 비교적 많이 나타날 수 있는 가임기 여성, 임신부, 소아 등에 대한 생선 섭취 빈도, 섭취량, 피해야할 생선 종에 관한 권고안을 제정하고 있다[20-22]. 우리나라에서도 일부 기관에서 시판중인 생선에 대한 수은 검사를 하고 있고 2005년부터는 정부 차원에서도 수은 오염 피해를 줄이고 국가정책 수립의 기초자료를 확보하기 위해서 국민건강영양조사와 연계하여 국민혈중 중금속 조사를 시행해 오고 있지만[23] 확립된 권고안이 미흡한 실정이다.

국내의 경우, 직업적으로 수은에 노출되지 않는 일반 인구 군에서의 생선 섭취로 인한 만성적인 수은 독성에 관한 연구들[24,25]이 있으나 생선 섭취량의 대리 지표인 생선 섭취 빈도와 혈중 수은 농도 간의 관계를 파악한 것에 그치고 있기 때문에 생선 섭취량과 혈중 수은 농도 간의 직접적인 관계를 규명하였다고 보기는 어렵다. 이에 본 연구는 지역사회 일반 인구집단에서의 생선 섭취량과 혈중 수은 농도와의 관계를 파악하고 향후 권고안 개선을 위한 기초 자료를 제공하고자 수행되었다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2009년 폐광산 지역 주민들에서의 건강영향 조사 사업 실시 지역으로 선정된 부산광역시 2개 동과 경남 남해군 3개 마을을 대상으로 하였다. 폐광산 지역 건강영향 조사 사업은 채굴이 중지된 뒤 방치된 폐광이 주변 토양과 수질, 그리고 주민 건강에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하는 사업으로 본 연구는 이 사업이 실시된 지역과 동일한 지역을 대상으로 혈중 수은에 영향을 줄 수 있는 요인에

대한 설문지를 작성하여 실시하였다.

연구 수행 전에 연구 대상지역을 방문하여 동장과 이장을 대상으로 본 조사의 목적을 홍보하는 설명회를 개최하였고 동장과 이장이 방송과 가정방문을 통해서 마을 주민들에게 본 조사에 대한 내용을 알리도록 하였다. 연구원과 동장과 이장이 상의를 하여 각 마을의 조사 날짜를 정하였다. 부산광역시 2개 동은 바다와 인접하지 않은 지역이었으나 남해군 3개 마을은 바다에 인접해 있었다.

주민등록상으로 해당 지역에 거주하는 대상으로 한정하여 동장과 이장의 확인을 받고 검사를 시행하였다. 각각의 동과 마을에서 오전 8시부터 오후 4시 30분까지 동사무소나 마을 회관으로 온 주민들에 대해서 조사자들이 조사에 대한 설명을 다시 하고 조사 자료를 연구 목적으로 활용할 수 있다는 내용에 동의한 주민들을 대상으로 조사를 진행하였다.

연구에 참여한 주민은 부산광역시 주민이 317명, 남해군 주민이 192명으로 509명이었으나 그 중 연구에 필요한 일부 변수에 응답이 없었던 25명을 제외한 부산광역시 299명(남성:65명, 여성:234명), 남해군 185명(남성:69명, 여성:116명), 총 484명을 최종 연구대상으로 하였다. 본 연구는 국립환경과학원의 생명윤리심의위원회의 승인을 받았으며 모든 대상자들에게 자발적인 서면 동의를 받았다.

## 2. 연구 방법

### 1) 설문조사

설문조사는 2009년 6월 말부터 7월 초까지 연구진들이 해당 지역 동장과 이장들에게 본 연구의 취지를 설명하고 협조를 구한 뒤 연구 참여 희망자들을 대상으로 훈련된 조사자들이 면접설문조사를 실시하였다. 연구를 시작하기 전에 조사원들을 모아 설문에 대한 취지, 내용을 설명하였고 조사원의 설문에 대한 이해도를 평가하기 위해 연구원을 대상으로 먼저 설문을 실시하게 하였다. 주요 조사 내용은 성, 연령, 학력, 결혼상태, 직업, 현재 흡연 여부, 현재 음주 여부, 일주일간 생선 섭취량, 아말감 치료 여부, 거주지역 등이었다. 이 때 생선섭취량은 우리나라 질병관리본부에서 시행하는 한국인유전체역학조사사업 연구의

24시간 회상 식이 섭취 설문에서 사용된 실제 크기의 생선 한 토막 사진(70 gm)을[26] 활용하여 조사하였다. 이 때 조사자들이 해당 그림을 조사 대상자들에게 직접 보여주면서 지난 일주일간의 생선 섭취 토막이 몇 개인지를 파악하고 이를 그림으로 환산하였다.

### 2) 혈중 수은 농도 측정

채혈은 숙련된 간호사들이 하였고 채혈 시 혈액의 응고방지를 위해 EDTA로 처리된 시험관 tube에 전혈 3 mL 진공 채혈관(Vacutainer, Beckton & Dicktion, Los Angelse, CA, USA)을 사용하였다. 정맥혈을 채혈한 후 시료 분석까지 드라이아이스에 저장하여 이송 하였고 분석 전까지 영하 70°C에서 보관하였다. 채혈 후 조사자들만이 알 수 있게 혈액 tube에 번호를 매겨 분석 기관에 의뢰하여 분석기관은 연구 대상자에 관해 어떠한 정보도 알지 못하게 하였다. 분석 직전에 혈액시료를 상온에서 서서히 녹인 다음, 진공 채혈관(vacutainer tube)을 충분히 흔들어 혈액과 EDTA가 잘 섞이도록 한 후, 이 중에서 0.5 mL를 취하여 HNO<sub>3</sub> 5 mL를 첨가하고 극초단파(microwave)오븐에서 전 처리하였다. 탈 이온수로 전체 용량을 50 mL 채운 후 혈중 수은 농도를 분석하기 위하여 환원증기 장치가 설치되어 있는 수은 분석기기(Perkin Elmer Analyst 800-FIAS 100, Shilton, CT, USA)를 사용하였다. 이 분석기기의 한계는 0.1 µg/L이었다. 혈중 수은 분석기기의 분석 조건은 램프파장(Lamp wavelength)이 253.7 nm, 슬릿 너비(slit width)가 0.7 nm, 시료 루프가 500 ul이었고 산화제는 3%의 HCl로서 유속은 12 mL/min이었고 환원제는 0.05% NaOH에 들어있는 0.2%의 NaBH<sub>4</sub>였다.

### 3) 자료 분석

연령은 60세 미만, 60~69세, 70세 이상의 3개의 범주로 구분하여 분석에 포함시켰으나 다중선형 회귀 분석에서는 나이 군으로 나누지 않고 실제 나이를 이용하였다. 교육수준은 초등학교 졸업 이하(무학 포함), 고등학교 졸업 이하, 전문대 졸업 이상의 3개 범주로 나누었다. 결혼 상태는 미혼,

기혼, 기타(별거/이혼/사별)로 설문을 하였으나 미혼 군이 적어 기혼과 기타(미혼/별거/이혼/사별) 군으로 나누어서 분석에 포함시켰다. 현재 흡연 여부는 현재 흡연자/현재 비흡연자 2개 범주로 구분하였고 현재 음주 여부는 현재 음주자/현재 비음주자 2개 범주로 나누었다. 일주일간의 생선 섭취량은 140 gm 미만, 140~210 gm, 280~350 gm, 420 gm 초과 섭취, 4개 군으로 나누어 분석하였다. 거주 지역은 부산광역시와 남해군 2개의 지역으로 나누어 분석하였다.

각 변수별로 혈중 수은 농도에 차이가 있는지를 파악하기 위해 t-test와 ANOVA를 실시하였다. 이 후 단변량 분석에서 유의한 성별, 나이, 결혼 상태, 현재 음주, 거주 지역에 따라 일주일간의 생선 섭취량에 차이가 있는지를 알아보기 위해 chi-square test를 실시하였다. 그리고 단변량 분석에서 p 값이 통계적으로 유의한 변수에 대해 다중선행회귀분석을 실시하였다. 통계 분석은 SPSS for windows 12.0 version(SPSS Inc, Chicago II, USA)을 이용하였다.

## 결 과

### 1. 대상자들의 일반적인 특징

성별 분포는 남자가 134명(27.7%), 여자가 350명(72.3%)이었고 59세 미만이 136명(28.1%), 60세~69세가 137명(28.3%), 70세 이상이 211명(43.6%)이었다. 초등졸업 이하가 311명(64.3%)으로 가장 많았고 고등학교 졸업 이하가 157명(32.4%)이었으며 전문대 졸업 이상이 16명(3.3%)으로 가장 적었다. 기혼이 243명(50.2%), 기타(미혼/별거/이혼/사별)가 241명(49.8%)이었다. 현재 흡연을 묻는 설문에서는 ‘흡연하지 않는다.’가 354명(73.3%)으로 ‘흡연을 한다’고 답한 129명(26.7%)보다 많았다. 일주일에 섭취하는 생선량에 대한 질문에서는 140g 미만으로 섭취한다가 220명(45.5%)으로 가장 많았고 섭취량이 증가할수록 인원수는 적어졌다. 부산광역시 지역주민이 299명(61.8%)이었고 남해군 주민이 185명(38.2%)이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of study subjects

Characteristics	Number(%)
Gender	
Male	134 (27.7)
Female	350 (72.3)
Age	
< 59	136 (28.1)
60~ 69	137 (28.3)
≥ 70	211 (43.6)
Education	
Elementary school or under	311 (64.3)
Middle~high school	157 (32.4)
College or over	16 (3.3)
Marital status	
Married	243 (50.2)
Others(single/separation/divorced/bereaved)	241 (49.8)
Current smoking	
No	354 (73.3)
Yes	129 (26.7)
Current drinking	
Non-drinker	198 (41.0)
Drinker	285 (59.0)
Amount of fish consumption per week	
< 140g	220 (45.5)
140~210g	131 (27.1)
280~350g	91 (18.8)
≥420g	42 (8.7)
Residential district	
Busan	299 (61.8)
Namhae	185 (38.2)

2. 변수별 혈중 수은 농도

혈중 수은 농도는 남성에서 7.89±4.42 µg/L, 여성에서 6.12±4.15 µg/L으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 59세 미만이 5.86±3.88 µg/L, 60~69세가 7.81±5.25 µg/L, 70세 이상이 6.31±3.68 µg/L 이었고 60~69세 연령대에 있는 대상자가 통계적으로 유의하게 높았다(p<0.001). 교육수준에 따른 혈중 수은 농도는 유의한 차이가 없었으나 기혼자의 혈중 수은 농도가 7.39±4.61 µg/L, 기타(미혼/별거/이혼/사별)가 5.82±3.81 µg/L으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001). 현재 흡연 여부에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

현재 술을 마시지 않는 군이 7.15±4.58 µg/L, 술을 마시는 군은 6.25±4.06 µg/L이었고 이는 통계적으로 유의하였다(p=0.026). 일주일에 섭취하는 생선량 별로 보면, 140 gm 미만이 5.64±4.18 µg/L, 140~210 gm 이 6.77±4.21 µg/L, 280~350 gm 이 7.78±4.30 µg/L, 420 gm 이상이 8.64±3.89 µg/L로서 생선 섭취량이 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가하는 양상을 보였으며 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.001). 거주 지역이 부산광역시인 군은 5.50±3.64 µg/L, 남해군인 군은 8.41±4.66 µg/L으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.001) (Table 2).

Table 2. Blood mercury levels (Mean±SD) according to sociodemographic variables

	N	Blood mercury level(µg/L)*	p-value*
Gender			
Male	134	7.89±4.42	<0.001
Female	350	6.12±4.15	
Age			
< 59	136	5.86±3.88	< 0.001
60~ 69	137	7.81±5.25	
≥ 70	211	6.31±3.68	
Education			
Elementary school or under	311	6.66±4.34	0.64
Middle~high school	157	6.61±4.36	
College or over	16	5.62±2.72	
Marital status			
Married	243	7.39±4.61	< 0.001
Others(single/separation/divorced/bereaved)	241	5.82±3.81	
Current smoking			
No	354	6.49±4.39	0.26
Yes	129	6.99±4.03	
Current drinking			
Non-drinker	198	7.15±4.58	0.03
Drinker	285	6.25±4.06	
Amount of fish consumption per week			
< 140g	220	5.64±4.18	< 0.001
140~210g	131	6.77±4.21	
280~350g	91	7.78±4.30	
≥420g	42	8.64±3.89	
Residential district			
Busan	299	5.50±3.64	< 0.001
Namhae	185	8.41±4.66	

\* by t-test or ANOVA

### 3. 일주일간의 생선 섭취량과 성별, 나이, 결혼상태, 현재 음주, 거주 지역과의 관련성

지난 1주일 간 생선 섭취량이 140 gm 미만인 사람들은 남성의 30.3%, 여성의 52.3%였으며, 140 gm 이상인 사람들은 남성의 69.7%, 여성은 47.7%였고 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.0001$ ). 기혼자 군이 기타 군(미혼/별거/이혼/사별)에 비해서 210 gm 미만을 섭취하는 사람들의 비율이 낮았으나(59.6% : 85.5%), 280 gm 이상을 섭취하는 경우에는 기혼자 군이 기타 군(미혼/별거/이혼/사별)에 비해서 그 비율이 높았고(40.4% : 14.5%) 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.0001$ ). 술을 마시는 군이 술을 마시지 않는 군에 비해 210 gm 미만을 섭취하는 사람들의 비율이 더 높았으나(75.5% : 68.1%), 280 gm 이상을 섭취하는 경우에는 술을 마시지 않는 군이 술을 마시는 군에 비해 비율이 높았고(31.9% : 24.5%) 이는 한계적으로 통계적 유의성을 보였다( $p = 0.052$ ). 부산광역시 지역 주민이 남해군 지역 주민에 비해 140 gm 미만을 섭취하는 경우에는 비율이 높았으나(54.8% : 30.3%) 140 gm 이

상을 섭취하는 경우에는 남해군 지역 주민의 비율이 높았고(69.7% : 45.2%), 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.0001$ )(Table 3). 그러나 나이 군에 따른 지난 1주일 간 생선섭취량은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 4. 혈중 수은 농도의 관련 요인

혈중 수은 농도의 관련 요인을 파악하기 위하여 단변량 분석에서 p값이 통계적으로 유의하였던 성별, 나이, 결혼상태, 현재 음주 여부, 일주일간의 생선 섭취량 및 거주 지역을 독립변수로, 혈중 수은 농도를 종속변수로 하는 다중선행회귀분석을 실시하였는데 나이는 나이 군으로 나누지 않고 실제 설문한 연속 변수를 이용하였다. 분석 결과, 혈중 수은 농도와 유의하게 관련된 요인은 일주일간 생선 섭취량과 거주 지역이었다. 본 회귀모형의 F값은 14.172, 자유도는 6으로 통계적으로 유의하였으며( $p < 0.001$ ), 회귀방정식의 설명력(adjusted  $R^2$ )은 14.1%였다(Table 4).

Table 3. Fish consumption per week according to gender, age, marital status, current drinking, and residential district

Variables	Amount of fish consumption per week				p-value*
	<140 gm N(%)	140~210 gm N(%)	280~350 gm N(%)	≥420 gm N(%)	
Gender					
Male	37 (27.6)	43 (32.1)	38 (28.4)	16 (11.9)	<0.001
Female	183 (52.3)	88 (25.1)	53 (15.1)	26 (7.4)	
Age					
<59	63 (46.3)	37 (27.2)	28 (20.6)	8 (5.9)	0.41
60~69	56 (40.9)	30 (21.9)	31 (22.6)	20 (14.6)	
≥70	101 (47.9)	64 (30.3)	32 (15.2)	14 (6.6)	
Marital status					
Married	81 (33.3)	64 (26.3)	66 (27.2)	32 (13.2)	<0.001
Others(single/separation/divorced/bereaved)	139 (57.7)	67 (27.8)	25 (10.4)	10 (4.1)	
Current drinking					
Non-drinker	82 (41.4)	53 (26.8)	41 (20.7)	22 (11.1)	0.05
Drinker	137 (48.1)	78 (27.4)	50 (17.5)	20 (7.0)	
Residential district					
Busan	164 (54.8)	71 (23.7)	44 (14.7)	20 (6.7)	<0.001
Namhae	56 (30.3)	60 (32.4)	47 (25.4)	22 (11.9)	

\* by chi-square test

Table 4. Factors associated with blood mercury levels ( $\mu\text{g/L}$ ) according to multiple linear regression analysis

Independent variable	$\beta$	S·E	t	p-value
Gender (male=0, female=1)	-0.070	0.470	-1.422	0.156
Age (years)	0.030	0.017	0.655	0.513
Marital status (married=0, others=1)	-0.059	0.423	-1.202	0.230
Current drinking (no=0, yes=1)	-0.056	0.411	-1.185	0.237
Amount of fish consumption per week ( $< 140 \text{ gm}=0, 140\sim 210 \text{ gm}=1, 280\sim 350 \text{ gm}=2, \geq 420 \text{ gm}=3$ )	0.141	0.196	3.112	0.002
Residential district (Busan=0, Namhae=1)	0.266	0.404	5.831	$< 0.001$

Adjusted  $R^2=0.141(p<0.001)$

## 고 찰

본 연구에서의 평균 혈중 수은 농도는  $6.61 \mu\text{g/L}$ 이었는데 이는 페루의 한 연구 결과[27]인  $9.9 \mu\text{g/L}$ 보다는 낮았지만 우리나라 환경부에서 실시한 국민 인체 내 유해물질 실태조사[2005년( $4.34 \mu\text{g/L}$ ), 2007년( $3.80 \mu\text{g/L}$ ), 2008년( $3.00 \mu\text{g/L}$ )] [28], 일본( $5.18 \mu\text{g/L}$ ) [29], 독일( $0.58 \mu\text{g/L}$ ) [1]에서 시행한 연구에서 발표된 평균 혈중 수은 농도에 비하면 높았다. 그러나 본 연구 결과는 우리나라를 대표할 수 있는 표본에서 나온 결과가 아니기 때문에 다른 연구 결과들과 직접적으로 비교할 수 없을 뿐만 아니라 페루의 연구결과를 제외하고는 생선 섭취량과의 직접적인 관계를 제시한 것은 아니므로 일반화하기에는 무리가 있다.

연구 대상자들의 일주일간 생선 섭취량은  $140 \text{ gm}$  미만 섭취 군이 220명(45.5%),  $140\sim 210 \text{ gm}$  섭취 군이 131명(27.1%),  $280\sim 350 \text{ gm}$  섭취 군이 91명(18.8%),  $420 \text{ gm}$  이상 섭취 군이 42명(8.7%)이었다. 본 연구의 생선 섭취량이 어느 정도 수준인지에 대해서는 아직 국내 연구결과가 없어서 평가하기 힘들다. 뿐만 아니라 아직 우리나라에서는 생선 섭취량에 대한 권고안의 완성도가 높지 않아서 본 연구의 생선 섭취량에 대한 평가는 가능하지 않다. 이러한 상황들은 외국의 여러 나라들이 생선 섭취를 통한 저 농도의 수은에 만성적으로 노출되는 일반인들에 대한 수은 독성에 관한 문제점을 인식하고 인체 내의 노출 참고 기준을 제정하여 다양한 권고안을 만드는 것과 대조된다. 최근 FAO/WHO 합동 식품 첨가물 전문가 위원

회(JECFA)는 메틸수은의 잠정 주간 섭취량을  $3.30 \mu\text{g/kg body weight}$ 에서  $1.6 \mu\text{g/kg body weight}$ 로 하향시키는 발표를 하였고[20], 유럽 연합은 생선 제품에 대한 수은 함량과 기준을 정하였는데, 일반 어류는  $0.5 \text{ mg/kg}$ , 포식성 어류에 대해서는  $1.0 \text{ mg/kg}$ 으로 하였다[21]. 미국 식품 의약국과 환경 보호청은 개체가 크지 않은 각종 일반 어패류를 일주일에 12온스(약  $340 \text{ gm}$ ) 이상 먹지 말 것과 참치 같이 개체가 크고 수은이 많이 함유되어 있는 종은 일주일에 6온스(약  $170 \text{ gm}$ ) 이상 먹지 말 것을 권고하였고[22], 캐나다 정부는 참치, 황새치 같은 포식성 어류의 경우에는, 일반 인구 군은 일주일에  $150 \text{ gm}$  이하, 임신이나 수유를 계획하고 있는 여성은 한 달에  $150 \text{ gm}$  이하, 5~11세의 소아는 한 달에  $125 \text{ gm}$  이하, 1~4세 소아는 한 달에  $75 \text{ gm}$  이하로 섭취할 것을 권고하고 있다 [30]. 우리나라는 심해성 어류, 다랑어 및 새치류를 제외한 종에서의 수은 함량을  $0.5 \text{ mg/kg}$ , 심해성 어류, 다랑어 및 새치류에 한해서 메틸수은 함량을  $1.0 \text{ mg/kg}$ 으로 정하고 있다[23]. 그러나 외국의 여러 권고안에 비추어 볼 때 우리나라의 권고안의 내용은 보다 더 구체화될 필요가 있다. 본 연구에서는 남해군 조사 대상 주민들의 혈중 수은 농도가 부산광역시 조사 대상 주민들의 혈중 수은 농도보다 높았는데 이는 섬 지역으로 분류되는 남해군의 지역적 특성 때문인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 해안지역에 거주하는 인구 군에서의 혈중 수은 농도가 높다는 기존의 연구결과들 [24,25,27,28]과 일치하는 소견이다.

우리나라 환경부에서는 2005년부터 실시한 국민

인체 내 유해물질 실태조사를 통해 내륙과 해안 지역 등을 포함하는 연구를 수행하고 있는데 앞으로 혈중 수은 농도가 높은 해안지역에 거주하는 인구군의 생선 섭취량에 대한 보다 세밀한 조사가 있어야 할 것이다.

단변량 분석에서 통계적으로 유의하게 나왔던 요인들 중에서 일주일간의 생선 섭취량, 그리고 거주 지역 변수를 제외한 나머지 요인들은 다변량 분석에서 통계적으로 유의하지 않았던 것으로 밝혀졌는데 이는 이들 변수들이 대부분 생선 섭취량과 통계적으로 유의한 연관성이 있었기 때문일 것으로 생각된다.

거주 지역은 단변량 분석에서 생선 섭취량과 통계적으로 유의한 연관성이 있었고 관련 변수들을 통제하기 위해 시행한 다중선형회귀 분석에서도 여전히 혈중 수은 농도와 통계적으로 유의한 연관성을 유지했다. 이는 본 연구에서 고려되지 않은 지역사회차원의 다양한 요인들이 지역주민들의 혈중 수은 농도에 영향을 미쳤기 때문일 것으로 판단되지만 자료의 제한으로 인하여 이를 완전히 파악할 수는 없었다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 수은으로 인한 신경학적 증상에 관한 설문이나 신경학적 증상 유무를 판단하기 위한 검사를 시행하지 못했다는 것이다. 향후 생선 섭취, 혈중 수은 농도, 여러 연구 결과에서 보이는 신경학적 증상 간의 관련성에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 체내에 존재하는 혈중 수은 양을 측정하였는데 추후 연구에서는 혈중 유기 수은에 대한 직접적인 분석을 하여 다른 연구 결과와 비교하는 연구가 필요하다. 셋째 생선 종마다 함유하고 있는 수은 량에 차이가 있는데 본 연구에서는 실제로 연구 대상 군들이 섭취하고 있는 생선 종류에 대한 조사가 없어 주로 섭취하는 생선 종류에 따른 혈중 수은 농도에 차이가 있는지를 살펴보기 못하였다. 앞으로 생선 종마다 함유되어 있는 수은에 대한 연구를 실시하고 이를 바탕으로 생선 섭취량에 대한 좀 더 구체적인 연구가 이루어질 필요가 있다. 넷째 식습관, 신체활동 등 건강관련행태 및 해당 지역사회의 토양, 지하수, 농업용수에서의 수은 농도 등 다양한 지역사회

요인들을 모두 고려하지 못하였다. 앞으로의 연구에서는 건강관련행태를 비롯한 혈중 수은 농도를 증가시킬 수 있는 개인 차원 및 지역사회 차원의 여러 요인에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

이러한 제한점들에도 불구하고 본 연구는 생선 섭취량과 혈중 수은 농도간의 유의한 관련성을 밝혔기 때문에 앞으로 생선 섭취량에 따른 인체의 혈중 수은 농도와 신경학적 증상, 특히 산전에 노출되어 출생 후에 나타날 수 있는 신경독성에 관한 다양한 연구의 출발점이 될 수 있다는 점에서 의미를 둘 수 있다.

인체 내 수은의 농도와 건강장애간의 관련성에 대한 다양한 연구와 더불어 생선 섭취를 통한 만성적인 수은 노출로 인한 위험을 막을 수 있는 수은 노출 기준, 실제적인 생선 내 수은 잔류 기준, 생선 섭취빈도와 생선 섭취량에 관한 여러 가지 권고안들도 마련되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 직업적으로 수은에 노출되지 않는 일반 인구 군에서 생선 섭취량과 혈중 수은 농도 사이의 관련성을 파악하기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 부산광역시 2개 동과 남해군 3개 마을에 거주하는 사람들 중 본 연구 참여에 동의한 484(남자: 134명, 여자: 350명)명을 최종 연구대상으로 하였다. 설문조사는 2009년 6월 말부터 7월 초까지 연구 참여 희망자들을 대상으로 훈련된 조사자가 면접설문조사를 실시하였다. 설문 조사의 주요 내용은 성별, 연령, 학력, 결혼상태, 직업, 현재 흡연 여부, 현재 음주 여부, 일주일간 생선 섭취량, 아말감 치료, 거주지역 등이었다.

단변량 분석에서 성별, 나이, 결혼상태, 현재 음주 여부, 일주일간의 생선 섭취량, 그리고 거주 지역이 혈중 수은 농도와 유의한 관련성이 있었다. 혈중 수은 농도를 종속 변수로 한 다중선형회귀 분석에서 일주일간의 생선 섭취량, 그리고 거주 지역이 혈중 수은 농도와 유의한 관련성이 있었다. 생선 섭취량과 혈중 수은 농도 간에는 통계적으로 유의한 관련성이 있다. 앞으로 혈중 수은 농도와 건강 장애간의 관련성을 비롯한 추가적인 연구를



통하여 생선 섭취와 연관된 수은 노출 기준, 실제적인 생선 내 수은 잔류 기준, 생선 섭취빈도와 생선 섭취량에 관한 여러 가지 권고안들을 마련하기 위한 근거 기반을 마련해야 할 것이다.

### 참고문헌

1. Umwelt Bundes Amt For Our Environment. Health and environmental hygiene german environmental survey 1998[cited 27 June 2012]. Available from : URL: <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/survey/us98/blut.htm>.
2. Environmental Health Perspectives. Blood mercury reporting in NHANES : identifying asian, pacific islander, native american, and multiracial groups[cited 27 June 2012]. Available from : URL:<http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?articleURI=info:doi/10.1289/ehp.8464>.
3. Amin-Zaki L, Elhassani S, Majeed MA, Clarkson TW, Doherty RA, Greenwood M. Intra-uterine methylmercury poisoning in Iraq. *Pediatrics* 1974;54(5):587-595
4. Halbach S, Welzl G, Kremers L, Willruth H, Mehl A, Wack FX, Hickel R, Greim H. Steady-state transfer and depletion kinetics of mercury from amalgam fillings. *Sci Total Environ* 2000;259(1-3):13-21
5. Riley DM, Newby CA, Leal-Almeraz TO, Thomas VM. Assessing elemental mercury vapor exposure from cultural and religious practices. *Environ Health Perspect* 2001;109(8):779-784
6. Al-Saleh I, Shinwari N. Urinary mercury levels in females: influence of skin-lightening creams and dental amalgam fillings. *Biometals* 1997;10(4):315-323
7. Al-Saleh I, Shinwari N, Mashhour A, Mohamed Gel-D, Ghosh MA, Shammasi Z, Al-Nasser A. Cadmium and mercury levels in Saudi women and its possible relationship with hypertension. *Biol Trace Elem Res* 2006;112(1):13-29
8. World Health Organization. Children health and the environment. Mercury[cited 15 September 2012] . Available from : URL: <http://www.who.int/ceh/capacity/Mercury.pdf>.
9. Grandjean P, White RF, Weihe P, Jørgensen PJ. Neurotoxic risk caused by stable and variable exposure to methylmercury from seafood. *Ambul Pediatr* 2003;3(1): 18-23
10. Storelli MM, Stuffer RG, Marcotrigiano GO. Total and methylmercury residues in tuna-fish from the Mediterranean sea. *Food Addit Contam.* 2002;19(8):715-720
11. Debes F, Budtz-Jørgensen E, Weihe P, White RF, Grandjean P. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicol Teratol* 2006;28(5):536-547
12. Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Palumbo D, Cernichiari E, Sloane-Reeves J, Wilding GE, Kost J, Huang LS, Clarkson TW. Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *Lancet* 2003;361(9370):1686-1692
13. Choi Y, Kim DH. Contents of total and organic mercury in bone, muscle and fin of *Carassius carassius* middle stream of Nakdong River, Korea. *Korean J of Rural Med* 1993;18(2):131-140 (Korean)
14. Guallar E, Sanz-Gallardo MI, Van't Veer P, Bode P, Aro A, Gómez-Aracena J, Kark JD, Riemersma RA, Martín-Moreno JM, Kok FJ. Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *N Engl J Med* 2002;347:1747-1754
15. Hallgren CG, Hallmans G, Jansson JH, Marklund S, Huhtasaari F, Schütz A, Strömberg U, Vessby B, Skerfving S.

- Markers of high fish intake are associated with decreased risk of a first myocardial infarction. *Br J Nutr* 2001;86(3):397-404
16. Tsuchiya H, Mitani K, Kodama K, Nakata T. Placental transfer of heavy metals in normal pregnant Japanese women. *Arch Environ Health* 1984;39(1):11-17
  17. Sakamoto M, Kubota M, Liu XJ, Murata K, Nakai K, Satoh H. Maternal and fetal mercury and n-3 polyunsaturated fatty acids as a risk and benefit of fish consumption to fetus. *Environ Sci Technol* 2004;38(14):3860-3863
  18. 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
  19. 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
  20. World Health Organization. WHO Food ADDITIVES SERIES:52. Methylmercury[cited 15 September 2012]. Available from : URL:<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je23.htm>.
  21. European Commission. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), Annual Report 2007[cited 15 September 2012]. Available from : URL:[http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/report2007\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/report2007_en.pdf).
  22. U.S. Food and Drug Administration. What You Need to Know About Mercury in Fish and Shellfish(Brochure)[cited 15 September 2012]. Available from : URL:<http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm110591.htm>.
  23. Korea Food & Drug Administration. Heavy metals standards list on food 2007[cited 15 September 2012]. Available from : URL:<http://www.kfda.go.kr/index.kfda?mid=69&cd=56&pageNo=1&seq=3028&cmd=v>.
  24. Chan Woo Kim, Young Wook Kim, Chang Ho Chae, Jun Seok Son, Seung Hyun Park, Jae Chul Koh, Dae Seon Kim. 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 (Korean)
  25. Eun Mi Jo, Byoung Gwon Kim, Yu Mi Kim, Seung Do Yu, Chang Hun You, Joon Youn Kim, Young Seoub Hong. Blood mercury concentration and related factors in an urban coastal area in Korea. *J Prev Med Public Health* 2010;43(5): 377-386
  26. Korean Nutrition Society. Food values of portions commonly used. Seoul, Korean Nutrition Information Center, 2004, p. 215 (Korean)
  27. Turner MD, Marsh DO, Smith JC, Inglis JB, Clarkson TW, Rubio CE, Chiriboga J, Chiriboga CC. Methylmercury in populations eating large quantities of marine fish. *Arch Environ Health* 1980;35(6):367-378
  28. Korea Ministry of Environment. The hazardous substances survey in koreans[cited 27 June 2012]. Available from : URL:[http://me.go.kr/kor/notice/notice\\_02\\_01.jsp?id=notice\\_02&mode=view&idx=170640](http://me.go.kr/kor/notice/notice_02_01.jsp?id=notice_02&mode=view&idx=170640).
  29. Murata K, Dakeishi M, Shimada M, Satoh H. Usefulness of umbilical cord mercury concentrations as biomarkers of fetal exposure to methylmercury. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 2007;62(4):949-959
  30. Health Canada. Consumption Advice: Making informed Choices about Fish[cited 15 September 2012]. Available from : URL:<http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/environ/mercur/cons-adv-etud-eng.php>.