

우리나라 일부 지역 주민에서 생선 섭취 빈도가 혈중 수은 농도에 미치는 영향

성균관의대 마산삼성병원 산업의학과, 고려대학교 의과대학 산업의학과¹⁾,
국립환경 과학원 환경보건안전부 환경역학과²⁾

김찬우 · 김영욱 · 채창호 · 손준석 · 박승현 · 고재철¹⁾ · 김대선²⁾

— Abstract —

The Effects of the Frequency of Fish Consumption on the Blood Mercury Levels in Koreans

Chan-Woo Kim, Young-Wook Kim, Chang-Ho Chae, Jun-Seok Son,
Seung-Hyun Park, Jae-Chul Koh¹⁾, Dae-Seon Kim²⁾

*Department of Occupational & Environmental Medicine, Masan Samsung Hospital, College of Medicine, Sungkyunkwan University, Department of Occupational & Environmental Medicine, College of Medicine, Korea University¹⁾
Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research (NER), Seoul, Korea²⁾*

Objectives: We studied two districts in Korea in order to investigate if the frequency of fish consumption has an effect on the blood mercury levels.

Methods: This survey was conducted on 164 fishing district residents in Geoje city and 219 agricultural district residents in Changwon city from July to August in 2008. The data on the demographic characteristics, the living environment, lifestyle habits and the frequency of fish consumption was collected by interviewers. We used ANOVA to estimate the particular relevance between the frequency of fish consumption and the blood mercury concentration, and other various factors.

Results: The mean total blood mercury level was $6.54 \pm 4.01 \mu\text{g/L}$ for the total study population. Our results were even higher than that of the National Health and Nutrition Examination Survey (USA) in, 2001~2002 and the German Environmental Survey in, 1998. In this study, there was a significant difference for the frequency of eating fish between the groups. ($p < 0.01$, The level of the groups that ate fish 3 to 4 times per week was significantly higher as compared with the level of the other groups that ate fish 2 to 3 times per month and 1 to 2 times per week, respectively). As the frequency of fish consumption increased, so did the blood mercury concentration.

Conclusions: We found that the blood mercury concentration increases along with fish consumption and this was statistically significant and this fact reveals that fish consumption is positively related to the blood levels of mercury. Accordingly, we need systematic and periodic research on the general population to prevent mercury poisoning, which can be caused by low-level mercury exposure from dietary intake such as chronic fish consumption.

Key Words: Fish, Consumption, Mercury, Frequency, Blood

서론

인류에게 알려진 가장 오래된 금속 중의 하나인 수은은 금속 수은, 무기 수은 및 유기 수은으로 구분이 된다. 수은은 의학과 농업, 산업 분야 등 인간의 일상적인 생활에 매우 밀접하게 연관이 되어 있는 금속으로 세 가지 형태의 수은 모두 독성이 있어 직업적, 비직업적, 환경적인 노출을 통해 중추신경계를 포함한 여러 장기에 심각한 위해를 줄 수 있어 유해성 및 노출 수준에 대한 관심의 대상이 되고 있다. 가장 위험한 중금속 중의 하나인 수은은 인체 대사에서 어떤 생리적인 역할을 하는지 잘 알려져 있지 않고 인체는 수은을 능동적으로 배출 할 수 있는 기전이 없다고 한다¹⁾. 금속 수은은 온도계, 체온계, 혈압계 등의 재료이고 치과에서 쓰이는 아말감과 금 제련을 시행하는 사업장에서 사용이 된다²⁾. 무기 수은은 농약, 방부제 등의 재료로 사용되며 화력 발전소에서의 석탄 산화시에 대기 중으로 방출 될 수 있다. 이와 같이 금속 수은과 무기 수은에 대한 노출은 대부분 직업적, 환경적으로 이루어진다. 유기 수은은 탄소와 결합한 수은으로 직업적으로 수은에 관련이 없는 광범위한 일반 인구에서 노출이 일어날 수 있어 논의의 초점이 된다. 유기 수은은 무기 수은이 혐기성 생물에 의해서 수중 생태계에서 전환 되는데 유기 수은은 박테리아, 플랑크톤, 작은 어류, 포식성 어류, 인간으로 이르는 먹이사슬을 거치게 되고 이 과정을 통해서 유기 수은이 농축되고 수중에서의 첫 농도보다 상당히 높게 포식자에게서 나타나게 된다. 메틸수은과 에틸 수은의 형태로 존재하는 유기 수은은 지용성 물질로 소화관으로의 흡수가 90% 이상이 되고 반감기가 70일 정도로 체외 배설이 늦어 체내에 축적되기 쉬운 경향을 나타내며 체내에서 쉽게 제거되지 않고 혈뇌관문(blood-brain barrier)을 통과하여 중추 신경계와 말초 신경계에 영향을 준다. 초기 중독 때는 원위사지에서 경미한 감각저하를 보이나 중독이 심해지면 어른에게서 감각이상, 운동실조, 구음장애, 청력저하, 시야 협착 등의 심각한 신경 독성을 나타낸다고 알려져 있다³⁾. 그리고 자궁 내에서 태반을 통과한 수은에 노출된 아이들은 출생과 성장기에서 운동, 감각 등의 장애와 정신 발달 지체와 같은 신경 발달 장애가 생길 수 있다⁴⁾. 또한, 발달상의 독성과 신경 독성 외에도 수은이 심혈관 질환의 위험을 증가시킬 수 있다는 연구 보고가 있으며 심장에서의 수은 농축의 건강 영향은 완전히 밝혀지지 않았으나 심장의 나트륨 조절과 바이러스 감염에 반응하는 수은의 변화 등을 포함하는 다중 기전이 설득력 있게 보인다⁵⁾.

여러 연구 결과에서 보인 것과 같이 유기 수은의 주된 형태인 메틸수은은 주로 생선과 어패류를 섭취함으로써 체내에 축적이 되고 개체가 크고 오래 사는 포식성 일수

록 수은함량이 높다는 보고가 있고⁶⁾, 생선 섭취를 통한 인체 내의 수은 축적에 대한, 특히 만성적으로 저 농도의 수은에 노출될 수 있는 생선 섭취와 체내에 축적된 수은 양, 그에 따른 신경학적 증상 등에 관한 논의가 진행되고 있다. 이에 따라 여러 외국의 선진국에서는 수은의 환경 노출 기준을 정하고 수은 중독으로 인한 건강 장애에 관한 연구를 활발히 진행하고 있으나 국내에서는 환약 복용에 의해 생긴 중독⁷⁾과 체온계 및 형광등 제조업체에서 발생한 예⁸⁾ 등과 같은 직업적 노출에 의해 발생한 수은 중독 증례가 몇 있을 뿐이고 저 농도의 만성적 수은 노출로 인해 일반인에서 발생할 수 있는 건강장애나 임신부와 태아에서 심각한 유전적인 독성을 야기할 수 있는 위험성에 대한 연구는 미미한 실정이다.

최근 우리나라를 비롯한 선진국에서는 광우병과 조류 독감의 발생, 육식을 통한 뇌·심혈관계 질환의 증가로 인하여 육류에 비해 안전하다고 여겨지는 생선 섭취가 더욱 증가되는 경향이 있고 외국의 여러 선진국에서는 생선 섭취로 인한 만성적인 저 농도의 수은에 대한 노출이 임신부를 포함하는 일반 인구에게 끼칠 영향에 대해서 연구를 활발하게 진행하고 있으나, 국내에서의 연구는 아직 미진한 실정이다. 이런 이유로 생선 섭취 등을 통해 저 농도 수은에 만성적으로 노출되는 일반 인구군에서의 수은 노출 실태를 연구하는 것은 매우 중요한 일이라 생각하여 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 직업적으로 수은에 노출되지 않는 경남 일부 농·어촌 주민들을 대상으로 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도를 분석하고 생선 섭취에 따른 혈중 수은 농도 정도를 평가하여 향후 수은 연구에 대한 기초자료를 제공 하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 국내, 외 다수의 연구에서 생선 섭취 빈도가 혈중 수은에 영향을 끼친다는 결과를 바탕으로 생선 섭취 빈도가 높을 것으로 예상되는 경상남도 거제시 2개 어촌 마을과 상대적으로 생선 섭취 빈도가 낮을 것으로 예상되는 연령구조와 규모가 비슷한 경상남도 창원시 2개 농촌 마을을 방문하여 연구에 참여하기로 동의한 383명을 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

1) 설문조사

연구진의 마을 방문 시 본 연구 목적과 방법, 유익성에

대해서 설명을 한 뒤 이에 동의하고 참여하기로 한 희망자에 한하여 조사자들이 설문지를 직접 읽어주고 기입하는 방식으로 설문조사를 진행하였다. 설문 조사 내용은 연령, 성별, 음주, 흡연, 생선 섭취빈도, 거주기간, 거주 지역, 학력, 직업력 등 이었고 현재 건강 상태는 의사의 문진을 통하여 이루어졌다. 아말감 치료에 대한 설문은 응답자가 아말감 치료를 받았는지를 잘 알지 못하였고 다른 치과 치료와 혼동하는 경우가 많아 결과에서 제외시켰다.

2) 혈중 수은 농도 측정 방법

혈액의 응고방지를 위해 EDTA로 처리된 tube에 전혈 3 mL 진공 채혈관(Vacutainer, Beckton & Dick-tion, Los Angelse, CA, USA)을 사용하여 정맥혈을 직접 채혈한 후 시료 분석까지 드라이아이스에 저장하여 이송 하였고 분석 전까지 영하 70°C에서 보관하였다. 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 HNO₃ 5 mL를 첨가하고 극초단파(microwave)오븐에서 전 처리하였다. 탈 이온수로 전체 용량을 50 mL 채운 후 혈중 수은 농도를 분석하기 위하여 환원증기 장치 가 설치되어 있는 수은 분석기기(Perkin Elmer Analyst 800- FIAS 100, Shilton, CT, USA)를 사용하였다. 이 분석기기의 한계는 0.1 ug/L였다. 혈중 수은 분석기기의 분석 조건은 램프파장(Lamp wave-length)이 253.7 nm, 슬릿 너비 slit width)가 0.7 nm, 시료 루프가 500 ul, 산화제는 3%의 HCl, 유속은 12 mL/min, 환원제는 0.05% NaOH에 들어있는 0.2%의 NaBH₄였다.

3) 통계 분석

통계 분석은 SPSS for windows 12.0 version (SPSS Inc, Chicago II, USA)을 이용하였다. 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도의 차이를 비교하기 위해 일원 배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용 하였다. p값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주 하였고 양측 검정을 하였다.

결 과

1. 대상자들의 일반적인 특성

조사 대상자의 연령은 63.54±14.34세였고 50대 미만이 45명(11.7%), 50대가 97명(25.3%), 60대가 92명(24.0%), 70대 이상이 149명(38.0%)이었다. 성별 분포는 남자가 145명(38.0%), 여자가 237명(62.0%)이었

고, 술을 마시는 사람이 233명(61.5%)으로 술을 마시지 않는 사람보다 많았다. 현재 흡연을 묻는 항목에서 흡연을 하지 않는 사람이 266명(69.6%)으로 흡연을 하고 있는 사람보다 많았다. 거주 지역은 어촌이 164명(42.9%), 농촌이 219명(57.1%)이었다. 현 거주 지역에서의 거주 기간은 49년 이하가 182명(47.8%), 50년 이상이 199명(52.2%)이었고 평균 거주 기간은 46년으로 나타났다. 교육 수준은 초등학교 졸업 이상 고등학교 졸업이하가 240명(65.4%)으로 가장 많았고 학교에 다니지 않았다가 110명(30.0%), 전문학교 졸업 이상이 17명(4.6%)으로 가장 적은 인원이 분포하였다. 생선 섭취 빈도는 한 달에 2~3회 이하 섭취가 189명(50.1%), 일주일에 1~2회 섭취가 113명(30.0%), 일주일에 3~4회 이상 섭취가 75명(19.9%)으로 나타났다(Table 1). 직업력에 대한 설문이었으나 수은에 직업적으로 노출된 대상자가 없어 결과에서 제외시켰고 농약으로 인한 수은 노출에 대한 분석에서는 노출군과 비노출군에서 차이가 없었다.

Table 1. General characteristics of study subjects

Characteristics	Number(%)
Age	
<50	45(11.8)
50~59	97(25.3)
60~69	92(24.0)
≥70	149(38.9)
Gender	
Male	145(38.0)
Female	237(62.0)
Drinking	
Non-drinker	146(38.5)
Drinker	233(61.5)
Current smoking	
No	266(69.6)
Yes	116(30.4)
Distric	
Fishing	164(42.9)
Agricultural	218(57.1)
Resident duration (years)	
≤49	182(47.8)
≥50	199(52.2)
Education level	
No education	110(30.0)
≤Elementary-high school	240(65.4)
≥College	17(4.6)
Frequency of fish consumption	
≤2~3/month	189(50.1)
1~2/week	113(30.0)
≥3~4/week	75(19.9)

2. 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도

생선 섭취 빈도를 한 달에 2~3회 이하, 일주일에 1~2회, 일주일에 3~4회 이상 섭취 군으로 나누어 비교하였다. 각 군에서의 혈중 수은 농도는 $6.05 \pm 3.44 \mu\text{g/L}$, $6.40 \pm 4.16 \mu\text{g/L}$, $8.14 \pm 4.79 \mu\text{g/L}$ 이었고 일주일에 3~4회 이상 섭취하는 군이 다른 군과 비교했을 때 혈중 수은 농도가 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.01$, Table 2). 생선 섭취 빈도 군 모두의 평균 혈중 수은 농도는 독일 인체 모니터링 위원회 HBM I의 허용기준치($5 \mu\text{g/L}$)와 미국 환경보호청(EPA)의 허용기준치($5.8 \mu\text{g/L}$)를 모두 초과하였다.

3. 다른 나라의 수은 참고 기준을 초과하는 인구

본 연구의 전체 대상자들의 수은 평균 농도는 $6.54 \mu\text{g/L}$ 로 독일 인체 모니터링 위원회(CHBM)가 정하고 있는 일반인 중 건강 피해 위험성이 없는 HBM I 기준인 $5.0 \mu\text{g/L}$, 일반인에서 일생동안 유해 건강 영향이 나타나지 않는 수준으로 정하고 있는 미국의 환경 보호청의 기준인 $5.8 \mu\text{g/L}$ 보다 높았고 독일 인체 모니터링 위원회의 HBM I의 기준인 $5.0 \mu\text{g/L}$ 을 초과한 연구 대상자가 235명(61.8%), 미국 환경 보호청의 기준인 $5.8 \mu\text{g/L}$ 을 초과한 연구 대상자가 188명(49.2%)이었으며 미국 유독물 및 질병 등록청에서 일반인의 일생동안 유해 건강 영향이 나타나지 않을 수준으로 정하고 있는 기준인 $13.6 \mu\text{g/L}$ 를 초과한 연구 대상자가 21명(5.5%), 독일 인체 모니터링 위원회에서 일반인 중 민감자에게 건강 위

험이 증가 할 수 있는 수준인 HBM II 기준인 $15.0 \mu\text{g/L}$ 를 초과한 연구 대상자가 16명(4.2%)으로 나타났다(Table 3).

고 찰

심각한 건강 장애를 일으킬 수 있는 체내 수은의 80~90%가 생선을 통해 섭취 되고¹²⁾, 생선에 존재하는 수은의 75~90% 이상이 유기 수은이며¹³⁻¹⁶⁾ 체내에 존재하는 혈중 수은의 75% 정도는 지난 30일 이상의 생선 섭취를 통한 유기 수은의 체내 유입에 의한 것이라는 연구가 있다¹³⁾. 여러 연구를 통해서 체내에 존재하는 수은의 대부분은 생선 섭취를 통해서 체내로 유입이 되고 체내에 존재하는 수은의 많은 부분은 유기 수은이 차지하고 있음을 알 수 있다. 그래서 직업적, 환경적으로 수은에 노출되지 않는 임신부와 태아, 일반 인구군에서 생선 섭취를 통한 혈중 수은 농도와 그에 따른 건강 장애에 대한 많은 연구가 진행 되고 있다. 산전 생선 섭취 빈도와 소아에서의 신경학적 발달상의 장애에 관한 대표적인 연구가 있다. 거두 고래(pilot whale)를 많이 섭취하는 북해의 덴마크령 파로 섬 연구에서 산전 유기 수은 노출은 아이들의 운동, 집중력, 언어 검사에서 결손을 나타나게 하였다¹⁷⁾. 반면에 아프리카 남단, 인도양에 위치한 세이첵스 제도의 연구는 산전 유기 수은 노출과 아이들의 지능에는 어떤 유의한 관련성이 없었다고 보고 하였다^{18,19)}. 하지만 임신부와 태아에 관한 여러 연구는 임신부의 혈중 수은 농도보다 태아 제대혈에서의 혈중 수은 농도가 1.5~2배 이상 높고²⁰⁻²³⁾, 제대혈의 수은 농도가 태아 신

Table 2. Blood mercury level according to the frequency of fish consumption

Frequency of fish consumption	N	Blood mercury level($\mu\text{g/L}$)*	p-value [†]
$\leq 2\sim 3/\text{month}$	188	6.05 ± 3.44	0.001
1~2/week	113	6.40 ± 4.16	
$\geq 3\sim 4/\text{week}$	75	8.14 ± 4.79	
Total	376	6.54 ± 4.01	

*:Mean \pm SD, [†]:by ANOVA($\leq 2\sim 3/\text{month}$, 1-2/week compare with $\geq 3\sim 4/\text{week}$)

Table 3. Study subjects that exceed mercury reference value of other organizations

Organization	Ref. value	N (%)	Reference
German	CHBM* (HBM I)	5.0 $\mu\text{g/L}$	235(61.8)
USA	EPA [†]	5.8 $\mu\text{g/L}$	188(49.2)
	ATSDR [‡]	13.6 $\mu\text{g/L}$	21(5.5)
German	CHBM* (HBM II)	15.0 $\mu\text{g/L}$	16(4.2)

*:Commission of human biological monitoring, [†]:Environmental protection agency, [‡]:Agency for toxic substances and disease registry.

경 장해의 예측 지표가 될 수 있음을 보고 하였으며^{24,25)} 일반 인구군에서 생선 섭취 빈도가 증가함에 따라 수은 농도가 2~7배까지 높아진다는²⁶⁻³⁰⁾ 연구가 있어 여러 나라에서는 수은의 위험성을 인지하고 수은에 관한 연구를 활발하게 진행하여 수은 노출 기준과 생선 내에 존재하는 수은의 잔류 허용 기준, 생선 섭취 빈도, 양에 관한 권고안을 제정하고 있다.

미국 국민 건강 영양조사(2001~2002), 독일 환경조사(1998), 우리나라 환경부의 2차 국민 인체 내 유해 물질 실태 조사 연구(2007), 일본의 한 연구, 본 연구에서의 평균 혈중 수은 농도는 0.82 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.74~0.94), 0.58 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.57~0.60), 3.80 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 3.66~3.93), 5.18 $\mu\text{g/L}$, 6.54 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 6.14~6.95)로 나타났다. 일본의 한 연구와 미국, 독일의 연구 결과를 본 연구와 비교했을 때, 본 연구의 혈중 수은 농도가 1.3배, 7.9배, 11.3배 높음을 보인다. 2007년 우리나라 환경부에서 실시한 2차 국민 인체 내 유해 물질 실태 조사 연구의 평균 혈중 수은 농도를 일본의 한 연구와 비교했을 때 환경부에서 실시한 연구의 혈중 수은 농도가 낮았으나 미국, 독일의 연구 결과와 비교 시 혈중 수은 농도가 4.6배, 6.6배 높았다. 그리고 본 연구의 혈중 수은 농도는 2007년 우리나라 2차 국민 인체 내 유해 물질 실태 조사 연구보다 1.7배 높은 혈중 수은 농도를 보였다 (Table 4).

이와 같이 본 연구를 포함한 우리나라 환경부의 연구 결과를 다른 나라와 비교 했을 때 대체적으로 혈중 수은 농도가 높음에도 우리나라에서는 연구가 미미한 실정인데 낮은 혈중 수은 농도를 보이는 외국은 일찍부터 생선 섭

취를 통한 저 농도의 수은에 만성적이고 비직업은 농도를 보이는 외국은 일찍부터 생선 섭취를 통한 저 농도의 수은에 만성적이고 비직업적으로 노출되어 수은 독성이 나타날 수 있음을 인지하고 여러 가지 연구가 진행되어 수은 노출에 관한 인체 내 노출 참고 기준을 제정하여 발표하고 있다(Table 5). 그리고 수은 노출 기준 뿐만이 아니라 생선 내 수은 잔류 기준과 생선 섭취 빈도, 양에 관한 여러 가지 권고안이 여러 기관과 나라에서 정해지고 있다. 최근 FAO/WHO 합동 식품 첨가물 전문가 위원회(The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서는 메틸수은의 잠정 주간 섭취량(Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI)을 3.30 $\mu\text{g/kg}$ body weight에서 1.6 $\mu\text{g/kg}$ body weight로 하향 조정 했으며³²⁾, 일본의 경우에는 다양한 생선 내에서의 수은 농도를 조사하고 여러 종의 포식성 개체에 대해서 임신부와 임신을 계획하고 있는 여성에서의 섭취 횟수와 섭취량을 제한하고 있다³³⁾. 유럽 연합은 생선으로 된 제품에 대해 수은 함량을 0.5 mg/kg , 포식성 어류는 1 mg/kg 으로 기준을 정하고 있으며³⁴⁾, 우리나라의 경우 심해성 어류, 다랑어 및 새치류를 제외한 종에서의 수은 함량을 0.5 mg/kg 으로 심해성 어류, 다랑어 및 새치류에 한해서 메틸수은 함량을 1.0 mg/kg 으로 정하고 있다³⁵⁾. 또 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration)과 환경 보호청(Environment Protection Agency)은 각종 어패류를 일주일에 12온스(약 340 gm) 이상 먹지 말 것과 참치 등과 같이 수은이 많이 함유된 종은 일주일에 6온스(약 170 gm)이상 먹지 말 것을 권고하고 있다³⁶⁾. 영국 식품

Table 4. The mean levels of blood mercury in other studies and this study

Study	Blood mercury level * (95%CI)	Source	Reference
This study	6.54(6.14-6.95)		
USA	0.82(0.74-0.94)	NHANES [†] 2001-2002	11
Deutschland	0.58(0.57-0.60)	Ger ES [‡] III 1998	9
Japan	5.18	Environmental Research 2007	31
Korea	3.80(3.66-3.93)	Korea Ministry of Environment 2007	11

* : $\mu\text{g/L}$, [†]: National health and nutrition examination survey, [‡]: German environmental survey.

Table 5. Mercury reference value of other organizations

Organization	Ref value	Meaning	Reference	
USA	EPA *	5.8 $\mu\text{g/L}$	No harmful effect on health in lifetime	10
	ATSDR [†]	13.6 $\mu\text{g/L}$	No harmful effect on health in lifetime	11
German	CHBM [‡]	HBM I : 5 $\mu\text{g/L}$	Does not raise risks of health problems in general population	9
		HBM II : 15 $\mu\text{g/L}$	Increase risks of health problem in sensitive persons	9

* : Environmental protection agency, [†]: Agency for toxic substances and disease registry, [‡]: Commission of human biological monitoring.

표준청(Food Standard Agency)은 수은 함량이 높은 황새치를 임신부, 가임 여성, 16세 이하 어린이들은 섭취를 피하라고 하고, 임신부와 가임 여성에서는 한 주에 2회 이상 참치 스테이크를 먹지 말라고 제안 하고 있다³⁷⁾. 캐나다 정부는 참치, 상어, 황새치 등과 같은 포식성 어류의 섭취를 일반 인구군에서 일주일에 150 gm 이하, 임신이나 수유를 하려는 여성에서는 한 달에 150 gm 이하, 5~11세의 소아는 한 달에 125 gm이하, 1~4세 소아는 한 달에 75 gm 이하로 섭취 할 것을 권고하고 있다³⁸⁾.

본 연구의 결과는 다른 많은 연구에서 보인 생선 섭취가 증가함에 따라 혈중 수은 농도가 높아진다는³⁴⁻³⁸⁾ 연구와 일치되는 결과를 보였고 본 연구에서처럼 연구 지역을 농어촌으로 선택한 페루의 한 연구가 있다³⁹⁾. 본 연구에서 어촌 주민의 혈중 수은 농도는 8.85 $\mu\text{g/L}$, 농촌 주민은 4.81 $\mu\text{g/L}$ 이었고 태평양 연안에 접해 있어 생선 소비가 많은 어촌 지역의 혈중 수은 농도는 82 $\mu\text{g/L}$, 안데스 산맥에 위치한 농촌 지역은 9.9 $\mu\text{g/L}$ 이었다. 본 연구는 생선 섭취 빈도에 대한 조사가 있고 섭취량에 대한 조사가 없어 반대 경우인 페루의 한 연구와 직접적인 비교를 하기는 힘들다 생선 섭취의 빈도나 양이 많은 지역이 혈중 수은 농도가 높음을 보여주는 예로 볼 수 있겠다. 앞으로 우리나라에서 많은 연구를 통해서 생선 섭취 빈도와 혈중 수은와의 관련성, 그로 인한 건강 장애에 관한 연구, 더 나아가 수은에 대한 노출 기준, 생선 섭취 빈도, 양에 대한 폭넓고 깊은 연구가 있어야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 첫째, 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 양과 그에 따른 신경학적 증상 빈도간의 관련성을 보기 위한 신경학적 증상에 관한 설문이나 신경학적 이상을 보기 위한 검사를 시행하지 못했다는 것이다. 최근까지 우리나라에서는 임신부에서 생선 섭취 빈도와 혈중 수은 양에 관한 연구가 있었으나³⁰⁾ 직업적으로 노출되지 않고 생선 섭취를 통해서 임신부와 태아를 제외한 일반 인구군에서 신경학적 증상까지 연관시켜 연구를 한 적은 거의 없어 향후 연구에서는 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 양과 신경학적 증상과의 관련성에 대한 추가적인 연구와 추적 관찰이 필요 할 것으로 보인다. 둘째, 혈중 수은 양만을 측정하여 생선 섭취 빈도에 따라서 체내에 있는 혈중 유기 수은의 양을 측정하지 못하였는데 앞으로는 혈중 유기 수은을 측정하여 생선 섭취 빈도와 혈중 유기 수은 농도간의 관련성에 관한 연구가 있어야 할 것이다. 셋째, 생선 섭취량을 생선 섭취 빈도로 대략적으로 추정하여 연구 대상자들의 정확한 생선 섭취량을 구하지 못하였다. 추후의 연구는 식품 섭취 빈도 설문지 등을 통한 생선 섭취 빈도와 생선 섭취량에 대한 설문을 더 체계화하여 연구를 진행 하여야 할 것이다. 넷째, 생선 종마다 함유하고 있는 수은 양의 차이를 고려하지 않고 일상적으로

섭취하고 있는 생선의 종류에 대한 조사가 없었다. 앞으로 생선 종마다 함유되어 있는 수은에 대한 조사를 실시하고 이를 바탕으로 일상적인 생선 섭취 종류에 대한 수은 노출, 섭취 기준이 만들어져야 할 것이다. 여러 제한점으로 인하여 본 연구의 결과가 미흡하다고 하더라도 생선 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도와와의 관련성이 유의함을 보여 주었기 때문에 앞으로 생선 섭취 빈도에 따른 인체의 혈중 수은 농도와 신경학적 증상에 대한 향후 많은 연구들의 출발점이 되었다는 점에서 의미를 둘 수 있다. 그리고 우리나라 환경부에서 추진하고 있는 국민 인체 내 유해 물질 조사와 같은 전 국민적인 조사를 통해서 생선 섭취를 통한 만성적인 수은 노출로 인한 위험을 막기 위한 여러 활동이 활발하게 이루어지길 바란다.

요 약

목적: 생선 섭취 빈도와 혈중 수은 농도간의 관련성을 파악하고자 본 연구를 수행하였고 본 연구의 결과를 바탕으로 생선 섭취가 높은 집단에 대한 수은 노출 실태 파악하여 중, 장기적인 대책을 위한 기초자료를 제공 하고자 한다.

방법: 경상남도 거제시 2개 어촌 마을과 창원시 2개 농촌 마을을 방문하여 어촌 164명(남자:62명, 여자:102명), 농촌 219명(남자:84명, 여자:135명)을 대상으로 연구를 수행하였다. 연구진의 마을 방문 시 본 연구 목적과 방법, 유익성에 대해서 설명을 한 뒤 참가 희망자에 한하여 조사자들이 설문지를 직접 읽어주고 기입하는 방식으로 설문조사를 진행하였다. 설문 조사 내용은 연령, 성별, 음주, 흡연, 생선 섭취빈도, 거주기간, 거주 지역, 학력, 직업력 등 이었고 현재 건강 상태는 의사의 문진을 통하여 이루어졌다.

결과: 생선 섭취 빈도를 한 달에 2~3회 이하, 일주일에 1~2회, 일주일에 3~4회 이상 섭취 군으로 나누었다. 각 군에서의 혈중 수은 농도는 $6.05 \pm 3.44 \mu\text{g/L}$, $6.40 \pm 4.16 \mu\text{g/L}$, $8.14 \pm 4.79 \mu\text{g/L}$ 이었고 일주일에 3~4회 이상 섭취하는 군이 다른 군과 비교했을 때 혈중 수은 농도가 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.01$).

결론: 여러 가지 제한점이 있으나 생선 섭취 빈도와 혈중 수은 농도간의 관련성을 파악할 수 있는 연구였기에 주목해야 할 연구라고 생각된다. 이를 바탕으로 국가적인 연구 계획을 수립하여 생선 섭취를 통한 비직업적이고 만성적인 수은 노출에 대한 현황을 파악하고 나아가 외국의 경우처럼 우리나라만의 혈중 수은 노출 기준을 정하고 임신부와 태아 등을 포함하는 일반인에게 나타날 수 있는 건강 장애를 예방하기 위한 노력과 연구가 지속적으로 계속 되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Houston MC. The role of mercury and cadmium heavy metals in vascular disease, hypertension, coronary heart disease, and myocardial infarction. *Altern Ther Health Med* 2007;13(2):128-33.
- 2) Amin-Zaki L, Elhassani S, Majeed MA, Clarkson TW, Doherty RA, Greenwood M. Intra-uterine methylmercury poisoning in Iraq. *Pediatrics* 1974;54(5):587-95.
- 3) Harada M. Minamata disease: Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Crit Rev Toxicol* 1995;25(1):1-24.
- 4) Harada M, Akagi H, Tsuda T, Kizaki T, Ohno H. Methylmercury level in umbilical cords from patients with congenital Minamata disease. *Sci Total Environ* 1999;234 (1-3):59-62.
- 5) Chan HM, Egeland GM. Fish consumption, mercury exposure, and heart disease. *Nutr Rev* 2004;62(2):68-72.
- 6) 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.
- 7) Chung WJ, Kim YS, Lee JD, Kim MH, Bae JH. A case of mercury poisoning due to herb drug pills. *Korean J Med* 1980;23(8):719-22. (Korean)
- 8) Wee KS, Choi TS, Lee SJ, Cho WY, Kim HK. A clinical study of chronic mercury poisoning. *Korean J Med* 1990;38(1) :51-7. (Korean)
- 9) Umwelt Bundes Amt For Our Environment. Health and environmental hygiene german environmental survey 1998. Available : <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheits-e/survey/us98/blut.htm> [cited 27 June 2010].
- 10) Environmental Health Perspectives. Blood mercury reporting in NHANES : identifying asian, pacific islander, native american, and multiracial groups. Available : <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/Article.action?articleURI=info:doi/10.1289/ehp.8464> [cited 27 June 2010].
- 11) Korea Ministry of Environment. The second hazardous substances survey in koreans(translated by Kim CW). Available: http://me.go.kr/kor/notice/notice_02_01.jsp?id=notice_02&mode=view&idx=166672 [cited 27 June 2010].
- 12) Urieta I, Jalón M, Eguilero I. Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1, iron and zinc through the Total Diet Study, 1990/91. *Food Addit Contam* 1996;13(1): 29-52.
- 13) 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):562-70.
- 14) Falter R, Schöler HF. Determination of methyl-, ethyl-, phenyl and total mercury in Neckar River fish. *Chemosphere* 1994;29(6):1333-8.
- 15) Morgan JN, Berry MR, Graves RL. Effects of commonly used cooking practices on total mercury concentration in fish and their impact on exposure assessments. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1997;7(1):119-33.
- 16) Storelli MM, Stuffer RG, Marcotrigiano GO. Total and methylmercury residues in tuna-fish from the Mediterranean sea. *Food Addit Contam* 2002;19(8): 715-20.
- 17) 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):536-47.
- 18) 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):1686-92.
- 19) Davidson PW, Myers GJ, Cox C, Wilding GE, Shamlaye CF, Huang LS, Cernichiari E, Sloane-Reeves J, Palumbo D, Clarkson TW. Methylmercury and neurodevelopment: Longitudinal analysis of the Seychelles child development cohort. *Neurotoxicol Teratol* 2006;28(5):529-35.
- 20) Vahter M, Akesson A, Lind B, Björs U, Schütz A, Berglund M. Longitudinal study of methylmercury and inorganic mercury in blood and urine of pregnant and lactating women, as well as in umbilical cord blood. *Environ Res* 2000;84(2):186-94.
- 21) Tsuchiya H, Mitani K, Kodama K, Nakata T. Placental transfer of heavy metals in normal pregnant Japanese women. *Arch Environ Health* 1984;39(1):11-7.
- 22) 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): 3860-3.
- 23) Sato RL, Li GG, Shaha S. Antepartum seafood consumption and mercury levels in newborn cord blood. *Am J Obstet Gynecol* 2006;194(6):1683-8.
- 24) Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Sørensen N, Dahl R, Jørgensen PJ. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol* 1997;19(6):417-28.
- 25) Grandjean P, White RF. Effects of methylmercury exposure on neurodevelopment. *JAMA* 1999;281(10): 896.
- 26) 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):1261-9.

- 27) Svensson BG, Nilson A, Jonsson E, Schütz A, Akesson B, Hagmar L. Fish consumption and exposure to persistent organochlorine compounds, mercury, selenium and methylamines among swedish fishermen. *Scand J Work Environ Health* 1995;21(2):96-105.
- 28) 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):1667-74.
- 29) McDowell MA, Dillon CF, Osterloh J, Bolger PM, Pellizzari E, Fernando R, Montes de Oca R, Schober SE, Sinks T, Jones RL, Mahaffey KR. Hair mercury levels in US children and women of childbearing age: reference range data from NHANES 1999-2000. *Environ Health Perspect* 2004;112(11):1165-71.
- 30) Kim EH, Kim IK, Kwon JY, Kin SW, Park YW. The effect of fish consumption on blood mercury levels in pregnant women. *Yonsei Med J* 2006;47(5):626-33.
- 31) 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):949-59.
- 32) World Health Organization. WHO Food additives series:52. Methylmercury. Available: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je23.htm> [cited 15 September 2009].
- 33) Ministry of Health, Labour and Welfare. Advice for pregnant women on fish consumption concerning mercury contamination. Available: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/other/councils/mercury/> [cited 20 March 2010].
- 34) European Commission. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), Annual report 2007. Available: http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/report2007_en.pdf [cited 15 September 2009].
- 35) Korea Food & Drug Administration. Heavy metals standards list on food 2007(translated by Kim CW). Available: <http://www.kfda.go.kr/index.kfda?mid=69&cd=56&pageNo=1&seq=3028&cmd=v> [cited 15 September 2009].
- 36) U.S. Food and Drug Administration. What you need to know about mercury in fish and shellfish (brochure). Available: <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm110591.htm> [cited 15 September 2009].
- 37) Food Standards Agency. Agency updates advice to pregnant and breastfeeding women on eating certain fish. Available: http://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2003/feb/tuna_mercury [cited 15 September 2009].
- 38) Health Canada. Consumption advice: making informed choices about fish. Available : <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/environ/mercur/cons-adv-etud-eng.php> [cited 15 September 2009].
- 39) 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):367-78.