

## Association between Blood Mercury and Seafood Consumption in Korean Adults: KoNEHS Cycle 4 (2018~2020)

Ji-Eun Oh<sup>1,\*</sup>, Tae-Hyeong Kim<sup>2,\*</sup> and Eun-Hee Lee<sup>3,†,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Laboratory Science, Far East University, Chungbuk-do 27601, Korea

<sup>2</sup>Department of Military Science, Far East University, Chungbuk-do 27601, Korea

<sup>3</sup>Department of Health Science, Graduate School of Far East University, Chungbuk-do 27601, Korea

Mercury is a chemical pollutant widely present in the environment. Humans are generally exposed to mercury in the form of organic Hg (methylmercury) through the consumption of seafood. Koreans enjoy eating fish therefore blood mercury concentration is usually higher than in developed countries. By investigating blood mercury concentration according to the frequency of seafood consumption and sociodemographic factors, we aimed to identify recent trends in blood mercury concentration in Korean adults. This study was conducted using KoNEHS cycle 4 (2018~2020) from the National Institute Environmental Research Survey. The geometric mean concentration of blood mercury of the subjects was 2.959 ( $\pm$ 1.018)  $\mu$ g/L, which was significantly higher in men than in women. It was observed that as the frequency of fish and shellfish consumption increased, the blood mercury concentration increased. In adjusted logistic regression, fish consumption was associated with 36.7% increased risk of blood mercury levels [Odds ratio, 1.367; 95% confidence interval (CI), 1.246~1.500], and shellfish consumption was associated with 26.5% increased risk of blood mercury levels [Odds ratio, 1.265; 95% confidence interval (CI), 1.134~1.410]. Blood mercury concentration was also found to increase as the socioeconomic level increased. In conclusion, the geometric mean concentration of blood mercury was increased compared to the one in the 3rd KoNEHS (2015~2017) and seafood consumption and socioeconomic level were still significantly associated with increasing blood mercury concentration in Korea. Therefore, it is necessary to encourage healthy seafood consumption habits and conduct continuous monitoring considering various factors to reduce blood mercury levels.

**Key Words:** Mercury, Methylmercury, KoNEHS, Seafood consumption, Blood mercury concentration

### 서론

수은은 인체에 필요하지 않은 비필수 중금속으로 지진, 화산활동을 통한 자연 방출 외에 대기오염이나 독성 폐수 등의 환경오염물질에 포함되어 방출된다. 이렇게 방출된 수은은 물, 대기, 토양을 오염시키고 오염된 환경에서

자란 농작물이나 어패류의 섭취 등을 통해 인체는 지속적으로 수은에 노출된다(Basu et al., 2023; Sakong, 2011). 수은은 화학적 형태에 따라 원소수은, 무기수은, 유기수은의 3가지로 분류할 수 있는데 그 중 무기수은에서 변환된 유기형태의 메틸수은(MeHg)은 혐기성 미생물에 의하여 생성되며 특히 수생 먹이 사슬을 통해 어패류에 축적되고 농축된다(Al-Sulaiti et al., 2022). 따라서 직업적 관

Received: February 19, 2024 / Revised: March 10, 2024 / Accepted: March 11, 2024

\*Professor.

†Corresponding author: Eun-Hee Lee. Department of Health Science, Graduate School of Far East University, 76-32 Daehakgil, Gamgok-myeon, Eumseong-gun, Chungbuk-do 27601, Korea.

Tel: +82-43-879-3701, Fax: +82-43-880-3876, e-mail: ehlee@kdu.ac.kr

©The Korean Society for Biomedical Laboratory Sciences. All rights reserved.

©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.

연성이 없는 일반 인구 집단에서 노출되는 수은의 주요 형태는 메틸수은이며 주로 오염된 해산물(담수 및 해양 어류, 조개류, 해양 포유류 등)의 섭취를 통하여 발생한다(Sheehan et al., 2014). 해산물은 오메가-3, 단백질, 비타민, 셀레늄, 불포화지방산 등의 영양소가 풍부하여 건강 식단을 구성하는 중요한 식품군으로 섭취가 권장되고 있다(Chen and Dong, 2022). 또한 생선은 1인당 평균 동물성 단백질 섭취량의 약 15%를 제공하는데(Béné et al., 2015) 다양한 어종에서 광범위한 메틸수은 오염이 발견되었으며 특히 널리 소비되고 있는 참치, 멸치, 정어리, 고등어와 같은 포식성 어류에서 오염의 정도가 심각한 것으로 나타났다(Sioen et al., 2009; Groth, 2010).

WHO에 의하면 수은은 공중보건에 영향을 끼치는 상위 10개 관심 물질 중 하나이며 특히 중추 신경계 발달과 기능에 부정적인 영향을 미치는 신경독성물질로 잘 알려져 있다(Al-Sulaiti et al., 2022). 또한 심혈관계, 호흡계, 내분비계, 면역계 및 배아 발달 등 다양한 기관에 독성학적 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Chen and Dong, 2022). 특히 메틸수은은 가장 독성이 강한 형태의 수은이다(Al-Sulaiti et al., 2022). 메틸수은은 지용성으로 위장관에서 95% 이상이 흡수되며 적혈구와 결합하여 혈류를 통해 각 장기로 고르게 분포된다. 또한 태반 및 뇌혈관장벽(Blood-Brain-Barrier)을 통과할 수 있어 특히 신경계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보인다. 만성 중독 시 신경학적 장애, 시력 및 청각 상실, 구음 장애, 부정맥 등의 인체 독성을 나타내며 태아가 메틸수은에 노출 시 조산 및 정신적, 육체적 장애가 발생할 수 있다. 1950년대 일본 미나마타 현의 대규모 수은 중독 사건 이후, 메틸수은에 장기적으로 노출되었던 미나마타 인근 지역의 주민들은 노출이 적은 지역의 주민에 비해 신경학적, 정신과적 유병률이 증가한 것으로 나타났다(Yorifuji et al., 2011). 또한 낮은 수준의 메틸수은의 노출도 영유아의 발달 및 행동 장애와 연관성이 있었으며 해산물을 섭취하는 산모 모발 수은의 양이 1 ppm 증가 시 유아의 IQ가 0.18 포인트 감소한 것으로 보고되었다(Sakong, 2011).

인체가 수은에 노출되는 주요 경로는 오염된 해산물 및 해양 포유류의 섭취이므로 선진국을 비롯한 여러 나라에서는 어패류 섭취에 대한 가이드라인을 정하고 어패류의 수은 잔류 허용 기준, 인체 내 수은 노출 기준, 가임기 여성이나 임산부 및 어린이 등의 생선 섭취에 대한 권고안을 마련하고 있다(Kim et al., 2012). 우리나라의 경우도 최근 상어류를 포함한 수산물의 수은 농도 측정용

바탕으로 생선 및 해산물의 섭취 기준을 마련하였으며 총 수은의 허용치는 0.5 ppm, 상어류를 포함한 다량어류, 새치류의 메틸수은은 1.0 ppm 이하로 정하고 있다(Kim, 2020; Kang et al., 2017).

우리나라는 해산물 섭취가 많은 국가 중 하나이며 어패류를 통한 수은 섭취 비율이 70% 정도를 차지하는 것으로 보고되고 있다(Choi et al., 2012). 국민건강영양조사를 기초로 한국 성인 인구의 혈중 중금속 수치를 조사한 논문 따르면, 2008년부터 2011년까지 혈중 수은 농도는 4.19 µg/L에서 3.08 µg/L로 꾸준한 감소 추세를 보였다. 또한 제1기 국민환경보건 기초조사(2009~2011)와 제3기 국민환경보건 기초조사(2015~2017)에서 우리나라 성인의 혈중 수은 평균 농도는 각각 3.10 µg/L, 2.75 µg/L로 역시 감소된 양상을 나타냈다. 그러나 가장 최근의 혈중 수은 농도도 미국의 NHANES에서 조사된 성인 혈중 수은 농도 0.814 µg/L에 비하여 3배 이상 높고 캐나다, 독일 등의 선진국에 비하여도 여전히 높은 수치이다(Kim, 2020; Seo et al., 2015). 더욱이 어류 총 수은의 70~100%는 강독성의 메틸수은의 형태로 존재하므로 해산물 섭취를 통한 수은 노출량의 꾸준한 모니터링이 필요하다고 하겠다(Al-Sulaiti et al., 2022). 해산물 섭취와 혈중 수은 농도와의 관련성은 잘 알려져 있으나 본 연구에서는 제4기 국민환경보건 기초조사(2018~2020) 자료를 활용하여 최근 한국 성인의 혈중 수은 농도의 추이를 파악하고자 하였으며, 나아가 생선 섭취로 인한 수은 노출의 위험성을 알리고 건강한 해산물 소비 습관을 장려하는 공중보건 메시지를 전달하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 연구대상 및 자료 출처

본 연구는 국립환경과학원 국민환경보건 기초조사를 활용하였다. 국민환경보건 기초조사는 환경보건법 제14조에 따라 2009년부터 3년 주기로 시행되는 단면연구로 전국 규모의 법정조사이다. 본 연구에서는 제4차(2018~2020) 원시자료를 활용하였다. 국민환경보건 기초조사의 목적은 우리나라 국민의 체내 환경유해물질 노출 수준에 대한 국가 통계자료로 국가 및 지역단위의 환경보건 현황과 체내 환경유해물질의 시·공간적 분포, 변화와 영향요인을 주기 별로 측정하여 환경보건정책 수립을 위한 기초 자료를 제공하는 것이다. 제4기(2018~2020) 성인 대상 기초조사의 표본설계에서 사용한 표본 추출틀은 2015년 인

**Table 1.** Blood mercury concentration of subjects

Age	Male		Female		P-value
	n	GM (GSD)	n	GM (GSD)	
19~29	103	2.202 (1.071)	135	1.985 (1.063)	0.1739
30~39	170	3.716 (1.060)	223	2.211 (1.038)	<0.0001
40~49	247	4.016 (1.042)	326	2.434 (1.044)	<0.0001
50~59	259	4.633 (1.055)	403	3.140 (1.045)	<0.0001
60~69	325	4.161 (1.046)	408	2.912 (1.042)	<0.0001
70<	193	2.811 (1.086)	196	2.469 (1.073)	<0.0930

구주택 총 조사 결과의 전체 조사구 중 섬, 기숙 시설, 특수 사회 시설, 관광호텔 및 외국인 조사구를 제외한 아파트와 일반 조사구, 신축 아파트 현황, 해안층, 대기 중금속측정망 지역을 표본 추출틀로 사용하였다(국민환경기초조사 이용지침서). 본 연구조사 대상자는 19세 이상 성인 총 2,988명으로 대상자의 설문 내용에서 식품 섭취와 혈중 수은 농도를 비교하였다. 또한 대상자들의 연령과 소득 수준에 따른 혈중 수은 농도를 비교하였다.

**수은분석**

국민환경보건 기초조사의 생체시료 채취 및 분석은 혈액과 소변검사를 통해 나누어 분석되어 수은 농도도 혈중과 요중 수은으로 나누어져 있다. 본 연구에서는 수은 농도 중 혈중 수은 농도를 활용하였다. 생체시료의 분석 기기, 방법 및 시약에 대해서는 「제4기 국민환경보건 기초조사 생체시료 관리 지침서」, 「제4기 국민환경보건 기초조사 생체시료 중 환경유해물질 분석매뉴얼」에 자세히 기술되어져 있다.

**통계방법**

본 연구의 생체 내 유해물질 농도의 대표값(표본평균값)을 산출하기 위해서 총화와 가중치를 반영하였다. 혈중 수은 농도의 대표값은 기하평균과 기하 표준편차를 사용하였으며, 다중 로지스틱 회귀분석으로 상대위험도(odds ratio (OR))와 95% 신뢰 구간을 통해 생선 및 조개류 섭취와 수은 농도의 연관성을 파악하였다. 모든 통계분석은 SPSS 27 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 하였으며 유의성 검증은  $P<0.050$  이하로 하였다.

**결 과**

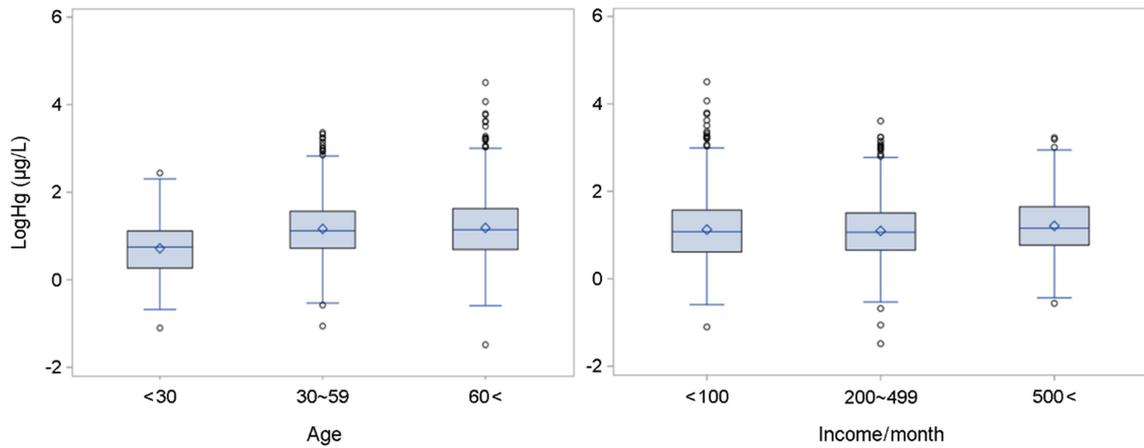
**일반적인 특성에 따른 수은 농도 분포**

본 연구 대상자는 총 2,988명 중에서 남자는 1,297 (43.41%)명, 여자는 1,691 (56.59%)명의 분포를 보였다. 혈중 수은의 기하평균 농도는 2.959 ( $\pm 1.018$ )  $\mu\text{g/L}$ 로 나타났다. 성별에 따라서는 남자는 3.508 ( $\pm 1.028$ )  $\mu\text{g/L}$ , 여자는 2.499 ( $\pm 1.022$ )  $\mu\text{g/L}$ 로 남자가 유의하게 높게 나타났다 (Table 1 and Fig. 1). 연령별로는, 모든 연령대에서 여자보다는 남자에서 혈중 수은 농도가 높게 나타났다. 20대와 70대를 제외하고는 대부분의 연령대에서 남녀 유의한 혈중 수은 농도 차이를 보였다(Table 1).

연령과 월평균 가구소득에 따른 혈중 수은 농도는 사회경제적 활동이 많은 연령대인 30~59세와 월평균 가구소득이 많은 그룹에서 혈중 수은이 높게 나타났다. 연령은 30대 미만은 혈중 수은의 기하평균 농도가 2.098 (1.048)였으며, 30대와 50대사이에서의 기하평균 농도가 3.285 (1.022), 60대 이상에서는 기하평균 농도가 3.036 (1.033)을 보임으로써 전체 조사 대상자 중에서 생산연령층의 수은 농도가 가장 높게 나타났다. 소득 분포에서는 월평균 소득이 100만원 미만의 경우 2.724 (1.039), 월평균 소득이 200~499만원 사이는 2.916 (1.027) 그리고 500만원 이상의 경우 3.205 (1.032)로 나타났다(Fig. 1).

**생선과 조개류 섭취 빈도에 따른 수은 농도 분포**

성별에 따른 생선 섭취와 조개류 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도 비교는 Table 2와 Table 3에 나타났다. 전체 대상자의 생선 섭취와 조개류 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도 비교는 Fig. 2에 나타났다. 생선 섭취 빈도가 늘어날 수록 혈중 수은 농도는 증가하는 것으로 나타났다 (Table 2).



**Fig. 1.** Comparison of mercury concentration according to age and income level. The quartile concentration of blood mercury according to increasing age and income/month. LogHg is a logarithmic change of concentration.

**Table 2.** Fish intake and blood mercury concentration by gender

Frequency of fish intake	Male		Female		P-value
	n	GM (GSD)	n	GM (GSD)	
Hardly eaten	108	2.088 (1.087)	169	1.818 (1.061)	0.0825
1/month	147	2.976 (1.064)	234	2.115 (1.050)	<0.0001
2~3/month	296	3.349 (1.056)	391	2.459 (1.040)	<0.0001
1/week	408	3.751 (1.049)	510	2.640 (1.043)	<0.0001
≥2/week	293	4.480 (1.050)	346	3.204 (1.050)	<0.0001
1/day	45	5.664 (1.148)	41	3.079 (1.167)	<0.0001

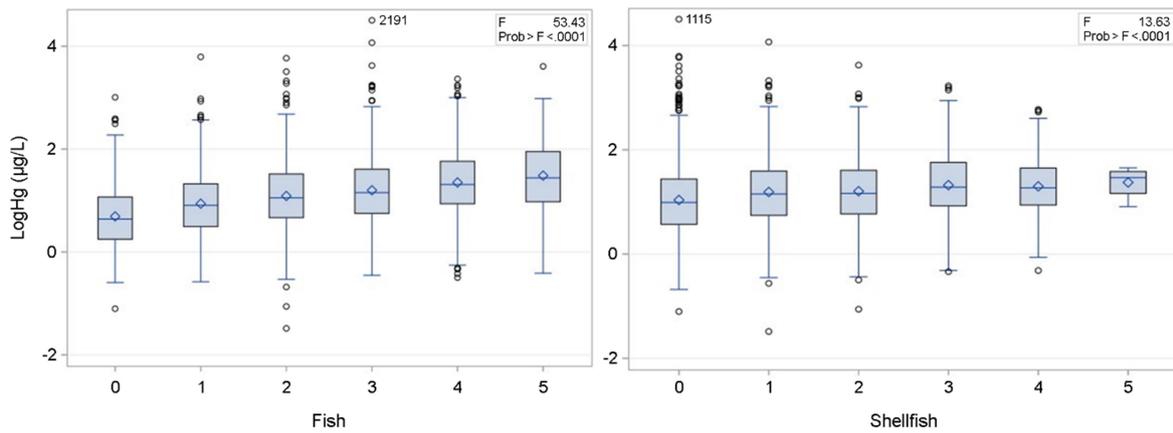
Table 3은 성별에 따른 조개 섭취 빈도와 혈중 수은 농도를 나타낸 표로, 남자에서 조개 섭취 빈도가 늘어날수록 혈중 수은 농도가 월등히 높아지는 것을 알 수 있다. Fig. 2는 전체 인구의 생선 섭취와 조개류 섭취에 따른 수은 농도 비교를 보여주는 것으로 생선 섭취를 거의 하지 않는 경우의 수은 농도는 1.948 (±1.052)인 것에 반해 섭취 빈도가 증가할수록 높아지는 추세를 보여준다. 한 달에 한 번 섭취하는 경우는 2.450 (±1.041), 일주일에 한 번 섭취는 3.149 (±1.034), 심지어 하루에 한 번 생선 섭취를 하는 경우는 4.506 (±1.132)까지 높아지는 결과를 보였다.

조개류 섭취의 경우도 거의 하지 않는 경우의 수은 농도는 2.592 (±1.026)인데 반해 섭취 빈도가 증가할수록 높아지는 추세를 보이며 한 달에 한 번 섭취는 3.130 (±1.036), 일주일에 한 번은 3.695 (±1.058), 하루에 한 번 조개류를 섭취하는 경우 혈중 수은 농도는 3.801 (±1.183)까지 높아지는 결과를 보였다.

**Table 3.** Shellfish intake and blood mercury concentration by gender

Frequency of shellfish intake	Male		Female	
	n	GM (GSD)	n	GM (GSD)
Hardly eaten**	603	2.955 (1.043)	836	2.295 (1.030)
1/month**	328	3.758 (1.050)	398	2.592 (1.050)
2~3/month**	189	4.166 (1.078)	241	2.624 (1.049)
1/week**	133	4.302 (1.084)	149	3.034 (1.067)
≥2/week*	42	4.174 (1.085)	65	2.828 (1.115)
1/day	2	4.879 (1.051)	2	2.945 (1.174)

\*:  $P < 0.001$ , \*\*:  $P < 0.0001$



**Fig. 2. Seafood intake and mercury concentration of total subjects.** The quartile concentration of blood mercury according to fish and shellfish intake frequency. LogHg is a logarithmic change of concentration. The x-axis represents the frequency of fish and shellfish intake (0: Hardly eaten, 1: 1/month, 2: 2~3/month, 3: 1/week, 4:  $\geq$ 2/week, 5: 1/day).

**Table 4.** Logistic regression analysis of the relationship between mercury concentration and frequency of seafood intake

	Odds ratio (95% CI)		
	Model I	Model II	Model III
Fish	1.415 (1.294~1.546)	1.366 (1.245~1.498)	1.367 (1.246~1.500)
Shellfish	1.235 (1.110~1.375)	1.264 (1.133~1.411)	1.265 (1.134~1.410)

Model I : crude by Logistic regression

Model II : adjusted for gender and age

Model III: adjusted for gender, age, income, and BMI

#### 다중회귀분석을 통한 수은 농도 위험도 분석

로지스틱 회귀분석에서 생선 섭취는 혈중 수은 농도 [Odds ratio, 1.415; 95% 신뢰 구간(CI), 1.294~1.546]의 위험도가 41.5% 증가했다. 조개류 섭취는 혈중 수은 농도 [Odds ratio, 1.235; 95% 신뢰 구간(CI), 1.110~1.375]의 위험도가 23.5% 증가했다.

다변량분석으로 성별 및 연령에 대해 보정한 후, 생선 섭취는 혈중 수은 농도의 위험이 36.6% 증가하였고 [Odds ratio, 1.366; 95% 신뢰 구간(CI), 1.245~1.498] 조개류 섭취는 혈중 수은 농도의 위험이 26.4% 증가하였다 [Odds ratio, 1.264; 95% 신뢰 구간(CI), 1.133~1.411].

성별, 연령, 소득 및 BMI에 대해 보정된 모델 III에서, 생선 섭취는 혈중 수은 농도의 위험이 36.7% 증가하였고 [Odds ratio, 1.367; 95% 신뢰 구간(CI), 1.246~1.500] 조개류 섭취는 혈중 수은 농도의 위험이 26.5% 증가하였다 [Odds

ratio, 1.265; 95% 신뢰 구간(CI), 1.134~1.410] (Table 4).

## 고 찰

본 연구에서는 제4차 국민환경보건 기초조사(2018~2020)를 활용하여 19세 이상 성인 총 2,988명을 대상으로 해산물 섭취와 성별, 연령 및 소득 수준에 따른 혈중 수은 농도를 조사하고 그 연관성을 파악하였다. 혈중 수은의 기하평균 농도는 2.959 ( $\pm$ 1.018)  $\mu$ g/L로 나타났으며 남자가 여자에 비하여 유의하게 높았다. 연령별로는 성별에 관계없이 연령이 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가하였으며 50대에 최대치를 보이고 60대 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 조사 대상자들의 약 30% 정도에서 1주일에 한 번은 생선을 섭취하는 것으로 나타났으며, 생선 섭취 빈도가 증가할수록 혈중 수은 농도가 높아지는 것을 관찰할 수 있었는데 이는 수산물을 좋아하는 식습관이 어류 섭취와 연계되어 혈중 수은 농도가 증가한 것으로 판단해 볼 수 있다. 조개류는 생선에 비해 상대적으로 섭취 빈도가 높지 않았으나 혈중 수은 농도는 남자에서 조개류 섭취 빈도에 비례하여 증가하였다. 한편 여성이 남성에 비해 어류 및 조개류 섭취에 따른 수은 농도가 낮은 것은 섭취량과 섭취방법(조리 유무) 등에 따른 결과로 유추되나 이러한 상관관계는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 대상자들의 성별, 연령, 소득 및 BMI를 보정 후 분석된 결과에서도 생선 섭취 빈도가 높아질수록 혈중 수은 농도의 위험이 36.7% 증가하였고 [Odds ratio, 1.367; 95% 신뢰 구간(CI), 1.246~1.500], 조개류 역시

섭취 빈도가 높아질수록 혈중 수은 농도의 위험이 26.5% 증가하는 것으로 나타나[Odds ratio, 1.265; 95% 신뢰 구간 (CI), 1.134~1.410] 생선 및 조개류 섭취 빈도는 혈중 수은 농도 증가에 중요한 영향변수라는 것을 알 수 있었다.

한편 혈중 수은 농도는 사회경제적 활동이 활발한 30세에서 59세 사이의 생산 인구나 월평균 소득이 높은 그룹에서 가장 높았다. 본 연구에서 소득 수준별 생선과 조개류 섭취 빈도에 따른 혈중 수은 농도를 분석하진 않았으나 이는 회식 등의 사회경제활동 또는 소득 수준의 증가로 해산물의 선호도와 고급 대형 어류의 섭취 증가에 따른 영향으로 사료된다.

이와 비슷하게 수은을 비롯한 혈중 중금속 농도와 사회경제적 수준(SES)에 관한 여러 연구 결과에서 일반적으로 혈중 수은 농도는 사회경제적 수준이 높을수록 증가하는 것으로 나타났으며 이는 주로 생선 섭취와 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Morrens et al., 2012; Vrijheid et al., 2012; Hightower and Moore, 2003). 미국의 NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey)를 기반으로 한 선행연구에 따르면 소득이 높은 여성이 생선을 더 많이 섭취하였고 혈중 수은 농도도 높은 것으로 나타났다(Mahaffey et al., 2009). 또한 2001에서 2010년까지 미국 성인의 경제적 지위와 환경독성물질 노출에 관한 연관성 연구에서도 빈곤 소득 비율(poverty income ratio, PIR)은 혈청 및 요 수은 농도와 양의 상관관계가 있음을 보고하였다(Tyrrell et al., 2013). 제6기 국민건강영양조사(2013~2015) 자료를 이용한 한국 성인의 교육 및 소득 수준과 혈중 중금속 농도 간의 관련성 연구에서도 사회경제적 수준이 생선 섭취량과 혈중 수은 농도에 영향을 미치는 중요한 변수로 작용하였다(Kim and Cho, 2019). 이러한 결과는 사회경제적 수준이 높은 그룹이 항상 환경독성물질로부터 보호되는 것이 아니라는 것을 의미한다고 하겠다(Tyrrell et al., 2013). 따라서 대기오염이나 수질오염 같은 환경적 요인 외에 인구 사회학적 변수들을 고려한 그룹별 환경독성물질 관리 정책이 필요할 것으로 사료된다.

해양 먹이 사슬을 통하여 생물학적으로 농축되고 증폭되는 메틸수은의 농도는 어류의 경우, 주변 바닷물에 존재하는 수은 농도의 10,000~100,000배에 달하는 것으로 알려져 있다(Clarkson and Magos, 2006). 일반적으로 어류의 영양 수준, 크기, 연령, 서식 위치 등이 어류의 수은 농도에 영향을 미치는데 특히 최고 영양 수준에 위치하는 대형 어류 및 포식성 어류와 장수하는 어류의 수은 농도는 먹이 사슬을 거치며 잡식성 어류와 초식성 어류에 비해

그 농도가 훨씬 높다(Chen and Dong, 2022). 예를 들어 상어의 근육 및 간에는 높은 농도의 수은이 있다고 알려져 있으며 정기적으로 상어고기를 섭취하는 그룹은 그렇지 않은 그룹에 비하여 혈중 수은 농도가 높은 것으로 나타났다(Amezcuca et al., 2022; Park et al., 2017; Baek et al., 2023). 최근, 추석 명절에 상어고기를 제수로 사용하는 경상북도 대구, 영천 지역의 근로자를 대상으로 추석 전·후 상어고기 섭취에 따른 혈중 수은 농도를 측정된 결과, 상어고기 섭취와 혈중 수은 농도는 유의한 상관관계가 있었으며 추석 기간 동안 상어고기를 섭취한 그룹에서 혈중 수은 농도가 평균 3.56  $\mu\text{g/L}$  증가한 것으로 조사되었다. 또한 상어고기 섭취량에 비례하여 혈중 수은 농도가 증가하였으며 특히 100 g 이상 섭취한 그룹에서 임상부를 포함한 일반인의 수은 노출 기준치인 3.5  $\mu\text{g/L}$ 를 훨씬 초과하는 6  $\mu\text{g/L}$  이상으로 증가되었다. 한편 이 지역 조사대상의 추석 전 혈중 수은의 기하평균 농도는 5  $\mu\text{g/L}$ 을 초과하였는데 이는 특정 지역, 선호하는 어종 및 지리적·문화적 배경 등에 의하여 잠재적으로 건강에 위협을 초래할 수 있는 만성적인 수은 노출이 발생하고 있음을 암시한다고 하겠다(Baek et al., 2023).

2013년 유엔환경계획(UNEP)에서 채택되어 2017년 법적 효력이 발생한 미나마타 협약은 수은의 생산, 저장, 사용, 배출, 폐기의 과정을 관리하여 인위적 수은 배출을 통제하고 인간의 건강과 환경을 보호하기 위한 세계 최초의 협약이다(Basu et al., 2023; Kim, 2017). 우리나라에서도 수은에 의한 위해를 줄이고 환경유해물질과 관련된 환경보건정책을 수립하기 위하여 국민건강영양조사와 국민환경보건 기초조사를 시행, 수은 노출을 줄이려는 여러 가지 노력을 해오고 있으나 2010년 대 이후 3.0  $\mu\text{g/L}$  수준의 혈중 수은 농도는 더 이상 낮아지지 않고 있다(Basu et al., 2018). 본 연구 결과에서도 혈중 수은의 기하평균 농도는 2.959  $\mu\text{g/L}$ 로 제3기 국민환경보건 기초조사(2015~2017)의 혈중 수은 평균 농도 2.75  $\mu\text{g/L}$  보다 오히려 증가되는 양상을 보였다. 앞서 언급했던 것처럼 지역과 문화적 차이 및 인구사회학적 요인에 따라 수은 농도는 더욱 차이가 있을 것으로 예상되므로 지역적으로 세분화되고 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

이 연구는 제4차(2018~2020) 국민환경보건 기초조사를 활용하여 해산물 섭취에 따른 한국 성인의 최근 혈중 수은 농도의 추이와 그 영향 요인 및 관련성을 조사한 것으로 수은 노출에 의한 개인의 질병 부담을 줄이고 공중 보건정책을 수립하는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

다만 본 연구는 단면연구라는 한계로 인해 자기기입식 설문자료와 수은 농도간의 시간적 선후관계를 고려할 수 없다는 제한점이 있을 수 있다. 또한 연구 대상들이 섭취했던 생선 종류와 양, 생활습관 요인 및 지리적 요인을 고려한 분석이 이루어지지 못했다. 따라서 향후 단순히 수산물 섭취에 의한 수은 노출량 뿐만 아니라 영유아, 임산부를 포함한 여러 조사대상에서 수은이 포함된 다양한 농축산물의 섭취, 지역 및 사회경제적 요인이 고려된 코호트 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This study used the Korean National Environmental Health Survey Cycle 4 (2018~2020) data, made by National Institute of Environmental Research (NIER-2018-01-01-001).

#### CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

#### REFERENCES

- Al-Sulaiti MM, Soubra L, Al-Ghouti MA. The Causes and Effects of Mercury and Methylmercury Contamination in the Marine Environment: A Review. *Curr Pollution Rep.* 2022. 8: 249-272.
- Amezcuca F, Ruelas-Inzunza J, Coiraton C, Spanopoulos-Zarco P, Páez-Osuna F. A Global Review of Cadmium, Mercury, and Selenium in Sharks: Geographical Patterns, Baseline Levels and Human Health Implications. *Reviews Env Contamination (formerly: Residue Reviews).* 2022. 260: 4.
- Baek K, Park C, Sakong J. Increase of blood mercury level with shark meat consumption: A repeated-measures study before and after Chuseok, Korean holiday. *Chemosphere.* 2023. 344: 140317-140326.
- Basu N, Bastiansz A, Dórea JG, Fujimura M, Horvat M, Shroff E, Weihe P, Zastenskaya I. Our evolved understanding of the human health risks of mercury. *Ambio.* 2023. 52: 877-896.
- Basu N, Horvat M, Evers DC, Zastenskaya I, Weihe P, Tempowski J. A State-of-the-Science Review of Mercury Biomarkers in Human Populations Worldwide between 2000 and 2018. *Environ Health Perspect.* 2018. 126: 106001-106014.
- Béné C, Barange M, Subasinghe R, Pinstrup-Andersen P, Merino G, Hemre GI, Williams M. Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Sec.* 2015. 7: 261-274.
- Chen B, Dong S. Mercury Contamination in Fish and Its Effects on the Health of Pregnant Women and Their Fetuses, and Guidance for Fish Consumption-A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022. 19: 15929-15946.
- Choi H, Park SK, Kim MH. Risk Assessment of Mercury through Food Intake for Korean Population. *Korean J Food Sci Technol.* 2012. 44: 106-113.
- Clarkson TW, Magos L. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Crit Rev Toxicol.* 2006. 36: 609-662.
- Groth E 3rd. Ranking the contributions of commercial fish and shellfish varieties to mercury exposure in the United States: implications for risk communication. *Environ Res.* 2010. 110: 226-236.
- Hightower JM, Moore D. Mercury levels in high-end consumers of fish. *Environ Health Perspect.* 2003. 111: 604-608.
- Kang SH, Lee MJ, Kim JK, Jung YJ, Hur ES, Cho YS, Moh A, Park KH. Contents of total mercury and methylmercury in deep-sea fish, tuna, billfish and fishery products. *J Food Hyg Saf.* 2017. 32: 42-49.
- Kim CW, Kim YW, Chae CH, Son JS, Kim JH, Park HO, Kang YS, Kim JR, Hong YS, Kim DS, Jeong BG. The Relationship between Fish Consumption and Blood Mercury Levels in Residents of Busan Metropolitan City and Gyeongnam Province. *J Agric Med Community Health.* 2012. 37: 223-232.
- Kim JH, Cho YT. Convergent association between socioeconomic status and the blood concentrations of mercury, lead, and cadmium in the Korean adult population: based on the sixth Korea National Health and Nutritional Examination Surveys (KNHANES 2013-2015). *J Korea Conv Soc.* 2019. 10: 51-61.
- Kim NY. Blood Mercury Concentration by the Frequency of Fish and Shellfish Consumption in Korean Adults. Jeju National University. 2020.
- Kim SM. A Study on the EU's Legislative Proposal for a Regulation on Mercury for the Implementation of the Minamata Convention. 2017. 17: 1-23.
- Mahaffey KR, Clickner RP, Jeffries RA. Adult women's blood mercury concentrations vary regionally in the United States: association with patterns of fish consumption (NHANES 1999-2004). *Environ Health Perspect.* 2009. 117: 47-53.
- Morrens B, Bruckers L, Hond ED, Nelen V, Schoeters G, Baeyens W, Van Larebeke N, Keune H, Bilau M, Loots I. Social distribution of internal exposure to environmental pollution in Flemish adolescents. *Int J Hyg Environ Health.* 2012. 215:

474-481.

- Park GI, Byun YS, Joong Jeon M, Sakong J. The associations between blood mercury levels and shark meat intake among workers in Gyeongsangbuk-do. *Ann of Occup and Environ Med.* 2017. 29: 29-35.
- Sakong J. Health Effects of Mercury Exposure through Fish. *Yeungnam Univ J Med.* 2011. 28: 105-115.
- Seo JW, Kim BG, Kim YM, Kim RB, Chung JY, Lee KM, Hong YS. Trend of blood lead, mercury, and cadmium levels in Korean population: data analysis of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Monit Assess.* 2015. 7: 146-158.
- Sheehan MC, Burke TA, Navas-Acien A, Breyse PN, McGready J, Fox MA. Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. *Bull World Health Organ.* 2014. 92: 254-269F.
- Sioen I, De Henauw S, Van Camp J, Volatier JL, Leblanc JC. Comparison of the nutritional-toxicological conflict related to seafood consumption in different regions worldwide. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2009. 55: 219-228.
- Tyrrell J, Melzer D, Henley W, Galloway TS, Osborne NJ. Associations between socioeconomic status and environmental toxicant concentrations in adults in the USA: NHANES 2001~2010. *Environ Int.* 2013. 59: 328-335.
- Vrijheid M, Martinez D, Aguilera I, Ballester F, Basterrechea M, Esplugues A, Guxens M, Larrangaga M, Lertxundi A, Mendez M, Murcia M, Marina LS, Villanueva CM, Sunyer J. Socio-economic status and exposure to multiple environmental pollutants during pregnancy: evidence for environmental inequity? *J Epidemiol Community Health.* 2012. 66: 106-113.
- Yorifuji T, Tsuda T, Inoue S, Takao S, Harada M. Long-term exposure to methylmercury and psychiatric symptoms in residents of Minamata, Japan. *Environ Int.* 2011. 37: 907-913.

<https://doi.org/10.15616/BSL.2024.30.1.24>

**Cite this article as:** Oh JE, Kim TH, Lee EH. Association between Blood Mercury and Seafood Consumption in Korean Adults: KoNEHS Cycle 4 (2018~2020). *Biomedical Science Letters.* 2024. 30: 24-31.