

ORIGINAL ARTICLE

한국인의 혈중 망간농도와 공기중 망간농도의 관련성

정경식 · 이종대¹⁾ · 김용배*

순천향대학교 환경산업의학연구소, ¹⁾순천향대학교 환경보건센터

Associations between Airborne Manganese and Blood Manganese in the Korean General Population according to KNHANES 2008-2009

Kyung Sick Jung, Jong Dae Lee¹⁾, Yong Bae Kim*

Institute of Environmental and Occupational Medicine, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

¹⁾Environmental Health Research Center, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

Abstract

The objective of this study was to evaluate associations between airborne manganese and blood manganese in a general population of South Korean adults. The concentrations of airborne manganese in total suspended particulate (TSP) were calculated from data obtained from ambient air-monitoring stations (AAMSSs) located in South Korea. Blood manganese data obtained Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) using a rolling sampling design involving a complex, stratified, multistage, probability cluster survey of a representative sample of the non-institutionalized civilian population of South Korea. Airborne manganese geometric means was 46.10 ng/m³, blood manganese geometric means were 1.19 µg/dl for male and 1.40 µg/dl for female. In multiple linear regression analysis of log transformed blood manganese as a continuous variable on airborne manganese, after adjusting for covariates including gender, age, job, smoking and drinking status, education level, BMI (body mass index). Airborne manganese was positively associated with blood manganese with statistical significance. The present study confirms that airborne manganese is a possible contributor to the increase of blood manganese in the adult general population.

Key words : Airborne manganese, Blood manganese, Korean national health and nutrition examination survey (KNHANES)

1. 서 론

대기중에 존재하는 중금속 독성물질에 의한 공기 오염은 심각한 환경 문제로 부각되고 있다(Shah 등, 2006). 중금속 물질은 장거리와 단거리를 이동하여 인간에게 악영향을 미치게 되며, 에너지 생산, 산업공정, 쓰레기 처리, 재활용 등의 과정을 통해 대기 환경으로

노출되며(Pizzol 등, 2010), 특히 호흡기에 영향을 주는 중금속은 폐질환과 심폐에 손상을 준다(Shaheen 등, 2005).

다양한 중금속 중 망간은 원자번호 25, 원자량 57.938로 자연계에 널리 분포되어 있는 원소로서 각각의 0.1%를 구성하고 있으며 12번째로 많은 원소로써 토양에도 다양한 농도로 포함되어 있으며 회백색의

Received 8 March, 2013; Revised 8 July, 2013;

Accepted 10 July, 2013

*Corresponding author : Yong Bae Kim, Institute of Environmental and Occupational Medicine, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

Phone: +82-41-529-1215
E-mail: atlask@sch.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. 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.

부수리지기 쉬운 형태의 금속이다(Levy와 Nassetta, 2003; Kim 등, 1999; Moon 등, 1999). 망간은 식품에도 포함되어 있으며 특히 견과류, 콩 등에 많으며, 이산화망간 및 기타 망간화합물은 건전지, 유리, 유약, 화약, 용접봉 원료 등에 사용되고, 과망간산칼륨은 세탁, 표백 및 소독을 위한 산화제로 사용된다(ATSDR, 2000). 망간의 경우 일반 환경 속에 풍부하게 많이 존재하는 요소이며, 일정 농도에서는 인간의 건강에 필요한 필수 영양소이다(Lee와 Kim, 2011). 망간은 골격 형성과 아미노산, 콜레스테롤 및 탄수화물 대사에 관여함으로써 인체의 성장과 발달에 필수적인 영양소로 알려져 있다. 체중 70 kg의 성인은 약 10~20 mg의 망간이 체내에 존재하는데 이 중 25% 이상이 골 내에 있다. 식사로 섭취한 망간은 불과 1~3% 정도만 흡수되며, 그 후 담즙을 거쳐 신속하게 소장으로 배출된다(Choi와 Kim, 2007; Finely 등, 1994).

이처럼 망간은 인간의 건강에 필수적인 요소이기 하지만 망간의 과다 노출은 신경계의 위험, 폐의 염증 등을 유발한다(ATSDR, 2012). 고농도의 흡이나 분진을 흡입한 근로자에게 심각한 건강장애를 일으키며, 망간분진에 장기간 노출된 경우 표적장기는 중추신경계와 폐이다(Choi 등, 1998). 또한 다양한 역학조사에서 저농도의 대기중 망간 노출이 파킨슨병을 초래하였다고 보고하고 있다(Alves 등, 2009; Finkelstein와 Jerrett, 2007; Mergler 등, 1999). 이와 같이 망간을 포함한 대기오염물질은 급성, 만성적으로 인간의 건강에 영향을 미치고 있으며 이를 파악하기 위해 세계적으로 다양한 대기오염물질 바이오모니터링 연구가 수행되고 있다(Wappelhorst 등, 2000; Sarmento 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 혈중 망간은 환경으로부터 발생된 망간의 노출에 의한 것이라고 가정 하였으며, 다양한 환경 발생원 중에서도 대기중 망간을 선택하였다. 자료는 국립환경과학원의 대기오염측정망 자료 중 대기중 망간 자료와 질병관리본부의 국민건강영양 조사자료 중 혈중 망간자료를 이용하여 국내 대기중 망간수준과 국민의 혈중 망간 수준을 조사하였으며, 대기중 망간이 혈중 망간에 영향을 미치는지에 대하여 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 자료수집 및 분석방법

본 연구에서는 2008~2009년도 대기중 망간자료와 혈중 망간 자료를 이용하였다. 환경부는 1990년 초부터 도시지역 및 산단지역의 중금속에 의한 오염실태를 파악하기 위해서 대기중금속측정망을 운영하고 있다. 대기중금속측정망은 인구 50만 이상의 도시지역 및 주요 산업단지에 각각 1개소 이상의 측정소가 운영되고 있으며, 인구 50만 미만의 도시지역에 주요 산업단지가 있을 경우에는 산업 단지 및 그 인근지역에 1개소 이상 설치하여 운영되고 있다. 측정항목으로는 납(Pb), 카드뮴(Cd), 망간(Mn), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 니켈(Ni)로 총 7가지 물질을 매월 둘째주에 5일간 측정하며 월평균 자료로 이용되고 있다(National Institute of Environmental Research, 2011).

이 자료는 전국에 분포되어 있는 측정소를 관할하는 유역(지방)환경청과 지자체 보건환경연구원에서 측정목적에 따라 측정된 결과들을 1차 검색한 후, 국가대기오염 정보관리시스템(NAMIS)으로 전송한다. 국가대기오염 정보관리시스템(NAMIS)에 수집된 자료들은 국립환경과학원의 전산 시스템으로 다시 전송되어 최종확정 및 통계 처리되어 데이터베이스의 형태로 저장된다. 또한 국립환경과학원에서는 통계자료의 신뢰성을 위하여 통계 처리시 대상기간 중 75% 이상의 측정자료가 확보된 경우에만 자료를 인정하는 방법을 2001년 1월부터 적용하였다(National Institute of Environmental Research, 2010).

혈중 망간은 GF-AAS법을 이용하여 AAnalyst 800 (Perkin Elmer, Finland)를 이용해서 분석하였으며, 분석기관은 국내정도관리로 산업안전보건연구원, 외부로는 German External Quality Assessment Scheme를 정기적으로 받고 있다(Centers for Disease Control and Prevention, 2010).

2.2. 통계처리

자료의 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute, Cary, NC)을 사용하였다. 2008년과 2009년도 대기중 망간 자료는 지역별 측정망의 기하평균(95% 신뢰구간)을 구했으며, 혈중 망간은 국민건강영양조사 자료를 이

용하였다. 국민건강영양조사는 복합표본설계에 의한 우리나라 국민을 대표하는 표본선정을 했기 때문에 총화변수, 집락변수 및 가중치를 고려한 연구설계 통계방법을 적용하였다. 혈중 망간은 각변수에 따라 기하평균(95% 신뢰구간)을 계산하여 t-test를 하였으며, 성, 연령 등의 인구학적 특성을 보정하여 보정평균 및 95% 신뢰구간을 계산하여 t-test를 하였다. 또한 혈중 망간에 따른 각 변수의 영향을 파악하기 위해 다변량 회귀분석을 하였으며, 통계적 유의성 검정수준은 $p<0.05$, $p<0.01$ 로 하였다.

3. 결과

Table 1은 2008~2009년도 20개의 시 지역에 설치된 49개 대기중금속측정망의 위치와 대기중 망간의 기하평균(95% 신뢰구간)을 나타낸 것이다. 2008년 1월부터 2009년 12월까지의 우리나라 대기중 망간 농도는 46.10 ng/m^3 로 조사 되었으며, 포항 남구 장흥동에 위치한 측정망의 기하평균이 550.35 ng/m^3 , 원주 우산동 231.93 ng/m^3 , 울산 남구 여천 157.91 ng/m^3 순으로 조사되었다.

Table 2는 대기중금속측정망 설치지역에 거주하고 있는 사람들 중 국민건강영양조사를 받은 대상자로써 성, 연령, 직업, 거주지역, 흡연 및 음주여부, 교육수준, 체질량지수 분포를 나타낸 것이다. 2008년과 2009년에 본 연구의 대상자는 총 910명으로 남성이 454명(49.9%), 여성이 456명(50.1%)으로 조사되었다.

Table 3은 대기중금속측정망 설치지역에 거주하고 있는 사람들에 대하여 성, 연령, 흡연 및 음주여부, 교육수준, 체질량지수에 따른 혈중 망간의 기하평균을 나타낸 것이다. 연구대상자 전체의 혈중 망간 농도는 $1.29 \mu\text{g/dl}$ 였으며, 남성은 $1.19 \mu\text{g/dl}$, 여성은 $1.40 \mu\text{g/dl}$ 로 여성이 남성보다 유의하게 높았으며($p<0.01$), 보정 후에도 동일한 결과를 나타냈다. 연령에 따라서는 보정전과 후 모두 40대가 가장 높은 수준을 나타냈다(각각, $1.33 \mu\text{g/dl}$, $1.34 \mu\text{g/dl}$). 또한 흡연에서는 현재 흡연자가 $1.19 \mu\text{g/dl}$, 비흡연자가 $1.36 \mu\text{g/dl}$ 로 비흡연자가 유의하게 높았으나 보정 후에는 차이를 나타내지 않았다. 이 외 연령 및 음주 여부, 교육수준, 체질량 지수에 따른 혈중 망간농도는 유의한 차이를 나타내

지 않았다.

Table 4는 연구대상자에 대해 혈중 망간을 모델의 종속변수로 하고 영향을 미칠 수 있는 독립변수들을 선택하여 이에 대한 다중회귀분석 결과를 나타낸 것이다. 모델의 설명력(R^2)은 12.3% 이었으며, 성, 연령, 대기중 망간이 혈중 망간에 유의한 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 특히 혈중 망간 농도는 대기중 망간 농도가 1 ng/m^3 증가함에 따라 혈중 망간 농도도 $0.0009 \mu\text{g/dl}$ 만큼 증가하였다.

4. 고찰

중금속은 납, 카드뮴, 망간, 바나듐 등과 같은 기초 금속 물질을 포함한다. 중금속은 지구 지각의 자연요소로 인간은 대기, 물, 식이섭취 등의 경로를 통해 중금속에 노출되며(Kampa와 Castanas, 2008), 대기에서 노출시 인간에게 사망율이나 암 발생율을 증가시킨다(Brunekreef와 Holgate, 2002). 이러한 중금속 중 망간은 인간의 건강에 필수적인 요소로 망간 흡입은 단기간의 생물학적 반감기를 가지고 있는데 이는 인체의 망간 흡입량과 축적량에 의존하며(최호준 등, 1998), 빠른 속도 반감기는 약 4일 정도이고, 늦은 속도 반감기는 약 39일 정도인 것으로 알려져 있다(Tsarev와 Zaproanov, 1983).

망간의 악영향으로는 저농도의 대기중 망간노출은 파킨슨 장애를 증가시키는 것 뿐만 아니라 철 결핍을 유발하며 고혈압과도 관계가 있다고 보고되고 있다(Finley, 1999; Meltzer 등, 2010; Lee와 Kim, 2011; Kim와 Lee, 2011). 또한 고농도의 망간에 노출된 용접군의 경우 임상증상 검사에서 임상증상 양성을은 피로 및 기억력 저하, 다한 및 신경과민, 혀약, 관절통 순으로 나타났으며(Moon 등, 1999), 망간 노출이 클수록 신경행동수행 능력이 유의하게 감소하였다(Kim 등, 1999). 이처럼 인간에게 건강상의 악영향을 미치는 대기중 망간은 저농도의 일반환경뿐만 아니라 고농도의 직업적인 환경노출 등 다양한 발생원을 가지고 있다.

본 연구에서는 망간의 다양한 노출원 중 대기중 망간이 인간의 혈중 망간에 미치는 영향을 조사하기 위해 대기중 망간은 2008부터 2009년까지 국립환경과

Table 1. Geometric mean and 95% CI of airborne manganese concentrations(ng/m³) in Korea between 2008~2009

No	City	Station area	Station name	N	Airborne Mn	95%CI
1	Seoul	Mapo	Daeheung	24	38.85	30.76-49.07
2		Sungdong	Sungsoo	24	31.93	25.21-40.44
3		Guro	Guro	24	51.27	41.82-62.88
4		Songpa	Bangyi	24	31.58	25.60-38.95
5		Seocho	Yangjae	24	31.79	25.20-40.09
6	Busan	Sasang	Gamjeon	24	112.35	90.63-139.28
7		Sasang	Dukchun	24	45.51	36.66-56.51
8		Bukgu	Junpo	24	62.72	51.16-76.89
9		Jingu	Yeonsan	24	62.94	51.76-76.53
10		Yeonje	Kwangan	24	39.20	31.76-8.37
11	Daegu	Junggu	Soochabg	24	44.17	36.68-53.18
12		Seogu	Yihyun	24	52.53	43.84-62.94
13		Namgu	Daemyung	24	36.69	30.72-43.81
14		Suseong	Jisan	24	34.50	28.41-41.90
15	Incheon	Namdong	Guwol	23	54.69	44.69-66.94
16		Namgu	Soongui	24	77.41	64.63-92.70
17		Namdong	Gojan	21	82.11	72.85-92.55
18		Namdong	Nonhyun	3	127.26	69.87-231.80
19	Gwangju	Seogu	Nongsung	24	31.91	24.89-40.91
20		Bukgu	Dooam	24	25.12	19.44-32.47
21		Bukgu	Elgok	24	50.22	37.80-66.72
22		Namgu	Seo	24	22.22	17.57-28.11
23	Daejeon	Daedeok	Eupnae	24	53.00	40.79-68.89
24		Junggu	Moonchang	24	18.83	14.50-24.46
25		Yuseong	Goosung	24	21.38	17.70-25.82
26		Seogu	Jungrim	24	18.98	14.86-24.25
27	Ulsan	Namgu	Yeoachun	23	157.91	114.18-218.41
28		Namgu	Yaeum	19	49.80	39.94-62.09
29		Namgu	Sinjung	24	44.76	36.33-55.13
30		Ulju	Dukshin	24	59.25	48.75-72.01
31	Suwon	Paldal	Shinpoong	24	26.51	20.84-33.72
32	Seongnam	Joongwon	Sangdaewon	24	36.54	28.09-47.53
33	Ansan	Danwon	Wonsi	23	36.11	29.39-44.37
34	Uiwang	Uiwang	Gocheon	24	38.53	20.74-39.23
35	Chuncheon	Chuncheon	Sinbuk	24	24.34	19.07-31.07
36		Chuncheon	Okchun	24	29.32	22.30-38.55
37		Chuncheon	Eunhasoo	24	36.03	28.30-45.87
38	Wonju	Wonju	Woosan	24	231.93	150.33-357.83
39	Cheongju	Heungdeok	Songjeong	24	39.86	31.62-50.26
40	Cheonan	Dongnam	Seonghwang	10	35.07	21.79-56.43
41	Seosan	Daesan	Dokgot	10	41.71	29.89-58.22
42	Jeonju	Deokjin	Palbok	24	39.82	33.89-46.78
43	Yeosu	Yeosu	Samil	24	31.90	23.15-43.97
44		Yeosu	Ssangbong	24	34.65	27.56-43.57
45	Pohang	Namgu	Janghung	24	550.35	448.70-675.10
46		Bukgu	Jookdo	24	37.37	27.84-50.17
47		Namgu	Daesong	24	82.52	70.00-97.28
48	Changwon	Uichang	Myeongseo	14	99.33	68.23-144.60
49		Hwoiwon	Bongam	14	118.71	88.35-159.49
Total				1,096	46.10	43.85-48.46

Table 2. Summary of the general characteristics for the participants in ambient air-monitoring stations

Variable	2008, n(%)	2009, n(%)	Total, n(%)
Total	454(49.9)	456(50.1)	910(100.0)
Gender			
Male	229(25.2)	225(24.7)	454(49.9)
Female	225(24.7)	231(25.4)	456(50.1)
Age group(years)			
20-29	115(12.6)	96(10.6)	211(23.2)
30-39	89(9.8)	93(10.2)	182(20.0)
40-49	81(8.9)	85(9.3)	166(18.2)
50-59	79(8.7)	92(10.1)	171(18.8)
≥60	90(9.9)	90(9.9)	180(19.8)
Smoking			
Current smoker	133(14.6)	121(13.3)	254(27.9)
Past smoker	90(9.9)	84(9.2)	174(19.1)
Non smoker	231(25.4)	251(27.6)	482(53.0)
Drinking			
Drinker	273(20.1)	270(19.8)	819(60.2)
Non Drinker	188(13.8)	188(13.8)	542(39.8)
Education			
Less than high school	140(15.4)	145(15.9)	285(31.3)
High school	167(18.3)	168(18.5)	335(36.8)
College or higher	147(16.2)	143(15.7)	290(31.9)
BMI			
BMI < 18.5 kg/m ²	36(4.0)	20(2.2)	56(6.2)
18.5 ≤ BMI < 25.0 kg/m ²	280(30.7)	293(32.2)	573(62.9)
BMI ≥ 25.0 kg/m ²	138(15.2)	143(15.7)	281(30.9)

Table 3. Geometric mean and 95% CI of the blood manganese concentration($\mu\text{g}/\text{dL}$) in the Korean population aged ≥ 20 years in AAMSS from Korean National Health and Nutrition Examination Survey performed in 2008-2009

	N	Geometric mean(95%CI)	
		Crude	Adjusted ^b
Total, age ≥ 20	910	1.29(1.26-1.32)	-
Sex			
Male ^a	454	1.19(1.16-1.22)	1.20(1.14-1.25)
Female	456	1.40(1.36-1.44)**	1.40(1.32-1.47)**
Age group(years)			
20 - 29 ^a	211	1.23(1.18-1.29)	1.24(1.18-1.31)
30 - 39	182	1.31(1.26-1.37)	1.32(1.25-1.39)
40 - 49	166	1.33(1.27-1.40)*	1.34(1.27-1.42)*
50 - 59	171	1.26(1.21-1.31)	1.26(1.19-1.33)
60 \leq	180	1.32(1.27-1.37)*	1.30(1.22-1.39)
Smoking status			
Current smoker ^a	254	1.19(1.15-1.24)	1.26(1.19-1.33)
Past smoker	174	1.25(1.19-1.30)	1.31(1.23-1.39)
Non smoker	482	1.36(1.33-1.40)**	1.31(1.25-1.37)
Drinking status			
Drinker ^a	539	1.28(1.24-1.31)	1.31(1.26-1.37)
Non drinker	371	1.31(1.27-1.36)	1.27(1.21-1.33)
Education			
Less than high school ^a	285	1.33(1.29-1.36)	1.29(1.22-1.36)
High school	335	1.27(1.23-1.32)	1.28(1.22-1.35)
College or higher	290	1.28(1.23-1.33)	1.30(1.23-1.37)
BMI			
BMI $< 18.5 \text{ kg/m}^2$ ^a	56	1.34(1.23-1.46)	1.32(1.21-1.44)
18.5 \leq BMI $< 25.0 \text{ kg/m}^2$	573	1.27(1.24-1.31)	1.25(1.21-1.29)
BMI $\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$	281	1.32(1.27-1.37)	1.31(1.26-1.35)

^a Reference for comparisons of mean in each classification variables^b Adjusted for all demographic and lifestyle variables in the table** $p<0.01$; * $p<0.05$; CI confidence interval

Table 4. Coefficients of the independent variables from the multiple regression model of blood manganese(log-transformed)

Independent variable	Mn($R^2=12.3$)	
	Coefficient \pm SE	p-value
Intercept	0.1722 \pm 0.0627	-
Sex		
Male	Ref.	
Female	0.1598 \pm 0.0287	<0.01
Age group(years)		
20 - 29	Ref.	
30 - 39	0.0577 \pm 0.0294	0.05
40 - 49	0.0712 \pm 0.0333	<0.05
50 - 59	0.0086 \pm 0.0324	0.79
60 ≤	0.0463 \pm 0.0390	0.24
Smoking status		
Current smoker	Ref.	
Past smoker	0.0435 \pm 0.0329	0.19
Non smoker	0.0385 \pm 0.0299	0.20
Drinking status		
Drinker	Ref.	
Non drinker	-0.0299 \pm 0.0204	0.15
Education		
Less than high school	Ref.	
High school	-0.0116 \pm 0.0313	0.71
College or higher	-0.0111 \pm 0.0332	0.74
BMI		
BMI < 18.5 kg/m ²	Ref.	
18.5 ≤ BMI < 25.0 kg/m ²	-0.0599 \pm 0.0391	0.13
BMI ≥ 25.0 kg/m ²	-0.0140 \pm 0.0449	0.76
Airborne Mn	0.0009 \pm 0.0004	<0.05

학원의 대기오염측정망 자료를 이용하였으며 혈중 망간은 질병관리본부의 국민건강영양조사 자료를 이용하였다. 20개 도시에 위치한 49개의 대기중금속측정망 중 망간 농도는 포항 남구 장흥동이 가장 높게 조사되었다. 이 지역은 철강산업단지로써 이 지역의 경우 대기중 망간은 20~1400 ng/m³까지 검출되며(Iregren, 1990), 용접작업에 따라서는 용접종류, 채취위치 등에 따라 노출수준이 1,000~4,000 ng/m³ 및 100~1,560 ng/m³ 등으로 보고되고 있다(Sjögren 등, 1990). 국내 연구에서는 근로자의 호흡기 위치에 개인용 시료 포집기를 이용하여 측정한 결과 금속관련 제조업의 대기중 망간 농도는 84,000 ng/m³, 조선업에서는 180,000 ng/m³로 매우 높게 조사되었으며(Choi 등, 1998), 자동차 자체 생산공장 용접 근로자의 망간 농도는 85,000 ng/m³로 조사되었다.(Lee 등, 1994) 이처럼 대기 중 망간은 발생원 및 거리에 따라 다르며(Kim, 2009), 오염물질 배출이 없다고 판단되는 지역의 연중 평균 대기중 망간 농도는 10~70 ng/m³, 주물공장주위는 200~300 ng/m³, 망간합금제조업체 주위는 500 ng/m³ 이상까지 검출된다(WHO, 1981). 대기중 망간은 1 mg/m³ 이하에서도 역학연구결과 호흡기계에 영향을 미칠 수 있다고 보고되었고(US-EPA, 1984), 망간중독은 2 mg/m³를 넘는 경우에 생길 수 있으며 감수성이 있는 자는 1 mg/m³에서도 생길 수 있다(WHO, 1981). 하지만 본 연구에서는 대부분의 지역이 100 ng/m³ 이하의 수준으로 조사되었다. 또한 대기중금속측정망 설치 지역에 거주하고 있는 사람들에 대한 연구대상자 전체의 혈중 망간 농도는 1.29 μg/dl였으며, 남성은 1.19 μg/dl, 여성은 1.40 μg/dl, 보정 후에도 남성은 1.20 μg/dl, 여성은 1.40 μg/dl로 기존의 국내연구결과 및 외국연구결과보다는 조금 높게 조사되었다(National Institute of Environmental Research, 2011; Meltzer 등, 2010). 혈중 망간에 대한 다중회귀분석 결과로는 대기중 망간 농도가 유의한 영향을 미치는 것으로 조사되어 국내, 외 연구결과와 동일하였으며(Choi 등, 1998; Haynes 등, 2012), Roels 등(1992)은 요증 망간이 대기중 망간 농도와 상관이 있다고 보고하였다.

본 연구에서 사용된 혈중 망간자료는 국민건강영양조사 자료로 우리나라 일반 성인을 대표하는 자료이며 질병관리본부에서 질 관리에 대하여 보증하는

자료이다. 마찬가지로 대기중 중금속자료는 국립환경과학원에서 관리하는 자료로써 우리나라 대기 수준을 대표하는 자료로 본 연구에서 사용된 대기중 망간 및 혈중 망간 자료는 매우 신뢰성이 높은 자료라고 할 수 있다. 하지만 망간노출에 대한 더욱 정확한 정보를 얻기 위해서는 고농도 망간에 노출되고 있는 직업군에 대한 분류가 필요하며 산업단지 밀집지역 등 지역특성으로 인한 환경적인 노출뿐만 아니라 식이섭취에 의한 영양조사도 고려하여야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 국립환경과학원의 2008~2009년도 대기중금속측정망 자료 및 질병관리본부에서 이루어진 국민건강영양조사 자료를 이용하여 대기중 망간 농도 및 20세 이상 한국인의 혈중 망간 농도를 조사하였으며 그 내용은 다음과 같다.

우리나라 대기중 망간 기하평균은 46.10 ng/m³으로 조사되었으며, 철강산업단지가 위치한 포항 남구 장흥동의 대기중 망간 기하평균이 550.35 ng/m³로 가장 높게 조사되었다.

대기중금속측정망 지역에 거주하고 있는 연구대상자 910명의 혈중 망간 기하평균은 1.29 μg/dl였으며 여성이 남성보다 유의하게 높았다. 또한 대기중 망간 농도가 1 ng/m³ 증가함에 따라 혈중 망간 농도도 0.0009 μg/dl 만큼 유의하게 증가하여 대기중 망간이 혈중 망간에 영향을 미치는 요인으로 조사되었다.

참 고 문 헌

- Alves, G., Muller, B., Herlofson, K., Hogenesch, I., Telstad, W., Aarsland, D., Tysnes, O. B., Larsen, J. P., 2009, Incidence of Parkinson's disease in Norway: the Norwegian ParkWest study, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, 80, 851 - 857.
- ATSDR, Toxicological Profile for Manganese, 2000, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, America.
- ATSDR, Toxicological profile for manganese, 2012, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry,

- Atlanta, America.
- Brunekreef, B., Holgate, S. T., 2002, Air pollution and health, *Lancet*, 360, 1233-1242.
- Centers for Disease Control and Prevention(CDC), 2010, The fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2009 Health Examination, Atlanta, America.
- Finley, J. W., 1999, Manganese absorption and retention by young women is associated with serum ferritin concentration, *Am. J. Clin. Nutr.*, 70, 37-43.
- Choi, H. C., Kim, K. Y., An, S. H., Hyun, D. W., 1998, Manganese Concentration in Blood and Urine of Manganese Exposed Welding Workers, *Korea. J. Occup. Environ. Med.*, 10(4), 534-547.
- Choi, M. H., Kim, E. Y., 2007, Evaluation of Dietary Manganese Intake in Korean Men and Women over 20 Years Old, *J. Korean. Soc. Food. Sci. Nutr.*, 36(4), 447-452.
- Finely, J. W., Johnson, P. E., Johnson, L. K., 1994, Sex affects manganese absorption and retention by human from diet adequate in manganese, *Am. J. Clin. Nutr.*, 60, 649-955.
- Finkelstein, M. M., Jerrett, M., 2007, A study of the relationship between Parkin-son's disease and markers of traffic-derived and environmental manganese air pollution in two Canadian cities, *Environmental. Research.*, 104, 420-432.
- Haynes, E. N., Ryan, P., Chen, A., Brown, D., Roda, S., Kuhnell, P., Wittberg, D., Terrell, M., Reponen, T., 2012, Assessment of personal exposure to manganese in children living near a ferromanganese refinery, *Sci. Total. Environ.*, 15, 427-428.
- Iregren, A., 1990, Psychological test performance in foundry workers exposed to low levels of manganese, *Neurotoxicol. Teratol.*, 12(6), 673-675.
- Kampa, M., Castanas, E., 2008, Human health effects of air pollution, *Environmental. Pollution.*, 51, 362-367.
- Kim, K. S., Kim, Y. H., Jin, Y. W., Kin, E. U., Yang, J. S., Kwon K. R., Kim, J. W., Roh, J. H., Moon, Y. H., 1999, Factors Associated with Psychoneurobehaviral Outcomes in Workers Exposed to Manganese, *Korea. J. Occup. Environ. Med.*, 11(2), 213-228.
- Kim, Y. H., 2009, Health Effects of Manganese and Some Recent Issues in Manganese Neurotoxicity Research, *Korea. J. Occup. Environ. Med.*, 21(1), 87-105.
- Kim, Y. H., Lee, B. K., 2011, Iron deficiency increases blood manganese level in the Korean general population according to KNHANES 2008, *Neurotoxicology*, 32, 247-254.
- Lee, B. K., Kim, Y. H., 2011, Relationship between blood manganese and blood pressure in the Korean general population according to KNHANES 2008, *Environmental. Research.*, 111, 797-803.
- Lee, K. S., Paik, N. W., 1994, Airborne Concentrations of Welding Fume and Metal Components by Type of Welding, *Korea. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 4(1), 71-80.
- Levy, B. S., Nassetta, W. J., 2003, Neurologic effects of manganese in Human: a review, *Int. J. Occup. Environ. Health.*, 9, 153-163.
- Meltzer, H. M., Brantsaeter, A. L., Borch-Johnsen, B., Ellingsen, D. G., Alexander, J., Thomassen, Y., Stigum, H., Ydersbond, T. A., 2010, Low iron stores are related to higher blood concentrations of manganese, cobalt and cadmium in non-smoking, Norwegian women in the HUNT 2 study, *Environ. Res.*, 110, 497-504.
- Mergler, D., Baldwin, M., Belanger, S., Larribe, F., Beuter, A., Bowler, R., Panisset, M., Edward, R., de Geoffroy, A., Sassine, M. P., Hudnell, K., 1999, Manganese neurotoxicity, a continuum of dysfunction: results from a community-based study, *Neurotoxicology*, 20, 327-342.
- Moon, D. H., Son, B. C., Kang, D. M., 1999, Manganese Exposure and its Health Hazards of Welders, *Korea. J. Occup. Environ. Med.*, 11(4), 476-491.
- National Institute of Environmental Research, 2010, The First Stage ('09-'11) 2nd Year Annual Report on Korea National Environmental Health Survey.
- National Institute of Environmental Research, 2011, Annual Report of Air Quality in Korea 2010.
- Pizzol, M., Thomsen, M., Anderson, M. S., 2010, Long-term human exposure to lead from different media and intake pathways. *Science. of the Environment.*, 407, 5478-5488.
- Roels, H. A., Ghyselen, P. G., Buchet, J. P., Ceulemans, E., Lauwerys, R. R., 1992, Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust, *Br. J. Ind. Med.*, 49, 25-34.

- Sarmento, S., Wolterbeek, H. T., Verburg, T. G., Freitas, M.C., 2008, Correlating element atmospheric deposition and cancer mortality in Portugal: data handling and preliminary results, Environmental. Pollution., 151, 341-351.
- Shah, M. H., Shaheen, N., Jaffar, M., Khalique, A., Tariq, S. R., Manzoor, S., 2006, Spatial variations in selected metal contents and particle size distribution in an urban and rural atmosphere of Islamabad, Pakistan, J. of Environmental. Management., 78, 128-137.
- Shaheen, N., Shah, M. H., Khalique, A., Jaffar, M., 2005, Metal levels in airborne particulate matter in urban Islamabad, Pakistan, Bulletin. of Environmental. Contamination and Toxicology., 75, 739-746.
- Sjögren, B., Gustavsson, P., Hogstedt, C., 1990, Neuropsychiatric symptoms among welders exposed to neurotoxic metals, Br. J. Ind. Med., 47, 704-707.
- Tsalev, D. L., Zapronov, Z. K., 1983, Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice. Vol. I. Analytical aspects and health significance, Florida, CRC press, 153-158.
- US-EPA, 1984, Health Assessment Document for Manganese, Final report, Cincinnati, America.
- Wappelhorst, O., Khn, J., Oehlmann, J., Korhammer, S., Markert, B., 2000, Deposition and disease: a moss monitoring project as an approach to ascertaining potential connections, Science. of the Total. Environment., 249, 243-256.
- WHO, 1981, Environmental Health Criteria 17: Manganese. World Health Organization. Geneva, Switzerland.