

혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 노출관련 인자

오정숙¹, 이선희²

¹경북대학교 뷰티아트과, ²경동대학교 치위생학과

Pb, Hg and Cd Concentration of Blood and Exposure-Related Factors

Jung-Sook Oh¹, Sun-Hee Lee²

¹Dept. of Beauty Art, Kyungbuk University

²Dept. of Dental Hygiene, Kyungdong University

요약 본 연구는 혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 노출 관련 인자와의 관련성을 파악하고자 하였다. 연구 대상자는 국민건강영양조사 2009년과 2010년도 40세 이상 90세 미만의 총 2,042명을 대상으로 하였다. 성별에 따른 혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 노출 관련인자와의 관련성과 성별 차이를 분석하였고, 납, 수은, 카드뮴 노출 관련 인자의 혈중 농도를 비교하였다. 분석 결과, 연령별 차이는 남성은 수은에서만 나타났고, 여성은 납과 카드뮴에서 나타났다($p<.01$). 남성은 체질량지수와 허리둘레별 혈중 수은 농도의 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 고밀도지단백콜레스테롤은 남성의 납에서 이상지질혈증 판정치가 정상보다 높게 나타났고, 저밀도지단백콜레스테롤은 여성의 납에서 이상지질혈증 판정치가 정상보다 높게 나타났다($p<.05$). 또한 흡연자가 비흡연자보다 남성의 납과 카드뮴의 혈중 농도가 높게 나타났고($p<.05$), 여성은 카드뮴에서만 동일한 결과를 보였다. 음주여부에서도 남성의 음주자가 비음주자보다 혈중 납 농도가 높게 나타났다($p<.05$). 가구소득별 수은과 카드뮴의 혈중 농도는 유의한 차이를 나타냈다($p<.05$). 혈중 중금속 농도와 노출관련인자와의 관련성은 연령, 흡연 및 음주, 비만 및 이상지질혈증, 소득수준에서 유의성을 보였다.

Abstract This study examined the relationships between the blood heavy metal (Pb, Hg and Cd) concentration and exposure-related factors. The subjects were 2,042 (male: 953, female: 1,089) who were recruited through a National Health and Nutrition Examination Survey. Differences in the concentrations of mercury were observed in males, whereas females showed differences in lead and cadmium. Analyses of the blood concentrations according to body mass index and waist circumference showed significantly higher concentrations of mercury. In males, high-density lipoprotein cholesterol of dyslipidemia was higher than normal in the blood lead concentration. In females, low-density lipoprotein cholesterol of dyslipidemia was higher than normal in the blood lead concentration. The blood lead and cadmium concentrations of male smokers was higher than non-smokers, and cadmium showed the same results in females. The blood lead levels were higher in male alcohol consumers than non-drinkers. The blood concentrations of mercury and cadmium showed significant differences according to household income. Blood concentrations of heavy metals were closely related to exposure-related factors, and age, smoking, drinking alcohols, obesity, hyperlipidemia, and household income were found to be relevant.

Key Words : Heavy metal, Blood concentration, Elderly Korean, Exposure-related factors

1. 서론

납, 수은, 카드뮴 등은 극히 미량일지라도 인체에 독성

이 강하므로 생물체에 유해하고 체내에서 쉽게 분해되지 않고 축적이 되는 중금속이고[1], 식품의 섭취나 환경오염 등 여러 경로를 통해 인체에 노출 체내에 축적되면 다

*Corresponding Author :Jung-Sook Oh(Kyungbuk Univ.)

Tel: +82-10-6260-5426 email: anna4626@naver.com

Received October 22, 2014

Revised November 25, 2014

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

양한 영향과 호르몬대사 및 각종 질병의 원인이 된다.

수은의 경우, 해산물 및 어패류를 섭취함으로써 인체에 축적이 되고 중추신경계와 말초신경계에 친화성이 높다고 한다. 2005년 한국의 국민건강영양조사를 바탕으로 한 연구에서는 성인 남녀 모두 낮은 생선의 섭취보다 높은 생선의 섭취에서 혈중 수은농도가 높게 보고되었고[2], 캐나다인을 대상으로 한 연구에서도 생선과 조개류의 섭취가 혈중 수은 수준에 영향을 준다고 보고되었다[3]. 또한 질병에 대한 보고에서, 인체에 노출된 납에 의해 심장질환을 일으키는 원인으로 납이 혈압을 상승시키고 혈관의 죽상경화를 유발할 수 있다고 연구 보고되었고[4], 납의 중독은 지질대사를 방해하여 혈청 콜레스테롤 대사를 증가시킨다는 보고도 있다[5, 6]. 또한 흡연자의 폐, 신장 등에서 카드뮴 등의 중금속이 발견되었고, 이 결과 흡연자의 발암율에도 연관성이 높다고 보고되었다[7].

이러한 인체에 비교적 독성이 강한 납, 수은, 카드뮴 등은 생물체의 성분이 아니고 식품 및 식품재료의 가공, 제조 중 외부에서 오염되어 들어가는 환경오염성 중금속으로 국가적으로도 식품 중에 규제치를 정하여 관리하고 있다[8]. 한국에서도 경제성장으로 인한 식생활의 많은 변화와 생태계의 환경오염으로 중금속의 노출의 증가 인체의 유해물질로 크게 대두되고 있어 건강위해성 우선 평가항목으로 제시하고 있다. 중금속은 인체조직에 흡수되어 소량씩 배출된다. 또한 연령이 증가할수록 체내 중금속 수치가 증가하는 경향을 보였다[7]. 본 연구에서는 중·노년기 한국인의 혈중 중금속 농도와 중금속 노출인자와의 관련성을 파악하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상

제4기 3차년도(2009)와 제5기 1차년도(2010) 국민건강영양조사[9]의 건강 설문조사, 검진조사, 영양조사를 참가한 대상자 중 연령은 40세 이상 90세 미만 남녀를 대상으로 하였다. 그 중 검진조사 항목의 신체계측치가 없는 대상자, 현재 임신한 대상자, 중금속 수치가 없는 대상자를 제외한 후, 영양소 섭취 이상자를 하루 총 에너지 섭취량이 남녀 모두 500kcal 이하 섭취자와 여성은 3,500kcal 이상, 남성은 4,000kcal 이상 섭취자를 기준으로 하여 다시 제외하였고, 최종적으로 총 2042명을 연구 대상으로 하였다.

2.2 연구도구

제4기 3차년도(2009)와 제5기 1차년도(2010)의 국민건강영양조사의 각 조사의 시기별 3년 연중조사체계로 실시한 자료로서 3개년도 각기 독립적인 순환표본으로 이루어져 있다. 각 표본은 우리나라 전체 인구를 대표하는 확률표본이 될 수 있도록 순환표본조사(rolling sampling surveys) 방식으로 조사되어 전 국민을 대표할 수 있는 자료로서 이용되었다. 자료의 통합 시, 국민건강영양조사의 통합가중치를 적용하여 산출하였다.

2.2.1 일반적 사항 및 건강행태

혈중 중금속 농도와 노출관련성과 관련된 건강상태 및 건강행태 문항으로 구성되어 연령은 “40대”, “50대”, “60세 이상”으로 분류하였다. 도시크기는 한국의 7개 특별시 및 광역시를 “대도시”, 그 외 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 그리고 제주도의 동 단위 구역은 “중·소도시”로 분류하였고, 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도, 그리고 제주도의 읍·면 단위 구역은 “군”으로 분류하였다. 가구소득은 4분위수를 이용하였고, 결혼여부, 흡연과 음주여부는 “예”, “아니오”로 분류하였다.

2.2.2 신체계측

검진조사는 신체계측(신장, 체중, 허리둘레), 혈압측정(수축기 및 이완기 혈압), 혈액 및 소변검사를 하였다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)[10]의 기준에 따라 체질량지수(Body Mass Index, BMI)는 18.5kg/m² 미만을 “저체중”, 18.5kg/m² 이상 25kg/m² 미만을 “정상”, 25kg/m² 이상을 “비만”으로 분류하였고, 허리둘레(Waist Circumference, WC)는 남성(여성)은 90(80)cm 미만을 “정상”, 90(80)cm 이상을 “비만”으로 분류하였다[10].

2.2.3 혈중지질

혈중지질은 관상동맥질환 등 이상지질혈증의 주요요인으로 중성지방(triglycerides, TG), 총콜레스테롤(total cholesterol, TC), 고밀도지단백콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C), 저밀도지단백콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C) 등을 포함한다. TC의 정상치는 200mg/dl 미만, 이상지질혈증 판정치 240mg/dl 이상이고, LDL-C의 정상치는 130mg/dl 미만, 이상지질혈증 판정치는 130mg/dl 이상이며, HDL-C의 정상치는 50mg/dl 미만, 이상지질혈증 판정치는 남성은

40mg/dl 미만, 여성은 50mg/dl 미만이다. 중성지방은 정상치는 150mg/dl 미만, 이상지질혈증 판정치는 200mg/dl 이상으로 하였다.

2.2.4 중금속 농도

혈중 중금속 농도 분석은 수은은 골드아말감법(DMA-80, Milestone, Italy), 납과 카드뮴은 원자흡광광도법(PerkinElmer Analyst 600, PerkinElmer, Finland)을 이용하였다[11].

2.3 자료분석방법

자료의 분석은 Statistical Analysis Systems software package 통계프로그램 version 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 을 이용하였으며, 분석방법은 다음과 같다.

- 1) 연구 대상자의 성별에 따른 일반적 특성의 차이는 독립표본 t-검정(independent t-test)와 카이검정(chi-square test)으로 분석하였다.
- 2) 연구대상자의 성별에 따른 혈중 중금속 농도와 중금속 노출 관련인자는 일반선형모형(general linear model) 최소제곱평균(least square means)을 구하여 성별 차이를 분석하였다. 각 비만 및 중금속 노출 관련 인자의 혈중 중금속 농도는 다중비교 Fisher의 최소유의차(least significant difference)를 이용하여 사후검정 하였다. 분석 시 보정변수는 에너지섭취량, 성별, 연령, 허리둘레, 체질량지수, 흡연여부, 음주여부를 사용하였다.
- 3) 혈중 중금속 농도와 노출인자와의 관련성은 다중회귀분석(multiple regression analysis)로 분석하였다.

3. 연구결과

3.1 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같이 학년별로는 1학년과 2학년이 각각 50.0%를 차지하였다. 연령별로는 만 20~ 24세 미만이 45.0%로 가장 많았으며, 다음으로 20세 미만 30.0%, 만 24세 이상 25.0% 순으로 나타났고, 거주지별로는 수도권이 70.0%로 지방 30.0%보다 높은 분포를 보였다.

3.2 혈중 납 농도와 노출관련인자

성별에 따른 중금속 노출인자의 혈중 납의 농도는 모

든 변수가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 연령별 분포에서, 여성은 40대가 다른 연령대와 유의한 차이를 보이며 가장 낮은 혈중 납 농도를 보였고($p<.001$), 남성은 연령별 차이가 나타나지 않았다. 검진조사의 TC에서 여성은 정상보다 이상지질혈증 판정치의 혈액 중 납 농도가 높아 유의한 차이를 보였고($p=.019$), LDL-C에서도 비슷하게 나타나 여성은 정상보다 이상지질혈증 판정치가 높은 결과를 보였다($p=.027$). 반면 HDL-C는 남성에서만 정상보다 비정상인 혈중 납 농도가 유의하게 높게 나타났다($p=.016$). 건강행태 중 흡연유무는 남성의 결과에서, 흡연자가 비흡연자보다 혈중 납농도가 높게 나타났다($p=.041$), 음주여부에서도 남성에서 음주자가 비음주자보다 혈중 납 농도가 높게 나타났다($p=.041$).

3.3 혈중 수은 농도와 노출관련인자

성별에 따른 중금속 노출인자의 혈중 수은의 농도는 모든 변수가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.001$). 연령별 분포에서, 남성은 50대가 다른 연령대와 유의한 차이를 보이며($p=.002$) 가장 높은 혈중 납 농도를 보였고, 반면 여성은 연령별 차이가 나타나지 않았다. 검진조사 중 남성이 BMI의 저체중에서 높은 농도를 보였고, WC의 비만이 정상보다 혈중 수은 농도가 높게 나타났다. 건강행태 중 일주일의 외식 빈도에서 남성은 “3회 이상”이 “3회 미만”보다 높은 혈중 수은 농도를 나타냈다. 또한 가구소득은 남녀 모두 소득별 유의한 차이를 보였고($p=.005$, $p<.001$), 남성은 “상”에서 다른 소득군에 비해 혈중 수은 농도가 높게 나타났다[Table 3].

3.4 혈중 카드뮴 농도와 노출관련인자

성별에 따른 중금속 노출인자의 혈중 카드뮴의 농도는 가구소득 중 “하”를 제외한 모든 변수가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.001$). 연령별 분포에서, 여성은 모든 연령대에서 혈중 카드뮴 농도의 차이를 보였는데($p<.001$), 50대, 60세 이상, 40대의 순으로 높게 나타났고, 남성은 연령별 차이가 나타나지 않았다. 건강행태 중 흡연유무는 남녀 모두의 흡연자가 비흡연자보다 혈중 카드뮴 농도가 높게 나타났고($p<.001$), 일주일의 외식 빈도에서 남녀 모두 “3회 이상”이 “3회 미만”보다 높은 혈중 카드뮴 농도로 나타났다($p<.001$). 가구 소득은 남녀 모두 소득에 따른 혈중 카드뮴 농도의 차이를 보였는데($p<.001$, $p=.047$), “하”에서 혈중 카드뮴 농도가 높게 나타났다[Table 4].

[Table 1] General characteristics of study population

variables	Total	Male	Female	p
	(n = 2,042)	(n = 953)	(n = 1,089)	
n (weighted %) or M±SE				
Mean age(y)	53.59±0.29	53.374±0.27	53.81±0.22	0.186
40-49	642 (39.8)	284 (39.2)	358 (40.6)	0.038
50-59	679 (35.4)	316 (37.4)	363 (33.3)	
60≥	721 (24.7)	353 (24.3)	368 (26.0)	
Body mass index (kg/m ²)	24.09±0.08	24.16±0.11	24.01±0.12	0.345
Waist circumference (cm)	82.91±0.26	85.50±0.33	80.16±0.32	<.001
Total cholesterol (mg/dl)	194.15±1.04	192.78±1.58	195.58±1.28	0.164
Triglycerides (mg/dl)	154.62±3.81	179.16±6.81	128.75±2.96	<.001
HDL cholesterol (mg/dl)	51.08±0.33	48.62±0.49	53.68±0.43	<.001
LDL cholesterol (mg/dl)	116.86±0.89	115.11±1.34	118.71±1.11	<.001
Systolic blood pressure (mmHg)	124.49±0.42	126.40±0.60	122.47±0.27	0.036
Diastolic blood pressure (mmHg)	80.81±0.31	83.41±0.45	78.08±0.35	<.001
Pb (ug/dL)	2.78±0.04	3.21±0.06	2.34±0.05	<.001
Hg (ug/L)	5.39±0.13	6.55±0.21	4.16±0.10	<.001
Cd (ug/L)	1.34±0.02	1.22±0.03	1.46±0.03	<.001
City size				
Metropolis	927 (47.3)	428 (46.2)	499 (48.4)	0.384
Micropolis	668 (31.6)	315 (32.3)	353 (30.9)	
Rural district	447 (21.1)	210 (21.5)	237 (20.7)	
Family income				
Low	470 (19.5)	185 (15.5)	285 (23.7)	<.001
Middle-low	515 (26.4)	240 (27.2)	275 (25.6)	
Middle-high	499 (25.8)	242 (26.5)	257 (25.0)	
High	541 (28.3)	277 (30.8)	264 (25.7)	
Missing	17	9	8	
Education level (grauate)				
Elementary school	684 (27.9)	219 (19.7)	465 (36.6)	<.001
Middle school	350 (17.0)	173 (16.7)	177 (17.3)	
High school	601 (32.7)	296 (33.8)	305 (31.5)	
College & University	391 (22.4)	254 (29.8)	137 (14.6)	
Missing	16	11	5	
Smoking				
Smoker	648 (35.1)	582 (62.4)	66 (6.3)	<.001
Non-smoker	1,388 (64.9)	367 (37.6)	1,021 (93.7)	
Missing	6	4	2	
Drinking alcohol				
Yes	1,663 (84.5)	881 (93.7)	782 (74.8)	<.001
No	371 (15.4)	67 (6.1)	304 (25.1)	
Non answer	3 (0.2)	2 (0.2)	1 (0.1)	
Missing	5	3	2	
Marry				
Yes	2,001 (97.3)	926 (96.0)	1,075 (98.6)	0.003
No	39 (2.6)	26 (3.9)	13 (1.3)	
Non answer	2 (0.1)	1 (0.1)	1 (0.1)	

M±SE : Mean±Standard Error

p : p-value was calculated by an independent t-test for continues variables and a Chi-square test for categorical variables

HDL : High Density Lipoprotein,

LDL : Low Density Lipoprotein

Family in come : quartiles

[Table 2] Blood Pb concentration according to related factors

Variables	Male (n = 953)					Female (n = 1,089)					p^2		
	n	LSM (95%CI)			G	p^1	n	LSM (95%CI)				G	p^1
Mean age(y)													
40-49	284	3.07	2.82	3.32		0.149	358	2.17	1.96	2.38	A	<.001	<.001
50-59	316	3.09	2.87	3.30			363	2.66	2.46	2.85	B		<.001
60≥	353	3.11	2.94	3.28			368	2.59	2.42	2.76	B		<.001
Body mass index (kg/m ²)													
<18.5	25	3.18	2.17	4.20		0.986	16	2.42	0.94	3.89		0.815	0.052
18.5≤BMI<25.0	587	3.03	2.88	3.17			705	2.54	2.41	2.67			<.001
25.0≥	341	3.27	3.06	3.48			368	2.28	2.08	2.48			<.001
Waist circumference (cm)													
<90 (80)	665	3.12	2.98	3.26		0.434	530	2.52	2.36	2.68		0.932	<.001
90 (80)≥	285	3.14	2.92	3.35			551	2.36	2.23	2.50			<.001
Total cholesterol (mg/dl)													
<200		3.07	2.91	3.24		0.469		2.44	2.27	2.60	A	0.019	<.001
200≤TC<240		3.17	2.97	3.37				2.49	2.33	2.66	B		<.001
240≥		2.93	2.64	3.22				2.62	2.39	2.85	B		<.001
Triglycerides (mg/dl)													
<150		2.95	2.79	3.10		0.961		2.52	2.40	2.64		0.604	<.001
150≤TG<200		3.19	2.96	3.42				2.50	2.25	2.75			<.001
200≥		3.31	3.05	3.58				2.21	1.81	2.61			<.001
HDL cholesterol (mg/dl)													
<40 (50)	221	2.96	2.74	3.18	A	0.016	439	2.35	2.21	2.48		0.439	<.001
40 (50)≥	729	3.13	2.99	3.27	B		642	2.57	2.41	2.72			<.001
LDL cholesterol (mg/dl)													
<130		3.12	2.96	3.27		0.491		2.43	2.28	2.58	A	0.027	<.001
130≤LDL-C<160		3.01	2.81	3.21				2.53	2.38	2.69	AB		<.001
160≥		3.11	2.77	3.44				2.57	2.28	2.86	B		0.002
Smoking													
Smoker	582	3.32	3.20	3.43	A	0.026	66	2.60	2.24	2.95		0.123	<.001
Non-smoker	367	3.08	2.91	3.24	B		1,015	2.34	2.25	2.43			<.001
Drinking alcohol													
Yes	881	3.14	3.01	3.27	A	0.041	778	2.52	2.38	2.66		0.106	<.001
No	67	2.76	2.49	3.03	B		302	2.28	2.17	2.39			<.001
Family income													
Low	185	3.20	2.96	3.45		0.341	285	2.55	2.38	2.73		0.391	<.001
Middle-low	240	3.06	2.85	3.27			275	2.56	2.37	2.75			<.001
Middle-high	242	3.21	2.98	3.43			257	2.27	2.06	2.49			<.001
High	277	3.21	2.98	3.43			264	2.27	2.06	2.49			<.001
Eat out/a week													
3 ≥	662	3.14	3.01	3.27		0.696	518	2.52	2.38	2.66		0.758	<.001
< 3	142	2.76	2.49	3.03			282	2.28	2.17	2.39			<.001

LSM : Least Square Means

95%CI : 95% Confidence Interval

p^1 , G : Comparisons significant at the 0.05 level by Least Significant Difference

p^2 : male vs female, General Linear Model

HDL : High Density Lipoprotein

LDL-C : Low Density Lipoprotein Cholesterol

Family income : quartiles

The values in bracket are for females for HDL-C, WC.

[Table 3] Blood Hg concentration according to related factors

Variables	Male (n = 953)					Female (n = 1089)					p^2
	LSM (95%CI)		G	p^1		LSM (95%CI)		G	p^1		
Mean age(y)											
40-49	6.15	5.55	6.76	A	0.002	4.48	3.96	5.00		0.618	<.001
50-59	6.80	5.65	7.95	B		5.28	4.24	6.32			<.001
60≥	5.68	5.12	6.24	A		4.40	3.86	4.94			<.001
Body mass index (kg/m ²)											
<18.5	1.32	0.80	1.84	A	0.011	1.63	0.87	2.39		0.104	0.334
18.5≤BMI<25.0	0.99	0.91	1.06	A		1.66	1.60	1.73			<.001
25.0≥	1.08	0.99	1.18	B		1.59	1.50	1.68			<.001
Waist circumference (cm)											
<90 (80)	5.71	5.39	6.03	A	<.001	4.40	4.03	4.78		<.001	<.001
90 (80)≥	7.71	6.53	8.90	B		4.81	4.07	5.55			
Total choesterol (mg/dl)											
<200	6.18	5.74	6.63		0.130	4.51	4.07	4.95		0.162	<.001
200≤TC<240	6.26	5.64	6.88			4.72	4.21	5.23			<.001
240≥	5.68	2.35	9.01			5.98	3.35	8.62			0.013
Triglycerides (mg/dl)											
<150	6.05	5.61	6.49		0.104	4.51	4.18	4.84		0.835	<.001
150≤TG<200	6.36	4.38	8.34			5.66	3.54	7.78			0.002
200≥	6.37	5.65	7.09			4.90	3.81	5.99			<.001
HDL choesterol (mg/dl)											
<40 (50)	5.84	5.16	6.52		0.204	4.31	3.90	4.72		0.519	<.001
40 (50)≥	6.21	5.64	6.78			5.10	4.48	5.73			<.001
LDL choesterol (mg/dl)											
<130	6.28	5.88	6.69		0.485	4.47	4.07	4.86		0.159	<.001
130≤LDL<160	5.90	4.29	7.51			5.49	4.25	6.73			<.001
160≥	6.31	5.19	7.42			4.17	3.21	5.14			<.001
Smoking											
Smoker	6.76	6.11	7.42		0.245	5.50	3.44	7.57		0.994	0.012
Non-smoker	6.16	5.77	6.55			4.36	4.14	4.57			<.001
Drinking alcohol											
Yes	6.38	5.89	6.88		0.242	4.82	4.28	5.37		0.066	<.001
No	5.02	4.01	6.03			4.18	3.77	4.58			<.001
Family income											
Low	4.86	4.17	5.54	A	0.005	4.58	4.07	5.09	AC	0.004	<.001
Middle-low	5.95	5.33	6.58	AC		3.89	3.32	4.46	A		<.001
Middle-high	5.81	4.33	7.29	BC		5.89	4.48	7.31	BC		
High	7.57	6.88	8.25	B		4.58	3.86	5.30	C		<.001
Eat out/week											
3≥	6.38	5.89	6.88	A	0.029	4.82	4.28	5.37		0.290	<.001
<3	5.02	4.01	6.03	B		4.18	3.77	4.58			<.001

95%CI : 95% Confidence Interval

p^1 , G : Comparisons significant at the 0.05 level by Least Significant Differene

p^2 : male vs female, General Linear Model

HDL : High Density Lipoprotein

LDL-C : Low Density Lipoprotein Cholesterol

Family income : quartiles

The values in bracket are for females for HDL-C, WC.

[Table 4] Blood Cd concentration according to related factors

Variables	Male (n = 953)				Female (n = 1089)				p^2		
	LSM (95%CI)		G	p^1	LSM (95%CI)		G	p^1			
Mean age(y)											
40-49	1.00	0.89	1.10		0.060	1.48	1.39	1.56	A	<.001	<.001
50-59	1.00	0.89	1.12			1.81	1.71	1.92	B		<.001
60≥	1.04	0.95	1.13			1.66	1.57	1.74	C		<.001
Body mass index (kg/m ²)											
<18.5	1.32	0.80	1.84		0.517	1.63	0.87	2.39		0.799	0.334
18.5≤BMI<25.0	0.99	0.91	1.06			1.66	1.60	1.73			<.001
25.0≥	1.08	0.99	1.18			1.59	1.50	1.68			<.001
Waist circumference (cm)											
<90 (80)	1.06	1.00	1.13		0.434	1.67	1.59	1.74		0.674	<.001
90 (80)≥	1.02	0.90	1.13			1.57	1.50	1.64			<.001
Total cholesterol (mg/dl)											
<200	1.00	0.92	1.07		0.954	1.68	1.60	1.75		0.155	<.001
200≤TC<240	1.05	0.94	1.16			1.58	1.49	1.68			<.001
240≥	1.05	0.84	1.25			1.70	1.53	1.86			<.001
Triglycerides (mg/dl)											
<150	0.98	0.90	1.06		0.318	1.60	1.54	1.66		0.604	<.001
150≤TG<200	1.11	0.98	1.25			1.62	1.48	1.77			0.002
200≥	1.07	0.97	1.18			1.85	1.69	2.01			<.001
HDL cholesterol (mg/dl)											
<40 (50)	0.94	0.82	1.07		0.930	1.63	1.55	1.71		0.519	<.001
40 (50)≥	1.04	0.98	1.11			1.66	1.58	1.73			<.001
LDL cholesterol (mg/dl)											
<130	0.99	0.92	1.06		0.218	1.69	1.62	1.76		0.440	<.001
130≤LDL-C<160	1.05	0.93	1.18			1.54	1.44	1.64			<.001
160≥	1.13	0.92	1.34			1.69	1.51	1.87			0.004
Smoking											
Smoker	1.35	1.29	1.41	A	<.001	1.82	1.63	2.01	A	<.001	<.001
Non-smoker	0.95	0.88	1.03	B		1.47	1.43	1.51	B		<.001
Drinking alcohol											
Yes	1.03	0.97	1.09		0.086	1.68	1.62	1.75		0.769	<.001
No	0.95	0.76	1.14			1.52	1.45	1.60			<.001
Family income											
Low	1.20	1.06	1.35	A	<.001	1.72	1.61	1.83	A	0.047	0.083
Middle-low	0.98	0.87	1.09	B		1.61	1.51	1.71			<.001
Middle-high	0.97	0.87	1.08	B		1.59	1.49	1.69	B		<.001
High	1.00	0.88	1.11	B		1.61	1.49	1.73			<.001
Eat out/week											
3≥	1.03	0.97	1.09	A	0.010	1.68	1.62	1.75	A	0.034	<.001
<3	0.95	0.76	1.14	B		1.52	1.45	1.60	B		<.001

LSM : Least Square Means

95%CI : 95% Confidence Interval

p^1 , G : Comparisons significant at the 0.05 level by Least Significant Differene

p^2 : male vs female, General Linear Model

HDL : High Density Lipoprotein

LDL-C : Low Density Lipoprotein Cholesterol

Family income : quartiles

The values in bracket are for females for HDL-C, WC.

[Table 5] Multiple regression analysis about related factors with the blood Pb, Hg, Cd concentration

Variables	Male		Female			
	β	<i>p</i>	β	<i>p</i>		
Pb	Age	40-49	-0.250	0.040	-0.258	0.070
		50-59	-0.001	0.963	0.066	0.404
		≥60	0.00		0.00	
	Drinking alcohol	Yes	0.420	0.011	0.206	0.004
	No	0.00		0.00		
Hg	Age	40-49	-0.453	0.263	0.027	0.916
		50-59	1.170	0.009	0.205	0.327
		≥60	0.00		0.00	
	BMI (kg/m ²)	<18.5	-0.693	0.555	-1.450	0.020
		18.5≤BMI<25.0	-0.637	0.330	-0.151	0.601
		25.0≥	0.00		0.00	
	LDL-C (mg/dl)	<130	-0.098	0.889	0.267	0.275
		130≤LDL-C<160	0.246	0.786	0.732	0.019
		160≥	0.00		0.00	
	Drinking alcohol	Yes	1.005	0.039	0.437	0.023
		No	0.00		0.00	
	Family income	1	-2.012	<0.001	-0.400	0.165
		2	-1.485	0.003	-0.663	0.005
3		-0.283	0.665	-0.140	0.550	
4		0.00		0.00		
Cd	Age	40-49	-0.176	<0.001	-0.120	0.047
		50-59	-0.035	0.477	0.081	0.165
		≥60	0.00		0.00	
	TG (mg/dl)	<150	-0.119	0.031	-0.041	0.578
		150≤TG<200	-0.056	0.422	-0.095	0.334
		200≥	0.00		0.00	
	Drinking alcohol	Yes	0.201	0.002	-0.001	0.988
		No	0.00		0.00	
	Smoking	Smoker	0.418	<0.001	0.374	0.022
		Non-smoker	0.00		0.00	
	Family income	1	0.254	0.005	0.133	0.145
		2	-0.064	0.331	-0.002	0.972
		3	0.028	0.657	-0.034	0.627
4		0.00		0.00		

BMI : Body Mass Index
 LDL-C : Low Density Lipoprotein Cholesterol
 TG : Triglycerides
 β : Coefficient

3.5 혈중 중금속 농도와 노출관련인자의 관련성

Table 5의 다중회귀분석의 결과는 납의 경우, 남성 40대 연령에서 혈중 납 농도와 관련성을 보였고($p=0.040$), 수은은 남성의 50대 ($p=0.009$), 카드뮴은 남녀 모두 40대에서($p<0.05$) 혈중 농도와 관련성을 보였다. 알콜섭취 여부에서 납은 남녀 섭취자에서 모두 유의하였고($p<0.05$), 수은은 여성의 섭취자와 카드뮴은 남성의 섭취자에서 관련성이 유의하였다($p<0.05$). 흡연여부의 경우, 카드뮴의 남녀 흡연자에서 관련성이 유의하였다($p<0.05$). 비만 및 이상지질혈증과 관련된 인자에서, BMI는 수은의 여성에

서 유의하였고($p=0.020$), LDL-C는 여성의 수은이 유의하였고($p=0.019$), TG는 남성의 정상치에서 유의하였다($p=0.031$). 가구소득은 남성의 “하”와 “중하”의 경우수은 ($p<0.01$) “하”의 카드뮴에서 유의하였다($p=0.005$). 또한 여성은 “중하”에서 수은이 유의하였다($P=0.005$)[Table 5].

4. 고찰

본 연구의 연령에 따른 혈중 중금속 농도는 납은 여성의 50대 이상에서 유의하게 높은 수준을 보였고, 카드뮴

도 여성에서만 연령별 유의한 차이를 보여 40대 보다 50대와 60세 이상에서 높게 나타났다. 이는 2006년 환경부의 조사 결과에서 한국인 평균 혈중 납과 카드뮴의 수준이 연령이 증가할수록 높은 경향을 보인 것과 동일한 경향을 보였다[2].

흡연에 의한 카드뮴과 납의 담배 내 함량은 1~3 mg으로 이 중 체 내 흡수는 10%정도 인 것으로 보고되었다[12]. 본 연구의 흡연에 의한 대표적인 노출 증금속 중 납과 카드뮴의 결과에서는 흡연자의 비율이 높은 남성에서는 두 증금속 모두 흡연자와 비흡연자의 유의한 차이를 나타냈고, 수은은 두 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 한국인의 납, 카드뮴, 수은의 혈중농도의 연구에서 현재 흡연상태의 대상자는 납과 카드뮴의 수준이 모두 중요한 인자로 발견되었고[12], 한국 성인의 혈중 납, 카드뮴, 그리고 수은의 평가 연구에서도 흡연자는 비흡연자보다 혈중 납 농도에 영향을 주었다[13]. 또한 노년층을 대상으로 한 독일의 연구에서도 비슷한 경향으로 나타나 흡연자의 혈중 카드뮴 수준이 높게 나타났는데 여성보다 남성이 혈중 납과 카드뮴의 수준이 높게 나타났다[14]. 또한 한 연구[15]는 흡연자가 비흡연자보다 혈중 납의 농도가 높게 나타났는데 어린이들과 달리 성인에서, 여성보다 남성에서 높게 나타났다. 스웨덴에서도 흡연의 감소로부터 카드뮴의 노출도가 감소하는 경향이 보고되었다[16]. 미국 국민건강영양조사의 성인의 흡연자 및 과거흡연자에서 혈중 납 농도의 연구에서도 혈중 납농도 증가의 연관성을 보고하였다[17].

본 연구의 음주와 관련된 결과를 보면, 남성에서 혈중 납 농도가 음주자가 비음주자보다 높게 나타났다. 한국 성인의 혈중 납, 카드뮴, 그리고 수은의 평가 연구에서 40대 이상의 연령에서 40대 미만의 연령보다 납과 수은의 혈중 농도가 높게 나타났다고 보고하여[12] 본 연구의 결과와 동일한 경향은 보이지 않았다.

미국의 국민건강영양조사의 자료를 기초로 한 심혈관 질환과 혈중 납 농도의 연구에서는 미국에서 혈중 납 농도는 감소하고 있지만 혈중 납 농도가 증가함에 따라 심혈관 질환 사망률은 증가하고 있다고 보고하였다[18]. 혈중 증금속 농도와 심혈관계 질환 위험요인과의 관련성을 연구 보고에서 혈중 납과 TC와의 상관성은 보이지 않았지만, 요중 수은은 TC과 LDL-C의 상관성을 보였다[19]. 또한 관상동맥질환 예측요인으로서 혈중 납의 의의를 연구한 논문의 결과, 혈중 납 농도는 혈압 및 혈청 콜레스

테롤 농도와 유의한 상관성이 없었지만, 관상동맥 협착군의 혈중 납 농도가 비협착군보다 유의하게 높게 나타났다[20]. 또한 남성의 수은과 심혈관 질환의 연구[21]에서는 수은 수준은 생선의 소비와는 높은 상관성을 보였지만, 심혈관 질환의 위험인자로는 연관성이 유의하지 않다고 보고하여 다른 경향을 보였다. 본 연구의 결과에서 납의 경우, 여성이 TC와 상관성을 보여 이상지질혈증이 정상치보다 혈중 납 농도가 높게 나타났다. 이는 인체에 노출된 납에 의해 심장질환을 일으키는 원인으로 납이 혈압을 상승시키고 혈관의 죽상경화를 유발할 수 있다고 연구 보고한 결과와[4], 납의 중독은 지질대사를 방해하여 혈청 콜레스테롤 대사를 증가시킨다는 보고[5]와 동일한 경향으로 나타났다. 해안지역 거주 의 한국 중년을 대상으로 한 연구에서 남성이 여성보다 혈중 수은 농도가 높게 나타났고, 심장 혈관의 위험인자로서 LDL-C, HDL-C, BMI 등이 혈중 수은 농도와 관련이 있음을 보고하였다[22]. 본 연구는 혈중 납과 수은의 농도는 남성이 여성보다 높게 나타났고, 혈중 카드뮴은 여성이 남성보다 높게 나타났다. HDL-C은 남성에서, LDL-C은 여성에서 이상지질혈증의 정상보다 혈중 납 농도가 높게 나타났다. 반면 수은과 카드뮴의 혈중 농도는 TC, HDL-C, LDL-C에서 남녀 모두 정상과 이상지질혈증의 차이는 나타나지 않았다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 한국 국민건강영양조사를 이용하여 40세 이상 90세 미만의 성별에 따른 혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 증금속 관련 인자와의 관련성을 파악하고자 하였다. 연구 대상자의 성별에 따른 혈중 납, 수은, 카드뮴 농도와 노출 관련인자와의 관련성과 성별 차이를 분석하였고, 각 비만 및 노출 관련 인자의 혈중 납, 수은, 카드뮴농도를 비교하였다. 분석 결과, 연령별 증금속 농도의 차이는 남성은 수은에서만 나타났고, 여성은 납과 카드뮴에서 나타났다. 비만관련 인자에서 남성은 체질량지수와 허리둘레별 혈중 수은 농도의 유의한 차이를 보였다. 이상지질혈증관련인자 중 HDL-C은 남성의 납에서 이상지질혈증 판정치가 정상보다 높게 나타났고, LDL-C은 여성의 납에서 이상지질혈증 판정치가 정상보다 높게 나타나 관련성을 보였다. 또한 흡연 여부에서 흡연자의 경우에서

납과 카드뮴의 혈중 농도가 높게 나타났고 음주여부에서도 남성 음주자의 혈중 납 농도가 높게 나타났다. 가구소득별 수은과 카드뮴의 혈중 농도는 유의한 차이를 나타냈다. 혈중 중금속 농도와 노출관련인자의 관련성은 연령, 흡연 및 음주, 비만 및 이상지질혈증, 소득수준에서 유의성을 보였다.

본 연구는 우리나라 전체 인구를 대표하는 확률표본이 될 수 있도록 국민건강영양조사를 이용하였고, 향후 다른 연령별, 지역별, 생활환경 등의 폭 넓은 연구 결과를 제언한다.

References

- [1] S. R. Lee, M. K. Lee, "Contamination and risk analysis if heavy metals in Korean foods", *Journal of Food Hygiene and Safety*, 16(4), pp.324-332, 2001.
- [2] N. S. Kim, B. K. Lee, "Blood total mercury and fish consumption in the Korean general population in KNHANES III, 2005", *Science of the Total Environment*, 15(408), pp.4841-4847, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.026>
- [3] Lye E, Clarke M. J, Probert A. "Blood total mercury concentration in the canadian population: canadian health measures survey cycle 1", 2007-2009, *Canadian Journal of Public Health*, 7(104), pp.e246-251, 2013.
- [4] MacMahon S, Peto R, Cutle J, Collins R, Sorlie P, Neaton J, Abbott R, Godwin J, Dyer A, Stamler J. "Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part 1, Prolonged differences in blood pressure: prospective observational studies corrected for the regression dilution bias", *The Lancet*, 31(335), pp.756-774, 1990.
- [5] Iqbal MP. "Lead pollution - a risk factor for cardiovascular disease in Asian developing countries", *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 25(1), pp.289-294, 2012.
- [6] Tong S, von Schimding YE, Prapamontol T. "Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions". *Bull World Health Organ*, 78(9), pp.1068-77, 2000.
- [7] Schröder H, Marrugat J, Elosua R, Covas MI. "Tobacco and alcohol consumption: impact on other cardiovascular and cancer risk factors in a southern European Mediterranean population", *British Journal of Nutrition*, 88(3), pp.273-281, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/BJN2002655>
- [8] Behera SN, Xian H, Balasubramanian R. "Human health risk associated with exposure to toxic elements in mainstream and sidestream cigarette smoke", *Science Total Environmental*, 15(472), pp.947-956, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.063>
- [9] Korea Center of Disease Control and Prevention. KCDC: Korea National Health and Nutrition Examination Survey. c2011, Available From: <http://knhanes.cdc.go.kr> (accessed March, 10, 2012).
- [10] The World Health Organization Western Pacific Region. The International Association for Study of Obesity and The International Task Force. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Sydney: Health Communications Australia Pty Limited. 2000.
- [11] S. W. Oh, S. A. Shin, Y. H. Yun, T. Yoo, B. Y. Huh, "Cut-off point BMI and obesity-related comorbidities and mortality in middle-aged Koreans", *Obesity Research*, 12(12), pp.2031-2040, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2004.254>
- [12] J. Y. Son, J. Lee, D. Paek, J. T. Lee, "Blood level of lead, cadmium, and mercury in the Korean population: results from the Second Korean National Human Exposure and Bio-monitoring Examination", *Environmental Research*, 109(6), pp.738-744, August, 2009, DOI: 10.1016/j.envres.2009.03.012 Epub 2009 Jun 25.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2009.03.012>
- [13] N. S. Kim, B. K. Lee, "National estimates of blood lead, cadmium, and mercury levels in the Korean general adult population", *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 84(1), pp.53-63, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-010-0522-6>
- [14] Kleszczewska E, Buraczyk M, Lisowski P, Kleszczewski T. "Long-term smoke-cadmium concentration in smokers seniors with stable coronary artery disease scheduled for coronary artery bypass grafting (CABG)", *Przegląd lekarski*, 63(10), pp.974-978, 2006.
- [15] Batárióvá AI, Speváčková V, Benes B, Cejchanová M, Smíd J, Cerná M. "Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values", *International journal of hygiene and environmental health*, 209(4), pp.359-366, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2006.02.005>
- [16] Wennberg M, Lundh T, Bergdahl IA, Hallmans G, Jansson JH, Stegmayr B, Custodio HM, Skerfving S. "Time trends in burdens of cadmium, lead, and mercury in the population of northern Sweden", *Environmental Research*, 100(3), pp.330-338, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2005.08.013>
- [17] Mannino M, Homa DM, Matte T, Hernandez-Avila M. "Active and passive smoking and blood lead levels in

U.S. adults: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey”, *Nicotine Tobacco Research*, 7(4), pp.557-564, 2005.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14622200500185264>

- [18] Schober SE, Mirel LB, Bordy DJ, Flegal KM. “Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer: results from the NHANES III mortality study”, *Environmental Health Perspectives*, 114(10), pp.1538-1541, 2006.
- [19] D. S. Kim, E. H. Lee, S. D. Yu, J. H. Cha, S. C. Ahn, “Heavy metal as risk factor of cardiovascular disease—an analysis of blood lead and urinary mercury”, *Journal of Preventive Medicine Public Health*, 38(4), pp.401-407, 2005.
- [20] R. J. Park, *Blood lead level as a predictor of coronary artery disease*, Graduate school of Chonnam National University, 2009.
- [21] Yoshizawa K, Rimm EB, Morris JS, Spate VL, Hsieh CC, Spiegelman D, Stampfer MJ, Willett WC. “Mercury and the risk of coronary heart disease in men”, *The New England Journal of Medicine*, 28(347), pp.1755-1760, 2002. DOI: 10.1056/NEJMoa021437.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa021437>
- [22] C. H. You, B. G. Kim, J. M. Kim, S. D. Yu, Y. M. Kim, R. B. Kim, Y. S. Hong, “Relationship between mercury concentration and waist-to-hip ratio in elderly Korean individuals living in costal areas”, *Journal of preventive and public health*, 44(5), pp.218-225, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2011.44.5.218>

이 선 희(Sun-Hee Lee)

[정회원]



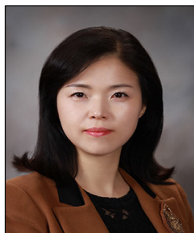
- 2004년 2월 : 경희대학교 행정대학원 의료행정학과 (행정학석사)
- 2014년 2월 : 단국대학교 일반대학원 보건학과 (보건학박사)
- 2008년 3월 ~ 2013년 2월 : 동우대학 치위생과 조교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 경동대학교 치위생학과 조교수

<관심분야>

치위생학, 치과재료학, 구강해부학

오 정 숙(Jung-Sook Oh)

[정회원]



- 2007년 8월 : 중앙대학교 의약식품대학원 의약식품학과 (향장학석사)
- 2012년 2월 : 강원대학교 일반대학원 의학과 (의학박사)
- 2008년 3월 ~ 2014년 2월 : 동우대학 피부미용과 교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 경북대학 뷰티아트과 교수

<관심분야>

화장품학, 피부학, 비만 및 영양, 예방의학