KJFP https://doi.org/10.21215/kjfp.2017.7.2.172
eISSN 2233-9116
Korean J Fam Pract. 2017;7(2):172-178

Original Article

Korean Journal of Family Practice

한국 성인의 중금속 농도와 대사증후군과의 연관성

이재만, 석교진*, 류주영, 정우성, 박준범, 신광현, 장세정
곽병원 가정의학과

Association between Heavy Metal Exposure and Prevalence of Metabolic Syndrome in Adults of South Korea

Jae-man Lee, Kyo-jin Seok*, Joo-young Ryu, Woo-sung Jung, Joon-beom Park, Kwang-hyun Shin, Se-jeong Jang
Department of Family Medicine, Kwak's Hospital, Daegu, Korea

Background: Interest in understanding the effects of heavy metal exposure is growing. As a result, interest in diseases associated with heavy metals is also growing. In this regard, this study aimed to identify the effects of heavy metals on the components and morbidity rate of metabolic syndrome.

Methods: This study targeted 1,827 people (909 men and 918 women) who had the five components of metabolic syndrome among adults aged ≥20 years who participated in the 6th National Health and Nutrition Survey. Data from year 1 of the survey were used. In regard to the analysis of heavy metal exposure, cadmium and lead concentrations in the blood were measured by using the PerkinElmer Analyst 600 based on graphite furnace atomic absorption spectrometry. Mercury concentration in the blood was measured by using DMA-80 based on the gold amalgam method.

Results: The blood concentration of cadmium correlated with the prevalence of high blood pressure. The blood concentration of mercury correlated with the prevalence of abdominal obesity and metabolic syndrome. The blood concentration of lead did not show any statistically significant correlation.

Conclusion: Among the heavy metals analyzed in this study, cadmium correlated with high blood pressure. Mercury correlated with abdominal obesity and metabolic syndrome. Hence, excessive exposure to heavy metals should be prevented and emission of heavy metals should be reduced.

Keywords: *Cadmium; Lead; Mercury; Metabolic Syndrome*

서 론

우리나라는 1960년대 산업화 과정 이후 급속도로 경제성장을 이루었고, 그 결과 이전과는 비교할 수 없을 정도로 풍족한 생활을 누릴 수 있게 되었다. 그러나 풍족해진 식량으로 인해서 이전에는 대두되지 않았던 비만, 고혈압, 당뇨, 고지질혈증 등 성인병의 유병률이 점차 증가하고 있으며, 이것은 사회적 문제로 제시되고 있다. 현대사회로 접어들면서 이전에는 없었던 이러한 성인병은 대사증후군이란 질병으로 정의하게 되었다. 대사증후군은 일차의료에서 흔하게 접하게 되는 건강문제로 1988년 Reaven[1]에 의해 명명되면서 임상적 의의가 증대되었다. 대사증후군이란 복부비만, 고중성지방혈증, 저high density lipoprotein 콜레스테롤혈증, 높은 혈압, 당 대사 이상이 함께 나타나는 증후군을 일컫는 진단명으로 제2형 당뇨병, 심혈관질환(심근경색, 협심증 등)의 발생을 증가시킴으로써 삶의 질을 저하시키며, 사망률 증가의 주요한 원인이 되고 있다.[2-4]

최근에는 중금속 노출에 대하여 관심이 높아지고 있는데, 많이 알려진 바와 같이 공장 폐수의 유입, 농약 사용 증가, 금속제제 공장 폐기물 증가로 예전에 비하여 중금속 노출빈도가 많다. 이뿐만 아니라 화장품과 같은 일상생활 용품에서도 중금속 농도를 측정하여 보니 기준치보다 높게 나온 결과가 보고되고 있다.[5] 그리고 대외적 요

Received May 13, 2016 **Revised** July 6, 2016 **Accepted** July 27, 2016
Corresponding author Kyo-jin Seok
Tel: +82-53-252-2401, Fax: +82-53-253-3017
E-mail: sniper912@hanmail.net

Copyright © 2017 The Korean Academy of Family Medicine
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인으로 미세먼지 유입, 중국발 스모그, 후쿠시마 원전사고 및 먹이사슬에 의한 상위포식 어패류의 중금속 축적으로 일반인들의 중금속에 대한 관심은 더욱 높아지고 있다. 중금속 과다 노출에 의한 대표적인 질병으로는 일본에서 발생한 수은중독에 의한 미나마타병, 카드뮴중독에 의한 이타이이타이병이 있는데, 최근 중금속의 부작용에 대한 연구가 활발해지면서 점차 더 많은 부작용들이 밝혀지고 있다. 미나마타병은 수은이 함유된 폐수가 바다로 유입되어 생물농축으로 인한 생선을 사람이 섭취하여 나타난 대표적인 질병이며, 이타이이타이병은 광산에서 유출된 카드뮴이 강으로 흘러 들어 오염된 물을 섭취하여 나타난 질병이다.[6]

앞에서 언급한 대사증후군은 생활습관이 유발하는 요인들에 영향을 주고, 생활습관의 중재가 대사증후군의 발병을 늦추며 예방할 수 있다고 밝히고 있다.[7,8] 현재까지 중금속과 대사증후군과의 관련성을 연구한 자료들을 살펴보면 한국 성인 200여 명을 대상으로 하여 카드뮴에 대한 노출이 지질다당류와 연관성이 있으며 대사증후군의 이환율을 높인다는 연구결과가 있으며,[9] 쥐를 대상으로 하여 만성적인 카드뮴 섭취증가에 의한 췌장 분비능 저하와 인슐린 저항성 증가를 밝힌 연구결과가 있다.[10] 국내 연구로는 2014년 국민건강영양조사 5기를 바탕으로 하여 중금속과 대사증후군과의 관계를 연구한 것으로 여러 가지 인자들을 조정하여 적용한 결과 수은이 남녀 모두에서 대사증후군과 연관성이 있는 것으로 나타났다.[11] 본 연구에서는 국민건강영양조사 6기의 자료를 바탕으로 중금속(수은, 카드뮴, 납)과 대사증후군의 이환율 관계뿐만 아니라 중금속과 대사증후군 각각의 구성요소에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하며 궁극적으로는 국민건강 증진에 기여하고자 한다.

방 법

1. 연구대상

본 연구는 국민건강영양조사 제6기 1차년도(2013년)의 자료를 이용하였다.[12] 만 20세 이상 성인 중 대사증후군의 5가지 구성요소가 있는 대상자 5,111명 중 카드뮴 및 납 농도를 측정하지 않은 대상자 3,145명, 신부전증, 심근경색, 뇌졸중의 질병력을 가진 72명, 이상지질혈증 치료약물 복용이 불명확한 대상자 67명을 제외한 1,827명(남자 909명, 여자 918명)을 본 연구대상에 포함하였다.

국민건강영양조사 제6기는 2010년 인구 주택 총 조사구 및 가구를 각각 1, 2차 추출단위로 하는 2단계 층화 집락 표본추출방법을 사용하여 제6기(2013–2015년) 조사대상을 선정하였다. 1차 추출단위인 조사구는 1차 층화기준(시도, 동읍면, 주택유형), 2차 층화기준(주거면적 비율), 내재적 층화기준(가구주학력 비율)에 근거하여 층화하여 총 576개 조사구를 추출하였다. 2차 추출단위인 가구는 계통 추출방법을 사용하여 표본조사구 내 적절가구 중 20가구를 추출하였다. 제6기 1차년도(2013년)에는 제6기(2013–2015년) 표본의 1/3에 해당하는 전국 192개 표본조사구 내의 3,840개 표본가구를 조사대상으로 2013년 1월부터 12월까지 시행되었다.

2. 중금속 분석

혈중 카드뮴, 납은 원자흡광광도법(graphite furnace atomic absorption spectroscopy, GFAAS)에 의한 PerkinElmerAAnalyst600 (PerkinElmer, Helsinki, Finland)을 혈중 수은은 골드아말감법에 의한 DMA-80 (Milestone, Mardrid, Spain)을 이용하여 측정하였고, 중앙값을 기준으로 대소를 구분하였다.

3. 대사증후군 지표

허리둘레 측정은 측정자가 대상자 측면(mid-axillary line)에서 마지막 늑골 하단 및 장골능선 상단 두 지점을 촉지하여, 두 지점 중간에서 대상자에게 숨을 내쉬게 하고 줄자를 조인 후 소수점 한자리까지 측정하였다. 혈중 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백질은 Automatic Analyzer 7600 (Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용한 효소법으로 측정되었다. 혈압은 대상자가 편안히 의자에 등을 기대고 앉게 한 후에 측정 매뉴얼에 기술된 방법으로 측정되었고, 3번 측정치 중 2회와 3회째 측정치의 평균치를 사용하였다.

대사증후군의 진단은 American Heart Association/National Heart, Lung and Blood Institude에서 제시한 기준에 따라 다음 5가지 중 3가지 이상을 만족할 때 진단하도록 하였다.[13]

1) 수축기혈압: 130 mmHg 이상이거나 이완기혈압 85 mmHg 이상 또는 약물 복용 중

2) 허리둘레: 남 90 cm 이상, 여 85 cm 이상(대한비만학회 권고안으로 수정)

3) 고밀도지단백질: 남 40mg/dL 이하, 여 50 mg/dL 이하 또는 약물 복용 중

4) 혈중 중성지방: 150 mg/dL 이상 또는 약물 복용 중

5) 공복혈당: 100 mg/dL 이상 또는 제2형 당뇨병 진단받고 약물 복용 중

4. 통계분석

모든 통계분석은 국민건강영양조사 원시자료이용지침에 따라 가중치를 사용하여 서베이 분석을 시행하였다.

사회인구적 변수는 나이는 20–29세, 30–39세, 40–49세, 50–59세, 60세 이상으로 분류하였으며 교육 수준은 초등학교 이하, 중학교,

고등학교, 대학교 이상으로 분류하였다. 소득 수준은 <50만 원, 50만–149만 원, 150만–299만 원, ≥300만 원, 결혼상태는 미혼, 기혼, 사별이나 이혼 혹은 별거로 분류하였다. 흡연력은 비흡연자, 평생흡연량 ≤5 pack, 평생흡연량 >5 pack으로 음주력은 비음주자, 1–4회/월, 2–3회/주, ≥4회/주로 분류하였고 신체 활동은 <5회/주, ≥5회/주로 분류하였다.

연구대상자의 사회인구적 특성은 분율(%)로 표시하였고, 각각의 사회인구적 특성의 성별에 따른 차이는 카이제곱검정법(Rao-Scott)으로 검정하였다.

대사증후군 구성요소 및 대사증후군과 중금속(카드뮴, 납, 수은)과의 연관성을 로지스틱 회귀분석으로 분석하였으며, 성별 연령(모형 1) 보정 외에 교육 수준, 월평균 소득, 흡연력, 음주력, 신체활동 추가(모형 2) 두 가지 모형으로 그 연관성을 평가하였다.

모든 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 19.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며 통계적 유의성 수준은 P<0.05로 정의하였다.

결 과

연구대상자 1,827명중 대사증후군 환자는 419명으로 22.9%였으며 (Table 1), 대사증후군의 각 요소를 보면 중심 비만(허리둘레: 남 90 cm 이상, 여 85 cm 이상)인 사람은 20.87%, 이상 지혈증 중 150 mg/dL 이상 중성지방은 31.19%, 남성 <40 mg/dL, 여성 <50 mg/dL의 고밀도 지단백질은 41.07%였으며 100 mg/dL 이상 공복혈당은 29.50%, 수축기 ≥130 mmHg 혹은 이완기 ≥85 mmHg의 혈압은 29.69%였다(data not shown). 연구대상자의 일반적인 특성을 살펴보면, 남성(53.82%)이 여성(46.18%)보다 대사증후군 유병률이 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 연령이 증가할수록, 일주일에 4회 이상 음주할 경우, 현

Table 1. General characteristics of study subjects

Variable		Overall		Metabolic syndrome				P-value
		Number	Population	Yes		No		
				Number	Population	Number	Population	
Total		1,827	36,610,080 (100.00)	419	8,973,100 (24.51)	1,408	27,636,980 (75.49)	
Sex	Men	909	18,137,428 (49.5)	234	4,829,595 (53.8)	675	13,307,833 (48.1)	0.0538
	Women	918	18,472,652 (50.5)	185	4,143,505 (46.2)	733	14,329,147 (51.9)	
Age (y)	20–29	382	6,732,285 (18.4)	28	458,024 (5.1)	354	6,274,260 (22.7)	<0.0001
	30–39	397	7,819,876 (21.4)	56	1,070,013 (11.9)	341	6,749,864 (24.4)	
	40–49	383	8,277,275 (22.6)	96	2,271,990 (25.3)	287	6,005,285 (21.7)	
	50–59	363	6,991,731 (19.1)	120	2,405,927 (26.8)	243	4,585,804 (16.6)	
	≥60	302	6,788,913 (18.5)	119	2,767,145 (30.8)	183	4,021,768 (14.6)	
Alcohol intake	No	365	7,677,866 (21.0)	102	2,311,371 (25.8)	263	5,366,496 (19.4)	0.0038
	1–4 times a month	971	19,316,937 (52.8)	192	4,080,736 (45.5)	779	15,236,201 (55.11)	
	2, 3 times a week	276	5,117,993 (14.0)	57	1,148,442 (12.8)	219	3,969,551 (14.4)	
	More than 4 times a week	113	2,385,637 (6.5)	38	776,504 (8.7)	75	1,609,133 (5.8)	
	Missing	102	2,111,647 (5.8)	30	656,047 (7.3)	72	1,455,599 (5.3)	
Smoking status	Non-smoking	975	19,537,976 (53.4)	198	4,270,156 (47.6)	777	15,267,820 (55.2)	0.0289
	Past smoking	67	1,255,042 (3.4)	9	215,308 (2.4)	58	1,039,734 (3.8)	
	Smoking now	681	13,612,854 (37.2)	181	3,782,044 (42.2)	500	9,830,810 (35.6)	
	Missing	104	2,204,208 (6.0)	31	705,591 (7.9)	73	1,498,616 (5.4)	
Physical activities (5 d/wk)	No	1,463	28,982,092 (79.2)	342	7,351,306 (81.9)	1,121	21,630,787 (78.3)	0.0039
	Yes	259	5,393,191 (14.7)	46	916,203 (10.2)	213	4,476,988 (16.2)	
	Missing	105	2,234,796 (6.1)	31	705,591 (7.9)	74	1,529,205 (5.5)	
Average household income (10,000 KRW/mo)	<50	79	1,621,135 (4.4)	37	812,756 (9.1)	42	808,378 (2.9)	<0.0001
	50–149	254	4,683,603 (12.8)	76	1,553,411 (17.3)	178	3,130,192 (11.3)	
	150–299	496	9,524,849 (26.0)	111	2,242,506 (25.0)	385	7,282,343 (26.4)	
	≥300	990	20,597,223 (56.3)	190	4,255,142 (47.4)	800	16,342,081 (59.1)	
	Missing	8	183,270 (0.5)	5	109,284 (1.2)	3	73,986 (0.3)	
Education level	Elementary school or less	251	5,309,287 (14.5)	97	2,170,033 (24.2)	154	3,139,254 (11.4)	<0.0001
	Middle school	144	3,069,794 (8.4)	46	983,765 (11.0)	98	2,086,030 (7.6)	
	High school	677	13,488,893 (36.8)	144	3,087,797 (34.4)	533	10,401,096 (37.6)	
	College or more	653	12,658,092 (34.6)	100	2,053,825 (22.9)	553	10,604,267 (38.4)	
	Missing	102	2,084,014 (5.7)	32	677,681 (7.6)	70	1,406,333 (5.1)	

Values are presented as number only or number (percent). Rao-Scott chi-square test.
KRW, Korean won.

Table 2. Distribution of cadmium, lead and mercury concentrations in study subjects

		Variable	GM	GSE	Min	25%	Med	75%	Max
Overall		Cadmium	0.85	0.02	0.06	0.57	0.89	1.31	11.05
		Lead	1.93	0.03	0.21	1.48	1.95	2.57	9.67
		Mercury	3.29	0.06	0.34	2.10	3.23	4.87	30.55
Metabolic syndrome	Yes	Cadmium	0.97	0.03	0.08	0.68	1.03	1.43	3.89
		Lead	2.13	0.04	0.55	1.66	2.14	2.75	9.67
		Mercury	3.77	0.15	0.53	2.45	3.69	5.55	26.41
	No	Cadmium	0.81	0.02	0.06	0.55	0.85	1.24	11.05
		Lead	1.87	0.03	0.21	1.45	1.89	2.53	9.41
		Mercury	3.15	0.06	0.34	2.04	3.05	4.60	30.55

GM, geometric mean; GSE, geometric standard error; Min, minimum; Med, medium; Max, maximum.

재 흡연을 하는 경우, 신체활동을 적게 하는 경우 대사증후군의 유병률이 높았으며 소득수준과 교육 수준이 낮은 경우에도 통계적으로 유의하게 높았다(Table 1).

카드뮴, 납, 수은의 농도 분포를 보면, 대사증후군 환자에서 세 중금속 모두 기하평균이 높았으며 중앙값 역시 대사증후군에서 높았다(Table 2).

중금속 노출이 대사증후군과 각 구성 요소에 미치는 영향은 Table 3에서 보여주고 있다. Model 1은 성별과 연령만 보정하여 서베이 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과로서, 수은 농도가 높으면 대사증후군과 중심비만의 유병률이 증가하는 것으로 나타났으며, 카드뮴은 수축기 ≥130 mmHg 혹은 이완기 ≥85 mmHg 혈압 유병률을 증가시키는 것으로 나타났다. 이러한 연관성은 성별, 연령, 흡연력, 음주력, 신체활동, 소득수준, 교육 수준의 효과를 보정한 model 2에서도 유지되었으며 수은 노출과 대사증후군 및 중심비만 유병률은 각각 odds ratio (OR) 1.43 (95% confidence interval [CI] 1.05–1.94), OR은 1.55 (95% CI 1.14–2.12)였으며 카드뮴과 수축기 ≥130 mmHg 혹은 이완기 ≥85 mmHg 혈압 유병률은 OR은 1.55 (95% CI 1.14–2.12)의 관계를 보였다.

고 찰

산업의 발달과 함께 유해 중금속의 오염은 물, 토양, 대기, 식품 등에서 광범위하게 확산되고, 그 사용량도 크게 증가하고 있다.[14] 더욱이 중금속은 신체에 유입되면 배출되지 않고 체내에 축적되어 장기간 노출되는 경우 심각한 건강장애를 일으키는 독성을 갖는다. 카드뮴은 생물학적 반감기가 길어서 연령이 증가할수록 체내에 축적되며,[15] 카드뮴은 심혈관 질환으로 인한 사망원인의 위험인자로 작용한다는 연구 결과가 있다.[16] 수은은 유기수은의 형태로 축적되는데, 유기수은은 지방에 용해되는 성질이 있어 생물축적을 통해 어패류 체내에 축적되며 반감기가 40–80일로 길기 때문에 배출이 잘 되지 않고,[17] 포식성 어류일수록 수은 함량이 높아지는 경향이 있다. 따라서 어패류를 섭취하는 사람들은 수은에 쉽게 노출되며, 인체에 축적되는 수은의 80%–90%가 생선을 통해 섭취된다고 보고되고 있다.[18]

그러나 현대사회를 살아가면서 중금속에 대한 노출은 이제 피할 수 없는 현상이 되었다. 특히 우리나라의 경우 도시에 인구가 밀집되어 있는데, 울산지역의 지역별 중금속 농도를 측정한 결과 교통지역, 공단지역, 청정지역 순으로 중금속 농도가 높게 측정되었다.[19] 대부분의 도시인들이 교통이 수월한 거주 지역에 살아가는 것을 생각해 볼 때 중금속에 대한 노출은 생각보다 더 심각하다고 하겠다.

당뇨병, 심혈관 질환, 뇌혈관 질환 등과 관련성이 높은 대사증후군의 유병률은 점차적으로 증가 추세에 있다. 또한 과거에 비해 중금속에 노출이 많아지고 있으며, 실제로 중금속 축적에 의한 여러 질병들이 밝혀지고 있다. 그리하여 본 연구에서는 대사증후군과 중금속 농도와의 연관성이 있는지를 파악해보기 위해 대상자들을 중금속 종류별, 수치별로 나누어 비교 분석하여 보았다.

이번 2013년 국민건강영양조사에서의 중금속의 인체 내 농도는 카드뮴의 경우 여성(0.85 μg/L)이 남성(0.78 μg/L)보다 높았으며, 납(남성 2.24 μg/L, 여성 1.67 μg/L)과 수은(남성 3.85 ng/L, 여성 2.82 ng/L)의 경우에서는 남성이 여성보다 더 높았다.

이전의 한 연구결과에서는 혈중 카드뮴과 납 농도가 높을수록 고혈압 유병률이 유의하게 높다는 결과가 나왔다.[20] 본 연구에서는 카드뮴의 농도가 높은 군일수록 고혈압의 유병률이 유의하게 높았다. 그러나 납의 경우 농도와 고혈압 유병률과의 유의한 차이는 발견되지 않았다.

한편 다른 연구에서는 중금속과 당뇨와의 연관성을 밝힌 바 있는데 카드뮴의 경우 인체 내 농도가 높을수록 인슐린 비의존형 당뇨병 유병률이 유의하게 높은 것으로 나왔다.[21] 그러나 본 연구에서는 카드뮴, 납, 수은 모두 당뇨와의 연관성은 유의하게 나타나지 않았다.

수은의 경우 2008년도 국내에서 마을 주민을 대상으로 한 연구 결과에서 모발 수은의 농도가 높을수록 수축기 이완기 혈압이 유의하

Table 3. Associations between exposure of cadmium, lead and mercury and metabolic syndrome

Chemical	Metabolic syndrome		Center obesity		Triglyceride		High density lipoprotein		Glucose		Hypertension	
	Adjust proportion	OR (95% CI)	Adjust proportion	OR (95% CI)	Adjust proportion	OR (95% CI)	Adjust proportion	OR (95% CI)	Adjust proportion	OR (95% CI)	Adjust proportion	OR (95% CI)
Model 1 (%)												
Cadmium												
0–50	21.06 (1.88)	1.00	18.88 (1.67)	1.00	28.86 (2.04)	1.00	40.47 (2.31)	1.00	28.13 (2.13)	1.00	22.24 (1.74)	1.00
50–100	23.39 (1.79)	1.15 (0.83–1.58)	21.18 (1.71)	1.16 (0.85–1.56)	31.94 (1.98)	1.16 (0.86–1.56)	40.51 (2.00)	1.00 (0.77–1.30)	26.98 (1.79)	0.94 (0.71–1.27)	29.73 (2.11)	1.48 (1.12–1.96)
Lead												
0–50	20.67 (1.62)	1.00	20.17 (1.70)	1.00	28.2 (1.66)	1.00	42.92 (2.11)	1.00	27.41 (1.78)	1.00	23.94 (1.77)	1.00
50–100	23.76 (1.80)	1.20 (0.90–1.60)	19.97 (1.72)	0.99 (0.73–1.34)	32.58 (2.03)	1.231 (0.94–1.60)	38.22 (1.91)	0.82 (0.65–1.04)	27.64 (1.84)	1.01 (0.79–1.30)	28.18 (1.94)	1.25 (0.97–1.61)
Mercury												
0–50	19.33 (1.64)	1.00	17.07 (1.61)	1.00	28.27 (1.83)	1.00	42.48 (1.98)	1.00	25.07 (1.89)	1.00	23.54 (1.61)	1.00
50–100	25.01 (1.74)	1.39 (1.05–1.84)	22.93 (1.68)	1.45 (1.08–1.94)	32.54 (1.82)	1.22 (0.95–1.58)	38.60 (1.96)	0.85 (0.68–1.06)	29.8 (1.70)	1.27 (0.99–1.63)	28.53 (2.12)	1.30 (0.99–1.68)
Model 2 (%)												
Cadmium												
0–50	20.55 (1.98)	1.00	18.05 (1.67)	1.00	29.29 (2.22)	1.00	39.67 (2.57)	1.00	27.99 (2.25)	1.00	21.19 (1.86)	1.00
50–100	22.21 (1.96)	1.10 (0.76–1.59)	20.33 (1.81)	1.16 (0.84–1.60)	29.23 (2.09)	0.99 (0.72–1.39)	40.94 (2.11)	1.05 (0.79–1.40)	24.95 (1.86)	0.86 (0.62–1.17)	29.73 (2.24)	1.57 (1.15–2.15)
Lead												
0–50	18.71 (1.49)	1.00	18.57 (1.66)	1.00	26.56 (1.73)	1.00	40.87 (2.19)	1.00	26.46 (1.84)	1.00	23.85 (1.84)	1.00
50–100	24.01 (1.93)	1.37 (1.02–1.84)	19.86 (1.77)	1.09 (0.80–1.49)	31.87 (2.11)	1.29 (0.98–1.71)	39.8 (2.11)	0.96 (0.75–1.22)	26.33 (1.95)	0.99 (0.76–1.31)	27.29 (2.09)	1.20 (0.91–1.59)
Mercury												
0–50	18.39 (1.65)	1.00	15.83 (1.60)	1.00	27.68 (1.93)	1.00	40.69 (2.28)	1.00	24.44 (1.89)	1.00	23.18 (1.78)	1.00
50–100	24.35 (1.88)	1.43 (1.05–1.94)	22.59 (1.79)	1.55 (1.14–2.12)	30.81 (1.92)	1.16 (0.88–1.53)	39.97 (2.10)	0.97 (0.76–1.25)	28.27 (1.91)	1.22 (0.93–1.61)	27.93 (2.19)	1.28 (0.97–1.71)

Adjust proportions are presented as standard error (percent).
Survey logistic regression analysis: model 1 is adjusted for age and sex, model 2 is adjusted for age, sex, alcohol intake, smoking status, physical activities, average household income and education level.
OR, odds ratio; CI, confidence interval.

게 높은 것으로 조사되었다.[22] 그러나 본 연구에서는 수은의 농도와 혈압과의 유의한 상관관계는 보이지 않았다.

본 연구에서는 중금속과 대사증후군 구성요소 및 대사증후군 유병률과의 연관성에 대하여 알아보았다. 중금속 중 수은의 농도와 대사증후군과의 유병률이 상관관계가 있는 것으로 나왔다. 이것은 성별, 연령, 교육 수준, 흡연력, 음주력, 운동 여부, 소득 수준을 보정한 후에도 유지되었다. 그러나 카드뮴과 납은 대사증후군 유병률과의 연관성이 나타나지 않았다.

구성요소별로 살펴보면 수은은 중심비만 유병률을 증가시키는 것으로 나타났으며, 카드뮴은 고혈압 유병률을 증가시키는 것으로 나타났다. 납은 구성요소 간에 어느 것에도 통계적 유의미한 상관관계를 나타내는 것이 없었다. 다만 대사증후군의 경우 납이 통계적으로 유의미하게 상관관계가 없는 것으로 나타났다고 납이 인체에 무해하다고는 할 수 없겠다. 실제로 다른 연구들의 결과를 살펴보면 인체 내 납의 농도와 혈압과 상관관계가 있다는 보고가 있다.

최근 들어 각광받고 있는 모발 미네랄 농도검사를 바탕으로 한 대사증후군과의 연관성을 연구한 자료들을 보면 20세 이상 성인을 대상으로 한 모발 미네랄과 대사증후군과의 관계를 연구한 결과에서는 대사증후군 환자군에서 나트륨, 수은, 칼륨의 모발 미네랄 농도는 높게 나타났으며, 칼슘, 마그네슘, 구리의 농도는 낮게 나타났는데 본 연구에서도 수은의 혈중 농도가 높을수록 대사증후군 이환율이 높게 나온 것으로 나타났다.[23] 국내 남성 모발 미네랄과 인슐린 저항성을 연구한 결과에서는 모발 미네랄의 크로미움 농도가 감소할수록 인슐린 저항성이 증가였으며 모발 미네랄의 칼슘/마그네슘 비율이 증가할수록 인슐린 저항성이 낮게 나타났다.[24] 또 다른 연구에서는 대사증후군 환자에서 모발 미네랄과 인슐린 저항성과의 관계를 연구하였는데 인슐린 저항성이 높은 군에서는 모발 미네랄의 나트륨, 칼륨의 농도가 높았으며, 마그네슘의 농도는 낮았다. 또한 대사증후군 환자군에서는 모발 미네랄의 나트륨, 칼륨의 농도가 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 아연의 농도는 낮게 나타났다.[25] 이상의 모발 미네랄과 대사증후군과의 연구들은 모발 미네랄 농도를 자료로 이용하여 본 연구에서 보다 다양한 여러 가지의 중금속 농도와 대사증후군과의 관련성을 알아보았다. 본 연구에서는 수은, 납, 카드뮴 3가지 중금속 농도를 바탕으로 대사증후군과의 관련성을 알아보았으나 중금속의 종류가 많은 상황에서 좀 더 다양한 중금속의 표본들과 대사증후군과의 관련성을 알아보지 못한 점은 한계점이라 할 수 있겠다.

대사증후군은 제2형 당뇨병, 심혈관 질환(심근경색, 협심증 등)의 발생시킴으로써 삶의 질을 저하시키고, 사망률 증가의 주요한 원인이 되고 있는 현대사회의 주요 질병이다. 이제까지 대사증후군의 치료는 생활습관의 개선이 가장 이상적인 방법으로 생각되어 왔지만, 앞으로는 중금속에 대한 노출에 대하여 예방할 수 있는 체계적인 방법들과 중금속의 사용을 억제하면서 지속적인 발전을 이룰 수 있는 방법들에 대한 논의가 국민 건강 증진을 이룰 수 있게 도움을 줄 것이라고 생각된다.

요 약

연구배경: 최근 중금속에 대한 노출이 높아지고 이에 따라 관심이 높아짐에 따라 중금속과 관련된 질환에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 이와 관련하여 중금속이 대사증후군 구성요소 및 대사증후군 이환율에 미치는 연관성에 대하여 파악하고자 하였다.

방법: 국민건강영양조사 제6기 1차년도(2013년)의 자료를 이용하여 만 20세 이상 성인 중 대사증후군의 5가지 구성요소가 있는 1,827명(남자 909명, 여자 918명)을 대상으로 하였다. 중금속 분석은 혈중 카드뮴, 납은 원자흡광광도법에 의한 PerkinElmerAAnalyst600 (PerkinElmer)을 혈중 수은은 골드 아말감법에 의한 DMA-80 (Milestone)을 이용하여 측정하였다.

결과: 카드뮴의 혈중농도는 고혈압 유병률과 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 수은의 혈중농도는 복부비만 유병률과 대사증후군 유병률과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 납의 혈중농도는 어느 것과도 통계적인 유의한 관계가 있는 것으로 나타나지 않았다.

결론: 조사대상으로 한 중금속 중 카드뮴은 고혈압과 상관관계가 있는 것으로 수은은 복부비만과 대사증후군 유병률과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 과도한 중금속의 노출을 예방하고 중금속 배출을 줄이도록 교육 및 홍보하는 것이 필요하겠다.

중심단어: 카드뮴; 납; 수은; 대사증후군

REFERENCES

1. Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. Diabetes 1988; 37: 1595-607.
2. Braun S, Bitton-Worms K, LeRoith D. The link between the metabolic syndrome and cancer. Int J Biol Sci 2011; 7: 1003-15.
3. Han JH, Park HS, Shin CI, Chang HM, Yun KE, Cho SH, et al. Metabolic syndrome and quality of life (QOL) using generalised and obesity-specific QOL scales. Int J Clin Pract 2009; 63: 735-41.
4. Hwang YC, Jee JH, Oh EY, Choi YH, Lee MS, Kim KW, et al. Metabolic syndrome as a predictor of cardiovascular diseases and type 2 diabetes in Koreans. Int J Cardiol 2009; 134: 313-21.
5. Choi CM, Hwang YS, Park AS, Jung SJ, Kim HJ, Kim JH. A study on heavy metal concentrations of color cosmetics in Korea market. J Soc Cosmet Sci

Korean 2014; 40: 269-78.
6. 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: 1261-9.
7. Azadbakht L, Mirmiran P, Esmaillzadeh A, Azizi T, Azizi F. Beneficial effects of a dietary approaches to stop hypertension eating plan on features of the metabolic syndrome. Diabetes Care 2005; 28: 2823-31.
8. Kim YH, Yang YO. Effects of walking exercise on metabolic syndrome risk factors and body composition in obese middle school girls. Taehan Kanho Hakhoe Chi 2005; 35: 858-67.
9. Yoo IY. The blood levels of lead, mercury, and cadmium and metabolic syndrome of Korean adults. J Korean Soc Living Environ Sys 2014; 21: 251-9.
10. Han SJ, Ha KH, Jeon JY, Kim HJ, Lee KW, Kim DJ. Impact of cadmium exposure on the association between lipopolysaccharide and metabolic syndrome. Int J Environ Res Public Health 2015; 12: 11396-409.
11. Treviño S, Waalkes MP, Flores Hernández JA, León-Chavez BA, Aguilar-Alonso P, Brambila E. Chronic cadmium exposure in rats produces pancreatic impairment and insulin resistance in multiple peripheral tissues. Arch Biochem Biophys 2015; 583: 27-35.
12. Korea Centers for Disease Control and Prevention. The fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-1), 2013. Sejong: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2014.
13. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome. An American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. Executive summary. Cardiol Rev 2005; 13: 322-7.
14. Park BY. Environmental science. Paju: Hyung Seol Publishing Company; 1996. p. 273-84.
15. Kim CW, Kim YW, Chae CH, Son JS, Park SH, Koh JC, et al. The effects of the frequency of fish consumption on the blood mercury levels in Koreans. Korean J Occup Environ Med 2010; 22: 114-21.
16. Lee MS, Park SK, Hu H, Lee S. Cadmium exposure and cardiovascular disease in the 2005 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Environ Res 2011; 111: 171-6.
17. Jo EM, Kim BG, Kim YM, Yu SD, You CH, Kim JY, et al. Blood mercury concentration and related factors in an urban coastal area in Korea. J Prev Med Public Health 2010; 43: 377-86.
18. Kim EH, Kim IK, Kwon JY, Koo JS, Hwang HS, Kim SK, et al. The effect of fish consumption on blood mercury level in pregnant women. Korean J Obstet Gynecol 2005; 48: 2527-34.
19. Lee DW. Analysis of airbone fine particles and heavy metal in Ulsan [dissertation]. Ulsan: Ulsan Univ.; 2015. Korean.
20. Kim DH, Park SW, Lee DH, Jang BK, Hong SC, Kim DC. Complex effect of low blood lead and cadmium to plasma renin activity and blood pressure. Korean J Occup Environ Med 1993; 5: 128-36.
21. Chung KD, Kwon S, Kim DH. Mineral contents in scalp hair in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus. Korean J Rural Med 1997; 22: 217-23.
22. Lim S, Choi MC, Joh KO, Paek D. The health effects of mercury on the cardiac autonomic activity according to the heart rate variability. Korean J Occup Environ Med 2008; 20: 302-13.
23. Park SB, Choi SW, Nam AY. Hair tissue mineral analysis and metabolic syndrome. Biol Trace Elem Res 2009; 130: 218-28.
24. Chung JH, Yum KS. Correlation of hair mineral concentrations with insulin resistance in Korean males. Biol Trace Elem Res 2012; 150: 26-30.
25. Choi WS, Kim SH, Chung JH. Relationships of hair mineral concentrations with insulin resistance in metabolic syndrome. Biol Trace Elem Res 2014; 158: 323-9.