

흡연 및 음주가 혈중 납과 카드뮴 농도에 미치는 영향: 제 4기 국민건강영양조사 토대

가톨릭대학교 성모병원 산업의학과, 강원도 삼척시 보건소¹⁾

이보람 · 하재혁¹⁾

— Abstract —

The Effects of Smoking and Drinking on Blood Lead and Cadmium Levels: Data from the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Boram Lee, Jaehyeok Ha¹⁾

Department of Occupational & Environmental Medicine, St. Mary's Hospital, Samcheok Health Center, Gangwon-Do¹⁾

Objectives: The purpose of this study is to assess the effects of smoking and drinking on blood lead and cadmium levels based on a dose-response relationship in the general Korean adult population.

Methods: The study population consisted of 1,901 Koreans, who took part in the 2008 Korean National Health and Nutrition Examination Survey, in which blood lead and cadmium levels were measured. Geometric mean concentrations and their 95% confidence intervals of metals in blood were estimated by analysis of covariance (ANCOVA) adjusting for demographic and lifestyle factors.

Results: We observed a statistically significant dose-response relationship with daily smoking amount/alcohol intake and blood lead/cadmium levels. While daily smoking amount was more consistent with blood cadmium level (0.1-0.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ per 5 cigarettes), blood lead concentrations were higher as daily alcohol intake increased (0.1-0.2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ per 10 gram of alcohol).

Conclusions: Our findings clearly support a relationship between daily smoking amount/alcohol intake and blood lead/cadmium levels, suggesting an additional reason towards efforts to reduce smoking and drinking habits.

Key Words: Blood lead, Blood cadmium, Alcohol, Drinking, Smoking

서 론

납과 카드뮴은 일상 환경에 흔히 존재하는 중금속으로서 직업 및 환경적으로 인체에 유입되어 건강에 악영향을 초래하는 것으로 잘 알려져 있다.

납의 경우 금속 제련 및 정련작업, 축전기 제조, 납땀, 유리제조, 유약제조 등의 공정에서 직업적으로 노출되는데¹⁻³⁾, 매년 생산되는 납의 50%가 주위 환경에 흩어져 결

국 인체로 유입될 수 있다⁴⁾. 또한 납이 첨가된 휘발유의 사용에 의한 대기오염, 납이 포함된 용기 및 파이프를 거친 음식물과 음용수, 기타 산업폐기물로 인한 수질오염 등을 통해 납에 노출될 수 있다⁵⁾.

카드뮴은 주로 다른 비철금속의 채광, 생산, 소비에 의해서 부산물로 발생하며 도금, 용접, 축전기, 살충제 제조, 농약 및 비료 사용 등으로 직업적인 노출이 이루어지며, 금속 및 제품의 가공, 소비, 폐기 등 다양한 활동으

로부터 상당량의 카드뮴이 환경으로 방출된다. 일반인의 비직업적 노출은 주로 카드뮴이 함유된 음식물(간 등 육류, 패류, 채소류 등 및 카드뮴 코팅 용기에 보관된 음식물)의 섭취에 의하며, 흡연 혹은 오염된 토양이나 먼지를 마시므로써 만성적으로 노출될 수 있다^{1,6)}.

환경적 노출에 의한 혈중 납 및 카드뮴 농도는 매우 낮은 수준이므로 이들 중금속에 의한 전형적인 질병을 유발할 가능성은 고농도의 직업적 노출자에 비해 다소 낮다. 하지만 혈압상승, 신기능저하 등 저농도에서의 건강영향도 다수 보고되고 있으며⁷⁻¹²⁾, 환경적 노출은 광범위하고 어린이, 임산부, 노인 등 근로자보다 취약한 개체를 포함하기 때문에 그 잠재적 영향은 공중보건학적으로 반드시 고려되어야 한다.

우리나라는 1990년대 중반 이후 무연회발유 사용 의무화 등 납 노출관련 규제를 시작하였는데, 이후 일반인의 혈중 납 농도는 지속적인 감소 추세를 보이고 있다. 연구에 의하면 우리나라 일반 성인의 혈중 납 농도는 1986년에 17.17 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 1996년에는 5.7 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 2005년에는 2.66 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 보고되고 있으며, 비록 동일한 인구집단의 비교는 아니지만, 지난 20년간 혈중 납 농도의 지속적인 감소 경향을 알 수 있다¹³⁻¹⁵⁾. 혈중 카드뮴의 경우 상대적으로 관심도가 낮아 변화 추이에 대한 정보가 제한적이지만, 납의 경향처럼 혈중 농도가 감소하였을 것으로 예상된다.

주요 선진 국가처럼 우리나라도 산업화를 거치면서 환경적 납, 카드뮴 노출이 높았다가 점차 줄어드는 양상이며¹⁶⁾, 이에 따라 중금속의 체내 부담에서 생활습관 등 개별 활동요인의 기여도가 상대적으로 커지고 있음을 고려할 필요가 있다. 혈중 납 및 카드뮴의 농도에 영향을 주는 인자로 알려진 것은 연령, 거주환경, 직업 등이 대표적이며, 생활습관요인으로는 흡연 및 음주와의 관련성이 보고되고 있다¹⁷⁻²¹⁾. 그러나 대부분의 연구가 흡연 및 음주와의 관련성 유무에 대한 기술 외에 양-반응 관계를 밝히거나 원인적 설명에 주목하지 않았다. 양-반응관계를 시사한 연구로는 Ariane 등(2001)이 북부 프랑스 지방 성인을 대상으로 한 연구(혈중 납농도가 일 10 g 음주시 1.1배, 일 20개비 흡연시 1.2배로 증가)가 있으나²²⁾, 환경적 노출이 과도한 집단에서 수행되었고, 혼란변수에 대한 보정이 다소 미흡하며, 흡연 및 음주에 관한 변수 설정이 양적 세분에 근거하지 않아 해석 및 적용이 쉽지가 않았다.

이에 본 연구에서는 2008년에 일반 인구를 대상으로 이루어진 제 4기 국민건강영양조사의 혈중 중금속 조사결과²³⁾를 통해 인구학적 특성에 따른 혈중 납, 카드뮴 농도를 파악하고, 흡연 및 음주습관에 따른 혈중 납, 카드뮴의 농도 변화 양상과 그 원인기전에 대하여 고찰하고자

하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 방법

질병관리본부에서는 국민의 건강 및 영양상태 평가를 위해 대표성 있는 표본으로 추출된 일반인을 대상으로 국민건강영양조사를 실시하고 있으며, 1998년부터 시작하여 현재 제 4기(2007-2009년) 조사가 완료되었다. 제 4기 조사의 경우 2005년 센서스자료를 바탕으로 하여 지역(11개 지역군, 3단계: 동읍면→조사구→가구), 성별, 연령별 인구비율에 따라 다단계 층화(총 29개 층)된 확률 표본추출에 의하였다. 조사대상가구수는 조사구당 23가구로 총 11,500가구이며, 대상가구에 건강설문조사, 검진조사, 영양조사가 동일하게 이루어졌다.

본 연구는 제 4기 국민건강영양조사 중 중금속 측정이 이루어진 2차년도(2008) 조사 자료를 바탕으로 하였다. 2008년도 조사는 200개 조사구 약 4,600 가구의 만 1세 이상 12,528명을 대상으로 이루어졌으며, 전체 참여자수는 9,744명(참여율 77.8%)이었고, 1,984명에서 혈중 납 및 카드뮴 측정결과가 있었다. 이중 19세(1명), 임산부(15명) 및 주요 정보 누락자(음주-흡연정보 3명, 직업 11명, 가구소득 53명)를 제외한 20세 이상 성인 남녀 1,901명을 최종 분석대상으로 하였다.

혈액은 정맥 천자를 통해 채취되었고, 혈중 납 및 카드뮴 농도는 네오딘의학연구소에서 원자흡광광도법(Atomic Absorption Spectrophotometer-Graphite Furnace, Analyst AAS-600, Zeeman correction, Perkin Elmer, Singapore)을 통해 측정되었다. 측정에 사용된 기기는 Whole Blood Metals Control (BIO-RAD, USA)에서 참고표준물질(standard reference material)을 취하여 내적 정도관리가 이루어졌으며, 변이계수(coefficient of variation)는 혈중 납, 카드뮴 모두 10% 이내였다. 외적 정도관리에서는 저농도 화학물질 측정의 표준 프로토콜인 G-EQUAS (German External Quality Assessment Scheme)를 통과하였다. 이 기기의 혈중 납과 카드뮴 검출한계(method detection limit)는 각각 0.0223 $\mu\text{g}/\text{dL}$, 0.087 $\mu\text{g}/\text{L}$ 이었으며, 제 4기 국민건강영양조사에서 측정된 모든 측정값이 검출한계 이내의 범위에 해당하였다.

혼란요인으로 작용할 수 있는 생물학적 변수로는 성, 연령을, 환경적 변수로는 거주지역, 직업, 가구소득, 교육수준을 통제하였다. 거주지역 분류는 행정구역상의 동(도시) 및 읍면(시골) 거주 여부에 기초하였다. 직업 구분은 육체노동 종사자(blue collar)와 나머지로 이분하였

Table 1. Estimation of daily alcohol intake on average

Drinking frequency		Average amount of alcohol consumption per drinking		Daily alcohol intake
Survey variable	Conversion to time/month (A)	Survey variable	Conversion to gram of alcohol (B)	
0/month	0/month	0 glass*	0g	(A) * (B) / 30
< 1/month	0.5/month	1-2 glass*	15g	
1/month	1/month	3-4 glass*	35g	
2-4/month	3/month	5-6 glass*	55g	
2-3/week	10/month	7-9 glass*	80g	
≥4/week	16/month	≥ 10 glass*	100g	

*Without distinction of alcohol beverage including soju, beer, whisky, wine, etc.

는데, 전자에는 농림어업 숙련 종사자, 기능원, 장치·기계조작 및 조립종사자, 단순노무종사자를 포함시켰고, 후자에는 이외의 직종 및 비경제활동 인구를 포함시켰다. 가구소득은 균등화된 가구소득(=총가구소득÷가구원수^{0.5})을 기초로 사분한 결과를 적용하였으며, 교육수준은 중학교 졸업 이하, 고등학교 졸업, 전문대학 이상으로 구분하였다.

흡연의 경우 직접 개비수를 입력하는 방식으로 조사되었으며, 본 연구의 주요변수인 현재 일평균 흡연량은 5개비 단위로 하여 비흡연(평생 흡연량 100개비 미만, 과거흡연자 포함), 일 1-5개비, 6-10개비, 11-15개비, 16-20개비, 21개비 이상으로 한 6개 범주로 구분하였다. 또한 누적흡연의 효과를 확인하기 위해 일평균 흡연개비수와 흡연기간(흡연종료연도-흡연시작연도)을 고려한 총 흡연량을 10갑년(pack-year) 단위로 구분하였다. 본 연구에서는 현재 일평균 흡연량을 주된 변수로 하여 분석하였고, 총 흡연량에 따른 분석결과는 참고목적으로만 제시하였다. 이는 동시에 두 변수를 투입하여 분석할 수 없는 상황에서, 혈중 중금속 농도는 최근 수일-수주의 노출을 잘 반영하는데 비해, 총 흡연량의 경우 상당수 과거흡연자의 처리(예, 금연시점이 수개월-수십 년으로 다양) 및 해석문제까지 부가되어 현재의 혈중 농도에 미치는 영향을 분석하기에 어려움이 따르기 때문이다.

음주의 경우 조사변수인 음주빈도와 1회 음주량을 통해 현재 일평균 알콜섭취량을 산출하였으며, 비음주, 일 0-9 g, 10-19 g, 20-39 g, 40 g 이상으로 한 5개 범주로 구분하였다. 설문조사상 월음주빈도 및 1회 음주량 조사가 개방형이 아닌 폐쇄형(범위선택형)으로 이루어짐에 따라 각 범위의 평균치를 적용하였다. 또한 1회 음주량의 경우 설문조사에서 소주, 양주, 맥주 등에 대한 별도의 구분을 하지 않았는데, 술의 종류에 따른 잔의 부피를 고려할 때 결국 잔당 비슷한 알코올 함량(약 10 g)을 포함하므로 이를 적용하여 개별 일평균 알콜섭취량을 산출하였다(Table 1).

2. 통계 분석

국민건강영양조사는 여러 단계의 층화를 거친 즉, 복합 표본설계(complex survey design)에 의한 조사자료이므로 그 영향을 확인하기 위해 조사설계 및 가중치를 고려하여 분석하였다. 혈중 납 및 카드뮴의 농도는 치우친(skewed) 분포를 보이기 때문에 자연로그 전환(natural log transformation)된 값을 종속변수로 하여 평균을 구하였다. 대상자들의 사회 인구학적 특성 및 생활습관에 따른 혈중 중금속 농도의 비교에는 분산분석(ANOVA)이 이용되었고, 각 변수를 보정한 비교에서는 공분산분석(ANCOVA)이 이용되었다. 세 개 이상의 범주로 구성된 변수의 경우, 각 범주형 변수를 연속형 변수로 처리한 회귀분석을 통해 경향성(trend)을 추정하였다. 모든 통계적 분석에는 SPSS(version 15 for Windows; SPSS, Chicago, USA)가 이용되었다.

결 과

연구 참여자의 연령, 거주 지역, 직업구분, 가구소득, 교육수준, 하루 흡연량 및 하루 음주량에 따른 혈중 납과 카드뮴 농도를 남녀 각각 Table 2와 Table 3에 제시하였다. 각 농도는 분산분석 및 공분산분석에 의해 보정 전후의 기하평균 및 그 95% 신뢰구간으로 표현되었다.

혈중 납 농도는 대체로 남성이 여성보다 높았으나, 혈중 카드뮴은 여성에서 더 높았다. 연령에 따른 혈중 납 및 카드뮴 농도는 20대부터 70대 이상에 이르기까지 일관된 증가 양상을 보였다. 여성에서는 혈중 납이 50대에서 급격한 증가 후 60대에 감소하였다가 다시 증가하는 양상이었다.

도시-시골 간 거주 지역별 혈중 중금속 농도의 차이는 각 변수의 보정결과 거의 차이를 보이지 않았다. 직업에 따른 혈중 납 농도는 남성에서만 육체노동 종사자가 그 외 직업종사자 및 비경제활동 인구보다 유의하게 높았고, 혈중 카드뮴 역시 전자가 더 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 가구소득에 따른 혈중 납 및 카드뮴 농도는

Table 2. Blood lead and cadmium concentrations by general characteristics of the study subjects: men

	Number	GM (95% CI) - Lead ($\mu\text{g}/\text{dL}$)		GM (95% CI) - Cadmium ($\mu\text{g}/\text{L}$)	
		Crude*	Adjusted [†]	Crude*	Adjusted [†]
Age (years)					
20-29	182	2.13 (2.01-2.26)	2.22 (2.10-2.36)	0.59 (0.53-0.65)	0.61 (0.56-0.67)
30-39	197	2.64 (2.51-2.78)	2.68 (2.54-2.81)	0.81 (0.73-0.91)	0.81 (0.74-0.89)
40-49	190	2.96 (2.82-3.10)	2.94 (2.80-3.08)	0.85 (0.79-0.92)	0.85 (0.80-0.91)
50-59	183	3.10 (2.92-3.29)	2.95 (2.78-3.13)	1.01 (0.91-1.12)	0.95 (0.86-1.05)
60-69	112	3.26 (3.06-3.48)	3.19 (2.97-3.42)	1.07 (0.95-1.21)	1.05 (0.92-1.20)
≥70	83	3.00 (2.76-3.27)	3.04 (2.78-3.33)	1.11 (1.00-1.25)	1.21 (1.07-1.38)
p for trend		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Residence area					
Urban	729	2.70 (2.63-2.78)	2.74 (2.67-2.82)	0.81 (0.76-0.85)	0.83 (0.79-0.87)
Rural	218	2.95 (2.76-3.15)	2.77 (2.62-2.93)	0.99 (0.89-1.12)	0.89 (0.79-0.99)
p value		0.018	0.635	0.002	0.235
Occupational class					
Blue collar	366	3.05 (2.93-3.16)	2.90 (2.79-3.01)	0.99 (0.91-1.07)	0.89 (0.83-0.95)
Others [‡]	581	2.59 (2.50-2.68)	2.67 (2.58-2.75)	0.76 (0.72-0.81)	0.81 (0.77-0.86)
p value		<0.001	0.012	<0.001	0.074
Family income					
1Q (low)	157	2.94 (2.71-3.18)	2.74 (2.54-2.94)	0.98 (0.85-1.13)	0.87 (0.78-0.96)
2Q	249	2.90 (2.73-3.09)	2.81 (2.67-2.97)	0.92 (0.85-1.00)	0.86 (0.80-0.94)
3Q	263	2.66 (2.54-2.78)	2.71 (2.60-2.81)	0.83 (0.76-0.90)	0.86 (0.79-0.92)
4Q (high)	278	2.63 (2.51-2.76)	2.74 (2.62-2.87)	0.73 (0.66-0.79)	0.79 (0.74-0.85)
p for trend		0.021	0.275	<0.001	0.037
Educational level					
≤Middle school	261	3.28 (3.15-3.41)	2.87 (2.72-3.03)	1.15 (1.07-1.24)	0.91 (0.83-0.98)
High school	277	2.92 (2.80-3.05)	2.88 (2.76-3.00)	0.89 (0.83-0.96)	0.86 (0.80-0.92)
≥College	409	2.42 (2.32-2.52)	2.61 (2.50-2.71)	0.69 (0.64-0.74)	0.79 (0.74-0.85)
p for trend		<0.001	0.002	<0.001	0.023
Daily smoking amount (cigaretts)					
Currently none	526	2.66 (2.57-2.76)	2.67 (2.58-2.77)	0.69 (0.64-0.74)	0.68 (0.64-0.73)
1-5	38	2.52 (2.22-2.87)	2.55 (2.26-2.89)	0.67 (0.51-0.87)	0.68 (0.54-0.85)
6-10	95	2.68 (2.47-2.92)	2.84 (2.62-3.08)	0.90 (0.82-1.00)	0.99 (0.90-1.09)
11-15	64	2.76 (2.50-3.04)	2.86 (2.63-3.12)	1.01 (0.89-1.15)	1.09 (0.97-1.23)
16-20	161	2.98 (2.82-3.15)	2.85 (2.71-3.00)	1.27 (1.16-1.40)	1.22 (1.11-1.34)
≥21	63	3.17 (2.84-3.54)	2.98 (2.69-3.30)	1.21 (1.09-1.35)	1.14 (1.02-1.27)
p for trend		0.002	0.003	<0.001	<0.001
Daily alcohol intake (g)					
0	155	2.63 (2.48-2.78)	2.47 (2.32-2.62)	0.82 (0.72-0.93)	0.79 (0.71-0.88)
0-9	391	2.60 (2.50-2.71)	2.68 (2.58-2.78)	0.75 (0.70-0.80)	0.81 (0.76-0.86)
10-19	159	2.77 (2.60-2.94)	2.77 (2.62-2.93)	0.84 (0.74-0.97)	0.83 (0.75-0.93)
20-39	175	2.95 (2.79-3.11)	2.98 (2.83-3.14)	0.95 (0.87-1.04)	0.90 (0.83-0.97)
≥40	67	3.46 (3.19-3.74)	3.16 (2.92-3.42)	1.23 (1.06-1.44)	0.98 (0.84-1.14)
p for trend		<0.001	<0.001	<0.001	0.006

GM: Geometric mean, CI: Confidence interval, *By ANOVA, [†]By ANCOVA adjusted for all demographic, socioeconomic and lifestyle variables in the table, [‡]Include white collar workers and economically inactive subjects.

유의한 차이를 보이지 않았으며, 교육수준이 낮을수록 둘 모두 유의하게 증가하는 양상이었다.

현재의 일평균 흡연량(개비/일)과 알코올섭취량(g/일)의 경우 노출량이 증가할수록 혈중 납 및 카드뮴 농도 모두 유의하게 증가하는 양상을 보였다. 특히 일평균 흡연량은 혈중 카드뮴 농도와(5개비당 약 0.1-0.2 $\mu\text{g}/\text{L}$ 증가), 일

평균 알코올섭취량은 혈중 납 농도(음주자에서 10 g당 약 0.05-0.2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 증가)와 더욱 명확한 관련성을 보였다(Fig. 1, 2).

총흡연량 역시 증가할수록 혈중 납 및 카드뮴 농도 모두 유의하게 증가하는 양상이었으며, 특히 혈중 카드뮴 농도와의 양-반응관계가 명확하였다(Table 4, Fig. 3).

Table 3. Blood lead and cadmium concentrations by general characteristics of the study subjects: women

	Number	GM (95% CI) - Lead ($\mu\text{g}/\text{dL}$)		GM (95% CI) - Cadmium ($\mu\text{g}/\text{L}$)	
		Crude*	Adjusted [†]	Crude*	Adjusted [†]
Age (years)					
20-29	180	1.61 (1.48-1.74)	1.68 (1.53-1.83)	0.55 (0.49-0.62)	0.61 (0.54-0.70)
30-39	190	1.81 (1.71-1.92)	1.87 (1.76-2.00)	0.92 (0.83-1.02)	0.99 (0.89-1.09)
40-49	194	1.96 (1.85-2.08)	1.96 (1.85-2.08)	1.17 (1.08-1.27)	1.17 (1.09-1.26)
50-59	195	2.46 (2.34-2.58)	2.36 (2.23-2.49)	1.37 (1.27-1.47)	1.27 (1.17-1.37)
60-69	136	2.11 (1.94-2.30)	2.03 (1.85-2.22)	1.40 (1.28-1.53)	1.27 (1.16-1.39)
≥ 70	59	2.25 (2.02-2.51)	2.18 (1.94-2.45)	1.36 (1.18-1.57)	1.22 (1.05-1.42)
p for trend		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Residence area					
Urban	736	1.97 (1.89-2.04)	1.98 (1.91-2.05)	1.02 (0.96-1.08)	1.04 (0.99-1.09)
Rural	218	2.01 (1.87-2.15)	1.94 (1.83-2.07)	1.08 (0.96-1.20)	0.99 (0.90-1.10)
p value		0.627	0.587	0.341	0.498
Occupational class					
Blue collar	186	2.15 (2.00-2.32)	2.01 (1.86-2.16)	1.27 (1.16-1.39)	1.13 (1.02-1.24)
Others [‡]	768	1.94 (1.87-2.01)	1.97 (1.91-2.03)	0.98 (0.93-1.05)	1.01 (0.96-1.06)
p value		0.016	0.799	<0.001	0.368
Family income					
1Q (low)	187	2.2 (2.04-2.38)	2.02 (1.88-2.17)	1.22 (1.09-1.36)	1.00 (0.90-1.10)
2Q	274	1.98 (1.86-2.11)	1.92 (1.81-2.05)	1.06 (0.97-1.16)	1.00 (0.93-1.08)
3Q	248	1.89 (1.77-2.01)	1.94 (1.84-2.05)	0.97 (0.89-1.06)	1.04 (0.96-1.13)
4Q (high)	245	1.90 (1.81-2.00)	2.03 (1.94-2.13)	0.94 (0.87-1.03)	1.07(0.99-1.15)
p for trend		0.011	0.698	0.002	0.991
Educational level					
≤ Middle school	378	2.31 (2.20-2.42)	2.19 (2.07-2.32)	1.37 (1.29-1.47)	1.14 (1.05-1.24)
High school	291	1.94 (1.85-2.03)	1.94 (1.85-2.04)	1.08 (1.01-1.16)	1.13 (1.05-1.21)
≥ College	285	1.66 (1.56-1.76)	1.75 (1.64-1.88)	0.68 (0.63-0.74)	0.82 (0.76-0.90)
p for trend		<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Daily smoking amount (cigaretts)					
Currently none	889	1.95 (1.89-2.02)	1.95 (1.90-2.01)	1.02 (0.97-1.07)	1.01 (0.97-1.06)
1-05	19	2.35 (1.97-2.82)	2.27 (1.94-2.65)	1.20 (0.97-1.49)	1.27 (1.06-1.52)
6-10	33	2.18 (1.84-2.60)	2.17 (1.86-2.52)	1.15 (0.78-1.68)	1.23 (0.94-1.62)
11-15	3	2.47 (2.19-2.80)	2.65 (2.38-2.95)	1.22 (1.16-1.28)	1.46 (1.39-1.53)
16-20	10	3.27 (2.74-3.91)	3.04 (2.41-3.84)	1.7 (1.29-2.24)	1.57 (1.01-2.45)
≥ 21	0	-	-	-	-
p for trend		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Daily alcohol intake (g)					
0	343	1.96 (1.86-2.05)	1.85 (1.76-1.94)	1.16 (1.08-1.25)	1.02 (0.96-1.10)
0-9	522	1.95 (1.88-2.03)	2.01 (1.94-2.09)	0.95 (0.89-1.03)	1.02 (0.96-1.08)
10-19	51	2.09 (1.80-2.44)	2.22 (1.93-2.56)	0.95 (0.79-1.15)	1.09 (0.92-1.29)
20-39	32	2.30 (1.93-2.73)	2.31 (1.96-2.71)	1.06 (0.87-1.29)	1.12 (0.94-1.34)
≥ 40	6	2.61 (1.88-3.61)	2.58 (1.86-3.57)	1.71 (0.58-5.10)	1.87 (0.68-5.17)
p for trend		0.225	0.001	0.002	0.509

GM: Geometric mean, CI: Confidence interval, *By ANOVA, [†]By ANCOVA adjusted for all demographic, socioeconomic and lifestyle variables in the table, [‡]Include white collar workers and economically inactive subjects.

고 찰

결과에서 보듯이 현재 흡연량과 음주량에 따른 혈중 납 및 카드뮴 농도의 양-반응 관계는 명확하다. 특히 일평균 흡연량은 혈중 카드뮴 농도와, 일평균 알코올섭취량은 혈중 납 농도와 더 깊은 관련성을 보였다. 흡연의 경우 비

흡연군(0개비)에 비교하여 흡연개비수에 따른 혈중 카드뮴 농도의 변화량이 비교적 일관된 결과를 보여 흡연여부 보다는 노출량의 영향을 더 받는 것으로 보인 반면, 음주에 의한 혈중 납은 일차적으로 음주 여부에 따른 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 이 결과는 혈중 중금속 농도 변화에서 흡연의 주된 기전은 직접적인 흡입노출이고, 음

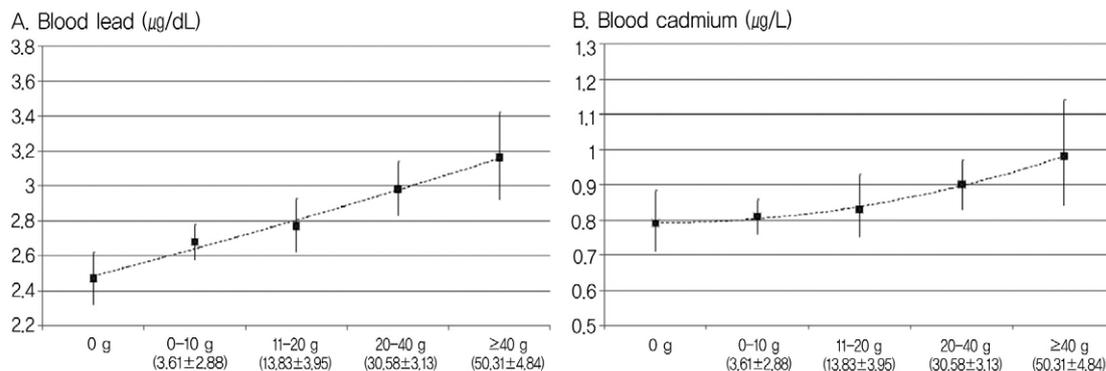


Fig. 1. Blood lead and cadmium concentrations by daily alcohol intake in male participants. By ANCOVA adjusted for age(10-year strata), gender, education, occupational class, family income, residence area, and current daily smoking amount.

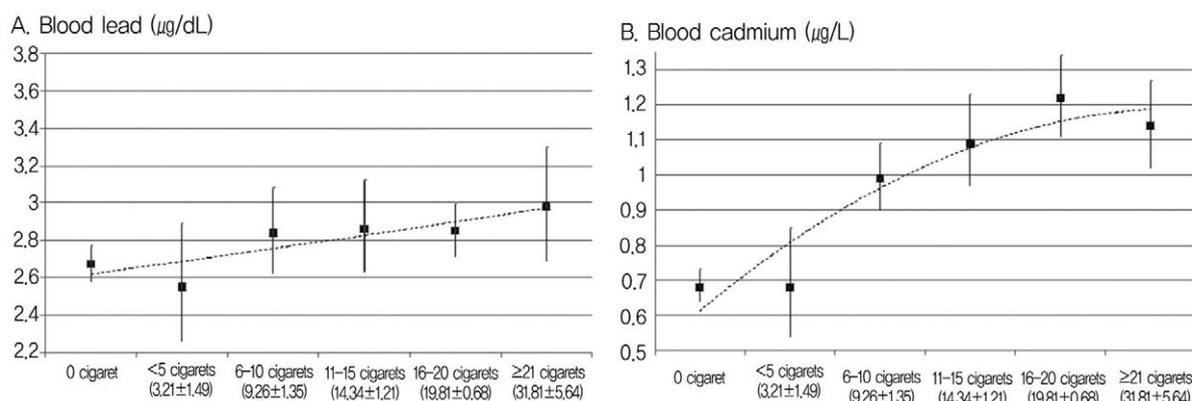


Fig. 2. Blood lead and cadmium concentrations by current daily smoking amount in male participants. By ANCOVA adjusted for age(10-year strata), gender, education, occupational class, family income, residence area, and daily alcohol intake.

Table 4. Blood lead and cadmium concentrations by cumulative smoking amount of the study subjects

	Number	GM (95% CI) - Lead (µg/dL)		GM (95% CI) - Cadmium (µg/L)	
		Crude*	Adjusted†	Crude*	Adjusted†
Men					
0 PYs†	185	2.41 (2.24-2.59)	2.56 (2.39-2.74)	0.56 (0.50-0.62)	0.60 (0.55-0.66)
0.1-9.9 PYs†	270	2.44 (2.33-2.56)	2.63 (2.51-2.76)	0.72 (0.66-0.79)	0.79 (0.73-0.86)
10-19.9 PYs†	172	2.97 (2.82-3.12)	2.96 (2.82-3.11)	0.94 (0.86-1.04)	0.94 (0.86-1.03)
20-29.9 PYs†	121	3.12 (2.92-3.34)	2.92 (2.73-3.13)	1.11 (1.00-1.24)	1.03 (0.94-1.13)
30-39.9 PYs†	87	3.27 (3.04-3.52)	2.88 (2.66-3.12)	1.18 (1.02-1.35)	1.02 (0.89-1.16)
≥40 PYs†	112	3.28 (3.07-3.51)	2.81 (2.60-3.03)	1.26 (1.14-1.40)	1.05 (0.94-1.17)
p for trend		<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Women					
0 PYs†	835	1.94 (1.88-2.01)	1.94 (1.88-2.00)	1.03 (0.98-1.08)	1.02 (0.98-1.07)
0.1-9.9 PYs†	100	2.14 (1.96-2.34)	2.25 (2.05-2.46)	0.89 (0.73-1.08)	1.03 (0.88-1.22)
10-19.9 PYs†	11	2.48 (2.07-2.96)	2.16 (1.81-2.57)	1.86 (1.48-2.33)	1.41 (1.20-1.67)
20-29.9 PYs†	4	3.17 (2.78-3.60)	2.66 (2.22-3.20)	2.75 (2.34-3.23)	1.92 (1.59-2.32)
30-39.9 PYs†	3	3.65 (3.09-4.32)	3.30 (2.54-4.28)	1.65 (1.23-2.22)	1.36 (1.00-1.85)
≥40 PYs†	1	4.54 -	3.91 (3.53-4.34)	1.77 -	1.22 (1.09-1.38)
p for trend		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

GM: Geometric mean, CI: Confidence interval, *By ANOVA, †By ANCOVA adjusted for age, residence area, occupational class, family income, educational level, and daily alcohol intake, †Pack Years = (number of cigarettes smoked per day / 20) x (number of years smoked).

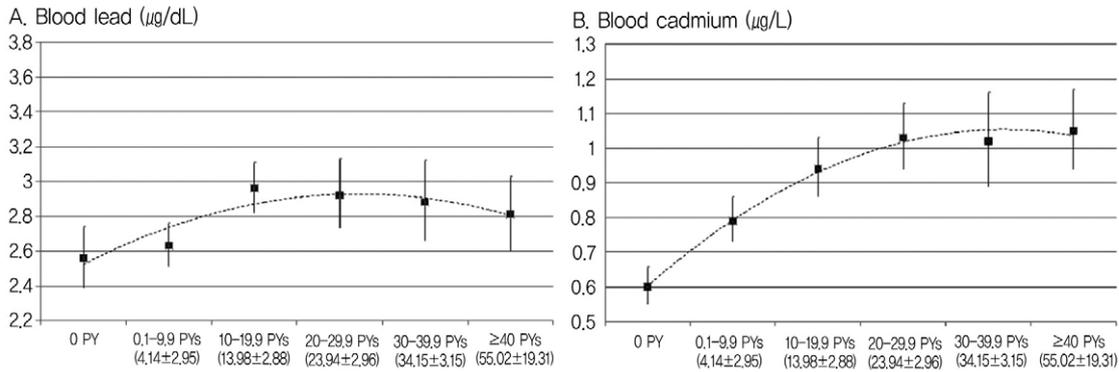


Fig. 3. Blood lead and cadmium concentrations by cumulative smoking amount in male participants
By ANCOVA adjusted for age(10-year strata), gender, education, occupational class, family income, residence area, and daily alcohol intake.

주의 주된 기전은 간접적인 대사변화일 수 있음을 일부 시사한다.

흡연과 음주가 혈중 납 및 카드뮴 농도에 미치는 영향은 직접적인 노출량 증가에서부터 흡수, 배설에 이르기까지 복합적인 요인에 의한 것이다.

담배에는 알루미늄, 카드뮴, 크롬, 구리, 납, 망간, 수은, 니켈 등 다양한 중금속 불순물이 존재하며, 특히 카드뮴의 경우 담배가 체내 축적에 많이 역할을 하는 것으로 알려져 있다²⁴⁾. 이는 본 연구에서 현재 흡연량이 카드뮴과 밀접한 관계를 보여준 결과와도 일치한다.

Watanabe 등은 1980년대에 9개의 아시아 국가 20곳에서 시판된 담배 331갑을 분석한 결과, 담배 1개비당 카드뮴은 평균 1.15(기하평균 1.06) µg, 납은 1.70(기하평균 1.31) µg이 함유되어 있다고 보고한 바 있다²⁰⁾. 국내에서는 Hwang 등이 국내 시판되는 국산 및 외국산 담배 4 종식에 대하여 흡연 전후의 중금속 농도를 측정하였는데, 카드뮴 농도는 담배 전체에서 그램당 0.33-0.83 µg/g, 흡연 후 필터에서 그램당 0.03-0.19 µg이었고, 납 농도는 담배 전체에서 그램당 0.70-2.01 µg, 흡연 후 필터에서 그램당 0.20-0.83 µg이었다²⁵⁾. Szakowski 등과 Nandi 등은 담배 1개비당 카드뮴 0.9-2.3 µg이 함유되어 있는데, 이중 약 70%가 흡연시 연기 속으로 들어가고, 10% 정도만이 폐로 흡인된다고 하였다^{26,27)}. 하루 한 갑을 피우는 흡연자는 매일 카드뮴 0.9 µg 정도를 더 흡입하게 되고, 이중 5-10%는 체내로 흡수된다²⁸⁾. 하루 두 갑 이상 피우는 흡연자는 유사 환경의 비흡연자에 비해 일 카드뮴 축적량이 2 배에 이른다는 결과도 있다²⁹⁾. 담배가 카드뮴이 함유될 수 있는 원인으로서는 재배시 사용되는 인산비료 및 농약에 카드뮴이 포함되어 토양에 축적 및 오염이 일어났을 가능성을 고려해 볼 수 있다^{30,31)}.

한편, Ikeda 등(1989)은 일본의 농부들을 대상으로 한 연구에서 담배 15 개비를 피우는 경우 납 1 µg이 더 흡수

되며, 매일 0.24 L의 술(sake)을 마시면 납 0.2-0.5 µg이 더 흡수된다고 하였다³²⁾. 술의 경우 종류에 따라 혈중 납 농도가 달리 보고되었는데, 이는 술에 따른 납 함유량의 차이에 기인할 것으로 예상된다. Sherlock 등은 리터당 와인에는 101 µg, 맥주는 22 µg의 납이 포함되어 있다고 하였다²¹⁾. 메타분석에 의하면, 여러 국가의 와인 내 카드뮴 농도는 0.0001-0.054 µg/ml, 납 농도는 0.001-1.1 µg/ml 범위였으며³³⁾, 이러한 오염은 토양, 지리적 차이, 날씨, 농약 등에 의한 환경적 오염과 제조과정상 기계, 저장용기, 파이프 등을 통해 유입될 수 있는 것으로 알려져 있다³⁴⁻³⁷⁾. 그러나 우리나라의 보편적인 술인 소주는 와인, 막걸리, 맥주와 달리 증류공정을 거쳐 제조되므로 중금속 함량에 상당한 차이가 있을 것으로 예상된다.

이러한 중금속의 직접적인 체내 유입 외에도 흡연과 음주는 중금속의 흡수에서 배설까지 과정에 급·만성적으로 간접적인 영향을 미칠 수 있다. 위장관을 통한 납의 흡수는 섭취량의 5-10% 정도로서, 칼슘, 철분, 아연의 결핍 및 고지방 식이에 의해 증가하는 것으로 알려져 있다^{1,38)}. 카드뮴 역시 섭취량의 5% 정도가 위장관으로 흡수되며, 칼슘, 철, 단백질의 결핍에 따라 흡수량이 20%까지 증가하는 것으로 알려져 있다²⁾. 이러한 측면에서 흡연보다는 음주가 흡수에 큰 영향을 줄 수 있는데, 그 기전에는 칼슘과의 관련성이 상당부분 작용하는 것으로 보인다.

Laitinen 등(1992)은 알코올의 단시간 과량 섭취시 부갑상선 호르몬의 분비가 감소하면서 요중 칼슘의 배출 증가와 체내 칼슘 농도 감소가 일어나고, 만성적인 음주 시에는 비타민 D의 대사 장애로 칼슘흡수가 떨어지고 조골세포에 직접 손상을 주어 골다공증의 위험이 증가한다고 하였다³⁹⁾. Flora 등(1991)은 쥐실험에서 8주간 경구 에탄올 단독 투여군, 납 단독 투여군, 에탄올-납 동시 투여군을 비교하였는데, 에탄올 단독 투여군에서는 혈중 칼슘 농도 감소가, 에탄올-납 동시 투여군에서는 혈중 칼슘

소실 악화 및 혈액, 간, 뇌의 납 축적량 증가가 납 단독 투여군에 비해 두드러졌다⁴⁰. 이는 납노출과 알코올 섭취 간에 상호작용을 시사한다. 이처럼 음주는 칼슘대사 장애를 일으켜 혈중 칼슘 농도를 감소시키고, 유사한 2가 이온인 납의 흡수 증가를 초래하여 혈중 납 및 체내 축적량을 증가시킬 수 있다.

한편 음주시 육류 등의 고지방 식이가 동반되는 경우가 많은데, 이는 알코올의 직접적인 영향은 아니지만 납의 위장관 흡수를 촉진하는데 기여할 것이다¹.

또한 흡연과 음주는 중금속의 배출 능력에 영향을 주어 혈중 농도에 기여할 수 있다^{41,43}. 혈중 납은 대부분 신장을 통해 요중으로 배출되는데, 흡연 및 음주에 의한 신기능 저하는 배출 효율을 저하시킬 수 있다^{1,41,42}. 흡연자는 비흡연자에 비해 사구체 여과율이 60 ml/min 미만인 경우가 3배 더 많아 신기능 감소와 관련성이 있으며, 특히 평생 흡연량이 많을수록 신기능 감소 및 요중 단백질/크레아티닌 비율이 증가하는 경향이 있다⁴¹. 알코올은 간에서 대사되어 신장으로 배출되기 때문에 과량의 음주는 간과 신장을 모두 손상시킬 수 있다. 납 노출 근로자 65 명을 대상으로 한 연구에서는 직업적인 납 노출 중단 후 반감기가 정상 신기능을 가진 군에서는 619일, 신기능 부전이 있는 군에서는 1,907일이었다고 하였다⁴². 혈중 카드뮴 역시 주요 배설경로는 신장인데, 근위부 신세뇨관의 손상으로 재흡수 기능에 이상이 생기면 카드뮴의 신배설을 증가할 수 있는 것으로 알려져 납의 경우와는 차이를 있다¹. 한편 과다한 알코올섭취와 흡연에 의한 간손상이 납의 배설 대사기능을 저하시켜 혈중 농도가 높아진다는 보고도 있다⁴³.

혈중 납 및 카드뮴의 농도에 대한 기타 변수의 영향은 대체로 타 연구 결과와 일치하였다. 성별과 연령은 활동량 및 환경의 차이를 반영하므로, 대체로 남성, 고령일수록 혈중 중금속이 높은 것이 일반적이다. 본 연구에서도 혈중 납의 경우 이러한 경향을 보였으나, 혈중 카드뮴은 여성에서 유의하게 높아 특이한 양상을 보였다. 최근 국내의 대표성 있는 표본을 통한 조사 결과에서도 혈중 납과 달리 혈중 카드뮴 농도는 성에 따른 차이가 불분명하였는데^{17,44}, 이러한 현상에 대한 해석이 현재로서는 용이하지 않으며 추가적인 연구가 필요하다.

연령은 혈중 중금속 농도와 가장 밀접한 요인이며, 본 연구에서도 연령증가에 따라 혈중 중금속 농도가 꾸준히 상승하는 양상을 보였다. 이는 체내 누적량 및 혈중 유리 증가, 흡수 및 배설 기능의 변화 등에 기인한다. 여성에서는 혈중 납의 경우 50대에서 급격한 증가를 보였는데, 이는 폐경에 동반된 급격한 골소실에 의해 혈중 납 농도가 증가한 것으로 판단된다.

학력 및 직업의 경우 각 변수의 보정 후에도 혈중 납,

카드뮴 농도에 유의한 차이가 있었는데, 이는 저학력 및 육체노동 종사자의 사회적, 직업적 환경이 열악한 것에 기인할 것으로 예상된다. 한편, 도시(동)와 시골(읍, 면)의 혈중 중금속 농도는 거의 차이를 보이지 않았다. 기존의 연구에서는 대체로 도시지역 주민들의 평균 혈중 납 농도가 농촌지역 주민들에 비해 더 높았고, 혈중 카드뮴 농도는 농촌지역 주민에서 더 높은 것으로 조사되었다⁴⁵⁻⁴⁹. 이는 도시 거주자가 공장, 자동차 등으로 인해 환경적 납 노출에 더 많이 노출되고, 농촌에서는 농약이나 화학비료의 사용으로 카드뮴에 더 많이 노출되는 것으로 설명할 수 있다. 본 연구에서도 이러한 양상이 일부 보였으나 거의 무시할만한 수준이었으며, 이는 최근의 도시-시골간의 환경 차이가 과거와 같이 극명하지 않기 때문으로 사료된다⁵⁰.

혈중 납의 반감기는 이구획모형(two-compartment model)을 따르는 것으로 추정되며, 노출기간과 신장의 기능에 따라 다양하다. 20명의 남자 납 근로자를 대상으로 직업적 납 노출을 제거하였을 때, fast compartment(주로 혈액 등 연부 조직)의 반감기는 29일(7-63일), slow compartment(주로 뼈)의 반감기는 5.6년(2.3-27년)이었다⁵¹. 한편 체내 카드뮴의 반감기는 정확히 알려져 있지 않다. Jarup 등(1983)은 카드뮴 노출중단 후 15년 동안 5명의 근로자들을 대상으로 연구하였는데, 제거(elimination)과정이 이상성(biphasic) 양상으로 반감기는 75-130일, 7.4-16년 이었다고 보고하였다⁵². 생물학적 노출 지표로 가장 보편적으로 사용하는 혈중 납은 다른 체내 조직에 비해 비교적 빠르게 혈액으로부터 제거되기 때문에 체내에 축적된 납의 총량을 반영해주진 못하지만, 최근 노출 정도를 반영한다¹. 혈중 카드뮴도 마찬가지로 최근 노출에 영향을 받는다. 따라서 환경적 노출의 영향을 주로 받는 일반 인구의 혈중 납, 카드뮴 농도 감소를 위해서는 최근의 생활습관 교정이 효과적일 것이다.

이 연구의 장점은 다음과 같다. 첫째, 흡연 및 음주의 노출유무뿐만 아니라 노출량-반응에 기초하여 인과관계를 뒷받침하고 양적변화에 따른 혈중 중금속 변화를 예측하는 기초를 제공하였다. 둘째, 최근 우리나라의 대표성 있는 표본을 통해 이루어진 조사결과를 바탕으로 수행되었으므로 연구결론은 물론 각 변수별 혈중 중금속 농도를 우리나라 전반에 적용할 수 있다. 셋째, 자료분석시 직업, 소득, 교육수준과 같이 혼란요인으로 작용할 수 있는 사회경제적 변수를 보정함으로써 결론을 보다 뒷받침할 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 제한점에 유의하여 해석할 필요가 있다. 첫째, 혈중 중금속 농도는 최근의 노출뿐만 아니라 장기간에 걸친 누적의 영향도 받는데도 불구하고 각 요인들에 대하여 현재의 노출만을 고려하여 분석이 이루어졌다. 이로 인해 시간에 따라 변화

가능한 조사변수들의 영향이 제대로 반영되지 않을 수 있는데, 특히 과거흡연자를 비흡연군(0개비)으로 분류한 것은 정확도에 상당한 영향을 줄 소지가 있다. 이에 대한 이해를 돕고자 본 연구에서는 일평균흡연량과 별도로 총 흡연량에 따른 분석결과를 제시하였다. 둘째, 납과 카드뮴을 취급하거나 과량 노출될 수 있는 직업적 노출자에 대한 배제가 이루어지지 않았다. 이는 연구결과에 영향을 주는 요소로 작용할 수 있는데, 해당 인원이 매우 적을 것으로 예상되고 직업구분을 통해 육체노동종사자 유무를 보정하여 그 영향이 크지 않을 것으로 판단된다. 셋째, 단면적으로 수집된 자료를 토대로 분석이 이루어짐에 따라 생활습관과 혈중 농도간의 관련성을 시사할 뿐 종적연구와 같이 명확한 인과관계를 보여줄 수가 없다. 그러나 평소의 생활습관에 따른 현재의 혈중 농도라는 시간적 선후관계 측면에서, 그리고 그 역관계(혈중 농도가 생활습관에 영향)의 성립 가능성이 낮음을 고려할 때 상당부분 인과성을 뒷받침한다.

본 연구에서는 흡연과 음주가 혈중 납 및 카드뮴 농도와 명확한 양-반응 관계가 있음을 확인하였다. 비록 저농도 범위 내의 변화일지라도 공중보건상 그 영향이 무시되어서는 안 되며, 직업적 노출자의 경우에는 더욱 더 관심을 갖고 절주 및 금연을 유도해야 할 것이다. 이들 건강관련 행태에 대한 전반적인 관심도가 증대된 현 상황에서 본 연구결과가 바람직한 건강습관으로 유도할 수 있는 추가적인 정보자료로 활용될 수 있을 것이다.

요 약

목적: 일반 인구집단에서 흡연과 음주습관이 혈중 납 및 카드뮴 농도에 미치는 영향을 양-반응 관계에 기초하여 파악하고자 하였다.

방법: 2008년에 수행된 제 4기 국민건강영양조사에서 납, 카드뮴 측정이 이루어진 20세 이상 남녀 1,901명을 대상으로 하여 인구학적 특성 및 생활습관에 따른 혈중 납과 카드뮴 농도의 기하평균을 구하였으며, 분산분석(ANOVA)과 공분산분석(ANCOVA)이 이용되었다.

결과: 인구학적 변수 및 생활습관에 대한 보정 후에도 일평균 흡연량 및 알코올섭취량은 혈중 납, 카드뮴 농도와 유의한 양-반응 관계를 보였다. 일평균 흡연량은 혈중 카드뮴 농도와(5개비당 약 0.1-0.2 $\mu\text{g/L}$ 증가), 일평균 알코올섭취량은 혈중 납 농도(음주자에서 10 g당 약 0.1-0.2 $\mu\text{g/dL}$ 증가)와 더욱 명확한 관련성을 보였다.

결론: 흡연과 음주에 따른 혈중 납 및 카드뮴 농도의 양-반응 관계는 명확하다. 저농도의 혈중 납, 카드뮴 농도에서도 유해한 건강영향이 가능하므로 이들 생활습관의 교정을 위한 공중보건상의 노력이 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) Lewis R. Metals. In: Ladou J(eds) Current Occupational & Environmental Medicine. 4th ed. McGraw-Hill Co. New York. 2007. pp 418-23.
- 2) Franzblau A, Moline JM, Landrigan PJ. Cadmium, Lead. In: Rosenstock L, Cullen MR, Brodtkin CA, Redlich CA(eds) Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine. 2nd ed. WB Saunders Co. Philadelphia. 2005. pp 955-68.
- 3) Flegal AR, Smith DR. Current needs for increased accuracy and precision in measurements of low levels of lead in blood. Environ Res 1992;58:125-33.
- 4) Mushak P. Defining lead as the premiere environmental health issue for children in America: criteria and their quantitative application. Environ Res 1992;59:281-309.
- 5) National Research Council. Lead in the Human Environment. National Academy of Sciences. Washington DC. 1980. pp 35-36.
- 6) Lee KY. Cadmium. In: Health disorder by hazard factor. KOSHA. Incheon. 2009. pp 6-7. (Korean)
- 7) Glenn BS, Bandeen-Roche K, Lee BK, Weaver VM, Todd AC, Schwartz BS. Changes in systolic blood pressure associated with lead in blood and bone. Epidemiology 2006;17(5):538-44.
- 8) Apostoli P, Maranelli G, Micciolo R. Is hypertension a confounding factor in the assessment of blood lead reference values? Sci Total Environ 1992;120(1-2):127-34.
- 9) Staessen JA, Lauwerys RR, Buchet JP, Bulpitt CJ, Rondia D, Vanrenterghem Y, Amery A. Impairment of renal function with increasing blood lead concentrations in the general population. The Cadmibel Study Group. N Engl J Med 1992;327:151-6.
- 10) Jakubowski M, Trojanowska B, Kowalska G, Gendek E, Starzynski Z, Krajewska B, Jajte J. Occupational exposure to cadmium and kidney dysfunction. Int Arch Occup Environ Health 1987;59(6):567-77.
- 11) Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, Canfield RL, Dietrich KN, Bornschein R, Greene T, Rothenberg SJ, Needleman HL, Schnaas L, Wasserman G, Graziano J, Roberts R. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An International Pooled Analysis. Environ Health Perspect 2005;113(7):894-99.
- 12) Lee MG, Chun OK, Song WO. Determinants of the blood lead level of US women of reproductive age. J Am Coll Nutr 2005;24(1):1-9.
- 13) Shin HR, Kim JY. A study on the normal values of lead exposure indices. Korean J Prev Med 1986;19:167-76. (Korean)
- 14) Yang JS, Kang SK, Park IJ, Rhee KY, Moon YH, Sohn DH. Lead concentrations in blood among the general population of Korea. Int Arch Occup Environ Health 1996;68:199-202.

- 15) Ministry of Environment. A Study & Survey on the Heavy Metal of the Public Health (translated by Park JU). Ministry of Environment. Gwacheon. 2005. pp 1-143. (Korean)
- 16) Ministry of Environment. Lead (Pb), Cadmium(Cd) Concentrations in Major Cities. Available: http://www.me.go.kr/dev/board/board.jsp?id=notice_02&mode=view&idx=150623[cited 2 November 2006].
- 17) Kim NS, Lee BK. National estimates of blood lead, cadmium, and mercury levels in the Korean general adult population. *Int Arch Occup Environ Health* 2011;84(1):53-63.
- 18) Ji UP, Se WO, Seung HK, Yang HK, Ryoung JP, Jai DM. A Study on the Association between blood lead levels and habitual tobacco and alcohol use in Koreans with no occupational lead Exposure. *Korean J Occup Environ Med* 2008;20(3):165-73. (Korean)
- 19) Weyermann M, Brenner H. Alcohol consumption and smoking habits as determinants of blood lead levels in a national population sample from Germany. *Arch Environ Health* 1997;52(3):233-9.
- 20) Watanabe T, Kasahara M, Nakatsuka H, Ikeda M. Cadmium and lead contents of cigarettes produced in various areas of the world. *Sci Total Environ* 1987;66:29-37.
- 21) Sherlock JC, Pickford CJ. White GE lead in alcoholic beverages. *Food Add contam* 1986;3:347-54.
- 22) Leroyer A, Hemon D, Nisse C, Bazerques J, Salomez JL, Haguenoer JM. Environmental exposure to lead in a population of adults living in northern France: lead burden levels and their determinants. *Sci Total Environ* 2001; 267(1-3):87-99.
- 23) Korea Centers for Disease Control and Prevention. The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Available: <http://knhanes.cdc.go.kr/>[cited 4 June 2009].
- 24) Bernhard D, Rossmann A, Wick G. Metals in cigarette smoke. *IUBMB Life* 2005;57(12):805-9.
- 25) Hwang HJ, Moon DH, Park MH, Kim JH, Hwang YS, Lee YH, Park SK, Han YS. A study on concentration of five heavy metals in tobacco on the market. *Inje Med J* 1998;19(2):713-21. (Korean)
- 26) Szadkowski D, Schultze H, Schaller KH, Lehnert G. Ecological significance of the heavy metal content of cigarettes. Lead, cadmium and nickel analyses of tobacco as well as gas and particle phases. *Arch Hyg Bakteriol* 1969;153(1):1-8.
- 27) Nandi M, Slone D, Jick H, Shapiro S, Lewis GP. Cadmium content of cigarettes. *Lancet* 1969;2(7634): 1329-30.
- 28) Morgan WD. New ways of measuring cadmium in man. *Nature* 1979;282:673-4.
- 29) Fassett DW. Metals in the environment. Academic press. New York. 1980,pp 61-100.
- 30) Park CG. Introduction to environmental pollution (translated by Lee BR). NY. Seoul. 1983. p 279. (Korean)
- 31) Moon YH. Pollution and disease(translated by Lee BR). Korean industrial policy insti-tute. 1977;16:97-105. (Korean)
- 32) Ikeda M, Watanabe T, Koizumi A, Fujita H, Nakatsuka H, Kasahara M. Dietary intake of lead among Japanese farmers. *Arch Environ Health* 1989;44(1):23-9.
- 33) Pohl P. What do metals tell us about wine? *TrAC* 2007;26(9):941-9.
- 34) Kment P, Mihaljevic M, Ettler V, Šebek O, Strnad L, Rohlova L. Differentiation of Czech wines using multi-element composition - A comparison with vineyard soil. *Food Chem* 2005;91:157-65.
- 35) Kunkee RE, Eschnauer HR. Wine. In: Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry. sixth ed. Wiley-VCH. Weinheim, Germany. 2003. pp 393-431.
- 36) Galani-Nikolakaki S, Nallithrakas-Kontos N, Katsanos AA. Trace element analysis of Cretan wines and wine products. *Sci. Total Environ*. 2002;285:155.
- 37) Lara R, Cerutti S, Salonia JA, Olsina RA, Martinez LD. Trace element determination of Argentine wines using ETAAS and USN-ICP-OES. *Food Chem Toxicol* 2005;43(2):293-7.
- 38) Mahaffey KR. Nutritional factors in lead poisoning. *Nutr Rev* 1981;39(10):353-65.
- 39) Laitinen K, Lamberg-Allardt C, Tunninen R, Harkonen K, Valimaki K. Bone mineral density and abstention-induced change in bone and mineral metabolism in noncirrhotic male alcoholics. *Am J Med* 1992;93:642-50.
- 40) Flora SJ, Kumar D, Sachan SR, Das Gupta S. Combined exposure to lead and ethanol on tissue concentration of essential metals and some biochemical indices in rat. *Biol Trace Elem Res* 1991;28(2):157-64.
- 41) Briganti EM, Branley P, Chadban SJ, Shaw JE, McNeil JJ, Welborn TA, Atkins RC. Smoking is associated with renal impairment and proteinuria in the normal population: The AusDiab kidney study, Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study. *Am J Kidney Dis* 2002;40(4):704-12.
- 42) Hryhorczuk DO, Rabinowitz MB, Hessel SM, Hoffman D, Hogan MM, Mallin K, Finch H, Orris P, Berman E. Elimination kinetics of blood lead in workers with chronic lead intoxication. *Am J Ind Med* 1985;8(1):33-42.
- 43) Pocock SJ, Shaper AG, Walker M, Wale CJ, Clayton B, Delves T, Lacey RF, Packham RF, Powell P. Effects of tap water lead, water hardness, alcohol and cigarettes on blood lead concentrations. *J Epidemiol Community Health* 1983;37(1):1-7.
- 44) Son JY, Lee J, Paek D, Lee JT. Blood levels of lead, cadmium, and mercury in the Korean population: results from the Second Korean National Human Exposure and Bio-monitoring Examination. *Environ Res* 2009;109(6):738-44.
- 45) Kim HJ, Hong YS, Lee KE, Kim DS, Lee MJ, Yeah BJ, Yoo CI, Kim YW, Yoo BC, Kim YH, Kim JM, Kim JY. The levels of blood lead and cadmium in

- urban and rural population in Korea. *J Life Sci* 2009;19(4):472-8. (Korean)
- 46) Jung KY, Kim BG, Hong YS, Lee YE, Kim YJ. The level of blood lead zinc protoporphyrin for healthy urban rural population in Korea. *The Dong-a J of Med* 1996;8:53-61. (Korean)
- 47) Moon CS, Zhang ZW, Shimbo S, Watanabe T, Moon DH, Lee CU, Lee BK, Ahn KD, Lee SH, Ikeda M. Dietary intake of cadmium and lead among the general population in Korea. *Environ Res* 1995;71(1):46-54.
- 48) Lee MJ, Moon DH, Jo YH, Lee JT, Han YS, Jeong KY. Heavy metal concentration in serum of rural inhabitants. *Inje Med J* 1995;16:311-25. (Korean)
- 49) Shin JY, Lim JH, Park SG, Lee JN, Jang M, Huh CS, Kang DH, Hong YC. Influence of smoking on blood cadmium concentration in university students. *J Prev Med Public Health* 2004;37(3):225-31. (Korean)
- 50) Ministry of Environment. Annual heavy metal concentrations at atmosphere. Available: <http://stat.me.go.kr/nosis/index.jsp>[cited 4 November 2008].
- 51) Schütz A, Skerfving S, Ransam J, Christoffersson JO. Kinetics of lead in blood after the end of occupational exposure. *Scand J Work Environ Health* 1987;13:221-231.
- 52) Jarup L, Rogenfelt A, Elinder CG, Nogawa K, Kjellstrom T. Biological half-time of cadmium in the blood of workers after cessation of exposure. *Scand J Work Environ Health* 1983;9(4):327-31.