

## 황사에 노출된 옥외 근로자의 혈중 중금속 농도

진주보건대학 임상병리과

이 미 화

### Heavy Metal Levels in the Outdoor Workers Exposed in Yellow Sand

Mi-Hwa Lee

*Department of Clinical Pathology, Jinju Health College, Jinju 660-757, Korea*

Yellow sand (or Asian dust) occurs mainly in spring in East Asia. Yellow sand from China and its surrounding regions transports air pollutants, such as aerosols, ozone, and heavy metals. The outdoor workers are frequently exposed to heavy metals during yellow sand phenomenon. This study was carried out to investigate the heavy metal levels in blood among 75 outdoor workers (exposed group) and 86 indoor workers (controled group) in Gyeonggi province from March 2008 to May 2009. Heavy metal levels in blood were analyzed by atomic absorption spectrophotometer. Mean blood lead levels in exposed group and controled group were  $5.19 \pm 1.64 \mu\text{g/dL}$ ,  $4.24 \pm 1.34 \mu\text{g/dL}$ , respectively. Mean blood cadmium levels in exposed group and controled group were  $1.28 \pm 0.89 \mu\text{g/dL}$ ,  $0.90 \pm 0.59 \mu\text{g/dL}$ , respectively. Lead and Cadmium levels in blood of exposed group were significantly higher than those of controled group. In the comparison of smoking status, lead and cadmium levels of smokers were significantly higher than those of non-smokers. In conclusion, the heavy metal levels of outdoor workers were significantly higher than those of indoor workers. And smoking was hazardous factor to elevate heavy metal levels in blood.

Received 11 SEP 2009/Returned for modification 2 NOV 2009/Accepted 18 NOV 2009

**Key Words** : Yellow sand, Heavy metal, Outdoor workers

### I. 서 론

황사(yellow sand)는 중국 북부의 황토지역과 몽고고원, 고비사막 등에서 강한 바람에 의해 공중으로 올라간 모래먼지가 대기 중에 퍼졌다가 강하하는 현상 또는 모래 먼지를 가리킨다(Murayama, 1988). 이들 지역에서 발

생한 모래폭풍은 편서풍을 타고 장거리 이동하며 중국 동부의 산업지역을 통과하게 되는데 이 지역에서 발생하는 오염물질과 혼합되어 우리나라에 도달하게 된다(Vedal, 1997). 해마다 봄철에 불어오는 황사에는 카드뮴과 납, 크롬 등과 같은 중금속이 섞여 있는데 정상시의 공기에 비해 카드뮴은 최고 14배, 납은 12배 가량 높다고 한다(환경부, 2002).

황사로 인한 유해 중금속의 생태계 노출은 인체의 건강을 위협하는 요인이 되고 있다. 중금속 유입의 1차 경로는 호흡기인데 기관지를 통해 들어온 중금속은 폐를

교신저자 : 이미화 (우) 660-757, 경남 진주시 상분서동 1142 진주보건대학 임상병리과  
TEL : 055-740-1850, 011-9861-0670  
E-Mail : mhleejh@hanmail.net

거쳐 간과 신장에 침투하게 된다. 이러한 중금속의 축적은 각 기관에서 발암의 원인이 되고 신경계를 마비시킨다. 연은 인체 노출량에 따라 조혈계를 비롯한 신경계, 신장 및 간장, 심혈관계, 생식기계 등에 독성을 나타낸다. 카드뮴은 호흡기를 통하여거나 소화기를 통해 흡수되는데 체내에 들어온 카드뮴은 혈액을 통하여 장기로 운반되며 장기에서 단백질의 일종인 metallothionein과 결합하여 신장에 축적되며 신장 세뇨관 기능에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 그 외 호흡기 질환, 고혈압과 연관이 있으며 또한 뼈, 간에 손상을 주는 것으로 보고되었다(Lindber와 Vesterberg, 등, 1989).

옥외 근로자(건축인부, 노점상, 주차원, 옥외 아르바이트생 등)는 황사 현상이 지속되는 동안 노출된 상태로 근무하게 되며 흡수된 중금속은 체외 배설이 잘 되지 않고 반감기가 길어 체내에 축적되는데 이로 인한 관련 질병 발생의 위험도가 높다. 본 연구에서는 황사발생 일수와 농도가 높은 경기 지역을 중심으로 황사 기간 동안 지속적으로 노출된 옥외 근로자의 혈중 중금속 농도를 조사하여 대조군인 실내 근로자와 유의한 차이가 있는지의 여부를 조사하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구대상

2008년 3월부터 2009년 5월까지 경기 지역의 옥외근로자 75명과 대조군 86명을 추출하여 혈중 납과 카드뮴 농도 및 성별, 연령, 흡연 여부 등을 조사하였다.

### 2. 조사방법

혈액시료는 EDTA 항응고제가 첨가된 시험관에 채취한 후 분석할 때까지 -20℃로 냉동 보관하였다. 분석에 사용된 모든 초자기구는 20% 질산에 4시간 이상 담가 두었다가 탈이온수로 세척한 후 사용하였다. 혈액 시료의 채취 분석은 한국산업안전공단의 유해물질 분석법에 따라 원자흡광분석기(Perkin Elmer, USA)를 이용하여 분석하였다(Table 1).

**Table 1.** Analytical condition for blood Pb and Cd

Sample	Pb	Cd
Sample treatment		
Matrix modifier	Triton X - 100	
Dilution	1 : 15	
Analyzing condition		
Instrument(Model)	Atomic absorption spectrophotometer(Perkin Elmer, USA)	
Drying temp.	120℃	120℃
Ashing temp.	700℃	850℃
Atomizing temp.	1800℃	1650℃
Wave length	283.3 nm	228.8 nm

### 3. 자료처리

모든 분석은 SPSS 10.0 for Windows를 이용하여 황사에 노출여부, 연령, 흡연에 따른 연과 카드뮴 농도에 대해서 독립표본 t 검정과 이원변량분석을 실시하였다.

## III. 결 과

경기지역 소재 옥외 근로자 75명, 실내 근무자 86명을 조사 대상으로 하였으며 전체 연구대상자의 연령은 20세부터 56세까지였다.

실험군인 옥외 근로자의 성별 분포는 남자 46명(61.3%), 여자 29명(38.7%)이었고, 대조군인 실내 근로자의 성별 분포는 남자 50명(58.1%), 여자 36명(41.9%)이었다.

실험군의 연령분포는 20대가 21명(28.0%), 30대가 18명(24.0%), 40대 이상이 36명(48.0%)이었고, 대조군의 연령분포는 20대가 30명(34.9%), 30대가 27명(31.4%), 40대 이상이 29명(33.7%)이었다.

흡연여부에 따라 분류 하였을 때 실험군의 흡연자는 26명(34.7%)이었고 비흡연자는 49명(65.1%)이었으며 대조군의 흡연자는 26명(30.2%), 비흡연자는 60명(69.8%)이었다(Table 2).

실험군과 대조군의 혈중 중금속 평균 농도를 비교한 바, 카드뮴(Cd)은 실험군이 1.28±0.89 µg/dL, 대조군이 0.90±0.59 µg/dL이었고, 납(Pb)은 실험군이 5.19±1.64 µg/dL, 대

**Table 2.** General characteristics of the subjects

		Exposed	Control	$\chi^2$ (p)
Gender	male	46 (61.3%)	50 (58.1%)	0.170 (0.680)
	female	29 (38.7%)	36 (41.9%)	
Age group	≤29	21 (28.0%)	30 (34.9%)	3.406 (0.182)
	30~39	18 (24.0%)	27 (31.4%)	
	≥40	36 (48.0%)	29 (33.7%)	
	M±SD	38.1±12.0	34.8±11.1	
Smoking status	non-smoker	49 (65.3%)	60 (69.8%)	.360 (0.548)
	smoker	26 (34.7%)	26 (30.2%)	
Total		75	86	

**Table 3.** Comparison of Mean heavy metal levels by exposed and control

	Group	M±SD	t (p)
Cd ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	exposed	1.28±0.89	3.121 (0.002)
	control	0.90±0.59	
Pb ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	exposed	5.19±1.64	4.053 (<0.001)
	control	4.24±1.34	

**Table 4.** Comparison of heavy metal levels by Gender

gender		Cd ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )		Pb ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	
		M±SD	t (p)	M±SD	t (p)
male	exposed	1.30±0.90	2.159 (0.034)	5.60±1.75	4.672 (<0.001)
	control	0.96±0.58		4.14±1.30	
female	exposed	1.25±0.89	2.224 (0.031)	4.53±1.21	0.485 (0.629)
	control	0.82±0.59		4.37±1.39	

조군이 4.24±1.34  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 모든 실험군과 대조군 사이에는 유의한 차이가 있었다(Table 3).

성별에 따라 분류하였을 때 남자의 카드뮴 혈중 농도는 실험군이 1.30±0.90  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 0.96±0.58  $\mu\text{g}/\text{dL}$  이었고, 납은 실험군이 5.60±1.75  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 4.14±1.30  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 있었다. 여자의 카드뮴 혈중 농도는 실험군이 1.25±0.89  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 0.82±0.59  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 실험군과 대조군 사이에는 유의한 차이가 있었으나, 납은 실험군이 4.53±1.21  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 4.37±1.39  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 실험군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

흡연여부에 따라 분류하였을 때, 비흡연자의 경우 실험군의 혈중 카드뮴 농도는 0.88±0.79  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이

0.62±0.38  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이었고, 납은 실험군이 4.22±0.63  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 3.52±0.71  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 카드뮴과 납 모두 실험군과 대조군간에 유의한 차이가 있었다. 흡연자의 경우 혈중 카드뮴 농도는 실험군이 2.02±0.53  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 1.56±0.44  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 으로 실험군과 대조군 사이에는 유의한 차이가 있었다. 납은 실험군이 7.02±1.38  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 5.90±0.89  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 실험군과 대조군 사이에는 유의한 차이가 있었다(Table 5).

연령에 따라 분류하였을 때 카드뮴은 각 연령군에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 납 농도는 20대 실험군의 혈중 평균농도가 4.68±1.45  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 3.79±0.93  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이었고, 30대는 실험군이 4.83±1.15  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군이 4.04±1.14  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 40대 이상은 실험군이 5.66±1.85  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대

**Table 5.** Comparison of heavy metal levels by smoking status

gender		Cd ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )		Pb ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	
		M $\pm$ SD	t (p)	M $\pm$ SD	t (p)
non-smoking	exposed	0.88 $\pm$ 0.79	2.171	4.22 $\pm$ 0.63	5.407
	control	0.62 $\pm$ 0.38	(0.034)	3.52 $\pm$ 0.71	(<0.000)
smoking	exposed	2.02 $\pm$ 0.53	3.440	7.02 $\pm$ 1.38	3.482
	control	1.56 $\pm$ 0.44	(0.001)	5.90 $\pm$ 0.89	(0.001)

**Table 6.** Comparison of Mean heavy metal levels by age

Gender		Cd ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )		Pb ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	
		M $\pm$ SD	t (p)	M $\pm$ SD	t (p)
$\leq 29$	exposed	0.94 $\pm$ 0.81	1.649	4.68 $\pm$ 1.45	2.680*
	control	0.62 $\pm$ 0.42	(0.110)	3.79 $\pm$ 0.93	(0.010)
30~39	exposed	1.16 $\pm$ 1.01	0.946	4.83 $\pm$ 1.15	2.274*
	control	0.90 $\pm$ 0.60	(0.353)	4.04 $\pm$ 1.14	(0.028)
$\geq 40$	exposed	1.54 $\pm$ 0.81	1.931	5.66 $\pm$ 1.85	1.785
	control	1.19 $\pm$ 0.59	(0.058)	4.88 $\pm$ 1.62	(0.079)

조군이 4.88 $\pm$ 1.62  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 20대 연령군과 30대의 연령군에서 실험군의 혈중 농도가 높았으나 40대 이상에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 6).

다중 회귀분석을 이용하여 혈중 중금속 농도를 상승시키는 요인을 살펴본 결과, 카드뮴의 경우 옥외근무( $\beta=0.200$ ,  $p<0.01$ ), 연령( $\beta=0.148$ ,  $p<0.05$ ), 흡연( $\beta=0.595$ ,  $p<0.001$ )이 중요한 상승 요인으로 나타났으며 이 중 흡연이 가장 그 영향력이 가장 큰 것으로 나타났다. 납의 경우는 옥외근무( $\beta=0.262$ ,  $p<0.001$ )와 흡연( $\beta=0.762$ ,  $p<0.001$ )이 중요한 상승요인으로 작용하였으며 카드뮴과 마찬가지로 흡연이 가장 강한 영향을 주는 요인으로 나타났다(Tabel 7).

#### IV. 고 찰

황사는 봄철에 발생하는 계절현상의 하나로 점차 빈도가 증가하고 있는데 최근 우리나라 서해안에 인접한 중국 동부 연안의 공업 지대에서 발생하는 중금속 오염 물질이 황사에 실려와 생태계와 각종 산업 및 일상생활에 영향을 미치고 있다(전, 1991). 황사현상은 매년 2월에서 5월에 가장 빈도가 많은데 중국과 인접 지역이 공기 중

황사농도가 높게 나타나며 황사에는 주로 알루미늄, 납, 카드뮴, 수은, 크롬, 아연 등이 포함되는 것으로 보고되었다(환경부, 2002). 황사는 안질과 호흡기 질환을 유발하며 환경을 교란하는 인자로 작용하는데(정 등, 2001), 옥외 근무자의 경우 황사 기간 중 중금속에 그대로 노출되어 실내 근무자에 비해 인체 흡입량이 더 많아진다. 여러 연구보고에서 중금속들이 체내에 흡입되어 축적됨으로써 발생하는 중독 종류와 폭로 정도를 측정하기 위해 혈액, 요 및 장기조직에 함유된 중금속을 측정하는 방법이 개발되었고(Buchet 등, 1976), 각 지역 간의 중금속에 의한 환경오염 실태조사와 생태에 미치는 영향의 추정 방법과 유효한 오염지표가 검토되었다(손 등, 1997). 납과 카드뮴은 생활습관, 지리적 조건, 노출기간 등의 여부에 따라 민감한 영향을 받기 때문에 각 보고마다 그 결과가 큰 차이를 보이고 있다(최 등, 1999). 본 연구에서는 황사 기간 동안 옥외 근무자의 납 농도는 5.60 $\pm$ 1.75  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 대조군인 실내 근무자는 4.24 $\pm$ 1.34  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 나타나 박(1998)의 일반인 3.98 $\pm$ 1.02  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 와 유사한 결과를 보였으나 신과 김(1986)의 일반인의 납 농도 17.17  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , 황등(1987)의 20.8  $\mu\text{g}/\text{dL}$ 로 보고된 연구 결과와는 큰 차이를 보였다. 본 연구에서 황사에 노출된 옥외근로자가 다

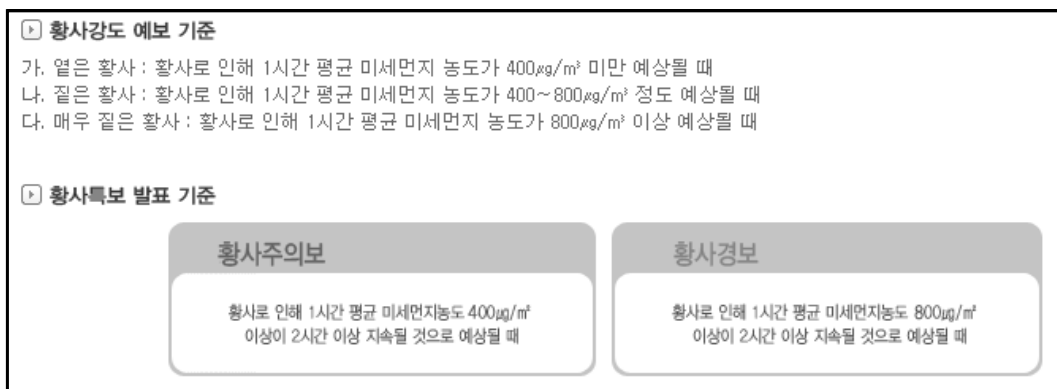
**Table 7.** Multiple regression analysis of heavy metal level

	Cd (µg/dL)		Pb (µg/dL)	
	b (t)	β	b (t)	β
Constant	0.337 (2.218)	-	3.244 (13.770)	-
Outdoor work	0.305 (3.440)	0.200	0.816 (5.932)	0.262
Gender	-0.115 (-1.263)	-0.074	-0.116 (-0.822)	-0.037
Age	0.010 (2.355)	0.148	0.009 (1.328)	0.063
Smoking	0.969 (9.510)	0.595	2.528 (16.006)	0.762
R	0.696		0.837	
R <sup>2</sup> (Adj. R <sup>2</sup> )	0.484(0.471)		0.701	
F (p)	36.617(<0.001)		91.591(<0.001)	

b : 비표준화 회귀계수 β : 표준화 회귀계수

른 연구의 결과 보다 상승된 결과를 나타내지 않은 것은 실험 지역이 문산과 파주 등으로 평소 공기가 맑은 지역 이었고 실험 기간이 2008년부터 2009년으로 예년에 비해 황사 현상이 저조하였기 때문으로 생각된다(Fig. 1, Fig. 2). 카드뮴은 실험군이 1.28±0.89 µg/dL, 대조군이 0.90±0.59 µg/dL로 두 군 간에 유의한 차이가 있었고 최 등(1999)의 일반인의 0.09 µg/dL 결과보다 높게 나타났다. 본 연구에서 납과 카드뮴의 혈중 농도가 타 연구 결과보다 높게 나타나지는 않았으나 황사에 노출된 옥외근로자가 실내 근무자보다 혈중 중금속 농도가 상승된 결과를 보였으며 흡연을 한 경우에는 실험군과 대조군 모두에서 흡연자가 비흡연자 보다 유의하게 높은 결과를 나타내었다. 납의

경우에서는 연령 증가에 따라 혈중 농도가 상승하는 것으로 나타났다. 대부분의 중금속 연구 결과가 연구자에 따라 높은 성적차이를 보이는 것은 조사환경 이외에 섭취 음식물의 종류와 작업환경, 조사 시기 및 대상, 측정방법에 따른 영향이 많은 것으로 보고되었는데 같은 조건이나 정상인 간의 비교에서도 연구마다 각기 다른 결과를 보여 보다 정확한 지표가 설정 되어야 할 것으로 사료되며 해마다 지속되는 황사에 대한 연구가 토양이나 대기 중 중금속 측정이 대부분이고 체내 혈중 농도에 대한 연구가 거의 없는 실정이므로 이에 대한 연구와 영향 변수에 대한 조사가 다각적으로 모색되어야 하겠다.



**Fig. 1.** 황사예보 기준(기상청 황사센터)

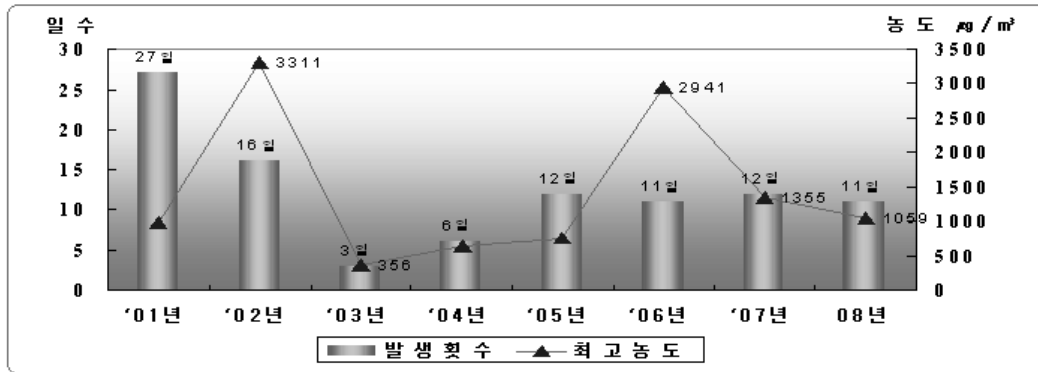


Fig. 2. 황사발생 일수 및 최고농도(기상청 황사센터)

### 감사의 글

이 논문은 진주보건대학 연구비 지원에 의해 연구됨.

### 참고문헌

- Buchet JP, Lauwerys R, Roels H, De Vos C. Determination of manganese in blood and urine by flameless atomic absorption spectrophotometry. *Clin Chim Acta* 73(3):481-486, 1976.
- Lindberg E, Vesterberg O. Urinary excretion of chromium in chromeplaters after discontinued exposure. *Am J Ind Med* 16(5):485-492, 1989.
- Murayama N. Dust clouds "Kosa" from the east Asian Dust storms in 1982-1988 as observed by the GMS satellite. *Meteorological Satellite Center Technical Note* 17:1-8, 1988.
- Vedal S. Ambient particles and health: lines that divide. *J Air Waste Manag Assoc* 47(5):551-581, 1997.
- 박종안, 최주섭, 이종화, 이석기. 일부 남자 정상인의 혈액 및 뇨중 연함량. *한국산업위생학회지* 8(2):224-228, 1998.
- 손부순, 홍은주, 김윤신. 모발 중 미량 금속 함량에 관한 조사 연구. *한국산업위생학회지* 7(2):233-244, 1997.
- 신해림, 김준연. 연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구. *예방의학회지* 19(2):167-176, 1986.
- 전종갑. 대기 오염 물질 수송과 관련된 동부 아시아 상층 대기의 순환 특성에 관한 연구. *한국기상학회지* 27(2):180-196, 1991.
- 정용승, 김학성, Natsagdorj L, Jugder D, Chen SJ. 1997~2000년에 발생된 황사에 관한 연구. *한국기상학회지* 37(4):305-316, 2001.
- 최호춘, 김강운, 안선희, 박화미, 김소진, 이영자. 용접사업장 근로자의 흡 및 금속 노출농도에 대한 평가와 혈중 금속 농도. *한국산업위생학회지* 9(1):56-72, 1999.
- 환경부. 3,4월 황사 시 중금속 분석결과 발표. *환경부 보도자료*, p2, 서울, 2002.
- 황인담, 기노석, 이재형, 박인서. 일부 중소도시 기혼 여성의 혈액 및 뇨중 중금속 함량의 상관성에 관한 연구. *예방의학회지* 20(1):49-55, 1987.