

모 수은폭로 사업장의 작업환경개선에 의한 근로자의 요중 수은 및 공기중 수은 농도의 추적조사 연구

고려대학교 의과대학 예방의학교실 및 환경의학연구소

방신호 · 김광종 · 박종태*

— Abstract —

A Follow up Study on the Mercury Concentration in Air and in Urine of Workers after Implementing Controls of Work Environment in Mercury Vapor Exposed Industry

Shin Ho Bang, Kwang Jong Kim, Jong Tae Park

Department of Preventive Medicine & Institute for Environmental Health

In order to evaluate the effectiveness of environmental intervention of work place, metal mercury concentration in air and in urine of the total 43 workers for 3years from December 1991 to October 1993 in a fluorescent lamp manufacturing industry exposed to mercury, was measured before and after implementation of controls such as establishing exhaust ventilation at the department of exhaustion, coating the floor of work place with epostane, cleaning of the floor, improved housekeeping, and etc.

The results were as follows.

1. Before the intervention(December 1991) 39.0% exceeded metal mercury Threshold Limit Value(TLV, 0.05mg/m³). After the intervention(October 1993) 10.1% exceeded TLV and geometric mean of mercury in air was 0.1mg/m³, and showed effectiveness rate of intervention to be 74.4%
2. After the intervention, geometric means of mercury concentrations in air were 0.013, 0.019mg/m³ and showed effectiveness rate of intervention to be 76.6%, 65.5% in A factory(right tube lamp)and at exhaustion department, respectively, A follow up survey found statistically significant reductions in mercury concentration in air three years later.
3. Mercury concentration in urine of 11 workers(29.7%) exceeded warning level of 100 μ l/l before the intervention. After the intervention, of 3workers(8.8%) exceeded warning level and geometric mean of mercury concentration(26.5 μ l/l) in urine was 2.4 times than that of before the intervention.

Geometric means of mercury concentrations in urine of workers at exhaustion department, at sealing and aging department were 44.0, 77.7 μ l/l, respectively and they decreased 2.3, 3.2 times than that of before the intervention.

서 론

수은은 형광등, 수은등의 조명기구제조, 수은온도계, 체온계, 혈압계 등의 의료기구제조, 기압계, 자동온도계, 수은전지등의 과학기계제조, 금, 은등의 아말감제조, 각종 살균제제조, 염소제조, 색소 및 페인트제조등의 화학제품제조등 각종 사업장에서 다양하게 사용되고 있는 금속이다(Zenz, 1988).

수은 화합물은 금속수은, 무기수은, 유기수은으로 대별할 수 있으며 이중 금속 수은은 상온에서 쉽게 증발하는 특성이 있기 때문에 취급 부주의나 미비한 작업 환경 관리 상태인 경우에는 수은중독 발생 가능성이 매우 높다. 외국의 경우 수은 취급 근로자중 수은 중독자가 빈번히 발견된 사례가 보고 되어 왔으며(Birdstrup 등, 1951 ; Friberg, 1951 ; Trachtenberg, 1969 ; Smit등, 1975 ; Selffer와 Neudert, 1975 ; Doull등, 1980 ; Hryhorczuk, 1982 ; shapiro와 Cornblath, 1982), 우리나라에서는 1988년 1월 모 형광등 제조 사업장에서 집단 수은 중독자가 발견되었으며(장미영등, 1989) 그 후에도 여러 수은 사업장에 종사하였던 근로자중에서 수은 중독자가 다수 발견되어(대한산업보건협회, 1990-1991) 사회적으로 크나큰 물의를 야기시켰다.

형광등 제조 작업장은 형광등 초지관을 열처리 한 후 금속 수은을 주입하는 작업 공정이므로 수은 주입시 작업 부주의로 수은을 작업장 바닥에 흘리거나 수은이 잔존한 배기관의 불량 처리시, 형광등 양단의 봉합작업시, 형광등 내부 공기의 진공 배기 과정에서 발생된 수은 증기가 쉽게 근로자에게 폭로되며 이에 따른 적절한 작업환경 개선이 미흡할 경우에는 수은중독 발생 가능성이 높을 것으로 생각된다. 수은중독 예방을 위한 유해작업환경 개선의 기본원리는 수은오염 발생원에 국소배기시설을 설치하고 작업장 바닥의 청소 및 정돈, 수은의 체내 흡수방지를 위한 작업복 착용, 신체의 청결 및 작업장에서 금연, 금식등 개인위생 관리 철저등이 요구된다. 동시에 호흡기 계통을 비롯한 소화기계통 등의 체내에 침입한 총 수은 흡수량을 나타내는 생물학적 폭로지표인(Cherian등, 1978 ; Stopford등, 1978) 요중 수은 농도를 주기적으로 측정 하여야 한다.

수은 폭로 사업장에 대한 작업환경 개선에 따른 근로자의 수은 폭로 평가에 관한 연구 결과는 직업병 예방은 물론 사업주에게는 환경 개선 투자의욕을 상기 시킬 수 있는 기초자료가 될 수 있을 뿐만 아니라 관리자 및 근로자에게는 산업보건 교육자료로 활용 가치가 있을 것으로 생각되나 이와 관련된 연구가 매우 미흡한 상태이다.

이에 본 연구는 형광등제조 업체에서 금속수은 증기에 폭로된 사업장을 대상으로 수은 오염원에 관한 국소배기시설의 설치, 생산공정의 자동화, 작업장의 청소 및 정돈등의 작업환경 개선등을 실시한 후 근로자의 요중수은 농도 및 공기중 수은 농도의 경시적 변화를 개선전과 비교하여 환경개선의 효과를 평가하고자 본 연구를 시도하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

경기도 지역에 소재한 모 형광등제조 업체는 1967년에 설립된 이후 1993년 현재까지 직관 및 곡관 형광등 제품을 국내에서 가장 많이 생산한 사업장으로서 산업보건안전법(노동부, 1991)에 의거 수은 폭로 사업장에 대한 작업환경측정과 수은 폭로 근로자에 대한 특수건강진단(노동부, 1989)을 매년 실시 해왔으며 1991년 5월에 그 결과를 보면 금속수은 증기의 공기중 허용농도(노동부, 1991)인 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 를 초과한 허용농도초과 건수율은 52.1%이었으며 수은중독의 주의 한계치인 요중수은농도 $100\mu\text{g}/\text{l}$ 이상자(노동부, 1989)는 총수검자 122명중 36.9%인 45명으로 나타나 수은폭로 작업장에 대한 작업환경관리에 많은 문제점이 지적되었다. 즉, 수은 오염원인 배기대 부서에 대한 적합한 국소배기 시설이 미설치 되었으며 작업장 바닥에 틈이나 구멍이 나있고 작업장 바닥에 흘린 수은을 제거 또는 청소가 불량하였으며 수은이 주입된 파손된 형광등의 방치, 세수 및 목욕등 개인 위생관리가 저조하였다.

이에 연구자는 대상 사업장의 노사 관계자에게 작업환경관리 대책안을 1992년 2월에 제시하였으며 사업주는 1992년 4월, 8월등 2차에 걸쳐 작업환경 개선을 실시하였다. 개선된 내용은 수은의 주 오염원인 각 생산라인의 배기대 부서에 3면 포워식 국소

배기 시설을 설치함과 동시에 인접작업 부서에는 상방형 후드를 설치하였고 작업장 바닥 전면은 예폭시로 도포하여 틈이나 구멍이 없었으며, 작업장 바닥청소를 위한 진공 청소기가 비치되어 상시 활용 하였으며 현장에 폐기통 비치, 개인위생관리준수를 위한 지속적인 보건교육 실시등이 이루어졌다(Table 1).

본 연구는 작업환경 개선전인 1991년 부터 개선 후인 1993년까지 3년동안 126명 근로자를 대상으로 그들의 작업장 공기중 수은 농도 및 요중수은 농도의 변화를 조사하기 위해 매년 2회 추적조사 하였으나 조사기간 동안에 퇴사 하였거나 조사에 불참하여 실제 3년동안 계속 조사에 참가한 근로자 43명(남자 26명, 여자 17명)을 대상으로 선정하였다.

2. 조사방법

1) 작업공정 및 공정별 유해환경 요인조사

본 연구대상 사업장의 작업공정과 제조시설 배치도를 사전조사 하였으며 각 작업공정별 취급하고 있는 화학물질명과 발생 가능한 유해 환경요인을 예비 조사하였다.

즉, 원추형 유리초자관을 물에 세척하고 건조 시킨후, 초자관 내벽을 형광물질로 도포시킨후(coating) 프로판 가스의 열로 가열시키고(baking) 초자관 양단에 도포된 형광 물질을 제거 시킨다(edge cleaning). 그리고 별도의 작업 공정으로는 형광등 양단에 전극을 봉합하기 위하여 후레어(flare)를 제

조하고 여기에 배기관과 도입선을 삽입하는 스템공정(stem)을 거쳐서 도입선에 필라멘트를 연결하는 마운팅공정(mounting)을 거친다. 앞 공정에서 형광물질을 도포한 초자관 양단에 필라멘트를 봉합하는 씰링공정(sealing)을 거친후 배기대(exhausting) 공정에서는 초자관을 열처리하여 진공 배기 시킨후 초자관내의 배기관을 통하여 금속 수은이 주입되며 이 공정에서만 유일하게 수은이 사용하고 있었다. 수은이 주입된 형광등 양단에 비이스핀을 깨끗한 후 납땜을 하는 베이스링 공정(basing)을 거쳐서 점등시험(aging)을 한 후 완성된 형광등을 포장(packing)하게 된다. 이와 같이 형광등 제조 작업장은 개방된 공간의 작업공정으로서 생산 시설 배치가 콘베이어 시스템으로 구성되었으며 각 공정이 대부분 열처리 하고 있어 고열 작업장임을 알 수 있었으며 배기대에서 유일하게 금속 수은을 사용하고 있어(Figure 1, 2) 철저한 작업환경 관리가 수행되지 않을 경우 작업장의 전 공정은 공기중 오염된 수은의 농도가 높게 나타났을 것으로 생각되었다(김광종 등, 1991).

2) 공기중 수은농도 측정

작업환경 개선 전인 1991년부터 개선후 1993년까지 3년동안 각 작업공정에 근무한 근로자의 공기중 수은농도 측정은 NOISH(National Institute for Occupational Safety and Health, USA, 1989) method 6009에 준하여 개인시료 포집기

Table 1. General characteristics of sampled industry and difference before and after implementing controls

General characteristics of industry		
year of establishment	1967	
End product	20,40Wt right tube & circle line tube fluorescent lamp	
No. of workers	835	
Shift	8 hours, 2 shift	
Amount of Hg consumed/year	2635.2kg	
Amount of Hg consumed/lamp	96.9mg	
No. of production line	8 line	
Difference before and after the intervention		
	before	after
No. of local exhaust hood	5	8
Type of local exhaust hood	open upper type	Enclosed upper type
No. of exhaust ventilator	not established	8
No. of air cleaning devices	not established	8
No. of air supply duct	not established	8
Floor status	unevenness concrete	covered with epostance
housekeeping	poor	improved

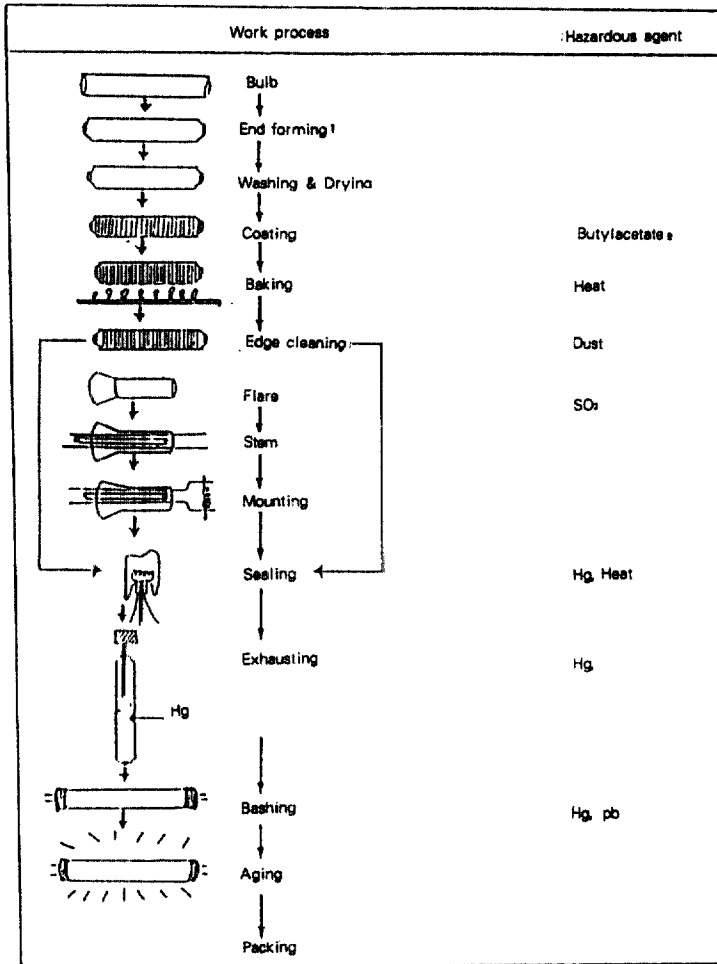


Fig. 1. Flow chart in accordance with hazardous agents

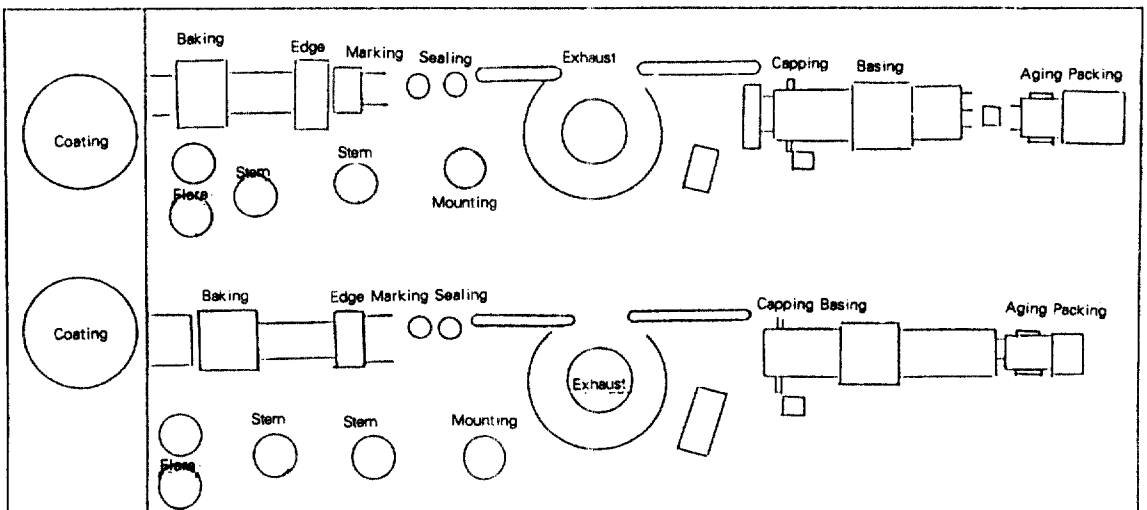


Fig. 2. Flow chart on the fluorescent lamp manufacturing process

(personal air sampler, Gilian, Instru, Corp., USA)에 hopcalite흡착제를 부착하여 근로자의 호흡기 위치에서 유속 0.15-0.25LPM으로 60-120분간 채취하였다.

500ml volumetric flask에 공기 시료를 채취한 hopcalite흡착제 및 앞층 유리솜을 넣고 conc-HNO₃와 con-HCL를 가한다. 흡착제가 완전히 용해될때까지 1시간정도 방치한 후 탈 이온수를 사용하여 50ml로 희석한다. 상기용액 일정량을 100ml volumetric flask에 넣고 탈 이온수로 희석한 후 원자흡광도계의 cold vapor generator(IL-551 ENGLAND)에서 10% SnCl₂로 수은을 환원시켜 파장 253.7nm에서 측정하였다. 이때 공기를 통과시키지 않는 흡착제는 모든 시료와 동일하게 처리한 후 blank로 하여 농도 계산시에 이를 보정 하였다.

3) 요중 수은농도 측정

형광등 제조 사업장에서 수은 증기에 폭로된 근로자를 대상으로 작업환경 개선전인 1991년 12월을 시점으로 1993년 10월까지 3년동안 연 2회씩 요중 수은농도를 측정 하였다.

근로자의 소변은 poly ethylene 채뇨병에 채취하였으며 그중 100ml를 취하여 conc-HNO₂ 2ml를 첨가하고 microwave digestion system(QES TRON, USA)을 사용하여 유기물을 분해 하였다. 이때 용기내 최고 압력은 160psi, 최고 마이크로파력은 900W이며 온도는 180℃이다. 분해가 완결된 후 -20℃의 냉동실에서 용기를 냉각시키고 탈이온수로 정확히 100ml로 희석한다. 이 용액을 원자흡광도계의 cold vapor generator(IL-551, ELGLAND)에서 10% SnCl₂로 수은을 환원시켜 파장 253.7mm에서 측정한다. 측정된 각 요중 수은농도는 요 비중으로 보정 하였다.

작업환경 개선 전과 후에 있어서 공기중 및 요중

수은농도 측정치는 기하 평균과 기하 표준편차, 범위로 표시하였으며 각 측정치간의 차이나 분포에 대한 유의성 검증은 t-test, 분산분석 x²-test를 이용하였다.

성적 및 고찰

수은 폭로 작업장에 대한 공기중 수은농도를 측정 한 결과 허용농도(0.05mg/mm³)를 초과한 작업부서에 대하여 수은의 주 오염원인 배기대 부서를 중심으로 3면 포위식 국소배기 시설을 설치하였고 일부 배기대 시설을 자동화 하였으며 작업장 바닥에 폭시 재질로 도포하여 틈을 막았으며 작업장 바닥에 흘린 수은을 진공 청소기로 제거하도록 하고 근무중인 근로자에게 수은 중독 예방에 관한 보건교육 등을 실시하였다. 따라서 작업환경개선전인 1991년 12월 이전과 개선후 1993년 10월까지 3년간 공기중 수은 농도 및 근로자의 요중 수은 농도를 추적조사하여 경시적 변화를 평가하였다.

본 연구대상자는 작업환경 개선전에 126명 이었으나 3년동안 추적조사하는 동안 퇴사 또는 누락되어 계속조사가 가능하였던 43명(남자 26명, 여자 17명)을 선정하였으며 이들 남자 근로자의 평균 연령 32세(24-47세), 평균 근속년수는 8년(2.9-20.6년), 여자 근로자의 평균 연령은 23.1세(20-25세) 평균근속년수는 4.1년(3.0-8.5년)이었다(Table 2).

수은에 폭로된 작업장 공기중 수은농도의 분포에서 작업환경 개선전인 1991년 12월에 측정된 결과는 공기중 수은의 허용농도 초과율이 총 41 측정회수중 39%이었으나 개선후인 1992년, 1993년에는 각각 15%, 10%로 나타나 개선전 보다 감소하였다(Table 3). 또한 작업환경 개선전과 후에 있어서 공기중 수은의 기하평균농도를 비교한 결과에서 개선전에는 기하평균 0.039mg/mm³이었으나 개선후

Table 2. General characteristics of sampled workers

		Male	female
No. of workers		26	17
Age(year)	Mean(SD)	32.0(7.2)	23.1(3.6)
	Range	24 - 47	20 - 35
Work Career (year)	Mean(SD)	8.0(4.8)	4.1(1.6)
	Range	2.9 - 20.6	3.0 - 8.5

(SD) : Standard Deviation

인 1992년 10월, 1993년 10월에는 각각 0.026 0.01mg/mm³로 나타났으며 개선전에 비하여 개선 후에 있어서 공기중 수은의 평균농도의 개선효과율은 각각 33.3%, 74.4%로 나타났다(Table 4, Figure 3).

본 조사대상 사업장은 직관형광등을 제조하는 6개의 배기대 부서가 있는 A공장과 곡관 형광등을 제조하는 2개의 배기대 부서가 배치되어 있는 B공장으로 구분되며 공장별 작업환경 개선전과 후에 있어서 공기중 수은의 기하평균농도를 비교하였다. 그결과 A공장에서 작업환경 개선전에 측정된 공기중 수은의 평균농도는 0.047mg/m³이었으나 개선후(1993년 10월)에는 0.011mg/m³로 나타났으며 개선전에 비하여 개선효과율은 76.6%을 보였으며, B공장에서 작업환경 개선전에 공기중 수은의 평균농도는 0.025mg/m³이었으나 개선후에는 0.016mg/m³로 개선전에 비하여 낮은 개선효과율인 36.0%를 보였다. 작업부서별 작업 환경 개선 전과후에 있어서 공기중 수은농도의 비교에서 수은의 주 오염원인 배기대 부서는 65.5%의 개선효과를 보였으며 씨링

및 에이징부서등은 역시 75.8%의 개선효과를 나타냈다(Table 5, 6).

작업환경개선후에 있어서 공기중 수은농도는 개선 후 기간이 경과 할 수록 감소하는 경향을 보였으며 개선효과율은 70%이상까지, 공기중 수은의 평균농도는 0.01mg/m³까지 낮출 수 있음을 보였으나 일부 작업장에서는 허용농도를 초과한 경우도 있었다. 이는 수은의 오염원인 배기대 부서및 인근 작업부서에 설치된 국소배기시설의 지속적인 성능검사 및 유지관리가 미흡하며 계절에 관계없이 적절한 급기및 배기량의 균형조절, 작업중 및 작업후 작업장 바닥에 잔존한 수은제거와 청소등에 그 원인이 있다고 생각된다.

수은에 폭로된 근로자 43명을 대상으로 작업환경 개선전과 후에 3년간 요중 수은 농도를 추적 조사하였다. 그 결과 작업환경 개선전인 1991년 12월에 측정된 요중 수은농도에서 수은중독 주의한계치인 100 μ g/1이상자는 총 37명중 29.7%(11명)이었고 수은중독 선별한계치인 300 μ g/1이상자는 8.1%(3명)이었으나 개선후인 1992년 10월, 1993년 10월

Table 3. Mercury concentration in air of workplace

Year	Mercury concentration in air(mg/m ³)			Total
	- 0.050	0.050 - 0.099	0.100 -	
1991. 12	25(61.0)	14(34.1)	2(4.9)	41(100.0)
1992. 6	30(83.3)	4(11.1)	2(5.6)	36(100.0)
1992. 10	21(87.5)	2(8.3)	1(4.2)	24(100.0)
1993. 6	28(84.8)	5(15.2)	--	33(100.0)
1993. 10	34(94.4)	2(5.6)	--	36(100.0)

() : %

Table 4. Comparison of the geometric mean(GM) of mercury concentration in air before and after implementing controls

Year of implementing controls	Mercury concentration in air(mg/m ³)					% Change in GM
	n	GM	(GSD)	UCL*	LCL**	
Before						
1991. 12	41	0.039	(1.91)	0.048	0.032	
After						
1992. 6	36	0.019	(2.69)	0.027	0.014	-51.3
1992. 10	24	0.026	(2.40)	0.037	0.018	-33.3
1993. 6	33	0.022	(2.40)	0.030	0.016	-43.6
1993. 10	36	0.010	(2.57)	0.014	0.007	-74.4

GM : Geometric Mean

GSD : Geometric Standard Deviation

UCL* : Upper 95% confidence level

LCL** : Lower 95% confidence level

Table 5. Comparison of the geometric mean(GM) of mercury concentration in air before and after implementing controls by type of factory

Factory	Mercury concentration in air(mg/m ³)							
	Before(1991. 12)			After(1993. 10)				
	n	GM	GSD	n	GM	GSD	% change in GM	
A factory	30	0.047	1.78	26	0.011	2.51	-76.6	P<0.001
B factory	11	0.025	1.86	7	0.016	2.69	-36.0	P>0.5

A Factory is a right tube lamp producing workplace

B factory is a cricle line lamp workplace

GM : Geometric Mean

GSD : Geometric Standard Deviation

Table 6. Comparison of the geometric mean(GM) of mercury concentration in air before and after implementing controls by type of departments

Department	Mercury concentration in air(mg/m ³)						% change in GM	Significance
	Before(1991. 12)			After(1993. 10)				
	n	GM	GSD	N	GM	GSD		
Exhaustion	13	0.055	1.58	15	0.019	2.40	-65.5	P<0.001
Sealing & Aging	28	0.033	1.91	18	0.008	2.23	-75.8	P<0.001

GM : Geometric Mean

GSD : Geometric Standard Deviation

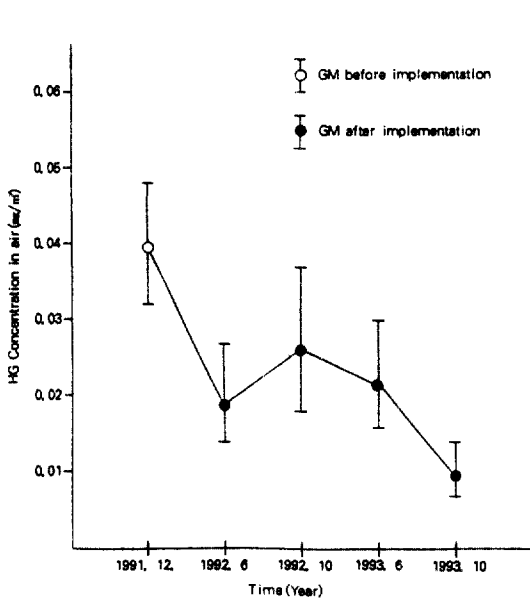


Fig. 3. Geometric mean(GM) and 95% confidence limit of the mercury concentration in air

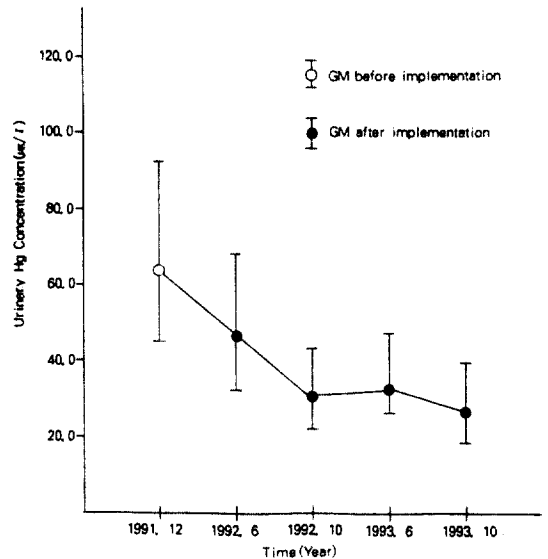


Fig. 4. Comparison of the geometric mean (GM) and 95% confidence limit of urinary mercury concentration before and after implementing controls

에 수은중독 선별한계치 이상자는 없었으며 100-299 $\mu\text{g}/1$ 사이인 근로자는 각각 9.1% (3명), 8.8% (3명)이었다. (Table 7).

작업환경 개선전과 후에 있어서 요중수은의 기하 평균농도의 비교에서 개선전인 1991년 12월에는 63.6 $\mu\text{g}/1$ (6.3-419.9 $\mu\text{g}/1$)이었으나 개선후인 1992년 10월, 1993년 10월에는 각각 30.7, 26.5 $\mu\text{g}/1$ 이었으며 개선후인 1993년 10월에 요중 수은의 평균 농도는 개선전보다 약 2.4배의 감소를 보였으며 개

선후 12개월부터 요중수은의 평균농도는 약 30 $\mu\text{g}/1$ 의 일정한 수준의 경향을 보였다 (Table 8, Figure 4). 또한 작업공정별 작업 환경 개선전과 후에 있어서 요중수은의 평균농도간에는 유의한 차이 ($p < 0.01$)을 보였으며 배기대 부서의 개선전 요중수은의 평균농도는 99.4 $\mu\text{g}/1$ (6.3-427.7 $\mu\text{g}/1$)이었으나 개선후에는 44.0 $\mu\text{g}/1$ (7.9-189.6 $\mu\text{g}/1$)로 개선전보다 약 2.3배의 감소를 보였으며 씨링 및 에이징부서에서 개선전의 요중수은의 평균농도는 37.6 μg

Table 7. Distribution of workers by urinary mercury concentration level

Year	Mercury concentration in air ($\mu\text{l} / l$)			Total
	-99	100-299	300-	
1991. 12	26(70.3)	8(21.6)	3(8.1)	37(100.0)
1992. 6	29(76.3)	8(21.1)	1(2.6)	38(100.0)
1992. 10	30(90.9)	3(9.1)	-	33(100.0)
1993. 6	37(90.2)	4(9.8)	-	41(100.0)
1993. 10	31(91.2)	3(8.8)	-	34(100.0)

() : %
 $p < 0.01$

Table 8. Comparison of the geometric mean(GM) of mercury concentration in urine before and after implementing controls

Year of implementing controls	Urinary mercury concentration ($\mu\text{l} / l$)			
	n	GM(GSD)	UCL*	LCL**
Before				
1991. 12	37	63.6(2.9)	92.0	45.2
After				
1992. 6	38	46.7(3.1)	67.8	32.3
1992. 10	33	30.7(2.5)	43.0	22.2
1993. 6	41	33.8(2.8)	47.0	24.4
1993. 10	34	26.5(3.0)	38.8	17.8

GM(GSD) : Geometric Mean(Geometric Standard Deviation)

UCL* : Upper 95% confidence level

LCL** : Lower 95% confidence level

$p < 0.01$

Table 9. Comparison of the geometric mean(GM) of mercury concentration in urine before and after implementing controls by type of department

Department	Urinary mercury concentration ($\mu\text{l} / l$)						% change in GM
	Before(1991. 12)			After(1993. 10)			
	N	GM(GSD)	Range	N	GM(GSD)	Range	
Exhaustion	20	99.4(3.1)	6.3-427.7	21	44.0(2.4)*	7.9-189.6	-55.7
Sealing & Aging	17	37.6(1.9)	11.6-95.7	13	11.7(2.6)*	2.9-74.8	-68.9

GM(GSD) : Geometric Mean(Geometric Standard Deviation)

* : $p < 0.01$

/1(11.6-95.7 $\mu\text{g}/1$)이었으나 개선후에는 11.7 $\mu\text{g}/1$ (2.9-74.8 $\mu\text{g}/1$)로 개선전보다 3.2배의 감소를 보였다(Table 9).

이상의 결과에서 작업환경 개선전 공기중 및 요중수은의 평균농도는 개선 전에 비하여 개선 후에 유의한 감소를 보였는데 이는 Benning(1958), Lopplestene과 McArthur(1967), Smith등(1970)의 작업환경 개선 사례와 유사한 결과를 보였으며 작업환경 개선의 각 방법들에 의해 얼마나 개선효과에 기여하는지를 측정하는 것은 불가능하였다. 그러나 국소배기 시설의 설치, 작업장 바닥의 보수, 작업장 바닥에 잔존한 수은의 제거 및 청소 등의 여러 개선방법을 조합한 최종결과에서 공기중 수은 및 요중수은 농도에 유의한 감소가 있었다.

그러나 작업환경이 개선된 일부 작업장에서 공기중 수은농도가 허용농도를 초과하였고 일부 근로자에서 요중수은 농도가 주의한계치인 100 $\mu\text{g}/1$ 이상을 보이고 있어 향후 근로자에 대한 건강관리 계획의 제시, 개인 위생관리의 철저, 작업복의 청결, 작업장 청소 및 정돈, 국소배기 시설의 주기적인 점검 및 보수등 엄격한 산업보건관리의 추진으로 인해 감소 시킬 수 있을 것이다.

결 론

본 연구는 모 형광등 제조업체에서 금속수은 증기에 폭로 된 사업장을 대상으로 수은 오염원인 배기대 부서에 대하여 국소배기 시설의 설치, 작업바닥의 에폭시도포, 작업장 청소 및 정돈등의 작업환경을 개선한 후 작업환경 개선 효과를 평가하고자 개선전인 1991년 12월부터 1993년 10월까지 3년간 43명의 근로자를 대상으로 요중수은 농도 및 공기중수은 농도를 추적조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 작업환경 개선전(1991년 12월) 공기중수은의 허용농도(0.05 mg/m^3) 초과율은 39.0%이었으나 개선후(1993년 10월)에는 10.1%로 감소하였으며 개선후 공기중 수은의 기하평균농도는 0.01 mg/m^3 로 개선전보다 74.4%의 개선 효과율을 보였다.

2. 작업환경 개선후 공장별, 작업부서별 공기중수은의 평균농도는 A공장, 배기대부서에서 각각 0.013 mg/m^3 , 0.019 mg/m^3 로 개선전보다

76.6%, 65.5%의 개선효과율을 보였으며 공기중수은농도는 개선후 기간이 경과 할수록 유의한 감소를 보였다.

3. 작업환경 개선전에 요중수은농도 100 $\mu\text{g}/1$ 이상자로 29.7%(11명)이었으나 개선후에는 8.8%(3명)로 감소 되었으며 개선전 요중수은의 기하평균농도는 63.6 $\mu\text{g}/1$ 이었으나 개선후에는 26.5 $\mu\text{g}/1$ 로 2.4배 감소 하였으며 작업공정별 요중수은농도는 배기대부서, 씨링 및 에이징부서에서 개선후 44.0, 11.7 $\mu\text{g}/1$ 로 개선전보다 각각 2.3배, 3.2배의 감소를 보였다.

참 고 문 헌

- Benning D : *Ourbreak of mercury poisoning in Ohio. Ind Med Surv* 1958;27:354
- Birdstrup PL, et al. : *Chronic mercury poisoning in man repairing direct-current meters. Lancet* 1951;2:856
- Cherian GM, Hursh JB, Clarkson TW and Allen A : *Radioactive mercury distribution in biological fluids and excretion in human subjects after inhalation of mercury vapor. Arch Environ Health* 1978;33:109
- Cooper TC, Gressel MG, Froehlich PA, Caplan PE, Mickelsen RL, Valiante D, Bost P : *Successful reduction of silica exposures at a sanitary ware. Am Ind Hyg Assoc* 1993;54:600
- Copplestone JF, McArthur DA : *An inorganic mercury hazard in the manufacture of artificial jewellery. Br J Ind Med* 1967;24:77
- Doull J, Klaassen C, Amdur M : *Toxicology, 2nd Ed., New York, Macmillan Publishing Co., Inc., 1980, 421-428*
- Friberg L : *Aspects of chronic poisoning with inorganic mercury. Nord Hyg Tech* 1951;32:240
- Goldstein NP, Mccal JT, Dyck PJ : *Metal Neuropathy. In Peripheral Neuropathy, Philadelphia, PA, W.B. Saunders, 1975, 1249-1251*
- Hryhorczuk DO, Meyers L, Chen G : *Treatment of mercury intoxication in the dentist with N-acetyl-D, L-penicillamine. J Toxicol* 1982;19:401-408
- Hunter D : *The Disease of occupation, 4th Ed., Boston, Ma, Little Brown Co., 1969, 232-288*
- National Institute for Occupational Safety and

- Health9NIOSH) : *NIOSH manual of analytical method 6009*. NIOSH, 1989.
- Selffert P, Neudert H : *Zur Frage der gewerblichen Quecksilber-vergrftung. Zbl Arbeitsmed* 1975;4:129
- Shapiro IM, Cornblath DR : *Neurophysiological and neuropsychological function in mercury-exposed dentists, Lancet* 1982;1:1147
- Smith RG, Verwald AJ, Patil LS, Mooney TF : *Effects of exposure to mercury in the manufacture of chlorine. Am Ind Hyg Assoc J* 1970;31:687-700
- Stopford W, Bundy SD, Goldwater LJ and Bittifer JA : *Microenviromental exposure to manufacture to mercury vapor. Am Ind Hyg Assoc J* 1978;39:379
- Trachtenberg IM : *The chlorine action of mercury on the organism, Current aspects of the problem of micro-mercurialism and its prophylaxis. Zdrov Ja, Kiev, 1969*
- World Health Organization : *Early Detection of Occupational Diseases, Geneva, WHO, 1969, 79-84*
- Zenz C : *Occupational Medicine, Principles and Practical Applications, 2nd ED., Chicago, year Book Medical Publishing Ind., 1988, 590-596*
- 노동부 : 산업안전보건법, 노동부, 1991.
- 노동부 : 유해물질의 허용농도, 노동부가 고시 제 91-21호, 노동부, 1991
- 노동부 : 근로자 특수건강진단 방법 및 직업병 관리 기준, 노동부 1989:297
- 장미영, 김광중, 염용태 : *An intervention study on the outbreak of occupational mercury poisoning* 고대의대 논문집 1989;26(1):67
- 대한산업보건협회 : 특수건강진단 종합 연보, 서울, 대한산업보건협회, 1990-1991
- 김광중, 차철환, 염용태 : 우리나라 수은 취급업체의 작업공정 및 수은중독 위험도에 관한 조사 연구, 대한산업의학회지 1991;4:92