

정상인과 도금업 근로자의 요 및 혈청중 크롬 및 니켈 농도

대한산업보건협회 산업보건연구소

최 호 춘

— Abstract —

Chromium and Nickel Concentrations in Urine and Serum of None Exposed Group and Workers in Electroplating Plants

Ho-Chun Choi

Korea Industrial Health Association Institute of Occupational Health

The exposure levels of chromium and nickel for chromeplating workers were evaluated. Chromium and nickel concentrations in urine and serum from 82 exposed workers and 69 controls, who were not exposed occupationally to metals, were analyzed by flameless atomic absorption spectrophotometry. The results were as follows:

1. Chromium concentrations in urine of exposed group and control were 3.49 ± 1.83 g/g of creatinine, 5.59 ± 2.83 g/g of creatinine, and in serum were 0.69 ± 0.30 g/l, 2.31 ± 1.16 g/l respectively.

There were significant difference of concentrations for chromium in urine and serum by group respectively.

2. Nickel concentrations in urine of exposed group and control were 0.92 ± 0.23 g/g of creatinine, 2.20 ± 1.93 g/g of creatinine, and serum concentrations were 0.52 ± 0.34 g/l, 1.41 ± 0.74 g/l respectively. There were significant difference of concentrations for nickel in serum by groups statistically.

3. Chromium and nickel concentrations in urine and serum of exposed groups were not significant by workplaces(grinding, electroplants, packaging).

I. 서 론

크롬 및 니켈은 인체에 유해한 중금속으로 알레르기성 피부질환, 폐질환 등을 일으키며 특히 발암성 물질로 알려져 있다. 도금업 공장에서는 전기 도금조에서 공기를 불어넣을시 니켈 도금조의 황산 및 염화 니켈이, 크롬 도금조의 크롬산이 에어로졸상태

로 근로자들의 호흡기를 통하여 폐내에 들어가게 된다. 폐내에 들어온 물질은 다시 빠른 속도로 혈액의 혈장 부분으로 이동하며 느리게는 적혈구와 쿵팜으로 이동하게 된다(Lindberg와 Vesterberg, 1989). McNeely등(1972)은 주거환경 이나 작업환경에 의한 폭로 정도는 생물학적인 지표로 혈청 및 요중 크롬, 혈청 및 요중 니켈 농도를 측정하는 것이 타당하고 하였다. 실험적으로도 물에 용해되는 크롬산염

을 흡입하면 대부분이 요증으로 배설된다. 모발 크롬은 인체의 당대사 촉매로 작용하는 과정에서 크롬이 충분하지 아니면 결핍증인지등 크롬에 관한 식품영양학적 섭취 평가에 이용되기도 한다. 이렇게 생체 흡수 전이 및 배설 과정에서 쉽게 시료를 채취할 수 있는 요, 혈액 및 모발을 이용하여 근로자들의 작업 환경에 노출된 정도를 파악할 수 있을 것이다.

그러나 혈중 크롬 및 니켈의 농도는 매우 미량으로 존재하여 과거의 불꽃 원자흡수 분광법에 의한 측정값에 대한 의심이 갔으나, 최근에는 전기로가 부착된 비불꽃원자흡수 분광법이 용해되었으며, 또한 미지시료에 대한 타당한 분석치로 사용되기 위해 동일한 실험과정을 통해 정상인의 농도치와 폭로된 근로자와의 농도치를 비교표시 하였다(Versieck등, 1980).

그러므로 본 연구에서는 도금업 근로자들의 크롬 및 니켈에 폭로되고 있는 작업환경에서 요 및 혈청에 이들 금속이 함유된 정도가 얼마나 되는지 그리고 비폭로 집단과는 어느 정도 차이가 있는지 실험하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 경인 지역에 위치한 일부 크롬 및 니켈 도금업에 종사하는 근로자들을 대상으로 D병원에서 실시한 특수건강진단 대상자인 82(남자:61, 여자:21)명을 폭로군으로 하였으며, 중금속 작업장에 특별히 노출되지 않은 국민학교 교사 및 병원 근무자로 69(남자:52, 여자:17)명을 비폭로 대조군으로 선정하였다. 분석 대상자의 중금속 폭로군의 평균연

령은 남자가 28 ± 8.1 (16-57)세, 여자는 41 ± 13.1 (16-64)세 였으며, 비폭로군은 남자가 32 ± 7.8 (21-58)세, 여자가 30 ± 4.8 (20-39)세 였다.

2. 연구방법

요중 크롬 및 니켈 분석에 있어서 요의 전처리 실험에 초단파 회화기(Microwave digestion system, power 630 watt)를 사용하였다. 요 25ml에 진한 질산 6ml를 첨가한 후, 초단파 회화기는 3단계 온도 프로그램을 사용하였다. 첫 단계에 파워 80%로 10분간, 두번째 단계는 파워 100%로 8분간, 세번째 단계는 파워 70%로 5분간 사용하였다. 혈청중 크롬 및 니켈은 전처리 단계 없이 직접 수정액이나 증류수를 사용하여 표준물 첨가법에 의해 비불꽃 원자흡수 분광기(Varian 300P Atomic Absorption Spectrometer)를 사용하여 분석하였다. 이때 기기 조건은 표 1과 같다.

요 및 혈청중 크롬 분석은 각 시료를 15-16 μ 로 전기로(furnace)에 주입시켰으며, 요 및 혈청중 니켈은 15 μ 씩 3번 반복주입하여 건조시킨후 시료를 회화하여 원자화 시켰다. 이때 요중 크롬은 요 5 μ , 증류수나 표준용액 5 μ , 수정액 5 μ , 혈청 중 크롬은 8 μ , 증류수나 표준용액 5 μ , 수정액 3 μ , 요중 니켈은 요 5 μ , 증류수나 표준용액 5 μ , 수정액 5 μ , 혈청중 니켈은 혈청 8 μ , 증류수나 표준용액 5 μ , 수정액 3 μ 로 주입하였다. 요중 크롬은 2.5% Ammonium dihydrogen phosphate의 수정액을 사용했으며, 혈청 시료의 수정액(modifier)은 2% $Mg(NO_3)_2$ 를 사용하였다. 니켈은 요 및 혈청시료의 수정액으로 1,000ppm의 Palladium nitrate를 사용하였다.

Table 1. Analytical conditions by atomic absorption spectrometer

Conditions Chromium Nickel												
Method	flameless					flameless						
Wavelength(nm)	357.9					232.0						
Slit width(nm)	0.2					0.2						
Lamp current(mA)	7					4						
Background correction	off					on						
Temperature program												
Temperature(℃)	60	120	300	1500	2400	60	95	120	300	1500	2400	
Time (sec)	5	25	5	55	2.0	5	25	10	40	16	2.0	

III. 연구결과

1. 대조군과 도금업 근로자의 요 및 혈청중 크롬 농도

대조군과 도금업 근로자의 요 및 혈청중 크롬 농도는 표 2와 같다. 중금속에 대한 비폭로군과 폭로군의 크롬 농도 비교는 시료수가 적어 비모수 검정에 의한 Mann-Whitney test를 하였다.

대조군 남자 및 중금속 폭로군 남자의 요중 크롬 농도는 각각 $3.49 \pm 1.83 \text{g/g}$ of creatinine, $5.59 \pm 2.83 \text{g/g}$ of creatinine, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.39 \text{g/l}$, $2.31 \pm 1.16 \text{g/l}$ 으로 각 시료마다 두 집단간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 여자 비폭로군과 도금업에 종사하는 여자 폭로군의 요중 크롬

농도는 각각 $4.32 \pm 1.07 \text{g/g}$ of creatinine, $9.49 \pm 5.76 \text{g/g}$ of creatinine, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.47 \text{g/l}$, $2.24 \pm 1.01 \text{g/l}$ 으로 각각의 시료에 대하여 비폭로 대조군과 폭로군간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

2. 대조군과 도금업 근로자의 요 및 혈청중 니켈 농도

비폭로군과 폭로군인 도금업 근로자의 요 및 혈청중 니켈 농도는 표 3과 같다. 비폭로 대조군 남자 및 도금업 근로자인 중금속 폭로군 남자의 요중 니켈 농도는 각각 $0.92 \pm 0.23 \text{g/g}$ of creatinine, $2.20 \pm 1.93 \text{g/g}$ of creatinine으로 농도 차이가 없었으며, 혈청중 니켈 농도는 각각 $0.52 \pm 0.34 \text{g/l}$, $1.41 \pm 0.74 \text{g/l}$ 으로 농도 차이가 있었다($p < 0.05$).

Table 2. Results of chromium in urine and serum by group

Group	Sex	Urinary Cr(g/g creatinine)			U	Z	Serum Cr(g/l)			U	Z
		n	Mean \pm S.D.	Mean Rank			n	Mean \pm S.D.	Mean Rank		
Control	M	10	3.49 ± 1.83 (0.10-6.60)	18.00			49	0.69 ± 0.39 (0.01-1.63)	28.77		
Exposed	M	47	5.59 ± 2.83 (0.13-12.72)	31.34	125.0	-2.31*	61	2.31 ± 1.16 (0.50-6.41)	76.98	184.5	-7.88*
Control	F	6	4.32 ± 1.07 (2.58-5.36)	7.50			17	0.69 ± 0.47 (0.01-1.92)	10.32		
Exposed	F	18	9.49 ± 5.76 (1.28-21.18)	14.17	24.0	-2.00*	21	2.24 ± 1.01 (0.67-4.08)	26.93	22.5	-4.58*

*: $p < 0.05$, Nonparametric Mann-Whitney test(U- value, Z-value)

Table 3. Results of nickel in urine and serum by group

Group	Sex	Urinary Ni(g/g creatinine)			U	Z*	Serum Ni(g/l)			U	Z*
		n	Mean \pm S.D.	Mean Rank			n	Mean \pm S.D.	Mean Rank		
Control	M	13	0.92 ± 0.23 (0.77-1.19)	12.67			49	0.52 ± 0.34 (0.03-1.64)	33.12		
Exposed	M	47	2.20 ± 1.93 (0.50-11.47)	26.32	32.0	-1.57	56	1.41 ± 0.74 (0.25-2.81)	70.39	398.0	-6.26*
Control	F	15	1.21 ± 0.62 (0.56-2.10)	8.0			16	0.72 ± 0.42 (0.23-1.52)	15.16		
Exposed	F	18	1.99 ± 1.09 (0.75-4.79)	13.11	25.0	-1.49	21	1.10 ± 0.62 (0.33-2.20)	21.93	106.5	-1.89

*: $p < 0.05$, Nonparametric Mann-Whitney test(U- value, Z-value)

여자 비폭로군과 도금업에 종사하는 여자 폭로군의 요중 니켈 농도는 각각 $1.21 \pm 0.62 \text{g/g}$ of creatinine, $1.99 \pm 1.09 \text{g/g}$ of creatinine, 혈청중 니켈은 각각 $0.72 \pm 0.42 \text{g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{g/l}$ 으로 요 및 혈청중 니켈 농도 모두 차이가 없었다(표 3).

3. 작업부서별에 따른 도금업 근로자의 요 및 혈청중 크롬 및 니켈 농도

표 4는 작업부서별 공기중 크롬 및 니켈 농도이다. 도금조에서의 크롬 농도는 평균 35.7 ± 53.0 ($1.0-139.3$) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 니켈은 18.6 ± 24.4 ($0.5-77.3$) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 작업 부서별에 따라 작업장의 크롬 및 니켈 농도는 비모수검정에 의한 Kruskal-Wallis 일원변량분석을 한 결과 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

연마, 도금조 및 포장 작업부서별로 나누어 측정 한 근로자의 요중 크롬 농도 $5.38 \pm 5.03 \text{g/g}$ of creatinine, $5.62 \pm 2.46 \text{g/g}$ of creatinine, $4.68 \pm 1.69 \text{g/g}$ of creatinine, 혈청중 크롬은 $1.98 \pm 0.89 \text{g/l}$, $2.39 \pm 1.21 \text{g/l}$, $1.99 \pm 0.51 \text{g/l}$ 으로 통계학적으로 작업부서별 농도 차이가 없었다(표 5).

요중 니켈 농도는 연마, 도금조, 포장 부서별로 각

각 $2.35 \pm 1.48 \text{g/g}$ of creatinine, $2.17 \pm 2.02 \text{g/g}$ of creatinine, $1.99 \pm 1.09 \text{g/g}$ of creatinine 이었으며, 혈청중 니켈은 $1.17 \pm 0.56 \text{g/l}$, $1.47 \pm 0.78 \text{g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{g/l}$ 으로 차이가 없었다(표 6).

4. 작업경력에 따른 도금업 근로자의 요 및 혈청중 크롬 및 니켈 농도

표 8에서와 같이 작업경력이 2년 이하일 경우 요중 크롬 농도는 $5.15 \pm 2.05 \text{g/g}$ creatinine, 2-4년은 $4.27 \pm 1.56 \text{g/g}$ creatinine, 4년 이상은 $7.25 \pm 3.41 \text{g/g}$ creatinine 이며, 혈청중 크롬 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $2.55 \pm 1.24 \text{g/l}$, $2.19 \pm 0.70 \text{g/l}$, $2.15 \pm 1.40 \text{g/l}$ 이었다.

표 9에서와 같이 작업경력이 2년 이하일 경우 요중 니켈 농도는 $1.69 \pm 1.23 \text{g/g}$ creatinine, 2-4년은 $3.69 \pm 3.76 \text{g/g}$ creatinine, 4년 이상은 $2.20 \pm 1.42 \text{g/g}$ creatinine 이며, 혈청중 니켈 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $1.38 \pm 0.89 \text{g/l}$, $1.41 \pm 0.85 \text{g/l}$, $1.57 \pm 0.61 \text{g/l}$ 의 농도를 보였다.

Table 4. Results of chromium and nickel concentration in air of plants by workplace

Metal	Worplace	n	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	χ^2 -value*
			Mean \pm S.D.(Min - Max)	
Cr	grinding	8	2.0 \pm 2.0(0.9- 6.9)	14.21*
	electroplating	11	35.7 \pm 53.0(1.0-139.3)	
	packaging	7	2.9 \pm 2.0(1.0- 6.0)	
Ni	grinding	8	7.7 \pm 11.7(0.8- 35.7)	11.38*
	electroplating	19	18.6 \pm 24.4(0.5- 77.3)	
	packaging	7	1.1 \pm 0.4(0.5- 11.9)	

*: p < 0.05

*: $p < 0.05$

Table 5. Chromium concentration in urine and serum of exposure group by workplace

Workplace	Urine(g/g creatinine)		χ^2 -value*	Serum(g/l)		χ^2 -value*
	n	Mean \pm S.D.(Min-Max)		n	Mean \pm S.D.(Min-Max)	
grinding	6	$5.38 \pm 5.03(0.13-12.72)$	12		$1.98 \pm 0.89(0.54-3.71)$	
electroplating	41	$5.62 \pm 2.46(1.48-11.50)$		49	$2.39 \pm 1.21(0.50-6.41)$	
packaging	7	$4.68 \pm 1.69(2.81- 7.61)$	0.98	8	$1.99 \pm 0.51(1.15-2.59)$	1.01

*: nonparametric Kruskal-Wallis test

Table 6. Nickel concentration in urine and serum of exposure group by workplace

Workplace	Urine(g/g creatinine)		X ² -value*	Serum(g/l)		X ² -value*
	n	Mean±S.D.(Min-Max)		n	Mean±S.D.(Min-Max)	
grinding	8	2.35±1.48(0.56- 4.65)	1.00	11	1.17±0.56(0.55-2.28)	1.84
electroplating	39	2.17±2.02(0.50-11.47)		45	1.47±0.78(0.25-2.81)	
packaging	18	1.99±1.09(0.75- 4.79)		21	1.10±0.62(0.33-2.20)	

*: nonparametric Kruskal-Wallis test

Table 7. Chromium concentration in urine and serum of exposure group by work duration

Work duration (year)	Urine(g/g creatinine)		Serum(g/l)	
	n	Mean±S.D.(Min-Max)	n	Mean±S.D.(Min-Max)
- 2	23	5.15±2.05(1.48- 9.78)	24	2.55±1.24(0.90-6.41)
2 - 4	8	4.27±1.56(1.28- 6.63)	9	2.19±0.70(1.14-3.25)
4 -	10	7.25±3.41(2.75-11.50)	16	2.15±1.40(0.50-5.87)

Table 8. Nickel concentration in urine and serum of exposure group by work duration

Work duration (year)	Urine(g/g creatinine)		Serum(g/l)	
	n	Mean±S.D.(Min-Max)	n	Mean±S.D.(Min-Max)
- 2	23	1.69±1.23(0.66- 4.98)	22	1.38±0.89(0.25-2.81)
2 - 4	7	3.69±3.76(0.50-11.47)	8	1.41±0.85(0.32-2.58)
4 -	9	2.20±1.42(0.58- 5.31)	16	1.57±0.61(0.30-2.33)

IV. 고 찰

도금업 공장에서 사용되고 있는 대표적인 화학물질로는 6가 크롬인 크롬산염과 물에 용해성인 황산 니켈이나 염화 니켈을 들 수 있다. 이러한 물질들은 발암성 물질로 인체에 매우 유해한 중금속이다.

Suzuki(1990)는 근로자가 6가 크롬에 폭로되면 역학적으로 호흡기계 암의 유해도(cancer risk)가 증가된다고 하였으며, Langard(1990)는 영국의 크롬산염 취급 공장(chromate plant)에서 폐암 발생률이 일반집단 보다 16배 높다고 하였다. 또한 Zober(1979), Brochard등(1983), Kim등(1985)은 크롬 전기도금과 기관지성 암에는 유의한 관계가 있으며 크롬 폭로에 의해 매우 젊은 암환자도 생겼다고 하였다. 크롬은 강한 산화제로서 부식성이 강하여 피부궤양 및 비중격 천공 등을 일으키기도 한다. 크롬 도금업에서는 크롬산으로 도금하기 전과정으로

수용성 화합물인 황산 니켈이나 염화 니켈을 사용하여 니켈 도금을 하게 된다. 그결과 크롬과 니켈 도금은 같은 한 작업장에서 대부분 작업하게 된다. 니켈은 동물에서는 필수 원소로 작용을 하지만 사람에게 있어서 아직까지는 불필요한 원소로 알려져 있다. 1970년대에 들어 니켈은 독성의 유해도가 심각하며 산업 근로자들의 발암성 물질로 보고되었다. Grandjean등(1988)에 의하면 근로자의 폭로 기간이 증가할수록 암의 유해도가 증가하는 상관관계를 보였다. 니켈의 발암성을 예방하기 위한 보호 측면으로 작업 환경중 니켈의 허용 농도를 1.0mg/m³로 적용하기 보다는 니켈의 가장 낮은 한계 허용 시간가중 평균농도를 15μg/m³로 제안도 하였다(Grandjean등, 1988).

이와 같이 크롬 및 니켈은 인체에 매우 유해한 금속으로 한 작업장내에서 두 물질을 취급하는 일부 크롬 및 니켈 도금업 종사자들을 대상으로 본 연구를 시도하였다. 비폭로군과 폭로군 남자 근로자군의

요중 크롬 농도는 각각 $3.49 \pm 1.83 \text{ g/g of creatinine}$, $5.59 \pm 2.83 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.39 \text{ g/l}$, $2.31 \pm 1.16 \text{ g/l}$ 으로 각 시료마다 모두 집단간에 유의한 차이가 있었다. 대조군 여자와 도금업에 종사하는 중금속 폭로군인 여자의 요중 크롬 농도는 각각 $4.32 \pm 1.07 \text{ g/g of creatinine}$, $9.49 \pm 5.76 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.47 \text{ g/l}$, $2.24 \pm 1.01 \text{ g/l}$ 으로 차이가 있었다(표 2). 비폭로군 남자 및 도금업 근로자인 중금속 폭로군 남자의 요중 니켈 농도는 각각 $0.92 \pm 0.23 \text{ g/g of creatinine}$, $2.20 \pm 1.93 \text{ g/g of creatinine}$ 으로 차이가 없었으며, 혈청중 크롬은 각각 $0.52 \pm 0.34 \text{ g/l}$, $1.41 \pm 0.74 \text{ g/l}$ 으로 유의한 차이가 있었다. 비폭로 대조 여자 집단과 도금업에 종사하는 중금속 폭로군인 여자의 요중 니켈 농도는 각각 $1.21 \pm 0.62 \text{ g/g of creatinine}$, $1.99 \pm 1.09 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 니켈은 각각 $0.72 \pm 0.42 \text{ g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{ g/l}$ 으로 차이가 없었다(표 3).

대조군과 폭로군의 비교에 있어서는 크롬 농도에 있어서는 유의한 차이가 있었지만 니켈 농도에 있어서는 남자 집단의 혈청 농도 이외에 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것은 기존 인체내에 흡입된 양이 적을 뿐만 아니라 체내에 함유된 양이 적기 때문으로 생각된다. 크롬 및 니켈 도금업의 작업환경 평가시 크롬 도금조의 평균농도가 $35.7 \pm 53.07 (1.0-139.3) \mu\text{g/m}^3$ 이며, 니켈 도금조는 $18.6 \pm 24.41 (0.5-77.3) \mu\text{g/m}^3$ 으로 크롬이나 니켈 작업장은 노동부고시의 허용농도에는 미치지 못하였다.

크롬 및 니켈 도금은 한 작업장내에 위치하며 작업장이 협소하여 적은 인원의 근로자를 갖는 영세한 업종으로, 전문적인 작업 업무로 부서의 이동없이 일하기가 쉽지 않다. 특히 산세 처리나 니켈조에서 다른 크롬조로 이동되어 일하기가 쉬었으므로 작업 부서는 표 5와 표 6과 같이 연마, 도금조, 포장으로 나누었다. 특히 포장은 여성 근로자들이 대부분으로 본 연구에서는 여성만으로 제한하였다. 연마, 도금조, 포장에 있어서 근로자의 요중 크롬 농도는 각각 $5.38 \pm 5.03 \text{ g/g of creatinine}$, $5.62 \pm 2.46 \text{ g/g of creatinine}$, $4.68 \pm 1.69 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 $1.98 \pm 0.89 \text{ g/l}$, $2.39 \pm 1.21 \text{ g/l}$, $1.99 \pm 0.51 \text{ g/l}$ 으로 작업 부서별 차이가 없었다. 요중 니켈 농도는 부서별로 각각 $2.35 \pm 1.48 \text{ g/g of creati-$

$9.21 \pm 2.02 \text{ g/g of creatinine}$, $1.99 \pm 1.09 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 니켈은 $1.17 \pm 0.56 \text{ g/l}$, $1.47 \pm 0.78 \text{ g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{ g/l}$ 으로 차이가 없었다(표 6). 작업장의 공기중 크롬 및 니켈 농도는 작업 부서별 농도 차이가 있었지만 근로자들의 요 및 혈청중 크롬 및 니켈 농도는 유의한 차이가 없었다.

작업 경력이 2년 이하일 경우 요중 크롬 농도는 $5.15 \pm 2.05 \text{ g/g of creatinine}$, 2-4년은 $4.27 \pm 1.56 \text{ g/g of creatinine}$, 4년 이상은 $7.25 \pm 3.41 \text{ g/g of creatinine}$ 이며, 혈청중 크롬 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $2.55 \pm 1.24 \text{ g/l}$, $2.19 \pm 0.70 \text{ g/l}$, $2.15 \pm 1.40 \text{ g/l}$ 이었다. 작업경력이 2년 이하일 경우 요중 니켈 농도는 $1.69 \pm 1.23 \text{ g/g creatinine}$, 2-4년은 $3.69 \pm 3.76 \text{ g/g creatinine}$, 4년 이상은 $2.20 \pm 1.42 \text{ g/g creatinine}$ 이며, 혈청중 니켈 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $1.38 \pm 0.89 \text{ g/l}$, $1.41 \pm 0.85 \text{ g/l}$, $1.57 \pm 0.61 \text{ g/l}$ 이었다(표 8).

작업 부서 및 경력에 따라서 크롬 및 니켈 농도에 있어서는 차이가 없는 것은 근로자들 마다의 흡입량을 정확히 알 수 없으며 또한 흡입된 양이 미량이기 때문이 아닌가 생각된다. 또한 크롬 및 니켈은 다른 금속에 비해 아직 생체 매카니즘이나 분석에 대해서도 연구가 많지 상태로, 납이나 수은과 같은 중금속 보다는 인체내에 축적되고 배설되는 정도가 다른 양상을 갖는지도 모른다. Saner등(1984)도 정상인 보다는 피혁 공장의 크롬 폭로군이 요와 모발에서 높은 농도를 보였지만 침착된 정도와 배설되는 양이 서로 상관성이 없는것으로 나타났다. 본 연구에서도 중금속에 폭로되지 않은 대조군과 도금업에 종사하고 있는 근로자라는 요 및 혈청중에 함유된 크롬 농도는 유의한 차이가 있었다. 그러나 요중 니켈의 농도는 미량의 농도로 두 집단에 유의한 차이가 없었다. 니켈의 분석은 또한 인체내에 매우 미량으로 함유되어 비불꽃 원자흡수 분광기로 측정할때 시료를 3번 반복주입 시켜야 하는 어려움이 많았다. 앞으로 니켈과 같은 미량 농도 분석에 대한 좀더 발전된 연구가 필요할 것이며 흡입된 중금속의 양과 인체의 각 장기마다 분포되는 양에 대한 연구들이 고려되어야 중금속 폭로에 대한 직업적 요인 및 진단 평가에 도움이 되리라 생각된다.

V. 결 론

크롬 및 니켈을 취급하는 일부 도금업 근로자들의 요 및 혈청중 크롬 및 니켈 농도를 분석하여 중금속에 노출되지 않은 비폭로 대조군과 비교하였다. 결과는 다음과 같다.

1. 비폭로군과 폭로군 남자의 요중 크롬 농도는 각각 $3.49 \pm 1.83 \text{ g/g of creatinine}$, $5.59 \pm 2.83 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.39 \text{ g/l}$, $2.31 \pm 1.16 \text{ g/l}$, 비폭로 여자군과 폭로군 여자의 요중 크롬은 각각 $4.32 \pm 1.07 \text{ g/g of creatinine}$, $9.49 \pm 5.76 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 각각 $0.69 \pm 0.47 \text{ g/l}$, $2.24 \pm 1.01 \text{ g/l}$ 으로 각 시료마다 모두 집단간에 유의한 차이가 있었다.

2. 대조군 및 폭로군 근로자 남자의 요중 니켈 농도는 각각 $0.92 \pm 0.23 \text{ g/g of creatinine}$, $2.20 \pm 1.93 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 니켈은 각각 $0.52 \pm 0.34 \text{ g/l}$, $1.41 \pm 0.74 \text{ g/l}$, 비폭로 대조군과 폭로군 여자의 요중 니켈은 각각 $1.21 \pm 0.62 \text{ g/g of creatinine}$, $1.99 \pm 1.09 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 니켈은 각각 $0.72 \pm 0.42 \text{ g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{ g/l}$ 이었다.

3. 작업부서에 따른 연마, 도금조, 포장에 있어서 근로자의 요중 크롬 농도는 각각 $5.38 \pm 5.03 \text{ g/g of creatinine}$, $5.62 \pm 2.46 \text{ g/g of creatinine}$, $4.68 \pm 1.69 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 크롬은 $1.98 \pm 0.89 \text{ g/l}$, $2.39 \pm 1.21 \text{ g/l}$, $1.99 \pm 0.51 \text{ g/l}$ 이었다. 요중 니켈 농도는 각각 $2.35 \pm 1.48 \text{ g/g of creatinine}$, $2.17 \pm 2.02 \text{ g/g of creatinine}$, $1.99 \pm 1.09 \text{ g/g of creatinine}$, 혈청중 니켈은 $1.17 \pm 0.56 \text{ g/l}$, $1.47 \pm 0.78 \text{ g/l}$, $1.10 \pm 0.62 \text{ g/l}$ 였다.

4. 작업경력이 2년 이하인 근로자의 요중 크롬 농도는 $5.15 \pm 2.05 \text{ g/g creatinine}$, 2-4년은 $4.27 \pm 1.56 \text{ g/g creatinine}$, 4년 이상은 $7.25 \pm 3.41 \text{ g/g creatinine}$ 이며, 혈청중 크롬 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $2.55 \pm 1.24 \text{ g/l}$, $2.19 \pm 0.70 \text{ g/l}$, $2.15 \pm 1.40 \text{ g/l}$ 이었다. 요중 니켈 농도는 경력이 2년 이하일 경우 $1.69 \pm 1.23 \text{ g/g creatinine}$, 2-4년

은 $3.69 \pm 3.76 \text{ g/g creatinine}$, 4년 이상은 $2.20 \pm 1.42 \text{ g/g creatinine}$ 이며, 혈청중 니켈 농도는 경력이 증가됨에 따라 각각 $1.38 \pm 0.89 \text{ g/l}$, $1.41 \pm 0.85 \text{ g/l}$, $1.57 \pm 0.61 \text{ g/l}$ 이었다.

REFERENCES

- 노동부. 유해물질의 허용농도. 노동부 고시 제 91-21.1991
- Grandjean P, Anderson O, Nielsen GD. : *Carcinogenicity of occupational nickel exposure : An evaluation of the epidemiological evidence.* Am J Ind Med 1988 ;13:193-209
- Langard S. : *One hundred years of chromium and cancer : A review of epidemiological evidence and selected case reports.* Am J Ind Med 1990;17:189-215
- Linberg E, Vesterberg O. : *Urinary excretion of chromium in chromeplaters after discontinued exposure.* Am J Ind Med 1989;16:485-92
- Mcneely MD, Nechay MW, Sunderman FW. : *Measurements of nickel in serum and urine as indices of environmental exposure to nickel.* Clin Chem 1972;18(9):992-5
- Nomoto S, Sunderman FW. : *Atomic absorption spectrometry of nickel in serum, urine, and other biological materials.* Clin Chem 1970;16(6):477-85
- Pekarek RS, Hauer EC, Wannemacher RW, Beisel WR. : *The direct determination of serum chromium by an atomic absorption spectrophotometer with a heated graphite atomizer.* Anal Biochem 1974;59:283-92
- Saner G, Yuzbasiyan V, Cigdem S. : *Hair chromium concentration and chromium excretion in tannery workers.* Bri J Ind Med 1984;41:263-6.
- Stokinger HE. : *The metals, Patty's industrial hygiene and toxicology, Vol 2A, New York, 1981:1589-605.*
- Stokinger HE. : *The metals, Patty's industrial hygiene and toxicology, Vol 2A, New York, 1981:1820-41.*
- Suzuki Y. : *Synergism of ascorbic acid and glutathione in the reduction of hexavalent chromium in vitro.* Ind Health 1990;28:9-19.
- Versieck J, Cornelis R. : *Normal levels of trace elements in human blood plasma or serum.* Anal Chimica Acta 1980;116:217-54.
- Zatka VJ. : *Speciation of hexavalent chromium in welding fumes interference by air oxidation of chromium.* Am Ind Hyg Assoc 1985;46(6):327-31.