

일부 직업성 무기연 남성 폭로자의 갑상선 기능에 대한 연구

한림대학교 한강성심병원 산업의학과
고려대학교 의과대학 예방의학교실 및 환경의학연구소*, 성남병원 산업의학과**

김형수 · 박윤철 · 최재욱* · 노우현** · 김대성 · 박종태

— Abstract —

A Study on Thyroid Function among Male Workers Occupationally Exposed to Inorganic Lead

Hyeong Su Kim, Yun Cheol Park, Jae Wook Choi*,
Woo Whan Rho**, Dae Seong Kim, Jong Tae Park

*Department of Occupational & Environmental Medicine,
Hangang Sacred Heart Hospital, Hallym University
Department of Preventive Medicine & Institute for Environmental Health,
College of Medicine, Korea University*
Department of Occupational Medicine, Sungnam Hospital***

This study was performed to evaluate the relationship between biological markers of lead exposure and thyroid functions among male workers occupationally exposed to inorganic lead. 30 male workers exposed to inorganic lead at smelting and battery factories were investigated, and 30 male control workers who were not exposed to inorganic lead occupationally were chosen for this study. The data were obtained using direct interview and assessment of biological markers of lead exposure and thyroid indices.

As biological markers for lead exposure, blood ZPP, blood lead, urine lead and hemoglobin were measured. As thyroid indices, TSH and FT₄ were determined.

The results of the study were summarized as follows :

1. Levels of ZPP, blood lead, and urine lead were significantly higher in lead-exposed group than in nonexposed control group($p < 0.01$ all). Hemoglobin level was significantly lower in lead-exposed group than in nonexposed group($p < 0.01$).
2. Study subjects had normal values of TSH and FT₄. But TSH level was insignificantly lower in lead-exposed group than in nonexposed control group($p = 0.11$) and FT₄ level was significantly lower in lead-exposed group than in nonexposed group($p < 0.01$).
3. As the result of simple regression analysis in lead-exposed group, FT₄ level was negatively correlated with the amount of smoke, blood ZPP, and blood lead($p < 0.05$ all).

4. In lead-exposed group, FT₄ was used as a independent variable and age, the amount of smoke, blood ZPP, and blood lead were entered as a dependent variables in the model. As the result of multiple regression analysis with stepwise selection method, the amount of smoke and blood ZPP were negative predictors of FT₄($p=0.04$, $p=0.09$, respectively).

In conclusion, levels of TSH and FT₄ were lower in lead-exposed group than in nonexposed control group. In lead-exposed group, FT₄ level was negatively correlated with amount of smoke, blood ZPP, and blood lead in simple regression analysis. To clarify this relation, further research between lead exposure and thyroid function may be required for worker with long-term lead exposure or high lead exposure.

Key Words : Lead exposure, Thyroid function

서 론

기원전 4000년 경부터 사용된 연은 문명이 발달함에 따라 그 용도가 더욱 다양해졌다. 현재 주로 사용하는 연은 초자, 고무, 염화비닐수지, 안료, 도료, 그림물감, 도자기의 유약, 연 축전지, 리사지 제조, 광명단 제조, 전선, 케이블, 연관, 연판, 패널, 농약, 의학, 성냥, 활자 등에서 많이 이용되고 있다. 특히 국내 연 사용의 70-80%에 해당하는 축전지 제조업체와 연의 재활용을 위한 2차 제련업체에서 연에 폭로되는 근로자는 수 천명에 달한다(남제성 등, 1998). 1997년도 특수건강진단 대상자를 살펴보면 연 특수건강진단 대상자는 29,679명으로 이는 전체 특수건강진단 대상자 724,170명의 5.1%에 해당한다(노동부, 1998).

연이 인체에 미치는 독성은 이미 Hippocrates 시대부터 기록되었으며 19세기에 이르러 체계적인 연구가 시작되어, 20세기에는 연에 의한 건강장해가 구체적으로 밝혀졌다. 연에 의한 건강장해는 조혈기장해, 중추신경장해, 말초신경장해, 신장장해, 소화기장해, 심혈관 장해 등이 알려져 있으며 최근에는 생식기계 장해, 내분비계 장해, 염색체 이상 및 발암성에 대한 연구들이 진행중이다(Zenz 등, 1994; ACGIH, 1993).

연이 갑상선에 미치는 영향에 대해서는 아직도 많은 논란이 있다. 연이 갑상선의 기능에 영향을 미친다고 보고한 연구를 보면, Slingerland(1955)가 실험적 연구에서 연이 갑상선의 요오드(Iodine) 섭취를 방해한다고 하였으며, Sanstead(1967)는 연이

라트의 갑상선에서 요오드의 섭취를 감소시키고, 요오드의 단백질합 요오드(protein-bound iodine)로의 전환을 억제시킨다고 하였다. Sanstead 등(1969)은 17명의 납 중독자를 대상으로 한 연구에서 갑상선의 요오드 섭취장애를 보고하였다. Robins 등(1983)은 혈중 연농도가 높았던 12명의 주조공에서 thyroxine(T₄)와 estimated free thyroxine(EFT₄)가 감소되어 있다고 하였으며, 연폭로 전체 근로자 47명에서 혈중 연과 EFT₄ 사이에 유의한 음의 상관관계가 있음을 밝혔다. 또한 Tuppurainen(1988)는 연의 폭로기간과 FT₄ 사이에도 유의한 음의 상관관계를 있음을 보였다. 그러나 Siegel 등(1989)은 소아를 대상으로, Refowitz(1983)와 Gennart 등(1992)은 연폭로 근로자를 대상으로 연폭로와 갑상선 기능과의 상관관계를 살펴해보았으나 상관성이 없다고 하였다.

국내에서도 1960년대 이후 연에 대한 독성학적 연구 및 폭로상태에 대한 연구(정규철, 1968a, 1968b; 오세민, 1968; 유정식, 1968)를 비롯하여 연폭로에 의한 조혈기능의 영향(김정만 등, 1984, 1986; 김창윤 등, 1990; 김종배 등, 1991)과 자각증상에 대한 연구(이병국 등, 1991; 황규윤 등, 1992; 강필규 등, 1998)가 진행되었다. 1990년대 이후에는 신장장해에 대한 연구(황인경 등, 1992; 안규동 등, 1992; 남제성 등, 1998), 간기능에 대한 연구(강필규, 1992)등이 이루어졌다. 그러나 연폭로에 의한 내분비 장해에 대한 연구는 아직 미미한 실정이며 일부 남성 근로자를 대상으로 하는 성호르몬 연구가 진행되었으나(김형수, 1999), 갑상선 기능에 대한 연구는 아직 보고된 바가 없었다.

이에 본 연구 목적은 국내에서 일부 무기연 노출 근로자를 대상으로 연폭로 지표와 갑상선 기능과의 관련성을 평가하고, 실제 연폭로가 갑상선 기능에 미치는 영향 정도를 살펴봄으로써 장기간 또는 고농도 연에 폭로되어 있는 근로자에 대하여 갑상선 기능 평가의 근거 자료를 제공하며, 장기적으로는 국내 연 폭로 근로자의 건강관리에 필요한 기초자료를 제공하는데 있다.

연구대상 및 방법

연구대상은 경기지역의 2차계련업 2개사와 산업용 축전지 제조업 1개사의 남성 근로자 30명을 폭로군으로 하였으며 비교를 위해 대조군으로 과거 직업력에서 연 폭로력이 없고 폭로군의 연령, 흡연량 및 음주유무로 짝짓기하여 30명의 사무직 근로자 및 대학생을 선정하였다. 가장 적절한 대조군은 유사한 직종에 근무하는 사업장 근로자중 연 폭로가 없는 근로자를 대상으로 하여야 하나, 본 연구대상 사업장에서 사무직 근로자의 수가 적절하지 않았으며, 연이외에도 알려지지 않은 여러 유해인자의 영향을 배제할 수 없으므로 다른 유해인자의 폭로가능성이 적은 집단을 대조군으로 선정하였다. 연구대상자에 대하여 연령, 신장, 체중, 흡연량, 음주유무, 연 노출기간 등을 직접 면접조사 하였으며 연구대상자중에서 갑상선 기능저하의 원인이 될 수 있는 질환(만성 갑상선염, 요오드 결핍, 약물치료, 갑상선에 대한 방사선치료, 수술)을 가진 근로자는 없었다. 면접조사와 생체시료의 채취는 폭로군의 경우 1998년 9월과 10월에 이루어졌고, 대조군은 폭로군으로부터 얻은 정보를 기초로 짝짓기 하여 1998년 10월에 시행되었다.

연 노출지표로는 혈중 ZPP, 혈중 연, 요중 연 및 혈색소를 측정하였다. 혈중 ZPP는 슬라이드 위에 전혈 한방울을 떨어뜨리고 Hematofluorometer로 측정하였다(Blumberg 등, 1977). 혈중 연과 요중 연은 흑연로를 갖춘 원자 흡광 분광광도계를 이용하여 정량 분석하였고(Fernandez, 1975; 노영만 등, 1996), 측정된 요중 연은 요중 크레아티닌으로 보정하였다. 혈색소는 Cyanmethemoglobin 법으로 측정하였다(이삼열 등, 1984). 갑상선 기능의 지표로는 TSH 및 FT₄를 측정하였으며, 채혈 30분 이내에 원심분리 후 혈청을 호르몬 분석시기까지 -20 °C에서

냉동 보관하였다. TSH는 면역방사선계수측정법(Immunoradiometric assay)을 이용하였으며(Monobind, 1994), FT₄는 방사선면역측정법(Radioimmunoassay)을 이용하였다(Immunotech, 1997).

자료분석은 PC-SAS(version 6.11)을 이용하여, 연구대상군의 각 변수에 대한 산술평균과 표준편차를 구하였으며, 두 군의 비교는 student t-test를 이용하였다. 갑상선 기능 지표와 각 변수 사이의 상관계수를 구하였고, 이중 유의한 관련성을 보인 변수에 대하여 갑상선 기능 지표를 종속변수로, 관련성을 보인 변수를 독립변수로 하여 단순선형회귀분석과 중회귀분석을 실시하였다. 이때 설명 변수의 선택은 단계적 선택방법을 사용하였으며 모든 통계적 검정은 5 % 유의수준에서 판정하였다.

연구결과

1. 연구대상군의 일반적 특성

연구대상자들은 모두 남성이며, 폭로군, 대조군의 평균 연령은 각각 37세, 38세 이었으며, 평균 신장, 평균 체중 등의 신체계수는 두 군간 유의한 차이가 없었다. 흡연빈도, 흡연자의 평균 흡연량 및 음주자의 빈도 역시 두 군간의 유의한 차이가 없었다. 폭로군의 평균 연 폭로기간은 8.5년이었다(Table 1).

2. 연의 생물학적 지표 비교

연구대상자에 대한 연의 폭로 정도를 평가하기 위

Table 1. General characteristics of study subjects mean±SD*, (%)

Variables	Exposed (N=30)	Nonexposed (N=30)
Age(years)	37±10	38±10
Height(cm)	170.0±6.4	170.0±4.5
Weight(kg)	64.7±6.3	68.5±8.7
Smoke(pack-years)	14.3±10.9	16.3±11.6
Smoking	Yes	25(83.3)
	No	5(16.7)
Alcohol	Yes	20(66.7)
	No	10(33.3)
Tenure(years)	8.5±6.2	-

* : Standard deviation

하여 측정된 혈중 ZPP, 혈중 연, 요중 연 및 혈색소의 결과를 살펴보면, 혈중 ZPP의 평균은 폭로군에서 87.6 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 대조군의 33.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다, 혈중 연의 평균은 폭로군에서 34.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 대조군의 2.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 보다, 요중 연의 평균은 폭로군에서 63.1 $\mu\text{g}/\text{g-Cr}$ 로 대조군의 2.6 $\mu\text{g}/\text{g-Cr}$ 보다 모두 유의하게 높았다($p<0.01$). 혈색소의 평균은 폭로군에서 14.4 g/dl 로 대조군의 15.6 g/dl 보다 유의하게 낮았다($p<0.01$)(Table 2).

3. 갑상선 지표의 비교

연구대상자에 대하여 갑상선의 기능을 평가하기 위하여 측정된 TSH와 FT₄값을 두 군에 따라 비교하면, TSH의 평균은 폭로군에서 2.99 uIU/ml로 대조군 3.05 uIU/ml 보다 낮았으나 유의한 차이는 없었으며, 두군의 TSH는 모두 정상범위 이내였다. FT₄의 평균은 폭로군에서 19.65 pM/l 으로 대조군의 21.53 pM/l 보다 유의하게 낮았으며($p<0.01$) 두군의 FT₄ 또한 정상범위 이내였다(Table 3).

4. 연 폭로지수와 갑상선 기능과의 상관관계

Table 4는 연구대상군에 대한 갑상선 기능지표와 각 변수간의 상관관계를 살펴본 것이다. 폭로군에서 TSH는 연령, 신장, 체중, 흡연량, 연 폭로기간, 혈중 ZPP, 혈중 연, 요중 연 및 혈색소 등과 유의한 상관관계를 보이지 않았으나, FT₄는 흡연량($r=-0.4097$, $p=0.04$), ZPP($r=-0.3853$, $p=0.04$),

Table 2. Mean value of biologic markers of lead exposure

Variables	mean \pm SD		p-value
	Exposed (N=30)	Nonexposed (N=30)	
Blood ZPP($\mu\text{g}/\text{dl}$)	87.6 \pm 75.5	33.1 \pm 4.6	$p<0.01$
Blood lead($\mu\text{g}/\text{dl}$)	34.4 \pm 12.9	2.7 \pm 1.3	$p<0.01$
Urine lead($\mu\text{g}/\text{g-Cr}$)	63.1 \pm 95.5	2.6 \pm 4.2	$p<0.01$
Hemoglobin(g/dl)	14.4 \pm 0.9	15.6 \pm 1.0	$p<0.01$

Table 3. Mean value of thyroid indices mean \pm SD

Variables	Reference range*	Exposed(N=30)	Nonexposed(N=30)	p-value
TSH(uIU/ml)	0.3- 4.0	2.99 \pm 0.15	3.05 \pm 0.12	$p=0.11$
free T ₄ (pM/l)	10.1-29.6	19.65 \pm 1.86	21.53 \pm 1.98	$p<0.01$

* Howanitz JH, Howanitz PJ. Laboratory medicine. Churchill Livingstone 1991:248-250

및 혈중 연($r=-0.3661$, $p=0.05$)과 유의한 음의 상관관계를 보여주고 있었다. 연령은 상대적으로 높은 설명력($r=-0.3325$)을 갖으나 통계적 유의성이 없었다($p=0.07$). 대조군의 경우 TSH와 FT₄는 연령, 신장, 체중, 흡연량, 연 폭로기간, 혈중 ZPP, 혈중 연, 요중 연 및 혈색소 등과 유의한 상관관계를 나타내지 않았다(Table 4).

5. 폭로군에서 FT₄에 영향을 미치는 인자

Table 4에서 나타난 폭로군의 FT₄에 영향을 미치는 변수중 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보인 변수인 흡연량, 혈중 ZPP 및 혈중 연과 생물학적으로 의미있는 변수인 연령에 대하여 단순선택회귀분석을 실시하였으며 각각 변수들의 분포양상을 Fig. 1과 같았다.

폭로군의 FT₄를 종속변수로 하고 연령, 흡연량, 혈중 ZPP 및 혈중 연을 독립변수로 하여 단계별 변수선택법(stepwise selection method)을 사용하여 중회귀분석을 실시하였다. FT₄에 대한 흡연량의 중회귀계수는 -0.0597로 통계적으로 유의하였으며

Table 4. Correlation coefficient matrix of TSH and FT₄ with all variables

Variables	Exposed(N=30)		Nonexposed(N=30)	
	TSH	FT ₄	TSH	FT ₄
Age	0.0013	-0.3325	-0.2239	-0.0107
Height	0.3026	-0.2309	0.1906	0.1634
Weight	-0.0497	-0.2558	-0.0749	-0.0482
Smoke	-0.1902	-0.4097*	-0.3221	0.1113
Tenure	-0.1002	0.0115	-	-
ZPP	-0.1018	-0.3853*	0.1270	0.1859
Blood lead	0.0124	-0.3661*	0.0267	0.1859
Urine lead	-0.0326	-0.2802	-0.0336	-0.2254
Hemoglobin	0.2447	0.3057	-0.1315	-0.1981
TSH	-	-0.2392	-	0.1828
FT ₄	-0.2392	-	0.1826	-

* : $p<0.05$ by Pearson's correlation

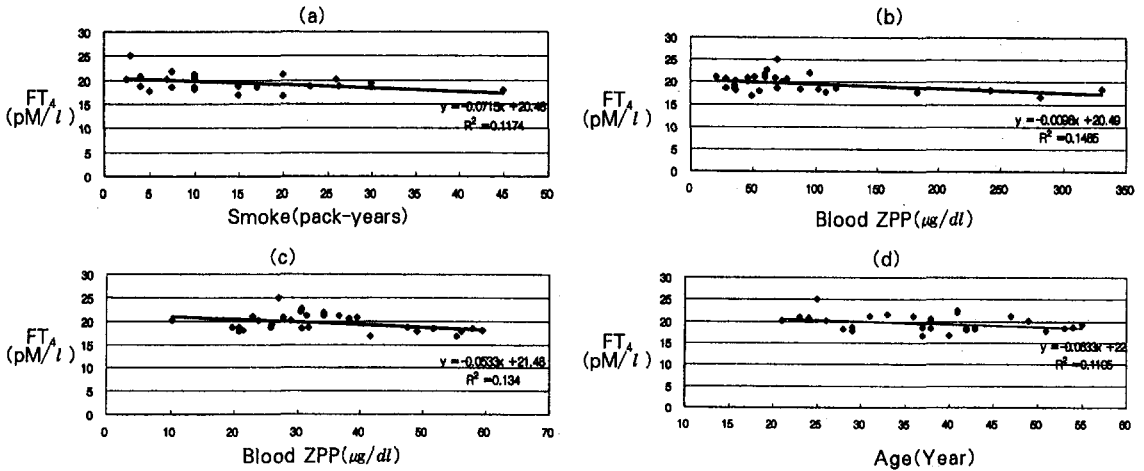


Fig. 1. Relationship between FT₄ and smoke(a) lood ZPP(b), blood lead(c), and age(d) in lead-exposed group

Table 5. Stepwise multiple regression of FT₄ with selected variable in lead-exposed group

Dependent variable	Independent variable	Step	Regression coefficient	Standard error	Partial R-square	p-value
FT ₄	Intercept		21.0296	0.6433		p<0.01
	Smoke	1	-0.0597	0.0323	0.1679	p=0.04
	ZPP	2	-0.0078	0.0043	0.1064	p=0.09

(p=0.04), 혈중 ZPP의 증회귀 계수는 -0.0078로 경계범위를 보였다(p=0.09). FT₄에 대한 흡연량과 혈중 ZPP의 설명력은 각각 R²=0.1679, R²=0.1064이었다(Table 5).

고 찰

최근에 연에 대한 건강영향과 관리에 대한 관심이 증가하면서 실제로 연에 의한 고전적인 중독증상이 보고되는 경우는 감소하였다. 현재 진행중인 연에 대한 연구는 대부분 과거에 알려져 있지 않았거나 장기간 폭로에 인과관계가 밝혀지지 않았던 부분들이다. 그러나 국내의 경우는 아직도 연 폭로가 과다하게 이루어지고 있으며, 이는 연폭로 근로자와 연을 이용하는 작업환경에 대한 공기중 연농도 측정 결과에서 간접적으로 알 수 있다. 즉 1990년대 이후 특수건강진단 근로자중 연 특수건강진단을 받는 근로자는 전체 특수건강진단 대상자의 5.0%-7.4%에 해당하며(대한산업보건협회, 1992-1995; 노동부, 1996-1998), 1995년, 1996년 작업환경측정자료에서 전체 측정건수 6722건, 7528건중 허용기준

을 초과한 건수는 567건(8.4%), 487건(6.5%)으로 아직도 연폭로 작업장에 대한 적절한 관리가 요구되는 있음을 보여주고 있다(작업환경측정협의회, 1996,1997).

연의 갑상선 기능에 대한 영향은 기존의 연구에서 알려진 연의 요오드 대사에 영향으로 갑상선 기능저하를 유발시킬 수 있다는 점과 연에 만성적 폭로시 근로자가 느끼는 비특이적인 증상, 즉 피로, 변비, 근골격계 동통 및 우울 등은 갑상선 기능저하시 발생하는 증상과 유사한 점이 많아, 지속적인 연구 대상이 되고 있다(민헌기, 1990).

이러한 관점에서 본 연구는 갑상선 기능을 반영하는 TSH와 FT₄에 대한 연의 영향정도를 알아보기 위하여 시행되었다. 연구대상자중 폭로군의 연폭로 지표를 대조군과 비교할 때 모두 유의한 차이를 나타냈으며(Table 2), 갑상선기능의 지표인 TSH와 FT₄는 연구대상자 모두 정상범위 이내의 값으로 나타났다(Table 3).

그러나 대부분 정상범위를 가진 TSH와 FT₄에 대하여 폭로군이 대조군에 비해 낮은 값을 가졌으며, FT₄의 경우는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다

(각각 $p=0.11$, $p<0.01$)(Table 3). 갑상선 기능을 정확하게 반영하는 FT₄ 값을 폭로군이 대조군에 비해 유의하게 낮은 값을 갖은 것은 과거 연구, 즉 실험연구에서 밝혀진 연에 의한 갑상선의 요오드 섭취 장애(Slingerland, 1955), 또한 라트를 이용한 연구(Sanstead, 1967)와 24명의 남 중독자를 이용한 연구(Sanstead 등, 1969)에서 나타난 갑상선의 요오드 섭취 장애의 결과와 일치하는 내용이다. FT₄의 감소에도 불구하고 참고치 이내의 값이지만 TSH가 증가하지 않고, 오히려 감소한 것은 연이 갑상선에서 요오드의 섭취방해 이외에 뇌하수체에도 영향을 미치고 있음을 보여준다. Robins 등(1983)은 직업성 무기연에 폭로되어 혈중 연농도가 40 mg/l 이상인 근로자 12명중 7명에서 TSH 값을 측정하였으며 모두 정상범위였다. 그러나 Robins 등의 연구에서는 대조군이 없어 TSH값의 상대적인 비교는 할 수 없었다. 또한 혈중 thyroxine과 EFT₄의 감소에도 혈중 TSH 값이 오르지 않았는데 이는 역시 본 연구의 결과와 부합되는 내용이다.

폭로군의 FT₄와 혈중 ZPP 및 혈중 연 사이에는 단변량 회귀분석에서 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보여주고 있다(Table 3, Fig. 1). 이는 Robins 등(1983)이 과거 연 노출 근로자 47명에서 혈중연농도와 T₄ 결합능(Thyroxin binding capacity, 이하 TBC)을 이용하여 계산된 estimated FT₄¹⁾와 통계적으로 유의한 음의 상관관계($r=-0.29$, $R^2=0.085$, $p=0.048$)를 밝힌 내용과 일치한다. Robins 등은 연구대상자를 백인 25명과 흑인 22명으로 나누어, 흑인에서는 혈중연과 estimated free T₄ 사이에 상관관계($r=-0.458$, $R^2=0.21$, $p=0.03$)가 있었으나, 백인에서는 상관관계를 나타내지 않았다. 이는 흑인은 백인에 비해 연농도가 높은 곳에서 일을 하며, 또한 연이외의 다른 직업적 요소 및 비직업적 요소(영양상태 등)와 관련되어 있다고 설명하였다. 그러나 Refowitz(1984)는 비슷한 조건의 연 폭로근로자를 대상으로 T₃-레진 섭취율을 이용한 free T₄ index²⁾을 이용하여 갑상선 기능과 연폭로와의 상관관계를 살펴보았으나 상관관계가 없다고 보고하였다.

본 연구에서 폭로군의 FT₄와 폭로기간 사이에 유의한 상관관계는 보이지 않았다(Table 4). 그러나 Tuppurainen 등(1988)은 연의 평균폭로기간 7.6년인 176명의 직업성 연 폭로자를 대상으로 폭로기간과 FT₄ 사이에 약하지만 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 밝혔으며, Siegel 등(1989)도 68명의 소아를 대상으로 한, 연과 갑상선 기능과의 연구에서 혈중 연농도가 40 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이상인 12명의 소아에서 FT₄와 연폭로 기간(연령) 사이에 유의한 음의 상관관계를 보였다. 폭로군에서 FT₄는 혈중 ZPP와 혈중 연 이외에도 흡연량과 유의한 음의 상관관계를 보여주고 있다(Table 3, Fig. 1). 그러나 기존의 연구결과에서 흡연과 갑상선 질환은 서로 상관성을 보이거나 흡연으로 인한 갑상선 기능의 향진, 또는 저하 등의 일치된 결과를 보여주고 있지는 않다(Fisher 등, 1997). 흡연이 갑상선에 미치는 영향의 기전은 담배 연기 속의 thiocyanate이 갑상선 내에서 요오드의 포획과 유기화 과정에 경쟁적 억제 기능을 가지며, 담배연기는 자율신경계를 자극하고, 또한 담배의 구성물질인 benzopyrene도 갑상선 기능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Bertelsen 등, 1994).

폭로군을 대상으로 단순선형 회귀분석에서 FT₄와 혈중 ZPP 및 혈중 연은 유의한 음의 상관관계를 보였으며 이는 기존의 연구결과와 일치하였다. 그러나 FT₄에 영향을 미치는 다른 변수, 즉 연령, 흡연량, 음주력 등의 혼란변수에 대한 통제가 필요하며, 이를 위해 중회귀분석을 실시하였다. 이중 흡연량이 유의한 변수로 나타났으며 연 폭로지표에서는 혈중 ZPP가 경계범위의 변수로 나타났다. 폭로군과 대조군의 연 폭로차가 현저하고(Table 2), 연령, 흡연량, 음주력으로 짝지은 두군에서 FT₄가 유의한 차이가 있으며(Table 3), 폭로군에 제한한 중회귀분석에서 혈중 ZPP가 경계역의 유의수준을 갖은 것(Table 5)을 볼 때, 연폭로는 갑상선의 기능 특히 FT₄에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

본 연구의 의의는 첫째, 기존의 연구는 TBC 또는 T₃-레진 섭취율을 이용하여 계산된 FT₄ 값을 사용하였으나 본 연구는 갑상선 기능을 비교적 정확하게

1) estimated free T₄(EFT₄)=4.65*T₄/TBC

2) free T₄ index=(T₄*T₃-resin uptake)/100

평가하는 FT₄를 직접 측정함으로써 간접적 사용에 의한 오차를 줄일 수 있었다. 둘째, 대조군을 연령, 흡연량, 음주력으로 통제하였으며 폭로군의 경우 중회귀분석을 실시하여 결론을 유도하였다. 셋째, 연폭로 근로자중 장기간 폭로되었거나 혈중 ZPP 또는 혈중 연 농도가 높은 경우, TSH와 FT₄를 이용하여 갑상선 기능에 대한 평가의 근거자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구의 단점은 첫째, 대조군 선정의 한계이다. 대조군은 유사한 직종에 근무하면서 연폭로가 없는 근로자를 선정해야 하지만, 본 연구에서는 과거 직업력에서 연폭로가 없는 근로자와 대학생을 대상으로 폭로군과 연령, 흡연정도 및 음주유무를 짝짓기하여 선정하였다. 이에따른 사회경제적 요인, 건강수준의 차이가 편견으로 작용할 수 있다는 점이다. 둘째, 폭로군의 연폭로 수준을 혈중 ZPP 기준으로 볼 때 대부분(87%)이 150 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이하의 비교적 저폭로군으로 보다 다양한 연폭로군을 포함하지 못한 점이다. 셋째, 단면적 연구로 결과해석에 있어 두사상에 대한 인과관계에 대한 선후문제의 한계를 갖는 점이다.

끝으로 연은 용해점이 낮고 가공이 용이하여 앞으로도 그 사용량은 현재 이상으로 증가할 것이다. 따라서 증가하는 연의 사용량에 따른 폭로 근로자에 대하여 지속적으로 건강영향을 평가하는 것은 당연한 일이며, 기존에 알려진 영향이외에도 알려져 있지 않은 부분에도 관심을 가져야 할 것이다. 이에 향후 연구에서도 연폭로 수준에 따른 갑상선 기능의 변화에 대한 지속적인 연구와 연폭로와 갑상선 기능과의 양-반응관계에 대한 예측모델의 개발 등에 대한 연구가 필요하다.

결 론

본 연구는 국내 일부 무기연 폭로 근로자 30명과 대조군 30명을 대상으로 연폭로와 갑상선기능과의 관련성을 평가하기 위하여 시도되었으며, 연폭로의 지표로는 ZPP, 혈중 연, 요중 연, 및 혈색소를 갑상선 기능의 지표로는 TSH와 FT₄를 측정 비교하였다. 연구결과는 다음과 같았다.

1. ZPP의 평균은 폭로군에서 87.6 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 대조군에서 33.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었으며, 혈중 연의 평균은 폭로군

에서 34.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 대조군에서 2.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 이었으며, 요중 연의 평균은 폭로군에서 63.1 $\mu\text{g}/\text{g-Cr}$ 대조군의 2.6 $\mu\text{g}/\text{g-Cr}$ 보다 모두 유의하게 높았다($p < 0.01$). 혈색소의 평균은 폭로군에서 14.4 g/dl 으로 대조군의 15.6 g/dl 보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

2. 폭로군과 대조군의 TSH와 FT₄는 모두 정상범위를 보였다. 그러나 TSH의 평균은 폭로군에서 2.99 uIU/ml 로 대조군 3.05 uIU/ml 보다 낮았으나 유의한 차이는 없었으며($p = 0.11$), FT₄의 평균은 폭로군에서 19.65 pM/l 로 대조군의 21.53 pM/l 보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

3. 폭로군을 대상으로 단순회귀분석의 결과, FT₄는 흡연($r = -0.4097$, $p = 0.04$), ZPP($r = -0.3853$, $p = 0.04$), 및 혈중 연($r = -0.3661$, $p = 0.05$)과 유의한 음의 상관관계를 보여주고 있다.

4. 폭로군의 FT₄를 종속변수로 하고 연령, 흡연량, ZPP 및 혈중 연을 독립변수로 하여 단계별 변수선택법을 사용하여 중회귀분석을 실시하였다. 이 중 흡연량과 혈중 ZPP의 FT₄에 대한 중회귀 계수는 -0.0597 과 -0.0078 로 FT₄의 예측변수로 이용될 수 있다(각각 $p = 0.04$, $p = 0.09$). FT₄에 대한 흡연량과 혈중 ZPP의 설명력은 각각 $R^2 = 0.1679$, $R^2 = 0.1064$ 이었다.

이상의 결과에서 연폭로 근로자의 갑상선기능은 대조군에 비해 유의하게 감소되어 있었으며 특히 FT₄는 단순선형 회귀분석에서 혈중 ZPP, 혈중 연, 및 흡연량과 유의한 음의 상관관계를 나타내었다. 본 연구는 장기간, 고농도 연폭로 근로자에 대하여 갑상선기능의 평가에 대한 기초자료가 되며, 보다 정확한 평가를 위하여 연폭로근로자의 갑상선 기능에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

인용문헌

- 강필규, 연폭로 근로자들의 간기능 지표에 대한 변화조사, 순천향대학교 대학원 학위논문, 1992.
- 강필규, 김용배, 안익수, 이규중, 한구석, 김화성, 황규윤, 리갑수, 안규동, 이병국, 우리나라 축전지 제조업 근로자들의 연폭로에 관한 연구. 대한산업의학회지 1998; 10(4):438-449.
- 김정만, 이광목, 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 zinc protoporphyrin의 의의. 가톨릭대학의학부 논문집 1984;37(4):937-951.

- 김정만, 김형아, 이광복, 이은영, 강재복. 연제련 작업자들에서의 혈색소, 혈중연 및 혈중 zinc protoporphyrin에 관한 연구. 한국의 산업의학 1986;25(1):1-8
- 김종배, 이병국. 직업적 연폭로 근로자들의 연폭로 지표에 관한 연구. 순천향대학교 대학원논문집 1991;14(2):391-401.
- 김창윤, 김정만, 한구용, 박정환. 축전지 근로자들의 혈중 농도에 대한 코호트관찰. 예방의학회지 1990;23(3):324-337.
- 김형수. 직업성 연 노출 남성근로자의 성호르몬에 대한 연구. 서울대학교 보건대학원 학위논문, 1999.
- 남제성, 김용배, 안현철, 김화성, 이갑수, 황규윤, 이성수, 안규동, 이병국. 직업적 연 폭로자들의 일부 신기능지표에 관한 연구. 대한산업의학회지, 1998;10(2):139-148.
- 노동부. 근로자 건강진단 실시결과. 과천: 1996-1998.
- 노영만, 한진구. 마이크로파 전처리법을 이용한 요중연의 분석. 한국의 산업보건 1996;35(4):136-142.
- 대한산업보건협회 : 근로자 건강진단 결과. 서울: 1992-1995.
- 민현기. 임상내분비학. 서울: 고려의학 1990;147-155.
- 안규동. 연폭로자에 있어서 신기능에 관련된 생물학적 지표 변화. 경북대학교 학위논문, 1992.
- 오세민. 연중독에 관한 연구-한국 성인남자의 요중 연량에 대하여. 공중보건잡지 1968;5(2):135-138.
- 유정식. 연중독에 관한 연구-한국 성인남자의 혈액중 연량에 대하여. 공중보건잡지 1968;5(2):129-134.
- 이병국, 남제성, 안규동, 남택승. 연폭로 근로자들의 자각 증상과 연흡수 지표에 관한 연구. 대한산업의학회지 1991;3(1):65-75.
- 이삼열, 정윤섭. 임상병리 검사법(개정판). 서울 : 연세대학교 출판부, 1984:119-120.
- 작업환경측정협의회. 작업환경측정 종합연보. 서울 : 1996, 1997.
- 정규철. 한국에서의 연흡수 판정기준에 관한 연구. 최신의학 1968a;12(2):137-150.
- 정규철. 연작업자의 건강상태에 관한 연구. 최신의학 1968b;12(2):151-158.
- 황규윤, 안제익, 안규동, 이병국. 저농도 연폭로에서 혈중 연농도와 자각증상과의 관계. 예방의학회지 1991;23(2):181-194.
- 황인경, 김돈균. 요중 N-acetyl- β -D-glucosaminidase 활성의 정상치에 관한 조사. 부산의학회지 1992;32(1):33-46.
- ACGIH. Annual reports of the committees on threshold limit values and biological exposure indices. 1993.
- Bertelsen JB, Hegedus L. Cigarette smoking and the thyroid. [Review] Thyroid 1994;4(3):327-331.
- Blumberg WE, Eisinger J, Lamola AA, Zuckerman DM. Zinc protoporphyrin level in blood determination in whole blood by a portable hematofluorometer; A screening device for lead poisoning. J Lab Clin Med 1977;89:712-723.
- Fernandez FJ. Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of graphite furnace. Clin Chem 1975;21:555-561.
- Fisher CL, Mannino DM, Herman WH, Frumkin H. Cigarette smoking and thyroid hormone levels in males. Intern J Epidemiol 1997;26(5):972-977.
- Gennart JP, Bernard A, Lauwerys R. Assessment of thyroid, testes, kidney and autonomic nervous system function in lead-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 1992;64(1):49-57.
- Howanitz JH, Howanitz PJ. Laboratory medicine. Test selection and interpretation. Churchill Livingstone 1991:248-250.
- Immunotech. Instructions for the qualitative determination of T₄(FT₄) in serum or plasma (catalog). 1997;6:7-12.
- Monobind, Inc. Thyrotropin(TSH) coated tube IRMA(catalog). 1997;9:1-4.
- Refowitz RM. Thyroid function and lead : no clear relationship. J Occup Med 1984;26(8):579-583.
- Robins JM, Cullen MR, Connors BB, Kayne RD. Depressed thyroid indices associated with occupational exposure to inorganic lead. Arch Intern Med 1983;143:220-224.
- Sandstead HH. Effect of chronic lead intoxication on in vivo I-131 uptake by the rat thyroid. Proc Soc Exp Bio Med 1967;124:18-20.
- Sandstead HH, Stant EG, Bril AB, Arias LI, Terry RT. Lead intoxication and the thyroid. Arch Intern Med 1969;123:632-635.
- Siegel M, Forsyth B, Siegel L, Cullen MR. The Effect of lead on thyroid function in children. Environmental Research 1989;49(2):190-196.
- Slingerland DW. The influence of various factors on the uptake of iodine by the thyroid. J Clin Endocrinol Metabol 1955;15:131-141.
- Tuppurainen M, Wagar G, Kurppa K, Sakari W, Wambugu A, Froseth B, Alho J, Mykyri E. Thyroid function as assessed by routines laboratory tests of workers with long-term lead exposure. Scan J Work Environ Health 1988;14:175-180.
- Zenz C, Dickerson OB and Horvath ED Jr. Occupational medicine. Mosby 1994.