

근로자들의 극저주파 전자파 노출 수준에 따른 인체 영향 평가

한전의료재단 한일병원 진단검사의학과¹, 서울보건대학 임상병리과²

박경호¹ · 안용호¹ · 김태전²

Health Status of Electric Utility Workers Exposed to Extremely Low Frequency Electromagnetic Field (ELF-EMF)

Kyoung-Ho Park¹, Yong-Ho Ahn¹, and Tai-Jeon Kim²

Department of Laboratory Medicine, Hanil Hospital, Seoul 132-703, Korea¹

Department of Biomedical Laboratory Science, Seoul Health College, Sungnam 461-713, Korea²

Recently, the use of an electrical apparatus has brought up concerns of health risks from exposure to electromagnetic fields. EMF is composed of electric fields and magnetic fields. Heavy exposure to EMF can occur only in the vicinity of high-voltage overhead transmission lines, close to transformers and underground cables, and also close to large electrical machinery. In this thesis I have investigated the hypothesis of the correlation between occupational exposure to ELF-EMF and the risks of leukemia, anemia, cancer. Therefore, the aim of this study is to investigate whether or not ELF-EMF emitted from electric power stations and transformer substations affect some hematological parameters and tumor markers of electric utility workers. The hematological test results and tumor markers under investigation were similar in the two groups but some of parameters such as RBC, AFP, LDH showed significant difference between the two groups from two sample t-test ($p < 0.05$). The exposure group showed increased LDH level compared to the control group by two sample t-tests. In addition, the abnormal LDH level in the exposure group was observed to be clinically significant by χ^2 -test. However, the levels of RBC, AFP observed were not clinically significant by χ^2 -test ($p > 0.05$). These results suggested that ELF-EMF does not affect most blood test parameters except LDH of electric utility workers.

Key Words : ELF-EMF, Electric utility workers, Occupational exposure

I. 서 론

전자파(electromagnetic wavelength)란 전기장과 자기장으로 구성된 파동으로서 공간상에서 전기장이 시간적으로 변화하게 되면 그 주위에 자기장이 발생하고 자기장이

시간적으로 변화하면 그 주위에 전기장이 발생하여 공간상을 빛의 속도로 전파하는 파동으로 전계와 자계의 합성파를 말한다. 극저주파 전자기장을 발생시키는 고압송전선 주변 지역에 거주하는 주민들에서의 건강영향에 대하여 이러한 극저주파 대역의 전자기장을 대상으로 몇몇 역학적 연구에서 환경적 또는 직업적인 전자기장 노출과 암 발생률 사이의 관련성이 보고되었다(Wertheimer와 Leeper, 1979; Olsen 등, 1993). 이러한 전자파 노출은 급성적인 영향보다는 백혈병, 뇌종양, 유방암, 신경계질환,

교신저자: 박경호 (우)132-703 서울 도봉구 쌍문3동 388-1, 한일병원 진단검사의학과
전화 : 02-9 01-3428
E-mail: m uhanlove00@hanmail.net

임신결과, 비호지킨성 림프종 등과 같은 만성적인 영향을 나타낸다고 보고되고 있으나(Kliukiene 등, 1999; Villeneuve 등, 2000; Wijngaarden 등, 2000; Lerman 등, 2001; Minder와 Pfluger, 2001) 또 다른 연구 결과에서는 전자장이 유방암에 영향이 없는 것으로 보고하였으며(Kabat 등, 2003; Schoenfeld 등, 2003) 극저주파 전자장 중 자기장의 만성적인 노출이 인체에 발암성을 나타낸다는 보고에서조차 그 자기장에 대한 영향인자에는 어떠한 것들이 있는지, 그리고 전자장이 인체에 어떠한 경로로 흡수되고 축적되는지에 대해서 아직까지 알려지지 않은 상태로 앞으로의 중요한 연구과제로 거론되고 있다(Juutilainen 등, 1996). 전자파의 근로자 노출 실태에 대하여 살펴보면 전자파 개인노출값을 24시간 동안 연속으로 측정하여 그룹별 자기장 노출량을 산출한 Deadman 등(1996)의 연구에서는 전기공의 전자파 노출량이 사무직에 비해 약 10배나 높은 것으로 보고하였으며, 김 등(2001)이 연구한 국내 조사 자료에서는 변전소 근로자들의 평균 노출량이 0.83 μ T로 비 직업군인 학생과 일반 사무직 근로자에 비해 전자파 노출량이 최대 약 8배 정도 높게 노출되는 것으로 보고하였다. Deadman 등(1996)이 발표한 자료를 근거로 한 전자파 노출에 관한 job-exposure matrix(JEM)에서는 변전소 직원의 전자파 노출량이 가장 높게 나왔고 발전소 근로자 그리고 일반 생산직, 사무직 근로자 순으로 조사되었다. 또한 김(2002)이 보고한 산업현장의 전자파 환경 측정결과 변전소에서 최대 39.42 μ T의 높은 전자파가 측정되었으며 발전소도 다른 사업장 보다는 비교적 높은 최대 2.51 μ T의 전자파 노출량이 측정되었음을 보고하였다. 이처럼 전기 발전 시설 근로자들이 다른 산업 근로자에 비하여 전자파에 많이 노출되고 있으나 우리나라에서는 이러한 전자파가 많이 발생하는 산업현장에서의 근로자들에 대한 전자파 인체영향에 관한 연구는 아직까지 미비한 상태이다. 따라서 본 연구는 산업현장에서 발생하는 전자파가 근로자들의 건강에 미치는 영향을 알아보기 위하여 직업적 전자파 노출이 근로자의 건강장애에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 관련성 여부를 매년 정기적으로 시행되는 근로자 건강검진 자료를 통하여 살펴보았다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상 및 평가자료

전자파 노출군의 분류기준은 Deadman(1996), 김과 조(1998)가 조사한 개인노출값 평가 자료와 김(2002)이 조사한 각 사업장별 전자파 환경측정결과를 바탕으로 하여 2003년도에 종합건강검진을 받은 남성 근로자 6,946명을 대상으로 전자파 발생이 높은 곳으로 조사된 변전소 및 발전소에 일하는 근로자들을 노출군으로 정하고 전력회사 각 지점에서 일하는 근로자를 대조군으로 분류하였다. 전자파 노출에 대한 인체영향 평가로 가장 많이 연구가 진행되어온 것은 백혈병에 관한 연구이며, 우리나라에서도 다양한 연구 활동을 통해 인체보호기준의 설정 및 법제도화 연구 등이 활발하게 진행되고 있으나 아직까지 우리나라에서 건강진단 평가 자료를 바탕으로 전자파와 인체영향과의 상관성에 대한 연구 발표 자료는 발견하지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 인체영향에 대한 다양한 평가를 하기 위하여 건강진단항목을 정리하였다. 먼저 백혈병과의 상관성을 알아보기 위하여 WBC를 분석하였고 빈혈질환과의 상관성을 알아보기 위하여 RBC, hemoglobin(Hb)을 분석하였다. 또한 각종 암 질환과의 상관성을 알아보기 위하여 alphafetoprotein(AFP), carcino embryonic antigen(CEA), prostatic specific antigen(PSA), lactic dehydrogenase(LDH)를 분석하였다.

2. 분석방법

두 집단간의 평균적 차이와 상관성 등을 조사하였고 노출수준 외에 연령 증가에 따른 평균값의 차이도 함께 조사하였다. 자료의 분석은 SPSS 10.0 프로그램을 이용하여 두 집단간 평균분석으로 t-test를 실시하였고, 각 항목의 검사결과를 기준치에 의거 정상과 비정상으로 판정한 후 비정상결과에 대한 변수와 노출집단간의 상관관계는 χ^2 -test로 분석하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구에 사용된 6,946명의 일반적 특성을 살펴보면 노출군은 1,902명(27.4%), 대조군은 5,044명(72.6%)으로 구성되었다. 연령 분포는 40대 근로자가 전체의 44.8%를 차지하고 있고 30대와 50대도 각각 26.2%와 27.2%의 분포를 이루었고 20대 근로자는 1.8%로 구성비율이 매우 적었다

(Table 1).

Table 1 . Summary of characteristics for subject in this study

Subject		N	%
Exposure	Yes	1902	27.4
	No	5044	72.6
Age (yrs)	≤ 29	125	1.8
	30-39	1818	26.2
	40-49	3112	44.8
	≥ 50	1891	27.2

1) 전자파 노출과 혈액질환과의 관계

일반 혈액질환과의 상관성을 살펴보면 노출군과 대조군의 t-test 결과 WBC의 경우 노출군은 6.39 ± 1.29 였고 대조군은 6.37 ± 1.32 로 두 집단간의 평균값의 유의한 차이를 보이지 않았으며 연령대별 평균값을 살펴보면 각 연령대별 노출수준에 따른 통계적 유의함은 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 그리고 RBC는 전체평균값은 동일하게 나왔으나 30대 근로자의 노출군 평균값은 4.91 ± 0.36 이고 대조군 평균값은 4.96 ± 0.35 로 통계적 유의성을 나타냈으나 ($p < 0.01$) 그 차이는 매우 미미하여 임상적 의의로 보기는 힘들었다. Hb은 노출군 15.09 ± 0.88 대조군 15.10 ± 0.86 으로 통계적으로 유의하지 않았으며 연령대별 평균값 또한 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

Table 2 . Comparison of hematologic results by exposure group

Variables	Mean of normal hematologic laboratory results			
	Exposure (N)	No exposure (N)	P-value*	
WBC ($10^3/\mu\text{l}$)	Total	6.39 ± 1.29 (1769)	6.37 ± 1.32 (4672)	0.682
	30-39	6.33 ± 1.25 (657)	6.32 ± 1.28 (1068)	0.838
	40-49	6.39 ± 1.18 (663)	6.39 ± 1.33 (2286)	0.986
	≥ 50	6.48 ± 1.36 (449)	6.40 ± 1.36 (1318)	0.282
RBC ($10^6/\mu\text{l}$)	Total	4.86 ± 0.38 (1874)	4.86 ± 0.36 (4932)	0.918
	30-39	4.91 ± 0.36 (700)	4.96 ± 0.35 (1117)	0.004
	40-49	4.83 ± 0.39 (698)	4.84 ± 0.36 (2408)	0.490
	≥ 50	4.81 ± 0.39 (476)	4.80 ± 0.37 (1407)	0.438
Hb (g/dl)	Total	15.09 ± 0.88 (1779)	15.10 ± 0.86 (4711)	0.909
	30-39	15.13 ± 0.87 (674)	15.18 ± 0.87 (1061)	0.206
	40-49	15.05 ± 0.88 (655)	15.08 ± 0.86 (2305)	0.559
	≥ 50	15.10 ± 0.91 (450)	15.07 ± 0.86 (1345)	0.425

* P-value is two sample t-test
Mean \pm S.D

2. 전자파 노출과 인체 영향

노출집단별 평균비교는 각 변수별 정상 범위 안에 포함된 대상자들의 평균값만을 비교하였다. 또한 남녀별 검사결과와 평균적 차이로 분석 결과에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되는 여성근로자를 조사대상에서 제외된 상태에서 평균값을 비교하였다. 연령에 따라 평균값의 변화여부를 확인하기 위하여 연령대별로 30대, 40대, 50대 집단으로 세분하였으며 집단구성이 얼마 되지 않은 20대 근무자는 분석에서 제외시켰다.

혈액질환 검사지표의 비정상 범위에 속해있는 집단을 통한 교차분석으로 상관관계를 분석해본 결과 WBC와 RBC, Hb 모두 노출수준별 분석에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 연령이 증가할수록 WBC의 비정상범위의 분포가 증가함을 나타내었으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p > 0.05$) (Table 3).

2) 전자파 노출과 암 질환과의 관계

전자파 노출과 암 질환 발생과의 상관성을 살펴보면 노출군과 대조군의 t-test 결과 간암지표인 AFP의 경우 노출군의 평균값이 3.48 ± 1.55 이었고 대조군의 평균값은

Table 3 . Hematologic results according to age and exposure

Variables		Laboratory hematologic results								
		WBC			RBC			Hb		
		> 10	4.0-10.0	< 4.0	> 6.0	3.0-6.0	<3.0	> 17.0	13.0-17.0	< 13.0
Exposure	Yes(%) (n=1902)	64(3.4)	1794(94.3)	44(2.3)	0(0.0)	1899(99.8)	3(0.2)	47(2.5)	1802(94.7)	53(2.8)
	No(%) (n=5044)	164(3.3)	4767(94.5)	113(2.2)	3(0.1)	5032(99.7)	9(0.2)	152(3.0)	4806(95.3)	86(1.7)
	p-value*	0.955			0.229			0.175		
Age	≤29(%) (n=125)	0(0.0)	120(96.0)	5(4.0)	0(0.0)	125(100)	0(0.0)	5(4.0)	118(94.4)	2(1.6)
	30-39(%) (n=1818)	57(3.1)	1725(94.9)	36(2.0)	0(0.0)	1817(99.9)	1(0.1)	57(3.2)	1735(95.4)	26(1.4)
	40-49(%) (n=3112)	95(3.0)	2949(94.8)	68(2.2)	2(0.1)	3106(99.8)	4(0.1)	85(2.7)	2960(95.1)	67(2.2)
	≥50(%) (n=1891)	76(4.0)	1767(93.5)	48(2.5)	1(0.1)	1883(99.5)	7(0.4)	52(2.7)	1795(94.9)	44(2.4)
	p-value*	0.083			0.276			0.450		

* P-value is χ^2 -test

Table 4 . Comparison of tumor marker results by exposure group

Variables		Mean of normal tumor marker results		
		Exposure (N)	No exposure (N)	P-value*
PSA (ng/mL)	Total	0.88±0.57 (1864)	0.88±0.57 (4911)	0.897
	30-39	0.86±0.54 (696)	0.85±0.52 (1113)	0.841
	40-49	0.86±0.51 (695)	0.88±0.55 (2400)	0.471
	≥ 50	0.96±0.68 (473)	0.94±0.63 (1398)	0.395
AFP (ng/mL)	Total	3.48±1.55 (1853)	3.60±1.57 (4881)	0.002
	30-39	3.32±1.49 (695)	3.37±1.57 (1105)	0.468
	40-49	3.46±1.57 (689)	3.63±1.59 (2384)	0.010
	≥ 50	3.74±1.60 (469)	3.75±1.51 (1392)	0.849
CEA (ng/mL)	Total	1.430.97 (1856)	1.46±1.00 (4873)	0.271
	30-39	1.32±0.92 (698)	1.27±0.91 (1108)	0.209
	40-49	1.40±0.97 (689)	1.44±1.00 (2385)	0.304
	≥ 50	1.61±1.04 (469)	1.62±1.04 (1380)	0.833
LDH (IU/L)	Total	146.73±17.71 (1626)	145.30±18.02 (4401)	0.006
	30-39	144.92±17.72 (628)	142.93±17.75 (1032)	0.027
	40-49	146.76±17.50 (606)	145.80±17.95 (2159)	0.244
	≥ 50	149.58±17.67 (392)	146.42±18.18 (1210)	0.003

* P-value is two sample t-test

Mean±S.D

3.60±1.57로 통계적으로 유의하였으며(p<0.01) 연령대별로는 40대에서 3.46±1.57 대조군이 3.63±1.59로 통계적으로 유의한 차이(p<0.01)를 보였으나 대조군의 평균값이 노출군 평균값보다 더 높게 나와서 전자와 노출과의 상관성을 보이지 않았다. 전립선암 지표인 PSA와 결직장암 지표인 CEA 경우 노출군과 대조군과의 평균적 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. LDH는 노출수준별 평

균값이 노출군은 146.73±17.71이었고 대조군은 145.30±18.02로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.01) 연령대별로도 40대 근로자를 제외한 30대와 50대 근로자에서 노출군의 평균값이 대조군보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그 밖에 이들 변수들은 노출군과 대조군 모두 연령이 증가할수록 평균값이 증가하였다(Table 4).

Table 5. Tumor marker results according to age and exposure

Variables	Tumor marker results									
	PSA		AFP		CEA		LDH			
	> 5	≤ 5	> 0	1 ≤ 10	> 5	≤ 5	> 180	91-180	< 91	
Exposure	Yes(%) (n=1902)	14 (0.7)	1888 (99.3)	24 (1.3)	1878 (98.7)	21 (1.1)	1881 (98.9)	246 (12.9)	1649 (86.7)	7 (0.4)
	No(%) (n=5044)	35 (0.7)	5009 (99.3)	63 (1.2)	4981 (98.8)	72 (1.4)	4972 (98.6)	542 (10.7)	4490 (89.1)	12 (0.2)
	p-value*	0.851		0.966		0.291		0.023		
Age	≤29(%) (n=125)	3 (2.4)	122 (97.6)	0 (0.0)	125 (100)	1 (0.8)	124 (99.2)	12 (9.6)	112 (89.6)	1 (0.8)
	30-39(%) (n=1818)	9 (0.5)	1809 (99.5)	18 (1.0)	1800 (99.0)	12 (0.7)	1806 (99.3)	157 (8.6)	1660 (91.3)	1 (0.1)
	40-49(%) (n=3112)	17 (0.5)	3095 (99.5)	39 (1.3)	3073 (98.7)	38 (1.2)	3074 (98.8)	336 (10.8)	2765 (88.8)	11 (0.4)
	≥50(%) (n=1891)	20 (1.1)	1871 (98.9)	30 (1.6)	1861 (98.4)	42 (2.2)	1849 (97.8)	283 (15.0)	1602 (84.7)	6 (0.3)
	p-value*	0.013		0.231		0.000		0.000		

* P-value is χ^2 -test

암질환 검사지표의 비정상 범위에 속해있는 집단을 통한 교차분석으로 상관관계를 분석해본 결과 PSA, AFP, CEA 모두 전자파 노출에 의한 비정상범위의 분포는 통계적으로 유의하지 않았으나 연령에 의한 교차분석결과 PSA와 CEA의 경우 연령이 증가할수록 비정상자 분포가 증가하였다($p < 0.05$). LDH는 교차분석 결과 비정상자의 분포가 노출군 12.9%, 대조군 10.7%로 통계적으로 유의하였으며($p < 0.05$) 연령별 분석결과 또한 30대 8.6%, 40대 10.8%, 50대 15.0%로 연령이 증가할수록 비정상자의 분포가 유의하게 증가하였다($p < 0.01$)(Table 5).

IV. 고찰

Deadman 등(1996)이 발표한 자료를 근거로 한 전자파 노출에 관한 Job-Exposure Matrix를 살펴보면 발전소 직원의 전자파 노출량이 가장 높게 나왔고 그 다음이 발전소 근로자 그리고 일반 생산직, 사무직 근로자 순으로 조사되었다. 또한 김(2002)이 보고한 산업현장의 전자파 환경 측정결과를 살펴보면 전력소(발전소)에서 높은 전자파가 측정되었으며 발전소도 다른 사업장 보다는 비교적 높은 전자파 노출량이 측정되었음을 보고 하였다. 이번 연구에서 연구 대상으로 선정된 발전소 및 발전소 근로자는 많은 양의 전자파에 노출이 되고 있는 직업군으로

전자파의 건강 영향을 연구하는 데 좋은 평가 자료가 될 것으로 판단하였다. 그래서 전자파와 인체영향과의 상관성을 알아보려고 앞선 조사결과에서 나타났듯이 가장 많은 양의 전자파에 노출되어 있는 발전소 근무자 및 발전소 근무자들을 노출군으로 선정하고 대조군은 각 전력회사 지점의 근무자들을 선정하여 이들로부터 전자파 노출에 의한 건강영향을 평가 하였다. 각 변수들의 검사자료는 성별의 차이로 인한 결과의 차이를 보정하기 위해 구성비율이 크지 않은 여성근로자들을 제외한 남성 근로자들만을 대상으로 조사를 하였으며 각 변수별 평균비교는 이상 값에 대한 평균값의 오차를 없애기 위해 정상 범위 내에 속한 검사 결과만을 가지고 분석하였다.

연구대상자들의 혈액검사 결과를 가지고 노출수준별로 평균분석을 한 결과 몇 개의 항목에서 유의한 차이를 나타내었다. 우선 연령층은 40-50대의 연령분포가 많았는데 이는 연령별 검사수치의 상승이 뚜렷하게 나타나는 항목들을 해석하는데 있어서 노출수준 뿐만 아니라 연령에 따른 차이도 함께 살펴보아야 함을 의미한다. 따라서 노출집단을 다시 연령별로 세분화하여 각 연령 대 사이에 노출수준별 차이는 없는지 살펴보았다. 인체영향 평가를 질환별로 분석하기 위하여 각 검사 항목을 조건에 맞게 분류하였다. 혈액질환으로 백혈병과 빈혈을 알아보기 위하여 WBC, RBC, Hb 을 분석하였으며 암 질환은 암 효소 표지자인 LDH외에 전립선암은 PSA로 분석하고 간암은

AFP, 결 직장암은 CEA로 분석하였다.

백혈병 검사지표인 WBC는 전자과의 건강영향을 평가하는 데 가장 많이 알려지고 또한 지속적인 연구가 진행되어왔다. 이번 연구 결과 WBC는 연령에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 노출군과 대조군 사이의 평균값은 통계적으로 유의하지 않았다. 결론적으로 이번 연구에서는 전자과 노출과 백혈병과의 통계적 연관성은 보이지 않았다. 그리고 빈혈검사인 RBC와 Hb 또한 이번 연구 결과 전자과 노출과의 연관성은 없었다. 그 다음으로 암 검사 지표에 대해서 살펴보면 전립선암에 특이성이 높은 PSA는 Wang 등(1979)이 양성비대증의 전립선 조직에서 분리 정제된 분자량 약 33만의 당 단백질로 전립선의 선-도관 내강상피세포에만 특이적으로 존재하고, 전립선암 환자에서 심하게 증가하며 진단, 예후 판정 및 경과 관찰의 지표로써 유용하고 나이가 많을수록 발생 빈도가 높은 것으로 알려져 있다(Oesterling, 1991; 박 등, 2003). 간세포 암에 특이성이 높은 AFP는 태아기에 나타나는 특이 단백질로, 건강인 에서는 극히 낮은 농도로 존재한다. A belev 및 Tatarinov가 간 세포암에서 혈중 AFP가 증가되는 것을 발견한 이후, 종양표지자로서의 유용성이 높이 평가되었다. 암 태아성 항원인 CEA는 결장암과 태아결장점막에 공통적으로 존재하는 항원 물질로 대장암의 특이적 검사일 뿐 아니라 췌장암, 위암, 폐암, 유방암 등 여러 종양에서도 증가되는 범 종양 표지검사이다. 대장암에서는 암의 침범 정도에 따라 대장벽에 국한된 종양일 때는 20-40%, 전이된 종양일 때는 80-95%의 높은치를 나타내고 간에 전이되면 급격히 상승하는 특징이 있으며 대장암 환자에서 예후 결정이나 수술 후 경과 관찰에 이용된다(최 등, 1994). LDH는 암 표지자 중에서 효소 표지자로 알려져 있으며 젓산이 피르브 산으로 전환시 필요한 효소로 심근, 골격근, 간세포, 적혈구 및 백혈구를 포함한 인체 대부분 세포내에 존재하며 세포 손상 시 세포로부터 유리되어 혈청내의 농도가 상승하게 되는데 급 만성 간염, 심근경색, 악성종양, 백혈병, 신장질환, S hock, 거대적혈구성 빈혈 일 때 값이 증가하는 것으로 알려져 있다(Huijgin 등, 1997; 김 등, 2001; 이 등, 2001). 이들 암 표지자는 특정한 암에 걸린 일부 환자들의 혈액이나 소변 또는 신체 조직 내에서 정상량보다 더 많이 검출될 수 있는 물질로 종양 자체에 의해 생산 될 수도 있고 암이란 존재에 반응하는 신체의 작용에 의해 생산될 수도 있다. 그러나 모든 암 환자들에게 있어서 종양표지자의 양이 많지 않고 초기단계 암에선

정상 범위 내에 있을 수도 있는 한계 때문에 암 표지자 한 가지 검사만으로 암을 판정하지는 않는다. 그러나 종양표지자의 변화를 살피게 되면 질병의 진행과 예후를 추정할 수 있고 암의 치료효과 판정과 재발을 monitoring하는 데 효과적이다. 이번 연구 조사에서는 LDH를 제외한 나머지 항목들은 노출군과 대조군에서 평균값의 유의한 차이를 발견하지 못하였으며 교차분석 또한 통계적으로 유의하지 않아서 전자과 노출과 암 발생과의 관련성은 전혀 보이지 않았다. 그러나 연령이 증가할수록 이들 모두 평균값이 차츰 증가 추세를 보이고 PSA와 CEA 같은 경우 교차분석 결과 연령별 집단에 따라 통계적으로 유의하게 비정상자 분포의 차이를 보여 연령이 증가할수록 이들 암에 걸릴 위험성은 커지는 것으로 조사됐다. 또한 이번 연구에서 나타난 LDH의 통계적 유의한 증가는 전자과 노출과 관련하여 많은 연구결과들이 있는 백혈병 및 종양, 심근경색 질환과도 밀접한 관련이 있는 만큼 좀더 자세한 연구가 필요할 것 같다.

지금까지 전자과 노출과 건강영향에 대한 평가를 연구하였는데 전자과 노출에 대한 정확한 평가를 하기 위해서는 선택 비뿔림, 정보 비뿔림, 교란효과에 의한 영향을 최소화 하여야 하며 전자기장에서의 노출이 어떻게 암을 발생시키는지에 대한 다양한 연구들이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그렇지만 본 연구 과제의 다양한 건강 검진 자료의 분석과 전자과가 많이 발생하는 곳에서 근무하는 발전소 및 변전소 근로자들의 건강영향 평가 자료는 앞으로 직업적 전자과 노출에 의한 근로자 및 인체 영향을 평가하는데 있어서 좋은 기초 자료가 될 것이며 향후 다른 사업장 예를 들어 전기로, 고주파 유도가열설비(유도 가열로, 유도 가열장치), 전기 오븐, 사출 성형기, 전기 용접 설비, 산업용 전기히터를 사용하는 근무지에서의 근로자 및 인체영향에 관한 평가를 연구하는 데 기초 자료로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

연구에 사용된 6946명의 일반적 특성에서 노출군은 1902명(27.4%), 대조군은 5044명(72.6%)로 구성되어 있다. 연령분포는 40대 근로자가 전체의 44.8%를 차지하고 있고 30대와 50대도 각각 26.2%와 27.2%의 분포를 이루었고 근속년수는 20년 이상 30년 미만의 근로자가 전체의 45.8%를 차지했다

백혈병 검사지표인 WBC는 연령의 증가와는 상관이 없으며 각 연령군에서 노출군이 대조군보다 평균값이 높게 나왔으나 통계적 유의성은 없었다. 빈혈지표인 RBC와 Hb 또한 노출군과 대조군에서 평균값의 통계적 유의성은 보이지 않았다.

전립선암과 간암, 결·직장암의 지표를 이용하여 암과의 관련성을 분석한 결과 노출군과 대조군에서 모두 평균값의 유의한 차이를 발견하지 못하였으며 교차분석 또한 통계적으로 유의하지 않아서 전자파 노출과 암 발생과의 관련성은 보이지 않았다. 그러나 연령이 증가할수록 이들 모두 평균값이 차츰 증가 추세를 보이고 PSA와 CEA 같은 경우 교차분석 결과 연령별 집단에 따라 통계적으로 유의하게 비정상자 분포의 차이를 보여 연령이 증가할수록 이들 암에 걸릴 위험성은 커지는 것으로 조사됐다. LDH의 경우 노출군이 대조군에 비해서 평균값이 유의하게 증가하였으며 연령별 값이 증가할수록 LDH의 값도 유의하게 증가하였다. LDH의 교차분석 결과 또한 노출군이 대조군에 비해 비정상자의 분포가 통계적으로 유의하게 높았는데 전자파 노출과 LDH의 증가는 서로 관련성이 있는 것으로 나타났다. LDH의 증가는 전자파 노출과 관련하여 백혈병 및 종양, 심근경색 질환과도 밀접한 관련이 있는 만큼 좀 더 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Deadman JE. Exposure to 60 Hz magnetic and electric fields at a Canadian electric utility. *Scand J work Environ Health* 22:415-424, 1996.
2. Huijgin HJ, Sanders GTB, Koester RW, Vreken J, Bossurt PMM. The clinical value of lactate dehydrogenase in serum: A quantitative review. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 35 (8):573-576, 1997.
3. Juutilainen J, Hatfield T, Laara E. Evaluating alternative exposure indices in epidemiologic studies on extremely low-frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 17:138-143, 1996.
4. Kabat GC, O'Leary ES, Schoenfeld ER, Greene JM, Grimson R, Henderson K, Kaune WT, Gammon MD, Britton JA, Teitelbaum SL, Neugut AI, Leske MC; EBCLIS Group. Electric blanket use and breast cancer

- on Long Island. *Epidemiology* 14:514-520, 2003.
5. Kliukiene J, Tyens T, Martinsen JI, Karl G, Blaasaas and Andersen A. Incidence of Breast Cancer in Norwegian Cohort of Women With Potential Workplace Exposure to 50 Hz magnetic Fields. *Am J Ind Med* 36:147-154, 1999.
6. Lerman Y, Jacobovich R and Manfred SG. Pregnancy outcome Following Exposure to shortwave A long Female Physiotherapist in Israel. *Am J Ind Med* 39:499-504, 2001.
7. Minder CE and Pfluger DH. Leukemia, Brain tumors and Exposure to Extremely low Frequency EMF in Swiss railway employees. *Am J Epidemiol* 153:825-835, 2001.
8. Oesterling JE. Prostate specific antigen: a critical assessment of the most useful tumor marker for adenocarcinoma of prostate. *J Urol* 145:907-923, 1991.
9. Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high-voltage facilities and the risk of cancer in children. *BMJ* 307:891-895, 1993.
10. Schoenfeld ER, O'Leary ES, Henderson K, Grimson R, Kabat GC, Kaune S, Kaune WT, Gammon MD, Leske MC, EBCLIS Group. Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island: A case-control study. *Am J Epidemiol* 158:47-58, 2003.
11. Villeneuve PJ, David A, Anthony B, Miller, Paul N, Corey, and James TP. Leukemia in Electric Utility Workers: Indices of Exposure to 60 Hz Electric and Magnetic fields. *Am J Ind Med* 37:607-617, 2000.
12. Wang MC, Valenzuela LA, Murphy GP, Chu TM. Purification of human prostate specific antigen. *Invest Urol* 17:159-163, 1979.
13. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 109:273-284, 1979.
14. Wijngaarden E, Savitz DA, Robert CK, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study. *Occup Environ Med* 57:258-263, 2000.
15. 김운명. 사업장 근로자의 전자파 노출실태 조사. 2002.

16. 김윤신, 조용성. 전자파의 직업성 노출평가 및 멜라토닌 분비량에 관한 연구. 한국산업위생학회지 8(2): 264-271, 1998.
17. 김지연, 심성춘, 이승세. 건강 검진 수진자에서 종양 표지자 측정의 임상적 효율성. 대한내과학회지 60(2): 148-155, 2001.
18. 박재형, 최범희, 정현주, 손중천, 김범택, 박섯별 : 건강검진에서 증가된 전립선 특이항원(PSA)의 임상적 의의. 가정의학회지 24:648-652, 2003.
19. 이현경, 박연희, 남궁준, 조남국, 유영진, 김성록. 종양표지자로서 Lactate dehydrogenase의 임상적 의의. 대한내과학회지 58(5):575-581, 2001.
20. 최환준, 이신호, 박무인, 우인기, 김병립, 최종수, 지상근, 구자영. 위암환자의 혈청 CEA, Ca 19-9 및 AFP에 관한 연구. 대한내과학회지 47(5):651-663, 1994.