

전자파의 직업성 노출평가 및 멜라토닌 분비량에 관한 연구

한양대학교 의과대학 환경 및 산업의학연구소

김 윤 신 · 조 용 성

— Abstract —

An Occupational Exposure Assessment and Melatonin Excretion Level of Electromagnetic Fields(EMFs)

Yoon Shin Kim and Yong Sung Cho

Institute of Enviromental and Industrial Medicine, College of Medicine, Hanyang University

A pilot study was undertaken to examine the possible health effects of electromagnetic fields(EMFs). The purpose of this study was to investigate of the EMFs exposures of personal environment, 60Hz magnetic fields. An experimental study was performed for six weeks of January-February 1998 to compare changes in melatonin levels in urine of 20 subjects during their normal sleeping hours and each 20 subjects in occupational and non-occupational group measured personal 24-h continual exposure, using EMDEX II (for 40-800Hz, Enertech Consultant, Inc.). An urine samples were collected 3 times a day(before sleep or around 24:00 ; immediately after wake-up ; around noon) for an week from each subjects and analyzed by radioimmunoassay. This study did not significant difference for the subjective average melatonin levels between occupational and nonoccupational groups exposed to electromagnetic fields. The mean personal exposure levels of occupational group were $0.215\mu\text{T}$, whereas non-occupational group were $0.18\mu\text{T}$. Occupational group were exposed more highly while at work. Finally, this study would provide significant data for furture study of exposure assessment of magnetic fields. A large scale study concerning more detailed exposure assessment should provide important information on health risk assessment of MFs. Further study should provide information on the contribution of various sources and the relationship between melatonin and immune system activity.

Key Words : Electromagnetic Fields(EMFs), Assessment, Melatonin, Radioimmunoassay, 60Hz

* 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

I. 서론

최근 각종 전자기기의 팔목할 만한 사용증가로 대표되어지는 산업화의 영향으로 전자파(Electromagnetic Fields : EMFs)의 노출기회의 증대와 더불어 인체영향에 대한 과학적인 사고 및 연구가 지난 십여년간 계속되어 오고 있다(김윤신 등, 1997). 전자파를 정의하면 모든 전기관련 기구에서 발생하는 무형의 힘이며, 전기장(Electric Field : EF)과 자기장(Magnetic Field : MF)으로 구성된다.

전자파의 인체영향에 관한 연구는 1979년 어린이 백혈병 발생과 전자파노출과의 연관성에 관한 역학적연구 결과가 발표된 이후(Wertheimer와 Leeper, 1979), 각종 암과의 관련성에 대한 논란이 끊임없이 계속되고 있다(Wilson et al., 1989). 따라서 다양한 역학적 연구외에 In-vivo, In-vitro 실험, 실험적 연구 및 melatonin 호르몬과의 연관성에 관한 연구등이 최근의 국제적 연구동향이라 할 수 있다. 특히 다수의 역학적 연구에서는 전자장의 인체 노출중 특히 극저주파(ELF-EMF)영역에서의 개인 노출을 대상군과 대조군으로 나누어 그들에 대한 인체영향을 조사한 결과 소아의 백혈병, 뇌종양 그리고 유방암등과 같은 암의 발생률이 증가한다고 보고된 바 있다(Wertheimer and Leeper, 1986 ; Verreault et al., 1990 ; Vena et al., 1991 ; Vena et al., 1994 ; Lovely et al., 1994). 또한 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 있는 실정이다(Juutilainen et al., 1996). 이에 선진국에서는 송전선 및 송전설비에 의한 전자장 노출과 인체 발암성간의 관계에 대해 다양한 연구가 진행중에 있으며, 1930년대 이후 전자장이 인체영향에 관한 논란이 계속되어왔고 현재까지 많은 실험적 및 역학적 연구가 진행되고 있다(Lerchl et al., 1990 ; Floderus et al., 1994). 특히 전자파의 멜라토닌(Melatonin) 호르몬 영향에 관한 연구와 관련하여 전자파가 멜라토닌 분비량에 어떤 영향을 주는지에

대한 많은 연구가 진행중이다(Yellon, 1994 ; Graham et al., 1996).

멜라토닌은 수면중 어둠(darkness)과 반응하여 송과선(Pineal gland)에 의해 우리 몸에서 자연적으로 생산되는 호르몬이며, 건강상태를 나타내는 중요한 요소로 간주되고 있다. 멜라토닌의 주요 기능으로는 확실한 24시간 주기성(Circadian rhythm)을 가지는 호르몬이며, 면역작용(Immune function) 및 암세포 증식 억제작용(Oncostatic activity)의 기능을 가지는 호르몬으로 알려져 있다(Hong, 1997).

송과선의 중요한 호르몬인 멜라토닌은 serotonin에서 NAT(N-acetyltransferase)와 HIOMT(hydroxyindole-O-methyl transferase)의 활동에 의해 생성된다(Deguchi와 Axelrod, 1972). 일반적으로 멜라토닌 분비량은 송과선과 순환하는 혈액 모두에 있어서 어둠(darkness)의 시간동안에 증가하며 인간에게 있어서 대략 02:00과 04:00 사이에 멜라토닌의 농도가 최대로 발생한다. 또한 눈을 통한 신경적 입력은 송과체에서 24시간 주기를 관장하는 멜라토닌의 중요한 조절자인 SCG(Superior Cervical Ganglia)를 경유해서 일어난다. 충분한 세기의 빛은 많은 동물들에게 있어 멜라토닌 합성을 억제하는 효과가 있다(Moore et al., 1968).

또한, 섭취된 알콜(Wetterberg, 1978), 프로프라놀롤과 같은 β -아드레날린성 차단제(Wetterberg, 1979) 그리고 스트레스(Troiani et al., 1987) 등은 송과선에서 멜라토닌 농도를 감소시킨다고 보고되었다. 또한 멜라토닌은 In vitro와 In vivo 실험 모두에 있어 암의 성장을 억제하는 것으로 보고되었으며(Blask, 1990), 멜라토닌 분비의 감소는 흉부암(Barcelo and Mediavilla, 1988)과 전립선암(Buzzell et al., 1988)에 있어 에스트로겐 수용체의 양성반응과 관계가 있는 것으로 시사되었다.

국내에서는 전자장 관련 직업성 노출에 의한 멜라토닌의 영향 또는 발암성에 대한 실험 역학적 연구가 전무한 실정이며 측정방법 또한 표준화 되어있지 않다. 따라서 본 연구에서는 전자장에 노출되기 쉬운 직업군과 비직업군을 설정하여 정확한 전자장 개인노출 정도와 멜라토닌 분비량을 조사·비교하여 전자파의 직업성 노출로 인한 인체영향 연구의 과학적인 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 실험 대상 및 방법

1. 실험 대상

본 연구의 대상자는 변전소에 근무하고 있는 변전소 근로자와 병원내에서 전자기기를 다루는 임상병리사를 대상으로 각 5명씩 10명을 직업군으로 선정하였고, 학생과 주부를 대상으로 각 5명씩 10명을 비직업군으로 선정하여 총 20명을 대상으로 1998년 1월 7일부터 2월 16일까지 약 6주간에 걸쳐 실시하였다.

2. 실험 방법

연구대상자 20명(직업군 10명, 비직업군 10명)에 대해서 개인노출값(PEL : Personal Exposure Level)에 대한 측정으로 24시간 연속측정을 실시하였다. 개인의 전자장 노출 수준의 측정에는 EMDEX II (ENERTECH Inc.)가 사용되었다. 이 기기는 최대의 분석 감도에서 각각 자기장의 경우 $0.01\mu T$ 이고, 전기장의 경우 $0.0003\mu A$ 의 분석감도를 갖고 있다. 최대 분석 가능치는 자기장의 경우 $300\mu T$, 전기장은 $19.66\mu A$ 이다. 측정 가능 대역은 $40\sim 800Hz$ 로서 $40\sim 800Hz$ 를 Broadband(bb), $100\sim 800Hz$ 를 Harmonic(bh)라 칭했으며 극저주파 영역에서 전자장 방출의 대부분은 차지하며 국내에서 사용하고 있는 고정주파수인 $60Hz$ 를 Fundamental(bf)이라 하였다. 측정치의 정확도는 각각 자기장 $\pm 3\%$, 전기장 $\pm 5\%$ 이다. 측정조건 등의 결정은 Event marker button과 Toggle buttons을 이용하고 측정되는 상황은 10초 간격으로 LCD 표기창을 통해 볼 수 있다. 측정 완료 후 주컴퓨터(main computer)에 전송하고 측정치는 전용 프로그램인 EMCALC 95 software(EPRI사, 1996)에 의해 분석하였다. EMDEX II ($152\times 114\times 51mm$)는 측정치에 전혀 영향을 주지 않는 벨트형 가방을 이용하여 대상자의 허리부분에 24시간 이상 착용하도록하였으며, 대상자는 간단한 일일생활기록표(logbook)를 지니고 다니면서 행동양식의 변화가 생길 때마다 즉시 일일생활기록표에 기록을 하고 EMDEX II의 EVENT Button을 눌러 주도록 하였다. 분석은 대상자가 작성한 일일 생활 기록표의 기록과 Event mark를 확인하여 24시간 중 개인 전자장 노출 분석에 필요한 시기를 선정하여

시간가중평균(TWA : Time Weighted Average) 값을 계산하였다(〈공식 1〉). 노출 분석에 필요한 시기로는 크게 실내(Indoor), 실외(Outdoor) 및 24시간(Total) 등 총 세 부분으로 나누었으며, 실내는 다시 가정(At home), 근무중(At work), 이동중(Transportation)으로 구분하였다.

시간가중평균 =

$$\frac{(C1 \times T1) + (C2 \times T2) + \dots + (Cn \times Tn)}{(T1 + T2 + \dots + Tn)} \quad \text{〈공식 1〉}$$

C : 해당 시간중 평균 전자과 노출값

T : 해당 시간

또한 각 연구대상자에 대한 인체영향조사를 위한 멜라토닌 분석을 위해 각 연구대상자들의 뇨(Urine)를 하루 3회(기상직후, 정오, 취침 전) 5일간 채취하였고, 분석 방법으로는 방사면역검사방법(Radioimmunoassay method)을 이용하였다.

채취된 뇨(Urine) 중 멜라토닌 분비량은 BuHLMANN LABORATORIES AG(Switzerland)에서 생산된 RIA test kits를 사용하여 측정하였다. 이 RIA kit는 Kennaway G280 항 멜라토닌 항체에 의해 두 개의 항체(Primary antibody와 Secondary antibody)에 의해 멜라토닌을 측정한다. RIA의 분석과정은 최초 전 처리과정으로서 Column의 준비(Preparation)와 조절(Conditioning)과정으로 methanol과 3차 증류수를 각 $1ml$ 씩 2회 투여하고, 세척(Washing)과정은 10% methanol $1ml$ 를 2회 투여하고, hexane $1ml$ 를 1회 투여한다. 그리고 5배 희석한 뇨 샘플을 투여한 후 methanol $1ml$ 를 투여하여 최종적으로 추출하였다. 전 처리과정 후에 뇨 샘플은 Primary antibody $100\mu l$ 및 I-125 $100\mu l$ 등과 함께 $20\pm 4hr$ 동안 반응시킨 후 Secondary antibody $100\mu l$ 를 투여하여 최종적으로 Gamma-counter에 의해 측정되었다. 분석과정에서 사용된 primary antibody와 secondary antibody는 한 vial에 $11ml$ 의 anti-melatonin 항체가 포함되어 있고, 냉장상태로 보관되었다. 연구대상자는 뇨를 채취하는 동안에 채취된 뇨의 전체량과 채취시간을 기록할 수 있는 측정일지를 기

록하였다. 주 5일간 매일 3회에 걸쳐 노채취를 수행하여 총 노 샘플은 300개로 실험되었다. 분석된 결과는 SPSS 통계분석 패키지를 이용하여 각 직업군에 대한 멜라토닌 분비량을 비교·분석하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

각 직업별(변전소 근로자, 병원내 임상병리사, 학생, 가정주부) 조사대상자에 대한 자기장 노출량은 다음 Table 1과 같다. 직업별로는 변전소 근로자(Utility worker)들의 노출량이 0.22 μ T로 가장 높게 나타났고, 학생(Student)들의 노출량이 0.17 μ T로 가장 낮게 나타났다. Table 1에서 나타난 바와 같이 전자과 관련 직업군들의 노출량이 비직업군에 비해 높게 나타남을 알 수 있다.

이 결과로 볼 때 직업군으로 선정한 변전소근로자, 임상 병리사가 비직업군보다 개인노출수준이 높게 나타났으며, 장기간에 걸쳐 노출되었을 경우 치명적인 임상질환에 걸릴 수 있다고 보고한, 스웨덴의 권고치인 0.2 μ T보다 높은 수준을 나타내어 우리나라 전자장 관련 직업군에 대한 전자장의 영향이 높은 것으로 나타났다. 또한 비직업군은 스웨덴의

권고치인 0.2 μ T에 비해 낮은 값을 보였다는 점을 감안할 때 이들에 대한 24시간 동안의 자기장노출은 그리 심각하지 않다고 판단할 수 있다.

Table 2는 각 그룹을 직업군과 비직업군으로 나누어 하루 24시간동안의 측정값을 실내(Indoor)와 실외(Outdoor)로 구분하여 노출량을 비교·측정하였다. 특히 실내의 경우는 작업중(At work), 이동중(Transportation), 가정(At home)으로 세분하여 각 연구대상자들의 작업중 노출량을 비교하였다. 또한 각 범주에 따른 직업군과 비직업군의 노출량비(Ratio)를 나타내었다. Table에서 나타난 바와 같이 병원내 임상병리사들의 작업중 평균 노출량은 0.33 μ T로 가장 높게 나타났고, 비직업군인 학생이 0.06 μ T로 나타나 직업군이 비직업군에 비해 작업중 평균 노출량이 약 4.21배 높게 측정되었다. 특히 직업군의 작업중 평균 노출량은 스웨덴에서의 작업환경중 권고치인 0.2 μ T에 비해 높은 수치를 보여주고 있다. 이러한 결과를 볼 때 직업군에 대한 작업환경중 전자장 노출은 매우 심각하다고 판단할 수 있다. 따라서 전자장 관련 직업에 종사하는 근로자에 대한 작업환경중의 전자장 차폐장치마련등의 대책이 필요하다고 사료된다.

Table 1. Summary statistics for MF measurements by occupation.

(Unit : μ T)

Occupational category	A.M.	S.D.	Median	G.M.	G.S.D.
Utility Worker (N=5)	0.22	0.32	0.12	0.12	3.07
Medical Computer Driver (N=5)	0.21	0.36	0.10	0.11	2.90
Student (N=5)	0.17	0.25	0.08	0.08	3.83
Housewife (N=5)	0.19	0.24	0.08	0.08	2.87

N=Number of subject, A.M.=Arithmetic mean, S.D.=Standard deviation, G.M.=Geometric mean, G.S.D.=Geometric standard of the mean.

Table 2. Personal exposure levels of MF between occupational and non-occupational groups.

(Unit : μ T)

Category	Occupational		Non-occupational		Ratio
	Utility Worker (N=5)	Medical Computer Driver (N=5)	Student (N=5)	Housewife (N=5)	O/NO*
At Work(9hr)	0.26	0.33	0.06	0.08	4.21
Indoor Transportation(2hr)	0.24	0.15	0.23	0.08	1.26
At Home(10hr)	0.03	0.14	0.08	0.07	1.13
Outdoor(2.5hr) etc.(0.5hr)	0.11	0.11	0.06	0.13	1.16
Total(24hr)	0.22	0.21	0.17	0.19	1.19

*O/NO : Occupational/Non-occupational

Fig. 1~2는 연구대상자 중 대표적인 연구대상자(학생, 변전소 근로자)의 하루 중 시간별 전자장 노출 형태를 나타낸 Fig.이다. Fig.에서 나타나듯이 수면중에는 전자장에 거의 노출되지 않았고, Fig. 1의 학생은 출퇴근 시간에 가장 높은 노출을 보였으며, 변전소 근로자인 Fig. 2에서는 근무중에 가장 높은 노출을 보인 것으로 나타났다.

또한 각 연구대상자들에 대한 그룹별 멜라토닌 분비량을 조사한 결과는 Fig. 3~5와 같이 나타났다. Fig. 3은 각 대상자들에 대해 하루 3회(정오, 취침전, 기상후) 5일간 채취된 뇨(Urine)를 분석한 결과이며 각 그룹별로 평균한 농도를 채취시기별로 비교한 것이다. Fig.에서 나타나듯이 직업군으로 선정한 변전소 근로자와 병원 근로자, 그리고 비직업군으로 선정한 학생, 주부 등 4그룹 모두에 있어서 상이한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 변전소 근로자에 한

해서는 멜라토닌의 24시간 주기성(Circadian rhythm)이 다른 그룹에 비해 다소 못 미치는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4와 Fig. 5는 전체 연구대상자들을 직업군과 비직업군으로 크게 나누어 뇨(Urine)채취 시기별로 멜라토닌 분비량을 비교한 것이며, Fig.에서 나타나듯이 거의 같은 수준의 농도를 나타내고 있음을 알 수 있다.

위와 같은 결과를 나타낸 것은 본 실험에 참여한 연구대상자들의 수가 그 집단을 대표할 만큼 충분히 많지 않았고, 변전소 근로자의 경우에는 전자파 작업환경에 5년 이하 근무한 근로자를 대상으로 하였기 때문인 것으로 사료된다. 향후 보다 체계적인 연구에서는 전자파에 장기간 노출로 인한 임상증상이 나타나기 시작하는 것으로 추정되는 15년 이상의 근로자들을 대상으로 실험을 할 필요성이 제기된다.

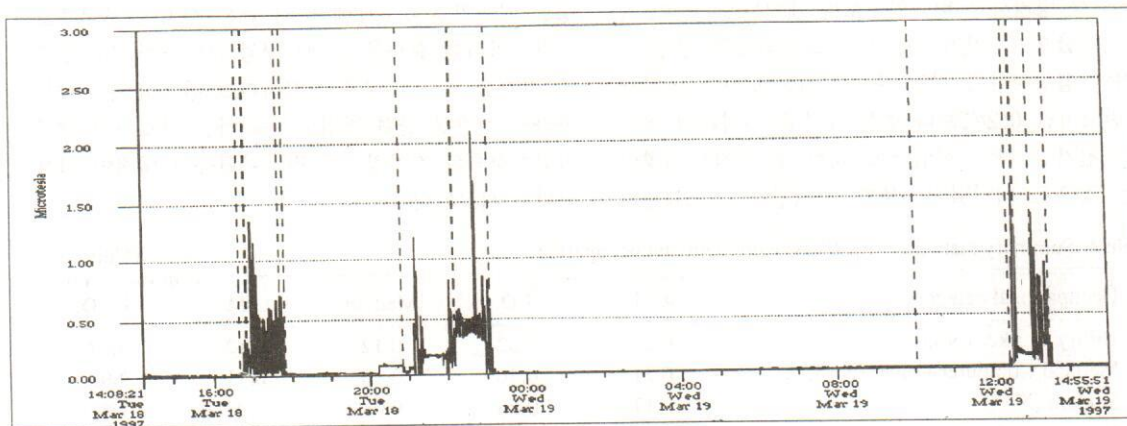


Fig. 1. An example of magnetic field recordings of a students.

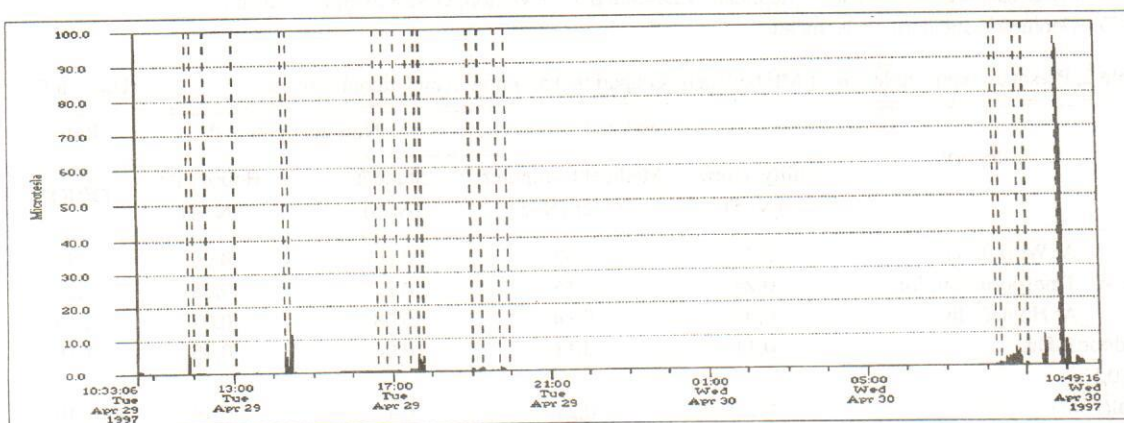


Fig. 2. An example of magnetic field recordings of a utility workers.

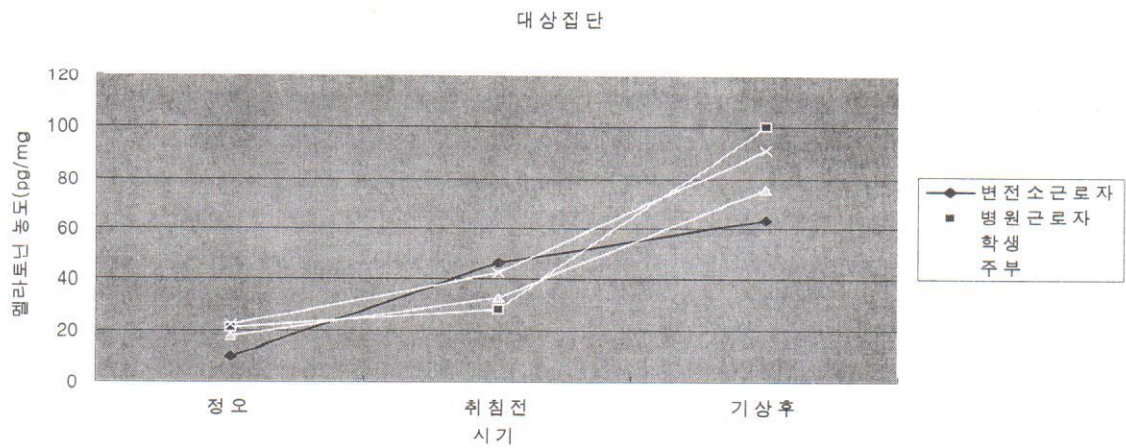


Fig. 3. Comparison of melatonin excretion levels(pg/mg) between occupational and non-occupational groups(I).

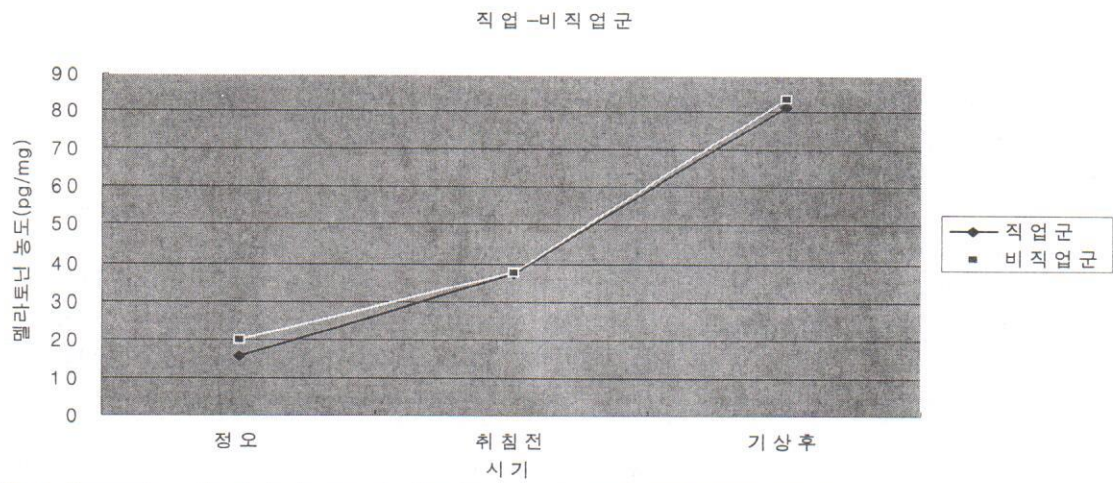


Fig. 4. Comparison of melatonin excretion levels(pg/mg) between occupational and non-occupational groups(II).

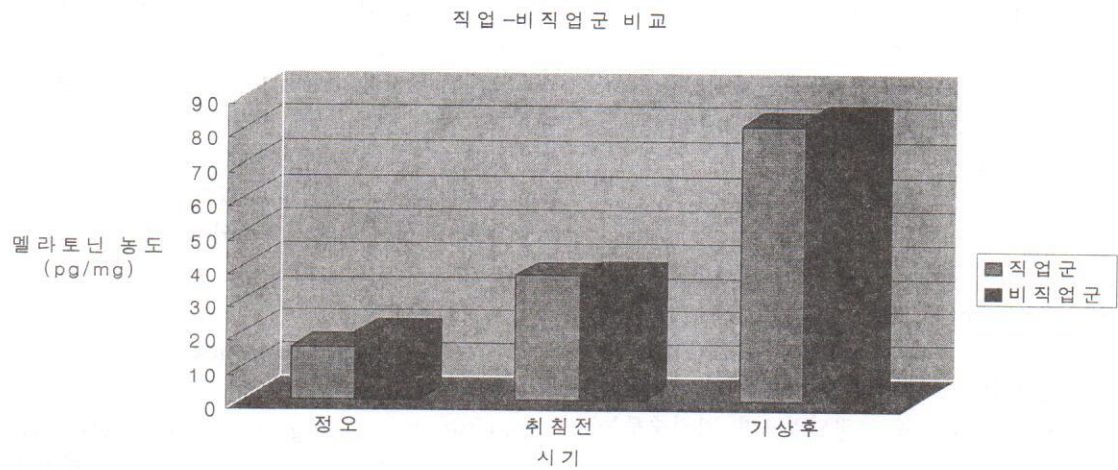


Fig. 5. Comparison of melatonin excretion levels(pg/mg) between occupational and non-occupational groups(III).

위와 같이 각 연구대상자의 뇨(Urine) 중 멜라토닌 분비량을 조사한 결과 직업군과 비직업군의 멜라토닌 분비량 비교결과는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$).

현재 사회적으로 큰 관심의 대상이 되고 있는 전자장의 유해성은 국내뿐만 아니라 선진국에서조차 아직까지 논란이 되고 있는 실정이며, 최근 각종 전자장이 우리 인체에 미치는 영향에 대한 과학적인 규명을 위해 여러나라에서 장기간의 시간을 투자해 연구하고 있다. 그러나 전자장에 의한 영향은 개인마다의 민감도와 그와 수반되는 여러가지 주위 환경 등 많은 변수들이 존재하기 때문에 완전한 평가를 내리기는 거의 불가능한 실정이다.

국내의 경우 좁은 국토에 많은 인구가 거주하므로 전자장에 노출되는 정도가 외국에 비해 더 심각할 수도 있는 실정이고 전자장의 유해성에 대한 과학적인 근거에 비해 사회적인 관심과 추론이 앞서 있으며, 전자장 측정의 방법 또한 표준화 되어있지 않다. 따라서 본 연구는 보다 정확한 전자장 측정방법의 제시 및 국내 상황에 맞는 역학적 연구를 위한 자료제공과 더 나아가서는 전자장의 유해성 평가와 인체보호권 고기준을 제정하는데 기초자료를 제공한다.

IV. 결 론

본 연구조사는 1998년 1월 7일부터 2월 16일까지 약 6주간에 걸쳐 변전소 근로자와 병원내에서 전자기기를 다루는 임상병리사를 대상으로 각 5명씩의 직업군과, 비직업군으로 학생과 주부 각 5명씩을 선정하여 개인노출량과 멜라토닌 분비량을 조사하였다. 멜라토닌 분비량 조사는 각 연구대상자들의 뇨(Urine)를 하루 3회(기상직 후, 정오, 취침 전) 5일간 채취하였다.

본 조사연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 총 20명을 대상으로 한 24시간 개인노출수준(PEL : Personal Exposure Level)조사에서 대상 직업중 변전소 근로자의 노출량이 $0.22\mu T$ 로 가장 높게 측정되었으며, 병원내 임상병리사가 $0.21\mu T$, 학생이 $0.08\mu T$ 순으로 측정되었으며 가정주부는 $0.05\mu T$ 로 전자장에 가장 적게 노출된 것으로 나타났다.

2. 각 연구대상자를 실내(Indoor) 및 실외(Outdoor)활동으로, 특히 실내활동은 다시 작업중(At work), 이동중(Transportation), 가정(At home)으로 세분하여 측정한 전자파 노출수준을 보면, 모든 범주에서 직업군이 비직업군에 비해 높은 것으로 나타났다. 특히 작업환경중 전자장 노출평가의 직접적인 판단기준이 될 수 있는 작업중 노출량을 보면 병원내 임상병리사가 $0.33\mu T$, 변전소 근로자가 $0.26\mu T$ 로 나타나 스웨덴의 작업환경 권고치인 $0.25\mu T$ 보다 높게 나타났으며, 반면에 비직업군인 학생과 가정주부는 각각 $0.06\mu T$ 와 $0.08\mu T$ 로 매우 낮게 나타났다.

3. 연구대상자들에 대한 뇨 검사를 통한 멜라토닌 분비량(Melatonin Excretion)을 조사한 결과 직업군과 비직업군의 멜라토닌 분비량의 차이가 없는 것으로 판명되었다($P>0.05$).

4. 멜라토닌이 확실한 24시간 주기성(Circadian rhythm)을 갖는 특성을 고려해 볼 때 다른 직업군에 비해 변전소 근로자의 주기성은 확실하다고 할 수 없어 차후 변전소 근로자들에 대한 만성적인 전자파 노출과 멜라토닌 분비량간의 관계를 규명할 수 있는 구체적인 연구가 필요하다고 생각되어진다.

이상의 결과로 볼 때, 향후 인체의 전자장 측정뿐만 아니라 전자장으로 인한 개인별 영향을 파악하기 위해서는 사례조사를 통한 단기연구보다는 보다 광범위한 역학적인 연구조사가 필요할 뿐만아니라 극저주파 전자장(ELF-EMF)으로 인한 구체적인 연구를 장기간에 걸쳐 수행될 것이 기대된다. 또한 국내에서도 향후 더욱 크게 제기될 것으로 사료되는 직업성 전자장 노출에 의한 인체영향에 관한 판단여부는 전자장 관련 직업군의 작업환경의 개선 및 전자장 차폐장치등의 시설이 우선되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Blask DE : The emerging role of the pineal gland and melatonin in oncogenesis. Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer.

- Columbus, OH: Battle Press, 1990; 319-325.
- Buzzell GR, Amerongen HM, Toma JG : Melatonin and the growth of the Dunning R3327 rat prostatic adenocarcinoma. *The Pineal Gland and Cancer*. D. Gupta, A. Attanasio, and R. J. Reiter, eds. Brain Research Promotion, London 1988; 295-306.
- Deguchi T and J Axelrod : Control of circadian change of serotonin N-acetyltransferase in the pineal organ by the β -adrenergic receptor. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1972; 69:2547-2550.
- Enertech Consultants, Inc. : EPRI Electric and magnetic field digital exposure system EMCALC user manual ver. 2.2., California.
- Floderus B, Tornqvist S, Stenlund C : Incidence of Selected Cancers in Swedish Railway Workers. *Cancer Causes and Control* 1994; 189-194.
- Graham C, Cook MR, Riffle DW, Cohen HD, Gerkovich MM : Nocturnal melatonin levels in human volunteers exposed to intermittent 60Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1996; 17:263-273.
- Hong SC : Effects of repeated nighttime exposures to 50Hz electromagnetic fields on the melatonin production and circadian rhythm. Department of Human Ecology School of International Health Faculty of Medicine, The University of Tokyo, 1997.
- Juutilainen J, Laara E, Pukkala E : Evaluating Alternative Exposure Indices in Epidemiologic Studies on Extremely Low-Frequency Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 1996; 17:138-143.
- John E Vena, Freudenheim JL, Marshall JR : Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer. *Am J. Epidemiology* 1991; 134:180-185.
- John E Vena, Freudenheim JL, Marshall JR : Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. *Am J. Epidemiology* 1994; 140:974-979.
- Lerchl A, Nonaka KO, Stokken KA, Reiter RJ : Marked rapid alterations in nocturnal pineal serotonin metabolism in mice and rats exposed to weak intermittent magnetic fields. *Biochem Biophys Res Commun* 1990; 169:102-108.
- Lovely RH, Buschbom RL, Slavich AL, Anderson LE, Hansen NH, Wilson BW : Adult Leukemia risk and personal appliances use. : A preliminary study. *Am J. Epidemiology* 1994; 140:510-517.
- Moore RY, Heller R, Bhatnager RK, Wurtman FJ, Axelrod J : Central control of the pineal gland : Visual pathways. *Arch. Neurol* 1968; 18:208-218.
- Sanchez Barcelo EJ and S Coscorral MD Mediavilla : Influence of pineal gland function on the initiation and growth of hormone-dependent breast tumors : Possible mechanisms. *The Pineal Gland and Cancer*. L. Gupta, A. Attanasio, R. J. Reiter, eds. Brain Research Promotion, London 1988; 221-232.
- Troiani MES, Oaknin S, Reiter RJ, Vaughan MK, Cozzl BL : Depression in rat pineal NAT activity and melatonin content produced by hind leg saline injection is time and darkness dependent. *J. Pineal Research*. 1987; 4:185-195.
- Verreault R, Weiss NS, Hollenbach KA, Strader CH, Daling JR : Use of Electric Blankets and Risk of Testicular Cancer. *Am J. Epidemiology* 1990; 133(5): 759-762.
- Wertheimer N and Leeper E : Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979; 109:273-284.
- Wertheimer N and Leeper E : Possible effects of electric blankets and heated waterbeds on fetal development. *Bioelectromagnetics* 1986; 7:13-22.
- Wetterberg L : Melatonin in human physiological and clinical studies. *J. Neural Transm(Suppl.)* 1978; 13:289-310.
- Wetterberg L : Clinical importance of melatonin. In: *Progress in Brain Research*. J. Kapper, P. Paret, eds. Elsevier/North Holland, New York 1979; Vol. 52:539-547.
- Wilson BW, Stevens RG, Anderson LE : Neuroendocrine-mediated effects of electromagnetic field exposure : Possible role of the pineal gland. *Life Science* 1989; 45:1319-1332.
- Yellon SM : Acute 60Hz magnetic field exposure effects on the melatonin rhythm in the pineal gland and circulation of the adult Diungarain hamster. *J Pineal Res* 1994; 16:136-144.