

60Hz 자기장에 대한 과민 증후군의 자각증상 원인 평가*

Assessment of subjective symptoms by 60Hz magnetic field in electromagnetic hypersensitivity

양동인^{**,*} · 남기창^{***,*} · 권민경^{***,*} · 김덕원^{**,*}

Dong-In Yang^{**,*} · Ki-Chang Nam^{***,*} · Min-Kyung Kwon^{***,*} · Deok-Won Kim^{**,*}

연세대학교 생체공학협동과정^{**}

Graduate Program in Biomedical Engineering, Yonsei University^{**}

연세대학교 의과대학 의학공학교실^{***}

Department of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine^{***}

세브란스병원 의료기기임상시험센터^{****}

Clinical Trials Center for Medical Devices, Yonsei University Health System^{****}

연세대학교 의과대학 의과학과^{*****}

Brain Korea 21 Project for Medical Science, Yonsei University^{*****}

Abstract

As increasing of electrical device usage, social concerns about the possible effects of 60Hz electromagnetic fields (EMF) on human health have increased. The number of people with self-attributed electromagnetic hypersensitivity (EHS) who complain of subjective symptoms such as headache, insomnia etc. also increased. However, we don't know whether the EHS results from psychological factor or real perception to the electromagnetic field. In this study, we simultaneously investigated physiological changes(heart rate, respiration rate, heart rate variability, alpha and beta waves in EEG), subjective symptoms and perception accuracy to assess origins of subjective symptoms according to the EMF exposure. Experiment consists of real and sham sessions and 60Hz 12.5uT magnetic field was on(real) or off(sham) to 15 EHS and 16 nonEHS. As the results, EMF exposure did not have any effects on physiological parameters or subjective symptoms for both groups. There was also no evidence that EHS group perceived the EMFs correctly than the control group. Therefore, the origins of subjective symptoms is not the 60Hz magnetic field but psychological factors.

Keywords : ELF(extremely low frequency), hypersensitivity, subjective symptom, perception accuracy, physiological changes

요약

전기기기의 사용이 증가함에 따라 60Hz 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체영향에 관한 관심이 고조되고

* 본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제임(No.08123)

† 교신저자 : 김덕원(연세대학교 의과대학 의학공학교실)

E-mail : kdw@yuhs.ac

TEL : 02-2228-1916

FAX : 02-364-1572

있다. 그와 더불어 60Hz 자기장에 의해 두통, 불면증 등 정신 신경 생리학적 증상을 호소하는 사람들이 증가하고 있다. 그러나 이러한 증상이 자기장 노출에 의한 것인지 심리적 요인 때문인지에 대하여 확실한 원인규명이 되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 자기장 노출 시 생리학적 변화(심박수, 호흡수, 심박변이도, 뇌파의 알파, 베타파), 자각증상, 자기장 인지 여부를 동시에 측정하여 복합적으로 자각 증상 원인을 분석하는 연구를 수행하였다. 60Hz 12.5 μ T의 자기장을 일반인 군(16명)과 EHS 군(15명)을 대상으로 실제 노출 및 가상 노출을 하였다. 그 결과 일반인 군과 EHS 군 모두 60Hz 자기장 노출여부에 따른 생리학적 변화나 자각증상의 차이가 없었다. 또한 자기장 인지 정확도에서도 EHS 군이 일반인 군보다 인지를 잘한다고 볼 수 없었다. 그러므로 EHS 유발요인은 60Hz 자기장이 아니라 다른 심리적, 환경적 요인에 의한 것으로 사료된다.

주제어 : 극저주파, 과민반응, 자각증상, 인지 정확도, 생리학적 변화

1. 서론

60Hz 전기는 우리 생활에 빠질 수 없는 에너지원이다. 전기기기의 사용량이 증가함에 따라 최근 전력선에서 발생하는 전자기장의 인체영향에 관한 관심이 고조되고 있다. 이와 비례하여 두통, 피로, 불면증 등 정신적, 신경 생리학적 증상을 호소하는 사람들이 증가하고 있다. 전자기장에 의해 증상을 호소하는 것을 전자기장 과민증(EHS, electromagnetic hypersensitivity)이라고 한다. 국내에서는 조사된 바 없지만 국외의 경우 인구 대비 전자기장 과민반응을 호소하는 사람의 비율은 스웨덴 1.5%, 미국 캘리포니아 3.2%, 스위스 5%라는 역학연구 결과가 있다(Hillert et al., 2002; Levallois et al., 2002; Schreier et al., 2006). 전자기장에 과민반응을 보이는 사람들은 이로 인해 삶의 질이 떨어지며, 더 나아가 사회적 비용이 증가하게 된다. 그렇기 때문에 전자기장 과민반응 진단 및 치료가 중요하다. 하지만 현재까지는 의학적인 진단이 불명확하여 확실한 원인규명이 되지 않고 있어 치료하는데 어려움이 있다(Eltiti et al., 2007; Leitgeb et al., 2003; Rubin et al., 2005). 현재 전자기장 과민반응의 평가는 개인의 주관적인 판단에 의존하고 있다(Eltiti et al., 2007). 의학적인 진단을 위해서는 전자기장 과민반응의 원인을 파악하여 실제로 전자기장에 의한 증상인지 아니면 심리적 요인으로부터 야기되는 증상인지를 파악할 필요가 있다.

기존 연구를 살펴보면 2003년 Sandström 등(2003)은 40~800Hz 자기장 하에서 EHS와 일반인 군의 심전도를 모니터링한 결과 평균 심박수는 차이가 없었다고 보고하였다. Andersson 등(1996)은 VDU(visual display unit)의 전자기장하에서 일반인 군과 EHS 군간 증상

정도의 유의한 차이는 보지 못했다고 하였다. Rubin 등(2005)은 31개의 EHS 관련 논문을 분석해본 결과 EHS 군이 전자기장을 감지하는 능력과는 연관 없다고 결론을 내렸다. Lyskov 등(2001)은 60Hz 자기장 노출 시 EHS와 일반인 군 간에 심박수, 심박변이도, 피부전기활동에서 유의한 차이가 있으나 뇌파는 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 이와 같이 60Hz 자기장에 대한 인체 영향 및 EHS 연구는 실험 방법과 자기장 세기 등에 따라 그 결과가 다양하다. 게다가 기존 연구들은 대부분 생리학적 변화나 인지여부, 자각증상 중 한 가지만을 살펴보았는데 이를 통해 도출한 결과로 EHS를 평가하는 데 한계가 있다. 따라서 생리학적 변화, 인지여부, 자각증상을 동시에 측정하여 다각적으로 살펴보는 연구를 할 필요가 있다.

전자기장 유해성 연구 방법에는 시험관연구(in-vitro), 동물연구(in-vivo), 자원자 연구, 역학조사가 있다. 시험관연구와 동물연구는 결과를 인체에 직접 적용하기에는 어려움이 있으며 역학조사는 오랜 연구기간과 많은 비용이 든다는 단점이 있다. 이에 비해 자원자 연구는 실제로 인체에서 발생하는 영향에 대한 평가가 가능하며 역학 조사에 비해 연구기간도 비교적 짧다. 그러나 자원자의 동의와 자원자 보호를 위한 연구설계가 필요하다. 본 연구는 전자기장에 과민반응을 보이는 사람(EHS) 15명, 일반인 16명을 대상으로 한 자원자 연구이다. 60Hz 전자기장 중 피험자에게 균일하고 정량적인 노출 제어가 가능한 자기장을 노출원으로 하여 노출여부에 따라 생리학적 변화, 자각 증상의 변화, 인지 정확도 차이를 동시에 측정, 분석하여 EHS 군의 증상호소 원인을 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 노출 환경 결정

자원자 연구에 앞서 자기장 세기, 노출 방식 및 시간, 실험 간 피험자 자세, 노출 부위 등 자기장 노출 환경을 결정하였다.

2.1.1. 자기장 세기

일반 가정용 전기의 주파수인 60Hz에 대한 자기장 세기를 결정하기 위해 선행 연구들의 실험조건을 살펴보았다. 전자기장에 대한 연구 자료가 모여 있는 WHO(World Health Organization) EMF database 및 관련 논문의 검색을 통해 가정용 전기 주파수인 50 또는 60Hz 전자기장의 인체 영향에 대한 자원자 연구 방법을 검토하였다. 그 결과 표 1과 같이 총 29편 중 20편이 50uT 미만, 2편은 50~99uT, 7편은 100uT 이상의 노출세기를 사용하였다(WHO 2009; Cook et al., 1992; Crasson et al., 2005; Davis et al., 2006; Kazantzis et al., 1998; Korpinen & Partanen, 1994; Kurokawa et al., 2003; McNamee et al., 2009; Nevelsteen et al., 2007; Rubin et al., 2005).

표 1. 기존 연구들에서 사용한 자기장 노출 세기(논문 편수)

| ICNIRP 권고치 (최대 순간 노출 값) | 0~49uT | 50~99uT | > 100uT | total |
|----------------------------|--------|---------|---------|-------|
| 50Hz (100uT) | 11 | 1 | 6 | 18 |
| 60Hz (83.3uT) | 9 | 1 | 1 | 11 |

그러나 100uT 이상 대역은 ICNIRP(International Commission for Non-Ionising Radiation Protection, 국제 비전리방사선보호위원회)에서 60Hz(50Hz)의 최대 순간 노출치로 권고하고 있는 83.3uT(100uT)를 초과하는 수준이다(ICNIRP, 1998). 또한 순간노출에 대한 권고치 이내의 수준이더라도 연속 노출에 대한 기준치가 아니므로 연속 노출 실험의 기준으로 삼기 어렵다. 한편 김재준(2008)은 국내 송전선로 직하 최단거리에서 측정된 가장 센 자기장 세기가 12.5uT라고 발표한바 있다. 이는 ICNIRP 최대 순간 노출 권고치의 약 15% 정도 세기로 기존연구에서 가장 많이 쓰인 영역인

0~49uT 영역에 포함된다. 따라서 12.5uT의 세기로 실험 시 피험자의 안전을 확보한 상태에서 연속 노출이 가능하며 송전선로 자기장에 대한 모사가 가능할 것으로 판단하였다. 한편 Roh 등(2009)에 따르면 전기 의료기기 사용밀도가 높은 수술실에서 근무하는 마취 통증의학과 의사들이 근무시간동안 노출되는 평균 자기장세기는 3.3uT라고 측정하였다. 따라서 일반인의 경우 12.5uT 이상 노출되는 경우가 극히 드물기 때문에 일반적인 환경에서 최대 노출치라고 가정할 수 있다.

전기장의 경우 필드가 형성된 내부의 유전체 등에 의해 균일도가 달라질 수 있기 때문에 피험자마다 균일하고 정량적인 노출 제어가 어렵다. 또한 위 선행 연구를 조사한 결과 많은 수가 자기장만을 대상으로 실시하였다(29편 중 21편). 한편 WHO(2007)는 일반인이 일상생활에서 접할 수 있는 수준의 ELF 전기장은 인체에 영향을 주지 않는다고 발표하였다. 이와 더불어 ELF 자기장 영역에 대한 연구를 권장하는 발표를 하였다. 따라서 본 연구에서도 자기장 노출에 대한 영향을 측정하였다.

2.1.2. 자기장 노출 방법 및 시간

일반인의 경우 보통 가정용 기기를 사용할 때 60Hz 자기장에 노출된다. 이는 자기장에 순간 노출되기 보다는 일정시간 연속적으로 노출되는 경우가 많다는 의미이므로 60Hz 자기장 노출 자원자 연구에서도 순간 노출방법보다 연속 노출방법을 선택하였다.

노출 시간의 경우 노출 세기 정도에 따른 최대 노출 시간 한도에 관한 가이드라인이 없어 설정에 어려움이 있다. 따라서 유사한 선행연구를 참고하기로 하였다(Nam et al., 2009). 선행연구는 RF(radio frequency) 전자파 노출에 대한 자원자 연구로 노출 신호 대역은 다르지만 시험 대상, 측정 변수, 실험 방법 등 본 60Hz 자원자 연구와 유사한 점이 많기 때문에 선정하였다. 50Hz대역에서 100uT세기로 30분간 노출한 Crasson 과 Legros(2005)의 연구에서도 피험자의 이상여부에 대한 언급이 없었기 때문에 안전할 것으로 판단하였다.

2.1.3. 피험자 자세

자원자 연구, 특히 생리학적 변수들을 측정하는 경

우 피험자의 자세는 매우 중요한 요소이다. 자세가 편하면 실험 과정 중 피험자가 졸 수 있으며 너무 불편하면 장시간 실험 중 스트레스로 작용하는 등 혼란변수로 작용하여 생리학적 변수에 영향을 줄 수 있다. Nam 등(2009)에 따르면 CDMA 전자파 노출 실험 시 누운 자세로 실험한 결과 졸음 및 수면박탈에 의해 심박수 및 심박변이도가 영향을 받아 시간에 따른 차이를 보였다. 또한 자세에 따른 심박변이도 차이에 대한 연구를 수행한 심영우 등(2010)에 따르면 앉은 자세가 누운 자세보다 심박변이도 변화를 덜 일으킨다는 결과를 얻었다. 위의 두 선행연구 결과들을 통해 본 실험의 피험자 자세는 앉은 자세로 결정하였다.

2.1.4. 자기장 노출 부위

두부는 뇌가 위치한 신체부위이며, 뇌는 생리학적 변화를 조절하는 자율신경계를 관장하고 있다. 이러한 이유로 기존연구들에서도 두부에 자기장을 노출시켜 그 영향을 관찰하는 경우가 많다(Mueller et al., 2002; Nevelsteen et al., 2007; Crasson & Legros, 2005). 따라서 목표한 자기장 세기를 두부에 노출시키기로 결정하였다.

2.2. 자기장 발생장치 및 노출실 구성

2.2.1. 자기장 발생장치

자기장 발생장치는 솔레노이드 코일과 신호 인가부인 함수발생기로 구성하였다. 자기장 발생장치의 경우 본 연구실에서 선행한 결과(남기창 등, 2001)를 바탕으로 제작하였으며 사양은 표 2와 같다.

표 2. 솔레노이드 코일 사양

| 코일 직경 | 코일 높이 | 권선수 | 코일 굵기 |
|-------|-------|--------|-------|
| 20cm | 20cm | 2,000회 | 0.7mm |

함수발생기는 Arbitrary Function Generator 33220A (Agilent, USA)를 사용하였다. 함수발생기의 인가 가능 주파수 대역은 1uHz~20MHz(정현파 기준)이며 솔레노이드 코일에 흘려줄 수 있는 최대 전류는 0.2A, 인가할 수 있는 최대 전압은 10Vpp이다.

자기장 노출장치 신호 인가부인 함수발생기의 출력을 제어할 수 있는 자기장 노출 제어 시스템은

LabVIEW2009(National Instrument, USA)를 사용하여 구현하였다. 솔레노이드 코일과 신호 인가부를 포함한 자기장 노출장치의 전체 구성은 그림 1과 같다.

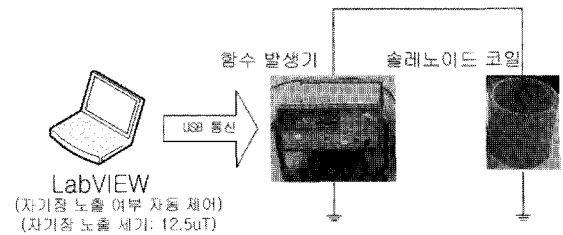


그림 1. 자기장 발생장치 구성

2.2.2. 자기장 노출실

자기장 노출실은 그림 2와 같이 피험자의 자세와 노출부위를 고려한 Mueller 등(2002)의 연구를 참고하여 구성하였다. 자기장 노출실 상단에 솔레노이드 코일을 위치 시켰으며 피험자가 파악할 수 없도록 천을 사용해 가렸다. 자기장 노출 세기인 12.5uT은 피험자의 정수리가 위치하는 지점으로 이는 코일이 위치한 천장의 바닥면에서 20cm 정도 떨어진 지점이다. 피험자 의자의 높낮이를 조절하여 피험자마다 동일한 자기장 세기가 정수리에 노출될 수 있도록 하였다. 노출실 주변에는 실험에 필요한 장비만 전원을 인가하였다. 또한 최소 1.5m 거리를 유지하여 주변 자기장의 영향을 최소화 하였다. 노출실의 자기장 노출 시와 비노출 시 자기장 세기는 피험자 정수리가 위치할 높이에서 3회 측정하여 평균한 결과 각각 12.49±0.021uT와 0.03±0.002uT(평균±표준편차)가 측정 되었다. 비노출 시 자기장 세기는 실험환경이 주변 자기장의 영향을 받지 않음을 나타낸다. 60Hz에 의한 전자기장 측정은 3축 전자기장 측정기 EHP50C(Narda, Italy)를 사용하였다.

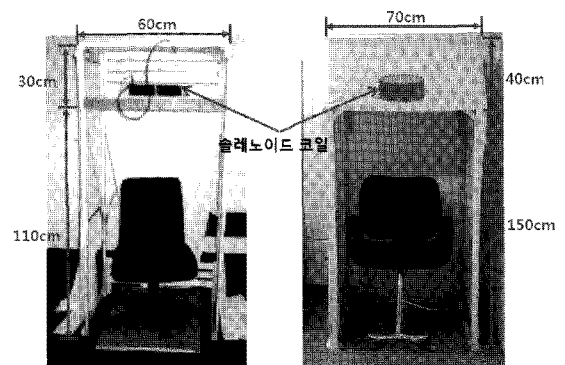


그림 2. 자기장 노출실; Mueller 등(좌), 본 연구(우)

2.3. 측정변수

2.3.1. 생체신호 변화

60Hz 자기장 노출 시 전자파 과민반응을 평가하기 위한 생리학적 변수는 심전도, 호흡, 뇌파를 측정하였다. 측정은 PolyG-I(LAXTHA, Korea)를 사용하였으며 512Hz 샘플링 주파수로 측정하였다. 데이터 저장 및 분석은 자체 소프트웨어인 Telescan 0.9(LAXTHA, Korea)와 Complexity(LAXTHA, Korea)를 사용하였다.

심전도의 경우 오른 팔, 왼 팔, 오른 다리에 Ag-AgCl 전극(3M, USA)을 부착하여 측정하였으며 측정된 심전도에서 심박수와 심박변이도를 검출하였다. 심전도의 경우 5분마다 측정된 심전도 데이터의 평균을 사용하여 분당 심박수를 산출하였다. 심박변이도를 이용한 자율신경계 기능 평가 중에는 전력 스펙트럼을 이용한 주파수영역 분석방법이 있다. 심박변이도의 전력 스펙트럼에는 VLF(very low frequency)성분(0.04Hz 이하), LF(low frequency)성분(0.04~0.15Hz), HF(high frequency)성분(0.15~0.4Hz)으로 구성된다. 이 중 VLF 성분은 여러 생리학적 해석들이 주장되고 있으나, 명확하게 결론이 나지 않아 자율신경의 평가를 위한 연구 시 대부분 제외되고 있다. LF 성분은 연구자에 따라 교감과 부교감신경 모두의 영향을 반영한다는 의견과 교감신경의 영향만을 반영한다는 의견의 서로 다른 주장이 제기 되고 있다. 반면 HF 성분은 부교감신경의 영향을 반영하는 것으로 알려져 있으며, 일반적으로 자율신경 활동의 균형을 나타내는 지표로서 LF/HF가 사용된다. LF/HF의 증가는 교감신경의 활성증가를 의미하며 감소는 교감신경의 활성의 감소를 의미한다(Pomeranz et al., 1985).

호흡의 경우 호흡벨트를 사용하여 5분간 측정된 데이터의 평균을 사용하여 분당 호흡수를 산출하였다.

뇌파의 경우 국제적으로 통일되어 있는 전극 부착 부위법인 10-20법 중 후두부 좌우(O₁, O₂) 2채널에서 측정된 뇌파를 주파수에 따라 분류하는 파워스펙트럼을 통해 알파파와 베타파를 분석하였다. 뇌파 중에서 알파파(8~13Hz)는 긴장이완과 같은 편안한 상태에서 나타나며, 베타파(13~30Hz)는 긴장하거나 집중 시 나타난다. 알파파는 후두부에서 잘 나타난다고 알려져 있으며, 베타파는 뇌 전체에 광범위하게 나타나는 것으로 알려져 있다(김대식 & 최장욱, 2001). 또한 전자기장 노출에 의한 뇌파 변화를 측정된 선행연구들을

살펴본 결과 후두부를 공통적으로 측정 부위로 선택하였다(Bell et al., 1992; Bell et al., 1994; Gamberale et al., 1989; Graham et al., 1999; Heusser et al., 1997; Huber et al., 2000; Lyskov et al., 2001; Marino et al., 1996). 따라서 알파파와 베타파를 동시에 잘 볼 수 있는 후두부를 측정 부위로 선택하였다. 분석은 전체파위에 대한 알파파 및 베�타파 파워의 비율을 사용하여 실시하였다.

2.3.2. 주관적 자각 증상 및 자기장 인지 정확도

60Hz 전자기장 노출 시 과민반응을 호소하는 사람들은 증상으로 두통, 피로, 어지러움 등을 호소한다. Berg 등(1990)은 VDU 사용 시 EHS 군이 따끔거림, 홍반 등 피부질환을 호소한다고 하였다. Bergqvist 등(1997)은 EHS 군이 전자기기를 사용하거나 EMF 발생원에 근접할 시 두통, 피로, 어지러움, 심혈관 증상 등이 유발된다고 발표하였다. 따라서 노출 여부에 따른 증상 발생 유무 및 증상의 정도를 조사할 필요가 있다. Koivisto 등(2001)은 전자기장에 의한 사람들의 주관적 증상을 평가하기 위하여 두통, 홍조, 피로, 어지러움, 가슴 두근거림 등의 자각증상에 대하여 4점 척도(1 : 없다 ~ 4 : 매우 심하다)로 60분간의 전자기장 노출에 대하여 가상 및 실제 노출로 나누어 평가하였다. 본 연구에서도 가려움, 욕신거림, 뜨거운 느낌, 피로, 두통, 어지러움, 메스꺼움, 가슴 두근거림 등 총 8 가지 주관적 증상을 4점 척도(1 : 없다, 2 : 약간 있다, 3 : 있다, 4 : 많이 있다)로 조사하였다.

자기장 과민반응을 호소하는 사람의 경우 자기장 노출 증상의 원인으로 믿고 있기 때문에 자기장 인지여부는 EHS와 일반인의 차이를 평가할 수 있는 요소이다. 따라서 본 연구에서도 실험과정 중 “전자파가 느껴지십니까?”라는 질문을 하였으며 구두로 자기장 인지여부를 조사하였다.

2.4. 자원자 실험

본 연구는 세브란스 병원 임상연구심의위원회의 승인(과제번호 : 4-2008-0152)을 받아 진행하였다. 자원자 모집을 통해 선정된 피험자에게 실험 전 실험내용에 대해 설명을 하였으며 피험자의 동의를 얻었다.

2.4.1. 실험대상

실험군을 자기장에 대한 과민증을 호소하는 사람인 EHS 군(평균 만 26.2세)으로 하고 대조군으로 건강한 일반인 군(평균 만 25.6세)을 모집하였으며 각 15명과 16명을 대상으로 실시하였다. EHS 군과 일반인 군은 표 3과 같이 남녀 비율, 나이, 컴퓨터 사용시간, TV시청 시간, 신장, 체중, 체질량지수(BMI), 흡연율, 핸드폰 총 사용기간 등 기본 정보의 차이가 없었다. 나이와 체중은 independent t-test를 사용하였으며 남녀비와 흡연비는 fisher's exact test를 사용하여 차이를 검증하였다. 나머지 신장, 체질량지수(BMI), 하루 TV 시청 및 컴퓨터 사용 시간, 핸드폰 총 사용기간의 경우는 Mann-whitney U test를 사용하였다.

표 3. 피험자 기본 정보(평균 ± 표준편차)

| | EHS | 일반인 | p-value |
|-------------------------|---------------|---------------|---------|
| 피험자 수 | 15 | 16 | |
| 남:여 | 10:5 | 11:5 | 1.000 |
| 나이 | 26.2 ± 2.7 | 25.6 ± 3.1 | 0.586 |
| 컴퓨터 사용시간 (min/day) | 260.0 ± 119.9 | 300.0 ± 244.0 | 0.682 |
| TV 시청시간 (min/day) | 96.7 ± 90.5 | 88.1 ± 76.3 | 0.892 |
| 신장(cm) | 171.3 ± 6.5 | 170.2 ± 8.6 | 0.861 |
| 체중(kg) | 68.1 ± 17.9 | 66.9 ± 13.8 | 0.835 |
| BMI(kg/m ²) | 23.0 ± 4.9 | 22.9 ± 2.9 | 0.572 |
| 비흡연:흡연 | 14:1 | 15:1 | 1.000 |
| 핸드폰 총 사용기간(years) | 8.9 ± 2.2 | 8.6 ± 2.1 | 0.654 |

실험군인 EHS 군 선별은 Schröttner 등(2004)의 연구에서도 언급되어 있듯이 중요하다. 이에 본 연구에서도 객관적으로 피험자의 적합 여부를 판별하기 위해 Stacy Eltiti 등(2007)이 개발한 설문지를 활용하였다. 설문지는 크게 기본정보, 증상, 증상 유발요인, 세부 주관식 질문, 건강관련 질문으로 구성되어 있다. 구성 내용 중 표 4와 같이 3가지 조건을 모두 만족하였을 때 EHS로 판별하게 된다.

증상부분은 57가지의 증상에 대해 5점 척도(0 : 전혀 없다~4 : 아주 많이 있다)로 점수를 평가하여 총점(최대 228점)이 26점 이상이 되면 증상관련 조건을 만족하게 된다. 본 연구는 60Hz 자기장에 대한 과민반응 연구임으로 EHS로 판별된 자원자들 중 증상 유발

요인 설문을 통해 60Hz 전원을 쓰는 기기들이 증상을 유발한다고 생각하는 EHS 자원자들을 적합한 피험자로 선별하였다.

표 4. 설문지의 EHS 판별 조건

| 판별 조건 | EHS 판별 방법 |
|------------------------------|-----------|
| I. 전자파 민감성 여부 | 0 |
| II. 증상 설문 총점 | 26점 이상 |
| III. 질환 보유 여부 | X |
| I & II & III 모두 만족 시 EHS로 판별 | |

2.4.2. 실험조건

피험자에게 실험 당일 24시간 전부터 카페인 섭취, 흡연, 음주, 운동 등을 자제하도록 주지시켰으며, 잠을 충분히 자도록 하는 등 실험 전 주의사항을 사전에 통보하여 실험 외적인 혼란 요인을 최소화하였다. 24시간 주기의 생체리듬 변화와 잔류효과 등을 고려하여 이틀간 동일시간에 가상과 실제노출 중 하루에 한 조건만 진행하였다.

본 연구 시 피험자와 검사자 모두 노출여부를 알 수 없도록 자동 노출제어 프로그램을 이용하여 이중 맹검법으로 진행되었다. 또한 피험자가 코일 및 흡수 발생기의 위치를 파악할 수 없게 위치시켰다.

실험 중 피험자는 졸음예방을 위해 눈을 뜬 상태로 실험에 임하였으며 혼란 요인의 영향을 최소화하기 위해 구두 설문 중에만 말을 할 수 있도록 하였다.

실험실 온도 및 습도, 소음 등이 피험자에게 미치는 영향을 최소화하기 위해 이를 최소화한 실험실에서 진행되었다. 매 실험마다 온도(23.9 ± 1.0°C)와 습도(43.9 ± 10.1%)를 측정하여 쾌적한 상태로 유지시켰다.

2.4.3. 실험과정

실험 전체 과정은 그림 3과 같이 이루어졌다. 총 64분간 이루어지며 생체신호 측정, 자각증상 및 인지정확도 설문을 실험 중 동시 측정하였다. 생체신호는 64분간 연속 측정하지만 각 5분으로 이루어진 4개 구간(측정구간 I, II, III, IV)의 데이터만 분석에 사용되었다. 주관적 자각증상은 그림 3의 파란색 구간(4회)에서, 인지여부에 대한 설문은 'x' 및 '·'로 표시된 구간(9회)에서 구두 설문으로 실시되었다.

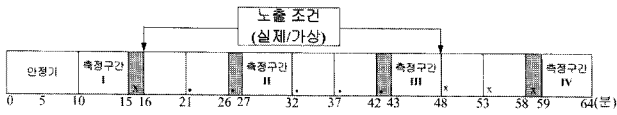


그림 3. 실험 과정

노출조건은 가상노출(sham exposure)과 실제노출(real exposure)을 자기장 자동노출 제어 프로그램에 의해 무작위로 배정하여 실험시작 후 16분부터 48분 사이에 진행되었다. 이러한 과정은 그림 4와 같이 이틀에 걸쳐 진행되었다. 실험 환경의 협소나 낮섭 등에 의한 영향이 첫날 실험한 결과와 둘째 날 실험한 결과에 영향을 줄 수 있다. 이를 최소화하기 위해 무작위 배정이지만 최종적으로 실험이 완료되었을 시는 실제노출을 먼저 한 비율과 가상노출을 먼저 한 비율이 1:1로 같게 되도록 프로그램화하였다.

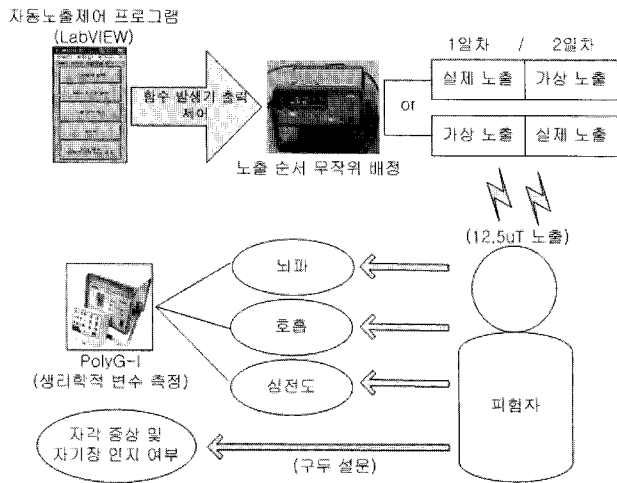


그림 4. 실험제어 및 측정 블록다이어그램

2.4.4. 분석 방법 및 통계 처리

호흡수와 심박수는 5분으로 구성된 4개 측정구간의 분당 평균수를 구해 사용하였다. 심박변이도(LFP/HFP)와 뇌파의 파워스펙트럼 분석 경우 절대 파워값의 개인별 편차가 있기 때문에 정규화해줄 필요가 있다. 따라서 각 개인의 최초 측정단계 값을 기준으로 이후 측정값들을 상대 비율로 환산하여 분석하였다.

생체신호의 경우 EHS, 일반인 각 군에서 2-way repeated measured ANOVA를 사용하여 60Hz 자기장 노출 여부(가상 및 실제 노출)와 노출 시간에 따른 심박수, 호흡수, 심박변이도, 뇌파의 변화를 살펴보았다. 자각증상의 경우 순위형 자료이므로 Wilcoxon signed-rank test를 사용하여 노출여부에 따른 증상정도의 차

이를 분석하였다. 자기장 인지정확도의 경우 설문 단계별 일반인과 EHS 군의 정확도 차이는 Mann-Whitney U test를 사용하여 분석하였다. 통계 분석은 SPSS 17.0(SPSS Inc, USA)을 사용하였으며, $p = 0.05$ 유의수준으로 검정하였다.

3. 결과

60Hz 자기장의 노출여부 및 노출 시간에 따른 생리학적 변화 검정 결과는 다음과 같다. EHS 군의 경우 심박변이도를 제외한 심박수($p = 0.780, p = 0.922$), 호흡수($p = 0.128, p = 0.293$), 알파파 O_1 ($p = 0.659, p = 0.644$), 알파파 O_2 ($p = 0.745, p = 0.364$), 베타파 O_1 ($p = 0.786, p = 0.361$), 베타파 O_2 ($p = .427, p = 0.433$)는 유의한 변화가 없었다. 심박변이도는 노출여부에 따른 유의차는 없었지만($p = 0.782$), 노출 시간에 따라 그림 5와 같이 유의한 차이($p = 0.001$)를 보였다.

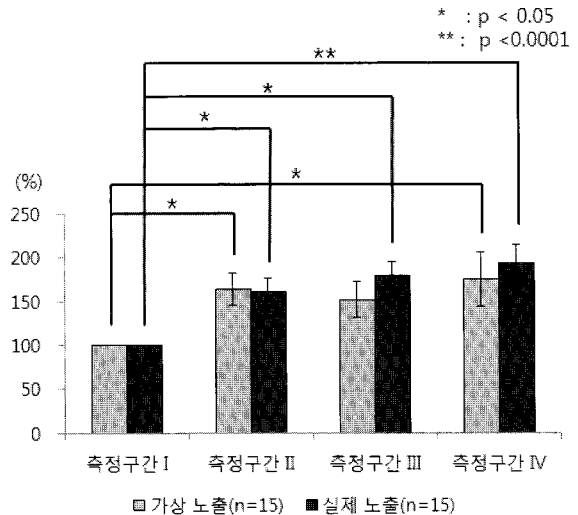


그림 5. EHS 군의 심박변이도 변화(평균 ± 표준오차)

일반인 군의 경우 심박수($p = 0.064, p = 0.278$), 호흡수($p = 0.245, p = 0.200$), 심박변이도($p = 0.816, p = 0.212$), 알파파 O_1 ($p = 0.125, p = 0.890$), 알파파 O_2 ($p = 0.555, p = 0.840$), 베타파 O_1 ($p = 0.260, p = 0.711$), 베타파 O_2 ($p = 0.393, p = 0.233$) 모두 노출여부와 노출시간에 따라 유의한 변화를 볼 수 없었다.

주관적 자각증상에 대한 결과는 EHS 군의 경우 가려움, 육신거림, 피로, 두통, 뜨거운 느낌, 어지러움, 메스꺼움, 가슴 두근거림 모두에서 노출여부에 따른 유의한 차이가 없었다. 하지만 일반인 군의 경우 뜨거

운 느낌에 대한 설문결과 중 측정구간 II에서 유의한 차이가 존재하였다($p=0.046$). 원 데이터를 살펴본 결과 표 5에서와 같이 노출 조건 실험 시 전원이 ‘증상 없다’라고 답을 한 반면 가상 노출 조건 실험 시 16명 중 4명이 ‘약간 있다’라고 답을 하여 이로 인해 유의한 차이가 발생하였다. 그러나 표 5의 결과와 같이 비노출 시에 증상이 있다고 답을 하였기 때문에 자기장 노출에 의한 자각증상이 아니라 다른 요인에 의해 발생한 차이로 사료된다.

표 5. 측정구간 II에서 뜨거운 느낌에 대한 응답(일반인 군)

| 자각증상 | 가상노출 (평균±SD) | 실제 노출 (평균±SD) | p-value |
|---------------------|-----------------|------------------|---------|
| 뜨거운 느낌 (측정구간 II) | 1.25±0.45 | 1.00±0.00 | 0.046 |

표 6은 EHS 군과 일반인 군의 자기장 인지 여부에 대한 정확도를 나타낸다. 실험 시 실제 노출 실험에서는 노출 시 5회, 비노출 시 4회의 질문을 하였으며 가상 노출 실험에서는 비노출로 9회의 질문을 하였다. 따라서 표 6의 노출은 실제 노출 실험 중일 때 5회 질문에 대한 정확도를, 비노출은 실제 노출과 가상 노출 실험 중의 비노출을 더한 13회 질문에 대한 정확도를 구하였다.

표 6. 자기장 노출 여부에 따른 인지 정확도

| 군 | 자기장 노출 여부 | 인지 정확도(%) | p-value |
|-----|-----------|-----------|---------|
| EHS | 노출 | 52 | 0.909 |
| | 비노출 | 45.6 | |
| 일반인 | 노출 | 12.5 | 0.003 |
| | 비노출 | 85.3 | |

그림 6과 7은 가상 노출 및 실제 노출 실험 시 각 질문단계에서의 EHS 군, 일반인 군의 자기장 인지 정확도를 비교한 그래프이다. 자기장 노출 시 EHS 군의 정확도가 일반인 군보다 높지만 자기장이 노출 되지 않을 시에는 일반인 군의 정확도가 EHS 군보다 높음을 확인할 수 있다.

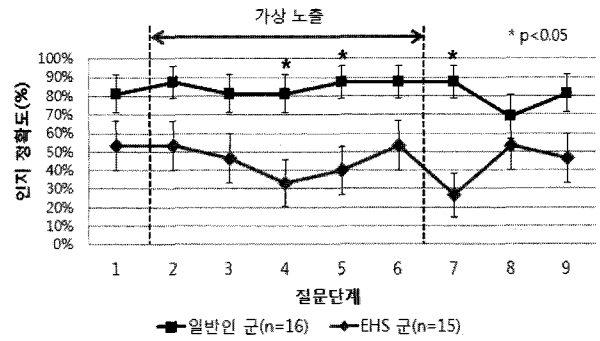


그림 6. 자기장 가상 노출 시 일반인과 EHS 군의 자기장 인지 정확도

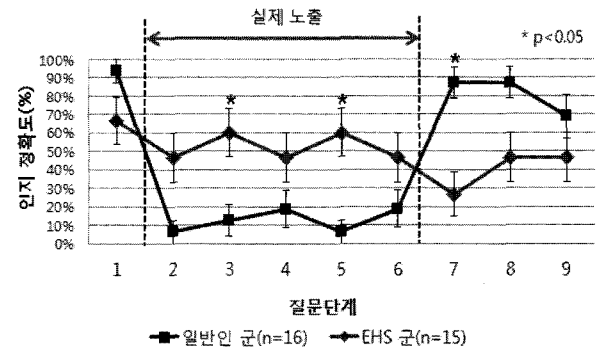


그림 7. 자기장 실제 노출 시 일반인과 EHS 군의 자기장 인지 정확도

4. 고찰

일반인 군의 경우 60Hz 자기장 노출에 의해 심박수, 호흡수, 심박변이도, 뇌파 모두 노출여부 및 노출 시간에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 EHS 군의 경우 심박변이도에서 노출시간에 따라 유의한 차이를 보였는데 이는 EHS 군의 경우 노출여부에 상관없이 노출시간에 따라 교감신경이 활성화됨을 뜻한다. Hjortskov 등(2004)은 정신적 스트레스가 심박변이도를 증가시킨다고 하였다. EHS 군은 자기장에 의해 고통을 받는다고 생각하기 때문에 상대적으로 일반인 군보다 자기장 노출에 두려움을 가지고 있고 (Muller et al., 2002), 일반인보다 심리, 환경적 요인에도 민감한 것으로 추정된다(Lyskov et al., 2001). 따라서 EHS 군의 심박변이도 증가는 자기장 노출에 대한 우려 등이 정신적 스트레스로 작용하여 노출여부에 상관없이 노출시간에 따라 증가한 것으로 사료된다.

주관적 자각증상의 경우 일반인 군에서 뜨거운 느낌을 응답한 피험자가 있었으나, 이는 가상노출에서

만 발생되었으므로 자기장 노출에 의한 결과는 아니라고 볼 수 있다. Lonne-Rahm 등(2000)은 VDU의 전자기장에서 실험 결과 EHS는 전자기장에 노출됐다고 믿거나 알게 되면 피부 관련 증상이 증가하였지만 blind 상태(노출여부를 모르는 상태)에는 노출을 시켰을 때나 안 시켰을 때나 차이가 없었다고 하며 심리적인 요인이 자각증상을 유발한다고 하였다.

EHS 군이 일반인 군보다 자기장을 더 잘 인지한다고 말하기 위해서는 자기장 노출 시 인지 정확도 뿐 아니라 비노출 시 인지 정확도도 일반인 군보다 높아야 한다. 본 연구 결과 노출 시는 EHS 군의 정답률이 일반인 군보다 약 40% 정도 높았지만 비노출 시는 반대로 약 40% 정도 낮았다. 일반인 군의 경우 자기장을 느끼지 못한다고 생각을 하기 때문에 “전자파가 느껴지십니까?”라는 질문에 대부분 “아니오”라고 답을 하였다. 따라서 노출 시에는 정확도가 매우 낮고, 비노출 시에는 정확도가 높게 나타났다. 반면 EHS 군은 자기장을 느낀다고 생각하는 경향이 있어서 자기장 노출 시 정확도가 일반인 보다 높게 나타나지만 이는 50% 수준이다. 그러나 이러한 심리적 작용이 비노출 시에도 자기장이 느껴진다고 오답을 선택하여 비노출 시에는 일반인에 비해 정확도가 떨어진다. 따라서 EHS 군이 일반인보다 자기장 인지를 더 잘한다고 할 수 없다. 다른 연구에서도 EHS와 일반인 두 그룹을 대상으로 50Hz 전자기장의 노출여부 및 증상 설문 결과 EHS 군이 특별히 대조군보다 전자기장 감지 능력이 뛰어나지 않았음을 확인하여 심리적 요인이 증상 발현을 야기한다고 보고된 예가 있다(Mueller et al., 2002).

본 연구의 결과를 토대로 EHS 원인을 유추해 보면 노출여부에 따라 EHS 군과 일반인 군 모두 자율신경계 변화가 발견되지 않았다. 자각증상 역시 차이가 없었고 자기장 인지 정확도 역시 일반인보다 EHS 군이 높다고 할 수 없었다. 따라서 12.5uT 60Hz 자기장은 EHS 유발요인이 아닌 것으로 사료된다. 하지만 EHS 군의 경우 심박변이도에서 시간이 지나감에 따라 증가하는 경향을 보였기 때문에 Lyskov 등(2001)이 보고한 바와 같이 EHS 군은 다른 심리, 환경적 요인에 일반인 군보다 민감한 것으로 추정된다. 즉 심리, 환경적 요인이 EHS 유발요인인 것으로 사료된다.

Kundi 등(2009)은 장기간 노출로 인한 영향은 짧은 시간동안 노출로 인한 영향과는 완전히 다르다고 하였으며, 이는 우리 몸 안에 전자기장의 장기간 노출로

인한 영향이 누적된다는 것을 의미한다고 하였다. 본 연구는 64분 동안 이루어진 연구이며 실제로 노출은 32분간 이루어졌기 때문에 장기간동안 이루어진 자기장 노출에 의한 영향에 의한 결과라고 해석하기에는 무리가 있다. 또한 60Hz 고압선 직하의 자기장 노출을 모사하기 위해서는 자기장의 균일도와 방향 등이 고려되어야 한다.

5. 결론

본 연구에서는 60Hz 전자기장에 민감한 자원자 및 일반인을 대상으로 한 자기장 노출에 따른 생체신호 변화, 자각증상, 인지여부를 동시에 측정하여 분석하였다. 자동노출 제어 프로그램 개발을 통해 이중 맹검법으로 행해졌으며, 설문지를 활용하여 객관적인 EHS 군 선별이 이루어져 객관적인 실험이 가능했다. 60Hz 전자기장 중 피험자에게 균일하고 정량적인 노출 제거가 가능한 자기장을 노출원으로 사용하였다. EHS 군들이 증상을 호소하는 자기장 유발요인들은 컴퓨터, TV와 같은 가전제품인데 이들이 발생하는 자기장 세기는 12.5uT 보다 작다. 하지만 가전제품에서 발생하는 자기장보다 센 12.5uT로 실험을 하였음에도, 생체신호변화, 자각증상 및 자기장 인지정확도에 변화가 없었다. 이와 같이 생체신호변화나 자각증상의 차이가 없음에도 불구하고 인지 정확도에서만 차이가 난 이유는 EHS 군이 자기장에 민감하다는 주관적인 선입견이 작용한 결과로 볼 수 있다. 그러나 결과적으로 EHS 군의 인지 정확도는 50% 수준으로 일반인 군보다 높다고 볼 수 없다. 하지만 확실한 규명을 위해 자기장 균일도를 향상시킨 노출장치를 사용하여 연구할 필요가 있다. 이와 더불어 피험자의 감성적, 심리적 상태를 객관적으로 측정하는 실험설계를 세워 추가연구를 실시한다면 보다 정확한 원인 규명이 가능할 것이다.

참고문헌

- 김대식, 최장욱 (2001). *뇌파 검사학*. 서울: 고려의학.
- 김재준 (2008). ELF guidances study of high voltage transmission lines. 제12회 전자기장의 생체영향에 관한 워크샵, 131-151.
- 남기창, 김수찬, 김덕원 (2001). 극저주파 자기장(EMF) 발생장치의 개발. *한국전자과학회지*, 12(2), 98-104.

- 심영우, 양동인, 김남현, 김덕원 (2010). 자세와 수면 박탈이 심박변이도에 미치는 영향. *전자공학회 논문지*, 47(3), 43-49.
- Andersson, B., Berg, M., Arnetz, B. B., Melin, L., Langlet, I., & Lidén, S. (1996). A cognitive-behavioral treatment of patients suffering from electric hypersensitivity. Subjective effects and reactions in a double-blind provocation study. *Journal of Occupational Environmental Medicine*, 38(8), 752-758.
- Bell, G. B., Marino, A. A., & Chesson, A. L. (1992). Alterations in brain electrical activity caused by magnetic fields: detecting the detection process. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 83(6), 389-397.
- Bell, G. B., Marino, A. A., & Chesson, A. L. (1994). Frequency-specific blocking in the human brain caused by electromagnetic fields. *Neuroreport*, 5(4), 510-512.
- Berg, M., Hedblad, M. A., & Erhardt, K. (1990). Facial skin complaint and work at visual display units. A histopathological study. *Acta Dermato-Venereologica*, 70, 216-220.
- Bergqvist, U., Vogel, E., Aringer, L., Cunningham, J., Gobba, F., & Leitgeb, N. (1997). *Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields (A report prepared by a european group of experts for the european commission, DG V)*. Arbetslivsinstitutet(National institute for working life).
- Cook, M. R., Graham, C., Cohen, H. D., & Gerkovich, M. M. (1992). A replication study of human exposure to 60Hz field: effects on neurobehavioral measures. *Bioelectromagnetics*, 13(4), 261-285
- Crasson, M. & Legros, J. J. (2005). Absence of daytime 50Hz, 100microT(rms) magnetic field or bright light exposure effect on human performance and psychophysiological parameters. *Bioelectromagnetics*, 26(3), 225-233
- Davis, S., Mirick, D. K., Chen, C., & Stanczyk, F. Z. (2006). Effect of 60Hz magnetic field exposure on nocturnal 6-sulfatoxymelatonin, estrogens, luteinizing hormone, and follicle - stimulating hormone in healthy reproductive-age women: result of a crossover Trial. *Annals of Epidemiology*, 16(8), 622-631.
- Eltiti, S., Wallace, D., Zougkou, K., Russo, R., Joseph, S., Rasor, P., & Fox, E. (2007). Development and evaluation of the electromagnetic hypersensitivity questionnaire. *Bioelectromagnetics*, 28(2), 137-151.
- Gamberale, F., Olson, B. A., Eneroth, P., Lindh, T., & Wennberg, A. (1989). Acute effects of ELF electromagnetic fields: a field study of linesmen working with 400 kV power lines. *British Journal of Industrial Medicine*, 46(10), 729-737.
- Graham, C. & Cook, M. R. (1999). Human sleep in 60Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 20(5), 277-283.
- Heusser, K., Telschaft, D., & Thoss, F. (1997). Influence of an alternating 3Hz magnetic field with an induction of 0.1 millitesla on chosen parameters of the human occipital EEG. *Neuroscience Letters*, 239(2-3), 57-60.
- Hillert, L., Berglind, N., Arnetz, B. B., & Bellander, T. (2002). Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 28(1), 33-41.
- Hjortskov, N., Rissen, D., Blangsted, A. K., Fallentin, N., Lundberg, U., & Sogaard, K. (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 84-89.
- Huber, R., Graf, T., Cote, K. A., Wittmann, L., Gallmann, E., Matter, D., Schuderer, J., Kuster, N., Borbély, A. A., & Achermann, P. (2000). Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport*, 11(15), 3321-3325.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics Society*, 74, 494-522.
- Kazantzis, N., Podd, J., & Whittington, C. (1998). Acute effect of 50Hz, 100microT magnetic field expose on visual duration discrimination at two different times of the day. *Bioelectromagnetics*, 19(5), 310-317.
- Koivisto, M., Haarala, C., Krause, C. M., Revonsuo, A., Laine, M., & Hamalainen, H. (2001). GSM phone

- signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics*, 22(3), 212-215.
- Kundi M. & Hutter, H. P. (2009). Mobile phone base stations: effects on health and wellbeing. *Pathophysiology*, 16(2-3), 123-135
- Kurokawa, Y., Nitta, H., Imai, H., & Kabuto, M. (2003). Can extremely low frequency alternating magnetic fields modulate heart rate or its variability in humans?. *Autonomic neuroscience : basic & clinical*, 105, 53-61
- Korpinen, L. & Partanen, J. (1994). Influence of 50Hz electric and magnetic fields on the pulse rate of human heart. *Bioelectromagnetics*, 15, 503-512.
- Leitgeb, N. & Schröttner, J. (2003). Electrosensitivity and electromagnetic hypersensitivity. *Bioelectromagnetics*, 24(6), 387-394.
- Levallois, P., Neutra, R., Lee, G., & Hristova, L. (2002). Study of self-reported hypersensitivity to electromagnetic fields in California. *Environmental Health Perspectives*, 110(Suppl 4), 619-623.
- Lonne-Rahm, S., Andersson, B., Melin, L., Schultzberg, M., Arnetz, B., & Berg, M. (2000). Provocation with stress and electricity of patients with sensitivity to electricity. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 42(5), 512-516.
- Lyskov, E., Sandström, M., & Mild, K. H. (2001). Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics. *Bioelectromagnetics*, 22(7), 457-462.
- Marino, A. A., Bell, G. B., & Chesson, A. (1996). Low-level EMFs are transduced like other stimuli. *Journal of the Neurological Sciences.*, 144(1-2), 99-106.
- McNamee, D. A., Legros, A. G., Krewski, D. R., Wisenberg, G., Prato, F. S., & Thomas, A. W. (2009). A literature review: the cardiovascular effect of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82, 919-933.
- Mueller, C. H., Krueger, H., & Schierz, C. (2002). Project NEMESIS: perception of a 50Hz electric and magnetic field at low intensities (laboratory experiment). *Bioelectromagnetics*, 23(1), 26-36.
- Nam, K. C., Lee, J. H., Noh, H. W., Cha, E. J., Kim, N. H., & Kim, D. W. (2009). Hypersensitivity to RF fields emitted from CDMA cellular phones: A provocation study. *Bioelectromagnetics*, 30, 641-650.
- Nevelsteen, S., Legros, J. J., & Crasson, M. (2007). Effects of Information and 50Hz Magnetic Fields on Cognitive Performance and Reported Symptoms. *Bioelectromagnetics*, 28, 53-63.
- Pomeranz, B., Macaulay, R. J., Caudill, M. A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D., Kilborn, K. M., Barger, A. C., Shannon, D. C., Cohen, R. J., & Benson H. (1985). Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology*, 248(1 Pt 2), H151 - H153.
- Roh, J. H., Kim, D. W., Lee, S. J., Kim, J. Y., Na, S. W., Choi, S. H., & Kim, K. J. (2009). Intensity of extremely low-frequency electromagnetic fields produced in operating rooms during surgery at the standing position of anesthesiologists. *Anesthesiology*, 111, 275-278.
- Rubin, G. J., Munshi, J., & Wessely, S. (2005). Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosomatic Medicine*, 67(2), 224-232.
- Sandström, M., Lyskov, E., Hörnsten, R., Hansson, M. K., Wiklund, U., Rask, P., Klucharev, V., Stenberg, B., & Bjerle, P. (2003). Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity. *International Journal of Psychophysiology*, 49(3), 227-235.
- Schreier, N., Huss, A., & Rössli, M. (2006). The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Sozial-und Präventivmedizin*, 51(4), 202-209.
- Schröttner, J., Leitgeb, N., & Hillert, L. (2007). Investigation of electric current perception thresholds of different EHS groups. *Bioelectromagnetics*, 28(3), 208-213.
- WHO (2007). *2007 WHO research agenda for extremely low frequency fields*. World Health Organization.
- WHO (2009). *International EMF Project*. Retrieved Oct.

10, 2010, from <http://apps.who.int/peh-emf/research/database/IEEEdatabase>

원고접수 : 10.10.18

수정접수 : 10.11.29

게재확정 : 10.12.09