

## 휴대용 손 선풍기의 극저주파 자기장 발생 수준 평가와 쟁점 고찰

박동욱\*\*\*† · 이성진\*\* · 김소연\* · 배서연\* · 최상준\*\*\* · 김 원\*\*\*\* · 민승현\*\*\*\*\* ·  
박지훈\*\*\*\*\* · 안종주\*\*\*\*\*

\*한국방송통신대학교 환경보건학과, \*\*환경보건시민센터, \*\*\*대구가톨릭대학교 산업보건학과,  
\*\*\*\*노동환경건강연구소, \*\*\*\*\*서울신계초등학교, \*\*\*\*\*서울대학교 보건환경연구소,  
\*\*\*\*\*단국대학교

### Discussion of Exposure Evaluation Associated with Extremely Low Frequency-magnetic Field in the Case of Portable Hand-held Fans

Dong-Uk Park\*\*\*†, Seongjin Yi\*\*, So-Youn Kim\*, Seo-Youn Bae\*, Sangjun Choi\*\*\*,  
Won Kim\*\*\*\*, Sung Hyon Min\*\*\*\*\*, Jihoon Park\*\*\*\*\* , Jongju Ahn\*\*\*\*\*

\*Department of Environmental Health, Korea National Open University

\*\*Asian Citizen's Center for Environment and Health

\*\*\*Department of Occupational Health, Daegu Catholic University

\*\*\*\*Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health

\*\*\*\*\*Seoul Singye Elementary School

\*\*\*\*\*Institute of Health and Environment, Graduate School of Public Health, Seoul National University

\*\*\*\*\*Graduate School of Health & Welfare, Dankook University

#### ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to report the level of extremely low frequency-magnetic field (ELF-MF) emitted by portable hand-held fans (HHF) and to discuss the methodologies for determining the health risk of ELF-MF for HHF products.

**Method:** ELF-MF was monitored at eight locations by distances in the vicinity of HHFs. A total of 13 HHF brands on the market were randomly selected. A portable ELF-MF monitor MDEX II was used to measure the ELF-MF level in the range of 40-800 Hz with a resolution of 0.01  $\mu$ T. This study also examined the frequency results of a total of 45 HHF products investigated by the Korean Ministry of Science and ICT (KMSICT).

**Results:** ELF-MF higher than 0.3  $\mu$ T was found to be emitted at a distance of less than 20 cm from 12 HHF. ELF-MF emitted from four products was found to exceed the reference level (83.3  $\mu$ T based on 60 Hz) recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). KMSICT reported that the principle frequency emitted from the HHFs ranged from 54 Hz to 284 kHz, without the level of LEF-MF. Unscientifically, the KMSICT used the reference level by ICNIRP as the chronic level and concluded that all HHFs are safe with a basis of 1.2-36.0% less than the reference level.

**Conclusion:** The HHF emitted much higher levels of ELF-MF than 0.3-0.4  $\mu$ T, which is regarded as the reference level for childhood leukemia. The risk of HHF should be examined in terms of whether they can be used by the general public, including children and pregnant woman.

**Keywords:** Portable hand-held fan (HHF), extremely low frequency-magnetic field (ELF-MF), exposure

†Corresponding author: Department of Environmental Health, Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03087, Republic of Korea, Tel: +82-2-3668-4707, Fax: +82-2-741-4701, E-mail: pdw545@gmail.com  
Received: 01 October 2018, Revised: 17 October 2018, Accepted: 20 October 2018

## I. 서 론

모든 전기 전자 통신 제품과 시설 등에서 발생하는 전기파(장)와 자기파(장) 에너지를 통틀어서 전자파(electromagnetic fields)라고 한다. 에너지가 큰 주파수 영역 순서대로 나열하면 마이크로웨이브(microwave), 라디오파(3 Mhz-300 GHz), 저주파(3 KHz-3 MHz), 극저주파(3 Hz-3 kHz), 정 자기장(0 Hz)이다.<sup>1)</sup> 휴대폰 등과 같이 라디오파를 이용한 제품의 건강 영향은 주로 중추신경계 세포나 조직의 열적 영향(thermal effect)을 인체 단위 질량당 전자파 흡수율(specific absorption rate, SAR, W/kg)로 평가하여 강력하게 규제하고 있다. 전자파의 전기장은 거리당 볼트(V/m), 자기장은 자속 밀도인  $\mu T$  (마이크로테슬라)로 별도로 측정하여 건강 영향을 평가한다. 전자파 주파수 영역마다 전기적 특성과 이로 인한 건강 영향이 다를 수 있기 때문에 측정 기기와 인체 보호 기준이 다르다. 극저주파 자기장(Extremely Low Frequency-Magnetic Field; ELF-MF)은 전자파 중에서 에너지가 가장 낮은 주파수 영역에서 발생한다. 전기장과 달리 자기장은 물체에 의해 쉽게 차단(차폐, shield)되지 않고 인체로 흡수되기 때문에 노출로 인한 건강 위험이 크다.

극저주파 자기장은 여러 질병 발생 위험을 초래할 가능성이 있는 것으로 보고되고 있다. 논란이 되는 주요 질병은 백혈병, 뇌종양, 유방암, 알츠하이머병과 생식 독성 등이다.<sup>1,2)</sup> 특히, 극저주파 자기장 노출과 소아 백혈병 위험 간의 연관성을 보고한 연구가 많다. 이 외에도 두통, 수면 장애, 집중력 저하, 우울증, 자살 등 잠재적 건강상 위험들이 보고된다. 하지만 아직 이러한 질병들이 극저주파 자기장과 역학적 연관(association)과 인과관계(causal relationship)가 있음을 일관성 있게 나타내는 증거가 부족하다.<sup>1)</sup> 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 1999년부터 극저주파 자기장 노출을 발암 위험과의 인과관계는 분명하지 않지만 발암 가능성이 있는(possible) 그룹(Group 2B)으로 분류하고 있다.<sup>3)</sup>

손 선풍기는 우리나라에서 1997년경부터 특허를 받아 판매된 생활 전기 제품이다. 환경보건시민센터가 2018년 8월 20일에 처음으로 손 선풍기에서 높

은 극저주파 자기장의 발생 수준을 제시하고 건강 위험 우려를 제기했다. 같은 날 과학기술정보통신부(이하 과기부)는 환경보건시민센터의 손 선풍기 건강 위험 우려 발표에 대해 1) 손 선풍기는 건전지를 사용하는 직류 전원 제품으로, 교류 전원 주파수가 발생하는 전기 제품에 적용하는 전자파 인체 보호 기준을 적용하여 비교하기 곤란하고, 2) 손 선풍기의 전자파 인체 보호 기준을 적용하기 위해서는 선풍기 모터 속도에 따라 발생하는 주파수를 확인하고 주파수별로 전자파 세기를 측정하여 해당 주파수에 따른 인체 보호 기준을 적용하는 것이 필요하며, 3) 국민 불안을 해소하기 위해 시중 유통되는 휴대용 선풍기의 전자파에 대해 실태 조사를 실시하고 그 결과를 공개할 계획이라는 보도자료를 배포했다. 약 한 달 후(2018년 9월 16일), 과기부는 45개 손 선풍기 제품에 대한 전자파 실태 조사 결과를 발표하였는데, 조사 결과 전자파가 인체 노출 기준을 만족하여 안전하다는 입장이다.

본 연구에서는 손 선풍기에서 발생하는 극저주파 자기장의 발생 수준과 주요 쟁점을 정리하고, 극저주파 자기장에 대한 인체 보호 기준 평가 기준과 방법을 고찰하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 대상

시중에서 판매되는 손 선풍기 중 임의로 13개를 구입하여 극저주파 자기장을 측정했다(Table 1). 과기부에서 발표한 45개 손 선풍기의 전자파 실태 조사 결과를 가공해서 분석하고 고찰했다.

### 2. 극저주파 자기장 모니터링

손 선풍기는 바람의 세기를 낮음, 중간, 높음 단계로 조절이 가능하다. 단계가 높을수록 손 선풍기 모터의 회전수는 증가하고 극저주파 자기장 수준도 높은데, 본 연구에서는 중간 단계에서 극저주파 자기장을 측정했다. 평가 대상 제품들 중 바람 세기 조절이 중간(2단계)까지만 있는 제품들이 있었다. 손 선풍기 사용자들의 사용 행태 중 예상 가능한 최악의 상황을 고려하여 손 선풍기 바로 앞과 손 선풍기로부터 5, 10, 15, 20, 25 cm 떨어진 곳에서 각각 약 10초 동안 측정하고 이 중 가장 높은 수준을 지

**Table 1.** Electric characteristics of selected hand-held fan (HHF) products

HHF ID	Country manufactured	Battery capacity (mA)	KC certificate	EM certificate
HHF-1	China	2,600	Yes	Yes
HHF-2	China	2,200	Yes	Yes
HHF-3	China	2,000	Yes	Yes
HHF-4	China	2,800	Yes	Yes
HHF-5	China	2,600	Yes	Yes
HHF-6	China	1,200	Yes	Yes
HHF-7	China	2,600	Yes	Yes
HHF-8	China	2,200	Yes	Yes
HHF-9	China	2,450	Yes	Yes
HHF-10	Korea	2,000	Yes	Yes
HHF-11	China	1,800	Yes	Yes
HHF-12	NI	800	NI	NI
HHF-13	NI	NI	NI	NI

Abbreviations: HHF, hand-held fan; EM, electromagnetic field; NI, no information.

점별 대푯값으로 제시하였다. 측정이 실시된 장소는 주변에 특별한 극저주파 자기장 발생원이 없는 곳으로 선정하였고, 각 제품별 평가 전에 배경 수준(background)인 0.01~0.03  $\mu\text{T}$  수준 이내임을 확인하였다. 측정 당시 온/습도 조건은 측정기의 정상 작동 범위(온도: 0~60°C, 습도: 0~95%) 안에 있었다.

극저주파 자기장 측정은 Standard EMDEX II (Eneritech consultants, Campbell, USA)를 이용했다. 이 측정기는 극저주파 영역인 40~800 Hz 사이의 주파수에서 발생하는 자기장을 1.5초 간격으로 0.01  $\mu\text{T}$  단위로 측정 가능하며, 측정 범위는 0.01~300  $\mu\text{T}$  이고 1~2%의 정확도를 갖는다. Standard EMDEX II는 3축을 동시에 측정할 수 있고, 소형으로 휴대가 가능하여 기존 극저주파 자기장과 건강 영향을 평가하는 역학 연구에 많이 사용되어 왔다. 본 연구에서 사용된 측정기는 제조사의 권고대로 1년 이내에 미국 본사에서 교정을 받았다.

### 3. 극저주파 자기장 수준 평가 기준

손 선풍기 지점별 가장 높은 극저주파 자기장 수준을 국제비이온화방사선보호위원회(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) 1998년 참고 기준(reference level)<sup>4)</sup>과 비교하였다. ICNIRP(1998) 참고 기준은 주파수 범위에 따라 자속밀도(B-field,  $\mu\text{T}$ ) 기준이 다르다. 예를 들

어, 60 Hz 상용주파수의 경우 ICNIRP의 일반인에 대한 참고 기준은 0.025~0.8 kHz의 범위는 5/f에 대해 비교 구한다. f는 주파수다. 따라서 60 Hz에 대한 기준은 5/0.06으로 약 83.3  $\mu\text{T}$ 가 된다. 주파수가 높을수록 참고 기준은 더욱 엄격하게 낮아진다. 0.8~3 kHz에서는 주파수에 관계없이 단일 기준인 6.25  $\mu\text{T}$ 를 제시하고 있다. 본 연구에서는 손 선풍기에서 측정된 극저주파 자기장 세기를 ICNIRP (1998) 일반인에 대한 참고 기준과 비교하였다. 현재 전파법에 의해 규정되어 있는 인체 보호 기준도 ICNIRP (1998) 기준을 준용하고 있다.

## III. 결 과

손 선풍기 13개 제품에 대한 위치별 극저주파 자기장의 발생 수준은 Table 2와 같다. 이 중 상용주파수(60 Hz)를 기준으로 설정된 ICNIRP(1998) 참고 기준인 83.3  $\mu\text{T}$ 를 초과한 제품은 4개였으며, 20 cm보다 가까운 지점에서 모든 제품이 0.3  $\mu\text{T}$ 를 초과하였다.

과기부가 손 선풍기 45개 제품에 대한 전자파 실태조사 결과는 Table 3에 요약하였다. 보도된 조사 내용은 제품별 중심 주파수와 인체 보호 기준 대비 초과율(%)이 전부였고, 제품별, 중심 주파수별 극저주파 자기장 수준은 물론 인체 노출 기준 평가 과

**Table 2.** Extremely low frequency magnetic field emitted from portable hand-held fan (HHF) products by distance

HHF ID	ELF-MF levels at each distance from HHF ( $\mu\text{T}$ )							
	Front	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	Handle
HHF-1	70.08	5.34	1.04	0.38	1.17	0.1	0.1	6.5
HHF-2	88.96	6.06	0.91	0.29	0.11	0.1	<BG	9.96
HHF-3	48	2.5	0.41	0.13	<BG	<BG	<BG	3.58
HHF-4	93	5.6	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	16.9
HHF-5	63.6	4.4	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	8.5
HHF-6	102	50.6	0.9	0.3	0.1	0.1	0.1	11.4
HHF-7	98.6	6.1	3.1	0.7	0.3	0.1	0.1	14.4
HHF-8	63	3.8	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	8.3
HHF-9	63.3	2.9	0.5	0.4	0.2	0.1	<BG	9.9
HHF-10	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
HHF-11	53.4	1.8	0.4	0.1	0.1	0.03	0.03	5.8
HHF-12	5	0.2	0.04	<BG	<BG	<BG	<BG	<BG
HHF-13	28.2	2.0	0.3	0.1	0.1	<BG	<BG	<BG

Abbreviation: BG, background level (range: 0.01~0.03  $\mu\text{T}$ )

정도 제시하지 않았다. 그러나 제품의 모터에서 발생한 주파수는 54 Hz에서 284 kHz까지 분포를 보였고, 45개 제품 중 43개 제품이 극저주파 범위(3 Hz~3 KHz) 안에 있었으며, 4개 제품(ID No. 16, 21, 23, 31)은 225~284 kHz로 건강 위험이 더 큰 저주파(very low frequency, VLF) 영역이었다(Fig. 1). 무엇보다도 제품의 위험을 평가하는 데 가장 핵심적인 정보인 주요 주파수별 자기장 발생 수준은 제시하지 않았다. 과기부는 모든 손 선풍기 제품의 전자파 발생 수준은 인체 보호 기준 대비 1.2~36%로 인체 보호 기준을 만족한다고 결론지었다.

본 연구에서는 과기부 실태 조사 자료를 추가로 가공해서 제품에서 확인된 주파수별 ICNIRP(1988) 참고 기준을 계산했다. 가장 낮은 주파수인 54 Hz부터 최고 주파수인 284 kHz까지 ICNIRP 참고 기준 분포를 보면(Fig. 2) 가장 낮은 기준은 3.3  $\mu\text{T}$ 가 된다.<sup>4)</sup> 주파수가 높아지면 에너지는 더 강해지고 이에 따른 건강 위험도 높아지므로 참고 기준은 낮아진다.

#### IV. 고 찰

손 선풍기의 극저주파 자기장 발생 수준을 두고 환경보건시민단체와 과기부의 노출 평가 방법과 건

강 위험에 대한 인식 차이가 큰 상황이다. 손 선풍기 분석을 통해 극저주파 자기장 발생 수준, 인체 보호 기준의 활용과 평가 방법의 주요 쟁점을 고찰했다.

##### 1. 손 선풍기 모터에서 극저주파 자기장 발생

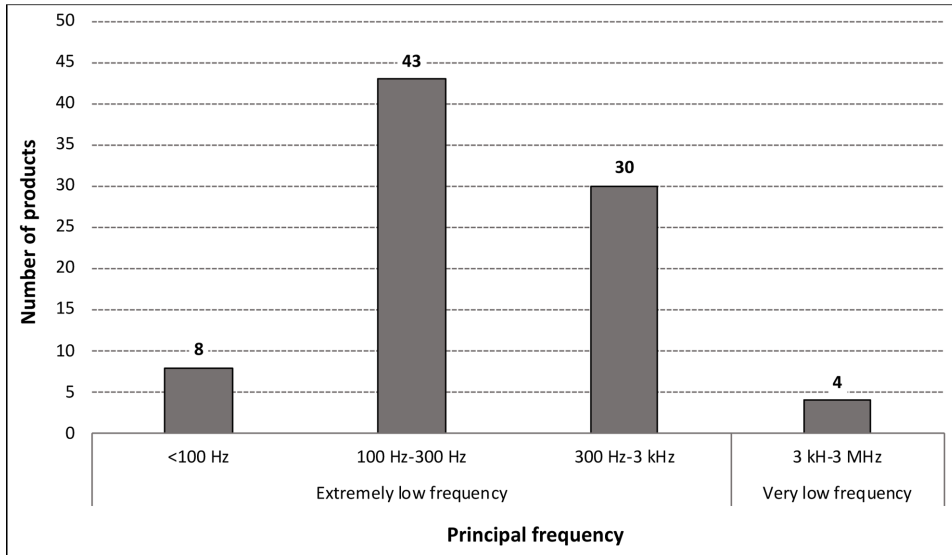
환경보건시민센터는 손 선풍기에서 극저주파 자기장 발생 수준이 매우 높다는 사실을 처음으로 보고했다. 손 선풍기 모터에서 5 cm 이내로 떨어진 지점에서 측정된 극저주파 자기장 수준이 대부분 2  $\mu\text{T}$ 를 훨씬 초과했고, 15 cm 떨어진 지점에서도 대부분 0.2  $\mu\text{T}$ 를 넘었으며, 25 cm 떨어진 지점에 가셔야 0.1  $\mu\text{T}$  이하로 떨어졌다. 사람들이 일반적으로 손 선풍기를 사용하는 거리인 약 10 cm에서 노출될 수 있는 극저주파 자기장 수준은 산업 현장에서 높은 극저주파 자기장에 노출되는 작업으로 알려진 용접 노동자(3.46±13.46  $\mu\text{T}$ )와 반도체 공장 노동자의 노출 수준(웨이퍼 가공 공정: 0.56  $\mu\text{T}$ , 포장 공정: 0.59  $\mu\text{T}$ , 전기 작업: 0.89  $\mu\text{T}$ )보다도 높았다.<sup>1,5-8)</sup> 이는 보통 345 kV 고압선의 15 m 아래 직하 위치에서 측정되는 극저주파 자기장이 약 2  $\mu\text{T}$ 임을 감안해도 높은 수준이다.<sup>9)</sup> 미국(0.11  $\mu\text{T}$ )과 유럽(0.07  $\mu\text{T}$ ) 가정의 평균 노출 수준과 비교하면 수백 배를 훨씬 넘는다.<sup>10)</sup> 어린이, 노인, 임산부 등 민감 집단의 여름철 손 선풍기 하루 사용 시간 등 노출 특성과 극저

**Table 3.** Principle frequency emitted from hand-held fan products (N=45) by Ministry of Science and ICT

HHF ID	Battery capacity (mA)	Percentages (%) exceeding threshold limit value by distance from HHF				Principal frequency (Hz)
		Front fan	1 cm	5 cm	10 cm	
1	2,600	18.0	11.3	2.6	1.3	125, 249
2	2,500	16.8	10.8	2.3	1.3	106, 317
3	2,000	20.8	14.1	3.5	1.4	136, 271
4	2,600	21.1	16.6	5.3	1.9	122, 486, 701
5	5,200	24.5	17.7	4.1	1.6	116, 349
6	2,600	34.8	22.7	5.6	1.8	125, 501, 752
7	2,000	36.0	13.5	5.7	1.8	123, 247
8	2,600	22.2	16.8	5.2	1.8	123, 244
9	4,000	8.5	5.4	1.7	1.3	77, 231
10	2,600	2.4	2.0	1.3	1.3	320, 640
11	1,800	6.9	7.3	2.3	1.3	67, 133, 396
12	1,200	14.8	10.0	2.8	1.4	131, 393
13	2,000	10.0	7.2	2.2	1.3	126, 377
14	2,000	22.3	16.7	5.0	1.9	112, 223
15	2,600	11.5	7.2	1.9	1.2	56, 114, 339
16	1,200	2.8	2.3	1.4	1.2	101, 201, 251 kHz <sup>†</sup>
17	2,000	20.8	13.8	3.6	1.5	103, 205, 410
18	2,000	27.2	18.2	4.6	1.7	84, 169
19	2,000	8.1	5.8	2.1	1.3	111, 333
20	2,600	27.8	19.8	5.4	1.8	116, 232, 463
21	800	4.6	2.8	1.3	1.2	173, 518, 284 kHz <sup>†</sup>
22	1,200	10.3	7.9	2.6	1.3	146, 1,157, 1,445
23	2,000	13.0	7.5	2.0	1.2	107, 321, 243 kHz <sup>†</sup>
24	2,000	8.5	6.4	2.5	1.5	78, 156, 470
25	2,200	12.0	7.8	1.8	1.3	54, 107, 215
26	2,200	15.6	11.8	3.7	1.6	111, 223
27	2,600	9.9	7.4	2.6	1.4	101, 204
28	2,600	23.1	16.0	4.3	1.7	114, 226, 452
29	NI *	9.1	6.7	2.5	1.4	66, 132, 397
30	2,800	26.2	20.9	6.8	2.2	121, 242
31	1,200	8.8	5.7	1.7	1.3	126, 375, 225 kHz <sup>†</sup>
32	1,200	20.0	13.1	2.5	1.3	112, 903
33	2,000	28.3	20.2	5.4	1.9	118, 474
34	2,000	21.6	17.7	5.4	1.8	126, 253
35	2,450	13.0	8.6	2.1	1.3	109, 219
36	2,600	27.8	20.8	6.2	2.0	129, 772
37	4,400	22.1	13.6	2.4	1.3	116, 348
38	5,000	2.8	1.3	1.2	1.2	210, 630
39	6,000	20.1	13.2	2.5	1.3	125, 252, 501
40	7,000	23.4	13.7	2.3	1.3	122, 364
41	2,000	6.8	5.0	1.9	1.3	72, 144, 432
42	2,200	16.7	10.4	2.1	1.3	110, 328
43	1,200	3.1	2.7	1.6	1.3	110, 221
44	2,000	1.6	1.4	1.2	1.2	312, 1,240, 1,550
45	2,600	12.8	9.5	2.9	1.4	142, 426

\*No information

†Very low frequency range higher than extremely-low frequency range



**Fig. 1.** Distribution of products (N=45) investigated by the Ministry of Science and ICT according to principal frequency emitted from hand-held fan.

주파 자기장의 알려진 암 발생 가능성 등을 감안하면 위험한 제품이라 할 수 있다. 이와 같은 위해 우려 제품이 생활용품으로 어떻게 허가되었는지 전자파 인증 방법, 과정, 절차, 근거 등을 조사할 필요가 있다. 시민들이 손 선풍기 제품의 위해 가능성을 알 수 있도록 충분한 정보를 제공해야 할 것으로 판단한다.

## 2. 직류 전원 제품에서 극저주파 자기장 발생

과기부는 1차 보도자료(8월 21일)에서 손 선풍기는 직류 건전지 전원 제품이라 극저주파 자기장이 발생하지 않는다고 주장하였다. 손 선풍기 부품의 하나인 직류 건전지 자체는 전자기파를 발생하지 않는다는 개별적 사실에만 근거한 것으로 짐작된다. 심지어 과기부는 교류 제품에 적용할 수 있는 전자파(극저주파 자기장) 기준을 직류 건전지 제품에 적용하는 것은 잘못이라고 단정했다. 손 선풍기 모터에서 부수적으로 극저주파 자기장이 발생한다는 사실을 확인하지 않은 것으로 판단된다. 직류 건전지를 사용하지만 전자파(극저주파 자기장)를 발생시키는 제품은 많다. 대표적인 것이 휴대폰이다. 과기부 주장을 따른다면 휴대폰은 직류 전원을 사용하므로 전자파를 규제할 법적 근거가 없다. 그러나 휴대폰은 강한 에너지를 내는 라디오파가 발생하기 때문에, 생체 조직에 흡수되는 단위질량당 전자파의 양인 전자

파 인체흡수율을 정해 강력하게 규제한다.<sup>2,11,12)</sup> 각종 직류 건전지 모터에서도 극저주파가 발생하는 것으로 알려져 있다. 예를 들면 직류 건전지를 사용한 지게차(2.2  $\mu$ T, 중심 주파수 168, 156, 324 Hz), 2마력 모터(1.4  $\mu$ T, 중심 주파수 120, 240, 360 Hz)에서 여러 중심 주파수의 극저주파 자기장이 발생한다는 것이 보고되었다.<sup>13)</sup> 과기부 실태 조사에서도 손 선풍기에서 극저주파 자기장이 발생한다는 것을 확인할 수 있다(Table 3). 이 중 4개 제품(ID No. 16, 21, 23, 31)은 열적 건강 영향이 더 큰 저주파수 영역인 225 kHz에서 284 kHz를 발생시키는 것으로 나타났다.

전자파 기준은 제품에 따라 적용되는 것이 아니라 제품을 사용할 때 발생하는 전자파 특성인 주파수 영역대와 인체 보호 기준에 따라 적용되어야 하며, 이에 근거하여 노출과 건강 위험을 평가해야 한다. 제품의 안전 여부는 개별 부품의 성질은 물론 부품간의 작용, 다양한 사용 특성, 노출된 사람의 감수성 등을 종합하여 결정하는 것이 일반적이다.

## 3. 극저주파 자기장 인체 보호 기준 평가

극저주파 자기장의 건강 영향은 세포와 조직에 가해지는 매우 미세하고 만성적인 영향으로 비열적 작용(non-thermal effect)이 많아 만성 인체 보호 기준을 설정하기 어렵다. 인체의 신경 및 세포 호르몬

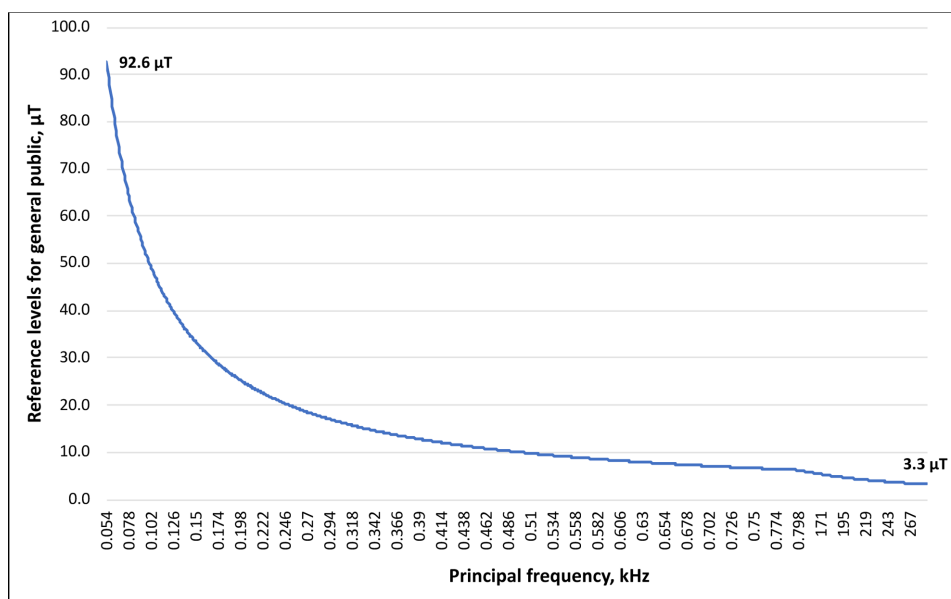


Fig. 2. Distribution of ICNIRP reference levels for general public exposure to magnetic fields within principal frequency range (54 Hz–284 kHz) of hand-held products (N=45) investigated by the Ministry of Science and ICT.

활동은 미세한 생체 전기신호에 의해 조절되기 때문에 강한 극저주파 자기장에 노출되면 세포 간 이온의 흐름이 교란되고 이에 따른 각종 가역적, 비가역적 건강 영향을 초래한다는 것이 가설이다. 극저주파를 포함한 전자파에 지속적이고 반복적으로 장기간 노출되면 인체에 해롭다는 것은 생물학적으로 타당하다. 특히 어린이, 노인, 임산부 등 전자파에 민감한 집단의 건강 위험은 건강한 성인에 비해서 상대적으로 더 클 수 있다. 많은 사람들이 손 선풍기를 머리와 가까운 곳에서 여름철 자주 사용한다. 손 선풍기 사용자의 감수성, 극저주파 자기장의 건강 위험 주장 등을 근거로 볼 때 이 제품이 잠재적 건강 위험이 있는 것은 분명하다.

ICNIRP 참고 기준은 최고치로서 어떤 순간이라도 넘어서는 안 된다는 뜻이다.<sup>14)</sup> 이 기준은 짧은 시간 신경과 근육 자극, 망막에서의 섬광, 그리고 중추신경계 신경세포 활성화에서 변화와 같은 급성 영향을 예방하기 위한 기준이기 때문이다. 또한 이는 안전계수를 5까지 고려하여 설정한 한계 값으로, 중대한 건강 영향을 예방하기 위한 기준이다.<sup>10,14)</sup> 주파수가 증가하면 이 참고 기준은 낮아진다.<sup>15)</sup> 이 기준은 호르몬 영향, 인체 항상성 교란 등에 장기간 노출되어

일어나는 암 등 만성 질병 위험을 평가하는 기준으로 적용할 수 없으며, 평균하거나 누적해서 평가할 수 없다.

ICNIRP의 참고 기준을 넘는 극저주파 자기장 노출은 산업 현장에서도 거의 없다. 154 kV 고압선에서 2 m 떨어진 곳에서 측정된 극저주파 자기장도 5  $\mu\text{T}$  정도이다. 과기부가 손 선풍기 실태 조사에서 인체 보호 기준(ICNIRP 참고 기준) 대비 전자파 수준이 3~36% 수준이기 때문에 이 제품이 인체 보호 기준을 만족했다는 평가는 잘못된 것이다. 어떤 법적 기준 또는 권고 기준이든 안전과 위험을 구분 짓는 경계 수준이 아니다. 특히 인체 방어력이 취약한 태아, 아이, 노인, 환자, 임산부 등에게는 더욱 그렇다. 우리나라 과기부는 ICNIRP의 1998년 참고 기준을 인체 보호 기준으로 바로 적용하고 있다. 우리나라 처럼 ICNIRP 참고 기준 자체를 만성 질병 위험 평가 기준으로 사용하는 나라는 문헌에서조차 찾아볼 수 없다. WHO는 극저주파 자기장을 포함한 전자파가 무해하다는 증거가 있을 때까지 사전 주의 원칙(precautionary principle)을 정책 수단으로 채택하기를 권고하며,<sup>16)</sup> 실제 많은 나라에서 신중한 전자파 노출 회피 정책(prudent avoidance)을 펼치고 있다.<sup>17,18)</sup>

고압선이 학교 등을 지나가지 않도록 하고 시민들을 대상으로 전자파 노출을 줄일 수 있는 교육을 시행하는 것 등 낮은 비용으로 전자파 발생과 노출을 줄일 수 있는 정책들이 좋은 예이다. 또한 ICNIRP 참고 기준을 낮춰서 인체 보호 기준으로 사용하기도 하는데,<sup>19)</sup> 2003년 이탈리아는 극저주파 자기장 기준을 50 Hz 주파수를 근거로 자의적으로 두가지로 나누었다.

- 주의 기준(attention value)을 ICNIPR 참고 기준의 10%인 10  $\mu$ T로 설정하고 어린이 놀이 시설, 학교, 주거지 등의 특별 장소와 하루 4시간 이상 극저주파 자기장에 노출되는 기존 시설에 적용

- 제한적인 질적 목표 기준(restrictive quality goals)을 3  $\mu$ T로 설정하고 새 건물과 시설 등에 적용

미국은 연방법에는 없지만 주에 따라 전자파에 대한 보호 기준을 적용한다. 예를 들어, 미네소타주나 뉴욕주에서는 전압의 차이에 따라 15~20  $\mu$ T를 최대 기준으로 활용하고 있다. 스위스는 인체 보호 기준을 적용하는 나라 중에 가장 엄격한 기준을 법률로 적용하고 있다. 극저주파 자기장이 1  $\mu$ T가 넘는 지역에 유치원, 초등학교, 병원과 같은 민감 시설이 신설되지 않도록 관리한다. 네덜란드와 덴마크의 경우, 지방정부로 하여금 극저주파 자기장이 0.4  $\mu$ T이 넘는 곳에 학교 등 어린이가 상당 시간 머무르는 시설을 신설하지 않도록 권고한다.<sup>20)</sup> 이처럼 여러 선진국에서 환경에 민감한 집단이 거주하는 학교, 유치원, 병원 등의 인근에 전자파 발생을 제한하는 조치와 정책 등을 공통적으로 시행한다는 사실을 알 수 있다. 하지만 우리나라 과기부를 포함한 정부 부처에서 전자파 사전 주의 원칙을 정책에 반영한 사례는 찾아볼 수 없다.

#### 4. 전자파 복합 노출 평가

과기부는 손 선풍기 45개 제품 실태 조사 결과를 ‘총 노출 지수’로 계산해서 모든 제품이 전자파 인체 보호 기준을 만족한다고 평가하였다. 하지만 극저주파 자기장 측정치와 인체 보호 기준을 평가한 방법, 과정, 결과를 제시하지 않았다. 같은 극저주파 영역대에서 중심 주파수별로 지속밀도를 조합해서 총 노출 수준으로 평가한 것으로 추정된다. 대부분의 손 선풍기에서 발생하는 중심 주파수는 극저주파 영역대이다(Table 3). 복합 노출 평가는 1~100 kHz

의 서로 다른 전자파 영역대에서 발생하는 전기장과 자기장에 동시 노출되는 경우에 적용하는 방법으로,<sup>21)</sup> 서로 다른 영역대의 전기장과 자기장 측정치를 누적해서 평가한다.<sup>4)</sup> 일반적으로 복합 노출 평가는 서로 다른 특성을 가진 여러 화학물질이나 여러 유해 인자가 같은 조직에 혼합 또는 상승 영향을 미치는 경우에 활용된다. 과기부는 손 선풍기에서 발생하는 전자파 위험을 알 수 있도록 중심 주파수별 자기장과 전기장 강도를 제시하고 총 노출의 적정성을 평가한 과정을 제시해야 한다.

#### 5. 우리나라 전기 전자 제품 전자파 적합 평가 제도 현황

손 선풍기는 무더위를 식혀 주는 제품이지만, 전자파에 의한 건강 위험 가능성은 고려되지 않았다. 우리나라는 과기부가 관리하고 있는 전파법 제58조의 2(방송 통신 기자재 등의 적합성 평가) 조항에 따라 ‘방송 통신 기자재와 전자파 장애를 주거나 전자파로부터 영향을 받는 기자재(이하 ‘방송 통신 기자재 등’이라 한다.)에 대해서는 전자파에 대한 적합 평가를 받도록’ 하고 있다. 적합 평가는 적합 인증(certification)과 적합 등록(registration)으로 나뉘는데, 전자파에 의한 영향이 크다고 판단되는 장비의 경우에는 적합 인증을 받고 시중에 유통될 수 있으며, 그보다 영향이 적은 경우에는 적합 등록을 받은 후 유통하게끔 하고 있다. 국립전파연구원의 2016년 연구 보고에 따르면 과기부는 2002년 휴대폰, PDA 등에 대한 전자파 흡수율 측정을 의무화하여 적합성 평가를 받은 경우에만 시장에 유통되도록 하였고, 2007년에는 기지국의 전자파 강도 측정 및 보고를 의무화하였으며, 2013년에는 머리에 근접하여 사용하는 무선통신기기의 SAR 의무를 인체에 근접 사용하는 무선통신기기(태블릿 PC, 노트북 PC 등)로 확대하였다. 2017년 7월부터 밀착 사용하는 전기장판 등의 가전제품에 전자파 강도 기준을 강제 적용하고, 2019년 1월부터 인덕션 레인지 등에도 전자파 강도를 측정하여 적합성 평가를 받도록 2016년 12월 고시하였다.<sup>22)</sup>

손 선풍기들은 전파법 제58조의 2에 따른 적합성 평가 결과 부여된 코드가 ‘R-registration’으로, 이는 적합 등록 제품을 의미한다. 그런데 적합 등록 기준을 제시하고 있는 ‘방송 통신 기자재 등의 적합성



평가에 관한 고시(국립전파연구원고시 제2018-17호)에 따르면 선풍기 제품은 「전자파 인체 보호」 항목 평가 대상에서 제외되어 있다. 따라서 손 선풍기는 전자파에 따른 인체 보호 기준 준수 및 건강 영향을 평가받지 않고 전자파 적합 등록을 받은 것이다.

## 6. 전자파의 건강 위험과 사전 주의

극저주파 자기장을 포함한 전자파로 인한 발암 등 건강 위험을 연구한 결과들은 아직 일관되지 않고 연관관은 물론 인과관계도 명확하지 않은 상태다. 일정 기간 건강 위험 논란이 된 후 피해 사례가 많아지고 과학적 조사 방법이 더해지면서 결국은 건강 위험이 확실하게 드러난 사례는 매우 많다. 담배, DDT (Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane), 석면, 벤젠, 납 등 대부분 인체 발암 인자들이 그렇다. 이산화탄소 배출로 인한 지구온난화와 염화불화탄소의 영향으로 인한 오존층 파괴 등 환경오염도 비슷한 사례다. 건강 위험은 인과관계를 논증하기가 쉽지 않고, 피해가 나타나 건강 영향이 표면화할 때까지 긴 시간이 걸린다. 확실한 증거가 드러날 때까지 위험을 생산하는 생산 활동과 노출이 통제되지 않은 소비 활동은 계속된다. WHO는 물론 주요 선진국들은 건강 위험의 논란이 되고 있는 잠재적 위험 인자에 대한 노출을 차단하고 최소화하는 원칙을 보건 환경 정책에 반영하고 있다. 사전 주의 원칙이다(3항 참조). 이 원칙은 전자파에 대해서도 그대로 적용되며, 개인도 다를 것이 없다.

Gauger (Gauger, 1985)<sup>23)</sup> 등과 Mader와 Peralta (Mader & Peralta, 1992)<sup>24)</sup>는 헤어드라이어처럼 일상생활에서 사용되는 전자제품에서 발생하는 자기장의 강도가 거리의 세제곱에 역비례해서 감소한다는 것을 보여주었으며 전자제품들에 얼마나 가깝게 위치해 있느냐가 자기장 강도를 결정하는 가장 중요한 변수임을 확인해 주고 있다. 손 선풍기의 경우, 제품의 특성상 어린아이들부터 임산부를 포함한 광범위한 인구들이 사용하고 있을 뿐만 아니라 기존 전자제품들에서 확인되고 있는 자기장 수준보다 훨씬 높은 강도가 측정되었다. 더구나 여름엔 오랜 시간 동안 사용되고 있어 노출의 측면에서 간과할 수 없는 노출 특성을 보이고 있다. 따라서 사전 주의 원

칙을 고려하여 적어도 제품을 사용하는 소비자들이 극저주파 자기장을 포함한 전자파 위험성을 인지할 수 있도록 해야 하고, 가능한 가깝게 사용하지 않도록 해야 한다.

손 선풍기 건강 위험 가능성의 경고를 거울삼아 정부는 전기 전자 제품의 전자파 건강 위험 인증, 전자파 발생 시설 위험 표시 등 전자파 노출을 억제할 수 있는 종합적인 관리 대책을 세울 것을 제안한다. 시민들도 각종 전기 전자 제품으로 누리는 생활의 편리함 이면에 도사린 전자파 위험의 실체를 알고 노출을 최소화하는 지혜가 필요하다. 어린이, 노인, 임산부 등 민감 집단에 대해서는 더욱 그렇다.

## V. 결 론

2018년 8월, 환경보건시민센터는 손 선풍기 13개 제품을 대상으로 극저주파 자기장의 발생 수준을 발표했다. 4개 제품이 60 Hz의 표준 주파수를 근거로 한 ICNIRP 참고 기준인 83.3  $\mu$ T를 초과했다. 1개 제품을 제외한 모든 제품에서 20 cm보다 가까운 지점에서 측정된 극저주파 자기장이 0.3  $\mu$ T를 초과하였다. 환경보건시민센터의 문제 제기에 따라 2018년 9월 과기부는 45개 제품에 대한 실태 조사 결과를 발표했다. 그런데 제품별 중심 주파수, 인체 보호 기준 대비 초과율(%)을 근거로 제품 모두 인체 보호 기준을 만족한다고 결론지었다. 극저주파 자기장 수준과 인체 노출 기준 추정 과정은 제시하지 않았다. 손 선풍기에서 발생하는 주파수 범위는 54 Hz에서 284 kHz으로 대부분 극저주파 범위(3 Hz~3 KHz) 안에 포함되는데, 전체 중 4개 제품(ID No. 16, 21, 23, 31)의 중심 주파수는 225~284 kHz로 건강 위험이 더 큰 저주파 영역대였으며, 가장 낮은 ICNIRP 참고 기준은 3.3  $\mu$ T였다. 더군다나 과기부는 중추신경계와 망막 손상 등 급성 건강 영향을 예방하기 위해 권고한 ICNIRP 참고 기준을 만성 질병 위험 평가 기준으로 활용해서 손 선풍기 제품이 모두 안전하다고 결정했다. 과기부의 전자파 관련 각종 정책이 손 선풍기를 포함한 전자파 위험으로부터 시민, 특히 어린이, 노인, 임산부 등 민감 집단의 안전을 보호할 수 있는지 종합적인 검증이 필요하다.

## References

1. Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, et al. EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. *Rev Environ Health*. 2016; 31(3): 363-397.
2. Bates MN. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: the epidemiologic evidence. 1991; 95: 147-156.
3. International Agency for Research on Cancer (IARC) Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2013; 102(Pt 2): 1-460.
4. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys*. 1998; 74(4): 494-522.
5. Abdollahzadeh S, Katharine SH, Schenker MB. A model for assessing occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields in fabrication rooms in the semiconductor health study. *Am J Ind Med*. 1995; 28(6): 723-734.
6. Bowman JD, Touchstone JA, Yost MG. A population-based job exposure matrix for power-frequency magnetic fields. *J Occup Env Hyg*. 2007; 4(9): 715-728.
7. Chung EK, Kim KB, Chung KJ, Lee IS, You KH, Park JS. Occupational exposure of semiconductor workers to ELF magnetic fields. *J Korean Soc Occup Env Hyg*. 2012; 22(1): 42-51.
8. Håkansson N, Stenlund C, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B. Arc and resistance welding and tumours of the endocrine glands: a Swedish case-control study with focus on extremely low frequency magnetic fields. *Occup Environ Med*. 2005; 62(5): 304-308.
9. Jeon IS, Kim HN. Exposure limits of magnetic fields in the high-voltage transmission lines. Korea Environment Institute Report No. KEI-2006-RE-20S. 2006; 1-225. Available from: <http://www.kei.re.kr/>.
10. World Health Organization (WHO). Electromagnetic fields and public health: Exposure to extremely low frequency fields. 2007. Available from: <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/>.
11. Kaszuba-Zwońska J, Gremba J, Galdzińska-Calik B, Wójcik-Piotrowicz K, Thor PJ. Electromagnetic field induced biological effects in humans. *Europe PMC*. 2015; 72(11): 636-641.
12. Ministry of Science, ICT and Future Planning of Korea. Standards on the human body protection from electromagnetic wave. Public Notice No. 2015-38 (revised). 2015.
13. Bowman JD, Methner MM. Hazard surveillance for industrial magnetic fields: II. Field characteristics from waveform measurements. *Ann Work Expo Health*. 2000; 44(8): 615-633.
14. Matthes R, McKinlay A, Bernhardt J, Vecchia P, Veyret B. Exposure to Static and Low Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (0-100 KHz): Review of the Scientific Evidence on Dosimetry, Biological Effects, Epidemiological. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. 2003.
15. Vecchia P. Assessment of health effects associated with electromagnetic fields by WHO, IARC, and ICNIRP. USRI Radio Sci Bulletin. 2006; 79(3): 30-33.
16. Rüdiger M, Maria F, Rodney C, Adele G, Kari J, Carmela M, et al. Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz. *Health Phys*. 2014; 106(3) :418-425.17.
17. Stam R. Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields). National Institute for Public Health and the Environment of Netherlands Report. 2017; 3-18.
18. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Comparison of European policies of low frequency (power frequency for high-voltage power lines) electric and magnetic fields. 2018. Available from: <https://www.bfs.de/EN/topics/emf/expansion-grid/protection/limit-values-europe/limit-values-europe.html/>.
19. World Health Organization (WHO). Extremely low frequency fields environmental health criteria Monograph No. 238. 2007. Available from: [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/)
20. Swanson J. Power-frequency EMF Exposure Standards applicable in Europe and elsewhere. 2014.
21. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP statement related to the use of security and similar devices utilizing electromagnetic fields. *Health Phys*. 2004; 87(2): 187-196.
22. Shin YJ, Choi HK, Ryu JH. A study on the major issues related to health safety of electric magnetic field. National Radio Research Agency (NRA)

Report. 2016; 1-75.

23. Gauger, J. Household appliance magnetic field survey. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems* 1985; (9): 2435-2444.
24. Mader D, Peralta S. Residential exposure to 60?Hz magnetic fields from appliances. *Bioelectromagnetics* 1992; 13(4): 287-301.

### 저자 정보

박동욱(교수), 이성진(국장), 김소연(연구조교),  
배서연(학생), 최상준(교수), 김원(실장),  
민승현(교사), 박지훈(연구원), 안종주(교수)