

각종 전기기기 및 생활 주변에서의 60Hz 전자기장

유창용, 김덕원

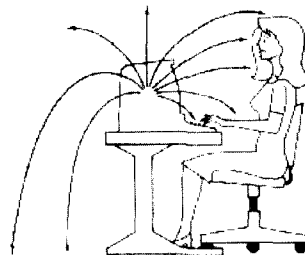
연세대학교 의대 의학공학

I. 전자기장의 인체 영향

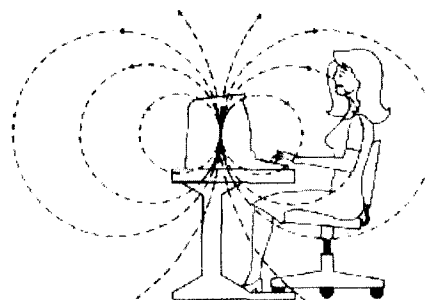
최근 논란이 되고 있는 전자파 유해 논쟁은 극저주파(주로 60Hz)나 초저주파의 미약한 전자파에 인체가 장기간 노출될 경우 건강의 위해성에 관한 것이다. 그러나 강한 전자파의 경우에는 과학적으로 유해성이 검증되었으며 각국에서는 인체 보호를 위하여 최대 노출 한계를 규정하고 있고 국내에서도 정통부에서 조만 간에 전파법을 개정하여 인체보호권고안을 발표할 예정이다. 인체가 저주파의 전자파에 장기간 노출되면 인체 내에 유도 전류가 생성되어 세포막 내외에 존재하는 Na^+ , K^+ , Cl^- 등의 각종 이온의 불균형을 초래하여 호르몬 분비 및 면역 세포에 영향을 주는 것으로 알려져 있다^[1].

전기기기에서 방출되는 전자파는 전기장과 자기장으로 구성되는데 전기장은 전압의 세기에, 자기장은 전류의 크기에 비례하여 발생한다. 전기장은 전도성이 높은 물체에 의해 상당히 차단되나 자기장은 자성이 매우 강한 특수 합금에 의해서만 차단되어 자기장 차단은 쉽지 않다. 인체가 전기장에 노출되는 경우, 인체는 전기가 잘 통하는 물이 70% 이상으로 구성되어 있는 일종의 도체(導體)이므로 대부분의 전류가 피부를 통해 흘러 피부질환을 유발하고, 자기장은 거의 모든 물질을 통과하므로 인체를 투과하면서 혈액 속의 철 분자에 영향을 주는 것으로 추측된다(〈그림 1〉, 〈그림 2 참조〉)^[2].

전기장에 의한 전류는 주로 피부를 통해 흐르기 때문에 습진 등의 피부 질환을 유발시키는 것



〈그림 1〉 모니터 사용자에게 입사되는 전계선 그림



〈그림 2〉 모니터 내부에 흐르는 전류에 의한 자기선

으로 알려져 있으며, 컴퓨터를 직업적으로 사용하는 여성들의 경우 피부노화가 빨리 온다는 얘기도 있다. 또한 전자기장은 세포 증식이 빠른 혈구, 생식기, 임파 등과 같은 조직과 아동들에게 더 해로운 것으로 알려져 있다. 전자기장이 일으킬 수 있는 증상으로는 나른함, 불면증, 신경 예민, 두통, 숙면에 관여하는 멜라토닌 호르몬의 감소, 맥박의 감소 등이 있으며, 질병으로서는 백혈병, 임파암, 뇌암, 중추 신경계암, 유방암, 치매, 유산 및 기형아 출산 등이 있다. 한편 전자파 고노출 직업군에는 발전소 및 변전소 근무자, 전기선로공, 대전력 사용 공장 근로자, 레이더 기지

근무자, 통신병, 방송국 송신소 및 중계소 근무자, 컴퓨터를 장시간 사용하는 프로그래머, 전화번호 안내원, 컴퓨터 그래픽 디자이너, 관제사, 조종사 등이 있다.

20세기 초 어느 학자가 흡연은 폐암을 일으킨다고 보고하였을 당시 의사를 포함한 모든 학자들은 코웃음을 쳤다. 그로부터 많은 논란을 거치면서 의학계에서 이 연구가 인정받기까지 30여년의 세월이 흘렀다. 전자파 유해성에 관한 첫 연구는 송전 선로와 아동들의 암에 관한 것으로서 1979년 미국 덴버에서 수행되어 고압 선로에서 40m 이내에 거주한 아동들이 백혈병으로 사망한 숫자가 정상아동에 비해 2배 정도 높다는 결과를 발표하였다^[3]. 그러자 모든 학자들은 터무니없는 엉터리 연구라고 비난을 퍼부었다. 그러나 지금은 전자기장 유해성을 밝힌 연구 결과가 수없이 많은 실정이다. 한편 전자파 유해론에 대한 논란이 많은데 그 이유로는 전자파가 어떻게 각종 암을 유발하는가에 대한 과학적인 기전이 밝혀지지 않고 있기 때문이다. 그러나 비근한 예로 치매, 백혈병 등 아직도 수많은 질병의 원인이 밝혀져 있는 것이 별로 없는 것처럼 현대 의학이나 과학이 상당히 발달했어도, 특히 인체에 관해서는 밝혀진 것보다 밝혀지지 않은 것이 훨씬 많은 실정이다. 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구를 시작한 지 20년도 안되었고 전자파는 세기, 주파수, 노출 시간, 파형 등 매우 복잡하므로 암과의 관련성 규명이 상당히 어려운 실정이다. 전자파에 의한 암 발생 과정이 밝혀지지 않았다고 해서 전자파에 그대로 노출되는 것은 흡연의 유해성이 밝혀지지 않았던 시대에 흡연을 방치하는 것과 같은 맥락이라고 볼 수 있다.

II. 전자기장 측정방법

전기장 및 자기장은 각각 전하 및 전류에 의해 공기 중에 형성되는 일종의 힘으로서 크기와 방향을 갖는 벡터(Vector)이므로, 어떤 지점에서

의 전기장 및 자기장의 세기를 측정할 때에는 X축, Y축, Z축 방향에서 각각의 세기를 측정하여 벡터 합을 다음과 같이 구한다.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

각종 전기기기에서 발생하는 전자파는 광범위한 범위의 주파수를 포함하고 있는데, VDT의 예를 들면 변조된 직류 성분, 60Hz 성분, 수평과 수직 편향 고주파 성분(15~80kHz), 디지털 회로에 의한 광역의 고주파 성분(1~20MHz) 등의 전자파가 발생된다. 그러므로 전자파 발생원의 주파수에 따라 이들 주파수를 측정할 수 있는 적당한 측정기기를 선택하여야 한다. 측정기기는 대체로 전원 주파수 60Hz의 극저주파(Extremely Low Frequency : ELF, 0~1kHz), 초저주파(Very Low Frequency : VLF, 1~500kHz), 라디오파(RF : 500kHz~300MHz), 마이크로파(300MHz~300GHz)로 분류되어 있다. 고압선로의 전자파는 60Hz 성분 이외에는 별로 없으므로 ELF 측정기를 사용하면 되나, VDT의 전자파는 직류 성분, 60Hz 성분, 고주파 성분(17~30kHz), 광역의 고주파 성분(1~20MHz) 등 다양하여 VDT의 모든 전자파를 정확히 측정하려면 ELF 및 VLF 측정기 뿐만 아니라 직류 성분 및 광역의 고주파 성분을 측정할 수 있는 측정기가 필요하다^[4].

110V나 220V 전원을 사용하는 모든 전기제품은 60Hz 전기장 및 자기장은 물론 다른 주파수 성분의 전자파도 발생시키므로 이에 대한 사전 지식이 있어야 정확한 전자기장의 세기를 측정할 수 있다. 전열기는 주로 60Hz의 전자기장이 발생하고 TV나 VDT는 네 종류의 다른 주파수의 전자파가 발생하나 광역의 RF 성분은 미약하고 직류 성분은 인체에 별로 유해하지 않으므로 ELF와 VLF 측정기로 측정하면 된다. 전자 레인지는 2.45GHz의 마이크로파 발생 장치(마그네트론)에서 발생되는 마이크로파로 물분자를 가열시켜 음식을 가열하므로 ELF 측정기로 60Hz 전자기장을, 마이크로파 측정기로 마이크로파의 단위 면적당 출력(mW/cm²)을 측정한다. 전자

레이지는 마그네트론이 항상 예열되어야 하므로 스위치를 작동시키지 않더라도 항상 전류가 흐르므로 60Hz 전자기장이 상당한 세기로 발생되고 있으므로 전자 레인지를 되도록 구석에 설치하여 노출을 감소시켜야 한다.

고압선로 주변이나 TV, VDT, 이온 발생기처럼 고압부가 있는 전기제품과 전기담요처럼 인체가 가까이서 사용하는 제품 이외에는 자기장이 주로 인체에 영향을 주므로 대개 자기장을 측정한다. 자기장은 대체로 전류에 비례하여 발생하므로 헤어 드라이어, 전기 면도기, 믹서, 공기 청정기와 같이 강력 모터를 사용하는 전기 제품에서 많이 발생한다. 핸드폰(CDMA, PCS)은 800MHz~2GHz를 통신 주파수를 사용하므로 마이크로파 측정기를 사용하여야 정확한 측정이 가능하다.

전기제품에서 발생하는 전자기장의 세기를 측정할 때 특히 전기담요, 핸드폰, 전기 면도기 등과 같이 인체에 밀착해서 사용하는 경우를 제외하고는 대체로 전기기기의 사용거리에 따라 30~100cm의 거리에서 측정한다. 측정 시 주의할 점은 측정 지점에서의 전자기장의 세기는 그 전기 제품뿐만 아니라 주위에 있는 여러 전기 제품 및 전기 배선에 의해 발생하는 전자기장이 복합적으로 형성되어 있기 때문에 전자기장의 측정지점에서 스위치를 끄고 측정한 후 스위치를 켜고 한번 더 측정한다. 여기서 스위치를 켜고 측정한 값에서 스위치를 끄고 측정한 값을 빼면 그 차이가 그 전기제품에서 발생하는 전자기장의 세기가 된다.

III. 생활 주변에서의 전자기장

1. 지하철과 국철

지하철은 직류 3,000V를, 국철은 교류 22,000V를 사용하므로 60Hz 전자기장은 국철에서 훨씬 높다. 플랫폼에 전동차가 없을 때는 국철역(638~659V/m)이 지하철역(0.3~2.5V/m)에서 보다 무려 300배 이상 전기장이 높았다. 자

기장은 국철역에서 6.8~33mG이 측정되었으며 지하철역에서는 0.2~4.9mG가 측정되었다. 특히 국철과 지하철 모두에서 전차가 들어오고 나가는 것에 의해 자기장의 세기가 변하였는데, 전동차가 역에 없을 때는 0.2~33mG, 전동차가 출발할 때는 1.8~36.1 mG, 전동차가 들어 올 때는 0.6~15mG의 자기장이 측정되었다. 전동차 안에서의 전기장의 세기는 무시할 정도로 작기 때문에 자기장만을 측정하였다. 국철 전동차안에서의 자기장의 세기는 최소 3.3mG에서 최대 14.8mG로, 평균 9.8mG이었으며 전철(1~5호선) 전동차안에서의 평균 자기장은 1.7~4.8mG이었다^[4].

2. 변전소

변전소 근처에서의 전자기장 측정은 1998년 8월에 서울시내의 5곳과 경기도의 1곳의 변전소에서 실시하였다. 대부분의 변전소가 154kV의 변전소이었으며 154kV 옥내 가스절연(GIS, Gas Insulated Switch Gear) 변전소의 경우 건물로부터 10~15m 이상 떨어지면 2mG 이하로 감소하였다. 또한 154kV 지하 GIS 변전소의 경우 변압기 설치층 3개층 위에서는 2mG 이하로 자기장이 감소하였다.

3. 사무실

사무실에서 발생하는 전자기장은 대부분 컴퓨터, 복사기 등의 사무기기에서 발생하는 것이 대부분으로 전기장은 사무기기의 유무에 따라 많은 양의 차이가 발생하였으나 자기장은 큰 차이는 없었다. 전기실 위층에서의 전기장은 평균 2V/m로 층과 층 사이의 바닥에 의해 많이 감소하였으나 자기장은 바닥에서 1m 높이에서 평균 3.5mG가 측정되었다. 바닥은 이보다 높은 평균 6.3mG이었다. 변전소 위층의 사무실에서도 책상 위에서의 평균 자기장이 7.2mG가 측정되었다. 전기실이나 변전소 위층은 오랫동안 상주하는 사무실보다는 가끔 사용하는 교육실 혹은 창고 등으로 사용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다^[4].

〈표 1〉 사무실에서의 전자기장(측정 위치: 앉은 자리에서 가슴이 위치한 높이)

	컴퓨터 및 전기기기가 있는 경우(N=24)		전기기기가 없는 경우(N=26)	
	전기장(V/m)	자기장(mG)	전기장(V/m)	자기장(mG)
평균	33.1	0.5	3.7	0.3
표준편차	36.2	0.4	3.1	0.3
최대값	159.8	2.0	15.8	1.4
최소값	4.1	0.2	1.3	0.2

4. 실내환경¹⁾

가정에서의 자기장 측정은 가족들이 가장 많은 시간을 보내는 장소를 중심으로 측정하였다. 주위에 있는 전기기기들은 모두 동작상태에서 측정하였다. 측정 대상 집에 있는 모든 방, 침실, 거실, 주방 등에 대해서 거주자가 생활하는 위치 2~5 지점에서 자기장을 측정하였다. 또한 가옥의 주변에 위치한 배전선에 의한 자기장 영향을 배제할 수 없으므로 배전선 유무를 확인하여 결과에 반영하였다. 각 가옥마다 방의 개수가 틀리므로 각 가구를 대표하는 평균 자기장을 구하였다.

(1) 가구별 평균 자기장

전체 측정가구 198가구 중 아파트는 83가구

(42%)로 가장 많았으며 단독주택과 연립주택은 각각 52(26%), 63(32%) 가구이었다. 각 가구의 전체 평균 자기장은 1.0±0.9mG이었다. 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 아파트는 평균 자기장이 0.5mG로 전체 평균 자기장인 1mG의 1/2 정도 이었다. 단독주택의 평균 자기장은 0.9mG이었으며 연립주택의 평균 자기장은 1.4mG이었다. 연립주택의 평균 자기장이 다른 가옥형태보다 높은 이유는 가옥근처에 배전선이 있는 경우가 연립주택이 가장 많았기 때문으로 사료된다.

〈표 2〉에서 2mG는 역학연구에서 노출군과 비노출군으로 분류하는 경계치이다.

〈표 2〉 198가구에서의 가구별 평균 자기장

	가구현황		평균자기장 ±S.D. [mG]	최대자기장 [mG]	2mG 이상	
	가구수	%			가구수	%
전체	198	100	1.0±0.9	7.1	16	8.1
아파트	83	42	0.5±0.5	2.7	3	1.5
단독	52	26	0.9±0.7	3.8	3	1.5
연립	63	32	1.4±1.3	7.1	10	5.1

〈표 3〉 측정가구의 백분율에 따른 EPRI 연구 결과와의 비교

본 연구 측정결과(198가구)	가구수 백분율	EPRI(992가구)
자기장 [mG]		자기장 [mG]
0.7	50%	0.6
1.0	25%	1.1
1.3	15%	2.1
2.9	5%	2.9
4.0	1%	6.6
1.0	평균	0.9

(2) 측정가구의 백분율에 따른 자기장 분포

측정가구의 백분율에 따른 자기장은 미국 EPRI(Electric Power Research Institute, 1993)에서 수행된 992가구 대상 가정 내 노출량 측정과 비교하였다^[6]. 전체적인 평균자기장을 살펴보면 본 연구는 1.0mG, EPRI는 0.9mG이었다. 본 연구에서는 자기장 측정시 가정에서 거주인이 직접 생활하는 위치, 즉 책상 앞, 소파, 식탁 등에서 측정을 하였고 EPRI는 방의 한 가운데에서 측정을 하였기 때문에 전기제품과 더 가까운 거리에서 측정된 본 연구의 평균자기장이 더 높은 것으로 사료된다.

(3) 전원상태에 따른 가정내의 평균자기장

측정 조사 대상인 198가구의 전원은 110V, 110/220V 겸용, 220V로 구분되어진다. 110V를 사용하는 가구는 4%인 8가구, 220V를 사용하는 가구는 77%인 139가구, 그리고 110V와 220V 겸용인 가정은 26%인 51가구이었다. 110V이나 220V 전원만 있는 가구들 중에는 변압기를 사용하여 전압을 올리거나 내려서 사용하는 가정도 있었다. 전원이 110V인 가정의 평균자기장은 1.2mG, 220V는 1.1 mG, 110/220V는 0.8mG로 110V 전원의 평균자기장이 높게 나왔다. 220V 전원에서는 연립의 평균 자기장이 1.7mG로 아파트의 0.7mG나 단독주택의 0.9mG에 비해 다소 높았다.

(4) 측정대상 가구의 접지유무

측정대상 가구의 접지는 198가구 중 27%에 해당하는 54가구만이 접지가 되어 있는 전원을 사용하고 있었다. 54가구 중 45가구는 아파트이었고 9가구는 연립이었다. 특히 오래 전에 지어진 단독주택의 경우 전체 52가구가 모두 접지가 없는 전원을 사용하고 있었다(접지율 0%). 연립은 63가구 중 9가구(10%)만이 접지가 제대로 된 가구이었다. 아파트의 경우는 83가구 중에 45가구(54%)가 접지가 제대로 된 전원을 사용하고 있으나 대부분의 가정에서 접지가 없는 멀티 탭을 사용함으로 인해 가전기기의 전기장이 높게 측정되었다.

(5) 배전선 유무에 따른 평균자기장

집안에서 발생하는 자기장 이외에도 주택 근처의 고압의 배전선에 의해서도 영향을 받는데 측정 가구 198가구 중 17가구의 주변에 배전선이 있었다. 배전선은 대부분 연립주택 근처에 위치하였다. 17가구 중 14가구(82%)가 연립주택 근처에 배전선이 있었다. 배전선이 근처에 있는 가옥은 평균자기장이 2.6mG이었으며 배전선이 없는 가옥의 평균자기장은 0.9mG이었다. 198가구 전체의 평균자기장이 1.0mG이므로 배전선이 근처에 있는 가옥은 평균 약 2.5배 더 많은 자기장에 노출이 된다고 볼 수 있다.

IV. 각종 전기기기의 전자기장 측정

1. 모니터(N=5)

대부분의 17" 모니터(1995년~1998년 제품)는 50cm의 거리에서 자기장은 평균 0.2mG이었다. 밀착 측정에서는 2.8mG이었다. 그러나 14" 모니터(1994년 제품)는 다른 모니터에 비해 자기장이 높게 측정되었다(50cm 거리에서 3.4mG, 밀착시 27mG)^[7]. 전기장의 경우는 밀착 측정시 전원의 접지 유무에 따라 큰 차이를 보였는데, 110V 전원에서 무접지인 경우 모니터 off일 때 약 70배, 모니터 on일 때 40배 정도 더 많은 전기장이 측정되었다. 220V 전원에서는 무접지인 경우 모니터 off일 때 약 33배, 모니터 on일 때 20배 정도 더 많은 전기장이 측정되었다(<표 4>와 <표 5> 참조)^[8]. TV는 오래된 제품이나 화면의 크기가 큰 제품에서 다른 제품에 비해 높은 자기장이 측정되었다^[7].

2. TV(N=5)

14"에서 29"까지의 종류별로 측정하였는데 100cm에서 전기장의 강도는 대부분 화면의 크기에 비례(20" 이상은 50~182.6V/m, 20" 이하는 1.0~13.4V/m)하였다. 100cm의 거리에서 시청 중 평균 자기장은 29"(2.5mG)의 TV를

〈표 4〉 110V 전원 접지/무접지에 따른 17인치 모니터에서의 전기장[단위: V/m]

110V	접지		무접지	
	Off	On	Off	On
1	9.4	9.4	826.0	566.0
2	13.8	17.3	390.0	390.0
3	13.3	16.4	414.0	426.0
4	11.5	12.5	416.0	472.0
5	7.4	13.0	344.0	346.0
평균±표준편차	8.4±2.7	11.2±3.2	585.0±196.7	456.0±84.3

〈표 5〉 220V 전원 접지/무접지에 따른 17인치 모니터에서의 전기장[단위: V/m]

220V	접지		무접지	
	Off	On	Off	On
1	16.9	17.7	741.0	405.0
2	23.9	33.7	381.0	389.0
3	16.9	27.2	423.0	426.0
4	15.1	16.9	413.0	485.0
5	15.9	21.8	351.0	356.0
평균±표준편차	16.4±3.5	19.8±7.0	546.0±158.6	380.5±48.1

제외하고는 모두 1mG 미만이었다.

3. 전기히터(N=5)

50cm거리에서 측정하였으며 접지와 비접지 전원 에 따라 전기장의 세기가 큰 차이를 보였다. 비 접지 전원인 경우 전기장은 on/off에 따라 평균 46.5/55.5V/m이었으며 접지인 경우에는 5.8/6.6V/m이었다. 자기장은 50cm 거리에서 0.4~0.7mG이었다. 전기히터 중 온풍 장치가 있는 전기히터는 비접지 전원에서 밀착 측정시 다른 히터(154.9~216.6V/m, 17~42mG)보다 상당히 높은 전기장(1193.3V/m)과 자기장(417mG)이 측정되었는데 자기장이 높은 이유는 모터 때문이다^[7].

4. 전기 면도기(N=5)

220V 전원에 연결하지 않고 밀착 측정한 전기 장은 평균 7.4V/m, 최대 22.5V/m까지 측정되었 으며 자기장은 평균 5.8mG로 최대 7.8mG이

었다. 전원에 연결해서 사용시 전자기장은 더 높 게 측정될 것이다^[7].

5. 헤어드라이어(N=5)

자기장은 10cm 거리에서 평균 11.7mG이었는데 한 개의 헤어드라이어 가 51.6mG로 측정되어 전체 평균이 증가하였다. 다른 헤어드라이어 들만의 평균은 1.8mG 밖에 되지 않았다. 전기장 역시 10cm 거리에서 비접지 on/off에 따라 평균 101.6V/m과 92.9V/m로 측정되었다. 그러나 헤어드라이어 종류에 따라 on/off일 때의 전기 장의 차이가 많이 발생하였다. 밀착측정에서는 한 제품의 자기장이 124.1mG가 측정되는 것을 제외하면 평균 17mG 정도이었으며 전기장은 비 접지 on/off일 때 모두 평균 200V/m를 넘었다^[7].

6. 전기스탠드(N=5)

자기장은 30cm 거리에서 평균 0.2mG로 약했

으나 전기장은 평균 48.3(on), 32.1(off) V/m로 상당히 높았다. 밀착측정에서는 스탠드 몸체의 변압기로 인해 평균 자기장(237.8mG)과 전기장(on일 때 803.4V/m, off일 때 238.8V/m)이 매우 높았다^[7].

7. 가슴기(N=4)

50cm의 거리에서 전기장은 on/off에 따라 각각 평균 26.5/26.7V/m가 측정되었으며 자기장은 1.5mG이었다. 밀착 측정시에는 전기장이 모두 200V/m를 넘었으며 자기장은 최고 4460mG, 평균 2059mG로 전원부에서 매우 높게 측정되었다. 3개는 초음파 가슴기이었으며 1개는 가열형 가슴기이었다^[7].

8. 냉장고(N=6)

냉장고의 용량은 각각 137, 414, 360, 518, 563, 360l이었으며 첫 번째 냉장고만 접지가 되어 있었다. 전기장은 50cm 거리에서 평균 57.3V/m이었으며 밀착 측정시에는 차이가 많았는데 최대 3775V/m까지 측정되었으며 모두 우측 하단의 compressor가 있는 위치에서 측정되었다. 자기장의 밀착 측정에서는 상단의 냉동고 우측 옆면에서 가장 많은 자기장이 발생하였다. 50cm의 거리에서는 평균 0.4mG이었으며 밀착 측정시에는 0.3~26mG이 측정되었다^[7].

9. 전자레인지(N=4)

전기장은 전면 50cm 거리에서 접지 된 경우 0.4~3.5V/m이었으며 비접지의 경우 26.8~54 V/m, 자기장은 0.2~18.2mG이었다. 전기장은 우측 control 패널 부근이 최대이었고, 자기장은 우측면 뒤쪽이 최대이었다. 전기장은 접지(11.9~18.9V/m), 비접지(263.0~954.6V/m)일 때의 차이가 심하였다. 자기장 밀착 측정시 마이크로 웨이브를 발생시키는 마그네트론 때문에 매우 높은 자기장(19.2~1070mG)이 측정되었다. 마이크로웨이브의 단위면적당 출력은 평균 0.1mW/cm²이었으며 주로 전면 문틈에서 측정되었다^[7].

10. 전기매트(N=5)

전기매트 위에서 밀착 측정하였는데 플러그가 콘센트에 꽂혀있고 스위치를 off한 경우에도 평균 121.1V/m의 전기장이 측정되었으며 on한 경우에는 평균 78.8V/m이었다. 자기장은 평균 57.8mG이었다. 자동접지와 자기장 감소 특수 열선을 이용한 제품의 경우 전기장은 평균 8.1V/m, 자기장은 0.02mG로 일반 제품에 비해 무시할만한 전자기장이 발생하였다^[7].

11. 키보드

무접지 및 접지 전원일 때, 컴퓨터의 키보드에서 발생하는 전기장을 측정하기 위해, 모니터의 전면 30cm 거리에 있는 키보드 바로 위(측정기는 키보드 자판과 수평)에서 전기장을 측정하였

〈표 6〉 키보드 유무에 따른 모니터에서의 전기장 측정 결과

전기장 (V/m)	무접지 전원 (220V)			전기장 (V/m)	접지 전원 (220V)		
	차이	keyboard 有	keyboard 無		차이	keyboard 有	keyboard 無
1	131.4	147.3	15.9	1	5.8	7.7	1.9
2	85.3	121.5	36.2	2	5.5	7.5	2.0
3	61.4	74.7	13.3	3	2.1	3.9	1.7
4	57.9	88.2	30.3	4	1.3	2.9	1.5
5	42.8	57.6	14.8	5	2.7	4.1	1.5
6	42.8	58.9	16.1	6	1.6	3.7	2.2
평균	70.3	91.4	21.1	평균	3.2	5.0	1.8

〈표 7〉 보안기의 ELF 전기장 차폐율

30cm 거리	ELF 전기장[V/m]				
	보안기 무	보안기 유, 접지 무	차폐율[%]	보안기 유, 접지 유	차폐율[%]
1	91.5	86.3	5.7	14.7	83.9
2	90.1	88.5	1.8	92.3	0
3	92.3	89.9	2.6	19.8	78.6
4	90.6	92.3	0	접지무	
5	90.6	90.3	0	88.5	2.3
6	78.6	70.6	10.2	14.3	81.8

다. 무접지 전원의 키보드에서 발생하는 전기장은 평균 70V/m이었으며 접지전원에서는 3.2 V/m로, 무접지 전원에서 약 20배정도 더 높은 전기장이 발생하였다.

12. 보안기

시중에서 판매되고 있는 보안기에 대해 종류별로 ELF 전기장을 측정하였다. 5개의 제품에는 접지를 할 수 있는 접지단자가 있었으나 한 제품에서는 접지 단자가 없었다. 보안기의 유무에 따른 전기장 측정의 결과는 ELF에서 최대 10%의 차폐율을 보였으나 그 수준은 미미하였다. 그러나 보안기가 접지되었을 경우 ELF 전기장이 최대 84%까지 차단되었다. 접지단자가 있어도 그 기능을 제대로 하지 못하는 제품도 2개나 있었다. 결론적으로 접지가 제대로 된 보안기는 ELF 전기장을 약 75~85% 정도를 차폐한다고 볼 수 있다.

V. 전자기장 노출 감소방안^[2]

전자기장 노출의 유해에 대한 목소리가 점점 커지는 가운데 피해를 최소화하기 위한 주의지침을 살펴보는 것도 중요하다. 전자기장은 대부분 거리에 따라 급격히 감소하므로 가능한 일정거리 이상 떨어져서 전기기기를 사용하는 것이 좋다. 또한 사용하지 않는 전기기기는 플러그를 뽑아

놓는다. 전원이 제대로 접지되어 있으면 플러그가 콘센트에 연결되고 스위치를 켜지 않아도 전기장이 거의 발생하지 않으나 우리나라의 전원은 대체로 접지가 제대로 안되어 있는 경우가 많아서 플러그를 뽑아놓아야 전기장이 발생되지 않는다. 다음은 전자기장의 노출 감소방안이다.

1. 침실

취침 시에는 장기간 노출된다는 사실과 세포활동이 거의 정지된다는 사실 때문에 각별히 주의를 기울여야 한다. 그러므로 취침 시에는 특히 머리부근에 전자제품을 멀리하며 그것이 불가피할 경우에는 플러그를 뽑아 두어야 한다. 또한 콘센트 부근 및 벽 뒤에 냉장고 같은 전력소모가 큰 전기제품이 있는 장소는 잠자리로서 피하는 것이 좋다.

2. 전기매트, 전기온돌, 전기장판

전기매트, 전기온돌, 전기장판 등은 열선을 이용하여 열을 발생시키는 장치로서 장기간 노출, 취침시 사용 및 밀착사용 등으로 가정용 전기제품 중에서 가장 문제가 되는 제품이다. 자기장은 제품에 따라 36.1~93.8mG, 전기장 평균은 28.7~164.4V/m 정도로 매우 높다. 그러므로 사용 30분 전에 동작을 시키고 취침 시에는 스위치를 끌 뿐만 아니라 플러그를 뽑아 두는 것을 권장하며 최근에는 전자기장 차폐가 잘된 제품이 시판되고 있으나 가격이 비싼 것이 흠이다.

3. 전기 면도기

전기 면도기는 얼굴에 밀착시켜 사용하므로 전 기매트와 비슷하게 전자기장의 영향을 많이 받는 제품의 하나이나 사용시간이 비교적 짧고 건전지 용 면도기는 교류전원용 면도기에 비해 훨씬 약 한 전자기장을 발생시킨다.

4. 헤어 드라이어

헤어 드라이어 역시 강력모터 및 많은 전력을 사용하므로 강한 전자기장을 방출한다. 그러므로 가급적 가장 낮은 세팅(low)으로 단시간 사용할 것을 권장한다. 거리가 멀어질수록 자기장의 세 기가 감소하므로 가능한 한 거리를 두고 사용하 면 노출을 상당히 줄일 수 있다.

5. 전자레인지

전자레인지는 마이크로파 발생장치인 마그네트론 이 고압 및 고전류를 사용하므로 작동시 2.45GHz 의 마이크로파의 누설 및 60Hz의 강한 전자기장 이 발생하는데, 밀착측정에서 최대 1070mG까지 방출하는 전자레인지도 있었다. 그러므로 작동시 적어도 2m 정도의 거리를 두면 안전하다고 볼 수 있다. 그러나 전자레인지는 작동을 시키지 않 더라도 마그네트론이 항상 예열 상태에 있으므로 이로 인해 강한 자기장이 발생되므로 가급적 전 자레인지를 구석진 곳에 설치하여 노출을 감소시 킬 것을 권장한다. 또한 마그네트론이 위치한 컨 트롤 패널 부위에서 강한 자기장이 발생된다. 그 러므로 장기간 전자레인지를 사용하지 않을 경우 플러그를 뽑아 두는 것이 좋다. 마그네트론에서 발생하는 높은 출력의 마이크로파는 바깥으로 누 출되는 출력이 미국 FDA에서 규정한 수치 ($2\text{mW}/\text{cm}^2$) 이하여야만 출고가 된다. 그러나 장기간 사용할 때 도어와 본체 사이에 이물질이 끼거나 고무패킹이 손상되면 마이크로파가 누출 이 될 수 있으므로, 정기적으로 고무패킹을 육안 으로 검사하고 닦아주어야 한다.

6. 전기스탠드

전기스탠드는 학생들이 장시간 근거리에서 사

용하기 때문에 주의를 기울일 필요가 있다. 특히 전기스탠드 몸체에 있는 변압기가 사용자와 거리 가 가까울 경우에는 많은 전자기장에 노출될 우 려가 있다. 백열전등이 삼과장이나 형광등에 비 해 훨씬 약한 전자기장을 발생시킨다.

7. 휴대폰

휴대폰의 전자파는 주파수가 800MHz~2GHz 인 마이크로파로서 안테나에서 집중적으로 방출 된다. 따라서 안테나가 얼굴에 닿지 않도록 주의 해야 하며, 안테나를 뽑아 사용하면 뇌에서의 노 출을 반으로 줄일 수 있다. 또한 폴더형의 경우 사용시 안테나와 두부와의 거리가 플립형에 비해 멀므로 노출이 적어진다. 최근 휴대폰에 부착하 는 전자파 차폐제품이 많이 시판되고 있으나 대 부분 차폐효과는 미미하거나 없다.

8. 공기청정기, 가습기 등

음이온 발생장치는 고압을 발생시키므로 강한 전기장이 형성되며 공기청정기는 강력모터를 구 동시키므로 강한 자기장이 발생된다. 또한 모든 전기제품은 콘센트 전원의 접지가 제대로 되어있 지 않을 경우 작동을 시키지 않더라도 콘센트에 연결만 되어 있어도 매우 강한 전기장이 발생된 다. 이러한 제품들은 가능한 한 구석진 곳이나 높 은 곳에 설치하는 것이 좋다.

9. TV 및 컴퓨터 오락기

TV는 기본적으로 컴퓨터 모니터와 구조가 같 으나 화면크기가 커 모니터에 비해 강한 전자기 장이 발생하지만 대개 어느 정도의 거리에서 시 청을 하므로 별 문제가 안된다. 그러나 아동들의 경우 TV 바로 앞에서 시청을 하는 경우가 많으 며, 또한 컴퓨터 오락의 경우도 마찬가지로 문 제가 될 수 있다. 그러므로 아동 및 학생들의 경 우 적어도 1m 이상 떨어져서 TV시청 및 컴퓨 터 오락을 하도록 부모들이 신경을 쓰도록 하여 야 한다.

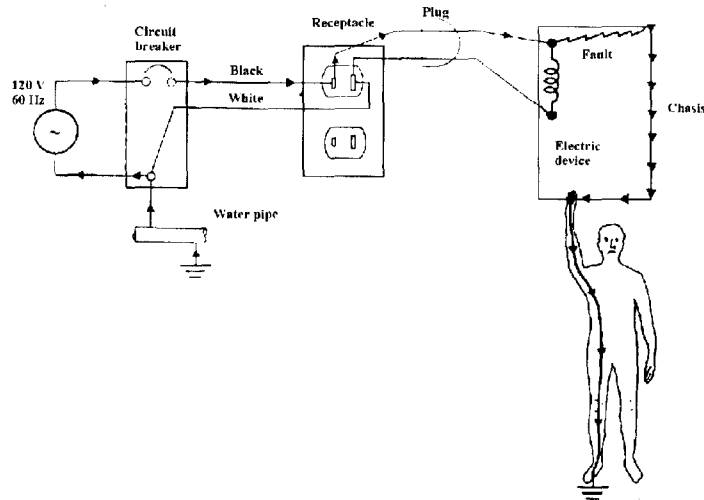
10. 컴퓨터 모니터

국내에도 스웨덴의 모니터 규격이자 EU의 규격인 TCO 규격(모니터 전면 30cm 거리에서 ELF 전기장 : 10V/m, 자기장 : 2mG)에 적합한 모니터가 시판되고 있으며, 배터리로 동작하는 노트북 컴퓨터는 전자기장이 매우 약하다. 최근에 시판되는 모니터는 차폐가 잘 되어 전자기장 방출량이 미약하나, 전기장은 접지 유무에 따라 큰 값의 차이를 보이므로 전기장에 더 유의해야

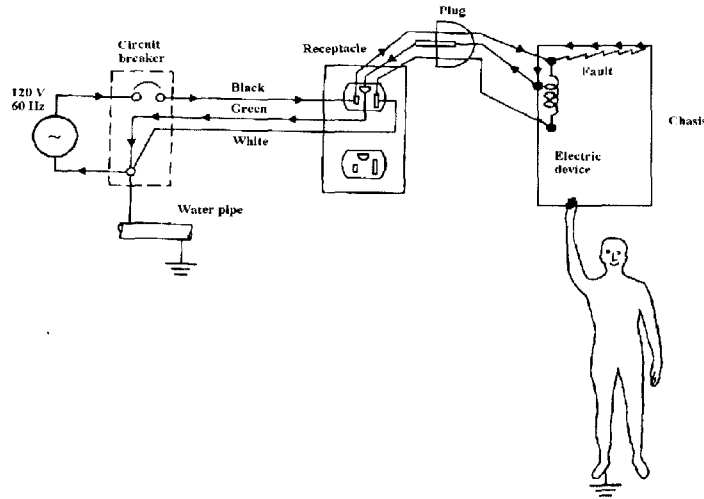
한다.

11. 멀티탭

60Hz 전기장은 전원접지 유무에 따라 큰 차이가 나며, 멀티탭 사용시 금속 접지 단자가 있는 멀티탭을 사용하여야 전원접지가 유지되어 전기기기에서의 전기장 발생을 크게 줄일 수 있다. 또한 최근에는 무접지 전원을 멀티탭 자체에서 접지를 만들어 주는 멀티탭이 시판되고 있다.



<그림 3> 접지가 안된 전기기기의 경우



<그림 4> 접지가 잘된 전기기기의 경우

12. 접지(Grounding)

전기장 발생을 억제하는 방법 중의 하나로 전원 시스템의 접지를 들 수 있다. <그림 3>과 <그림 4>는 각각 120V 전원이 접지가 된 경우와 그렇지 않은 경우를 보여주고 있다. 대부분의 전기제품의 경우 110V는 플러그에 커넥터가 3개이고 220V는 2개의 커넥터와 2개의 접지 탭이 있다. 그러나 콘센트에 접지 단자가 없으면 정상적으로 접지를 할 수가 없다. 많은 가정이 접지단자가 없이 2개의 구멍만 있는 콘센트를 사용하고 있다. 전기공사시 반드시 이점을 고려하여 접지를 제대로 설치하여야 한다.

또한 <그림 3>과 <그림 4>에서 보듯이 접지가 잘된 경우에는 전기 누전시 누설전류를 접지쪽으로 흘러주어 인체를 보호할 수 있다^[9]. 앞에서 전기히터, 모니터 등에서 처럼 접지의 유무에 따라 전기장의 발생량의 차이가 많다는 것을 알 수 있다. 접지만 제대로 된다면 많은 양의 전기장 노출을 줄일 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Walleczek, J., Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signalling. FASEB Lett. Vol. 6, pp.3177-3185, 1992
 [2] 김덕원, "전자파 공해", 수문사, 1996
 [3] Wertheimer, N., & Leeper, E. "Electrical wiring configuration and childhood cancer", Am. J. Epidemiol. Vol. 109, pp.273-284, 1979
 [4] 신동천, 김덕원, 이종태, "전자파 인체권고기준 설정을 위한 조사연구", 환경부, 1997
 [5] 홍천수, 신동천, 김덕원, "실내 환경오염이 거주자의 건강에 미치는 영향 평가 및 예방 모델개발", 99년 보건의료기술연구개발사업, 보건복지부, 2000
 [6] Zaffanella, L., Survey of residential magnetic field sources. Volume 1: Goals, results and conclusions. Volume 2: Protocol, data analysis, and manage-

ment, EPRI, Palo Alto, CA, Final Report, September, Report Nos. TR-102759-V1 and TR-102759-V2., 1993

[7] 김덕원, "국내 저주파 및 생활환경 전자기장 측정 결과 및 분석", <전자기장 노출에 대한 인체보호 기준(안)>에 관한 워크숍, 한국전자과학회(전자장과 생체관계연구회), 1999
 [8] D. W. Kim and C. Y. Ryu, "electric field from a computer monitor depending on ground of power system", Second World congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine, pp.115, 1997
 [9] 의공학 교육연구회, "의용계측공학", 여문각, pp.853-586, 1993

김덕원 교수 인터넷 전자파 홈페이지
<http://members.iworld.net/prime97/>

저 자 소 개



柳 暢 容

1970년 12월 29일생, 1995년 2월 연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과 졸업(공학사), 1997년 2월 동 대학원 의용전자공학과 졸업(공학석사), 1997년 3월 현재 동 대학원 생체공학 협동과정 박사과정, 1998년~현재: 연세 의대 의학공학교실 연구조교, 1999년~현재: 연세 의료기술품질평가센터 연구원



金 德 源

1952년 9월 5일생, 1976년 2월 서울대학교 공과대학 졸업(공학사), 1980년 Northwestern Univ. 전기공학과 졸업(MS), 1986년 Univ. of Texas at Austin 의 공학과정 졸업(Ph. D), 1987년 3월~현재: 연세의대 의학공학교실 교수, 1999년 3월~현재: 연세의대 의학공학교실 주임교수, 1999년 3월~현재: 국회환경포럼 정책자문위원, <주관심 분야: 의용계측, 전자파 인체영향>