

병원에서의 환자, 의료진의 전자파 노출 실태 조사

Research of operators and patients exposed to electromagnetic field in the hospital

지효철*, 홍현기*, 김성우*, 이주형*, 김덕원**

(Hyo-Chul Ji*, Hyun-Ki Hong*, Sung-Woo Kim*, Ju-Hyung Lee*, Deok-Won Kim**)

Abstract - In this study, electromagnetic fields emitted from the various environment in the hospital were measured. Measurement spot was patients' head. To monitor how much magnetic fields are emitting from operation room, monitoring device was attached to 19 anesthesiologist and monitoring lasted 8 hours. We also took a measurement from various medical devices. Devices include ESWL, PET, MRI, CT, Gamma knife, X-ray, Angiogram, Echocardiogram, Upper GI and Linear Accelerator. Electromagnetic fields were measured from 10 spots from each of 5 patient waiting room. As a results, there were no places showing risk of high exposure. All the measurement values were below the reference levels for general public exposure to time varying electric and magnetic fields which is issued by ICNIRP.

Key Words : Electromagnetic Field, Medical Device, Operators, Patient, Spot Measurement

1. 서 론

20세기 중반 이래로 전력은 우리 생활의 필수적인 부분이 되었다. 전력의 수요가 증가함에 따라 인체에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 이루어졌다. 강한 전자파가 인체에 미치는 영향은 과학적으로 유해성이 검증되었으며 각국에서는 전자파 인체보호기준을 마련하여 노출한계를 규제하고 있다. 최근에는 극저주파(주로 60Hz)나 초저주파와 같은 미약한 전자파에 장시간 노출될 경우 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 관심사이다. [1]

우리의 생활환경에는 전자파를 발생하는 많은 요인이 있으며 현재까지 송전탑, 변전소, 지하철 등, 생활환경의 전자파 측정치는 많이 되었지만 병원에서의 전자파 측정치는 거의 없었다. 병원에서 사용되는 의료기기의 전자파 세기 및 의료진과 환자가 의료기기의 전자파에 어느 정도 노출되었는가에 대한 연구는 세계적으로도 거의 없다.

의료기기를 장시간 사용하는 의료진 및 입원실의 환자의 경우 전자파 환경이 인체에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 연구의 필요성 또한 매우 높다고 볼 수 있다.

본 연구는 병원에서의 60Hz 전자파를 측정하고 측정된 값이 인체보호기준에 미치는지에 대한 평가를 하였다. 측정값이 인체 보호기준을 초과할 경우 이에 관한 대책을 제시한다.

2. 전자기장의 인체 영향

2.1 전자기장의 인체 영향

인체가 저주파의 전자파에 장시간 노출될 경우 인체 내에 유도전류가 생겨 세포막 내외에 존재하는 Na^+ , K^+ , Cl^- 등의 불균형을 초래하여 호르몬 분비 및 면역 세포에 영향을 주는 것으로 알려져 있다[2]. 전기기기에서 방출되는 전자파는 전기장과 자기장으로 나누어지며 전기장은 전압의 세기에 비례하고, 자기장은 전류의 크기에 비례하여 발생한다. 전기장은 전도성이 높은 물체에 의해 차단될 수 있으나 자기장은 자성이 매우 강한 특수합금에 의해 차단되어 자기장 차단은 쉽지 않다. 인체는 물이 70%이상을 차지하는 도체로서 전류가 피부를 통할 경우 피부질환을 유발할 수 있고 자기장은 거의 모든 물질을 통과하므로 인체를 투과하면서 혈액속의 철 분자에 영향을 주는 것으로 추측되고 있다[4]. (그림1, 2)

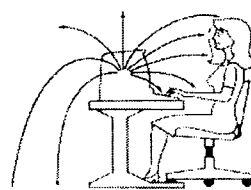


그림1. 모니터 사용자에게 직각으로 입사되는 전개선

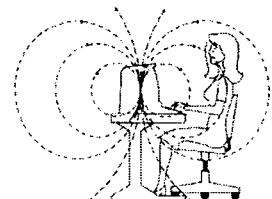


그림2. 모니터 내부에 흐르는 전류에 의한 자기선

전기장에 의한 전류는 주로 피부를 통해 흐르며 피부 질환을 유발시키는 것으로 알려져 있고 컴퓨터를 장기간 사용하는 여성은 피부노화가 빨리 온다는 얘기도 있다. 또한 전기장은 세포증식이 빠른 혈구, 생식기, 임파 등과 같은 조직과 아동들에게 해로운 것으로 알려져 있다. 전기장의 노출로 인

저자 소개

- * 지효철 : 연세대학교 생체공학협동과정
- * 홍현기 : 연세대학교 생체공학협동과정
- * 김성우 : 연세대학교 생체공학협동과정
- * 이주형 : 연세대학교 생체공학협동과정
- ** 김덕원 : 연세대학교 의과대학 의학교육과, 교신저자

해 나른함, 불면증, 신경예민, 두통, 맥박의 감소 등의 증상이 나타날 수 있으며, 백혈병, 임파암, 뇌암, 중추 신경계암, 유방암, 치매와 같은 질병도 나타날 수 있다[1].

2.2 세계 각국의 60Hz 자기장 규제치

(1) 스위스

스위스 정부는 1999년 공중선로와 변전소 등에서 발생하는 자기장을 제한하는 법령을 제정했다. 1000mG의 자기장으로 제한하였고 정기적으로 장시간 머무르는 장소에는 10 mG로 제한하였으나 기술적이고 경제적인 어려움이 있는 경우에는 예외 규정을 두었다.

(2) 이스라엘

이스라엘 환경부는 예방차원에서 신설 설비의 자기장이 10 mG를 초과하지 않도록 하는 기준을 발표하였다.

(3) 이태리

2003년 정부는 일반인의 자기장 기준을 1000 mG로 하였으나 고압선로의 경우에는 두 가지의 부가적인 제한치를 설정하였다: ① 4시간 이상의 노출 시에는 100 mG(24시간 평균) ② 신설선로와 신설주택에는 30 mG를 목표로 한다.

(4) 미국

미국에는 국가적인 기준치는 없으나 미국전기전자기술자협회(IEEE)가 2003년 ICNIRP 기준(자계:833mG/전계:4200V/m)보다 약간 더 높은 표준치를 발표하였다. 그러나 몇몇 주에서는 고압선로 철책에서의 전자기장의 세기를 제한하고 있다. 플로리다는 규정으로 2,000V/m와 150-200mG, 몬타나는 1,000V/m로 제한하고 있다.

3. 방 법

3.1 실험 방법

신촌 세브란스 병원에 의뢰하여 입원실 30곳에서의 ELF 대역의 전자기장 세기를 측정하였다. 측정은 환자의 침대 머리 부위에서 이루어졌다. 마취과 의사 19명에게 자기장 모니터링 기기(Emdex Lite)를 휴대시켜 8시간 동안의 자기장 최대치, 평균치 등의 통계치를 획득하였다. 데이터는 EMCALC 소프트웨어를 이용하여 분석하였다. 세브란스 병원 암센터 및 영상의학과 동의원을 얻어 이곳에서 사용되는 대형의료기기에서의 ELF 대역의 전자기장 세기를 측정하였다. 측정된 의료기기는 체외충격파쇄석기, 컴퓨터 단층 촬영 장치, 감마 나이프, 선형 가속기, 자기공명 영상장치, 심초음파기, 혈관 조영장치, 양전자 단층 촬영기, X-ray, 상부위장관 조영장치였다. 각 기기의 전, 후, 좌, 우 그리고 의사머리 위치 및 환자머리 위치, 판독 모니터의 전면에서 전자기장 세기를 측정하였다. 위 의료기기를 사용하는 의료인에게 자기장 모니터링 기기를 휴대시켜 기기 사용 중의 자기장 최대치, 평균치 등의 통계치를 획득 하였다. 병원 대기실 5곳을 섭외하여 각 대기실 마다 10곳의 측정지점을 선정하여 ELF대역의 전자기장 세기를 측정하였다.

3.2 전자기장 측정법

전기장 및 자기장은 전하 및 전류에 의해 공기 중에 형성되는 일종의 힘으로서 크기와 방향을 갖는 벡터(Vector)이다. 전기장 및 자기장의 세기를 측정할 때는 X축, Y축, Z축 방향

에서 각각의 세기를 측정하여 벡터 합을 다음과 같이 구한다.

$$F = \sqrt{Fx^2 + Fy^2 + Fz^2}$$

그림3. 전기장 및 자기장 세기의 벡터 합

각종 전기기기에서 발생하는 전자파는 광범위한 주파수를 포함하고 있다. 그 예로, VDT의 경우. 변조된 직류성분, 60 Hz 성분, 수평과 수직 편향 고주파 성분 (15-80kHz), 디지털 회로에 의한 광역의 고주파 성분 (1-20MHz)등의 전자파가 발생한다. 전자파를 측정할 때는 전자파 발생원인에 따라 이들 주파수를 측정할 수 있는 적당한 측정기기를 선택하여야 한다. 측정기기는 대체로 전원 주파수 60 Hz의 극저주파 (Extremely Low Frequency: ELF, 0-1kHz), 초저주파 (Very Low Frequency: VLF, 1-500kHz), 라디오파(Radio Frequency: RF, 500kHz-300MHz), 마이크로파 (300MHz-300GHz)로 분류되어 있다.

110V나 220V 전원을 사용하는 전자제품은 60Hz 전기장 및 자기장은 물론 다른 주파수 성분도 발생시키므로 이에 대한 사전 지식이 있어야 정확한 측정을 할 수 있다. TV나 VDT는 네 종류의 주파수를 발생하나 광역의 RF성분은 미약하고 직류성분은 인체에 큰 영향을 미치지 않으므로 ELF와 VLF 측정기로 측정하면 된다[1].

본 연구에서 전기장 측정에 사용된 기기는 Holaday 3603 (2 kHz - 300 kHz), Holaday 3604 (30 Hz- 2kHz) 이었고, 자기장 측정에 사용된 기기는 Emdex Lite (40 Hz - 1 kHz) 및 Holaday 3603 (8 kHz - 300 kHz)이다.

4. 결과 및 고찰

4.1 병원입원실

입원실 환자 30명을 대상으로 환자 침대의 머리부위에서 전자기장 세기를 측정하였다. 환자 30명의 머리부위에서 측정된 평균 전기장은 4.3 V/m, 자기장은 0.1 mG로 측정된 값은 ICNIRP 및 정보통신부 인체보호기준 권고안의 기준치에 미치지 않는 것으로 나타났다. (60Hz 전기장: 4.3 kV/m, 자기장: 833mG) [7].

표 1. 환자 머리부위에서의 전기장 및 자기장의 세기

N=30	평균	표준편차
전기장(V/m)	4.3	3.6
자기장(mG)	0.1	0.1

4.2 수술실

19 명의 마취과 의사에게 자기장 모니터링 기기를 장착시켜 8시간 동안의 자기장 노출량 통계치를 획득하였다. 의료기기에 둘러싸여 일하는 마취과 의사 19명의 8시간 동안의 평균 자기장 값은 5.7±1.3 mG로 ICNIRP 및 정보통신부 인체 보호기준 권고안의 기준치에는 미치지 않는 것으로 나타났다.

4.3 대형 의료기기

전력소모가 크고 모니터를 사용하는 의료기기에서의 전자기장 세기를 측정하였다. 측정된 기기는 체외충격파쇄석기(ESWL), 컴퓨터 단층 촬영 장치(CT), 감마 나이프 (Gamma Knife), 선형 가속기 (Linear Accelerator), 자기공명 영상장치(MRI), 심초음파기 (Echocardiogram), 혈관 조영장치 (Angiogram), 양전자 단층 촬영기 (PET), X-ray, 상부위장관 조영장치 (Upper GI)였으며 측정 결과는 모두 ICNIRP 및 정보통신부 인체보호기준 권고안의 기준치에 미치지 않는 것으로 나타났다.

표 2. 대형 의료기기의 전기장 및 자기장의 세기(각 1대)

	PET		ESWL		CT		Gamma knife		Echocardiogram	
	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)
의사 두부	4.5	7.2	2.9	0.9	2.9	0.5	2.6	1.3	2.3	3.3
환자 두부	7.1	4.1	2.4	1.3	22.6	4.1	2.7	1.1	2.3	6.5
모니터 전면	3.9	8.4	26.3	5.4	2.8	0.2	2.8	0.5	2.3	7.7
기기 전면	7.1	4.1	2.4	1.6	23.1	2.2	3.3	1.0	2.2	3.3
기기 좌측면	10.1	3.8	25.9	5.8	4.5	7.7	2.8	1.1	2.3	3.0
기기 우측면	4.5	11.3	2.4	6.0	4.5	0.8	2.8	1.0	2.5	6.7
기기 후면	2.8	3.3	7.3	1.6	7.0	4.3	2.8	3.1	3.4	2.3
	Angiogram		X-ray		Upper GI		Linear Accelerator		MRI	
	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)	전기장 (V/m)	자기장 (mG)
의사 두부	3.9	0.4	21.1	0.3	2.8	1.2	7.1	1.3	2.4	0.1
환자 두부	2.8	0.2	2.3	0.2	2.2	0.2	2.4	1.1	2.2	0.2
모니터 전면	4.0	4.4	30.5	1.5	10.1	8.4	10.9	0.5	2.3	1.3
기기 전면	2.8	0.2	2.8	0.2	2.2	0.2	* Linear Accelerator와 MRI는 기기 주변 측정불가			
기기 좌측면	4.4	0.2	2.8	0.3	2.3	0.5				
기기 우측면	2.8	0.1	2.8	0.2	2.3	0.1				
기기 후면	8.5	0.2	6.3	0.1	2.2	0.4				

4.4 병원 대기실

총 5곳의 병원 대기실에서 전자기장 세기를 측정하였다. 각 대기실마다 10지점을 무작위로 선정하여 측정하였다. 병원 대기실에서 측정된 평균 전자기장 세기는 전기장 2.9±0.0 V/m, 자기장 0.1±0.0 mG였으며 최대값은 3.2 V/m, 0.2 mG였다. 측정된 값은 모두 ICNIRP 및 정보통신부 인체보호기준 권고안의 기준치에는 미치지 않는 것으로 나타났다.

5. 결 론

입원실 환자 30명을 대상으로 환자 머리 부위에서의 전자

기장 세기를 측정된 결과 평균 전자기장 측정값은 4.3 V/m, 0.1 mG 이었으며 모두 60Hz ICNIRP (4.3 kV/m, 833mG) 및 정보통신부 인체보호기준 권고안(4.3 kV/m, 833mG) 기준치 이하로 측정되었다. 19 명의 마취과 의사에게 자기장 모니터링 기기를 휴대시켜 8시간 동안의 자기장 노출량 통계치를 획득한 결과 8시간 동안의 평균 노출량 값은 5.7mG로 나타났다. 환자 대기실 5곳에서, 각 대기실마다 10개의 지점에서 전자기장 세기를 측정하였으며 평균 전자기장 측정값은 2.9 V/m, 0.1 mG 로 나타났다.

대형 의료기기와 그 주변에서 발생하는 전자기장 세기와 시간에 따른 의료인의 자기장 노출량을 측정된 결과 병원에서 측정된 전자기장 값은 모두 60Hz ICNIRP 및 정보통신부 인체보호기준 권고안 기준치 이하로 측정되었다. 측정 의료기기와 그 주변 환경의 전기장 방출량을 비교했을 때 체외충격파쇄석기 (9.9 V/m), 컴퓨터 단층촬영장치 (9.8 V/m), X-ray (9.8 V/m) 순으로 나타났고, 자기장은 양전자 단층촬영기 (6.0 mG), 심초음파 (4.7 mG), 체외충격파쇄석기 (3.2 mG) 순으로 나타났다.

이번 연구를 통해 병원에서 측정된 전자기장 세기는 모두 ICNIRP 및 정보통신부 인체보호기준 권고안 기준치 이하임을 알았다. 측정된 값들은 모두 매우 미약하였다. 그러나 전자기장에 장시간 노출될 경우 인체에 어떠한 영향을 미치는지는 아직 정확히 규명되지 않았기 때문에 강한 전자기장 노출환경에서의 장시간 체류는 자제하는 것이 좋다.

본 연구는 보건복지부 지정 휴대형 진단 치료기기개발 센터 사업으로 수행되었음(과제번호 : A040032).

참 고 문 헌

- [1] 김덕원, 유창용, "각종 전기기기 및 생활 주변에서의 60Hz 전자기장", 전자공학회지, 제28권, 제2호, 161-171쪽, 2001.
- [2] Walleczek, J., "Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signalling." FASEB Lett. vol. 6, pp. 3177- 3185, 1992
- [3] National Institute of Environmental Health Sciences, National Institute of Health. "EMF Question and Answers", June, 2002
- [4] 김덕원, "전자파 공해", 수문사, 1996
- [5] Kovetz A. "Electronical Theory", New York: Oxford University, 2000
- [6] U.S. Environmental Protection Agency. "EMF in your environment: magnetic field measurements of everyday electrical devices". Washington, DC: Office of Radiation and Indoor Air, Radiation Studies Division, U.S. Environmental Protection Agency, Report No. 402-R-92-008, 1992
- [7] ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)". Health Physics vol. 74, pp. 494-522, 1998.