

## 의료기관 내 전자파 환경

신세원 · 윤상모 · 신현진\* · 안현수\* · 안희덕\*

영남대학교 의과대학 방사선종양학교실, 영남대학교 대학원 의공학과\*

### Electromagnetic Fields in General Hospital

Sei One Shin, Sang Mo Yun, Hyoun Jin Shin\*, Hyun Soo Ahn\*, Hee-Deok Ahn\*

*Department of Therapeutic Radiology and Oncology, College of Medicine,*

*\*Department of Biomedical Engineering, Graduate School,*

*Yeungnam University, Daegu, Korea*

—Abstract—

**Background:** Electromagnetic fields (EMF) are ubiquitous in modern society including medical field. As the technology of medical instruments and telecommunications has developed rapidly, it has influenced on our lives in many ways. Modern medical practice requires high quality medical equipments, which have a great deal of electromagnetic interference and susceptibility.

The purpose of this study were to evaluate electromagnetic condition under usual clinical condition and to suggest a practical guideline in general hospital.

**Materials and Methods:** The actual state of the electromagnetic interference in the medical field was studied under usual clinical conditions including operating rooms, intensive care units, magnetic resonance imaging unit, and hyperthermia unit.

**Results:** There was considerable noise as a result of electromagnetic fields from medical equipments including electrosurgical units and hyperthermia unit, and cellular phones, which could induce serious functional derangements of functioning medical devices.

**Conclusion:** It will be necessary to evaluate the individual electromagnetic situations under various medical conditions and to define a limited zone for cellular phone as well as reposition medical equipments to secure a safer medical practice and to minimize electromagnetic interference.

---

**Key Words:** General hospital, Electromagnetic field, Noise, Cellular phone

## 서 론

컴퓨터와 의료기기 산업의 급격한 발달로 진료에 이용되는 장비가 무선화, 자동화, 고속화, 소형화, 디지털화로 외부 전자파 환경에 의한 간섭 위험에 광범위하게 노출되어 있으며,<sup>1)</sup> 1990년대 후반에는 전자파간섭현상 (Electromagnetic interference, EMI)에 의한 의료기기의 오작동에 대한 보고가 있었다.<sup>2, 3)</sup>

최근에는 전자파의 인체 유해성 여부가 사회적인 관심사로 대두되면서 전자파와 관련된 연구가 많아지는 경향으로, 휴대전화기의 사용이 보편화되면서 휴대전화기에서 발생하는 전자파의 세기는 강하지 않지만 다른 EMI 간섭원보다 쉽게 의료기기에 접근할 수 있기 때문에 예기치 못할 많은 문제를 일으킬 수 있다. 만약 진료에 사용중인 의료장비가 오작동되면 환자의 생명에 위협을 가할 수도 있으므로, 관련업계에서는 오래전부터 전자파 간섭을 고려한 제품을 제작하고 있으며, 학계 및 관련 단체에서는 합리적인 기준을 설정하여 전자파에 의한 인체의 피해를 막기 위하여 노력하고 있다.<sup>4-6)</sup> 그러나 이제까지 행해진 전자파 유해성 관련 연구는 구체적이지 못하여 전자파 발생 환경을 무조건 기피한다거나, 아니면 실제로 심각한 영향을 줄 수도 있으나 기전을 잘 모르기 때문에 간과하기도 하였지만, 최근에는 전자파와 관련된 구체적인 연구가 증가되고 있다.<sup>7-9)</sup>

전자파의 인체영향으로 영상표시단말기(VDT)를 장시간 사용하는 근로자에서 나타나는 안구 건조증이나,<sup>10)</sup> 직업적으로 전자파에 장시간 노출되면 멜라토닌 생산기능이 감소하는 현상이 보고되었으며,<sup>11)</sup> 선진국에서는 인체영향을 고려하여 휴대전화기의 전자파흡수율을 의무적으

로 공개하고 있다. 또한 물리치료기, 전기 절단기나 전기소작기, 암 환자 치료용 온열치료기는 다른 의료장비 작동에 나쁜 영향을 줄 수도 있으므로 장비간 전자파 간섭 여부를 확인해야 한다.<sup>12-14)</sup>

일반적으로 방사선 및 핵의학 관련 장비와 건물은 방사선 차폐에 대하여 법적으로 엄격한 통제를 받고 있지만, 전자파 차폐 측면에서는 미흡한 부분이 많아서 다른 의료기기의 정상적인 기능에 잡음요소가 될 수 있다. 또한 전자파 발생시 유기되는 고조파(harmonics)는 장비 내부의 필터로는 제거하기가 어렵고, 독립된 차폐시설을 설치하기는 현실적으로 어려운 실정이다.

또한 최근에 많이 보급된 휴대전화기는 의료기관 근무자, 환자, 보호자 등이 몸에 지니고 있으므로 의료기기에 전자파 장애를 일으킬 가능성이 매우 높다.<sup>15, 16)</sup> 특히 환자의 상태를 지속적으로 감시해야 되는 중환자실이나 수술실에서 생체신호를 분석하는 과정에서 심각한 장애를 줄 수도 있으며, 의료기기를 오작동시킬 수도 있으므로, 의료기기를 설치하는 과정에서 주변의 전자파 환경을 고려하여 장비를 배치해야 되며, 수술실이나 중환자실 내부나 근처에서 휴대전화기 같은 전자파 발생원 사용을 엄격히 통제해야 되지만 현실은 그렇지 않다.

본 연구는 대형 의료기관에서 의료기기 설치 과정이나 일상의 진료환경에서 간과하기 쉬운 유해 전자파 환경에 대한 정확한 실태를 파악하고 분석하여 향후 수술실, 중환자실, 온열치료실 등을 갖춘 의료기관에 필요한 전자파 관련 안전지침을 설정하기 위하여 수행되었다.

### 재료 및 방법

측정대상은 전자파를 많이 발생시킬 수 있다고 알려진 의료장비를 많이 사용하는 수술실, 중환자실, 방사선종양학과를 중심으로 하였다.<sup>2)</sup> 유해 전자파 환경에서 장애를 예방하기 위하여 기존의 규정보다 낮은 강도의 잡음 강도부터 측정하였으며, 국내의 관련규정에 따라 통상적인 의료기기 사용 환경에서 측정하였다.<sup>6)</sup>

사용된 측정장비는 EMC Analyzer (HP8594 EM, Hewlett-Packard, USA)로(Fig. 1), 30~300 kHz의 저주파수(Low Frequency, LF)와 300~3000 kHz의 중간 주파수(Medium Frequency, MF) 대역을 주로 측정하였고, 휴대전화기 등의 통신용 대역의 전자파를 비교하기 위해 극초단파(Ultra High Frequency, UHF) 대역부근도 일부분 측정하였다. 측정 데이터 범위는 측정기에서 읽을 수 있는 첨두치(Peak)를 중심으로 자동으로 검출되는 주파수대를 참고하여 전계강도를 첨두치, 준첨두치(QP), 평균치(AVG)로 나누어 측정하였으며, 자기공명영상장치 부근은 자계강도도 별도로 분리하여 측정하였다.

사용한 안테나는 Loop antenna (6507, EMCO,

USA), Dipole antenna (3121C, EMCO, USA), Horn antenna (3115, EMCO, USA, Fig. 2)를 사용하였으며, 측정단위는 전계강도 dBV/m로 나타내었다.

수술실내와 각 수술실 사이의 중간지점 통로 및 수술실 앞 보호자 대기실을 측정 지점으로 하여 간섭 잡음요소의 정도를 비교하였고, 측정 대상 장비는 Table 1과 같이 다양한 기종을 선택하였다. 1 MHz 미만의 발진주파수를 가지는 전기수술기를 사용하는 경우 주변의 복사 전계강도를 측정하였고, 중환자실의 실내 전자파 발생 분포와 중환자실 내부와 외부에서 휴대전화기를 사용했을 경우 그 사용거리에 따른 복사전계강도를 측정하였다. 비교대조 환경으로는 주변 환경에 의한 잡음요소가 비교적 적은 같은 층 병동과 연구동 중간통로에서 측정하였다.

측정시간은 통상적인 진료활동이 가장 활발한 오후 2~3시로 하였고, 특정 장치에서 발생하는 전자파를 대상으로 한 실험은 작동 시와 비작동 시로 구분하여 시행하였으며, 방사선장비

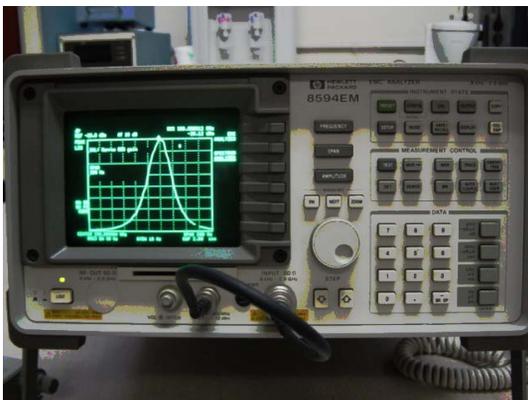


Fig. 1. EMC Analyzer (HP8594EM).

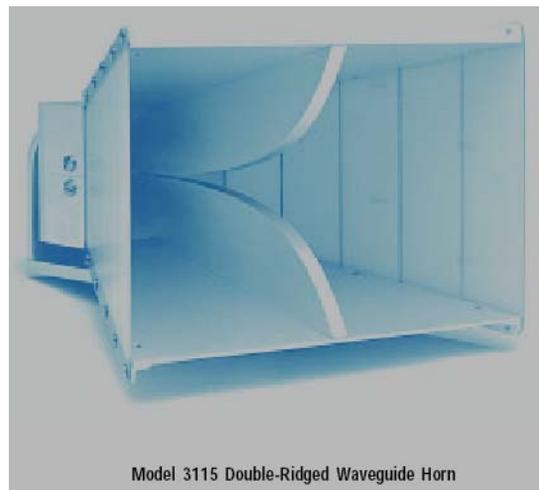


Fig. 2. Horn antenna.

Table 1. EMF condition according to medical procedures

Classification		Frequency	Output
Electric cautery	type A	Coagulation. : 1 Mhz Cutting : 1 Mhz	0.03-45 W
	type B	절개 : 500 kHz±10 kHz 응고(지혈) : 450 kHz 혼합 : 5000 kHz±10 kHz	단극 : 125, 270, 37 W 쌍극 : 17±6 W 65±20 W 70±20 W
		type C	절개 : 500 kHz±10 kHz 응고(지혈) : 450 kHz
	type D	절개1 : 2.3 Mhz 응고(지혈) : 0.8 Mhz 절개2,3,4 : 0.8 Mhz	절개 : 290 W 응고 : 160 W
	type E	쌍극모드 : 600 kHz 단극모드 : 390 kHz	쌍극모드 : 50 W 단극모드 : 300-400 W
	type F	쌍극모드 : 500-1000 kHz 단극모드 : 450 kHz 절개 : 450 kHz	쌍극모드 : 100 W 단극모드 : 670 W 단극모드경계 : 300 W
	type G	쌍극모드 : 550-1000 kHz 단극모드 : 450 kHz 절개 : 500 kHz	쌍극모드 : 200 W 단극모드 : 50 W 단극모드경계 : 300 W
	type H	응고(지혈) : 600 kHz 쌍극모드 : 800 kHz	응고 : 400 W 쌍극모드 : 100 W
Argon LASER beam hemostat		10, 620, 492 kHz	50-250 W
Arthroscope electric cautery		475 kHz	절개 : 120 W 응고 : 80 W
Microwave coagulator		2450 Mhz ± 50 Hz	0-150 W
Hyperthermia		8 Mhz	1500 W

시설구역과 온열치료실 구역도 측정하였다.

### 결 과

수술실 외부에 보호자들이 대기하는 공간의 전자파 환경과 수술실을 중심으로 출입구, 통로, 그리고 수술실내의 전기수술기 사용에 따

른 전자파 환경의 전계강도는 Table 2와 같았으며, 중환자실의 전자파 환경과 휴대전화기를 사용하였을 때 인접한 거리별 전자파 환경의 전계강도는 Table 3과 같았다. 중환자실 내부와 외부에서 휴대전화기를 사용하는 경우에 측정한 전계강도는 Fig. 3과 같았다.

수술실 앞 보호자 대기실에서 30 Mhz이하 주

Table 2. EMF strength of central operation room at 3rd floor

Location	Frequency	Noise (dB $\mu$ V/m)		안테나 형태 (자계, 전계)	
		Peak	AVG	Loop	Dipole
보호자 대기실					
	150 kHz-30 MHz		-25	○	
		47.5			
	400-1000 MHz	(400-600 MHz)	42		○
		63.04			
		(800-900 MHz)			
중앙수술실 내 통로					
	150 kHz-30 MHz		-18.3	○	
		47.5			
	400-1000 MHz	(400-600 MHz)	42		○
		63.04			
		(800-900 MHz)			
수술실 출입구					
	9 kHz-3 MHz		3.3 (9 kHz-1 MHz)	○	
수술실 내부 (3 m from ESU)					
ESU*		54.3	31.46		
절개모드 사용중	9 kHz-30 MHz	(460 kHz)	(800 kHz-4 MHz)	○	
ESU		49.57	36.5		
응고모드 사용중		(380 kHz)	(460 kHz-4.88 MHz)		

ESU, Electro-Surgical Unit EMF, Electromagnetic fields

파수 대역의 잡음은 평균 -25 dBV/m로 가장 낮았으며, 수술실 통로에서 평균 -18 dBV/m의

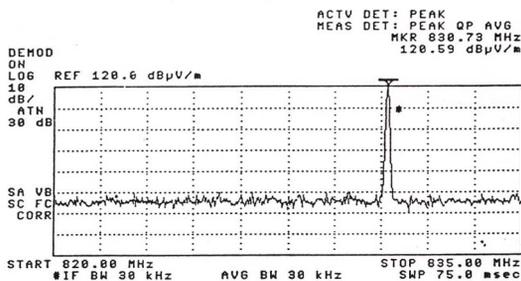


Fig. 3. Electric fields distribution using mobile phone in intensive care units.

기저선으로 나타나서 복사잡음의 강도가 7 dB V/m 정도 높았다. 수술실 내부에서 전기수술 기를 사용할 때 침두치 49.57 dB $\mu$ V/m와 54.3 dB $\mu$ V/m의 잡음과 함께 전자파의 평균 잡음도 31.46, 36.5 dBV/m의 기저선 변화를 보였으며, 중환자실에서는 23.9-371 kHz까지 10개 이상의 침두치 형태로 58.8 dB $\mu$ V/m와 13 dB $\mu$ V/m의 잡음이 나타났다.

30~400 MHz 주파수에서는 특기할 만한 잡음 강도는 없었으나, 400~1000 MHz의 주파수에서는 병원내 거의 전 지역에서 상용 통신용 대역

Table 3. EMF strength of Intensive Care Unit at 3rd floor

Location	Frequency	Noise (dB $\mu$ V/m)		안테나 형태 (자계, 전계)						
		Peak	AVG	Loop	Dipole					
중환자실 내	9 kHz-3 MHz	58.8 (23.9 kHz)	13	○						
		49.6 (48.6 kHz)								
		34.5 (75.9 kHz)								
		29.11 (175 kHz)								
		32.12 (199 kHz)								
		25.55 (224.5 kHz)								
		28.39 (246.8 kHz)								
		27.5 (274.1 kHz)								
		25.85 (296.4 kHz)								
		23.03 (363.6 kHz)								
		19.78 (348.4 kHz)								
		12.69 (370.7 kHz)								
		중환자실 (휴대전화기 사용)				820-835 MHz	실내사용	120.59 (832.80 MHz)		
							출입구사용	96.83 (832.80 MHz)		○
							복도사용	56.74 (832.80 MHz)		

의 신호로 보이는 40 dB $\mu$ V/m 이상의 잡음이 규칙적인 형태로 일정대역을 형성하며 나타났다.

휴대전화기를 중환자실내에서 사용할 때는 120.59 dB $\mu$ V/m, 출입구 부근에서 사용할 때는 96.83 dB $\mu$ V/m, 중환자실의 인접복도에서는 56.74

dB $\mu$ V/m로 각각 나타났다.

자기공명영상장치와 온열치료기를 사용하는 지하 1층에서 주파수 2.6~660 MHz 에서 침투치 평균 56.6 dB $\mu$ V/m (범위: 44.2~69.1), 준침투치 평균 53.3 dB $\mu$ V/m (범위: 42.5~68.7), 평균치 49.7

Table 4. EMF strength of B1 floor (9 kHz-30 MHz)

Frequency (MHz)	Peak (dB $\mu$ V/m)	QP (dB $\mu$ V/m)	AVG (dB $\mu$ V/m)
312.6	63.0	60.0	59.8
660.4	56.6	48.2	43.0
2.61	61.5	56.5	44.8
8.04	69.1	68.7	67.6
9.17	52.5	50.5	49.6
11.00	49.3	46.9	43.4
20.56	44.2	42.5	39.7
Average	56.6	53.3	49.7
Maximum	69.1	68.7	67.6
Minimum	44.2	42.5	39.7

Table 5. EMF strength at B1 floor (radiofrequency 8.05 MHz)

	Electric fields(dB $\mu$ V/m)			Variations ( $\Delta$ )		
	Peak	QP	AVG	Peak	QP	AVG
Hyperthermia Power on						
3m radius	88.4	81.5	82.1	52.2	49.6	56.5
7m radius	101.0	93.5	93.7	64.8	61.6	68.1
Hyperthermia Power off						
3 and 7m radii	36.2	31.9	25.6	basis		

dB $\mu$ V/m (범위: 39.7-67.6)로 측정되었고(Table 4), 온열치료기에 인접하여 측정한 전계강도는 온열치료기에서 거리가 3 m에서 7 m로 멀어질수록 88.4 dB $\mu$ V/m에서 101.0 dB $\mu$ V/m로 증가하는 경향을 보였다(Table 5).

### 고 찰

전자파는 에너지의 한 형태로 전기장과 자기장의 합성파이다. 주파수에 따라 우주선, gamma선, X-선, 자외선, 가시광선, 적외선, 초고주파, 고주파, 저주파, 극저주파 등으로 나누어지며,<sup>17)</sup> 진료활동과 매우 밀접한 관계를 가

지고 있다.

전자파의 인체유해 논쟁은 1980년대 초반부터 연구가 시작되었으며,<sup>7, 10, 11)</sup> 미국과 일본에서는 전자파 인체보호기준, 전자파흡수율(SAR) 측정기준 등을 제정하여 유해 전자파로부터 인체를 보호하기 위하여 기준을 초과하는 제품은 판매를 금지시킨다거나 보호기준을 초과하는 지역은 일반인의 출입을 제한하고 있다.

세계보건기구에서는 1996년부터 45개국 국가와 국제전기통신연합(ITU)등 8개 국제기구가 함께 참여하여 전자파 연구를 공동수행 중에 있다. 국내에서는 1996년부터 한국전자파학회에서 의학·공학 전문가들로 구성된 전자장

과 생체관계연구회를 발족하여 연구를 수행하고 있으며, 1999년에는 민간차원에서 국제적으로 가장 엄격하다는 국제비전리방사보호위원회(ICNIRP)기준을 국내의 인체보호기준으로 제정 공포하였다. 인체에 대한 연구는 한국전자통신연구원(ETRI), 한국전자과학회 및 교수 등 전자과 관련 전문가들로 연구를 수행하고 있으며, 정부에서는 전자과 인체보호기준, 전자과 강도측정기준, 전자과 흡수율 측정기준 및 측정 대상기기와 방법 등을 제정하였다.<sup>6)</sup>

본 연구는 국내의 전자과 인체보호기준에 근거하여 외국의 사례<sup>12-14)</sup>와 유사한 대형 의료기관 내의 전자과 환경에 문제가 있을 것이라는 가정아래 대형 의료기관의 전자과 환경을 실측한 것으로, 의료기관마다 정확한 측정 자료가 필요하다.<sup>2)</sup>

이번 측정에서 3층 수술실에서 30 MHz 이상의 발진주파수를 가진 장비를 사용하는 경우, 보호자 대기실에는 거의 영향을 미치지 않았는데, 이는 수술실의 구조가 외부의 감염원과 충분한 거리를 두고 위치하고 있으며, 미로형 통로와 철제 2중 자동문에 의한 감쇄효과 등으로 생각된다. 그러나 수술실내의 전자과 환경을 볼 때 개개의 수술실이 환자의 이동과 의료진의 통행에는 편리하게 설계되었지만, 근무자에게 편리하도록 출입문을 크게 설치한 것은 오히려 전자과의 영향을 쉽게 받게 한 것으로 생각된다.

수술실 내에서 저출력에서 절개모드나 응고모드의 전기수술기를 사용하는 경우에 약 50 dB $\mu$ V/m의 고주파를 받지만 3 m 이상 거리에 복사하여 인접 장비에 충분히 나쁜 영향을 끼칠 수 있다고 생각한다. 또한 의료기기 사용과정에서 유기되는 잡음은 비뇨기와 쇄석기 수술

실이나 개심수술실에서 사용하는 의료기기의 정밀한 동작이나 기능을 교란시킬 수 있으므로,<sup>2)</sup> 의료장비 사이에 서로 전자과의 간섭을 받지 않도록 최소한 6 m 이상 떨어진 곳에 재배치해야 할 것으로 생각된다.

한편 중환자실에서 발생하는 잡음은 23.9 kHz ~ 370.7 kHz까지 다양한 주파수와 첨두치를 보였는데, 최고 58.8 dB $\mu$ V/m 까지 나타났으므로 사용하는 의료기기 자체의 차폐성능이나 접지를 정밀하게 점검해봐야 한다.

휴대전화기를 중환자실에 인접한 장소에서 사용하는 경우 중환자실내와 출입구에서는 100 dB $\mu$ V/m 전후의 강도를 나타내므로, 휴대전화기의 전자과 복사특성을 고려하면 시설 및 의료장비의 재배치와 철저한 거리위주의 휴대전화기 사용 금지구역을 설정해야 하며,<sup>3, 15, 16)</sup> 업무용 휴대무선통신기도 같은 이유로 중환자실 부근이나 수술실내에서는 사용을 금지해야 한다.

자기공명영상장치나 온열치료가 설치된 장소 근처에는 초음파진단기 같은 의료장비는 설치하지 말아야 안전한 진료환경을 유지할 수 있다고 생각한다.

외부 전자과의 환경은 측정대상 의료기관이 시가지에서 떨어져 있고, 높은 곳에 위치하기 때문에 100~1000 MHz 까지 통신용이나 시중 사용전파의 강도가 비교적 높게 나타났지만, 의료기관내에는 실제적으로 영향을 미치는 대역으로 볼 수 없다. 국내의 전자과 규정에는 의료기관에서 사용되는 장비는 1, 2종 A급기기로 분류하고 있으나,<sup>6)</sup> 측정거리가 10~30 m이고 복사전계강도의 허용범위가 기존 정밀 의료장비의 전자과 내성을 고려하지 않았다는 점으로 보았을 때 그대로 적용할 수는 없다. 실제 전자과 발생장비의 배치가 3~4 m 인 경우와

시설 내 복잡한 전원단자와 접지를 생각하면 전도잡음과 복사잡음의 규정을 그대로 적용하기는 불가능하다. 특히 휴대통신장치는 시간이나 공간에 있어서 불특정하게 변화하는 전자파 발생장치이므로, 정확한 측정결과에 의한 전자계 감쇄거리를 고려하여 사용금지구역을 명확히 지정하고, 의료기기는 서로 장애를 주지 않도록 전자파 특성을 고려하여 일정한 거리를 두고 재배치를 하는 것이 유해 전자파 환경으로부터 진료환경을 안전하게 보호할 수 있을 것으로 생각한다.

### 결 론

종합병원 내 전자파 환경을 정확히 사정하기 위하여 수행된 연구에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 의료기관과 같은 특수한 환경에서의 전자파영향에 대한 고려는 기존의 제 규정보다 그 환경 내에서 발생하는 전자파 장애의 상호성을 파악하는 것이 중요하다. 이는 전자파 발생원의 정확한 파악과 영향 거리, 강도를 측정하고 전자파에 민감한 감성을 가지는 장비를 조사하여 환경 영향에 대한 예측이 필요하다.

둘째, 전자파에 대한 영향을 줄이는 방법은 기존시설에 차폐설계도 중요하지만, 동선위주의 배치에서 영향에 민감한 장비 및 시설의 위치를 재배치함으로써 거리에 의한 자연감쇄효과로 개선할 수 있다.

셋째, 휴대전화기 등의 외부잡음원에 대한 철저한 금지구역 설정이 필요하다. 실제 금지구역은 중환자실 및 기타 생리검사실을 포함한 영역의 출입구 및 인접벽면에서 최소한 반경 5 m 이상의 경계거리를 두어야 한다.

본 연구는 의료기관의 전자파환경을 알아보기 위한 매우 기초적인 연구지만, 측정된 결과에 의하면 안전한 진료환경을 확보하기 위해서는 다양한 의료기기에서 발생하는 유해 전자파의 특성을 고려한 의료기기의 재배치가 필요하며, 휴대전화기를 포함한 휴대통신장비는 사용금지구역을 명확히 지정하는 구체적인 전자파 대책이 필요함을 시사하였다.

### 참 고 문 헌

1. 보건복지부. 99 보건의료기술연구개발사업 중간 보고서. 생활환경 건강유해성 평가를 위한 전자파 측정 연구. 서울, 2000.
2. 정보통신부. 정보통신부대학교과제. 각종 휴대 전화기가 의료기기에 미치는 영향 및 의료기기의 전자파 내성측정에 관한 연구. 서울, 1998.
3. 한국전자파학회. 지역단위 98-22. 휴대전화 등이 의료기기에 미치는 영향 연구. 서울, 1999.
4. Federal Communications Commission. Industrial, scientific, and medical equipment. Code of Federal Regulations Title 47, Vol 1, 2003. Available from: URL: [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_03/47cfr18\\_03.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/47cfr18_03.html)
5. CISPR Product Standards, 2003. Available from: URL:[http://www.iec.ch/zone/emc/cispr\\_guide\\_2004.pdf](http://www.iec.ch/zone/emc/cispr_guide_2004.pdf)
6. 정보통신부. 정보통신부고시 제 2004-23호. 전자파 장애 방지기준. 2004.
7. 김덕원, 류창용, 윤형로. 각종 전자파에 의한 인체의 노출-역학조사를 위한 전자파 측정. 대한 의공학회지 1995 12;16(2):191-9.
8. 이준하, 신현진, 이상학, 유동수, 이무영, 김성규. 전자파에 노출된 생체두부의 전기생리적 변화에 관한 연구. 한국의학물리학회지 1994 12;5(2): 35-43.
9. 류상흡, 신현진, 김성호, 고삼규, 김오룡, 지용철 등. 전자파 조사가 토끼의 뇌파에 미치는 영향.

- 대한신경외과학회지 1994 8;23:870-5.
10. Kirsner RS, Federman DG. VDT risk of electromagnetic radiation. South Med J 1998 Jan;1:12-6.
  11. 김윤신, 조용성. 전자파의 직업성 노출평가 및 멜라토닌 분비량에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1998 12;8:264-71.
  12. Silberberg JL. Performance degradation of electric medical devices due to electromagnetic interference. Compliance Eng 1993 May;10: 25-39.
  13. Witters DM. Medical devices and EMI; the FDA perspective. ITEM Update, 1995 1;22-32.
  14. Kimmel WD, Gerke DD. Electromagnetic compatibility in medical equipment. IEEE Press and Interpharm Press; 1995.
  15. Fung HT, Kam CW, Yau HH. A follow-up study of electromagnetic interference of cellular phones on electronic medical equipment in the emergency department. Emerg Med (Fremantle) 2002 March;14:315-9.
  16. Klein AA, Djaiani GN. Mobile phones in the hospital—past, present and future, Anaesthesia 2003 April;58:353-7.
  17. Khan FM. The physics of radiation therapy. 3rd ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins, 2003. p. 9-10.
-