

휴대무선통신기기에 의한 의료기기의 영향 및 대책

배한길 · 김종현

광운대학교 전파공학과

I. 서 론

현대문명이 발전하여 생활 수준이 향상됨에 따라서 현대병이라 불리는 각종 질병이 새롭게 나타나 우리들에게 피해를 주고 있지만 사실 이러한 질병들은 과거에도 존재하였을 것이며 그 발생 빈도가 그다지 높지 않아서 사회적으로 크게 문제시되지 않았을 뿐이다. 따라서 과거에는 전혀 문제가 되지 않았던 것들이 새로운 문제의 원인으로 나타나기 시작했으며 그 중에서도 가장 큰 문제로 대두되고 있는 것이 "제4의 공해"라고 까지 불리는 전자파 문제이다.

최근에는 이동 통신의 기술이 급속하게 발전함으로 휴대전화 등과 같은 무선기기의 사용이 일상화되면서 가입자 수도 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 지난 8월에 발표된 정보통신부의 자료에 의하면 PCS등 휴대통신기기에 가입한 가입자수가 무려 2천만 명을 넘었다고 한다. 이 숫자는 우리나라 인구를 4천 3백만이라고 볼 때 약 2명중 한 명이 휴대통신기기 등의 개인통신기기를 이용하고 있다는 사실을 말하여 준다.

이러한 이동통신의 발전은 한편으로는 생활에 많은 변화와 편리함을 가져다 주지만 다른 한편으로는 부분별한 사용으로 인하여 사회적으로 새로운 문제점들을 야기시키고 있다. 그 중에서도 휴대통신기기를 사용하므로 인하여 인체가 전자파에 노출될 때 휴대 통신기기가 인체에 어떠한 영향을 주는지에 대한 문제가 크게 부각되고 있으며 이에 대한 대비책에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 공공장소에서 휴대통신기기의 사용이 증

가되어서 병원 등과 같은 의료기관에서 휴대전화의 사용이 많아질 것으로 예상된다. 이때, 각종 휴대 통신기기에서 발생하는 전자파가 의료기기에 영향을 미침으로 의료기기의 사용 중 오동작이 일어나는 경우가 보고되고 있다^{[1]~[4]}.

몇 년전 일본의 한 병원에서는 휴대통신기기의 방사 전자파에 의해 환자의 수액펌프가 갑자기 작동되지 않는 사건이 발생하여 많은 매스컴에 보도된 적이 있다. 이 경우에는 수액펌프의 오동작을 조기에 발견함으로 피해를 막을 수 있었지만 그렇지 않았을 경우를 생각하면 매우 심각하다. 또한 FDA(Food and Drug Administration)에 1979년부터 1993동안 의료기기에 대하여 전자파 장해로 인한 사고 사례를 100여건 이상 접수하였으며, FDA의 CDRH (Center for Devices and Radiological Health)에서는 수년동안 의료기기의 EMC(Electromagnetic Compatibility)에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다.

그밖에도 외국에서는 휴대전화에 의해서 의료기기가 영향을 받았다는 보고가 계속되면서 의료기기의 전자파 장해가 중요한 문제로 부각되기에 이르렀으며, 미국의 무선 기술연구소의 경우에는 이동전화가 심장박동기에 미치는 영향을 연구하여 그 결과로부터 심장박동기를 착용한 사람이 이동전화를 사용하는 경우에 필요한 안정 규정을 발표하기에 이르렀다.

이처럼 미국, 일본 및 유럽의 주요 나라에서는 전자파에 의해서 발생하는 문제를 최소한으로 줄이기 위해서 전자파 간섭 및 내성에 대한 규제 및 기준을 마련하여 실시하고 있다. 특히 일본의 경우

1997년 전자파 적합성 자문위원회의 전자의료장비 연구회에서 셀룰라 전화 단말기, 아마추어 무선장비, 쌍방향 무전기, 개인 휴대 전화 시스템 및 근거리 지역 호출시스템 등에 의한 전자 의료장비의 영향에 관하여 연구하여 그 결과를 발표하였고 권고 기준 및 전자파 보호기준을 제정하였다.

국내에서도 이러한 문제점을 극복하기 위하여 전자파 장해 방지 기준 및 전자파 보호 기준을 제정하였으며 의료기기의 경우 전자파 장해방지기준은 1998년부터 각종 의료기기에 적용하고 있고 2000년부터는 모든 의료기기들이 전자파 보호 기준을 만족해야 한다. 또한 이러한 시대적 흐름에 맞춰 국회에서는 1999년 2월 5일에 “휴대통신기기의 사용제한에 관한 제정법률안”, “도로교통법 중 개정법률안” 및 “경범죄처벌법 중 개정법률안”을 발의하였다.

외국 연구 사례의 경우, 사용되었던 휴대전화의 규격 중에서 사용주파수, 출력, 변조방식들이 국내의 것과 서로 다르며 시험 대상의료기기 또한 제조사에 따라서 회로의 구성 및 동작 방식에 차이가 있을 수 있으므로 외국의 연구결과를 직접 우리 나라 실정 및 환경에 그대로 적용하는데는 문제가 있다.

그러므로 본 특집에서는 외국의 연구사례와 1998년 4월부터 1999년 3월까지 수행된 정보통신 학술연구지원국의 ‘휴대전화 등이 의료기기에 미치는 영향 연구’ 사례를 비교 분석하여 휴대전화 등 휴대통신기기에 대한 의료기기의 영향을 분석하고 의료기기의 오동작 발생 감소를 위한 대책을 제안하였다. 그리고 병원이나 의료기관에서의 휴대통신기기 등으로부터 방사되는 전자파에 의한 의료사고를 예방하는데 도움이 될 수 있기를 기대한다.

II. 연구 동향

선진국에서는 이미 오래 전부터 전자파 장해의 심각성을 깊이 인식하고 전자파 규제에 관한 국제 기준을 제정하여 시행해 오고 있다. 국제규격을 책정하는 대표적인 기관으로는 IEC(International Electrotechnical Commission)가 있는데 전기 관계의 표준화 규격을 검토하고 촉진하는 국제적 위원회로 대부분 국가들은 가능한 한 IEC규격을 채용하도록 되어 있다. 특히 IEC내에는 전자파 방사 문제를 폭넓게 담당하고 있는 기구로 CISPR(Comite International Special des Perturbations Radio-electriques)를 두고 있다.

CISPR는 1934년에 IEC내의 특별위원회로 설립되어 지금까지 주로 무선통신, 방송에 관한 전자파 방사에 의한 장해 문제를 취급하고 있다. 구체적으로는 전자파 방사의 측정방법, ISM(Industrial, Scientific and Medical)기기, 가전제품 그리고 정보 기술 장치로부터 발생하는 전자파 방사의 규제치를 정하고 있다. CISPR는 7개의 소 위원회가 설치되어 있으며 각 소위원회에는 1개 또는 3개의 working group이 있어서 전자파 장해에 관한 허용치 및 측정방법 등의 국제적 통일 규격을 제정하고 그 규격을 발행물로 발표하고 있다.

미국의 경우, 1960대 초 FDA에 무호흡 감시장치가 알 수 없는 기능 장애를 일으켜 환자의 호흡이 멈추었는데도 알람이 동작하지 않아 60명에 이르는 유아 사망이 발생한 사실이 보고되었는데 그 원인이 수백미터 떨어진 이동통신 기지국과 FM 라디오 기지국으로부터 발생된 RF field인 것으로 판명되어 사회적으로 큰 이슈가 되었으며, 또한 FDA(Food and Drug Administration)에 1979년부터 1993동안 의료기기에 대하여 전자파 장해로 인한 사고 사례를 100여건 이상 접수되었으며, FDA의 CDRH(Center for Devices and Radiological Health)에서는 수년동안 의료기기의 EMC(Electromagnetic Compatibility)에 대한 다양한 연구를 수

행하고 있다.

가까운 일본의 경우, 1997년 전자파 적합성 자문 위원회의 전자의료장비 연구회에서 셀룰라 전화 단말기, 아마추어 무선장비, 쌍방향 무전기, 개인 휴대 전화 시스템 및 근거리 지역 호출 시스템 등에 의한 전자 의료장비의 영향에 관하여 연구하여 그 결과를 발표하였고 권고 기준을 마련하였다^[6].

국내에서도 1998년 정보통신부 주관으로 “각종 휴대용 전화기가 의료기기에 미치는 영향 및 의료기기의 전자파 내성 측정에 관한 연구^[9]” 및 “휴대전화 등이 의료기기에 미치는 영향 연구^[10]” 등을 통하여 연구결과가 발표되었다. 또한 1998년부터 전자파 적합 등록 관련 규정집에 의거하여 일부 의료기기를 대상으로 전자파 장애 및 내성 시험을 받도록 하고 있으며 2000년에는 모든 의료기에 대하여 적용하도록 되어 있다.

Ⅲ. 전자파 방사 내성 기준

우리나라 정보통신부 무선설비형식검정·형식등록 및 전자파적합등록 관련규정집에 의하면 주거, 상업 및 경공업 환경에서의 일반내성기준은 주파수 30~500 MHz, 3 V/m 무변조이고 산업 환경에서의 일반내성기준은 주파수 80~1000 MHz 10 V/m

무변조이다. 또한 IEC 기준은 우리나라 규정과 동일하나 무변조 대신 변조를 채택하고 있다. 의료기기는 주거, 상업 및 경공업 환경에 속하므로 3 V/m 무변조 기준을 사용한다. 의료기기의 전자파 방사 내성 측정 국내 및 국제 기준은 <표 1>과 같다.

Ⅳ. 휴대무선통신기기

국내외 전자파에 의한 의료기기의 영향 연구의 대부분이 각 나라 실제 생활에서 사용하고 있는 휴대무선통신기기를 이용하여 실험한 것이다. 그러나 각 나라마다 휴대전화의 규격 중에서 사용주파수, 출력, 변조방식들이 국내의 것과 서로 다르며 시험 대상의료기기 또한 제조회사에 따라서 회로의 구성 및 동작 방식에 차이가 있을 수 있으므로 외국의 연구결과를 직접 우리 나라 실정 및 환경에 그대로 적용하는데는 문제가 있다. <표 2>는 주요 국가에서 사용하고 있는 휴대무선통신기기의 규격을 나타낸다.

일반적으로 휴대무선통신기기의 전계강도를 계산하는 방법으로는 휴대무선통신기에서 방사되는 출력과 측정 안테나와 휴대무선통신기기의 거리로서 표현된다.

<표 1> 전자파 방사 내성 측정 기준

	기 준	구 분	주파수 범위 (MHz)	전계강도 (V/m)	변조방식	성능평가기준
국내기준	일반 내성기준	주거,상업 및 경공업환경	30~ 500	3	무변조	A
		산업환경	80~1,000	10	무변조	A
	대상기기별 내성기준	전기적 의료용 기기	80~1,000	3	무변조	A
국제기준 IEC1000-4-3	.	전기적 의료용 기기	80~1,000	3	1KHz 80% AM 변조	A

성능 A : 시험 중이거나 시험종료 후에도 당해 기기의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태

〈표 2〉 주요 국가에서 사용하고 있는 휴대무선통신기기 규격

미국	일본	영국	한국
CDMA 이동전화 (800 MHz, 0.6 W) TDMA 이동전화 (800 MHz, 0.6 W, 1.6 W)	디지털 Shoulder phone(800 MHz, 2 W) 디지털 휴대전화(800 MHz, 0.8 W) 디지털 휴대전화(1,500 MHz, 0.8 W) 아날로그 휴대전화(800 MHz, 0.6 W) PHS(1.90 GHz, 0.08 W) 아마추어무전기(144 MHz, 1.5 W / 430 MHz, 1.5 W / 1,200 MHz, 0.8 W)	GMS (860~960 MHz)	디지털이동전화(800 MHz, 0.3 W) 아날로그이동전화 (800 MHz, 0.6 W) 개인휴대전화(1,800 MHz, 0.16 W) 휴대간이무전기 (400 MHz, 3.0 W/200 MHz, 1.9 W)

$$E = \frac{KP^{1/2}}{d} \text{ [V/m]} \quad (1)$$

식 (1)은 일반적으로 휴대전화 등 휴대무선통신 기기를 전계강도(E)를 나타낼 때 많이 쓰인다. 이때 P 는 각 휴대무선기기의 출력(W)이며, d 는 휴대통신기기와 측정용 안테나의 거리(cm)를 나타내며, K 는 계수를 나타낸다. 국내에서 사용하는 휴대무선통신기기의 경우 방사되는 전계강도와 표준 시험에서 사용하는 전계강도를 비교하기 위해 휴대무선통신기기의 전계강도를 측정한다.

실제 측정은 전자파 무반사실에서 휴대무선통신 기기에 대하여 EMI 측정을 실시하였다. 이때 측정용 안테나와 휴대무선통신기기의 안테나의 상호간 거리를 5~300 cm로 하고 10 cm 간격으로 전계강도를 측정하였다. [그림 1](a)는 2종류의 휴대무선기기의 전계강도를 측정한 후 통계프로그램인 SAS (Statistical Analysis System)를 이용하여 회귀분석한 결과를 대수 및 선형눈금으로 나타내었다. 아날로그, 디지털 및 PCS 휴대전화의 전계강도에 대한 회귀분석 결과는 [그림 1](b)와 같으며, 모든 휴대무선통신기기의 전계강도에 대한 분석결과가 대수눈금에 대하여 선형적으로 근사화 시킬 수 있었으며 회귀분석을 통하여 이격거리에 따른 전계강도의 예측 모델을 계산하였다.

$$E = a R^{-b} \text{ [V/m]} \quad (2)$$

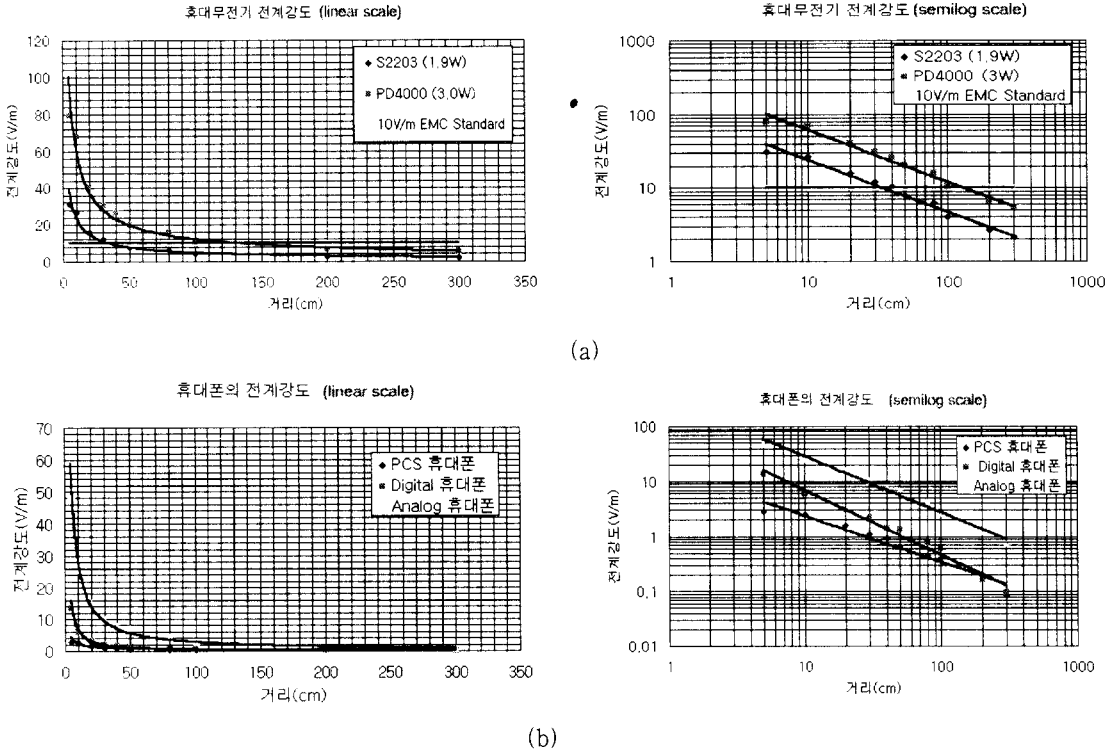
여기서 E 는 휴대통신기기의 전계강도이고 R 은 휴대통신기기와 EMI 측정용 안테나와의 임계거리 (cm)를 나타내며 a 와 b 는 계수를 나타낸다.

V. 의료기기의 내성 시험 방법

5-1 표준 내성 시험

국내외에서 실시하고 있는 표준 내성 시험은 IEC61000-4-3에 의거하여 전자파 무반사실에서 실시하며, 실시하는 절차는 다음과 같다.

- ① 내성측정 시스템을 준비상태에 설치
- ② 측정 해당 주파수에 알맞는(30~200 MHz 대역은 바이코니컬 안테나, 200~1,000 MHz 대역은 혼 안테나를 사용) 안테나를 선정, 설치
- ③ EUT(Equipment Under Test)를 비전도성 테이블(탁상용은 80 cm 또는 바닥설치용은 10 cm)에 설치하고 송신 안테나와의 거리를 1 m로 한다.
- ④ 측정 조건을 설정하여 EUT의 4개면 모두에 전자계 방사
- ⑤ 카메라를 통해 EUT감시 및 오작동 여부 관찰
- ⑥ 방사중 오작동 등 이상 발생시 시험을 중단하고 EUT 관찰 및 상태 기록(시간 포함)



[그림 1] 각종 휴대용 무선 통신기기의 전계강도. (a) 휴대무전기, (b) 휴대전화

⑦ 측정결과 분석

이때 의료기기의 평가 방법은 IEC 기준을 따르고 있으며 다음과 같다.

- ① 규정된 허용치에서 정상동작
- ② 장애 발생시 장애신호를 제거할 경우 가역적 상태
- ③ 장애 발생시 장애신호를 제거할 경우 불가역적 상태이나 reset 후 정상 동작
- ④ 장애 발생시 피 시험기기의 손상으로 불가역 상태

여기서 가역적 상태라 함은 의료기기에 대한 장애가 그 원인이 되는 휴대무선통신기기와 멀어지면 정상적으로 복귀하는 상태를 말하며, 불가역 상

태는 의료기기에 대한 장애가 그 원인이 되는 휴대무선통신기기를 멀리 해도 장애가 사라지지 않고 어떠한 조작 또는 기술적 수단을 취하지 않으면 정상적으로 복귀하지 않는 상태를 일컫는다.

국내의 전자파 보호기준에서는 대상기기의 성능 평가 기준을 A, B, C 세가지 기준으로 구분하며 다음과 같다.

- ① A: 시험중이거나 시험종료 후에도 다해 기기의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태
- ② B: 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 정상적으로 동작하는 상태
- ③ C: 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적을 복원되는 상태

〈표 3〉 휴대무선통신기기에 의한 의료기기의 장애분류

장애분류	의료기기의 장애 정도
6	의료기기의 장애가 불가역적 상태가 되어 긴급한 조치가 없으면 위험한 치명적 상태가 되는 장애
5	의료기기의 장애가 가역적 상태지만, 지속되면 치명적인 상태가 되는 장애
4	의료기기의 장애가 불가역적인 상태가 되고 오진을 초래하여 적절한 조치를 하지 않으면 안되는 장애
3	의료기기의 장애가 가역적 상태지만, 오진을 초래할 수 있는 장애
2	의료기기의 장애가 가역적 상태로 진료에 방해를 초래할 수 있는 장애
1	휴대무선통신기기가 어떠한 장애도 주지 않는 상태

국내 연구 자료 및 일본의 경우는 의료기기가 오동작을 일으킬 경우 의료기기의 장애를 가역적/불가역적 상태로 나누었다. 또한, 휴대무선통신기에 의한 의료기기의 장애 분류를 6가지 카테고리로 분류하였으며, 〈표 3〉과 같다.

5-1-1 국내 사례

국내 보고서^[10]에서는 실제 국내에서 생산되고 있는 의료기기들이 새로운 무역장벽으로써 떠오르고 있는 전자파 내성에 얼마나 강한지 그리고 이런 문제들에 대하여 얼마나 대처하고 있는지를 알아보기 위해 표준 전자파 내성 시험을 실시하였다. 의료기기가 오동작을 일으킬 경우 의료기기의 장애를 발생된 장애 상태에 따라 가역적/불가역적 여부를 측정하였다.

표준 내성시험의 경우, 시뮬레이터를 이용하여 의료기기를 정상 동작상태로 유지시키면서 측정하였는데 측정 대상기기 중 시뮬레이터의 부재로 인하여 시험이 불가능한 의료기기가 일부 발생하여 8종 13대의 의료기기를 시험하였다. 이때 시험 대상 의료기기 중 환자감시장치 등 4종 7대(53.3%)에서 오동작이 발생하였다. 모두 가역적 상태를 나타내었으며 전자파 장애원을 제거시 정상상태로 복

귀하였다. 대부분 200~450 MHz의 주파수 대역에서 의료기기가 오동작을 일으킴으로 같은 세기의 전계강도를 가하여도 특정 주파수에서 의료기기의 내성이 약하다는 것을 알 수 있었다.

5-1-2 영국 사례

1997년 Robinson은 St. Jame's Hospital로부터 의료기기를 제공받아 York EMC Services에서 내성 시험을 실시하였다^[3]. 이때 기준 방사 전자파인 GSM(Global System for Mobile Communication - 주파수 872~960 MHz, 출력 2 W)를 signal generator와 bilog antenna를 사용하여 860~960 MHz 주파수를 10 MHz step으로 217 MHz 50% 펄스 면조하며 40 V/m까지 방사, 수직과 수평편파를 이용하여 시험하였다. 대상 의료기기는 시린지펌프(2000), 시린지펌프(3200), 수액펌프, 환자감시장치, 그리고 펄스옥시미터였다. 결과를 보면 시린지 펌프(2000)은 40 V/m 이상의 전계강도에서도 아무 영향을 받지 않았으나 시린지펌프(3200)는 전계강도 11 V/m에서 에러 메시지가 발생하였다. 수액펌프는 전계강도 18 V/m에서 에러 메시지가 발생하였다. 환자감시장치의 경우, DC offsets와 artifacts라는 오동작이 발생하였는데 이때 전계강도는 각

〈표 4〉 전계강도에 따른 의료기기 영향

의료기기	오동작	영향 전계 강도 (V/m)
시린지펌프(2000)	-	40 이상
시린지펌프(3200)	에러 메세지	11
수액펌프	에러 메세지	18
환자감시장치	DC offsets Artifacts	10
		16
펄스옥시미터	-	40 이상

각 10 V/m와 16 V/m 였다. 펄스옥시미터는 전계 강도 40 V/m 이상에서도 어떠한 오동작도 일어나지 않았다. 전계강도에 따른 각각의 의료기기의 오동작은 〈표 4〉와 같다.

5-2 휴대무선기기를 이용한 내성 시험

실제 외국의 경우, 많은 연구기관에서 자국에서 사용하는 휴대무선통신기기에 대한 의료기기의 영향에 대하여 연구를 하고 있다. 물론 우리나라 역시 이 부분에 관심을 갖고 정보통신부 등 여러 기관에서 연구를 계속하고 있다. 필자는 외국의 연구자료와 국내 연구자료를 중심으로 휴대무선기기에 대한 의료기기의 영향에 대하여 언급하겠다.

5-2-1 해외 사례

1) 미국의 사례

① 이식형 심장박동기

980명의 환자를 대상으로 이식형 심장박동기(implanted cardiac pacemaker)가 1종의 아날로그 이동전화와 3종의 디지털 이동전화 그리고 1종의 개인휴대전화에 의한 영향을 조사하였다.

아날로그 이동전화는 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 가지며 디지털 이동전화는 주

파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는 TDMA 방식과 같은 주파수 대역에서 1.6 W의 출력을 갖는 TDMA 방식 그리고 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는 CDMA 방식을 사용하였다.

총 5,533번의 시험 중 20%의 장애가 발생하였다. 이때 일반적으로 통화하는 상태에서는 진료적으로 문제가 될만한 장애는 없었으며 단말기를 고의적으로 가까이 해서 사용하는 경우에서 전체 시험 중 약 1.7%의 장애가 발생하였다. 아날로그 이동전화의 경우에는 973번의 시험에서 2.5%의 장애가 발생하였다. 디지털 이동전화의 경우에는 이동전화의 기종에 따라서 16~53%까지 장애가 발생하였다.

이식형 심장박동기의 종류에 따른 장애의 빈도수는 dual chamber pacemaker의 경우, 25.3%의 장애가 발생하여 6.8%의 장애가 발생한 single chamber pacemaker에 비해서 영향을 많이 받았다.

전자파 장애 문제를 고려한 feed-through filter를 적용한 심장박동기의 경우에는 거의 장애가 없었으며 filter를 사용하지 않은 심장박동기의 경우에는 최대 56%의 장애가 발생하였다.

② 보청기

78명의 보청기 착용자를 대상으로 2종의 디지털 이동전화와 1종의 개인휴대전화에 의한 영향을 조사하였다. 디지털 이동전화는 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는 TDMA 방식과 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는 CDMA 방식을 사용하였다.

휴대통신기기가 65 cm 이상의 임계거리를 갖는 경우에는 보청기가 거의 영향을 받지 않았으며 보청기의 15%는 10 cm 이하에서도 전혀 영향을 받지 않았다.

2) 일본의 사례

총 366기종의 의료기기가 1종의 shoulder phone, 1종의 아날로그 이동전화와 3종의 디지털 이동전화 그리고 1종의 개인휴대전화에 의한 영향을 조사하였다.

Shoulder phone은 주파수 대역이 800 MHz이고 2 W의 출력을 가지며 아날로그 이동전화는 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는다. 디지털 이동전화는 주파수 대역이 800 MHz이고 0.6 W의 출력을 갖는 FDMA 방식과 주파수 대역이 800 MHz이고 0.8 W의 출력을 갖는 TDMA 방식 그리고 주파수 대역이 1,500 MHz이고 0.8 W의 출력을 갖는 TDMA 방식을 사용하였다. 개인휴대전화는 주파수 대역이 1,900 MHz이고 0.08 W의 출력을 갖는다.

출력이 1 W 이하의 이동전화의 경우에는 의료기기 중 66 %에 해당하는 의료기기에서 장애가 발견되었으며 그 중에서 90 % 이상이 100 cm 이내의 임계거리에서 문제가 있었다. 개인휴대전화의 경우에는 8 %의 장애만 발견되었으며 임계거리도 20 cm 이하였다.

총 50기종의 의료기기가 아마추어 무전기에 의한 영향을 조사하기 위하여 3종의 무전기를 사용하였다. 144 MHz 대역에서 출력이 1.5 W인 무전기의 경우에는 50대 중 56 %인 28대에서 오작동이 발생하였으며 최대 임계거리는 280 cm이었다. 430 MHz 대역에서 출력이 1.5 W인 무전기의 경우에는 50대 중 60 %인 30대에서 오작동이 발생하였으며 최대 임계거리는 240 cm 이었다. 그리고 1,200 MHz 대역에서 출력이 0.8 W인 을 사용하는 무전기의 경우에는 27 %인 13대에서 오작동이 발생하였으며 최대 임계거리는 90 cm 이었다.

구형 의료기기의 영향을 조사하기 위해서 병원 내의 구형 기종 중에서 108기종에 대해서 시험을 하였다. 제조년월일 또는 기기의 납입기일을 기준

으로 하여 1982년부터 1996년 사이에 설치된 의료기기 중에서 3년 간격으로 구분하여서 시험하였다. 시험결과를 보면 1994년부터 1996년 사이에서는 66.7 %의 기종에서 영향이 있었으나 그 이전에서는 80 % 이상의 기종에서 영향이 나타나 최근 3년간의 제품과 비교하여 구형 의료기기의 전자파 내성이 훨씬 낮은 것으로 나타났다.

3) 네덜란드의 사례

이동전화에 의한 병원내의 의료기기에 미치는 영향을 조사하기 위하여 주파수 대역이 900 MHz이고 출력이 2 W인 GSM 이동전화와 주파수 대역이 1,800 MHz 대역이고 출력이 0.25 W인 DECT 이동전화 그리고 주파수 대역이 800 MHz 대역이고 출력이 0.01 W인 CT-2 이동전화를 사용하였다.

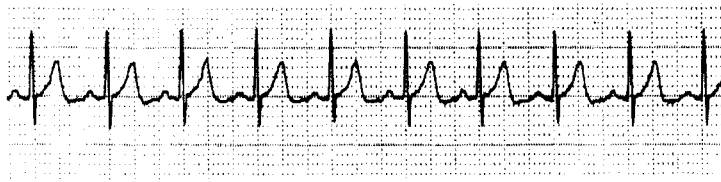
CT-2 이동전화의 경우에는 106대의 의료기기 중 2대에서 오작동이 발생하였으며, DECT 이동전화의 경우, 131대의 의료기기 중 19대, 그리고 GSM 이동전화의 경우, 205대의 의료기기 중 101대에서 오작동이 발생하였다.

5-2-2 국내 사례

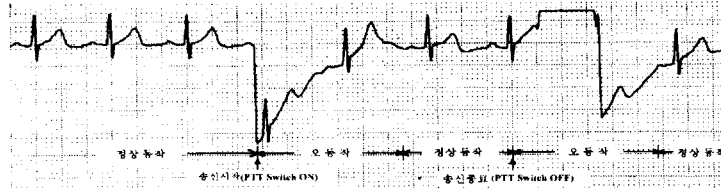
① 병원내 의료기기

국내 병원내에 설치되어 있는 16종류 38기종의 의료기기를 대상으로 아날로그(800 MHz대, 0.6 W), 디지털(800 MHz, 0.3 W) 이동전화, 개인휴대전화(1.8 GHz대, 0.2 W) 그리고 무전기(146 MHz, 5 W)에 의한 의료기기의 오동작 시험을 실시하였으며 그 결과 다음과 같이 보고되었다^[9].

무전기에 의한 영향은 38기종 중 33기종(86.8 %), 아날로그 이동전화에 의한 영향은 12기종(31.6 %), 디지털 이동전화에 의한 영향은 3기종(7.9 %) 그리고 개인휴대전화에 의한 영향은 1기종(2.6 %)에서 오동작이 발생하였다.



(a)



(b)

[그림 2] 휴대무선기에 의한 환자감시장치의 영향. (a) 심파 정상 기록, (b) 간섭 받은 기록

② 전자파 무반사실과 일반환경

전자파 무반사실과 일반환경에서 14종 20대의 의료기기를 대상으로 휴대간이무전기(200 MHz 대 1.9 W, 400 MHz 대 3.0 W), 디지털(800 MHz, 0.3 W), 아날로그(800 MHz, 0.6 W) 이동전화 그리고 개인휴대전화(1.8 GHz대, 0.16 W)에 의한 의료기기의 오동작 시험이 수행되었다^[10].

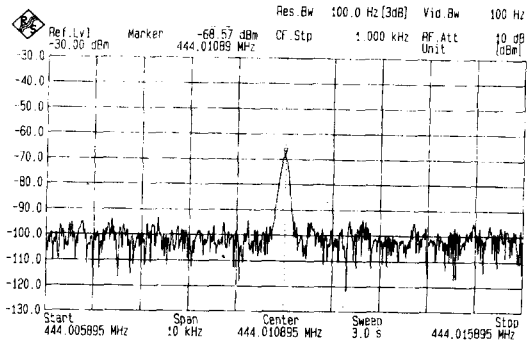
그 결과, 휴대간이무전기에 의한 영향은 20대 중 16대(80%)에서 오동작이 발생하였으며, 아날로그, 디지털 이동전화 및 개인휴대전화를 이용한 실험에서는 의료기기가 내성을 모두 만족하였다.

[그림 2]는 병원 등 의료기관에서 쉽게 일어날 수 있는 의료기기의 휴대무선통신기기에 의한 오동작의 예이다.

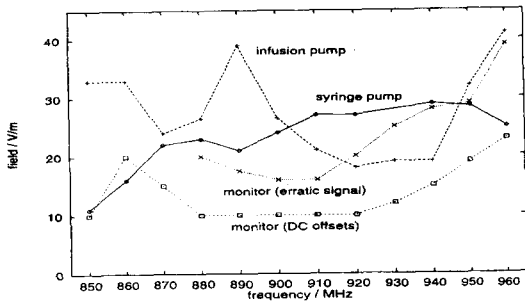
환자감시장치의 오동작 상태를 살펴보면 휴대간이무전기의 on/off 스위치를 작동시켰을 때 출력 파형이 일그러지는 오동작이 관찰되었으며, LCD판의 명암에 문제가 발생하였다. [그림 2](a)는 환자감시장치가 정상 동작할 때의 ECG파형을 나타내고 [그림 2](b)는 휴대무선기에 의한 환자감시장치의 오동작으로 생긴 파형의 일그러짐을 나타낸다.

휴대무선기기에 대한 의료기기의 오동작 원인을 살펴보면, 먼저 전계강도에 대한 영향이다. 실제 표준내성시험에서 10 V/m의 전계강도로 주파수 30~1,000 MHz 까지 방사하였을 때, 아무런 영향을 받지 않던 의료기기가 이보다 큰 전계강도를 방사하는 휴대간이무전기에 대하여 오동작을 일으킨 경우가 좋은 예가 될 것이다. 또한 휴대간이무전기의 사용주파수와 의료기기로부터 방사되는 고조파가 유사한 경우에 의료기기에 장애가 발생함을 알 수 있었다. 한 예로 [그림 3]은 환자감시장치의 EMI를 측정된 것으로 444 MHz에서 고조파가 발생함을 알 수 있는데 이 주파수는 의료기기에 오동작을 일으킨 간이무전기의 사용주파수와 일치하는 것을 알 수 있다.

마지막으로 각 의료기기들이 주파수에 따라 내성이 다른 것을 알 수 있었다. 즉 국내 연구 결과에서 보면 다른 주파수와 다른 전계강도를 사용하는 휴대간이무전기를 이용한 시험에서 전계강도의 세기가 더 큰 휴대간이무전기는 의료기기에 어떠한 영향도 미치지 않았으나, 보다 약한 전계강도를 방사하는 휴대간이무전기를 이용한 시험에서는 의



[그림 3] 환자감시장치 I의 EMI측정(측정거리 1m)



[그림 4] 의료기기의 내성

료기기가 휴대간이무전기에 대하여 영향을 받았다. 이 결과는 [그림 4]와 같이 1997년 Robinson이 St. Jame's Hospital로부터 의료기기를 제공받아 York EMC Services에서 내성 시험을 실시한 결과와 같은 현상을 보여 준다.

즉, 각각의 의료기기가 주파수에 따라 각기 다른 내성을 갖고 있다는 것을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 특집에서는 각종 휴대무선통신기기 등이 의료기기에 미치는 영향에 대하여 국내외에서 보고된 연구결과를 통하여 알아 보았다.

실제 우리가 일상생활에서 사용하고 있는 휴대

무선통신기기들이 의료기기에 오동작을 일으킴을 알 수 있었으며, 이때 휴대무선통신기기들이 의료기기에 영향을 미치는 주요 변수로는 휴대무선통신기기의 송신전력 및 의료기기의 이격거리에 의해서 결정되어지는 전계강도의 세기와 휴대무선통신기기의 사용주파수와 의료기기로 부터 방사되는 고조파와의 간섭에 의해서 결정됨을 알 수 있으며 특히 방사주파수에 따라 의료기기의 전자파 내성의 세기가 다름을 알 수 있다.

위 특집을 통하여 필자는 의료기기가 휴대 전화에 의한 영향을 적게 받기 위해서는 기존의 전자파 내성 시험 기준에서 휴대무선통신기기의 사용주파수 범위에서 의료기기의 EMI 기준을 강화시키는 방법을 제안함과 아울러 다음과 같은 방안을 제시하고자 한다.

가. 의료기기 업체의 대책

1. 의료기기 제조업자들이 스스로 전자파에 의한 의료기기의 장애에 대한 자료를 수집하고 이에 대한 문제점을 인식한다.
2. 의료기기 업체가 전자파 장애 문제의 심각성을 인식하고 대책 기술을 개발하여 의료기기의 설계 및 규격 설정에 대한 대처 방안을 마련한다.
3. 심장 박동기와 같이 환자가 착용해야 하며 생명과 직접적으로 관련이 있는 의료기기에 대해서는 의료기기 업체가 전자파 내성시험의 결과를 근거로 하여 전자파에 대한 기기의 안전 사용수칙을 제공한다.

나. 의료기관 운영의 대책

1. 의료기관에서의 휴대통신기기의 사용조건 및 사용장소 등 사용지침서를 마련한다.
2. 병동 내에서와 근처에 의료기기가 사용 중에 있는 경우에는 휴대통신기기의 전원을 끄도

- 록 한다.
3. 의료기관에서 휴대통신기기의 사용을 인정하는 구역을 설정하여 별도의 사용장소를 마련한다.
 4. 의료기관에서 휴대통신기기의 사용을 인정하는 구역 외에서는 휴대통신기기의 전원을 끄도록 한다.
 5. 수술실 또는 중환자실 등과 같은 주요 병실에는 휴대통신기기를 소지할 수 없도록 한다.
 6. 의료기관내에서 부득이하게 휴대통신기기를 사용을 해야 하는 경우에는 의료기기로부터의 사용 안전거리를 유지하여 사용하도록 권고하여야 한다.
 7. 간이무전기의 경우에는 의료기기에 미치는 영향은 매우 커서 병원과 같은 의료기관에서의 무전기의 사용을 금지한다.
 8. 전자파를 이용한 의료용 장치들의 설치장소를 특별히 한정하여 다른 일반 의료기기에 영향을 미치지 않도록 한다.
 9. 의료기기 상호간의 영향을 막기 위해서 안전거리를 유지하여 사용하도록 한다.
 10. 전파환경에 따른 의료기관의 각 실의 안전배치 등 안정성을 기본으로 하는 지침을 마련한다.
 11. 의료기관의 메디컬 엔지니어들에게 전자파장해에 대한 전문지식을 교육한다.
 12. 기존의 오래된 의료기기들 중에서 전자파장해에 심각한 기기들을 교체한다.

다. 정부의 대책

1. 전자파에 의한 의료기기의 장해가 발생할 경우의 심각성을 홍보하여 휴대통신기기 사용자의 인식을 높여간다.
2. 의료기기에 대한 전자파 규제를 강화한다. 특

- 히 휴대통신기기의 사용주파수 범위에서 의료기기의 EMI 기준을 강화한다.
3. 휴대통신기기에 의하여 의료기기가 오작동이 발생하였을 경우에는 의료기관이 이에 대하여 관련부처에 보고하도록 한다.
 4. 관련 부처간의 긴밀한 협력을 통하여 전자파 문제에 공동으로 대처해 나간다.

참 고 문 헌

- [1] D. L. Hayss, P. J. Wang, and D. W. Reynolds, "Interference with Cardiac Pacemakers by Cellular Telephones," *The New England Journal of Medicine*, vol. 333, pp. 1473-1479, May, 1997.
- [2] V. Barbaro, P. Bartolini, A. Donato, C. Mil-itello, and G. Altamura, "Do European GSM Mobile Cellular Phone Pose a Potential Risk to Pacemaker Patients?" *Pacing Clin. Electrophysiol.*, vol. 18, pp. 1218-1224, June, 1995.
- [3] M. P. Robinson, I. D. Flintoft and A.C. Marvin, "Interference to Medical Equipment from Mobile Phone," *Journal of Medical Engineering & Technology*, vol. 21, no. 3-4, pp. 141-146, May-August, 1997.
- [4] R. Carrillo, O. Garay, Q. Balzano and M. Pickels, "Electromagnetic Near Field Interference with Implantable Medical Devices," *Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Atlanta, pp. 24-28, August, 1995.
- [5] J. L. Silberberg, "What Can/Should We Learn from Reports of Medical Device Electromagnetic Interference?" *US FDA Center for Devices and Radiological Health*, May/

June, 1996.

- [6] 不要電波問題對策協議會, “醫用電氣機器への電波の影響防止をするため - 携帯電話端末等の使用たする調査報告書”, 電波産業會, 1997.
- [7] 한국전파진흥협회, “무선설비형식검정·형식등록 및 전자파적합등록 관련규정집”, 정보통신부, 1997.
- [8] R. Carrillo, B. Saunkeah, M. Pickels, and D. Williams, “What Distance Do Cellular Telephones Interfere with Pacemakers?” *Pacing*

Clin. Electrophysiol., pp. 1777-1795, May, 1995.

- [9] 김덕원, 김종헌, “각종 휴대용 전화기가 의료기기에 미치는 영향 및 의료기기의 전자파내성 측정에 관한 연구”, 정보통신부, 1998.
- [10] 김종헌, “휴대전화 등이 의료기기에 미치는 영향 연구”, 정보통신학술연구지원국, 1999.
- [11] 배한길, 김종헌 “각종 휴대용 무선 통신기기가 의료기기에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국전자파학회 논문지 10권 3호, 1999년 6월, pp. 392-400.

≡필자소개≡

배한길

1998년 2월: 동신대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1998년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] EMI/EMC, 초고주파공학



김종헌

1984년 2월: 광운대학교 공과대학 전자통신공학과(공학사)
 1990년 6월: 독일 Ruhr Univ. Bochum 전자공학과(공학석사)
 1994년 8월: 독일 Dortmund Univ. 전자공학과(공학박사)
 1995년 3월~1999년 3월: 광운대학교 전자공학과 조교수
 1999년 4월~현재: 광운대학교 전자공학과 부교수
 1996년~현재: 한국전자파학회 편집위원
 [주 관심분야] EMI/EMC, 초고주파 및 광집적회로, 초고주파 측정 및 센서

