

휴대전화의 인체영향에 대한 최근 연구동향

Recent Research Topics for Mobile Phone Use and Health Effect

이애경(A.K. Lee)

전자파환경연구팀 선임연구원

최형도(H.D. Choi)

전자파환경연구팀 선임연구원

이형수(H.S. Lee)

전파기술연구부 책임연구원, 부장

최근 휴대전화 이용자가 급증하면서 이동통신시스템의 수요에 대응하는 여러 가지 효율적 연구개발이 진행됨과 동시에 이러한 무선 복사 이용 기기에 의한 건강위해에 대한 관심과 우려 또한 높아져, 휴대전화로 인한 인체의 건강 영향에 대한 연구가 활발하다. 전자파인체보호기준은 각종의 의학, 생물학 및 공학적 연구 결과로부터 매우 낮은 주파수에서부터 수백 GHz까지 권고되고 있으나, 본 고에서는 주로 800~2,500MHz 정도의 대역에서 흔히 사용되고 있는 휴대전화에 대한 전자파인체보호기준을 소개하고 현재 휴대전화와 관련한 생물학적 영향에 대한 국내·외 연구동향을 살펴보고 결론을 맺도록 하겠다.

I. 서론

현대를 살고 있는 우리는 각종 전기 및 전자기장을 이용한 문명이기에 노출되어 있다. 이들은 사용 또는 발생하는 신호의 주파수와 세기가 매우 다양하다. 그리고 기기가 전자기장을 복사하는 목적 또한 방송국 송신소, 이동통신기지국 및 이동통신단말기(휴대전화)와 같이 의도적인 경우도 있고 각종 가전기기, 전력선과 같이 본래 목적을 수행하면서 불가피하게 수반되는 복사와 같은 비의도적인 경우도 있다. 그 중 현재 국내·외적으로 빈번하게 논란이 되고 있는 대상이 의도적으로 전자파를 복사하는 휴대전화이다. 이렇게 휴대전화가 인체 건강과 관련하여 논란의 대상이 되고 있는 이유는 다른 노출원에 비해 사용자가 해마다 증가하고 있고 사용횟수가 빈번하며, 무엇보다 인체에서 가장 중요한 부위인 머리에 근접하여 사용하는 기기이기 때문일 것이다.

잘 아는 바와 같이 미국, 캐나다, 호주에서는 이동통신 단말기에 대한 인체 노출 제한을 SAR

(specific absorption rate, 전자파흡수율)로서 규제하고 있으며 기타 선진국들은 유사하지만 각기 조금씩 상이한 SAR 노출 제한치를 권고하고 있으나 법적 규제는 아직 실시하지 않고 있다.

미국, 유럽 등의 선진국에서 RF(무선주파수) 대역 전자기장의 생체 영향은 수십 년간 많은 실험실들의 연구 주제가 되었었고, 최근에는 이동전화 사용주파수 대역인 800~2,500MHz에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 대부분 통신관련 업체 또는 정부 지원에 의해 수행되고 있다. 그럼에도 불구하고 이런 연구의 대부분이 '휴대폰이 안전한가'에 대해 확신할 수 있는 결과를 내놓지 못하고 있는 실정이다. 따라서 최근 이동통신 사용자의 급증으로 관련 정보 수집의 필요성, 무선주파수 전자기장 노출에 대한 기준 개량의 필요성, 그리고 지난 연구에서 해결되지 않은 문제들에 대한 분석의 필요성 등에 더욱 박차를 가하고 있다.

본 고에서는 국내·외의 휴대전화에 관련한 전자기장 노출에 대한 인체보호기준을 소개하고 현재 휴

대전화와 관련한 생물학적 영향에 대한 연구동향을 살펴보고 결론을 맺도록 하겠다.

II. 휴대전화와 인체보호기준

전자파인체보호기준은 각종의 의학, 생물학 및 공학적 연구 결과로부터 매우 낮은 주파수에서부터 수백 GHz까지 권고되고 있으나, 본 고에서는 주로 800~2,500MHz 정도의 대역에서 흔히 사용되고 있는 휴대전화에 대한 전자파인체보호기준을 다루도록 하겠다.

휴대전화에 관련된 전자기장 노출에 대한 인체보호기준을 기술하기에 앞서 광의(廣義)의 전자기장 노출에 대한 인체보호기준의 배경에 대해 간단히 소개하는 것이 기준 이해에 도움이 될 것이라 생각한다.

현재 권고되고 있는 국내·외의 전자기장 노출에 대한 인체보호기준들은 단기간의 전자기장 조사에 따른 생물학적 연구결과를 바탕으로 하고 있다. 전자기장 노출 제한을 위한 이러한 기준들은 이미 발표된 과학적 문헌들에 대한 철저한 검토과정을 거쳐 준비된 것이며, 장기간 노출로 인한 암의 유발은 확증된 것으로 고려하지 않고 있다는 점에 유의할 필요가 있다. 따라서 이 기준들은 말초 신경과 근육의 자극, 전도성 물체를 통한 화상과 쇼크, EMF 노출 시의 에너지 흡수 효과에 의한 생체 조직의 온도 상승과 같은 단기간의 즉각적인 건강 영향에 근거를 두고 있다. 암의 위험 증가와 같은 장기간의 잠재적인 노출 영향의 경우, 노출 제한 설정 근거를 제공하기에는 유용한 데이터가 불충분하다고 대부분 결론 짓고 있다.

인체보호를 위한 전자기장 노출 제한기준은 크게 기본한계(basic restriction)와 기준레벨(reference level) 두 가지로 나뉠 수 있다. 기본한계는 명확한 건강 영향에 직접적으로 근거하고 있는 시변 전자기장, 자기장, 전자기장의 노출한계를 말하며, 전자기장의 주파수 의존성에 따라서 이 제한치를 규정하는 데 사용하는 물리적 양들은 전류밀도(J), 전자파흡수율(SAR), 전력밀도(S)이며, 이 가운데서 신체 밖의 공

기 중 전력밀도만 노출된 개인에서 쉽게 측정될 수 있다. 그리고 기준레벨은 기본한계가 초과되는지를 판단하기 위하여 실질적인 노출 산정의 목적으로 제공된다. 이러한 목적에 의해 기본한계로부터 적절히 유도된 기준레벨은 전기장 강도(E), 자기장 강도(H), 자속밀도(B), 전력밀도(S), 그리고 팔다리를 통하여 흐르는 전류(I_r)이다. 측정된 값이나 계산된 값이 기준레벨을 초과한다고 해서 기본한계를 반드시 초과하는 것은 아니나, 기준레벨이 초과될 때는 관련 기본한계를 만족하는지 조사하여야 하며, 부가적인 보호대책을 세워야 한다. 이러한 경우의 예가 되는 노출원이 휴대전화라 할 수 있다. 휴대전화는 우리 머리에 매우 인접하여 사용하며 그 부분에서의 전자기장 세기는 일반 대중의 노출 기준레벨을 충분히 넘을 수 있으나 기준레벨을 초과한다고 하여 반드시 기본한계를 넘는다고 볼 수 없기 때문에, 이러한 경우에는 기본한계인 SAR 값을 직접 측정할 필요가 있다는 것이다.

SAR은 주로 무선주파수 대역에서 노출원과 피노출체 간의 정량화를 위한 측정법이다. 대부분 생체 조직의 투자율은 자유공간과 동일하므로 높은 무선주파수 대역에서 모든 기지의 예측되는 상호작용은 전기장에 관련된 메커니즘을 통해 발생하며, 이 전기장 크기와 인체의 매질 특성에 의존하는 파라미터가 SAR이라 할 수 있다. 이것의 물리적 정의는 식 (1)에서와 같이 주어진 밀도(ρ)인 체적분(dV) 내의 질량 증분(dm) 내에서 소실된 또는 그 질량 증분(dm)에 의해 흡수된 에너지 증분(dW)의 시간 미분 값이다.

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left[\frac{dW}{\rho(dV)} \right] \quad (1)$$

정현적으로 변화하는 전자장에 대해 Poynting vector 정리를 사용하면 식 (2)를 사용하여 계산할 수 있다.

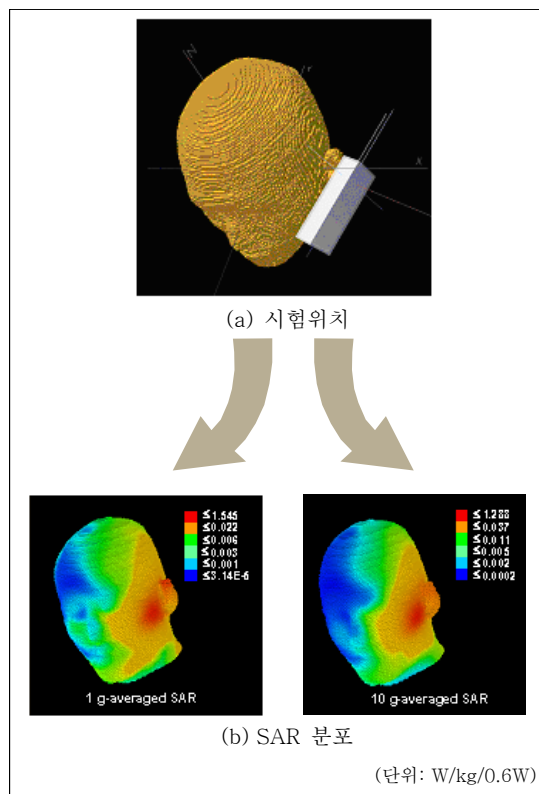
$$SAR = \frac{\sigma}{2\rho} |E_i|^2 \quad (2)$$

<표 1> 주요 기준들의 SAR 제한치

기관 또는 국가	ICNIRP	CENELEC	IEEE	JAPAN	FCC
주파수영역(Hz)	$10^5 \sim 10^{10}$	$10^4 \sim 3 \times 10^{11}$	$10^5 \sim 6 \times 10^9$	$10^4 \sim 3 \times 10^7$	$3 \times 10^3 \sim 10^{11}$
전신평균(W/kg)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
국부 (W/kg)	손목, 발목	4	4	4	4
	머리, 몸통	2	2	1.6	1.6
국부치 산출을 위한 조직무게	10g	10g	1g(머리, 몸통) 10g(손목, 발목)	10g	1g(머리, 몸통) 10g(손목, 발목)

여기서 σ 는 S/m 단위의 조직 도전율, ρ 는 kg/m^3 단위의 조직밀도이고 E_i 는 내부 전자기장의 첨두치 (peak value)이다. SAR은 (W/kg) 또는 (mW/g)으로 표현된다. 평균 SAR은 노출된 생체 내에 흡수된 총전력과 그 질량의 비로서 정의되고 국부 SAR은 정의된 단위 체적 또는 단위 질량 내의 값을 말한다.

대부분의 노출기준은 일반인에 대한 것과 직업인에 대한 것으로 구분되고, 이는 일반인 노출(개개인이 노출되고 있는 사실을 모르거나 관리할 수 없는 노출) 시에 직업인보다는 일반인을 더 철저히 보호하려는 것이며, <표 1>은 각국 또는 기관의 휴대전화의 노출기준(일반인에 대한 SAR 기준)을 비교한 것이다. <표 1>에서 국부 SAR 산출을 위해 국부 조직을 평균하는 조직질량이나 기준 값에서 약간의 차이를 보이고 있다. 우리나라의 경우는 1g의 조직질량에 대한 SAR 값이 1.6W/kg을 넘지 않는 것을 기준으로 채택하고 있다[1]. 이는 10g 평균에 대해 2W/kg의 기준에 비해 상대적으로 더 엄격한 기준으로 볼 수 있다[2]-[6]. 가령, (그림 1)에서 뺨에 접촉하는 보통의 통화 위치에서 머리 조직 각 지점에서 1g 평균한 SAR 분포와 10g 평균한 SAR 분포를 비교하고 있으며, 가장 높은 흡수 영역인 붉은 색의 레벨을 비교하면 그 영역은 그림에서 유사하나 그 수치에 있어서 1g 평균 SAR이 더 높음을 알 수 있다. 1g 평균치와 10g 평균치 간에 일정한 함수관계는 없으나 대부분의 노출 상황에 있어 1g 평균 SAR이 10g 평균 SAR 보다 높으며, 더구나 현재 기준치 또한 1g 평균 SAR이 더 낮게 규정되어 있기 때문에 1g 평균 SAR 기준이 더 엄격하다고 말할 수 있다.



(그림 1) 휴대전화 노출에 대한 인체 머리의 SAR 분포

III. 국내 · 외 관련 연구동향

무선주파수 에너지에 대한 생체영향과 관련된 많은 연구가 세계 2차대전부터 수행되어 왔으며, 이 분야의 연구는 주로 800~2,500MHz 주파수 대역의 휴대전화 사용주파수에 대한 것으로 대부분 정부 및 무선기기 제조업체, 통신회사 지원에 의하고 있다. 휴대전화 제조업체의 무해 주장에도 불구하고

이러한 연구의 극히 일부만이 휴대폰이 안전하다고 언급하고 있을 따름이다. 무선주파수 전자기장에 대한 생체영향 연구는 독성학 연구의 표준절차에 따라 RF 노출에 대한 동물실험, 세포실험, RF 전자기장의 낮은 레벨에서 장기간 노출에 대한 영향, 역학연구 등으로 건강위험성 여부를 평가하고 있다.

이 장에서는 휴대전화와 관련된 각국의 연구현황 및 연구 필요성이 대두되는 연구 주제들을 살펴보고 록 한다. 1990년대 중반부터 휴대전화와 발암과의 관계에 대한 연구가 대대적으로 시작되었다. 미국의 경우 무선전화기 산업체를 대표하는 CTIA(cellular telecommunications industry association)가 독립적이고 엄격한 연구 프로그램을 위해 2천5백만 불의 연구비를 투입하여 1995년 무선전화기의 사용으로부터 대중의 건강 영향을 연구하기 위해서 WTR(wireless technology research)을 독립된 연구 기구로서 설립하였으며, WTR은 독립된 실체로서 산업체로부터의 기금을 가지고 연구를 수행하고 있다. 일본의 경우에는 우정성에서 지난 '97년 전자파의 인체영향 연구를 위해 위원회(Committee of the Study on Human Exposure to EMF)를 조직하고 국가 주도의 본격적 연구를 수행하고 있다.

한편, 세계보건기구(WHO)에서는 각국의 자료를 수집, 분석하여 전자기장 노출의 건강 영향에 대한 연구결과 보고서를 발행하고 공식적인 건강위해를 평가하여, 국제적으로 수용할 수 있는 노출지침을 권고하기 위한 목적으로 지난 1996년부터 2005년까지 10년 계획으로 정적 및 시간변화 전자기장(0~300GHz)의 노출에 대한 건강과 전자기적 환경 영향을 연구하고 있다. 강도가 높은 RF(무선주파수) 전자기장에 대해서는 조직을 가열함으로써 건강상의 위해를 야기할 수 있다는 사실이 명백하지만 장기간의 낮은 레벨의 RF 노출에 대해서는 충분하게 연구되지 않았기 때문에 WHO에서는 현재와 향후의 연구가 이동전화시스템에서 사용되는 변조와 펄스스펙트럼을 이용하여 800~2,000MHz 주파수 대역에 집중되어야 하며, 신뢰성 있는 연구를 위해 RF 노출량 측정(Dosimetry)에 숙련된 과학자가 포함되어

RF 노출량의 정확한 평가를 반드시 수반하도록 권장하고 있다. 전자기장 노출에 대한 생체영향 연구는 크게 5분야(세포실험, 생체실험, 역학조사, 자원자 연구, 그리고 노출량 측정)에서 수행될 수 있으며, WHO에서는 이러한 각 연구분야에서 우선 순위로 삼아야 할 연구 항목을 제시하고 있다.

WHO에서 제시하는 연구의 우선순위와 관련한 각국의 이동통신단말기 사용에 대한 생물학적 영향 연구 주제들은 다음과 같다.

- ① 세포실험의 경우 RF 전자기장에 대한 노출로 인해 발암적 영향이나 기타 해로운 건강 영향의 기초가 되는 살아 있는 세포의 구조적, 기능적 변화를 밝히는 데 주력하고 있으며,
- ② 생체실험의 경우에는 압 촉진, 공동 촉진, 진행의 잠재성, 멜라토닌 합성, BBB의 투과율과 중앙 신경계 기능에 대한 노출 영향에 중점을 두고 있다.
- ③ 이동통신단말기의 사용과 뇌종양, 타액선 종양, 청각 신경종, 기타 머리와 목의 종양, 그리고 백혈병과 림프종의 발병의 가능한 관계에 대한 역학연구,
- ④ 이동전화 사용자와 기타 RF 전자기장에 노출되는 사람이 보고하는 두통, 수면 장애, 기타 주관적 영향 같은 증세들에 대한 자원자 실험,
- ⑤ 노출량 측정연구 분야는 보다 정확한 실험(상기에 열거된 모든 실험들) 데이터를 얻기 위한 필수적인 과정으로 세포실험과 생체실험에 있어서는 기존 노출 시스템의 개선에 집중하고 있다.

또한 휴대전화에 대해서는 현재 IEEE(미국 전기·전자학회)의 표준조정위원회에서 이동통신단말기에 대한 인체 노출량 적합성 평가 방법을 표준화하기 위해 세계적인 전문가들을 중심으로 활발한 연구활동을 하고 있다.

우리나라의 경우 '80년대부터 전자기장에 대한 인체 유무해 논쟁이 시작되었으며, 이에 대한 국민들의 관심도 높아져 이와 관련한 민원이 해마다 증

가하고 있는 실정이다. '95년부터 현재까지 RF(이동통신기지국 등) 관련 민원 건수는 50여 건에 이르며, 이러한 민원 제기 중에는 실상 그 노출레벨이 건강에 전혀 영향을 주지 않는 경우도 포함하고 있으므로 전자기장 노출에 대한 인체 건강문제를 깊이 있게 연구하고 그 결과를 홍보해야 할 필요성을 제기하고 있다. 그간 우리나라는 정보통신부 사업의 일환으로 한국전자통신연구원과 한국전자과학회 내의 '전자장과 생체관계연구회'가 공동으로 이동통신 대역을 포함하는 300GHz 이하의 전 주파수 영역의 전자기장에 대한 인체보호기준을 수립하고 ELF(극저주파) 및 RF 노출에 대한 쥐의 생물학적 영향연구를 수행하였으며, 이동통신단말기의 노출량 평가에 대한 기술 연구와 기준을 마련하였다. 이어 정보통신부는 2004년까지 100억 원 정도를 투입하여 전자파 생체영향 규명과 대책 마련을 위한 연구계획으로 '전자파 인체영향 기본계획'을 수립하여 현재 한국전자통신연구원을 중심으로 학계, 통신사업자, 단말기 제조업체 등과 공동으로 연구사업을 수행하고 있다.

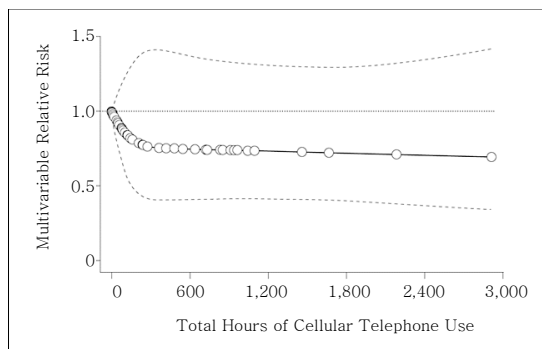
IV. 최근 휴대전화의 전자파 노출의 연구결과 분석

1996년부터 2000년까지 휴대폰 주파수에 대한 세포실험, 동물실험, 자원자 실험, 역학연구 등의 생체영향 연구의 48가지 결과를 종합해 보면 가능성이 있다는 연구결과가 14개, 가능성이 없다는 것이 31개, 애매한 결과 3개로 영향이 없는 결과가 많은 것으로 나타났으나 추가의 연구가 필요하다고 결론들을 짓고 있다.

특히 역학연구의 경우, 1996년과 1998년 Rothman 등은 250,000명의 이동전화 사용자에게 대한 코호트 연구결과, 휴대전화 사용자와 차량 이동전화 사용자의 사망률 증가는 RF 단기 노출에는 무관하며, 사망원인의 증가는 자동차 사고에 의한 것으로 조사되었다[7]. 또한 스웨덴 Örebro Medical Center의 Hardell 등의 뇌암에 대한 환자-대조군 연구

에서는 음성적인 결과가 나타났다.

Muscat 등은 2000년 12월 미국 북동부 지역에서 휴대전화와 뇌암 발생에 대해 5개소 대학 병원의 뇌암 환자 469명과 대응하는 대조군 422명의 휴대전화 사용자를 대상으로 한 역학조사를 수행하였다 [8]. (그림 2)는 이 연구 결과로서 이동전화 사용시간이 뇌암에 걸릴 위험성을 얼마나 더 증가시킬 수 있는가를 보여 준 것이다[8]. 여기서 'multivariable'이란 환자 및 대조집단의 연령, 교육수준, 성, 인종, 연구기관, 대신 설문에 응답한 사람이 누구였는지, 인터뷰를 한 년, 월 등의 차이를 모두 감안하여 보정한 것으로 오로지 이동전화의 사용시간에 따른 영향만을 고려한 것을 의미한다. 또한 'relative risk'가 1을 기준으로 하여, 1 이상이면 뇌암에 걸릴 위험이 있다고 해석할 수 있으며, 1 이하이면 오히려 뇌암 발생이 예방될 가능성이 있다는 것을 말할 수 있다. 따라서 그림에서와 같이 관찰된 노출 값 전 구간에서 상대 위험도가 1이하이면서 95% 신뢰구간 안에 1이 포함되어 있으므로, 뇌암 발생에 위험도가 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다. 결론적으로 이 결과는 휴대전화 사용과 뇌암 위험성 간에 어떤 연관성이 없음을 시사하였으며, 단지 더 많은 수의 사람을 대상으로 장기적인 연구가 필요하다는 것을 제기하고 있다.



(그림 2) 휴대전화 사용과 뇌암과의 관계

그리고 최근 미국 국립 암연구소(NCI) 학술지에 발표된 연구보고서에서 휴대전화 사용자 42만95명을 대상으로 실시한 조사분석 결과 이들의 뇌종양,

백혈병, 타액선암, 신경계 암발생률이 일반 국민들의 평균 암발생률과 차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 이 조사는 암과의 연관성만 조사되었기 때문에 장기적인 휴대전화 사용이 머리에서 뿜어내는 소리가 나는 증세나 편두통, 기타 중추 신경계 질환과 연관이 있을 가능성은 배제할 수 없다고 보고하고 있다. 현재에도 휴대전화 사용과 암과의 연관성에 대해서는 추가 연구들이 각국에서 진행중에 있으며, 총괄적인 결론은 국제암연구기구(IARC)가 주관하여 자료수집 및 분석이 끝나는 2004년 정도에 일차 결과가 나올 것으로 보인다.

한편, 영국 물리학자 제럴드 하일랜드 박사는 휴대전화에서 발생하는 전자파는 뇌파에 영향을 미치며, 특히 18세 이하 청소년은 면역체계가 강력하지 못하므로 영향이 있을 수 있다는 언급하였고, 또한 2000년 5월 영국 IEGMP 보고서에 따르면 “현재까지 증거로는 휴대폰과 기지국의 전자파 노출이 영국 국민 건강에 위험하다고 시사하는 바는 없다고 하였으나, 어린이의 경우 기관이 성장 중에 있으며, 두개골의 두께도 얇아 흡수가 성인에 비해 많이 되기 때문에, 꼭 필요한 경우를 제외하고 휴대폰 사용을 가급적 자제시켜야 한다.”고 권고하고 있으며, 정부도 이 권고를 받아들였다[9].

상기에 언급한 바와 같이, 지금까지 역학연구 결과가 휴대전화 사용과 뇌암의 위험성과의 관계에 대한 연관성을 짓지 못하고 있고, 동물연구 또한 발암에 대한 분명한 효과를 보여주지 못하고 있다. 그렇지만 2000년 2월 미국 FDA에서는 웹을 통해 ‘무선통신기술이 안전한가 혹은 수백만 사용자가 건강 위협에 노출되어 있는가에 대한 결론을 맺기에는 최근까지 과학적 증거가 불충분하다’고 지적한 바와 같이 무선주파수에 대한 전자파 노출의 위험성 평가를 위해서는 각 관련 연구분야의 추가 실험이 요구된다.

특히, 역학연구의 경우 전자파 노출 위험성에 대한 미세한 영향을 분석하는 데 민감하지 못하고, 동물연구의 경우에는 그 결과를 인체에 대한 것으로 외삽하는 데 있어서의 불확실성으로 특히, 발암 등에 대한 위험성 평가에 직접적인 문제점을 내포하고

있다. 근역장 노출에 대한 생물학적, 생체물리학적 영향에 대한 더 많은 연구, 그리고 휴대전화와 관련된 노출환경에 대한 더 정확한 문턱 값에 대한 연구 등 전자파 생체영향과 관련하여 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 기존의 휴대전화에 대한 연구도 물론 중요하지만, 새로운 방식의 디지털 휴대전화, 차세대이동통신 등 급속한 정보통신산업의 발전에 따른 새로운 기기의 전자파 노출에 대한 인체영향 연구 또한 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

V. 맺음말

휴대전화는 그 사용이 최근 수년 내에 급증하였기 때문에 십년 이상의 장기 사용자나 장기의 잠복기를 갖는 질병 등에 대해서는 앞으로도 지속적으로 그 조사가 진행되어야 한다. 따라서 현재의 연구결과로써 휴대전화로부터 복사되는 RF 전자기장 노출이 인체에 위해하다는 확인된 증거는 어디에도 없지만 이 연구는 어느 누구도 단기간 내에 결론을 얻을 수 없으며, 국외의 다양한 연구 결과들에 대한 조사가 병행하여 이루어져야 하고 실험의 재현성을 확보하고 세포 또는 동물실험인 경우에는 인체로의 확대 적용시 고려사항 등도 함께 연구되어야 하기 때문에 장기간에 걸친 연구가 이루어져야 한다.

끝으로 전자파에 대한 정부 정책은 국민 보건을 위한 예방적 차원으로 접근하여 권고 및 법적 규제 등을 산업적, 경제적 측면과 사회적 측면을 고려하여 적절하게 수립하는 것이 바람직하다고 판단한다.

참고 문헌

- [1] 정보통신부 고시 제2000-91호, “전자파인체보호기준,” 2000.
- [2] ICNIRP, “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields(up to 300GHz),” *Health Physics*, Vol. 74, No. 4, 1998, pp. 494 - 522.
- [3] CENELEC, DD ENV 50166-2, Human Exposure to

- Electromagnetic Fields-High-frequency(10kHz~300GHz), 1995.
- [4] ANSI, ANSI/IEEE C95.1-1992: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz~300GHz, New York, IEEE, 1992.
- [5] Code of Federal Regulations, Part 47(Telecommunications)
- [6] Telecommunication Technology Council, Radio-Radiation Protection Guidelines for Human Exposure to Electromagnetic Fields, TTC, Ministry of Posts and Telecommunications, Japan, 24 Apr. 1997.
- [7] K.J. Rothman *et al.*, "Overall Mortality of Cellular Telephone Customer," *Epidemiology*, Vol. 7, 1996, pp. 303 - 305.
- [8] Muscat *et al.*, "Handheld Cellular Telephone Use and Risk of Brain Cancer," *Journal of the American Medical Association*, 284, 3001-3007, 2000.
- [9] <http://www.doh.gov.uk/mobile.htm>