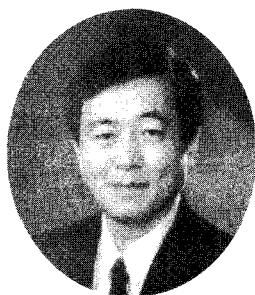


지·면·보·수·교·육

환경유해요인과 근로자의 건강

전자파와 건강



김 덕 원 교수
(연세대의대 의용공학과)

1. 서론

최근 논란이 되고 있는 전자파는 극저주파(ELF : 0~1 KHz)나 저주파(VLF : 1~500 KHz)의 미약한 전자파에 장기간 노출될 경우 건강상 유해성에 관한 것으로 인체가 저주파에 장기간 노출되면 인체내에 유도 전류가 흐르게 되어 세포막 내외에 존재하는 Na⁺, K⁺, Cl⁻ 등의 각종 이온의 흐름을 방해함으로써 호르몬 분비 및 면역체계에 이상을 초래하는 것으로 알려져 있다(비열적 효과). 그러나 고주파 전자파(마이크로파, X선 등)의 경우에는 과학적으로 열적효과의 유해성이 검증되었으며 각국에서는 인체 보호를 위하여 최대 노출 한계를 규정하고 있다.

2. 전계와 자계

전자파는 세부적으로 전계와 자계로 이루어지는데 전계는 전압의 세기에, 자계는 전류의 크기에 비례하여 발생한다. 전계는 전도성이 좋은 물체(철, 구리 등의 금속 종류)에 의해 어느 정도 차단이 되나 자계는 자성이 매우 강한 고가의 특수 합금에 의해서만 차단

된다. 인체가 전계에 노출되는 경우, 인체는 전기가 잘 통하는 물이 70% 이상으로 구성되어 있는 일종의 도체이므로 인체를 통하여 흐르고, 자계는 거의 모든 물질을 통과하므로 인체를 투과하면서 혈액 속의 철 분자에 영향을 주지 않나 생각된다(그림 1, 2 참조).

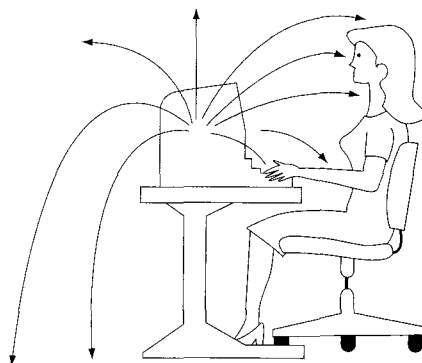


그림 1. 모니터 사용자에게 직각으로 입사되는 전계선

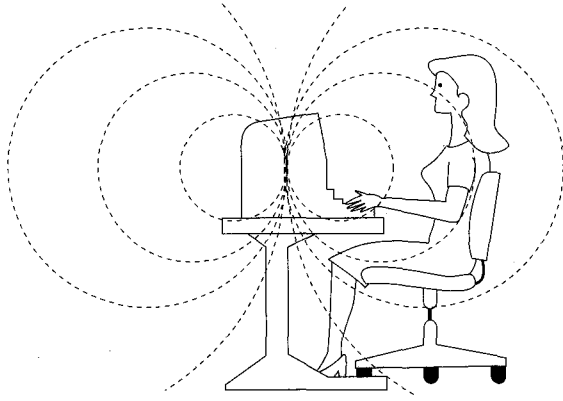


그림 2. 모니터 내부에 흐르는 전류에 의한 자기선

전계는 피부를 통해 흐르기 때문에 습진 등의 피부 질환을 유발시킬 가능성이 있으며, 컴퓨터를 직업적으로 사용하는 여성들의 경우 피부노화가 빨리 온다는 얘기도 있다. 또한 전자파는 세포 증식이 빠른 혈구, 생식기, 임파선 등과 같은 조직과 아동들에게 더 해로운 것으로 알려져 있다. 전자파가 일으킬 수 있는 증상으로는 나른함, 불면증, 신경 예민, 두통, 숙면에 관여하는 멜라토닌 호르몬 감소, 맥박의 감소 등이 있으며, 질병으로서는 백혈병, 임파암, 뇌암, 중추신경계암, 유방암, 치매, 유산 및 기형아 출산 등이 있다.

이러한 전자파는 모든 전자제품에서 발생하며 소비전력, 차폐정도에 따라 전자파의 세기가 다르게 된다. 그러나 전자파의 세기는 발생원으로부터의 거리에 따라 기하 급수적으로 감소하는데, 감소하는 비율은 발생원의 크기가 클수록 천천히 감소한다.

3. 전자파 유해론

전자파 유해론에 대한 논란이 많은데 그 이유로는 미약한 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 발달되어 있어도, 특히 인체에 관해서는 밝혀진 것보다 안 밝혀진 것이 훨씬 많은 실정이다.

4. 전기 기술자의 암 유발률

Milham 박사가 1982년 처음으로 전기기기를 취급하는 직업군의 백혈병 유발률이 높다고 보고하였는데 이 연구는 워싱턴 주의 사망 진단서를 기초하여 전자파에 많이 노출되는 10개의 직업군을 대상으로 하였다. 그 후 1990년에 발표된 연구에 의하면 전력 소모량이 가장 큰 알루미늄 정제 공장에서 근무하는 근로자들의 백혈병 및 임파암의 유발률이 높았다고 하였다.

현재까지 약 50여개의 연구에 의하면 전자파 고노출 직업군의 암 유발률이 통계학적으로 유의하게 높았다고 한다. 이 연구에서 암 유발률의 대부분이 2배 이하였으며 화학약품 같은 요소의 영향은 배제하지 않았다. 한편 약 30여 개의 연구에서는 전기공의 암 유발률이 높지 않았다고 발표하였다. 대부분 초기의 직업 연구에서는 전기와 관련된 직업군의 전자파 노출량을 측정하여 전자파와 암과의 관계를 밝히고 있다. 1992년 Bowman 박사는 여러 직업의 전기 기술자들이 얼마나 전자파에 노출되는가를 조사하였는데, 아래 표에서처럼 LA와 시애틀의 전기 기술자들의 노출량이 비 전기 기술자들에 비해 높다는 사실을 발표하였다.

— 표1. LA와 시애틀 전기 기술자들의 전자파 노출량 —

직업군	전 계(V/m)		자 계(mG)	
	LA	시애틀	LA	시애틀
전기	19.0	51.2	9.6	27.6
비전기	5.5	10.6	1.7	4.1

위 표에서 전계 및 자계의 수치는 평균값이며 “전기”직업군에는 전기 기사, 전기 엔지니어, 전공, 전기 선로공, 전화 선로공, 발전소 및 변전소 근무자, TV 및 라디오 수리공, 용접공 등이 포함되었다. 1994년 London과 Bowman은 자계 노출량이 증가함에 따라 LA 전기 기술자들의 백혈병 유발률도 증가한다는 사실을 밝혔는데, 이러한 사실은 직업만으로 분류해 전기 기술자의 백혈병 유발률이 높다는 연구 결과와 일치한다.

Sahl 박사는 1993년 캘리포니아의 한 전력 회사에 근무하는 전기 기술자 3만 6천명을 대상으로 한 연구에서 자계 노출량과 암 유발률은 상관관계가 별로 없음을 발표하였다. 임파종과 백혈병 유발률이 약간

높았으나 통계학적 유의성은 없었다고 하였다. 그러나 1992년 스웨덴 학자 Floderus는 평균 전자파 노출량과, 만성 임파성 백혈병과는 연관성이 있으나 급성 골수 백혈병과는 연관성이 없다고 보고하였다. 노출량이 증가함에 따라 암 유발률도 증가한다는 보고들이 있는데, Floderus는 또한 높은 자계에 노출되는 젊은 근로자들의 뇌암 유발률이 높다고 밝힌 것이 그 보고들 중의 하나이다.

1994년 캐나다와 프랑스 전기 기술자들에 대한 중요한 연구가 발표되었는데, 이 연구에서 Theriault 박사는 22만명의 전기 기술자 중에 4,151명의 암 환자를 대상으로 조사한 결과에 의하면 누적 자계 노출량이 31 mG 이상인 기술자의 급성 골수 백혈병 유발률이 3배 이상 현저하게 높다는 사실을 확인하였다. 또한 최대 자계 노출군에서 일종의 뇌암인 세포종 유발률이 12배나 높다고 하였으나 환자가 5명밖에 안되어 통계학적으로 신뢰도에 문제가 있었고, 또한 단시간에 매우 높은 자계에 노출될 경우 폐암이 증가한다고 밝혔다.

앞에서 언급한 3개의 대규모 연구에서 일관성 있는 결과는 백혈병 및 뇌암의 유발률과 전원 주파수(50 또는 60 Hz)의 전자파와의 연관성이다.

1995년 Savitz 박사는 13만 8천명의 전력 회사 근로자를 대상으로 한 연구에서 다음과 같은 결론을 내렸다. “높은 자계 노출과, 백혈병과는 관련성이 없으나 뇌암과는 연관성이 있다.”

한편 1995년 10월, “전선과 가전제품 등에서 발생하는 전자파가 백혈병 등 심각한 질환을 일으킬 위험이 있다”고 권위있는 미국 국립 방사선 보호 위원회(NCRP)가 최근 경고했다. NCRP는 영국 과학 전문지 “New Scientist”에 보고된 장기간의 연구 보고서를 통해 아주 낮은 전자파라도 이에 노출된 사람은 건강에 미묘하고도 장기적인 영향을 받는다고 밝혔다. 11명의 전문 과학자들이 9년간의 연구 끝에 작성한 보고서는 전자파가 인체의 수면 사이클을 조절하고 심장병, 파킨슨씨병, 알츠하이머 환자에게 나타나는 것과 같은 퇴행성 변화를 막아 주는 중요한 호르몬인 멜라토닌 분비를 방해할 수 있다고 하였다. 이 보고서는 특히 아이들이 이러한 전자파에 노출될 경우 백혈병에 걸릴 위험이 커진다는 강력한 증거가 있다고 밝혔고, 자계의 안전 한계는 2 mG 라고 밝혔는데 이는 가정용 전기제품에서 발생하는 자계에 비하면 매우 약한 수준이다.

5. 건강과 전자파

1998년 6월 미국의 NIEHS(National Institute of Environmental Health Science; 국립환경보건 연구소)는 지난 6년동안 500억원을 투입한 EMFRAPID(Electro-magnetic Force Research and Public Information Dissemination) 프로그램의 연구결과를 종합한 결론을 다음과 같이 도출하였다.

가) 60Hz와 같은 극저주파(ELF)의 전자파는 인체에 암을 유발시킬 가능성이 있다.
(possibly carcinogenic : 2B 등급)

- 극저주파의 전자파에 노출된 아동은 백혈병 유발률이 높아질 제한적인 증거(limited evidence)가 있다(26명 중 20명)
- 직업적으로 극저주파의 전자파에 노출된 근로자는 만성 임파성 백혈병(chronic lymphocytic leukemia : CLL) 유발률이 높아진다는 제한적인 증거가 있다(25명 중 14명)
- 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 다른 암과의 관련성에 대한 증거는 불충분하다(inadequate evidence)(25명 중 22명)
- 거주에 의한 극저주파의 자계 노출과 성인암의 관련성에 대한 증거는 불충분하다(25명 중 24명)
- 극저주파의 전자파 노출과 아동의 신경계암과의 관련성에 대한 증거는 불충분하다(25명 중 25명)
- 극저주파의 전자파 노출과 아동 임파종(lymphoma)과의 관련성에 대한 증거는 불충분하다(25명 중 25명)

나) 암 이외의 질병

다음과 같은 질병과 극저주파의 전자파 노출과의 관련성에 대한 증거는 불충분하다.

- 어머니의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 출산
- 어머니의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 임신
- 아버지의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 생식
- 아버지의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 알츠하이머
- 아버지의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 자살 및 우울증
- 아버지의 직업적인 극저주파의 전자파 노출과 심혈

관 질병

다) 생리학적 효과

- 단기간 극저주파의 전자파 노출과 심장박동의 변화와는 약한 관련성이 있다.
- 단기간 극저주파의 전자파 노출과 불면증과는 약한 관련성이 있다.
- 단기간 극저주파의 전자파 노출과 멜라토닌 감소와는 약한 관련성이 있다.
- 전체는 감지가 가능하다는 강한 증거가 있다.

※ 암 유발성에 대한 등급
(International Agency for Research on Cancer : IARC)

1등급 - 인체에 암을 유발시킴
2등급 - 인체에 암을 유발시킨다는 것에 대한 충분한 증거가 있음
2A : Probably carcinogenic to humans
2B : Possibly carcinogenic to humans(limited evidence in humans)
3등급 - Not classifiable as to carcinogenicity to humans
4등급 - Probably not carcinogenic to humans

6. 감소방안

전자파 유해에 대한 목소리가 점점 커지는 가운데 피해를 최소화하기 위한 주의지침을 살펴보는 것도 중요할 것이다. 아래 열거된 것과 같이 조금만 신경을 쓴다면 인체에 영향을 줄 수 있는 전자파에 대한 노출을 줄일 수 있을 것이며 에너지 절약의 효과도 거둘 수 있을 것이다.

- (1) 가능하면 일정거리 이상 떨어져 사용
 - 전자파는 대부분 거리에 따라 받는 영향이 큰 차이가 있으므로 될 수 있으면 일정거리 이상 떨어져서 사용한다.
 - 컴퓨터를 사용할 때 모니터로부터 60cm 이상의 거리를 유지한다.
- (2) 사용하지 않는 전기기기는 플러그를 뽑아 놓는다.
 - 전원이 제대로 접지가 되어 있으면 플러그가 콘센트에 연결되고 스위치를 켜지 않아도 전계가 거의 발생하지 않으나 우리 나라의 전원은 대체로 접지가 제대로 안되어 있는 경우가 많아서 플러그를 뽑아놔야 전계가 발생되지 않는다.
- (3) 전자파 저방출 기기의 선택
 - 컴퓨터 모니터의 경우 14인치보다는 17인치 모니터

가 전자파 및 정전기가 덜 발생한다.

- 노트북 컴퓨터는 배터리를 사용하는 경우 전자파가 거의 발생하지 않는다.
- (4) 일정작업시간 후에 휴식을 취한다
 - 무리하게 연속적으로 작업을 하는 것은 여러 가지로 몸에 무리를 일으키므로 일정작업시간 후에는 반드시 휴식을 취하거나 간단한 체조를 하는 것이 좋다.

7. 결론

현대사회는 대부분의 모든 산업과 생활이 전기 없는 살기 힘든 세상이다. 그로 인해 현대인은 어쩔 수 없이 전자파와 같이 생활하게 되었다. 아직까지는 전자파의 유무해에 관한 논란이 많이 있지만 현재의 연구결과에 의하면 "그 원인은 정확히 밝혀지지 않았지만 전자파는 회피해야 할 것이다"라는 의견이 지배적이다.

앞으로 더 많은 연구를 통해 전자파에 의한 인체에 미치는 원인을 규명하고 이에 대처하기 위해서는 학계, 연구계, 정부, 사회 단체, 관련 기업체 등의 긴밀한 협조와 공동 연구가 필요하다.

8. 참고문헌

- [1] 김덕원, "전자파공해", 수문사, 1996
- [2] C. J. Portier, "Assessment of Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields", NIEHS Working Group Report, 1998
- [3] 신동천, 김덕원, "전자파 인체권고기준 설정을 위한 조사연구", 환경부, 1997
- [4] 김덕원, "전자파 유해론과 소송케이스", 전자장의 생체 영향에 관한 워크숍, 한국전자파학회, 1997
- [5] 김덕원 등, 과천송전선로 전자계 조사보고서, 과천시, 1996
- [6] 김덕원 등, "각종 전자파에 의한 인체의 노출 : 역학조사를 위한 전자파 측정", 대한의용생체공학회, 제16권, 제2호, 1995

김덕원교수 전자파 홈페이지

<http://members.iworld.net/prime97/>