



세계보건기구 Fact sheet 번호 322

2007. 6월

## 전자계와 공중보건

### 극저주파 전자계의 노출

전기의 사용은 일상생활의 필수적인 요소가 되었다. 전기가 흐를 때마다, 전기를 운반하는 전선로와 전기기기 주변에는 전계와 자계가 나타난다. 1970년대 후반부터 극저주파(ELF) 전자계(EMF) 노출이 부정적인 건강영향을 일으키는지에 대한 의문들이 제기되었다. 그 후, 많은 연구가 수행되어 중요한 이슈들을 성공적으로 해결하였으며 미래 연구방향의 초점을 좁혔다.

1996년에 세계보건기구(WHO)는 전자계를 발생하는 기술과 관련한 잠재적 건강 위험 가능성을 조사하기 위해 국제 전자계 프로젝트(International EMF Project)를 구성하였다. 최근 세계보건기구 연구그룹에서 전자계와 인체 건강과의 관계에 대한 검토를 마무리 하였다 (WHO, 2007).

이 공식 보고서(Fact sheet)는 WHO 연구그룹(Task Group)의 연구결과에 기초한 것이며, 2002년에 WHO 산하 국제암연구소(IARC)와 2003년에 국제비전리복사방호위원회(ICNIRP)에 의해 발간된 극저주파 전자계의 인체영향에 관한 검토 내용을 반영한 것이다.

### 극저주파 전자계와 일상생활(주거)에서의 노출

전계와 자계는 전력선과 케이블, 주택 옥내배선, 그리고 각종 전기기기 등 전류가 흐르는 곳에는 항상 존재한다. 전하로부터 발생하는 전계의 단위는

볼트/미터(V/m)이며, 나무와 금속류 같은 일반적인 물질로도 차폐된다. 전하의 이동, 즉 전류에 의해 발생하는 자계의 단위는 테슬라(T)이며, 일반적으로 밀리테슬라(mT) 또는 마이크로테슬라( $\mu$ T)를 사용한다. 일부 국가에서는 가우스(G)라는 측정단위를 사용하기도 한다( $10,000 \text{ G} = 1 \text{ T}$ ). 자계는 물질을 통과하는 성질이 있어 일반적인 물질로는 차폐가 힘들다. 전계와 자계 모두 전원 근처에서 가장 강하고 거리가 멀어질수록 약해진다. 대부분 전력용으로는 50 Hz 또는 60 Hz의 주파수가 사용된다. 일부 전기기기 주변 자계의 세기는 수백 마이크로테슬라( $\mu$ T)에 이르기도 한다. 송전선 아래 자계의 세기는 대략  $20 \mu\text{T}$  정도일 수도 있으며, 전계는 수천 V/m일 수 있다. 하지만 유럽과 북미의 일반 주거지에서 측정되는 자계의 평균 세기는  $0.07 \mu\text{T}$ 와  $0.11 \mu\text{T}$  정도로 매우 낮은 편이다. 일반 가정에서의 전계의 평균 값은 수십 V/m 정도이다.

#### 연구그룹 (Task Group)의 평가

2005년 10월, WHO에서는 0 ~ 100 kHz 범위의 극저주파 전자계 노출이 인체에 미칠 수 있는 위험 가능성을 평가하기 위해 과학 전문가로 구성된 특별 전문 연구그룹 회의를 소집하였다. 2002년 국제암연구소(IARC)에서는 암과 관련된 증거를 조사하였으나, 이 연구그룹에서는 다수의 인체의 건강영향에 대한 증거를 검토하였으며 암과 관련한 증거도 갱신하였다. 연구그룹의 연구 결과와 권고사항은 WHO Environmental Health Criteria (EHC) 연구 보고서에 수록되어 있다(WHO, 2007).

표준 건강 위험평가 절차에 따라 연구그룹은 일반 대중이 통상적으로 노출되는 극저주파 전계가 일반인들에게 미치는 실질적인 영향은 없는 것으로 결론 내렸다. 그러므로, 이 보고서의 나머지 부분에서는 극저주파 자계 노출의 영향을 주로 언급하였다.

#### 단기노출의 영향

$100 \mu\text{T}$  이상의 높은 레벨의 급성노출에 대한 생물학적 영향은 이미 확립된 생체물리학적 작용(Biophysical mechanisms)에 의해 설명되고 있다. 외부 극저주파 자계는 인체 내에 전계와 전류를 유도하며, 이것들은 매우 높은 강도에서 근육과 신경계 자극 그리고, 중추신경계의 신경세포 활성화에 변화를 일으키게 된다.

## 장기노출에 의한 잠재적 영향

극저주파 자계의 장기노출에 대한 위험성 연구는 대부분 소아백혈병에 대해 중점적으로 이루어져 왔다. 2002년 국제암연구소(IARC)는 극저주파 자계를 “인간에 발암 가능한(possible) 물질”로 분류하는 보고서를 발표하였다. 이 분류는 인간에 대해서는 발암에 관한 제한적인 증거가 있고 실험동물에서는 충분한 발암 증거가 없는 물질을 표현할 때 사용된다 (커피, 용접시 연기 등이 여기에 속함). 이 분류는 주거지의 전력주파수 자계 평균노출이 0.3~0.4  $\mu\text{T}$  이상일 때 소아백혈병 발병률이 두 배 증가한다는 일관된 패턴을 보이는 역학연구 결과에 의한 것이다. WHO 연구그룹은 그 후의 추가적인 연구가 분류 등급을 변화시키지 못했다고 결론지었다.

하지만, 잠재적인 편향적 선택(selection bias)같은 방법론적인 문제에 의해 역학적인 증거는 약화된다. 더욱이, 낮은 수준의 자계노출에 의해 암이 진전된다는 생체물리학적 작용(Biophysical mechanisms)은 밝혀진 바가 없는 실정이다. 그러므로 만약 이런 낮은 수준의 자계노출로 인해 어떤 영향이 있다면, 아직 알려지지 않은 생물학적 작용(Biological mechanisms)에 관해 규명되어야 한다. 또한, 동물연구에서는 대부분 영향이 없는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과를 고려하면 소아백혈병과 관련한 증거가 인과관계가 있는 것으로 간주할 만큼 충분히 강하지 못하다

소아 백혈병은 2000년 한 해 세계에서 49,000명이 발병하는 비교적 희귀한 병이다. 일반 가정에서 평균 0.3  $\mu\text{T}$  이상의 자계에 노출되는 경우는 매우 드물다. 어린이의 1% ~ 4%가 오직 그런 환경에서 사는 것으로 추산된다. 만약 자계와 소아 백혈병 간에 인과관계가 있다면, 자계노출로 인해 발병하는 것으로 추측되는 전세계적인 소아백혈병의 연간 발생수는 2000년을 기준으로 100명 ~ 2,400명 정도로, 그 해의 총 발병수의 0.2% ~ 4.95%에 해당한다. 따라서 자계가 질병의 위험성을 증가시킨다 할지라도, 세계적인 관점에서 볼 때 자계노출이 일반대중의 건강에 미치는 영향은 제한적이다.

많은 다른 부정적인 건강영향이 자계노출과 연관성이 있는지를 연구하였다. 이러한 연구에는 다른 종류의 소아암, 성인암, 우울증, 자살, 심혈관 이상, 생식장애, 성장장애, 면역체계 변형, 신경행동학적 영향, 신경퇴행 질환이 포함되었다. WHO 연구그룹은 자계노출과 이러한 건강영향 간의 연관성을 지지하는 과학적 증거는 소아 백혈병 보다 훨씬 약한 것으로 결론지었다. 예로 심혈관 이상과 유방암 등의 경우 그 증거는 극저주파 자계가 그들을 야기시키지 않음을 제시하고 있다.

## 국제 노출 가이드라인

단기간 고노출과 관련한 건강영향은 정립되어 있으며, 두개의 국제노출 제한치 가이드라인의 기초가 되었다(ICNIRP, 1998 ; IEEE, 2002). 현재 이들 기관들은 극저주파 전자계에 대한 장기간의 낮은 레벨의 노출로 인한 건강영향 가능성과 관련된 과학적 증거가 이들 노출 한계치의 수치를 낮추기에는 충분치 못하다고 생각하고 있다.

## WHO GUIDANCE

극저주파 전자계 단기간 고 노출로 인한 부정적 건강영향은 과학적으로 정립되어 있다(ICNIRP, 2003). 정책입안자들은 이러한 영향으로부터 직업인들과 일반인을 보호하기 위해 설정된 국제 노출 가이드라인을 반드시 채택하여야 한다. EMF 방호정책(프로그램)은 노출치가 제한치를 초과할 것으로 예상되는 발생원에 대한 노출량 측정을 반드시 포함해야 한다.

극저주파 자계 노출과 소아백혈병 간의 연관성이 있다는 증거가 미약하여 장기노출과 관련한 자계노출 저감의 건강에 대한 이득이 불분명하다. 이러한 관점에서 아래의 사항을 권장한다.

- 정부와 산업체는 극저주파 전자계 노출의 건강영향에 관한 과학적 증거의 불확실성을 더 줄이기 위하여 과학적 사실을 주시하고, 연구 프로그램을 지원하여야 한다. 극저주파 전자계에 대한 위험성 평가과정을 통해 지식상의 갭(gaps in knowledge)이 분명해 졌으며 이러한 것들이 새로운 연구 방향에 대한 기초를 형성한다.
- 모든 이해 당사자들 간에 의사결정 사항이 알려질 수 있도록 회원국들은 효과적이고 개방적인 의사소통 프로그램을 수립할 것을 권장한다. 이 프로그램들은 전자계를 방출하는 설비를 계획하는 과정에서 산업체, 지방정부와 시민 간의 협력과 협의(consultation)를 개선하도록 하는 것을 포함한다.

- 새로운 설비를 건설하고 가전제품을 포함한 새로운 장비를 설계할 때, 저비용으로 노출 저감법의 적용을 고려할 수 있다. 적합한 노출 저감 대책들은 국가마다 다를 수 있을 것이다. 하지만, 자의적인 낮은 노출 제한치를 적용한 정책은 정당한 것이 아니다.

## 보충자료

세계보건기구(WHO) 『환경보건기준 Vol. 238 : 극저주파 전자계』. 세계보건기구, Geneva, 2007년.

인체발암위험성평가에 관한 국제암연구소(IARC) 작업반. 『비전리복사(NIR), 1부 : 정(靜)전자계와 극저주파의 전자계』 Lyon, 국제암연구소(IARC), 2002년 (인체발암위험성평가 보고서, 80).

비전리복사방호위원회(ICNIRP). 『정전자계과 극저주파 전자계에 대한 노출, 생체영향과 건강결과(0 - 100 kHz)』 Bernhardt JH 외 다수, 편집 Oberschleissheim, 비전리복사방호위원회, 2003년 (ICNIRP 13/2003).

비전리복사방호위원회(ICNIRP, 1998). 『시간에 따라 변하는 전계, 자계 그리고 전자계에 대한 노출제한 가이드라인(300 GHz 까지)』 Health Physics 74(4), 494-522 .

전기전자학회(IEEE) 제 28 규격조정위원회. 『전자계(0 - 3 kHz) 인체노출 안전기준에 대한 IEEE 규격』 New York, NY, IEEE, 2002년 ( IEEE Std C95.6-2002 ).