

전자기파와 건강에 미치는 영향

Electric and magnetic fields and health outcomes

출처 : Scand J Work Environ Health 1994;20 special issue:78-89

저자 : Knave B.

안 연 순

최근에 새로운 연구의 관심이 저주파 전자기장 (low-frequency electric and magnetic fields)의 생물학적 효과 및 건강에 미치는 영향에 관련된 부분에서 일고 있다. 1960년대에 소련에서 신경쇠약 증상, 심혈관계 및 위장관계 기능장애와 혈구세포의 일시적인 구성변화에 관한 전자기파의 효과에 대한 연구 이후 정체를 거쳐 1970년대말과 1980년대초 고압선 주변의 자장에 소아 백혈병과의 관계, 저주파 자장에 폭로되는 전자업에 종사하는 근로자에서의 백혈병 및 뇌종양 발생과 관련된 연구를 계기로 전자기파와 건강효과에 관한 연구가 다시 활성화되기 시작하였다. 이 논문은 최근 이 분야에서 진행중인 과학적 연구와 배경에 관하여 설명하고 폭로제한에 관한 기준에 대한 견해를 제시하였다.

저주파 전자기장 (Low-frequency electric and magnetic fields)

전기 및 자기장은 저주파 전자기 방사 스펙트럼 (low-frequency electromagnetic radiation spec-

trum)의 일부로 정의할 수 있다. 저주파 전자기장은 저주파수 및 장파장으로 인하여 낮은 에너지를 함유하고 있어 최근에 입증된 사람세포에서의 다양한 자철광 결정(magnetic crystals)을 제외하고는 특별한 수용기세포 또는 구조를 공격하는 방식으로는 어떤 생물학적 효과도 나타낼 수 없다. 저주파는 전기장과 자기장의 두 부분으로 구성되며 주파수에 따라 최저주파(extremely low frequencies, ELF)와 저주파(very low frequencies, VLF)의 두 집단으로 분류되는데 ELF는 50-60Hz 정도의 주파수이고 kilo-Hertzdomain의 고주파 부위를 VLF라고 한다.

전자기파 및 자기파에 의한 폭로

1. 가정

가정에는 텔레비전, 냉장고, 전기 스토브 및 오븐, 전기담요 등 많은 전기 및 자기장에 노출될 수 있으나 특징은 발생원으로 부터 거리를 두면 폭로가 급속히 감소된다는 것이다.

2. 직업

직업적으로 용접공 전자산업 근로자, 전자공학 기술자, 철도 조정 근로자, 텔레비전 및 전자기기 수리공, 제철소 및 용광로 근로자, 광부 등은 작업을 하는 동안 전자기파에 많이 폭로된다.

3. 전자기파를 이용한 교통수단

4. 전자기파의 체내 유도

전기장과 자기장은 체내에서 전류를 유도한다.

건강에 미치는 영향

1. 암

1970년대에 전기장에 의한 건강영향을 중심으로 일기 시작한 이 분야의 연구는 1970년대말에 자기장의 발암성에 관한 인체 영향을 중심으로 연구의 방향이 전환되었는데 고압선 주위에 거주하고 있는 어린이 및 어른에서의 백혈병 발생 증가, 전자업 근로자에서의 백혈병 및 뇌종양에 관한 역학적 연구가 이루어졌다.

1) 일반주민을 중심으로 한 역학연구

고압선 주변 거주자를 중심으로 스웨덴과 덴마크에서 이루어진 역학연구에서 스웨덴에서의 결과는 어린이 백혈병이 두배의 위험이 있음을 밝혀내었고 덴마크의 연구결과는 거의 모든 중요한 어린이 암이 폭로와 양의 관계가 있는 것으로 나타났으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. 기타 핀란드와 스칸디나비아에서 비슷한 연구가 있었으나 고압선의 자기장 폭로와 암과의 관계는 현재까지 그 결과가 있어 논란이 많다.

2) 산업장 중심의 역학연구

1993년에 스웨덴, 덴마크, 미국에서 전자기파의 영향에 관한 3편의 역학연구가 발표되었다. 스웨덴의 환자-대조군 연구에서는 $0.2\mu T$ 이상에 폭로된 근로자에서 만성임파구성 백혈병과 뇌종양의 위험이 2배 이상이라는 결과가 있었고, 덴마크의 코호트 연구에서도 백혈병의 위험이 증가하는 결과가 나타났으나 미국의 연구에서는 백혈병과 뇌종양의 위험이 증가한다는 결과는 없었다. 그러나 이들 3편의 연구를 비롯한 많은 역학연구에서 혼란변수와 effect-modifying인자에 관한 고려가 거의 없었고 급성골수성 백혈병만을 다룬 제한점이 많은 연구이었다. 또 자기장에 고폭로되는 남성 근로자에서 유방암이 증가한다는 연구가 많이 이루어져 왔고 최근에는 여성 유방암 발생과 전자업 종사와의 관계에 대한 연구도 두 편이 있었다.

3) 동물연구

이 분야의 동물연구는 드문편이며 전자기장의 위험을 평가하는데 별 도움을 주지 못하였다.

2. 임신결과 및 생식에 미치는 영향

1) 고전압 사용 및 실험 근로자들에 관한 연구

1970년대말 스웨덴의 연구에서는 남편이 전기업에 종사하는 여성에서 유산과 선천성 기형의 출산이 많다는 연구결과와 조차장 근로자의 임파구에서 염색체 손상이 있음을 발표하였다. 그러나 독일의 연구에서는 380kV 전압을 취급하는 근로자에서 염색체 이상이 없다는 연구결과도 있어 아직까지 이 분야의 연구결과에 대한 논란이 많다.

2) 전기담요

1986년과 1989년의 Wertheimer & Leeper의 전기담요 사용후 나쁜 임신결과를 가져왔다는 연구 이후 중국에서도 임신초기에 자연유산이 증가한다는 발표가 있었으나 반론을 제기하는 연구 결과도 있다.

3) 폭로 주민을 대상으로 한 연구

핀란드의 환자-대조군 연구에서 50Hz 자기장에 폭로된 여성에서 임신시 조기유산이 증가한다는 결과가 있었으나 고압선 주변 거주자에서 출생시 손상과 선천성 기형이 증가하지 않는다는 연구결과도 있었다.

4) 부모의 전자기장 폭로로 인한 어린이 암발생 증가(후기 효과)

부모의 전자기장 폭로와 이로 인한 후기 효과로 어린이의 암발생이 증가한다는 연구는 논란이 많으며 후기효과를 나타내기 위해서는 전자기장 유도성 유전자 또는 염색체 이상이 선행되어야 한다.

5) Video display terminals

VDT작동자는 ELF 및 VLF 전장과 자장에 폭로된다. 1980년대 중반이후 VDT폭로군과 비폭로군에서의 임신효과에 대한 연구가 다수 있었으나 이러한 역학적 연구들이 임신중 VDT작업과 유산의 증가, 선천성기형의 증가 및 태아의 성장저하와의 관계를 입증하지는 못하였다.

6) 저주파 자기장 폭로에 대한 동물 기형 실험

1982년 스페인의 연구팀이 병아리 배이에 대한 저주파 자기장 폭로 실험에서 기형 가능성을 제시한 후 몇 편의 연구가 있었으나 부적절한 통계, 불완전한 연구 protocol, 사용된 실험 동물종이 다른 이유 등으로 일관된 결과를 얻지 못하였다.

3. 전자기에 대한 과민반응 및 신경행동학적 효과

1980년대에 스웨덴에서 각각 다른 연구자들에 의하여 VDT취급자에서 피부증상 및 증후가 증가한다는 연구 발표 이후로 관련 분야의 연구가 있으나 결과가 모두 일치하지는 않았다. 지난 4,5년 동안 주로 VDT를 취급하는 소규모 집단의 사람들에게

서 신경계, 감각기, 상기도, 소화기 증상을 동반한 심한 피부증상이 발현함을 알아내었으나 이들은 VDT취급하고만 관련이 있는 것이 아니고 주위에 전자기파가 존재하고 가정에 전자기기 및 형광등을 사용하고 있었으며 이들이 증상을 악화시켰다. 이들을 전기에 대한 과민증(hypersensitivity to electricity)으로 규정하고 있으며 스웨덴에만 수천명이 있다. 과민증은 주로 피부 및 신경증상이고 예후는 다양하며 피부증상에 비하여 신경증상이 더욱 지속적이며 VDT를 취급하는 작업시간을 줄임으로써 증상이 경감되는데 특히 피부증상이 현저히 감소한다. 과민증은 여러 원인에 의하여 복합적으로 야기되며 전기장 및 자기장의 관계 여부는 분명치 않다. 또 과민증을 가진 근로자들은 VDT취급시 과민증이 없는 근로자들에 비하여 스트레스 호르몬을 더 많이 분비하는 것으로 밝혀졌다. 또 약한 자기장 폭로에 대한 반응으로 melatonin cycle이 바뀌어서 우울한 신경증상을 일으킨다는 실험 및 역학연구가 있으며 이 분야의 연구가 계속 진행중에 있다.

4. 폭로규제와 폭로한계의 제시

폭로규제에 대한 논의는 암발생 보고서를 근거로 한 것이다. 앞에서 제시한 역학연구에서 0.2-0.4 μT 이상의 폭로에서 위험이 증가하는 것으로 나타났으며 고압선 부근 거주자의 폭로도 비슷한 결과를 보여 주었다. 폭로의 한계를 결정하기 위한 여러 역학연구, 동물실험, 발암 및 건강에 미치는 영향에 대한 기전에 관한 연구가 논란이 많아 폭로규제와 한계를 제시하기 위하여는 아직까지 매우 미흡하다.

1990년 국제방사선보호협회의회(International Radiation Protection Association, IRPA)는 50/60Hz 전자기장에 대한 폭로제한을 주장하였고 많은 국가에서 기준으로 채택하였다. 그러나 이 분야의 중요한 연구가 1993년대 이후에 이루어져서 1993년 국제비전리방사선보호협회의회(International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, ICNIRP)는 추가사항에 대한 제의를 하였다. 그러나 이들은 현재의 지식으로는 일반주민 및

산업장에서의 microtesla이하의 폭로에 대해서는 그 한계를 보증할 수 없으므로 이에 대한 더 많은 데이터가 수집되어야 한다고 주장하고 있다. 50 또는 60Hz의 자기장에 대한 직업적 폭로한계는 일일 0.5mT이고 2시간까지의 단기폭로는 5mT이며 전기장에 대한 폭로한계는 $10-30k \cdot Vm^{-1}$ 를 권장하

고 있다. 또한 전자기장 폭로를 최소화하기 위한 체계적인 전략은 거주자 및 직업적 폭로를 감소시키기 위하여 고압선을 어떻게 설계하고 어디에 세울 것인지 가정에서의 폭로를 감소시키기 위하여 가전제품은 어떻게 설계할 것인지에 관한 내용이다.



입사시엔 엘리트 사원으로 촉망받던 총무과 어수선사.
그러나 그는 거의 날마다 윗사람으로부터 꾸중을 듣습니다:
워낙 성격이 텅텅해서 도대체 '정리정돈'과는
아득히 거리가 먼 사람이기 때문입니다.

그의 책상은 항상 각종 서류와 기안문서, 잡지, 휴지,
궁러다니는 펜으로 가득차서 상사가 갑자기 서류 하나를
가져오라고 하면 스스로도 찻느라고 종일토록 애를 먹곤 합니다.

그런 그는 일의 과정이나 시간 약속 등도
곧잘 잊어버려 큰 일을 그르치거나
핀잔을 받기 일쑤입니다.

뛰어난 임기응변보다도 뛰어난 머리보다도
사소한 일이라도 꼼꼼히 챙기는게
더 중요하다는 것을 명심합니다.

아무리 큰 일이라도
그 기본은 작은 일에서 시작되며,
작은 일을 그르치면
큰일 또한 제대로 될 리 없습니다.

