

극초단파에 의한 장애

Hazards of Microwaves

카톨릭의대 산업의학연구소 소 장 이 광 목

극초단파에 의한 건강장애

산업기술혁신으로 작업장의 환경조건도 많은 변화를 가져오고 있다. 따라서 그중의 하나로 극초단파 (microwave) 의 이용이 증가되고 있어서 이에 폭로되어 일어나는 건강장애는 어떤 것이 있겠는가에 대해 많은 관심을 갖게 되었다.

이 microwave 는 비전리방사선에 포함되는 것으로서 어떤 물질을 통과하는 경우 이온대 (ion pairs) 를 발생하지는 않는다.

이 microwave 는 물리학적으로는 1m 이하의 파장을 갖는 전자파라고 정의되어 있는데 산업위생학적으로는 300 ~ 300,000MHZ (구라파) 의 주파수를 갖는 것이라 되어 있으며, 미국표준협회 (United States of America Standard Institute) 에서는 10 ~ 100,000 MHZ 를 취하고 있다. 그러나 미국의 ACGIH 에서는 0.01MHZ 에서 300,000MHZ 를 취할 것을 제안하고 있다.

이 microwave 는 사업장의 다른 물리적 인자와는 달리 직업집단이외에 일반공중에게도 문제가 되는 것이다. 미국의 경우 전체 인구의 약 반수가 측정가능한 microwave 에 폭로되고 있다고 알려져 있다. 현재 microwave 의 발생원을 보면 ①전자렌지와 같은 가전제품, ②레이저나 microwave 통신기기와 같은 상업용 또는 공업용기기, ③의학용기기, ④

레이다와 같은 교육, 연구, 방위용기기, ⑤고주파 프레스나 세척기와 같은 공업용 장치 등이 있다.

그리고 널리 쓰이고 있는 산업은 식품공업이라고 한다.

1. microwave 에 의한 사망신고

사망사고가 흔히 있는 것은 아니나 사망경위를 보면 microwave 로 인한 건강장애가 어떤 것일 수 있는가를 이해할 수 있을 것 같아서 소개하는 것이다.

이 사망에는 McLanghlin(1957)이 California Medicine 에 발표하였던 것이다.

사망자는 42세의 백인남자로서 군용의 레이더 안테나로부터 10feet 이내에서 일하던 사람으로서 강한 microwave 에 폭로되었었다. 폭로시간은 1분이내였다고만 알려져 있는데 폭로된지 수초후에 복부에 열감을 느꼈고 견딜 수 없어서 일을 그만두고 안테나로부터 멀리 떨어져 피했다. 30분이 지난후 심한 복통과 함께 구토하기 시작했다. 이때 의사에게 진단을 받았는데 가벼운 Shock 상태였고 혈압이 90 / 30 mmHg 로 떨어져 있었다.

곧 입원하였고 이때 일반적 증상은 급성복막염과 유사하였다. 진단은 장간막 (腸間膜) 의 색전 또는 혈전증, 또는 소화기궤양이라 생각했다. 통증이 있는지 6시간후 수술을 하

였다. 복막에는 장액혈성(漿液血性)의 액체가 500 ml 나 있었다. 그리고 복막은 암적색이었고 소장은 소고기와 같은 색이었고 표면에는 1 mm 크기의 출혈반이 있으며, 충수는 제거되었다.

수술후 4 일째에 장의蠕動이 시작되었고 식사는 액상의 음식을 주었다. 5 일째는 설사와 복부팽창상태가 나타났다. 6 일째는 백혈구가 17,000, 10 일째에는 복부 수술자극의 팽출이 나타났다. 따라서 환자는 속크에 빠졌으며 곧 장절제수술을 하였다. 수술후 24 시간후에 사망하였고 부검하였다.

공장(空腸)의 케양과穿孔, 부신의 위축으로 진단되었다.

당시의 레이더는 peak power가 2.5 MW 를 방사하는 것을 사용하였다고 알려졌다.

이 정도이면 소장에 있는 액체는 방사에너지의 약 10%는 받았을 것으로 생각되며 점막의 단백질이 변성되었을 것이라 생각되었다고 기술하고 있다.

사망 예는 아니지만 이러한 종류의 단파사고는 고주파 프레스기에 놀려서 손가락에 압좌상을 입은 경우가 있다.

이 경우 일반적인 프레스기에 의한 좌상으로 여겨 치료만 하였다가 후에 조직의 괴사가 일어나 수지를 잃게 된다. 이것은 재해성 단순한 외상이외에 심부조직의 열상이 있는 것을 지나쳐 버리기 때문이다. 우리나라의 경우 현재 이 고주파프레스기가 도입되어 있어서 많은 재해가 일어나고 있을 것이 예상되는데 프레스기에 의한 좌상의 경우 고주파프레스기에 의한 것인지 확인할 필요가 있다.

2. Microwave 의 열효과

우선 피부에 대한 열효과를 생각해 보면 체 표면에는 체 내부보다 지각신경이 많이

분포되어 있기 때문에 microwave에 폭로되는 경우 표면에서 흡수가 일어나면 열감을 느끼기 쉬워서 큰 장애는 안 일어난다. 그러나 1,000 ~ 3,000 MHz 의 주파수를 갖는 경우는 심부에서도 흡수가 일어나므로 열감을 느끼는 것이 늦고 따라서 더욱 위험하며 불쾌감을 느꼈을 때는 이미 장애를 받은 후가 된다.

전신에 대한 열효과에 대해서는 여러가지 동물실험들이 보고되어 있는데, 100 m W/cm² 이상의 microwave 의 전신조사에서 체온의 상승을 보게 된다. 체온상승중에 백혈구를 세어보면 증가됨을 볼 수 있는데 이는 뇌하수체부신계의 자극에 의한 것이라 하며 호산구와 임파구수가 감소된다. 체온상승으로 사망할 정도가 되면 신장, 심장의 장애, 장, 간, 뇌의 내출혈이 일어난다.

Lotz 에 실험에 의하면 2,450 MHz 의 연속파를 조사한 백쥐의 경우 13 m W/cm² 정도에서 결장(結腸)의 온도가 상승된다고 하였다. 이 실험은 또 결장온과 혈장 corticosterone 과의 관계에 대해 논하고 있는바 37.5 °C에서 corticosterone 의 농도가 5 μg / 100 ml 정도인 것이 40 °C에서는 20 ~ 30 μg / 100 ml 로 상승된다. 즉 부신피질이 영향을 받는다고 볼 수 있다. 그리고 결론적으로 30 ~ 50 m W/cm²은 60 분, 15 ~ 20 m W/cm²은 120 분이 허용될 수 있는 시간이 아닌가 보고 있다.

눈에 대한 효과가 가장 주목되고 있는 것이라 보는데 microwave 에 조사하면 눈 표층의 조직에 상해가 일어난다.

즉 눈꺼풀의 화상, 결막출혈, 각막상피의 탈출과 실질의 부종, 다핵백혈구, 임파구의 침윤 등에 의한 각막혼탁이 일어난다.

더욱 심한 경우에는 각막케양도 일어난다. 그리고 동공의 확대, 반응이 늦거나 둔하게

되고 흥체가 충혈 팽창되어 출혈을 일으킨다. 초자체는 혼탁하게 되고 시신경 유두가 충혈된다. 수정체의 전량질이 혼탁을 일으키거나 전체적인 혼탁이 일어난다.

microwave에 의한 재해성 백내장이 보고된 바 있으나 그리 많지는 않다. Zaret는 microwave oven 작업자 1,000명중 42명이 백내장이 있었다고 보고하였는데 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 이하에서는 백내장이 일어나지 않았다고 하였다.

고환에 대한 열효과도 중요시해야 한다고 하는데 이는 눈의 수정체와 같이 혈관분포가 적고 또 온감수용기도 적게 분포되어 있어서 열 손상을 일으킬 위험이 크다. 동물실험에 의하면 수정관 표층의 상피세포의 변성과 신속한 정모세포수의 급격한 감소를 볼 수 있다. 허용기준은 약 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 인 것으로 보고 있다. 또 정자의 수가 감소되는 것을 볼 수 있었다고 했다.

이 열효과외에 소련에서는 전신영향이나 중추신경계의 영향을 중시하고 있는데 서방국가에서는 문제삼고 있지 않다.

미군 공군기지에서 F-4 전투기의 정비중 항공기의 레이다 연속파에 폭로되어 구토증, 가벼운 두통, 이명이 일어났다. 그리고 체중 감소, 혈압상승, 식욕감퇴 등이 있는 전신증상이 있었다는 보고가 있으나 그 원인이 확실하지는 않았다.

3. microwave의 TLV

ACGIH의 권고치를 보면 대략 다음과 같다.

전제조건으로서 power density가 알려져 있거나 field density가 알려져 있는 경우로서 폭로시간이 조정가능한 경우 다음 기준을 적용한다고 되어 있다.

1) 연속파 (CW)에 폭로되는 경우 microwave의 power density level이 연속폭로로 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 이하일 것. 그리고 총 폭로시간이 하루 8시간 이내일 것. 이 power density는 자유공간의 전계강도 $200\text{V}/\text{m}$ 또는 자계강도 (磁界强度)가 $0.5\text{A}/\text{m}$ 와 거의 같다.

2) $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 보다 큰 power 밀도 수준의 연속파에 폭로되는 경우 0.1시간당 평균 에너지밀도가 $1\text{mWh}/\text{cm}^2$ 정도이면 최대 $25\text{W}/\text{cm}^2$ 까지 허용된다. $25\text{mW}/\text{cm}^2$ 인 경우는 허용폭로시간은 0.1시간중 2.4분간으로 한다.

3) 반복 맥파의 microwave에 대해서는 평균 field density 또는 평균 power density는 puls의 peak 값과 duty cycle의 적으로 계산한다. duty cycle의 puls의 지속시간 (초), Hz로 표시되는 puls의 반복수의 곱과 같다. 8시간 노동중 0.1시간에 대해서도 다음의 값을 넘어서는 아니된다.

power density	$10\text{mW}/\text{cm}^2$
에너지 밀도	$1\text{mWh}/\text{cm}^2$
2승전계강도	$40,000\text{V}^2/\text{m}^2$
2승자계강도	$0.25\text{A}^2/\text{m}^2$

4) 연속파 또는 반복파의 microwave 중 어떤 경우라도 자유공간 전계강도 $300\text{V}/\text{m}$, 또는 $0.75\text{A}/\text{m}$ 를 넘는 폭로는 허용되지 아니한다.

