

진단용 영상장치에서 전자파 측정에 관한 고찰

어 윤 기

원광대학교 의과대학병원 진단방사선팀

A Study on the Electromagnetic Wave Measurement in Diagnostic Imaging Equipment

EO, Yun-Gi

Team of Diagnostic Radiology, Wonkwang University Hospital

Abstract

Purpose of this research is that if Radiographer has focused on Radiation exposure research until now, he should realize that always exposed by Electro Magnetic Wave at given working environment And also, another purpose is that to minimize damage with measuring Electro Magnetic Wave which is happened area and distance of Radiation Control System and High Voltage Equipment , check occurrence rate and minimize damage from it.

I. 서론

전자제품과 의료장비 그리고 전기와 관련된 모든 생활 필수 도구들의 증가와 함께 우리는 전자파에 항상 노출되어 있으며, 가정에서도 TV나 헤어드라이기, 휴대폰 등의 사용은 우리의 일상생활에서 뗄 수 없는 필수품이 되었고, 직장에서도 업무적으로 컴퓨터나 기타 전기, 전자제품과 관련된 직장인들은 전자파의 노출 속에 살고 있다. 특히 방사선사는 직업적으로 방사선 의료기에서 나오는 방사선과 전자파에 노출이 불가피한 실정이다.

전자파는 전기와 자기의 주기적인 변화에 의한 진동이 공간으로 퍼져 나가는 파동으로 일종의 에너지라 할 수 있으며, 세가지 변수로 전자장의 세기, 전자장 원천으로부터의 거리, 노출시간이 있다(1). 또한 전자파는 전계와 자계로 구분하며, 전계는 도체에 의해 차폐될

수 있다. 이것은 전계선(electric field line)들이 다른 전하와 부딪히면 멈추기 때문이다. 보통의 집들은 건축 자재나 습도의 양에 의해 전계가 그 물체의 전하와 충돌하여 약 90%를 차단한다. 그러나 자계는 대부분의 물질에 의해 차폐되지 않기 때문에 가정으로 들어오는 자계를 차폐하기란 쉽지 않다. 이것은 자계선(magnetic field line)이 전류가 흐르는 도체 주위에 연속적인 루프를 형성하기 때문이다. 자계선은 대부분의 물체(나무, 공기, 사람 등)를 통과하지만 특히 철과 같은 물체는 아주 쉽게 통과한다. 그래서 자계의 차폐는 쉽지가 않다. 선인장이 전자파를 흡수한다고 해서 TV나 컴퓨터 모니터 위에 선인장을 놓는 경우가 많은데 별로 도움이 안된다. 왜냐하면 인체에 특히 유해한 자계는 선인장에 의해 차폐가 되지 않기 때문이다. 또한 모니터 보안경의 경우 자계는 거의 차폐하지 못한다. 구리망으로 된 보안경으로 접지가 되어 있는 경우 전계는 상당히 감소

하나 자계는 역시 전혀 감소되지 않는다(2, 3).

인체에 영향을 미치는 전자파는 크게 극저주파(ELF: Extremely Low Frequency : 0~1kHz), 초저주파(VLF: Very Low Frequency: 1~500kHz), 라디오파(RF: Radio Frequency: 500kHz~300MHz), 및 마이크로파(300MHz~300GHz)로 분류하며 ELF와 VLF는 자계와 전계로 인해 인체에 유도되는 전류에 의해 세포막을 이동하는 Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^- 등의 분포에 변화를 일으킴으로써 각종 호르몬 분비에도 영향을 미치는 것이 문제가 되고 있으며(4), 마이크로파는 인체 조직의 온도를 상승시키는데 특히 뇌, 신경계에 대한 영향이 현저하며, 신경 전달물질 대사의 이상이 많이 보고 되어있다(5). 전자파가 생체에 미치는 영향으로 열적효과와 비열적 효과로 구분한다(6). 전자파에 의해 조직이 가열되면 체온상승과 각종 증상이나 병변이 발생하고 심하면 단백질이 응고되어 조직의 손상을 일으킨다(7, 8). 두부에 전자파가 입사되는 경우, 외관적인 행동이나 생리학적 소견에 이상이 발견되지 않는 낮은 전력이라도 뇌파에는 속파화 현상이 인지되어 동물이 어떤 형태로든 자극을 받고 있음을 나타낸다(9). 전자파가 일으킬 수 있는 증상으로는 나른함, 불면증, 신경 예민, 두통, 숙면에 관여하는 멜라토닌 호르몬 감소, 맥박의 감소 등이 있다(10).

하지만 직업적으로 근무하는 변전소 근무자와 임상병리사, 비직업적으로 학생과 주부를 상대로 실험한 결과 직업군과 비직업군의 멜라토닌 분비량에는 큰 차이가 없는 것으로 판명되었다(11).

진료용으로 쓰이는 MRI 조정실은 촬영하는 도중이 촬영하기 전보다 오히려 적은 자계가 형성되었으며, CT 조정실은 두 군데가 많은 차이를 보였는데 새로 만들어진 조정실에서 보다 적은 자계가 측정되었다. MRI 조정실의 자계가 CT 조정실 보다 약한 것은 MRI 자체 및 건물의 차폐가 잘 되었기 때문으로 사료된다(12). 하지만 현실적으로 방사선 기기에서 발생하는 전자파 노출의 유·무에 대하여 보고 된 적이 거의 없기에 발생 유·무와 발생 정도를 알기 위하여 시작하였으며, 연구에 있어 특정 진단기기를 설정한 이유는 본원에서 사용 중인 기기이고, 또한 전국적으로 많이 사용하는 기기라는 점에서 선택하였으며 특별한 이유가 없음을 밝힌다. 본 연구의 목적은 전자파에 의한 생리학적 반응보다는 지금까지 방사선사가 방사선 피폭 연구에 중점을 두었다면 이제는 근무 여건상 직업적으로 전자파에 항상 노출 되고 있다는 것을 자각하고 또한 방사선 Control

System(조절장치)과 고전압 발생장치 등 기기의 부위와 거리에 따라 발생하는 전자파를 측정하여 발생 정도를 확인하고 그로 인한 피해를 최소한 줄이고자 하는데 목적이 있다.

II. 실험재료 및 방법

1. 사용기기 및 재료

- 1) X-Ray 장치(Dong-A DXG550)
- 2) 자동현상기(FPM 3500)
- 3) Apron(0.5mm pb)
- 3) CUSTOM EMF-822 (Range 0.1m~199m Gauss)

2. 실험 방법

X-Ray 촬영장치에서 Analog 방식인 Dong-A DXG 550을 사용하였으며, kV, mA Control system(조절장치), Bucky table(Erect, Supine)과 자동현상기로 분류하여 각각 Main S/W를 "ON"과 "OFF"로 하였을 때 전자파를 비교 측정하였다.

또한 방사선 촬영기기 Control System 전원을 "OFF" 하였을 때, 방사선 촬영기기 Control System 전원을 "ON"하였을 때, Control System 전원을 "ON" 한 상태에서 Control System을 pb(납)으로 된 Apron(차폐복)으로 차폐 했을 때와 하지 않았을 경우, 3가지로 분류하여 전자파를 측정하였다.

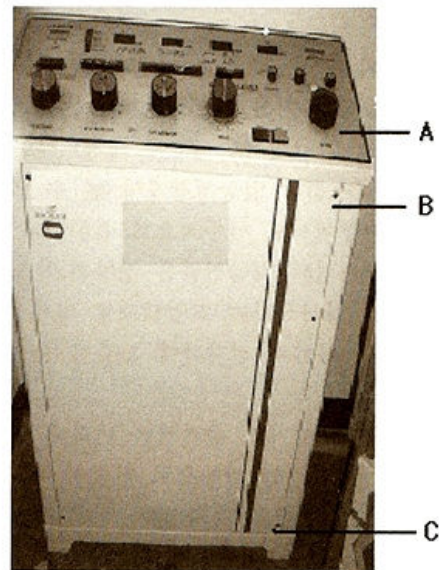


Fig. 1. Control System

위와 같은 방법을 통하여 거리와 접촉부위에 따라 세분화 하여 측정하였는데, Control System에서 측정은 Control System을 대상으로 각각 0cm, 10cm, 30cm, 50cm로 구분하여 거리 및 부위에 따라 발생하는 전자파를 측정 하였으며, 각각의 거리에서 5회씩 측정하고 최저와 최고 전자파로 분류하여 기록하였다.

측정 부위는 Control System에서 상단 부위로 방사선사의 업무에 있어 손과 머리에 가까운 부위인 kV와 mA display 부위(A)와, 촬영자가 섰을 경우 생식기에 가까운 제어장치 전면 부위(B), 발목과 가까운 제어장치 하단 부위(C)로 구분하여 각각 측정하였다. 측정 장비로는 CUSTOM EMF-822 (Range 0.1m~199m Gauss)로 측정 실험하였으며, 자계만을 측정하였다.

III. 결과 고찰

다음과 같이 크게 4가지로 방법으로 분류하여 측정하였고, 또한 거리 및 위치에 따라 각각 세분화 하여 측정하였다.

첫째. 방사선 기기 Main S/W를 차단하였을 때 모든 기기에서 부위 및 거리에 따른 전자파는 나타나지 않았다. 둘째. Main S/W와 Control System 전원을 “ON”하였을 때 거리와 부위에 따라 다음과 같이 전자파의 최저와 최고 측정값을 얻었다.

Table 1. Electro Magnetic Wave based on the distance from Stand Bucky

거리	0cm	10~30cm
최저 전자파	00.4	00.2
최고 전자파	00.6	00.6

Table 2. Electro Magnetic Wave based on distance from Photographing table(Moving grid area). (Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	00.4	00.2	00.2	00.2	00.2
최고 전자파	40.4	05.4	02.3	01.2	00.5

Control System에서 전자파 측정은 kV와 mA 조절부, 촬영자가 섰을 경우 생식선과 가까운 위치의 제어장치 부위, 발목과 가까운 제어장치 부위로 구분하여 거리 및 위치에 따라 전자파의 최저와 최고의 측정값을 얻었다.

Table 3. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to kV and mA Display area (Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	06.1	02.5	01.5	01.0	00.6
최고 전자파	186.0	35.2	10.3	04.8	01.8

Table 4. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to sex glands area(Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	15.0	12.0	05.0	02.5	00.6
최고 전자파	152.0	24.0	10.0	04.0	01.0

Table 5. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to ankle area(Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	63.0	53.0	24.0	13.0	04.8
최고 전자파	199.9 over	91.0	36.0	16.2	05.8

Main S/W와 Control System 전원을 “ON” 한 상태에서 Control System을 pb(납)으로 된 Apron(차폐복)으로 차폐 했을 때와 하지 않았을 때 전자파 측정값 : (단위: m Gauss)

Table 6. When Apron is not used(Measurement distance : 0cm)

부위	머리	생식선	발목
최저 전자파	06.0	15.0	63.0
최고 전자파	186.0	152.0	199.9 over

Table 7. When Apron is not used(Measurement distance : 50cm)

부위	머리	생식선	발목
최저 전자파	00.4	00.6	04.8
최고 전자파	01.7	01.0	05.8

Table 8. When Apron is used(Measurement distance : 0cm)

부위	머리	생식선	발목
최저 전자파	06.0	15.0	63.0
최고 전자파	145	110	199.9 over

Table 9. When Apron is used(Measurement distance : 50cm)

부위	머리	생식선	발목
최저 전자파	00.4	00.6	04.7
최고 전자파	01.0	00.8	05.8

위의 내용과 같이 Main S/W와 Control System 전원을 “ON”한 상태에서 거리와 부위에 따라 세부적으로 분류하여 전자파의 최저와 최고 값을 측정하였다.

먼저 Stand Bucky에서 거리에 따른 전자파는 0~30cm 일 때 00.2~00.6m Gauss로 아주 미세한 전자파가 발생하였다.

촬영 테이블에서 Moving Grid를 중심으로 거리 및 위치에 따른 최저, 최고 전자파를 측정하였는데, 거리가 0cm에서는 전자파의 측정값이 크게 차이가 났다. 이것은 테이블 밑에 있는 전원장치의 위치에 따라 값이 달라지는 것을 볼 수 있고, 거리가 멀어지면서 전자파가 현저하게 줄어들며 크게 차이가 없는 것을 볼 수 있다.

Control System에서 전자파 측정은 3가지로 세분화하였는데 kV와 mA 조절부에서, 촬영자가 섰을 경우 생식선과 가까운 위치의 제어장치 부위에서, 발목과 가까운 제어장치 부위로 구분하여 거리 및 위치에 따라 전자파의 최저와 최고의 측정값을 얻었다.

먼저 kV와 mA 조절부는 kV와 mA를 조절하며 디스플레이 하는 부위로 술자가 섰을 경우 복부위치에 해당되며 술자가 항상 손으로 조작하는 부위이다,

측정값을 보면 거리 0cm에서 위치에 따라 전자파가 크게 차이가 있었고, 거리가 50cm에서는 현저하게 줄어드는 것을 볼 수 있다.

Control System에 술자가 섰을 경우 생식선과 근접한 부위의 거리에 따른 전자파 최저와 최고 측정값에서도 위치와 거리에 따라 현저한 측정값을 볼 수 있는데, 거리 0cm에서 고전압 발생장치 부근에서는 전자파 측정값이 높게 측정되었고, 고전압 발생장치에서 먼 부위와 거리가 멀어질수록 전자파 측정값은 현저하게 감소하는 것을 확인할 수 있다.

일반 성인을 기준으로 섰을 경우 고전압 발생부위와 생식선의 위치가 비슷하므로 거리가 근접할수록, 장시간 가까이 있을수록 전자파에 노출이 증가할 것이다. 거리 50cm에서는 거의 비슷한 측정값을 보였다.

Control System에서 발목과 근접한 부위의 거리에 따른 전자파의 최저와 최고 측정값에서 거리 0cm 일

때 기계의 한도 범위인 199.9m G 측정값을 넘어서 측정 불가하였다. 하지만 거리가 50cm 에서는 거의 동일한 측정값을 볼 수 있다.

다음은 Control System을 pb(납)으로 된 Apron으로 차폐 했을 때와 하지 않았을 때 전자파를 비교 측정하였다. 거리는 0cm와 50cm로 구분하고, 머리, 생식선, 발목 부위로 나누어 각각 측정하였다. 측정값을 보면 Apron(차폐복)으로 차폐 했을 때와 하지 않았을 때 전자파는 약간의 차이는 있지만 큰 차이는 없음을 확인할 수 있었으며, 이로 인해 납으로 된 Apron(차폐복)은 전자파 차폐에는 큰 도움이 되지 않음을 알 수 있다.

셋째, Main S/W는 그대로 “ON”한 상태에서 Control System 전원만 “OFF”하였을 때 전자파를 세부적으로 측정하였다.

Table 10. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to kV and mA Display area (Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	0.02	00.2	00.2	00.0	00.0
최고 전자파	02.8	01.0	00.5	00.2	00.2

Table 11. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to sex glands area (Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	00.8	00.4	00.2	00.2	00.2
최고 전자파	04.0	01.8	01.0	01.0	00.8

Table 12. Electro Magnetic Wave based on distance from Control system to ankle area(Unit : m Gauss)

거리	0cm	10cm	20cm	30cm	50cm
최저 전자파	00.2	00.2	00.1	00.1	00.0
최고 전자파	00.7	00.2	00.2	00.2	00.1

위의 내용에서 Main S/W는 그대로 “ON”한 상태에서 Control System 전원만 “OFF”하였을 때 kV, mA 조절부위, 생식선과 근접한 부위, 발목과 근접한 부위로 구분하여 전자파를 세부적으로 측정하였는데 Control System 전원이 “OFF”된 상태에서는 전자파가 아주 미세하게 측정되었고, 거리 50cm에서는 거의 0에 가까운 전자파 값을 측정하였다.

이러한 결과로 보아 Control System 전원을 “OFF”로 하였을 경우 전자파는 위치 및 부위에 따라 실내에서 자연적으로 발생하는 전자파에 거의 가깝거나 약간 높게 측정되었다.

넷째, 가동 중인 현상기의 입력 측과 출력 측을 분류하여 방사선사가 섰을 경우 생식기의 위치와 발목 부위의 거리 및 위치에 따른 전자파를 측정하였다.

Table 13. Electro magnetic Wave based on distance from Film auto processor input(Unit : m Gauss)

거리 및 부위	생식선 부위	발목 부위
0cm (최저 전자파)	04.2	46.0
0cm (최고 전자파)	05.4	199.9over
50cm(최저 전자파)	00.2	02.0
50cm(최고 전자파)	01.0	05.0

Table 14. Electro magnetic Wave based on distance from Film auto processor output(Unit : m Gauss)

거리 및 부위	생식선 부위	발목 부위
0cm (최저 전자파)	00.7	07.2
0cm (최고 전자파)	02.3	142
50cm(최저 전자파)	00.1	01.2
50cm(최고 전자파)	00.4	01.4

가동 중인 현상기의 입력 측과 출력 측을 비교 측정 한 결과, 입력 측 생식선 부위에서는 미세한 전자파가 측정되었으며, 실제 술자가 일하는 거리는 통상 거리가 50cm 정도이므로 큰 영향을 받지 않는다고 볼 수 있다. 발목 부위에서도 거리가 0cm 일 때는 측정치를 넘었지만 실제 술자가 일하는 거리는 50cm 정도 이므로 이 또한 큰 영향은 없다 할 수 있다.

현상기 출력 측에서도 거리나 부위별로 볼 때 전자파가 높지 않음을 알 수 있다.

IV. 결론

방사선 기기에서 거리나 위치에 따라 전자파의 값이 다르게 측정되었다. 특히 Control System과 현상기에서 0cm 일 때 발목 부위는 2m Gauss 이상의 전자파가 측정되었는데 이는 고전압 발생부위 이기 때문이다. 특히 무의식 중 Control system에 생식기 부위가 접촉하여 근무를 할 때가 많은데 거리 0cm에서는 무시할 수 없

는 전자파가 계속적으로 노출되고 있으므로 주의를 요할 필요가 있다. kV, mA의 Display부위에서도 고전압 발생부위에서는 상당한 양의 전자파가 발생 되는데 손이나 복부 부위에 전자파 의 영향이 많을 수밖에 없다. 그 외에는 그다지 높지 않은 전자파가 발생하였으며, 10cm 이상에서도 높지 않은 전자파가 발생하였다. 또한 방사선 차폐용으로 쓰이는 Apron(차폐복)이 방사선은 차폐가 되지만 전자파에는 큰 차폐 역할을 하지 못한다는 것이다.

문제는 아주 적은 양이라도 늘 직업적으로 접촉할 수밖에 없는 상황이고, 매일 얼마나 노출되고 있는지 측정할 수가 없다는 것이다. 전자파에 대한 노출의 정의조차 국제적으로 확립된 것이 모호하다. 이는 전자파의 파장에 따른 각기 다른 성분과 그 노출시간, 일관성 등의 인자가 인체에 대하여 어떤 종류의 영향을 주는지 밝혀진 바가 없기 때문이다. 따라서 전자파의 노출시간에 대한 고려는 하지 않았다.

본 연구에서 방사선 기기에서 발생되고 있는 전자파를 살펴보고, 이러한 연구가 차후 방사선 기기에서 발생하는 전자파에 대한 기초 자료가 되길 바라며 전자파의 노출 및 피해를 최소화하기 위하여 다음과 같은 결론을 제시한다.

- 1) 전자파가 발생하는 Control system에서 촬영 이외의 시간에는 되도록 거리를 두고 있어야 한다. 전자파의 강도는 거리의 제곱에 반비례하므로 발생원으로부터 거리를 유지해야 한다.
- 2) 방사선사는 각종 전자파에 노출되어 있지만 직장에서도 직업적으로 방사선과 전자파에 항상 노출되어 있기 때문에 가능한 기기와의 거리를 유지하고 작업시간을 줄이는 등 각별히 신경을 쓰고 예방에 최선을 다해야 한다.
- 3) 일정시간 작업 후 휴식을 취한다.
- 4) 일정시간 동안 전자파에 균일하게 노출된 사람들을 찾아내기가 어렵기 때문에 정확한 측정이 어렵다.

차후 3축 센서를 이용하여 보다 정확하고 자세한 전자파 측정과, 방사선 기기와 환경 등 모든 분야에 관련되어 전자파와 관련되어 많은 연구가 필요하다고 본다.

참고 문헌

1. 마크A. 핀스키 지음, 정영수, 조영식 옮김. "치명적인 전자파 장애," 백송, pp.70. 1996.
2. 김덕원, "전자파공해" 수문사, pp. 103-106. 1996.
3. 손기철, 류명화, 박응규. "컴퓨터 모니터 발생 전자파 차단에 미치는 선인장의 효과 유무", 원예과학기술지, 17(6), pp773-776, 1999.
4. C. F. Blackman, J. A. Elder, C. M. Weil, S. G. Benane, et al., "Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radio-frequency radiation: effects of modulation frequency and field strength," Radio Sci, vol. 14, pp. 93-98, 1979.
5. L. E. Anderson, "Biological effects of extremely low-frequency electromagnetic fields: in vivo studies," A m Ind Hyg Assoc J, vol. 54, pp. 186-196, 1993.
6. W. R. A dey, "Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields," Physiol Rev. vol. 61, pp. 435-514, 1981.
7. S. Barndi and p. Czernski, "Biological Effects of microwaves," Stroudsburg Pa, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., 1986.
8. S. M. Michaelson, "biological effects of radiofrequency radiation: concepts and criteria," Health Physics, vol. 61, pp. 3-14, 1991.
9. 이근호, 김영태, 김병철, 이무영, 고성호, 이상훈. "전자파에 노출된 토끼의 뇌신경조직의 반응과 Nimodipine 투여효과에 관한 연구", 대한의용생체공학회지, 19권, 1호, pp81-90, 1998.
10. 김덕원, "유해 전자파", 공학기술 3권, 2호, pp 144-147
11. 김윤신, 조용성. "전자파의 직업성 노출평가 및 벨라토닌 분비량에 대한 연구", 한국산업위생학회지, 8권, 2호, pp264-271, 1998.
12. 김덕원, 류창용, 윤형로. "각종 전자파에 대한 인체의 노출: 역학조사를 위한 전자파 측정", 대한의용생체공학회지, 16권, 2호, pp191-199, 1995.