

영상표시단말장치의 작업공간 배열에 따른 전자파 폭로 정도

서울의과학연구소, 가톨릭대학교 산업보건대학원*

한 상 일 · 이 세 훈*

— Abstract —

The Level of Exposure to Electromagnetic Fields Strength from VDT According to the Arrangement of Working Space VDT

Sangil Han, Sehoon Lee*

Seoul Medical Science Institute

*Graduate School of Occupational Health, Catholic University, Seoul, Korea**

This study was designed to investigate the workers' exposure level to electromagnetic field(EMF) in accordance with the VDT arrangement in the work place and distance from VDT. Author compared the exposure strength of EMF in line group(workers exposed to EMF from both front and back side) and in shielding group(workers exposed to EMF exclusively from front side). The levels of EMF at 30cm and 50cm from front side and at 30cm from back side of VDT were also measured.

The result were as follows:

1. Mean distance between a monitor and a worker in shielding group (47.7 ± 8.7 cm) significantly longer than that in line group (44.3 ± 7.2 cm). Strength of EMF in shielding group [1.3 ± 0.7 V/m (electric field) and 18.2 ± 11.5 mA/m (magnetic field) were lower than in line group [1.4 ± 0.6 V/m and 26.6 ± 11.6 mA/m, respectively] at the workers' position.
2. The strength of EMF was decreased with the distance from VDT. The strength at 70cm from VDT was nearly the same as the background strength in the ordinary office rooms.
3. Working distance from 9 inch monitor was significantly shorter than that from 14 inch and wider sized monitors.
4. The strength of EMF in extremely low frequency spectrum of color monitors was higher than that of black and white monitor.
5. Metal coated filters significantly decreased the electric field strength of EMF when earth line was connected. Metallic shield was effectively decreased the EMF strength from VDT, but wooden shield was not.

From the above results, line type arrangement of VDT in the work place using metallic shield at the back side of VDT, and metal coated filter to monitor with application of earth line were recommended. It is also recommended to maintain workers position to be 60cm or more distance from monitor and 140cm or more between VDTs for minimizing workers' exposure to EMF.

I. 서 론

영상표시단말장치(visual display terminal : VDT)의 사용이 보편화됨에 따라 사무실, 가정, 산업체 등 생활 공간 전반에서 흔히 이를 접할 수가 있다. 특히 사무실에서 VDT 이용은 CRT(cathode ray tube)와 키보드를 주로 사용하는 작업을 말하며, 작업을 수행하기 위한 필수 사무자동화 기기가 되었다.

이로 인해 VDT를 사용하는 시간이 증가하게 되었고, 이에 따른 건강상의 새로운 문제가 발생하게 되었는데, 이를 VDT 증후군으로 총칭하며, 이 문제의 해결에 많은 관심과 연구가 진행되었다(박정근, 1990; 문제동 등, 1991; 구정완 등, 1991; 박계열, 1993; 박정일, 1994; 최현순, 1994; 권혁배, 1995).

VDT 작업자에서 경전완장해 예방을 위한, 작업 환경 개선을 통한 쾌적한 근무 환경 조성과 인간공학적인 측면이 제시되어 있고(정민근, 1995), VDT 작업의 환경관리지침이 마련되어 권고되고 있다(한국산업안전공단, 1993). 그러나 전자파 환경에 대한 인체의 폭로와 그에 따른 영향은 충분히 고려되어 있지 않고, 단지 산업안전보건법의 산업보건기준에 관한 규칙 제9조 3항에 '컴퓨터 단말기 조작 업무에 대한 조치로 컴퓨터 단말기 등에서 발생하는 유해광선 또는 전자파로 인한 건강 장해를 방지하기 위하여 유해광선 차단 또는 전자파의 차단 또는 중화장치를 설치할 것' 이란 규칙만 명시되어 있다(노동부, 1995).

현재 유도가열장치, 방송통신기기, 의료 기기 등의 사용으로 현대인은 전자파 환경에 항시 폭로되고 있는 형편이다(이광목, 1991; 황경용, 1993). 특히 VDT의 전자파는 다른 기기의 전자파와 달리 파장에 비해 발생원과 작업자와의 거리가 상당히 가깝기 때문에 TV, 라디오의 방송파와는 다른 성질을 갖는 근방 전자계로 분류된다(富永洋志夫, 1990; 이광목, 1991).

모든 영상표시단말장치에서는 넓은 범위에 걸쳐 다양한 종류의 전자기파를 방출하는데(Weiss와 Peterson 1979), 스크린으로부터는 극초단파, X선, 자외선 등이 나오고 전원 부분의 변압기에서는

저주파와 초저주파가 나오며, 잘 조정되지 못했거나 제대로 작동되지 않는 단말기는 더 많은 양의 에너지를 방출한다(富永洋志夫, 1990). 따라서 컴퓨터를 배치할 때에는 가능한 충분한 거리를 두어야 하고, 모니터 앞에서 작업할 때도 충분한 거리에서 작업이 수행될것을 권하고 있다(박계희 등, 1992; 김철중 등, 1993; 이윤근과 임상혁, 1995; 이관행, 1995).

우리 나라에서는 아직 VDT 배치의 변화에 따른 전자파 폭로에 관한 연구는 거의 없고, 일반적인 환경관리 지침만이 마련되어 권고되고 있다.

이에 본 연구자는 VDT의 근방계에서 근무시간의 대부분을 보내는 작업자에 대하여 VDT 작업조건에 따른 전자기장(very low frequency : VLF)의 폭로 정도를 비교하여, 이 결과를 바탕으로 작업장내 컴퓨터의 배치 및 작업자와 VDT간 거리 등의 작업 조건을 제시하며, 근로자로 하여금 전자파 폭로를 최소화하고, 유해여부가 확정되지 않은 저주파 영역의 잠재적인 유해인자로 인한 VDT 증후군의 예방과 관리를 위한 기본자료를 제시하려는 목적으로 본 연구를 수행하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

조사 대상은 서울시내의 인쇄, 기획, 전산, 설계 작업 등을 수행하는 소규모 12개 사업장에서 1995년 8월 2일부터 1996년 4월 30일까지, VDT 작업만 하는 종사자 중 성비가 다수를 차지하는 여성 근로자 122명을 대상으로 VDT 라인식 배열 작업군(모니터 정면과 뒷면에서 동시에 전자파에 폭로되는 군; 이하 라인식군)과 칸막이 등으로 차폐하여 충분히 거리를 확보한 된 군(모니터 정면에서만 폭로되는 군; 이하 차폐군)으로 구별되는 작업군에 대하여 전자파 측정(VLF) 및 작업거리를 조사하였으며, 일반사무용으로 사용하는 VDT 기종에 따른 전자파 발생량(extremely low frequency : ELF, VLF)을 조사하기 위해 국내외의 8개 회사에서 생산된 139대를 대상으로 전자파 측정, 모니터의 크기, 모니터의 칼라 및 작업 거리 등을 조사하였다.

2. 방법

1) 전자파 조사

HI-3603 VDT/VLF radiation measurement system, HI-3604 ELF field strength measurement system, HI-3616 fiber optic remote control (Holaday Industries, Inc., U.S.A.)를 이용하여 전계 자계를 측정하였으며, 측정범위는 각각 HI-3603이 1 - 2,000 volts/meter, 1 - 2,000 milliamperes/meter이고, HI-3604가 1 - 200 kilovolts/meter, 0.2 milligauss - 20 gauss 이었다.

측정주파수범위(frequency response; nominal)는 HI-3603이 전기장(electric fields)의 측정범위는 2 KHz - 300 KHz 이고, 자기장(magnetic fields)의 측정범위는 8 KHz - 300 KHz이며 HI-3604의 전자기장(electromagnetic fields)의 측정범위는 50 - 1,000 Hz이다. HI-3616(fiber optic remote control)을 사용하여 전자파 측정시 측정자로 인한 인체간섭을 최소화했으며, 작업장에 위치한 VDT 위치에서 측정 조건별 조사를 수행하였다.

전자기장의 세기는 발생원으로부터 유기된 RMS (root mean square) 값으로 전기장의 단위는 V/m, 자기장의 단위는 mA/m로 나타내었다(Walsh 등, 1991).

전계와 자계는 각각 벡터의 합이므로 방향과 세기를 모두 갖는다(조강석 등, 1996). 그러므로 X, Y, Z 방향에 대한 벡터의 합을 구해 측정 위치에서의 세기를 나타내며, 아래 식을 이용하였다.

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

측정은 6분간 동일 위치에서 측정기를 안정시킨 후 평균값을 기록하였다(ANSI, 1990; ACGIH, 1995). 측정 거리는 VDT 화면에서 30 cm, 50 cm, 뒷면 30 cm, 그리고 작업자 실제 위치에서 측정하였다(Walsh 등, 1991; MPR II, 1992).

센서형태는 전기장은 concentric plate displacement current electric sensor이고 자기장은 8 inch diameter magnetic field sensing loop 이었다.

2) 제품별 조사

VDT에 대한 전자기장(electromagnetic fields : EMF)을 조건별로 측정하면서, 작업시간, 모니터의 크기, 모니터의 칼라, 제조 회사명 그리고 모니터의 스크린으로부터 작업자와 안면까지의 거리 등도 병행 조사하였다(박정근, 1990).

3) 자료 분석

통계 분석은 SAS 패키지를 이용하여 목적에 따라 기하평균을 구하고, 그룹간 비교는 t-검정 및 분산 분석 등을 적용 수행하였다.

III. 성 적

1. 대상자의 특성과 작업환경

사용하는 모니터 종류는 라인군의 47.1 %, 차폐군의 57.4 %가 칼라 모니터였고, 모니터 스크린의 크기는 라인군에서 14 inch가 41.2 %, 15 inch가 36.7 %, 17 inch가 1.5 %, 20 inch가 20.6 %이고 차폐군은 14 inch가 40.7 %, 15 inch가 25.9 %, 17 inch가 7.4 %, 20 inch가 9.3 %, 21 inch가 16.7 %이었다.

스크린과 눈과의 거리는 라인군이 평균 44.3±7.2 cm이고 차폐군이 47.7±8.7 cm로 유의한 차이가 있었고(P<0.05), VDT 사용 시간은 라인군에서 8.9±1.0시간, 차폐군에서 7.9±1.4시간으로 유의한 차이가 있었다(휴식시간제외) (P<0.01).

2. 작업자 위치에서 전자파 폭로량

근로자의 작업 위치에서의 전기장은 라인군이 평균 1.4±0.6 V/m, 차폐군이 평균 1.3±0.7 V/m으로 유의한 차이는 없었으나, 자기장은 라인군이 평균 26.6±11.6 mA/m이었고, 차폐군이 평균 18.2±11.5 mA/m으로서 유의한 차이가 있었다(P<0.01).

3. 모니터의 거리, 크기별 전계 자계의 세기

전자파의 전자기장의 세기는 모니터에서 거리가 멀어짐에 따라 급격히 감소하여, 거리에 반비례하는 경향을 나타냈다. 거리가 60 cm 와 70 cm에서의 ELF, VLF 대역의 전자파의 세기는 사무실 공간에서 전자파의 세기와 큰 차이를 보이지 않았다. ELF 주파수 영역의 전자파의 세기는 모든 조건에서 VLF대역보다 더 높은 수치를 보였다.

Table 1. Working condition and occupational characteristics of the subjects

Characteristics	Line type group		Shielding type group		P
	N	%	N	%	
Monitor					
Color	32	47.1	31	57.4	0.256
Black & white	36	52.9	23	42.6	
Monitor size(inch)					
14	28	41.2	22	40.7	0.002
15	25	36.7	14	25.9	
17	1	1.5	4	7.4	
20	14	20.6	5	9.3	
21	0	0.0	9	16.7	
Distance(cm)					
< 30	1	1.5	0	0.0	0.046
30 - 40	21	30.8	6	11.1	
40 - 50	28	41.2	31	57.4	
50 ≤	18	26.5	17	31.5	
VDT working time(hr/Day)					
< 8	0	0.0	5	9.3	0.000
8 - 9	5	7.3	7	12.9	
9 - 10	21	30.9	28	51.9	
10 ≤	42	61.8	14	25.9	
Total	68	100.0	54	100.0	

Table 2. The amount of electromagnetic wave at the position of workers

VLF type	Line type group Mean±SD	Shielder type group Mean±SD	P
E(electric fields, V/m)	1.4±0.6	1.3±0.7	0.3367
H(magnetic fields, mA/m)	26.6±11.6	18.2±11.5	0.0001

t - test.

Table 3. Geometric mean of electromagnetic fields strength according to size of monitor and distance from it

Size, inch(n)	E L F			V L F		
	Back 30cm	Front 30cm	Front 50cm	Back 30cm	Front 30cm	Front 50cm
9(9)	64.7(3.4)	99.5(2.6)	50.5(2.9)	1.3(4.5)	2.4(1.9)	0.8(1.8)
13(8)	16.1(5.4)	33.0(1.6)	17.2(1.5)	0.8(2.3)	3.1(2.1)	1.3(3.8)
14(91)	34.3(3.9)	45.1(3.2)	26.8(3.5)	1.8(3.0)	1.8(2.1)	0.9(2.3)
15(7)	61.6(4.0)	145.1(3.4)	87.5(5.2)	1.5(3.0)	2.1(2.1)	0.6(2.3)
17(15)	214.9(1.7)	64.0(4.2)	48.1(4.4)	0.7(1.9)	0.9(1.4)	0.4(1.6)
20(10)	54.3(1.8)	35.6(3.9)	23.4(4.2)	0.8(3.5)	1.3(2.3)	0.6(2.0)
9(9)	36.3(1.7)	34.1(1.3)	34.0(1.4)	2.8(2.4)	4.2(2.4)	1.6(1.6)
13(8)	116.8(1.1)	102.3(5.5)	102.2(1.5)	43.9(1.9)	21.6(2.9)	7.8(1.7)
14(91)	193.2(2.9)	184.5(1.9)	86.4(2.7)	28.6(2.9)	42.0(2.7)	14.1(2.5)
15(7)	296.7(2.1)	289.0(2.4)	176.4(2.0)	14.9(1.3)	68.8(1.6)	19.1(2.1)
17(15)	49.2(8.1)	128.6(1.3)	85.4(1.5)	16.5(2.4)	39.2(1.4)	10.9(1.5)
20(10)	277.8(2.1)	234.6(1.8)	87.4(5.5)	4.5(2.6)	51.6(1.6)	12.6(1.4)

E=electric fields(V/m), H=magnetic fields(mA/m).

Table 4. Geometric mean of electromagnetic fields comparison of emissive amount of from 14inch monitor it's color

Size(n)		ELF			VLF		
		Back 30cm	Front 30cm	Front 50cm	Back 30cm	Front 30cm	Front 50cm
E	COL(71)	49.7(3.3)	55.1(3.1)	31.1(3.4)	1.5(2.4)	1.6(1.8)	0.7(2.1)
	B&W(20)	15.8(3.9)	22.1(3.0)	15.9(3.4)	2.6(3.9)	3.0(2.6)	1.5(2.6)
H	COL(71)	207.0(3.2)*	194.9(2.0)***	107.0(2.0)**	40.5(2.6)	61.8(1.8)	19.8(1.9)
	B&W(20)	166.9(2.3)	151.6(1.5)	40.3(4.2)	13.8(2.5)	10.5(2.4)	4.3(1.9)

* P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001.

COL=color. B&W=black and white.

E=electric fields(V/m), H=magnetic fields(mA/m).

모니터 크기별로는 정면 ELF 30 cm(GM)에서 전기장의 세기 정도가 13, 20, 14, 17, 9, 15 inch 크기의 순으로 점점 높아졌으며, 자기장은 9, 13, 17, 14, 20, 15 inch 크기 순으로 높아졌고, ELF 50 cm(GM) 전기장에서는 13, 20, 14, 17, 9, 15 inch 크기 순으로 높아졌으며, 자기장에서는 9, 17, 14, 20, 13, 15 inch 크기 순으로 더 높아졌다.

VLF대역에서의 정면 30 cm(GM) 전기장 세기 정도는 17, 20, 14, 15, 9, 13 inch 크기 순으로 더 높아졌으며, 자기장은 9, 13, 17, 14, 20, 15 inch 크기 순으로 더 높아졌고, VLF대역 50 cm(GM)에서 전기장의 세기는 17, 20, 15, 9, 14, 13 inch 크기 순으로 더 높아졌으며, 자기장은 9, 13, 17, 20, 14, 15 inch 크기 순으로 높아졌다(표 3).

4. 14 inch 컬러 모니터와 흑백모니터의 전자파 발생량 비교

표 4는 컬러 모니터와 흑백 모니터의 전자파 발생량 비교이다.

모니터 뒷면 30 cm에서 전자기장 발생량 비교시 컬러 모니터가 ELF대역에서 자기장이 흑백보다 유의하게 높았고(P<0.05), 모니터 정면 ELF대역 30 cm(GM)에서 자기장이 흑백보다 칼라가 유의하게 높았으며(P<0.001), ELF대역 50 cm(GM)에서 자기장이 칼라에서 유의하게 높았다(P<0.01).

5. 모니터 스크린으로부터 작업자와의 거리(안면 기준)

모니터 스크린 크기가 제일 작은 LCD(liquid crystal display) 방식인 9 inch에서 작업자와 거

리가 제일 근접되어 있으며, 13, 15, 20, 17, 14 inch 크기 순으로 모니터와 안면간의 거리가 길게 나타났다. 모니터의 크기가 14 inch 이상에서는 모니터의 크기가 커짐에 따라 작업 거리의 증가는 보이지 않았다(표 5).

Table 5. Distance of worker's face from monitor according to size of it

Size, inch	Distance(cm)		
	Mean±S.D	Minimum	Maximum
9 (n= 8)	41.9±4.5***	37	48
13 (n= 8)	50.5±5.6	42	58
14 (n=91)	62.2±13.2	35	98
15 (n= 7)	54.7±5.9	46	63
17 (n=15)	60.7±10.2	50	82
20 (n=10)	55.3±14.2	35	80
Total(139)	59.3±13.1	35	98

***; P=0.001.

6. 보안경의 전자기장의 차폐효과

일반적으로 사용되는 VDT용 보안경은 크게 아크릴필터형, 편광유리필터형, 망사필터형, 멀티편광유리필터형으로 나뉘며, 이를 대상으로한 전자기장의 차폐효과는 표 6과 같다. 접지를 하지 않는 경우 전자파 차단효과는 극히 적거나 없는 것으로 나타났고, 접지를 하는 경우에도 전기장에서만 차단효과가 있었고, 자기장에 대한 차단효과는 거의 없었다. 접지한 경우 ELF대역 전기장에서는 평균 39.1±19.0 V/m에서 15.1±8.3 V/m로 차단효과가 있었고(P

< 0.05), VLF 대역의 전기장에서는 4.5 ± 1.7 V/m에서 1.4 ± 0.6 V/m으로 차단효과가 있었으나 ($P < 0.01$), ELF, VLF 대역의 자기장에 대한 차단 효과는 거의 없었다.

7. 분리 벽의 차폐효과

사무실에서 공간을 분리하기 위해 사용되는 칸막이의 전자기장의 차단효과를 표 7과 같이 나타냈으며, 주로 사용하는 목재칸막이는 나무에 천을 붙여 미관을 살린 칸막이를 많이 이용하는데, 이 칸막이의 차단효과는 ELF대역 전자파의 차단의 효과는 전기장이 평균 34.8 ± 20.34 V/m에서 25.3 ± 15.1 V/m로, 자기장이 평균 478.8 ± 195.2 mA/m에서 475.8 ± 192.8 mA/m로 거의 차단효과가 없었으며, VLF대역에서도 전기장이 평균 4.1 ± 3.4 V/m에서 3.2 ± 2.7 V/m로, 자기장이 66.2 ± 19.7 mA/m에서 65.6 ± 19.2 mA/m로 거의 차단효과가 없었다.

금속벽(납판 양쪽에 스테인레스 강판을 부착한 형

식)의 경우는 ELF 대역 전자파의 차단의 효과는 전기장이 평균 34.8 ± 20.3 V/m에서 14.1 ± 9.5 V/m로 감소하였으며($P < 0.05$), 자기장이 평균 478.8 ± 195.2 mA/m에서 368.7 ± 221.7 mA/m로 차단 효과는 높지 않았으나, VLF 대역 전자파의 차단의 효과는 전기장이 평균 4.1 ± 3.4 V/m에서 1.0 ± 1.4 V/m로 매우 양호했고($P < 0.01$), 자기장도 평균 66.2 ± 19.7 mA/m에서 19.5 ± 5.3 mA/m로 역시 양호한 차단효과가 있었다($P < 0.001$).

IV. 고 찰

VDT에서 주요 전자파의 발생원은 표 8과 같다(Holiday Industries, Inc., U.S.A. 1990). 주로 문제화되고 있는 것은 극저주파인 ELF와 저주파인 VLF로 이들 파장의 전자파가 인체에 폭로가 될 때, 그 영향은 보통 1) 열적장해현상에 의한 열의 발생, 2) 비열적작용에 의한 신경, 근육의 자극 등의 생물학적 영향에 대한 자극성, 3) 그 외의 현상

Table 6. Electromagnetic fields strength after applying protective filter in the absence and presence of grounding at the 30cm from 14 inch VDT

Classification (n=12)	ELF	VLF	
	Mean±S.D	Mean±S.D	
E	Control	39.1 ± 19.0	4.5 ± 1.7
	Nongrounding	39.0 ± 19.1	4.4 ± 1.7
	Grounding	$15.1 \pm 8.3^*$	$1.4 \pm 0.6^{**}$
H	Control	478.8 ± 195.2	72.5 ± 19.8
	Nongrounding	478.7 ± 195.2	72.4 ± 19.8
	Grounding	478.7 ± 195.2	72.1 ± 19.2

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

E=electric fields(V/m), H=magnetic fields(mA/m).

Table 7. Effect of metallic or wooden shield on reducing electromagnetic fields strength at the 30cm from 14 inch VDT

Classification (n=12)	ELF	VLF	
	Mean±S.D	Mean±S.D	
E	Control	34.8 ± 20.3	4.1 ± 3.4
	Wood	25.3 ± 15.1	3.2 ± 2.7
	Metallic	$14.1 \pm 9.5^*$	$1.0 \pm 1.4^{**}$
H	Control	478.8 ± 195.2	66.2 ± 19.7
	Wood	475.8 ± 192.8	65.6 ± 19.2
	Metallic	368.7 ± 221.7	$19.5 \pm 5.3^{***}$

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

E=electric fields(V/m), H=magnetic fields(mA/m).

Table 8. Sources of electric and magnetic field measured at visual display terminal operator position

Field	Primary source
DC(Static) electric	Accelerating voltage on CRT
ELF(60 - Hz) magnetic	Vertical deflection coil
ELF(60 - Hz) electric	Vertical refresh scanning
VLF(17 - 31KHz) magnetic	Horizontal deflection coil
VLF(17 - 31KHz) electric	Output lead of flyback transformer
Higher radiofrequency electromagnetic	Digital electronics in the computer

등 세 가지로 분류되나 실제로 문제가 되는 것은 1), 2)라고 알려져 있다(Schnorr 등, 1991; 김진석 등, 1993; 齋藤正男, 1994; ACGIH, 1995).

현재 시중에 시판 중인 모니터의 각 주파수대역은 수평 주파수가 31.5 ~ 85 KHz 범위이며, 수직 주파수는 56 ~ 160 Hz 범위로 모니터의 크기가 커질수록 주파수가 상향되고 있었다. 전자파는 그 주파수 또는 파장에 따라 분류되며, 인체에 미치는 영향도 각기 다른 부위에 특정한 영향 및 복합적인 중세를 나타낸다고 보고되어 있다(Weiss과 Peterson, 1985; Becker, 1985; 이기철 등, 1987; Suess, 1989; 황병문, 1993).

전자파의 인체흡수현상은 사람의 기하학적 크기나 형상이 달라 전자기적으로 분석은 복잡하며, 정규화 SAR(specific absorption rate)의 주파수 변화에 따라 준공진영역, 공진영역, hot spot 영역 및 표면 흡수영역으로 구분하여 신체에 영향을 미치는 대역을 나누고 있다(민경찬, 1991).

전자파는 거리에 따라 폭로량에 밀접한 관계가 있는데, 본 연구에서 라인군온 차폐군에 비해 더 접근되어 있어서 전자기장에 더 높게 폭로되고 있었다. 소규모의 영세한 회사나 학원 등의 교육기관에서 좁은 공간에 많은 컴퓨터 시스템을 배치하기 위하여 라인식 배열방법을 택하고 있으나, 모니터 정면과 뒷면으로부터 과도한 전자파에 폭로될 우려가 있는 것으로 나타났다.

모니터의 크기에 따른 전자파 폭로량의 차이는 크기가 클수록 VLF대역에서는 전기장이 대체적으로 낮게 측정되었으나, 자기장의 경우는 일정한 감소는 보이지 않았다. ELF대역에서는 전기장이나 자기장의 발생량은 크기에 따라 크게 감소되는 경향은 없었다. 전자파검증(electromagnetic interference: EMI)을 통해 기기로부터 전자파 간섭을 최소화시키고 있으나(김용계과 이용병, 1991), VDT의 경우 14, 15 inch에서는 크게 차이가 없었으며, 17, 20, 21 inch에서는 다소 VLF 전기장의 발생이 감소되었다. LCD를 이용한 노트북에서는 음극선 방식보다 표시장치의 크기가 작아 근접된 작업형태로 전원을 직접 연결 사용할 경우 의외의 전자파의 과다 폭로될 수 있다. 또한 성적을 제시하지 않았지만 VDT에 이상이 있는 경우는 모니터의 크기와 칼라 흑백에 관계없이 전자파의 과량발생이 되는 VDT가

있었는데, 이는 제품 출하시 자체 결함이나 장시간 사용에 따른 노후화 및 고장에 의한 것으로 사료되어 주기적인 전자파 측정으로 이상 유,무의 확인이 꼭 필요함을 알 수 있었다.

모니터의 제조사에 따라 전자파의 발생량의 차이는 있으나, 차폐도료의 사용이나 금속성 차폐하우징 사용 및 전자파 발생을 최소화하는 설계방식에 따라 주로 전자파 발생량이 달라지며, 고급화된 제품인 모니터 즉, 모니터의 크기가 큰 것에서는 대체적으로 낮은 전자파의 발생량이 측정된다고 한다(김철중 등, 1993).

본 조사 결과 전자기장은 파형 특성에 따라 거리에 밀접한 관계가 있고, 거리가 멀어짐에 따라 폭로량은 급격히 저감하였는데, 70 cm 이상 거리에서의 전기장의 폭로량은 일반 사무실 환경에서 폭로되는 전자기량과 적은 차이를 나타냈다. 음극선관 방식은 각각 제품의 같은 크기에서 전자파의 발생 정도의 차이는 다소 있었고, 칼라모니터에서 수평·수직코일에 소비되는 전류가 더 많아 칼라보다 흑백모니터에서 ELF대역의 거리별 자기장이 유의하게 낮았다.

성적은 제시하지 않았으나 모니터의 제조사는 여러 회사가 있었고, 생산년도 및 사용기간에 따른 차이가 있었는데, 여기서는 반영되지 못한 단점이 있다. 각 회사의 제품별 성적을 비교하여 제시하지는 않았지만, 본 연구에서 조사한 결과는 아크릴이나 접지가 안된 보안경이 설치된 VDT에서의 전자파 차단 효과는 거의 없었으며, 금속(Cu)코팅이 된 망사형, 원편광, 멀티코팅 편광보안경 등에 접지선을 연결하여 사용시 전기장의 경우에만 차폐효과가 있었다.

사무실환경에서 주로 사용되는 사무용 칸막이는 그 재질이 나무인 경우에는 전자파 발생원으로부터의 ELF, VLF대역의 전자파 차단효과는 거의 없었으며, 금속성 칸막이를 이용한 경우 ELF대역에서의 차단효과는 낮았으나, VLF대역의 전자파 차단효과는 높게 나타났다. 금속성인 경우는 접지가 이루어지는 방식이 보다 더 차폐효과가 큰 것으로 사료된다.

그러므로 이상의 연구 결과로 보아 VDT 배치시 모니터의 뒷면으로부터 전자파에 폭로되지 않는 방식과 모니터 정면으로부터 70 cm 이상의 거리를 확보하고 접지가 된 분리용 금속제 차폐벽을 이용한 VDT 상호간의 분리가 권고된다.

또 세계 각국의 적용 기준치 중 TCO(the swedish confederation of professional employees) 기준에 비교해 볼 때 50 cm 에서 부분적인 기준초과가 있어, 근로자와 모니터 사이의 거리를 60 cm 이상 간격을 두고 작업을 수행하여 전자파 폭로량을 최소화하며, 전자파의 발생이 적은 모니터를 선택하여 사용함이 반드시 필요하다.

단, 본 조사는 측정 대상 수가 적어 일반화하는데는 어려움이 있으며, ELF와 VLF대역 전자파 측정 시 주변 전기기기에 의한 간섭, 방해 등을 고려하지 못한 점등이 본 조사의 제한점으로 생각된다.

V. 결 론

VDT의 작업공간 배열방식과 VDT로부터의 거리에 따라 근로자에게 폭로되는 전자파강도를 조사하기 위하여 라인식 배열 작업군(모니터 정면과 뒷면에서 폭로되는 군, 이하 라인군, 68명), 차폐 작업군(모니터 정면에서만 폭로 되는 군, 이하 차폐군, 54명)으로 나누어 작업자 위치와 모니터 정면으로부터 30 cm, 50 cm 및 뒷면 30 cm 위치에서 전자파를 측정하여 아래와 같이 결과를 얻었다.

1. 모니터와 작업자와의 평균거리는 라인군이 44.3 ± 7.2 cm, 차폐군이 47.7 ± 8.7 cm로 차폐군이 라인군보다 유의하게 더 길었으며, 전자파(VLF) 폭로량은 라인군에서 전기장이 1.4 ± 0.6 V/m, 자기장이 26.6 ± 11.6 A/m로서, 차폐군의 1.3 ± 0.7 V/m, 18.1 ± 11.5 mA/m로 보다 더 높았다.

2. 전자파의 강도는 VDT로부터의 거리가 증가할수록 급격히 감소하였고, 70 cm에서는 일반사무실에서의 강도와 비슷하였다.

3. 모니터정면에서 작업거리는 소형인 9 inch에서 모니터와 작업거리가 가장 근접하였고, 14 inch 이상 크기의 모니터에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

4. 14 inch 모니터에서 흑백과 칼라의 전자파 강도를 비교하면, ELF대역의 자기장은 모든 조건에서 컬러 모니터의 강도가 유의하게 높았다.

5. 모니터정면에서 발생하는 전기장의 차단을 위한 필터형 보안경은 접지를 한 경우의 전기장에서만 유의한 효과가 있었고, 전자파의 차폐를 위한 칸막이에서는 금속성인 경우가 목재보다 더 효과적이었다.

이상의 결과로 보아 라인식 배열이 작업자에게 전자파의 폭로가 모니터 정면과 모니터 뒷면에서 직접 이루어져, 전자파 폭로정도가 높아 건강에 잠재적인 위험요인으로 작용할 수 있으므로, VDT 배치시 모니터의 뒷면으로부터 전자파에 폭로되지 않는 배열방식이 권고된다. 그리고 VDT 작업시 금속성 차폐벽의 설치, 금속코팅보안경의 사용 및 접지선을 연결시켜주고, 모니터간의 거리는 최소 140 cm 이상으로 하며, 모니터와 작업자의 안면부와의 거리는 최소 60 cm 이상으로 유지하는 것이 권고된다.

REFERENCES

- 김용제, 이용병. 전자파장애(EMI/EMC). 서울:산업기술정보원, 1991.
- 김진석, 최익권. 전자파의 인체 위해 조사 연구. 전자파기술학회지, 1993;4(1) 84-100.
- 김철중 이남식, 김진호, 박세진, 박수찬, 박재희 등. 과학기술처. VDT workstation의 인간공학적 설계 및 평가기술에 관한 연구(최종년도), 1993.
- 구정완, 이자영, 이승한. 조절근점의 분포형. 대한산업의학회지, 1991;3(1);92-97.
- 권혁배. VDT작업자의 자각증상과 관련요인에 관한 조사. 가톨릭대학교 산업보건대학원 석사논문, 1995.
- 노동부. 산업안전보건법규집. 서울:노동사, 1995.
- 문재동, 이민철, 김병우. VDT중후군 자각증상에 영향을 미치는 인자들에 관한연구. 예방의학회지, 1991; 24(3):373-389.
- 민경찬. VDT 중후군의 전자기적 분석과 대책. 한국기술연구소, 1991.
- 박계열. VDT작업자의 자각증상에 영향을 미치는 요인. 연세대학교보건대학원 석사논문, 1993.
- 박재희, 김철중, 이남식, 김진호. VDT 작업시 자기장이 인체에 미치는 영향에 관한 연구. 대한인간공학회, 1992.
- 박정근. 일부영상단말기(VDT) 작업자의 작업자세에 관한 조사연구. 서울대학교보건대학원 석사논문, 1990.
- 박정일. 전자파 방사선의 생물학적 영향. 전자파기술. 한국전자파기술학회지, 1994;5(3):68-77.
- 이관형. 전자파의 과다노출 방지를 위한 전자파 환경에 관한 연구. 한국산업안전공단, 1995.
- 이광목. 전자파. 산업보건; 1991;31-33.
- 이기철. 과학기술처. 電磁界의 生物學的 影響에 관한 研究 1. 한국전기연구소, 1987.
- 이윤근, 임상혁. 서울 신탁은행근로자들의 VDT중후군에 관한 연구조사보고서. 서울:구로의원 산업보건연구소, 1995.

- 이윤근, 임상혁. 컴퓨터 작업자의 경계완장해. 서울:구로 의원 산업보건연구소, 1995.
- 정민근. VDT작업과 직업병. 서울:안전보건 한국산업안전공단, 1995:10.
- 조강석, 김영옥, 김덕배, 이현진. 최신 전자기학. 서울:광명, 1996.
- 최현순. 업무 만족도가 여성 VDT작업자의 피로에 미치는 영향. 가톨릭대학교 산업보건대학원 석사논문, 1994.
- 한국산업안전공단. VDT 관리지침. 1993.
- 황경용. 전자파의 특성과 인체에 미치는 영향. 안전보건, 한국산업안전공단; 1993:(11)20-31.
- 황병문. V D T. 서울: 한국산업안전공단, 1993.
- ACGIH, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. 1995.
- ANSI(95.1-1990). American National Standard Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3KHz to 300GHz Final-Final Draft Revision. 1990.
- Becker O. R, Gary S.; The Body Electric: Electromagnetism and thre Foundation of Life, Morrow, 1985.
- MPR II.; An overview and update. Eric A. George, ESQ. Ergonomics, inc, 1992.
- Schnorr M, Barbara A. Grajewski, Richard W.Hornung, Michael J. Thun, Grace M. Eceland, William E. Murray, David L Conover, and William E Halperin. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion. The New England Journal of Medicine, 1991;324(11):727-733.
- Suess Michael J.; Deirdre A Benwell-Morison. Nonionizing radiation protection. WHO, 1989.
- TCO '95 Certification, Requirements for environmental labelling of personal computers, 1995.
- VDT measurement seminar.; Holaday Industries, Inc,1990.
- Walsh M.L, Harvey S.M, Facey R.A, Mallette R.R. Hazard assessment of video display units. AM.IND. HYG. ASSOC. J, 1991;52(8):324-331.
- Weiss M.M, Petersen R.C. Electromagnetic radiation emitted from video computer terminals AM. IND. HYG. ASSOC. J, 1979;40:300-301.
- 富永洋志夫. VDT作業の 物理環境. 1990;11-20.
- 齋藤正男. 生體と 電磁環境. EMC, 1994(79):55-60.