

차폐천이 물리치료실 환경내 전자기장 감소에 미치는 효과

동아대학병원 물리치료실
임 창 훈
대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
김 진 상

The Effect of Electromagnetic Fields Shielding on Electromagnetic Fields Decrease in P.T Room

Lim, Chang-Hun, M.S., P.T.
Department of Physical Therapy, Tonga University Hospital
Kim, Jin-Sang, Ph.D., DVM
Department of Physical Therapy, Taegu University

< Abstract >

Physical therapists are exposed to radio-and microwave-frequency electromagnetic radiation by operating electrotherapy units. So there is few protection system in physical therapy room. Clinical pathology room and so on where various kins of electromagnetic instruments is used in hospital while protection facilities like protection wall or protection glass is being used only in radiological room to reduce the damage of radiation. According to Larsen's survey on female physical therapist in denmark, it was said that the percentage of congenital malformation was 3.6% and cardiac malformation made up 0.7%. It is likely that effect of electromagnetic fields on the result cannot be ruled out.

Rita ouellet-Hellstrom and Walter F. Steward insisted that the danger of abortion increase in the case of pregnant femeal physical therapist exposed to microwave diathermy. The intention of our study is arousing the necessity of microwave protection in P.T room and finding the proper method for physical therapist safe.

The results of this study were as follows :

1. Each electrotherapy units are occurred the electromagnetic fields, and specially amply occurred in H.P, I.C.T 2 unit operating, M.W.D unit head on parallel, S.W.D unit head on parallel, all electrotherapy units are operating.
2. There were electric fields mount are consideration to species of electrotherapy units($p < .05$).
3. There were magnetic fields mount are consideration to species of electrotherapy units($p < .05$).
4. There were electric fields mount are consideration to distance of electrotherapy units($p < .05$).
5. There were magnetic fields mount are consideration to distance of electrotherapy units($p < .05$).
6. There were electric fields mount are consideration to intencity of electrotherapy units($p < .05$).

7. There were magnetic fields mount are consideration not to intencity of electrotherapy units($p>.05$).
8. Before and after protection on magnetic fields mount are consideration to all distance(0m, 0.3m, 1m, 3m, 5m) ($p<.05$)
9. Before and after protection on electric fields mount are consideration to 0m, 1m, 3m distance($p<.05$), and consideration not to 0.3m, 5m distance($p>.05$)
10. After protection follow the each electrotherapy units, distance, intencity to electromagnetic fields are reduced ($p<.05$).

Ⅰ. 서 론

전자파란 진동에너지로 가지고 공기를 매질로 하여 공간영역에서 이동하는 유도전류의 일종이며, 전기장(Electric Field : EF)과 자기장(Magnetic Field : MF)의 서로 다른 두가지 물질적 성질을 동시에 지닌 파동이다. 또한 발생원으로부터 구모양으로 퍼져나가 일정한 영역을 형성함으로써, 통합적 개념으로 전자기장(ElectroMagnetic Field : EMF)이라고도 한다(김윤신 등, 1997).

최근 전자화의 영향으로 각종 전자기기의 사용이 팔복 할만큼 증가하였고 이로인해 전자기장의 노출 기회가 늘어나 인체에 미치는 영향에 대한 과학적인 연구가 지난 십여년간 계속되고 있다(김윤신 등, 1996). 이에 세계각국에서 전자기장의 인체유해성 문제가 많이 거론되어 국민 보건위생차원에서 노출기준에 대한 규제 혹은 권고안을 제도화하고 있으나 국내에서는 아직 규제가 마련되어 있지 않은 실정이다. 전자기장의 인체유해성에 대한 법적 구속력을 지니는 규제안을 제도화한 국가는 체코, 폴란드, 러시아, 일본 등이며 미국은 주에 따라서 법률 혹은 권고로 규정하고 있다(IRPA/INIRC, 1990). 1984년 WHO/IRPA (International Radiation Protection Association)가 공동으로 전자기장에 노출되었을 때의 영향에 관한 정보를 제공하고 위험도를 종합 평가하여 환경건강 기준에 관한 권고안을 제시하였는데, 직업인의 경우 하루 8시간의 근무에 5가우스(G)를 최대 노출 자기장으로 권고하였다.

따라서, 물리치료실에서는 짧은 시간동안 치료받을 때 전자기장에 노출되는 환자와는 달리 물리치료사는 일과 시간 동안 전기치료기를 장시간 사용하고 있기 때문에 물리치료사는 적정수준 이상의 전자기장에 노출되는 것으로 사료된다. 물리치료실에서 사용하는 전기치료기 중

가장 문제가 되는 것은 극초단파투열치료기와 단파투열 치료기인데, 극초단파는 주파수 300MHz~3,000MHz, 파장 0.1~1m이며 단파투열치료기의 주파수는 10MHz~100MHz, 파장 3~30m이며 물리치료기의 경우 극초단파는 가장 일반적으로 2,450MHz의 주파수와 12.25cm의 파장을 가진 극초단파를 이용하며 단파투열치료기는 주파수 27.12MHz, 파장 11m을 이용한다(1992, 이재학).

에너지는 전기장에서 전자의 감속으로 유발되는 장치를 통해 발생된다. 그러므로 운동에너지는 극초단파로 발생되어 공기를 통해 먼 거리까지 전달된다. 극초단파 에너지의 중요한 특성은 인체조직 등 수많은 물질에 쉽게 흡수될 수 있고 극초단파 양과 균일하게 온도상승이 발생한다. 극초단파는 인간조직의 눈, 피부, 근육, 장기 등과 같은 수분함량이 높은 부분에 투과성이 높다(이재형, 1995). 전자기장이 인체에 미치는 영향은 그 유무에 있어 1930년대 이후 계속적으로 논란의 대상이 되어 왔으며 현재까지 많은 실험적 및 역학적 연구가 진행되고 있다(Lerchl, 1994. ; Birgitta, 1994). 전자기장의 인체영향에 관한 연구는 1979년 어린이 백혈병 발생과 전자기장 노출과의 연관성에 관한 역학적 연구결과가 발표된 이후(Wertheimer과 Leeper, 1979) 각종 암과의 관련성에 대한 논란이 끊임없이 계속되고 있다(Wilson 등, 1989). 전자기장이 인체에 미치는 영향은 다양하며 300MHz 이상의 고주파는 체내심부에서 열을 발생시켜 백내장, 생식유전의 이상, 내분비계, 신경계에 대한 영향 등 급성피해를 나타내어 오래전부터 연구대상이 되어 왔다(Wertheimer, 1995 ; Dermers, 1991). 특히 전자기장이 멜라토닌 분비에 미치는 영향에 관한 연구와 관련하여 멜라토닌 분비량에 어떤 영향을 주는지에 연구가 되었다(Yellon, 1994 ; Graham 등, 1996).

멜라토닌은 일주기 조절을 일으키며, 면역작용 및 암세포 증식 억제작용의 기능을 가지는 호르몬으로 알려져

있으며, 전자기장에 노출되기 전 멜라토닌 분비량에 비해 전자기장에 노출된 후 멜라토닌 분비량은 1.3배 감소하여 전자기장 노출로 인한 멜라토닌의 감소 후 정상으로 회복되기까지는 최소 2주 이상의 회복 시간이 소요되는 것으로 나타났다(Hong, 1997 ; 김윤신 등, 1997a, 1998b). 김덕원(1995)에 의하면 아주 낮은 전자기장이라도 인체의 수면사이클을 조절하고 심장병, 파킨슨씨병 등과 관련된 멜라토닌 분비를 방해할 수 있다고 하였으며, 전자기장 노출후 죽은 쥐의 멜라토닌 양을 측정할 결과 멜라토닌양이 극단적으로 낮았다(Panke, 1979).

다수의 역학적 연구에서 전자장의 인체 노출 중 특히 극저주파 영역에서의 개인노출을 대상군과 대조군으로 나누어 그들에 대한 인체영향을 조사한 결과, 소아의 백혈병, 뇌종양 그리고 유방암 등과 같은 암의 발생률이 증가한다고 보고하였다(Wertheimer과 Leeper, 1986 ; Verreault 등, 1990 ; Jone 등, 1991 ; Jone 등, 1994 ; Lovely 등, 1994). 또한 전자기장이 유방암과 소아의 백혈병에 미치는 영향과 암과의 관련성에 대한 연구가 시행되었으며, 남성에게도 유방암 발생률이 검사되었는데 전자기장 피폭 노동자 전체에서 1.8배, 라디오 통신 노동자에서 2.9배, 전력관계 노동자에서 6.0배라는 높은 증가율을 나타내었다(Jone 등, 1991a, 1994b). 전력회사의 종업원 중에서 필스상태의 전자기장 피폭을 받는 사람 중 폐암의 증가율은 피폭량이 제일 많은 그룹에서 3.11배 가 발생하였다(Larsen, 1991).

한편, 병원내 시설 중 방사선실에서는 방사선에 의한 피해를 줄이기 위해 차폐 벽, 차폐 유리 등으로 전자기장을 차폐시키고 있으나 물리치료실, 임상병리실 등 각종 전자기기를 이용하는 곳에서의 차폐는 전무한 실정이다. 덴마크 물리치료사를 대상으로한 흥미있는 조사(Larsen, 1991)에서는 임신한 여성 물리치료사를 대상으로 역학조사를 하였는데 기형아의 출산이 3.6%였고, 심장기형아는 0.7%로 출산하였다. 여기에는 전자기장에 의한 영향도 배제할 수 없을 것이다. Rita Ouellet-Hellstrom와 Walter F. Stewart(1993)에 의하면 극초단파에 노출된 여성물리치료사는 유산할 위험이 많다고 하였다. 물리치료실 내에 전자기장으로부터 인체를 보호하는 효과적인 방법은 전자기장 발생원에 대해 보호대책을 세우는 것이다. 전자기장 발생원 또는 전자기장 발생원을 포함하는 공간을 차폐천 등으로 덮어 차폐하거나, 금속판이나 전파 흡수체를 이용하여 전자기장 강도를 감소시키는 방법이 있다. 전자기장 발생 물체를 전기

적으로 접지 하거나 절연체를 씌움으로써 상당한 양의 접촉전류를 제거할 수 있다(한국 전자파 학회, 1995). 또한, 전자기장 발생원과 인체사이의 거리를 일정 이상 확보하고 전자기장 발생원의 가동시간을 줄이거나, 간헐적으로 장비를 동작시킬 필요가 있다(한국 전자파 학회, 1995). 그러나 현실적으로 적절치 않는 방법이므로 전자기장 발생원측에서 전자기장에 노출되는 인체측에 대해 보호대책을 세우는 것이 더 효과적이라 생각되며, 이 경우 보호안경, 보호복, 전자기장 발생원의 차폐등이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 가격이 싸면서 차폐율도 좋은 식면이 함유된 천으로 전자기장의 양을 효과적으로 감소시키고자 계획 되었다.

본 연구의 목적을 달성하기 위한 가설은 다음과 같다.

첫째, 물리치료 전자장비에서 많은 전자기장이 발생한다.

둘째, 치료강도가 높을 수록 전자기장은 많이 발생한다.

셋째, 거리가 가까울수록 전자기장은 많이 발생한다.

넷째, 여러 가지 치료장비를 같이 작동시키면 전자기장은 많이 발생한다.

다섯째, 차폐천은 전자기장을 효과적으로 차폐시킨다.

II. 실험방법

1. 실험대상 및 실험기간

본 실험의 대상은 D 대학교 병원 물리치료실에서 사용하는 물리치료 장비를 대상으로 하였다. 실험 대상 치료 기기(표. 1)는 전기온습포, 간섭파 치료기, 간섭파 치료기 2대, 경피신경자극 치료기, 경피신경자극 치료기 2대, 극초단파 치료기, 단파투열 치료기, 초음파 치료기, 간섭파 치료기+경피신경자극 치료기, 간섭파 치료기+극초단파 투열치료기, 간섭파 치료기+단파투열 치료기, 경피신경자극 치료기+극초단파투열 치료기, 경피신경자극 치료기+단파투열 치료기, 그리고 위의 치료기를 모두 작동시켜 실험 하였다.

본 실험을 위한 조건은 다음과 같다.

첫째, 전기를 이용하여 치료하는 장비

둘째, 각 병원에서 가장 많이 쓰는 장비

셋째, 전자기장이 많이 나올 것이라 예상되는 장비

위의 조건을 충족시키는 기기를 실험 대상으로 하였으며 2000년 2월 6일부터 3월 1일까지 실험 대상 기기 모두에 실험을 시행하였다.

2. 실험도구 및 절차

본 실험에서는 전자기장 측정을 위하여 신뢰도와 타당도가 검증된 스웨덴의 ENVIRO MENTOR사에서 제작한 ENN-4 ELECTRIC FIELD METER를 사용하여 전기장을 측정하였고, MAGNETIC FIELD LOGGER ML-1을 이용하여 자기장을 측정하였다. 그리고 차폐천은 METRO TECH KOREA사에서 제작된 E.M.I Shield Sheet를 이용하여 전자기장을 차폐시켰다. 이 차폐천은 걸감은 면으로 되어 있으며 안감은 석면으로 구성되어 있다.

실험의 순서는 각 치료기를 2가지의 강도로 0/0.3m/1m/3m/5m의 거리별로 ENN-4 ELECTRIC FIELD METER를 사용하여 전기장을 측정하였고, MAGNETIC FIELD LOGGER ML-1을 이용하여 자

기장을 1m의 높이에서 측정하였다. 치료기 중 단파투열 치료기와, 극초단파 투열 치료기는 치료기의 헤드를 측정기와 수직, 평행하게 2가지로 측정하였다. 그리고 차폐를 한 경우에는 치료기의 전면, 좌·우면, 뒷면을 차폐하여 측정 하였다. 치료기의 강도는 치료시 가장 일반적으로 사용하는 강도로 하였다. 간섭파 치료기와 경피신경 자극치료기의 경우에는 20mA와, 30mA, 단파 투열 치료기의 경우에는 120W와 130W, 극초단파 투열 치료기의 경우에는 100W와 150W, 초음파 치료기의 경우에는 1.5W/cm²와 3W/cm², 전기 온습포의 경우에는 60℃, 65℃의 온도로 하여 측정 하였다. 각 치료기를 2가지의 강도로 3회 반복하여 측정하였으며, 측정된 결과는 역정 모니터상에 디지털화된 숫자로 나타나며, 측정된 결과의 평균을 산출하여 측정치를 구하였다. 측정치의 단위는 전기장은 V/m, 자기장은 uT를 사용한다. 전자기장을 측정하기 전에 다른 전자기장의 영향을 최소화 하기위해 주위의 모든 전자기기의 전원코드를 뽑고 형광등의 조명을 끈 상태에서 측정하였다.

표 1.1. 실험대상 기기의 일반적 특성

	제조 회사	제품 유형	생 산 국
전기 온습포 (HP)	새한 전자	온습 3단 썸질기	KOREA
간섭파 치료기 (ICT)	ENRAF NONIUS	ENDOMED 419	NETHERLAND
경피신경 자극 치료기 (TENS)	ENRAF NONIUS	ENS 911	U.S.A
극초단파투열 치료기 (MWD)	ZENITER	MICROTRON MTS-20	JAPAN
단파투열치료기 (SWD)	ENRAF NONIUS	CURAPULS 419	NETHERLAND
초음파 치료기 (US)	ENRAF NONIUS	SONOPULS 434	NETHERLAND

3. 분석 방법

개인용 컴퓨터를 이용하여 SPSS 7.5 for Windows 로 모든 자료를 통계처리 하였으며 각 항목의 평균과 표

준편차를 구하였다. 차폐전·후의 평균치 차이는 대응표본 t-검정으로 실시하였고 거리와 강도에 따른 차이를 알아보기 위해 다변량분석(MANOVA)를 실시하였다. 이때 유의수준은 .05로 실시하였다.

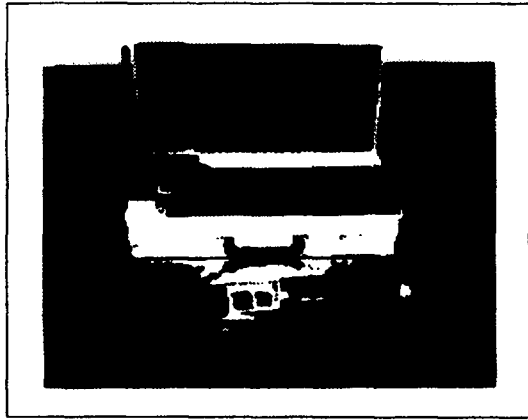


그림 1. 1 ENN-4 ELECTRIC FIELD METER

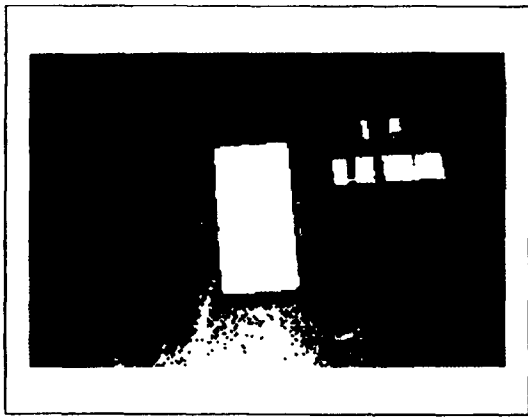


그림 1. 2 MAGNETIC FIELD LOGGER ML-1

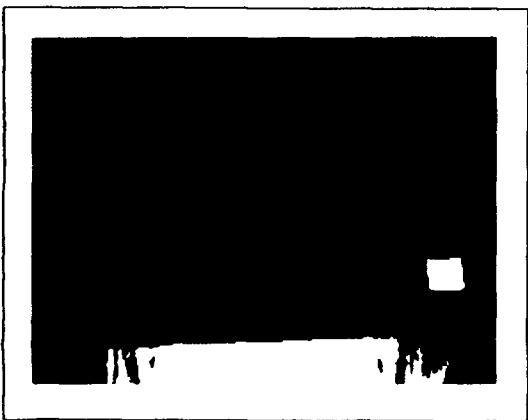


그림 1. 3 MAGNETIC FIELD LOGGER ML-1

Ⅲ. 결 과

본 연구의 결과는 ENN-4 ELECTRIC FIELD METER를 사용하여 전기장을 MAGNETIC FIELD LOGGER ML-1를 이용하여 자기장을 차폐는 E.M.I SHIELD SHEET를 이용하여 각 치료기에 대한 전면의 1m 높이에서 차폐전·후의 전기장과 자기장의 세기를 강도와 거리에 따라 수치를 얻어 분석하였다.

1. 치료기 종류에 따른 전기장의 양

각 치료기를 2가지의 강도로 3회 전기장을 측정하여 평균치를 나타낸 것을 말하며 전기장의 단위는 V/m(전기장 강도)이다. 각 치료기를 0/0.3m/1m/3m/5m의 거리에서 종속변수를 전기장으로 두고 개체간 효과검정을 하였다. 거리, 종류, 차폐유무를 검정했을 때 $p < .05$ 이므로 거리, 종류, 차폐유무에 따른 각각의 결과가 달랐다. 거리에 따른 차폐유무를 비교하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하였으며, 종류에 따른 차폐유무를 비교하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하였다. 거리에 대한 사후검정에서 거리 0과 0.3m/1m/3m/5m에서 각각 $p < .05$ 이므로 유의하였으며, 0.3m과 0/1m/3m/5m에서 거리 0에서만 $p < .05$ 로 유의하였으며, 1m과 0/0.3m/3m/5m에서 거리 0에서만 $p < .05$ 로 유의하였으며, 3m과 0/0.3m/1m/5m에서 거리 0에서만 $p < .05$ 로 유의하였으며, 5m과 0/0.3m/1m/3m에서 거리 0에서만 $p < .05$ 로 유의하게 나왔다. 치료기의 종류별로는 종속변수를 전기장으로 두고 다중 비교를 하였을 때 전기온습포(HP)에서는 간섭파치료기(ICT) 2대와 치료기를 모두 다 작동시켰을 때만 제외하고 $p < .05$ 로 유의하였으며, ICT에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두 다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, ICT 2대에서는 HP, ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두 다 작동시켰을 때만 제외하고 $p < .05$ 로 유의하였으며, TENS와 TENS 2대에서는 HP, ICT 2대, TENS+MWD(수평), 치료기를 모두 다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, US 1MHz과 US 3MHz에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두 다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, SWD(수평)에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두 다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, SWD(수직)에서는 HP, ICT 2대, TENS+MWD(수평), 치료기를 모두 다 작동시켰을 때

에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, MWD(수평)에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, MWD(수직)와 ICT+TENS에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, ICT+MWD(수평)에서는 HP, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, ICT+SWD(수평)에서는 HP, ICT 2대, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, TENS+MWD(수평) HP, ICT 2대, TENS, SWD(수직), MWD(수직), TENS+SWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, TENS+SWD(수평)에서는 HP, ICT 2대, TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서는 HP, ICT 2대를 제외한 모두에서 $p < .05$ 로 유의하게 나타났다.

치료기 종류에 따른 전기장의 양은 전기 HP이 가장 많았으며, 치료기를 모두 작동할 때, ICT 2대, TENS+MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS 2대, MWD(수평), ICT+TENS, SWD(수평),

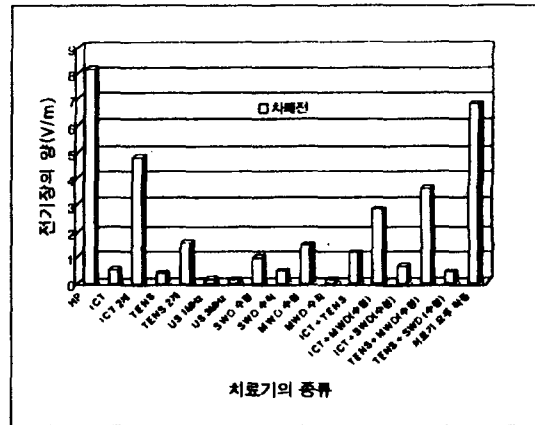


그림 1.1. 치료기의 종류에 따른 전기장의 양

ICT+SWD(수평), ICT, SWD(수직), TENS+SWD(수평), US 1MHz, US 3MHz, MWD(수직)순으로 전기장이 많았다.

2. 치료기 종류에 따른 자기장의 양

각 치료기를 2가지의 강도로 3회 자기장을 측정하여 평균치를 나타낸 것을 말하며 전기장의 단위는 μT (자속 밀도)이다. 각 치료기를 0/0.3m/1m/3m/5m의 거리에서 종속변수를 자기장으로 두고 개체간 효과검정을 하였는데 거리, 종류, 차폐유무를 검정했을 때 $p < .05$ 이므로 거리, 종류, 차폐유무에 따른 각각의 결과가 달랐다. 거리에 따른 차폐유무를 비교하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하였으며, 종류에 따른 차폐유무를 비교하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하였다. 거리에 대한 사후검정에서 거리 0과 0.3m/1m/3m/5m에서 각각 $p < .05$ 이므로 유의하였으며, 0.3m과 0/1m/3m/5m에서 각각 $p < .05$ 로 유의하였으며, 1m과 0/0.3m/3m/5m에서 거리 0과 0.3m에서만 $p < .05$ 로 유의하였으며, 3m과 0/0.3m/1m/5m에서 거리 0과 3m에서만 $p < .05$ 로 유의하였으며, 5m과 0/0.3m/1m/3m에서 거리 0과 3m에서만 $p < .05$ 로 유의하였다.

치료기의 종류별로는 종속변수를 자기장으로 두고 다중 비교를 하였을 때 HP에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, ICT와 ICT 2대에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평),

표 1.1. 치료기 종류에 따른 전기장의 양 (단위: V/m)

치료기의 종류	평균	표준편차
HP	8.1450	14.5061
ICT	.5345	1.2259
ICT 2대	4.8037	9.9417
TENS	.3858	.8215
TENS 2대	1.5600	3.9030
US 1MHz	.1720	.3167
US 3MHz	.1460	.2439
SWD 수평	.9877	1.9310
SWD 수직	.4650	.8060
MWD 수평	1.4482	2.8840
MWD 수직	.1445	.1357
ICT+TENS	1.1728	.8175
ICT+MWD(수평)	2.8252	6.2590
ICT+SWD(수평)	.6588	1.3869
TENS+MWD(수평)	3.6237	10.2846
TENS+SWD(수평)	.4327	.8151
치료기 모두 작동	6.7938	14.8273

TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, TENS와 TENS 2대에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, US 1MHz과 US 3MHz에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, SWD(수평)에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, SWD(수직)에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, MWD(수평)에서는 ICT+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때를 제외하고 $p<.05$ 로 유의하였으며, MWD(수직)와 ICT+TENS에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, ICT+MWD(수평)에서는 MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때를 제외하고 $p<.05$ 로 유의하였으며, ICT+SWD(수평)에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, TENS+MWD(수평)에서는 SWD(수평), ICT+MWD(수평)때를 제외하고 $p<.05$ 로 유의하였으며, TENS+SWD(수평)에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서 $p<.05$ 로 유의하였으며, 치료기를 모두다 작동시켰을 때에서는 MWD(수평), ICT+MWD(수평)을 제외한 모두에서 $p<.05$ 로 유의하였다.

치료기 종류에 따른 자기장의 양은 치료기를 모두 작동할 때 가장 많았으며, MWD(수평), ICT+MWD(수평), TENS+MWD(수평), SWD(수평), 전기HP, US 1MHz, MWD(수직), ICT+SWD(수평), US 3MHz, SWD(수직), ICT+TENS, 그리고 TENS 2대, ICT ICT 2대, TENS+SWD(수평)는 자기장이 발생하지 않았다.

표 1. 2. 치료기 종류에 따른 자기장의 양 (단위 : μ T)

치료기의 종류	평균	표준편차
HP	.3723	.6368
ICT	4.400E-02	8.068E-03
ICT 2대	4.400E-02	8.068E-03
TENS	4.400E-02	.0000
TENS 2대	4.400E-02	.0000
US 1MHz	.3660	.6618
US 3MHz.	.2890	.4940
SWD 수평	.7.3431	15.2520
SWD 수직	9.000E-02	5.755E-02
MWD 수평	25.8210	41.5511
MWD 수직	3.3327	9.0539
ICT+TENS	4.600E-02	1.120E-02
ICT+MWD(수평)	21.3280	40.8492
ICT+SWD(수평)	.3205	.80349
TENS+MWD(수평)	13.9320	31.7485
TENS+SWD(수평)	6.550E-02	2.914E-02
치료기 모두작동	25.8486	41.0560

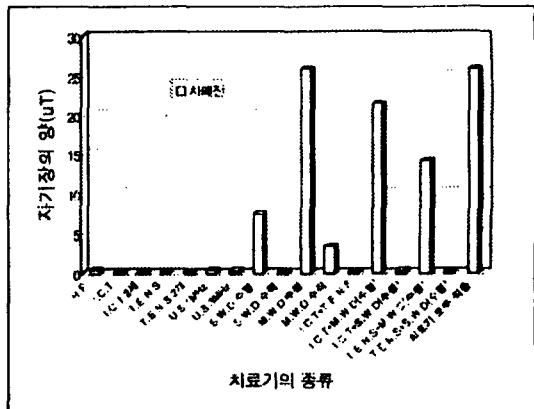


그림 1. 2. 치료기의 종류에 따른 자기장의 양

3. 거리에 따른 전기장의 양

거리에 따른 전기장의 양을 분산 분석하였는데 $p<.05$ 로 각각의 거리에 따라 전기장의 양이 집단간과 집단 내에서 유의하였으며, 거리가 가까울수록 전기장의 양은 많았다. 2가지의 강도에서 각 거리에 대한 전기장의 평균은 거리 0에서는 8.7235, 0.3m에서는 .6468, 1m에서는 .1247, 3m에서는 4.774E-02, 5m에서는 4.194E-02로 측정되었다.

표 III.1. 거리에 따른 전기장의 양 (단위 : V/m)

거리	평균	표준 편차
0	8.7235	12.4665
0.3m	.6468	1.3621
1m	.1247	.1263
3m	4.774E-02	3.214E-02
5m	4.194E-02	5.929E-03

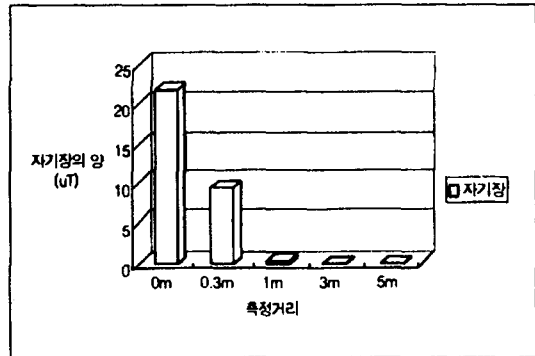


그림 III. 1. 거리에 따른 전기장의 양

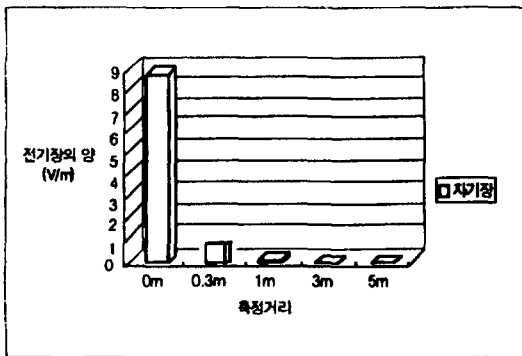


그림 III. 1. 거리에 따른 자기장의 양

4. 거리에 따른 자기장의 양

거리에 따른 자기장의 양을 분산 분석하였는데 $p < .05$ 로 각각의 거리에 따라 전기장의 양이 집단간과 집단 내에서 유의하였으며, 거리가 가까울수록 자기장의 양은 많았다. 3가지의 강도에서 각 거리에 대한 자기장의 평균은 거리 0에서는 21.8452, 0.3m에서는 9.5702, 1m에서는 .3620, 3m에서는 5.419E-02, 5m에서는 4.226E-02로 측정되었다.

표 IV.1. 거리에 따른 자기장의 양 (단위 : uT)

거리	평균	표준 편차
0	21.8452	37.7650
0.3m	9.5702	26.5936
1m	.3620	.8474
3m	5.4194E-02	5.214E-02
5m	4.226E-02	1.434E-02

5. 강도에 따른 전기장의 양

강도에 따른 전기장의 양을 분산 분석하였는데 $p < .05$ 로 각각의 강도에 따라 전기장의 양이 집단간과 집단 내에서 유의하였으며, 강도가 높을수록 전기장의 양은 많았다. 2가지의 강도에서 각 강도에 대한 전기장의 평균은 강도 1에서는 1.4472, 강도 2에서는 2.0089로 측정되었다.

표 V.1. 강도에 따른 전기장의 양 (단위 : V/m)

강도	평균	표준 편차
1*	1.4472	5.3233
2**	2.0089	6.7282

* : 전기 온습포 : 60℃ M.W.D : 150W
I.C.T, T.E.N.S : 20mA S.W.D : 120W
** : 전기 온습포 : 65℃ S.W.D : 130W
I.C.T, T.E.N.S : 30mA U.S : 1.5W/cm-2
M.W.D : 100W U.S : 3W/cm-2

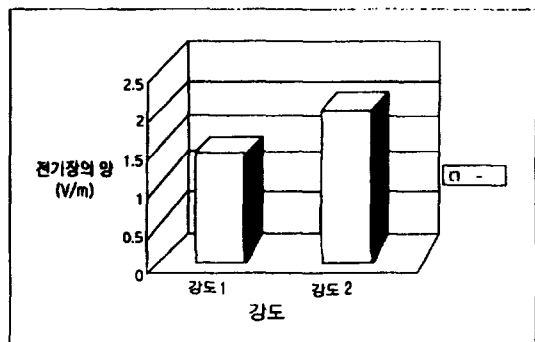


그림 V. 1. 강도에 따른 전기장의 양

6. 강도에 따른 자기장의 양

강도에 따른 자기장의 양을 분산 분석하였는데 $p > .05$ 로 각각의 강도에 따라 전기장의 양이 집단간과 집단 내에서 유의하지 않았으며, 강도가 높을수록 자기장의 양은 유의하지 않았다. 2가지의 강도에서 각 강도에 대한 자기장의 평균은 강도 1에서는 5.7912, 강도 2에서는 7.4705로 측정되었다.

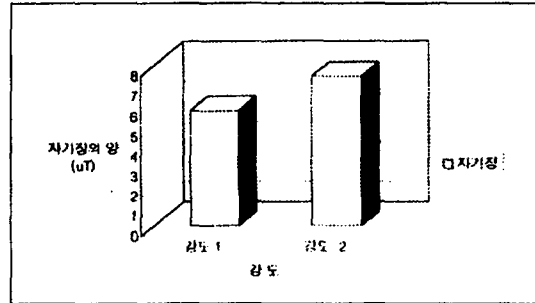


그림 7. 1. 강도에 따른 자기장의 양

표 VI. 1. 강도에 따른 전기장의 양 (단위 : uT)

강도	평균	표준 편차
1*	5.7912	21.4521
2**	7.4705	23.9565

* : 전기 온습포 : 60℃ ** : 전기 온습포 : 65℃
 I.C.T. T.E.N.S : 20mA I.C.T. T.E.N.S : 30mA
 M.W.D : 100W M.W.D : 150W
 S.W.D : 120W S.W.D : 130W
 U.S : 1.5W/cm-2 U.S : 3W/cm-2

7. 거리에 따른 차폐전·후의 전자기장의 비교

1) 거리가 0일 때 차폐전·후의 전자기장의 비교

자기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 0일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐 후에는 자기장의 양이 줄었다. 전기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 0일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐 후에는 전기장의 양이 줄었다.

표 VII. 1. 거리가 0일때 차폐전·후의 전자기장의 비교

(단위 : * : uT, ** : V/m)

전자기장의 종류	차폐 유무	평균	평균 편차	P(유의확률)
자기장*	차폐전	30.9977	43.7054	.001
	차폐후	112.6926	28.0779	
전기장**	차폐전	13.2082	15.3437	.001
	차폐후	4.2389	6.0356	

$p < .05$

2) 거리가 0.3m 일 때 차폐전·후의 전자기장의 비교

자기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 0.3m 일 때 차폐전·후를 t-검정

하였을 때 $p > .05$ 이므로 유의하지 않아 차폐전·후에서 자기장의 양이 비슷했다. 전기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 0.3m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 전기장의 양이 줄었다.

표 VII. 2. 거리가 0.3m일때 차폐전·후의 전자기장의 비교

(단위 : * : uT, ** : V/m)

전자기장의 종류	차폐 유무	평균	평균 편차	P(유의확률)
자기장*	차폐전	18.6987	35.3972	.000
	차폐후	.4417	.8324	
전기장**	차폐전	.8356	1.5973	.058
	차폐후	.4580	1.0523	

$p < .05$

3) 거리가 1m 일 때 차폐전·후의 전자기장의 비교

자기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 1m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하

였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 자기장의 양이 줄었다. 전기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 1m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 전기장의 양이 줄었다

표 VII. 3. 거리가 1m일때 따른 차폐전·후의 전자기장의 비교

(단위 : * : uT, ** : V/m)

전자기장의 종류	차폐 유무	평균	표준 편차	P(유의확률)
자기장*	차폐전	.6208	1.1219	.000
	차폐후	.1032	.2230	
전기장**	차폐전	.1574	.1442	.000
	차폐후	.9.194 E	9.561E-02	

$p < .05$

4) 거리가 3m 일 때 차폐전·후의 전자기장의 비교

자기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 3m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하

였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 자기장의 양이 줄었다. 전기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 3m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 전기장의 양이 줄었다.

표 VII. 4. 거리가 3m일때 차폐전·후의 전자기장의 비교

(단위 : * : uT, ** : V/m)

전자기장의 종류	차폐 유무	평균	표준 편차	P(유의확률)
자기장*	차폐전	6.839E-02	7.113E-02	.000
	차폐후	.1032	.2230	
전기장**	차폐전	.1574	.1442	.028
	차폐후	.9.194 E	9.561E-02	

$p < .05$

5) 거리가 5m 일 때 차폐전·후의 전자기장의 비교

자기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 5m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하

였을 때 $p < .05$ 이므로 유의하여, 차폐후에는 자기장의 양이 줄었다. 전기장의 경우 Levence의 등분산 검정에서 $p < .05$ 로 유의하였으며, 거리가 5m 일 때 차폐전·후를 t-검정 하였을 때 $p > .05$ 이므로 유의하지 않아 차폐전·후에서 전기장의 양이 비슷했다.

표 VII. 5. 거리가 5m일때 차폐전·후의 전자기장의 비교

(단위 : * : uT, ** : V/m)

전자기장의 종류	차폐 유무	평균	표준 편차	p(유의확률)
자기장*	차폐전	4.452E-02	2.008E-02	.031
	차폐후	4.000E-02	.0000	
전기장**	차폐전	4.258E-02	6.741E-03	.138
	차폐후	4.129E-02	4.940E-03	

p<.05

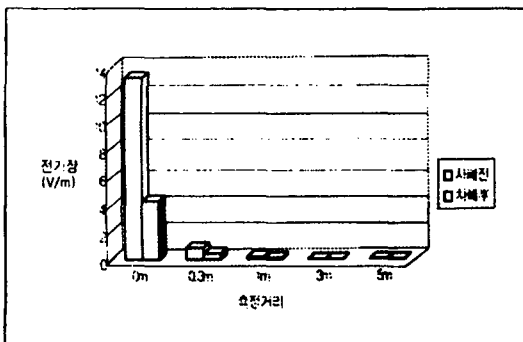


그림 VII. 2. 거리에 따른 전기장의 차폐전·후 비교

IV. 고찰

전자기장은 전기장과 자기장 및 그들의 상호 관계에 대한 이론을 토대로 1864년 영국의 물리학자 맥스웰(J.C Maxwell)에 의하여 예언되었고, 1888년 헤르츠(Hertz)는 유도코일과 축전기로 만든 공진 회로를 이용하여 전자파의 존재를 증명하였다(강덕근 등, 1995). 1896년 이탈리아의 마르코니가 무선 전신을 발명하여 통신에 이용함으로써 전자파 통신 시대를 열어 놓은 이후로 전자파 및 전자문명은 눈부신 발전을 거듭하게 되어 오늘날의 전자 산업의 발달을 이룩하였다. 그러나 그 이면에는 각종 전기, 전자 기기들로부터 방출되는 불필요한 전자기장으로 인한 피해 사태가 속출함에 따라 전자기장환경 문제가 크게 대두 되었다. 이에 따라 미국, 유럽 연합, 일본등과 같은 선진국에서는 일찍이 주요 전기, 전자 기기에 대한 전자기장 연구에 투자를 해왔고 또한 적절하고 강력하게 전자기장 장애 및 내성에 대한 규제를 시행하고 있다.

전자기장의 논쟁이 시작된 것은 1960년대 부터이다.

초기에는 전기장에 대한 관심이 높았으나 최근에는 자기장에 대한 관심이 높아지고 있다. 1960년대 구 소련의 변전소 노동자들이 수면부족, 두통, 호흡곤란 증상을 호소하여 정부에서 전기장의 유해성을 밝히고자 연구를 시작하여 1972년에 관련성을 발표하였고 1970년대 모스크바의 미국 대사관내의 감시를 위해 구 소련이 도청장치들 사용하여 다량의 전기신호를 발생시킨 결과 미국 대사가 백혈병이 발병하여 국민들의 관심을 촉발시켰다. 그래서 어린이 백혈병에 관한 역학을 조사한 결과 전력선 주위에 사는 어린이는 백혈병 위험이 높다는 결과를 발표하였다(Wertheimer과 Leeper, 1979).

스웨덴에서는 전자 산업 종사자의 남녀 노동자의 암 발병률을 조사하였는데, 중추신경계 종양에 의한 사망자 중 신경교종 및 수막종의 위험요소는 인정되지 않았지만 신경교종의 일종인 신경교성상 세포종은 연관성이 인정되었다(Kheifets 등, 1995).

각종 전기치료를 사용하는 물리치료실에서는 많은 전자기장에 물리치료사들은 항상 노출되어 있다. 특히 인체의 치료 목적으로 사용되는 다이아터미 사용시 많은 전자기장이 발생한다. 그리고 상대적으로 짧은 시간에 높은 강도로 부분 노출되는 환자와는 달리 치료사는 항상 전자기장에 노출되어 있다. 그래서 덴마크에서 1978~1985년에 출산한 여성 물리치료사중 전자기장에 노출된 사람을 대상으로 관찰 하였는데, 기형은 3.6%, 심장 기형은 0.7%로 발병하였다. 그리고 여아에서 남아보다 더 위험한 것으로 나타났다(Olsen 등, 1991). 그리고 Kallen과 Taskinen의 실험에서도 비슷한 결과를 나타내어 전자기장이 유해한 사실을 입증한다(Kallen 등, 1982; Taskinen 등, 1990).

노출된 시간에 따라 기형아의 발생률이 달랐는데, 1주일에 1~4시간 노출된 경우에는 일반인의 경우 기형아 발생 비율이 1일 때 1.2로 나타났으며, 4시간 이상은

1.7로 나타났다. 전자기장에 노출된 여성 물리치료사의 경우에는 저체중아를 낳을 확률이 전자기장에 노출되지 않은 여성 보다 남아인 경우에는 5.7배 여아의 경우에는 0.7배가 높았다(Larsen 등, 1991).

그래서 건강장해 측면에서 비전리 방사선 방호에 관한 국제위원회(International Non-Ionizing Radiation Committee)가 중심이 되어 선진 각국에서는 활발한 연구활동과 전자기장 종류별로 인체피폭의 허용한계 등을 규정한 국제 기준들을 제정하여 시행하고 있는데 직업인의 경우 근무시간에 따른 최대 노출 전기장은 10kV/m, 최대 노출 자기장은 5G(가우스)를 권고 하였으며, 일반 시민의 경우는 하루에 최대 노출 전기장은 5kV/m, 최대 노출 자기장은 1G(가우스)를 권고 하였다. Bell 연구소에 따르면 10mW/cm² 이상은 유해하며 1~10mW/cm²는 단시간 피폭시 안전하고 1mW/cm² 이하는 장기간 피폭되어도 안전하다고 하였다. 본 실험에서 전기장과 자기장의 양은 거리가 가까울수록 강도가 높을수록 많았으며 차폐 전·후의 전자기장의 양이 유의성이 있으므로 물리치료실의 차폐를 의무화하는 것이 바람직하게 생각되며, 특히하게 전기 온습포의 전기장의 양이 치료기를 모두 작동시킬 때 보다 많은 것은 각각의 치료기에서 나오는 전기장의 주파수가 달라서 간섭현상에 의해 서로 상쇄된 것이라 생각된다. 따라서, 우리는 무엇보다도 전자기장 장해에 대한 이해와 인식을 새로이 하여 치료사의 건강 장해 예방 측면에서도 유해전자기장에 대한 인체 피폭 한계를 정하여 관리할 강화를 하는데 이 실험의 배경이 있다.

차폐하기 위한 방법으로는 차폐 벽, 차폐 유리, 차폐 섬유 등이 있다. 이러한 것들은 전자기장을 효과적으로 차폐할 수 있으며, 본 연구에서는 차폐천을 이용하여 실험하였다. 차폐천의 종류에는 석면으로 제작된 것과, 유리섬유, 미네랄섬유 등이 있으므로 다른 종류의 차폐천으로도 실험이 이루어져 차폐천의 종류에 따른 전자기장의 차폐 효율에 대한 실험도 이루어지리라 기대한다.

물리치료실에서는 차폐 벽, 차폐 유리등의 차폐는 현실적으로 불가능하므로 차폐 섬유를 이용한 부분적 전자 치료기의 차폐 또는 커튼을 이용한 완전차폐 방법등을 생각할 수 있으며, 전극구조의 변경이나 접지 등으로도 전자기장에 노출되기 쉬운 물리치료사의 전자기장 피해를 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 D 대학교병원 물리치료실에서 사용하는 전기를 이용한 물리치료장비를 대상으로 전기장 측정장비인 ENN-4 ELECTRIC FIELD METER와 자기장 측정장비인 MAGNETIC FIELD ML-1와 차폐천은 E.M.I SHILD SHEET를 이용하여 거리 0/0.3m/1m/3m/5m의 순서로 치료기의 강도는 간섭파 치료기와 경피신경 자극치료기의 경우에는 20mA와, 30 mA, 단파 투열 치료기의 경우에는 120W와 130W, 극초단파 투열 치료기의 경우에는 100W와 150W, 초음파 치료기의 경우에는 1.5W/cm²와 3W/cm², 전기 온습포의 경우에는 60℃, 65℃의 온도로 하여 측정 하였다. 강도의 절정은 치료시 가장 일반적으로 쓰는 2가지 강도로 하여 전면에서 차폐 전·후의 전자기장을 1m 높이에 서 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 치료기마다 많은 전자기장이 발생 했으며, 특히 전기 온습포와 간섭파 치료기 2대를 작동 시킬때, 극초단파 치료기의 헤드를 수평으로 했을 때, 초단파 치료기의 헤드를 수평으로 했을 때, 모두 작동 시킬때에 많이 발생 하였다.
 2. 치료기의 종류에 따른 전기장의 양은 각각 통계적으로 유의 하였다(p<.05).
 3. 치료기의 종류에 따른 자기장의 양은 각각 통계적으로 유의 하였다(p<.05).
 4. 치료기의 거리에 따른 전기장의 양은 각각 통계적으로 유의 하였다(p<.05).
 5. 치료기의 거리에 따른 자기장의 양은 각각 통계적으로 유의 하였다(p<.05).
 6. 치료기의 강도에 따른 전기장의 양은 각각 통계적으로 유의 하였다(p<.05).
 7. 치료기의 강도에 따른 자기장의 양은 각각 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05).
 8. 차폐 전·후의 자기장에서 0, 0.3m, 1m, 3m, 5m의 모든 거리에서 통계적으로 유의하였다(p<.05).
 9. 차폐 전·후의 전기장에서 0, 1m, 3m의 거리에서 통계적으로 유의하였고(p<.05), 0.3m, 5m에서는 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05).
 10. 각 치료기의 종류, 거리, 강도에 따라 차폐하였을 때 전자기장의 발생을 효과적으로 감소시켰다.
- 따라서, 이상과 같은 결과로 볼 때 전자기장은 거리와 강도가 높아질수록 전자기장의 양이 많이 발생하며 차폐

를 한 후에는 전자기장의 양이 많이 줄기 때문에 물리치료실내에 차폐를 의무화하여 물리치료사의 전자기장의 피해를 최소화해야 할 것으로 생각된다.

〈 참고 문 헌 〉

강덕근, 김병하 : 제4의 공해 전자파, MACWORLD, 출판예정.

김덕원 : 각종 전자파에 의한 인체의 노출, 역학조사를 위한 전자파 측정, 대한 의용생체공학회지, 16(2), 1995.

김윤신 : 극저주파 영역에서의 전자파 노출에 관한 조사 연구, 춘계학술대회발표, 한국대기보전학회, 1996.

김운신, 김수연, 박지연, 최원욱 : 극저주파 영역에서의 전자파 노출에 관한 조사연구, 한국환경위생학회지, 23 : 55~61, 1997.

김운신, 조용성, 위승철, 홍승철 : 전자기파 노출이 멜라토닌 분비량에 미치는 영향에 관한 조사 연구, 한국 환경위생 학회지, 23 : 130~135, 1997.

김운신, 조용성 : 전자파의 직업성 노출평가 및 멜라토닌 분비량에 관한 연구, 한국 산업위생 학회지, 8(2), 1998.

이재학 : 전기치료학, 3판, 서울 : 대학서림, 1992.

이재형 : 전기치료학, 초판, 서울 : 대학서림, 1995. 한국 전자파 학회 : 전자기장 노출에 대한 인체 보호기준, 1995.

Birgitta Floderus : Incidence of selected cancers in swedish railway workers, Cancer causes and Control., 1994.

Demers PA : Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. Am. J. Epidemiology, 1991.

Fulton JP, Cobb S, Preble L et al. : Electrical wiring configuration and childhood leukemia in Rhode Island, Am. J. Epidemiol, 111 : 292-296, 1980.

Graham C, Cook MR, Riffle DW : Nocturnal melatonin levels in human volunteers exposed to intermittent 60Hz magnetic fields, Bioelectromagnetic, 17 : 263-273, 1996.

Hong SC : Effects of repeated nighttime exposures

to 50Hz electromagnetic fields on the melatonin production and circadian rhythm, Department of human ecology school of interantional health faculty of medicine. The university of tokyo, 1997..

IRPA/INIRC : Itrim guide lines on limits of exposure to 50~160Hz electrical and magnetic field, 1990.

Kallen B, Malmquist G, Moritz U : Delivery outcome among physiotherapists in Sweden is non-ionizing radiation a fetal hazard?, Arch. Environ. Health, 1982.

Kellokumpu-Lehtinen, P, Pelliniemi, LJ : Sex ratio of human conceptuses. Obstet. Gynecol. 64 : 220-2, 1984.

Kheifets, LL, Afifi, AA, Buffler, PA : Occupational and magnetic field exposure and brain cancer. Journal of Occupational Environment Medicine, 1995.

Larsen AI, Skott J : Can exposure to electoromagnetic radiation(in diathermy operators) be estimated from interview data a pilot study. Am. J. Ind. Med. 19 : 51-7, 1991.

Larsen AI, Jensen AO, Skotte J et al. : Kan ikkeioniserende staling have indvirkning pa fosterudviklingen?(Dose non-ionizing radiation influence foetal development?), Ugeskr Laeger. 149 : 518-20, 1987.

Larsen AI : Congenital malformations and exposure to high-frequency electoromagnetic radiation among physiotherapists. Scan. J. Work. Environ. Health. 17 : 318-23, 1991.

Lerchl A : Effects of weak alternating Magnetic fields on natural melatonin production and mammary carcinogenesis in rats. Oncology, 1994.

Lovely RH, Slavich Al, Anderson LE et al. : Adult Leukemia risk and personal appliances use. A preliminary study. Am. J. Epidemiology, 1994.

Meyers A, Clayden AD, Cartwright RA et al. : Childhood cancer and overhead powerlines: a case-control study. Br. J. Cancer. 62 : 1008-

- 1014, 1990.
- Olsen J, Larsen AI, Svane O : Gender-specific reproductive outcome and exposure to high frequency electromagnetic radiation among physiotherapist, *Scand J. Work. Environ Health*, 1991.
- Olsen JH, Nielsenm A, Schulgenm G : Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children, *Br. Med*, 307 : 891~895, 1993.
- Panke ES : Pineal melatonin concentration in the syrian hamster, *Am. J. Endocrinology*, 1979.
- Rita Ouellet-Hellstrom, Walter F. Stewart : Miscarriages among female physical therapists who report using radio-and microwave-frequency electromagnetic radiation. *American Journal of Epidemiology*, 1993.
- Taskinen H, Kyyronen P, Hemminki : Effects of ultrasound shortwaves and physical exertion on the pregnancy outcome of physiotherapists, *Journal of Epidemiology community Health*, 1990.
- Tofani S, Agnesod G, Ossola P et al : Effects of continuous low-level exposure to radiofrequency radiation on intrauterine development in rats, *Health. Phys.* 1986.
- Tomenius L : 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumor in Stockholm Country, *Bioelectromagnetics*. 7 : 191-207, 1986.
- Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR : Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer, *Am. J. Epidemiology*, 1996.
- Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR : Risk of postmenopausal breast cancer and use of electric blankets, *Am. J. Epidemiology*, 1994.
- Verreault R, Weiss NS, Hollenbach KA et al. : Use of Electric Blankets and Risk of Testicular cancer. *Am. J. Epidemiol*, 1990.
- Wertheimer N, Leeper E : Electrical Wiring configuration and childhood cancer *Am J Epidemiol*, 1979.
- Wertheimer N, Leeper E : Possible effect of electric blankets and heated waterbedds on fetal development, *Bioelectromagnetics*, 1986.
- Wertheimer N : Childhood cancer in relation to indicators of magnetic fields from ground current sources, *Bioelectromagnetics*. 1995.
- Wilson BW : Neuroendocrine mediated effects of electromagnetic field exposure: possible role of the pineal gland. *Life. Sci*, 1989.
- Wilson BW : Evidence for an effect of ELF electromagnetic fields on human pineal gland function. *J.Pineal RES*. 9 : 259-269, 1990.
- Wultman RJ : Melatonin synthesis in rat's pineal gland, Control by light. *Science*. 142 : 1071-1073, 1963.
- Yao KTS : Cytogenetic consequences of microwave irradiation on mammalian cells incubated in vitro. *J. Hered*, 1982.
- Yellon SM : Acute 60Hz magnetic field exposure effects on the melatonin rhythm in the pineal gland and circulation of the adult diungarain hamster, *J. Pineal. Res*. 16 : 136-144, 1994.