

자기장이 웅성 생쥐의 정액성상과 장기무게에 미치는 영향

김용배 · 박동현 · 박춘근 · 김정익 · 정희태 · 양부근[†]

강원대학교 동물자원과학대학 동물자원학부

Effect of Magnetic Field Exposure on Semen Characteristic and Organ Weight in Mice

Kim. Y. B., D. H. Park, C. K. Park, C. I. Kim, H. T. Cheong and B. K. Yang[†]

Division of Animal Resource Science, College of Animal Resource Science,
Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

ABSTRACT

This study were performed to investigate the effect of magnetic field exposure on semen characteristic and the weights of body, reproductive organs and liver, kidney and spleen in mice.

In magnetic field exposure for 15 days, sperm concentrations and viability were significantly lower in magnetic field($15.7 \times 10^6/ml$, 29.3%) than that in control group($25.1 \times 10^6/ml$, 34.4%)($P < 0.05$). The proportion of sperm abnormality were significantly increased in magnetic field exposure groups for 15 days than that in control group($P < 0.05$).

The exposure of magnetic field in mice didn't affect the body and reproductive organ weight such as testis, epididymis, vasicular gland and coagulatin gland. The weight in liver and kidney were not affect in magnetic field exposure groups. However, the spleen weight were significantly higher($P < 0.05$) in group exposed with than without magnetic field.

This studies indicate the short or long term magnetic field exposure in mice were noxious effects on the sperm characteristics and spleen weight, but didn't affect body, reproductive organs, and liver and kidney weight.

(Key words : Magnetic field, Semen characteristic, Mouse)

I. 서 론

현대 산업사회에서 살고 있는 사람들은 직장이나 가정에서 전자장에 노출되어 있고, 전자장은 번식에 유해한 영향을 미친다고 추측하고 있어 (Tablado 등, 1998), 전자장의 유해성은 논쟁의 대

상이 되었다.

전기가 흐르면 전기의 진동이 일어난다. 이때 그 주위에는 전기력과 자기력이 동시에 발생하는 데 이것이 주기적으로 바뀌면서 생기는 파동을 전자파라 한다.

전자장은 전기가 흐르는 곳이면 어디서나 발생하는 속성이 있기 때문에 전기를 사용하는 모든

[†] Corresponding author : Division of Animal Resource Sciences, College of Animal Resource Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea, Tel:+82-33-250-8627, Fax: +82-33-244-2532, E-mail: bkyang@kangwon.ac.kr

기에는 필연적으로 발생하게 된다. 전자장은 전기장과 자기장으로 구분할 수 있는데 전기장은 모든 물체에 의해 쉽게 차단되며 자기장은 거의 모든 자성체 물체들을 쉽게 통과하는 성질이 있다. 따라서 전기장보다는 자기장이 생체에 더 큰 영향을 준다.

자기장에 노출시킨 임신한 생쥐의 경우 퇴행란이 많이 생산되고(Chernoff 등, 1992), 옹성의 경우 정자 생성 배아세포의 이상과 기형정자의 출현이 증가된다(Galaktionova 등, 1985). 그러나 사람의 생식능력에는 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있다(Lundsberg 등, 1995).

또한 고압선로 부근에서 농산물의 성장이 더디고 젖소들의 우유 생산량이 감소하며 기형송아지가 증가하는 현상들에 대해 관심을 갖기 시작하여 지금까지 인체, 생체에 미치는 영향이나(Davider와 Cande, 1994; Ivan 등, 1993; Lisbet 등, 1995), 작물에 미치는 영향(박, 1997)등 전자장의 유해성은 제기되고 있다.

본 연구는 자기장이 생쥐의 번식기능에 미치는 영향을 규명하기 위하여 11~12주령의 옹성 생쥐를 이용하여 자기장의 노출이 정액성상과 번식기관무게, 장기무게에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육조건

실험동물은 강원대학교 동물자원과학대학 실험동물 사육실에서 생산된 11~12주령된 ICR 생쥐를 온도 20~25°C, 습도 60~70%를 유지시키며, 명암 주기는 12시간 간격으로 조절하여 사육시켰으며, 사료는 식수와 함께 자유급식시켰다.

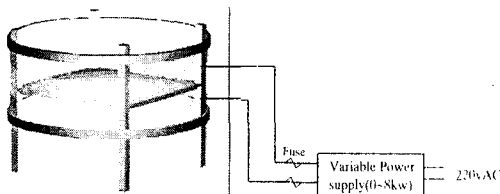


Fig. 1. Magnetic field apparatus.

2. 자기장 장치 및 노출방법

자기장 발생 장치는 Fig. 1과 같이 제작하여 자기장 발생장치 내에 생쥐를 넣어 실험을 실시하였으며, 60 Gause(G)의 강도로 15일간 1일 5시간씩 노출시킨 후 실험종료 1일, 3일, 5일 후에 정액의 일반성상과 번식기관무게, 장기무게를 측정하였다.

3. 정액 채취

정액의 채취는 옹성 생쥐를 경추탈골 시킨 후, 우측 정소상체 미부를 적출하여 5%의 자우혈청(Fetal bovine serum, FBS, Gibco)이 첨가된 saline(0.9 ml)에 침적시켜 세절한 후 정액을 채취하여 정액의 일반성상검사를 실시하였다.

4. 정액의 일반성상 검사

1) 정자농도 검사

정자의 농도는 Haemocytometer(Marienfeld, Germany)를 이용하여 계산하였다.

2) 생존율 검사

생존율의 측정은 Makler Counting Chamber(Sefi-Medical Instruments, Israel)에 의한 전진 운동성 비율로서 측정하였다.

정소상체 미부에서 채취한 정액 200 μ l에 5%의 자우혈청(FCS, Gibco)이 첨가된 saline 1.8 ml를 첨가하여 10배(1 : 9)로 희석한 다음, 위상차 현미경하(200배)에서 사멸정자, 진자운동정자, 회전운동정자, 머리가 절단된 정자 등을 계산하고, -20°C에서 15분간 동결시킨 후 용해한 다음 총 정자수를 계산하여 전진운동 비율을 계산하였다.

3) 기형을 검사

기형을 검사는 Rose-Bengal 염색방법으로 실시하였다. 정소상체 미부에서 채취한 정액 200 μ l에 saline 4 ml를 혼합, 원심분리(200×G, 10분)로 1회 세정한 후, 상층액을 제거하고 5%의 FCS가 첨가된 saline 200 μ l을 첨가시켰다. Acetic acid: Methanol: H₂O(1 : 4 : 1) 혼합액에서 세정한 slide glass를 준비한 후, 50 μ l의 정자부유액을 옮겨 도말하고

37°C warming plate에서 완전히 건조시킨 후, 0.5 ml의 Rose-Bengal 염색액을 떨어뜨려 도달한 후 10분간 염색하여 위상차 현미경(400배)하에서 기형정자를 관찰하였다.

5. 번식기관무게 측정

웅성 생쥐의 번식기관무게 측정은 생쥐를 경추 탈골시킨 다음 정소, 정소상체, 정낭선 및 응고선을 적출한 후 전자저울(Metler, Switzerland)을 이용하여 무게를 측정하였다.

6. 장기무게 측정

웅성 생쥐의 장기무게 측정은 생쥐를 경추탈골시킨 다음 간, 비장, 신장을 적출한 후 지방조직을 제거하고, 전자저울을 이용하여 무게를 측정하였다.

7. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SAS Package를 이용하여 Duncan 다중검정을 실시하여 유의성을 검정하였다.

III. 결 과

웅성 생쥐에 15일 동안 일일 5시간씩 자기장을 노출하여 실험종료 1, 3, 5일 후에 정자농도를 검사한 결과를 Table 1에 요약하였다.

정자농도는 자기장을 노출하지 않은 대조구가 $25.1 \pm 6.5 \times 10^6/\text{ml}$, 자기장에 노출시킨 처리구가 $15.7 \pm 5.3 \times 10^6/\text{ml}$ 로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 정자농도를 나타냈다($P < 0.05$).

실험종료 1, 3, 5일 후에 대조구가 각각 $25.7 \times 10^6/\text{ml}$, $26.8 \times 10^6/\text{ml}$ 및 $23.4 \times 10^6/\text{ml}$ 와 자기장 처리구가 각각 $14.2 \times 10^6/\text{ml}$, $16.8 \times 10^6/\text{ml}$ 및 $16.4 \times 10^6/\text{ml}$ 로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 정자수를 나타냈다($P < 0.05$).

웅성 생쥐에 15일 동안 일일 5시간씩 자기장을 노출하여 실험종료 1, 3, 5일 후에 생존율을 검사한 결과를 Table 2에 요약하였다.

생존율은 대조구가 $34.4 \pm 12.1\%$, 처리구가 $29.3 \pm 5.9\%$ 로 처리구가 대조구에 비하여 낮은 결과를 나타냈지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다($P >$

Table 1. Effect of exposure to magnetic field (ME) on sperm concentrations in mice

Treatment	Sperm concentration($\times 10^6$)			
	Days after last exposure			
	1	3	5	Mean
Control ¹	25.7 ± 6.6^a	26.8 ± 5.6^a	23.4 ± 6.9^a	25.1 ± 6.5^a
MF ¹	14.2 ± 3.7^b	16.8 ± 7.6^b	16.4 ± 5.0^b	15.7 ± 5.3^b

^{a,b} Different superscripts within same columns are significantly differ, $P < 0.05$.

¹ MF : Magnetic field.

Table 2. Effect of exposure to magnetic field(MF) on sperm viability in mice

Treatment	Sperm viability(%)			
	Days after last exposure			
	1	3	5	Mean
Control	33.6 ± 8.4	36.4 ± 11.9	33.3 ± 16.9	34.4 ± 12.1
MF ¹	28.3 ± 4.9	30.1 ± 5.9	29.6 ± 7.6	29.3 ± 5.9

¹ MF : Magnetic field.

0.05).

실험종료 1, 3, 5일 후에 대조구가 각각 33.6%, 36.4% 및 33.3%와 자기장 처리구가 각각 28.3%, 30.1% 및 29.6%로서 처리구가 대조구에 비하여 낮은 결과를 나타냈지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다($P>0.05$).

웅성 생쥐에 15일 동안 일일 5시간씩 자기장을 노출하여 실험종료 1, 3, 5일 후에 기형율을 검사한 결과를 Table 3에 요약하였다.

기형율은 대조구가 $11.7 \pm 3.5\%$, 처리구가 $18.0 \pm 6.3\%$ 로 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 결과를 나타냈다($P<0.05$).

실험종료 1, 3, 5일 후에 대조구가 각각 12.3%, 10.3% 및 12.6%와 자기장 처리구가 각각 17.3%,

17.4% 및 19.3%로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 결과를 나타냈다($P<0.05$).

웅성 생쥐에 15일 동안 일일 5시간씩 자기장을 노출시킨 후 체중, 장기무게, 번식기관 무게를 검사한 결과를 Table 4, 5에 요약하였다.

체중은 실험 개시 체중과 종료시 체중을 측정된 결과 대조구와 처리구간에 차이가 인정되지 않았다.

장기무게는 간, 신장, 비장의 무게를 측정된 결과 간, 신장은 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 인정되지 않았으나($P>0.05$), 비장의 경우 대조구가 0.116g, 처리구가 0.227g으로 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 결과를 나타냈다($P<0.05$).

번식기관무게는 정소, 정소상체, 정낭선 및 응고

Table 3. Effect of exposure to magnetic field(MF) on sperm abnormality in mice

Treatment	Sperm abnormality(%)			
	Days after last exposure			
	1	3	5	Mean
Control	12.3 ± 4.0^a	10.3 ± 2.4^a	12.6 ± 3.4^a	11.7 ± 3.5^a
MF ¹	17.3 ± 7.5^b	17.4 ± 6.1^b	19.3 ± 4.0^b	18.0 ± 6.3^b

^{a,b} Different superscripts within same columns are significantly differ, $P<0.05$.

¹ MF : Magnetic field.

Table 4. Effect of exposure to magnetic field for 15 days on body weight and organ weight

Treatment	Day after last exposure	Body weight(g)		Organ weight(g)		
		Initial	Final	Liver	Kidney	Spleen
Control	1	33.8 ± 1.5	36.7 ± 2.5	2.096 ± 0.253	0.351 ± 0.022	0.119 ± 0.004
	3	33.7 ± 1.3	39 ± 1.3	2.397 ± 0.174	0.392 ± 0.031	0.126 ± 0.008
	5	32.8 ± 1.3	34 ± 3.8	1.837 ± 0.375	0.341 ± 0.056	0.104 ± 0.024
Mean		33.4 ± 1.3	36.6 ± 3.2	2.110 ± 0.343	0.361 ± 0.043	0.116 ± 0.016^b
MF ¹	1	33.7 ± 4.4	34.7 ± 2.8	2.191 ± 0.070	0.347 ± 0.090	0.275 ± 0.110
	3	31.8	35.5	1.8421	0.320	0.283
	5	34.1 ± 3.7	35.3 ± 4.9	2.046 ± 0.350	0.312 ± 0.046	0.160 ± 0.045
Mean		33.6 ± 3.4	35.1 ± 3.1	2.079 ± 0.242	0.328 ± 0.065	0.227 ± 0.093^a

^{a,b} Values with different superscripts within same columns are significantly differ, $P<0.05$.

¹ MF : magnetic field.

Table 5. Effect of exposure to magnetic field for 15days on reproductive organ weight

Treatment	Day after last exposure	Reproductive organ weight(g)			
		Testis	Epididymis	Vesicular gland	Coagulatin gland
Control	1	0.103±0.010	0.036±0.004	0.069±0.024	0.006±0.001
	3	0.105±0.005	0.040±0.003	0.081±0.018	0.004±0.001
	5	0.106±0.022	0.034±0.004	0.066±0.012	0.003±0.001
Mean		0.105±0.014	0.037±0.004	0.071±0.019	0.005±0.001
MF ¹	1	0.071±0.024	0.031±0.005	0.065±0.008	0.003±0.001
	3	0.112±0.004	0.035±0.004	0.067±0.006	0.003±0.001
	5	0.078±0.030	0.034±0.003	0.066±0.018	0.004±0.001
Mean		0.080±0.028	0.033±0.004	0.066±0.012	0.004±0.001

¹MF : magnetic field.

선을 측정된 결과 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 인정되지 않았다(P>0.05).

IV. 고 찰

본 연구는 자기장이 생쥐의 번식기능에 미치는 영향을 규명하기 위하여 11~12주령의 웅성 생쥐를 이용하여 자기장에 노출시킨 후 자기장이 정액성상과 번식기관무게, 장기무게에 미치는 영향을 검토하였다.

전자장은 전류가 운반되는 장소 어디서나 발생되며, 근원지의 거리에 따라 전자장의 강도가 달라진다. 대부분의 사람들은 가정이나 작업장에서 10 mG의 강도의 자기장에 노출되어 생활하고 있으며, 전기사용기구나 직업에 따라 높은 자기장에 노출되어 생활하고 있지만 자기장이 건강에 미치는 영향에 대해서는 중요하게 생각하지 않고 있다.

그러나 생쥐, 성계 및 닭의 초기배 수정란의 경우 10~100mG 강도의 자기장에 노출되면, DNA replication, histone 합성에 억제 현상이 일어나 수정란의 발육을 지연시키거나 퇴행시키는 결과를 가져온다(Cameron 등, 1992).

또한, 웅성의 경우 mouse와 rat에서 정자형성 배아세포의 변화를 유발시켜 사멸 정자와 기형율을 증가시키는 결과를 초래한다(Galaktionova 등, 1985; Soeradi와 Tadjudin, 1986; Kokoreva 등, 1990).

본 실험에서 자기장을 일정기간 노출시킨 후 웅성 생쥐의 정액성상에 미치는 영향을 조사한 결과, 정자농도는 대조구가 $25.1 \pm 6.5 \times 10^6/ml$, 자기장 15일 처리구가 $15.7 \pm 5.3 \times 10^6/ml$ 로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으며(P<0.05), 생존율은 대조구가 34.4%, 자기장 15일 처리구가 29.3%로서 처리구가 대조구에 비하여 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다(P>0.05). 기형율은 대조구와 자기장 15일 처리구가 각각 11.7%, 18.0%로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 성적을 나타냈다(P>0.05).

이와 같은 결과로 Tablado 등(1996)이 웅성 생쥐에 0.9T의 강도로 자기장을 노출시킨 결과 정자의 운동성에는 영향을 미치지 않았으나, 기형율이 증가되었다고 보고한 결과와 일치하는 경향을 보였다.

자기장의 노출이 웅성 생쥐의 체중, 번식기관무게 및 장기무게에 미치는 효과를 측정된 결과, 생쥐의 체중, 정소상체, 정낭선 및 응고선의 무게는 투여구간에 차이가 없었다. 이러한 결과는 웅성 생쥐에 0.7T로 10일, 35일 동안 1시간, 24시간 동안 노출한 결과, 정소, 정소상체의 무게는 변화가 없었다고 보고한 Tablado 등(1996)의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

자기장의 노출이 웅성 생쥐의 간, 신장, 비장의 무게에 미치는 효과를 실험한 결과, 간과 신장에서

는 투여구간에 차이가 없었지만 비장은 대조구가 0.116 g, 자기장 15일 처리구가 0.227 g으로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 이러한 결과는 림프구를 생산하는 역할을 하는 비장이 자기장에 대한 항원항체반응에 따른 활발한 림프구 생산으로 인한 것으로 사료된다.

본 실험의 결과로 볼 때 자기장의 노출에 대한 작용 기작을 명확하게 규명할 수는 없지만 ICR 생쥐의 정역성상에 유해한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

V. 요약

웅성 생쥐에 자기장을 15일 동안 1일 5시간씩 60G의 강도로 노출시킨 결과, 정자농도는 대조구와 자기장 15일 처리구가 각각 $25.1 \pm 6.5 \times 10^6/\text{ml}$ 와 $15.7 \pm 5.3 \times 10^6/\text{ml}$ 로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다 ($P<0.05$). 생존율은 대조구와 자기장 15일 처리구가 각각 34.4%와 29.3%로서 처리구가 대조구에 비하여 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다 ($P>0.05$). 기형율은 대조구와 자기장 15일 처리구가 각각 11.7%와 18.0%로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 성적을 나타냈다 ($P>0.05$). 체중과 번식기관 무게는 대조구와 자기장 처리구간에 차이가 인정되지 않았다. 장기무게중 간, 신장은 대조구와 자기장 처리구간에 차이가 인정되지 않았으나, 비장은 대조구와 자기장 15일 처리구가 각각 0.116 g과 0.227 g으로서 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$).

VI. 참고문헌

1. Cameron, I. L., Hardman, W. E., Winters, W., Zimmerman, S. and Zimmerman, A. M. 1992. Effect of rotating 60 Hz magnetic fields on early embryonic development. In: "Fifth International Congress on Cell Biology, Book of Abstracts" Spain, July 26-31, p. 62.
2. Chernoff, N., Roger, J. M. and Kavet, R. 1992. A review of the literature on potential reproductive and development toxicity of electric and magnetic fields. *Toxicology* 74:91-126.
3. David, A. S. and Cande, V. A. 1994. Residential magnetic fields, Wire codes, and pregnancy outcome. *Bioelectromagnetics*, 15 : 271-273.
4. Galaktionova, G. V., Mastryukova, M. and Strzhizhovsky, A. D. 1985. Sensitivity of mammalian tissues to prolonged effects of a constant magnetic fields of high strength. *Kosn. Biol. Aviakosm Med.*, 19 : 73-81.
5. Ivan, L. C., Elaine, H. W., Wendell, D. W., Selma, Z. and Arthur, M. Z. 1993. Environmental magnetic field: Influences on early embryogenesis. *Journal of Cellular Biochemistry*. 51:417-425.
6. Kokoreva, L. V., Chuvpilo, T. A. and Pustynnikova, A. M. 1990. The effect of a constant high intensity magnetic field on the reproductive function on male rats. *Kosm. Biol. Aviakosm Med.*, 24 : 28-30.
7. Lisbet, S. L., Michael, B. B. and Kathleen, B. 1995. Occupationally related magnetic field exposure and male subfertility. *Fertil. Steril.*, 63 (2):384-391.
8. Lundsberg, L. S., Bracken, M. B. and Belanger, K. 1995. Occupationally related magnetic field exposure and male subfertility. *Fertil. Steril.*, 63:384-391.
9. Soeradi, O. and Tadjudia, M. K. 1986. Congenital abnormalities in the offspring of rats after exposure of the testis to an electrostatic field. *Int. J. Androl.*, 6:152-160.
10. Tablado, L., Perez-Sanchez, F. and Soler, C. 1996. Is sperm motility maturation affected by static magnetic fields? *Environ. Health Perspect.*, 104(11):1212-1216.
11. Tablado, L., Perez, F., Nunez, J., Nunez, M. and Soler, C. 1998. Effects of exposure to static magnetic fields on the morphology and mor-

- phometry of mouse epidymal sperm. Bioelectromagnetics, 19 : 377-383.
12. 박천석. 1997. “전자파가 작물 생육에 미치는 영향”. 한국전자파학회 주최 제1회 전자장의 생체영향에 관한 워크숍 발표자료집. 84-95.
(접수일자:2002. 1. 9. / 채택일자:2002. 2. 8.)