

## 靜的 磁場에 長期間 露出된 Mouse의 毒性學的 研究(I)

요품과

李丙天 · 朴建用 · 吳善泳 · 金珍坤 · 尹源膺

### Toxicological Studies in mouse after long-term Exposure to a Static Magnetic Field

Cosmetic Division

Byung Cheon Lee, Kun Yong Park, Sun Young Oh

Jin Gon Kim and Won Yong Yoon

#### = Abstract =

Owing to the rapidly increasing and varied uses of electric power in industrial society, the studies about the relationship between electromagnetic field and living organisms are greatly required. And this study was performed to investigate the toxicological effects on mice which had been exposed to a 970 gauss Static Magnetic Field for long-term period (10 weeks). After 10 weeks, the mice were sacrificed by decapitation. Their blood were collected as soon as possible and their brains were isolated at  $-70^{\circ}\text{C}$ . Protein and glucose contents were determined by spectrophotometry on the bases of Biuret and enzyme method respectively. Dopamine content was determined by reverse phase high pressure liquid chromatography with electrochemical detector. The increase of dopamine content was observed in brain tissue; however not significantly. Protein contents in brain and serum were significantly decreased; however glucose content in serum was significantly increased.

These results suggest that a Static Magnetic Field can cause toxicological effects on living organisms.

#### 緒 論

William Gilbert<sup>1)</sup>에 의해 1600년 출판된 "on the magnet, magnetic bodies, and on the great magnet, the Earth"란 책에서 처음으로 지구를 하나의 큰 磁石으로 생각하는 개념이 체계화되었다. 그후 독일의 메스머<sup>2)</sup>의 "행성이 인류에게 미치는 영향"이라는 論文을 1771년에 발표하므로써 磁石을 이용한 질병치료를 시작하게

되었다. 그러나 당시에도 A.L. Lavoisier와 프랭클린을 비롯한 과학자, 의사들의 논란의 여지가 되었다. 20세기 초에 이르러 交流電流에 의해 형성된 磁場을 頭部에 가함으로써 생기는 생리적 변화를 관찰하고자 하는 실험이 Thompson<sup>3)</sup>과 Johns Hopkins 대학의 Knight Dunlap 등<sup>4)</sup>에 의해 행해졌다.

그후에도 많은 연구자들이 磁場과 生體와의<sup>5~7)</sup> 관계에 대하여 관심을 가지고 연구해왔다. 그러나 磁場이 나타낼 수도 있는 毒性學的인 연구는 최근에 이르러서야

비로소 이루어지기 시작하였으며, 이는 交流電流에 의한 Pulsed Magnetic Field(이하 P.M.F.)와 永久磁石에 의한 Static Magnetic Field(이하 S.M.F.)로 나눌 수 있는데 P.M.F.<sup>9)</sup>에 의한 실험에선 실험동물에 비해 너무 미약한 磁場(50 Hz and 58 G)을 사용하였으며, S.M.F. 실험<sup>9)</sup>에서는 주로 in vitro 실험에 초점이 맞추어져 있었다.

이에 본 연구자들은 모든 環境의因子 중 가장 민감하게 環境影響을 받을 수 있는 것 중의 하나가 妊娠중 胎兒의 발생단계라는 점에 착안, 임신초기에 있는 mouse를 S.M.F.에 장시간 노출시킴으로써 腦중 神經傳達物質의 변화와 血液學的인 변화를 관찰하여 몇가지 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

### 실험방법

#### 1. 실험동물 및 실험장치

실험동물은 ICR계 mouse중 임신한지 일주일만의 것을 5마리씩을 한 군으로 하여 대조군과 실험군으로 분류시켜 본 실험에 적용시키기 위해 사료와 물을 충분히 공급한 후 그 다음날 부터 Fig. 4처럼 실험장치를 하였다.

#### 2. 실험기기 및 재료

- 1) Magnet : 직경이 약 16cm인 도우넛형으로 N극, S극의 자력세기는 970 gauss의 자석
- 2) Gauss Meter : KANETSU KOGYO Co. LTD., Type TM-201
- 3) H.P.L.C. with Waters 460 Electrochemical Detector
- 4) Spectrophotometer : Beckmann Du-70
- 5) Centrifuge : 한일산업사 HA-500 with E4860 REFRIGERATED RECIRCULATOR
- 6) Homogenizer : 제일과학산업주식회사, Wheaton teflon pestle (30 ml)
- 7) 총단백 측정용 시액 : 아산제약주식회사
- 8) 글루코스 측정용 시액 : 아산제약주식회사

#### 3. 뇌 적출과 채혈

실험동물에 S.M.F.를 적용시킨지 10週 後에  $-70^{\circ}\text{C}$  Dry Ice가 깔린 알미늄 호일 위에서 절두시킨 후 혈액은 시험관에 채혈하고 채혈 후 30분 경과 후 3,000 rpm에서 약 30분간 원심분리시켜 혈청을 분리하고 뇌는 절두

시킨 즉시  $-70^{\circ}\text{C}$  Dry Ice가 깔린 알미늄 호일 위에서 적출하였으며 시료들은 실험시까지  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 보관했다.

### 4. 시료의 전처리 및 측정

1) Catecholamine : 분석을 위한 뇌는 적출 즉시 0.4M-HClO<sub>4</sub> 5 ml 가해 제단백시킨 후, 온도상승을 막기 위해 빙옥중 서서히 균질화시켜서  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 보관 사용시 해빙후 10분간 sonication시킨 후  $10^{\circ}\text{C}$ 에서 8,000 rpm으로 원심분리시키고 상등액을 취해 0.22  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과해서 HPLC에 3  $\mu\text{l}$ 씩 injection했다.

Table 1. Contents of dopamine in whole brain.

Group	No. of mice	*Contents of Dopamine ( $\mu\text{g/g}$ )	**P-Value
Control	5	6.53 $\pm$ 2.42	—
Test	6	7.82 $\pm$ 2.30	not significant

\*Mean  $\pm$  S.D.

\*\*P-Value is calculated by Student's t-test.

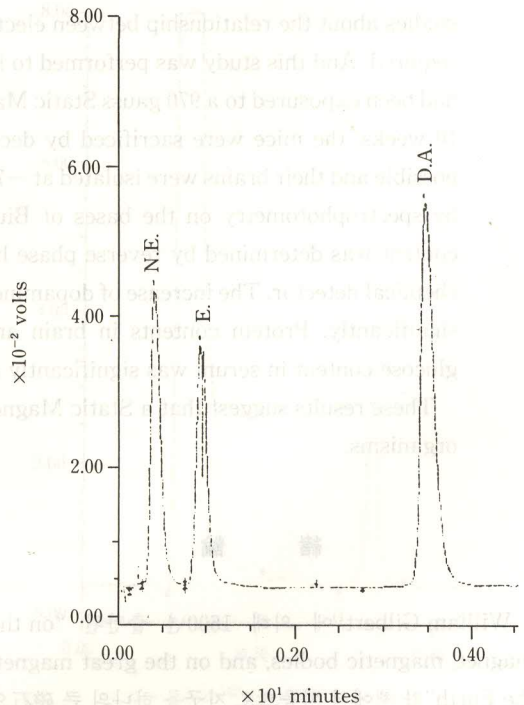


Fig. 1. Chromatograms of Standard Catecholamines. N.E.: Norepinephrine E.: Epinephrine D.A.: Dopamine

한편 Catecholamine의 Standards는 Norepineprine, Epineprine, Dopamine 표준품을 각각 0.17M-HAc에 녹여 3  $\mu$ l (30 ng씩) injection했다. HPLC의 분석조건은 아래와 같다.

Column: Nova-pak C<sub>18</sub>

Mobile phase: 0.15M Sod. phosphate monobasic, 0.1mM Na<sub>2</sub>EDTA, 0.7 mM Octanesulfonate, Methanol 5.2% (pH 3.2 by 0.1M HCl)

Flow rate: 0.8 ml/min

Electrode potential: 0.80 Volts vs. Ag/AgCl reference electrode

Temperature: 20°C

2) **뇌 중 총단백질의 정량**: Whole brain을 적출하여 -20°C 보관된 것을 상온에서 해빙시켜 3차 증류수 10 ml를 가한 후 氷浴중에 서서히 homogenizer를 사용해 균질화시켜, 이를 sample로 하고 표준물질은 bovine serum albumin (SIGMA)으로 하여 Buret法에 의거 정량하였다.

3) **혈청중의 총단백질과 혈당의 정량**: 미리 채혈하여 -20°C에 보관해둔 혈청을 해빙시킨후 총단백 측정용 시액 및 글루코스 측정용 시액을 가하여 540 nm, 500 nm에서 각각의 흡광도를 측정하였다.

### 實驗結果 및 考察

Mouse 胎兒의 중추신경계에 미치는 S.M.F의 영향을 평가하고자 뇌에서의 신경전달물질을 HPLC의 전기화학 검출기를 이용해 분석하고, 체중에 대한 뇌무게의 비율과 뇌 중 총단백질을 정량한 결과, Fig. 2, 3에 각기 제시된 바와 같이 대조군과 실험군 모두에서 Dopamine 만을 검출할 수 있었으며 그 양은 Table 1에서와 같이 표준편차가 크므로써 유의성은 나타나지 않았으나 큰 폭의 증가를 나타내었고, 전체 체중에 대한 뇌 무게의 비도 유의성있게 증가를 나타내었으나 (Table 3) 뇌 중의 총단백질의 양은 유의성있게 감소경향을 나타내었다 (Table 2). 이는 이전의 電磁場과 DNA, RAN 및 단백질 합성과의 관계에 관한 문헌<sup>10,11</sup>과의 비교 연구시 정반대의 현상이라고 생각되어진다.

한편, Dopamine의 증가가 유의성은 없었으나 현저한 것으로 미루어 보아, 行動藥理學적인 변화와 神經系의

변화를 예측할 수 있으며, 큰 폭의 표준편차는 HPLC의 전기화학검출기의 감도와 실험군과 대조군의 sample

**Table 2.** Contents of protein in whole brain.

Group	No. of mice	*Contents of protein ( $\mu$ g/g)	**P-value
Control	10	224.42 $\pm$ 52.92	—
Test	10	188.90 $\pm$ 15.45	P < 0.05

\*Mean  $\pm$  S.D.

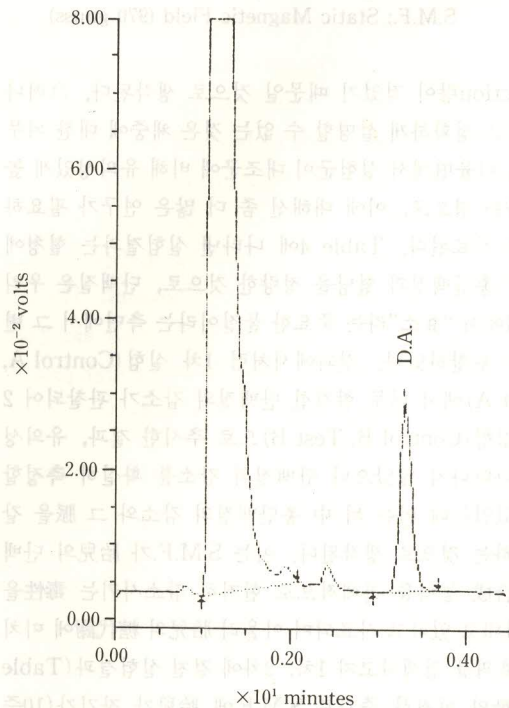
\*\*P-Value is calculated by Student's t-test.

**Table 3.** Brain weight vs. Body weight ratio.

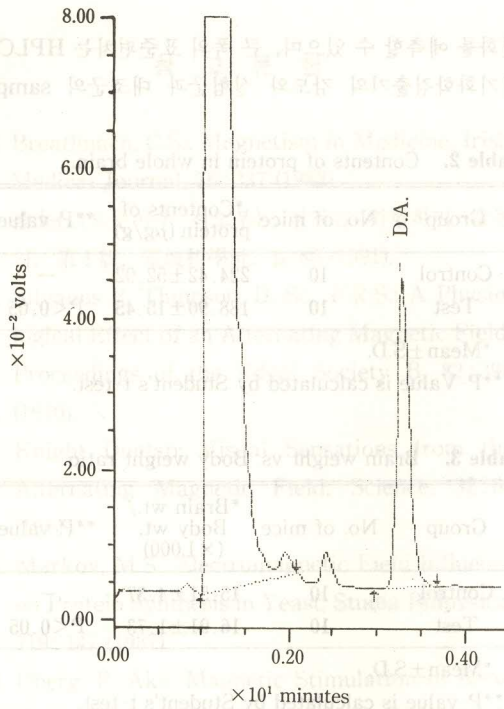
Group	No. of mice	*Brain wt./ Body wt. ( $\times$ 1,000)	**P-value
Control	10	15.51 $\pm$ 4.37	—
Test	10	16.91 $\pm$ 1.73	P < 0.05

\*Mean  $\pm$  S.D.

\*\*P-value is calculated by Student's t-test.



**Fig. 2.** Chromatograms of the mouse brain in 1 G. D.A.: Dopamine 1 G.: Geomagnetic Field gauss



**Fig. 3.** Chromatograms of the mouse brain in S.M.F.  
D.A.: Dopamine  
S.M.F.: Static Magnetic Field (970 gauss)

injection량이 적었기 때문일 것으로 생각된다. 그러나 아직은 정확하게 설명할 수 없는 것은 체중에 대한 뇌 무게의 비율면에서 실험군이 대조군에 비해 유의성있게 높았다는 점으로, 이에 대해선 좀 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다. Table 4에 나타난 실험결과는 혈청에 있어 총단백질과 혈당을 정량한 것으로, 단백질은 우리人體에서 “효소”라는 중요한 물질이라는 측면에서 그 변화를 관찰하였다. 결과에서처럼 1차 실험(Control A, Test A)에서 너무 현격한 단백질의 감소가 관찰되어 2차 실험(Control B, Test B)으로 추시한 결과, 유의성은 나타나지 않았으나 단백질의 감소를 확실히 측정할 수 있었는데 이는 뇌中 총단백질의 감소와 그 脈을 같이 하는 것으로 생각된다. 이는 S.M.F.가 胎兒의 단백질 合成 능력을 전체적으로 현저히 감소시키는 毒性을 나타내고 있다고 사료되며 아울러 胎兒의 糖代謝에 미치는 효과를 검색하고자 1차, 2차에 걸친 실험결과(Table 4) 糖의 현저한 증가로 S.M.F.에 胎兒가 장기간(10주간) 노출되었을 때 糖代謝의 異常이 초래될 수 있다고 사료된다. 이러한 과정에서 Fig. 4에서도 도시된 것처럼 磁力線의 방향(본 실험에서는 N극)과 磁力의 세기의 변

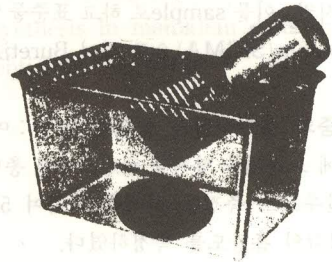
화에 따른 연구가 필요하리라 생각되는데 이는 아직 핵산이나 단백질의 양이 磁場에서의 반응에 일관성이 없는 결과를 설명할 수 있는 실마리가 될 수도 있으리라 생각되며 黑豆에서 예비실험(未기재)한 것으로도 磁石의 극과 磁力의 세기의 중요성을 알 수 있었다.

**Table 4.** Protein and glucose concentrations in serum.

Group	No. of mice	Protein (g/dl)	Glucose (mg/dl)
Control A	11	8.58±1.33	207.17±60.67
Test A	13	*7.38±0.60	214.75±50.10
Control B	8	9.61±0.80	247.49±54.83
Test B	8	9.09±0.66	*374.69±96.18

\* : Significantly different from protein conc. of control A at P<0.01.

\* : Significantly different from glucose conc. of control B at P<0.01.



**Fig. 4.** Experimental Setup.  
\*Black circle indicates Magnet, N pole of which was applied to the mouse cage.

### 結 論

妊娠한 Mouse에게 장기간(10週間) S.M.F.(약 1,000 gauss=0.1 Tesla)에 노출이 되면 腦中, Dopamine이 증가하고 단백질이 감소함으로써 중추신경계의 변화를 예측할 수 있게 되었으며 혈액에서도 혈청중 Protein과 glucose 함량이 대조군과 많은 차이가 있어, 단백질 및 糖代謝의 異常有, 無에 의심의 餘地를 남기고 있다.

급속한 産業化에 따른 電子器機의 발달로 電磁氣場이 또하나의 중요한 人體에 영향을 줄 수도 있는 환경적인 자로 부각됨으로써 電磁氣場과 生命體와의 상호관계에 대한 근본적인 기전의 연구가 필요하다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Breathnach, C.S.: Magnetism in Medicine, Irish Medical Journal, 76: 337 (1983).
2. 徳丸仁(도쿠마루 시노부): 전파는 위험하지 않은가, 第1版, 電波科學社, p. 88 (1991).
3. Silvanus P. Thmpson, D. Sc., F.R.S.: A Physiological Effect of an Alternating Magnetic Field, Proceedings of the Rdyal Society B, 82: 396 (1910).
4. Knight Dunlap: Visual Sensations from the Alternating Magnetic Field, Science, 32: 68 (1911).
5. Markov, M.S.: Electromagnetic Field Influence on Protein Synthesis in Yeast, Studia Bidpysica, 119: 147 (1987).
6. Oberg, P. Ake: Magnetic Stimulation of nerve tissue, Medical and Biological Engineering: 55 (1973).
7. Levengood, W.C.: Cytogenetic Variations induced with a Magnetic Probe, Nature 5: 1009 (1966).
8. Luigi Zecca, Paolo Ferrario and Girolamo Dal Cdnte: Toxicological and Teratological Studies in Rats after Exposure to Pulsed Magnetic Fields, Bioelectrochemistry and bioenergetics, 14: 63 (1985).
9. Frank Q.H. NGO, James W. Blue and William K. Roberts: The Effects of a Static Magnetic Field on DNA Synthesis and Survival of Mammalian Cells Irradiated with Fast Neutrons, Magnetic Resonance in Medicine 5: 307 (1987).
10. Liboff A.R., Williams T. Jr., Strong D.M., Wistar R. Jr.: Time-varying magnetic fields: effect on DNA Synthesis, 223: 818 (1984).
11. Takahashi, K., Kaneko, I., Date, M. and Fukada, E.: Effect of pulsing electromagnetic fields on DNA synthesis in mamalian calls in culture, Experientia 42: 185 (1986).