

전자기파 조사가 실험동물의 뇌압에 미치는 영향

영남대학교 의과대학 신경외과학교실

박진한 · 김성호 · 한동로 · 배장호 · 김오룡 · 최병연 · 조수호

영남대학교 의과대학 부속병원 생의공학과

이 준 하

서 론

날로 발달해 가는 과학 문명으로 최근 우리의 일상 생활 주변에는 전자기파를 발생하는 수 많은 기기들이 사용되고 있고 대부분의 사람들은 알게 모르게 이들 기기들에서 발생하는 전자기파에 거의 매일 노출되고 있다. 현재까지 전자기파가 인체에 미치는 영향에 대해서는 명확한 해답이 없는 상태이고 몇몇 선진국에서는 그것이 심각한 문제로 대두되고 있으나 아직 국내에서는 이렇다 할 연구가 행해지지 않고 있다. 또한 전자기파가 인체에 미치는 영향이 어느정도인지에 대한 일반 사람들의 관심도 아직까지는 적은 편이다. 전자기파를 발생하는 기기들은 휴대용 무선 전화기를 비롯해 무선 통신 장비, 각종 전자 오락기기, 텔레비전, 전자 레인지, 무선 호출기, 전기 담요, 개인용 컴퓨터등이 있으며 이것들은 열작용과 비열작용에 의해 인체에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 외국에서 시행한 한 조사에서 무선 통신기를 사용하는 사람들의 압으로 인한 사망률이 일반인보다 6배나 높은 것으로 보고하고 있고,²⁾ 상시적으로 마이크로웨이브에 노출되는 사람은 고혈압, 두통, 기억 감퇴, 뇌손상등의 증상을 보일 가능성이 높다고 보고되고 있다.³⁾

본 실험은 가토를 이용하여 전자기파를 조사한

후 조사량과 조사 시간에 따른 뇌압의 변화를 관찰하여 전자기파로부터의 피해를 예방할 수 있는 지표가 되고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

실험 동물로는 체중 1.8~2.4kg의 건강한 가토 24마리를 암수 구별없이 사용하였다. 가토 24마리를 전자기파의 조사량에 따라서 각각 8마리씩 3군(10분 조사군, 20분 조사군, 30분 조사군)으로 나누었다.

2. 실험장비 및 환경.

실험 장비로는 2.45GHz의 주파수를 가지는 일반 가정용 전자 레인지를 개조하여 초고주파 발생 장치로 제작하였고 원격 조정으로 출력 절환 및 노출 시간을 임의로 설정할 수 있도록 하였다. 전자기파 발생 장치의 주파수는 경북 대학교 공과 대학에 설치되어 있는 미국 Hewlett Packard사의 Power-Spectrum Analyzer를 이용하여 전자기파 무반향실에서 측정하였고 출력 측정은 Calori-meter를 이용하여 실험 환경내에서 실험동물의 두부가 위치한 거리와 방향이 동일한 지점에서 시행하였다.

실험 환경은 7m×7m의 면적을 가지는 약

350입방미터의 정방형 공간이었으며 사면은 콘크리트옹벽으로 차폐된 방에서 실시하였고 출입문은 충분히 밀폐되는 금속성 재질을 사용하여 외부 전자기파가 실험실내로 유입되는 것을 방지하였다.

전자기파의 에너지 흡수는 입사 면적, 거리, 전파 매질의 전도도와 밀도에 영향을 받으며 파장과 입사 방향이 변함에 따라 생체 조직에 반응하는 정도가 달라질 수 있다. 따라서 본 실험에서는 출력 장치의 방사 개구부 30cm위치에 고정대를 설치하고 40mW/cm²의 출력을 실험 동물의 두부 정면에 노출시킨 다음 노출 시간을 변화시킴으로써 출력 에너지를 조절하여 실시하였다.

3. 실험방법

피폭 출력은 밀폐된 실험실내에서 무작위로 선정된 10마리의 가토를 1시간이상 관찰하면서 죽을 때까지 연속적으로 전자기파에 피폭시킨 결과 45분 조사군에서 치사량을 확인하고 이 수치에 가장 가까운 30분 조사(7.2 Joule)를 최대 출력으로 설정하였고 실험 편의상 입사 면적 1평방 센티당 2.4Joule(10분조사), 4.8Joule(20분조사), 7.2Joule(30분 조사)을 각각 최소, 중간 및 최대 출력 에너지로 임의 설정하여 각각 8마리씩 피폭시킨 후 실험 조사하였다.

동물 고정 장치로는 전자파의 반사가 없는 목재로 두부만 노출되게 만들었으며 노출로 인한 실험 장치의 방열을 방지하기 위해서 송풍기를 사용하였다. 뇌압 측정은 실험 동물(가토)의 두피를 정중선에서 절개한 후 좌측 전두부에 직경 약 2~3mm로 천공하였고 약 1.5mm정도로 뇌경막을 절개한 다음 subdural type의 ICP monitoring catheter를 약 1.5mm 정도 삽입시킨 후 지속적 뇌압 측정을 위하여 Camino ICP monitor에 연결하였다. 천공부위는 뇌압이 유출되는 것을 막기 위해 bone wax 로 밀봉한후 두피를 봉합하였다. 이상의 방법으로 전자기파의 조사 전, 조사 직후, 조사 후 1일, 3일, 5일 그리고 7일에 뇌압을 측정하여 그 변화를 관찰하였다.

이상의 실험을 통해 측정된 가토의 뇌압은

SPSS/PC* 통계 프로그램을 이용하여 통계적 처리를 하였으며 Paired t-test 로 정규성을 검토한 후에 비교 검정하였다.

성 적

10분간 전자기파에 조사된 군에서는 조사 직후 가토의 뇌압이 경미한 상승을 보인 경우가 4례, 변화가 없는 경우가 4례였으며 조사 후 하루가 지난 뒤에 조사전보다 뇌압이 상승한 경우가 3례, 변화가 없는 경우가 4례, 감소한 경우가 1례였다. 조사 후 3일째 뇌압이 경미한 증가를 한 경우가 1례, 변화가 없는 경우가 6례, 감소한 경우가 1례였고 5일째와 7일째에는 대부분의 경우 뇌압이 감소하거나 변화가 없었다(그림 1). 10분 조사군에서는 단지 조사 직후 가토의 뇌압이 조사전 보다 평균 약 0.5 mmHg 정도 상승하여 통계적으로 유의성이 있는 변화를 보였으나 그 외에 조사 후 1일, 3일, 5일, 7일째의 뇌압 변화는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다.

20분간 전자기파에 조사된 군에서는 조사 직후 뇌압이 경미하게 증가한 경우가 2례, 변화가 없는 경우가 5례, 감소한 경우가 1례로 나왔으며 24시간이 지난후 뇌압을 전과 비교하였을 때 증가된 4례, 감소된 경우가 4례였다. 조사후 3일째는 뇌압의 증가를 보인 경우가 4례, 변화가 없는 경우가 1례, 감소된 경우가 3례였으며 5일째와 7일째에는 10분간 조사된 경우와 마찬가지로 감소하거나 변화를 보이지 않는 경우가 대부분이었다(그림 2). 조사 직후 평균 0.125 mmHg 정도 조사 전보다 뇌압이 상승했으나 통계적으로 유의성이 없었고, 조사 후 5일째와 7일째에 관찰된 뇌압 하강(평균 2.25, 2.00 mmHg)은 통계적 유의성이 있었으나(p=0.007, 0.033) 그 외 1일째와 3일째의 뇌압 변화는 통계적으로 유의한 변화는 없었다.

30분간 조사된 군에서 조사 직후 뇌압 상승을 보인 경우는 1례, 변화가 없는 경우가 5례, 감소된

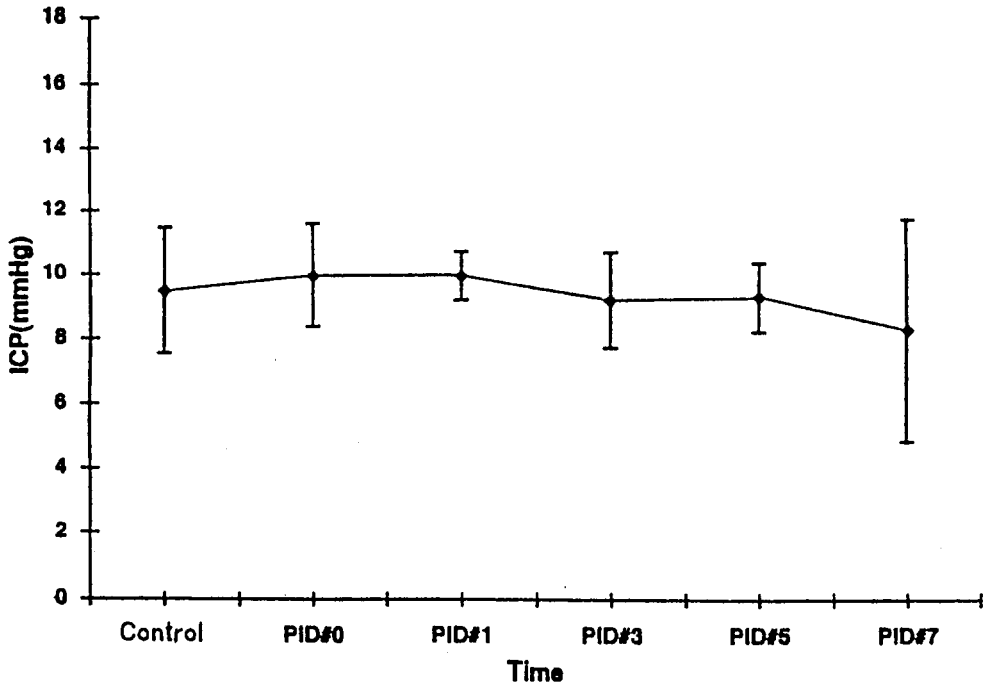


Fig. 1. Changes of mean ICP on 10 minutes irradiated group.

* PID : Post irradiation day

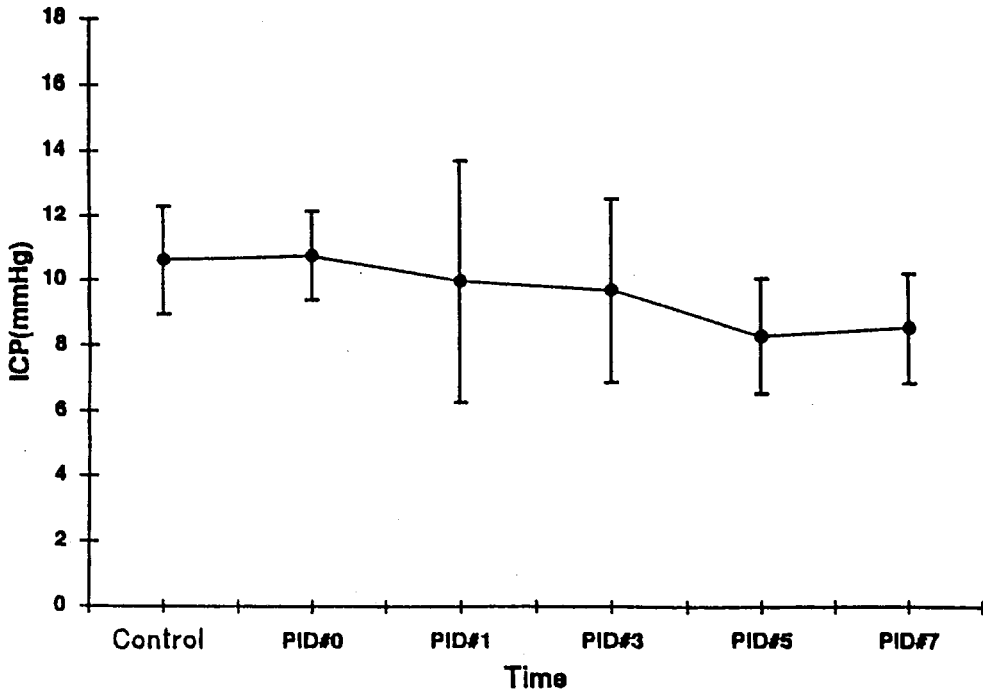


Fig. 2. Changes of mean ICP on 20 minutes irradiated group.

* PID : Post irradiation day

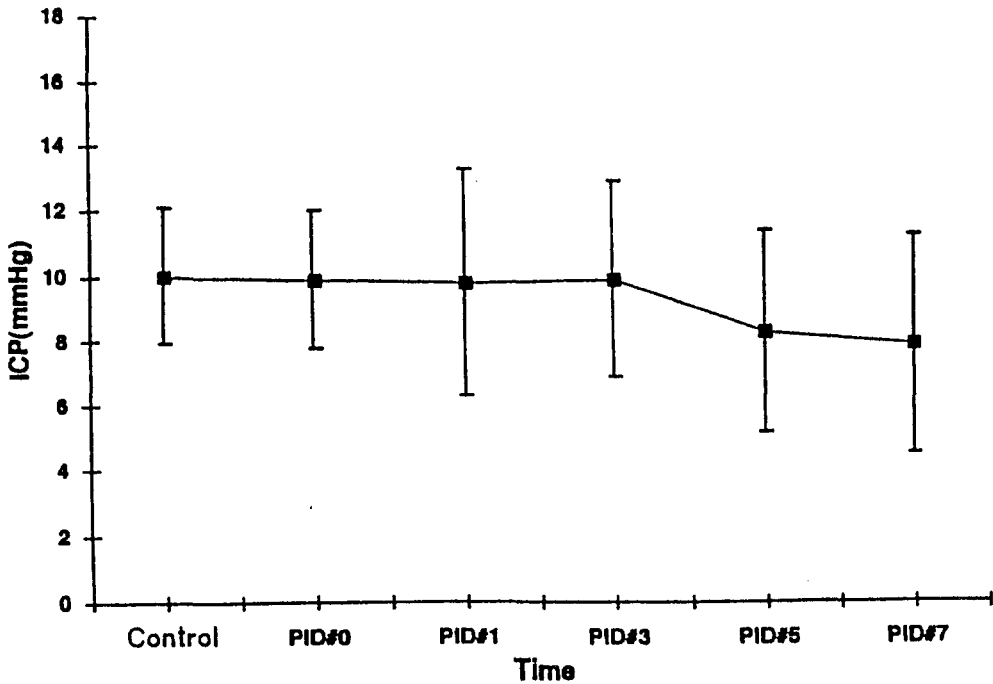


Fig. 3. Changes of mean ICP on 30 minutes irradiated group.

* PID : Post irradiation day

경우가 2례였으며 하루가 지난 뒤 뇌압은 증가된 경우가 4례, 변화가 없는 경우가 3례, 감소된 경우가 1례였다. 5일째와 7일째 뇌압이 증가된 경우는 각각 2례와 3례, 감소된 경우는 각각 4례씩, 변화가 없는 경우가 각각 2례와 1례였다(그림 3). 이 군에서는 조사 직후 1일 후, 3일 후, 5일 후, 7일 후에

관찰된 뇌압은 조사전 뇌압과 비교했을 때 그 변화가 통계적 유의성이 있는 변화는 없는 것으로 검정되었다.

Table 1. Individual ICP on 10 minutes irradiated group

Time	Case No.									mean(mmHg)	P-Value
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Control	10	9	10	10	11	10	9	7		9.50 ± 1.19	
PID 0	11	9	10	11	12	11	9	7		10.00 ± 1.60	0.033
PID 1	11	9	10	11	12	11	9	7		9.25 ± 1.48	0.275
PID 3	10	10	10	10	11	7	9	7		9.25 ± 1.48	0.598
PID 5	10	6	10	9	10	10	9	7		9.37 ± 1.06	0.598
PID 7	9	6	6	9	12	10	10	5		8.37 ± 2.44	0.122

* PID : Post irradiation day

Table 2. Individual ICP on 20 Minutes irradiated group

Time	Case No.								mean (mmHg)	P-Value
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Control	10	8	11	12	12	10	9	13	10.62 ± 1.19	
PID 0	10	9	11	11	10	11	9	13	10.75 ± 1.38	0.598
PID 1	5	7	15	15	8	12	10	8	10.00 ± 3.70	0.644
PID 3	9	9	13	4	12	12	10	9	9.75 ± 2.81	0.500
PID 5	8	6	6	8	11	9	9	10	8.37 ± 1.76	0.007
PID 7	8	7	6	8	11	10	10	9	8.62 ± 1.68	0.033

* PID : Post irradiation day

Table 3. Individual ICP on 30 Minutes irradiated group

Time	Case No.								mean (mmHg)	P-Value
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Control	11	11	10	11	11	10	5	11	10.00 ± 2.07	
PID 0	11	10	10	10	12	10	5	11	9.87 ± 2.11	0.598
PID 1	13	11	12	12	11	10	6	3	9.75 ± 3.45	0.833
PID 3	12	10	11	12	12	10	9	3	9.87 ± 2.99	0.922
PID 5	5	8	12	10	11	10	7	3	8.25 ± 3.10	0.218
PID 7	3	10	11	7	12	10	6	4	7.87 ± 3.35	0.150

* PID : Post irradiation day

고 찰

전자기파에 의한 뇌의 변화 혹은 신경학적 변화에 대해서는 보고된 바 있으나 뇌압에 미치는 영향에 대해서는 별로 알려진 바가 없다.

정상적으로 뇌압은 호흡, 심박동등에 영향을 받으며 15~20mmHg이상 올라갈 경우 뇌압이 상승했다고 본다. 정상에서 뇌압이 15~20mmHg이상 오르면 모세 혈관이 압박되고 30~35mmHg이상 오르면 정맥혈 유입을 방해하므로 뇌압 상승이 지속적일 경우 뇌부종을 유발하게 된다. 만약 뇌에 병변이 있을 경우, 예를 들면 종양, 혈종 혹은 외상으로 인한 뇌좌상등이 있게 되면 자가 조절이 소실되기 때문에 뇌압이 증가될 경우 병변 근처에서는 낮은압에서도 뇌기능을 소실하게 된다. 지속적인 뇌압 상승은 뇌혈류를 감소시켜 뇌기능을 유지하기

위한 충분한 산소의 공급이 부족하게 되어 뇌기능 부전을 초래한다.⁶⁻⁹⁾

지속적인 뇌압 상승이 일으킬 수 있는 증상으로 는 전두부 혹은 두정부의 두통, 오심, 구토 및 유두 부종으로 인한 시력 장애를 들 수가 있으며 중뇌나 뇌간부를 압박함으로써 동공확대등 제 3 뇌신경 마비 증세가 나타날 수 있고 후뇌 동맥과 시신경을 압박하여 시력 장애를 일으킬 수 있다. 그외에도 서맥, 불규칙한 호흡, 고혈압을 유발하며 심한 경우 시상 하부나 연수에 영향을 미쳐 교감 신경을 자극 하여 폐부종을 야기할 수도 있다.

이러한 뇌압을 측정하는 방법으로는 요추 천공을 통해 측정하는 방법과 뇌경막외, 뇌경막하 및 뇌실내에 측정 기구를 삽입하여 측정하는 방법이 있다.^{9,12)} 본 실험에서 이용된 방법은 뇌경막하에 측정 기구를 삽입하여 뇌압을 측정하는 방법으로서 널리 사용되고 있고 그 종류로는 Howlow screw

or bolt device, subdural cap catheter simple catheter 등이 있다.^{10, 13, 14)} 전자기파가 신경계에 미칠 수 있는 영향과 손상은 열적 혹은 비열적인 기전에 의한다. 1979년 Paulsson 등에 의하면 55mW/cm²에서 3.1GHz의 전자기파에 노출될 경우 망막 손상이 있었다고 보고 했으며, 1988년 Hans-Arme Hansson에 의한 보고에서도 전자기파가 망막 색소 상피 세포의 부종을 일으키며 적은 수의 광수용세포와 신경 세포에 퇴행성 변화를 일으킨다고 되어 있다. 또한 전자기파는 소뇌와 해마체, 시상체의 거대 신경 세포내 니슬 소체의 감소를 일으킨다는 보고도 있다.¹⁾ 이상에서 본 것처럼 전자기파가 중추 신경계 및 망막에 미치는 영향에 대한 보고는 있으나 생체의 맥박, 혈압등에 변화를 줄 수 있는 뇌압에 전자기파가 어떠한 영향을 주는 지에 대한 보고는 없다. 전자기파가 신경 세포에 손상을 줄 수 있다는 사실은 중추 신경계의 변화에 따라 영향을 받을 수 있는 뇌압에도 변화를 일으킬 수 있을 것으로 생각할 수 있다. 그러나, 본 실험에서 시행한 전자기파 피폭후 뇌압 측정에서는 10분간, 20분간, 30분간 노출된 각각의 군에서 통계적으로 유의성이 있는 변화는 관찰되지 않았다.

이상의 실험 결과에서 전자기파는 가토의 뇌압에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 따라서 뇌압 상승이나 하강으로 인한 증상도 없을 것으로 추정할 수 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 많은 기기들이 전자기파를 방출하고 있기에 뇌압이외에 뇌조직이나 기능의 다른 부분, 혹은 인체의 다른 부위에 대한 연구를 계속하여 전자기파가 인체에 미칠 수 있는 영향을 밝혀 그 대책을 마련해야 할 것이다.

요 약

전자기파에 조사된 후 시간 경과에 따라 측정된 24마리의 가토의 뇌압을 분석한 결과 조사 직후, 조사 하루, 3일 후, 5일 후, 7일 후에 측정된 각각의

뇌압과 조사전 뇌압간에는 유의성 있는 변화는 없었고 조사 시간(10분, 20분, 30분)에 따라 나누어진 각 군의, 조사 후 뇌압 변화 역시 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이 실험으로 전자기파의 조사는 뇌압의 경미한 변화는 초래할 수 있지만 통계적으로 유의한 변화는 일으키지 않는다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Hansson HA. : Effect on the nervous system by exposure to electromagnetic field. Mary EO, Richard HL : Electromagnetic field and Neurobehavioral function, Alan R. Liss, INC, New York, 1988, pp 119-134.
2. Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA, Jimenez LM, McTierman A, Stalsberg H : Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in man, Am J Epidemiol 15, 134(4): 340-347, 1991.
3. Mack W, Preston-Martin S, Peters JM : Astrocytoma risk related to job exposure to electric and magnetic fields, Bioelectromagnetics 12(1): 57-66, 1991
4. Goldberg RB, Creasey WA : A review of comcen induction by extremely low frequency electromagnetic fields. Is there a plausible mechanism? Med-Hypotheses 35(3) : 265-274, 1991.
5. Tomqvist S, Knave B, Ahlbom A : Incidence of leukemia and brain tumors in some "electrical occupation". Br J Int Med 48(9) : 597-603, 1991.
6. Paltsev EI, and Sirovsky EB. : Intracranial physiology and biomechanics : Clinical date on pressure-volume relationships and their interpretation. J Neurosurgery 57 : 500-510, 1982.
7. Rosner MJ, Coley IB : Cerebral perfusion

- pressure, intracranial pressure, and head elevation. *J Neurosurgery* 65:636-641, 1986.
8. Shapiro K, Marmarou A, Shulman K: Characterization of clinical CSF dynamics and neural axis compliance using the pressure-volume index: I. The normal pressure index. *Ann Neurol* 7:508-514, 1980.
 9. Sklar FH, Beyer CW, Clark WK: Physiological features of the pressure-volume function of brain elasticity in man. *J Neurosurgery* 53:166-172, 1980.
 10. Barlow P, Mendelow AD, Lawrence AE: Clinical evaluation of two methods of subdural pressure monitoring. *J Neurosurgery* 63:578-582, 1985.
 11. Coe JE, Nelson WJ, Rudenbere FH: Technique for continuous intracranial pressure recording. *J Neurosurgery* 27:370-375, 1967.
 12. Shields CB, McGraw CP, Garretson HD: Accurate intracranial pressure monitoring: technical note. *Neurosurgery* 14:592-593, 1984.
 13. Mendelow AD, Rowan JO, Murray L: A clinical comparison of subdural screw pressure measurements with ventricular pressure. *J Neurosurgery* 58:45-50, 1983.
 14. Wilkinson HA: The intracranial pressure-monitoring cup catheter: technical note. *Neurosurgery* 1:139-141, 1977.

-Abstract-

The Effects of Microwave Irradiated on Rabbit's ICP

Jin Han Park, Seong Ho Kim, Dong Ro Han, Jang Ho Bae,
Oh Lyong Kim, Byung Yearn Choi, Soo Ho Cho

*Department of Neurosurgery
College of Medicine, Yeungnam University
Taegu, Korea*

Jun Ha Lee
*Department of Biomedical Engineering
Yeungnam University Hospital
Taegu, Korea*

Damages on central nervous system induced by the exposure of microwave. However, the effects of microwave on ICP are not studied yet. The ICP affected by the condition of the brain has an significant effect on vital sign. So we investigated the changes of ICP of the rabbits after exposure. Twenty four rabbits were divided into 3 groups depending on the amount of exposure to microwave. One group was composed with 8 rabbits were exposed to microwave for 10 minutes. Other were composed to microwave for 20 minutes, 30 minutes, respectively. Intracranial pressure on each group were measured by subdural type ICP monitoring catheter immediately, first day, 3rd day, 5th day and 7th day after exposure of microwave. Results indicates that intracranial pressure of rabbits are not affected with statistical significance by exposure of microwave.

Key Words : Intracranial Pressure, Microwave, ICP Monitoring