

전자파의 노출속에서 성장 및 노화된 마우스와 그의 2세대에서 나타난 해부학적 및 병리학적 특징

김윤원, 이진상, 최영희, 김형준, 김윤명*, 조민기
한림대학교 의과대학연구소, *단국대학교 전자공학과

1. 서론

최근 전자파 응용 기기의 보급이 급격히 늘어나고 있어 이 분야의 종사자들뿐만 아니라 일반인에게도 전자파에 노출되는 기회가 많아지고 있다. 모든 방사선은 생체 조직에 대하여 정도의 차이는 있으나 여러 가지 기능장애를 일으키는 것으로 알려져 있으며, 수 GHz이하의 산업용 전자파에도 과도히 노출되는 경우 소위 전자파 증후군이라 불리는 병변을 일으킨다. 그 중에는 전자레인지의 누설 전자파가 백내장이나 유방암을 유발한다는 보고가 있고, 휴대전화기의 송신 전자파가 뇌종양, 백혈병 등의 원인이 될 수 있다는 연구 결과도 나와 있으며, 그 밖에도 전자파로 인한 고혈압, 두통, 기억감퇴 등도 다수 보고 되고 있다^{1,2,3}.

Löscher 와 Liburdy¹⁰는 50/60 Hz의 ELF(extremely low frequency)의 자기장조건이 발암인자로서의 가능성을 제시 하였으며, Huuskonen 등¹¹은 ELF 와 VLF(very low frequency)의 자기장조건에서 기형 및 생식능력에 영향을 줄수 있다는 견해를 내놓았다. 최근에는 EMF에 노출되었을때 DNA의 구조가 깨지면서 염색체에 변이를 일으킬 수 있는 유전자변이가 주요원인이라는 주장^{6,12}도 나오고 있으나, 아직까지 많은 사람들의 의견이 엇갈리고 있는 실정이다.

우리나라에서도 최근의 이러한 통신 기기의 사용이 급증하면서, 전자파가 인체나 생체에 미치는 영향의 유해 여부에 관한 논의가 활발히 전개되고 있으며, 주로 공학자들에 의하여 전자장의 인체 안전 기준 제정 작업이 진행 중에 있다. 그러나 이러한 전자파의 영향에 관한 연구는 주로 외국에서의 연구 결과의 분석에만 의존하여 국내에서의 전자파에 의한 의학적 연구나 사례, 인체장해 원인의 철저한 분석과 대책이 없는 상황이다. 일본에서는 이러한 전문가가 국립환경연구소를 중심으로 활성화 되고 있다. 여러 전자 기기와 전력 장치에서 발생하는 전자파에 의한 영향이 무엇인지, 어떻게 인체에 영향을 주는지에 대한 관심이 고조되고 있어서 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 세계보건기구인 WHO에서도 1996년 부터 전자파의 유해성에 관심을 가져, 각국의 연구를 토대로 2005년에 전자파의 안전권고치를 마련할 계획이다. 여기에는 국제암연구기관(IARC) 및 미국, 일본 등이 참여 중이다.

국내의 경우 1996년 전자장생체관계연구회의 발족을 시작으로 주로 공학자들에 의하여 체계적인 연구를 수행해 오고 있었으나, 의학자들에 의한 전자파의 생체에

미치는 영향에 대한 연구는 아직 극도로 미미한 실정이다. 이는 국내에서도 전자파 피해에 대한 일반인들의 관심이 높아지고 있는 점을 감안할 때, 상당히 때늦은 바이다. 날로 악화되고 있는 전자파 환경으로부터 인체를 보호하고, 전자파에 대한 오해와 불안으로부터 야기될 수 있는 정신적 피해를 사전에 예방하기 위해서, 전자파 안전에 대한 국제동향을 파악하고 선천성 기형의 발생이나, 유산의 증가, 백혈병과 같은 암의 발생 등, 인체에 대한 피해의 유무를 파악 하는 것이 절실히 요구된다.

본 연구에서는 60 Hz 전자파가 생체에 미치는 현상을 마우스에서 해부학적 및 병리조직학적으로 조사하였는데, 현재 여러 국제기관에서 안전하다고 제시된 전자파에서 여러가지 질환과 종양이 야기되는 것을 관찰하였다.

2. 방 법

1) 전자파 조사

전자파에 성장, 임신 그리고 노화까지 조사된 마우스에서 나타나는 특징과 그의 태아에서 나타나는 이상여부를 조사하기 위하여, 생물학적으로 사람과 근연관계에 있는 마우스(BALB/c)를 대상으로 실험 하였다. 전력선 주파수(60Hz)에서 전기장은 IRPA(국제 방사선 보호협회)/ICNIRP(국제 비전리방사선 보호위원회) 에서 일반인 종일 노출 안전한계치인 5kV/m와 직업인 단기간 노출 안전기준치인 30kV/m의 2군으로 나누었고, 자기장은 직업인 종일 노출시 IRPA의 기준치인 5G(=0.5mT)와 CENELEC전기기술 표준화 유럽위원회)의 기준치인 15G(=1.5mT)의 2군으로 나누어 대조군과 함께 전자장 환경을 매일 24시간동안 계속 유지시켰다^{7,8,9}. 전자파 실험에 적합한 비금속성 특수 사육통을 제작한 후, 마우스를 넣고 키우면서 생후 6주부터 일정 수준의 전자파를 20-22주간 지속적으로 실험동물에 조사하고 동일조건외 암수 마우스를 교미시켰으며, 임신후에도 동일한 조건으로 계속 조사하였다. 출산후에도 부모(1세대)와 그 새끼(2세대)들에게 동일한 조건으로 조사하였다. 1세대 및 2세대에서 질병이 발생한 마우스는 사망하기 직전에 바로 부검하였으며, 외관상 특별한 질병이 없이 노화된 1세대는 생후 46주, 2세대의 일부는 생후 17주에 부검하였고 나머지는 46주 이후에 부검하였다.

2) 마우스의 건강상태 및 종양발생여부의 조사

각 조건의 전자파에 노출된 마우스의 건강상태는 2일에 한번씩 검사하였고, 사육도중 사망한 마우스는 부검을 실시하여 사망원인을 조사하였다. 그리고 종양의 발생여부를 조사하였다.

3) 마우스의 제왕절개 및 태아의 상황 관측

임신후 17-19일째에 일부 어미 마우스는 제왕절개 되었다^{8,9,13}. 자연분만시, 어미

들은 태반과 건강하지 않은 새끼들을 먹어치우고, 건강한 새끼들만 남기므로 전자장에 의한 비정상 태아 검사를 위한 바른 통계를 얻을 수 없다. 따라서 비정상 태아 통계를 얻기 위하여, 자연분만을 하기 전에 마우스의 자궁을 절개하여 태아의 상황을 관측하였다.

4) 태아의 고정 및 기형의 검토

제왕절개를 한 후 기형등 이상이 발견된 태아는, 즉시 2.5% glutaraldehyde 또는 10% formalin 용액으로 micro-needle을 사용하여 내부혈관을 wash-out 및 고정하고 그 태아를 10% formalin에 넣어 고정시켰다⁵⁾. 조직학적면에서는 serial section을 하여 내부구조의 이상과 세포사 등을 검토 하였다¹³⁾.

5) 종양의 검토

1세대 및 2세대에서 외관상으로 큰 종양이 발견된 마우스는 사망하기 직전에 바로 부검하고 특별한 소견이 없는 경우에는 생후 46주부터 부검하고, 육안적으로 관찰된 종양을 병리조직학으로 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 성장부터 임신까지 조사된 생쥐에서 태어난 태아의 이상율

전자파가 조사된 어미의 임신율은 70%에서 100%를 나타냈고 대조군은 75%로, 유의한 차이가 없었다(표 1). 태아의 이상율은 5kV/m에서 10.0%, 30kV/m에서 15.2%, 5G에서 20.3% 그리고 15G에서 14.3%로 대조군 5.3%에 비해 1.9-3.8배 높았다(표 1). 즉, 전자장에 노출되었을 경우에 임신율에는 별다른 차이를 보이지는 않았으나, 태아의 이상율이 증가되었다는 사실을 알 수가 있었다.

표 1. 60 Hz의 전자파가 조사된 생쥐의 임신율과 태아의 이상율

	태아의 이상유무 ^a					임신여부		
	어미	정상새끼	이상새끼	총새끼	이상율(%)	유	무	임신율(%)
5 kv/m	1 ^b	9 ^b	1 ^b	10 ^b	10	7 ^b	3 ^b	70
30 kv/m	3	28	5	33	15.2	8	0	100
5 G	5	43	11	54	20.3	11	1	91.7
15 G	5	48	8	56	14.3	11	0	100
control	2	18	1	19	5.3	6	2	75

a. 제왕절개는 어미쥐의 자연분만이 이루어 지기 1-3일 전에 하였음.
b. 어미 또는 새끼의 숫자.

표 2. 60 Hz 전자파가 조사된 생쥐의 태아에서 나타나는 육안적 이상소견

	조기사망	성장기사망	구개열	뇌노출	기 타
5kV/m		1			
30kV/m		1			4
5G	10			1	
15G	4	2	1		1
대조군	1				
합 계	15	4	1	1	5

2) 성장부터 임신까지 조사된 생쥐에서 태아의 사망과 선천이상

태아에 나타난 이상의 종류를 살펴보면, 조기사망(외관상으로 눈이 발견되기 전인 임신 11일까지의 사망), 성장기사망, 그리고 구개열(cleft palate), 뇌노출(exencephaly) 등의 기형을 유도하였다. 특히 5 G는 조기사망을 유도하는데 비해 15 G와 30 kV/m는 성장기사망과 여러 종류의 기형을 유도하였다($P < 0.05$)(표 2).

자기장을 조사하고 형태형성기 후기에 기형을 분석한 연구에서 주로 척추피열(spina bifida), 복부노출(abdominal hernia), 수두증(hydrocephaly), 뇌노출(exencephaly), 구개열(cleft palate) 등의 기형이 관찰된다는 보고가 있다⁴⁾. Huuskonen 등⁴⁾에 따르면 rat에 50 Hz의 전자파를 조사 하였을시에 골격이상(skeletal anomalies)을 보이는 태아의 비율이 대조군과 비교하였을 때 통계적으로 유의하게 많음을 보고한 바가 있다.

일부 조기사망한 태아의 심장에서 단심실(single ventricle)이 발견되었고, 작은심실과 심근육의 비대, 변성 및 불규칙배열이 발견되었다. 대동맥관(aortic valve)과 폐동맥관(pulmonary valve) 부위에서 endocardial cushion의 소결정형성(nodule formation)이 발견되었다. 심실과 심방에 울혈(diffuse congestion)이 있었다. 폐에서는 울혈(congestion)과 출혈이 나타났다.

이상의 결과는 5G는 태아의 착상전기 및 기관형성기에 영향을 주는것 같고, 15 G와 30 kV/m는 태아의 성장기에 영향을 주는 것 같다.

3) 전자파 환경에서 노화된 생쥐의 해부학적 및 조직병리학적 특징

전자파를 생후 6주부터 평균 40주까지 조사된 생쥐(1세대)들과, 그동안 자란 17주 된 일부 새끼쥐(2세대)들을 부검하여 형태학적인 변화가 있는지 살펴보았다. 해부학적으로 가장 많은 변화를 보인 간(liver)에서는 점상출혈(petechiae), 출혈(hemorrhage), 변색(discoloration), 다분엽화(lobulation)등의 소견을 보였다. 특히 위(stomach)의 바로 위 부분에 있는 간의 소엽은 정상에서 1mm 내외인데 크기가 증가되고 붉게 출혈을 보이거나 검게 변색을 하였다(표 3). 신장(kidney)에서는 점상출혈의 소견을 보였으나, 병리조직학적으로는 비특이적 소견을 나타냈다(표 3). 간과 신장에서는 전기장과 자기장의 조건중 15 G인 자기장의 조건에서 가장 많은 변화가 관찰되었다.

표 3. 40주동안 전자파에 노출된 마우스의 해부학적 소견

	5kV/m		30kV/m		5G		15G		대조군	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Liver										
petechiae or hemorrhage	3				1		2			
discoloration			1		2		1		1	
abnormal mass		1					1			
lobulation								(1)		
Kidney										
petechiae	2						3		1	
Lung										
pneumonia			1							
abnormal mass			2		1		2	1		
Heart										
discoloration	2						1			
Testis										
discoloration			1							
Ovary										
hemorrhage				1						
cyst						1				
Development arrest in sternum								1		
Absence of toe						(1)				

() 2세대 마우스

표 4. 40주 동안 전자파에 노출된 마우스의 조직병리학적 소견*

	5kV/m		30kV/m		5G		15G		대조군	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Liver										
congestion and hemorrhage	1									
ischemic change					1					
necrosis			1		2		1			
Lung										
bronchopneumonia			2		1		1	1		
abscess and necrosis mass			1							
bronchiolar dilatation and congestion							1			
Heart										
congestion							1			
Testis										
focal calcification			1							
Ovary										
simple cyst						1				
hypervascularity like hemangioma				1						
Soft tissue mass										
panniculitis and fat necrosis							1			

* 종양 제외

표 5. 40주 동안 전자파에 노출된 1세대 암놈 및 숫놈 마우스의 장기별 무게

	암 놈					숫 놈				
	5kV/m	30kV/m	5G	15G	대조군	5kV/m	30kV/m	5G	15G	대조군
BW	26.9	27.6	28.6	27.3	26.5	34.8	34.7	36.3	34.9	32.0
Sp	320	320	382	294	298	328	306	270	267	250
Kd	357	367	403	388	423	620	559	760	591	630
Li	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5
Th	27.7	26.7	28.8	28.8	36.5	21.0	22.0	19.0	26.4	20.0
Ht	145	144	145	160	145	211	180	170	181	230
Lu	180	192	187	312	190	205	284	180	208	200
Ov	15.3	11.7	16.7	15.4	33.3					
Ts						201	209	190	192	230
Br	448	477	452	466	465	438	476	440	448	450
AG	10.1	10.1	9.1	9.2	8.8	6.7	5.7	4.4	5.6	5.4

BW(body weight, 몸무게, g), Sp(spleen, 비장, mg), Kd(kidney, 콩팥, mg), Li(liver, 간, g), Th(thymus, 흉선, mg), Ht(heart, 심장, mg), Lu(lung, 폐, mg), Ov(ovary, 난소, mg), Ts(testis, 고환, mg), Br(brain, 뇌, mg), AG(adrenal gland, 부신, mg)

표 6. 전자파 속에서 성장 및 임신한 마우스로부터 태어나서 17주까지 전자파에 노출된 2세대 암놈 및 수놈 마우스의 장기별 무게

	암 놈				숫 놈		
	5kV/m	5G	15G	대조군	5G	15G	대조군
BW	25.3	22.5	24.9	28.5	30.1	31.1	31.6
Sp	268	250	261	354	278	284	315
Kd	298	285	312	373	461	458	529
Li	1.3	1.2	1.1	1.5	1.4	1.4	1.8
Th	54.8	35.0	51.0	103	69.1	75.0	59.0
Ht	131	115	123	169	144	158	183
Lu	176	167	160	270	203	224	226
Ov	22.8	23.8	26.0	71.0			
Ts					330	317	345
Br	445	445	480	467	440	460	444
AG	8.4	10.1	7.6	12.8	4.6	4.1	4.9

폐(Lung)와 심장(Heart)에서는 각각 폐렴(pneumonia)과 변색(discoloration)이 관찰되었다(표 3). 고환(testis)에서 변색이 있었고, 난소(ovary)에서는 출혈과 낭(cyst)이 관찰되었다(표 3). 특히 15 G조건의 암놈중 흉골의 발육정지(development arrest)가 있는 것이 발견되었다(표 3). 임신부터 조사된 새끼 마우스에서는 오른쪽 뒷발가락이 모두 없는 기형(5 G)과 다분엽화(lobulation)된 비대된 간(15 G)이 발견되었다(표 3).

해부학적으로 다양하게 나타난 간소엽의 변화는 병리조직학적으로 출혈, 괴사(necrosis) 그리고 조직대식세포(histocyte)의 침윤을 동반한 혈철소(hemosiderin) 침착과 섬유화(fibrosis)로 악화되는 양상으로 추정되었다(표 4). 다분엽화된 비대간은 병리조직학적으로는 특별한 소견이 없었다. 폐에서 비정상 덩어리(abnormal mass)는 폐렴, 농양(abscess) 또는 괴사 덩어리로 밝혀졌고, 심장의 변색은 울혈(congestion)이었고 고환의 변색은 칼슘침착(calcification)이었으나 정자는 활발하게 생산되고 있었다. 하복부 피하조직에서 연조직 덩어리가 발견되었는데 지방층염(panniculitis)이 포함된 지방괴사로 확인되었다(표 4).

여러장기의 크기는 대조군에 비해 특별한 차이가 없었으나 난소와 고환의 크기는 대조군에 비해 유의하게 적었다(표 5-6). 이것이 임신에서 태아의 조기사망, 성장기사망 및 선천이상에 관련이 있는지는 더 연구해 보아야 할 것이다.

4) 림프종을 포함한 종양의 발생

30 kV/m 에서는 1세대 암컷(1/6)의 입술의 오른쪽 윗부분에서 편평상피유두종(squamous papilloma)이 발견되었다(표 7). 5 G 에서는 1세대 암컷(1/6)의 앞다리의 겨드랑이와 어깨부위에서 선종(adenoma)과 기저상피세포종(basal cell epithelioma)이 동시에 발생하였고, 2세대 암컷(1/8)에서도 기저상피세포종이 발견되었다(표 7). 15 G 에서도 1세대 암컷(1/6)의 하복부 피하에서 선종이 발견되었고, 15 G 조건의 2세대 수컷(1/11)에서 전신에 다발성의 종괴가 관찰되었는데 병리조직학적으로 악성림프종(lymphoma)으로 밝혀졌다(표 7). 대조군과 5 kV/m에서는 종양이 전혀 발견되지 않았다.

본 실험에서는 육안적으로 의심되는 종양만 병리조직학적으로 검사하였기 때문에 백혈병 등 혈액종양과 크기가 작은 종양은 발견될 수 없었다. 그럼에도 불구하고

표 7. 60 Hz 전자파에 노출된 마우스에 나타난 종양의 종류

	5kV/m		30kV/m		5G		15G		대조군	
	암	수	암	수	암	수	암	수	암	수
1세대	6	9	6	8	6	1	6	9	8	12
2세대	11	10	9	6	8	8	12	11	12	10
편평상피유두종 (squamous papilloma)			1(1)*							
기저상피세포종 (basal cell epithelioma)					1(1)					
					1(2)					
선종 (adenoma)					1(1)		1(1)			
악성림프종 (malignant lymphoma)									1(2)	

* 마우스의 세대

- 동일마우스에 나타난 종양

국제허용기준한계치의 전자파(30 kV/m, 5 G 및 15 G)는 장기간 조사될 때 마우스에서 림프종등 악성종양뿐 만 아니라 양성종양의 유발인자라고 일단 판단된다($P<0.05$). 또한 암놈에게서 종양의 발생이 많은 것으로 볼 때($P<0.05$) 전자파에 노출시 숫놈보다는 암컷이 더 민감하다고 판단된다.

이상의 결과에서 본연구의 전자파 조건에서는 자기장이 전기장보다 이상증상과 종양이 많이 관찰된것으로 보아 자기장이 생체에 부정적 영향이 큰 것으로 생각된다.

4. 결 론

전자파가 생체에 미치는 영향을 조사하기 위해 마우스에 성장, 임신 그리고 노화까지 60 Hz의 전자파를 조사시켰을 때 나타나는 마우스와 그의 2세대에서 해부학적 및 병리학적 특징을 알아보았다. 전자파가 조사된 어미의 임신율과 임신중 태아에 미치는 영향을 조사하기 위해 전자기장 조건에서의 임신율과 태아의 이상율을 대조군과 비교하여본 결과, 태아의 임신율은 별다른 차이를 보이지는 않았으나, 이상율이 대조군보다 높게 나타났다. 특히, 자기장이 태아에게 이상율을 증가 시킨다는 사실을 알수가 있었다. 임신중 태아의 발달단계에서 착상전기 및 기관형성기인 임신 초기에 사망이 많이 관찰되었는데, 특히 5G 자기장 조건에서 다른 조건에 비해 가장 많이 관찰되었다. 이렇게 사망한 태아를 조직학적으로 조사한 결과, 심장에서는 단심실의 기형과 판막의 성장장애가 발견되었고, 폐에서는 울혈과 출혈이 관찰되었다.

전자파를 조사한지 40주째에 모든 부모마우스들과 그동안 자란 17주된 새끼마우스들의 일부를 해부하여 해부학적 및 병리조직학적인 변화가 있는지 살펴보았다. 전자파에 조사된 마우스는 대조군에 비해 전반적으로 난소와 고환의 크기가 적었다. 자기장 조건에 장기간 노출되었던 마우스의 간 및 폐에서 많은 이상증상을 보였는데, 전체적으로 출혈과 괴사 및 폐렴이 가장 많이 관찰되었다. 또한 전자파에 장기간 노출된 마우스중 30 kV/m, 5 G, 15 G의 전자파 조건에서 편평상피유두종, 기저상피세포종, 선종 및 악성림프종이 발견되었다. 이 같은 실험 결과로 볼 때, 전자파는 임신중 태아의 사망 및 선천이상, 성장후 질병이나 종양의 유발인자라고 일단 판단된다. 여러 국제기구의 전자파 안전기준치가 임신, 종양 등 여러 질병에 영향을 미친다는 것을 확인하기 위해서는 아직 더 많은 실험이 필요하나, 본 연구의 전자파 조건에서는 전기장 보다는 자기장의 영향이 생체에 더 나쁘게 작용하는 것으로 보인다.

5. 참고 문헌

1. P.A. Demers, D.B. Thomas and K.A. Rosenblatt, "Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Breast Cancer in Men", *Am J Epidemiol* Aug. 15, 134(4): pp.340-347, 1991.
2. R.B. Goldberg, W.A. Creasey, "A Review of Comcen Induction by Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields. Is There a Plausible Mechanism?", *Med. Hypotheses* July 35(3): pp.265-274, 1991.
3. W. Mack, S. Preston-Martin and J.M. Peters, "Astrocytoma Risk related to Job Exposure to Electric and Magnetic Fields", *Bioelectromagnetics* 12(1): pp.57-66, 1991.
4. Huuskonen H, Juutilainen J, and Komulainen H. Effects of low frequency magnetic fields on fetal development in rats. *Bioelectromagnetics*. 14:205-213. 1993.
5. Ishikawa S(Cho JY), Iwasaki J, Soga K, Tsunemi T, Nozaki Y, Chikaoka H, and Nakai Y. Cardiovascular malformation and functional changes induced by trichloroethylene in developing chick embryos. *Developmental Mechanisms of Heart Disease Futura Publishing Company, Inc., Armonk, NY.* 43:361-364. 1995.
6. J. Miyakoshi, N. Yamagishi, S. Ohtsu, K. Mohri, H. Takebe, Increase in hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transferase gene mutations by exposure to high-density 50 Hz magnetic fields. *Mutation Res.* 349: 109-114. 1996.
7. 한국전자과학회內 전자장과 생체관계연구회. 전자파로 인한 장애 실태 조사와 인체보호 기준설정에 관한 연구: 제6장 전자파 안전대책, pp. 151-167, 통신개발연구원 정보통신학술연구과제 최종보고서 지96-02, 1997.
8. Kim YM, Kwon YI, Kim JH, Kim BS, and Kim YW ELF electric and magnetic field effects to mice embryos and fetuses, *Annual Review of Bioeffects Research*, pp. 33-35. 1997.
9. 김윤명, 권용일, 이승배, 김진희, 김병섭, 김윤원, "생쥐의 배아 및 태아에 대한 극저주파 전자장의 영향", SK Telecom(주) 중앙연구원, *Telecommunication Review*, ISSN 1226-5586 제7권, 제6호, pp. 814-828, 1997.
10. W. Löscher, R.P. Liburdy. Animal and cellular studies on carcinogenic effects of low frequency (50/60 Hz) magnetic fields. *Mutation Res.* 1997.
11. H. Huuskonen, M.L. Lindbohm, J. Juutilainen. Teratogenic and reproductive effects of low frequency magnetic fields. *Mutation Res.* 1997.
12. J. Miyakoshi, K. Kittakawa, H. Takebe. Mutation induction by high-density 50 Hz magnetic fields in human MeWo cells exposed in the DNA synthesis

- phase. *Int. J. Radiat. Biol.* 71: 75-79. 1997.
13. Kim YW, Lee JS, Kim YM, Cho MK, and Cho JY. Gross and histological study of abnormal fetus in mice continuously exposed to 60Hz electromagnetic fields for 6 month. 1st International Symposium of Congenital Anomalies in Korea, Institute of Medical Science, Hallym Univ. pp. 67-70. 1998.