

# 휴대폰 전자파가 동물 뇌에 미치는 영향에 대한 연구-예비경과

김혜선 · 이윤실\* ·

김 남\*\* · 안영환

아주대학교 의과대학

신경외과학 교실 ·

\*이화여자대학교 약학대학 ·

\*\*충북대학교 전자정보대학

## I. 서 론

과학 기술이 발달함에 따라 일상에서의 이동통신 및 전자기기의 사용이 점점 더 늘어나면서 전자파의 노출도 증가하고 있다. 전자파에 대한 일반인들의 막연한 불안감은 해소되지 못하고 있고, 인체 유해성 논란도 지속되고 있다. 스마트폰의 등장으로 통신 기기를 사용이 폭발적으로 늘어나면서, 전자파에 대한 우려는 더 높아지고 있다.

최근에는 소아 청소년기 아동의 휴대폰 사용이 점점 증가하고 있다. 뿐만 아니라, 휴대폰을 사용하기 시작하는 연령이 낮아지고 있고, 이들의 휴대폰 사용 시간도 점점 증가하고 있다. 평균 수명은 더 늘어나고 있어, 우리나라의 남녀의 평균 수명이 각각 80세와 84세인 점을 고려할 때(통계청, 2010), 평생 동안 휴대폰 전자파에 노출되는 누적 시간은, 지금의 성인과 비교할 수 없을 정도로 늘어나게 되어, 장기적인 휴대폰 전자파 노출에 의한 부작용의 발생을 무시할 수 없는 상황이라고 볼 수 있다.

휴대폰을 귀에 대고 사용하고, 신경세포가 전기 신호에 의해 기능을 하므로, 휴대폰 전자파가 신경세포에 영향을 미칠 수밖에 없다. 휴대폰 전자파가 신경세포에 유해하다는 증거는 아직 분명하지 않으나, 이에 대한 우려도 해소되지 못하고 있다. 2010년 5월, 10년에 걸쳐 진행되었던 INTERPHONE study의 결과가 발표되었다<sup>[1]</sup>. INTERPHONE STUDY는 휴대

폰의 뇌종양 발생에 미치는 영향에 대한 세계보건기구 주도의 연구로서, 휴대폰 사용이 양성 종양인 뇌수막종의 발생에 영향을 주지는 않으나, 휴대폰의 사용 증가에 의해 신경교종의 발생이 증가되었다고 보고하였다. 성인이 휴대폰을 자주 사용하는 경우, 뇌종양의 일종인 신경 교종의 발생 가능성이 40 % 이상 증가했고, 특히, 휴대폰을 많이 사용하는 쪽의 측두엽 뇌에 더 많이 발생하였다고 보고하였다. INTERPHONE 연구 결과는 다수의 사람을 대상으로 ‘통계적 연관성’을 평가하는 연구이어서 인과관계를 완벽하게 설명할 수 없다. 그러나, 휴대폰 전자파로 인해 뇌종양의 발생 위험성이 증가한다는 기존의 보고들의 결과를 다시 확인하는 대규모 연구 결과라는 측면에서 중요한 의미를 가진다. 또한, 최근 2011년 5월, 프랑스 리옹에서 개최된 국제회의에서, 휴대폰 전자파를 뇌종양 발생에 영향을 미치는 유발인자로서의 가능성을 ‘IIB’로 분류한다고 발표하였다. 이 국제회의는 WHO 산하 기관인 ICNAP이 주관하였으며, 13개국의 관련 전문가들이 모여 전자파가 뇌종양의 발생에 미치는 영향에 대한 평가한 것이다. 이러한 일련의 보고들은 모두 뇌와 관련한 내용들로서, 뇌를 비롯한 신경세포에 미치는 휴대폰 전자파의 영향에 대한 연구 필요성이 제기되고 있다.

최근 역학 연구에 의하면 휴대폰 전자파가 어린 아이들이 뇌세포의 활성을 감소시킨다는 보고<sup>[2]</sup>가 있다. 2008년 연구에서는 어린 시기의 전자파 노출에

의한 행동학적 문제가 발생한다고 보고<sup>[3]</sup>된 바 있다. 2000년 영국의 Expert Group on Mobile Phone(IEGMP)에서 발표한 내용에 따르면, 휴대폰에 사용되는 주파수에 의한 몸무게(kg)당 흡수하는 EMF 에너지가 어른과 비교할 때 소아에서 더 높다고 보고되었다<sup>[9]</sup>. 이와 같이 어린 아이들과 휴대폰 전자파의 위해성을 경고는 휴대폰 전자파의 안전에 대한 장기적으로 관찰할 필요가 있음을 의미한다.

어린이 발달의 해부학적 그리고 생리학적인 지식을 요약하여 보면(2008년 Norbert 등), 생후 3년 이내에 뇌의 백색질(white matter)과 회색질(grey matter)의 뇌세포가 급격하게 증가하며, 뇌의 둘레가 어른의 90% 정도에 이른다. 유년기가 되면 뇌세포는 어른의 90%까지 도달하게 된다<sup>[4],[5]</sup>.

2009년 Baderira의 Wistar rat을 대상으로 한 연구 결과를 바탕으로 유년기의 뇌세포의 발달 과정을 살펴보면, 태어난 직후, 뇌 전체 용적의 90% 이상이 신경세포로 구성되어 있고, 성상 세포 등은 6% 이하만 차지하는 것으로 알려져 있다([그림 1]). 그러나, 출생 이후 시간이 경과하면서 신경세포의 증식과 분화, 시냅스의 형성과 성숙 등의 과정이 일어나면서 점점 성인과 비슷한 형태의 성숙한 신경세포로 발달되어 간다. 성상세포는 생후 7일경에 급격하게 증가하게 되며, 생후 25일경이 되면 신경세포와 성상세포가 거의 비슷한 비율로 분포가 바뀌게 된다. 따라서 뇌 발달이 왕

성한 시기인 유년기에서의 휴대폰의 장시간 사용하게 되면 뇌의 건강에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

평균 수명이 증가하면서 고령화가 빠른 속도로 진행되고 있고, 노령 인구가 증가하면서 퇴행성 뇌질환에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근의 퇴행성 뇌질환의 증가가 전자파와 관련이 있다는 증거는 없으며, 평균 수명이 증가하면서 자연스럽게 퇴행성 뇌질환이 증가하는 것으로 추측하고 있다. 소아 청소년 시기부터의 장기적인 휴대폰 사용이 퇴행성 뇌질환의 발생에 어떤 영향을 주게 될지를 예측할 수 있는 근거가 없다. 아직 퇴행성 뇌질환의 원인과 발생 기전이 규명되지 못하고 있지만, 뇌의 염증 반응이 퇴행성 뇌질환의 발생과 관련이 있을 것으로 예상하고 있다. 따라서, 장기적인 휴대폰 사용이 성체뿐만 아니라, 소아 청소년기 뇌의 염증 관련 유전자의 발현에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

뇌세포는 전기적인 신호를 전달하는 신경 세포이므로, 청신경을 포함한 뇌 신경들이 장기적이고, 반복적으로 휴대폰 전자파에 노출되면서 뇌세포의 발달과 증식뿐만 아니라, 염증의 유발 또는 악화에 기여할 수도 있다.

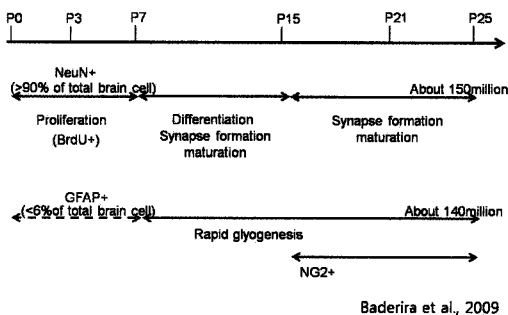
소아 청소년기의 어린이들뿐만 아니라, 고령의 성인 연령대에 대한 휴대폰 전자파의 면역 조절 및 항상성뿐만 아니라, 염증 반응에 관련한 유전자의 발현에 미치는 영향에 대한 연구가 필요한 시점이다.

연구자들은 휴대폰 전자파가 뇌의 염증 관련 유전자에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하기 위해 예비 연구를 수행하였으며, 이와 관련한 내용을 간략하게 소개하고자 한다.

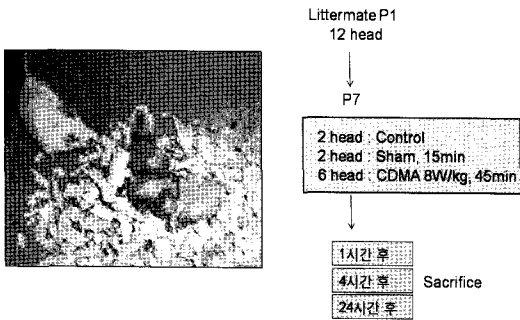
## II. 연구 내용

### 2-1 실험 동물 및 사육 환경

1일령 Sprague-Dawley 흰쥐(Orient Co., Ltd, Sungnam Korea)를 사용하였다. 실험 환경과 무관한 유전



[그림 1] 유년기의 뇌세포 발달 과정 요약



[그림 2] 800 MHz 대역 휴대폰 전자파 노출이 어린 쥐에 미치는 영향에 대한 실험 내용 요약

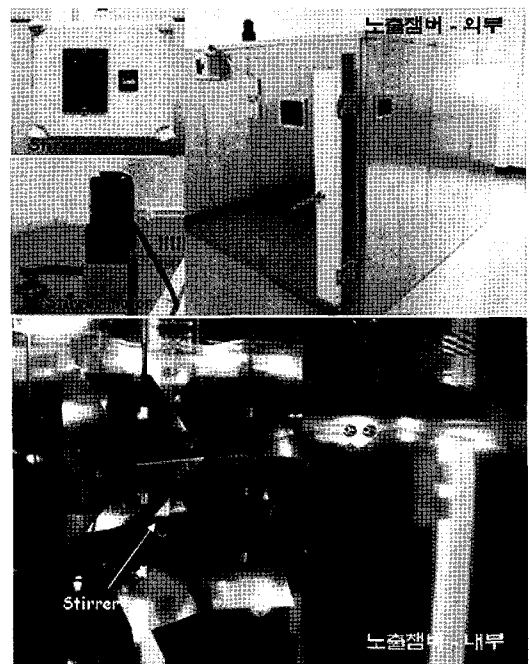
자의 영향을 배제하기 위해 어미 쥐가 낳은 littermate를 대상으로 하였다. 실험 동물들이 사육 환경에 충분히 적응할 수 있도록 1주일 동안 안정시킨 후, 전자파 노출 실험을 시작하기 1일 전에 실험 동물에 무작위로 일련번호를 부여하였다. 총 20마리(각 노출 실험 당 각 4마리, 5가지 조건 환경에서의 실험)의 흰 쥐를 사용하였으며, 생체 영향을 평가하는 요소로서 뇌의 염증 관련 조절 인자에 미치는 영향을 보기 위한 실험은 무작위로 세 군(대조군, Sham 노출군, 전자파 노출군)으로 나누어 실험을 진행하였다.

실험군의 분류는 다음과 같다. 1) 대조군(일반 사육 환경에서 전자파 노출을 포함한 아무런 자극 없이 자유롭게 생활). 2) Sham 노출군(RFID 노출이 없는 Reverberation chamber에서 노출군과 같은 기간 동안 생활). 3) 전자파 노출군(RFID 노출 환경에 따라 전자파 노출 환경에서 생활). 대조군은 어미와 같은 공간에서 함께 있었으나, Sham 노출군과 전자파 노출군은 노출 기간(45분) 동안, 어미 쥐와 분리되어 있었다. 사육 환경은 명암 주기의 비를 12:12로 고정하고, 온도는  $23 \pm 1$  °C, 습도는  $50 \pm 10$  %가 자동으로 유지되도록 하였다.

## 2-2 전자파 노출 장비의 설치 및 작동

전자파 노출 장비는 초고주파 발생장치로 한국전자

과학회의 감수 하에 이레테크(주)가 Reverberation chamber(전자파 잔향실)를 구축한 장비를 이용하였다([그림 3]). [그림 3]의 노출용 장치는 전자파 에너지를 가진 안테나를 전자파 잔향실 내에 설치하여, 전자파를 실내에 조사하도록 하였다. 전자파의 조사 강도의 조절을 위해 컴퓨터에 장착된 프로그램을 이용하여 실외에서 연구자가 노출 강도와 시간을 조절할 수 있도록 하였다. 동물 실험을 시작하기 전에, 잔향실 내 각 위치별 전자파 흡수율(specific absorption rate, SAR) 값을 측정하고(<표 1>), 노출 시간을 조절할 수 있도록 하였으며, Stirrer를 설치하여 실외에서 회전수를 조절하여 전기장의 균일도를 확보할 수 있도록 하였다. 전자파 chamber 내에 나무로 제작된 테이블을 놓고, 테이블 위에 놓이게 되는 사육상자 내 실험 동물들이 균등한 세기의 전자파에 노출될 수 있도록 자기장의 분포와 세기, 실내 자기장의 균일도를, 테이블



[그림 3] 생체 영향 분석을 위한 동물 실험 장치로서, 전자파 영역 연구를 위한 실험 환경을 구축한

〈표 1〉 어린 흰쥐 실험에 맞추어 환산한 SAR 값

| Signal output [W]  | Cellular(850 MHz)    |  |  |  |
|--|----------------------|--|--|--|
|  | Field strength [V/m] | SAR value [W/kg] (whole-body average) 75 mm rat    | SAR value [W/kg] (whole-body average) 90 mm rat  | SAR vale [W/kg] (whole-body average) 110 mm rat  |
| 5  |                      | 0.6023   | 0.6939   | 0.9833   |
| 10   |                      | 1.2045   | 1.3877   | 1.9666   |
| 15   |                      | 1.8068   | 2.0816   | 2.9499   |
| 20   | 198.12               | 2.4090   | 2.7755   | 3.9332   |
| 25   |                      | 3.0113   | 3.4693   | 4.9166   |
| 30   |                      | 3.6136   | 4.1632   | 5.8999   |
| · 20 W 셋팅 전력시 24평면 상의 전기장 필드 측정 후 평균 값 사용<br>· SAR 값은 전력에 비례하므로 비례식으로 계산<br>· 75 mm rat SAR 계산: $\text{Field strength}^2 / 0.707^2 * 3.0678e-5$<br>· 90 mm rat SAR 계산: $\text{Field strength}^2 / 0.707^2 * 3.5344e-5$<br>· 110 mm rat SAR 계산: $\text{Field strength}^2 / 0.707^2 * 5.0088e-5$ |                      |  |  |  |
| Signal output [W]  | RFID(910 MHz)        |  |  |  |
|  | Field strength [V/m] | SAR value [W/kg] (whole-body average) 7.5 mm mouse | SAR value [W/kg] (whole-body average) 9 mm mouse | SAR vale [W/kg] (whole-body average) 11 mm mouse |
| 10   |                      | 0.749  | 1.161  | 1.576  |
| 20   | 124.29               | 1.499  | 2.321  | 3.152  |
| 30   |                      | 2.248  | 3.482  | 4.729  |
| 40   |                      | 2.998  | 4.642  | 6.305  |
| 50   |                      | 3.747  | 5.803  | 7.881  |
| 60   |                      | 4.497  | 6.963  | 9.457  |
| · 20 W 셋팅 전력시 24평면 상의 전기장 필드 측정 후 평균 값 사용<br>· SAR 값은 전력에 비례하므로 비례식으로 계산<br>· 7.5 mm mouse SAR 계산: $\text{Field strength}^2 / 0.707^2 * 4.85e-5$<br>· 11 mm mouse SAR 계산: $\text{Field strength}^2 / 0.707^2 * 1.02e-4$  |                      |  |  |  |

블 위에 구획을 지정하여 3회 이상 측정하고, 시물레이션과 사육 상자의 위치에 따른 자기장의 분포를 확인하였다. Sham 대조군의 실험을 위한 잔향실은 전자파 노출군과 같은 환경을 조성하기 위해 stirrer가 설치되고 습도와 온도가 조절되도록 하였지만, 전자파를 조사할 수 있는 안테나는 설치하지 않았다. SAR 값은 설치 업체 및 측정 전문가에 직접 측

정하면서, 실험 환경을 유지 및 관리를 하였다.

### 2-3 노출 조건 및 방법

본 실험을 위한 전자파의 안테나 주파수는 CDMA 850 MHz와 RFID 910 MHz 대역의 주파수로 설정하였다. 전자파의 노출 강도, 어린 쥐의 노출 환경에서의 생물학적 변화를 확인할 수 있었던 이전 보고를

참고하여 생물학적 변화를 확인할 수 있는 SAR 8 W/kg, 15분 설정으로 노출을 하였으며, 모체 두 마리, 20마리의 어린 흰쥐를 사용하여 실험을 실시하였다. 전자파는 75 mm rat의 CDMA SAR 4 W/kg와 RFID SAR 4 W/kg의 조건으로 동시에 signal output을 입력하였다.

### 2-4 시료 채취

노출이 끝나고 1시간, 4시간, 24시간이 경과한 후 어린 흰쥐를 마취하여 뇌 조직을 분리한 뒤 cortex 부분을 2 mm<sup>3</sup>의 크기로 절단하였다.

### 2-5 분리한 뇌 조직에서의 RNA 추출

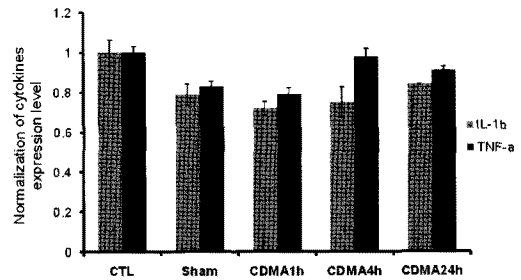
절단한 뇌 조직의 total RNA는 TRIzol reagent(Invitrogen, Carlsbad, USA)을 이용하여 추출하였고, Nano-drop으로 RNA를 정량하였다.

### 2-6 Reverse Transcription and Polymerase Chain Reaction(RT-PCR)

추출된 500 ng의 RNA는 200 U의 SuperScript III reverse transcriptase(invitrogen, CA, USA)를 이용하여 cDNA로 합성되었다. 각각의 Primer(IL1bF-TGATGTCCATTAGACAGC, IL1bR-GAGGTGCTGATGTACCAGTT, TNFaF-GTAGCCCACGTCGTCGTAGCAAA, TNFaR- CCCTTCTCCAG CTGGGAGA)를 이용하여, 95 °C, 30초, 50~55 °C, 30초, 72 °C, 30초의 PCR 조건으로 25~30 cycle로 증폭시켰다. 증폭된 PCR product는 1 % agarose gel을 이용하여 전기영동을 수행하여 확인하였다.

### 2-7 뇌 조직에서의 Inflammation 관련 유전자의 발현

전자파의 노출이 어린 흰쥐의 뇌의 염증 반응에 미치는 영향을 관찰하기 위해, IL-1 $\beta$ 와 TNF- $\alpha$  유전자를 PCR하여 DNA를 확인하였다. Control군의 발현량을 1로 표준화하고, 이를 기준으로 Sham군과 RFID



[그림 4] CDMA 849 MHz 전자파 노출 후 시간별 cytokine의 gene expression 확인: SAR 8 W/kg 15 min/day간 노출 후 시간대별 frontal cortex의 RNA를 분리하여 cytokine level을 PCR로 확인한 후 대조군에서의 cytokine의 발현을 1로 표준화하고 Sham군과 노출군에서의 cytokine 발현을 비교하기 위해 도표화 하였다(n=4).

군의 전자파 노출 후의 염증 관련 유전자를 계측하여 감소 및 증가를 비교하고, 두 군간의 통계 분석을 수행하였다([그림 4]). 각 유전자의 발현 정도를 SAR value 8 W/kg, 45 min/day 노출 조건에서 45분간 노출한 뒤 1시간, 4시간 그리고 24시간 후, 뇌 조직을 채취하여 확인하였다.

## III. 결 과

### 3-1 CDMA 849 MHz 대역 전자파 노출 후 뇌 조직에서의 Inflammation 관련 유전자의 발현

염증과 관련 있는 IL-1 $\beta$ 와 TNF- $\alpha$  유전자 발현량을 대조군과 실험군 간에 비교하였을 때, IL-1 $\beta$ 의 경우 P값이 0.41, TNF- $\alpha$ 의 경우 P값이 0.92로서 발현량의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다([그림 4]).

## IV. 결론 및 고찰

본 예비 실험을 위해 어린 쥐, 생후 7일령 littermate를 사용하였다. 노출 조건은 840 MHz CDMA 전

자파와 910 MHz RFID 전자파를 동시에 조사하여 전신 SAR 값이 8 W/kg이 되도록 조정하였다. 또한 뇌의 염증 관련 유전자에 미치는 영향을 평가하기 위해 관련 유전자의 변화를 평가하였다. 본 연구에서 사용된 유전자는 유해한 환경에 노출되었을 경우 발현이 변화하는데<sup>6)</sup>, TNF- $\alpha$ 와 IL-1 $\beta$ 의 경우에는 신경병증이 있을 경우 염증 조절하는 등의 뇌의 면역을 담당하는 microglia에서 현저하게 증가한다고 알려져 있다<sup>7)</sup>.

전자파가 염증 세포에 미치는 연구는 대부분 세포 연구 차원에서 이루어져 있다. Hirose 등<sup>8)</sup>은 IMT-2000 1,950 MHz 영역의 주파수를 소교세포(microglia)에 SAR 0.2, 0.8, and 2.0 W/kg 등의 다양한 노출 조건에서 조사하였고, 소교세포의 활성화에 영향을 주지 않았다고 보고하였다. Thorlin 등<sup>9)</sup>은 배양한 신경교세포와 소교세포에 900 MHz의 마이크로파를 3 W/kg의 조건에서 4, 8, 24시간 노출하거나, 27 W/kg의 조건에서 24시간 노출하는 등의 조건에서 노출한 경우에도 염증 관련 cytokine의 분비가 변화하지 않았다고 보고하였다. 전자파와 염증과의 관련 연구 보고가 실험실 내 배양세포를 대상으로 한 연구는 있었지만 대부분 *in vitro* 결과이며, *in vivo* 환경에서의 염증 관련 유전자의 변화에 대한 보고는 거의 없다. 연구자들은 우선, 어린 흰쥐에서의 염증 반응의 변화가 전자파 조사에 의해 유발될 수 있는지를 가장 간단한 실험 환경에서 살펴보고자 하였다.

연구자들이 수행한 실험 환경에서, 전자파 노출된 어린 흰쥐 뇌 내의 cytokine 발현이 노출 시간 별로 다소 차이가 보였으나, LPS를 처리한 양성 대조군(positive control)과 비교하여 cytokine의 발현이 3배 이상 증가하는 것을 변화 양성으로 판단하는 기준으로 본다면, 전자파에 의한 cytokine 발현의 증감의 폭은 통계적으로 의미있는 수준은 아니었다. 그러나, 장기적인 전자파 노출에 의한 염증성 변화가 문제가 된다는 점을 고려할 때, 현저한 변화는 아니라 하여도 의미 있는 변화로 볼 수 있으며, 반복 실험과 염증과 관련

한 다양한 인자들에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한, cytokine의 발현이 생체 내에서 매우 빠른 시점에 나타났다가 소실되는 반응임을 고려하여, 더 다양한 시점에서의 발현량 변화 확인이 필요할 것으로 생각된다.

최근 전자파의 신경세포에 미치는 영향에 대한 관심이 높아져 있다. 2010년 5월에 발표된 INTERPHONE study의 결과는 세계 13개국에서 3,115명의 뇌수막종 환자, 4,301명의 신경교종 환자와 대조군 성인 14,354명을 대상으로 10년간 추적하면서 수행된 연구로서 정상인에 대한 상대적인 Odd ratio (OR)가 뇌수막종은 OR이 1.15(신뢰구간 0.81~1.62)로서 휴대폰 전자파의 영향을 받지 않았지만, 신경교종의 발생은 1,640시간 이상 사용한 성인에서 OR이 1.40(신뢰구간: 1.03~1.89)로서 증가되는 소견이 확인되었다. 즉, 성인이 휴대폰을 자주 사용하는 경우, 대표적인 뇌종양의 일종인 신경 교종의 발생 가능성이 40% 이상 통계적으로 의미있게 증가했고, 특히, 휴대폰을 많이 사용하는 쪽의 측두엽 뇌에 더 많이 발생하였다고 보고하였다. 기존의 보고들이 경고해 왔던 뇌종양 발생을 증가시킨다는 메타 분석 결과를 다시 확인한 결과라는 측면에서 중요하다. 그 후, 최근 2011년 5월, 프랑스 리옹에서 개최된 국제회의에서, 휴대폰 전자파를 뇌종양 발생에 영향을 미치는 유발인자로서의 가능성을 'IIB'로 분류한다고 발표하였고, 휴대폰 전자파의 신경계 유해성 여부에 대한 연구의 인정한 것이다.

전자파의 생체 영향 연구는 SAR 값뿐만 아니라 노출 주파수, 시간, 기간, 주파수의 전송 방식 등에 따라서 같은 대상을 이용하여 실험을 하더라도 결과가 다르게 나타날 수 있다. 같은 실험 동물이라고 해도 종자 간의 전자파의 흡수율이 다르다. 노출 실험을 수행한 계절, 위도 등도 영향을 줄 수 있을 것이다.

어린 흰쥐 대상의 전자파 노출에 의한 뇌 염증 관련 실험은 사람의 연령, 전자파 노출 강도 및 시간 등에 따른 뇌 염증관련 변화를 예측하는데 도움이 될 것

으로 사료된다. 따라서 소아 청소년기뿐만 아니라, 고령의 연령에 대한 휴대폰 전자파의 영향 연구를 위해 다양한 연령대의 흰쥐를 대상으로 장기 노출 실험을 수행할 필요가 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] E. Cardis, et al., "Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study", *Int. J. Epidemiol.*, vol. 39, no. 3, pp. 675-94, 2010.
- [2] M. Abramson, J., et al., "Mobile telephone use is associated with changes in cognitive function in young adolescents", *Bioelectromagnetics*, vol. 30, no. 8, pp. 678-686, 2009.
- [3] H. A. Divan, et al., "Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children", *Epidemiology*, vol. 19, no. 4, pp. 523-529, 2008.
- [4] N. Leitgeb, "Mobile phones: are children at higher risk?", *Wien. Med. Wochenschr.*, vol. 158, no. 1-2, pp. 36-41, 2008.
- [5] F. Bandeira, R. Lent, and S. Herculano-Houzel, "Changing numbers of neuronal and non-neuronal cells underlie postnatal brain growth in the rat", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 106, no. 33, pp. 14108-14113, 2009.
- [6] A. R. Vaz, et al., "Pro-inflammatory cytokines intensify the activation of NO/NOS, JNK1/2 and caspase cascades in immature neurons exposed to elevated levels of unconjugated bilirubin", *Exp. Neurol.*, vol. 229, no. 2, pp. 381-390, 2011.
- [7] Y. Nakamura, "Regulating factors for microglial activation", *Biol. Pharm. Bull.*, vol. 25, no. 8, pp. 945-953, 2002.
- [8] H. Hirose, et al., "1950 MHz IMT-2000 field does not activate microglial cells *in vitro*", *Bioelectromagnetics*, vol. 31, no. 2, pp. 104-112, 2010.
- [9] T. Thorlin, et al., "Exposure of cultured astroglial and microglial brain cells to 900 MHz microwave radiation", *Radiat. Res.*, vol. 166, no. 2, pp. 409-421, 2006.
- [10] W. Stewart, "Mobilw phone and health", *NRPB/IEGMP Report*, Didcot. 2000.

≡ 필자소개 ≡

김 해 선



2002년 8월: 강원대학교 식품생명공학부  
분자생명공학전공 (농학사)  
2005년 2월: 경희대학교 생명공학원 (이  
학석사)  
2005년 2월~2007년 1월: 한국기초과학  
연구원 석사연구원  
2007년 3월~현재: 아주대학교 의생명공

학과 신경과학전공 박사과정  
[주 관심분야] 전자파 생체영향

김 남



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공  
학사)  
1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공  
학석사)  
1988년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공  
학박사)  
1992년 8월~1993년 8월: 미국 Stanford

대학교 방문교수  
2000년 3월~2001년 2월: 미국 California Technology Insti-  
tute 방문교수  
1989년~현재: 충북대학교 전자정보대학 교수  
1997년~현재: 컴퓨터정보통신연구소 참여연구원  
1999년~2000년: 컴퓨터정보통신연구소 연구소장  
1996년~현재: 한국전자과학회 전자장과 생체관계연구회 위  
원장  
2000년~현재: 한국전자과학회 평의원/이사  
2006년~2009년: BEMS(Bioelectromagnetics Society) 이사  
2008년~현재: 방송통신위원회 방송통신국가표준심의회 위원  
2008년~현재: 전파연구소 자문위원회 위원  
2008년~현재: 방송통신위원회 자체평가위원회 위원  
[주 관심분야] 이동 통신 및 전파전파, 마이크로파 전송선로  
해석, EMI/EMC 및 전자파 인체 보호 규격

이 윤 실



1985년: 이화여자대학교 약학대학 (약학  
사)  
1994년: 이화여자대학교 약학대학 (약학  
석사, 약학박사)  
1995년~1996년: 미국 NIH, NCI, Lab of  
Cellular Carcinogenesis (Post-Doct)  
1997년~2010년: 한국원자력의학원 방

사선영향연구부 부장/책임연구원  
2010년~현재: 이화여자대학교 약학대학 부교수  
[주 관심분야] 방사선생물학분야, 전자파생체영향분야

안 영 환



1986년: 중앙대학교 (의학사)  
1989년: 중앙대학교 (의학석사)  
2000년: 중앙대학교 (의학박사)  
1991년~현재: 대한신경외과학회 정회원  
2003년~현재: 대한정위기능신경외과학  
회 상임이사  
2005년~2010년: 아주대학교 의과대학

신경재생줄기세포연구소 소장  
1995년~현재: 아주대학교 의과대학 신경외과학교실 교수  
[주 관심분야] 전자파 생체영향, 뇌질환의 줄기세포 치료, 뇌  
종양, 통증 수술, 뇌정위기능신경외과학