

# 휴대전화 전자파 노출에 의한 생리학적 영향 측정

## Measurement of the effects of RF exposure on human physiology by cellular phones

남기창\*, 정원혁\*\*, 박중훈\*\*, 김덕원\*

Ki-Chang Nam\*, Won-Hyuk Jung\*\*, Joong-Hoon Park\*\*, Deok-Won Kim\*

**Abstract** - Many cellular phone volunteer studies have been conducted since such a social issue is raised that the long time usage of cellular phone may increase health risk. While there were various volunteer studies using GSM cellular phone on heart rate and blood pressure at abroad, very few studies using CDMA phone were conducted in domestic and abroad. In this study, the volunteer groups of 21 adults were exposed at 300 mW for half an hour, and the physiological parameters such as blood pressure, heart rate, respiration rate, and skin impedance were measured. All the parameters' results did not reveal any differences between exposure and non-exposure conditions in adults.

**Key Words** : cellular phone, heart rate, blood pressure, skin resistance, respiration

### 1. 서 론

최근 휴대전화에서 방출되는 전자파에 대한 인체의 유해성이 사회적으로 큰 논란이 되고 있다. 이미 스웨덴과 노르웨이를 중심으로 유럽에서 사용되는 휴대전화에 의한 자각증상들이 보고되었으며, 아날로그 방식인 NMT (nordic mobile telephone) 휴대전화 사용자들이 GSM (global system for mobile communication) 휴대전화 사용자보다 더 큰 영향을 받는다고 발표하였다[1]. 2002년에는 영국 및 호주정부에서 휴대전화 사용이 특히 성장기에 있는 청소년들의 건강에 유해한 영향을 미칠 수 있으므로 휴대전화 사용 자체를 권고하였다[2]. 외국의 경우, 주로 GSM 방식을 이용하고 있으므로 GSM 방식의 휴대전화 사용에 의한 자각증상[1,3,4], 혈압 및 맥박수 등의 생리학적 변화[5,6], 신경생리학적 변화[7] 및 인지기능[8,9]에 대한 연구 등이 수행되었다. 2003년 국제보건기구(WHO)에서 발표한 라디오파주 영역에 대한 연구 의제에서 시급하게 다루어야 할 과제로 수면에 대한 영향, 두통, 청소년의 기억에 관한 연구라 밝힌바 있다[10].

국내의 통신 방식인 CDMA (code division multiple access) 휴대전화는 사용자 규모가 GSM에 비해 절반 정도의 수준이다. 또한 GSM 방식에 의한 영향을 연구한 유럽 각국에 비해 CDMA 사용에 대한 전자파의 유해성 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 국내의 경우, 자원자를 대상으로 한 휴대전화의 인체영향 연구가 매우 적으며 우리나라는 미국이나 유럽에서 사용하는 GSM 방식과 달리 출력이 상대적으로 약하고 통신방식이 다른 CDMA 방식을 사용하기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다

본 연구에서는 휴대전화 사용에 따른 생리학적 변화 측정을 위한 자원자 연구에 필요한 실험구성을 제안하였다. 생리학적 변화로는 휴대전화 사용 중의 맥박, 혈압 외에 교감신경의 흥분을 나타내는 호흡수 및 피부 저항의 변화를 피검자에게 불편이나 고통을 주지 않는 비 침습적 방법으로 동시에 측정하였다. 제안하는 실험구성에 따라 성인 집단에 대하여 CDMA 휴대전화 노출에 따른 맥박수, 호흡수 및 피부저항의 유의차를 관찰하였다.

### 2. 생리학적 변수 측정

CDMA 휴대전화 사용 중 인체의 생리학적 변화를 측정하기 위해서 맥박수, 호흡수, 피부저항 및 혈압을 다음과 같이 측정하였다.

#### 2.1. 광혈류 측정기

맥박수 측정을 위하여 본 연구진에 의해 개발된 광혈류 측정기(PPG : photo-plethysmography)의 클립 센서(DS-100, NELLCOR, USA)를 왼손 검지에 부착하여 혈류과형을 측정하였다(그림 1). 적외선광 파장에 의해 PPG 센서에서 얻어진 혈류과형의 맥동 성분으로부터 맥박수를 검출하였다.

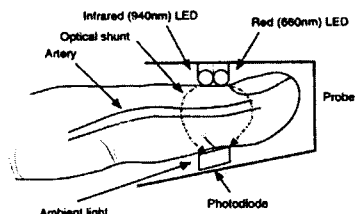


그림 1. 광혈류 측정기 센서 착용 모습

#### 저자 소개

- \* 연세대학교 의과대학 의학공학교실
- \*\* 연세대학교 대학원 생체공학협동과정

## 2.2. 피부저항

교감신경이 흥분하면 땀이 분비되는데 이로 인해 피부저항이 감소한다. 피부저항의 변화를 측정하기 위해 왼손 중지와 약지에 그물망 전극(3M, USA)을 부착하여 두 수지 사이의 임피던스 변화를 측정하였다.

## 2.3. 인덕턴스 호흡 측정기

호흡 변화는 복부에 인덕턴스 특성을 갖는 코일 밴드를 착용하여 호흡에 의해 변화하는 복부 단면적으로부터 인덕턴스의 변화를 감지하는 방법(RIP : respiratory inductance plethysmography)을 이용하여 측정하였다(그림 2).

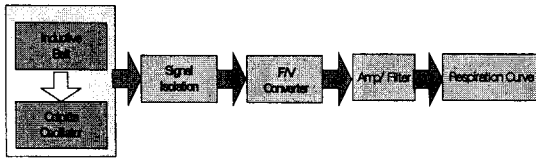


그림 2. 인덕턴스 호흡 측정기 구성도

## 2.4. 비관혈적 혈압 측정

혈압은 비관혈적 혈압 측정기(Non-invasive Blood Pressure Monitor, OMRON T4, Japan)를 지면으로부터 심장 높이와 비슷한 위치에 있는 오른쪽 상완에 커프(cuff)를 착용하여 측정하였다. 또한 이완기 및 수축기 혈압을 3회 반복 측정하여 평균을 취했다.

## 3. 실험방법

실험에 사용된 CDMA 휴대전화(SCH-V300S, SAMSUNG Electronics, KOREA)의 전송(Transmit, TX) 사용주파수 대역은 824.64 ~ 848.37 MHz 이었다. 휴대전화가 작동되는 동안 휴대전화의 송신 출력은 테스트 모드로 평균 300 mW가 되도록 고정하였다.

휴대전화는 좌측 귀의 헤드셋에 고정하여 피검자의 머리에 착용할 수 있도록 하였다. 얼굴이 닿는 부위는 플라스틱 단열재로 처리하고, 얼굴에 닿지 않는 휴대전화 배터리 부위는 방열이 잘 되게 개방하여 피검자가 온도 상승을 느끼지 못하도록 하였다.

그림 3은 실험이 진행되는 전체 측정 장면이다. 검사자는 실험이 진행 되는 동안 피검자가 볼 수 없는 위치에서 피검자의 맥박수, 호흡수, 그리고 피부저항의 변화를 측정하였다. 개발된 3채널 측정 시스템으로부터 측정된 데이터는 DAQpad 6020E(National Instrument, USA)를 이용해 노트북 PC (SV20, SAMSUNG Electronics, Korea)에 저장되었다. 데이터의 저장 및 분석 프로그램은 LabVIEW 6.1(National Instrument, USA)로 개발되었다.

자원자 실험 대상은 성인 21명(연령 25.9±5.6세)으로 하였다. 피검자와 검사자 모두 휴대전화의 작동 상태를 알 수 없게 이중 맹검법(double blind test)으로 시행하여 가상(sham exposure)과 실제노출(real exposure)을 구분하지 못하도록 하였다. 실험 전 30분 동안 피검자는 편하게 앉아서 충분한

안정을 취한 후, 지면으로부터 상체를 15° 정도 일으켜 실험 침대에 편하게 누워서 실험을 시작하였다. 휴대전화 통화 시 통화내용이 피검자의 정신 및 생리작용에 영향을 줄 수 있으므로 무통화로 실험하였다.

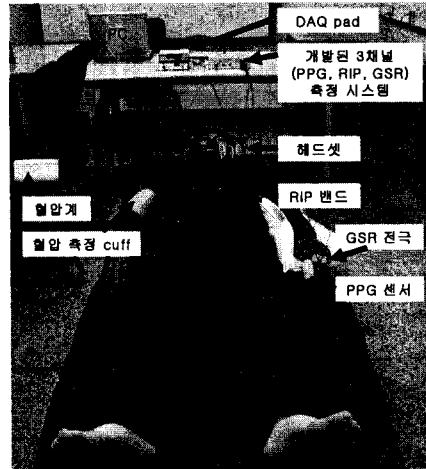


그림 3. 휴대전화 노출에 의한 생리학적 변화 측정 장면

피검자가 헤드셋을 착용한 상태에서 휴식 10분 후, 휴대전화 전자파 노출 15분 후, 휴대전화 전자파 노출 30분 후, 그리고 노출 중지 10분 후의 시점에서 생체신호를 획득하였다. 각 생체 신호는 맥박, 호흡, 그리고 피부저항을 1분간 먼저 측정하고, 혈압은 약 1분 간격으로 3회 측정하여 평균값을 취하였다. 가상노출과 실제노출 실험 중간에 10분간 휴식하였다. 실험 종료 후, 두통 등의 자각증상을 질의하여 기록하였다. 실험 조건, 온도와 습도의 영향에 따라 결과가 달라질 수 있으므로, 매 실험마다 측정 시간과 측정 장소의 온도 및 습도를 기록하였다.

## 4. 실험결과

그림 4는 측정된 혈류, 호흡, 피부저항 결과에 의해 맥박, 호흡수, 평균 피부저항을 분석한 예이다. PPG 파형 (①)에서 각 펄스가 맥박을 나타내므로, 수집한 데이터에서 가장 안정된 구간 30초 구간의 데이터를 선택하여 맥박 수(횟수)를 선택 구간의 시간으로 나눈 뒤 60을 곱하여 분당 맥박수로 환산하였다. RIP 파형 (②)에서 파형의 증가는 흡기, 감소는 호기를 나타내며 흡기와 호기 주기의 빈도를 분당 호흡수로 환산하였다. 데이터는 PPG분석 구간과 같은 30초 구간의 데이터를 선택하였다. GSR 파형 (③)에서 시간에 따른 피부 저항 값의 변화를 전압으로 출력하였다. 1분간 수집한 전체 구간의 데이터를 평균하여 피부저항의 변화를 분석하였다.

측정결과는 CDMA 휴대전화 노출여부(가상 노출과 실제 노출) 및 노출시간에 따른 맥박수, 호흡수, 피부저항, 혈압의 변화를 이원 분산분석(two-way ANOVA)를 통하여 분석하였다. 통계 분석은 SPSS 8.0 (SPSS Inc, USA)을 사용하였으며,  $p = 0.05$  유의수준으로 검증하였다.

성인의 맥박수( $p=0.413$ ), 호흡수( $p=0.598$ ), 피부저항( $p=0.418$ ), 이완기( $p=0.057$ ) 및 수축기 혈압( $p=0.575$ )은 노출여부에 따라 유의한 변화가 나타나지 않았다. 또한 성인 집단에서 노출 시간에 따른 맥박수( $p=0.966$ ), 호흡수( $p=0.530$ ), 피부저항( $p=0.438$ ), 이완기( $p=0.661$ ) 및 수축기( $p=0.988$ ) 혈압 변화 또한 유의한 차이가 없었다.

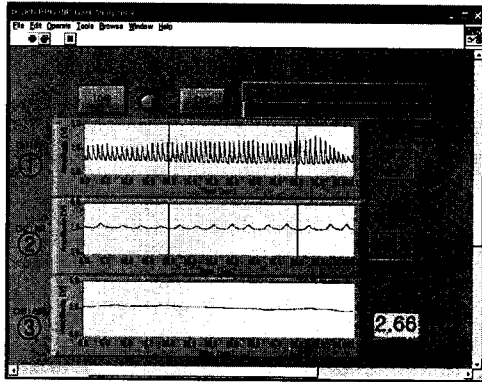


그림 4. 맥박수, 호흡수, 피부저항 측정의 예

## 5. 고찰 및 결론

성인 집단에서 CDMA 휴대전화 노출에 의해 인체 반응은 맥박수, 호흡수, 피부저항 및 혈압의 모든 측정 요소에서 노출여부 및 노출시간에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다.

기존의 GSM 휴대전화에 의한 인체 영향 연구에서는 실험 방법과 조건에 따라 그 결과가 다양하다. 뿐만 아니라 기타국의 연구 결과는 GSM 휴대전화 사용에 대한 연구 결과였기 때문에 CDMA 휴대전화에 대한 본 연구 결과를 직접적으로 비교하기는 어렵다. 그러나 GSM과 전송방식이 다른 CDMA 휴대전화 노출에 대하여 성인 집단은 거의 영향을 받지 않았다는 점은 휴대전화 사용에 따른 전자파 유해성에 관한 논쟁이 기존의 GSM 휴대전화에 관한 연구결과에서 CDMA 휴대전화로 그 영역이 확대되는 계기가 되었음을 의미한다. 향후 휴대전화 전자파에 의한 인체 영향에 대한 명확한 규명을 위해서는 본 연구에서 실행한 방법보다 좀 더 장시간 노출 및 다양한 조건에 대하여 생리학적 변화를 비롯한 인지 및 기억, 두통 및 피로, 과민 반응, 호르몬 변화, 수면장애 등의 연구가 필요하다.

본 연구를 통하여 최근 논란이 되고 있는 휴대전화 전자파 노출의 인체의 유해성 문제에 따른 맥박수, 호흡수, 피부저항, 그리고 혈압 변화에 대한 객관적인 자원자 연구의 토대를 마련하였다는데 의의를 찾을 수 있다.

본 연구는 정보통신부 전자파 생체영향 공동연구사업에 의한 한국전자통신연구원의 지원 및 보건복지부 보건의료기술진흥사업 휴대형 진단치료기기 개발센터의 지원에 의해 이루어진 것임 (과제고유번호: 0405-ER01-0304-0001)

## 참 고 문 헌

- [1] G. Oftedal, J. Wilen, M. Sandstrom, K. H. Mild, "Symptoms experienced in connection with mobile phone use", *Occupational Medicine*, vol. 4, pp. 237-245, 2000
- [2] D. Maisch, "Children and mobile phone... is there a health risk? the case for extra precautions", *Journal of Australasian College of Nutritional & Environmental Medicine*, vol. 22, no. 2, pp. 3-8, August. 2003.
- [3] M. Koivisto, C. Haarala, C. M. Krause, A. Revonsuo, M. Laine, H. Hmlinen, "GSM phone signal does not produce subjective symptoms", *Bioelectromagnetics*, vol. 22, no.2, pp.212-215, 2001.
- [4] M. Hietanen, A. M. Hämäläinen, T. Husman, "Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones : No causal link", *Bioelectromagnetics*, vol. 23, no. 4, pp. 264-270, 2002
- [5] S. Braune, C. Wrocklage, J. Raczek, T. Gailus, C. H. Lcking, "Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field", *The Lancet*, vol. 351, no. 20, pp. 1857-1858, June. 1998.
- [6] K. Tahvanainen, J. Nino, P. Halonen, T. Kuusela, T. Laitinen, E. Lansimies, J. Hartikainen, M. Hietanen, H. Lindholm, "Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans", *Bioelectromagnetics*, vol. 25, no. 2, pp. 73-83, 2004.
- [7] G. Freude, P. Ullsperger, S. Eggert, I. Ruppe, "Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials", *Bioelectromagnetics*, vol. 19, pp. 384-387, 1998
- [8] N. Edelstyn, A. Oldershaw, "The accute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention", *Neuroreport*, vol. 13, no. 1, pp. 119-121, 2001.
- [9] A. W. Preece, G. Iwi, A. Davies-Smith, K. Wesnes, S. Butler, E. Lim, A. Varey, "Effect of a 915 MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man", *Int J Radiat Biol*, vol. 75, no. 4, pp. 447-456, 1999.
- [10] World Health Organization, 2003 WHO research agenda for radio frequency fields, <http://www.who.int>