한국환경보건학회지, 제41권 제3호(2015)
J Environ Health Sci. 2015; 41(3): 182-190
pISSN: 1738-4087 eISSN: 2233-8616
http://dx.doi.org/10.5668/JEHS.2015.41.3.182

원 저 Original articles

모비키즈: 통신전자파 노출과 어린이청소년의 뇌종양에 관한 환자 -대조군 연구 프로토콜

최경화 · 김동석* · 이정일** · 나영신*** · 피지훈**** · 안영환*****
· 권종화****** · 이애경****** · 최형도****** · 하미나*******†

한림대학교 의과대학 임상역학연구소
*연세대학교 세브란스병원 소아신경외과
**성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경외과
***울산대학교 서울아산병원 신경외과
****서울대학교어린이병원 소아청소년신경외과
*****아주대학교 아주대학교병원 신경외과
******한국전자통신연구원 전파환경연구실
*******단국대학교 의과대학 예방의학교실

Mobi-kids: A Case-control Study Protocol on Electromagnetic Field Radiation Exposure from Telecommunication and Brain Tumors in Children and Adolescents

Kyung-Hwa Choi, Dong-Seok Kim*, Jung-il Lee, Young-Shin Ra***, Ji Hoon Phi****, Young Hwan Ahn*****, Jong Hwa Kwon******, Ae-Kyoung Lee******, Hyung-Do Choi******, and Mina Ha*******†**

Hallym Research Institute of Clinical Epidemiology, Hallym University, Chuncheon, Gangwon 200-702, Korea
**Department of Pediatric Neurosurgery, Severance Children's Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul 120-752, Korea*
***Department of Neurosurgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul 135-710, Korea*
****Department of Neurosurgery, Asan Medical Center, Seoul 138-736, Korea*
*****Division of Pediatric Neurosurgery, Seoul National University Children's Hospital, Seoul 110-744, Korea*
******Department of Neurosurgery, Ajou University Hospital, Suwon, Gyeonggi 443-380, Korea*
*******EM Environment Research Team, ETRI, Daejeon 305-700, Korea*
********Department of Preventive Medicine, Dankook Univeristy College of Medicine, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea*

ABSTRACT

Objectives: To introduce a protocol of Mobi-kids study which was aimed to examine an association between radiofrequency (RF) radiation exposure by mobile phone use and brain tumor risk in children and adolescents.

Methods: The Mobi-kids study was a multinational matched case control study using a standardized protocol with the number of subjects targeted about 1,000 cases and 2,000 controls aged 10 to 24. In Mobi-Kids Korea, the source population was restricted to Seoul, Incheon, and Gyeonggi-do province. Eligible cases of primary

†**Corresponding author:** Department of Preventive Medicine, Dankook Univeristy College of Medicine, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea, Tel: +82-41-550-3854, Fax: +82-41-556-6461, E-Mail: minaha@dku.edu
Received: 21 April 2015, Revised: 28 June 2015, Accepted: 28 June 2015

brain tumor (glioma, meningioma, and others) were diagnosed from January 2012 to June 2015. Eligible controls were appendicitis patients operated during the study period. Two controls were matched on age, gender, and study region for 1 case. Information about pattern and history of mobile phone use and other covariates were obtained by face to face interview by trained interviewer. The Mobi-kids study has been involved in Mobi-expo as a validation study about mobile phone use, XGridmaster to localize tumor in the brain for RF energy calculation, and histological review for validation of diagnosis.

Results: The Mobi-kids was the first and largest study in children and adolescents to estimate risk of brain tumor in association with the RF energy absorption in the brain estimated by mobile phone use. Forty-six-cases and 54 controls were collected as of September 2014 in Korea.

Conclusions: The meaningful results of the study were expected because of the largest sample size, high validity of EMF exposure assessment as well as the susceptible study populationof children and adolescents.

Key Words: brain tumor, matched case control study, Mobi-expo, Mobi-kids Korea, mobile phone

I. 서 론

휴대전화 사용자 수는 급속히 증가하여, 2010년 말경에 전 세계적으로 약 52억 명의 가입자가 있는 것으로 보고되었다.[1] 2013년 12월말 현재 우리나라 이동전화가입자 수는 2013년 인구[2]보다 많아 1인당 1.1대의 이동전화를 보유하고 있는 실정이다[3]. 휴대전화 사용연령은 점점 낮아져[4] 휴대전화 전자파 노출에 대한 어린이 건강영향평가 연구의 중요성은 점점 커지고 있다.

1999년부터 발표된 연구들 중 휴대전화 사용여부와 뇌종양 위험을 단순하게 살펴본 연구들은 그 결과가 상이하지만, 특히 눈여겨볼 만한 연구는 휴대전화 사용방향과 뇌종양의 위치를 같게 하였을 때 일관되게 뇌종양 위험이 증가한다는 것이다.[5-9]

휴대전화 전자파 노출에 대한 뇌종양 위험에 관한 연구는 대부분의 연구가 성인을 대상으로 한 연구들[1,5-33]이며 어린이를 대상으로 한 연구는 2004년부터 2008년까지 발생한 뇌종양 환자를 대상으로 한 유럽 4개국 공동 환자 대조군 연구인 CEFALO study[34]와 Redmayne 등[35]이 발표한 연구가 있다. 성인을 대상으로 한 연구는 그 결과가 사뭇 다른데, 현재까지 휴대전화 전자파 노출이 뇌종양 위험을 증가시킨다는 연구[5,6,8-10,14,19,20,25,28,29,36,37]와 그렇지 않은 연구 결과[7,12,13,15,17,18,21,22,24,26,27,31-34]가 계속 발표되고 있다. 또한 어린이를 대상으로 한 연구인 CEFALO study[34]는 휴대전화 사용시간과 기간 모두 뇌종양 위험에 어떤 뚜렷한 증거를 보여주지 못하였으며, Redmayne 등[35]이 발표한 연구는 연관성을 보여주지 않고 기술통계에 그치고 있다. 35세 이상 성인을 대상으로 한 13개국 공동연구로 Interphone study가 있으며 연구결과 휴대전화 누적사용시간이 가장 많은 군(1640시간이상)에서 뇌종양에 걸릴 위험이 높아지는 결과를 보여주었다.[20] 또한 Hardell은 기존 연구들을 모아 메타분석을 한 결과 무선 주파수 전자파 노출은 신경교종 발생 위험에 명확한 증거를 보여주지 못한다고 결론 지었으나 10년 넘게 휴대전화를 사용한 경우 신경교종과 청신경종 발생 위험이 증가되는 일관된 결과들을 보여주므로 장시간의 휴대전화 노출이 결코 안전하지 않다고 결론지었다.[14] 이러한 결과에 기반하여 2011년 국제 암 연구기구인 International Agency for Research on Cancer (IARC)은 휴대전화를 포함한 전자기장의 전자파를 발암가능성 있는 물질(group 2B)로 분류하였다.[38]

저자들은 휴대전화 전자파 노출이 어린이 청소년의 뇌종양 위험과 어떤 관련성이 있는지를 살펴보고자 조직된 국제 공동 연구인 Mobi-kids study 에 참여한 한국 모비키즈 연구를 소개하고자 한다.

II. 재료 및 방법

Mobi-kids study(모비키즈 연구)[39] 는 스페인의 Center for Research in Environmental Epidemiology (CREAL) 주관 하에 우리나라를 포함하여 15개국이 참여하여 공동으로 진행하는 환자대조군 연구이다. 이것은 휴대전화 전자파 노출이 어린이 청소년(만 10-24세)에서 뇌종양 위험과 관련성이 있는지를 보고자 하는 목적으로 환자군의 성과 연령, 지역을 짝

지어 전체 공동연구의 프로토콜에 따라 일반지역사회 대조군보다 모집하기가 수월하고 뇌종양과 관련성이 없다고 판단되는 이유로 2배수의 충수돌기염 환자를 대조군으로 모집한다. 이 연구는 또한 다른 위험 요인, 즉 전리방사선, 전자기장에 의한 직업노출과 가족력 등이 뇌종양 발생 위험과의 관련성에 대해서도 조사한다.[39] 모비키즈 연구는 EU의 9개국(오스트리아, 프랑스, 독일, 그리스, 이스라엘, 이탈리아, 스페인, 네덜란드, 영국)과 아시아와 아메리카의 6개국(오스트레일리아, 캐나다, 인도, 일본, 한국, 뉴질랜드)이 참여하고 있으며 2015년 2월 현재 865명의 환자군과 1674명의 대조군이 모집되었다 최종적으로는 1,000여명의 환자군을 모집하고자 하는 목표를 가지고 있다.[39] 한국 모비키즈 연구는 국제 모비키즈의 공통된 연구 지침을 따른다.

1. 모비키즈 코리아의 연구대상과 지역

우리나라 모비키즈 연구의 대상지역은 서울 경기 인천지역이다. 2012년 현재 이 수도권지역(전체 연령: 2천 5백만 명, 10-24세: 4백 8십만 명)은 우리나라 전체 인구(전체 연령: 5천 9십만명, 10-24세: 9백 8십만 명)의 약 50%가 거주하고 있다.[2] 또한 대상자 모집의 편의성을 고려하여 우리나라 전 지역에서 연구를 수행하는 것보다 수도권지역으로 한정하였다.

참여병원으로는 서울대학교병원, 신촌 세브란스 병원, 삼성의료원, 가톨릭대학교 서울성모병원, 서울 아산병원이 환자군 병원이다. 한국 모비키즈 연구는 각 환자군 병원의 윤리위원회 승인을 받았다(서울대학교병원: H-1108-124-375; 신촌 세브란스병원: 4-2011-0515; 삼성의료원: SMC2011-08-060-003; 가톨릭대학교 서울성모병원: KC12QNG10524; 서울아산병원: 2012-0448). 대조군은 발생한 환자의 거주지역에 맞추어 모집해야 하므로, 지역을 구분하였는데, 우선 서울은 남동(서초, 강남, 송파, 강동), 남서(강서, 양천, 금천, 영등포, 구로, 관악, 동작), 북동(노원, 성북, 중랑, 도봉, 강북, 동대문, 성동, 광진), 그리고 북서(은평, 서대문, 마포, 용산, 종로, 중), 네 개의 지역으로 구분하였으며, 경기도는 인구 고밀집지역(수원, 성남, 의정부, 안양, 부천, 광명, 안산, 고양, 과천, 구리, 오산, 시흥, 군포, 의왕, 하남, 용인), 인구 중밀집 지역(평택, 동두천, 남양주, 파주, 이천, 김포, 화성, 광주, 양주), 인구 저밀집 지역(강화, 옹진, 안성, 포천, 여주, 여천, 가평, 양평)인 세 지역으로 구분하였다. 인천지역은 한 지역으로 하였고 세분하지 않았다. 충수돌기염 환자를 대조군으로 모집하기 위하여 서울지역에서 남동지역에 2개, 남서지역에 1개, 북동지역에 2개, 북서지역에 1개의 병원이 연구에 참여하였으며, 경기지역에서 고밀집지역에 1개, 중밀집지역과 저밀집지역에 1개의 병원이 참여하였다. 또한 인천지역에 1개의 병원이 대조군 병원으로 참여하였다. 따라서 총 9개의 병원이 대조군 병원으로 한국 모비키즈 연구에 참여하였다. 대조군 병원 중 윤리위원회가 있는 경우 해당 병원의 윤리위원회 승인(서울백병원: IIT-2012-455, 한전병원: 2012-008)을 받았으며, 윤리위원회가 없는 대조군 병원에서의 연구수행과 전체연구의 내용에 대해서는 단국대학교병원(DKUH IRB 2011-11-0423)과 단국대학교(DKU-2015-04-018-001)의 연구윤리위원회 승인을 받은 후 진행하였다.

2. 환자군과 대조군의 적합성과 모집

환자군으로는 2012년 1월부터 2015년 6월 말까지 서울 경기 인천지역에 거주하는 10-24세 뇌종양환자(신경교종(glioma), 수막종(meningioma), 기타로 구분, 국제질병분류기호(ICD-10): C70-C72, D43.0-D43.7)를 적합한 대상으로 판정하였다. 모비키즈 중앙 연구진은 각 환자군 병원에 매주 한 번씩 연락하고 각 환자군 병원은 환자가 생길 때마다 모비키즈 중앙 연구진에게 알리는 방식으로 환자군을 모집하였다.

연구기간에 서울 경기 인천지역에 거주하고 있는 10-24세 중 충수돌기염으로 의심되어 수술받는 환자를 적합한 대조군으로 판정하고 환자군과 연령(17세 미만: ±1세, 17세 이상: ±2세), 성별, 그리고 거주지역에 맞게 짝을 짓는데 한 명의 환자에 두 명의 대조 환자를 짝짓는다. 환자군 설문조사 이후 3개월 이내 그 환자군에 짝지을 대조군이 발생하지 않는다면 연령조건을 ±6 개월 확장할 수 있으며 지역도 확장할 수 있다. 모비키즈 중앙 연구진은 대조군병원에 일주일에 한 번씩 연락하여 대조군발생을 확인하고 각 대조군병원은 대조군이 발생할 때마다 모비키즈 중앙연구진에 알리는 것으로 하였다.

각 환자군 병원과 대조군 병원의 담당 의사나 간호사는 해당 환자군이나 대조군에게 본 연구에 대해

설명하고 동의서에 서명을 받았다. 본 연구의 모든 참여자는 연구설명을 충분히 듣고 동의서에 서명을 한 후 연구에 참여할 수 있도록 하였다.

3. 설문조사 (Computer-Assisted Personal Interview)

모든 설문조사는 훈련 받은 조사자가 번역-역번역하여 검증된 한국어판 모비키즈 설문을 이용하여 면접방식으로 수행하였다. 설문은 프로그램으로 제작되어 노트북 컴퓨터에 탑재하여 사용하였다. 면접설문이 어려운 대상자나 대상자 부모에게 전화설문을 수행하였다. 건강이 악화되어 설문 수행이 어려운 환자의 경우에만 환자의 부모가 대리설문에 응답하도록 하였다. 대조군의 경우 대리설문은 허용되지 않는다. 설문 내용은 일반사항, 휴대전화 사용력 및 이용행태, 의료방사선 노출, 직업 방사선 노출, 임신 중 노출, 가족력 등을 포함한다. 본 연구 참여에 거절한 환자군이나 대조군에게 가능한 경우 일반사항과 휴대전화 사용을 포함한 간단한 무응답자용 설문을 실시하도록 하였다.

4. 뇌종양 진단관련 임상 정보 수집과 정확성 평가

자세한 진단정보는 각 환자군 병원마다 의무기록을 바탕으로 간호사나 코디네이터가 작성한 임상 설문을 통해 얻었다. 여기에는 종양의 해부학적 위치와 병리학적 정보를 포함한다. 또한, 종양의 정확한 위치를 파악하고, 종양부위에서 흡수된 전자파에너지를 산출하는데 필요한 뇌영상, 즉 CT 와 MRI 를 모두 수집하였다.

모비키즈 연구에서는 뇌종양의 진단의 정확성을 평가하기 위하여, 각 나라에서 진단받은 뇌종양 환자 중 병리학적 소견이 확진된 환자만을 대상으로 적어도 5명이상의 조직슬라이드를 확보하여, 독립적으로 구성된 병리전문가 패널에서 이를 진단하여 제2의 진단의견을 얻고자 계획하였다. 기존의 진단과 독립패널의 진단이 다를 경우에는 2차적인 정밀진단 과정이 들어갈 예정이다.

5. 휴대전화 전자파 노출 평가

(1) 휴대전화 사용력에 관한 정보 수집

휴대전화를 규칙적으로 사용하는 대상자(최근 3개월간 일주일에 한 번 이상 사용)에게 자세한 설문을 수행하였다. 응답자와 조사자는 응답자가 사용한 휴대전화 모델을 찾기 위해 우리나라의 휴대전화에 관한 데이터베이스를 이용하였다. 이 휴대전화 데이터베이스는 2001년부터 2013년까지 국내에서 출시된 1,510종 휴대전화의 각종 정보(휴대전화사진, 전자파 인체 흡수율 (SAR), 출시연도, 제조사, 안테나 위치, 애칭(명칭), 종류(폴더 또는 바))를 포함하고 있다 (Fig. 1). 이 휴대전화 모델에 대한 정보는 종양위치에서 전자파 에너지 누적 흡수량을 산출하기 위하여 각 휴대전화에서 발생하는 전자파에너지를 파악하기 위하여 활용될 예정이다.[40]

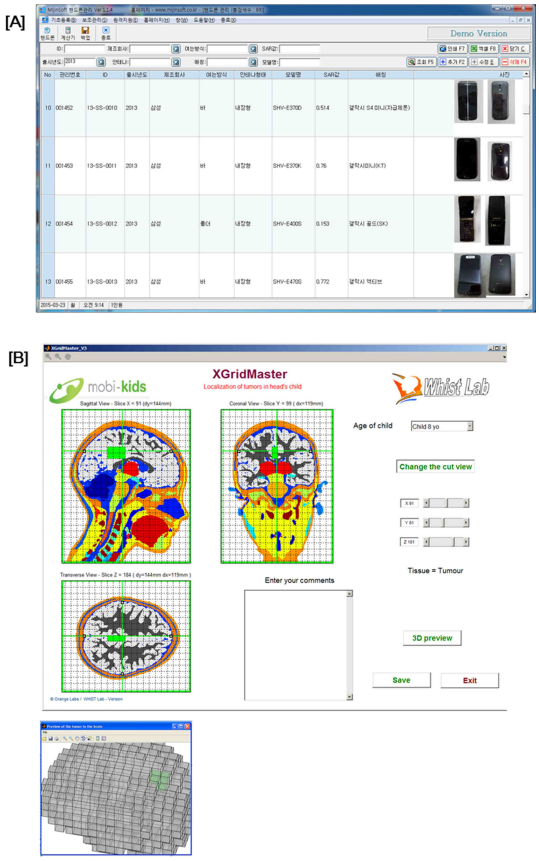

Fig. 1. Mobile phone database from 2001 to 2013 in Korea [A] and tumor localization (1 cm × 1 cm × 1 cm) by neuroradiologist/neurosurgeon in Mobi-Kids using XGridmaster Version 3.0 [B].

휴대전화 사용이력은 설문으로 조사되며, 각 휴대전화마다 처음 사용 연도와 패턴(장소-시내중심 또는 교외, 헤드 셋이나 블루투스 사용여부, 사용방향-왼쪽, 오른쪽, 양쪽 번갈아), 통신사, 통화 횟수와 시

간, 사용 패턴의 변화에 관한 정보를 포함하고 있다. 설문을 통해 조사된 누적 통화시간, 평균 통화시간과 사용기간, 누적 통화횟수가 산출된다.

(2) 휴대전화 사용에 대한 정확도 검정 연구 (validation study)와 모비엑스포 (Mobi-Expo)

휴대전화 사용에 대한 응답자의 회상력이 얼마나 정확한지 측정하기 위해 정확도 검정 연구가 수행되었다. 참여자가 이용하는 통신사 웹페이지나 설치된 어플리케이션을 이용하여 설문수행하기 4-6개월 전월 총 발신통화시간과 발신문자건수 정보를 수집하였다. 모비키즈에 참여하는 각 나라에서도 이와 같이 통신사로부터 연구참여자의 휴대전화 사용에 대한 기록을 확보하는데, 확보할 수 있는 정보의 수준은 나라별로 다양하나, 응답자가 설문에 응답한 내용과 통신사의 휴대전화 사용기록 정보를 비교하여, 휴대전화 사용에 관한 설문정보의 정확성을 평가하고자 계획되었다.

또한 휴대전화 사용설문의 정확성을 평가할 뿐 아니라, 각 참여국의 어린이청소년의 스마트폰 사용패턴을 확인하기 위하여 모비엑스포 (Mobi-Expo) 연구가 진행되었다. 모비엑스포 연구는 각 국에서 참여자 90명씩(10-24세 남녀)을 모집하여 연구진이 개발한 스마트폰 어플리케이션을 참여자의 휴대전화에 장착하여, 1개월동안의 휴대전화 사용내역 즉 통화시간과 횟수, 데이터 사용량, WiFi 사용과 사용방향 등이 기록되도록 한다. 모비엑스포 참여자들은 어플리케이션을 장착할 싯점과, 1달후, 6개월 후에 별도의 휴대전화 사용에 관한 설문을 작성하도록 하였다. 이 설문 결과를 어플리케이션을 통해 기록된 결과와 비교하고, 또 국가별 어린이청소년의 휴대전화 사용패턴을 비교 분석하고자 하였다. 모비엑스포 연구에는 모비키즈 참여국들 대부분이 참여하였고 우리나라도 포함되어 있다.

(3) 뇌종양 위치 확인

각 환자군 병원의 간호사나 담당의사가 MRI 와 CT 스캔 이미지를 제공하였다. 뇌에서 종양의 위치를 정확하게 구획 짓는 일은 신경계영상의학과전문의, 신경과전문의 혹은 신경외과전문의가 실시한다. 우리나라의 경우 신경외과전문의가 판단하여 XGridmaster에 표시한다. XGridmaster는 종양의 위치와 크기를 연령별 머리 모양(1cm1cm1cm 정육면체로 구성)에 표시하는 모비키즈 연구에서 사용하는

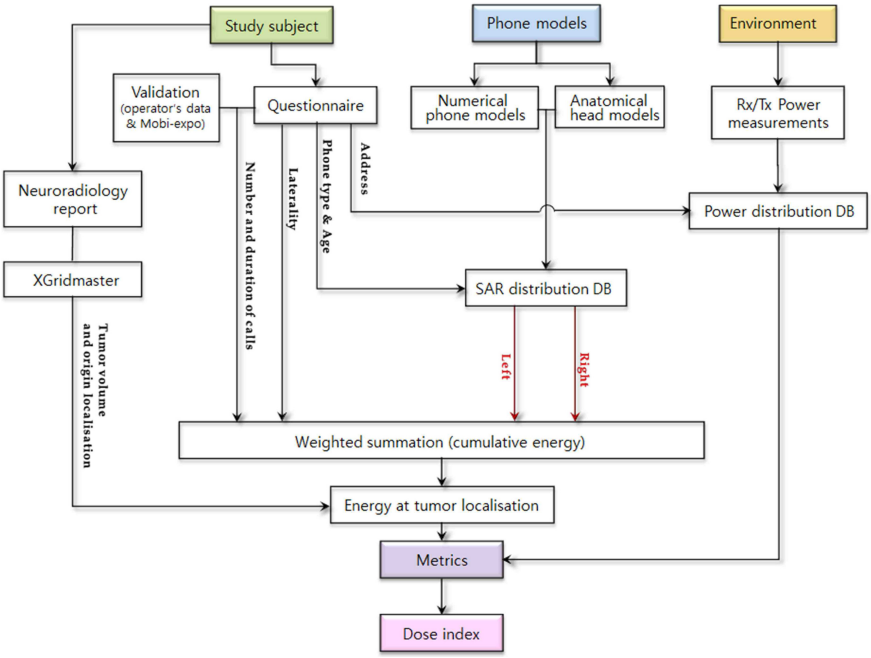

Fig. 2. Expected algorithm in estimation of RF dose in the Korean Mobi-Kids study.

프로그램이다 (Fig. 1). 종양의 구획화를 하는 이유는, 설문을 통해 얻은 휴대전화사용빈도와 시간 등에 대한 정보와 사용한 휴대전화의 전자파 인체 흡수율 등의 정보와 결합하여, 종양이 위치한 뇌 조직에서의 휴대전화 노출로 인하여 흡수된 전자파 에너지를 산출하기 위해서이다. Interphone study 에서는 환자군과 짝을 지은 대조군에서는 환자군의 종양이 있는 동일한 위치에서 전자파 에너지를 산출하고, 이를 환자군과 비교하였다. 또 동일 환자에서 뇌종양이 발생하지 않은 반쪽 뇌(뇌종양이 발생한 구역과 정반대편 구역)에서 전자파에너지 흡수량을 산출하여, 종양부위의 에너지 흡수량과 비교하였다[36].

(4) 휴대전화 사용으로 인한 전자파 노출량 평가 알고리듬 개발

본 연구의 참여자 노출 평가는 Fig. 2의 알고리즘을 따라 수행하며 참여자 개인의 노출량을 정확하게 평가하여 산출한 후 뇌종양 발생위험도 분석을 수행하는 것이 본 연구의 최종 목표이다. 이 알고리듬에서 적용할 구체적인 수치들은, 대부분 모비엑스포를 포함한 휴대전화 사용정보에 관한 정확성 연구결과에서 획득하고, 또, 나라별로 다양한 휴대폰의 모델에 대한 전자파 노출량 평가결과가 이에 적용된다. 모비엑스포 연구를 통해서, 실제 인터폰 연구에서 적용하였던 여러 수치들이 과소 혹은 과대평가되었음이 발견되었으며 이는 2014년 Mobi-Kids consortium meeting 때 발표 토의되었으나 출판되지 않았다. 따라서 모비키즈 연구는 노출량 평가에 있어 지금까지의 연구 중 가장 발전된 결과를 보여줄 것으로 기대된다.

III. 진행경과

우리나라에서는 2012년 1월부터 2014년 10월 현재 49명의 환자가 발생하여 접촉하였으며 그 중 본 연구참여에 동의한 46명의 환자군을 모집하여 설문조사를 수행하였다. 같은 시기 총 100명의 짝지은 대조군이 발생하였으며 그 중 본 연구참여에 동의한 54명의 대조군을 모집하고 설문조사를 수행하였다 (Table 1). 모집한 환자군 총 46명 중 14명은 신경교종 (30.4%), 2명의 수막종 (4.3%), 33명의 다른 종류 (71.7%)였다.

Table 1. Distribution of the study subjects by age, gender, and area in interviewed case and control in Korea as of October 2014

	Interviewed case		Interviewed control	
	N	%	N	%
All	46	100.0	54	100.0
Type of tumor				
Glioma	14	30.4		
Meningioma	2	4.3		
Others	33	71.7		
Gender				
Male	25	54.3	33	61.1
Female	21	45.7	21	38.9
Age groups (years)				
10-14	23	50.0	24	44.4
15-19	17	37.0	24	44.4
20-24	6	13.0	6	11.1
Area				
Seoul	19	41.3	25	46.3
Incheon	7	15.2	6	11.1
Gyeonggi-do	17	37.0	2	3.7
Others	3	6.5	6	11.1

환자군 설문조사와 대조군 설문조사 간 시간차이는 평균 3개월 이내가 29.6%였다. 환자군 설문조사의 80.4%가 진단 후 1개월 이내 수행되었다. 환자군 한 명에 짝지은 대조군 2명이 완벽하게 짝지은 경우는 17쌍이었으며 환자군 1명과 대조군 1명이 짝지은 군은 5쌍, 짝지은 대조군 없이 환자군만 모집한 경우가 5건이었다. 우리나라 연구진은 해마다 열리는 모비키즈 국제연구진회의에 참여하여 연구진행상황을 점검 보고하고 있으며 연구에 참여하고 있는 다른 나라와 연구진행상황을 교류하고 있다. 모비키즈 전체 연구 방법 및 설계는 이미 출판된 논문을 참고하는 것이 바람직하다.[39]

IV. 고찰 및 결론

2014년 10월말 현재 우리나라 모비키즈 연구의 대상자는 환자군 46명, 대조군 54명으로 그 참여율은 각각 93.9%와 54%였다. 이는 전체 모비키즈 국제공동연구에서 환자군과 대조군의 참여율은 각각 78-83%와 60-69%로 환자군의 참여율은 우리나라 연구

대상자의 참여율이 더 높으나 대조군의 참여율은 우리나라 연구대상자의 참여율이 더 낮았다.[39] 또한, 모집한 환자군의 성별 남자의 비율을 살펴보면 전체 공동연구에서는 54.2%로 우리나라 54.3%와 거의 비슷한 비율을 보였으나 대조군의 남자의 비율은 전체 공동연구에서는 55.5%로 우리나라 61.1%와 큰 차이를 보였다.[39] 연령군 분포를 살펴보면 전체 공동연구에서는 10-14세 비율이 39%로 우리나라의 50%보다 낮아 우리나라가 대체적으로 낮은 연령대에서 뇌종양 환자가 발생하고 있음을 나타내었으며, 대조군은 전체공동연구에서 41%였고 우리나라에서는 44.4%로 비슷한 수준을 보여주었다.[39] 이는 우리나라 대조군의 참여율이 저조하여 참여군과 비참여군의 일반특성도 다를 것으로 판단된다. 이를 판단하기 위하여 본 연구에서는 무응답설문을 실시하고 있다. 종양별 분포는 전체공동연구 소개논문에서 다루지 않아 비교하기 어렵다.[39]

휴대전화 사용과 어린이 뇌종양 발생 위험에 관한 CEFALO study는 2004-2008년에 시행되었고 휴대전화의 전자파 노출이 뇌종양 발생 위험에 영향을 미친다는 뚜렷한 증거를 보여주지 못하였다.[34] 그러나 이 연구는 연구 당시 어린이의 휴대전화 사용시간이 매우 적고 사용하는 어린이의 수도 적어 현재 급속히 증가하고 있는 어린이 휴대전화 노출을 잘 반영한다고 볼 수 없다. 또한 35-59세 성인을 대상으로 한 Interphone study에서는 휴대전화를 1640시간 이상 사용한 군에서 뇌종양 발생 위험이 증가하는 결과를 보였다.[37] 이에 휴대전화 전자파에 더 취약하고 사용시간이 긴 어린이 청소년의 휴대전화 노출에 따른 뇌종양 발생 위험도를 보고자 하는 본 연구는 큰 의미가 있다. 또한 모비키즈 연구는 설문을 통하여 휴대전화 사용에 의한 노출을 조사함으로 발생되는 회상 비뚤림 바이어스를 평가하기 위해 모비엑스포 연구를 진행하고 있으며, XGridmaster를 이용하여 종양위치에서의 전자파 에너지 흡수율을 산출하도록 하여 연구의 정확도를 높이고 있어 그 연구 결과가 기대할 만 하다고 하겠다.

연구비 지원

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 방송통신방송연구지원(R&D)의 일환으로 수행하였음. [B0138-15-1002, 스마트 사회 전자파 노출량 제어 기반 구축]

References

1. Sudan M, Kheifets L, Arah O, Olsen J, Zeltzer L. Prenatal and postnatal cell phone exposures and headaches in children. *Open Pediatr Med Journal*. 2012; 6(2012): 46-52.
2. KOSIS. Registration population by administation, age, and gender. Available from: http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=A#SubCont. [accessed 24 November 2014].
3. Ministry of Science ICT and Future Planning. Statistics of wireless communication Available from: http://www.msip.go.kr. [accessed 24 November 2014].
4. Byun YH, Ha M, Kwon HJ, Hong YC, Leem JH, Sakong J, et al. Mobile phone use, blood lead levels, and attention deficit hyperactivity symptoms in children: a longitudinal study. *PLoS One*. 2013; 8(3): e59742.
5. Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology*. 2015; 22(1): 1-13.
6. Hardell L, Mild KH, Carlberg M. Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumours. *Int J Radiat Biol*. 2002; 78(10): 931-6.
7. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Hansson Mild K. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. *Int J Oncol*. 1999; 15(1): 113-6.
8. Lonn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. *Epidemiology*. 2004; 15(6): 653-9.
9. Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Ahlbom A, Auvinen A, Blaasaas KG, Cardis E, et al. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer*. 2005; 93(7): 842-8.
10. Auvinen A, Hietanen M, Luukkonen R, Koskela RS. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology*. 2002; 13(3): 356-9.
11. Blettner M, Schlehofer B, Samkange-Zeeb F, Berg G, Schlaefer K, Schuz J. Medical exposure to ionising radiation and the risk of brain tumours: Inter-

phone study group, Germany. *Eur J Cancer*. 2007; 43(13): 1990-8.
12. Christensen HC, Schuz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Boice JD, Jr., McLaughlin JK, et al. Cellular telephones and risk for brain tumors: a population-based, incident case-control study. *Neurology*. 2005; 64(7): 1189-95.
13. Christensen HC, Schuz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Thomsen J, Johansen C. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J Epidemiol*. 2004; 159(3): 277-83.
14. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Epidemiological evidence for an association between use of wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology*. 2009; 16(2-3): 113-22.
15. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Re-analysis of risk for glioma in relation to mobile telephone use: comparison with the results of the Interphone international case-control study. *Int J Epidemiol*. 2011; 40(4): 1126-8.
16. Hardell L, Hansson Mild K. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer*. 2006; 94(9): 1348-9; author reply 52-3.
17. Hours M, Bernard M, Montestrucq L, Arslan M, Bergeret A, Deltour I, et al. [Cell Phones and Risk of brain and acoustic nerve tumours: the French INTERPHONE case-control study]. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2007; 55(5): 321-32.
18. Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, Wilcosky TC, Shapiro WR, Selker RG, et al. Cellular-telephone use and brain tumors. *N Engl J Med*. 2001; 344(2): 79-86.
19. INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol*. 2010; 39(3): 675-94.
20. INTERPHONE Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol*. 2011; 35(5): 453-64.
21. Johansen C, Boice J, Jr., McLaughlin J, Olsen J. Cellular telephones and cancer--a nationwide cohort study in Denmark. *J Natl Cancer Inst*. 2001; 93(3): 203-7.
22. Larjavaara S, Schuz J, Swerdlow A, Feychting M, Johansen C, Lagorio S, et al. Location of gliomas in relation to mobile telephone use: a case-case and case-specular analysis. *Am J Epidemiol*. 2011; 174(1): 2-11.
23. Little MP, Rajaraman P, Curtis RE, Devesa SS, Inskip PD, Check DP, et al. Mobile phone use and glioma risk: comparison of epidemiological study results with incidence trends in the United States. *Bmj*. 2012; 344: e1147.
24. Lonn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am J Epidemiol*. 2005; 161(6): 526-35.
25. Moon IS, Kim BG, Kim J, Lee JD, Lee WS. Association between vestibular schwannomas and mobile phone use. *Tumour Biol*. 2014; 35(1): 581-7.
26. Muscat JE, Malkin MG, Shore RE, Thompson S, Neugut AI, Stellman SD, et al. Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology*. 2002; 58(8): 1304-6.
27. Muscat JE, Malkin MG, Thompson S, Shore RE, Stellman SD, McRee D, et al. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *Jama*. 2000; 284(23): 3001-7.
28. Sadetzki S, Chetrit A, Jarus-Hakak A, Cardis E, Deutch Y, Duvdevani S, et al. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors--a nationwide case-control study. *Am J Epidemiol*. 2008; 167(4): 457-67.
29. Sato Y, Akiba S, Kubo O, Yamaguchi N. A case-case study of mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Bioelectromagnetics*. 2011; 32(2): 85-93.
30. Schlehofer B, Schlaefer K, Blettner M, Berg G, Bohler E, Hettinger I, et al. Environmental risk factors for sporadic acoustic neuroma (Interphone Study Group, Germany). *Eur J Cancer*. 2007; 43(11): 1741-7.
31. Schuz J, Bohler E, Berg G, Schlehofer B, Hettinger I, Schlaefer K, et al. Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Am J Epidemiol*. 2006; 163(6): 512-20.
32. Schuz J, Bohler E, Schlehofer B, Berg G, Schlaefer K, Hettinger I, et al. Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Radiat Res*. 2006; 166(1 Pt 1): 116-9.
33. Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, Taki M, Wake K, Watanabe S, et al. Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup Environ Med*. 2006; 63(12): 802-7.
34. Aydin D, Feychting M, Schuz J, Tynes T, Andersen TV, Schmidt LS, et al. Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multi-

center case-control study. *J Natl Cancer Inst*. 2011; 103(16): 1264-76.
35. Redmayne M. New Zealand adolescents' cellphone and cordless phone user-habits: are they at increased risk of brain tumours already? A cross-sectional study. *Environ Health*. 2013; 12: 5.
36. Cardis E, Varsier N, Bowman JD, Deltour I, Figuerola J, Mann S, et al. Estimation of RF energy absorbed in the brain from mobile phones in the Interphone Study. *Occup Environ Med*. 2011; 68(9): 686-93.
37. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma. *Pathophysiology*. 2013; 20(2): 85-110.
38. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France: IARC, 2011.
39. Sadetzki S, Langer CE, Bruchim R, Kundi M, Merletti F, Vermeulen R, et al. The MOBI-Kids Study Protocol: Challenges in Assessing Childhood and Adolescent Exposure to Electromagnetic Fields from Wireless Telecommunication Technologies and Possible Association with Brain Tumor Risk. *Front Public Health*. 2014; 2: 124.
40. Ae-Kyoung L, Seon-Eui H, Kyung-Hwa C, Mina H, Hyung-Do C. Mobi-Kids Study: Exposure Assessment of Electromagnetic Radiation from Mobile Phones II. Evaluation Method of Head SAR and Cumulative Dose. *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*. 2013; 24(12): 1158-66.