

스마트폰과 건강

명 승 권 | 국립암센터 가정의학과

Smartphones and health

Seung-Kwon Myung, MD

Department of Family Medicine, National Cancer Center, Goyang, Korea

The use of smartphones has rapidly increased over the past few years. With the increasing use of smartphones, concern has been raised about the potential harmful effects on human health. In 2011, the International Agency for Research on Cancer of the World Health Organization classified radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans (group 2B) based on an increased risk for glioma associated with wireless phone use (i.e. mobile phones). In addition, several meta-analyses of case-control studies reported an increased risk of tumors associated with the use of mobile phones. Moreover, it has been reported that the overuse of mobile phones is associated with reproductive risks, addiction, and phantom vibration and ringing syndrome. Further large prospective cohort studies and randomized controlled trials are needed to confirm these associations. Until clear evidence is available that the use of smartphones is safe, their overuse should be avoided.

Key Words: Smartphones; Health

서론

불과 20년 전만 하더라도 먼 곳에 떨어져 있는 사람과 목소리를 들으며 이야기하기 위해서는 특정 장소에 비치되어 있는 전화기나 공중전화를 이용해야 했다. 하지만 휴대전화의 등장하면서 언제 어디서나 편리하게 통화나 문자메시지를 통해 서로 간에 연락이 가능하게 되었다. 그리고 불과 몇 년 전부터는 단순한 휴대전화 기능을 넘어서 컴퓨터, 인터넷, 미디어플레이어, 디지털 카메라, 위성항법장치 등 다

양한 기능을 탑재한 스마트폰(smartphone)이 등장하기 시작했다.

국제연합(United Nations) 산하 국제전기통신연합(International Telecommunication Union)의 최신 자료에 따르면 2014년 세계인구 총 72억 명 중 휴대전화 가입전수는 69억 건으로 인구 100명당 95.5건에 달한다[1]. 개발도상국의 휴대전화 가입전수는 54억 건으로 인구 100명당 90.2건인데 반해, 선진국은 15억 건으로 인구 100명당 120.8건이다. 약 10년 전인 2005년의 전 세계 휴대전화 가입전수 22억 건, 인구 100명당 33.9건에 비하면 약 3배가 늘었다.

휴대전화 사용이 급격히 늘어나면서 실험실 연구, 동물 실험연구, 환자-대조군 등의 역학연구 방법을 통해 휴대전화 사용으로 인한 건강상의 해로움에 대한 우려가 제기되기 시작했다. 급기야 2011년 5월 31일, 세계보건기구(World Health Organization) 산하 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer)에서는 전 세계 전문가들이

Received: November 16, 2014 Accepted: November 30, 2014

Corresponding author: Seung-Kwon Myung
E-mail: msk@ncc.re.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

모여 지금까지 나온 여러 연구결과를 검토한 후 휴대전화 사용 시 방출되는 무선주파수 전자기장(radiofrequency electromagnetic fields, 전자기파)을 ‘인체 발암가능물질(group 2B: possible carcinogenic to humans)’로 분류하였다[2].

종양이나 암뿐 만 아니라 여러 가지 건강의 잠재적 해로움도 제기되고 있다. 특히 전화 통화나 문자메시지 등 제한적 기능을 탑재했던 기본적인 피쳐폰(feature phone)과 달리 개인휴대용단말기, 디지털 카메라, 멀티미디어플레이어, 위성항법장치 등 진보된 기능을 탑재한 스마트폰 사용이 보편화되면서 인터넷 서핑, 게임, 동영상 시청, 오디오 청취, 트위터나 페이스북과 같은 social networking service (SNS)의 과도한 사용이 건강에 어떤 영향을 미치는 지에 대해 우려와 관심이 높아지고 있다.

본 건강강좌에서는 스마트폰이 건강에 미치는 영향과 관련해 이슈가 되고 있는 휴대전화 사용과 종양, 휴대전화 사용과 생식능력, 스마트폰 중독, 환각진동올림중후군에 대해 최신 문헌을 중심으로 살펴보기로 한다.

휴대전화 사용과 종양

일반적으로 전자기파 중 1 mm - 1 m의 파장을 갖고 300 MHz에서 300 GHz에 해당하는 주파수를 갖는 전자기파를 마이크로파(microwave)라고 한다[3]. 음식을 가열하는 조리기구인 전자렌지의 대표적인 주파수는 2,450 MHz (2.45 GHz; 1 GHz=1,000 MHz)로 극초단파에 속하기 때문에 영어로 microwave oven이라고 한다. 휴대전화는 0.1-0.2 W의 피크전력(peak power)에 450-2,700 MHz의 주파수로 작동되는 저전압 무선주파수 송신기로 휴대전화 사용 시 전자렌지와 마찬가지로 마이크로파에 속하는 전자기파를 방출한다[4].

휴대전화에서 방출되는 마이크로파가 인체에 미치는 생물학적 효과는 크게 열적효과(thermal effect)와 비열적효과(non-thermal effect)로 나눌 수 있다[5]. 열적효과는 전자기파의 에너지가 인체조직과 같은 유전체(dielectric material, 전기나 열을 전달하지 않지만 정전기장을 가할 때 전하

가 나타나는 절연물)에 유전가열(dielectric heating)을 통해 온도를 올리는 효과를 말한다. 예를 들면, 통상적으로 음식을 가열할 때는 음식 표면에 열이 전도되는 방식이기 때문에 시간이 많이 걸리지만 전자렌지에서 방출되는 극초단파는 유전가열 방식으로 음식에 들어 있는 극성을 띠고 있는 물과 같은 액체의 분자들이 회전하면서 음식이 빠른 시간 안에 통째로 가열이 된다[6]. 비열적효과는 마이크로파에 대한 세포의 반응으로 열적효과와 떼어 놓고 생각하기가 쉽지 않고, 비열적효과의 존재에 대한 문제조차 논쟁이 되고 있으며 아직까지 연구가 부족한 상황이다.

마이크로파의 비열적효과로 일부 *in vitro* 연구에서 세포 증식과 암유전자 전사의 활성화에 잠재적 효과가 있음이 보고되었지만 암 발생에 명확한 생물학적 기전이나 효과는 아직까지 밝혀지지 않은 상태다[6,7]. 지난 10여 년 동안 사람을 대상으로 한 역학연구 중에서 주로 환자-대조군 연구를 통해 휴대전화 사용과 뇌종양, 두경부종양, 비호지킨 임파종, 고환암 등의 관련성에 대한 논문이 다수 발표되었다. 일부 환자-대조군 연구에서는 휴대전화가 종양의 위험성을 높인다고 보고한 반면 또 다른 연구들에서는 관련성이 없다는 연구가 있어 일관된 결과를 보이지 않았었다. 이후 환자-대조군 연구를 종합한 메타분석이 몇 편 발표되었으나 전반적으로 휴대전화 사용은 종양의 위험성을 높이지 않으며 10년 이상 장기간 사용 시 위험성이 높아질 수 있다고 보고되었다[8-10].

2009년 11월, 종양학 분야의 저명한 학술지 중의 하나인 임상종양학저널(Journal of Clinical Oncology)에 Myung 등[11]은 휴대전화 사용과 종양의 위험성에 대해 기존에 발표된 23편의 환자-대조군 연구를 종합한 메타분석 결과, 23편을 전부 합쳤을 때는 휴대전화 사용과 종양의 위험성 사이에 관련성이 없었지만, 눈가림을 사용한 연구, 10년 이상 사용한 연구, 질적 수준이 높은 연구만을 따로 종합해 메타분석을 했을 때는 휴대전화 사용이 종양의 발생 위험을 높이는 것으로 나왔다. 예를 들면, 휴대전화사용을 포함한 여러 가지 요인과 관련한 정보를 얻기 위해 연구원이 인터뷰를 시행할 때 정보비뚤림(information bias)을 줄일 목적으로 연구대상자가 환자군에 속하는지 아니면 대조군에 속하

는지 모르게 눈가림(blinding)을 사용한 연구의 경우에는 휴대전화 사용의 종양의 위험성에 대한 교차비(odds ratio)가 1.17로(95% 신뢰구간, 1.02-1.36) 유의하게 높게 나온 반면, 눈가림을 사용하지 않은 경우에는 오히려 위험성을 낮추는 것으로(교차비, 0.85; 95% 신뢰구간, 0.80-0.91) 나타났다. 눈가림을 사용하지 않거나 질적 수준이 낮은 연구들을 종합해 메타분석한 경우 휴대전화 사용이 오히려 종양의 위험성을 낮춘다는 결과가 나왔는데 이들 대부분의 연구는 국제암퇴치연맹(Union for International Cancer Control)의 지원을 받아 공통된 프로토콜로 시행된 다국적 인터폰 연구(interphone study)였다. 흥미로운 점은 국제암퇴치연맹은 전화제조회사포럼(Mobile Manufacturers Forum)과 세계이동통신사업자협회(Global System for Mobile Communication Association)로부터 연구지원금을 일부 받았다는 것이다. 이해관계가 연구의 질적 수준이나 결론에 영향을 미쳤을지도 모른다는 의문을 남기고 있다.

하지만, 이 메타분석 연구결과를 근거로 휴대전화 사용이 종양의 위험성을 높인다고 명확히 결론을 내릴 수는 없다. 왜냐하면 환자-대조군 연구는 그 자체로 선택비편향(selection bias)과 회상비편향(recall bias)이라는 두 가지 잠재적인 중요한 비편향이 있기 때문이다. 즉, 선택비편향은 연구대상자 선정과정에서 목표 환자군과 대조군 가운데 최종적으로 포함된 연구대상자들의 반응률의 차이가 있거나 대표성이 떨어지는 연구대상자들이 선정되는 과정에서 발생할 수 있다. 회상비편향의 경우 이미 질병이 발생한 상태인 환자군에서 과거의 휴대전화 사용 정도를 과도하게 많이 사용한 것으로 보고했을 가능성을 말한다. 그렇기 때문에 휴대전화 사용과 종양의 위험성을 보다 확실히 확인하기 위해서는 이러한 비편향이 적고 환자-대조군연구보다 근거수준이 높은 역학연구 방법인 대규모 전향적 코호트연구가 필요하다.

현재까지 휴대전화 사용과 종양의 위험성에 대해 발표된 전향적 코호트연구는 덴마크와 영국에서 시행된 2개의 코호트연구가 있다. 하나는 덴마크에서 시행된 Danish Cohort Study로 몇 차례에 걸쳐 연구결과를 발표했는데 2011년 영국의학저널(British Medical Journal)에 보고된 바에 따르면, 휴대전화 가입자 358,403명을 1990년부터 2007년까지 경

과관찰한 결과 중추신경계 종양의 발생률비(incidence rate ratio)는 남자의 경우 1.03(95% 신뢰구간, 0.83-1.27), 여자의 경우 0.91(95% 신뢰구간, 0.41-2.04)로 휴대전화의 사용과 관련성이 없었다[12]. 또 하나는 영국에서 시행된 전향적 코호트연구인 Million Women Study로 2013년 국제역학저널(International Journal of Epidemiology)에 보고된 바에 따르면, 791,710명 여성을 대상으로 1999년부터 2009년까지 평균 7년의 경과관찰한 결과, 휴대전화 사용은 두 개 내 중추신경계 종양(intracranial central nervous system tumor)의 위험성을 높이지 않았다(상대위험도[relative risk], 1.01; 95% 신뢰구간, 0.90-1.14)[13].

2011년 5월 31일, 세계보건기구 산하 국제암연구소에서는 전 세계 전문가들이 모여 지금까지 나온 여러 연구결과를 검토한 후 휴대전화 사용자에서 신경교종(glioma)와 청신경종(acoustic neuroma)의 위험성을 높일 수 있기 때문에 휴대전화 사용 시 방출되는 무선주파수 전자기파를 발암물질 분류와 관련해 group 2B인 '인체 발암가능물질'로 분류하였다[2].

정리하면, 현재까지 발표된 환자-대조군 연구를 종합해 보면 질적 수준이 높거나 장기간 휴대전화를 사용에 대한 자료를 분석한 연구에서는 휴대전화 사용이 종양의 위험성을 높일 수 있다고 보고되고 있지만 환자-대조군 연구보다 근거수준이 높은 전향적 코호트 연구에서는 관련성이 없는 것으로 보고되었다. 하지만 휴대전화를 본격적으로 널리 사용하게 된 지는 10여 년 정도 밖에 되지 않았으며 전향적 코호트연구 결과도 많지 않기 때문에 지금부터 최소한 10-20년 이상의 더 많은 대규모의 전향적 코호트연구 결과를 봐야 결론을 내릴 수 있다. 세계보건기구 산하 국제암연구소에서 휴대전화로부터 발생하는 전자기파에 대해 발암가능물질인 group 2B로 분류한 것은 발암성을 확실하게 규정한 것은 아니지만 휴대전화 사용이 종양의 발생과는 무관하다는 확실한 근거가 확보될 때까지는 사전경고 혹은 예방적 원칙(precautionary principle)에 입각해 휴대전화 사용으로 인한 전자기파 노출을 최소화 할 수 있도록 해야 한다.

휴대전화 사용자가 휴대전화로부터 전자기파의 노출을 줄일 수 있는 일반적인 방법은 다음과 같다. 1) 휴대전화가

인체에서 조금만 멀어져도 인체 내 전자파 흡수율이 줄어들기 때문에 가능하면 스피커폰이나 줄이 있는 이어폰을 사용한다. 2) 기지국 전파가 약한 고층 건물, 엘리베이터, 지하주차장에서는 사용을 피한다. 3) 도시를 벗어난 시골이나 기지국이 변경되는 자동차 안에서는 더 많은 전자기파가 방출되기 때문에 사용을 피한다. 4) 어린이나 청소년의 휴대전화 사용이 종양이나 각종 질병에 미치는 영향에 대한 연구는 아직까지 부족하기 때문에 사용을 자제하도록 교육한다.

휴대전화 사용과 생식능력

휴대전화 사용이 뇌종양 등 중추신경계 종양의 위험성을 높일 가능성이 있어 휴대전화로부터 방출되는 전자기파를 발암가능물질로 분류한 2011년 초, 미국의학협회지(Journal of American Medical Association)에 47명의 건강인을 대상으로 무작위교차연구를 시행한 결과 휴대전화의 전자기파는 뇌 당대사를 활성화 할 수 있다는 논문이 발표되었다[14]. 그래서 휴대전화를 귀에 대는 대신 핸드프리키트를 사용하게 되면 뇌에 대한 전자기파의 노출을 줄어 들 수 있지만 대신에 통화 도중 신체의 다른 부위, 특히 바지 주머니 등에 휴대전화를 넣어두게 되면 정소 및 난소와 같은 생식샘(gonad)에 전자기파의 노출이 높아져 생식능력에 영향을 줄 수 있다는 우려가 제기되고 있다.

2012년에 Merhi [15]가 Journal of Assisted Reproduction and Genetics에 발표한 논문을 중심으로 생식능력에 대한 휴대전화의 영향을 정리해 본다. 2009년 이후 휴대전화 사용과 남성불임에 관련성에 대한 여러 편의 동물실험과 소수의 임상시험 연구결과가 발표되었다. 동물실험 결과, 휴대전화에서 방출되는 전자기파에 노출된 쥐는 노출되지 않은 쥐와 비교 했을 때 활성산소종(reactive oxygen species)이 과도하게 생성되어 정자의 세포주기에 영향을 미쳐 정자의 수정능력을 떨어뜨린다고[16], 정자의 운동성이나 정액농도가 감소되었다는 보고가 있지만[17,18], 반대로 정자의 수나 운동성에 차이가 없다거나[19], 정자형성 과정에 비정상적인 효과가 관찰되지 않았다는 보고도 있다[20].

사람을 대상으로 한 임상시험 연구에서는 휴대전화의 전자기파에 노출된 사람들은 노출되지 않은 사람과 비교 했을 때 정자 운동성이 떨어지고 활성산소종 농도가 높아졌다거나[21], 정자의 병적인 모양변화가 많은 등 정자의 질에 부정적 영향을 미쳤다는 보고가 있지만[22], 반대로 남성의 혈청생식호르몬(prolactin hormone, lutenizing hormone, follicle stimulating hormone 등) 농도에 별 영향이 없다는 결과도 있다[23].

여성불임 역시 남성불임과 마찬가지로 다수의 동물실험과 소수의 임상시험이 있으나 일관된 결과를 보이지 않고 있다. 결론적으로 동물실험에서는 휴대전화의 전자기파의 불임에 대한 영향은 일관되지 않으며 사람을 대상으로 한 임상시험 연구는 결론을 이끌어 내기에는 연구가 부족하다. 그렇기 때문에 휴대전화 사용이 생식능력에 영향을 미친다는 근거가 부족하기 때문에 더 큰 규모의 사람을 대상으로 한 임상시험 연구가 필요하다.

스마트폰 중독

다양한 기능을 가지고 있는 스마트폰은 기능이 제한되어 있는 일반 휴대전화에 비해 그 중독성이 더 클 것으로 예측할 수 있다. 스마트폰이 대중화되기 이전부터 휴대전화 중독의 진단을 위한 여러 가지 척도가 개발되었는데 주로 인터넷 중독 척도에 기초에 개발되었다.

하지만, Kim 등[24]은 2014년 5월에 PLoS One에 발표한 논문에서 스마트폰이 일반 휴대전화(피쳐폰 등)와 다른 점을 다음과 같이 요약하고 있다. 첫째, 스마트폰 사용자는 일반 휴대전화보다 훨씬 더 역동적으로 기기와 맞물려 있다. 스마트폰 사용자는 여러 가지 앱(application)을 설치하고 이용함에 따라 개인별 맞춤형 스마트폰을 창조해내고 보다 활동적이고 적극적이고 경쟁적이고 생산적으로 변화하는 경향이 있다. 둘째, 스마트폰은 사용자가 표현하고 싶은 것을 자극하는 감각적 특성을 중시한다. 터치스크린 사용방식, 키보드 배열, 아이콘, 감각적인 디자인 등과 같은 다른 사람과 구별되는 스마트폰 사용자 자신만의 인터페이스 시스템(user

interface system)은 사용자 자신의 개성을 드러내 준다. 셋째, 스마트폰 하나의 기기로 카메라, MP3, GPS, 웹브라우저, 전화, 이메일, 게임, SNS 등 다양한 기능을 언제 어디서나 사용할 수 있고 특히 이메일이나 SNS를 통한 새로운 알림기능은 스마트폰을 과도하게 사용하도록 만들 수 있다. 마지막으로 나이 대별로 스마트폰의 사용패턴이 다른데 예를 들면 십대는 카메라, MP3 및 기타 오락기능을 위해 사용하는 반면 20대는 주로 SNS, 30-40대는 일정관리, 이메일, 주소록 및 기타 업무 관련 기능을 주로 사용하고 있다.

일반 휴대전화와는 다른 이러한 특징에도 불구하고 현존하는 스마트폰중독척도는 일반휴대전화척도의 설문항목에서 추출한 경우가 많은데, 이 논문에서 Kim 등[24]은 스마트폰의 독특한 특성을 반영해 한국판 청소년용 스마트폰중독 성향 척도를 개발하였고 신뢰도와 타당도가 높았음을 보고하였다.

2014년 한국정보화진흥원에서 발간한 ‘2013년 인터넷중독 실태조사’ 보고서[25]에 따르면, 2011년에 개발한 15문항으로 구성된 청소년용 및 성인용 스마트폰중독 척도(S-척도)를 이용해 전국 17개 시도에서 총 17,500명 대상으로 시행한 조사 결과, 만 10-54세 스마트폰 이용자 중 스마트폰 중독위험군은 11.8%였다. 청소년의 경우에는 스마트폰 중독 위험군이 25.5%로 성인 8.9%보다 약 2.9배 높게 나타났고 특히 2011년 11.4%에 비해 2배 이상 증가했다.

2014년 3월에 Journal of Behavioral Addictions에 발표된 논문에서는 Adapted Mobile Phone Use Habits와 Adapted Cell Phone Addiction Test 척도를 사용해 미국 샌프란시스코주립대학교 대학생 301명과 362명의 직장인을 대상으로 조사한 결과, 대상자 중 10-25%가 문제성 휴대전화사용자인 것으로 나타났다[26].

환각진동올림증후군

일명 ‘삐삐’인 무선호출기나 휴대전화를 진동모드로 설정했을 때 진동하지 않아도 진동이 온 것처럼 착각하는 현상을 처음에는 영어로는 phantom vibration syndrome이라고 했

는데, 요즘은 진동뿐 만 아니라 벨소리가 들린 것으로 느끼는 증상을 합쳐 phantom vibration and ringing syndrome이라고 부르기도 한다. Ring과 anxiety를 합쳐 ringxiety라는 용어도 등장했다. 우리나라에서는 언론매체에서 유명진동증후군이라고 번역하곤 하는데 의학적으로는 환각진동증후군 혹은 환각진동올림증후군이라는 용어가 보다 적절하다고 생각한다.

의학데이터베이스인 PubMed에서는 이 증후군과 관련한 논문으로는 2010년에 영국의학저널(British Medical Journal)에 실린 단면연구가 최초로 검색된다. 이 연구에서는 미국 베이스테이트 메디컬센터(Baystate Medical Center)에 근무하는 총 169명의 의료진을 대상으로 설문조사한 결과 68%가 무선호출기나 휴대전화 사용 시 환각진동(phantom vibration)을 경험했다고 응답했다. 경험빈도는 스텝보다는 레지던트가 1.47배 높았다[27].

2013년에는 PLoS One에 74명의 병원에서 근무하는 인턴을 대상으로 전향적으로 조사한 결과, 인턴업무 시작하기 전 환각진동(phantom vibration)의 유병률은 78.1%였으나 인턴을 시작한 지 3개월과 6개월째는 각각 95.9% 및 93.2%로 증가했다가 12개월째는 80.8%로 감소했고, 인턴업무가 종료된 지 2주 후에는 50.0%로 감소했다. 환각올림(phantom ringing)은 인턴 시작 전 27.4%에서 인턴을 시작한 지 3개월과 6개월째는 각각 84.9% 및 87.7%로 증가했다가 12개월째는 86.3%로 감소했고, 인턴업무가 종료된 지 2주 후에는 54.2%로 감소했다. 이러한 증상은 불안이나 우울증과 상관관계는 관찰되지 않았다[28].

결론

스마트폰 사용으로 종양의 발생 위험성을 높이는지 생식능력에 부정적인 영향을 미칠 지에 대해서는 아직까지 명확한 결론을 내리기는 어렵다. 또한 스마트폰의 과도한 사용으로 스마트폰 중독, 환각진동올림증후군뿐 만 아니라 고개를 숙인 자세로 장시간 사용함에 따라 어깨나 목의 통증을 동반하는 염좌나 높은 볼륨상태에서 음악을 듣는 경우 청력장애

의 위험성도 높아질 수 있다. 스마트폰이 건강에 어떤 영향을 미치는지에 대해 제기되고 있는 각 주제에 대해 동물실험 뿐 만 아니라 대규모의 전향적 코호트연구나 임상시험을 통해 확인이 필요하다. 스마트폰 사용이 종양이나 각종 질병의 위험성을 높이지 않는다는 확실한 근거가 확보될 때까지는 사전경고 혹은 예방적 원칙(precautionary principle)에 입각해 휴대전화 사용으로 인한 전자기파 노출을 최소화할 수 있도록 해야 한다.

찾아보기말: 스마트폰; 건강

ORCID

Seung-Kwon Myung, <http://orcid.org/0000-0001-8911-1345>

REFERENCES

1. International Telecommunication Union. Mobile-cellular subscriptions [Internet]. Geneva: International Telecommunication Union; 2014 [cited 2014 Nov 23]. Available from: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>.
2. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2011 [cited 2014 Nov 23]. Available from: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf.
3. Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. Bioeffects of microwave: a brief review. *Bioresour Technol* 2003;87:155-159.
4. World Health Organization. Electromagnetic fields and public health: mobile phones [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2014 [cited 2014 Nov 25]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/>.
5. Velizarov S, Raskmark P, Kwee S. The effects of radiofrequency fields on cell proliferation are non-thermal. *Bioelectrochem Bioenerg* 1999;48:177-180.
6. De la Hoz A, Diaz-Ortiz A, Moreno A. Review on non-thermal effects of microwave irradiation in organic synthesis. *J Microw Power Electromagn Energy* 2007;41:44-64.
7. Goswami PC, Albee LD, Parsian AJ, Baty JD, Moros EG, Pickard WF, Roti Roti JL, Hunt CR. Proto-oncogene mRNA levels and activities of multiple transcription factors in C3H 10T 1/2 murine embryonic fibroblasts exposed to 835.62 and 847.74 MHz cellular phone communication frequency radiation. *Radiat Res* 1999;151:300-309.
8. Lahkola A, Tokola K, Auvinen A. Meta-analysis of mobile phone use and intracranial tumors. *Scand J Work Environ Health* 2006;32:171-177.
9. Kan P, Simonsen SE, Lyon JL, Kestle JR. Cellular phone use and brain tumor: a meta-analysis. *J Neurooncol* 2008;86:71-78.
10. Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, Hansson Mild K. Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours. *Int J Oncol* 2008;32:1097-1103.
11. Myung SK, Ju W, McDonnell DD, Lee YJ, Kazinets G, Cheng CT, Moskowitz JM. Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis. *J Clin Oncol* 2009;27:5565-5572.
12. Frei P, Poulsen AH, Johansen C, Olsen JH, Steding-Jessen M, Schuz J. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. *BMJ* 2011;343:d6387.
13. Benson VS, Pirie K, Schuz J, Reeves GK, Beral V, Green J; Million Women Study Collaborators. Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study. *Int J Epidemiol* 2013;42:792-802.
14. Volkow ND, Tomasi D, Wang GJ, Vaska P, Fowler JS, Telang F, Alexoff D, Logan J, Wong C. Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism. *JAMA* 2011;305:808-813.
15. Merhi ZO. Challenging cell phone impact on reproduction: a review. *J Assist Reprod Genet* 2012;29:293-297.
16. Kesari KK, Kumar S, Behari J. Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male Wistar rats. *Appl Biochem Biotechnol* 2011;164:546-559.
17. Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. *Int J Androl* 2010;33:88-94.
18. Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S. The mobile phone decreases fructose but not citrate in rabbit semen: a longitudinal study. *Syst Biol Reprod Med* 2009;55:181-187.
19. Imai N, Kawabe M, Hikage T, Nojima T, Takahashi S, Shirai T. Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones. *Syst Biol Reprod Med* 2011;57:204-209.
20. Lee HJ, Pack JK, Kim TH, Kim N, Choi SY, Lee JS, Kim SH, Lee YS. The lack of histological changes of CDMA cellular phone-based radio frequency on rat testis. *Bioelectromagnetics* 2010;31:528-534.
21. Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 2009;92:1318-1325.
22. Gutschi T, Mohamad Al-Ali B, Shamloul R, Pummer K, Trummer H. Impact of cell phone use on men's semen parameters. *Andrologia* 2011;43:312-316.
23. De Seze R, Fabbro-Peray P, Miro L. GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics* 1998;19:271-278.
24. Kim D, Lee Y, Lee J, Nam JK, Chung Y. Development of Korean

smartphone addiction proneness scale for youth. PLoS One 2014;9:e97920.

25. National Information Society Agency. A report of 2013 internet addiction survey [Internet]. Seoul: National Information Society Agency; 2014 [cited 2014 Nov 27]. Available from: http://www.nia.or.kr/bbs/board_view.asp?BoardID=201408061323065914&id=13174&Order=020303&search_target=&keyword=&Flag=02000&nowpage=1&objpage=0.
26. Smetaniuk P. A preliminary investigation into the prevalence and prediction of problematic cell phone use. J Behav Addict 2014;3:41-53.
27. Rothberg MB, Arora A, Hermann J, Kleppel R, St Marie P, Visintainer P. Phantom vibration syndrome among medical staff: a cross sectional survey. BMJ 2010;341:c6914.
28. Lin YH, Lin SH, Li P, Huang WL, Chen CY. Prevalent hallucinations during medical internships: phantom vibration and ringing syndromes. PLoS One 2013;8:e65152.

Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 스마트폰이 건강에 미치는 영향을 암, 생식능력, 중독, 착각진동증후군 등 다양한 면에서 살펴본 논문이다. 기존의 관련 연구들을 체계적으로 고찰해 근거중심적으로 서술한 점이 돋보인다. 최근 10여년 사이에 급격히 사용이 증가한 스마트폰은 현재 우리 생활에서 떼어낼 수 없는 기기가 되었지만 그 광범위한 쓰임새에 비해 건강에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 최근 국제암연구소에서 무선주파수 전자기파를 발암가능물질로 분류한 것을 고려할 때 시의 적절하고 의미가 큰 논문이라 판단된다. 이 논문에서 다루지 않은 근골격계 문제 등을 포함해 추후 더 많은 연구 결과들을 지켜볼 필요가 있겠다.

[정리: 편집위원회]