

# 모바일 디지털 기기로 인한 빛공해가 수면과 일주기 리듬에 미치는 영향

## Effects of Light Pollution from Mobile Digital Devices on Sleep and Circadian Rhythms

이윤정<sup>1</sup> · 조철현<sup>2,3,4</sup> · 이헌정<sup>4,5</sup>

Youn-Jung Lee,<sup>1</sup> Chul-Hyun Cho,<sup>2,3,4</sup> Heon-Jeong Lee<sup>4,5</sup>

### ■ ABSTRACT

Mobile digital devices are very familiar and useful devices in the daily life of modern people, and are used for various tasks such as communication, reading, writing, and playing media. As the use of mobile digital devices has become more prevalent, user time has also been increasing. In particular, the number of people who use digital devices before sleep is growing. The light pollution associated with these devices is classified into four categories: urban sky glow, glare, light trespass, and clutter. The pattern in which modern people use digital devices corresponds to light pollution caused by light trespass and clutter from light exposure to artificial light at night. The light pollution caused by digital devices can cause melatonin secretion suppression, delayed sleep onset, reduction of sleepiness before bedtime, and periodic rhythm and cognitive function disturbances. In addition, a study of children and adolescents showed there may be disturbances in the sleep-wake cycle and circadian rhythm, deterioration of sleep quality, and daytime fatigue due to light pollution caused by artificial light at night from mobile digital devices. A multi-faceted research effort is also necessary to investigate the healthy use of mobile digital devices based on research evidence and insights with an accurate evaluation of the influence of mobile digital devices as a form of light pollution. **Sleep Medicine and Psychophysiology 2020 ; 27(1) : 1-7**

**Key words:** Artificial light at night · Circadian rhythm · Light pollution · Mobile digital device · Sleep.

### 서 론

현대 사회는 급속도로 발전하는 기술의 발전과 적용, 그리고 보급에 따라 실생활의 급격한 변화를 경험하고 있다. 대표적인 변화 중 하나는 디지털 기기의 개발과 보급이다. 디지털 기기는 텔레비전, 컴퓨터 데스크탑, 노트북, 태블릿, 스마트폰, 비디오 게임 콘솔, 가상현실 헤드셋 등에 이르기까지 매우 다양하며, 기술의 발전에 따라 다양한 기능을 탑재하여 다목적으로 사용할 수 있으며, 크기와 무게가 줄어들고

들어고 배터리 지속시간이 향상됨에 따라 모바일 디지털 기기의 형태를 띄게 되었다. 모바일 디지털 기기는 쉽고 간편하게 들고 다닐 수 있기 때문에 실생활에서 유용하게 사용할 수 있으며, 스마트폰, 스마트패드(태블릿), 가상현실 헤드셋, 그리고 웨어러블 디바이스 등이 이에 해당한다 할 수 있겠다. 모바일 디지털 기기는 인터넷과의 연결성, 확장성의 특징을 가지고 있기 때문에 다양한 정보에 대한 개별화된 접근이 쉽게 가능하며, 동시에 휴대성이 좋기 때문에 통신, 읽기, 쓰기, 미디어 재생, 게임, 엔터테인먼트 및 소셜 미

**Received:** June 3, 2020 / **Revised:** June 25, 2020 / **Accepted:** June 27, 2020

이 논문은 한국연구재단의 신진연구(NRF-2020R1C1C1007463) 및 과학기술인문융합연구사업(NRF-2017M3C1B6070978)의 지원을 받아 수행된 연구임.

<sup>1</sup>경상대학교병원 정신건강의학과

*Department of Psychiatry, Gyeongsang National University of Medicine and Gyeongsang National University Hospital, Jinju, Korea*

<sup>2</sup>세종충남대학교병원 정신건강의학과 *Department of Psychiatry, Chungnam National University Sejong Hospital, Sejong, Korea*

<sup>3</sup>충남대학교 의과대학 정신건강의학교실 *Department of Psychiatry, Chungnam National University College of Medicine, Daejeon, Korea*

<sup>4</sup>고려대학교 시간생물학 연구소 *Korea University Chronobiology Institute, Seoul, Korea*

<sup>5</sup>고려대학교 의과대학 정신건강의학교실 *Department of Psychiatry, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea*

**Corresponding author:** Chul-Hyun Cho, Department of Psychiatry, Chungnam National University Sejong Hospital, 20 Bodeum 7-ro, Sejong 30099, Korea

Tel: 044) 995-4775, Fax: 042) 280-7886, E-mail: david0203@gmail.com

디어와 같은 다양한 일상 작업에 유용하다. 한국노동연구원에 의하면 인텔은 업무에 디지털 기기를 사용하게 함으로써 직원 1인당 57분/1일의 절감(연간 500만시간정도의 생산성 증가)효과를 본 것으로 보고하고 있으며, 이와 같이 디지털 기기의 사용으로 업무효율성이나 생산성 차원에서 긍정적인 효과가 있다(이정희 등 2015).

그러나 과도한 디지털 기기 사용 시간, 디지털 기기에 대한 의존도 증가, 그리고 소셜 네트워크 상에서의 심리적 문제 등 부정적인 측면도 함께 등장하였다(Aarts 등 2015 ; Ozkan과 Solmaz 2015 ; Kwon 등 2016). 특히, 스마트폰 사용시간의 증가는 수면과 관련된 문제로까지 이어지게 되었다. 미국 국립 수면 재단(the National Sleep Foundation)에서 1,508명을 대상으로 시행한 “2011 Sleep in America” 설문 조사에서 응답자의 97%는 침실에 전자 미디어 장치가 하나 이상 있다고 응답하였고, 참가자의 90%가 침실에서 수면 전 1시간 동안 디지털 기기를 사용한다고 보고하였다(Gradisar 등 2013). 이는 비단 미국 뿐 아니라, 세계 여러 나라와 전연령층에서 침실에서 디지털 기기를 사용하는 것이 유사한 패턴으로 나타난다(Adam 등 2007 ; Cain과 Gradisar 2010 ; Shochat 등 2010).

빛은 본래 지구 상에 존재하는 모든 생명체의 일주기 리듬을 유지하기 위해 강력하고 필수적이다. 인간을 비롯한 포유류의 일주기 리듬은 시신경 바로 위에 위치한 시교차상핵(Suprachiasmatic nucleus, SCN)에 있는 내적 생물학적 시계(internal circadian clock)에 의해 조절된다는 것이 널리 알려져 있다(Aarts 등 2015). 일주기리듬의 24시간에 근접한 일정한 진동(oscillation) 현상은 인체의 뇌 뿐만 아니라 신체의 모든 생리학적 과정에서 발견되기 때문에, 생물학적 시계의 안정적이고 규칙적인 유지는 인체 전체의 조정 기능에 중요하다(Reppert과 Weaver 2002 ; Lee과 Kim 2019). 빛공해는 전기를 이용한 빛을 만들 수 있게 되면서 등장한 개념으로서, 주로 야간의 인공 빛 노출에 의한 인간 및 자연생태계의 공해를 의미하게 된다(Fonken 등 2013). 인공 빛은 일과 여가 생활 등의 활동할 수 있는 시간을 연장시켜주는 등의 장점이 있지만, 지구의 자전에 따른 24시간 단위의 수면-각성 리듬에 교란인자로 작용한다는 점에서 인체에 부정적 영향을 미치게 된다(Stevens 등 2007). 야간의 인공 빛 노출은 가로등, 전광판 등 공용 시설에 설치된 것에서부터 실내에서의 전등, 텔레비전, 모바일 디지털 기기 등에 의한 것까지 다양하게 존재한다. 빛공해는 인간의 삶과 일주기리듬에 교란을 주고, 생활 리듬에 지대한 영향을 미친다고 알려져 있다(Cho 등 2016).

주로 기술과 산업이 발달한 선진국에서 이와 같은 빛공

해 문제가 더욱 심각하게 대두되는데, 미국과 유럽의 나라에서 약 99%의 인구가 야간의 인공 빛 노출로 빛공해를 경험한다고 조사된 바 있다(Cho 등 2016). 빛공해는 인간의 수면과 일주기 리듬에 방해가 될 뿐 아니라, 여러 대사 질환, 유방암 등의 내외과적 질환 발생에도 영향을 미친다고 알려져 있다(Gooley 등 2011 ; Cho 등 2016). 이 때문에, 선진국을 중심으로 사람들이 야간에 불필요한 인공 빛에 그대로 노출되지 않도록 하기 위해 미국의 경우 옥외조명의 와트(W)에 따라 전등갯을 씌우도록 규제하거나 사용 램프의 종류를 제한하였으며 호주의 경우는 야간조명관리를 위한 가이드 라인을 제정하기도 하는 등 가로등, 전광판 등에 의한 빛공해를 규제하기 위한 사회적, 법적 접근이 시도되고 있다(Narisada과 Schreuder 2013). 더 이상 빛공해는 낯선 개념이 아니며, 지구 상에서 가장 빠르게 번지는 공해 중 하나로 손꼽히고 있다. 하지만, 개인 디지털 기기의 사용이 보편화되고 침실에서 수면 전 디지털 기기의 사용을 하는 경우가 많기 때문에, 정책적인 규제만으로 현대인의 빛공해를 줄이는 것이 한계가 있다. 여타 공용 시설보다 개인 모바일 디지털 기기가 현대인에게 가장 흔하고 강력한 빛공해의 원인이 되고 있음은 이론의 여지가 없다. 따라서, 빛공해의 관점에서 모바일 디지털 기기를 검토하고, 그 영향에 대한 연구를 정리하는 것은 수면 그리고 일주기 리듬의 측면에서 중요한 부분이다. 본 논문은 모바일 디지털 기기가 빛공해의 원인이 되는 부분과 그 영향에 대해 살펴보고자 한다.

## 본 론

### 1. 빛공해의 종류와 모바일 디지털 기기

빛공해는 인간 그리고 환경에 어떤 양상으로 영향을 주느냐에 따라 보통 크게 4가지로 분류하는데, 그것은 1) 빛에 의한 밤하늘 영향(urban sky glow), 2) 눈부심(glare), 3) 침입광(light trespass), 4) 집중된 빛(clutter) 이다(Crawford 1991).

1) 빛에 의한 밤하늘 영향은 인공조명의 불빛이 조명기구 반사에 의한 상향광에 의해, 그리고 대기 중의 수증기나 먼지, 꽃가루나 자동차에서 나오는 오염물질 등에 의한 굴절로 빛이 산란되면서 하늘의 전체적인 밝기를 밝아지게 하는 현상이다. 대기 중에 산란을 유발할 물질이 분포해 있고, 인공조명의 사용도가 높은 지역에서 밤하늘 밝아짐 현상이 더 많이 발생하게 된다. 2) 눈부심 현상은 빛의 밝기가 과도하게 강해서 시각적으로 불쾌함을 주는 현상으로, 순간적으로 강렬한 빛이 잠시 동안 시각을 마비시키는 것이 대표적이다. 3) 침입광 현상은 조명이 본래 의도하지 않거나 필요

하지 않는 곳에 조사되어 빛에 의해 피해를 주는 현상이다. 예를 들어, 가로등은 야간에 보행자가 지나가는 영역만을 밝게 해주는 목적이지만, 필요한 영역 외로 빛이 퍼지는 경우가 많다. 이렇게 퍼져 나간 빛은 건물의 창문으로 침투해 들어와서 생체리듬을 교란하고 수면을 방해한다. 4) 집중된 빛은 한 영역에 과도하게 모여 있는 빛을 의미한다. 주로 도심 지역에 밝고 과도하게 집중된 빛이 지속되며, 이로 인한 생체리듬과 주의력의 교란으로 인한 사고의 위험성이 내재되어 있다.

이렇게 빛공해를 네 가지 종류로 분류할 수가 있는데, 모바일 디지털 기기는 이 중에서 침입광 그리고 집중된 빛으로 인한 빛공해에 해당한다 할 수 있겠다. 모바일 디지털 기기를 사용함으로써 기기 스크린을 통해 노출되는 빛이 일부 과도하게 비취질 수 있으며, 사용시간에 비례하여 집중되게 된다. 또한, 모바일 디지털 기기 자체가 침입광의 광원으로 작용하기도 하며, 때로는 스크린을 통한 약한 빛 노출이 침입광과 같은 효과를 미칠 수 있겠다.

특히, 최근에 출시되는 다수의 모바일 디지털 기기는 스크린에 발광 다이오드(light-emitting diodes, LEDs)를 채택하고 있는데, 이는 오래 지속되고 에너지 효율이 높으며 상대적으로 가격이 저렴하기 때문이다. 사용자 입장에서 흰색광으로 인식하는 LED 전구는 실제로 청색광 성분이 매우 풍부하며, 이 때문에 약 24시간 주기의 생체리듬에 강력한 영향을 미칠 수 있다(Touitou 등 2016). 따라서, 최근 주로 LED를 장착하고 있는 모바일 디지털 기기는 빛공해로써 인체에 미치는 영향이 강력할 수 있음을 추정할 수 있다.

## 2. 빛공해가 인체에 미치는 영향

빛공해는 수면과 일주기리듬, 인지기능, 내분비대사 질환, 암 등 다양한 영역에 걸쳐 영향을 미친다고 알려져 있다. 우선 간략하게 빛공해가 인체에 미치는 영향에 대해 살펴보고 하겠다.

야간의 인공 빛 노출은 주관적으로 그리고 객관적으로 수면에 밀접한 영향을 미친다는 것은 잘 알려진 사실이다. Obayashi 등이 시행한 연구에 따르면, 노인 인구에서 야간의 빛공해가 수면의 질과 효율의 감소, 입면 시간의 지연, 수면 후 각성 증가, 총 수면시간 감소 등과 유의하게 연관되어 있음을 보고하였다(Obayashi 등 2014). Ohayon 등은 야간에 실외에서 인공 빛 노출 시 수면에 미치는 영향을 조사한 연구에서, 실외 인공 빛공해가 더 심한 지역일수록 취침 및 기상 시간 지연, 수면 시간 감소, 주간 졸리움 증가, 수면의 양과 질에 대한 주관적 불만족, 일주기 리듬 장애 진단율 증가를 보고하였다(Ohayon과 Milesi 2016). 이는 실내 뿐

만 아니라 실외의 빛공해 정도가 수면에 얼마나 영향을 주는 지 대규모로 조사한 연구로서 가치가 있다. Kim 등이 국내 실외 인공 빛공해 정도와 수면제 처방과의 연관성을 조사한 코호트 연구에서, 실외 인공 빛공해가 심할수록 수면제 처방률 및 일일 복용량 증가와 밀접한 연관이 있으며, 이는 노인 인구에서 더욱 심해지는 것을 확인함으로써, 야간의 인공 빛 노출과 수면 장애와의 연관성을 간접적으로 제시하기도 하였다(Min과 Min 2018).

취침 전 밝은 빛 노출은 수면과 일주기 리듬에 영향을 미칠 수 있는데, 코티솔 분비의 일주기 리듬의 위상을 지연시켜 교란을 유발한다(Cho 등 2016). 또한, 취침 전 밝은 빛 노출로 인해 미취학 아동이나 성인에서 분비되는 멜라토닌을 억제시키는 현상이 관찰되었다(Gooley 등 2011 ; Akacem 등 2016). 수면 중 미세한 인공 빛공해도 수면에 영향을 미친다는 연구들이 보고되었는데, Cho 등이 수행한 실험 연구에서는 수면 내내 10 lux 이하 극소량의 빛 노출을 주었을 때, 수면 중 각성 증가, N1 단계 증가, N2 단계 감소, REM 수면 증가 등의 변화를 보고함으로써 미세한 빛공해라도 수면 중이라면 수면 질에 부정적 영향이 미칠 수 있음을 제시하였다(Cho 등 2016 ; Cho 등 2018). 반면에, Borniger 등이 쥐를 이용하여 수행한 동물 실험에는 야간의 미세한 빛 노출이 수면에 유의한 영향을 주지 않는다는 보고를 하기도 하여(Borniger 등 2013), 약간 빛공해가 수면에 미치는 영향에 대해서는 추가적인 연구가 필요하겠다. 지금까지의 연구 결과들을 보면 대체로 실내 및 실외 상관없이 야간 빛공해가 인간의 수면과 일주기 리듬에 부정적인 영향을 미친다는 보고를 하고 있다.

빛공해는 인간의 수면과 일주기리듬에 영향을 미칠 뿐 아니라, 내분비대사, 암, 인지기능, 피로도, 기분장애 등에도 부정적 영향을 미친다고 알려져 있다. 야간의 인공빛노출은 여성 그리고 일반 인구에서 체중 증가와 비만의 위험 인자일 수 있음이 보고되었다(Koo 등 2016 ; Park 등 2019). 근적외선 분광법(near-infrared spectroscopy)으로 검사하였을 때, 취침 전 밝은 빛 노출 후 익일 기상하여 평가한 결과 반응 억제에 장애와 산화 스트레스의 증가가 관찰된다는 연구 결과도 보고되었다(Byun 등 2018 ; Lee 등 2019). 수면 중 10 lux 이하의 약한 빛 노출이 지속되었을 때의 뇌활성도가 떨어지면서 인지기능 저하에 영향을 미침을 뇌영상 연구를 통해 보고하기도 하였다(Kang 등 2016). 동물이나 곤충 모델을 통해서, 야간의 인공 빛 노출이 학습과 기억 능력의 저해를 초래하고(Fonken 등 2012), 알츠하이머와 연관된 신경퇴행을 유발할 수 있음을 밝힌 연구도 있었다(Kim 등 2018). 수면 중 약한 빛 노출이 익일의 피로도를 일부 증

가시킬 수 있다는 보고도 있다(Cho 등 2016). 기분장애는 일주기 리듬과 매우 밀접한 연관이 있는 질환으로 알려져 있는데(Moon 등 2016), 취침 전 밝은 빛 노출이 기분장애 위험성이 높은 군의 일주기 리듬의 위상 지연에 강력한 영향을 미친다는 실험 연구도 제시된 바 있다(Cho 등 2016). 이는, 빛공해의 취약군에 대한 고려가 필요함을 제시해주는 연구로서, 일반 건강한 사람들에게도 빛공해는 부정적 영향을 미칠 수 있지만, 기분장애 환자 등과 같은 취약군은 빛공해의 위해성을 더욱 민감하게 평가해야 함을 시사한다. 빛공해와 압과의 연관성은 주로 생식암을 위주로 연구 결과가 보고되었는데, 야간의 인공 빛 노출은 유방암이나 전립선암의 위험을 증가시킨다는 연구가 다수 보고 되었다(Kloog 등 2008 ; Kloog 등 2009 ; Bauer 등 2013). 그 밖에도 빛공해는 노화와 대사과정, 심장 질환, 당뇨, 그리고 기분 장애 등 인체 건강 전반에 걸쳐 부정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 축적되어 왔다(Hood 등 2004 ; Stevens 등 2007 ; Gangwisch 2014).

### 3. 모바일 디지털 기기인 빛공해

대부분의 모바일 디지털 기기는 LED 스크린을 장착하고 있기 때문에, 기존의 실외 및 실내 빛공해 원인으로서 제기되었던 일반 전구에 의한 빛노출보다 훨씬 더 생활 속에서 밀접하게 빛공해의 원인으로 작용할 수 있게 되었다. 특히, 서론에서도 언급했듯이, 침실에서 수면 직전에 디지털 기기를 사용하는 인구가 급격하게 늘어남에 따라 다른 그 무엇보다 빛공해의 주요 원인으로 모바일 디지털 기기를 고려해야 한다. 디지털 기기 스크린에서 나오는 빛은 여러 연구를 통해 멜라토닌의 분비를 억제시킨다는 것이 보고되었다. Chang 등은 취침 전 LED 스크린을 탑재한 전자책과 인쇄된 책을 통해 독서를 하는 두 그룹 간의 비교연구를 통해 취침 전 전자책으로 독서한 군에서 뚜렷하게 입면까지의 시간이 오래 걸리고, 야간의 졸리움이 줄어들며, 다음날 오전의 각성도가 떨어지고, 야간의 멜라토닌 분비가 감소함을 확인하였다(Chang 등 2015). 또한, 전자책 독서군에서 일주기 리듬의 위상 지연이 관찰됨으로써, 멜라토닌의 분비 억제와 함께 취침 전 전자책 독서가 빛공해로서 인체에 영향을 준다는 사실을 보고하였다(Chang 등 2015). Wood 등은 발광 스크린이 있는 타블렛을 취침 전 노출시켜 멜라토닌의 변화를 측정한 연구에서 청색광 화면 타블렛에 노출된 군에서 노출 후 2시간 후 유의하게 멜라토닌의 억제가 되는 것을 확인함으로써, 모바일 디지털 기기를 통한 빛노출이 멜라토닌 분비를 억제시킴과 동시에 청색광이 강력한 영향을 미친다는 것을 확인하였다(Wood 등 2013). 또한 야간

모바일 디지털 기기를 사용은 기분 증상을 비롯한 정신적인 상태에도 영향을 미친다고 알려져 있는데 그 중에서도 우울감, 불안감과 관련이 있으며 더 나아가 자존감이 낮아지는 증상과도 연관이 있다는 연구 결과가 있다. 게다가 청소년을 대상으로 한 연구에서는 자살사고나 자해 사고와도 관련이 있다는 보고가 있다(Sara 등 2011 ; Norihito 등 2012 ; Lemola 등 2015 ; Lynette 등 2018). 모바일 디지털 기기인 빛공해는 수면에도 영향을 미친다는 연구들이 있었는데, Grønli 등은 iPad 타블렛을 침대에서 사용했을 때 인쇄된 책으로 독서한 군에 비해 취침 전 주관적 졸리움의 감소와 약 30분 동안 뇌파 상 서파의 감소가 관찰되었다고 보고하였다. 하지만, 이 연구에서는 입면 시간 등 수면에 직접적인 영향은 관찰되지 않았다고 보고하였다(Grønli 등 2016). Higuch 등은 수면 전에 컴퓨터 게임을 하면서 밝은 스크린과 어두운 스크린의 두 군으로 나누어 인체에 미치는 영향에 대해 연구를 수행하였는데, 밝은 스크린으로 게임을 한 군에서 어두운 스크린 사용군에 비해 유의하게 심박수가 높은 것을 보고하였다(Higuchi 등 2005). Cajochen 등이 13명의 젊은 남성을 대상으로 수면 전 5시간 동안 LED스크린에 노출시킨 결과 저녁 시간 동안에 멜라토닌 분비의 억제, 주관적/객관적 졸리움의 감소, 수면을 취해야 할 저녁시간에 오히려 인지적 과제 수행 능력 향상 등을 보고하였고, 이는 수면을 취하기 어려운 조건으로 변화됨을 의미한다(Cajochen 등 2011). 젊은 성인을 대상으로 저녁시간대에 2시간 동안 컴퓨터 스크린에 노출시킨 결과 유의하게 수면, 일주기 리듬, 인지 기능 등의 교란이 일관되게 관찰되었다(Green 등 2017). 특히, LED 소재의 스크린을 통한 빛노출이 비-LED 스크린에 의한 빛노출보다 빛공해가 더 심하다는 연구들이 있는데, 이는 LED의 주요 빛 파장이 청색광으로 구성되어 있기 때문으로 알려져 있다(Cajochen 등 2011). LED 스크린이 비-LED에 비해 약 2배가량 청색광이 강하다고 하는데, 그렇기 때문에 LED 스크린에 대한 부적절한 노출은 수면과 일주기 리듬, 그리고 안과적 문제까지 미치는 영향이 더욱 크다고 할 수 있겠다(Tosini 등 2016). Heo 등이 수행한 실험연구에서는 정상 성인을 대상으로 기존 LED와 청색광 위주의 LED가 장착된 스마트폰을 이용하여 야간에 게임을 하게 하여, 혈중 멜라토닌, 코티솔 수치와 체온, 그리고 정신과적 상태 척도 등의 차이를 확인하였다(Heo 등 2017). 그 결과 기존 LED 노출군에 비해, 청색광 위주의 최신 LED 노출군에서 유의하게 졸리움이 감소하였고, 혼동과 수행 오류가 증가하는 것이 관찰되었다. 또한, 통계적으로 유의하지는 않았으나 청색광 위주의 LED 노출군에서 멜라토닌 분비 시작 시간이 지연되고 코티솔 등의 수치가 증가하는

추세를 보였다. 이는 청색광 위주의 빛공해가 일반 빛공해에 비해 수면이나 인지 기능에 부정적 영향을 준다는 것을 추정할 수 있는 결과이다.

앞서 소개한 연구들은 대부분 상대적으로 적은 수의 샘플을 대상으로 실험 연구를 수행하여 그 결과를 보고한 경우이다. 잘 설계된 연구 디자인을 통해, 특수한 조건인 모바일 디지털 기기에서 나오는 빛공해의 영향에 대해 척도, 호르몬, 뇌파 등의 도구를 통해 평가할 수 있다는 장점이 있지만, 대규모 샘플군을 대상으로 수행하기에 난이도가 높은 연구이기 때문에 실험 연구는 일부 제한점도 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 야간 즉 수면 전에 모바일 디지털 기기를 사용하는 것이 어떤 영향을 주는지에 대해 상대적으로 많은 샘플수를 대상으로 시행한 연구들도 간단히 살펴보자 한다. 대규모 연구는 대체로 소아나 청소년 연령층을 대상으로 이루어졌는데, 이는 모바일 디지털 기기의 야간 사용에 취약한 군이며 빛공해로 인한 부정적 영향 또한 가장 치명적인 군이기 때문인 것으로 추정된다. 성장 발달 시기에 있는 소아청소년 연령층에서의 수면과 일주기 리듬의 교란은 신체적, 정신적 문제를 유발하기 때문에 더 많은 관심과 주의를 요한다(Brand과 Kirov 2011). Amra 등이 이란의 46개 학교에 재학 중인 12~18세의 약 2,400명의 청소년을 대상으로 수행한 연구에서, 야간에 스마트폰을 사용하는 군에서 아침 기상 시간이 더 늦고, 수면 질이 불량하며, 입면 잠복기가 증가하는 것을 보고하였다(Amra 등 2017). 특히, 야간의 스마트폰 사용군이 그렇지 않은 군에 비해 수면의 질이 불량할 가능성이 1.39배 높다고 분석하였다. 3,011명의 소아청소년을 대상으로 시행한 스웨덴 연구에서는 침실에서 텔레비전이나 컴퓨터 등의 디지털 기기에 2시간 이상 노출될 경우 수면 시간이 단축되며 입면과 기상에의 어려움과 학교 생활에서의 피로도를 증가시킨다는 연구 결과를 보고하였다(Garmy 등 2012). Calamaro 등이 청소년을 대상으로 수행한 연구에서는 수면 전 다양한 디지털 기기의 사용이 수면을 방해하여 학교 생활에 부정적 영향을 줄 뿐 아니라, 학교에서 졸음을 방지하기 위해 카페인 섭취가 76% 늘어나는 등 디지털 기기의 사용이 카페인 섭취와도 밀접하게 연관되어 있음을 보고하였다(Calamaro 등 2009). 이는 문화별, 지역별로 여러 연구 결과가 보고되고 있는데, 예를 들어 일본의 경우, 모바일 전화를 매일 사용하는 13~15세의 청소년이 그렇지 않은 청소년보다 더 저녁형 패턴의 수면습관을 가지고 있고 늦잠을 자며 총 수면시간이 짧다는 연구결과가 있다. 그러나 타이완의 경우에는 청소년의 모바일 전화를 사용하는 습관과 총 수면시간, 주관적인 불면과는 관계가 없다고 보고되고 있다. 반면 미국의 청소년의

44%가 9시 이후에 친구들과 모바일 전화기로 메시지를 나누며 3분의 1이 넘는 청소년이 적어도 한달에 한번은 밤동안 메시지로 인해 잠에서 깬다고 보고하였다. 이와 같이 밤 시간에 불을 끈 후 모바일 전화기 사용은 청소년들의 피로감과 관련이 있다고 보고하고 있다(Neralie 등 2010). 844명의 성인을 대상으로 수행한 연구에서도 자기 전에 소등을 하고 스마트폰을 사용하는 것이 입면 시간의 지연, 불량한 수면의 질, 주간 기능의 저하, 기상 시간의 지연, 피로도 증가 등과 밀접한 연관이 있음을 보고하였다(Exelmans과 Van den Bulck 2016). 비단 소아 청소년 시기의 젊은 연령층 뿐 아니라 성인에게도 모바일 디지털 기기의 빛공해가 수면, 일주기리듬, 그리고 일상생활의 기능에 부정적 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. Smartphone addiction proneness scale (SAPS)라는 스마트폰 사용중독 여부에 대한 자가설문을 사용했을 때 저녁형 패턴의 수면 습관이 있는 경우 SAPS의 점수가 높으며 이러한 경우 수면 시간도 짧다고 보고되고 있다(Randler 등 2016). 이는 알코올 사용, 불안 등과 밀접한 연관이 있으며(Linkowski 등 1987), 중국엔 입면 시간이 늦어지면서 수면장애, 총 수면시간 감소, 주간 졸리움 증가, 두통 등으로 이어질 수 있음을 다양한 연구에서 보고하고 있다(Lemola 등 2015 ; Pecor 등 2016).

## 결론

우리는 일상생활 속에서 기술의 진보를 통해 증대된 생산성과 편리함을 누리면서 살고 있다. 업무의 향상 뿐만 아니라 다양한 여가 생활을 누릴 수 있는 시간도 더욱 확보되었다. 하지만, 동시에 기술의 발전에 따라 직면하게 된 문제들도 등장하고 있다. 그 중 하나가 빛공해라고 할 수 있겠다. 과거 전구를 통한 불필요한 인공 빛 노출이 빛공해의 가장 큰 문제였다면, 모바일 디지털 기기의 급격한 발전과 보급에 따라 현대인에게 빛공해의 가장 큰 원인 중 하나로 모바일 디지털 기기가 한 축으로 자리잡게 된다. 특히, 모바일 디지털 기기는 언제 어디서나 손쉽게 사용할 수 있으며, 대부분 눈과 매우 근접한 거리에서 빛이 나오는 스크린에 노출이 되며, 기술성과 효율성을 이유로 청색광이 두드러지는 LED 스크린을 탑재한 모바일 디지털 기기가 늘어남에 따라 인체에 미치는 영향의 파급력을 가히 우려할 정도이다. 기존 빛공해와 관련된 규제들은 가로등, 전광판 등과 같은 대중 시설에 집중되어 있었고, 모바일 디지털 기기는 개인의 소유물이기 때문에 각자의 자율성에 맡길 수 밖에 없는 규제 외 영역으로 여겨지게 된다. 하지만, 앞서 살펴보았듯이 모바일 디지털 기기는 이미 빛공해의 핵심 원인이어서

인체에 다양한 영향을 미친다는 것이 밝혀졌고, 특히 성장 발달 시기에 있는 소아 청소년들이 습관적으로 야간에 모바일 디지털 기기를 지속적으로 사용하였을 때 미치는 영향에 대해 심각하게 간주해야 할 근거가 충분하다. 따라서, 수면 의학을 연구하고 임상진료를 하는 전문가들이 빛공해의 핵심적 원인으로서 모바일 디지털 기기의 심각성에 대해 인식하고, 관련 연구를 통한 과학적 근거의 축적과 사회적 환기, 그리고 건강한 디지털 기기 사용을 위한 사회문화적 제도적 개선 접근방법에 대해 활발하게 논의할 필요가 있겠다.

**중심 단어** : 모바일 디지털 기기 · 빛공해 · 수면 · 야간의 인공 빛 · 일주기 리듬.

## REFERENCES

이경희, 김기선. 스마트 기기 사용이 근로자의 일과 삶에 미치는 영향. 한국노동연구원 2015;2.

Aarts S, Peek S, Wouters E. The relation between social network site usage and loneliness and mental health in community-dwelling older adults. *Int J Geriatr Psychiatry* 2015;30:942-949.

Adam EK, Snell EK, Pendry P. Sleep timing and quantity in ecological and family context: a nationally representative time-diary study. *J Fam Psychol* 2007;21:4.

Akacem LD, Wright Jr KP, LeBourgeois MK. Bedtime and evening light exposure influence circadian timing in preschool-age children: a field study. *Neurobiol Sleep Circadian Rhythms* 2016; 1:27-31.

Amra B, Shahsavari A, Shayan-Moghadam R, Mirheli O, Moradi-Khaniabadi B, Bazukar M, et al. The association of sleep and late-night cell phone use among adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2017;93:560-567.

Bauer SE, Wagner SE, Burch J, Bayakly R, Vena JE. A case-referent study: light at night and breast cancer risk in Georgia. *Int J Health Geogr* 2013;12:23.

Borniger JC, Weil ZM, Zhang N, Nelson RJ. Dim light at night does not disrupt timing or quality of sleep in mice. *Chronobiol Int* 2013;30:1016-1023.

Brand S, Kirov R. Sleep and its importance in adolescence and in common adolescent somatic and psychiatric conditions. *Int J Gen Med* 2011;4:425.

Byun JI, Lee BU, Koo YS, Sunwoo JS, Lim JA, Moon J, et al. Bright light exposure before bedtime impairs response inhibition the following morning: a non-randomized crossover study. *Chronobiol Int* 2018;35:1035-1044.

Cain N, Gradisar M. Electronic media use and sleep in school-aged children and adolescents: a review. *Sleep Med* 2010;11:735-742.

Cajochen C, Frey S, Anders D, Späti J, Bues M, Pross A, et al. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol* 2011;110:1432-1438.

Calamaro CJ, Mason TB, Ratcliffe SJ. Adolescents living the 24/7 lifestyle: effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics* 2009;123:e1005-e1010.

Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2015;112:1232-1237.

Cho AR, Cho CH, Yoon HK, Moon JH, Lee HJ, Kim L. Impact of

Dim Artificial Light at Night (dALAN) Exposure during Sleep on Human Fatigue. *Sleep Med Psychophysiol* 2016;23:53.

Cho CH, Lee HJ, Yoon HK, Kang SG, Bok KN, Jung KY, et al. Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans. *Chronobiol Int* 2016;33:117-123.

Cho CH, Moon JH, Yoon HK, Kang SG, Geum D, Son GH, et al. Molecular circadian rhythm shift due to bright light exposure before bedtime is related to subthreshold bipolarity. *Sci Rep* 2016;6:1-13.

Cho CH, Yoon HK, Kang SG, Kim L, Lee EI, Lee HJ. Impact of exposure to dim light at night on sleep in female and comparison with male subjects. *Psychiatry Investig* 2018;15:520.

Crawford DL. Light Pollution—A Problem For All Of Us. *International Astronomical Union Colloquium*, Cambridge University Press;1991.

Exelmans L, Van den Bulck J. Bedtime mobile phone use and sleep in adults. *Social Science & Medicine* 2016;148:93-101.

Fonken LK, Aubrecht TG, Meléndez-Fernández OH, Weil ZM, Nelson RJ. Dim light at night disrupts molecular circadian rhythms and increases body weight. *J Biol Rhythm* 2013;28:262-271.

Fonken LK, Kitsmiller E, Smale L, Nelson RJ. Dim nighttime light impairs cognition and provokes depressive-like responses in a diurnal rodent. *J Biol Rhythm* 2012;27:319-327.

Gangwisch JE. Invited commentary: nighttime light exposure as a risk factor for obesity through disruption of circadian and circannual rhythms. *Am J Epidemiol* 2014;180:251-253.

Garmy P, Nyberg P, Jakobsson U. Sleep and Television and Computer Habits of Swedish School-Age Children. *J Sch Nurs* 2012;28: 469-476.

Gooley JJ, Chamberlain K, Smith KA, Khalsa SBS, Rajaratnam SM, Van Reen E, et al. Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96:E463-E472.

Gradisar M, Wolfson AR, Harvey AG, Hale L, Rosenberg R, Czeisler CA. The sleep and technology use of Americans: findings from the National Sleep Foundation's 2011 Sleep in America poll. *J Clin Sleep Med* 2013;9:1291-1299.

Green A, Cohen-Zion M, Haim A, Dagan Y. Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms, and attention abilities. *Chronobiol Int* 2017;34:855-865.

Grønli J, Byrkjedal IK, Bjorvatn B, Nødtvedt Ø, Hamre B, Pallesen S. Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. *Sleep Med* 2016;21:86-92.

Heo JY, Kim K, Fava M, Mischoulon D, Papakostas GI, Kim MJ, et al. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: a randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *J Psychiatr Res* 2017;87:61-70.

Higuchi S, Motohashi Y, Liu Y, Maeda A. Effects of playing a computer game using a bright display on presleep physiological variables, sleep latency, slow wave sleep and REM sleep. *J Sleep Res* 2005;14:267-273.

Hood B, Bruck D, Kennedy G. Determinants of sleep quality in the healthy aged: the role of physical, psychological, circadian and naturalistic light variables. *Age Ageing* 2004;33:159-165.

Kang SG, Yoon HK, Cho CH, Kwon S, Kang J, Park YM, et al. Decrease in fMRI brain activation during working memory performed after sleeping under 10 lux light. *Sci Rep* 2016;6:36731.

Kim M, Subramanian M, Cho YH, Kim GH, Lee E, Park JJ. Short-term exposure to dim light at night disrupts rhythmic behaviors and causes neurodegeneration in fly models of tauopathy and Alzheimer's disease. *Biochem Biophys Res Commun* 2018;495: 1722-1729.

- Kloog I, Haim A, Stevens RG, Barchana M, Portnov BA. Light at night co-distributes with incident breast but not lung cancer in the female population of Israel. *Chronobiol Int* 2008;25:65-81.
- Kloog I, Haim A, Stevens RG, Portnov BA. Global co-distribution of light at night (LAN) and cancers of prostate, colon, and lung in men. *Chronobiol Int* 2009;26:108-125.
- Koo YS, Song JY, Joo EY, Lee HJ, Lee E, Lee SK, et al. Outdoor artificial light at night, obesity, and sleep health: cross-sectional analysis in the KoGES study. *Chronobiol Int* 2016;33:301-314.
- Kwon HE, So H, Han SP, Oh W. Excessive dependence on mobile social apps: a rational addiction perspective. *Inf Syst Res* 2016;27:919-939.
- Lee E, Kim M. Light and life at night as circadian rhythm disruptors. *Chronobiol Med* 2019;1:95-102.
- Lee HS, Lee E, Moon JH, Kim Y, Lee HJ. Circadian disruption and increase of oxidative stress in male and female volunteers after bright light exposure before bed time. *Mol Cell Toxicol* 2019;15:221-229.
- Lemola S, Perkinson-Gloor N, Brand S, Dewald-Kaufmann JF, Grob A. Adolescents' electronic media use at night, sleep disturbance, and depressive symptoms in the smartphone age. *J Yout Adolesc* 2015;44:405-418.
- Linkowski P, Mendlewicz J, Kerkhofs M, Leclercq R, Golstein J, Brasseur M, et al. 24-hour profiles of adrenocorticotropin, cortisol, and growth hormone in major depressive illness: effect of antidepressant treatment. *J Clin Endocrinol Metab* 1987;65:141-152.
- Lynette V, Kathryn LM, Bonnie LB. Mobile phones in the bedroom: trajectories of sleep habits and subsequent adolescent psychosocial development. *Child Dev* 2018;89:66-77
- Min Jy, Min Kb. Outdoor artificial nighttime light and use of hypnotic medications in older adults: a population-based cohort study. *J Clin Sleep Med* 2018;14:1903-1910.
- Moon JH, Cho CH, Son GH, Geum D, Chung S, Kim H, et al. Advanced circadian phase in mania and delayed circadian phase in mixed mania and depression returned to normal after treatment of bipolar disorder. *EBioMedicine* 2016;11:285-295.
- Narisada K, Schreuder D. Light pollution handbook, Springer Science & Business Media;2013.
- Neralie C, Michael G. Electronic media use and sleep in school-aged children and adolescents: A review. *Sleep Med* 2010;11:735-42
- Norihito O, Atsushi N, Shinji S, Mamoru T, The suicidal feelings, self-injury, and mobile phone use after lights out in adolescents. *J Pediatr Psychol* 2012;37:1023-1030.
- Obayashi K, Saeki K, Kurumatani N. Association between light exposure at night and insomnia in the general elderly population: the HEIJO-KYO cohort. *Chronobiol Int* 2014;31:976-982.
- Ohayon MM, Mylesi C. Artificial outdoor nighttime lights associate with altered sleep behavior in the American general population. *Sleep* 2016;39:1311-1320.
- Ozkan M, Solmaz B. Mobile addiction of generation z and its effects on their social lives: (an application among university students in the 18-23 age group). *Procedia Soc Behav Sci* 2015;205:92-98.
- Park YMM, White AJ, Jackson CL, Weinberg CR, Sandler DP. Association of exposure to artificial light at night while sleeping with risk of obesity in women. *JAMA Intern Med* 2019;179:1061-1071.
- Pecor K, Kang L, Henderson M, Yin S, Radhakrishnan V, Ming X. Sleep health, messaging, headaches, and academic performance in high school students. *Brain Dev* 2016;38:548-553.
- Randler C, Wolfgang L, Matt K, Demirhan E, Horzum MB, Beşoluk Ş. Smartphone addiction proneness in relation to sleep and morningness-eveningness in German adolescents. *J Behav Addict* 2016;5:465-473.
- Reppert SM, Weaver DR. Coordination of circadian timing in mammals. *Nature* 2002;418:935-941.
- Sara T, Annika H, Mats H. Mobile phone use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults—A prospective cohort study. *BMC Public Health* 2011;31:11:66.
- Shochat T, Flint-Bretler O, Tzischinsky O. Sleep patterns, electronic media exposure and daytime sleep-related behaviours among Israeli adolescents. *Acta Paediatrica* 2010;99:1396-1400.
- Stevens RG, Blask DE, Brainard GC, Hansen J, Lockley SW, Provenzio I, et al. Meeting report: the role of environmental lighting and circadian disruption in cancer and other diseases. *Environ Health Perspect* 2007;115:1357-1362.
- Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Molecular Vision* 2016;22:61.
- Touitou Y, Touitou D, Reinberg A. Disruption of adolescents' circadian clock: the vicious circle of media use, exposure to light at night, sleep loss and risk behaviors. *J Physiol Paris* 2016;110:467-479.
- Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Appl Ergon* 2013;44:237-240.