

## 신경 향상의 안전성에 관한 윤리적 고찰\*

이상목\*\*, 최종현\*\*\*

### 요약

신경 향상은 건강한 사람들의 인지적·정서적·동기유발 기능들을 향상시키는 개입들을 의미한다. 최근 우리나라를 비롯한 서구권에서 일부 학생들과 야간 근무자들은 신경 향상을 위해 메틸페니데이트, 암페타민, 모다피닐과 같은 흥분제들을 암암리에 사용하고 있다. 각국의 보건 의료 당국들은 약물을 사용한 신경 향상을 약물 오남용으로 규정하고 단속 중이지만, 흥분제를 사용한 신경 향상은 여전히 계속되고 있다. 그 원인으로는 흥분제를 사용하는 사람들이 실제로 인지 능력이 향상되는지에 관한 정보를 모르고 있으면서 소문에 근거하여 약물을 사용하고 있다는 점을 들 수 있다. 본 논문의 목적은 흥분제들의 실제 신경 향상 효과와 위험에 관한 객관적인 정보에 입각하여 흥분제 사용이 윤리적으로 정당한지 여부를 밝히는데 있다. 비록 메틸페니데이트의 중독 가능성은 과장되었지만 메타 분석들이 이 물질이 인지 기능들의 향상에 미미한 영향만을 준다는 사실을 지적한다. 암페타민은 메틸페니데이트보다 더 강력한 인지 향상 효과를 보여주지만 중독과 정신병 유발 가능성이 크기 때문에 이 약물의 사용은 윤리적으로 심각한 문제를 유발할 수 있다. 모다피닐은 다른 어떤 약물보다 강력한 신경 강화 효과를 주면서 매우 안전한 향정신성 약물로 알려져 왔지만, 최근의 연구들은 이 약물도 중독의 위험에서 벗어날 수 없다는 것을 밝히고 있다. 신경 향상에 관한 모든 연구들은 흥분제의 신경 향상 효과가 미미한 반면에 중독이라는 위험을 무시해서는 안 된다는 점을 지적하고 있다. 향정신성 약물을 사용한 향상을 옹호하는 논증들은 대부분의 반대 논증들을 잘 논박하고 있지만, 안전성 문제는 건강한 사람들이 신경 향상 약물들을 사용하는 것을 합법화하는 데 있어 중대한 장애물로 남아있다.

### 색인어

향상, 안전성, 위해성, 메틸페니데이트, 암페타민, 모다피닐

## I. 머리말

2013년 국회 보건복지위원회의 국정감사에서 이연주 의원은 주의력결핍 과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 치료제인 메틸페니데이트(methylphenidate, MPH)의 처방 건수에 관한 자료를 공개하였다. 식품의약품안전처와 건강보험심사평가원으로 부터 제출받은 자료는 중요한 시험이 임박한 시기에 청소년의 MPH 처방수가 급증하였다가 시험 이후에 다시 감소하는 추세를 나타내고 있었다. 우리 사회 일각에서 MPH를 ‘공부 잘 하는 약’으로 인식하고 복용하는 행태는 지난 10여 년 동안 간헐적으로 언론을 통해 보도되었지만 학습 효과 증대가 목적인 향정신성 약물의 사용 실태를 정량적으로 조사한 사람은 이연주 의원이 처음인 것으로 보인다.

약물 치료의 목적은 실재하는 질병이나 장애를 치유하거나 병리로 인한 정상 기능의 손상을 복구하여 환자가 정상적인 사회생활을 영위하도록 돕는 데 있다. ADHD 환자들이 MPH를 규칙적으로 복용하면 산만함과 주의분산이 사라져 비교적 수월하게 사회생활을 할 수 있다. 반면에 정상적인 사람들이 MPH를 사용하는 일차적인 목적은 신경 향상(neuroenhancement)이다. 신경 향상은 사람들의 인지(cognition)·정서(emotion)·동기(motivation) 기능들을 향상시키는 개입들을 의미한다[1]. MPH는 중추신경흥분제(central nervous system stimulant)로서 각성 상태 유지, 집중력과 주의력 향상과 같은 인지 기능 향상과 밀접한 관련이 있다. 만일 MPH를 복용한 사람들의 인지 기능들이 향상된다면 그들은 보다 쉽게 장시간 효율적으로 학습에 몰두할 수 있을 것이다. 그리고 이 가정이 사실이라면 MPH는 시험 성적의 향상에 도움을

줄 것이다. 더 나아가 높은 성적이 상위권 대학 진학에 유리하게 작용한다는 점을 감안한다면 MPH는 경쟁적인 사회 환경에서 우위를 차지하기 위한 위치재(positional goods)로서 기능할 것이다.

신경 향상을 위해 MPH를 사용하는 행위는 사회경제적 성공을 최고의 가치로 생각하는 사회·문화적 맥락과 분리해서 생각할 수 없다. MPH가 경쟁 사회에서 도움이 된다고 간주된다면 신경 향상은 쉽게 사라지지 않을 것이다. 실제로 북미와 서유럽 국가들에서는 이미 수십 년 전부터 일부 대학생들이 MPH를 복용하고 학습과 근무에 임하면서 사회 문제가 되고 있다[2]. 각국의 보건의료당국은 의학적 치료 이외의 MPH 복용을 약물 남용으로 규정하고 있지만 학교나 회사에 신경 향상 약물에 대한 별도의 규정은 없으며 이들 기관들에 소속된 사람들 중 일부는 경쟁에서 우위를 차지하고 싶은 욕망을 이기지 못하고 약물을 복용한다.

약물을 사용한 신경 향상은 보건의료 및 법적 차원에서뿐만 아니라 윤리적·철학적·사회적 차원에서도 다양한 문제들을 유발할 수 있다. 그래서 북미와 서유럽 국가들에서는 1980년대 중반부터 향상에 관심을 가진 다양한 분야의 학자들은 인지 향상이 개별 인간과 사회 전반에 끼치는 영향에 대해 다각도로 논의해 왔다[3]. 우리나라의 생명윤리학자들과 철학자들도 2000년대 중반부터 두 가지 관점에서 향상에 관한 윤리적 고찰을 하였다. 하나는 유전자 조작으로 인간의 표현형을 향상시키는 시도에 대한 언급, 우려, 그리고 윤리적 수용가능성에 관한 검토를 하였고[4], 다른 하나는 유전적 향상 이외의 향상 수단, 특히 신경 향상에 관한 생명윤리학적·철학적 논의를 하였다[5].

국내외의 신경 향상 담론에서 모든 학자들은

향상 기술의 안전성이 가장 중요하다는 것에는 원칙적으로 동의하고 있다[6]. 그러나 2000년대까지 안전성에 대한 실질적인 검토는 거의 이루어지지 않았으며 그 결과 신경 향상 담론은 선결 문제 요구의 오류를 범한 채 진행되었다. 구체적으로 MPH 등의 신경 향상 약물들이 사람들이 폭넓게 사용하기에 충분할 정도로 안전하고 효능이 있는지에 대한 정확한 정보가 부재한 상태에서 일부 향상 찬성론자들은 신경 향상 약물이 개인과 사회에 유익하다고 미리 전제하면서 약물들의 전면적인 허용을 주장하였던 것이다[7].

그러나 약물의 안전성은 약물 복용자의 건강과 생명과 직결되는 사안이므로 윤리적으로 가장 먼저 고려해야 할 사항이다. 그래서 2000년대 후반부터 엄밀한 근거 중심 연구(evidence-based research)로 신경 향상 약물들이 건강한 사람들에게 실제로 충분한 신경 향상 효과가 있는지, 그리고 이득(benefit)과 위험(risk) 비중은 어느 정도인지 가늠해보자는 주장이 제기되었다[2]. 어떤 약물도 전혀 위험이 없을 수는 없기 때문에 신경 향상 약물들이 안전하다는 것은 유용한 신경 향상 효과의 발생 가능성이 위험하거나 원치 않는 작용의 발생 가능성에 비해 더 높다는 것을 의미한다. 즉 향정신성 약물을 신경 향상을 목적으로 사용하여 발생하는 이득과 위험의 관계가 수용할 만하면 안전하다고 판단할 수 있다. 본 연구는 MPH, 암페타민(amphetamine), 모다피닐(modafinil)에 초점을 맞춰 이 약물들이 어떤 신경 향상 효과와 위험을 안고 있는지 논의하려고 한다. 세 가지 향정신성 약물들은 영미권과 서유럽에서 널리 사용될 뿐만 아니라 우리나라에서도 신경 향상 용도로 사용되는 추세가 증가하고 있어 안전성에 대한 검토가 시급하다. 이에 본 논문은 건강한 사람들에 대한 실험을 토대로 신경 향상의 이득과 위험을 연구

한 논문들을 체계적으로 메타 분석한 연구들과 유해 사례에 관한 기존의 연구 성과들에 의존하여 신경 향상 약물들의 실제 이득과 위험을 비교 검토할 것이다.

## II. 메틸페니데이트의 안전성

### 1. 메틸페니데이트의 신경 향상 효과

뇌의 도파민 뉴런과 노르에피네프린 뉴런은 신경전달물질인 도파민(dopamine, DA)과 노르아드레날린(noradrenaline, NA)을 시냅스(synapse)로 방출한다. 시냅스 후 뉴런에 있는 DA 수용체와 NA 수용체가 방출된 DA와 NA를 받아들이면 시냅스 후 뉴런은 흥분하여 활동전위(action potential)를 유발한다. 이 작용은 DA 경로와 NA 경로가 있는 뇌 영역들 전체에 걸쳐 일어나면서 다양한 심리적 상태들을 유발하는데, 그 중에는 각성(arousal), 집중(attention), 경각(vigilance) 등이 있다. 시냅스로 방출된 DA와 NA는 시냅스 전 뉴런으로 재흡수되면서 신경화학적 상태는 이전으로 되돌아간다. 그러나 MPH는 DA와 NA의 재흡수를 억제함으로써 시냅스에 DA와 NA가 더 오랫동안 남아 있도록 유도하여 신체 내부에서 DA와 NA는 높은 수준을 유지하게 된다. MPH는 ADHD 아동들의 집중력과 주의력을 높여 사회적 규율을 지키고 학업 수행 능력을 향상시키는 데 도움을 준다고 알려져 왔다.

그러나 MPH가 모든 사람들의 인지 기능을 향상시키는지는 지금까지 분명하게 밝혀지지 않은 채 MPH의 오남용이 지속되고 있다. 이에 2000년대에 근거 중심 의학과 이에 기반을 둔 근거 중심 연구가 영미권과 서유럽에 정착되면서 2010년대부터 인지 향상에 관한 체계적인 연

구들이 출간되고 있다. 이 연구들은 지금까지의 무작위 대조군 시험(randomized controlled test, RCT)들을 종합하여 체계적으로 고찰한 메타 분석으로 MPH를 포함한 향정신성 약물들의 인지 향상 효과를 검토하고 있다.

2010년에 독일의 정신의학자 Repantis 등[1]은 처음으로 신경 향상에 관한 메타 분석을 시도하였다. 그들은 MPH가 대중들에게 알려진 것처럼 인지 기능에만 영향을 끼친다고 단정짓지 않고, 동기나 정서 등 다른 심리적 속성들에 끼치는 영향들까지 광범위하게 조사하였다. 한 차례 MPH가 투약된 연구들에서 기억 향상 효과가 나타났으나, 기분(mood)이나 동기, 그리고 ADHD 환자들에게 향상 효과가 있는 주의력과 실행 기능에는 어떤 효과도 관찰되지 않았다[1]. 수면이 박탈된 상태에서 한 차례 MPH가 투약한 경우에는 어떤 효과도 발견되지 않았으며, 반복 MPH 투약 연구에서도 수면 박탈 여부와 상관없이 각성을 비롯한 어떤 심리적 속성들에도 긍정적인 효과가 없었다[1].

2013년에 Kara와 Kaminer [8]는 ADHD를 앓지 않는 평균 12~24세의 미성년자와 젊은 성인들을 대상으로 시험한 무작위, 이중맹검, 위약 통제군 시험들을 수집·분석하였다. 이 메타 분석은 MPH가 인지 향상 효과를 낳을 것이라는 시험 대상자들의 기대가 도취(high), 지적 에너지 증대와 같은 주관적인 느낌의 변화로 이어진다는 점을 포착한다. 앞선 고찰에서 Repantis 등[1]은 MPH가 인지 향상에 도움이 될 것이라는 약물 복용자들의 믿음이 인지 향상이 실제로 나타난 것처럼 느끼게 해 주었을 것이라고 추측했는데, Kara와 Kaminer [8]의 분석은 레판티스의 생각이 타당하다는 것을 보여준다. 그러나 이 분석은 MPH가 일시적으로 서술 기억(declarative memory), 인지적 유연성(cognitive

flexibility) 등을 향상시킨다는 것을 밝히면서 Repantis 등[1]의 고찰과 달리 MPH의 각성 효과를 지적하였다[8].

## 2. 메틸페니데이트의 위험

MPH의 신경 향상에 관한 체계적 고찰은 심각한 부작용들을 밝혀내지 못했다[1]. 대부분의 실험들은 수일에서 수주일 동안 이루어졌기 때문에 지속적인 MPH의 사용이 인체에 어떤 영향을 끼치는지 알 수 없다. 그래서 MPH의 위험에 대한 정보는 ADHD 환자들의 유해 사례 보고와 MPH의 신경생물학적인 작용 기전에 관한 연구들에 의존하는데 주로 중독이라는 문제에 초점이 맞춰져 있다. 거의 모든 중독성 약물들은 복용 시 뇌의 보상 체계를 자극하여 높은 수준의 도파민을 방출한다. 높은 수준의 도파민의 도취나 쾌감에 자극받은 사람들은 중독성 약물들을 자주 복용하여 내성과 의존성으로 요약되는 중독에 빠질 수 있다. 이론적으로 MPH를 포함한 중추신경흥분제들도 보상 체계의 도파민 수준을 급격하게 상승시키기 때문에 중독으로 이어질 수 있다. ADHD 환자들이 MPH를 규칙적으로 복용하는 것은 그들이 중독에 빠질 가능성이 없기 때문이 아니라 행동 교정이라는 이득이 약물에 대한 의존성이라는 위험을 능가하기 때문이다. 만일 규칙적인 MPH 복용이 중독을 유발할 가능성이 크다면 MPH를 이용한 신경 향상은 윤리적으로 수용될 수 없을 것이다.

그러나 신경생물학적 원리상 MPH가 의존성을 유발할 가능성은 있지만, 헤로인이나 코카인과 같은 강한 마약(hard drug)처럼 매우 강력한 의존성을 동반하는 물질들과 동일하게 간주하기에는 의문의 여지가 있다. Nutt 등[9]은 정신의학자, 화학자, 약물학자, 법의학자, 경찰 등

다양한 분야의 전문가들에게 자문을 받아 MPH를 포함한 향정신성 약물들이 인체에 끼칠 수 있는 해(harm)를 정리하였다. 이 연구는 20가지 물질들의 위험을 신체적 해(physical harm), 의존성(dependence), 사회적 해(social harm)으로 구분하고 무해한 경우를 0점으로 가장 해로운 경우를 3점으로 간주하여 각각의 위험들을 점수화했다. MPH의 의존성 평균은 1.25로 헤로인(3.0)이나 코카인(3.0)보다 현저히 낮을 뿐만 아니라 성인들에게 합법적인 담배(2.21), 알코올(1.93)보다도 훨씬 낮은 점수를 기록하였다. 또한 MPH가 끼치는 신체적 위험과 사회적 위험도 각각 1.32와 0.97로 담배나 알코올과 비슷하거나 낮았다[9]. Nutt 등[9]의 조사는 중독을 근거로 MPH의 의학 외적인 사용을 원천적으로 차단해야 한다는 주장의 설득력을 약화시킨다. 만일 MPH가 위험하기 때문에 엄격하게 통제해야 한다면, 합법적이지만 MPH보다 더 위험한 담배와 알코올의 유통도 금지하는 것이 합리적이기 때문이다. 게다가 MPH는 지연방출 기술 유무에 따라 두 가지 형태로 구분될 수 있다. 속방형(instant release formula)은 체내 도파민 수준을 급격하게 상승시킨 후 약 3~4시간 이내에 급격히 감소한다. 속방형은 약물 농도를 지속적으로 유지하기 어렵기 때문에 내성이 생기기 쉽고 복용 초기 급격한 도파민 상승으로 인한 도취 효과로 인해 중독으로 이어지기 쉽다. 서방형(sustained release formula)은 속방형의 제한된 효능을 극복하기 위해 지연 방출 기술이 적용되어 8~12시간 동안 효과를 유지한다. 국내에는 콘서타 오로스(Conerta Oros; Janssen Pharmaceuticals, Titusville, NJ, USA), 메타데이트 CD (Metadate CD; Unither Manufacturing LLC, New York, NJ, USA) 등의 제품들이 출시되어 있다. 서방형은 지속적으로 약

물의 농도가 일정하게 유지되기 때문에 내성을 야기하지 않으며 중독 가능성은 매우 낮다[10]. 현재 ADHD 치료를 위한 MPH 약물들은 대부분 서방형이며 신경 향상도 서방형을 복용하는 형태일 가능성이 높다.

### III. 암페타민의 안전성

#### 1. 암페타민의 신경 향상 효과

암페타민은 1930년대 일본에서 흥분제로 개발되었으며 현재 미국에서는 암페타민 계열 약물인 텍스트로암페타민이 ADHD 치료제로 사용 중이다. MPH가 DA와 NA의 재흡수만을 억제하는 반면에 암페타민은 DA와 NA의 재흡수 억제뿐만 아니라 이들 모노아민 신경전달물질들의 불활성화와 분해에 필수적인 효소인 모노아민 옥시다제(monoamine oxidase, MAO)를 억제한다. 그래서 DA와 NA를 담은 소포체들이 매우 활발하게 작용하면서 시냅스에 다량의 DA와 NA를 방출하는데, 이는 중추신경계를 극도로 흥분시킨다. 암페타민의 생물학적 작용기전은 암페타민이 MPH보다 강력한 신경 향상 효과를 유발하지만 동시에 더 심각한 부작용을 낳을 가능성이 있음을 시사한다.

Kara와 Kaminer [8]의 메타분석에 따르면 암페타민은 각성, 반응 시간 단축, 경각 향상, 주의력 지속 등의 효과를 유발하였다. 특히 기억 응고화(memory consolidation)에 영향을 끼쳐 기억한 지식을 획득하고 다시 회상하는 능력에 기여한다. 학습 이전에 복용된 암페타민은 1~3일 이후 학습한 정보를 회상하는 능력을 현저히 향상시키며 정보의 재인(recognition)은 학습 후 1주일 뒤에 극대화될 수 있다. 또한 암페타민은 특정 과제를 수행할 때 피로를 감소시키고,

과제 시간이 연장되더라도 약물을 투여하지 않는 경우보다 오랫동안 주의력을 유지하는 데 영향을 주었다[8]. Ilieva 등[11]이 수행한 연구는 암페타민이 낮은 기저선(baseline)에 속한 피시험자들의 단어 회상, 수렴적 창조성, 비 언어지능을 보완하지만 모든 피시험자들의 전반적인 인지 기능들이 향상되지는 않는다는 결론을 내렸다. MPH 복용자들과 유사하게 암페타민 복용자들도 실제보다 과장된 인지 향상 효과를 보고하였는데, 피험자들이 암페타민의 각성 효과와 다른 인지 향상 효과를 구분하지 못했기 때문에 풀이된다[8]. 즉 암페타민은 객관적인 인지 기능 이외에도 기분, 주관적 자기 평가, 자신감에 긍정적인 영향을 끼친다.

## 2. 암페타민의 위험

암페타민의 신경 향상 효과는 MPH보다 강력한 것으로 보이며 경각과 주의의 향상이 일부 기억 영역들의 향상이라는 2차적 효과로 이어지기 때문인 것으로 보인다[12]. 그러나 암페타민의 생물학적 작용 기전은 세 가지 문제들을 유발할 수 있다. 다량의 암페타민을 복용할 경우 갑작스러운 DA 증가로 심한 흥분(rush)이 야기된다. 이 급성 중독은 인간의 자율적인 결정과 행위에 필수적인 의지 능력(volitional capacity)을 없애 공격성, 충동성, 조증 등을 유발할 수 있다[13]. 또한 MAO 기능장애와 결부된 여러 가지 질병들은 암페타민이 MAO 효소를 억제할 경우 어떤 결과로 이어질지를 암시해준다. MAO 기능장애는 우울증, 조현병(schizophrenia), 물질남용 장애, ADHD 등과 상관관계에 있다[13]. 암페타민은 ADHD처럼 너무 많은 MAO를 가진 사람들에게는 효과적이지만 조현병에 취약한 너무 적은 MAO를 가진 사람들에게는 심한

정신병적 삽화(psychotic episodes)들을 유발할 수 있다. 암페타민을 꾸준히 사용할 경우에 암페타민 정신병이 나타날 수 있으며 환시·환청·환각·편집성 망상 등 정서적 이상 각성 상태가 지속된다. 마지막으로 암페타민은 금단 증상을 야기하여 중독에 이를 수 있다. 암페타민을 다량으로 반복 투여한 사람은 쉽게 도취감에 빠지지만 뇌 내 DA와 NA 수준이 급격히 감소하면서 극심한 무기력과 우울증에 시달리게 된다. 암페타민을 다시 투약하면 심리적인 위축감에서 벗어날 수 있기 때문에 암페타민 사용자는 이 약물에 쉽게 의존할 수 있다. Nutt 등[9]의 정량적 연구에서 암페타민의 신체적 위험(1.81), 의존성(1.67), 사회적 위험(1.50)은 MPH(1.32, 1.25, 0.97)나 담배(1.24, 2.21, 1.42)보다 대체로 더 높은 것으로 평가되었다.

## IV. 모다피닐의 안전성

### 1. 모다피닐의 신경 향상 효과

1998년에 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA)은 모다피닐을 최초의 기면증(narcolepsy) 치료제로 승인하였다. 모다피닐의 정확한 작용 기전은 지금도 완전히 밝혀지지 않았지만, 시판 초기 이 약물은 뇌의 시상하부(hypothalamus)에 선택적으로 각성 호르몬인 히포크레틴(hypocretin)의 방출을 자극하는 것으로 알려져 있었다. 따라서 모다피닐은 인체에 매우 강력한 각성 효과를 유발하며 대낮에 갑작스러운 잠에 빠져 일상생활에 곤란을 겪는 기면증 환자들에게 매우 유용하다. 한편 이 약물이 기면증과 같은 신경질환을 앓는 사람들 이외에 정상적인 사람들의 수면도 억제하는 것으로 알려지면서 미국과 프랑스에서는 군

사적 임무 수행을 위해 시험적으로 군인들에게 복용시켰다. 2000년대에는 약물의 각성 효과를 믿은 항공기 조종사나 의사 등 야간 근무를 자주 하는 직업군을 중심으로 민간에서도 모다피닐이 암암리에 사용되고 있으며, 각성 이외의 다른 인지 기능 향상 효과도 있다고 믿는 일부 학생들에게는 새로운 ‘공부 잘하는 약(smart drug)’으로 인식되고 있다. 최근 우리나라를 포함한 여러 국가의 사회 일각에서 모다피닐을 MPH를 대체할 수 있는 새로운 신경 향상 약물로 간주되고 있으므로 모다피닐의 신경 향상 효과와 위험 정도를 시급히 파악해서 대중들에게 전달할 필요가 있다.

2010년에 Repantis 등[1]은 MPH와 함께 모다피닐이 어떤 신경 향상 효과를 유발하는지 조사하였다. 그들은 여러 연구들의 시험 조건들을 수면이 박탈된 상태와 그렇지 않은 상태로 구분하였고, 두 조건은 각각 약물이 한 번만 투약된 경우와 반복 투약된 경우로 다시 나누어졌다. 첫째, 수면이 박탈되지 않은 상태에서 한 번 약물이 투약된 연구들에서는 주의 향상 효과가 발견되었다. 둘째, 수면이 박탈되지 않은 상태에서 반복 투약된 연구들은 기분에 유의미한 변화가 관찰되었는데, 긍정적 자신감과 불안과 같은 부정적 감정이 동시에 나타났다. 셋째, 수면이 박탈된 사람들에게 실시된 연구들은 상당한 인지 기능 향상 효과들을 보여주었다. 약물이 한 번 투약된 경우 잠을 자지 않아도 일정 시간 실행 기능들이 향상되거나 유지되었고, 기억 향상 효과도 발견되었다. 모다피닐의 본래 목적에 맞게 각성 효과는 매우 강력했다. 수면 박탈 기간 동안 피시험자들은 평소와 다를 바 없는 각성 상태를 지속적으로 유지하였다. 그러나 주의나 기분에 대한 유의미한 결과는 나타나지 않았다. 넷째, 수면이 박탈된 피시험자들에게 약물이 반복 투

약된 연구들에서는 강력한 각성 효과만이 관찰된 반면에 실행 기능과 주의에 대한 유의미한 변화는 나타나지 않았다. 요약하면, 수면 박탈 상태에서 한 차례의 모다피닐 투약은 인지 향상 효과를 준 반면에 반복 투약에서는 각성 효과만이 지속되었다. 그러나 시험 참여자들이 실제보다 과장하여 인지 향상 효과를 보고한 연구가 발견되었기 때문에 레판티스 등은 MPH처럼 모다피닐도 사용자에게 주관적인 인지 향상을 느끼도록 만드는 것은 아닌지 의심하였다. 또한 그들은 모다피닐에 대한 대부분의 연구들은 군대가 주관하였고 피시험자들이 군인들로 구성되었기 때문에 사회의 일반적인 모집단(population)을 대상으로 기존 시험들의 결과를 재현하는 시험들이 이루어져야 한다고 지적하였다[1].

2013년에는 Kara와 Kaminer [8]가 MPH와 암페타민과 더불어 모다피닐이 평균 12~25세 연령의 사람들에게 어떤 인지 향상 효과를 유발하는지 체계적 고찰을 시도하였다. 모다피닐은 수면이 박탈되지 않은 상태에서 주의 전환 과제에 참여한 피시험자들의 수행 능력을 향상시켰을 뿐만 아니라 수면 박탈 상태에서도 강력한 각성 효과를 유발하면서 여러 인지 과제의 원활할 수행에 영향을 끼쳤다. 텍스트로암페타민, 카페인, 모다피닐을 비교한 연구에서 모다피닐 복용 집단은 다른 집단들에 비해 오류를 적게 범했고, 문제 해결 전략을 성공적으로 전환하는 능력이 향상되었으며, 문제를 해결하는 과정에서 충동성이 감소하였다[14]. Kara와 Kaminer [8]는 모다피닐이 각성 효과뿐만 아니라 계획 능력 향상, 작업 기억 향상, 반응 억제, 정확한 의사 결정, 정확한 추론, 충동성 감소 등에도 효과가 있다는 결론을 내리면서도 모다피닐 복용자들이 자신들의 인지 능력들을 과대평가하는 경향을 지적하였다.

Franke와 Lieb [12]의 연구는 모다피닐에 관한 가장 최근의 RCT들을 종합하였다. 정상적인 수면을 취한 건강한 사람들에게 모다피닐은 각성, 집중, 기억, 기분, 주의 등 인지 기능들에 대한 유의미한 효과는 없었지만 반응률(reaction rate)은 향상된 반면에, 수면 박탈 시험들에서는 각성, 집중, 반응률이 상당히 향상되었다. Franke와 Lieb [12]은 Kara와 Kaminer [8]와 달리 모다피닐의 인지 향상 효과는 미미한 수준이라는 결론을 내렸다. 그들은 모다피닐 400 mg, 암페타민 20 mg, 카페인 600 mg의 신경 향상 효과를 검증한 연구들에서 세 약물 사이의 본질적인 차이를 발견하지 못했으며 위험-이득 비를 고려한다면 카페인이 가장 안전한 대안이라고 평가하였다.

## 2. 모다피닐의 위험

모다피닐에 대한 메타분석들은 수일에서 수주에 걸친 실험들에서 참여자들이 실험을 단념할 만큼 심각한 유해 반응들이 일어나는 현상을 발견하지 못했다[1]. 그리고 2000년대 후반까지 모다피닐은 뇌의 시상하부에만 선택적으로 작용하므로 비교적 안전하다는 인식이 지배적이었기 때문에 신경 향상을 옹호하는 학자들은 모다피닐을 중독 가능성이 없으면서 효과적인 새로운 신경 향상 약물로 기대하였다.

그러나 모다피닐의 뇌 작용 기전에 관한 2009년의 연구는 이 약물도 다른 중추신경흥분제들 처럼 중독에서 완전히 자유로울 수 없다는 사실을 밝혀내었다. Volcow 등[15]은 23~46세의 건강한 성인 10명을 세 집단으로 나누어 각각 위약, 200 mg의 모다피닐, 400 mg의 모다피닐을 투약하고 양전자 방출 단층촬영술(positron emission tomography)로 시험 참여자들의 두

뇌 내 신경전달물질들의 활동을 측정하였다. 실험 결과 모다피닐 복용자들의 DA 수준이 급격하게 높아졌으며 특히 측핵(nucleus accumbens)에서의 DA 증가가 두드러졌다[15]. 중독과 정신병을 야기할 수 있는 항정신성 약물들은 예외 없이 중변연계의 도파민 경로(mesolimbic dopamine pathway)를 따라 측핵(nucleus accumbens)의 DA를 급격히 증가시킨다. 고용량의 반복적인 모다피닐 복용도 같은 작용을 유발하므로 이론적으로는 모다피닐은 의존성과 정신병을 유발할 수 있다. 이 연구 이후에 2010년 유럽 의약품청(European Medicines Agency)과 FDA는 모다피닐의 적응증을 기면증에만 제한했고 2011년 우리나라 식품의약품안전처도 같은 조치를 취했다. 그러나 모다피닐 남용과 중독 간의 관계는 최근에야 연구가 시작되었으며 모다피닐이 담배나 알코올과 같은 합법적인 항정신성 물질들이나 MPH나 암페타민과 같은 잠재적 신경 향상 약물들과 비교해서 얼마나 위험한지 알 수 있는 정량화된 자료는 없다.

## V. 윤리적 함의

약물을 이용한 인지 향상(pharmaceutical cognitive enhancement)에 대한 관심은 지식 인들과 일반 사람들 사이에 각각 전혀 다른 의도에서 출발하였다. 트랜스휴머니스트들을 위시한 서구의 일부 지식인들이 복지(well-being)라는 인간의 보편적인 이상을 위해, 인간의 생물학적 한계를 극복하기 위한 방편으로 항정신성 약물 등을 활용한 향상을 지향하였다면, 서구의 일부 사람들은 학습과 업무 효율을 향상시켜 사회경제적 지위를 향상하려는 수단으로 약물을 활용하였다.

인지 향상에 대해 트랜스휴머니스트들과 일부



대중들 사이에 출발점은 달랐지만, 최근에 과학 기술의 진보와 이의 윤리적 함의에 관한 관심의 증대는 인지 향상이라는 문제에 관한 대중과 지식인 간의 거리감을 사라지도록 만들었다. 인지 향상에 관한 학술적 담론은 사변적인 논의에 머물지 않고 신경 향상을 선호하는 대중들의 이해 관계를 실제 정책으로 반영하자는 주장으로 이어지면서, 실제 현실에서 약물을 이용한 인지 향상이 대중들에게 어떤 영향을 끼칠지 고려되기 시작했다.

약물을 사용한 인지 향상의 전면적인 허용을 원하는 학자들과 이에 반대하는 학자들의 주요한 논쟁점은 크게 다음과 같이 대별될 수 있다; 부정행위, 자연법칙 위배, 불평등, 강압, 안전성이다[16].

많은 사람들은 일부에서 신경 향상 약물을 사용하여 학교 및 업무 성적을 올린다면 다른 사람들을 속이는 불공정한 부정행위라고 생각한다. 이에 대해, 현재 신경 향상 약물 사용을 규율하는 어떤 규칙도 존재하지 않으며, 모든 사람들에게 신경 향상을 할 수 있는 자유를 부여하면 문제는 해결된다고 논박할 수 있다[17]. 그러나 신경 향상 약물의 사용이 부정행위라는 강한 직관을 고수하는 사람들은 탁월한 업적은 노력과 고통을 통해 얻을 때만이 가치가 있으며 약물로 이 과정을 회피하는 사람들은 인내나 절제와 같은 훌륭한 덕들로 이루어진 인격(character)을 개발할 기회를 잃어버릴 것이라고 지적한다[18]. 그러나 약물은 단어 외우기와 같은 단순한 일을 끝내는 데는 도움을 줄 수 있지만 시험 성적 향상과 같은 더 높은 목표를 성취하기 위해 여전히 인내와 절제 등이 동반된 노력은 필수적이다. 또한 약물 사용으로 단어 외우기와 같은 비교적 단순한 일을 쉽게 하는 동시에 작문과 같은 더 가치 있는 일에 시간을 투자할 수 있으며 이 과정

에서 중요한 덕들을 배울 수 있다고 논박한다.

자연의 섭리에 어긋나기 때문에(unnatural) 신경 향상 약물의 사용을 비판적으로 바라보는 사람들도 있다. 이들의 생각은 약물 사용과 사용자들에 대한 직관적인 혐오감에서 비롯되지만 이 근거가 보편적인 설득력을 가지려면 이 근거를 합리화할 수 있는 추가적인 근거들이 필요하다. 또한 신경 향상이 자연의 섭리에 어긋나는지가 분명하지 않으며 설사 그렇다 하더라도 도덕적으로 거부되거나 제한될 수도 없다는 점을 보여준다[19]. 예를 들어, 정상(normalcy), 적합함(suitability), 인간의 본성에 부합함, 익숙함 등은 모두 자연스러움이라는 개념에 포함되는 속성들이지만, 신경 향상이 이들 속성들을 위반한다고 보기 어려우며 설사 그렇다하더라도 신경 향상을 도덕적으로 수용될 수 없다는 충분조건을 갖추기 어렵다.

그리고 신경 향상 약물이 대중화될 경우에 이 약물에 쉽게 접근할 수 있는 사람들과 그렇지 못한 사람들 간의 인지적 격차가 생길 것이며 이 격차는 궁극적으로 사회경제적 격차로 이어짐으로서 계층 간 불평등을 심화시킬 것이라는 우려도 제기되고 있다[20]. 이러한 불평등 논쟁에서 일부 학자들은 모든 성인들에게 약물에 대한 동등한 접근을 허용하는 정책을 실천한다면 간단히 해결될 수 있을 것이라고 주장한다. 그리고 신경과학 연구들에 따르면, 인지 기능이 낮은 사람들에게 중추신경자극제들은 최적의 효과를 보이는 반면에 인지 기능이 높은 사람들에게 이 약물은 효과가 낮거나 역효과를 보이는 것으로 드러났다[21]. 현존하는 약물들은 오히려 사람들 간의 인지적 격차를 줄이는 데 기여하므로 약물에 대한 동등한 접근권만 보장된다면 불평등의 발생 가능성은 매우 낮은 것으로 보인다.

인지 향상의 허용에 관한 또 다른 논쟁점은 이

약물들이 건강에 위협을 줄 수 있다는 안전성과 강압의 문제이다. 이 문제들을 풀어나가기 위해서는 사변적 논의보다는 근거 중심 접근을 통한 위험-편익 평가와 강압에 의한 약물 사용을 예방할 수 있는 정책 구상이 필요하다[2]. 향정신성 약물들이 실제로 어떤 신경 향상 효과가 있는지를 고려하는 체계적인 논의가 근거 중심 접근을 통해서 이루어지기 시작했다. 근거 중심 접근에 근거한 연구들은 주로 MPH, 암페타민, 모다피닐이 위험을 감수할 만큼 충분한 신경 향상 효과가 있는지에 초점을 맞추고 있다.

MPH의 신경 향상 효과는 대중들에게 알려진 것보다 매우 제한적이다. 일부 심리적 속성들에 대한 유의미한 향상 효과들은 일시적이거나 일회적이므로 MPH의 규칙적인 사용이 전반적인 인지 기능의 향상으로 이어질 것 같지 않다. 그러나 신경과학자 Farah [22]가 지적한 바와 같이 작은 효과는 효과가 전혀 없다는 것을 의미하지 않으므로 미세한 차이로 성패가 갈리는 경쟁적 환경에서 약간의 우위를 점하기 위해서라도 MPH가 사용될 가능성이 있다. 그런데 성적과 학업 수행 척도들에 관한 MPH의 효과를 탐색한 연구는 거의 없기 때문에 MPH의 인지 기능 향상 효과가 학업 수행 능력의 향상으로 귀결되는지 단언할 수 없다[8]. 그러나 많은 MPH 사용자들이 자신의 인지 기능이 향상된다는 주관적인 느낌을 보고하였다[8]. 이 현상은 MPH가 인지 향상 효과를 유발할 것이라는 피시험자들의 믿음 때문이거나[1], 약물의 도취나 각성 효과가 피시험자들에게 심리적 자신감을 심어주기 때문으로 풀이된다[8].

MPH의 위험에 관한 연구들은 MPH를 마약류로 지정한 정책에 의문점을 던진다. MPH는 담배나 알코올보다 위험하지 않으며 MPH 중주로 상용되는 서방형 제제의 위험 정도는 더욱

낮다. 그러나 MPH의 신경 향상 효과는 MPH 복용에 수반되는 위험을 상쇄할 만큼 크지 않다. MPH가 서술 기억, 공간 과제 수행 능력 등을 향상시키지만 익숙한 인지 과제 수행 능력을 감소시키는 등의 역효과도 유발한다는 보고[8]는 MPH의 사용이 전반적인 인지 기능 향상과는 무관하다는 인상을 준다. 즉, MPH의 이득은 향상을 의도하는 사람들의 기대에 크게 미치지 못하는 반면에 MPH의 위험은 우리나라의 보건의료당국이 예상하는 것만큼 심각하지는 않지만 분명히 존재한다. 그리고 MPH는 사용 당사자들에게 인지 기능이 향상된다는 주관적인 자신감을 심어주므로 앞으로도 신경 향상의 용도로 이 약물이 계속 사용될 가능성은 매우 높다. 이러한 점에서 MPH를 신경 향상 용도로 사용하는 것에 대해서 정책 당국자의 적절한 조치가 필요하다고 생각한다. 정부는 MPH의 부작용만을 강조하는 정책을 펼치기보다는 실제 신경 향상 효과에 관한 정보를 대중들에게 정확하게 전달함으로써 MPH의 오남용을 감소시킬 수 있다고 생각한다.

암페타민은 MPH보다 신경 향상 효과가 더 큰 것으로 드러났지만, 이 약물은 위험 수준은 MPH보다 더 심각하고 명백하므로 의학 외적인 용도뿐만 아니라 의학적 용도로도 이 약물의 사용은 제한되어야 한다. 10 mg 이하의 소량으로 암페타민을 사용할 경우 의존성이 생길 가능성은 매우 낮지만, 암페타민 계열의 메탐페타민(metamphetamine, 필로폰)이 저렴한 마약으로 유통되어 강력 범죄들을 유발한다는 사실은 암페타민 신경 향상이 윤리적으로 매우 문제가 많다는 것을 보여준다.

모다피닐의 효과에 대한 평가는 연구자들마다 엇갈리고 있으나 지금까지 출시된 다른 어떤 향정신성 약물보다도 오랜 시간 동안 매우 강력한

각성 효과를 보인다는 사실은 명백하다. 이 약물을 통해 사람들은 장시간 무수면 상태에서 정상적인 인지 상태를 유지하면서 업무나 공부를 할 수 있다. 모다피닐은 극심한 업무 및 학습 부담을 안고 있는 개인들에게 매력적이며, 구성원들의 업무 및 임무 수행에 민감한 기업이나 군대에서도 관심을 가질 수 있다. 그러나 모다피닐의 위험 정도를 파악할 수 있는 정확한 지표는 없으며 신경생물학적으로 의존성을 유발할 수 있다는 의혹만이 제기된 상태이다. 요컨대 MPH나 암페타민과 달리 모다피닐의 경우 각성이라는 이득은 명백히 밝혀져 있는 반면에 위험에 관한 연구는 미진하다. 모다피닐의 위험-이득 비가 명백하게 드러나지 않은 상태에서 신경 향상을 위해 이 약물을 사용한다면 장기적으로 어떤 결과가 나타날지 매우 불확실하다. 그러므로 이 약물을 신경 향상에 사용하는 행위는 윤리적으로 정당화하기 어렵다. 그러나 향상을 의도하는 사람들은 정확한 정보를 모르는 상태에서 맹목적으로 기존의 향정신성 약물보다 더 안전하고 효과적인 것으로 간주하고 모다피닐을 선호할 수 있으며, 회사나 군대 등의 조직에서 구성원들에게 암묵적으로 이 약물을 강요할 가능성도 배제할 수 없다. 그래서 보건의료적인 관점에서 모다피닐은 MPH보다 훨씬 더 심각한 오남용 문제를 불러올 수 있으며, 윤리적인 관점에서도 외압에 의한 약물 사용과 같은 문제가 우려된다. 이에 모다피닐에 관한 보다 심도 깊은 위험 연구들이 시급하며 이 연구 결과들에 근거하여 모다피닐 신경 향상에 대한 명확한 정책이 구축되어야 할 것이다.

지금까지의 연구들을 종합하면 현존하는 신경향상 약물들이 위험을 감수할 만큼 강력한 신경향상 효과를 보이는지는 회의적이다. 지금까지 약물을 이용한 신경 향상에 관한 논의에서 향상

반대론자들의 논거인 자연법칙 위배, 부정행위, 불평등은 충분히 극복 가능한 것으로 보이나 안전성이라는 가장 중요한 문제를 해결하지 못한다면 이 유형의 향상은 윤리적으로 수용되기 어려울 것이다. 다만 약물들의 안전성에 관한 경험적 연구는 현재도 진행 중이며 장래에 다른 작용기전을 가진 신경향상 약물들이 나올 가능성을 배제할 수 없기 때문에 본 논문의 결론은 잠정적이며 가언적인 성격을 띠고 있다.

## VI. 맺음말

본 논문의 연구 범위는 세 가지 중추신경자극제들에 국한되었지만 앞으로 신경향상에 관한 보다 폭넓은 논의가 이루어져야 할 필요가 있다. 첫째로 다른 약물이나 기기(device)가 신경향상에 활용할 가능성을 배제할 수 없다. 최근에 심혈관계 약물인 베타 차단제 프로프라놀롤(propranolol)이 면접이나 스포츠 경기에서 평정심을 유지하기 위해 사용되고 있다. 이 약물은 적절한 진단이 동반된다면 발표나 시험을 앞두고 극심한 불안을 호소하는 수행불안(performance anxiety)을 조절하기 위해 사용될 수 있지만, 시중에서 별도의 진단 없이 무분별하게 사용되고 있다는 의혹이 제기되고 있다. 또한 신경과학 연구와 신경정신질환의 치료에 사용되는 경두개 자기 자극술(transcranial magnetic stimulation), 뇌 심부 자극술(deep brain stimulation), 미주 신경 자극술(vagus nerves stimulation)이 신경향상에도 활용될 수 있으며, 알츠하이머 질환을 앓는 노인들의 기억을 회복시키는 것을 목표로 개발이 추진 중인 미국의 뇌 임플란트(brain implant) 기술도 건강한 사람들의 기억 향상에 도움을 줄 수 있다. 둘째로 향정신성 약물의 신체적 위험과 심리적 의존성

뿐만 아니라 다른 형태의 위험들도 고려해야 한다. 신경 향상 약물은 오랜 기간 도파민 경로에 자극을 주면서 특정 인지 기능을 향상하는 대가로 다른 인지 혹은 비인지 기능들에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다[21]. 마지막으로 약물의 안전성에 관한 공식적인 평가들은 공리주의적인 위험-이득 분석(risk-benefit analysis)에 기반을 두고 있으나, 일부 대중들은 신경 향상을 달리 평가하여 위험을 기꺼이 감수할 수 있다. 전문가들과 달리 일반 사람들은 주관적인 정보 해석, 사회적인 맥락, 역사적인 맥락 등 다양한 변수들을 감안하여 위험을 인식하며 자발적이거나 통제할 수 있는 위험은 관대하게 받아들이는 경향이 있다. 전통적으로 우리나라는 시험에 합격하면 사회 지도층에 편입될 수 있는 유동적인 계층 구조를 이루고 있어 사회 구성원들 간의 격렬한 경쟁이 불가피하다. 지위 상승이라는 강력한 유인은 자발적인 신경 향상의 동기로 작용할 수 있으며 일부에서는 신경 향상에 수반되는 위험이 충분히 통제 가능한 것으로 간주될 수 있다. 앞으로 신경 향상의 안전성 문제를 보다 심도 깊게 다루기 위해서는 우리나라 특유의 사회적 맥락과 그와 맞물린 사람들의 주관적인 위험 해석까지도 감안해야 할 것이다. ㉠

## REFERENCES

- 1) Repantis D, Schlattmann P, Laisney O, et al. Modafinil and methylphenidate for neuroenhancement in healthy individuals: a systematic review. *Pharmacological Research* 2010 ; 62(3) : 187-206.
- 2) Greely H, Sahakian B, Harris J, et al. Towards responsible use of cognitive-enhancing drugs by the healthy. *Nature* 2008 ; 456(7223) : 702-705.
- 3) Schermer M, Bolt I, de Jough R, et al. The future of psychopharmacological enhancement: expectations and policies. *Neuroethics* 2009 ; 2(2) : 75-87.
- 4) 김상득. 유전적 자질 함양의 윤리적 허용 가능성. *범한철학* 2007 ; 46 : 219-244.
- 5) 이상헌. 인간 뇌의 신경과학적 향상은 윤리적으로 잘못된인가. *철학논집* 2009 ; 18 : 223-245.
- 6) 박재현. 의학적 증강의 윤리 쟁점. *한국의료윤리학회지* 2009 ; 12(4) : 351-360.
- 7) Capps B. Libertarianism, legitimation, and the problems of regulating cognition-enhancing drugs. *Neuroethics* 2011 ; 4(2) : 119-128.
- 8) Kara SB, Kaminer Y. Efficacy of stimulants for cognitive enhancement in non-attention deficit hyperactivity disorder youth: a systematic review. *Addiction* 2013 ; 109(4) : 547-557.
- 9) Nutt D, King LA, Saulsbury W, et al. Development of a rational scale to assess the harm of drugs of potential misuse. *Health Policy* 2007 ; 369(9566) : 1047-1053.
- 10) 이홍식. *임상신경정신약물학*. 서울 : (주)엠엘 커뮤니케이션, 2009.
- 11) lieva I, Boland J, Farah MJ. Objective and subjective cognitive enhancing effects of mixed amphetamine salts in healthy people. *Neuropharmacology* 2013 ; 64 : 496-505.
- 12) Franke AG, Lieb K. Pharmakologisches neuroenhancement und „hirndoping“: chancen und risiken. *Bundesgesundheitsblatt* 2010 ; 53(8) : 853-859.
- 13) Dubljević V. Prohibition or coffee shops: regulation of amphetamine and methylphenidate for enhancement use by healthy adults. *Am J Bioeth* 2013 ; 13(7) : 23-33.
- 14) Killgore WDS, Kahn-Greene ET, Grugle NL, et al. Sustaining executive functions during sleep deprivation: a comparison of caffeine, dextroamphetamine, and modafinil. *Sleep* 2009 ; 32(2) : 205-216.
- 15) Volkow ND, Fowler JS, Logan J, et al. Effects of modafinil on dopamine and dopamine transporters in the male human brain. *JAMA* 2009 ; 301(11) : 1148-1154.
- 16) 이상목, 최종현. 신경향상에 관한 윤리적 논쟁. *한국의료윤리학회지* 2013 ; 16(2) : 231-248.
- 17) Schermer M. On the argument that

- enhancement is "cheating". *J Med Ethics* 2008 ; 34 : 85-88.
- 18) Schermer M. Enhancements, easy shortcuts, and the richness of human activities. *Bioethics* 2008 ; 22(7) : 355-363.
- 19) Siipi H. Is neuro-enhancement unnatural and does it morally matter? *J Humanit Soc Sci* 2011 ; 15(2) : 188-203.
- 20) 이상목, 최종현. 약물 인지향상은 부정행위인가? *생명윤리* 2013 ; 14(2) : 1-13.
- 21) de Jongh R, Bolt I, Schermer M, et al. Botox for the brain: enhancement of cognition, mood, and pro-social behavior and blunting of unwanted memories. *Neurosci Biobehav Rev* 2008 ; 32 : 760-776.
- 22) Farah MJ. Overcorrecting the neuroenhancement discussion. *Addiction* 2011 ; 106(6) : 1190.

## Safety Issues in Neuroenhancement\*

LEE Sang Mok\*\*, CHOI Jong Hyun\*\*\*

### Abstract

Neuroenhancement refers to medical interventions through which healthy people improve their cognitive, emotional, and motivational function. Psychopharmaceutical substances—especially central nervous system stimulants including methylphenidate, amphetamine, modafinil—have recently become popular among students and night shift workers for enhancing cognitive function. Although health authorities in some countries have regarded pharmaceutical enhancement as a drug abuse issue and have issued restrictions or prohibitions, the use of stimulants remains prevalent. One reason why people use stimulants for neuroenhancement is that there is little information about the actual cognitive effects of stimulants; people using stimulants tend to rely on rumors which have not been proven scientifically. The purpose of this article is to provide objective information on the neuroenhancing effects and risks of stimulants. Although the possibility of addiction to methylphenidate has been exaggerated, meta-analysis shows this substance has only mild effects on cognition. Amphetamine has stronger effects on cognition than methylphenidate, but its use is ethically problematic since it can cause addiction and psychosis. Modafinil has strong cognitive enhancing effects and is safer than other psychoactive drugs, but recent studies show that it too can lead to addiction. Most studies point out that the effects of stimulants for neuroenhancement are benign and the risks of addiction should not be ignored. This article shows that the safety issue remains the main obstacle for legalizing the use of neuroenhancing drugs by healthy individuals.

### Keywords

enhancement, safety, risk, methylphenidate, amphetamine, modafinil

---

\* This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2014S1A5A2A01010792).

\*\* Department of Philosophy Biomedical Ethics, College of Humanities, Dong-A University: Corresponding Author

\*\*\* Science and Technology Studies, Pusan National University