

“머리에 근적외선 비쬘더니... '수면 물질' 늘었다”

GIST, 근적외선의 수면 조절 효과 확인

- 의생명공학과 김태·김재관 교수팀, 근적외선 자극 후 생쥐 뇌에서 수면 물질 '아데노신' 증가·비렘수면 증가 확인... 세포·동물·사람으로 단계적 검증
- 불면 성인 40명 예비 임상시험서 불면증 심각도·주관적 수면의 질 평가점수 감소
- 정신의학·신경과학 분야 국제학술지《Molecular Psychiatry》게재



▲ (왼쪽부터) (주)테디메디 정지은 박사(CSO), GIST 의생명공학과 김태 교수, 김재관 교수
광주과학기술원(GIST·지스트, 총장 임기철)은 의생명공학과 김태·김재관 교수 연구팀이 머리에 근적외선을 비춰 수면을 돕는 ‘경두개 광생체조절(tPBM)*’ 기술이 뇌의 수면 조절 과정에 미치는 영향을 밝히고, 불면 증상 개선 가능성을 확인했다고 밝혔다.

연구팀은 세포와 생쥐를 대상으로 근적외선이 뇌의 수면 조절 과정에 미치는 영향을 살펴보고, 불면 증상이 있는 성인을 대상으로 수면 개선 가능성을 확인했다.

* 경두개 광생체조절(transcranial photobiomodulation, tPBM): 두피 바깥에서 근적외선을 비춰 뇌 조직의 세포 활동에 영향을 주는 비침습적 광자극 기술이다.

불면은 많은 사람이 겪는 흔한 수면 문제로, 수면제나 인지행동치료 등이 사용되고 있다. 하지만 약물은 장기간 사용할 경우 의존성과 부작용이 우려되며, 인지행동치료는 꾸준한 치료 참여가 필요하고 전문 치료를 이용하기 어려운 경우도 있다.

이에 연구팀은 기존 치료법을 보완할 수 있는 새로운 비약물적 수면 관리 방법을 찾기 위해, 뇌가 본래 가지고 있는 수면 조절 과정을 활용하는 방법에 주목했다.

사람이 깨어 있는 시간이 길어질수록 뇌에는 잠을 자려는 힘인 ‘수면압력’이 높아진다. 이 과정에 관여하는 대표적인 물질이 ‘아데노신(adenosine)’이다. 아데노신은 깨어 있는 동안 뇌에 점차 쌓이면서 졸음을 느끼고 잠이 들도록 하는 데 영향을 준다.

연구팀은 아데노신을 증가시킬 수 있는 방법으로 근적외선에 주목했다. ‘근적외선’은 사람 눈에는 보이지 않는 빛으로, 두피와 두개골을 일부 통과해 뇌 조직까지 도달할 수 있으며 뇌세포의 에너지 생산을 담당하는 미토콘드리아의 활동에도 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다.

연구팀은 근적외선이 미토콘드리아의 에너지 대사를 촉진하면 세포의 에너지원인 ‘아데노신삼인산(ATP)’ 생성이 늘어나고, 이후 ATP가 분해되는 과정에서 아데노신이 증가해 잠이 들기 쉬운 상태, 즉 ‘수면압력’이 높아진 상태가 유도될 것이라는 가설을 세웠다.

이를 확인하기 위해 먼저 뇌를 구성하는 여러 종류의 세포에 근적외선을 비추는 결과, ATP가 증가하는 것을 확인했다.

이어 생쥐의 머리에 근적외선을 비추자 깨어 있는 시간은 줄고, 얇은 잠부터 깊은 잠까지 포함하는 비렘수면(NREM 수면) 시간은 늘어났다.

특히 생쥐의 뇌에서는 아데노신 농도가 높아졌고, 깊은 수면과 관련된 델타파도 증가했다. 이러한 변화는 근적외선 자극이 끝난 뒤에도 최대 3시간까지 이어졌다.

이어 불면 증상이 있는 성인 40명을 대상으로 예비 임상시험을 진행했다.

참가자를 근적외선을 비추는 ‘자극군’과 근적외선을 비추지 않는 ‘대조군’으로 무작위 배정하고, 1주일 동안 매일 밤 잠자리에 들기 전 근적외선 LED가 달린 머리띠형 기기를 착용하도록 했다. 연구자와 참가자 모두 실제 근적외선 자극군인지 대조군인지 알 수 없도록 설계했다.

자극군에는 850 나노미터(nm) 파장의 근적외선을 최대 1시간 비쬄으며, 대조군은 같은 기기를 착용하되 근적외선이 나오지 않도록 했다.

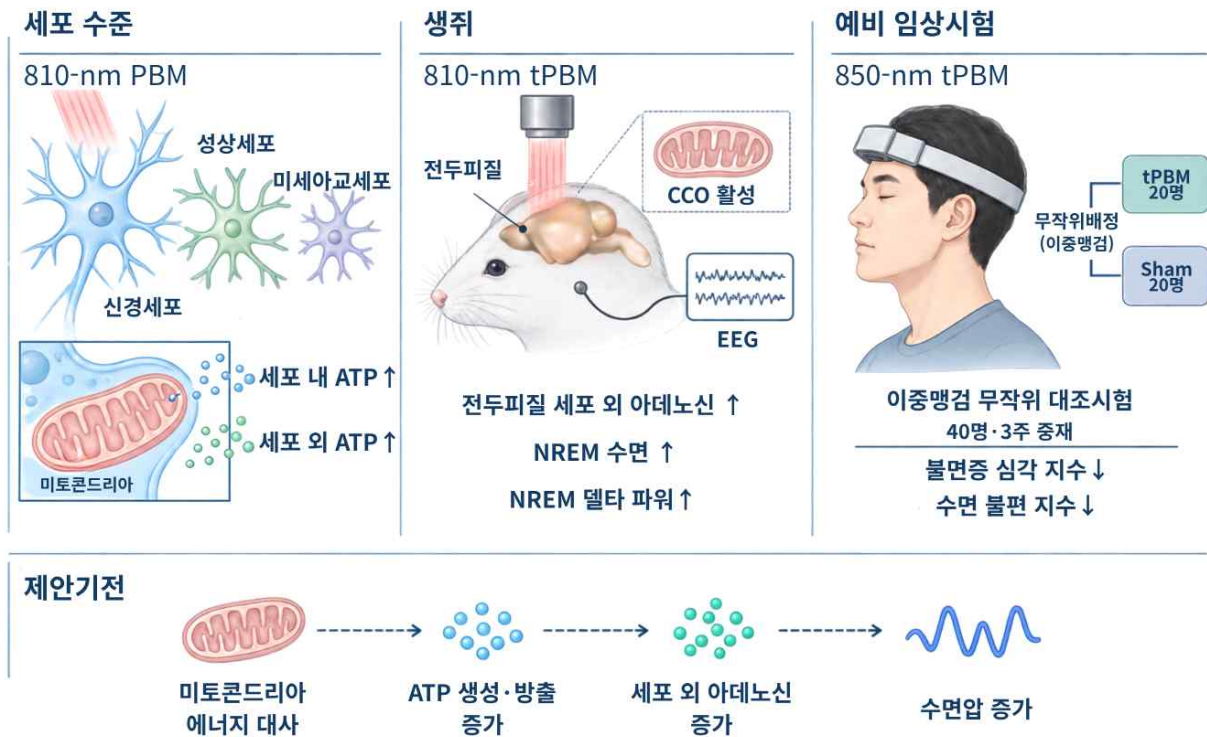
그 결과 자극군에서 참가자가 주관적으로 평가한 불면 증상과 수면의 질이 뚜렷하게 개선됐다.

자극군은 잠들기 어려움이나 수면 유지 등 불면 증상의 정도를 평가하는 ‘불면증 심각도 지수(ISI)’ 점수가 26%가 감소했고, 전반적인 수면의 질을 평가하는 ‘피츠버그 수면의 질 지수(PSQI)’ 점수도 29.6% 감소했다. 두 지표 모두 점수가 낮을수록 불면 증상과 수면 상태가 개선됐음을 의미한다.

특히 근적외선 자극군에서는 전반적인 수면 상태가 개선됐으며, 잠드는 데 걸리는 시간과 수면 중 불편함 등을 평가한 항목에서도 개선되는 양상이 나타났다.

경두개 광생체조절과 수면 항상성

세포·동물실험과 예비 임상시험



▲ **경두개 광생체조절(tPBM)의 수면 개선 효과와 제안 작동 원리.** 세포·동물실험과 사람 대상 예비 임상시험을 통해 근적외선 자극이 세포의 에너지 대사와 생쥐의 뇌 속 아데노신·수면, 사람의 불면 증상에 미치는 영향을 단계적으로 살펴본 연구의 전체 흐름을 나타낸다. (아래) 근적외선 자극에 따른 미토콘드리아 에너지 대사 활성화와 ATP 생성·방출, 세포 밖 아데노신 증가가 수면압력 변화로 이어지는 것으로 제안한 작동 원리를 보여준다.

다만 이러한 개선은 **참가자의 주관적인 평가에서 확인된 것으로**, 손목에 착용한 기기로 측정한 **객관적인 수면 지표에서는 두 집단 간 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다**. 반면 기기를 정해진 시간과 방법에 따라 착용한 참가자만을 분석한 결과에서는 기기 착용부터 잠들기까지 걸리는 시간이 약 30% 감소했다.

또한 사람에게서는 뇌 속 아데노신을 직접 측정하지 않았기 때문에, 동물에서 확인한 아데노신 증가가 사람의 수면 개선에도 같은 방식으로 관여하는지는 **추가 확인이 필요하다**.

(주)테디메디 정지은 박사(제1저자)는 “세포·동물·사람을 아우르는 단계적인 연구를 통해 근적외선 자극과 수면의 관계를 살펴봤다는 점에 의미가 있다”고 말했다.

GIST 의생명공학과 김태 교수(공동 교신저자)는 “이번 예비 임상시험을 통해 참가자가 체감하는 불면 증상과 수면의 질이 개선될 가능성을 확인했다”며 “향후 더 많

은 참가자를 대상으로 객관적인 수면 개선 효과와 장기간 사용에 따른 안전성을 검증해 비약물 수면 관리 기술로 발전시켜 나가겠다”고 말했다.

GIST 의생명공학과 김재관 교수(공동 교신저자)는 “앞으로 파장과 빛의 세기, 자극 시간과 시점 등에 따른 효과를 면밀히 살펴 적절한 광자극 조건을 구체화할 필요가 있다”며 “정밀한 광자극과 수면 측정 기술을 접목하면 개인의 수면 상태와 생체 리듬을 고려한 맞춤형 기술로 발전시킬 수 있을 것으로 기대한다”고 말했다.

김태·김재관 교수가 지도하고, 정지은 박사가 수행한 이번 연구는 ▲보건복지부 전자약기술개발사업 ▲보건복지부 K-MediST 지원사업 ▲과학기술정보통신부 뇌과학 선도융합기술개발사업 등의 지원을 받았다.

연구 결과는 정신의학 분야 국제학술지 《Molecular Psychiatry》에 2026년 9월 15일 온라인으로 게재됐으며, 9월 18일 생물학연구정보센터(BRIC)의 ‘한국을 빛내는 사람들’에 소개됐다.

논문 정보

○ 논문명, 저자 정보

- 저널명 : Molecular Psychiatry (IF: 10.4, 2025년 JCR 기준)
- 논문명 : Transcranial photobiomodulation to enhance sleep by elevating adenosine signaling: a translational study
- 저자 정보 : 정지은(제1저자, ㈜테디메디 CSO), 김재관(교신저자, GIST 의생명공학과 교수), 김태(교신저자, GIST 의생명공학과 교수)