



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0008376
(43) 공개일자 2025년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 20/70 (2018.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61M 21/02 (2006.01) G16H 10/20 (2018.01)
G16H 10/60 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01)

(52) CPC특허분류

G16H 20/70 (2021.08)
A61B 5/4806 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0088588

(22) 출원일자 2023년07월07일

심사청구일자 2023년07월07일

(71) 출원인

기초과학연구원
대전광역시 유성구 엑스포로 55(도룡동)
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
사회복지법인 삼성생명공익재단
서울특별시 용산구 이태원로55길 48 (한남동)

(72) 발명자

김재경
대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 112동 1502호
주은연
서울특별시 강남구 남부순환로 2803 104동 702호
송윤민
대전광역시 서구 만년남로3번길 70-6, 304호

(74) 대리인

특허법인 고려

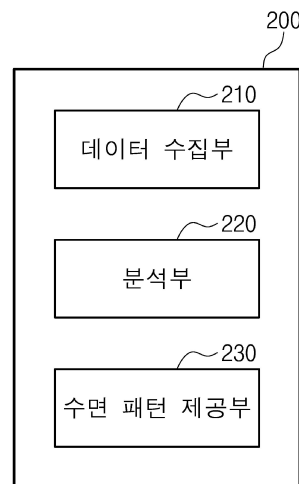
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템

(57) 요약

본 발명은 사용자의 수면 패턴 정보를 포함하는 수면-각성 데이터 및 사용자의 각성 시간 중의 각성도에 대한 정보를 포함하는 근무-각성 데이터를 수집하도록 구성된 데이터 수집부, 상기 수면-각성 상태 데이터 및 상기 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치를 추정하고, 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하도록 구성된 분석부, 상기 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하도록 구성된 수면 패턴 제공부를 포함하고, 상기 개인 맞춤형 수면 패턴은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 5/6801 (2013.01)

A61M 21/02 (2013.01)

G16H 10/20 (2021.08)

G16H 10/60 (2021.08)

G16H 50/20 (2018.01)

G16H 50/30 (2018.01)

명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 수면 패턴 정보를 포함하는 수면-각성 데이터 및 사용자의 각성 시간 중의 각성도에 대한 정보를 포함하는 근무-각성 데이터를 수집하도록 구성된 데이터 수집부;

상기 수면-각성 상태 데이터 및 상기 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치를 추정하고, 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하도록 구성된 분석부;

상기 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하도록 구성된 수면 패턴 제공부를 포함하고,

상기 개인 맞춤형 수면 패턴은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 데이터 수집부는 상기 사용자에게 부착된 웨어러블 장치를 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 분석부는 인간의 수면-각성 주기를 설명하는 생리학 기반 수학적 모델을 이용하여 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치를 추정하도록 구성된 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 분석부는 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치의 차이에 기초하여 상기 예측 각성도를 산출하도록 구성된 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 필요 주 수면은 상기 사용자의 비근무 시간 중 상기 항상성 수치 압력이 상기 생체 수면 역치보다 작은 구간을 포함하고,

상기 근무 직전 수면은 상기 필요 주 수면 이후 상기 사용자의 근무 시작 이전 구간을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템.

청구항 6

데이터 수집부에서 사용자의 수면 패턴 정보를 포함하는 수면-각성 데이터 및 사용자의 각성 시간 중의 각성도에 대한 정보를 포함하는 근무-각성 데이터를 수집하는 단계;

분석부에서 상기 수면-각성 상태 데이터 및 상기 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치를 추정하고, 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하는 단계;

수면 패턴 제공부에서 상기 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하는 단계를 포함하고,

상기 개인 맞춤형 수면 패턴은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 데이터 수집부는 상기 사용자에게 부착된 웨어러블 장치를 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 분석부에서 인간의 수면-각성 주기를 설명하는 생리학 기반 수학적 모델을 이용하여 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치를 추정하는 단계를 더 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 분석부에서 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치의 차이에 기초하여 상기 예측 각성도를 산출하는 단계를 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법.

청구항 10

제6 항에 있어서,

상기 필요 주 수면은 상기 사용자의 비근무 시간 중 상기 항상성 수치 압력이 상기 생체 수면 역치보다 작은 구간을 포함하고,

상기 근무 직전 수면은 상기 필요 주 수면 이후 상기 사용자의 근무 시작 이전 구간을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 웨어러블 기기로 수집된 사용자의 데이터에 기초하여 수학적 모델을 이용하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 제공하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현대의 24시간 사회가 전통적인 활동 시간이 아닌 시간에도 높은 주의력과 생산성을 요구함에 따라, 개인은 생체 리듬(circadian rhythm)이 낮에 자연스럽게 맞춰지는 것을 극복하고 각성을 유지하는 데 어려움을 겪고 있다.

[0003] 우리 몸의 내부 생체 시계가 빛-어둠 주기와 같은 외부 신호에 영향을 받으면 주간에는 높은 성과를 내고 야간 수면을 회복할 수 있다. 그러나 현재 24시간 사회에서 전 세계 노동 인구의 약 20%는 지속적인 인력 수요로 인해 전통적인 주간 근무 시간 외에 근무하고 있다. 또한 인공 조명 노출이 보편화되면서 일반 인구의 80% 이상이 교대 근무와 같은 생활 방식을 가지고 있다. 이는 정상적인 수면-각성 주기를 강제로 방해하여 업무 시간에는 과도한 졸음을, 업무 외 시간에는 불충분한 수면과 수면 장애를 유발한다. 불규칙한 수면-각성 주기와 불충분한 수면은 심장대사 스트레스, 면역 기능 변화, 세포 스트레스와 같은 생리적, 심리적 방어 메커니즘을 변화시켜 제2형 당뇨병, 심혈관 질환, 암과 같은 부정적인 건강 문제의 위험을 증가시킬 수 있다. 또한 수면 부족의 주요 결과인 피로와 주의력 감소는 업무 중 및 퇴근 후 운전 중 실수 및 사고의 위험을 증가시킨다.

[0004] 교대 근무자의 주의력 저하를 완화하기 위한 효과적인 개입은 근무 외 시간에 적절한 수면 시간을 예약하는 것이다. 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 야간 근무 간호사는 오후 2시 이전에 가능한 한 긴 수면을 취하고 예방적 낮잠을 자야 한다고 제안한다. 여러 연구에 따르면 야간 근무 전에 낮잠을 자면 근무 시간 동안 주의력이 향상될 수 있다고 한다. 반면에 최근 연구에 따르면 야간 근무 전에 가능한 한 늦게 수면을 취하는 것이 더 나은 적응으로 이어질 수 있다고 제안했다. 그러나 교대 근무자는 이러한 지연된 수면 전에 억지로 깨어 있어야 하기 때문에 이러한 수면은 비현실적이다. 교대 근무 중 주의력 저하를 방지하는 최적의 수면-각성 패턴은 아직 밝혀지지 않았다. 중요한 것은 개인의 수면 패턴에 관계없이 일률적으로 적용할 수 있는 최적의 개입 방법이 존재하지 않을 수 있다는 것이다.

[0005] 최근 개인의 수면 이력을 실시간으로 추적하는 웨어러블 기기의 발전으로 개인 맞춤형 수면 중재가 가능해졌다. 수면 이력을 분석하고 효과적인 개인 맞춤형 개입을 식별하는 한 가지 유망한 접근 방식은 신체의 생리적 수면 필요성을 반영하는 수면 과정과 내부 생체 시계를 기초하여 수면과 각성의 조절을 나타내는 생체 과정이라는 두 가지 주요 과정을 기초하여 각성도를 예측하는 수학적 모델을 사용하는 것이다. 예를 들어, Åkerstedt와 Vital-Lopez 등은 수학적 모델을 사용하여 업무 시간 동안 각성도를 극대화하는 동시에 업무 외 시간 동안 각성도가 낮은 긴 시간을 피하는 실현 가능한(즉, 실용적이고 달성 가능한) 최적의 수면 패턴을 식별했다. 그러나 이러한 모델은 정적인 생체 과정을 가정하기 때문에 빛 노출 패턴이 역전되어 생체 리듬이 크게 변화하는 교대 근무자에게는 부적절할 수 있다. 이러한 한계를 해결하기 위해 최근 개발된 생리학 기반 모델에서는 생체 과정에 대한 빛 노출의 영향을 통합하여 각성도를 예측한다. 그러나 이 모델은 실제 수면 시간이 아닌 모델에서 예측한 수면 시간을 기준으로 각성도를 예측하기 때문에 예측 정확도가 떨어질 수 있다.

[0006] 최근 웨어러블 기기의 발전으로 개인의 수면 이력을 실시간으로 추적하여 이러한 문제를 해결할 수 있는 개인 맞춤형 수면 개입이 가능해졌다. 이 기술을 활용하여 실시간 각성도를 정확하게 예측하고 목표 시간 동안 각성도를 극대화하고 준수할 수 있는 수면 스케줄을 추천하는 실용적이고 유연한 수면 중재 프레임워크를 개발했다. 또한 이 프레임워크를 실제 환경에서 구현하는 애플리케이션을 설계하여 기존의 주간 활동 시간 외에 생산성을 높이고 안전 위험을 줄일 수 있도록 했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 일 과제는 수학적 모델을 이용하여 사용자의 실시간 각성도를 정확하게 예측하고, 이에 따라 교대근무 시 높은 각성 상태를 유지하기 위하여 맞춤 수면 패턴을 제공하는 시스템을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 과제를 해결하기 위한 일 실시 예는, 사용자의 수면 패턴 정보를 포함하는 수면-각성 데이터 및 사용자의 각성 시간 중의 각성도에 대한 정보를 포함하는 근무-각성 데이터를 수집하도록 구성된 데이터 수집부, 상기 수면-각성 상태 데이터 및 상기 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치를 추정하고, 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하도록 구성된 분석부, 상기 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하도록 구성된 수면 패턴 제공부를 포함하고, 상기 개인 맞춤형 수면 패턴은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템을 포함한다.

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위한 일 실시 예는, 데이터 수집부에서 사용자의 수면 패턴 정보를 포함하는 수면-각성 데이터 및 사용자의 각성 시간 중의 각성도에 대한 정보를 포함하는 근무-각성 데이터를 수집하는 단계, 분석부에서 상기 수면-각성 상태 데이터 및 상기 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치를 추정하고, 상기 항상성 수면 압력 및 상기 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하는 단계, 수면 패턴 제공부에서 상기 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 개인 맞춤형 수면 패턴은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 포함하는 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법을 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 일 과제는 수학적 모델을 이용하여 사용자의 실시간 각성도를 정확하게 예측하고, 이에 따라 교대근무 시 높은 각성 상태를 유지하기 위하여 맞춤 수면 패턴을 제공하는 시스템을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1A 교대근무 간호사들에 대하여 수집된 데이터를 나타낸 도면이다.

도 1B는 교대 근무 전 총 수면 시간과 KSS 점수 사이의 상관관계가 없음을 보여주는 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 도 2의 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법을 나타낸 순서도이다.

도 4A는 도 3의 분석부에서 예측 각성도를 산출하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 4B는 본 발명의 실시 예에 따른 분석부에서 산출하는 예측 각성도와 실제 각성도 사이의 관계를 나타낸 도면이다.

도 4C는 본 발명의 수학적 모델과 3개의 프로세스 모델을 비교한 것을 나타낸 도면이다.

도 4D는 본 발명의 수학적 모델과 포스트 노바 모델을 비교한 것을 나타낸 도면이다.

도 5A 및 도 5B는 본 발명의 적응형 생체 분할 수면의 효과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 6은 사용자의 수면 이력에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 제공하는 것을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, “장치” 또는 “부”라는 용어는 본 명세서에서 설명된 기능을 제공하도록 구성된 소프트웨어, 펌웨어 및/또는 하드웨어의 임의의 조합을 지칭한다. 예를 들어, 소프트웨어는 소프트웨어 패키지, 코드 및/또는 명령 세트 또는 명령으로 구현될 수 있고, 예를 들어, 하드웨어는 하드와이어드 회로, 프로그래밍 가능 회로, 상태 머신 회로, 및/또는 프로그래밍 가능 회로에 의해 실행되는 명령어를 저장하는 펌웨어의 단일 또는 임의의 조합 또는 어셈블리를 포함할 수 있다.
- [0013] 이하에서, 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있을 정도로, 본 발명의 실시 예들이 명확하고 상세하게 기재될 것이다.
- [0015] 도 1A 교대근무 간호사들에 대하여 수집된 데이터를 나타낸 도면이다.
- [0016] 도 1A를 참조하면, 사용자가 착용하는 웨어러블 디바이스(110) 및 수면 일기(120)를 통해 각종 데이터가 수집될 수 있다. 예를 들어, 사용자는 병원에서 교대 근무하는 간호사일 수 있다.
- [0017] 일 실시 예에서, 사용자가 착용하고 있는 웨어러블 디바이스(110)를 통해 수면-각성 상태 데이터를 측정할 수 있다. 예를 들어, 수면-각성 상태 데이터는 교대근무 간호사의 활동량(검은색 그래프), 수면량(또는, 수면 패턴)(회색 영역)에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에서, 교대근무 간호사가 기입하는 수면 일기(120)를 통해 근무-각성 데이터가 수집될 수 있다. 예를 들어, 근무-각성 데이터는 교대근무 간호사의 근무 시간(주황색 영역), 교대근무 시작(파란색 화살표)과 종료(빨간색 화살표) 시점의 각성도에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 명세서에서, 각성도는 카롤린스카 졸음 척도(Karolinska Sleepiness Scale, KSS)를 의미한다. 예를 들어, KSS는 1점(매우 깨어 있음)에서 9점(매우 졸려서 잠과 싸우고 있음)까지의 단일 항목 설문지로, 7~9점은 높은 수준의 졸음을 나타낸다.
- [0020] 도 1A에서는 교대근무 간호사의 교대 근무 시작 전의 복수의 수면 패턴들에 대한 데이터가 제공된다. 교대근무 간호사의 근무 시간이 주간(오전 6시 및 오후 6시(그래프의 18) 사이)인 경우 주간 근무를 의미하고, 교대근무 간호사의 근무 시간인 야간(오후 6시 및 오전 6시 사이)인 경우 야간 근무를 의미한다.
- [0021] 도 1B는 교대 근무 전 총 수면 시간과 KSS 점수 사이의 상관관계가 없음을 보여주는 그래프이다.
- [0022] 도 1B를 참조하면, 검은색 실선은 최소제곱적합선을 나타내고, r과 p는 각각 피어슨 상관관계 계수와 피어슨 상관관계 검정의 p값을 나타낸다. 교대 근무 전 총 수면 시간은 근무 평균 KSS 점수와 유의미한 상관관계가 없었으며, 이는 수면 시간이 길다고 해서 높은 각성도가 보장되는 것은 아니라는 것을 나타낸다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템(200)은 데이터 수집부(210), 분석부(220) 및 수면 패턴 제공부(230)를 포함할 수 있다.
- [0026] 데이터 수집부(210)는 시스템 사용자 개인의 상태 데이터를 수집하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 데이터 수집부(210)는 도 1에서의 사용자에게 부착된 웨어러블 장치(110), 및 사용자가 기입하는 수면 일기(120) 중 적어

도 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 웨어러블 장치는 손목 액티그래피 장치인 Readiband를 포함할 수 있다.

- [0027] 상태 데이터는 수면-각성 데이터 및 근무-각성 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 수면-각성 상태 데이터는 교대근무 간호사의 활동량, 수면 패턴 등에 대한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 근무-각성 데이터는 교대근무 간호사의 근무 시간, 각성 시간 중의 각성도 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0028] 분석부(220)는 수면-각성 상태 데이터 및 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력(Homeostatic sleep pressure) 및 생체 리듬(Circadian rhythms)을 실시간으로 추정하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 분석부(220)는 불규칙한 수면-각성 데이터 및 불규칙한 빛 노출에 기초하여 실시간으로 동적 생체 수면 역치를 추정할 수 있다.
- [0029] 분석부(220)는 실시간으로 추정된 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출하도록 구성될 수 있다. 일 실시 예에서, 분석부(220)는 생체 수면 역치에서 항상성 수면 압력의 차이 값을 예측 각성도로 산출할 수 있다. 일 실시 예에서, 분석부(220)는 각 근무 기간의 시작과 끝에서 얻은 각성도에 기초하여 선형 혼합 효과 모델을 통해 예측 각성도를 산출할 수 있다.
- [0030] 수면 패턴 제공부(230)는 산출된 예측 각성도 및 사용자의 수면 가능 시간에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0031] 일 실시 예에서, 개인 맞춤형 수면 패턴은 적응형 생체 분할 수면(Adaptive Circadian Split Sleep, ACSS)일 수 있다. 적응형 생체 분할 수면은 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함할 수 있다. 필요 주 수면은 비근무 시간 중 항상성 수치 압력이 생체 수면 역치보다 작은 구간을 포함하고, 근무 직전 수면은 필요 주 수면 이후 근무 시작 이전 구간을 포함할 수 있다.
- [0032] 수면 패턴 제공부(230)는 분석부(220)에서 생성된 개인 맞춤형 수면 패턴을 사용자에게 실시간으로 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0033] 도 3은 도 2의 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템의 동작 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0034] 도 3을 참조하면, S310 단계에서, 데이터 수집부(210)는 교대근무 간호사들로부터 수면-각성 상태 데이터 및 근무-각성 데이터를 수집할 수 있다. 예를 들어, 수면-각성 상태 데이터는 교대근무 간호사의 활동량, 수면 패턴 등에 대한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 근무-각성 데이터는 교대근무 간호사의 근무 시간, 각성 시간 중의 각성도 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0035] S320 단계에서, 분석부(220)는 수면-각성 상태 데이터 및 근무-각성 데이터에 기초하여 항상성 수면 압력(Homeostatic sleep pressure) 및 생체 리듬(Circadian rhythms)을 실시간으로 추정하고, 실시간으로 추정된 항상성 수면 압력 및 생체 수면 역치에 기초하여 예측 각성도를 산출할 수 있다.
- [0036] S330 단계에서, 수면 패턴 제공부(230)는 산출된 예측 각성도 및 사용자의 수면 가능 시간에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 생성할 수 있고, 수면 패턴 제공부(230)는 분석부(220)에서 생성된 개인 맞춤형 수면 패턴을 사용자에게 실시간으로 제공할 수 있다.
- [0037] 도 4A는 도 3의 분석부에서 예측 각성도를 산출하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0038] 도 4A를 참조하면, 분석부(220)는 수면 패턴을 기반으로 각성도를 예측하기 위해 인간의 수면-각성 주기를 설명하는 생리학 기반 수학적 모델을 이용하여 생체 수면 역치(주황색 실선)에서 항상성 수면 압력(검은색 실선)을 시뮬레이션할 수 있다.
- [0039] 일 실시 예에서, 생리학 기반 수학적 모델은 수면에 영향을 미치는 두 가지 주요 과정인 개인이 깨어 있는 동안 증가하고 잠자는 동안 감소하는 항상성 수면 압력(검은색 실선)과 내부 생체 리듬에 따라 변동하는 생체 수면 역치(주황색 실선)를 시뮬레이션할 수 있다.
- [0040] 일 실시 예에서, 수학적 모델은 강제 각성(FW) 및 강제 수면(FS)을 통합한 것으로, 특허문헌 KR 2409990 B1에 개시된 것을 포함할 수 있다. 강제 각성은 예측 각성도가 0보다 작은 상태를 의미하고, 강제 수면은 예측 각성도가 0보다 큰 상태를 의미할 수 있다.
- [0041] 예를 들어, 생체 수면 역치의 진폭은 내부 생체 시계에 영향을 미치는 개별적인 빛 노출에 의해 변경된다. 수학적 모델에서 수면 압력이 수면 임계값 이상이기 때문에 개인이 잠을 자야 한다고 예측했지만 실제로는 깨어 있

는 경우, 모델은 수면 압력이 감소하지 않도록 강제 각성을 시뮬레이션한다. 마찬가지로, 모델이 개인이 깨어 있어야 한다고 예측하지만 실제로는 잠들어 있는 경우 모델은 강제 수면을 시뮬레이션하여 수면 압력이 증가하지 않도록 한다. 결과적으로 모델은 예측된 자연 상태가 아닌 실제 수면-각성 상태를 활용하여 두 가지 과정을 시뮬레이션할 수 있다. 생체 수면 역치와 항상성 수면 압력의 차이가 커지면 개인은 더 자연스러운 각성 상태에 놓이게 되고, 따라서 더 각성 상태가 될 것으로 예상된다. 따라서 이 차이를 예측 각성도라고 하여 실제 각성도를 예측하는 데 사용할 수 있다. 예를 들어, 예측 각성도가 음수인 경우, 개인은 강제 각성 상태에 있으므로 수면이 부족하고 각성도가 낮은 상태이다.

[0042] 분석부(220)는 시뮬레이션된 생체 수면 역치에서 항상성 수면 압력의 차이를 예측 각성도로 산출할 수 있다(빨간색 및 파란색 화살표는 각각 양수 및 음수의 예측 각성도를 의미한다).

[0043] 도 4B는 본 발명의 실시 예에 따른 분석부에서 산출하는 예측 각성도와 실제 각성도 사이의 관계를 나타낸 도면이다.

[0044] 도 4B를 참조하면, 실제 각성도(KSS 점수)의 산점도(검은색 및 주황색 원)와 그 사이의 혼합 효과 모델 예측(회색 선)은 각각 연속 12시간 야간 근무(2N12), 연속 8시간 야간 근무(2N8 또는 3N8), 연속 3시간 야간 근무(3N8 만)가 포함된 교대 스케줄을 가진 4명의 대표 개인으로부터 얻은 것이다. 본 발명의 경우, 혼합 효과 모델은 교대 스케줄에 관계없이 간호사의 KSS 점수를 정확하게 예측했다. 평균 절대 오차는 ~1이며, 주야간 교대 및 야간 교대 모두에서 측정된 점수의 ± 1 범위 내에서 예측값이 75%에 달했다.

[0045] 도 4C는 본 발명의 수학적 모델과 3개의 프로세스 모델을 비교한 것을 나타낸 도면이다.

[0046] 도 4C를 참조하면, 본 발명의 분석부(220)에서 이용하는 수학적 모델은 각성도를 예측하기 위해 동적 생체 수면 역치를 추정하지만, 이와 달리 3개의 프로세스 모델에서는 정적 생체 프로세스를 가정한다.

[0047] 교대 근무자의 야간에서의 광 노출 패턴은 생체 단계를 크게 변화시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 발명에서와 같이 동적 생체 리듬을 추정하면 교대 근무자의 각성도를 더 정확하게 예측할 수 있다.

[0048] 이를 테스트하기 위해 동적 수면 임계 값을 사용하여 계산된 분석부(220)에서 예측된 KSS 점수를 세 가지 프로세스 모델로 예측된 각성도에 기반한 점수 예측과 비교했다. 비교 결과, 본 발명의 수학적 모델에서 예측한 KSS 점수는 세 가지 프로세스 모델의 예측 결과에 비하여 더 정확하다. 특히, 정적 생체 과정 사이의 위상차가 커짐에 따라(특히, 야간 근무의 경우) 본 발명의 예측 결과가 더 정확해진다. 이는 동적 생체 리듬을 추정하는 것이 정적 생체 리듬을 가정하는 것보다 야간 근무 시 교대근무자의 각성도를 더 정확하게 예측할 수 있음을 보여준다.

[0049] 도 4D는 본 발명의 수학적 모델과 포스트 노바 모델을 비교한 것을 나타낸 도면이다.

[0050] 도 4D를 참조하면, 본 발명에서 이용하는 수학적 모델이 강제 수면과 강제 각성을 모두 이용하는 것과 달리 포스트노바 모델에서는 강제 각성만을 도입하여 시뮬레이션한다. 따라서 포스트노바 모델에서 시뮬레이션한 수면 시간은 실제 수면 시간보다 짧아 수면 불일치가 발생했다.

[0051] 특히 교대 근무자의 경우 낮에 수면을 취하기 때문에 수면 불일치가 빈번하게 발생하며, 일반적으로 강제 수면을 시뮬레이션해야 한다. 수면 불일치는 각성도에 대한 예측의 정확도를 떨어뜨릴 수 있다.

[0052] 이를 테스트하기 위해 KSS 점수 예측을 강제 각성만 통합하여 얻은 포스트노바 모델로 예측 결과와 비교했다. 시뮬레이션한 수면 기간(검은색 선)은 실제 수면 기간(회색 영역)과 정확히 일치하지 않아 수면 불일치(빨간색 화살표)가 발생하게 된다. 본 발명의 경우, 포스트 노바 모델을 적용한 것과 비교하여, 전체 데이터 중 수면 불일치 비율이 증가함에 따라 당사 모델과 포스트노바 모델 간의 $\pm 1\%$ 이내 차이($\pm 1\%$ 이내 개선을)가 증가한다.

[0053] 수면 불일치 비율이 높은 개인의 경우, 포스트 노바 모델의 예측 결과는 본 발명의 수학적 모델이 예측한 예측 각성도보다 정확도가 떨어진다. 이는 교대 근무자의 각성도를 정확하게 예측하기 위해서는 실제 수면 패턴을 활용하는 것이 중요하다는 것을 나타낸다.

[0055] 도 5A 및 도 5B는 본 발명의 적응형 생체 분할 수면의 효과를 설명하기 위한 도면들이다.

[0056] 먼저 도 5A를 참조하면, 간호사의 원래 수면 패턴에 본 발명의 수학적 모델을 적용한 결과 야간 근무 중 생체 수면 역치가 상당히 감소하는 것으로 예측되었다(도 5A (i) 왼쪽). 이로 인해 예측 각성도가 상당히 감소하여

예측 각성도가 0보다 작은 긴 강제 각성 기간이 발생했다(도 5A (i) 오른쪽).

- [0057] 이전 연구에 따르면 수면 시작을 야간 작업 시작에 최대한 가깝게 지연시키는 지연 수면 패턴은 야간 작업 중 각성도를 효과적으로 높일 수 있다. 실제로 동일한 수면 시간을 가진 지연 수면 패턴을 기반으로 한 모델 시뮬레이션(도 5A (ii) 왼쪽)은 야간 근무 시간 동안 강제 각성 기간이 효과적으로 감소하는 것을 예측한다(도 5A (ii) 오른쪽, 주황색 영역). 그러나 지연된 수면 패턴은 야간 근무 전 비근무 시간 동안에도 긴 강제 각성 기간을 필요로 하기 때문에(도 5A (ii) 오른쪽, 흰색 영역) 교대 근무자가 이를 따르기 어렵다. 이는 이전 연구에서 교대 근무자가 야간 근무 전 지연 수면 패턴을 준수하는 비율이 26.8%로 낮게 나타난 이유를 설명해 준다.
- [0058] 본 발명에서의 적응형 생체 분할 수면의 경우, 항상성 수면 압력이 생체 수면 역치 아래로 떨어질 때까지 지속되는 필요 주 수면과 교대 근무 시작 전에 취하는 늦은 낮잠이 포함된다(도 5A (iii) 왼쪽). 필요한 주 수면과 낮잠은 근무 시간과 비근무 시간 모두에서 강제 각성 기간을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 예상된다(도 5A (iii) 오른쪽).
- [0059] 도 5B를 참조하면, 매일 밤 근무 전과 동일한 수면 시간을 유지한 상태에서 적응형 생체 분할 수면과 기존 수면 패턴을 적용한 후의 강제 각성 기간이 제공된다. 적응형 생체 분할 수면은 원래 수면 패턴에 비해 근무 시간 동안의 강제 각성 기간을 줄였고(도 5B (i)), 근무 외 시간 동안의 강제 각성 기간은 거의 증가하지 않았다(도 5B (ii)).
- [0060] 적응형 생체 분할 수면을 지연 수면 패턴과 비교했을 때, 근무 시간 동안의 강제 각성 기간은 비슷했지만(도 5B (iii)), 근무 외 시간 동안의 강제 각성 기간은 크게 줄었다(도 5B (iv)).
- [0061] 본 발명의 적응형 생체 분할 수면은 야간 근무 시간 동안 낮은 강제 각성 상태를 유지하면서 지연 수면 패턴보다 개인이 따르기에 더 적합한 수면-각성 패턴이다. 또한, 적응형 생체 분할 수면은 저녁 근무 시간에도 효과적으로 낮은 강제 각성 상태를 유도하여 다양한 근무 스케줄에 적용할 수 있음을 나타낸다.
- [0063] 도 6은 사용자의 수면 이력에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 제공하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 이하, 도 2를 같이 참조하여 사용자에게 개인 맞춤형 수면 패턴을 제공하는 것을 설명한다.
- [0064] 도 2 및 도 6을 참조하면, 데이터 수집부(210)는 사용자의 수면 이력 수집하여 저장하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 수면 이력은 사용자의 복수의 수면-각성 데이터들 및 복수의 근무-각성 데이터들을 포함할 수 있다.
- [0065] 분석부(220)는 수면 이력에 기초하여 예측 각성도를 실시간으로 산출하도록 구성될 수 있다. 일 실시 예에서, 분석부(220)는 인간의 수면-각성 주기를 설명하는 생리학 기반 수학적 모델을 이용하여 항상성 수면 압력 및 동적 생체 수면 역치를 실시간으로 추정하고, 항상성 수면 압력 및 동적 생체 수면 역치의 차이에 따라 예측 각성도를 실시간으로 산출할 수 있다.
- [0066] 수면 패턴 제공부(230)는 분석부(220)에서 생성된 예측 각성도에 기초하여 개인 맞춤형 수면 패턴을 사용자에게 실시간으로 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0067] 일 실시 예에서, 수면 패턴 제공부(230)는 사용자 입력으로부터 사용자의 수면 시작 시간을 수신하도록 구성될 수 있다. 수면 패턴 제공부(230)는 사용자의 수면 시작 시간에 기초하여 근무 시간 동안 낮잠을 적게 자게 하는 데 필요한 필요 주 수면 및 근무 직전 수면을 포함하는 적응형 생체 분할 수면을 생성하도록 구성될 수 있다. 수면 패턴 제공부(230)는 생성된 적응형 생체 분할 수면을 사용자의 단말기 디스플레이로 제공할 수 있다.
- [0069] 상술된 내용은 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 실시 예들이다. 본 발명은 상술된 실시 예들뿐만 아니라, 단순히 설계 변경되거나 용이하게 변경할 수 있는 실시 예들 또한 포함할 것이다. 또한, 본 발명은 실시 예들을 이용하여 용이하게 변형하여 실시할 수 있는 기술들도 포함될 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 상술된 실시 예들에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 발명의 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

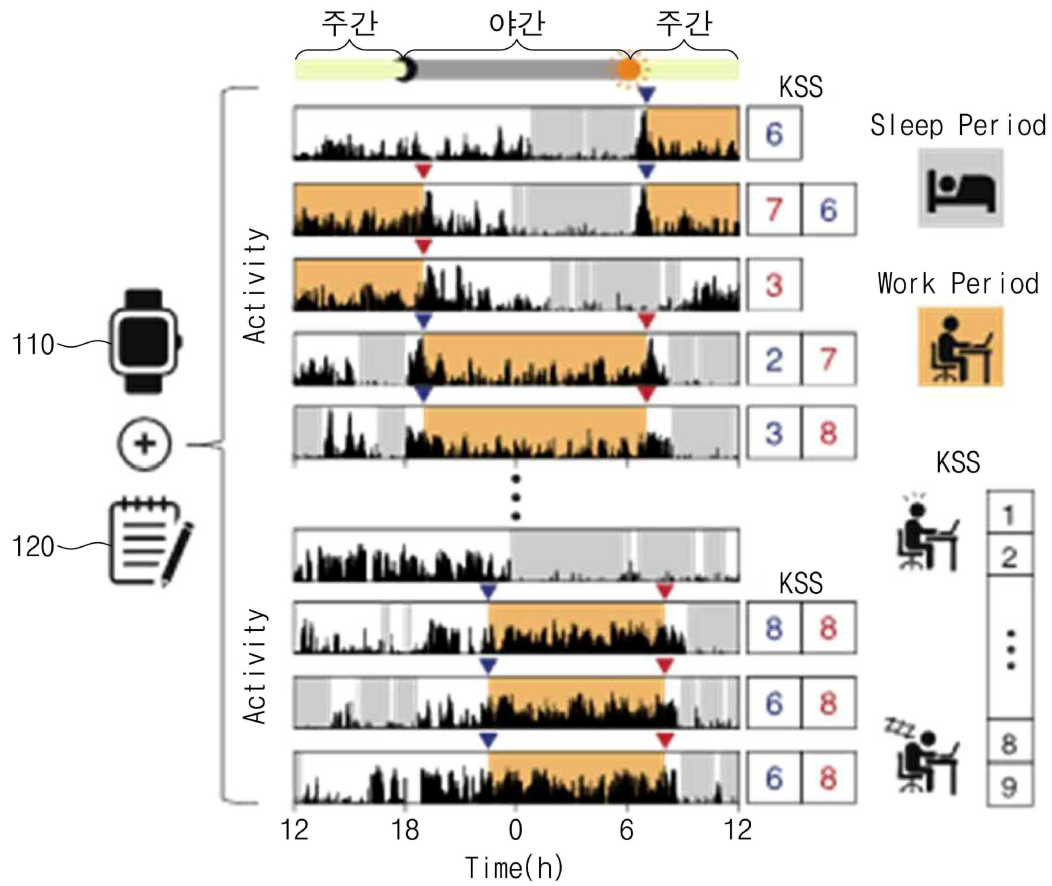
- [0070] 110: 웨어러블 장치

120: 수면 일기

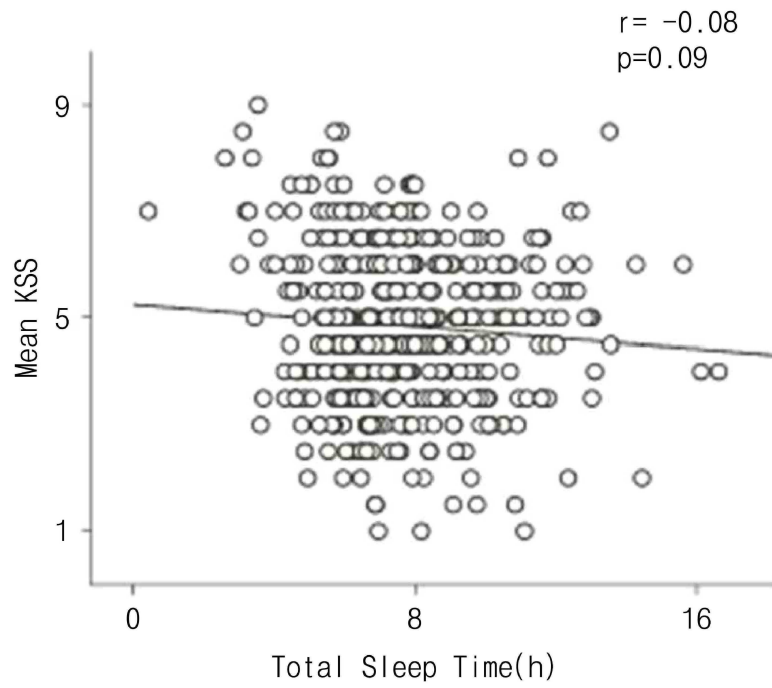
200: 개인 맞춤형 수면 패턴 제공 시스템

도면

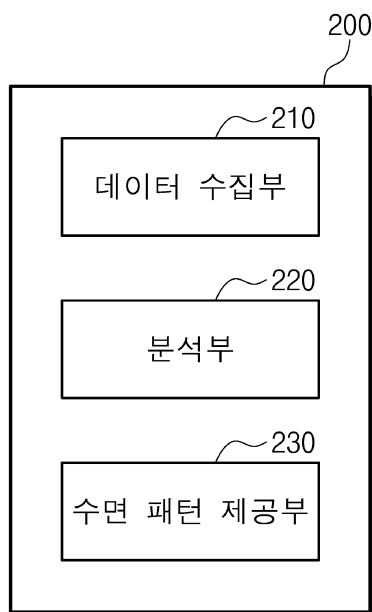
도면1a



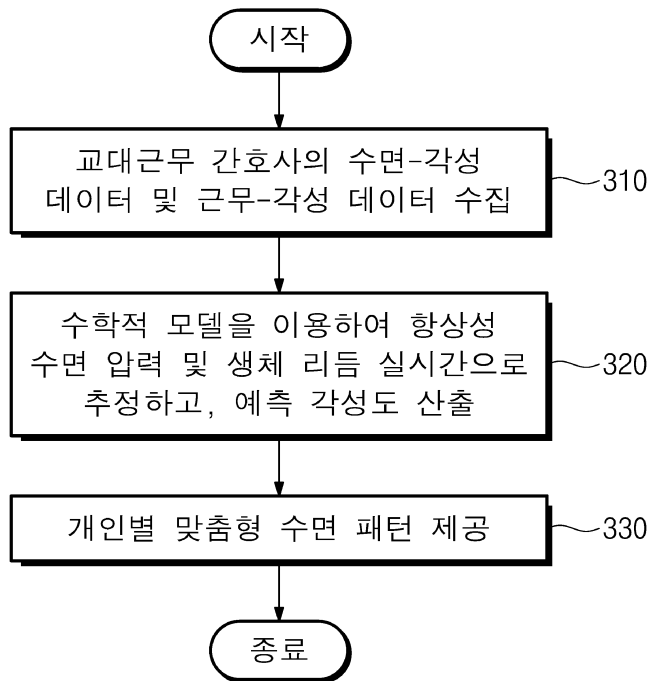
도면1b



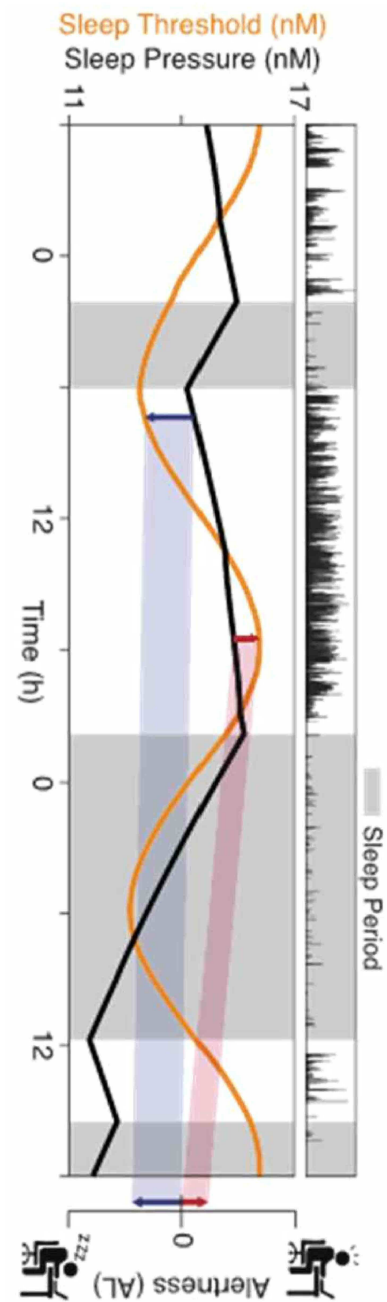
도면2



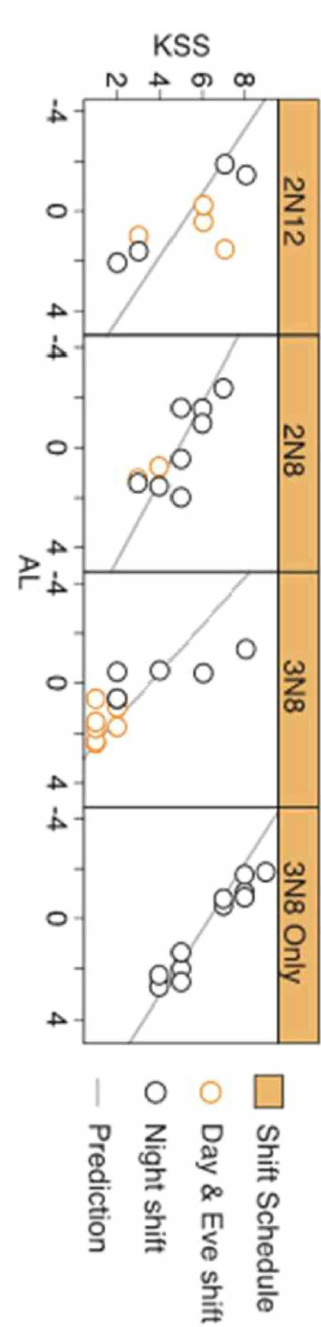
도면3



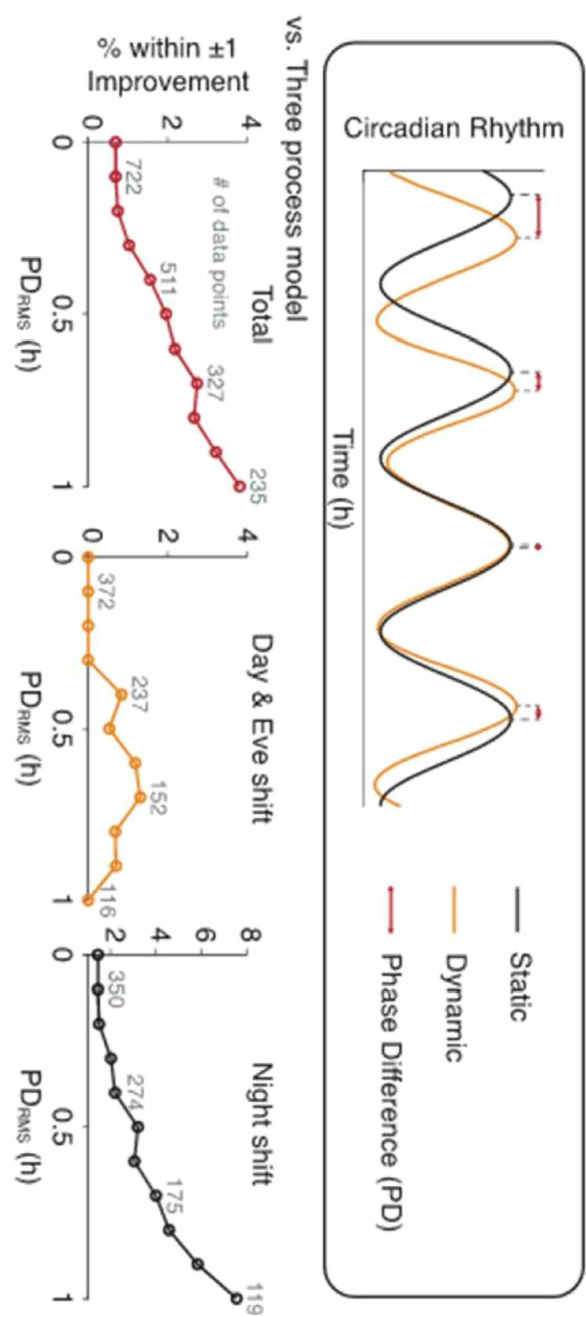
도면4a



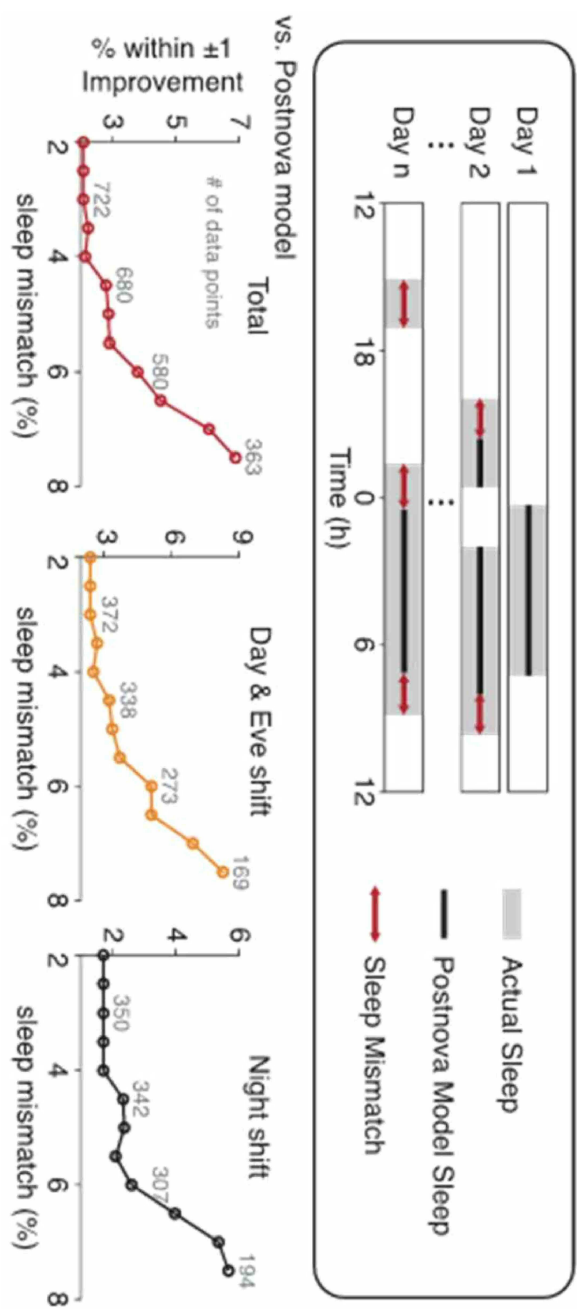
도면4b



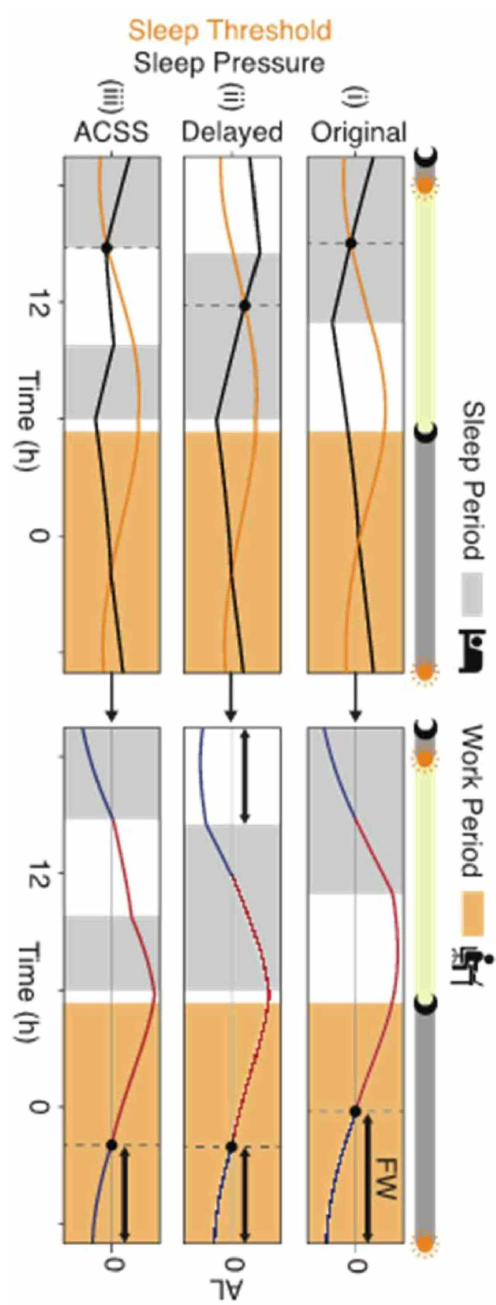
도면4c



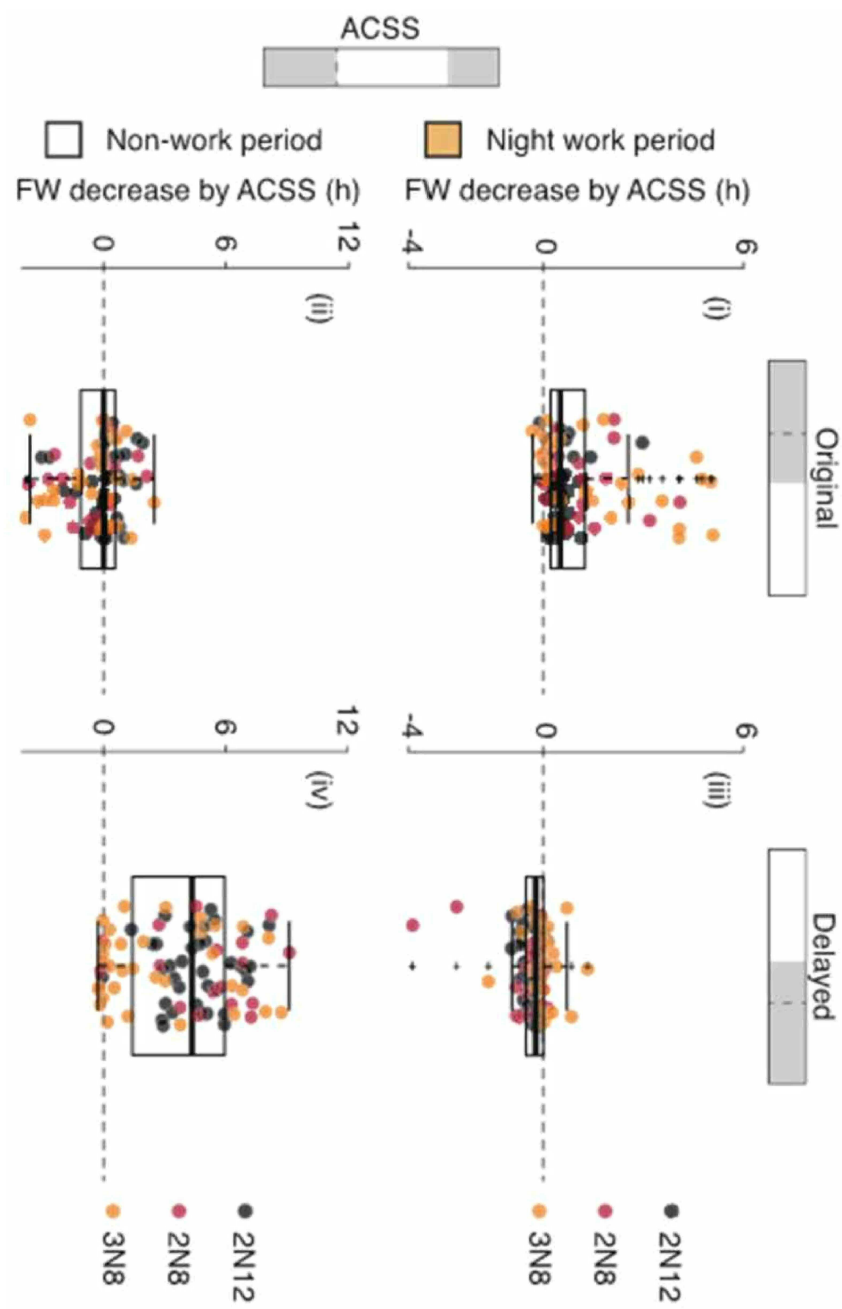
도면4d



도면5a



도면5b



도면6

