

# Effects of Light on Daytime Sleep in 12 Hours Night Shift Workers: A Field Study

Su Jung Choi<sup>1,2</sup>, Hea Ree Park<sup>3</sup>, Eun Yeon Joo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Nursing, Samsung Medical Center, Seoul,

<sup>2</sup>Department of Clinical Nursing Science, Graduate School of Clinical Nursing Science, Sungkyunkwan University, Seoul,

<sup>3</sup>Department of Neurology, Inje University College of Medicine, Ilsan Paik Hospital, Goyang,

<sup>4</sup>Department of Neurology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

## 주간 수면 동안 빛 노출이 12시간 교대근무자의 수면에 미치는 영향

최수정<sup>1,2</sup>, 박혜리<sup>3</sup>, 주은연<sup>4</sup>

삼성서울병원 간호부,<sup>1</sup> 성균관대학교 임상간호대학원,<sup>2</sup> 인제대학교 의과대학 일산백병원 신경과,<sup>3</sup> 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과<sup>4</sup>

Received April 24, 2019

Revised June 12, 2019

Accepted June 17, 2019

### Address for correspondence

Eun Yeon Joo, MD, PhD  
Department of Neurology,  
Samsung Medical Center,  
Sungkyunkwan University  
School of Medicine  
81 Irwon-ro, Gangnam-gu,  
Seoul 06351, Korea  
Tel.: +82-2-3410-3599  
Fax: +82-2-3410-0052  
E-mail: ejoo@skku.edu

**Objectives:** Night shift workers suffer from sleep and daytime disturbances due to circadian misalignment. To investigate the role of environmental light in daytime sleep following 12 h-night shift work. **Methods:** we enrolled 12 h-shift female nurses working at one university-affiliated hospital (n=10, mean age 26.6 years, shift work duration 3.8 years). This is a cross-over study to compare sleep between under light exposure (30 lux) and in the dark (<5 lux) following 12 h-night duty. Two sessions of experiments were underwerent and the interval between sessions was about a month. Psychomotor vigilance test (PVT) had performed on awakening from sleep at each session and sleep-wake pattern had been monitored by actigraphy throughout the study period. Daytime sleep was also compared with night sleep of age-and gender matched daytime workers (n=10). **Results:** Sleep parameters and PVT scores were not different between two light conditions. Activities during sleep seemed to be more abundant under 30 lux condition than in the dark, which was not significant. Compared to night sleep, daytime sleep of shift workers was different in terms of rapid eye movement (REM) sleep. Three shift workers showed sleep onset REM sleep and first REM sleep period was the longest during daytime sleep. **Conclusions:** Unexpectedly, daytime sleep of 12 h night shift workers was well-maintained regardless of light exposure. Early occurrence of REM sleep and shorter sleep latency during daytime sleep suggest that shift workers meet with misalignment of circadian rhythm as well as increased homeostatic sleep pressure drive.

J Sleep Med 2019;16(1):26-35

**Key Words:** Shift work, Light exposure, Polysomnography, Sleep, Alertness.

## 서 론

문명과 산업이 발달하면서 24시간 가동되는 직장이 많아지고 교대근무자의 수도 증가하고 있다. 교대근무자는 내재된 생체시계와 일치하지 않는 수면-각성으로 인해 수면장애 및 건강 문제 외에도 업무 중 피로로 인한 사고 발생 위험이 증가한다. 대표적인 교대근무자인 교대근무 간호사의 수면장애 발생률은 주간 상근직 간호사에 비해 3배에 달하며,<sup>1</sup> 간호사들은 불규칙한 교대근무로 인해 일주기리듬이 교란되어 심한 피로와 더불어 수면부족과 교대근무 간 회복의

어려움을 경험한다.<sup>2</sup>

교대근무자는 근무조에 따라 수면시간을 포함한 수면 양상에 차이를 보이는데,<sup>3,4</sup> 특히 야간 근무 시 수면시간이 주간 근무 시보다 적고,<sup>5</sup> 근무 중 피로감이 더 심하다.<sup>6</sup> 야간 근무 시 피로와 졸음은 간호사들의 집중력을 떨어뜨려,<sup>7</sup> 환자 관련 안전사고에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.<sup>8</sup> 따라서 야간 근무 후 적절한 수면은 환자 안전관리에도 매우 중요하다.

일반적으로 야간 근무 근로자는 주간 근무자에 비해 상대적으로 긴 근무시간, 적은 신체활동, 주간 수면에 노출되는

소음과 빛 등으로 인해 수면의 질이 낮은 것으로 알려져 있다.<sup>9</sup> 교대근무 간호사의 경우 근무조별 근무시간은 큰 차이가 없고 업무 중 신체활동량도 차이가 없으나, 빛 노출량은 주간/오후 근무에 비해 야간 근무 시 취침 전과 주간 수면 중에 유의하게 많은 것으로 나타났다.<sup>10</sup> 건강한 정상인의 야간 수면 시에도 빛이 노출될 경우 암실 수면에 비해 얕은 수면과 각성지수가 증가하고, 깊은 수면이 감소하였다.<sup>11</sup> 따라서 야간 근무자의 주간 수면 시 빛 노출도 수면에 영향을 줄 것으로 추정한다. 하지만 교대근무자의 주간 수면 시 빛 노출을 조절하면서 수면의 질을 수면다원검사를 이용하여 객관적으로 측정하는 연구는 거의 없다.

이에 본 연구는 2교대 근무 간호사를 대상으로 주간 수면 동안 노출되는 빛의 양에 따른 수면을 비교하고, 빛 노출 여부와 집중력 및 야간 근무 동안의 피로도 간의 관련성을 파악해보고자 한다. 또한 주간 상근직의 야간 수면과 비교하여, 주간 수면과 야간 수면 간의 차이점을 분석하고자 한다. 이는 교대근무 간호사들의 수면 개선 증진을 위한 근거자료로 활용될 것이다.

## 방 법

### 대상자

본 연구의 대상자는 서울 소재 1개 상급종합병원에서 1년 이상 야간 근무가 포함된 교대근무를 하고 있는 간호사 중, 연구 목적을 설명하고 연구에 참여할 것을 서면으로 동의한 여자 간호사를 대상으로 하였다. 남녀 간 수면 패턴의 차이를 고려하여 남자 간호사는 제외하였다.<sup>12</sup> 해당 병원은 8시

간 3교대 근무와 12시간 2교대 순환근무가 함께 운영되고 있는데, 3교대의 경우는 근무 일정이 불규칙적이어서 야간 근무 전 근무 패턴이 서로 다를 수 있어 제외했다[주간 근무(D12) 7:00~19:30, 야간 근무(N12) 19:00~7:30]. 2교대 근무는 D12-D12-N12-N12-off(4~5일) 형태로 구성되어 있다(Fig. 1). 단, 2교대 근무가 병동 근무 일정표 작성의 어려움 때문에 3교대와 완전하게 분리되어 있지 않아 2교대 근무 중에도 3교대 근무가 일부 들어갈 수 있어서, 수면다원검사 시행 전 근무가 2교대로 진행된 경우에는 2교대로 간주하였다. 본 연구는 예비연구로서, 수면장애를 갖고 있는 교대근무자(불면증 심각도 지수  $\geq 15$ ) 10명과 수면장애가 없는 상근직 10명을 모집하였다.

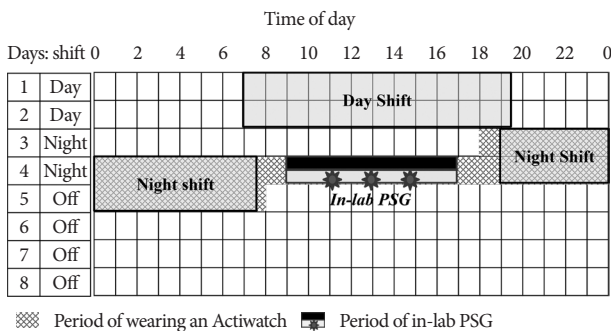
### 연구 방법

단일군 교차실험연구(cross-over design)이며, 수면다원검사로 인한 첫날밤 효과(first night effects)를 최대한 배제하고자 했다. 대상자 모집 및 자료 수집을 위해 연구 대상 병원기관 윤리심의위원회(IRB)의 승인(승인번호 2018-05-120)을 얻은 후 연구 목적을 설명하고 자발적 동의를 구한 후 시행하였다. 수면다원검사 동안의 조명 노출 순서 배정은 6 블록 무작위 배정(block randomization)에 의해 결정하였고, 배정 순서는 R-program을 이용하여 생성된 난수표를 이용해 무작위로 배정하였다.

모든 대상자에게, 야간 근무가 연속 이틀 이상 있는 경우의 첫 번째 근무에 들어가기 전 Actiwatch Spectrum Pro<sup>®</sup> (Philips Respironics, Murrysville, PA, USA)를 착용하게 했다. 첫 번째 야간 근무 직후 간단하게 아침식사를 마친 후 수면다원검사실에 내원해서 수면다원검사를 위한 준비를 시작했다. 취침과 기상시간은 평소 야간 근무 후 취하는 수면시간에 맞추었다. 17시까지 깨지 못할 경우 다음 야간 근무 출근을 위해서 17시 30분에 깨우고 검사를 종료하였다. 검사 직후 주관적 수면잠복기와 수면시간을 기술했으며, 수면 후 느끼는 피로감 정도를 평가했다(1점, 현재 매우 피곤하다~7점, 현재 전혀 피곤하지 않다). 두 번째 야간 근무가 종료될 시점에 액티와치를 탈착 후 퇴근했다(Fig. 1). 첫 번째 검사 완료 후 한 달 이내 동일한 근무 형태가 되는 시점에서 같은 방식으로 액티와치 및 수면다원검사를 반복했다.

수면다원검사 동안의 조명 노출 조건은 다음과 같다.

- 조건 1(빛 노출): 선행연구에 근거해 교대근무 간호사의 야간 근무 후 자택에서 수면을 취할 동안 노출되는 평균 조도(30 lux)로 유지<sup>10</sup>
  - 조건 2(빛 차단): 암실 상태(<5 lux)로 유지
- 조건 순서는 무작위 배정에 의해 결정했다.



**Figure 1.** Study framework and work schedules of 12 h-shift nurses. The schedules of the participants (12 h-shift nurses) have the same schedule such as D12-D12-N12-N12 and then consecutive 4 off-days. Participants have worn the wrist Actiwatch Spectrum Pro<sup>®</sup> (Philips Respironics) from one hour before 1st night shift work (6 pm) to one hour after 2nd night shift work (7 pm). Participants undergo in-lab PSG during daytime following 1st night shift. Two sessions of experiment are conducted and the interval is about 1 month. Condition-1 (30 lux) and condition-2 (<5 lux) are randomly assigned. PSG: polysomnography.

자료 수집 기간은 2018년 8월부터 10월까지 시행되었고, 수집된 자료는 연구 대상자의 윤리적 측면을 고려하여 조사 내용과 결과는 모두 숫자로 처리하여 모든 자료가 비밀이 유지되도록 관리하였다.

대조군인 주간 상근직은 연구 시작 전 최소 7일 이상 액티와치를 착용하여 일주기리듬 수면각성장애가 없음을 확인했다. 야간 수면다원검사 동안 빛 차단(<5 lux)이 유지되었다.

### 주간 수면다원검사

수면다원검사는 Embla N7000(Embla, Reykjavik, Iceland)을 이용하였다. 기본 검사 항목으로 6채널의 뇌파(C3-A2, C4-A1, F3-A2, F4-A1, O1-A2, O2-A1)와 4채널의 안전위도(electro-oculogram), 1채널의 턱근전도(chin electro-myogram)를 기록하여 수면의 단계와 각성 빈도를 측정하였다. 호흡 관련 측정을 위해서 압력센서를 이용하여 비강 공기압을 측정하였다. 호흡 노력을 보기 위해 흉곽과 복부벨트를 이용하여 호흡 움직임을 측정하였다. Oximetry를 이용하여 검지손가락에서 산소포화도를 측정하였고, 소리 센서로 코골이 강도를 측정하였다. 다리 움직임을 보기 위해 2채널의 양측 전경골근(anterior tibialis)의 근전도를 측정하였다. 수면 자세를 확인하는 체위 센서와 심전도를 함께 측정하며 동시에 비디오투를 기록하여 수면 중 행동장애나 자세를 기록하였다.

수면 단계와 호흡지수 등 수면다원검사 평가는 American Academy of Sleep Medicine Manual에 따라 판독되었다.<sup>13</sup> 수면 구조는 뇌파, 근전도, 안구 움직임 등을 통해 수면 단계를 분석한 것으로, N1, N2, N3, rapid eye movement(REM) 수면의 비율로 조사하였다. 수면 양상은 수면잠복기(sleep latency), 입면 후 각성시간(wakefulness after sleep onset), 총 수면시간(total sleep time), 수면 효율(sleep efficiency)로 측정하였고, 각성지수(arousal index) 등을 평가하였다.

### 액티와치(Actigraphy)

액티와치는 움직임에 기반하여 수면-각성을 측정할 수 있는 Actiwatch Spectrum Pro<sup>®</sup>를 이용하였다. 비우세 손목에 착용하고 손목에서 측정된 활동량과 조도는 Actiware version 5.70 sleep software(Philips Respironics)를 이용해서 분석하였다. 손목 움직임의 강도와 빈도는 초당 32 cycle 빈도로 지속적으로 측정되며, 측정된 움직임 강도는 2분 에폭(epoch)의 평균값으로 기록하였다. 모든 에폭의 움직임 수치들은 프로그램 알고리즘의 역치 계산에 의해 각성(wake) 또는 수면(sleep)이라는 이진수로 변환될 수 있다.<sup>14</sup> 그러나 액티와치 기록이 실제 잔 것인지는 정확히 알 수 없

으므로 active와 rest로 기술하였고, 이 방법을 이용해서 근무시간대(19시부터 07시)와 근무 후 시간대(07시부터 19시)의 activity의 정도를 매 시간별 평균값으로 정량적으로 분석하였다. 07시부터 07시 30분까지는 인수인계 시간이나 병동에 따라서는 일찍 마치는 경우도 있어 07시부터 근무 후 시간으로 간주하였다. Actigraphy에서 각각 rest 및 active로 평가된 에폭 수에 2를 곱하여 근무 및 수면시간 동안 매 시간별 rest와 active period의 duration을 측정하였다. 조도량도 활동량과 마찬가지로 2분 간격으로 측정되었으며, 활동량과 같은 방법으로 근무 시간대와 근무 후 시간대를 측정하였고, 추가로 수면검사 시작 전 5시간 동안의 평균 빛 노출량도 분석하였다.

### Psychomotor vigilance test

지속적 집중력과 각성도를 평가하는 검사로 수면다원검사실에서의 주간 수면 직후 5분 이내에 수면다원검사 당시와 동일한 조명하에서 시행하였다. iPadMini(Foxconn, Taipei, Taiwan)를 이용하여 모니터에 무작위로 수 초 간격으로 제시되는 시각적 자극을 보는 즉시 버튼을 누르게 하였다. 검사 소요시간은 약 3분 정도이며, 눈의 자극을 최소화하기 위해 tablet display 밝기는 최대치에서 70% 정도로 맞추었다. 사용한 프로그램은 3-min psychomotor vigilance test(PVT)로 Joggle Research software, version 2.4(Joggle Research, Inc., Seattle, WA, USA)를 사용하였으며, PVT 검사를 통해 반응 속도, 누락 오류 수, 커미션 오류 수 등을 확인하였다.

### 설문지

대상자는 한글판 불면증 심각도지수(Insomnia Severity Index, ISI),<sup>15</sup> 엠피스 주간졸림증 척도(Epworth Sleepiness Scale, ESS),<sup>16</sup> 일주기 척도(Morningness-Eveningness Questionnaire)<sup>17</sup>를 연구 등록 시점에서 작성했다. 그 외 일반적 특성으로 결혼 상태, 학력, 근무 경력, 체질량, 생활 습관(흡연, 음주), 동반 건강 문제, 평소 야간 근무와 야간 근무 사이 수면 습관, 실험 세팅의 주간 수면 전날 즉, 첫 번째 야간 근무 전날의 주관적으로 인지한 수면시간 등을 조사하였다.

### 자료분석 방법

수집된 자료는 유의수준 0.05로 하여 SPSS WIN version 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 다음과 같이 분석한다. 대상자의 일반적 특성과 수면다원검사 결과, 액티와치로 측정된 활동량 및 설문 자료는 빈도와 백분율, 평균과 표준편차를 이용하였다. 빛 노출 유무에 따른 결과의 차이는 Wilcoxon signed rank test를 시행하여 분석하였다.

## 결 과

### 일반적 특성

평균 연령은  $26.70 \pm 3.89$ 세(24~37세)였고, 기혼자는 2명(20%)이었다. 동반 건강 문제로 만성피로가 80%로 가장 많았고, 속쓰림을 호소하는 경우가 70%였다. 평균 체질량지수는  $19.87 \pm 2.64$   $\text{kg/m}^2$ 였으며, 카페인 섭취는 평균 하루 1.7잔이었다. 일주기 유형은 저녁형이 6명으로 가장 많았다. 엡워스 주간졸림증 척도 평균은 8.0점이었고, 과도한 주간졸음을 호소하는 경우(ESS $\geq$ 10)가 3명이었다. 야간 근무 후 주간 수면습관을 살펴보면, 자가 보고한 수면시간은 평균 4.85

$\pm 1.36$  시간, 낮잠을 포함한 총 수면시간은  $5.05 \pm 1.14$  시간이었다(Table 1).

### 빛 노출에 따른 수면 관련 지표 간의 비교(조건 1 대 조건 2)

#### 수면다원검사

조건 1(빛 노출 30 lux)과 조건 2(빛 제한 <5 lux) 실험에 들어가기 전의 수면시간 간에 유의한 차이가 없었다. 조건 1과 조건 2 실험의 수면다원검사 지표 간에도 차이를 보이지 않았다. 주간 수면임에도 불구하고, 수면지표는 모두 정상 범주였으며, 무호흡-저호흡지수(apnea-hypopnea index)도

**Table 1.** Demographic and clinical characteristics of the participants (n=10)

Variables	n (%)	Mean $\pm$ SD	Range
Age, years		26.70 $\pm$ 3.89	24-37
Marital status: single	8 (80.0)		
Education: bachelor	10 (100)		
Work experience, years		3.99 $\pm$ 3.88	1.2-14.3
BMI, $\text{kg/m}^2$		19.87 $\pm$ 2.64	15.2-24.1
Habitual caffeine, cups/day		1.65 $\pm$ 1.03	0.5-3.0
Non-drinker	3 (30.0)		
Habitual drinking, glasses/week		2.00 $\pm$ 2.53	0-8
Comorbid health problem			
Chronic fatigue	8 (80.0)		
Heartburn	7 (70.0)		
Constipation	4 (40.0)		
Diarrhea	2 (20.0)		
Depressive mood	2 (20.0)		
Anxiety	1 (10.0)		
Irregular menstruation	4 (40.0)		
MEQ		44.90 $\pm$ 11.46	30-72
Morning type	1 (10.0)		
Intermediated type	3 (30.0)		
Evening type	6 (60.0)		
Insomnia Severity Index		18.80 $\pm$ 3.01	15-24
ESS		8.00 $\pm$ 2.75	4-13
Excessive daytime sleepiness (ESS $\geq$ 10)	3 (30.0)		
Habitual sleep after 1st night shift			
Time to bed, clock h		9.70 $\pm$ 0.60	9.0-10.5
Time out of bed, clock h		14.90 $\pm$ 1.43	12.0-17.5
Time in bed, h		5.20 $\pm$ 1.51	3.0-7.5
Sleep duration, h		4.85 $\pm$ 1.36	3.0-7.0
Nap, h		0.20 $\pm$ 0.42	0-1.0
24 h total sleep time, h		5.05 $\pm$ 1.14	3.0-7.0

SD: standard deviation, BMI: body mass index, MEQ: Morningness-Eveningness Questionnaire, ESS: Epworth Sleepiness Scale

**Table 2.** Polysomnography-based daytime sleep parameters according to environmental light (n=10)

Variables	Condition 1 (30 lux)	Condition 2 (<5 lux)	z	p
Subjectively reported sleep schedule before 1st night shift				
Time to bed, clock h	0.10±2.84	0.25±1.62	-0.51	0.959
Time out of bed, clock h	10.45±2.48	9.75±2.87	-1.02	0.309
Time in bed, h	10.35±3.15	9.50±2.38	-0.83	0.405
Seep duration, h	9.60±2.38	9.20±2.63	-0.68	0.496
Sleep efficiency, %	94.26±8.54	96.67±10.54	-0.67	0.500
Nap, h	0.70±0.98	1.35±1.42	-0.99	0.324
24 h sleep, h	10.25±2.46	10.55±2.88	0.31	0.758
Polysomnography data				
Time in bed, h	5.54±1.23	5.61±1.61	-0.10	0.919
Total sleep time, h	4.99±1.28	5.01±1.63	-0.26	0.799
Sleep latency, min	2.15±1.81	3.35±5.43	-0.62	0.537
REM latency, min	52.55±34.39	63.30±32.81	-0.76	0.445
WASO, %	10.30±7.52	10.49±7.09	-0.05	0.959
Sleep efficiency, %	89.17±7.46	88.68±6.88	-0.36	0.721
N1 sleep, %	12.89±7.80	10.59±7.09	-1.79	0.074
N2 sleep, %	42.22±9.26	37.31±9.67	-0.97	0.333
N3 sleep, %	20.64±10.86	28.38±14.86	-1.99	0.047
REM sleep, %	24.28±3.57	23.72±6.24	-0.56	0.575
Total arousal index, /h	12.44±4.65	12.82±6.77	-0.06	0.953
Spont. arousal index, /h	10.50±3.74	11.31±7.25	-0.05	0.959
Movement arousal index, /h	0.23±0.34	0.08±0.19	-1.89	0.059
REM arousal index, /h	8.57±4.11	11.57±4.28	-1.68	0.092
AHI, /h	0.99±1.40	1.25±2.65	-0.36	0.722
Estimated total sleep time, h	5.20±0.89	5.15±1.56	0.00	>0.999
Estimated sleep latency, min	11.70±9.76	11.00±9.94	-0.52	0.602
Perceived fatigue after sleep	3.60±1.36	4.60±0.92	-1.62	0.125

REM: rapid eye movement, WASO: wakefulness after sleep onset, Spont.: spontaneous, AHI: apnea-hypopnea index

**Table 3.** Intensity of activities and light, and rest/active period by actigraphy

Period	Variables	Condition 1 (30 lux)	Within <i>p</i> *	Condition 2 (<5 lux)	Within <i>p</i> **	Between <i>p</i> ***
Night-work period (19:00–07:00)	1st NS activities	456.01±161.05	0.445	336.82±228.68	0.878	0.508
	2nd NS activities	464.77±168.54		346.72±264.00		0.445
	1st NS rest period, min	22.80±15.61	0.539	20.50±18.72	0.683	0.444
	2nd NS rest period, min	27.50±18.35		26.40±23.74		0.539
	1st NS light, lux	806.05±541.82	0.285	779.11±523.77	0.646	0.799
	2nd NS light, lux	678.58±345.10		703.82±444.30		0.878
5 h light before starting PSG, lux		559.50±393.10		366.35±165.24		0.103
Non-working period (07:00–19:00)	Activities	245.36±117.06		147.03±91.66		0.074
	Active period, min	185.20±30.68		175.50±34.34		0.066
	Light, lux	151.26±104.02		123.58±52.85		0.575

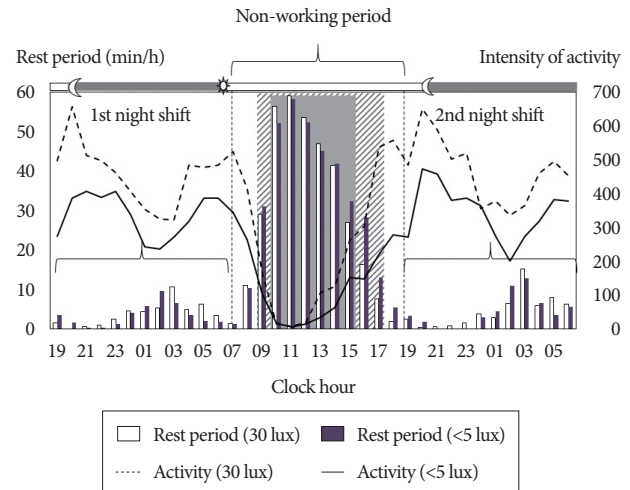
\*comparison of 1st NS and 2nd NS in condition 1 (30 lux), \*\*comparison of 1st NS and 2nd NS in condition 2 (<5 lux), \*\*\*comparison of condition 1 (30 lux) and condition 2 (<5 lux). NS: night shift, PSG: polysomnography

정상이었다. 수면잠복기는 조건 1과 조건 2 실험 모두에서 3분 내외로 매우 짧아져 있어서, 야간 근무 후 수면 욕구가 증가되었음을 추정할 수 있다. 수면다원검사 직후 작성한 주관적 잠복기는 실제보다 길게 평가하였으나, 주관적 수면시간은 실제 수면시간과 유사하게 추정했으며, 두 조건 간 차이는 없었다(Table 2).

**액티와치**

조건 1(30 lux) 실험의 수면검사 동안 활동량(즉, 뒤척임)이 조건 2(<5 lux)의 수면 동안보다 더 많았고, 15시 이후에는 active로 기록된 시간이 더 길었으나 시간대별 통계적인 차이는 없었다(Table 3). 야간 근무 중 02~03시에 rest로 기록된 시간은 조건 1과 조건 2 실험 모두에서 다 길었지만, 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(Fig. 2). 첫 번째 야간 근무 시작 전부터 두 번째 야간 근무를 마칠 때까지 측정된 rest-active 주기와 전체 활동량은 조건 1과 2 실험 간에 차이가 없었다.

조도량을 비교한 결과도 조건 1과 조건 2 간 근무 중과 근무



**Figure 2.** Distributions of rest period and activities during 1st and 2nd night shifts and intervening sleep period; actigraphy data. Rest period is presented during night shifts working time. Compared to 1st night shift, rest period in 2–5 am seems to be higher in both conditions (1 and 2) of 2nd night shift, but not statistically significant. Hourly rest period (time) in each clock hour. Condition 1 (30 lux): white bars and dotted lines, condition 2 (<5 lux): black bars and solid lines.

**Table 4.** Psychomotor vigilance test after daytime sleep according to environmental light (n=10)

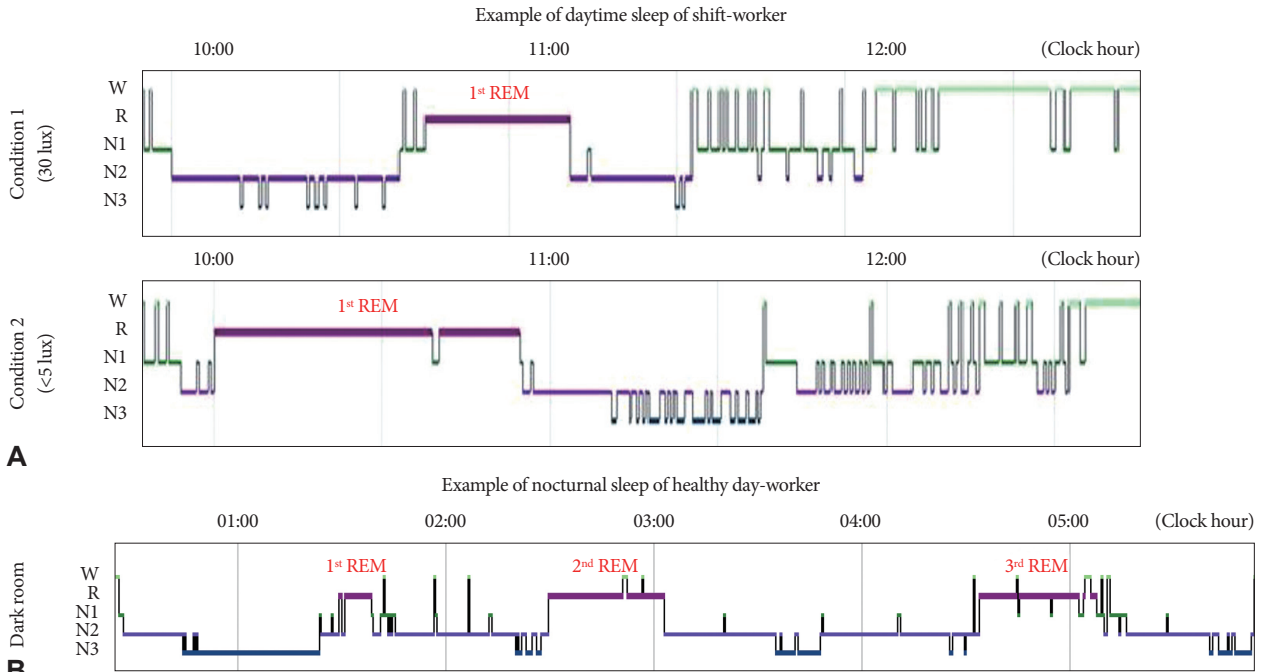
Variables	Condition 1 (30 lux)	Condition 2 (<5 lux)	z	p
Mean RT, msec	292.05±44.21	266.64±31.07	-1.78	0.074
Mean 1/RT	3.79±0.43	4.03±0.43	-1.48	0.139
Slowest 10% 1/RT	2.24±0.64	2.46±0.51	-1.58	0.114
Number of lapse	6.20±6.01	4.10±2.77	-1.14	0.256
Lapse probability, %	14.27±13.79	9.37±6.17	-1.17	0.241
Number of false start	0.90±1.85	1.60±1.51	-1.19	0.235

RT: reaction time

**Table 5.** Comparison of daytime sleep in shift-workers and night time sleep in day-workers

Variables	Daytime sleep			Night sleep healthy control (n=10)	p
	Condition 1 (30 lux)	Condition 2 (<5 lux)	Total (n=20)		
<b>Sleep parameters</b>					
N1 sleep/TST, %	12.86±7.80	10.59±7.09	11.73±6.90	10.64±5.81	0.812
N2 sleep/TST, %	42.22±9.26	37.31±9.67	39.77±9.55	50.32±6.09	0.005
N3 sleep/TST, %	20.64±10.86	28.38±14.86	24.51±13.27	16.52±6.15	0.091
REM sleep/TST, %	24.28±3.57	23.72±6.24	24.00±4.96	22.50±5.20	0.350
Total sleep time, h	4.99±1.28	5.01±1.63	5.00±1.43	5.41±0.29	0.812
Sleep efficiency, %	89.17±10.95	88.68±6.88	88.93±6.99	91.95±3.61	0.328
<b>REM sleep distribution</b>					
REM latency, min	63.10±31.80	63.30±32.81	63.10±31.44	84.10±40.34	0.422
1st REM/1–3 REM, %	43.77±27.21	42.26±25.70	43.02±25.77	24.35±12.54	0.043
2nd REM/1–3 REM, %	30.34±16.80	38.00±21.94	34.17±19.42	36.89±12.56	0.253
3rd REM/1–3 REM, %	25.90±22.72	19.74±17.84	22.82±20.13	38.77±8.02	0.033

Statistical analysis was done by independent samples Mann-Whitney U test between daytime sleep (n=20) and night sleep (n=10). TST: total sleep time, REM: rapid eye movement



**Figure 3.** Comparison of hypnogram between daytime sleep and night sleep of daytime workers in polysomnography. (A) An example of daytime sleep of a shift-worker (subject 4, 25 years old). The top image is daytime sleep in condition 1 (30 lux), and the lower image is daytime sleep in condition 2 (<5 lux). (B) An example of night sleep of a healthy day-worker. Compared to night sleep, the number of REM sleep is decreased and the occurrence of REM sleep is earlier during daytime sleep. W: waking, R: REM sleep (%), N1: N1 sleep (%), N2: N2 sleep (%), N3: N3 sleep (%), REM: rapid eye movement.

무 후의 빛 노출량에 차이를 보이지 않았으며, 시간대별 분석결과도 통계적 유의한 차이는 보이지 않았다. 주간 수면을 취하기 전(수면다원검사를 시작하기 전) 5시간 동안 빛 노출 정도를 분석한 결과도 유의한 차이는 없었다( $p=0.103$ ).

**PVT**

조건 1(30 lux)과 조건 2(<5 lux) 실험의 수면검사 직후 측정된 집중력과 각성도 간의 유의한 차이는 없었다(Table 4).

**2교대 근무자와 주간 상근자의 수면 비교**

교대근무자의 주간 수면(조건 1 10건, 조건 2 10건, 20건의 통합)과 주간 상근자의 야간 수면 10건을 비교한 결과, 주간 수면의 N2 sleep %가 39.8%로 야간 수면에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났으며( $z=-2.71, p=0.005$ ), 이는 주간 수면에서 N3 sleep %가 24.5%로 증가하면서 N2 sleep %가 감소한 것으로 보인다(Table 5). 그 외 다른 지표는 차이를 보이지 않았다.

주간 수면 동안의 REM 수면 분포는 야간 수면과 다른 양상을 보였다. 교대근무자의 주간 수면과 상근자의 야간 수면의 수면도(hypnogram)의 렘수면 분포에서 차이를 보였다(Fig. 3, 4). 교대근무자의 주간 수면에서, 첫 번째 렘수면이 다른 주기보다 더 길게 지속되는 양상을 보였다. 이를 정량

적으로 분석하기 위하여 첫 번째 렘수면이 전체 렘수면 시간에서 차지하는 비율을 구했다.

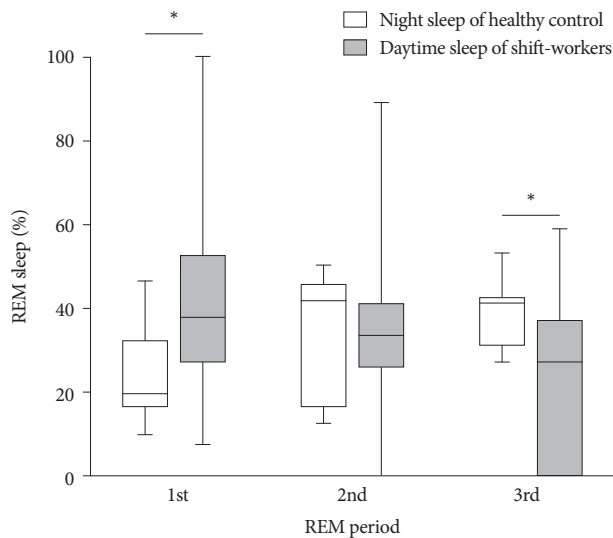
교대근무자의 주간 수면의 첫 렘수면은 전체 렘수면의  $43.02 \pm 25.77\%$ 를 차지하며, 상근자의 야간 수면의 첫 렘수면은  $24.35 \pm 12.54\%$ 여서, 두 군 간의 유의한 차이를 보였다( $z=-2.02, p=0.043$ ). 두 번째 렘수면 지속시간은 두 군 간 차이를 보이지 않았고, 세 번째 렘수면은 상근자의 야간 수면에서 더 길게 지속되었다( $38.77 \pm 8.02\%$  vs.  $22.82 \pm 20.13\%$ ,  $z=-2.71, p=0.033$ ).

세 번째 이후의 렘수면은 주간 수면 20건 중 11건에서, 야간 수면 10건 중 6건에서 나타나지 않아 분석하지 않았다.

**고 찰**

본 연구는 야간 근무 후 주간 수면 동안 노출되는 빛에 따른 수면의 질 및 다음 날 집중력과 연속되는 야간 근무 동안의 졸음 정도를 파악하고자, 12시간 2교대 근무를 하는 간호사 10명을 대상으로 수행했다.

교대근무자의 주간 수면 동안에는 환경적 빛에 노출이 될 가능성이 높기 때문에, 수면의 질이 떨어지고 기상 후 집중도도 아울러 감소하여 다음 날 야간 근무에 방해가 될 것으로 예상했다. 본 연구가 10명을 대상으로 한 예비조사이긴



**Figure 4.** Comparison of REM sleep distribution of the first three REM sleep between night and daytime sleep. Box plot represents median, interquartile range, minimum, and maximum of each REM sleep distribution of the first three REM sleep. REM distribution is expressed a percentage of each REM sleep duration of each sleep cycle divided by the first three REM sleep duration. \* $p < 0.05$  independent samples Mann-Whitney U test. White box is the night sleep of healthy day-workers ( $n=10$ ), and gray box is the daytime sleep of shift-workers ( $n=20$ ), respectively. REM: rapid eye movement.

하나, 가설과 다른 결과가 도출되었다. 본 연구에 참여한 교대근무 간호사들은 사전 인터뷰와 설문조사에서 모두 주간 수면 동안의 심각한 수면장애(잠들기 어려움, 수면시간 지속이 어려움 등)를 호소하는 바 있다( $ISI > 15$ ). 하지만 30 lux의 빛 노출을 시킨 결과, 암실 상황과 유사하게 수면지표와 기상 후 집중도 평가가 모두 정상 수준으로 나타났으며, 이는 상근자의 야간 수면 결과와 비교하여도 임상적으로 유의한 차이가 없었다. 피험자의 조건이 다르긴 하나, 빛 노출이 수면에 미치는 영향만 고려한다면 본 연구진의 이전 연구 결과와도 일치하지 않는다: 상근자의 야간 수면 동안 40 lux 빛에 노출했을 때, 암실 조건보다 N1 수면 %와 각성지수가 증가하고, N3 수면 %는 감소함을 보인 선행연구 결과와의 차이점을 다음의 몇 가지 추정점으로 설명해보고자 한다.<sup>11</sup>

첫째, 피험자들은 집에 퇴근하지 않고 병원에서 근무를 끝내자마자 실험실에서 검사를 시행하였기 때문에 밝은 빛에 노출되어 각성이 증가되는 것을 막을 수 있었을 것이다. 본 피험자들의 주간 수면검사 시작 전 5시간 동안의 빛 노출량이 두 번의 실험 조건 모두에서 야간 근무 후 집으로 귀가해서 주간 수면을 취했던 선행연구 피험자들의 취침 전 5시간 동안의 빛 노출량( $616.43 \pm 509.72$  lux)보다 낮았다.<sup>10</sup> 또한 본 실험실의 환경은 자택에서의 실제 수면 상황과 다르다는 점이다. 검사실은 밀폐되므로 소음이 거의 완전히 차단되며,

자택에서 발생할 수 있는 기타 수면 방해 요인(가족 소음, 인터넷폰, 전화 등)이 제거된 상태이기 때문에, 아무래도 연구 동안 수면의 질이 더 높았을 가능성이 있다.

둘째, 빛 노출이 멜라토닌 분비 억제에 미치는 영향은 수면 시간대에 따라 다를 수 있다. 생리학적으로 멜라토닌 분비량이 많은 야간 수면 동안에는 빛 노출시간이 길수록 멜라토닌 억제가 심화되고,<sup>18</sup> 대뇌피질과 시상피질의 신경 활동 동기화를 방해하여 서파 활성화와 수면방추(sleep spindle)를 감소시켜서 수면의 질을 떨어뜨린다.<sup>19,20</sup> 하지만 본 연구 대상 야간 근무자의 경우 멜라토닌이 야간에 분비되는 일주기리듬이 변화하지 않아 빛 노출에 의한 멜라토닌 억제 효과가 주간 수면 동안에는 작동하지 않았을 것으로 추정한다.<sup>5</sup> 특히 교대근무수면장애(shift work sleep disorder)를 호소하는 근무자들은 수면장애가 없는 교대근무자들에 비해 주간 수면 시간대에 멜라토닌 분비가 매우 낮다.<sup>21</sup> 따라서 본 연구 대상자들은 모두 수면장애, 즉 교대근무수면장애를 갖고 있으므로 주간 수면 동안 멜라토닌 농도는 낮게 유지되고 있었을 것이기 때문에, 빛 노출 여부에 따른 수면지표의 변화가 없을 것으로 추정해본다. 물론 본 연구에서 시행한 주간 빛 노출 자극이 30 lux로 비교적 낮아서, 멜라토닌 분비에 영향을 미치지 못할 수준이었을 가능성도 높다. 본 연구에서 30 lux의 비교적 dim light 범주에 들어갈 수 있는 낮은 조도를 선택한 이유는, 이전 교대근무 간호사 연구에서 실제 액티와치로 측정된 주간 수면 동안의 조도였기 때문이다.<sup>10</sup> 교대근무자들은 주간 수면 동안 커튼을 치는 등의 암실 조건에서 수면을 취해야 한다는 수면위생을 이미 잘 숙지하고 있으며, 실제 실천하고 있다. 그럼에도 불구하고 수면장애를 호소하였기에 30 lux 정도의 빛도 수면을 방해할 것으로 추정을 했지만, 실제 수면지표 자체는 차이가 없게 나왔다. 그러나 선행연구에서도 주간 수면 중 조도량을 액티와치로 측정하였기 때문에 이불을 덮거나 해서 액티와치가 가려지는 경우 빛 노출량이 적게 평가되었을 가능성도 있다.<sup>10</sup> 한편 모의 야간 근무(simulated night work)를 마친 후 시행된 주간 수면 동안 3,000 lux 이상, 그리고 dim light( $< 50$  lux)로 나누어 수면지표와 멜라토닌 분비량을 조사한 최근 연구에서도 빛 노출군에서 멜라토닌 분비량은 차이가 없고 dim light of melatonin onset(DLMO)만 약간 진전되는 것 외에 주간 수면의 수면지표나 일주기리듬 변화에는 큰 영향을 주지는 못한 것으로 나타나,<sup>22</sup> 교대근무수면장애는 빛 외의 다른 요인도 관여함을 시사한다.

셋째, 빠른 주기로 변경되는 교대근무로 인해 나타난 결과이다. 본 연구에 참여한 대상자의 근무 일정은 이를 연속 주간 근무와 연이은 이를 연속 야간 근무로, 그중 첫 번째 야간



근무 후 주간 수면을 측정할 것이다. 일주기리듬이 2일 간격의 주야 교대에 신속하게 맞춰졌을 것으로 생각되지 않는다. 실제 이들의 일주기리듬을 평가하지는 않았지만, 주야 어느 상황에도 제대로 적응하지 못하는 일주기리듬을 갖고 있을 가능성이 높다. 이 경우 교대근무자들의 수면을 주관하는 것을 일주기리듬에 의한 기전(process C)보다는 수면박탈에 의한 homeostatic pressure(process S)일 것으로 추정한다. 본 연구 교대근무자들이 자가 보고한 수면시간에 따르면 야간 근무를 시작하기 전 이를 연속 주간 근무를 마친 후 수면을 취하고 일어난 시간은 대략 오전 10시(7:00~14:30 clock time)로 다음 날 야간 근무 후 다시 주간 수면을 취할 때까지 거의 23시간을 깨어 있게 된다. 이는 급성 수면박탈 상태로 간주할 수 있다. 이와 같은 강력한 homeostatic sleep pressure drive에 의해 수면지표가 비교적 정상수준으로 나타났을 것으로 추정한다.

연구 조건 1(30 lux)과 2(<5 lux) 각각 실험 동안, 주간 수면 전후 약 36시간 동안 측정된 액티와치 결과를 분석해보면, 주간 수면 동안에는 양 조건 모두에서 낮 11시에 rest period가 가장 많고, 낮 12시부터 점차 줄어드는 양상을 보였다. 피험자들의 평소 취침시간이 09:00~10:00임을 감안하면, 첫 수면주기를 지나면서 점차 각성빈도가 증가한다고 볼 수 있다. 반면 야간시간 동안의 활동량을 분석하면, 근무시간 동안 rest period가 상당 수 관찰되었으며, 특히 새벽 2~3시에 가장 높았다. 근무자들이 그 시간에 실제 잤을지는 확인할 수 없으나, 잤을 가능성은 있다. 첫 야간 근무보다 연속 두 번째 야간 근무 동안, 특히 새벽 2~5시 사이에 rest period가 증가한 것은 야간 근무 후 정상 수면의 질로 5시간의 수면을 취했다라도 여전히 야간 근무 동안의 각성도를 유지하기 어렵다는 뜻이며, 야간 근무의 어려움을 보여준다고 할 수 있겠다.

그 외 흥미로운 결과는 주간 수면 동안의 렘수면 분포의 변화이다. 렘수면 총량은 상근자의 야간 수면과 차이가 없으나, 수면의 후반부가 아닌 초반부(주로 첫 번째 사이클)에 렘수면이 가장 길게 발현되었으며, 10명 중 3명에서 입면 시 렘수면(sleep onset REM sleep)이 관찰되었다. 야간 교대근무자의 수면 동안 렘수면은 대개 첫 두 번의 수면주기에서만 나타났다는 다른 연구결과와 유사하다.<sup>23</sup> 20대 성인에서 40시간 수면박탈 후 시행한 회복 수면에서 수면주기(sleep cycle)가 경과하면서 REM density 증가가 억제되었다고 한다.<sup>24</sup> 결국 렘수면의 전진 배치는 본 대상자들의 일주기리듬이 야간 근무에 제대로 맞춰지지 못했고, 더불어 수면박탈도 심함을 시사한다.

결론적으로, 2교대 근무자들에서 주간 수면 중 빛 노출(30

lux)은 수면의 질이나 기상 후 집중도에 큰 영향을 주지 않았다. 이는 연속 2일씩 돌아가는 빠른 교대근무는 일주기리듬을 제대로 이동시키지 못하기 때문에 근무 중 각성장애, 주간 수면 중 수면 유지의 어려움을 초래하는 것을 알 수 있다.<sup>22</sup> 부적절한 수면은 졸음을 초래해서 근무 중 사고나 운전 중 교통사고 위험을 증가시킴을 고려할 때,<sup>8,25</sup> 교대근무를 잘 적응할 수 있는 적절한 근무양식의 개발과 가장 졸리는 야간 근무 시간대에 교대로 짧은 잠을 자게 하는 중재가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 예비연구로 표본 수가 적고, 2일 연속 주간 근무 후 이어지는 1일 야간 근무 후 시행한 하루 동안의 주간 수면만 측정했다는 점, 야간 근무 후 주간 수면에 영향을 줄 수 있는 주간 근무 시 수면을 보다 객관적으로 조사하지 못한 점, 주간 수면 시간의 빛 자극 조절 외에는 기타 수면에 영향을 줄 수 있는 자극을 조절하지 않아 연구결과를 해석하는 데 제한점이 있다. 또한 주간 수면 중 빛 노출 조건에서 빛의 강도가 낮아서 암실수면과 비교해서 수면지표에 차이가 없었을 가능성이 있고, 주간 수면이 끝나자마자 5분 이내에 PVT를 시행하여 각성도나 집중도가 좋지 않게 평가되었을 가능성이 있다. 그러나 실제 근무를 하는 간호사를 대상으로 하였고 주간 수면을 보다 객관적인 수면다원검사로 평가했다는 데 의의가 있다. 향후 충분한 피험자에서 예비연구와 같은 결과를 보이는지, 노출 빛 강도를 높였을 경우 수면지표가 차이가 있는지, 동시에 일주기리듬을 평가하는 바이오마커가 추가된 연구가 필요하다.

### Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

### Acknowledgments

This study was supported by the Research Grant of Korean Sleep Research Society in 2018.

### ORCID iDs

Su Jung Choi <https://orcid.org/0000-0003-2171-7441>  
 Hea Ree Park <https://orcid.org/0000-0002-7152-0754>  
 Eun Yeon Joo <https://orcid.org/0000-0003-1233-959X>

### Author Contributions

Conceptualization: Su Jung Choi, Hea Ree Park, Eun Yeon Joo. Data curation: Su Jung Choi, Eun Yeon Joo. Formal analysis: Su Jung Choi. Funding acquisition: Eun Yeon Joo. Investigation: Su Jung Choi, Hea Ree Park. Methodology: Su Jung Choi, Hea Ree Park, Eun Yeon Joo. Project administration: Su Jung Choi, Hea Ree Park. Resources: Su Jung Choi, Hea Ree Park, Eun Yeon Joo. Software: Su Jung Choi. Supervision: Eun Yeon Joo. Validation: Su Jung Choi, Hea Ree Park, Eun Yeon Joo. Visualization: Su Jung Choi, Eun Yeon Joo. Writing—original draft: Su Jung Choi, Eun Yeon Joo. Writing—review & editing: Su Jung Choi, Hea Ree Park, Eun Yeon Joo.

## REFERENCES

1. Lee JT, Lee KJ, Park JB, Lee KW, Jang KY. The relations between shift-work and sleep disturbance in a university hospital nurses. *Ann Occup Environ Med* 2007;19:223-230.
2. Scott LD, Arslanian-Engoren C, Engoren MC. Association of sleep and fatigue with decision regret among critical care nurses. *Am J Crit Care* 2014;23:13-23.
3. Dorrian J, Lamond N, van den Heuvel C, Pincombe J, Rogers AE, Dawson D. A pilot study of the safety implications of Australian nurses' sleep and work hours. *Chronobiol Int* 2006;23:1149-1163.
4. Foreman MD, Wykle M. Nursing standard-of-practice protocol: sleep disturbances in elderly patients. The NICHE Faculty. *Geriatr Nurs* 1995;16:238-243.
5. Grundy A, Sanchez M, Richardson H, et al. Light intensity exposure, sleep duration, physical activity, and biomarkers of melatonin among rotating shift nurses. *Chronobiol Int* 2009;26:1443-1461.
6. Akerstedt T, Nordin M, Alfredsson L, Westerholm P, Kecklund G. Sleep and sleepiness: impact of entering or leaving shiftwork--a prospective study. *Chronobiol Int* 2010;27:987-996.
7. Scott LD, Rogers AE, Hwang WT, Zhang Y. Effects of critical care nurses' work hours on vigilance and patients' safety. *Am J Crit Care* 2006;15:30-37.
8. Yi YH, Choi SJ. Association of sleep characteristics with medication errors for shift work nurses in intensive care units. *J Korean Acad Fundam Nurs* 2014;21:403-412.
9. Touitou Y, Reinberg A, Touitou D. Association between light at night, melatonin secretion, sleep deprivation, and the internal clock: health impacts and mechanisms of circadian disruption. *Life Sci* 2017;173:94-106.
10. Choi SJ, Joo EY. Light exposure and sleep-wake pattern in rapidly rotating shift nurses. *J Sleep Med* 2016;13:8-14.
11. Cho JR, Joo EY, Koo DL, Hong SB. Let there be no light: the effect of bedside light on sleep quality and background electroencephalographic rhythms. *Sleep Med* 2013;14:1422-1425.
12. Blatter K, Graw P, Münch M, Knoblauch V, Wirz-Justice A, Cajochen C. Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behav Brain Res* 2006;168:312-317.
13. Berry RB, Brooks R, Gamaldo C, et al. AASM Scoring Manual updates for 2017 (version 2.4). *J Clin Sleep Med* 2017;13:665-666.
14. Kim JW. Quantitative analysis of actigraphy in sleep research. *Sleep Med Psychophysiol* 2016;23:10-15.
15. Morin CM. *Insomnia: psychological assessment and management*. New York: Guilford Press, 1993.
16. Cho YW, Lee JH, Son HK, Lee SH, Shin C, Johns MW. The reliability and validity of the Korean version of the Epworth sleepiness scale. *Sleep Breath* 2011;15:377-384.
17. Park YM, Seo YJ, Matsumoto K. The Morningness-Eveningness Questionnaire in Korean version and its relations with sleep-wake habits. *J Ergon Soc Korea* 1996;15:37-49.
18. Aoki H, Yamada N, Ozeki Y, Yamane H, Kato N. Minimum light intensity required to suppress nocturnal melatonin concentration in human saliva. *Neurosci Lett* 1998;252:91-94.
19. Cajochen C, Kräuchi K, Danilenko KV, Wirz-Justice A. Evening administration of melatonin and bright light: interactions on the EEG during sleep and wakefulness. *J Sleep Res* 1998;7:145-157.
20. Marshall L, Helgadóttir H, Mölle M, Born J. Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature* 2006;444:610-613.
21. Gumenyuk V, Roth T, Drake CL. Circadian phase, sleepiness, and light exposure assessment in night workers with and without shift work disorder. *Chronobiol Int* 2012;29:928-936.
22. Nagashima S, Osawa M, Matsuyama H, Ohoka W, Ahn A, Wakamura T. Bright-light exposure during daytime sleeping affects nocturnal melatonin secretion after simulated night work. *Chronobiol Int* 2018;35:229-239.
23. Akerstedt T, Kecklund G, Knutsson A. Spectral analysis of sleep electroencephalography in rotating three-shift work. *Scand J Work Environ Health* 1991;17:330-336.
24. Marzano C, De Simoni E, Tempesta D, Ferrara M, De Gennaro L. Sleep deprivation suppresses the increase of rapid eye movement density across sleep cycles. *J Sleep Res* 2011;20:386-394.
25. Nakata A. Effects of long work hours and poor sleep characteristics on workplace injury among full-time male employees of small- and medium-scale businesses. *J Sleep Res* 2011;20:576-584.