

<原著>

睡眠障害を有さない若年男性における就寝前の光照射による  
起床後の主観的睡眠感, 注意力および作業効率の変化  
—白熱電球と青色光の比較—

内海卓哉<sup>1)</sup>, 石澤正夫<sup>1)</sup>, 高畑未樹<sup>2)</sup>, 八巻通安<sup>2)</sup>, 佐藤寿晃<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 山形医療技術専門学校作業療法学科

<sup>2)</sup> 山形県立保健医療大学大学院保健医療学研究科作業療学分野

Changes in subjective sleep quality, attention, and work efficiency after  
waking up by light exposure before bedtime in young men without sleep  
disorders: A comparison of incandescent lamp and blue light

UCHIUMI Takuya<sup>1)</sup>, ISHIZAWA Masao<sup>1)</sup>, TAKAHATA Miki<sup>2)</sup>,  
YAMAKI Michiyasu<sup>2)</sup>, SATO Toshiaki<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Occupational Therapy, Yamagata College of Medical Arts & Sciences

<sup>2)</sup> Area of Occupational Therapy, Graduate School of Health Sciences, Yamagata Prefectural University Health Sciences

抄録

**目的:** 本研究は、就寝前のブルーライトを主波長とする青色光照射が、睡眠障害を有さない若年男性の主観的睡眠感、注意力、作業効率に及ぼす影響を調査することである。

**方法:** 対象は、12人の睡眠障害を有さない若年男性（年齢：20-23歳）であった。対象者は就寝前の1時間、1)白熱電球、2)青色光の2条件で照射を受けた。照射を行った翌朝、主観的睡眠感と注意力、作業効率について測定を行った。主観的睡眠感はOSA睡眠調査票（MA版）、注意力は精神運動ヴィジランス課題、作業効率はパーデューペグボードを用いた。

**結果:** 白熱電球照射後とブルーライト照射後の2条件間で主観的睡眠感に有意な差は認められなかった。作業効率は、ブルーライト照射後で白熱光照射後と比較し有意に低下した。また、ブルーライト照射後の注意力では10分間の測定時間の内、後半5分部分で反応時間が有意に延長した。

**結論:** 本研究の結果は、就寝前のブルーライト照射が翌日の注意力と作業効率を低下させる可能性があることを示唆する。

**キーワード:** 睡眠、ブルーライト、作業効率、注意、主観的睡眠感

Abstract

**Purpose:** To investigate the effects of blue light exposure before bedtime on subjective sleep quality, attention, and work efficiency in young men without sleep disturbances.

**Methods:** A total of 12 young men (aged 20-23 years) without sleeping disorders were exposed to two conditions: 1) incandescent lamp and 2) blue light for 1 h before bedtime. The sleep status was monitored using a mat-type sleepmeter. The next morning after exposure, subjective sleep quality, attention, and work

連絡先：佐藤寿晃

〒990-2212 山形県山形市上柳260

260 Kamiyanagi, Yamagata, Yamagata 990-2212, Japan.

Tel & Fax: 023-686-6660

E-mail: tsato@yachts.ac.jp

[令和2年11月6日受理]

efficiency were measured. Subjective sleep quality was measured using the Oguri-Shirakawa-Azumi sleep inventory (MA version), attention using the psychomotor vigilance task, and work efficiency using the Purdue Peg board.

**Results:** This study revealed no significant difference in the subjective sleep quality between two conditions of incandescent lamp and blue lights. Additionally, sleep duration remains unchanged; however, the rate of deep sleep was significantly reduced. Work efficiency was also significantly reduced with blue light compared to incandescent lamp. Moreover, the reaction time of blue light attention significantly extended in the last 5-min of the 10-min measurement time.

**Conclusion:** The results of this study suggest that blue light exposure before bedtime may reduce an individual's attention and work efficiency on the following day.

**keywords:** sleep, blue light, work efficiency, attention, subjective sleep quality

(accepted for publication, November 6, 2020)

## I. 諸言

本邦では、高度成長期を機に生活様式が変化し、2015年には1960年と比較し1時間ほど睡眠時間が短くなっているとの報告がある[1]。睡眠は、カフェイン摂取や運動量、寝室の室温、入眠前の入浴の有無、夕食時間など様々な因子の影響を受けると報告されている[2-6]。そして、近年青色発光ダイオード（以下、青色LED）を用いた機器の普及を背景にブルーライトによる睡眠への影響が注目されている。ブルーライトは、390nm-495nm帯域の可視光線である。ブルーライトは太陽光にも含まれ、人間の概日生活リズムの形成を担っている。しかし、照射による網膜の器質的障害などの悪影響も多く報告されている[7-11]。睡眠においては夜間のブルーライト照射は睡眠位相の後退、深睡眠率の低下をもたらすと言われている。睡眠、特に深睡眠は神経系の回復などへの影響に加え、日中の覚醒レベルの低下や仕事の能率の低下、学習の阻害につながると言われており起床後の生活にも影響を及ぼす[12-14]。また、ブルーライトを含む照明や液晶画面の使用により、睡眠の質や深睡眠に影響を受けることについての報告[9,11,14]はある。しかし、ブルーライト照射による睡眠の質の変化と、その後の日中の注意力や作業効率を検討した研究は少ない。

そこで、本研究では若年男性を対象に就寝前のブルーライトを主波長とする青色光を照射した後の主観的睡眠感の変化および客観的指標である注意、作業効率の変化について調べた。

## II. 方法

### 1. 対象者

本研究は、睡眠障害を有さない若年男性を対象とし、実験開始前にスクリーニングを行い睡眠障害が疑われるもの（ピッツバーグ睡眠質問票6点以上[15-17]）を除外している。実験には、15名の対象者が参加したが、3名を除外し12名を解析対象とした。除外理由の内訳は、スクリーニングにて睡眠障害が疑われたものが2名、対象

者の都合による実験中断が1名である。解析対象者（12名）の年齢は、20-23歳の範囲で平均値は $21 \pm 1$ 歳であった。なお、解析対象者は、2018年3月～2019年11月の期間に実験を行った。（表1）

本研究は、山形県立保健医療大学の倫理審査委員会の承認を受けて実施した（倫理承認番号：1801-4）

表1 対象者の特性

項目	Mean $\pm$ SD
対象者数 (名)	12
年齢 (歳)	$21 \pm 1$
身長 (cm)	$170.4 \pm 6.6$
体重 (kg)	$62.9 \pm 10.1$
Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )	$21.6 \pm 4.4$
ピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (点)	$3.4 \pm 2.0$

## 2. 実験条件

### 1) 睡眠環境

睡眠研究では、対象者間と実験日間の環境やスケジュールを一定に保つため実験室やホテルの一室にて行われることがある。本研究では、通常的生活環境下での影響を明らかにするために対象者の自室で照射および睡眠を行った。室温 $18^{\circ}\text{C}$  - $28^{\circ}\text{C}$ 内、湿度45-60%内に設定するように指示した。

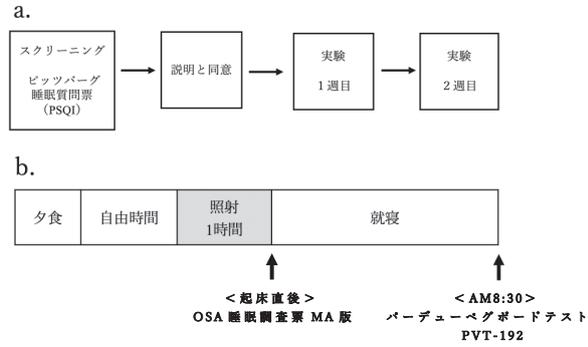
### 2) スケジュール管理

事前に対象者の予定を聴取し、テストやアルバイト、日頃行わないような運動を行う予定のある日は避け実験日を設定した。また、食事や入浴は行う時間や形式を一定にするように指示した。実験中のスケジュールは、睡眠日誌[18]にて確認し、激しい運動や飲酒のエピソードがあった場合は解析から除外した。実験中の起床就寝は対象者があらかじめ設定した時刻の前後30分以内に行うこととした。起床後、登校するまではスマートフォンを使用しないよう指示をした。

## 3. 実験スケジュール

照射スケジュール、実験の実施順を図1に示す。実験

は2週にわたり実施し、平日5日のうち、2日間を実験日として設定した。実験日は間隔を明けず連続的に行った。2日間のうち白熱電球、青色光をそれぞれ1日ずつ照射した。実施順はランダムにした。照射は、就寝予定時刻の1時間前より1時間照射した。



a. 実験全体のスケジュール b. 実験日のスケジュール

図1 実験デザイン

#### 4. 照射環境

照射機器として、白熱電球と青色光の光源としてブルーライト照射機 (goLITE BL, HF3331, Philips) を使用した。ブルーライト照射機の波長範囲は、430-525 nmであった。照射機器の主波長は白熱電球が780nm、ブルーライト照射機が467nmであった。各照射機器の実験環境下での分光分布を図2に示す。対象者は椅子座位で机に向かい、机の上、対象者の右前方45度、50cmの距離に照射機器を配置した。照射は、就寝前1時間前に1時間照射した。照射中、光源を直視しないよう指示し、座位で読書を行わせた。予備実験にて3名の被験者に、照射機器を同じルクスで合わせ照射を行った。結果、ルクスが同様であっても、主観的な明るさは白熱電球で非常に強く明るさを感じる結果となった。また、照射機器間の主観的明るさが一致するよう、白熱電球に調光スイッチを使用し、ブルーライト照射機の明るさに合わせて調節を行うよう指示した。予備実験における作業面照度は白熱電球が334±102lx、青色光が124±80lx、であった。照射中の作業面の分光照射中の室内の照度を室内中央の床で測定した。全被験者の天井照明は蛍光灯を光源にした

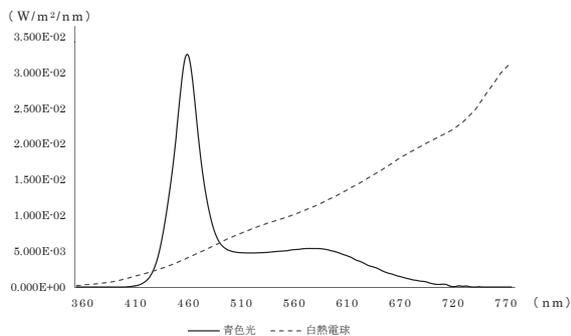


図2 照射環境の分光照度

ものであり、水平面照度は196±42lx (165-232lx) であった。

#### 5. 測定項目と使用機器

##### 1) 測定環境

注意力および作業効率は登校後、午前8:30に所定の測定室にて測定を行った。本実験では、対象者の普段の生活リズムの中での影響を検討したため、起床時刻は統一しなかった。測定室は環境音を除去し、環境が一定となるよう配慮した。実験室内の床面の水平面照度は、240±32lxであった。また、自室環境同様に室温18℃-28℃、湿度45-60%に設定した。

##### 2) 主観的睡眠評価

OSA睡眠調査票MA版[19,20] (Oguri-Shirakawa-Azumi sleep inventory MA Version 以下、OSA-MA) を用いた。OSA-MAは自記式の質問紙であり、第1因子：起床時眠気、第2因子：入眠と睡眠維持、第3因子：夢み、第4因子：疲労回復、第5因子：睡眠時間の5因子形16項目で構成する。各項目は4件法で回答する。因子別の得点は50点満点であり、点数が高いほど良い状態である。実施はマニュアルに従い、起床直後に行なった。

##### 3) マット型睡眠計

対象者の睡眠状況をモニタリングすることを目的にマット型睡眠計 (スリープスキャン, SL-504, TANITA) を用いた。本機器は、マットレスの下に敷くことで睡眠時間や深睡眠時間を簡便に計測が可能である[21]。

##### 4) 注意力

注意力の評価としては、精神運動ヴィジランス課題 (PVT-192, AMI社)を用いた。精神運動ヴィジランス課題とは、長時間持続的に信号の出現に注意を向け反応する課題であり、持続的な注意力が検出可能である[22]。精神運動ヴィジランス課題は日中の眠気や様々な仕事におけるパフォーマンスの評価に用いられる[9,12,22-25]。本研究では、実施時間を10分、刺激間隔は3-5秒とした。なお、解析は全反応の中央値に加え、全反応を前後5分に分け解析を行った。

##### 5) 作業効率

作業効率の評価としては、Purdue Pegboard Test[5,26]を用いた。Purdue Pegboard Testは、巧緻性の評価およびトレーニングを行う目的に開発された。本研究では、両手課題であり手順の規定があるアッセンブリー課題 (組み立て課題) を採用した。測定は1分間であり、組み立てたパーツ数で得点が算出される。得点は高いほど作業効率が高いと判断した。

#### 6. 統計処理

実験データを集計し、項目ごとに統計解析を行った。照射条件間の比較において、正規分布に従っているデータの群間比較については対応のあるt検定、正規分布に従っていないデータに関してはWilcoxonの符号付順位検定を行った。統計は統計ソフトR (Ver.2.81) を使用した。

表 2 全対象者の個別データ

	OSA-MA										Pudue pegboard			精神運動パフォーマンス		
	睡眠状況					因子					因子5	得点(点)	全反応(ms)	前半5分(ms)	後半5分(ms)	
	総睡眠時間(min)	深睡眠率(%)	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5									
A	白熱電球	401	18	10.8	16.6	29.5	12.0	10.5	46	218 (181-236)	220 (187-232)	211 (181-241)				
	青色光	426	13	10.8	15.4	29.5	12.0	10.5	46	224 (184-242)	220 (193-235)	230 (184-246)				
B	白熱電球	462	12.7	20.75	11.4	12.5	27.5	21.5	53	214 (171-228)	208 (171-225)	216 (184-231)				
	青色光	415	7.9	12.75	12	16.5	21.5	16	44	213 (182-230)	207 (182-214)	226 (198-243)				
C	白熱電球	402	20.4	23	21.2	22.5	18.7	28	25	305 (205-376)	303 (205-366)	306 (239-403)				
	青色光	399	9.4	23	23.6	29.5	18.7	28	24	388 (246-450)	362 (246-398)	425 (262-472)				
D	白熱電球	353	15.7	13	17	29.5	19.0	16	45	243 (180-274)	254 (180-279)	237 (182-267)				
	青色光	351	15.1	10.75	10	29.5	12.0	11	44	248 (183-287)	239 (196-283)	269 (183-300)				
E	白熱電球	416	10.2	20.25	10.2	29.5	15.0	17	30	242 (193-287)	252 (193-287)	239 (206-286)				
	青色光	386	7.4	12.75	18.4	29.5	15.7	21.5	29	249 (192-282)	242 (192-281)	251 (212-286)				
F	白熱電球	429	20.2	15.75	20.6	23.5	21.7	16	28	243 (188-267)	238 (188-270)	248 (194-266)				
	青色光	471	17.4	15.75	25	29.5	21.7	16	24	235 (181-256)	237 (196-257)	233 (181-254)				
G	白熱電球	259	13.7	15.8	17.2	29.5	15.7	6	34	332 (211-335)	339 (211-432)	308 (221-390)				
	青色光	251	6.4	20.3	18.4	29.5	15.7	10.5	34	279 (201-415)	271 (201-304)	291 (222-299)				
H	白熱電球	363	16	2.75	17.2	29.5	3.7	0	40	256 (174-327)	255 (195-318)	260 (174-345)				
	青色光	367	14.8	13.25	21.2	29.5	12.0	0	36	248 (184-296)	240 (184-283)	262 (204-304)				
I	白熱電球	326	7.5	7.75	4	23.5	7.7	4.5	40	203 (160-215)	200 (160-210)	205 (178-220)				
	青色光	319	10.6	8.25	9.2	22.5	16.0	10.5	30	205 (161-219)	203 (173-214)	206 (161-299)				
J	白熱電球	290	23.3	16.25	9.6	13	16.0	21.5	38	243 (184-267)	245 (184-269)	239 (198-260)				
	青色光	309	11.6	13.75	9.6	16.5	12.0	16	36	239 (187-266)	240 (187-364)	236 (187-221)				
K	白熱電球	353	15.4	20.25	22	29.5	12.0	21.5	45	274 (190-311)	277 (190-318)	274 (214-306)				
	青色光	337	23.7	10.75	17.2	29.5	21.7	16	49	307 (219-364)	313 (227-284)	298 (219-358)				
L	白熱電球	342	12.4	17.75	21.2	29.5	21.7	16	49	232 (166-266)	220 (166-257)	236 (189-273)				
	青色光	338	14.9	13.25	16.2	15	8.0	16	45	244 (183-287)	238 (188-263)	251 (183-299)				

有意水準は両側検定で5%とした。

### III. 結果

#### 1. 主観的睡眠評価 (表2, 3)

OSA-MAの5因子における白熱電球と青色光の平均得点と標準偏差は第1因子, 第2因子, 第4因子, 第4因子, 第5因子のそれぞれ15.3±5.9と13.8±4.2, 15.7±5.7と16.4±5.4, 25.1±6.4と25.5±6.2, 16.7±6.6と14.8±4.2, 14.9±8.2と14.3±6.8であった。全ての因子で有意な差は認められなかった。

表3 OSA-MAの因子別得点の変化

	白熱電球	青色光	p 値	効果量
第1因子	15.3 ± 5.9	13.8 ± 4.2	0.44	0.21
第2因子	15.7 ± 5.7	16.4 ± 5.4	0.64	0.15
第3因子	25.1 ± 6.4	25.5 ± 6.2	0.54	0.21
第4因子	16.7 ± 6.6	14.8 ± 4.2	0.29	0.24
第5因子	14.9 ± 8.2	14.3 ± 6.8	0.66	0.14

#### 2. 睡眠状況 (表2, 4)

スリープスキャンにおける睡眠時間は白熱電球が366±59min, 青色光が364±60minであり, 有意な差は認められなかった。深睡眠率は, 白熱電球が15.5±4.5%, 青色光が12.7±4.9%であり青色光で有意に低下した(p<0.03)。

表4 睡眠状況の変化

	白熱電球	青色光	p 値	効果量
睡眠時間 (min)	366 ± 59	364 ± 60	0.74	0.01
深睡眠率 (%)	15.5 ± 4.5	12.7 ± 4.9	0.03	0.58

#### 3. 起床後の注意力 (表2, 5)

全反応の反応時間 (ms) の中央値 (25-75%) は, 241 (207-278) と241 (206-278) であり, 有意な差は認められなかった。前後半の5分に分けた解析では, 青色光の前半5分に比べ後半5分で有意に反応時間が延長した (p<0.001)。また, 白熱電球と青色光のそれぞれ後半5分では白熱電球に比べ青色光で有意に反応時間が延長した (p<0.001)。白熱電球の前後半の比較, 白熱電球と青色光の前半5分の比較では有意な差はなかった。

表5 精神運動ヴィジランス課題の結果の変化

	白熱電球	青色光	p 値	効果量
全反応 (ms)	241 (207-278)	241 (206-278)	0.42	0.02
前半5分 (ms)	244 (214-296) a	244 (218-294) b	0.99	0.01
後半5分 (ms)	241 (215-286) c	252 (224-404) d	< 0.001	0.19
白熱電球前後半 (a vs. c)			0.49	0.04
ブルーライト前後半 (b vs. d)			< 0.001	0.19

#### 4. 起床後の作業効率 (表2, 6)

白熱電球と青色光のPurdue Pegboard Testにおける得

点の平均値および標準偏差は, 39.4±8.4, 36.8±8.4と青色光の得点が有意に低値であった(p<0.05)。

表6 作業効率の結果の変化

	白熱電球	青色光	p 値	効果量
得点 (点)	39.4 ± 8.4	36.8 ± 8.4	0.037	0.21

### IV. 考察

#### 1. 青色光が起床後の主観的指標への影響

本研究の結果より, OSA-MAは, すべての因子において照射条件による有意な差は認めなかった。過去の研究より, 睡眠時間を制限する断眠研究においては, 5時間の睡眠では主観的眠気は増加したが, 7時間睡眠では主観的眠気に有意な差が生じないと報告されている[22,27]。これらは, 睡眠に影響を与える因子における制限や負荷量の違いが, 主観的眠気に反映されない場合があることを示唆する。ブルーライト照射により, 睡眠を阻害するといった報告が多いが[9,11,14], 本研究におけるブルーライト照射量では主観的睡眠感には変化を及ぼさなかったと考える。

#### 2. 青色光が起床後の客観的指標への影響

精神運動ヴィジランス課題の結果を前後半5分に分けて解析した。結果, 白熱電球と青色光の後半5分の比較, 青色光の前後半5分の比較において有意差を認めた。しかし, 全反応の中央値, 白熱電球の前後半の比較, 白熱電球と青色光の前半の比較では有意な差を認めなかった。白熱電球は前後半5分で有意な差を認めず, 注意力は時間経過に伴い変化することがなかったと判断される。一方で青色光は前半に比べ後半5分で有意に反応時間は延長しており, 注意力は時間経過に伴い低下したと推察する。また, 精神運動ヴィジランス課題において後半5分は眠気を反映するとの報告があり[28], 単純反応時間の連続測定により眠気が強くなったと考える。

作業効率においては, 青色光により起床後のパーデューペグボードテストの得点低下を認めた。パーデューペグボードテストは, 手指の巧緻性や作業効率の評価に用いられるが, 得点は注意力と相関があるとの報告がある[29]。また, 反応時間が短くなると, 連続加算における処理速度が上昇するとの報告がある[30]。本研究においても, 注意力が変化したことにより作業効率においても変化が生じたと考える。精神運動ヴィジランス課題, 作業効率ともに睡眠時間が短くなると注意の低下の影響を受けると言われている[9,12,22,26]。本実験においては, 睡眠時間に有意差がなかったが, 深睡眠率では青色光で有意に低下していた。深睡眠は心身の回復に関係すると言われ[31], 本研究の結果より深睡眠率が日中のパフォーマンスに影響を与える可能性を示唆する。

今回, 主観的睡眠感には変化を認めなかったが, 注意力および作業効率に変化が生じた。睡眠研究においては,

主観的指標と客観的指標に差が生じることが多いと報告されている[24,32,33]。Blenky et al.[22]は、睡眠時間を7時間に制限すると主観的眠気は変化せず、精神運動ヴィジランス課題における反応時間の延長が生じ、5時間の制限では主観的眠気、精神運動ヴィジランス課題ともに変化が生じたと報告している。これらは、客観的指標に変化が生じていたとしても必ずしも主観的睡眠感に変化が生じないことを示唆する。眠気を自覚していない日中のパフォーマンスの低下は事故やエラーを引き起こす恐れがある。本研究の結果より、主観的な睡眠状態、眠気の評価だけではなく定量化できる客観的指標の評価が重要であると考えられる。

本研究は、自室にて通常の日常生活を継続しながら実験を行なった。そのため、影響を受ける因子を除去しているとは言い難いものの、青色光により注意力および作業効率に変化を認めた。特殊な実験環境ではなく、通常の生活環境下で変化があったことは一定の研究意義を示すと考える。

## 利益相反

なし

## 引用文献

- [1] NHK放送文化研究所. 国民生活調査報告書. [https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20160217\\_1.pdf](https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/20160217_1.pdf) (accessed 2020-03-10)  
NHK Hoso Bunka Kenkyujo. [Kokumin seikatsu chosa hokoku sho.] [https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/201602\\_17\\_1.pdf](https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/pdf/201602_17_1.pdf) (in Japanese) (accessed 2020-03-10)
- [2] Van Dongen HPA, Nicholas J, Mullington JM et al. Price. Caffeine eliminates psychomotor vigilance deficits from sleep inertia. *Sleep*. 2001;24:813-819. Doi: 10.1093 / sleep / 24.7.813.
- [3] 増田元香, 松田ひとみ. 活動的な高齢者における主観的睡眠感と運動量との関連. *日本生理人類学会誌*. 2006;4:31-36. doi: 10.20718/jjpa.11.4\_163.  
Masuda M, Matsuda H. [Relationship between the Subjective feeling of sleep and exercise quantity in the active elderly.] *Journal of Physiological Anthropology*. 2006;4:31-36. (in Japanese) Doi: 10.20718/jjpa.11.4\_163.
- [4] Okamoto K, Mizuno K. Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *J Physiol Anthropol*. 2012;31:4. Doi: 10.1186/1880-6805-31-14.
- [5] 安田大典, 久保高明, 益満美寿, 他. シャワー浴からバスタブ浴への行動変容が睡眠と作業効率に及ぼす効果について. *日温気物医誌*. 2015;78:341-352. Doi: 10.11390/onki.78.341.  
Yasuda T, Kubo T, Masumitsu Y, et al. [Behavior change from the shower bathing to bath bathing affects sleep and working efficiency.] *The Journal of Balneology, Climatology and Physical Medicine*. 2015;78:341-352. (in Japanese) Doi: 10.11390/onk i.78.341.
- [6] Yoncheva Y, Castellanos X, Pizinger T, et al. Sleep and meal time misalignment alters functional connectivity: a pilot resting state study. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40:1813-1816. Doi: 10.1038 / ijo.2016.132
- [7] Geerdink M, Walbeek TJ, Beersma DG, et al. Short blue light pulses (30 min) in the morning support a sleep-advancing protocol in a home setting. *J Biol Rhythms*. 2016;31:483-497. Doi: 10.1177 / 0748730416657462.
- [8] Moon J, Yun J, Park SI, et al. Blue light effect on retinal pigment epithelial cells by display devices. *Integr Biol (Camb)*. 2017;22:436-443. Doi: 10.1039 / c7ib00032d.
- [9] Chellappa SL, Steiner R, Oelhafen P, et al. Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. *J Sleep Res*. 2013;22:573-580. Doi: 10.1111 / jsr.12050.
- [10] Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the system and eye physiology. *Molvis*. 2016;22:61-72.
- [11] Moderie C, Van der Maren S, Dumont M. Circadian phase, dynamics of subjective sleepiness and sensitivity to blue light in young adults complaining of a delayed sleep schedule. *Sleep Med*. 2017;34:148-155. Doi: 10.1016 / j.sleep.2017.03.021.
- [12] Basner M, Rubinstein J. Effects of night work, sleep loss and time on task on simulated threat detection performance. *Sleep*. 2008;31:1251-1259.
- [13] Doran SM, Van Dongen HP, Dinges DF. Sustained attention performance during sleep deprivation Evidence of state instability. *Arch Ital Biol*. 2001;139:253-267.
- [14] West KE, Jablonski MR, Warfield B, et al. Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *J Appl Physiol*. 2011;10:619-626. Doi:10.1152z/jappphysiol-1.01413.
- [15] Buysse DJ, Reynolds Cf, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res*. 1989;28:193-213. Doi: 10.1016 / 0165-1781 (89) 90047-4.
- [16] 土井由利子, 箕輪真澄, 内山真, 他. ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. *精神科治療学*. 1998; 13:755-763.  
Doi Y, Minowa M, Uchiyama M, et al. [Pittsburgh suimin shitsumonhyo Nihongoban no sakusei.] *Japanese journal of psychiatric treatment*. 1998;13:755-763. (in Japanese)
- [17] Doi Y, Minowa M, Uchiyama M, et al. Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J)

- in psychiatric disordered and control subjects. *Psychiatry Res.* 2000;97:165-172. Doi: 10.1016 / s0165-1781 (00) 00232-8.
- [18] Matthews KA, Patel SR, Pantesco EJ, et al. Similarities and differences in estimates of sleep duration by polysomnography, actigraphy. *Sleep Health.* 2018;4:96-103. doi: 10.1016/j.sleh.2017.10.011.
- [19] 山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 他. 中高年・高齢者を対象者としたOSA睡眠調査票 (MA版) の開発と標準化. *脳と精神の医学.* 1999;19:401-409. Yamamoto Y, Tanaka H, Takase M, et al. [Chukonen/koreisha o taisho to shita OSA suimin chosahyo (MA ban) no kaihatsu to hyojunka.] *Brain science and mental disorders.* 1999;19:401-409. (in Japanese)
- [20] Takanari J, Sato A, Waki H, et al. Effects of AHCC® on immune and stress responses in healthy Individuals. *J Evid Based Integr Med.* 2018;23:1-9. Doi: 10.1177 / 2156587218756511.
- [21] 山本学, 伊賀富栄, 清水美衣, 他. マット型睡眠計の有用性に関する検討. *睡眠医療.* 2012;9:5-9. Yamamoto M, Iga T, Shimizu M, et al. [Matto gata suiminki no yuyo sei ni kansuru kento.] *Japanese Journal of Sleep Medicine.* 2012;6:473-480. (in Japanese)
- [22] Lim J, Dinges DF. Sleep deprivation and vigilant attention. *Ann NY Acad Sci.* 2008;1129:305-322. Doi: 10.1196 / annals.1417.002.
- [23] Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, et al. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res.* 2003;12:1-12.
- [24] Bassett SM. Sleep quality but not sleep quantity effects on cortisol responses to acute psychosocial stress. *Stress.* 2015;18: 638-644. Doi: 10.3109 / 10253890.2015.1087503.
- [25] Basner M, Dinges DF. Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss. *Sleep.* 2011;34:581-591. Doi: 10.1093 / sleep / 34.5.581.
- [26] Tiffin J, Asher EJ. The Purdue Pegboard: Norms and studies of reliability and validity. *J Appl Psychol.* 1948;32:234-247.
- [27] Van Dongen HP, Maislin G, Mullington JM, et al. The cumulative cost of additional wakefulness: Dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and Total Sleep Deprivation. *Sleep.* 2003;26:117-126. Doi: 10.1093/sleep/26.2.117.
- [28] Tucker AM, Basner RC, Stern Y, et al. The variable response-stimulus interval effect and sleep deprivation: An unexplored aspect of psychomotor vigilance task performance. *Sleep.* 2009;32:1393-1395. Doi: 10.1093 / sleep /32.10.1393.
- [29] Streng H, Niederberger U, Seelhorst U. Correlation between tests of attention and performance on grooved and Purdue pegboards in normal subjects. *Percept Mot Skills.* 2002;95:507-514. Doi: 10.2466/pms.2002.95.2.507
- [30] Oriyama S, Miyakoshi Y. The effects of nighttime napping on sleep, sleep inertia, and performance during simulated 16 h night work: a pilot study. *Journal of Occupation Health.* 2008;60:172-181. Doi: 0.1539/joh.17-0070-OA.
- [31] Trinder J, Montgomery I, Paxton SJ. The effect of exercise on sleep: the negative view. *Acta Physiologica Scandinavica.* 1988;574:14-20. PMID: 3072835.
- [32] Segal AY, Sletten TL, Flynn-Evans EE, et al. Daytime exposure to short-andmedium-wavelength light did not improve alertness and neurobehavioral performance. *J Biol Rhythms.* 2016;31:470-482. Doi: 10.1177/0748730416659953.
- [33] 本多和樹. *眠りの科学とその応用《普及版》*. 東京: シーエムシー出版; 2015. p.137-139. Honda K. [Sleep and sleep science II(Popular edition).] Tokyo: CMC Publishing; 2015. (in Japanese)