

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650428

研究課題名(和文)夜間の短波長光暴露が睡眠とエネルギー代謝に及ぼす影響

研究課題名(英文)Effect of nocturnal exposure to short wavelength light on energy metabolism

研究代表者

徳山 薫平 (TOKUYAMA, Kumpei)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：00207565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：夜間の短波長(青色)光暴露はメラトニン分泌の抑制や睡眠の抑制などを引き起こすことが知られている。睡眠・覚醒とエネルギー代謝はその調節因子を共有して協調しているため、光環境がエネルギー代謝、特に睡眠時エネルギー代謝に影響を及ぼす可能性が考えられる。本研究では、就寝前の青色LED暴露(波長465nm、強度12.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)が睡眠時と翌朝のエネルギー代謝に及ぼす影響を検討した。本研究で用いた青色LEDは光量が少なく、睡眠脳波には影響が見られなかった。しかし翌日午前中にうとうとする状態(睡眠深度1、2)の時間帯が増加し、また朝食によるエネルギー代謝の亢進(食後熱産生)も抑制された。

研究成果の概要(英文)：Evening light exposure, particularly, short wavelength blue light, increases subjective alertness, suppresses melatonin secretion and elicits changes in sleep architecture. Control of sleep/wakefulness is associated with the regulation of energy metabolism, it is plausible that evening blue light exposure might also affect energy metabolism during sleep. The present study assessed the effect of nocturnal blue light exposure on the control of sleep/wakefulness and energy metabolism until next noon. In a balanced cross-over design, 9 subjects sitting in a room-size metabolic chamber were exposed either to blue LED (wave length: 465 nm, intensity: 12.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) or to no light for 2 h in the evening. Exposure to low intensity blue light in the evening, which did not affect sleep architecture and metabolism during sleep, elicited drowsiness and suppression of energy metabolism in the following morning.

研究分野：運動栄養学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：青色LED 睡眠障害 エネルギー代謝

1. 研究開始当初の背景

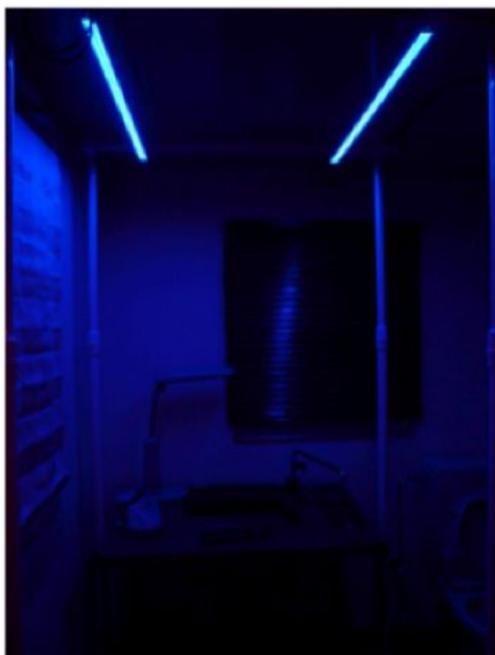
現代人は体内時計の分子機構の解明を急速に進める一方で、自らをその体内時計とは矛盾する人工照明環境下に追い詰めつつある。特に白熱灯、蛍光灯、青色発光ダイオードつづく一連の発明は我々が日常生活で浴びる光の量を増やすのみならず、我々が浴びる光の質（波長）にも変化をもたらし睡眠障害の原因の一つとなっている。本研究は「運動」「栄養」「休養」が調節因子を共有して協調していることに基づき、光環境、特に夕刻以降に青い光（短波長光）を浴びることを減らすことで、睡眠の改善と肥満予防を目指した萌芽研究である。光環境の整備による肥満の予防は食事療法や運動療法に伴う強い意志による継続を必要とせず、これまでの療法の欠点を補う効果があり、最近の照明技術の水準はこのウエイトコントロールの目的に適した照明の実用化も視野に入れて考えている。

光環境が睡眠や覚醒に及ぼす影響は現在最も精力的に研究されている分野でもあり、文部科学省科学技術・学術審議会・資源調査分科会報告書でも取り上げられている（平成19年、光資源を活用し、創造する科学技術の振興 - 持続可能な「光の世紀」に向けて -）。しかし、光環境がエネルギー代謝に及ぼす影響までを念頭に置いた研究の試みは全くない。

2. 研究の目的

就寝前の短波長光暴露が睡眠とエネルギー代謝に及ぼす影響について、観察時間を翌日の昼まで延長して検討する。

3. 研究の方法

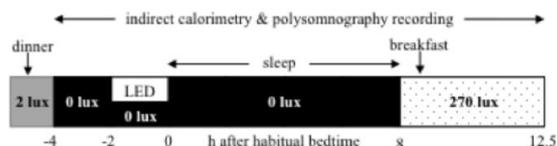


長時間に亘るエネルギー代謝測定が可能なメタボリック・チャンバー（2.00 × 3.45 × 2.10 m）の天井に単波長 LED（波長

465nm、強度 12.1 μW/cm²）を設置した（NNY21580、パナソニック電気株式会社）。なお照度は照度計を目の高さに水平に置いて測定した。

睡眠脳波測定のための電極を装着した後、チャンパーに入室し、暗順応（就寝4時間前から2時間前）と光暴露（就寝2時間前から就寝）の後に就寝し、8時間の睡眠後に起床、その後通常の照明に戻したチャンパー内に正午まで滞在して脳波とエネルギー代謝測定を継続した。

実験プロトコルの全容は下図に示す。

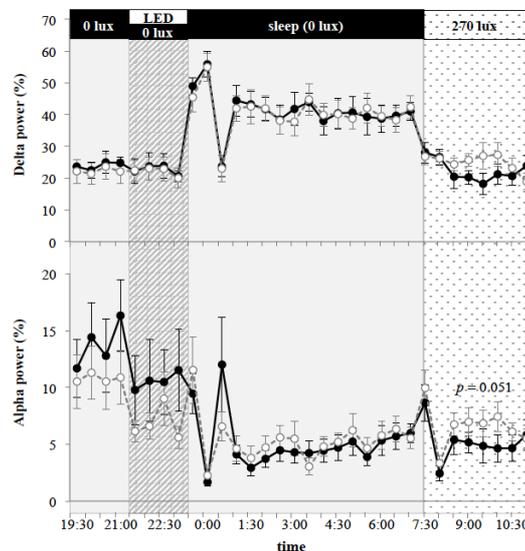


4. 研究成果

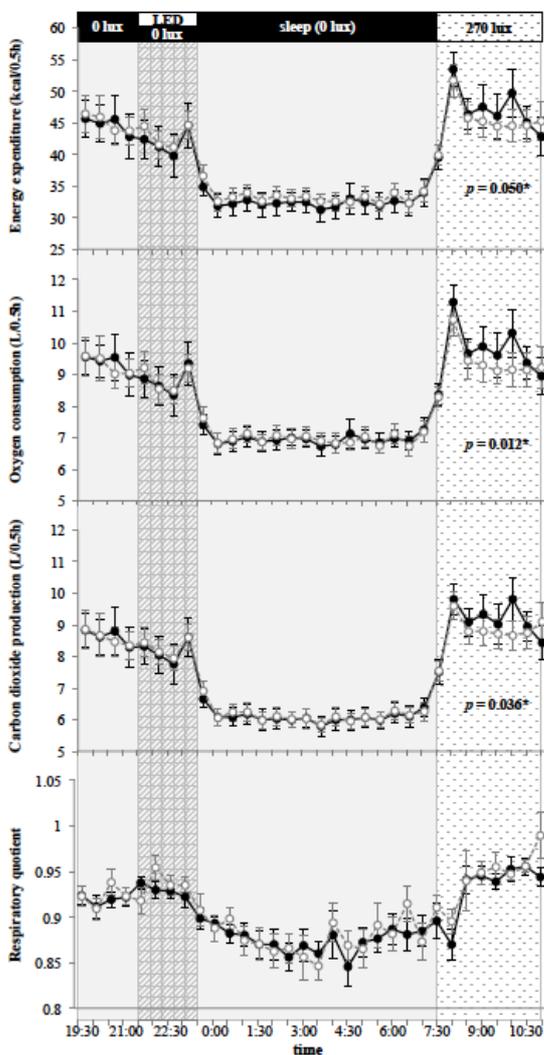
短波長光暴露中には脳波の成分が増大する傾向と、翌朝には低下する傾向が認められた。しかし、波睡眠脳波から判定した睡眠の量と質には光暴露の影響がなく、総睡眠時間（光暴露：448.1 ± 3.3 分、対照：452.9 ± 3.6 分）、睡眠ステージ1（49.4 ± 6.0、41.6 ± 4.8）、睡眠ステージ2（248.9 ± 12.1、250.7 ± 14.7）深睡眠（54.2 ± 8.0、59.6 ± 7.8）REM睡眠（96.9 ± 13.4、103.2 ± 12.8）であった。しかし翌日の午前中に睡眠ステージ1,2に相当する脳波が観察できた時間が前夜に光暴露をした場合に有意に増加した（26.0 ± 9.8、6.3 ± 2.7、P < 0.05）。また朝食後のエネルギー代謝増大は前夜の光暴露によって有意に低下した（57 ± 7 kcal/3h、74 ± 7 kcal/3h、P = < 0.05）。



（26.0 ± 9.8、6.3 ± 2.7、P < 0.05）。また朝食後のエネルギー代謝増大は前夜の光暴露によって有意に低下した（57 ± 7 kcal/3h、74 ± 7 kcal/3h、P = < 0.05）。



間の短波長光暴露が睡眠の妨げとなることは眼に直接短波長光を照射したり、近距離に置いた光源を直視し、更に網膜への光暴露を増大するために薬剤を用いて瞳孔を拡散させるなどの介入を組み合わせた実験から示されてきたが、本研究では弱い光を直視しない穏やかな条件を設定した。そのため実際に眼に入る光の量は先行研究の 1/10 以下であり、睡眠の障害を示唆するデータは見出さなかった。このような実験条件の設定は、1) 近年短波長光による網膜障害のリスクが報告されていること、また 2) 応用健康科学の立場から、過度の人工的条件設定を避けたという考えに基づいている。しかし意外なことに、翌日の午前中に被験者には通常通りの座業に従事するよう指示をしていたにも関わらず、浅い睡眠を示す脳波が観察された。前述のように睡眠の量と質には 2 試行間で差を認めておらず、睡眠不足が原因ではないと考えている。



更に本研究では、食後熱産生が前夜の短波長光暴露により低下することを見出した。夜間の光暴露が睡眠に及ぼす影響は近年盛んに報告されているが、夜間の光暴露が翌朝の生理指標に影響を及ぼすか否かを検討した

研究は極めて少ない。

就寝前の短波長光暴露が睡眠の質や量及び睡眠時エネルギー代謝に明確な影響を及ぼさず、翌朝の覚醒度やエネルギー代謝に影響する機序は不明であるが、就寝前の短波長光暴露が体内時計の遅延を介して翌朝の生理指標に統計学的に有意な影響を及ぼしていると考えている。これは就寝前の光環境が(翌日の)午前中の生活に様々な影響を及ぼす可能性を示唆しており、学習や仕事の質を支える上で、前夜の就寝前の光環境が重要であることを示唆している。なお、光暴露はその時間帯によって影響が異なることが既に明らかにされている。光の質と量、更には光暴露の時間帯も変えて広く検討する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Hibi M., T.Ando, S.Tanaka and K.Tokuyama. Human calorimetry: Energy expenditure and substrate utilization measurements using a respiratory chamber. J Physical Fitness Sports Medicine. 査読有 2: 93-100, 2013.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpfsm/2/1/2_93/_pdf

〔学会発表〕(計4件)

Kayaba M, Iwayama K, Ogata H, Seya Y, Tokuyama K, Satoh M. Drowsiness and low energy metabolism in the following morning induced by nocturnal blue light exposure. 5th World Congress on Sleep Medicine. 2013年10月1日 Palacio De Congresos Valencia, Valencia, Spain

木暮貴政、萱場桃子、井上智子、本田靖、徳山薫平、佐藤誠、非装着型センサによる呼吸数計測の精度検証、日本睡眠学会第38回定期学術集会 2013年6月27日 秋田キャッスルホテル、(秋田県)

緒形ひとみ、矢島克彦、萱場桃子、瀬谷友美、清野健、徳山薫平、佐藤誠、周波数解析を用いた睡眠段階と睡眠時エネルギー消費量に関する基礎的検討、日本睡眠学会第37回定期学術集会 2012年6月29日 パシフィコ横浜、(神奈川県)

萱場桃子、岩山海渡、緒形ひとみ、瀬谷友美、徳山薫平、佐藤誠 就寝前の短波長光暴露が睡眠と代謝に及ぼす影響、第37回日本睡眠学会 2012年6月29日 パシフィコ横浜、(神奈川県)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

徳山 薫平 (TOKUYAMA, Kumpei)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：00207565

(2)研究分担者

佐藤 誠 (SATOH, Makoto)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：50242409