

# 小児期の光曝露が生体リズムと睡眠の質と量に及ぼす 影響に関する研究

(中間報告)

広島大学大学院人間社会科学研究科 田村典久

## Effects of light exposure in children on circadian rhythms and quality/quantity of sleep

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University, TAMURA, Norihisa

### 要約

日本の小児の睡眠時間は先進国の中で最短である。脳機能および行動・情動調節機能の発達と関わる睡眠時間の短縮は、注意問題や攻撃行動などの ADHD 様の症状を顕在化させる可能性を高めてしまうため、その対策は急務である。近年、生体リズムに関する実験研究の知見から、小児は大人に比べて水晶体の透過率が高く、青色光によるメラトニン分泌の抑制率が 2 倍に達することが明らかにされてきた。このことから夜間の光曝露量が小児の睡眠問題に関与している可能性があるが、これまでに健常な小児で就寝前～睡眠中の光曝露量を連続測定し、メラトニン分泌量や睡眠問題との関連を調べた報告は認められない。本研究の目的は、出生コホートの参加者を対象として、日中や夜間の光曝露量とメラトニン分泌量や睡眠時間の関連を横断的に分析し、日常生活下での光曝露の多寡から小児の睡眠問題の発症メカニズムを予備的に検討することである。

【キー・ワード】小児, 睡眠, メラトニン分泌, 光曝露

### Abstract

Sleep duration among Japanese children is the shortest in the developed countries. Insufficient sleep, which is related to the development of brain executive and behavioral/emotional functions, is known to be intimately associated with both concurrent and later incidence of attentional and emotional/behavioral problems in children; thus, it is necessary to mull measures for their problems. Recent studies on biological rhythms have revealed that both light transmission rate of the crystal lens and the percentage of melatonin suppression by light is higher in children than in adults. Light exposure at night, therefore, may be associated with sleep problems among children; however, no studies have evaluated the relationship between their melatonin secretions and sleep problems by measuring light exposure before bedtime and during sleep. The aim of this cross-sectional study was (1) to evaluate the association among

daytime/nighttime light exposure, melatonin secretion and sleep problems, and (2) to explore the mechanisms of sleep problems in children by measuring the quantity of light exposure at home setting.

**【Key words】 children, sleep, melatonin secretion, light exposure**

## 問題と目的

睡眠は小児期の健康発達に重要な役割を担っており、特に脳機能、行動・情動調節機能および注意機能の発達と密接に関わっている。小児期は前頭葉のシナプス密度が最も高く、REM 睡眠によって脳の発達が促進される時期であり、この時期の睡眠が前頭葉の神経ネットワークの形成に不可欠であると考えられている。しかし、日本の小児の睡眠時間は先進国の中で最短であり、欧米の 0~2 歳児（13 時間 20 分）と比べて 100 分以上短く、夜間中途覚醒や入眠潜時の延長も著しい (Mindell et al., 2010)。1 歳 6 カ月時点での 1 日の合計睡眠時間が 13 時間を下回ったり、夜泣きが 3 回を上回ったりすると 5 歳時点で注意問題や攻撃行動などの ADHD 様の症状が顕在化する (Silvertsen et al., 2015)。こうした知見を統合すると、日本の小児の睡眠問題は、今や非常に危機的状況にあると推察される。

これまで、小児の睡眠問題には、①日中に両親との関わりが少ないこと、②母親の睡眠が不規則なことが関与すると考えられてきた (Fukumizu et al., 2003; Komada et al., 2011)。しかし、近年の生体リズム (概日リズム) に関する実験研究の知見から、就寝前~睡眠中の光曝露によりメラトニン分泌量が減少し、覚醒頻度や浅い眠りが増加すること (Turner & Mainster, 2008)、小児は大人に比べて水晶体の透過率が高く (Barker et al., 1991)、青色光によるメラトニン分泌の抑制率が 2 倍に達すること (Higuchi et al., 2014)、色温度の高い家庭用照明機器は小児の概日リズムの位相を後退させることなどが明らかにされてきた (Higuchi et al., 2016; Lee et al., 2018)。このことから夜間の光曝露量が小児の睡眠問題に関与している可能性があるが、これまでに健常な小児で就寝前~睡眠中の光曝露量を連続測定し、メラトニン分泌量や睡眠問題との関連を調べた報告は認められない。また、日中の光曝露によりメラトニン分泌量が増加することが知られているが、現代人は日中に屋内生活をするため日中の光曝露が少なく、夜間に人工照明を使うため夜間の光曝露が多くなり、こうした光の浴び方もメラトニン分泌量の減少に関連している可能性が考えられるが、小児の日常生活における光曝露量とメラトニン分泌量の関連についても明らかではない。さらに、光曝露が生体に及ぼす影響に関する研究は、動物実験やヒト成人を対象とした実験研究に限られており、小児を対象として日常生活下での光曝露量を実測した研究は行われていない。そこで本研究では「日常生活の光曝露量」を実測し、その多寡から小児の睡眠問題の発症メカニズムを予備的に検討することを目的とした実証研究に取り組む。具体的には、①小児 10 名の日常生活下での日中および夜間の光曝露量を実測する、②光曝露量と夜間畜尿から採取するメラトニン分泌量、およびアクチグラフで測定する睡眠効率、夜間覚醒回数の関連を、統計解析を用いて検討する。

## 方 法

### 対象者

A 県で実施中の出生コホートの参加者とする。この母子健康縦断調査とは、小児の睡眠問題（睡眠時間の短縮、夜間の中途覚醒）が行動問題や心身健康に及ぼす影響を横断的・縦断的に評価し、睡眠問題の発生の決定要因を明らかにすることを目的とした調査である。本助成金の研究期間内での目標サンプル数は 10～20 名を想定しており、次の基準を満たす者とする。

### 適格基準

- ①満期産（妊娠 37 週以降の出産）であること
- ②染色体異常やその他の遺伝子異常，発達障害，神経筋疾患，重度慢性肺疾患がないこと
- ③両親に言語障害がないこと
- ④両親に精神疾患の既往がないこと
- ⑤本研究に対して同意が得られていること

### 除外基準

上記 4 基準のいずれかまたはすべてを満たす者

### 測定項目と測定方法

本研究は、文部科学省・厚生労働省・経済産業省「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従って倫理事項を確認し、研究代表者の所属大学の研究倫理委員会の評価・承認を受けて実施する。また、すべての研究は、参加者および保護者に対してその目的、方法、生じうる変化、および個人情報の保護について口頭あるいは書面による十分な説明を行い、保護者の承諾書への署名による同意が得られた上で実施する。

本研究では対象者の自宅を訪問し、病歴聴取・アンケート調査・光曝露量測定・睡眠日誌の記録・メラトニン分泌の測定を行う。

①**夜間平均光曝露量**：光曝露は時刻と照度を記録する照度ロガー（LX-1128SD, 佐藤商事）を対象者宅の寝室に設置し、1 分間隔で測定して夜間平均光曝露量を測定する。

②**日中平均光曝露量**：照度センサーを搭載したアクチグラフ（wGT3X-BT, アクチ・ジャパン）を対象者の非利き腕手首に装着して 1 分間隔で日中の光曝露量を測定する。

③**睡眠日誌**：小児の睡眠・覚醒パターンを把握するため、ベッドに入った時刻（入床時刻）、実際に眠った時刻（入眠時刻）、目が覚めた時刻（覚醒時刻）、ベッドから出た時刻（起床時刻）、夜中に目が覚めた時刻（夜間中途覚醒）などを測定する。睡眠日誌によって測定される平均睡眠時間と平均臥床時間を用いて睡眠効率（平均睡眠時間/平均臥床時間×100）を算出する。

なお、照度ロガーは測定開始日の 12:00 から翌々日 12:00 までの 3 日間連続で測定し、アクチグラフは照度ロガーでの測定日を含む 7 日間連続で測定する。なお、アクチグラフの測定期間中は、保護

者に睡眠日誌を用いて小児の睡眠覚醒スケジュールの記録を依頼する。

④メラトニン分泌量：測定 2 日目の夜間畜尿（就寝後～起床直後）から尿量および尿中メラトニン代謝産物（6-sulphatoxymelatonin）濃度を ELISA 法（integrale Co. Inc.）により測定する。メラトニン分泌量は，尿中 6-sulphatoxymelatonin 濃度（ng/mL）×夜間畜尿量（mL）から算出する。採尿にあたっては小児用採尿パックの使用を想定しているが，年少児ではオムツを装着していることも想定されるため，その場合はラップを張り脱脂綿を貼付したオムツを小児が就寝した後に履かせてから採尿する。

## 現在の進捗状況

協力者の選定を進めるとともに，2 名の幼児にアクチグラフを装着し，日中の光曝露量の測定を始めている。同時に，就寝前と睡眠中の光曝露量の測定に向け，照度ロガーの準備を行っている。

## 引用文献

- Barker, F. M., & Brainard, G. C. (1991). The direct spectral transmittance of the excised human lens as a function of age. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *32S*, p.1083.
- Fukumizu, M., Kaga, M., Kohyama, J., & Hayes, M. J. (2003). Sleep-related nighttime crying (Yonaki) in Japan: A community-based study. *Pediatrics*, *115*, 217-224.
- Higuchi, S., Nagafuchi, Y., Lee, S. I. & Harada, T. (2014). Influence of light at night on melatonin suppression in children. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *99*, 3298-3303.
- Higuchi, S., Lee, S. I., Kozaki, T., Harada, T., & Tanaka, I. (2016). Late circadian phase in adults and children is correlated with use of high color temperature light at home at night. *Chronobiology International*, *33*, 448-482.
- Komada, Y., Abe, T., Okajim, I., Asaoka, S., Matsuura, N., Usui, A., Shirakawa, S., & Inoue, Y. (2011). Short sleep duration and irregular bedtime are associated with increased behavioral problems among Japanese preschool-age children. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, *224*, 127-136.
- Lee, S. I., Matsumoto, K., Nishimura, K., Ikeda, Y., Eto, T., & Higuchi, S. (2018). Melatonin suppression and sleepiness in children exposed to blue-enriched white LED lightning at night. *Physiological Reports*, *6*, e13942.
- Mindell, J. A., Sadeh, A., Wiegand, B., How, T. H., & Goh, D. Y. T. (2010). Cross-cultural differences in infant and toddler sleep. *Sleep Medicine*, *11*, 274-280.
- Sivertsen, B., Harvey, A. G., Reichborn-Klennerud, T., Torgersen, L., Ystrom, E., & Hysing, M. (2015). Later emotional and behavioral problems associated with sleep problems in toddlers: A longitudinal study. *JAMA Pediatrics*, *169*, 575-582.

Turner, P. L., & Mainster, M. A. (2008). Circadian photoreception: aging and the eye's important role in systematic health. *British Journal of Ophthalmology*, *92*, 1439–1444.

