

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：32672

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02169

研究課題名(和文)子どものメラトニン分泌パターン改善に直結するシンプル・ストラテジーの提案と実践検証

研究課題名(英文) Proposal and practical examination of simple strategy directly aimed to improvement of the melatonin secretion pattern in children

研究代表者

野井 真吾 (Noi, Shingo)

日本体育大学・体育学部・教授

研究者番号：00366436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、子どものメラトニン分泌パターンを改善するシンプル・ストラテジーの提案を目的に、3つの課題に取り組んだ。その結果、1)子どもの唾液メラトニン濃度(夜-朝)は、就床時刻と1日総歩数で35%程度推定できること、2)教室座席の窓側群は、対照群に比して唾液メラトニン濃度(夜-朝)が高値を示すこと、3)コントロール条件に比して光曝露条件のDLMOが有意に早いこと、4)日常生活における子どもの受光状況は平日と休日で差があり、個人差も大きいことが明らかとなった。以上のことから、子どものメラトニン分泌パターンの改善には、個々の受光状況を考慮した光曝露促進のストラテジーが有効であるとの結論に至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、子どもの睡眠状況の改善に大がかりな取り組みではなく、光曝露の促進といった“簡単な作戦(シンプル・ストラテジー)”が有効であることを、疫学的、実験的に解明した点にある。このような研究知見は、国際的にも心配されている日本の子どもの睡眠状況の改善策として、その実現可能性、持続可能性を考慮しても大いに役立つと考えられる。ここに、本研究の社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we performed three research projects with the aim of proposing a simple strategy to improve the melatonin secretion pattern in children. As a result, the findings obtained were as follows; 1) the saliva melatonin concentration (night - morning) of the child can be estimated by about 35% based on the bedtime and the total number of steps per day, 2) the saliva melatonin concentration (night - morning) in the window side group of the classroom seat was higher than that in the control group, 3) the DLMO of the light exposure condition was significantly faster than that of the control condition, and 4) the light receiving condition of the child in daily life was different between weekdays and holidays, and the individual difference was also large. From the above facts, it was concluded that a strategy for promotion light exposure in consideration of individual light reception conditions was effective for improving the melatonin secretion pattern in children.

研究分野：教育生理学，学校保健学，発育発達学

キーワード：学校保健 教育生理学 生活習慣 睡眠・覚醒機能

1. 研究開始当初の背景

将来を担う子どもの元気や健康が心配されて随分と長い年月が経過してしまった。そのためわれわれは、日本の子どもにおける現代的健康課題の把握とそれを解決するために3つの段階の研究活動に従事している。第一段階の作業は「実感を収集するための研究」であり、子どもの「からだのおかしさ」に関する保育・教育現場の実感をほぼ5年に1度のペースで全国的に調査し続けている(阿部ほか, 2011; 野井ほか, 2016)。そこでは、近年の子どもの健康問題が前頭葉機能や自律神経機能、さらにはそれらの根底にあるとも予想できる睡眠・覚醒機能といった“神経系”の問題に起因している可能性を確認してきた。ただ、この調査結果は保育・教育現場の実感を集計したに過ぎず、実際にそのような子どもがいるのか否かといった事実に関する議論は別の次元の問題である。そのため、第二段階の作業では「実態を把握するための研究」が必要である。そこでは、第一段階の作業で心配された前頭葉機能(野井ほか, 2013; 鹿野ほか, 2015; Noi, 2015; 野井, 2016; 野井, 2016)、自律神経機能(Noi et al., 2003; 野井ほか, 2008; 中島ほか, 2011; 鹿野・野井, 2014; 野井ほか, 2014)、睡眠・覚醒機能(野井ほか, 2008; Noi and Shikano, 2011; 鈴木・野井, 2015)を中心に、その事実調査を実施し、これらの身体機能の発達問題と不調を確認してきた。これらの問題は、保育・教育現場で一般的に行われている健康診断や体力・運動能力調査等だけでは発見することができない問題でもあった。このような事実を踏まえて、われわれが第三段階の作業と位置づけているのが「実践を検証するための研究」である。その1つに30泊31日の長期滞在型キャンプが子どもの生体リズムに及ぼす影響を検討したものがあある(野井ほか, 2009; 野井ほか 2013)。それによると、夜の唾液メラトニン濃度はキャンプ開始3日目までの期間に急増して、その後も漸増した後、キャンプ終了14日後以内にはキャンプ前の水準に戻ってしまう様子が確認されている。また、健康的な睡眠習慣の確立に「からだを測る」ことが有効である様子(野井, 2016)や別の検討では子どもの白色光に対する感受性が成人の2倍に達する様子も確認してきた(Higuchi et al., 2014)。これらの研究成果は、長期キャンプのような取り組みが近年の子どもにみられる“神経系”、中でも睡眠・覚醒機能の問題解決に有効であることを物語っている。

しかしながら、種々の生活が混在する長期キャンプのプログラム下では、生体リズムの改善に重要とされている夜間の暗環境(Lewy et al., 1980; Higuchi et al., 2014)、日中の受光環境(Mishima et al., 2001)、適度な身体活動(Miyazaki et al., 2001; Buxton et al., 2003; Noi and Shikano, 2011; 鹿野・野井, 2016)、規則正しい食事(Hara et al., 2001)、測定値のフィードバック(野井, 2016)等のそれぞれが、睡眠・覚醒機能の改善にどの程度の影響を与えたのかという点は定かでない。加えて、日常的生活習慣の反映であることを考慮すると、長期キャンプのようにハードルの高い実践課題の提案では継続的な取り組みを困難にすることも予想でき、子どものメラトニン分泌パタン改善には可能な限り“簡単な作戦(シンプル・ストラテジー)”の提示が重要である。

2. 研究の目的

以上の学術的背景とこれまでの研究成果を踏まえて、本研究では子どものメラトニン分泌パタンを改善するシンプル・ストラテジーの提案とその実践的検証を目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、日本体育大学における人を対象とした実験等に関する倫理審査委員会の承認(第015-H075)を得て実施された。

本研究では、上記目的を達成するために3つの課題、すなわち、子どものメラトニン分泌パタンの実態とそれを決定する生活要因の疫学的解明(課題1)、各生活要因がメラトニン分泌パタンの変化に及ぼす影響の実験的解明(課題2)、課題1・2により導かれたメラトニン分泌パタンの改善に直結するシンプル・ストラテジーを用いた実践の効果検証(課題3)を設定した。なお、新型コロナウイルス禍の下に行われた課題3は、研究協力校での介入実験が困難であることから、日中の受光状況が子どもの睡眠状況を左右するといった課題1・2の結果を踏まえて、日常生活における子どもの受光状況に関する事例的データ収集に努めることとした。

課題1では、最初に予備測定として実施されていた既存のデータ(調査1)を基に、唾液メラトニン濃度と関連する生活要因の同定を試みた。調査1の対象は、東京都内の公立F小学校に在籍し、文書による研究協力の同意が得られた小学4、5年生50名(男子26名、女子24名)であり、分析には、唾液メラトニン濃度のデータに欠損値がなかった43名分(男子22名、女子21名)のデータ使用された。調査は、平日と休日との生活状況の差異(Noi and Shikano, 2011)を考慮して、学校行事のない2016年10月の平日(水、木)に実施された。この調査では、唾液メラトニン濃度測定、睡眠状況調査、身体活動量測定、腋窩温測定、棒反応測定が実施された。なお、唾液は唾液サンプル採取器(Salivette®, Sarstedt Ltd., Nümbrecht, Germany)を用いて夜9:30と翌朝6:30に採取し、ELISA法により分析した。

併せて、課題1では、唾液メラトニン濃度と関連する学校環境下での日常生活ということで教室座席に注目した検討も実施した（調査2）。調査2の対象は、東京都内の公立0小学校に在籍し、文書による研究協力の同意が得られた小学5、6年生88名（男子47名、女子41名）であり、分析には、教室座席の情報がない者、照度計を装着してなかった者を除く74名分（男子37名、女子36名）のデータ使用された。調査2における調査も、調査1同様、2018年9、10月の平日（木、金）に実施された。この調査では、唾液メラトニン濃度測定、生活状況調査、照度測定、身体活動量測定が実施された。唾液の採取方法は、調査1と同様であり、分析にはRIA法（Radioimmunoassay, Voultsios et al., 1997）を用いた。

課題2では、4つの条件下におけるメラトニン分泌開始時刻（DLMO: dim light melatonin onset）を比較した。この検討は、運動習慣のない健康な若年成人の男女18名（年齢:23.1±2.1歳、身長:167.2±10.9cm、体重:63.0±13.5kg、BMI:22.3±2.6）を対象に、2020年2月8日から3月6日の期間に実施された。実験では、普段通りに生活する1週間の「コントロール」条件の後、2週目から4週目にかけて、以下の3条件を1週間ずつ設定した。1つ目の条件は屋外で太陽の光を浴びる「光暴露」条件、2つ目の条件は屋内で中高強度（70-85% HRmax）の運動を行う「運動」条件、3つ目の条件は屋外で太陽の光を浴びながら中高強度（70-85% HRmax）の運動を行う「光暴露+運動」条件であり、いずれも午前中に30分間実施した。また、月曜日から水曜日に最低2日間は実施した上で、木曜日もしくは金曜日にも当該条件を遂行した。なお、屋外で太陽の光を浴びる「光暴露」および「光暴露+運動」条件では、日の出時間よりも後に本条件を実施することとした。また、屋内での「運動」条件および「光暴露+運動」条件では、最大心拍数の70-85%の運動強度が維持された。最大心拍数は、 $208 - (0.7 \times \text{年齢})$ の式で求めた（Tanaka et al., 2001）。運動時における心拍数の測定には、心拍計と心拍センサーを使用した。さらに、雨天や各対象者のスケジュールにより、各条件の実施が困難となる日もあることから予備日も設定し、コントロール条件を含む上記4条件は、少なくとも2日間のwash-out期間を設けた上で、カウンターバランスデザインで実施された。唾液は、唾液サンプル採取器（Salivette®, Sarstedt Ltd., Nümbrecht, Germany）を用いて各条件の最終日の夜に採取した。採取に際しては、各対象者の普段の就床時刻の5時間前から1時間間隔で就床時刻まで計6回採取した。対象者には、普段の就床時刻5時間前から30lux未満のDim環境（暗環境）で過ごすよう依頼した。唾液メラトニン濃度の分析にはELISA法を用いた。分析では、最初に、得られた各時刻の唾液メラトニン濃度の測定値は線形補間し、4 pg/mlを最初に超える時刻をDLMOとして概日リズムの指標に採用した。

課題3は、日常生活における子どもの受光状況に関するデータを収集した。対象は健康小学生2名（A:10歳女子、B:11歳男子）であり、調査は2020年12月に実施された。調査では、環境センサ2JCIE-BL01（オムロン株式会社製）を対象児の右胸上部に装着し、平日、休日の照度データを60秒間のサンプリングタイムで終日収集した。なお、日の出時刻から日の入り時刻までは30lux以下、日の入り時刻から日の出時刻までは10lux以下のデータは、機器未装着もしくはセンサ部被覆とみなし、分析から除外した。

4. 研究成果

(1) 課題1の成果

子どものメラトニン分泌パタンの実態とそれを決定する生活要因を検討した課題1では、調査1の結果、朝に比して夜の唾液メラトニン濃度が高値を示す朝低値群は15.8%、夜に比して朝の唾液メラトニン濃度が高値もしくは同値を示す夜低値群は42.1%観察された（図1）。また、朝低値群に比して夜低値群の就床時刻が遅く、1日総歩数が少ない様子も確認された。さらに、目的変数に唾液メラトニン濃度（夜-朝）、説明変数に就床時刻、起床時刻、1日総歩数、腋窩温（夜）、腋窩温（朝）、腋窩温（夜-朝）、棒反応値を投入したステップワイズ法による重回帰分析を実施したところ、子どもの唾液メラトニン濃度（夜-朝）は、就床時刻と1日総歩数で35%程度推定できる可能性も示唆された（表1）。

表1 メラトニン分泌パタン（夜-朝）を目的変数とした重回帰分析（ステップワイズ法）の結果（最終解）

	β	t 値	p 値	VIF
就床時刻	-0.452	-3.087	0.004	1.019
1日総歩数	0.375	2.563	0.016	1.019
切片	86.06			
調整済み R ²	0.348			

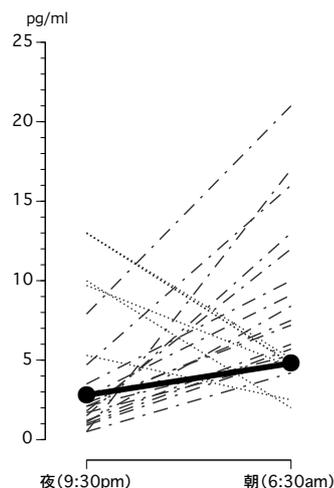


図1 対象者における夜と朝の唾液メラトニン濃度

注; n=38. 図中の太い実線は、中央値を示す。なお、中央値（95%信頼区間）は、夜:2.80pg/ml (3.12-5.48pg/ml)、朝:4.80pg/ml (4.68-7.60pg/ml)であった。また、夜と朝の差が最小可検変化量（2.66pg/ml）以上であり、かつ夜>朝を示した「朝低値群（点線）」は6名（15.8%）、夜<朝を示した「夜低値群（鎖線）」は16名（42.1%）であった。

他方、調査2では、教室座席が窓側と廊下側とでは1.7倍の平均照度の差が観察された。ま

た、目的変数に各睡眠状況（就床時刻，睡眠時間，唾液メラトニン濃度（朝），唾液メラトニン濃度（夜-朝）），説明変数に教室座席，1日総歩数，スクリーンタイムを投入した二項ロジスティック回帰分析（強制投入法）を実施したところ，窓側群（窓側から1~2列目）では対照群（窓側から5~7列目）に比して，唾液メラトニン濃度（夜-朝）が高値を示すオッズ比が有意に高値を示す様子も確認された（表2）。

表2 教室座席，1日総歩数，スクリーンタイムと各睡眠状況（就床時刻，睡眠時間，唾液メラトニン濃度（朝），唾液メラトニン濃度（夜-朝））との関係

説明変数			β	OR	95%CI
就床時刻^a					
教室座席 ^b	対照群		—		
	窓側群		1.503	4.495	0.800-25.272
1日総歩数 ^c	少ない群		—		
	多い群		-0.616	0.540	0.102-2.849
スクリーンタイム ^d	長い群		—		
	短い群		-0.160	0.852	0.104-7.009
睡眠時間^a					
教室座席 ^b	対照群		—		
	窓側群		1.785	5.959	1.004-35.373
1日総歩数 ^c	少ない群		—		
	多い群		0.248	1.282	0.239-6.880
スクリーンタイム ^d	長い群		—		
	短い群		0.132	1.141	0.140-9.290
メラトニン（朝）^a					
教室座席 ^b	対照群		—		
	窓側群		0.766	2.151	0.397-11.651
1日総歩数 ^c	少ない群		—		
	多い群		-0.365	0.694	0.136-3.549
スクリーンタイム ^d	長い群		—		
	短い群		-0.893	0.410	0.035-4.739
メラトニン（夜-朝）^a					
教室座席 ^b	対照群		—		
	窓側群		2.320*	10.179	1.492-69.455
1日総歩数 ^c	少ない群		—		
	多い群		0.378	1.460	0.267-7.977
スクリーンタイム ^d	長い群		—		
	短い群		1.027	2.792	0.282-27.674

^a 分析には目的変数に就床時刻（平均値以上=0，平均値未満=1），睡眠時間（平均値未満=0，平均値以上=1），メラトニン（朝）（平均値以上=0，平均値未満=1），メラトニン（夜-朝）（平均値未満=0，平均値以上=1）を，説明変数に座席，身体活動量，スクリーンタイムを投入した多変量による二項ロジスティック回帰分析を用いた。n=30，* p<0.05。

^b 教室座席は，窓側から5-7列目の者を「対照群」，1-2列目の者を「窓側群」とした。

^c 1日総歩数は，12,000歩未満の者を「少ない群」，12,000以上の者を「多い群」とした。

^d スクリーンタイムは，2時間以上の者を「長い群」，2時間未満の者を「短い群」とした。

(2) 各生活要因がメラトニン分泌パタンの変化に及ぼす影響を検討した課題2では，各条件におけるDLMOをFriedman検定により比較したところ有意差が検出された。そのため，Bonferroni法による多重比較検定を実施した結果，コントロール条件に比して光曝露条件におけるDLMOが有意に早い様子が観察された（表3）。また，その他の条件間では統計的な有意差は認められなかったものの，その値は光曝露条件（21:22）と光曝露+運動条件（21:23）で僅差であり，DLMOの前進には光曝露が効果的であるといえよう。

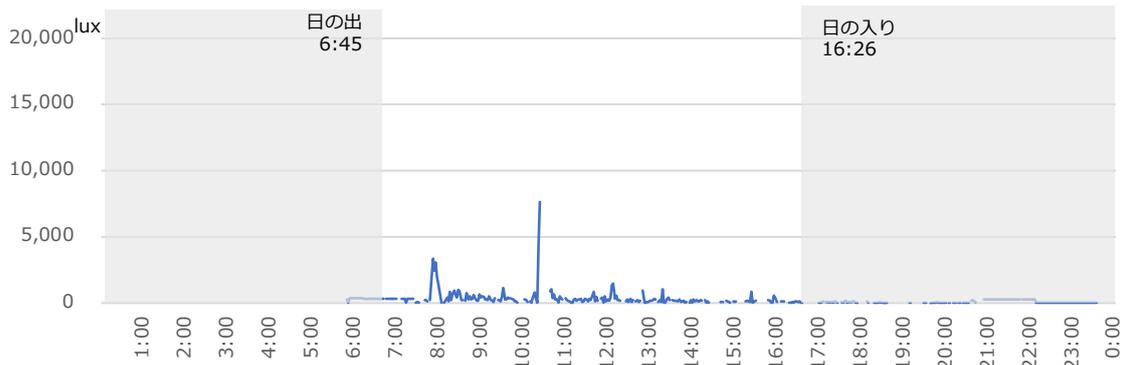
表3 各条件（コントロール，光曝露，光曝露+運動，運動）におけるメラトニン分泌開始時刻（DLMO）

	介入				統計解析		
	コントロール	光曝露	運動（屋内）	光曝露+運動	χ^2 値	p	多重比較（Bonferroniの方法）
DLMO（時刻：分）	22:00（21:15-23:11）	21:22（21:05-22:28）	22:07（21:36-22:24）	21:23（20:54-22:51）	9.000	0.029	コントロール>光曝露

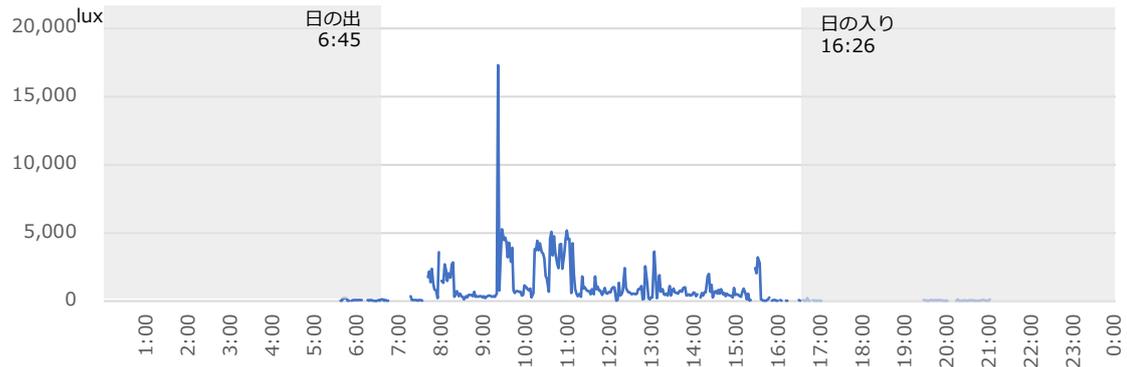
※ 表中の数値は，中央値（四分位範囲）を示す。

(3) 課題3では，日常生活における子どもの受光状況に関する事例的データ収集を試みた。結果は，図2に示した通りである。この図が示すように，日常生活における子どもの受光状況は平日と休日とで差異がある様子，個人差が大きい（特に，休日）様子が観察された。したがって，子どものメラトニン分泌パタンの改善に向けたストラテジーを立案する際には，個々の受光状況を考慮する必要があると考えられた。

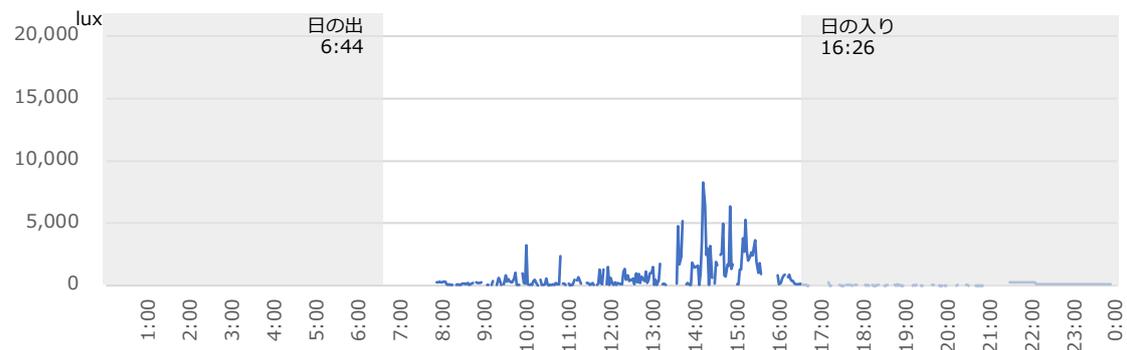
(a) 対象者 A・平日



(b) 対象者 A・休日



(c) 対象者 B・平日



(d) 対象者 B・休日

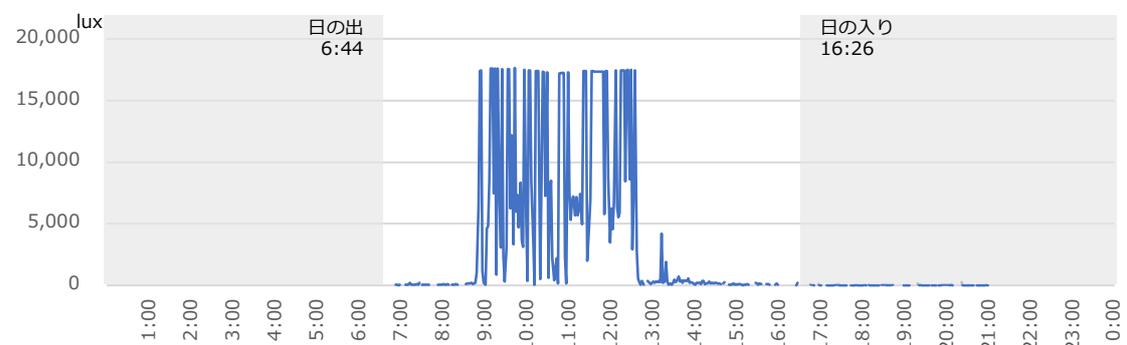


図2 対象者 A (10 歳女子) と B (11 歳男子) の日常生活 (平日, 休日) における受光状況の経時変化

(4) 以上のことから、子どものメラトニン分泌パターンには、光曝露が直結することが示唆された。また、日常生活における子どもの受光状況は個人差が大きい様子も観察された。そのため、子どものメラトニン分泌パターンの改善には、個々の受光状況を考慮した光曝露促進のストラテジーが有効であるとの結論に至った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 野井真吾, 田邊弘祐, 鹿野晶子	4. 巻 89
2. 論文標題 学校での教室座席と子どもの睡眠状況, メラトニン分泌パタンとの関連	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 発育発達研究	6. 最初と最後の頁 12-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5332/hatsuhatsu.2020.89_12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野井真吾	4. 巻 68
2. 論文標題 日本の子どもの睡眠事情と対策	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 810-814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 野井真吾, 鹿野晶子, 渡辺 晃	4. 巻 16
2. 論文標題 睡眠の「みえる化」をめざした「健康観察シート」の効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 子どもと発育発達	6. 最初と最後の頁 231-237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡辺 晃, 山田直子, 鹿野晶子, 野井真吾
2. 発表標題 小学校における睡眠の「みえる化」実践の効果検証
3. 学会等名 日本学校保健学会第65回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田邊弘祐, 渡辺 晃, 阿相和代, 鹿野晶子, 野井真吾
2. 発表標題 子どもの朝型・夜型に関連する生活要因の解明
3. 学会等名 日本発育発達学会第17回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野井真吾, 鹿野晶子, 田邊弘祐, 渡辺 晃, 原 英喜, 吉永真理, 樋口重和, 北村真吾
2. 発表標題 教室座席は子どもの睡眠状況に影響するのか?
3. 学会等名 日本発育発達学会第17回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田邊弘祐, 鹿野晶子, 野井真吾
2. 発表標題 午前中に行う30分間の光曝露・運動・光曝露+運動がメラトニン分泌開始時刻(DLMO)に及ぼす影響 - 健康な若年成人を対象として -
3. 学会等名 日本幼少児健康教育学会第39回大会 [春季: 加須大会]
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	樋口 重和 (Higuchi Shigekazu) (00292376)	九州大学・芸術工学研究院・教授 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉永 真理 (Yoshinaga Mari) (20384018)	昭和薬科大学・薬学部・教授 (32624)	
研究分担者	北村 真吾 (Kitamura Shingo) (80570291)	国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・精神保健研究所 睡眠・覚醒障害研究部・室長 (82611)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関