長期キャンプ（30泊31日）が子どもの生体リズムに 及ぼす生化学的影響

野井 真吾¹⁾ 鹿野 晶子²⁾ 土田 豊³⁾ 小澤 治夫⁴⁾

The biochemical influence on biorhythm in children by long-term camp (30 nights, 31 days)

Noi Shingo¹, Shikano Akiko², Toda Yutaka³, Ozawa Haruo⁴

abstract

There has been much concern lately regarding the increasingly late hour at which children go to sleep, as well as their shortened sleeping hours. For this reason, solutions are sought for addressing the problems of children's sleep as well as the disturbances in biorhythms which are believed to be at their root. The purpose of this study was to examine whether biochemical influences arose within the biorhythms of children by having them participate in a long-term camp (30 nights and 31 days). Research 1 was carried out in order to examine any changes in the melatonin metabolism of the children by the starting and ending of the long-term camp. The samples analysed in Research 1 were from the data based on eleven healthy male and female children from the ages of 9 to 12 years old. Their saliva was always collected at 21:30 across twelve selected days (10, 8, 6, 4, and 2 days before the start of the camp, the first, second, third, fifteenth and twenty-ninth day during the camp, and finally the fourteenth and twenty-eighth day after the camp). Meanwhile, Research 2 was analysed hormonal metabolism through the long-term camp, using data on eight healthy male children from 9 to 10 years old. Their saliva and urine were collected at two different time intervals: one at 21:30 (night) and the other at 6:00 o'clock (morning), across five periods (between 9 and 10 days before the camp, between the second and third day of the camp, between the sixteenth and seventeenth day of the camp, between the twenty-ninth and thirtieth day of the camp, and lastly, between the thirtieth and thirty-first day following the end of the camp). According to the results of this study, it was shown that the saliva melatonin concentration had increased rapidly during the initial three days once the camp had commenced, and further showed a gradual increase as the camp went on. However, once the camp had finished, the saliva melatonin concentration had come down to initial levels within 14 days. Furthermore, changes in saliva melatonin and urinary serotonin concentrations were observed in the long-term camp, while the saliva cortisol concentrations had not changed. Based on these facts, we reached the conclusion that the appearance and disappearance of the effects of this programme aimed at improving biorhythms were somewhat immediate. In addition, it can be considered that using melatonin and/or serotonin is an appropriate index for program verification.

1) 日本体育大学

2) 日本体育大学大学院博士後期課程

3) 中国短期大学

4) 東海大学

¹ Nippon Sport Science University

² Doctoral Degree Program, Nippon Sport Science University

³ Chugoku Junior College

⁴ Tokai University

Key words : sleep-wake rhythm, elementary school children, salivary melatonin, urinary serotonin, salivary cortisol

睡眠・覚醒リズム, 小学生, 唾液メラトニン, 尿中セロトニン, 唾液コルチゾール

I 緒 言

子どもの生活の夜型化, 深夜型化が叫ばれて久しい。実際, 子どもの眠りを心配する報告は, 古今を問わず枚挙にいとまがない(大澤・笠井, 1999; 衛藤, 2001; 野井ほか, 2008)。最近では, そのような傾向が若干の改善傾向を示している(大澤, 2012)との指摘も見受けられるが, 依然として問題とすべき事態であることに違いはない。

睡眠に関わる問題は, 単にそのことだけに止まらず, 不定愁訴(鈴木・野井, 2007)や強い衝動性(Caci et al., 2005), 記憶能力の低下(Ellenbogen et al., 2006), 問題行動(小澤ほか, 2009), からだのおかしさ(野井, 2012)を惹起することが知られている。その上, 慢性疲労状態にある不登校児の多くは, 時差ボケ状態に似た自律神経系の機能障害や概日リズムの乱れを呈すること(Miike et al., 2004), あるいは, 夜型の対象者は, 平日の睡眠時間が短く, 週末の睡眠時間が長いこと, 日中のうたた寝が多いこと, 行動や感情の問題を多く抱え, 自殺企図, 薬物依存も多いこと(Gau et al., 2007)を指摘する報告もある。このようなことから, 睡眠は健康のみならず生存に関わる重要な指標である(大澤, 2012)とも指摘されている。したがって, 子どもの睡眠やその根底にあると予想されている生体リズムの乱れに関わる問題を改善することは発育発達分野に課せられた社会的要請であり, 緊要な課題であると考ええる。

一方で, 睡眠導入ホルモンとして生体リズムの重要な指標と考えられているメラトニンは, 夜間の受光で抑制(Lewy et al., 1980; Brainard et al., 1997; Zeitzer et al., 2000)し, 逆に, 日中の受光で増加する(Mishima et al., 2001)ことが知られている。それだけでなく, 日中の適度な身体活動(Miyazaki et al., 2001; Buxton et al., 2003), 規則的な食事摂取(Hara et al., 2001), あるいは, 時刻を知らせる社会的因子, 温度, 湿度, 騒音, 振動などの環境因子も, ヒトの生体リズムに影響を及ぼすといわれている(内田, 2005)。

これらの知見は, 例えば, キャンプのような活動が生体リズムを改善する可能性を予想させる。

そのため, 筆者ほか(野井ほか, 2009)は, 長期キャンプ(30泊31日)が子どものメラトニン代謝に及ぼす影響を観察してきた。結果は, キャンプによりメラトニン・リズムが改善する様子を示唆するものであった。同時に, キャンプが終了して約1カ月後には, キャンプ前の乱れたリズムに戻ってしまう様子を示唆するものでもあった。

しかしながら, この検討では, キャンプの開始, 終了に伴って, どの程度の期間で改善し, どの程度の期間で元のリズムに戻るのかという点については, その詳細を検討できておらず, 今後の研究課題として残されている。加えて, メラトニンがL-tryptophan から 5-hydroxytryptophan, serotonin, N-acetylserotonin といった4段階の酵素反応を経て合成される(深田・広田, 2000)こと, メラトニンと並んでコルチゾールも「時計ホルモン」の有力候補として掲げられている(花井, 2008)こと等を勘案すると, メラトニンで確認された長期キャンプの効果がその他の生化学指標でも確認できるのか否かといった点も, 研究課題として残されている。

そこで本研究では, 長期キャンプの開始, 終了に伴うメラトニン代謝の変化, ならびに, 長期キャンプが各種ホルモン代謝に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

II 方 法

本研究では, 長期キャンプの開始, 終了に伴うメラトニン代謝の変化を検討することを目的として調査1を, 長期キャンプが各種ホルモン代謝に及ぼす影響を明らかにすることを目的として調査2をそれぞれ実施した。両調査における対象および期間, 調査項目, 検討事項, 倫理的配慮は以下の通りである。

表 1 「ガキ大将の森キャンプ (30泊31日)」(於：ツインリンクもてぎ・ハローウッズ) の主なプログラムと代表的な 1 日の活動内容

<キャンプ中の主なプログラム>

a) 2010 年度 (2010 年 7 月 23 日～8 月 22 日)

b) 2011 年度 (2011 年 7 月 22 日～8 月 21 日)

日数	主なプログラム
1 日目	オープニングセレモニー
2 日目	ナイフ・火おこし講座
3 日目	農作業・森探険ウォーク・詩作
4 日目	ナイフの研ぎ方・ロープワーク講座
5 日目	ソロサバイバルキャンプ
6 日目	休息・洗濯
7 日目	バイク教室
8 日目	バイク教室・川遊び
9 日目	スキルアップアドベンチャー①
10 日目	飯盒炊飯の練習
11 日目	飯盒炊飯の練習・カヌートレーニング準備
12 日目	カヌートレーニング・川遊び
13 日目	食プログラム (鳥)・休息・洗濯
14 日目	スキルアップアドベンチャー②
15 日目	みんなでサバイバルキャンプ準備
16 日目	みんなでサバイバルキャンプ 1 日目
17 日目	みんなでサバイバルキャンプ 2 日目
18 日目	片付け
19 日目	休息・洗濯
20 日目	スキルアップアドベンチャー③
21 日目	ウォーク導入・準備
22 日目	ウォーク準備
23 日目	ウォーク準備
24 日目	ウォーク 1 日目
25 日目	カヌーツーリング
26 日目	ウォーク 2 日目
27 日目	ウォーク 3 日目
28 日目	片付け・旅の振り返り
29 日目	荷物まとめ・ナイフメンテナンス
30 日目	キャンプの振り返り・さよならパーティー
31 日目	クロージングセレモニー

日数	主なプログラム
1 日目	オープニングセレモニー
2 日目	ナイフ・火おこし講座
3 日目	森探険ウォーク
4 日目	ソロで火おこし
5 日目	火おこし・食プログラム
6 日目	休息・洗濯
7 日目	グループワーク
8 日目	スキルアップアドベンチャー
9 日目	グループワーク
10 日目	バイク教室
11 日目	バイク教室
12 日目	カヌートレーニング・川遊び
13 日目	休息・洗濯
14 日目	ソロサバイバルキャンプ
15 日目	片付け・掃除
16 日目	みんなでサバイバルキャンプ準備
17 日目	みんなでサバイバルキャンプ 1 日目
18 日目	みんなでサバイバルキャンプ 2 日目
19 日目	みんなでサバイバルキャンプ 3 日目
20 日目	みんなでサバイバルキャンプ 4 日目
21 日目	片付け
22 日目	洗濯・旅準備
23 日目	旅準備
24 日目	ウォーク 1 日目
25 日目	カヌーツーリング
26 日目	ウォーク 2 日目
27 日目	ウォーク 3 日目
28 日目	片付け・ナイフメンテナンス
29 日目	旅の振り返り・洗濯
30 日目	キャンプの振り返り・さよならパーティー
31 日目	クロージングセレモニー

<代表的な 1 日の活動内容>

時間	活動内容
6:00	起床
6:00～ 7:00	洗面・散歩
7:00～ 8:00	朝食づくり
8:00～ 9:00	朝食・片付け
9:00～10:00	学習の時間・洗濯
10:00～12:00	午前中のプログラム
12:00～14:00	昼食・休憩

時間	活動内容
14:00～16:30	午後のプログラム
16:30～18:30	夕食づくり
18:30～19:30	夕食・片付け
19:30～20:00	シャワータイム
20:00～20:30	ミーティング
20:30～21:30	詩作・発表
21:30	消灯・就床

1. 対象および期間

調査 1 の対象は、モビリティランド・ハローウッズが主宰する「ガキ大将の森キャンプ 2010 (30泊31日)」(表 1-a) に参加した疾患を有しない 9～12 歳の健康な男女 16 名であり、分析には、唾液メラトニン濃度のデータに欠損がなかった 11 名

分のデータが使用された。また、すべての調査は、2010 年 7～9 月 (キャンプは、2010 年 7 月 23 日～8 月 22 日に実施) の期間に実施された。

一方、調査 2 の対象は、同主宰による「ガキ大将の森キャンプ 2011 (30泊31日)」(表 1-b) に参加した疾患を有しない 9～10 歳の健康な男子

10名であり、分析には、試料不足等によるデータ欠損がなかった8名分のデータが使用された。また、すべての調査は、2011年7~9月（キャンプは、2011年7月22日~8月21日に実施）の期間に実施された。

2. 調査項目

本研究では、調査1において唾液メラトニン濃度の測定（ELISA法）が、調査2において唾液メラトニン濃度の測定に加えて、尿中セロトニン濃度の測定（高速液体クロマトグラフィー：HPLC）、唾液コルチゾールの測定（RIA固相法）がそれぞれ実施された。なお、安静時に唾液サンプル採取器（Salivette[®], Sarstedt Ltd., Nümbrecht, Germany）により採取された唾液、ならびに、採尿カップと採尿ボトルにより採取された尿の分析は、株式会社エスアールエルに依頼して行われた。

調査1における唾液採取は、キャンプ開始10日前、8日前、6日前、4日前、2日前、キャンプ期間中1日目、2日目、3日目、15日目、29日目、キャンプ終了14日後、28日後の計12回に亘って、いずれも21:30に実施された。一方、調査2における唾液採取、尿採取は、キャンプ9~10日前（以下、「事前」と略す）、キャンプ2~3日目（以下、「前半」と略す）、キャンプ16~17日目（以下、「中盤」と略す）、キャンプ29~30日目（以下、「後半」と略す）、キャンプ30~31日後（以下、「事後」と略す）の5期間において、いずれも21:30（以下、「夜」と略す）とその翌朝6:00（以下、「朝」と略す）に実施された。

本研究では、唾液採取、尿採取に先立って、1）採取1時間前は、水以外の飲食は避けること、2）採取15分前に口内を水ですすぎ、その後、採取までの間は明かりのついていない薄暗い部屋でゆったり過ごすこと、3）採取日は、バナナ、チェリー、とうもろこし、コーヒー、ジュース、清涼飲料水の飲食を避けることの3点を注意事項として対象者ならびに保護者に伝達した。また、事前、事後の採取は、各家庭にて実施し、採取した唾液と尿は冷凍輸送にて回収した。

3. 検討事項

調査1により得られた唾液メラトニン濃度の

データは、調査日ごとの平均値±標準偏差を算出し、長期キャンプに伴う唾液メラトニン濃度の変化を観察した。この検討には、繰り返しのある一元配置分散分析を使用し、有意差が認められた場合のその後の多重比較にはBonferroniの方法を用いた。

一方、調査2により得られた唾液メラトニン濃度、尿中セロトニン濃度、唾液コルチゾール濃度のデータについては、最初に、期間要因および時間帯要因を考慮した繰り返しのある二元配置分散分析を用い、交互作用の有無を確認した。その上で、交互作用が認められなかった場合には、期間要因別に対応のあるt検定を、時間帯要因別に繰り返しのある一元配置分散分析をそれぞれ実施した。

なお、これら一連の統計処理にはIBM[®] SPSS[®] Ver. 20を使用し、結果の有意水準については、いずれの場合も危険率5%未満で判定した。

4. 倫理的配慮

本研究における各対象者ならびに保護者に対しては、事前に説明会を開催して、調査の趣旨と内容、参加決定・継続の自由、プライバシーの保護等について、文書と口頭による説明を十分行い、すべての対象者と保護者から文書による調査参加の同意を得ることができた。なお、本研究は、埼玉大学におけるヒトを対象とする研究に関する倫理委員会の承認を得て実施されたものである。

Ⅲ 結 果

図1は、調査1により得られた唾液メラトニン濃度における調査日ごとの変化を示したものである。繰り返しのある一元配置分散分析とその後の多重比較の結果の内、キャンプ開始、終了に伴う期間に注目してみると、キャンプ2日前（ 4.1 ± 3.3 pg/ml）と3日目（ 10.7 ± 5.7 pg/ml）、15日目（ 13.1 ± 5.3 pg/ml）、29日目（ 15.5 ± 5.9 pg/ml）との間、ならびにキャンプ29日目と14日後（ 5.8 ± 4.6 pg/ml）、28日後（ 7.1 ± 4.2 pg/ml）との間に統計的な有意差が検出された。したがって、対象者の唾液メラトニン濃度は、キャンプ開始後3日目までの期間に急増して、その後も漸増した後、

図 1 唾液メラトニン濃度における調査日ごとの変化

注：●は mean±S. D. (n=11) の推移を、—は各対象者の推移を示す。F (11, 110)=14.145, *p<0.05.

表 2 期間要因、時間帯要因を考慮した唾液メラトニン濃度の二元配置分散分析の結果^a

	期 間					主効果 ^b		交互作用 ^b
	事前	前半	中盤	後半	事後	期間 ^c	時間帯 ^d	期間×時間帯
時間帯 夜	2.8±1.9	10.0±7.1	7.9±5.6	12.9±9.9	3.5±2.8	5.385*	14.333*	8.623*
朝	2.0±1.0	3.5±2.6	2.0±1.5	4.4±4.1	6.3±3.0			

^a唾液メラトニン濃度に関する表中の数値は、mean±S. D. (単位：pg/mL) で示した。

^b繰り返しのある二元配置分散分析による F 値を示す。*p<0.05.

表 3 期間要因、時間帯要因を考慮した尿中セロトニン濃度の二元配置分散分析の結果^a

	期 間					主効果 ^b		交互作用 ^b
	事前	前半	中盤	後半	事後	期間 ^c	時間帯 ^d	期間×時間帯
時間帯 夜	140.4±89.0	109.5±65.7	117.0±99.4	117.2±91.7	112.6±52.6	1.431	3.872	2.757*
朝	211.6±133.4	202.9±93.4	138.1±94.4	134.6±76.7	189.6±107.0			

^a尿中セロトニン濃度に関する表中の数値は、mean±S. D. (単位：ng/mL) で示した。

^b繰り返しのある二元配置分散分析による F 値を示す。*p<0.05.

キャンプ終了 14 日後以内にキャンプ前の水準に戻る様子が窺えた。

次に、表 2～4 および図 2～4 には、調査 2 により得られた唾液メラトニン濃度、尿中セロトニン濃度、唾液コルチゾール濃度の期間別変化を示した。これらの図表が示すように、期間要因、時間帯要因を考慮した繰り返しのある二元配置分散分析の結果、唾液メラトニン濃度と尿中セロト

ニン濃度では、有意な交互作用が認められた (表 2, 表 3, 図 2, 図 3)。したがって、両指標の推移は期間によって異なる様相を呈することが確認された。対して、唾液コルチゾール濃度では、有意な交互作用が認められなかった (表 4, 図 4) ことから、期間要因別に対応のある t 検定を、時間帯要因別に繰り返しのある一元配置分散分析をそれぞれ実施した (表 5)。その結果、期間要因別の検

図2 期間別にみた唾液メラトニン濃度の変化

図3 期間別にみた尿中セロトニン濃度の変化

図4 期間別にみた唾液コルチゾール濃度の変化

表4 期間要因, 時間帯要因を考慮した唾液コルチゾール濃度の二元配置分散分析の結果^a

	期 間					主効果 ^b		交互作用 ^c
	事前	前半	中盤	後半	事後	期間 ^c	時間帯 ^d	期間×時間帯
時間帯 夜	0.15±0.24	0.13±0.10	0.07±0.01	0.10±0.07	0.06±0.01	0.228	123.493*	0.436
朝	0.30±0.53	0.29±0.14	0.21±0.15	0.31±0.09	0.31±0.20			

^a唾液コルチゾール濃度に関する表中の数値は, mean±S. D. (単位: $\mu\text{g}/\text{dL}$) で示した.

^b繰り返しのある二元配置分散分析による F 値を示す. * $p<0.05$.

表5 期間別にみた夜と朝の唾液コルチゾール濃度の t 検定の結果, および時間帯別にみた事前, 前半, 中盤, 後半, 事後の唾液コルチゾール濃度の一元配置分散分析の結果^a

	期 間					F (4, 28) ^c
	事前	前半	中盤	後半	事後	
時間帯 夜	0.15±0.24	0.13±0.10	0.07±0.01	0.10±0.07	0.06±0.01	0.732
朝	0.30±0.53	0.29±0.14	0.21±0.15	0.31±0.09	0.31±0.20	0.186
† (7) ^b	1.484	4.950*	2.811*	5.355*	3.429*	

^a唾液コルチゾール濃度に関する表中の数値は, mean±S. D. (単位: $\mu\text{g}/\text{dL}$) で示した.

^b対応のある t 検定による t 値を示す. * $p<0.05$.

^c繰り返しのある一元配置分散分析による F 値を示す.

討では, 事前を除くすべての期間において, 夜に比して朝の唾液コルチゾール濃度が有意に高値を示した. 一方, 時間帯要因別の検討では, 夜, 朝とも, 期間による唾液コルチゾール濃度に統計的な有意差は検出されなかった.

IV 考 察

Mishima et al. (2001) は, 高齢不眠症患者に対して, 日中4時間 (10~12時, 14~16時) の光照射を4週間実施した結果, そのメラトニン分泌が健康大学生と同水準まで改善した様子を報告している. また, 緒言でも触れたように, 筆者ほか (野

井ほか, 2009) も1カ月間という長期キャンプによって子どものメラトニン・リズムが改善し, 終了1カ月後には元のリズムに悪化している様子を報告している. これらの報告では, とともに1カ月間程度の光照射やキャンプ生活がメラトニン分泌に及ぼす影響を検討したものであり, その効果がどの程度の期間で表れ, どの程度の期間で消失するのかといった点については, 十分に検討されていない.

このようなことから, 本研究では長期キャンプの開始, 終了に伴うメラトニン代謝の変化を検討することを目的として調査1を実施した. その結果, 対象者の唾液メラトニン濃度はキャンプが始

まって 3 日間という開始直後の時期に急増し、その後もキャンプ後半にかけて漸増する様子が窺えた。同時に、キャンプが終了して 14 日以内には開始前の水準に戻ってしまう様子も窺えた。

表 1 に示したように、本研究で対象とした長期キャンプのプログラムのもとでは、生体リズムを整えるのに重要とされている夜間の暗環境や日中の受光環境が準備されているだけでなく、適度な運動、規則正しい食事、さらには、時間を意識した行動も要求される。したがって、これらの刺激が複合的かつ即時的に対象者のメラトニン・リズムを変化させたものとする。実際、生活状況や投薬の影響がより短期間の内にメラトニン分泌に作用する可能性を示唆する先行研究もある。

例えば、小学 3、4 年生を対象として、生活状況が異なる平日と休日明けにおける唾液メラトニン濃度を比較した Noi and Shikano (2011) の報告によると、両期間のメラトニン・リズムには明らかな違いが示され、その背景として電子メディアに接する時間や外遊び時間の長短の影響が推察されている。さらに、睡眠問題を抱える 5～12 歳の子どもを対象とした Maanen et al. (2011) の報告においても、4 週間のメラトニン服用による効果が極めて早い段階（服用中止後の 1 週間）に消失する様子が示されている。そればかりか、子どもの健康、問題行動、育児ストレスに対するメラトニン服用の効果さえ、消失する様子も報告されている。

したがって、図 1 に示した結果は、これらの報告同様、キャンプ生活の効果が比較的短い期間に出現し、早い時期に消失する可能性を示唆する証拠と解することができよう。同時に、本研究の結果や Noi and Shikano (2011) による報告を勘案すると、教育現場で一般的に行われている電子メディア時間の抑制や外遊びの推奨に関する取り組みには、ある程度の即時的効果が期待できることを物語っているともいえる。この点は、本研究によって得られた重要な知見であると考えられる。しかしながら、本研究で観察されたメラトニン・リズムの即時的変化にどのような刺激がどの程度影響したのかといった点については検討することができない。この点については、本研究の限界であるとともに、今後の研究課題として提起しておく

たい。

他方、メラトニンは夜に多く分泌するものの、朝の分泌量も夜の持続的な睡眠と負の相関関係を示すことから、睡眠・覚醒リズムの有効な指標とされている (Shinohara and Kodama, 2011)。そのような視点で、調査 2 における唾液メラトニン濃度の変化 (表 2 および図 2) を観察すると、キャンプ中は夜の分泌量が増すだけでなく、朝の分泌量も減少していることから、キャンプ生活は寝つきだけでなく、持続的な睡眠といった点でも効果的である様子を窺うことができる。

また、セロトニン神経が歩行、咀嚼、呼吸などのリズムカルな運動で賦活する (有田, 2000; Sano et al., 2001; 佐野ほか, 2002) ことを勘案すると、キャンプ生活がもたらしたメラトニンの変化は、その前駆物質であるセロトニンの変化も推測させる。実際、尿中セロトニン濃度の検討では、前半を除くキャンプ中は朝の平均値が低値を示している (表 3 および図 3) ことから、夜間のメラトニン生成が亢進したと解することができよう。

一方、唾液コルチゾール濃度の検討では、その推移にキャンプによる変化を確認することはできなかった。元来、ヒトのコルチゾールは早朝に最高値を示し、夕方から夜に最低値を示す (Wisser and Breuer, 1981) といわれている。もとより、表 4 および図 4 に示した事前、事後の値を確認しても、そのような推移を示しており、この点については何ら問題がない。

このような結果の解釈には、不登校児の血中コルチゾールと β -エンドルフィンの日内変動パターンを検討した塚田 (1987) の報告が役立つ。それによると、健常児では β -エンドルフィン、コルチゾールとも 6:00 頃にピークを示し、18:00 頃から夜間にかけて低値となるパターンを示すのに対して、不登校児ではコルチゾールのリズムは観察できるものの、 β -エンドルフィンのリズムが消失している者が多い様子が示されている。このことから、生体にとってより生命の根幹に関わる働きを担っているコルチゾールのリズムは乱れ難いものと推測している。すなわち、表 4 および図 4 に示された本研究の結果についても、このように解することができ、キャンプ生活によるホルモン代謝の変化といった点では、コルチゾールに比

してメラトニンやセロトニンでそれをより鋭敏に反映するものと考えられるのである。

V 結 論

本研究では、長期キャンプが子どもの生体リズムに及ぼす生化学的影響を検討した。その結果、対象者の唾液メラトニン濃度は、キャンプ開始後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る様子が窺えた。さらに、唾液メラトニン濃度、尿中セロトニン濃度は長期キャンプにより変化した、唾液コルチゾール濃度は変化しなかった。以上の事実から、生体リズムの改善とその効果の消失には、ある程度の即時性があるとの結論に至った。加えて、プログラムの効果検証の指標には、メラトニンやセロトニンを用いるのが適切であるとも考えられた。

謝辞および付記

稿を終えるにあたり、本研究に理解を示し対象者としてご協力いただいた子どもたちと保護者のみなさん、ならびにモビリティランド・ハローウッズ森のプロデューサー崎野隆一郎氏、キャンプスタッフのみなさんに、この場を借りて深謝したい。なお、本研究の一部は、日本発育発達学会第9回大会記録集および日本発育発達学会第10回記念大会にて発表したものである。また、本研究は平成21～23年度科学研究費補助金（基盤研究C、課題番号21500645、研究代表者：野井真吾）および野井の前任校である埼玉大学とベースブレンワークとの共同研究により実施されたものである。

文 献

有田秀穂 (2000) セロトニン神経系とサーカディアンリズム, *Clinical Neuroscience*, 18, 1150-1152
 Brainard, G. C., Rollag, M. D., Hanifin, J. P. (1997) Photic regulation of melatonin in humans : ocular and neural signal transduction, *Journal of Biological Rhythms*, 12, 537-546
 Buxton, O. M., Lee, C. W., L'Hermite-Baleriaux, M., Turek, F. W., Cauter, E. V. (2003) Exercise elicits

phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 284, R714-R724
 Caci, H., Mattei, V., Bayle, F. J., Nadalet, L., Dossios, C., Robert, P., Boyer, P. (2005) Impulsivity but not venturesomeness is related to morningness, *Psychiatry Research*, 134, 259-265
 Ellenbogen, J. M., Hulbert, J. C., Stickgold, R., Dinges, D. F., Thompson-Schill, L. (2006) Interfering with theories of sleep and memory : sleep, declarative memory, and associative interference, *Current Biology*, 16, 1290-1294
 衛藤 隆 (2001) 子どもの睡眠に関する提言, *小児保健研究*, 60, 817-819
 深田吉孝, 広田 毅 (2000) 松果体とサーカディアンリズム, *Clinical Neuroscience*, 18, 1147-1149
 Gau, S. S., Shang, C. Y., Merikangas, K. R., Chiu, Y. N., Soong, W. T., Cheng, T. A. (2007) Association between morningness-eveningness and behavioral/emotional problems among adolescents, *Journal of Biological rhythms*, 22, 268-274
 花井修次 (2008) 血中ホルモン, 石田直理雄, 本間研一編, *時間生物学事典*, 朝倉書店, 86-89
 Hara, R., Wan, K., Wakamatsu, H., Aida, R., Moriya, T., Akiyama, M., Shibata, S. (2001) Restricted feeding entrains liver clock without participation of the suprachiasmatic nucleus, *Genes to Cells*, 6, 269-278
 Lewy, A. J., Wehr T. A., Goodwin F. K., Newsome D. A., Markey S. P. (1980) Light suppresses melatonin secretion in humans, *Science*, 210, 1267-1269
 Maanen, A., Meijer, A. M., Smits M. G., Oort, F. J. (2011) Termination of short term melatonin treatment in children with delayed Dim Light Melatonin Onset : effects on sleep, health, behavior problems, and parenting stress, *Sleep Medicine*, 12, 875-879
 Miike, T., Tomoda, A., Jhodoi, T., Iwatani, N., Mabe, H. (2004) Learning and memorization impairment in childhood chronic fatigue syndrome manifesting as school phobia in Japan, *Brain and Development*, 26, 442-447
 Mishima, K., Okawa, M., Shimizu, T., Hishikawa, Y. (2001) Diminished melatonin secretion in the elderly caused by insufficient environmental illumination, *J Clin Endocrinol Metab*, 86, 129-134
 Miyazaki, T., Hashimoto, S., Masubuchi, S., Honma, S.,

- Honma, K. (2001) Phase-advance shifts of human circadian pacemaker are accelerated by daytime physical exercise, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 281, R197-R205
- 野井真吾, 下里彩香, 鈴木綾子, 山本晃弘, 野田 耕 (2008)「からだの学習」に関する基礎的研究: 疑問調査, 知識調査, 生活調査, 体調調査の結果を基に, 学校保健研究, 49, 439-451
- 野井真吾, 鹿野晶子, 鈴木綾子, 下里彩香, 土田 豊, 山岸秀之, 西宮 肇 (2009) 長期キャンプ (30泊31日) が子どものメラトニン代謝に及ぼす影響, 発育発達研究, 41, 36-43
- Noi, S., Shikano, A. (2011) Melatonin metabolism and living conditions among children on weekdays and holidays, and living factors related to melatonin metabolism, *School Health*, 7, 25-34
- 野井真吾 (2012) 最近の子どもにおける健康・生活課題, 日本臨床スポーツ医学会誌, 20, 273-276
- 大澤清二, 笠井直美 (1999) 現代の子どものライフスタイル, 体育の科学, 49, 20-24
- 大澤清二 (2012) 朝と夜の生活の変化, 子どもと発育発達, 10, 4-10
- 小澤治夫, 内田匡輔, 山下大輔, 徐 広孝, 野井真吾 (2009) 問題行動を起こしがちな子どもの生活習慣, 子どもと発育発達, 7, 159-164
- Sano, S., Kaba, M., Sakamoto, M., Suzuki, I. S., Arita, H. (2001) Activation of serotonergic nervous system by human rhythmical exercise (II), *Neuroscience Research Supplement*, 25, S69
- 佐野新一, 蒲真理子, 坂本正祐, 鈴木郁子, 有田秀穂 (2002) 踏み台昇降運動によるセロトニン神経系の賦活, 北陸大学紀要, 26, 39-48
- Shinohara, H., Kodama, H. (2011) Relationship between circadian salivary melatonin levels and sleep-wake behavior in infants, *Pediatrics International*, 53, 29-35
- 鈴木綾子, 野井真吾 (2007) 中学生における睡眠習慣と睡眠問題, 不定愁訴との関連, 発育発達研究, 36, 21-26
- 塚田和子 (1987) 東京拒否症における血中 β -エンドルフィンの概日リズムについて, 自律神経, 24, 530-535
- 内田 直 (2005) スポーツと生体リズム, 臨床スポーツ医学, 22, 623-627
- Wisser, H., Breuer, H. (1981) Circadian changes of clinical chemical and endocrinological parameters, *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry*, 19, 322-337
- Zeitzer, J. M., Dijk, D. J., Kronauer, R. E., Brown, E. N., Czeisler, C. A. (2000) Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression, *The Journal of Physiology*, 526, 696-702
- (受付:2012年10月2日, 受理:2013年1月17日)

野井 真吾 (のい しんご)
現職: 日本体育大学体育学部准教授

日本体育大学大学院体育科学研究科修了。博士 (体育科学)。東京理科大学理工学部専任講師, 埼玉大学教育学部准教授を経て現職。子どものからだと心・連絡会議 議長, 学校保健学, 教育生理学, 発育発達学, 体育学を専門領域として, 子どもの“からだ”にこだわった研究を続けている。主著に, 子どものケガをとことんからだで考える (旬報社), からだの“おかしさ”を科学する (かがわ出版), ここが“おかしい”!? 子どものからだ (芽ばえ社) 等がある。