

# 睡眠の季節変動と睡眠効率を低下させる要因

高橋 珠実<sup>1)</sup>, 渡邊 積

Seasonal variation in objective sleep assessment and factors that reduce sleep efficiency

TAKAHASHI Tamami, WATANABE Tsumoru

## Summary

**Objectives:** We examined objective evaluations of sleep quality, seasonal fluctuations in sleep, and factors that reduce sleep efficiency from the long-term measurement results over two years.

**Methods:** The subject was a man with exercise habits. The actual measurement period of sleep state was two years from September 2019 to September 2021. Other measures included temperature, humidity, discomfort index, heat index, physical activity, and daily comments.

**Results:** When we examined seasonal fluctuations in sleep using the results of outside air temperature and sleep efficiency, it became clear that sleep efficiency decreased in summer compared to other seasons. Looking at the number of cases where sleep efficiency was less than 80% by month, August was the most frequent, followed by July. “Physical stress” was the most frequently cited reason for low sleep efficiency, followed by “heat / sultry heat”, “drinking days”, “overeating”, and “mental stress”. It was revealed that bedroom temperature, outside temperature, discomfort index, and heat index may affect sleep efficiency on days without summer exercise events. On the other hand, no association was found between sleep efficiency and biometeorological factors on the day of the summer exercise event, and there was an association between exercise intensity and sleep efficiency. It became clear that exercise intensity in summer may affect sleep efficiency.

**Conclusions:** It could be valuable data to suggest the importance of attending high-intensity events in summer and adequate sleep and rest for several days after high-intensity exercise training.

## 1. 背景

アスリートのコンディショニングや一般成人の健康管理の一環として始めた睡眠研究だが、長期間継続的に測定を行っていくと、さまざまなことがデータからみえてくる。その一つに、睡眠の季節変動があげられる。この点については、多くの

先行研究での報告があり、季節や気温・湿度などの生気象学要因は睡眠の質の低下を引き起こす一因として挙げられ、夏季に睡眠の質が低下することが明らかとなっている<sup>1)2)</sup>。また、睡眠の質が低下する季節には個人差があることも報告されている<sup>3)</sup>。一方、睡眠の季節変動や睡眠の影響を与える要因に関するこれまでの研究は、アンケート調

1) 東洋大学スポーツ健康科学(板倉キャンパス)研究室 〒374-0193 群馬県邑楽郡板倉町泉野1-1-1

Sports and Health Science Laboratory, Toyo University, 1-1-1, Izumino, Itakura-cho, Ora-gun, Gunma, 374-0193, JAPAN

査等を用いたものや短期的な測定による検討がほとんどで、客観的評価法を用いた長期的な研究はあまりみられない。

## 2. 目的

本研究では、2年間にわたる長期的な測定を行い、睡眠の質の客観的評価、睡眠の季節変動と睡眠効率を低下させる要因を検討した。さらに、睡眠効率低下が多く報告される夏季のデータを用い、夏季の睡眠効率に影響を与える要因についても検討を行った。

## 3. 方法

### 1) 被験者

運動習慣のある健康的な成人男性1名(50代)を本研究の被験者とした。被験者の研究開始当初の身長は175.5cm、体重は62.0kg、BMIは20.1であった。

### 2) 実測期間および実測場所

活動量および睡眠状態の実測期間は、2019年9月26日～2021年9月28日(このうち2日間のデータなし)の2年間であった。夏季の就寝時の室内温度・湿度測定は2021年7月8日～8月31日の測定であった。就寝時の室内温度・湿度測定場所は、茨城県古河市の被験者の自宅寝室内、および外泊時は外泊先の就寝場所であった。被験者の自宅の寝室は、エアコン・冷暖房機器類の設置がない環境で、夏季の数日のみ扇風機の使用があった。

### 3) 測定項目

#### 客観的睡眠評価

MicroTag 活動量計 MTN-220 (アコーズ社製)を用いて、被験者の2年間の睡眠・覚醒リズムの測定の測定を行った。測定記録の解析には睡眠解

析プログラム Sleep Sigh Act (キッセイコムテック社製)を用いて行い、総睡眠時間:TST(分)、睡眠潜時:SL(分)、中途覚醒時間:WASO(分)、中途覚醒回数(回)、睡眠効率:SE(%),姿勢変更回数(回)、就床時刻、入眠時刻、覚醒時刻、離床時刻、睡眠時間:SPT(分)、総就床時間:TIB(分)、離床潜時:BOT(分)を使用した。

#### 外気温

睡眠の季節変動を検討する際の2年間の外気温データは、茨城県古河市のアメダス地点の気温を用いて検討を行った。

#### 就寝時の室内温度・湿度, 不快指数, ヒートインデックス

就寝時の室内温度・湿度測定は、温湿度データロガー Minnow1.0 (和貴研究所製)を寝室内の就寝場所付近に設置し、気温および相対湿度を測定した。測定間隔は10分で設定し、23時から5時までの測定データの平均値を用いて検討した。また本研究では、就寝時の不快指数(DI: discomfort index)およびヒートインデックス(HI: Heat Index)を算出し、睡眠効率との関連を検討した。

不快指数とは、蒸し暑さを表す指数で気温と湿度から算出するものである<sup>4)5)</sup>。その値が70~75で不快感を抱く人が出始め、75~80で半数以上、80~85で全員が不快と感じ、85を超えると我慢ができなくなるとされる<sup>6)</sup>。また、不快指数75以上で、日本人が「やや暑い」と感じると言われており、「暑熱夜」の基準として採用されている<sup>7)</sup>。

ヒートインデックス(HI)とは、高温条件で湿度の影響が大きくなる実際の温熱生理に即した指標となっており、いわゆる体感温度に相当する。National Weather Service<sup>8)</sup>は、HI 27~32を「Caution:注意」、32~41「Extreme Caution:極度

の注意」, 41~54「Danger: 危険」, 54以上「Extreme Danger: 極度の危険」としている。大橋ら(2014)<sup>9</sup>は気温以外に湿度などの気象要素も含めた温熱指標を用いた場合, ヒートインデックスが睡眠障害の指標として比較的良好であったことを報告している。

## 活動量

活動量の測定は, MicroTag 活動量計 MTN-220 (アコーズ社製) を用いて, 被験者の2年間の活動量の測定を行った。測定記録の解析には, 睡眠解析プログラム Sleep Sigh Act (キッセイコムテック社製) を用いて行い, 出力された1日の歩数, 運動量 (kcal) および総消費量 (kcal) を使用した。さらに夏季の活動量の測定では, GPS マルチスポーツウォッチ (Polar Vantage M2: POLAR 社製) を使用し, 1日の歩数 (歩), 距離 (km), 総エネルギー (kcal), トレーニング時間 (分), トレーニング距離 (トレーニングセッションで移動した合計距離: km), 心拍数 (平均, 最大, 最小: bpm), トレーニング上昇・下降・上昇+下降距離 (いずれも累積標高。高度に関連した状態を測定: m), トレーニング消費エネルギー (kcal) を測定した。

### 1日の振り返りコメント

被験者のその日1日の振り返り記録を, 睡眠解析プログラム Sleep Sigh Act (キッセイコムテック社製) の「コメント」に残し, その日の睡眠に影響を与えた要因を検討する際に使用した。

## 4) 解析方法

睡眠評価, 活動量, および気温の季節間比較を行う際は, ノンパラメトリック検定の Kruskal-Wallis 検定を行った。睡眠評価と就寝時の温度・湿度, および活動量等との関連を検討する際は, スピアマンの順位相関行列を用いて行った。なお, 有意水準は5%未満とし, 結果は平均±標準偏差で表した。また, 統計解析には SPSS (バージョン26) を用いて行った。

## 4. 結果および考察

### 1) 2年間の睡眠, 活動量の評価

被験者の2年間の睡眠評価を表1に示した。布団に入った時間から出た時間を示す, 平均総就床時間は6時間45分, 中途覚醒時間等を除く平均総睡眠時間は6時間2分, 平均睡眠効率は89.7±7.2%であった。また, 活動量測定における1日の結果について, 2年間の平均歩数は14009.6±13529.4歩, 運動量は912.8±793.1kcal, 総消費量は2598.6±882.6kcalであった。

被験者の睡眠時間は, 6時間以上7時間未満であった。国民健康・栄養調査 (令和元年)<sup>10</sup>によると, 50代男性の6時間以上7時間未満の割合は30.8%で, 50代男性の中では, 2番目に高い区分であった。また, 被験者の平均歩数は50代男性の平均歩数7,752歩<sup>10</sup>を大きく上回っていた。

### 2) 睡眠の季節変動

2年間の被験者の睡眠効率と古河市のアメダス地点の外気温の結果を図1に示した。また, 睡眠効率と外気温との関連を検討したところ, 有意な

表1. 2年間の睡眠評価 N=732

	総睡眠時間 (TST)	睡眠潜時 (SL)	中途覚醒時間 (WASO)	中途覚醒 回数	睡眠効率 (SE)	覚醒持続時間 の平均	姿勢変更 回数	睡眠時間 (SPT)	総就床時間 (TIB)	離床潜時 (BOT)
Mean	362.4	10.2	25.1	2.2	89.7	9.1	15.1	387.5	404.5	6.8
SD	61.8	8.5	26.8	2.0	7.2	5.0	8.1	63.7	63.3	4.7

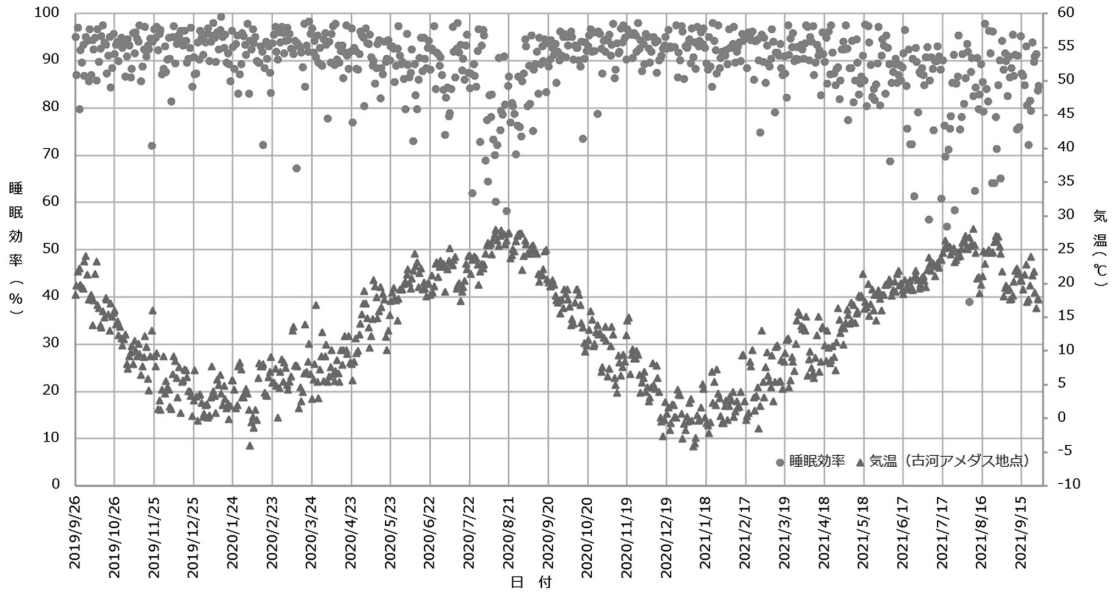


図1. 睡眠効率と外気温の推移 (2019年9月26日から2021年9月28日, N=732)

負の関係が認められた ( $r = -0.414$ ,  $p < 0.01$ )。外気温の上昇が睡眠効率を下げる可能性を示す今回の結果は、多くの先行研究<sup>11)12)</sup>で報告されているものと同様の結果であった。

次に活動量計で測定した2年間のデータを用いて、気象庁の定義<sup>13)</sup>に基づく、春(3月~5月,  $n = 184$ )、夏(6月~8月,  $n = 184$ )、秋(9月~11月,  $n = 185$ )、冬(12月~2月,  $n = 178$ )の季節ごとの睡眠状態の比較を行った。睡眠評価の測定項目、総睡眠時間:TST, 睡眠潜時:SL, 中途覚醒時間:WASO, 中途覚醒回数, 睡眠効率:SE, 姿勢変更回数, 就床時刻, 入眠時刻, 覚醒時刻, 離床時刻, 睡眠時間:SPT, 総就床時間:TIB, 離床潜時:BOTのうち、就床時刻と入眠時刻以外の項目において、季節間で有意差が認められた。睡眠効率の季節間比較の結果を図2に示した。睡眠効率を季節間で比較した結果、夏:  $84.1 \pm 10.0\%$  は、春:  $91.0 \pm 4.9\%$ 、秋:  $91.3 \pm 5.2\%$ 、および冬:  $92.4 \pm 4.0\%$  よりも、睡眠効率が有意に低いことが明らかとなった(いずれも  $p < 0.01$ )。長期間のデータを用いて、客観的な睡

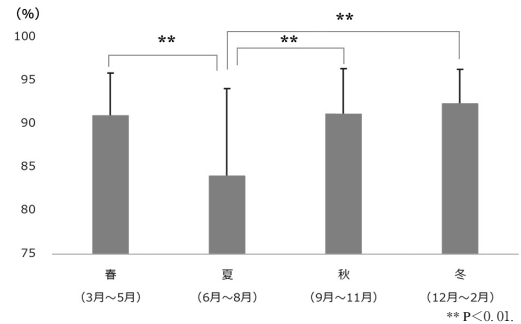


図2. 睡眠効率の季節間比較

眠評価を行った本研究の結果から、夏の睡眠の質は他の季節と比較して、7%程度低下することが示唆された。睡眠効率に関するこの結果は、都築(2014)<sup>11)</sup>とほぼ同様の結果であった。

Suzuki et al. (2019)<sup>14)</sup>は、東北地方から九州地方の19都県に在住する15~89歳の一般人1388名を対象に睡眠時間についてのアンケート(年4回:春夏秋冬)を実施している。そのアンケートの結果、睡眠時間は夏に最も短く、冬に最も長くなり、その差は11.4分であった。客観的睡眠評価を用いた本研究の総睡眠時間(TST)は、春:6時間2分 $\pm$ 58.9分, 夏:5時間40分 $\pm$ 63.6分, 秋:

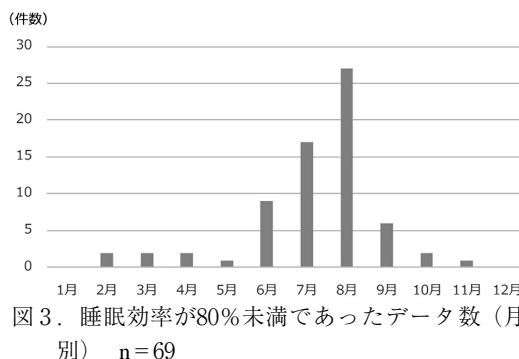
6時間2分±58.3分、冬：6時間28分±56.9分であった。総睡眠時間は、夏に最も短く、冬に最も長くなり、この結果は Suzuki et al. (2019)<sup>14)</sup>と同様の結果であった。一方本研究の冬と夏の総睡眠時間の差は、48分であった。また季節間の比較の結果では、春と秋の総睡眠時間には差がみられなかったものの、それ以外の比較においては有意な差が認められた(春 vs 夏, 春 vs 冬, 夏 vs 秋, 夏 vs 冬, 秋 vs 冬, いずれも  $p < 0.01$ )。

本研究の総就床時間(TIB)の結果は、春：6時間37分±61.2分、夏：6時間45分±68.2分、秋：6時間37分±62.5分、冬：6時間59分±59分であった。総就床時間は春および秋が最も短く、冬が最も長かった。冬と春および秋の総就床時間の差は22分であった。また、季節間の比較の結果から、春と秋、夏と秋、および春と夏の総就床時間には差がみられず、それ以外の比較において、有意な差が認められた(秋 vs 冬, 春 vs 冬は  $p < 0.01$ , 夏 vs 冬は  $p < 0.05$ )。

### 3) 睡眠効率低下に影響を与える要因

被験者の睡眠効率が80%未満のデータを用いて、睡眠効率に影響を与える要因について検討した。睡眠効率が80%未満であった件数は、732日中69件(9.4%)であった。その睡眠効率が80%未満であった件数を月別にまとめてみると、8月(27件, 39.1%)が最も多く、次に7月(17件, 24.6%)であり、7月、8月の件数(44件)だけで全体の6割を超えていた。(図2)。

睡眠効率が低かった理由を被験者のコメントから検討した。その結果、1番多く挙げられたものは、登山やハイキング、長距離ランニングなどを行った日の「身体的ストレス」要因であった(55件)。次に「暑さ・蒸し暑さ」(21件)、「飲酒した日」(18件)、「食べ過ぎ」(9件)、「精神的ストレス」(6件)、「寒さ」(3件)、1日中家にいた日



(2件)、雨の日(2件)、騒音(1件)、悪い夢をみた(1件)、不明(2件)であった。

睡眠効率が80%未満の日が多かった7月、8月のコメントに絞り検討すると、「身体的ストレス」は77.3%(34件)、「暑さ・蒸し暑さ」は40.9%(18件)であった。この結果から、暑さなどの要因の他に、活動量の多い日に睡眠効率が低下する可能性が考えられた。

### 4) 夏季の睡眠効率に影響を与える生気象学要因および活動量との関連

睡眠効率80%未満が多く観察された7月、8月のデータを用いて、睡眠効率に影響を与える生気象学要因について検討を行った。検討を行う際には、被験者のランニング大会等のイベント、および運動トレーニングの実施の有無を確認し、運動イベント・トレーニングなしとありの日とに分けて検討を行った。

はじめに、被験者が参加したランニング大会等のイベント日、運動トレーニング日およびデータ欠損日を除いた、夏季24日間の睡眠効率、就寝時の温度・湿度、不快指数、ヒートインデックス、および活動量の結果をまとめ、表2に示した。睡眠効率の最大値は97.9%、最小値は64.2%であった。

不快指数の結果から、不快指数70~74が1日(4.2%)、75~79が8日(33.3%)、80~85が15日

表2. 夏季の睡眠効率と就寝時の温度・湿度等および身体活動量（運動イベント・トレーニング日等を除く）n=24

2021年7月8日 ～8月31日 (トレーニング 日等除く)	睡眠効率 (%)	寝室平均温度 (23時～5時) (℃)	寝室平均湿度 (23時～5時) (%)	アメダス古河 平均温度 (23時～5時) (℃)	不快指数 (Discomfort index)	ヒート インデックス (HI)	MTN-220 歩数 (歩)	MTN-220 運動量 (kcal)	MTN-220 総消費量 (kcal)
Mean	87.0	28.4	76.4	25.0	79.8	34.4	4740.8	369.0	1997.4
SD	8.8	1.6	3.2	1.4	2.5	3.4	3022.9	130.7	145.0

表3. 夏季の睡眠効率と生気象学要因および活動量との関連（運動イベント・トレーニング日等を除く）n=24

		寝室平均温度 (23時～5時) (℃)	寝室平均湿度 (23時～5時) (%)	アメダス古河 平均温度 (23時～5時) (℃)	不快指数 (Discomfort index)	ヒート インデックス (HI)	MTN-220 歩数 (歩)	MTN-220 運動量 (kcal)	MTN-220 総消費量 (kcal)
睡眠効率	相関係数	- .566**	0.254	-.479*	-.532**	-.522**	0.211	0.255	0.255
	有意確率 (両側)	0.004	0.232	0.018	0.007	0.009	0.322	0.229	0.229

\*\*p&lt;0.01, \*p&lt;0.05

(62.5%)であり、不快指数75以上を「暑熱夜」の基準<sup>7)</sup>として考えると、この期間はほぼ毎日、不快で寝苦しさを感じる日であった可能性が示唆された。ヒートインデックスの結果を、National Weather Service<sup>8)</sup>を参考に、評価すると27未満が1日(4.2%)、27～32の「注意」が4日(16.7%)、32～41「極度の注意」が19日(79.2%)であった。

また、運動イベント・トレーニング日等を除く、夏季24日間のデータを用いて、夏季の睡眠効率に影響を与える要因を検討した。表3には、睡眠効率と生気象学要因および活動量との関連を検討した結果を示した。その結果から、睡眠効率と寝室の気温 ( $p<0.01$ )、外気温 ( $p<0.05$ )、不快指数 ( $p<0.01$ )、およびヒートインデックス ( $p<0.01$ ) との間に負の相関が認められた。特に寝室の気温と睡眠効率との間に高い相関が示された。一方、睡眠効率と寝室の湿度、歩数、運動量、および総消費量との間に有意な相関は認められなかった。

本研究結果から、運動イベントがない夏季の睡眠効率低下には寝室の気温、外気温、不快指数、

およびヒートインデックスが影響を与えている可能性が明らかになった。寝室の湿度との関連がみられなかった今回の結果は、先行研究<sup>12)</sup>とは異なるものであった。今後は近年日本で多く使われる暑さ指数(WBGT)との関連を検討していくことが課題として挙げられた。

##### 5) 夏季の運動イベントが睡眠効率に与える影響

次に2021年7月8日～8月31日の期間に行った運動が睡眠効率に与える影響を検討した。表4に被験者が参加したランニング大会等の運動イベント日、および運動トレーニング日の計25日間の睡眠効率、就寝時の気温、湿度等、および活動量の結果を示した。睡眠効率の最大値は94.3%、最小値は39.1%であった。

不快指数の結果から、不快指数70～74が1日(4.0%)、75～79が16日(64.0%)、80～85が8日(32.0%)であり、不快指数75以上を「暑熱夜」の基準<sup>7)</sup>として考えると、ほぼ毎日、不快で寝苦しさを感じる日であった可能性が示唆された。ヒートインデックスの結果をNational Weather Service<sup>8)</sup>を参考に評価すると、27以下が1日

表4. 夏季の運動イベント・トレーニング実施日の睡眠効率, 就寝時の温度・湿度等および活動量等の結果 (n=25)

2021年7月8日 ～8月31日 (大会・トレーニング日)	睡眠効率 (%)	寝室平均温度 (23時～5時) (℃)	寝室平均湿度 (23時～5時) (%)	アメダス古河 平均温度 (23時～5時) (℃)	不快指数 (Discomfort index)	ヒート インデックス (HI)	MTN-220 歩数 (歩)	MTN-220 運動量 (kcal)	MTN-220 総消費量 (kcal)
Mean	76.5	27.8	74.8	24.4	78.7	32.7	27099.5	1506.4	3259.4
SD	13.7	1.8	4.7	1.7	2.5	3.2	11986.3	598.7	664.4

2021年7月8日 ～8月31日 (大会・トレーニング日)	polar 歩数 (歩)	polar 距離 (km)	polar 総エネルギー (kcal)	polar トレーニング 時間 (min)	polar トレーニング 距離 (km)	polar トレーニング 平均心拍数 (bpm)	polar トレーニング 最大心拍数 (bpm)	polar トレーニング 最小心拍数 (bpm)	polar トレーニング 上昇 (m)	polar トレーニング 下降 (m)	polar トレーニング 上昇+下降 (m)	polar トレーニング 消費エネルギー (kcal)
Mean	27046.9	18.9	3877.6	286.3	16.1	107.0	161.5	61.4	733.1	605.3	1338.3	1703.2
SD	12186.7	8.9	1016.7	155.4	8.6	15.6	19.2	10.0	777.8	664.1	1380.3	1130.6

表5. 夏季の運動イベント・トレーニング実施日の睡眠効率と運動量等との関連 n=25

2021年7月8日 ～8月31日 (大会・トレーニング日)	寝室平均温度 (23時～5時) (℃)	寝室平均湿度 (23時～5時) (%)	アメダス古河 平均温度 (23時～5時) (℃)	不快指数 (Discomfort index)	ヒート インデックス (HI)	MTN-220 歩数 (歩)	MTN-220 運動量 (kcal)	MTN-220 総消費量 (kcal)
相関係数	-0.319	0.355	-0.309	-0.182	-0.166	-0.382	-0.232	-0.232
有意確率 (両側)	0.120	0.081	0.132	0.384	0.427	0.059	0.265	0.265

2021年7月8日 ～8月31日 (大会・トレーニング日)	polar 歩数 (歩)	polar 距離 (km)	polar 総エネルギー (kcal)	polar トレーニング 時間 (min)	polar トレーニング 距離 (km)	polar トレーニング 平均心拍数 (bpm)	polar トレーニング 最大心拍数 (bpm)	polar トレーニング 最小心拍数 (bpm)	polar トレーニング 上昇 (m)	polar トレーニング 下降 (m)	polar トレーニング 上昇+下降 (m)	polar トレーニング 消費エネルギー (kcal)
相関係数	-.480*	-0.335	-0.373	-.690**	-0.159	0.271	0.204	-0.065	-.592**	-.412*	-.590**	-.442*
有意確率 (両側)	0.015	0.101	0.066	0.000	0.447	0.189	0.329	0.759	0.002	0.041	0.002	0.027

\*\*p&lt;0.01, \*p&lt;0.05

(4.0%), 27～32の「注意」が9日(36.0%), 32～41「極度の注意」が15日(60.0%)であった。

活動量の結果から, 25日間の平均歩数は27,000歩以上あり, 運動を実施しない日(4740.8歩, 表2)との差が大きいことが確認された。

7月, 8月のランニング大会等参加の運動イベント・トレーニング日の25日間のデータを用いて, 夏季の睡眠効率に影響を与える要因を検討した。表5には, 睡眠効率と生気象学要因および活動量等との関連を検討した結果を示した。その結果から, 運動イベント時の睡眠効率と生気象学要因との間には有意な関連は認められなかった。活動量との関連において, Polar Vantage M2を用いて測定した歩数(p<0.05), トレーニング時間(p<0.01), トレーニング時上昇(p<0.01), 下降(p<0.05), トレーニング時上昇+下降距離

(p<0.01), トレーニング消費エネルギー(p<0.05)と睡眠効率との間に負の相関が認められた。トレーニング時間, トレーニング上昇, 上昇+下降距離と睡眠効率との間に特に高い相関が示された。このことから, 運動強度が夏季の睡眠効率に影響を与える可能性が明らかになった。

今回の運動イベント・トレーニング日の結果から, 運動イベント後に極端に睡眠効率が低下する日が確認された。このことから, 夏季の連日にわたる強度の高い運動イベントへの参加, またはトレーニングを実施する際は, 睡眠の質が落ちる可能性を考慮し, 無理のない計画を立てること, また運動強度の高いイベント参加やトレーニング実施後は数日間の十分な睡眠・休養の必要性が考えられた。

## 5. まとめ

運動習慣のある男性被験者1名(50代)の2年間にわたる長期的な測定結果から、睡眠の質の客観的評価、睡眠の季節変動と睡眠効率を低下させる要因を検討した。外気温と睡眠効率の結果を用いて、睡眠の季節変動を検討したところ、他の季節と比較して、夏季の睡眠効率の低下が明らかになった。

睡眠効率が80%未満であった件数を月別にまとめてみると、8月が最も多く、次に7月であった。睡眠効率が低かった理由で1番多く挙げられたものは、「身体的ストレス」、次に「暑さ・蒸し暑さ」、「飲酒した日」、「食べ過ぎ」、「精神的ストレス」、「寒さ」と続いた。睡眠効率が80%未満の日が多かった7月、8月のコメントから、暑さなどの要因の他に、活動量の多い日に睡眠効率が低下する可能性が挙げられた。

さらに、夏季のデータを用い、夏季の睡眠効率に影響を与える要因について詳しく検討を行った。運動イベントがない日の睡眠効率には、寝室の気温、外気温、不快指数、およびヒートインデックスが影響を与えている可能性が明らかになった。一方、夏季の運動イベント実施日の睡眠効率と生気象学要因との間には関連は認められず、運動強度と睡眠効率との間に関連が認められ、夏季の運動強度が睡眠効率に影響を与える可能性が明らかになった。この結果は、夏季の運動強度の高いイベント参加やトレーニング実施後の数日間の十分な睡眠・休養の重要性について提案するための貴重なデータとなり得ることが考えられた。

## 参考文献

- 1) 都築和代ら. 四季における周囲の温熱・光環境が高齢者の睡眠に及ぼす影響. 環境工学 II 2013 : 393-394.
- 2) Suzuki M, Taniguchi T, Furihata R, et al. Seasonal changes in sleep duration and sleep problems: A prospective study in Japanese community residents. PLoS One 2019; 14: e0215345.
- 3) 木村源太. 周波数解析による寝室内温熱環境の季節変動が睡眠に及ぼす影響の検証. 法政大学大学院紀要 デザイン工学研究科編 2018 : 7 : 1-4.
- 4) 九州住環境研究会. 不快指数 (ID) と WBGT (暑さ指数) の関係?. <http://www.ecoq21.jp/latest-article/no132/no132.pdf> (2021年11月29日最終閲覧).
- 5) 日本気象学会. 温熱指標. [https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2010/2010\\_01\\_0057.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2010/2010_01_0057.pdf) (2021年11月29日最終閲覧).
- 6) 源ら. 調査研究報告 富山県における地球温暖化に関する調査研究-富山県内における不快指数の変化-. <https://www.pref.toyama.jp/documents/8482/01484826.pdf> (2021年11月29日最終閲覧).
- 7) 山添 謙. 東京における温湿指数に基づく暑熱夜の出現状況. 日本地理学会発表要旨集 2014. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/ajg/2014a/0/2014a\\_100/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ajg/2014a/0/2014a_100/_pdf-char/ja) (2021年11月29日最終閲覧).
- 8) National Weather Service. Heat Index Chart. <https://www.weather.gov/ffc/hichart>. (2021年11月29日最終閲覧).
- 9) 大橋唯太ら. 東京23区を対象とした夏季の睡眠障害と夜間の屋外熱環境の関係について. 環境情報科学学術研究論文集 2014 : 28 : 367-372.
- 10) 厚生労働省. 令和元年国民健康・栄養調査結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf> (2021年11月29日最終閲覧).
- 11) 都築和代. 温熱環境と睡眠. 日本生気象学会雑誌 2014 ; 50 ( 4 ) : 125-134.
- 12) 李 俐, 中村 亨. 大規模加速度データベースを用いた客観的睡眠指標への生気象学的影響の検討 2019. 生体医工学 Annual 57 (Abstract).
- 13) 「季節を表わす用語」気象庁ホームページ. [https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo\\_hp/toki.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/toki.html) (2021年11月29日最終閲覧).
- 14) Suzuki M, Taniguchi T, Furihata R, et al. Seasonal changes in sleep duration and sleep problems: A prospective study in Japanese community residents. PLoS One 2019; 14: e0215345.