

勤労者における客観的身体活動強度および 実践時間帯と主観的睡眠の質との関連

北濃成樹¹⁾ 小野寺由美子²⁾ 角田憲治^{1,3)} 甲斐裕子¹⁾
神藤隆志¹⁾ 朽木 勤⁴⁾ 永松俊哉¹⁾

The association of objectively measured physical activity intensity and time-of-day with subjective sleep quality in Japanese employees

Naruki Kitano, Yumiko Onodera, Kenji Tsunoda, Yuko Kai,
Takashi Jindo, Tsutomu Kuchiki, and Toshiya Nagamatsu

SUMMARY

It is still unclear what timing and intensity of physical activity (PA) is effective to promote good sleep for workers. This study investigates associations of objectively measured timing and intensity of PA with subjective sleep quality in Japanese employees.

Data were gathered from 104 Japanese employees (age 46.1 ± 10.0 years; women 64.4%) who mainly engaged in desk work. Participants wore an accelerometer (HJA-750C, Omron Healthcare Co.) for a month, and we calculated average daily low-intensity PA (LPA, 1.6–2.9 METs), moderate-intensity PA (MPA, 3.0–5.9 METs), and vigorous-intensity PA (VPA, ≥ 6.0 METs) in the morning (05:00–11:59), afternoon (12:00–17:59) and evening (18:00–24:00), respectively. We used the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) to assess subjective sleep quality, and calculated sleep efficiency, daytime dysfunction score and PSQI global score. Adjusted multiple regression models revealed that LPA in the afternoon have significant favorable associations with daytime dysfunction score ($\beta = -0.353$) and PSQI global score ($\beta = -0.333$). In the evening, VPA was significantly associated with higher sleep efficiency ($\beta = 0.261$). To maintain a good sleep quality for employees, our findings are the first pointing at LPA in the afternoon, and at VPA after office hours would be effective.

Key words: exercise, accelerometer, insomnia.

緒 言

短時間睡眠や主観的睡眠の質の低下は、心身の健康状態を左右するリスクファクターであり²⁵⁾、不眠症状を有する勤労者は、骨格筋系障害や精神障害によって早期退職しやすいこともわかってい

る¹⁹⁾。また、睡眠不足に代表される睡眠の問題は日中の覚醒度や認知機能の低下をもたらすため²⁹⁾、労働生産性の低下の原因となる。勤労者は睡眠に問題を抱えやすいことが知られているが⁶⁾、一般的にヒトは人生の多くの時間を勤労者として過ごすため、生涯を通じて心身を健やかな状態に保ち、

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所
2) 公益財団法人 明治安田厚生事業団ウェルネス開発室
3) 山口県立大学社会福祉学部
4) 兵庫大学

Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
Wellness Development Office, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
Faculty of Social Welfare, Yamaguchi Prefectural University, Yamaguchi, Japan.
Hyogo University, Hyogo, Japan.

仕事で十分な能力を発揮するためにも、睡眠の質を高く保持することは重要な課題といえる。

運動などの身体活動の実践は心身の健康だけでなく、睡眠にも好影響を与える。これまでに疫学および実験的研究の双方から、運動が主観的・客観的睡眠の質に与える影響が検討されており、システマティックレビューによって、一定の有効性が報告されている^{18,31,32)}。しかし、現在までに多岐にわたる条件(強度、量、様式など)の身体活動と睡眠との関連が検討されてきたが^{3,10)}、依然として、効果を最大化するために最適な身体活動条件は不明である。

身体活動の睡眠への効果を規定する要因の1つに活動の実践時間帯がある。かねてより、夜間、特に就寝直前の高強度身体活動は覚醒水準の上昇^{3,28)}による入眠阻害や過度な体温上昇による中途覚醒の増加¹¹⁾につながると考えられてきた。一方で、夜間の身体活動でも主観的・客観的入眠潜時や中途覚醒時間、主観的睡眠の質に悪影響を及ぼさないという運動介入研究^{24,33)}や観察研究⁴⁾もあり、一貫した見解が得られていない。各研究間で、対象者の特性や身体活動強度の定義が曖昧であることが結果の一貫性や一般化を妨げていると考えられており、対象集団に沿った質の高い研究が求められている。

その点、勤労者を対象とした研究は不足しており、運動と主観的睡眠の横断的関連を検討した研究^{1,8)}は存在するものの、著者の知る限り、身体活動の実践時間帯に着目した研究はない。現代社会で日々多忙な職務をこなす働く人々にとって、時間的制約は運動実践の主たる阻害要因であり¹⁶⁾、活発に体を動かす時間帯は勤務時間の前後や休日に限られるだろう。以上より、睡眠との関連について、勤労者では夜の高強度身体活動が負の関連を示すのか、また、1日のどのタイミングでどれくらいの強度の身体活動を行うと効果的・効率的であるのかを明らかにする意義は大きい。

そこで、本研究は勤労者を対象に、3軸加速度計により客観的に評価した身体活動と主観的睡眠の質の横断的関連性について、活動強度と実践時

間帯の側面から検討することを目的とした。

方 法

A. 対象者

研究は2016年11～12月に東京都内の生命保険会社およびその関連企業の従業員122名を対象に行われた運動介入研究のベースライン時調査のデータを使用した。このうち、1)調査票のデータに欠損のある14名、2)睡眠薬を服用している3名、3)加速度計のデータに欠損のある1名を除外した、104名を最終的な分析対象とした。研究対象企業の勤労者の多くは8時30分頃に出社し、日中はデスクワークに従事し、17時30分頃に退社する一般的なオフィスワーカーである。本研究は公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得て実施し(承認番号:28004号)、対象者には研究についての説明書を一読させたうえで、参加の同意を得た。

B. 調査項目

1. 身体活動量

身体活動量の評価には epoch length を10秒に設定した3軸加速度計(HJA-750C, オムロンヘルスケア社製)を用いた。本機器で測定した日常生活下(free-living)における metabolic equivalents (METs)は、その他多くの加速度計やウェアラブル端末のなかでも二重標識水法による評価との相関が強いとされている²³⁾。対象者には加速度計を腰部に1か月間、睡眠時や水中活動(入浴や水泳)時を除き、1日中装着するよう指示した。先行研究に準じて、機器の非装着時間は検出閾値以下の活動強度でゼロカウントとみなされた活動が20分間以上継続した時間の合計とし、1日10時間以上装着した日が4日以上ある場合のみ分析に使用した²²⁾。なお、対象者の身体活動量は、低強度(low-intensity physical activity; LPA, 1.6 ~ 2.9 METs)、中強度(moderate-intensity physical activity; MPA, 3.0 ~ 5.9 METs)、高強度(vigorous-intensity physical activity; VPA, 6.0 METs 以上)およびそれらの合計である総身体活動量(total physical activity; TPA)について、午前(5時～11時59分)、午後(12

時～17時59分)、夜(18時～24時)の3つの時間帯に分けて平均身体活動量(METs・h/日)を算出し分析に使用した。なお、本研究対象者は首都圏在住勤労者であり、彼ら/彼女らの起床・通勤時刻を鑑み、午前の行動は5時から記録することとした。

2. 主観的睡眠の質

主観的睡眠の質の調査には日本語版 Pittsburgh Sleep Quality Index(PSQI)を用いた⁷⁾。PSQIは研究と臨床の双方の場面で世界的に汎用される睡眠障害スクリーニング尺度であり、過去1か月間の①睡眠の質、②入眠時間、③睡眠時間、④睡眠効率(総就床時間に占める睡眠時間の割合)、⑤睡眠困難、⑥眠剤の使用、⑦日中の覚醒困難を評価し、合計得点が5.5点以上の場合は睡眠障害と診断される⁹⁾。勤労者に多い睡眠の問題は、入眠障害と中途覚醒障害による睡眠効率の低下、日中の過度な眠気であり、身体活動の実践時間帯と睡眠との関連性を検討した先行研究でも、これらをアウトカムにしている。そこで本研究でも、睡眠効率、日中の覚醒困難、PSQI総合得点の3つの変数を選定して分析に使用した。なお、夜間の身体活動による入眠障害を報告する先行研究^{4,28)}も見受けられる。ただし、本研究は時間帯ごとに分析を実施し、アウトカムも複数設定していたことから、検定の多重性の問題を考慮し、入眠は睡眠効率の一部としてとらえた。

3. その他の項目

対象者の基本属性として、年齢、性、body mass index(BMI)、教育年数、平均的な1週間の残業時間、心理的ストレスを自記式質問法により調査した。BMIは各対象者が直近の健診等で測定した身長と体重を想起して回答させた値から算出した。心理的ストレスの評価には日本語版K6¹²⁾を使用した。

C. 統計解析

従来の研究で行われてきた代表的解析手法と比較するために、主観的睡眠の質について、まずは強度別の身体活動量との関連を分析し、その後、実践時間帯ごとの強度別身体活動量との関連を分析した。統計解析には、従属変数に主観的睡眠の

質(睡眠効率、日中の覚醒困難、PSQI総合得点)、独立変数に実践時間帯ごとの強度別身体活動量を投入した重回帰分析を用いた。共変量には年齢、性、BMI、教育年数、平均的な1週間の残業時間、心理的ストレス、独立変数に投入していない実践時間帯ごとの強度別身体活動量を使用した。また、投入した変数間の多重共線性を確認するため、variance inflation factor(VIF)を算出した。VIFが5を超える場合には中程度以上の多重共線性の存在が疑われるが²⁶⁾、本研究の全モデルでVIFは5未満であった。すべての統計解析にはIBM SPSS Statistics 21.0 for Windowsを用い、有意水準はいずれも5%とした。

結 果

表1に最終分析対象104名の特徴を示した。対象者の基本属性は、年齢46.1±10.0歳、女性64.4%、BMI 22.5±2.8 kg/m²、教育歴15.0±1.7年、週の残業時間6.0±6.3時間、PSQI総合得点5.5±2.2点であった。また、表1および図1に加速度計で評価

表1. 対象者の特性

Table1. Characteristics of study participants.

	n = 104
	Mean ± SD
Age, years	46.1 ± 10.0
Female, n (%)	67.0 (64.4)
Education, years	15.0 ± 1.7
Body mass index, kg/m ²	22.5 ± 2.8
Overtime work, h/wk	6.0 ± 6.3
K6 score, points	3.3 ± 4.0
Accelerometer data	
Wear day, days	24.3 ± 9.2
Wear time, h/day	15.3 ± 1.8
TPA, MET・h/day	12.9 ± 3.1
PSQI global score, points	5.5 ± 2.2
Bedtime	23.9 ± 0.9
Wake up time	6.3 ± 0.8
Sleep duration, h	6.0 ± 0.8
Sleep efficiency, %	93.9 ± 7.2
Daytime dysfunction, points	0.3 ± 0.4

TPA; total physical activity, PSQI; Pittsburgh Sleep Quality Index.

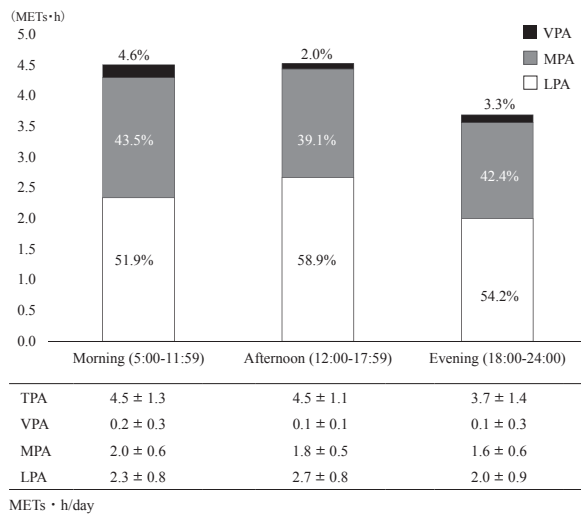


図1. 対象者の各時間帯の身体活動量

Figure1. Physical activity at each time-of-day in study participants.

TPA; total physical activity, LPA; low-intensity physical activity, MPA; moderate-intensity physical activity, VPA; vigorous-intensity physical activity.

した対象者の身体活動量を示した。対象者の1日のTPAは12.9±3.1 METs·hであった。

表2に身体活動強度と主観的睡眠の質の関連性を示した。重回帰分析の結果、1日のVPAが睡眠効率の高さと有意に関連した($\beta = 0.273$, $VIF = 1.223$, $P < 0.05$)。TPA, LPA, MPAはいずれの睡眠変数とも有意な関連を示さなかった。

表3に身体活動強度および実践時間帯と主観的睡眠の質との関連を示した。重回帰分析の結果、夜間(18時以降)のVPAが睡眠効率の高さと有意

に関連した($\beta = 0.261$, $VIF = 1.179$, $P < 0.05$)。また、午後(12時から17時59分まで)のLPAは日中の覚醒困難感の低さ($\beta = -0.353$, $VIF = 2.035$, $P < 0.05$)や、PSQI総合得点の低さ($\beta = -0.333$, $VIF = 2.035$, $P < 0.05$)と有意に関連した。いずれの身体活動強度においても午前の活動量と主観的睡眠の質と間に有意な関連はみられなかった。

考察

本研究は勤労者を対象に3軸加速度計により客観的に評価した身体活動と主観的睡眠の質との横断的関連性について、活動強度と実践時間帯の側面から検討した。その結果、午後のLPAが多いほど日中の覚醒困難感が低く、総合的な主観的睡眠の質が高いことや、1日のVPAが多いほど睡眠効率が高く、特に夜間の実践と良好な関連を示すことを確認した。

一般的にヒトは昼食後の午後の時間帯に強い眠気が訪れ⁵⁾、認知機能の低下³⁰⁾や業務上のミスが起きると考えられている。運動などの身体活動¹⁴⁾や座位から立位への姿勢変化¹⁷⁾により眠気が解消されることが知られている一方で、1日の行動時間についてLPAと座位行動は負相関し²¹⁾、長時間の座位行動は日中の眠気の強さと関連することも示唆されている²⁰⁾。すなわち、本研究結果は先行研究の結果を支持し、勤労者の午後の眠気をLPAによって解消できる可能性を示したが、

表2. 身体活動強度と主観的睡眠状況との関連

Table2. The association of objectively measured physical activity intensity with subjective sleep variables.

	n = 104								
	Sleep efficiency (%)			Daytime dysfunction (range: 0-6) [†]			PSQI global score (range: 0-21) [†]		
	β	P value	VIF	β	P value	VIF	β	P value	VIF
TPA, MET · h/day	-0.013	0.903	1.225	0.004	0.969	1.225	0.038	0.698	1.225
LPA, MET · h/day [‡]	0.044	0.717	1.564	-0.054	0.648	1.564	-0.059	0.598	1.564
MPA, MET · h/day [‡]	-0.159	0.194	1.558	0.058	0.622	1.558	0.137	0.222	1.558
VPA, MET · h/day [‡]	0.273	0.013	1.223	0.024	0.815	1.223	-0.060	0.545	1.223

TPA; total physical activity, LPA; low-intensity physical activity, MPA; moderate-intensity physical activity, VPA; vigorous-intensity physical activity, PSQI; Pittsburgh Sleep Quality Index, VIF; variance inflation factor. All models are adjusted for age, gender, education, BMI, overtime work, and K6 score. [†]Higher scores indicate poorer states. [‡]Models additionally adjusted for other physical activity intensity.

表3. 身体活動強度および実践時間帯と主観的睡眠状況との関連

Table3. The association of objectively measured physical activity intensity and time of day with subjective sleep variables.

n = 104									
	Sleep efficiency (%)			Daytime dysfunction (range: 0-6) †			PSQI global score (range: 0-21) †		
	β	P value	VIF	β	P value	VIF	β	P value	VIF
Morning (5:00-11:59)									
LPA, METs · h/day	0.071	0.596	1.832	-0.111	0.384	1.832	-0.085	0.487	1.832
MPA, METs · h/day	-0.165	0.173	1.469	-0.083	0.468	1.469	0.088	0.422	1.469
VPA, METs · h/day	0.171	0.108	1.131	-0.015	0.879	1.131	-0.084	0.382	1.131
Afternoon (12:00-17:59)									
LPA, METs · h/day	-0.033	0.816	2.035	-0.353	0.008	2.035	-0.333	0.008	2.035
MPA, METs · h/day	-0.110	0.399	1.669	0.060	0.610	1.669	0.120	0.285	1.669
VPA, METs · h/day	0.122	0.281	1.266	-0.043	0.678	1.266	-0.125	0.202	1.266
Evening (18:00-24:00)									
LPA, METs · h/day	-0.014	0.924	2.296	0.228	0.101	2.296	0.176	0.194	2.296
MPA, METs · h/day	-0.080	0.553	1.882	0.113	0.365	1.882	0.057	0.641	1.882
VPA, METs · h/day	0.261	0.016	1.179	0.026	0.790	1.179	0.003	0.979	1.179

LPA; low-intensity physical activity, MPA; moderate-intensity physical activity, VPA; vigorous-intensity physical activity, PSQI; Pittsburgh Sleep Quality Index, VIF; variance inflation factor. Models are adjusted for age, gender, education, BMI, overtime work, K6 score, and other physical activity. †Higher scores indicate poorer states.

その背景には LPA 増加による直接的な効果だけではなく、座位行動の低下を介した間接的な眠気解消があったものと推察される。「働き方改革」や「健康経営」などの取り組みが普及し始め、勤労者の労働生産性を高めることに注目が集まる昨今、午後に椅子から立ち上がりデスク周りを歩くことや軽いストレッチを実践することが、眠気の解消に効果的であることを示唆した本研究の意義は大きいと考える。また、この時間帯の LPA が入眠潜時や中途覚醒時間を反映する睡眠効率と関連しなかったことを鑑みると、PSQI 総合得点との関連は下位概念である日中の眠気によって、いくらか説明できるだろう。

本研究では、これまでの運動介入研究²⁸⁾や米国睡眠医学会の指針²⁾で主張されてきた夜間の MPA や VPA の睡眠とのネガティブな関連は確認されず、反対に VPA が睡眠効率の高さと関連した。当該領域の代表的な観察研究に Buman et al.⁴⁾のものがある。Buman et al. は1000名の米国一般成人を対象に調査票による横断研究を実施し、朝(就床の8時間以上前)に高強度運動(例：ランニング

やサイクリングなど)を実践している者は、主観的睡眠の質が高く、一方で、午後(就床4～8時間前)や夜(就床の4時間以内)の運動はいずれの強度でも主観的睡眠の質と関連しなかったことから、朝が運動に最適な時間帯であると報告した。本研究とこれらの先行研究の結果の差異は、1)対象者の特性、2)身体活動の評価方法、3)身体活動の実践時間帯の分類方法、などの違いによるものと推察される。特に、対象者が勤労者か否かで、生活リズムや各時間帯の行動が大きく変わってくるため、身体活動強度や実践時間帯と睡眠との関連も異なるだろう。

本研究は横断的観察研究であり、夜の VPA と睡眠効率の高さが関連した明確な作用機序は不明であるが、就寝前の深部体温の適度な上昇¹⁵⁾や、不安感情の低下とそれと関連する身体的指標(血圧や筋緊張)の改善¹³⁾が寄与している可能性がある。また、この時間帯では VPA のみが睡眠効率の高さと関連したことを考えると、ある程度の強度やそれに付随する疲労感¹⁰⁾が伴う活動が必要であることが推察される。本研究の対象者における

平均的な退社時刻が17時30分前後であることを考慮すると、退社後に高強度の運動やスポーツ活動を行うこともまとまった睡眠を得るための1つの手段であるかもしれない。

身体活動の強度や実践時間帯と睡眠との関連については、研究ごとに対象が異なること、睡眠が良好な者や運動習慣のある者に限った研究であること、身体活動強度の定義が曖昧であることが、結果の一般化や解釈を妨げており⁴⁾、対象者の背景因子や、体力水準、睡眠状況で層別化した質の高い研究が必要とされている。また、勤労者は仕事の量(残業)や人間関係により睡眠に問題を有しやすいといわれ^{6,8)}、働く人々が良質な睡眠を得るための最適な身体活動条件の探索・解明が求められている。そうしたなか、本研究は著者の知る限り、勤労者を対象に、客観的に評価した身体活動強度や実践時間帯と主観的睡眠の質との関連を検討し、午後のLPAや夜のVPAの有効性を示した初めての研究であり、一定の意義を有す。

しかし、こうした強みがある一方で、本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に、本研究は横断研究であり、因果関係に言及することはできない。特に、午後のLPAと覚醒困難感の低さの関連については、日中の眠気が低いために頻繁に立ち上がり、オフィス内で活動的に過ごしていることや、その職場特性として午後に身体活動を伴う行動が多かったことが寄与しているとも考えられる。次に、睡眠の質を主観的に評価している点である。PSQIは妥当性と信頼性が確認された尺度である^{7,9)}が、主観的評価では睡眠時間や入眠潜時を過大/過小評価する恐れがあるため²⁷⁾、今後はアクチグラフなどによる客観的評価と併用することが求められる。最後に、本研究結果の一般化についてである。分析対象者のPSQI総合得点の平均値は睡眠障害のカットオフ⁹⁾と同等の5.5点であった。そのため、本研究結果は、睡眠にある程度の問題を有するデスクワーカーのデータから得られたものであり、特に睡眠に問題がない集団や重篤な睡眠障害を有する集団への知見の一般化には慎重を期す必要がある。

総 括

本研究は勤労者を対象に3軸加速度計で評価した客観的身体活動の強度や実践時間帯と主観的睡眠の質との横断的関連を検討した。その結果、12時から17時59分までのLPAが日中の眠気の低さや総合的な主観的睡眠の質の高さと関連し、18時以降のVPAが睡眠効率の高さと関連することを明らかにした。本研究は勤労者が午後の時間帯に立ち上がりデスク周りを歩いたりすることが過度の眠気を防ぎ、就業後や休日の夜の高強度の運動やスポーツ活動がまとまった睡眠の獲得に寄与する可能性を初めて示した。

参 考 文 献

- 1) Akerstedt, T., Knutsson, A., Westerholm, P., Theorell, T., Alfredsson, L., and Kecklund, G. (2002): Sleep disturbances, work stress and work hours: a cross-sectional study. *J. Psychosom. Res.*, **53**, 741–748.
- 2) American Academy of Sleep Medicine (2001): International classification of sleep disorders, revised: diagnostic and coding manual. Academy of Sleep Medicine, Chicago.
- 3) Buman, M.P. and King, A.C. (2010): Exercise as a treatment to enhance sleep. *Am. J. Lifestyle Med.*, **4**, 500–514.
- 4) Buman, M.P., Phillips, B.A., Youngstedt, S.D., Kline, C.E., and Hirshkowitz, M. (2014): Does nighttime exercise really disturb sleep? Results from the 2013 National Sleep Foundation Sleep in America Poll. *Sleep Med.*, **15**, 755–761.
- 5) Carskadon, M.A. and Dement, W.C. (1992): Multiple sleep latency tests during the constant routine. *Sleep*, **15**, 396–399.
- 6) Doi, Y. (2005): An epidemiologic review on occupational sleep research among Japanese workers. *Ind. Health*, **43**, 3–10.
- 7) Doi, Y., Minowa, M., Okawa, M., and Uchiyama, M. (1998): Development of the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Jpn. J. Psychiatry Treat.*, **13**, 755–763 (in Japanese).
- 8) Doi, Y., Minowa, M., and Tango, T. (2003): Impact and correlates of poor sleep quality in Japanese white-collar employees. *Sleep*, **26**, 467–471.
- 9) Doi, Y., Minowa, M., Uchiyama, M., Okawa, M., Kim, K., Shibui, K., and Kamei, Y. (2000): Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J) in psychiatric

- disordered and control subjects. *Psychiatry Res.*, **97**, 165–172.
- 10) Driver, H.S. and Taylor, S.R. (2000): Exercise and sleep. *Sleep Med. Rev.*, **4**, 387–402.
- 11) Edinger, J.D., Morey, M.C., Sullivan, R.J., Higginbotham, M.B., Marsh, G.R., Dailey, D.S., and McCall, W.V. (1993): Aerobic fitness, acute exercise and sleep in older men. *Sleep*, **16**, 351–359.
- 12) Furukawa, T.A., Kawakami, N., Saitoh, M., Ono, Y., Nakane, Y., Nakamura, Y., Tachimori, H., Iwata, N., Uda, H., Nakane, H., Watanabe, M., Naganuma, Y., Hata, Y., Kobayashi, M., Miyake, Y., Takeshima, T., and Kikkawa, T. (2008): The performance of the Japanese version of the K 6 and K10 in the World Mental Health Survey Japan. *Int. J. Methods Psychiatr. Res.*, **17**, 152–158.
- 13) Herring, M.P., O'Connor, P.J., and Dishman, R.K. (2010): The effect of exercise training on anxiety symptoms among patients: a systematic review. *Arch. Intern. Med.*, **170**, 321–331.
- 14) Hori, H., Ikenouchi-Sugita, A., Yoshimura, R., and Nakamura, J. (2016): Does subjective sleep quality improve by a walking intervention? A real-world study in a Japanese workplace. *BMJ Open*, **6**, e011055.
- 15) Horne, J.A. and Staff, L.H. (1983): Exercise and sleep: body-heating effects. *Sleep*, **6**, 36–46.
- 16) Ishii, K., Inoue, S., Ohya, Y., Odagiri, Y., Takamiya, T., Suijo, K., Owen, N., and Shimomitsu, T. (2009): Sociodemographic variation in the perception of barriers to exercise among Japanese adults. *J. Epidemiol.*, **19**, 161–168.
- 17) Karakolis, T. and Callaghan, J.P. (2014): The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity: a review. *Appl. Ergon.*, **45**, 799–806.
- 18) Kubitz, K.A., Landers, D.M., Petruzzello, S.J., and Han, M. (1996): The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Med.*, **21**, 277–291.
- 19) Lallukka, T., Haaramo, P., Lahelma, E., and Rahkonen, O. (2011): Sleep problems and disability retirement: a register-based follow-up study. *Am. J. Epidemiol.*, **173**, 871–881.
- 20) Loprinzi, P., Nalley, C., and Selk, A. (2014): Objectively-measured sedentary behavior with sleep duration and daytime sleepiness among U.S. adults. *J. Behav. Health*, **3**, 141–144.
- 21) Mansoubi, M., Pearson, N., Biddle, S.J., and Clemen, S. (2014): The relationship between sedentary behaviour and physical activity in adults: a systematic review. *Prev. Med.*, **69**, 28–35.
- 22) Masse, L.C., Fuemmeler, B.F., Anderson, C.B., Matthews, C.E., Trost, S.G., Catellier, D.J., and Treuth, M. (2005): Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **37**, S544–S554.
- 23) Murakami, H., Kawakami, R., Nakae, S., Nakata, Y., Ishikawa-Takata, K., Tanaka, S., and Miyachi, M. (2016): Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Intern. Med.*, **176**, 702–703.
- 24) O'Connor, P.J., Breus, M.J., and Youngstedt, S.D. (1998): Exercise-induced increase in core temperature does not disrupt a behavioral measure of sleep. *Physiol. Behav.*, **64**, 213–217.
- 25) Ohayon, M.M. (2002): Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn. *Sleep Med. Rev.*, **6**, 97–111.
- 26) Rogerson, P. (2001): Statistical methods for geography. SAGE Publications, Thousand Oaks.
- 27) Silva, G.E., Goodwin, J.L., Sherrill, D.L., Arnold, J.L., Bootzin, R.R., Smith, T., Walsleben, J.A., Baldwin, C.M., and Quan, S.F. (2007): Relationship between reported and measured sleep times: the sleep heart health study (SHHS). *J. Clin. Sleep. Med.*, **3**, 622–630.
- 28) Twooroger, S.S., Yasui, Y., Vitiello, M.V., Schwartz, R.S., Ulrich, C.M., Aiello, E.J., Irwin, M.L., Bowen, D., Potter, J.D., and McTiernan, A. (2003): Effects of a yearlong moderate-intensity exercise and a stretching intervention on sleep quality in postmenopausal women. *Sleep*, **26**, 830–836.
- 29) Van Dongen, H.P., Maislin, G., Mullington, J.M., and Dinges, D.F. (2003): The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*, **26**, 117–126.
- 30) Wertz, A.T., Ronda, J.M., Czeisler, C.A., and Wright, K.P.Jr. (2006): Effects of sleep inertia on cognition. *JAMA*, **295**, 163–164.
- 31) Yang, P.-Y., Ho, K.-H., Chen, H.-C., and Chien, M.-Y. (2012): Exercise training improves sleep quality in middle-aged and older adults with sleep problems: a systematic review. *J. Physiother.*, **58**, 157–163.
- 32) Youngstedt, S.D., Connor, P.J.O., and Dishman, R.K. (1997): The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*, **20**, 203–214.
- 33) Youngstedt, S.D., Kripke, D.F., and Elliott, J.A. (1999): Is sleep disturbed by vigorous late-night exercise? *Med. Sci. Sports Exerc.*, **31**, 864–869.