

研 究

短時間睡眠は学生寮で生活する高校生の
起床後の低い交感神経活動と関連する能瀬 陽子¹⁾, 是兼 有葵²⁾, 小谷 和彦³⁾, 永井 成美^{4,5)}

〔論文要旨〕

目的：睡眠—覚醒リズム位相の後退は日中の活動減弱や体調不良の一因となるが，青年期では位相の後退が容易に生じやすい。そこで，“青年期の睡眠—覚醒リズム位相の後退が起床後の自律神経活動の減弱と関連する”という仮説を立て，同じ環境・規則（食事，登校，門限，自由時間，入浴等）で生活しながら睡眠の自由度を有する高校寮生を対象に検討した。

対象と方法：A 高校寮生のうち研究への同意が得られた75名（男子34名，女子41名）を対象とした。起床から朝食までの間に，寮内で体重・体脂肪率，耳内温，心電図を測定した。生活習慣と朝型—夜型（ME）スコアは質問紙で把握した。心電図生波形 R-R 間隔の周波数解析で心臓自律神経活動（C-ANS）を求めた。性別に，各項目と C-ANS 指標の単相関分析，さらに C-ANS を目的変数とし，就寝時刻，起床時刻，睡眠時間，ME スコア，1 週間の運動時間を独立変数とした重回帰分析を行った。

結果：男子では，睡眠時間（403±10分）と C-ANS 指標のうちの総自律神経活動と交感神経活動に他の変数とは独立して有意な正の関連（Total： $\beta = 0.48$ ，VLF： $\beta = 0.45$ ，LF： $\beta = 0.48$ ）が認められた。女子では，睡眠時間（365±7分）と交感神経活動で同様の結果が認められた（VLF： $\beta = 0.33$ ）。

考察：青年期の慢性的な睡眠時間短縮は，朝の交感神経活動を減弱させる可能性がある。結果の性差に関しては，さらなる検討が必要である。

結論：青年期において，起床後の低調な交感神経活動に睡眠時間の短さが関連する。

Key words：高校寮生，睡眠—覚醒リズム，自律神経活動，心拍変動解析

I. 緒 言

睡眠（入眠）と覚醒は，毎日ほぼ同時刻に24時間周期で起こる生体現象であるため，睡眠—覚醒リズムと呼ばれている。このリズムの発現は，覚醒時に蓄積した疲労に対する休養という恒常性維持機構，および自律的な周期活動を刻む視交叉上核（中枢時計）駆動による概日リズム機構によって制御されている¹⁾。この

睡眠—覚醒リズムの維持には，自律神経系，内分泌系，代謝系などの生理機能が関わっているため，睡眠—覚醒リズムとこれら生理機能リズムの相互位相関係が適正に維持されることで，心身の機能維持が保たれる¹⁾。

しかし，社会環境の夜型化やスマートフォンを中心とする IT 機器の普及により，わが国における睡眠時間は経年的に短縮しており²⁾，世界でも最も睡眠時間の短い国の一つとなっている³⁾。就寝時刻も経年的に

Association between Shorter Sleep Duration and Decrease in Sympathetic Nervous System Activity after Awakening in High School Students Living in Dormitories

Yoko NOSE, Yuki KOREKANE, Kazuhiko KOTANI, Narumi NAGAI

1) 兵庫県立大学大学院環境人間学研究科（大学院生 / 管理栄養士）

2) 兵庫県立大学環境人間学部（大学生 / 管理栄養士課程）

3) 自治医科大学地域医療学部門（研究職 / 医師）

4) 兵庫県立大学大学院環境人間学研究科（研究職 / 管理栄養士）

5) 兵庫県立大学環境人間学部（研究職 / 管理栄養士）

〔3022〕

受付 18. 3. 5

採用 18. 5. 24

遅延しており⁴⁾、睡眠—覚醒リズム位相の後退の心身への影響が懸念される。とりわけ青年期では、他の年代と比べてスマートフォン所持率が高く使用時間が長いこと⁵⁾、概日リズムの特徴として睡眠—覚醒リズム位相の後退が起りやすい時期であることから^{6,7)}、ライフステージの中でも社会環境や生活の夜型化の影響を受けやすいと考えられる。睡眠—覚醒リズム位相の後退は昼間の学業やスポーツのパフォーマンス低下につながることや⁸⁾、不眠や睡眠の質低下により、不登校などの問題行動につながりやすいことも指摘されている⁹⁾。しかし、青年期（以下、高校生）において、睡眠—覚醒リズムと起床後間もなくの生理機能の関連については不明な点が多い。

中枢時計の制御下で生体調節に関わる自律神経系（交感・副交感神経系）の活動は、心拍変動解析により非侵襲的な定量化が可能であり¹⁰⁾、この測定法を用いた研究では、低い自律神経活動が不定愁訴¹¹⁾や将来の心疾患¹²⁾などの危険因子であることが示唆されている。また、小児肥満¹³⁾や小児の糖尿病¹⁴⁾で自律神経活動が低下する反面、身体活動・運動^{15,16)}が小児の自律神経活動レベルを高めることも知られている。しかし、睡眠—覚醒リズム（就寝・起床時刻や睡眠時間）と自律神経活動の関連については、幼稚園児¹⁷⁾や成人¹⁸⁾での研究が散見されるのみで、高校生対象の研究は調べた限りにおいて見つからず、起床後間もなくの測定データも見当たらなかった。

そこで、高校の学生寮で決められたスケジュール（門限、夕食、入浴、自由時間、朝食、登校時刻等）に従って生活しているが、自室での入眠や睡眠には若干の自由を有する男女寮生を対象とすれば、睡眠—覚醒リズム（就寝時刻、起床時刻、睡眠時間）が起床後間もなく（午前6時30分～7時）の自律神経活動に与える影響を明らかにできると考えた。そこで本研究では、“青年期の睡眠—覚醒リズム位相の後退は、起床後の自律神経活動を減弱させる”という仮説を立て、高校寮生を対象として以下の方法で検討を行った。

II. 方 法

1. 研究参加者

研究参加者は、H県の山間部に位置するA大学附属高校（以下、A高校）の寮生75名（男子34名、女子41名）であった。寮生は決められた門限・入浴・自由時間・消灯（午後10時）・起床・食事時刻（朝食、夕食）・

登校時刻に従い規則正しい生活をしてきた。周囲の徒歩圏内にはコンビニエンスストアを含め食料品を入手できる店舗はなく、夜間の寮周辺は照明がない環境であった。平日の食事は全員が寮の食堂（朝食・夕食）、学校の食堂（昼食）を利用しており、各自が自由に摂取できる食物は、間食（食堂の準備・営業時間内にアイスクリームと肉まんが購入可能）、寮の自動販売機（清涼飲料水、スポーツドリンク、牛乳）、帰宅時に寮に持ち帰る食品（保存のきくインスタント食品、菓子類等。自室に冷蔵庫はない）が主なものであった。

研究参加者の募集では、まず、寮生全員が参加する寮生集会で、研究実施者が研究内容をパワーポイントと資料を用いて測定場面の実演を交えて説明し、その後寮生の保護者に説明文書を配布した。研究参加への同意が本人と保護者の両方より書面で得られた75名を研究参加者として調査や測定を依頼した。

本研究の実施にあたっては、研究参加者の個人情報保護や倫理的配慮を盛り込んだ研究計画書を作成し、兵庫県立大学環境人間学部研究倫理委員会の審査と承認を受けた（No. 088, 2014年4月28日承認）。全てのデータはIDで匿名化するとともに、氏名が記された質問紙の表紙部分はA高校で、質問紙本体は大学の研究室で保存した。この両者は非連結とし、個人が特定できないように配慮した。

2. 生活習慣および朝型—夜型の調査

生活習慣は、既報¹⁹⁾で用いた質問紙で調査した。食習慣は、朝食、昼食、夕食の摂取時刻を、睡眠状況は、就寝時刻、起床時刻、睡眠時間について、それぞれ平日と休日の状況を調べた。運動習慣に関しては、1週間の運動回数と1回あたりの時間を調べた。

朝型—夜型質問紙は、小児～青年期を対象とした研究において質問紙の信頼性と妥当性が確認された英語版質問紙（Morningness/Eveningness Scale for Children；以下、MES-C）²⁰⁻²³⁾を、石原ら²⁴⁾が邦訳した日本語版MES-Cを使用した。この日本語版MES-Cでは、10項目の質問への各回答を1～5点で採点し、合計点を朝型—夜型スコア（以下、MEスコア）とする。MEスコアが低いほど夜型傾向、高いほど朝型傾向にあると評価される。

3. 生理学的検査

研究参加者には、検査日前日にはカフェイン、香辛

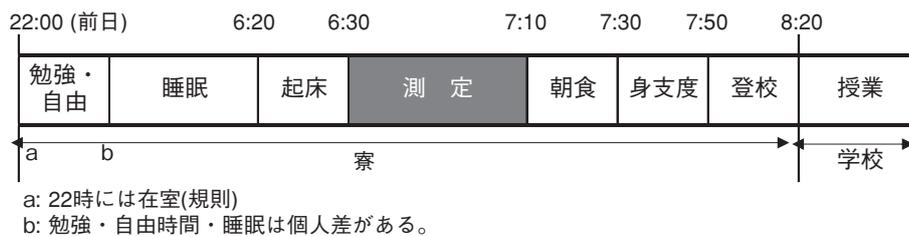


図 寮生活と測定日のスケジュール

料, 油の多い食事と, いつもよりも激しい運動を避けること, 午後10時以降の絶食と普段通りの就寝, 検査当日は午前6時以降の水分制限, および朝食前に男子寮, 女子寮の2階の談話室に臨時で設置した測定室にエレベータを使用して来ることを依頼した。測定日のスケジュールは図に示した。測定日は全部で8回設け, 平成26年5月中に行った。午前6時30分~7時の間に, 研究参加者は自室を出て談話室(21~23℃)に入り, 体重と体脂肪率(体組成計インナー스キャン50BC-528, 株式会社タニタ, 東京), および血圧(OMRON HEM-7000, オムロン株式会社, 京都)を測定した。身長は, 本人の自己申告値を用い, この身長と体重からBody mass index (BMI)を計算式(体重 [kg] / 身長 [m]²)で求めた。次に電極と体温センサーを装着し, 座位安静状態で, 深部体温の指標として耳内温, およびCM₅誘導で心電図を10分間サンプリングした。耳内温測定では, 水泳競技用耳栓の内側に直径約1mmの高精度サーモセンサーを設置したサーミスタを独自に開発し(耳栓式サーミスタ温度プローブ, 日機装サーモ会社, 東京), これを左耳に装着・閉塞し, 同社製造のデータログ(高精度8チャンネルデータログ, N542R)を使用して10秒毎の体温をコンピュータのハードディスク内に保存した。測定は静かで刺激が少ない室内環境で行うとともに, 測定中には会話と体動, 居眠りをしないことを依頼した。

4. 自律神経活動の測定と評価

心電図は既報^{10, 25)}に基づく方法でサンプリングとパワーの解析を行い, 安静時心拍数(以下, 心拍数)と自律神経活動指標を算出した。各自律神経活動指標は, 心電図生波形より得たR-R間隔の連続データを高速フーリエ変換して各周波数成分に分離する方法で定量した。得られたパワースペクトルを, 1分間に約1回の周期で体温・熱産生に関与する交感神経活動とされる超低周波数帯域(0.007~0.035Hz, Very-low

frequency Power; 以下, VLF Power), 主に交感神経活動(一部に副交感神経活動を含む)を反映する低周波数帯域(0.035~0.15Hz, Low-frequency Power; 以下, LF Power), 副交感神経活動を反映する高周波数帯域(0.15~0.5Hz, High-frequency Power; 以下, HF Power), および総自律神経活動(0.007~0.5Hz間の総和; 以下, Total Power)として, 各周波数帯域の積分値をパワーとして求めた²⁵⁾。

5. 統計処理

データは平均±標準誤差で表した。各変数の統計解析方法は, 正規性をShapiro-Wilk検定で確認したうえで決定した。男女の比較には, 正規性のある変数(身体的指標と自律神経活動指標)に対してはF検定(Leveneの等分散性の検定)を行い, Studentのt検定(対応なし)もしくはWelchのt検定を用いた。また, 正規性のない変数(生活習慣〔就寝時刻, 起床時刻等〕)に対しては, Mann-WhitneyのU検定を用いた。2変数の相関は, Pearsonの積率相関係数を用いて分析を行った。起床後間もなくの心臓自律神経活動に影響を及ぼす要因を検討するために, 各自律神経活動指標を従属変数として, MEスコア, 休日の就寝時刻, 休日の起床時刻, 平日の睡眠時間, 1週間の運動時間を独立変数とした重回帰分析(強制投入法)を行った。独立変数は, 睡眠一覚醒リズムと生活習慣に関連が認められた項目の中から, 共線性を有さない5項目とした。統計処理はSPSS Statistics 24 for Windows(IBM, 東京)を用い, 検定の有意水準は5%(両側検定)とした。

III. 結 果

1. 研究参加者の身体的特徴と生活習慣

表1に, 研究参加者の身体的特徴と生活習慣を性別に示した。身体的特徴では, 男子は女子よりも, 身長($p < 0.001$), 体重($p < 0.001$), 収縮期血圧($p < 0.001$),

表1 身体的および生理的特徴

	男子 (n=34)	女子 (n=41)	p 値
年齢 (歳)	16.1 ± 0.2	16.1 ± 0.1	0.86
身長 (cm)	168.3 ± 1.0	157.6 ± 0.8	<0.001
体重 (kg)	61.3 ± 1.5	53.0 ± 1.1	<0.001
body mass index (kg/m ²)	21.6 ± 0.4	21.3 ± 0.4	0.63
体脂肪率 (%)	14.5 ± 1.0	26.9 ± 0.9	<0.001
収縮期血圧 (mmHg)	114.1 ± 0.9	105.4 ± 1.5	<0.001
拡張期血圧 (mmHg)	67.3 ± 1.3	70.9 ± 1.3	0.053
安静時心拍数 (bpm)	61 ± 2	68 ± 2	0.004
耳内温 (°C)	35.70 ± 0.10	36.07 ± 0.06	0.002
自律神経活動指標			
Total Power (ms ²) ^a	4,984 ± 778	3,139 ± 289	0.032
VLF Power (ms ²) ^b	1,542 ± 279	814 ± 91	0.017
LF Power (ms ²) ^c	2,963 ± 467	1,802 ± 163	0.024
HF Power (ms ²) ^d	479 ± 71	524 ± 81	0.68
ME スコア	27.3 ± 0.9	28.5 ± 0.7	0.29
運動時間 (分/週) ^e	658 ± 60	336 ± 63	0.001

平均 ± 標準誤差。t 検定 (対応なし)。

a: 総自律神経活動を示す。

b: 体温・熱産生に関与する交感神経活動を示す。

c: 主に交感神経活動 (一部に副交感神経活動を含む) を示す。

d: 副交感神経活動を示す。

e: 運動実施者のみで解析した (男子28名/女子21名)。Mann-Whitney の U 検定。

表2 睡眠—覚醒リズムと食事時刻

時刻	男子 (n=34)	女子 (n=41)	p 値
睡眠—覚醒リズム			
就寝 (平日)	23時31分 ± 10分	24時2分 ± 8分	0.025
(休日)	23時59分 ± 13分	24時13分 ± 9分	0.15
起床 (平日)	6時32分 ± 6分	6時21分 ± 8分	0.48
(休日)	7時55分 ± 12分	8時12分 ± 13分	0.30
睡眠時間 (平日)	403分 ± 10分	365分 ± 7分	0.004
(休日)	478分 ± 19分	473分 ± 10分	0.43
食事時刻			
朝食 (平日)	7時15分 ± 2分	7時17分 ± 2分	0.30
昼食 (平日)	12時34分 ± 3分	12時30分 ± 1分	0.15
夕食 (平日)	19時13分 ± 8分	18時11分 ± 34分	0.011

平均±標準誤差。Mann-Whitney の U 検定。

朝食 (平日) は、朝食欠食者を除いた値である (男子32名, 女子36名)。

Total Power ($p = 0.032$), LF Power ($p = 0.024$), および VLF Power ($p = 0.017$) が有意に高く, 女子は男子よりも, 体脂肪率 ($p < 0.001$), 耳内温 ($p = 0.002$), および心拍数 ($p = 0.004$) が有意に高かった。生活習慣では, 男子は女子よりも 1 週間当たりの運動時間が有意に長かった ($p = 0.001$)。

2. 睡眠—覚醒リズムと食事時刻

表 2 に, 睡眠—覚醒リズムに関する指標と食事時刻の結果を性別に示した。睡眠—覚醒リズムでは, 女

子は男子よりも平日の就寝時刻が有意に遅く ($p = 0.025$), 睡眠時間が有意に短かった ($p = 0.004$)。食事時刻に関しては, 朝食の喫食時間 (午前 7 時 10 分 ~ 7 時 50 分), 昼食の喫食時間 (12 時 20 分 ~ 13 時) が短いためか, 朝食時刻と昼食時刻には男女で差がなかった。夕食の喫食時間は, 部活動等で遅くなる生徒のために長く設定してあるので他の 2 食より自由度が高い。男子は女子よりも夕食時刻が有意に遅かった ($p = 0.011$)。

表3 睡眠一覚醒リズムと生活習慣の関連

		男子 (n=34)			女子 (n=41)		
		夕食時刻 (平日)	1週間の 運動時間	ME スコア	夕食時刻 (平日)	1週間の 運動時間	ME スコア
就寝時刻	(平日)	0.20	0.10	- 0.23	0.17	0.05	- 0.30
	(休日)	- 0.19	- 0.09	- 0.52 **	0.13	- 0.05	- 0.43 **
起床時刻	(平日)	- 0.21	- 0.12	0.06	0.54 **	- 0.31 *	- 0.60 **
	(休日)	- 0.09	- 0.15	- 0.46 **	0.24	0.03	- 0.63 **
睡眠時間	(平日)	- 0.40 *	- 0.14	0.25	0.36 *	- 0.22	- 0.17
	(休日)	0.01	- 0.07	- 0.19	0.20	- 0.05	- 0.35 *

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$ (Pearson の相関検定)
ME スコア : スコアが高いほど朝型であることを示す。

表4 心臓自律神経活動を従属変数とした重回帰分析結果

独立変数		男子 (n=34)		女子 (n=41)	
		標準化回帰係数	p 値	標準化回帰係数	p 値
		$R = 0.69, p = 0.002$		$R = 0.43, p = 0.20$	
Total Power	就寝時刻 (休日)	0.34	0.064	- 0.22	0.20
	起床時刻 (休日)	0.20	0.25	- 0.19	0.36
	睡眠時間 (平日)	0.48	0.003	0.28	0.096
	ME スコア	0.28	0.13	- 0.16	0.43
	1週間の運動時間	0.024	0.87	0.18	0.26
		$R = 0.67, p = 0.004$		$R = 0.50, p = 0.043$	
VLF Power	就寝時刻 (休日)	0.35	0.065	- 0.28	0.091
	起床時刻 (休日)	0.18	0.32	- 0.13	0.50
	睡眠時間 (平日)	0.45	0.006	0.33	0.039
	ME スコア	0.28	0.13	- 0.22	0.061
	1週間の運動時間	0.036	0.80	0.29	0.27
		$R = 0.69, p = 0.002$		$R = 0.48, p = 0.092$	
LF Power	就寝時刻 (休日)	0.32	0.086	- 0.31	0.073
	起床時刻 (休日)	0.22	0.20	- 0.12	0.54
	睡眠時間 (平日)	0.48	0.003	0.29	0.076
	ME スコア	0.28	0.13	- 0.15	0.45
	1週間の運動時間	0.038	0.79	0.21	0.17
		$R = 0.22, p = 0.19$		$R = 0.29, p = 0.66$	
HF Power	就寝時刻 (休日)	0.29	0.19	0.14	0.44
	起床時刻 (休日)	0.031	0.88	- 0.29	0.19
	睡眠時間 (平日)	0.30	0.11	0.036	0.84
	ME スコア	0.10	0.66	- 0.29	0.89
	1週間の運動時間	- 0.13	0.44	- 0.12	0.49

Total Power : 総自律神経活動。
VLF (Very-low-frequency) Power : 体温・熱産生に関する交感神経活動。
LF (Low-frequency) Power : 主に交感神経活動 (一部に副交感神経活動を含む)。
HF (High-frequency) Power : 副交感神経活動。

3. 睡眠一覚醒リズムと生活習慣, ME スコアの関連

表3に, 睡眠一覚醒リズムを示す指標と生活習慣, ME スコアの関連を性別に示した。夕食時刻に関しては, 男子では, 夕食時刻の遅さと睡眠時間 (平日) の短さに有意な関連が認められた ($p = 0.020$)。女子では,

夕食時刻の遅さと起床時刻 (平日) の遅さ ($p < 0.001$), 睡眠時間 (平日) の長さ ($p = 0.028$) にそれぞれ有意な関連が認められた。1週間の運動時間に関しては, 女子でのみ, 起床時刻の早さと1週間の運動時間の長さに有意な関連が認められた ($p = 0.046$)。ME スコ

アでは、男子では就寝時刻（休日）の遅さ（ $p=0.002$ ）、および起床時刻（休日）の遅さ（ $p=0.007$ ）と ME スコアの低さ（夜型の傾向を示唆する）が有意に関連していた。女子では、就寝時刻（休日）の遅さ（ $p=0.006$ ）、起床時刻の遅さ（平日： $p<0.001$ 、休日： $p<0.001$ ）と ME スコア低値が有意に関連していた。また、女子でのみ、睡眠時間（休日）の長さとも ME スコア低値が有意に関連していた（ $p=0.027$ ）。

4. 起床後の心臓自律神経活動に影響する要因

表 4 に、起床後の心臓自律神経活動に影響する要因の重回帰分析結果を性別に示した。心臓自律神経活動を従属変数とし、休日の就寝時刻、休日の起床時刻、平日の睡眠時間、ME スコア、1 週間の運動時間を独立変数とした。男子では、平日の睡眠時間と、総自律神経活動を示す Total Power（ $R=0.69$ 、 $p=0.002$ ）、体温・熱産生に参与する交感神経活動を示す VLF Power（ $R=0.67$ 、 $p=0.004$ ）、主に交感神経活動を示す LF Power（ $R=0.69$ 、 $p=0.002$ ）との間に、他の変数とは独立して有意な正の関連が認められた。女子では、平日の睡眠時間と VLF Power との間に他の変数とは独立して有意な正の関連が認められた（ $R=0.50$ 、 $p=0.043$ ）。

IV. 考 察

本研究では、門限、食事、入浴、登校時刻等の同じ生活時間を基本としつつ睡眠時間に若干の自由度を有する学生寮の高校生を対象として、青年期の睡眠一覚醒リズム（就寝・起床時刻、睡眠時間）が起床後間もなくの心臓自律神経活動に与える影響を、運動などの生活習慣や朝型一夜型指向性の影響とともに検討した。その結果、平日の睡眠時間の短さが、男子では起床後間もなくの総自律神経活動（Total Power）、体温・熱産生に参与する交感神経活動（VLF Power）、および主に交感神経活動を示す LF Power の低さとの間に、女子では VLF Power の低さとの間に、それぞれ他の変数とは独立して関連していることが明らかとなった。

1. 睡眠一覚醒リズムと心臓自律神経活動

本研究では、寮で決められたスケジュールに従って生活する高校生において、睡眠時間の短さと起床後の低い自律神経活動、中でも交感神経活動との間に関連

が見出された。われわれの既報では²⁶⁾、女子大学生（主に 1 年生）を対象とした朝の低調な自律神経活動（同測定・解析方法）には、睡眠時間ではなく睡眠一覚醒リズム位相の後退（約 1 時間夜側へ後退）が関連していた。本研究と既報の結果が一致しなかった理由として、研究対象の生活の自由度の違いが考えられる。本研究対象は、寮生活のため、就寝時刻が遅くなっても起床時刻を決められた朝食や登校時刻に合わせざるを得ない制約があるため、睡眠時間が短くなったと考えられる。一方、女子大学生²⁶⁾はこのような時間の制約を比較的受けにくい自由度の高い対象であった。そのため、就寝時刻が遅くなると起床時刻も遅くなり、睡眠時間は短縮せず、睡眠一覚醒リズム位相のみが変化したと考えられる。もう一つの理由として、朝の自律神経活動を測定した時刻や場所の違いが考えられる。本研究では起床直後に寮内の談話室で測定したが、女子大学生の研究では、起床直後ではなく、起床 1～2 時間後に大学内の実験室に来室して測定した。以上の測定条件の違いが影響した可能性はあるが、遅い就寝と睡眠時間の短縮は、どちらも青年期における朝の低調な自律神経活動に関連があることが示唆された。これらの要因が朝の自律神経活動へ及ぼす影響力の比較については、さらに詳細な検討を行う必要がある。

短時間睡眠と心臓自律神経活動との関連を検討した Dettoni ら²⁷⁾によると、実験的に 5 時間未満の短時間睡眠を 5 日間継続させると、交感神経活動優位の神経バランスになったことを報告している。また、Zhong ら²⁸⁾は、連続 36 時間の断眠実験で、時間の経過とともに交感神経活動優位となったことを報告している。これらの交感神経活動優位の結果は、睡眠不足時の眠気がストレスとなり交感神経活動が亢進した可能性がある。一方、本研究の参加者は、平日の平均睡眠時間が男女ともに 6 時間以上あり、極端な短時間睡眠の者も含まれていなかった。また、本研究では心臓自律神経活動指標を絶対値で評価したが、Zhong ら²⁸⁾は、交感／副交感神経バランスという相対値で評価し、加えて測定時刻も異なることから単純に本研究との比較はできない。しかし、本研究対象よりもさらに短時間睡眠の集団では、交感神経優位のバランスを示す可能性があると考えられる。

睡眠や睡眠一覚醒リズムが心機能に与える影響については、短時間睡眠は、成人における心血管疾患の発症²⁹⁾と死亡リスク³⁰⁾を高めることが報告されている。

Tobaldini ら¹⁸⁾は、急性的、および慢性的な睡眠不足による交感神経活動優位の状態が、将来的に心血管疾患リスクを高める可能性があることを示している。本研究結果から、高校生においても短時間睡眠や極端な睡眠不足によって、成人と同様に心血管疾患リスクが高まる危険性が考えられる。

なお、本研究では、主に男子において睡眠時間の短さと心臓自律神経活動レベルの低さに強い関連が認められた。女子でも睡眠が短いことと低い VLF Power のみで有意な関連性が認められたが、男子のように多くの自律神経活動指標との関連性は認められなかった。身体的特徴では、男子は女子に比べて総自律神経活動および交感神経活動が有意に高かった。性差については、国内³¹⁾・国外³²⁾の既報で、青年期の男子より女子の交感神経活動が低いことが報告されている。本研究においても、この青年期の自律神経活動の男女差が結果に影響した可能性が考えられるが、今後、性差に関する詳細な検討が望まれる。

2. 運動習慣と心臓自律神経活動

定期的な運動によって、安静時心拍数が減少することや、副交感神経活動を示す周波数のパワーが増加することは数多く報告されている^{33~35)}。青年期においても、運動習慣が心臓の活発な自律神経活動に寄与することは、青年を対象とした研究からも明らかとなっている^{36,37)}。しかし、本研究では運動習慣と起床後間もなくの自律神経活動には明確な関連は認められなかった。その理由として、対象や測定時刻の違いによるものであることが推察される。研究参加者は、寮で生活しており、寮から高校への登校も全員が徒歩（約 0.5km）である。クラブ活動（活動の時間帯は同じ）以外の身体活動量に違いがない集団であるために、差が出にくかったのかもしれない。また、青年期の自律神経活動への運動効果の研究は、アスリートを対象としたものが多く^{34~36)}、寮に住む高校生を対象としたもの、起床後すぐのデータは見当たらない。運動習慣と起床後間もなくの自律神経活動の関連を明らかにするためには、さらなる研究が必要である。

3. 研究の新規性と限界

本研究の新規性は、同じ生活環境、生活時間を基本としつつ、睡眠に若干の自由度を有する寮で生活する高校生において、睡眠一覚醒リズム指標と起床後の心

臓自律神経活動との関連を報告している点であり、調べた限りにおいて初めての報告である。その一方で、いくつかの限界もある。1 高校のみで得られたデータであること、研究参加者の人数が限られていること、横断的研究であることであり、本結果の一般化には注意を要する。さらには、睡眠一覚醒リズムを適正にすると朝の心臓自律神経活動が改善されるかどうかについては、介入研究による検証や、縦断的な研究デザインによる追跡調査などによって、今後明らかにしていく必要がある。

V. 結 論

同じ生活時間（門限、食事、入浴、登校時刻等）を基本としつつ睡眠時間に若干の自由度を有する、学生寮で生活する高校生男女において、起床後の低調な交感神経活動に、睡眠時間の短さが関連していることが示唆された。結果の性差についてはさらなる検討が望まれる。

謝 辞

本研究に協力くださいました A 高校の寮生ならびに保護者の皆様、先生方および寮職員の方々に心より感謝申し上げます。また、高校生用の朝型一夜型質問紙の使用を許諾くださいました、ノートルダム清心女子大学人間生活学部教授 石原金由先生に深謝いたします。

本研究は、JSPS 科研費（基盤研究 [C] 24500988、基盤研究 [B] 15H02901）により実施された。

利益相反に関する開示事項はありません。

文 献

- 1) 三島和夫. 睡眠覚醒と生物時計機構との関わり. 睡眠科学. 京都: 化学同人, 2016: 48-63.
- 2) 総務省. “平成23年社会生活基本調査” <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/pdf/houdou2.pdf> (参照2018-2-21)
- 3) OECD. “Balancing paid work, unpaid work and leisure 2014” <http://www.oecd.org/gender/data/balancingpaidworkunpaidworkandleisure.htm> (参照2018-2-21)
- 4) NHK 放送文化研究所. “2010年 国民生活時間調査報告書” <http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/lifetime/pdf/110223.pdf> (参照2018-2-21)
- 5) 総務省. “平成29年版情報通信白書” <http://www.>

- soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/29honpen.pdf (参照2018-2-21)
- 6) Andrade MM, Benedito-Silva AA, Domenice S, et al. Sleep characteristics of adolescents : a longitudinal study. *J Adolesc Health* 1993 ; 14 (5) : 401-406.
 - 7) Crowley SJ, Van Reen E, LeBourgeois MK, et al. A longitudinal assessment of sleep timing, circadian phase, and phase angle of entrainment across human adolescence. *PLoS One*. 2014 ; 9 (11) : e112199. doi : 10.1371/journal.pone.0112199. eCollection 2014.
 - 8) Dewald JF, Meijer AM, Oort FJ, et al. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents : A meta-analytic review. *Sleep Med Rev* 2010 ; 14 (3) : 179-189.
 - 9) 増田彰則. 不登校と睡眠障害について. *心身医* 2011 ; 51 : 815-820.
 - 10) Task Force of the European Society of cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate Variability : Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996 ; 93 : 1043-1065.
 - 11) Kimura T, Matsumoto T, Akiyoshi M, et al. Body fat and blood lipids in postmenopausal women are related to resting autonomic nervous system activity. *Eur J Appl Physiol* 2006 ; 97 : 542-547.
 - 12) Myers GA, Martin GJ, Magid NM, et al. Power spectral analysis of heart rate variability in sudden cardiac death : comparison to other methods. *IEEE Trans Biomed Eng* 1986 ; 33 : 1149-1156.
 - 13) Nagai N, Moritani T. Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004 ; 28 : 27-33.
 - 14) Massin MM, Derkenne B, Tallsund M, et al. Cardiac autonomic dysfunction in diabetic children. *Diabetes Care* 1999 ; 22 : 1845-1850.
 - 15) Gutin B, Barbeau P, Litaker MS, et al. Heart rate variability in obese children : relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. *Obes Res* 2000 ; 8 : 12-19.
 - 16) Nagai N, Hamada T, Kimura T, et al. Moderate physical exercise increases cardiac autonomic nervous system activity in children with low heart rate variability. *Childs Nerv Syst* 2004 ; 20 : 209-214.
 - 17) Sampei M, Murata K, Dakeishi M, et al. Cardiac autonomic hypofunction in preschool children with short nocturnal sleep. *Tohoku J Exp Med* 2006 ; 208 (3) : 235-242.
 - 18) Tobaldini E, Pecis M, Montano N. Effects of acute and chronic sleep deprivation on cardiovascular regulation. *Arch Ital Biol* 2014 ; 152 : 103-110.
 - 19) 石原金由, 内山 真, 横瀬宏美, 他. 短縮版朝型—夜型質問紙の開発. 日本睡眠学会第39回定期学術集会抄録集. 日本睡眠学会, 2014 : 283.
 - 20) Negriff S, Dorn LD. Morningness/eveningness and menstrual symptoms in adolescent females. *J. Psychosom. Res* 2009 ; 67 : 169-172.
 - 21) Negriff S, Dorn LD, Pabst SR, et al. Morningness/eveningness, pubertal timing, and substance use in adolescent girls. *Psychiatry Res* 2011 ; 185 : 408-413.
 - 22) Carskadon MA, Vieira C, Acebo C. Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep* 1993 ; 16 : 258-262.
 - 23) Koscec A, Radosevic-Vidacek B, Bakotic M. Morningness-eveningness and sleep patterns of adolescents attending school in two rotating shifts. *Chronobiol Int* 2014 ; 31 : 52-63.
 - 24) 石原金由, 江口由佳子, 三宅 進. 小・中学生における睡眠—覚醒習慣の変化. *睡眠と環境* 1995 ; 3 : 90-97.
 - 25) Matsumoto T, Miyawaki C, Ue, H, et al. Comparison of thermogenic sympathetic response to food intake between obese and non-obese young women. *Obes Res* 2001 ; 9 : 78-85.
 - 26) 山口光枝, 渡邊敏明, 高木絢加, 他. 女子大学生における生活リズムの朝型—夜型度と朝の自律神経活動の関連. *女性心身医学* 2011 ; 16 : 160-168.
 - 27) Dettoni JL, Consolim-Colombo FM, Drager LF, et al. Cardiovascular effects of partial sleep deprivation in healthy volunteers. *J Appl Physiol* 2012;113(2) : 232-236.
 - 28) Zhong X, Hilton HJ, Gates GJ, et al. Increased sympathetic and decreased parasympathetic

cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation. *J Appl Physiol* 2005;98(6) : 2024-2032.

- 29) Cappuccio FP, Miller MA. Sleep and Cardio-Metabolic Disease. *Curr Cardiol Rep.* 2017;19(11) : 110.doi : 10.1007/s11886-017-0916-0.
- 30) Cappuccio FP, Cooper D, D'Elia L, et al. Sleep duration predicts cardiovascular outcomes : a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur Heart J* 2011 ; 32 (12) : 1484-1492.
- 31) Otsuka K, Kubo Y, Shinagawa M, et al. Gender Difference in Heart Rate Variability in Healthy Japanese. *Therapeutic Research* 1997 ; 18 (2) : 89-94.
- 32) Sharma VK, Subramanian SK, Arunachalam V, et al. Heart Rate Variability in Adolescents-Normative Data Stratified by Sex and Physical Activity. *J Clin Diagn Res* 2015 ; 9 (10) : 8-13.
- 33) Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD. Heart rate variability and physical exercise. Current status. *Herz* 2006 ; 31 (6) : 544-552.
- 34) Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, et al. Pre- and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports* 2000 ; 10 (5) : 298-303.
- 35) Cayres SU, Vanderlei LC, Rodrigues AM, et al. Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents. *Rev Paul Pediatr* 2015 ; 33 (2) : 174-180.
- 36) Henje Blom E, Olsson EM, Serlachius E, et al. Heart rate variability is related to self-reported physical activity in a healthy adolescent population. *Eur J Appl Physiol* 2009 ; 106 (6) : 877-883.
- 37) Oliveira RS, Barker AR, Wilkinson KM, et al. Is cardiac autonomic function associated with cardiorespiratory fitness and physical activity in children and adolescents ? A systematic review of cross-sectional studies. *Int J Cardiol* 2017 ; 236 : 113-122.

[Summary]

Objective : Delayed sleep phase disorder that leads to a decrease in daytime activity and/or physical deconditioning frequently occurs during adolescence. This

study examined whether it also decreases adolescents' autonomic nervous system activity after awakening, involving high school students living in dormitories under the same conditions and rules (such as meals, the time to leave for school, curfew, free time, and bathing), with some slight liberty to decide when to sleep.

Methods : A total of 75 students living in the dormitories who consented were studied. Within the period between awakening and breakfast, body weight, body fat, and eardrum temperature measurement and electrocardiography were performed in the dormitories. Lifestyle-related and Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) scores were also measured. Cardiac autonomic nervous system (C-ANS) index scores were calculated through the frequency analysis of R-R intervals. Furthermore, single correlation analysis with the sex, each item, and C-ANS index score, and multiple regression analysis with the C-ANS index score as an objective variable and the times to go to bed and awaken, sleep duration, MEQ score, and the total weekly duration of exercise as independent variables were performed.

Results : Males' sleep duration (403 ± 10 min) showed significant positive correlations with 2C-ANS index scores : the total autonomic nervous system activity score ($\beta = 0.48$) and sympathetic nervous system activity score (VLF : $\beta = 0.45$, LF : $\beta = 0.48$), independently of other variables. Females' sleep duration (365 ± 7 min) also showed a similar correlation with the sympathetic nervous system activity score (VLF : $\beta = 0.33$).

Discussion : These results raise the possibility that chronic sleep deprivation may suppress morning sympathetic nervous activity during adolescence. Further studies are needed to examine sex differences in the results.

Conclusion : There found to be an association between a shorter sleep duration and decrease in sympathetic nervous system activity after awakening during adolescence.

[Key words]

high-school dormitory student, sleep-wake cycle, autonomic nervous system activity, heart rate variability analysis