

富士山登山後の睡眠時心拍数 および心臓自律神経系調節について

Changes of Heart rate and Cardiac Autonomic Nervous System Activity
of Night sleep after the hiking of Mt. Fuji.

関 和俊^{*}、松尾 浩希[†]、小木曾 洋介[‡]、衛藤 佑喜[‡]、高木 祐介[§]
Kazutoshi Seki, Hiroiki Matsuo, Yosuke Ogiso, Yuki Eto, Yusuke Takagi

本研究は、宿泊を伴う富士山登山が心拍数および心臓副交感神経系調節に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。富士山登山は、睡眠時心拍数および ln HF は、登山前と比べて、有意に高値および低値を示した。登山後の翌朝（測候所）の起床時においても疲労感が残っていることから、富士山登山における過度な身体負担は夜間睡眠時の生理応答に負担を強いることが明らかになった。

キーワード：富士山登山、睡眠、心拍数、心臓副交感神経系調節

I. 緒言

日本最高峰である富士山は毎夏多くの登山者が訪れる¹⁾。富士山は標高 3,776m であり、低圧低酸素環境下にあるため、急性高山病（Acute Mountain Sickness; 以下 AMS と記す）症状に悩まされることが多い²⁾。また、4 つの各登山口から山頂まで標高差が 1,300m 以上あることから、身体にかかる負担度は非常に大きい³⁾。富士山登山スタイルは、ご来光を拝むための宿泊登山や休息が少ない日帰り登山（弾丸登山）がある。その中でも、多くの登山者が実施する宿泊登山は休養（睡眠）をとるため、登山に伴う疲労回復やコンディショニングを行うために有効であると思われる。しかしながら、海拔高度 3,000m 以上の低圧低酸素環境は疲労回復として重要な睡眠の質を損なう可能性が高い^{4,5)}。さらに、AMS は起床時よりも睡眠時に発症しやすく、高度を上げると同時に激しい運動を伴う場合にも起こりやすい⁶⁾と言われている。

これまで富士山登山時の睡眠時における生理学的応答の変化を報告した研究は、いずれも複数日の短期滞在の報告^{3,7,8)}であり、多くの登山者が行う 1 泊の宿泊登山に関する研究報告はみあた

*流通科学大学人間社会学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町 3-1

†森ノ宮医療大学保健医療学部、〒559-8611 大阪市住之江区南港北 1-26-16

‡兵庫教育大学大学院学校教育研究科、〒673-1494 兵庫県加東市下久米 942-1

§奈良教育大学教育学部、〒630-8528 奈良市高畑町

らない。富士山山頂における睡眠時の自律神経応答に関する研究⁹⁾は、対象者2名、かつ、その対象者の年齢や体力の差が大きく、詳細に明らかにされていない。そのため、富士山登山時の夜間睡眠時の生理学的応答を検討することは、ご来光目的のための宿泊を伴う富士山登山者に対して有益な情報を与えるものと考えられる。そこで、本研究は、富士山登山が睡眠時心拍数および心臓副交感神経系調節に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、運動習慣が無い健康な成人男性6名（年齢 26 ± 5 歳、身長 170.8 ± 7.0 cm、体重 65.1 ± 10.3 kg）であった。対象者には本研究の目的、方法および調査に関する内容を十分に説明し、調査参加の同意を得た。本研究は、奈良教育大学の人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て行った。

2. 調査内容

富士山登山は、平成29年8月に富士宮ルートを使用した。富士宮口五合目（海拔 約 2,400m）から出発し、各合目で休憩（全5回）を取り、富士山山頂（海拔 3,776m）まで登頂した。登頂（休憩時間を含む）に要した時間は約9時間であった。その後、富士山山頂にある富士山測候所（以下、測候所）にて宿泊し、起床後、富士宮口五合目まで下山した。

夜間睡眠の測定は、登山前日宿泊施設（標高: 9m）および測候所とし、各対象者が入床時から起床するまで測定を行った。対象者には、入床時前のアルコールやカフェイン含飲料の摂取不可および喫煙の禁止を指示した。

3. 測定項目および測定方法

睡眠中の心拍数はスポーツ心拍計（POLAR RS800:POLAR 社製）を用い、登山前日の宿泊施設および測候所の2日間測定を行った。心拍計のR-R間隔データを心拍ゆらぎリアルタイム解析システム TARAWA/WIN（諏訪トラスト社製）を用いて MemCalc 法にて心臓自律神経系調節の算出を行った。得られた HF 成分を自然対数化した natural logarithms HF (ln HF) を心臓副交感神経系調節¹⁰⁾の指標とした。主観的な睡眠の質および主観的な疲労感は visual analog scale を用いた。100mmの直線上の両端に、主観的な睡眠の質は「100:とても熟睡できた」～「0:全く眠れなかった」、疲労感は「100:とても元気」～「0:とても疲れている」と記載しており、対象者には宿泊施設および測候所での起床後に記入させた。

登山中の測定項目は、主観的運動強度（Rating of Perceived Exertion; 以下 RPE と記す）、経皮的動脈血酸素飽和度（Arterial Oxygen Saturation; 以下 SpO₂ と記す）および AMS スコアとした。RPE

は Borg の指標¹¹⁾ を、SpO₂ はパルスオキシメーター (SAT-2100: 日本光電社製) を用いた。AMS スコア¹²⁾ は、頭痛、消化器症状 (吐き気、嘔吐)、疲労度、めまい・ふらつきに関する項目のアンケート調査を行った。4 症状のうち頭痛を含み、合計点が 3 点以上を AMS と定義した。それぞれ、登山前日、五合目出発時、頂上到着時、入床前、起床時、五合目到着時に測定した。

4. 統計処理

統計処理には SPSS 17.0 for Windows を用いた。睡眠時の心拍数および ln HF は対応ありの t 検定、主観的な睡眠の質および疲労感は Wilcoxon の符号付順位検定を宿泊施設と測候所にて行った。RPE、SpO₂ および AMS スコアは、対象者 1 名分が欠損したため、データ数不足により統計処理を実施しなかった。睡眠時心拍数、ln HF および SpO₂ は平均値 ± 標準偏差 (Mean ± SD) で、主観的な睡眠の質および疲労感は中央値 (Median) で示した。有意水準はすべて危険率 5% 未満とした。

Ⅲ. 結果

図 1 に入床時から起床時までの睡眠時心拍数の結果を示した。宿泊施設での睡眠時心拍数と比べて、測候所での睡眠時心拍数は有意に高値を示した ($P < 0.05$)。

図 2 に入床時から起床時までの睡眠時 ln HF の結果を示した。宿泊施設での睡眠時 ln HF と比べて、測候所での睡眠時 ln HF は有意に低値を示した ($P < 0.05$)。

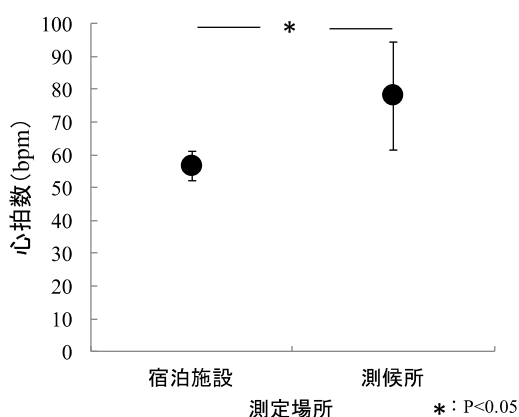


図 1. 睡眠時心拍数の変化

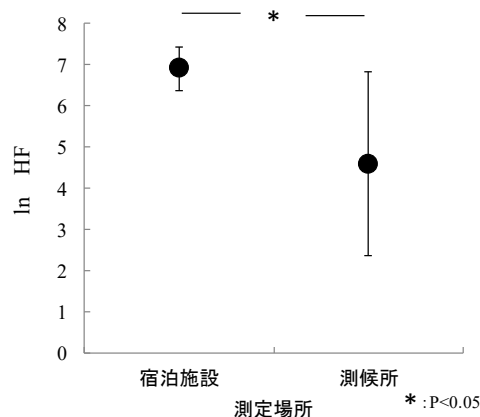


図 2. 睡眠時 ln HF の変化

図 3、4 に起床時の主観的な睡眠の質および疲労感を示した。測候所において、主観的な疲労感が有意に低値を示した ($P < 0.05$)。

表 1 に富士山登山時における RPE および AMS スコアの変化を示した。RPE は頂上到着時 12

から 19 の範囲であり、今回の登山行動はややきついから非常にきつい範囲であった。AMS スコアは頂上到着時に頭痛症状を含み 3 点以上が 5 名中 4 名観察された。

図 5 に富士山登山時における SpO₂ の変化を示した。富士山山頂到着から起床時までは平均 79% から 84% に推移し、五合目到着時は前日の五合目出発時まで回復した。

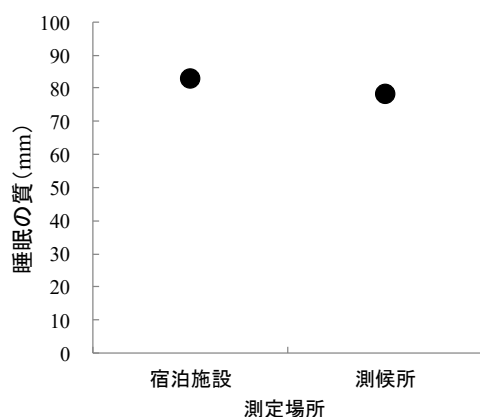


図 3. 起床時の主観的な睡眠の質の変化

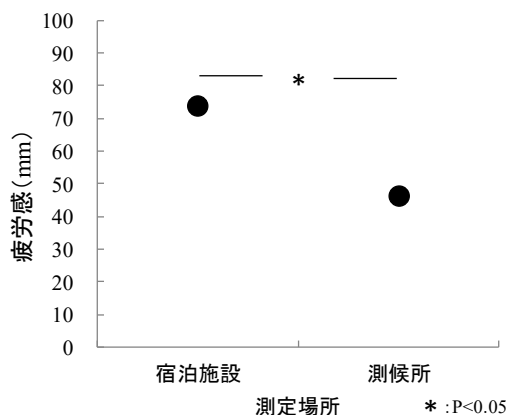


図 4. 起床時の主観的な疲労感の変化

表 1. 富士登山時における RPE および AMS スコアの変化

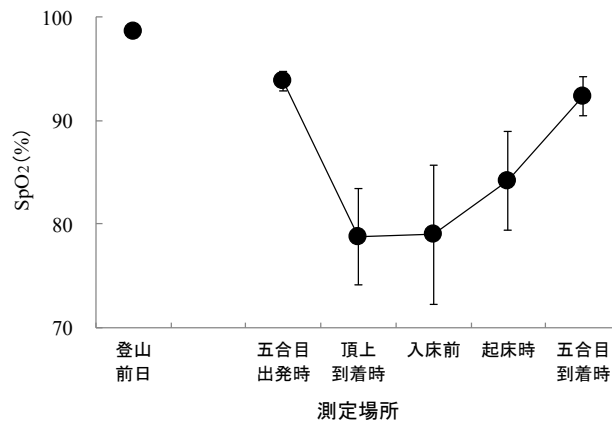
	対象者	登山 前日	五合目 出発時	頂上 到着時	入床前	起床時	五合目 到着時
RPE	A	6	7	17	9	12	11
	B	7	7	17	9	11	13
	C	6	7	19	15	19	16
	D	6	6	12	12	11	6
	E	6	6	14	11	8	10
AMS スコア	A	1	1	6	4	4	2
	B	1	0	7	4	4	3
	C	1	2	8	5	7	4
	D	0	0	2	2	2	0
	E	0	0	4	3	0	0

頭痛 : 0 全くなし、1 軽い、2 中程度、3 激しい頭痛

消化器症状 : 0 全くなし、1 食欲がない、少し吐き気あり、2 かなりの吐き気、嘔吐、3 強い吐き気と嘔吐

疲労度 : 0 全くなし、1 少し感じる、2 かなり感じる、3 とても感じる

めまい・ふらつき : 0 全くなし、1 少し感じる、2 かなり感じる、3 とても感じる

図 5. 富士登山時における SpO₂ の変化

IV. 考察

富士山登山中の RPE および SpO₂ の傾向は、これまで報告されている研究^{13,14)}と同様の傾向であった。富士山山頂での睡眠中の SpO₂ に関する研究報告⁷⁾では 60 ± 10% であり、山頂への上り時の値 (64%) に比べて低いこと、また、就寝直後の仰臥位安静 (覚醒) と睡眠中を比べると山頂では約 10 ポイント低いことが報告されている。大村ら¹⁶⁾は立山の 2,470m の高度で、大学生を対象に睡眠時の SpO₂ を測定した結果、80% 台後半であったと報告している。これに比べると、標高が高い富士山山頂での研究報告⁷⁾は約 15 ポイントも低い。このことから、本研究は睡眠中の SpO₂ の計測は行っていないが、睡眠中にも身体に負担にかかる低圧低酸素状態に曝されていたことが推測された。SpO₂ が低下すると、交感神経活動の亢進、副交感神経活動の抑制が働き、心拍数が上昇する¹⁷⁾。我々は、六甲山登山 (標高 920m) による一過性の運動負荷は、入眠後 1 時間の心臓副交感神経系調節を抑制することから、過度な運動は夜間睡眠の生理学的応答にも影響を及ぼすことを明らかにしている¹⁸⁾。一過性の運動負荷に関して、運動を実施する時間帯、運動強度、運動様式の違いなどが睡眠に及ぼす影響について研究報告がなされているものの、一貫した成果が示されていない¹⁹⁾。しかしながら、睡眠中の自律神経系調節はホメオスタシスを反映する生理学的要素の 1 つであることから^{19,20)}、疲労蓄積の程度は、睡眠時の心臓自律神経系調節動態に反映されるものと推測される。以上のことから、環境および長時間かつ中高強度運動の影響を受け、測候所における睡眠中の心拍数は高値、心臓副交感神経系調節は低値を示したと考えられた。

急性高山病診断に用いられる AMS スコアは、今回調査が行えた 5 名中 4 名において、頂上到着時に頭痛を含め 3 点以上であり、AMS を訴えていた。そのうち、3 名は測候所での起床後も 3 点以上であった。Ward et al. は、AMS は標高 2,400m 程度から起こると報告している¹⁵⁾。また、低

酸素環境をシミュレーションした研究によると、同じ高度であっても登山中の生活／運動様式によって、AMS の起こりやすさが異なることが報告されている⁶⁾ことから、高所での登山行動中や睡眠中に頭痛や吐き気などの高山病症状を示す人が多い¹⁵⁾。笹子らの報告⁷⁾によると、山頂で宿泊した翌朝に、頭痛の症状が最高値を、睡眠障害については7 合目および山頂のいずれの宿泊時においても高値を示している。本研究においても測候所での宿泊後5 名中4 名が頭痛症状を訴えている。急性高山病は、特に睡眠時に発症しやすいことが報告されている^{21,22)}ことから、富士山登山中および就寝前後には AMS スコアを用いて、登山者の体調チェックが必要であるものと考えられた。

本研究において、登山前の宿泊施設と登山後の測候所での主観的な睡眠の質には統計学的な差は観察されなかったものの、主観的な疲労感の測候所において明らかに高かった。富士山登山において、生理学的な指標と自覚的な指標（AMS スコア）は必ずしも一致しないことが報告^{7,13)}されており、本研究においても同様な結果を示した。以上の結果から、1 泊の宿泊を伴う宿泊の富士山登山における急性高山病による事故などを事前に防ぐためには、主観的指標である AMS スコアおよび RPE や客観的指標である心拍数および SpO₂ の計測を行い、登山者のコンディションを経時的に評価することが望ましいと考えられた。また、富士山登山は幅広い年代が登山を行う。特に、高齢者は若年者に比べ SpO₂ が低下しやすいことから、高齢者が山頂で宿泊する場合は低圧低酸素に対する注意が必要である⁷⁾。さらに、若年者より体力が劣る高齢者にとっては、登山中の身体的な疲労の蓄積から睡眠時における身体的な負担度は高いことが推測された。今後の課題として、対象者数を増やすことに加え、加齢差や体力差での検討を行い、多くの登山者が実施する1 泊の宿泊を伴う富士山登山を安全に行うための資料を提示する必要性が考えられた。

V. まとめ

富士宮ルートを使用した約9 時間の富士山登山において、睡眠時の心拍数および心臓副交感神経系調節の指標 ln HF は、登山前の宿泊施設に比べて、有意に高値および低値を示した。また、頂上登頂後の翌朝（測候所）の起床時においても主観的な疲労感が残っていることから、富士山登山における過度な身体的負担は夜間睡眠時の生理学的応答にネガティブな影響を及ぼし得ることが明らかになった。

謝辞

本研究にご協力いただいた流通科学大学の学生諸氏に心から感謝申し上げます。また、本研究の一部は流通科学大学ゼミ活動特別補助費にて行いました。ここに感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) 環境省関東地方環境事務所：「平成 30 年夏期の富士山登山者数の中間発表（暫定値）について（お知らせ）」、『環境省資料』（2018）。
- 2) 浅野勝己、菊地和夫、水野康ほか：「富士山頂短期滞在時の安静および運動時生理的応答」、『登山医学』8, No.1（1988）108-118.
- 3) 笹子悠歩、山本正嘉：「登山経験少ない高齢者における富士登山時の生理応答-運動時、安静時、睡眠時を対象として-」、『登山医学』31（2011）132-1144.
- 4) Mizuno K, Asano K, Okudaira N:「Sleep and respiration under acute hypobaric hypoxia」,『Jpn J Physiol.』43, No.2（1993）161-175.
- 5) Wickramasinghe H, Anholm JD:「Sleep and Breathing at High Altitude」,『Sleep Breath.』, 3, No.3（1999）89-102.
- 6) 森寿仁、山本正嘉：「日本で経験しうる高所および準高所での安静時、運動時、睡眠時の生理応答—常圧低酸素環境下でのシミュレーションを用いて検討—」,『登山医学』34（2014）99-106.
- 7) 笹子悠歩、山本正嘉：「富士登山時の生理的・物理的な負担度—登山経験の豊富な中高齢者を対象として—」,『登山医学』30（2010）105-113.
- 8) 山本正嘉、岸本麻美、鳥賀陽信ほか：「富士山を利用した短期間の高所トレーニングに関する研究—登山中の生理応答と登山後における身体能力の変化—」,『登山医学』28（2008）145-152.
- 9) 内藤啓、浅野勝己：「富士山頂短期滞在時の自律神経応答に関する研究」,『登山医学』28（2008）141-144.
- 10) 西村一樹、高本健彦、吉岡哲ほか：「午前と午後で比較した漸増漸減負運動に対する心拍および血圧応答特性」,『日本運動生理学雑誌』18, No.2（2011）65-75.
- 11) Borg G:「Perceived exertion as an indicator of somatic stress.」,『Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine』2, No.2（1970）92-98.
- 12) 高山病と関連疾患の診療ガイドライン作成委員会：「2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score（レイクルイーズ AMS スコア 2018 年改訂版）」,『日本登山医学会』2018 年 6 月 1 日.
- 13) 関和俊、石田恭生、小野寺昇ほか：「富士山登山における心拍数、SpO₂ および自覚症状スコアの変化」,『川崎医療福祉大学学会誌』17, No.1（2007）113-119.
- 14) 関和俊、高木祐介、川岸岳人ほか：「日帰り富士山登山が SpO₂ および AMS スコアに及ぼす影響—富士山初登山者を対象として—」,『登山医学』35（2015）83-89.
- 15) Ward MP:「Acute mountain sickness（High Altitude Medicine and Physiology: 3rd Ed）」,『Oxford University Press, USA』22-32（2000）215-231.
- 16) 大村靖夫、山本正嘉、渡辺雄二ほか：「登山前の常圧低酸素室での睡眠が高所順応に及ぼす効果について—2,500mの高度に対する順応効果—」,『登山研修』15（2009）24-29.
- 17) Wilber RL（川原貴、鈴木康弘監訳）：交感神経系：エピネフリンとノルエピネフリン（高地トレーニングと競技パフォーマンス）,『講談社（東京）』（2008）67-69.
- 18) 関和俊、高木祐介、斎藤辰哉、小野寺昇：「登山による一過性の運動負荷が心拍数、心臓自律神経系調節および夜間睡眠の質に及ぼす影響」,『登山医学』34（2014）34-39.
- 19) 塩田耕平、後藤一成、内田直：「一過性の高度無酸素運動睡眠が夜間に及ぼす影響」,『日本臨床スポーツ医学会誌』20, No.2（2012）306-315.
- 20) 本間研一、本間さと：「生物時計とは何か?」,『メディカルサイエンスインターナショナル』（1998）24-31.
- 21) Hultgren, H.N.:「High Altitude Medicine.」,『Hultgren Pub., Stanford』（1997）212-225.

- 22) West, J.B., Schoene, R.B. and Milledge, M.P.: 「High Altitude medicine and Physiology (4th.ed.)」, 『Hodder Arnold, London.』 (2007) 251-269.