

急性低圧低酸素曝露が覚醒時および睡眠時の 生理心理的指標に及ぼす影響とその順化

林聡太郎¹, 平野晋吾¹, 澤田結基², 野瀬由佳¹, 山口正寛²,
1.福山市立大学, 2.安田女子大学

1. はじめに

高地や低酸素環境における睡眠の研究は様々な制約からまだ少ないが、脳波計の小型化・高精度化により、登山時における睡眠の客観的評価も可能になってきている。Selvamurthy ら(1986)は、順化する前の参加者は高地(3,500m)において深い睡眠が減少し、微小覚醒が増加する現象を示しているが、登山後の高地における睡眠が、その一般的な役割である心身の疲労の回復や低酸素環境への順応にどのような役割を果たすのかという点については研究もほとんどなく、十分議論されていない。山頂滞在を伴う富士山登山を実施し、2 日間の山頂滞在を行うことは、これまで明らかにされていない、フィールドでの低圧低酸素環境での回復過程・順応過程における心身の反応の解明に繋げることができると考えられる。これらは、脳波に関わる新たな知見を得られると共に、登山時および山頂滞在時の健康管理など、基礎研究と臨床研究の両面の立場からアプローチすることによって、安全な登山活動に寄与することができる。

本研究は、本邦最高峰への登山活動時の運動強度および心理的变化を計測するとともに、低圧低酸素環境への 2 日間の安静滞在が、ヒトの覚醒時および睡眠時の反応に及ぼす影響を、生理学的・心理学的指標の関連性から明らかにすることを目的とした。

2. 方法

被験者は、運動習慣を有するが、高所順化をしていない男子学生 7 名(21±1 歳, 170±7cm, 66±8kg)とした。すべての被験者には事前にインフォームドコンセントを取り、同意を得た。また本研究は福山市立大学研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:2019006)。登山時の被験者の荷重は体重の 20%未満とした。生体負担を測る生理的指標には、心拍数(HR)、血圧(BP)、動脈血酸素飽和度(SpO₂)、主観的運動強度(RPE)、唾液アミラーゼ(Amy)、鼓膜温(Ttym)を採用した。また、低値および山頂滞在中の睡眠時の睡眠ポリグラフの測定を行なった。睡眠ポリグラフは、脳波基礎律動(α波, β波, θ波, δ波)の解析によって、ストレスや眠気を反映する覚醒水準の推定及び、睡眠の質を反映する睡眠変数の算出を行った。

登山活動1ヶ月前までに低地安静時のすべての測定を行

い、登山前日は測定者1名と実験機材等をブルドーザーによって山頂まで揚げ、実験準備を整えた。登山当日は、測定者 3 名、記録者 2 名および被験者 7 名で朝 7 時から富士宮口 5 合目より徒歩登山を開始した。登山活動は、富士山頂の富士山測候所まで富士登山の熟練者の指示のもと、45~60 分ごとに 15 分程度の休憩を取りながら行なった。休憩の間に各生理的指標、主観的温度感覚(TS)と環境測定として気温、湿度、WBGT、気圧および高度を測定した。山頂では、富士山測候所に約 48 時間の滞在し、3 時間毎に 1 回の各生理的指標および環境測定を実施した。また睡眠時には睡眠ポリグラフの測定を行なった。山頂滞在中をしていた測定者、記録者および被験者全てが徒歩下山した。

3. 結果及び考察

急性高山病の症状を呈し、実験を継続が困難となった者を中途下山させたことによって、富士登山を完遂した者は、測定者 1 名、記録者 2 名および被験者 4 名であった。測候所滞在 2 日目は、初日に下山した測定者 2 名が再度徒歩登山を実施した。そのうち 1 名は測候所滞在中、他方は山頂での実験継続が困難と判断された被験者 2 名と記録者 1 名を下山させた。3 日間で実験を完遂した者は 2 名であった。高度に依存し、気圧、気温、湿度および WBGT は低値を示した。図1に登山活動中の HR および RPE を示した。HR は、安静時に比して有意に高値を示したものの、約 7 時間の登山活動中に有意な変動はなかった。RPE は登山活動による筋疲労によって時間経過とともに高値を示した。図 2 に登山活動中の SpO₂ の変化を示した。高度が上がると酸素分圧が低下することから、高所では SpO₂ は低下し、山頂では 80.7±6.8%であった。登山活動中は、SpO₂ が急性高山病の発症を推測する客観的指標となり得るが、SpO₂ の急激な低下も見られたことから、安全な登山には SpO₂ の把握と頭痛や吐き気などの自覚症状の有無を確認することの重要性が考えられた。実験を完遂した者は事前の高所順化をしていなかったことから、エリスロポエチン遺伝子多型であることが考えられる。中途脱落者は、登山活動時におけるエネルギー摂取量が少なく、飲水量も登頂者に比して少なかった。これらは高度の上昇と運動強度の増大が末梢性疲労を引き起こし、惹いては中枢性疲労にも影響を及ぼした可能性が考えられた。また、高度に伴う気温低下から TS も有意

に低下し、強い寒さを感じていたが、登山活動中の T_{tym} は大きな変動はなかった(図 3)。これらは行動性体温調節が適切に行われていたことが示唆される。Amy は、日内変動の影響も考えられるが、被験者間のばらつきが大きく、有意な差は観察されなかった。測候所滞在では、HR、SBP および Amy は先行研究と同様の日内変動を示したが、 T_{tym} においては一般的なサーカディアンリズムとは真逆の位相を示した(図 4)。また、図 5 に低地および測候所滞在時における睡眠時ポリグラフを示した。山頂において2夜の PSG を記録した1事例について、睡眠構造の分析を行った結果、基準夜と比較して山頂第1夜は①徐波睡眠の減少、②REM睡眠の減少、③微小覚醒の微増、④軽睡眠の増加がみられ、①③は先行研究を支持する結果であった。また、第2夜は第1夜よりも①徐波睡眠の増加、②REM睡眠の減少、③微小覚醒の増加が示された。

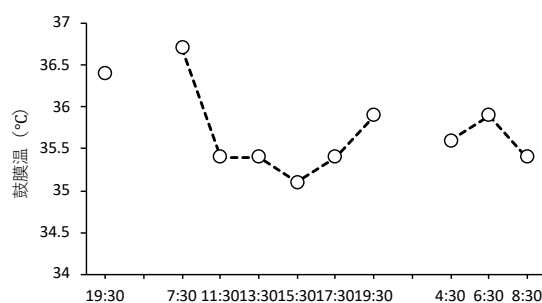


図4 富士山測候所滞在時の鼓膜温の変化

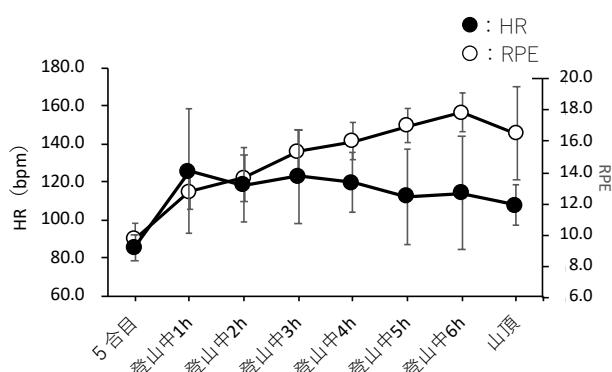


図1 登山活動中における HR、RPE の変化

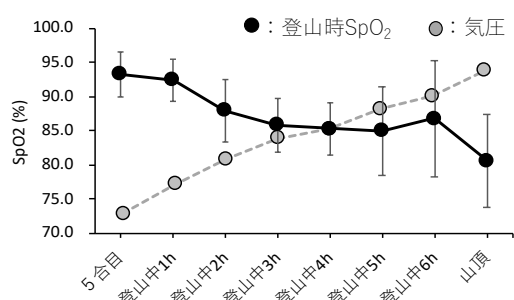


図2 登山活動中における SpO_2 の変化

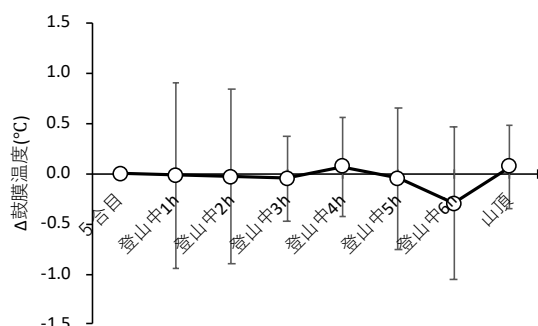


図3 登山活動中における Δ 鼓膜温の変化

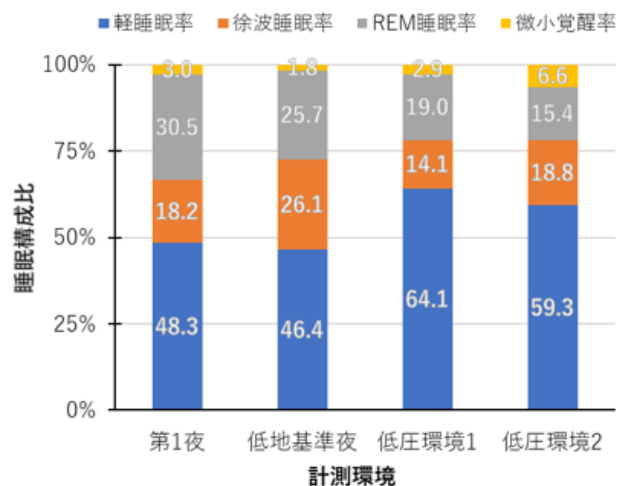


図5 睡眠時の睡眠ポリグラフの比較

4. おわりに

本実験では、脱落者が多く実験の完遂ができた被験者は1名のみであったことから、測候所滞在時における各生理的指標における急性適応や順化は明らかになっていないことは本研究の限界である。しかしながら、睡眠時ポリグラフについては、事前の低地での測定を行い、測候所滞在時においても2夜連続での測定を行うことができた。詳細は解析中である。