

原 著

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年者を対象として—

笹子悠歩¹⁾, 山本正嘉²⁾

1) 鹿屋体育大学大学院, 2) 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

Physiological and Mechanical Stresses during Climbing Mt. Fuji at Exercise, Rest, and Sleep by Experienced Aged Mountaineers

Yuuho Sasago and Masayoshi Yamamoto

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima, 891-2393, Japan

ABSTRACT. The purpose of this study was to evaluate various physiological and mechanical stresses induced by climbing Mt. Fuji (3,776m), at various phase such as exercise, rest, as well as sleep. Seven middle and old aged mountaineers, 5 males and 2 females, who have a lot of mountaineering experiences participated in this study. On the first day, they climbed up to the top of the mountain, which took about 7 hours, and stayed over the night there. On the second day, they had a mild exercise (i.e., walking around the crater) for 3 hours and stayed over the night there again. Finally on the third day, they climbed down the mountain which took about 3 hours. As a result, SpO₂ at rest decreased from 92% at 2,400m (starting point) to 79% on the summit in average, and the SpO₂ during exercise also decreased from 84% to 68% in average. The SpO₂ during sleep remarkably decreased from 97% at sea level to 68% on the summit. The heart rate (HR) during walking was around 76%HRmax at the starting point, but increased up to 86%HRmax near the top in average although they walked at their own normal pace. Systolic blood pressure at rest increased from 126mmHg at sea level up to 150mmHg around the top in average. Mechanical stress estimated by ground reaction force was 3 times larger during descending compared to ascending the mountain. In conclusion, climbing Mt. Fuji put so much physiological and mechanical stresses even onto well-experienced aged mountaineers.

Key words: mountaineering, Mt. Fuji, arterial oxygen saturation, sleep, experienced aged mountaineer

I. 研究目的

富士山は日本の最高峰であり、技術的にも容易なことから、毎夏数十万人もの老若男女が登山をする。しかし、その標高は日本の山としては群を抜いて高く4,000 mに近いことから、登

山者は低酸素の影響を強く受けながら登ることになる。同時に、低温、低湿度、強い風や雨や日射といった、厳しい気象条件も加わるが多い。また、各登山口（五合目）から山頂までの標高差は1,400 m程度あり、体力的な要素だけを見ても身体に大きなストレスがかかる山で

ある。さらには、夜行日帰り登山のような変則的な登山も多く行われている。

このように、登山の内容としては非常に厳しい条件であるにもかかわらず、そこで登山を行う人を見ると、登山の知識をほとんど持たない人や、普段からトレーニングをしていない人も多い。実際に毎年、このような人を中心に事故も多く起こっている。その様相を見ると、病気、低体温症、転倒、滑落など様々であるが、これらの事故は特に中高年者に多い。警察庁の統計⁵⁾をみると、富士山を含めた全国の山における、平成21年度中の山岳遭難者の76.8%が、40歳以上の中高年者で占められている。

登山事故を防止するためには、登山中に身体にかかるさまざまなストレスを自覚し、無理のない登山をすることが必要である。しかし、富士登山時に身体にどのような負担がかかるのかを明らかにした研究はほとんどない。このため、客観的なデータに基づいて具体的な注意事項を啓蒙することができないのが現状である。

そこで本研究では、登山経験の豊富な中高年登山者を対象とし、彼らが最適と判断するペースで2泊3日の富士登山を行った際の、運動時、安静時、睡眠時の各場面で身体にかかる生理的・物理的なストレスを測定・評価した。そして、安全な登山を考える上での参考資料を得ることを目的とした。

II. 方法

A. 被験者

被験者は、登山経験の豊富な中高年者7名(男性5名、女性2名)であった。彼らの身体特性は、年齢: 63 ± 3 歳、身長: 161.4 ± 11.1 cm、体重: 57.9 ± 11.6 kgであった。また、彼らの登山歴は 28 ± 13 年、年間山行日数は 35 ± 14 日であった。すべての被験者は、富士登山に先立つ2ヶ月間以内に、2,500 m以上の山で登山を行っていた。彼らには、本研究の目的、方法、およびそれに伴う危険性を文書、および口頭で説明し、

本研究に参加する同意を得た。また本研究は、鹿屋体育大学の倫理審査小委員会の承認を得て行われた。

B. 登山の概要

1日目は、富士宮口五合目(2,400 m)から登山を開始した(下山と区別するために、上りについては以下「上山」と記す)。そして、約7時間をかけて山頂にある測候所(3,776 m)まで登り、そこに宿泊した。荷物の重量は、身につけている衣類も含めて10~15 kg程度であった。

2日目は、測候所に滞在した。なお午前中には、火口の周囲(約3,680 m以上)を空身で一周するおはち巡りを行った。所要時間は約3時間であった。この日は富士宮口の山頂にある通常の山小屋(3,690 m)に宿泊した。

3日目は、登りとは異なるルート(宝永山経由)で、富士宮口五合目まで約3時間をかけて下山した。荷物の重量は約10 kgであった。

3日間の全ての行動は、被験者が通常行っている登山に準じ、ペース配分や休憩などは最も身体に負担をかけないようなやり方で行うよう指示した。

C. 行動時の測定項目

3日間のすべての行動中、GPS(ガーミン社製 e-Trek VistaC)を用いて、垂直方向への歩行速度を連続的に測定した。被験者は全員がまとめて行動したので、GPSは検者が1台のみ所持してその移動速度を測定した。

行動中の生理的な応答として、動脈血酸素飽和度(SpO_2)をパルスオキシメーター(Pulsox-Me300, Teijin社製)により、また心拍数(HR)を心拍モニター(X6-HR, Suunto社製)により、それぞれ連続的に測定した(SpO_2 の測定は上山時のみとした)。

歩行中に身体が受ける衝撃強度を、簡易加速度検出器(ライフコーダ, スズケン社製)を用いて連続的に測定した。なおこの機器の場合、

衝撃強度は0～9まで1刻みの値で表されるが、0は静止状態、1と2が平らな道での通常歩行(70 m/min程度)、3と4が早歩き(100 m/min程度)、5と6と7がジョギング(130 m/min程度)、8と9がランニング(160 m/min程度)に相当する強度である。

この他、休憩時ごとに、SpO₂、HR、歩行中の主観的運動強度(RPE)、およびAMS(急性高山病)スコアを記録した。

D. 生活時の測定項目

山頂での滞在中には、定期的に安静時のSpO₂、HR、AMSスコアを記録した。また、睡眠時(就寝時から起床時まで)には、パルスオキシメーターを用いてSpO₂を、また心拍モニターを用いてHRを連続的に測定した。なお睡眠中のSpO₂とHRのデータは、登山に先立って、各人の自宅(100 m以下の低地)でも測定した。

この他、就寝前と起床直後の安静時血圧を、血圧計(HEM-7200, Omron社製)を用いて測定した。また低地での検診時の血圧値も記録した。

E. 統計処理

結果は平均値±標準偏差で示した。睡眠時のSpO₂とHR、および安静時の血圧については、低地での値と比較するために一元配置分散分析を用い、有意差が見られた項目については多重比較を行った。有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

A. 行動時(運動時)の負担度

図1は、GPSを用いて測定した、上山・下山中における垂直方向への歩行速度を示したものである。上山中では0.2～0.3 km/h程度であったのに対し、下山中では0.6～0.8 km/hと約3倍の高値を示した。下山中の最後の部分については歩行速度が遅くなっているが、これは上山時とは別ルートで下ったために、上り坂を歩く場面もあったためである。

図2は、上山中のSpO₂について、歩行時と休憩時とに分けて示したものである。SpO₂は休憩時に高く、歩行時に低い値を示した。またこれらの値はいずれも、高度の上昇に伴い徐々に低下し、歩行時の値は全被験者の平均値で見ると84%から68%まで、休憩時の値は92%から79%まで低下した。

図3は、上山中および下山中のHRについて、歩行時と休憩時に分けて示したものである。HRは休憩時に低く、歩行時に高い値を示した。上山中の値を見ると、高度の上昇に伴い増加傾向を示し、歩行時の値は120 bpmから135 bpmまで、休憩時の値は96 bpmから104 bpmまで増加した。一方、下山中には、歩行時では110 bpm台、休憩時では90 bpm台とほぼ一定であった(歩行時の最後の値がやや増加している理由は、コースに登り返しがあったためである)。

図4は、上山中および下山中のRPEを示したものである。上山中のRPEは、高度の上昇

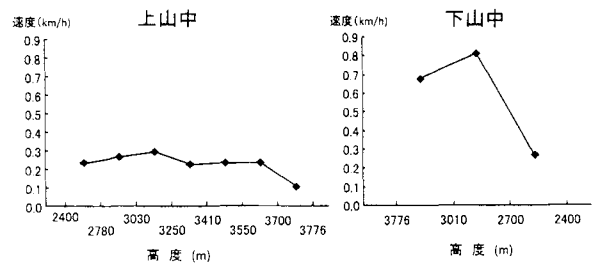


図1 上山中と下山中の垂直方向への歩行速度
下山中の最後の部分は、下りだけではなく登り返しが含まれているために、値が小さくなっている

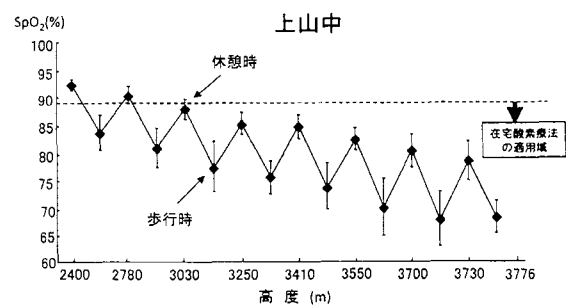


図2 上山中の動脈酸素飽和度

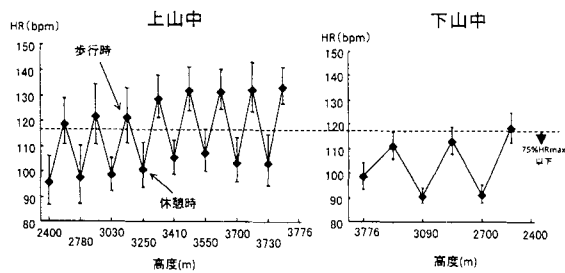


図3 上山中と下山中の心拍数

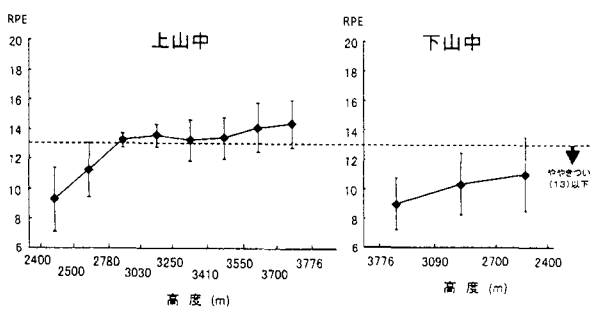


図4 上山中と下山中の主観的運動強度

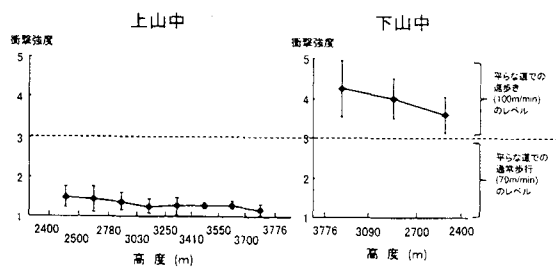


図5 上山中と下山中の衝撃強度

に伴い9 (かなり楽である) から14 (ややきつい~きつい) まで上昇した。一方, 下山中のRPEは, 終始10 (かなり楽である~楽である) 程度で推移した。

図5は, 上山中と下山中に身体が受ける衝撃強度を示したものである。上山中では終始1.3程度, 下山中では3.9程度であり, 下山中の方が約3倍の高値を示した。

B. 生活時 (安静時, 睡眠時) の負担度

図6は, 睡眠時におけるSpO₂とHRについて, 低地で測定された値, および富士山頂での2泊分の値を示したものである。SpO₂については, 低地において約97%であったものが, 山頂では1泊目が67%, 2泊目も69%と, 低地に比べて大幅に低値を示し, 有意差も見られた。HRも, 低地では62 bpmであったものが, 山頂では1泊目が79bpm, 2泊目も77 bpmと, 低地と比べて高値を示し, 有意差も見られた。

図7は, 上山中, 山頂滞在時, および下山中の休憩時や安静時に記録した, SpO₂とAMSスコアである。SpO₂については, 1泊目と2泊目の睡眠中の値も参考として書き加えた。またAMSスコアについては, 各項目の推移を時間的に細かく見るために, 睡眠障害を除く残りの4項目の値について個別に示すこととした。

SpO₂を見ると, 高度の上昇に応じて低下し,

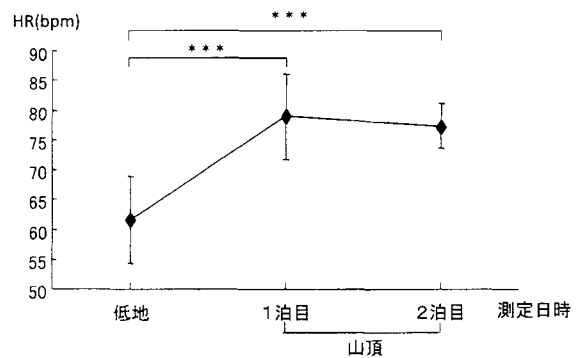
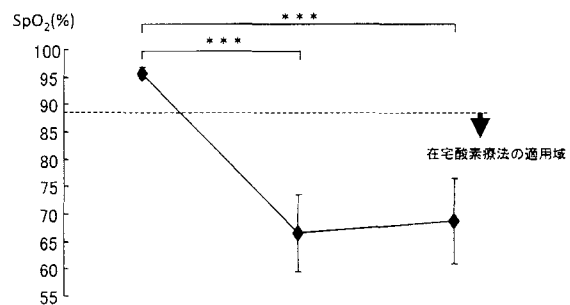


図6 低地および富士山頂での睡眠時の動脈血酸素飽和度と心拍数

*は有意差があることを示す (***) : p<0.001)

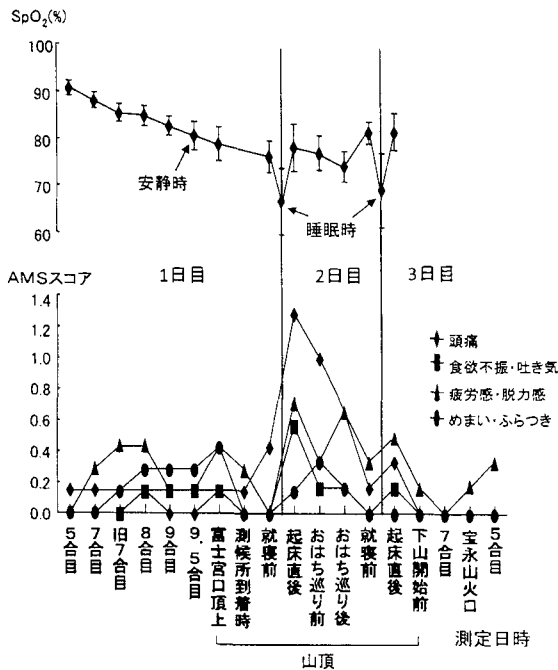


図7 登山期間を通しての動脈血酸素飽和度と急性高山病スコアの推移

山頂での安静時の値を見ると80%程度まで低下していた。また山頂での睡眠時の値は、1泊目も2泊目とともに、安静時よりもさらに低下して70%以下となっていた。一方、AMSスコアの変動を見ると、1日目の行動時および安静時には、各項目とも0.5以下であり、低値で推移していた。しかし、山頂で1泊目の睡眠を行った翌日の値を見ると、起床直後に「頭痛」のスコアが1.3と顕著に上昇していた。また「食欲不振・吐き気」や「疲労感・脱力感」もやや高い値を示した。

図8は、低地での安静時、および山頂での就寝前と起床直後に測定した血圧値を示したものである。最高血圧については、低地では126 mmHgであったが、山頂では145～150 mmHg程度まで増加した。また低地の値に対して、山頂における1日目夜と3日目朝の値との間には有意差が見られた。最低血圧は、低地での80 mmHgから、山頂では90～96 mmHgまで増加する傾向を示したが、有意差は見られなかった。

IV. 考察

本研究では、豊富な登山経験を持つ7名の中高年登山者が、2泊3日の日程で、彼らが最も無理がないと判断したペースで富士登山を行った。このペースは、富士登山のガイドブックに示された標準コースタイムとほぼ同等であった。またGPSを用いて測定した上山中と下山中の歩行速度を見ても(図1),上山中が0.2～0.3 km/hの上昇率,下山中は0.6～0.8 km/hの下降率と、富士登山のペースとしては標準的なものであった。

本研究では、このような状況下での運動時、安静時、睡眠時における身体への負担度について、様々な観点から測定した。以下、得られた値について、低地の医療やスポーツ現場で用いられている基準や、低山での登山を対象とした先行研究の結果などを引用しながら、考察を加えることとする。

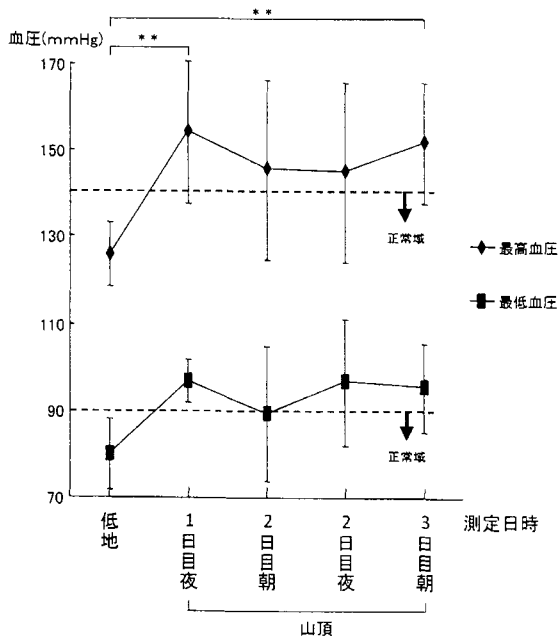


図8 低地および富士山頂での安静時の血圧
** : p<0.01

A. 行動時の負担度

上山中の SpO₂ を見ると (図 2), 5 合目 (2,400 m) 付近での安静時の値は 92% 程度, 歩行時の値は 85% を下回っていた。それ以後は高度の上昇に伴ってさらに低下し, 山頂付近での安静時の値は 80% を, 歩行時の値は 70% を下回った。山本¹¹⁾ は, 登山経験の乏しい若年者が富士登山を行った時の上山中の SpO₂ について測定し, 5 合目付近の歩行時では 88% であったものが, 山頂付近の歩行時では 73% まで低下したと報告している。本研究で得られた値は, これと同程度か, もしくはやや低いものであった。

先行研究を見ると, 海面レベルでは最大努力に近い運動をしても, SpO₂ は非鍛錬者で 90% 台前半, 鍛錬者でも 80% 台後半にしか低下しないと報告されている¹⁰⁾。また, 低地の医療の基準では, SpO₂ は 100 ~ 96% が正常, 95 ~ 91% がやや正常, 90% 以下が異常と診断され, 88% 以下になると在宅酸素療法が適用される。以上のことを考えると, 富士登山中には低地の基準では考えられないほど体内は低酸素状態となっており, 特に高度が上がるほどその負担は大きくなるといえる。

また山本¹³⁾ は, 立山の 2,300 ~ 2,700 m 付近で, 約 30 kg のザックを背負ってマイペースで登高している 9 名の大学山岳部員の生理応答を測定したところ, SpO₂ が 87%, HR が 150 bpm, RPE が 13 (ややきつい) であったと報告している。これと比べると, 富士登山中の SpO₂ はかなり低いことがわかる。この理由は, 高度が 1000 m 程度高いことの影響によるものと考えられる。

次に上山中の HR を見ると (図 3), 5 合目付近では, 安静時には 96 bpm 程度, 歩行時では 120 bpm 程度であったものが, 山頂付近まで行くと, それぞれ 104 bpm および 135 bpm 程度まで上昇した。山本¹⁵⁾ は登山における疲労を防止するための 3 つのガイドラインを作成しており, 萩原²⁾ はそれらが妥当であることを実際の山で検証している。その 1 つは, 「220 - 年齢」

という式で概算される各人の最高心拍数 (HRmax) の 75% 以下の心拍数を保って歩くことである。これを参考に今回の登山中の心拍数を見ると, 5 合目付近の行動中では 76% HRmax (118 bpm) と, ほぼガイドラインに沿った値であったが, 高度が上がるに連れて HR は上昇し, 最終的には 86% HRmax と推奨値を大きく上回った。

また上山中の RPE を見ると (図 4), 5 合目付近の歩行時には 9 (かなり楽である) であったが, 高度の上昇に伴い 14 (ややきつい ~ きつい) まで増加した。山本^{14,15)} は, 上山中に身体に過度な負担をかけないようにするための RPE の目安として, 13 (ややきつい) 以下を推奨している。これに対して今回の上山中の RPE は, その推奨値をやや上回る程度であった。

このように, 被験者の主観 (RPE) としてはあまり大きな負担を感じずに歩いているにもかかわらず, SpO₂ や HR から見た生理的な負担度は, 前述のようにきわめて高かった。このことから, 富士山においては, たとえ登山経験が豊富な登山者が, 主観的にあまり負担を感じないペースで上山している場合でも, 実際の生理的負担度は高いといえる。したがって, 登山の初心者や体力に乏しい者が登山をした場合, その負担はさらに大きなものになる可能性がある。

身体に対する物理的な負担度を表す衝撃強度については (図 5), 上山中には 1.3 (平地をゆっくり歩く程度) であり低かった。一方, 下山中には 3.9 (平地での早歩き程度) と, 衝撃力は上山中に比べて約 3 倍大きかった。またこれらの値は, GPS から求めた上山・下山速度 (図 1) とほぼ同期していた。

登山をする際, 上山時よりも下山時の方が, 着地時に身体が受ける衝撃力が大きいことが指摘されている¹⁴⁾。また, 登山時のトラブルの発生状況を調べた先行研究によると, 「膝の痛み」, 「筋肉痛」, 「下りで脚がガクガクになる」が上位を占め^{12,14)}, これらは登山道の登りではなく, 下りの際に脚部に強い衝撃を受けて起こると指

摘されている¹⁴⁾。またこれらのトラブルは、下りでの転倒事故の引き金になる可能性も指摘されている¹⁴⁾。本研究の結果は、上記のような下りで身体に物理的に強い負担がかかる、という先行研究の指摘を裏付けるものといえる。

B. 安静時、睡眠時の生理応答

富士山頂で、安静時に随時測定した SpO_2 は、80%程度であった(図7)。富士山頂での安静時の SpO_2 に関する報告^{1,6,8)}を見ると、いずれも80%台前半の値が報告されており、本研究でもこれらと同様の値であった。

一方、睡眠時の SpO_2 を見ると(図6)、1泊目の睡眠時は67%、2泊目の睡眠時の値も68%と、低地での値(96%)と比べて非常に低い値を示した。またこの値は、山頂付近での上山中の値(68%程度、図2)とほぼ同等の値であった。このことから、富士山頂での睡眠中には、山頂付近での上山中と同様、体内は厳しい低酸素状態になるといえる。

図6に示した睡眠時の SpO_2 の標準偏差が大きいことから窺えるように、山頂での睡眠中の SpO_2 の値は個人差が大きかった。本研究の被験者の場合、睡眠時の平均 SpO_2 は54~76%と、大きな個人差が見られた。また同じ人でも、睡眠中の SpO_2 は大きく変動しており、最低値が一時的に50%を下まわった被験者も5名いた(本研究で用いたパルスオキシメーターは、50%以下の SpO_2 は精度保証外となっているため、正確な値は不明である)。

先行研究を見ると、大村ら⁷⁾は立山の2,470 mの高度で、17名の大学生を対象に睡眠時の SpO_2 を測定し、80%台後半であったと報告している。これに比べると、本研究の値は約15ポイントも低く、高度の高い富士山頂での睡眠時には、より強い低酸素状態に曝されることが窺える。また山本ら¹¹⁾は、登山経験の少ない若年者の富士山頂における睡眠時 SpO_2 を測定し、平均で70%程度であったと報告している。このデータと比較すると、登山経験の豊富な中

高年者でも同程度の低下が起こるといえる。

AMSスコアについて見ると(図7)、図に示した4項目とも、1日目には低値(0.5以下)で推移していたが、山頂で1泊した翌日には、特に頭痛のスコアが上昇した。急性高山病は頭痛を中心とする症状で、高所に到達した当日(数時間後)または翌日に最も発症頻度が高いが、特に睡眠時に発症しやすい^{3,9)}。この図を見ると、1泊目の睡眠時の SpO_2 が顕著に低下しており(67%)、それに呼応するように翌朝のAMSスコア(特に頭痛)が増加している。このことから、AMSの発症には睡眠時の SpO_2 の大きな低下が関連していることが窺える。

ただし、2泊目について見ると、 SpO_2 は1泊目とほぼ同様に低下しているにもかかわらず、その翌朝のAMSスコアは、頭痛を含めて各スコアとも低値に戻っていた。これについては高所への順応が考えられるが、生理的な指標(SpO_2)と自覚的な指標(AMSスコア)とが必ずしも同期していないことを示す興味深い現象といえる。

血圧を見ると(図8)、低地での安静時には最高が126 mmHg、最低が80 mmHgであり、世界保健機関や国際高血圧学会が示している基準値(最高血圧:140 mmHg以下、最低血圧:90 mmHg以下)の範囲内にあった。しかし、山頂での測定値を見ると、最高・最低血圧ともにこの基準値を超えており、最高血圧については一部で有意差も見られた。3,000 m台以上の高所に行くとも血圧が上昇することが報告されているが⁴⁾、富士山においても同様な結果が得られたことになる。

以上をまとめると、登山経験の豊富な中高年者が最適なペースで富士登山をした場合でも、運動時、安静時、睡眠時という1日のあらゆる場面で、身体にはさまざまな強い負担がかかっていることが示唆される。富士山は大衆登山の山として人気が高い。本研究では経験豊富な中高年登山者を対象としたが、富士登山を行う中高年層には、日頃トレーニングをしていない者

や登山経験の乏しい者も多い。このような者ではさらに強い負担が身体にかかり、それが事故の引き金となる可能性も考えられる。本研究で得られたデータをもとに、具体的な注意を喚起することが必要と考えられる。

V. まとめ

登山経験の豊富な中高年者7名が2泊3日で富士登山を行った時の、運動時、安静時、睡眠時における身体への生理的・物理的なストレスについて、様々な観点から評価した。登山は、ほぼ標準コースタイム通りの歩行ペースで行われた。

その結果、上山中のSpO₂は高度が上がるほど低下し、山頂付近では70%以下にまで低下した。上山中のHRも、山頂付近では86%HRmaxにまで増加した。歩行時の物理的な衝撃は、上山中よりも下山中の方が約3倍大きかった。また山頂での安静時のSpO₂は80%程度であったが、睡眠時には大きく低下し70%以下となった。AMSスコアは、頂上で1泊した翌朝に、頭痛のスコアが顕著に上昇した。山頂での血圧は、最高が150 mmHg、最低が90 mmHg程度まで上昇した。

以上のことから、登山経験の豊富な中高年者が、最適と考えるペースで富士登山をした場合でも、運動時、安静時、睡眠時の全ての場面において、身体には生理的にも物理的にも強いストレスがかかることが示唆された。富士山には毎夏、数十万人が登る。しかし、その中には登山経験のほとんどない者や、普段のトレーニングを行っていない者も多く、このような人ではさらに強い負担がかかる可能性もある。本研究で得られたデータをもとに、登山事故を防止するためのより具体的な注意を喚起することが必要と考えられる。

謝 辞

富士山測候所の利用については、“NPO 法人・富士山測候所を活用する会”のご支援により可能となったものである。ご協力を頂いた関係各位に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 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応答. 登山医学, 8: 108-118, 1988.
- 2) 萩原正大, 中原玲緒奈, 山本正嘉: 登山における疲労を防止する3つのガイドラインの有効性に関する検討. 登山医学, 26: 107-113, 2006.
- 3) Hultgren, H. N.: High Altitude Medicine. Hultgren Pub., Stanford, 1997, pp. 212-255.
- 4) Kamat, S. R. and Banerji, B. C.: Study of cardiopulmonary function on exposure to high altitude. 1. Acute acclimatization to an altitude of 3,500 to 4,000 meters in relation to altitude sickness and cardiopulmonary function. Am. Rev. Respir. Dis., 106: 404-413, 1972.
- 5) 警察庁生活安全局地域課: 平成21年中における山岳遭難の概況. 警察庁資料, 2010.
- 6) 増田敦子, 増山 茂: 富士山頂に到着した際のSpO₂はどれくらいが標準か?. 登山医学, 27: 163-167, 2007.
- 7) 大村靖夫, 山本正嘉, 渡邊雄二ほか: 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: 24-29, 2009.
- 8) 高橋 堅, 岩田 学: 高所での呼吸法・姿勢・散歩の介入が動脈血酸素飽和度に及ぼす影響: 介入中及び介入後の即時的改善効果. 登山医学, 26: 81-86, 2006.
- 9) West, J. B., Schoene, R. B. and Milledge, M. P.: High Altitude Medicine and Physiology (4th.ed.). Hodder Arnold, London, 2007, pp.251-269.
- 10) Williams, J.H., Powers, S. K., and Stuart, M. K.: Hemoglobin desaturation in highly trained athletes during heavy exercise. Med. Sci. Sports Exer., 18: 168-173, 1986.
- 11) 山本正嘉, 岸本麻美, 烏賀陽信央ほか: 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: 145-152, 2008.
- 12) 山本正嘉, 西谷広大：中高年登山者の身体トラブル防止に対する「ランク制」の有効性；アンケート調査および体力測定による検討. 登山医学, 27: 95-102, 2007.
- 13) 山本正嘉, 大村靖夫, 柳澤昭夫ほか：登山の運動生理学・体力科学に関する調査研究；1988～1999年度文部省登山研究所大学山岳部リーダー研修会における調査研究報告. 登山研修, 15: 154-162, 2000.
- 14) 山本正嘉：登山の運動生理学百科. 東京新聞出版局, 東京, 2000, pp.9-20, pp.29-34, pp.35-44.
- 15) 山本正嘉：登山の運動生理学, 増山茂監修, 登山医学入門. 山と溪谷社, 東京, 2006, pp.109-127.