

富士登山における体幹 2 点歩行動揺計による動的歩行バランスの評価

井出里香¹, 油井直子², 笹子悠歩³, 照内明良³, 山本正嘉⁴,

1. 東京都立大塚病院 耳鼻咽喉科, 2. 東京慈恵会医科大学スポーツ・ウェルネスクリニック,
3. 鹿屋体育大学大学院 4. 鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

1. 緒言

標高 2500m 以上は高所と定義され、急性高山病 (Acute Mountain Sickness: 以下 AMS) が発症するといわれている。標高 3500m 以上は高高所と定義されており、AMS の発症率も高くなる。富士山は標高 3776m で国内唯一の高高所であるが、世界文化遺産に登録されてから海外からの登山者も増加している。富士山では 5 合目から AMS を発症する可能性があり、富士山での遭難の半数は AMS が占めている。2018 年の警察庁統計では山岳遭難者数は 3129 人で過去最高となり、40 歳以上が 78.5% (2457 人) を占めている。要因として道迷い 37.9%, 滑落 17.4%, 転倒 15.0% などがあげられる。一方、高所順応の第一関門となる高度 4000m に近い標高を有する富士山は AMS とそれに関連した病態の解明、高所順応の評価と効率的なトレーニング法の開発、登山による身体的影響を研究するには適した環境でもある¹⁾。海外登山前に低酸素室を利用するケースも増えているが、実際の登山に近い富士山の高所順応トレーニングを組み合わせることにより、現地での効率的な高所順応が可能になり、登山期間の短縮や安全な登山にもつながる。世界文化遺産である富士山に安全に登山して頂くためのサポートや安全な登山の普及に向けて富士山での研究成果をフィードバックできれば幸いである。前回の研究では立位時の静的バランス機能において高度(低圧低酸素)による変化は認められなかったが、今回の研究では体幹 2 点歩行動揺計を用いて富士登山における歩行時の動的バランス機能を評価し、AMS との関連性について検討をおこなった。

2. 対象・方法

ヘルシンキ宣言に従い、本研究に同意を得た 31~58 歳の健常者 4 名 (男性 2 名、女性 2 名) を対象とした。富士宮ルートより富士登山を行い、富士山 5 合目登り (2400m) → 富士山頂 (3776m) 到着時 → 富士山頂 (3776m) 翌日 → 富士山 5 合目下り (2400m) → 新富士駅 (7m) において体幹 2 点歩行動揺計 (図 1) を用いて歩行時の動的バランス機能を評価した。レイクルーズスコア (Lake Louise Score: 以下 LLS) を用いて AMS の診断、重症度を判定した (図 2)。同時にパルスオキシメーター (SAT-2000) を用いて SpO₂ (経皮的動脈血酸素飽和度) %/pulse (脈拍数) bpm を測定した。

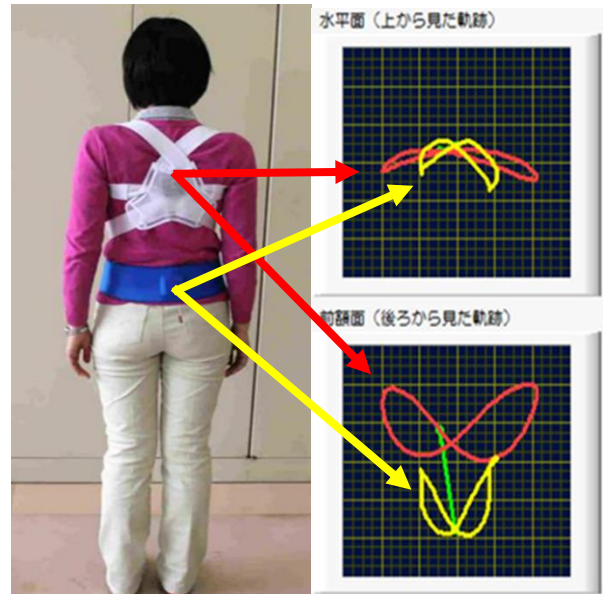


図1. 体幹 2 点歩行動揺計

(MVP-WS2-S: マイクロストーン社)

上半身(脊椎)と下半身(仙骨)に加速度・角速度センサーを装着して、歩行時の円滑度、水平度、左右対称性を評価する。

Lake Louise Score (LLS) for the diagnosis of Acute Mountain Sickness (AMS)

A diagnosis of AMS is based on:
1. A rise in altitude within the last 4 days
2. Presence of a headache
PLUS
3. Presence of at least one other symptom
4. A total score of 3 or more from the questions below

SELF-REPORT QUESTIONNAIRE

Add together the individual scores for each symptom to get the total score.

Headache	No headache	0
	Mild headache	1
	Moderate headache	2
	Severe headache, incapacitating	3
Gastrointestinal symptoms	None	0
	Poor appetite or nausea	1
	Moderate nausea &/or vomiting	2
	Severe nausea &/or vomiting	3
Fatigue &/or weakness	Not tired or weak	0
	Mild fatigue/ weakness	1
	Moderate fatigue/ weakness	2
	Severe fatigue/ weakness	3
Dizziness/lightheadedness	Not dizzy	0
	Mild dizziness	1
	Moderate dizziness	2
	Severe dizziness, incapacitating	3
Difficulty sleeping	Slept as well as usual	0
	Did not sleep as well as usual	1
	Woke many times, poor sleep	2
	Could not sleep at all	3
TOTAL SCORE:		

Total score of:
• 3 to 5 = mild AMS
• 6 or more = severe AMS

Note:
• Do not ascend with symptoms of AMS
• Descend if symptoms are not improving or getting worse
• Descend if symptoms of HACE or HAPE develop

図2. レイクルーズスコア (Lake Louise Score: LLS)

3. 結果・考察

体幹 2 点歩行動揺計による動的歩行バランスと AMS との関連性について、下記項目につき検討を行った。

1) 富士山 5 合目→富士山頂到着時の変化

登りでは 4 例とも富士山頂到着時の円滑度は増大し、動きはスムーズであった。山頂到着時に疲労・脱力があつた症例も円滑度の低下は認めなかった。

2) 富士山頂→富士山 5 合目の変化

下りでは 4 例とも富士山 5 合目で円滑度は減少して、動的歩行バランスが低下していた。これは下肢筋疲労の影響より重力による身体の落下に対して着地時の膝の制動により円滑度が低下したと考えられる。

3) 富士山頂における到着時と翌日の比較

富士山頂翌日は 4 例中 3 例で円滑度の低下を認めたが、AMS の頭痛との関連性は認めなかった。また富士山頂(庁舎)の階段では上りで 4 例中 3 例が円滑度の低下を認め、下りでは 4 例とも円滑度が著明に低下していた。特に前後動揺比が大きく、前のめりに歩行バランスを崩しやすい傾向が見られた。これは滑落や転倒の要因にもつながると推察された。翌日には 3 例で円滑度が低下して、前後の動揺比が増大していた。

4) 登山前と登山後の比較

円滑度は 4 例とも下山後に増悪しており、下肢筋疲労などの影響が考えられた。1 例は水平度、左右対称性も増悪しており、両者には関連性があると考えられた。

体幹 2 点歩行動揺計の円滑度は全例において下りで著明に低下が認められ、滑落、転倒の危険因子になりうると推察される。また今回の測定で歩行パターンに 2 通りあることが示された。1 つは下りで上下の動揺は増大しているが、円滑度の低下が小さいもので、膝を曲げて着地して円滑度の低下を最小限にしている歩行パターンである。もう 1 つは下りで上下の動揺は変わらないが、円滑度が大きく低下するもので、下りで膝を曲げずに着地をするため、円滑度が低下するパターンである(図 3)。円滑度が低いと滑って転倒する傾向があるため、後者は下りで転倒するリスクが大きくなると推測される。



図3. 円滑度が低下して、転倒リスクが大きくなる歩行パターン

LLS と SpO₂ / pulse

- LLS では山頂到着後に疲労・脱力 2.5 が 1 例、山頂滞在翌日に頭痛 1(軽度)が 2 例に認められたが、いずれも AMS の診断には至らなかった。
- SpO₂ は 4 例とも 5 合目(起床時) 93-95%であったが、山頂到着時 3 例は 80-85%, 1 例のみ 77%であった。
- 山頂到着時に LLS の疲労・脱力 2.5 の症例は SpO₂ 77%と低下していた。翌朝は疲労・脱力は軽快するも、SpO₂ 77%と不変であった。
- 山頂滞在翌朝に LLS の頭痛 1 が 2 例あり、うち 1 例は SpO₂ 67%と著明に低下していた。
- pulse は 4 例とも山頂到着時は 110-120bpm であったが、翌朝には 100bpm 以下になっていたが、SpO₂ の改善はほとんど認められなかった。

4. 結論

本研究では動的歩行バランスにおいても明らかな高所(低圧低酸素)の影響は認められなかったが、登山の下りでは全例とも円滑度が著明に低下していた。特に前後の動揺が増大して前のめりに歩行バランスを崩しやすい傾向が見られた。体幹 2 点歩行動揺計により円滑度の低下も滑落、転倒の危険因子になりうると推察された。

5. おわりに

体平衡の制御メカニズムは迷路前庭系など入力レベル、中枢前庭系における統合・制御レベル、四肢・躯幹の骨格筋など出力レベルで各要素が関与している。さらに標高 5000m 以上では低酸素血症による大脳皮質の前庭中枢への影響も加わる。動的歩行バランスは各レベルの要因が複合しているため、総合的に評価する方が望ましい。体幹 2 点歩行動揺計は最終出力レベルとして評価でき、歩行パターンも個別にみることで、転倒を防止して疲れにくい歩行を身に着けるためのツールとしても有用であると思われる。

参考文献

- 1) 井出里香(2016). 富士山測候所を活用した登山医学分野の研究-富士山頂で睡眠時無呼吸症候群はどうなるのか? 富士山頂でのふらつきの要因は? ヤマケイ登山総合研究所編, 211-216. 登山白書 2016. 山と溪谷社.