

高所滞在における血行動態の検討

小森孝洋¹, 金澤英紀², 加藤麻衣子³, 星出聡¹, 苅尾七臣¹

1.自治医科大学内科学講座循環器内科学部門, 2.自治医科大学放射線科, 3.吉祥寺病院精神科

1. はじめに

循環器疾患患者には運動療法として有酸素運動が薦められている。登山は有酸素運動主体の運動であり、運動療法のひとつになりうると考えられる。しかし、高所は低酸素環境であり、登山行動中や短期間の高所滞在中に血行動態がどのように変化するかは明らかでない。循環器疾患の患者にとって、登山が運動療法として適しているかは明らかではなく、安全性も不明である。

登山行動中の血行動態は、測定が困難であることから明らかになっていない。登山行動中は高所による高度変化、気温変化、低酸素などの環境要因や交感神経活動の亢進、登山の労作などから、血圧上昇が生じる¹⁾。この血圧の変化が心血管疾患発症による突然死のリスク因子となっている可能性がある。

我々は気圧計・温度計・アクチグラフを内蔵するマルチセンサー自由行動下 24 時間血圧計を開発した。本装置は血圧・脈拍だけでなく、気圧・気温などの環境因子、活動量を同時に測定することが可能である。本装置を登山行動中に用いることにより、登山行動中の血圧に影響を与える因子が明らかになることが期待される。本研究では、健常人を対象に登山行動中および短期間の高所滞在中の血圧、低酸素に関連した生理的反応を明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 方法

(1)対象: 心血管疾患のない健常人 6 名
 (2)方法: 富士山五合目(標高 2305m)から吉田ルートを経て山頂登頂(標高 3776m)し、富士山頂の富士山測候所に宿泊する。翌日は五合目まで下山する。この行程の間、24 時間血圧測定を行い、登山行動中の血行動態を記録する。さらに酸素飽和度の測定を、行動中随時と就寝中に行う。登山日とは別の日程で日常生活時の 24 時間血圧測定を行う。評価項目: 登山行動中の 24 時間血圧モニタリング(気圧計, 気温計, アクチグラフを内蔵するマルチセンサー自由行動下 24 時間血圧計を用いる。), レイクルイーズ高山病スコア, SpO₂ モニター(登山行動中適宜, 夜間就寝中は連続的に測定), 登山行動内容の記録, 気象条件(気温, 気圧)の記録, 日常生活時(非登山行動中)の 24 時間血圧測定
 判定項目: 個人間での登山時・日常生活時の 24 時間血圧変化の差異, 登山行動中の血圧と登山内容の関連性, 睡眠中の血圧値と酸素飽和度の変化。

3. 結果

平成 30 年 8 月 4 日～5 日に研究を実施した。対象者は健常人 6 名(男性 4 名, 女性 2 名)。職業は医師 5 名, 会社員 1 名である。登山行動中, マルチセンサー自由行動下 24 時間血圧計を装着して行動した。下山後, 平地で日常生活時の血圧測定も実施した。表 1 に被験者の背景を示す。

表1. 被験者背景

	年齢(歳)	性別
被験者 A	41	男
被験者 B	36	男
被験者 C	32	女
被験者 D	33	男
被験者 E	35	女
被験者 F	26	男

登山行動中, 被験者 A～E は覚醒時血圧が高く, 就寝時血圧が低下する Dipper 型もしくは Extreme dipper 型血圧変動を呈していた。被験者 F は登山行動中に高山病となり, 富士山測候所内では 2L/分の酸素吸入を行いながら過ごした。被験者 F は就寝時血圧が低下しない Non dipper 型血圧変動を呈した。夜間の酸素飽和度については, 被験者 A～D は 50～60%台まで値が低下し, 3%ODI も 40～90 と非常に高値を示した。

日常生活時の血圧値・血圧変動測定は被験者 C 以外で可能であった。うち 3 人では Dipper 型血圧変動, 2 人に Non dipper 型血圧変動を認めた。酸素飽和度はいずれの被験者も 95%以上であり, 3%ODI も 10 未満であった。

登山行動中と日常生活時の計測値の比較を行った(表 2)。登山行動中の 24 時間収縮期血圧, 覚醒時収縮期血圧は日常生活時に比べて有意に高値であった。3%ODI, 平均 SpO₂, 活動量, 平均気圧は, 登山行動中と日常生活時の比較では有意差はなかった。平均気温は日常生活においては有意に高値であった。

登山行動中の血圧値に関連する因子を検討するために, 血圧値と活動量, 気温, 気圧, SpO₂ との相関を検討した(表 3)。24 時間拡張期血圧, 覚醒時収縮期血圧, 覚醒時拡張期血圧, 夜間血圧下降度は活動量と有意な相関を認めた。3%ODI, 平均酸素飽和度, 気温, 気圧, レイクルイーズスコアと血圧値には相関関係は認められなかった。

表2. 富士登山中と日常生活の測定値の比較(n=5)

	富士登山	日常生活	p-value
24 時間収縮期血圧 (mmHg)	117.8±5.4	111.4±5.8	0.04
24 時間拡張期血圧 (mmHg)	79.2±3.6	75.6±6.7	0.12
24 時間脈拍 (bpm)	89.4±12.2	64.8±6.2	0.22
覚醒時収縮期血圧 (mmHg)	123.4±6.9	115.2±7.2	0.03
覚醒時拡張期血圧 (mmHg)	84.0±5.4	78.8±8.3	0.06
覚醒時脈拍 (bpm)	94.6±12.1	68.8±6.9	0.21
睡眠時収縮期血圧 (mmHg)	103.2±5.0	102.0±5.3	0.37
睡眠時拡張期血圧 (mmHg)	67.2±1.8	67.4±3.8	0.92
睡眠時脈拍 (bpm)	77.4±12.5	54.8±6.7	0.38
夜間血圧下降度 (%)	16.0±5.0	11.4±3.8	0.22
3% ODI	48.6±36.0	4.8±2.0	0.51
平均 SpO2 (%)	69.7±10.9	95.9±0.4	0.60
log 活動量 (G)	10.6±0.2	9.9±0.5	0.41
平均気温 (°C)	22.3±0.72	29.4±1.2	<0.01
平均気圧 (hPa)	723.3±3.6	1001.0±9.8	0.53

表3. 血圧値と関連する因子

	24 時間 収縮期 血圧 (mmHg)	24 時間 拡張期 血圧 (mmHg)	覚醒時 収縮期 血圧 (mmHg)	覚醒時 拡張期 血圧 (mmHg)	睡眠時 収縮期 血圧 (mmHg)	睡眠時 拡張期 血圧 (mmHg)	夜間血 圧下降 度 (%)
3% ODI	0.64	0.65	0.55	0.58	0.48	0.4	0.17
平均 SpO2 (%)	-0.82*	-0.8	-0.81	-0.75	-0.17	-0.2	-0.56
log 活動量 (G)	0.78	0.92**	0.89*	0.95*	-0.31	-0.43	0.92**
平均気温 (°C)	0.51	0.25	0.37	0.26	0.7	0.04	-0.15
平均気圧 (hPa)	-0.26	-0.07	-0.27	0.01	0.08	-0.52	-0.28
ルイクレイーズ スコア	0.14	-0.4	-0.04	-0.43	0.72	0.42	-0.49

*: P<0.05, **: p<0.01

4. 考察

富士登山中および日常生活の血圧値および血圧変動を評価した。これまでに高所での血圧変化を検討した研究が報告されているが、登山行動中および短期間の高所滞在中の血圧変化を検討した研究はこれまでにない。本研究では登山行動中の血圧レベルが活動量と有意に関係することが明らかになった。

登山行動中の血圧と活動量の関係性は、活動量と血圧を検討したこれまでの研究でも示されている。健常人の運動時に血圧上昇が伴うことは、トレッドミル負荷試験などから明らかであり、アクチグラフを内蔵した 24 時間血圧計での検討でも、活動量と血圧値の間に相関関係が認められることが報告されている²³⁾。本研究結果も登山という労作に伴って血圧が上昇したものと考えられる。実際、登山行動中の血圧レベルは、活

動量が登山に比べて少ない日常生活の血圧レベルと比較すると有意に高値であった。

登山中の血圧上昇に影響する因子として、高所の影響は排除できないと考える。しかし、登山中の血圧値と気圧、高山病スコアの間に関連性は認められなかった。高所で生じる急性高山病は血圧値に影響を及ぼすことが推察され、今回の研究では、高山病を発症した被検者 F において、Non dipper 型血圧日内変動異常が出現した。Non dipper 型血圧変動異常は睡眠時の血圧が十分低下しないパターンでの血圧日内変動異常であり、その一般的な原因としては睡眠時呼吸障害、体液貯留、自律神経障害等が知られている⁴⁾。高所曝露も交感神経を亢進させ、心血管系へも影響を及ぼすことが知られている^{15,6)}。急性高山病では低酸素に伴い、頭痛、消化器症状、倦怠感、めまい、睡眠障害などの症状が出現する。これらの身体的ストレスや低酸素そのものが交感神経活性を亢進させたと思われ、日中の富士登山により血圧が上昇していたにもかかわらず、夜間においても血圧低下が不十分となり、血圧日内変動パターンとしては Non dipper 型を呈したと考えられる。被検者 F へは急性高山病への対処として酸素投与を行ったが、酸素投与を行わなかった場合、睡眠時血圧の上昇する Riser 型血圧日内変動異常が出現した可能性が考えられるため、酸素投与により夜間の血圧上昇が抑制され、Non dipper 型にとどまると

推察する。

5. おわりに

本研究では登山行動中の血圧値に活動量が関係していることが示されたが、その他の修飾因子としては自律神経の影響が大きいことが推測された。今後は高所での自律神経の影響と血圧値の関係性を検討するための更なる研究が必要であると考える。

参考文献

- 1) Bartsch P and Gibbs JS. Effect of altitude on the heart and the lungs. *Circulation* 2007; 116: 2191-2202.
- 2) Kario K, Schwartz JE and Pickering TG. Ambulatory physical activity as a determinant of diurnal blood pressure variation. *Hypertension* 1999; 34: 685-691.

- 3) Kario K. Morning surge in blood pressure and cardiovascular risk: evidence and perspectives. *Hypertension* 2010; 56: 765-773.
- 4) Kario K. Time for focus on morning hypertension: pitfall of current antihypertensive medication. *Am J Hypertens* 2005; 18: 149-151.
- 5) Duplain H, Vollenweider L, Delabays A, Nicod P, Bartsch P and Scherrer U. Augmented sympathetic activation during short-term hypoxia and high-altitude exposure in subjects susceptible to high-altitude pulmonary edema. *Circulation* 1999; 99: 1713-1718.
- 6) Wolfel EE, Seland MA, Mazzeo RS and Reeves JT. Systemic hypertension at 4,300 m is related to sympathoadrenal activity. *J Appl Physiol* 1994; 76: 1643-1650.