高所滞在中の血行動態に自律神経が及ぼす影響についての検討

小森孝洋[1], 金澤英紀[2], 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医学

1. はじめに

登山行動中の死亡事故は多く, 内因性疾患として心血管疾患の発症が多くを占めている. その原因として登山行動, 高所曝露による血圧変動が挙げられるが, どのような血圧変動が生じるかは明らかになっていない.

高所環境は自律神経に影響を及ぼすことが知られており, 交感神経活性が亢進し, 結果として肺高血圧や体血圧の上昇が生じることが報告されている[1]. 我々は, 富士登山中の血圧日内変動に注目して研究を行ってきており, 高所環境滞在時及び高山病発症時には夜間の血圧上昇をきたすことが多く, 交感神経活性亢進がそれに関与している可能性を報告した.

起立動作は簡易な動作で自律神経に影響を与える負荷試験である. 高所環境では起立性低血圧が平地よりも増強したとの報告があるが[2], 起立性の血圧変動, 心拍変動については高所と平地での違いは十分に明らかになっていない. 我々は, 起立性の血圧・心拍変動により得られる自律神経機能と血圧日内変動は関係し, 高所と平地で違いが生じると仮説を置き, 研究を行った.

2. 方法

(1)対象:心血管疾患のない健常人 5 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. 富士山測候所滞在中に起立性の血圧・心拍変動を記録する.

登山日とは別の日程で日常生活時の起立性の血圧・心拍変動と 24 時間血圧測定を記録する.

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.), 起立性血圧・心拍変動(クロスウェル社 きりつ名人を使用), 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・日常生活時の起立性血圧・心拍変動の差,, 24 時間血圧変化の差.

3. 結果

令和元年 8 月 10 日～11 日に研究を実施した. 対象者は健常人 5 名(男性 5 名). 職業は医師 3 名, 会社員 2 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. 表 1 に被験者の背景を示す.

表1. 被検者背景

	年齢(歳)	性別	レイクルイーズスコア
被験者 A	42	男	6
被験者 B	37	男	2
被験者 C	26	男	2
被験者 D	27	男	4
被験者 E	37	男	7

富士登山中と日常生活中の血圧値の比較を表 2 に示す. 富士登山中は被験者 E のみ血圧変動パターンが Non-dipper 型を呈したが, 被験者 A,B は Dipper 型, 被験者 C, D は Extreme dipper 型であった.

日常生活中の血圧変動は被検者 A, B, C, D で Extreme dipper 型, E で Dipper 型を呈した.

表 2. 血圧・脈拍値

	登山中 (N=5)	日常生活 (N=5)	p-value
24hSBP (mmHg)	119±8	119±10	0.92
24hDBP (mmHg)	77±5	79±8	0.71
24hHR (bpm)	87±6	65±8	<0.01
awakeSBP (mmHg)	127±11	126±10	0.87
awakeDBP (mmHg)	83±8	85±8	0.73
awakeHR (bpm)	93±5	70±9	<0.01
sleepSBP (mmHg)	103±8	102±8	0.84
sleepDBP (mmHg)	64±4	64±5	0.94
sleepHR (bpm)	73±9	53±9	0.01

起立試験の結果を表 3 に示す. 富士登山中の起立試験では, 立位の血圧が高値となる起立性高血圧の状態であったが, 日常生活中は起立による血圧変動は認められなかった. 起立試験中の交感神経活動を表す ccvL/H は, 安静時と起立時, 着席時に富士登山中において有意に高値を呈した. 副交感神経活動を表す ccvHF は, 安静時, 着席時に富士登山中において有意に低値を示した.

連絡先：小森孝洋（Takahiro KOMORI）　tkomori@jichi.ac.jp

表 3. 起立性の血圧，心拍変動

	登山中 (N=5)	日常生活 (N=5)	p-value
座位 SBP (mmHg)	110±11	112±9	0.79
座位 DBP (mmHg)	69±10	73±5	0.46
座位 HR (bpm)	82±21	64±13	0.14
立位 SBP (mmHg)	118±11	112±10	0.43
立位 DBP (mmHg)	75±5	73±5	0.53
立位 HR (bpm)	87±11	71±13	0.07
立位—座位 SBP (mmHg)	7.6±14.6	0.2±8.8	0.36
立位—座位 DBP (mmHg)	6.0±6.6	0±3.7	0.12
立位—座位 HR (bpm)	4.8±12.0	6.4±3.2	0.78
ccvL/H 安静 (%)	0.384±0.161	0.122±0.054	0.02
ccvL/H 起立 (%)	0.634±0.098	0.332±0.161	<0.01
ccvL/H 立位 (%)	0.504±0.162	0.364±0.182	0.24
ccvL/H 着席 (%)	0.424±0.106	0.242±0.099	0.02
ccvHF 安静 (%)	0.950±0.335	1.496±0.362	0.04
ccvHF 起立 (%)	0.786±0.239	0.976±0.250	0.25
ccvHF 立位 (%)	0.576±0.218	0.678±0.213	0.48
ccvHF 着席 (%)	0.824±0.216	1.170±0.253	0.049

4. 考察

富士登山中と日常生活中で24時間血圧測定および起立性血圧変動・心拍変動の評価を行った. 24時間血圧レベルは, 富士登山中と日常生活中で差はなかったが, 富士登山中には起立性高血圧が認められ, 起立時の LF/HF が高値であった. 本研究からは交感神経機能が高所滞在中には亢進しており, 特に起立時に顕著に亢進することが示された. 血圧日内変動や血圧レベルも交感神経の影響を受けることが考えられるが, 血圧日内変動と交感神経指標の間には一定の関係は認められなかった.

高所滞在中は交感神経活性の亢進が生じることが知られており, 循環動態に影響が生じる [1]. 肺血管の収縮による肺高血圧や体血管収縮による高血圧などがそれに当たる. 本研究では自律神経系への負荷試験として, 起立試験を行うことで交感神経系の活性亢進を確認することができた. 起立時には, 下肢に血液が貯留し, 心拍出量の減少が生じ, 瞬間的な血圧の低下が生じるが, それを頸動脈の圧受容体は感知し, また, 左心室の容積減少も心臓の受容体で感知され, 中枢神経へシグナル伝達が起こり, 交感神経が緊張することで起立時の血圧が維持される. この反射は秒・分の単位で生じる. 高所では低酸素により交感神経が平地よりも緊張した状態であると考えられるが, 起立負荷により交感神経緊張を増強すると, その反応が平地よりも増強されることが本研究により明らかになった.

本研究では血圧日内変動と起立性血圧変動に一定の傾向が認められなかったが, 高血圧患者を対象とした研究においては, 起立性低血圧と Riser 型血圧日内変動, 起立性高血圧と Extreme dipper 型血圧日内変動の関係が報告されている [3]. 高所環境での血圧日内変動と起立性血圧変動の関連性は十分に明らかになっておらず, 今後さらなる研究が必要であると考える.

本研究の限界としては, 被験者数が少なかったため, 高所滞在中の交感神経活動にかかわる因子について十分検討することができなかったことが挙げられる. 今後, 被検者数を増やしていき, 高所滞在中の自律神経に影響を及ぼす因子や, 血圧日内変動と自律神経活動の関係についても考察していきたいと考える.

5. おわりに

高所滞在中は, 起立性高血圧が生じ, 交感神経活性が亢進していた. 高所滞在中の交感神経活性は血圧と強く関連していることが推測されるが, 今回の研究では十分に明らかにすることができなかった. 今後研究を積み重ねていき検討を進めたい.

参考文献

1) P Bartsch and JS Gibbs. (2007). Effect of altitude on the heart and the lungs. *Circulation*, **116**, 2191-202.

2) OT Mytton, A Simpson, AAR Thompson, RA Oram, A Darowski, L-M Yu, DJ Collier and AJ Pollard. (2008). Manual assessment of the initial fall in blood pressure after orthostatic challenge at high altitude. *Wilderness Environ Med*, **19**, 225-232

3) GP Sogunuru, K Kario, J Shin, CH Chen, P Buranakitjaroen, YC Chia, R Divinagracia, J Nailes, S Park, S Siddique, J Sison, AA Soenarta, JC Tay, Y Turana, Y Zhang, S Hoshide and JG Wang. (2019). Morning surge in blood pressure and blood pressure variability in Asia: Evidence and statement from the HOPE Asia Network. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, **21**, 324-334.