

短報

## 低登山が心拍数, 血圧及び心臓の位置変化に及ぼす影響

浮田優香<sup>\*1</sup> 和田拓真<sup>\*2</sup> 高原皓全<sup>\*3</sup> 石本恭子<sup>\*4</sup>  
吉岡哲<sup>\*5</sup> 山口英峰<sup>\*3</sup> 小野寺昇<sup>\*4</sup>

### 要 約

本研究の目的は, 低登山時の心臓の位置変化を解明することとした。対象者は, 健康な成人男性6名であった。心拍数, 血圧, 心臓位, Rating of Perceived Exertion; RPE (主観的運動強度) を指標とした。測定は, 冬季に行った。全行程時間は, 約40分 (登山 (約20分) →休憩 (5分) →登山 (約15分) →頂上) であった。平均勾配は22.1度であった。結果は, 安静時との比較とした。心拍数及び主観的運動強度は, 休憩前, 休憩後, 運動直後に有意に高値を示した ( $p<0.05$ )。血圧に変化はみられなかった。心臓位は, 運動直後の呼気時に有意に左側へ変化した ( $p<0.05$ )。このことは, 血流を保持させるために心臓が位置変化したことを示唆する。

### 1. 緒言

低登山は登山用装備を必要とせず, 初心者においても年齢や体力を気にせず行うことができる。先行研究は, 平均勾配30~40% の下り歩行において生理学的負担が最小となり, 平均勾配約25~35% 以下の上り歩行において持続的に運動できることを報告した<sup>1)</sup>。登山は, 有酸素運動であり下肢の運動を主としている。このことから, 勾配が30~40% である備中福山城址は比較的上りやすい山であり, 有酸素運動に適していると考えられる。

備中福山城址の低登山 (岡山県総社市, 標高302.3m) が生理学的指標に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。心臓の位置が浸水時に変化する先行研究<sup>2)</sup>の結果から, 呼吸により横隔膜が上下変換することから指標に加えることとした。本研究では, 歴史広場から入山し, 登山路は, ゆっくり廻り道コース→浅原コースとした。登山時の生理学的指標を明らかにすることで地域の多くの人に備中福山城址登山を健康づくりの有酸素運動の手段として活用できる科学的根拠を提示する。

### 2. 方法

対象者は, 心臓疾患等の既往歴のない血圧が正常範囲内 (140mmHg/90mmHg 以下) である健康な成人男性6名 (年齢:  $22.0 \pm 0$  歳, 身長:  $172.3 \pm 5.0$  cm, 体重:  $69.4 \pm 7.8$  kg, mean  $\pm$  SD) であった。測定は, 冬季に行った。気温は13°C, 湿度は32.7% であった。測定場所は, 備中福山城址 (福山山頂) (距離: 1.3km, 平均勾配: 22.1度, 最大勾配: 32.9度, 最大標高差: 302.3m) とした。全行程時間は, 約40分 (登山 (約20分) →休憩 (5分) →登山 (約15分) →頂上) であった。評価項目は, 心臓位, 心拍数, 血圧, RPE (主観的運動強度)<sup>3)</sup> とした。歩行速度は2.4km/h, 歩行テンポは60bpm とした。登山時間は, 休憩を除いて  $35.5 \pm 2.3$  分であった。

測定プロトコルを図1に示した。心臓位は, 超音波画像診断装置 (SonoSite M-Turbo; FUJIFILM) を用いて測定した。心拍数は, スポーツ心拍計 (H7センサー; POLAR) を用いて測定した。血圧は, アネロイド血圧計 (501; ケンツメディコ社製) を用いて測定した。心臓位は, 立位姿勢で測定した。安静時における軽呼気息止め時の僧帽弁を control

\*1 九州大学大学院 人間環境学府

\*2 鳥取短期大学 生活学科 食物栄養専攻

\*3 吉備国際大学 社会科学部 スポーツ社会学科

\*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

\*5 関西福祉大学 教育学部 保健教育学科

(連絡先) 浮田優香 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 九州大学

E-mail : ukida.yuka.041@s.kyushu-u.ac.jp

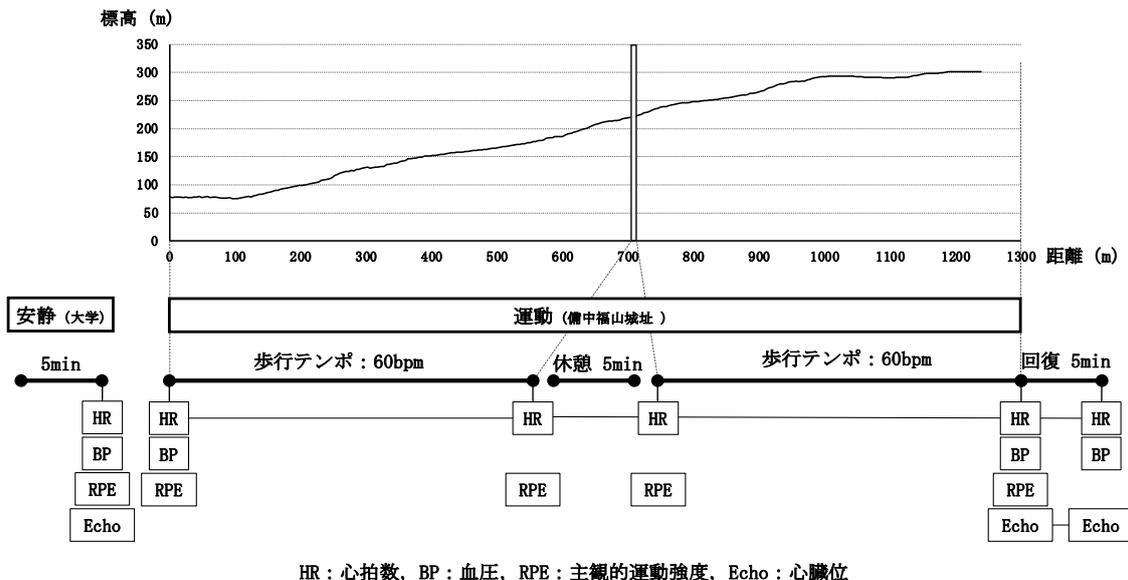


図1 測定プロトコル及び標高

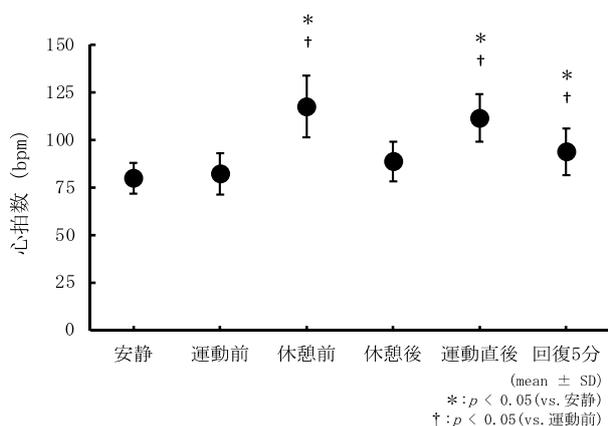


図2 心拍数の経時的変化

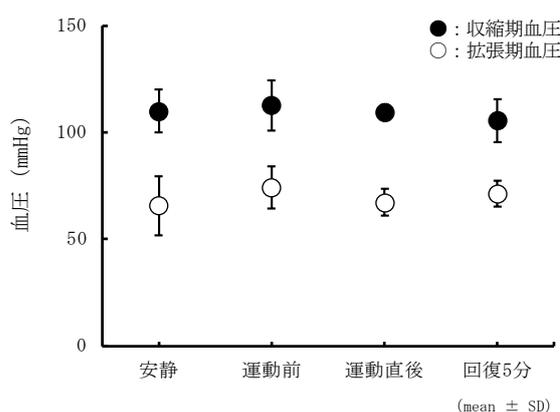


図3 血圧の経時的変化

とし、その変化量を計測した。登山の際、一回目の休憩は出発後20~30分、その後は40~50分に1回、5~10分程度のまとまった休憩をとることが推奨されている。このことから本研究では、出発20分後に休憩を実施した。休憩時の測定直前における勾配は11度であった。

統計処理は、IBM SPSS Statistics Version 23 for Macを用いた反復測定(対応のある因子)による一元配置の分散分析を行った。その後多重比較(Dunnett)を行った。有意水準は、5%未満とした。

3. 結果

図2に心拍数の経時的変化を示した。心拍数は、安静時:79.8±8.1bpm, 運動前:82.2±11.0bpm, 休憩前:117.7±16.1bpm, 休憩後:88.7±10.6bpm, 運動直後:

117.7±12.4bpm, 回復5分時:93.8±12.1bpmであった。安静時と比較し、休憩前、休憩後、運動直後において有意に高値を示した(p<0.05)。運動前と比較し、休憩前、運動直後、回復5分時において有意に高値を示した(p<0.05)。

図3に血圧の経時的変化を示した。収縮期血圧は、安静時:110±10.1mmHg, 運動前:112.7±11.8mmHg, 運動直後:109.7±3.4bpm, 回復5分時:105.7±10.1bpmであった。拡張期血圧は、安静時:65.7±13.8mmHg, 運動前:74.3±9.8mmHg, 運動直後:67.3±6.4bpm, 回復5分時:71.3±5.9bpmであった。血圧において有意な変化はみられなかった。

表1に心臓の位置変化量を示した。吸気時の心臓位は、息止め時と比較し自然呼吸において(1.8±4.9mm)右側へ、深呼吸において(9.3±7.9mm)右

表1 心臓の位置変化量 (mm)

	息止め時	自然呼吸	深呼吸	運動直後	回復5分時
吸気	0	-1.8±4.9	-9.3±7.9	2.7±11.4	-0.9±8.3
呼気	0	4.6±5.3	3.1±7.6	13.7±15.2*	5.3±10.5

(mean ± SD)

\*:  $p < 0.05$  (vs. control)

表2 RPEの経時的変化

安静	運動前	休憩前	休憩後	運動直後
6±0	6±0	11±1*†	8±1*†	11±2*†

(mean ± SD)

\*:  $p < 0.05$  (vs. 安静)

†:  $p < 0.05$  (vs. 運動前)

側へ、運動直後において(2.7±11.4mm)左側へ、回復5分時において(0.9±8.3mm)右側へ変化した。呼気時の心臓位は、息止め時と比較し自然呼吸において(4.6±5.3mm)左側へ、深呼吸において(3.1±7.6mm)左側へ、運動直後において(13.7±15.2mm)有意に左側へ( $p < 0.05$ )、回復5分時において(5.3±10.5mm)左側へ変化した。

表2にRPE血圧の経時的変化を示した。RPE(主観的運動強度)は、安静時:6±0、運動前:6±0、休憩前:11±1、休憩後:8±1、運動直後:11±2であった。安静時と比較し休憩前、休憩後、運動直後において有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。運動前と比較し休憩前、休憩後、運動直後において有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。

#### 4. 考察

主な呼吸筋は、横隔膜と肋間筋である。呼吸運動により胸郭が伸張・収縮することで肺が受動的に拡張・収縮し、空気は出入りする。呼吸に関連する筋肉には、横隔膜、外肋間筋、内肋間筋、腹筋群、胸鎖乳突筋などがある。この内、内肋間筋(中・後部)、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋、腹直筋は強制呼気に働く呼吸筋である<sup>4)</sup>。安静時吸気時における横隔膜の貢献度は大きい。一方で、運動強度が増加すると外肋間筋や胸鎖乳突筋などの呼吸補助筋群の働きが活発になる。上肢の支持による前傾姿勢において重力の影響を受け、腹部胸郭・腹部が拡張し機能的残気量(Functional Residual Capacity; FRC)は増加する<sup>5)</sup>。さらに、支持前傾立位において立位と比較しFRCは増加し、全肺気量の約60%となる<sup>6)</sup>。これらのことから立位姿勢と比較し前傾姿勢の方が、呼吸を行い易い姿勢であるといえる。呼気・吸

気負荷時の運動時において胸部呼吸運動のみに変化がみられた<sup>7)</sup>ことから、有酸素運動時において胸式呼吸が行われていると考えられる。これらのことから、運動後の立位姿勢における呼吸運動は胸式呼吸であり、FRCの不足を補うために腹筋群による呼気運動が促進され、心臓が左肺側へ変化したと考えられる。呼気筋力の増強により腹筋の収縮は、肺の膨張により伸長した横隔膜を挙上させる<sup>8,9)</sup>。左肺は右肺よりわずかに小さい<sup>10)</sup>。このことから、運動による呼吸運動の増加が呼気筋の活動を促進させ、横隔膜が挙上することにより、心臓が左肺側へ変化したと考えられる。

健康づくりに対する一般的な運動処方として最高心拍数の60~79%の中等度運動が推奨されている<sup>11,12)</sup>。本研究は、30分にわたる長時間の運動を実施したが、被験者の年齢から算出した最高心拍数の59.4±8.1%(休憩前、勾配6度)、56.4±6.3%(運動直後、勾配0度)であった。RPEも休憩前、運動直後において楽に感じる(RPEはそれぞれ12, 11)強度であり、本研究は低強度運動に値する運動であった。低強度運動時において呼吸に伴う横隔膜の動きにより心臓の位置を変化させることで、血流量(心拍出量)を調整する。これにより、心拍数の増加に対して血圧に変化がみられなかったと考えられる。

本研究では登山中における最高心拍数が152.8±7.2bpmであり、勾配は運動強度と関連がある<sup>1)</sup>。このことから、測定直前における勾配(11度)が心拍数を低下させたと考えられる。

登山だけでなく歩行や散歩といった低強度運動は、心臓の位置を変化させることにより血流を保持し、全身の血液循環を促進すると考えられる。怪我や障害等で下半身を動かさない状況にあっても、ハ

ンドエルゴメーターなどの上肢による低強度運動時に特に息を吐くことを意識することが血液循環の維持・促進につながると考えられる。

## 5. 結論

心臓位は、安静立位時と比較し運動直後の呼気時

において有意に左側へ変化した。低強度運動時において呼吸に伴う横隔膜の動きにより心臓の位置を変化させることで、血流量（心拍出量）を調整していると考えられる。このことから、福山城址登山は、運動による呼吸循環機能の維持、改善に有効な運動であると考えられる。

### 倫理的配慮

被験者には、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿って、研究の目的、方法、期待される効果、不利益がないこと、危険を排除した環境とすること、個人情報保護について説明を行い、研究の同意を得た。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：21-099）。

### 文 献

- 1) 山田容三：心拍数からみた山林労働者の歩行負担 (2). 京都大学, 59, 207-216, 1987.
- 2) Ukida Y, Wada T and Onodera S : The effects of breathing on changes in heart position in humans. 宇宙航空環境医学, 59(2), 2022(in press).
- 3) Borg G : Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98, 1970.
- 4) Suzuki S, Sato M and Okubo T : Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. *Thorax*, 50, 366-370, 1995.
- 5) 野添匡史, 間瀬教史, 杉浦みどり, 岡前暁生, 山本健太, 立栄智恵, 眞淵敏, 傳秋光 : 体幹前傾姿勢が肺気量位と呼吸運動に与える影響. 理学療法学, 34, 254-259, 2007.
- 6) 山本実穂, 野添匡史, 山本健太, 小林実希, 若林みなみ, 高嶋幸恵, 木原一晃, 間瀬教史 : 上肢を支持した前傾姿勢における肺・胸郭圧量曲線の特徴. 臨床理学療法研究, 34, 29-33, 2017.
- 7) Wase OL : Movement of the thoracic cage and diaphragm in respiration. *Journal of Physiology*, 124, 193-212, 1954.
- 8) Suzuki S, Suzuki J, Ishii T, Akahori T and Okubo T : Relationship of effort sensation to expiratory muscle fatigue during expiratory threshold loading. *American Review of Respiratory Disease*, 145(2), 461-466, 1992.
- 9) Stephens NL, Kroeger E and Mehta JA : Force-velocity characteristics of respiratory airway smooth muscle. *Journal of Applied Physiology*, 26, 685-672, 1969.
- 10) Tsai JZ, Chang ML, Yang JY, Kuo D, Lin CH and Kuo CD : Left-right asymmetry in spectral characteristic of lung sounds detected using a dual-channel auscultation system in healthy young adults. *Sensors*, 17(6), 1323-1334, 2017.
- 11) Fletcher GF, Balady CG, Blair SN, Blumen thal J, Caspersen C, Chaitman B, Epstein S, Sivarajan Froelicher ES, Froelicher VF, Pina IL and Pollock ML : Statement on exercise: Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. A statement for health professionals by the committee on exercise and cardiac rehabilitation of the council on clinical cardiology. *Circulation*, 94(4), 857-862, 1996.
- 12) Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW and King AC : Physical activity and public health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273(5), 402-407, 1995.

(2022年5月19日受理)

## The Effects of Low-Altitude Climbing on Heart Rate, Blood Pressure, and Heart Position

Yuka UKIDA, Takuma WADA, Terumasa TAKAHARA, Yasuko ISHIMOTO,  
Akira YOSHIOKA, Hidetaka YAMAGUCHI and Sho ONODERA

(Accepted May 19, 2022)

**Key words** : heart position, heart rate, blood pressure, climbing, standing

### Abstract

The aim of this study was to elucidate changes in the heart during low-altitude mountain climbing. Six healthy young adult males participated in this study. We measured HR, blood pressure, heart position, and RPE. Results were compared with those at rest. HR and RPE were increased significantly before rest, after rest, and immediately after exercise ( $p < 0.05$ ). Heart position changed significantly to the left during exhalation immediately after exercise ( $p < 0.05$ ). This suggests that blood flow is maintained by changing the position of the heart.

Correspondence to : Yuka UKIDA

Graduate School of Human-environment Studies

Kyushu University

744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0395, Japan

E-mail : [ukida.yuka.041@s.kyushu-u.ac.jp](mailto:ukida.yuka.041@s.kyushu-u.ac.jp)

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.32, No.1, 2022 179–183)