

運動中の息止めによる除脈と動脈血酸素飽和度の動態の比較

A Comparison of the Dynamics of Bradycardia and Arterial Oxygen Saturation Caused by Breath Holding During Exercise

海保 享代*, 窪山 泉**, 伊藤 拳**, 吉岡 耕一**, 渡辺 剛*

Takayo KAIHO*, Izumi KUBOYAMA**, Susumu ITO**
Koichi YOSHIOKA** and Tsuyoshi WATANABE*

1. 研究の背景

息止めにより起こる徐脈や末梢血管収縮は潜水反応 (diving response) と呼ばれている¹⁾。また息止めにより動脈血酸素飽和度は安静時に比べて一時的に低下することが知られている²⁾。したがって動脈血酸素飽和度の変化が息止めの除脈に関与している可能性が考えられる。そこで本研究では被検者に運動中に息止めを行わせ、心拍数と動脈血酸素飽和度の動態を比較した。さらに被検者としては鍛錬者と非鍛錬者の二者を選び、その間に違いがあるかも検討した。

2. 研究方法

(1) 被検者

被検者は健常な男性2名とし、鍛錬者(陸上部所属)の男性を被検者A(年齢22歳、身長175cm、体重63.3kg)、非鍛錬者(運動部無所属)を被検者B(年齢24歳、身長167cm、体重61.3kg)とした。被検者に対しては研究の趣旨を十分に説明し、書面にて同意を得て試験を実施した。

(2) 測定方法

動きやすい服装で軽めの準備運動を実施した後、経皮血液ガスモニタ(TOSCA500, Radiometer basel AG, Switzerland)のセンサーを耳朶に装着する。息止め中の正確な時間を測定するために呼吸ガス分析器(AE300s, ミナト医科学社製)のマスクを装着し、自転車エルゴメータ(REhor 500P, Groningen, The Netherlands)に乗らせた。また、息止めの鼻からの息漏れを防ぐためノーズクリップを装着した。被検者には試技中のペダリング回転数60rpmを維持するように指示した。7分間のウォームアップの後、ペダルにかかる負荷を3分間で、22W, 62W, 102Wのいずれかの値にまで上昇させ、その後5分おきに息止めを20秒間、計5回を行わせた。各人について1日に1試技とし、各負荷につき3回試技を行わせた。したがって息止め回数は各負荷につき15回行った。息止めの開始と終了の合図は測定者の合図により行った。実験は室温・湿度が一定の環境で行われた。

(3) 解析

測定項目は分時換気量、心拍数と経皮的動脈血

* 国士舘大学大学院スポーツシステム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

** 国士舘大学大学院救急システム研究科 (Graduate School of Emergency Medical System, Kokushikan University)

酸素飽和度とした。息止め終了直後をtime0とし、分時換気量はbreath-by-breath法で得られたデータを、心拍数と動脈血酸素飽和度は3秒間隔で測定された各データをプロットした。データの平均的な時間経過を推定するために、局所多項式による平滑化曲線を求めた。なお、息止め中の解析区間は被検者全てが息止めを行えた18秒までとした。

3. 結 果

図1は被検者A, Bの各負荷での分時換気量、心拍数と動脈血酸素飽和度の時間経過をプロットしたものである。太い実線は102W、点線は62W、細い実線は22Wの負荷における平滑化曲線を示している。鍛錬者である被検者Aは22Wでは息止め後動脈血酸素飽和度、心拍数の変化は見られなかった。62W、102Wと負荷が上がるほ

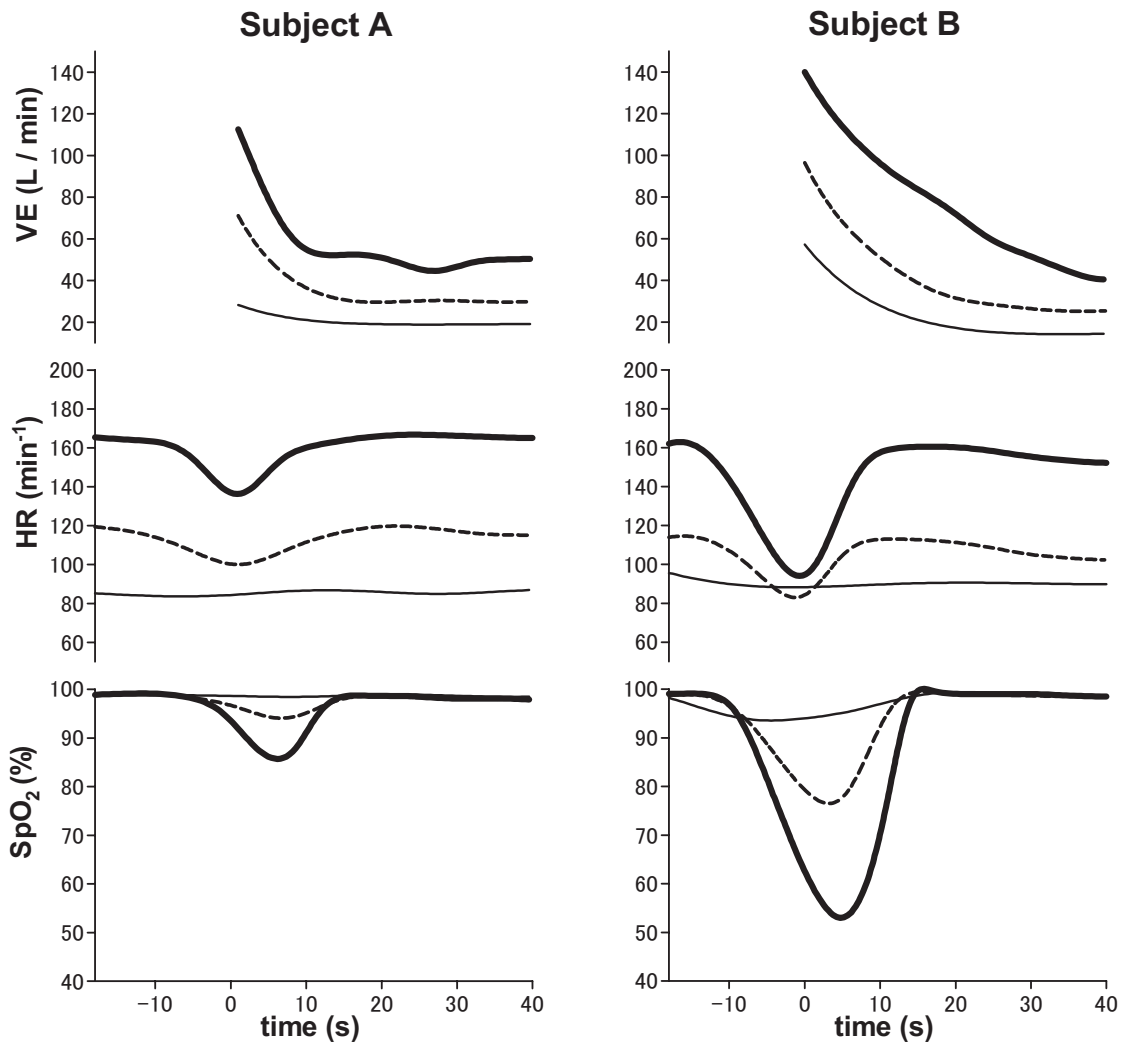


図1 息止め中およびその後の分時換気量 (VE)、心拍数 (HR) と動脈血酸素飽和度 (SpO₂) の時間経過 (実線: 102W、点線: 62W、細線: 22W)

ど心拍数の定常値は増加し、息止め開始後約10秒後から減少し、ほぼ呼吸再開時から回復した。一方動脈血酸素飽和度は心拍数に遅れて減少し、呼吸再開後約7秒で最小となった。被検者Aの分時換気量は62Wと102Wにおいて呼吸再開直後に増大し、約10~20秒で定常値に回復した。一方、被検者Bの心拍数は運動負荷による定常値は被検者Aと同程度であったが、息止めにより著しく減少した。動脈血酸素飽和度も同様に被検者Aよりも息止めにより著明に減少した。被検者Bの分時換気量は被検者Aに比べ呼吸再開後の増大が大きく、定常値に回復するまで30~40秒要した。

4. 総 括

被検者A, B共に息止めにより心拍数と動脈血酸素飽和度の減少が見られ、それは負荷強度が上がるにつれ顕著になった。呼吸再開後の分時換気量の一過性の増大も同様の負荷強度の依存性が見られた。息止めによる心拍数の減少はいわゆる潜水反応 (diving response) と考えられる¹⁾。この

心拍数の減少は動脈血酸素飽和度の減少に先行して起こった。さらに心拍数は呼吸再開後速やかに回復したが、動脈血酸素飽和度の減少は呼吸再開後も5秒ほど続き最低値となった。したがって息止め時の心拍数の減少は呼吸ガスの変化による化学受容器を介する反射ではなく、呼吸停止そのものによる反応であることが示唆された。

また、非鍛錬者である被検者Bの方が鍛錬者の被検者Aよりも3つの指標について顕著な反応を示した。これは主に両者の心肺機能の差によると思われるが、今後被検者数を増やして検討する必要がある。

参考文献

- 1) Foster GE, Sheel AW : The human diving response, its function, and its control, *Scand J Med Sci Sports*, 15 : 3-12, 2005.
- 2) Andersson JP, Linér MH, Rünow E, Schagatay EK : Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers, *J Appl Physiol*, 93 (3) : 882-886, 2002.