

論文内容要旨

The prefrontal oxygenation and ventilatory responses at start of one-legged cycling exercise have relation to central command

(片脚サイクリング運動開始期にみられる前頭前野酸素動態および呼吸応答は中枢コマンドと関連する)

Journal of Applied Physiology, 2016, in press.

主指導教員：松川 寛二教授

(基礎生命科学部門 生理機能情報科学)

副指導教員：濱田 泰伸教授

(統合健康科学部門 生体機能解析制御科学)

副指導教員：片岡 健教授

(統合健康科学部門 成人健康学)

浅原 亮太

(医歯薬保健学研究科 保健学専攻)

[背景]

運動開始時にみられる呼吸循環応答は、主に高位中枢から下降するコマンド（セントラルコマンドと呼ぶ）により制御される。セントラルコマンドによる呼吸循環応答は活動筋量に依存することが知られている。セントラルコマンドの発生源は明らかでないが、解剖学的研究や電気生理学的研究により大脳皮質前頭前野は関連領域であることが報告された。前頭前野の組織中酸素化ヘモグロビン動態を近赤外分光法（near-infrared spectroscopy, NIRS）で調べた研究において、両脚サイクリング運動を自発的に開始する際、運動開始に先行して前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度（Oxygenated-hemoglobin, Oxy-Hb）は上昇することが報告された。Oxy-Hbの上昇はセントラルコマンドに関連している可能性があるが、この上昇が呼気終末炭酸ガス分圧（End-tidal carbon dioxide tension, ET_{CO}₂）の上昇により生じた可能性も考えられる。本研究では、(1) 片脚サイクリング運動においても両側性に前頭前野 Oxy-Hb 上昇が生じるか、(2) Oxy-Hb 上昇が ET_{CO}₂ 上昇によって生じるか、(3) Oxy-Hb 上昇が運動強度や活動筋量に依存するか、そして (4) 運動開始前に活性化されたセントラルコマンドは運動開始期の換気亢進を誘発するかを調べることを目的とした。また運動筋からの機械受容器反射が前頭前野 NIRS および呼吸循環応答に与える影響を他動的サイクリング運動を用いて調べた。運動イメージにより、運動に類似した筋組織血流量上昇や呼吸応答が生じることが報告されている。そこで、最後に片脚サイクリング運動の精神イメージを行った際にみられる前頭前野 Oxy-Hb 応答を調べた。

[方法]

15名の右利き健常者（男性13名、女性2名；年齢 25 ± 1 歳；身長 171 ± 2 cm；体重 65 ± 2 kg）を対象とした。NIRSで、前頭前野のOxy-Hbおよび脱酸素化ヘモグロビン濃度（Deoxygenated-hemoglobin, Deoxy-Hb）変化を記録した。呼気ガス分析装置で呼吸数、一回換気量、分時換気量およびET_{CO}₂を測定した。指尖連続血圧計で、心拍数、平均動脈血圧、一回拍出量、心拍出量および総末梢血管抵抗を測定した。被験者は、2つの開始様式（Arbitrary及びCued）での随意的片脚サイクリング運動（最大運動強度の30-35%負荷）、そして他動的片脚サイクリング運動を1分間行い、それらの応答を比較した。Arbitrary運動では、運動開始に先行してセントラルコマンドが活性化される。Cued運動では、運動開始に先行したセントラルコマンドの活性化は生じない。さらに、自覚的運動強度を一致させた条件で、片脚および両脚サイクリング運動時のNIRS応答を比較した。また、1分間の片脚サイクリング運動の精神イメージを行った。

[結果]

Arbitrary運動、Cued運動共に運動開始期に分時換気量の増大を認めたが、その増加はArbitrary運動で有意に大きかった。ET_{CO}₂は運動開始期に減少し、この応答は2つの開始様式で違いを認めなかった。運動開始期の心拍数の上昇は、Cued運動と比べArbitrary運動で有意に大きかった。運動開始期の平均動脈血圧の応答に関してCued運動とArbitrary運動で違いを認めたが、総末梢血管抵抗の減少は同程度であった。Arbitrary運動開始直後に前頭前野のOxy-Hbは上昇したが、Cued運動では有意な増加は観察されなかった。Deoxy-Hbは、いずれの運動中に有意な変化を示さなかった。運動開始期における前頭前野のOxy-Hb上昇応答は、自覚的運動強度を一致させた場合、片脚サイクリング運動と両脚サイクリング運動で違いを認めなかった。他動的サイクリング運動により、分時換気量は増加したが、前頭前野Oxy-Hbは変化しなかった。片脚サイクリング運動イメージにより、分時換気量の増加を認めたが、前頭前野Oxy-Hb上昇を認めなかった。

[考察および結語]

運動開始期における分時換気量の増加は、Cued 運動と比較して、Arbitrary 運動でより大きくなった。この結果は、運動開始前に活性化されたセントラルコマンドが運動開始期の呼吸応答に貢献することを示唆した。先行研究と同様に、Arbitrary 運動の開始期にみられた前頭前野の Oxy-Hb 上昇は、ETCO₂ の増加や活動筋からの反射により誘発されたのではなく、セントラルコマンドに関連した変化であると考えられた。しかしながら、前頭前野の Oxy-Hb 上昇応答は、活動筋量に依存して変化することではなく、一様の応答を示した。以上の所見から、前頭前野はセントラルコマンドの直接の発生源ではなく、セントラルコマンド発生源を活性化するトリガーの役割を果たしていることが示唆された。