

運動準備期中枢性循環調節と大脳皮質運動野との関連について 近赤外分光法による脳酸素動態からの検討

日大生産工 岩館 雅子

1. 緒言

現代社会において、日常的な身体活動の機会が減少し、すべての人々にとって意図的運動の実施が極めて重要である。しかし、「動く」ことに対する身体適応のメカニズム、特に「安全性」確保において不可欠であり、多数の因子が複雑に作用する運動時の循環調節機序は十分明らかにされていない。そのなかで、高位中枢である大脳皮質領域の脳活動が、運動時の循環調節にどのように関連しているかという点については殆ど明らかにされていない。しかし、ヒトの行動を決定する大脳皮質領域の脳活動と循環調節の関連を明らかにすることは、脳の健康も含めて安全かつ効果的な運動処方を行う上で重要であると考えられる。

これまでに我々は、運動時の中枢性循環調節における大脳皮質領域の関連を解明することを目指し、ヒトを対象に非侵襲的脳機能計測法を用いて大脳皮質領域の活動を捉え、循環反応との対応を検討してきた。特に、運動開始前の準備期に着目し、筋収縮に伴う末梢性の循環調節がない状態で中枢性の循環反応を誘発できる、「運動の予測」に伴う心拍上昇と大脳皮質領域の活動の関連を検討した。また、大脳皮質領域のなかでも、運動準備と大きく関連する運動野領域に注目し、この部位における皮質活動を機能的近赤外分光法（fNIRS: functional Near-Infrared Spectroscopy）による脳血流信号変化から捉えた。fNIRSは、非侵襲的に高い時間分解能で脳血流信号を記録できることから、近年、運動課題や認知課題における脳活動の評価に適用されており¹⁾、心拍数や血

圧などの変動しやすい循環反応との対応を検討するには、現段階では最も適した脳機能計測法である。

本報告では、運動準備期における大脳皮質運動野の脳血流信号から推察される皮質活動と心拍数、平均血圧、心拍出量、筋血流動態の対応関係から、中枢性循環調節と大脳皮質運動野の関連についての知見を報告する。

2. 実験方法

(1) 被験者

右利きの健康な成人女性 13 名を対象とした[年齢：22 ± 1 歳(平均値 ± 標準偏差)、身長：159 ± 4cm、体重：59 ± 9kg、掌握運動による随意最大筋力(MVC)：22 ± 1kg]。

(2) 実験条件と手続き

本研究は、静的掌握運動を行わない対照条件と運動を行う運動条件の 2 条件で構成されている(図 1)。図 1 に示すように、約 2 分間の安静の後に、1Hz の音信号を発生させ(図 1 の A)、その 10 秒後に「計数開始」の指示が与えられた。指示と同時に、被験者は音信号にあわせて 1, 2, 3, と信号音を数え始め(図 1 の B)、50 回まで数えた後、再び 1 から 10 まで数えた(図 1 の C)。計数時には声を出したり、回数を予測したりせずにいいに数えること、また実験終了後に数えた数の合計値の回答を求めること等を説明した。対照条件では、「掌握運動を行わない条件であるので、安静にして計数作業をする」よう教示した。運動条件では、運動条件の前に運動時に用いる中強度の運動

負荷(随意最大筋力の 30% に当たる負荷 ; 30% MVC) の確認と運動の仕方を練習した後 , 「運動を行う条件であるので , 1 から 10 までの再計数作業と同時に右手の掌握運動を行なう」よう教示した。本研究では , 対照条件を 1 試行おこなった後 , 運動条件を 1 試行おこなった。

(3) 測定項目

大脳皮質運動野周辺における , 酸素化ヘモグロビン (oxyHb) , 脱酸素化ヘモグロビン (deoxyHb) および総ヘモグロビン (totalHb) の変化を近赤外分光装置 (OMM3000 , 島津製作所) により計測した。循環応答の指標として , 心拍数 (HR) , 平均血圧 (MAP) , 心拍出量 (CO) を同時に計測した。さらに , 掌握運動時には主働筋となる前腕屈筋群の酸素動態 (oxyHb , deoxyHb および totalHb) を , 近赤外分光装置 (NIRO200 , 浜松ホトニクス) 用いて計測した。

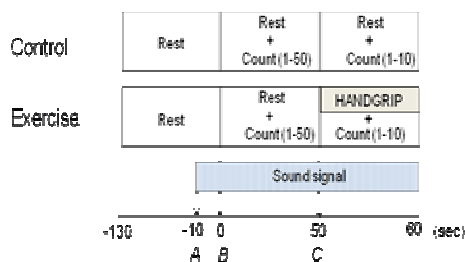


Fig. 1. Experimental protocol

A: start of sound signal; B: start of counting the sound signal from one to fifty; C: re-start of counting from one to ten while subjects in Control condition was quietly sitting and the subjects in Exercise condition was sustaining static handgrip contraction.

3. 結果

運動準備期における左運動野周辺の酸素動態については , 運動条件では , 対照条件に比べ oxyHb および totalHb が高く , また安静時基準値よりも高くなっていた。一方 deoxyHb は低下傾向を示すがほぼ基準値に近く , また条件間の相違がみられなかった。また , 運動準備期における HR , MAP および CO の変化については , 運動条件の HR および CO は , 安静時よりも高く , また対照条件よりも高い値を示した。一方 , MAP については 2 条件間の差がみられなかった。さらに , 右前腕屈筋群における酸素動態の変化に

ついては , oxyHb および deoxyHb において条件間の相違がみられた。oxyHb では運動条件が対照条件よりも高く , deoxyHb では運動条件の方が低いという相違がみられた。

4. 考察とまとめ

運動準備期において , 大脳皮質運動野酸素化動態 , HR , CO および筋酸素化動態において , いずれも対照条件との間に有意な差がみられた。運動野酸素化動態における oxyHb および totalHb の上昇 , deoxyHb の低下傾向は , 神経活動賦活に伴う血流増加を反映すること²⁻³⁾から , 運動条件では運動開始前から運動開始を予測したことにより , 運動野領域の脳活動の亢進が生じたものと考えられる。また , これと同時に , HR の上昇および CO の増加および , 筋血流速度上昇を示す筋酸素化動態変化がみられた。このことから , 運動開始前の準備期には , 大脳皮質運動野の脳活動の亢進と , 交感神経活動亢進に伴う心拍数の上昇 , 心拍出量増加および活動肢の筋血流速度上昇が共に生じるという仕組みがあると推察された。

参考文献

- 1) Hoshi Y, Tamura M : Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity. J Appl Physiol, 1993, 75 : 1842-1846.
- 2) Hoshi Y, Kobayashi N, Tamura M : Interpretation of near-infrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model. J Appl Physiol, 2001, 90 : 1657-1662.
- 3) Fox PT, Raichle ME : Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. Proc Natl Acad Sci U S A, 1986, 83 : 1140-1144.