

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：57101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11353

研究課題名（和文）ヒト運動抑制機能へ運動強度が及ぼす影響について

研究課題名（英文）Effects of acute aerobic exercise on the motor inhibitory process

研究代表者

赤塚 康介（Akatsuka, Kosuke）

久留米工業高等専門学校・一般科目（文科系）・准教授

研究者番号：50514006

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、軽強度の有酸素運動がヒトの運動抑制機能にどのような影響を及ぼすのか検討した。実験では、ヒトの運動抑制過程を観察する上で最適な方法の一つであるgo/no-go課題を用いてNIRSによる測定を行った。その結果、軽強度で有酸素運動を行った後には運動抑制に関連する脳部位の酸化ヘモグロビン濃度が運動前と比較して増大することが分かった。酸化ヘモグロビン濃度が増大したことは、軽強度の有酸素運動がヒト運動抑制機能に効果的な影響を与えることを示唆するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、適度な強度の運動が前頭葉の持つ認知機能などに効果的な影響を与えることを示す研究が多く行われてきた。本研究では、高齢者や障害を持っている方等も遂行できるような軽強度の運動が前頭葉の持つ機能の一つである運動抑制機能にどのような影響を与えるか示したものである。軽強度の運動においても脳に対して、効果的な影響を与えることを示唆することができた。

研究成果の概要（英文）：We succeeded in measuring enhanced oxy-Hb elicited by go/no-go tasks after mild aerobic exercise set at 30% of the subject's maximum heart rate as calculated by Karvonen's formula, for 10 min. Enhanced oxy-Hb reflected an improvement in the human motor inhibitory process, one of most important human cognitive functions. Even mild exercise intensity could trigger changes in brain functions, which clearly demonstrates that people should participate actively in exercise to maintain or improve cognitive functions in daily life.

研究分野：運動生理学

キーワード：前頭葉 抑制機能 運動 近赤外分光法

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトと動物との大きな違いの一つとして、前頭前野の発達度の差が挙げられる。ヒトの前頭前野は大脳皮質を広く占有しており、ネコやイヌではかなり狭くなり、ラットなどではごく小さい領域になってしまう。したがって、ヒトがヒトらしくあるためにはこの前頭前野の活動がなくてはならないものである。

前頭前野は脳の様々な部位から情報を集めており、大脳皮質連合野からの視覚、聴覚、体性感覚情報や、海馬・扁桃核で処理された情報、視床からの情報を処理している。そのため、前頭前野は思考や創造を担う脳の中枢機関であり、意欲や情動、記憶といったヒトにとって非常に重要な役割を果たしている部位である。前頭葉に障害が出てしまうと運動麻痺や運動性失語、保持、使用行為や模倣行為、発動性低下、注意障害、遂行機能障害、情動や人格の変化など様々な影響が現れ、認知症などにおいても前頭前野の活動の低下が示唆されている。

また、もう一つの重要な機能として抑制機能が挙げられる。ヒトは生きていく上で、様々な事象に物理的・精神的価値を追求し、自らの生理的・精神的・社会的欲求を満たそうと行動する。しかしながら、各個人がそれぞれの欲求を満たすためだけに行動をしたのであれば、人間社会は機能的にうまく歯車が回らない。ヒトはそのために、自らの欲求や行動を抑制することによって、社会を形成している。

この目的志向性に伴う「抑制」行動は、他の動物にはないヒト特有の性質とも言える。しかし、最近社会問題化しているのが、「すぐキレル」ヒトが多いことである。ちょっとしたことで突発的に感情のコントロールを失うのがキレルの一つの特徴である。それは、持続的な怒りの感情とは区別される。一時的に、溜まっていた物のはけ口を見つけて、その場の一瞬の出来事や発言で、頭がカーッと突発的に何をかわからない。本来ヒト特有の目的志向性を支える「自己の行動をコントロールする」ことができず、大きな社会問題化しているこの時代において、「自己抑制に関する脳の働き」について研究することは、我々自身である「ヒト」を知ることになり、またその社会的意義は非常に大きいと考えられる。

### 2. 研究の目的

ヒトとして生きていくために最も重要な部位である前頭前野に関しては、多方面から様々な研究が行われてきており、その詳細について日々明らかになってきているところである。そのような中で、前頭前野と運動の関係についても研究が進められ、行動実験によって注意力の増大や反応時間の短縮などが分かってきており、運動が脳の認知機能に有益な影響を与えることが示唆されてきている(Hillman et al, 2008)。また、ヒトの脳高次機能に関して非侵襲的に検討することのできる脳波(EEG; Electroencephalography)を用いて運動による脳活動への影響を研究した報告も多くあり、認知的な成分であると言われている P300 の振幅の増大や潜時の低下などが示唆されてきている(Kamijo et al, 2004)。また、我々のグループは中程度の有酸素運動を行うと前頭前野の持つ認知機能の一つである抑制機能に対して効果的な影響を与えることを報告した(Akatsuka et al, 2015)。したがって、前頭前野が果たしている役割に対して運動がどのような影響を与えているのかを研究していくことは非常に有用なことでありと考えられる。

しかし、我々の研究や多くの研究で行われている運動による認知機能への影響を調べた実験では、有酸素運動の強度を中程度に設定していることが多く、認知機能の改善や維持を目標としている高齢者や療養中の低体力者には容易ではない。そのため、高齢者や低体力者が行えるような低強度の有酸素運動においても前頭前野の持つ機能に対して影響があるのか運動強度や運動時間を変えて多角的な方面からアプローチを試み成果を積み重ねていくことが必要である。

そこで、本研究においては近年の科学技術の急速な進歩によって得られた、空間的解像力に優れた近赤外スペクトロスコピー(Near-infrared spectroscopy: NIRS)を用いて、ヒト脳における前頭葉の機能を非侵襲的に計測し、有酸素運動の強度が前頭葉の持つ自己抑制機能にどのような影響を与えるのか、解明することを目的とする。NIRS は、空間的解像力という点では機能的磁気共鳴断層画像法(functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI)に劣るが、計測機器の可搬性、被験者の頭部を固定しなくてよい、計測中の体動が可能、安価といった点で今回のような運動を伴う実験には最適である。

### 3. 研究の方法

ヒトの随意運動の抑制過程については、実際の筋電図の発火が生じず、行動として発現されないため、その脳内神経ネットワークを解明することは非常に困難なことであったが、近年の科学技術の急速な進歩によって得られた、脳機能イメージング技法を用いることによって、ヒト脳の運動抑制過程にアプローチする研究が可能になってきた。この抑制過程に関する研究では、被験者が Go/No-go task と呼ばれる課題を行なっている間に脳機能を計測する。Go/No-go task は、2種類の刺激を被験者に無作為に与え、1つの刺激を Go 刺激とし、その刺激が呈示された際には被験者が反応動作を実行し、もう一方の Nogo 刺激が呈示された際には反応動作を実行しない、という課題である。Go 刺激が呈示された試行では、運動遂行過程を検討することができ、反対

に Nogo 刺激が呈示された試行では、運動抑制過程を検討することができる。このことから、反応動作を行わない Nogo 試行時において、生理学的手法を用いて脳反応に着目することによって、抑制過程への運動の影響について観察することができる。

具体的には、NIRS を用いて Go/No-go task による運動抑制機能が 30% 強度の低強度の運動により、どのような影響を受けるのか実験を行った。被験者には、二つの実験(安静条件・運動条件)を行ってもらった。安静条件では、まず安静時に Go/No-go task を行い、そのまま 15 分間座位のまま安静状態を保ってもらい、その後再び Go/No-go task を行った。運動条件では、安静条件同様にまず Go/No-go task を行った。その後、10 分間の自転車運動を行ってもらい、その後再び Go/No-go task を行った。このときの運動強度は、カルボーネン法を用いて設定した 30% 強度とした。NIRS について、先行研究により No-go 試行時には右前頭前野が活発に活動するという報告があるため、酸素モニターは右前頭前野をカバーする Fp2 に設置した。NIRS により測定した酸化ヘモグロビンについては、Go block 開始後 14 - 24 秒間をベースラインとして設定し、Go/no-go block 開始後 4-24 秒間の酸化ヘモグロビンのピーク値を測定した。Go block をベースラインとして設定することにより、Go/no-go block での運動抑制の反応が残ると考えられる。

#### 4. 研究成果

Go/No-go task における Go 反応に対する反応時間については、安静条件、運動条件いずれも差はなかった。有意差までは出なかったが、運動条件の運動後には反応時間が早くなる傾向が見られた。誤答率についても、いずれも有意な差はなかった。

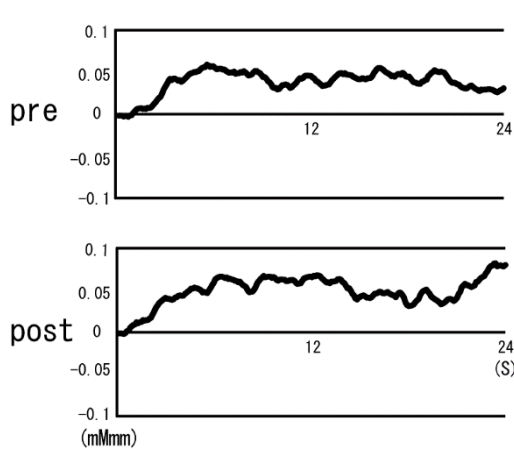


図1 運動条件の前後

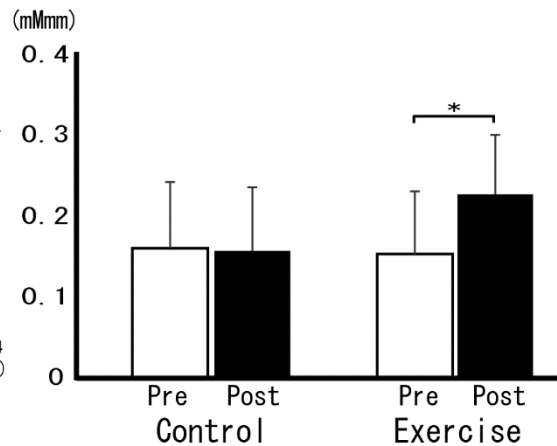


図2 酸化ヘモグロビンのピーク振幅値

図1は、運動条件の前後での全被験者の平均波形である。運動後の方が波形が大きくなっている傾向が見られる。図2は、各条件での酸化ヘモグロビンのピーク振幅値の平均を表している。安静条件においては、有意な差はないが、運動条件において、運動前より運動後の方が有意に酸化ヘモグロビン濃度が増加した。これまでの、先行研究においては認知機能と運動強度との間にはU型の関係があるとされてきた。つまり、適度な運動強度には効果的な影響を受けるが運動強度が強すぎたり弱すぎると影響を受けないか逆効果になってしまうというものである。しかしながら、今回の実験での30%強度という軽い運動強度でも運動抑制に関わるような部位の酸化ヘモグロビン濃度は増加した。したがって、運動抑制機能に関しては軽い運動でも効果があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akatsuka Kosuke, Mitsuzono Ryouichi, Yamashiro Koya	4. 巻 34
2. 論文標題 Effects of acute aerobic exercise on the motor inhibitory process in the go/no-go task in humans: a functional near-infrared spectroscopy study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 209 ~ 213
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/WNR.0000000000001876	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 赤塚康介
2. 発表標題 近赤外分光法を用いたヒト 運動抑制機能への軽運動の影響
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第73回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------