

平成30年5月3日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12687

研究課題名(和文) 一人で運動を行うことは脳に悪いのか？ 運動が記憶機能に与える影響に注目して

研究課題名(英文) The effects of acute aerobic exercise on memory function

研究代表者

紙上 敬太 (Kamijo, Keita)

早稲田大学・スポーツ科学大学院・講師(任期付)

研究者番号：20508254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：ストレス研究では、想起プロセスの前にストレスを与えた場合、コルチゾールの上昇とともに記憶機能が低下することが示されている。よって、想起プロセスの前に運動を行わせた場合には記憶機能は低下するはずである。本研究では、想起プロセスの前に行わせた運動が記憶機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。その結果、コルチゾールは有酸素運動後に上昇したにもかかわらず、記憶パフォーマンスは仮説に反し、運動条件と安静条件で異ならなかった。これらの結果から、一過性有酸素運動後にはストレスによるネガティブな影響を軽減する何らかのメカニズムが働いていることが示唆される。

研究成果の概要(英文)：Stress studies have indicated that stress, which results in increases in cortisol, before retention testing reduces retrieval performance. Accordingly, exercising before retention testing should deteriorate memory performance. This study examined the effects acute aerobic exercise that was performed before retention testing on memory function. Contrary to my hypothesis, results indicated that memory performance did not differ between exercise and rest conditions, even though salivary cortisol increased after aerobic exercise. These results suggest that the negative effects of stress on memory function might be canceled by some kind of mechanisms after acute aerobic exercise.

研究分野：運動心理学

キーワード：運動 記憶 コルチゾール

1. 研究開始当初の背景

動物研究では、運動が海馬のニューロン新生をもたらし、記憶機能を向上させることが示されている (van Praag et al., 1999)。しかし、この運動のポジティブな効果が生じるのはグループで運動を行わせた場合に限るようである。単独で運動を行わせた場合には、運動のストレスの影響が大きくなり、ニューロン新生が阻害されることが報告されている (Stranahan et al., 2006)。この結果をそのままヒトに適用できるであろうか。

このような社会的インタラクションの違いによって、運動がヒトの記憶機能に与える影響が異なるのかを明らかにすること当初の研究目的であった。この目的の達成には、運動のストレスによって記憶機能が低下することを示し (研究 1)、このネガティブな運動の影響が社会的インタラクション (二人で運動すること) によって軽減されるかを検討する (研究 2) 必要がある。

記憶は大きく分けて記録・保持・想起の 3 つのプロセスから構成される。先行研究では、記録・保持プロセスの前後に運動を行わせた場合、記憶機能が向上したことが示されている (Riog et al., 2013)。しかし、想起プロセスに焦点を当てた研究は報告されていない。一方、ストレス研究では、想起プロセスの前にストレスを与えた場合、コルチゾールの上昇とともに記憶機能の低下が認められている (Kuhlmann et al., 2005)。つまり、想起プロセスの前に運動を行わせた場合には記憶機能は低下するはずである。この点を明示することが研究 1 の目的であった。

しかしながら、研究 1 では「運動のストレスによって記憶機能が低下する」という仮説が支持されなかった。仮説に反する結果が得られた理由としてサンプルサイズが影響している可能性が考えられたため、時間の許す限りサンプルサイズを増やした。このように、

研究 1 の仮説が支持されなかったこと、当初の予定よりサンプルサイズを増やしたため、大幅な時間延長となったことから研究 2 に進むことができなかった。そこで、本報告書では研究 1 の成果を報告する。

2. 研究の目的

想起プロセスの前に行わせた運動が記憶機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 参加者

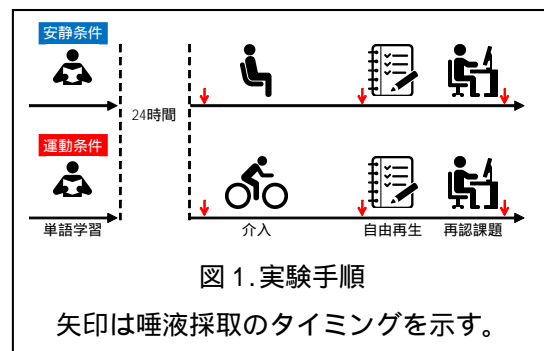
健康な男子大学生 32 名が本研究に参加した。すべての実験条件に参加しなかった参加者 4 名を除外し、28 名 (平均年齢 22.9 歳) を分析の対象とした。本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」から承認を得て実施した。すべての参加者に対して実験の趣旨、方法と本実験に関わる安全性について十分な説明を行い、書面

によるインフォームド・コンセントを得た。

(2) 実験手順

実験手順を図 1 に示す。本研究は安静条件と運動条件からなる。安静条件と運動条件を行う順序は参加者間でカウンターバランスした。各介入の 24 時間前に 60 語の単語を学習させた。運動条件では単語学習の 24 時間後に 30 分間の運動を行わせ、その後自由再生課題 (24 時間前に学習した単語をできる限り多く筆記する課題) と再認課題 (提示された単語が記憶した単語かどうかを判断させる課題) を行わせた。同様に、安静条件では 30 分間の座位安静後に両課題を行わせた。

唾液コルチゾールを用いて運動のストレスを評価した。ストレス研究 (Kuhlmann et al., 2005) に従い、唾液を採取するタイミングは、介入の前 (Pre-test) と後 (Post 1)、記憶課題の後 (Post 2) とした。運動強度は唾液コルチゾールが増加する最大酸素摂取量の 75% とし、唾液コルチゾールがピークに達する運動 (安静) の 15 分後に自由再生課題を開始した。



(3) 記憶課題

五島・太田 (2001) の漢字二字熟語 (「道路」「恐怖」など) のリストから、本記憶課題で使用する 240 語を選出した。これらの単語を使用して、60 語からなる 4 セットの単語リストを作成した。各単語リストは、使用頻度、感情価、学習容易性、心像性が均等となるように作成された。単語リスト 4 セットのうち、2 セットは学習フェイズで使用し、あとの 2 セットは再認課題の未学習語として使用した。

学習フェイズでは、コンピュータモニタに 2 秒毎に提示される 60 語の単語を記憶するように教示した。その直後に自由再生を行わせた (直後再生)。テストフェイズの自由再生課題では、24 時間前に学習した単語をできる限り多く筆記するように教示した (遅延再生)。直後再生時の単語数を遅延再生時の単語数で除した再生率を自由再生課題のパフォーマンスとした。

再認課題では、コンピュータモニタに提示された単語が 24 時間前に学習した単語である場合は右手でボタンを押し、学習した単語ではない場合は左手でボタンを押しように

教示した。再認課題のパフォーマンスは、ヒット（学習語に対して正しく反応した）率とフォルスアラーム（未学習語に対して誤った反応をした）率とした。

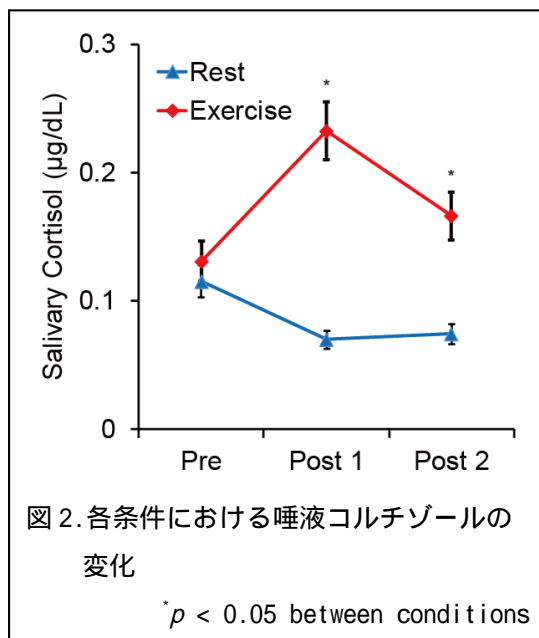
(4) 統計検定

自由再生課題の再生率、再認課題のヒット率、フォルスアラーム率の条件間比較には対応のある t 検定を用いた。唾液コルチゾールの検定には、条件（安静・運動） \times 時間（Pre・Post 1・Post 2）の 2 要因による反復測度の分散分析を用いた。

4. 研究成果

(1) 唾液コルチゾールの変化

各条件における唾液コルチゾールの変化を図 2 に示す。分析の結果、Pre-test では条件間に差が認められなかったが、 $t(27) = 0.8$, $p = 0.4$ 、Post 1 と Post 2 では唾液コルチゾールは運動条件で有意に高かった、 $t_s(27) \geq 5.0$, $p_s < 0.001$ 。この唾液コルチゾールの変化は上述のストレス研究（Kuhlmann et al., 2005）と類似している。本研究では、唾液コルチゾールが増加した状態で記憶パフォーマンスがどのように変化するかを明らかにすることを目的としており、唾液コルチゾールの結果はこの前提条件を満たしことを示している。



(2) 記憶パフォーマンス

各条件における自由再生課題の再生率の平均値を図 3 に、再認課題のヒット率の平均値を図 4 に、フォルスアラーム率の平均値を図 5 に示している。すべての指標において、条件間で差は認められなかった、 $t_s(27) \leq 0.5$, $p_s \geq 0.6$ 。

このように、コルチゾールの変化はストレス研究と同様であったにもかかわらず、仮説に反し、記憶パフォーマンスは運動条件と安静条件で異ならなかった。「一過性運動がな

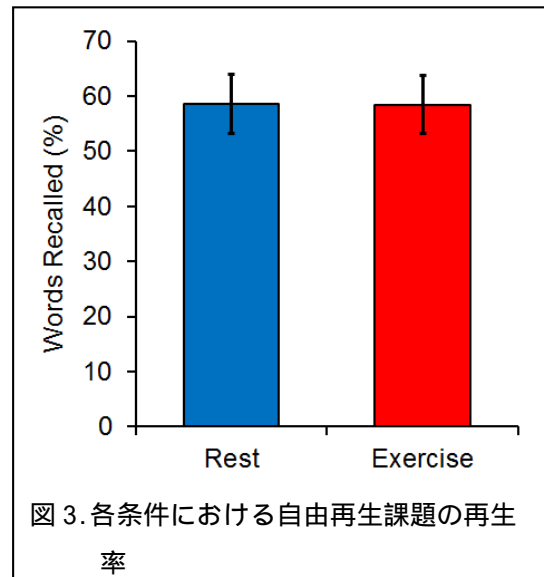


図 3. 各条件における自由再生課題の再生率

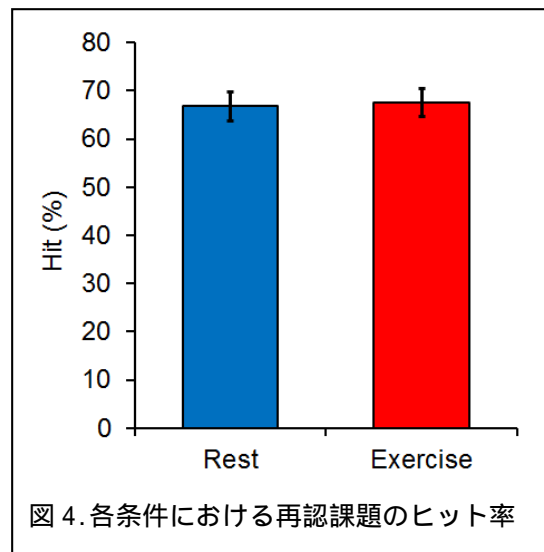


図 4. 各条件における再認課題のヒット率

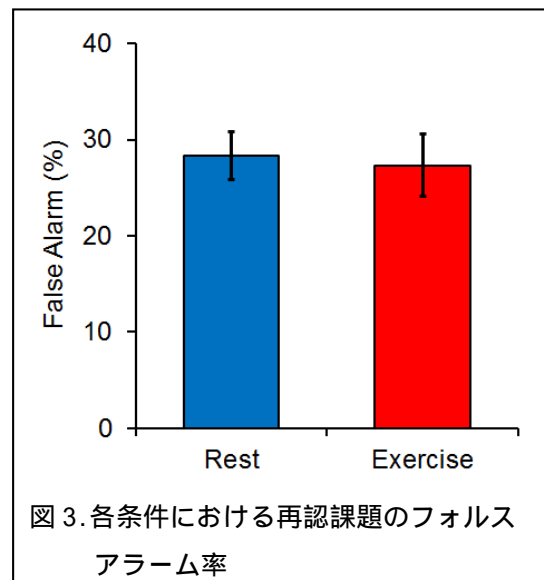


図 3. 各条件における再認課題のフォルスアラーム率

ぜ脳機能に影響を与えるのか」そのメカニズムに関してはよく分かっていないが、運動による脳血流、カテコラミン、神経栄養因子（e.g., BDNF, IGF-1）の変化などが関わっ

ていることが示唆されている (Pontifex et al., in submission)。本研究結果から、一過性有酸素運動後にはこのような何らかのメカニズムが働き、ストレス(コルチゾールの上昇)による記憶機能へのネガティブな影響を軽減する作用が働いていることが示唆される。本研究結果は、単に null effect(運動の効果がないこと)を示したのではなく、ストレスによるネガティブな影響を運動が打ち消したことを示したものであると考えることができる。本研究を発展させることにより、運動が脳機能に与えるメカニズムの解明に貢献する研究に繋げることができると考えている。本研究のような、いわゆるネガティブデータを発表することは、ポジティブデータを発表することと同様に重要であると考えている。当初の予定よりも実験に多くの時間を費やしたため、本研究成果をまだ発表できていないが、今後、本研究データを国際誌に発表したいと考えている。

(3) 引用文献

- 五島史子・太田信夫 (2001). 漢字二字熟語における感情価の調査筑波大学心理学研究, 23, 45-52.
- Kuhlmann, S., Piel, M., & Wolf, O. T. (2005). Impaired memory retrieval after psychosocial stress in healthy young men. *Journal of Neuroscience*, 25, 2977-2982. doi:10.1523/JNEUROSCI.5139-04.2005
- Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S., & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37, 1645-1666. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.06.012
- Pontifex, M. B., McGowan, A. L., Chandler, M. C., Gwizdala, K. L., Parks, A. C., Fenn, K., & Kamijo, K. (*in submission*). A primer on investigating the after effects of acute bouts of exercise on cognition.
- Stranahan, A. M., Khalil, D., & Gould, E. (2006). Social isolation delays the positive effects of running on adult neurogenesis. *Nature Neuroscience*, 9, 526-533. doi:10.1038/nn1668
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J., & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 13427-13431. doi:10.1073/pnas.96.23.13427

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計0件)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]
 ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者
 紙上 敬太 (KAMIJO Keita)
 早稲田大学・スポーツ科学学術院・講師
 研究者番号：20508254

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：

(4)研究協力者 ()