

令和 3 年 8 月 23 日現在

機関番号：27401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10820

研究課題名(和文) 運動による認知機能や気分の改善およびその効果を修飾する生活習慣要因の解明

研究課題名(英文) Effects of the moderate exercise and nutrient intake on the performance of cognitive tasks.

研究代表者

松本 直幸 (Matsumoto, Naoyuki)

熊本県立大学・環境共生学部・教授

研究者番号：00252726

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：継続的身体活動が、気分の改善や様々な認知作業の成績向上に寄与することが多くの研究によって示唆されている。しかしながら、単発的運動の効果やそれを修飾する栄養環境については、統一的理解が得られていない。本研究では、自転車エルゴメータを用いた短時間中強度運動がどのようなタイプの認知作業の成績に影響するか、複数の課題を用いて検討した。その結果、d2課題の解答数増加、フランクertest課題での認知的干渉量の減少、およびストループ課題の不一致試行での反応時間短縮が認められた。一方で、2-back課題の正解数や回答反応時間に有意な変化は観察されなかった。今後、栄養環境との相互作用について検証を進める必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常生活の中に身体活動を取り入れることを推奨するにあたって、その効果を具体的に示すことが重要と考え、本研究では、短時間中強度の運動がその後実施する様々な認知作業のパフォーマンスにどのように影響するかについて検証した。その結果、妨害刺激に影響されず適切な情報を取捨選択し意思決定を行うなど、選択注意力の向上や認知的干渉の低減に事前の運動が役立つことが示唆された。一方、短期的記憶(作業記憶)を逐次的に素早く更新する能力については運動の影響が認められなかった。運動がどのような認知作業の効率を上げることに資するのか、今後の継続的研究が必要である。

研究成果の概要(英文)：It has been known that chronic physical activity (PA) would improve both the mood and performance of cognitive tasks. On the other hand, effects of acute PA and interaction with nutrient intake remain unclear. In this study, we examined the effects of acute moderate intensity PA on the performance of cognitive tasks. Acute PA could improve the number of answers in a d2 test, and decrease both the Flanker effect and the reaction times of incongruent trial in a Stroop test. However, correct answer rates and reaction times of 2-back task were not affected by the prior acute PA. These results suggested that prior PA might facilitate spatial information processing but does not quickly update the short-term memory. Further research is needed to clarify the effects of interaction of PA and the nutrient intake on the performance of cognitive tasks.

研究分野：運動生理学

キーワード：中強度運動 認知的干渉 選択的注意 作業記憶

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

運動は認知機能に対してどのような効果を持つのかについて、特に近年、科学的知見の蓄積が望まれている。Praag et al.(1999)は、運動によって海馬で神経新生が促進されたマウスは、空間学習の成績が良いことを報告し、運動が認知機能に及ぼす効果が注目されることになった。これまでに、継続的な有酸素性運動が齧歯類海馬の神経新生を促進すること (Praag et al. 1999、Brown et al. 2003)、ヒト海馬の体積が増加すること (Erickson et al. 2011)、またそれらの程度は、空間記憶能力などの認知機能の向上と相関があることなどが示されてきた (Erickson et al. 2011)。一方で、孤立などのストレスが上記の運動の効果を抑制することも明らかとなってきた (Stranahan et al. 2006, Soya et al.2007)。このような中、今後明らかにしていくべき問題の一つとして運動と栄養の相互作用が挙げられる。上述の脳の可塑的变化には脳由来神経栄養因子 (BDNF) のはたらきが重要であるが、高脂肪食の摂取で海馬 BDNF 量が減少する事が示されており (Molteni et al. 2002)、上述の運動による効果が栄養環境によりどのような修飾を受けるかについて明らかにしていくことが、脳や心の健康を維持向上させる生活習慣の提言には重要となってくる。

一方、ヒトにおいて運動の長期的効果については多数の報告があるが (Blumenthal et al. 1999)、一過性の効果については、クレペリンテストなどの作業効率が上がる (大森ら 2011) といった研究は散見されるが、依然一定の見解が得られていない。今後、一過性の運動 (と栄養) がどのような種類の認知機能の改善に有効なのかを明らかにしていくことが、運動を脳と心の健康に役立たせるためには必須であり、日常の作業効率アップや、気分の落ち込みを長引かせないための一手段としての運動の効果を明らかにしていくことに重要な意義がある。

2. 研究の目的

(1) 継続的な運動によって促進される海馬 BDNF 発現量の変化に、栄養がどのような修飾作用を持つかについて検証する (動物実験)。自発的走運動による脳の可塑的变化が、日々の食餌中の脂質量が異なる 2 群 (通常食群および高脂肪食群) でどのように異なるかを、ラット海馬 BDNF の発現量を指標に評価する。さらに Y 字迷路課題による短期記憶課題成績、および高架式十字迷路による不安テストの成績と BDNF 発現量との関係についても検証する。
(2) 単発的な運動がどのような種類の認知機能の改善に有効かについて検証する (ヒト対象の実験)。本研究課題では、複数の認知機能テストを同一被験者に対して課すことで、運動がどのような種類の認知機能に対して有効かについてより直接的な知見が得られることが期待される。

3. 研究の方法

(1) 動物実験

8-12 週齢の Wister 系雄性ラットを運動の有無、および食餌中の脂質量の多寡により、4 群に分ける。高脂肪食は黒木と青木(2006)にしたがって、同じエネルギーを摂取した際に、たんぱく質やミネラルの含量が通常食とほぼ同じになるよう調整する。運動は、自由にアクセスできる回転ホイールにて自発的な運動を毎日、4 週間行わせる。

<BDNF 発現量と認知機能および不安の程度の関係>

4 週間の自発的運動期間の前後において、Y 字迷路 (短期記憶テスト) および高架式十字迷路 (不安傾向のテスト) を用いて、短期記憶および不安傾向のテストを実施し、その成績の変化と BDNF 発現量との関係を相関解析や重回帰分析等を用いて検証する。

(2) ヒトを対象とした実験

中強度の一過性の自転車運動実施前後における様々な認知機能テストの成績を比較することで、単発的運動の認知機能 (精神作業) への効果を明らかにする。さらに、効果が認められたテストについては、事前の食事内容の違い (普通食、あるいは高脂肪食) や運動歴、あるいは睡眠の質の影響について検証する。

<認知機能に及ぼす運動の一過性の効果>

実験は 2 クール/年設定し、大学生 20 名程度を被験者とする。1 クール目に表 1 に示す 6 種類の認知機能テストのうちランダムに選んだ 3 種を被験者に割り当てる (被験者間でバランスは取る)。一日につき一種類のテストを中強度の自転車運動 (心拍数 120 拍/分、10-20 分) の前後 2 度実施し、その成績の変化が座位安静を挟んで実施した場合と異なるか否か検証する。2 クール目は残りの 3 種を割り当て、1 クール目同様に実施する。すなわち被験者全員 6 種の認知機能テストを運動と座位安静それぞれを挟んだ条件、計 12 条件を行うことになる。

表 1

ドリル式一桁加算
一問一答式一桁加算
視覚記憶課題
フランカーテスト
Trail Making Test (TMT)
ストループテスト

4. 研究成果

(1) 動物実験

これまでのところ、運動や摂取栄養素の違いが神経新生に及ぼす影響は明確には検出できていない。また、神経新生の程度と短期記憶テストおよび高架式十字迷路による不安テストの結果との関係についても結論を得るまで至っていない。

(2) ヒト対象実験

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

事前に行う短時間中強度運動が、どのようなタイプの認知機能課題の成績や効率に寄与するかを調べるために、自転車運動(心拍数 120 拍/分、10 分)前後で、以下に示すように 4 種の認知機能課題の成績を比較した。

視覚探索機能を評価する d2 テストでは、エラー率に安静条件と運動条件間に有意差は認められなかったが、解答数が運動条件でのみ有意に上昇した(運動前 627 vs. 運動後 669 問, $p < 0.01$)。

競合する反応行動を抑制し(反応抑制)、適切な行動を素早く選択するフランカー課題では、競合する反応行動が存在する場合に、そうではない場合と比べて反応時間が延長するが、その両者の差(認知的干渉量)が運動条件で有意に短縮した(運動前 50.4 vs. 運動後 37.6 ms, $p < 0.05$)。

フランカー課題と比べ、より高次のレベルでの反応抑制力が求められるストループ課題では、提示された文字列の意味情報と色の情報が干渉し、反応行動が遅れる難易度の高い試行での反応時間が、運動条件でのみ有意に短縮した(運動前 696.6 vs. 運動後 640.2 ms, $p < 0.05$)。

情報の短期的保持とそれを逐次更新する能力を評価する 2-back 課題では、回答の反応時間、正解率ともに、運動の効果は認められなかった。

上記 4 種の課題はいずれも、提示された視覚刺激に対して瞬時的な判断が求められる課題であるが、2-back 課題ではさらに記憶の保持と更新が要求される。そこで、事前に行う運動に 2-back 課題と類似の特性を持つ認知的作業を組み合わせた、いわゆる二重課題運動を行うと運動の効果が増すと考え「2 個前しりとり」を行いながらの足踏み運動の効果についても調べた。二重課題運動を実施しても正解率に変化はなかったが、回答までの反応時間変化量(運動後 vs. 運動前)が、運動なし条件と比べて有意に短縮した(運動なし+17.3 msec vs. 二重課題運動-21.2 msec, $p < 0.05$)。

上記いずれの課題であっても、運動後の回答中は運動前の回答中と比べて心拍数がおよそ 8.5% 上昇していた($p < 0.01$)。また、フランカー課題と 2-back 課題については、fNIRS(光イメージング脳機能測定装置)を用いて前頭前野の血流量変化を調べたが、どちらの課題も運動後の課題遂行中では、運動前と比べて有意な血流量上昇が認められた。

以上の結果は、選択注意力の向上や認知的干渉の低減に事前の運動が役立つことを強く示唆する。その理由の一つとして考えられるのは、事前に運動を行うと運動後の課題遂行中に心拍数、および前頭前野の血流量が高く保たれていたことである。これは課題遂行中の覚醒レベルが高く維持されていたことや、反応抑制などの実行機能を司る前頭前野が活性化していたことを強く示唆する。これによって、刺激の受容から適切な反応行動の表出までの脳内プロセスが迅速化し、課題パフォーマンスの向上に繋がったと考えられる。また、上記の結果より、事前に行う運動に、その後に行う認知機能課題の持つ特性を反映させた認知作業(しりとりなど)を加えることで、より効果的に運動の効果が得られるものと推察される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishiwaki Masato, Ogawa Noriko, Nanayama Chika, Matsumoto Naoyuki	4. 巻 8
2. 論文標題 Characteristics of blood pressure, arterial stiffness, and physical fitness in older adult Japanese community dwellers: a cross-sectional observational study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 187 ~ 193
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7600/jpfsm.8.187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nishiwaki Masato, Matsumoto Naoyuki	4. 巻 67
2. 論文標題 The effects of Pokemon GO playing on daily steps: A retrospective observational study in Japanese male college students	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 237 ~ 243
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7600/jspfsm.67.237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 NISHIWAKI M. & MATSUMOTO N.
2. 発表標題 Continuous Physical Activity Modulates Arterial Stiffening in Young People: A Prospective Longitudinal Observational Study.
3. 学会等名 アメリカスポーツ医学会（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入部祐郁・永利梨乃・松本直幸
2. 発表標題 運動と温泉入浴の組み合わせが気分や睡眠に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本直幸・吉永結衣・入部祐郁・西脇雅人
2. 発表標題 事前の短時間中強度運動が反応抑制および作業記憶課題に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西脇雅人・小川宣子・七山知佳・池辺晴美・松本直幸
2. 発表標題 日本人地域在住高齢者の血圧，動脈スティフネス，および体力の特性
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池辺晴美・瀧内渉太・小川宣子・七山知佳・松本直幸・石道峰典・中村友浩・西脇雅人
2. 発表標題 一過性の体幹ストレッチ運動は中心動脈スティフネスを低下させるか
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本直幸・山口裕嗣・入部祐郁・西脇雅人
2. 発表標題 事前の短時間中強度運動は空間情報処理能力を向上させる
3. 学会等名 日本運動生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下 涼空・小林 咲波・小川 宣子・七山 知佳・松本 直幸・西脇 雅人
2. 発表標題 高齢者の友人との交流人数が認知機能関連指数に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 裕嗣・中山 優紀・松本 直幸
2. 発表標題 空間情報処理能力に及ぼす短時間中強度運動の影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西脇 雅人・山口 誉紘, 松本 直幸
2. 発表標題 一過性のノンアルコールビールとアルコールの混合飲料の摂取が動脈ステイフネスに及ぼす影響 : Positive control 実験
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 瀧内 渉太・西田 れん・村口 七海・松本 直幸・西脇 雅人
2. 発表標題 バランスボールを用いたストレッチが中心動脈ステイフネスに与える影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村口 七海・瀧内 渉太・西田 れん・松本 直幸・西脇 雅人
2. 発表標題 模擬笑い咀嚼動作が若年者の頸動脈コンプライアンスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西脇 雅人・松本 直幸
2. 発表標題 水泳運動と自転車運動が心臓-上腕間の脈波伝播速度に及ぼす影響: 横断研究
3. 学会等名 日本体育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NISHIWAKI M., FUJIBAYASHI M. & MATSUMOTO N.
2. 発表標題 Effect of Electrical Stimulation in Hypoxia on Arterial Stiffness.
3. 学会等名 アメリカスポーツ医学会 (国際学会)
4. 発表年 2019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
---------	---------