

平成29年12月27日

報道関係者名位

国立大学法人 筑波大学

少しキツくても休み休みの運動で認知機能アップ！
-高強度インターバル運動で高まる認知機能と脳内神経基盤の解明-

研究成果のポイント

1. 汎用性や時間効率性が高い、短時間の高強度インターバル運動^{注1}(運動時間6分)によって、ヒトの注意・集中、計画・判断などの高次認知機能が向上することを明らかにしました。
2. この脳内神経基盤として、高次認知機能(実行機能)を担う左脳の前頭前野背外側部(DLPFC)の関与を、光トポグラフィー^{注2}装置を用いたニューロイメージング法により世界で初めて実証しました。
3. この成果は、心身の活力低下問題の改善策(新たな運動療法)としての応用が期待されます。

国立大学法人筑波大学体育系の征矢英昭教授、邊 垌鎬(ビョン・キョンホ)助教、ポーランドグダニスク体育大学の Sylwester Kujach 助教、中央大学理工学部の檀一平太教授らの国際共同研究グループは、うつ病や認知症、糖尿病、注意欠陥障害者などに共通して低下が見られる機能を効率的に高める運動療法、「汎用型高強度インターバル運動」の効果と脳機構を初めて解明しました。

この汎用型運動は、短時間で安全かつ意欲的に取り組むことができ、2週間程度のトレーニングでヒトの筋ミトコンドリア機能を改善してエネルギー効率を高めることから、糖尿病患者にも有用な運動として注目を集めています。本研究では、脳機能イメージング法(光トポグラフィー)を用い、健常成人に汎用型高強度インターバル運動(総運動時間6分)を行わせた後、ストループ課題^{注3}を行わせ、その際の認知パフォーマンスと前頭前野の活動を同時に測定しました。その結果、左背外側部の活動を高めることで実行機能が高まる効果を見いだしました。今後、心身の活力低下問題の改善策(新たな運動療法)として応用されることが期待されます。

本研究成果は、ニューロイメージング研究の国際学術誌「NeuroImage」オンライン版で12月5日に先行公開されています。

*本研究は、文部科学省特別経費プロジェクト「ヒューマン・ハイ・パフォーマンスを実現する次世代健康スポーツ科学の国際研究教育拠点」(平成26～30年度)・日本学術振興会戦略的国際研究交流推進事業費補助金「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム:スポーツ神経科学の国際研究拠点-認知機能を高める運動処方を目指して」(征矢代表、平成26～28年度)・新学術領域研究「意欲と心身パフォーマンスを共に育む次世代運動プログラム」(平成28～32年度)、ならびに科学研究費補助金基盤研究A(征矢代表、15H01828)・若手研究B(邊、16K20930)の助成を受けて実施されました。

研究の背景

習慣的な運動は、身体の健康だけでなく、記憶力や注意・集中、計画・判断などの脳機能にも効果があることが明らかになっており、認知症予防策としても注目を集めています。これまでは、健康維持・増進のためには、ややキツイと感じる程度の中強度での運動が推奨されてきました。しかし、運動する時間がない、運動自体が楽しくないなどの理由で、運動習慣がない成人が7割にも及んでいます。近年、費用対効果が高く持久性運動能力が高まる運動条件として、高強度インターバル運動に注目が集まっています。この運動は、高い強度の運動と休息を組み合わせた間欠的な運動様式で、中強度の長時間持続運動と比べ、短時間の少ない運動量でも、楽しく運動ができ、持続運動と同等かそれ以上に持久性体力(最大酸素摂取量)の増進や筋の肥大を引き起こすことが明らかになっています。

しかし、従来の高強度インターバル運動は、アスリートの体力向上を目的とした、非常に高い強度の運動で、低体力者や高齢者が行うには難しい運動でした。最近の研究では、従来の高強度インターバル運動よりも強度を低くすることで、多くの人が安全に行える新たな運動モデルが提唱され、若年健常者だけでなく、過体重者や肥満者、心筋代謝障害のリスクが高い高齢者、冠状動脈疾患(CAD)、2型糖尿病患者に対して持久性体力の増進や病態の改善効果をもたらすことが明らかになってきました。しかし、認知機能への効果は未だわかっていませんでした。

今回の研究では、光を使った脳機能イメージング法である光トポグラフィとヒトの実行機能を評価できるストループ課題(図1)を用いて、一過性的高強度インターバル運動がヒトの実行機能の指標であるストループ干渉時間を短縮(実行機能向上)させるか、そしてその際にはどのような脳のはたらきを介しているのかを検討しました。

研究内容と成果

本研究では、運動習慣がない25名の健常成人を対象に実験を行いました。事前に持久性体力(漸増運動負荷試験)を測定し、各実験参加者の最大有酸素運動力(Maximal aerobic power: MAP)の60%に相当する負荷を算出しました。その後、各実験参加者は、運動及び安静の2条件を無作為に割り当てられた順序で行いました(図2A)。「運動条件」では、2分間50W負荷でのウォーミングアップ後、MAPの60%負荷での自転車漕ぎ運動30秒と休息30秒を8セット繰り返しました(総運動時間6分、図2B)。「対照条件」である安静時には、運動の代わりに10分間の座位安静を保ちました。各条件(運動・安静)前と15分後には、実行機能を評価できるストループ課題を行わせ、課題中には、前頭前野の外側部を覆うように光トポグラフィを装着し、脳活動を表す指標として、課題に対する酸素化ヘモグロビンの濃度変化を計測しました。また、課題成績を表す指標として、ストループテストの回答に要した時間(反応時間)を計測しました。

運動条件における運動前後と、対象条件における安静前後の課題成績を比較したところ、ストループ干渉処理を反映する反応時間が、運動条件で有意に短縮していました(図3A)。したがって、一過性的高強度インターバル運動で実行機能を反映するストループ干渉処理能力を高めることがわかりました。

次に、その背景となる脳活動を検討しました。まず、ストループ干渉による脳の活動部位を評価すると、両側の前頭前野で活動が見られましたが(図3B)、運動後は安静条件と比べて左の前頭前野背外側部^{註4}の活動が有意に高まっていた(図3C)。また、運動によって覚醒度のみ有意に増加し、運動による覚醒度の増加は、運動による脳活動亢進及び課題成績の向上と有意に一致していることを確認しました。したがって、一過性的高強度インターバル運動により実行機能が向上し、その背景には実行機能を担う脳部位の神経活動亢進が関与することが示唆されます。

今後の展開

本研究では、誰でも行える一過性的高強度インターバル運動を行うことで実行機能が向上すること、その際、実行機能に重要な脳部位(左脳の前頭前野背外側部)の活動が活発になっていることが初めて明らかになりました。これは、これまで明らかにしてきた低・中強度の持続運動で得られた実行機能向上効果が、高強度インターバル形式の運動でも十分に得られることを示しており、体力レベルが低い高齢者や疾患などをターゲットにした認知症予防を目的とした新たな運動処方の開発を加速させることが期待されます。今後、今回確認された運動効果が高齢者などの他の対象者でも得られるか、また、記憶など他の認知機能にも効果があるか、という点も研究成果を社会に還元する上で重要な検討課題です。

参考図

中立課題	一致課題	不一致課題
XXXX あお	あか あお	みどり あお
XXXX あお	あお あお	あか あお

図1. ストループテスト

ストループテストでは、パソコンの画面上段の単語の色が下段の単語の意味と一致しているかどうかを判断する。中立課題、一致課題、不一致課題の順で難易度が増していく。不一致課題のように「文字の意味と色が違う色文字」を回答するための情報処理過程に競合が生じる。これをストループ干渉と呼ぶ。このストループ干渉を処理する能力は、不一致課題と中立課題の成績の差から求められ、実行機能の一つとして評価される。上が不正解、下が正解の例である。

(A)

	光トポ			光トポ	
対照条件	T D M S ストループ課題 6min 30s	安静 10 min	T D M S 安静 15 min	T D M S ストループ課題 6min 30s	
運動条件	T D M S ストループ課題 6min 30s	高強度 インターバル 10 min	T D M S 安静 15 min	T D M S ストループ課題 6min 30s	

(B)

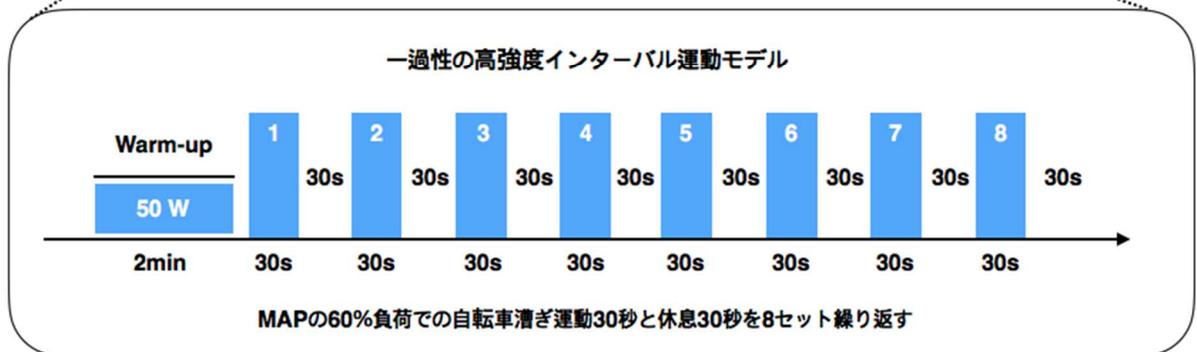
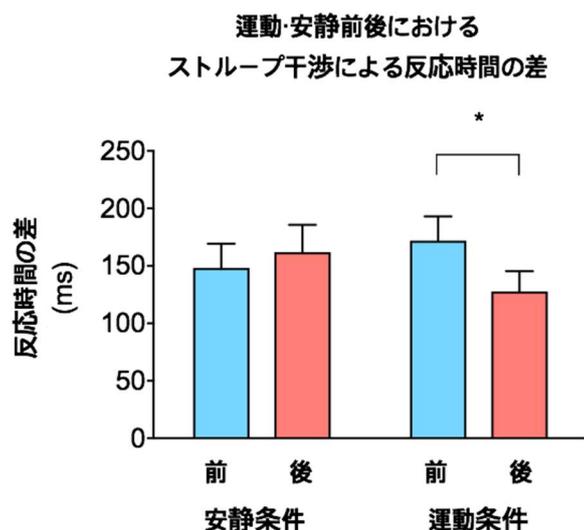


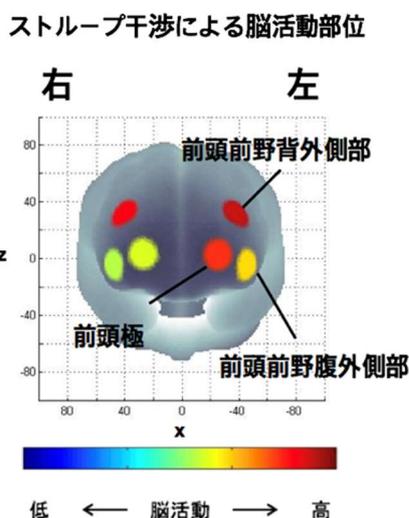
図2. 実験プロトコル

実験参加者は、まず運動条件か対照条件のどちらかを行い、別の日に残りの条件の実験に参加した。運動条件は最大運動パワーの60%の強度で10分間の自転車ペダリングを行い、対照条件は何もせずに安静を維持した。各条件とも実験前後に2次元気分尺度(TDMS)とストループ課題を行った。ストループ課題中には、光トポグラフィを用い前頭前野の酸素化ヘモグロビン動態をモニターした。

(A)



(B)



(C)

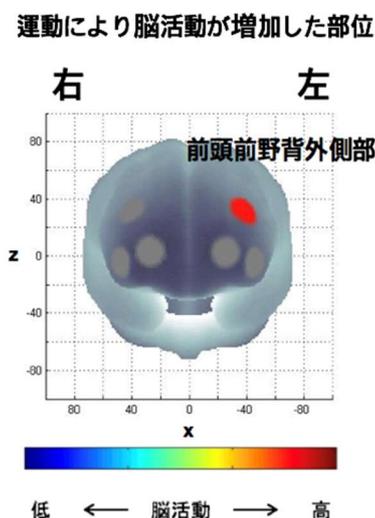


図3. 課題成績及び光トポグラフィーデータ

(A)運動(高強度インターバル)条件、対照(安静)条件において、運動・安静前と15分後に実施したストループ課題に対する反応時間の解析結果。値は小さいほど反応時間が速い、つまり課題成績が良い(実行機能が低い)ことを示す。運動は安静に比べて、反応時間を短縮させる結果となった。(B)運動条件と対照条件の、運動・安静前のストループ課題中に、ストループ干渉による脳活動が見られた部位。(C)対照条件との比較において、運動後にストループ干渉による脳活動が有意に増加した脳部位。

用語解説

注1) 高強度インターバル運動:

高強度運動と運動の間に低強度運動あるいは短い休息を挟んだ高い強度の運動で構成されており、運動意欲を向上させるのに効果的な運動様式として期待されている。

注2) 光トポグラフィ:

近赤外分光法(near-infrared spectroscopy :NIRS)、機能的近赤外分光分析法(fNIRS)、光機能イメージング法などとも呼ばれる。近赤外光を利用し、脳神経活動によって引き起こされる局所的な脳血流の変化を、血中の

酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化からモニターする計測法。他の脳機能イメージング法と比較して、装置がコンパクト、低拘束、完全無侵襲といった利点を持つ。

注3) ストループ課題:

1935年に心理学者ジョン・ストループが考案した認知課題で、実行機能の検査に用いられる。色と意味が異なる色文字を見たときに、意味に対する反応が優先的に起こってしまい、色に対する反応が遅れてしまう現象を利用している。このように競合する刺激が与えられたときに認知的葛藤が起こる現象は、発見者の名前からストループ干渉と呼ばれる。現在までに様々なバリエーションのストループ課題が作られてきたが、最も一般的なものが、今回の研究でも用いたカラー・ワード・ストループ課題である(図1参照)。

注4) 前頭前野背外側部:

大脳の前頭葉の前方に位置する前頭前野の一領域。ブロードマンの46野に相当する。実行機能を担う中心的領域であり、注意・集中や、ワーキングメモリなどに関わる部位である。

掲載論文

【題名】A transferable high-intensity intermittent exercise improves executive performance in association with dorsolateral prefrontal activation in young adults

【著者名】Sylwester Kujach^{a,c,1}, Kyeongho Byun^{b,1}, Kazuki Hyodo^a, Kazuya Suwabe^b, Takemune Fukuie^a, Radoslaw Laskowski^{a,b,c}, Ippeita Dan^d, Hideaki Soya^{a,b}

^aLaboratory of Exercise Biochemistry and Neuroendocrinology;

^bDepartment of Sports Neuroscience, Advanced Research Initiative for Human High Performance (ARIHHP), Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Japan

^c Department of Physiology, Gdansk University of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland

^d Applied Cognitive Neuroscience Lab, Research and Development Initiatives, Chuo University, Tokyo, Japan

¹S.K. and K.B contributed equally to this work. (ダブル筆頭著者)

【掲載誌】 NeuroImage

doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.12.003

問い合わせ先

征矢 英昭(そや ひであき)

筑波大学 体育系 教授(運動生化学研究室・ARIHHP センター長)

〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1