

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11550

研究課題名（和文）運動スキルの異なる細切れ運動が心理生理状態、実行機能および作業成績に及ぼす影響

研究課題名（英文）The effects of fractionized exercise with different motor skills on psychophysiological states, executive function, and task performance

研究代表者

曽根 涼子（Sone, Ryoko）

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：50271078

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：クローズドスキル（CS）とオープンスキルの各要素が強い軽・中強度の短時間の運動（10分間）を日中に約1時間毎に繰り返して行わせた。その結果、運動スキルの影響は暗算作業のような認知的作業パフォーマンスには認められないが、実行機能の下位機能である作業記憶について、CS要素の強い運動を行った場合に比べてOS要素の強い運動を行った場合の方が一時的に高い傾向があることが示唆された。運動の方法や時間帯などさらに検討が必要ではあるが、日中における短時間の細切れ運動が実行機能に及ぼす影響に運動スキルが影響する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軽・中強度の短時間運動を行うことによってその後の実行機能が高まることが報告されているが、本研究では、そのような運動を日中に細切れに行った場合について、その間の実行機能が運動スキル（クローズドスキルおよびオープンスキルの影響を受ける可能性があることを示唆した。今後さらに検討が必要ではあるが、本研究の結果より、実際に、職場や学校における休憩時間にどのような運動を行うかで実行機能への影響が異なる可能性があることが考えられる。

研究成果の概要（英文）：Participants were asked to repeatedly perform short periods (10 mins) of light-to-moderate exercises including closed- and open-skill elements approximately every hour during the day, respectively. As a result, the influence of the exercise skill is not detected in a cognitive work performance such as the mental arithmetic work, but it was suggested that working memory, a sub-function of executive function, tended to be temporarily higher when participants performed the open-skill exercise compared with the closed-skill exercise. Although further investigation is required into the method and time of exercise, these results suggest that exercise skills may influence the effect of short, fragmented exercise during the day on executive function.

研究分野：運動生理学

キーワード：運動スキル 実行機能 タスクスイッチング課題 ストループ課題

## 1. 研究開始当初の背景

軽一中強度での短時間の運動によって、その後、脳の実行機能が向上することが報告されている。実行機能とは「ある課題や目標を達成するために、不適切な情報や不適切な反応を抑制したり、集中力や落ち着きを維持したりする働き」のことであり、運動をすることで脳の活動水準（覚醒度）が上がり、それが実行機能を向上するように働くこと等が考えられている。ただし、運動条件によってその影響は異なり、たとえば中強度の運動を長時間行った後には疲労感が増して覚醒度は低下するため、実行機能にはマイナスの影響を生じ、ひいては学習や作業の効率が低下する可能性が考えられる。一方で、軽一中強度の運動を1日を通して細切れに行う方法であれば疲労が一気に高まるようなことはなく、覚醒度は上がり、実行機能は向上して、1日を通して高い学習・作業パフォーマンスを発揮できる可能性があると考えられる。また、そのような運動の行いの方が、実際にも、職場や学校では休憩時間に制限があるため、多くの方がより取り組みやすいように思われる。

軽一中強度の短時間の運動によって快適度の変化も認められているが、歩行やレジスタンス運動のようなクローズスキル(状況が比較的安定していて、実行すべき運動をあらかじめ予測できるもの)で構成される運動(以下、CS 運動)では生じず、バドミントンのようなオープンスキル(状況が時々刻々と変化し、その後の展開を予測することが比較的難しいもの)で構成される運動(以下、OS 運動)で上昇したことが報告されている。OS 運動では、CS 運動の場合とは異なり、運動を行っている者は、状況の変化に対して意思決定を行いながら運動制御を実行しなければならず、いずれのタイプの運動を行うかで脳機能の発揮のされ方が異なり、その後の実行機能、ひいては認知的作業パフォーマンスにも影響がある可能性が考えられるが、そのような検討は行われていない。

## 2. 研究の目的

軽一中強度での短時間の CS 運動および OS 運動を1日を通して細切れに行った場合について、心理・生理的指標、実行機能、および認知的作業パフォーマンスを比較検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

実験1. 10分間までのいくつかの運動時間の場合について1回の運動の効果の検討「CS 運動・OS 運動×4つの運動時間(0、2.5、5および10分間)」0分間は運動なし

被験者は健康な学生8名であった。運動は、ラダー(8マス×6コース、放射状に配置)を用いて行わせた。すなわち、各運動スキルの要件を満たすように、CS 運動では次に行う運動(コースやステップ)を事前に指示し、OS 運動では次の運動についてその直前に予測できないタイミングで中央に置かれたモニター上に1秒間のみ提示される課題の正解によって指示した。CS・OSの両運動について、ステップの種類、移動する距離や速度を同じにして行わせた。

実験は、CSとOSの各条件について、日を変えて実施した。各実験では、まずベースライン(Base)の実行機能(ストループ・カラーワード・テスト(SCWT)による)、ワープロ入力作業および暗算作業のパフォーマンス等を実験室で測定した後、引き続き運動時間が0(対照条件)、2.5、5および10分間の運動を約1時間毎に行った。0、2.5、および5分間の運動はランダムに行い、10分間の運動はその後の影響を考え、最後に実施した。各運動後の約1時間の間に、Baseと同じ測定を3回繰り返した。各条件の実験の所要時間は約6時間であった。

実験2. 異なる時間帯における10分間の1回の運動の効果の検討「CS 運動・OS 運動・安静(各10分間)×朝・夕」

被験者は健康な学生9名であった。運動は実験1と同じ方法で行わせた。

実験は8時(朝)と17時(夕)の各時刻からCS 運動、OS 運動、あるいは安静保持を行う場合の3条件について日を変えて実施した。時間帯と実験条件間の順序効果を除去するため、朝夕と3条件の順番はカウンターバランスをとった。実験の手順は実験1と同様であり、まずBaseにおいて実行機能、ワープロ入力作業および暗算作業のパフォーマンス等を測定し、引き続き10分間の運動、あるいは安静保持を行った後にBaseと同じ測定を3回繰り返した。運動後の測定時間は約1時間であった。1回の実験の所要時間は約2時間であった。

実験3. 10分間の運動を細切れに行った場合の効果の検討「CS 運動・OS 運動・安静(各10分間を約1時間毎に3回実施)」

被験者は健康な学生14名であった。実験1・2では測定は実験室、運動は体育館で行っており、被験者がその間を歩いて移動した(4分間)ことが結果に影響した可能性が考えられた。そのため、実験3ではその場(実験室)で行える次の運動を行わせた。OS 運動はリズムゲームのプレイ動画を用いた運動、CS 運動は、OS 運動に含まれる腕・脚の動きの回数などを同じにするようにした、決まった動きを繰り返すものであった。

実験は、CS 条件、OS 条件、および安静を保つ対照条件の 3 条件とし、日を変えて同一被験者内では同じ時間帯に行った。実験は、各条件において、まず Base において実行機能、ワープロ入力作業および暗算作業のパフォーマンス等を測定し、引き続き 10 分間の運動あるいは安静を約 1 時間毎に 3 回行った。各運動・安静後には Base と同じ測定を 3 回繰り返した（1 回目の運動・安静後の 1 回目の測定（P1）から 3 回目の運動・安静後の 3 回目の測定（P3））。また、運動後すぐに主観的運動強度（RPE、6-20）や運動の予測と動きの難易度（1-5）、運動の没入感（集中・夢中、1-5）を測定した。実行機能検査には、SCWT とタスクスイッチング課題を用い、実行機能の下位機能である抑制機能（干渉率<sup>1)</sup>）、作業記憶（混合効果<sup>2)</sup>）および認知的柔軟性（スイッチ効果<sup>2)</sup>）を評価した。また、各運動の所要時間は約 4 時間であった。

1) 箱田と佐々木（1990）教育心理学研究, 38:389-394.

2) Bae and Masaki（2019）Frontiers in Human Neuroscience, 13:7-31.

#### 4. 研究成果

実験 1 の結果より、運動時の心拍数は CS・OS 運動ともに 140-150 拍/分程度であった。ワープロ入力作業のエラー率は運動スキル条件の主効果に有意差があり、CS 運動に比べて OS 運動の方が低かった。正しく入力された 1 分間あたりの文字数（3 回の平均値）には運動時間要因の主効果に有意差があり、10 分間の運動で増加した。それら以外に運動スキルや運動時間の明らかな影響は認められなかった。したがって、ワープロ入力のような認知的作業の質は運動スキルの影響を受ける可能性があることが示唆された。また、5 分間程度までの短時間の中強度運動では、その後の実行機能や作業パフォーマンスに明らかな影響はないことが示唆された。

しかしながら、実験 2 の結果より、朝夕のいずれの時間帯の場合も、10 分間の運動後の実行機能指標や作業パフォーマンスに対する運動スキルの影響は明らかではなかった。ただし、OS 運動ではその後に覚醒度が上がり維持される傾向があった。したがって、運動スキルが運動後の実行機能や認知的作業パフォーマンスへ及ぼす影響は明らかでないが、覚醒度への影響は異なる可能性が示唆された。

実験 3 の結果より、運動時（8-10 分）の心拍数は平均すると CS 運動が 115-121 拍/分、OS 運動が 107-112 拍/分であり、OS 運動の方が低かったが（ $p < 0.05$ ）、運動の RPE や没入感には運動条件間に差はなかった（表 1）。運動の難易度は予測と動きの両面について CS 運動に比べて OS 運動の方が高かった（ $p < 0.05$ ）。したがって、運動条件間の違いは確かに設定できており、運動スキルの影響については十分に比較検討できると考えられる。

表1 CS運動およびOS運動の主観的な運動の強度、難易度および没入感

		1回目			2回目			3回目			F 値			p 値		
		運動条件	回数	交互作用	運動条件	回数	交互作用	運動条件	回数	交互作用	運動条件	回数	交互作用	運動条件	回数	交互作用
主観的運動強度	CS	12.4 ± 1.4	12.5 ± 1.6	12.3 ± 1.7	0.000	1.988	0.182	1.000	0.157	0.733	CS	OS	12.3 ± 1.8	12.6 ± 1.4	12.3 ± 1.4	
	OS	12.3 ± 1.8	12.6 ± 1.4	12.3 ± 1.4												
運動難易度(予測)	CS	2.5 ± 1.0	2.0 ± 1.2	1.9 ± 1.0	12.046	22.936	0.394	0.004	<0.001	0.678	CS	OS	4.5 ± 1.3	4.1 ± 1.2	3.8 ± 1.4	
	OS	4.5 ± 1.3	4.1 ± 1.2	3.8 ± 1.4												
運動難易度(動き)	CS	2.8 ± 1.1	2.0 ± 1.0	2.0 ± 1.2	10.704	11.798	0.951	0.006	<0.001	0.399	CS	OS	4.4 ± 1.3	3.9 ± 1.3	3.6 ± 1.3	
	OS	4.4 ± 1.3	3.9 ± 1.3	3.6 ± 1.3												
運動没入感(夢中)	CS	4.1 ± 1.0	4.2 ± 0.8	4.4 ± 0.8	0.034	2.656	2.884	0.856	0.089	0.074	CS	OS	3.8 ± 1.0	4.5 ± 0.7	4.4 ± 0.8	
	OS	3.8 ± 1.0	4.5 ± 0.7	4.4 ± 0.8												
運動没入感(集中)	CS	4.4 ± 0.8	4.4 ± 0.8	4.5 ± 0.7	0.207	0.336	0.582	0.657	0.718	0.566	CS	OS	4.3 ± 0.6	4.5 ± 0.5	4.3 ± 0.9	
	OS	4.3 ± 0.6	4.5 ± 0.5	4.3 ± 0.9												

第 1 回目との比較：\* $p < 0.05$ ，\*\* $p < 0.01$ ，および\*\*\* $p < 0.001$

運動スキルは、運動後の抑制機能の指標（干渉率）および認知的柔軟性の指標（反応時間および正答率のスイッチ効果）には影響しないことが示唆された。一方で作業記憶の指標（正答率の混合効果、図 1）については運動スキルによる違いが認められ、CS 運動を行った場合に比べて OS 運動を行った場合の方が、運動後の作業記憶が一時的に高い傾向にあることが示唆された。

以上のことから、運動の方法や時間帯などさらに検討が必要ではあるが、短時間の軽～中強度の運動を日中に細切れに行うことがその後の実行機能に及ぼす影響に運動スキルの違いが影響する可能性が示唆された。

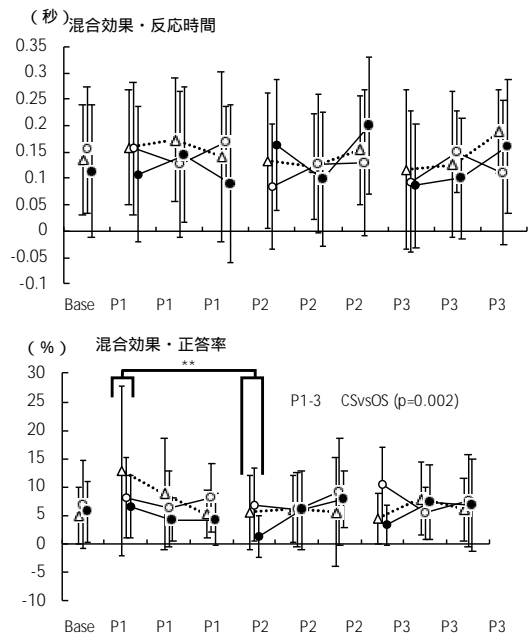


図1 各運動条件における反応時間および正答率の混合効果の経時変化

\*\*p < 0.01

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 曾根 涼子、大野 太一朗、丹 信介
2. 発表標題 クローズドスキルとオープンスキルでの短時間運動が実行機能および認知的作業パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第77回日本体力医学大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曾根 涼子、大野 太一朗、丹 信介
2. 発表標題 運動スキルの違いが運動後の実行機能および認知的作業パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第31回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 曾根 涼子、田中瞳、丹 信介
2. 発表標題 運動スキルの異なる細切れ運動が実行機能に及ぼす影響
3. 学会等名 第78回日本体力医学大会
4. 発表年 2024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
---------	---------