

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11606

研究課題名（和文）複雑な運動課題を伴う有酸素運動の学習が認知機能に及ぼす効果の解明

研究課題名（英文）The effect of aerobic exercise according with motor complexity on cognitive function

研究代表者

木村 憲（Kimura, Ken）

東京電機大学・工学部・教授

研究者番号：60408648

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）：本研究は複雑性を伴う有酸素運動の学習が認知機能に及ぼす効果を検討した。そこで週3回3ヶ月間（36回）にわたる運動教室（運動介入）を実施し、運動介入が及ぼす認知機能への効果について検討した。運動習慣のない大学生を対象とし実験協力者を無作為に3つのグループ（テスト群（エアロビックダンス）、統制群1（エアロバイク運動）、統制群2（日常生活））に分割し介入前後の認知機能について比較検討した。分析対象者として条件を満たした69名について分析した結果、テスト群において認知的柔軟性の改善が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、走・歩などの有酸素運動よりも運動技能の習得が必要な球技スポーツ、ダンス、太極拳などの愛好家において認知機能が高い傾向にあることが報告されている。しかしながら、複雑性の高い身体運動の学習が認知機能のトレーニング負荷（認知負荷）として有効であるか、また、その効果について妥当性のある検証報告はない。本研究によって、運動学習の認知機能への効果の背景に運動課題の複雑性が関与することが確認された。運動学習を伴う有酸素運動には、低強度であっても包括的な認知機能改善効果が期待される。本研究成果は、認知機能改善・低下予防における運動処方方の運動種類・強度・量の体系化に極めて重要な科学的根拠を提供する。

研究成果の概要（英文）：The study aimed to investigate how motor complexity in dance exercises affects the executive cognitive function of young adults. More than 60 people aged 20 years participated in this study. They were randomly divided into three groups: 1) Aerobic dance exercise (AD), 2) Aerobic exercise (AE), and 3) Control (Co). The participants in the DE group participated in aerobic dance exercises, while the AE group participated in aerobic exercise using a stationary bike. The participants in both groups attended the 30-min workout three times a week for three months (12 weeks). Computer-based cognitive reaction time (RT) tests were administered to investigate the effects of training on cognitive function (i.e., cognitive flexibility). The results revealed that the improvement of RT in the AD group tended to exceed that in the AE group. It is suggested that the motor complexity in exercise may influence the improvement of cognitive flexibility compared with simple aerobic exercise.

研究分野：身体運動科学、スポーツ認知神経科学

キーワード：有酸素運動 認知機能 ダンス

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省によれば、65歳以上の認知症患者は2025年には700万人前後(5人に1人)に達することが推計されている。一方で、発育発達期における運動習慣が学業成績や認知機能の発達に関係していることも報告されている。運動活動が及ぼす認知機能への意義と効果的な身体運動に関する理論的体系化(強度、量、種類)が急務である。米国スポーツ医学会は海馬の神経機能ならびに短期記憶の改善維持には速歩程度(中強度:50-70% HRR)の有酸素運動30-40分を週3回の習慣化を推奨している(ACSM, 2009)。一方で、実行機能の改善については、未だ議論はあるものの中高強度(70%HRR-)の有酸素運動の効果が示されている(Voss et al., 2010)。

近年、走・歩などの有酸素運動よりも運動技能の習得が必要な球技スポーツ、ダンス、太極拳などの愛好家において認知機能が高い傾向にあることが報告されている(Coubard et al., 2011; Kattenstroth, et al., 2013; Lam et al., 2012; Zheng et al., 2015; Pesce, et al., 2012)。1つの解釈として、複雑な運動課題を実践または学習する過程において積極的な認知情報処理が要求されるためであろうと考えられている。運動学習を伴う有酸素運動には、低強度であっても包括的な認知機能改善効果(例えば、記憶と実行機能両方への効果)が期待される。しかしながら、複雑性の高い身体運動の学習が認知機能のトレーニング負荷(認知負荷)として有効であるか、また、その効果について妥当性のある検証報告はない。そこで、本研究では、複雑性を伴うダンス運動の学習が認知機能に及ぼす慢性的効果を検討するために、3ヶ月間の運動介入・無作為化比較試験を実施した。

2. 研究の目的

複雑性の高い身体運動の学習による認知機能の維持・改善効果を確認するためには、運動強度・量の精確な制御と運動複雑性の操作が必要となる。そこで本研究は、エアロビックダンスのような運動複雑性を有する運動の学習が認知機能(記憶、実行機能)に積極的な効果があることを検証する。運動強度・量を統一して運動課題の複雑性を段階的に高くし、それらを学習することによる認知機能へのトレーナビリティを実証することとした。

本研究の目的を達成するために、これまで曖昧であった運動課題の複雑性について理論的枠組みに基づき明確に定義した。心理学の分野において、課題複雑性を決定する要因として「要求される課題数」と「課題間協調」が知られている(Wood, et al., 1986)。例えば、課題数とは、単位時間内に要求される課題の数を意味する。ダンスで例えるなら、1つのセッションに要求されるステップパターンの数に相当し、これが多いほど複雑性は高くなる。課題間協調とは、2つ以上の課題の時間的・空間的協調性を意味する。例えば、ダンスでは下肢ステップと上肢運動を組合せて1つの協調運動を構成するが、これに時空間的不一致(組合せの新規性)が生じると複雑性は格段に高くなる。本研究は、この理論に基づき運動課題の複雑性を段階的に高くし、運動者に常に学習負荷を課すような運動介入を実施する。一方、これまでの比較対照試験(例えば、社交ダンス vs. ウォーキングなど)において運動強度・量による影響を統制する困難さから、身体運動の複雑性そのものの効果を実証するまでに至っていない。エアロビックダンスは上下肢を組合せた多種多様な運動を組み合わせることで運動課題(運動複雑性)を体系的に操作し、さらに運動強度(心拍数)の精確なコントロールが可能である。

上記の実験的妥当性を配慮し、本研究はダンスのような運動複雑性を有する有酸素運動の運動学習が認知機能(記憶、実行機能)に積極的な効果があることを、エアロビックダンスを応用する独自の運動介入試験(無作為化比較試験)によって検証する。そして、運動課題の複雑性と認知機能改善効果の因果関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験協力者は、大学在学学生(20代)とする。そのうち全身持久力レベルが劣ると判定され、かつ事前測定の実験課題テストにおいて低レベルと判定された学生を対象とする。実験協力者を、ダンス運動群(AD群)、有酸素運動群(AE群)、統制群(Cont群)の3群に無作為分割し、3ヶ月間の運動介入効果を確認する。2つの運動群(AD群、AE群)は、インストラクターの指導のもと、週3回1回30分の運動を実施する。運動群の運動強度(50-70%HRR)・量(30分)・音楽条件は両群で統一する。運動中は全ての協力者に心拍計付スポーツウォッチの装着を依頼し運動強度をモニタする。Cont群には、期間中これまで通りの日常生活を過ごすよう依頼する。

運動プログラムの詳細は次の通りである。

1) AE群のプログラムは、トレーニングルームに設置されたエアロバイクを用いて運動学習を伴わない有酸素運動を実施する。

2) AD群のプログラムは、運動習慣のない低体力者を想定してローインパクトスタイルのエアロビックダンスを応用する。ダンス運動(運動課題)は4種類のステップパターンに適宜4種類の上肢動作を加えて構築される。運動課題の複雑性を段階的に高くしていき、課題1 課題5の順番で運動課題を学習し目標とする全身運動(課題6)が獲得できるように配慮する。課題設定は下記の通りである。

- 課題 1 : 4 種類のステップパターンをそれぞれ単独に学習する。
- 課題 2 : 課題 1 に上肢動作を加えて上下肢の協調運動を学習する。
- 課題 3 : 4 種類のステップパターンを組合せた運動を学習する。
- 課題 4 : 課題 3 に上肢動作を加えて上下肢の協調運動を学習する。
- 課題 5 : 課題 2 の上下肢の組合せを変えて新しい協調運動を学習する。
- 課題 6 : 課題 4 の上下肢の組合せを変えて最も複雑な協調運動を学習する。

介入事前・事後に全ての実験協力者に対して以下の測定を実施する。

認知機能評価：記憶、実行機能の評価を行う。これらの項目は、Item-encoding task / N-back memory task (記憶) 及び Stroop test / Task-switching test (実行機能) により評価される。それぞれの課題は全て認知神経科学的実験パラダイムに基づき PC-base (プログラミングソフトウェア E-prime) により実施される。

動作解析 (ダンス課題テスト)：動作解析によって介入前のダンスレベルと運動学習状況を確認する。実験協力者は、大型スクリーンに映写されるモデルダンス運動 (課題 6) を一定時間模倣する。実験協力者の模倣運動とモデルダンスとの誤差 (誤動作) を解析する。実験協力者の条件として誤動作 50% 以上 (低レベル) を採用する。また、介入前・後のダンス課題テストを比較し、学習程度と認知機能改善効果の関係について検討することができる。

体組成・体力測定：体脂肪量 (率) と全身持久力を測定する。2 つの運動群に有酸素運動の体力・体組成への効果に違いがないことを確認する。全身持久力レベルは Rockport One-Mile Fitness Walking Test で評価し、体脂肪は生体電気インピーダンス法に基づく体組成計 (InBody430、(株) バイオスペース) によって評価する。

4. 研究成果

本研究は複雑性を伴う有酸素運動の学習が認知機能に及ぶ効果を検討した。そこで週 3 回 3 ヶ月間 (36 回) にわたる運動教室 (運動介入) を実施し、運動介入が及ぼす認知機能への効果について検討した。運動介入は毎年度 1 回実施することとし、運動習慣のない大学生を対象とし公募による参加者を募って実施された。実験協力者を無作為に 3 つのグループ (AD 群 (エアロビックスダンス) AE 群 (有酸素運動) Cont 群 (日常生活)) に分割し介入前後の認知機能について比較検討した。

本研究は COVID-19 感染症対策に伴い研究事業の遂行に大きな支障があったものの、期間を延長することによって予定通り年 1 回合計 3 回の運動介入試験を履行することができた。本研究は研究期間全体を通じて上記の運動介入を実施し、総数 90 名の実験協力者を得た。このうち分析対象者として条件を満たした 69 名について運動介入効果の総合的な分析を実施した。無作為化比較対照試験として 3 群の内訳は、AD 群 (25 名, 年齢 $20.6 \pm .91$, BMI 21.7 ± 3.9) AE 群 (24 名, 年齢 20.7 ± 1.31 , BMI 22.5 ± 3.95) Cont 群 (20 名, 年齢 $20.7 \pm .95$, BMI 22.5 ± 3.95) であった。3 群間の基本属性の初期値に有意差は認められなかった (表 1)。

認知機能は、認知神経科学的妥当性の高い PC ベースのボタン押し判断課題とし認知的柔軟性 (Flanker task) および作業記憶 (N-back task) について検討した。Flanker task の反応時間 (RT) について 2 元配置分散分析を実施した結果、介入前後に有意な主効果が認められ、グループ間に極めて有意に近い効果の違いが認められた (表 2、図 1)。特に AD 群の RT が介入前に比較して介入後に有意に改善したことが認められた。一方、N-back task の反応時間 (RT) について 2 元配置分散分析を実施した結果、介入前後に有意な主効果が認められ、この介入効果はグループ間で有意に異なることが確認された (表 3、図 2)。特に、Cont 群に比較して AD 群ならびに AE 群に有意な RT 改善効果が観察された。

3 ヶ月間の運動介入の結果、AD 群と AE 群において作業記憶の明らかな改善が認められた。また、AD 群においては認知的柔軟性をも改善する傾向が (極めて有意に近いレベルで) 確認された。したがって、ダンスのような複雑性の高い有酸素運動は認知機能改善に前向きな効果を及ぼすものと考えられる。本研究によって、有酸素運動の認知機能への効果の背景に運動課題の複雑性が関与することが示唆された。

表 1 実験協力者の基本属性に関する群間比較

	AD (N=25)	AE (N=24)	Cont (N=20)	1-way ANOVA between group	
Sex distribution (m/f)	18/7	13/11	13/7		
Age (years)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	F	p
	20.6 (0.91)	20.7 (1.31)	20.7 (1.31)	0.062	0.940
Height (cm)	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
	166.5 (9.21)	167.7 (8.27)	167.7 (8.27)	0.094	0.911
Weight (kg)	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
	60.3 (12.04)	64.0 (15.59)	64.0 (15.59)	1.254	0.292
BMI	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
	21.7 (3.90)	22.5 (3.95)	22.5 (3.95)	1.830	0.168

表2 Flanker taskのパフォーマンスに関する2元配置分散分析の結果

Flanker Task	AD (25)		AE (24)		Cont (20)		MainEffect (pre vs. post)	Interaction (Time × Group)	
	pre	post	pre	post	pre	post			
Reaction time (msec)	Compatible	<i>M</i> 381.5 (<i>SD</i>) (40.8)	364.0 (32.2)	385.3 (39.9)	380.3 (40.0)	392.5 (42.2)	392.8 (45.7)	<i>F</i> 5.414 <i>p</i> 0.023	<i>F</i> 2.802 <i>p</i> 0.068
	Incompatible	<i>M</i> 438.7 (<i>SD</i>) (41.1)	418.7 (35.7)	434.1 (37.3)	435.8 (46.3)	445.1 (46.7)	440.9 (46.1)	<i>F</i> 2.605 <i>p</i> 0.111	<i>F</i> 2.057 <i>p</i> 0.136
Correct response rate (%)	Compatible	<i>M</i> 99.8 (<i>SD</i>) (0.9)	99.0 (2.5)	99.0 (2.3)	99.2 (1.8)	98.9 (1.7)	99.1 (1.5)	<i>F</i> 0.247 <i>p</i> 0.621	<i>F</i> 1.689 <i>p</i> 0.193
	Incompatible	<i>M</i> 92.6 (<i>SD</i>) (5.7)	91.0 (6.4)	92.1 (9.2)	91.7 (8.7)	92.5 (4.8)	93.3 (7.6)	<i>F</i> 0.247 <i>p</i> 0.621	<i>F</i> 1.689 <i>p</i> 0.193

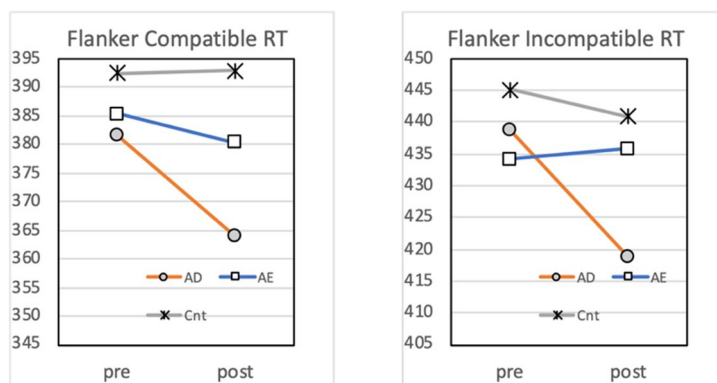


図1

表3 N-back taskのパフォーマンスに関する2元配置分散分析の結果

N-back Task	AD (25)		AE (24)		Cont (20)		MainEffect (pre vs. post)	Interaction (Time × Group)	
	pre	post	pre	post	pre	post			
Reaction time (msec)	1-back	<i>M</i> 556.9 (<i>SD</i>) (104.3)	522.6 (96.5)	614.5 (134.6)	534.5 (117.8)	628.5 (95.5)	631.6 (92.3)	<i>F</i> 12.922 <i>p</i> 0.001	<i>F</i> 5.242 <i>p</i> 0.008
	2-back	<i>M</i> 765.1 (<i>SD</i>) (198.5)	698.7 (178.7)	826.5 (197.9)	745.4 (205.5)	832.4 (177.6)	766.0 (177.5)	<i>F</i> 25.398 <i>p</i> 0.000	<i>F</i> 0.124 <i>p</i> 0.883
Correct response rate (%)	1-back	<i>M</i> 96.1 (<i>SD</i>) (3.8)	94.8 (5.3)	95.9 (3.0)	96.0 (2.6)	95.8 (3.3)	94.6 (5.8)	<i>F</i> 2.219 <i>p</i> 0.141	<i>F</i> 0.778 <i>p</i> 0.464
	2-back	<i>M</i> 93.2 (<i>SD</i>) (6.2)	93.5 (5.4)	91.1 (6.8)	93.9 (5.0)	92.0 (8.8)	91.1 (9.9)	<i>F</i> 1.101 <i>p</i> 0.298	<i>F</i> 2.793 <i>p</i> 0.069

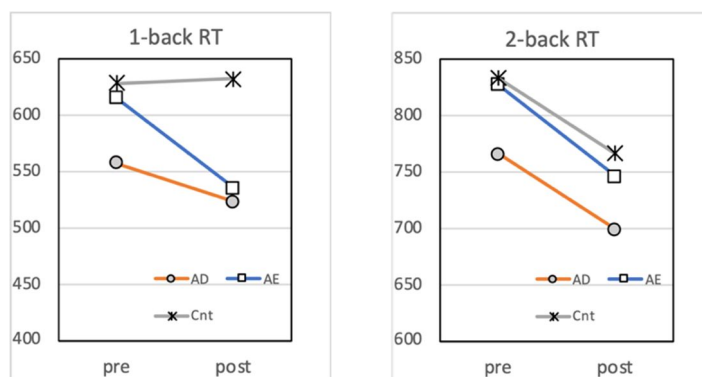


図2

参考文献

- 1) Voss M. W. et al (2010) Plasticity of Brain Networks in a Randomized Intervention Trial of Exercise Training in Older Adults. *Front Aging Neurosci.* 2: 32. doi: 10.3389/fnagi.2010.00032.
- 2) Coubard O. A. et al (2011) Practice of Contemporary Dance Improves Cognitive Flexibility in Aging. *Front Aging Neurosci.* 3: 13. doi: 10.3389/fnagi.2011.00013.
- 3) Kattenstroth C. et al (2013) Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive performance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. *Front Aging Neurosci.* 5: 5. doi: 10.3389/fnagi.2013.00005.
- 4) Zheng G. Et al (2015) Tai Chi and the Protection of Cognitive Ability: A Systematic Review of Prospective Studies in Healthy Adults. *American Journal of Preventive Medicine.* 19: 1. 89-97.
- 5) Pesce C. (2012) Shifting the Focus from Quantitative to Qualitative Exercise Characteristics in Exercise and Cognition Research. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 34(6):766-86
- 6) Wood R. (1986) Task complexity: Definition of the construct. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 37(1):60-82

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 水村(久埜)真由美, 木村 憲
2. 発表標題 若年女性が行う認知課題と全身反応課題のパフォーマンスに音楽聴取が及ぼす影響
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken Kimura, Mayumi Kuno-Mizumura
2. 発表標題 The Impact of Aerobic Dance Exercise on Cognitive Function in Young Adults Examining the Role of Motor Complexity
3. 学会等名 European College of Sport Science (国際学会)
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
研究分担者	水村 真由美 (久埜真由美) (Mizumura Mayumi) (60292801)	お茶の水女子大学・基幹研究院・教授 (12611)	

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
---------	---------