

〔資 料〕

間欠的なリズム体操と連続的なリズム体操が高齢者の 気分・実行機能に与える影響に関する予備的検討

兵頭和樹¹⁾

Comparison of the effects on mood and executive function in older adults between intermittent and continuous aerobic dance exercises: a pilot study

Kazuki Hyodo

緒 言

加齢に伴いさまざまな認知機能が低下するなかで、前頭前野の担う実行機能は特に低下が大きい¹⁾。実行機能とは、目的に向かって計画を立てて思考や行動を制御する認知プロセスであり、抑制機能や情報の更新などさまざまな認知機能から構成されている²⁾。実行機能は高齢者の自立度を評価する手段の日常生活動作 (instrumental activities of daily living; IADL) と関連することも報告されており³⁾、実行機能を高齢期でも高く保つことは高齢者の生活の質を維持するためにも重要である。

加齢による実行機能の低下は生活習慣と深くかわっており、なかでも習慣的な運動はその機能低下を防止する最も有力な生活習慣として注目されている⁴⁾。そのような運動の慢性効果と同様に、一過性の運動が実行機能に与える影響についても研究が進んでおり、その研究の多くがランニングや自転車運動などの中高強度の有酸素性運動の影響を明らかにしている⁵⁻⁷⁾。しかし、身体機能に不安がある高齢者や運動に対する実施意欲が低い高齢者にとっては、身体負担がある程度大きな中

高強度の運動を実践・継続することは困難である⁸⁾。したがって、多くの高齢者の実行可能性を考えると、低強度の運動による実行機能への影響について検証することが求められる。また、運動の継続性には、運動によって気分が向上することや楽しさを感じることも重要であることから^{4,8,9)}、気分と実行機能を高める低強度の運動条件の探索も求められる。

日本の高齢者に馴染みが深く、どこでも手軽にできる低強度の運動として音楽に合わせて体操するリズム体操が広く実施されている。しかし、このような体操が高齢者の気分や実行機能にどのような影響を及ぼすかについての検証はほとんど行われていない。我々は近年、上半身の動きを中心としたスローテンポ (90 bpm) の低強度リズム体操は、同じ強度の自転車運動 (110 bpm) に比べて、心理的快適度や活性度がより高まり、心理的覚醒度や実行機能は同程度に高まることを明らかにした¹⁰⁾。そこで、このリズム体操の実行機能に対する向上効果を更に高めるために、テンポを速めて休憩を挟みながら実施する間欠的なリズム体操を考案した。運動のテンポが高まると覚醒度は高ま

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.

ることが報告されており¹¹⁾、また一過性の運動による実行機能の変化は覚醒度と関連することから¹²⁾、リズム体操のテンポを速めることで覚醒度をより高め、実行機能をより向上させることにつながる可能性がある。また、リズム体操の強度を変えずに間欠的な運動にすることで、快適感を損なわずに運動の楽しさが高まる可能性もある。間欠的な運動と連続的な運動が気分を与える影響に関する研究では、若齢成人を対象に高強度間欠的な自転車運動と、運動量を合わせた中強度の連続的な自転車運動とを比べたものが多い。その結果、間欠的な運動は連続的な運動に比べて運動中の快感情は低い、運動後はその運動を楽しく感じる事が報告されている^{13,14)}。一方、強度を中強度に合わせた間欠的な運動と連続的な運動では、運動中の快感情に差はなく、楽しさは間欠的な運動で高まる事が報告されている¹⁵⁾。したがって、強度を低強度領域にそろえた場合、間欠的なリズム体操は、連続的なリズム体操に比べて運動による快感情の変化は同程度だが、運動をより楽しく感じる事が予想される。このような間欠的なリズム体操の運動の楽しさや覚醒度と実行機能に対する影響が明らかになれば、より継続性の高い効果的な運動様式として提唱できる。

以上のことから、本研究では、テンポを速めた間欠的なリズム体操と運動量の等しい連続的なリズム体操が高齢者の気分や実行機能に与える一過性の影響を明らかにすることを目的とした予備的検討を行った。なお、本研究における仮説としては、間欠的なリズム体操は、連続的なリズム体操

に比べて運動中の快感情や運動後の快適度は変わらず(仮説1)、覚醒度、実行機能、および楽しさに対する影響が大きい(仮説2)とした。

方 法

A. 対象者

健康な高齢者9名(男性4名、女性5名)が測定に参加した。対象者は、右利きで視覚障害、精神疾患、中枢神経系の疾患、心肺機能の疾患、外科的疾患がない、認知機能が正常(Mini Mental State Examination; MMSE > 23)、抑うつ傾向がない(Geriatric Depression Scale; GDS < 7)ことを条件とした。本研究は、公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得るとともに(承認番号: 28003号)、すべての対象者に対して事前に本研究についての説明を行い、書面にて研究参加の同意を得た。

B. 実験プロトコール

すべての対象者は、2～6日間の間隔を空けて、3回の実験に参加した。対象者に対して、実験前日の激しい運動や過度の飲酒、実験当日の運動、カフェイン摂取を控えるように指示した。実験1日目は、MMSEによって認知機能、GDSによって抑うつ度、質問紙等で既往歴を確認し、身体測定を行った。その後、実行機能の指標であるストループテストの練習とリズム体操としてのスローエアロビックスの練習を行った。実験2日目と3日目には、連続的なリズム体操(Continuous 条件)および間欠的なリズム体操(Intermittent 条件)が気分、実行機能に与える影響を検討した。両条件とも、

表1. 対象者の特性

	男性(n=4)		女性(n=5)	
	Mean	SD	Mean	SD
年齢(years)	69	1.4	70	2.5
身長(cm)	164	3.3	149	4.3
体重(kg)	63	4.0	46	6.5
教育歴(years)	14	1.9	13	1.8
MMSE (score)	29	1.2	29	1.1
GDS (score)	1.5	1.7	1.2	1.6

MMSE; Mini Mental State Examination, GDS; Geriatric Depression Scale.

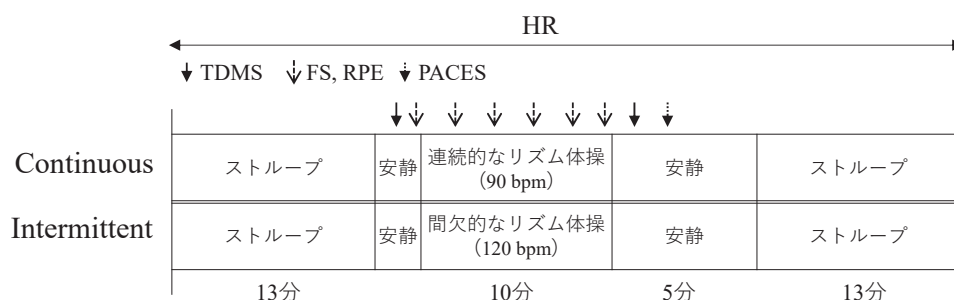


図1. 実験プロトコール

TDMS; Two-Dimensional Mood Scale, FS; feeling scale, RPE; ratings of perceived exertion, PACES; Physical Activity Enjoyment Scale.

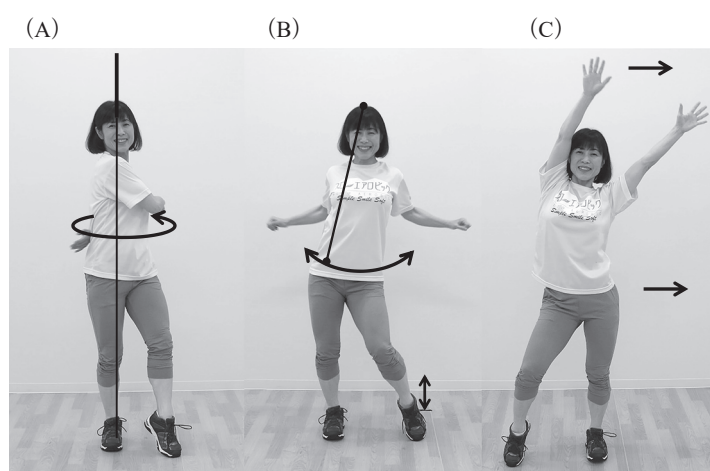


図2. 本研究で用いたリズム体操の3つの動き(スローエアロビック®)
(A)身体をまっすぐ保ち、腕を体に巻きつけるように上半身をひねる。
(B)腰を左右に振りながら、腕を引いて肩甲骨を寄せ、胸の前で手を叩く動作を繰り返す。(C)両手と腰を同じ方向に振りながら体側を伸ばす。

10分間のリズム体操の前後に、実行機能をストロープテストで、気分を二次元気分尺度(Two-Dimensional Mood Scale; TDMS)でそれぞれ測定した。また、実験全体を通して心拍数(heart rate; HR)を測定し(Polar Heart Rate Monitor, Polar Electro, Finland), 運動強度として運動前の安静時HRおよび運動中のHRから心拍予備率(heart rate reserve; HRR)を算出した。運動中の快感情(feeling scale; FS)と主観的運動強度(ratings of perceived exertion; RPE)を運動開始前, 2分後, 4分後, 6分後, 8分後, 運動終了前にそれぞれ測定した。更に、運動後のストロープテスト実施前に、運動の楽しさを日本語版 PACES(Physical Activity Enjoyment Scale)で評価した(図1)。実験条件の

実施順番に関しては、各対象者で無作為に決定した。

C. リズム体操

本研究では、リズム体操としてスローエアロビック®を用いた(図2)。この運動プログラムは3つの上半身を使った体操((A)上体をひねる動作, (B)腰を左右に振りながら手を叩く動作, (C)腰を左右に振りながら両腕を身体の前で振る動作)から構成されている(図2)。Continuous条件では、スローテンポ(90 bpm)の音楽に合わせて3つの動きをそれぞれ40秒ずつ実施する2分間の運動を1セットとし、休憩を挟まずに5セット繰り返した。Intermittent条件では、ミドルテンポ(120 bpm)の音楽に合わせて3つの動きをそれ

ぞれ30秒ずつ実施する90秒間の運動と30秒の休息を合わせた2分間を1セットとし、これを5セット繰り返した。両条件とも総運動時間は10分間とし、それぞれの動きの反復回数は等しくなるように設定した。

D. 心理指標

運動前後の気分の測定には、TDMSを用いた¹⁶⁾。TDMSは、現在の心理状態について8つの質問項目に対して、0(全くそうではない)から5(非常にそう)の6件法で回答し、これらの得点を計算することで活性度と安定度(-10~10点)、快適度と覚醒度(-20~20点)を算出できる。本研究では快適度と覚醒度を解析に用いた。

運動中の快感情は、FSにより評価した¹⁷⁾。FSは、運動中の快・不快状態を「今の気分はどうですか」という問いに関して、-5(とても悪い)から5(とても良い)の11点の両極尺度で答えるものである。

運動の楽しさは身体活動の楽しみ尺度(PACES)の日本語版¹⁸⁾により測定した。PACESは、実施した運動に関する18項目の質問に対して1~7点の7件法で答えるもので、各項目の合計得点が高いほど、運動が楽しかったことを示す。

E. ストループテスト

本研究では、実行機能評価としてストループ課題を用いた^{5,19,20)}。本課題は、パソコンのスクリーンの上段に記号もしくは色単語、下段には色単語がそれぞれ表示され、対象者には上段にある記号もしくは色単語の色が下段に表示される色単語の意味と一致している場合は、左手の人差し指でキーボードの『N』を、不一致の場合は右手の人差し指で『C』のキーをできるだけ速く正確に押すように指示した。ストループ課題は30問のNeutral試行と30問のIncongruent試行から構成されており、ランダムに提示される。Neutral試行ではスクリーンの上段に「XXXX」という記号が赤、青、緑、黄の色のいずれかで表示され、単純に記号の色だけを判断することが求められる。一方、Incongruent試行では、上段には「あか」「あお」「みどり」「きいろ」の4単語のいずれかが、文字の意

味とは異なる赤、青、緑、黄の色のいずれかで表示されることから、単語の意味に対する反応を抑制して色について判断することが求められる。したがって、Neutral試行に比べてIncongruent試行は反応時間が遅くなる。この反応時間の差をストループ干渉として実行機能の指標として算出した。

F. 統計解析

連続変数(HRR, RPE, PACES)の平均値については、運動条件間に対応のあるT検定を行った。なお、FSに関しては、運動中のFSの平均値を算出し、条件(Continuous/Intermittent)と時間(運動前/運動中平均)に対して対応のある二元配置分散分析を行った。TDMSスコア、ストループ干渉においても、FSと同様に条件(Continuous/Intermittent)と時間(運動前/運動後)の二元配置分散分析を行った。交互作用がみられた項目に関しては、条件ごとに時間の差を算出し、条件間で多重比較検定(Bonferroni)を行った。有意水準は5%に設定した。統計解析にはR version 3.5.1(R Core Team 2018)を用いた。

結 果

A. 運動強度

それぞれの運動条件のHRRの平均値および標準偏差は、Continuous条件で $19.9 \pm 8.1\%$ 、Intermittent条件で $23.1 \pm 8.0\%$ であり、条件間に有意な差はみられなかった($t(8) = 1.38$, $P = 0.46$)。また、RPEはContinuous条件で 10.7 ± 2.2 、Intermittent条件で 11.1 ± 2.0 であり、条件間に有意な差はみられなかった($t(8) = 1.59$, $P = 0.15$)。

B. 心理指標

図3にTDMS, FS, PACESの結果を示した。TDMSに関しては、快適度で時間による主効果がみられ、両条件で運動後に快適度が高まることが確認された。しかし、条件と時間の交互作用はみられなかった。覚醒度に関しては、条件と時間の主効果およびそれらの交互作用のいずれも有意差がみられなかった。しかし、時間の主効果においては差が認められる傾向(時間: $P = 0.07$)にあった。FSに関しては、時間と条件による交互

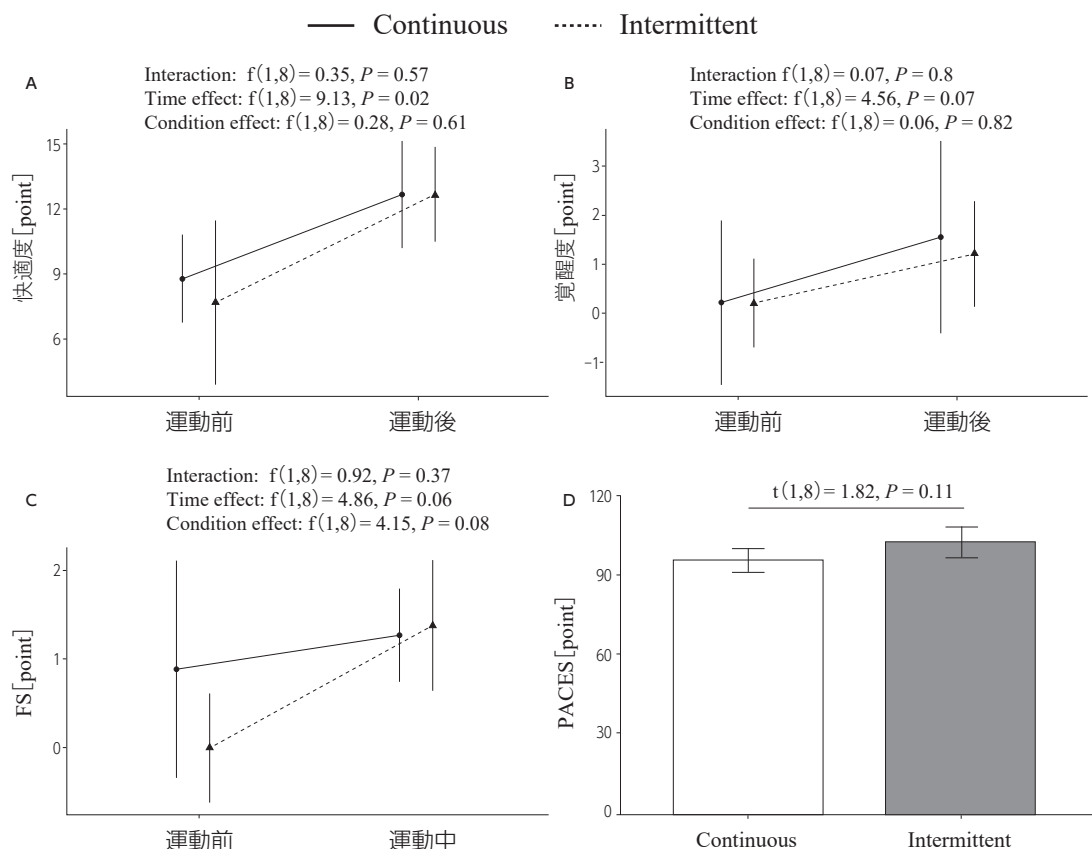


図 3. (A) 二次元気分尺度 (TDMS) で測定した運動前後の快適度の変化。(B) 覚醒度の変化。(C) Feeling scale (FS) で測定した運動中の快適度の変化。(D) 運動の楽しさ尺度 (PACES) で測定した運動後の楽しさ。平均と標準偏差を示す。

表 2. ストループ課題成績

n = 9	Continuous				Intermittent			
	pre		post		pre		post	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
CR (%)								
Neutral	98.89	2.36	100	0	98.89	1.67	98.89	1.67
Incongruent	97.04	3.89	95.93	4.01	97.41	3.64	96.30	4.55
RT (msec)								
Neutral	761.98	153.77	743.76	122.87	760.03	160.26	742.68	157.40
Incongruent	968.26	240.55	936.47	203.81	970.36	279.23	906.78	220.29

CR; correct rate, RT; reaction time.

作用はみられず、それらの主効果においても有意差を認めなかった。しかし、主効果においては両指標とも差が認められる傾向(時間: $P=0.06$, 条件: $P=0.08$)にあった。PACES に関しては、両条件の平均値間に有意な差はみられなかった。

C. ストループテスト

ストループテストの Neutral, Incongruent の反応時間と正解率を表 2, ストループ干渉の結果を図 4 に示した。ストループ干渉に対する二元配置分散分析の結果, 時間, 条件の主効果および交互作用のいずれも有意差はみられなかった。しかし,

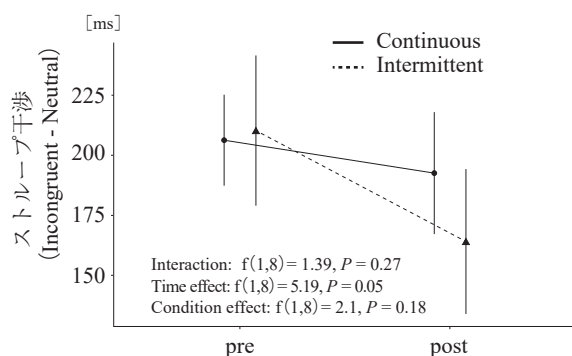


図4. ストロープ干渉の変化
平均と標準偏差を示す。

時間の主効果においては差が認められる傾向にあった(時間 : $P = 0.07$)。

考 察

本研究は、ミドルテンポ(120 bpm)の間欠的なリズム体操と運動量を揃えたスローテンポ(90 bpm)の連続的なリズム体操が、高齢者の気分・実行機能に与える一過性の影響を比較する予備的検討を行った。その結果、運動前後での快適度の変化や運動中の快感情についての影響に関しては運動条件間で差はなかったことから、仮説1については確認できた。しかし、覚醒度、運動の楽しさ、ストロープ干渉の変化においては両条件間に差がなく、間欠的なリズム体操は連続的なリズム体操よりも大きな影響を及ぼすという仮説2とは異なる結果であった。したがって、本研究で用いたテンポを速めた間欠的な低強度リズム体操とスローテンポの連続的な低強度リズム体操では、高齢者の気分や実行機能に与える影響には明らかな差がないものと推察された。

本研究における対象者の快適度は両運動群とも運動前から運動後に有意に向上したものの、その変化パターンには両運動群間に差が認められなかった。また、運動中の快感情についても運動前からの変化量や変化パターンに両群で差がないことから、対象者の気分に対する影響には運動条件の違いによる差はないものと思われる。これらの結果は、間欠的な上肢エルゴメーター運動と連続的な上肢エルゴメーター運動では、運動強度を中

等度に統一した場合には、本研究と同じ指標を用いた運動中の快感情に対する影響には差がないことを報告した Hoekstra et al. の結果¹⁵⁾と一致するものであった。したがって、本研究で用いた実験条件においては、リズムを速めた間欠的なリズム体操と連続的なリズム体操は、対象者の気分に対して同様な向上をもたらすものと推察される。

一方、心理的覚醒度や実行機能の指標であるストロープ干渉に関しては、仮説2に反して両条件ともに変化がみられず、条件間での有意差もみられなかった。これらの結果は、覚醒度の増加およびストロープ干渉の短縮がみられた我々の先行研究の結果とは異なる¹⁰⁾ものであった。本研究における覚醒度と実行機能で運動条件間に差がみられなかった理由としては、運動強度が同程度であったことが考えられる。運動はその強度によって覚醒度や認知(実行?)機能に与える影響が異なることが報告されており^{12,21)}、強度が等しい場合は、テンポや運動様式を変えてもその影響は変わらない可能性がある。また、本研究の運動条件間のテンポの違い(90 bpmと120 bpm)は、対象者の心理的覚醒度の変化に違いをもたらすほどの差ではなかった可能性がある。運動のテンポと気分の関係に関して、Naruse et al.¹¹⁾は若齢成人を対象に検討を行っている。その結果、超スローテンポ(40 bpm)の太極拳に比べて、スローテンポ(80 bpm)の太極拳は覚醒度(energetic arousal)をより高めたことを報告している。したがって、これらの要因が単一的、あるいは複合的に関係したことで、運動による気分や実行機能に対する影響に両運動群間に明らかな差が認められなかった可能性が推察される。しかし、運動条件ごとに運動前後の値に対して対応のあるT検定を行った際の効果量(d)をみると、覚醒度に関してはContinuous条件では小さい効果量($d = 0.38$)であるのに対して、Intermittent条件では大きい効果量($d = 1.41$)がみられている。また、ストロープ干渉に関してもContinuous条件では効果量が小さく($d = 0.34$)、Intermittent条件では中程度の効果量($d = 0.75$)がみられた(未発表データ)。これらのことから、

Intermittent 条件では一定の運動効果は得られるとともに、その効果は Continuous 条件より大きい可能性も考えられる。

本研究では、運動の楽しさに関しても運動条件間に差はみられなかった。先行研究では、若齢成人においては、高強度間欠的な運動は中強度連続的な運動に比べてより楽しく感じる事が報告されている^{13,14)}。また Hoekstra et al. は、若齢成人においては、30分間の中強度の間欠的な上肢エルゴメーター運動(80% LT で 1 分間110 bpm, 1 分間50 bpm のテンポの繰り返し)は同じ時間と強度の連続的なエルゴメーター運動(80% LT で80 bpm のテンポ)に比べて、より楽しさを感じることを報告している¹⁵⁾。また先行研究では、間欠的な運動と連続的な運動における楽しさとの関係は若齢成人と中高年で異なることや²²⁾、間欠的な運動でもランニングと自転車運動では楽しさが異なることなどが報告されている²³⁾。したがって、本研究で間欠的な運動でより楽しさが得られなかった理由としては、年齢、強度、運動内容などの違いが影響した可能性が考えられる。しかし、運動条件間の楽しさの差に対する t 検定の効果量は中程度($d = 0.60$)であったことから、サンプルサイズが少ないことから統計学的な検出力が不足していた可能性もあり、今後更なる検討が必要である。

本研究では、ミドルテンポ(120 bpm)の間欠的なリズム体操が高齢者の気分や認知機能に与える影響は、運動量を合わせたスローテンポ(90 bpm)の連続的なリズム体操と差がない可能性が示唆された。しかし、効果量では運動の楽しさや覚醒度、実行機能は間欠的なリズム体操のほうが大きいことから、これらの指標については運動による一定の効果があり、運動条件の違いによる効果に差が生じる可能性も考えられる。したがって今後、対象者数を増やすなどの追加実験を行い、より精度の高い効果検証を行う予定である。

参考文献

- 1) Cabeza R, Dennis NA. Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In Stuss DT, Knight RT (eds). Principles of frontal lobe function, Oxford University Press, New York, 2012.
- 2) Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. 2000; 41: 49-100.
- 3) Cahn-Weiner DA, Boyle PA, Malloy PF. Tests of executive function predict instrumental activities of daily living in community-dwelling older individuals. *Applied Neuropsychology*. 2002; 9: 187-91.
- 4) Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello SJ. The relationship between exercise intensity and affective responses demystified: to crack the 40-year-old nut, replace the 40-year-old nutcracker! *Annals of Behavioral Medicine*. 2008; 35: 136-49.
- 5) Hyodo K, Dan I, Suwabe K, Kyutoku Y, Yamada Y, Akahori M, Byun K, Kato M, Soya H. Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. *Neurobiology of Aging*. 2012; 33: 2621-32.
- 6) Johnson L, Addamo PK, Selva Raj I, Borkoles E, Wyckelsma V, Cyarto E, Polman RC. An acute bout of exercise improves the cognitive performance of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2016; 24: 591-8.
- 7) Kamijo K, Hayashi Y, Sakai T, Yahiro T, Tanaka K, Nishihira Y. Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*. 2009; 64: 356-63.
- 8) Schutzer KA, Graves BS. Barriers and motivations to exercise in older adults. *Preventive Medicine*. 2004; 39: 1056-61.
- 9) Rhodes RE, Kates A. Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. *Annals of Behavioral Medicine*. 2015; 49: 715-31.
- 10) Hyodo K, Jindo T, Suwabe K, Soya H, Nagamatsu T. Acute effects of light-intensity, slow-tempo aerobic dance exercise on mood and executive function in older adults. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2019; 117: 8-16.
- 11) Naruse K, Hirai T. Effects of slow tempo exercise on respiration, heart rate, and mood state. *Perceptual and Motor Skills*. 2000; 91: 729-40.
- 12) McMorris T, Hale BJ. Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: a meta-analytical investigation. *Brain and Cognition*. 2012; 80: 338-51.
- 13) Bartlett JD, Close GL, MacLaren DPM, Gregson W, Drust

1) Cabeza R, Dennis NA. Frontal lobes and aging: deterioration and compensation. In Stuss DT, Knight RT (eds). Principles of frontal lobe function, Oxford University Press,

- B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29: 547-53.
- 14) Jung ME, Bourne JE, Little JP. Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate- and continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. *Plos One*. 2014; 9: e114541.
 - 15) Hoekstra SP, Bishop NC, Leicht CA. Can intervals enhance the inflammatory response and enjoyment in upper-body exercise? *European Journal of Applied Physiology*. 2017; 117: 1155-63.
 - 16) Sakairi Y, Nakatsuka K, Shimizu T. Development of the Two-Dimensional Mood Scale for self-monitoring and self-regulation of momentary mood states. *Japanese Psychological Research*. 2013; 55: 338-49.
 - 17) Hardy CJ, Rejeski WJ. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1989; 11: 304-17.
 - 18) マーカス BH, フォーサイス LH(著). 下光輝一, 中村好男, 岡浩一朗(監訳). 行動科学を活かした身体活動・運動支援—活動的なライフスタイルへの動機付け. 大修館書店, 東京, 2006.
 - 19) Stroop J. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935; 18: 643-62.
 - 20) Zysset S, Muller K, Lohmann G, von Cramon DY. Color-word matching stroop task: separating interference and response conflict. *NeuroImage*. 2001; 13: 29-36.
 - 21) Ekkekakis P, Parfitt G, Petruzzello SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2011; 41: 641-71.
 - 22) Poon ET, Sheridan S, Chung AP, Wong SH. Age-specific affective responses and self-efficacy to acute high-intensity interval training and continuous exercise in insufficiently active young and middle-aged men. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2018; 16: 106-11.
 - 23) Kai Y, Hyodo K, Jindo T, Kitano N, Nagamatsu T, Uchida K. Cardiovascular response of workers with hypertension during high-intensity interval training: preliminary study on "Office-HIIT" (in Japanese). *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2018; 116: 17-23.