中年女性による一過性の低強度運動が選択的注意力に及ぼす影響

―ピラティスエクササイズによる効果―

澤田 美砂子（日本女子大学）

Effect of acute mild Pilates exercise program on selective attention of middle-aged women

Misako SAWADA (Japan Women's University)

Abstract

This study investigated the effect of an acute mild exercise in Pilates on cognitive function of middle-aged women. Sixteen women, aged 30 to 50 (M=40.6) years, included the study. They participated the walking and Pilates programs for each 60 minutes. Before and after each program, participants completed Stroop color word test. A two-way repeated ANOVA was performed using SPSS software to analyze the data. The results indicated that the score of control tasks (task1 and 3) were increased significantly after both of the walking and Pilates exercise. Furthermore, the walking and Pilates program did not decrease the Stroop interference rate and the reverse-Stroop interference rate. These results suggest that the Pilates in our study effects on not the attentional cognitive function but the simple matching skill.

Keywords: cognitive function, mild exercise, Pilates, Stroop task

1．問題と目的

2013年に厚生労働省より、健康づくりのための身体活動基準2013が出されたことにより、成人が運動を習慣化することの必要性が生活習慣病予防の観点から広く認識されるようになった。最近では、体力に自信のない人でも取り組みやすい運動が、フィットネスクラブ等の運動施設のプログラムに導入されることが増えたこともあり、運動に関心を持ち取り組む中高年女性も増加している。2017年の厚生労働省の国民健康・栄養調査によると、運動習慣のある65歳代以上の割合は39.0％であり、15年前の結果と比較すると10％以上増加している。とりわけピラティスは、体幹の安定や正しい姿勢の維持を目的とした（トゥレイズほか，2006：12-17）比較的低強度の運動であり（厚生労働省，2013：52）、そもそもリハビリテーションのために考案されたこともあって（ピラティス，2009：3-9）、運動に苦手意識を持つ人や高強度の運動を敬遠する人が、定期的な運動として取り入れるには、適した内容であると言える。ウォーキングと同様に、ピラティスのような低強度の運動であっても、中高年女性が肥満を改善したり体力を高める効果があることは、これまでの研究で検証されている。Savkin & Aslan（2017）は、30～50歳の女性が週3回のピラティスクラスを8週間受講した結果、コントロール群と比較して、体重や体脂肪率、腹囲等が有意に減少したことを明らかにしている。体力に関しては、Bergaminら（2015）の研究で、60歳前後の女性を対象に、ピラティスエクササイズを週2回3週間実施したところ、エクササイズ実施前と比較して、下肢や腹部の筋力が有意に向上したことが示されている。

上記のように、低強度の運動であっても、生活習慣病予防や体力の向上に効果を持つことが明らかにされる一方で、最近では、このような低強度運動が認知機能を高めるという結果を導く研究が多くなされ、体力とともに認知機能の低下を防ぐ効果のある運動の内容について、多くの関心が寄せられている。石原ら（2016）は、青年男女を対象にした調査により、低強度運動を中心とした運動習慣を構築している者は、認知機能の中でも、自己制御や選択的注意に関連する抑制機能が高いという結果を示している。継続的でない一過性の低強度運動についても、Byunら（2014）が、10分間の低強度のペダリング運動によって、選択的注意能力を評価するストループテストの結果が向上したことを示している。同研究では、脳の中でも注意・集中や判断等の認知機能が関わるとされる前頭前野について、光トポグラフィを用いた酸素化ヘモグロビン量の測定も行っている。その結果、低強度運動後のストループテストの実施時に、酸素化ヘモグロビン量が増加し、前頭前野の活性化が認められた。こうした結果を受け、短時間の低強度運動が、注意・集中や判断等の認知機能を支配する前頭前野を活性化させ、ストループテストの結果に反映される選択的注意力の実行機能に効果を及ぼすと述べている。

昨今の研究において運動強度および運動の種類が認知パフォーマンスに対してどのように影響を及ぼすかということが議論されている中で、運動習慣のない中高年女性が取り組みやすいピラティス等についてもその効果を明らかにすることは、こうした研究分野において意義あることだと考える。低強度の運動が、選択的注意力等の認知機能を高める効果を検証した多くの実験において、ウォーキングや自転車エルゴメーターが課題として用いられることがほとんどである。そこで、本研究ではウォーキングに加え、中高年の女性が取り組むことが増えてきているピラティスでも同様の効果が認められるかどうか、明らかにすることを目的とする。

2. 方法

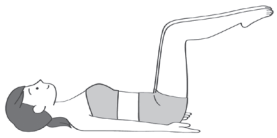
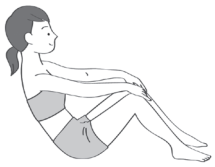
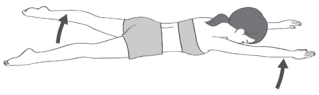
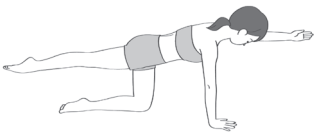
2.1. 実験参加者

本研究における対象者は、定期的な運動習慣のない中年女性16名（平均年齢40.6 ± 7.7歳）であった。本研究の内容および生じる可能性のある危険について、また途中での辞退が可能であることについて、十分説明を受け理解したうえで実験に参加した。

2.2. 運動課題について

本研究では、健康づくりのための身体活動基準2013（厚生労働省，2013：52）により、運動習慣のない者が運動を開始する強度として推奨されている約3.0メッツ程度、自覚的運動強度の指標で「楽である」～「ややきつい」を維持する低強度の運動課題として、(1) ウォーキングと (2) ピラティスを実施した。2種類の運動とも筋肉にあまり負荷をかけない低強度の運動であるが、ウォーキングは連続的な全身運動であるのに対し、ピラティスは、正しい位置に身体部位を置くことや、体幹を安定させることを常に意識しながら、エクササイズごとにターゲットとなる筋力の向上や柔軟性を目指す運動である。一般的にピラティスを導入しているフィットネスクラブ等の運動施設では、1つの運動プログラムは60分で構成されることが多いため、本研究では60分間を運動実施時間として設定し、実際の運動プログラム実施時の状況に極めて近い条件下で効果を検証することとした。ウォーキング課題では、実験条件下であってもできるだけ実際の運動時の状況に近づけるため、屋外での実施とし、緩やかな上り・下り坂を含む平地を中心としたウォーキングコースで行った。ピラティス課題は、表1に示す通り、初心者向けのマットピラティスエクササイズ（シングル・レッグ・リフト，テーブル・トップ，アブ・プレップ，シングル・レッグ・ストレッチ，ハー

表 1．ピラティス課題で実施したエクササイズ一覧

名称	図	運動の方法	主な目的
シングル・レッグ・リフト		4カウント（※1カウントは約1秒）で左股・膝関節屈曲のまま挙上，4カウントで下制．左右1セット×4回．	股関節屈筋の強化
テーブル・トップ		4カウントで左股・膝関節屈曲のまま挙上，4カウントで右足も同様に挙上．8カウント維持．上記１セット×2回．	腹筋・股関節屈筋の強化
アブ・プレップ		テーブル・トップを維持し，頸椎・胸椎を屈曲．4カウントで肘関節伸展のまま両腕挙上，4カウントで下制．上記1セット×4回．	腹筋・股関節屈筋の強化
シングル・レッグ・ストレッチ		アブ・プレップの体勢から，2カウントでさらに左股関節屈曲，右股・膝関節伸展．左右1セット×8回．	腹筋・股関節屈筋の強化 下肢の柔軟性の強化
ハーフ・ロール・バッグ		4カウントで腰椎屈曲，4カウントでさらに腰･胸･頸椎屈曲．8カウント体勢を維持．8カウントで腰・胸・頸椎伸展．上記1セット×2回．	腹筋の強化 脊椎の柔軟性の強化
スイミング・プレップ		4カウントで左肩関節伸展，4カウントで右股関節伸展．同カウントで反対側も伸展．16カウントで伸展と屈曲を左右交互にリズミカルに繰り返す．上記1セット×2回．	背筋・臀筋・股関節伸筋の強化 肩の可動性の強化
ポインター		4カウントで左肩関節伸展，4カウントで右股・膝関節伸展．8カウント体勢を維持．反対側も同様．上記1セット×2回．	肩筋･腹筋･背筋･臀筋･股関節伸筋の強化
ダイアゴナル・ポインター		ポインターの体勢から，4カウントで肩関節および股関節を外転，4カウントで内転．上記1セット×4回．反対側も同様．	肩筋･腹筋･背筋･臀筋･股関節伸筋および外転筋の強化

フ・ロール・バッグ，スイミング・プレップ，ポインター，ダイアゴナル・ポインター）（トゥレイズほか，2006：116-117, 118-119, 122-123, 128-129, 139, 152-153, 160-161, 162-163）を体育館内で実施した。

2.3. 選択的注意力を測定する課題について

本研究では、Byunらの研究（2014）と同様に、認知機能の遂行機能の中でもとりわけ中高年においてパフォーマンスが低下するとされる選択的注意力に着目し、新ストループ検査Ⅱ（箱田・渡辺，2005）を用いて測定することとした。この検査は4つのストループ課題から成り、各課題の測定内容は以下の通りである。

(1) 課題1：色・視覚情報により、色名語の選択的注意力に妨害が生じているかを測定するための、統制条件になる課題。黒インクで書かれた色名語が意味する色をチェックする。（逆ストループ統制課題）

(2) 課題2：色・視覚情報により、色名語の選択的注意力に妨害が生じているかを測定するための課題。インク色と色名語が意味する色が不一致の語に関して、色名語が意味する色にチェックを入れる。（逆ストループ課題）

(3) 課題3：言語情報により、インクの色の選択的注意力に妨害が生じているかを測定するための、統制条件になる課題。背景色のインクの色に対応する色名語にチェックを入れる。（ストループ統制課題）

(4) 課題4：言語情報により、インクの色の選択的注意力に妨害が生じているかを測定するための課題。インク色と色名語が意味する色が不一致の語に関して、インクの色に対応する色名語にチェックを入れる。（ストループ課題）

ストループ検査は静穏が保たれた室内にて、1～4の各課題について練習試行10秒、本試行60秒にて、「できるだけ早く正確に行うようにしてください」という教示のもと実施した。

2.4. 実験の手続き

実験第1日目、運動前にストループ検査を実施した。休憩5分の後、ウォーキング課題を60分間行った。その後休憩5分をはさみ、運動後のストループ検査を実施した。実験第2日目（第1日目より1週間後）は、第1日目と同様、運動前にストループ検査を実施した。休憩5分の後、ピラティス課題を60分間行った。その後休憩5分をはさみ、運動後のストループ検査を実施した。なお、各ストループ課題内の実施順序による効果をコントロールするため、被験者を無作為に2グループに分け、Aグループの被験者（8名）には、第1日目のウォーキング前には、各ストループ課題において課題の前半から解答するように指示し、ウォーキング後には、課題の後半から解答するよう指示した。第2日目のピラティス前には、各ストループ課題において課題の後半から、ピラティス後には、課題の前半から解答するよう指示した。Bグループの被験者（8名）には、第1日目のウォーキング前には、各ストループ課題において課題の後半から解答するように指示し、ウォーキング後には、課題の前半から解答するよう指示した。第2日目のピラティス前には、各ストループ課題において課題の前半から、ピラティス後には、課題の後半から解答するよう指示した。

2.5. 選択的注意力の評価方法

4つのストループ課題において、60秒の制限時間内に達成できた課題達成数から誤答数を引いた課題正答数を算出した。

また、上記の課題正答数を用いて、下記のようにストループ干渉率および逆ストループ干渉率を算出した。統制課題の正答数からストループ課題の正答数を引き、それを統制課題の正答数で割ることで、不要な情報から受ける干渉の強さである干渉率を表すことができるとされている（箱田・佐々木，1990）。干渉率の値が小さいほど、無関係な情報を無視して必要な情報に注意を向けることができると評価される。

（1）ストループ干渉率＝（課題3の正答数－課題4の正答数）／課題3の正答数×100

（2）逆ストループ干渉率＝（課題1の正答数－課題2の正答数）／課題1の正答数×100

算出された4つの課題の正答数および2種類の干渉率について、運動種目（ピラティス，ウォーキング）×時間（運動前，運動後）の、対応のある2要因の分散分析を行った。統計処理にはIBM SPSS Statistics19.0を用いた。

3. 結果

3.1. 運動によるストループ課題正答数への効果

各ストループ課題における正答数について、各条件の平均値を図1～4に示す。

課題1（逆ストループ統制課題）の正答数について、対応のある2要因の分散分析を実施した結果、運動種目（F (1,15) = 133.55, p<.01）および時間による主効果（F (1.15) = 15.97, p<.01）が有意であり、ピラティス、ウォーキングとも、運動後に正答数が増加すること、また運動前後に関わらず、どちらのタイミングにおいてもピラティスの方がウォーキングよりも正答数が高いことが示された。さらに交互作用が有意に示された（F (1,15) = 6.50, p<.05）ため、下位検定を実施したところ、ウォーキング条件においてのみ運動前に比べて運動後に、有意に正答数が高くなることが示され（p<.01）、ピラティスよりもウォーキングによる効果が明らかとなった。

課題2（逆ストループ課題）では、ストループテストの正答数について対応のある2要因の分散分析を実施した結果、有意な主効果および交互作用は認められなかった。2種類の運動により、正答数が変化することは示されなかった。

課題3（ストループ統制課題）の正答数について、対応のある2要因の分散分析の結果、運動種目（F（1,15）＝133.55, p<.01）および時間による主効果（F (1.15) = 15.97, p<.01）が有意であり、ピラティス、ウォーキングとも、運動後に正答数が増加すること、また運動前後に関わらず、どちらのタイミングにおいてもピラティスの方がウォーキングよりも正答数が高いことが明らかになった。

課題4（ストループ課題）の正答数について、対応のある2要因の分散分析の結果、有意な主効果および交互作用は認められなかった。課題2の結果と同様に、2種類の運動により、正答数が変化することは示されなかった。

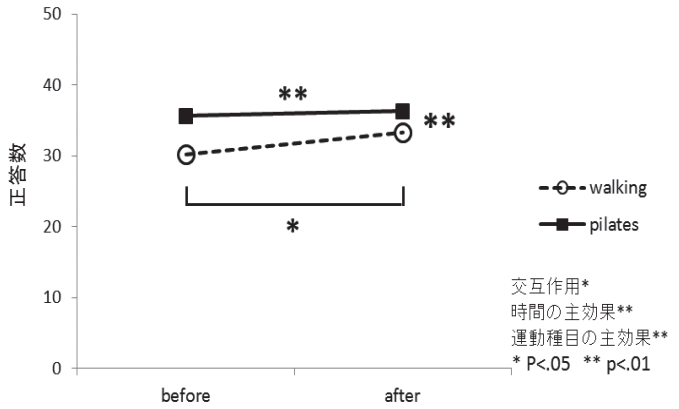


図 1. 各条件における課題 1 の正答数の平均値

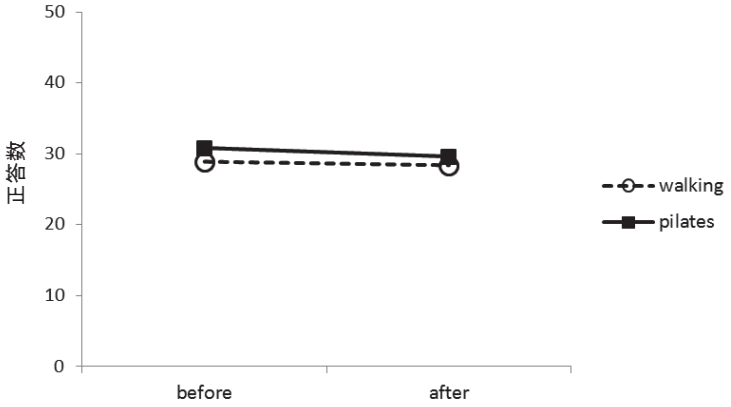


図 2. 各条件における課題 2 の正答数の平均値

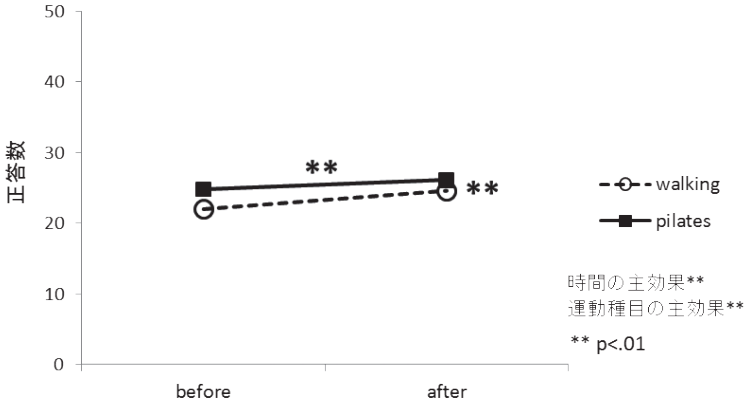


図 3. 各条件における課題 3 の正答数の平均値

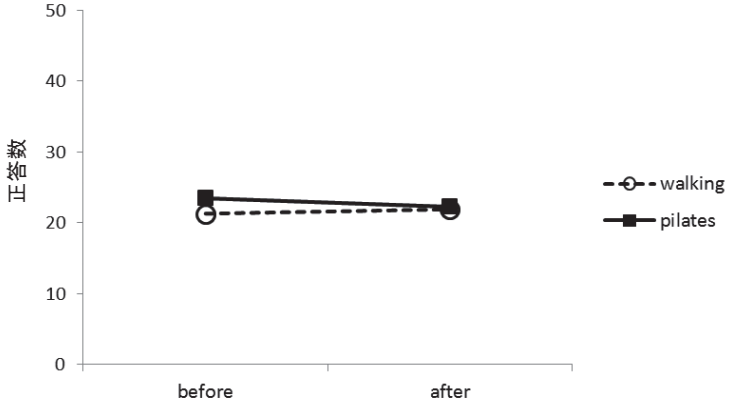


図 4. 各条件における課題 4 の正答数の平均値

3.2. 運動による干渉率への効果

ストループ干渉率および逆ストループ干渉率について、各条件の平均値を図5、6に示す。

まずストループ干渉率について対応のある2要因の分散分析を実施した結果、時間による主効果が有意であり（$F(1.15) = 6.40$, $p<.05$）、どちらの種目でも、運動前と比較して運動後に干渉率が高くなることが示された。

また逆ストループ干渉率においても対応のある2要因の分散分析の結果、運動種目（$F(1,15) = 10.44$,

p<.01）および時間による主効果（F (1.15) = 5.56, p<.05）が有意であり、ピラティス、ウォーキングとも、運動後に干渉率が高まること、また運動前後に関わらず、どちらのタイミングにおいてもピラティスの方がウォーキングよりも干渉率が高いことが明らかになった。

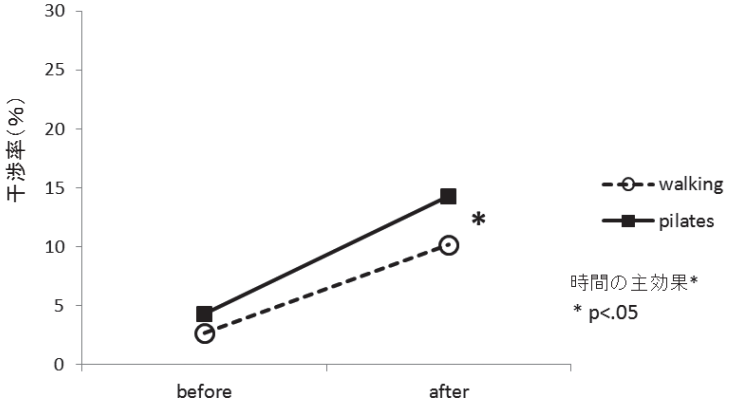


図 5. 各条件におけるストループ干渉率の平均値

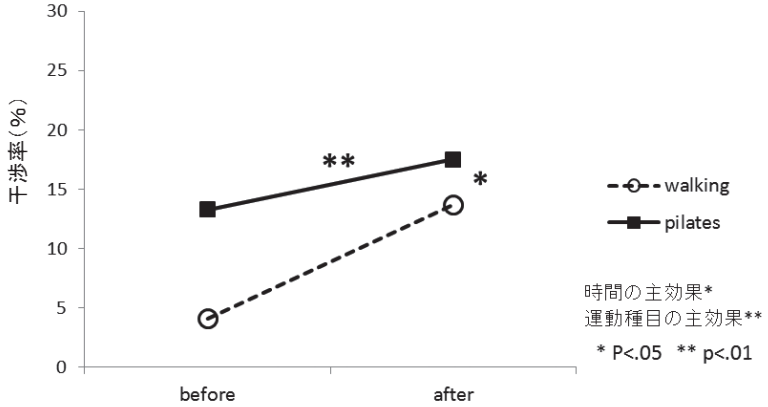


図 6. 各条件における逆ストループ干渉率の平均値

4. 考察

本研究においては、ピラティスエクササイズにより、ストループ検査における統制課題である課題3において、運動後に有意な正答数の向上が示された。また、ウォーキングにより、課題1と課題3において、運動後に同様に有意な正答数の向上が見られた。このことは、ピラティスとウォーキングの実施後に、無関係な情報を抑制してもっぱら重要な情報にだけ注意を向ける選択的注意力ではなく、ある色で表示された色名単語に該当する色を色パッチ群の中から選択するなど、単純なマッチング作業の速度および正確性が向上したことを示す。特に本研究において着目したピラティスは、色・視覚情報に基づき、該当する色名語を選択する単純作業において、その速度と正確性を高める効果があるということが明らかになった。

なお、ストループ検査における課題1と課題3について、運動実施前後に関わらず、ピラティスがウォーキングよりも正答数が有意に高くなったという結果については、ピラティスがウォーキングの1週間後に実施されたという実験計画の影響である可能性を否定できない。被験者は、ストループ検査の受検が2回目であるピラティスの実施日に、特に単純作業効率を測定する課題において学習効果が高まり、その効果が結果に反映された可能性がある。今後、ピラティスとウォーキングの順序効果を考慮した実験計画において、検証する必要があると思われる。

次に、ストループ干渉率および逆ストループ干渉率の結果からは、ピラティスでもウォーキングでもどちらの運動でも、運動後に有意に干渉率が高まることが示され、本研究で実施した軽運動の方法では、不要な情報を無視して必要な情報に注意を向ける認知機能を高める効果は明らかにできなかった。低強度の運動であっても運動後に選択的注意力が向上することを示したByunらの研究（2014）とは異なり、本研究で実施したピラティスとウォーキングは、高次の認知機能ではなく単純なマッチング作業効率の向上に対してのみ効果を及ぼすものであった。

先行研究においても、運動の実施により認知機能の低下をもたらした結果を示したものがある。松本ほか（2011）は、激しい運動としてラグビーを用い、選択的注意力への影響を検証したが、結果として認知パフォーマンスが低下したことについては、激しい運動による脱水が原因ではないかと考察している。また、男子大学生を被験者に、低強度の運動として、バドミントンをシングルス形式により20分間、心拍数を毎分約120拍に保つように実施した研究（大森，2017）では、運動前に比べて運動後にストループテストの成績が向上することはなかった。この結果より、低強度の運動であっても、運動の形式が間欠的でリズムが一定でない運動やスポーツは、必ずしも脳機能を改善しない可能性を示唆している。本研究で低強度運動として用いたピラティスも、実験室内のトレッドミルや自転車エルゴメーター等による、一定のリズムで同じ動作を繰り返す運動ではなく、様々なエクササイズを間欠的に行う運動であった。さらにピラティス実施中は、常に体幹部を安定させることや動かしている身体部位をしっかりと意識することが指示され、重要な情報に注意を向けることが要求されるが、本研究に参加した成人女性は普段から特別な運動習慣がないため、このように運動中の身体への注意・集中を60分間持続することは、選択的注意力を向上させるのではなくむしろ疲労を導き、運動後のストループ干渉率等に反映される結果が低下した可能性も考えられる。ウォーキングにおいても同様に、実験室内での実施とは異なり、路上ですれ違う人や追い越す人へ常に注意を向ける必要があったことが、ストループ干渉率等が高まった原因の一つであると考える。Pausら（1997）は、Positoron Emisson Tomography（PET）を用いて被験者の脳活動を測定し、音の強さの変化に対し、60分間持続的に注意集中を向け続ける必要のある課題を実施した際、疲労により前頭前野の血流低下が認められたことを報告している。本研究の運動課題でも同様に、60分間注意を向け続ける必要があったことが疲労をもたらし、結果として選択的注意力に関連のある前頭前野の賦活に影響を与え、ストループ課題の向上が認められなかった可能性が考えられる。

また、ストループ干渉率および逆ストループ干渉率において、運動前後に関わらずウォーキングよりもピラティスにおいて干渉率が高くなるということが示された結果については、すでに運動前から、ウォーキングとは異なり被験者が初めて行うピラティスという種目に対して実施への不安や心配が生じ、そのことが選択的注意力を阻害する要因として働き、運動前のストループ課題のさらなる成績低下を招いた可能性も考えられる。運動経験の効果を考慮した実験計画により、さらに検証を行う必要があると思われる。

5. まとめ

本研究は、今後我々が運動による選択的注意力の向上への効果を検討する際に、単に運動の強度だけでなく、対象とする運動の実施にはどのような認知方略がどの程度必要とされるか、という側面を含めて議論していく必要性を示すことができたと考える。

本研究の結果からは、たとえ低強度の運動であっても、身体への注意・集中を絶えず必要とするピラティスの実施は、高次の認知機能ではなく単純なマッチング作業効率の向上に対してのみ、効果を示すものであることが明らかになった。今後は、ピラティス実施時の注意・集中の向け方やエクササイズの種類およ

び実施時間を実験条件下でコントロールし、ピラティスがもたらす選択的注意力向上への効果について、さらに検証を行いたいと考える。

文献

1） Bergamin M., et al., 2015, “Effects of a Pilates exercise program on muscle strength, postural control and body composition: results from a pilot study in a group of post-menopausal women.”, Age, 37（6）：118.

2） Byun K., et al., 2014, “Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study.” Neuroimage, 98 : 336-45.

3） 箱田裕司，佐々木めぐみ，1990,「集団用ストループ・逆ストループテスト : 反応様式 , 順序 , 練習の効果」,『教育心理学研究』，38（4）：389-394.

4） 箱田裕司，渡辺めぐみ，2005,『新ストループ検査Ⅱ』，トーヨーフィジカル：福岡.

5） 石原暢ほか，2016,「青年期における運動習慣および日常的な身体活動が遂行機能とメンタルヘルスに与える影響」,『日本生理人類学会誌』，21（3）：87-95.

6） 厚生労働省，2013,『健康づくりのための身体活動基準 2013』，厚生労働省，52.

7） 松本亜紀ほか，2011,「激しい運動は注意機能に影響を及ぼすのか？」,『スポーツ心理学研究』，38（2）：99-108.

8） 大森一信，2017,「低強度運動がストループテストに及ぼす影響」,『駿河台大学論叢』，54：1-5.

9） Paus T., et al., 1997, “Time-related changes in neural systems underlying attention and arousal during the performance of an auditory vigilance task.” Journal of Cognitive Neuroscience, 9：392-408.

10）ジョセフ・ヒューベルトゥス・ピラティス：川名昌代訳，2009,『コントロロジー　ピラティスメソッドの原点』，万来舎：東京，3-8.

11）Savkin R. and Aslan U.B., 2017, “The effect of Pilates exercise on body composition in sedentary overweight and obese women.” The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 57（11）：1464-1470.

12）アマンダ・トゥレイズ，マリーナ・ディグビー，新関真人：マットワーク編，2006,『PILATES Mastery　習熟したい人のピラティス・テキスト』，スキージャーナル：東京，12-17, 116-117, 118-119, 122-123, 128-129, 139, 152-153, 160-161, 162-163.