

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11423

研究課題名(和文)ピラティスメソッドによる運動学習過程と神経筋促通効果の解明

研究課題名(英文)Elucidating the motor learning and neuromuscular function using Pilates method

研究代表者

八田 有洋(Hatta, Arihiro)

東海大学・体育学部・教授

研究者番号：20312837

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)：本研究の目的は、ピラティスメソッドによる運動学習過程と神経筋促通効果を明らかにすることであった。本研究において、ピラティス実施中の平均心拍数は、約90拍程度であること、短時間の一過性ピラティス実施後に皮膚温と脛骨神経の伝導速度が低下することが明らかとなった。また、12週間のピラティス介入により等尺性最大膝伸展・屈曲力と等速性膝伸展力が有意に向上することが示唆された。さらに、毎回のピラティス実施後に気分が改善すること、8週間のピラティス介入によりストロープ課題遂行中の反応時間が短縮する傾向が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ピラティスメソッドによる腰痛の軽減、柔軟性の向上、姿勢の改善、体幹の強化など様々な効果が先行研究において報告されている。しかし、ピラティスによる神経筋促通効果に着目した研究は見当たらない。本研究において、一過性のピラティス実施前後において気分が改善し、長期ピラティス介入により等尺性最大膝伸展・屈曲力と等速性膝伸展力が有意に向上することが示唆された。したがって、ピラティスメソッドはライフステージに応じて実践できる生涯スポーツであり、長期ピラティス介入による中高年者の脳内情報処理機能の向上効果が明らかになれば、介護予防や認知症予防に加えて健康寿命の延伸に寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine both the motor learning accompanying with skill-acquisition of Pilates exercise and the effects of Pilates exercise on neuromuscular function.

In this study, we found that mean heart rate during Pilates exercise were about 90 bpm. We demonstrated that both tibial nerve conduction velocity and skin temperature significantly declined immediately after acute Pilates exercise, respectively. Subjects in the Pilates group showed significant improvements in the maximal isometric knee extension, flexion, and isokinetic knee extension forces compared with the control group after 12-week Pilates intervention. No difference was found for both the error rates and reaction time of the Stroop task between groups. Moreover, although there was no significant difference on reaction time between before and after intervention, reaction time of the Pilates group showed a slightly shortened tendency after 8-week Pilates intervention.

研究分野：運動生理学

キーワード：神経筋機能 等尺性最大膝伸展力 等尺性最大膝屈曲力 等速性膝伸展力 運動神経伝導速度 筋電図
事象関連電位 反応時間

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者らは、学生アスリートを対象に週1回30分のピラティスメソッドを取り入れることで腰痛が軽減し、機能的動作の質的改善とパフォーマンスが向上することを明らかにした(科研費基盤研究C:18K10973)。しかし、学生アスリートは定期的にトレーニングを実施していることから、上記の効果が必ずしもピラティスによるものであるとはいえないことから、ピラティスの効果を検証するには、日常的に運動習慣のない健常者を対象にその効果を明らかにする新たな課題が生じた。また、ピラティスの神経機能に及ぼす効果について明らかにされておらず、長期ピラティス介入に伴う運動学習過程や脳内情報処理過程に及ぼす影響について着目した報告も見当たらない。そこで本研究では、ピラティスメソッドによる末梢神経機能及び中枢神経機能の向上効果を明らかにすることを目指すこととした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下のとおりである。

- 1) 一過性のピラティスエクササイズが末梢神経機能に及ぼす影響について明らかにする。
- 2) 長期ピラティス介入に伴う運動学習過程と神経筋促通効果について明らかにする。
- 3) 長期ピラティス介入が脳内情報処理過程に及ぼす影響について明らかにする。

3. 研究の方法

1) 一過性のピラティスエクササイズが末梢神経機能に及ぼす影響(研究課題1)

参加者はピラティス経験のない一般健康成人12名であり、研究の趣旨と目的を説明し、参加の同意を得た。本研究は東海大学の人を対象とする研究倫理委員会の承認を得た(承認番号:21113)。

参加者は、約20分のピラティスエクササイズと自転車エルゴメータ運動を実施した。参加者に対するピラティス指導は、国際的指導ライセンスを有する女性インストラクターが行った。ピラティスエクササイズ実施中の心拍数を基に両エクササイズの運動強度と運動時間が同等になるよう統制した。エクササイズ中の心拍数は、日本光電社製WEB7000の心電図用テレメータピッカを用いて測定した。

両エクササイズ実施前後に利き側の脛骨神経伝導速度を測定した。脛骨神経を皮膚上より末梢側(足首の内果)と中枢側(膝窩部)の2カ所で電気刺激を行い、誘発筋電図の誘導には拇指外転筋を用いた。電気刺激の持続時間は0.2ms、刺激頻度は1Hz、刺激強度はM波の振幅が最大となる強度の1.2倍程度の最大上刺激とした。また、脛骨神経付近の下腿三頭筋表面に皮膚温測定用のサーミスタセンサーを装着し、測定には日本光電社製のニューロパックを用いた。

神経伝導速度と皮膚温について、運動様式(ピラティス、エルゴメータ)×運動前後(実施前、実施後)の2要因による反復測定分散分析を実施した。各要因に主効果及び要因間で交互作用が認められたときは、Bonferroni法による下位検定を実施した。有意水準は5%未満、効果量(η^2)を求めた。

2) 長期ピラティス介入に伴う運動学習過程と神経筋促通効果(研究課題2)

参加者はピラティス経験のない健康成人23名であり、研究の趣旨と目的を説明し、参加の同意を得た。本研究は東海大学の人を対象とする研究倫理委員会の承認を得た(承認番号:22123)。

参加者は、週1回60分のピラティスエクササイズを12週間実施するピラティス群11名とピラティスを実施しない対照群12名に無作為に分類し、両群ともに介入前後に脚筋力を測定した。参加者に対するピラティス指導は、国際的指導ライセンスを有する女性インストラクターが行った。

脚筋力は膝関節伸展・屈曲力とし、脚筋力測定装置(イージーテックプラス、インターリハ)を用いて等尺性最大膝伸展・屈曲力及び等速性膝伸展・屈曲力を測定した。また、ピラティス群の男性6名に対して、技術習得に伴う運動学習過程を評価するため介入初期と介入後期の各時期にピラティスエクササイズのハンドレッドとクリスクロス実施中の

腹筋群の筋活動を記録した。両エクササイズ共に女性インストラクターの録音した声がけに合わせて実施し、リズムを統制した。表面筋電図は多チャンネルテレメータシステム（WEB7000、日本光電）を用いて腹直筋上部と外腹斜筋の各左右4部位から記録した。等尺性及び等速性最大膝伸展・屈曲力について、群（ピラティス群、対照群）×介入（介入前、介入後）×下肢（左、右）の3要因による反復測定分散分析を実施した。各要因に主効果及び要因間で交互作用が認められたときは、Bonferroni法による下位検定を実施した。有意水準は5%未満、効果量（ η^2 ）を求めた。

3) 長期ピラティス介入が脳内情報処理過程に及ぼす影響（研究課題3）

参加者はピラティス経験のない健康成人女性25名であり、研究の趣旨と目的を説明し、参加の同意を得た。本研究は東京農工大学の人を対象とする研究倫理委員会の承認を得て実施された。

参加者は、週1回60分のピラティスエクササイズを8週間実施するピラティス群12名とピラティスを実施しない対照群13名に無作為に分類し、両群ともに介入前後にストループ課題中の脳波および事象関連電位を記録し、正反応率と反応時間を測定した。ストループ課題は、ディスプレイ上に提示された文字の色を答えるものであり、文字の色と意味が一致する一致条件と文字の色と意味が一致しない不一致条件からなる。一致条件は容易であるが、不一致条件は文字の意味が文字の色を答えることを干渉するため一致条件よりも難易度が高い。また、毎回のピラティスエクササイズ実施前後に心理的指標としてポジティブ感情とネガティブ感情（Positive and Negative Affect Schedule: PANAS）を測定した。

4. 研究成果

1) 一過性のピラティスエクササイズが末梢神経機能に及ぼす影響（研究課題1）

ピラティスエクササイズと自転車エルゴメータ運動の強度が同等となるように心拍数を計測して統制した（表1）。

表1 各エクササイズ実施前と実施中の平均心拍数：平均値±標準偏差

	ピラティス 実施前	ピラティス 実施中	エルゴメータ 実施前	エルゴメータ 実施中
心拍数 (bpm)	77.8 ± 13.4	90.2 ± 13.6	78.9 ± 10.9	90.4 ± 11.2

神経伝導速度について、運動様式の要因に主効果は得られず（表2）運動前後の要因に主効果が得られ、運動実施前（52.6 ± 1.0 m/sec）と比較して、運動実施後（51.4 ± 1.0 m/sec）に有意に低下する結果が得られた（ $F = 5.70$, $\eta^2 = 0.39$, $p < 0.05$ ）。

表2 運動様式と運動実施前後の神経伝導速度：平均値±標準誤差

神経伝導速度 (m/sec)	実施前	実施後
ピラティスエクササイズ	51.9 ± 3.7	50.5 ± 3.6
自転車エルゴメータ運動	53.2 ± 3.4	52.3 ± 3.0

皮膚温について、運動様式の要因に主効果は得られず、運動前後の要因に主効果が得られ、運動実施前（30.36 ± 0.4）と比較して、運動実施後（29.77 ± 0.3）に有意に低下する結果が得られた（ $F = 6.65$, $\eta^2 = 0.43$, $p < 0.05$ ）。

本研究において、3.0メッツのピラティスエクササイズ¹⁾やそれと同強度の有酸素性運動後に脛骨神経伝導速度が低下することが明らかとなった。したがって、心拍数が90bpm程度の低強度運動後の皮膚温低下が神経伝導速度低下の要因と考えられる。

2) 長期ピラティス介入に伴う運動学習過程と神経筋促通効果（研究課題2）

ピラティス群は毎回のピラティス実施中の心拍数と実施前後に血圧を測定した。ピラティス実施中の平均心拍数（84.3 ± 12.3 bpm）は、安静時（73.8 ± 14.5 bpm）及び実施後（70.6 ± 15.4 bpm）と比較して高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。また、収縮期血圧及び拡張期血圧共にピラティス実施前と比較して実施後に約2 mmHg程度緩やかな上昇を示した（ $p < 0.05$ ）。

等尺性最大膝伸展力について、群（ピラティス群、対照群）、介入（介入前、介入後）、下肢（左、右）の各要因に主効果は得られなかった。一方、群と介入の両要因間で交互作用が認められ（ $F = 10.27$, $\eta^2 = 0.33$, $p < 0.01$ ）、ピラティス群においてのみ介入前と比較して介入後に有意に増大する結果が得られたが、対照群は介入前後で差は得られなかった（表3）。

等速性最大膝屈曲力について、群（ピラティス群、対照群）と介入（介入前、介入後）

の各要因に主効果は得られなかった。一方、下肢（左、右）の要因に主効果が得られ（ $F = 24.34, \eta p^2 = 0.54, p < 0.001$ ）右屈曲力が左屈曲力よりも有意に大きい結果が得られた。また、群と介入の両要因間で交互作用が認められ（ $F = 6.52, \eta p^2 = 0.24, p < 0.05$ ）ピラティス群においてのみ介入前と比較して介入後に有意に増大する結果が得られたが、対照群は介入前後で差は得られなかった（表4）。

表3 群と介入前後の等尺性最大膝伸展力 (Nm/kg): 平均値 ± 標準誤差

等尺性最大膝伸展力	介入前	介入後
ピラティス群	3.4 ± 0.2	3.8 ± 0.2**
対照群	3.7 ± 0.2	3.6 ± 0.2

** $p < 0.01$; ピラティス群における介入前 vs. 介入後

表4 群と介入前後の等尺性最大膝屈曲力 (Nm/kg): 平均値 ± 標準誤差

等尺性最大膝屈曲力 (Nm)	介入前	介入後
ピラティス群	1.5 ± 0.1	1.6 ± 0.1*
対照群	1.7 ± 0.1	1.6 ± 0.1

* $p < 0.05$; ピラティス群における介入前 vs. 介入後

低速（60 deg/sec）の等速性最大膝伸展力について、群と介入の両要因間で交互作用が認められ（ $F = 4.69, \eta p^2 = 0.19, p < 0.05$ ）ピラティス群において介入前と比較して介入後に増大する傾向が得られたが、有意差は得られなかった。

高速（180 deg/sec）の等速性最大膝伸展力について、下肢（左、右）の要因に主効果が得られ（ $F = 4.99, \eta p^2 = 0.20, p < 0.05$ ）右伸展力が左伸展力よりも有意に大きい結果が得られた。また、群と介入の両要因間で交互作用が認められ（ $F = 6.02, \eta p^2 = 0.23, p < 0.05$ ）ピラティス群においてのみ介入前と比較して介入後に有意に増大する結果が得られ（ $p < 0.05$ ）介入後においてピラティス群が対照群よりも有意に大きい結果が得られた（ $p < 0.05$ ）（表5）。一方、低速、高速共に等速性最大膝屈曲については、各要因の主効果及び交互作用は認められなかった。

表5 群と介入前後の高速等速性最大膝伸展力 (Nm/kg): 平均値 ± 標準誤差

180 deg/sec 膝伸展力	介入前	介入後
ピラティス群	1.4 ± 0.1	1.6 ± 0.1**
対照群	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1

* $p < 0.05$; ピラティス群における介入前 vs. 介入後

** $p < 0.05$; 介入後におけるピラティス群 vs. 対照群

したがって、ピラティスは運動後の血圧上昇が約 2 mmHg 程度と緩やかであり、長期介入によって等尺性最大膝伸展・屈曲力及び等速性最大膝伸展力が向上することが明らかとなった。

3) 長期ピラティス介入が脳内情報処理過程に及ぼす影響（研究課題3）

ピラティス群において、毎回のエクササイズで実施前と比較して実施後にポジティブ感情の増加とネガティブ感情の低下が認められた。ストループ課題の正反応率と反応時間について、群と介入の各要因で主効果は得られなかった。一方、反応時間において群と介入の両要因間で交互作用が認められ（ $F = 5.74, p < 0.05$ ）下位検定を行ったところ、ピラティス群において介入前よりも介入後に反応時間の短縮傾向が認められたが、有意差は得られなかったが、8週間のピラティス介入は気分を改善し、脳内情報処理過程を反映するストループ課題中の反応時間を短縮させる効果があることが示唆された。

上記1)～3)より、3メッツ程度とされるピラティスの運動強度は軽強度であり、実施後に気分が改善すること、血圧の上昇も緩やかであり若年健康成人だけでなく、低体力者や高齢者も実施できる健康エクササイズであることが明らかとなった。また、長期のピラティス介入によって等尺性膝伸展・屈曲力と等速性膝伸展力が向上することが示されたことから、ライフステージに応じたピラティスの実施は健康寿命の延伸とQOLの向上に寄与するものと考えられる。

一方、当初の研究計画と異なる部分は、筋電図の記録及び分析についてである。ピラティス介入初期の筋電図データは記録できたが、介入後期についてはスケジュール調整が合わず記録できなかったため、技術習得に伴う運動学習過程に関する知見を得ることができなかった。また、ストループ課題中の脳波や事象関連電位について現在分析中であり、分析が済み次第、学会発表あるいは論文投稿にて公表する予定である。

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 1件）

1. 発表者名 八田有洋, 藤井 舞, 下田政博, 福本寛之, 磯野香代子
2. 発表標題 マットピラティスの効果とその運動強度
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第22回大会・第5回身体科学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八田有洋, 下田政博, 福本寛之
2. 発表標題 低強度運動が末梢神経機能に及ぼす影響
3. 学会等名 第30回日本運動生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hatta A, Uemura S, Shimoda M, Fukumoto H, Isono K
2. 発表標題 In healthy young adults, mat Pilates induces neuromuscular facilitation of maximal isometric forces during knee flexion and extension movement
3. 学会等名 The 28th Annual Congress of the 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	福本 寛之 (Fukumoto Hiroyuki) (00779308)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教 (12605)	

6. 研究組織（つづき）

	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	下田 政博 (Shimoda Masahiro) (80302909)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授 (12605)	

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