

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：12605

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07158

研究課題名(和文) 運動トレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of exercise training on the excitability of the corticospinal tract during dual-task performance.

研究代表者

福本 寛之 (Fukamoto, Hiroyuki)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教

研究者番号：00779308

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では二重課題の遂行が皮質脊髄路に及ぼす影響ならびに運動トレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路に及ぼす影響を、経頭蓋磁気刺激法(TMS)によって誘発される、MEPとCSPを指標として調べることを目的とした。長期的な運動トレーニングによって、一次運動野(M1)を含む脊髄上位レベルで可塑的变化が生じていること、大脳皮質ニューロンの興奮と抑制のバランスにも影響を与える可能性が示された。さらに短期間のトレーニングの影響として、二重課題遂行中に皮質脊髄路の興奮性が低下するという運動出力の干渉を克服するために皮質抑制性を減弱させる(脱抑制をさせている)ことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In the present study, the effects of dual-task performance on the corticospinal tract and those of exercise training on the corticospinal tract during dual-task performance are analyzed using motor-evoked potential (MEP) and cortical silent period (CSP), elicited by transcranial magnetic stimulation (TMS). Long-term exercise training induced plastic changes at the upper spinal cord, including the primary motor cortex (M1), and altered the balance between excitation and suppression in the cerebral cortical neurons. In addition, short-term training diminished the cortical suppression (disinhibition) to overcome motor-output interference, which lowers the excitability of the corticospinal tract during dual-task performance.

研究分野：身体教育学

キーワード：皮質脊髄路興奮性 皮質抑制性 二重課題法 経頭蓋磁気刺激法(TMS) 運動誘発電位(MEP) 長期運動経験 短期トレーニング

様式 C-19, F-19-1, Z-19, CK-19(共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者は我々の生活に密接に関係している随意運動に関する研究を行っており、特にヒトが2つの課題を同時に行う際の随意運動の発現過程についての問題に取り組んできた。日常生活においては、自動車を運転しながら対向車や周囲の歩行者に注意を払わなければならない場面がある。またスポーツにおいて、特に球技ではドリブルをしながら味方や相手を素早く見つけ出す必要がある。このように随意運動を行いながら同時に認知的活動が求められる場面は多くあり、これら2つの課題を正確に素早く行うことは安全な生活やスポーツでの勝利のためにとっても重要である。特に最終的に発現される動作は結果を大きく左右することになる。2つの課題を同時に行うと、一方の課題に注意が配分され、もう一方の課題へ配分される注意が不足する。その結果、反応時間が遅延すること、エラーの発生が増加することは誰もが経験していると考えられる。この現象を二重課題干渉というがそのメカニズムは未だ明らかになっていない。日常ごくありふれた動作から高度な技術を要するスポーツに至るまで、我々の生活に密接に関係している、2つの課題を同時に行う時の随意運動の発現に関わる知見を得ることは、身体運動の正しい理解やスポーツにおけるパフォーマンスの向上に対して重要な意義を有する。

随意運動の発現には、中枢神経系の中でも特に運動指令の伝導路である皮質脊髄路の興奮性が重要な役割を担っている。その興奮性は経頭蓋磁気刺激法 (transcranial magnetic stimulation: TMS) を用い、筋から誘発される運動誘発電位 (motor-evoked potential: MEP) 振幅を指標にすることで評価することが可能であり有用性が高い。また、持続性筋収縮中に TMS を与えると MEP の発現の後に CSP (cortical silent period) が出現し、100 ms 以上続く CSP duration は大脳皮質を起源とする皮質脊髄路に対する抑制効果であることが知られている。申請者はこれまでに MEP と CSP を指標として研究に取り組み、二重課題遂行時には皮質抑制性がより活動的になり、また一次運動野からの下行性運動指令への干渉が生じて皮質脊髄路の興奮性が低下するという知見を得た。

一方で、一次運動野 (primary motor cortex: M1) や皮質脊髄路は柔軟な可塑性を有することが近年報告されているが、これまでに長期的なスポーツ競技経験者の二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の変化を報告したものはほとんどなく、さらに、短期的なトレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路に及ぼす影響について検討したのものも見当たらなかった。

2. 研究の目的

これまでに長期的なスポーツ競技経験者の二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の変化を報告したものはほとんどなく、さらに、短期的なトレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路に及ぼす影響について検討したものも見当たらなかった。

そこで本研究では二重課題の遂行が皮質脊髄路に及ぼす影響ならびに運動トレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路に及ぼす影響を検討し、随意運動発現過程に関する知見を得ることを目的とした。このことは、身体運動の正しい理解やスポーツにおけるパフォーマンスの向上に対して重要な意義を有すると考えた。

3. 研究の方法

本研究では、二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性ならびに抑制性について MEP と CSP を指標として調べた (図1)。課題1では長期的な運動トレーニングを行っているハンドボール選手 (運動者群) と日常的な身体活動習慣のない者 (一般群) を対象に長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響を検討した。課題2では一般健康成人に短期間の二重課題トレーニングを行ってもらい、短期間のトレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性に及ぼす影響を検討した。

課題1の実験参加者は神経疾患、精神疾患の既往歴のない右利きの一般成人男性をコントロール群 (一般者群) とし、長期運動競技者 (ハンドボール選手) を対象に実験を行った。参加者には、安静座位状態で 1) 10%および 30%MVC のターゲットラインにハンドグリップの力発揮を 15 秒間保持させる課題 (ST 条件)、2) 1) の課題と同時に計算課題を遂行する課題 (DT 条件) を行ってもらった。それぞれの課題において、左運動野 (M1) を TMS で刺激し、右手第一背側骨間筋 (FDI)、橈側手根屈筋 (FCR) ならびに橈側手根伸筋 (ECR) から MEP ならびに CSP を記録した。それぞれの課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性ならびに抑制性について MEP と CSP を指標として調べた。

課題2では一般健康成人に短期間の二重課題トレーニングを行ってもらい、短期間のトレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性に及ぼす影響を検討した。参加者には2週間のうち計5回実験室に来室してもらい、参加者は1回の来室で Rest 条件と Calc 条件、ST 条件ならびに DT 条件をランダムに行った。実験参加者には2週間で計5回上記の課題行ってもらうが、実験日と実験日の間は1日~2日の間隔を空けて行った。上述の課題のトレーニング期間を2週間間設け、運動トレーニングに伴う MEP ならびに CSP の変化を測定した (図2)。

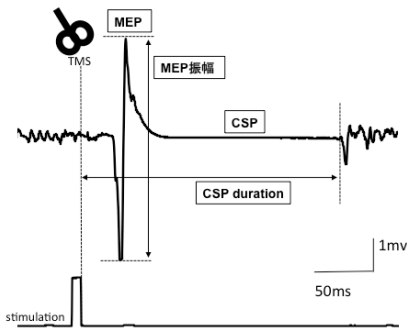


図 1. 本研究で用いた指標 (MEP と CSP) .

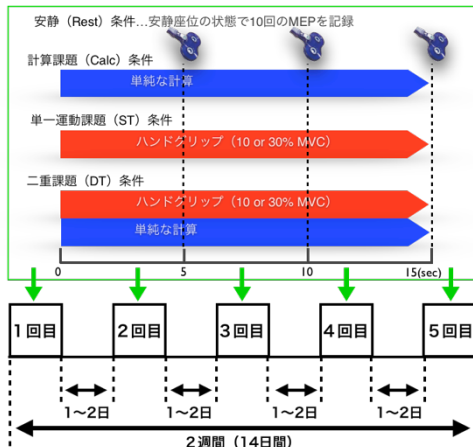


図 2. 課題 2 における実験パラダイム.

4. 研究成果

課題 1 において、長期的な運動トレーニングを行っているハンドボール選手（運動者群）と日常的な身体活動習慣のない者（一般群）を対象に長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路興奮性ならびに皮質抑制性に及ぼす影響を検討することを目的とした。その結果以下の知見が得られた。

- 1) 運動者群の MEP 振幅は筋力発揮の大きさならびに課題に関係なく一般群より有意に高かった (図 3) .
- 2) アスリート群の CSP duration は筋力発揮の大きさならびに課題に関係なく一般群より有意に延長した (図 4) .
- 3) 運動者群は、筋力発揮の大きさに関係なく一般群より MEP に関する dual task interference の程度が小さかった。
- 4) 運動者群と一般群の CSP に関する dual task interference の程度の差はなかった。
- 5) 両群とも DT 条件の認知課題の正答率が低下し、長期的な運動トレーニングは本研究の認知課題の正答率には影響しないことが示唆された。
- 6) bEMG 面積値に群間の差はなかった。

以上のことから、長期的な運動トレーニングによって、二重課題遂行中の一次課題である運動課題への dual task interference の程度は小さくなり、M1 を含む脊髄上位レ

ベルで可塑的变化が生じていることが示唆された。一方で、運動者群と一般群の CSP に関する dual task interference の程度の差はなかった。以上のことから、二重課題遂行中の皮質抑制性の変化の程度は長期的な運動トレーニングによって影響を受けないが、大脳皮質ニューロンの興奮と抑制のバランスが群間で異なるということが示された。すなわち運動者群は興奮性ニューロンをより活動的にすると同時に抑制性ニューロンの活動も亢進させ最終的な筋発揮を維持している。一方で、一般群は運動者群に比べて抑制性ニューロンの活動を減弱させることで最終的な筋発揮を維持していることが示唆された。

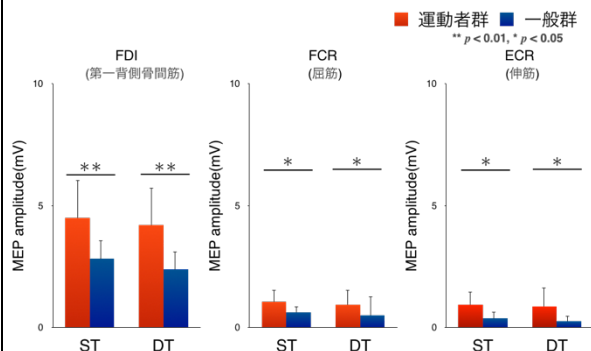


図 3. 運動者群と一般群の MEP 振幅の比較.

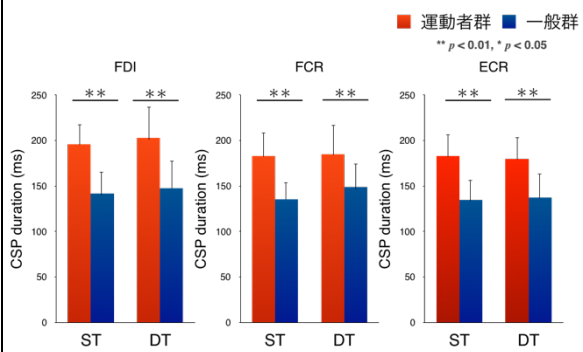


図 4. 運動者群と一般群の CSP duration の比較.

課題 2 では、一般健康成人を対象に短期間の二重課題トレーニングが皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性に及ぼす影響を検討し以下の知見を得た。

- 1) ST 条件と DT 条件における TMS 前 100 ms の bEMG 面積 (%MVC) は短期間のトレーニングの影響を受けなかった。
- 2) 短期間のトレーニングにより、皮質脊髄路の興奮性は増大し、特に DT 条件でその変化が大きかった (図 5) .
- 3) 短期間のトレーニングによって CSP duration が短縮すること (脱抑制現象) が認められ、その変化は、ST 条件より DT 条件での変化が大きかった (図 6) .
- 4) MEP 振幅は、トレーニング後半での増大が見られたが、CSP duration はトレ

ーニング前半から短縮する結果となった。

上述の MEP ならびに CSP duration の変化は脊髄より上位レベルでの変化と考えられる。短期間のトレーニングは、特に DT 条件での皮質脊髄路の興奮性の増大と皮質抑制性の脱抑制現象を引き起こし、脱抑制現象はトレーニング前半から認められた。このことから短期間のトレーニングによって二重課題遂行中に皮質脊髄路の興奮性が低下するという運動出力の干渉を克服するために皮質抑制性を減弱させている（脱抑制をさせている）ことが考えられる。つまり、短期間のトレーニングは皮質脊髄路の興奮性と皮質抑制性のバランスに影響を及ぼすことが示唆された。

本研究課題を通して、運動トレーニングは随意運動の発現に関わる運動中枢である M1、皮質脊髄路に可塑的な変化を生じさせ、二重課題遂行時には運動出力の干渉を克服するために皮質脊髄路の興奮性と皮質抑制性のバランスに影響を及ぼすことが示唆された。

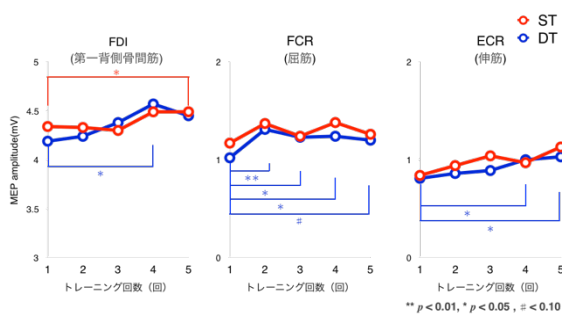


図 5. 短期間のトレーニングによる MEP 振幅の変化。

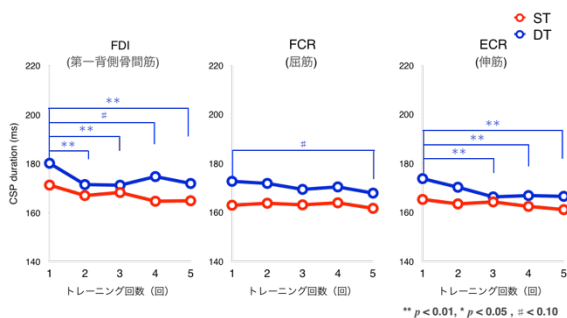


図 6. 短期間のトレーニングによる CSP duration の変化。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- 1) 酒本夏輝, 黒岩一雄, 福本寛之: サッカーPK 時のシュート方向予測に伴う N200 の変動. 日本運動生理学雑誌, 25 (2), 2018 (印刷中), 査読あり

- 2) Hiroyuki FUKUMOTO, Yoshiaki NISHIHIRA, Yukako KITADA, Kazuo KUROIWA, Sachiyo OGAWA, Young Su Jung: Event-related potentials while focusing on a somatosensory stimulation in long-term athletes. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 22(2): 29-38, 2016, 査読あり
- 3) 黒岩一雄, 西平賀昭, 福本寛之, 碓井外幸: 局所的な高強度運動が運動抑制過程に及ぼす影響. 日本運動生理学雑誌, 23 (1): 1-9, 2016, 査読あり

[学会発表] (計 4 件)

- 1) Fukamoto, H., Nishihira, Y., Fumoto, M. & Usui, S.: Influences of Long-term Motor Training on the Excitability of the Corticospinal Tract during Dual-task. 22nd annual Congress of European College of Sport Science, MetropolisRuhr (Germany), 2017
- 2) 福本寛之: 運動トレーニングが二重課題遂行中の皮質脊髄路の興奮性に与える影響. 第 24 回日本運動生理学会大会 シンポジウム V 「運動生理学におけるヒト神経系研究の最新トピック—ヒトの巧みな動作を支える神経適応能—」 第 24 回日本運動生理学会大会, 熊本大学 (熊本県熊本市), 2016
- 3) 福本寛之, 西平賀昭, 麓正樹, 碓井外幸: 長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響. 第 24 回日本運動生理学会大会, 熊本大学 (熊本県熊本市), 2016
- 4) 麓正樹, 碓井外幸, 福本寛之, 西平賀昭: 無意識的な視覚情報処理過程と反応時間の関係—視覚ミスマッチ陰性電位による検討—. 第 24 回日本運動生理学会大会, 熊本大学 (熊本県熊本市), 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福本 寛之 (FUKUMOTO, Hiroyuki)
東京農工大学・大学院農学研究院・助教
研究者番号: 00779308