

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17895

研究課題名（和文）随意運動遂行中の二重課題干渉に関する神経科学的研究

研究課題名（英文）Neuroscientific study on dual-task interference during voluntary movement

研究代表者

福本 寛之（Fukumoto, 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） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、運動課題と視覚刺激または聴覚刺激による認知課題からなる二重課題の遂行が皮質脊髄路の興奮性に与える影響を検討した。二重課題遂行時の認知課題が視覚刺激の場合よりも音刺激の場合に二重課題干渉の程度が大きくなった。皮質脊髄路興奮性は、単一課題遂行時に比べて二重課題遂行時に低下を示した。また、認知課題が視覚刺激の場合よりも音刺激の場合に皮質脊髄路興奮性がより低下した。運動課題は参加者への音によるフィードバックで指定された力発揮を行うものであった。力発揮に対するフィードバック音と聴覚刺激による認知課題を同時に遂行する場面に聴覚情報が競合し、より二重課題干渉が生じた可能性が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、2つの課題を同時に行う際の随意運動の発現過程を、神経生理学的な指標を用いて評価した。さらに運動課題と認知課題（音刺激課題、視覚刺激課題）から成る二重課題を設定し、日常生活で直面する状況に近い実験デザインで、随意運動の発現への二重課題干渉の影響に着目した。本研究で得られた成果は、我々が経験する二重課題干渉の根本にある神経生理学的なメカニズムへの問いを解明する一助となり得る。また我々の生活に密接に関係している、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知見となると考えられる。将来的には幅広い年齢層の健康の維持やアスリートの競技力向上への貢献も期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the effect of performing a dual task consisting of a motor task and a cognitive task (visual or auditory stimulation) on corticospinal excitability.

The degree of dual-task interference by behavioral indicators was greater for cognitive tasks with auditory stimuli than for those with visual stimuli. Excitability in the corticospinal tract was lower in the dual task than in the single task and lower in the auditory stimuli than in the visual stimuli.

The participants' muscle contraction as a motor task was given auditory feedback and required to exert a specified force. It is possible that the feedback sound for the muscle contraction and auditory stimulus information in the cognitive task competed, and the interference of the dual task increased.

研究分野：スポーツ生理学

キーワード：皮質脊髄路興奮性 二重課題法 経頭蓋磁気刺激法（TMS） 運動誘発電位（MEP）

## 1. 研究開始当初の背景

随意運動は、我々ヒトが日常行う動作に大きく関わっている。例えば、歩く・箸を持つ・食べる・飲むなどの生活行為も随意運動と呼ばれる身体運動である。さらに複雑で巧緻な身体運動が求められるスポーツにおいても随意運動が大きく関与している。いずれにしても、我々が随意的にその身体運動を行うときには、まずその運動を行おうという意欲のもとに、その運動の目的を認識し、特定の動作を行おうとする意思を発動させ、その意志に基づいて、外界の状況を瞬時に認知・判断し、適切な時刻に、適切な骨格筋を、適切な強さで収縮させる必要がある。しかしながら、2つ、もしくは2つ以上の課題を同時に行うと、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(二重課題干渉)。これまでの多くの研究は、二重課題を行った時の随意動作は、反応時間やエラー発生率といった行動学的指標を用いて評価されてきたが、その根本にある神経生理学的な随意運動の発現過程を知ることができなかった。一方、申請者はこれまでに、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、神経生理学的指標を用いて研究に取り組んできた。随意運動の発現には、一次運動野(primary motor cortex: M1)からの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。申請者はこれまで、ハンドグリップ把持課題と計算課題から成る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ていた。しかしながら異なる感覚モダリティでの認知課題によって皮質脊髄路の興奮性が変化するかどうか、感覚モダリティの違いによって二重課題干渉の程度が異なるのかは明らかになっていなかった。さらに、二重課題への慣れ(トレーニング)によって、二重課題干渉に影響があるのかも不明であった。それらのことを検討することは、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、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知見となると考えられる。さらにそのことは我々が経験する二重課題干渉の根本にある神経生理学的なメカニズムへの問いを解明する一助となり得ると考えた。

## 2. 研究の目的

以上を踏まえ、本研究の目的は以下の2つであった。

- (1) 異なる感覚モダリティでの認知課題によって皮質脊髄路の興奮性が変化するかどうか、感覚モダリティの違いによって二重課題干渉の程度が異なるのかどうかを明らかにすること。
- (2) 短期間の二重課題のトレーニングを行ってもらい二重課題遂行への慣れが皮質脊髄路の興奮性に与える影響について明らかにすること。  
また、本研究の学術的独自性と創造性は以下の2点であった。
  - (1) これまで評価されていなかった2つの課題を同時に行う際の随意運動の発現過程を、神経生理学的な指標を用いて評価する点。
  - (2) 運動課題と認知課題(特に音刺激課題、視覚刺激課題)から成る二重課題を設定し、日常生活で直面する状況に近い実験デザインで、随意運動の発現への二重課題干渉の影響に着目した点。

## 3. 研究の方法

本研究では、随意運動の発現に大きく関与している、一次運動野(primary motor cortex: M1)からの運動指令の伝導路である皮質脊髄路の興奮性を経頭蓋磁気刺激法(transcranial magnetic stimulation: TMS)を用いて、筋から誘発される運動誘発電位(motor-evoked potential: MEP)を指標にすることで評価した。

本研究全体を通して、異なる感覚モダリティでの認知課題によって皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性が変化するかどうか、感覚モダリティの違いによって二重課題干渉の程度が異なるのかどうかを音刺激と視覚刺激による認知課題を用いて実験し、二重課題遂行時の随意運動発現をより詳細に明らかとするために以下のような方法で実験を行った。

### 実験 運動課題と視覚刺激による認知課題からなる二重課題の遂行が皮質脊髄路の興奮性に与える影響

<参加者と課題内容>

本実験は18歳以上の右利きの一般健常男女15名を対象に行った。参加者には、安静座位状態で1)10%MVCのピンチ把持の力発揮を40秒間保持させる課題(単一運動課題条件)、2)1)の課題と同時に視覚刺激による認知課題を遂行する課題(二重課題条件)を行ってもらった。それぞれの課題において、左運動野(M1)を頭皮上からTMSで刺激し、ピンチ把持に関わる

右手第一背側骨間筋(FDI)から MEP を記録した(図1)。なお、ピンチ把持の力発揮は、スピーカから音によるフィードバックを参加者へ行った。

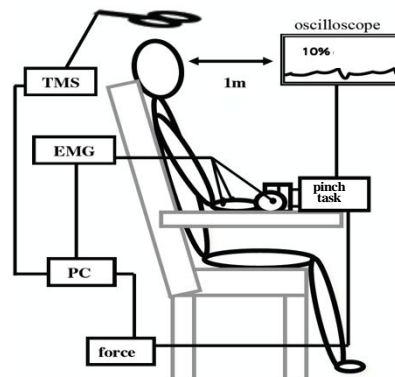


図1. 実験システム

### 実験 運動課題と聴覚刺激による認知課題からなる二重課題の遂行が皮質脊髄路の興奮性ならびに皮質抑制性に与える影響

<参加者と課題内容>

18歳以上の右利きの一般健常男女15名を対象に行った。参加者には、安静座位状態で1)お10%MVCのピンチ把持の力発揮を40秒間保持させる課題(単一運動課題条件), 2)1)の課題と同時に聴覚刺激による認知課題を遂行する課題(二重課題条件)を行ってもらった。TMSでの刺激部位, MEPの記録部位については実験と同様である。

### 実験 二重課題遂行への慣れが皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

<参加者と課題内容>

18歳以上の右利きの一般健常男女14名を対象に行った。実験参加者に短期間のトレーニングを行ってもらい二重課題遂行への慣れが皮質脊髄路興奮性に与える影響について明らかにする実験を実施した。実験参加者は上記とで用いた課題ごとに7名ずつに分け、2週間で計5回実験室に来室してもらい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。TMSでの刺激部位, MEPの記録部位については実験と同様である。実験プロトコルを図2に示す。

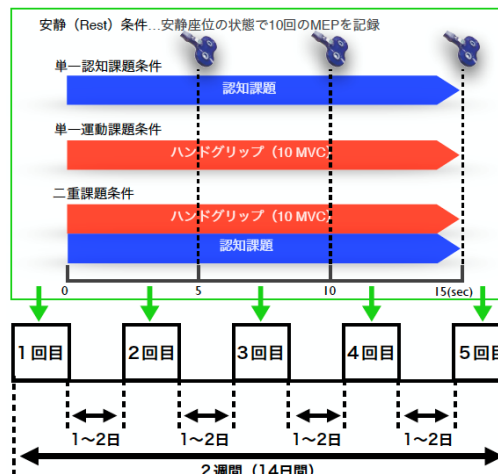


図2. 実験プロトコル

#### 4. 研究成果

実験ならびににおいて、異なる感覚モダリティでの認知課題によって皮質脊髄路の興奮性が変化するかどうか、感覚モダリティの違いによって二重課題干渉の程度が異なるのかどうかを明らかにすることを検討した。その主な結果は以下の通りである。

- (1) 行動学的指標の結果から、単一課題遂行時よりも二重課題遂行時の認知課題の正答率が低下し、反応時間が遅延し、運動課題の正確性も低下することが示された。
- (2) 行動学的指標の結果から、認知課題が視覚刺激の場合よりも音刺激の場合に二重課題干渉の程度が大きくなることが示された。
- (3) 皮質脊髄路興奮性は、単一課題遂行時に比べて二重課題遂行時に低下を示した。
- (4) 皮質脊髄路興奮性は、認知課題が視覚刺激の場合よりも音刺激の場合に皮質脊髄路興奮性がより低下した。

以上のことから、二重課題を構成する認知課題が視覚刺激である場合と、聴覚刺激である場合では、二重課題干渉の程度が異なることが示された。すなわち、聴覚刺激である場合に、二重課題干渉の程度が大きくなった。本研究で用いた運動課題は、参加者への音によるフィードバックで指定された力発揮(ピンチ把持)を行うものであった。力発揮に対するフィードバック音と聴覚刺激による認知課題を同時に遂行する場合に聴覚情報が競合し、より二重課題干渉が生じた可能性が考えられる。

実験においては、二重課題トレーニング(二重課題遂行への慣れ)が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響を検討するための実験を行った。トレーニング回数が増えるにつれて行動学的指標の結果は改善し、皮質脊髄路興奮性に対する二重課題干渉の程度も低下する傾向が示された。これらの結果に対するメカニズムは現在も検討中である。

本研究の結果は、二重課題の遂行は感覚モダリティの違いに関係なく随意運動の発現に関わる運動中枢である一次運動野、皮質脊髄路に変化を生じさせ、用いられる感覚モダリティによって二重課題遂行時の皮質脊髄路の興奮性の低下の程度は異なるという、予想していた結果と一致するものであった。本研究で得られた成果は、我々が経験する二重課題干渉の根本にある神経生理学的なメカニズムへの問いを解明する一助となり得る。さらに我々の生活に密接に関係している、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知見となると考えられる。

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 2件）

1. 発表者名 Fukumoto, H., Nishihira Y., Sakemoto, N., Kuroiwa, K. and Shimoda, M., Higashiura, T.
2. 発表標題 Effects of Short-term Training on Corticospinal Excitability and Cortical Inhibition during Dual-task
3. 学会等名 25th annual Congress of European College of Sport Science (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fukumoto, H., Nishihira Y., Sakemoto, N., Kuroiwa, K. and Shimoda, M.
2. 発表標題 Influences of Long-term Sports Experience on the Cortical Inhibition during Dual-task
3. 学会等名 24th annual Congress of European College of Sport Science (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2019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
研究協力者	下田 政博  (Shimoda Masahiro)		
研究協力者	東浦 拓郎  (Higashiura Takuro)		

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
研究協力者	黒岩 一雄  (Kuroiwa Kazuo)		

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