

2025年11月18日

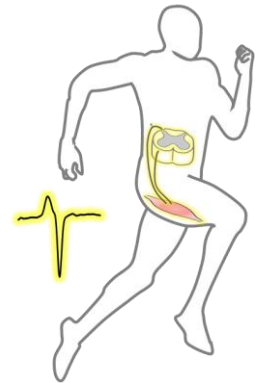
新聞社
支社 御中

上武大学長 澁谷 正史

スプリンター特有な脊髄神経機能の適応を解明 —スプリント走の神経科学的なトレーニング法への応用に期待—

概要

- 上武大学の中川剣人准教授（責任著者、共同筆頭著者）らは、陸上競技スプリンターの高度な走運動スキルを支える脊髄神経機能の適応を明らかにしました。
- 全国レベルのスプリンター10名と非アスリート10名を対象に、経皮的脊髄刺激（tSCS）によって脊髄反射を非侵襲的に記録・解析した結果、スプリンターの大腿二頭筋では、感覚入力のわずかな変化に対して筋の反射出力が大きく増減する特性が確認されました。
- このことは、スプリンターの特徴である「筋活動の素早い切り替え」を支える神経メカニズムを示すものであり、今後の神経科学的トレーニング法の開発にもつながる成果です。



※ 本研究成果は、2025年11月4日に Springer Nature 社が刊行する「Scientific Reports」に掲載されました。

論文名: Specific recruitment properties of spinal reflex of thigh muscle in sprinter

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-22504-2> (オープンアクセス)

研究に関するお問い合わせ：

上武大学ビジネス情報学部スポーツ健康マネジメント学科
准教授 中川剣人
TEL: 0270-32-1011 FAX: 0270-32-1126
E-mail: nakagawa@jobu.ac.jp

取材に関するお問い合わせ：

学校法人学文館上武大学
法人本部 〒370-1393 群馬県高崎市新町 270-1
TEL：0274-42-1183 FAX：0274-42-5202

【ポイント】

- ・ **背景：スプリンターの動作を支える神経メカニズムは未解明**
スプリンターは、太もも（大腿部）の主働筋と拮抗筋を素早く切り替える巧みな筋制御を示しますが、その神経的基盤、特に脊髄レベルでの適応は十分に理解されていませんでした。
- ・ **目的：スプリンターに特有な脊髄神経適応の存在を検証**
本研究では、スプリンターと非アスリートと比較し、脊髄神経回路の特性に違いが存在するかを明らかにすることを目的としました。
- ・ **方法：経皮的脊髄刺激（tSCS）による反射応答の定量評価**
腰部の皮膚上から電気刺激を行う tSCS 法を用い、スプリント走でポイントとなる大腿裏側ハムストリングスを構成する大腿二頭筋と下腿部のヒラメ筋から脊髄反射応答を記録しました。刺激強度と反射反応の大きさの関係を解析し、神経回路の入出力特性（リクルートメント特性）を算出しました。
- ・ **結果：スプリンターの大腿二頭筋は、感覚入力のわずかな変化に対して反射出力が大きく増減**
スプリンター群では、入力の変化に対する反射出力の変化率が高く、脊髄回路が入力の強弱を敏感に検出し、筋活動を精密に制御していることが示されました。
- ・ **意義：トレーニングやリハビリテーションへの応用可能性**
本研究は、スプリント走の神経制御を支える脊髄レベルの適応を初めて明らかにしたものであり、今後、神経刺激を活用した新しいトレーニング・リハビリ法の開発に発展することが期待されます。

【研究背景】

優れたスプリンターは、大腿部の主働筋と拮抗筋の活動の切り替えが明確で、筋間協調性に優れることが報告されています (Kakehata et al., 2021)。これまで、脳や脊髄の神経回路がトレーニングによって可塑的に変化することは知られていましたが、スプリンターの大腿筋制御を担う中枢神経系機能の特性は十分に解明されていませんでした。

【研究の方法】

全国レベルのスプリンター10名 (100m 走 自己最高記録 平均 10.51 秒) と非アスリート 10 名を対象としました。従来、大腿筋群の脊髄反射¹を記録することは困難でしたが、近年開発された経皮的脊髄刺激 (tSCS)²を用いることで大腿二頭筋³とヒラメ筋の脊髄反射を同時計測しました (図 1)。脊髄反射の動員特性を評価するため、様々な刺激強度で tSCS を行い、刺激強度に対する脊髄反射応答の大きさの関係性を示す入出力曲線を分析しました。

経皮的脊髄刺激による反射誘発

transcranial spinal cord stimulation: tSCS

腰部への電気刺激

⇒ 下肢のほとんどの筋から反射誘発

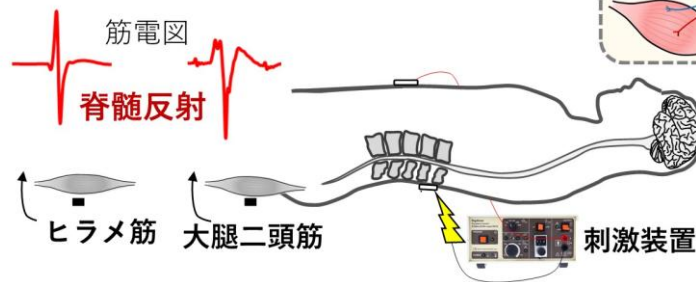


図 1. 実験の方法

【研究の結果】

スプリンターでは、スプリント走で主要な力発揮源として機能するハムストリングスの一部である大腿二頭筋において、感覚入力のわずかな変化に対して脊髄反射の出力反応が大きく増減する特性を示しました (具体的には、脊髄刺激強度[感覚入力量]に対する脊髄反射振幅値[筋出力量]の関係性を示す入出力曲線[図 2 グラフ内実線]における最大傾斜[図 2 グラフ内破線]が非アスリートよりスプリンターの方が大きい [図 2 右の棒グラフ])。つまり、スプリンターでは、脊髄内の神経回路が入力の強弱をより敏感に検出し、それに応じて筋の活動を大きく調整できるように精密化していることが示されました。このことは、これまでスプリンターの走運動時に確認されていた大腿筋の巧みな収縮・弛緩の切り替えを支える神経メカニズムと考えられます。一方で、ふくらはぎの筋 (ヒラメ筋) や大腿部の相反抑制⁴は両群間に差はみられませんでした。

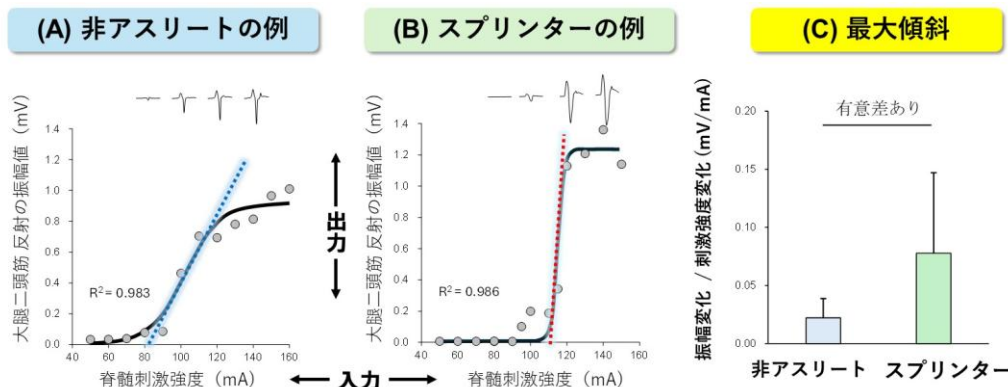


図 2. 結果の典型例とメイン結果

スプリンターの大腿二頭筋は感覚入力に対する筋出力変化が大きい

【研究成果の意義と今後の展望】

この成果は、スプリンターに特有な神経適応が脊髄レベルで生じることを示す初のエビデンスとなります。将来的には、脊髄刺激を活用した新しいトレーニング法の開発につながる可能性があります。また、スポーツ科学だけでなく神経リハビリテーション分野への応用も期待されます。

【論文情報】

掲載誌: Scientific Reports

論文名: Specific recruitment properties of spinal reflex of thigh muscle in sprinter

著者: Gaku Kakehata * (早稲田大学スポーツ科学学術院、東京大学大学院総合文化研究科、日本学術振興会), Kento Nakagawa * # (上武大学ビジネス情報学部、早稲田大学スポーツ科学学術院), Naotsugu Kaneko (東京大学大学院総合文化研究科), Yohei Masugi (東京国際大学、東京大学大学院総合文化研究科), Shigeo Iso (早稲田大学スポーツ科学学術院), Kimitaka Nakazawa (東京大学大学院総合文化研究科)

* 共同筆頭著者

責任著者

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-22504-2> (オープンアクセス)

【用語説明】

¹ 脊髄反射

種々の感覚入力によってあらかじめプログラム化された反応が出力される神経プログラム。脳を経由せず、脊髄内の神経回路で生じる反応である。本研究では、筋の伸長状態を感知する Ia 感覚神経が脊髄の α 運動神経へ信号を伝え、筋収縮反応を引き起こす現象を指す。

² 経皮的脊髄刺激 (tSCS)

皮膚上から電気刺激を与え、感覚神経が集束する脊髄後根を刺激することで、脊髄内の神経回路を活性化させる非侵襲的手法。本研究では、腰部皮膚上から電気刺激を行い、大腿筋を含む下肢筋群の脊髄反射を誘発した。

³ 大腿二頭筋

大腿後面に位置するハムストリングスの一部で、膝関節屈曲や股関節伸展に関与する筋。スプリント走において地面反力の生成に重要な役割を果たし、加速能力と強く関係している部位であると報告されている。

⁴ 相反抑制

一方の筋 (例: 太ももの前側の大腿直筋) が収縮すると、その拮抗筋 (例: 太ももの裏側の大腿二頭筋) の活動が自動的に抑制されるという脊髄内での神経機能調節の仕組み。この反射的な抑制により、拮抗する筋の同時収縮が防がれ、スムーズで効率的な動作の切り替えが可能になる。