

亜急性期脳卒中における運動単位動員様式

1. 発表のポイント

- ▶ 脳卒中亜急性期における運動単位^{*1}活動について、表面筋電図を用いて評価した。
- ▶ 随意運動評価では運動機能が時系列的に改善されたにもかかわらず、運動単位活動様式の指標である低値の動員閾値は、麻痺側では改善されなかったことを提示した。
- ▶ 亜急性期に用いられる既存の臨床的運動機能評価では、実際の患側の生理学的異常を検出できない可能性があることを示唆する結果となった。

2. 発表概要

埼玉県立大学大学院 博士後期課程大学院生伊藤実央さん（第一著者）、同学の国分貴徳准教授（責任著者）のグループは、Shirley Ryan Ability Lab のNina Suresh教授らとの国際共同研究により、亜急性期脳卒中者の運動単位の特徴について、脳卒中患者を使用した研究により明らかにしました。

本研究成果は、2025年8月12日にAmerican Physiological Societyの公式ジャーナル『Journal of Neurophysiology』誌に掲載されました。本研究は、公益財団法人フランスベッドメディカルホームケア（受領者：伊藤）、リハビリテーション医学研究財団（受領者：伊藤）の支援を受け実施されました。

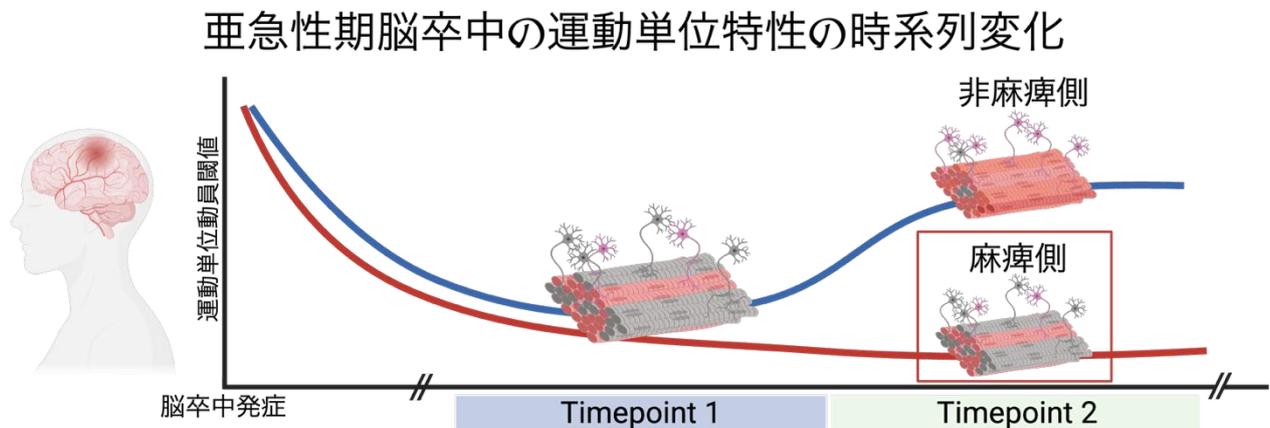


図1. 研究概要

脳卒中後遺症者の随意運動障害は、亜急性期には徐々に回復するが、随意運動の最小制御様式である運動単位の活動にいかなる変化や異常が持続するのかわからない。本研究の目的は、脳卒中片麻痺患者の亜急性期における運動単位活動の特徴を明らかにすることである。本研究結果から、脳卒中の亜急性期において、随意運動障害は回復傾向を示したにもかかわらず、麻痺側の運動単位動員閾値は、時系列的に非麻痺側よりも悪化している可能性が示唆された。この結果は、亜急性期のリハビリテーションにおいて一般的に用いられている既存の臨床的運動機能評価では、患側の運動機能において生じている実際の生理学的異常を検出できていない可能性があることを示唆している。

3. 研究内容

〈研究背景〉

随意運動機能の障害は、脳卒中生存者に最も多くみられる問題の一つです。脳卒中後の随意運動機能の障害は、亜急性期から慢性期にかけて、時系列的に運動機能の程度に差がみられます。特に亜急性期は明らかな回復を示すことが報告されており、この回復傾向は病変部位や脳卒中発症からの経過に関係なく報告されている。しかし、脳卒中後の随意性収縮障害の回復を下支えする神経生理学的機能の回復機序は不明なままとなっています。近年、随意筋収縮障害のメカニズムを評価する上で、運動単位の挙動を解析することが重要となってきました。運動単位は随意筋活性化の最小機能単位であり、運動単位分析はヒトの筋-脊髄神経制御を特徴づける方法として知られています。慢性期脳卒中に関する先行研究では、運動単位発火頻度の低下、運動単位動員閾値の低下が示されました。しかし、これらが脳卒中発症後に一貫して認められる特徴なのか、時系列的に変化した結果なのかはわかっていません。そこで本研究では、慢性期よりも早い亜急性期の運動単位活動に注目し、随意運動機能回復過程における亜急性期脳卒中者の運動単位活動を調査しました。本研究の目的は、亜急性期脳卒中片麻痺患者の運動単位活動様式を特徴付け、定量的に評価することで脳卒中者の運動機能回復機序の一端を明らかにすることです。

〈研究内容〉

7名の亜急性期脳卒中患者を対象に、亜急性期に最低2週間の間隔をおいて2つの時点（Timepoint 1とTimepoint 2）で検査を行いました。ワイヤレス表面筋電図を両側の上腕二頭筋に貼付し、等尺性肘関節屈曲を伴う最大随意筋収縮課題（Maximum voluntary contraction：以下、MVC）2種類の目標力追跡課題のHold taskとRamp taskを実施しました。目標力追跡課題中に活動した筋電図波形から、運動単位へと分解処理し、運動単位活動を検出しました。

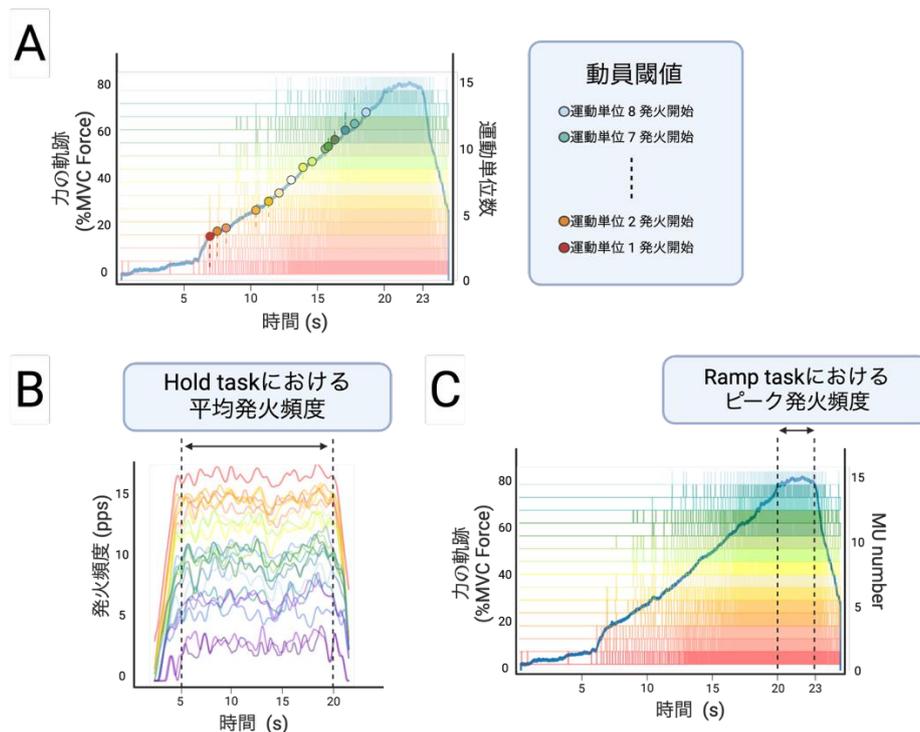


図2 2種類の目標力追跡課題における運動単位分解処理過程

A) Ramp task より分析された運動単位動員閾値の算出方法。動員閾値は、各運動単位が発火開始した時点における%MVCの値から定義された。B) Hold task より分析された平均発火頻度の算出方法。平均発火頻度は、Hold task において力を維持している最中の発火頻度の平均値から定義された。C) Ramp task より分析されたピーク発火頻度の算出方法。ピーク発火頻度は、Ramp task にて漸増的に力を増加した後の発火頻度の最大値から定義された。

二元配置分散分析の結果 Ramp 課題の動員閾値は、時間要因と麻痺要因との間で有意な交互作用を示しました ($p < 0.00$)。事後検定の結果、Timepoint 1 では、麻痺側の動員閾値は非麻痺側と有意差はありませんでした ($p = 0.99$) が、Timepoint 2 における麻痺側は非麻痺側より有意に低値でした ($p < 0.00$)。この結果から、脳卒中の亜急性期において、麻痺側の動員閾値が低値であることは、時系列的に非麻痺側よりも悪化している可能性があることを示唆しています。

一方、臨床随意運動機能評価として実施した Stroke Impairment Assessment Set (以下、SIAS)の結果では、麻痺側の随意運動機能は Timepoint 1 よりも Timepoint 2 のほうが有意に高い結果でした ($p = 0.02$)。

このように、臨床随意運動機能評価は時系列的に改善傾向を示した一方、運動単位動員様式は時系列的に改善傾向を示さなかったことから、既存の随意運動機能評価では、麻痺側における運動単位動員様式の異常を検出できない可能性があることが示唆されました。

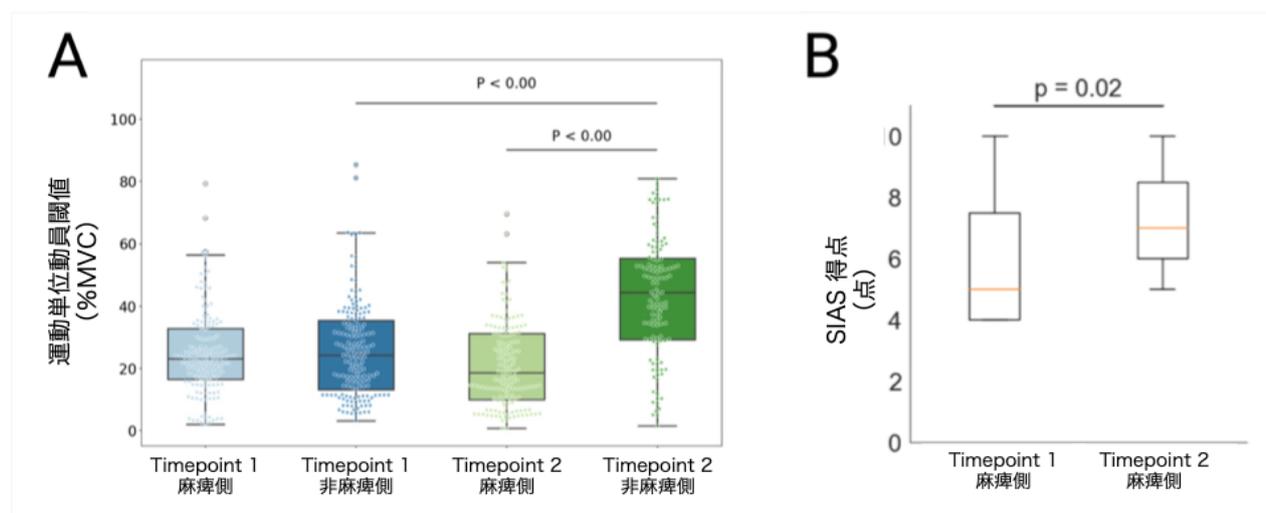


図3 運動単位動員閾値とSIASの結果

A) 運動単位動員閾値に対する事後検定の結果。非麻痺側では時系列的に増加傾向を認めた一方、麻痺側では認められなかった。

B) SIAS 得点の結果。麻痺側における臨床随意運動機能評価では時系列的に増加傾向を認めた。

本研究は、脳卒中後の亜急性期における時系列的な運動単位動員パターンの変化と随意運動機能障害の変化を提示しました。亜急性期脳卒中者の麻痺側運動単位動員様式は、時系列的な改善が認められませんでした。そのため、通常のリハビリテーションにとどまらず、より早期の段階で神経筋機能に特化した介入を実施し、効率的な運動単位動員パターンを獲得することがより効果的なリハビリテーション介入となりうることを示しています。本研究の知見は、亜急性期における神経筋機能障害に対し、早期の予防的

リハビリテーション介入を実施するための基盤となることが期待されます。

4. 用語解説

※1 運動単位

一つの運動ニューロンとそれに支配される筋線維群のこと。随意運動における最終調節を担う機能単位であることが知られている。

5. 支援を受けた研究助成金

本研究は、公益財団法人フランスベッドメディカルホームケア（研究代表者：伊藤実央）、リハビリテーション医学研究財団（研究代表者：伊藤実央）の助成を受け、実施されました。

6. 論文情報

雑誌名：Journal of Neurophysiology

題名：Compression of motor unit recruitment threshold patterns are present in the subacute phase post stroke

著者：Mio Ito, Takanori Ito, Hayase Funakoshi, Kei Takahata, Nina Suresh, Takanori Kokubun

DOI：https://doi.org/10.1152/jn.00179.2025

7. 問い合わせ先

埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科/保健医療福祉学部 理学療法学科
准教授 国分 貴徳

E-mail：kokubun-takanori@spu.ac.jp