

巧緻性を要する発揮筋力課題の学習過程における脳活動の変化

高橋碧希¹⁾、石坂陸¹⁾、渡邊龍憲¹⁾

1) 青森県立保健大学大学院健康科学研究科

Key Words ① 発揮筋力調節 ② 運動学習 ③ 巧緻動作 ④ 脳活動

I. はじめに（または「緒言」等）

脳血管疾患による片麻痺の上肢運動障害に対する現行のリハビリテーションは効果が限定的であると報告されている⁽¹⁾。そのため、麻痺側上肢の運動機能をより効果的に改善するリハビリテーションの開発が求められている。日常生活において重要な上肢機能の一つに手指の巧緻動作があり、脳血管疾患による運動麻痺のリハビリテーションでは、巧緻性向上を目指してつまみ動作の練習が行われ、運動学習が促される。しかし、こうした手指の巧緻動作において必要な発揮筋力を正確に調節する機能の改善に関わる神経生理学的基盤は十分に解明されていない。特に、リハビリテーションで重要となる動作の（再）学習に関する先行研究の多くは、モニター上の視覚刺激に対する反応時間やキーボード入力順の学習過程を対象としており、日常生活動作で求められる発揮筋力の精密な調節に関する学習を検討している文献は非常に限られている。

II. 目的

本研究の目的は、つまみ動作を用いて、巧緻性を要する発揮筋力調節課題の学習過程における脳活動の変化を検討することであった。

III. 研究方法（または「研究の経過」等）

右利きの健常成人 18 名を対象とした。被験者は国際 10–20 法に従って、前頭領域、感覚運動領域、頭頂領域に脳波計電極を貼付した。被験者は非利き手で力変換センサーをつまみ、PC モニターに呈示されるピンチ力を調節する運動課題を学習した。そして、学習前後に実施した運動課題中の力変換センサーのデータを用いて、反応時間、ターゲットまでの到達時間と速度、発揮筋力調節中の平均エラーと力の変動の 5 つの行動学的指標を算出し、対応のある t 検定で比較した。また、脳波データを用いて、事象関連電位、事象関連スペクトラム摂動を算出した。事象関連電位には FDR 法で補正した permutation test を実施し、事象関連スペクトラム摂動には FDR 法で補正した bootstrap 法を実施し、学習前後で比較した。有意水準は 5% とした。

IV. 結果（または「成果」等）

学習前後の行動学的指標に対して対応のある t 検定を実施した結果、反応時間には有意差が認められなかった。しかし、ターゲットまでの到達時間と速度、発揮筋力調節中の平均エラーと力の変動に有意差を認め、学習前と比較して学習後に運動パフォーマンスが有意に向上した。また、脳活動の指標である事象関連電位について、前頭領域の N2 振幅が学習前と比較して学習後に有意に減弱し、頭頂領域の P3 振幅が学習前と比較して学習後に有意に増大した。加えて、事象関連ス

*連絡先：〒030-8505 青森県青森市大字浜館字間瀬 58-1 E-mail:2381009@ms. auhw. ac. jp

ペクトラム摂動については、発揮筋力調節中における感覺運動領域の α および β 周波数帯の事象関連脱同期が学習前と比較して学習後に有意に増強した。

V. 考察

本研究では、発揮筋力調節課題の学習過程における脳活動の変化を検証した。その結果、運動学習後に運動パフォーマンスが有意に向上し、前頭領域の N2 振幅が減弱、頭頂領域の P3 振幅が増大、感覺運動領域 α および β 帯域の事象関連脱同期が増強した。N2 振幅は、なじみの薄い視覚刺激の処理に関連⁽²⁾し、学習に伴い振幅が減少することが報告⁽³⁾されている。よって、本研究における N2 振幅の減弱は、学習により視覚刺激の新規性が低下し、刺激の識別が容易となつたためと考えられる。次に、P3 振幅は課題遂行に関わる注意資源と関連があるとされ、認知負荷が高い状況下では頭頂領域の P3 振幅が減弱することが示されている⁽⁴⁾。このことから、P3 振幅は課題遂行に必要な注意資源の減少とともに低下すると推察される。本研究における P3 振幅の増大は、学習に伴い情報処理が効率的され、十分な注意資源を確保できた結果と考えられる。最後に、 α および β 周波数帯の事象関連脱同期は運動実行中の皮質活動の増加を反映する指標⁽⁵⁾であり、運動パフォーマンスの向上に伴つて増強することが報告されている⁽⁶⁾。このことから、本研究における α および β 周波数帯の事象関連脱同期の増強は、学習によって発揮筋力の調節がより正確に行えるようになった結果と考えられる。

VI. 文献

1. Kei Yagihashi, Shigeru Sonoda, Watanabe M, Okamoto S, Okuyama Y, Okazaki H. Pattern of item score change in Stroke Impairment Assessment Set in comprehensive inpatient rehabilitation wards. Fujita Med J. 2020;6(2):49-53.
2. Courchesne E, Hillyard SA, Galambos R. Stimulus novelty, task relevance and the visual evoked potential in man. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1975;39(2):131-43.
3. Song Y, Ding Y, Fan S, Chen L. An event-related potential study on visual perceptual learning under short-term and long-term training conditions: NeuroReport. 2002;13(16):2053-7.
4. Mecklinger A, Kramer A, Strayer DL. Event Related Potentials and EEG Components in a Semantic Memory Search Task. Psychophysiology. 1992;29(1):104-19.
5. Pfurtscheller G, Lopes Da Silva FH. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. Clinical Neurophysiology. 1999;110(11):1842-57.
6. Watanabe T, Yoshioka K, Matsushita K, Ishihara S. Modulation of sensorimotor cortical oscillations in athletes with yips. Sci Rep. 2021;11(1):10376.