

力場環境下における運動学習が安静時脳活動の機能的結合に及ぼす影響

1230353 西原 麗菜 【身体情報サイエンス研究室】

1 はじめに

安静時脳活動とは行動や思考など何もしていないぼんやりとした状態の脳活動ことであり、安静時脳活動でないときの活動と関係があるとされている。先行研究では力場環境下における到達運動課題の成績と課題前の安静時脳活動に関係があることが示唆されている [1]。運動学習前後に安静時脳活動を計測した研究では、実際の動作とは異なる動きを提示する視覚運動変換を用いた到達運動課題が学習後の機能的結合に影響を及ぼすことが示唆されている [2]。また、運動学習時に経頭蓋直流電気刺激法 (transcranial direct current stimulation, tDCS) を用いた研究では刺激により学習成績が向上することが示唆されている [3]。

本研究では運動学習前後の安静時脳活動を計測し、力場環境下における到達運動課題が安静時脳活動の機能的結合に及ぼす影響について検討した。さらに、運動学習時の tDCS による影響についても検討した。

2 実験方法

本研究の実験は右利きの被験者 20 名 (男子 14 名, 女子 6 名, 平均年齢 21 歳) に対して、安静時脳活動の計測とロボットアームを用いた運動課題を実施した。

2.1 安静時脳活動の計測

被験者には目を開けたままリラックスした状態で fMRI 装置に入ってもらい、表示される十字を見てもらった。計測は 10 分間とし、運動学習の前後で計 2 回実施した。

2.2 運動課題の実施

開始地点から目標地点へ直線的にカーソルを動かす到達運動課題を行った。課題は力場なしの 60 試行 (Null セット)、力場ありの 180 試行 (Learning セット)、力場なしの 120 試行 (Wash Out セット) とした。

1 回目の安静時脳活動の計測後、Null セット、Learning セット、Wash Out セットの課題を行った。Wash Out セットの課題後、2 回目の安静時脳活動の計測し、2 回目の Null セット、Learning セットの課題を行った。

2.3 tDCS の刺激方法

被験者 20 人中 10 人に対して 2.0mA の刺激を行い (tdcs 群)、残りの 10 人は課題のはじめだけ刺激する sham 刺激で行った (sham 群)。刺激は 1 回目の Learning セットの課題中にのみ行った。刺激に使用する電極は陽極を左の一次運動野、陰極を右前額部に配置した。

3 解析方法

被験者の脳機能画像を用いて SPM12 の toolbox である CONN を使用し、Seed-to-Voxel 解析を行った。関心

領域は運動課題と関係があると考えられる前頭葉と頭頂葉、大脳基底核、小脳を対象にした。

tdcs 群、sham 群で各群ごとに学習前後の比較を検討した。さらに、学習後のデータに対して刺激の有無についての比較を検討した。

4 結果

学習前後について比較の結果、tdcs 群は学習前よりも学習後の方が前頭葉-前頭葉、前頭葉-頭頂葉、前頭葉-小脳、頭頂葉-大脳基底核の結合に有意な相関が認められた ($p < 0.001$)。sham 群は学習前よりも前頭葉-前頭葉、前頭葉-頭頂葉、前頭葉-大脳基底核、頭頂葉-頭頂葉、頭頂葉-大脳基底核の結合に有意な相関が認められた ($p < 0.001$)。

刺激有無について比較の結果、tdcs 群 > sham 群で頭頂葉-頭頂葉の結合に有意な相関が認められた ($p < 0.001$)。sham 群 > tdcs 群で大脳基底核-小脳の結合に有意な相関が認められた ($p < 0.001$)。

5 考察

学習前後の比較結果より、両群で前頭葉-前頭葉、前頭葉-頭頂葉、頭頂葉-大脳基底核の結合に有意な相関が認められたことは運動学習の影響が考えられる。前頭葉-前頭葉、前頭葉-頭頂葉の結合は視覚運動変換を用いた先行研究 [2] でも示されているため、到達運動課題を用いた運動学習に関与していることが示唆された。また、頭頂葉-大脳基底核の結合については視覚情報変換を用いた先行研究 [2] と異なっており、本研究の力場環境における運動学習が影響を及ぼしていると考えられる。

刺激の有無による比較結果では刺激部分である一次運動野には有意な相関が認められなかった。一次運動野に刺激をしても一次運動野との結合には影響を及ぼすことはないが、刺激をしたことにより他の結合間の活動に影響を及ぼした可能性があると考えられる。

参考文献

- [1] Sakatani D, et al, "Resting-State Brain Activity associated with Motor Learning Ability", IECE, 118: 5-8, 2019.
- [2] Albert NB, et al, "The Resting Human Brain and Motor Learning", Current Biology, 19, 1023-1027, 2009.
- [3] Cuypers K, et al, "Is Motor Learning Mediated by tDCS Intensity?", Plos One, 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0067344.