

運動課題の成績に関連する安静時脳活動の検討

1200380 横田 文 【身体情報サイエンス研究室】

1 はじめに

ヒトは自動車の運転や調理など日常生活の中で様々な技能を獲得している。技能の獲得には経験などを基にした運動学習が必要である。運動学習能力には個人差があることがよく知られている。個人の運動学習能力がどの程度であるのかを予測できれば、技能を獲得するためにより効果的な学習方法や計画が提案可能になると考えられる。安静時脳活動と運動学習の関連性については、先行研究 [1] において検討されている。学習能力の高さは様々な視点から評価できるため、本研究で新たな指標を作成して学習度合いを評価することで、運動課題の成績に関連する安静時脳活動を検討した。

2 実験方法

平均年齢 21 歳の被験者 24 名（男性 18 名、女性 6 名）に対して、安静時脳活動の測定と到達運動課題を行った。

2.1 安静時脳活動の測定

被験者には目を開けてリラックスした状態で fMRI 装置に入ってもらい安静時脳活動の撮像を 10 分間行った。

2.2 運動課題の実施

安静時脳活動の測定後に、別室でロボットマニピュラシヨンを使用した到達運動課題を実施した。

全試行のうち、最初の 50 試行（Null ブロック）は力場なし、次の 250 試行（Force Field ブロック）は速度依存性で時計回りの力場あり、最後の 100 試行（Wash Out ブロック）は力場なしの試行とした。これらの試行には、被験者の運動を制御した試行（error clamp）が含まれており、Null ブロック中の 10 試行、Force Field ブロック中の 36 試行、Wash Out ブロック中の 14 試行を error clamp とした。

本研究では、運動課題の結果として error clamp 試行中の最大速度での横方向の力の大きさを使用した。

3 解析方法

運動課題の結果を評価した後に、安静時脳活動と運動課題の結果を使った相関解析と機能的結合解析を実施した。

3.1 運動学習課題の結果の評価

運動課題の結果から各被験者の学習度合いを決めるために、評価指標を作成して運動課題の結果を評価した。本稿では、作成した指標のうち、運動課題と安静時脳活動の関連を検討するのに最適であると考えた評価指標 rateV を使用した結果を示す。rateV は、Force Field ブロック内において、初め 3 試行分の平均値を基準とした終わり 3 試行分の平均値の変化の割合を求めたもので

ある。これは、力場環境下での試行開始時と終了時でどれだけの割合で変化があったのかを示す。

3.2 相関解析

撮像した脳画像から mALFF 画像（低周波変動の振幅を全脳平均で割ったもの）を生成するために、SPM8 の toolbox である DPARSF を利用した。生成した mALFF 画像に対して、評価した運動課題の結果との相関解析を実施した。

3.3 機能的結合解析

相関解析において相関がみられた指標による運動課題の結果と機能画像を用いて、SPM12 の toolbox である conn を使用して ROI-to-ROI 解析を行った。本研究では、全脳の領域を対象（関心領域）にして機能的結合があると考えられる領域を探索する解析を行った。

4 結果

相関解析の結果、rateV で評価した運動課題は下前頭回弁蓋部及び帯状回との間でそれぞれ負の相関が認められた ($p < 0.05$)。

また、機能的結合解析の結果、rateV は角回-視床、角回-被殻、角回-尾状核の結合との間で相関が認められた ($p < 0.05$)。

5 考察

相関解析の結果より、下前頭回弁蓋部及び帯状回の活動が小さい人ほどより多く学習できることが示唆された。この弁蓋部と帯状回は注意に関するネットワーク (CON) を形成している。Sepideh らによって、CON の活動と課題の精度との間には負の関係が存在することが示されている [2]。本研究の相関解析の結果、負の相関関係が認められたのは CON の機能が影響していると考えられる。

機能的結合解析の結果で示された被殻と尾状核は大脳基底核の要素となる領域であり、視床は大脳基底核からの入出力関係にある。そして、角回とともに運動の遂行や学習に関与している。以上により、学習量にはこれらの領域の一連の処理が影響することが示唆された。

参考文献

- [1] Sakatani D., et al, "Resting-state brain activity associated with motor learning ability", *IECE*, 118: 5-8, 2019.
- [2] Sepideh S., et al, "Functional characterization of the cingulo-opercular network in the maintenance of tonic alertness", *Cerebral Cortex*, 25: 2763-2773, 2015.