

自発的運動開始に先行する脳活動

酒多穂波

背景

我々ヒトや霊長類を含む動物は自由に行動することができる。行動は外部からの刺激入力がかきかけとなって生じる場合がある一方、外部からの刺激入力なしで内因的に生じる場合もある。このような内因的な行動のひとつとして、自分のタイミングで自由に開始する運動である「自己開始運動」がある。自己開始運動の神経基盤は、多くの先行研究により検討されてきたものの未だに体系的な理解は得られておらず、何が行動のかきかけとなっているかは未解明である。自己開始運動には、事象関連電位の活動として記録できる「運動準備電位」と呼ばれる活動が先行することが知られている。近年、運動準備電位は、知覚に関する意思決定の分野で用いられている「エビデンス蓄積モデル」の考え方で説明できることが示唆されており、外部からの刺激入力のない状態で自発的な脳活動が徐々に上昇し特定の閾値を超えたときに運動が生じている可能性がある。本研究では、自己開始運動を対象とし、運動実施に先行して徐々に上昇する脳活動と運動発生との関連を調べることにより、内因的な行動が生じる背景にあるメカニズムについて明らかにすることを目的とした。

方法

自己開始運動の課題をおこなう被験者の脳活動を、脳波と fMRI の二種類の計測方法を用いてそれぞれ計測し、運動実施前の脳活動と運動発生との関連を検討した。脳波実験の実験課題では、被験者は自分が運動をおこなおうと思った自由なタイミングで運動をおこない、さらに運動をおこなおうという意図を感じたタイミングも報告するよう求められた。記録した脳波データから、運動準備電位を算出した。運動準備電位の実際の開始時点がいつであるかを再検討し、運動準備電位の傾きが運動発生までの時間に与える影響を調べた。fMRI 実験では、被験者は二条件下で運動課題をおこなった：自由なタイミングで運動をおこなう自発条件と、その対象条件の、呈示された視覚刺激に応じて運動をおこなう指示条件である。条件間で運動の回数とタイミングは一致していた。事象関連 fMRI 応答を条件間で比較し、自発条件においてのみ運動開始前から徐々に上昇するような脳活動を示す脳領域があるかどうかを調べた。

結果と考察

脳波実験の結果、先行研究の報告と一致して、自己開始運動に先行する運動準備電位を記録できること、運動準備電位は運動をおこなおうと決定したタイミングにも先行していることが確認できた。運動準備電位の開始時点については、先行研究では運動開始の1~2秒程度前と言われているが、運動前の解析対象区間を長く設定しベースライン区間も調整するとそれだけ開始時点が早くなる傾向が見られた。したがって運動準備電位は、先行研究において報告されているよりも早い時点から始まっている可能性があることがわかった。さらに、運動準備電位の波形の傾きについて、運動が生じるまでの時間が長い試行の運動準備電位の傾きは、運動が生じるまでの時間が短い試行の運動準備電位の傾きよりも有意に小さいことがわかった。したがって、運動の実施に関する意識的な意図を知覚するよりも前から、運動準備電位の傾きに反映された自発的な脳活動の上昇のスピードが、内因的に運動が発生するまでの時間に関与していることが示唆された。次にfMRI実験の結果、自発条件において、運動実施前から徐々に増加するような活動が、先行研究で既に報告のある補足運動野に加え、視覚野、聴覚野、楔前部、右半球の下頭頂小葉、右半球の下前頭回、島皮質においても見られることがわかった。このことから、運動実施前からの自発的な脳活動の上昇は、補足運動野だけではなく複数の脳領域において起こっていると考えられる。したがって自己開始運動は、以前考えられていたように補足運動野を中心とする特定の少数の脳領域だけが究極の起源となって生じているというよりは、感覚野までも含む複数の脳領域にまたがるネットワークの活動の上昇の中から生じている可能性がある。

結論

本研究によって内因的な行動に関する神経基盤の一端が解明された。きっかけとなる外部からの刺激入力がない状態で内因的に行動をおこなう際には、行動開始前の自発的な脳活動の上昇が関与していることがわかった。また、局所的な脳活動だけではなく、複数の脳領域を含むネットワークの活動が行動開始前から行動の発生に関与しているという新たな可能性が示された。自由に行動をおこなうとき、我々は行動の原因となっているのが自分の意図であるように感じている。しかし実際には、内因的な行動とその意図は自発的な脳活動のゆらぎの中から生じている可能性があり、自分の意識的な意図だけが内因的行動の究極の“原因”となっているとは言い切れない可能性がある。