

小脳が関与する制御機能の最前線 -基礎と臨床の融合を目指して-

本多 武尊（公益財団法人 東京都医学総合研究所）

私たちは、運動においてその学習機能が小脳が担っていることを確認し、どんな情報を小脳が学習するのかを調べた。具体的には、視界を右へずらしてしまうプリズムレンズをかけた被験者が、右手で右耳に触れ、ディスプレイに映し出されるターゲットへ向かってディスプレイをその右手でタッチする運動を繰り返し行った。視界が右へとずれてしまうため、最初はターゲットをタッチできず、ターゲットから右の方へ離れたところをタッチする。しかし、それを繰り返していくと学習が進み、ターゲットを正確にタッチできるようになる。Tom Thach のグループが行い有名になったこのプリズム適応課題(Martin et al. 1996)であるが、我々は適応機能を表現する適応指数(AI)を開発し脊髄小脳変性症患者群と健常群を高い感度・特異度で分けることに成功した(Hashimoto et al. 2015)。そして、この AI は 70 歳境に健常者でも低下する傾向があることが発見された。

では、一体、小脳はどんな情報を学習しているのかという疑問が出てくる。このプリズム適応課題によって、(1) 間違った運動である自分の運動の結果(運動を実行した結果)を見て学習し、その学習した情報を使って意識的に正しい運動を行い、(2) 正しい運動を行うことで、「運動を実行する方法」そのものを学習し、無意識的に正しい運動を実行できるようになることを我々は明らかにした(Honda et al. 2018)。ここで、学習した条件から、運動を実行した結果を見て学習するものを順モデル、そして、運動を実行する方法を学習するものを逆モデルとみなすことができた。フィードバック誤差学習(Kawato et al. 1987)以来の理論モデルとして小脳内部モデルのタンデム学習理論として提案し、これらの結果を定式化した。タンデム学習理論は、疾患による小脳へのダメージがあるとき、順モデルを学習できないケースと、逆モデルを学習できないケースがあることを予測する。実際に、脊髄小脳変性症の患者群はこの予測の通りにそれら2つのケースに分類でき、理論の妥当性を示し、これまでにない臨床像を明らかにすることができた。タンデム学習理論に基づいて小脳疾患を含む神経疾患を特徴付け、学習機能によって分類し、そして、効果的な治療やリハビリテーションの予測とその実践、さらには、効果判定への取り組みが今後重要となる。それを踏まえて、学習機能は運動制御への影響として運動失調にどのように現れるのかという疑問に対するアプローチを例に、モーションキャプチャーを利用し得られたデータを紹介する。

以上を通して、基礎研究と臨床研究の融合的研究により、病気の理解と治療、リハビリテーションへどうアプローチするのかについて議論する。