

7 ヒト脊髄運動学習に伴う脳内ネットワーク再編の解明

小幡 博基

【目的】これまで意欲（やる気）という精神的なものがどのように運動機能回復に影響を及ぼすのか、その神経機序についてはよくわかっていなかった。しかしながら近年の動物実験を用いた先駆的な研究により、脳の報酬系である側坐核の機能的、構造的変化が、運動機能回復や長期間を要する運動学習課題修得の背景にあることが明らかになってきた。一方、ヒトにおいては、“ほめる”という社会的報酬を与えることで運動学習の記憶がより強固に定着することや金銭的報酬を与えることで脊髄反射や皮質脊髄路からの応答（入出力特性）を学習することが可能であることが報告されている。しかしながら、これらのヒトにおける研究結果は社会的・金銭的報酬が運動学習に影響を与えることを示したものであるが、ヒトにおける脳の報酬系の活動がどのような機序をもって中枢神経系の可塑性促進と関係するのかを示したのではない。本研究の目的は、報酬系の活性化が中枢神経系の可塑性を促進するか否かをヒトにおいて明らかにすることである。

【方法】本研究ではH反射のオペラント条件付けを脊髄反射の学習課題として行った。H反射オペラント条件付けは、H反射振幅の変化と金銭的報酬を関連付けることで、脊髄反射興奮性の亢進あるいは抑制を長期間のトレーニングにより誘導する方法である。先行研究のプロトコルに従い、ヒラメ筋H反射振幅増大の成功率に応じて金銭的報酬が加算されるトレーニングを計5日間行った。本研究ではトレーニング中の報酬系の活動レベルを高めるために、背外側前頭前野への経頭蓋直流電気刺激（tDCS）を行った（n=11）。また比較条件として、別グループにおいて偽刺激（Sham）を行った（n=11）。1回のトレーニングは、tDCS/Sham前のベースライン試行（Ctrl.1）、H反射振幅増大が要求される条件付け試行、tDCS/Sham後のベースライン試行（Ctrl.2）と条件付け試行から構成された。

【結果】計5日間のH反射オペラント条件付けトレーニングを行った結果、1日目と5日目で有意なH反射振幅の変化が認められたのはtDCS/Sham後の条件付け試行のみであった。そこで、この試行の経時的変化について詳しく調べた。図は各被検者のtDCSまたはSham後の条件付け試行の平均値をベースライン試行の平均値（Ctrl.2）で標準化後、各グループの平均値を求めたものである。二元配置分散分析を行ったところ、トレーニング期間（1日目から5日目）と刺激条件（tDCSとSham）において主効果が認められた（トレーニング期間： $F_{(4, 80)} = 2.860$ 、刺激条件： $F_{(1, 20)} = 5.430$ 、それぞれ $P < 0.05$ ）。その後の検定において各刺激条件における1日目と2日目から5日目を比較したところ、tDCS群においてのみ1日目と5日目の有意な差が認められた（Dunnett検定法、 $P < 0.05$ ）。これらの結果から、左背外側前頭前野へのtDCSは脊髄反射の運動学習を促進することが明らかになった。

H反射オペラント条件付けにおけるtDCSの効果

