

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）
概要書

運動イメージ中の脳活動に
体性感覚が及ぼす影響

Influence of somatosensory inputs on brain activity
during motor imagery

2012年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科
水口 暢章
MIZUGUCHI, Nobuaki

研究指導教員： 彼末 一之 教授

運動イメージとは実際の動きを伴わずにある動作を想起するものと定義される。運動イメージを繰り返し行くと運動スキルが向上することが数多く報告されていることから、スポーツ選手に有用であると考えられる。これまでに、姿勢（固有感覚）や視覚が運動イメージ中の皮質脊髄路の興奮性に影響を及ぼすことが報告されている。しかし、物体に触れたときに生じる触覚が運動イメージにどのような影響を及ぼすかは明らかとなっていない。そこで、本研究では、物体への接触によって生じる体性感覚が運動イメージ中の脳活動に及ぼす影響を検討した。

Chapter 2 では、経頭蓋磁気刺激（TMS）を用いて、ボールを握る動作のイメージ中に実際にボールに触れることが皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響を検討した。被験者は一般成人 16 名であった。右手の第一背側骨間筋から筋電図を記録し、一次運動野を刺激したときに生じる運動誘発電位（MEPs）の振幅を皮質脊髄路の興奮性の指標とした。条件は、ボールに触れてイメージを行う条件（MI + Hold）、何も触れずにイメージを行う条件（MI）、ボールに触れるのみ（Hold）、安静（Con）の 4 つであった。その結果、運動イメージによって皮質脊髄路の興奮性は上昇するが、この興奮性上昇はボールに接触している場合に、より顕著になることがわかった。また、ボールに接触してもイメージをしない場合には、安静と比べても興奮性上昇が見られなかった。

Chapter 3 では、イメージ中の脳活動を fMRI を用いて検討した。被験者は一般成人 19 名であった。Chapter 2 と同様にボールを握るイメージを用いて、ボールに触れながらイメージを行う条件(Ball+Imagery)、何も触れずにイメージを行う(Imagery)、ボールに触れるのみ(Ball)、の 3 条件を行った。解析には SPM8 を使用し、ボールに触れながらイメージを行う条件の活動部位からボールに触れるのみ、何も触れずにイメージを行う条件の活動部位を差し引くことで、ボールに触れかつ運動イメージを行う課題に活動が変化する脳領域を求めた。ボールに触れながらイメージを行う条件では、下頭頂小葉や補足運動野、小脳などに活動が見られた。ボールに触れながらイメージを行う条件の脳活動から、何も触れずにイメージを行う条件の脳活動を差し引いた結果、ボールに触れながらイメージを行う条件では右背外側前頭皮質の賦活がより高いことが明らかになった。

Chapter 4 では運動イメージを行う手と反対側の手で物体に触れたときの皮質脊髄路の興奮性を検討した。しかし、イメージを行う手と反対側の手でボールに触れても皮質脊髄路の興奮性は増大しなかった。

Chapter 5 では、イメージで用いる物体と異なった物体に触れてイメージを行った場合の皮質脊髄路の興奮性を検討した。実験 1、2 では右手で直径 7cm のボールに触る条件と直径 3cm のボールに触る条件を用意した(PP+Ball, HP+Ball)。

統制条件として、ボールには触れずに同じ手の形状を保つ条件も用意した(PP, HP)。運動イメージは、「7cm のボールを握る」と「3cm のボールを摘む」動作とし、12名の被験者が2つの実験に参加した。その結果、7cm のボールに触る状況で「7cm のボールを握る」イメージをした場合の皮質脊髄路の興奮性が、他の条件に比べて有意に上昇することがわかった。このことより、感覚状況と運動イメージ内容の一致が重要であることが示唆された。一方で、「3cm のボールを摘む」イメージをした場合には、7cm のボールに触る条件でも、3cm のボールに触る条件でも、それぞれの統制条件に比べて有意な興奮性の上昇が見られた。3cm のボールに触っている状況から、直接「7cm のボールを握る」という動作は不可能であり、一度指を開くなどの補助運動を必要とする。ところが、「3cm のボールを摘む」という動作は、7cm のボールに触っている手の形状からでも、3cm のボールに触っている状況でも、直接実行可能である。このように、動作可能であるという判断を脳にさせることができるような感覚状況を設定すれば、たとえ感覚状況が運動イメージの内容と完全に一致していなくとも、運動イメージの明瞭化が可能になるのかもしれない。また、コントロール実験から、掌に与える皮膚刺激（ボールではない）のサイズ（面積）を変化させてもイメージ中の皮質脊髄路の興奮性は変化しないことが明らかになった。

これらの実験から、実際に運動を行ったときに生じる感覚と近い感覚入力を与えればより皮質脊髄路の興奮性が高まることが示唆された。運動イメージによるトレーニングを行う場合、感覚入力を与えることでより高いトレーニング効果が得られる可能性が示唆された。