

京都大学	博士（人間健康科学）	氏 名	松本 杏美莉
論文題目	Attentional focus differentially modulates the corticospinal and intracortical excitability during dynamic and static exercise （注意の焦点化が動的・静的運動中の皮質脊髄路および皮質内神経回路の興奮性に与える影響について）		
（論文内容の要旨） 運動パフォーマンスを促進する要素のひとつとして、注意の焦点化（focus of attention：FOA）の効果が注目されている。FOAは、外部環境や運動の結果に注意を向ける外的焦点（external FOA：EF）と、自身の身体や動作に注意を向ける内的焦点（internal FOA：IF）の2つに分けられる。一般的にIFよりEFを適用した方が優れた運動パフォーマンスを呈すとされているが、その中枢メカニズムは明らかでない。また、課題設定の違いによってFOAが中枢運動指令に与える影響が異なるかについても十分に分かっていない。本研究では、運動様式の違いによって、FOAが皮質脊髄路および運動制御に関わる一次運動野（primary motor cortex：M1）内の皮質内神経回路に与える影響が異なるかどうか明らかにすることを目的とした。 関節運動を伴う動的運動課題と関節運動を伴わない静的運動課題を設定し、運動様式の違いがFOAに与える影響を経頭蓋磁気刺激法（transcranial magnetic stimulation：TMS）および末梢神経電気刺激法を用いて調べた。健常成人22名（男性9名、女性13名；26±6歳）が実験に参加した。運動課題に右示指の外転運動を設定し、聴覚信号に反応して1,500 msかけて右示指を外転させ、その後3,000 ms以上力を維持するよう指示した。動的運動課題ではスポンジに抗して、静的運動課題では木片に抗して示指を外転するよう設定し、EF条件ではスポンジや木片にかかる圧、IF条件では示指に注意を向けるよう指示した。刺激は課題主動筋（右手の第一背側骨間筋）の筋活動開始70 ms前（準備期）と500 msおよび3,000 ms後（増大期と維持期）に与えた。 単発TMSを用いて課題主動筋に投射する皮質脊髄路の興奮性変化をFOA条件間（EF・IF）および運動様式間（動的・静的）で比較した。主動筋から記録した運動誘発電位の振幅は、準備期、増大期、維持期のいずれにおいても、動的運動課題ではIF条件よりEF条件の方が有意に大きかった一方、静的運動課題ではFOA条件間で差がなかった。増大期と維持期では、EF条件下では静的運動課題より動的運動課題の方が運動誘発電位の振幅が有意に大きかった一方、IF条件下では運動様式間で差がなかった。 また、尺骨神経に最大上電気刺激を与え課題主動筋からF波を記録し、脊髄α運動ニューロンの興奮性を評価した。F波の振幅値と出現率はどちらも安静時と比較して課題時に有意に増大した一方、課題中はいずれもFOA条件または運動様式間で差はなかった。このことから、単発TMSで得られた皮質脊髄路の興奮性変化は脊髄上レベルで生じている可能性が示唆された。 二連発TMSでは、M1内の皮質内神経回路として、短潜時皮質内抑制、長潜時皮質内抑制、皮質内促通を評価した。短潜時および長潜時の皮質内抑制は安静時と比較して課題時に抑制の程度が有意に減少した一方、課題中はFOA条件または運動様式間で差			

がなかった。皮質内促通は、動的運動課題においてIF条件よりEF条件の方が増大量が有意に大きかった一方、静的運動課題ではFOA条件間で差がなかった。また、動的運動課題において皮質脊髄路の興奮性と皮質内促通の増大量に有意な正の相関がみられたが、静的運動課題ではそのような相関はみられなかった。 以上の結果より、関節運動を伴う動的な運動では、同一の運動を実行した際でも、FOAの違いによって課題主動筋に投射する皮質脊髄路の興奮性が異なり、その興奮性変化にM1内の皮質内促通回路が関わっている可能性が示された。一方、関節運動を伴わない静的な運動では、FOA条件の差異によって皮質脊髄路の興奮性に差がないことが示された。本研究は、運動様式の違いによって、FOAが運動実行に関連する皮質脊髄路および皮質内神経回路の興奮性に与える影響が異なる可能性を示唆したはじめての研究である。 (論文審査の結果の要旨) 運動パフォーマンスを促進する効果があるとして注意の焦点化（focus of attention：FOA）が注目されているが、その中枢メカニズムは明らかでない。 本研究では、異なる運動様式においてFOAが皮質脊髄路および運動野内神経回路の興奮性に与える影響の解明を目的とした。健常成人22名（26±6歳）が実験に参加した。運動課題に右示指の外転運動を設定し、動的および静的運動ではそれぞれスポンジと木片に抗して示指を外転するよう設定し、外部環境に注意を向ける外的焦点（external FOA：EF）条件ではスポンジや木片にかかる圧、自身の身体に注意を向ける内的焦点（internal FOA：IF）条件では示指に注意を向けるよう指示した。運動野に対する経頭蓋磁気刺激（transcranial magnetic stimulation：TMS）や尺骨神経刺激は主動筋（右第一背側骨間筋）の筋活動開始直前、増大期、維持期に与えた。 その結果、単発TMSでは、主動筋から記録した運動誘発電位の振幅は各時期において動的運動ではIF条件よりEF条件の方が有意に大きかったが、静的運動ではFOA条件間で差がなかった。F波の振幅値と出現率はFOA条件または運動様式間で差がなかった。二連発TMSでは、筋活動開始直前において皮質内抑制はFOA条件または運動様式間で差がなかった。一方、皮質内促通は動的運動においてIF条件よりEF条件の方が増大量が有意に大きかったが、静的運動ではFOA条件間で差がなかった。動的課題においてのみ皮質脊髄路の興奮性と皮質内促通の増大量に有意な正の相関がみられた。 以上の研究は、動的運動や静的運動時に注意の焦点化が中枢運動指令に与える影響を明らかにし、リハビリテーションにおける運動療法に寄与するところが多い。 したがって、本論文は博士（人間健康科学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、本学位授与申請者は、令和6年5月2日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。 (なお、本論文は京都大学学位規定第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。)
要旨公開可能日： 令和 年 月 日 以降