

持続的および間欠的な随意運動が皮質脊髄路の興奮性に与える影響

Pham Van Manh^{1),2),3)}、宮口翔太¹⁾、横田裕丈¹⁾、小島翔¹⁾、齊藤慧¹⁾、犬飼康人¹⁾、大鶴直史¹⁾、大西秀明¹⁾

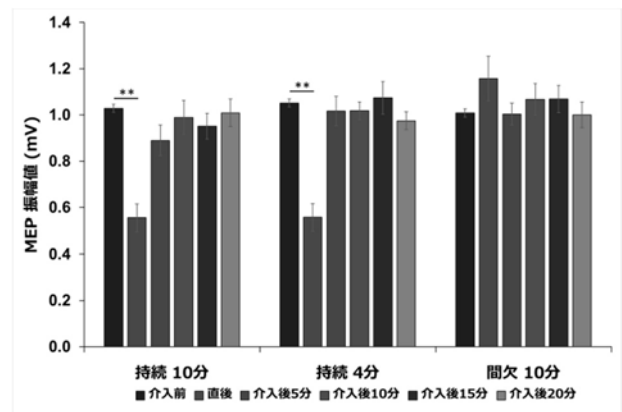
- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所
- 3) Hai Duong 医療技術大学

【背景・目的】運動後に皮質脊髄路の興奮性が一時的に増大する現象を Post-exercise facilitation (PEF) といい、反対に皮質脊髄路の興奮性が低下する現象を Post-exercise depression (PED) という (Brasil-Neto et al., 1993; 1994)。先行研究では、手関節の伸展運動 (20%MVC、10 秒間) 直後に皮質脊髄路の興奮性が安静時の 2 倍以上に増大することが報告されている (Samii et al., 1996)。一方、反復的な随意運動 (1 Hz、10%MVC、10 分間) 後には、2 分間 PED が生じる (Miyaguchi et al., 2013)。また随意運動だけでなく、末梢神経を一定時間電気刺激することにより一次運動野の興奮性が変動することも報告されている。Andrews ら (2013) は持続的な電気刺激 (30 Hz、運動閾値強度) を 20 分間介入することで皮質脊髄路の興奮性が増大するが、60 分間の介入では変化しないことを報告している。一方、Chipchase ら (2011) は、4 秒刺激、6 秒休止の間欠的な電気刺激 (30 Hz、120% 運動閾値強度) では、介入後に皮質脊髄路の興奮性が増大することを報告している。本研究では、Chipchase ら (2011) の電気刺激介入の方法をもとに、随意運動においても筋の収縮と弛緩を繰り返すような間欠的な運動後には皮質脊髄路の興奮性が増大するのではないかと仮説を立て、その仮説を検証することで間欠的な随意運動によって皮質脊髄路の興奮性が増大するかどうかを明らかにする。

【方法】本研究には健康成人 15 名 (22.8 ± 1.3 歳、女性 5 名) が参加した。表面電極は右第一背側骨間筋 (First dorsal interosseous muscles; FDI) の筋腹上に貼付した。課題動作は右示指の外転運動とし、運動強度は 10%MVC とした。運動頻度は 1.0 Hz とした。運動条件は、持続的に 10 分間運動する条件 (持続的 10 分条件) と、持続的に 4 分間運動する条件 (持続的 4 分条件)、4 秒運動し 6 秒休止する間欠的な運動 10 分条件 (間欠的 10 分条件) の 3 条件とした。皮質脊髄路の興奮性評価には、経頭蓋磁気刺激装置 (Transcranial magnetic stimulation; TMS) および 8 の字コイルを用いた。左一次運動野 (Primary motor cortex; M1) 領域を刺激して、右 FDI より運動誘発電位 (Motor evoked potentials; MEP) を記録した。TMS の刺激部位の決定には TMS Neuronavigation (Visor™, ANT Neuro) を用いて、被験者の頭部 MRI 画像上で手指の領

域を確認して磁気刺激を行い、振幅が最大の MEP 波形が記録される部位を FDI の hot spot とした。刺激頻度は 0.2 Hz とし、刺激強度は安静時に約 1 mV の MEP 振幅値が誘発される強度とした。MEP の計測は、各運動課題前、運動直後、5 分後、10 分後、15 分後、20 分後とした。MEP 振幅値の比較には、反復測定二元配置分散分析を用いた。事後検定には、Tukey 法を用いた。有意水準は 5% とした。

【結果】反復測定二元配置分散分析の結果、介入要因の主効果 ($P < 0.05$)、時間要因の主効果 ($P < 0.001$)、交互作用 ($P < 0.001$) が認められた。持続的 10 分条件では運動前に比べ運動直後に MEP 振幅値が有意に減少した ($P < 0.01$)。また持続的 4 分条件においても運動前に比べ運動直後に MEP 振幅値が有意に減少した ($P < 0.01$)。しかし間欠的 10 分条件では運動前後に MEP 振幅値の変化は認められなかった。



【考察】先行研究では、軽負荷の反復運動後に皮質脊髄路の興奮性が 3 分間減少することが明らかになっている (Miyaguchi et al., 2016)。本研究も先行研究を支持する結果となった。PED には皮質内の抑制系神経回路の興奮性変化が関与するため (Teo et al., 2012; Miyaguchi et al., 2016)、本研究においても随意運動後に皮質内の抑制系神経回路の興奮性が変化した可能性が考えられる。また本研究において持続的な反復運動により PED が生じ、間欠的な運動では PED が生じなかったことから、持続的な反復運動を遂行することが PED を生じる一つの要因であると考えられる。また本研究における間欠的な運動課題では、MEP 振幅は変化しなかった。間欠的な運動課題では、4 秒の運動と 6 秒の休止を繰り返しており、先行研究では、注意や運動の調節を要する運動課題では、PED が生じないことが報告されている (Ishikawa et al., 2018)。そのため、MEP 振幅が変化しなかった可能性が考えられる。

【結論】10 分間の間欠的な随意運動後には PED が認められないことを明らかにした。