

反復的な静的・動的触覚刺激入力が一 次体性感覚野の抑制作用および二点識別覚 に及ぼす影響

渡邊拓¹⁾²⁾、小島翔²⁾、齊藤慧²⁾、横田裕丈²⁾、
長坂和明²⁾、宮口翔太²⁾、犬飼康人²⁾、
大鶴直史²⁾、大西秀明²⁾

1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

【背景・目的】 反復的な機械的触覚刺激 (Repetitive mechanical tactile stimulation; rMS) は一次体性感覚野の抑制作用 (Paired-pulse depression; PPD) を減弱させ、介入部位の二点識別覚を向上させる (Hoffken et al., 2007)。末梢からの感覚刺激による介入は、刺激のパラメーターによって介入効果が異なることが示されており (Ragert et al., 2008)、rMSによる介入効果も触覚刺激の刺激様式に依存する可能性が考えられる。そこで本研究の目的は、静的・動的触覚刺激による rMS の介入が一次体性感覚野の抑制作用および二点識別覚に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】 対象は健康成人男性 14 名 (実験 1: 14 名、 22.0 ± 2.7 歳; 実験 2: 8 名、 22.5 ± 3.4 歳) とし、本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した。rMS は機械的触圧覚刺激装置および点字様刺激ピンを使用し、右示指の指腹に対して 20 分間行った。介入条件は、①全てのピンが同時に突出する条件 (静的刺激条件)、②縦 6 本の刺激ピン突出部位が左右に順序良く移動する条件 (動的刺激条件) とした。実験 1 では rMS 介入前 (Pre)、介入後 (Post) の体性感覚誘発電位 (Somatosensory evoked potential; SEP) を計測した。SEP の誘発には正中神経刺激を用い、刺激強度は運動閾値の 90% とした。SEP の計測は単発電気刺激と 2 連発電気刺激 (刺激間隔: 100 ms) をランダムに各 300 回行った。解析チャンネルは国際 10-20 法に基づいた CP5 とし、SEP 振幅値として刺激後約 20 ms と 45 ms 付近で確認される成分の最大最小値 (N20/P45) を算出した。比較対象は PPD ratio とし、2 連発時の SEP から単発時の SEP を減算し、その波形の振幅値を 2 連発時の SEP の 1 発目の振幅値で除した値とした。実験 2 では、rMS 介入前 (Pre)、介入直後 (Post 1)、介入 30 分後 (Post 2) に二点識別覚を計測した。二点識別覚計測は二点識別覚計測装置を用い、13 種類の 2 点刺激と 1 点刺激の計 14 種類を各 10 回提示した。被験者は提示された刺激に対し 1 点か 2 点かをボタンにて回答し、あいまいな刺激は全て 1 点と回答した。得られたデータはロジスティック曲線により回帰し、心理物理曲線から 50% 正答率となる値を二点識別覚閾値

とした。統計処理には反復測定二元配置分散分析 (条件要因×時間要因) を用い、事後検定には対応のある t 検定および Bonferroni 検定を用いた。有意水準は 5% とした。

【結果】 介入前後の PPD ratio に対する反復測定二元配置分散分析の結果、交互作用が認められ ($F_{(1,13)} = 6.33$, $p = 0.01$)、事後検定の結果、静的刺激条件では Pre (0.67 ± 0.09) と比較して Post (0.85 ± 0.05) で有意に増大したが、動的刺激条件では Pre (0.76 ± 0.05) と比較して Post (0.66 ± 0.05) で有意な変化が認められなかった (図 1A)。一方、介入前後の二点識別覚閾値に対する反復測定二元配置分散分析の結果、時間要因の主効果のみが認められ ($F_{(1,7)} = 14.01$, $p = 0.01$)、両条件のデータに対する事後検定の結果、Pre (3.09 ± 0.17 mm) および Post 1 (2.98 ± 0.13 mm) と比較して Post 2 (2.72 ± 0.14 mm) で二点識別覚閾値が有意に低値を示した (図 1B)。

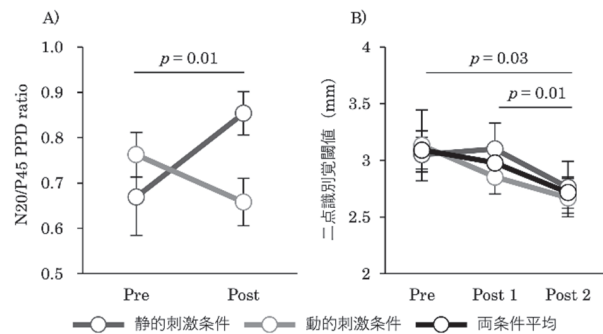


図 1 触覚刺激介入前後の PPD ratio (A) および二点識別覚閾値 (B) の変化。(平均±標準誤差)

【考察】 rMS 後の二点識別覚は両条件で向上するものの、PPD の変化は刺激様式に依存することが明らかとなった。反復的な触覚刺激の介入効果には NMDA 受容体活性化により発生する長期増強が関与することが示されている (Dinse et al., 2001)。また、この NMDA 受容体活性は、GABA 作動性ニューロンによる抑制作用を減弱させることが示されている (Lu et al., 2000)。PPD は GABA 作動性ニューロン活動を反映する指標であることから (Stude et al., 2016)、静的刺激条件の介入効果には先行研究と同様の機序が関与していると考えられる。一方、動的刺激時には静的刺激時に比べ、大脳皮質の広範な領域が活動することが示されており (Wacker et al., 2011)、これらの活動が動的刺激条件の介入効果に関与している可能性があると考えた。

【結論】 rMS による介入は二点識別覚を向上させるものの、その介入効果のメカニズムは刺激様式に依存して異なる可能性が示唆された。