

論 文 内 容 要 旨

Effect of transcranial static magnetic stimulation
over unilateral or bilateral motor association
cortex on performance of simple and choice
reaction time tasks

(片側または両側運動連合野に対する経頭蓋静磁場
刺激が単純および選択反応時間課題のパフォーマンス
に及ぼす影響)

Frontiers in Human Neuroscience, 2023, in
press.

指導教員：桐本 光 教授
(医系科学研究科 感覚運動神経科学教室)

松本 卓也

【はじめに】

経頭蓋静磁場刺激 (transcranial static magnetic stimulation: tSMS) は強力なネオジム磁石を頭皮上に設置することにより大脳皮質の興奮性を抑制する。tSMS は従来型の非侵襲的脳刺激法と比較して、安全性が高く、かつ安価で操作が簡便であり、様々な脳領域に対する介入効果が報告されてきた。近年、我々は3つの磁石を円環状に配置する新たな tSMS 装置 (triple tSMS) を開発し、従来の単体磁石を用いる tSMS (single tSMS) と比較して、高い磁束密度で広範囲かつ深部の脳領域への刺激が可能であることを確認した。一次運動野 (M1) に対する triple tSMS は single tSMS と比較して、M1 の興奮性をより強く抑制することが報告されているが、triple tSMS がヒトの視覚情報の処理過程と認知運動機能に及ぼす影響に関する検証は行われていない。

背側運動前野 (dorsal premotor cortex: PMd) は視覚情報を運動司令に変換する過程や運動選択に重要な神経ネットワークの一部であることが明らかとなっている。健常者の PMd に対する抑制性の非侵襲的脳刺激の効果は、視覚反応課題のパフォーマンスで評価されるが、その介入効果には一定した見解が得られていない。その要因として、PMd を含む運動連合野 (motor associated area: MAC) の代償活動や、左右 PMd における相補的な活動の関与が考えられている。本研究の目的は、片側または両側 MAC に対する single tSMS 及び triple tSMS が、単純および選択反応時間 (simple and choice reaction time: SRT and CRT) 課題のパフォーマンスに及ぼす影響について検証することとした。

【方法】

single tSMS を用いた実験には18名 (女性10名, 23.9 ± 3.8 歳), triple tSMS を用いた実験には15名 (女性4名, 23.4 ± 3.7 歳) の右利きの健常被験者が参加した。両実験とも、PMd を中心とした MAC に対する20分間の tSMS 前後および、15分後に SRT 課題および CRT 課題を行った。刺激条件は片側 (左) MAC, 両側 MAC, 疑似刺激の3条件とし、少なくとも3日間の間隔を空けて別日に実施した。視覚刺激には4種類の図形を用い、SRT 課題では図形の種類にかかわらず右示指でボタンを押し、CRT 課題では図形の種類に応じて右示指または中指でボタンを押しした。視覚刺激呈示からボタンを押すまでの時間である RT, RT の標準偏差

(standard deviation: SD) を解析対象とした。また、両側 MAC に tSMS を行った際の磁場分布をシミュレーションした。各変数の比較には、二元配置反復測定分散分析を使用し、有意水準は5%とした。本研究はヘルシンキ宣言に則った内容で計画され、実施には広島大学臨床研究倫理審査委員会の承認を得た (C-332)。研究開始前に参加者には十分な説明を行い、書面にて本研究参加の同意を得た。

【結果】

シミュレーションの結果、PMd を中心とした磁場分布は、single tSMS と比較して triple tSMS で広範囲かつ深部に及び、前頭前野、感覚運動野および MAC まで 100-150 mT の磁束密度が到達していた。両側 MAC に対する triple tSMS によって CRT における RT の SD が刺激前と比較して、刺激直後で有意に増大した ($p = 0.01$)。一方、他の刺激条件におけるすべての

パラメータに有意な変化は認められなかった。

【考察】

本研究の結果、片側または両側の MAC に対する single tSMS は RT 課題のパフォーマンスに影響を及ぼさなかったが、両側の MAC に対する triple tSMS により CRT における RT の変動が増大することが明らかとなった。single, triple 条件にかかわらず、MAC に対する tSMS 後に RT が遅延しなかった要因として RT の SD より静磁場曝露に対する感受性が高かったことが推察された。SRT 課題のパフォーマンスに変化がみられなかった要因として CRT 課題よりも課題の難易度が低かったことが影響したと考えられた。

【結論】

片側または両側 MAC に対する single tSMS は SRT 及び CRT 課題のパフォーマンスに影響を与えなかったが、両側 MAC に対する triple tSMS は CRT 課題における RT の変動を増加させた。

これらの結果は、tSMS によりヒトの視覚情報の処理過程と認知運動機能をモデュレートするためには、広範囲な脳領域を強い静磁場環境に曝露し、難易度が高い認知課題で介入効果を評価する必要があることが示唆された。

(2000/2000 字)