

称号及び氏名 博士(保健学) 松木 明好

学位授与の日付 平成25年3月31日

論文名 Transcranial magnetic stimulation over the cerebellum induces long latency motor response during visually guided manual tracking task

論文審査委員 主査 平岡 浩一
副査 西川 隆
副査 伊藤 健一

論文内容の要旨

視覚標的追従課題中の小脳への経頭蓋磁気刺激 (Transcranial magnetic stimulation:TMS) で誘発される長潜時指運動変動の出現確率は、不動標的に指を固定する課題中の小脳 TMS で誘発される指運動変動出現確率より有意に高かった (Hiraoka et al. 2010)。視覚標的追従課題では目と手の協調が必要であることから、小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応は、目と手の協調に関連する小脳活動を反映している可能性が示唆された。目と手の協調には、操作手と同側の小脳半球が関与している (Vercher et al. 1998)。小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応が目と手の協調に関連する小脳活動を反映しているならば、視覚標的追従課題中の操作手と同側の小脳への TMS で特異的に長潜時運動反応が誘発されると考えられる。第一研究ではこの仮説を検証した。被験者をオシロスコープの前に座らせ、右前腕を固定し示指を伸展させ、柔軟に曲がるプレートに指先を当てさせた。指を屈伸するとプレートの変位を介して、オシロスコープ上のラインが上下に動くようにした。このラインを指変位ラインと呼ぶ。同じ画面上に、0.2Hz で正弦波 Y 軸変動する標的ラインを提示し、指変位ラインで追従させた。また、示指 MP 関節の屈曲主動作筋である第一背側骨間筋 (first dorsal interosseous:FDI) から筋電図 (electromyography:EMG) を記録した。この視覚標的追従課題中に、左、中央、右の小脳と Pz に TMS、および sham TMS を行い、指運動変動出現確率を比較した。小脳 TMS 条件の指運動変動の onset 潜時は約 100ms、EMG 反応の onset 潜時は約 60ms であった。左、中央、右の小脳 TMS 条件の指運動変動出現確率は、Pz 条件、sham TMS 条件より有意に高かったが、小脳 TMS 条件間に有意な差はなかった。以上より、視覚標的追従課題中の長潜時指運動変動は小脳 TMS で特異的に誘発される可能性が示唆された。

小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応が、視覚標的追従課題に関連する小脳活動を反映しているならば、課題によってその出現確率は異なると考えられる。よって、第二研究では、小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応が視覚標的追従課題で特異的に誘発されるかを検証した。また、小脳への反復 TMS による皮質脊髄下降路興奮性の変化は、頸部への反復磁気刺激(magnetic stimulation:MS)でも生じる (Gerschlaget al. 2002)。小脳 TMS と頸部 MS では同様に頸部運動が生じることから、この皮質脊髄下降路興奮性変化は頸部運動に由来している可能性を否定できない。つまり、小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応も頸部運動に由来している可能性がある。第二研究では、小脳 TMS で誘発される長潜時運動反応が頸部運動に由来するかについても検証した。0.2Hz で正弦波 Y 軸変動する標的ラインを追従し続ける課題(continuous tracking:CT)、非連続的に 1 周期分提示される標的ラインを追従する課題、標的ラインと指変位ラインを提示せずに指屈曲を一回だけ行う課題、指を動かさずに FDI の収縮を行う課題を行わせた。各課題中、小脳 TMS、頸部 MS、および sham TMS を行い、指運動変動、EMG 反応の出現確率を比較した。指運動変動出現確率は、いずれの課題においても小脳 TMS 条件、頸部 MS 条件が sham TMS 条件より有意に高かったが、小脳 TMS 条件と頸部 MS 条件間に有意差はなかった。長潜時 EMG 反応出現確率は、CT において、小脳 TMS 条件が頸部 MS 条件、sham TMS 条件より有意に高かったが、頸部 MS 条件と sham TMS 条件間に有意な差はなかった。他の課題においては、いずれの刺激条件間にも有意な差はなかった。以上より、小脳 TMS によって誘発される長潜時指運動変動は、課題特異的な小脳活動を反映しない可能性が示唆された。また、長潜時指運動変動は頸部運動に由来している可能性は否定できなかった。他方、長潜時 EMG 反応出現確率は、CT では小脳 TMS が頸部 MS、sham TMS より有意に高かったが、他の運動課題では刺激条件間に有意差はなかった。CT ではリズムカルな指運動を行うための時間的制御が必要となる。つまり、長潜時 EMG 反応はリズムカルな指運動における時間的制御に関連する小脳活動を反映している可能性が示唆された。

以上より、小脳 TMS で誘発される長潜時指運動変動は、局所的、課題特異的な小脳活動を反映しないが、長潜時 EMG 反応は課題特異的な小脳活動を反映する可能性がある」と結論する。

学位論文審査結果の要旨

本論文は小脳磁気刺激によって生じる長潜時指反応・EMG 反応に関する研究を行ったものである。二つの実験を計画・実施し、博士論文につながる意義のある結果を得た。第一実験においては、小脳磁気刺激によって生じる長潜時指反応・EMG 反応の小脳部位特異性を検証し、視覚標的追従課題中の長潜時指運動変動は小脳 TMS で特異的に誘発される可能性が示された。続く第二実験では、小脳磁気刺激によって生じる長潜時指反応・EMG 反応が頸部運動に由来するか否かについて、およびそれら反応の運動課題依存性について検証した。その結果、小脳 TMS によって誘発される長潜時指運動変動は、課

題特異的な小脳活動を反映しない可能性および長潜時指運動変動が頸部運動に由来する可能性が示唆された。さらに長潜時 EMG 反応はリズムカルな指運動における時間制御に関連する小脳活動を反映している可能性が示唆された。これら二つの実験結果はそれぞれ国際誌に掲載された。統計処理に一部議論を残す結果となっているが、全体として明瞭な論旨の論文にまとまっている。ついては、学位論文審査委員会は博士（保健学）の学位を授与することを適当と認める。