

反復末梢磁気刺激の手部に対する刺激方法の検討  
(23-11)

主任研究者 小田 早耶香 国立長寿医療研究センター 作業療法士

研究要旨

中枢神経疾患を持つ患者では、手指の巧緻動作が困難となることがあり、様々な生活動作が障害される。上肢機能治療として、反復末梢磁気刺激（**repetitive Peripheral Magnetic Stimulation**:以下 **rPMS**）を用いた治療が注目されている。**rPMS** は表面電極を用いた電気刺激より深層の筋まで収縮させることができ、また、痛みや不快感が少ない特徴がある。先行研究では、痙縮の軽減・筋力増強等の報告がある。**rPMS** は手内筋を刺激できる可能性があるが、**rPMS** が深層にある虫様筋まで収縮させるか、また、目的の虫様筋を刺激するための最適な刺激部位は報告されていない。本研究の目的は、健常者の手部の4箇所にて**rPMS**を実施し、それぞれの位置で生じる虫様筋の筋収縮と中手指節関節の関節運動についてエコーと動作解析を用いて探索的に検討にすることである。

研究デザインは介入研究で、予定30名中9名の計測を実施した。対象者の手部の4箇所に、刺激強度レベル70~100、周波数30Hz、刺激時間2000msで実施した。磁気刺激実施中、手部にエコーを当て安静時と刺激時の虫様筋の筋厚を計測した。また、磁気刺激実施中の示指・中指・環指・小指の中手指節関節の関節運動を動作解析で計測した。

エコーによる計測では、第2虫様筋、3虫様筋に関しては、直上に**rPMS**を実施したことで直下の筋が刺激されたと考えられる。一方、どの刺激部位においても刺激した部位の直下ではなくその周囲にある虫様筋の収縮も確認された。

動作解析では、環指と小指は刺激部位の直下にそれらの中手指節関節を屈曲させる筋がある時に最大屈曲したと考えられた。一方、示指と中指は刺激部位の直下にそれらの中手指節関節を屈曲させる筋がない時に最大屈曲した。

エコー撮影と動作解析の両方で、必ずしも直下の筋が刺激されるのではなく、周囲の筋が刺激される可能性が考えられた。引き続き、データを収集し検討していく。

主任研究者

小田 早耶香	国立長寿医療研究センター	作業療法士
分担研究者		
河村 紗世	国立長寿医療研究センター	作業療法士
高綱 亜由美	国立長寿医療研究センター	作業療法士
松井 孝之	国立長寿医療研究センター	理学療法主任
松村 純	国立長寿医療研究センター	理学療法主任
相本 啓太	国立長寿医療研究センター	理学療法主任
霜鳥 大希	国立長寿医療研究センター	研究員
木ノ下 智康	国立長寿医療研究センター	臨床研究教育研修室長
加賀谷 齊	国立長寿医療研究センター	リハビリテーション科部長

## A. 研究目的

脳卒中や脊髄損傷などの中枢神経疾患を持つ患者では、麻痺により手指の巧緻動作が困難となることがあり、様々な生活動作が障害される。脳卒中治療ガイドライン 2021 では神経筋電気刺激について、中等度から重度の麻痺、亜脱臼に対して神経筋電気刺激を与えることは妥当である（推奨度：B エビデンスレベル：中）としている。神経筋電気刺激の1つとして近年、磁気を用いる rPMS が注目されている。rPMS では表面電極を用いるような電気刺激より深層の筋まで収縮させることができ、痛みや不快感が少ないという特徴をもち、表面電極を使用しないため手内筋を刺激しやすいと考える。現在の巧緻動作に対するリハビリテーション治療は課題指向型練習が中心だが、rPMS によって手内筋が刺激できればより巧緻動作の向上につながることを期待される。一方で、rPMS が深層にある虫様筋まで収縮させるか、また、目的の虫様筋を刺激するための最適な刺激部位は報告されていない。また、患者が目標とする作業に必要な関節運動を生じさせるための最適な刺激部位も報告されていない。

本研究では、手部の複数の位置から rPMS を実施し、それぞれの位置で生じる虫様筋の筋収縮と中手指節関節の関節運動について、エコーと動作解析を用いて探索的に検討することを目的とする。本研究により、最終的な研究目的である中枢神経疾患患者の手指の巧緻性改善につなげる。

## B. 研究方法

研究対象者は安楽な椅子座位をとり、右前腕を回内位で台または机に置き、中手指節関節より先は台または机の外で安楽な下垂位をとる。エコー撮影の際は台を、動作解析の際は机を使用する。rPMS は磁気刺激装置（株式会社 IFG、Pathleader™（図 1））で、刺激強度レベル 70～100（運動閾値以上）、周波数 30Hz、刺激時間 2000ms で実施する。

刺激部位は手背4箇所（第1～5中手骨のそれぞれの間（図2））とする。刺激は橈側から尺側の順に行う。

rPMS 刺激時に以下の測定を行う。それぞれの詳細は分担研究報告に記載した。

- ・ エコー

rPMS 実施中、手掌からエコーを当てて動画を撮影する。筋厚の増大等を確認し、rPMS により収縮する虫様筋の筋厚を同定する。

- ・ 動作解析

rPMS 実施中に生じた示指、中指、環指、小指の中手指節関節の最大屈曲角度を動作解析（赤外線反射マーカ貼付による解析）にて算出する。



図 1. 磁気刺激装置 Pathleader™

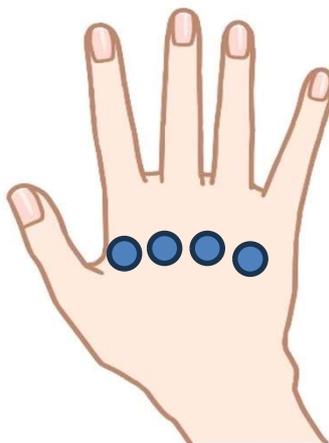


図 2. rPMS 刺激部位

(倫理面への配慮)

#### I. 研究等の対象とする個人の人権擁護

- 1) 書面によるインフォームド・コンセントに基づき、対象者の同意が得られた場合にのみ研究を行う。
- 2) 個人情報、個人データの管理には細心の注意を払い、紛失や漏洩することのないよう安全管理に努める。
- 3) 可能な限り早い時期に匿名化し、対応表はデータとは別にし、第1診療棟リハビリテーション室で保管する。
- 4) プライバシーを尊重するため、個別の研究結果については秘密を厳守し、研究結果から得られるいかなる情報も研究の目的以外に使用しない。集計された匿名ファイルへのアクセスは、主任研究者および分担研究者とする。ファイルにパスワードを設定し、閲覧制限を設ける。
- 5) 研究結果の公表に際しては個人が特定できないよう配慮する。

#### II. 研究等の対象となる者の理解と同意

対象者に文書と口頭で説明を行い、研究の目的や内容を理解した上で同意が得られた場合にのみ、本人の了解を著した同意書に署名を依頼する。また対象者が何らかの理由により研究の拒否、中断を申し出た場合はすぐに中断する。

#### III. 研究等によって生ずる個人への不利益並びに危険性

本研究は Pathleader™ を用いた rPMS を伴う。Pathleader™ は検査用機器であり、痛みや不快感が少なく、侵襲性が低いことが特徴であるが、対象者によっては痛みや不快感がある可能性がある。

#### IV. 利益相反について

本研究は長寿医療研究開発費にて行うため、利益相反はない。

#### V. 倫理審査について

国立長寿医療研究センター倫理・利益相反委員会へ申請し、承認を受けた（受付番号 No.1723）。

### C. 研究結果

研究対象予定者 30 名中、2023 年度末時点で 9 名分のデータ収集を実施した。データは分担研究報告に記載した。

磁気刺激による筋厚の変化が大きかったのは第 2・3 中手骨間を刺激した際の第 2 虫様筋（平均値 0.6mm）だった。なお、筋厚変化が負の値になる（刺激時に筋厚が減少する）データは全体の 24%を占めた。

動作解析の結果、示指の中手指節関節が最大屈曲するのは第 3・4 中手骨間から刺激したときだった。中指の中手指節関節が最大屈曲するのは第 1・2 中手骨間から刺激したときだった。環指の中手指節関節が最大屈曲するのは第 3・4 中手骨間から刺激したときだった。小指の中手指節関節が最大屈曲するのは第 4・5 中手骨間から刺激したときだった。

当初予定よりもリクルートは進まなかったが、部内調整等の工夫で当初のリクルート予定人数を達成する見込みが立ち、6 月頃には組み入れ完了予定である。データ収集を引き続き実施するとともに収集データの解析を進めていく。

### D. 考察と結論

エコーによる計測では、第 1・2 中手骨の間を刺激した際と比較し、第 2・3 中手骨の間を刺激した際の第 2 虫様筋の筋厚変化が大きく、第 4・5 中手骨の間を刺激した際と比較し、第 3・4 中手骨の間を刺激した際の第 3 虫様筋の筋厚変化が大きくなる傾向にあった。第 2 虫様筋、3 虫様筋に関しては、直上に rPMS を実施したことで直下の筋が刺激されたと考えられる。一方、どの刺激部位においても刺激した部位の直下にある筋作用と異なる虫様筋の収縮も確認された。

動作解析の結果では、環指と小指は刺激部位の直下にそれらの中手指節関節を屈曲させる筋がある時に最大屈曲したと考えられた。一方、示指と中指は刺激部位の直下にそれらの中手指節関節を屈曲させる筋がない時に最大屈曲した。このように刺激した部位の直下にある筋作用と異なる関節の運動も今回確認されている。

エコー撮影と動作解析ではどちらも刺激部位の直下だけではなくその周囲の筋収縮や関節運動も確認された。磁気刺激装置のコイルの性質上、必ずしも直下の筋だけが刺激されるのではなく、周囲の筋も刺激される可能性が考えられた。引き続き、データを収集し検討していく。

### E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし