

令和 2 年 5 月 8 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13102

研究課題名（和文）随意運動中の末梢磁気刺激が皮質運動野の興奮性に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation during voluntary movement on corticomotor excitability

研究代表者

浅尾 章彦 (Asao, Akihiko)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・助教

研究者番号：40780268

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：末梢性磁気刺激は、脳卒中後の運動障害などを対象とした新たな神経リハビリテーション手段として注目されている。本研究では以下の3点を明らかにした。1)短時間の反復末梢性磁気刺激と運動イメージの併用は健康者の皮質脊髄路の興奮性を増大させる。2)反復末梢性磁気刺激と運動イメージの併用における単一介入直後には健康者の拮抗筋の皮質脊髄路の興奮性が増大する。3)反復末梢性磁気刺激のクリック音は健康者における体性感覚刺激の検出を促進する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

rPMSと運動イメージの併用については、随意運動中のrPMSについて検討する上での基礎的なデータとなるだけでなく、随意運動が困難である重度運動麻痺を呈する脳卒中患者のリハビリテーションへの応用が期待できる研究内容である。また、rPMSのクリック音については、磁気刺激に特有な刺激時に発生する音（クリック音）に着目している。rPMSのクリック音の影響を明らかにすることで、PMSの臨床応用を検討する上での基礎的なデータとなりうる知見である。

研究成果の概要（英文）：Peripheral magnetic stimulation (PMS) is a novel neurorehabilitation technique for sensorimotor dysfunction after stroke. In the present study, we found following three new insights in healthy participants. (1) Short term session of repetitive PMS (rPMS) combined with motor imagery enhances the corticospinal excitability, (2) Corticospinal excitability of antagonist muscle is increased immediately after rPMS combined with motor imagery, and (3) Click sounds facilitates somatosensory stimulus detection during rPMS.

研究分野：神経リハビリテーション

キーワード：末梢性磁気刺激 経頭蓋磁気刺激 皮質脊髄路 神経リハビリテーション

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

新たな神経リハビリテーション手段として、骨格筋や末梢神経に対する磁気刺激である末梢性磁気刺激 **peripheral magnetic stimulation(PMS)**が注目されている。本邦においては、可搬性があり反復刺激が可能な専用の刺激装置が開発され¹⁾、脳卒中後の感覚運動機能や日常生活活動の障害に対する有効性の検討が開始されている²⁾。

磁気刺激は、刺激コイル内で急速に変化する磁場により生じる誘導電場が生体組織に渦電流を誘導することで、神経や筋を興奮させることが可能である。PMSは、皮膚のA δ やC線維などの侵害刺激受容器を興奮させることなく、刺激コイル直下の神経や筋を興奮させるため、刺激時の疼痛が電気刺激と比較して少ない。また、深部筋や衣類の上からでも神経や筋の刺激が可能であるなどの利点がある^{1,4-5)}。脳卒中患者に対してPMSを行った研究は散見されるが⁴⁻⁵⁾、安静時の麻痺筋に対する反復末梢性磁気刺激 **repetitive PMS(rPMS)**の有効性を予備的に検討したものである。現在の脳卒中リハビリテーションでは、麻痺手の積極的な使用や経皮的電気刺激が推奨されている。そのため、rPMSの臨床応用においても、随意運動訓練中にrPMSを併用する方法が効果的な介入として想定される。しかし、これまでに随意運動中にrPMSを行った際に皮質運動野の興奮性を変化させるかは検討されていない。

2. 研究の目的

本研究は、健常被験者を対象に、随意運動中のrPMSが皮質運動野の興奮性に及ぼす影響を明らかにする。本研究は、健常者を対象とした基礎的な研究であり、PMSを用いた新たな脳卒中リハビリテーション方法を開発するための基礎的なデータを提供する。

なお、研究期間の3ヶ月間において、主に以下の3つの研究テーマについて検討した。

- (1) 短時間のrPMSに運動イメージを併用した介入が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響
 - (2) PMSに運動イメージを併用した単一介入が介入直後の拮抗筋の皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響
 - (3) 反復末梢性磁気刺激rPMSのクリック音が体性感覚刺激の検出に及ぼす影響
- rPMSと運動イメージの併用については、随意運動中のrPMSについて検討する前段階として取り組むと共に、随意運動が困難である重度運動麻痺を呈する脳卒中患者のリハビリテーション方法に応用できる研究テーマである。rPMSのクリック音については、磁気刺激に特有の刺激時に発生する音(クリック音)に着目している。rPMSのクリック音の影響を明らかにすることで、PMSの臨床応用を検討する上での基礎的なデータを提供できる。

3. 研究の方法

- (1) 短時間のrPMSに運動イメージを併用した介入が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

健常被験者10名を対象とした。実験条件として、手関節伸筋群に対するrPMSに手関節伸展運動の運動イメージを併用した介入(rPMS+MI条件)を15分間実施した(図1)。対照条件として、同一設定の手関節背屈筋群に対するrPMSを実施した(rPMS条件)。介入の前後には、一次運動野に対する経頭蓋磁気刺激TMSを実施し、橈側手根伸筋ECRの運動誘発電位を記録した。介入前後の誘導誘発電位の比率を条件間で比較した。加えて、被験者の運動イメージ能力をアンケート質問紙 **Movement imagery questionnaire-revised(MIQ-R)**にて評価し、運動誘発電位との関連性を検討した。

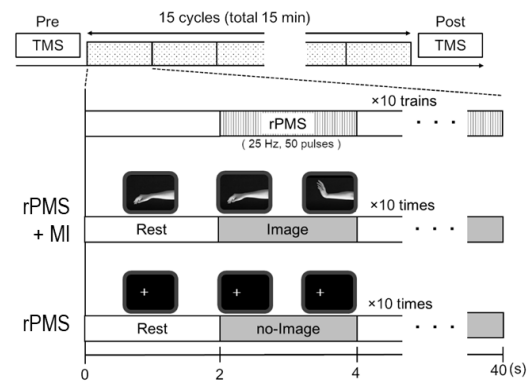


図1. 研究(1)における実験の手順

- (2) rPMSに運動イメージを併用した介入直後の拮抗筋の皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

健常被験者14名を対象とした。実験条件として、手関節伸筋群に対するrPMSと運動イメージを併用した2秒間の単一の介入(rPMS+MI条件)を実施した(図2)。対照条件として、同一設定のrPMSのみの介入(rPMS条件)、同一設定の運動イメージのみの介入(MI条件)、安静時(rest条件)を実施した。単一介入の60ms後に、一次運動野にTMSを実施し、介入の拮抗筋である橈側手根屈筋FCRの運動誘発電位を記録した。Rest条件に対する運動誘発電位の比率を条件間で比較した。加えて、

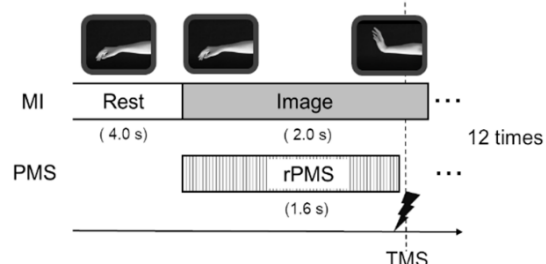


図2. 研究(2)における実験の手順(rPMS+MI条件)

被験者の運動イメージ能力をアンケート質問紙 MIQ-R にて評価し、運動誘発電位との関連性を検討した。

(3) rPMS のクリック音が体性感覚刺激の検出に及ぼす影響

健常被験者 22 名を対象とした。被験者は閉眼状態で大腿部への rPMS による体性感覚刺激の検出課題を行った。実験条件として、通常の rPMS (聴覚刺激あり条件) を実施した。対象条件として、クリック音を遮断した状態で rPMS (聴覚刺激なし条件) を実施した。刺激強度は、事前に測定した感覚閾値の 0.6~1.4 倍の 9 通りをランダムに呈示した。各刺激強度における体性感覚刺激の検出率から心理測定関数を算出し、検出閾値と心理測定関数の傾きを条件間で比較した。

4. 研究成果

(1) 短時間の rPMS と運動イメージの併用が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

rPMS に運動イメージの併用を行った介入 (rPMS+MI 条件) は、rPMS のみの介入 (rPMS 条件) と比較して、ECR の運動誘発電位の比率が大きかった (図 3-A)。また、rPMS+MI 条件から rPMS 条件を差分した値は、MIQ-R の得点と正の相関を示した (図 3-B)。本研究結果より、rPMS に運動イメージを併用した短時間の介入は、健常者の皮質脊髄路の興奮性を増大させることが明らかになった。また、rPMS と運動イメージの組み合わせ効果は、運動イメージ能力に関連することが明らかとなった。

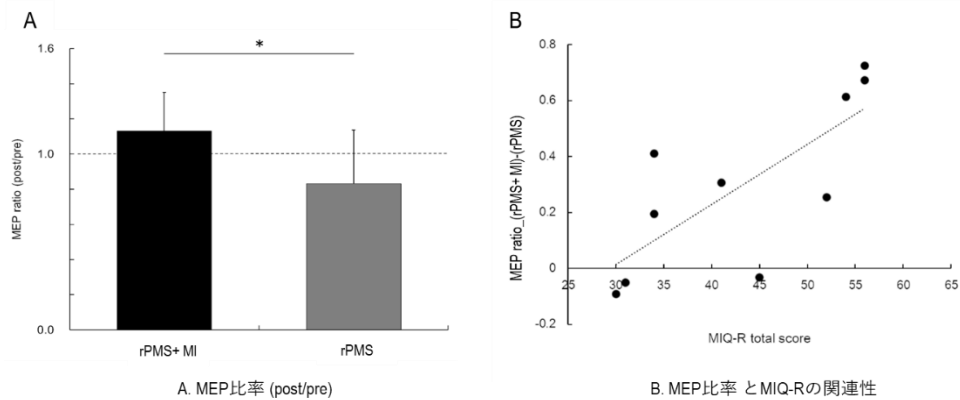


図3. 研究(1)における研究結果

(2) rPMS に運動イメージを併用した介入直後の拮抗筋の皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響

rPMS に運動イメージの併用を行った介入 (rPMS+MI 条件) は、rPMS のみの介入 (rPMS 条件) と比較して、拮抗筋である FCR の運動誘発電位の比率 (%rest) が大きかった (図 4-A)。また、rPMS+MI 条件の運動誘発電位は MIQ-R の得点と正の相関を示した (図 4-B)。本研究結果より、rPMS に運動イメージを併用した介入は、健常者の拮抗筋の皮質脊髄路の興奮性を増大させることが明らかになった。また、rPMS と運動イメージの組み合わせた介入による皮質脊髄路の興奮性の変化は運動イメージ能力に関連することが明らかとなった。

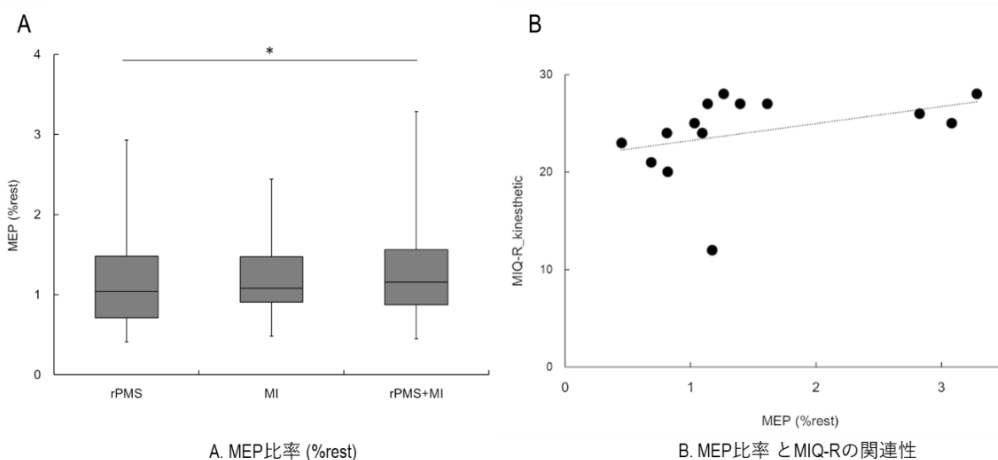


図4. 研究(2)における研究結果

(3) rPMS のクリック音が体性感覚刺激の検出に及ぼす影響

通常の rPMS (聴覚刺激あり条件) とクリック音を遮断した rPMS (聴覚刺激なし条件) の心理測定関数を示す (図 5-A). 聴覚刺激あり条件の検出閾値は, 聴覚刺激なし条件と比較して, 刺激強度が小さかった (図 5-B). 心理測定関数の傾きでは, 条件間の差を認めなかった (図 5-C). 本研究結果より, rPMS のクリック音は, 健常者において rPMS による体性感覚刺激の検出を促進していることが明らかとなった.

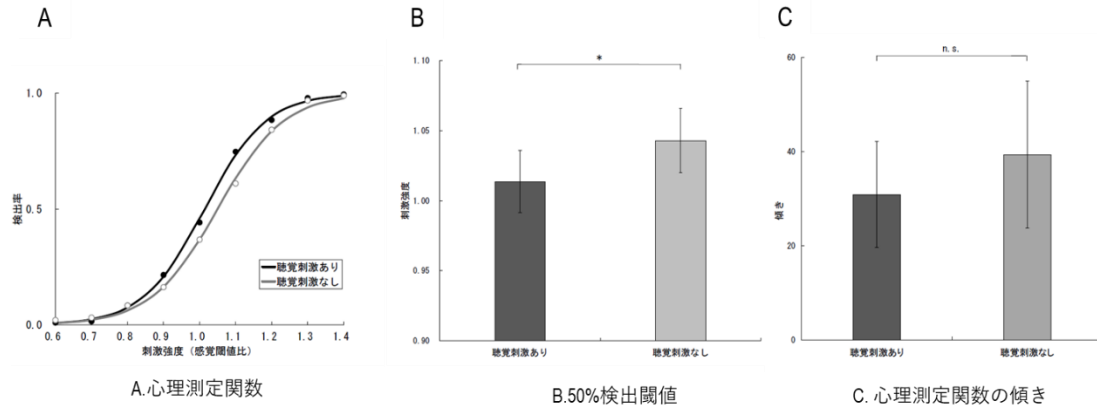


図5. 研究(3)における研究結果

<引用文献>

- 1) 出江紳一, 八島建樹: 末梢神経連続パルス磁気刺激の製品化. *BIO Clinica*, 30 (12): 1169-1173, 2015.
- 2) Momosaki R, Yamada N, Ota E, Abo M: Repetitive peripheral magnetic stimulation for activities of daily living and functional ability in people after stroke. *Cochran Database of Systematic reviews*. 11 (23): CD011968, 2015.
- 3) Beaulieu LD, Schneider: Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review. *Neurophysiologie Clinique*, 43 (4): 251-260, 2013.
- 4) Beaulieu LD, Schneider: Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment. *Neurophysiologie Clinique*, 45 (3): 223-237, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 浅尾 章彦, 青木 優弥, 能村 友紀, 澁谷 顕一	4. 巻 43
2. 論文標題 反復末梢性磁気刺激におけるクリック音が体性感覚刺激の検出に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメカニズム学会誌	6. 最初と最後の頁 41-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3951/sobim.43.1_41	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Asao A, Ikeda H, Nomura T, Shibuya K	4. 巻 30
2. 論文標題 Short-term session of repetitive peripheral magnetic stimulation combined with motor imagery facilitates corticospinal excitability in healthy human participants.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 562-566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/WNR.0000000000001245.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 浅尾章彦, 橋本楓, 能村友紀, 澁谷顕一	4. 巻 54
2. 論文標題 手の掌面の接触の違いがワイピング動作中の上肢の運動に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 OTジャーナル	6. 最初と最後の頁 183-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.5001202013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Asao A, Shibuya K, Yamada K, Kazama Y	4. 巻 237
2. 論文標題 Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Visuotactile Synchrony on the Embodiment of an Artificial Hand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 81-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-018-5398-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 浅尾章彦, 青木優弥, 能村友紀, 澁谷顕一
2. 発表標題 反復末梢性磁気刺激における刺激音が体性感覚刺激の知覚に及ぼす影響
3. 学会等名 日本リハビリテーション医学会第55回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅尾章彦, 能村友紀, 澁谷顕一
2. 発表標題 反復末梢性磁気刺激と運動イメージの併用が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

新潟医療福祉大学作業療法学科オリジナルサイト https://www.nuhw-ot.com/

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考