

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K19807

研究課題名(和文) 運動学習に寄与する神経ネットワークの強化が運動学習効率にもたらす効果の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the effects of strengthening neural networks that contribute to motor learning on motor learning efficiency

研究代表者

宮口 翔太 (Miyaguchi, Shota)

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：60780343

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)：本研究課題では、運動学習に関与する一次運動野と小脳に対して経頭蓋交流電流刺激(tACS)を与えることにより、運動学習が向上するかどうかを検討した。その結果、一次運動野と小脳にtACSを与えながら運動練習をすることによって、運動スキルの保持が向上することが明らかになった。本研究課題の成果は、Journal of Clinical Neuroscienceに掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、ヒトがより効率的に運動スキルを身に付けるための運動学習プログラム考案の一助となると考えている。すなわち、リハビリテーション分野やスポーツ分野において患者あるいはアスリートがより効率的に運動スキルを身に付けるための介入方法の開発に貢献する成果であると考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated whether transcranial alternating current stimulation (tACS) of the primary motor cortex and cerebellum, which are involved in motor learning, improves motor learning. The results showed that motor practice while applying tACS to the primary motor cortex and cerebellum improved the retention of motor skills. The results of this research project were published in the Journal of Clinical Neuroscience.

研究分野：リハビリテーション分野

キーワード：経頭蓋交流電流刺激 一次運動野 小脳 運動学習 神経ネットワーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、大脳皮質の神経ネットワークを強化することができる新たな脳刺激法として経頭蓋交流電流刺激 (tACS) が注目されている。tACS は、頭部に貼付した 2 つの電極に交流電流を流すことで、刺激領域間の神経ネットワークを高める効果がある(Helfrich,2014)。我々は、tACS により M1 と小脳半球領域を 帯域の周波数で同時刺激することにより、M1 小脳間の神経ネットワークが強化され、力制御を要する運動の成績が向上することを明らかにした(Miyaguchi,2018)。この結果は、運動に関与する複数の皮質領域に tACS を与えることによって、運動機能を効果的に高められる可能性を示している。しかしながら、運動学習にどの皮質領域の神経ネットワークが寄与するのか詳細は不明である。我々は、運動学習に寄与する神経ネットワークを明らかにした上で、tACS によりその神経ネットワークを強化した状態で運動学習課題を遂行することで、学習効率がより高まるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究課題では、一次運動野と小脳への経頭蓋交流電流刺激 (tACS) が運動学習に与える効果を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

対象は健常成人30名とした。tACSには、生理食塩水を十分に含んだスポンジに覆われた2つの導電性ゴム電極 (5 cm × 5 cm) を用いた。電極貼付部位は、右M1領域直上および左小脳半球領域直上とした。右M1領域に貼付する電極位置は、経頭蓋磁気刺激 (transcranial magnetic stimulation; TMS) を用いて決定した。TMSには、経頭蓋磁気刺激装置 (Magstim200 . Dyfed, UK) および8の字コイル (直径95 mm) を使用した。8の字コイルはハンドル部分が大脳縦列に対し45°外後方を向くように固定した。TMSにより右M1手指領域を刺激し、左第一背側骨間筋から運動誘発電位が最も誘発される部位を左第一背側骨間筋のホットスポットとし、この部位が電極中心となるように電極を貼付した。左小脳半球領域に貼付する電極位置中心は、外後頭隆起の2 cm下方、3 cm左外側とした。tACSは、1回の刺激時間を60 sとし、運動練習期間の8 trialの視覚追従課題遂行中に施行した (60 s × 8 trial)。電流強度は1.0 mAとし、刺激周波数は70 Hzとした。刺激のfade in/fade out時間はいずれも5 sとした。介入条件は、1.0 mAにて60 s刺激する条件 (tACS条件) とfade in/fade outに要する時間のみ刺激を与える疑似刺激条件 (sham条件) の2条件とした。

運動パフォーマンスの評価には視覚追従課題を用いた。被験者は張力計に左示指を固定し、PC画面上に映し出された右から左に流れてくる波形に対し、被験者の発揮する示指外転張力に応じて上下移動するマーカーを正確に合わせるように示指等尺性外転張力を調整した。被験者の発揮した示指外転張力の値とマーカーの値の差を被験者の最大張力で正規化した値をエラー率として算出し、運動パフォーマンスの指標とした。1波形に要する時間は、1666, 1250, 1000, 833, 714 msの5種類とし、運動強度を被験者の最大示指外転張力の0~25% (0~6, 0~12, 5~18, 0~20, 10~25) の5種類とした。これら1波形に要する時間と運動強度を組み合わせる5パターンの波形 (運動パターン) を作成した。60 sの視覚追従課題を1 trialとし、各tACS条件施行中に運動学習として8 trial実施した。また、運動学習前および後に各1 trialずつ、さらに翌日に運動パフォーマンスの保持試験として5 trial実施した (計15 trial)。

4. 研究成果

tACS 条件と sham 条件における各 trial の平均エラー率を示したものである。各条件の pre におけるエラー率には、有意な差は認められなかった (Mann-Whitney test, $p = 0.412$)。さらに、他の trial のエラー率においても、条件間で有意な差は認められなかった (Mann-Whitney test, $p > 0.2$) (図 1)。また各条件での運動学習の指標を比較した結果、 γ -tACS 条件での運動学習の保持率は、sham 条件よりも有意に高かった (Unpaired t-test, $p = 0.031$) (図 2)。このように、tACS 条件の被験者は sham 条件の被験者よりも翌日に運動スキルを維持していた。また、運動学習効率および再運動学習効率については、条件間で有意な差は認められなかった (各 $p = 0.364$, $p = 0.051$)。本研究の結果、tACS 条件において運動スキルの保持が向上した。本研究により、一次運動野および小脳半球に対する tACS は、運動パフォーマンスの保持を高める可能性が示唆された。本研究の成果は、第 24 回日本基礎理学療法学会学術集会にて演題発表され、国際誌「Journal of Clinical Neuroscience」にも掲載された (Miyaguchi S et al. Effects on motor learning of transcranial alternating current stimulation applied over the primary motor cortex and cerebellar hemisphere. Journal of Clinical Neuroscience. Vol.78. 296-300.2020.)。

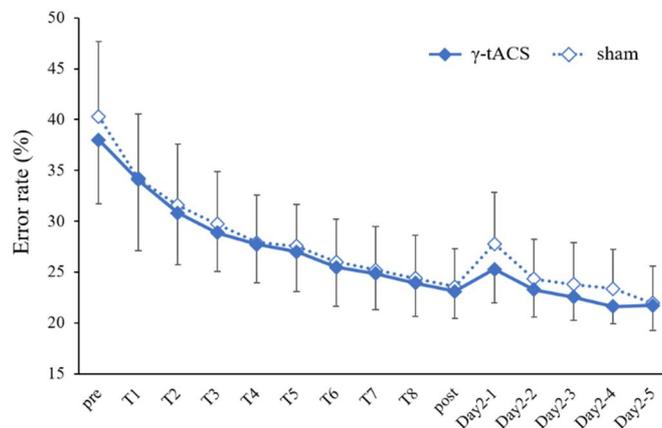


図 1. tACS 条件と sham 条件における各 trial における平均エラー率

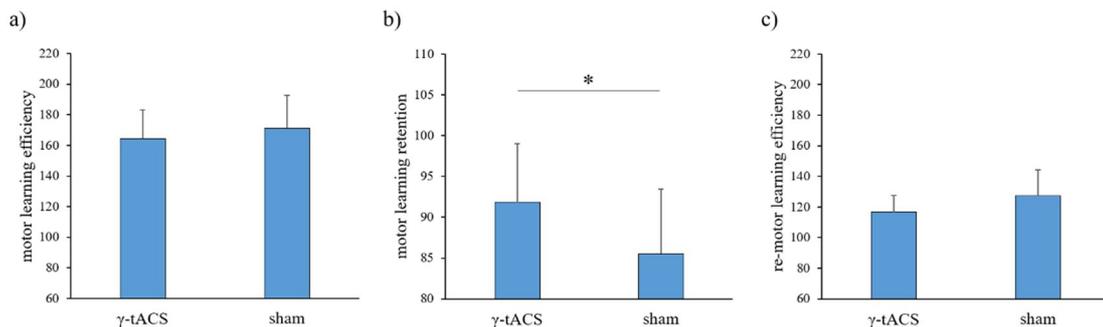


図 2. tACS 条件と sham 条件における運動学習指標の比較 . a) 運動学習効率 . b) 運動学習の保持 . c) 再運動学習効率 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miyaguchi S, Yamaguchi M, Kojima S, Yokota H, Saito K, Inukai Y, Otsuru N, Onishi H	4. 巻 711
2. 論文標題 Time course of bilateral corticospinal tract excitability in the motor-learning process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neuroscience letters	6. 最初と最後の頁 134410
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neulet.2019.134410	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 Miyaguchi S, Inukai Y, Matsumoto Y, Miyashita M, Takahashi R, Otsuru N, Onishi H.	4. 巻 78
2. 論文標題 Effects on motor learning of transcranial alternating current stimulation applied over the primary motor cortex and cerebellar hemisphere.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 296-300
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jocn.2020.05.024.	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 Miyaguchi S, Inukai Y, Takahashi R, Miyashita M, Matsumoto Y, Otsuru N, Onishi H.	4. 巻 393
2. 論文標題 Effects of stimulating the supplementary motor area with a transcranial alternating current for bimanual movement performance.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bbr.2020.112801.	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3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松本侑也, 宮口翔太, 犬飼康人, 大西秀明
2. 発表標題 M1および小脳への経頭蓋交流電流刺激中の運動練習が運動学習効率および学習保持に与える影響
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮下真衣, 宮口翔太, 犬飼康人, 大西秀明
2. 発表標題 下肢一次運動野領域への経頭蓋交流電流刺激が運動パフォーマンスに与える効果
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮口翔太
2. 発表標題 経頭蓋交流電流刺激が運動パフォーマンスに与える影響
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------