

令和 3 年 4 月 5 日現在

機関番号：37102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17821

研究課題名（和文）筋持久力の向上を目的とした直流刺激法の開発

研究課題名（英文）Development of tDCS method for improvement of muscle endurance performance

研究代表者

齋藤 輝（Saito, Akira）

九州産業大学・健康・スポーツ科学センター・助教

研究者番号：90758591

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）：本研究の目的は、大脳一次運動野への直流刺激が骨格筋の持久的パフォーマンスに及ぼす影響とその神経メカニズムを明らかにすることであった。直流刺激が第一背側骨間筋の筋収縮持続時間および筋活動を司る中枢神経回路の興奮レベルの指標である皮質脊髄路興奮性に与える影響を明らかにする実験を実施した。直流刺激を与えても、筋収縮持続時間の有意な増大は認められなかったが、疲労困憊後における第一背側骨間筋の皮質脊髄路興奮性は有意に低下することが認められた。以上の結果から、大脳一次運動野への直流刺激は持久的パフォーマンスの向上に寄与しないが、中枢神経回路の疲労に影響することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間の身体運動の動力源である骨格筋は、筋収縮を持続的に発揮すると疲労する。骨格筋の疲労は、一時的に筋機能を低下させ、スポーツ競技における運動パフォーマンスを著しく低下させる主要因となるため、筋疲労を低減して筋持久力を改善する方法は、健康・スポーツ科学にとって重要である。本研究は、ニューロモデュレーション法の1つである経頭蓋直流刺激を用いて、骨格筋の持久性パフォーマンスが向上するか否かを検討したが、経頭蓋直流刺激は持久性パフォーマンスを向上させなかった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study was to investigate that effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on muscular endurance performance and the neural mechanisms. We performed the experiments to reveal the effects of tDCS on the sustained contraction time of first dorsal interosseous (FDI) muscle and corticospinal excitability. tDCS did not affect the sustained contraction time of FDI, but induce the suppression of corticospinal excitability after the exhaustion of FDI muscle. These results suggest that tDCS does not affect muscular endurance performance, but affect the fatigue of central nervous system.

研究分野：神経生理学

キーワード：筋電図 筋持久力 筋疲労

## 1. 研究開始当初の背景

身体運動の動力源である骨格筋は、筋収縮を繰り返して行くと「疲労」する。骨格筋は多くの筋線維の束により構成され、それぞれの筋線維は疲労に対する耐性に基づいて速筋線維や遅筋線維に分類される。そのため、筋疲労の発生メカニズムに関する研究は、身体運動を理解する上で重要である。さらに、骨格筋の筋収縮の強さは神経系を介してコントロールされており、それを司る中枢神経回路の疲労応答は神経生理学領域の中核的な研究課題である。

ヒトの筋疲労の発生メカニズムは種々の要因があり、それらは『中枢性要因』と『末梢性要因』に大別される。筋疲労の中枢性要因を調べる手法として、随意最大収縮中に電気刺激で強制的にすべての運動神経を興奮させる twitch interpolation 法が挙げられるが、中枢神経回路の疲労応答が引き起こされる神経機序を特定することが困難であるという方法的制約がある。

身体運動中における中枢性要因の関与を検査する方法として、大脳に 1-2mA 程度の非常に弱い直流電流を与えることにより大脳一次運動野の神経活動を変化させる経頭蓋直流刺激法が確立されつつある。これらの手法は、運動に関連する脳領域あるいは皮質脊髄路の興奮レベルを変調させることが可能であり、運動制御、リハビリテーションやスポーツ科学の学術領域からの関心が急激に高まってきている。

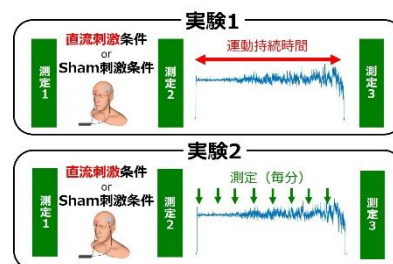
## 2. 研究の目的

経頭蓋直流刺激が骨格筋の筋持久力に及ぼす影響と骨格筋の疲労応答に関連する中枢神経回路の興奮レベルの変調を明らかにすることを目的とする。

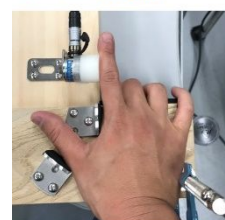
## 3. 研究の方法

本研究は 2 つの実験で構成され、被験者は右利きの成人男性であった。経頭蓋直流刺激の陽極を被験者の頭皮に、陰極を肩に貼付し、2mA の直流刺激を 10 分間与え、脳神経活動を変調させた。直流刺激の種類は、人間の神経活動の興奮性に作用する刺激と、人間の神経活動を変調させない疑似刺激 (Sham 刺激) の 2 つとし、疑似刺激を対照群とした。直流刺激の前後および筋疲労課題後に、随意最大筋力、末梢神経刺激による M 波、経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位の計測を行った。直流刺激後、第一背側骨間筋の筋疲労課題として、人差し指の外転運動を最大努力の 30% 筋力を疲労困憊まで維持する課題を行った。筋疲労課題中の中枢神経回路の変調を検討するため、実験 2 では筋疲労課題中も経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位の計測を行った。なお、それぞれの刺激条件での実験順序はランダムとし、2 日以上の間隔を空けて別日に実施した。

筋持久力は、筋疲労課題の運動継続時間で評価した。筋疲労の程度は、筋疲労課題前に計測した随意最大筋力からの変化率で評価した。中枢神経回路の興奮レベルは、経頭蓋磁気刺激によ



本研究の実験デザイン



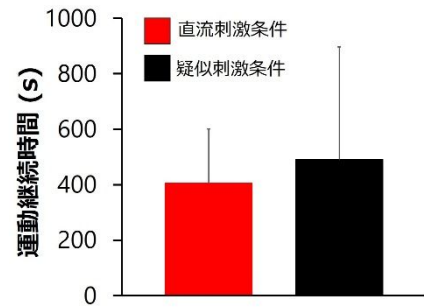
実験環境

て第一背側骨間筋から計測した運動誘発電位の振幅で評価し、末梢神経刺激によって誘発した M 波の振幅で標準化した値を分析に用いた。

#### 4 . 研究成果

##### 実験 1

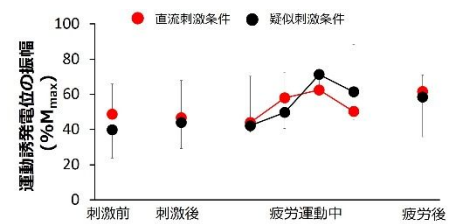
直流刺激条件での運動継続時間は、疑似刺激条件での運動継続時間と比較して有意な差は見られなかった。疲労運動後における随意最大筋力の変化率は、直流刺激条件では-25.5%であり、疑似刺激条件では-32.6%であった。随意最大筋力の変化率に条件間における有意差はなかった。筋疲労課題後における中枢神経回路の興奮レベルは、直流刺激条件において有意に低下していた。



直流刺激が運動継続時間に与える影響

##### 実験 2

筋疲労課題中の運動誘発電位の振幅は、運動開始から運動中盤にかけて増加、運動終盤には振幅が低下し、疲労運動後には運動終盤と比較してわずかに増加していた。運動誘発電位の振幅には条件間で有意差は見られなかった。



直流刺激が疲労課題中の運動誘発電位に与える影響

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hioki, M., Kanehira, N., Koike, T., Saito, A., Shimaoka, K., Sakakibara, H., Oshida, Y., Akima, H.	4. 巻 132
2. 論文標題 Age-related changes in muscle volume and intramuscular fat content in quadriceps femoris and hamstrings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 110834
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.exger.2020.110834.	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 Saito, A., Masugi, Y., Nakagawa, K., Obata, H., Nakazawa, K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Repeatability of spinal reflexes of lower limb muscles evoked by transcutaneous spinal cord stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0214818
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0214818.	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 Saito, A., Masugi, Y., Nakagawa, K., Obata, H., Nakazawa, K.	4. 巻 14
2. 論文標題 Repeatability of spinal reflexes of lower limb muscles evoked by transcutaneous spinal cord stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0214818
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0214818	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 齋藤輝, 中川剣人, 一寸木洋平	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 下肢筋群の脊髄興奮性を評価する経皮的脊髄刺激法 縦断的評価法としての確立を目指して	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 デサントスポーツ科学	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Yoshiko, A., Tomita, A., Ando, R., Ogawa, M., Kondo, S., Saito, A., Tanaka, N., Koike, T., Oshida, Y., Akima, H.	4. 巻 15
2. 論文標題 Effects of 10-week walking and walking with home-based resistance training on muscle quality, muscle size, and physical functional tests in healthy older individuals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Review of Aging and Physical Activity	6. 最初と最後の頁 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s11556-018-0201-2.	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 Hioki, M., Kanehira, N., Koike, T., Saito, A., Shimaoka, K., Sakakibara, H., Oshida, Y., Akima, H.	4. 巻 119
2. 論文標題 Relationship between physical activity and intramyocellular lipid content is different between young and older adults	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 113-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-018-4005-x.	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 Saito Akira, Nakagawa Kento, Masugi Yohei, Nakazawa Kimitaka	4. 巻 239
2. 論文標題 Inter-muscle differences in modulation of motor evoked potentials and posterior root-muscle reflexes evoked from lower-limb muscles during agonist and antagonist muscle contractions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 463 ~ 474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-020-05973-x	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 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 齋藤輝, 中川剣人, 一寸木洋平, 中澤公孝
2. 発表標題 下肢筋群の主働筋と拮抗筋活動時の皮質脊髄路と脊髄反射経路の興奮性の変調
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saito, A., Nakagawa, K., Masugi, Y., Nakazawa, K.
2. 発表標題 Muscle-specific modulation of motor evoked potentials and spinal reflexes of agonist and antagonist muscles during voluntary contraction
3. 学会等名 24th annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hioki, M., Kanehira, N., Koike, T., Saito, A., Takahashi, H., Shimaoka, K., Sakakibara, H., Oshida, Y., Akima, H.
2. 発表標題 Electromyostimulation induced changes in intramyocellular lipid of vastus lateralis in older adults
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saito, A., Masugi, Y., Nakagawa, K., Obata, H., Nakazawa, K.
2. 発表標題 Inter-day repeatability of spinal reflexes evoked by transcutaneous spinal cord stimulation
3. 学会等名 Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤輝, 一寸木洋平, 中川剣人, 小幡博基, 中澤公孝
2. 発表標題 経皮的脊髄刺激法を用いて下肢筋群から誘発された脊髄反射の再現性
3. 学会等名 第73回日本体力医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saito, A., Tomita, A., Ando, R., Watanabe, K., Akima, H.
2. 発表標題 Consistency of muscle synergies between level and uphill locomotion
3. 学会等名 23rd annual Congress of the European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018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
---------	---------