

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17723

研究課題名（和文）脳と脊髄の同期的神経活動の修飾による歩行機能回復の促進とその神経基盤の解明

研究課題名（英文）Promotion of functional recovery of gait with individualized beta-frequency transcranial alternating current stimulation

研究代表者

山口 智史（Yamaguchi, Tomofumi）

順天堂大学・保健医療学部・先任准教授

研究者番号：20594956

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）：脳と脊髄の同期的神経活動の増加は、運動学習の定着や脳卒中後の運動機能改善に関与することが報告されている。本研究では、脳と脊髄の同期的神経活動の指標である脳波-筋電図コヒーレンスのピーク周波数を個別に測定し、その値を経頭蓋交流電流刺激（tACS）、経頭蓋律動性直流電流刺激（otDCS）の刺激設定に応用し、脳と脊髄の同期的神経活動に与える影響について健常者で検討した。結果、脳と脊髄の同期的神経活動を変調するには、対象者個々のコヒーレンスのピーク周波数を使用したotDCSを用いることが有効である可能性を示した。今後、疾患例での効果検証が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、頭蓋上から微弱な電流を通電することで、脳や脊髄の神経活動を変化させることができる非侵襲的電気刺激の臨床応用が期待されているが、効果的な刺激設定は確立していない。本研究は、生体信号に基づいた刺激設定を非侵襲的電気刺激に応用し、その効果を健常者で検証した。その結果、運動学習や脳卒中後の運動機能回復と関連すると報告されている脳と脊髄の同期的な神経活動を高める刺激設定として、脳活動の律動と興奮性を高める経頭蓋律動性直流電流刺激（otDCS）に対象者個々の生体信号に基づいた刺激を行うことが有効である可能性を示した。本研究は、将来、非侵襲的電気刺激を臨床で用いるための科学的根拠を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：It has been reported that an increase in synchronous neural activity between the motor cortex and spinal motoneuron is related with the consolidation of motor learning and the improvement of motor function after stroke. In this study, we investigated whether the non-invasive electrical stimulation including transcranial alternating current stimulation (tACS) and transcranial rhythmic direct current stimulation (otDCS) on based on the peak frequency of EEG-EMG coherence can enhance synchronous neural activity in healthy individuals. Our studies suggest that otDCS with the individualized peak beta-band frequency of EEG-EMG coherence enhances the synchronous neural activity between the motor cortex and spinal cord. Further studies are warranted to clarify the clinical application of individualized beta-band frequency otDCS in patients with neurological disorders.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：経頭蓋交流電流刺激（tACS） 経頭蓋律動性直流電流刺激（otDCS） 電気刺激 脳波-筋電図コヒーレンス 下肢 歩行 脳卒中 リハビリテーション

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。

1. 研究開始当初の背景

本邦には、脳卒中患者が300万人以上おり、その多くの患者が歩行リハビリテーションを必要としている。さらに、新たに年間29万人以上が脳卒中を発症し、その対象者数は増え続けており、有効な歩行リハビリテーションの確立が急務である (Takashima, Circ J 2017)。

これまでの歩行リハビリテーションでは、技能を再獲得する手段として歩行動作の反復が用いられてきた。しかしながら、脳卒中後の歩行障害は、脳損傷に起因した脳と脊髄の相互的な神経活動の不調による、歩行周期中の異常な筋活動が関与していると考えられている (Dietz and Sinkjaer, Lancet Neurol 2007; Nielsen et al, Clin Neurophysiol 2008)。

したがって、脳卒中後の歩行機能の再獲得には、脳と脊髄の同期的な神経活動を高めることで、歩行時の適切な時相で適切な筋活動を促していくことが重要な治療戦略と考えられる。

しかしながら、脳と脊髄の同期的な神経活動を効果的に高めるリハビリテーション手法については、十分に検討されておらず、効果的な歩行リハビリテーション手法の確立は解決すべき課題となっている。

近年、電流強度を律動的に変調することで、非侵襲的に頭蓋上から脳内の神経律動活動を修飾する手法として、経頭蓋交流電気刺激 (tACS) が注目されており、tACS を一次運動野に適用することで、脳と脊髄の同期的神経活動を修飾できる可能性が示されている (Antal et al, Brain Stimul 2008; Wach et al, Front Hum Neurosci 2013)。よって、我々は、下肢一次運動野に対する tACS により、脳と脊髄の同期的神経活動を修飾することで、下肢運動の学習を向上し、脳卒中後の歩行機能回復を促進できる、という仮説を持つに至った。しかし、現在までに tACS を脳卒中後の歩行リハビリテーションに応用した研究はなく、歩行機能回復への効果とその神経基盤は検討されていない。

2. 研究の目的

本研究は、tACS を用いた脳と脊髄の同期的神経活動の修飾による、脳卒中患者の歩行機能回復の促進効果と神経生理学的な作用機序を明らかにする、ことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、バイオマーカとなる脳と脊髄の同期的神経活動の指標として、脳波-筋電図コヒーレンス (CMC) を採用した。この理由として、CMC の増加は、下肢運動学習や脳卒中後の運動機能回復と関連することが報告されているためである。本研究では、この脳と脊髄の同期的神経活動の修飾を目的に、対象者によって異なる CMC のピーク周波数を刺激設定に用いた。

研究目的である tACS を用いた脳と脊髄の同期的神経活動の修飾による、脳卒中患者の歩行機能回復の促進効果と神経生理学的な作用機序を明らかにするための基礎的な研究として、以下の3つの実験を実施した。

(1) 実験1. CMC のピーク周波数を適用した tACS による下肢運動学習の定着効果の検証

CMC のピーク周波数を刺激設定に適用した tACS が下肢運動学習に与える効果を検討するために、健常者20名に対して、下肢運動学習後に tACS を使用して、脳と脊髄の同期的神経活動の修飾と下肢運動学習の促進効果を調査した。

対象者を性別について層別し、tACS 介入群および偽 tACS 介入群の2群に分けた。

個々の脳と脊髄の同期的神経活動を計測するために、10%最大足関節背屈運動時の脳波と表面筋電図を計測した。脳波は下肢一次運動野 (Cz)、表面筋電図は前脛骨筋 (TA) から記録した。得られたデータから、脳波-筋電図コヒーレンス解析を実施し、運動に関連する帯域 (15-30 Hz) のピーク周波数を算出した (図1)。

このピーク周波数を tACS の刺激周波数に設定した。tACS の刺激強度は振幅 2 mA (-1 から 1 mA) とし、10 分間の刺激を行った。刺激部位は、左側下肢一次運動野および対側前額部とした。偽刺激では、tACS により誘発される閃光を疑似的に引き起こすために 0.5 mA の刺激を 10 分間行った。学習課題は、足関節底背屈運動の調節による標的ブロックにマーカーを合わせるトラッキング課題とした。標的とマーカーとの誤差を正答率とし、被験者には毎施行後に正答率をフィードバックし、正答率を向上させるように指示した。具体的な介入手順として、学習課題を実施後に CMC を計測し、得られたピーク周波数を用いた tACS を学習後に 10 分間実施した。学習定着効果を検証するために、翌日および1週間後に、同様の学習課題を実施した。

(2) 実験2. 脳と脊髄の同期的神経活動の促進のための脳刺激手法の検討

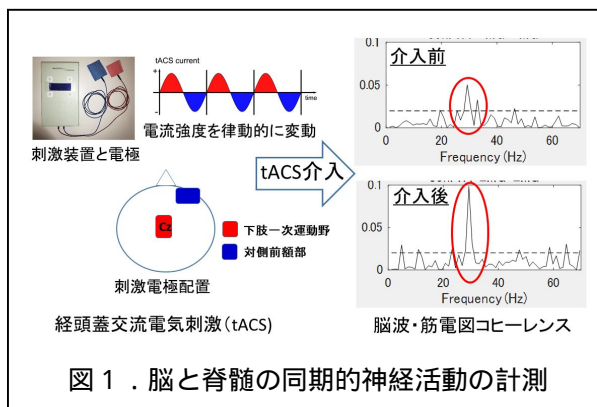


図1. 脳と脊髄の同期的神経活動の計測

脳と脊髄の同期的神経活動を促進のための、より効果的な脳刺激手法を検討するために、対象者個々の CMC のピーク周波数を測定し、その値を tACS、経頭蓋律動性直流電流刺激 (otDCS) の刺激設定に応用し、CMC に与える影響について健常者で検討した。

実験で使用した otDCS は、tACS による脳律動の修飾効果と経頭蓋直流電流刺激 (tDCS) による脳膜電位の修飾効果を併せた効果が期待されている手法である。本実験では、対象者に tACS、tDCS、otDCS のすべての条件について日を変えて 10 分間実施した。otDCS の強度は振幅 2 mA (0 ~ 2 mA) とし、tDCS は 2mA とした。刺激部位は、下肢一次運動野とした。評価は、10% 最大足関節背屈運動時の CMC とし、介入前 (pre) 介入直後 (post) 10 分後 (post10) 20 分後 (post20) で計測した。

(3) 実験 3. 脳と脊髄の同期的神経活動の促進のための末梢神経刺激手法の検討

実験 2 で使用した刺激手法による脳と脊髄の同期的神経活動効果を促進する腹性神経刺激の手法として、微弱な電流を経皮的に腰背部に通電することで、末梢から脊髄神経の神経活動を修飾することで、脳活動を修飾可能な経皮的脊髄直流電気刺激 (tsDCS) に着目し、末梢神経からの感覚入力運動パフォーマンスと中枢神経系経路に与える影響を健常者 13 名で検討した。

刺激条件は、陰極刺激および陽極刺激とした。刺激部位は、右側の第 11-12 腰椎部位、右側肩の三角筋後部線維とした。刺激強度は、2.5 mA とし、刺激時間は 2 分間 (120 秒) とした。

評価として、tsDCS 刺激中の皮質脊髄路興奮性と脊髄反射経路の興奮性の変化を計測した。皮質脊髄路興奮性の指標として、経頭蓋磁気刺激を用いて、ヒラメ筋 (SOL) と TA の運動誘発電位 (MEP) を計測した。また、脊髄反射経路の興奮性の評価として、SOL の H 反射を記録した。本実験の追加実験として、10 分間の陰極刺激および偽刺激条件の前後での足関節底屈のバリスティック運動を実施し、パフォーマンスに与える効果を検証した。

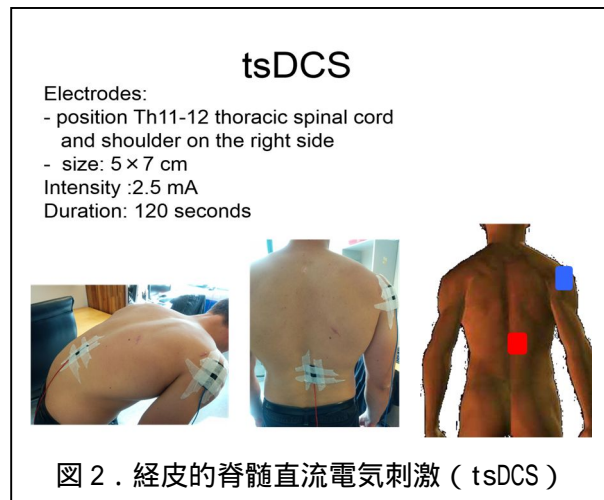


図 2. 経皮的脊髄直流電気刺激 (tsDCS)

4. 研究成果

(1) 実験 1: 両群において、課題前後で課題成績の有意な向上を認め、コヒーレンスの最大値が有意に増大した。tACS 群では、7 日後において、偽刺激群と比較して、有意に課題成績が維持された (図 3)。

本研究により、運動学習後に個別周波数を利用した tACS を下肢一次運動野に適用することで、脳と脊髄の同期的神経活動を修飾し、学習定着を促進することを明らかにした。本研究の結果は、今後の tACS の歩行リハビリテーションへの応用に向けたエビデンスになると考えられる。この成果は、筆頭著者として国際雑誌 Cerebral Cortex Communications (tgaa047, 2020) に掲載された。

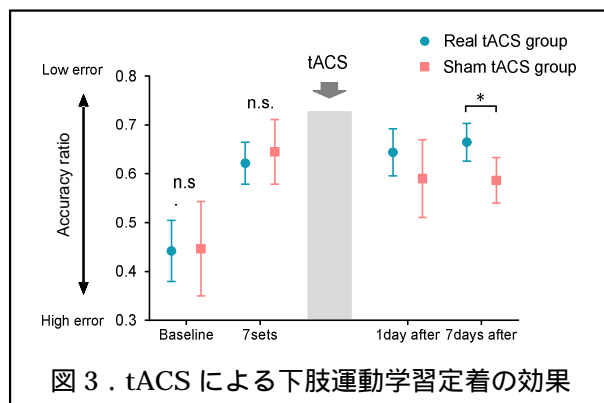


図 3. tACS による下肢運動学習定着の効果

(2) 実験 2: 10 分間の otDCS 前後において、脳と脊髄の同期的神経活動の有意な増強を認めた。一方で、tACS や tDCS 前後では、有意な CMC の増強を認めなかった (図 4)。

この結果から、脳と脊髄の同期的神経活動を変調するには、対象者個々のコヒーレンスのピーク周波数を使用した otDCS を用いることが有効である可能性を示し、患者への応用に向けて、適切な刺激方法とパラメータを明らかにした。

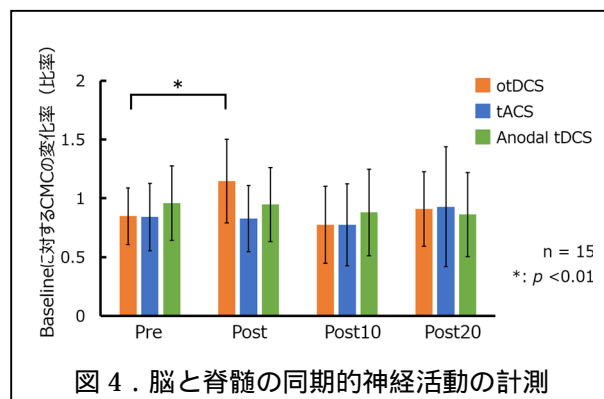


図 4. 脳と脊髄の同期的神経活動の計測

(3) 実験3：中枢神経系経路に与える効果として、皮質脊髄路興奮性（運動誘発電位：MEP）を高める一方で、脊髄興奮性（H反射）は変化を認めなかった。さらに、陰極 tsDCS は、皮質から脊髄への短潜時促通経路の活動を高めた。これらのことから、陰極 tsDCS による末梢神経からの感覚入力、皮質興奮性を変調し、運動パフォーマンスを改善する可能性が示された(図5)。また、10分間の陰極 tsDCS は、足関節のバリスティックな底屈運動を促進した。一方で、偽刺激では変化を認めなかった。

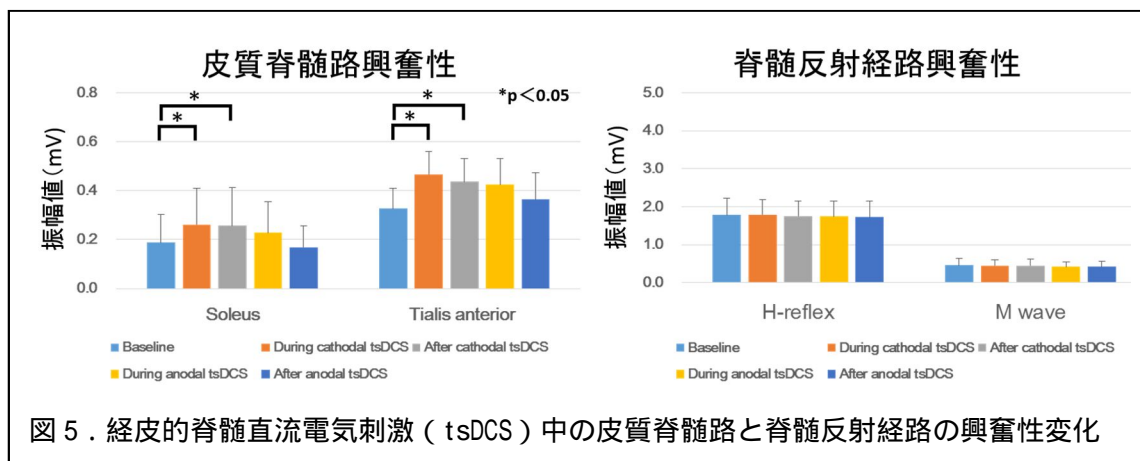


図5. 経皮的脊髄直流電気刺激 (tsDCS) 中の皮質脊髄路と脊髄反射経路の興奮性変化

この結果をもとに、末梢神経からの感覚入力を増大し脳活動を変調する tsDCS が脳を刺激して得られる otDCS の効果を促進できるかどうか検証を開始する予定である。本研究の成果は、国際学術誌 *Physiological reports* (e14531, 2020) に掲載された。

上記の3つの研究成果から、対象者個別の脳と脊髄の同期的神経活動を刺激設定に利用した tACS は、下肢運動機能を改善する可能性があり、歩行リハビリテーションに本手法を応用できる可能性を示した。また、その効果を促進する方法として、otDCS や tsDCS が使用できる可能性を示した。一方で、研究計画当初の患者を対象とした実験は遂行できていないため、本研究の知見を臨床応用するために、臨床試験の実施が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Nito Mitsuhiro, Katagiri Natsuki, Yoshida Kaito, Koseki Tadaki, Kudo Daisuke, Nanba Shigehiro, Tanabe Shigeo, Yamaguchi Tomofumi	4. 巻 15
2. 論文標題 Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation of Wrist Extensors Enhances Cortical Excitability and Motor Performance in Healthy Individuals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnins.2021.632716	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 山口 智史、松田 雅弘、藤原 俊之	4. 巻 55
2. 論文標題 Close-up 非侵襲的脳刺激 NIBS tDCS 経頭蓋直流電気刺激	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 理学療法ジャーナル	6. 最初と最後の頁 75～79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11477/mf.1551202181	査読の有無 無
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 Katagiri Natsuki, Yoshida Shinya, Koseki Tadaki, Kudo Daisuke, Namba Shigehiro, Tanabe Shigeo, Huang Ying-Zu, Yamaguchi Tomofumi	4. 巻 14
2. 論文標題 Interindividual Variability of Lower-Limb Motor Cortical Plasticity Induced by Theta Burst Stimulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnins.2020.563293	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 該当する
1. 著者名 Katagiri Natsuki, Kawakami Saki, Okuyama Sayuri, Koseki Tadaki, Kudo Daisuke, Namba Shigehiro, Tanabe Shigeo, Yamaguchi Tomofumi	4. 巻 20
2. 論文標題 Single-Session Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation Affects Postural Control Learning and Cerebellar Brain Inhibition in Healthy Individuals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Cerebellum	6. 最初と最後の頁 203～211
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12311-020-01208-5	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 Yamaguchi Tomofumi, Beck Mikkel M., Therkildsen Eva R., Svane Christian, Forman Christian, Lorentzen Jakob, Conway Bernard A., Lundbye Jensen Jesper, Geertsen Svend S., Nielsen Jens B.	4. 巻 8
2. 論文標題 Transcutaneous spinal direct current stimulation increases corticospinal transmission and enhances voluntary motor output in humans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.14531	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 該当する

1. 著者名 Yamaguchi Tomofumi, Svane Christian, Forman Christian Riis, Beck Mikkel Malling, Geertsen Svend Sparre, Lundbye-Jensen Jesper, Nielsen Jens Bo	4. 巻 1
2. 論文標題 Transcranial Alternating Current Stimulation of the Primary Motor Cortex after Skill Acquisition Improves Motor Memory Retention in Humans: A Double-Blinded Sham-Controlled Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/texcom/tgaa047	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 該当する

1. 著者名 山口智史	4. 巻 27
2. 論文標題 最新神経科学に基づく新たな神経系リハビリテーション	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 物理療法科学	6. 最初と最後の頁 25-30
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 無
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 Yamaguchi Tomofumi, Moriya Kouhei, Tanabe Shigeo, Kondo Kunitsugu, Otaka Yohei, Tanaka Satoshi	4. 巻 17
2. 論文標題 Transcranial direct-current stimulation combined with attention increases cortical excitability and improves motor learning in healthy volunteers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12984-020-00665-7	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 井上靖悟、山口智史	4. 巻 54
2. 論文標題 脊椎・脊髄疾患の歩行練習	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理学療法ジャーナル	6. 最初と最後の頁 766 ~ 773
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 無
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 山口智史	4. 巻 48
2. 論文標題 海外研究留学の経験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 総合リハビリテーション	6. 最初と最後の頁 387 ~ 389
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 無
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 Ohtsu Hajime, Yoshida Shinya, Minamisawa Tadayoshi, Katagiri Natsuki, Yamaguchi Tomofumi, Takahashi Toshiaki, Yomogida Shin-ichi, Kanzaki Hideto	4. 巻 103
2. 論文標題 Does the balance strategy during walking in elderly persons show an association with fall risk assessment?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 109657 ~ 109657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2020.109657	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 山口智史	4. 巻 24
2. 論文標題 神経難病のニューロリハビリテーションの現状と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本難病看護学会誌	6. 最初と最後の頁 175 ~ 176
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 無
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 Tatemoto Tsuyoshi, Tanaka Satoshi, Maeda Kazuhei, Tanabe Shigeo, Kondo Kunitsugu, Yamaguchi Tomofumi	4. 巻 13
2. 論文標題 Skillful Cycling Training Induces Cortical Plasticity in the Lower Extremity Motor Cortex Area in Healthy Persons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 927
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2019.00927	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 加藤 直也、高橋 俊子、川田 知美、本間 大智、坂井 一哉、片桐 夏樹、仁藤 有美子、新野 麻祐子、佐藤 恵、岡崎 資恵、山口 智史、椿野 幸子	4. 巻 44
2. 論文標題 当急性期病院の退院時リハビリテーション指導の現状と展望	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 山形市立病院済生館医学雑誌	6. 最初と最後の頁 26 - 31
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 Yasui Takahito, Yamaguchi Tomofumi, Tanabe Shigeo, Tatemoto Tsuyoshi, Takahashi Yoko, Kondo Kunitsugu, Kawakami Michiyuki	4. 巻 237
2. 論文標題 Time course of changes in corticospinal excitability induced by motor imagery during action observation combined with peripheral nerve electrical stimulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 637 ~ 645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-018-5454-5	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 Takahashi Yoko, Kawakami Michiyuki, Yamaguchi Tomofumi, Idogawa Yusuke, Tanabe Shigeo, Kondo Kunitsugu, Liu Meigen	4. 巻 13
2. 論文標題 Effects of Leg Motor Imagery Combined With Electrical Stimulation on Plasticity of Corticospinal Excitability and Spinal Reciprocal Inhibition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2019.00149	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 Moriya Kouhei, Yamaguchi Tomofumi, Otaka Yohei, Kondo Kunitsugu, Tanaka Satoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Transcranial Direct-Current Stimulation Combined with Attention to the Paretic Hand Improves Hand Performance in Stroke Patients: A Double-Blind, Sham-Controlled Study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 In: Masia L., Micera S., Akay M., Pons J. (eds) Converging Clinical and Engineering Research	6. 最初と最後の頁 829 ~ 833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-01845-0_166	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 Okuyama Kohei, Ogura Miho, Kawakami Michiyuki, Tsujimoto Kengo, Okada Kohsuke, Miwa Kazuma, Takahashi Yoko, Abe Kaoru, Tanabe Shigeo, Yamaguchi Tomofumi, Liu Meigen	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of the combination of motor imagery and electrical stimulation on upper extremity motor function in patients with chronic stroke: preliminary results	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Therapeutic Advances in Neurological Disorders	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1756286418804785	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 Yamaguchi Tomofumi, Hvass Petersen Tue, Kirk Henrik, Forman Christian, Svane Christian, Kofoed-Hansen Mathilde, Boesen Finn, Lorentzen Jakob	4. 巻 129
2. 論文標題 Spasticity in adults with cerebral palsy and multiple sclerosis measured by objective clinically applicable technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clinical Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 2010 ~ 2021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinph.2018.07.004	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 該当する

1. 著者名 Yamaguchi Tomofumi, Fujiwara Toshiyuki, Lin Su-Chuan, Takahashi Yoko, Hatori Kozo, Liu Meigen, Huang Ying-Zu	4. 巻 12
2. 論文標題 Priming With Intermittent Theta Burst Transcranial Magnetic Stimulation Promotes Spinal Plasticity Induced by Peripheral Patterned Electrical Stimulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2018.00508	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 該当する

1. 著者名 Laakso Ilkka, Mikkonen Marko, Koyama Soichiro, Ito Daisuke, Yamaguchi Tomofumi, Hirata Akimasa, Tanaka Satoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Electric field dependent effects of motor cortical TDCS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/327361	査読の有無 無
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 該当する

[学会発表] 計40件(うち招待講演 24件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 リハビリテーションにおける筋電図評価
3. 学会等名 日本物理療法学会ウェビナー(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仁藤 充洋、片桐 夏樹、吉田 海斗、小関 忠樹、工藤 大輔、難波 樹央、田辺 茂雄、山口 智史
2. 発表標題 末梢神経反復磁気刺激が脳皮質興奮性および運動パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第1回物理療法部門研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 痙縮の病態と臨床評価
3. 学会等名 高知県回復期リハビリテーション病棟連絡会 研修会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 下肢の痙縮について考える-急性期から生活期への理学療法の流れ
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学サテライトカンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 経頭蓋直流電気刺激の基礎と臨床応用の可能性 - 運動・感覚・高次脳機能障害へのアプローチ -
3. 学会等名 第44回日本高次脳機能障害学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 脳内運動イメージと末梢感覚入力による神経可塑性の誘導
3. 学会等名 第50回日本臨床神経生理学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 下肢一次運動野に対する Theta Burst Stimulationによる脊髄可塑性の誘導
3. 学会等名 第31回 磁気刺激法の臨床応用と安全性に関する研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 臨床神経生理学を臨床で活かす
3. 学会等名 第38回東北理学療法学会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 理学療法における神経生理学的評価の活用
3. 学会等名 日本理学療法士協会 物理療法部門 物理療法集中講義&ハンズオンセミナー(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 脊髄可塑性を促す非侵襲的脳刺激法と理学療法
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片桐夏樹、吉田信哉、小関忠樹、工藤大輔、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 下肢一次運動野に対するシータバースト刺激が皮質興奮性に及ぼす影響-効果の個人差の検証-
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小関忠樹、片桐夏樹、工藤大輔、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 脳波-筋電図コヒーレンスを刺激周波数に設定した電気刺激が運動調節能力に与える影響
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 奥山祥祐理、川上紗輝、片桐夏樹、小関忠樹、工藤大輔、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 小脳への経頭蓋直流電気刺激が立位姿勢制御の学習に及ぼす影響
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 川上紗輝、奥山祥祐理、片桐夏樹、小関忠樹、工藤大輔、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 小脳への経頭蓋直流電気刺激が立位姿勢制御の学習と小脳抑制に及ぼす影響
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 山口 智史
2. 発表標題 Neuromodulation for spinal reflexes
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 中枢神経疾患に対するニューロモデュレーション
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会(ランチョンセミナー) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片桐夏樹、吉田信哉、小関忠樹、工藤大輔、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 下肢一次運動野に対するシータバースト刺激が皮質興奮性に及ぼす影響
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤大輔、片桐夏樹、小関忠樹、難波樹央、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 律動的経頭蓋直流電気刺激が脳と脊髄の同期的神経活動に与える影響
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仁藤充洋、片桐夏樹、吉田海斗、田辺茂雄、山口智史
2. 発表標題 末梢神経反復磁気刺激による皮質脊髄路興奮性の経時的変化
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomofumi Yamaguchi
2. 発表標題 Transcutaneous spinal direct current stimulation increases corticospinal transmission and enhances voluntary motor output in humans
3. 学会等名 2nd International Neurorehabilitation and Neuroscience Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 脊髄可塑性を誘導するリハビリテーション
3. 学会等名 第2回日本再生医療とリハビリテーション学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 最新神経科学に基づく新たな神経系リハビリテーション～ニューロモデュレーションによる物理療法の可能性と役割～
3. 学会等名 第27回日本物理療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 脳画像とニューロモデュレーションの基礎と臨床応用
3. 学会等名 日本理学療法士協会 理学療法士講習会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 脳卒中の予防と最新リハビリテーション
3. 学会等名 山形県立保健医療大学公開講座（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤 大輔、片桐 夏樹、小関 忠樹、難波 樹央、田辺 茂雄、山口 智史
2. 発表標題 律動的経頭蓋直流電気刺激が脳と脊髄の同期的神経活動の特定周波数に与える影響
3. 学会等名 第27回日本物理療学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 難波 樹央、片桐 夏樹、小関 忠樹、工藤 大輔、山口 智史
2. 発表標題 経皮的脊髄直流電気刺激が呼吸循環応答に与える影響に関する予備の実験
3. 学会等名 第27回日本物理療学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片桐 夏樹、吉田 信哉、小関 忠樹、工藤 大輔、難波 樹央、田辺 茂雄、山口 智史
2. 発表標題 下肢一次運動野に対するシータバースト刺激が皮質脊髄路・皮質内抑制に及ぼす影響
3. 学会等名 第27回日本物理療学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 神経難病のニューロリハビリテーションの現状と課題
3. 学会等名 第24回 日本難病看護学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 中枢神経および末梢神経への非侵襲的電気刺激によるリハビリテーション促進
3. 学会等名 第22回日本臨床脳神経外科学会（ランチョンセミナー）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 リハビリテーション治療促進のための生体情報に着目したNeuromodulation
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomofumi Yamaguchi
2. 発表標題 Integrated Volitional control Electrical Stimulator (IVES) for the recovery of the upper extremity after stroke Basic concepts and Clinical applications-
3. 学会等名 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (Luncheon seminar)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史
2. 発表標題 中枢神経疾患に対する非侵襲的電気刺激を用いたリハビリテーション
3. 学会等名 第26回道北脳神経懇話会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口智史
2. 発表標題 回復期における研究の重要性 ～回復期から発信するエビデンス～
3. 学会等名 回復期リハビリテーション病棟協会第33回研究大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口智史
2. 発表標題 先端的研究と臨床との融合
3. 学会等名 日本中枢神経理学療法学会, JSNPT SIGs 参加型フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口智史
2. 発表標題 痙縮に対する末梢神経電気刺激と非侵襲的脳刺激
3. 学会等名 第2回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口智史, Eva Rudjord Therkildsen, Christian Svane, Christian Forman, Mikkel Malling Beck, Jakob Lorentzen, Svend Sparre Geertsen, Jesper Lundbye-Jensen, Jens Bo Nielsen
2. 発表標題 陰極経皮的脊髄直流電気刺激は下肢運動パフォーマンスを向上する
3. 学会等名 第36回日本私立医科大学理学療法研究会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomofumi Yamaguchi, Mikkel Malling Beck, Christian Svane, Christian Forman, Jesper Lundbye-Jensen, Svend Sparre Geertsen, Jens Bo Nielsen
2. 発表標題 Individualized transcranial alternating current stimulation improves motor memory consolidation in humans
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口智史, Mikkel Malling Beck, Christian Svane, Christian Forman, Jesper Lundbye-Jensen, Svend Sparre Geertsen & Jens Bo Nielsen
2. 発表標題 個別周波数を使用した経頭蓋交流電流刺激は運動学習の定着を促進する - 2重盲検化偽刺激対照試験 -
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口智史, Eva Rudjord Therkildsen, Christian Svane, Christian Forman, Mikkel Malling Beck, Jakob Lorentzen, Svend Sparre Geertsen, Jesper Lundbye-Jensen & Jens Bo Nielsen
2. 発表標題 陰極経皮的脊髄直流電気刺激による皮質脊髄路興奮性の増加に関わる神経メカニズムの検討
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kudo, Kazuhei Maeda, Tsuyoshi Tatemoto, Takahiro Yasui, Kazuaki Oyake, Shigeo Tanabe, Tomofumi Yamaguchi
2. 発表標題 Immediate effects of anodal tDCS combined with patterned electrical stimulation on temporal gait asymmetry in patients with stroke
3. 学会等名 4th Taiwan International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 山口智史 (執筆範囲: 随意運動介助型電気刺激)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 304
3. 書名 最新理学療法学講座 物理療法学	

1. 著者名 山口智史 (執筆範囲: 電気刺激療法の実際 (神経筋電気刺激/治療的電気刺激, 機能的電気刺激, 経皮的電気神経刺激), 電気刺激療法の実習, 電気刺激療法の臨床応用)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 376
3. 書名 物理療法学 第5版	

1. 著者名 山口 智史 (執筆範囲: 電気刺激療法総論, 神経筋電気刺激, 神経筋電気刺激症例集)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 376
3. 書名 Crosslink理学療法学テキスト 物理療法学	

1. 著者名 山口智史 (執筆範囲:電気刺激 2. 下肢機能障害)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 600
3. 書名 脳卒中 : 基礎知識から最新リハビリテーションまで	

1. 著者名 山口智史、藤原俊之 (分担執筆 : 脳卒中の電気刺激, 脊髄損傷の電気刺激)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 256
3. 書名 神経障害理学療法学 脳血管障害、頭部外傷、脊髄損傷	

1. 著者名 山口智史 (分担執筆 : 痙縮のリハビリテーション)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 128
3. 書名 痙縮治療ポケットマニュアル : ボツリヌス療法・ITB療法・リハビリテーション	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap https://researchmap.jp/_yamaguchi
--

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
研究協力者	工藤 大輔 (Kudo Daisuke)	山形県立保健医療大学大学院・大学院生 (21501)	
研究協力者	小関 忠樹 (Koseki Tadaki)	山形県立保健医療大学大学院・大学院生 (21501)	

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			
デンマーク	コペンハーゲン大学			
その他の国・地域	Chang Gung Memorial Hospital			