

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17691

研究課題名（和文）経頭蓋パルス電流刺激がヒトの体性感覚機能にもたらす効果とその神経基盤の解明

研究課題名（英文）Effect of transcranial electrical stimulation of the primary somatosensory and posterior parietal cortices on tactile perceptual performance

研究代表者

齊藤 慧（Saito, Kei）

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：80707315

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）：本研究は、一次体性感覚野および後頭頂皮質に対する経頭蓋電気刺激が触覚機能にもたらす効果を検証することを目的とした。結果、左一次体性感覚野に対する経頭蓋交流電気刺激は、刺激前の脳律動パワーに応じて触覚機能を変調すること、右後頭頂皮質に対する陽極経頭蓋パルス電気刺激は刺激前の触覚機能に応じて、右手指の触覚機能を変調させることが明らかになった。このことは、対象者がもつ脳律動パワーや触覚機能に応じて、刺激方法や刺激部位を選択することで触覚機能を向上させることができる可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では触覚情報を処理する皮質領域の神経活動を非侵襲的に変調させることで触覚機能が変化することが明らかになった。触覚機能障がいはいはこれまで治療の選択肢が非常に限られていたが、経頭蓋電気刺激を用いることで触覚機能を向上させることができる可能性がある。今後さらなる検討を進めることで、触覚機能障がいに対する新たなリハビリテーション手法へと発展する可能性があると考えている。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the effect of transcranial electrical stimulation of the primary somatosensory and posterior parietal cortices on tactile perceptual performance. The tactile discrimination performance change induced by the transcranial alternating current stimulation of the primary somatosensory cortex was found to be significantly correlated with brain oscillatory activity before the stimulation. Moreover, the tactile discrimination performance change induced by the transcranial pulsed current stimulation of the right posterior parietal cortex was found to be significantly correlated with the tactile discrimination performance before the stimulation. These results indicate that the transcranial electrical stimulation of the primary somatosensory and posterior parietal cortices improves the tactile perceptual performance, which is based on the brain oscillatory activity and tactile perceptual performance before the stimulation.

研究分野：理学療法学

キーワード：触覚方位弁別能力 一次体性感覚野 後頭頂皮質 経頭蓋パルス電気刺激

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中などの中枢神経系疾患に罹患すると、触れた物体の形状や硬さ、重さなど日常生活を営むうえで欠かすことのできない感覚情報を知覚することができなくなる。そのため、触覚機能障がいや治療へと導く治療法を確立する必要があるが、未だ有効な治療法は見つかっていない。

近年、非侵襲的に大脳皮質の興奮性を変化させることができる経頭蓋電気刺激に注目が集まっている。先行研究において、一次体性感覚野に対して陽極経頭蓋直流電気刺激 (anodal tDCS) を与えることで触覚機能が向上することが明らかになっている (Ragert et al., 2008; Fujimoto et al., 2014; 2016)。しかし、tDCS がもたらす刺激効果には大きな個人差があり、近年では40%程度の対象者で期待した効果が得られないことが報告されている (Wiethoff et al., 2014)。一方、頭皮上から微弱なパルス電流を与える経頭蓋パルス電気刺激 (anodal tPCS) は tDCS よりも高い刺激効果が報告されている (Jaberzadeh et al., 2013)。研究代表者は anodal tPCS の刺激効果の高さに着目し、一次体性感覚野に対して anodal tPCS を与えることで触覚機能が向上することを明らかにした (Saito et al., 2019)。一方、一次体性感覚野の脳律動を変調することでも触覚入力を与えていないにも関わらず、触覚を惹起できることがわかっているが (Feurra et al., 2011)、触覚機能を向上させることができるかはわかっていない。そこで、研究代表者は非侵襲的に微弱な交流電流を与えることで脳律動を変調させることができる経頭蓋交流電流刺激 (tACS) に着目し、一次体性感覚野に対して tACS を与えることで触覚機能を向上させることができると仮説を立てた。

さらに、末梢から得られた感覚情報は一次体性感覚野のみならず、後頭頂皮質においても処理されていることが知られている (Inui et al., 2004)。そのため、後頭頂皮質をターゲットとすることで触覚機能が向上する可能性がある。そこで、研究代表者は tDCS よりも高い刺激効果が期待できる anodal tPCS を後頭頂皮質に対して与えることで触覚機能を向上させることができるのではないかと仮説を立てた。一次体性感覚野や後頭頂皮質に対して、経頭蓋電気刺激を与えることで生じる触覚機能の変化を計測することでそれら仮説を検証するという本研究の着想に至った。

### 2. 研究の目的

本研究は、(1) 一次体性感覚野における脳律動を変調させたときに触覚機能が向上するかどうか、(2) 後頭頂皮質の神経活動を変調させたときに触覚機能が向上するかどうかを経頭蓋電気刺激を用いて検証することを目的とした。

### 3. 研究の方法

実験1では、健康成人の左一次体性感覚野に対して経頭蓋交流電流刺激 (tACS) を与え、その刺激前と刺激中に右手指の触覚方位弁別能力を計測した。さらに、刺激前に一次体性感覚野における脳律動を計測し、刺激前の脳律動と刺激によって得られる触覚方位弁別能力の変化の間の関係を検討した。tACS は 10 Hz tACS (刺激周波数: 10 Hz) と 70 Hz tACS (刺激周波数: 70 Hz)、偽刺激 (sham 刺激) の3条件とした。tACS の刺激強度は 0.7 mA、フェードインは 10 秒とした。電極サイズは 5cm×5cm (25cm<sup>2</sup>) とし、刺激電極は C3 の 3cm 後方 (左一次体性感覚野) と左肩に貼付した。触覚方位弁別能力の評価には触覚方位弁別課題を用いた。触覚方位弁別課題には機械的触覚刺激装置を用いて行った (図1)。触覚方位弁別課題は 8 つの異なる幅 (3.0, 2.0, 1.5, 1.2, 1.0, 0.75, 0.5, 0.35 mm) が刻みこまれたドーム状のブロックを手指に押し当て、その溝の方位 (縦、横) を回答するものである。また、一次体性感覚野における脳律動の指標として、安静時のパワースペクトル密度 (PSD) と右正中神経に対する単発電気刺激時にみられる事象関連同期 (ERS) を計測した。

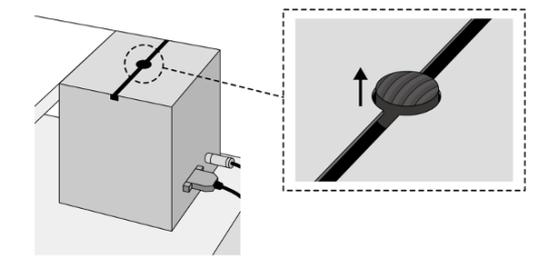


図1 機械的触覚刺激装置

実験2では、健康成人の左右の後頭頂皮質に対して陽極経頭蓋パルス電気刺激 (anodal tPCS) を与え、その刺激前後の右手指の触覚方位弁別能力を計測した。Anodal tPCS は右後頭頂皮質に対する anodal tPCS と右後頭頂皮質に対する偽刺激 (sham 刺激)、左後頭頂皮質に対する anodal tPCS、左後頭頂皮質に対する sham 刺激の4条件とした。Anodal tPCS のパルス幅は 50 ms、パルス間隔は 5 ms、刺激強度は 0.7 mA、フェードイン・フェードアウトは 10 秒、電極サイズは 5cm×5cm (25cm<sup>2</sup>) とした。刺激電極の貼付部位について、左後頭頂皮質に対して刺激を与えるときには陽極電極を P3、陰極電極を左肩に貼付し、右後頭頂皮質に対して刺激を与えるときには陽極電極を P4、陰極電極を右肩に貼付した。

### 4. 研究成果

(1) 実験1では、いずれの周波数帯域の tACS および sham 刺激においても、触覚方位弁別閾値および弁別感度に変化は認められなかった (図2)。

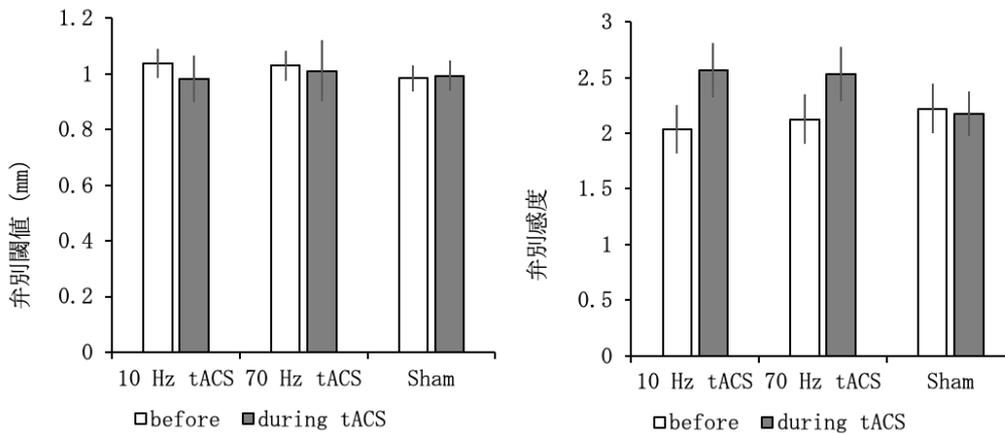


図2 tACSが触覚方位弁別能力に及ぼす効果

一方、刺激前の $\alpha$ 帯域のERSと10 Hz tACSによって生じる弁別閾値の変化率の間には有意な正の相関を認めた。また、刺激前の $\gamma$ 帯域のPSDと70 Hz tACSによって生じる弁別閾値の変化率の間にも有意な負の相関を認めた(図3)。これらの結果は、一次体性感覚野における $\alpha$ 帯域の脳律動パワーが低いほど、 $\alpha$ 帯域の刺激周波数である10 Hz tACSを与えることで触覚方位弁別能力が向上し、 $\gamma$ 帯域の脳律動パワーが高いほど、 $\gamma$ 帯域である70 Hz tACSを与えることで触覚方位弁別能力が向上することを示唆している。

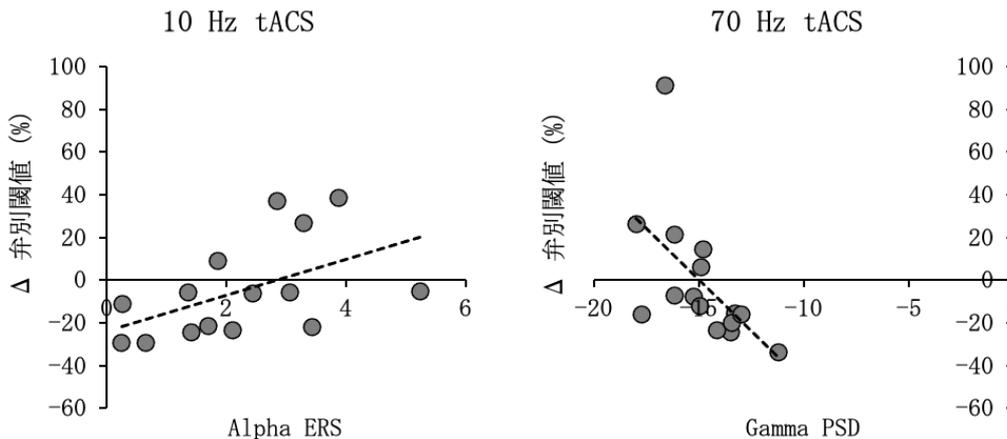


図3 刺激前の脳律動とtACSの刺激効果の関係

これらの結果より、一次体性感覚野に対してtACSを与えて触覚機能を向上させる場合には、刺激前の脳律動パワーに応じて、tACSの刺激周波数を選択することが必要である可能性を示唆され、触覚機能障がいを対象としたリハビリテーションへと展開するためにはさらなる検討が必要であると考えられる。

(2) 実験2では、左右の後頭頂皮質に対してanodal tPCSおよびsham刺激を与えた結果、いずれの刺激条件においても、刺激前後の触覚方位弁別閾値および弁別感度に有意な差は認められなかった。一方、右後頭頂皮質に対してanodal tPCSを与えたときには、刺激前の触覚方位弁別閾値と刺激によって生じる触覚方位弁別閾値の変化率の間に有意な負の相関が認められ、刺激前の弁別感度と刺激によって生じる弁別感度の変化率の間にも有意な負の相関が認められた。左後頭頂皮質に対するanodal tPCSおよび左右の後頭頂皮質に対するsham刺激では、触覚方位弁別閾値および弁別感度のいずれにおいても相関関係は認められなかった。これらの結果は、刺激前の触覚方位弁別能力が低いほど、右後頭頂皮質に対してanodal tPCSを与えることで触覚方位弁別能力が向上することを示唆している。

本研究より、一次体性感覚野のみならず、後頭頂皮質の神経活動を変調することでも触覚機能を向上させることができることが示唆された。触覚情報を処理する際には一次体性感覚野や後頭頂皮質以外にも多数の皮質領域が関与していることから、他の皮質領域の神経活動を変調させたときにも触覚機能が向上するのかなど、今後さらなる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Saito Kei, Otsuru Naofumi, Inukai Yasuto, Kojima Sho, Miyaguchi Shota, Tsuiki Shota, Sasaki Ryoki, Onishi Hideaki	4. 巻 384
2. 論文標題 Inhibitory Mechanisms in Primary Somatosensory Cortex Mediate the Effects of Peripheral Electrical Stimulation on Tactile Spatial Discrimination	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 262 ~ 274
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.05.032">https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.05.032</a>	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 Kei, Otsuru Naofumi, Inukai Yasuto, Miyaguchi Shota, Yokota Hirotake, Kojima Sho, Sasaki Ryoki, Onishi Hideaki	4. 巻 375
2. 論文標題 Comparison of transcranial electrical stimulation regimens for effects on inhibitory circuit activity in primary somatosensory cortex and tactile spatial discrimination performance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 112168 ~ 112168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112168">https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112168</a>	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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 齊藤慧, 大鶴直史, 犬飼康人, 小島翔, 宮口翔太, 横田裕丈, 佐々木亮樹, 大西秀明
2. 発表標題 一次体性感覚野への経頭蓋電気刺激がpaired pulse depressionに及ぼす影響
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤慧, 大鶴直史, 犬飼康人, 小島翔, 宮口翔太, 横田裕丈, 佐々木亮樹, 大西秀明
2. 発表標題 一次体性感覚野への経頭蓋電気刺激が触覚方位弁別能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤慧, 大鶴直史, 犬飼康人, 小島翔, 宮口翔太, 横田裕丈, 大西秀明
2. 発表標題 一次体性感覚野への経頭蓋交流電流刺激が触覚方位弁別能力にもたらす効果と脳律動の関係
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
--	---------------------------	-----------------------	----