

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16446

研究課題名(和文) ヒトの感覚機能の回復を促す新たなリハビリテーション手法の開発

研究課題名(英文) Development of a new rehabilitation to improve human somatosensory function

研究代表者

齊藤 慧 (SAITO, KEI)

新潟医療福祉大学・医療技術学部・助教

研究者番号：80707315

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトの体性感覚機能の向上には一次体性感覚野などの神経活動が重要な役割を担っていると考えられている。本研究では、まず経皮的な末梢電気刺激を用いて体性感覚機能を向上させたときに一次体性感覚野の神経活動がどのように変化するかを検証した。その後、一次体性感覚野に対して経頭蓋電気刺激を与えることで一次体性感覚野の神経活動と体性感覚機能にもたらす影響を検証した。結果、体性感覚機能の向上には一次体性感覚野の抑制機能の減弱が関与していること、さらには経頭蓋パルス電流刺激や経頭蓋ランダムノイズ刺激を与えることで一次体性感覚野の抑制機能の減弱や神経活動の増大が生じ、体性感覚機能を向上させることが判明した。

研究成果の概要(英文)：The activity of the primary somatosensory cortex plays a vital role in enhancing tactile perceptual performance. In this study, we first evaluated how the activity of primary somatosensory cortex is influenced by improving the tactile perceptual performance using peripheral electrical stimulation. Second, we confirmed what kind of transcranial electrical stimulation modulates the activity of the primary somatosensory cortex and eventually the tactile perceptual performance. Consequently, we observed that decreased activity of inhibitory circuits in the primary somatosensory cortex correlated with improved tactile perceptual performance. Furthermore, transcranial pulsed current stimulation and of the primary somatosensory cortex decreased the activity of inhibitory circuits in the primary somatosensory cortex and transcranial random noise stimulation increased the activity of the primary somatosensory cortex, thus improving the tactile perceptual performance.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：末梢電気刺激 経頭蓋電気刺激 触覚方位弁別覚 体性感覚誘発電位 一次体性感覚野

1. 研究開始当初の背景

ヒトが日常生活を営むうえで、手指で触れている対象物の形状や硬さ、重さなどの体性感覚情報は欠かすことができない。ヒトはこの体性感覚情報を一次体性感覚野や二次体性感覚野、頭頂連合野で処理することで、手に触れたものがどのような形状をしているかなどの情報を知覚することができる。

この体性感覚情報を処理するプロセスは脳卒中などの中枢神経系疾患により損傷しやすく、それにより体性感覚機能は低下することが知られている。しかし、リハビリテーションにおいて感覚機能障がいには治療に難渋することが多い。申請者は末梢電気刺激や経頭蓋電気刺激を用いて一次体性感覚野の神経活動を変調させることで、体性感覚機能を向上させることができると仮説を立て、体性感覚機能と脳活動を計測することでその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) 体性感覚機能が向上するときに一次体性感覚野の神経活動がどのように変化するかを明らかにし、(2) 経頭蓋電気刺激を用いて一次体性感覚野の神経活動を変調させたときに体性感覚機能が向上するかどうかを検証することを目的とした。

3. 研究の方法

実験1として、健常者の右示指先端に末梢電気刺激(PES)を30分間与え、刺激前後で体性感覚機能と一次体性感覚野における神経活動を比較・検討した。末梢電気刺激は20 Hzの刺激パルスで1秒 on-5秒 offの刺激サイクルで与えた。刺激強度は痛みを生じない最大強度から0.1 mAを減算した強度(高強度)と刺激を知覚し始める強度に0.1 mAを加算した強度(低強度)の2条件とした。体性感覚機能の評価には、8つの異なる縞(3.0, 2.0, 1.5, 1.2, 1.0, 0.75, 0.5, 0.35 mm)が刻み込まれたドーム状の機器を指に押し当て、その縞の方向が縦か横かを答える触覚方位弁別課題を用いた(図1)。一次体性感覚野の神経活動の評価には2連発電気刺激による体性感覚誘発電位(SEP)を用いて、一次体性感覚野の抑制機能(SEP-PPD)を検証した。

実験2として、健常者の一次体性感覚野に対して経頭蓋電気刺激を与え、その刺激前後で一次体性感覚野における神経活動(single SEP, SEP-PPD)と体性感覚機能を比較・検討した。経頭蓋電気刺激は陽極経頭蓋直流電気刺激(a-tDCS)と経頭蓋交流電気刺激(tACS, 周波数: 140 Hz), 経頭蓋ランダムノイズ刺激(tRNS, 周波数: 0.1-640 Hz), 陽極経頭蓋パルス電気刺激(a-tPCS), 偽刺激の5条件とし、偽刺激を除く4条件はいずれも電極直下の皮質興奮性を増大させる刺激条件とした。いずれの刺激条件についても、刺激強

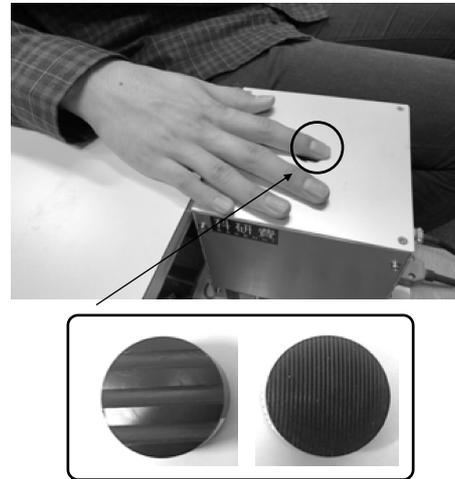


図1 触覚口位弁別課題

度は1 mA, フェードイン・フェードアウトは5秒とした。電極サイズは5cm x 5cm (25cm²)とし、電極部位はC3の3cm後方(左一次体性感覚野)と右眼窩上部とした。

4. 研究成果

【実験1】

PES後に触覚方位弁別覚(弁別閾値, 弁別感度)およびSEP-PPDに変化は認められなかった。しかし、高強度PESでは、PES前の触覚方位弁別覚が低いほど(体性感覚機能が低いほど)、高強度PES後に触覚方位弁別覚が向上することが明らかになった(図2, 3)。

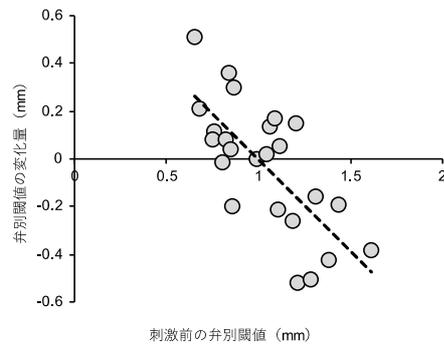


図2 高強度PES後に生じる弁別閾値の変化と刺激前の弁別閾値の関係性

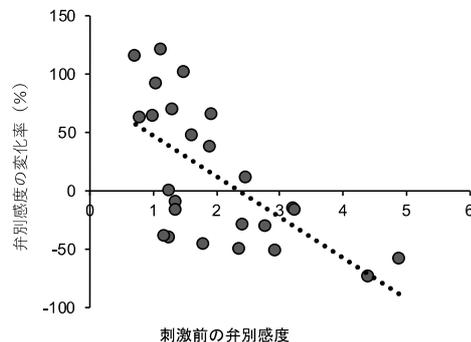


図3 高強度PES後に生じる弁別感度の変化と刺激前の弁別感度との関係性

また、高強度 PES によって触覚方位弁別覚が向上する群 (GOT 向上群) と低下する群 (GOT 低下群) に分けると、GOT 向上群では SEP-PPD が減弱 (一次体性感覚野の抑制機能が減弱) し、GOT 低下群では SEP-PPD が増強 (一次体性感覚野の抑制機能が増強) することが明らかになった (図 4)。

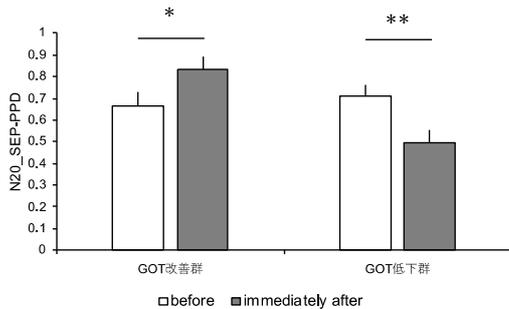


図4 高強度PESがSEP-PPDに及ぼす影響
* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

また、GOT 改善群において、高強度 PES によって触覚方位弁別覚が向上するほど、SEP-PPD が減弱することが判明した (図 5 b)。

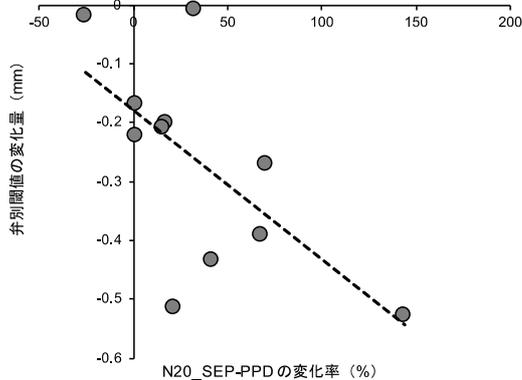


図5 高強度PES後の弁別閾値の変化量とSEP-PPDの変化率の関係性

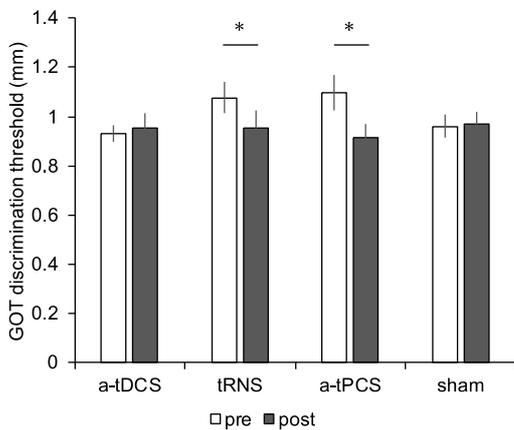


図6 経頭蓋電気刺激が触覚方位弁別覚に及ぼす影響

【実験2】

経頭蓋電気刺激が一次体性感覚野に及ぼす影響について、a-tDCS および a-tPCS 後に SEP-PPD が減弱し、tRNS 後に single SEP が増大することが明らかになった (図 7)。

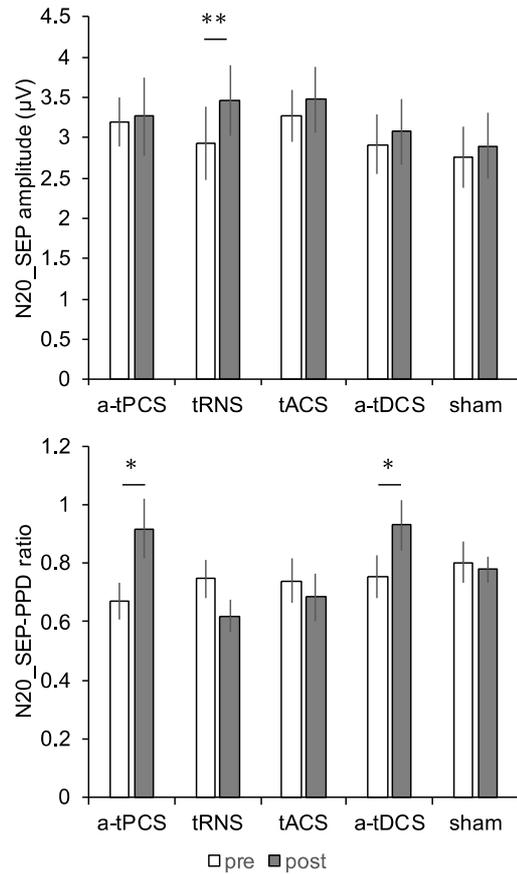


図7 経頭蓋電気刺激がsingle SEPとSEP-PPDに及ぼす影響

また、経頭蓋電気刺激が体性感覚機能にもたらす影響については、tRNS および a-tPCS が触覚方位弁別覚の弁別閾値を向上させることが明らかになった (図 8)。

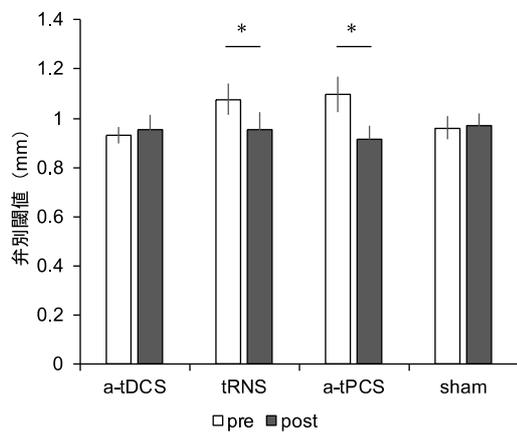


図8 経頭蓋電気刺激が触覚方位弁別覚に及ぼす影響

実験1において、高強度 PES 後の触覚方位弁別覚向上には SEP-PPD の減弱が関与していることを示した。この結果より、体性感覚機

能向上には一次体性感覚野の抑制機能の減弱が関与している可能性が示唆された。

実験2において、a-tPCSはSEP-PPDを減弱し、触覚方位弁別覚を向上させることを示した。一方、tRNSはsingle SEPを増大し、触覚方位弁別覚を向上させることを明らかにした。これらの結果により、tRNSとa-tPCSは体性感覚機能を向上させる効果が認められるが、その効果メカニズムはtRNSとa-tPCSとの間で異なる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

1. Saito K, Otsuru N, Inukai Y, Kojima S, Miyaguchi S, Tsuiki S, Sasaki R, Onishi H. Inhibitory Mechanisms in Primary Somatosensory Cortex Mediate the Effects of Peripheral Electrical Stimulation on Tactile Spatial Discrimination. *Neuroscience*. 2018 Jun 1;384:262-274. doi: 10.1016/j.neuroscience.2018.05.032.

[学会発表](計3件)

1. 齊藤慧. 末梢電気刺激がもたらす神経生理学的変化. 第52回日本理学療法学会大会(千葉), 2017.5.12-5.14. (特別講演)
2. 齊藤慧, 犬飼康人, 立木翔太, 佐々木亮樹, 小島翔, 宮口翔太, 正木光裕, 大鶴直史, 大西秀明. 指尖への末梢電気刺激後に生じる触覚方位弁別能力向上に Paired pulse inhibition の減弱が関与する. 第47回日本臨床神経生理学会大会(横浜), 2017.11.29-12.1.
3. 齊藤慧, 犬飼康人, 立木翔太, 佐々木亮樹, 小島翔, 宮口翔太, 正木光裕, 大鶴直史, 大西秀明. 指尖への末梢電気刺激が一次体性感覚野の活動性に及ぼす影響. 第52回日本理学療法学会大会(千葉), 2017.5.12-5.14.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齊藤 慧 (KEI SAITO)

新潟医療福祉大学・医療技術学部・助教

研究者番号: 80707315