

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11194

研究課題名（和文）知覚学習の効果を向上させる神経ネットワーク刺激戦略の開発

研究課題名（英文）Developing Neural Network Stimulation Strategies to Improve the Effect of Perceptual Learning

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・講師

研究者番号：80707315

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：特定の知覚刺激を使った課題を繰り返し行うことでその課題成績を向上させることができ、このプロセスは知覚学習と呼ばれている。本研究では、その知覚学習効果には大きな個人差があり、その背景には一次体性感覚野における帯域の律動活動変化の違いが関与している可能性が示された。さらに、帯域の脳律動活動を増強することができる経頭蓋交流電流刺激（tACS）を一次体性感覚野に与えることで知覚学習効果を増強できるかを検討したが、知覚学習効果は増強されない可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに、感覚機能を向上させるために、知覚学習を用いた介入手法が検討されてきた。本研究は知覚学習効果には個人差があり、その個人差を引き起こす要因のひとつに感覚情報を処理する皮質領域の律動活動が関与している可能性を示した。知覚学習効果の個人差を説明する要因については検討すべき事項が残されているが、今後さらなる検証を進めて、知覚学習効果を増強する介入方法を開発していきたい。

研究成果の概要（英文）：Perceptual learning is defined as an experience-dependent permanent and consistent change in the perception of a stimulus array, following practice with that array. In this study, we revealed individual differences in perceptual learning effects, which involved differences in alpha oscillation changes in the primary somatosensory cortex. Additionally, we examined whether transcranial alternating current stimulation of the primary somatosensory cortex at alpha frequency, which enhances neural alpha oscillation, could enhance the perceptual learning effect. The results suggested that the perceptual learning effect was not enhanced.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：知覚学習 経頭蓋交流電流刺激 触覚方位弁別覚 脳波

1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者の5人に1人が指先で触れたものを知覚・識別することが困難になる。その影響は触覚機能に留まらず、リハビリテーションの効果を低減するなど多岐にわたり、触覚機能障がい治癒へと導く治療法の確立は喫緊の課題であった。知覚学習は特定の知覚刺激を用いた課題を繰り返し行うことでその課題成績が向上する過程であり、視覚機能を向上させる効果が明らかにされている (Karni et al., 1993)。知覚学習理論を用いた介入方法が触覚機能にもたらす効果については十分に検討されていなかったが、視覚機能が向上する効果に基づいて触覚機能をはじめとした感覚機能障がいに対するリハビリテーション医療への応用が期待されている。しかしながら、知覚学習理論に基づいた介入を行ったとしても、3人に1人はその学習効果がほとんど得られないという問題を抱えていた。知覚学習を触覚機能障がいに対するリハビリテーション医療へと応用するためには、知覚学習効果が不安定となる要因を解明し、知覚学習効果を増強する手法を新たに検討することが必要であった。

2. 研究の目的

上述の背景から、本研究課題では研究 として、触覚の知覚学習効果に関わる皮質領域とその律動活動を明らかにすることを目的とした。さらに、研究 では、特定の皮質領域の律動活動を増強することができる経頭蓋交流電流刺激 (tACS) を用いて、知覚学習効果を増強することができるかを検証した。

3. 研究の方法

(1) 触覚の知覚学習効果に関わる皮質領域とその律動活動の検証

対象は健常成人男性 25 名とした。対象者は右示指にて触覚方位弁別を用いたトレーニング課題を実施し、その課題前後で右示指の触覚方位弁別能力を計測した。また、触覚方位弁別を用いたトレーニング課題による脳律動の変化を検討するために課題前後および課題中に安静時脳波の計測を実施した。触覚方位弁別を用いたトレーニング課題および触覚方位弁別能力の評価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。触覚方位弁別を用いたトレーニング課題については、1 ブロックを 50 回施行 (縦 25 回、横 25 回) とし、ブロック間に 5 分間の休憩を挟んで 4 ブロック実施した。各ブロックで使用した刺激幅は一つ前のブロックの課題正答率 (1 ブロック目については課題前の弁別閾値) に応じて設定した。触覚方位弁別能力の評価については、各刺激幅を 16 回ずつ (16 回 × 8 条件 = 128 回) 実施し、それぞれの課題正答率から 75% の確率で正答できる刺激幅 (弁別閾値) を算出した。安静時脳波の計測については、64ch の全頭型脳波計を用いて 5 分間実施し、そこから各 ch の安静時パワースペクトル密度を算出した。

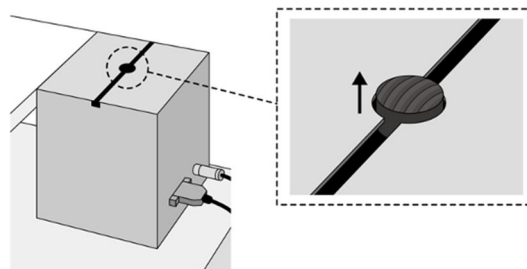


図1 機械的触覚刺激装置

(2) tACS が知覚学習効果にもたらす効果の検証

対象は健常成人 27 名とした。対象者の左一次体性感覚野に対して経頭蓋交流電流刺激 (tACS) を与えながら、知覚方位弁別課題を用いたトレーニング課題を実施し、その課題前後で右示指の触覚方位弁別能力を計測した。触覚方位弁別を用いたトレーニング課題については、研究 と同様に、1 ブロックを 50 回施行として、4 ブロック実施した。tACS の刺激強度は 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 5 cm × 5 cm (25 cm²) とした。刺激電極の貼付部位は CP3 と左肩とした。実験プロトコルを図 2 に示す。対象者は トレーニング課題 + tACS (刺激周波数: 10 Hz)、トレーニング課題 + tACS (刺激周波数: 20 Hz)、トレーニング課題のみの 3 群に分けられた。各介入の直前および直後、課題終了後 30 分で触覚方位弁別能力の評価を実施した。

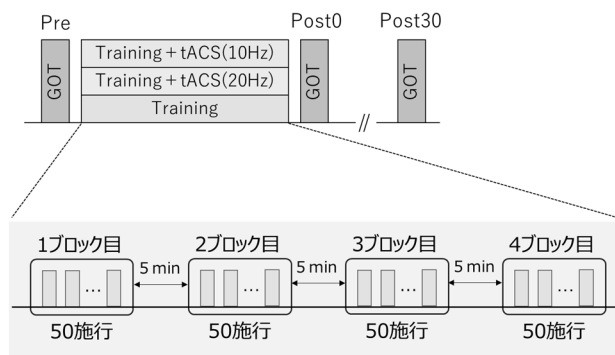


図2 実験プロトコル

4. 研究成果

(1) 触覚の知覚学習効果に関わる皮質領域とその律動活動の検証

図3にトレーニング課題が触覚方位弁別能力にもたらす効果, トレーニング課題の効果と課題前の弁別閾値の関係を示した. 対応のある t 検定の結果, トレーニング課題前後で弁別閾値に有意差が認められた ($p = 0.028$). また, トレーニング課題による弁別閾値の変化量と課題前の弁別閾値の間に負の相関が認められた ($R = -0.811, p < 0.01$).

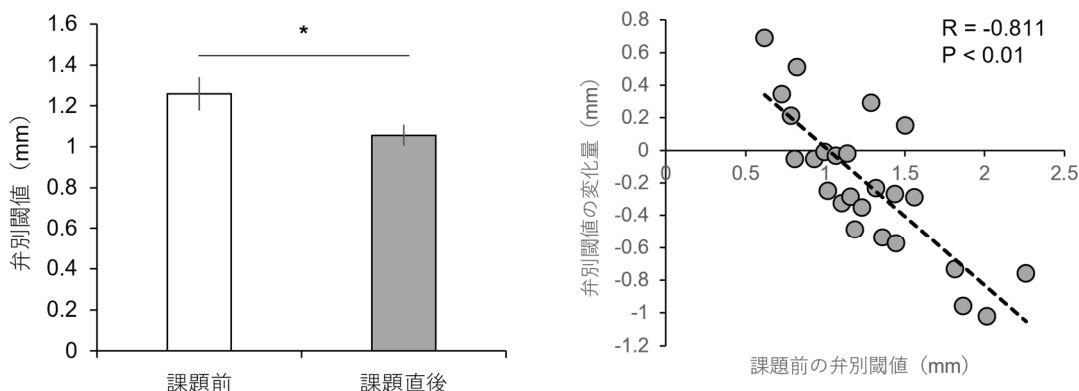


図3 トレーニング課題が触覚方位弁別能力にもたらす効果

トレーニング課題による弁別閾値の変化量に基づき, 被験者を低学習群と高学習群の 2 群に分けた. 図4に低学習群と高学習群におけるトレーニング課題が触覚方位弁別能力と脳律動にもたらす効果を示した. 対応のある t 検定の結果, 高学習群ではトレーニング課題前後で弁別閾値に有意差が認められたが ($p = 0.00013$), 低学習群では有意差は認められなかった ($p = 0.082$). さらに, パーミュテーションテストの結果, 高学習群ではトレーニング課題中とトレーニング課題前との間で C3 ($p = 0.0008$), C5 ($p = 0.0005$), CP3 ($p = 0.0104$), CP5 ($p = 0.0011$) における 帯域 (8-13 Hz) の安静時パワースペクトル密度に有意差が認められた. 一方, 低学習群ではトレーニング課題中とトレーニング課題前との間で 帯域の安静時パワースペクトル密度に有意差は認められなかった.

これらの結果より, 高学習群ではトレーニング課題によって触覚方位弁別能力が向上することに加えて, 一次体性感覚野領域の 帯域の律動活動が増大する可能性が示された. 一方, 低学習群ではトレーニング課題によって触覚方位弁別能力と 帯域の律動活動は変化しない可能性が示唆された.

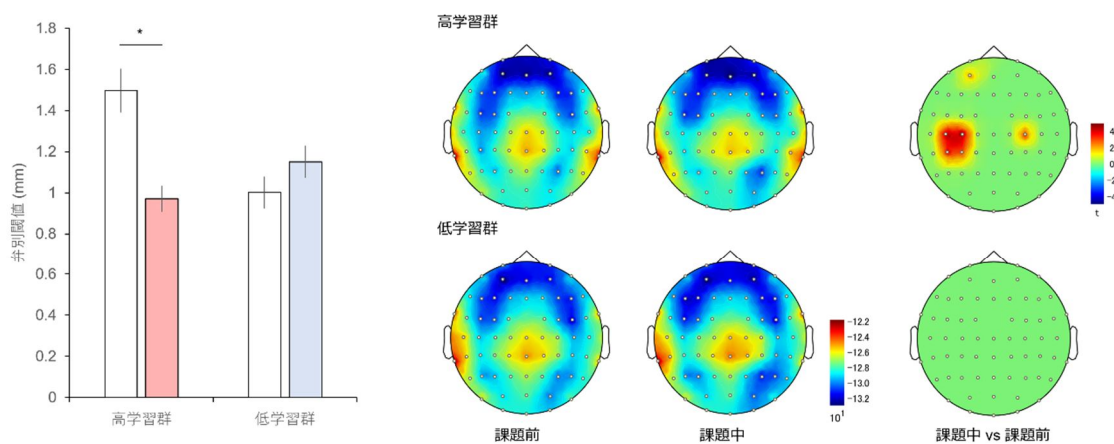


図4 トレーニング課題が触覚方位弁別能力 (左図) と脳律動 (右図) にもたらす効果

(2) tACS が知覚学習効果にもたらす効果の検証

トレーニング課題 + tACS (10 Hz), トレーニング課題 + tACS (20 Hz), トレーニング課題のみとともに課題直後に弁別閾値が低下する傾向を示しており, 介入群間に違いは認められない傾向を示唆している.

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 3件）

1. 著者名 Sakai Saki, Saito Kei, Kojima Sho, Otsuru Naofumi, Onishi Hideaki	4. 巻 93
2. 論文標題 Grating orientation task trial numbers for short- and long-term tactile discrimination learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 195 ~ 199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jocn.2021.08.026	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, Yokota Hirotake, Inukai Yasuto, Miyaguchi Shota, Kojima Sho, Onishi Hideaki	4. 巻 11
2. 論文標題 tACS over the somatosensory cortex enhances tactile spatial discrimination in healthy subjects with low alpha activity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain and Behavior	6. 最初と最後の頁 e02019
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/brb3.2019	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, Kojima Sho, Miyaguchi Shota, Nagasaka Kazuaki, Onishi Hideaki	4. 巻 494
2. 論文標題 Effect of Transcranial Electrical Stimulation over the Posterior Parietal Cortex on Tactile Spatial Discrimination Performance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 94 ~ 103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neuroscience.2022.05.010	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0件

〔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
研究 分 担 者	大鶴 直史 (Otsuru Naofumi) (50586542)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授 (33111)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	宮口 翔太 (Miyaguchi Shota) (60780343)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師 (33111)	
研究分担者	大西 秀明 (Onishi Hideaki) (90339953)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授 (33111)	

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