

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：34309

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750208

研究課題名（和文）非侵襲脳刺激法による脳卒中患者の運動学習への促進効果とその神経メカニズムの解明

研究課題名（英文）Effect of non-invasive brain stimulation on motor learning in stroke patients and understanding the neural mechanisms

研究代表者

中野 英樹 (Nakano, Hideki)

京都橘大学・健康科学部・助教

研究者番号：60605559

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、適応的運動学習課題において、課題実施前の安静時における左感覚運動領域のベータ波は空間的制御に、左頭頂領域のベータ波は時間的制御に関与することを明らかにした。また、経頭蓋直流電気刺激を用いて、課題実施前の安静時における左感覚運動領域の興奮性増加は空間的制御能力を向上させることを明らかにした。これらの結果により、課題実施前の安静時脳活動は運動技能獲得に関与すること、そして安静時脳活動の活性化は運動技能獲得を向上させることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study showed that beta rhythms in left sensorimotor area in resting state before performing the task are related to spatial control, and beta rhythms in left parietal area are involved with time control in the motor adaptation learning task. In addition, it was revealed that increased excitability in left sensorimotor areas in resting state before performing the task induced by transcranial Direct Current Stimulation improves spatial control. These results suggest that resting brain activity before performing the task associates with motor skill acquisition, and activation of resting brain activity improves motor skill acquisition.

研究分野：リハビリテーション神経科学

キーワード：リハビリテーション 脳卒中 非侵襲脳刺激法 経頭蓋直流電気刺激 脳波 安静時脳活動 運動制御 運動学習

1. 研究開始当初の背景

経頭蓋直流電気刺激 (transcranial Direct Current Stimulation: tDCS) は非侵襲性脳刺激法として近年注目されている手法であり、この tDCS を用いることによって健常者の運動技能 (Butler AJ, et al. J Hand Ther. 2013) ならびに脳卒中患者の運動機能回復 (Bastani A, et al. Clin Neurophysiol. 2012) が向上することが報告されている。しかし、運動学習への効果を示しているこれらの報告は、主に運動課題中の脳活動を活性化させたものであり、運動学習ならびに運動機能回復に関連した安静時脳活動を機能的に活性化させたものではない。近年、安静時脳活動は健常者の運動学習 (Wu J, et al. Neuroimage. 2014) ならびに脳卒中患者の運動機能回復 (Zhang Y, et al. Neuroradiology. 2016) に関与することが報告されている。そのため、運動学習に関わる安静時脳活動を tDCS にて活性化させることにより、その後獲得される運動技能を向上できる可能性が考えられるが、その点に関しては未だ明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、脳波計を用いて運動学習に関連した課題前の安静時脳活動を明らかにし、tDCS を用いた安静時脳活動の活性化が運動パフォーマンスに及ぼす効果について検証することである。具体的には以下の3点について明らかにする。(1) 健常者を対象として、新規な運動学習課題を実施し、脳波計を用いて運動学習に関連した課題前安静時脳活動を明らかにする。(2) 健常者を対象として、tDCS を用いて上記で明らかになった課題前安静時脳活動を活性化させる介入を行い、新規な運動学習課題における運動パフォーマンスの変化を明らかにする。(3) tDCS を用いて課題前安静時脳活動を活性化させる介入を脳卒中片麻痺患者に対して行い、その効果を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 実験1

対象は、本研究に参加の同意を得た健常者とする。全ての参加者は Edinburgh Handedness Inventory で右利きを示した。対象者は、学習群とコントロール群にランダム割付けされた。運動学習課題は、非利き手でのトラッキング課題とした(図1)。運動学習群は操作する指標が画面上に表示され、コントロール群では指標が表示されない設定とした。最初に、閉眼にて安静時脳波活動を90秒間計測した。次に、トラッキング課題を計10試行実施した。トラッキング課題のアウトカムとして、空間的誤差(指標とターゲットの距離の絶対値)と時間的誤差(ターゲットに対する指標のY軸上の差を平均した値)を算出した(図2)。脳波は、国際10-20法に基づき、64チャンネル、サンプリング周波数

512Hz で記録した。脳波の解析は、安静90秒間から前後15秒間を除外した60秒間を対象とし、power spectrum 解析を用いて運動関連領域ならびに頭頂領域のベータ波のパワー値を算出した。

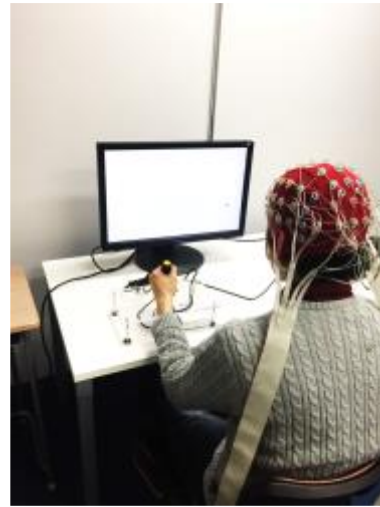


図1: 本研究で使用したトラッキング課題

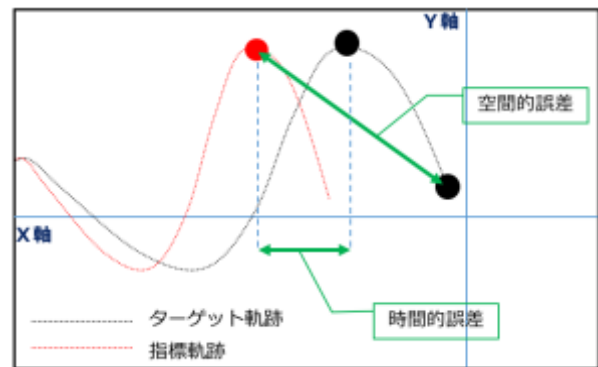


図2: トラッキング課題における空間的誤差と時間的誤差の計測方法

(2) 実験2

対象は、本研究に参加の同意を得た健常者とした。全ての参加者は Edinburgh Handedness Inventory で右利きを示した。対象者は、陽極 tDCS 群と偽性 tDCS 群にランダム割付けされた。両群ともに tDCS は運動学習課題前に実施した。陽極 tDCS 群では、刺激時間10分間、刺激強度は2mAとした。偽性 tDCS 群では、刺激時間は最初の15秒間、刺激強度は2mAとした。刺激部位は、実験1の結果を参考に、国際10-20法に基づいて陽極電極を左感覚運動領域に設置した。運動学習課題は、非利き手でのトラッキング課題とした。トラッキング課題は計10試行実施した。トラッキング課題のアウトカムとして、空間的誤差(指標とターゲットの距離の絶対値)と時間的誤差(ターゲットに対する指標のY軸上の差を平均した値)を算出した。

(3) 実験 3

対象は、医学的に状態が安定しており、本研究に参加の同意を得た脳卒中患者とした。実験デザインとして、ベースライン期間と介入期間を設けた。ベースライン期間では、偽性 tDCS を実施し、刺激時間は最初の 15 秒間、刺激強度は 2mA とした。介入期間では、陽極 tDCS を実施し、刺激時間 10 分間、刺激強度は 2mA とした。両期間ともに tDCS は運動学習課題前に実施した。運動学習課題は、麻痺側上肢でのトラッキング課題とした。トラッキング課題は計 10 試行実施した。トラッキング課題のアウトカムとして、空間的誤差（指標とターゲットの距離の絶対値）と時間的誤差（ターゲットに対する指標の Y 軸上の差を平均した値）を算出した。

4. 研究成果

(1) 実験 1

運動学習群において、トラッキング課題の空間的誤差は、試行回数を重ねるにつれて有意な減少を示した ($p < 0.05$) (図 3) が、時間的誤差は有意差を示さなかった ($p > 0.05$) (図 4)。一方、コントロール群では、空間的誤差および時間的誤差ともに有意差を示さなかった ($p > 0.05$)。

また、課題前安静時脳波活動に関しては、左感覚運動領域、左頭頂領域におけるベータ波のパワー値は、コントロール群と比較して、運動学習群で有意な減少を示した。さらに、運動学習群におけるトラッキング課題の空間的誤差と左感覚運動領域における課題前安静時ベータ波のパワー値との間に有意な相関関係 ($p < 0.05$) を認め、トラッキング課題の時間的誤差と左頭頂領域における課題前安静時のベータ波パワー値との間に有意な相関関係 ($p < 0.05$) を認めた。

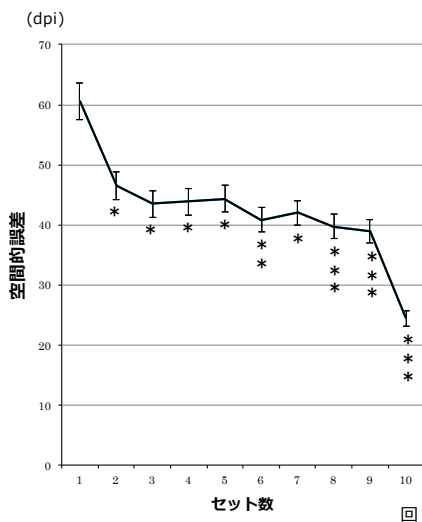


図 3：運動学習群におけるトラッキング課題の空間的誤差の結果

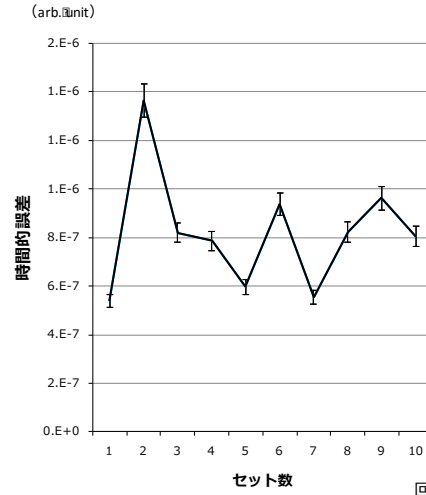


図 4：運動学習群におけるトラッキング課題の時間的誤差の結果

(2) 実験 2

陽極 tDCS 群、偽性 tDCS 群ともに、トラッキング課題の空間的誤差は、試行回数を重ねるにつれて有意な減少を示した ($p < 0.05$)。さらに、その減少率は偽性 tDCS 群と比較して陽極 tDCS 群で大きな値を示した。一方、時間的誤差に関しては有意差を示さなかった ($p > 0.05$)。

(3) 実験 3

トラッキング課題の空間的誤差は、ベースライン期間と比較して、介入期間で有意な減少を示した ($p < 0.05$)。一方、時間的誤差に関しては有意差を示さなかった ($p > 0.05$)。

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 中野英樹. 脳機能回復と認知神経的アプローチ. 理学療法ジャーナル. 2015, 49(9):813-19. (査読無)
DOI: 10.11477/mf.1551200316

〔学会発表〕 (計 2 件)

- ① 山本浩人, 中野英樹, 森岡 周. 視覚運動学習課題における時間的・空間的制御に関連する安静時脳活動の検討-Power spectrum 解析を用いて-. 第 2 回身体運動制御学とニューロリハビリテーション研究会. 2016, 7, 畿央大学 (奈良).
- ② 山本浩人, 中野英樹, 石垣智也, 森岡 周. 適応的運動学習における安静時脳活動は時間・空間的制御に関連する. 第 52 回日本理学療法学会大会. 2017, 5, 幕張メッセ国際会議場 (千葉).

[図書] (計3件)

- ① Nakano H, Kodama T. Understanding neural mechanisms of action observation for improving human motor skill acquisition. Electroencephalography. InTech. 2017, in press.
- ② Nakano H, Kodama T. Motor imagery and action observation as effective tools for physical therapy. InTech. 2017. DOI: 10.5772/67519
- ③ 中野英樹, 森岡 周. 脳の可塑性と運動療法. 脳卒中理学療法ベスト・プラクティス. 文光堂. 2014, pp. 58-84.

[その他]

- ① <http://kenkyu.tachibana-u.ac.jp/ktu hp/KgApp?kyoinId=yambegeosggy>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 英樹 (NAKANO, Hideki)
京都橘大学・健康科学部・助教
研究者番号：60605559