

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：37131

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17684

研究課題名（和文）前庭機能の脳内情報処理明とニューロリハビリテーションの開発

研究課題名（英文）Clarification of information processing in the brain of vestibular function and development of neurorehabilitation

研究代表者

岡 真一郎 (Oka, Shinichiro)

令和健康科学大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：30637880

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）：立位姿勢制御と頭頂葉の振動現象の連関機構を検討するため、フォームラバー上頭部回旋立位時の身体動揺を頭頂部へのtACS前後で比較した。その結果、開眼条件と閉眼条件では関連する周波数が異なることが分かった。また、新たなニューロリハビリテーションとして、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた完全没入型の視運動刺激（OKS）がバランス能力を改善し、HMDにおけるOKS中の脳活動の変化と身体動揺の変化が関係していたことが分かった。以上の研究成果から、立位姿勢制御における頭頂葉の振動現象の特性がわかり、HMDによるOKSによる脳機能賦活がバランス能力を改善できる可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘッドマウントディスプレイ（HMD）が社会実装され、完全没入型の視覚刺激を簡便に実施できるようになっている。本研究は、立位姿勢制御と頭頂葉の振動現象との連関機構を明らかにした。そして、HMDを用いた視運動刺激という簡便な方法で頭頂葉を賦活すると、バランス能力を改善するという新たなニューロリハビリテーションの開発に成功している。本研究の結果は、HMDによる視運動刺激という簡便な方法がバランス能力を改善するリハビリテーションとしてさらなる発展できる可能性が高く大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：To investigate the coupling mechanism of parietal lobe oscillation phenomena in standing postural control, we compared body movements during form rubber upper head rotation standing before and after tACS to the parietal region. The results revealed that the relevant frequencies were different in the open-eye and closed-eye conditions. In addition, as a new neurorehabilitation, fully immersive optokinetic stimulation (OKS) using a head-mounted display (HMD) improved balance ability, and changes in brain activity during OKS in the HMD were found to be related to changes in body sway. These research results indicate the characteristics of parietal lobe oscillatory phenomena in standing postural control and the possibility that brain function activation by OKS with HMD can improve balance ability.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：立位姿勢制御 頭頂葉 経頭蓋直流電流刺激 経頭蓋交流電流刺激 ヘッドマウントディスプレイ 視運動刺激 ニューロ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

立位姿勢制御は、視覚、体性感覚および前庭覚の複合的な感覚情報と環境の変化に適応するため、感覚の重み付け再調整 (Sensory Reweighting) が行われている¹⁾。立位姿勢制御における感覚情報は感覚間で相反的あるいは協調的に作用しており、右半球では視覚からの外界の情報、左半球では前庭覚、体性感覚の自己の感覚情報を処理し、右頭頂葉で統合されると考えられている²⁾。我々は一側頭頂部の機能を一過性に抑制する経頭蓋直流電流刺激 (transcranial Direct Current Stimulation:tDCS) を用いて、立位姿勢制御において左右の頭頂葉で処理される感覚情報が異なることを明らかにしてきた³⁾。

頭頂葉における半球間のネットワークを介した感覚情報処理として、立位姿勢制御における大脳皮質の振動現象との関連が注目されている。近年の脳波研究では、歩行時に頭頂葉波⁴⁾、身体動揺時に頭頂葉波が増加する⁵⁾との報告があるが、頭頂葉の周期活動と立位姿勢制御における平衡機能との関連機構について一定の見解は得られていない。経頭蓋交流電流刺激 (transcranial Alternative Current Stimulation: tACS) は、一過性に大脳皮質における振動現象を誘発できる⁶⁾ことから、立位姿勢制御における頭頂葉の振動現象との関連機構を解明できる可能性がある。さらに、立位姿勢制御における感覚統合を担う頭頂葉は、縦縞の白黒スリットが左右に動く視運動刺激 (Optokinetic stimulation: OKS) により賦活することが報告されている。

2 . 研究の目的

本研究の目的は、感覚情報処理の統合に寄与している頭頂葉と立位姿勢制御の関連機構について頭頂葉の振動現象という観点から解明し、バランス能力を改善する新しいニューロリハビリテーションを開発することである。

- 1) tACS を用いて立位姿勢制御における頭頂葉の振動現象の関連性を解明した。
- 2) バランス能力改善のための新たなニューロリハビリテーションとして、OKS を完全没入型の視覚刺激できるヘッドマウントディスプレイ (Head mounted display: HMD) が立位姿勢制御に与える効果を検証した。

3 . 研究の方法

1) 対象は右利き健康成人 10 名とした。tACS は DC stimulator plus (Neuroconn 社製) を使用した。刺激電極は 5×5 cm のラバー電極をスポンジパッドに入れ、国際 10/20 法に基づき左右の頭頂部である P3 および P4 に接地した。tACS の刺激条件は、sham, 10Hz, 20Hz, 40Hz とし、刺激強度 1.0 mA で刺激時間 20 分間刺激した。tACS, sham の実施間隔をそれぞれ 2 日以上設けた。tACS 前後の重心動揺検査は、重心動揺計 Twingravocoder G-6100 (ANIMA 社製) とフォームラバー CGT バランスパッドを使用し、固い床面上静止立位をサンプリング周波数 20 Hz で 60 秒、フォームラバー上頭部回旋立位 (FHR) をサンプリング周波数 100 Hz で 20 秒測定した。静止立位および FHR の視覚条件は開眼 (EO) と閉眼 (EC) とした。静止立位の開眼 (S-EO) では 2 m 前方の目線の高さに直径 2 cm の視標を設置し、対象者に注視するよう指示した。FHR の頭部回旋運動は、ゴニオメーターを用いて回旋角度 (左右 35°) を提示し、メトロノームに合わせて 2 Hz で回旋するよう指示した。

2) 対象は健康若年成人 10 名であった。OKS はスマートフォン用 HMD (S-HMD, Z3VR Headset, Vox+ 社製) にスマートフォンを設置し、視運動刺激アプリケーション Optodrum (Linsay Associates, LLC 社製) を用いて、横方向への 1 分間のスリット刺激を 5 回実施した。立位姿勢制御の評価は、重心動揺計 twingavocoder G-6100 (ANIMA) にて閉脚での静止立位、左右の片脚立位を開眼、閉眼で 60 秒間測定した。また、誘発筋電図記録装置 Neuropack MEB2200 (日本光電) を使用して、立位時に脳波をサンプリング周波数 1 kHz で記録した。脳波と重心動揺検査は同時に測定した。

4 . 研究成果

1) 開眼条件では 20 Hz と 40 Hz、閉眼では 20 Hz で身体動揺が減少した。この結果から頭頂葉における脳内情報処理特性として、視覚と前庭覚の複合刺激での姿勢制御は 20 ~ 40 Hz、前庭覚での姿勢制御は 20 Hz の振動現象が寄与していることがわかった。

2) ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いた完全没入型の視運動刺激 (OKS) が簡便に実施できる HMD を用いて、OKS 介入後は立位時の身体動揺が減少した。また、HMD における OKS 中の EEG が身体動揺の変化と関係していたことが分かった。

以上の研究成果から、左右頭頂葉は立位姿勢制御との関連機構を有しており、HMD による OKS による脳機能賦活がバランス能力を改善できることが分かった。

引用文献

- 1) Peterka, RJ Sensorimotor integration in human postural control. J Neurophysiol. 2002; 88(3):1097-18.

- 2)Whitlock JR. Posterior parietal cortex. *Current biology*. 2017;27(14):R691–R5.
- 3)Oka,S. et al. Unilateral cathodal transcranial direct current stimulation over the parietal area modulates postural control depending with eyes open and closed. *PLOS ONE*. 2022;17,e0269145.
- 4) Bruijn,SM.et al.Beta activity in the premotor cortex is increased during stabilized as compared to normal walking. *Front Hum Neurosci*.2015,27:593.
- 5) Hülzdünker, T. et al. Cortical processes associated with continuous balance control as revealed by EEG spectral power. *Neurosci Lett*. 2015,10;592:1-5.
- 6)Nakazono, H. et al. Phase and Frequency-Dependent Effects of Transcranial Alternating Current Stimulation on Motor Cortex Excitability. *PLoSOne*,2016, 11.e0162521.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Oka Shinichiro, Yamaguchi Junya, Okoba Ryota, Ariie Takashi	4. 巻 33
2. 論文標題 Relationship between single-leg stance test with light touch and hip muscle strength in healthy young adults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 576 ~ 579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.33.576	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 Hisato Nakazono, Katsuya Ogata, Akinori Takeda, Emi Yamada, Shinichiro Oka, Shozo Tobimatsu	4. 巻 11
2. 論文標題 A specific phase of transcranial alternating current stimulation at the frequency boosts repetitive paired-pulse TMS-induced plasticity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13179
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Katsuya Ogata, Hisato Nakazono, Takuro Ikeda, Shin-Ichiro Oka, Yoshinobu Goto, Shozo Tobimatsu	4. 巻 15
2. 論文標題 After-Effects of Intermittent Theta-Burst Stimulation Are Differentially and Phase-Dependently Suppressed by - and -Frequency Transcranial Alternating Current Stimulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 750329
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡真一郎, 池田拓郎, 後藤和彦, 近藤遥奈, 吉田誠也, 光武翼, 後藤純信	4. 巻 33
2. 論文標題 右頭頂葉に対する経頭蓋直流電流刺激が立位姿勢調節に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 理学療法科学	6. 最初と最後の頁 357-360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/rika.33.357	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 岡真一郎, 池田拓郎, 吉田誠也, 近藤遥奈, 筒井友美, 田中晴菜, 後藤和彦, 光武翼, 後藤純信	4. 巻 36
2. 論文標題 バーチャルリアリティ環境におけるニューロリハビリテーションの可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 神経眼科	6. 最初と最後の頁 36-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11476/shinkeiganka.36.36	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 -

1. 著者名 光武翼, 岡真一郎, 坂本麻衣子, 森田義満, 沖田光紀, 堀川悦夫	4. 巻 21
2. 論文標題 前庭感覚による姿勢制御機能と中年期までの加齢の関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本基礎理学療法学雑誌	6. 最初と最後の頁 95-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24780/jptf.21.1_95	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13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 緒方勝也, 池田拓郎, 岡真一郎, 後藤純信
2. 発表標題 側頭部rTMS中の脳波周波数分析 : 左右半球差の検討
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中園寿人, 緒方勝也, 竹田昂典, 山田絵美, 岡真一郎, 飛松省三
2. 発表標題 経頭蓋交流電気刺激 (tACS) を用いた新しい脳可塑性誘導法の開発 : 続報
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田拓郎, 後藤和彦, 岡真一郎, 杉剛直, 緒方勝也, 山崎貴男, 後藤純信
2. 発表標題 運動視刺激による視覚性事象関連電位の変化 : 刺激速度による検討
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡真一郎, 池田拓郎, 後藤純信
2. 発表標題 平衡機能における頭頂部脳内情報処理の検討とニューロリハビリテーションの開発
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江原杏菜, 岡真一郎, 高田凌, 平野雅弥
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイによる視運動刺激が平衡機能および脳活動に与える影響
3. 学会等名 第112回理学療法科学学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡真一郎, 池田拓郎, 中園寿人, 緒方勝也, 後藤純信
2. 発表標題 頭頂部に対する経頭蓋交流電流刺激が平衡機能に与える影響
3. 学会等名 第50回日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡真一郎, 池田拓郎, 櫻井大輝, 黒田美優, 石橋里紗, 中山亜由美, 緒方勝也, 後藤 純信
2. 発表標題 一側頭頂葉に対する陽極経頭蓋直流電流刺激が平衡機能に与える影響.
3. 学会等名 第49回日本臨床神経生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡真一郎, 池田拓郎, 緒方勝也, 後藤純信
2. 発表標題 頭頂葉への経頭蓋直流電流刺激を用いた平衡機能障害改善プログラムの開発
3. 学会等名 第9回国際医療福祉大学学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光武翼, 岡真一郎, 平田大勝, 堀川悦夫
2. 発表標題 前庭直流電気刺激時の脳活動領域がmodified Clinical Test of Sensory Interaction and Balanceに及ぼす影響 ~ GVS-fMRI研究 ~
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 瀧地望, 岡真一郎
2. 発表標題 男子大学生におけるラバー負荷重心動揺検査と血圧との関連
3. 学会等名 第105回理学療法科学学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡真一郎, 平田大勝, 谷和, 東裕一
2. 発表標題 めまい患者への前庭リハビリテーションによる歩行再獲得の関連因子 Dizziness Handicap InventoryおよびBerg Balance Scaleを用いた研究
3. 学会等名 第28回福岡県理学療法士学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡真一郎, 池田拓郎, 森田圭哉, 竹山ひろ子, 浦山美鈴, 後藤純信
2. 発表標題 右頭頂葉に対する陽極経頭蓋直流電流刺激が平衡機能に及ぼす影響
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 Shinichiro Oka, Takenao Sugi, Takuro Ikeda, Yoshinobu Goto
2. 発表標題 Cutting-edge technologies for clinical neuroscience: Development of new assistant system for VEP recordings. S Cutting-edge technologies for clinical neuroscience: Neural mechanism of optokinetic eye movement in visual stimuli
3. 学会等名 The 12th ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----

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