

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：83903

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17871

研究課題名(和文)tESが投動作パフォーマンスへ与える影響の個人差につながる生理的要因の解明

研究課題名(英文)An inter-individual difference of the tES effect on throwing performance and related factors of the differences.

研究代表者

原田 健次(Harada, Kenji)

国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・研究所 老年学・社会科学研究センター・研究員

研究者番号：70736058

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): 経頭蓋電気刺激(tES)は頭蓋骨上から微弱な電流を流すことで、脳の神経活動を修飾することで、機能の発現や学習の程度などを修飾できることが期待されている。本課題では先行知見を整理し、頭部の解剖学的な特徴、脳活動との関連、および投動作への影響を検討する。脳や頭部の解剖学的な構造や体積、安静時の高周波数帯域の波がtESの効果に対して関連することが報告されており、構造や活動の計測はtESの効果を得るための調整因子として重要である。また、複雑な投げる動作へもtESは効果を示し、その効果の程度には動作の習熟が関与している可能性が示されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

経頭蓋電気刺激は軽度な侵襲で脳活動の修飾、機能への影響があることが示されており、スポーツなどを含む広い分野への適応が期待されている手法である。一方で、効果の表れ方に個人差が大きいことから社会への応用には個人差に関連する因子の解明とそれに基づくテーラーメイドな刺激方法の開発が重要な課題である。本課題では先行研究から得られる知見を整理したことで、脳や頭部の解剖学的な特徴および電気的な神経活動の状態が経頭蓋電気刺激の効果である皮質の興奮性に関与している可能性を報告した。今後、経頭蓋電気刺激により修飾した機能とこれらの関連を検討することで経頭蓋電気刺激の広い適応手法が開発されることが考えられる。

研究成果の概要(英文): test Transcranial electrical stimulation (tES) is a modifiable method of altering neural activity with weak electrical stimulation. tES would alter physical and cognitive function and learning ability. We will review previous evidence to understand the effect of tES on function. We reviewed previous studies on anatomical characteristics of the head and brain, their relationship with brain activity and their effect on throwing movements. It has been reported that brain and head anatomy, volume and high frequency band beta waves at rest are related to the effects of tES, and that measures of structure and activity are important as moderating factors for the effects of tES. It has also been shown that tES is effective for complex throwing movements and that movement mastery may play a role in the magnitude of the effect.

研究分野: Neuroscience

キーワード: 経頭蓋電気刺激 レビュー

1. 研究開始当初の背景

脳を電流や磁気により刺激することで認知機能や運動制御・学習などの能力が向上することが報告されている。スポーツにおいても脳を刺激しながらトレーニングすることで得られる効果が注目されている (Reardon., Nature., 2016)。しかし、脳刺激により脳活動を修飾することによるパフォーマンスへの効果には個人差が大きい問題があり、安定した効果を得る刺激方法の確立が重要である。脳刺激法をスポーツなどに活かすには個人差が生じる因子を明らかにすることが重要である。

経頭蓋電気刺激は頭蓋骨の外から電気を流すことで頭部に添付した電極下の神経細胞の興奮性を変化させる。経頭蓋直流電気刺激は直流の微弱な電気を流す手法であり、陽極直流刺激では興奮性、陰極直流刺激では抑制性の効果が生じる報告が多い。また、近年では経頭蓋交流電気刺激の脳に対する効果が報告されてから経頭蓋交流電気刺激の中樞神経系に対する効果も検証されている。経頭蓋交流電気刺激はサイン波の交流刺激を頭蓋骨外から流すことにより経頭蓋交流電気刺激で流した周期に脳の周期性活動が同期することで活動が修飾されると考えられている。スポーツにおいても経頭蓋直流電気刺激や経頭蓋交流電気刺激を用いたパフォーマンス促進は検討されており、反応時間や持久力の向上やパワー発揮の増加などといった効果、および、その実施の是非について議論されている (Davis, Sports Medicine. 2013; Colzato., et al, Journal of Cognitive Enhancement., 2016; Reardon., Nature., 2016)。

これらの研究より外的な脳活動を修飾する方法で運動能力や学習能力の向上を図ることはスポーツに関連するパフォーマンスの向上に大きく寄与することが考えられる。しかし、これらの脳活動を修飾する方法は同じ刺激方法でも効果の程度や逆の効果が生じるなど、その効果に個人差が大きいことが知られている。脳活動の修飾効果に個人差がでる要因は脳の解剖学的な構造や頭蓋骨の厚さや脳の病変、神経伝達物質や受容体を含む神経化学的な要素、脳活動の状態、心理状態、発育・老化、検証対象としている課題に対する元々の能力などが考えられている (Li et al., Frontier in Cellular Neuroscience. 2015)。多くの要素が脳刺激による脳活動の修飾効果に個人差を生じる要因として考えられており、そのため実用するレベルには至っていない。これらの因子と効果の解明は脳刺激による神経活動修飾による機能や学習効果に対する修飾を安定しておこなうためのテイラーメイドの手法開発に向けた重要な課題である。

2. 研究の目的

経頭蓋電気刺激をすることで得られる脳活動への修飾による運動能力や学習能力の個人差には様々な因子が報告されている。それらのなかでもスポーツシーンにおいては解剖学的な構造や脳活動の状態、心理状態、電気刺激をすることにより修飾を図ろうとしている機能などの基準となる能力などが寄与が高いと考えられる。本課題では経頭蓋電気刺激の脳活動への修飾効果に個人差が生じる因子を検討するため先行研究に基づく知見の整理をおこなうことを目的として、脳の解剖学的な構造による電場、脳の活動を示す指標の一つである脳波、および複雑な投動作と経頭蓋電気刺激の効果について検討する先行研究から知見を整理することを目的とする。

3. 研究の方法

経頭蓋電気刺激の効果の個人差と脳波の関連について検討している先行研究の探索のための PubMed, Google Scholar, Web of Science にて 経頭蓋電気刺激 (transcranial electrical stimulation: tES)、

経頭蓋直流電気刺激 (transcranial direct current stimulation: tDCS)、投動作 (throwing)、脳波 (brain wave、electroencepharogram : EEG)、個人差 (inter-individual difference) をキーワードとして、探索をおこなった。

4. 研究成果

経頭蓋電気刺激による皮質の興奮性の個人差に対する説明として電気刺激による電場が着目されている。Laakso ら (Scientific Reports., 2019) は個人の脳を MRI で取得し、その構造学的な特徴から個人における電場をモデリングし、経頭蓋直流電気刺激の効果を運動誘発電位を用いて検討した。その結果では、電場の強弱により経頭蓋直流電気刺激の皮質興奮性に対する効果に反対の影響が生じることを報告しており、頭部の解剖学的な特徴は電場に影響することが考えられる。また、脳の萎縮に伴い解剖学的に顕著な変化が生じる加齢について Antonenko ら (NeuroImage., 2021) が検討しており、頭部の体積と、皮膚・頭蓋骨・脳脊髄液の相対的な体積は低い電場の強度に関連していることを報告していることから、頭部にある各体積に関連する因子も刺激の調整のために重要である可能性を示唆している。

脳の電氣的な活動を取得し生理学的な状態を記述する 1 つの手法である脳波を用い安静時の結合性と経頭蓋直流電気刺激の修飾効果を運動誘発電位を用いて検討した報告では、高ヘルツの β 周波数帯域の結合性が経頭蓋直流電気刺激の興奮性の修飾に関連していることを報告している (Hordacre et al., European Journal of Neuroscience., 2017)。このことから、安静時における脳の活動状態は経頭蓋直流電気刺激の神経への興奮性修飾に対して関連しており、個人にあった効果を得るためには脳活動の計測に基づくプログラムの開発も重要であることが考えられる。

経頭蓋直流電気刺激の投動作への影響としてダーツ投げを課題とした報告では、陽性の経頭蓋直流電気刺激は偽刺激および陰性の経頭蓋直流電気刺激と比較して、ダーツの成績向上の効果が見られたことを報告している (Meek et al., Neuroscience Letters., 2021)。また、Moscaleski ら (Frontiers in Neuroergonomics., 2022) は投動作 (バスケットボールのフリースロー動作) の技能習熟の程度による経頭蓋直流電気刺激の効果の変動を検討しており、投動作の安定性が低いものは安定性が高いものと比較して陰性の経頭蓋直流電気刺激により安定性の向上が見られたことを報告している。これらより経頭蓋電気刺激は複雑な投動作においても効果があることが示唆され、また、技能の習熟の程度からその効果は影響を受けることが考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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