

令和 6 年 9 月 12 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K17569

研究課題名（和文）視覚を用いた運動錯覚による運動学習への効果とその神経基盤の解明

研究課題名（英文）Effects of visual motor illusions on motor learning and its neural basis

研究代表者

酒井 克也（Sakai, Katsuya）

東京都立大学・人間健康科学研究科・助教

研究者番号：30831565

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）：本研究の目的は視覚性運動錯覚と運動観察が早期の運動学習を促進するかを球回し課題とfNIRSを用いて調査することであった。対象は健常成人とし、36名の対象者を錯覚群と運動観察群に分け、それぞれの条件は20分実施した。条件前後で球回し課題を実施し、球回し課題中の脳活動をfNIRSを用いて測定した。結果として、錯覚群は観察群と比較し、有意に球回し回数が改善し、運動学習に関連した脳活動が減少した。そのため、視覚性運動錯覚は早期の運動学習を促進することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚性運動錯覚は運動を実施せずに、自己が運動しているような視点で運動を観察することにより錯覚を誘発する方法である。運動を実施せずとも運動機能や脳活動を変化させ運動学習を促進できるため、運動を実施することが困難な脳卒中片麻痺患者や疼痛を有する患者のリハビリテーションに応用できる。

研究成果の概要（英文）：This study investigated whether VMI changes the early stages of motor learning in healthy individuals. Thirty six participants were randomly assigned to two groups: the VMI or action observation condition. Each condition was performed with the left hand for 20 min. The ball rotation task and brain activity during the task were measured pre, post1 (immediately), and post2 (after 1 h) in both conditions, and brain activity was measured using functional near infrared spectroscopy. The rate of the ball rotation task improved significantly at post1 and post2 in the VMI condition than in the action observation condition. VMI condition lowers left dorsolateral prefrontal cortex and right premotor area activity from post1 to pre compared to the action observation condition. In conclusion, VMI effectively aids early stages of motor learning in healthy individuals.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：視覚性運動錯覚 運動学習 fNIRS

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

運動観察による運動機能の即時的改善はいくつかの先行研究で報告されており、他者または自己の運動を観察することによって、ミラーニューロンシステムが活動し、運動機能が即時的に改善することが報告されている。これによりスポーツやリハビリテーション領域で運動観察トレーニングは実施されている。

運動観察と類似した方法として、視覚性運動錯覚がある。視覚性運動錯覚は、他者または自己の運動を観察し、自己の身体は動かさずに錯覚を引き起こすことで運動機能を改善する方法である。これまでの研究で、視覚性運動錯覚を実施することで、運動機能が即時的に改善することや神経生理学的所見としては、運動錯覚に関わる脳領域が活動すること、皮質脊髄路の興奮性が高くなることが明らかになっている。さらに、視覚性運動錯覚は脳卒中患者に適用されており、即時的に運動機能が改善することや脳活動を変化させることが報告されている。

運動観察と視覚性運動錯覚を比較した先行研究は、視覚性運動錯覚が運動観察と比較して一次運動野の興奮性を高めるかどうかを調査しており、結果的に視覚性運動錯覚は運動観察と比較して一次運動野の興奮性を高めることを報告した。加えて、別の先行研究は、機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いて、視覚性運動錯覚と運動観察が安静時の機能的結合性を変化させるかどうかを健常者で報告した。先行研究では、視覚性運動錯覚は運動観察と比較して前頭頭頂ネットワークと運動実行ネットワークを即座に変化させることを示した。しかし、視覚性運動錯覚が運動学習の初期段階を促進するかどうかは不明であった。視覚性運動錯覚と運動観察は運動を観察しているという点は類似しているが、錯覚が起こるか否かという点で明確に異なる。運動を観察するよりも、自己の身体が動いている感覚を惹起させた方が運動機能は向上し、早期の運動学習が促進するのではないかとこの仮説と立てた。

2. 研究の目的

本研究の目的は視覚性運動錯覚と運動観察が早期の運動学習を促進するかを球回し課題とその神経生理学的所見を fNIRS を用いて調査することとした。

3. 研究の方法

対象は健常成人 36 名(平均年齢 24.4 ± 3.7 歳)とした。対象者は視覚性運動錯覚群と運動観察群に分けられ、それぞれの条件を 20 分間実施した(図 1, 条件 a: 視覚性運動錯覚、b: 運動観察)。視覚性運動錯覚と運動観察に用いた映像は対象者自身の球回し映像とした。球回しは 2 つのボールを手の中で回す課題とし、できる限り速く実施させた。この映像を撮影し、1.5 倍速速度を速めて運動学習が生じやすいような映像とした。運動観察はこの映像を観察するのみとした。視覚性運動錯覚は映像に映る自己の身体と実際の身体が重なるように配置し、錯覚が起きやすい状態を作った上で、身体は動かさないように指示し、映像を観察させて錯覚させた。それぞれの条件前後と条件 1 時間後で球回し課題を実施し、球回し課題中の脳活動を fNIRS を用いて 10Hz で測定した。fNIRS の関心領域は錯覚、運動、運動学習に関与する前頭前野、運動前野、補足運動野、一次運動野、一次体性感覚野、頭頂領域とした。錯覚が生じているかなどの心理的要因を調査するために錯覚の程度と自分の身体は自分のものであると感じる身体所有感を 7 リッカートスケールを用いて調査した。解析は運動学習が促進されたかを捉えるために各条件前からどの程度球回し回数が増えたかの変化率を算出した。

図 1. 各条件の概要

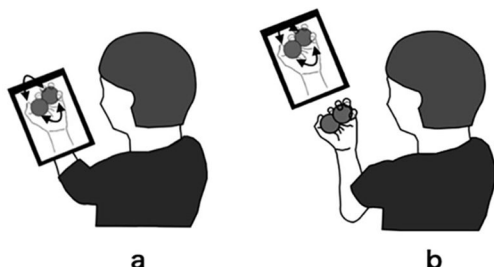
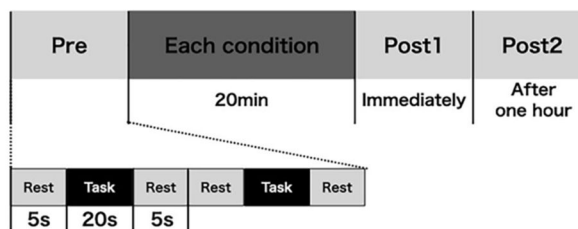


図 2. プロトコル



4. 研究成果

結果として、36 名のうち、視覚性運動錯覚で錯覚が生じなかった対象者と運動観察を実施したが錯覚を生じた対象者を除外し、解析対象者は 29 名となった(視覚性運動錯覚群: 14 名、運動観察群 15 名)。視覚性運動錯覚群は運動観察群と比較して有意に錯覚を感じ、身体所有感の程度が高かった($P < 0.05$)。

球回し回数については、視覚性運動錯覚群は運動観察群と比較し、有意に球回し回数が増えた($P < 0.05$)。脳活動は前頭前野の脳活動が条件前と比較し条件後では減少した。そのため、球回

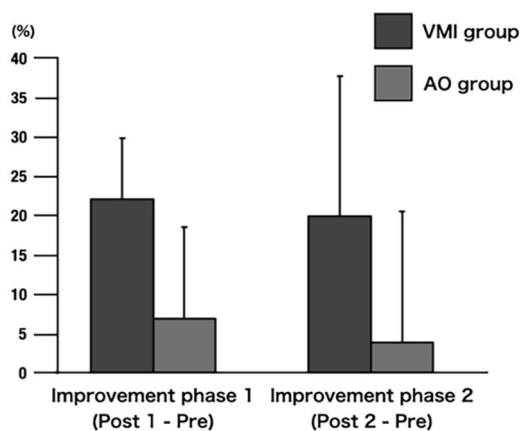
し回数の増加に伴い、運動学習が促進したことで、注意や集中を必要としなくなった結果(自動化)、前頭前野の脳活動が低下したと推測した。

視覚性運動錯覚は運動を実施せずに、自己が運動しているような視点で運動を観察することにより錯覚を誘発する方法であり、運動を実施せずとも運動機能や脳活動を変化させ運動学習を促進できるため、運動を実施することが困難な脳卒中片麻痺患者や疼痛を有する患者のリハビリテーションに応用できる。

表 1. 対象者の基本属性

Variables	Overall (N = 36)	VMI group	AO group	p value
		(N = 14)	(N = 15)	
Height (cm)	164.0 ± 8.3	165.1 ± 7.7	163.3 ± 9.1	p = 0.813
Weight (Kg)	56.6 ± 9.7	57.8 ± 10.6	55.8 ± 10.7	p = 0.683
Age (years)	24.4 ± 3.7	24.6 ± 4.0	24.3 ± 3.7	p = 0.847
Sex (male/female)	17/19	9/5	6/9	p = 0.191
The Edinburgh Handedness (Right, %)	79.3 ± 12.4	79.3 ± 13.3	78.0 ± 11.6	p = 0.683
Hand length (cm)	17.5 ± 1.0	17.8 ± 0.9	17.3 ± 1.1	p = 0.184

図 3. 球回し課題の結果



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Katsuya Sakai, Tsubasa Kawasaki, Yumi Ikeda, Junpei Tanabe, Akari Matsumoto, Kazu Amimoto	4. 巻 13
2. 論文標題 Differences in the early stages of motor learning between visual motor illusion and action observation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20054
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-023-47435-8	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Katsuya Sakai, Tsubasa Kawasaki, Yumi Ikeda, Junpei Tanabe, Akari Matsumoto, Kazu Amimoto
2. 発表標題 Immediate effects of Visual-motor illusion on the ball rotation task and brain activity in healthy individuals
3. 学会等名 XXVI World Congress of Neurology（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuya Sakai, Tsubasa Kawasaki, Yumi Ikeda, Junpei Tanabe, Akari Matsumoto, Kazu Amimoto
2. 発表標題 Effects of motor learning on visual motor illusion in healthy individuals
3. 学会等名 International Neuropsychological Society Taiwan Meeting (INS 2023 Taiwan Meeting)（国際学会）
4. 発表年 2023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2件

国際研究集会 XXVI World Congress of Neurology	開催年 2023年～2023年
--	--------------------

国際研究集会 International Neuropsychological Society Taiwan Meeting (INS 2023 Taiwan Meeting)	開催年 2023年～2023年
---	--------------------

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