

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 17 日現在

機関番号：32202

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16366

研究課題名(和文)脳卒中患者の認知機能個人差評価に基づく上肢麻痺リハビリテーション効果の促進

研究課題名(英文)Effect of individual differences of the suitable attentional strategy on rehabilitation for patients with stroke

研究代表者

櫻田 武 (Sakurada, Takeshi)

自治医科大学・医学部・ポストドクター

研究者番号：40588802

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)：これまで運動学習の促進には「注意の向け方」が重要とされ、自身の身体運動よりも外部環境に注意を向けるべきであることを示す報告が多い。本研究では、健常者・脳卒中患者を対象として、運動パフォーマンス向上を促進させる最適な注意の向け方の個人差を検証し、必ずしも外部環境への注意がより良い運動パフォーマンスが実現するのではないことを見出した。さらに、近赤外光脳計測により、このような最適な注意の向け方に関する個人差を反映する領域として前頭前野活動が重要であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Directing attention to movement outcome (external focus, EF) had the advantages compared to directing attention to body movement (internal focus, IF) in motor learning tasks. In this study, to explore the neural basis associated with individual optimal attentional strategy, we recorded the neural activity in prefrontal area by using functional near-infrared spectroscopy. Fifty-six participants performed motor learning task with arm-reaching movements under IF and EF conditions. Although 29 participants showed better motor learning effect under IF condition, the others showed opposite trend. Subsequently, we measured the neural activities in prefrontal area during visuomotor task. We found that the left dorsolateral prefrontal cortex and left frontopolar cortex had individual differences associated with the optimal attentional strategy. These results suggest that the left prefrontal area reflect individual cognitive abilities to enhance motor learning.

研究分野：ニューロリハビリテーション

キーワード：注意 運動学習 個人差 脳卒中 リハビリテーション 前頭前野

1. 研究開始当初の背景

運動学習理論を応用することにより、リハビリテーション効果を促進するためにも、運動中どのような機能的要素が訓練者のパフォーマンス向上に寄与するかを明らかにする必要がある。この点についてスポーツ科学分野では、観察学習 (observational practice)、フィードバック (feedback)、自己調整学習 (self-controlled practice)、注意の向け方 (focus of attention) の 4 要素の重要性が指摘されている [Wulf et al., *Med. Educ.* 2010]。これらの要素のうち、focus of attention に関して、運動中における注意の向け方は、訓練者の身体動作そのものに注意を向ける internal focus (IF) と運動の結果 (outcome) に注意を向ける external focus (EF) の 2 つに分けられる。EF は外部環境へ向けられた注意状態と言い換えることもできる。従来研究においては、9 割近くの検証結果において IF 教示条件よりも EF 教示条件においてパフォーマンスが高かったことが示されている [Wulf, *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.*, 2013]。また、臨床研究としても focus of attention の重要性が指摘されており、EF に基づく教示により、脳卒中患者の麻痺側上肢における運動速度向上 [Fasoli et al., *Am. J. Occup. Ther.*, 2002] に寄与することなどが報告されている。以上のように、健常者のみならず運動機能障害者においても、EF が運動パフォーマンスを向上させることに貢献することを支持する研究結果が多い。総じて、運動パフォーマンス向上に対する EF の有効性は個人差が無く、比較的一般的な事象と認識されている。

2. 研究の目的

多くの先行研究では、運動パフォーマンスの向上促進に関して EF の有効性が報告されているが、少ないながらも EF が有効でないことを報告する例もある。例えばゴルフのピッチショット課題において、熟練者は EF が有効であったが、初心者においては IF において高いパフォーマンスが得られている [Perkins-Ceccato et al., *J. Sports Sci.*, 2003]。別の研究では、熟練者 (曲芸師) を対象とした姿勢制御実験において、注意の向け方による姿勢動揺への影響に違いは認められなかった [Wulf, *Res. Q. Exerc. Sport*, 2008]。

そこで本研究では、個々人の運動パフォーマンス向上を促進する最適な注意の向け方には個人差があることを作業仮説として検証を試みた。さらに、その個人差が確認された場合、IF が適した群と EF が適した群間において、どのような脳活動の差異が生じるのかを近赤外光脳計測 (functional near-infrared spectroscopy: fNIRS) を用いてその神経基盤の解明を試みた。

3. 研究の方法

(1) 実験 1

運動学習課題における最適な注意の向け方に関する個人差

健常若年者 24 名および健常高齢者 22 名を対象とし、visuomotor rotation を加えた上肢運動学習課題における最適な注意の向け方の個人差を検証した。実験条件として、Internal 条件および External 条件を設定した。Internal 条件では、ディスプレイを見ながらも、手先の位置や運動方向など身体動作に注意を向けることを教示した。一方 External 条件では、身体動作は気にせず画面の手先カーソルに注意を集中させることを教示した。

運動学習課題として、Internal 条件および External 条件ではそれぞれ 3 つの phase に分かれており、Pre phase・Learning phase・Retention phase で構成される。Learning phase では、手先の運動方向に対して手先カーソルの運動方向を、 ± 45 [deg] 回転させる visuomotor rotation を加えた。Learning phase 終了後には 10 分間の休憩を入れた。

解析では、運動学習効果の程度を評価するため、学習保持効果 (Retention) に着目した。具体的には Retention phase における 1-3 試行目の平均運動誤差から、Learning phase における最終 3 試行の平均運動誤差を減算した値を、Retention Index として算出した。

個人差を反映する神経基盤

先の実験課題で観察された最適な注意の向け方の個人差を反映する脳活動を抽出するため、上肢運動中における前頭前野活動を計測した。課題遂行中における脳活動は fNIRS (日立メディコ社、ETG-7100) を用いて 10 [Hz] で計測した。実験条件として、手先に注意を向けることを教示した Internal 条件と、手先カーソルに注意を向けることを教示した External 条件を設定した。

各 CH で計測された oxy-Hb 濃度変化に対し、最終的にはベースライン区間における平均値および標準偏差を用いて標準化 (z スコア化) することで CH 間や被験者間の比較を行った。

(2) 実験 2

脳卒中患者での最適な注意の向け方に依存した前頭前野活動

脳卒中に伴う上肢片麻痺を呈する患者 10 名を対象とした。また、脳卒中由来以外の麻痺を呈する患者、失語・視野欠損・半側空間無視を呈する患者は除外した。さらに認知機能検査である Mini-Mental State Examination (MMSE) のスコアが 24 点以上であることを参加基準とした。

実験 1 と同様の運動学習課題を実施し、同様の条件 (Internal 条件・External 条件) を設定した。続いて健常者と同様に、上肢運動中における前頭前野活動を、fNIRS を用いて計

測した。

4. 研究成果

(1) 実験1

運動学習課題における最適な注意の向け方に関する個人差

図1に健常若年群全員および健常高齢群全員をそれぞれ一つの母集団として解析した際の、運動誤差の推移を示す。いずれの群も visuomotor rotation に対して適応する過程が確認された。

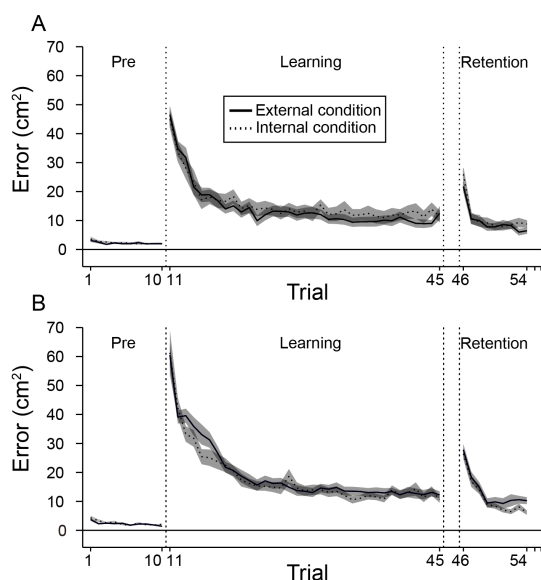


図1 visuomotor rotation task における運動誤差の推移
(A: 健常若年群, B: 健常高齢群)

個人内での Internal 条件における Retention Index と External 条件における Retention Index を比較することにより、どちらの注意の向け方において運動学習の保持効果が強いかを評価した。Internal 条件にて保持効果が強い参加者を IF-dominant group, External 条件にて保持効果が強い参加者を EF-dominant group とした。その結果、健常若年群は IF-/EF-dominant group にそれぞれ 11 名/13 名が属し、一方健常高齢群は 12 名/10 名が属する結果となった。

個人差を反映する神経基盤

先の実験において分類された IF-/EF-dominant group 間における神経活動差を検出することにより、最適な注意の向け方を反映する神経基盤の同定を試みた。

Subgroup 間での差が特に顕著に観察されたのは、Internal 条件下においてであった。図2に最も群間差が観察された計測チャンネルの一つに関する脳活動を示す(左背外側前頭前野・左前頭極に相当する領域)。若年群・高齢群ともに課題開始後において IF 条件下での活動上昇が認められた。

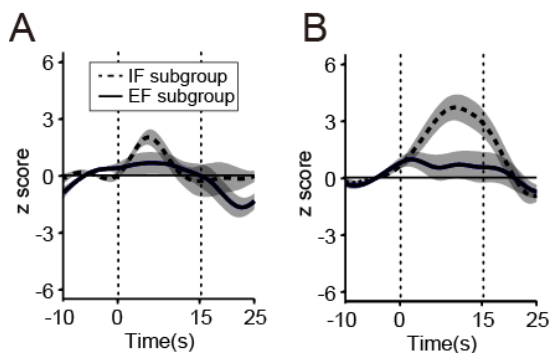


図2 Internal 条件下における左背外側前頭前野活動
(A: 健常若年群, B: 健常高齢群)

(2) 実験2

脳卒中患者での最適な注意の向け方に依存した前頭前野活動

脳卒中患者群における運動学習課題の結果、IF-/EF-dominant group にそれぞれ 6 名/4 名が属する結果となった。

健常群で強く subgroup 間の活動差が認められた同一のチャンネルにおいて、脳卒中患者の脳活動を評価した結果、図2に示した結果と同様の傾向が確認された(図3)。

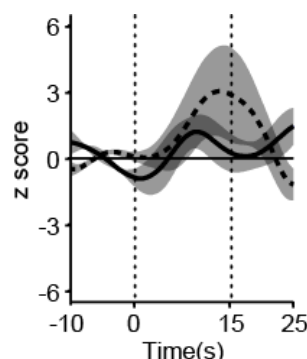


図3 Internal 条件下における左背外側前頭前野活動
(脳卒中患者群)

以上の結果から、運動学習効果を促進するための最適な注意の向け方に関しては、健常者のみならず脳卒中患者においても個人差があることが見出された。さらに、このような個人差は神経基盤としても共通項を持つ可能性が明らかになりつつある。患者群については計測数を増やしその傾向を今後も確認していく。

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2件)

1. Takeshi SAKURADA, Takeshi NAKAJIMA, Mitsuya MORITA, Masahiro HIRAI and Eiju WATANABE. "Improved motor performance in patients with acute stroke using the optimal individual

attentional strategy.” *Scientific Reports*, 2017 Jan; Vol.7, 40592.

2. **Takeshi SAKURADA**, Masahiro HIRAI and Eiju WATANABE. “Optimization of a motor learning attention-directing strategy based on an individual’s motor imagery ability.” *Experimental Brain Research*, 2016 Jan; Vol. 234, Issue 1, pp. 301-311.

〔学会発表〕(計 8 件)

1. **Takeshi SAKURADA**, Masahiro HIRAI and Eiju WATANABE. “Individual ability of motor imagery can determine the suitable attentional strategy under motor learning.” *Neuroscience 2015*, Program No. 806.24, Chicago, USA.
2. **櫻田武**, 後藤彩, 中嶋剛, 平井真洋, 森田光哉, 山本紳一郎, 渡辺英寿, 川合謙介. “運動機能障害リハビリテーションにおけるニューロモジュレーションのための認知 - 運動機能連関に関する個人差とその神経基盤”, 第 56 回 日本定位・機能神経外科学会, コングレコンベンションセンター, 大阪.
3. **櫻田武**, “運動学習促進に関わる個人差とその神経基盤 - 臨床応用を見据えて -”, 第 10 回 Motor Control 研究会, 慶応大学, 神奈川.
4. 後藤彩, 平井真洋, 山本紳一郎, **櫻田武**. “運動学習を促進させる最適な注意の向け方を反映した背外側前頭前野活動”, 第 10 回 Motor Control 研究会, 慶応大学, 神奈川.
5. **櫻田武**, 後藤彩, 山本紳一郎, 平井真洋. “運動学習における最適な注意の向け方の個人差を反映した右背外側前頭前野活動”, 第 19 回日本光脳機能イメージング学会, 星陵会館, 東京.
6. **櫻田武**, 市川みなみ, 水谷勉, 平井真洋, 渡辺英寿. “運動学習に関わる注意制御の個人差評価: fNIRS による検討”, 第 18 回日本光脳機能イメージング学会, 星陵会館, 東京.
7. **櫻田武**, 平井真洋, 渡辺英寿. “運動学習効果促進を目的とした個人差評価の指標確立: fNIRS による検討”, 第 17 回日本ヒト脳機能マッピング学会, 毎日新聞社オーバルホール, 大阪.
8. **櫻田武**, 平井真洋, 渡辺英寿. “運動想起能力個人差が決定する運動学習中の最適注意戦略”, 第 9 回 Motor Control 研究会, 京都大学, 京都.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 運動学習の効果促進に最適な注意の向け方を判別する方法
発明者: **櫻田武**, 平井真洋, 渡辺英寿
権利者: 自治医科大学

種類: 特許

番号: 特願 2015-256090 号

出願年月日: 2015.12.28

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

櫻田 武 (SAKURADA, Takeshi)

自治医科大学・医学部・ポスドクター

研究者番号: 40588802