

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：32647

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13056

研究課題名(和文) 近赤外分光法を用いた新たな運動イメージ鮮明度の客観的評価の開発

研究課題名(英文) Development of the new assessment of the vividness of motor imagery using NIRS

研究代表者

磯 直樹 (Iso, Naoki)

東京家政大学・健康科学部・准教授

研究者番号：70781649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、MI中の脳血流動態変化と課題の習熟度の関係性から運動イメージ鮮明度の評価方法を開発及び検討することである。課題は、多くの研究で使用されているBall Rotation課題を用いて検証した。追加実験を重ね、最終的に16名を対象として実験を行った。その結果、初期トレーニング前と最終期トレーニング後で補足運動野の脳血流動態変化と主観的運動イメージ鮮明度評価が有意な相関を示す結果となり、近赤外分光(NIRS)を用いた脳血流動態変化から運動イメージが鮮明に行えているかどうかを評価できる可能性があることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究での結果を臨床場面に直接応用することは困難であるが、リハビリテーションの手段として有効なメンタルプラクティスの客観的運動イメージ鮮明度評価に寄与する成果を得ることができた。運動イメージ鮮明度と脳血流動態変化は運動学習の過程では一致せず、運動イメージができていないかどうかを区別することができる可能性があることを示唆した。但し、全ての学習過程で一致した結果は得られなかったため、この段階では年齢や性別、運動イメージ能力などのその他の因子が影響する可能性があり、これらの要因について、脳血流動態変化の特徴と運動イメージ鮮明度を今後は照らし合わせて検討する必要がある。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to investigate whether oxygenated hemoglobin (Oxy-Hb) generated during a motor imagery (MI) task is associated with the motor learning level of the task.

The study included 16 right-handed healthy subjects who were trained to perform a Ball Rotation (BR) task. Hemodynamic brain activity was measured using near-infrared spectroscopy to monitor the changes in Oxy-Hb concentration during the MI task of BR. This measurement was performed three times before and after primary training of the BR task, as well as after secondary training. The count of BR during training was measured.

The results showed that the count of BR increased significantly with training. Hemodynamic brain activity during a MI task might be associated with the motor learning level of the task as significant changes in the Oxy-Hb concentration were observed after secondary training in the supplementary motor area of the brain.

研究分野：作業療法

キーワード：運動イメージ 近赤外分光法 運動イメージ鮮明度評価

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の脳イメージング技術の進歩により、運動イメージ (Motor Imagery ; MI) 中に実際の運動を実行した際と同等の領域が賦活されることが明らかとなり、リハビリテーション分野において MI を使用したメンタルプラクティス (Mental Practice ; MP) の効果に期待が寄せられている。MP とは、ある運動課題を積極的に改善する目的で、MI を繰り返して行うことであり、従来からスポーツ・心理学分野では実践されてきた方法である。リハビリテーション分野においても MP は脳卒中による運動麻痺の影響で運動実行が困難な患者においても可能な方法であり、その効果は既に無作為化比較試験が実施され、エビデンスが示されている (Page et al., 2012; Riccio et al., 2010)。

臨床において、MP の効果を発揮するためには、対象者がどの程度鮮明に MI が実施できているかが重要であるが、これを客観的に評価することは難しい。そのため、MP の具体的な実践方法については統一した見解がなく、未だ臨床場面では十分に活用されていないのが現状である。

我々は効果的な MP の開発のためには第一に、評価が難しい対象者の MI の鮮明度の状態を可視化する必要があると考え、その解決策として、我々は近赤外分光法 (Near Infrared Spectroscopy ; NIRS) による MI 中の酸素化ヘモグロビン (oxyhemoglobin ; Oxy-Hb) 濃度変化量を客観的 MI 鮮明度評価の指標として応用できないかを模索し、検討してきた。NIRS は、近赤外光を用いた大脳皮質の神経活動に伴って変化する局所的な脳血流動態の変化を広範囲に計測できる非侵襲的脳機能計測装置であり、PET や fMRI と比べて簡便かつ拘束性が少なく、ベッドサイドでも使用が可能であり、座位や立位などの活動場面でも計測できる利点がある。そのため、実際のリハビリテーションの場面でも使用することが可能である。

MI の鮮明度は課題の学習の程度や経験によって影響を受け、運動がより習熟された課題において高い MI 鮮明度を得ることが既に証明されており、臨床において NIRS を神経生理学的指標として応用するためには運動習熟度を含めたより詳細な運動関連領域の脳血流動態変化と MI 鮮明度との関係性を明らかにしていく必要があると考える。

2. 研究の目的

本研究では NIRS を用いた新たな MI 鮮明度の客観的評価の指標として、MI 中の運動関連領域における Oxy-Hb 濃度変化量を用いることが妥当であるかを、MI 鮮明度と関連の深い運動習熟度、主観的 MI 鮮明度評価との関係性から検証する。

3. 研究の方法

1) 実験 1

対象者は、健康成人 20 名 (平均年齢 30.2±4.1 歳, 男 13 名, 女 7 名) とした。研究に関する説明を行い同意が得られた方を対象とした。実験方法は、先ず被験者は、椅子座位にて両手を机の上に乗せ、安楽な姿勢をとる。MI 課題は、実動作において短時間のトレーニングで運動学習が期待できる手掌内でのボールローテーション (Kawashima et al., 1998) の MI とする。

NIRS 計測は先行研究 (Iso et al., 2016 ; Sagari et al., 2015) と同様に課題は 30 秒間で実施し、安静時は何も考えず同一の姿勢を保ったままリラックスするよう指示した。各条件につき 30 秒間の課題と 40 秒間の安静を交互に実施するブロックデザインを使用して計測した。上記の実験デザインにて課題の習熟前・習熟後の計 2 回、NIRS にて脳血流動態変化を計測する。NIRS 計測の間に、課題の習熟のために休息を挟みながら 1 分間の 5 セッション、トレーニングを実施した。パフォーマンスの評価として各セッションの 1 分間の遂行回数を計測した。また、鮮明度との関連を明らかにするために、NIRS 計測直後に Visual Analog Scale (VAS) を施行した。

NIRS の計測には、ETG4000 (日立) を用い、Sagari ら (2015) のプローブ設定の方法を参考に、国際 10-20 法の頭頂中央部 (Cz) を基準として 24 チャンネルのプローブを配置し、運動関連領域ごとに分類した。計測した NIRS のデータは、安静時をベースラインとし課題中の酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb) の変化を一次補正処理し 3 サイクルを加算平均処理し (Marumo, et al., 2009 ; Pu et al., 2012), 課題中の平均値を Zscore として算出した。さらに、NIRS 計測中は MI を正確に実施するために両手の母指球筋を筋電図でモニタリングし、運動実行が伴ったサイクルは対象から除外した。

1) 実験 2

対象者は、健康成人 16 名 (平均年齢 31.6±3.9 歳 男 14 名 女 2 名) とした。研究に関する説明を行い同意が得られた方を対象とした。実験方法は、実験 1 とほぼ同様であるが、実験 1 のプロトコルに BR のトレーニングを 1 セッション追加して実施し、NIRS 及び VAS の計測もさらに 1 回追加して実施した。そのため、NIRS 計測及び VAS の評価は、BR の初期トレーニング前後 (Pre, Post) 及び最終期トレーニング後 (Post2) の 3 ポイントとした。最終期トレーニングは自主練習とし、本人が課題遂行時に疲労がなく、十分に習熟した段階で終了とした。

4. 研究成果

1) 実験 1

BR 及び主観的 MI 鮮明度評価については、運動習熟前後で有意な改善を認め、トレーニングにより課題の習熟を認めたことを示した (図 1, 2). しかし、NIRS による計測では運動習熟の前後では有意差を認めない結果となった (図 3). 但し、有意差を認めないものの、補足運動野 (Supplementary motor area ; SMA) 及び運動前野において、運動習熟後に Oxy-Hb 濃度変化量が増大したことは運動習熟に伴う MI 鮮明度の向上が影響したものと考えられる. しかしながら、より運動が習熟した段階と比較する必要があると結論付けた.

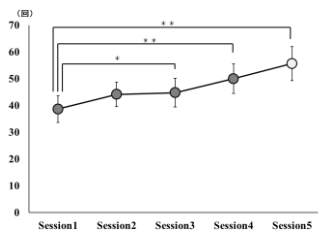


図 1. 各セッションの BR 回数

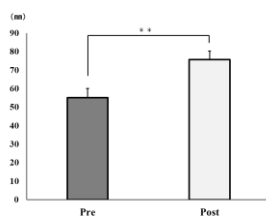


図 2. トレーニング前後の VAS 得点

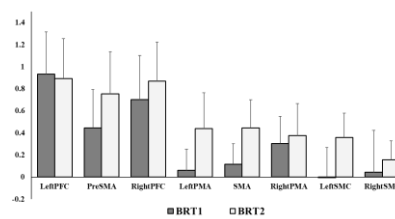


図 3. 各領域の Oxy-Hb 濃度変化量

2) 実験 2

BR 回数については、初期トレーニング前後及び最終期トレーニング後で有意な改善を認め ($p < 0.05$), トレーニングにより課題の習熟を認めたことを示した (図 4). 但し、実験 1 と異なり、初期トレーニング後及び最終期トレーニング後にのみ BR 回数の増大を認めず、初期トレーニング中では習熟していないことが示された. VAS 得点では、初期トレーニング前と比較して初期トレーニング後及び最終期トレーニング後に有意な向上を認めた ($p < 0.05$) (図 5). しかし、初期トレーニング後と最終期トレーニング後には差を認めなかった.

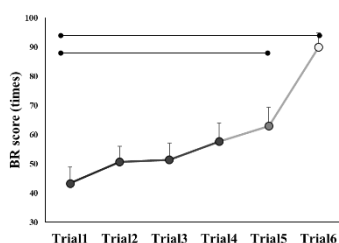


図 4. 各セッションの BR 回数

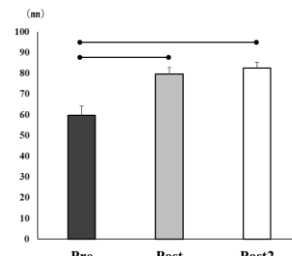


図 5. 初期・最終期トレーニング前後の BR 回数

NIRS による計測ではトレーニングによる主効果を認め ($p = 0.001$), 初期トレーニング前と比較し、初期トレーニング後及び最終期トレーニング後に有意な Oxy-Hb の増大 ($p < 0.05$) を認めた (図 6). Oxy-Hb の増大は VAS と同様に初期トレーニング後と最終期トレーニング後には差を認めなかった. また、関心領域ごとの比較では SMA にのみ主効果を認め ($p = 0.001$), 最終期トレーニングとの比較で有意差を認めた ($p < 0.05$) (図 7). これらを基に SMA の Oxy-Hb と VAS の相関を解析した結果、初期トレーニング前と最終期トレーニング後の値に有意な正の相関を認めた ($p < 0.05$) (図 8). したがって、MI する課題において習熟前後の MI 中の脳血流動態変化は主観的 MI 鮮明度評価と一致することを示唆し、MI が鮮明にできているか否かを判断できる可能性がある.

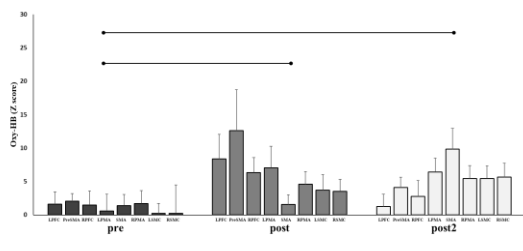


図 6. 初期・最終期トレーニング前後の Oxy-Hb 濃度変化量

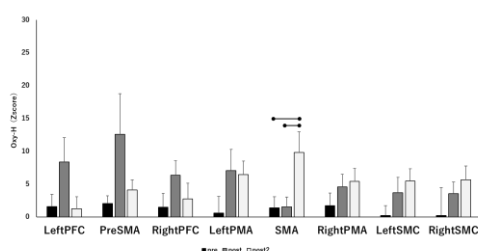


図 7. 初期・最終期トレーニング前後の各領域の Oxy-Hb 濃度変化量

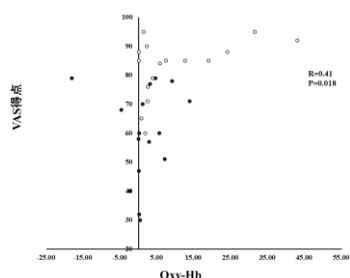


図 8. SMA の Oxy-Hb 濃度変化量と VAS 得点の相関

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Matsuo Moemi, Iso Naoki, Fujiwara Kengo, Moriuchi Takefumi, Tanaka Goro, Honda Sumihisa, Matsuda Daiki, Higashi Toshio	4. 巻 37
2. 論文標題 Cerebral haemodynamics during motor imagery of self-feeding with chopsticks: differences between dominant and non-dominant hand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Somatosensory & Motor Research	6. 最初と最後の頁 6~13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/08990220.2019.1699044	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 Matsuo Takashi, Moriuchi Takefumi, Iso Naoki, Hasegawa Takashi, Miyata Hironori, Maruta Michio, Mitsutake Tsubasa, Yamaguchi Yoichi, Tabira Takayuki, Higashi Toshio	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of prism adaptation on auditory spatial attention in patients with left unilateral spatial neglect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Rehabilitation Research	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/MRR.0000000000000413	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 Yamamoto Ikuo, Matsui Miki, Higashi Toshio, Iso Naoki, Hachisuka Kenji, Hachisuka Akiko	4. 巻 30
2. 論文標題 Wrist Rehabilitation Robot System and Its Effectiveness for Patients	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 1825~1825
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18494/SAM.2018.1901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takefumi Moriuchi	4. 巻 11
2. 論文標題 Primary Motor Cortex Activation during Action Observation of Tasks at Different Video Speeds Is Dependent on Movement Task and Muscle Properties	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 frontiers in Human neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2017.00010	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16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 磯直樹
2. 発表標題 NIRSを用いた運動イメージ課題中の局所的脳血流動態と課題の習熟度との関係
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 森内剛史
2. 発表標題 効果的なメンタルプラクティス実践に向けた運動イメージ評価の検討 - 神経生理学的指標との関連性について -
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 宮崎浩平
2. 発表標題 慢性期脳卒中患者に対するパワーグローブシステムを用いた上肢機能訓練の効果
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 山口良太
2. 発表標題 急性期脳卒中患者の損傷側の違いにおける運動イメージについて - 多面的評価からの検討
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 今道正太
2. 発表標題 脳卒中者の運転再開に向けた取り組み - 自動車運転支援用に作成したマネジメントツールを用いて -
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 松尾萌美
2. 発表標題 食事動作の運動実行と運動イメージにおける脳血流動態の比較
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 磯直樹
2. 発表標題 運動イメージ課題中の局所的脳血流動態と課題の習熟度との関係
3. 学会等名 第27回日本運動生理学会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 磯直樹
2. 発表標題 NIRS を用いた運動イメージ課題中の局所的脳血流動態変化と課題の習熟度との関係
3. 学会等名 第12回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大曾史朗
2. 発表標題 長崎市在宅支援リハビリセンター推進事業における介護従事者及び在宅高齢者に関する取り組み
3. 学会等名 第52回日本作業療法学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾萌美
2. 発表標題 食事動作の運動イメージ中における局所的脳血流動態に関する研究
3. 学会等名 第52回日本作業療法学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大曾史朗
2. 発表標題 パワーグローブを用いた上肢機能訓練システムの効果
3. 学会等名 第26回長崎県作業療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯直樹
2. 発表標題 運動イメージ中の局所的脳血流動態と運動習熟度及び運動イメージ鮮明度との関係
3. 学会等名 第11回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤原謙吾
2. 発表標題 運動イメージ中の脳血流動態を指標とした脳卒中上肢機能の予後予測
3. 学会等名 第11回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中島 輝
2. 発表標題 急性期脳卒中患者における voxel-based morphometry と麻痺側上肢機能の関係
3. 学会等名 第11回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森内 剛史
2. 発表標題 提示映像の速度条件の違いが運動観察中の一次運動野の興奮性に与える影響について - 実動作速度条件と再生速度条件の比較 -
3. 学会等名 第11回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kengo Fujiwara
2. 発表標題 Cerebral Blood Flow Dynamics during Motor Imagery as a Predictor for Motor Recovery of the Upper Limbs after Stroke.
3. 学会等名 The 1st Asia-Pacific Occupational Therapy Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017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
研究協力者	東 登志夫 (Higashi Toshio)		
研究協力者	森内 剛史 (Moriuchi Takefumi)		