

脚運動想起時の計測データを用いた歩行訓練システムの開発

Walking rehabilitation system using mental imagery of walking

○河内潤一郎 (高知工科大) 王碩玉 (高知工科大)

三浦直樹 (東北工業大) 姜銀来 (高知工科大)

Junichirou KAWAUCHI, Kochi University of Technology
 Shuoyu WANG, Kochi University of Technology
 Naoki MIURA, Tohoku Institute of Technology
 Yinlai JIANG, Kochi University of Technology

Abstract: It is important to carry out walk rehabilitation to realize early recovery soon after walking disabilities happen. Therefore, we propose mental imagery of walking, for the severe patients who are still not able to do physical exercise, to rehabilitate their neural system related to walking by neurorehabilitation.

In this paper, in order to develop a walking training system based on mental imagery, brain activities during walking imagery and running imagery are measured by means of fNIRS. The possibility of using this method to realize early recovery is validated.

Key Words: Walk Rehabilitation , Neurorehabilitation , function Near Infrared Spectroscopy

1. 諸言

怪我や脳出血などが原因で生じた歩行障害は速やかにリハビリテーションを行わないと完全回復できず何らかの後遺症を残してしまうケースが多い。しかし、ベッドから起きることが出来ない状態や身体の振動を伴うリスクがある場合には、通常の運動による歩行リハビリテーションを行うことは出来ない。

しかしながら、歩行は脳による運動指令、運動指令を伝達する脊髄神経、運動指令に制御される筋肉によって実現されており、歩行リハビリテーションには、これらの全ての機能を適切に回復させる必要がある。(1)脳の運動指令を司る神経基盤のリハビリテーションを行うことができれば、脳の機能低下を防ぎ、その後の身体運動を用いたリハビリテーションと連携する事で、早期回復が期待できる。そこで本研究では、歩行イメージによるリハビリテーション法を開発するために、機能的近赤外線分光法 (functional Near Infrared Spectroscopy :fNIRS) を用いて脚運動想起時の総ヘモグロビン濃度変化量を計測し、歩行訓練に利用可能な脳活動の抽出を試みる。

これまでの研究で実運動時と運動想起時において脳の類似した領域である一定の総ヘモグロビン濃度変化量が認められた。(2)そこで本報告ではより効果的な運動想起によるデータの抽出と、運動の想起による脳活動の変化を見る為に開眼による運動想起と無想起、また閉眼による運動想起の脳活動の比較を行う。



Fig.1 NIRS measurement system

2. 実験内容

2-1 被験者

実験には、20代、右利きの健康な成人男性4名が参加した。

2-2 脳血流測定装置

本実験の脳活動計測には、光トポグラフィ装置 ETG-7100 (日立メディコ)を用いた(2)。この計測装置は、fNIRSを用いて脳血管中の酸化・脱酸化ヘモグロビン濃度を非侵襲的にかつ被験者の脳血流変化を比較的緩やかな拘束状態で計測可能である。(3)

2-3 計測手順

実験では歩行運動の動作映像を見てもらい、開眼状態、閉眼状態の運動想起、開眼状態での無想起を行い、課題中の総ヘモグロビン濃度変化量の測定を行った。課題時間は両課題とも初期安静30秒の後、課題動作15秒、安静状態を30秒とし、それらを5回繰り返して計測した。

被験者は、座位姿勢で安静時は正面に提示した固視点に注視し、開眼状態、閉眼状態の運動想起課題時には実験者の指示に従い第一者視点想起を行う事とした。

- (1) 課題1：運動想起 - 開眼状態
開眼状態での運動想起を静止した状態で行う。
- (2) 課題2：運動想起 - 閉眼状態
閉眼状態での運動想起を静止した状態で行う。
- (3) 課題3：運動無想起 - 開眼状態
開眼状態で歩行運動の動画を見てもらう。

計測では、近赤外線の照射部8個、受光部7個の計15のオプトードで構成される22チャンネルのプロープ(オプトードと固定具を一つにした計測器具)を被験者に装着した。装着位置は脳波で使われる国際10-20法を用い、Fig.2に示すようにプローブの照射部12をCzに合わせた。

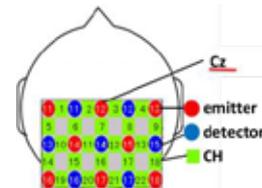


Fig. 2 Schematic for Location

3. 解析方法

各実験・チャンネルで計測した総ヘモグロビン濃度変化量を各課題動作 10 秒, 課題前安静 10 秒, 課題後安静 20 秒の計 40 秒を 1 セットとして切り出し, 5 回分の加算平均をチャンネル毎に行い更に算出したデータを被験者 5 名で加算平均した. また, 各実験・チャンネルの時系列データ開始時点での総ヘモグロビン濃度変化量を 0[mmol-mm]に調整した.

標準得点に関して, 加算平均したデータの課題前安静 10 秒を用いて平均値と標準偏差を求め, (素点-平均値)÷標準偏差によって標準得点を計算した.

4. 実験結果と考察

Fig. 3, 4, 5, 6 に, 開眼状態, 閉眼状態の運動想起時に被験者 5 名で共通して顕著な総ヘモグロビン濃度変化量を検出したチャンネル 11, 12, 16 のデータを示す. 被験者間のデータは Fig. 3 が被験者 A, Fig. 4 が被験者 B, Fig. 5 が被験者 C, Fig. 6 が被験者 D のデータである. 縦軸が総ヘモグロビン濃度変化量[mmol-mm]で, 横軸は時間[sec]である.

Fig. 3, 4, 5, 6 よりチャンネル 11, 12, 16 において被験者 4 名で総ヘモグロビン濃度変化量において変化量に差はあるものの共通して定性的な運動想起に伴う変化が認められた. 被験者 4 名の開眼の変化は共通して課題開始時から変化しているが閉眼の変化は被験者 4 名で違う変化が見られた. まず被験者 A に関して閉眼想起時にチャンネル全てで課題開始時より穏やかに総ヘモグロビン濃度変化量が増加し, 課題終了後も総ヘモグロビン濃度変化量が増加する傾向が見られた. 次に被験者 B に関しては閉眼想起の方が微量に変化が大きく, 被験者 C に関しては開眼想起の方が微量に大きな変化が見られた. 最後に被験者 D に関してはチャンネル 12 を除いては閉眼想起時に総ヘモグロビン濃度変化量ほとんど変化が見られなかった. 今回の結果より開眼想起時に比べ閉眼想起時の個人差が大きいことが分かった. これは想起課題時に想起の条件を提示しているが閉眼の想起時に想起した内容が違っていた為, 異なる変化が見られたと推測される. よって運動想起時には被験者間で共通の反応を検出するには開眼想起の方が有効性が高いことが推測される.

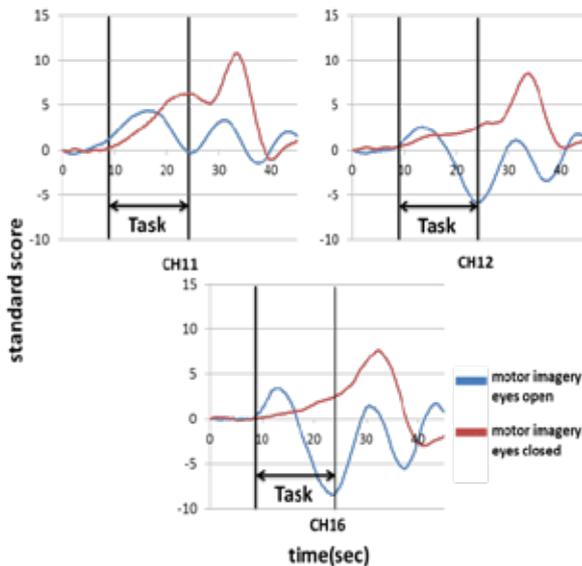


Fig. 3 Average hemoglobin concentration of subject A

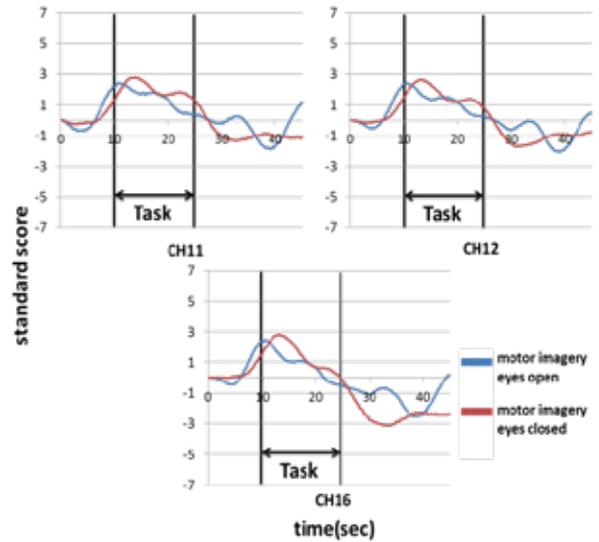


Fig. 4 Average hemoglobin concentration of subject B

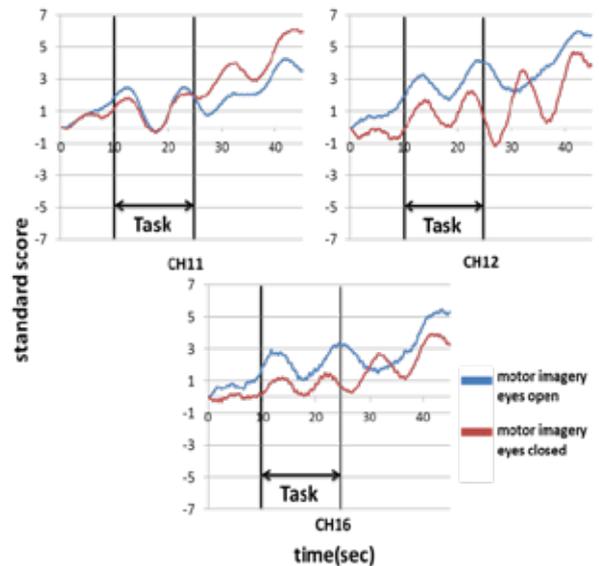


Fig. 5 Average hemoglobin concentration of subject C

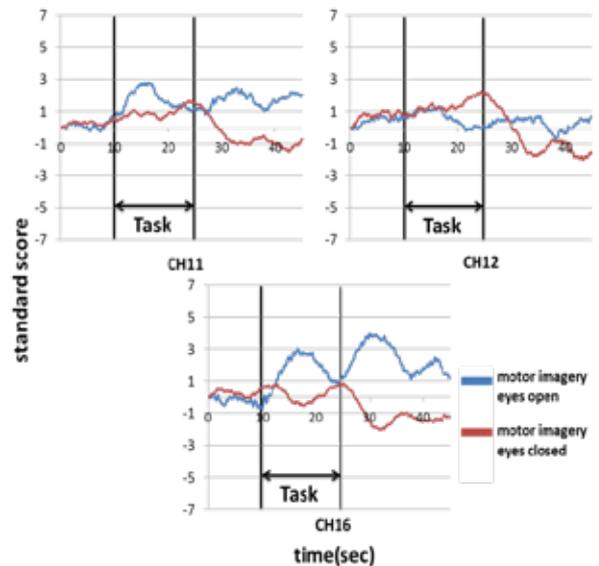


Fig. 6 Average hemoglobin concentration of subject D

次に Fig. 7, 8, 9, 10 に開眼状態の運動想起, 開眼状態での無想起時の被験者 A, B, C, D のチャンネル 11, 12, 16 において総ヘモグロビン濃度変化量のデータを示す。

被験者間のデータは Fig. 7 が被験者 A, Fig. 8 が被験者 B, Fig. 9 が被験者 C, Fig. 10 が被験者 D である。

被験者 A, C, D においては運動想起時の総ヘモグロビン濃度変化量に比べ, 運動の無想起による変化はほとんど見られない。しかし, 被験者 B においては運動想起時の変化に比べると少ないものの運動の無想起においても総ヘモグロビン濃度変化量に変化が見られた。これは歩行運動の動画を見せたことによって無意識の内に運動の想起を行ってしまったのではないかと推測される。

今回の結果より運動想起時には被験者間で共通の反応を検出するには開眼想起の方が有効性が高いことが推測され, 運動想起によるリハビリテーション法に用いる想起内容には開眼想起の方が有効だと考えられる。また, 歩行動画を見せた時の総ヘモグロビン濃度変化が運動想起によるものだと考えられ, 運動想起によって脳の神経基盤を刺激することの可能性が示された。

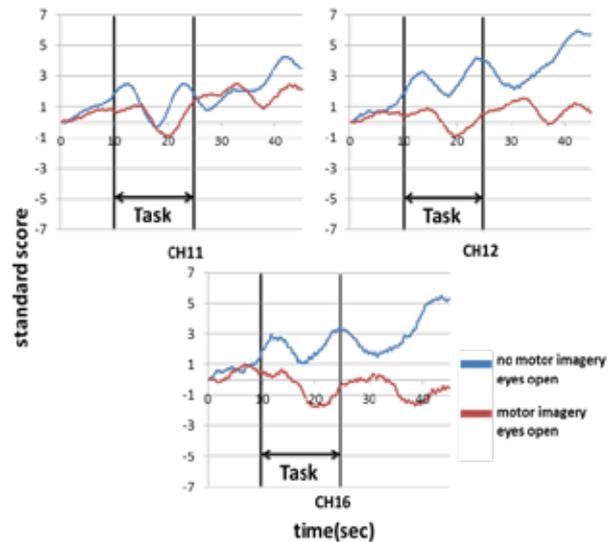


Fig. 9 Average hemoglobin concentration of subject C

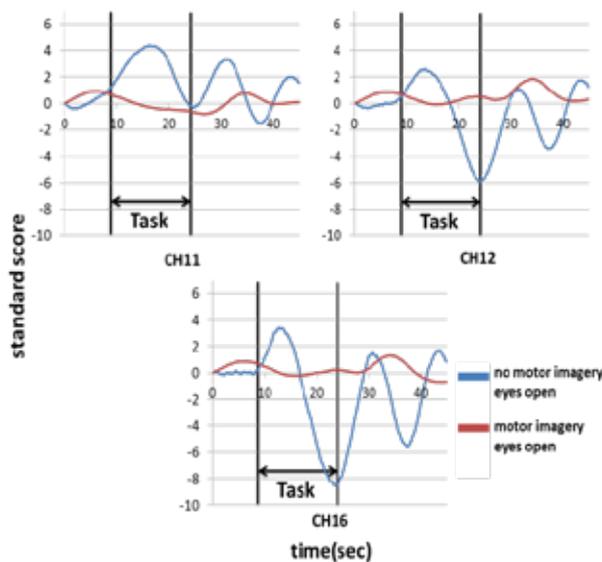


Fig. 7 Average hemoglobin concentration of subject A

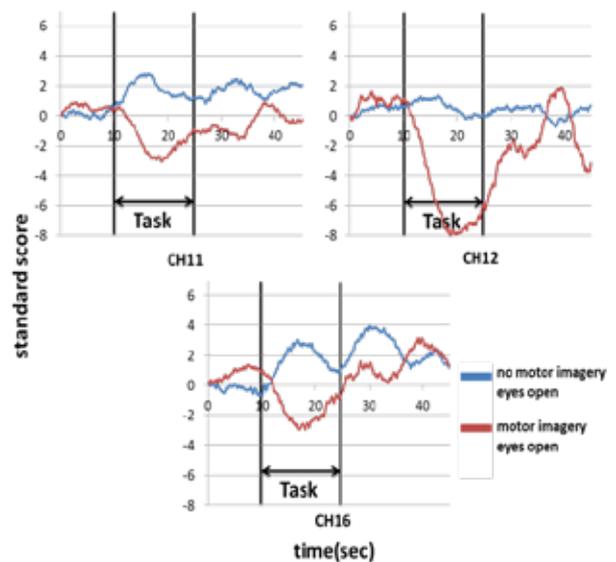


Fig. 10 Average hemoglobin concentration of subject D

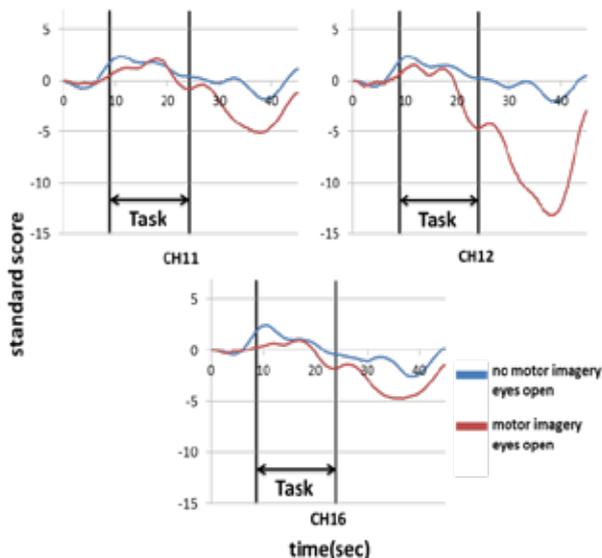


Fig. 8 Average hemoglobin concentration of subject B

5. 結言

本報告では開眼時の想起と閉眼時の想起, 運動想起と無想起の脳活動の比較を行った。今回の結果より歩行動画を見せた時の総ヘモグロビン濃度変化が運動想起によるものだという可能性が示され, 運動想起によるリハビリテーション法に用いる想起内容には開眼想起の方が有効だという可能性が示された。

今後はこの結果を利用しリアルタイムの総ヘモグロビン濃度変化量を被験者にフィードバックするプログラムの開発, フィードバック方法についての研究を行い, 歩行訓練システムの完成を目指す。

参考文献

- (1) 久保田 競, 宮井 一: 脳から見たリハビリ治療, 講談社, 2007
- (2) 河内 潤一郎: 歩行訓練システム開発のための脚運動想起時の脳活動計測, 高知工科大学, 2011
- (3) 酒谷 薫: NIRS—基礎と臨床—, 株式会社新興医学出版社, 2012