

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

Walking rehabilitation system using mental imagery of walking

○ 河内潤一郎 (高知工科大学) 王碩玉 (高知工科大学)

三浦直樹 (東北工業大学) 姜銀来 (高知工科大学)

Junichirou KAWAUCHI, KOUCHI University Of Technology
 Shuoyu WANG, KOUCHI University Of Technology
 Naoki MIURA, TOUHOKU Institute Of Technology
 Vinlai JIANG, KOUCHI University Of Technology

Abstract: It is important to carry out walk rehabilitation soon after walking disabilities happen to realize early recovery. Therefore, for the severe patients who are still not able to do physical exercise, we propose 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 are measured by means of fNIRS. The possibility of using this method to realize early recovery is discussed.

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では、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⁾⁽²⁾ 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、歩行イメージによる歩行訓練の可能性について検討する。

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。そこで本報告では被験者間での運動想起時の共通の総ヘモグロビン濃度変化量の傾向と、被験者への情報のフィードバックの方法としての標準得点の利用の有用性について考察を行う。



Fig.1 NIRS measurement system

2. 実験内容

2-1 被験者

実験には、20代の健康な成人男性5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⁽³⁾。この計測装置は、機能的近赤外線分光法 (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襲侵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。

2-3 計測手順

実験では歩行運動の運動想起を行い、両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10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を注視し、課題時には動作映像を見ながら実験者の指示に従い第一者視点想起を行う事とした。

課題：運動想起 - 歩行運動

歩行運動についての運動想起を静止した状態で行う。

計測では、近赤外線照射部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プの照射部12をCzに合わせた。

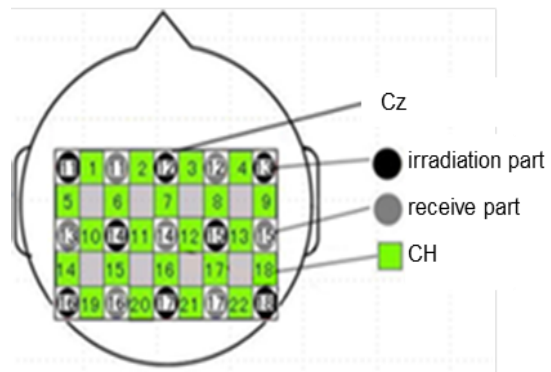


Fig. 2 Schematic for Location

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算出した。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， $(\text{素点} - \text{平均値}) \div \text{標準偏差}$ によって標準得点を計算した。

4. 実験結果と考察

Fig. 3, Fig4 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 16, 20, 21 のデータの内，例として被験者 A, 被験者 B のデータを示す。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, Fig4 よりチャンネル 16, 20, 21 において被験者 2 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。これより，脚運動想起時に異なった被験者でも共通の神経基盤を使用していると考えられる。今回の結果より，チャンネル 16, 20, 21 の総ヘモグロビン濃度変化量をリアルタイムの測定データに使用できると考えられる。

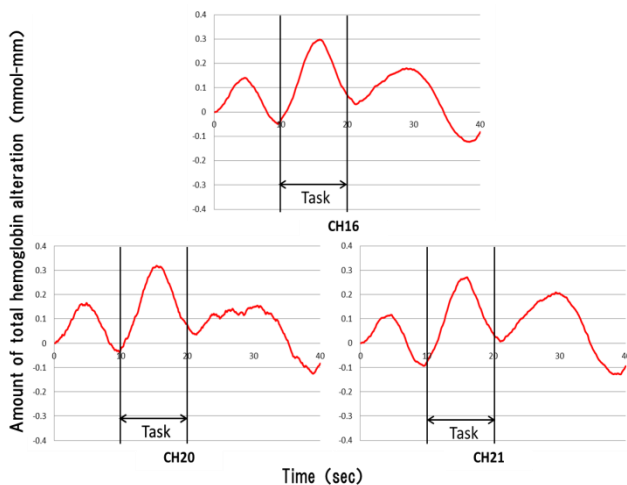


Fig. 3 Average hemoglobin concentration of subject A

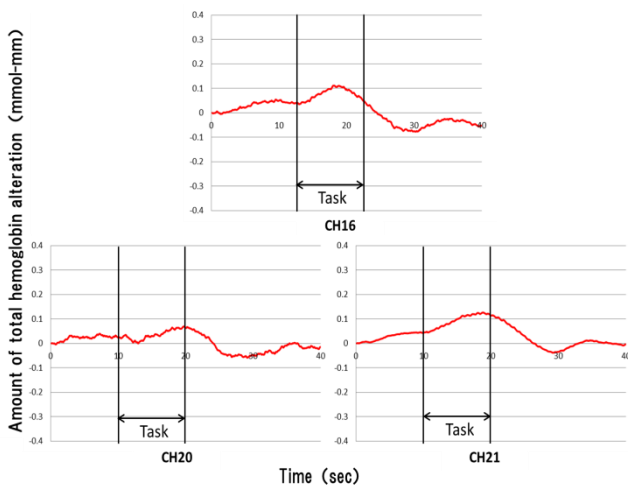


Fig. Average hemoglobin concentration of subject B

歩行運動想起時に共通の総ヘモグロビン濃度変化量を見ることが出来たが，個人差が大きいから，ヘモグロビン濃度変化量を検出するプログラムを作成するために，ヘモグロビン濃度変化量を標準化する必要がある。そこで共通の変化を検出するために標準得点を利用する。被験者 2 名の歩行運動想起時のチャンネル 16, 20, 21 と 3 チャンネルの平均の標準得点の計算結果を示す。

被験者 2 名に共通してチャンネル 16, 20, 21 の平均において標準得点で 1.5 を超える変化が見られた。この結果より標準得点で 1.5 を超える変化に関して運動想起が適切に行われているという指標に用いることが出来ると考えられる。今回の結果より標準得点を用いて個人差のある総ヘモグロビン濃度変化量に共通の反応を見ることが出来る可能性がある。よって，今回は加算平均のデータを使用したがリアルタイムのデータでも共通の反応を見ることが出来ると考えられる。

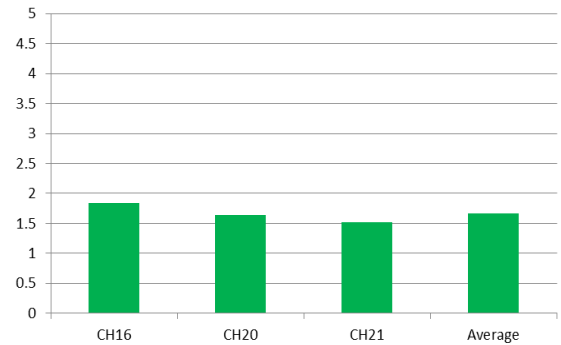


Fig. 5 Standard score of subject A

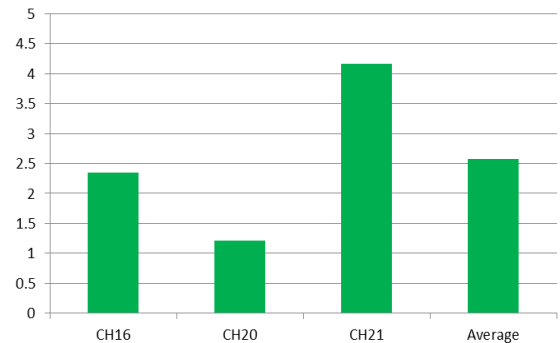


Fig. 6 Standard score of subject B

5. 結言

本報告では被験者間での運動想起時の共通の総ヘモグロビン濃度変化量の傾向と，被験者への情報のフィードバックの方法としての標準得点の利用の有用性の検証を行った。今後はこの変化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) 久保田 競, 虫明元・宮井 一郎: 学習と脳, サインズ社, 2008
- (3) 株式会社日立メディコ: 光トポグラフィの原理, <http://www.hitachi-medical.co.jp/product/opt/index.htm>