

歩行動作の脳機能マッピング

知能ロボティクス研究室

天野敬介

1. 緒言

現在、社会の高齢化が進む中でリハビリテーションが重要視されている。特に歩行リハビリテーションは、患者の日常生活動作拡大のために積極的に行われている。

歩行に関わる身体動作は、脳内での運動情報処理が身体を通して外界に表象されたものである。従って、歩行機能の効率的なリハビリテーションを行うためには、筋力や身体バランス等の力学的観点からのみではなく、歩行を制御する神経活動の変化についても考慮したうえで、被訓練者の回復状態に合わせた総合的なリハビリテーションを行う必要がある。

そこで本報告では、脳科学的知見を組み入れた歩行機能回復のためのトータル訓練プログラムの開発を目指し、近赤外分光法（Near-infrared spectroscopy: NIRS）を用いて2種類のトレーニング装置を用いた模擬歩行時の脳活動計測を行い、脚運動の差異と脳内情報処理との関係について解析した結果を報告する。

2. 脳血流測定方法

本実験の脳活動計測には、NIRSの原理によって脳血管中の酸化・脱酸化ヘモグロビン濃度を非侵襲的にかつ被験者の頭部を比較的緩やかな拘束状態での脳活動計測が可能な光トポグラフィ装置(ETG-7100、日立メディコ、図. 1)⁽¹⁾を用いた。



図1 ETG-7100

3. 実験内容

本実験では、身体動作を制御する運動野と高次認知活動に深く関連する前頭前野が歩行時の情報処理に関わると考え、各領域を含む前頭部と頭頂部の脳活動を計測した。模擬歩行のための装置として、ステップトレーナー（ATX-H123 ゆらゆらステップトレーナーライト、株式会社アテックス、図. 2）とトレッドミル（フラットウォーカー2400AF240、株式会社アルインコ、図. 3）の2種類を用いた。



図2 ステップトレーナー 図3 トレッドミル

脳活動計測実験は装置毎に測定を分けて行った。ステップトレーナーを用いた計測では、安静状態を30秒、歩行動作を30秒として、それらを6回繰り返して計測した。一方、

トレッドミルを用いた計測では、トレッドミルの動作速度を3 km/hに設定し、安静状態を30秒、歩行動作60秒として、それらを3回繰り返して計測した。

4. 実験結果

各条件時に計測された脳血流データを図. 4～7に示す。安静時の血流（ステップトレーナー：図. 4、トレッドミル：図. 6）と歩行動作時の血流（ステップトレーナー：図. 5、トレッドミル：図. 7）とを比較した場合、運動野の中でも脚運動を支配する領域（頭頂部の測定領域の中央後方）の総ヘモグロビン濃度に増加傾向が見られた。また、ステップトレーナーでの歩行動作時において、運動野より前方の前頭前野後方の領域（頭頂部の測定領域の中央前方）に総ヘモグロビン濃度の増加傾向が見られた。この領域は単純な運動動作より高次な認知活動に関係する事から、不安定なステップトレーナー上で、現在のバランス状態により意識を向けて歩行動作を実行することに関わる脳活動と関連すると思われる。

従って、脳活動の観点から、トレッドミルによる歩行運動のほうが、自然な歩行運動により近いと推測される。

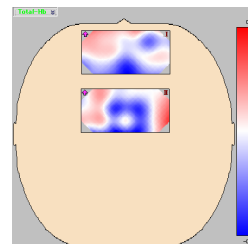


図4 ステップ レスト

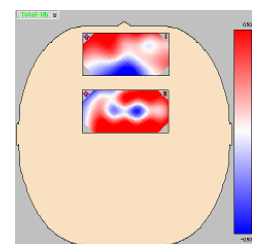


図5 ステップ

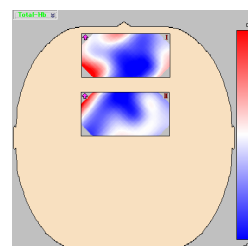


図6 トレッドミル レスト

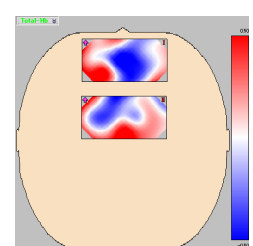


図7 トレッドミル

5. 結言

本論文では、異なるトレーニング装置を用いて模擬歩行を行う場合、前頭前野と運動野の信号に差異がある事が確認できた。今後は、これら被験者における共通点、特異的な血流変化パターンと被験者の動作との関係および歩行回復の指標への適用可能性について評価を行ってゆく。

参考文献

- (1) 株式会社日立メディコ：光トポグラフィの原理