

研究ノート

視覚誘導性自己運動知覚刺激を用いた歩行訓練による 歩行機能の改善と脳機能への影響に関する研究

原 田 妙 子

日本福祉大学 健康科学研究所

中 村 信 次

日本福祉大学 子ども発達学部

Visual illusion may contribute to gait recovery in rehabilitation therapy

Taeko Harada

The Research Institute for Health Sciences, Nihon Fukushi University

Shinji Nakamura

Faculty of Child Development, Nihon Fukushi University

Keywords: ニューロリハビリテーション, 歩行機能, 視覚誘導性自己運動知覚刺激, 運動前野, 近赤外線分光装置

1. はじめに

歩く能力は、高齢者にとって自立した生活をおくるために非常に重要な要素である。歩行機能の低下は、特に、高齢者の日常生活に支障をきたし自発的な行動を制限し、認知機能の低下を含めた脳機能の低下¹⁾²⁾³⁾を引き起こし、ついには寿命を縮めてしまう⁴⁾⁵⁾。近年、歩く訓練をすることで高齢者の認知機能が改善されることが、次々に報告されている⁶⁾。先行研究や我々の行った研究においても、近赤外分光装置を用いた脳活動計測により、歩行が認知機能を司る前頭前野の活動に影響する⁷⁾ことや、歩行訓練によって、歩行中の前頭前野と運動前野（運動の計画や準備に関係した脳の領域）の活動が高まるだけでなく、認知機能も改善するという結果を得ている⁸⁾。これらの結果は、歩行訓練が脳の前頭葉機能の改善を促す有効な手段であることを示唆するものである。このよ

うな先行研究に基づき、本研究では、歩行訓練のより効果的なリハビリテーションへの応用手法の開発を目指すことを目的とした。まず、第一段階として、視覚誘導性自己運動知覚刺激を用いて、実際には身体が動いていない状況において、自己の身体が運動しているという感覚運動を仮想的に脳へ与えることが、実際の歩行と同等な影響を及ぼすことが可能か否かについて、歩行に関連して働く前頭葉領域の活動に着目し、近赤外線分光装置を用いて検討した。

2. 方 法

健常な成人 24 名（平均年齢 22 ± 3, 男性 10 名 女性 14 名, 簡易前頭葉機能検査 (Frontal assessment battery (FAB) スコア; 平均 17.8 ± 0.9 (18 点満点) が、本実験の被験者として参加した。被験者は、大型スクリー

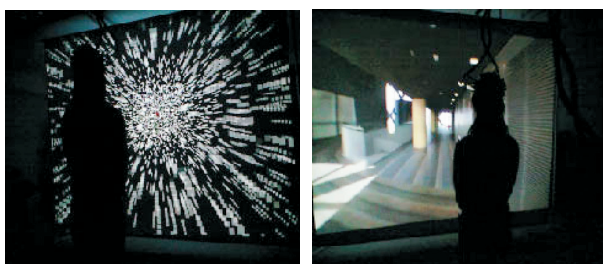


図 1. 視覚刺激 パターン A 図 2. 視覚刺激 パターン B

ン (2.8×2.1m) の前に立ち (観察距離 1.5m), リアプロジェクターにより提示された視覚刺激を観察した. 視覚刺激は, コンピュータプログラムにより生成された拡大運動を行うランダムドットパターン (パターン A, 図 1), もしくは, 移動カメラで撮影されたビデオ画像 (建物内の廊下) (パターン B, 図 2) のいずれかであった.

いずれの刺激においても自己運動速度は 5.0km/h に設定された. また, 観察条件として, 静止立位と足踏みの 2 種類を設けた. 実験試行中の被験者からは, 大脳皮質活動 (近赤外線分光装置による), 自己運動感覚強度 (0~100 のスケール) と潜時 (刺激呈示開始から自己運動感覚を得るまでに要した時間), および心拍数 (心拍数モニター, Polar Accurex Plus, Polar 社製) を計測した. 視覚刺激の呈示は, 注視期 (10 秒: ディスプレーの中心に注視点を提示し, それを注視させる), コントロール期 (30 秒: パターン A もしくはパターン B の画像を静止状態で提示), 課題期 (30 秒: パターン A もしくはパターン B の画像を運動させて提示) の順で行った. 課題期においては, 立位で静止したまま刺激を観察する条件と刺激の速度に合わせて足踏みをする 2 条件を加え, 計 4 条件 (パターン A + 静止, パターン A + 足踏み, パターン B + 静止, パターン B + 足踏み) とした. 課題期において, 被験者が自分が動いているという感覚を得た場合に, 「ハイ」という発声によって合図を行い, 自己運動感覚刺激獲得時間を記録した. 試行順序は, 被験者間で無作為化し, 1 条件につき 3 回繰り返した (2 [視覚刺激パターン] × 2 [足踏み有・無] × 3 [繰り返し] = 計 12 試行). 実験試行中に, 大脳皮質の活動を機能的近赤外線分光装置 (Multi-Fiber Adapter (MFA) for NIRO-200, Hamamatsu Photonics, Hamamatsu, Japan) を用いて記録した. 775, 810, 850nm の近赤外線光の送光用ファイバー 2 本, 受光用ファイバー 8 本からなる 8 チャンネルのプロープペアを前頭前野背外側部もしくは, 運動前野部にプロープ



図 3. NIRS 装着位置

間距離 3cm で配置し, 各条件試行中の酸素化ヘモグロビン (oxyHb), 脱酸素化ヘモグロビン (deoxyHb) および総ヘモグロビン (totalHb) の変化を 8 点で同時記録した (サンプリングレート 1Hz). プロープの位置と皮質部位の関係は, 岡本ら⁹⁾の報告をもとに大脳半球両側の前頭前野背外側領域および, 運動前野領域に装着した (図 3).

大脳皮質活動のデータは, 脳血流量との相関がある oxyHb の変化量に着目し, 課題期の自己運動感覚刺激獲得時間からその前 4 秒間, コントロール期開始 4 秒後からの 4 秒間の変化量を, それぞれの期の脳賦量とした. 課題期からコントロール期を除いた値を各試行の変化量とし, 同じ条件下で繰り返され 3 回の変化量を加算平均し, 各刺激条件および各脳領域ごとの大脳皮質賦活データとした. 自己運動感覚強度と潜時, および心拍数は, 各試行ごとに加算平均し, 条件ごとの測定値とした. 二元配置の分散分析を用いて刺激条件間の差異を解析した.

3. 結果

各条件における自己運動感覚強度と心拍数の変化量は, パターン A, B の両視覚刺激ともに足踏みを付加された場合に, 足踏みが付加されない場合よりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$, 図 4, 図 5). また, 各刺激条件における oxyHb の変化は, 両側ともに, 運動前野領域よりも前頭前野背外側領域で有意に大きい変化を示した ($p < 0.0001$, 図 6) が, この変化は, 視覚刺激条件や, 足踏みが付加による影響を受けなかった. これらの結果から, 視覚刺激による自己運動感覚の誘導は, 刺激する視覚様式に関わらず, 実際に脚を動かさず足踏み歩行と同様な前頭前野領域の活性を示すことが明らかになった.

4. おわりに

視覚刺激により自己運動感覚を誘導することは, 足踏みという実際の歩行運動を行うことと同様な刺激を, 脳

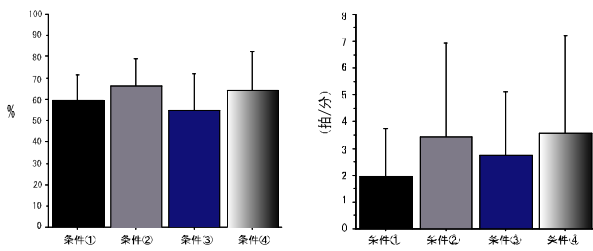


図 4 . 自己運動感覚強度

図 5 . 心拍数の変化量

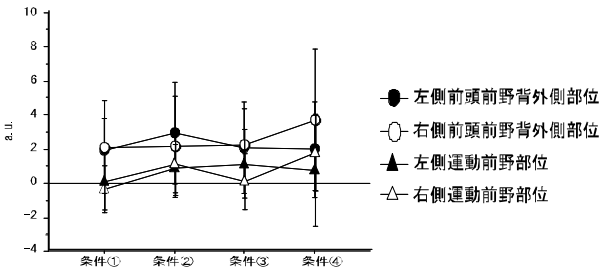


図 6 . 酸素化ヘモグロビン (oxyHb) の変化量

の前頭葉領域に与える可能性があることが、明らかになった。従って、本研究によって得られた結果は、実際の歩行が困難な患者のリハビリテーションに関して、有用な知見を与えるものである。

参考文献

1. Verghese 〱 (2007) Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. J Neurol Neurosurg Psychiatry 78: 929-35.
2. Snijders 〱 (2007) Neurological gait disorders in elderly people: clinical approach and classification. Lancet Neurol 6: 63-74.
3. Fife 〱 (1993) Disequilibrium of unknown cause in older people. Ann Neuro 134: 694-702.
4. Hakim 〱 (1998) Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. N Engl J Med 338: 94-99.
5. Studenski 〱 (2003) Physical performance measures in the clinical setting. J Am Geriatr Soc 51: 314-322.
6. Middleton 〱 (2008) Changes in cognition and mortality in relation to exercise in late life: a population based study. PLoS ONE. 3: e3124.
7. Miyai 〱 (2001) Cortical mapping of gait in humans: a near-infrared spectroscopic topography

study. Neuroimage 14: 1186-1192.

8. Harada 〱 (2009) Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly. Exp Brain Research. 193: 445 - 454.
9. Okamoto 〱 (2004) Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping. Neuroimage 21: 99-111.