

機関番号：34605  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21700561  
 研究課題名（和文） 脳機能イメージングによる脳卒中片麻痺患者に対する知覚運動学習課題の効果検証  
 研究課題名（英文） Using neuroimaging to verify the effectiveness of a perceptual motor learning task in hemiplegic patients after stroke  
 研究代表者  
 森岡 周 (MORIOKA SHU)  
 畿央大学・健康科学部・教授  
 研究者番号：20388903

研究成果の概要（和文）：知覚運動学習課題が後期高齢者の立位バランスの安定化及び脳卒中片麻痺患者の上肢機能回復に効果的に作用するか検証した。結果、足底圧の知覚が高まると立位バランスが安定することが分かった、また、麻痺側上肢の運動方向や距離の知覚及び手指の皮膚知覚が高まると上肢機能回復が促進されることが分かった。今回用いた課題では、前頭葉及び頭頂葉領域の活動が強く認められ、それら領域の活性化が機能回復につながることを示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study verified whether a perceptual motor learning task effectively facilitates stabilization of standing balance in old-old and recovery of upper limb function in hemiplegic patients after stroke. Results revealed that standing balance stabilized with better perception of plantar pressure. Results also revealed that recovery of upper limb function is facilitated by better perception of the direction of movement and distance moved by the upper limb on the affected side and perception by skin of the fingers. The task used in this study was found to result in extensive activity in areas of the frontal lobe and parietal lobe. Results suggested that activation of these areas is linked to recovery of function.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション，脳卒中，脳機能イメージング

### 1. 研究開始当初の背景

脳機能イメージング技術の開発・発展によって、脳損傷後の神経ネットワークが可塑的に変化することが明らかにされた。このように今日では麻痺側の身体機能回復に伴い、脳活動がダイナミックに変化することが明らか

かになっている。その特徴としては、運動機能回復が得られた脳卒中片麻痺患者の麻痺肢運動時の脳活動は、健常者が新たな運動を学習する際に活動する部位に類似している。健常者が運動学習する際には、前頭前野、運動前野、補足運動野、頭頂連合野、後頭連合野、小脳、海馬等が活動することが分かって

いる。したがって、脳卒中片麻痺患者に対して、これら運動学習に関与する脳領域を効果的に賦活させることが、リハビリテーションの効果を大きく左右すると予想される。最近になって、よりダイナミックな運動時にも測定可能な機能的近赤外線スペクトロスコピー（functional near-infrared spectroscopy; fNIRS）の開発により、脳損傷者の機能回復時の脳活動が徐々に明らかになってきたが、ヒトの多様な日常生活を考えれば、運動機能回復に伴う脳活動に関連する学術的データは依然として不足している。また臨床的に科学的根拠があるとされる知覚運動学習課題の効果検証も脳機能イメージング研究からはされていない。

## 2. 研究の目的

現在までに筆者は立位姿勢バランスを効果的に安定させる介入手段として、足底部の知覚運動学習課題を考案し、その臨床的根拠について無作為化比較試験を用いて明らかにしてきた（Morioka et al, Gait Posture 2004, Morioka et al, Clin Rehabil 2003）。これらの研究により、立位姿勢バランス向上に対して知覚運動学習課題が有効であることが臨床的に明らかになった。また上記の知覚運動学習課題中の脳活動についてfNIRSを用いて調査したところ、両側の前頭前野と運動前野の血流量が通常の立位時よりも増加することが明らかになった。一方、上肢運動の知覚課題時においても同じく前頭前野背外側部と運動前野の活動が増加することが明らかになった（Morioka et al, J Phys Ther Sci 2008）。しかしながら、後期高齢者や脳卒中片麻痺患者に対して、これらの課題を臨床導入した際に、健常若年成人における知覚運動学習時と類似した脳活動が得られるか、そしてそれに基づき身体機能回復が認められるかは明らかにされていない。本研究は、後期高齢者に対して足底部の知覚運動学習課題を、脳卒中片麻痺患者に対して上肢の知覚運動学習課題を導入し、その効果検証とともに課題中の脳活動の変化についてfNIRSを用いて明らかにする。

## 3. 研究の方法

【実験1：後期高齢者に対する知覚運動学習課題の効果の検証】

後期高齢者に対して知覚運動学習課題が効果的に作用するかを検証する目的で実施した。

参加募集は地域の介護老人保健施設に呼びかけた。75歳以上の後期高齢者（75歳～91歳）46名が実験に参加した。その46名を無作為に2群に割り付けた。なお、この割り

付け作業は、本研究内容を全く知らない第三者により行った。割り付けられた2群の一方を介入群（23名）、もう一方を対照群（23名）とした。

足底知覚課題として、介入群に対し硬度の異なるスポンジゴムを使用し、立位にて足底でスポンジゴムの硬度を識別する訓練を2週間、計10日間実施した。介入群は5段階の異なる硬度のスポンジゴムの硬さの識別をアイマスクで目隠しされた状態で行った。課題は任意に作成されたランダム表に基づいて10回行われ、参加者はいずれの硬さのスポンジゴムであるかを判断した。このランダム表を用いた課題における誤判断数を訓練効果の結果にした。一方、対照群はスポンジゴム上の立位を行ったが、その際、足底感覚による硬度の識別は一切求めなかった。これを介入群と同じように10日間実施した。

課題前と終了後に開眼および閉眼立位重心動揺測定（総軌跡長）ならびにファンクショナルリーチテスト（FRT）を実施し統計処理を用いて、介入群と対照群の効果の比較を行った。

また、課題最中の脳活動の記録をfNIRSによって行い、対象者の頭部に全頭型光ファイバーフォルダを装着し、大脳皮質領域の活動を測定し、酸素化ヘモグロビン（oxyHb）値を用いて分析した。同時に課題に特異的に活動する脳領域を脳マッピング手法を用いて明らかにした。

【実験2：脳卒中片麻痺患者に対する知覚運動学習課題の効果の検証】

上肢による空間識別ならびに手指による接触識別を用いた知覚運動学習課題が脳卒中片麻痺の上肢機能回復に対して有効に働くか、そして、その課題時の脳活動に関して脳機能イメージング装置を用いて分析することを目的に実施した。

対象は入院加療中の脳卒中片麻痺患者25名。その対象を介入群13名、対照群12名に無作為に振り分けた。介入群は長さや方向の異なる線の軌跡を他動的な上肢運動によって識別する課題ならびに表面の粗さが異なるサンドペーパーの違いを他動的な手指接触によって識別する課題を遂行した。対照群は他動的な上肢運動、ならびに識別を求めないサンドペーパーへの手指接触を遂行した。これらの課題は一般的な医学的リハビリテーションに追加する形で実施した。課題は10日間継続施行した。

上肢機能回復を調べるアウトカムとしては、2点識別覚、10秒テスト、Fugl-Meyer Assessmentにおける「運動機能とバランスの項目の上肢（合計66点）」の部分を採用した。

一方、課題時の脳活動は近赤外光イメージング装置（fNIRS）を用いて調べた。対象者

の頭部に全頭型光ファイバーフォルダを装着し、大脳皮質領域の活動を測定し、酸素化ヘモグロビン (oxyHb) 値を用いて分析した。同時に課題に特異的に活動する脳領域を脳マッピング手法にて明らかにした。

#### 4. 研究成果

##### 【実験 1：後期高齢者に対する知覚運動学習課題の効果の検証】

介入群で 2 名、統制群で 3 名のデータの欠損が見られた。その原因は他の施設へ転所、自宅退院、拒否であった。アウトカムとして使用する介入群 21 名、対照群 20 名において、年齢、身長、体重、介入前の重心動揺値および前方重心移動距離においては、統計学的な有意差を認めなかった。

硬度識別課題における誤判断数の平均値は、日数を重ねるごとに有意な減少が認められた ( $F=5.67, p<0.01$ )。また、1 日目と 10 日目の値の比較においても 10 回目に有意な減少 ( $p<0.05$ ) を認めた。

介入群では知覚運動学習課題に伴い有意な重心動揺値の減少が認められた (図 1)。

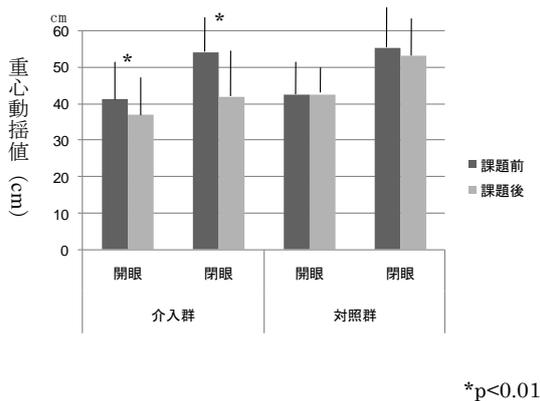


図 1 重心動揺値 (cm) の比較

また、介入群では知覚運動学習課題に伴いの FRT による前方重心移動距離が有意に増加した (図 2)。

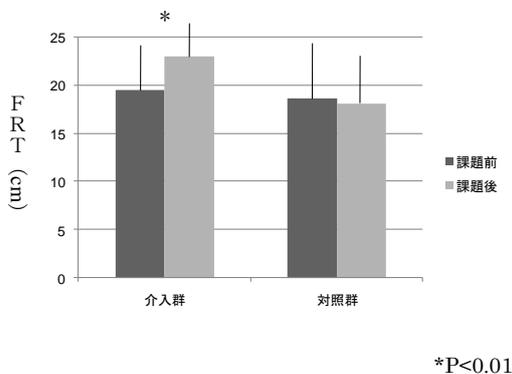


図 2 FRT 値 (cm) の比較

一方、知覚運動学習課題中には通常の立位時よりも前頭前野と運動前野の oxyHb が有意に増加することが明らかになった。

以上の結果は、本課題が後期高齢者の立位姿勢バランスの安定化に有効に作用すること、そして、使用した課題が前頭前野や運動前野の活性化を引き起こすことの 2 点を証明することを示唆した。しかしながら、重心動揺の減少度と脳活動の増加度の関係を明らかにしていないため、直接的な因果を証明することはできなかった。

##### 【実験 2：脳卒中片麻痺患者に対する知覚運動学習課題の効果の検証】

介入群で 2 名、対照群で 2 名のデータの欠損が見られた。その原因は他機関への転院であった。アウトカムとして使用する介入群 11 名、対照群 10 名において、年齢、罹患期間、麻痺側、介入前の上肢運動機能および感覚機能において統計学的な有意差を認めなかった。

介入群では有意な知覚運動学習効果も認められた。その効果に伴い有意な 2 点識別覚の減少、10 秒テストの増加 (図 3)、Fugl-Meyer Assessment スコアの上昇が認められた。一方、対照群では Fugl-Meyer Assessment スコアのみ有意な上昇がみられた (図 4)。しかしながら、介入群は対照群に比べ Fugl-Meyer Assessment スコアの効果量 (effect size) が有意に大きかった。

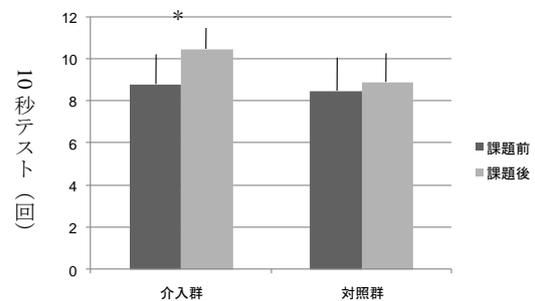


図 3 10 秒テスト (回) の比較

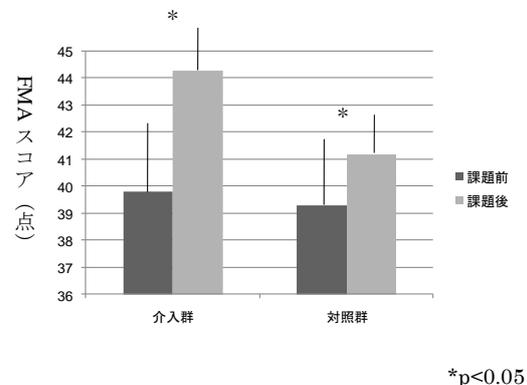


図 4 Fugl-Meyer Assessment (FMA) の比較

一方、介入群では、本課題時において、前頭葉における前頭前野および運動前野領域のoxyHbに有意な増加を認めた。さらに、頭頂葉領域のoxyHbも有意な増加を示した。しかしながら、対照群においては、課題の最中に著明かつ特異的な脳活動の変化はみられなかった。

これらの結果により、脳卒中片麻痺の上肢機能回復に対して知覚運動学習課題が効果的に作用することが示唆された。一方、その課題時において前頭葉および頭頂葉の活性化が認められることが明らかになった。しかしながら、前頭葉および頭頂葉の活動の増加度と上肢の機能回復の改善度の関係を調べていないために、今回の脳活動の変化が直接的に機能回復に影響しているかは判断できなかった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- 1) Morioka S, et al: Effects of plantar hardness discrimination training on standing postural balance in the elderly: a randomized controlled trial. Clin Rehabil 23: 483-491, 2009
- 2) Takebayashi H, Morioka S (4 番目), et al: Interaction interference between arm and leg: Division of attention through muscle force regulation. Human Movement Science 28: 752-759, 2009
- 3) 川崎 翼, 森岡 周: 身体位置関係の認識と立位姿勢バランス能力の関連性. 理学療法科学 24: 275-262, 2009
- 4) 冷水 誠, 前岡 浩, 藤田浩之, 森岡 周: ニューロリハビリテーションと脳の機能的イメージング 2 立位制御. 理学療法 27: 387-391, 2010
- 5) 谷口 博, 松尾 篤, 前岡 浩, 森岡 周: ニューロリハビリテーションと脳の機能的イメージング 3 上肢到達運動. 理学療法 27: 499-504, 2010
- 6) 谷口 博, 信迫悟志, 清水重和, 松尾 篤, 森岡 周: ニューロリハビリテーションと脳の機能的イメージング 4 手操作運動. 理学療法 27: 603-608
- 7) 藤田浩之, 松尾 篤, 前岡 浩, 森岡 周: ニューロリハビリテーションと脳の機能的イメージング 6 感覚と認知. 理学療法 27: 818-822, 2010
- 8) 森岡 周, 他: 高齢者の立位バランスに関する臨床研究の成果と今後の課題. 理学療法 27: 887-895, 2010
- 9) 谷口 博, 富永孝紀, 大植賢治, 河野正志, 森岡 周: 半側空間無視治療に用い

られるプリズム順応課題時の脳活動-機能的近赤外分光装置 (fNIRS)による検討-. OT ジャーナル 44: 1067-1074, 2010

- 10) Matsuo A, Morioka S (5 番目), et al: Enhancement of precise hand movement by transcranial direct current stimulation. Neuroreport 22: 78-82, 2010
- 11) Morioka S, et al: Effects of plantar perception training on standing posture balance in the old old and the very old living in nursing facilities: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2011 Apr 19. [Epub ahead of print]
- 12) Hiyamizu M, Morioka S, et al: Effects of dual task balance training on dual task performance ability in elderly people: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2011 Mar 18. [Epub ahead of print]

[学会発表] (計 5 件)

- 1) Morioka S, et al: Perception exercises involving the sole of the foot enable the oldest old to better maintain postural balance while standing. 19<sup>th</sup> International Society for Posture and Gait Research. Bologna, Italy. 21-25 June, 2009
- 2) Hiyamizu M, Morioka S, et al: Effects of dual task balance training in healthy elderly people. 19<sup>th</sup> International Society for Posture and Gait Research. Bologna, Italy. 21-25 June, 2009
- 3) Fujita H, Fujimoto M, Nakano H, Morioka S: The Influence of the perceptual training in the weight-bearing rate of the lower limbs in stroke patients. the 6th World Congress of Neurorehabilitation. Viena, Austria. 21-25 March, 2010
- 4) Nakano H, Morioka S (6 番目), et al: Effects of plantar perceptual learning involving a discrimination task on the gait stability of elderly individuals: A randomized controlled trial. Denpasar, Indonesia. 10-13 October, 2010
- 5) Nakano H, Morioka S: Effects of plantar perceptual learning involving a discrimination task on brain activity: A functional near-infrared spectroscopy study. 44rd Annual Meeting of Society for Neuroscience. San Diego, USA. 15-19 November, 2010

[図書] (計 5 件)

- 1) 森岡 周: 運動学テキスト. 感覚と運動. 南江堂. pp-293-301, 2010
- 2) 森岡 周: リハビリテーションのための人間発達学. 神経系の発達. メディカルプレス. pp123-138, 2010

- 3) 森岡 周：脳を学ぶ（2）. 協同医書出版社. 総ページ数 116, 2010
- 4) 森岡 周：機能障害科学入門. 神陵文庫. 総ページ数 386
- 5) 森岡 周：理学療法評価学テキスト. バランス検査. 南江堂. pp229-242, 2010

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.kio-neuroreha.com/>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

森岡 周 (MORIOKA SHU)  
畿央大学・健康科学部・教授  
研究者番号：20388903