

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500577

研究課題名(和文)片麻痺患者に対するイメージ訓練の有効性とその脳内機構—機能的磁気共鳴画像—

研究課題名(英文)Effects of Motor Imagery Combined with Repetitive Task Practice on Sitting Balance of Hemiplegic Patients

研究代表者

福島 順子 (FUKUSHIMA, JUNKO)

北海道大学・・・名誉教授

研究者番号：40208939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：運動をイメージするイメージトレーニングの効果が知られている。本研究者は、脳血管障害後の片麻痺の患者の座位バランスについてのイメージトレーニングの効果を、イメージトレーニングを受けた群(I群)を通常の理学療法(C群)や運動トレーニング単独群(M群)比較することによって調べた。イメージトレーニング群(I群)では、視覚刺激により運動をイメージし、その後同じ運動を行った。座位バランスは脊柱の動く角度と座圧を測定して評価した。その結果、I群ではC群、M群よりも座圧が健側に偏っていたのが対称に近くなって麻痺側にも加重できるように左右に上体を動かす場合にも麻痺側に屈曲する角度が有意に増加した。

研究成果の概要(英文)：We aimed at examining effects of motor imagery on sitting balance in hemiplegic patients with stroke. The experimental group consisted of patients who received motor imagery combined with movement training (I group), patients who received only movement training without motor imagery (M group) and control patients without intervention. The patients in I group were instructed to sit and perform motor imagery as if they flexed trunk forward or bent their trunk laterally, with the aid of visual information. After motor imagery, they were asked to perform the same movement as motor imagery. Sitting pressure in affected side at rest was significantly increased, and the angles of movements were significantly increased while bending laterally to affected side in I group. However, the patients in M group showed no significant improvement compared to the patients in control group. These results indicate that motor imagery was effective on sitting balance of hemiplegic patients.

研究分野：リハビリテーション科学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：イメージトレーニング 脳血管障害 片麻痺 座位バランス 運動療法

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳卒中患者の座位バランス

脳卒中は、介護が必要となる原因疾患の第1位である。発症後は日常生活動作の自立を目標にリハビリテーションを行うことが重要であり、日常生活を営む上で必要な動作の多くは座位で行うので、座位バランスが良好であることが求められる。良好な座位バランスとは、静的座位の座圧が左右対称、動的座位時には座圧を運動方向へ移動できる、いずれの場合も姿勢を保持できることであり、静止時は全身の身体質量中心(重心)が支持基底面の中心に位置している方が安定しており、このときの圧の分布は左右対称である。運動時は、重心が支持基底面内に位置し、その姿勢を保持できていると安定している。

(2) イメージトレーニング

10年ほど前から、イメージトレーニングが脳卒中患者に対するリハビリに用いられるようになってきた。脳卒中患者に対するイメージトレーニングでは、Malouinら(2009)、Barclay-Goddardら(2011)がイメージとそのイメージした運動を実際に行うことを組み合わせる方法が最も効果があるという結論を出した。イメージトレーニングは、立ち上がり・着座動作や歩行への効果も示されているが、座位バランスに対して調べた研究はない。

イメージする方法は研究によって異なる。セラピストがイメージする運動について詳細に話し、それに従って被験者がイメージする方法、運動の各相の写真を用いてイメージの前後に確認する方法、体を動かして行う練習の時に、どのようにして正しい運動に修正したかを言語化し、その内容をイメージする方法などがあるが、実際には、患者が本当にイメージしているのかを確認することは難しい。そのため、本研究では、イメージトレーニングの後、同様の運動トレーニングを行い、運動トレーニングのみの群、非介入群と比較した。

2. 研究の目的

視覚刺激によるイメージトレーニングと運動を組み合わせさせたトレーニングが効果的であると報告されているが、座位バランスについて調べた研究はない。そこで本研究では、脳卒中片麻痺患者の座位バランスを改善することを目的に、視覚刺激とイメージ、運動を組み合わせさせた座位バランストレーニングを行ってその効果を調べることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 対象

対象は某病院に入院中、および介護老人保健施設に通所または入所中で理学療法を受けている脳卒中片麻痺患者46名を3群にわけた。イメージトレーニング+運動トレーニング群(I群)16名とC群(C群)20名、及び運動トレーニングのみの群(M群)10名である。適合条件として、静的座位保持を背もたれなし、かつ自立して30秒以上可能であること、聴覚・言語理解良好、長谷川式簡易認知機能スケール20点以上とした。対象者には事前に本研究の主旨を説明し、同意書への署名をもって同意を得た(代筆を含む)。本研究は、北海道大学大学院保健科学院倫理委員会の承認を得て実施した。

I群及びM群は1日目と5日目に測定を行い、2日目から4日目は座位バランストレーニングを行った。C群は1日目と5日目に測定を行い、2日目から4日目の間は全く介入を行わなかった。

(2) 方法

I群では、前屈または側屈の運動をイメージした後、その運動を実際に行った。椅子座位にて足底接地となるように設定し、座面と両足底に圧分布測定装置を設置した。座圧の分布は前方のコンピュータディスプレイに表示され、被験者が確認できるようにした(図1)。また、前方に前屈または側屈位、直立位の3枚の写真を提示した。まず、安静時の座圧を確認し、圧が左右対称になるように被験者自身で修正させた。次に、メトロノーム(速さ30bpm)に合わせて写真を見ながら前屈運動をイメージ

し、その後実際に体を動かして前屈運動を行った。最後に、左右交互の側屈運動のイメージと運動を行った。イメージを行うときには、体を動かさずに運動をしているつもりになって想像するように指示した。M群では、イメージを行わず、写真を見せて同様の運動トレーニングを行った。

測定は、運動開始前の安静時と、椅子座位で写真を見ながらメトロノーム(速さ 30bpm)に合わせて前屈運動と側屈運動を各 10 回行い、そのときの座圧、腰椎-骨盤の運動角度を記録した。座圧はストレンゲージを使用した圧分布測定装置(FSA4.0、タカノ社製)で、256(16×16)個のセンサーがあり、測定間隔は5Hz(0.2秒)である。圧分布と圧中心がコンピュータディスプレイに表示され、数値の単位は mmHg である(図 1)。腰椎-骨盤の運動角度には 3次元位置測定装置(3-Space ISOTRAK、Polhemus社製)で、測定間隔は12.5Hz(0.08秒)、第1腰椎と仙骨にセンサーを設置した。座標値(x, y, z)とオイラー角(アジマス角・エレベーション角・ロール角)が記録された。

座圧の解析の際、安静時の圧中心を中心点として麻痺側と非麻痺側に分け、麻痺側と非麻痺側それぞれの圧の0.2秒ごとの合計値を求めた。圧中心点の位置を参考に安静時、前屈位、麻痺側への側屈位、非麻痺側への側屈位の状態の圧の合計値の平均を算出した。最後に、麻痺側座圧の全体に対する割合を知るために、各姿勢の麻痺側の平均合計値を両側の平均合計値で除した値を解析に使用した。本文中においては、その値をパーセンテージで表示した。

運動角度の解析では、前屈にエレベーション角の最大値から最小値を引いた値を使用し、側屈にロール角の最大値または最小値から安静時の値を引いた値の平均を解析に使用した。

年齢、身長、体重、上下肢Brunnstromステージ(以下BRS)、長谷川式簡易認知機能スケール(以下HDS-R)、Barthel Index、機能的自立度評価表(以下FIM)を測定した。統計解析は、座圧、運動角度の統計検定は、2要因の分散分析(群: I群, C群×時間; 介入前後)を行った後、群

内で対応のあるt検定を行った。また、全体で検定を行った後、右片麻痺と左片麻痺に分けて検定をした。有意水準は5%未満とした。

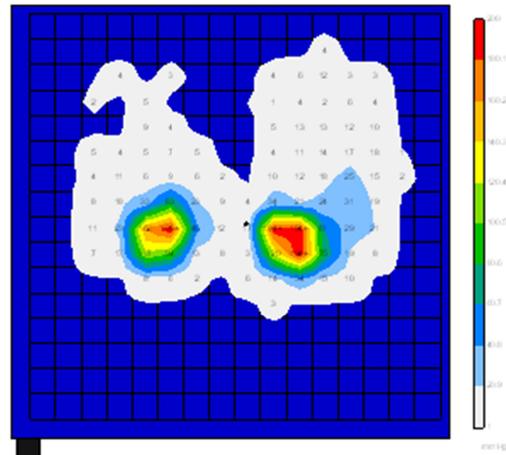


図 1. 座圧の分布図

左片麻痺患者の安静時の座圧の 1 例である。0mmHg(白)から 200mmHg(赤)まで、圧が色で示されている。この図をコンピュータディスプレイに表示し、被験者に提示した。

4. 研究成果

(1) 対象者の特性

対象者 46 名を、介入群 (I 群 16 名、M 群 10 名) 26 名と非介入群 (C 群) 20 名に分けた。介入群の平均年齢は 68.7 歳、平均身長は 159.4cm、平均体重は 63.6kg だった。C 群の平均年齢は 73.2 歳、平均身長は 161.9cm、平均体重は 60.4kg だった。また、Brunnstrom stage (BRS)は介入群 3.3 ± 0.9 , C 群 4.1 ± 1.0 , HDS-R は介入群 27.3 ± 2.0 , C 群 25.6 ± 2.9 , Barthel Index は介入群 67.5 ± 23.8 , C 群 80.5 ± 11.3 , Functional Independence Measure (FIM)は介入群 98.3 ± 20.0 , C 群 113.5 ± 7.6 だった。これらの項目について、FIM の運動項目で群間に有意差があった ($t(14)=2.2, P=0.045$) が、他の項目に関しては、有意差はなかった ($P>0.05$)。

(2) I 群と C 群の安静時の座圧の比較

介入前の麻痺側座圧の割合は(平均値 ± 標準偏差を記載; 以下同様), I 群 $43 \pm 7\%$, C 群 $44 \pm 9\%$ で、両群とも

健側と比較すると低下していた。I 群、C 群間に有意差はなかった。

介入による座圧の変化については、I 群の介入前の麻痺側座圧の割合は $43 \pm 7\%$ 、介入後 $50 \pm 9\%$ 、C 群の介入前は $44 \pm 9\%$ 、介入後 $45 \pm 3\%$ だった。分散分析の結果、群の主効果($F(620,1)=10.33$, $P<0.001$)と介入前後の主効果($F(620,1)=34.17$, $P<0.001$)が有意であった。さらに交互作用も有意($F(620,1)=21.35$, $P<0.001$)だったので、介入によって麻痺側の座圧が増加し、左右対称に近づいたことが示された。

(3) I 群と C 群の前屈時の麻痺側座圧と運動角度の変化の比較

麻痺側座圧の割合は $43 \pm 13\%$ 、介入後 $33 \pm 17\%$ 、C 群の介入前は $48 \pm 14\%$ 、介入後 $48 \pm 9\%$ だった。分散分析の結果、群の主効果($F(318,1)=45.4$, $P<0.001$)と介入前後の主効果($F(318,1)=5.6$, $P<0.001$)が有意であった。さらに交互作用も有意($F(318,1)=9.3$, $P<0.001$)だったので、介入によって麻痺側の座圧が減少したことが示された。

運動角度に関しては、I 群の介入前の角度は $39 \pm 21^\circ$ 、介入後 $36 \pm 18^\circ$ 、C 群の介入前は $38 \pm 24^\circ$ 、介入後 $39 \pm 19^\circ$ だった。群の主効果と介入前後の主効果は有意ではなく、交互作用も有意ではなかった。したがって、介入による変化はなかった。

I 群の介入前の麻痺側座圧の割合は $47 \pm 6\%$ 、介入後 $48 \pm 6\%$ 、C 群の介入前は $59 \pm 13\%$ 、介入後 $55 \pm 5\%$ だった。群の主効果($F(106,1)=31.26$, $P<0.001$)が有意だったが、介入前後の主効果は有意ではなかった。交互作用は有意ではなかった。したがって、介入による変化はなかったことが示された。I 群の介入前の運動角度は $53 \pm 20^\circ$ 、介入後 $50 \pm 7^\circ$ 、C 群の介入前は $55 \pm 26^\circ$ 、介入後 $64 \pm 10^\circ$ だった。したがって、介入による変化はなかった。

(4) I 群と C 群の麻痺側への側屈による麻痺側座圧と運動角度の変化

I 群の介入前の麻痺側座圧の割合は $81 \pm 20\%$ 、介入後

$87 \pm 20\%$ 、C 群の介入前は $75 \pm 21\%$ 、介入後 $83 \pm 17\%$ だった。分散分析の結果、群の主効果は有意ではなかったが、介入前後の主効果($F(166,1)=5.25$, $P=0.02$)は有意であった。交互作用は有意ではなかったので、介入による変化はなかったことが示された。

I 群の介入前の運動角度は $9 \pm 3^\circ$ 、介入後 $19 \pm 9^\circ$ 、C 群の介入前は $12 \pm 9^\circ$ 、介入後 $11 \pm 7^\circ$ だった。群の主効果は有意ではなかったが、介入前後の主効果は有意だった($F(162,1)=5.10$, $P=0.03$)。交互作用も有意だった($F(162,1)=18.98$, $P<0.001$)、介入によって運動角度が増加したことが示された。

(5) I 群と C 群の健側への側屈による麻痺側座圧と運動角度の変化

I 群の介入前の麻痺側座圧の割合は $9 \pm 6\%$ 、介入後 $2 \pm 3\%$ 、C 群の介入前は $16 \pm 14\%$ 、介入後 $14 \pm 16\%$ だった。分散分析の結果、群の主効果は有意だったが($F(165,1)=22.01$, $P<0.001$)、介入前後の主効果は有意ではなく、交互作用も有意ではなかった。しかし、I 群、C 群のそれぞれに対して対応のある t 検定を行ったところ、I 群において 5 日目に麻痺側座圧が有意に減少したという結果が出た($t(27)=5.96$, $P<0.001$)。したがって、介入によって麻痺側座圧が減少した傾向がある。

I 群の介入前の運動角度は $10 \pm 3^\circ$ 、介入後 $18 \pm 9^\circ$ 、C 群の介入前は $17 \pm 18^\circ$ 、介入後 $12 \pm 7^\circ$ だった。群の主効果と介入前後の主効果は有意ではなかったが、交互作用は有意だった($F(169,1)=11.28$, $P<0.001$)。したがって、介入によって運動角度は増加したことが示された。

(6) 相関

I 群においては、経過日数と前屈時の麻痺側座圧の変化率($r=-0.86$, $P=0.03$)に負の相関、Barthel Index と前屈時の麻痺側座圧の変化率($r=0.82$, $P=0.045$)において正の相関があった。すなわち、発症からの日数が短いほど、Barthel Index が高いほど前屈時の麻痺側座圧の変化が明らかであった。

(7) M群とC群との比較

I群では、視覚フィードバックを併用しているとはいえ、被験者がイメージを適切に行っていたかどうかについての確認が難しいため、イメージトレーニングの直後に運動トレーニングも行った。そのため、この結果がイメージトレーニングのみの効果かどうか特定することは困難である。

従って、運動療法トレーニング単独の群(M群)10名とC群10名の間で効果の比較を行った。M群とC群の間に身長、体重、年齢、BRSとBarthel Index, FIMに有意差はなかった。

介入前の麻痺側座圧の割合は(平均値 ± 標準偏差を記載; 以下同様), M群 $42 \pm 9\%$, C群 $44 \pm 9\%$ で、両群とも健側と比較すると低下していた。M群、C群間に有意差はなかった。介入による安静時座圧の変化、前屈時の麻痺側座圧と運動角度の変化、麻痺側への側屈時の麻痺側座圧と運動角度の変化、健側への側屈時の麻痺側座圧と運動角度の変化に、両群間に有意の差は認められなかった。

(8) 本介入の有効性

以上の結果をまとめると、I群において、安静時の麻痺側座圧が増加した。前屈位の麻痺側座圧が減少し、運動角度に変化はなかった。麻痺側への側屈位の麻痺側座圧は変化がなく、運動角度は増加した。健側への側屈位の麻痺側座圧が減少する傾向があり、運動角度は増加した。右片麻痺患者に関しては、安静時の麻痺側座圧が増加し、前屈位での麻痺側座圧に変化はなかった。麻痺側への側屈の麻痺側座圧に変化はなかったが、運動角度は増加した。健側への側屈の麻痺側座圧は減少する傾向があり、運動角度は増加した。左片麻痺に関しては、安静時の麻痺側座圧に変化はなかった。前屈位の麻痺側座圧は減少し、運動角度に変化はなかった。麻痺側への側屈の麻痺側座圧に変化はなかったが、運動角度は増加した。健側への側屈の麻痺側座圧は減少する傾向があり、運動

角度は増加した。他に、I群において、経過日数が短いほど、またはBarthel Indexが高いほど前屈位の麻痺側座圧が増加したという相関があった。

このことから、本介入を行ったことにより、安静時座圧の非対称性が改善し、側屈時の運動角度が増加した。また、健側への側屈時に麻痺側からの座圧の移動に対しても効果があった。したがって、イメージと運動、視覚刺激を組み合わせた今回の座位バランストレーニングは一定の効果があったと考えられる。

(9) 自主トレーニングへの応用

本介入は、前屈・側屈運動時に介助や誘導を行わず、写真を見ながら運動とイメージを行ってもらった。将来的に、病院や施設のリハビリでは圧分布測定装置で座圧の確認をし、自宅では写真を使ってイメージトレーニングを行うという自主トレーニングを継続することも、改善が期待できる方法ではないかと考えられる。

結論としてイメージと運動、視覚刺激を組み合わせた座位バランストレーニングは、運動療法単独よりも有効である。

(10) 機能的脳画像(fMRI)

当初の目的は、イメージトレーニングの前後で、イメージを行ったときのfMRIを撮像して比較することであった。健常高齢者6名、脳血管障害患者3名において、予備実験を行った。結果は、健常高齢者においても、脳血管障害患者においても賦活される領域は様々であり、一定の傾向を示さなかった。加えて、脳血管障害患者の賦活は総じて低下しており、協力度(実際にイメージしているかどうか)を確かめることは困難であった。そのため、ここではデータを提示していない。今後の検討課題としたい。

5. 主な発表論文等

「雑誌論文」

Kurkin S, Akao T, Fukushima J, Shichinohe N, Kaneko CRS, Belton T, Fukushima K: No-go neurons in the cerebellar

oculomotor vermis and caudal fastigial nuclei: planning tracking eye movements. *Exp Brain Res* 232: 191-210, 2014. 査読有.

Fukushima K, Fukushima J, Warabi T, Barnes GR: Cognitive processes involved in smooth pursuit eye movements: behavioral evidence, neural substrate and clinical correlation. *Frontiers in System Neuroscience*. 19 March 2013. Vol 7, Article 4:1-28. DOI:10.3389/fnsys.2013.00004. 査読有.

Ito N, Barnes GR, Fukushima J, Fukushima K, Warabi T: Cue-dependent memory based smooth pursuit in normal human subjects: importance of extra-retinal mechanisms for initial pursuit. *Exp Brain Res* 229: 23-35, 2013. 査読有.

Saito M, Asaka T, Fukushima J: Effects of motor imagery combined with repetitive task practice on sitting balance of hemiplegic patients. *J Phys Ther Sci*. 25: 183-188, 2013. 査読有.

福島順子: 眼球運動の神経科学とその理学療法への応用. *理学療法* 30: 739-745, 2013. 査読無

Chen LL, Lee D, Fukushima K, Fukushima J: Submovement composition of head movement. *PLoS One* 7: e-47565 doi: 10.1371/journal.pone.0047565, 2012, DOI:10.1371/journal.pone.0047565. 査読有.

Fukushima J, Akao T, Shichinohe N, Kurkin S, Kaneko CRS, Fukushima K.: Neuronal activity in the caudal frontal eye fields of monkeys during memory-based smooth-pursuit eye movements: comparison with the supplementary eye fields. *Cerebral Cortex* 21: 1910-1924, 2011. 査読有.

Kurkin S, Akao T, Shichinohe N, Fukushima J, Fukushima K: Neuronal activity in Medial Superior Temporal area (MST) during memory-based smooth-pursuit eye movements in monkeys. *Exp Brain Res* 214: 293-301, 2011. 査読有.

Shichinohe N, Barnes G, Akao T, Kurkin S, Fukushima J, Kase M, Leigh RJ, Belton T, Fukushima K: Oscillatory eye movements resembling pendular nystagmus in normal juvenile macaques. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 52: 3458-3467, 2011. 査読有.

Fukushima K, Fukushima J, Warabi T: Vestibular-related frontal cortical areas and their roles in smooth-pursuit eye movements: representation of neck-vestibular interactions and memory-based smooth-pursuit. *Frontiers in Neurology/Neuro-otology*. December, vol 2, Article 78:1-26. DOI:10.3389/fneur.2011.00078. 査読有.

「学会発表」

福島順子: 眼球運動から見た社会脳の障害. 第108回日本精神神経学会シンポジウム「社会性にかかわる脳機能の異常と環境因子との関連」(札幌, 2012.5.24).

Fukushima J, Akao T, Schichinohe N, Kurkin S, Kaneko CRS, Fukushima K. Comparison of neuronal activity in the caudal frontal eye fields (FEF) and supplementary eye fields (SEF) during memory-based, smooth-pursuit eye movements. Symposium-A tribute to John Leigh. Buenos Aires, Argentina (2012. 3.30).

齋藤麻里子, 福島順子, 浅賀忠義: イメージトレーニングと視覚刺激を組み合わせた座位バランストレーニングの脳卒中片麻痺患者に対する効果. 第2回ニューロリハビリテーション学会 (横浜市 2012. 2.25).

齋藤展士, 穴迫翔, 小西智也, 福島順子, 山中正紀, 武田直樹: リーチ動作を反復させた時のパフォーマンスと予測的姿勢制御における学習効果. 第46回日本理学療法学会 (宮崎市 2011.5).

齋藤展士, 福島順子: Learning effects and generalization on performance and anticipatory postural adjustments during repetitive reaching training. 第34回神経科学学会 (横浜市 2011.9.14-17).

宮本環, 福島順子, 豊巻敦人, 福島菊郎: Cerebral activation during facial expression cognition in autism spectrum disorders (ASDs). 第34回神経科学学会 (横浜市 2011.9.14-17).

山口泰之, 赤尾鉄平, 川上進, 福島順子, Kurkin S, 福島菊郎: Neural substrates of time-to-collision estimation from visual motion in monkeys. 第34回神経科学学会 (横浜市 2011.9.14-17).

福島順子, 赤尾鉄平, 七戸夏子, Kurkin S, Kaneko CRS, Belton T, 福島菊郎: The cerebellar dorsal vermis and floccular region have different roles during memory-based smooth-pursuit. 第34回神経科学学会 (横浜市 2011.9.14-17).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福島 順子 (Fukushima Junko) 北海道大学・名誉教授
研究者番号:40208939