

報 告

鏡像学習による両側性運動転移の特性

片麻痺上肢への課題提示方法の検討

宮本謙三，宅間 豊，井上佳和，竹林秀晃，宮本祥子，岡部孝生

土佐リハビリテーションジャーナル

第2号 別刷

2003年12月29日発行

土佐リハビリテーションカレッジ

報告

鏡像学習による両側性運動転移の特性 片麻痺上肢への課題提示方法の検討

宮本謙三¹⁾, 宅間 豊¹⁾, 井上佳和¹⁾
竹林秀晃¹⁾, 宮本祥子¹⁾, 岡部孝生¹⁾

1) 土佐リハビリテーションカレッジ 理学療法学科

Characteristics of Bilateral Motion Transfer by Mirror Image Learning
Evaluation of Subject-giving Methods for the Upper Limbs with Hemiplegia

Kenzo MIYAMOTO¹⁾, Yutaka TAKUMA¹⁾, Yoshikazu INOUE¹⁾
Hideaki TAKEBAYASHI¹⁾, Shoko MIYAMOTO¹⁾, Takao OKABE¹⁾

1) Department of Physical Therapy Tosa Rehabilitation College

Key Words : 両側性運動転移 鏡像学習

要 旨

鏡像による運動学習の実験は古くから行われているが、リハビリテーション医学への導入が試みられたのは比較的新しい。今回我々は、脳卒中片麻痺患者に試みられている鏡像を介した上肢トレーニングがどのような学習機序を経て成立するのかを確認するため、その基礎となる両側性運動転移の実験を鏡像を用いて行った。理学療法学生42名を対象に、鏡像単独学習群、鏡像学習と運動同期群、鏡像を用いない通常の転移学習群の3群を設定し、運動課題には非系列運動課題を採用した。その結果、鏡像を用いることによる運動転移効率は通常の両側性運動転移より明らかに低く、運動学習における積極的方法論としての意義を見出すことはできなかった。

片麻痺患者への鏡を用いたアプローチは両側性運動転移とは異なる作用機序が想定され、運動転移を意図した治療方法ではないと考えられる。しかし設定されている治療場面は、運動転移の実験場面と同様の状況が提示されている。そのため課題の提示および指導方法次第で学習者に混乱が生じる可能性があり、厳密な課題設定と指導が求められる。

はじめに

両側性運動転移に関する研究は、知覚心理学の領域を中心に古くから行われているが、リハビリテーション医学の観点から検討された報告は極めて少ない¹⁾。これまでの研究からは課題の特性や半球優位性に対応した一定の学習転移の特性が認められており、理学療法に於いても応用することが可能と考えられる。

両側性運動転移に関する先行研究では、Taylor²⁾らが系列課題において左手から右手への効率的転移を報告し、清水ら³⁾も半球優位性に着目した実験からこれを支持している。一方でParlowら⁴⁾は反転描写課題を用いた実験により右手から左手への効率的転移を報告しており、課題特性による転移の特徴が存在するものと思われる。さらに、Hortobagyiら⁵⁾は筋力トレーニング効果の両側性転移についても正の転移を報告しており、運動スキルという質的転移のみならず量的な両側性運動転移も論議されている。

通常の両側性転移効果を期待した理学療法は、目的とした四肢に対するトレーニングが直接的に行えない場合に限定されるため、適用が極めて限られることになる。さらに片麻痺患者への適応を考慮する場合、健側肢から患側肢への学習転移は健常者の転移効率に比して極めて効率の悪いものと推察される。しかし、Ramachandran⁶⁾が幻肢痛に対するmirror therapyを紹介して以来、鏡像を用いることにより、対側肢の知覚像あるいは正常運動像として、視覚的運動イメージによる学習の可能性があることから、脳卒中片麻痺患者の運動学習に対しても試みられるようになった^{7, 8)}。こうしたアプローチの場面設定は、両側性転移を期待する場合と視覚的運動イメージを入力する場合の両者ともに同様の設定がなされる。そのため課題提示方法によってその学習機序に相違が生じる可能性が考えられる。

現在片麻痺患者に試みられている鏡像を用いたアプローチは、鏡像学習に加え患側の運動努力を同期させる方法が採用されている。しかし鏡像を用いるという方法論が、麻痺肢の視覚的運動イメージを入力する意味で有効なのか、あるいは運動転移の影響が存在するのか、その方略特性を十分吟味するに至っていない。さらに麻痺肢の運動を同期することの影

響や、学習動機の高まりといった点でも検討される必要がある。

本研究の目的は、鏡像を用いた運動学習が非学習側にどのような影響を及ぼすのかを健常者を対象に検討すると同時に、鏡像学習の特性を明らかにし理学療法への適用方法を検討することである。

対象と方法

上肢に運動学習上の支障がない理学療法学生42名(男25名、女17名)を対象とし、一側の鏡像による運動学習群(A群15名)、鏡像学習時に転移側の運動を同期させた学習群(B群15名)、鏡像を用いない通常の運動転移群(C群12名)の3群をランダムに構成した。

鏡像学習とは学習側上肢の手元を見ずに、側方に設置した鏡を介して入力される対側上肢像を通して学習するものである(図1)。この場合は左右が逆転した入力となる。また、運動を同期させた群とは、鏡で遮られている対側(転移側)上肢の運動を鏡像の運動と同期させるものである。

運動課題には印の連続描写を採用し、外円直径3cmで直径差5mmの幅を逸脱しないよう描写させた(図2)。また、鉛筆の把持方法は筒状握りとし前腕部を机上に固定しないよう指示した。鏡像学習では視覚的認識を伴う必要があるため、時系列的な運動単独課題や聴覚認識を伴う課題は適さない。またこの課題では文字の鏡像課題のような過去における左右の学習量の差も小さいものと考えられ、より純粋な運動学習課題に近いといえる。なお、本実験においては右手を学習側とした。これは視空間の構成を必要とする場合には右手から左手への転移量が大きいとされており、測定感度を高く維持できると考えられるからである。

実験手順としては両側の学習前達成数を測定した後、10分×3回の課題学習を行った。途中5分間の休憩を2回入れると同時に、学習による経時的変化も測定した。そして学習後に両側の学習による変化を再度測定した。分析に際しては、学習量の指標として描写課題の1分間あたりの達成回数を、変化の指標には変化率を用いた。統計処理には3群間の一元配置分散分析を用いた。



左手の運動を、鏡に通して右手の運動として学習する。

図1 mirror box による運動学習

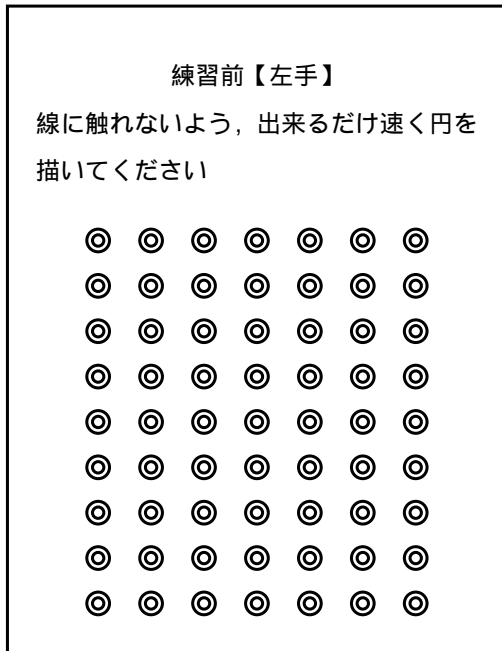


図2 運動学習課題

結果

両側性転移の検討では一側の学習が成立していることが前提となるため、3群における個々の学習課題において向上を示していることを確認する必要がある。そのため各群における個々の学習量を実験前後で比較した結果、C群の1名が低下を示し、学習が未成立として検討対象から除外した。その上で各群の学習後の達成量に有意な変化を確認した(表1)。A群とB群は鏡像における学習前後の変化を前提と

なる学習としてとらえ、C群では正像での学習前後の変化を学習とした。

表1 各群の学習量の前後比較

	(回/分)	
	学習前	学習後
A群(鏡像学習群)	2.5±2.1	8.5±2.8
B群(鏡像で運動同期群)	2.3±2.5	7.0±3.5
C群(正像学習群)	19.0±5.0	35.1±13.1

各群とも有意 (p<.01)

結果1. 鏡像学習により正像も向上するか

各群における学習側の正像での変化(表2)は、A群及びB群では同側の鏡像学習を通して行われた学習の間接的な結果であり、C群では学習の直接的成果そのものである。鏡像で学習したものが同側の正像における学習に何らかの影響をあたえているのかを確認するため、学習側での正像における実験前後の変化を検証した結果(対応のあるt検定)、学習効果が確認された。言い換えれば、鏡像という視覚と運動感覚が一致しない状況下での学習でも、正像における学習が成立していた。

そして各群の向上率を3群間で分散分析した結果(図3)、AC群間、BC群間に有意差を認めた(p<0.01)。すなわち、当然ではあるが鏡像で学習したA群およびB群では、正像で学習したC群より向上率が低い傾向にあった。

表2 学習側の正像における変化

	(回/分)	
	学習前	学習後
A群	18.6±7.6	23.6±9.2
B群	15.7±4.9	18.9±5.0
C群	19.0±5.0	35.1±13.1

各群とも有意 (p<.01)

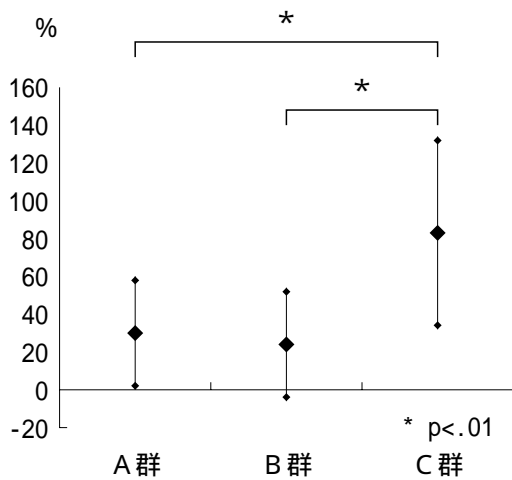


図3 学習側正像向上率の群間比較

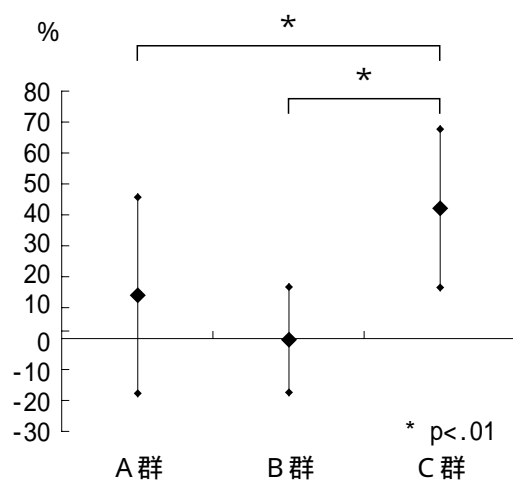


図4 非学習側正像向上率の群間比較

結果2. 鏡像学習は非学習側の正像に転移するのか

鏡像によってあたかも学習しているかのように見える非学習側に、転移による学習効果が認められるのかを検証した(図4)。各群における転移側正像課題の学習前後の変化を対応のあるt検定を用いて確認した結果、鏡像を通して学習したA群及びB群には向上が認められず、正像での学習群であるC群のみに有意な向上が認められた(p<0.05)(表3)。そして各群の向上率を3群間で分散分析した結果でも、通常の運動転移(C群)に比較して、鏡像を用いた学習群(A群・B群)での転移効率は有意に低い結果となった(p<0.01)。すなわち、鏡像を用いることにより転移効率は低下していた。さらに転移側を同期させることによる影響(A群とB群の向上率の差異)は認められなかった。

表3 非学習側の正像における変化

	(回/分)	
	学習前	学習後
A群	15.3±5.7	16.8±7.6
B群	13.4±4.3	13.2±3.9
C群	15.0±4.3	21.5±7.4

C群で有意(p<.05)

考察

結果からは、鏡像を用いることによる効率的転移は認められなかったが、その要因には鏡像学習での課題達成量の不足、視覚的な正像学習の欠落などが考えられ、鏡像学習の特性として理解できる。

片麻痺患者に対して鏡像運動を用いる際には、健側の鏡像を患側の運動のごとく観察しながら、かつ患側の運動を同期させる方法が用いられている。今回の課題はあくまで学習側の運動課題であり、片麻痺患者に対する麻痺側課題とは本質的に異なっているが、準備される学習環境は同一といえる。そのため、練習課題の内容や提示方法を検討するうえで、鏡像の影響を十分に認識しておく必要がある。

視覚的イメージの想起が運動学習に好影響をもたらすという報告は多く、鏡像であれ何らかの影響を及ぼしていることは間違いのないと思われる。しかし、今回の結果からは運動感覚が学習側に生起するために生じる視覚との矛盾、すなわち錯覚が学習を妨げていると考えられる。こうした点からは、鏡像を経由した学習が効率良い運動転移をもたらしているとは考え難く、脳卒中患者に対するトレーニングでは鏡像による運動イメージの提示が学習動機を高めるものと考えられる。この考えに基づけば、運動の両側性転移という枠組みではなくなり、視覚と運動感覚とのマッチング課題として位置付けられよう。

これらを整理すると、鏡像を用いた運動学習方法と鏡像を用いた運動イメージ入力とを、厳密に区別

したアプローチ方法を構成する必要がある。運動転移を期待する場合には、学習者の意識を鏡に映る動きを通して精巧な動きに習熟させるよう指導する必要がある。一方、健側肢の運動を麻痺肢の運動として視覚イメージするためのアプローチであれば、麻痺肢の運動をイメージすべく指導することが不可欠であろう。学習場面の環境設定が同一であるだけに、課題の提示方法を誤れば作用機序が異なることに注意しなければならない。加えて、鏡像による運動イメージはあくまで錯覚であり、最終的には正像としての望ましい運動と生起する運動感覚の照合が不可欠と考えられる。その際には、鏡像を用いた運動イメージの入力が、正像での学習を妨げないのか検討する必要もあろう。

いずれにしても、鏡像を通じた運動学習を理学療法に応用するためには、運動課題の特性や課題教示の方法など、より厳密な検討が望まれる^{9・10)}。

文 献

- 1) 高松鶴吉 : Cross Education に関する実験的研究. 医学研究 36 : 119-135, 1966.
- 2) Taylor HG, Heilman KM : Left-hemisphere motor dominance in right handers. Cortex-16.587-603, 1980.
- 3) 清水 忍, 沼田憲治, 他 : 系列運動課題における左半球優位性. 理学療法学28, 187-191, 2001.
- 4) Parlow SE, Kinsbourne M : transfer of training between hands. Implications for interhemispheric communication in the normal brain. Brain Cognit 11 , 98-113, 1989.
- 5) Hortobagyi,T:Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening.Med.Sci.Sports Exerc.29: 107-112, 1997.
- 6) Ramachandran VS, Blakeslee S (山下篤子訳) : 脳の中の幽霊. 角川書店, 1999.
- 7) Altschuler EL , Wisdom SB , Stone L , et al : Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. LANCET 353: 2035-2036, 1999.
- 8) 鈴木めぐみ, 他 : mirror therapy により手指機能が客観的に改善した慢性脳卒中患者の一例. OTジャーナル 36, 1049-1052, 2002.
- 9) 宮本謙三, 他 : 運動の両側性転移に関する実験的研究. 土佐リハビリテーションジャーナル 1 : 27-32, 2001.
- 10) 小野 剛, 他 : ミラーボックスは運動野の再組織化を即時的に引き起こす. 理学療法学 30 suppl : 323, 2003.

Abstract

Experiments of motion transfer by the mirror image method have been performed for a long time, but the attempts of its application to rehabilitation is relatively new. In this study, to elucidate the mechanism whereby training of the upper limbs by the mirror image method has learning effects on patients with hemiplegia caused by cerebral hemorrhage, we performed experiments of bilateral motion transfer using mirror images, which is the basis of the training method. Forty-two physiotherapy students were divided into a group receiving mirror image training alone, a group receiving mirror image training and simultaneous motion exercise, and a group receiving conventional transfer training without using the mirror image method. Non-serial motion exercise was used as the motion exercise. It was found that motion transfer by the mirror image method was clearly less effective than conventional bilateral motion transfer, indicating that it has little value in motion learning.

Approaches to patients with hemiplegia using a mirror is considered to involve mechanisms that are different from those of bilateral motion transfer, and are not intended for the treatment using motion transfer. However, since it supposes situations similar to the conditions in experiments of motion transfer, there are possibilities that patients who undergo the training become confused if not adequately instructed. Therefore, strict settings of the training programs and adequate instruction are required.