脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能に対する 回復期のミラーセラピーの効果

——麻痺側手指伸展の随意運動の有無によるサブグループ解析——

*The Effect of Mirror Therapy on Upper-extremity Motor Function
in the Convalescent Stage after Stroke:
A Subgroup Analysis by Presence of Active Affected Finger Extension*

平上 尚吾¹⁾ 井上 優²⁾ 佐藤 ゆかり³⁾ 原田 和宏⁴⁾ 香川 幸次郎⁵⁾

SHOGO HIRAGAMI, OTR, PhD¹⁾, YU INOUE, RPT, PhD²⁾, YUKARI SATO, MSW, PhD³⁾, KAZUHIRO HARADA, RPT, PhD⁴⁾, KOJIRO KAGAWA, RPT, PhD⁵⁾

¹⁾ Faculty of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences: 1-3-6 Minatojima, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 650-8530, Japan
Tel +81 78-304-3143 E-mail: hiragami@huhs.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Kurashiki Heisei Hospital

³⁾ Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University

⁴⁾ Faculty of Health Sciences and Social Welfare, Kibi International University

⁵⁾ Department of Social Welfare, Kansai University of Social Welfare

Rigakuryoho Kagaku 31(4): 609-613, 2016. Submitted Feb. 29, 2016. Accepted Apr. 11, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] To evaluate the severity of hemiparesis at which mirror therapy (MT) becomes effective for upper-extremity motor recovery of stroke patients. [Subjects and Methods] Fourteen convalescent stroke patients were randomly assigned to the MT group or control group, and the differences of the effect of MT on upper-extremity motor function between the patients who could not actively extend their fingers [(-) group] and those who could actively extend their fingers [(+) group] at pretreatment were investigated. [Results] In the (+) group, the finger motor function improved more in the MT group than in the control group. However, no significant differences were found in the motor function of the MT and control groups in the (-) group. [Conclusion] These results suggest that MT is effective for finger motor function of stroke patients who can actively extend the finger.

Key words: mirror therapy, stroke, upper-extremity

要旨:〔目的〕脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能に対するミラーセラピー (Mirror therapy; MT) の効果を麻痺側手指伸展の随意運動の有無別に検討すること。〔対象と方法〕無作為化比較試験で MT 群と対照群に割り付けられた回復期脳卒中患者 14 名を、介入前の Fugl-Meyer Assessment (FMA) を基に手指伸展不能群 6 名と手指伸展可能群 8 名に層別化した。層別に MT 群と対照群の FMA と Wolf motor function test の得点変化量を比較した。〔結果〕手指伸展可能群では MT 群の手指運動機能が対照群に比べ有意に改善したが、手指伸展不能群では群間差はなかった。〔結語〕脳卒中片麻痺患者に対する MT は麻痺側手指伸展の随意運動が可能な患者群の手指運動機能に有効である可能性が示唆された。

キーワード: ミラーセラピー, 脳卒中, 上肢機能

¹⁾ 兵庫医療大学 リハビリテーション学部: 兵庫県神戸市中央区港島 1-3-6 (〒650-8530) TEL 078-304-3143

²⁾ 倉敷平成病院 リハビリテーション部

³⁾ 岡山県立大学 保健福祉学部

⁴⁾ 吉備国際大学 保健医療福祉学部

⁵⁾ 関西福祉大学 社会福祉学部

I. はじめに

脳卒中後、85%以上の者に片麻痺が出現し、55～75%に上肢機能障害が残存すると報告されており¹⁾、有効な治療的介入が望まれている。近年、脳卒中後の上肢運動機能障害に対する介入研究が進み、非麻痺側上肢を拘束し麻痺側上肢の段階的な使用を促進するCI療法(Constraint-induced movement therapy)²⁾や麻痺側手指の筋活動電位に応じて電気刺激を行う筋電誘発型機能的電気刺激³⁾、ロボットにより自動的あるいは他動的に麻痺側上肢を運動させるロボット技術を用いた訓練⁴⁾をはじめとして効果のエビデンスが蓄積され、臨床応用されている。これらとともに、ミラーセラピー(Mirror therapy; 以下、MT)は安価で簡便、そして重度麻痺にも介入できる⁵⁾等のメリットがあり着目されている。

MTとは、ミラーボックスという箱の中に立てられた鏡に非麻痺側上肢の動きを映し、その動きを見て、麻痺側上肢の筋運動感覚を生じさせる訓練である。1995年にRamachandranら⁶⁾によって上肢切断患者の幻肢痛の治療法として報告され、その後Altschulerら⁷⁾によって脳卒中片麻痺患者に応用されその有効性が報告された。脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能に対するMTの効果についてはコクランレビューのメタ分析⁸⁾によって、11編の介入研究の結果から介入後に有意な効果があったこと、および4編の介入研究から6ヵ月のフォローアップ時点でも有意な効果があったことが報告されている。しかし、いくつかの課題も指摘されている。例えば、より大規模な無作為化比較試験(Randomized controlled trial; 以下、RCT)の必要性、MTの最適な介入時間、頻度、期間の検討、日常生活動作への効果の検討などである⁸⁾。さらに、臨床実践ではMTの適応の解明は急がれる課題の一つであり、特に適応となる麻痺の程度については不明なところが多い。MTの効果が見込まれる麻痺の程度が示されれば、特に上肢の運動麻痺の回復にとって重要な発症から3ヵ月以内⁹⁾の時期にあたる回復期においては、限りある訓練時間の中で的確に有効な訓練を提供できることに繋がり臨床意義があると考えられる。

脳卒中片麻痺患者に対するMTの近年のRCTにおいて、Yavuzerら¹⁾は、発症から約6ヵ月の上肢のBrunnstrom stage(以下、Brs)がI～Vの患者を対象に上肢と手指のBrsに対する効果を報告している。Dohleら⁵⁾は、発症から約1ヵ月の介入前のFugl-Meyer Assessment(以下、FMA)の上肢運動項目が0点(完全麻痺)の患者のみで分析し、FMAの手指項目に対する効果を報告している。Michielsenら¹⁰⁾は、発症から約5年の上肢のBrsがⅢ～Ⅴの患者を対象にFMAの上肢項目に対する効果を報告している。このように対象者の麻痺の重症度に幅がある研究が多く、回復期においてMTの効果が特にどの程度の麻痺に対して期待できるか

についての知見は乏しい。

筆者らは回復期の脳卒中片麻痺患者を対象としたRCTを実施した結果、MTは手指運動機能に対して効果があったが、麻痺の程度を考慮した効果については未検討であった¹¹⁾。そこで本研究では、RCTで得られたデータを基に、脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能に対するMTの効果を麻痺側手指伸展の随意運動の有無別に検討することを目的とした。

II. 対象と方法

対象は回復期の脳卒中片麻痺患者とした。本研究では回復期を患者が回復期リハビリテーション病棟に入院している期間と定義した。対象者数は、検定力分析ソフトであるG*Powerを用い、先行研究¹⁾の効果量(effect size)1.78¹²⁾($\alpha=0.05$, $1-\beta=0.8$)を基に得られた14名とした。対象者の取り込み基準は1)発症から1ヵ月以上が経過している、2)初回発症あるいは再発の場合、前回の発症で上肢機能障害が残存しなかった者、3)手指のBrsがI～V、4)認知機能や高次脳機能に問題がない:Mini mental state examination(以下、MMSE)が24点以上、National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS)の意識、注視、視野、言語、注意の項目が0点、5)上肢機能に影響を与えるほどの筋緊張の亢進や関節可動域制限がない、6)麻痺側の上肢機能に影響を与える他疾患がないことであった。本研究は岡山県立大学の倫理審査委員会の承認(受付番号:150)と当該医療施設の承諾を得た上で、対象者には研究趣旨を文章と口頭で説明し、書面にて同意を得て行った。

対象者14名を無作為に従来型リハビリテーション(以下、従来型リハ)に加えMTを実施するMT群(7名)と、従来型リハのみを実施する対照群(7名)に割り付けた。無作為割付けには、手指のBrsのI～II、III、IV～Vそれぞれで層化する層別化置換ブロック法を用い、アウトカムの評価者にはブラインドを行った。従来型リハでは理学療法、作業療法での神経筋促通手技や作業課題による介入、日常生活動作訓練を一日に約2時間(週に6～7日、4週間)実施した。MTは一日に30分(週に5日、4週間)実施した。MTの運動課題は前腕の回内外、手関節と手指の屈伸、母指内外転、対立運動、スポンジ握りやブロック等の物品を使用した運動を各20～30回を1～2セットとし、患者の集中力や麻痺の程度に応じて作業療法士が適宜指導しながら実施した。患者には、ミラーボックス内で非麻痺側上肢の動きを見て麻痺側が動いているようにイメージし、麻痺側もできるだけ一致させて動かすように教示した。

麻痺側手指伸展の随意運動の有無別にMTの効果を検討するため、まず介入前のFMAの手指集団伸展項目を用い対象者を層別化した。FMAは脳卒中患者の総合

的身体機能評価尺度で、上肢機能項目には肩肘前腕（15項目）、手関節（5項目）、手指（7項目）、腱反射（3項目）、協調性／スピード（3項目）があり、各項目を「0点：実行できない」、「1点：部分的に実行できる」、「2点：完全に実行できる」の3段階で評価する¹³⁾。介入前に手指集団伸展項目が0点（実行できない）の者を「手指伸展不能群」、1～2点（部分的に実行できる～完全に実行できる）の者を「手指伸展可能群」とし、このサブグループごとにMT群と対照群の上肢運動機能の介入前後の変化について比較した。

上肢運動機能の評価にはFMAの肩肘前腕、手関節、手指の項目、およびWolf motor function test（以下、WMFT）を用いた。WMFTは15項目からなり、机の上に前腕をのせるなどの粗大運動、ブロックやトランプを操作するなどの巧緻動作が含まれ、主に能力面を評価する尺度である¹⁴⁾。評価は、各動作の所要時間と動作の質を評価するFunctional ability scale（以下、FAS）があり、各動作について「0点：まったく動かせない」～「5点：健常に近い動作が可能」の6段階で評価する。本研究ではFASと所要時間の合計それぞれを全項目数で除した項目平均得点と項目平均所要秒数を用いた。その他、患者属性の評価として、痙性にModified Ashworth scale、感覚機能にStroke impairment assessment set、日常生活動作能力にFunctional independence measureの運動項目を用いた。

またサブグループ間で、患者がミラーボックス内の鏡に映った非麻痺側の手を自分の麻痺手のように感じる程度を比較するため、MT群7名を対象に、第一回目の介入時に「鏡像を自分の麻痺手とは感じない：0 mm」～「鏡像を自分の麻痺手と感じる：100 mm」のVisual

analog scale（以下、VAS）を用い、患者自身に100 mmの直線上にペンでチェックしてもらった。

各サブグループでの介入前のMT群と対照群の属性比較では、連続変数にはt検定、順序変数にはMann-Whitney U検定、名義変数には χ^2 検定を用いた。サブグループ間におけるVAS値の差の検討にはt検定を用いた。サブグループ解析では、Shapiro-Wilk検定で介入前後の上肢運動機能評価尺度データの正規性が否定されたため、介入前後の評価尺度の得点変化量についてMann-Whitney U検定で検討した。有意水準は全て5%未満とした。なお、サブグループ解析では各サブグループのサンプルサイズが小さくなるため、効果の検討としてサンプルサイズに影響を受けず効果の大小の情報を与えてくれる効果量も指標とした。効果量にはCohen's dを用いた。Cohen's dは、MT群の各尺度の得点変化量から対照群のそれを減じた値（得点変化量の差）を両群の標準偏差で除した値¹⁵⁾で、0.2～0.49が低度、0.5～0.79が中等度、0.8以上が高度として判定される¹⁶⁾。分析にはIBM社製SPSS version 19を使用した。

III. 結 果

手指伸展不能群はMT群、対照群ともに3名、手指伸展可能群はMT群、対照群ともに4名であった。表1に各サブグループのMT群と対照群の介入前の属性比較を示した。手指伸展不能群のMMSE得点において、MT群と対照群に有意差が認められたが、低値を示したMT群のMMSE得点は24点以上であり認知機能の問題は示されなかった。その他の項目において、各サブグループのMT群と対照群に差は認められなかった。

表1 対象者の属性

	全体(n=14)	手指伸展不能群		手指伸展可能群	
		MT群(n=3)	対照群(n=3)	MT群(n=4)	対照群(n=4)
平均年齢(歳)	67.4 ± 9.8	57.7 ± 6.1	70.3 ± 11.1	68.0 ± 9.4	72.0 ± 9.4
性(男/女)(人)	8/6	3/0	2/1	1/3	2/2
麻痺側(右/左)(人)	8/6	1/2	2/1	3/1	2/2
病型(梗塞/出血)(人)	9/5	1/2	3/0	3/1	2/2
発症後日数(日)	47.0 ± 21.3	48.0 ± 2.0	76.7 ± 32.0	37.3 ± 6.1	33.8 ± 2.8
MMSE(点)	29.3 ± 1.1	28.0 ± 1.7	30.0 ± 0.0*	29.5 ± 1.0	29.5 ± 0.6
MAS elbow (0/1/1+) (人)	2/8/4	0/2/1	0/2/1	1/2/1	1/2/1
MAS wrist (0/1/1+) (人)	5/6/3	0/2/1	1/1/1	2/1/1	2/2/0
SIAS 触覚 (0/1/2/3) (人)	1/2/3/8	0/0/1/2	0/1/1/1	0/0/1/3	1/1/0/2
SIAS 位値覚 (0/1/2/3) (人)	2/1/1/10	0/0/0/3	1/0/0/2	0/1/0/3	1/0/1/2
Brs 上肢(人)	Ⅱ:2/Ⅲ:6/Ⅳ:3/Ⅴ:2/Ⅵ:1	Ⅰ:0/Ⅱ:1/Ⅲ:2	Ⅰ:0/Ⅱ:1/Ⅲ:2	Ⅲ:1/Ⅳ:3/Ⅴ:0/Ⅵ:0	Ⅲ:1/Ⅳ:0/Ⅴ:2/Ⅵ:1
Brs 手指(人)	Ⅰ:3/Ⅱ:2/Ⅲ:3/Ⅳ:3/Ⅴ:3	Ⅰ:1/Ⅱ:1/Ⅲ:1	Ⅰ:2/Ⅱ:1/Ⅲ:0	Ⅲ:2/Ⅳ:2/Ⅴ:0/Ⅵ:0	Ⅲ:0/Ⅳ:1/Ⅴ:3/Ⅵ:0
FMA 上肢	31.0 ± 18.2	17.3 ± 7.4	9.0 ± 2.7	38.3 ± 7.0	50.5 ± 9.7
FIM 運動項目	66.1 ± 14.3	69.0 ± 15.6	55.3 ± 13.2	72.5 ± 18.7	65.8 ± 9.0

平均値 ± 標準偏差 or 人数。MMSE: Mini mental state examination (0～30点)、MAS: Modified Ashworth scale、SIAS: Stroke impairment assessment set、Brs: Brunnstrom recovery stage、FMA: Fugl-Meyer Assessment (0～66点)、FIM: Functional independence measure (13～91点)。*: p<0.05。

表2 各サブグループにおける得点変化量の群間比較

	手指伸展不能群			手指伸展可能群		
	MT 群 (n=3)	対照群 (n=3)	効果量	MT 群 (n=4)	対照群 (n=4)	効果量
FMA						
肩肘前腕	7.3 ± 5.0	2.0 ± 2.7	1.3	4.5 ± 2.1	3.3 ± 2.5	0.5
手関節	1.0 ± 1.0	0.0 ± 0.0	1.4	3.5 ± 2.4	0.0 ± 0.0*	2.1
手指	0.7 ± 0.6	0.3 ± 0.6	0.7	4.5 ± 1.0	0.3 ± 0.5*	5.3
WMFT						
FAS	0.6 ± 0.8	0.0 ± 0.1	1.0	1.2 ± 0.2	0.5 ± 0.5	1.8
所要秒数	-15.8 ± 20.5	-2.4 ± 3.9	0.9	-39.8 ± 18.5	-11.1 ± 19.8	1.5

平均値 ± 標準偏差. FMA: Fugl-Meyer Assessment, WMFT: Wolf motor function test, FAS: Functional ability scale. * : $p < 0.05$.

サブグループ解析結果を表2に示した。FMAの肩肘前腕項目では、各サブグループでのMT群と対照群の得点変化量に有意差は示されなかった。一方、FMAの手関節と手指項目では、手指伸展可能群においてのみ、MT群の得点変化量が対照群に比べ有意に大きかった。WMFTのFASおよび所要秒数は、各サブグループでのMT群と対照群の得点変化量に有意差は示されなかった。効果量については、手指伸展不能群では、FMAの手指が中等度、それ以外の評価尺度項目では高度を示し、手指伸展可能群では、FMAの肩肘前腕が中等度、それ以外の評価尺度項目では高度を示し、特にFMAの手関節と手指項目が高値であった。

患者が鏡像に映った非麻痺側の手をどの程度自分の麻痺手のように感じるかについてのVAS値は、手指伸展不能群(3名)の平均が 14.0 ± 4.4 mm、手指伸展可能群(4名)の平均が 77.0 ± 14.5 mmであり、手指伸展可能群の値が有意に高かった($p < 0.05$)。

IV. 考 察

本研究ではRCTのデータを基に、CI療法や機能的電気刺激の適応指標にもなっている麻痺側手指伸展の随意運動を指標に手指伸展不能群と手指伸展可能群を設定し、サブグループ解析を行った。解析の結果、手指伸展不能群では、MT群と対照群の各尺度の得点変化量に有意差は示されなかった。一方、手指伸展可能群では、MT群のFMAの手関節と手指の得点変化量が対照群に比して有意に大きく、効果量も高値を示した。本効果については、本研究では対照群にはMTと同等量の付加介入を実施していないため、MT効果と運動量増加の混成であると考えられる。

MTの効果に関する神経学的メカニズムについては、健常者を対象とした経頭蓋磁気刺激を用いた研究^{17,18)}では同側の一次運動野の活動が、fMRIを用いた研究では同側の一次運動野と小脳外側¹⁹⁾、上側頭回と上後頭

回²⁰⁾の賦活が報告されている。これら脳神経活動の背景には運動イメージ^{17,18)}やミラーニューロンシステム²¹⁾の関与が示唆されており、本研究でのMTの効果においてもこのような脳神経活動の寄与が推測された。

脳卒中片麻痺患者の上肢運動機能に対するMTの先行研究において、麻痺の程度を考慮してMTの効果を報告したものは乏しい。Dohleら⁵⁾のRCTでは、初期にFMAの上肢運動項目が0点(完全麻痺)であった25名のみで解析した結果、MT群のFMAの手指項目得点が対照群に比して有意に改善したと報告している。これは、手指の伸展が不能な患者群においてもMTの効果があったことを示唆している。本研究で手指伸展不能群にMT群と対照群の各尺度の得点変化量に有意差が示されなかった要因として、まず、サンプルサイズに影響を受けない効果量においては中等度から高度の値を示していることから、サブグループの症例数の少なさの影響が考えられる。また、鏡に映った非麻痺側の手をどの程度自分の麻痺手のように感じるかについてVASにて測定した結果、手指伸展可能群がより鏡像に映った手を自分の麻痺手と感じやすく、手指伸展不能群では自分の麻痺手と感じにくい可能性が示唆された。イメージを用いた訓練の実践では、非麻痺側と麻痺側での感覚があまりに異なると、非麻痺側の感覚イメージを麻痺側に転移させることが困難になることが多いと言われている²²⁾。このことから、非麻痺側と麻痺側の運動機能の乖離が大きい手指伸展不能群ではMT中の運動イメージの生成がより難しく、MTの効果が現れにくかった可能性も推測される。

以上より、回復期の脳卒中片麻痺患者に対するMTは、特に麻痺側手指伸展の随意運動が可能な患者群の手指運動機能に対して効果が期待できることが示唆された。この結果は、MTの効果が見込まれる患者を的確に選定するための基礎資料になると考える。しかし、本研究では上述したようにサブグループ解析を実施するための対象者数が少ないため、今後より症例数を増やした検討が必

要である。さらに、脳卒中患者の運動イメージ能力は保持されているとの報告はあるが²³⁾、左頭頂葉等、損傷部位によってはその能力が障害される可能性も報告されている^{24,25)}。よって、今後は麻痺の重症度とともに損傷部位、運動イメージ能力などの観点からMTの適応についてさらに分析していく必要がある。

引用文献

- 1) Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al.: Mirror therapy improves hand function in subacute stroke, A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89(3): 393-398.
- 2) Hakkennes S, Keating JL: Constraint-induced movement therapy following stroke: A systematic review of randomized controlled trials. *Aust J Physiother*, 2005, 51(4): 221-231.
- 3) Meilink A, Hemmen B, Seelen HA, et al.: Impact of EMG-triggered neuromuscular stimulation of the wrist and finger extensor of the paretic hand after stroke: A systematic review of the literature. *Clin Rehabil*, 2008, 22(4): 291-305.
- 4) Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI: Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*, 2008, 22(2): 111-121.
- 5) Dohle C, Püllen J, Nakaten A, et al.: Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: A randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 2009, 23(3): 209-217.
- 6) Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D, Cobb S: Touching the phantom limb. *Nature*, 1995, 377(6549): 489-490.
- 7) Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, et al.: Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 1999, 353(9169): 2035-2036.
- 8) Thieme H, Mehrholz J, Pohl M, et al.: Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 14: 3:CD008449
- 9) Wade DT, Langton-Hewer R, Wood VA, et al.: The hemiplegic arm after stroke: Measurement and recovery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1983, 46(6): 521-524.
- 10) Michielsen ME, Selles RW, van der Geest JN, et al.: Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patient: A phase II randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(3): 223-233.
- 11) 平上尚吾, 井上 優, 佐藤ゆかり・他: 脳卒中片麻痺患者の手指運動機能障害に対するミラーセラピーの効果. *理学療法学*, 2012, 39(5): 330-337.
- 12) 平上尚吾, 井上 優, 佐藤ゆかり・他: 脳卒中片麻痺患者の上肢機能に対するミラーセラピーの効果—無作為化比較試験のレビューと効果量による検討—. *作業療法*, 2011, 30(3): 305-316.
- 13) Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, et al.: The post-stroke hemiplegic patient 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med*, 1975, 7(1): 13-31.
- 14) Wolf SL, Thompson PA, Morris DM, et al.: The EXCITE trial: Attributes of the wolf motor function test in patients with sub-acute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 2005, 19(3): 194-205.
- 15) 水本 篤, 竹内 理: 研究論文における効果量の報告のために—基礎的概念と注意点—. *英語教育研究*, 2008, 31: 57-66.
- 16) Cohen J: A power primer. *Psychol Bull*, 1992, 112(1): 155-159.
- 17) Garry MI, Loftus A, Summers JJ: Mirror, mirror on the wall: Viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res*, 2005, 163(1): 118-122.
- 18) Fukumura K, Sugawara K, Tanabe S, et al.: Influence of mirror therapy on human motor cortex. *Int J of Neurosci*, 2007, 117(7): 1039-1048.
- 19) Shinoura N, Suzuki Y, Watanabe I, et al.: Mirror therapy activates outside of cerebellum and ipsilateral M1. *NeuroRehabilitation*, 2008, 23(3): 245-252.
- 20) Matthys K, Smits M, Van der Geest JN, et al.: Mirror-induced visual illusion hand movements: A functional magnetic resonance imaging study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009, 90(4): 675-681.
- 21) Arya KN: Underlying neural mechanisms of mirror therapy: Implications for motor rehabilitation in stroke. *Neurol India*, 2016, 64(1): 38-44.
- 22) Pante F: 認知運動療法における治療介入としての運動イメージの使用. *認知運動療法研究*, 2001, 1: 46-55.
- 23) Johnson SH, Sprehn G, Saykin AJ: Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: Evidence for activity-independent action representations. *J Cogn Neurosci*, 2002, 14(6): 841-852.
- 24) Sirigu A, Duhamel JR, Cohen L, et al.: The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science*, 1996, 13(5281): 1564-1568.
- 25) de Vries S, Mulder T: Motor imagery and stroke rehabilitation: A critical discussion. *J Rehabil Med*, 2007, 39(1): 5-13.