

Original Article

脳卒中患者の足関節背屈重度麻痺に対するミラーセラピーの効果

和田陽介,^{1,2,3} 近藤和泉,⁴ 園田 茂,^{1,2} 山田佳代子,² 生川暁久,² 川上健司,²
野々山紗矢果,² 宮坂裕之,^{1,2} 寺西利生,^{1,2} 永井将太,⁵ 竹島伸生³

¹ 藤田保健衛生大学藤田記念七栗研究所

² 藤田保健衛生大学七栗サナトリウム

³ 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科

⁴ 国立長寿医療研究センター

⁵ 金城大学医療健康学部理学療法学科

要旨

Wada Y, Kondo I, Sonoda S, Yamada K, Narukawa A, Kawakami K, Nonoyama S, Miyasaka H, Teranishi T, Nagai S, Takeshima N: Mirror therapy for severely affected ankle joints of stroke patients. Jpn J Compr Rehabil Sci 2011; 2: 71-76.

【目的】麻痺側足関節背屈が重度に障害された初発脳卒中患者に対して、ミラーセラピーによる背屈運動を行い麻痺改善の効果を検討した。

【方法】初発脳卒中患者9名を対象に鏡を非麻痺側下肢が映るように設置し、背屈運動50回を1セットとし、1日4セット、7日間行わせた。Stroke Impairment Assessment Setの足関節の運動機能（SIAS-F）と足関節を自動的に背屈させたときの床面と足底面のなす角度（以下、SIAS-F角度）をミラーセラピー開始14日前から終了7日後まで7日おきに計5回計測した。

【結果】SIAS-Fは、全例でミラーセラピー開始14日前から開始時まで得点の変化はなかった。ミラーセラピー介入後は9名中5名が改善し、開始時と終了時および開始時と終了7日後との間に有意差を認めた。SIAS-F角度は、開始時0°、終了時3.0°、終了7日後1.2°で推移したが有意差は認められなかった。

【結論】足関節背屈へのミラーセラピーは介入前後でSIAS-Fの有意な改善を認めたため麻痺回復へ寄与する。

キーワード：stroke, hemiplegia, ankle dorsiflexion, mirror therapy

著者連絡先：和田陽介

藤田保健衛生大学藤田記念七栗研究所

〒514-1296 三重県津市久居一色町1865

E-mail: ywada@pb4.so-net.ne.jp

2011年10月17日受理

謝辞：本研究は科研費（20700445）の助成を受けたものである。

はじめに

神経科学の進歩により中枢性麻痺肢の機能回復の可能性が論じられている [1]。脳卒中のリハビリテーションにおいても麻痺肢に対する治療・訓練法の開発が盛んになってきているが [2]、臨床に汎化しやすい簡便な訓練法の効果検証は少ないのが現状である。近年、注目されているミラーセラピーは、機器が安価で重度麻痺にも応用可能であることから臨床的価値が大きい。

ミラーセラピーはもともと切断患者の幻視痛軽減に用いられた [3]。その後、脳卒中後の麻痺側上肢に対する効果が報告され [4-10]、最近では麻痺側下肢への効果も検討されている [11-13]。Sutbeyaz らは、発症後1年以内の脳卒中患者20名に対し、通常訓練に加え1日30分の足関節背屈運動を課題としたミラーセラピーを4週間行い、さらに介入開始時から6ヶ月後に再評価を行って非実施群と比較したところ、ブルンストロームステージとFunctional Independence Measure（以下、FIMと略す）の運動項目合計点に有意な改善を認めた [11]。しかし、足関節単独での評価は行われていない。

脳卒中の麻痺側下肢機能の改善は、足関節が股・膝関節に比較して困難な場合が多い [14]。足関節背屈機能は、歩行や立位の運動制御に必要であるため、麻痺側足関節の背屈機能に焦点をあてた訓練法は重要である。平野ら [12] は、Stroke Impairment Assessment Set [15] の足関節の運動機能（以下、SIAS-F）が2点以下の初発脳卒中患者12名（平均発症後期間：79.7日）を対象に麻痺側足関節背屈運動のミラーセラピーを行い、介入群が対照群よりも有意な改善を認めたと報告している。この報告では麻痺側足関節の背屈運動がわずかに可能な対象者（SIAS-Fが2点）も含まれており、麻痺側で背屈運動を頻回に行わせたことによる効果とミラーセラピーの視覚入力による効果との区別が明確ではない。本研究では、SIAS-Fが0点および1点である重度麻痺の症例にミラーセラピーを実施し麻痺側足関節背屈機能の経過を検討したので報告する。

対象

藤田保健衛生大学七栗サナトリウム（以下、当院）の回復期リハビリテーション病棟で、週7日間の訓練（The Full-time integrated treatment (FIT) program）[16]を実施している初発脳卒中で、SIAS-Fが1点以下かつ指示理解良好な片麻痺患者9名である（表1）。あらかじめ本研究への参加の同意を得て、前述した条件にあう対象者を、逐次、入院順に実施した。

対象者の平均年齢は 58.6 ± 14.9 歳、発症からの期間は、入院までが 29.9 ± 9.7 日、ミラーセラピー開始までが 76.9 ± 9.3 日、最終評価までが 90.9 ± 9.3 日であった。入院からミラーセラピー開始までは 47.0 ± 5.7 日であった。

方法

1. ミラーセラピーの方法

ミラーセラピーの設定を図1に示す。両膝関節屈曲 60° の椅子座位にて下腿部を露出し、鏡を両下肢間に非麻痺側下肢が映るように設置する。患者には鏡に映る非麻痺側下肢を注視させながら非麻痺側の背屈運動を行わせた。この時、鏡に隠れている麻痺側も非麻痺側とタイミングを合わせて同時に背屈するよう指示し

た。検者は運動回数のカウントのみで「もっと頑張れ」などの口頭指示や動きが乏しい場合の自動介助運動は行わなかった。背屈運動は、メトロノームに合わせ2秒に1回のペースで1日に50回を4セット行った。セット間の休憩は1分とした。7日間で計1,400回行った。このミラーセラピーは通常訓練に追加して行った。

2. 評価時期と評価項目

ミラーセラピー介入開始の14日前と7日前、介入1日目の施行直前（以下、評価1）と介入7日目の施行直後（以下、評価2）および介入期間終了から7日後（以下、評価3）の計5回、SIAS-Fとビデオ撮影によるSIAS-F角度を評価した（図2）。椅子座位にて足底を床面に接地させた状態でゴニオメーターにより両膝関節 60° 屈曲位をとり麻痺側外果中央の90cm側方からビデオ撮影をした。画像解析ソフトDART TRAINERにて麻痺側最大背屈時の床面と足底面のなす角度（SIAS-F角度：図3）を測定し、3試行の中央値を採用した。なお、計測時の非麻痺側の足関節背屈については制限しなかった。評価者はミラーセラピーの介入も行った。通常訓練は評価者ではなく担当療法士が行った。

統計学的検討には、繰り返しのない二元配置分散分析を行った。有意水準は5%とした。

表1. 対象者の基本情報

Case	年齢	性別	診断名	病巣部位	麻痺側	発症から評価 1までの日数	入院から評価 1までの日数	足関節の他 動的可動域	足関節底屈 筋の痙縮*1	母趾の位 置覚*2
1	63	M	脳出血	視床	右	78	45	5°	2	1
2	45	F	脳出血	被殻	右	77	43	10°	2	2
3	38	M	脳出血	被殻	左	68	46	5°	3	3
4	43	F	脳出血	視床	左	74	50	15°	2	1
5	69	M	脳出血	被殻	左	87	61	5°	2	1
6	86	F	脳梗塞	内包	右	64	46	10°	1	2
7	66	F	脳出血	被殻	左	68	45	10°	3	0
8	59	F	脳出血	被殻	右	86	43	15°	0	1
9	58	M	脳梗塞	MCA	右	90	44	10°	3	3

*1 Modified Ashworth Scale にて採点、*2 Stroke Impairment Assessment SetのL/E positionにて採点

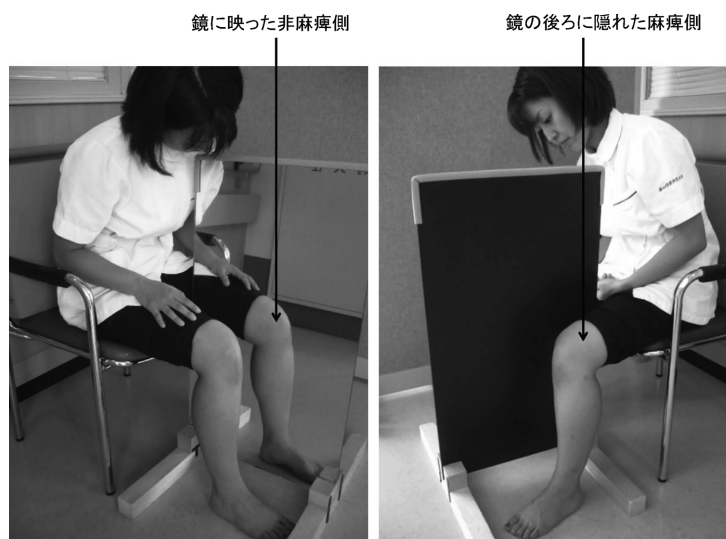


図1. ミラーセラピーの実施例（左片麻痺）

結果

1. SIAS-F の変化 (表2, 図4)

評価2が評価1よりも有意に高い値を示した。評価2と評価3で差はなかったが評価1と評価3との間には有意差が認められた。評価1の得点は0点が6名、1点が3名であり、9名全例が評価1の14日前から

得点の変化はなかった。評価1から評価2にかけては9名中5名が改善し、0点から1点が1名、0点から2点が1名、1点から2点が2名、1点から3点が1名であった。評価1から評価3へかけて変化したのは1名であり、2点から1点へ低下した。

2. SIAS-F 角度の変化 (表2)

9名の平均 SIAS-F 角度は、14 日前、7 日前、評価

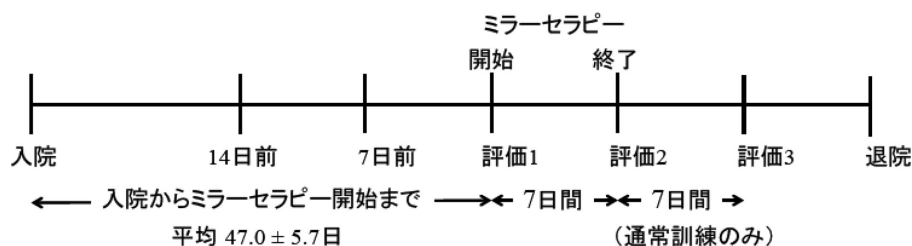


図2. 評価スケジュール

評価は14日前、7日前、評価1、評価2、評価3の計5回実施。



図3. SIAS-F 角度計測の例

床面と足底とのなす角度を3回計測し中央値を採用。

表2. SIAS-F と SIAS-F 角度

Case	SIAS-F (点)			SIAS-F 角度		
	評価1	評価2	評価3	評価1	評価2	評価3
1	0	0	0	0°	0°	0°
2	0	1	1	0°	0°	0°
3	1	3	3	0°	12.2°	4.6°
4	0	2	1	0°	0°	0°
5	1	2	2	0°	7.3°	6.2°
6	1	2	2	0°	7.9°	0°
7	0	0	0	0°	0°	0°
8	0	0	0	0°	0°	0°
9	0	0	0	0°	0°	0°

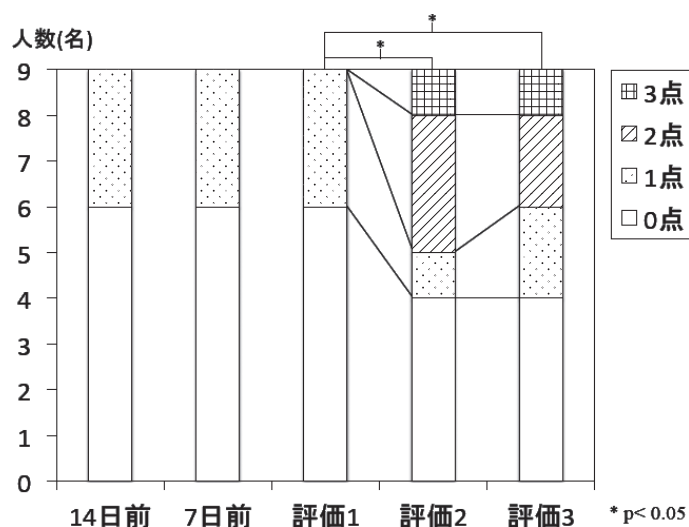


図4. SIAS-F 得点別の人数推移

ミラーセラピーの介入期間である評価1から評価2にかけて有意な改善が認められた。

1 が 0° で推移しており、評価 2 では 3.0°、評価 3 では 1.2° であった。SIAS-F 角度が記録できた 3 名はいずれも評価 1 から評価 2 にかけて角度の改善が認められたが、評価 3 では評価 2 よりも低下した。なお、SIAS-F 角度の変化については統計学的な有意差は認められなかった。

考察

本論文では、足関節重度麻痺の脳卒中患者に対してミラーセラピーの効果を検証した。今回、ミラーセラピー開始の時期を入院から平均 47.0 日後（発症からの期間は平均 76.9 日）にすることで、通常訓練による麻痺の自然回復の影響を少なくして行った。入院後のさらに遅い時期に設定しなかったのは、当院回復期における脳卒中患者の平均在院日数が 61.1 日 [17] であることを踏まえ退院までに評価 1 から評価 3 までの 14 日間を完遂できるようにするためである。

対象全例でミラーセラピー開始 14 日前から SIAS-F の変化はなく、評価 1 から評価 2 にかけては 9 名中 5 名が改善し、評価 2 から評価 3 までの間では有意差を認めなかった。評価 2 で改善を認めた 5 名のうち 4 名が終了 7 日後の評価 3 まで維持できていたことから、ミラーセラピーで得られた背屈機能が一過性ではなく保持することが確認された。このため併行して通常訓練を行ってはいらぬものの麻痺回復への寄与は、ミラーセラピーの方が大であったと考えられる。これまでの報告 [4-6, 10, 11] で、ミラーセラピーの介入期間は 4 週間から 3 ヶ月間とされている。これに対して本研究では限られた在院日数に対応するため必然的に 7 日間という短い介入期間となった。対象患者はミラーセラピー開始時で SIAS-F が 0 点および 1 点であり自力で背屈運動が行えない麻痺のレベルであった。短期間のうちに重度麻痺でも効果が認められたことは、背屈の反復運動による筋力増強よりも関連する神経ネットワークの賦活の方が効果に影響していると推測される。

このような神経系の賦活の機序としては、運動をイメージすることに伴う中枢神経系の活動および視覚的なフィードバックに伴うミラーニューロンの活動などが関与しているものと考えられる。実際の運動を行わなくても、運動をイメージするだけで運動皮質の該当部分に運動時と類似した脳血流量の増加が起こるといふ報告がある [18]。また、ミラーニューロン [19] は、腹側運動前野および頭頂葉に存在すると言われており、運動をイメージした場合やその運動を観察しただけで実際の運動に類似した脳活動が得られることがわかっており脳機能の活性化につながることが示唆されている。

重度麻痺への効果機序について考える。運動を実行する際には、知覚・運動ループの統合的な働きが必要であり、視覚が重要な役割を果たしていると報告されている [20]。脳卒中の麻痺肢では運動麻痺の影響から「思い通りに動く」視覚フィードバックを受ける機会が激減するため、Ramachandran らが「学習された麻痺 (learned paralysis)」[21] と呼んでいる現象が脳の中でおこることに関与していると考えられる。ミラーセラピーによって、運動学習がおこることの前提

として、鏡に映った健側肢の運動による視覚フィードバックが実際に視覚野から体性感覚野ないし運動野および関連の連合野に投射される必要があると考えられる。Oouchida ら [22] は他者運動の関節角度の視覚情報が頭頂葉高次感覚野の Brodmann2 野を賦活させることを確認している。この部位はサルでは視覚刺激で賦活されないが [23]、同じサルを対象とした研究で視覚運動課題による訓練を行うことで活動が高まるとの報告もある [24, 25]。さらに、随意的な運動命令の増加も重要である。他動運動だけでは運動遂行能力は改善せず、大脳皮質運動野の活動も変化しないとの報告がある [26]。麻痺の改善には意図した運動を反復することが有効である [27]。しかし、動きの乏しい（あるいは全く動かない）重度麻痺に対して単純な運動命令を繰り返しても患者は飽きてしまう。ミラーセラピーは「麻痺側が動いている」イメージを与えやすいので運動を続けようとする動機づけに役立つと思われる。以上のことから、ミラーセラピーは重度麻痺肢であっても「学習された麻痺 (learned paralysis)」を防ぐ可能性がある。

本研究の重度麻痺患者においてビデオ撮影上で背屈運動の動きを検知し SIAS-F 角度の計測が可能であったのは 3 名であった。結果は評価 2 よりも評価 3 で低下していた。この 3 名の SIAS-F は評価 2 で改善し評価 3 まで維持されていたことから、SIAS-F だけでは感知できない機能低下がおこっている可能性がある。また、評価 2 の時点で SIAS-F 角度が計測できた症例は 3 名であったのに対して SIAS-F が 2 点以上は 4 名であった。SIAS-F の 2 点の定義は「背屈運動があり足部は床より離れるが十分ではない場合」であるため角度が計測可能となるのは 4 名のはずである。角度が計測できなかった 1 名の観察結果を振り返ると SIAS-F が 2 点と 1 点との境界にあり計測中のパフォーマンスが一定していなかった。さらに、ビデオ撮影による背屈角度計測の誤差も考えられるため本法の信頼性については症例数を増やして検討していく必要がある。

今後は、SIAS-F 角度が介入終了後も低下しない方法の工夫とより鋭敏な機能の評価を導入することなどを考慮しミラーセラピーの適応をより詳細に検討していきたい。

文献

1. Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, Milliken GW. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science* 1996; 272: 1791-4.
2. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol* 2009; 8: 741-54.
3. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D, Cobb S. Touching the phantom limb. *Nature* 1995; 377: 489-90.
4. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D, Ramachandran VS, et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet* 1999; 353: 2035-6.
5. Sathian K, Greenspan AI, Wolf SL. Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2000; 14: 73-6.

6. Stevens JA, Stoykov ME. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1090-2.
7. Suzuki M, Kohno M, Sonoda S, Sugiyama T, Yamada M, Hukaya N. A case of stroke patient who received mirror therapy with objective improvement of finger function of affected side. *Jpn J Occup Ther* 2002; 36: 1049-52. Japanese.
8. Tezuka Y, Fujiwara M, Kikuchi K, Ogawa S, Tokunaga N, Ichikawa A, et al. Effect of mirror therapy for patients with post-stroke paralysis of upper limb: randomized cross-over study. *J Jpn Phys Ther Assoc* 2006; 33: 62-8. Japanese.
9. Matsuo A, Shomoto K, Sasaki H, Takatori K, Nagino K, Oka M, et al. The immediate change of muscle activities at upper limb by the mirror therapy: study by using single case design. *J Jpn Phys Ther Assoc* 2005; 32: 368-73. Japanese.
10. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sutbeyaz S, Bussmann JB, Stam HJ, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 393-8.
11. Sutbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, Koseoglu BF. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 555-9.
12. Hirano K, Nagai S, Wada Y, Nonoyama S, Narukawa A, Sonoda S, et al. Improvement of hemiplegic ankle dorsiflexion by mirror therapy. *Sogo Rehabilitation* 2008; 36: 683-8. Japanese.
13. Amimoto K. Clinical application of mirror therapy in patients with hemiparesis. *Med Basis Phys Ther* 2009; 12: 5-8. Japanese.
14. Mori M, Nagai S, Sonoda S, Aoki T, Kawakita M, Saitoh E. Outcome of the Full-time Integrated Treatment (FIT) program. *Sogo Rehabilitation* 2005; 33: 257-63. Japanese.
15. Chino N, Sonoda S, Domen K, Saitoh E, Kimura A. Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) — A new evaluation instrument for stroke patients —. *Jpn J Rehabil Med* 1994; 31: 119-25.
16. Sonoda S, Saitoh E, Nagai S, Kawakita M, Kanada Y. The Full-time Integrated Treatment (FIT) Program, a new system for stroke rehabilitation in Japan: comparison with conventional rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83: 88-93.
17. Nobotachi N, Sonoda S, Okuyama Y, Kawahara Y, Watanabe M, Teranisi T, et al. Relationship between increase in exercise and motor paralysis improvement in stroke patients in the Kaifukuki rehabilitation ward. *Jpn J Stroke* 2010; 32: 340-5. Japanese.
18. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke* 2006; 37: 1941-52.
19. Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Res* 1996; 3: 131-41.
20. Jeannerod M. The mechanisms of self-recognition in humans. *Behav Brain Res* 2003; 142: 1-15.
21. Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain* 2009; 132: 1693-710.
22. Oouchida Y, Okada T, Nakashima T, Matsumura M, Sadato N, Naito E. Your hand movements in my somatosensory cortex: a visuo-kinesthetic function in human area 2. *Neuroreport* 2004; 15: 2019-23.
23. Iwamura Y, Tanaka M, Sakamoto M, Hikosaka O. Rostrocaudal gradients in the neuronal receptive field complexity in the finger region of the alert monkeys postcentral gyrus. *Exp Brain Res* 1993; 92: 360-8.
24. Iriki A, Tanaka M, Iwamura Y. Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones. *Neuroreport* 1996; 7: 2325-30.
25. Obayashi S, Tanaka M, Iriki A. Subjective image of invisible hand coded by monkey intraparietal neurons. *Neuroreport* 2000; 11: 3499-505.
26. Lotze M, Braun C, Birbaumer N, Anders S, Cohen LG. Motor learning elicited by voluntary drive. *Brain* 2003; 126: 866-72.
27. Kawahira K, Shimodozono M, Ogata A, Tanaka N. Addition of intensive repetition of facilitation exercise to multidisciplinary rehabilitation promotes motor functional recovery of the hemiplegic lower limb. *J Rehabil Med* 2004; 36: 159-64.