《教育講演》

片麻痺回復のための促通反復療法の理論と効果*1

川 平 和 美*2

Key words: 片麻痺 (hemiplegia), 促通反復療法 (repetitive facilitation exercise), 脳卒中 (stroke), 歩行 (gait), 機能的振動刺激 (functional vibratory stimulation)

はじめに

神経筋促通法は1940年から1950年代に脳卒中やポリオによる麻痺に対して関節可動域訓練や筋力増強訓練など治療法に対して、麻痺肢への操作など感覚入力や集合的運動パターンを用いて中枢神経活動を促通あるいは抑制して、患者の筋トーンや運動パターンの正常化によって随意性の回復を促進する治療手技として提唱された¹⁾。代表的な神経筋促通法であるBrunnstrom法やBobath法、Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) はいずれも、提唱後に行われた多くの治療効果の検証を集約した結果は、図1に示すように、「行ってもよいが、伝統的なリハビリテーションより有効である」という科学的根拠はない：脳卒中治療ガイドライン2009²⁾、「Bobath法は

推奨しない：Lancet, 2011年³⁾と厳しいものである。

片麻痺は病巣が神経の細胞体を損傷する大脳皮質あるいは軸索を損傷する放線冠や内包であっても、その回復には大脳皮質から脊髓前角細胞までの神経路の再建/強化が欠かせない。図2に示すように、神経路はヘップ理論にあるように興奮を伝えたシナプスは伝達効率が上がり、興奮伝達を繰り返すとシナプスの組織的な結合強化が生じる⁴⁾。

つまり、再建・強化したい神経路へ興奮を伝えることなしには効率的な神経路の再建・強化はない。麻痺の回復促進には新たな促通手技や電気刺激法を用いて、目標の運動路の興奮性を高めて、弱い大脳からの興奮でも伝達する状態にして、患者が意図した運動を麻痺肢に実現させ、それを反復することによって、損傷を免れた神経路の中から損傷された神経路の代役を務める神経路を形成・強化する必要がある。

促通反復療法の理論と成績

促通反復療法の基本的な考え方は、図3に示すように、患者の意図する運動（個々の指の屈伸から歩行パターンまで）に関与する神経路の興奮水準を運動開始直前に治療者が新たな促通手技によって高め、その運動の実現と反復を可能にし、errorless learningによる神経路の再建/強化を行

脳卒中治療ガイドライン 2009

(日本リハ学会、日本脳卒中学会…)

ファシリテーション(神経筋促通手技)

Bobath法 (推奨しない, Lancet 2011)

Neurodevelopmental exercise (Davis)

Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) 法

Brunnstrom法など

行ってもよいが、伝統的なリハビリテーションより有効であるとの科学的根拠はない。(グレードC1)

* 麻痺側上肢に対し、特定の訓練を積極的に繰り返す行うことが強く勧められる。(グレードA) 推奨

図1 脳卒中治療ガイドライン 2009 (文献2より引用)

2012年9月26日受稿

*1 本稿は第49回日本リハビリテーション医学会学術集会教育講演(2012年6月1日, 福岡)をまとめたものである。

*2 鹿児島大学大学院運動機能修復講座リハビリテーション医学/〒1899-6603 鹿児島県霧島市牧園町高千穂3930-7

E-mail: louisak@m.kufm.kagoshima-u.ac.jp

図2 神経路の再建・強化

神経路の強化はシナプスの可塑性による。2つの神経細胞をつなぐシナプスは興奮を伝えると、その伝達効率が上がり、興奮伝達を繰り返すとシナプスの組織的な結合強化が生じる。

図3 促通反復療法の治療理論

左段に実際の示指だけの伸展を可能にする操作を示す。治療者の指で患者の示指を素早く屈曲し、続いて示指のMP関節を屈曲して、示指の末節からの自動伸展を誘発し、患者の爪に軽く触れる形で示指伸展に筋群の緊張を保ち、伸展の運動継続を図る。右段に自動運動を誘発するメカニズムを示す。示指の素早い屈曲とMP関節屈曲によって、示指の伸展に関与する神経路の興奮水準を高めると同時に、「伸ばして」と患者に示指伸展の努力を求め、随意的な示指伸展の実現を図る。示指の随意的伸展が生じたら示指の伸筋の緊張を保って α - γ linkageの興奮水準を維持して運動の継続を図る。

うことである⁵⁾。神経路の興奮水準を調整する操作は伸張反射や皮膚筋反射、逃避反射などを複数含み、加重的かつ連続的に用いて効果を高める。

図4 片麻痺上肢への促通反復療法の治療効果（文献6より引用）

全対象における促通反復療法と通常治療の期間の上肢（肩・肘）と手指、物体操作能力の変化を示す。片麻痺の改善は促通反復療法の初回と2回目の期間に有意あるいは改善の傾向を示したのに比べて通常治療ではいずれも初回のみ改善の傾向があった。物の操作能力の改善はいずれの治療期間にも有意の改善を示したが、促通反復療法期間の改善が顕著だった。

1. 片麻痺上肢への治療成績

脳卒中片麻痺上肢への効果検討は対象を2群（促通反復療法後行群：平均罹病期間18週，促通反復療法先行群：10週）に分けて，各2週間の促通反復療法と通常の作業療法（通常治療）を2回クロスオーバーさせる形で行った。治療時間はいずれも40分である。

図4に対象全体での促通反復療法と通常治療の改善を示すが，上肢と手指，物の操作能力とも促通反復期間に有意の改善があり，促通反復療法の有効性を示している⁶⁾。促通反復療法の片麻痺改善効果に関する他の報告でもクロスオーバーデザイン^{7,8)}や比較対照試験⁹⁾，無作為化比較対照試験^{10,11)}など客観性の高い検討方法を用いているが，いずれも促通反復療法の片麻痺改善効果を認めている。

脳卒中の病巣の改善による麻痺の改善がない慢性期例への治療効果の検討でも，麻痺の改善を認めている^{12,13)}。

症例報告ではあるが，再発作による両片麻痺発症例への血栓溶解療法後の急性期リハで陳旧性片

麻痺上肢への低周波電気刺激併用下での促通反復療法が著効を呈した例¹⁴⁾や治療頻度が低い外来リハでの有効例^{15,16)}，脳卒中ではないが，中心性脊髄損傷¹⁷⁾や大脳皮質基底核変性症¹⁸⁾の上肢機能改善が示されている。

2. 片麻痺下肢

片麻痺下肢の麻痺や歩行への促通反復療法効果について，片麻痺患者24例（平均罹病期間7週）を対象にそれぞれ2週間の通常治療と促通反復療法をクロスオーバーデザインで検討し，促通反復療法の期間に麻痺の改善と歩行の改善を認めている（図5）¹⁹⁾。他の比較対照試験を用いた報告⁹⁾や無作為化比較対照試験を用いた報告¹¹⁾でも促通反復療法が通常治療より優れていた。

歩行訓練は，麻痺側立脚期の筋緊張亢進を軽減するために下肢装具や杖，平行棒を使用し，非麻痺（健側）立脚時に「健側下肢にしっかり立って，麻痺肢を振り出しなさい」と指示すると歩行速度が改善した²⁰⁾。麻痺側下肢の歩行パターン誘発する促通反復療法（麻痺肢遊脚開始時に麻痺肢単徑部と非麻痺側中殿筋への刺激，麻痺側立脚時に麻

図5 片麻痺下肢への促通反復療法の治療成績 (文献 19 より引用)

通常の治療と促通反復療法を含む治療を各2週間ずつクロスオーバーの形で行ったが、2回目の促通反復療法を含む治療期間にはBrunnstrom Stageで評価した片麻痺の改善と股関節を90度に固定して測定した膝の屈伸筋力の増加を認めた。

痺側中殿筋への刺激)と健側立脚の重視を併用して⁵⁾、歩行の安定性と歩行速度の改善を証明しつつある。

促通反復療法との併用療法

1. 機能的振動刺激法：歩行や片麻痺上肢訓練での併用

歩行パターンを誘発する先述の促通反復療法⁵⁾によって、促通なし歩行に比べて歩行速度と麻痺側歩幅が改善した²¹⁾。

麻痺側下肢に持続的に振動²²⁾や徒手歩行促通法と同じ原理で歩行周期に同期した振動刺激を中殿筋や単徑部に与える機能的振動刺激法でも、歩行速度が改善したが²³⁾、同様に持続的振動刺激で上肢機能が改善する例²⁴⁾や、機能的振動刺激法を備えたリーチングロボットでの治療によってリーチング速度の改善する陳旧例があり²³⁾、ロボット訓練機器への応用が進みつつある。

2. 振動刺激痙縮抑制法との併用

痙縮は片麻痺上肢の使用を困難にする要因の1つであるが、痙縮筋に5分間の振動刺激を与える振動刺激痙縮抑制法により、著しい痙縮の軽減やF波での脊髄運動ニューロン興奮性の低下、手指のタッピング数の増加が生じる²⁵⁾。促通反復療法の効果がプラトーとなった例に対して、振動刺激痙縮抑制法で痙縮を減少させた後、2週間の促通反復療法を行うと、更に大きな麻痺の改善あり、振動刺激痙縮抑制法を中止しても得られた改善は維持された²⁶⁾。

振動刺激痙縮抑制法を中止した後も改善した機能が維持されたことは、痙縮抑制と促通反復療法の併用によって、患者の意図した運動の実現と反復が容易になり、目標の神経路の強化が進んだことを意味している。

ボツリヌス療法や経頭蓋磁気刺激法など痙縮抑制の効果を有する治療法と促通反復療法との併用は片麻痺肢の随意性回復に大きく寄与する可能性

があり、併用効果の検証を進めている。

3. 経頭蓋磁気刺激法や低周波電気刺激法との併用

経頭蓋磁気刺激法は麻痺回復過程における一次運動野のマップ変化の検討に用いてきたが²⁷⁾、現在、経頭蓋磁気刺激法(4分)と促通反復療法(40分)との併用効果を検討し、良好な成績を上げつつある²⁸⁾。弱い低周波電気刺激下での促通反復療法の効果の検討を進めているが、良好な相乗効果を確認しつつある。

外眼筋麻痺への迷路性眼球反射を用いた促通反復療法と視野欠損への治療法

脳幹障害による外眼筋麻痺は自然回復の限界を待って、半年から1年後にプリズム眼鏡の着用や外眼筋の縫縮術が行われている。これまで積極的なリハビリテーションがなかった外眼筋麻痺に対しても迷路性眼球反射を用いた促通反復療法の有効性を認めている²⁹⁾。両眼視の障害(外・内斜視、複視)は外眼筋麻痺の改善後に明らかになることが多い。外斜視への治療を例に挙げると、対象を注視している眼を遮蔽すると他方の眼が内転して対象を注視するので、対象を注視する眼の遮蔽と解放を素早く繰り返して両眼視を実現・反復して、外斜視の改善を図っている³⁰⁾。

視野欠損例に対して、コンピューター化視野訓練装置で欠損視野の周辺に視覚刺激を反復することによって視野欠損が改善することを報告し³¹⁾、その後もデータ集積を行っているが、27例の段階で4週間の治療で平均6%の視野拡大を得ている。

文 献

- 1) 川平和美：教育講演：片麻痺回復のための改革的リハビリテーションを目指して—効率的な神経路再建/強化の理論と実際—。Jpn J Rehabil Med 2010；47：315-319
- 2) 篠原幸人，小川 彰，片山泰朗，木村彰男 編：脳卒中治療ガイドライン 2009。協和企画，東京，2009；pp 296-299
- 3) Langhorne P, Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G：Stroke Care 2；Stroke rehabilitation. Lancet 2011；377：1693-1702
- 4) Antonov I, Antonova I, Kandel ER, Hawkins R：Activity-dependent presynaptic facilitation and hebbian LTP are both required and interact during classical conditioning in Aplysia. Neuron 2003；37：135-147
- 5) 川平和美：片麻痺回復のための運動療法；促通反復療法「川平法」の理論と実際。第2版，医学書院，東京，2010
- 6) Kawahira K, Shimodozono M, Etho S, Kamada K, Noma T, Tanaka N：Effects of intensive repetition of a new facilitation technique on motor functional recovery of the hemiplegic upper limb and hand. Brain Inj 2010；24：1202-1213
- 7) 鎌田克也，川平和美，野間知一，衛藤誠二，田中信行：脳卒中片麻痺上肢に対する作業療法と促通反復療法併用の効果。作業療法 2004；23：18-25
- 8) 林田健太，萬谷和日子，奥寺英介，川崎 桂，甲斐健児，薛 克良，服部文忠：促通反復療法による片麻痺上肢の機能回復について。総合リハビリテーション 2007；35：809-813
- 9) 三谷俊史，木佐俊郎，酒井康生，石田 徹，小野恵司：回復期脳卒中片麻痺に対する促通反復療法の効果。総合リハビリテーション 2010；38：165-170
- 10) Shimodozono M, Noma T, Nomoto Y, Hisamatsu N, Kamada K, Miyata R, Matsumoto S, Ogata A, Etoh S, Basford JR, Kawahira K：Benefits of a repetitive facilitative exercise program for the upper paretic extremity after subacute stroke：a randomized controlled trial. Neuro-rehabil and Neural Repair (in press)
- 11) 木佐俊郎，酒井康生，三谷俊史，小野恵司：回復期脳卒中片麻痺患者のリハビリテーションに促通反復療法を取り入れた場合の片麻痺と日常生活活動への効果；無作為化比較対照試験による検討。Jpn J Rehabil Med 2011；48：709-716
- 12) 野間知一，鎌田克也，海 唯子，溜いずみ，衛藤誠二，下堂蘭恵，緒方敦子，松元秀次，川平和美：慢性期脳卒中片麻痺上肢への促通反復療法の効果。総合リハビリテーション 2008；36：695-699
- 13) 岩田勘司，木佐俊郎，酒井康生，三谷俊史，小野恵司：慢性期上肢麻痺回復を希望した連続29症例への促通反復療法を含む複合的リハビリテーションの効果。J Clin Rehabil 2013；22：105-110
- 14) 前迫 篤，中塩屋佳子，荒田 仁，川平和美：健常側大脳半球を含む再発作後に促通反復療法と低周波電気刺激との併用療法ならびにTask-oriented trainingによって慢性期側片麻痺が改善した脳卒中の1例。OTジャーナル 2011；45：1485-1490
- 15) 萬谷和日子，林田健太，阿部裕美子，甲斐健児，服部文忠：促通反復療法導入で片麻痺上肢機能改善が認められた1例。作業療法 2008；27：174-179
- 16) 仲尾次典子，多々良一郎：外来で促通反復療法導入によって片麻痺上肢機能改善が認められた1症例。作業療法 2011；30：100-106
- 17) 藤目憲一，川平和美，海 唯子：頸髄損傷上肢麻痺に対する促通反復療法(川平法)の効果。日本脊髄障害医学会誌 2008；21：64-65
- 18) Kawahira K, Noma T, Iiyama J, Etoh S, Ogata A, Shimodozono M：Improvements in limb kinetic apraxia by repetition of a newly designed facilitation exercise in a patient with corticobasal degeneration. Int J Rehabil Res

- 2009 ; 32 : 178-183
- 19) 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 : 159-164
 - 20) 上間智博, 松元秀次, 種田沙織, 竹下加奈子, 川平和美 : 脳卒中片麻痺患者への3種の麻痺側加重指導が歩行に及ぼす影響について. *日本義肢装具学会誌* 2011 ; 27 : 105-111
 - 21) 村山真紀, 下堂蘭恵, 川平和美 : 片麻痺患者への歩行促通法の効果について. *J Clin Rehabil* 2007 ; 16 : 1203-1206
 - 22) Kawahira K, Higashihara K, Matsumoto S, Shimodozono M, Etoh S, Tanaka N, Sueyoshi Y : New functional vibratory stimulation device for extremities in patients with stroke. *Int J Rehabil Res* 2004 ; 27 : 335-337
 - 23) 川平和美, 下堂蘭恵 : 物理療法のエビデンスと実践 ; 振動刺激. *J Clin Rehabil* 2012 ; 21 : 574-579
 - 24) Shirahashi I, Matsumoto S, Shimodozono M, Etoh S, Kawahira K : Functional vibratory stimulation on the hand facilitates voluntary movements of a hemiplegic upper limb in a patient with stroke. *Int J Rehabil Res* 2007 ; 30 : 227-230
 - 25) Noma T, Matsumoto S, Etoh S, Shimodozono M, Kawahira K : Antispastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients. *Brain Inj* 2009 ; 23 : 623-631
 - 26) 野間知一, 鎌田克也, 海 唯子, 溜いずみ, 伊東加奈子, 下堂蘭恵, 松元秀次, 衛藤誠二, 川平和美 : 脳卒中片麻痺上肢の痙縮筋への振動刺激痙縮抑制法と促通反復療法との併用による麻痺と痙縮の改善効果. *総合リハビリテーション* 2009 ; 37 : 137-143
 - 27) 衛藤誠二 : 脳卒中片麻痺上肢訓練時の経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位の変化. *リハビリテーション医学* 2000 ; 37 : 925-933
 - 28) 衛藤誠二, 松元秀次, 川平和美 : 片麻痺のリハビリテーション効果を高める工夫—経頭蓋磁気刺激・促通反復療法・振動刺激—*Jpn J Rehabil Med* 2010 ; 47 : 156-159
 - 29) Kawahira K, Shimodozono M, Etoh S, Tanaka N : New facilitation exercise using the vestibulo-ocular reflex for ophthalmoplegia ; preliminary report. *Clin Rehabil* 2005 ; 19 : 627-634
 - 30) 溜いずみ, 野間知一, 海 唯子, 緒方敦子, 下堂蘭恵, 川平和美 : 眼球運動障害に「迷路性眼球反射」促通法と両眼注視訓練が著効した外傷性脳損傷の1例. *総合リハビリテーション* 2011 ; 39 : 695-699
 - 31) 下園由理香, 有馬美智子, 海 唯子, 下堂蘭恵, 川平和美 : コンピュータ化視野訓練装置による視覚反復刺激によって四分盲が改善した脳卒中の1例. *Jpn J Rehabil Med* 2007 ; 44 : 613-619