

—特集 [心原性脳梗塞の治療と予防] —

脳梗塞のリハビリテーション治療

松元 秀次

日本医科大学大学院医学研究科リハビリテーション学分野

A Novel Rehabilitation Therapy to Improve Stroke Recovery

Shuji Matsumoto

Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Graduate School of Medicine, Nippon Medical School

Abstract

Stroke is clinically characterized by hemiplegia and exercise intolerance, both of which not only interfere with the ability to perform activities of daily living (ADL), but also significantly reduce quality-of-life (QOL). Neurological and functional recovery occurs mainly within the first 6 weeks after onset of stroke, but the process continues for several months, with maximal functional recovery usually achieved within 6 months. In Japan, convalescent rehabilitation wards play an important role in the rehabilitation of post-stroke patients who have impaired ADL and health status after the acute phase. Various physiotherapies have been developed to improve functional recovery in patients with hemiplegia due to stroke, including the facilitation technique with proprioceptive neuromuscular facilitation, and constraint-induced movement therapy. A novel facilitation technique is repetitive facilitative exercises (RFE), which promote the functional recovery of the hemiplegic limbs to a greater extent than conventional rehabilitation sessions.

Functional electrical stimulation (FES) is a technique used to produce contractions in paralyzed muscles by the application of small pulses of electrical stimulation to the nerves that supply the paralyzed muscle. FES is used as an orthosis to assist walking, and also as a means of practicing functional movements for therapeutic benefit. New training technologies involving the use of robots have recently been developed to help in the rehabilitation of post-stroke patients.

Robot-assisted rehabilitation therapy provides functional training of the upper and lower limbs in an effective, easy and comfortable manner. Furthermore, the robot-assisted training paradigm offers intensive, repetitive, sufficient, and accurate kinematic feedback along with symmetrical practice while reducing the workload for the therapist, thus reducing the cost of post-stroke rehabilitation. Exoskeleton-type robotic devices have robot axes aligned with the anatomical axes of the wearer. These robots provide direct control over individual joints, which can minimize abnormal posture or movement. Robot-assisted gait training is effective in the long term in improving balance and walking ability, and it has a positive impact on patients' QOL. Several well-designed studies have provided evidence that robot-assisted training promotes motor recovery and functional improvement in post-stroke patients. However, the evidence is insufficient to draw conclusions about the effectiveness because of small samples sizes, methodological flaws, and heterogeneous training procedures. More well-designed randomized controlled trials are needed.

(日本医科大学医学会雑誌 2019; 15: 201-209)

Key words: neuro-rehabilitation, stroke, facilitative exercise, functional electrical stimulation, robot

Correspondence to Shuji Matsumoto, MD, PhD, Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Graduate School of Medicine, Nippon Medical School, 1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8603, Japan

E-mail: m-shuji@nms.ac.jp

Journal Website (<https://www.nms.ac.jp/sh/jmanms/>)

表1 早期離床・リハビリテーション加算

1日につき500点	
[算定対象]	
① 特定集中治療室に入室後早期から離床に向けた取組が行われた場合に、14日を限度として、所定点数（特定集中治療室管理料）に加算する。	
② 特定集中治療室に入室した患者に対し、患者に関わる医師、看護師、理学療法士、作業療法士、臨床工学技士等の多職種と早期離床・リハビリテーションに係るチームとによる総合的な離床の取り組みを行う。	
(1) チームは、当該患者の状況を把握・評価したうえで、当該患者の各種機能の維持、改善または再獲得に向けた具体的な支援方策について関係学会の指針等に基づき患者が入室する治療室の職員とともに計画を作成する。	
(2) 当該患者を診療する医師、看護師、理学療法士、作業療法士、臨床工学技士等が、チームと連携し、当該患者がICUに入室後48時間以内に、当該計画に基づく早期離床の取組を開始する。	
(3) チームは、当該計画に基づき行われた取組を定期的に評価する。	
[施設基準]	
① 特定集中治療室内に、以下から構成される早期離床・リハビリテーションに係るチームを設置すること。	
(1) 集中治療の経験を5年以上有する専任の医師	
(2) 集中治療に関する経験5年以上及び適切な研修を修了した専任の常勤看護師	
(3) 特定集中治療室等を届け出ている病院において5年以上の経験を有する専任の常勤理学療法士または専任の常勤作業療法士	
② 特定集中治療室における早期離床・リハビリテーションに関するプロトコルを整備し、定期的に見直すこと。	
③ 心大血管疾患リハビリテーション料、脳血管疾患等リハビリテーション料又は呼吸器リハビリテーション料に係る届出を行っている保険医療機関であること。	

表2 廃用症候群

器官	状態
中枢神経系	感覚鈍麻、認知機能低下、バランスや協調運動の低下
循環器系	心機能低下、起立性低血圧、深部静脈血栓症、血栓塞栓現象、血栓性静脈炎、血漿量低下
呼吸器系	呼吸機能低下（肺活量低下、気道抵抗増大、咳嗽機能低下）、誤嚥性肺炎、肺塞栓症
運動器	骨粗鬆症、関節拘縮（尖足、股関節・膝関節屈曲位など）、関節脱臼、筋力低下、筋・骨萎縮、耐久性低下、麻痺肢の疼痛・腫脹
皮膚	褥瘡、皮膚萎縮
消化器系	食欲不振、便秘、便失禁
泌尿器系	尿路感染、尿路結石、膀胱機能低下
内分泌系、代謝	副甲状腺ホルモン増加、男性ホルモン・精子形成減少、インスリン結合部位減少、窒素・Ca・硫黄・リン酸平衡が負に傾く
精神機能	不安、うつ、認知症、精神活動低下（やる気低下など）、睡眠障害

はじめに

近年、静注血栓溶解（rt-PA）療法や脳血管内治療の登場により脳梗塞の急性期治療は劇的に変化した。これらの有効性は大規模臨床試験で確立しており、リハビリテーション（リハ）治療にも影響しているといえる¹。すなわち、十分なリスク管理のもとでの早期離床・早期リハ介入を行うという概念で、2018年から診療報酬にも盛り込まれている（表1）。

急性期リハ治療の目的は、廃用症候群の予防と日常生活活動（ADL）の再獲得にある。廃用症候群（表2）は、筋肉や骨、関節だけでなく心肺機能、消化器機能、精神活動にまで及ぶことから早期リハ介入は重要である。実際にわずか1～2週間の急性期リハ治療が、そ

の後のADL自立度の向上や在院日数の短縮化、施設入所率の低下、社会復帰率の向上、死亡率の低下に貢献することがガイドラインに明記されている²。Japan Coma Scale（JCS）I桁で、運動の禁忌となる心疾患や全身合併症がないことや、神経症候の増悪がないことを確認してリハを可及的早期に開始することはグレードBで推奨される。

1. 脳卒中リハの実際

脳卒中では、どの病期においても病態や生活背景に合わせたリハ治療が重要である³。病期は、急性期、回復期、生活期（維持期）に分けられ、明確な定義はないが、急性期は発症からおおむね2週間程度、回復期は発症2週間後から6カ月まで、生活期はそれ以降を



図1 急性期リハビリテーションの実際

表3 急性期リハビリテーションプログラム

訓練内容	リハビリテーションの目的
離床 (ギャッジアップ 訓練, 座位, 起立, 歩行訓練)	端座位, 車椅子座位 体幹機能の改善, 健側下肢筋力の維持 麻痺側体幹・下肢への荷重負荷 歩行能力の早期獲得
関節可動域訓練, モビライゼーション	関節拘縮の予防 筋短縮・筋萎縮の予防 痙縮コントロール
上肢・下肢の機能 訓練	不使用・廃用症候群の予防 麻痺肢の機能回復促進 (促通訓練)
ADL 訓練	各 ADL 項目の動作訓練 食事動作, 整容動作, 更衣動作, 移乗動作, 排泄動作, 歩行獲得などの早期自立 病棟から開始し, 移乗や車椅子座位が可能になったら OT 室にて生活空間の拡大を図る
高次脳機能訓練	高次脳機能障害の評価とアプローチ
言語訓練	言語機能の刺激, 言語・認知機能の改善 コミュニケーション能力の改善
摂食・嚥下訓練	嚥下機能の改善, 経口摂取の早期再獲得 誤嚥性肺炎の予防 低栄養の予防・改善

指すことが多い。

脳卒中の機能回復は発症早期ほど良好で、時間の経過とともに緩徐になることが多い。Jørgensen らは、80% の機能回復に要する期間は 4.5 週間、95% の回

復に必要な期間は 11 週間とし、重症例ほど回復に長期間かかると報告している⁴。このことから、急性期から積極的にリハビリテーションを行うことが重要といえる。離床が 1 日でも遅れることは、単に廃用症候群予防だ

表4 病型別の早期離床開始基準

疾患	病型	開始基準
脳梗塞		入院2日までにMRI/MRA/頸動脈エコーなどを用いて、病型と病巣の診断を行う 離床開始の収縮期血圧上限を200 mmHgと設定
	アテローム 血栓性脳梗塞	MRI/MRAにて主幹動脈の閉塞ないし狭窄が確認された場合、進行型脳卒中へ移行する可能性があるために、発症3～5日は神経症候の増悪が起こらないことを確認して離床開始する ・血行力学性機序：血圧低下、脱水に注意 ・塞栓性機序：新たな塞栓子による再発に注意 ・血栓性機序：神経症候の進行の可能性が高いので注意
	ラクナ梗塞	診断日より離床開始
	心原性脳塞栓症	左房内血栓の有無、心機能を心エコーにてチェックし、心不全の徴候がなければ離床開始 経過中に出血性梗塞の発現に注意
	BAD	神経症候の進行に注意しながら離床開始
	t-PA 施行例	施行後24時間経過してから離床開始 出血リスクを避けるため収縮期血圧160 mmHg以下で管理
脳出血		発症後24時間血種増大と水頭症発現がないことを画像で確認後離床開始 離床開始の収縮期血圧上限を160 mmHgと設定
	脳出血手術例	術前でも意識障害が軽度（JCS II-10以下）であれば離床開始 ドレーン挿入中でも関節可動域訓練、座位訓練などは積極的に行うが、本格的離床はドレーン抜去を目処とする
くも膜下 出血		重症度や病型、術後の処置などを考慮し、慎重に検討のうえ離床開始 脳血管攣縮期の離床は、厳重なリスク管理のうえ実施
頸動脈 狭窄	頸動脈内膜剝離 術例	手術翌日から離床を検討 ただし全身状態や合併症の有無による

けでなく、機能回復の観点からも避けるべきである。

図1に急性期リハの様子を示す。Stroke care unit (SCU)では、カルテの参照と情報収集につとめる。SCUカンファレンスでは、リハ適応とリスク管理について情報共有し、治療方針を明確にしたうえで早期介入とする。また経過報告や安静度確認は怠らない。抗重力位をとる tilt table を用いた起立訓練や肺理学療法、リクライニング車椅子を用いた座位訓練を段階的に行うことは、早期離床や廃用症候群予防、脳活動の賦活、機能改善、ADL向上、気分転換につながる(表3)。

われわれの施設での脳卒中の病型別の早期離床開始基準を表4に示す⁵。簡略化すると、意識レベルがJCS I桁(自発的開眼)で、障害(麻痺、意識障害、ADL)の進行停止状態であること、症状固定後24～48時間を目安とする。リハ中止基準(表5)とリハ実施時の中止検討基準(表6)も忘れてはならない⁶⁷。

2. 新しい脳卒中リハの取り組み

脳は機能的に柔軟な臓器であり、脱神経などの末梢

の変化により、脳の体性感覚や運動の体部位再現(マップ)が変化することが知られており、「脳の可塑性」と表現される。この脳の可塑性を含むニューロサイエンスを基盤としたリハビリテーション医療(評価法、治療法、薬物療法、医療機器など)を総称して「ニューロリハビリテーション」と呼ぶ。脳の可塑性の法則は、Donald O. Hebbが提唱した“ヘップの法則”であり、脳神経細胞がつくるネットワークの同じ部分に繰り返し電気信号が走る(同じ刺激が加えられる)と、関連するシナプスの強度が上がり、伝達効率が増強される。すなわち、“Neurons that fire together, wire together”であり、2つの繋がったニューロンが同時に発火すればその間の結合が強まることを指す。ヘップの法則は、①使用頻度依存性脳可塑性⁸、②誤りなき学習⁹、③課題指向型訓練¹⁰と要約される。正しい運動を繰り返し行い、麻痺肢を使った動作を日常生活に汎化させるリハビリテーション治療が「ニューロリハビリテーション」として重要である。

本稿では、最新の「ニューロリハビリテーション」治療法として、促通反復療法(RFE: repetitive facilitative exercise)、反復経頭蓋磁気刺激(rTMS:

表5 リハビリテーション中止基準

分類	項目・指標	判定基準あるいは状態	備考
全体像神経系	反応 表情 意識 不穩 四肢の随意性 姿勢調整	明らかな反応不良状態の出現 苦悶表情, 顔面蒼白, チアノーゼの出現 軽度以上の意識障害の出現 危険行動の出現 四肢脱力の出現, 急速な介助量の増大 姿勢保持不能状態の出現, 転倒	呼びかけに対して 傾眠, 混迷の状態
自覚症状	呼吸困難 疲労感	突然の呼吸困難の訴え, 努力呼吸の出現 耐え難い疲労感, 患者が中止を希望, 苦痛の訴え	気胸, 肺塞栓症 修正 Borg scale 5-8
呼吸器系	呼吸数 酸素飽和度 (SpO ₂) 呼吸パターン 人工呼吸器	<5 fpm または >40 fpm <88% 突然の吸気あるいは呼気努力の出現 不同調, パッキング	一過性の場合は除く 聴診など気道閉塞の 所見もあわせて評価
循環器系	心拍数 (HR) 心電図所見 血圧	運動開始後の HR 減少や徐脈の出現 <40 bpm または >130 bpm 新たに生じた調律異常, 心筋虚血の疑い 収縮期血圧 >180 mmHg 収縮期または拡張期血圧の 20% 低下 平均動脈圧 <65 mmHg または >110 mmHg	一過性の場合は除く
デバイス	人工気道の状態 経鼻胃チューブ 中心静脈カテーテル 胸腔ドレーン 創部ドレーン 膀胱カテーテル	抜去の危険性あるいは抜去	
その他	患者の拒否 中止の訴え 活動性出血の示唆 術創の状態	ドレーン排液の性状 創部離開のリスク	

repetitive transcranial magnetic stimulation), 機能的電気刺激 (FES: functional electrical stimulation), リハロボットを取り上げる。

3. 促通反復療法 (RFE)

RFE はいわゆる神経生理学的アプローチのひとつで, ガイドライン²ではグレード B で推奨されている治療法である。川平によって提唱されたこの RFE¹¹ は, 目標の神経路への興奮伝導と反復を重視し, 神経路の強化が神経路への興奮伝導によるシナプス伝達効率の向上, 組織的結合強化の過程を経る事実に基づいている。

以下の4つの視点から効率的かつ効果的な治療成績を生んでいる。また, 意図した運動を実現したうえでさらに高頻度に繰り返す (反復する) 点は, “ヘップの法則” に則っている¹²。上肢, 手指, 下肢, 体幹,

眼球運動それぞれに細かく促通手技を分けて体系化している。

1. 片麻痺回復は, 新たな神経路の形成・強化である。
2. 目標の神経路の選択的興奮を実現し強化する。目標の運動と実際の運動の誤差を修正する。
3. 神経側芽やアンマスキングによる神経路の組み替えが行われている時期が効果的である。
4. 筋力増強訓練と神経路の再建と強化を目的とした運動パターン反復を区別する。

4. 反復経頭蓋磁気刺激 (rTMS)

非侵襲的に大脳を刺激するもので, リハ訓練に先立って脳の可塑性を高めるのに有用である¹³。脳卒中後の麻痺肢機能の改善の戦略として, rTMS を用いて病巣側運動野の興奮性増加や健側運動野の興奮性低下

表6 リハビリテーション実施時の中止検討基準

リハビリテーション介入を行わないほうがよい場合 (医師へ相談する場合)
1. 意識レベル低下, 神経症候の増悪・出現 2. 安静時脈拍 120/分以上 3. 収縮期血圧 180 mmHg 以上 (脳出血初期 140 mmHg 以上) 4. 拡張期血圧 120 mmHg 以上 5. 発熱 37.5℃ 以上 6. 呼吸数 30 回/分以上 7. 運動が禁忌となる心疾患や不整脈 (心筋梗塞, Lawn 分類 4b 以上の心室性期外収縮) などの出現 8. 安静時すでに動悸, 息切れがある場合 9. 動作時しばしば狭心痛がある場合
リハビリテーション介入を途中で中止する場合
1. 運動中の動悸, めまい, 嘔気, 狭心痛, 呼吸困難の出現 2. 運動時脈拍 140/分以上 3. 収縮期血圧 200 mmHg 以上 (脳出血初期 160 mmHg 以上) 4. 収縮期血圧 40 mmHg 以上上昇, 拡張期血圧 20 mmHg 以上上昇 5. SpO ₂ 90% 未満 6. 呼吸数 30 回/分以上 7. 運動中に 10 回/分以上の不整脈が出現
リハビリテーション介入を一時中止する場合 (休ませて様子を見る場合)
1. 軽い息切れ, 動悸の出現 2. 脈拍が運動前より 30% 以上増加した場合 3. 脈拍が 120/分を越えた場合 4. 10 回/分以下の不整脈が出現

を引き起こすことが重要であると報告されている。病巣側運動野への高頻度 rTMS および健側運動野への低頻度 rTMS は、病巣側運動野の興奮性を増加させ、錐体路機能の活性化および大脳皮質の可塑性を増大させるため、リハ治療効果が増大すると期待される。

rTMS は脳の可塑性を引き起こすことができるとはいえ、その効果は一時的なものであるため、治療的応用には他のリハ治療との併用が必須である。「治療の質」の向上のためにもリハ治療前の rTMS 導入は合理的である。Etoh らは rTMS と RFE の併用によって慢性期でも手指の麻痺の改善が図られることを報告している¹⁴。今後は rTMS と組み合わせた効率的なりハプログラムが期待される。

5. 機能的電気刺激 (FES)

FES は、電気刺激を用いて生体の失われた機能を再建する治療法であり、中枢性運動麻痺において、末梢の motor unit が電気刺激に対する反応性を有していることを利用するものである¹⁵。ガイドライン²ではグレード B で推奨されている。FES のなかでも最も長い歴史をもち今日に至るのが、下垂足の歩行障害に対する下肢の FES である。表面電極による装置が

一般に普及しており、我が国で「歩行神経筋電気刺激装置」として承認されているのは、NESS L300 (米国 Bioness 社製) や WalkAide (米国 Innovative Neurotronics 社製)、NM-F1 (伊藤超短波社製) である (図 2)。いずれも上市されてまだ日が浅く、臨床で頻回に活用されているとはいえない。

下肢の FES には、「歩行の中で装具の代替として用いる使い方」や「リハ治療の中で訓練機器として用いる使い方」の 2 つの使い方がある。FES による介入によって歩行速度や歩行距離を改善することやバランス、転倒リスク、階段昇降にも好影響を及ぼし、患者満足度が高いことが分かっている¹⁶。理学療法との併用で効果が大きくなり、自宅使用でも有害事象がない点は利点である。また、歩行速度などの活動レベルに対する治療効果では短下肢装具と比べて優位性をもたないが、患者は FES を好む傾向にあることが知られる。

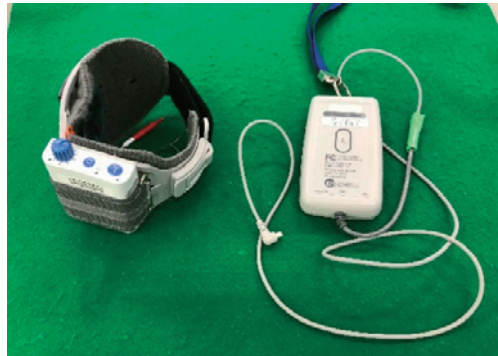
6. リハロボット

ロボットは、「ヒトの代わりに何らかの作業を自立的に行う装置または機械」と定義づけられる。近年の医用工学技術の発展は目覚ましく、それを背景とした

NESS L300



WalkAide



NM-F1



図2 歩行神経筋電気刺激装置

表7 リハロボットの適応と制限

<p>適応：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 意識レベルがよい 2. 全身状態が安定している 3. 重度な麻痺で、通常の歩行訓練が難しい 4. 安全と危険の認識ができる 5. 重篤な合併症、合併障害（たとえば起立性低血圧、深部静脈血栓症、認知症など）がない、もしくはコントロールできている <p>制限：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 発症前からの運動機能障害 2. 関節拘縮 3. 強い痙縮 4. 皮膚や軟部組織の損傷 5. 循環障害（血圧の変動、下肢の循環障害など） 6. ペースメーカー植え込み例、インプラント

医療へのロボット技術導入も日進月歩といえる。リハ医療の臨床現場では、限られた訓練時間（質と量）、

在院日数、マンパワー、医療費の中で最大限の結果を出すのが理想であり、新しい取り組みとして注目され



図3 主な上肢訓練ロボット



図4 主な歩行補助ロボット

ているのが「ロボットを用いたリハビリ医療」である。そのためには治療効果の向上だけでなく、十分なリハビリ時間の確保や在院日数の短縮に役立つかが鍵となる。

ロボットを用いたリハビリ医療の適応と制限を表7にあげる¹⁷⁾。上肢訓練ロボット(図3)や歩行補助ロボット(図4)が多数開発されてきている。

ロボットを用いた歩行訓練の長所は、①アシストによって歩行障害がある患者の訓練量を増加させることができること、②多様な客観的なフィードバックの提供ができること、③訓練中の計測による効果の検討ができること、④疾患や病態に応じた設定で歩行訓練が行えること、といえる。歩行補助ロボット(図4)は、

設置型（据え置き型，外部支援型ともいう）と装着型に分類される^{17,18}。設置型は，体幹を保持し，トレッドミルなどを併用して下肢周期運動を補助するものである。装着型は，下肢や体幹に内・外骨格ロボットもしくは装具を装着し，日常生活に近い形で歩行訓練を実施する。装着型は，比較的小型で自由に床面を歩くことができる。

リハロボットに求められることは，機能改善と能力向上という結果であり，信頼性・安全性と使いやすさといえる。つまり，医療的な治療手段として現場で“使えるか”，“使いたくなるか”どうかである。リハロボットの個々の取扱説明書はあっても統一したガイドラインは未だない。装着や機器設定に時間がかかるようでは，優れた治療手段とはいえない。現在のところ，リハロボットは施設基準にも該当しなければ，（ロボットスーツ HAL を除けば）保険収載もない。自己負担がほとんどであることから，費用対効果は大きな問題である。ロボットの長所と短所を正確に把握したうえで，個々の患者に適したロボットの選択と設定，そして訓練プログラムを医療者が判断し，効率的で満足度の高いリハ医療に生かさなければならない。

さいごに

超高齢化社会や社会制度の確立，再生医療の現実化を受けてリハ医療への期待はますます大きくなっている。本稿で取り上げたりハロボットなどの最先端医療は，機能改善と能力向上に向けた大きな鍵となる。臨床家と研究者の育成は急務であり，医師や理学療法士などの医療者のスペシャリストとしての意識づけや知識・技術の習得は最重要課題である。

Conflict of Interest：利益相反公表基準に該当なし

文 献

- Momosaki R, Yasunaga H, Kakuda W, et al: Very Early versus Delayed Rehabilitation for Acute Ischemic Stroke Patients with Intravenous Recombinant Tissue Plasminogen Activator: A Nationwide Retrospective Cohort Study. *Cerebrovasc Dis* 2016; 42: 41-48.
- 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン 2015 [追補 2017 対応]. 2017; pp 273-322, 協和企画 東京.
- 橋本洋一郎：地域完結型の脳梗塞診療 治療とリハビリテーションの継続 脳卒中診療ネットワークの構築. *日本臨床内科医会誌* 2016; 30: 649-655.
- Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al: Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. *The Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 406-412.
- 原 寛美：脳卒中の急性期治療 急性期リハビリテーション. *Prog Med* 2007; 27: 299-304.
- Adler J, Malone D: Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012; 23: 5-13.
- 高見彰淑：わが国の Stroke Unit における理学療法 脳卒中診療部における理学療法士の役割. *理学療法ジャーナル* 2008; 42: 491-496.
- Nudo RJ, Milliken GW, Jenkins WM, et al: Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci* 1996; 16: 785-807.
- Rădulescu A, Cox K, Adams P: Hebbian errors in learning: an analysis using the Oja model. *J Theor Biol* 2009; 258: 489-501.
- Morris DM, Taub E, Mark VW: Constraint-induced movement therapy: characterizing the intervention protocol. *Eura Medicophy* 2006; 42: 257-268.
- 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3版, 2017; 医学書院 東京.
- 松元秀次, 衛藤誠二, 下堂蘭恵ほか：経頭蓋磁気刺激の臨床応用 update 反復経頭蓋磁気刺激と促通反復療法の併用療法. *神経内科* 2014; 80: 338-346.
- Pekna M, Pekny M, Nilsson M: Modulation of neural plasticity as a basis for stroke rehabilitation. *Stroke* 2012; 43: 2819-2828.
- Etoh S, Noma T, Ikeda K, et al: Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on repetitive facilitation exercises of the hemiplegic hand in chronic stroke patients. *J Rehabil Med* 2013; 45: 843-847.
- 松元秀次, 下堂蘭恵：脳卒中 回復期・生活期～ウォークエイド～. *MB Med Reha* 2016; 194: 22-29.
- Bosch PR, Harris JE, Wing K: American Congress of Rehabilitation Medicine (ACRM) Stroke Movement Interventions Subcommittee. Review of therapeutic electrical stimulation for dorsiflexion assist and orthotic substitution from the American Congress of Rehabilitation Medicine stroke movement interventions subcommittee. *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95: 390-396.
- 和田 太, 蜂須賀研二：リハビリテーションとロボット 歩行訓練ロボット. *総合リハ* 2013; 37: 813-819.
- 蜂須賀研二：医療福祉ロボット—実用化に向けて 臨床現場から. *総合リハ* 2014; 42: 727-732.

(受付：2019年7月31日)

(受理：2019年8月26日)