

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22300190

研究課題名(和文) 新たな促通法と機能的振動刺激法を用いた革新的片麻痺歩行訓練法の確立と効果の検討

研究課題名(英文) Studies of innovative gait training using repetition of facilitation exercise or functional vibratory stimulation for patients with hemiplegia

研究代表者

川平 和美(KAWAHIRA KAZUMI)

鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・教授

研究者番号：20117493

研究成果の概要(和文):我々が提唱している促通反療法にある新たな歩行促通法を脳卒中患者に用いて、即時効果と4週間の訓練効果を床置き歩行解析装置やトレッドミルを用いた歩行解析装置を用いて評価し、歩行速度やケイデンス、立脚時間などの歩行に関する指標に於いて、即時効果ならびに歩行訓練効果が示された。機能的振動刺激法を用いた歩行促通法も症例によるバラツキがあるものの10メートル歩行速度、3次元動作解析で有効性が示された。

研究成果の概要(英文):

We have developed innovative facilitation exercises, so called Repetition of Facilitation Exercise (RFE), for a hemiparetic limbs and have been confirmed to promote the functional recovery of hemiplegic limbs (Kawahira et al., 2004; Kawahira et al., 2010; Shimodozono et al., 2012). We studied efficacy of the gait training using RFEs for patients with hemiplegia addressing changes in the gaits during RFEs or functional vibratory stimulation (FVS) and those after 4 weeks gait training. The changes in the gait were evaluated using force plate (WinFDM: Zebris), tread mill with force plate (C-MILL: Forcelink) and 3-D motion analysis. Comparing with gait of control, gait with RFE or FVS showed improvements in gate parameters. Gate training with RFEs for 4 weeks promoted many parameters such as gate speed, cadence, single support time in patients with chronic hemiplegia.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	9,600,000	2,880,000	12,480,000

研究分野:【総合領域】

科研費の分科・細目:【人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学】

キーワード:【歩行訓練 片麻痺 促通法 促通反復療法 ロボット 脳卒中 リハビリテーション】

## 1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者へのリハビリテーションの重要性は、新たな脳卒中発生が27万人/年、脳卒中が「寝

たきり」の最大原因疾患(26%)であることから明らかで、その中でも患者の社会/家庭への復帰や

QOL改善につながる歩行やADLの早期自立が重視されている。片麻痺自体の改善を促進する新たなリハビリテーションとして、神経路の再建・強化を目指した促通反復療法(図1)の有効性が無作為対照試験でも確認され、片麻痺の歩行障害へも神経路の強化を目指したリハビリテーションが求められている。

片麻痺例にとって、高い歩行能力の獲得は重要で、吊り下げ式免荷装置とトレッドミルを用いた歩行訓練が勧められているが、機器が高価のため普及に制約がある。治療効果を上げるため、従来の神経筋促通法を併用する試みも行われたが、効果はなく(YAGURA H: Arch Phys Med Rehabil, 2006)、現在、ロボット使用を含めて革新的な歩行訓練法の確立が求められている。

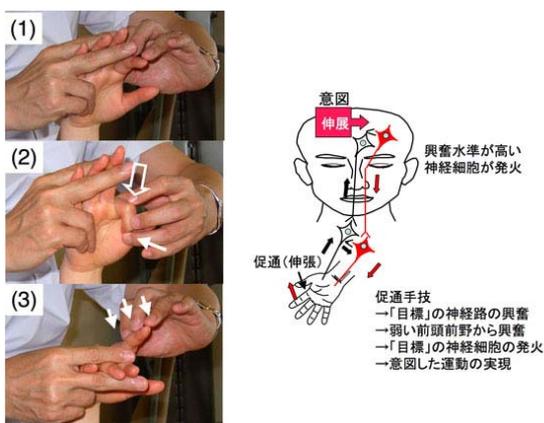


図1. 個々の手指の運動や歩行まで促通できる新たな促通法

選択的神経路の興奮伝導を可能にした新たな促通手技(川平法)を用いて、意図した運動を繰り返し実現することにより、個々の指の運動や歩行に関連した目標の神経路の再建・強化を効率的に進めることが出来る。

## 2. 研究の目的

本研究は、独自に開発した促通反復療法(川平: 片麻痺回復のための運動療法. 医学書院, 2006)と機能的振動刺激法(KAWAHIRA K: Int J Rehabil Res, 2004; 川平: 特許 2005-175244)による片麻痺患者の歩行能力改善を立証することを目的としている。本研究では片麻痺患者を対象に客観的かつ詳細な歩行解析を用いて、革

新的な歩行促通法(促通反復療法ならびに機能的振動刺激法)による歩行能力の改善を客観的に検証することである。

## 3. 研究の方法

脳卒中片麻痺患者の中で下肢装具や杖の使用を許して、歩行自立している例を対象として、歩行促通法の即時効果と4週間の歩行促通を用いた歩行訓練の効果を、歩行解析用の機材を用いて評価した。評価は、(1)対照の歩行、(2)促通条件下(促通反復療法あるいは機能的振動刺激法)の歩行、の順に行なった。4週間の歩行促通を用いた歩行訓練の効果は、歩行促通のない条件での歩行(対照の歩行)を、訓練開始時と4週間の歩行訓練後の評価を比較した。

まず、歩行促通法として用いた促通反復療法と機能的振動刺激法を簡略に説明する。

### 1) 促通反復療法

歩行中の片麻痺患者が麻痺側下肢の随意性を最大限に発揮でき、同時に円滑な重心移動が実現出来るようにするため、新たな促通反復療法では健側立脚時は健側立脚の促通(健側外転筋群へのタッピング)と麻痺側下肢の振り出しの促通(麻痺側鼠径部の擦過: 股関節屈群への促通刺激)を併用し、麻痺側立脚時は麻痺側股外転筋への促通(麻痺側外転筋群へのタッピングでトレンドレンプルグ歩行の軽減)を歩行周期に合わせて連続的に行い(図2)、歩行の改善を認めている(村山: 臨床リハ, 2008)。患者の上半身に治療者の肩を密着さ固定すれば、免荷装置の吊り上げと同様の効果がある。



図 2. 新たな歩行訓練の健側立脚と歩行中の促通法

この健側立脚の重視と麻痺肢の遊脚時と立脚時に歩行周期と同期した革新的な歩行促通法により安定した姿勢制御と円滑な重心移動を伴う歩行が実現する。

### 1) 機能的振動刺激法



図 3. 歩行周期と同期した機能的振動刺激法  
歩行周期と同期した機能的振動刺激法を示す。

前述の徒手的な歩行促通法(促通反復療法)より単純であるが、歩行中に麻痺側下肢の前脛骨筋(下腿外側)と中殿筋(腸骨稜と大転子の間)に持続的に振動刺激を与えて歩行速度の改善を得ていることから (KAWAHIRA K: Int J Rehabil Res, 2004)、促通反復療法と同じ治療理論で、歩行周期と同期した機能的振動刺激法を用いれば大きな効果が期待できる。事実、歩行周期と同期した振動刺激を加える方法(手動でスイッチ切り替え)でも歩行速度と麻痺側下肢の振り出

し時角速度の改善を確認している (末吉: 第 21 回バイオメカニズムシンポジウム,2009)。

### 4. 研究成果

今回、回復期ならびに慢性期片麻痺患者の 32 名をフォースプレートによる歩行解析を、慢性期片麻痺患者 11 名をトレッドミルによる歩行解析を行なった(図 4)。慢性期片麻痺患者 15 名は 4 週間の訓練後に初回評価と同様に再評価(フォースプレート)を行なった。



図 4. 床反力計付きトレッドミルでの歩行解析  
患者は転倒事故防止用のハーネスと吊り下げ装置を装着し、最大歩行速度を確認後、促通反復療法による促通反復療法による促通条件下の歩行を評価した。

促通反復療法を加えることで歩行改善(即時効果)は、最大歩行速度、歩行速度、歩行率、ストライド長や他の歩行の指標でも認められた(図 5)。促通反復療法を用いた四週間の歩行訓練の長期効果は、促通反復療法を用いない条件での歩行解析(フォースプレート)の訓練前と後の比較で、歩行速度、歩行率、ストライド長、他の指標での大きな改善が認められた。これらの改善は性別、年齢、麻痺の程度の影響は見られなかった。

回復期患者と慢性期患者で即時効果が認められたことは本促通法が歩行パターンの実現に有利に働いていることを示唆する。

4 週間の歩行訓練によって、促通なしの歩行も最大歩行速度を含む殆どの歩行指標が改善し

たことから、促通反復療法の歩行訓練における有用性は大きい。促通法が大きな効果を示す理由は以下のように考えられる。1) 非麻痺側の立脚を安定させる。2) 麻痺側の振り出しを改善さ、立脚期のトレンデレンブルグ徴候を抑制する。

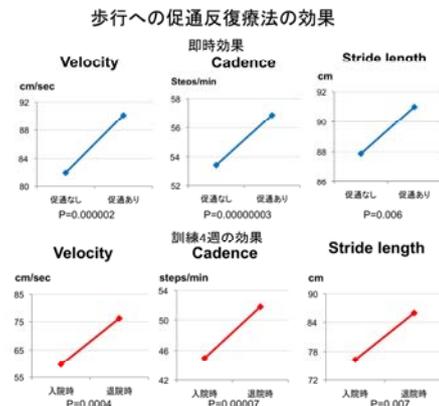


図 5. 歩行への促通反復療法の効果

促通反復療法を加えることで、最大歩行速度、歩行速度、歩行率、ストライド長が大きく改善した。慢性期片麻痺患者に 4 週間の促通反復療法を用いた促通歩行訓練を行なうと、促通なし条件での測定でも最大歩行速度、歩行速度、歩行率、ストライド長が大きく改善した。

歩行サイクルと同期して振動刺激を与える機能的振動刺激法による歩行パターンの変化を三次元動作解析で評価した。対照の健側下肢と麻痺側下肢、躯幹の動きを遊脚期を解析した(図 6)。機能的振動刺激のない歩行パターン(図 6: 左側)と比較して、機能的振動刺激併用の歩行(図 6: 右側)は健側下肢と麻痺側下肢の運動パターンの差が減少した。

歩行速度についても多くは向上したが、効果が十分でない例もあった。

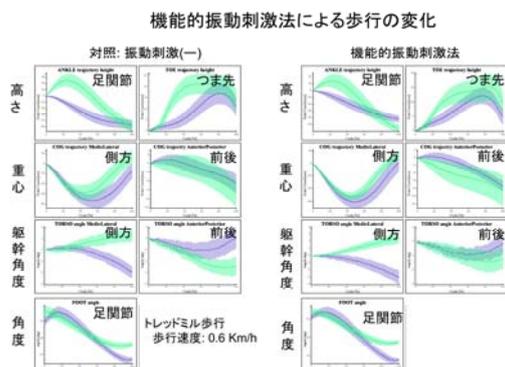


図 6. 機能的振動刺激法による歩行の変化

患者がトレッドミル上を一定速度で歩行している時、歩行周期と同期した振動刺激を麻痺側中殿筋と単径部、健側中殿筋に与え、歩行パターンの変化を解析した。

考察

促通反復療法を用いた歩行促通法の有効性は、回復期片麻痺患者と慢性期片麻痺患者で確認できた。歩行周期と同期した機能的振動刺激法は効果が不十分な例があり、技術的な改善が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

- 1) 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. Neurorehabil Neural Repair 2013; 27(4): 296-305.(査読あり)
- 2) 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. 臨床リハ 2012; 21 (6): 574-579 .(査読あり)
- 3) 川平和美: 私の診療経験から; 脳卒中後の片麻痺と歩行障害へのリハビリテーションの革新を目指す. 臨床と研究 2012; 89 (10): 1427-1431 (査読なし)
- 4) 川平和美: 温泉・温熱、振動刺激のリハビリテーション医療への応用拡大; 新たなリハ治療法の確立とエビデンス蓄積. 日本温泉気候物理医学会雑誌 2011; 75 (1): 5-8 (査読なし)
- 5) 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 (2): 105-111 (査読あり)

6) 野間知一、川平和美: 物理療法のエビデンスとトピクス; 痙縮に対する振動刺激. 総合リハ 2011; 39 (4): 332-337 (査読あり)

7) KAWAHIRA K, NOMA T, IYAMA 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 Rehab Res 2009; 32 (2): 178-183 (査読あり)

8) Takahashi K, Maruyama A, Maeda M, Eto S, Hirakoba K, Kawahira K, Rothwell JC: After-unilateral grip fatigue reduces ipsilateral short interval intracortical inhibition in primary motor cortex. Clinical Neurophysiology 2009; 120: 198-203 (査読あり)

9) 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 Injury 2009 ; 23 (7-8): 623-631 (査読あり)

10) 末吉靖宏, 川平和美, 村山真紀, 下堂蘭恵: 機能的振動刺激を用いた脳卒中片麻痺患者; 歩行訓練支援システムの開発. 第 21 回バイオメカニズムシンポジウム, 2009 ; 405-414 (査読なし)

11) 村山真紀, 下堂蘭恵, 川平和美, 末吉靖宏: 機能的振動刺激法と促通法が片麻痺患者の歩行へ与える効果. 臨床リハ 2008; 45 (1): 66-67 (査読あり)

[学会発表] (計 3 件)

1) Kazumi Kawahira: Combined therapy of The Robot suit HALL and Repetitive Facilitation Exercise might promote Recovery of the gait in patients with neuromuscular disease.

International Forum on Cybernics, March 23, 2013, Tokyo

2) 川平和美: 招待講演; 脳卒中片麻痺への促通反復療法. 中国ウルムチリハビリテーション医学会、2012 年 10 月、中国 ウルムチ市

3) 川平和美: 特別講演; 片麻痺促通反復療法; 川平法の理論と研究. 中国上海市リハビリテーション医学会、平成 23 年 10 月、中国上海市

[図書] (計 1 件)

川平和美: 家庭でできる脳卒中片マヒのリハビリ; やさしい図解, 川平法. (監修)小学館、東京、平成 24 年 6 月 (100 ページ)

[その他]

テレビ放送

1) 川平和美: NHK スペシャル「脳がよみがえる」、2011 年 9 月 4 日, (再放送: 9 月 13 日、18 日) NHK「朝イチ」、2011 年 9 月 14 日

雑誌、週刊誌等

1) 市川衛: NHK スペシャル「脳がよみがえる」脳卒中リハビリ革命 主婦と生活社, 2011 年  
・あきらめていたマヒが改善; 「川平法」の真実. pp 42-79,

・最新研究で見えてきた「脳の回復のメニズム」. pp 80-117

2) 鹿児島大学病院霧島リハビリテーションセンターの奇跡; 「川平法」脳卒中リハビリで動いた! 週間現代 53 (41) 191-198, 講談社、2011 年

3) 介護を乗り越えるリハビリの力; 慢性期のまひにも有効. 注目のニューロリハビリ. 促通反復療法. 東洋経済新聞 6365: 66-67, 東洋経済新聞社、2011 年

ホームページ等

www.kufm.kagoshima-u.ac.jp/~rehabil/koza/job/s/sensin.html -

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

川平 和美(KAWAHIRA KAZUMI)  
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授  
研究者番号:20117493

### (2)研究分担者

下堂 蘭 恵(SHIMODOZONO MEGUMI)  
鹿児島大学・医歯学総合研究科・准教授  
研究者番号:30325782

末吉 靖宏(SUEYOSHI YASUHIRO)  
鹿児島大学・教育学部・准教授  
研究者番号:30196688

林 良太(HAYASHI RYOTA)  
鹿児島大学・理工学研究科・講師  
研究者番号:40288949

衛藤 誠二(ETO SEIJI)  
鹿児島大学・医学部・歯学部附属病院・  
講師  
研究者番号:70295244