

令和元年6月1日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16459

研究課題名（和文）歩行感覚提示装置を用いた歩行リハビリテーションが脳卒中患者に与える効果の検証

研究課題名（英文）Study on the effect of gait rehabilitation using a footpad-type locomotion interface for post-stroke patients

研究代表者

田中 直樹 (TANAKA, NAOKI)

筑波大学・医学医療系・研究員

研究者番号：40754601

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者に対する歩行感覚提示装置を用いた歩行リハビリテーションの効果を歩行能力、下肢筋力、筋電位を用いて検証した。従来の歩行リハビリテーションと比較して10m歩行速度、6分間歩行距離、麻痺側股関節屈曲筋力、麻痺側膝関節屈曲筋力で有意な改善が認められ、歩行速度、歩行距離においてはトレーニングの初期段階から高い増加が認められた。筋電位では麻痺側立脚期、遊脚後期で有意な筋活動の増加が認められた。これらの結果から歩行感覚提示装置を用いた歩行リハビリテーションは従来の歩行トレーニングよりも麻痺側下肢の立脚期の筋活動を促進し、より早期に歩行能力の改善が得られることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングは、脳卒中患者に従来行われている歩行トレーニングと比べて歩行速度や歩行距離などの歩行能力や下肢筋力、下肢筋活動で高い改善が認められた。このことから、脳卒中患者に対する歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングは脳卒中患者の歩行のより高いレベルの回復に貢献できることが考えられた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to examine the effect of gait rehabilitation using a food-pad type locomotion interface in post-stroke patients. The effectiveness indicator used gait speed, walking distance, lower limbs muscle strength, and muscle activities of the paretic lower limbs. Gait rehabilitation using a food-pad type locomotion interface showed significantly improved in gait speed, walking distance, muscle strength in paretic hip flexion and paretic knee flexion compared with conventional gait rehabilitation. And it was recognized from the early stage of gait training. The muscle activity of the paretic lower limbs was significantly increased in the early to mid-stance phase and terminal swing phase in gait rehabilitation using a food-pad type locomotion interface. From these results, gait rehabilitation using a food-pad type locomotion interface may be effective in improving the gait ability of post-stroke patients than conventional gait rehabilitation.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：リハビリテーション ロボット 歩行感覚提示 歩行 脳卒中

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者の歩行獲得を目的とした歩行リハビリテーションは神経筋促通手技や非麻痺側筋力強化などが行われてきた。1990年代より体重免荷重装置とトレッドミルを組み合わせた体重免荷トレッドミルトレーニング(BWSTT)が開発された。BWSTTは従来の歩行リハビリテーションよりもバランス機能や運動機能の回復、歩行速度、歩行耐久性の改善効果が報告され[Visintin M, et al. Stroke 29, 1122-1128, 1998]、脳卒中患者のあらたな歩行リハビリテーションとして注目されるようになった。BWSTTは体幹ベルトで体幹を吊り上げているため転倒の危険性も少なく、運動麻痺により転倒の危険性が高くなっている脳卒中患者においても安全に歩行トレーニングを行うことができる。しかし、BWSTTでは歩行時の股関節伸展運動や荷重に関連した感覚入力に理学療法のサポートが不可欠であり、理学療法士の身体的負担や人数確保が課題となった。それを解決するために、下肢の振り出しにロボット技術を応用した歩行装置が開発された。

ロボット技術を応用した歩行装置は海外で積極的に開発され、GaitTrainer[Hesse S, et al. J Rehabil Res Dev 37, 701-708, 2000]、LOKOMAT[Colombo G, et al. Spinal Cord 39, 252-255, 2001]などが実用化されている。国内では歩行支援ロボット[和田太, 理学療法学 24, 1548-1554, 2007]や歩行感覚提示装置[岩田洋夫, 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集, 354-348, 1999]などが開発されているが実用化に至っていない。

ロボット技術を応用した歩行装置はGaitTrainerやLOKOMATで多く報告されており、従来の歩行リハビリテーションと比較して、有意な歩行速度の増大や歩行距離の延長、歩行自立度の改善が認められている[Werner C, et al. Stroke 33, 2895-2901, 2001]、[Maye A, et al. Neurorehabil Neural Repair 21, 307-314, 2007]。また運動機能のみでなく、筋電位や動作解析なども報告されている[Hidler J, et al. Clin Biomech 20, 184-193, 2005]。ロボット技術を用いた歩行装置の効果は、最新のシステムティックレビューにおいて歩行不能な脳卒中患者における歩行自立度の改善に効果があると結論付けた[Mehrholtz J, et al. Cochrane Database Syst Rev 25, CD006185, 2013]。また、装置間の効果の違いや費用対効果、トレーニングの長期的効果やADLに与える影響など多くの明らかになっていない課題があることを指摘した。

歩行感覚提示装置においては、これまでに維持期脳卒中患者を対象に検証を行い、他の歩行装置と同様に歩行速度の増大効果[Tanaka N, et al. Clin Rehabil 26, 686-695, 2012]、下肢筋力増強効果[Tanaka N, et al. J Nov Physiother S1, 002, 2012]を確認したが、システムティックレビューで明らかとなった歩行自立度に対する効果や筋電位などの運動生理に関する効果、トレーニング時期による効果の違いなど多くのことが明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、回復段階にある脳卒中患者における歩行感覚提示装置を用いた歩行リハビリテーションの効果を運動機能、筋電位の観点から検証することである。

3. 研究の方法

(1) 対象者

対象者は自立歩行が不可能で歩行リハビリテーションを実施可能な、発症から6か月以内の脳卒中患者24名とし、歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニング群(GMT群)と従来の歩行トレーニングを行う対照群(CGT群)に無作為に分けられた(表1)。本研究は筑波記念病院倫理委員会の承認を得て、対象者に事前に研究内容を説明し、文書にて同意を得て実施した。

(2) 方法

方法は、GMT群では初回評価後に週5回4週間の合計20回の歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングを20分/回実施し、トレーニング期間終了に評価を実施した。CGT群では初回評価後に週5回4週間の合計20回の従来の歩行トレーニングを20分/回実施し、トレーニング期間終了後に評価を実施した。両群ともそれぞれの歩行トレーニングのみ規定し、その他のリハビリテーションに規定は設けなかった。GMT群の歩行トレーニングには筑波大学システム情報系が開発した歩行感覚提示装置GaitMaster6を用いた(図1)。CGT群の歩行トレーニングは一般的に行われる平行棒などを使用した歩行トレーニングやステップング練習などとし、トレーニング内容は規定しなかった。

表1. 対象者情報

	GMT群	CGT群
人数	13	11
性別		
男性	8	6
女性	5	5
年齢(歳)	65.3±10.5	63.0±11.3
診断名		
脳梗塞	8	6
脳出血	5	5
麻痺側		
右片麻痺	6	1
左片麻痺	7	10
発症からの期間(日)	39.1±33.5	50.6±32.6

人数もしくは平均値±標準偏差

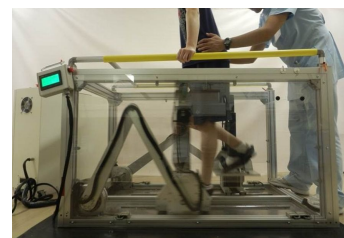


図1. 歩行感覚提示装置

(3) 運動機能評価

運動機能評価は、Functional ambulation category (FAC) による歩行自立度、10m 歩行速度、6 分間歩行距離、ハンドヘルドダイナモメーターを用いた股関節伸展、股関節屈曲、膝関節伸展、膝関節屈曲筋力とした。歩行自立度、10m 歩行速度、6 分間歩行距離は初回評価時、トレーニング 5 回終了後と、トレーニング期間終了後に測定し、初回評価時から変化量を算出し GMT 群と CGT 群で比較した。下肢筋力は初回評価時とトレーニング終了後に測定し、各群においてトレーニング前後で比較した。

(4) 筋電位評価

筋電位評価は平地歩行時の筋電位とした。筋電位は初回評価時とトレーニング終了後に計測し、各群においてトレーニング前後で比較した。筋電位の計測には表面筋電計（ワイアレス筋電センサ SS-WS2901、スポーツセンシング社製）を用いた。測定金は麻痺側の中殿筋、大腿直筋、内側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋とし、同時にフットスイッチとして圧センサー（ワイアレス 8ch ロガー、スポーツセンシング社製）を踵部、第 1 中足骨、第 5 中足骨に貼付し、10 歩行周期の筋電位をサンプリング周波数 1000Hz で記録した。得られたデータは 20-250 帯域のバンドパスフィルターで処理し、100msec ごとの二乗平均平方根により平滑化し、フットスイッチデータを用いて 10 歩行周期のデータを加算平均し一歩行周期（0-100%）に変換した。得られた一歩行周期のデータは各筋それぞれの最大筋電位を 100% として正規化し、初期接地（IC）、荷重応答期（LR）、立脚中期（MSt）、立脚終期（TSst）、前遊脚期（PSw）、遊脚初期（Isw）、遊脚中期（MSW）、遊脚終期（TSw）に相分けた。

4. 研究成果

歩行自立度は両群とも有意な改善が認められた（GMT 群：初回評価 2.38 ± 0.87 、終了時 3.08 ± 1.19 、CGT 群：初回評価時 1.27 ± 0.65 、終了時 2.27 ± 1.10 ）が、GMT 群と CGT 群で有意差は認められなかった。

10m 歩行速度は両群で有意な歩行速度の改善が認められ（GMT 群：初回評価 0.50 ± 0.37 m/s、終了時 0.90 ± 0.58 m/s、CGT 群：初回評価時 0.20 ± 0.25 m/s、終了時 0.43 ± 0.44 m/s）、CGT 群よりも GMT 群で有意に高い改善が認められた。また、それはトレーニング初期段階から高い増加が認められた（図 2）。

6 分間歩行距離は両群とも有意な歩行距離の増加が認められ（GMT 群：初回評価 128.2 ± 118.1 m、終了時 228.8 ± 155.2 m、CGT 群：初回評価時 55.9 ± 72.4 m、終了時 94.8 ± 92.8 m）、CGT 群よりも GMT 群で有意に高い改善が認められた。また、それはトレーニング初期段階から高い増加が認められた。（図 3）。

下肢筋力はすべての筋で筋力の増加傾向が認められ、GMT 群の麻痺側股関節屈曲筋力、膝関節屈曲筋力で有意な筋力の増加が認められた（表 2）。

歩行時の下肢筋電位は、GMT 群の内側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋の立脚初期から立脚中期、大腿二頭筋、腓腹筋の遊脚後期で有意な筋活動の増加が認められ（図 4）、CGT 群では大腿直筋、腓腹筋の遊脚初期で有意な筋活動の増加が認められた（図 5）。両群とも歩行時の筋電位パターンに大きな変化は認められなかった。

以上の結果から、歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングは従来の歩行トレーニング

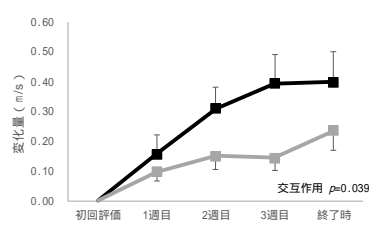


図 2. 歩行速度の変化

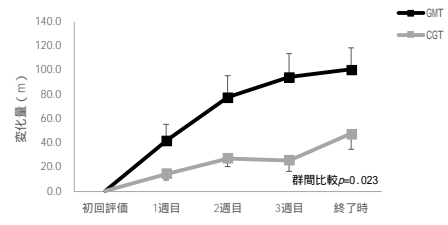


図 3. 6分間歩行距離の変化

表 2. 下肢筋力の変化

		GMT			CGT		
		初回評価	終了時	p値	初回評価	終了時	p値
麻痺側	股関節伸展	5.40 ± 4.42	6.68 ± 4.71	0.321	5.29 ± 5.62	6.06 ± 5.12	0.773
	股関節屈曲	5.77 ± 4.29	8.91 ± 7.29	0.017	6.31 ± 9.51	9.20 ± 6.72	0.759
	膝関節伸展	9.49 ± 9.13	12.73 ± 10.70	0.053	4.45 ± 5.03	7.39 ± 8.18	0.480
	膝関節屈曲	4.77 ± 5.71	6.58 ± 4.90	0.042	1.98 ± 2.79	3.14 ± 4.53	0.938
非麻痺側	股関節伸展	9.08 ± 4.37	8.97 ± 5.05	0.884	10.44 ± 5.18	11.89 ± 3.87	0.567
	股関節屈曲	16.34 ± 10.14	16.45 ± 8.14	0.959	16.01 ± 13.32	17.04 ± 7.30	0.883
	膝関節伸展	19.25 ± 11.06	19.01 ± 9.51	0.896	17.55 ± 13.27	24.60 ± 6.50	0.183
	膝関節屈曲	11.58 ± 6.30	11.22 ± 6.03	0.721	9.81 ± 6.01	14.03 ± 3.32	0.083

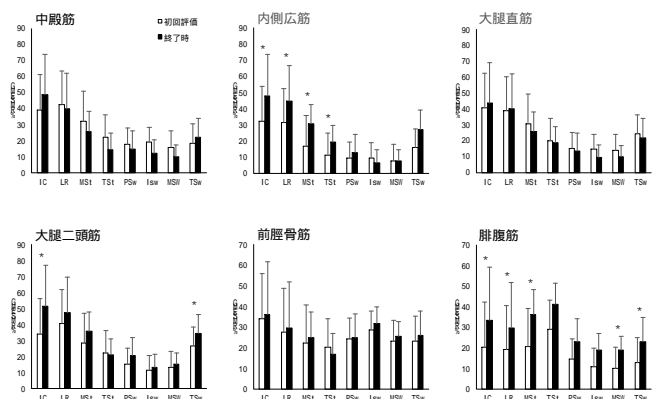


図 4. GMT群の筋電位変化

* : p<0.05

グよりも麻痺側下肢の立脚期の筋活動を促進し,より早期に歩行速度や歩行距離などの歩行能力の改善が得られる可能性が示唆された。

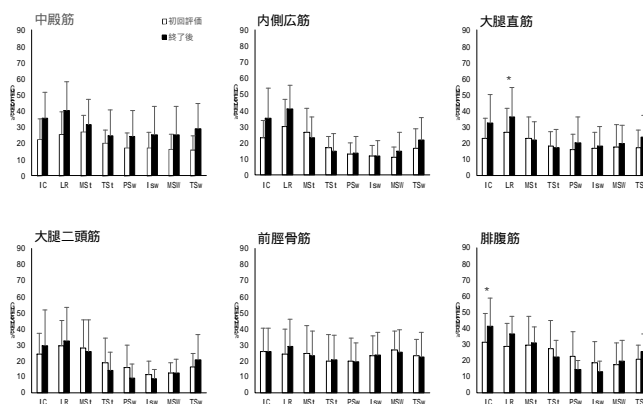


図5. CGT群の筋電位変化

* : $p < 0.05$

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

1. Naoki Tanaka, Hiroaki Yano, Hisako Yanagi. Efficacy of the Gait Training Using Footpad-Type Locomotion Interface in Chronic Post-Stroke Patients: A Pilot Study. J Nov Physiother. 査読あり, vol7, 4

〔学会発表〕(計6件)

1. 田中直樹, 海老原一彰, 江幡安彦, 新井明香, 福田将大, 金森毅繁, 矢野博明, 柳久子. 歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングが回復期脳卒中患者の下肢筋活動に与える影響. 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2019年6月12日, 兵庫県神戸市.

2. 海老原一彰, 田中直樹, 伊佐地隆, 山崎正志. 回復期脳卒中片麻痺患者に対する歩行感覚提示装置を用いた歩行訓練の有用性の検討. 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2019年6月12日, 兵庫県神戸市.

3. 田中直樹, 永井智, 金森毅繁, 海老原一彰, 矢野博明, 伊佐地隆, 柳久子. 歩行感覚提示装置による歩行運動が維持期脳卒中患者の筋活動に与える影響. 第55回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2018年6月28日, 福岡県福岡市.

4. 海老原一彰, 田中直樹, 伊佐地隆, 山崎正志. 歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングの有用性の検討~トレッドミルとの比較~. 第55回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2018年6月28日, 福岡県福岡市.

5. 田中直樹, 金森毅繁, 矢野博明, 伊佐地隆, 柳久子. 歩行感覚提示装置を用いた歩行トレーニングが健康関連QOLに与える影響. 第54回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2017年6月8日, 岡山県岡山市.

6. Naoki Tanaka, Hiroki Watanabe, Taakeshige Kanamori, Hiroaki Yano, Hisako Yanagi. Effect of gait training using a food-pad type locomotion interface compared with body weight support treadmill training in chronic stroke patients. American Congress of Rehabilitation Medicine 93rd Annual Conference, 2016.11.2, Chicago.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：田中 直樹

ローマ字氏名：TANAKA Naoki

所属研究機関名：筑波大学

部局名：医学医療系

職名：研究員

研究者番号(8桁): 40754601