

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：31603

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19630

研究課題名（和文）歩行運動特性に応じたSplit-belt課題が脳卒中後歩行に与える影響の解明

研究課題名（英文）The effects of split-belt treadmill task by gait characteristics of post-stroke walking

研究代表者

小林 佳雄 (Kobayashi, Yoshio)

医療創生大学・健康医療科学部・助教

研究者番号：10846174

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、1)脳卒中後の歩行運動パターンのタイプ分類を図ること、2)障害特性に考慮した歩行障害の改善手法を考案することである。

1)のタイプ分類については、運動学的変数、運動ダイナミクスに関する変数、左右対称性に関する変数、クリアランスに関する変数の4つの因子を同定した。そして、この4つの因子から、大きく3つの歩行パターングループを分類した。2)の歩行障害における改善手法の考案については、1)によって同定されたタイプ分類ごとに、左右独立のベルト速度下でのsplit課題を実施した。その結果、いずれのグループも、麻痺側下肢の荷重時間および荷重量、前方への蹴り出しの力が増加することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中患者の歩行パターンは多様であり、個人の運動特性に応じた介入方法の確立が求められる。特に、脳卒中後歩行に多く見られる非対称性の運動・運動学的特性の改善手法は未だ十分とはいえない。本研究では脳卒中後の歩行パターンの分類および身体機能障害特性との関連性を同定し、それぞれの歩行パターン特性に応じた課題の影響を明らかにした。本研究課題で得られた知見は、実用歩行獲得後、代償によって非対称性が顕著な慢性期脳卒中患者にとって有益な治療アプローチに貢献できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to: 1) classify types of post-stroke gait patterns, and 2) devise methods to improve post-stroke gait considering the characteristics of the patterns. Regarding the classification in post-stroke gait patterns, we identified four factors of variables kinematic, dynamics, symmetry, and toe clearance. Based on these four factors, we classified the gait patterns into three major groups. For the improvement methods of post-stroke gait in 2), the split-belt treadmill walking task were instructed with the post-stroke. As a result, it was found that for all groups that the load time, weight-bearing, and the force of forward propulsion on the paretic leg increased.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：歩行 運動学習 脳卒中

1. 研究開始当初の背景

脳卒中片麻痺患者(以下、脳卒中)は歩行速度や効率の低下、左右非対称性の増大、非麻痺側による麻痺側の代償運動など麻痺由来の歩行障害が生じる。従来のリハビリテーション手法は、歩行速度やバランス機能は改善されるが、歩行運動における時空間変数の非対称性や代償運動の軽減を定着させることは難しい。これらの問題に対して、左右が分割し、それぞれのベルト速度を制動可能な Split-belt トレッドミル課題を用いる事で、脳卒中患者において、左右対称な歩行の学習が実現できる事が示されている(Reisman et al.2013; Patterson et al.2015; 佐藤ら、2016)。

この Split-belt トレッドミルを用いた手法(図参照)は、左右のベルト速度が同じ状況を歩くベースライン(Baseline)に対して、提示課題(例えば、片方のベルト速度を早く、一方のベルト速度を遅くする条件)によって、新たな歩行パターンがどのように学習され(適応過程:Adaptation)、さらに、左右のベルト速度を戻す事で、学習した歩行パターンの転移がどのように忘却されるのか(忘却過程:Wash out)という 3つの状況構成

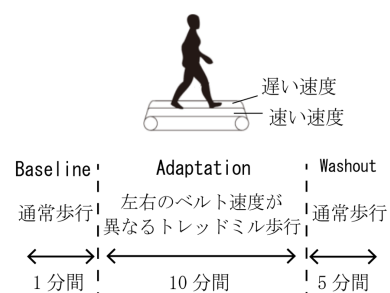


図1. 歩行の学習過程を調べる実験パラダイム

から、歩行運動における運動パターンの適応・学習過程を捉える計測パラダイムである。

このパラダイム下における歩行課題は、脳卒中において、左右のベルト速度を戻した後も時空間変数の対称性が観察されている一方で(Reisman et al.2013)、左右非対称性が改善されない群(Patterson et al.2015; 佐藤ら、2016)や動きを作り出す運動力学的特性が改善されない現象(平田ら、2019)も示されており、Split-belt トレッドミルによって脳卒中の歩行改善を見込めるプロトコルが確立されていないのが現状である。その理由として、Split-belt トレッドミル歩行研究では、介入群に対して、Split-belt における左右速度変化を統一した条件(遅いベルト速度と速いベルト速度の速度比が 1:2)で行なっていることが考えられる。脳卒中の歩行パターンは同一ではなく、運動学・運動力学的に多様であることが示されている(Boudarham et al.2013; Lauzière et al.2014)。したがって、それらの多様な歩行パターンに応じた提示課題でなければ、却って脳卒中にとって負荷の高い課題になってしまい、歩行パターンの学習が難しいことが考えられる。この問題に対して、まず、脳卒中の多様な歩行パターンについては、どのような歩行パターンが存在するのか、また、個人の身体機能障害特性と歩行パターンにどのような関連性があるか明らかになっていない。さらに、個人の歩行パターンに応じ、Split-belt トレッドミルの提示課題を変化させ、その効果について検討した報告はない。

2. 研究の目的

本研究ではまず、①脳卒中における歩行パターンの分類および身体機能障害特性との関連性を明らかにする。そして、①で得られた知見をもとに、②Split-belt トレッドミル課題の長介入による歩行パターンの変化を明らかにする事を目的とする。

3. 研究の方法

① 歩行パターンの分類

本研究では、歩行パターンの分類のために、これまでに臨床上の使用目的にて計測した回復期脳卒中症例の歩行データを後方視的に分析した。三次元動作計測／床反力計測から得られた運動学的／運動力学の変数をもとに因子分析を施すことで脳卒中症例の歩行運動の構成要素を整理し、歩行障害の典型的パターンを抽出するためにクラスター分析を行った。回復期脳卒中症例の歩行特性を分析するにあたっては、正常歩行との相違や代償動作の関与を明らかにすることが重要となるため、本研究では歩行パターンを分類するためのデータに、健常群、慢性期脳卒中群を含ませることとした。

脳卒中後発症6ヶ月以内の回復期群123名、6ヶ月以降の慢性期群20名、健常若年者群22名、高齢者群28名を対象とし、快適歩行実施時の三次元動作計測および床反力計測により得たデータから歩行の評価変数を算出した。評価変数の選定にあたっては、その後の因子分析に投じることとを考慮し、①下肢セグメント可動範囲、②協調運動特性、③足部クリアランス特性、④体幹動作特性、⑤床反力特性など、歩行の特徴量を幅広く包含するよう留意した。これら変数の背後にある潜在因子の抽出を目的として探索的因子分析を適用し、脳卒中患者の歩行障害の構成要素を検討するとともに、因子得点を変数として階層的クラスター分析を行うことで、異なる歩行パターンの分類を試みた。

② Split-belt トレッドミル課題および斜面歩行課題

本研究では、当初、Split-belt トレッドミル課題のみを予定していたが、物理的に環境を操作する上で、傾斜面をつけた状態でのトレッドミル歩行課題も実施した。

Split-belt トレッドミル課題については、従来の速度条件(速度比が1:2)と、1:1.2とわずかな違いの速度比の条件の2条件を実施した。また、傾斜面歩行課題については、昇り傾斜角度が3度の条件、下り傾斜角度が-3度の条件を実施した。

Split-belt トレッドミル課題を実施した対象は15名、傾斜面をつけた状態でのトレッドミル歩行課題を実施した対象は9名であり、いずれも脳卒中後発症6ヶ月以降の慢性期に該当する。

4. 研究成果

① 歩行パターンの分類について

探索的因子分析の結果、運動学的変数、運動ダイナミクスに関する変数、左右対称性に関する変数、クリアランスに関する変数の運動特性による4因子が抽出された。この4因子をもとにクラスター分析を実施したところ、回復期、慢性期、高齢者・若年者群を概ね大別する歩行パターンが分類された。これらの結果は、損傷領域や症状のバリエーションによって、多様な特徴を呈する脳卒中歩行に対して、症例個々が集団の中でどのように位置付けられるか評価することにつながる。

② Split-belt トレッドミル課題および斜面歩行課題

歩行パターンの分類の結果、高齢者・若年者群を多く占めるタイプA、回復期および慢性期の対象者のうち、歩行速度および運動機能の低下はみられるものの極端な左右非対称性がみられないB、歩行速度の低下および左右非対称性が顕著なCの3群のタイプに大別された。これら3群のタイプに対して、1)トレッドミル介入(左右独立のベルト速度下において、左右の速度比が

1:1.2の課題)と2)傾斜課題(-3度(下り)から3度(上り)の異なる勾配角度条件)を実施した。

その結果、1)異なる速度比のトレッドミル課題の介入前後において、A-C群のいずれのタイプも、遅いベルト速度側の下肢の荷重時間(t)および荷重量(N)、前方への進行方向の蹴り出しの力が増加した。また、左右非対称性が顕著なC群においては、左右立脚時間および左右ステップ長の対称性への変化が観察された。

また、2)傾斜課題においては、A-C各群の多くの対象者が、-3度(下り)の課題において左右ステップ長の対称性への変化が観察された。また、3度(昇り)においては、麻痺側下肢の立脚時間の増加および前方推進力に関連する立脚期における下腿三頭筋の活動量の増加が観察された。

本研究の取り組みによって、環境操作のみで新たな歩行パターンが獲得可能であることが示唆された。これらの知見は、実用歩行獲得後、特に、代償によって非対称性が顕著な慢性期脳卒中対象者にとって有益な治療アプローチに貢献できると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 河島則天、高村優作、小林佳雄
2. 発表標題 各種障害者の歩行データベースの集約解析による歩行障害の構造化
3. 学会等名 第15回 Motor Control研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高村優作、小林佳雄、河島則天
2. 発表標題 歩行障害の構造分析-疾患横断的分析による異常歩行パターンの特徴抽出
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林佳雄、高村優作、本島直之、小林庸亮、河島則天
2. 発表標題 回復期脳卒中片麻痺症例の歩行障害の特徴-探索的因子分析とクラスター分析による歩行障害のパターン分類-
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本島直之、小林庸亮、小林佳雄、高村優作、河島則天
2. 発表標題 回復期脳卒中片麻痺症例の歩行障害の特徴-臨床データベースより抽出した典型4症例の対比的考察-
3. 学会等名 第18回日本神経理学療法学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------