

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03031

研究課題名(和文) 神経難病患者の移動支援ロボティック・ウェアの開発

研究課題名(英文) Application of robotic wear curara for intractable neurodegenerative diseases

研究代表者

吉田 邦広 (Yoshida, Kunihiro)

信州大学・医学部・特任教授

研究者番号：90242693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中、脊髄小脳変性症患者に対する歩行リハビリテーション・ロボットを開発することを目的に着脱型ロボットcuraraを用いた歩行実験を行った。curaraは股・膝関節においてヒトとロボットの相互トルクを検出することによりヒトの動きを感知し、ヒトに同調した補助力を発揮する(同調制御法)。脳卒中患者15名において歩行速度、歩幅、ケイデンス、左右関節角度比(対称性)を改善する制御条件を見出した。一方、脊髄小脳変性症患者12名では、歩行の滑らかさの指標であるharmonic ratioを改善する制御条件を見出した。今後、これらの条件をもとに一定期間のリハビリテーション利用による効果を検証する予定である。

研究成果の概要(英文)：We have been developing the robotic wear curara as a rehabilitation robot. Curara detects slight movement in the wearer's hip and knee joints via a torque sensor (instead of a bioelectrical signal sensor) and achieves its harmonious assist with the wearer by a synchronization-based control. To verify the effect of curara assist, we conducted gait experiments on 15 hemiplegic patients with stroke and 12 patients with spinocerebellar degeneration (SCD). We tried several assist conditions with differences in gait cycle, amplitude of hip and knee joints, and synchronization gain in both diseases. In results, we found conditions which significantly improved the walking velocity, step length, and cadence and reduced step asymmetry in stroke patients. Moreover, we found conditions which increased the harmonic ratios in the anteroposterior, mediolateral, and vertical directions in SCD patients. We think that curara has the potential to improve gait performance in patients with stroke and SCD.

研究分野：神経遺伝学

キーワード：歩行アシスト 着脱型ロボット 脳卒中 脊髄小脳変性症 同調制御法

1. 研究開始当初の背景

従来から、運動能力の低下した高齢者、障害者の歩行を補助することを目的として、着脱型ロボティック・ウエア curara[®]の開発を行ってきた。curara[®]の特性として、非外骨格型であるため軽量で身体拘束感が少ない、ヒトとロボット間の関節相互作用トルクを検出することによりヒトの動きを感知する(筋電電極の貼付が不要)、神経振動子モデルを用いてヒトの動きに同調した出力を行なう(同調制御法)が上げられる。このような curara[®]の特性は歩行障害を主症状とする神経疾患のリハビリテーションにも有効に活用できるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

脳卒中、神経難病(特に脊髄小脳変性)患者に対する歩行リハビリテーション・ロボットを開発する。そのために個々の疾患の特性に応じた curara[®]の制御条件(歩行アシスト条件)を見出す。

3. 研究の方法

脳卒中(片麻痺)患者 15 名に対して curara[®]による歩行アシストの効果を検証した。2つのアシスト条件で、患者に対して歩行試験を行い歩行速度、歩幅、ケイデンス、左右関節角度比を検討した。歩行試験では、curara 着用、歩行アシストなしによる歩行で患者の歩行周期と関節振幅角度を取得して、この基本データを 100%とした。基本データに対して、条件 A は、歩行周期 100%、股関節振幅角度 130%とし(振幅増大設定)、条件 B は、歩行周期 90%、股関節と膝関節の振幅角度は 100%とし(周期短縮設定)、同調ゲインは、両条件ともに中程度の股関節 Ch=0.3、膝関節 Ck=0.4 とした。

また、脊髄小脳変性症患者 10 名に対して curara[®]による歩行アシストの効果を検証した。対象は男性 4 名/女性 6 名、年齢は 59.5 ± 7.8 歳、罹病期間 14.8 ± 5.4 年であった。病型は SCA6: 5 名、SCA31: 4 名、皮質性小脳萎縮症 1 名であった。また、国際的な小脳失調の評価スケールである Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA)の総合スコアは 9.7 ± 2.7、歩行スコアは 2.8 ± 0.4 であった。

試験方法は、3次元動作解析システム環境下において、腰部に加速度センサを取り付けた患者の自然歩行(未装着)ならびにアシスト時の歩行を比較した。歩行アシスト条件は同調ゲインを変えた 3 つの条件 A, B, C を選定(脳卒中の条件 A, B とは異なる)、歩行評価の指標として、歩行の滑らかさを示す harmonic ratio (HR) を用いた。HR は値が高いほど滑らかで安定した歩行であるとされる。

4. 研究成果

脳卒中患者 15 名では、条件 A では、歩行速度 19%、歩幅 11%、ケイデンス 7%増加、条件 B では、歩行速度 27%、歩幅 14%、ケイデンス 11%増加した(図 1)。

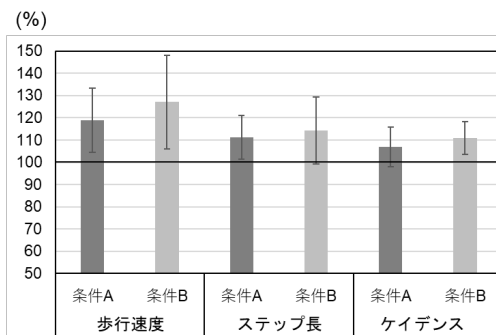


図 1 curara[®]のアシストによる歩行速度、ステップ長、ケイデンスの変化 (curara[®]着用、アシストなしを 100%とした)

さらにいずれの条件ともに股関節と膝関節の左右関節角度比(麻痺側の振幅角度と非麻痺側の振幅角度の比で、両方の関節角度が等しい場合角度比は 1 になる)が 1 に近づいたことから、左右の非対称性が改善したと考えた(図 2, 3)。

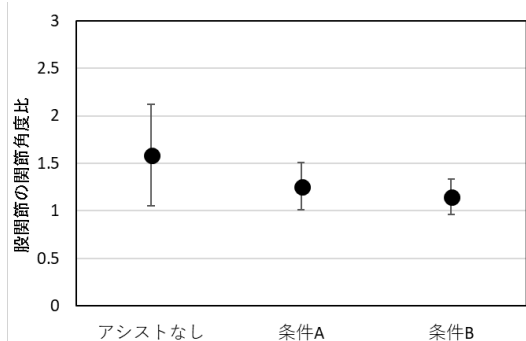


図 2 curara[®]のアシストによる股関節の関節角度比の変化

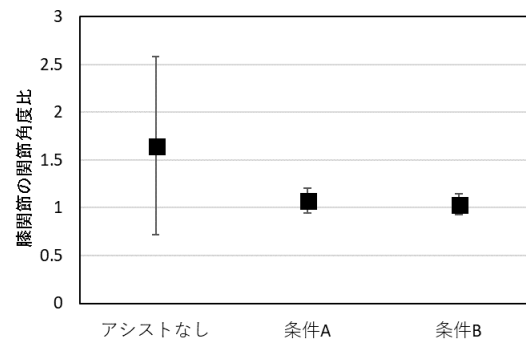


図 3 curara[®]のアシストによる膝関節の関節角度比の変化

脊髄小脳変性症 10 名については、歩行アシストにより左右、前後、上下軸成分の HR に増加傾向が見られた。特に、同調ゲイン

Ch=0.4, Ck=0.5 の条件 C では,アシストなしと比較して,左右方向に 11.1%,前後方向に 23.4%,上下方向に 23.3%の HR 増加率を確認することができた(図 4)。

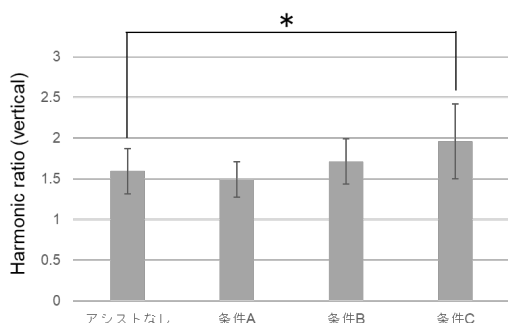


図 4 curara®のアシストによる harmonic ratio (上下方向)の変化 (*: $p < 0.05$)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- Mizukami N, Takeuchi S, Tetsuya M, Tsukahara A, Hashimoto M, Yoshida K, Matsushima A, Maruyama Y, Tako K. Effect of the synchronization-based control of a wearable robot having a non-exoskeletal structure on the hemiplegic gait of stroke patients. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* (in press) 査読有
doi: 10.1109/TNSRE.2018.2817647
- Matsushima A, Yoshida K, Genno H, Ikeda S. Principal component analysis for ataxic gait using a triaxial accelerometer. *J NeuroEng Rehabil* 14: 37, 2017. 査読有
doi: 10.1186/s12984-017-0249-7
- 吉田邦広, 橋本稔. ロボティックウェア curara®の実用化に向けた取り組み. *メディカル・サイエンス・ダイジェスト* 42 (13): 647-651, 2016. 査読なし
- Matsushima A, Yoshida K, Genno H, Murata A, Matsuzawa S, Nakamura K, Nakamura A, Ikeda S. Clinical assessment of standing and gait in ataxic patients using a triaxial accelerometer. *Cerebellum Ataxias* 2: 9, 2015. 査読有
doi: 10.1186/s40673-015-0028-9.

〔学会発表〕(計 9 件)

- Matsushima A, Yoshida K, Genno H, Ikeda S. Gait analysis in SCA6 and SCA31 with a triaxial accelerometer. XXIII World Congress of Neurology, 2017.
- Tsukahara A, Yoshida K, Matsushima A, Ajima K, Kuroda C, Mizukami N,

Hashimoto M. Evaluation of walking smoothness using wearable robotic system curara® for spinocerebellar degeneration patients. 15th International Conference on Rehabilitation Robotics 2017 (ICORR2017), 2017.

- 水上憲明, 竹内志津江, 鉄矢美紀雄, 塚原淳, 橋本稔, 吉田邦広, 松嶋聡, 丸山陽一, 田幸健司. 片麻痺患者のリハビリ訓練におけるロボティックウェア curara®の同調制御法の効果. 第 6 回日本ロボットリハビリテーション・ケア研究会 in HYOGO, 2016.
- 松嶋聡, 吉田邦広, 源野広和, 江澤直樹, 池田修一. 3 軸加速度計を用いた失調性歩行の定量的な解析と評価法への応用. 第 34 回日本神経治療学会総会, 2016.
- 所宏美, 塚原淳(発表者), 吉田邦広, 松嶋聡, 中村勝哉, 橋本稔. ロボティックウェア curara による脊髄小脳変性症患者のための歩行支援. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2016.
- Matsushima A, Yoshida K, Genno H, Matsuzawa S, Ikeda S. Measuring the severity of ataxia using a triaxial accelerometer. A new assessment method. 第 57 回日本神経学会学術大会, 2016.
- 松嶋聡, 吉田邦広, 源野広和, 松澤節子, 池田修一. 3 軸加速度計を用いた小脳失調症に対する立位・歩行機能の定量的評価. 第 33 回日本神経治療学会総会, 2015.
- Matsushima A, Yoshida K, Genno H, Murata A, Nakamura K, Nakamura A, Ikeda S. Estimation of gait and balance in ataxic patients using a triaxial accelerometer. 第 56 回日本神経学会学術大会, 2015.
- 所宏美, 岡野透, 橋本稔, 吉田邦広, 中村昭則, 中村勝哉. 脊髄小脳変性症患者の歩行解析. ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 (JSME Robotics and Mechatronics Conference 2015 (ROBOMECH 2015 in Kyoto), 2015.

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉田 邦広 (YOSHIDA Kunihiro)
信州大学・医学部・特任教授
研究者番号: 90242693

(2)研究分担者

中村 昭則 (NAKAMURA Akinori)
信州大学・医学部・特任教授
研究者番号: 10303471

橋本 稔 (HASHIMOTO Minoru)
信州大学・学術研究院繊維学系・教授
研究者番号： 60156297