

令和元年6月17日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01465

研究課題名（和文）ロボットスーツHALを用いた転倒予防トレーニングの開発と有効性に関する研究

研究課題名（英文）The study on efficacy and development of the fall prophylactic training with the robot suit HAL

研究代表者

西村 正彦（Nishimura, Masahiko）

琉球大学・医学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：60597889

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は転倒予防プログラムの開発を目的に、歩行機能及びバランス機能障害を合併した中枢神経疾患患者を対象にサイボーグ型ロボットスーツHALを利用したトレーニングを実践した。HALトレーニング後の歩行自立度、下肢機能、バランス機能、日常生活動作の評価点は、トレーニング前に比べて有意に増加し、HALトレーニングは下肢運動機能障害を合併する中枢神経疾患患者の歩行自立度及びバランス機能の改善に有効であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自身の意志による動作するサイボーグ型ロボットによる歩行トレーニングによって、歩行自立度だけでなくバランス機能の改善が得られることは転倒を予防する上で重要である。ロボットスーツによる補助を受けながらトレーニングを実施できることは身体機能が衰えている患者の機能維持・改善に有効である。また、HALトレーニング後の歩行自立度とバランス機能の改善が日常生活動作の自立度の向上にも寄与していると思われ、社会復帰を促進する上でも有効なツールであると思われる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to draw up training using a robot-suit hybrid assistive limb (HAL) to prevent the fall of patients with lower limbs dysfunction by diseases of the central nervous system. The score of the Functional Ambulation Categories, balance and lower limb function, and activities of daily living were increased by the HAL training. We found that HAL training was effective for improving walking and balance function.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：転倒予防トレーニング ロボットスーツ 歩行訓練 バランス訓練

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

1. 研究開始当初の背景

転倒は高齢者の健康な生活を阻害する重大な問題で骨折、外傷性脳損傷などだけでなく、時として高齢者を死亡させる。転倒を引き起こす要因の一つにバランス能力の低下がある。バランス機能と歩行能力とは密接に関連しており、高齢になるほど歩行能力は動的および静的バランス機能の影響を受けるといわれる。立位バランス機能の低下や下肢筋力の低下によって高齢者の転倒の危険性が高まる[1,2]。また、転倒に関する恐怖感は、身体機能の低下や日常生活の依存度が高まるということが報告されている[3]。下肢筋力のトレーニング、体操などは健康な高齢者の転倒予防に有効であることが報告されているが[4-6]、脳卒中を発症した高齢者の転倒予防を目的としたリハビリプログラムは数少ない[7,8]。ロボットスーツ HAL 福祉用 (CYBERDYNE 社) (以下 HAL) は筋活動電位、両足底の荷重分布、股関節及び膝関節の角度情報を基にアクチュエーターが関節トルクをアシストする装着型の動作支援機器である。HAL を用いた歩行トレーニングは脳卒中患者の歩行機能の改善に有効であることが報告されている[9-11]が、HAL を用いたリハビリテーションが立位バランス機能の改善に対して有効であるのか詳しく調査した研究はない。本研究では HAL を利用したリハビリテーションが動的立位バランス機能に与える影響について解析し、高齢障害者の転倒予防に対する HAL を用いたリハビリテーションプログラムの有効性について検討したい。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、このような背景を踏まえ、下肢運動機能障害を有する中枢神経疾患患者を対象に HAL による立位及び歩行トレーニングを実施し、HAL によるトレーニングがバランス機能及び歩行自立度の改善に有効であるか解析を行うことである。

3. 研究の方法

下肢運動機能障害を有する中枢神経疾患患者を対象に HAL による立位及び歩行トレーニングを実施した。

具体的には、HAL トレーニングを1日1回、30分間実施した。トレーニングの内容は座位バランス訓練、立位バランス訓練、歩行訓練である。座位または立位を保持できない対象は免荷機能付歩行器 (All-in-One, ROPOX A/S 社製) を使用した。All-in-One は専用のスリングシートにより被装着者を骨盤帯から支え、座位または立位を保持できない患者でも安全に姿勢を保持できる。

HAL トレーニング開始前とトレーニング終了時に歩行自立度 (Functional ambulation categories: FAC)、下肢機能 (Fugl-meyer assessment: FMA)、バランス機能 (FMA)、日常生活動作の自立度の評価 (Functional independence measure: FIM) を行い、トレーニング前後の評価点の増減について比較した。

4. 研究成果

HAL トレーニングを実施した患者数は72名 (男性40名、女性32名) で、平均年齢 55.9 ± 19 歳であった。HAL トレーニングに参加した患者の内訳を図1に示す。脳出血が最も多く、次いで神経膠腫、髄膜腫の患者の割合が多かった。

HAL トレーニングの実施回数の中央値は5回 (範囲5-15回) であった。

HAL トレーニング後の歩行自立度、下肢機能、バランス機能、日常生活動作の評価点は、トレーニング前に比べて有意に増加した (図2-5)。

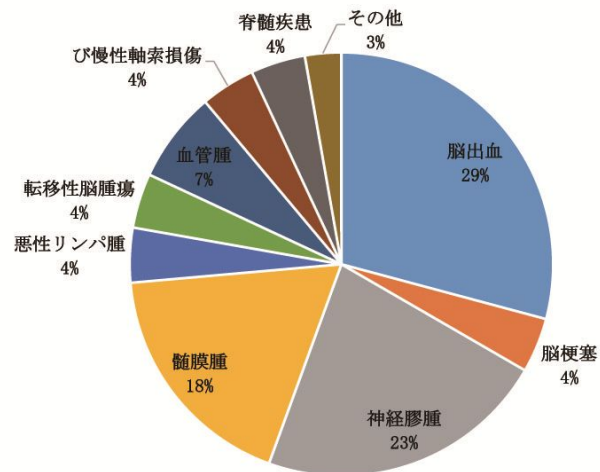


図1 HAL トレーニングを実施した患者の疾患別割合

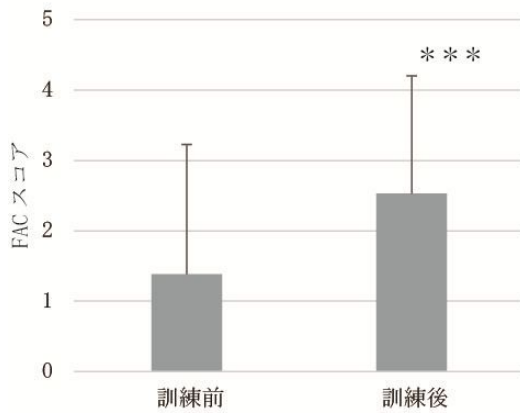


図2 歩行自立度 ***: $p < 0.001$

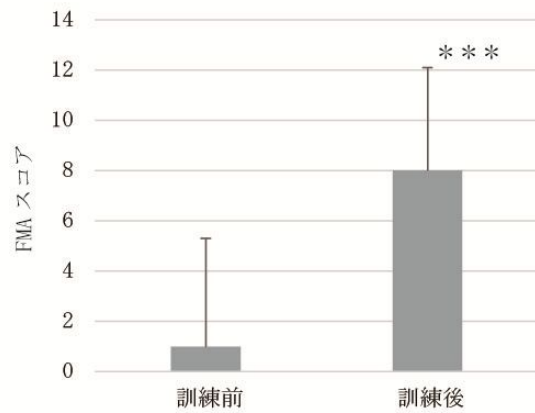


図3 バランス機能

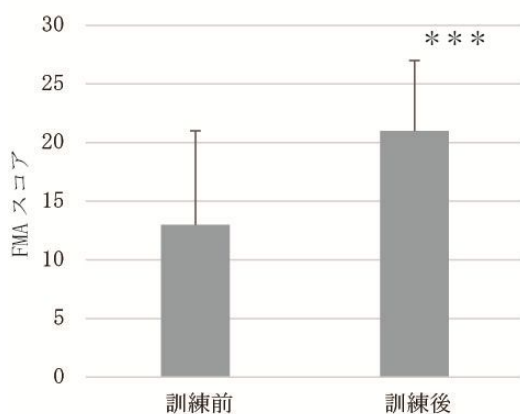


図4 下肢運動機能

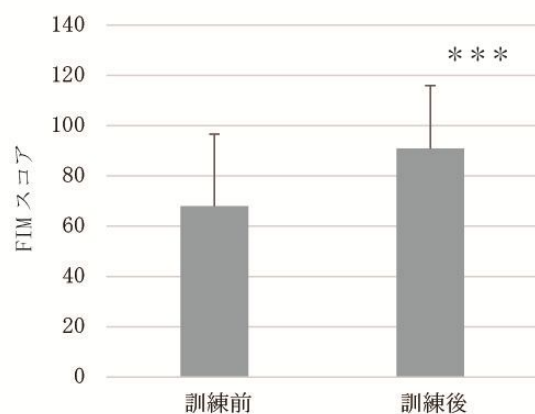


図5 日常生活動作

HAL トレーニングによって、歩行自立度だけでなくバランス機能も改善することが分かった。下肢機能の改善が歩行及びバランス機能の改善に寄与していると考えられる。また、歩行自立度とバランス機能の改善が日常生活動作の自立度の向上にも寄与していると思われる。

すなわち、HAL トレーニングによってバランス機能が改善されることで、移動時の転倒への予防につながるとと思われる。また、歩行自立度並びに日常生活動作の自立度が向上することは能動的な活動ができ、生活行動範囲の維持拡大に重要であると思われる小型モーションセンサを用い、股関節、膝関節、足関節の運動学的分析を行ったところ、ロボットスーツからトルクを補助された股関節、膝関節だけでなく、ロボットからトルクの補助を受けない足関節の運動特徴も健常者に近づくことが分かった。また、継続的な HAL プログラムの実施は歩行距離の延長と下肢筋力を向上させ、その背景には中心前回、中心後回の灰白質体積の増加が関係していることが分かった。拡散強調画像を利用した皮質脊髄路と皮質網様体脊髄路の解析では、HAL トレーニング後にこれらの神経線維の改善を認めた。

<引用文献>

- [1] 杉原 敏道, 郷 貴大, 三島 誠一, 田中 基隆, 柴田 悦子, 高木 麻里子, 菊地 栄里, 対馬 栄輝, 高齢者の身体能力認識と転倒について, 理学療法科学, 20 巻, 2005, 13-16
- [2] 山田 実, 注意機能トレーニングによる転倒予防効果の検証, 理学療法科学, 24 巻, 2009, 71-76
- [3] 加藤 真由美, 加藤 昭尚, 泉 キヨ子, 平松 知子, 正源寺 美穂, デイサービス利用高齢者の転倒予防: 下肢筋力, 日常生活および転倒恐怖感と転倒との関連, 老年看護学, 9 巻, 2004, 28-35
- [4] Walston J, Hadley EC, Ferrucci L, Guralnik JM, Newman AB, Studenski SA, Ershler WB, Harris T, Fried LP. Research agenda for frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults. J Am Geriatr Soc. 54, 2006, 991-1001.
- [5] 大高洋平, エビデンスからみた転倒予防プログラムの効果-1. 狭義の転倒予防, リハビリテーション医学, 40, 2003, 374-388
- [6] 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪恵, 他, 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果, 理学療法科学, 28, 2001, 313-319

- [7] Cheng PT, Wu SH, Liaw MY, Wong AM, Tang FT, Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention, Arch Phys Med Rehabil, 82, 2001, 1650-4
- [8] Green J, Forster A, Bogle S, Young J, Physiotherapy for patients with mobility problems more than 1 year after stroke: a randomised controlled trial. Lancet, 359, 2002, 199-20
- [9] Kawamoto, H., Kamibayashi, K., Nakata, Y., Yamawaki, K., Ariyasu, R., Sankai, Y., Sakane, M., Eguchi, K., and Ochiai, N.. Pilot study of locomotion improvement using hybrid assistive limb in chronic stroke patients. BMC neurology 13, 2013, 141
- [10] Nilsson, A., Vreede, K.S., Haglund, V., Kawamoto, H., Sankai, Y., and Borg, J. Gait training early after stroke with a new exoskeleton--the hybrid assistive limb: a study of safety and feasibility. J Neuroeng Rehabil 11, 2014, 92.
- [11] Ueba, T., Hamada, O., Ogata, T., Inoue, T., Shiota, E., and Sankai, Y, Feasibility and safety of acute phase rehabilitation after stroke using the hybrid assistive limb robot suit. Neurol Med Chir, 53, 2013, 287-290.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Nishimura Masahiko, Kobayashi Shigetaka, Kinjo Yuki, Hokama Yohei, Sugawara Kenichi, Tsuchida Yukio, TOMINAGA Daisuke, Ishiuchi Shogo, Factors Leading to Improved Gait Function in Patients with Subacute or Chronic Central Nervous System Impairments Who Receive Functional Training with the Robot Suit Hybrid Assistive Limb, Neurologia medico-chirurgica, 査読あり、58, 2018, 39-48, <https://doi.org/10.2176/nmc.oa.2017-0082>

Shiroma Ayano, Nishimura Masahiko, Nagamine Hideki, Miyagi Tomohisa, Hokama Yohei, Watanabe Takashi, Murayama Sadayuki, Tsutsui Masato, Tominaga Daisuke, Ishiuchi Shogo, Cerebellar Contribution to Pattern Separation of Human Hippocampal Memory Circuits, Cerebellum, 査読有り、15, 2016, 645-662, <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs12311-015-0726-0>

西村正彦、渡邊孝、石内勝吾、慢性期中枢神経障害患者への経頭蓋直流電気刺激による治療介入が筋力と脳活動に及ぼす効果 シングルケースによる検討一、沖縄県作業療法研究、査読有り、7、2015、2~8 .

〔学会発表〕(計 7 件)

外間明海、名嘉太郎、加藤貴子、南部路治、西村正彦、石内勝吾、大家祐輔、金谷文則、急性硬膜外血腫を発症した血友病症例への免荷式歩行器を併用した HAL 治療による歩行獲得、第 2 回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会、2018

石内勝吾、琉球大学における先端リハビリテーション研究-サイバニックスーツ・HAL とエングラム形成-、第 7 回日本脳神経 HAL 研究会(招待講演) 2018

宮城智央、國仲倫史、金城雄生、小林繁貴、長嶺英樹、外間洋平、川畑真紀、宇杉竜一、片桐千秋、土田幸男、西村正彦、菅原健一、高木博、石内勝吾、臨床症例データに基づくリアルタイム物理変形性脳神経外科バーチャルリアリティ・シミュレーションの経験。日本シミュレーション外科学会誌。2018. 26. 2. 134

西村正彦、宮城智央、土田幸男、渡邊孝、富永大介、金城雄生、小林繁貴、外間洋平、菅原健一、石内勝吾、HAL 単関節モデルによる上肢機能改善に関連する要因、第 51 回日本作業療法学会、2017

西村正彦、ロボットを使った新しいファシリテーションアプローチ サイボーグロボットによるリハビリテーションは脳の可塑性を高める、第 11 回沖縄ブロック活動分析研究大会(招待講演) 2017

石内勝吾、琉球大学でのロボットスーツ HAL 研究、第 6 回日本脳神経 HAL 研究会(招待講演) 2017

西村正彦、宮城智央、土田幸男、富永大介、金城雄生、小林繁貴、外間洋平、菅原健一、石内勝吾、ロボットスーツによる機能訓練は歩行機能の改善に寄与する、第 50 回日本作業療法学会、2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：石内勝吾
ローマ字氏名：ISHIUCHI SHOGO
所属研究機関名：琉球大学
部局名：大学院医学研究科
職名：教授
研究者番号（8桁）：10312878

研究分担者氏名：片桐千秋
ローマ字氏名：KATAGIRI CHIAKI
所属研究機関名：琉球大学
部局名：大学院医学研究科
職名：助教
研究者番号（8桁）：00443664

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。