

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号： 22101  
研究種目： 奨励研究  
研究期間： 2021～2021  
課題番号： 21H04305  
研究課題名 脳卒中後の歩行障害に対するロボティクスとボツリヌス療法を用いた歩行練習の効果検証

## 研究代表者

石橋 清成 (Ishibashi, Kiyoshige)

茨城県立医療大学・公私立大学の部局等・理学療法士

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 470,000円

研究成果の概要：歩行支援ロボット（WAR）とボツリヌス療法（BTX）を併用した介入が脳卒中後の歩行障害を改善させるかを検証した。最初にWARによる歩行障害への影響を検証するため、痙縮が軽い症例1例（Case 1）に対しWAR介入を実施した。次に運動麻痺がCase 1と同程度で痙縮が強い症例1例（Case 2）に対しBTX+WAR介入を実施した。その結果、Case 1はWAR後に歩行の改善を認められたが、Case 2はBTX後に痙縮の減弱と筋活動変化を認めただけで、WARによる改善は認めなかった。以上より、痙縮の程度が強い脳卒中症例については、BTXを併用してもWARによる介入効果は限定的である可能性が示唆された。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中後に生じる歩行障害は、患者の人生の質の低下や介護負担の増大を来す。この歩行障害の改善には、適切な運動パターンでの歩行練習を繰り返すことが重要とされ、ロボティクスの応用が進んでいる。一方で、脳卒中後に生じる痙縮が適切な運動パターンでの歩行を阻害するため、ロボティクスの使用のみでは部分的な改善に止まるとの指摘もある。そこで本研究は、歩行支援ロボット（WAR）と痙縮を抑制可能なボツリヌス療法（BTX）を併用した介入が脳卒中後の歩行障害を改善させるかを検証した。その結果、痙縮が強い症例についてはBTXを併用してもWARによる効果は限定的であり、新たな介入方法の検討が必要である可能性が示唆された。

研究分野：リハビリテーション

キーワード：歩行障害 脳卒中 歩行支援ロボット 痙縮 ボツリヌス療法

## 1. 研究の目的

脳卒中後の歩行障害の改善には、適切な運動パターンでの歩行練習を繰り返すことが重要であり、再現性の高いパターン運動を提供できるロボティクスの臨床応用が注目されている。その一方で、ロボティクスを用いた介入のみでは歩行障害の改善は部分的であるという問題点も指摘されている。この要因として、脳卒中後に生じる痙縮（不随意に筋が収縮する症状）が適切な運動パターンでの歩行を阻害していることが考えられる。

そこで本研究は、歩行支援ロボット（WAR）による適切な歩行パターンの誘発に加え、筋活動を抑制することで痙縮を抑制可能なボツリヌス療法（BTX）を併用した介入（WAR×BTX）が脳卒中後の歩行障害を改善させるかを検証することを目的とした。

## 2. 研究成果

最初に WAR による脳卒中後の歩行障害への影響を検証するため、痙縮の症状が軽い脳卒中症例を対象に WAR を用いた介入を行なった。対象は運動麻痺の改善がプラトーに達した回復期後期の脳卒中患者 1 例（Case 1）とした。WAR を用いた介入は、休憩時間を除いて最大 20 分間とし、1 日 1 回、週 5 回、4 週間（合計 20 セッション）実施した。WAR には Honda 歩行アシスト®を使用し、各セッションの開始時に可能な限り快適で対称的な歩行になるようアシストトルクを調整した。WAR 介入前後には、運動麻痺の指標として Fugl-Meyer assessment（FMA）、痙性の指標として足関節背屈運動の modified Ashworth scale（MAS）、歩行能力の指標として 10m 歩行テスト（10mWT）、歩行持久力の指標として 6 分間歩行テスト（6MWT）を記録した。歩容の変化については、ビデオ撮影による二次元動作解析を実施した。また、歩行中の筋活動変化を評価するため、麻痺側の大腿筋、大腿直筋（近位部と遠位部）、大腿二頭筋、前脛骨筋の 5 箇所より筋電図を記録し、筋シナジー解析にて歩行中の筋活動変化を検討した。

介入は有害事象なく完遂した。WAR 前後で FMA や MAS、10mWT に変化を認めなかったが、6MWT が改善し、非対称だった歩容が対称に近づくなどの歩容の改善を認めた。歩行中の筋活動パターンにも変化を認め、筋シナジー解析の結果、一部分離した運動が行われていることを示す所見が得られた。

次に、WAR と BTX を併用した介入による歩行障害への影響を検証するため、痙縮の症状が強い脳卒中症例を対象に BTX WAR の順で介入を行なった。対象は下肢の運動麻痺の程度が Case 1 と同程度の慢性期脳卒中患者 1 例（Case 2）とした。BTX は麻痺側の後脛骨筋と長趾屈筋に施注され、BTX 実施 1 週間後より WAR を用いた介入を実施した。WAR を用いた介入は、休憩時間を除いて最大 20 分間とし、1 日 1 回、週 5 回、3 週間（合計 15 セッション）実施した。WAR には Honda 歩行アシスト®を使用し、Case 1 と同様にアシストトルクを調整した。BTX 実施前、WAR 介入前（BTX 実施 1 週間後）、WAR 介入後の 3 時点で FMA、足関節背屈運動の MAS、10mWT、6MWT を記録し、介入による変化を検証した。歩容については、ポータブル 3 次元動作解析装置を用いて動作分析を実施した。また、歩行中の筋活動変化を評価するため、麻痺側の大腿筋、中脛筋、大腿筋膜張筋、大腿直筋、内側広筋、大腿二頭筋、半膜様筋、前脛骨筋、ヒラメ筋、腓腹筋の 10 箇所より筋電図を記録し、筋シナジー解析にて歩行中の筋活動変化を検討した。

介入は有害事象なく完遂した。MAS は BTX 実施後に低下し、WAR 介入後にも持続した（痙縮の改善を認めた）。一方、FMA や 10mWT、6MWT に著名な変化は認めなかった。歩行中の筋活動パターンについては、筋シナジー解析の結果、BTX 実施後に筋活動パターンが正常歩行に近づく所見が得られたが、WAR 介入による筋活動パターンの変化は認めなかった。

以上より、脳卒中患者の痙縮の程度の違いによってロボティクスを用いた歩行練習の反応性が異なる可能性が示唆された。痙縮は腱反射亢進を伴った緊張性伸張反射の速度依存性増加を特徴とする運動障害とされており、上位運動ニューロンの障害の結果、脊髄の反射回路が機能異常になっている病態であると考えられる。適切な歩行運動に必要な筋活動パターンは、脊髄の神経回路で構成される歩行中枢によって誘発される。本研究より、痙縮の程度が軽い脳卒中症例についてはロボティクスを用いた介入が有効であるが、痙縮の程度が強い脳卒中症例については BTX を併用してもロボティクスによる介入効果は限定的であり、新たな介入方法の検討が必要であることが示唆された。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ishibashi Kiyoshige, Yoshikawa Kenichi, Koseki Kazunori, Aoyama Toshiyuki, Ishii Daisuke, Yamamoto Satoshi, Matsuda Tomoyuki, Tomita Kazuhide, Mutsuzaki Hiroataka, Kohno Yutaka	4. 巻 6
2. 論文標題 Gait Training after Stroke with a Wearable Robotic Device: A Case Report of Further Improvements in Walking Ability after a Recovery Plateau	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Rehabilitation Medicine	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2490/prm.20210037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yu IIKAWA, Kiyoshige ISHIBASHI, Takahiro NOZAKI, Koji TAKETSUGU, Jun TAKASUGI	4. 巻 -
2. 論文標題 Clinical presentation of insular cortex injury: a comparison of two cases of cerebral infarction with major lesions in the left anterior or right posterior insular cortex	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Rehabilitation Neurosciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石橋清成、吉川憲一、古関一則、青山敏之、石井大典、山本哲、松田智行、富田和秀、河野豊
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者に対するロボティクスを用いた歩行練習の効果 -筋シナジー解析を用いた検討-
3. 学会等名 第27回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
吉川 憲一	(Yoshikawa Kenichi)
古関 一則	(Koseki Kazunori)
青山 敏之	(Aoyama Toshiyuki)

## 研究組織（研究協力者）（つづき）

氏名	ローマ字氏名
石井 大典	(Ishii Daisuke)
山本 哲	(Yamamoto Satoshi)
松田 智行	(Matsuda Tomoyuki)
富田 和秀	(Tomita Kazuhide)
六崎 裕高	(Mutsuzaki Hirotaka)
河野 豊	(Kohno Yutaka)