

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01586

研究課題名（和文）脳卒中片麻痺に対するスティック型簡易上肢機能訓練機器の開発

研究課題名（英文）Development of a simple stick-type upper limb functional training device for stroke hemiplegia.

研究代表者

酒井 弘美（Sakai, Hiromi）

東京工科大学・医療保健学部・教授

研究者番号：40624945

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）：研究の目的は脳卒中による上肢機能障害に対する簡易訓練機器を開発し、その効果を検討することである。機器はスティック型とし、スティックの上部に患手を乗せることで、上肢の重さを軽減しながら、3次元的なリーチ動作の訓練を行うものとした。スティック下部にボールジョイントを使い、そこにセンサーを取り付けることで、ミニパソコンに接続したモニター画面に映る課題に応じたリーチング動作の訓練を行うことができる。複数のゲームで楽しみながら訓練を行い、また、運動の軌跡やトレーニングの進行状況を記録することも可能である。試行錯誤と改良を繰り返し、スティック型の簡易上肢訓練装置を完成させた。効果検証はまだ不十分である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中後の上肢機能障害改善には、高頻度の反復訓練が必要であるが、上肢機能に対する十分な訓練時間の確保は難しいのが現状である。近年、国内外で訓練量を補うための上肢訓練ロボットが報告されているが、そのほとんどは高価で装置が大掛かりであるため、一般には普及しづらい。また、回復期を過ぎると、患者が上肢機能回復訓練続行を希望していても、その機会を設けることは困難である。そのため、本研究では、比較的安価で作成でき、持ち運びが可能で、設置も操作も簡単な訓練機器を開発した。大規模病院や訓練施設でなくとも十分使用可能であり、希望する患者に訓練機会を提供できる。

研究成果の概要（英文）：The aim of the study was to develop a simple training device for upper limb dysfunction due to stroke and to investigate its effectiveness. The device was designed as a stick-type, and by placing the affected hand on the upper part of the stick, the weight of the upper limb was reduced while training three-dimensional reaching movements. By using a ball joint at the bottom of the stick and attaching a sensor to it, the user can train reaching movements in response to tasks shown on a monitor screen connected to a mini PC. It is possible to train while having fun with multiple games and also to record the trajectory of the movements and the progress of the training. After repeated trial and error and improvements, a stick-type simple upper limb training device has been completed. Verification of effectiveness is still insufficient.

研究分野：身体機能障害の作業療法

キーワード：脳卒中 上肢機能回復 訓練機器開発 スティック型 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者の85%は後遺症として上肢に運動障害を有し、日常・社会生活に大きな支障をきたしている。脳卒中後の上肢機能障害に対して、高頻度のリハビリテーション治療が効果的であることは脳卒中ガイドラインにも示されている¹⁾。しかし、診療報酬上限や人的資源の不足などから、上肢機能回復に対して十分な訓練時間を確保することは難しい。また、脳の可塑性により、発症から時間がたっても適切な訓練を行うことで上肢機能が改善することが報告されている²⁻³⁾。訓練の継続を望む声は大きいにもかかわらず、回復期を過ぎた患者のほとんどがその機会を得られていないのが現状である。

近年「訓練の機会量を確保するための機器」として、国内外で上肢機能訓練用ロボットの開発がなされ、ロボット治療が有用で適格な治療法であることが認められている¹⁾。しかし、これまで報告されたものは設備が大がかりで高価であるため、一般の病院や在宅での使用は困難である。

そこで、研究代表者らは比較的安価で作成でき、ポータブルで場所を取らず、設定や操作が簡単な上肢機能訓練機器の開発をめざした。前研究では机上でのリーチング動作を誘導・強化する訓練機器であったが、本研究では前機器の問題点を修正し、空間でのリーチング動作を誘導・強化するものとした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、脳卒中片麻痺上肢に対するポータブル簡易訓練機器を開発し、その効果を検討することである。

- (1) 腕用の上肢訓練機器の開発を行う。
- (2) 作成した上肢訓練機器の動作分析を行う。
- (3) 作成した上肢訓練機器の臨床効果を検討する。
- (4) (1)の技術を使用して手用の訓練機器を開発する。

3. 研究の方法

(1) 腕用の上肢訓練機器の開発

前研究(15K12711)では、図1のように、下面に光学マウスを取り付けた移動体に患手を載せ、モニターに映る運動軌跡を確認しながら机上のリーチング動作を行うものであった。



図1 移動体



図2 訓練の様子

この機器を使った臨床研究では、訓練効果が得られる可能性がみられたが、①マウスによる信号のため、手と画面上のマークがずれやすい。②移動体の形状や大きさが患手と合わないことがある。③腕の重さを支える機能がない。④机上動作のため、空間での運動に対応する機能がない。⑤ポータブルであるが、広い机が必要である。⑥ノートPCで設定するため、設定・管理に手間がかかる。という問題点があげられた。

そこで、本研究では①～⑥の問題点を解決するため、机上の動作ではなく、空間での上肢操作が可能なスティック型とし、試行錯誤を繰り返しながら修正開発した。

(2) 機器使用時の動作分析

2名の健常者にスティック型簡易訓練機器を使用させ、運動軌跡から訓練回数により運動の誤差範囲の変化を調べ、ラダーチャートで表した。また、健康成人男性15名を被検者に、上肢訓練機器の位置の違いにおける各関節運動の特徴を分析した。被検者は座位で上肢トレーニング機器を用いた前方リーチ動作を実施し、肘関節、体幹および骨盤の関節運動を三次元動作分析で測定した。

(3) 機器の臨床効果判定

発症6か月以上の慢性期片麻痺患者2名に対して、3週間のパイロットスタディを行い、その後、条件に合う急性期から回復期病院に入院中の片麻痺患者20名に対して4週間の臨床試験を行った。パイロット・臨床試験とも、訓練開始前にBr-stage、上田式12段階grade、感覚、上

肢機能検査（MFT、Fugl-Meyer、reach、Box and Brock テスト）、ADL 検査、アンケート等を指標に訓練前と訓練後にその効果を比較、検証した。

(4) 手用訓練機器の開発

腕用のスティック型訓練機器のスティックを短くし、関節の屈曲・伸展・橈屈・尺屈・それらの複合である分回し運動に対応できるように腕用訓練機器を小型化し、手関節の運動に使用できるように開発した。腕用の訓練機器がボールベアリングを使用しているため、上記の運動方向への運動は大幅な変更をしなくとも可能である。

4. 研究成果

(1) 腕用の訓練機器の開発

本研究では空間での可動範囲を拡大するためスティック型とした（図 3）。前研究(15K12711)で課題であったセンサーと画像の位置の一致を図るため、センサーの取り付けにボールベアリング技術を応用し、傾き（揺動角度）や回転角度を確認することが可能な構成を備えたものとした（図 3）。スティックの上部の持ち手を握るか手載せ台に手を載せ、モニターを見ながら、画面に合わせてスティックを動かすものである（図 4.5）。スティック上部に手を載せることで、患手の重さを除きながら空間でのリーチングが可能である。前研究で課題であった設定の簡易化を図るため、ポータブルミニ PC をつなぐだけで、テレビやモニターがあればどこでもすぐに設定して動かすことができるようにした。加えて、訓練時に楽しんでできる PC ゲームソフトも増加を図り、名前を保存すれば、訓練時のゲームの点数や運動軌跡の変化など、回復の経過が目で見ることができる記録機能を加えた。

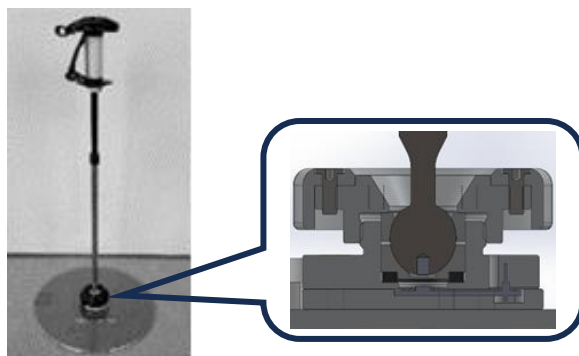


図 3 スティック型訓練機器とボールベアリングのセンサー



図 4 機器使用の様子（肘屈曲位）



図 5 前方リーチの様子

(2) 機器使用時の動作分析

運動軌跡をラダーチャートで見ると、明らかに試行回数によって協調性が向上していることが認められた。

また、上肢訓練機器を用いたリーチ動作では、各関節運動のタイミングを変化させない場合、操作スティックの設置位置が近い時に肘関節運動をより必要とし、設置距離が遠い時に体幹および骨盤運動をより必要とすることが示唆された。

(3) 機器の臨床効果判定

慢性期の片麻痺患者 2 名に対するパイロットスタディでは、2 名とも Br-stage、Fugl-Mayer、reach、BBT とともに訓練後に改善した。また、2 名とも日常生活で患手を全く使用していなかった

が、訓練後には補助手として使用することが増えた。

回復期の患者においても上肢機能が改善傾向であったが、同時に他のリハビリテーション治療を実施しており、コントロール群の数が少ないため、この機器の訓練そのものによるものであるかは確認できなかった。また、新型コロナ禍で病院・施設の研究協力体制が十分とれず、外部からの訪問等が困難であったため、期間内には分析に十分なデータ数が得られなかった。しかし、片麻痺の上肢機能訓練器具としての可能性は感じられた。

(4) 手用訓練機器の開発

腕用のスティック型訓練機器のスティックを短くし、スティックの長さを調節することで、手関節の屈曲・伸展・機屈・尺屈・それらの複合である分回し運動に対応できるように作成し、完成した(図6)。



図6 手用スティック型訓練機器

引用文献

- 1) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会編: 脳卒中治療ガイドライン 2015[追補 2019]. 協和企画. 東京. 2019
- 2) Albert C. Lo, Peter D. Guarino, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG etc: Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. N Engl J Med 2010 ; 362 : 1772-1783
- 3) Wu X, Guarino P, Lo AC, Peduzzi P, Winger M: Long-term effectiveness of intensive therapy in chronic stroke. Neurorehabil Neural Repair 2016 ; 30 : 583-590

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 楠本泰士, 渡部祥輝, 木村優希, 土屋香子, 酒井弘美	4. 巻 23
2. 論文標題 健康成人における上肢トレーニング機器の設置位置の違いによる各関節運動の特徴	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本福祉工学会誌	6. 最初と最後の頁 42-46
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 阿部雅行, 木村亮太, 酒井弘美
2. 発表標題 麻痺側肩関節痛を有する脳卒中事例への学習性不使用に対するアプローチ
3. 学会等名 神奈川県作業療法学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川友美, 酒井弘美
2. 発表標題 脳損傷後遺症児に対するスティック型簡易上肢訓練機器の使用経験
3. 学会等名 日本作業療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井弘美
2. 発表標題 Motion characteristics during reaching motion on a desk in a hemiplegic patient
3. 学会等名 ISB/ASB 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下愛茜、酒井弘美、他
2. 発表標題 脳卒中片麻痺に対するスティック型簡易上肢機器の紹介
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村亮太、酒井弘美
2. 発表標題 リハビリスティックと装具療法の併用による上肢機能へのアプローチ ～病前廃用手に対する上肢機能再建～
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村亮太、酒井弘美
2. 発表標題 頭部外傷による片麻痺を呈する外傷性頸髄損傷例にリハビリスティックを用いた上肢機能アプローチの試み
3. 学会等名 第53回日本作業療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村優希、楠本泰士、酒井弘美 他
2. 発表標題 健常成人における上肢訓練装置の設置位置の違いによる各関節の動きの特徴
3. 学会等名 第23回日本福祉工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土屋香子、楠本泰士、酒井弘美 他
2. 発表標題 健常成人における上肢訓練装置の前方リーチ動作への即時効果
3. 学会等名 第23回日本福祉工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤靖博，江田英雄，酒井弘美
2. 発表標題 Rehabilitation stick can show the movement character and the outcome of trials
3. 学会等名 北米神経科学会SfN2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井弘美
2. 発表標題 片麻痺上肢に対するスティック型ポータブル上肢機能訓練機器の開発
3. 学会等名 第52回日本作業療法学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 トレーニング機器	発明者 酒井弘美、佐藤靖博	権利者 ソミック石川
産業財産権の種類、番号 特許、特願2016-075835	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究 分 担 者	楠本 泰士 (Kusumoto Yasuaki) (60710465)	東京工科大学・医療保健学部・講師 (32692)	

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