

令和元年6月22日現在

機関番号：32206

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01388

研究課題名(和文) 離床意欲を高める脳血管障害者用立ち上がり動作訓練用ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of a stand-up robot for cerebrovascular disease

研究代表者

谷口 敬道 (TANIGUCHI, TAKAMICHI)

国際医療福祉大学・保健医療学部・教授

研究者番号：90275785

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：私たちは、脳卒中患者の立ち上がり動作を制御する練習用ロボット(SUS: Stand Up Solution)を開発した。急性期の患者は、片麻痺により健側下肢に体重をかけた立ち上がりにならざるを得ず、疲れやすく、回復に必要な運動量を確保することが困難である。また、この時期に正しい立ち上がり動作を繰り返し誘導するためには、理学療法士の身体的負担感も高い。

SUSは、患者の麻痺側下肢の膝関節と足関節の動きを空気圧で制御し、患者の麻痺側下肢の立ち上がり動作を補助することが出来る。この開発したSUSを使用することで患者と理学療法士の身体的負担感を軽減し、脳神経の再構築に必要な運動量を確保できると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理学療法士は、患者の早期離床を促すために、超急性期よりベッドサイドで座位の確保、立ち上がり動作を誘導する。しかし、この時期の患者は片側が麻痺しており、健側下肢で努力的に立ち上がるうとするため、麻痺側下肢に正しい荷重を加えたり、自発的に膝を伸ばすことは難しい。また、理学療法士による徒手的な誘導には身体的負担感も高く、5回以上連続的に立ち上がることは困難である。開発したロボットを使用することにより、患者、理学療法士の両者の身体的負担感を軽減し、急性期の患者の立ち上がり動作を繰り返し行うことが可能となり、麻痺側下肢の回復を促進し早期離床することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：We developed a training robot system(SUS: Stand Up Solution) that controls the stand up movement of stroke patients. Patients in the acute phase try to stand up by adding weight to the sole of the unaffected side due to the effects of hemiplegia. It is so tired that it is difficult to secure the amount of exercise necessary for recovery. In addition, the physical therapist's sense of physical burden is also high in order to repeatedly induce the correct standing up movement at this time. SUS can control the movement of the knee joint and ankle joint of the patient's affected lower leg with the developed computer system, and assist the standing up movement of the affected lower leg of the patient. By using this developed SUS, it was thought that the physical burden on patients and physical therapists could be alleviated and the amount of exercise necessary for reorganization of the cranial nerve system could be secured.

研究分野：作業療法 医療福祉工学

キーワード：リハビリテーションロボット、ニューロリハビリテーション、脳卒中、立ち上がり動作、急性期リハビリテーション、回復期リハビリテーション、理学療法士

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

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中ガイドライン 2015 では急性期リハビリテーションにおいて、不動・廃用症候群を予防し、早期の日常生活において活動向上と社会復帰を図るために、十分なリスク管理の元、出来る限り発症後早期から積極的なリハビリテーションを行う事が強く勧められている(グレードA)。また、歩行能力においても、早い時期から下肢訓練量を多くすることが歩行能力の改善につながるため推奨している(グレードA)。

急性期の脳卒中片麻痺患者は、ベッド上で臥位状態を呈すること多く、理学療法士・作業療法士(以下セラピスト)は、患者の健側機能を活かしながら座位および立位へ誘導する。座位から立位への立ち上がり動作を誘導する際には、支持性が低い麻痺側下肢の膝関節の安定性を高め、患者の体幹を上方へ移動し、健側から麻痺側へ重心を移動させながら麻痺側下肢の股関節・膝関節・足関節の分離運動と随意運動を高めるようにアプローチする。セラピストは、この立ち上がり動作練習をする際、患者の両腰に手を添えながら前方より介助し、中腰の状態から抱えるようにバランスを整えながら患者の重心を上方へ移動させる。この動作は、セラピストの職業性腰痛の原因になりやすく、片麻痺患者の負担も高く、回復に必要な運動量を確保することは困難な現状がある。

### 2. 研究の目的

#### (1)SUS 試作モデルの製作

本研究の目的は、脳卒中患者の早期離床を促すためにセラピストが患者をベッドサイドからの立ち上がりを誘導する治療動作に着目し、患者の麻痺側膝関節および足関節に駆動装置を取り付け制御する立ち上がり動作練習用ロボット「Stand Up Solution」(以下 SUS)を開発することである。また、立ち上がり動作練習中の体幹・下肢の筋活動や荷重変化などをリアルタイムに表示するタブレット端末を開発し患者にフィードバックすることで、より高い離床意欲を引き出すこと、更に急性期における立ち上がり動作練習はセラピストおよび患者の身体的負担も高く、運動障害の回復のために必要な立ち上がり回数を確保することが困難な現状をロボット技術により解決することを目的とした。

#### (2)SUS の有用性の検討 1 ~ SUS を用いた装着者の立ち上がり易さについて ~

SUS を使用した立ち上がり動作を非装着側の床反力及び膝関節伸展モーメントの観点から分析し、また、立ち上がり易さについて主観的評価を用いることで、客観的、主観的評価の両側面から SUS の有用性を明らかにした。

#### (3)SUS の有用性の検討 2 ~ SUS を用いたセラピストの身体的負担について ~

セラピストが SUS を使用して模擬患者を立ち上がり動作誘導した時の介助量と無い時の介助量を、随意的最大筋収縮比(以下%MVC)から分析して筋活動量の変化を比較した。さらに誘導時の疲労度について主観的評価を用いて、主観的・客観的側面から立ち上がり動作誘導時の SUS の有用性を明らかにした。

### 3. 研究の方法

#### (1)SUS の試作モデルの製作

外部動力及びロボットの起動方法の検討

熟練したセラピストが片麻痺患者を立ち上がり動作誘導する際の臨床知に基づく力加減を理学療法士、作業療法士、福祉援助工学のエンジニアなどの専門職からなるフォーカスグループで検討し、製作者のエンジニアと打ち合わせ、ロボットに含める要素を検討した。

試作モデルの製作および修正

で検討した仕様に基づき膝関節部、足関節部駆動ユニット、センサユニットなどを製作者に依頼した。

#### (2)SUS の有用性の検討 1 ~ SUS を用いた装着者の立ち上がり易さについて ~

対象者

中枢神経疾患及び整形外科疾患のない健康成人男性 30 名。年齢 22.63 歳 $\pm$ 2.02、身長 172.94cm $\pm$ 6.29、体重 63.56kg $\pm$ 6.56。

方法

- 対象者の体格に合わせた SUS を右下肢に装着し椅子からの立ち上がり動作を測定した。
- 測定条件は、条件 1: 両下肢での立ち上がり(以下 Normal) 条件 2: SUS 非装着側(左下肢)の一側下肢のみの立ち上がり(以下 No assist) 条件 3: 条件 2 + SUS 起動による 50% 補助(Half assist) 条件 4: 条件 2 + SUS 起動による 100% 補助(以下 Full assist)。なお、条件 3 と条件 4 については、SUS 装着の右下肢への随意的な荷重を行わないように対象者に指示し、筋収縮を筋電図にて確認した。
- 計測は、3 次元動作解析装置(VICON MX)、床反力計(AMTI・Kistler)、表面筋電計(DKH)を用いた。
- SUS 起動に伴う主観的な立ち上がり易さについては、Visual Analogue Scale(以下 VAS)を用いて評価した。

倫理上の配慮

国際医療福祉大学大学院倫理審査委員会(承認番号: 16-10-36)の承認を得て行った。

#### (3)SUS 有用性の検討 2 ~ SUS を用いたセラピストの身体的負担について ~

## 対象者

腰痛の既往歴がない理学療法士または作業療法士の国家資格の有資格者、男女計 20 名。

## 模擬患者

回復期リハビリテーション病院に勤務する作業療法士（20 歳代男性、身長 180cm、体重 55 kg）。急性期脳卒中右片麻痺患者の状態像を想定し、背もたれのない高さ 45cm の椅子に着座し、非麻痺側下肢のみで立ち上がり動作を行った。

## 方法

- 測定動作である立ち上がり動作は、模擬患者に SUS を装着し、SUS 使用の有無の 2 条件とし、表面筋電図を貼り付けた対象者が前方より模擬患者を介助し立ち上がり動作を誘導した。
  - 表面筋電図による対象者の身体的負担の評価として、立ち上がり動作誘導時の筋出力と随意的最大収縮から %MVC を求めた。測定筋は、対象者の左右の脊柱起立筋と大腿直筋。計測区間は、a) 膝関節固定期、b) 重心の前方移動期、c) 重心の上方移動期とし、各計測区間での %MVC を SUS の有無で比較した。
  - 立ち上がり動作誘導時の対象者の疲労感の評価については VAS を用いて評価した。
- 倫理上の配慮  
国際医療福祉大学大学院倫理審査委員会（承認番号：18-10-23）の承認を得て行った。

## 4. 研究成果

### (1) SUS 試作モデルの製作

膝関節用のエアシリンダーを新規に設計し、長下肢装具に装着した（図 1・2）。健側足底荷重の変化を SUS 専用開発した床反力計で測定し（図 3）、SUS の起動トリガとする立ち上がり動作支援システムを構築した（図 4・5）。健側下肢の荷重変化をトリガにすることで麻痺側下肢の自然な立ち上がり動作を促すことが健常成人を対象に確認した。

立ち上がり動作システムに同期した足底荷重、無線型筋電・体幹傾斜角度および表示システムを開発した（図 6）。筋出力を可視化することにより、立ち上がり動作獲得のために必要な運動学習を効果的に促進する適切なフィードバックになる可能性が示唆された。

SUS の駆動には業務用のエアコンプレッサ（図 7）を使用し、足関節・膝関節の補助タイミング、補助量の検討を行った。立ち上がり動作に必要な麻痺側の膝伸展補助の空気圧制御、足関節底屈補助と膝伸展補助の段階的タイミング、立位から座位への着座動作を安全に誘導する空気圧制御について感性評価に基づいて設定値を検討し、制御ユニット（図 8）に組み込むことが出来た。

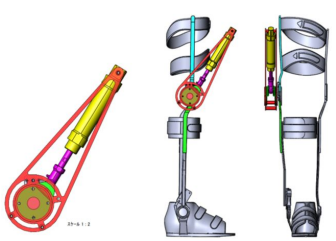


図 1. 膝関節用エアシリンダー

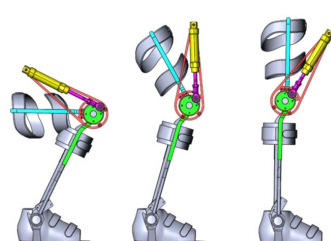


図 2. SUS 試作モデル（膝伸展機構）



図 3. 床反力トリガ



図 4. セラピストによる立ち上がり動作誘導



図 5. SUS 装着場面

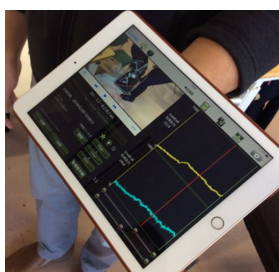


図 6. フィードバック装置



図 7. エアコンプレッサ



図 8. 制御ユニット

(2) SUS の有用性の検討 1 ~ SUS を用いた装着者の立ち上がり易さについて ~

SUS を用いたアシスト条件の違いによる床反力成分・関節モーメント・VAS の検討

- ・床反力成分 (図 9) は、No assist 条件では  $0.93 \pm 0.97\text{N/kg}$ 、Half assist 条件では  $0.86 \pm 0.10\text{N/kg}$ 、Full assist 条件では  $0.87 \pm 0.11\text{N/kg}$ 。
- ・膝関節モーメント (図 10) は No assist 条件で  $1.55 \pm 0.20\text{Nm/kg}$ 、Half assist 条件で  $1.44 \pm 0.21\text{Nm/kg}$ 、Full assist  $1.47 \pm 0.25\text{Nm/kg}$ 。
- ・立ち上がり易さの VAS (図 11) は、No assist 2.9、Half assist 条件で 6.3、Full assist 条件で 7.7。
- ・以上の結果から、SUS を起動しない No assist 条件に比べて、SUS を起動し Half assist 条件、Full assist 条件で立ち上がり動作を行った方が、SUS 非装着側 (片麻痺患者の場合の健側下肢) の身体的負担を軽減させた立ち上がり動作練習を行えることが示唆された。

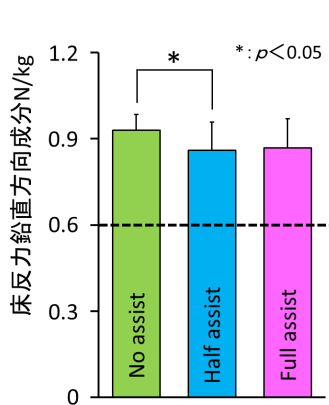


図 9. 床反力鉛直方向成分

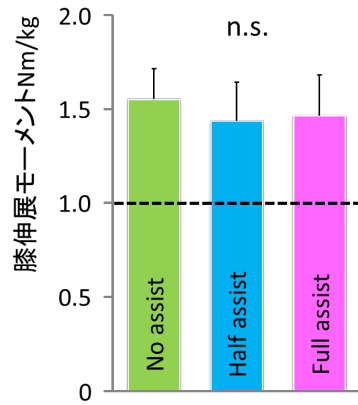


図 10. 膝伸展モーメント

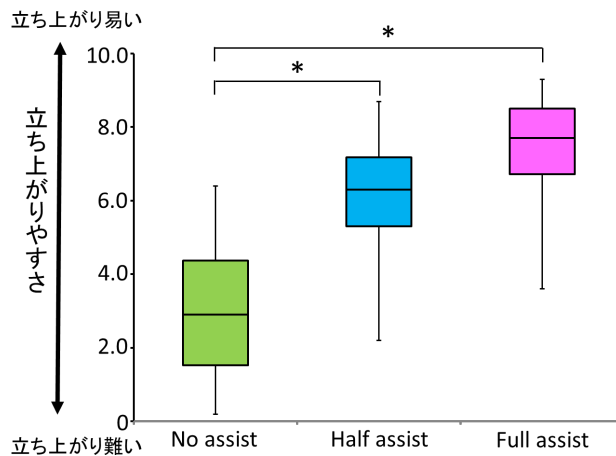


図 11. 立ち上がり易さの主観的評価 (VAS)

(3) SUS の有用性の検討 2 ~ SUS を用いたセラピストの身体的負担について ~

表面筋電図による身体的負担の評価

- ・膝関節固定期では、全測定筋で SUS 有り群に減少が認められ、右の脊柱起立筋のみ有意差を認めた (図 12)。
- ・重心の前方移動期では右の脊柱起立筋、左右の大腿直筋に減少を認めたが、有意差は認められなかった (図 13)。
- ・重心の上方移動期では全測定筋で SUS 有り群が減少し、有意差を認めた (図 14)。
- ・VAS による立ち上がり動作誘導時の疲労感の評価
- ・SUS 装着群と非装着群の 2 群間比較を行い、非装着群よりも装着群の疲労感が小さく、有意差を認めた (図 15)。

上記の結果より、模擬患者の立ち上がり動作をセラピストが誘導する際、SUS を用いた方が身体的負担および主観的な疲労感が軽減することが示唆された。

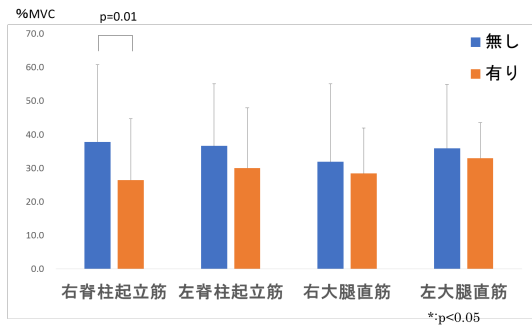


図 12. 立ち上がり動作誘導時の%MVC (膝関節固定期)

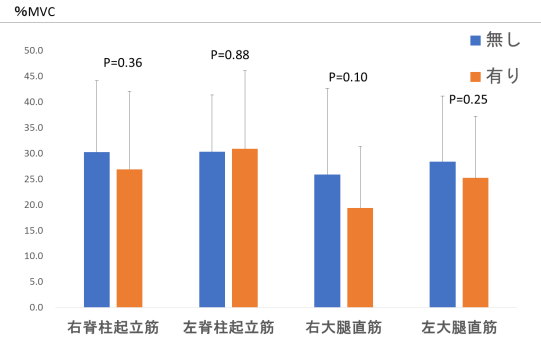


図 13. 立ち上がり動作誘導時の%MVC (重心の前方移動期)

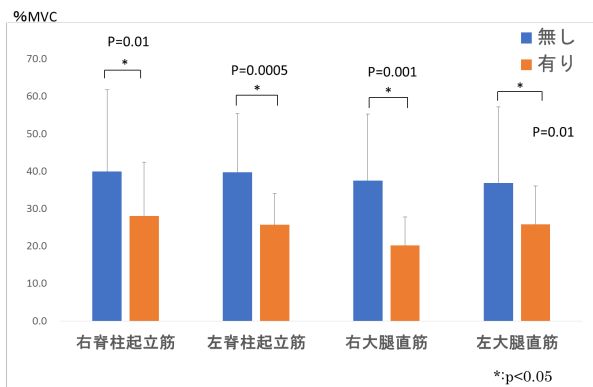


図 14. 立ち上がり動作誘導時の%MVC (重心の上方移動期)

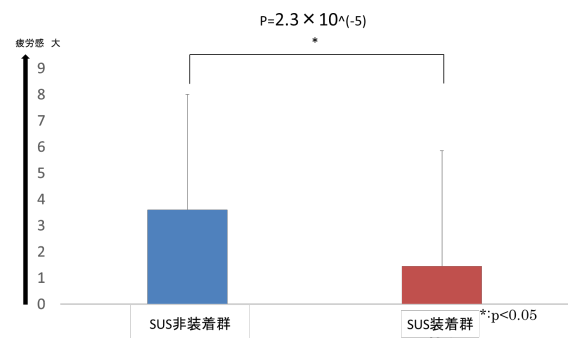


図 15. 立ち上がり動作誘導時の疲労感

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：山本 澄子

ローマ字氏名：(YAMAMOTO SUMIKO)

所属研究機関名：国際医療福祉大学大学院

部局名：医療福祉学研究科

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：30302102

研究分担者氏名：系数 昌史

ローマ字氏名：(ITOKAZU MASAFUMI)

所属研究機関名：国際医療福祉大学

部局名：成田保健医療学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：00611683

(2)研究協力者

研究協力者氏名：安井 匡  
ローマ字氏名：( YASUI TADASHI )

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。