

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350594

研究課題名(和文) ロボットスーツHALによるリハビリテーションがもたらす脳内ネットワーク機構解析

研究課題名(英文) Effects of the robotic exercise using the HAL (Hybrid Assistive Limbs) on brain network and functional outcome

研究代表者

浦川 将 (URAKAWA, SUSUMU)

富山大学・大学院医学薬学研究部(医学)・客員准教授

研究者番号：30445811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ロボットスーツHAL (Hybrid Assistive Limbs)は、歩行動作をはじめとする装着者の動きをアシストしてくれるロボットであり、装着者の動がそうとする意志に応じて動くことができる。今回我々は、脳卒中患者と健常者に対してHALを利用し、機能的な変化と脳活動の変化を解析した。HAL利用により脳卒中患者のバランス能力改善が確認され、麻痺側下肢の機能性向上がみられた。HAL使用時の脳活動として、一次体性感覚野の活動が有意に上昇することがわかった。

研究成果の概要(英文)：To clarify the effects of hybrid assistive limb (HAL), we evaluated the alteration of the functional outcome following the HAL exercise and also the brain network. The stroke patients received HAL exercise showed a significant improvement of the balance ability. The hemodynamic response in the primary somatosensory cortex significantly increased by the voluntary movement with HAL.

研究分野：複合領域

キーワード：ロボットスーツ リハビリテーション 脳機能

### 1. 研究開始当初の背景

中枢神経疾患の患者に対する新しいリハビリテーションの手法として、リハロボットの導入が注目されている。特に歩行障害に対処するロボットは、国内外において種々のタイプのもが開発されており(例: Lokomat, Hokoma AG 社製、スイス)、リハビリテーションの臨床現場で日常的に活用されることが期待されている。歩行訓練ロボットの多くは、ハーネスによる体幹懸垂や装置本体に体感を固定し、トレッドミル上を歩行するタイプであり、大掛かりな免荷型トレッドミル歩行訓練装置である。これに対して CYBERDYNE 社のロボットスーツ HAL (Hybrid Assistive Limbs) は、外骨格型の装着ロボットであり、フレーム構造によって下肢の振出しと体重支持をアシストする。同様の構造を持つリハロボットの中でも、HAL は極めて軽量小型であり、リハビリテーションの現場に導入するにあたり、簡便性と価格の面からも実現性が高い。HAL のアシスト方法は主に表面筋電図からの信号と、足底板の圧力センサーからの重心移動を基に、股関節・膝関節の屈曲伸張を無線経由でコンピュータ制御し駆動する。HAL (HAL 福祉用) は福祉用機器として一部の病院や福祉施設等に導入され、リハビリテーションの一環として利用されている。HAL を用いた歩行訓練の有用性に関しては、研究により徐々に明らかになってくる(山海嘉之, 桜井尊. 分子脳血管病 11(3), 2012)。しかしながら、脳卒中患者に対する長期間適用時にもたらされる効果の機序に関して、検証はほとんどなされていない。



### 2. 研究の目的

脳卒中後片麻痺患者に対して、通常のリハビリテーションに付加的に HAL による介入 (exercise) を継続し、どのような機能回復が得られるか検証する。また、HAL 使用時の脳活動を調べるために、健常者による脳血行動態の計測も行う。

### 3. 研究の方法

症状がほぼ固定し始める発症 3 か月後以降の脳卒中患者に、研究の説明と同意を得たうえで参加してもらう。HAL による介入は、通常のリハビリテーションに付加的に行い、週 2 回・8 週間にわたり継続する。介入の前後および中間時点で、歩行能力・日常生活動作・バランス能力・下肢機能評価を行う。



#### 研究全体のプロトコール

HAL 使用時の脳活動を検討するため、健常被験者に研究の説明と同意を得たうえで参加してもらう。HAL 使用時との比較のために、1 kg の重りのみを装着した状態と HAL を装着した状態で、座位で下肢の随意運動を行い、運動に伴う脳血行動態を近赤外分光法 (near infrared spectroscopy: NIRS) により計測した。また、HAL 装着状態での随意運動時の主観をアンケートにより調査した。

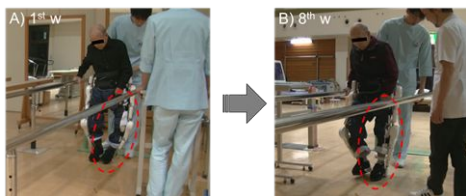


HAL 装着状態での近赤外分光法による脳計測の様子。この状態で、下肢をリズムカルに交互に屈伸運動する。

### 4. 研究成果

脳卒中患者に対する HAL の継続的介入を実施した。患者によって歩行能力等に差異があったため、介入方法は患者の機能に合わせ、HAL を装着した状態で平行棒内での歩行練習や、下肢振り出し練習、階段昇降などを実

施した。HAL による 8 週間の介入により、日常生活動作や歩行能力に改善がみられた。特にバランス能力に関しては顕著な改善がみられ、立位安定性の向上や回転時のふらつき減少など、介入前には十分に機能していなかった麻痺側下肢の、機能性向上による効果がもたらされた。

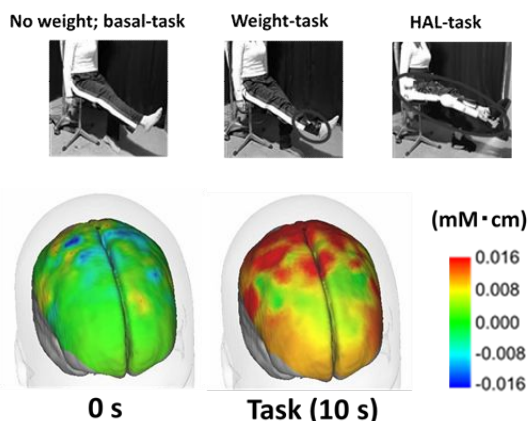


HAL による介入 1 週目 (左) と 8 週目 (右) の比較。歩行動作時の下肢への荷重が十分可能となっている。



立位姿勢からの回転動作。HAL による介入前は、回転することができなかったが、介入後は安定して回転できるようになった。

HAL 装着による動作時の脳活動計測では、一次体性感覚野の活動性上昇が認められ、HAL 装着によってもたらされた多くの感覚情報を利用して随意運動を遂行していることが示唆された。また、HAL の装着運動には、装着者の主観に差異があり (動かしやすい・やりづらいなど) 主観によって前頭前野活動が異なることが示唆された。



HAL 装着状態でのタスクによる脳活動 (酸素化ヘモグロビン変化) では、何も装着しない状態や、1 kg の重りを装着した状態に比べて、一次体性感覚野においてタスク中の活動上昇が観察される。

これらの結果から、HAL の継続的な介入は、脳卒中患者のバランス能力などの機能回

復をもたらすが、HAL 使用時には一次体性感覚野が特異的に機能することと、装着者の主観によって前頭前野をはじめとする異なる脳内ネットワークを活用していることが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

浦川 将、四分一健介、安永好宏、山海嘉之、西条寿夫、ロボットスーツ HAL の特性からリハビリテーションへの適応を探る：ロボットによる歩行リハビリテーションの再考、みんなの理学療法、査読有、27 巻、2015 年、p18-25

<http://mol.medicalonline.jp/library/archive/search?jo=df3minpt&ye=2015&vo=27&issue=&UserID=133.41.94.91>

〔学会発表〕(計 2 件)

Yuya Ota, Susumu Urakawa, et al. Cerebral hemodynamic responses during lower limb exercise assisted by robot suit Hybrid Assistive Limb (HAL), (ロボットスーツ HAL (Hybrid Assistive Limb) 装着による下肢運動時の脳血行動態), The 38<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2015/7/29, Kobe

Susumu Urakawa, Akio Urata, et al. Functional improvement of post-stroke postural adjustments by the wearable robot suit HAL: a pilot study, (ロボットスーツ HAL による脳卒中後の姿勢制御の改善), The 38<sup>th</sup> Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, 2015/7/30, Kobe

〔図書〕(計 1 件)

浦川 将 編集、メジカルビュー社、リハビリテーションのためのニューロサイエンス、2015 年、279 ページ (総ページ数)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：

種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
なし

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

氏名：浦川 将 (URAKAWA SUSUMU)

所属機関名：富山大学

部局：大学院医学薬学研究部(医学)

職名：客員准教授

研究者番号：30445811

##### (2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

なし ( )

研究者番号：