

ロボットスーツ HAL を用いた慢性期重度脳出血の一症例 — 5 ヶ月間の外来 HAL による効果について —

脇野昌司¹⁾, 藤田修平²⁾, 田端洋貴²⁾ 西野仁²⁾ 辻本晴俊³⁾ 上野周一⁴⁾ 阪本光⁴⁾ 中村雄作⁴⁾

- 1) 近畿大学医学部附属病院 リハビリテーション部
 2) 近畿大学医学部堺病院 リハビリテーション部
 3) 同 リハビリテーション科
 4) 同 神経内科

キーワード：慢性期脳出血・ロボットスーツ HAL・歩行練習

目的

近畿大学医学部堺病院では、ロボットスーツ HAL® (自立支援型 FL-05 : 以下 HAL) を用いたニューロリハビリテーションに取り組んでいる。HAL は、歩行障害へのリハビリテーションを目的として開発されたロボットスーツで、脳・神経系への運動学習を促すことが期待されている。HAL の開発者である山海らは、HAL が生成する運動により、求心性の感覚入力が増大し、バイオフィードバックが賦活され歩行運動の改善をもたらすと報告されている。また、HAL の歩行練習に関する systematic review では、HAL の効果として、歩行機能改善、自立歩行の獲得を示すも、文献数が少なく、EBM は構築すべき課題とされている²⁾。本邦において、入院患者に HAL を用いたリハビリテーション介入効果の報告は散見されるが、外来で継続介入による経時的変化については、殆ど報告されていない。そこで、今回、外来にて慢性期重度脳出血後遺症症例に HAL を用いたリハビリテーションを実施し、運動機能、ADL に改善を認めたと報告する。

症例は 40 代男性、30 代の時に左被殻出血（頭頂葉から後頭葉に進展）を発症し、右上下肢麻痺（Brunnstrom stage: 右 upper limb I, 右手指 I, 右下肢 II）、運動性失語、視野狭窄を呈していた。既往歴として、被殻出血発症前より、巣状糸球体腎症由来の腎不全にて、生体腎移植及び献体腎移植を施行され、定期的に車椅子介助下で外来受診されていた。

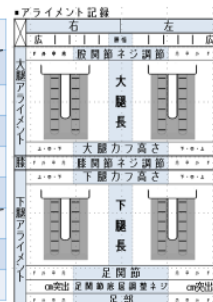
方法

HAL を用いて身体機能への改善効果を検証する目的で、当院外来 HAL を 1 回/週にて実施し、介入前後の経時的変化について調査を行った。評価項目は、SIAS, TUG, 10m 歩行速度（努力）及び歩行率、握力（非麻痺側）、両側膝伸筋力（アニマ社製 hand held dynamometer: μ -tasF100 を用いて等尺性にて測定）、FIM, HAL 練習時の歩行距離、大腿周径（膝上 15 cm）、下腿最大周径とした（表 1）。なお、SIAS, FIM 以外は 2 回測定し

平均値を用いた。評価期間は、HAL 開始時、1 ヶ月後、3 ヶ月後、5 ヶ月後に行い、その経時的変化について調査した。HAL によるリハビリテーションは、転倒防止の為に免荷機能付き歩行器（all in one）装着下にて、片道 30m の通路での往復歩行練習を実施し、治療時間は HAL 脱着（10 分以内）を含め 60 分間遂行した。また、HAL の設定について、症例は皮膚の脆弱性を認め、自律制御モード CVC での電位制御が困難であった為、CAC モードを選択し、タスクは WALK5 の設定で主に実施した。

評価

評価項目	測定条件
SIAS	
TUG	努力歩行にて介助下で実施
10m 歩行時間	努力歩行にて介助下で実施
握力	非麻痺側のみ測定
膝伸筋力	アニマ μ Tas F-100 膝屈曲 90° 等尺性
FIM	
HAL 歩行距離	HAL を用いた歩行練習時の距離
下肢周径	大腿: 膝上 15cm, 下腿: 下腿最大部



評価期間（H28年1月～5月）で合計4回測定

HAL開始 1ヵ月後 3ヵ月後 5ヵ月後

表 1

説明と同意

本症例及びご家族に、HAL を用いたリハビリテーションの施行に関して十分な説明し承諾を得た。

結果

開始時→1 ヶ月後→3 ヶ月後→5 ヶ月後の順で記載する。SIAS（点）は 27→35→36→38 であった。FIM（点）は、49→56→57→59 であった。握力（kg）は、9→10→14→17、膝伸筋力（kg）は、麻痺側 0.4→1.9→4.8→6.0 で、非麻痺側 8.0→8.0→12.6→13.5 であった。（図 1）10m 歩行時間（秒）は、77→38→24.2→19.2 であった。歩行率（steps/min）は、44.5→27.0→60.2→65.5 であった。TUG（秒）は 50.5→36→34→30 で

あった。HAL 歩行練習距離(m)は、90→250→350→600と延長した。(図2) 大腿周径(cm)は、右 26.0→27.0→27.5→29.0, 左は 27.0→28.0→29.0→30.0, 下腿周径(cm)は、右 24.5→25.0→25.5→26.5, 左 24.5→25.0→26.0→27.0 に推移した。(図3)

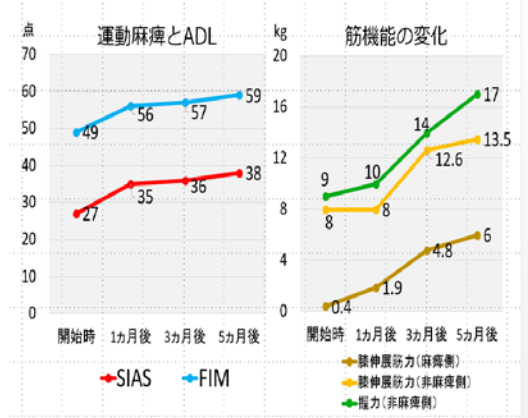


図1

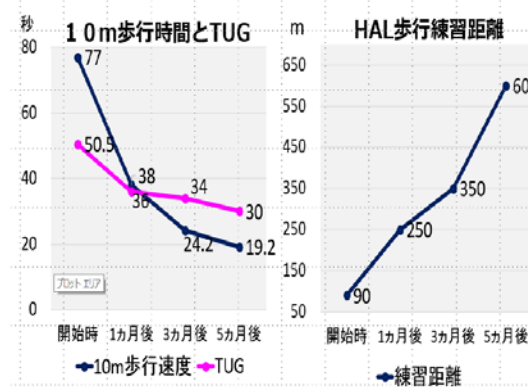


図2

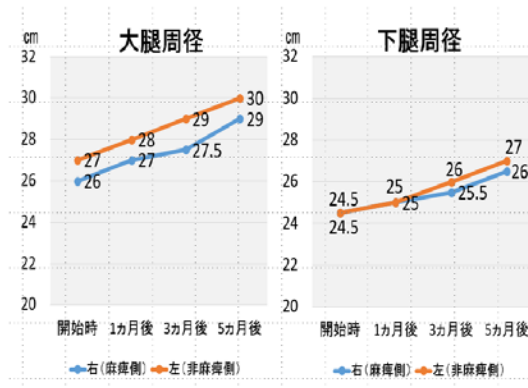


図3

考察

本症例は、慢性腎不全による(疾患、活動)由来の2次性サルコペニアを伴う、慢性期重度脳出血後遺症症例である。発症後10年経過呈しており、重度の運動麻痺を呈していたが、1回/週で低頻度の外来HALによる歩行練習にて、歩行は継続的に改善し運動機能、ADLの改善を示した。改善機序としては、HALによる疲労を抑えた律動的な歩行を反復練習する事で、効率的な歩行の運動学習に繋がった可能性が考えられる。山海は、HALの効果について、HALの受動アシストによる末梢か

らの sensory feedback と随意制御による運動関連領野の賦活との両面から生じる interactive Bio-Feedback (iBF 仮説) を提唱している。³⁾ 本症例でも sensory feedback と随意制御による運動関連領野の賦活などの機序が推定されるが、画像所見より、左脳の運動関連領野の障害は著しい為、下位歩行システムである脊髄中枢性パターン発生器 (central pattern generator: CPG) の賦活が主に歩行機能改善に寄与したのではないかと考えられた。次に、HALの制御モードは一般的に CVC モードを選択されるが、本症例のように皮膚の脆弱性を認め、運動麻痺が重度で生体電位の導出困難な症例において CAC モードでの機能改善効果を認めた事は、新たな発見に繋がったと考えられる。即ち、HAL 介入方法として、CAC モードで機能改善を促した後、CVC に繋げる方法も選択肢の一つと思われる。

(図4) 中島らは、脳卒中患者への適応の提言として、HALのCACモードを患側に適応し、早期に立位・歩行を開始し、随意性を高める為にタイムリーにCVCモードを追加すれば、片麻痺患者に対する理想的な歩行の再獲得訓練が行える⁴⁾と述べている。今後は、さらにCACモードの介入効果を検討していきたいと考える。

理学療法学研究としての意義

慢性期重度脳出血症例にHALを用いたリハビリテーションを行い、運動機能、ADLの改善を認めた。HALを含め、ロボットデバイスを用いたニューロリハビリテーションは、今後さらに拡大していくと予想され、機能改善と運動学習効率を高める為には、理学療法士の視点で最適な制御設定、環境設定を含めた多面的なアプローチが求められる。

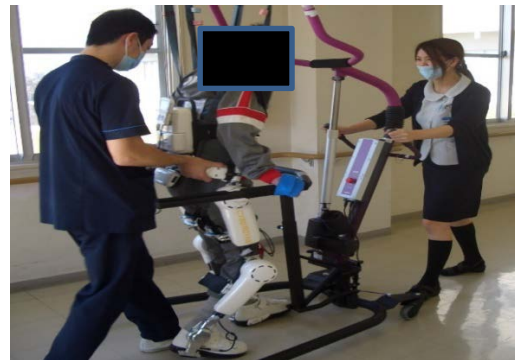


図4

文献

- 1) Sankai Y: HAL, Robotics Research 66:25-34, 2011
- 2) Anneli W, et al.: Clinical application of the Hybrid Assistive Limb (HAL) for gait training—a systematic review. Frontiers in systems neuroscience march Vol9, 48:1-10, 2015
- 3) 山海嘉之・他: サイバニクスを駆使したHAL最前線, 分子脳血管病 vol. 11:3, 25-34, 2012
- 4) 中島孝・他: 装着型ロボット応用の現状と展望. 治療 Vol. 95. No12, 2088-2093, 2013