

O-0756

慢性期不全型脊髄損傷者に対するロボットスーツ HAL を用いた歩行練習の効果
—トレッドミルを用いた歩行練習との比較検討—

浅井 直樹¹⁾, 丸谷 守保¹⁾, 森井 和枝¹⁾, 鳥山 貴大¹⁾, 菅野 達也²⁾, 柏原 康徳²⁾, 横山 修³⁾,
高内 裕史³⁾, 山海 嘉之⁴⁾

¹⁾神奈川リハビリテーション病院理学療法科, ²⁾神奈川リハビリテーション病院リハビリテーション工学科,

³⁾神奈川リハビリテーション病院リハビリテーション医学科,

⁴⁾筑波大学サイバニクス研究センター長 CYBERDYNE 株式会社 CEO

key words 脊髄損傷・歩行・ロボットスーツHAL

【はじめに, 目的】

近年, リハビリテーション分野におけるロボットへの関心が高く, ロボットスーツ HAL 福祉用 (以下 HAL) を初めとして臨床での使用報告も数多く見受けられる。HAL の臨床使用についての報告の多くは歩行能力が改善したとするものが多いが, 一般的な歩行練習と比較することで HAL による固有の効果を明らかにすることができると考えた。そこで今回, 慢性期不全型脊髄損傷者 5 症例に対して HAL を用いた歩行練習とトレッドミル (以下 TM) を用いた歩行練習との比較を ABA 法によって行い, 若干の知見を得たので報告する。

尚, 本研究は神奈川県さがみロボット産業特区の実践フィールドとして行われている研究の一部である。

【方法】

対象は, 外傷性脊髄損傷および脊髄腫瘍による四肢麻痺もしくは対麻痺を呈した 20 代~70 代の不全型脊髄損傷者 5 名 (男性 3 名, 女性 2 名) である。発症からは 1~7 年経過しており, 全例とも AIS:D で日常生活では車いすを使用していた。

介入は 3 期行い, 1 期目および 3 期目では TM での歩行練習, 2 期目では HAL を用いた TM での歩行練習を実施した。1 回の介入は 20 分間として, 各期毎の介入は週 5 回, 3 週間, 計 15 回実施した。各期とも歩行練習における歩行速度は快適速度とした。歩行評価は 10m 歩行速度, 6 分間歩行距離, 三次元動作解析装置 (VICON NEXUS), 床反力計 (AMTI) を用いた歩行分析を行った。各評価は 1 期目開始前および各期の終了時の計 4 回 (以下 Base, TM1 期後, HAL 期後, TM2 期後) 行った。

歩行分析の結果については SPSS16.0J を使用し, Games-Howell ($p < 0.05$) により統計学的検定を行った。

【結果】

各歩行評価の結果について, 対象者 5 名の平均値 ± 標準偏差を以下に Base → TM1 期後 → HAL 期後 → TM2 期後の順に示す。

10m 歩行速度 (m/秒) は $0.47 \pm 0.31 \rightarrow 0.48 \pm 0.31 \rightarrow 0.60 \pm 0.41 \rightarrow 0.58 \pm 0.33$ であった。

6 分間歩行距離 (m) は $146.1 \pm 126.0 \rightarrow 173.2 \pm 127.2 \rightarrow 195.6 \pm 138.1 \rightarrow 191.4 \pm 117.0$ であった。

以下, 歩行分析の結果である。

ストライド長 (m) は $0.77 \pm 0.11 \rightarrow 0.81 \pm 0.11 \rightarrow 0.89 \pm 0.15 \rightarrow 0.87 \pm 0.13$ で Base・HAL 期後, Base・TM2 期後, TM1 期後・HAL 期後で有意に増加していた。

反対側の初期接地 (以下 IC) から観察側踵離地 (以下 HO) までの時間の 1 歩行周期比 (% of walk cycle) は $0.085 \pm 0.094 \rightarrow 0.048 \pm 0.117 \rightarrow 0.006 \pm 0.135 \rightarrow 0.014 \pm 0.124$ で Base・HAL 期後間, Base・TM2 期後で有意に減少していた。

反対側の IC から観察側股関節最大屈曲までの時間の 1 歩行周期比 (% of walk cycle) は $0.45 \pm 0.06 \rightarrow 0.44 \pm 0.05 \rightarrow 0.42 \pm 0.05 \rightarrow 0.42 \pm 0.05$ で Base・HAL 期後間, Base・TM2 期後で有意に減少していた。

前遊脚期 (以下 PSw) での股関節屈曲モーメント最大値 (N・m) は $17.5 \pm 9.0 \rightarrow 22.1 \pm 13.6 \rightarrow 23.8 \pm 11.1 \rightarrow 21.7 \pm 9.3$ で Base・HAL 期後間で有意に増加していた。

反対側 IC 時の股関節伸展角度 (deg) は $5.57 \pm 5.90 \rightarrow 8.12 \pm 4.75 \rightarrow 9.40 \pm 5.92 \rightarrow 8.33 \pm 4.86$ で Base・HAL 期後間で有意に増加していた。

【考察】

藤縄らによると, 不全型脊髄損傷者は, 痙縮筋や麻痺の軽い筋の活動が過剰になる傾向があるとしており, これによって立脚から遊脚への切り替えや歩行動作における受動的な機構が阻害されていると考える。これに対し, HAL のアシストは最小限の筋活動により非努力的に下肢を振り出すことを可能とする。これにより PSw で股関節屈曲モーメントを発揮できるようになり, 股関節が最大屈曲するタイミングが早くなったと考えた。また, 下肢を勢いよく振り出したことで, 推進力が生じ, 反対側の股関節伸展角度が増加し, HO のタイミングが早くなり, ストライド長の延長が生じたと考えた。結果として, 10m 歩行速度や 6 分間歩行距離が増加し, 総じて TM2 期後には Base や TM1 期後に比べ, ある程度の歩行能力改善効果の持続を認めた。以上より, 上記のような障害特性を抱える不全型脊髄損傷者に対して, HAL を用いた歩行練習は分離したスムーズな振り出しを反復学習することで歩行能力の改善をもたらすことが示唆された。

【理学療法研究としての意義】

HAL を用いた歩行練習の報告は数多く見受けられるようになったが, どのような機序で歩行能力の改善をもたらすかを考察したものは少ないように思う。HAL による効果の機序を明らかにすることで, HAL がどのような疾患・障害に適応となるのかが明確となり, HAL をより有効に活用することができるようになると思われる。