

脊髄小脳変性症に対するロボットスーツ HAL を用いた歩行練習の試み ～2 症例における検討～

藤田 修平¹⁾, 田端 洋貴¹⁾, 脇野 昌司⁴⁾, 西野 仁¹⁾
辻本 晴俊(MD)²⁾, 中村 雄作(MD)³⁾, 阪本 光(MD)³⁾

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

キーワード：脊髄小脳変性症・ロボットスーツ HAL・歩行練習

目的

当院ではロボットスーツ HAL®(Hybrid Assistive limb [FL-05]:以下 HAL)を導入し,理学療法と並行して歩行障害に対するニューロリハビリテーションとして用いている.これまで脊髄損傷や片麻痺患者などへの HAL を用いた報告は散見されるが,脊髄小脳変性症 (spinocerebellar degeneration:以下 SCD) 患者における報告はない.我々は,小脳失調症に対する HAL を用いた歩行練習の効果を検証する為,SCD を中心とした治療研究を行っている.今回,SCD 患者に対し HAL を用いた歩行練習の実施により,機能改善を認めた症例を経験したので報告する.

方法

小脳性の歩行障害を有する遺伝性 SCD (SCA6 : spinocerebellar ataxia type 6) 患者 2 名.
症例 1 : 57 歳女性,罹患歴は 4 年であり,歩行能力は屋内伝い歩き・屋外介助歩行レベルで移動以外は自立していた.
症例 2 : 57 歳男性,罹患歴は 7 年であり,歩行能力は屋外バギー歩行自立レベルであった.
2 例とも歩行時遊脚相において,筋緊張の亢進により右膝関節屈曲が見られず伸展位のまま立脚相へ移行していた.
介入期間は 3 週間 (5 回/週) で,HAL を用いた歩行練習は約 40 分とし,装着などの準備を含めると 60 分/回であった.HAL の設定は 2 症例とも随意制御である CVC (Cybernic Voluntary Control) モード・歩行タスク WALK3~5 で実施し,トルクチューナや屈伸バランスについてはその日の調子により調整した.HAL 実施回数は 2 例とも合計 14 回であった.平均歩行練習距離は症例 1 が 637m (500~74m),症例 2 が 1087m (860~1280m) であった (表 1) .

機能評価は介入の前・後及び退院 2 週間後に実施した (前観察期・リハビリ期・後観察期) .評価項目は,10m 歩行試験 (時間・ケイデンス・歩幅) ,Timed Up and Go Test (以下 TUG) ,2 分間歩行試験 (以下 2MWT) ,Functional Balance

Scale (以下 FBS) ,30 秒椅子立ち上がりテスト (以下 CS-30) ,Scale for the assessment and Rating of Ataxia (以下 SARA) 及び歩行時の転倒恐怖感 (visual analogue scale:VAS を用いて評価) とした.

説明と同意

本人及びご家族に治療内容や研究への参加に対し,口頭と文書により十分な説明を行い同意を得た.なお,本研究は,近畿大学医学部倫理委員会の承認を得て実施した.

結果

結果を前観察期→リハビリ期→後観察期の順に示す.
症例 1 : 10m 歩行時間は 12.3→10.1→10.4 秒,ケイデンスは 93→113→104steps/min,歩幅は 53→53→53cm,TUG は 21→16.3→15.8 秒,2MWT は 65.8→98.6→96.1m,FBS は 40→46→44 点,CS-30 は 11→12→12 回,SARA は 12→11→11 点,転倒恐怖感 (10 は恐怖最大) は 5→5→5 であった.
症例 2 : 10m 歩行時間は 14.9→7.4→8.5 秒,ケイデンスは 80.5→120→113steps/min,歩幅は 50→67→63cm,TUG は 23.4→10.9→13.3 秒,2MWT は 57.2→139→128m,FBS は 46→48→45 点,CS-30 は 6→9→9 回,SARA は 11→8→9 点,転倒恐怖感 は 2→2→2 であった.歩行に対する自己効力感や歩容については 2 例ともほとんど改善を認めなかったが,今回実施した機能評価については退院 2 週間後においても改善効果が維持されていた (表 1) .

考察

本症例は純粋な小脳失調症状を有する SCA6 の患者である.今回対象とした 2 例において,介入前後で歩行速度,ケイデンス,歩行距離,そして CS-30 や TUG などの起居動作を含めた移動能力にも改善を認めた.しかし,起立・歩行時のふらつきや物的介助が不要になるほどの安定性獲得は困難であった.小脳は,歩行時における筋緊張の制御,肢運動の位相制御に関

与し,これらを統合した結果の肢間協調に中心的役割を果たしている¹⁾。小脳は,身体や外部環境に対応した運動の内部モデルを学習・記憶し,運動を最適化する²⁾。HALは装着者の能動的な運動発現が必要であり,それにより適切なアシストを得て歩行することが可能となる。HALによる運動学習は,運動意図に基づいた装着者及びHALの運動現象と毎回の感覚フィードバックの繰り返しにより,疲労の少ない環境下にて質の高い歩行練習量が確保される³⁾ことから獲得できると考えられる(図1)。このように随意的プロセスに関わる上位歩行システムによる歩行制御の活性化に加え,律動的な歩行運動の繰り返しによって,下位歩行システムである脊髄中枢パターン発生器(central pattern generator: CPG)も活性化された可能性が考えられる。以上のことから,小脳失調症状を有する本症例においても,歩行機能の改善が得られたのではないかと思われる。一方で,歩容や歩行における安定感・恐怖感に改善を認めなかった理由として,本研究における介入はHAL装着下での歩行練習のみであり,バランス練習などの多面的なアプローチを行っていなかったことが挙げられる。前庭機能や姿勢制御に関わる賦活も含めた理学療法の併用が,より効果的な治療となるかもしれない。今回の結果から,SCD患者の歩行機能の改善は,上位・下位歩行システムのリズムカルな肢運動制御の改善によるものと思われる。しかし,SCDは小脳萎縮を伴う進行疾患であること,そして四肢運動制御の観点から小脳失調の存在が上位歩行システムにおける巧緻性歩行に大きく影響するため,立位・歩行時の身体動揺を消失させるだけの安定性獲得は非常に困難であったと考えられる。

表1 評価結果

		前観察期	リハビリ期	後観察期
歩行速度 (m/s)	症例1	0.81	0.99	0.96
	症例2	0.67	1.35	1.18
ケイデンス (歩/分)	症例1	92.7	112.9	103.8
	症例2	80.5	120.0	112.9
歩幅(cm)	症例1	53	53	56
	症例2	50	67	63
TUG(秒)	症例1	21	16.3	15.8
	症例2	23.4	10.9	13.3
2MWT(m)	症例1	65.8	98.6	96.1
	症例2	57.2	139.1	127.6
FBS(点)	症例1	40	46	44
	症例2	46	48	45
CS-30(回)	症例1	11	12	12
	症例2	6	9	9
SARA(点)	症例1	12	11	11
	症例2	11	8	9
転倒恐怖感 (cm)	症例1	5	5	5
	症例2	2	2	2
HAL歩行距離 平均(m/回)	症例1	637		
	症例2	1087		

小脳失調による歩行障害にも,HALを用いたニューロリハビリテーションは有効であった。今後その効果・機序について

も検討する必要がある。

理学療法研究としての意義

SCDのような進行疾患においても,HAL装着下歩行練習による運動機能の改善を認めた。症状の進行抑制や平衡機能も含めた歩行能力改善に寄与するためのツールとしてHALは有効であると考えられる。より有効な治療法確立のため,最適なHALのアシスト設定や他のアプローチとの併用も視野に入れて検討していくべきである。

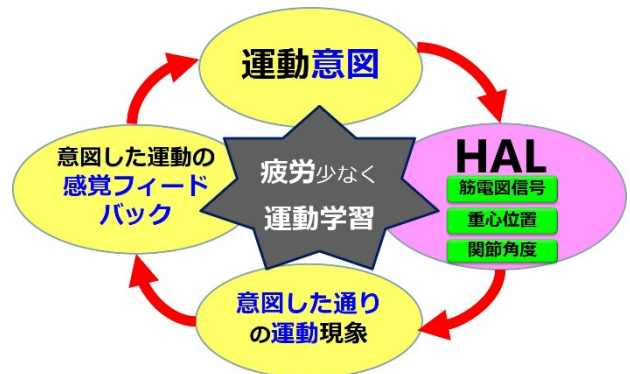


図1 HALによる運動学習効果

文献

- 1) 柳原大: 歩行と小脳. Brain Medical vol.19 No.4: 49-58, 2007
- 2) 永雄総一: 小脳による運動学習の神経機構. 医学の歩み vol.255 No.10: 955-961, 2015
- 3) 中島孝: ロボットスーツHALによるCybernetic neurorehabilitation. 神経治療 vol.33 No.3: 396-398, 2016
- 4) 寛慎治・他: 小脳の機能: 平衡, 協調運動機能. 医学の歩み vol.255 No.10: 947-954, 2015
- 5) 浦川将・他: 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 vol.27: 18-25:2015
- 6) 浦川将・他: ロボットによる歩行リハビリテーション. リハビリテーションのためのニューロサイエンス-脳科学から見る機能回復:218-240:2015
- 7) Anneli Wall, et al.:Clinical application of the Hybrid Assistive Limb (HAL) for gait training -a systematic review. Frontiers in Systems Neuroscience vol.9:1-10, 2015