

トピクス記事『医療・福祉ロボットの活用事例』

執筆者

城西国際大学福祉総合学部 理学療法学科
助教 田上 未来

1. はじめに

日本は、早くからロボットの研究開発に力を入れており、産業用ロボットについては稼働数・出荷数ともに世界に誇れる実績を持っている。その実績を支える技術は、日本の人口減少、少子高齢化に伴う社会保障費の増加を抑制するため、医療・福祉ロボットにも活用されるようになった。2017年10月1日にはロボットスーツHAL医療用(CYBERDYNE社)を用いた治療に対する民間医療保険のCM放映が開始され、医療・福祉ロボットは広く世間に知られるようになった。今後、医療・福祉ロボットの活用技術が理学療法士に強く期待されるようになるだろう。

2. 医療・福祉ロボット

ロボットとは、「センサー、制御・知能、駆動系」の3つの要素技術を備え、知能化された機械システム¹⁾であると定義される。

リハビリテーションで用いられる医療・福祉ロボットは、①障害者の生活上の動作を補助あるいは代行する自立支援ロボット、②介護者の作業を補助あるいは代行する介護支援ロボット、③理学療法士や作業療法士の訓練を補助あるいは代行する訓練支援ロボットなど、種々のものがある²⁾。自立支援ロボットには食事支援ロボット「マイスプーン(セコム株式会社)」、介護支援ロボットには「HAL介護支援用(腰タイプ)」(CYBERDYNE社)、「介護用マッスルスーツ」(株式会社菊池製作所)、離床アシストロボット「リショーネPlus(パナソニックエイジフリー株式会社)」、「歩行アシストカート(RT。ワークス株式会社)」などがある³⁾。訓練支援ロボットには、「Lokomat(Hocoma社)」や、完全対麻痺者用歩行補助ロボット「WPAL(Wearable Power-Assist Locomotor:アスカ株式会社)」、外骨格型ロボット装具「ReWalkTM(ReWalk Robotics社)」、「Honda歩行アシスト(本田技研社)」⁴⁾⁵⁾、TOYOTAパートナーロボット「ウェルウォーク(トヨタ株式会社)」、ロボットスーツHAL福祉用(CYBERDYNE社)など、実に多くのロボットがある。日本製の歩行支援ロボットも多く、理学療法士の臨床現場での報告も近年増えている。

3. 医療・福祉ロボット活用事例

筆者は、ロボットスーツHAL福祉用を活用しており、当機器の概要とその活用事例について紹介する。

3-1. ロボットスーツHALとは

ロボットスーツHAL(Hybrid Assistive Limb)は、CYBERDYNE社が開発した世界初のサイボーグ型動作支援ロボットである。HAL医療用⁶⁾・HAL福祉用・HAL自立支援用の他、2017年10月新たにHAL腰タイプ自立支援用が加わった。なかでもHAL医療用は、欧州・日本で医療機器として承認を取得し、日本では2016年9月から8つの神経筋難病患者に対して公的医療保険を適用した治療に用いることが可能な世界で初めての「ロボット治療機器」である。

HALは、装着者の脳神経系からの動作意思を反映した微弱な生体電位信号(Bio-Electrical Signal:以下、BES)を、皮膚に貼り付けたセンサーから読み取り、身体機能を補助・増幅・拡張し、立ち座りや歩行などの動作を支援する。種々のタイプのHALがあり、各々の詳細についてはCYBERDYNE社のホームページを参照されたい(<https://www.cyberdyne.jp>)。

3-2. HAL福祉用(以下、HAL-LM)活用事例

HAL-LMを用いた報告の多くは、脳卒中片麻痺者⁷⁾や脊髄損傷者^{8,9)}の歩行機能についてであり、脳性麻痺児者の報告はわずかである¹⁰⁾。ここでは、神奈川県にある療育医療センターにおける脳性麻痺児者に対

するHAL-LMの活用事例について紹介する。

HAL-LMは、通常の外来理学療法とは別に実施している（2015年8月導入開始）。装着症例の94.4%が脳性麻痺児者で、GMFCS（Gross Motor Function Classification System、粗大運動機能分類 システム）の内訳は図1に示す通りである¹¹⁾。

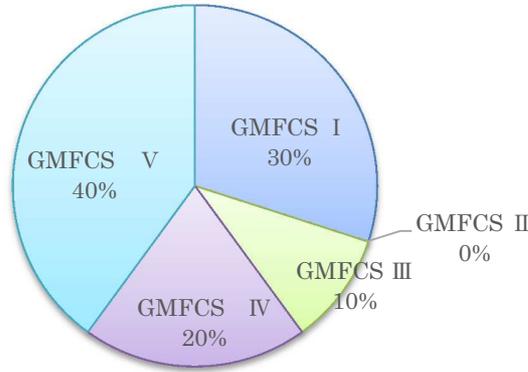


図1. HAL-LM装着脳性麻痺症例のGMFCS内訳

自立歩行可能な症例から重度の歩行障害を呈す症例まで、適宜HAL-LMを用い何らかの練習が可能であり、有害な事象は認めなかった。装着症例54症例のうち14症例（GMFCSレベル I・IV・V）が、HAL-LMを継続（1～2度/月）している(2017年6月時点)。

レベル	練習内容・回数	環境設定	目的
GMFCS V	姿勢・動作練習（課題志向型） 立ち座り・移乗 立位姿勢保持：①4分～7分②15分～20分 （*①、②へ段階的に進める）		立ち座り・移乗動作獲得 （介助者の介助量軽減） 立位姿勢保持改善 （下肢・体幹伸展支持能力改善） *歩行練習への前段階
IV	歩行練習	免荷装置	歩行能力改善
III			
II		歩行補助具 （免荷装置）	
GMFCS I	スクワット：20～50回/2～3セット 歩行練習約20分：2分間歩行（6分間歩行）繰り返し バランス練習：片脚立位・ステップ肢位等 階段昇降練習		筋力増強 バランス改善 歩容・歩行耐久性改善 応用歩行能力改善

図2. HAL-LMのGMFCSレベルに合わせた練習内容

HAL-LMの理学療法は、GMFCSのレベルに合わせて実施している（図2）。練習中は、HAL-LMに付属するモニターを用いBESや重心位置を確認し、Feedbackを行いながら練習している。GMFCSレベル I・IIの装着者には、ステップ肢位でのバランス練習など（図3）、通常の理学療法に類似した練習を積極的に実施し、装着前後の10m最大歩行速度、歩幅に有意な改善結果を得ている¹²⁾。



図3. GMFCS I・IIレベルに対するステップ肢位でのバランス練習

GMFCSレベルIV・Vの症例には、立ち座り・移乗・立位保持時能力改善目的に練習を行なっている。集中的立位保持練習により立位保持能力が顕著に改善した症例を紹介する。

症例は、痙直型四肢麻痺、12歳7ヶ月、男児である。装着頻度1～2回/月、装着回数は計16回である。初回装着時、免荷装置を用い立ち座り・立位保持・歩行練習を実施した。立ち座り・立位動作は可能だったが、体幹伸展位保持困難で、動作時に頸部伸展・上肢の引き込みを顕著に認めた(図4)。歩行練習は、立脚期下肢伸展支持、遊脚期下肢振出し不十分で、頸部を顕著に伸展し右上肢屈曲共同運動パターンを認め、重心の左右移動および頸部のコントロールに理学療法士の介助を要した。

HAL-LMのwalkモードでは、足底センサーに荷重すると立脚・遊脚を判断し歩行時の下肢動作を拡張・補助してくれる。しかし、脳性麻痺児では、HAL-LM装着適応基準限界の体重であることが多く、加えて免荷装置の使用により足底センサーに十分な荷重をすることが極めて困難である。これに対し、理学療法士が徒手で重心の左右移動を促すことで、足底センサーへの荷重を補助することも可能だが、本症例では介助を要す身体部位が多く、HAL-LMの特性を十分に活用し歩行練習を実施することが困難であると考えた。そこで、集中的に立位保持練習を実施した結果、見守りから指尖誘導程度の介助にて20～30分の立位保持が可能となった(図5)。また、立位保持時、後方への重心の崩れに対し自己にてバランスを修正する動作もみられるようになり、開始当初見られていた頸部伸展動作も消失した。さらに、両下肢への左右重心移動練習、軽度の足踏み練習も可能となったため、現在は、免荷式リフトPOPO(大和工業株式会社)を使用し歩行練習も開始している。



図4. 自立歩行困難症例
初回装着時



図5. 自立歩行困難症例
継続装着後

4. おわりに

医療・福祉ロボットには、個々の機能・特徴がある。今回の症例のように、歩行支援ロボットのイメージが強いHAL-LMも、その機能・特徴を十分に理解し活用すれば、立位保持練習などにも有効に使用することが可能である。

とは言っても、その機能・特徴を十分に理解し活用するためのノウハウは、使用者以外には、わかりづらなのが現状である。今後は、医療・福祉ロボットを活用する理学療法士の一人として、ノウハウの普及にも努めたいと考えている。

引用文献

- 1) ロボット政策研究会：ロボット政策研究会中間報告書-ロボットで拓くビジネスフロンティア, 2005 (<http://www.meti.go.jp/policy/robotto/chulamhoukoku.pdf>, 2014年12月閲覧)
- 2) 蜂須賀研二：脳卒中リハビリテーションにおけるロボット支援訓練.脳外誌.2012; 21 : 534-540.
- 3) 経済産業省/AMED「ロボット介護機器開発・導入促進事業」製品化機器一覧, 介護ポータルサイト (<http://robotcare.jp/wp-content/uploads/2017/04/List-of-commercialized-equipment.pdf>, 2017年10月閲覧)
- 4) 渡邊亜紀, 川井康平, 他：HONDA歩行アシストの継続使用による脳卒中片麻痺者の歩行変化.理学療法学.2016; 43(4): 337-341.
- 5) 有末伊織, 田中直次郎, 他：歩行アシストロボットを用いた回復期脳卒中患者に対する歩行練習の影響.理学療法科学.2015; 30(1): 119-123.
- 6) 山海嘉之, 桜井尊：サイバニクスと神経疾患治療の未来-HALによる機能再生治療-.神経内科.2017; 66(5):596-603.
- 7) Watanabe H, Tanaka N, et al. : Locomotion improvement using a hybrid assistive limb in recovery phase stroke patients; a randomized controlled pilot study. Arch Phys Med Rehabil. 2014 ; 95(11) : 2006-2012.
- 8) 吉川憲一, 水上昌文, 他：ロボットスーツHALを用いた脊髄損傷不全麻痺者に対する継続的歩行練習の効果.理学療法科学.2014; 29(2) : 165-171.
- 9) 長谷川真人, 山海嘉之.ロボットスーツHAL®福祉用を用いた歩行練習の効果：慢性不全脊髄損傷者に対する症例研究.理学療法科学.2014 ; 29(1) : 151-156.
- 10) 武富卓三, 山海嘉之：ロボットスーツHALによる脳性麻痺患者の歩行支援に関する研究.生体医工学. 2012; 50(1): 105-110.
- 11) 田上未来, 福原一郎, 他：当センターにおけるロボットスーツHAL福祉用の実施状況とその取り組みについて.第6回日本支援工学理学療法学会学術集会（会議録）.
- 12) 松田雅弘, 田上未来, 他：中枢神経疾患患者に対するロボットスーツを用いた機能改善効果の検証.LIFE2017（会議録）.