

# ロボットがリハビリテーション医療を変える

才藤 栄一<sup>1)</sup> , 平野 哲<sup>2)</sup>

藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学I講座 1)教授 2)講師2

## Robotics will change rehabilitation medicine

Eiichi Saitoh MD DMSc, Satoshi Hirano MD DMSc

Department of Rehabilitation Medicine I, School of Medicine, Fujita Health University

## リハビリテーション医療とロボット

少子化の中で超高齢社会に突入し多死多障害時代を迎えつつある日本において、効率と尊厳を両立させるリハビリテーション医療の確立が大きな課題である。

その際、工学的支援としてロボット技術が注目されるようになってきた。リハビリテーション医学は、患者の活動 (activity) レベルへの介入を主体とするため、精緻で強力な物理的介入をロボットに期待するからである。

活動へ介入することで人を支援するロボットを活動支援ロボット (activity assist robot : AAR) と呼ぶ。AARには、自立支援、練習支援、介護支援、認知情動支援の4分野がある。ここでは練習支援ロボット (exercise assist robot : EAR) について述べる。

活動の問題である障害 (disablement) には、機能障害 (impairment) , 能力低下 (disability) , 社会的不利 (handicap) という階層がある (例えば, ICIDH : WHO 1980) 。片麻痺患者で考えると、機能障害は片麻痺、能力低下は操作障害や歩行障害、社会的不利は復職困難など、になる。このうち、EARが介入するのは、機能障害と能力低下に対してである。それぞれの障害レベルで介入メカニズムがやや異なるので注意が必要となる。

ここでは、私たちの教室で運動学習の概念に基づいて開発を進めている2つのEARを紹介する。

## <バランス練習支援ロボット>

在宅高齢者における転倒の年間発生率は約10~20%とされており、転倒の5~10%に骨折が発生するとされている。要介護状態の原因として「転倒と骨折」は全体の8.4%を占める (2007年度国民生活基礎調査) 。バランス練習用のロボットはまだ少ないが、バランス能力改善による転倒予防の意義は大きく、これから開発が進むだろう。

これまではバランス練習として立位保持、片脚立位、継ぎ足歩行、バランスボードなどが行われてきたが、バランス障害を有する者にとっては、簡単すぎるか、難しすぎるかの両極端に位置し、適切な難易度の練習が存在しなかった、動きが少ないためフィードバックが得にくい、動きが少ないため退屈でつまらないという問題もあった。下肢の筋力増強練習がバランス練習として行われることが多かったが、バランス課題そのものでなく閉鎖課題 (closed task) であり、転移性に疑問があった。

これらの問題を解決し、運動学習の観点から有用なバランス練習を産み出すために、私たちはトヨタ自動車株式会社と共同で、バランス練習アシスト (Balance Exercise Assist ; BEAR) (図1) の研究開発を行ってきた (文献1) 。このロボットは体重をかけた方向に移動する制御方式 (倒立振子制御) を採用しているため、ロボットの動きを通じて使用者の重心位置がうまくフィードバックされる。コンピュータゲームと連動したバランス練習設計によって、練習意欲促進効果も期待できる。また、ゲームや

ロボットのパラメータを調整することによって、常に最適な難易度の練習を提供できる。また、ロボットを上手に操作するためには、股関節・足関節を用いたバランス制御が必要になるが、これは人間の主要なバランス戦略であるankle/hip strategyに類似しているため、転倒予防に対する転移性が高いと思われる。

慢性期中枢神経障害による転倒リスク例と虚弱高齢者例における予備的検討では、動的バランス指標の改善と練習の楽しさにおいて良好な結果を得、多施設での試行が始まっている。



図1. Balance Exercise Assist Robot (BEAR)

### <歩行練習支援ロボット>

トヨタ自動車株式会社と共同で、脳卒中片麻痺者の歩行練習アシスト (Gait Exercise Assist ; GEAR) を開発している。GEARは長下肢ロボット、低床型トレッドミル、安全懸架装置 (体重免荷装置としても使用可能)、ロボット免荷装置、患者用モニタ、操作パネルから構成される (図2) (文献2)。従来、片麻痺患者の歩行練習には下肢装具を用いることが多いが、長下肢装具には麻痺側下肢の振り出し困難、短下肢装具には膝折れの危険、とそれぞれ問題がある。歩行練習アシストでは、長下肢ロボットの膝関節にモータを配置することによって、この問題の解決を図っている。足底部の荷重センサと膝関節角度センサによって、遊脚期にはタイミングよく膝関節を屈曲させて下肢振り出しを支援し、立脚期にはモータの力によって膝関節の伸展保持を支援する。ロボットの操作は全て操作パネルで行い、療法士1人で対応可能である。熟練した療法士であれば、装着は5-6分、取り外しは1-2分で実施可能である。長下肢ロボットは患者の脚長や膝関節の内外反角度に応じて調整が可能であり、1台のロボットで複数の患者に適合できる。GEARの特徴の1つが精緻な調整性である。調整可能な項目として、膝伸展アシスト量、振り出しアシスト量、膝屈曲開始タイミング、膝屈曲伸展時間、体重免荷量などがある。これにより、常に最適な難易度の練習を提供できる。GEARのもう1つの特徴が高フィードバック性である。患者向けのフィードバック項目としては、前面モニタに全身像 (鏡像)、足元像を表示可能であるほか、音声フィードバックとして、膝折れ、荷重成功などが提示可能である。患者では、複数の情報をまとめて理解

するのは困難なことがあり、その場合は、優先度の高い情報に絞ってフィードバックとして用いる。治療者には専用のパネルがあり、パラメータの調整を行うだけでなく、リアルタイムで膝関節角度や麻痺側荷重量が示されるため、歩容が適切かどうかの判断に有用である。

予備的検討では、通常の装具を用いた歩行練習群に比して効率的な歩行能力改善を達成できると思われた。現在、多施設での検討が始まっている。



## 文 献

- 1) 平野哲, 才藤栄一, 田辺茂雄, 矢篋原隆造: リハビリテーション・ロボティクス. BIO Clinica 30 (12) 1153-1157, 2015.
- 2) 才藤栄一, 平野哲, 田辺茂雄, 山田純也, 園田茂. 運動学習と歩行練習ロボット. Jpn J Rehabil Med 53: 27-34, 2016.