

歩行機能回復からみた脊髄損傷者に対する歩行訓練の意義

Locomotor training in spinal cord injured patients toward the reactivation of gait function

矢野裕美, 太田裕治

Hiromi YANO, Yuji OHTA

お茶の水女子大学大学院 ライフサイエンス専攻

1. はじめに

脊髄損傷者は移動に際し車椅子利用が前提となるが、車椅子のみに頼り歩行放棄すれば心身面での問題が避けられない。これに対し補助装具を用いた自立歩行が良好な効果を及ぼすことが確かめられおり、日常で簡便に利用可能な支援機器が求められるが、現在までに開発されてきた歩行補助装具の多くは着脱の煩雑さ、少ない関節自由度、無動力源などから、歩行労力も大きく日常的に利用されているものはない。これに対する試みとして、我々の研究室では市販歩行補助装具 **Advanced Reciprocating Gait Orthosis** をベースに、股・膝両関節の小型 DC モータによる動力化を試みてきた。これを用い、脊髄損傷者 6 名を対象に装具歩行動作を計測し、動力化の有効性（歩行能力、労力減少、免疫能力など）を確認した。また、さらに重要な点として、歩行中の麻痺筋の活動量計測を行ったところ、装具歩行中の **kinematics** の変化により求心性入力に変化し、それに伴って歩行様筋活動が変化することを見出した。これは、従来、受傷後変わらないと考えられていた脊髄神経パターンが歩行訓練により活性化・可塑化することを意味している。従来から動物脊髄内には周期的筋活動を発生させる神経回路 (**Central Pattern Generator, CPG**) の存在が確認されていたが、これが同様にヒト脊髄内にも存在することを示していると考えられる。このことより従来回復不可能と考えられていた脊髄損傷者が、再度歩行機能を獲得する可能性が見いだされつつあり、本稿ではこの脊髄損傷者に対する新たな歩行訓練

の研究動向に関し、脊髄内歩行パターン発生器と歩行機能回復の点から述べる。

2. 不全麻痺者の歩行訓練

脊髄損傷者の歩行能力改善において有効なリハビリテーションの 1 つに、トレッドミル上での歩行訓練がある。ドイツの **Wernig**¹⁾ はトレッドミルと従来の平行棒などを用いた歩行リハビリを比較している。この報告をみるとトレッドミル訓練では受傷からの期間が短い不全麻痺者（受傷後 1 年未満）の 92% がトレーニング後に自立歩行を再獲得している。これは、従来の平行棒による歩行リハビリでの結果が 50% であったことから考えても高い割合であることが分かる。また、両者の差が顕著に現れたのは、受傷からの期間が長い（1 年以上）脊髄損傷者での結果である。ここでは、従来の歩行訓練では 14 人中 1 人しか自立歩行を獲得できなかったのに対し、トレッドミルでは 33 人中 25 人が自立歩行を再獲得し、大きく差が出ている。この結果は、トレッドミルによる安定した歩行訓練によって得られる末梢からの入力信号によって脊髄内の歩行中枢機能が再活性化され、それを継続的に行うことで神経・筋系の適応的变化を誘導したことに基づくものと考えられる。

3. ヒトの脊髄における CPG の存在

CPG はリズムカルな神経系活動を筋活動に伝えて、歩行様運動行動を発生させる神経構造である。動物のようにヒト脊髄にもこのような神経回路が存在するのかは現在まで分かっていなかったが、その存在を支持する報

告が近年相次いでいる。Calancie らの研究²⁾はそのさきがけであり、仰臥位において受傷から 17 年経た慢性期脊髄損傷者の下肢の特異な動きに注目したものである。この研究は本来下肢を自らの力では動かさない対麻痺者の足が意思とは無関係に突然動き出す現象を対象としたものである。その動きとは左右の足が交互に一定間隔で動き、まるで歩いているかのようにだったと記されている。本来、この患者では脳と脊髄間の連絡は脊髄損傷により遮断されている。従ってこの患者に見られた歩行様筋活動は、脊髄内の運動神経回路自身から発せられたものと推測され、人間における CPG の存在を示唆する初めての報告となった。

4. 歩行補助装具を用いた歩行訓練

上記の研究現況を踏まえ、現在、我々の研究室では国立身体障害者リハビリテーションセンターと共同で完全脊髄損傷者に対するトレッドミルを用いた装具歩行訓練を実施している (Fig.1)。また、ここでは先に述べた膝・股関節を動力化した歩行装具を利用することで、より多くの上位入力を CPG に対し与えることが可能である。また、この装具の股関節、膝関節は一定の間隔で屈曲-伸展しており、この間隔は事前に採取した被験者の快適歩行速度から設定することができる。Fig.2 にその動力化装具により歩行した場合の床反力ならびに各関節の角度変化を示す。このように膝関節を動力により屈曲させることで動作力学的、神経生理学的にみて膝が伸展位で固定された従来の装具歩行に比べ、健常者の歩行に近いトレーニングが実施可能である。

トレッドミル上において再現性があり、かつリズムカルな歩行訓練が実現できてこそ、脊髄に対する最適求心性入力達成される。この入力は脊髄内の運動中枢を刺激し、麻痺筋群を活性化するために必要である。よって、この試みは脊髄損傷者の装具歩行リハビリテ

ーションに新たな展開をもたらす可能性があると考えられる。

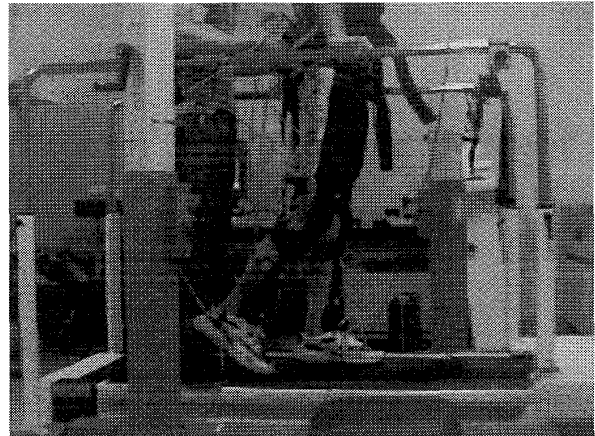


Fig.1 動力化装具装着時における Treadmill 上での歩行訓練

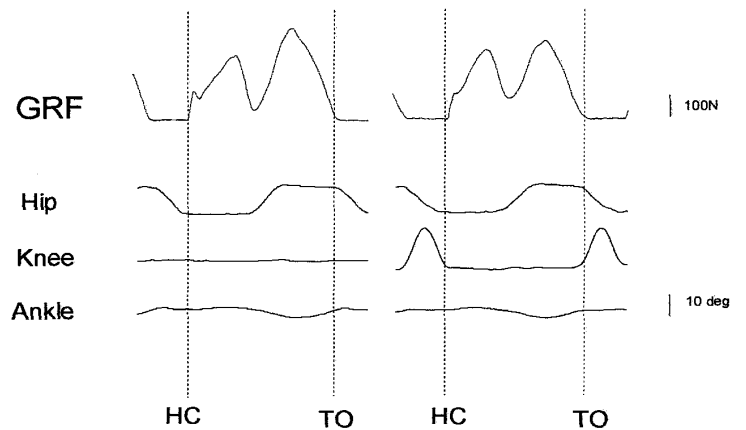


Fig.2 通常型装具 (左), 改良型装具 (右) による歩行中の床反力および関節角度変位
HC : 着踵時, TO : 離地時

参考文献

- 1) A.Wernig, S.Muller, A.Nanassy and E.Cagol: Laufband Therapy based on rules of spinal locomotion is effective in spinal cord injured persons. Euro J Neurosci, 7, 823-9, 1995.
- 2) Blair Calancie, Belinda Needham-Shropshire, Patrick Jacobs, Keith Willer, Gregory Zych and Barth A.Green: Involuntary stepping after chronic spinal cord injury. Brain, 117, 1143-1159, 1994.
- 3) Latash ML. 運動神経生理学講義 細胞レベルからリハビリまで, 大修館書店, 2002.