対麻痺用歩行補助装具の簡易歩行機能計測評価システム

○森本正治 鈴木祥生 鈴木康雄 田中芳則(労災リハ工学センター)

A simplified gait analysing system of external lower limb orthosis for the paraplegia

Shoji Morimoto, Yoshitaka Suzuki, Yasuo Suzuki, Yoshinori Tanaka (Rosai Rehabilitation Engineering Center)

1. はじめに

脊随損傷による対麻痺者が日常生活の様々な場面で容易に立ち上がり動作ができ、短距離でも歩行できれば、移動手段を車椅子と併用することで幅広い生活の質の向上が期待できる。最近、これを実現するために装着が簡便なWalkabout (内側股継手式長下肢装具) や交互歩行補助機構を組み込んだ下肢装具 (ARGO) が使用されるようになり、リハ訓練の場でこれらの装具による訓練経過を簡便に計測評価して訓練計画に反映させる必要性が出てきた。そこで、我々は従来の運動分析システムを用いて訓練効果を定量的に計測評価し、その結果に基づいて体装着型センサによる簡易計測評価システムを試作した。

2. 訓練効果の計測方法

下肢装具を装着して立位保持と杖歩行が可能な段階まで回復すると考えられる被験者4名を対象にした。下肢装具としてWalkaboutを用い、これとARGOとの比較計測を行った。ARGOはWalkaboutに較べて股継手部にレシプロカル機構を備え、膝継手と股継手の屈曲と伸展ロックをワンタッチで切り替えできるという特徴がある。歩行補助具として歩行器またはロフトランド杖を用いた。計測項目については、代謝量計測装置により酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、エネルギー代謝量、心拍数、PCIを、床反力計により立位時の前後・左右方向ZMP移動量、歩行時のZMP軌跡、片足または片方の杖の床反力・ZMPを、座標計測装置により下肢標点座標の軌跡、ステップ長、歩隔等を計測した。

表1 被験者および障害レベル

氏名	性別	傷害レベル	年齢	身長	体重
T. S.	女	T8	50	153cm	45.5kg
M. Y.	男	L1	26	176cm	76kg
T. M.	男	C7	25	170cm	45kg
M. S.	男	T12/L1	50	165cm	57kg

3. 計測結果

図1に被験者M.Y.の訓練経過とPCI(心拍数/歩行速度)との関係を示す。Walkabout、ARGOともに、訓練の経過につれてPCIが減少する傾向がみられ、訓練効果が現れて楽に歩けるようになっている。Walkaboutによる訓練の後、ARGOに替えて訓練を行うと、さらにPCIが減少する傾向がみられる。酸素摂取量、炭酸ガス排泄量、エネルギー代謝量については変化が極めて小さかった。

図1 平坦路上の交互歩行時におけるPCIと訓練効果の関係(被験者:M.Y.)

図2(a)に被験者M.Y.の訓練経過と平均歩数との関係を、(b)に平均速度との関係を示す。訓練により歩幅が増加し、歩行速度が上がる。Walkaboutによる訓練の後でARGOに替えると、さらに歩幅が増加し、歩行速度が上がる傾向がみられる。

(a) 平均歩数と訓練効果の関係

(b) 平均速度と訓練効果の関係

図2 平坦路上の交互歩行時における平均速度、平均歩数と訓練効果の関係

図3に踵の進行方向座標の時間変化を示す。右(実線)と左(破線)の階段状の高さが1ストライド長を、右と左の差が1ステップ長を示す。全体の傾斜が歩行速度に対

応ずる。(a)はWalkaboutの訓練到達限界であり、ARGO 60に替えた最終到達段階(b)ではステップ長、ストライド長が増加し、さらに歩行速度が上がる。

図3 平坦路上の交互歩行時における両足部の移動

図4に、両脚と両杖の接地／離地の時間因子を、ARGOの訓練経過とともに計測した結果を示す。接地時間が減少する一方で離地時間が増大しており、活発な歩行が実現されている。

4. 簡易計測システム

従来の運動分析システムを用いた訓練効果の計測評価結果から、心拍数、歩幅、杖と脚の接地／離地の時間因子、下肢や体幹の傾斜角度等が有用であることが示され、その結果に基づいて体装着型センサによる簡易型計測評価システム(図5)を試作した。心拍数には胸部電極方式心拍計を用いた。歩幅は、股継手に着脱容易な治具上に導電性ゴム方式の1軸型フレキシブル関節角度計を取り付けて、既知の下肢長から計算により求めた。杖の接地／離地は、先端部に沿わせたガイドによる上下動をマイクロスイッチで検知して、足底の接地／離地は中敷きの前足部と後足部に貼り付けた2個の感圧導電布(0.2mm厚)製スイッチで検出する方式とした。体幹および下肢の傾斜角度は、3軸静電容量型加速度計(住友精密C3A-02-32)および1軸ヒエゾ抵抗型加速度計(IC Sensors 3140)を用いた。これらのセンサ出力をパームトップ型のパソコンに取り込み、Window s98上でLabVIEWによりデータ収録・処理した。

5. おわりに

代謝量と運動力学量の計測値から、対麻痺歩行用装具のリハ訓練効果を定量化できることを示し、これを、脚と杖の接地／離地の時間因子、歩幅、体幹や下肢の傾斜角度といった簡便に計測できる物理量に置き換えて、臨床サイドで使える携帯型の計測評価システムを構築した。今後、臨床の訓練の場で簡易に訓練効果を定量化できることを実証するため、試用評価を進める予定で

ある。

(a) 両脚・両杖の接地／離地時間パターン

(b) 被験者M.Y.のARGO歩行訓練における接地／離地時間と訓練効果の関係
図4 両脚・両杖の接地／離地時間と訓練効果の関係

図5 簡易計測システム