

動力化装具による脊髄損傷者の歩行解析

Gait Analysis of Paraplegics with a Power-Assisted Orthosis

人間工学研究室 9830130 吉田ももこ Momoko YOSHIDA

1. 背景と目的

(1) 脊髄損傷 (Spinal Cord Injury, SCI)

脊髄損傷とは脊髄の断裂により断裂部位以下の神経機能が喪失したものであり、胸髄損傷では対麻痺(両下肢麻痺)、頸髄損傷では四肢麻痺となる。第4頸髄より高位の脊髄損傷者は呼吸障害のため人工呼吸器の支援が必要となる。四肢麻痺、対麻痺患者は歩行が不可能であり、麻痺部位以下での筋萎縮や骨粗鬆症が進行し骨折や関節拘縮を起こす。また、自律神経障害が起こり、発汗・代謝障害など体温調節機構に障害が現れ、加えて心調節機能・末梢循環調節障害など循環障害が起こる。最も深刻な障害は自律神経障害と運動神経障害が複合した排泄機能障害で、自立排尿・排便が不可能となる。

わが国の脊髄損傷者数は年々増加している。1996年の厚生省(現厚生労働省)の実態調査では18歳以上在宅者数が約76,000人となっており、現在の実際の患者数は80,000人以上と考えられる。一方海外ではヨーロッパ文化圏に約300,000人、アメリカ文化圏に400,000人、アジア文化圏では600,000人以上に達すると考えられている¹⁾。脊髄損傷の発生原因は、交通事故が43.7%で最も多く、続いて転落28.9%、転倒12.9%となっている。

(2) 脊髄損傷者用歩行補助装具

脊髄損傷者は移動手段として車椅子を使用するのが一般的である。しかし歩行には筋萎縮や骨粗鬆症の予防、呼吸循環機能の維持、免疫の活性化、消化機能の改善などの意義があり、立位歩行は体力・健康維持に不可欠である。さらに他者との視線の違いからくる精神的影響の指摘もあり、車椅子に頼り歩行を放棄すると心身共に様々な弊害を免れることはできない。このため、1969年からParawalker, RGO, ARGO, Walk About, WBCなどの各種脊髄損傷者用歩行補助装具が開発されてきた。

(3) ARGO(Advanced Reciprocating Gait Orthosis)

本研究ではARGOを用いた。これは体幹装具とプラスチックの足部装具を持つ長下肢装具からなり、遊動型股関節の一方の股関節を伸展させると他方の股関節が屈曲する機構(レシプロ機構)を備えた装具である。このためこの装具では下肢の交互振り出しが可能という利点がある。Fig. 1に外観を示す。

(4) 目的

ARGOは下肢の交互振り出しが可能であるが、足を繰り出すためには重心を片側に移動し、足を浮かせ前に振り出すという健常者の歩行にはない体位の移動が必要となる。これは下肢の制御が不可能な脊髄損傷者には特に困難と考えられる。そこでレシプロ機構を動力化することにより、足の前方繰り出しを自動化し歩きやすく改良することが本研究の目的である。

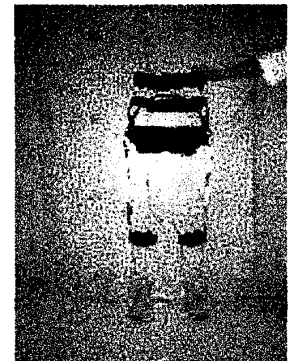


Fig. 1 Photograph of ARGO

2. 実験方法

(1) レシプロ機構部の動力化

レシプロ機構は、レシプロケーティングケーブルが左右に動くことによって可能となる。このケーブルの動きを動力化するためケーブル両端にリニア(直動型)アクチュエータ(Minimotor 3042並びに減速機30/1 66:1, Faulhaber社製。及び電動プッシャーEP40, 旭精工株, 全1.3kg)を取り付けた。電源はニッケル・水素蓄電池(三洋電機製 HR-3US 定格容量1600mAh, 14V)を用いた。

(2) 測定

ARGOを装着した患者(23歳男性, 身長173cm, 体重68kg, 第12胸髄完全損傷。体幹支持筋は残存しているものの下肢の振り出しは不可能)の約6m区間の歩行を計測した。計測はレシプロ機構部の動力を使

Table 1 Position of the markers

取り付け位置	取り付け数
頭頂	1点
第7頸椎棘突起	1点
肩峰 左右	2点
橈骨小頭 左右	2点
橈骨茎状突起 左右	2点
大転子 左右	2点
大腿骨外側顆 左右	2点
腓骨外果 左右	2点
第2中足骨頭 左右	2点
杖先 左右	2点

わずに 5 回, 動力のみで 3 回, 動力に自力を加えて 2 回行った。患者ならびに杖先には計 18 個の反射式マーカを張り付け (Table 1), 歩行を 3 次元動作解析装置 VICON で計測した。これはマーカを 7 台の CCD カメラで撮影し, 3 次元座標化し同時に床反力データを採取するシステムである。サンプリング周波数は 60Hz である。

3. 結果と考察

3次元座標データに基づき歩行速度, 骨盤・肩回旋角度を解析した。骨盤と肩の回旋に注目したのは, 下肢が制御不可能である患者は上半身の力で下肢を振り出すため, 動力化の効果は上半身に出ると予想したからである。

(1) 歩行速度

患者の歩行速度は, 動力を使わないときの ARGO 歩行では 0.43m/sec, レシプロ動力を用い自力も加えた歩行では 0.53m/sec であった。動力化により歩行速度は 23% 上昇し, 健常者の約 1/2 にまで改善することがわかった。

(2) 肩回旋

肩の回旋角度変化のグラフを Fig. 2 に示す。角度は, 体の右側が前に来ているときが+, 左が前のときが-である。(a)は普通の ARGO 歩行, (b)は動力によってのみ股関節を運動させた歩行である。これを見ると, (a)よりも(b)の振幅が小さくなっている。これは普通の ARGO 歩行よりレシプロ機構部の動力を使ったときの方が肩の回旋角度が小さくなったことを示している。これは動力の使用によって上半身の動きが減少したためと考えられる。

(3) 骨盤回旋

骨盤回旋角度の角加速度変化のグラフを Fig. 3 に示

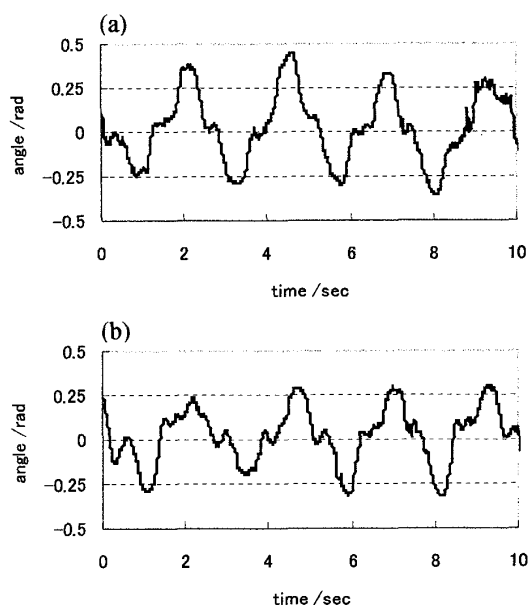


Fig. 2 Changes in angular of shoulder rotation with normal ARGO(a) and power assisted ARGO(b)

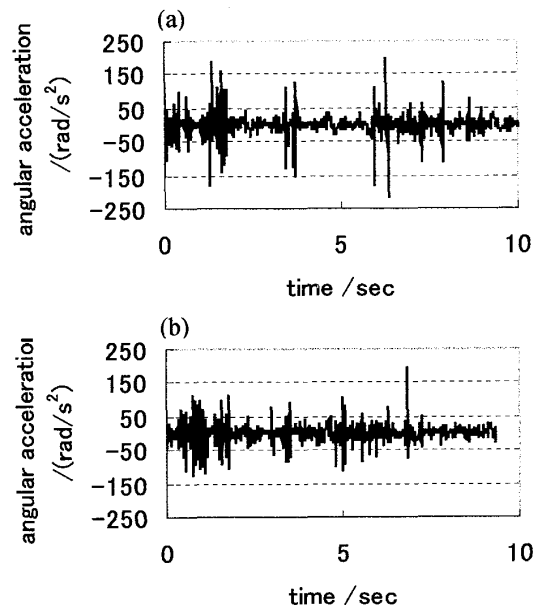


Fig. 3 Changes in angular acceleration of pelvis rotation with normal ARGO(a) and power assisted ARGO(b).

す。(a)は普通の ARGO 歩行, (b)はレシプロ動力を用いた歩行である。(a)では(b)よりも振幅が大きい箇所が数多く現れていることがわかる。この振幅の大きい箇所は, 骨盤を勢いよく廻している, すなわち上半身の力で強引に腰を振り足を前に投げ出している箇所であると考えられる。レシプロ機構部の動力化により振幅は 44% 減少し, 強引な腰の振りが減少していることがわかった。肩・骨盤回旋の解析結果を総合して, レシプロ機構部の動力化により上半身の負担が軽減したと思われる。これは主観的であるが被験者の感覚とも一致した。本装具は自力では下肢の振り出しができないより高位の損傷を有する患者にも有効と考えられ, 歩行装具の適応拡大が期待できる。

4. 結論

ARGO をより歩きやすい装具に改良するため, そのレシプロ機構部にアクチュエータを取り付け, 足の振り出しを動力化した。その結果歩行速度は 23% 向上し上半身の負担が軽減した。

謝辞

本研究にあたり御指導頂きました国立身体障害者リハビリテーションセンター河島則天先生, 中澤公孝先生, 矢野秀雄先生, ならびに実験にご協力頂きましたパラリンピックアイススレッジホッケー日本代表高橋和廣さんに心から感謝いたします。

参考文献

1. 矢野英雄. 「脊髄損傷者のために開発した人工肢一荷重制御式歩行補助装具一」 Research Journal of Walking, 15-30, 1997.