

厚生労働科学研究費補助金
障害保健福祉総合研究事業

脊髄損傷者用歩行補助装具の開発

平成15年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 太田 裕治

平成16（2004）年 4月

目 次

I 総括研究報告 脊髄損傷者用歩行補助装具の開発 大田 裕治	-----	1
II 分担研究報告 中澤 公孝	-----	5
III 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	7
IV 研究成果の刊行物 別刷	-----	8

脊髄損傷者用歩行補助装置の開発

主任研究者 大田 裕治 お茶の水女子大学生活科学部

研究要旨

昨年度開発した膝・股関節動力型 ARG0 装置をベースに各損傷高位の脊髄損傷者を対象に歩行実験を行い、基礎的歩行運動データを収集した。装置歩行時のキネティクスとして肩まわりの負荷モーメントを解析した結果、訓練期間とともに杖操作の巧緻性が飛躍的に向上することかわかり、歩行の不安定さを克服したフィートフォワード的要素が生じることを確認した。また動力化装置を用いてトレントミル上で歩行実験を行い、歩行中の筋活動を計測した結果、遊脚期における膝関節屈曲-伸展動作の実現に伴って腓腹筋および大腿直筋の活動振幅が有意に増加した。その他、脊髄損傷者の立位歩行中の脊髄歩行中枢の活動を評価するために、立位歩行中に足関節に機械的外乱刺激を課す装置のプロトタイプ等を新規に開発した。

分担研究者

中澤公孝・国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所・運動機能系障害研究部・神経筋機能系障害研究室 室長

A 研究目的

本研究の目的は脊髄損傷者（対麻痺者）が日常的に利用可能な簡便な歩行補助装置を開発することである。具体的には、①近年研究進展の著しい2足歩行ロボット技術を応用することで、股・膝関節回転にパワーアシスト機構を組み込んだ動力化歩行装置を開発する、②装置歩行により両関節運動を長期間継続的に行うことで脊髄神経内歩行パターンジェネレータの再建を目指す。またこれを促進させるメカニズムを装置に組み込み2足歩行再建プログラムとして完成する、を行う。

現在までに脊髄損傷者は移動の手段として主に車椅子を利用してきた。しかし車椅子のみに頼り歩行を放棄すれば、長期的に呼吸循環機能、筋量、骨密度、免疫、消化機能等は低下し、また、心理的側面（視線の高さの違い）も問題となる。これに対し、現在までに脊髄損傷者の歩行を可能とする補助装置が多く開発されてきた。しかし、これらはいずれも専門施設でのリハビリテーション訓練を主目的とした装置であり、多大な歩行労力が必要、僅かな段差越えも困難である場合が多いことから歩行補助を日常的に実現するには多くの課題が残されている。本装置開発等により期待される成果としては、①脊損者の安定した日常歩行が可能となり、生理・心理両面での状況の改善、Quality of Lifeの向上、②長期的歩行動作により脊髄機能か再建されれば、より自律的な歩行動作が可能となり、結果として装置に要求されるパワーアシスト設計仕様はより小さいものとなり安価簡便な装置か提供可能、③脊損者の社会参加、

就労支援、ノーマライゼーションに貢献、④将来的に脊髄神経の再生技術か実現した場合でも、神経の再接続・学習には相当量の歩行訓練か必要であり本歩行器をそれに利用、などかあけられる。

B 研究方法

昨年度の研究成果を受けて本年度は以下の4項目を実施した。

1) 対麻痺者の装置歩行キネティクスの解析

対麻痺者の立位歩行は歩行パターンジェネレータ(CPG)を再賦括させ歩行機能を再獲得できる可能性がある。その活性化には、ある程度速く歩くこと、足底への適切な荷重負荷、股関節伸展などか必要であり、装置によりそのような歩行動作を表現させる必要かある。しかし対麻痺者の歩行キネティクスは明確てはなく、また訓練方法も確立されていない。そのため昨年度は、各種障害レベルの被験者に対し、歩行キネマティクスの障害部位依存性を調べた。本年度は装置歩行キネティクスを歩行運動習熟度との関連性から検討した。具体的にはAdvanced Reciprocating Gait Orthosisを装着した完全対麻痺者(第12胸髄完全損傷)の約6 m区間の有杖歩行を計測した。計測は装置歩行開始時点(2000年10月)およびその1, 6, 15, 23ヶ月後の計5回行った。被験者ならびに杖先に計18個の反射式マーカを貼り付け、約6 m区間の装置歩行を3次元動作解析装置VICONならびに床反力計で測定した。

2) トレントミル歩行による歩行パターンジェネレータの再賦括に関する検討

歩行パターンジェネレータの特性解析を目的に、本年度は昨年度製作した脊髄損傷者の装置歩行遊脚期における膝屈曲-伸展動作補助装置について、対象者の歩行速度に合わせて動作位相・時間を制御できるよう改良した。具体的

には杖動作を省き、歩行の効率化ならびに長時間歩行を実現するため、トレッドミル上での歩行実験を実施した。計5名の脊髄胸髄損傷者を対象に歩行中の麻痺下肢筋活動を計測した。

3) 歩行パターンジェネレータの解析のための外乱アハイスの試作

脊髄損傷者の立位・歩行中の脊髄歩行中枢の活動評価のために、立位・歩行中に下肢(足関節)に機械的外乱を課す装置のプロトタイプを製作した。具体的にはハネ(28~50N/mm)に1J程度の機械エネルギーを蓄え、それを電磁石によってインパルス的に放出することで足関節に底屈および背屈刺激を加えることのできる装置を試作した。

4) 産性軽減のためのテハイス試作

脊髄損傷者に頻発する産性に対し、足関節における産性低減を目的とする装置を試作した。具体的には通常の車椅子のフットレストを4-6回/分、±30度程度のゆっくりとした速度で回転させることで、日常的に足関節のストレッチングを行うもので、減速機付DCモータのon-off制御により実現した。

(倫理面への配慮)

上記項目中の歩行計測実験は国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所にて実施し、同研究所及び同病院の研究倫理規定に則り被験者の人権を尊重して行った。特に障害者が被験者となる場合は、事前に研究趣旨を十分説明し了解の上実施した。また、研究で得たデータを被験者に伝え、健康管理に役立てる方法を考慮した。

C 結果ならびに考察

1) 対麻痺者の装具歩行キネティクスの解析

Fig 1に歩行速度の経時的向上を計算式、

歩行速度(m/秒) = ストライト長(m) / 歩行周期(秒)

から求めた結果を示す。2002年9月の時点で歩行開始当初に比べ歩行速度が約2倍に増加し歩行能力が向上したことが分かる。また歩行周期中の遊脚期と立脚期の比率を見ると、遊脚期には大きな変化は見られなかったものの立脚期は明らかに減少することがわかり (Fig 2)、これが歩行速度の向上に結びついていたと考えられた。

つきに歩行習熟には非麻痺領域である腕を使う杖の動作が大きく影響すると考え、杖着床中の右肩関節モーメントを算出した。モーメントの定義をFig 3に、結果をFig 4に示す。図中0%は杖の着床時点、100%は離床時点を示し、結果は同一実験日のものを加算平均した。矢状

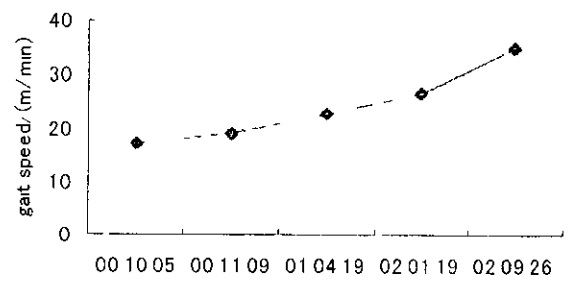


Fig 1 Gait speed

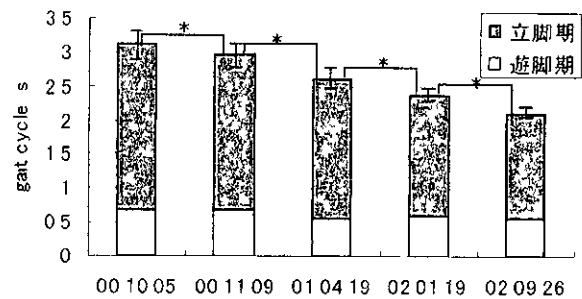


Fig 2 Stance and swing phase

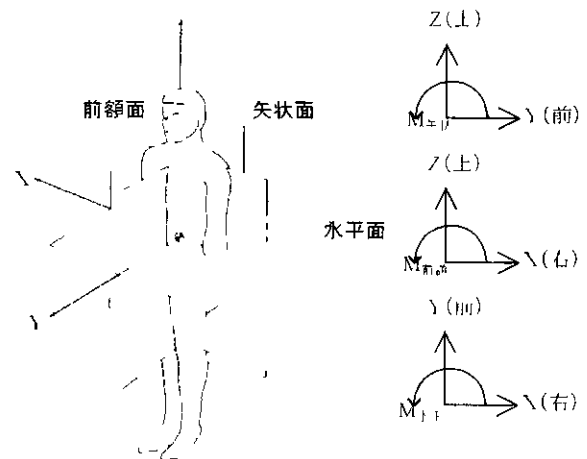


Fig 3 Definition of Moments

面モーメントを見ると、(e)の時点で左脚遊脚期に大きく負となることか分かる。これは杖を後方に引く力が働くことを示し、対側脚の遊脚時に杖(腕)で後ろ向きに力を発生させることで、体幹の前方引き寄せ動作を獲得したと考えられる。同様に前額面モーメントは歩行開始当初は正であったが、訓練とともに右脚遊脚期に負に変化した。前額面モーメントが正であることは外側に押す力が作用することであるから、これは訓練当初は常に杖を外側に押してバランスを維持し歩いていたが、体幹を左右に腕で引き寄せられるようになったことを示している。すなわち矢状面と前額面のモーメントはいずれも被験者の体幹引き寄せ能力の向上を示しており、これが歩行速度の向上につながったと考えられた。

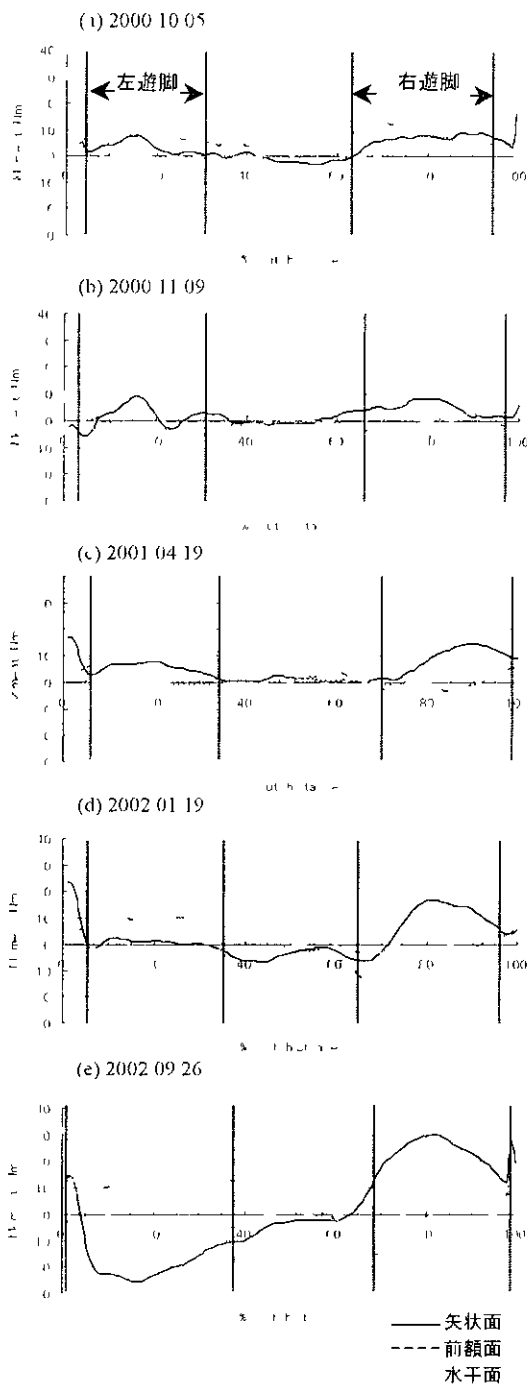


Fig 4 Changes in the moments of right shoulder during crutch stance

2) トレントミル歩行による歩行パターンニューロレータの再賦活に関する検討

歩行パターンニューロレータの特性解析を目的に、本年度は昨年度製作した脊髄損傷者の装具歩行遊脚期における膝屈曲-伸展動作補助装置について、対象者の歩行速度に合わせて動作位相・時間を制御できるよう改良した。具体的には杖動作を省き、歩行の効率化ならびに長時間歩行を実現するため、トレントミル上での歩行実験を実施した。全5名の脊髄胸髄損傷者を対象に本装具での歩行中の麻痺下肢筋活動を計測した結果、改良型ARGOによる歩行時には、

通常ARGO使用時の歩行速度、股関節連動を減らすことなく歩行遊脚期における膝関節動作が表現された。また両装具での歩行中の筋活動を計測した結果、遊脚期における膝関節屈曲-伸展動作の表現に伴って腓腹筋および大腿直筋の活動振幅が有意に増加した。さらに歩行遊脚期の股関節屈曲動作を動力補助することにより、歩行動作、エネルギーコストがいかなる変化を示すかを検討した結果、動力補助の直接の対象である股関節屈曲動作には動力補助に伴う顕著な変化は認められなかったが、体幹筋群に連動麻痺か及ぶ胸髄高位損傷者では、歩行中の正常状態酸素摂取量と歩行速度から算出したエネルギーコストが動力補助によって改善し、杖の床反力が減少する傾向を示した（詳細は分担研究報告書参照）

3) 歩行パターンニューロレータの解析のための外乱テハイス評価

試作した外乱テハイスの外観を写真1に示す。健常者を対象に試作機の特性を確認したところ、数100deg/sec程度の足関節屈曲回転速度が得られ、それに対する筋電反射信号も安定して得られた。これにより麻痺領域である下腿筋群に伸張反射応答を誘発するための基本的要素を満たす装置を完成させることかできた。本装置は小型軽量かつARGO装具に組み込み可能な点が特徴であり、上記2)のトレントミル上歩行における刺激入力実験の実施に向けて更なる改良を行う。

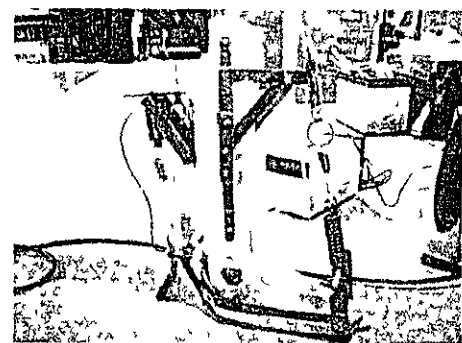


写真1 足関節外乱テハイスの外観

4) 圧性軽減のためのテハイス試作

試作したテハイスの外観を写真2に示す。写真に示すように、ユーザーは車椅子背座状態で足をフロントレスト部に乗せるだけで、日常的に屈曲伸展連動を行うことかでき圧性低減か期待できる。具体的な評価は次年度に行う。

D 結論

本年度は昨年度に開発した膝・股関節動力型ARGO装具をベースに、各損傷高位の脊髄損傷者を対象に歩行実験を行い、基礎的歩行運動データを収集した。その結果、以下の結果概要か

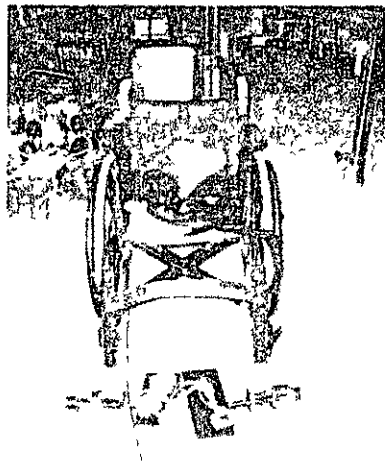


写真2 試作した圧性軽減のためのテハイス
得られた

(1) 装具歩行キネティクスとして肩まわりの負荷モーメントを詳細に解析した結果、訓練期間とともに杖操作の巧緻性が飛躍的に向上することかわかり、歩行の不安定さを克服したフットフォワード的要素が生じることを確認した。この結果はT12レベルのものであり、他の損傷高位の場合の歩行習熟については、訓練方法・尊人時期などの検討が必要である。

(2) 動力化装具を用いてトレントミル上で歩行実験を行った結果、改良型ARGOによる歩行時には、通常ARGO使用時の歩行速度、股関節運動を減することなく歩行遊脚期における膝関節動作が表現された。とくに両装具での歩行中の筋活動を計測した結果、遊脚期における膝関節屈曲-伸展動作の実現に伴って腓腹筋および大腿直筋の活動振幅が有意に増加し、歩行パターンジェネレータの再賦活化に関する期待が寄せられた。

(3) 新たなテハイス開発として、脊髄損傷者の立位歩行中の脊髄歩行中枢の活動を評価するために、立位・歩行中に下肢(足関節)に機械的外乱を課す装置のプロトタイプを製作した。また、圧性軽減のためのテハイス試作として、脊髄損傷者に頻発する圧性に対し、足関節における圧性低減を目的とする装置を試作した。

(4) 2年間の研究の結果、最終年度に向け2つの研究開発方向が考えられる。①対麻痺者の移動を現実的に考えた場合、車椅子の利用が圧倒的に有利であり歩行装具は第一選択にはなりえない。ただし装具による自立歩行が生理・心理面に対して有効であることは分かっており、その中で、車椅子と併用の可能な簡便で安価な歩行器を開発する必要がある。②適切な訓

練に基づいて自立歩行を行うことで麻痺筋からも筋放電が得られることか分り、損傷後も脊髄神経中枢は活性を保っていること、また、予習により再接続可能であることか明らかとなった。従って①で述べた歩行器に関しては、ただちに立位で歩行できれば良いというのではなく、歩行パターンジェネレータの再接続を射程に入れた訓練システムを考えておく必要があると考えられる。

E 健康危険情報 分担研究報告参照

F 研究発表(学会発表)

- 1) Yuji Ohta, Noritaka Kawashima, Kimitaka Nakazawa Development of a powered gait orthosis for spinal cord injury patients 2nd International Conference on Biomechanics of the Lower Limb in Health, Disease and Rehabilitation, 30-31, 2003
- 2) 山口裕子, 矢野裕美, 吉田ももこ, 河島則天, 中澤公孝, 太田裕治 脊髄損傷者の装具歩行における上肢負荷 第19回ライオンサポート学会大会講演予稿集, 61, 2003
- 3) 矢野裕美, 山口裕子, 吉田ももこ, 河島則天, 中澤公孝, 太田裕治 脊髄損傷者の歩行運動の損傷部位依存性 第19回ライオンサポート学会大会講演予稿集, 60, 2003
- 4) 河島則天, 太田裕治, 谷崎雅志, 中澤公孝, 赤居正美 脊髄損傷者の装具歩行における膝屈曲-伸展動作付与の試み 日本義肢装具学会誌 19(3), 222-227, 2003
- 5) 田口大介, 河島則天, 太田裕治, 中澤公孝, 赤居正美 脊髄損傷者の装具歩行における股関節動作の動力補助, 日本義肢装具学会誌(投稿中)
- 6) 村木亜沙美, 中友美, 松元明弘, 太田裕治 トルクユニットによる松葉杖のパワーアシスト 2004年度精岳工学会春季大会学術論文集, 1213-1214, 2004
- 7) 田口大介, 河島則天, 太田裕治, 中澤公孝, 赤居正美 脊髄損傷者の損傷高位に応じた歩行装具の開発-股関節動力補助機構の試作-, 第19回義肢装具学会(仙台), 216-217, 2003 11
- 8) 河島則天, 谷崎雅志, 田口大介, 太田裕治, 中澤公孝, 赤居正美 脊髄損傷者の損傷高位と装具歩行パフォーマンスの関連 第19回義肢装具学会(仙台), 214-215, 2003 11

G 知的財産権の出願 登録状況

- 1 取得特許
特になし
- 2 実用新案登録
特になし
- 3 その他
特になし

厚生労働科学研究費補助員（障害保健福祉総合研究事業）
分担研究報告書

脊髄損傷者用歩行補助装具の開発

研究者 中澤公孝（国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所）

研究要旨

昨年度試作した膝関節屈曲-伸展機構付き歩行補助装具を計5名の脊髄損傷者に適合し、トレッドミル上での歩行評価を実施した。いずれの脊損者についても歩行速度、股関節動作を減することなく歩行遊脚期に膝関節動作が表現され、膝関節動作の有無による麻痺下肢筋活動の変化を認めた。さらに今年度は、脊髄損傷者の装具歩行における股関節動作の動力補助を試みた。歩行遊脚期の股関節屈曲動作をアクチュエータによって補助することによって特に麻痺領域か体幹に及ぶ高位胸髄損傷者においてエネルギーコストの減少、杖に与える床反力の減少を認めた。上記2種の歩行補助装具の使用は、脊髄損傷者の装具歩行の運動、神経生理学的効果を促す有効な方法となり得るものと考えられる。

A 研究目的

本研究では脊髄損傷者の装具歩行運動によるリハビリテーション効果を最大限に得るための装具の改良と、その効果の定量化を目的とした。具体的には脊髄損傷者用の交互歩行装具（Advanced Reciprocating Gait Orthosis: ARGO）の膝-股関節部に動力機構を装備し、装具歩行動作に対する、膝関節屈曲-伸展動作の付与による麻痺下肢神経活動の変化（研究課題Ⅰ）、股関節屈曲動作の動力補助によるエネルギー消費の変化（研究課題Ⅱ）について検討することを目的とした。

B 研究課題Ⅰ 膝関節動力機構の開発 評価

目的 歩行遊脚期の膝関節屈曲-伸展動作の実現効果を、麻痺領域に認められる歩行様筋活動の変化の視点から検討すること。

装置 ARGOの膝関節部に装備したリニアアクチュエータ（DCモータとホールインの組み合わせ）の駆動により遊脚期に膝関節屈曲-伸展動作を表現、被験者の歩行速度に合わせてアクチュエータの動作位相・時間を制御できるように改良を加えた（以降、改良型ARGO、通常型ARGOと表記）

方法 脊髄損傷者（115～12拍毎）5名を対象とした被験者は装具装着の上、通常型ARGO、改良型ARGO両装具によるトレッドミル上での自己快適速度歩行を実施し、ヒンメ筋（SOI）、内側腓腹筋（MGAS）、外側腓腹筋（LGAS）、前腓骨筋（TA）、大腿直筋（RF）、大腿二

頭筋（BF）の各筋より筋EMG活動を記録した。またトレッドミル内に埋め込まれた3分力床反力計から床反力を、股-膝-足関節に貼付した電気角度計により、関節角度変化を記録した。

結果 改良型ARGOによる歩行時には、通常ARGO使用時の歩行速度、股関節運動を減することなく歩行遊脚期における膝関節動作が実現された。両装具での歩行中の筋活動を計測した結果、遊脚期における膝関節屈曲-伸展動作の実現に伴って腓腹筋および大腿直筋の活動振幅が有意に増加した。

考察 脊髄損傷者の装具歩行では通常歩行動作全般にわたって膝関節が伸展位で固定されるか、本研究で開発した動力機構により、歩行遊脚期に膝関節屈曲-伸展動作が実現された。また、本研究で認められた両装具間の歩行様筋活動の差異は、膝関節動作の実現による末心性神経情報の変化が麻痺筋を支配する脊髄運動ニューロンの興奮性に変化を及ぼす可能性、さらには麻痺領域の神経活動が促進された可能性を示す重要な所見であった。装具歩行における膝関節動作の実現は上記の神経生理学的側面の他にも、床面とのクリアランスの確保、運動効率の改善等の動作力学的側面にも影響を及ぼすものと考えられる。

課題 現状の機構では、さらに詳細な膝関節動作位相の設定、股関節動作との連携が困難であるため、今後は他のアクチュエータの採用を検討する。また、前項の動作力学的側面についても今後検討を加える。

C 研究課題II 股関節動力機構の開発 評価

目的 歩行遊脚期の股関節屈曲動作を動力補助することにより、歩行動作、エネルギーコストの異なる変化を示すかを検討すること

装置 ARGOの股関節部のヒノフトライヒンクケーフル(レンフロ機構)末端にアクチュエータを装備することにより、歩行遊脚期における脚の前方への振り出しを動力補助した。操作はロフトフット杖のクリノフ部に設置した赤外線リモコンによって被験者本人が行った。

方法 脊髄損傷者(1h5~12 損傷)8名を対象とした。身体各部位に貼付したマーカーの3次元座標データをVICON 370 System(Oxford matrix 製)により取得、さらに床面に埋め込まれた3分力床反力計上を歩行することにより、床反力を記録した。また、歩行中の酸素摂取量、歩行速度から、装置歩行中のエネルギー消費量、エネルギーコストを算出した。

結果 動力補助の直接の対象である股関節屈曲動作には動力補助に伴う顕著な変化は認められなかったが、体幹の筋群に運動麻痺が及ぶ胸髄高位損傷者では、歩行中の定常状態酸素摂取量と歩行速度から算出したエネルギーコストが動力補助によって改善し、杖の床反力が減少する傾向を示した。

考察 本研究では、脊髄損傷者における装置歩行中の高い身体的負担度が指摘されている現状を踏まえ、身体機能の維持・向上のためのより適切な運動強度を実現するための支援策として、歩行遊脚期における股関節動作の動力補助を考案した。歩行運動によるリハビリテーション効果を最大限に得るためには器具歩行に要する高い身体的負担を軽減することは極めて重要であり、上記の企図が実現されれば脊髄損傷者の器具歩行訓練に新たな展開をもたらす可能性もある。

本研究の結果は、脊髄損傷者の器具歩行動作に動力補助を施すことによって過度の身体的負担を軽減できる可能性を示すものであった。また、本研究では動力補助による足背が損傷高位によって異なる可能性が示唆されたか。この結果には体幹の残存運動機能のあるなしが影響している可能性が高い。杖の床反力が減少した結果を合わせて考えると、本研究で認められた高位損傷者におけるエネルギーコストの変化は、動力補助が股関節動作を生み出すための上肢の代償動作に必要な力を緩和したことによって生じた可能性が高い。

課題 今回試作した装置は、アクチュエータの出力が一足であったか、被験者個々の歩行速度、股関節の動

作特性に応じてアクチュエータの出力を調節することによって、より適切な動作補助が可能になるものと考えられる。

D 結論

今回開発した2種の動力機構は、肘関節動作の印加による麻痺領域の神経活動の促進(課題I)、股関節動作の補助による歩行エネルギーコストの軽減(課題II)を表現する有効な方策となり得るものと考えられる。

E 健康危険情報

本研究の実施に際しては転倒等の危険性に十分に配慮し、転倒予防のための牽引装置下での歩行を実施、動作習熟後も後方からの補助により、転倒防止に備えた。また、立位姿勢保持による起立性低血圧の発現、褥瘡好発部位に対して適切な防止策、処置を講じた。

F 研究発表

1 論文発表

河島則天、大田裕治、谷崎雅志、中澤公孝、赤居正美
脊髄損傷者の装置歩行における膝屈曲-伸展動作付与の試み 日本義肢器具学会誌 19(3), 222-227, 2003

田口大介、河島則天、大田裕治、中澤公孝、赤居正美
脊髄損傷者の装置歩行における股関節動作の動力補助 日本義肢器具学会誌(投稿中)

2 学会発表

河島則天、谷崎雅志、田口大介、大田裕治、中澤公孝、赤居正美
脊髄損傷者の損傷高位と装置歩行パフォーマンスの関連 第19回義肢器具学会(仙台) 2003.11

田口大介、河島則天、大田裕治、中澤公孝、赤居正美
脊髄損傷者の損傷高位に応じた歩行器具の開発—股関節動力補助機構の試作— 第19回義肢器具学会(仙台) 2003.11

H 知的財産権の出願 登録状況

1 取得特許

特になし

2 実用新案登録

特になし

3 その他

特になし

研究成果の刊行に関する一覧表

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	ページ	出版年
Yuji Ohta, Noritaka Kawashima, Kimitaka Nakazawa	Development of a powered gait orthosis for spinal cord injury patients	2nd International Conference on Biomechanics of the Lower Limb in Health, Disease and Rehabilitation	30-31	2003
山口裕子, 矢野裕美, 吉田ももこ, 河島則天, 中澤公孝, 大田裕治	脊髄損傷者の装具歩行時における上肢負荷	第19回ライフサポート学会大会講演予稿集	61	2003
矢野裕美, 山口裕子, 吉田ももこ, 河島則天, 中澤公孝, 大田裕治	脊髄損傷者の歩行運動の損傷部位依存性	第19回ライフサポート学会大会講演予稿集	60	2003
河島則天, 大田裕治, 谷崎雅志, 中澤公孝, 赤居正美	脊髄損傷者の装具歩行における肘屈曲-伸展動作付与の試み	日本義肢装具学会誌19(3)	222-227	2003
田口大介, 河島則天, 大田裕治, 中澤公孝, 赤居正美	脊髄損傷者の装具歩行における股関節動作の動力補助	日本義肢装具学会誌 (投稿中)		
村木亜沙美, 中友美, 松元明弘, 太田裕治	トルクユニットによる松葉杖のパワーアシスト	2004年度精密工学会春季大会学術論文集	1213-1214	2004
田口大介, 河島則天, 太田裕治, 中澤公孝, 赤居正美	脊髄損傷者の損傷高位に応じた歩行装具の開発—股関節動力補助機構の試作—	第19回義肢装具学会(仙台)	216-217	2003 11月
河島則天, 谷崎雅志, 田口大介, 太田裕治, 中澤公孝, 赤居正美	脊髄損傷者の損傷高位と装具歩行パフォーマンスの関連	第19回義肢装具学会(仙台)	214-215	2003 11月

20030275

以降は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、
「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。