《短 報》

脳卒中片麻痺患者における下肢駆動型車椅子の有用性

牧野健一郎* 吉本 奈美* 和田 太* 蜂須賀研二*

Usefulness of a Leg-pedaled Wheelchair for Hemiplegic Patients

Kenichiro MAKINO,* Nami YOSHIMOTO,* Hutoshi WADA,* Kenji HACHISUKA*

Abstract: Background: Although hemiplegic patients often use an ordinary wheelchair (OW), by propelling the hand rim with the unaffected hand and pushing the ground backward using the unaffected leg, it is a hard task for them over any great distance. If patients could drive a leg-pedaled wheelchair (LW) using both legs, it would be less hard on them. Aims: This study was performed to determine whether or not hemiplegic patients can pedal the LW, and whether pedaling the LW is easier and faster than using an ordinary wheelchair. Methods: The subjects were 5 poststroke hemiplegic patients whose severity of lower extremity paralysis was III or IV on Brunnstrom's Motor Recovery Stage. The subjects practiced propelling a standard wheelchair for the OW trials and pedaling an EZchair® for the LW trials. After the subjects became skilled in driving both wheelchairs, they were asked to propel the OW and to pedal the LW on a slalom course to evaluate controllability, and on a rectangular course to evaluate wheelchair speed. Physiological cost index (PCI) was obtained for evaluation of driving efficiency. Results: All subjects could pedal the LW without any trouble. The wheelchair speed of the LW on both courses was faster than the OW. The PCI when pedaling the LW on the rectangular course was lower than when propelling the OW. However, the LW was less controllable in braking. Conclusion: Although the LW used still requires some minor modifications, we believe that a LW is suitable for hemiplegic patients who want to travel a long distance in their wheelchairs. (*Jpn J Rehabil Med* 2003; 40: 617-620)

要 旨: 脳卒中片麻痺患者は、非麻痺側の上下肢を用いて車椅子を駆動することが多いが、効率が悪く長距離の移動には向かない。下肢は上肢よりも強い力を発揮することができ、重度片麻痺患者でもリカンベント型エルゴメーターを漕げることが多い。そこで、これらの患者に対して下肢駆動型車椅子の有用性を検討する目的で予備的実験を行った。対象は脳卒中片麻痺患者5名で、十分な駆動訓練に続いて、下肢駆動型車椅子と普通型車椅子の両方で外周コースとスラロームコースを駆動した際の駆動速度と Physiological Cost Index (PCI) を算出した。駆動速度はいずれのコースでも下肢駆動型車椅子が速く、PCI は外周コースで下肢駆動型車椅子が有意に低値であった。一方、減速ブレーキがない、ペダルが移乗の邪魔になるなどの問題点も指摘された。下肢駆動型車椅子は改良が必要であるが、片麻痺患者にとって有用な移動手段となりうると判断した。(リハ医学 2003; 40: 617-620)

Key words: 脳卒中 (stroke), 片麻痺 (hemiplegia), 車椅子 (wheelchair), 下肢駆動 (leg-pedaling)

はじめに

脳卒中片麻痺患者が車椅子を操作する場合、非麻痺側の上肢で片側のハンドリムを回し、非麻痺側の下肢

で床面を蹴りながら車椅子の推進と操舵を行うことが多い。しかし、この方法では車椅子の駆動速度は遅く、長距離の移動や斜面での駆動・後退が困難である¹⁾。また、駆動速度を高めようと努力すればするほ

2003年4月23日受付, 2003年8月19日受理

* 産業医科大学リハビリテーション医学講座/〒807-8555 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1-1

Department of Rehabilitation Medicine, University of Occupational and Environmental Health

表1 被験者

被験者	年齢	性別	病型	麻痺側	発症後経過	下肢ステージ
1	55	女	脳出血	右	3カ月	III
2	62	男	脳梗塞	左	19カ月	III
3	48	男	脳出血	左	3カ月	III
4	70	男	脳梗塞	右	2カ月	III
5	65	女	脳出血	右	2カ月	IV

ど体幹の前後方向の動揺が増し、体幹はより不安定となる。一方、重度の片麻痺患者でも椅子にもたれてペダルを漕ぐリカンベント型エルゴメーターは駆動可能であり、これらの患者の機能訓練として実施している施設もある。上肢と比べて下肢の方がより強い負荷での運動が可能であり^{2~4)}、我々は片麻痺患者のより快適な移動手段として、下肢を駆動力源とする下肢駆動型車椅子 (Leg-pedaled wheelchair: 以下 LW) が有効と考えた。これまで、下肢を駆動力源とする車椅子の検討は報告があるが^{5,6)}、片麻痺患者を対象としたものはまれである。そこで今回、片麻痺患者に LW と普通型車椅子 (Ordinary wheelchair: 以下 OW) を駆動させ、その特性や問題点を予備的に比較し、片麻痺患者における下肢駆動型車椅子の有用性を検討することにした。

対 象

初回発作の亜急性期～慢性期脳卒中片麻痺患者 5 名を対象とした。患者の選択基準は、1) 発症後 4 週以上経過、2) 下肢ブルンストロームステージ (以下、下肢ステージ) III または IV、3) 研究の趣旨や車椅子の駆動法を理解できる、4) 半側空間無視がない、5) 骨関節疾患の既往がない、6) 心拍数に影響する薬剤や抗精神薬を内服していないこととした。平均年齢は 60 歳、脳卒中発症後平均 5.8 カ月経過していた。被験者 5 人の詳細を表 1 に示す。

全員が本研究の目的を理解し、十分な説明ののち自主的に参加した。

方 法

下肢駆動型車椅子として EZchair® (Premier design 社製)^{a)} を利用した (図 1, 図 2)。この車椅子は座面の前下方にペダルが設置されており、それを漕ぐことによりチェーンでつながれた後輪が回転して前進する。駆動力は左右両側の後輪に伝えられるが、小

図1 下肢駆動型車椅子 (EZchair®)
左片麻痺患者に使用したもので、右側に操舵レバーがあり、座面下から前方にシャフトが伸び、ペダルが取り付けられている。

図2 下肢駆動型車椅子の駆動 (右片麻痺)
右片麻痺患者が両下肢でペダルを漕ぎながら、健側上肢でキャスターの向きを変えボールを回るところ。

さな回転半径で旋回するために差動装置も備わっている。片側のキャスターからはバーが直上に伸びており、それを非麻痺側上肢で操作することでキャスターの向きを変え、操舵するようになっている。停止時に働く固定用のブレーキはあるが、減速用のブレーキは装着されていない。操舵装置が左と右の EZchair® 各 2 台 (大・小) を用意し、各大小の 2 つから被験者の

体格に合うものを選び、さらに座面の高さ、クランク長も適宜調整した。麻痺側足部がペダルから脱落するのを防止するため、ベルトも使用した。普通型車椅子は、当院常備の軽合金フレームで体格に合うものを選択した。

駆動能力評価として、駆動速度、操作性を評価し、また心拍数を測定して Physiological Cost Index (以下 PCI) を算出した。

駆動速度は1周約40mの屋内コース(以下、外周コース)を3分間、可能な限り速い速度で駆動した時の駆動距離から算出し、その時に心拍数も測定した。

操作性評価は、4本のポールを3m間隔で直線上に並べたコース(以下、スラロームコース)を3分間、可能な限り速い速度でポールに触れないようにスラローム走行した時の駆動距離と心拍数およびポールへの接触回数で表した。

駆動距離計測にはCAT EYE社製CC-CD 100 Nを使用、計測の精度を高めるため回転検知用の磁石を4個等間隔(90度ずつ)に駆動輪に装着した。正確に計測された30mの直線トラックを10回走行し、事前に距離表示が正確であることを確認した。

心拍数計測には日本電気社製Bioview 1000を使用、計測用車椅子に乗車後十分な安静をとり、車椅子駆動開始時と3分間駆動後の心拍数を記録した。これらの計測値より PCI (拍/m: $3 \times$ 駆動前後の心拍数変化/駆動距離) を算出した。

計測は両車椅子で、スラロームコースと外周コースでの走行訓練を7~10日間行い、駆動や方向転換方法を習熟した後に行った。駆動速度評価と操作性評価は連続する2日に分け、駆動速度と操作性評価の順および LW と OW の順は被験者ごとに設定し、車椅子を替える際は十分な休憩時間を設けた。

評価値の比較は対応のある t 検定を用い、有意水準は 0.05 とした。

結 果

全員が LW および OW を駆動でき、事故もなく測定可能であった。

計測結果を図3、図4に示す。駆動速度は両コースとも LW の方が有意に速く、PCI は外周コースでは LW が有意に低かった。スラロームコースでのポールへの接触は、OW で1例に1回見られたのみで、方向転換時に駆動が滞ることもなかった。

図3 各コースにおける駆動速度

LW: 下肢駆動型車椅子, OW: 普通型車椅子, PCI: Physiological Cost Index. ----: 平均, †: 対応のある t 検定, $p < 0.05$

図4 各コースにおける PCI

LW: 下肢駆動型車椅子, OW: 普通型車椅子, PCI: Physiological Cost Index. ----: 平均, †: 対応のある t 検定, $p < 0.05$

また、今回使用した LW は座面の前下方にシャフトとペダルがあり移乗の障害となっており、OW では介助なしに移乗できたが、LW では体を回転する際のバランス支持や患肢をシャフトの反対側に跨ぐ際に、被験者全員が何らかの介助を要した。

考 察

片麻痺患者が車椅子を駆動する場合、非麻痺側の上下肢を用いることが一般的である。この場合、特に下肢で駆動し操舵も担うため、座面は下肢が床に届くよう低く設定し、非麻痺側のフットレストや患側のハンドリムは取り除かれることが多い。Lee ら¹⁾は非麻痺

側上下肢で車椅子を駆動する片麻痺患者と両上肢で駆動する健常者を比較すると、片麻痺患者の方が駆動速度は遅く、斜面での片寄りが多かったと報告した。今回我々は、同一患者に異なる駆動方式の車椅子を操作させて比較検討したが、LWの方が駆動速度は速く、PCIは低く、下肢ペダリング動作による車椅子駆動の方の効率が良いことが判明した。スラロームコースでは異なる車椅子間でPCIに有意差がなかったことは、外周コースに比べ速度が低く心拍数に影響するほどの負荷とはならなかったためであろう。

片麻痺患者は日常生活の中で積極的に運動することが少なく、運動習慣に乏しい傾向にある。そのため神原ら⁹⁾の報告にもあるように、片麻痺患者においてPCIの計測を行う場合、日常の活動量を考慮する必要がある、今回の結果を対麻痺や四肢麻痺患者の車椅子駆動時のPCIを用いた研究とは比較できない。

スラロームコースにおいてポールに接触したのはOWで1例、1回のみであり、スラロームコースでも、LWとOWのコントロール性に関して大きな差は見られなかった。

一方、(1)減速装置が備わらない、(2)移乗が困難といったLWの問題点もいくつか指摘された。このようにLWには改善すべき問題点があるが、その駆動効率の良さは被験者全員も認めており、片麻痺患者の屋外の移動手段としておおいに期待できる。近年、屋外の移動手段としてユニット型をはじめとする電動車椅子を利用する片麻痺患者も見られる。これらの操作は容易で取り廻しも良く便利であるが、運動機能障害者におけるフィジカルフィットネスの重要性は報告されていることであり⁹⁾、効率の良いLWでは移動距離がOWよりも伸びることが予想され、実用性とフィットネス効果の両立ができると考える。また、Christensenら¹⁰⁾は、自転車漕ぎのようなリズムカルな運動により1次運動野、補足運動野および小脳が活性化されると報告しており、移動手段やフィットネスとしてばかりではなく脳の活性化も期待できるかもしれない。

今回の検討は下肢ステージがIIIまたはIVの患者を対象とし、駆動方法も限られた状況のみでの予備的研究であるが、片麻痺患者における車椅子下肢駆動の有用性が示された。今後は様々な状況や駆動方法にお

ける特性および問題点を調査し、片麻痺患者が使用しやすいLWを開発する必要がある。

結 語

脳卒中片麻痺患者は下肢駆動型車椅子の駆動が可能であり、普通型車椅子よりも駆動速度は速く、PCIも低く、その駆動効率は良好であった。下肢駆動は移乗や減速に問題はあるが、改良を加えることにより今後片麻痺患者の移動手段として期待できる。今後より多くの場面を想定した研究を行う必要がある。

サブライヤ

＊ファンライフ：神奈川県横浜市中区住吉町1-12-1 日本興亜関内ビル4階

文 献

- 1) Kirby RL, Ethans KD, Duggan RE, Saunders-Green LA, Lugar JA, Harrison ER: Wheelchair propulsion: descriptive comparison of hemiplegic and two-hand pattern during selected activities. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; **78**: 131-135
- 2) Louhevaara V, Sovijarvi A, Ilmarinen J, Teraslinna P: Differences in cardiorespiratory responses during and after arm crank and cycle exercise. *Acta Physiol Scand* 1990; **138**: 133-143
- 3) Ahlborg G, Jensen-Urstad M: Metabolism in exercising arm vs. leg muscle. *Clin Physiol* 1991; **11**: 459-468
- 4) Aminoff T, Smolander J, Korhonen O, Louhevaara V: Prediction of acceptable physical work loads based on responses to prolonged arm and leg exercise. *Ergonomics* 1998; **41**: 109-120
- 5) Stein RB, Roetenberg D, Chong SL, James KB: A wheelchair modified for leg propulsion using voluntary activity or electrical stimulation. *Med Eng Phys* 2003; **25**: 11-19
- 6) Stein RB, Chong SL, James KB, Bell GJ: Improved efficiency with a wheelchair propelled by the legs using voluntary activity or electric stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; **82**: 1198-1203
- 7) Kenedi RM, Paul JP, Hughes J (eds): *Disability*. MacMillan, London, 1979
- 8) 神原孝子: 片麻痺患者の歩行能力評価 PCIを用いて。理学療法科学 1997; **12**: 183-186
- 9) 二瓶隆一: 運動機能障害者のフィットネスとスポーツ。臨床スポーツ医学 1995; **11**: 1221-1225
- 10) Christensen LOD, Johannsen P, Sinkjær T, Petersen N, Pyndt HS, Nielsen JB: Cerebral activation during bicycle movement in man. *Exp Brain Res* 2000; **135**: 66-72