

車椅子の車軸位置の調整が片足駆動に及ぼす影響

藤田大介^{*1} 大坂裕^{*1} 吉村洋輔^{*1} 小原謙一^{*1}
永田裕恒^{*1} 末廣忠延^{*1} 高橋尚^{*1}

要 約

本研究では、車軸位置が駆動開始時と駆動動作中の片足駆動に与える影響を足部の荷重動態から明確にし、車椅子駆動に関する基礎的情報を得ることを目的とした。第1, 3, 4接地時の各々の荷重値と接地開始時から最初に出現した最大値までの時間を測定し、後輪の車軸位置を基準位置と前出し位置の2条件で比較した。その結果、第1接地時の最大値までの時間は、基準位置に比べて前出し位置で有意に低値を示した。

1. はじめに

車椅子の駆動様式は利用者の機能によって様々であり、両上肢を用いた駆動動作だけでなく、一側の上下肢を使用した片手片足駆動や一側下肢のみを用いた片足駆動、両下肢を使用した足漕ぎ駆動など様々な方法がある。それらの中でも脳卒中片麻痺者では、非麻痺側の上下肢を使用した片手片足駆動や片足駆動を行なっている場合が多い¹⁾。しかし、これらの駆動動作自体の難易度は高いため、車椅子を駆動すること自体が非対称で崩れた姿勢や変形などの二次的障害を助長する²⁾。そして、姿勢の崩れや変形は著しい駆動能力の低下を引き起こすため、車椅子自体の構造に関する調整が重要となる。片足駆動は、足部を床面に接地させて押し出す力によって車椅子を前方に動かすが、この駆動様式による車椅子の動かしやすさは、座面高や座面角度や駆動に関わる車椅子の構造自体に影響を受ける。駆動に関わる車椅子の構造には、後輪のサイズや材質、後輪の車軸の位置（以下、車軸位置）など車輪に関わる部分の調整が主体となるが³⁾、車輪の交換等よりは車軸位置を調整することの方が臨床場面での頻度は高い。

先行研究の結果から、駆動力を高めるための車椅子の座面高については、低めが推奨されている⁴⁾。また、我々は車椅子座面を前傾位に設定することで体幹および下肢の筋活動の少ない効率的な車椅子片足駆動ができることを報告した⁵⁾。このように片足

駆動に関して、座面高や座面角度については一定の見解が得られているが、車椅子の構造としての車軸位置の調整が、車椅子の片足駆動にどのように影響するかを検討した報告は少ない¹⁾。加えて、下肢駆動に関する先行研究では、三次元動作解析装置や静止位での据え置き式の床反力計を用いた評価に関する報告はみられるが^{6,7)}、片足駆動時の足部の荷重動態についての報告はない。また、車椅子駆動は動き出す出す時に大きな力が必要とされているが⁸⁾、駆動開始時と駆動動作中の各相に分けて荷重動態を比較したものもみられない。

そこで本研究では、車軸位置の調整が駆動開始時と駆動動作中の片足駆動に与える影響を足部の荷重動態から明確にし、車椅子駆動に関する基礎的情報を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

本研究の対象者は、健康成人男性11名（年齢：31.2±9.6歳，身長：171.6±5.8cm，体重：67.9±9.5kg）とした。各対象者には事前に本研究の趣旨と目的を文書にて説明した上で協力を求め、同意書に署名・捺印を得た。なお本研究は、川崎医療福祉大学の倫理委員会の承認を得た後に実施した（承認番号：17-044）。

2.2 方法

実験には、車椅子の座面の高さや車軸位置を変更

*1 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療学科
（連絡先）藤田大介 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-mail : d-fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp

可能な実験用車椅子（コスモテック社製）を使用した。実験条件は、車軸位置を背もたれと座面の交点より下方のフレームより2cm前（以下、基準位置）と6cm前（以下、前出し位置）の2条件とした（図1）。実験は、コンクリートの床面の室内で5mの直線路にて行った。座面の前端の5cm前方に膝裏が来るように座位をとらせ、先行研究を参考に座面の高さを各対象者の下腿長-3cmに合わせて設定した^{4,7)}。課題動作は、対象者の右側下肢での片足駆動とした。対象者には、踵接地から足指離地にかけて後方に蹴るよう指導し、測定に先立って、この駆動様式が十分に出来るようになるまで練習を行った。また、両上肢は大腿前面に載せるように指示した。駆動動作はメトロノームを用いて50接地/分とし、2条件下での片足駆動をランダムに行わせた。

足部の荷重動態の測定は、靴式足圧計測装置（アニマ社製 ゲートコーダー MP-1000）を用いた。靴式足圧計測装置は靴の中敷きの踵部と前足部に荷重センサが設置されているが、本実験では踵部の荷

重センサを使用し、対象者ごとに踵骨中央部にセンサを設定した。片足駆動動作において右下肢での荷重がみられた区間を接地時として、駆動開始時である1接地時と3歩目以降が歩行時の定常状態とされていることを参考に⁹⁾、駆動動作中として3, 4接地時を解析対象とした。代表的な荷重曲線を図2に示した。各接地時の最大値を中心とした90msを対象として、荷重値を体重 (kg) で正規化した。また、1, 3, 4接地時の各々の接地開始時から最初に出現した最大値までの時間（以下、出現時間）を求め、全接地時間を100%として正規化した値を用いた。

統計学的解析として、Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性の確認を行った。その後、正規性が認められた場合は paired t-test を、正規性が認められなかった場合は Wilcoxon の符号付順位検定検定を用いて1, 3, 4接地時の各々の2条件間の荷重値と出現時間を比較し、危険率5%未満をもって有意とした ($p < 0.05$)。統計解析には、SPSS Statistics ver .20を用いた。

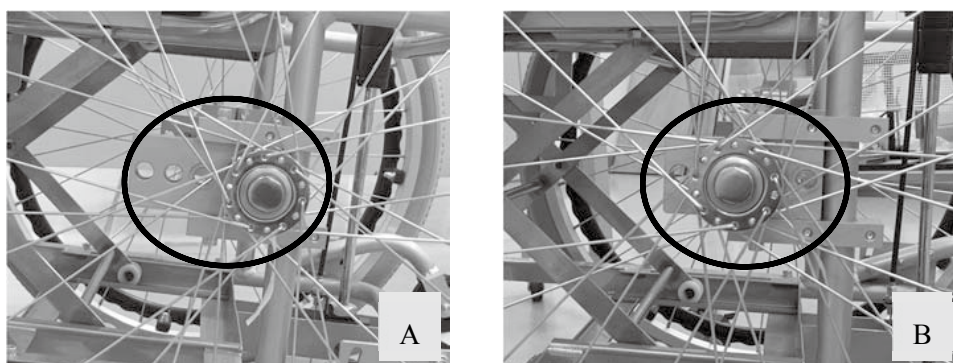


図1 実験条件

A：背もたれと座面の交点より下方のフレームより 2cm 前（基準位置）
B：背もたれと座面の交点より下方のフレームより 6cm 前（前出し位置）

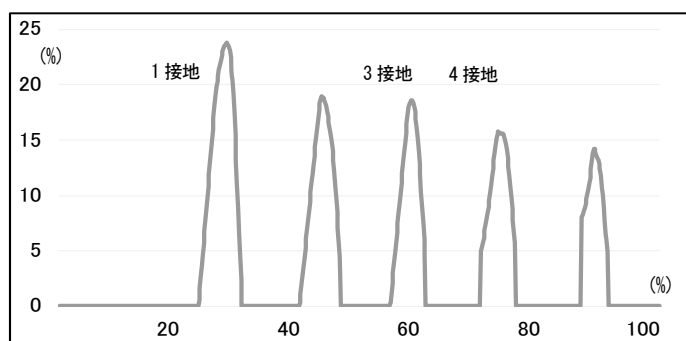


図2 片足駆動時（前出し位置）の荷重曲線

縦軸は荷重値を体重で正規化した値、横軸は測定時間を100%とした数値を示す。

表1 第1, 3, 4接地時の荷重値と出現時間

後輪の車軸位置	1接地		3接地		4接地	
	基準位置	前出し位置	基準位置	前出し位置	基準位置	前出し位置
荷重値 (%)	19.1±4.3	20.0±4.6	16.3±3.8	16.9±4.9	16.0±4.1	15.7±5.0
出現時間 (%)	77.6±8.0	68.1±17.1*	72.1±15.9	68.1±14.5	71.7±8.1	70.0±11.2
平均値 ± 標準偏差	n=11		* : p<0.05			

3. 結果

表1に第1, 3, 4の接地時の荷重値と出現時間を示す。全ての接地時の2条件間の荷重値には有意な差を認めなかった。また、第3, 4の接地時の出現時間にも有意な差を認めなかったが、第1接地時の出現時間は、基準位置に比べて前出し位置で有意に低値を示した ($p = 0.022$, $p < 0.05$)。

4. 考察

片足駆動で車椅子を前進させるためには、利用者による足部を床面に接地させて押し出す力が必要であると言われている¹⁰⁾。しかし、障害により足部で力を発揮することが困難となり、移動能力が低下する車椅子利用者も多く存在する。このような状況に対する対応の一つとして車椅子構造自体の調整がある。駆動に関わる車椅子の構造としての後輪は、後輪駆動式車椅子において駆動力を生み出す元であり、Ward¹¹⁾は、後輪の車軸位置の適合調整は推進効率に影響を与えると述べている。本研究では、車椅子駆動に関する基礎的情報を得ることを目的に、車軸位置の調整が片足駆動における足部の荷重動態に与える影響を駆動開始時と駆動動作中のそれぞれの相対検討した。その結果、第1接地時の出現時間は、基準位置に比べて前出し位置で有意な低値を示した。車軸位置を前出しにすることは、後輪への荷重量を高めるとされており¹²⁾、キャストに比べて転がり抵抗が小さく転がりやすい性質がある後輪に荷重割合が高まったことで、車椅子が動き始め直後から進みやすくなったのだと思われる。駆動動作にて車椅子が動き始めてから転がりやすくなっているため、足部で床を押し出す力を加える時間が短くて済むようになり、それが出現時間の減少（最大値が早

く現れる）という結果に現れたのだと考えられる。しかし、第3, 4の接地時の出現時間には有意な差は認められなかった。これは駆動開始時の第1接地時と異なり、走行状態であることから、車椅子に慣性力が働いており駆動するために大きな力を必要としなかったためだと考えられる。また、第1, 3, 4の各接地時の2条件間の荷重値に有意な差がみられなかったのは、荷重動態として垂直分力のみを測定したことや、駆動リズムの統制に伴い速度が一定に近づいたためだと推察される。

車椅子の片足駆動において、停止した状態から動き出すためには大きな力が必要となり⁸⁾、その駆動力を生み出すそうとすることが姿勢の崩れや変形の増強につながる。本研究の結果から車軸位置の前出しにより、片足駆動時における漕ぎ始めの車椅子の駆動性が向上することが示唆され、努力性の駆動に伴う姿勢の崩れや変形の抑制につながると考えられた。また、車軸位置の前出しにより車椅子が転がりやすくなるために駆動サイクルが上がり、スムーズに次の足底接地動作へ移行できるようになることで駆動速度の向上に寄与できる可能性も示唆された。

本研究は、片足駆動時の車椅子の駆動性を高めるための調整を実践する一助になると考えられた。しかし、本研究では車軸の前出し位置を2条件のみに設定したので、今後は、前出し位置の程度に関する詳細な検討が必要である。さらに本研究では踵部の垂直分力しか測定していないため、前足部の垂直分力や踵、前足部の前後方向の荷重動態の検討が必要だと考えている。また、駆動姿勢の測定による足部の詳細な動きの評価と荷重動態との関連性をみていくことも今後の課題である。

謝 辞

本研究は「平成29年度川崎医療福祉大学医療福祉研究費」の補助を受けて行われた。なお、本研究に関連し、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 竹井和人, 村田知之, 古賀賢紀, 松尾清美: 片手片足駆動の動作分析に関する研究—車いすの車軸前後位置, 前座高の高さについて—. 理学療法学, 37(2), 430, 2009.

- 2) 三橋力也, 佐々木彬子, 金城正治: 座面角度の違いによる車いす片足駆動効率の解析—脳卒中片まひ者を対象に—. 秋田大学大学院医学系研究科保健学専攻紀要, **21**(2), 113-124, 2013.
- 3) ベンクト・エンゲストローム著, 高橋正樹, 中村勝代, 光野有次訳: からだにやさしい車椅子のすすめ. 第1版, 三輪書店, 東京, 1994.
- 4) 植松光俊, 山田美佳, 江口英範: 片麻痺患者の車いす駆動能力に影響する因子—シート高・奥行きについて—. 理学療法学, **21**(4), 256-263, 1994.
- 5) Suzuki T, Fukuda J and Fujita D: Effects of forward tilt of the seat surface on trunk and lower limb muscle activity during one-leg wheelchair propulsion. *Journal of Physical Therapy Science*, **27**(3), 287-290, 2012.
- 6) 張替徹, 木村伸也, 加倉井周一: 車椅子片手片脚駆動の動作分析 (第1報) —健全人について—. リハビリテーション医学, **32**(4), 225-231, 1995.
- 7) 佐々木誠, 松尾清美, 村田知之: シート高さに着目した足駆動車いすの適合評価. 低平地研究, **18**, 21-24, 2009.
- 8) 川田教平, 松田雅弘, 高梨晃, 宮島恵樹, 塩田琴美, 山本澄子: 片麻痺者の車椅子駆動動作の分析—車椅子クッションが駆動開始動作に及ぼす影響—. 理学療法科学, **28**(6), 787-790, 2013.
- 9) 山下忠, 谷口隆雄, 久門正人, 栗栖与文: 歩行過渡期の特性解析. バイオメカニズム, **21**(4), 152-158, 1980.
- 10) ベンクト・エンゲストローム著, 桂律也, 山野香訳: エルゴノミック・シーティング. 第1版, ラックヘルスケア, 大阪, 2003.
- 11) Ward DE: *Prescriptive Seating for Wheeled Mobility vol.1 Theory, Application, and Terminology*. Healthwealth International, Fort Lauderdale, 1994.
- 12) 勝平純司, 山本澄子, 江原義弘, 櫻井愛子, 関川伸哉: 介助にいかすバイオメカニクス. 第1版, 医学書院, 東京, 2011.

(令和元年5月25日受理)

Influence by Adjustment of Axle Position of the Wheelchair on One-foot Propulsion

Daisuke FUJITA, Hiroshi OSAKA, Yosuke YOSHIMURA, Kenichi KOBARA
Yasuyuki NAGATA, Tadanobu SUEHIRO and Hisashi TAKAHASHI

(Accepted May 25, 2019)

Key words : wheelchair, axle position, wheelchair propulsion

Abstract

In this research, the objective was to clarify the influence of the axle placement on the one-foot propulsion at the start of driving and during the driving operation from the loaded dynamics of the foot, and obtain basic information on the wheelchair propulsion. We measured each load value at the 1st, 3rd, and 4th groundings and the time from the start of grounding to the first appearance, and compared the axle placement of the rear wheels with the two conditions of the reference position and the front position. As a result, the time to the maximum value at the time of the first grounding showed a significantly low value at the leading position compared to the front position.

Correspondence to : Daisuke FUJITA

Department of Physical Therapy

Faculty of Rehabilitation

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : d-fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.29, No.1, 2019 161-164)