

平成22年 5月 1日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18300209

研究課題名（和文） 車椅子スポーツ選手のパワー発揮能力の研究

研究課題名（英文） Driving power in wheelchair propulsion in wheelchair sports athletes

研究代表者

池上 康男 (IKEGAMI YASUO)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授

研究者番号：60092988

研究成果の概要：車椅子スポーツにおける選手の車椅子駆動能力の指標としての駆動パワーの測定を行う目的で、車椅子エルゴメーター（作業計）を用いた発揮パワーの測定法を考案し、パワーの測定を行った。正確な測定を行うために、エルゴメーターに含まれる残留付加をあらかじめ測定し、設定付加を補正した。残留付加は、エルゴメーターをモーターによって駆動する際にモーターの発揮パワーを測定することにより行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	11,900,000	0	11,900,000
2007年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	15,000,000	930,000	15,930,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：車椅子駆動、パワー発揮、バイオメカニクス、駆動速度

1. 研究開始当初の背景

車椅子は障害や疾病などにより自力で歩行が困難な場合の移動のための補助具として利用されてきた。車椅子の中でも自力で駆動して移動するタイプの車椅子は、上肢に障害がないか、あるいは障害が軽度な者にとって、独力で移動するための手段として日常生活において欠くべからざるものとなっている。今日ではほとんどの公共施設において車椅子用のスロープが階段に併設されたり、車椅子での利用に便利なエレベーターが設置されるなど、車椅子利用者の便宜に配慮がな

されるようになった。

近年このような日常生活の質的な向上以外に、障害者スポーツの場での車椅子の利用に注目が集まっている。車椅子を利用したスポーツは立位が困難なためにその補助として車椅子を使う種目と、車椅子による移動運動そのものがそのスポーツ種目における主要な運動となっているものも多い。車椅子マラソンに代表される、車椅子によるスピードレースでは車椅子駆動時の生体の発揮するパワーや駆動のテクニックに加え、車椅子の性能もパフォーマンスを決定する重要な要因になる。

また、車椅子バスケットボールや車椅子テニスにおいても車椅子の操縦性能は重要になる。

今日、障害者スポーツはますます盛んになりつつあるが、障害者のスポーツに関する医学的科学的な研究は始まったばかりといえるであろう。車椅子駆動に関するバイオメカニクス的あるいは運動生理学的研究も、健常者のスポーツにおけるランニングや自転車走行に関するおびただしい研究成果と比べればはるかに少ない。

車椅子を用いるスポーツには様々な種目がある。車椅子による移動運動（ロコモーション）そのものの速さを競うものは、基本的に陸上競技のトラック種目や一般道路で行なわれるマラソンに対応している。また、車椅子バスケットボールや車椅子テニスでは、選手は自分の足で走る代りに車椅子で目的の場所に素早く移動しようとする。このように、車椅子スポーツでは、車椅子による移動の速度が大きいこと、さらに球技においては加速に優れていることが要求され、これは健常者の種目における走能力、すなわち、最高走速度と加速能力（ダッシュ力）に相当している。走能力は主に脚部の筋で発揮されるパワーによって決まるといえる。高い走速度は高い筋パワーに関係し、さらに、加速能力も筋の発揮パワーに依存する。走による移動運動に対し、車椅子による移動運動では上肢の筋が動力源となる。走と車椅子による移動運動を比較すると、動力源となる部位が異なり、走では下肢の大筋群を使うことができ、下肢の筋群は健常者では自転車による移動を含め、日常的に体重を支えながらの移動に使われている筋である。これに対し、車椅子による移動では、下肢に比べ比較的筋量の少ない上肢により駆動しなければならない。しかし、自転車と同様に、車輪の転がりを利用しているため、走に比べ内部運動で消費されるエネルギーが少ないため、移動のためのエネルギー消費は主に車輪と路面の摩擦によるものが主となり、移動に要するエネルギーコストは走に比べれば少なく、上肢の小筋群でも移動に必要なパワーを供給できる。このことは車椅子マラソンのように長距離、長時間の運動で顕著で、車椅子マラソンの記録（平均速度）はマラソンよりもかなり高い。しかし、短距離走のスタートや、車椅子バスケットボールやテニスのように急激な加速や方向転換が必要な種目では、そのために大きな加速度を発生させなければならない。しかし、多くの車椅子スポーツ選手は下肢の筋の萎縮のため身体質量はその分減少しているが、車椅子とともに加速をしなければならず、さらに、下肢に

比べ筋力の小さい上肢の筋を用いなければならないため、スタートや急激なターン、またその後のダッシュ等では脚による移動に比べ不利になるであろう。

このように、動力源である筋群が上肢の小筋群であること、車椅子の重量が加算されていること、移動に必要なエネルギー消費の多くが車輪と路面や床面、コート面との摩擦によることが脚による移動（走）と異なる点であり、このような条件下で、車椅子スポーツ選手のパワー発揮特性を定量的に調べることができれば、車椅子スポーツのトレーニングや戦術に有用な知見をもたらすであろう。

2. 研究の目的

車椅子スポーツにおける（車椅子を含む）身体の移動をバイオメカニクスの観点から解明するためには、駆動におけるパワー発揮の様相を詳細に調べる必要がある。発揮パワーを測定する最も確実な方法はエルゴメーター（作業計）を用いることである。我々の研究室では車椅子用のエルゴメーターを開発している。本研究では、このエルゴメーターを用いて車椅子駆動時の発揮パワーの測定法を確立することである。

3. 研究の方法

(1) 車椅子エルゴメーター

本研究では、車椅子駆動時のパワー測定のために、我々の研究室で開発した車椅子エルゴメーターを用いた。このエルゴメーターは、2本の平行に設置されたローラーの上に車椅子を固定し、駆動時の車輪の回転を一方のローラー（検出用ローラー）で検出し、ローラーの回転をフライホイール（弾み車）に伝えることにより慣性負荷を、フライホイールに巻き付けられた摩擦ベルトの摩擦により抵抗負荷を発生させるもので、モナーク型の自転車エルゴメーターの負荷発生原理と同じものである。検出用ローラーで検出された車輪の回転速度は制御用のパーソナルコンピュータに入力され、摩擦付加の設定と、駆動時に実際に発生している負荷値（実負荷）の連続測定も制御用コンピュータによって行われる（図1）。

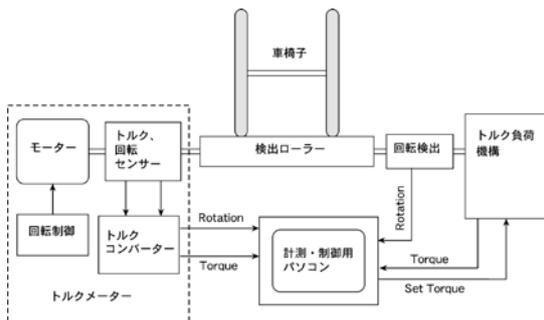


図 1

(2) 残留負荷の測定

本研究で用いた車椅子エルゴメーターでは、設定負荷が 0（無負荷）の場合でも、

- 1) エルゴメーターの機械系の摩擦による負荷
- 2) 車いすの車輪とエルゴメーターのローラーとの摩擦による負荷

の 2 つの負荷（残留負荷）が存在し、車輪とローラーの摩擦は無視できない大きさになる。特に競技用の車椅子では、左右の車輪が路面に垂直ではなく両車輪の上部が内側に傾いた取付け（ネガティブキャンバー）となっている。車輪上部の間隔を狭くし、路面接地部の間隔を広げる理由は車椅子バスケットボール等、急回転をする際に外側の車輪の浮き上がりを押さえて転倒を防止する目的と、駆動する上肢の上部が車輪に触れ難くし、より漕ぎやすくすることによって、全力駆動を可能にすることを目的としている。しかし、車輪の取付けにキャンバーを持たせると、車輪と路面の間の摩擦に転がり摩擦ではない、滑り摩擦の要素が入り、路面と車輪の間の摩擦が増加し、特に、本研究で用いたエルゴメーターのようにローラーの半径が車輪に比べ小さい場合は滑り摩擦が平らな路面より大きな値となり無視できなくなる。

本研究ではこれらの残留負荷を予め測定することにより駆動時の設定負荷を補正する方法をとった。残留負荷の測定は対象とする車椅子に異なる重さのおもり（付加重量）を載せ、エルゴメーターに固定し、被験者が駆動する代わりに、負荷検出用のローラーの回転軸をモーターで駆動し、回転させ、モーターと軸の間に挿入したトルクメーターによってトルクを測定し残留負荷を測定した。この方法では上記、1)、2)の負荷の和が測定される。パワーの測定では予め、被験者が車椅子に乗車した状態で残留負荷を測定しておき、設定負荷値を残留負荷で補正し、駆動パワー測定時の真の負荷値とした。

(3) 最大パワーの測定

各設定負荷に対し、全力駆動した場合の発揮パワーは設定された負荷値によって異なり、最大パワーが出現する負荷値は被験者の筋力等によって異なる。そのため、十分軽い負荷から始め、数種類（4～5種類）の負荷で、休息を十分にとって全力駆動を行い、得られたパワーと負荷の関係を 2 次曲線で近似し、2 次曲線のピークを最大値、ピークの現れる負荷値を最適負荷とする方法をとった。

4. 研究成果

(1) 残留負荷

図 2 は車椅子系（車椅子+付加重量）の重量に対する残留付加（車軸換算）の測定結果の一例である。重量と残留付加の関係は直線からわずかにずれるが、実用上直線近似が可能であった。本研究方法では、選手が実際に競技で用いる車椅子を使って残留付加を実測し補正することが可能で、車椅子のデザインが異なってもより精度の高いパワーの測定が可能となった。

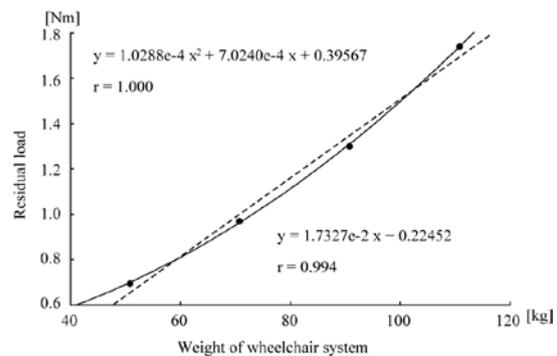


図 2

(2) パワーの測定

図 3 は健常者 2 名のエルゴメーターの回転速度と実測負荷の積から求めたパワーの実測例である。手によるハンドリムの駆動では、発揮パワーは間欠的になるが、車椅子+エルゴメーター系の慣性（主にローラーとフライホイールの慣性）によって平滑化されるため、図に示したような変化となる。ここでは系の加速、減速（回転の加速、減速）による正負のパワーは考慮されていない。平均パワーが同程度であっても駆動の仕方が異なればパワーの変動も異なることが分る。選手により、また、障害の程度によって駆動パターンが異なることが予想される。

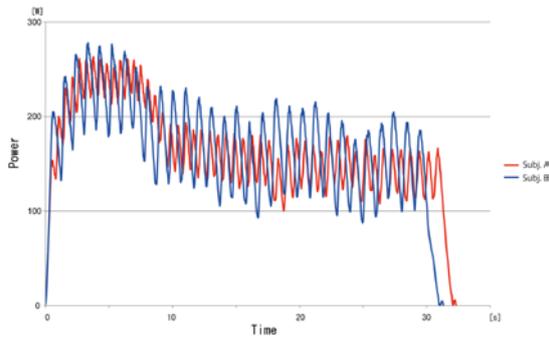


図 3

(3) 上肢に障害がある場合のパワーの測定

車椅子使用者でも上肢に障害があり、比較的小さな駆動パワーしか発揮できない場合がある。その場合、本研究のようなシステムでは駆動開始時の車椅子+エルゴメーター系の加速のためのパワーが相対的に大きくなるため、十分に駆動できない場合が生じた。そのため、上肢の筋力の小さい被験者には予め、残留負荷測定用のモーターによってエルゴメーターの回転を上げておき、モーターの電源を切った直後に検者の合図で全力駆動を開始した。図 4 は測定例である。Torque はモーターによって加えられたものである。この方法によって設定された負荷に対する最大パワーの測定が可能となった。

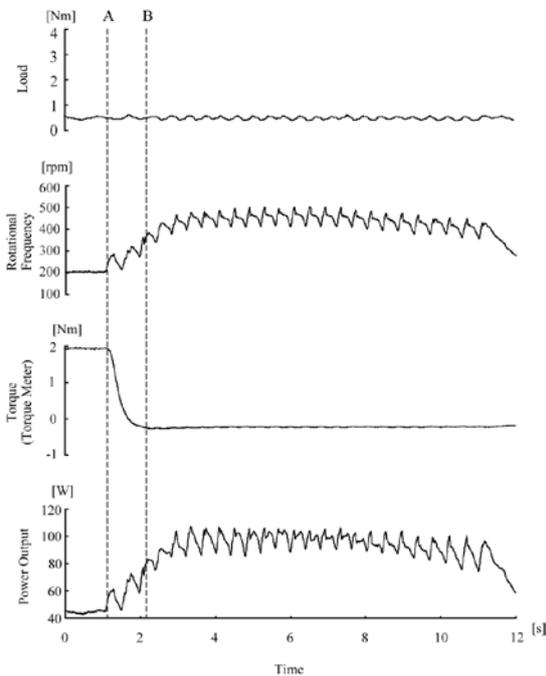


図 4

(4) 最大パワーの推定

図 5 は上肢にも障害があり、上肢の発揮パワーが小さい被験者と健常者における最大パワーの推定例である。比較的少ない測定回数

で最適負荷値と最大パワーの推定が可能となった。すなわち、小さい負荷値から全力駆動によるパワーの測定を開始し、負荷の増加に伴ってパワーの増減が逆転する範囲がカバーできるようにすることで、少ない測定回数での推定が可能になる。

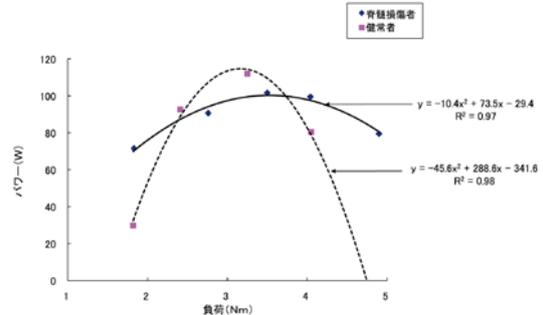


図 5

(5) パワーの実測

図 6 は頸椎損傷により上肢の筋力発揮にも制約のある選手（ツインバスケットボール選手）の 30 秒間のパワー発揮における 5 秒ごとの平均パワーの推移を示したものである。障害の程度によって発揮パワーは異なるが、いずれの選手においても時間経過とともに発揮パワーは減少した。

発揮パワー、駆動ピッチ（駆動頻度）、回転数、負荷の関係について検討したところ、ツインバスケットボール選手ではピッチとパワーの間に高い相関 ($r=0.94$, $p<0.001$) が見られた。

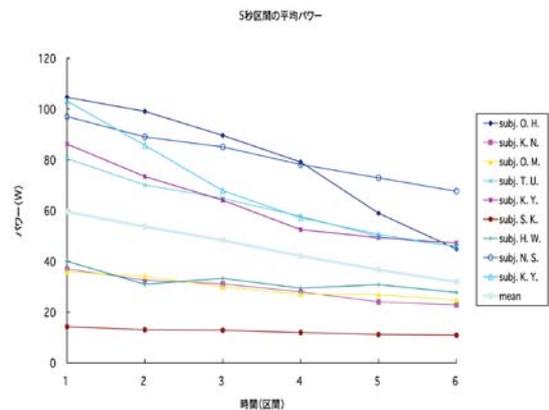


図 6

本研究によって、車椅子駆動時の発揮パワー能力の高精度な測定が可能になった。また、上肢にも障害があり、発揮パワーが小さい場合にも最大パワーの測定が可能となった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池上 康男 (IKEGAMI YASUO)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・
教授

研究者番号：60092988

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：