

新	3379	乙	1745	博士（人間科学）	2003/1/15	柳谷 登志雄	ヤギキヤトシ
---	------	---	------	----------	-----------	--------	--------

人間科学研究科委員長殿

2002年12月20日

柳谷登志雄氏博士学位申請論文審査報告書

柳谷登志雄氏の学位申請論文を下記の審査委員会は人間科学研究科の委嘱を受けて審査をしてきましたが、2002年12月19日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

1. 申請者氏名： 柳谷登志雄
2. 論文題目： ヒトの歩・走パワー発揮能力に関する研究
3. 本文

本研究の目的は歩走行中の機械的パワーを測定する為のエルゴメータを開発し（走エルゴメータ）、この走エルゴメータを用いて、ヒト走パワーの性差、加齢変化及びスポーツ競技特性を明らかにしようとするものである。

本博士論文は主に4章から構成されている。それぞれについて概要を以下に示す。

1. 走エルゴメータの開発

自走式トレッドミルを改良し、歩・走行中に身体が発揮した力及び速度を計測する装置を装着することにより、歩・走行中の機械的パワーの算出が可能になった。被験者は自走式トレッドミルのベルト上で前方に固定されているハンドルを握り、歩行あるいは走行を行う。その時のベルトの速度はドラムに設置されたロータリーエンコーダより検出し、力はハンドル部に設置された水辺前方方向の成分として検出された。つまり、足がベルトを蹴ることにより発揮される力の反作用によりベルトの速度が得られるが、その力をハンドル部に作用する力として検出するものである。従って、歩・走動作でベルトに発揮されると考えられる機械的パワーはハンドル部に作用する力とベルトの速度との積から算出する事が出来る。

この走エルゴメータで測定されるパワー値の妥当性を確かめるために、走エルゴメータを圧力盤上に設置し、圧力盤から算出したパワーとハンドル部で算出したパワーとを比較検討した。被験者は健康な成人男子10名であった。その結果、両パワー値の間には高い有意な相関関係($r =$

0.9)が見られ、両パワー値には統計的に有意差が見られなかった。また、グランドでの50m疾走速度と走パワーとの関係を見るために、陸上競技選手 21 名について走エルゴメータによるスプリント走と50m疾走タイムとの関係を見た結果、両者の間には有意な相関関係が見られ($r=0.739$, $p<0.001$)、走エルゴメータによるパワーはグランド走能力を表す指標として有効であることが明らかになった。更に、成人男女 83 名について、日を変えて2度にわたり走パワーの測定を行ったところ、2回の測定値の間には統計的に有意相関関係が見られ($r=0.971$, $p<0.001$)、さらに、両測定値の間には統計的な有意差が認められなかった。

以上の結果から、本研究で開発された走エルゴメータ法はヒトの疾走能力を評価する為の有力な装置として利用できることが確かめられた。

2. 走パワー発揮能力の決定因子と走パワーに見られる男女差

ヒトの走能力は主として下肢の各関節の発揮パワーにより構成される。また、関節パワーは関節を構成する筋群の筋厚により決定される。そこで、大腿及び下腿の筋群について超音波法により筋厚を測定すると同時に、股関節屈曲、膝伸展及び屈曲時の関節トルクを測定し、走パワーとの関係を見た。被験者は成人男女 88 名であった。その結果、大腿四頭筋及びハムストリングスの筋厚と走パワーとの相関関係が最も高い傾向が見られた。更に、各関節トルクは走パワーと何れも $r=0.6$ 以上の高い相関関係を示したが、特に、股関節屈曲トルクが走パワーとの間に $r=0.71$ と最も高い相関関係が見られた。この事から、大腿部の筋厚が厚く、従って、股関節トルクの高い事が走パワーを高める要因であることが明らかになった。

一般成人が発揮できる走パワーを見ると男子(59名)では308W(体重あたり4.6W/kg)、女子(29名)では166W(3.3W/kg)と、女子は男子の約53%(体重あたりでは71%)であった。女子は明らかに男子より低いパワーを示した。その原因を明らかにする為に、下肢筋群の筋厚及び各関節トルクを測定した。その結果、膝伸展筋(男子:52mm、女子:46mm)、ハムストリングス(男子:65、女子:55)、下腿三頭筋(男子:71mm、女子:60mm)及び前頸骨筋(男子:31mm、女子:28mm)であり、下肢の筋厚は何れの筋群についても女子は男子の約85%であった。更に、関節トルクについて見ると、股関節屈曲は169Nm(男子)及び99Nm(女子)、膝伸展では168Nm(男子)、88Nm(女子)であり、また、足底屈では192Nm(男子)及び108Nm(女子)であった。つまり、下肢を構成する関節トルクでは女子は男子の約52~58%を示した。

この事は走パワーに見られた男女差(女子は男子の53%)は下肢を構成する筋量の男女差に起因する股関節及び膝関節トルクの男女差により引き起こされたものと考えられた。

3. 歩・走パワーの加齢変化

身体を構成する組織の量や機能は加齢とともに低下する。本研究では20歳から80歳までの男子209名について歩行及び走行中の機械的パワーを測定し、加齢変化を見ようとした。その結果、走パワーは20歳代(300W)から加齢とともに急激な減少が見られ、70歳代では100Wとなった。この走パワーの加齢による低下は主に走速度の低下によるものであった。走速度は歩数と歩幅の積で求められるが、歩数は加齢の影響をほとんど受けず、歩幅の減少による走速度の低下が見られた。その結果、走パワーが減少することが明らかになった。

この走パワーの加齢減少を生み出すメカニズムを考える為に、下肢筋群の関節トルク及び筋量を測定した。その結果、膝関節トルク及び股関節トルクは大腿部の筋量と有意な正相関を示し、更に、走パワーとの間にも統計的に有意な相関関係を示した。つまり、加齢に伴い、大腿部の筋量が減少し、その結果、股関節屈曲トルク及び膝関節伸展トルクが減少し、この関節トルクの低下が歩幅の減少を引き起こし、結果的に走パワーの低下を招いたことが考えられた。

また、最大歩行パワー(「出来るだけ速い速度で歩いてください」の指示で発揮された歩パワー)においても走パワーと同様、加齢に伴う低下が見られたが、その低下は走パワーに比較すると少ない傾向が見られた。走行と同様に歩行においても歩数(ピッチ)は加齢変化が見られず、歩幅(ストライド)のみ減少する傾向が見られ、この事が歩パワーの加齢減少の原因であった。興味あることに、70歳代においては歩パワーと走パワーに統計的に有意な差は見られなかった。この場合、歩数は明らかに走行が高い値を示したので、歩行及び走行のパワーの差が無くなる原因としては走行時の歩幅が歩行時よりも短くなる事に起因するものであった。

4. スポーツ選手の走パワー発揮能力

(1) 競技種目別走パワー発揮特性

スポーツ競技選手においては種目によりその発揮能力は異なるが、多くの競技種目の場合最も基本になる能力の1つに走ダッシュパワーが挙げられる。そこで、本研究では、異なる種目の大学競技部に属する選手(大学選手権出場選手99名:ウエイトリフティング WT 群:19名、ハンドボール HB 群:20名、バスケットボール BB 群:19名、バレーボール VB 群:19名、陸上競技短距離 SP 群:20名)及び一般大学生(29名)について、走パワーを測定し、種目別のパワー発揮能力を比較検討した群。同時に、各選手の下肢筋厚を測定し、走パワーとの関係を見た。

筋厚についてみると、大腿四頭筋は WT 群が最も高く(72mm)、ついで VB 群(62mm)、

HB 群(60mm)、BB 群(59mm)、SP 群(57mm)であり、これらの選手群の値はいずれも対象群(52mm)より有意に高かった。この傾向はハムストリングスについてもほぼ同じであった。下肢の筋厚は走パワーと密接な関係があることが明であるので、各筋群の筋厚と筋パワーとの相関関係を見た結果、大腿四頭筋 $r=0.47$ 、ハムストリングス $r=0.54$ 、前頸骨筋 $r=0.25$ 、下腿三頭筋 $r=0.32$ といずれの筋についても走パワーと統計的に有意な相関関係を示したが、最も高い相関係数はハムストリングスに見られた。

一方、走パワーは WT 群が最も高い値を示し(679W)、ついで SP 群(569W)、HB 群(565W)、BB 群(512W)、VB 群(496W)の順であった。一方体重あたりの走パワーで見ると、最も高い値は SP 群及び WT 群(8.4W/kg)であり、BB 群及び VB 群は低い値を示した(何れも6.7W)。しかし、走速度では SP 群が最も高い値を示し、ついで、HB、VB、WT、BB 群の順に低くなる傾向がみられた。しかし、いずれの群も対象群に比較して有意に高い走速度を示した。

以上のように、走速度だけでは評価できない競技能力を測定する方法としては走パワー発揮能力の測定が比較的簡単に計測できることは、スポーツ競技の競技力を評価する方法として意義は深い。各種球技スポーツにおいては相手との接触プレーも多く、その場合に、身体が発揮している走パワーが高いほうが接触後のプレーに有利に働くことは一般的に考えられているからである。

(2) 間欠的スプリント走パワー発揮特性の評価法の開発と、特性に見られる性差

多くのスポーツ場面では、全力での疾走能力がパフォーマンスに大きな影響を及ぼす。しかしながら、全力疾走が一過性で単発的に実施されるということは稀であり、多くの場合には、全力疾走を完全もしくは不完全休息を挟みながら、複数回にわたり繰り返す能力、いわゆる間欠的全力疾走能力が求められる。そこで、本研究では、高校生男女短距離選手 10 名を対象として、間欠的スプリント走のパワー発揮特性について、男女差という観点から検討した。測定は 5 秒ダッシュ、10 秒休みを 1 セットとして 10 セット繰り返す間欠的走運動であった。

間歇的な走パワーの低下傾向を見ると男女で明らかに異なる傾向を示した。男子の場合 1 セットでは約600Wを示し、その後セットを重ねるに伴い急激に減少し、10 セットでは約300Wと、1 セット目の約50%にまで低下する傾向が見られた。一方、女子の場合には、1 セットでは400Wであり、その後のセット毎の低下傾向は男子に比較して少なく、10 セットでは250Wと約60%を示した。いずれのセットにおいても男子の走パワーは女子より統計的に有意に高い値を示した。一方、走パワーの体重あたりあるいは下肢筋量当たりのパワーで比較すると、はじめの 3 セットにおいて

のみ男子が女子より有意に高い値を示したが、4 セット以降のセットでは男女でほとんど差が見られなかった。

以上のように、走ダッシュを短い休息をはさんで繰り返し実施する場合の走パワーの低下傾向から、無酸素的代謝の発揮パターンを予測することが出来るであろう。これまでの研究から、無酸素的代謝能力は男子が女子より優れており、その原因としては筋量や ATP-CP 系能力の男女差から考えられている。本研究に見られたように、走パワー値の男女差は筋量の男女差に起因すると考えられる。従って、筋量あたりの走パワーで比較すると男女差は少なくなる。しかし、依然として初期のセットでは男子が女子を上回るが、その原因としては男子の ATP-CP 系能力の男女差に起因するものと考えられた。

以上のように、柳谷登志雄君の博士論文「ヒトの歩・走パワー発揮能力に関する研究」はヒトの歩行及び走行動作において発揮される機械的パワーに関する数多くの新しい結果を明らかにした研究であり、早稲田大学人間科学研究科の博士(人間科学)に相応しい論文であると結論された。

4. 柳谷登志雄氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員 早稲田大学教授 教育学博士(東京大学)

福永哲夫



審査委員 早稲田大学教授 博士(医学)(東京医科大学)

村岡功



審査委員 早稲田大学教授 教育学博士(東京大学)

中村好男

