

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K13164

研究課題名（和文）走運動中のパワー発揮能力の評価に関する研究

研究課題名（英文）A study on the evaluation of power production ability in sprint running

研究代表者

篠原 康男（Shinohara, Yasuo）

城西大学・経営学部・助教

研究者番号：50755535

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：疾走が含まれる競技スポーツ種目では、加速能力を検討する上で、加速中に発揮されたパワーの大きさが重要となる。本研究では、走運動におけるパワー発揮能力およびその評価について検討を行った。その結果、自身が発揮しうる脚伸展パワーを、加速疾走中にどの程度水平方向に発揮できるかというスキルには個人差があることが示唆された。また、加速疾走におけるパワー発揮のトレーニング手段として、傾斜走路を用いる際には、傾斜走路の傾度はパワー発揮特性にも影響することから、練習やトレーニング目的によって、用いる傾度を明確にする必要があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

加速疾走中に発揮されたパワーは、最高速度やパフォーマンスに対して重要な要因であるとされているが、選手が発揮しうる脚伸展パワーが大きくても、加速疾走時の水平方向へのパワーが大きいとは限らないことが明らかとなった。疾走中に発揮されたパワーは、選手の走技能と体力によって総合的に発揮されたものといえる。本研究で得られた結果は、体力（自身が発揮し得る脚伸展パワー）をトレーニングで向上させるだけでなく、走技能（脚伸展パワーを加速疾走で水平方向に発揮できるように変換する）を高めることの重要性を示唆するものである。

研究成果の概要（英文）：In competitive sports events involving sprinting, the power exerted during acceleration is important in examining acceleration ability. In this study, we examined the ability to exert power during running and its evaluation. The results suggest that there are individual differences in the transference to which a subject can exert leg extension power in the horizontal direction during accelerated sprinting. In addition, when using an inclined running surface as a training method for power exertion in accelerated sprinting, the inclination of the inclined running surface also affects the power exertion characteristics, suggesting that it is necessary to clarify the inclination to be used depending on the training and training objectives.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：疾走速度変化 数式化 加速 パワー発揮 技能と体力

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

走運動は人間の基本運動の1つであり、これまでに様々な観点から研究が行われてきた。中でも、疾走速度に関する研究は古くから行われてきており、疾走能力の分析には欠かせない視点となっている (Marey, 1895; Furusawa et al., 1927; 猪飼ほか, 1963)。また、疾走速度変化そのものを対象にした検討では、実測された疾走速度変化を数式化することにより、疾走速度の推移を数式や式中の係数によって表すという試みがなされている (Furusawa et al., 1927; 猪飼ほか, 1963; 渋川, 1969; Volkov and Lapin, 1979; Samozino et al., 2016)。疾走速度変化を数式化することにより、数式に含まれる指数や係数を用いた定量的な評価が可能となるだけでなく、数式を微分することで疾走中の加速度や選手によって発揮された力、パワーの時間変化も求めることができる。特に、加速疾走中に発揮されたパワーは、最高速度やパフォーマンスに対して重要な要因であるとされており (Chelly and Denis, 2001)、実際にパフォーマンスを行う走運動の中で発揮されたパワーを測定することは、加速能力の定量的評価が可能になるだけでなく、選手のパフォーマンス評価やトレーニング計画の検討に非常に有効であると考えられる。

一方、走運動において記録やパフォーマンスを向上させる際には、体力と技能の両方を向上させる必要がある。加速疾走中に発揮されたパワーについては、選手の体力と走技能によって総合的に発揮されたものと捉えると、脚 (下肢関節) が出し得る最大パワーを体力の要因として、また、体力としての脚 (下肢関節) の出し得る最大パワーを走運動における加速にどの程度活かすことができたのかを走技能の要因として、それぞれ捉えることができるものと考えられる。これまでも、加速疾走中に加えられた力の向きを水平方向に近づけることがパフォーマンス向上には重要な要因であり、このことを「技能」として捉えた先行研究 (Morin et al, 2011) も報告されている。しかし、パフォーマンスやその大本となる体力も含めて、走技能と体力の関係を検討したものは見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、最大努力での加速疾走中に発揮したパワーと、出し得る脚 (下肢関節) のパワーを比較し、その関係を明らかにするとともに、走運動におけるパワー発揮能力およびその評価に関しても検討するものである。まず、短距離走選手を対象に、加速疾走中に発揮するパワーと下肢関節が出し得る最大パワーの関係を明らかにする (研究課題①)。また、得られた結果を踏まえ、走運動におけるパワー発揮のトレーニングに着目し、傾斜走路における疾走時のパワー発揮特性を明らかにする (研究課題②) これらの検討により得られた結果を踏まえ、疾走におけるパワー発揮やその能力、評価について検討する。

3. 研究の方法

研究課題①

(1) 被験者および実験の方法

被験者は、男子学生短距離選手 19 名とした。実験を行うにあたって、被験者には実験の内容を予め説明し、参加の同意を得てから実施した。

被験者には、十分なウォーミングアップの後、実験試技として静止状態からの最大努力での 70m 走を行わせた。その際に、試技中の疾走速度変化をレーザー式速度測定器 (LDM301S, JENOPTIK) により 100Hz で測定した。加えて、脚 (下肢関節) が出し得る最大パワーに関して、脚の伸展パワーを測定した。Morin and Samozino (2016) の手法をもとに、負荷重量の異なる垂直跳び (反動なし) をマットスイッチ (PH-1289M, DKH) の上で行わせた。負荷は 5 段階とし、0kg, 15kg, 体重の 40%, 体重の 60%, 体重の 80% とした。

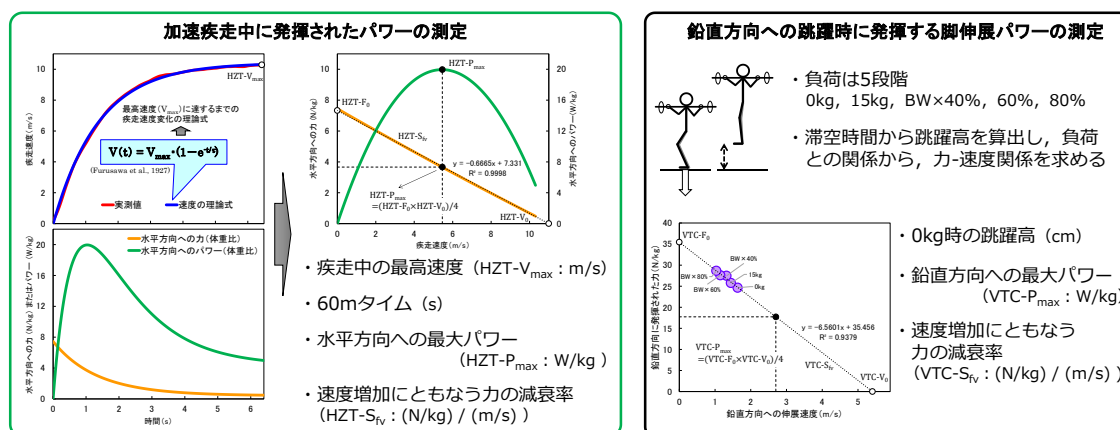


図 1 研究課題①に関する分析および分析項目

(2) 分析および分析項目

加速疾走中に発揮されたパワーに関して、得られた疾走速度変化の実測値を用いて、Samozino et al. (2016) の手法により数式化し、最高速度や疾走中に発揮された力およびパワーを算出した (図 1 左参照)。また、下肢関節が出し得る最大パワーに関して、マットスイッチ上での垂直跳びを行った際の滞空時間および各負荷重量での跳躍高を算出した。その後、Morin and Samozino (2016) の手法を参考に、被験者が跳躍時に下肢で鉛直方向へ発揮するパワーの最大値および下肢の力-速度関係を算出した (図 1 右参照)。なお、得られたパワーの値は被験者の体重で除し、相対値とした。

研究課題②

【実験 1】

(1) 被験者および実験の方法

被験者は、男子学生短距離選手 11 名とした。実験を行うにあたって、被験者には実験の内容を予め説明し、参加の同意を得てから実施した。

被験者には、十分なウォーミングアップの後、実験試技として平坦な走路 (以下 Level) と進行方向の水平距離に対して鉛直距離が 2.7% の傾斜走路の上り坂 (以下 Uphill) および下り坂 (以下 Downhill) において、スタンディングスタートによる最大努力での 60m 走を行わせた。その際に、試技中の疾走速度変化をレーザー式速度測定器 (LDM301S, JENOPTIK) により 100Hz で測定した。なお、各試技条件で試技数は 1 本とし、条件間は十分に休憩時間を取ってから、試技を実施した。

(2) 分析および分析項目

加速疾走中に発揮されたパワーに関して、得られた疾走速度変化の実測値を用いて、Samozino et al. (2016) の手法により数式化した。その後、各試技の最大疾走速度に関する項目およびパワー発揮特性に関する項目 (F_0 : 走路に対する水平前後方向への最大水平力, V_0 : 理論上の最大疾走速度, P_{max} : 走路に対する水平前後方向への最大水平パワー) を算出した (図 2 参照)。

【実験 2】

(1) 被験者および実験の方法

被験者は、男子学生短距離選手 15 名とした。実験を行うにあたって、被験者には実験の内容を予め説明し、参加の同意を得てから実施した。

被験者には、十分なウォーミングアップの後、実験試技として平坦な走路 (以下 Level) と進行方向の水平距離に対して鉛直距離が 2.7%, 4.0%, 10.4% となる 3 種類の傾度の走路 (以下 2.7%SL, 4.0%SL, 10.4%SL) の上り坂において、スタンディングスタートによる最大努力での 60m 走 (※走路環境の関係で、10.4%SL のみ約 40m) を行わせた。その際に、試技中の疾走速度変化をレーザー式速度測定器 (LDM301S, JENOPTIK) により 100Hz で測定した。なお、各試技条件で試技数は 1 本とし、条件間は十分に休憩時間を取ってから、試技を実施した。

(2) 分析および分析項目

加速疾走中に発揮されたパワーに関して、得られた疾走速度変化の実測値を用いて、Samozino et al. (2016) の手法により数式化した。その後、各試技の最大疾走速度に関する項目およびパワー発揮特性に関する項目 (F_0 : 走路に対する水平前後方向への最大水平力, V_0 : 理論上の最大疾走速度, P_{max} : 走路に対する水平前後方向への最大水平パワー) を算出した (図 2 参照)。

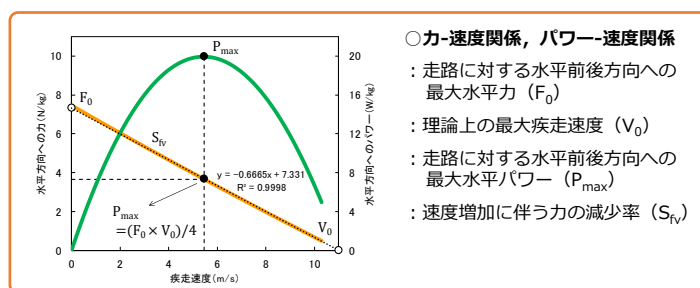


図 2 研究課題②に関する分析および分析項目

4. 研究成果

研究課題①

分析の結果、跳躍時の鉛直方向への最大パワーは加速疾走時の水平方向への最大パワーに比べて有意に大きかった (図 3 左参照)。しかし、これらの最大パワーの間に有意な相関関係は認められなかった (図 3 右参照)。このことから、選手が出し得る脚伸展パワーが大きくても、加速疾走時の水平方向へのパワーが大きいかとは限らないといえ、個々の選手間で疾走におけるパワー発揮のスキル差が存在するものと推察された。また、これらのパワーと走パフォーマンスとの関係を検討したところ、走パフォーマンスと脚伸展パワーには関係がみられず、加速疾走時の

水平方向へのパワーのみ 60m タイムと有意な負の相関関係がみられた ($r = -0.810$, $p < 0.01$)。このことから、走パフォーマンスの向上には、加速中に水平方向に発揮するパワーを大きくする必要があると考えられた。得られた結果を踏まえると、体力としての発揮し得る脚伸展パワーをトレーニングで向上させるだけでなく、加速疾走で水平方向に大きなパワーを発揮できるように変換し、疾走でのパワー発揮スキルを向上させる練習やトレーニングも重要となることが示唆された。

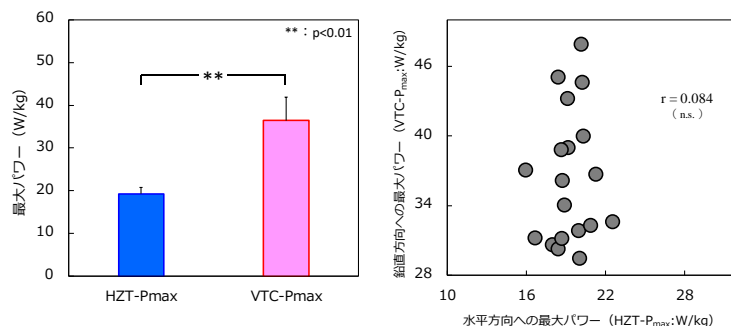


図 3 加速疾走時の水平方向へのパワーと鉛直方向への脚伸展パワーの結果

研究課題②

【実験 1】

分析の結果、2.7%の傾斜走路では平坦な走路 (Level) に比べて、下り (Downhill) と上り (Uphill) とともに、最大疾走速度に有意な差がみられていた (図 4 左参照)。一方、加速疾走中のパワー発揮特性については、傾斜走路間 (Downhill と Uphill) では、 F_0 および P_{max} に差が有意となる傾向がみられた。なお、 P_{max} については、Uphill が最も大きい値を示していたものの、Level との間に有意な差は認められなかった (図 4 右参照)。このことから、2.7%以下の傾斜走路であれば、パワー発揮特性には大きく影響しないものと推察された。したがって、傾斜走路をレジスタンストレーニングとして用いる場合は、少なくとも斜度が 2.7%より大きい走路で実施し、アシステッドトレーニングとして用いる場合は、斜度が 2.7%程度であればパワー発揮特性を大きく変えずにオーバースピードとなることが可能なものと考えられた。

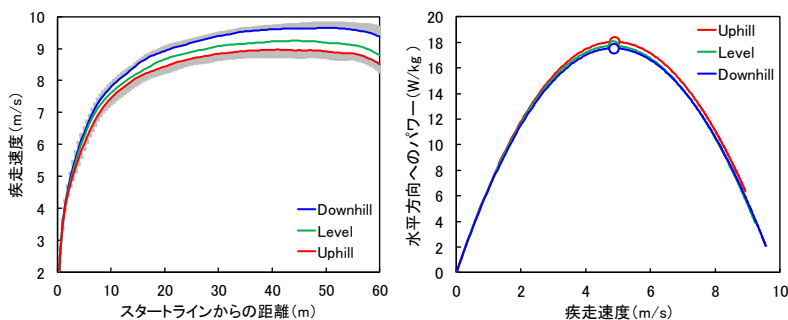


図 4 各走路条件 (Downhill, Level, Uphill) における疾走速度変化と疾走時のパワー-速度関係

【実験 2】

分析の結果、平坦な走路 (Level) に比べて、傾斜走路では最大疾走速度は有意に低下し、傾度が大きいほど値が小さかった (図 5 左参照)。パワー発揮特性については、 F_0 は 10.4%SL の方が Level と 2.7%SL に比べて有意に大きく、逆に V_0 は Level の方が 10.4%SL に比べて値が有意に大きかった。また、 P_{max} については、10.4%SL が最も大きい値を示していたものの、傾度間で有意な差は認められなかった (図 5 右参照)。このことから、傾度が 10.4%の上り坂では、パワー発揮特性が平坦な走路に比べて、力発揮重視となるものと推察された。したがって、傾斜走路を用いる際は、トレーニング目的によって用いる傾度を明確にする必要があると考えられた。

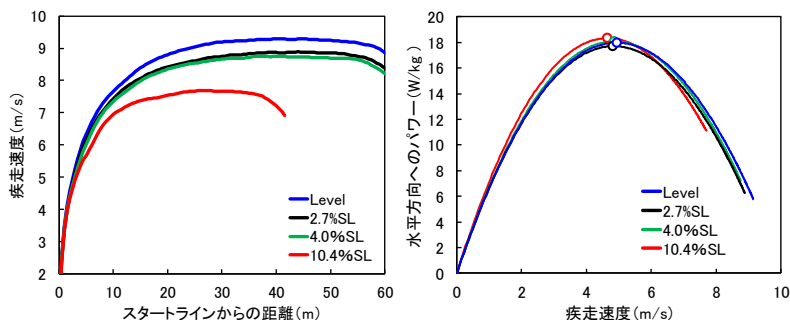


図 5 各走路条件 (Level, 2.7%SL, 4.0%SL, 10.4%SL) における疾走速度変化と疾走時のパワー-速度関係

上記の結果を踏まえると、加速疾走中に発揮されたパワー発揮を高めるには、体力としての自身が発揮し得る脚伸展パワーをトレーニングで向上させるだけでなく、走技能として、脚伸展パワーを加速疾走で水平方向に発揮できるようなスキルを高めることが重要であると考えられた。また、傾斜走路の上り坂での疾走では、発走後（加速初期）の低い速度では発揮される力が有意に大きくなり、有意ではなかったものの、発揮されるパワーもわずかではあるが増大していた。今後さらなる検討が必要ではあるものの、本研究の結果は、傾斜走路を用いた走トレーニングが、走技能の向上も含め、加速疾走時の水平方向へのパワー発揮能力の向上に少なからず貢献できる可能性を示すものであるといえよう。ただ、傾斜走路の傾度によってはパワー発揮特性にも影響することから、傾斜走路を疾走時のパワー発揮のトレーニングとして用いる際には、練習やトレーニング目的によって、用いる傾度を明確にする必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryu Nagahara, Misaki Wakamiya, Yasuo Shinohara, Akinori Nagano	4. 巻 39
2. 論文標題 Ground reaction forces during sprint hurdles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Sports Sciences	6. 最初と最後の頁 2706-2715
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02640414.2021.1954325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 篠原康男, 前田正登
2. 発表標題 短距離走スタートにおける女子選手のブロッククリアランス動作と力発揮に関する検討
3. 学会等名 第28回日本バイオメカニクス学会大会（茨城）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 篠原康男・鳥取伸彬・前田正登
2. 発表標題 傾度が異なる走路を疾走する際のパワー発揮特性に関する検討
3. 学会等名 第33回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠原康男・前田正登
2. 発表標題 傾斜走路を用いたスプリントトレーニングの有効性の検討
3. 学会等名 日本陸上競技学会第18回大会, 大阪国際大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠原康男・鳥取伸彬
2. 発表標題 加速疾走中に発揮するパワーと下肢関節の最大筋力およびパワーとの関係の検討
3. 学会等名 日本体育学会第69回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuo Shinohara, Ryu Nagahara, Akifumi Matsuo and Masato Maeda
2. 発表標題 Difference in acceleration patterns in two start techniques: Crouch and standing starts
3. 学会等名 36th International Conference on Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠原康男・前田正登
2. 発表標題 傾斜走路における加速疾走時の疾走速度変化
3. 学会等名 第31回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠原康男・永原隆・松尾彰文・前田正登
2. 発表標題 クラウチングスタートとスタンディングスタートにおける加速様態の比較検討
3. 学会等名 日本陸上競技学会第16回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	前田 正登 (Maeda Masato)		
研究協力者	鳥取 伸彬 (Tottori Nobuaki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------