

自転車競技選手における 250m タイムトライアルと 10 秒間の全力ペダリング能力との関係～スプリント能力改善に向けた自転車エルゴメーターの負荷設定および運動時間に関する提案～

石井泰光¹⁾, 近藤美子²⁾, 黒川剛³⁾, 山本正嘉⁴⁾

¹⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

²⁾鹿屋体育大学体育学部

³⁾鹿屋体育大学・スポーツ武道実践科学系

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード:スプリント、自転車エルゴメーター、負荷設定、GPS

【論文概要】

自転車競技選手は、スプリント能力の改善を目的として、自転車エルゴメーターを用いた全力ペダリングのトレーニングを行っている。その際に、どのような負荷条件および運動時間の設定が適切であるのか、大学生の短距離および長距離を専門とする自転車競技選手を対象に検討した。4種類の負荷条件で10秒間の全力ペダリング(10sPP)を行った時の発揮パワーと、自転車競技場での250m タイムトライアルとの関連性について、相関係数の有意水準によって検討した。その結果、長距離選手で見た場合には、負荷条件や運動時間によらず、両者の間には高い関連性が認められた。しかし、短距離選手についてみると、高い関連性の認められる負荷条件や運動時間には偏りが見られた。したがって、長距離選手が自転車エルゴメーターを用いてスプリント能力を改善しようとする際には、トレーニング条件の自由度は高いといえる。しかし、短距離選手の場合には、実走で改善したい能力(平均速度, 最大速度など)に応じて、負荷設定や運動時間の特異性を考慮することが重要であり、その際には、本研究で得られた 250m タイムトライアルの平均速度および最大速度と4種類の負荷条件における10sPPの平均パワーとの関係を示した一覧表が参考になると考えられる。

スポーツパフォーマンス研究, 6, 161-174, 2014年, 受付日:2013年3月23日, 受理日:2014年8月7日

責任著者:石井泰光〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地 鹿屋体育大学スポーツトレーニング
教育研究センター yasumitsu.ishii@gmail.com

Relation between the 250-meter time-trial and 10-second maximum power pedaling test of bicycle racers: setting the bicycle ergometer load and motion time in order to improve sprint capacity

Yasumitsu Ishii, Yoshiko Kondo, Takeshi Kurokawa, Masayoshi Yamamoto.
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Word: sprint, bicycle ergometer, load setting, GPS

[Abstract]

Bicycle racers do maximum power pedaling training using a cycle ergometer, aiming to improve their sprint capacity. The present study examined the loading condition and motion times to set for college student bicycle riders who specialized in short- and long-distance races. The relation between the displayed power in 10-second maximum power pedaling (10sPP) under 4 loading conditions and a 250-meter time trial was investigated at a velodrome, and the correlations between them were examined. The results indicated that, for the long-distance bicycle riders, a high correlation was observed between the loading condition and motion time, whereas for the short-distance riders, a deviation pattern was observed in loading conditions and motion time, which showed a high correlation. This suggests that a bicycle ergometer could provide long-distance bicycle riders who want to improve their sprint capacity with various options in their training conditions. On the other hand, for short-distance bicycle riders, it is important to consider the specificity of load setting and motion time according to the capacity measure (for example, average speed or maximum speed) that they want to improve. For that purpose, use is suggested of the list developed from the results of this study and included in the present article of average speed and maximum speed in 250-meter time trials and the average power of 10sPP in 4 loading conditions.

I.研究目的

自転車競技の場合、短距離種目・長距離種目という区別はあるものの、陸上競技のように、専門種目に特化しているわけではなく、長距離選手が短距離の種目に出場する場合や、その逆のケースもしばしば見られる。また、長距離種目の代表種目であるロードレースにおいても、ラストスパート時には極めて高いスプリント能力が要求される。そのため、短距離選手だけではなく長距離選手であっても、スプリント能力を高めることは重要である。

自転車競技選手は、スプリント能力を強化する方法の1つとして、自転車エルゴメーターを用いた全力ペダリングを行っている。この方法は、雨天時などに屋内で練習ができることや、負荷や運動時間を自由に設定できるという利点がある。スプリント能力の改善のためには、現場では10秒間以内の全力ペダリングが用いられることが多く、負荷条件や運動時間の設定は選手や指導者の経験に基づいて行われている。

このことに関する先行知見を見ても、自転車競技のスプリントトレーニングに関する記述(Burke,2002; Panzera,2010; 竹谷,2011)が、一部の書籍に見られるだけであり、実証的なデータに基づいて負荷条件や運動時間の設定方法を記載したものは見あたらない。つまり、自転車競技選手を対象に、競技種目特性を考慮して、どのくらいの負荷で、何秒間実施することが、スプリント能力を改善するためには最良であるのかは、十分に検証されていないという問題点がある。

また、その他の先行研究を見ると、国内および国際レベルの自転車競技選手を対象に、自転車エルゴメーターによるパワー発揮能力とフライング200m(Dorel et al., 2005), 333mTT(Stone et al., 2004), 1000mTT(池田ほか, 2009)との間に、有意な相関関係があることが報告されている。しかし、自転車競技の短距離選手や長距離選手を区分して検討した研究は見あたらない。

一般人や体育学や健康教育を専攻とする大学生を対象として、自転車エルゴメーターによる負荷条件とパワー発揮との関係については、いくつかの検討があり、負荷が増大するにつれて、直線的にパワーが増大する(Dotan and Bar-Or, 1983; 山本, 1994)が、一定の負荷を超えるとパワーが低下することから、全体としては2次曲線に回帰すると報告されている(Dotan and Bar-Or, 1983; Linossier et al.,1996)。ただし、これらの知見は、自転車競技選手を対象にしているわけではない。

以上のように、自転車競技選手を対象として、実走のパフォーマンスと自転車エルゴメーターの関連性を短距離選手と長距離選手に分けて検討した研究はほとんどないといえる。このような背景を考えると、自転車競技選手を対象に、競技種目特性を考慮して、実走のパフォーマンスと自転車エルゴメーターによる負荷条件と運動時間との関係を実証的に明らかにできれば、短距離種目の改善したい目的(平均速度, 最大速度など)に合わせて、負荷条件や運動時間を考慮した、より効果的なトレーニングができる可能性がある。また、短距離種目や長距離種目によって、実走と自転車エルゴメーターのパワー発揮特性の関連性が異なるのであれば、その特異性を考慮した負荷条件および運動時間を決定できると考えられる。

そこで本研究では、大学生の短距離および長距離を専門とする自転車競技選手を対象として、自転車競技場における実走パフォーマンス(250mタイムトライアルの平均速度, 最大速度)と、自

自転車エルゴメーターを用いて4種類の負荷条件(体重の7.5%, 10.0%, 12.5%, 15.0%)で行わせた10秒間の全力ペダリング運動時の発揮パフォーマンスとの関係を明らかにすることを目的とした。そして、両方の相関係数が高い負荷条件および運動時間の組み合わせが、効果的なトレーニング条件となりうるという仮定に基づいて、自転車競技選手に対する、全力ペダリング運動の負荷設定および運動時間に関する提案も行った。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、大学生の自転車競技選手 14 名(男性 11 名, 女性 3 名)であった。このうち、短距離種目を中心に行っている者(以下、短距離と略す)は 6 名, 長距離種目を中心としている者(以下、長距離と略す)は 8 名であった。表 1 は、対象者の身体特性および競技年数を示したものである。対象者全員は、全日本学生選手権に出場しており、競技レベルの高い競技者がほとんどであった。各対象者には実験の趣旨、内容およびそれに伴う危険性について十分に説明し、本研究に参加する同意を得た。

表1. 対象者の身体特性および競技年数

専門種目	短距離(男5名, 女1名)	長距離(男6名, 女2名)
年齢(year)	21.5 ± 3.4	19.2 ± 0.4
身長(cm)	171.1 ± 8.0	171.8 ± 7.4
体重(kg)	71.3 ± 10.4	62.3 ± 6.3
BMI	24.3 ± 2.3	21.1 ± 0.7
競技年数(year)	8.1 ± 4.4	3.3 ± 1.8

2. 測定方法

(1) 250m タイムトライアル

自転車競技のスプリント能力を評価する指標として、250m タイムトライアル(以下、250mTT と略す)を採用した。この種目は静止状態でスタートを行い、スタンディング姿勢で加速を行い、250m までのタイムを計測するものである。日本人の自転車競技選手において、250m 区間内で最大速度に到達することが報告されていることから(太田ほか, 2011)、静止状態からの加速能力と最大速度に獲得する能力まで、総合的にスプリント能力を評価することができる。また、国際大会から国内大会の競技レベルに問わず 1000mTT のタイムとの間には、高い相関関係があること(de Koning et al., 1999; Corbett, 2009; 池田ほか, 2009, 2012)から、自転車競技のスプリント能力を適切に評価できる種目であると考えて採用した。

250mTT は、1 周 400m の屋外自転車競技場を用いて(図 1)、晴天の日に、路面が乾燥していることを確認して実施した。

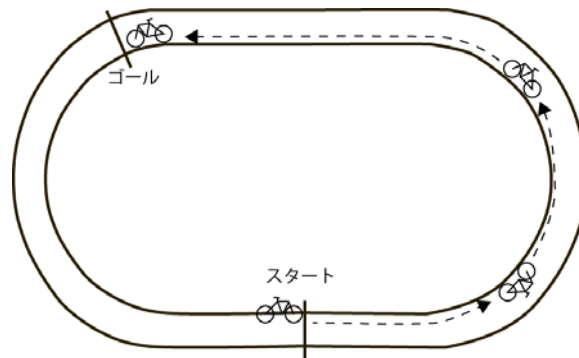


図1. 実験の模式図

対象者は、250mTT のウォーミングアップとして、各自の自転車を3本ローラー台上に載せて、任意のペースで約30分間のペダリング運動を行わせた。その後、ローラー台上で、約10秒間の全力ペダリングを2回行わせた。そして、10分以上の十分な休息を挟んだ後に、250mTT を実施した。試行は10分以上の休息を挟みながら、合計2回実施した。本研究の分析には、最もタイムがよかった試行を用いた。なお、スタートの失敗した場合や、1回目と2回目のタイムが顕著に異なる場合は、3回目の試行を行わせた。測定ごとに、測定者が自転車のギア比について確認を行った。表2は、短距離と長距離のフロントギア、リアギア、ギア比を示した。

表2. 250mTT における自転車のギア比

専門種目	フロントギア(T)	リアギア(T)	ギア比
短距離	49.2 ± 1.5	14.5 ± 0.5	3.40 ± 0.10
長距離	50.7 ± 1.5	15.0 ± 0.0	3.38 ± 0.10

250mTT のスタートからゴールまでのタイムを計測するために、光電管 (TC-Timing System, Brower Timing Systems, USA) を使用した。スタート時の誤作動を防ぐために、自転車のフロントホイールがスタートラインより約30cm後方になるように手で固定させてからスタートさせた。

自転車の走行距離および走行速度(平均速度, 最大速度)は、GPS (SPI-ProX, Gpsports, Australia) を用いて、サンプリング周波数15Hzで計測した。本研究で使用したGPS は単独測位方式(non-differential)であり、速度の平均誤差は -0.08 ± 0.15 m/s、誤差の許容限界 (limits of agreement) は $-0.36 \sim +0.21$ m/s であった。

計測を終了したGPS は、GPS 付属のドッキングステーションに接続して、USB 経由でパーソナルコンピュータと接続した。GPS 付属のソフトウェア (Team AMS) を使用して、データのダウンロードを行い、CSV ファイルの出力を行った。Matlab R2010b (MathWorks, USA) を用いて、CSV ファイルの読み込みを行い、緯度・経度から平面直角座標系の変換、移動距離および速度の算出を行った。緯度、経度から平面直角座標系の換算方法は、Bowring (1996) に基づいて行った。座標変換の原点は、東経131度0分0秒、北緯33度0分0秒とした。

GPS データの分析開始点は、対象者の走行速度が0.1m/s以上になった時点とした。分析の終了点は、スタートからの積算の移動距離が250m以上となった時点とした。この分析区間における平

均速度, 最大速度, 最大速度の出現時間を求めた. さらに, 25m 地点, 50m 地点, 100m 地点, 150m 地点, 200m 地点を通過した時の瞬時速度をそれぞれ抽出した(図 2).

(2) 自転車エルゴメーターによる 10 秒間全力ペダリング(10sPP)

サドルおよびハンドルの位置が調整できる自転車エルゴメーター(本体:Powermax-VIII, コンビウエルネス社製, 日本;サドルおよびハンドル部分の改造:パワーマックス改造 II 型競輪仕様, ヴィクトジャパン, 日本)を用いて, ペダルは, ロード用ピンディングペダル(PD-5700, シマノ, 日本)を使用して, 10 秒間の全力ペダリング運動(以下, 10-second Ergometer Pedaling Power を省略して, 10sPP と示す)を行った. 負荷条件は, 各対象者の体重の 7.5%, 10.0%, 12.5%, 15.0%からなる 4 種類の負荷条件(以下, 7.5%条件, 10.0%条件, 12.5%条件, 15.0%条件と略す)とした. 10sPP の負荷条件は, ランダムに選択して, 10 分間の休息時間を挟みながら実施した. なお, この測定は, 250mTT とは別の日に実施した.

自転車ペダリング中の発揮パワーを計測するために, 自転車エルゴメーターとパーソナルコンピュータを接続して, データ取得ソフトウェア(Powermax-VII データ収集プログラム, コンビウエルネス社製, 日本)を用いて, サンプリング周波数 10Hz で収集した.

4 種類の負荷条件における 10sPP 中に発揮されたパワー値から, 平均パワーおよび最大パワーの絶対値と体重割を求めた. また, 最大パワーの出現時間についても求めた. 短距離と長距離ごとに, 4 種類の負荷条件における平均パワーの特性を明らかにするために, スタートから 1 秒間隔の平均パワーを算出した.

3. 統計処理

各分析項目は, 平均値±標準偏差で示した. 250mTT におけるタイム, 平均速度, 最大速度, 最大速度の出現時点を, 短距離と長距離の比較を行うために, 対応のない t 検定を用いて検討した.

250mTT における速度特性(図 2), 4 種類の負荷条件における 10sPP の平均パワーの特性(図 3), 4 種類の負荷条件における 10sPP の平均パワー(図 4), 最大パワー(図 5), 最大パワーの出現時間(図 6)を, 短距離と長距離の比較を行うために, 二元配置の分散分析を用いて検討した. 交互作用が認められた場合は, 各要因の水準ごとに単純主効果の検定を行った. 交互作用が認められない場合は, F 値が有意であった項目について多重比較(Tukey の HSD 検定)を行った.

短距離と長距離の専門種目ごとに, 4 種類の負荷条件(7.5%条件, 10.0%条件, 12.5%条件, 15.0%条件)における, 10 通りの運動時間を設定して, それぞれの区間において体重割の平均パワーを算出した. 10 通りの運動時間は, ペダリングの開始時点(0 秒)を基準に, 1 秒単位で運動時間を延長して行くことで(0~1 秒, 0~2 秒, 0~3 秒...0~10 秒)設定した. それから, 250mTT の平均速度・最大速度と 10sPP における 4 種類の負荷条件(7.5%条件, 10.0%条件, 12.5%条件, 15.0%条件)と 10 通りの運動時間の平均パワー(体重割)の関係を, Pearson の積率相関係数(r)を用いて

求めた。その相関係数を 2 乗することによって寄与率 (r^2) を算出して、百分率で示した。なお、10sPP におけるスプリント能力の改善するために必要な運動時間を検証するために、開始時点をも 0 秒に固定して、終了時点までの運動時間を 1 秒ずつ延長することによって、10 通りの運動時間を設定して検証した。

III. 結果

(1) 250mTT のパフォーマンス

図 2 は、短距離および長距離の 250mTT の瞬時速度を、走行距離 25m, 50m, 100m, 150m, 200m, 250m ごとに示したものである。いずれもスタートから急激に速度が増加し、250mTT のゴール地点で最大速度が生じていた。すべて区間で、短距離は長距離よりも瞬時速度が有意に大きかった。走行距離の瞬時速度は、200m と 250m を除いて、走行距離間で有意な差が認められた。

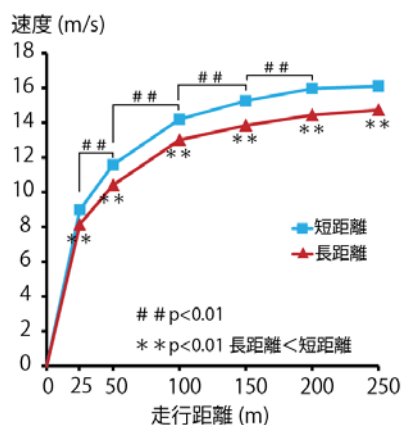


図2. 250mTT の速度特性

表 3 は、250mTT におけるタイム(光電管, GPS), 平均速度, 最大速度, 最大速度の出現時間示したものである。タイムは光電管で計測したものと, GPS から算出したものを示した。250mTT のタイムは、短距離が約 20 秒, 長距離が約 22 秒であり、短距離が約 2 秒優れていた。また、250m の平均速度および最大速度も、短距離が高値を示した。最大速度の出現時点についても、短距離が早く出現していた。すべての変数において、短距離と長距離の間に有意差が認められた。

表3. 250mTT におけるタイム、平均速度、最大速度、最大速度の出現時点

分析項目	短距離	長距離	p値
光電管 タイム(sec)	20.12 ± 0.33	21.85 ± 1.32	p<0.01
GPS タイム(sec)	20.88 ± 0.38	22.55 ± 1.48	p<0.05
平均速度(m/s)	12.4 ± 0.2	11.4 ± 0.6	p<0.01
最大速度(m/s)	16.2 ± 0.4	14.8 ± 0.9	p<0.01
最大速度の出現時点(sec)	19.98 ± 0.98	21.94 ± 0.56	p<0.05

(2) 10sPP のパフォーマンス

図3は、4種類の負荷条件における10sPPのパワー特性を、短距離と長距離に分けて、1秒ごとに体重割の平均パワーを示したものである。各負荷条件においても、スタートから3~5秒目に最大を示し、それ以後は低下する傾向が認められた。負荷条件が大きくなるにつれて、平均パワー(体重割)が大きくなる傾向が、短距離および長距離に認められた。短距離の平均パワー(体重割)は、運動時間が1~5秒まで、7.5%条件に比べて、10.0%条件、12.5%条件、15.0%条件が有意に高かった。6秒以降では、7.5%条件に比べて、12.5%条件、15.0%条件の平均パワーが高かった。長距離の平均パワー(体重割)は、すべての運動時間において、7.5%条件に比べて、12.5%条件、15.0%条件が高いことが示された。

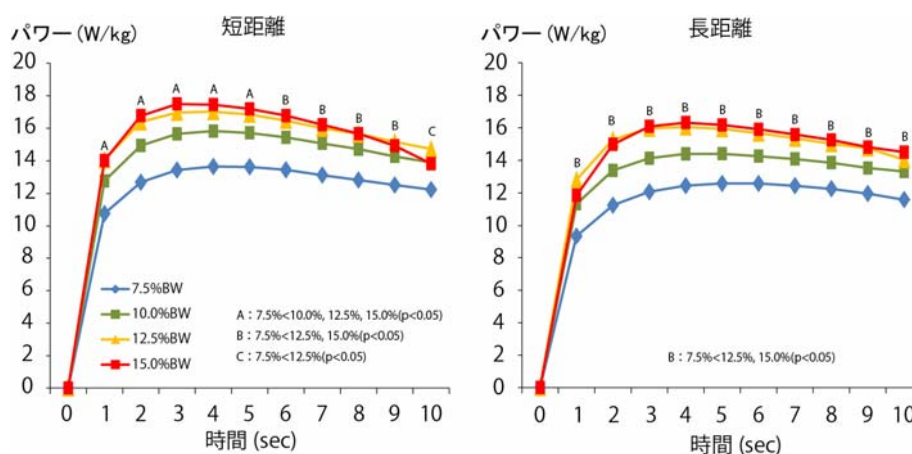


図3. 4種類の負荷条件における10sPPの平均パワーの特性

図4は、10sPPの平均パワー(絶対値, 体重割)について、4種類の負荷条件との関係を示したものである。両群とも、負荷条件が大きくなるほど、平均パワーは大きくなる傾向を示した。負荷条件ごとに短距離と長距離を比較すると、絶対値と体重割のいずれにおいても、短距離は長距離よりも高値を示した。

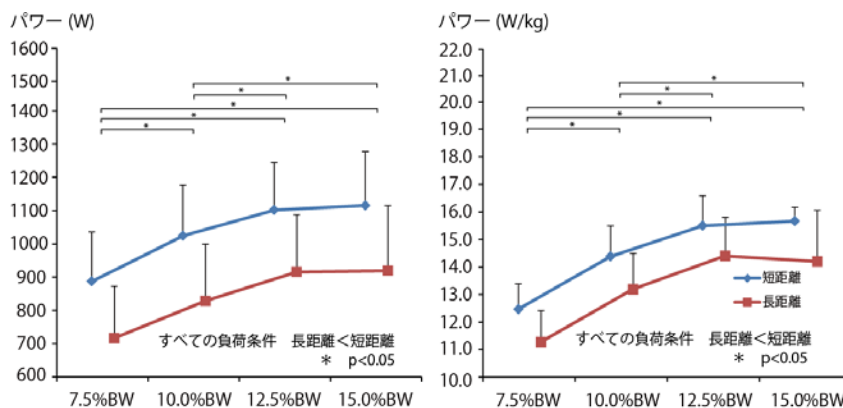


図4. 4種類の負荷条件における10sPPの平均パワー

図5は、10sPPの最大パワー(絶対値, 体重割)について、4種類の負荷条件との関係を示したものである。図4に示した、平均パワーと同様の関係が認められた。

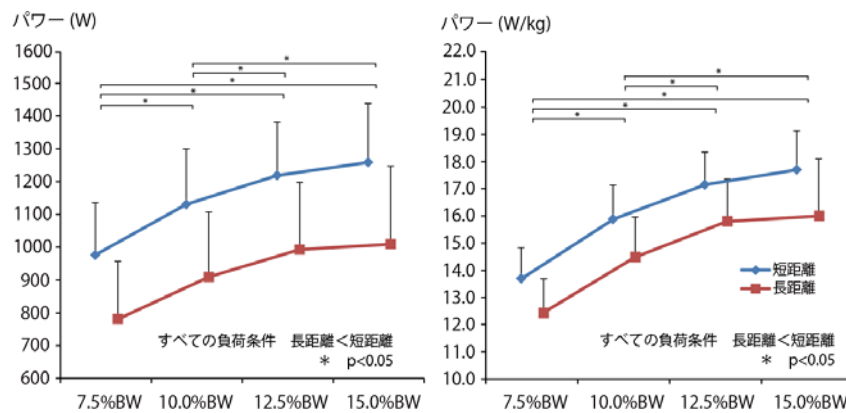


図5. 4種類の負荷条件における10sPPの最大パワー

図6は、10sPPの最大パワーの出現時間について、4種類の負荷条件との関係を示したものである。両群ともに負荷条件が大きくなると、最大パワーの出現時間は短縮する傾向を示した。なお、12.5%条件と15.0%条件には、最大速度の出現時間に差が認められなかった。

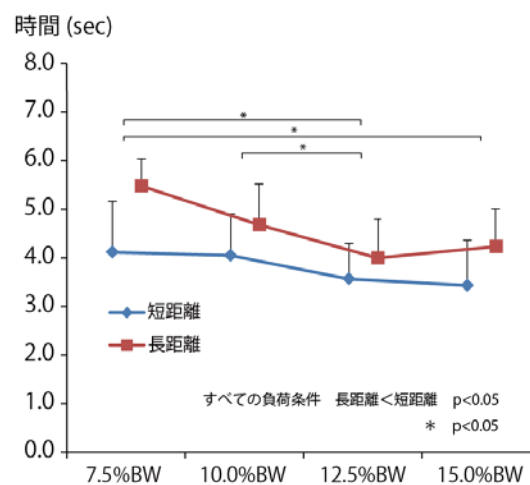


図6. 4種類の負荷条件における10sPPの最大パワーの出現時間

図7は、対象者全員のデータを用いて、250mTTにおける25m地点、50m地点、100m地点、150m地点、200m地点、250m地点の瞬時速度と、4種類の負荷条件における10sPPの平均および最大パワー(絶対値, 体重割)の関係を示したものである。絶対値あたりの平均および最大パワーは、走行距離が250mに近づくにつれて相関係数が高くなる傾向が認められた。一方、体重割の平均および最大パワーは、走行距離に関わらず一定の傾向が認められた。

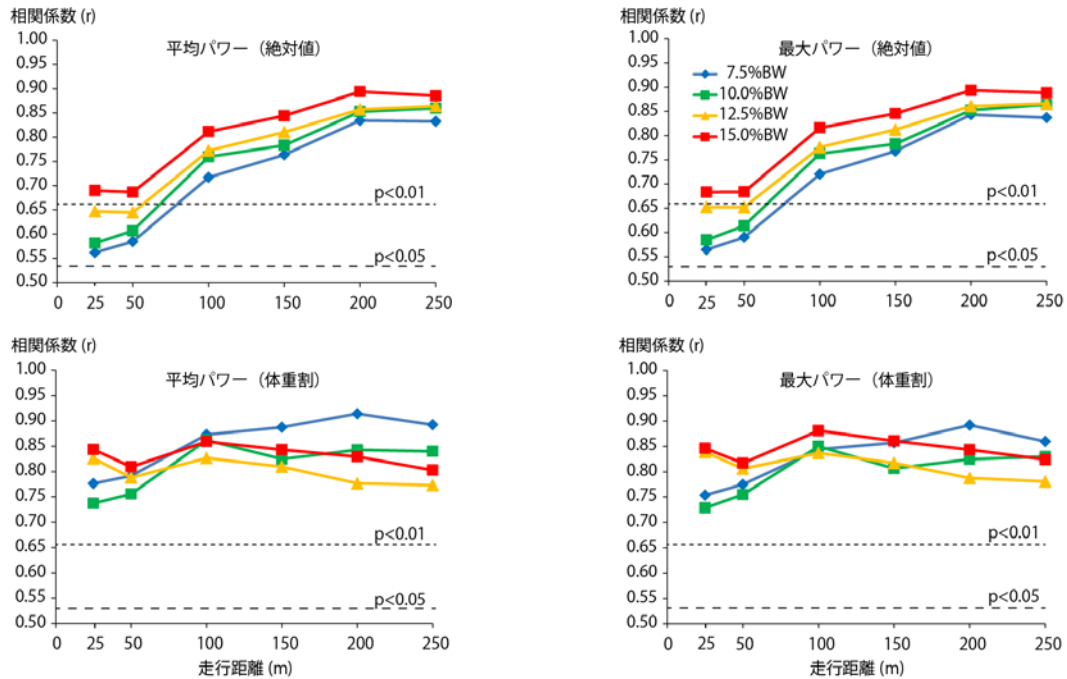


図7. 250mTTにおける各地点の瞬時速度と4種類の負荷条件における10sPPの平均および最大パワー(絶対値・体重割)の関係

(3) 250mTTの平均速度と10sPPとの関係

表4は、250mTTの平均速度と4種類の負荷条件における10sPP時の平均パワーとの関連性について、相関係数(r)を元に算出した寄与率(r^2)で示したマトリックス表である。有意水準が1%未満を赤色、有意水準が5%未満を橙色、有意水準が5%以上を黄緑色で示した。

表4. 250mTTの平均速度と4種類の負荷条件における10sPPの平均パワーとの関係

短距離		分析区間(秒)	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8	0-9	0-10
歩上り階段(体重あたり)の平均速度	7.5%	12%	16%	24%	31%	38%	43%	47%	46%	46%	48%	
	10.0%	8%	24%	35%	52%	62%	65%	68%	67%	65%	67%	
	12.5%	10%	30%	58%	79%	87%	86%	84%	76%	72%	72%	
	15.0%	30%	51%	58%	68%	77%	79%	82%	84%	86%	85%	
長距離		分析区間(秒)	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8	0-9	0-10
歩上り階段(体重あたり)の平均速度	7.5%	84%	87%	91%	95%	92%	93%	91%	88%	88%	89%	
	10.0%	19%	41%	58%	69%	74%	75%	81%	78%	81%	84%	
	12.5%	60%	79%	83%	87%	86%	86%	84%	84%	86%	84%	
	15.0%	12%	37%	55%	64%	72%	79%	82%	86%	88%	88%	

有意水準: NS (黄緑色) p<0.05 (橙色) p<0.01 (赤色)

平均パワーは、1~10秒間までの10通りの運動時間で算出した。数値は寄与率(%)を表す。

短距離では、1%および5%未満の有意水準が見られたのは、12.5%条件および15.0%条件における運動時間が4~10秒間であった。また、10.0%条件の運動時間が7~8秒間と10秒間の時は、5%未満の有意水準のみが見られた。一方、長距離では、1%未満の有意水準は、7.5%条件の運動時間が1~10秒間、12.5%条件の運動時間が2~10秒間、10.0%条件および15.0%条件における運動時間が5~10秒で見られた。

(4) 250mTT の最大速度と 10sPP との関係

表 5 は、250mTT の最大速度と、4 種類の負荷条件における 10sPP 時の平均パワーとの関係について、表 4 と同様の方法で示したマトリックス表である。

表5. 250mTT の最大速度と 4 種類の負荷条件における 10sPP の平均パワーとの関係

短距離		分析区間 (秒)	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8	0-9	0-10
自転車競技選手 (体重あたり)	7.5%	7.5%	45%	60%	65%	68%	63%	60%	60%	55%	52%	52%
	10.0%	10.0%	8%	33%	52%	55%	52%	41%	37%	33%	31%	26%
	12.5%	12.5%	6%	17%	23%	21%	19%	14%	10%	7%	6%	4%
	15.0%	15.0%	33%	35%	38%	34%	29%	25%	21%	19%	17%	19%

長距離		分析区間 (秒)	0-1	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-7	0-8	0-9	0-10
自転車競技選手 (体重あたり)	7.5%	7.5%	72%	79%	85%	90%	93%	95%	96%	97%	98%	97%
	10.0%	10.0%	25%	48%	65%	75%	80%	82%	86%	84%	88%	88%
	12.5%	12.5%	62%	76%	78%	79%	79%	79%	76%	77%	79%	77%
	15.0%	15.0%	28%	60%	76%	83%	88%	92%	93%	95%	95%	95%

有意水準： NS p<0.05 p<0.01

平均パワーは、1～10 秒間までの 10 通りの運動時間で算出した。数値は寄与率 (%) を表す。

短距離において 1%未満の有意水準が見られたのは、7.5%条件の運動時間が 4 秒間のみ見られた。一方、長距離は、1%未満の有意水準が見られたのは、7.5%条件の運動時間が 1～10 秒間、12.5%条件の運動時間が 2～10 秒、10.0%条件および 15.0%条件の運動時間が 5～10 秒間に見られた。

IV. 考察

本研究では、自転車競技選手(短距離、長距離を含む)を対象に、250mTT の速度特性と、4 種類の負荷条件における 10sPP のパワー特性との関係について検討した。250mTT の速度特性を見ると、最大速度、平均速度、各分析区間の瞬時速度はいずれも、短距離の方が長距離よりも有意に高値を示した(図2、図3)。10sPP のパワー特性(最大パワー、平均パワー)を見る(図4、図5)と、短距離と長距離に関わらず、12.5%条件および 15.0%条件が、7.5%条件よりも高値を示した。

さらに、250mTT の走行速度に対して、負荷条件および運動時間が異なる 10sPP の平均パワーとの関係について検討した。その結果、専門種目の違いによって、250mTT と自転車エルゴメーターの負荷条件と運動時間からなる表(表 4, 表 5)において、高い寄与率が認められる部分が異なっていた。

1. 短距離および長距離における 250mTT の速度特性

短距離は、長距離に比べて、250mTT のタイムは短く、平均速度および最大速度は有意に高かった(表 3)。両者のギア比(表 2)は、ほぼ同じであることから、短距離はクランクの回転数を短時間で高めることによって、高い走行速度を獲得していたと考えられる。

さらに、250mTT における 25, 50, 100, 150, 200, 250m 地点の瞬時速度と、4 種類の負荷条件における 10sPP の平均および最大パワーの関係について検討した(図7)。その中で、絶対値の平均および最大パワーは、走行距離が 250m に近づくにつれて相関係数が高くなる傾向が認められた。一方、体重割の平均および最大パワーは、相関係数が一定となる傾向が認められた。

この結果は、スタートから 100m までの走行速度を大きくするには、自転車エルゴメーターによる体重割のパワー値を高めることの重要性を示唆している。さらに、100m 以降の速度を高めるには、体重割のパワーを高めるだけではなく、絶対値あたりの発揮パワーを増大させることが重要であると考えられる。

2. 250mTT の速度特性と 4 種類の負荷条件における 10sPP の発揮パワーの関係

250mTT の平均速度と 4 種類の負荷条件との相関関係を見る(表4)と、短距離と長距離との間には違いが認められた。短距離において、250mTT の平均速度を改善したい場合には、両方の寄与率が高くなる体重の 12.5%もしくは 15.0%という負荷条件を用いることが、より適していると考えられる。一方、長距離では、4 種類の負荷条件において、いずれも高い相関関係が認められたことから、長距離選手にとっては負荷条件の設定における自由度は高いことが考えられる。

さらに、本研究の結果から 250mTT などの実走を向上させるために必要な運動時間を検討するために、250mTT の平均速度と運動時間との関係を検討したところ、専門種目に関わらず、5~10 秒間の運動時間の時に強い関連性が認められた。250mTT の運動時間は 20 秒程度であるのに対して、全力ペダリングの運動時間は 10 秒間であることも考えあわせると、250mTT の平均パワーを高めるには、ある程度長い運動時間でのペダリング時間を選択することが必要と考えられる。

250mTT の最大速度と 4 種類の負荷条件における 10sPP との関係(表5)は、専門種目によって異なる関係性が認められた。短距離は、250mTT の最大速度に対して、7.5%条件において運動時間を 4 秒間とした場合、高い相関関係が認められた。4 秒間という運動時間は最大パワーの出現時間とほぼ一致することから、250mTT の最大速度を高めるためには、最大パワーが出現するまでの運動時間を確保することが重要であると考えられる。

一方、長距離では、250mTT の最大速度に対して、すべての負荷条件と運動時間が 4~10 秒間の組み合わせにおいて、高い相関関係が認められた。この結果も、最大パワーが出現する運動時間以上で生じていることから、250mTT の最大速度を高めるには、最大パワーが出現するまで運動時間を確保することが重要であることを示唆すると考えられる。

なお、長距離選手は短距離選手に比べて、250mTT における各指標と 10sPP における各指標との組み合わせにおいて、より幅広い組み合わせで高い寄与率を示していた。これは、長距離選手は、スプリント能力が高いものから低いものまで、幅広く含まれていたことが影響したためと考えられる。逆に、短距離選手ではスプリント能力が高い等質集団のため、高い寄与率が得られる組み合わせが、より限定されたものと考えられる。

本研究の結果から、短距離および長距離の選手に分けて、250mTT の平均速度および最大速

度を高めるために、自転車エルゴメーターを用いる際の負荷条件および運動時間に対して、具体的な提案を行うことができると考えられる。

例えば、短距離選手が250mTTの平均速度を高めたい場合は、12.5%条件および15.0%条件の負荷を選択して、運動時間を4～10秒間持続させることが目安になる。また、250mTTの最大速度を高めたい場合は、体重の7.5%で4秒間行わせることが指針になると考えられる。長距離選手では、250mTTの平均速度および最大速度を高めるためには、7.5%条件から15.0%条件までの幅広い負荷条件で、5～10秒の運動時間が適切な負荷設定であると考えられる。ただし、実際のトレーニング効果を検証したものではないので、今後はその検討が必要である。また、トレーニングの実施にあたって表4や表5を利用する際には、本データが大学レベルで競技力の高い選手において得られた結果であることを踏まえておくことも必要と考えられる。

V. まとめ

本研究では、短距離および長距離を専門とする自転車競技選手を対象に、250mTTの実走パフォーマンスと自転車エルゴメーターを用いた全力ペダリング時の発揮パワーとの関連を検討した。そして、自転車競技選手に対するスプリント能力改善に向けた、全力ペダリング運動の負荷設定および運動時間について、以下の内容を提案した。

- ① 長距離選手においては、平均速度および最大速度を改善するために、負荷条件の自由度は高く、運動時間は5～10秒が適切であると考えられた。
- ② 短距離選手においては、平均速度を改善するために、負荷条件は体重の12.5%および15.0%、運動時間は5～10秒間が適切であると考えられた。一方、最大速度を改善するためには、負荷条件は体重の7.5%で、運動時間は4秒という最大パワーが出現する時間まで行うことが適切であると考えられた。
- ③ 負荷条件および運動時間の設定には、本研究で得られた250mTTの平均速度および最大速度と4種類の負荷条件における10sPPの平均パワーとの関係を寄与率で示した一覧表(表4, 表5)を活用して、目的に合わせて負荷条件や運動時間を考慮することが重要であると考えられる。

VI. 参考文献

- ・ Bowring, B. R. (1996) Total inverse solutions for the geodesic and great elliptic. Survey Review. 33:461-476.
- ・ Burke, E. (2002) Serious Cycling. Human Kinetics, USA.
- ・ Corbett, J. (2009) An analysis of the pacing strategies adopted by elite athletes during track cycling. International Journal of Sports Physiology and Performance, 4:195-205.
- ・ de Koning J.J., Bobbert, M.F., and Foster, C. (1999) Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. J Sci Med Sport. 2(3):266-277.

- ・ Dorel,S., Hautier,CA., Rambaud,O., Rouffet, D., Van Praagh, E., Lacour, JR., and Bourdin M.(2005) Torque and power-velocity relationships in cycling: relevance to track sprint performance in world-class cyclists. *Int J Sports Med.* 26(9):739-746.
- ・ Dotan, R., and Bar-Or, O.(1983) Load optimization for the Wingate Anaerobic Test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*51(3):409-417.
- ・ 池田祐介, 高嶋渉, 谷所慶, 前川剛輝, 西山哲成(2009)トラック種目を専門とする一流自転車競技選手と大学自転車競技選手の体力要素の比較および大学自転車競技選手の1kmタイムトライアルにおけるパフォーマンスと体力要素の関係 *トレーニング科学* 21(4):399-416.
- ・ 池田 祐介, 高嶋 渉, 陸名 英二, 村田正洋(2012). 2011 年自転車世界選手権大会における男子 200m および 1000m タイムトライアルのレース分析 *トレーニング科学* 23(4), 349-360
- ・ Linossier, MT., Dormois, D., Fouquet, R., Geysant, A., and Denis, C.(1996)
- ・ Use of the force-velocity test to determine the optimal braking force for a sprint exercise on a friction-loaded cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*74(5):420-427.
- ・ Panzera, R.(2010) *Cycling Fast.* Human Kinetics, USA.
- ・ 太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介, 貴島孝太, 村田正洋(2011) 自転車競技(200mFTT, 250mTT, 500mTT, 1kmTT)における記録とレース中の速度変化特性, クランク回転数変化特性およびギア比との関係. *トレーニング科学*, 23(2):177-195.
- ・ 竹谷賢二 (2011) *バイシクルトレーニングブック.* ベースボールマガジン社
- ・ 山本正嘉(1994) 異なる運動様式および負荷条件下で得られた脚の無酸素性パワーの相関関係. *トレーニング科学*, 6:45-50.