

大学競泳選手における Wingate test で評価した 無酸素性パワーと100m と200m 競技種目の 泳パフォーマンスの関係

Relationship between anaerobic power evaluated by a Wingate test and swimming performance in 100 m and 200 m events in collegiate competitive swimmers

山 川 啓 介¹⁾ 仙 石 泰 雄²⁾ 北 川 幸 夫³⁾

Keisuke KOBAYASHI YAMAKAWA, Yasuo SENGOKU and Yukio KITAGAWA

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between the anaerobic power, which was evaluated by a Wingate test, and the swimming performance in the 100 m and 200 m events. Twenty-five competitive collegiate female swimmers participated in this study. All participants performed a Wingate test using a bicycle ergometer, and the mean and the peak power during the test were measured. The FINA points of the 100 m and 200 m events in competitions before and after the Wingate test were used as the participant's swimming performance. The relationships between the mean and peak power of the Wingate test and the swimming performance was investigated using Pearson's correlation coefficient. As the results, significant relationships were observed between the mean power and the FINA points of the 100 m event ($r=0.67, p<.05$), and the peak power and the FINA points of the 100 m event ($r=0.66, p<.05$). There was no significant relationship between the mean or peak power and the FINA points of the 200 m events. This study suggested that strong relationship exists between the anaerobic power, which was evaluated by the Wingate test, and the swimming performance of 100 m event. Therefore, Wingate test may serve as a useful tool for coaches to objectively evaluate and monitor the anaerobic power of swimmers, and to predict the swimming performance of 100 m events.

Keywords : *competitive swimming, bicycle ergometer, race performance*

I. 緒 言

競泳競技では200m以下の競技種目が8割を占めることから、無酸素性エネルギー供給能力が泳パフォーマンスを左右する重要な体力要因であることが知られている¹⁾。そのため、競泳競技のトレーニングでは泳者の無酸素性能力を向上させることが重要であり、指導者はトレーニングを通じた泳者の無酸素性能力の変化を客観的に評価する必要がある。

無酸素性能力を簡易的に測定する方法として、自転車エルゴメーターを用いて短時間高強度の全力ペダリング運動を行う Wingate test が挙げられる²⁾。これまでの Wingate test に関する先行研究では、テスト中に発揮したパワーと無酸素性能力の指標である最大酸素

負債³⁾、最大酸素借¹²⁾、テスト終了後の最大血中乳酸値¹¹⁾²⁾との間には有意な相関関係が認められており、Wingate testは無酸素性能力を的確に評価できることが明らかにされている。さらに、自転車ペダルリング運動は、変動の高い泳技術の影響を受けないため、水泳運動と比較して泳者の純正な体力要素を評価できる。そのため、Wingate testは競泳選手における無酸素性能力を簡易的かつ的確に評価するのに適した方法である。

無酸素性能力が競技パフォーマンスに強く影響を与える競技の場合、Wingate testで評価した無酸素性パワーが直接的に競技パフォーマンスと関係することもある。森ほか⁹⁾は、無酸素性能力との関係が深い400m走のパフォーマンスとWingate testの30秒平均パワーの間には有意な相関関係があり、Wingate testは無酸素性能力の評価に用いることができるだけでなく、走パフォーマンスの評価にも有用であると述べて

1) 日本女子体育大学 (講師)

2) 筑波大学体育系 (助教)

3) 日本女子体育大学 (教授)

いる。競泳競技の100mや200mの競技種目でも、有酸素性能力の指標である最大酸素摂取量よりも無酸素性能力の指標である最大酸素借のほうが泳パフォーマンスとの関係が深いことが報告されている¹⁾。そのため、100mと200mの競技種目の泳パフォーマンスもWingate testで評価した無酸素性パワーと関係する可能性がある。Wingate testの無酸素性パワーと泳パフォーマンスが直接的に関係するのであれば、競泳競技におけるWingate testの有用性をさらに高めることに貢献すると考えられる。

そこで本研究は、Wingate testで評価した無酸素性パワーと100m及び200mの競技種目における泳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。レースにおける泳パフォーマンスの指標として、泳記録から算出されるFINA pointが挙げられる。FINA pointとは、競技会での泳記録を世界記録を基準として相対値化した指標であり²⁾、距離、種目、性差の違いに関わらず競技パフォーマンスレベルを客観的に評価できる。そのため、本研究ではFINA pointを泳パフォーマンスの指標とした。

II. 方 法

1. 対 象

対象者は、大学水泳部に所属する女性競泳選手25名(年齢, 20.0±1.2歳; 身長, 1.61±0.05m; 体重, 53.2±6.3kg)とした。全対象者は週9回の水中トレーニングを行っており、日ごろから十分なトレーニングを行っていた。また、全対象者はトレーニングの一環として自転車エルゴメーターを用いたトレーニングを週1回行っていたため、自転車ペダリング運動には慣れていた。

2. Wingate test

自転車エルゴメーターを用いたWingate testのデータは、全対象者が所属する大学チームがトレーニングの一環として定期的に行っているテストのデータを採用し、2017年7月26日から2017年8月2日までの1週間中に行われたデータを分析に用いた。テストで用いる自転車エルゴメータは、Power Max VIII (KONAMI社製)を使用した。Wingate testでは、負荷を体重の7.5%に設定し、30秒間の全力ペダリング運動を行うよう対象者に指示した。機器に内蔵されたプログラムを用いて、運動中に発揮した30秒間の平均

パワー、ピークパワーが即時的に算出された。

3. 泳パフォーマンスの指標

対象者の泳パフォーマンスは、Wingate testを実施した週の前後1ヶ月以内に行われた競技会における泳記録を泳パフォーマンスの指標として採用した。FINA pointは、国際水泳連盟 (FINA) が定めた算出方法²⁾を引用して以下の式 (1) で算出を行った。

$$P=1000 \times (B/T)^3, (1)$$

P は FINA point, B は競技会当日までで公認された世界記録 (秒), T は競技者の泳記録 (秒) を示す。なお、FINA point の小数点以下は四捨五入を行った。対象となった競技会において、対象者が同競技種目に複数回出場した場合、最も FINA point が高い泳記録を採用した。

4. 統計処理

統計処理に用いる各変数において、平均値と標準偏差を算出した。統計処理は、統計解析ソフトウェアのエクセル統計 (Bell Curve 社製) を用いて行った。データの正規性は Shapiro-Wilk 検定で確認した。100mの競技種目と200mの競技種目に出場したグループ間の比較では、対応のない t 検定で比較した。FINA point と Wingate test で発揮したパワーの関係性は、Pearson の方法を用いて相関係数を算出し、無相関検定を行った。相関係数の解釈については、Hopkins et al.⁶⁾ に従い、0.1-0.3を弱い、0.3-0.5を中程度、0.5-0.7を強い、0.7-0.9をととも強い、0.9以上をほぼ一致と定義した。統計的有意確率は5%未満に設定した。

III. 結 果

対象となった競技会において、全対象者25名の内、100mの競技種目に出場した対象者は20名 (自由形7名、背泳ぎ2名、平泳ぎ5名、バタフライ6名)、200mの競技種目に出場した対象者は19名 (自由形5名、背泳ぎ1名、平泳ぎ5名、バタフライ4名、個人メドレー4名) であった。100mの競技種目、200mの競技種目に出場した対象者の身体特性とFINA pointを表1に示した。表2には、100mの競技種目、200mの競技種目に出場した対象者のWingate testにおける平均パワーとピークパワーの結果を示した。表1および

表1 100m, 200mの競技種目に出場した対象者おける身体特性と FINA point

Variables	unit	100 m event (n=20)	200 m event (n=19)	p-value
Age	(years)	20.0±1.2	20.2±1.1	0.67
Height	(m)	1.61±0.05	1.61±0.07	0.67
Body mass	(kg)	53.4±6.5	53.1±6.3	0.90
FINA point	(points)	647±63	653±64	0.76

表2 100m, 200mの競技種目に出場した対象者おけるWingate testの30秒間平均パワーとピークパワー

Variables	unit	100 m event (n=20)	200 m event (n=19)	p-value
Mean power	(W)	408.1±46.2	401.2±49.0	0.65
	(W/kg)	7.7±0.5	7.6±0.5	0.52
Peak power	(W)	505.1±64.9	489.7±68.4	0.48
	(W/kg)	9.5±0.6	9.2±0.6	0.19

表3 Wingate testの平均パワー, ピークパワーと100m, 200mの競技種目のFINA pointとの相関分析結果

	Correlation coefficient	
	100 m event FINA point	200 m event FINA point
Mean power	0.67*	0.33
Peak power	0.66*	0.24

*Significant correlation, $p < .05$.

表2の各変数において、種目間で有意な差を示さなかった。

表3には、Wingate test中に発揮した平均パワー、ピークパワーとFINA pointの相関係数の結果を示した。200mの競技種目におけるFINA pointとWingate testの平均パワーとピークパワーの間には有意な相関関係が確認されなかったものの、100mの競技種目におけるFINA pointとWingate testの平均パワー、ピークパワーの間には有意な正の強い相関関係が確認された (vs. 平均パワー: $r=0.67$, $p < .05$; vs. ピークパワー: $r=0.66$, $p < .05$)。また、Wingate testの平均パワー、ピークパワーと100mの競技種目におけるFINA pointとの関係性について、図1と図2にそれぞれの散布図を示した。

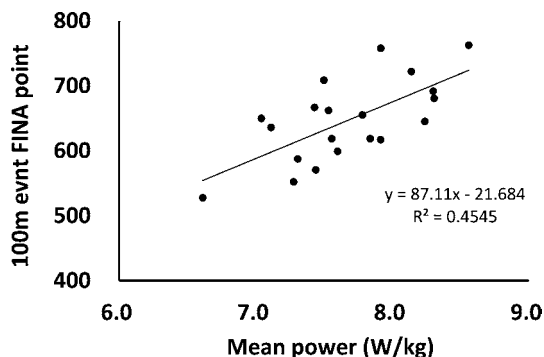


図1 Wingate testの30秒間平均パワーと100mの競技種目におけるFINA pointの関係

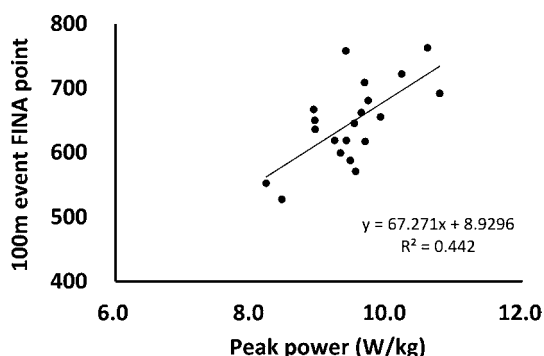


図2 Wingate testの30秒間ピークパワーと100mの競技種目におけるFINA pointの関係

IV. 考 察

本研究は、Wingate testで評価した無酸素性パワーと泳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、大学の水泳チームで行われたWingate testの結果とテスト前後1ヶ月以内に行われた競技会での泳パフォーマンスとの関係性について調査を行った。その結果、Wingate testの平均パワー及びピークパワーと100mの競技種目の泳パフォーマンスとの間に正の強い相関関係が確認された。

競泳競技の場合、運動中に供給されるエネルギーの無酸素性が占める割合は、100mの競技種目で約50%、200mの競技種目では約40%であり、運動時間(泳距離)が長くなるほど有酸素性エネルギーが占める割合が多くなることが報告されている¹⁰⁾。また、黒川ほか⁸⁾は、100mの泳速度と無酸素性能力の指標である最大酸素負荷量との間に正の相関関係があり、400mの泳速度と有酸素性能力の指標である最大酸素摂取量との

間に正の相関関係があったと報告しており、競泳競技において短距離種目と中・長距離種目では主に必要とされるエネルギー供給能力が異なることが明らかになっている。以上のことから、200m 種目の競技成績と Wingate test で発揮したパワーとの間に相関関係が確認されなかった理由として、100m の競技種目と比べて運動時間が長いこと、200m 種目では無酸素性能力だけでなく有酸素性能力も泳パフォーマンスに強く影響したと推察された。

先行研究では、400m 走のタイムと Wingate test の30秒平均パワーとの間に負の相関関係があったことが報告されている⁹⁾。400m 走は、競泳の100m 競技種目と運動時間が近似しており、両種目とも50秒-70秒で運動が完結する。運動時間の近似と関連して、400m 走の無酸素性エネルギーの供給比は、女性ランナーで55%程度と報告されており⁹⁾、上述した競泳の100m の競技種目における無酸素性エネルギーの供給比の値と近似している。そのため、本研究では400m 走の先行研究と類似した結果を示したと考えられた。

Hawley & Williams⁹⁾は、女性競泳選手において、上肢エルゴメーターを用いた Wingate test で発揮した30秒間平均パワー及びピークパワーと50m スプリント泳の泳速度の間に正の強い相関関係 (vs. 平均パワー： $r=0.89$ ；vs. ピークパワー： $r=0.78$) があったことを報告している。この先行研究で得られた相関係数は、本研究で得られた100m の競技種目の FINA point と Wingate test で発揮したパワーとの相関係数 (vs. 平均パワー： $r=0.67$ ；vs. ピークパワー： $r=0.66$) よりも高い値であった。この理由として、50m 泳のほうが運動時間が短いため、運動中に供給されるエネルギーの無酸素性が占める割合が100m 泳よりも高いことが相関係数の値に影響したと考えられた。また、先行研究の結果も踏まえて、より泳距離が短い種目のほうが Wingate test で発揮したパワーと泳パフォーマンスの関係が深く、100m の競技種目までは泳パフォーマンスと関係するということが示唆された。

本研究では、100m の競技種目の泳パフォーマンスと Wingate test で評価した無酸素性パワーが関係するということが明らかになり、競泳競技の泳パフォーマンスの評価として Wingate test が有用であることが示唆された。しかしながら、本研究では、無酸素性能力の指標となる最大酸素負債量や最大酸素借などの生理学的指標を測定していないため、Wingate test が

競泳選手の無酸素性能力を的確に反映するか否かについては本研究の結果だけでは言及できない。従って、今後は生理学的指標も含めた調査が必要である。Wingate test で評価した無酸素性パワーの解釈については、あくまで泳者の無酸素性能力の指標としてのみ捉えるべきである。実際の泳パフォーマンスには、ストローク技術、スタート・ターン・ゴールタッチの技術、レース戦略などの技術的および戦術的要因も影響する。特に、体力レベルが拮抗したトップレベルの集団においては、体力要因と泳パフォーマンスの関係が乏しくなることが予測される。そのため、現場において Wingate test を活用する場合、定期的にテストを実施し、トレーニングを通じた個人内の変化を観察することが重要であると考えられる。

V. 結 論

本研究では、大学水泳部に所属する女性競泳選手を対象に、Wingate test で評価した無酸素性パワーと100m および200m の競技種目における泳パフォーマンスとの関係について検討した。その結果、100m の競技種目のパフォーマンスと Wingate test で発揮した平均パワー及びピークパワーとの間に正の強い相関関係が確認されたものの、200m の競技種目のパフォーマンスとは有意な相関関係が確認されなかった。そのため、Wingate test で評価した無酸素性パワーは100m の競技種目の泳パフォーマンス評価に有用であることが示唆された。

謝 辞

本研究にあたり、多くのご協力をいただいた石井亨氏および研究に参加していただいた女性大学競泳選手に方々に心から感謝の意を申し上げます。

引用文献

- 1) Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005) Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running, *Journal of Sports Sciences* 23(3): 299-307.
- 2) FINA Fédération Internationale de Natation (2011) FINA point, http://www.fina.org/sites/default/files/fina_points_table_2.pdf.
- 3) Goslin, B.R., & Graham, T.E. (1985) A comparison of 'anaerobic' components of O₂ debt and the Wingate test, *Canadian journal of applied sport sciences*. Jour-

- nal canadien des sciences appliquees au sport, 10(3): 134-140.
- 4) Granier, P., Mercier, B., & Mercier, J. et al. (1995) Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners, *European journal of applied physiology and occupational physiology* 70(1): 58-65.
 - 5) Hawley, J.A., & Williams, M.M. (1991) Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance, *International Journal of Sports Medicine* 12(01): 1-5.
 - 6) Hopkins, W., Marshall, S., & Batterham, A. et al. (2009) *Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science*, *Medicine Science and Sports Exercise*, 41(1): 3-12.
 - 7) 岩田学, 近藤和泉, 細川賀乃子 (2005) 無酸素性運動能力の評価, *リハビリテーション医学* 42(12): 880-887.
 - 8) 黒川隆志, 富樫泰一, 野村武男ほか (1985) 最大酸素負荷量, 最大酸素摂取量および酸素需要量と水泳記録との関係, *体育学研究* 29(4): 295-305.
 - 9) 森健一, 吉岡利貢, 荻山靖ほか (2012) 短距離走者における無酸素性能力および走パフォーマンス評価としてのWingate testの有用性, *体育学研究* 57(1): 275-284.
 - 10) 荻田太 (1999) 水泳中の無酸素性エネルギー供給動態, *水泳水中運動科学* (2): 47-56.
 - 11) Ogita, F., Hara, M., & Tabata, I. (1996) Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm stroke, leg kicking and whole body swimming, *Acta Physiologica* 157(4): 435-441.
 - 12) Scott, C.B., Roby, F.B., Lohman, T.G. et al. (1990) The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity, *Medicine Science and Sports Exercise* 23(5): 618-624.

(平成29年9月13日受付)
(平成29年12月13日受理)

