

自由形泳の酸素負債量に及ぼす泳距離および泳時間の影響

高松 薫・岡本幸恵*・富樫泰一**

Effects of swimming distance and time on the oxygen debt in crawl swimming

Kaoru TAKAMATSU, Sachie OKAMOTO* and Taiichi TOGASHI**

This study investigated the effects of swimming distance and time on the oxygen debt in crawl swimming at the distance of 50, 100, 150, 200, 400 and 800 meters. Subjects were two college male swimmers, a sprint swimmer (S, 100 m crawl-55" 86) and a middle distance swimmer (M, 400 m individual medley-4'42"47).

Results were as follows;

- 1) There was no individual difference in maximum oxygen debt (S, 11.92 l; M, 11.94 l).
- 2) Maximum oxygen debt was obtained for subject S at swimming distance of 150 meters and time of 97 seconds, and for subject M at swimming distance of 200 meters and time of 128 seconds.
- 3) Compared with subject M, oxygen debt of subject S was greater at shorter swimming distance (time) and smaller at longer one.

These results suggest that swimming distance with exhaustion in 1.5 to 2 minutes, i.e., 150 to 200 meters, may be effective for most swimmers to develop anaerobic endurance by maximum and nearmaximum crawl swimming. Because oxygen debt in swimming is considered to be smaller than that of sprint running, it is suggested that anaerobic endurance for swimmers is improved by exercises other than swimming.

Key words : crawl swimming, oxygen debt, anaerobic endurance

I. 緒 言

競泳時の酸素需要量に占める酸素摂取量と酸素負債量の割合は、100m—2 : 8, 200m—3 : 7, 400m—6 : 4, 800m—8 : 2, 1500m—10 : 1である³⁾。したがって、競泳の短、中距離種目に属する100, 200mにおいては、酸素負債能力、すなわち行動体力の一要因である無氣的持久力が競技成績に大きく影響すると思われる。また、400, 800, 1500mにおいても、競泳中の酸素負債量その

ものは100, 200mと大差がない³⁾ので、無氣的持久力は競技成績にかなり影響すると思われる。

無氣的持久力は、無氣的パワーとその持続能力によって決まる。これは、一般には最大酸素負債量によってとらえられている。したがって、無氣的持久力を高める場合には、最大酸素負債量を増すのに最も有効な手段を用いて行うことが適切であると思われる。そのためには、最大酸素負債量が出現する運動条件、すなわち1度に続けて泳ぐ距離、または時間を明らかにすることが重要である。なぜなら、このような運動条件のもとでトレーニングを行えば、無氣的持久力を高めるため

* 茗溪学園

** 茨城大学

の運動負荷を容易にかけられると考えられるからである。

最大酸素負債量の出現条件に関する研究は、これまで全身運動では走運動⁹⁾、ペダリング運動⁴⁾を用いて、また局所運動ではグリップング運動⁴⁾を用いて行われている。しかし水泳運動では、100m自由形泳における記録と酸素負債量との関係を明らかにした研究^{2,6,7,10)}は行われているが、最大酸素負債量の出現条件に関する研究、すなわち泳距離または泳時間と酸素負債量との関係をみた研究はこれまで行われていない。

そこで本研究では、自由形泳の泳距離および泳時間と酸素負債量との関係を、高度に鍛練された大学男子短距離選手、中距離選手各1名を対象にして検討した。また、水泳運動の無気的な負荷特性を明らかにするために、本研究で得られた結果をこれまでに報告されている走運動⁹⁾、ペダリング運動⁴⁾による場合と比較検討した。

II. 方 法

1. 被 検 者

被検者には、短距離選手Sと中距離選手Mを用いた。被検者の年齢、身長、体重およびベスト記録は、Sの場合は順に20歳、178.0cm、62kg、100m自由形：55"86であり、Mの場合は順に20歳、173.5cm、61kg、400m個人メドレー：4'42"47である。

2. 実験運動

実験運動として、50、100、150、200、400、800mの各全力自由形泳を、原則として各々1回ずつ行わせた。試技は全て公認の50mプールで行わせた。被検者には、いずれの距離においても、自己最高記録を目標にして泳ぐことを指示した。スタート動作は、飛び込みによる推進力をなくすために壁を蹴る方法で行わせた。

3. 測定項目と測定方法

各泳距離における泳時間(記録)、50mごとの泳時間とストローク数、および酸素負債量を測定した。

泳時間の測定では、スタート時に泳者の頭が水中に沈んだ時からゴールで手が壁に着くまでの時間をストップウォッチで計測した。また同時に、50mごとの泳時間とストローク数を計測し、平均泳速度と平均ストローク数を求めた。ストローク数は、片手を1ストロークとして数えた。

酸素負債量は、ゴール直後から45分間にわたって連続的に測定した回復期の総酸素摂取量から、その間の安静時総酸素摂取量を差し引いて求めた。

回復期の酸素摂取量は、ダグラスバック法を用いて測定した。ゴール直後の採気漏れを防ぐために、ゴールと同時に被検者に2～3秒間の止息をさせ、直ちにマスクを装着した後に呼吸を行わせた。また、ゴールから1分までは水中で立位姿勢をとらせた。その後、被検者をプールサイドに上げ、椅坐位姿勢で安静にさせた。呼気ガスの分析には、Perkin-Elmer社製の質量分析計を用いた。なお、安静時の分時酸素摂取量には、各被検者の体表面積から求めた基礎代謝量に1.2倍した値を用いた⁹⁾。

III. 結 果

各泳距離における平均泳速度は、いずれもMがSより高い値を示した。平均泳速度と平均ストローク数の各最高値は、両者ともに、いずれも50m泳で得られた。50m泳より泳距離が長くなるにつれて平均泳速度、平均ストローク数はともに減少したが、平均泳速度の低下の割合はSがMより僅かに大きかった。一方、平均ストローク数は、いずれの距離においてもMがSより約1～2回多かった(表1)。なお、両者ともに、水泳中にペースやストローク数が大きく変化することはなかった。

最大酸素負債量は、Sは11.92ℓ、Mは11.94ℓで両者間に差はなかった。最大酸素負債量が出現した泳距離は、Sは150m、Mは200mであった。またその時間は、Sは97秒、Mは128秒であった。両者ともに、最大酸素負債量が得られた泳距離(泳時間)よりも、泳距離が短くなくても長くなくても酸素負債量は低下した。しかし、各泳距離における酸素負債量は、泳距離が短い場合はSが高く、泳距離が長い場合はMが高い傾向にあった(表1、図1)。

IV. 考 察

水泳選手の無気的持久力のトレーニング法を確立するためには、最大酸素負債量が出現する泳距離または泳時間を明らかにすることのほか、水泳運動そのものの無気的な負荷特性を知っておくことも重要である。そのために、ここでは本研究の結果をこれまでに報告されている走運動やペダ

Table 1 Record, mean swimming speed, mean stroke frequency, and oxygen debt of 50 m to 800 m crawl swimming.

Subject	Swimming distance m	Record	Mean swimming speed ¹⁾		Mean stroke frequency ¹⁾		Oxygen debt	
			m/sec	% ²⁾	times/50m	% ²⁾	ℓ	% ²⁾
Sprint swimmer (S)	50	27"43	1.82	100.0	45.0	100.0	8.56	71.8
	100	59"06	1.69±0.08	93.0	43.5±2.1	96.7	10.78	90.4
	150	1'36"48	1.55±0.07	85.2	39.3±2.1	87.3	11.92	100.0
	200	2'11"40	1.52±0.06	83.5	39.5±2.1	87.8	11.56	97.0
	400	4'41"89	1.42±0.06	78.0	38.9±2.0	86.4	9.42	79.0
	800	9'41"42	1.38±0.04	75.8	38.5±1.6	85.6	9.43	79.1
Middle distance swimmer (M)	50	27"19	1.84	100.0	46.0	100.0	8.78	73.5
	150	1'34"38	1.59±0.07	86.4	41.7±1.2	90.7	10.47	87.7
	200	2'07"91	1.56±0.04	84.8	41.5±2.1	90.2	11.94	100.0
	400	4'31"55	1.47±0.05	79.9	40.0±2.6	87.0	10.57	88.5
	800	9'26"78	1.41±0.04	76.6	39.2±1.0	85.2	10.32	86.4

1) Mean swimming speed and mean stroke frequency were measured every fifty meters.

2) Symbol % indicates rate to the maximum value.

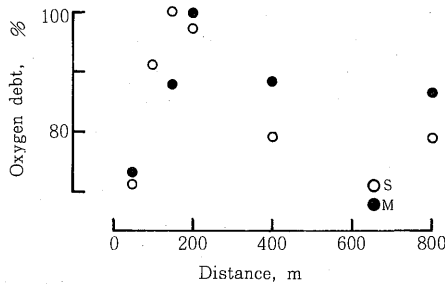


Fig. 1 Relationship between swimming distance and relative oxygen debt in crawl swimming.

リング運動による成績と比較することにした。

図2は、水泳、走、ペダリングの各運動時間と酸素負債量との関係を示したものである。水泳運動は本実験で用いた水泳競技の短距離選手と中距離選手、走運動は陸上競技の短距離選手と中距離選手⁵⁾、ペダリング運動は陸上競技の短距離選手⁴⁾の成績である。この図から次の2つのことが認められる。

第1に、水泳運動、走運動ともに、短距離選手は中距離選手よりも運動時間が短い場合に最大酸素負債量が出現する傾向が認められる。また、最大酸素負債量の出現時間は、各選手が行っている運動種目に関係なく、競技時間が長い選手ほど遅くなる傾向が認められる。すなわち、競技が約10~20秒で終了する陸上競技の100・200m選手は約60秒、約60秒で終了する水泳競技の100m選手

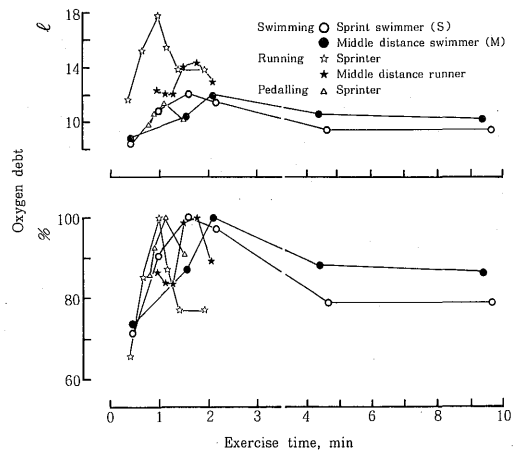


Fig. 2 Relationships between exercise time and oxygen debt in crawl swimming (present study), running (Kinpara, et al.⁵⁾) and pedalling (Kinpara, et al.⁴⁾)

は約97秒、約2分で終了する陸上競技の800m選手は約100秒、約2~4分で終了する水泳競技の200・400m選手は約128秒である。

上述の結果は、無氣的持久力を高める場合には、いずれの運動様式においても、一般に約1~2分で激しく疲労するような運動を用いることが有効であるが、選手が行っている種目の時間からみた運動特性を十分に考慮することが重要であることを示唆している。すなわち、水泳運動の場合は約

1.5～2分の範囲内で激しく疲労するような泳距離(150～200m)を用いるが、そのなかでも短距離選手は比較的短い時間(距離)による手段を、中距離選手は比較的長い時間(距離)による手段をそれぞれ重視することが有効であることを示唆している。なお、短距離選手と中距離選手との間に最大酸素負債量の出現時間に差が生じた理由には、短距離選手は中距離選手よりも短時間に集中的に大きなエネルギーを出す技術を身につけていることが考えられる。

第2に、無気力持久力を高める場合の至適強度とみなされている、最大酸素負債量の約85%以上の強度⁶⁾が得られる運動時間の範囲は、水泳運動は走運動やペダリング運動よりも長い傾向が認められる。この理由には、水泳運動は走運動やペダリング運動よりも、運動時間(泳時間、泳距離)の差による速度の差の小さいことが考えられる。

しかし、図2から、水泳運動による最大酸素負債量はペダリング運動とほぼ同じであるが、走運動より低いことが認められる。この結果は、運動様式の相違による最大酸素負債量の相違を、同一選手内で比較していないので、今後さらに検討することが必要である。しかし、水泳運動による最大酸素負債量は走運動とは異なる可能性のあること⁷⁾、および水泳運動による最大酸素摂取量は歩行運動とほぼ同じである⁸⁾が、走運動より約15%低いこと⁹⁾などの報告をもとにすると、水泳運動による最大酸素負債量は走運動より低いことが予測される。このことは、水泳選手の無気的持久力を高めていく場合には、水泳運動以外の手段も併用することが重要であることを示唆している。

V. 要 約

水泳競技の男子短距離選手(S)、中距離選手(M)各1名を用いて、50, 100, 150, 200, 400, 800mの各全力自由形泳における酸素負債量を測定した結果、次のことが認められた。

- ① 最大酸素負債量は、両者間に差はなかった(S: 11.92 ℓ, M: 11.94 ℓ)。
- ② 最大酸素負債量が出現した泳距離は、Sは150m, Mは200mであった。またその時間は、Sは97秒, Mは128秒であった。
- ③ 各泳距離における酸素負債量は、最大酸素負債量が得られた距離より短い場合はSが高く、長い場合はMが高い傾向にあった。

上述の結果から、全力または全力に近い自由形泳によって無気的持久力を高める場合には、専門種目によって若干異なるが、一般には約1.5～2分で激しく疲労するような距離(150～200m)を用いることが有効であることが示唆された。しかし、水泳運動による酸素負債量は走運動よりも低いことが予測されるので、水泳選手の無気的持久力を高める場合には、水泳運動以外の手段も併用することが重要であると考えられる。

文 献

- 1) Åstrand, P.O. and Saltin, B., "Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity," J. Appl. Physiol., 16: 977-981, 1961.
- 2) Hermansen, L., "Anaerobic energy release," Med. Sci. Sports, 1:32-38, 1969.
- 3) Houston, M.E., "Metabolic responses to exercise, with special reference to training and competition in swimming," in Erikson, B. and Furberg, B. (Eds.), Swimming Medicine IV, University Park Press: Baltimore, 1978. pp. 207-232.
- 4) 金原勇・高松薫・伊藤朗「無気的持久性トレーニングに関する基礎的研究—トレーニング手段のつくり方に関連して—」東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 10: 17-39, 1972.
- 5) 金原勇・高松薫・高橋悟「ハイスピードの持続能力を高めるトレーニング手段のつくり方に関する基礎的研究」昭和47年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 V ハイスピード持続能力解明—第2次研究報告一, 35-55, 1972.
- 6) 黒川隆志・富樫泰一・野村武男・池上晴夫「最大酸素負債量, 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: 295-305, 1985.
- 7) 宮下充正「ハイスピード持続能力の解明—水泳選手にトレーニングを課すことによって得られた知見—」昭和47年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 V ハイスピード持続能力解明—第2次研究報告一, 30-34, 1972.
- 8) 野村武男「エージグループ水泳選手の最大酸素摂取量について」体育学研究, 22: 301-309, 1978.
- 9) 沼尻幸吉, 労働の強さと適性作業量, 増補 8版, 労働科学研究所, 1970. p. 319.
- 10) Van Huss, W.D. and Cureton, T.K., "Relationship of selected tests with energy metabolism and swimming performance," Research Quarterly, 26:205-221, 1955.