

# 競泳における持久的トレーニング強度の設定に 有効なフィールドテストの検討

別府女子短期大学 松 波 勝  
(共同研究者) 長 崎 大 学 田井村 明 博  
大分県立芸術 洲 雅 明  
文化短期大学  
福 岡 大 学 田 口 正 公

## Field Test to Estimate Endurance Training Intensity in Competitive Swimming

by

Masaru Matsunami

*Beppu Women's Junior College*

Akihiro Taimura

*Faculty of Environmental Studies, Nagasaki University*

Masaaki Suga

*Oita Prefectural College of Arts and Culture*

Masahiro Taguchi

*Faculty of Sports and Health Science, Fukuoka University*

### ABSTRACT

The study examined whether swimming velocity (SV) obtained from ten-minutes swimming test (T-10) had validity as the endurance training intensity. A total of nine highly-trained male college swimmers ( $19.4 \pm 1.1$  yrs) volunteered as subjects in this study. In the first place, two kinds of field tests (T-10 and T-30) were carried out, which were followed by two kinds of interval training tests in which the subjects swam

200m ten times. A pacemaker set at the bottom of a 50m swimming pool controlled the SV during the tests. Blood lactate concentration (BLa) and heart rate (HR) were measured to evaluate exercise intensities. The SV and BLa from the T-10 ( $1.437 \pm 0.055$  m/s,  $9.47 \pm 2.31$  mmol/ℓ) were significantly higher than those from the T-30 ( $1.362 \pm 0.069$  m/s,  $5.33 \pm 1.58$  mmol/ℓ) ( $p < 0.05$ ). One of the interval training tests, conducted at the SV obtained by the T-10, resulted in the SV of  $1.436 \pm 0.060$  m/s, the BLa of  $5.82 \pm 2.00$  mmol/ℓ, and the HR of  $182.1 \pm 8.6$  bpm. And the other one, conducted at the SV obtained by the T-30, resulted in the SV of  $1.368 \pm 0.064$  m/s, the BLa of  $2.33 \pm 0.65$  mmol/ℓ, and the HR of  $168.3 \pm 12.1$  bpm. The differences observed in those tests were statistically significant ( $p < 0.05$ ). These results suggest that the SV obtained from T-10 can provide sufficient stimulation to develop swimmers' endurance capacity. Consequently, T-10 is considered to be an effective field test to set the swim-training pace.

## 要 旨

本研究の目的は、血中乳酸濃度の測定を行わないフィールドテストにより得られた泳速度が、持久的インターバルトレーニングの運動強度として有効であるかどうかを検討することである。

被験者は、男子大学競泳選手9名であった。フィールドテストの中で長時間泳とされる30分間泳(T-30)とOBLAスピードと相関が高く比較的短時間で行える10分間泳(T-10)を取り上げ、これらのテスト泳から得られた泳速度で200m×10回のインターバルテスト(IT@T-10とIT@T-30)を実施した。

T-30およびT-10から得られた泳速度によるインターバルテストの結果、平均泳速度はIT@T-30が $1.368 \pm 0.064$  m/s、IT@T-10が $1.436 \pm 0.060$  m/s、平均血中乳酸濃度はIT@T-30が $2.33 \pm 0.65$  mmol/ℓ、IT@T-10が $5.82 \pm 2.00$  mmol/ℓ、トレーニングテスト中の平均心拍数はIT@T-30が $168.3 \pm 12.1$  bpm、IT@T-10が $182.1 \pm 8.6$  bpmであった。泳速度、血中乳酸濃度、心拍数、RPEそれぞれにおいて、IT@T-10

の方が有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。

これらのことから、T-10は競泳トレーニングにおける持久的運動強度を設定するフィールドテストとして有効であることが示唆される。

## 緒 言

競泳のトレーニングにおける持久的能力の評価やトレーニングペースの設定にあたって、血中乳酸濃度の測定を行わない簡易な方法として決められた時間や距離を一定ペースでできるだけ速く泳ぐ各種のフィールドテストが実施されている<sup>6, 9, 16, 18</sup>。これらのテストの一つである30分間泳(T-30)は、テストにより得られた泳速度が、観血的な乳酸テストから求められた血中乳酸濃度4mmol/ℓでの泳速度(V4あるいはOBLAスピード)と有意な相関関係があることから<sup>13</sup>、持久的トレーニング強度の設定において乳酸テストと同等の評価を行えるテストであることが示されている<sup>2, 9, 18</sup>。一方、時間や距離を変えたフィールドテストも示されてきた<sup>6, 12, 15, 17</sup>。しかし、実際のトレーニングにおいてテストから得られたタイムや泳速度を用いるとなるとテスト様式の違

いから得られる泳速度は異なり，用いたテストによっては持続的トレーニングに適切な負荷とならない可能性が出てくる．3種類のフィールドテストから得られた泳速度とOBLAスピードとの関係について見た先行研究では，長時間泳とされるT-30や2000m泳は，得られた泳速度をそのままトレーニングに利用すると持続的トレーニング強度としては低くなり，逆に運動時間の短い600m泳では高すぎる事が示されている<sup>10)</sup>．さらに，2種類のテストを加えて検討した研究では，10分間泳(T-10)が持続的トレーニング強度を設定するフィールドテストとして活用できる可能性が示唆された<sup>11)</sup>．

しかし，T-10から得られた泳速度が，実際の持続的インターバルトレーニングにおける運動強度として適切であるかどうかの妥当性は明らかにされていない．そこで本研究は，T-10より得られた泳速度の持続的トレーニングとしての妥当性とこれまで有効なフィールドテストとして示されてきたT-30との比較から，トレーニング現場における新たなフィールドテストとしてT-10の有効性について検討することを目的とした．

## 1. 研究方法

### 1. 1 被験者

日頃から十分にトレーニングを行っている男子大学競泳選手9名が本研究の被験者として参加した．全ての被験者には，事前に本研究の目的，方法などを十分に説明し，実験要旨の理解を得たうえで参加の同意を得た．被験者の身体的特性と競技成績は表1に示した．

### 1. 2 実験手順

本研究で実施した全てのテストは，50m屋内プールで実施した(気温21.0~23.0℃，水温27.0~29.0℃)．また，泳法はすべて自由形とした．各テストは少なくとも24時間以上の間隔を置いて実施した．

#### 1. 2. 1 フィールドテスト (FT)

インターバルトレーニングテストを実施する前にトレーニングペースを設定するためにT-10およびT-30を実施した．両テストとも一定のペースを維持できる最高スピードで泳ぐように指示した．各テストで到達した泳距離から泳速度および設定タイムを算出した．

#### 1. 2. 2 インターバルテスト (IT)

FTより得られた泳速度が，持続的インターバルトレーニングにおいて至適ペースであるかどうかを検討するために，T-10とT-30から得られた泳速度で200m×10回のトレーニングテスト(IT@T-10とIT@T-30)を実施した．各テストにおけるインターバルタイムは，通常のトレーニングで実施しているタイムとほぼ同様のタイムを設定し，その結果，1回ごとの平均休息時間はIT@T-30で10.9秒およびIT@T-10で18.6秒となった．また，選手が正確なトレーニングペースを維持するため，スイミングペースメカ(PMS-103:高木鋼業)をプールの底に設置し，泳速度のコントロールを行った．いずれのテストにおいても，選手が2回連続して与えられたトレーニングペースを維持できなくなった時点でテストを終了した．

表1 Characteristics and best performance of subjects

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	% fat (%)	Performance			
					100m (sec)	200m (sec)	T-10 (m)	T-30 (m)
Average	19.4	175.0	69.9	18.9	55.6	120.7	862.0	2450.8
(±) SD	1.1	5.7	5.8	1.8	1.2	3.1	33.2	123.4

### 1. 3 測定項目

#### 血中乳酸濃度 (BLa)

FTにおいては、テスト終了1, 3, 5分後に、ITにおいては、10本目終了1, 3, 5, 7分後に指先より血液を5  $\mu\text{ml}$ 採血し、簡易乳酸測定器(ラクテート・プロ：京都第一科学)により血中乳酸濃度の測定を行った。測定で得られた最も高い値を各テストでの血中乳酸濃度とした。

#### 心拍数 (HR)

FTにおいては、テスト終了直後、選手自身が頸動脈触診法により10秒間測定し、その値を1分間の値に換算した。また、ITにおいては、テスト中の選手の運動強度を心拍数により管理するため、1回ごとにテスト泳終了後の休息時間中にハートレートモニター(スイミングペースセッター：H.R Industries)を用いて心拍数を測定した。

#### 主観的運動強度 (Rating of Perceived Exertion : RPE)

Borgらのrating scaleを小野寺ら<sup>14)</sup>が日本語訳したRPEスケールを用いて、各テスト終了直後選手に対して口答で求めた。

### 1. 4 統計処理

データの統計処理は、各データの平均値および標準偏差を算出し、各テスト間の平均値の差の検定には、Student's paired t-testを用いた。なお、危険率5%をもって有意水準とした。

## 2. 結果

### 2. 1 フィールドテストの泳速度および運動強度

T-10およびT-30の泳距離は、それぞれ862.0 $\pm$ 33.2mと2450.8 $\pm$ 123.4mであった(表1)。図1には、両FTの泳速度(SV)、BLa、HR、RPEを示した。泳距離と泳時間から計算された

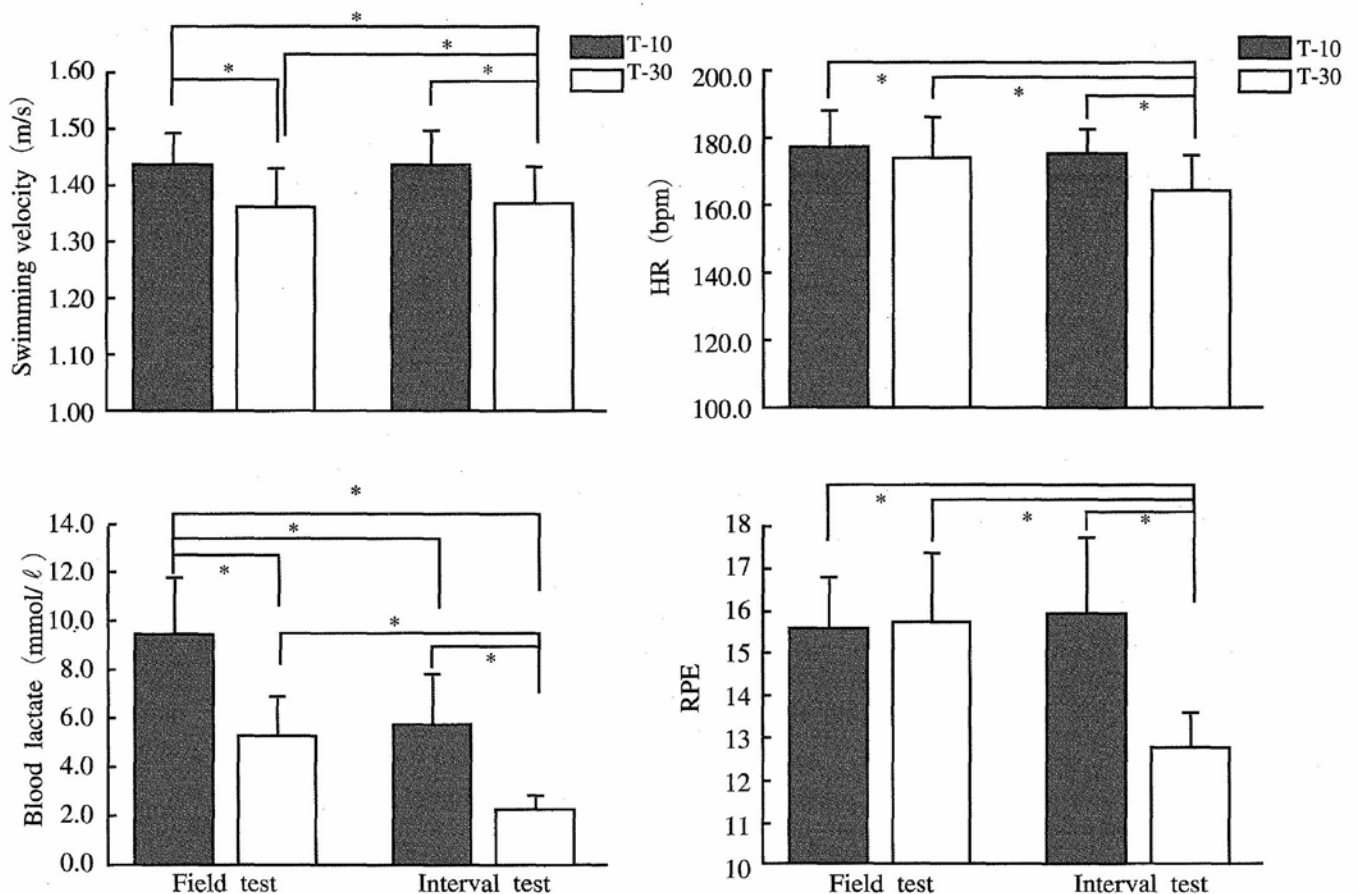


図1 Swimming velocity (SV), Blood lactate (BLa), Heart rate (HR) and REP during the field tests and the interval tests. \* Significantly different between each test ( $p < 0.05$ )

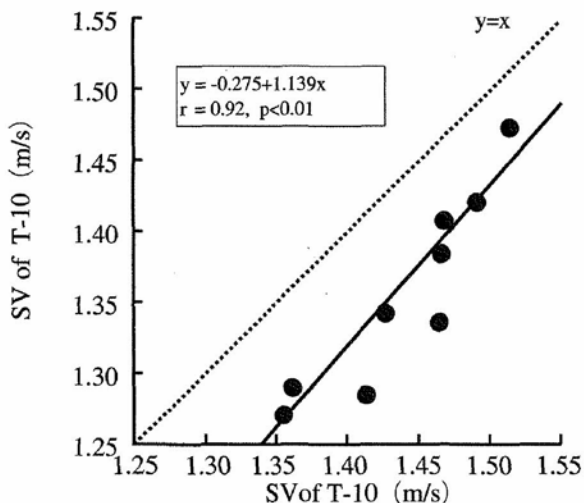


図2 Relationship of the swimming velocity between T-10 and T-30

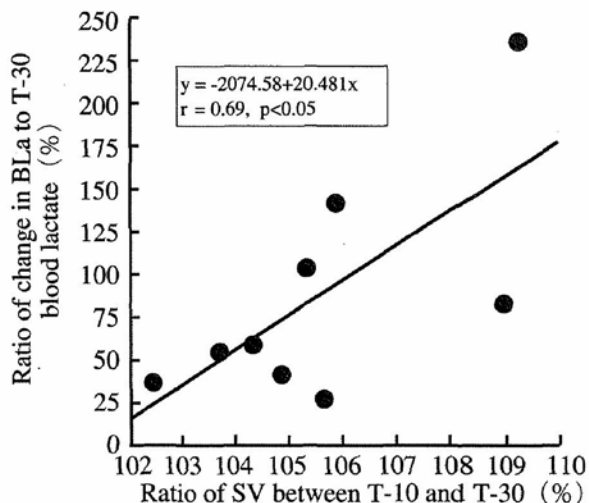


図3 Relationship between ratios of swimming speed and blood lactate

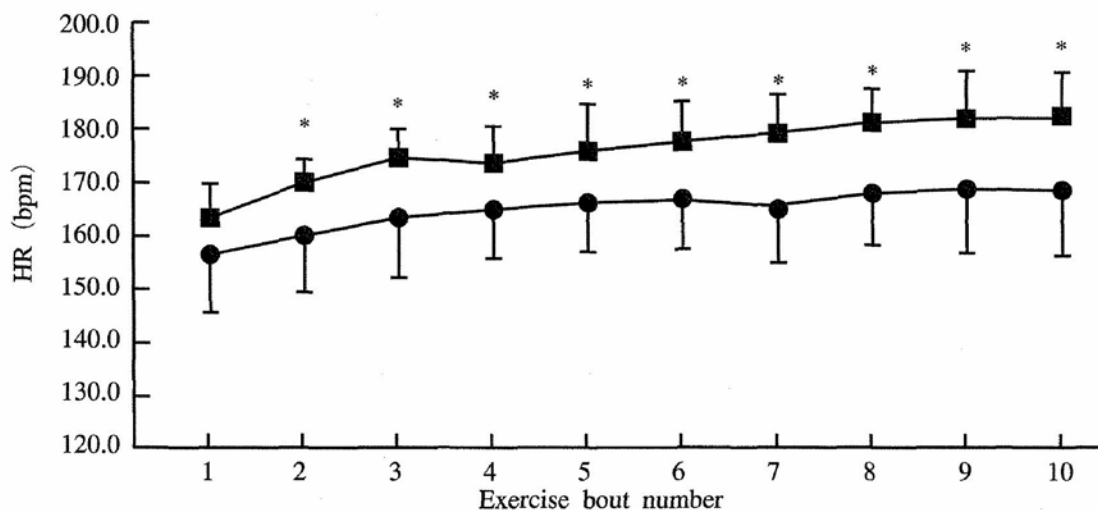


図4 Heart rate (HR) at the end of each exercise bout during the interval training test (■: ITT@T-10 and ●: ITT@T-30). \*Significantly different from the ITT@T-30 (p < 0.05)

SVは、それぞれ  $1.437 \pm 0.055 \text{ m/s}$  と  $1.362 \pm 0.069 \text{ m/s}$  であった。テスト終了後に測定されたBLaは  $9.47 \pm 2.31 \text{ mmol/l}$  と  $5.33 \pm 1.58 \text{ mmol/l}$  , HRは  $177.3 \pm 10.4 \text{ bpm}$  ,  $174.0 \pm 12.0 \text{ bpm}$  , そしてRPEが  $15.7 \pm 1.1$  ,  $15.8 \pm 1.6$  であった (T-10とT-30)。SVおよびBLaにおいて両テスト間で有意な差が認められた ( $p < 0.05$ )。一方, HRについてはT-10, RPEについてはT-30の方が若干高い値を示した。しかし, いずれについても有意な差は認められなかった。図2は, T-10とT-30の泳速度における関係を示したものである。両テストのSVの間には有意な相関関係が認

められた ( $r=0.919, p < 0.01$ )。また, 図3は, T-10とT-30のSVの変化率とBLaにおける変化率の関係を示したものである。それぞれの変化率の間には有意な相関関係が認められた ( $r = 0.69, p < 0.05$ )。

## 2. 2 インターバルテストの泳速度および運動強度

T-10およびT-30から得られた泳速度による200m×10回のITの結果は, 図1に示した。各テストのSVはそれぞれ,  $1.436 \pm 0.060 \text{ m/s}$  ,  $1.368 \pm 0.064 \text{ m/s}$  であった (IT@T-10とIT@T-30)。また, BLa, HR, RPEはそれぞれ  $5.82 \pm$

2.00mmol/ℓと2.33±0.65mmol/ℓ, 182.1±8.6bpmと168.3±12.1bpm, 16.0±1.7と12.8±0.8であった(IT@T-10とIT@T-30)。SV, BLa, HR, RPEそれぞれにおいて, IT@T-10の方が有意に高い値を示した(p<0.05)。

次に, 図4はIT@T-10とIT@T-30中のHRの変化を示したものである。IT@T-10においては, 3回目まで大きく増加しその後, 徐々に増加する傾向が見られた。5回目以降のHRが, 各反復回数間に有意な差が認められなかったことから, 5本目以降は与えられた負荷に対して身体機能が定常状態にあることを示している。一方, IT@T-30は1回目の156.0bpmから10本目168.3bpmまで心拍数が7.9%増加したが有意な差は認められなかった。またテスト間においては, 1回目においてのみ有意な差は認められず, 2回目以降全てにおいてIT@T-10の方が有意に高い(p<0.05)値を示した。

### 3. 考 察

フィールドテストの実施には, 2つの目的があると考えられる。1つは, 血中乳酸濃度の測定なしに持久的能力の改善を知ること。もう一つは, 得られた結果(泳速度やタイム)を持久的トレーニングに利用することにある<sup>2, 6, 9, 15, 16, 18</sup>。従って, テストを定期的の実施することによりトレーニング強度の管理が簡便にでき, 過負荷の原則に基づいたトレーニングを行うことができると考えられる。一方でMaglischo<sup>9)</sup>は, 長時間泳のようなフィールドテストの問題点としてテストへの取り組み方次第でトレーニングペースの正確性が低下したり, パフォーマンス改善の誤解が生じたりすると述べている。Matsunami et al.<sup>11)</sup>は, 長時間泳テストとは異なり短い時間で行うテストについて検討し, T-10が持久的トレーニング強度を設定するのに有効なテストであることを示唆した。本研究ではT-10について, テストから得られた

泳速度でのインターバルテストを行い, T-10のフィールドテストとしての妥当性を検討した。

T-10から得られたSV(1.437±0.055m/s)は, T-30のSV(1.362±0.069m/s)より5.6%と有意に高く(p<0.05), 本研究で実施したITで用いた200mの距離に換算するとタイム差は7.8秒であった。図2に示すようにT-10とT-30から得られたSVの間には有意な相関関係(r=0.91, p<0.05)が認められたことから, T-10において持久的能力を評価することが可能であると考えられる。また, 両テストのSVの差は運動時間の違いにより必然的に生じるが, その差は持久的能力が高まるに従い小さくなる傾向にあり, 逆に, 持久的能力が低い選手は, 高い選手と比較してテスト間におけるSVの差が大きくなる傾向にあった。この差の影響を見たのが図3であり, T-10とT-30のSVにおける変化率とT-10とT-30のBLaにおける変化率との関係を示している。この2つの変化率の間には有意な相関関係が認められた(r=0.69, p<0.05)。SVの変化率が大きくなるほどBLaの変化率も大きくなる。持久的能力が低い選手においては, 10分までは泳速度を維持できるが, それ以上運動時間が長くなると泳速度が著しく低下し, それに伴い乳酸値の大きな低下を招くものと考えられる。従って, 持久的能力の低い選手がT-30の様な長時間泳を実施し, 得られたSVを持久的トレーニング強度として用いる場合, 過小負荷になる可能性があると考えられる。

また, 両テストにおけるBLaは, T-30で5.33±1.58mmol/ℓに対しT-10では9.47±2.31mmol/ℓと有意に高い値を示した(図1)。Madsen et al.<sup>7)</sup>は, 水泳特有の有酸素性能力を測定する場合は4分以上の運動が必要であることを示し, また, Holmer<sup>5)</sup>が示したエネルギー供給の割合から見ると10分の運動時間では有酸素エネルギー供給の割合が90%近くに達しているにもかかわらず



ず高いBLa値を示した。Olbrecht et al.<sup>13)</sup>は、血中乳酸濃度4mmol/lでの泳速度であるV4の105%で30分間泳を実施した時のBLaが約8mmol/lを示しており、またFoxdal et al.<sup>3)</sup>はOBLaスピードで50分間のランニングを実施した時の最も低い平均定常乳酸濃度が5.3mmol/l～8.8mmol/lであることを報告している。このように、長時間持続できる運動のBLaにおいても高い値が示されていることから、持久的能力を測るFTのBLaが必ずしも4mmol/lになるとは限らないと考えられる。これらのことから本研究におけるT-10のBLaは高い値を示したが、持久的能力を測ることは可能であり、テストより得られたBLaよりもむしろSVがインターバルトレーニングの運動強度として適切であるかどうかを重要であると考えられる。この点について両テストから得られたSVにおいてITを行い、持久的トレーニング強度としての妥当性を検討した。

Beltz et al.<sup>1)</sup>は、200yd以上の距離を短い休息時間で行うインターバルセットの大部分が有酸素系のエネルギー供給であることを示していることから、本研究で用いた200m×10回のインターバルテストについても有酸素系のエネルギー供給がほとんどを占めていると考えられる。両テストのBLaは、FTで得られたBLaよりも有意に低い値を示した。また、HR、RPEについてはIT@T-10ではT-10との間に有意な差は見られなかったが、T-30においてFTとITの間に有意な差が認められた(図1)。Gullstrand et al.<sup>4)</sup>は、連続運動と比較して本研究のような間欠的運動では、解糖系の利用率が低いことを示唆しており、また、Olbrecht et al.<sup>13)</sup>は、休息時間にクレアチンリン酸の再蓄積が起こるが、その量は運動前には回復しないことから続けて繰り返すことにより平均酸素摂取量が高まりBLaの低下を引き起こしたと示している。このことから、連続泳に比べて酸素需要量における有酸素エネルギー供給系

の関与が高くなることが考えられ、またIT@T-10についてHRの変化から見て反復回数を重ねるごとにその値が増加していくことから、休息時間をとることにより酸素摂取量が高まりBLaの上昇を抑えていると考えられる。しかし、本研究で示されたIT@T-10のテスト後のBLa(5.82±2.00mmol/l)は、200×5回を10秒の休息時間で実施したBeltz et al.<sup>1)</sup>の結果(BLaが3.6±1.4mmol/l, HRが170±5bpm)よりも高かった。また、Troup<sup>16)</sup>やMaglischo<sup>9)</sup>が明らかにしているトレーニングカテゴリーにおいてはオーバーロードのトレーニング領域(BLa:5~6mmol/l)を示す値であった。一方でHRの変化(図4)について見ると本研究の5回目終了後のHRが175.6±9.1bpmを示していることから、先行研究とのBLaの差は、反復回数の違いに影響されていると考えられる。Olbrecht et al.<sup>13)</sup>は、V4と相関の高いT-30のBLa値は4mmol/lを示すと報告しているが、Maglischo<sup>9)</sup>は、T-30のSVは個人の無酸素性作業閾値(IAnT)に近く、その閾値の範囲は3~5mmol/lであることを報告している。本研究の結果では、T-30のBLaは5.33mmol/lであり、IT@T-10のBLaと有意な差は認められなかった。またHR、RPEについてもIT@T-10とIT@T-30の間においても同様に有意な差は認められなかった。これらのことから、T-30がIAnTを示す運動であると考えられるなら、T-10のSVは、トレーニング強度として必ずしも過剰負荷ではなく、IAnTレベルでトレーニングをしていることになり持久的トレーニングにおいて適切な運動強度であると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究は、競泳における持久的トレーニングの強度を設定するフィールドテストとして、10分間泳がトレーニングの現場における新たなフィールドテストとして有効性を検討することであった。

その結果, T-10は, SVにおいてT-30との間に有意な相関関係が認められたことから, 持久的能力を評価できることが示唆された. またT-10のSVによるインターバルテストにおいては, BLaから見た運動強度としてはこれまで示されてきた持久的トレーニングの基準である4mmol/lよりも高い値を示したが, T-30の結果から見るとIANレベルの運動強度であると考えられ, 持久的トレーニングにおいて適切な運動強度であると考えられた. これらのことから, T-10は競泳トレーニングにおける持久的運動強度を設定するフィールドテストとして有効であることが示唆される. 今後の課題としては, 異なったトレーニング距離, あるいは種目においてこのテストが活用できるかどうかについて検討し, 種目や泳距離に対してT-10を用いた持久的トレーニングの新たな強度基準を作成したいと考える.

#### 謝 辞

稿を終えるにあたり, 本研究に対し研究助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝申し上げます. また, 本研究の遂行にあたっては福岡大学スポーツ科学部, 田場昭一郎先生に多大なご協力をいただき深く感謝いたします. さらに, 被験者として参加して下さった方々に心からお礼申し上げます.

#### 文 献

- 1) Beltz, J. D., Costill, D. L., Thoman, R., Fink, W.J. and Kirwan, J.P.; Energy demand of interval training for competitive swimming, *J. Swimming Research* 4 (3), 5-9 (1988)
- 2) Counsilman, J. E. and Counsilman, B. E.; The new science of swimming. Prentice Hall, New Jersey (1994)
- 3) Foxdal, P., Sjodin, A. and Sjodin, B.; Comparison of blood lactate concentration obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int. J. Sports. Med.* 17, 360-365 (1996)
- 4) Gullstrand, L. and Lawrence, S.; Heart rate and blood lactate response to short intermittent work at race pace in highly trained swimmers. *Aus. J. Sci. Med. Sports*, 19, 10-14 (1987)
- 5) Holmer, I.; Energetics and mechanical work in swimming. In: Biomechanics and Medicine in Swimming. Holander, A. P., et al. (Eds), *Human Kinetics, Champaign, Ill.*, 154-164 (1983)
- 6) Madsen, O.; Aerobic training not so fast, there, *Swimming technique*, 19 (November-January), 13-18 (1982)
- 7) Madsen, O. and Lohberg, M.; The Lowdown on Lactate, *Swimming Technique*, 24 (May-July), 21-26 (1987)
- 8) Maglischo, E.W.; The application of energy metabolism to swimming training. In: Swimming Science V. Holander, A. P., et al. (Eds), *Human Kinetics, Champaign, Ill.*, 285-293 (1988)
- 9) Maglischo, E. W.; Swimming even faster. Mayfield Publishing Company, California (1993)
- 10) Matsunami, M., Taguchi, M., Taimura, A., Suyama, M., Suga, M., Shimonagata, S. and Taba, S.; Comparison of swimming speed and exercise intensity during non-invasive test and invasive test in competitive swimming. VIII International symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming (abs), 93 (1998)
- 11) Matsunami, M., Taguchi, M., Taimura, Suga, M. Aoyagi, M. and Taba, S.; Relationship among different performance test to estimate maximal aerobic swimming speed, *Med. Sci. Sports Exer.*, 31, S105 (1999)
- 12) 野村武男; 水泳における乳酸から見た練習メニュー. *コーチング・クリニック*, 4 (7), 26-28 (1990)
- 13) Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H. and Hollmann W.; Relationship between swimming velocity and lactate concentration during continuous and intermittent training exercises, *Int. J. Sports. Med.*, 6, 74-77 (1985)
- 14) 小野孝寺一, 宮下充正; 全身持久性運動における主観的運動強度と客観的強度の対応性—Rating of



- Perceived exertionの観点から一, 体育学研究, 21, 191-203 (1976)
- 15) Sharp, R. L.; Prescribing and evaluating interval training sets in swimming: A proposed model, *J. Swimming Research*, 9, 36-40 (1993)
- 16) Troup, J.; Setting up a season using scientific training, *Swimming Technique*, 23 (May-July), 8-16 (1986)
- 17) Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, T., Moritani, T., Mutoh, Y. and Miyashita, M.; Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in competitive swimmer, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 64, 153-157 (1992)
- 18) 吉村 豊, 高橋雄介; スイミング, 池田書店 (1996)