

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500553

研究課題名(和文) 国際競技力向上を目指した一流競泳選手における医科学的研究

研究課題名(英文) Scientific study for improving performance of international competitive swimmers

研究代表者

田中 孝夫 (TANAKA TAKAO)

鹿屋体育大学・体育学部・教授

研究者番号：60274867

研究成果の概要(和文)：

本研究の目的は、一流競泳選手のパフォーマンスを決定する要因の解明、およびその競技力を向上させる新たなトレーニング法を開発することであった。その結果、一流競泳選手のパフォーマンスは、生理(体力)的要因より、むしろ推進パワーや抵抗、推進効率といった力学(技術)的要因の方が深く関与していることが明らかとなった。また、本研究で開発された高強度スプリントトレーニング、およびpush-offトレーニングは、無酸素性エネルギー供給能力、および最大推進パワーを効果的に向上させ、泳成績の改善に有効であることが証明された。

研究成果の概要(英文)：

The present study aimed to examine the determinants of swimming performance in elite swimmers by the physiological and mechanical analysis, and to develop new training methods. Our results suggest the performance of the elite swimmers was not necessarily related to physiological factors, but that it was well related to mechanical (technical) factors such as higher propulsive power and propelling efficiency, and lower drag. Also, it is demonstrated that high-intensity sprint training and push-off training developed in this study would enhance maximal propulsive power and anaerobic capacity and consequently improve the performance in elite swimmers.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：トレーニング科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：国際競技力、一流選手、重要因子、生理的指標、力学的指標、競泳パフォーマンス

## 1. 研究開始当初の背景

近年、オリンピックや世界選手権のような国際競技会で成功を収めるには、豊富な経験・情報に加え、データに裏付けされた緻密

な科学的サポートの導入が必要不可欠となっている。シドニーオリンピックを控えた1998年以降、鹿屋体育大学においても学際的領域における科学的アスリートサポートを

目指し、コーチ、ドクター（トレーナー）、運動生理学、バイオメカニクス、心理学、栄養学などの専門家によって形成された Top Athlete Support System (TASS) なる強化プロジェクトを実践してきた。特に競泳種目においては、流水プールを用いた生理的解析、抵抗測定装置を用いた力学的解析、医学的サポートを軸に、オリンピックへの選手派遣（金メダル獲得、決勝進出者、入賞者輩出）、その後の国際大会選手派遣（多数のメダル獲得）といった成功を収めている。しかしながら、単発的な成果ではなく、今後も永続的なエリート選手養成を実行していくならば、一流選手におけるデータの蓄積、重要因子の解明、より効果的なトレーニング法の開発などが重要課題といえるが、そのようなデータを縦断的に蓄積する機会は希であり、さらにそれを用いて組織的に検討し、現場にフィードバックしながら実践的応用を可能とする総合的研究は皆無に等しいのが現状である。

## 2. 研究の目的

本研究では、永続的なエリート選手の育成、競技力向上に資する基礎データの蓄積、および新たなトレーニング法を開発するために、以下の3点について検討することを目的とした。

- (1) 競泳パフォーマンスに対する生理学および力学的指標を定量し、それと各距離種目の成績との関連性、貢献度を明らかにすることで、国際レベルの選手におけるパフォーマンスの重要因子を解明する。
- (2) (1) で採択された指標に対して、体力的（代謝的）側面から特異的トレーニングを行い、パフォーマンスの変化との関連性について解析し、体力的トレーニング指針を明確化する。
- (3) (1) で採択された指標に対して、抵抗測定装置を用いた力学的（技術的）側面から特異的トレーニングを行い、パフォーマンスの変化との関連性について解析し、技術的トレーニング指針を明確化する。

## 3. 研究の方法

### (1) 目的1に対する検討

被検者はインカレ優勝校に属する女子競泳選手14名であり、うち6名はオリンピックを含む国際大会出場経験のある選手であった。本実験では、生理学的指標として最大酸素摂取量、最大血中乳酸濃度、 $V_{OBLA}$  が、力学的指標としては抵抗係数、指数、最大推進パワー、推進効率が計測された。これらの測定値と50m、100m、200m、400mの泳成績との関係を検討した。

### (2) 目的2に対する検討

被検者は、国際大会あるいは日本選手権等に出場経験のある一流競泳選手14名（男子8名、女子6名）とした。トレーニングは流水プールにおいて、週5日の頻度で4週間行われた。被検者は、10秒程度で疲労困憊に至る流速（250% $V_{O_2max}$  程度）で、5秒の運動を10秒の休息を挟みながら5回繰り返す間欠的スプリント運動を、20分の休憩を挟んで1日に2回行った。トレーニング前後に、最大酸素摂取量、最大酸素借、抵抗指標、最大推進パワー、50m、100m泳パフォーマンスが測定され、効果が評価された。

### (3) 目的3に対する検討

被検者は、日本選手権、日本学生選手権等に出場経験のある良く鍛錬された男子競泳選手8名とした。被検者は、抵抗測定装置（水中に設置された固定パッドを押しながら泳ぐシステム）を用いた push-off トレーニング（25mの全力 push-off 泳を2分間隔で10本）を、週3日の頻度で4週間行った。トレーニング前後に、最大酸素摂取量、推進効率、抵抗指標、最大推進パワー、50m、100m泳パフォーマンスが測定され、効果が評価された。

## 4. 研究成果

(1) 各距離種目の泳成績と生理学および力学的指標との関連性

生理学的指標の中で最大酸素摂取量や最大血中乳酸濃度については泳記録との間に有意な相関関係は認められず、 $V_{OBLA}$  のみ200m、400mと正の相関が認められた。しかしながら、これは乳酸除去能力の差異に起因しているというよりは、泳技術を反映したスイミングエコノミーの差異に起因していると考えられた。一方、力学的指標との関係を見ると、最大推進パワーと50m、100mとの間に正の相関が、さらに抵抗係数と50mとの間に正の相関、400mとの間に負の相関が認められた。また、推進効率については、短距離選手よりも長距離選手において高い傾向が認められた。以上のことより、高いパフォーマンスを求めるためには、エネルギー供給能力が高いことに越したことはないが、一流選手の泳成績には必ずしもエネルギー供給能力が関係しているわけではなく、短距離種目ではより大きな推進パワーを発揮、そのための大きな体格が、長距離種目では低い乳酸蓄積と、抵抗係数を小さくし、高い推進効率を産み出す泳技術がより重要な要因となることが示唆された。

(2) スプリントトレーニングがエネルギー供給能力、推進パワーおよび泳成績に与える効果

4週間のトレーニング後、最大酸素摂取量は5%の増加（ $P < 0.05$ ）、最大酸素借は20%

の増加( $P < 0.01$ )が認められ、その増加はいずれも統計上有意であった。各被検者の泳速-抵抗関係より得られた抵抗係数と抵抗指数は、どちらも変化が認められず、抵抗減少に関する泳技術の改善は認められなかった。しかしながら、最大推進パワーについては10%の増加が認められた( $P < 0.01$ )。50m、100m泳記録については、両種目ともに被検者全員に記録の向上が認められた( $P < 0.01$ )。以上の結果より、本実験で用いられた流水プールにおけるスプリントトレーニングは、抵抗を軽減させるような泳技術については特に変化をもたらさないものの、スプリントパフォーマンスと関与の深い無酸素性エネルギー供給能力、および最大推進パワーを大幅に向上させることに有効であり、一流選手においても泳パフォーマンスを効果的に改善させることが示唆された。

(3) Push-off トレーニングがエネルギー供給能力、推進パワーおよび泳成績に与える効果

4週間のトレーニング後、最大酸素摂取量には有意な変化は認められなかった。また、各被検者の泳速-抵抗関係より得られた抵抗係数と抵抗指数、および推進効率においても、全て有意な変化は認められず、抵抗減少に関する泳技術、あるいは水に無駄なエネルギーを失わずに泳ぐ泳技術の改善は認められなかった。一方、最大推進パワーは14%増加しており( $P < 0.01$ )、これは最大推進力( $P < 0.05$ )および最大泳速( $P < 0.01$ )の両方の向上によって達成されていた。50m、100m泳記録については、両種目ともに被検者全員に記録の向上が認められた( $P < 0.01$ )。以上の結果より、本実験で用いられた push-off トレーニングは、抵抗軽減、効率よく泳ぐといった技術的改善については変化をもたらさないものの、スプリントパフォーマンスと関与の深い最大推進パワーを効果的に向上させ、泳パフォーマンスの向上に寄与できることが示唆された。

以上、まとめると、

- ① 一流選手における競泳パフォーマンスは、生理(体力)的指標よりは、むしろ力学(技術)的指標の方が強く関与しており、短距離種目ではより大きな推進パワーが、中・長距離種目では抵抗軽減、高い推進効率がより重要である
  - ② 高強度スプリントトレーニングは、無酸素性エネルギー供給能力、および最大推進パワーを効果的に向上させ、泳成績の改善に有効である
  - ③ 抵抗測定装置を用いた push-off トレーニングは、技術的改善はもたらさないが、最大推進パワーを効果的に向上させ、泳成績の改善に有効である
- などの点が明らかとなった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① Ogita, F., Z. Huang, K. Kurobe, G. Ozawa, N. Taguchi, T. Tanaka. Effects of recently developed swimwear on drag during front crawl swimming. Biomechanics and Medicine in Swimming XI. 査読有, : 211-213, 2010
- ② Huang, Z., K. Kurobe, M. Nishiwaki, G. Ozawa, T. Tanaka, N. Taguchi, F. Ogita. Relationship between propelling efficiency and swimming performance in elite swimmers. Biomechanics and Medicine in Swimming XI. 査読有, : 201-203, 2010
- ③ Wakayoshi, K., T. Shiraki, F. Ogita, M. Kitajima. Determination and validity of critical velocity in front crawl, arm stroke and leg kick as an index of endurance performance in the competitive swimmer. Biomechanics and Medicine in Swimming XI. 査読有, : 238-250, 2010
- ④ 荻田太, 田中孝夫, 田口信教. 競泳用水着の材質・機能の違いが水泳中の抵抗、エネルギー消費量に与える影響. デザントスポーツ科学, 査読有, 31 : 31-41, 2010.
- ⑤ 荻田太, 黄忠, 黒部一道, 西脇雅人, 小澤源太郎, 田中孝夫, 田口信教. 新型競泳用水着が水泳運動中の抵抗指標に及ぼす影響. スポーツパフォーマンス研究, 査読有, 1 : 236-238, 2009.
- ⑥ 田中孝夫. 無酸素性作業閾値のトレーニングスピードの推測—T2000を用いたATスピードのトレーニングへの応用—. スポーツパフォーマンス研究, 査読有, 1 : 65-73, 2008.
- ⑦ 藤井康成, 田口信教, 田中孝夫, 高田大, 永濱良太, 中畑敏秀, 福田秀文. 種目別スポーツ障害の特性(水泳・ダイビング). 臨床と研究, 査読無, 85 : 54-60, 2008.
- ⑧ 赤嶺卓哉, 田口信教, 田中孝夫, 高田大, 藤井康成, 田口智教, 柴田亜衣. 関節リウマチ症例に対する水中運動療法の効果. 整形外科と災害外科, 査読有, 57 : 443-446, 2008.

[学会発表] (計17件)

- ① 森山進一郎, 甲斐裕子, 荻田太, 高橋英幸, 平野裕一. 4週間のコアトレーニングがスイマーの姿勢およびパフォーマンスに及ぼす影響. 第23回日本トレーニング科学大会, 2010.12.18, 福岡大学(福岡県)
- ② 柳楽晃, 黒部一道, 黄忠, 小澤源太郎, 西脇雅人, 田中孝夫, 荻田太. 強度一定, 強度漸減, 強度漸増プロトコールにおける間欠的運動時の代謝特性. 第23回日本トレー

- ニング科学学会大会, 2010.12.18, 福岡大学 (福岡県)
- ③黄忠, 黒部一道, 小澤源太郎, 柳楽晃, 西脇雅人, 田中孝夫, 荻田太. 水泳運動における推進効率とエネルギー消費量, ストローク指標, 推進面積との関連性. 第23回日本トレーニング科学学会大会, 2010.12.18, 福岡大学 (福岡県)
- ④荻田太, 小澤源太郎, 黄忠, 黒部一道, 柳楽晃, 田中孝夫, 田口信教. スプリントトレーニングにおけるパフォーマンス向上の要因解析. 日本水泳・水中運動学会2010年次大会, 2010.11.20, 新潟医療福祉大学, N SG学生総合プラザSTEP(新潟県)
- ⑤荻田太, 田中孝夫, 田口信教, 小澤源太郎. 競泳スプリントトレーニングが最大推進パワーおよびストローク指標に及ぼす影響. 日本体育学会第61回大会, 2010.9.9, 中京大学 (愛知県)
- ⑥荻田太. 「競泳スポーツバイオメカニクス最前線」力学的指標から見た競泳パフォーマンスの評価. 第59回九州体育・スポーツ学会, 2010.8.29, 鹿児島女子短期大学 (鹿児島県)
- ⑦ Ogita, F., Z.Huang, K.Kurobe, G.Ozawa, N.Taguchi, T.Tanaka. Effects of swimwear developed in 2008 on drag during front crawl swimming. XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, 2010.6.19, The Norwegian School of Sport Science (Oslo, Norway)
- ⑧Huang, Z., K.Kurobe, M.Nishiwaki, G.Ozawa, T.Tanaka, N.Taguchi, F.Ogita. Relationship between propelling efficiency and swimming performance in elite swimmers. XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, 2010.6.18, The Norwegian School of Sport Science (Oslo, Norway)
- ⑨小澤源太郎, 西脇雅人, 黄忠, 黒部一道, 田中孝夫, 田口信教, 荻田太. 低圧環境下における競泳スプリントトレーニングの効果. 第22回日本トレーニング科学学会大会, 2009.12.5, 名古屋大学 (愛知県)
- ⑩荻田太, 黄忠, 田中孝夫, 田口信教. 新型競泳用水着が水泳運動中の抵抗指標に及ぼす影響. 日本水泳・水中運動学会2009年次大会, 2009.11.15, 慶應義塾大学 (神奈川県)
- ⑪黄忠, 田中孝夫, 田口信教, 荻田太. 女子一流選手競泳選手における推進効率と各泳距離のパフォーマンスとの関係. 日本水泳・水中運動学会2009年次大会, 2009.11.15, 慶應義塾大学 (神奈川県)
- ⑫荻田太, 田中孝夫, 田口信教. 低圧環境下における持続的・間欠的スプリント運動時の代謝特性. 日本体育学会第60回大会, 2009.8.27, 広島大学 (広島県)
- ⑬ Ogita, F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, H.Tamaki, T.Tanaka, H.Hamaoka. Effects of intermittent hypobaric hypoxic exercise on cardiovascular responses during moderate exercise in post menopausal women. 14th European College of Sports Science, 2009.6.26, Oslo Congress Centre(Oslo, Norway)
- ⑭黄忠, 田中孝夫, 荻田太. 一流選手競泳選手における推進効率の定量化. 2008年日本水泳・水中運動学会年次大会, 2008.11.30, びわこスポーツ成蹊大学 (滋賀県)
- ⑮荻田太, 黄忠, 田中孝夫, 田口信教. 女子自由形一流選手における力学的特性. 2008年日本水泳・水中運動学会年次大会, 2008.11.30, びわこスポーツ成蹊大学 (滋賀県)
- ⑯荻田太, 田中孝夫, 田口信教. 競泳スプリントトレーニングが水泳運動中のエネルギー供給能力に及ぼす影響. 日本体育学会第59回大会, 2008.9.12, 早稲田大学 (東京都)
- ⑰ Ogita, F., M.Nishiwaki, R.Kawakami, H.Tamaki, T.Tanaka, K.Saito. Effects of exercise training at different hypobaric hypoxic conditions on cardiovascular adaptations, 13th Annual Congress of European College of Sport Science, 2008.7.11, Estoril (Portugal)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田中 孝夫 (TANAKA TAKAO)  
鹿屋体育大学・体育学部・教授  
研究者番号：60274867

### (2) 研究分担者

荻田 太 (OGITA FUTOSHI)  
鹿屋体育大学・体育学部・教授  
研究者番号：50224134  
田巻 弘之 (TAMAKI HIROYUKI)  
新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授  
研究者番号：40253926  
齊藤 和人 (SAITO KAZUTO)  
鹿屋体育大学・保健管理センター・教授  
研究者番号：50170494