

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22650148

研究課題名（和文） 一流競泳選手の代謝的・力学的特性の解明とそのパフォーマンスとの関連性

研究課題名（英文） Analysis of metabolic and mechanical characteristics in elite swimmers

研究代表者

田口 信教（TAGUCHI NOBUTAKA）

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・教授

研究者番号：10171597

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、体力要因より、むしろ推進パワーや抵抗、推進効率といった技術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流水プール内での高強度スプリントトレーニング、および抵抗測定装置を用いた push-off トレーニングは、最大推進パワーを効果的に向上させ、一流選手においても、スプリント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）：

This study aimed to examine the determinants of swimming performance in elite swimmers by the physiological and mechanical analysis, and to develop new training methods. The 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 propulsive power, propelling efficiency, and drag. Also, it was demonstrated that high-intensity sprint training in the swimming flume and push-off training with MAD system which were developed in this study can enhance more effectively maximal propulsive power, and consequently improve the sprint swimming performance in elite swimmers.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	0	1,000,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	570,000	3,470,000

研究分野：コーチ学

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：一流選手、代謝的要因、力学的要因、競泳パフォーマンス、特異的トレーニング

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。鹿屋体育大学競泳チームにおいても、選手のエネルギー供給能力、泳速-抵抗関係、最大推進パワーなど、代謝的・力学的指標に関して縦断的に測定を実施すると同時に、流水プールを用いて、高

地トレーニングを模した低圧低酸素トレーニングを試み、オリンピックや国際大会への選手派遣（多数のメダル獲得）といった結果を残してきた。しかしながら、単発的な成果ではなく、今後も永続的な国際レベルの選手養成を目指すならば、一般的な選手ではなく、一流選手によるデータの解析および蓄積が重要といえる。しかしながら、これまで一流選手のデータを縦断的に蓄積する機会はおろか、そのようなデータを公表、さらに組織的に検討するようなことは皆無に等しいのが現状であった。

2. 研究の目的

本研究は、永続的な国際レベルの競泳選手養成を目指し、一流競泳選手を対象として、以下の3つの点について明らかにすることを目的とした。

- (1) 一流選手における代謝的および力学的指標を定量するとともに、それと各距離種目の泳成績との関連性、貢献度について明らかにする。
- (2) 年間トレーニングにおける各指標の変化を縦断的に測定し、泳パフォーマンスの変化との関連性について解析する。
- (3) ①と②で特定された重要因子改善に特化した体力的・技術的トレーニングをそれぞれ実施し、各指標の変化と泳パフォーマンスの変化との関連性について解析する。

3. 研究の方法

(1)目的1に対する検討

被検者は、全日本選手権出場経験を持つ女子競泳選手13名（うちオリンピックを含む国際大会出場経験者4名）であった。本実験では、代謝的指標として最大酸素摂取量、最大血中乳酸濃度、OBLAにおける泳速度（V@OBLA）が、力学的指標としては泳速-抵抗関係、最大推進パワー、推進効率が定量された。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、全国大会、あるいは国際大会への出場経験を持つ競泳選手18名（男子9名、女子9名）であった。測定項目は、最大酸素摂取量、スイミングエコノミー、最大血中乳酸濃度、OBLAにおける泳速度（V@OBLA）、最大推進パワー、泳速-抵抗関係（抵抗係数、抵抗指数）とし、これらの指標をトレーニング内容の異なる3期にわたって測定した。また、各期毎に200mおよびスプリント全力泳記録を測定し、記録の変化と各指標の変化との関連性について検討した。

(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競泳選手22名（男子15名、女子7名）とした。被検者は2群に分けられ、1群は流水プールにおけるスプリントトレーニング（10秒の休息を挟みながら5秒の全力泳を5回繰り返すこと間欠的運動を1日2セット：SP群）を、もう1群は抵抗測定装置（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：PO群）を、それぞれ4週間行った。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。

4. 研究成果

(1)一流競泳選手の代謝的・力学的特性と各距離種目の泳成績との関連性

代謝的指標の中では、有酸素性・無酸素性エネルギー供給能力の指標とした最大酸素摂取量、最大血中乳酸濃度は、両指標ともに各距離種目の泳速との間に有意な相関関係は認められなかった。一方、V@OBLAのみ200m、400m泳速と正の相関が認められた（どちらも $P<0.01$ ）。力学的指標との関係を見ると、50m（ $P<0.01$ ）、100m泳速（ $P<0.05$ ）と最大推進パワーとの間に、また200m（ $P<0.05$ ）、400m（ $P<0.01$ ）泳速と推進効率との間に、それぞれ正の相関が認められた。さらに、各距離種目における平均泳速での各被検者の推定抵抗値は、200m（ $P<0.05$ ）、400m泳速（ $P<0.01$ ）との間に負の相関を示した。以上の結果より、エネルギー供給能力が高ければ高いほど望ましいに違いないが、必ずしも一流選手の泳成績にはエネルギー供給能力が直接関係しているわけではないこと、そして短距離種目ではより大きな推進パワーの発揮が、中・長距離種目では乳酸蓄積を抑える代謝能力（あるいは高いスイミングエコノミー）と、抵抗を軽減させ、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)年間を通じた一流競泳選手の代謝的・力学的指標の変化と泳成績との関係

代謝的指標である最大酸素摂取量、最大血中乳酸濃度については、高度に鍛錬された泳者を対象としたためか、年間を通じて有意な変化は認められなかった。力学的指標については、質量鍛錬期（第1期）から量的鍛錬期（第3期）にかけて、任意の泳速における抵抗値の低下（泳速-抵抗関係の右傾化）が認められた。この低下は、抵抗指数に変化がなかったことから、抵抗係数の低下、すなわち体型、体格、水中姿勢などの変化に起因すると考えられた。しかしながら、この抵抗の低下と泳パフォーマンスの変化との関係を見ても、必ずしも有意な関係は認められな

かった。一方、最大推進パワー、最大推進力の変化率とスプリント全力泳の変化率との間には有意な正の相関が認められた。以上の結果より、一流選手では、年間を通じて代謝的指標には顕著な変化が認められないこと、およびスプリント泳パフォーマンスの向上には、最大推進パワーの向上が密に関係していることが明らかとなった。

(3)最大推進パワーの向上を目的とした特異的トレーニングの効果

4週間のトレーニング後、SP群においては最大酸素摂取量、最大酸素価の有意な増加が観察されたが、PO群では変化はなかった。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は、両群ともに有意な変化は認められず、両トレーニングにおいて抵抗減少を示す泳技術の改善は認められなかった。しかしながら、最大推進パワーに関しては、両群ともに有意に増加しており、いずれの群も最大推進力および最大泳速の両方の向上によって推進パワーの向上が達成されていた。それにともない、50m、100m泳記録についても、被検者全員、両種目ともに記録の向上が認められた。以上の結果より、本実験で用いられたSPトレーニング、POトレーニングは、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ること、およびSpトレーニングではエネルギー供給能力も同時に向上させることが明らかとなり、これらの改善が泳パフォーマンスの向上に寄与できることが示された。

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には、代謝的指標よりも、むしろ力学的指標の関与が高く、短距離種目において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な指標である。

2) 一流選手では、年間を通じて代謝的指標には顕著な変化が認められないが、力学的指標では、泳速-抵抗関係の右傾化が認められること、またスプリント泳パフォーマンスの向上は、最大推進パワーの向上と密に関係している。

3) SPトレーニング、POトレーニングは、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ること、およびSpトレーニングではエネルギー供給能力も同時に向上させ、スプリント泳パフォーマンスを効果的に向上させ得る。

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6件)

- ① Kumagai,K., K.Kurobe, Z.Huang, J.P.

Loenneke, R.S.Thiebaud, F.Ogita, T.Abe. Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. Acta Physiol. Hung., 査読有, 99 : 392-399, 2012

- ② 荻田太. 水泳の効率測定. 体育の科学, 査読無, 62 : 151-155, 2012
- ③ 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
- ④ 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
- ⑤ 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
- ⑥ 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.

[学会発表] (計17件)

- ① 黄忠, 小林雄志, 衣斐淑子, 勝亦陽一, 設楽佳世, 山本真帆, 秋山圭, 池田達昭, 鈴木康弘, 荻田太, 田中孝夫, 平野裕一. 日本人一流競技者の最大酸素摂取量. 第25回日本トレーニング科学学会大会, 2012年12月2日, 立命館大学 (滋賀県)
- ② 山中大祐, 柳楽晃, 芝野広一, 黒部一道, 黄忠, 西脇雅人, 田中孝夫, 田口信教, 與谷謙吾, 荻田太. Push-off スプリントトレーニングがエネルギー供給能力、およびスプリント泳成績に及ぼす影響. 第25回日本トレーニング科学学会大会, 2012年12月2日, 立命館大学 (滋賀県)
- ③ 荻田太. 低酸素環境におけるスプリントトレーニングの効果. 第67回日本体育医学会大会 (招待講演), 2012年9月14日, 長良川国際会議場 (岐阜県)
- ④ 荻田太, 田中孝夫, 田口信教, 柳楽晃. Push-off システムを用いたスプリントトレーニングの効果. 日本体育学会第63回大会, 2012年8月22日, 東海大学 (神奈川県)
- ⑤ 荻田太. 競技力向上を目指した高強度トレーニング -エアロビクからアネロ

- ビックまで。日本女子体育大学附属基礎体力研究所第22回公開研究フォーラム，2011年11月26日，日本女子体育大学（世田谷区）
- ⑥ 荻田太. Evidence-Based Know How の構築を目指して～鹿屋体育大学水泳部における実践例の紹介～. 第24回日本トレーニング科学会大会，2011年11月6日，早稲田大学東伏見キャンパス（西東京市）
- ⑦ 荻田太，柳楽晃，西脇雅人，田口信教，田中孝夫，與谷謙吾，田巻弘之. 低圧環境下における競泳スプリントトレーニングがエネルギー供給能力および最大推進パワーに与える効果. 日本体育学会第62回大会，2011年9月26日，鹿屋体育大学（鹿屋市）
- ⑧ 森山進一郎，黄忠，黒部一道，柳楽晃，荻田太，田中孝夫，高橋英幸，平野裕一. クロール泳における異なる流速による腹腔内圧の変動特性. 第66回日本体力医学会大会，2011年9月18日，海峡メッセ下関（下関市）
- ⑨ Huang, Z., K.Kurobe, G.Ozawa, A.Nagira, T.Tanaka, T.Taguchi, H.Takekura, F.Ogita. Factors of influencing propelling efficiency in competitive swimming. 16th Annual Congress of European College of Sport Science, 2011年7月6日, BT Convention Centre (Liverpool)
- ⑩ 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会大会，2010年12月18日，福岡大学（福岡県）
- ⑪ 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会大会，2010年12月18日，福岡大学（福岡県）
- ⑫ 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会大会，2010年12月18日，福岡大学（福岡県）
- ⑬ 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年11月20日，新潟医療福祉大学，NSG学生総合プラザSTEP(新潟県)
- ⑭ 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年9月9日，中京大学（愛知県）

- ⑮ 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年8月29日，鹿児島女子短期大学（鹿児島県）
- ⑯ 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 Interntional Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, 2010年6月19日, The Norwegian School of Sport Science (Oslo, Norway)
- ⑰ Huang, Z., K.Kurobe, M.Nishiwaki, G.Ozawa, T.Tanaka, N.Taguchi, F.Ogita. Relationship between propelling efficiency and swimming performance in elite swimmers. XIth Interntional Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, 2010年6月18日, The Norwegian School of Sport Science (Oslo, Norway)

〔図書〕（計1件）

- ① 荻田太（宮村実晴編）. 真興交易（株）医書出版部，低酸素と酸素借，身体運動と呼吸・循環機能，2012，7頁（342頁中）

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：踏み足式泳具および水中の推進方法
 発明者：田口信教
 権利者：鹿屋体育大学
 種類：特許
 番号：特願 2013-017979
 出願年月日：2013年02月01日
 国内外の別：国内

○取得状況（計0件）

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田口信教 (TAGUCHI NOBUTAKA)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学
系・教授

研究者番号：10171597

(2) 研究分担者

田中孝夫 (TANAKA TAKAO)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学
系・教授

研究者番号：60274867

萩田 太 (OGITA FUTOSHI)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授

研究者番号：50224134