

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500741

研究課題名(和文) 一流競泳選手の国際競技力向上を目的とした生理学および力学的なコホート研究

研究課題名(英文) Physiological and biomechanical cohort study for improving international competitiveness of elite swimmers

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、一流競泳選手の泳成績に関する重要因子の解明、トレーニングに伴う各因子の変化、および特異的トレーニングの効果について検討することであった。その結果、一流選手の泳成績には、代謝的能力よりも、大きな推進パワー、抵抗の軽減、高い推進効率といった力学的要因がより重要であることが示唆された。また、トレーニングを通じて、代謝的な要因は比較的大きく変化する(～±10%)が、抵抗や推進パワーなどの力学的特性については、比較的安定し、再現性も高いことが示された。さらに、特異的なスプリントトレーニングは、エネルギー供給能力、最大推進パワーを増大させ、泳パフォーマンスの向上に寄与することが示された。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to clarify the determinants of swimming performance of elite swimmers, the changes in those determinants of each training period through a year, and the effect of specific training on those factors and swimming performance. As the results, the performance of the elite swimmers was not necessarily related to metabolic capacity, but was well related to technical characteristics, such as higher propulsive power, higher propelling efficiency, and lower drag. The changes in metabolic capacity through a year were rather large (～10%), on the other hand, the technical characteristics such as drag-velocity relationship and maximal propulsive power were very stable, and highly-reproducible. Furthermore, it was demonstrated that specific training enhances maximal propulsive power associated with enhanced metabolic capacity, and consequently improves swimming performance.

研究分野：総合領域

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：一流競泳選手 国際競技力 泳パフォーマンス 体力的要因 技術的要因 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、医者、トレーナー、研究者を交えてサポート体制を整え、選手の生理的（体力）および力学的（技術）データを縦断的に測定すると同時に、流水プールを用いた低圧低酸素トレーニングを試み、オリンピックやその他国際大会への派遣選手（多数のメダル獲得）を輩出してきた。しかしながら、このような国際的にたたかえる選手養成を永続的に目指すならば、一般的な選手ではなく、一流選手を対象とした科学的解析を続けることが重要であると思われるが、現在のスポーツ界において、そのような貴重なデータが蓄積・公表されるケースは、国内外を通じてほぼ皆無に等しい。

2. 研究の目的

本研究では、永続的な国際レベルの選手育成という目標を達成すべく、国際大会出場レベルの現役一流競泳選手を対象として、以下の3つの点について検討することを目的とした。

- (1) 一流選手における生理学（体力）的および力学（技術）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（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

全国大会、あるいは国際大会での入賞経験を持つ強化競泳選手6名（男子2名、女子4名）を対象者とした。測定項目は、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）、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、期毎に200m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、少なくとも日本選手権、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27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高強度インターバルトレーニング（HIT）を、もう1群は水中に設置された固定パッドを押しながら全力で泳ぐpush-offインターバルトレーニング（PO）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、泳速-抵抗関係、最大推進パワー、推進効率、50m、100m泳パフォーマンス、ストローク指標などが測定され、効果が評価された。

4. 研究成果

(1) 一流選手における生理学的および力学的指標と各距離種目の泳成績との関連性

有酸素性・無酸素性の代謝的指標である最大酸素摂取量や最大血中乳酸濃度と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が、V@OBLAについては200m、400m泳速と正の相関が認められた(P<0.01)。一方、力学的指標との関係をみると、各距離種目における群の平均泳速より推定された各被検者の抵抗値は、200m (P<0.05)、400m泳速 (P<0.01) との間に負の相関が認められ、最大推進パワーは50m (P<0.01)、100m泳速 (P<0.05) との間に、また推進効率は200m (P<0.05)、400m (P<0.01) 泳速との間にそれぞれ正の相関が認められた。以上の結果より、良い泳成績を収めるには、より高いエネルギー供給能力を有することが有利であるには違いないが、本結果は必ずしも一流選手の泳成績に対して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を示している。これに対し、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、抵抗の軽減、さらには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) 年間トレーニングにおける各指標の変化と泳パフォーマンスの変化との関連性

最大酸素摂取量、最大血中乳酸濃度を期毎の比較を見てみると、統計上有意な変化は認められなかったが、被検者内ではほとんど変わらない者や、±10%程度の変化を示す者などさまざまであった。しかしながら、各期で行われたタイムトライアルにおける記録ほぼ安定しており、各期間の差は-0.3±1.6%にすぎず、非常に安定していた。同様に、抵抗係数と抵抗指数より推定された泳速1.7m・s⁻¹のときの抵抗値においても、各期間の差を平均すると0.7±4.9%と非常に小さかった。最大推

進パワーについても、各期間に有意な変化は認められず、各期間差は $0.6 \pm 5.8\%$ であった。以上の結果より、一流競泳選手においても、代謝（体力）的な要因は、1年を通じて比較的大きく変化することが明らかとなったが、必ずしもこの体力の変化が大きな記録差となって現れることはなかった。一方、力学（技術）的要因については、非常に再現性が高く、安定した値が観察され、それを反映するよう泳記録も同程度の安定性が示された。したがって、一流競泳選手の泳パフォーマンスに関しては、代謝的要因よりも、力学的な要因がより反映していると考えられた。

(3) 特異的トレーニングに対する各指標の変化と泳パフォーマンスの変化との関連性

トレーニング後、HIT群においては最大酸素摂取量、最大酸素借の有意な増加が観察されたが、PO群では有意な変化はなかった。また、最大推進パワーは、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達成されていた。一方、各被検者の泳速-抵抗関係、および推進効率には、有意な変化は認められず、泳技術に関する改善は認められなかった。50m、100m泳パフォーマンスについては、両群ともに、両種目とも有意な記録の向上が認められ、どちらの群においても泳速の向上はストローク頻度の向上によってのみ、達成されていた。以上の結果より、本実験で用いられたHITトレーニング、POトレーニングは、泳技術を改善させることはなかったものの、エネルギー供給能力、または最大推進パワーを効果的に向上させ、ストローク頻度を高めることによって、泳パフォーマンスの向上に寄与することが示された。

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は、生理学的指標よりは、むしろ力学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. 年間トレーニングを通じて、生理学的指標は比較的变化が大きい、必ずしもそれが泳成績の変化に反映していない。一方、力学的指標は安定しており、これらが泳成績により強く反映している。
3. 特異的スプリントトレーニングは、泳技術の改善には寄与しないが、エネルギー供給能力にともなう最大推進パワー、ストローク頻度の増大によって、泳パフォーマンスの向上に寄与する。

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 Moriyama, S., F.Ogita, Z.Huang, K.Kurobe, A.Nagira, T.Tanaka, H.Takahashi, Y.Hirano. Intra-abdominal pressure during swimming. Int.J.Sports Med. 35: 159-163, 2014. 査読有
- ② 荻田太. 水泳の低酸素トレーニング, 体育の科学63 : 393-398, 2013. 査読無,
- ③ 荻田太. 低酸素トレーニングとアネロビックキャパシティ, 体育の科学63 : 313-318, 2013. 査読無
- ④ 荻田太. 水泳の効率測定, 体育の科学62 : 761-766, 2012. 査読無,
- ⑤ Nagira, A., K.Kurobe, Z.Huang, E.Fujimoto-Takai, T.Tanaka, F.Ogita. Effects of intermittent hypobaric hypoxic swimming on metabolic risk makers in aged spontaneously diabetic Goto-Kakizaki rats. Proceedings of International Symposium in NIFS 2012 "Hypoxic Training and Metabolic Syndrome" : 105-115, 2012. 査読無
- ⑥ 黄忠, 黒部一道, 西脇雅人, 小澤源太郎, 田中孝夫, 山本正嘉, 荻田太. 一流競泳選手における泳パフォーマンスの限定要因に関する検討. トレーニング科学23:263-274, 2011. 査読有

[学会発表] (計 16 件)

- ① 荻田太. 低酸素環境における高強度トレーニングの効果, 第 17 回高所トレーニング国際シンポジウム 2013 in Hida-Ontake, Gifu, 2013 年 10 月 26 日. 下呂市濁河温泉高原スポーツレクリエーションセンター (岐阜県)
- ② 荻田太. 競泳競技における高地トレーニング効果. 第 68 回日本体力医学会大会, 2013 年 9 月 21-23 日. 日本教育会館、学術総合センター (東京都)
- ③ 荻田太, 與谷謙吾, 田中孝夫, 田口信教, 柳楽晃, 黒部一道, 西脇雅人, 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力学的指標およびストローク指標に及ぼす影響. 日本体育学会第 64 回大会, 2013 年 8 月 28-30 日. 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)
- ④ F.Ogita, K.Kurobe, Z.Huang, A.Nagira, M.Nishiwaki, K.Yotani, T.Tanaka, H.Tamaki. Effects of exercise type performed under hypobaric hypoxic conditions on blood pressure and vascular adaptations. 18th Annual Congress of European College of Sport Science, 2013 年 6 月 26-29 日, Institut National d'Educatió Física de Catalunya (Barcelona, Spain)

- ⑤ 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会大会, 2012 年 12 月 1-2 日, 立命館大学 (滋賀県)
- ⑥ 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会大会, 2012 年 12 月 1-2 日, 立命館大学 (滋賀県)
- ⑦ 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 回日本体力医学会大会 (招待講演), 2012 年 9 月 14-16 日, 長良川国際会議場 (岐阜県)
- ⑧ 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 22-24 日, 東海大学 (神奈川県)
- ⑨ Ogita.F., K.Kurobe, Z.Huang, A.Nagira, M.Nishiwaki, T.Tanaka, H.Tamaki. Time course of blood pressure and vascular adaptations to intermittent hypobaric hypoxic exercise. 17th Annual Congress of European College of Sport Science, 2012 年 7 月 4-7 日, Bruges (ベルギー)
- ⑩ Nagira,A., Kurobe,K., Z.Huang, E.Fujimoto-Takai, T.Tanaka, F.Ogita. Effects of intermittent hypobaric hypoxic swimming on metabolic risk makers in aged spontaneously diabetic Goto-Kakizaki rats. International Symposium in NIFS 2012 "Hypoxic Training and Metabolic Syndrome", 2012 年 2 月 19 日, 鹿屋体育大学 (鹿児島県)
- ⑪ 荻田太. 競技力向上を目指した高強度トレーニング -エアロビッ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 (招待講演), 2011 年 11 月 26 日, 日本女子体育大学 (東京都)
- ⑫ 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 (招待講演), 2011 年 11 月 5-6 日, 早稲田大学東伏見キャンパス (東京都)
- ⑬ 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 25-27 日, 鹿屋体育大学 (鹿児島県)

- ⑭ 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 16-18 日, 海峡メッセ下関 (山口県)
- ⑮ 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 6-9 日, BT Convention Centre (Liverpool)
- ⑯ Ogita.F., K.Kurobe, Z.Huang, G.Ozawa, A.Nagira, M.Nishiwaki, T.Tanaka, H.Tamaki, H.Takekura. Effects of intermittent hypobaric hypoxic exercise of 5 days on blood pressure and vascular adaptations, 16th Annual Congress of European College of Sport Science, 2011 年 7 月 6-9 日, BT Convention Centre (Liverpool, United Kingdom)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○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

(2) 研究分担者

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

齊藤和人 (SAITO Kazuto)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授
研究者番号：50170494

(3) 連携研究者

()

研究者番号：